Epifauna slatkovodnih rakova iz reda Decapoda u Hrvatskoj

Korša, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:272337

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Ana Korša

Epifauna slatkovodnih rakova iz reda Decapoda u Hrvatskoj

Diplomski rad

Zagreb, 2016

Ovaj diplomski rad izrađen je na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Ivane Maguire i izv. prof. dr. sc. Marie Špoljar i predan je na ocjenu Vijeću Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistre eksperimentalne biologije.

ZAHVALA

Zahvaljujem svojim mentoricama, izv. prof. Ivani Maguire i izv. prof. Mariji Špoljar, na razumijevanju i savjetima tijekom pisanja ovog rada.

Posebno se želim zahvaliti neposrednom voditelju, dr. sc. Tvrtku Dražini, na strpljenju i potpori u savladavanju svih koraka u diplomskom: od terenskog rada, preko rada u laboratoriju i analize dobivenih podataka. Hvala na motivacijskim mailovima pomoću kojih sam uspješno privela kraju izradu ovog rada.

Hvala mojim šampionima, Grgi i Matiji K., koji su bili inspiracija i moralna podrška u trenucima kada se činilo da se kraj ne nazire.

Hvala Maji na strpljenju, pomoći i pojednostavljenju svih problema u bilo kojem trenutku. Također, puno hvala Sunčani, Tari, Ledenoj i Svenu na bodrenju i smirivanju. Hvala Anamariji jer smo skupa uspješno privele kraju dugogodišnje studiranje.

Hvala mojim curama jer su uvijek tu.

Također, želim se zahvaliti sestri Lei jer me trpi i svojim roditeljima na potpori tijekom studiranja.

I na kraju, hvala Ivi i Gligoru na pružanju utočišta i savjetima pri riješavanju egzistencijalnih problema. Posebno hvala Ivi na svim onim trenucima razgovora, tišine i najbolje hrane.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

Epifauna slatkovodnih rakova iz reda Decapoda u Hrvatskoj

Ana Korša

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

Istraživanje epifaune slatkovodnih rakova kao bazibionata provedeno je tijekom proljetno-ljetnog razdoblja 2014. i 2015. godine. Fauna je prikupljena s pet slatkovodnih vrsta rakova (Decapoda): tri autohtone vrste (*Astacus astacus, Austropotamobius pallipes, Austropotamobius torrentium*) i dvije alohtone vrste (*Pacifastacus leniusculus, Procambarus fallax* f. *virginalis*). Ciljevi ovog rada bili su: (i) analizirati sve skupine epifaune na slatkovodnim rakovima reda Decapoda, (ii) usporediti epifaunu rakova s faunom okolnog sedimenta i perifitona, (iii) usporediti epifaunu pojedinih vrsta rakova, posebno autohtonih i alohtonih. Zabilježeno je 44 različitih svojti epifaune od čega je brojnošću prevladavala skupina Ciliophora s vrstom *Vorticella campanula* i rodom *Epistylis*. Skupina Rotifera zabilježena je kao najraznolikija, a najbrojnije vrste bile su *Lepadella parasitica i Dicranophorus hauerianus*. Predstavnici branhiobdela potvrđeni su kao epibionti rakova te je po prvi put na području Hrvatske zabilježena sjevernoamerička vrsta *Xirogiton victoriensis*. Od ostalih skupina zabilježene su: Catenulida, Gastrotricha, Nematoda, Bivalvia, Hirudinea, Tardigrada, Crustacea, Hydrachnidia i Chironomidae. Rezultati NMDS i klaster analize pokazali su razdvajanje epifaune pojedinih vrsta rakova; epifauna alohtonih i autohtonih vrsta rakova je odvojena, a isto tako postoji razdvajanje epifaune između autohtonih vrsta rakova. Rezultati statističke analize ukazuju da postoji značajna razlika između epifaune rakova i faune sedimenta i obraštaja. S obzirom na rezultate, može se zaključiti da je epifauna rakova specifična te se razlikuje između pojednih bazibionata.

(41 stranica, 23 slike, 3 tablice, 67 literaturnih navoda, 2 priloga, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: autohtone i alohtone vrste/ bazibionti i epibionti/Ciliophora, Rotifera, *Xirogiton victoriensis*

Voditelji: izv. prof. dr. sc. Ivana Maguire i izv. prof. dr. sc. Maria Špoljar
Neposredni voditelj: dr. sc. Tvrtko Dražina

Ocjenitelji: izv. prof. dr. sc. Ivana Maguire
prof. dr. sc. Zlatko Liber
doc. dr. sc. Duje Lisičić

Rad prihvaćen: 18.2.2016.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science
Division of Biology

Graduation thesis

Epifauna on freshwater Crayfish (Crustacea: Decapoda) in Croatia

Ana Korša

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

The research of epifauna on freshwater crayfish as basibionts was conducted during spring-summer 2014. and 2015. Epizoic community was examined from five different crayfish: three autochtonous species *Astacus astacus*, *Austropotamobius pallipes*, *A. torrentium* and two introduced, invasive species *Pacifastacus leniusculus* and *Procambarus fallax* f. *viriginalis*. The aims of this research were: (i) to analyze epizoic community living on freshwater crayfish, (ii) to compare epifauna living on crayfish with surrounding fauna living on sediment and periphyton, (iii) to compare epifauna between crayfish species, especially between autochthonous and allochthonous species. The results of statistical analysis indicated a significant difference between epifauna and fauna of sediment and periphyton. 44 different taxa of epifauna was recorded. The most abundant group was Ciliophora with most common species *Vorticella campanula* and *Epistylis* sp. The most diverse group was Rotifera with most common species *Lepadella parasitica* and *Dicranophorus hauerianus*. Branchiobdellidanas were confiremd as common crayfish epibionts and for the first time nort american species *Xirogiton victoriensis* has been recored in Croatia. Catenulida, Gastrotricha, Nematoda, Bivalvia, Hirudinea, Tardigrada, Crustacea, Hydrachnidia and Chironomidae were also recorded living on freshwater crayfish. Results of NMDS and Cluster analyses showed the eparation of epifauna from autochotnous and allochthonous crayfish and also the separation of epifauna between autochthonous species. Results of statistical analyses showed significant difference between epifauna and fauna of sediment and periphyton. It can be concluded that the whole epizoic community composition established on a particular crayfish is species-specific and can be different between basibiont species.

(41 pages, 23 figures, 3 tables, 67 refernces, 2 supplementary data, original in: Croatian)

This thesis is deposited in Central Biological Library

Key words: autochtonous and alochtonous species/ epibionts, basibionts/ Ciliophora, Rotifera, *Xirogiton victoriensis*

Supervisors: Dr. Ivana Maguire, Assoc. Prof and Dr. Maria Špoljar, Assoc. Prof
Assistant supervisor: Dr. Tvrtko Dražina

Reviewers: Dr. Ivana Maguire, Assoc. Prof
Dr. Zlatko Liber, Prof
Dr. Duje Lisičić, Asst. Prof

Thesis accepted: 18.2.2016.

1. UVOD 1

1. 1. Epibioza 1

1. 2. Epifauna na rakovima 3

1. 3. Raznolikost slatkovodnih rakova porodice Astacidae i Cambaridae u Hrvatskoj 8

1. 4. Ciljevi istraživanja 9

2. MATERIJALI I METODE 10

2.1. Područje istraživanja 10

2.2. Uzorkovanje epifaune i rakova 11

2.3. Uzorkovanje faune sedimenta i obraštaja 12

2.3. Analiza fizikalno-kemijskih svojstava vode 13

2.4. Statistička obrada podataka 13

3. REZULTATI 15

3. 1. Fizikalno-kemijski čimbenici potoka Kustošak i pritoke potoka Dolje 15

3.2. Analiza epifaune prikupljene na vrsti *Austropotamobius torrentium* u potocima Kustošak i pritoci potoka Dolje 16

3.3. Analiza sličnosti epifaune i prateće faune sedimenta i obraštaja 19

3.4. Usporedba epifaune istraživanih rakova 19

4. RASPRAVA 26

5. ZAKLJUČAK 32

6. LITERATURA 33

8. ŽIVOTOPIS 41

9. PRILOZI 42

1. UVOD

1. 1. Epibioza

Epibioza je zajednica sesilnog ili vagilnog organizma (epibionta) i živog supstrata (bazibionta). Epibionti su u najširem smislu (*sensu lato*) organizmi koji cijeli ili dio životnog ciklusa žive na površini drugih organizama (Wahl, 1989; Wahl i Mark, 1999). Pod pojmom epifauna podrazumijevamo organizme male veličine tijela (20 do 20 000 μm) i kratkog životnog ciklusa koji uključuju Protozoa i Metazoa prilagođene epibiontskom načinu života. Epibioza je usko povezana s procesom naseljavanja perifitona ili obraštaja, odnosno procesom kolonizacije čvrstih površina. Taj proces sastoji se od četiri faze: naseljavanje makromolekula, bakterijska kolonizacija, obraštaj jednostaničnim organizmima te obraštaj višestaničnim organizmima (Wahl, 1989). Prva faza uključuje apsorpciju otopljenih makromolekula na bilo koju površinu. To se događa neposredno nakon što neki materijal dođe u kontakt s vodom, bilo da se radi o pojavi nove žive ili nežive površine, npr. kamena ili karapksa rakova nakon presvalačenja. Druga faza uključuje kolonizaciju bakterijama koje zajedno s makromolekulama stvaraju biofilm. Nakon toga površinu naseljavaju jednostanični eukarioti poput gljivica, praživotinja i algi kremenjašica. Zadnja faza uključuje kolonizaciju višestaničnim organizmima (Metazoa) (Wahl, 1989).

Odnos u epibiozi može biti fakultativan i/ili obligatan te ponekad nije moguće jasno definirati radi li se o komenzalizmu, simbiozi ili parazitizmu. Neki organizmi nalaze se u oportunističkom odnosu u kojem epibionti koloniziraju više različitih skupina biljnih i/ili životinjskih supstrata, npr. neke skupine trepetljikaša mogu se pronaći kao epibionti na slatkovodnim rakovima te na ličinkama tulara (Baldock, 1986; Fernandez-Leborans i Gabilondo, 2006). S druge strane, neki epibionti imaju obligatan odnos s bazibiontom te pokazuju morfološke adapatcije na takav način života (Wahl, 1989; Cook i sur., 1998). Kolutićavci iz reda Branhiobdellida primjer su epibionata koji imaju obligatan odnos s bazibiontom: polažu oplođena jaja na egzoskelet rakova te im je on potreban za daljnji embrionalni razvoj (Gelder, 2010). Ovaj složeni interspecijski odnos pruža prednosti i nedostatke epibiontu i bazibiontu. Prednosti koje ovaj suživot nudi epibiontu su: povoljniji hidrodinamički položaj te bolji protok vode koji omogućuje učinkovitiju opskrbu hranom (Oswald i Seed,

1986), zaštitu od predatora (Abelló i sur., 1990) i geografsku ekspanzija (Wahl, 1989). S druge strane, jedan od glavnih nedostaka ovog odnosa za epibionte je nastabilnost supstrata, odnosno morfološke i fiziološke promjene kroz koje bazibiont prolazi tijekom životnog ciklusa. Nadalje, kao nedostak navodi se fiziološki stres kroz koji epibionti prolaze, a uzrokovan je migracijama bazibonata. To su na primjer zajednice epibionata na oklopu morskih kornjača koje moraju tolerirati promjene između vodenog, obalnog i kopnenog okoliša (Caine, 1986). Prisutnost epibionata može pružiti i neke prednosti bazibiontu kao što su: mimikrija, smanjeno trenje, zaštita od isušivanja i zračenja. S druge strane, ovaj odnos može imati negativan utjecaj na bazibionta: može doći do povećanja težine i smanjene fleksibilnosti bazibionta, sloj epibionata može stvarati sjenu od sunca (Wahl i Mark, 1999) i dr.

Postoje tri različita načina reakcije bazibionta na epibiozu a to su: tolerancija, izbjegavanje i obrana. Način prilagodbe bazibionta na epibiozu ovisi o staništu na kojem se bazibiont nalazi te fiziologiji i starosti samog organizma (Wahl, 1989). Strategija tolerancije odnosi se na organizme koji imaju fiziološki neaktivnu vanjsku površinu tijela te stoga mogu tolerirati velik broj epibionata neovisno o povećanju težine i trenja. Strategija izbjegavanja odnosi se na migracije bazibionata u prostoru i vremenu. Izbjegavanje u vremenu odnosu se na usmjerevanje energije u veću stopu reprodukcije gdje veći broj potomaka znači smanjenu mogućnost naseljavanja epibionata na sve jedinke. Osim toga, optička (morfološka) i/ili kemijska (promjena boje) mimikrija pomoću već postojećih epibionata može spriječiti daljnju kolonizaciju bazibionata te tako pridonijeti održavanju njegova obraštaja na razini tolerancije (Wahl, 1989). Strategija obrane uključuje povećanje razine trenja i obnavljanje površine koja dovodi do uklanjanja epibionata: razne površinske strukture bazibionata kao što su spikule, sekrecija sluzi kod mekušaca i ježinaca, presvlačenje rakova i oblića, struganje površine pomoću tjelesnih privjesaka. Nadalje, strategija obrane uključuje nepovoljne uvjete na površini i/ili odmah iznad površine bazibionta (ekstremne pH vrijednosti, stvaranje sekundarnih metabolita) koji mogu dovesti do stagnacije ili smrti epibionata (Wahl, 1989).

Dosada su kao epibionti utvrđeni brojni organizmi koji se barem u jednoj razvojnoj fazi životnog ciklusa nalaze pričvršćeni za živući supstrat: bakterije, praživotinje, dijatomeje, makroalge, mekušci, kolnjaci, obliće, mnogočetinaši te neke skupine rakova (Wahl i Mark, 1999).

1. 2. Epifauna na rakovima

Epifauna je izrazito česta na vodenim slabopokretnim i/ili većim beskralježnjacima, poput školjkaša, puževa i rakova. Čvrsta vanjska ljuštura čini mekušce pogodnim supstratom mnogim skupinama epibionata te se čak i na ostacima puževa i školjkaša mogu pronaći neki epibionti (Žitt i sur., 2003). Osim njih, rakovi se ističu kao česti bazibionti raznolikim skupinama organizama. Neistraženost i specifičnost ove faune potvrđuje otkriće novih vrsta za znanost (specifičnih za rakove) pronađenih na morskim vrstama deseronožnih rakova, škampu (*Nephros norvegicus* Linnaeus, 1758) i hlapu (*Hommarus americanus* H. Milne Edwards, 1837). Na temelju njih opisana je posve nova sistematska kategorija, koljeno Cycliophora čija je filogenija još nerazjašnjena (Funch i Møbjerg Kristensen, 1995; Obst i sur., 2006).

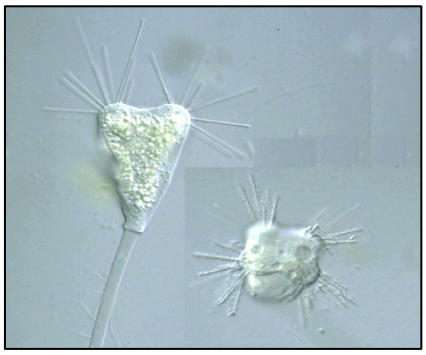
Dosadašnjim istraživanjma škrga i egzoskeleta deseteronožnih rakova, kao epibionti pronađeni su mnogi predstavnici praživotinja (Protozoa) i višestaničnih organizama (Metazoa) (Alderman i Polglase, 1988).

1.2.1. Praživotinje (Protozoa) kao epibionti

Najveći broj praživotinja koji su nađeni kao epibionti na rakovima pripada potkoljenu Ciliophora (trepetljikaši).

Sesilni trepetljikaši iz podrazreda Peritrichia, često su zadružni i nalaze se na različitim supstratima. Kao epibionti prisutni su, osim na rakovima, na mekušcima i vodenim kukcima. Neke vrste ove skupine imaju adhezivni aparat koji im omogućuje da se priljube uz površinski epitel bazibionta. Isto tako adhezivnim diskom mogu oštetiti epitelne stanice bazibionta (Habdija i sur., 2011).

