

# Utjecaj hidrološkog stresa na praživotinje u obraštaju sedrenih barijera

---

Lordan, Petra

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:348954>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-29**



Repository / Repozitorij:

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



**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prirodoslovno-matematički fakultet**  
**Biološki odsjek**

**Petra Lordan**

**Utjecaj hidrološkog stresa na praživotinje u  
obraštaju sedrenih barijera**

**Diplomski rad**

**Zagreb, 2018. godina**

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

## *Zahvala*

*Zahvaljujem se mentorici, prof. Renati Matoničkin Kepčija na uloženom strpljenju, trudu i nesebičnoj pomoći pri stvaranju ovog rada.*

*Želim se zahvaliti i svim prijateljima koji su bili uz mene ove godine i pružali mi podršku, kao i mlađem bratu koji mi je bio motivacija u svim teškim trenucima.*

*Najveće hvala mojoj mami na nesebičnoj ljubavi, ovo je za tebe ;)*

*„Everything flows“*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

### **UTJECAJ HIDROLOŠKOG STRESA NA PRAŽIVOTINJE U OBRAŠTAJU SEDRENIH BARIJERA**

Petra Lordan

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Obraštaj ili perifiton podrazumijeva zajednicu mikroorganizama i njihovih zajedničkih ekstracelularnih produkata na površini koja je povremeno ili stalno u vodi. Ovu zajednicu čine različite skupine organizama među kojima su i praživotinje koje predstavljaju važan biomedijator osedavanja. Cilj istraživanja bio je utvrditi i usporediti otpornost praživotinja na hidrološki stres u vidu visokih protoka na umjetnim podlogama (predmetna stakalca) na postajama u sklopu Nacionalnog parka „Krka“: Skrdinski buk i Roški slap kroz razdoblja prosječnog i visokog protoka tijekom jednogodišnjeg razdoblja (rujan 2013. - listopad 2014.). Iako se navedene postaje nisu međusobno značajno razlikovale po fizikalno-kemijskim parametrima vode, sastav praživotinja na istraživanim postajama se uvelike razlikovao. Dominantna skupina su bili trepetljikaši sa udjelom od 97% u brojnosti praživotinja na obje postaje. Hidrološki stres utjecao je pozitivno na brojnost praživotinja na postaji Roški slap, a negativno na brojnost praživotinja na postaji Skradinski buk. Na postaji Roški slap dominirale su pokretne svojte, većinom dorzo-ventralno spljoštenog oblika, koje su se pokazale otpornim na hidrološki stres, dok su zajednice Skradinskog buka činile većinom sesilne svojte (sisaraci i kružnotrepetljikaši), koje su se pokazale manje otpornim na visoke protoke. Sastav obraštaja pod snažnim je utjecajem uzvodnih područja, pri čemu jezero Visovac ima velik utjecaj na biocenoze Skradinskog buka.

(63 stranice, 38 slika, 3 tablice, 79 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: umjetne podloge, nacionalni park „Krka“, trepetljikaši, pokretne svojte, sesilne svojte

Voditeljica: izv. prof. dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija

Ocjenitelji: izv. prof. dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija

izv. prof. dr. sc. Vesna Petrović Peroković

doc. dr. sc. Mirela Sertić Perić

Rad prihvaćen: 19.09.2018.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Biology

Graduation Thesis

### **THE INFLUENCE OF HYDROLOGICAL STRESS ON PERIPHYTIC PROTOZOA OF TUFA BARRIERS**

Petra Lordan

Rooseveltovo trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Peryphyton is the community of microorganisms and their mutual extracellular products on a surface that is constantly or occasionally in water. This community includes different organisms, among others protozoans and they represent one of the important biomediators of tufa deposition. The aim of this study was to determine and compare protozoan resistance on hydrological stress caused by high discharge, using artificial substrates (glass slides) during one year period (September 2013 - October 2014) on two locations within Krka National Park: Roški slap (RS) and Skradinski buk (SB) during low and high discharge. Although two sites had almost equal physical and chemical parameters, the protozoan assemblages differed. Ciliates dominated in abundance with an average share of 97%. Hydrological stress had positive effect on protozoan abundance on Roški slap site, while Skradinski buk site showed much lower abundance in these conditions. Vagile, flattened forms of ciliates dominated periphyton in site Roški slap and they coped well with hydrological stress, while sessile ciliates (Peritrichia and Suctorina) dominated between ciliates on Skradinski Buk site, and they showed significant decrease in abundance caused by hydrological stress. The composition of periphyton is under a great influence of upstream areas, with Visovac lake having a great influence on Skradinski buk biocenosis.

(63 pages, 38 figures, 3 tables, 79 references, original in: Croatian language)

Thesis deposited in Central Biological Library.

Key words: artificial substrates, Krka National Park, ciliates, vagile forms, sessile forms

Supervisor: Dr. Renata Matoničkin Kepčija, Assoc. Prof.

Reviewers: Dr. Renata Matoničkin Kepčija, Assoc. Prof.

Dr. Vesna Petrović Peroković, Assoc. Prof.

Dr. Mirela Sertić Perić, Assist. Prof.

Thesis accepted: 19.09.2018.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1. NASELJAVANJE PERIFITONA.....	1
1.1.1. HIDROLOŠKI STRES KAO EKOLOŠKI ČIMBENIK U RAZVOJU PERIFITONA.....	2
1.2. SEDRENE BARIJERE.....	3
1.2.1. UTJECAJ ABIOTIČKIH ČIMBENIKA NA OSEDRAVANJE.....	4
1.2.2. UTJECAJ BIOTIČKIH ČIMBENIKA NA OSEDRAVANJE.....	5
1.2.3. MEĐUDJELOVANJE PROCESA OSEDRAVANJA I ŽIVOG SVIJETA.....	6
1.2.4. SEDROTVORNI SUSTAV RIJEKE KRKE.....	7
1.3. TREPETLJKAŠI U PERIFITONU.....	8
1.4. CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....	8
<b>2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>10</b>
2.1. OBILJEŽJA RIJEKE KRKE.....	10
2.2. ISTRAŽIVANE POSTAJE.....	12
2.2.1. SEDRENA BARIJERA ROŠKI SLAP.....	12
2.2.2. SEDRENA BARIJERA SKRADINSKI BUK.....	13
<b>3. MATERIJALI I METODE.....</b>	<b>15</b>
3.1. MJERENJE HIDROLOŠKIH ČIMBENIKA.....	15
3.2. MJERENJE FIZIKALNO-KEMIJSKIH PARAMETARA VODE.....	15
3.3. UMJETNE PODLOGE ZA UZORKOVANJE OBRAŠTAJA.....	16
3.4. PLAN EKSPERIMENTA.....	17
3.5. ANALIZA OBRAŠTAJA.....	17
3.6. STATISTIČKA ANALIZA.....	17
<b>4. REZULTATI .....</b>	<b>18</b>
4.1. FIZIKALNO-KEMIJSKI PARAMETRI VODE.....	18
4.2. HIDROLOŠKI PARAMETRI.....	19
4.3. OBRAŠTAJ NA UMJETNIM PODLOGAMA.....	19
4.3.1. OKUĆENI.....	24
4.3.2. AMEBOIDNE PRAŽIVOTINJE.....	25
4.3.3. TREPETLJKAŠI.....	26
<b>5. RASPRAVA.....</b>	<b>50</b>
<b>6. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>55</b>
<b>7. LITERATURA.....</b>	<b>56</b>

## 1. UVOD

Obraštaj ili perifiton podrazumijeva zajednicu mikroorganizama i njihovih zajedničkih ekstracelularnih produkata na površini koja je povremeno ili stalno u vodi (Palmer i White 1997). Ta površina može biti abiotički (umjetni ili mineralni) supstrat ili biotički supstrat (npr. druge stanice, tkiva, drugi organizmi) (Matoničkin Kepčija 2006). Obraštaj čine različite skupine organizama među kojima su bakterije, protista, gljive i neki sitni beskralježnjaci (Matoničkin Kepčija 2006). Sedrene barijere predstavljaju kompleksna i raznolika staništa (Santegoeds i sur. 1998), a u procesu samog osedranja perifiton predstavlja važan biomedijator.

### 1.1. Naseljavanje perifitona

Na površinama koje se urone u vodu u kratkom vremenu nastaje tanak film organskih molekula koje predstavljaju podlogu za razvoj prvih mikroorganizama (Palmer i White 1997). Obraštaj ili perifiton se razvija tako da se organizmi pričvrste za supstrat (Matoničkin Kepčija 2006). Battin i sur. (2003) navode bakterije kao prve organizme koji naseljavaju ogoljeli supstrat u vodi, nakon njih dolaze alge kremenjašice, a ovaj proces se odvija u svega nekoliko sati. Egzopolimeri bakterija imaju važnu ulogu u nastanku obraštaja jer stvaraju ekstracelularni matriks koji stanice drži na okupu, oblikuje strukturu samog obraštaja i utječe na njegovu fiziologiju (Palmer i White 1997). Becker (1998) kao slijedeće kolonizatore, unutar nekoliko dana, navodi praživotinje. Praživotinje se razvijaju po određenom trendu. Prema istraživanjima koja su proveli Wörner i sur. (2000) nakon primarnog razvoja bakterija, prvo se pojavljuju sitniji heterotrofni bičaši, zatim sitniji sluzavci i trepetljikaši, a u zadnjoj fazi razvoja perifiton naseljavaju veliki karnivorni i omnivorni trepetljikaši.

Wimpenny i sur. (2000) daju pregled čimbenika koji utječu na razvoj perifitona:

- vremenske promjene (periodičke promjene u biotičkom i abiotičkom okolišu na razini dana i noći ili sezone)
- fizičko-kemijski čimbenici (insolacija, pH, količina otopljenog kisika, hrapavost, sastav i tip podloge, temperatura)
- genotipski čimbenici (stvaranje ekstracelularnih polimera, ekspresija gena u ovisnosti o svojstvima površine, specifičan genotip organizama, dinamika njihovog rasta)



- mehanički procesi (otplavlivanje organizama zbog hidrodinamičkih uvjeta, restrikcija u rastu)
- deterministički fenomeni (neutralizam, kompeticija, kooperacija, odnosi predator-plijen)
- stohastički procesi (inicijalno naseljavanje, prihvaćanje, otpuštanje)
- unos-iznos (uklanjanje ili dodavanje abiotičkih ili biotičkih komponenti u sastav obraštaja)

Naseljavanje obraštaja nije dovoljno istraženo a Jackson (2003) razlog za takvo stanje vidi u velikoj funkcionalnoj i taksonomskoj raznolikosti samih zajednica koje čine obraštaj. Jackson i sur. (2001) predlažu model naseljavanja perifitona. Smatraju da početno naseljavanje gole površine dovodi do inicijalno naglog povećanja broja vrsta, koji se nakon nekog vremena smanjuje zbog kompetitivne prirode vrsta koje čine obraštaj. Smatraju da starenjem obraštaja, rastom i stvaranjem novih izvora staništa i hrane kompeticija postaje manje važna i time se broj vrsta povećava jer je dostupnost resursa veća. U svom radu Cairns i Henebry (1982) navode dvije faze naseljavanja obraštaja. Prva faza ovisi o sposobnostima kolonizacije i rasprostiranja organizama, a druga o procesima kompeticije i odnosima predator-plijen.

### **1.1.1. Hidrološki stres kao ekološki čimbenik u razvoju perifitona**

Danas se brzina strujanja vode smatra jednim od važnijih čimbenika koji utječu na strukturu biocenoza koje čine perifiton (Primc i Habdija 1987). Allan (1995) navodi kako brzina strujanja vode utječe, kako fizički, tako i na samu strukturu i tip supstrata, te o njoj ovisi i količina dostupne hrane. Zanimljivo je da su Biggs i sur. (1998) zaključili kako se određeni biocenoški parametri perifitona mogu više razlikovati između prostorno bliskih područja koja imaju različitu prirodu hidrološkog stresa, nego između dva prostorno udaljena područja.

Iznad podloge tekućica stvara se granični sloj u kojem je brzina strujanja vode uvjetovana trenjem koje se stvara između podloge i vode (Saravia i sur. 1998). Brzina strujanja je tim procesom smanjena, a unutar samog graničnog sloja brzine su različite; kroz veliki dio graničnog sloja protok vode je turbulentan, osim u tzv. laminarnom podsloju koji se nalazi odmah uz podlogu (Matonićkin Kepčija 2006). Prema Riederu (1993), otplavlivanje organizama s obrašta pod utjecajem strujanja vode je gradirano. On navodi da je učinak otplavlivanja najniži na nitaste bakterije i modrozeleno alge, nizak na alge kremenjašice i sluzavce, umjereno nizak na

sitnije trepetljikaše i bičaše, umjereno visok na trbodlake, virnjake i određene maločetinaše, a visok na velike trepetljikaše, ličinke kukaca i virnjake. Na dinamiku obraštaja, prema Saravia i sur. (1998) utječu tri procesa vezana uz brzinu strujanja vode:

- prijenos hranjivih tvari; debljina laminarnog sloja, koji je siromašan hranom, se smanjuje povećanjem brzine strujanja vode, a time se povećava rast obraštaja.
- pričvršćivanje; kako se s povećanjem brzine strujanja vode debljina laminarnog sloja smanjuje, stopa pričvršćivanja se povećava jer se svaki organizam koji će se pričvrstiti za sediment mora proći kroz ovaj sloj
- otplavlivanje; povećanje brzine strujanja vode i otplavlivanja je proporcionalno jer se povećava hidrološki stres uzrokovan vodom

Dosadašnja istraživanja utjecaja brzine strujanja vode na razvoj autotrofne komponente perifitona pokazuju oprečne rezultate (Matoničkin Kepčija 2006). Povećanjem brzine strujanja vode smanjuje se biomasa algi (Ghosh i Gaur 1998). U suprotnosti, Abe i sur. (2000) su došli do zaključka da se najviše perifitona razvilo upravo u uvjetima srednje brze i jako brze struje vode. Oni također navode dva sukobljena procesa koji pokazuju utjecaj brzine strujanja vode na razvoj perifitona; veća brzina strujanja vode koja u isto vrijeme povećava opskrbu hranjivim tvarima i povećava otplavlivanje organizama sa supstrata.

Istraživanja utjecaja brzine strujanja vode na praživotinje provedena su znatno rjeđe (Matoničkin Kepčija 2006). Kao i istraživanja autotrofne komponente, istraživanja utjecaja brzine strujanja vode na praživotinje pokazuju oprečne rezultate. U istraživanjima koje su proveli Primc-Habdija i sur (2001), utvrđen je manji broj trepetljikaša u uvjetima veće brzine strujanja vode, za razliku od istraživanja u kojem je utvrđena brojnija zajednica trepetljikaša i same biomase perifitona u istim uvjetima (Primc-Habdija i sur. 2001).

## **1.2. Sedrene barijere**

Precipitacija kalcita unutar tekućica u krškim područjima je česta pojava. Pojam sedra odnosi se na istaloženi kalcijev karbonat u karbonatno zasićenim vodama, u kojima se kristali kalcijevog karbonata talože na objekte pod vodom (Chafetz i Folk 1984). Sedrene barijere su kompleksna i raznolika staništa koja se odlikuju specifičnom i osebujnom faunom (Rundio 2009, Ivković i sur.

2012, 2014, Šemnički i sur. 2011, 2012), prvenstveno zbog obilja različitih mikrostaništa (Miliša i sur. 2006).

Taloženje kalcijeva karbonata može se prikazati jednadžbom:



Nastanak sedre ovisi o abiotičkim i biotičkim čimbenicima (Riding 2000).

### **1.2.1. Utjecaj abiotičkih čimbenika na osedranje**

Pri nastanku sedre ključnu ulogu imaju fizičko-kemijski uvjeti samog staništa, a organizmi služe kao podloga na kojoj se taloži kalcijev karbonat (Riding 1991). Do osedranja dolazi ukoliko je voda prezasićena kalcijevim karbonatom, a da bi uopće došlo do njegove precipitacije iz otopine potrebno je prijeći kinetičku barijeru nukleacije i rasta kristala. Prema Zhang i sur. (2001), voda mora biti 5 do 10 puta prezasićena kalcijevim karbonatom da bi precipitacija kalcita bila moguća. Rast kristala kalcita događa se najčešće oko strane jezgre ili nukleusa npr. skeleti ili dijelovi skeleta organizma, modrozelenih algi, itd. (Dittrich i sur. 2004). Mišljenje Dürrenfelda (1978) je da bakterije predstavljaju ključni primarni nukleus u nastanku primarnog kalcita. Samu precipitaciju mogu i inhibirati mnoge tvari, a kao primjer inhibitora procesa osedranja Zhang i sur. (2001) navode organske tvari. Jedan od inhibitora su i fosfati koji u nižim koncentracijama usporavaju taloženje sedre jer se ugrađuju u kristalnu rešetku kalcita (Plant i House 2002). U sprječavanju rasta kristala sudjeluju i strani ioni metala (najčešće  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ) koji vezanjem za kristalnu rešetku kalcita sprečavaju njegov daljnji rast (Zeppendorf 2003).

Iz izvora na površinu izbija voda u kojoj su koncentracije ugljikova dioksida puno više od atmosferskih. Njegove koncentracije su visoke jer voda prolazi kroz tlo u kome je snažna biološka aktivnost. Prilikom izbijanja vode na površinu, ugljikov dioksid izlazi u atmosferu te, uzrokovano pomicanjem kemijske ravnoteže, voda postaje prezasićena s obzirom na kalcijev karbonat. Nakon dostizanja dostatnog stupnja prezasićenosti i uz zadovoljene ostale čimbenike precipitacije, stvara se sedra (Kempe i Emeis 1985).

Viša temperatura ubrzava kemijske reakcije, pa tako i ubrzava izlazak ugljikova dioksida iz vode, čime se povećava precipitacija, što su u svojim laboratorijskim eksperimentima pokazali Zhang i sur. (2001).

Najintezivnije osedranje bilježi se na mjestima gdje ugljikov dioksid izlazi iz vode u atmosferu što potiče precipitaciju kalcijevog karbonata (Pentecost i Zhaohui 2002). Precipitacija kalcita najizraženija je na područjima vodopada, a Zhang i sur. (2001) smatraju da je razlog tome pojačana aeracija, niži tlak i rasprskavanje na ovim područjima.

Glavni abiotički čimbenik koji utječe na brzinu razvoja obraštaja i precipitacije kalcijevog karbonata je brzina strujanja vode (Pitois i sur 2003). Opće je mišljenje da je osedranje izraženije na područjima s većom brzinom strujanja vode (npr. Drysdale i Gillieson 1997, Primc-Habdija i sur. 2001).

### **1.2.2. Utjecaj biotičkih čimbenika na osedranje**

Chen i sur. (2004) razlikuju dvojaku ulogu organizama na razvoj sedre; fizičku i kemijsku. Objašnjavaju fizičku ulogu u vezanju i zadržavanju kristalića, inkrustaciji i nukleaciji, a kemijski učinak je putem fotosintetskih procesa u kojima organizmi uklanjaju ugljikov dioksid iz vode. Riding (2000) navodi metabolitičke procese koji utječu na precipitaciju; fotosintetsko ugrađivanje ugljikova dioksida i/ili hidrogenkarbonatnog iona, te bakterijska denitrifikacija, amonifikacija i redukcija sulfata koje mogu povisiti alkalitet i time pospješiti precipitaciju.

Ekstracelularni matriks koje luče eukariotske alge, cijanobakterije i bakterije čini osnovu sedimentnih karbonatnih stijena (Winsborough 2000). Cijanobakterije su organizmi najznačajniji u osedranju jer lokaliziraju precipitaciju pružajući pogodna mjesta za nukleaciju (Merz-Preib i Riding 1999). Uz spomenute organizme značajni sedrotvorci su i mahovine čiju hidrofилnu površinu nastanjuju raznolike obraštajne zajednice (Turner i Jones 2005). Winsborough je (2000) dokazao da na algama kremenjašicama, njihovim mukopolisaharidnim produktima i dršcima dolazi do nukleacije kalcita.

Životinje kao biomedijatori osedranja se spominju rjeđe. Ličinke tulara iz porodice Hydropsychidae stvaraju mreže i skloništa na koja se veže kalcit (Drysdale 1999). Matoničkin

Kepčija i sur. (2005) ističu i ličinke dvokrilaca iz porodice Simuliidae čije proteinske ljepljive strukture pospješuju precipitaciju kalcijeva karbonata. Od stanovnika sedrenih barijera valja napomenuti i puževe, na čijim se kućicama taloži kalcijev karbonat.

Važnu ulogu u osedranju ima dinamika organske tvari koja pohranjena služi kao izvor hrane sedrotvornih zajednica, a i kao mjesto nukleacije sedre (Miliša i sur. 2010). Prema Pedley (2000) razgradnja organske tvari ostavlja za sobom sustave kanalića u supstratu koji omogućuju naseljavanje beskralježnjacima.

### **1.2.3. Meudjelovanje procesa osedranja i živog svijeta**

Prema Ford i Pedley (1996) tufa je istaloženi kalcijev karbonat koji nastaje u slatkovodnim sustavima s temperaturama bliskim temepraturi okoliša, te sadržava ostatke bakterija, makro- i mikrofitu i beskralješnjaka. Kao što je već navedeno, produkt je fizičko-kemijskih i bioloških djelovanja.

Pentecost i Zhaohui (2002) smatraju da mahovinama, kao najuočljivijim predstavnicima vegetacije sedrenih barijera, odgovara poroznost podloge, koja im omogućava dotok vlažnosti. Međutim, mišljenja se razlikuju. Pedley (2000) drži da brzo osedranje ometa fotosintezu mahovina, što uzrokuje odumiranje donjih dijelova biljke. Golubić (1969) problem vidi u zatrpavanju mahovina i raspravlja o kompeticiji između stope rasta mahovina i algi i stope osedranja na sedrenim barijerama. Plenković i sur. (1989) nalaze negativan utjecaj intezivnog osedranja na razvoj perifitona jer je nađena mala raznolikost algi. Pitois i sur. (2001, 2003) smatraju da veliki razvoj obraštaja i s njima povezanih modrozelenih algi dovodi do tzv. cementiranja riječnog sedimenta što utječe na smanjenje biljnog i životinjskog svijeta u bentosu, a gubi se i područje za mrijest. Primc-Habdija i sur. (2001) naprotiv govore o pozitivnom utjecaju osedranja na razvoj obraštaja. Naime, tijekom razdoblja intezivnog osedranja, zabilježili su veću raznolikost trepetljikaša zahvaljujući većoj poroznosti sedre i većoj hrapavosti površine.

#### 1.2.4. Sedrotvorni sustav rijeke Krke

Rijeka Krka tipična je krška rijeka. Voda rijeke Krke svojom erozijskom snagom je stvorila duboke kanjone, a na mnogim mjestima istaložila sedru koja je sagradila sedam sedrenih barijera.

Sedrene barijere rijeke Krke (Slapovi rijeke Krke) (od izvora do ušća) su:

- Topoljski buk (Veliki buk ili Krčić)
- Bilušića buk
- Čorića buk (Brljan)
- Manojlovački slap
- Rošnjak
- Miljackin slap
- Roški slap
- Skradinski buk

Sedra je najznačajnija kvartarna stijena na području Nacionalnog parka Krka. Ford i Pedley (1996) klasificiraju tipove sedre i naglašavaju akvatorij rijeke Krke i Plitvičkih jezera kao primjere modela protočnog baražnog sustava u kojima protočna jezera nastaju pregradnjom toka sedrenim barijerama. Brljansko i Visovačko jezero su osobitost rijeke Krke. Ova jezera su nastala izdizanjem sedrenih barijera. Brljansko jezero nastalo je izdizanjem sedrene barijere Čorića buk, a Viskovačko jezero izdizanjem sedrene barijere Skradinski buk. Čmrlec i sur. (2013) objašnjavaju kako su sedrene barijere, u slučajevima kada funkcioniraju kao jezerski ispusti, mjesta bogata hranom i vodenim organizmima, poglavito onih koji se hrane procjeđivanjem.

Prema Andrews i sur. (2000) sedra je vezana za kružni ciklus ugljikova dioksida i time važna za paleoklimatologiju i paleoekologiju. Sedrene barijere uvrštene su u Ekološku mrežu RH (mreža Natura 2000) kao novi tip staništa vezan za Plitvička jezera i rijeku Krku.

### **1.3. Trepetljikaši u perifitonu**

Trepetljikaši (Ciliophora) čine veliku i značajnu skupinu praživotinja, koja je prema Adl i sur. (2005) monofiletskog podrijetla. Opisano je preko 8 000 vrsta, a rasprostranjeni su u slatkim vodama, moru i u sloju vode oko čestica tla. Veličina tijela trepetljikaša kreće se od 10 µm do 4,5 mm. Najveći broj trepetljikaša pripada slobodno plivajućim organizmima, a postoje i sesilni i zadružni oblici. Najvažnije značajke ove skupine praživotinja su trepetljike, specifična građa korteksa, jezgreni dimorfizam te fenomen konjugacije za vrijeme spolne faze životnog ciklusa. Trepetljikaši su i značajni bioindikatori (Foissner 1987).

Među svim praživotinjama koje se javljaju u perifitonu, trepetljikaši su najreprezentativnija skupina veličinom, a često i brojnošću iako se njihova brojnost rijetko istražuje (Schmid-Araya i Reiss 2008), zbog metodoloških poteškoća prilikom istraživanja.

Prema Mohr (1952), Lee (1986), Foissner (1987), Clark i Warwick (1994) prednosti trepetljikaša kao bioindikatora su:

- kratko generacijsko vrijeme, brz rast
- tanka membrana koja pokriva tijelo omogućuje lakše praćenje stanja okoliša
- lako se sakupljaju i uzorkuju
- relativno slabo kretanje čini ovu skupinu izvrsnim modelima za istraživanja odgovora na stres
- prednost uporabe umjetnih podloga u vidu kvalitativne, kvantitativne, te vremenske usporedbe rezultata istraživanja

### **1.4. Ciljevi istraživanja**

Primc i Habdija (1987) smatraju brzinu strujanja vode jednim od najvažnijih čimbenika koji utječe na strukturu biocenoza koji čine perifiton. Allan (1995) navodi kako brzina strujanja vode utječe kako fizički tako i na samu strukturu i tip supstrata, te o njoj ovisi i količina dostupne hrane. Istraživanja utjecaja brzine strujanja vode na praživotinje provedena su znatno rjeđe (Matoničkin Kepčija 2006), te pokazuju oprečne rezultate.