Slika 1. Peritrihidni trepetljikaši roda *Epistylis*
Izvor: http://www.plingfactory.de



Slika 2. Pripadnik podrazreda Suctoria
Izvor: http://protist.i.hosei.ac.jp

Najčešće su kao epibionti na slatkovodnim rakovima prisutne vrste iz rodova: *Epistylis* (Slika 1)*, Vorticella, Cothurnia, Lagenophyr, Zoothamnium, Vaginicola, Pyxicola, Carchesium* i *Sinchoturnia* (Edgerton i sur., 2002). Nastanjuju vanjsku površinu i škržnu šupljinu rakova. Tijekom presvlačenja rakova, dolazi do kolonizacije nove epikutikule. Peritrihidne vrste koje se nalaze na starom oklopu prelaze u pokretni stadij koji nazivamo telotroh, te se odvajaju i aktivno traže novu lokaciju. Ovaj mehanizam potvrđen je istraživanjem koje ukazuje na prijenos vrste roda *Epistylis* s deseteronožnog raka vrste *Orconetes rusticus* (Girard, 1852) na vrstu *O. virilis* (Hagen, 1970) (Brown i sur., 1993). Nadalje, utvrđeno je da, ukoliko su abundantne populacije ovih organizama lokalizirane u škržnoj šupljini rakova, mogu uzrokovati smetnje disanja (Villarreal i Hutchings, 1986).

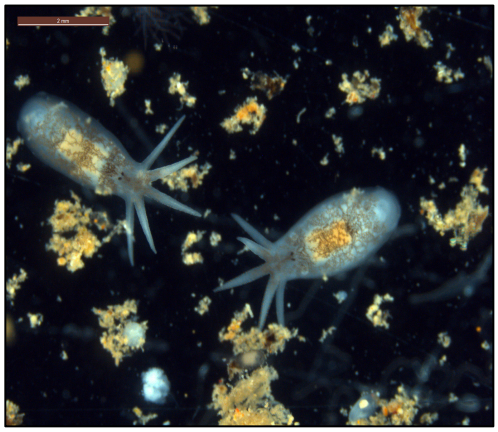
Osim peritrihidnih trepetljikaša, kao epibionti na rakovima pojavljuju se i pripadnici podrazreda Suctoria (sisarci) (Slika 2). Karakterično je za njih da su trepetljikavi i pokretni samo nakon odvajanja pupa od sesilne stanice majke. Nakon smještanja na novom supstratu gube trepetljikavost. Odrasli oblici imaju karakteristične lovke (tentakule) na vrhu kojih se nalazi zadebljanje s haptocistama koje služi za hvatanje i imobilizaciju plijena. U njima su cjevasto raspoređeni mikrotubuli pomoću kojih isisavaju plijen (Habdija i sur., 2011). Najčešće vrste ovog podrazreda koje se mogu pronaći na rakovima su predstavnici roda *Acineta,* dok su manje učestale vrste rodova *Tokophyra* i *Podophrya* (Edgerton i sur., 2002). Ovi epibionti nalaze se na vanjskoj površini te u škržnoj šupljini rakova. Mogu biti patogeni u slučajevima kada im je povećana brojnost u škržnoj šupljini rakova čime mogu uzrokovati hipoksiju (Edgerton i sur., 2002)

1.2.2. Metazoa kao epibionti

Kao epibionti na rakovima česti su predstavnici skupina višestaničnih životinja: Temnocephalida, Rotifera, Nematoda, Branchiobdellida, Copepoda i Ostracoda (Edgerton i sur., 2002).

Temnocephalida je red unutar koljena plošnjaka (Platyhelminthes). Oblik tijela je ovalan ili eliptičan. Karakterizira ih prianjaljka na stražnjem dijelu tijela te 6 ili 12 lovki na prednjem dijelu koji služe za pričvršćivanje i/ili kretanje. Vrste ovog reda najčešće su, osim na rakovima, pronađene na mekušcima i vodenim kukcima (Edgerton i sur., 2002). Većina zabilježenih vrsta rasprostranjena je na južnoj hemisferi, ali su zabilježeni i na području jugoistočne Europe (Gelder, 1999). Sve

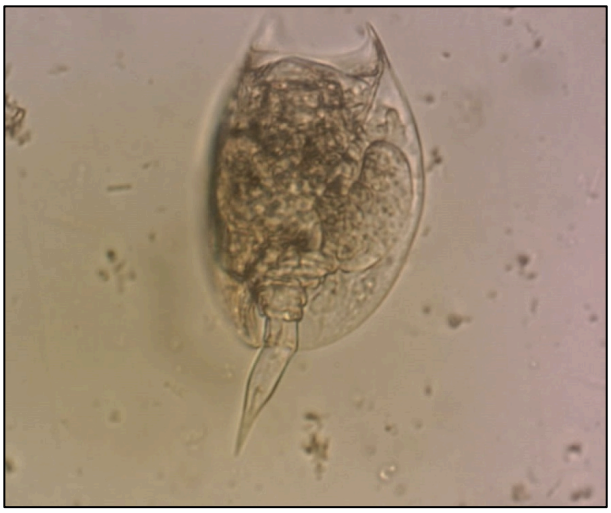
dosad zabilježene vrste u Hrvatskoj pronađene su kao epibionti na podzemnim kozicama te pripadaju porodici Scutariellidae (Gottstein Matočec i sur., 2002). Juvenilni i adultni oblici kreću se površinom bazibionta hraneći se protistima, kolutićavcima i člankonošcima. Smatra se da one jedinke/vrste koje se nalaze na karapaksu rakova nemaju štetan utjecaj na bazibionta. S druge strane, polaganje jajašaca na škržne filamente bazibionta može imati negativan utjecaj na disanje, no nije primjećen mortalitet uzrokovan ovim epibiontima (Edgerton i sur., 2002).



Slika 3. Temnocephalida
Izvor: http://museum.wa.gov.au

Rotifera (kolnjaci) su kozmopolitska skupina životinja koju nalazimo prvenstveno u slatkovodnim staništima kao plankton, u obraštaju ili u sedimentu, ali su prisutni i u morskim staništima. Predstavnici ove skupine mogu se pronaći kao epibionti na različitim skupinama organizama. Na prednjem dijelu tijela se nalazi rotatorni organ (trepčanik) koji služi za pokretanje i pribavljanje hrane. Osim ove specifične strukture, kolnjaci imaju modificirano ždrijelo, koje se sastoji od mišića i od nekoliko kutikulariziranih dijelova koje nazivamo trophi. Tako složeno mišićavo ždrijelo se zove mastax (Habdija i sur. 2011). Na zadnjem dijelu tijela nalazi se noga i adhezivne žlijezde. Najčešće se razmnožavaju partenogenezom. Mužjaci se javljaju sezonski, najčešće u jesen kod skupine Monogonata ili ih uopće nema kao kod skupine Bdelloidea (Slika 5). Prema načinu sakupljanja i vrsti hrane kojom se hrane kolnjaci su podijeljeni u 3 glavne hranidbene skupine: mikrofiltratori (hrane se supenzijom detritusa, bakterija i algi), makrofiltratori (hrane se većim algama i organskim česticama) i predatori (hrane se praživotinjama i drugim sitnim vrstama kolnjaka). Oblik žvačnjaka prilagođen je vrsti i načinu uzimanja hrane (Habdija i sur., 2011). Primjećena je velika raznolikost i specifičnost kolnjaka ovisno o bazibiontu na kojem se nalaze. Istraživanja su ukazala da se na slatkovodnim

deseteronožnim rakovima mogu pronaći vrste rodova *Aspelta, Cephalodela, Lecane, Lepadella, Rotaria* i *Dicranophorus* (Wallace i sur., 2006) Mogu se nalaziti na vanjskoj površini tijela te na škrgama. Iako se pretpostavlja da su neke vrste paraziti za bazibionta, priroda ovog odnosa još nije do kraja definirana (May, 1989).



Slika 4. Kolnjak iz roda *Lepadella*
Fotografija: Tvrtko Dražina

Nematoda (oblići) žive kao nametnici i slobodno nenametnički oblici u moru, slatkim vodama i kopnenim staništima. Razdvojena su spola: mužjaci su najčešće manji i posetriorno zavinuti. Tijelo im je prekriveno višeslojnom kutikulom koja se prilikom rasta presvlači (Habdija i sur., 2011). Istraživanjima oblića na rakovima dosada je utvrđeno 14 vrsta iz 8 rodova: *Actinolaimus, Prochromadorella, Chromadorita, Dorylaimus, Monhystera, Rhabditis* i *Trilobus***.** (Edgerton i sur., 2002). Ovi epibionti smješteni su na površini i unutrašnjosti rakova, ali njihov je odnos slabo istražen.

Branhiobdellida je red kolutićavaca unutar razreda Clitellata. To je skupina koja živi na slatkovodnim rakovima iz porodica Astacidae i Cambaridae (Gelder, 2010). Na anteriornom i posteriornom dijelu tijela ovi organizmi imaju po jednu prianjaljku pomoću kojih se ove životinje pokreću i pričvršćuju za bazibionta. Duljina tijela varira između 1 do 12 mm te se sastoji od 15 kolutića (Karaman, 1967). Branhiobdele žive na površini tijela raka, no određene se vrste nastanjuju u njihovu škržnu šupljinu. Do šest različitih vrsta može istovremeno obitavati na jednom bazibiontu (Holt, 1977). Iako odrasle jedinke mogu živjeti samostalno, jaja

moraju polagati na egzoskelet rakova te im je on potreban za daljnji embrionalni razvoj (Edgerton i sur., 2002; Gelder i sur., 2012).

Slika 5. Branhiobdele na površini raka roda *Austropotamobius*
Izvor: http://visualsunlimited.photoshelter.com

Odnos ovih organizama i rakova nije u potpunosti razjašnjen. Smatralo se da su vrste koje žive u škržnoj šupljini rakova paraziti koji se hrane tkivom i krvlju domadara. No, novija istraživanja ukazuju kako se branhiobdele prehranjuju drugim epibiontima i česticama u škrgama rakova. Osim toga, one također imaju svoje epibionte i parazite kao što su trepteljikaši i kolnjaci (Gelder, 2010). Najveći broj vrsta pronađen u sjevernoj Americi pripada rodu *Cambarinocola.* U Europi su do nedavno zabilježene samo vrste roda *Branchiobdella* (Holt, 1977). No, istraživanjem invazivnih vrsta rakova u Europi zabilježene su i američke vrste iz roda *Cambarinocola i Xirogiton* (Gelder i sur., 2012; James i sur., 2015). Najopsežnije istraživanje raznolikosti i distribucije roda *Branchiobdella* u Hrvatskoj proveli su Klobučar i sur. (2006) te su utvrdili prisutnost šest vrsta branhiobdela: *B. astaci*, *B. balcanica*, *B. hexodonta*, *B. italica*, *B. parasita* i *B. pentodonta*

Ostracoda (ljuskari) i Copepoda (veslonošci) su razredi unutar potkoljena rakova koji mogu biti epibionti na površini i škrgama drugih rakova. Tijelo ljuskara je potpuno zatvoreno dvodjelnim karapaksom koji sliči ljušturama školjkaša premu čemu su i nazvani (Habdija i sur., 2011). Kao epibionti poznati su ljuskari iz nadporodice Entocytherinae rasprostranjeni na području Sjeverne i Srednje Amerike (Edgerton i sur., 2002). Ovi rakovi pronađeni su u različitim dijelovima svijeta, a njihovo je širenje posljedica širenja bazibionata na kojima se nalaze. Tako je na području Pirinejskog poluotoka zabilježena vrsta *Ankylocythere sinuosa* (Rioja, 1942) koja se nalazi kao epibiont na sjevernoameričkoj vrsti *Procambarus clarkii*

(Girard, 1852) (Castillo-Escrivà i sur., 2013). Veslonošci (Copepoda) su vrlo raznolika skupina rakova koja je prisutna u moru i slatkovodnim sustavima u planktonu i bentosu. Također, mogu biti i epibionti - npr. vrsta veslonošca *Nitocra divaricata* Chappuis, 1923 je zabilježena kao epibiont na rakovima (Edgerton i sur., 2002).

1. 3. Raznolikost slatkovodnih rakova porodice Astacidae i Cambaridae u Hrvatskoj

Na području Europe rasprostranjeno je pet autohtonih slatkovodnih vrsta rakova iz porodice Astacidae. Dosadašnjim istraživanjima na području Hrvatske zabilježene su četiri autohtone vrste (Maguire i Gottstein-Matočec, 2004):

- *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858) – bjelonogi ili primorski rak
- *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) – potočni rak ili rak kamenjar
- *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) – riječni ili plemeniti rak
- *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 – uskoškari rak

Vrsta *A. pallipes* rasprostranjena je u jadranskoj regiji, od Istre do Crne Gore. Vrstu *A. torrentium* i *A. leptodactylus* nalazimo u unutrašnjem dijelu Hrvatske. Vrstu *A. astacus* također nalazimo u unutrašnjem dijelu, ali ova je vrsta rasprostranjena na nižim nadmorskim visinama od vrste *A. torrentium*. Obje vrste također se nalaze i u jadranskoj regiji, ali pretpostavlja se da su tamo introducirane od strane čovjeka (Maguire i sur., 2006). Osim autohtonih vrsta, europske i hrvatske slatkovodne sustave nastanjuju i alohtone vrste iz Sjeverne Amerike (Maguire i Klobučar, 2003; Maguire i sur., 2008):

- *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) – signalni rak,
- *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) – bodljobradi rak,
- *Procambarus fallax* f. *viriginalis* – mramorni rak

Negativan antropogeni utjecaj kao što je velika količina otpadnih tvari u ekosutavu, regulacija vodenih tokova, prekomjereni nekontrolirani izlov te alohtone vrste i bolesti koje nose uzrokuju sve veću ugroženost i pad brojnosti autohtonih populacija rakova (Maguire, 2010). Upravo zbog toga, autohtone europske vrste *A. astacus* i *A. pallipes,* su ugrožene na svjetskoj razini te su uvrštene su na IUCN-ov Crveni popis ugroženih svojti u kategoriji osjetljive (VU - *vulnerable*) i ugrožene (EN – *endangered*) vrste. Navedeni rakovi su, uz vrstu *A. torrentium,* u Hrvatskoj

zaštićeni Pravilnikom o proglašavanju divljih svojti zaštićenim i strogo zaštićenim, (Narodne novine 144/13) kao i Zakonom o zaštiti prirode (Narodne novine 80/13).
Alohtone vrste rakova agresivnije su od autohtonih vrsta pa ih u kompeticiji za prostor i hranu istiskuju iz njihovih prirodnih staništa. Osim toga, negativno utječu i na ostale vodene organizme kao i na samo stanište u koje su se proširile te ih se stoga smatra invazivnim. Jedan od glavnih problema koje alohtone vrste uzrokuju je bolest račja kuga uzrokovana gljivicama nalik organizmu, *Aphanomyces astaci* (Schikora, 1906). Alohtone vrste koje su same i vektor zaraze, otporne su na ovu bolest, dok autohtone jedinke od nje obolijevaju i ugibaju te nestaju cijele populacije (Maguire, 2010). Također, introdukcijom sjevernoameričkih rakova u Europu, introducirani su i njihovi epibionti.

1. 4. Ciljevi istraživanja

Cilj ovog istraživanja bio je istražiti kvalitativnu i kvantitativnu strukturu epifaune slatkovodnih deseteronožnih rakova iz porodica Astacidae i Cambaridae rasprostranjenih u slatkovodnim ekosustavima Hrvatske. Dosadašnja istraživanja koja su provedena u Hrvatskoj na ovim rakovima pokazala su bogatu epifaunu kolutićavaca iz roda *Branchiobdella* (Klobučar i sur., 2006). Međutim, za epifaunu ostalih skupina postoji malo podataka. Nadalje, namjera ovog istraživanja je pružiti uvid u razlike i/ili sličnosti epifaune autohtonih i alohtonih vrsta rakova. S obzirom da su autohtone vrste rakova u Hrvatskoj ugrožena i zaštićena skupina, ovo istraživanje doprinijet će boljem poznavanju njihove ekologije kao i epibiontskih odnosa, što može doprinijeti budućoj zaštiti ove skupine rakova.
Specifični ciljevi ovog istraživanja su:

1. analizirati sve skupine epifaune na slatkovodnim rakovima porodice Astacidae i Cambaridae
2. usporediti epifaunu rakova s faunom okolnog sedimenta i perifitona;
3. usporediti epifaunu pojedinih vrsta rakova, a posebno autohtonih i alohtonih.