Ciljevi ovog istraživanja su:

- a) utvrditi otpornost praživotinja na hidrološki stres u vidu visokih protoka
- b) usporediti otpornost pojedinih životnih oblika praživotinja na hidrološki stres
- c) usporediti odgovor praživotinja na hidrološki stres između dviju barijera u istom hidrološkom sustavu



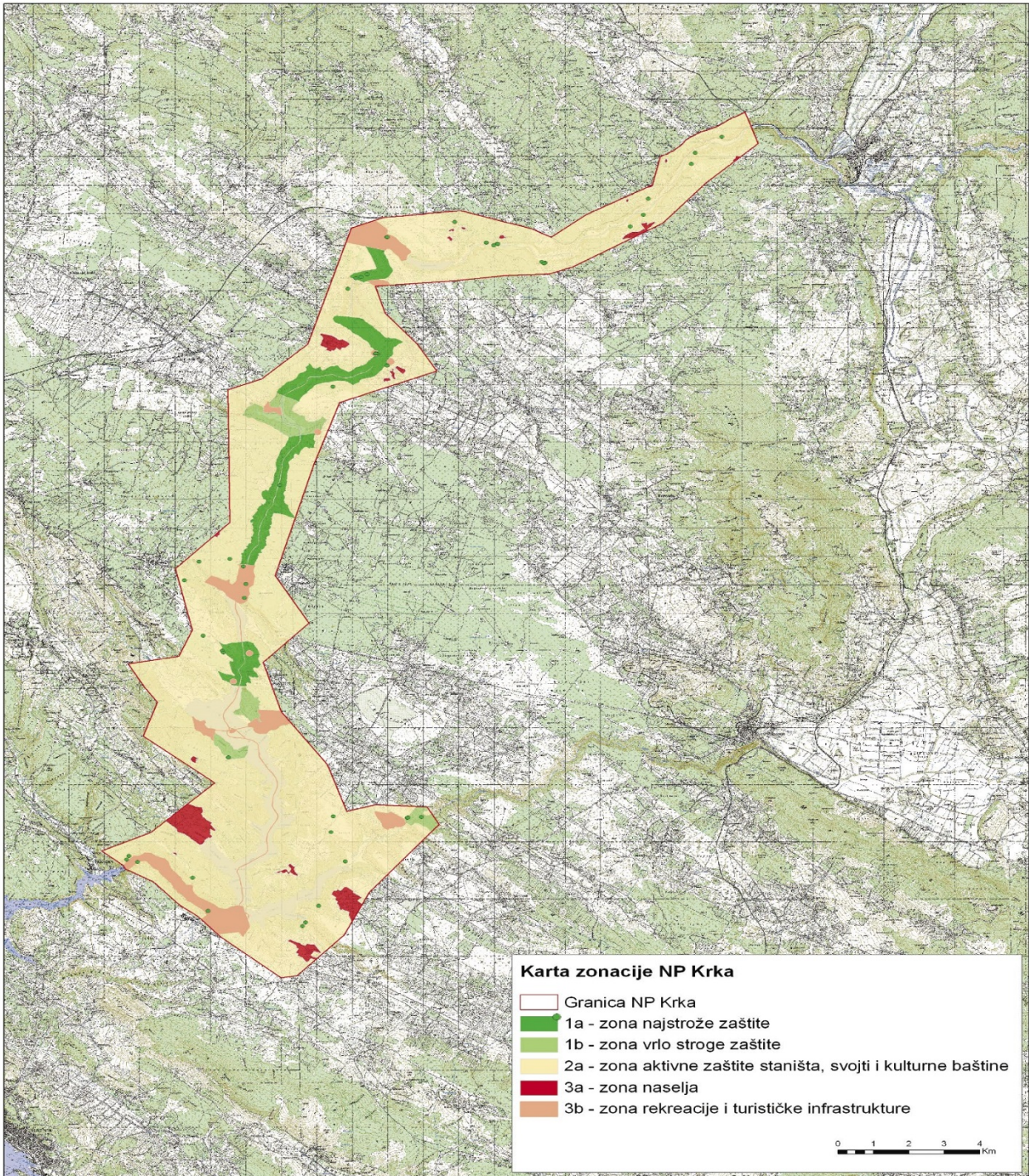
## 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

### 2.1. Obilježja rijeke Krke

Rijeka Krka smještena je u priobalnom krškom pojasu zone sjevernodalmatinskih bora i reversnih rasjeda vanjskih Dinarida i u cijelosti protječe kroz Šibensko-kninsku županiju. Reljefni oblici planinskih masiva nadvisuju ravnokotarsku zaravan gdje je i urezan njezin vodotok. Ovi reljefni oblici imaju veliki značaj jer modificiraju klimu, povećavaju količinu oblaka, a samim time i količinu padalina, te tijekom zimskih mjeseci ublažavaju niske temperature.

Rijeka Krka izvire na području planine Dinare, u blizini grada Knina (Slika 1), te utječe u Šibenski kanal, odnosno Jadransko more. Glavni izvor rijeke smješten je ispod 22 m visokog Topoljskog buka, koji se još naziva i Veliki buk ili Krčić. Taj izvor je ujedno i ušće rijeke Krčić. Izvor rijeke primjer je tipičnog reokrenog izvora kod kojeg voda, nakon izlaska iz podzemlja na površinu, odmah formira tok. Izvor je vidljiv jedino ljeti kada slap presuši. Izvorište rijeke Krke čine tri stalna izvora: Glavni izvor, Mali izvor i Treći izvor. Najizdašniji je spomenuti Glavni izvor s oko 80-95 % ukupnih voda rijeke čija se izdašnost kreće se od 1,5 m<sup>3</sup>/s do 10 m<sup>3</sup>/s (Bonacci 1987). Rijeka Krka nikad ne presušuje jer je korito rijeke karakteristično za otvoreni vodni tok koji neprestano teče, čak i 50 m iznad razine podzemnih voda. Bonacci i Perica (1990) nalaze razlog ovome u procesu kolmacije, izrazito naglašenom procesu u slijevu rijeke Krke, gdje sitne glinene čestice stvaraju nepropusnu oblogu u koritu rijeke.

Rijeka Krka je tipična krška rijeka, duljine toka od 72,5 km s ukupnim padom od 242 m. Dužina njezina slatkovodnog toka iznosi 49 km, a bočatog 23,5 km. Značajniji pritoci rijeci su Krčić, Kosovčica, Butišnica, Čikola i Guduča. Veći izvori uzduž kanjona su Miljacka i Jaruga te izvor Torak, na ušću Čikole, koji za vrijeme ljetnih vrućina gotovo presuši. Dio voda rijeke Zrmanje pritječu podzemno u Krku, a sam izvor Miljacka je izravna veza između Zrmanje i Krke (Bonacci i Perica 1990). Na području ravnokotarske zaravni nema značajnijih izvora osim podzemnih izvora ili vrulja uzduž dna kanjona rijeke. Nizvodno od Skradinskog buka tok rijeke Krke je pod utjecajem mora.



Slika 1. Karta zona Nacionalnog parka „Krka“ (iz Marguš, 2017)

Voda rijeke Krke ima visoke vrijednosti otopljenog kisika i niske vrijednosti koncentracija organske tvari, te nema velike razlike u kemizmu vode od izvora do ušća (Cukrov i sur. 2002). Prostor rijeke Krke od velike je vrijednosti, a Friganović (1990) razlog tome nalazi u bogatoj kulturno-povijesnoj baštini uz samu rijeku, te ostacima ilirske i rimske civilizacije te starohrvatske kulture.

Godine 1948. Zemaljski zavod za zaštitu prirodnih rijetkosti donosi Odluku o zaštiti Krke od Bilušić buka do Skradinskog buka, a tek 1985. godine srednji i donji tok rijeke dobivaju kategoriju Nacionalnog parka. U kategoriji značajnog krajobraza zaštićeni su Krka krajolik–gornji tok i Krka krajolik–donji tok. Na širem području NP „Krka“ nalazi se devet područja ekološke mreže Natura 2000.

## **2.2. Istraživane postaje**

### **2.2.1. Sedrena barijera Roški slap**

Roški slap je pretposljednja (šesta) sedrena barijera na rijeci Krki. Smješten je 14 kilometara nizvodno od Miljacka slapa. U ovom dijelu kanjon se širi u obliku lijevka, a sam početak sedrene barijere čini niz malih kaskadica (Ogrlice), dok sredinu čine brojni rukavci i otočići. Dužina barijere je oko 650 metara, najveća širina oko 450 metara, a ukupna visinska razlika je 22,5 m. Glavni slap se nalazi na prijelazu Krke u Visovačko jezeo, na samom kraju barijere (Slika 2). Najznačajniji sedreni oblici na slapu su špilje, brade, pragove, barijerice i čunjeve. Specifičnost Roškom slapu daju čunjevi koji se javljaju u podnožju glavnog slapa. 1910. godine na desnoj obali je izgrađena protočna hidroelektrana „Roški slap“. Još od rimskih vremena preko slapa prelazi cesta.

Geografske koordinate istraživane postaje na Roškom slapu su: N 43,90237; E 15,98069.



Slika 2. Sedrena barijera Roški slap (Foto: R. Matoničkin Kepčija)

### **2.2.2 Sedrena barijera Skradinski buk**

Skradinski buk je posljednja (sedma) i najduža sedrena barijera na rijeci Krki i ujedno najveća sedrena barijera u Europi. Smještena je nizvodno od Miljevacu. Slap čine sedrene kaskade (Slika 3), otoci i jezera. Zajedničke vode Čikole i Krke prelijevaju se preko 17 stepenica Skradinskog buka, raspoređenih na 800 m dužine. Širina slapišta je od 200 do 400 metara, a ukupna visinska razlika 45,7 metara. Odmah ispod Skradinskog buka počinje estuarij (potopljeni dio ušća rijeke Krke). Sedra Skradinskog buka mlađa je od 10 tisuća godina. Na tom području, ali izvan današnjeg vodotoka nalazi se "mrtva sedra" starosti oko 125 tisuća godina. Rast sedrene barijere na Skradinskom buku uzrokovao je uzvodno ujezerenje vode rijeke Krke do Roškog slapa i donjeg toka rijeke Čikole, tvoreći protočno jezero Visovac.

Geografske koordinate istraživane postaje na Skradinskom buku su: N 43,80308; E 15,9701.



Slika 3. Sedrena barijera Skradinski buk (Foto: A. Previšić)

### **3. MATERIJALI I METODE**

#### **3.1. Mjerenje hidroloških čimbenika**

Brzina strujanja vode je mjerena pomoću brzinomjera SWOFFER 3000 (Swoffer Instruments). Mjerenje se provodilo iznad samih umjetnih podloga. Podaci o protoku preuzeti su sa službenih stranica Državnog hidrometeorološkog zavoda (<http://hidro.dhz.hr/>).

#### **3.2. Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara vode**

Tijekom uzimanja uzoraka s umjetnih podloga mjereni su slijedeći fizikalno-kemijski parametri: temperatura vode, koncentracija otopljenog kisika u vodi te zasićenje vode kisikom, električna provodljivost, pH, alkalinitet, kemijska potrošnja kisika, koncentracija nitrata i orto-fosfata.

Alkalinitet je određen titracijom vode s 0,1 M HCl uz metiloranž kao indikator, do pojave boje kore luka što osigurava završnu točku titracije. Ovim postupkom određen je takozvani metiloranž alkalitet (m-alkalitet).

Temperatura vode, koncentracija otopljenog kisika, električna provodljivost i pH vode mjereni su pomoću WTW sondi.

Koncentracije nitrata određena je spektrofotometrijskom metodom s natrijevim salicilatom. Orto-fosfati su mjereni mjerene su prema APHA (1985), a određeni su spektrofotometrijski uz uporabu amonij-molibdata. U obje spomenute spektrofotometrijske analize korišten je HACH DR/2000 spektrofotometar.

Kemijska potrošnja kisika,  $KPK_{KMnO_4}$ , određena je uporabom kalij-permanganata kao indirektna mjera količine otopljene organske tvari u vodi (Freier 1964). Premanganatni ion u kiseloj otopini djeluje kao snažan oksidans. Po samom završetku oksidacije dodaje se otopina natrij-oksalata u suvišku, a reakcijska smjesa se retitrira s otopinom kalij-permanganata.

### 3.3. Umjetne podloge za uzorkovanje obraštaja

Umjetne podloge na kojima se pratio razvoj obraštaja bila su predmetna stakalca čije su dimenzije iznosile 26 x 76 mm (Menzel-Gläser). Ovakva stakalca omogućuju inertnost i uniformnost podloge, a budući da su prozirna moguće je promatrati zajednicu bez uporabe destruktivnih tehnika uzorkovanja, koja dovode do gubitka dijela materijala. Stakalca su bila na plastičnoj podlozi pričvršćenoj na ciglu, u utorima omeđenim pleksiglasom da bi se osiguralo stabilnost podloge u vodi (Slika 4). Efektivna površina izložena u vodi iznosila je 16,72 cm<sup>2</sup>, jer je dio predmetnog stakalca bio zaklonjen držačima od pleksiglasa.

Stakalca su prije postavljanja detaljno očišćena bikrom-sumpornom kiselinom, označena, isprana nekoliko puta u destiliranoj vodi i osušena u sušioniku. Na svakoj postaji (sedrena barijera Roški slap i sedrena barijera Skradinski buk) odabrana su po dva mikrostaništa koja su predstavljala po dva reotopa (brza i spora struja vode). Na svakom od 4 mikrostaništa stavljene su dvije replikatne podloge, svaka sa 6-7 predmetnih stakalaca na vrhu. Replikatne podloge su učvršćene na prirodnom supstratu laganim ukapanjem tako da su bile u razini s prirodnim sedrenim supstratom i relativno stabilne.



Slika 4. Umjetna podloga na sedrenoj barijeri Roški slap (Foto: R. Matoničkin Kepčija)

### **3.4. Plan eksperimenta**

Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara vode kao i uzorkovanje protista, provedeno je jednom mjesečno u razdoblju od rujna 2013. godine do listopada 2014. godine. Prilikom prikupljanja uzoraka (tijekom mjesečnih izlazaka na teren), stakalca su podizana i stavljana u plastične posude napunjene vodom sa staništa (svako stakalce u zasebnu posudu). Posude s uzorcima su transportirane u prijenosnom hladnjaku u laboratorij Zoologijskog zavoda. Po dolasku u laboratorij, uzorci su pohranjeni u hladnjak na temperaturu od 10°C. Uzorci su zatim obrađeni unutar 48 sati od uzorkovanja.

### **3.5. Analiza obraštaja**

Sva analiza biocenološke strukture obraštaja provedena je na živom materijalu. Sa svakog mikrostaništa pregledana su 3 replikatna uzorka. Stakalca su pregledana na Jenaval binokularnom mikroskopu pod povećanjima 125x, 250x i 400x. Za brojanje svojiti rabljeno je povećanje od 125x, dok su veća povećanja korištena pri determinaciji. Svojite s veoma velikom gustoćom u pojedinom uzorku brojene su samo na poduzorku, npr. na 1/10 površine, budući da je to bilo dovoljno za reprezentativan uzorak. Određivanje heterotrofnih protista obraštaja i mikro-metazoa provedeno je pomoću standardne determinacijske literature (Foissner i sur. 1991, 1992, 1994, 1995, Foissner i Berger 1996, Kahl 1930-35, Page 1991, Streble i Krauter 1973). Brojnost organizama izražena je prema površini umjetne podloge (jed./100 cm<sup>2</sup>). Zbog recentnih promjena sistematike viših razina eukariota, u klasifikaciji protista korišten je sustav prema Adl i sur. (2012).

### **3.6. Statistička analiza**

Za prikaz podataka korištene su standardne mjere (srednja vrijednost, standardna devijacija, standardna greška). Korelacija između protoka i brojnosti pojedinih svojiti testirana je Spearmanovim koeficijentom korelacije. Međusobna sličnost zajednica testirana je putem Bray-Curtisovog indeksa sličnosti i metodom nemetrijskog multidimenzionalnog skaliranja (nMDS). Statističke analize provedene su u programima Statistica 13 i PRIMER 6.



## 4. REZULTATI

### 4.1. Fizikalno-kemijski parametri vode

Fizikalno-kemijski parametri imaju značajan utjecaj na kvalitativan i kvantitativan sastav životnih zajednica, a ujedno su i dobri pokazatelji općeg ekološkog stanja voda. Tijekom ovog istraživanja praćeni su sljedeći parametri: temperatura vode, koncentracija otopljenog kisika u vodi, zasićenje vode kisikom, električna provodljivost, pH, alkalinitet, koncentracija nitrata, koncentracija orto-fosfata i kemijska potrošnja kisika.