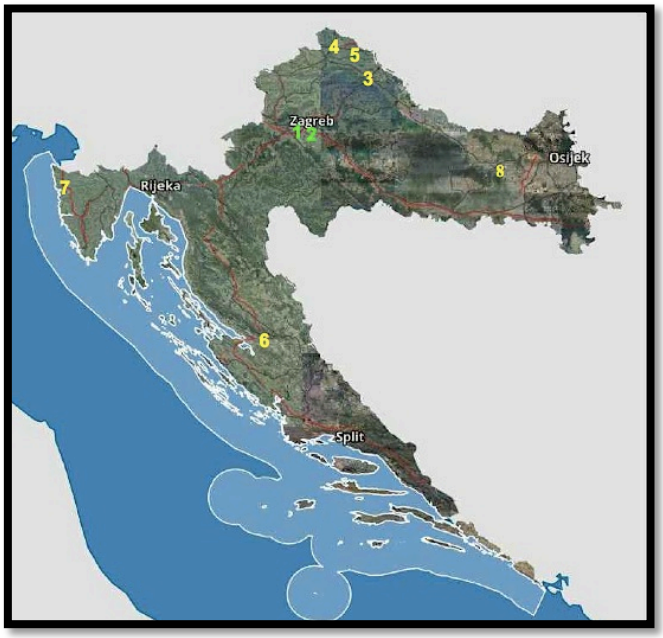
2. MATERIJALI I METODE

2.1. Područje istraživanja

Istraživanje je provedeno tijekom proljetno-ljetnog razdoblja 2014. i 2015. godine na različitim lokalitetima kontinentanlne i mediteranske Hrvatske (Slika 6): potoci Kustošak (KŠ, 1) i pritoka potoka Dolje (PD, 2) na području Zagreba, jezero Šoderica kod Koprivnice (3), rijeke Mura (4) i Drava (5), rijeka Otuča u Lici (6), potok Belišica u Istri (7), bezimeni potok kod Našica (8).

Potoci Kustošak (KŠ) i pritoka potoka Dolje (PD) bili su lokaliteti na kojima su analizirane vremenske promjene epifaune rakova te uzimani uzorci sedimenta i obraštaja radi usporedbe s epifaunom.

Ostali lokaliteti bili su točkasta uzorkovanja na kojima su uzimani rakovi i analizirana pripadajuća epifauna.



Slika 6. Lokaliteti uzorkovanja označeni brojevima: 1. potok Kustošak, Zagreb, 2. pritoka potoka Dolje, Zagreb, 3. jezero Šoderica, Koprivnica, 4. rijeka Mura, 5. rijeka Drava, 6. rijeka Otuča, Lika, 7. potok Belišica, Istra, 8. potok kod Našica (zelenom bojom su označeni brojevi lokaliteta na kojima je analizirana vremenska promjena epifaune, a žutom lokaliteti na kojima su prevedena točkasta uzorkovanja).

2.2. Uzorkovanje epifaune i rakova

Potok Kustošak uzorkovan je 6 puta tijekom 2014. i 2015., a pritoka potoka Dolje uzorkovana je 2 puta tijekom 2015 (Tablica 1). Svako uzorkovanje provedeno je na istih desetak metara potoka. Rakovi su lovljeni specijalno dizajniranim vršama za lov rakova koje su dan prije postavljene uz rub potoka, blizu obalne vegetacije u čijem korijenju rakovi često pronalaze skloništa. Vrše su bile stabilizirane okolnim kamenjem te postavljene s obje strane potoka. Ukupno je prikupljeno 85 jedinki rakova vrste *Austropotamobius torrentium,* od toga 78 jedinki iz potoka Kustošaka te 7 jedinki iz pritoke potoka Dolje (Tablica 1.). Epifauna ulovljenih rakova uzorkovana je na samom lokalitetu, nakon čega su rakovi vraćeni u potok. Jedna ulovljena jedinka odnesena je u laboratorij na daljnju analizu epifaune. S ostalih lokaliteta pregledano je ukupno 10 jedinki rakova (Tablica 1.) Ovi rakovi (ulovljeni ručno ili vršama) pregledani su u laboratoriju.

Tablica 1. Popis rakova kojima je pregledana epifauna

Bazibiont	Datum sakupljanja	Broj jedinki	Lokalitet	Ukupno
Austropotamobius torrentium				**85**
	svibanj, 2014	15	Kustošak, Zagreb	
	srpanj, 2014	3	Kustošak, Zagreb	
	rujan, 2014	4	Kustošak, Zagreb	
	svibanj, 2015	19	Kustošak, Zagreb	
	lipanj, 2015	6	Dolje, Zagreb	
	lipanj, 2015	19	Kustošak, Zagreb	
	srpanj, 2015	18	Kustošak, Zagreb	
	srpanj, 2015	1	Dolje, Zagreb	
Austropotamobius pallipes				**2**
	ožujak, 2015	2	Belišica, Istra	
Procambarus fallax* f. *viriginalis				**2**
	travanj, 2015	1	Šoderica, Koprivnica	
	kolovoz, 2015	1	Šoderica, Koprivnica	
Pacifastacus leniusculus				**4**
	travanj, 2015	3	Mura	
	rujan, 2015	1	Drava	
Astacus astacus				**2**
	svibanj, 2015	1	Otuča, Lika	
	rujan, 2015	1	Našice	

Epifauna je uzorkovana metodom struganja. Površina tijela rakova očetkana je četkicom za zube, nakon čega je četkica uronjena u bočicu za uzorke. Zabilježena je ukupna duljinu tijela te duljina i širina karapaksa rakova.

U laboratoriju je prikupljena epifauna pregledana na živom materijalu, nakon čega je uzorak konzerviran u formalinu (4 %) ili alkoholu (70 %). Prikupljena

epifauna determinirana je pod mikroskopom na živom i/ili konzerviranom materijalu pomoću ključeva: Donner, 1965 (Rotifera, Bdelloidea); Voigt i Koste, 1978 (Rotifera, Monogononta); Foissner i Berger, 1996 (Protozoa, Ciliopohora); Abebe i dr., 2006 (Nematoda).

Većina trepetljikaša determinarana je do razine vrste. Ukoliko nije bilo moguće odrediti vrstu, određena je sistematska kategorija podrazreda, reda ili porodice. Skupine Rotifera, Gastrotricha, Bivalvia i Tardigrada određene su do sistematske kategorije roda ili vrste, dok su ostale skupine (Nematoda, Crustacea, Chironomidae, Catenulida, Chirudinea, Hydrachnidia) određene do viših sistematskih kategorija.

Branhiobdele su odvajane pincetom s karapaksa rakova te konzervirane u 96 % alkoholu. Jedinke su zatim determinirane do sistematske kategorije vrste pod mikroskopom na temelju morfologije čeljusti (Karaman, 1970; Gelder i sur, 1994.). Pod stereomikroskopom pomoću skalpela odvojena je glava životinje, koja je zatim pincetom prenesena u destiliranu vodu kako bi se uklonio alkohol. Nakon toga glava je uklopljena, na predmetnom stakalcu, u Hoyerovoj otopini (200 g kloralhidrata ($CCl_3CH(OH)_2$), 20 g glicerina i 30 g gumi arabike u 50 g destilirane vode) koja je tkivo učinila prozirnim kako bi se lakše vizualizirale čeljusti životinje (Šarić, 2014).

Brojnost epibionata izražena je na dva načina: broj jedinki po raku (bazibiontu) te broj jedinki po cm^2 raka, radi usporedbe epifaune s faunom sedimenta i obraštaja. Izmjerene vrijednosti ukupne dužine rakova i širine karapaksa korištene su za procjenu sastrugane površine rakova. Koristeći metodu geometrijskih tijela (Ruttner-Kolisko, 1977) tijelo raka je aproksimirano kao valjak te je sastrugana površina razmatrana kao površina plašta valjka ($P=2r\pi v$), gdje je v= dužina raka , r = ½ širine karapaksa.

2.3. Uzorkovanje faune sedimenta i obraštaja

Tijekom svakog terena na lokalitetima KŠ i PD uzorkovana je fauna sedimenta i obraštaja u blizini mjesta gdje su bile postavljene vrše. Na obje postaje uzorci su skupljani u triplikatu. Sediment je uzorkovan korerom (promjer 3 cm), a obraštaj je uzorkovan struganjem okolnog kamenja u potoku. Prikupljeni materijal stavljen je u bočice s etiketom. U laboratoriju, svježi je materijal je pregledan pod mikroskopom, meiofauna je razvrstana u više sistematske kategorije, a preostali materijal

konzerviran je u alkoholu (70 %). Konzervirani materijal pregledan je pod lupom te je izoliran makrozoobentos koji je zatim determiniran do razine porodice ili vrste pomoću determinacijskog ključa Kerovec (1986).

Brojnost faune sedimenta i obraštaja izražena je po cm^2, odnosno po površini sedimenta uzrokovanog korerom (12,56 cm^2) i po sastruganoj površini uzorkovanog kamenja.

2.3. Analiza fizikalno-kemijskih svojstava vode

Osim uzorkovanja biotičke komponente na potocima KŠ i PD mjereni su i fizikalno-kemijski parametri vode: temperatura vode (^oC), koncentracija otopljenog kisika, pH vrijednost (mg O_2/L, oksimetar oznake Hatch HQ30d), konduktivitet (µS/cm, konduktometar oznake Hach sensION5) te brzina protoka vode (brzinomjer P600, DOSTMANN electroronic GmbH).

Paralelno su uzimani triplikati uzoraka vode iz potoka (3 × 1 litra) za određivanje koncentracije suspendirane organske tvari - POM (eng. *particulate organic matter*). Koncentracija suspendirane organske tvari određivana je sušenjem na temperaturi od 104°C /4 h (suhi ostatak). Uzorci su zatim izvagani te žareni u mufolnoj peći na 600 °C /6 h (žareni ostatak). Iz razlike suhog i žarenog ostatka izračunata je količina organske tvari ili gubitak mase pri žarenju, AFDM (mg/L, eng. *ash free dry mass*).

2.4. Statistička obrada podataka

Svi prikupljeni podaci opisani su standardnim deskriptivnim metodama kao što su srednja vrijednost (SV), standardna devijacija (SD) i standardna greška (SG).

Za izračun bioraznolikosti na rakovima bazibiontima korišteni su indeks bogatstva vrsta (S) i Shannonov indeks bioraznolikosti (H). Indeks bogatstva vrsta pokazao nam je koliko je različitih svojti nađeno na pojednom raku, dok je Shanonov indeks bioraznolikosti uzeo u obzir bogatstvo svojti i udio pojedine svojte.

Pojam konstantnosti vrste uveden je kako bi se povezala epifauna s bazibiontima. Konstantnost vrste ukazuje na njenu povezanost sa staništem, odnosno s rakovima kao bazibiontima. Izračun je slijedeći:

$$K_n = \frac{u_n}{U} \times 100$$

K_n= konstantnost vrste u_n

u_n = broj uzoraka (rakova) u kojima se pojavljuje vrsta /svojta

U = ukupan broj uzoraka (rakova)

S obzirom na izračun, svojte smo podijelili po kategorijama konstantnosti (Durbešić, 1988):

- eukonstantne vrste, prisutne u 75 % do 100 % uzoraka
- konstantne vrste, prisutne u 50 % do 75 % uzoraka
- akcesorne vrste, prisutne u 25 % do 50 % uzoraka
- akcidentalne vrste, prisutne u 1 % do 25 % uzoraka

Prije statističke analize provedena je provjera raspodjele podataka Shapiro−Wilk's T testom. Mjereni fizikalno-kemijski parametri vode pokazali su pravilnu raspodjelu te su u njihovoj analizi korišteni parametrijski ANOVA testovi. Za biotičke čimbenike Shapiro−Wilk's T test je ukazao na njihovu nepravilnu raspodjelu pa su za daljnju analizu korišteni neparametrijski testovi: Mann−Whitney U test korišten je za utvrđivanje razlika biotičkih čimbenika između dviju nezavisnih varijabli, a Kruskal−Wallis test za utvrđivanje razlika biotičkih čimbenika između više nezavisnih varijabli. Za detaljnu informaciju o značajnosti razlika između pojedinih lokaliteta korišten je post-hoc test višestruke usporedbe. Za korelacijske odnose između svojti epifaune korišten je Spearmanov korelacijski test.

Bray–Curtis indeks korišten je za izračunavanje sličnosti i razlike između epifaune rakova i faune okolnog sedimenta i obraštaja te između epifaune na različitim vratama rakova. Na temelju navedenog indeksa proveli smo metodu nemetričkog multidimenzionalnog skaliranja (NMDS), analiza sličnosti (ANOSIM) i klaster analizu. U ANOSIM analiza daje R vrijednosti koje se mogu kretati u rasponu od 0 do 1. Ako je $R > 0,5$ ANOSIM analiza ukazuje na značajne razlike između istraživanih varijabli, dok vrijednosti $R < 0,5$ ukazuju na sličnosti između istraživanih varijabli (Clarke i Warwick, 2001).

Za statističku analizu podataka korišten je program STATISTICA 8.0 (StatSoft inc., 2007) i računalni program PRIMER (PRIMER–E, Plymouth, UK). Granična *p* vrijednost u svim statističkim analizama bila je 0,05. Tabelarni i grafički prikazi

podataka izrađeni su pomoću računalnog programa Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft Corporation 2007)

3. REZULTATI

3. 1. Fizikalno-kemijski čimbenici potoka Kustošak i pritoke potoka Dolje

Statistička analiza fizikalno-kemijskih čimbenika ukazuje da nije bilo statistički značajnih razlika između lokaliteta kao niti između datuma uzorkovanja (ANOVA, $p > 0,05$). Stoga su rezultati izraženi kao srednja vrijednost (SV) i standardna devijacija (SD) svih mjerenja (Tablica 2).

Temperatura vode na oba lokaliteta bila je približno jednaka i kretala se oko 19 °C (KŠ: 19,1 ± 1,9 °C ; PD: 18,9 ± 0.6 °C). Voda je bila dobro oksigenirana, sa zasićenjem od gotovo 100 %. Vrijednosti pH su ukazivale na neutralno do lužnato stanje oba vodotoka. Male razlike u mjerenjima između dva lokaliteta mogle su se primijetiti u konduktivitetu (KŠ: 574,2 ± 150,9 µS/cm, PD: 677,5 ± 34,6 µS/cm). Istraživani potoci imali su relativno niske vrijednosti suspendiranih organskih tvari (POM).

Tablica 2. Fizikalno-kemijski čimbenici u potocima Kustošak (KŠ) i pritoci potoka Dolje (PD) (srednja vrijednost SV, standardna devijacija, SD)

	KŠ			PD		
	SV		SD	SV		SD
Temperatura (°C)	19.07	±	1.96	18.90	±	0.57
Otopljeni kisik (mg/L)	9.21	±	0.37	8.99	±	0.17
Zasićenje kisikom (%)	101.93	±	3.58	98.95	±	3.89
pH	8.65	±	0.06	7.38	±	0.91
Konduktivitet (µS/cm)	574.20	±	150.94	677.50	±	34.65
Brzina strujanja (m/s)	0.27	±	0.08	0.10	±	0.00
POM (mg/L)	0.020	±	0.007	0.008	±	0.001

3.2. Analiza epifaune prikupljene na vrsti *Austropotamobius torrentium* u potocima Kustošak i pritoci potoka Dolje

Tijekom istraživanog razdoblja nisu utvrđene vremenske promjene u sastavu epifaune (ANOSIM, R = 0,028; p = 0,34). Također, ANOSIM analiza (R = 0,092; p = 0,14) između lokaliteta KŠ i PD ukazuje da ne postoji statistički značajna razlika zabilježene epifaune između dva istraživana lokaliteta. Statistička analiza pokazala je da temperatura (r = 0,73; p <0,05) i kisik (r = 0,76; p <0,05) pozitivno koreliraju s ukupnom epifaunom.

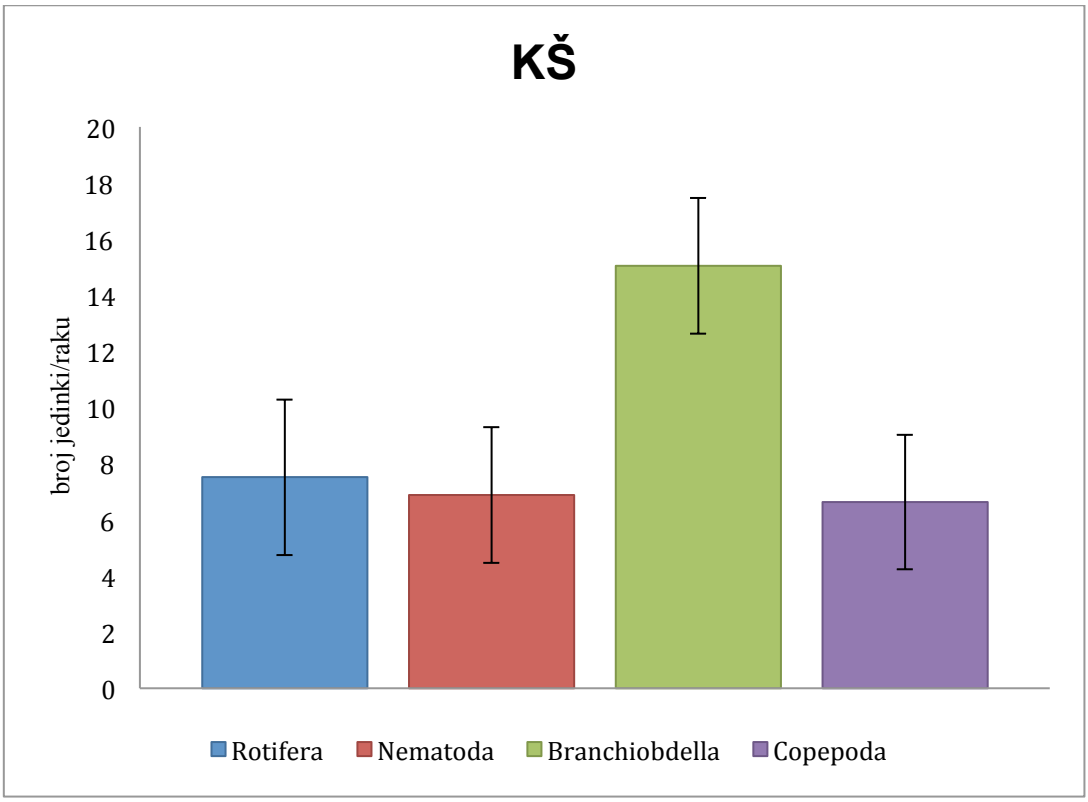
Na istraživanim potocima zabilježeno je ukupno 29 različitih svojti epifaune na bazibiontu *A. torrentium.* Determinirane svojte bile su predstavnici skupina Cilliophora, Branchiobdella, Nematoda, Rotifera, Copepoda i Chironomidae. Statistička analiza (Mann-Whitney U Test, p > 0,05) nije ukazala na značajne razlike u brojnosti navedenih skupina između lokaliteta.

U ukupnoj brojnosti zabilježenoj na oba lokaliteta prevladavale su jedinke iz skupine Ciliophora (1185 ± 3312 jed./raku, Tablica 3). Dominantna vrsta ove skupine bila je *Vorticella campanula* (1125 ± 3353 jed./raku, Tablica 3). Uz ovu vrstu također su dominirali trepetljikaši iz roda *Epystilis*. Prosječna brojnost ostalih predstavnika epifaune bila je znatno manja na oba lokaliteta (Slika 11, 12).

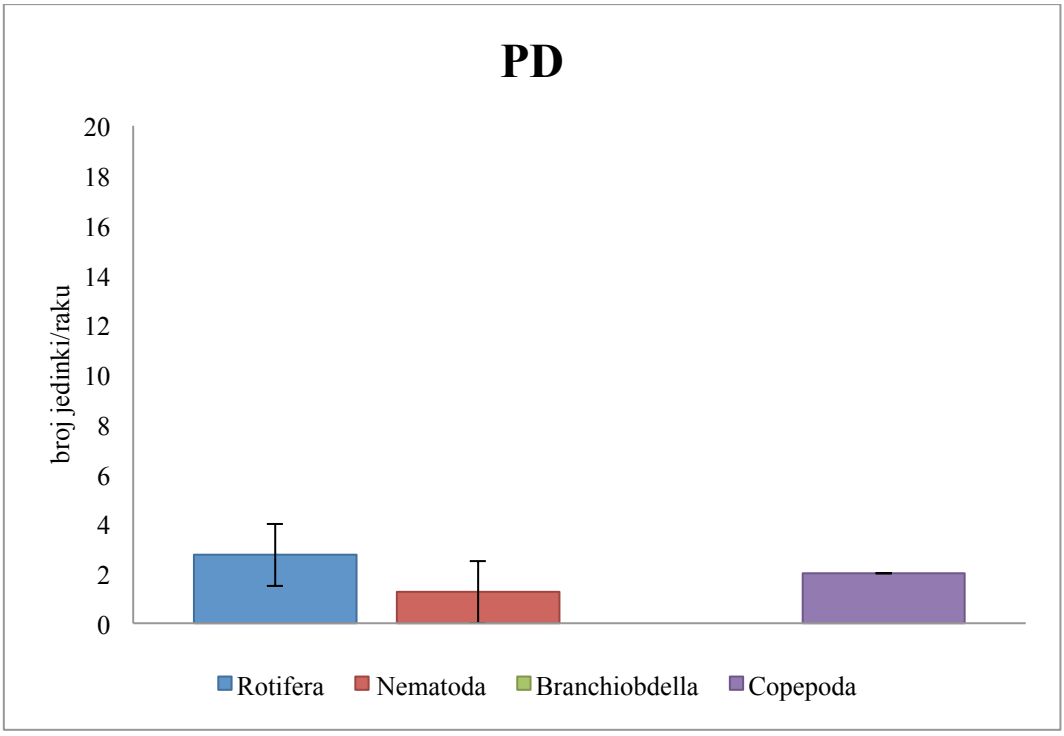
Skupina Branhiobdellida zabilježena je samo na lokalitetu KŠ s brojnošću od 12 ± 11 jed./raku. Ova skupina bila je zastupljena s dvije vrste, *Branchiobdella pentadonta* i *Branchiobdella parasita* od kojih je prevladavala *B. pentadonta* (9 ± 8 jed./raku, Tablica 3). Brojnost branhiobdela statistički je značajno i pozitivno korelirala (r = 0,74. p <0,05) s brojnošću ukupne epifaune kao potencijalnom hranom.

Skupina Rotifera postigla je najveću raznolikost s 11 svojti, od kojih je bila dominantna vrsta *Dicranophorus hauerianus* (3 ± 2 jed./raku, Tablica 3). Brojnost kolnjaka vrste *D. hauerianus* statistički značajno i pozitivno korelirala (r = 0,0603, p< 0,05) s brojnošću trepetljikaša.

Skupine Copepoda i Nematoda zabilježene su na oba lokaliteta, s nešto višim vrijednostima brojnosti na lokalitetu KŠ (Slika 11, 12).



Slika 11. Brojnost epifaune (izuzev skupine Ciliophora) na vrsti *A. torrentium* na potoku Kustošak (KŠ)



Slika 12. Brojnost epifaune (izuzev skupine Ciliophora) na vrsti *A. torrentiumu* na pritoci potoka Dolje (PD)

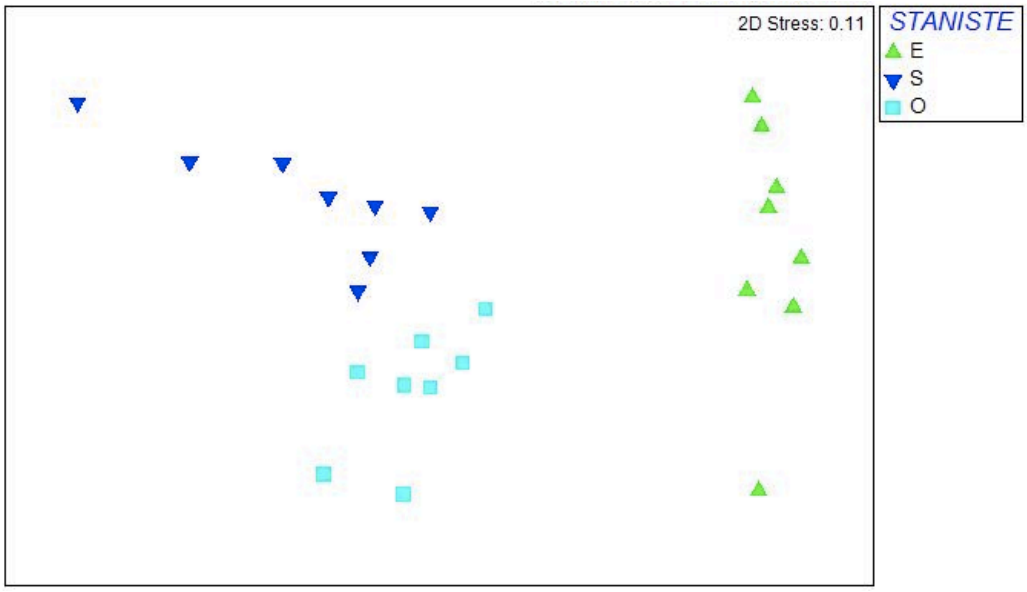
Tablica 3. Razolikost i brojnost epifaune na istraživanim rakovima bazibiontima (brojnost izražena kao brojnost jedinki po raku bazibiontu, K- konstantnost vrste).

Svojta	*A.astacus* SV	SD	*A.pallipes* SV	SD	*A.torrentium* SV	SD	*P.fallax* f.*viriginali* SV	SD	*P.leniusculus* SV	SD	K %
					broj jedinki/raku						
Ciliophora ukupno	808.5	± 1130.7	1.3	± 1.8	1185.8	± 3312.2	389.0	± 490.7	3258.7	± 4953.7	100
Acineta tuberosa Ehrenberg, 1833					2.2	± 5.6			1.3	± 2.3	40
Aspidisca lynceus Müller, 1773					0.1	± 0.3					20
Ciliophora	192.5	± 270.8			4.0	± 7.0					40
Epystilis sp.	326.0	± 455.4			43.4	± 52.5	206.0	± 251.7	2954.7	± 4601.1	60
Holotricha	72.0	± 101.8			0.1	± 0.3			1.3	± 2.3	60
Hypotrichia			1.3	± 1.8							20
Lithonotus sp.					0.1	± 0.3					20
Oxytrichidae	0.5	± 0.7			0.4	± 0.7					40
Vorticella campanula Ehrenberg, 1831	217.5	± 303.3			1125.4	± 3353.4	182.0	± 239.0	301.3	± 359.7	60
Catenulida ukupno							1.3	± 2.3			20
Rotifera ukupno	47.5	± 60.1	3.8	± 3.2	5.6	± 5.5	11.0	± 12.7	18.7	± 8.3	100
Bdelloidea	15.5	± 20.5			0.4	± 0.8			4.0	± 4.0	60
Cephalodella sp.					0.4	± 1.2			1.3	± 2.3	40
Colurella uncinata Müller, 1773									1.3	± 2.3	20
Dicranophorus hauerianus Wiszniewski, 1939	0.5	± 0.7			2.6	± 2.2					40
Embata parasitica (Giglioli, 1863)									1.3	± 2.3	20
Encentrum sp.					0.5	± 1.3					20
Habrotrocha sp.	30.0	± 42.4			0.3	± 0.8			8.0	± 4.0	60
Lepadella astacicola Hauer, 1926					0.5	± 0.8					20
Lepadella branchicola Hauer, 1926			0.8	± 1.1							20
Lepadella parasitica Hauer, 1926	1.5	± 2.1	3.0	± 2.1	0.6	± 1.0					20
Macrotrachella sp.					0.1	± 0.1					60
Philodina roseola Ehrenberg 1832									1.3	± 2.3	20
Philodina sp.					0.1	± 0.3	9.0	± 9.9			40
Ptygura sp.					0.1	± 0.3					20
Rotaria neptunaria (Ehrenberg, 1832)							2.0	± 2.8			20
Rotaria sp.					0.1	± 0.2			1.3	± 2.3	40
Gastrotricha ukupno					0.3	± 0.7					20
Chaetonotus sp.					0.3	± 0.7					20
Nematoda ukupno	24.0	± 33.9	1.3	± 1.8	4.9	± 4.7			50.7	± 6.1	80
Monhysterida					0.6	± 1.7					20
Nematoda	24.0	± 33.9	1.3	± 1.8	4.3	± 4.7			50.7	± 6.1	80
Bivalvia ukupno									0.3	± 0.6	20
Dreissena polymorpha (Pallas, 1771)							0.3	± 0.6			20
Branchiobdellida ukupno	2.5	± 2.1	32.0	± 45.3	12.0	± 11.4			199.7	± 172.9	80
Branchiobdella astaci Odier, 1823			0.3	± 0.4							20
Branchiobdella italica Canegallo, 1928			31.8	± 44.9							20
Branchiobdella parasita (Braun, 1805)	0.5	± 0.7			2.9	± 3.8					40
Branchiobdella pentodonta Whitman, 1882	2.0	± 2.8			9.1	± 8.1					40
Xirogoniton victoriensis Gelder i Hall, 1990									199.7	± 172.9	20
Hirudinea ukupno									0.3	± 0.6	20
Tardigrada ukupno	1.0	± 1.4									20
Dactylobiotus sp.	1.0	± 1.4									20
Cladocera ukupno									1.3	± 2.3	20
Chidoridae									1.3	± 2.3	20
Ostracoda ukupno									12.3	± 10.8	20
Copepoda ukupno	15.5	± 20.5	12.0	± 14.8	4.9	± 6.3					60
Copepoda	15.5	± 20.5	12.0	± 14.8	3.9	± 4.8					60
nauplij					0.9	± 1.9					20
Hydrachnidia ukupno			1.3	± 1.8	0.2	± 0.7	2.0	± 2.8			60
Chironomidae ukupno			1.3	± 1.8	0.0	± 0.1			32.3	± 55.1	60
Epifauna ukupno	899.0	± 1245.9	52.8	± 70.4	1213.6	± 3317.4	402.0	± 506.3	3575.7	± 5018.1	

3.3. Analiza sličnosti epifaune i prateće faune sedimenta i obraštaja

Analiza sličnosti između faune zabilježene na rakovima, sedimentu i obraštaju (Prilog 1) pokazala je statistički značajnu razliku u brojnosti između epifaune rakova i faune koja nastanjuje sediment i/ili obraštaj u potocima (ANOSIM, R = 0,818; p = 0,01). Rezultati ANOSIM analize ukazuju na značajnu razlika između epifaune i faune sedimenta (R = 0,985; p = 0,01), kao i epifaune i faune obraštaja (R = 0,964; p = 0,01), dok fauna sedimenta i obraštaja nisu jasno odvojene (R = 0,554; p = 0,01).

NMSD analiza brojnosti svih svojti utvrđenih u epifauni, sedimentu i obraštaju potvrđuje razdvajanje pojedinih staništa, od kojih je epifauna jasno odvojena od faune sedimenta i obraštaja (Slika 13).