Između postaja zabilježena je razlika u temperaturi vode i električnoj provodljivosti, dok se ostali parametri nisu razlikovali (Tablica 1).

Tablica 1. Fizikalno-kemijski parametri vode na postaji Roški slap i Skradinski buk.

SD- standardna devijacija

		<b>ROŠKI SLAP</b>	<b>SKRADINSKI BUK</b>
<b>Temperatura vode (°C)</b>	<b>Srednja vrijednost</b>	13,18	15,92
	<b>SD</b>	2,10	3,98
<b>Koncentracija kisika (mg/L)</b>	<b>Srednja vrijednost</b>	10,06	10,00
	<b>SD</b>	0,64	0,95
<b>Zasićenje kisikom (%)</b>	<b>Srednja vrijednost</b>	96,69	101,49
	<b>SD</b>	4,96	9,83
<b>pH</b>	<b>Srednja vrijednost</b>	8,17	7,89
	<b>SD</b>	0,11	0,15
<b>Električna provodljivost (µS/cm)</b>	<b>Srednja vrijednost</b>	538,69	499,62
	<b>SD</b>	21,33	12,53
<b>Alkalinitet (mg CaCO<sub>3</sub>/L)</b>	<b>Srednja vrijednost</b>	215,58	219,04
	<b>SD</b>	16,35	20,37
<b>Koncentracija nitrata (mg N/L)</b>	<b>Srednja vrijednost</b>	2,39	2,40
	<b>SD</b>	2,13	2,36
<b>Koncentracija o-fosfata (mg P/L)</b>	<b>Srednja vrijednost</b>	0,105	0,111
	<b>SD</b>	0,073	0,065
<b>Kemijska potrošnja kisika (mg O<sub>2</sub>/L)</b>	<b>Srednja vrijednost</b>	1,40	1,49
	<b>SD</b>	0,48	0,56

## 4.2. Hidrološki parametri

Brzina strujanja vode na postajama je bila između 2 i 70 cm/s. Protok se kretao između 17,2 i 126,4 m<sup>3</sup>/s. U analizi su, prema podacima o protoku, izdvojena razdoblja prosječnog protoka i razdoblja visokog protoka.

## 4.3. Obraštaj na umjetnim podlogama

Na umjetnim podlogama na postajama Roški slap i Skradinski buk zabilježeno je ukupno 116 svojti, od čega 90 svojti praživotinja, te 26 svojti životinja. Na postaji Roški slap identificirano je 58 svojti praživotinja, a na postaji Skradinski buk 80 svojti (Tablica 2). Među praživotinjama su u raznolikosti i brojnosti dominirali trepetljikaši (Ciliophora) od kojih je zabilježeno sveukupno 72 svojte.

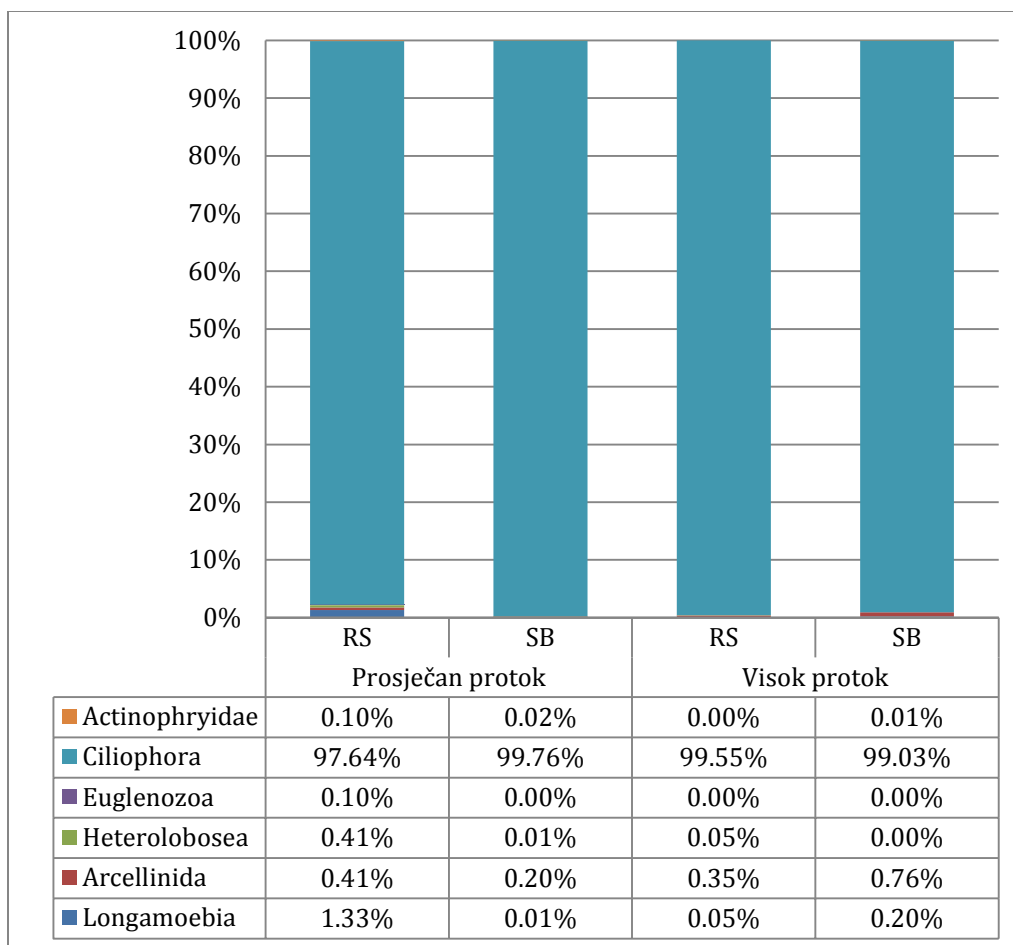
Tablica 2. Popis svih ustanovljenih praživotinja u obraštaju na umjetnim podlogama na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB). Sistematika praživotinja je prema Adl i sur. (2012).

Skupina	Svojta	RS	SB
PRAŽIVOTINJE			
Amoebozoa			
Tubulinea			
Arcellinida			
	<i>Arcella dentata</i> EHRENBERG, 1830		•
	<i>Arcella gibbosa</i> PENARD, 1890		•
	<i>Arcella</i> sp.		•
	<i>Arcella vulgaris</i> EHRENBERG, 1830	•	•
	<i>Centropyxis</i> sp.	•	•
	<i>Diffugia</i> sp.		•
Discosea			
Longamoebia			
	<i>Mayorella</i> sp.	•	•
	<i>Thecamoeba striata</i> (PENARD, 1890)	•	
	<i>Thecamoeba verrucosa</i> (EHRENBERG,	•	•
Excavata			
Discoba			
Discicristata			
	<i>Euglena</i> sp.	•	

Skupina	Svojta	RS	SB
	<i>Vahlkampfia limax</i> (VAHLKAMPF, 1905)	•	•
	<i>Vahlkampfia</i> sp.	•	
	<i>Vahlkampfia tachypodia</i> GLAESER, 1912	•	
Sar			
Alveolata			
Ciliophora			
	<i>Acineta</i> sp.	•	•
	<i>Acineta flava</i> KELLICOTT, 1885		•
	<i>Acineta grandis</i> KENT, 1882		•
	<i>Acineta tuberosa</i> (PALLAS, 1766)		•
	<i>Ascobius lentus</i> HENNEGUY, 1884		•
	<i>Aspidisca cicada</i> (MÜLLER, 1786)	•	•
	<i>Aspidisca lynceus</i> (MÜLLER, 1773)	•	•
	<i>Balladyna</i> sp.	•	•
	<i>Chilodonella uncinata</i> (EHRENBERG,	•	•
	<i>Chlamydonella alpestris</i> FOISSNER, 1979	•	•
	<i>Chlamydonellopsis plurivacuolata</i>	•	•
	<i>Cinetochilum margaritaceum</i>	•	•
	<i>Cyclidium</i> sp.	•	•
	<i>Dendrosoma radians</i> EHRENBERG, 1837		•
	<i>Diaxonella trimarginata</i> JANKOWSKI,	•	•
	<i>Dileptus margaritififer</i> (EHRENBERG,	•	•
	<i>Dysteria fluviatilis</i> (STEIN, 1859)	•	
	<i>Euplotes affinis</i> (DUJARDIN, 1841)	•	•
	<i>Euplotes</i> sp.	•	•
	<i>Frontonia acuminata</i> (EHRENBERG,		•
	<i>Frontonia</i> sp.	•	•
	<i>Heliophrya minima</i> RIEDER, 1936	•	•
	<i>Holophrya</i> sp.	•	•
	<i>Holosticha kessleri</i> (MÜLLER, 1786)	•	•
	<i>Holosticha pullaster</i> (MÜLLER, 1773)	•	•
	<i>Holosticha</i> sp.		•
	<i>Lacrymaria olor</i> (MÜLLER, 1786) BORY,	•	•
	<i>Lembadion</i> sp.	•	
	<i>Leptopharynx costatus</i> MERMOD, 1914	•	•
	<i>Litonotus cygnus</i> (MÜLLER, 1773)	•	•
	<i>Litonotus lamella</i> (MÜLLER, 1773)		•
	<i>Litonotus</i> sp.	•	•
	<i>Litonotus varsaviensis</i> (WRZESNIEWSKI,	•	•
	<i>Loxophyllum meleagris</i> (MÜLLER, 1773)		•
	<i>Metacineta mystacina</i> (BATISSE, 1967)	•	•
	<i>Odontochlamys alpestris</i> FOISSNER, 1981	•	•
	<i>Oxytricha</i> sp.	•	•
	<i>Paramecium bursaria</i> (EHRENBERG,		•

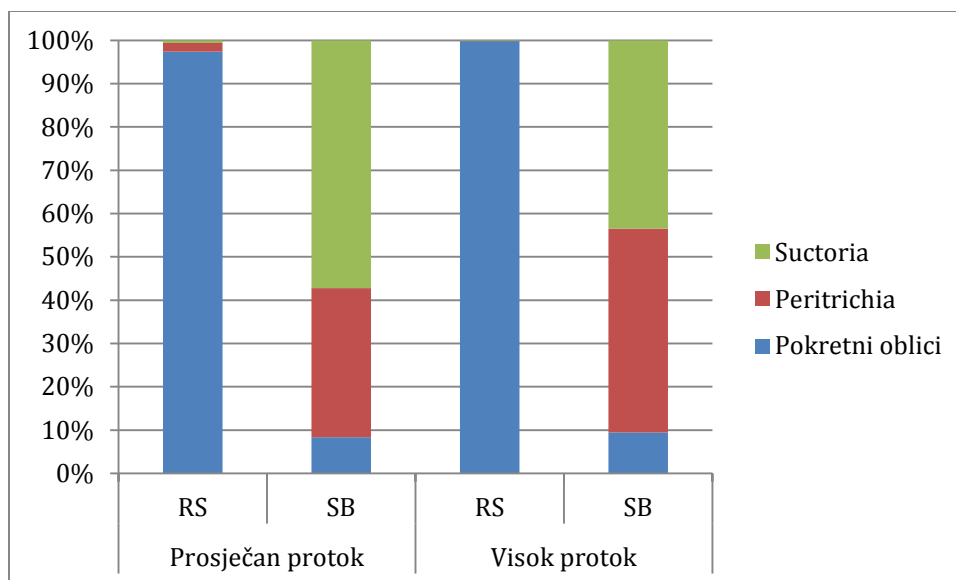
Skupina	Svojta	RS	SB
	<i>Placus</i> sp.	•	•
	<i>Platycola decumbens</i> (EHRENBERG,		•
	<i>Platyophrya vorax</i> KAHL, 1926	•	•
	<i>Pseudochilodontopsis algivora</i> KAHL,		•
	<i>Pseudochilodontopsis fluviatilis</i>	•	
	<i>Sphaerophrya magna</i> MAUPAS, 1881	•	•
	<i>Staurophrya elegans</i> ZACHARIAS, 1893		•
	<i>Stentor coeruleus</i> (PALLAS, 1766)		•
	<i>Stentor igneus</i> EHRENBERG, 1838	•	•
	<i>Stentor multiformis</i> (MÜLLER, 1786)		•
	<i>Stentor niger</i> (MÜLLER, 1773)	•	•
	<i>Stentor roeseli</i> EHRENBERG, 1835		•
	<i>Stylonychia mytilus</i> (MÜLLER, 1773)		•
	<i>Tetrahymena pyriformis</i> (EHRENBERG,	•	
	<i>Thigmogaster oppositevacuolatus</i>	•	•
	<i>Trachelius ovum</i> (EHRENBERG, 1831)		•
	<i>Trithigmostoma cucullulus</i> (MÜLLER,	•	•
	<i>Trochilia minuta</i> (ROUX, 1899) KAHL,	•	•
	<i>Trochilioides recta</i> (KAHL, 1928)		•
	<i>Uroleptus musculus</i> (KAHL, 1932)	•	•
	<i>Uroleptus piscis</i> (MÜLLER, 1773)		•
	<i>Uroleptus</i> sp.	•	•
	<i>Urostyla grandis</i> EHRENBERG, 1830	•	•
	<i>Urotricha</i> sp.	•	•
	<i>Vorticella aquadulcis</i> -kompleks		•
	<i>Vorticella campanula</i> EHRENBERG, 1831	•	•
	<i>Vorticella convallaria</i> LINNAEUS, 1758		•
	<i>Vorticella marginata</i> STILLER, 1931	•	•
	<i>Vorticella microstoma</i> EHRENBERG,		•
	<i>Vorticella octava</i> -kompleks		•
	<i>Vorticella</i> sp.	•	•
Rhizaria			
Cercozoa			
	<i>Euglypha</i> sp.		•
	<i>Gromia</i> sp.	•	
Stramenopiles			
	<i>Actinophrys sol</i> EHRENBERG, 1830	•	•
	<i>Raphidiophrys pallida</i> SCHULZE, 1874		•

Trepetljikaši su dominirali brojnošću u obraštaju na obje barijere i u oba hidrološka stanja s udjelom u brojnosti praživotinja većim od 97% na svim postajama (Slika 5).