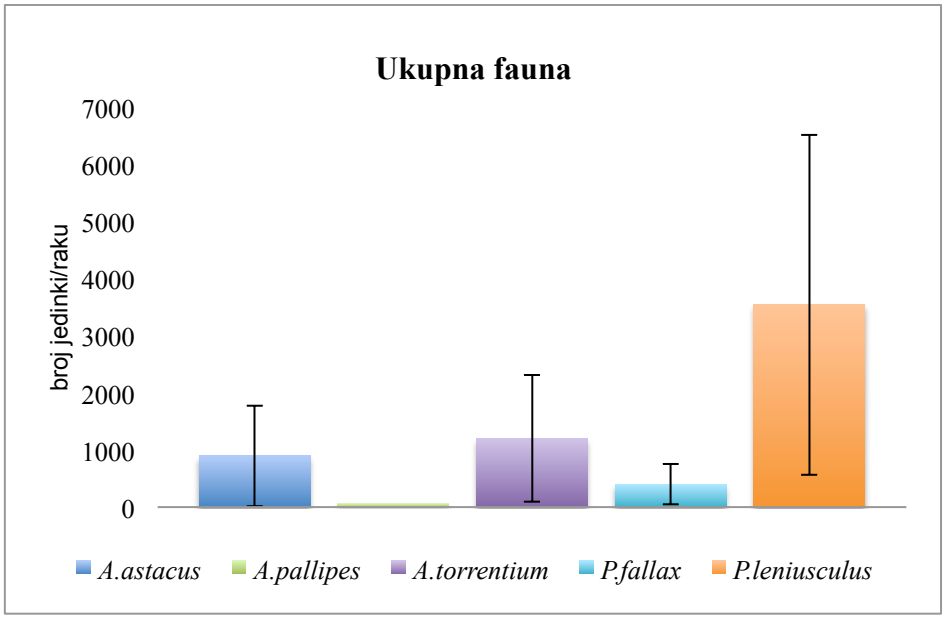
Slika 13. NMSD analiza brojnosti svih svojti utvrđenih u epifitonu, sedimentu i obraštaju temeljem Bray Curtis indeksa sličnosti. E – epifauna; S – fauna sedimenta; O – fauna obraštaja.

3.4. Usporedba epifaune istraživanih rakova

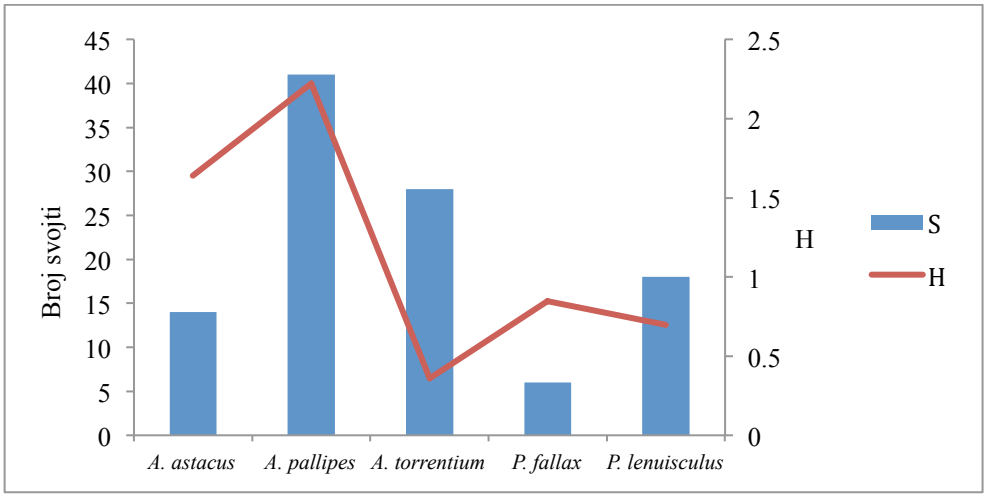
Analizom prikupljene epifaune s rakova vrsta *A. astacus, A. torrentium, A. pallipes, P. leniusculus, P. fallax* f. *viriginalis* ukupno su zabilježene 44 svojte koje su predstavnici 14 različitih skupina (Tablica 3). U sastavu epifaune najbrojniji i eukonstantni bili su predstavnici skupina Ciliophora, Branhiobdella, Nematoda, Rotifera i Copepoda. S druge strane, predstavnici skupina Catenulida, Cladocera,

Gastrotricha, Hirudinea, Ostracoda, Bivalvia i Tardigrada zabilježene su puno rjeđe te predstavljaju slučajne, akcidentalne vrste.

Najveća brojnost epifaune zabilježena je na alohtonoj vrsti *P. leniusculus*, a brojnošću su se isticali trepetljikaši i branhiobdele. Iako je najmanja brojnost epifaune zabilježena na vrsti jadranskog slijeva, *A. pallipes* (Slika 14), upravo je na ovom bazibiontu zabilježena najveća raznolikost svojti (44) te najviša vrijednost Shannonovog indeksa raznolikosti (H′ = 2,2, Slika 15)



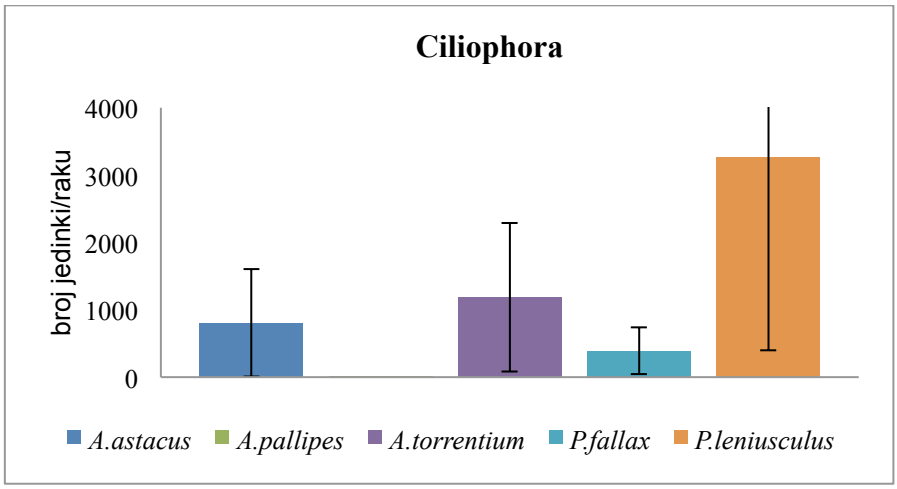
Slika 14. Ukupna brojnost epifaune zabilježena na istraživanim rakovima



Slika 15. Broj svojti i raznolikost epifaune na istraživanim rakovima(S- broj svojti, H- Shannonov indeks bioraznolikosti)

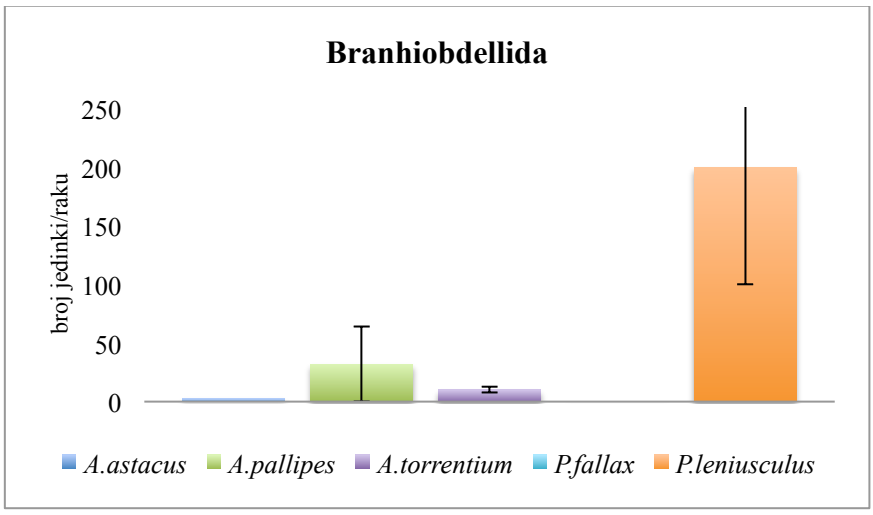
Najveću brojnost u epifauni istraživanih vrsta rakova postigli su Ciliophora (Slika 16). Na vrsti *P. lenisuculus* zabilježeno je 3259 ± 4954 jed./raku (Slika 21), dok je na vrsti *A. pallipes* zabilježeno samo 1 ± 2 jed./raku. Kao konstantna i

najbrojnija svojta ove skupine zabilježen je rod *Epistylis* sp. Vrsta *V. campanula* utvrđena je kao eukonstantna te je zabilježena s velikom brojnošću na vrsti *A. torrentium* (Tablica 3). Također, na navedene dvije vrste bazibionata kao akcesorna vrsta i predstavnik epifaune zabilježen je sisarac, *Acineta tuberosa* (Tablica 3).



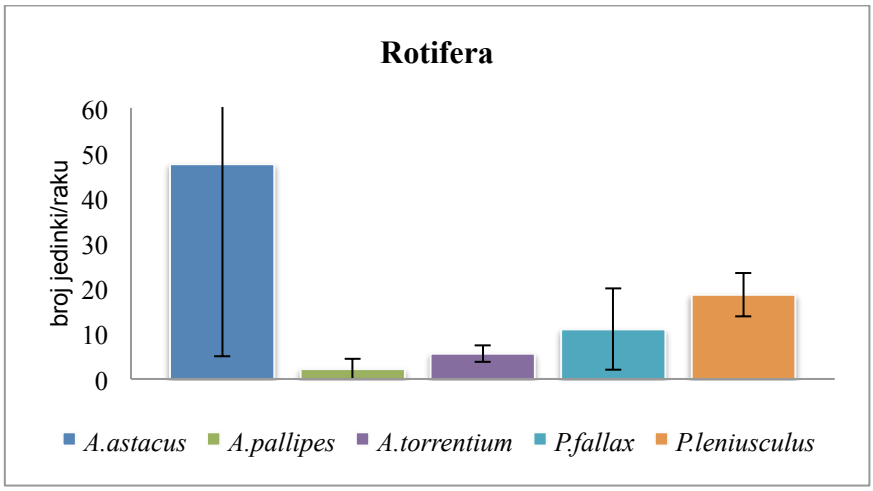
Slika 16. Ukupna brojnost Ciliophora zabilježene na pojedinim vrstama rakova

Druga najbrojnija i eukonstantna skupina je bila skupina Branchiobdellida. U najvećoj brojnosti ovi kolutićavci su zabilježeni na bazibiontu *P. leniusculus* (200 ± 173 jed./raku, Slika 17) i to s vrstom *Xirogiton victoriensis.* Vrste *Branchiobdella astaci* i *Branhiobdella italica* su pronađene samo na vrsti *A. pallipes*, dok su *B. parasita* (Slika 21) *i B. pentadonta* zabilježene i na rakovima *A. torrentium* i *A. astacus* (Tablica 3). Na invazivnoj vrsti *P. fallax* f. *viriginalis* nije zabilježen niti jedan predstavnik ove skupine (Slika 17).



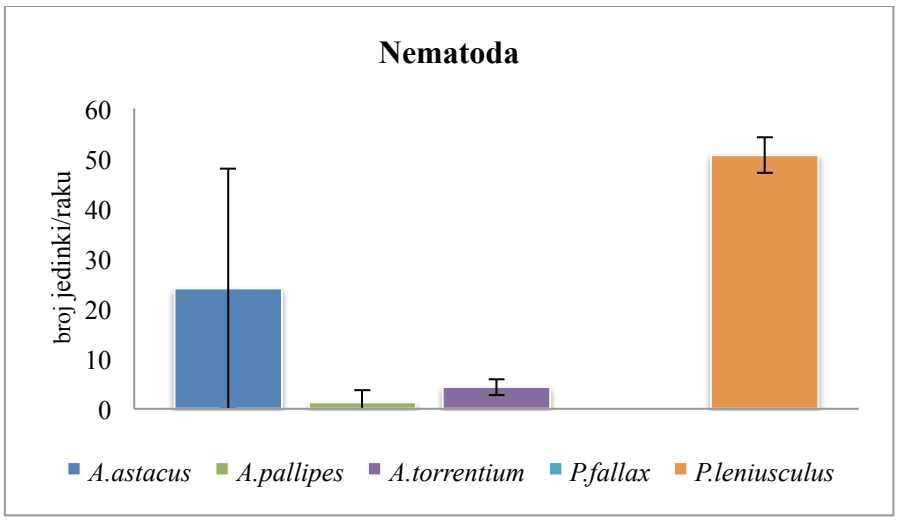
Slika 17. Ukupna brojnost Branchiobdellida zabilježena na pojedninim vrstama rakova

Tijekom provedenog istraživanja, skupina Rotifera bila je najraznolikija, zastupljena sa 16 svojti. Osim toga, ova skupina zabilježena je na svim istraživanim rakovima (Slika 18). Najveća brojnost Rotifera zabilježena je na vrsti *A. astacus* te je iznosila 48 ± 60 jed./raku. Dominantna i konstantna svojta ove skupine bile su vrste roda *Habrotrocha* (30 ± 42 jed./raku). Predstavnici roda *Lepadella* zabilježeni su na svim rakovima, osim na vrsti *P. fallax* f. *viriginalis* (Tablica 3).



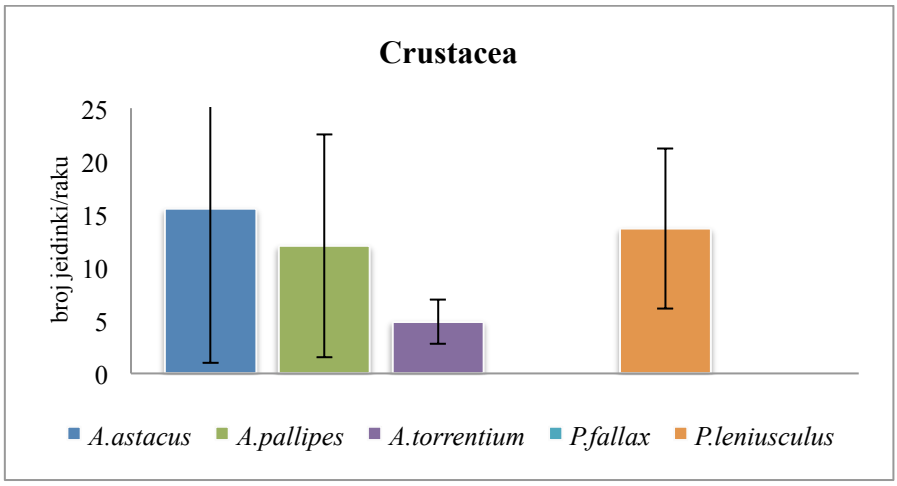
Slika 18. Ukupna brojnost Rotifera zabilježena na pojedinim vrstama rakova

Predstavnici Nematoda zabilježeni su kao eukonstantne svojte te je najveća brojnost ove skupine iznosila 51 ± 6 na vrsti *P. lenisuculus* (Tablica 3). Predstavnici ove skupine u većem broju zabilježene su i na vrsti *A. astacus*, dok na vrsti *P. fallax* f. *viriginalis* nije zabilježen niti jedan predstavnik ove skupine (Slika 19).



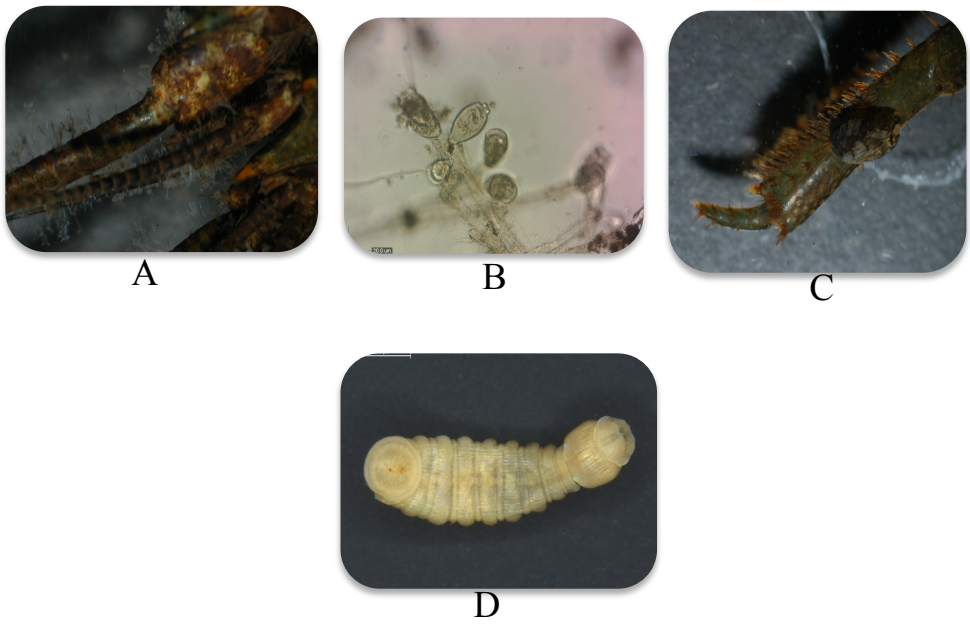
Slika 19. Ukupna brojnost skupine Nematoda zabilježena na pojedinim vrstama rakova

U epifauni od Crustacea zabilježeni su predstavnici skupina Cladocera, Copepoda i Ostracoda. Predstavnici skupina Cladocera i Ostracoda zabilježeni su kao akcidentalne svojte na vrsti *P. leniusculus*, dok su predstavnici skupine Copepoda zabilježeni kao konstantne svojte. Niti jedna jedinka nije zabilježena na vrsti *P. fallax* f. *viriginalis*, dok su na ostalim vrstama bili prisutni sa srednjim vrijednostima od 5 do 15 jed./raku (Slika 20).