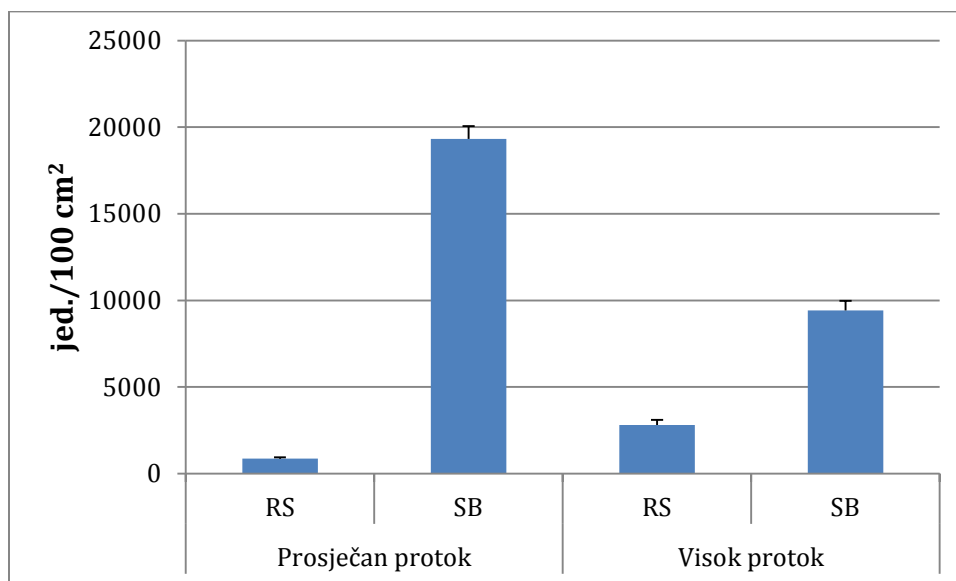
Slika 5. Udio pojedinih skupina praživotinja u obraštaju na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB).

Zabilježena je znatna razlika između postaja u sastavu trepetljikaša s obzirom na njihove životnje oblike. Na postaji Roški slap su u brojnosti dominirali pokretni oblici s vrlo malim udjelom kružnotrepetljikaša (*Peritrichia*), dok su na postaji Skradinski buk dominirali sesilni trepetljikaši iz skupina sisaraca (*Suctorina*) i kružnotrepetljikaša (*Peritrichia*) (Slika 6).



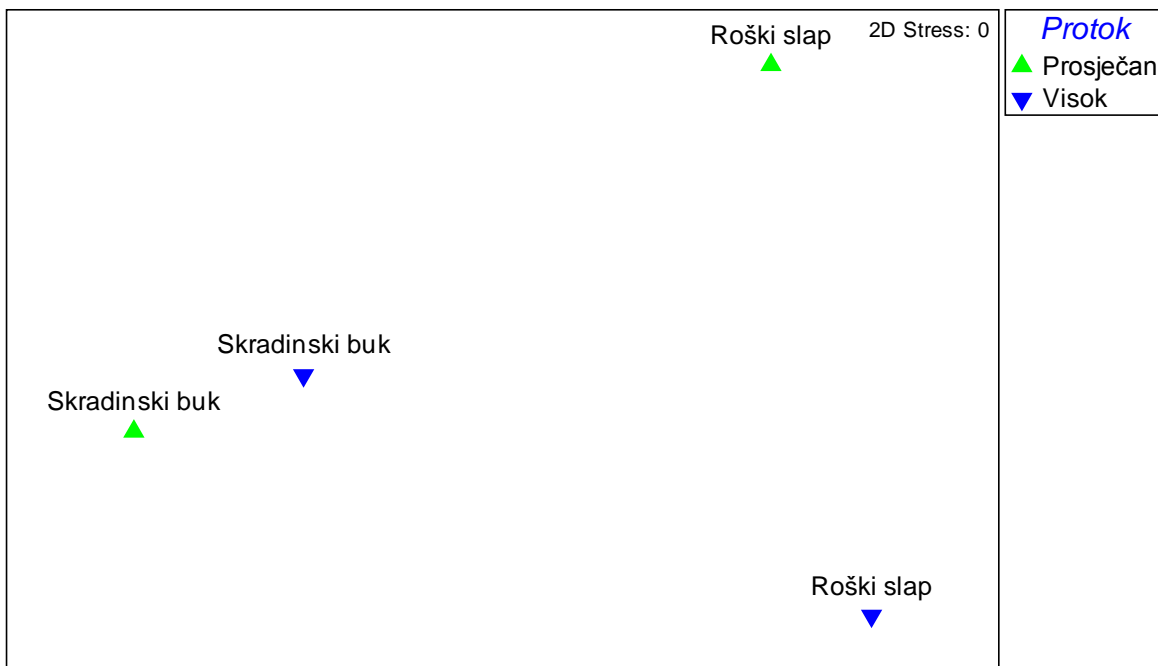
Slika 6. Udio pojedinih skupina trepetljikaša u prosječnoj ukupnoj brojnosti trepetljikaša u obraštaju na umjetnim podlogama na postajama RS (Roški slap) i SB (Skradinski buk)

Brojnost praživotinja bila je veća na postaji Skradinski buk u odnosu na postaju Roški slap (Slika 7). U uvjetima visokog protoka brojnost je bila niža nego u uvjetima prosječnog protoka na postaji Skradinski buk, dok je suprotno na postaji Roški slap.



Slika 7. Brojnost praživotinja u obraštaju ( $\pm$  SE) na umjetnim podlogama nakon jednomjesečne ekspozicije na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB) u dva reotopa

Razlika u sastavu praživotinja u obraštaju vidljiva je i iz analize sličnosti zajednica (Slika 8). Najveću sličnost imaju međusobno zajednice na postaji Skradinski buk, odnosno nema velike razlike s obzirom na protok, dok se zajednice na postaji Roški slap značajno razlikuju s obzirom na hidrološko stanje, kao i od zajednica na Skradinskom buku.



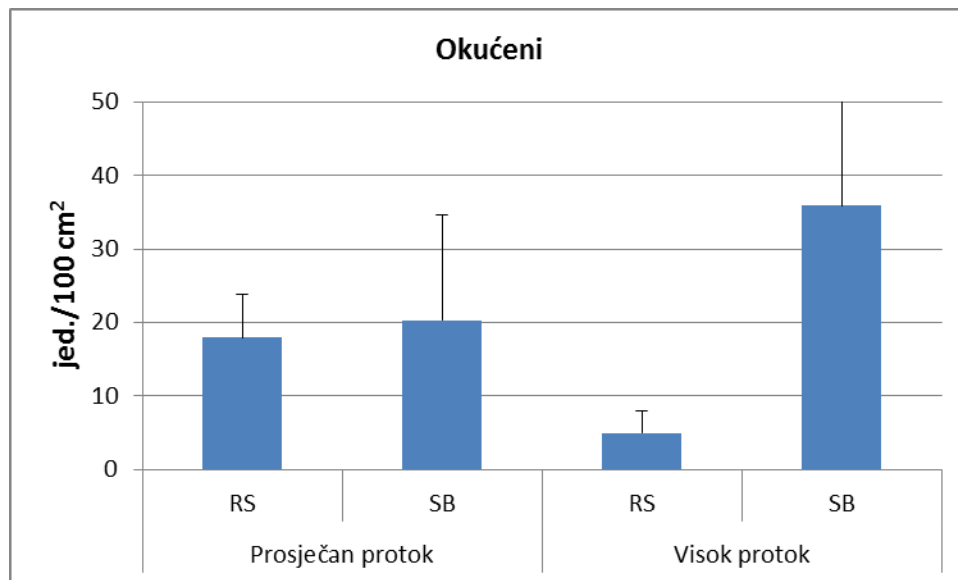
Slika 8. Položaj postaja s obzirom na analizu nemetričkog multidimenzionalnog skaliranja na osnovu Bray-Curtisove sličnosti među zajednicama.

Za 27 najbrojnijih svojti trepetljikaša analiziran je odgovor na različite hidrološke uvjete. Za ostale skupine analiza je provedena za sve svojte zajedno zbog relativno niske brojnosti pojedinih svojti. Uspoređene su prosječne brojnosti svojti na obje postaje s obzirom na hidrološko stanje.

#### 4.3.1. Okučeni

Okučeni su bili zastupljeni s relativno malom brojnošću na umjetnim podlogama te su analizirani samo na razini životnog oblika (pronađeni rodovi nisu filogenetski srodni). Najbrojnija pronađena vrsta bila je *Arcella vulgata*. Okučeni su dominirali prosječnom brojnošću na postaji

Skradinski buk, s tim da su u uvjetima hidrološkog stresa bili brojniji. Na postaji Roški slap brojnost je bila manja, naročito u uvjetima visokog protoka (Slika 9).

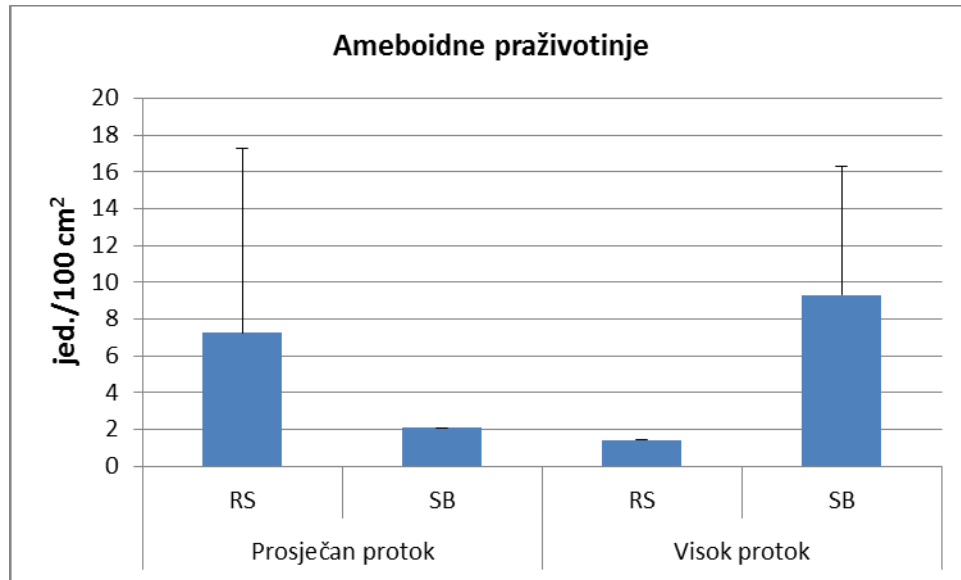


Slika 9. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) okućenih praživotinja na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

#### 4.3.2. Ameboidne praživotinje

Od ameboidnih praživotinja umjetne podloge su naseljavale svoje rodova *Mayorella*, *Thecamoeba* i *Vahlkampfia*. Kako im je brojnost bila relativno niska, analizirane su zajedno. U uvjetima prosječnog protoka pokazale su najveću brojnost na postaji Roški slap, dok su u uvjetima hidrološkog stresa u vidu visokih protoka najbrojnije bile na postaji Skradinski buk, gdje ih je i detektirano najviše za vrijeme visokih protoka (Slika 10).





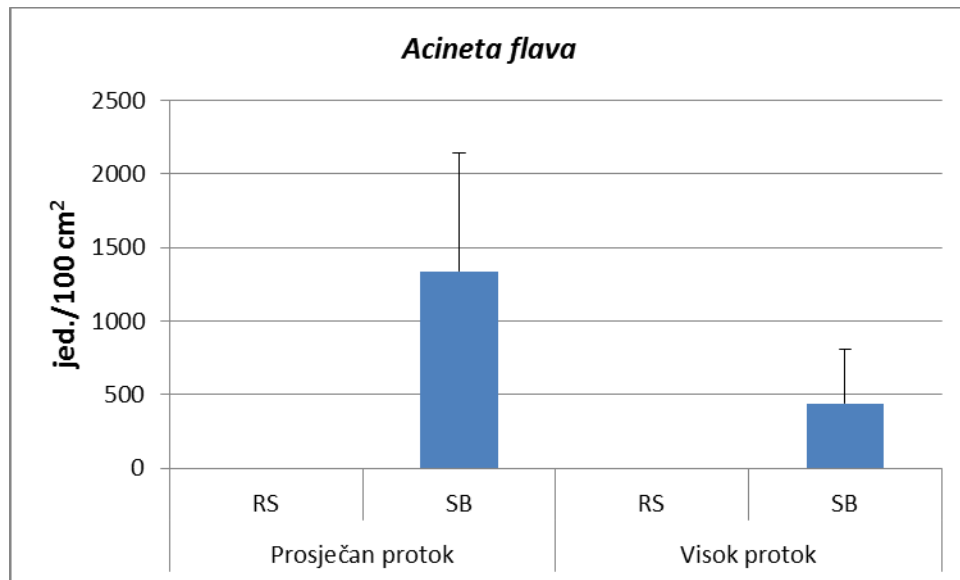
Slika 10. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) ameboidnih praživotinja na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

### 4.3.3. Trepetljikaši

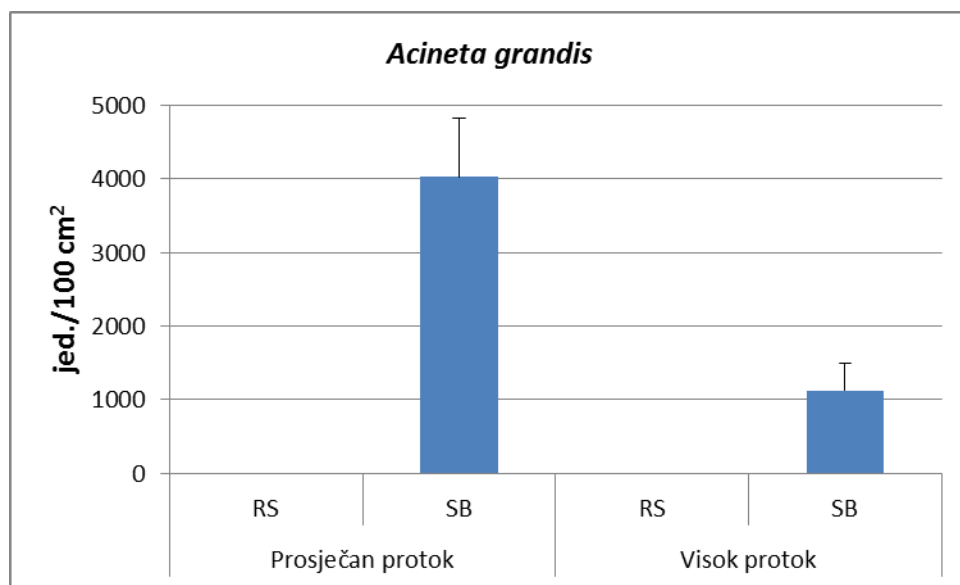
Svoje trepetljikaša su podijeljene prema životnom obliku te su u poglavlju grupirani zajedno predstavnici sisaraca (Suctororia), kružnotrepetljikaša (Peritrichia) i pokretnih oblika.