Slika 20. Ukupna brojnost skupine Crustacea zabilježena na pojedinim vrstama rakova

Predstavnici ostalih skupina epifaune: Catenulida, Gastrotricha, Hirudinea, Bivalvia i Tardigrada zabilježeni su kao akcidentalne svojte, povremeno prisutne na bazibiontima (Tablica 3). Tako su predstavnici skupine Catenulida i Hirudinea zabilježeni na bazibiontu *P. leniusculus*. Rod *Chaetonotus,* kao predstavnik skupine Gastrotricha, zabilježen je na raku *A. torrentium,* a rod *Dactylobiotus* sp. kao predstavnik skupine Tardigrada zabilježen je na bazibiontu *A. astacus*. Skupina Bivalvia bila je zastupljena s invazivnom vrstom *Dreissena polymorpha* na bazibiontu *P. fallax* f. *viriginalis* (Slika 21)



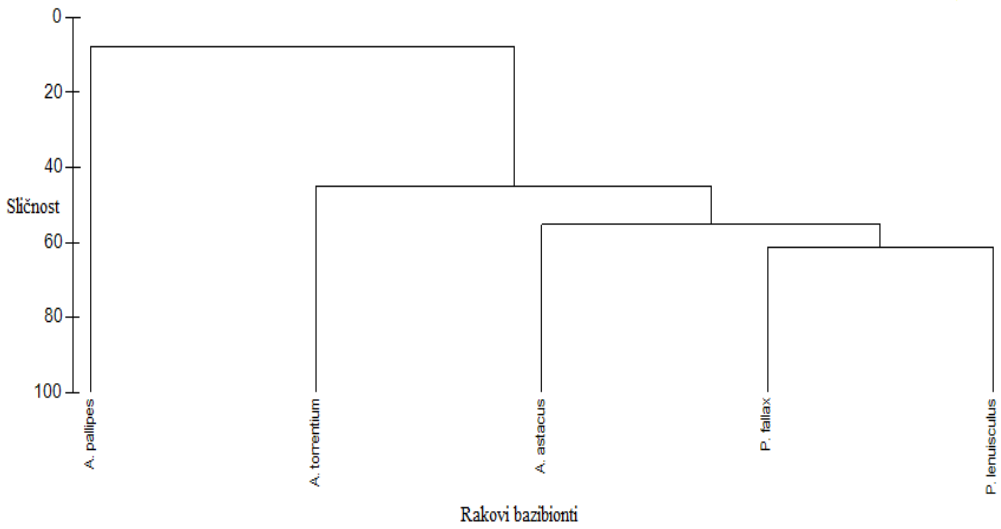
Slika 21. A- obraštaj trepetljikaša na vrsti *P. leniusculus*; B- predstavnik roda *Epistylis*; C- *Dreissena polymorpha* kao epibiont na raku vrste *P. fallax* f. *viriginalis*; D- *Branchiobdella parasita*
Fotografija: Tvrtko Dražina

Rezultati analize brojnosti različitih skupina epifaune ukazuju da nisu utvrđene statistički značajne razlike između pojedenih bazibionata (Kruskal-Wallis test, $p > 0,05$).

S druge strane, NMDS analiza izrađena temeljem brojnosti determiniranih svojti (Prilog 2) ukazuje na značajne razlike u sastavu epifaune između pojedinih autohtonih i alohtonih vrsta rakova. Specifična epifauna koja je naseljavala površinu alohtonih vrsta jasno je odvojena od epifaune koja je obilježavala autohtone vrste rakova. Osim toga, odvojena je i fauna koja obilježava pojedine autohtone vrste rakova (Slika 22).

Slika 22. NMSD analiza brojnosti svih svojti determiniranih u epifauni rakova, temeljem Bray Curtis indeksa sličnosti

Rezultati NMDS analize poduprijeti su i klaster analizom (Slika 23). Temeljem navedene analize, epifauna koja obilježava autohtonu vrstu *A. pallipes* se na razini od 20 % sličnosti odvaja od ostalih rakova u zasebnu grupu. Nakon nje, na razini sličnosti od oko 50 %, odvaja se fauna autohtonih vrsta *A. torrentium* i *A. astacus*, a fauna alohtonih vrsta (*P. lenisuculus i P. fallax* f. *virginalis*) grupirana je zajedno.



Slika 23. Dendogram sličnosti epifaune rakova

4. RASPRAVA

Istraživanjem epifaune slatkovodnih autohtonih i alohtonih rakova zabilježene su 44 različite svojte od kojih su brojnošću dominirali predstavnici skupina Ciliophora, Rotifera i Branhiobdella.

Za usporedbu sezonskih oscilacija epifaune rakova odabrani su potoci Kustošak (KŠ) i pritoka potoka Dolje (PD), koji se nalaze na zapadnom dijelu južnih padina Medvednice. Ovi potoci prirodno su stanište zabilježene autohtone vrste, potočnog raka (*A. torrentium*), koji naseljava gornje dijelove potoka s kamenim dnom na višim nadmorskim visinama (Maguire, 2010). Zabilježena epifauna je ujednačena vrstama, a razlike u brojnosti nisu bile značajne između dva istraživana lokaliteta.

Na potoku Kustošak zabilježena je nešto veća brojnost epifaune nego na pritoci potoka Dolje. Ove rezultate objašnjavam većim brojem jedinki potočnog raka koje su ulovljene na lokalitetu KŠ čime je zabilježeno i nešto više epifaune. S druge strane lokalitet PD uzrokovan je samo dva puta tijekom 2015., čime se može objasniti manja brojnost epifaune na tom lokalitetu.

Tijekom istraživanog razdoblja nisu zabilježene vremenske promjene u sastavu epifaune na potocima KŠ i PD budući da su istraživanja provedena u kasnoproljetno-ljetnom razdoblju bez posebnih temperaturnih i hidroloških oscilacija. Potoci KŠ i PD smješteni su u blizini naselja, no nije zabilježen negativan antropogeni utjecaj što potvrđuju prisutnost potočnog raka koji je vrsta osjetljiva na promjene staništa te se smatra dobrim pokazateljem kvalitete vode (Maguire, 2015). Osim toga, potoci su pokazali dobru oksigeniranost, neutralno do lužnato stanje pH te relativno niske vrijednosti suspendiranih organskih tvari.

Rezultati analize sličnosti i NMSD analize utvrdili su značajnu razliku i odvajanje epifaune rakova od faune sedimenta, kao i odvajanje epifaune od faune obraštaja čime se može zaključiti da je metoda uzorkovanja epifaune rakova bila uspješna te da je prikupljena epifauna specifično vezana za rakove. Također, najbrojnije skupine (Ciliophora, Rotifera, Braniobdellida) pronađene na rakovima u skladu su s već postojećim istraživanjima (Edgerton i sur., 2002). Kako bi ovi rezultati razlikovanja faune sedimenta i obraštaja od epifaune rakova bili potpuniji, trebalo bi uzorkovati sediment i obraštaj i na točkastim lokalitetima, što u ovom istraživanju nije bilo moguće napraviti.

Trepetljikaši koji su ovim istraživanjem zabilježeni na istraživanim bazibiontima, česta su fauna slatkovodnih rakova. Većina njih može se pronaći na egzoskeletu (pleopode, pereiopode, telzon) i škrgama rakova (Johnson, 1983). Rezultati ovog istraživanja potvrđuju trepetljikaše kao česte predstavnike epifaune jer su zabilježeni u najvećoj brojnosti na većini istraživanih rakova. Svojte koje su prevladavale kao epibionti na potočnom raku bile su *Vorticella campanula* i *Epystilis* sp., što je u skladu s dosadašnjim istraživanjima u kojima su najčešći predstavnici peritrihidnih trepetljikaša nađeni na rakovima bili rodovi *Epistylis, Carchesium, Lagenophrys, Paralagenophrys, Zoothamium, Opercularia, Vorticella i Cothurnia* (Nekuie Fard i sur., 2015). Vrsta *Vorticella campanula* dosadašnjim istraživanjima zabilježena je kao epibiont na slatkovodnim i morskim rakovima iz skupina Cladocera, Copepoda, Amphipoda (Fernandez-Leborans i Tato-Porto, 2000) i Decapoda (Aladro-Lubel i Mayén-Estrada, 2001). Osim na vrsti *A. torrentium*, ova je vrsta zabilježena je i na riječnom (*A. astacus*), mramornom (*P. fallax* f. *viriginalis*) signalnom raku (*P. leniusculus*). Ova vrsta također je pronađena i kao epibiont na slatkovodnoj vrsti puža *Pomacea figulina* (Spix, 1827) (Dias i sur., 2013), što znači da nije vezana isključivo za rakove kao bazibionte. Rod *Epistylis* je dosada zabilježen na skupinama Cladocera, Copepoda, Amphipoda te na dekapodnim rakovima natporodice Astacoidea (Fernandez-Leborans i Tato-Porto, 2000). Osim na rakovima ovaj rod ima česte epibiontske predstavnike na mekušcima te ličinkama kukaca (Foissner i sur., 1992). Na istraživanim bazibionatima rod *Epistylis* je zabilježen kao konstantna vrsta. Ovaj peritrihidni trepetljikaš često je bezopasan za baziobionta, iako je zapažen mortalitet rakova povezan s prisutnošću navedenog epibionta (Brown i sur., 1993). Osim peritrihidnih trepetljikaša, zabilježena je vrsta *Acineta tuberosa* kao predstavnik skupine sisaraca. Nalaz ove vrste u skladu je s prijašnjim nalazima gdje je *A. tuberosa* pronađena kao epibiont na slatkovodnom raku *A. leptodactylus* (Fernandez-Leborans i Tato-Porto, 2000). Predatorski način života ove vrste može objasniti i njenu manju brojnost za razliku od svojti *V. campanula* i *Epistylis* sp. koji su filtratorski organizmi koji se hrane organskim suspendiranim česticama (Edgerton i sur., 2002).

Kvaliteta vode može imati velik utjecaj na gustoću i brojnost trepetljikaša na rakovima. Neki autori smatraju da se gustoća peritrihidnih trepetljikaša na rakovima povećava eutrofikacijom vode što može negativno utjecati na populacije slatkovodnih rakova (Nekuie Fard i sur., 2015). Quaglio i sur. (2004) pokazali su da je povećana

prisutnost roda *Epistylis* povezana s niskom razinom otopljenog kisika i povećanom koncentracijom organskog opterećenja. Zanimljivo je da je najveća brojnost ovog roda zabilježena na invazivnoj vrsti, signalnom raku koji je bio dio točkastog uzorkovanja. Guste populacije peritrihidnih trepetljikša na signalnom raku zabilježene su i dosadašnjim istraživanjima (Petrusek i Petrusková, 2007). Mala brojnost roda *Epistylis* na potočnom raku može biti povezana s optimalnim uvjetima okoliša i dobrom kvalitetom vode što je u skladu s izmjerenim fizikalno-kemijskim parametrima. Treba uzeti u obzir da su fizikalno-kemijski parametri vode mjereni samo na lokalitetima KŠ i PD, stoga bi trebalo provesti mjerenja i na staništima signalnog raka kako bi se mogla utvrditi povezanost kvalitete vode s prisutnošću roda *Epistylis*.

Istraživanjem raznolikosti i distribucije branhiobdela u Hrvatskoj, na potočnom i riječnom raku utvrđene su vrste *B. parasita* i *B. pentodonta* s povećanom brojnošću vrste *B. pentodonta* (Klobučar i sur., 2006). Sukladno tome, ove vrste zabilježene su i u ovom istraživanju na potočnom i riječnom raku. Vrste *B. italica* i *B. astaci* pronađene su na vrsti *A. pallipes*. Ovi nalazi sukladni s rezultatima istraživanja koje su proveli Klobučar i sur (2006) i Šarić (2014). Vrsta *B. astaci* zabilježena je samo u škržnoj šupljini bjelonogog raka. Potrebno je naglasiti kako je u ovom istraživanju *A. pallipes* jedina vrsta kojoj je pregledana škržna šupljina za prisutnost epibionata.

Faunistički je izrazito značajan nalaz sjevernoameričke vrste *Xirogiton victorienis* na invazivnoj vrsti raka *P. leniusculus.* Ova vrsta branhiobdele dosadašnjim istraživanjima nije zabilježena u Hrvatskoj, stoga je ovo prvi nalaz *X. victoriensis* na području Hrvatske. Vrsta *X. victoriensis* širi se područjem Europe kao epibiont na površini invazivnog signalnog raka te je dosada zabilježena u Švedskoj (Franzén, 1962), Španjolskoj (Oscoz i sur., 2010), Finskoj (Kirjavainen i Westman, 1999), sjevernoj Italiji (Quaglio i sur., 2001), Mađarskoj (Kovács i Juhász, 2007), Austriji (Subchev, 2008), Francuskoj (Laurent, 2007; Subchev, 2008; Gelder i sur., 2012) i u Velikoj Britaniji (James i sur., 2015). Osim na vrsti *P. leniusculus,* nedavno je u Španjolskoj zabilježena i na vrsti *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Vedia i sur., 2014), što može značiti da ostale vrste rakova mogu postati potencijalni domaćini za ovu vrstu branhiobdele, ili da je alohtona vrsta *P. clarkii* isto tako vektor širenja vrste *X. victoriensis*. Dosada su europske vrste *B. italica* i *B. parasita* zabilježene na alohtonoj vrsti raka *P. clarkii* (Gelder i sur., 1999), no alohtone vrste

branhiobdela nisu zabilježene na autohtonim vrstama rakovima. S obzirom na brzo širenje signalnog raka, vrsta *X. victorienis* potencijalno bi mogla doprinijeti negativnom utjecaju na brojnost nativnih populacija rakova budući da je utjecaj alohotnih vrsta branhiobdela na europske populacije rakova nedovoljno istražen.

Ovim istraživanjima skupina Rotifera je utvrđena kao najraznolikija i konstantna skupina epifaune na rakovima. Općenito, kolnjaci su izrazito česta skupina epibionata na različitim skupinama beskralježnjaka, od spužvi, mekušaca kolutićavaca pa do nekih vrsta riba (May, 1989). Brojne vrste epibiontskih kolnjaka su specifično vezani za svoje bazibionte, kao npr. rodovi *Seison* i *Paraseison* koji su obligatni epibionti na morskim rakovima roda *Nebalia* (Wallace i sur., 2006). Na rodovima rakovima *Astacus* i *Austropotamobius* do sada je zabilježeno osam obligatnih epibionata: *Cephalodella crassipes*, *Dicranophorus hauerianus* i šest vrsta iz roda *Lepadella* (May, 1989). Od navedenih vrsta, u ovom istraživanju zabilježene su četiri vrste kolnjaka (*L. astacicola, L. branchicola, L. parasitica* i *D. hauerianus*), kao konstantna i obligatna epibiontska fauna na autohtonim vrstama rakova. Na autohtnom bazibiontu *A. torrentium* brojnost vrste *D. hauerianus* je pozitivno kolerirala s brojnošću trepetljikaša, što je vjerojatno posljedica tipa prehrane ovog kolnjaka koji je predatorska vrsta nad trepetljikašima i drugim skupinama kolnjaka (De Smet i Pourriot, 1997). Na alohtonom signalnom raku utvrđena je epibiontna vrsta *E. parasitica*, koja se smatra generalistom jer je u prethodnim istraživanjima, osim na rakovima, utvrđena i kao epibiont na ličinkama kukaca (May, 1989). Od ostalih kolnjaka zabilježenih su rodovi *Habrotrocha*, *Philodina*, *Ptygura*, *Cephalodella* i *Encetrum*. Vrste iz ovih rodova su uglavnom kozmopolitske rasprostranjenosti i široke ekološke valencije te ih možemo naći i u drugim tipovima bentoskih staništa, primarno obraštaja (Špoljar i sur., 2012; Dražina i sur., 2013). Brojnost kolnjaka na istraživanim bazibiontima je bila relativno mala naročito kada ju usporedimo s drugim vrstama rakova kao bazibiontima; tako je na primjer kod znatno manje vrste *Asellus aquaticus* (Linnaeus, 1758) utvrđena prosječna brojnost od 20 kolnjaka po bazibiontu (Fontaneto i Ambrosini, 2010). Male vrijednosti brojnosti kolnjaka možemo objasniti upravo prisutnošću Branchiobdellida. Naime, Gelder (1999) je utvrdio da se branhiobdele hrane drugim predstavnicima epifaune rakova te tako sudjeluju u čišćenju površine i škrga kod rakova.