#### Suctororia

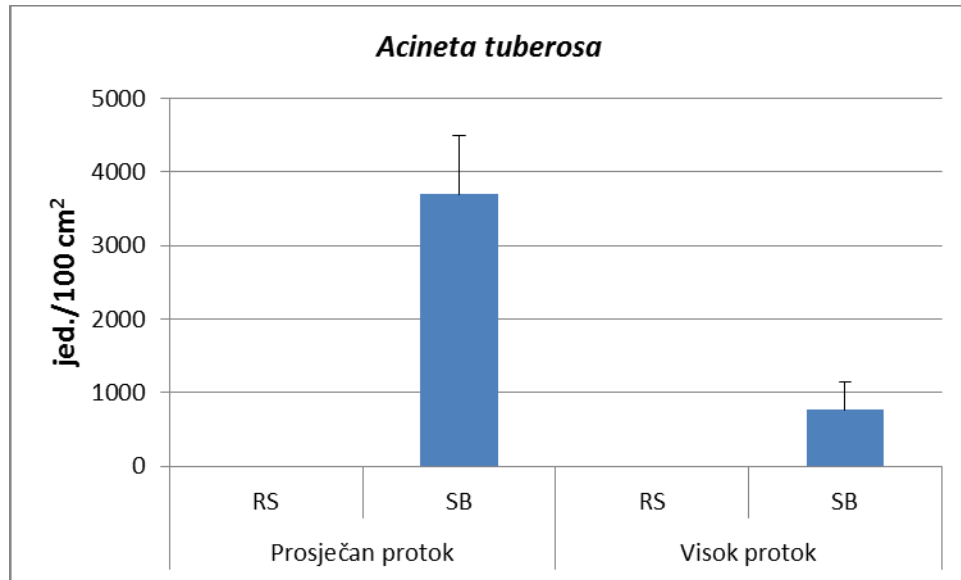
Vrste roda *Acineta* nađene su isključivo na postaji Skradinski buk s brojnošćima u rasponu od 24 do 19 139 jed./100 cm<sup>2</sup> (*A. flava*), 20 335 jed./100 cm<sup>2</sup> (*A. grandis*) i 15 072 jed./100 cm<sup>2</sup> (*A. tuberosa*). Prosječno je najveću brojnost imala vrsta *A. grandis* u uvjetima prosječnog protoka (Slika 12), a i ostale dvije vrste su pokazale manju brojnost u uvjetima visokog protoka u odnosu na prosječan protok (Slike 11 i 13).



Slika 11. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) trepetljikaša *Acineta flava* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

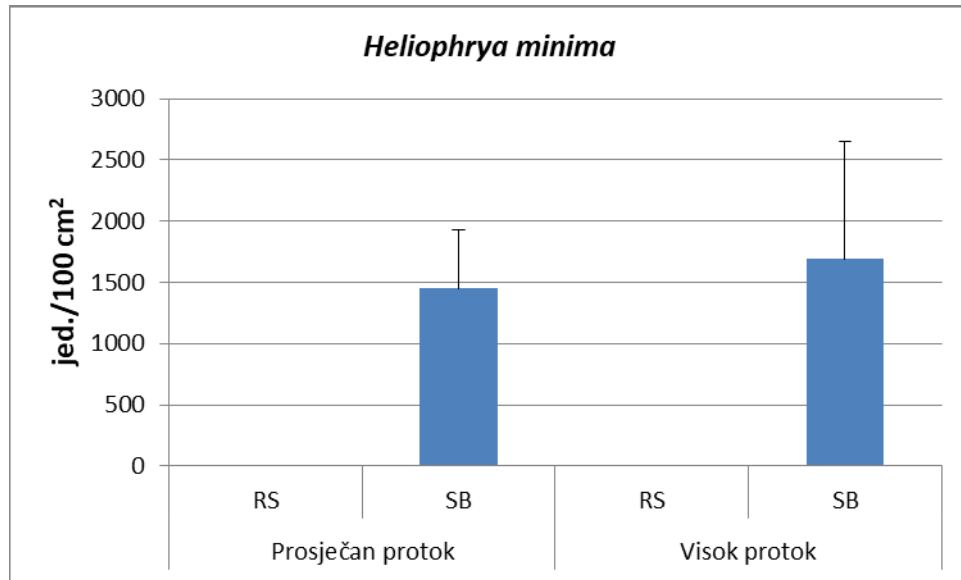


Slika 12. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) trepetljikaša *Acineta grandis* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)



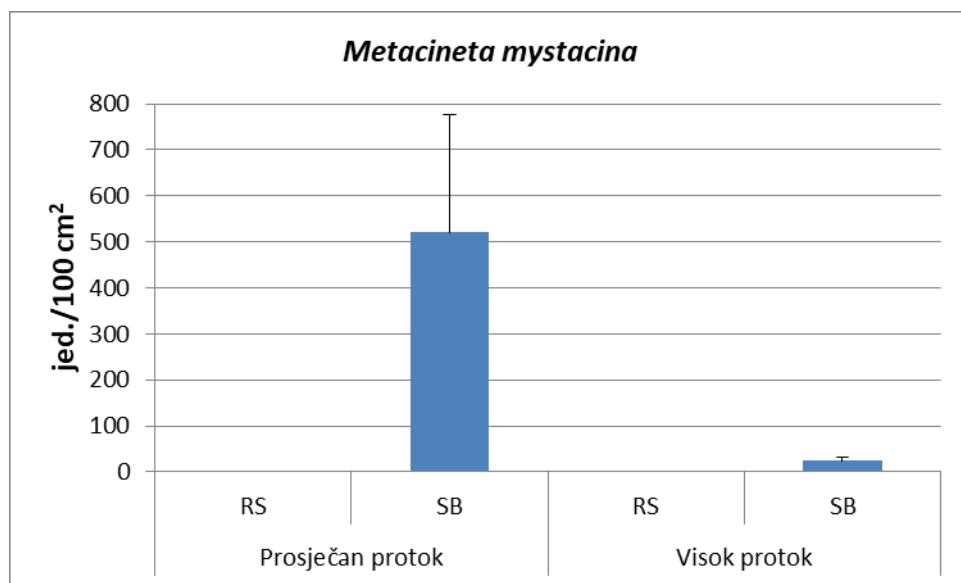
Slika 13. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) trepetljikaša *Acineta tuberosa* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

Vrsta *Heliophrya minima*, iz skupine sisaraca (Suctorio) također je nađena isključivo na postaji Skradinski buk s brojnošću od 24 do 12 919 jed./100 cm<sup>2</sup>. Detektirana je velika brojnost ove vrste u oba hidrološka uvjeta, s tim da je veću brojnost pokazala u uvjetima hidrološkog stresa (Slika14).



Slika 14. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) trepetljikaša *Heliophrya minima* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB).

Sisarac *Metacineta mystacina* nađen je isključivo na postaji Skradinski buk s brojnošću od 24 do 6 220 jed./100 cm<sup>2</sup>. U uvjetima hidrološkog stresa (visoki protok), pokazala je znatno manju brojnost nego u uvjetima prosječnog protoka (Slika 15).

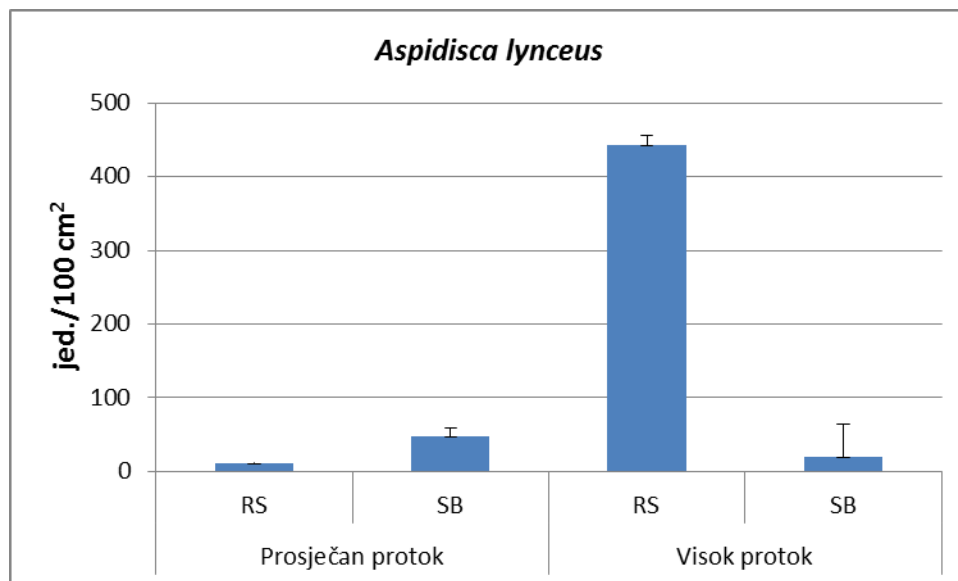


Slika 15. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) trepetljikaša *Metacineta mystacina* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

Spearmanov koeficijent korelacije bio je negativan za većinu vrsta Suctoria, a statistički značajan za vrste *A. tuberosa* ( $R_S=-0,752$ ,  $p<0,001$ ), *H. minima* ( $R_S=-0,507$ ,  $p<0,01$ ) i *M. mystacina* ( $R_S=-0,431$ ,  $p<0,01$ ), čime je potvrđena njihova slaba otpornost na povišen protok.

### Pokretne svojte

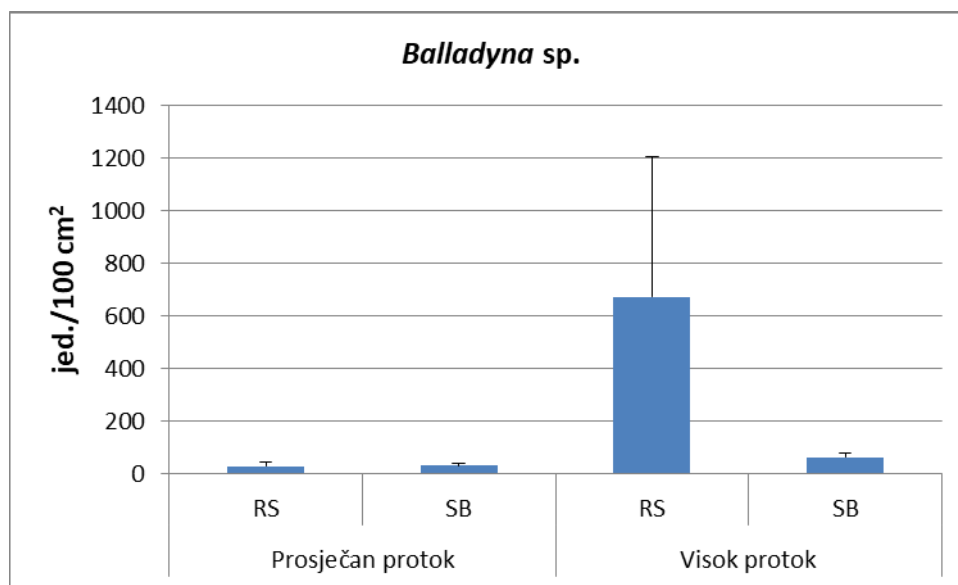
Vrsta *Aspidisca lynceus* je zabilježena s brojnošću od 24 do 5 981 jed./100 cm<sup>2</sup>. Najveća prosječna brojnost detektirana je na postaji Roški slap u uvjetima visokog protoka (Slika 16). Na postaji Skradinski buk brojnost je bila nešto viša u uvjetima prosječnog protoka, u odnosu na visoki protok. Nije zabilježena statistički značajna korelacija između protoka i brojnosti ove vrste ( $R_S=0,279$ ,  $p>0,05$ ).



Slika 16. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) vrste *Aspidisca lynceus* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

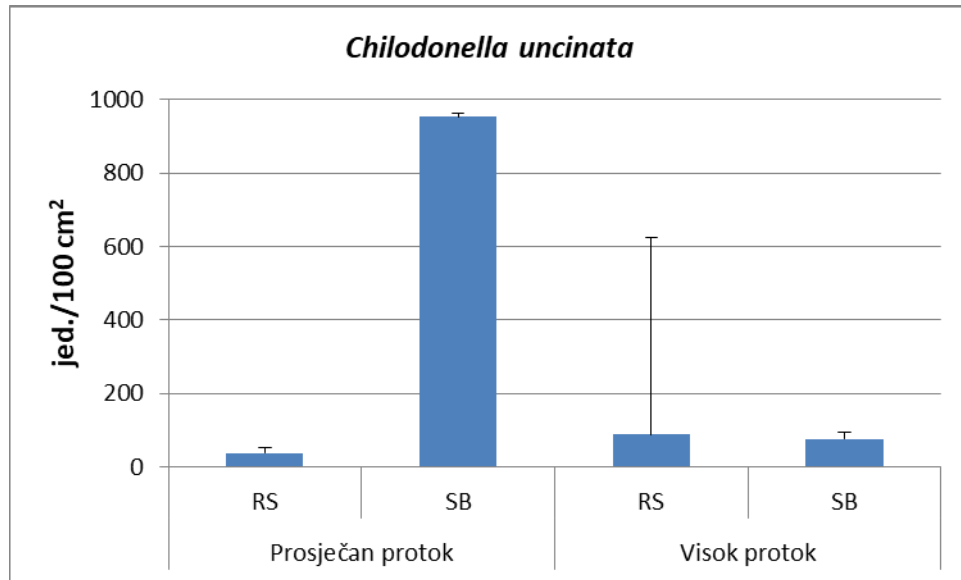
Pokretna svojta *Balladyna* sp. je zabilježena s brojnošću od 24 do 8 373 jed./100 cm<sup>2</sup>. U uvjetima hidrološkog stresa, na postaji Roški slap pokazala je znatno veću brojnost nego u

uvjetima prosječnog protoka na istoj postaji (Slika 17). Vrsta je detektirana (u znatno manjem broju) i na postaji Skradinski buk, gdje je pokazala nešto veću brojnost u uvjetima hidrološkog stresa. Ovaj obrazac je potvrđen koeficijentom korelacije, koji je bio statistički značajan ( $R_s=0,257$ ,  $p<0,05$ ).