Skupine Nematoda, Chironimidae i Crustacea zabilježene su na većini istraživanih bazibionata. Skupina Chironomidae je zabilježena kao akcesorna svojta koja nema epibiontska svojta. S druge strane, predstavnici skupina Nematoda i Crustacea dosadašnjim istraživanjima zabilježeni su kao epifauna rakova (Edgerton i sur., 2002), što je potvrđeno nalazima ovog istraživanja. Međutim, navedene skupine nisu određene do nižih sistematskih kategorija te se ne može zaključiti radi li se o specifičnoj epifauni. Zanimljivo je da je skupina Nematoda u najvećoj brojnosti zabilježena na signalnom raku na kojem je zabilježena i najveća brojnost trepetljikaša. Ovo se može objasniti time da su neki predstavnici skupine Nematoda predatori pa se da može pretpostaviti su trepetljkaši ovoj skupini bili hrana. Istraživanjem koje su proveli Huys i sur., (2014) utvrđeno je da su veslonošci roda *Nitocra* prisutni na nativnoj vrsti *A. leptodactylus* dok je vrsta skupine Ostracoda, *Ankylocythere sinuosa,* zabilježena na alohotnom raku *P. leniusculus.* Osim na signalnom raku, ovaj ljuskar zabilježen je također na alohtonoj vrsti *P. clarkii* (Castillo-Escrivà i sur, 2013). Sukladno s prijašnjim nalazima, skupina Copoeda zabilježena je samo na autohtonim vrstama rakova dok je skupina Ostracoda zabilježena na alohtonoj vrsti *P. leniusculus.* Kako bi se sa sigurnošću moglo potvrditi radi li se o specifičnoj epifauni rakova, trebalo bi ove skupine odrediti do nižih sistematskih kategorija.

Ostale skupine epifaune rakova (Catenulida, Gastrotricha, Bivalvia, Hirudinea, Tardigrada, Hydrachnida) zabilježene su u maloj brojnosti te se mogu smatrati kao akcidentalne svojte, koje često obitavaju u različitim tipovima slakovodnih bentoskih staništa. Zanimljiv je nalaz invazivne vrste školjkaša *Dreissena polymorpha* na invazivnom signalnom raku. Ovu vrstu školjkaša karakteriziraju bisusne niti kojima se može pričvrstiti na bilo koju čvrstu podlogu, što je jedan od uzroka problema u vodotocima u kojima se nalazi (http://www.issg.org/). Stoga, nalaz ove vrste potvrđuje njenu uspješnost u kolonizaciji različitih supstrata.

Indeksi bioraznolikosti koji su izračunati za epifaunu pojedinih vrsta rakova pokazuju da je najveći broj svojti kao i njihova najveća raznolikost zabilježena na jedinoj vrsti jadranskog sliva, vrsti *A. pallipes.* Upravo na ovoj vrsti zabilježena je najmanja brojnost epifaune, no treba uzeti u obzir da je broj pronađenih trepetljikaša na ovoj vrsti bio skoro nezamjetan, a upravo su oni ti koji su doprinosili ukupnoj brojnosti epifaune kod ostalih vrsta rakova. Zbog malog broja analiziranih bjelonogih

rakova trebalo bi povećati uzorkovanja kako bi se ovi rezultati mogli potvrditi i/ili nadopuniti.

Rezultati NMDS analize pokazali su razdvajanje epifaune između pojedinih autohtonih i alohtonih vrsta rakova. Invazivna vrsta *P. leniusculus* odgovorna je za drastična smanjena autohtonih europskih vrsta. Osim što je prijenosnik patogena koji je uzročnik račje kuge (Klobučar i sur., 2006), ova vrsta vjerojatno je prijenosnik još nedovoljno istraženih epibionata. Stoga su potrebna daljnja istraživanja i monitoring koji će jasno utvrditi specifičnu epifaunu alohtonih vrsta te njihov moguć utjecaj na nativne vrste i vodotoke u koje su se proširile. Dendogram dobiven klaster analizom potvrđuje razdvajanje epifaune alohtonih od autohtonih vrsta rakova. Također, ovom analizom jasno je odvojena epifauna vrste *A. pallipes* od epifaune ostalih autohtonih vrsta rakova, nakon čega slijedi razdvajanje epifaune vrste *A. torrentium.* Ovo razdvajanje epifaune u skladu je s filogeografskim razdvajanjem roda *Autropotamobius* na zapadnu liniju A. *pallipes* i istočnu liniju A. *torrentium.* Razdvajanje ovih linija uzrokovano je izdizanjem Dinarida u drugoj polovici miocena (Klobučar i sur., 2013).

Ovim istraživanjem, po prvi puta su zabilježeni predstavnici epifaune slatkovodnih rakova nadporodice Astacoidea u Hrvatskoj. Rezultati pružaju dobru preliminarnu sliku raznolikosti i rasprostranjenosti epifaune autohtonih i alohtonih vrsta rakova. Treba uzeti u obzir da su samo na vrsti *A. torrentium* rađena kontinuirana uzorkovanja, dok su ostale vrste bile dio točkastog uzorkovanja. Stoga bi u budućim istraživanjima za dobivanje detaljnog uvida i bolju usporedbu epifaune pojedinih vrsta rakova trebalo povećati i ujednačiti broj uzorka svih vrsta rakova.

5. ZAKLJUČAK

Prema rezultatima istraživanja epifaune rakova *A. torentium, A. astacus, A. pallipes, P. fallax* f. *viriginalis i P. leniusculus* mogu se izvesti slijedeći zaključci:

- Vrijednosti fizikalno-kemijskih parametara vode na lokalitetima KŠ i PD bile su ujednačene te nije bilo značajne razlike u epifauni populacija vrste *A. torrentium* između lokaliteta.
- Najbrojnija skupina zabilježene epifaune na većini istraživanih rakova bila je skupina Ciliophora, u kojoj je prevladavala vrsta *Vorticella campanula* i vrste roda *Epistylis.*
- Skupina Rotifera zabilježena je kao najraznolikija skupina epifaune: vrste *Lepadella parasitica* i *Dicranophorus hauerianus* zabilježene su kao akcesorne svojte na autohtonim vrstama rakova.
- Potvrđena je prisutnost branhiobdela kao specifičnih epibionta rakova; *Branhiobdella parasita, Branhiobdella pentodonta, Branhiobdella italica* i *Branhiobdella astaci* potvrđene su kao vrste koje se nalaze na autohtonim vrstama rakova.
- Vrsta branhiobdele, *Xirogiton victoriensis,* zabilježena je po prvi puta na području Hrvatske na invazivnoj vrsti *Pacifastacus leniusculus.*
- Skupine Nematoda, Crustacea i Chironomidae zabilježene su na većini istraživanih vrsta rakova, ali u manjoj brojnosti, dok su također, u maloj brojnosti, ali kao slučajne, akcidentalne svojte zabilježeni predstavnici skupina Catenulida, Gastrotricha, Bivalvia, Hirudinea, Tardigrada, Hydrachnidia stoga se ne mogu utvrditi kao specifična epifauna rakova.
- Zabilježena epifauna specifično je vezana za rakove te se sastavom i brojnosti razlikuje se od faune sedimenta i obraštaja.
- Postoje značajne razlike u epifauni pojedinih vrsta rakova: epifauna alohtonih vrsta razlikuje se od epifaune autohtnih vrsta. Osim toga, utvrđeno je razdvajanje epifaune autohtonih vrsta rakova što je u skladu je s njihovim filogeografskim odvajanjem.

6. LITERATURA

Abebe, E., Andrássy I., Traunspurger W. (2006). Freshwater Nematodes: Ecology and Taxonomy. CABI Publishing,Wallingford. UK.

Abelló, P., Villanueva, R., Gili, J.M. (1990). Epibiosis in deep-sea crab populations as indicator of biological and behavioural characteristics of the host. J. Mar. Biol. Assoc. U. K. *70*, 687–695.

Aladro-Lubel, M.A., Mayén-Estrada, R. (2001). Distribution and prevalence of 15 species of epibiont peritrich cilliates on the crayfish *Cambarellus patzcuarensis* Villalobos, 1943 in the lake Patzcuaro, Michoacan, Mexico. Crustaceana *74*, 1213–1224.

Alderman, D.J., Polglase, J.L. (1988). Pathogens, parasites and commensals. U: Holdich, D.M., Lowery, R.S. (Ur.). Freshwater Crayfish — Biology, Management and Exploitation. Croom Helm. London.

Baldock, B.M. (1986). Peritrich ciliates epizoic on larvae of *Brachycentrus subnubilus* (Trichoptera): importance in relation to the total protozoan population in streams. Hydrobiologia *131*, 125-131.

Brown, P.B., White, M.R., Swann, D.L., Fuller, M.S. (1993). A Severe Outbreak of Ectoparasitism Due to *Epistylis* sp. in Pond-Reared Orconectid Crayfish. J. World Aquac. Soc. *24*, 116–120.

Caine, E.A. (1986). Carapace epibionts of nesting loggerhead sea turtles: Atlantic coast of U.S.A. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. *95*, 15–26.

Castillo-Escrivà, A., Mestre, A., Monrós, J.S., Mesquita-Joanes, F. (2013). Population dynamics of an epibiont Ostracoda on the invasive red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in a western Mediterranean wetland. Hydrobiologia *714*, 217–228.

Clarke, K.R., Warwick, R.M. (2001). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. PRIMER-E. Plymouth.

Cook, J.A., Chubb, J.C., Veltkamp (1998). Epibionts of *Asellus aquaticus*(L.) (Crustacea, Isopoda): an SEM study. Freshw. Biol. *39*, 423–438.

De Smet, W.H., Pourriot, R. (1997). Rotifera. Vol. 5: The Dicranophoridae (Monogononta). SPB Academic Publishing. Amsterdam.

Dias, R. J. P., D'avila, S., Wieloch, A. H., D'Agosto, M. (2008). Protozoan ciliate epibionts on the freshwater apple snail *Pomacea figulina* (Spix, 1827)(Gastropoda, Ampullariidae) in an urban stream of south‐east Brazil. J. Nat. Hist. *42*, 1409-1420.

Donner, J. (1965). Ordnung Bdelloidea (Rotatoria, Rädertiere). Akademie Verlag. Berlin.

Dražina, T., Špoljar, M., Primc, B., Habdija, I. (2013). Small-scale patterns of meiofauna in a bryophyte covered tufa barrier (Plitvice Lakes, Croatia). Limonologica *43,* 405-416.

Durbešić, P. (1988). Upoznavanje i istraživanje kopnenih člankonožaca. Mala ekološka biblioteka. Zagreb.

Edgerton, B.F., Evans, L.H., Stephens, F.J., Overstreet, R.M. (2002). Synopsis of freshwater crayfish diseases and commensal organisms. Aquaculture *206*, 57–135.

Fernandez-Leborans, G., Tato-Porto, M.L. (2000). A Review of the Species of Protozoan Epibionts on Crustaceans. I. Peritrich Ciliates. Crustaceana *73*, 643–683.

Fernandez-Leborans, G., Zitzler, K., i Gabilondo, R. (2006). Epibiont protozoan communities on *Caridina lanceolata* (Crustacea, Decapoda) from the Malili lakes of Sulawesi (Indonesia). Zool. Anz *245*(3), 167-191.

Fontaneto, D., Ambrosini, R. (2010). Spatial niche partitioning in epibiont rotifers on the waterlouse *Asellus aquaticus*. Limnol. Oceanogr. *55*, 1327–1337.

Foissner, W., Berger, H., Kohmann F. (1992). Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems. Band II: Peritrichia, Heterotrichida, Odontostomatida. Inf.ber. Bayer. Landesamtes Wasserwirtsch *5/92*, 1-502

Foissner, W., Berger, H. (1996). A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes, and waste waters, with notes on their ecology. Freshw. Biol. *35*, 375–482

Franzén, A. (1962). Notes on the morphology and histology of *Xironogiton instabila* (Moore, 1893) (Fam. Branchiobdellidae) with special reference to the muscle cells. Zool. Bidr. Uppsala *35*, 369–383.

Funch, P., Møbjerg Kristensen, R. (1995). Cycliophora is a new phylum with affinities to Entoprocta and Ectoprocta. Nature *378*, 711–714.

Gelder S.R., Delmastro G.B., Ferraguti M. (1994). A report on branchiobdellidans (Annelida: Clitellata) and a taxonomic key to the species in northern Italy, including the first record of *Cambarincola mesochoreus* on the introduced American red swamp crayfish. Boll. Zool. *61*, 179-183.

Gelder S.R. (1999). Zoogeography of branchiobdellidans (Annelida) and temnocephalidans (Platyhelminthes) ectosymbiotic on freshwater crustaceans, and their reactions to one another in vitro. Hydrobiologia *406*, 21-31.

Gelder, S.R., Delmastro, G.B., Rayburn, J.N. (1999). Distribution of native and exotic branchiobdellidans (Annelida: Clitellata) on their respective crayfish hosts in northern Italy, with the first record of native Branchiobdella species on an exotic North American crayfish. J. Limnol. *58*, 20.

Gelder, S.R. (2010). Annelida (Clitellata): Oligochaeta, Branchiobdellida, Hirudinida, and Acanthobdellida. U: Thorp J.H., Covich A.P. (eds) Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. Burlington, Academic Press/Elsevier

Gelder, S.R., Parpet, J.-F., Quaglio, F. (2012). First report of two North American branchiobdellidans (Annelida: Clitellata) or crayfish worms on signal crayfish in Europe with a discussion of similar introductions into Japan. Ann. Limnol. - Int. J. Limnol. *48*, 315–322.

Gottstein Matočec, S., Bakran-Petricioli, T., Bedek, J., Bukovec, D., Buzjak, S., Franičević, M., Jalžić, B., Kerovec, M., Kletečki, E., Kralj, J., Kružić, P., Kučinić, M., Kuhta, M., Matočec, N., Ozimec, R., Rađa, T., Štamol, V., Ternjej, I., Tvrtković, N. (2002). An overview of the cave and interstitial biota of Croatia. Nat. Croat. *11*, 1–112.

Habdija, I., Habdija, B.P., Radanović, I., Špoljar, M., Kepčija, R.M., Karlo, S.V., Miliša, M., Ostojić, A., i Perić, M.S. (2011). Protista-Protozoa and Metazoa-Invertebrates : structure and function. Alfa. Zagreb.

Holt, P.C. (1977). A gill inhabiting new genus and species of the Branchiobdellida (Annelida:Clitellata). Proc. Biol. Soc. Washington *90*, 726-734.

Huys, R., Oidtmann, B., Pond, M., Goodman, H., Clark, P.F. (2014). Invasive crayfish and their symbionts in the Greater London area: new data and the fate of *Astacus leptodactylus* in the Serpentine and Long Water Lakes. Ethol. Ecol. Evol. *26*, 320–347.