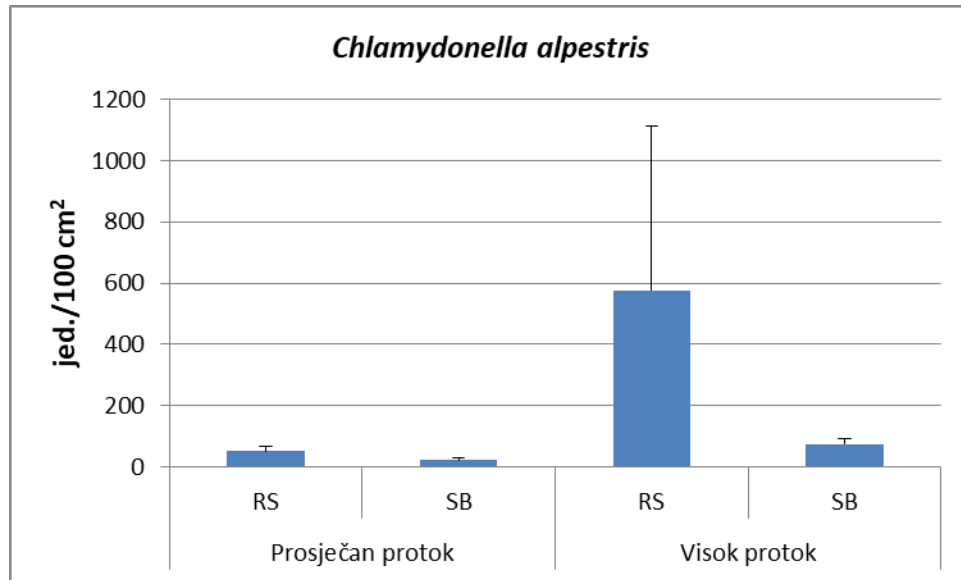
Slika 17. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) trepetljikaša *Balladyna sp.* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

Vrsta *Chilodonella uncinata* je zabilježena s brojnošću od 24 do 18 900 jed./100 cm<sup>2</sup>. Na postaji Skradinski buk, u uvjetima prosječnog protoka pokazala je znatno veću brojnost nego u uvjetima hidrološkog stresa (Slika18). Na drugoj postaji prosječna brojnost je bila manja i više je vrsta detektirano u uvjetima hidrološkog stresa. Spearmanov koeficijent korelacije bio je negativan i statistički značajan ( $R_s=-0,352$ ,  $p<0,05$ ), što potvrđuje slabiju otpornost ove vrste na povišeni protok.



Slika18. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) vrste *Chilodonella uncinata* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

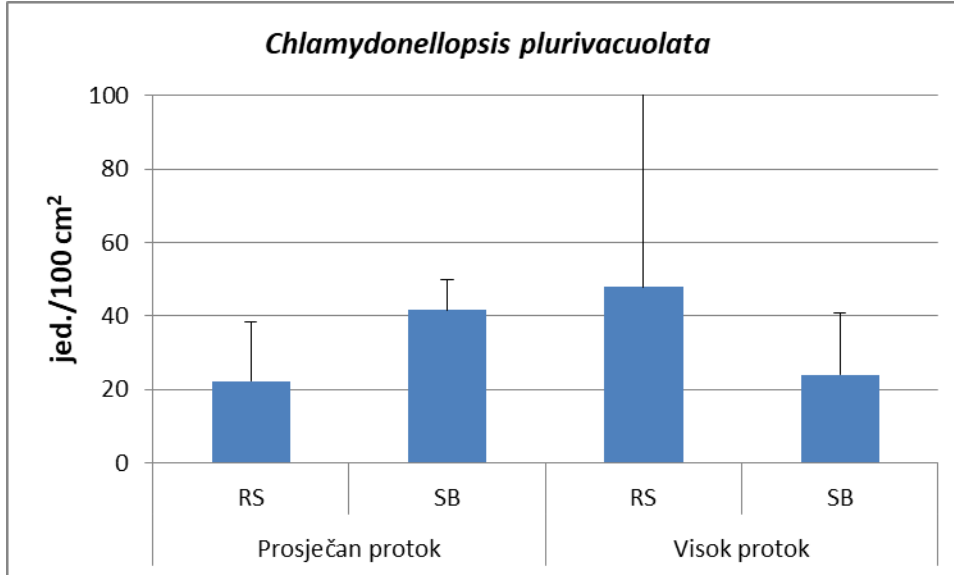
Vrsta *Chlamydonella alpestris* je zabilježena s brojnošću od 24 do 9 569 jed./100 cm<sup>2</sup>. Detektirana je veća brojnost vrste u uvjetima visokog protoka na obje postaje u odnosu na prosječan protok. Najveća prosječna brojnost detektirana je na postaji Roški slap u uvjetima visokog protoka (Slika19). Koeficijent korelacije između brojnosti ove vrste i protoka nije bio statistički značajan.



Slika 19. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) trepetljikaša *Chlamydonella alpestris* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

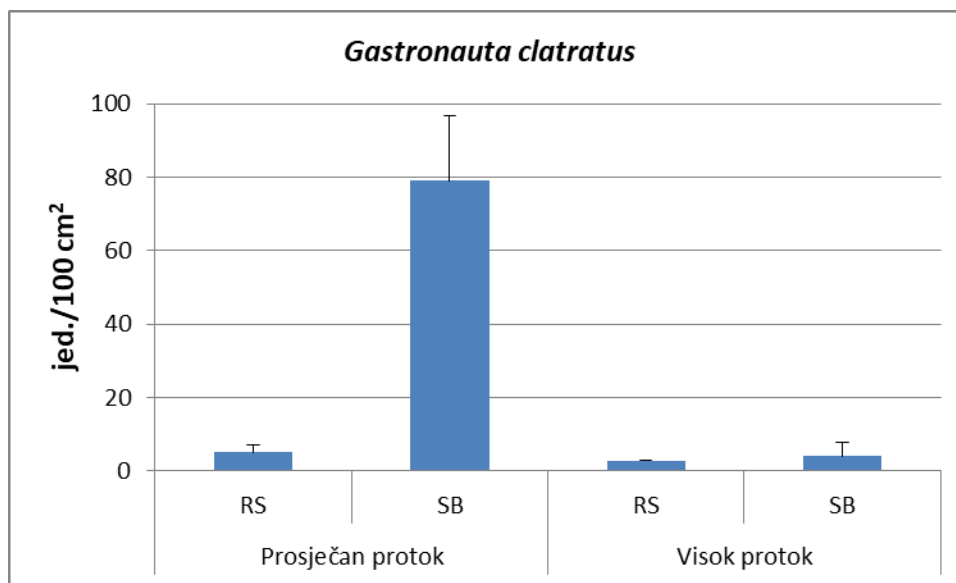
Vrsta *Chlamydonellopsis plurivacuolata* je zabilježena s brojnošću od 24 do 694 jed./100 cm<sup>2</sup>. Najveća prosječna brojnost detektirana je na postaji Roški slap u uvjetima visokog protoka, dok je na istoj postaji u uvjetima prosječnog protoka brojnost bila manja (Slika 20). Na postaji Skradinski buk brojnost je bila veća u uvjetima prosječnog protoka nego u uvjetima hidrološkog stresa. Nije nađena statistički značajna korelacija između brojnosti *C. plurivacuolata* i protoka.





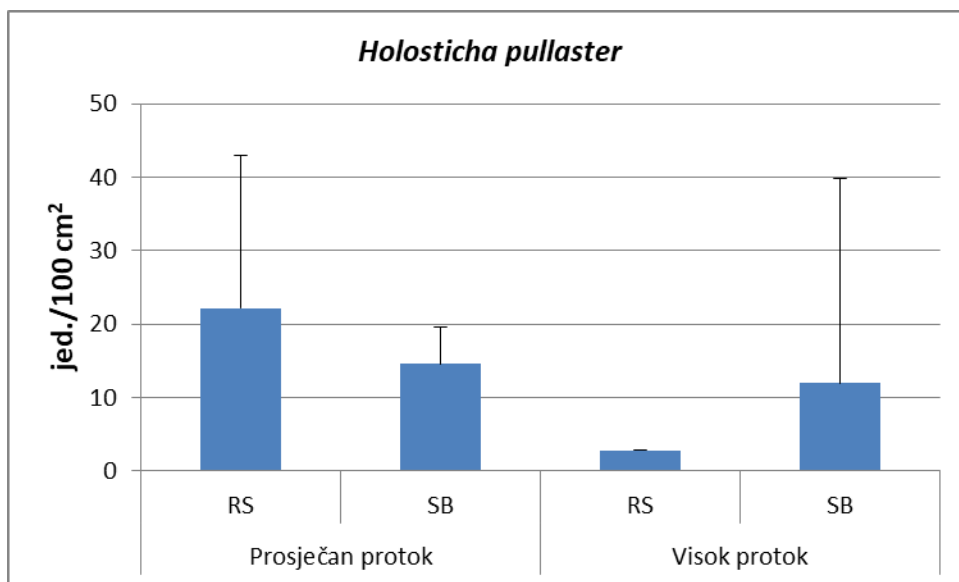
Slika 20. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) vrste *Chlamydonellopsis plurivacuolata* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

Vrsta *Gastronauta clatratus* je zabilježena s brojnošću od 24 do 311 jed./100 cm<sup>2</sup>. Detektirana je veća prosječna brojnost vrste u uvjetima prosječnog protoka na obje postaje, s tim da je na postaji Skradinski buk brojnost bila najveća (Slika 21). Koeffcijent korelacije između protoka i brojnosti ove vrste nije bio statistički značajan.



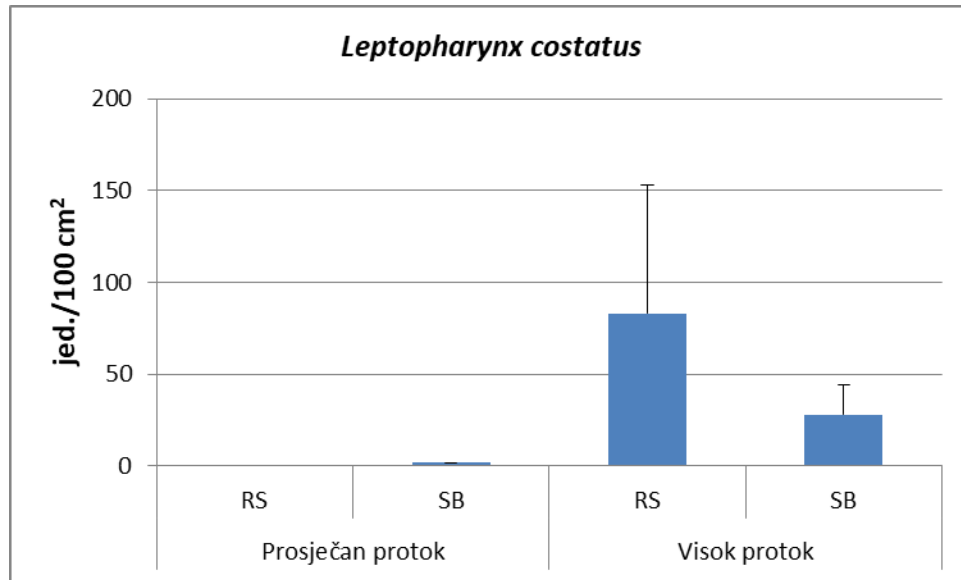
Slika 21. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) trepetljikaša *Gastronauta clatratus* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

Vrsta *Holosticha pullaster* je zabilježena s brojnošću od 24 do 311 jed./100 cm<sup>2</sup>. Najveća prosječna brojnost detektirana je na postaji Roški slap u uvjetima prosječnog protoka, dok je u uvjetima hidrološkog stresa brojnost bila manja. Veća prosječna brojnost u uvjetima prosječnog protoka, iako s manjom razlikom, detektirana je i na postaji Skradinski buk (Slika 22). Spearmanov koeficijent korelacije između brojnosti ove vrste i protoka bio je negativan, ali ne i statistički značajan ( $R_s = -0,324$ ,  $p > 0,05$ )



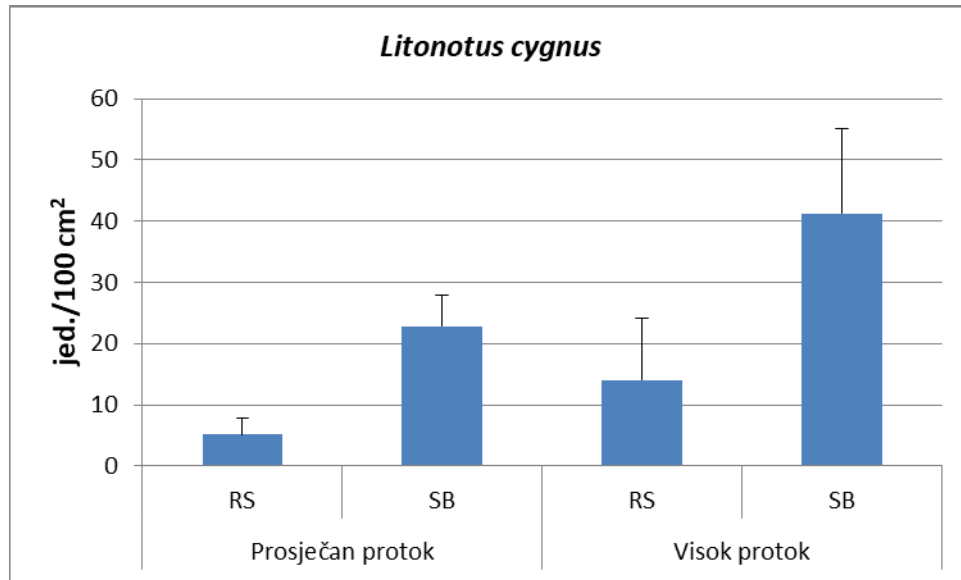
Slika 22. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) vrste *Holosticha pullaster* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

Vrsta *Leptopharynx costatus* je zabilježena s brojnošću od 24 do 813 jed./100 cm<sup>2</sup>. Najveća prosječna brojnost detektirana je na postaji Roški slap u uvjetima visokog protoka, dok na istoj postaji u uvjetima prosječnog protoka vrsta nije detektirana (Slika 23). Na drugoj postaji, Skradinski buk, brojnost je također bila znatno veća u uvjetima hidrološkog stresa. Zabilježena je i statistički značajna korelacija između protoka i brojnosti ove vrste ( $R_S=0,389$ ,  $p<0,001$ ).