James, J., Cable, J., Richardson, G., Davidson, K.E., Mackie, A.S. (2015). Two alien species of Branchiobdellida (Annelida: Clitellata) new to the British Isles: a morphological and molecular study. Aquat Invasions *10*, 371–383.

Johnson, P.T. (1983). Diseases caused by viruses Rickettsiae, Bacteriaand Fungi. U: Provenzano A.J. (Ur.) The biology of crustacea: pathobiology. Academic Press NY. New York

Karaman S.M. (1967). Branchiobdelldae Jugoslavije (Annelida: Clitellata). Bul. Pun. Shken. Fak. Fil. Prisht. *4*, 39-63.

Karaman S.M. (1970). Beitrag zur Kenntnis der europaischen Branchiobdelliden (Clitellata, Branchiobdellidea). Int. Rev. Hydrobiol. *55*, 325-333.

Kerovec, M (1986). Priručnik za upoznavanje beskralješnjaka naših potoka i rijeka. Sveučilišna naklada Libar. Zagreb

Kirjavainen, J., Westman, K. (1999). Natural history and development of the introduced signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, in a small, isolated Finnish lake, from 1968 to 1993. Aquat. Living Resour. *12*, 387–401.

Klobučar, G., Maguire, I., Gottstein, S., i Gelder, S.R. (2006). Occurrence of Branchiobdellida (Annelida : Clitellata) on freshwater crayfish in Croatia. Ann. Limnol. - Int. J. Limnol. *42*, 251–260.

Klobučar, G.I.V., Podnar, M., Jelić, M., Franjević, D., Faller, M., šTambuk, A., Gottstein, S., Simić, V., and Maguire, I. (2013). Role of the Dinaric Karst (western Balkans) in shaping the phylogeographic structure of the threatened crayfish *Austropotamobius torrentium*: Role of Dinaric Karst in stone crayfish phylogeography. Freshw. Biol. *58*, 1089–1105.

Kovács T, Juhász P (2007) Data to the distribution of crayfish worms (Branchiobdellidae) in Hungary. Folia Historico-Naturalia Musei Matraensis *31*, 77–79.

Laurent, P.J. (2007). A French population of *Pacifastacus leniusculus* bears the North American parasite branchiobdellidan ecto- symbionts *Xironogiton victoriensis.* Crayfish News *29*, 5–6.

Lüttge, U. (1985). Epiphyten: Evolution und Ökophysiologie. Naturwissenschaften *72*, 557–566.

Maguire, I., Klobučar (2003). Appearance of *Orconectes limosus* in Croatia. Crayfish News *25*, 7–7.

Maguire, I., Gottstein-Matočec, S. (2004). The Distribution Pattern of Freshwater Crayfish in Croatia. Crustaceana *77*, 25–47.

Maguire, I., Klobučar, G., Marčić, Z., Zanella, D. (2008). The first record of *Pacifastacus leniusculus* in Croatia. Crayfish News *30*, 4–4.

Maguire, I. (2010). Slatkovodni rakovi - priručnik za invertarizaciju i praćenje stanja. DZZP. Zagreb.

Maguire. I. (2015). Nacionalni programi za praćenje stanja očuvanosti vrsta u Hrvatskoj - Potočni rak ili rak kamenjar (*Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803)). DZZP. Zagreb

May, L. (1989). Epizoic and parasitic rotifers. Hydrobiologia *186/187,* 59-67.

Nekuie Fard, A., Afsharnasab, M., Seidgar, M., Kakoolaki, S., Azadikhah, D., Asem, A. (2015). Protozoan epibionts on *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) from Aras Reservoir, Northwest Iran. Iran. J. Fish. Sci. *14*, 308–320.

Obst, M., Funch, P., Mobjergkristensen, R. (2006). A new species of Cycliophora from the mouthparts of the American lobster, *Homarus americanus* (Nephropidae, Decapoda). Org. Divers. Evol. *6*, 83–97.

Oscoz, J., Tomás, P., Durán, C. (2010). Review and new records of non-indigenous freshwater invertebrates in the Ebro River basin (Northeast Spain). Aquatic Invasions *5*, 263–284.

Oswald, R. C., Seed, R. (1986). Organisation and seasonal progression within the epifaunal communities of coastal macroalgae. Cah.Biol.Mar *27*(1) 29-40.

Petrusek, A., Petrusková, T. (2007). Invasive American crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Decapoda: Astacidae) in the Morava River (Slovakia). Biologia *62*, 356-359.

Ruttner-Kolisko, A. (1977). Suggestions for biomass calculations of plankton rotifers. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. *8*, 71–76.

Subchev, M.A. (2008). Branchiobdellida (Annelida: Clitellata) found in the crayfish and annelid collections of the French National Museum of Natural History (Paris), and on recently collected crayfishes from France. Acta Zool. Bulg. *60*, 233–237.

Šarić, I. (2014). Morfološke i molekularno-filogenetske značajke roda *Branchiobdella* Odier, 1823 (Annelida: Clitellata) u Hrvatskoj. Diplomski rad. Zagreb.

Špoljar, M., Dražina, T., Ostojić, A., Miliša, M., Gligora Udovič, M., Štafa, D. (2012). Bryophyte communities and seston in a karst stream (Jankovac Stream, Papuk Nature Park, Croatia). Ann. Limnol. - Int. J. Lim *48*, 125-138.

Vedia, I., Oscoz, J., Rueda, J., Miranda, R., García-Roger, E.M., Baquero, E., Gelder, S.R. (2014). An alien ectosymbiotic branchiobdellidan (Annelida: Clitellata) adopting exotic crayfish: a biological co-invasion with unpredictable consequences. Inland Waters *5*, 89–92.

Villarreal, H., Hutchings, R.W. (1986). Presence of ciliate colonies on the exoskeleton of the freshwater crayfish *Cherax tenuimanus* (Smith) [Decapoda: Parastacidae]. Aquaculture *58*, 309–312.

Voigt, M., Koste, W. (1978). Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Gebrüder Borntraeger. Berlin. Stuttgart.

Quaglio F, Fioravanti ML, Gelder SR, Giannetto S, Trentini M, Nobile L, Maxia M, Morolli C. (2001). Infestation of the branchiobdellidan, *Xironogiton victoriensis* (Annelida: Clitellata), on the signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) from Auenbachl Creek, Alto Adige/Süd Tyrol, Italy. Freshwater Cray. *13*, 274–279

Quaglio, F., Morolli, C., Galuppi, R., Tampier, M. P., Marcer, F. Rotundo, G. (2004). Pathological investigation on crayfish (*Procambarus clarkii*, Girard 1852) from canals in Padana Plain. XV Symposium of the International Association of Astacology. London. Book of the Abstracts.

Wahl, M. (1989). Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects. Mar. Ecol. Prog. Ser. *58*, 175–189.

Wahl, M., Mark, O. (1999). The predominantly facultative nature of epibiosis: experimental and observational evidence. Mar. Ecol. Prog. Ser. *187*, 59–66.

Wallace R.L., Snell, T., Ricci, C. (2006). Rotifera. 1. Biology, ecology and systematics. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Kenobi Productions. Ghent.

Žítt, J., Kopáčová, M., Nekovařík, Č. (2003). Epibionts of mollusc shells from the Korycany limestones (Upper Cenomanian, Czech Republic). Bull. Cz. Geol. Sur *78*, 41-52.

http://www.plingfactory.de, 20. 12. 2015.
http://protist.i.hosei.ac.jp, 20. 12. 2015.
http://museum.wa.gov.au, 6. 1. 2016.
http://visualsunlimited.photoshelter.com, 15. 1. 2016.
http://www.issg.org/, 10. 2. 2016.

8. ŽIVOTOPIS

Ana Korša

- Ljubijska 96, 10000 Zagreb
- 097 7844907
- ana.korsa@gmail.com

Datum i mjesto rođenja:

- 22.5.1988 Zagreb

Završeno obrazovanja:

- Prediplomski studij sociologije i komunikologije; Hrvatski studiji, Sveučilište u Zagrebu
- Preddiplomski studij Znanosti o okolišu; Biološki odsjek; Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- XV. gimnazija, Zagreb
- Osnovna škola Žuti brijeg, Zagreb

Fakultetski angažman:

- Demonstratorica na Animalnom zavoda iz kolegija "Ponašanje životinja" (ak. god. 2014/2015)

Izvannastavni program:

- Sudjelovanje na Noći biologije (2013. i 2014.)
- Mentor na Ljetnoj tvornici znanosti (2013.)

Stručna praksa u inozemstvu:

- Institut za znanost i tehnologiju (IST), Austrija (2015.)

9. PRILOZI

Prilog 1. Raznolikost i brojnost faune zabilježene na vrsti *A. torrentium* te u okolnom sedimentu i obraštaju.

Prilog 2. Raznolikost i brojnost epifaune zabilježene na različitim vrstama rakova bazibionata.

Prilog 1.

Raznolikost i brojnost faune zabilježene na vrsti *A. torrentium* te u okolnom sedimentu i obraštaju.

SVOJTA/STANIŠTE	*A.torrentium*			Sediment			Obraštaj		
	SV		SD	SV		SD	SV		SD
	broj jedinki/cm^2								
Acineta tuberosa Ehrenberg, 1833	0.012	±	0.026						
Aspidisca lynceus Müller, 1773	0.044	±	0.124				0.093	±	0.142
Ciliophora	0.068	±	0.123	0.149	±	0.422	0.466	±	0.598
Epystilis sp.	0.210	±	0.252						
Holotricha	0.001	±	0.002						
Lithonotus sp.									
Oxytrichidae	0.057	±	0.154	0.100	±	0.197	0.247	±	0.277
Vorticella campanula Ehrenberg, 1831	4.433	±	12.522				0.110	±	0.154
Bdelloidea	0.002	±	0.005				0.066	±	0.186
Cephalodella sp.	0.002	±	0.005				0.049	±	0.140
Colurella uncinata Müller, 1773	0.022	±	0.062				0.033	±	0.065
Dicranophorus hauerianus Wiszniewski, 1939	0.014	±	0.017						
Encentrum sp.	0.003	±	0.007						
Habrotrocha sp.	0.024	±	0.062				0.099	±	0.084
Lepadella astacicola Hauer, 1926	0.003	±	0.005						
Lepadella parasitica Hauer, 1926	0.004	±	0.006						
Macrotrachella sp.	0.000	±	0.001						
Philodina roseola Ehrenberg 1832							0.049	±	0.140
Philodina sp.	0.001	±	0.002				0.066	±	0.186
Ptygura sp.	0.001	±	0.002						
Rotaria sp.									
Chaetonotus sp.	0.002	±	0.004						
Monhysterida	0.003	±	0.009						
Nematoda	0.130	±	0.303	1.327	±	2.445	0.291	±	0.367
Oligochaeta				0.124	±	0.124	0.001	±	0.003
Aelosoma sp.				0.015	±	0.042	0.003	±	0.009
Bivalvia				0.003	±	0.009			
Gastropoda				0.090	±	0.063			
Branchiobdella parasita (Braun, 1805)	0.015	±	0.017						
Branchiobdella pentodonta Whitman, 1882	0.040	±	0.049						
Ostracoda							0.003	±	0.009
Copepoda	0.021	±	0.020						
nauplij	0.006	±	0.013						
Gammarus fossarum Koch, 1836	0.010	±	0.028	1.140	±	1.830	0.094	±	0.059
Hydrachnidia	0.001	±	0.003	0.003	±	0.009	0.002	±	0.004
Chironomidae	0.017	±	0.046	0.176	±	0.239	1.120	±	0.892
Coleoptera							0.001	±	0.003
Lionothus sp.							0.016	±	0.047
Diptera				0.033	±	0.037	0.008	±	0.014
Ephemeroptera	0.030	±	0.084	0.012	±	0.017	0.207	±	0.411
Trichoptera	0.000	±	0.000	0.017	±	0.028	0.007	±	0.014

Prilog 2.

Raznolikost i brojnost epifaune zabilježene na različitim vrstama rakova bazibionata.

Svojta	*A.astacus* SV	*A.astacus* SD	*A.pallipes* SV	*A.pallipes* SD	*A.torrentium* SV	*A.torrentium* SD	*P.fallax* f.*viriginali* SV	*P.fallax* f.*viriginali* SD	*P.leniusculus* SV	*P.leniusculus* SD
					broj jedinki/cm^2					
Ciliophora ukupno	8.583	12.003	0.028	0.040	12.588	35.161	11.012	13.892	23.614	35.896
Acineta tuberosa Ehrenberg, 1833					0.023	0.059			0.010	0.017
Aspidisca lynceus Müller, 1773					0.001	0.003				
Ciliophora	2.044	2.875			0.043	0.074				
Epystilis sp.	3.461	4.834			0.461	0.557	5.832	7.126	21.411	33.342
Holotricha	0.764	1.081			0.001	0.004			0.010	0.017
Hypotrichia			0.028	0.040						
Lithonotus sp.					0.001	0.004				
Oxytrichidae	0.005	0.008			0.004	0.007				
Vorticella campanula Ehrenberg, 1831	1.309	2.220			11.852	35.365	4.180	6.766	2.184	1.613
Catenulida ukupno									**0.010**	**0.017**
Catenulida									0.010	0.017
Rotifera ukupno	0.504	0.638	0.068	0.096	0.060	0.058	0.311	0.360	0.135	0.060
Bdelloidea	0.165	0.218			0.004	0.008			0.029	0.029
Cephalodella sp.					0.004	0.012			0.010	0.017
Colurella uncinata Müller, 1773									0.010	0.017
Dicranophorus hauerianus Wiszniewski, 1	0.005	0.008			0.028	0.024				
Embata parasitica (Giglioli, 1863)									0.010	0.017
Encentrum sp.					0.006	0.014				
Habrotrocha sp.	0.318	0.450			0.003	0.009			0.058	0.029
Lepadella astacicola Hauer, 1926					0.005	0.009				
Lepadella branchicola Hauer, 1926			0.017	0.024						
Lepadella parasitica Hauer, 1926	0.016	0.023	0.051	0.072	0.006	0.011				
Macrotrachella sp.					0.001	0.002				
Philodina roseola Ehrenberg 1832									0.010	0.017
Philodina sp.					0.001	0.004	0.255	0.280		
Ptygura sp.					0.001	0.003				
Rotaria neptunaria (Ehrenberg, 1832)							0.057	0.080		
Rotaria sp.					0.001	0.002			0.010	0.017
Gastrotricha ukupno					0.003	0.007				
Chaetonotus sp.					0.003	0.007				
Nematoda ukupno	0.255	0.360	0.028	0.040	0.052	0.050			0.367	0.044
Monhysterida					0.006	0.018				
Nematoda	0.255	0.360	0.028	0.040	0.046	0.050			0.367	0.044
Bivalvia ukupno							0.015	0.200		
Dreissena polymorpha (Pallas, 1771)							0.015	0.200		
Branchiobdellida ukupno	0.027	0.023	0.722	1.020	0.107	0.078			1.447	1.253
Branchiobdella astaci Odier, 1823										
Branchiobdella italica Canegallo, 1928			0.722	1.020						
Branchiobdella parasita (Braun, 1805)	0.005	0.008			0.030	0.041				
Branchiobdella pentodonta Whitman, 188	0.021	0.030			0.076	0.058				
Xirogoniton victoriensis Gelder i Hall, 1990									1.447	1.253
Hirudinea ukupno									0.002	0.004
Hirudinea									0.002	0.004
Tardigrada ukupno	0.011	0.015								
Dactylobiotus sp.	0.011	0.015								
Cladocera ukupno									0.010	0.017
Chidoridae									0.010	0.017
Ostracoda ukupno									0.089	0.078
Ostracoda									0.089	0.078
Copepoda ukupno	0.165	0.218	0.256	0.362	0.052	0.067				
Copepoda	0.165	0.218	0.256	0.362	0.042	0.051				
nauplij					0.010	0.021				
Hydrachnidia ukupno			0.028	0.040	0.002	0.007	0.057	0.080		
Hydrachnidia			0.028	0.040	0.002	0.007	0.057	0.080		
Chironomidae ukupno			**0.028**	**0.040**	**0.001**	**0.001**			**0.234**	**0.400**
Chironomidae			0.028	0.040	0.001	0.001			0.234	0.400