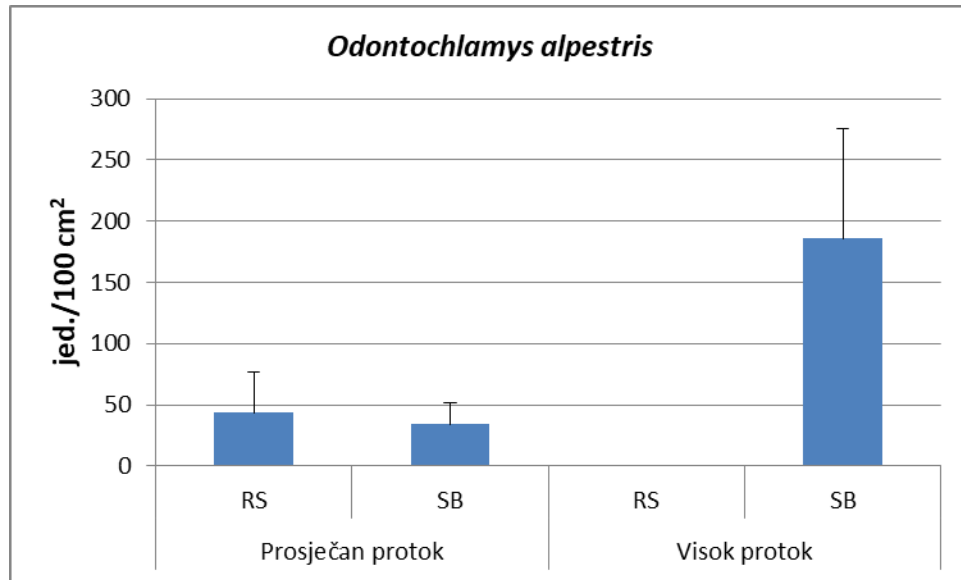
Slika 23. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) trepetljikaša *Leptopharynx costatus* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

Vrsta *Litonotus cygnus* je zabilježena s brojnošću od 24 do 191 jed./100 cm<sup>2</sup>. Vrsta je pokazala veću brojnost u uvjetima hidrološkog stresa na obje postaje, s tim da je veća brojnost detektirana na postaji Skradinski buk u oba hidrološka uvjeta (Slika 24). Koeficijent korelacije između protoka i brojnosti *L. cygnus* nije bio statistički značajan.



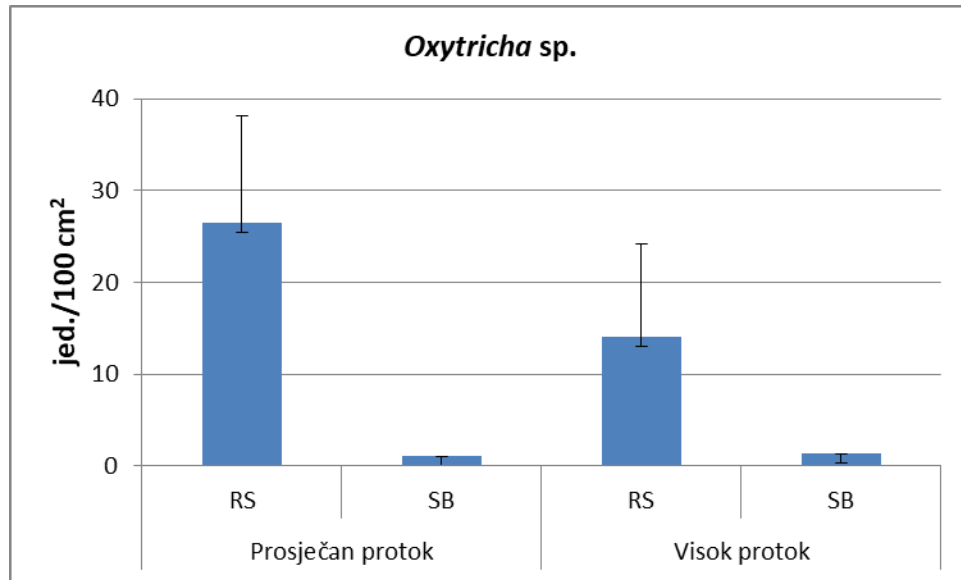
Slika 24. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) vrste *Litonotus cygnus* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

Vrsta *Odontochlamys alpestris* je zabilježena s brojnošću od 24 do 1 100 jed./100 cm<sup>2</sup>. Najveću prosječnu brojnost pokazala je na postaji Skradinski buk u uvjetima visokog protoka. U istim uvjetima na postaji Roški slap vrsta uopće nije detektirana. U uvjetima prosječnog protoka brojnost je bila veća na postaji Roški slap u odnosu na postaju Skradinski buk (Slika 25). Ova vrsta imala je pozitivan i statistički značajan koeficijent korelacije s protokom ( $R_S=0,661$ ,  $p<0,01$ ).



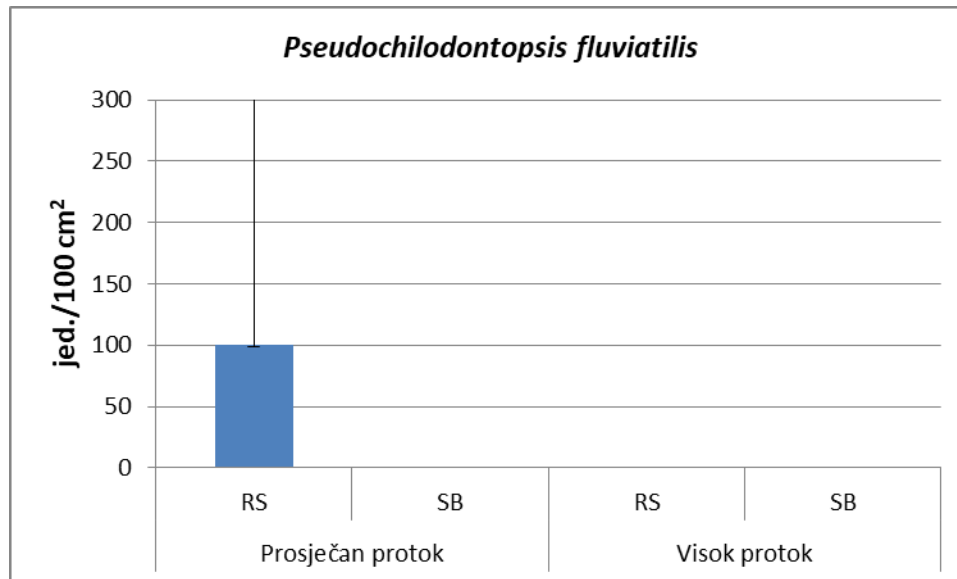
Slika 25. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) vrste *Odontochlamys alpestris* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

Svojta *Oxytricha* sp. je zabilježena s brojnošću od 24 do 215 jed./100 cm<sup>2</sup>. Veća brojnost detektirana je na postaji Roški slap u oba hidrološka uvjeta, s naglaskom na veću brojnost u uvjetima prosječnog protoka (Slika 26). Na postaji Skradinski buk brojnost brojnost je bila manja i s manjom razlikom među hidrološkim uvjetima na istoj postaji. Nije zabilježena statistički značajna korelacija između protoka i brojnosti ove svojte.



Slika 26. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) trepetljikaša *Oxytricha sp.* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

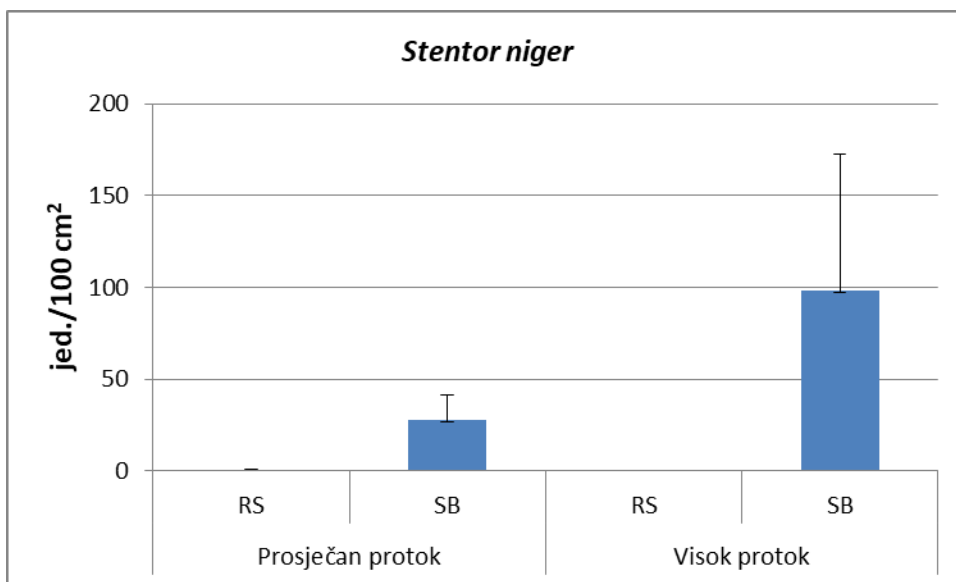
Vrsta *Pseudochilodontopsis fluviatilis* je zabilježena isključivo na postaji Roški slap u uvjetima prosječnog protoka s brojnošću od 215 do 2 153 jed./100 cm<sup>2</sup>.(Slika 27). Ova vrsta nađena je u premalom broju uzoraka da bi se mogao računati koeficijent korelacije između njene brojnosti i protoka.



Slika 27. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) vrste *Pseudochilodontopsis fluviatilis* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

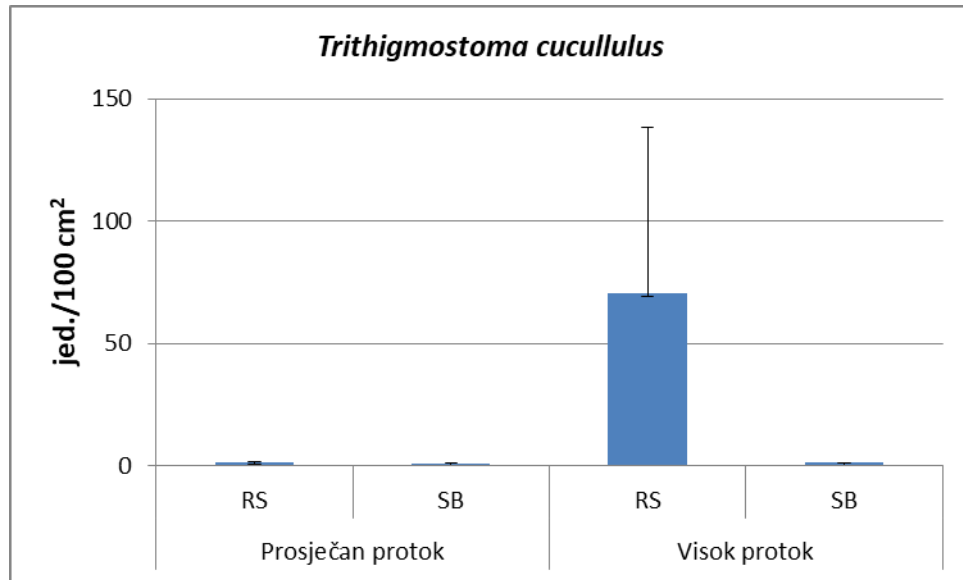
Vrsta *Stentor niger* je zabilježena s brojnošću od 24 do 957 jed./100 cm<sup>2</sup>. Vrsta je detektirana gotovo isključivo na postaji Skradinski buk s većom brojnosti u uvjetima visokog protoka vode nego u uvjetima prosječnog protoka (Slika 28). Na postaji Roški slap detektirano je znatno manje jedinki i to samo u uvjetima prosječnog protoka. Koeficijent korelacije između brojnosti *S. niger* i protoka nije bio statistički značajan.





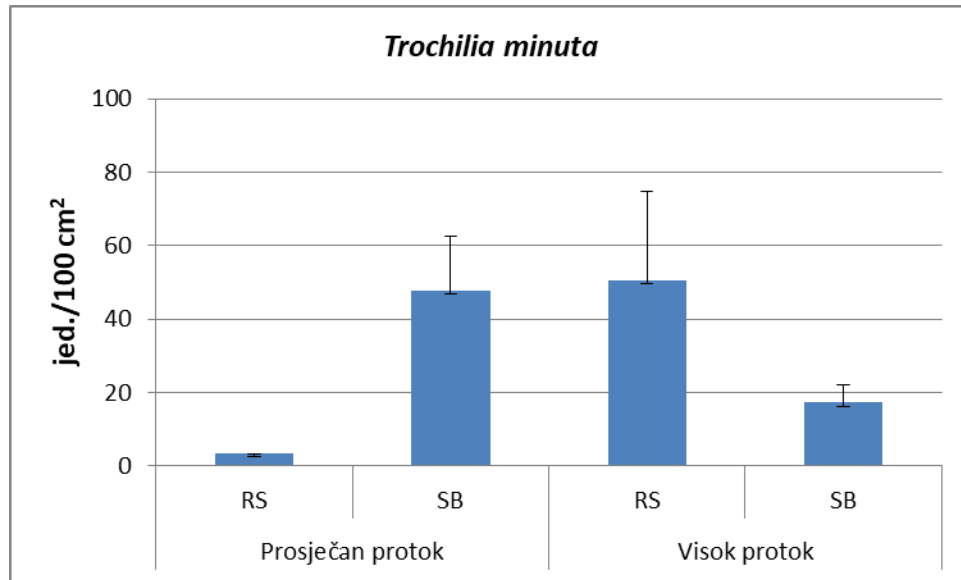
Slika 28. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) trepetljikaša *Stentor niger* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

Vrsta *Trithigmostoma cucullulus* je zabilježena s brojnošću od 24 do 718 jed./100 cm<sup>2</sup>. Najveća prosječna brojnost detektirana je na postaji Roški slap u uvjetima hidrološkog stresa (Slika 29). U ostalim uvjetima na obje postaje brojnost je bila znatno manja. Koeficijent korelacije između protoka i brojnosti ove vrste nije bio statistički značajan.



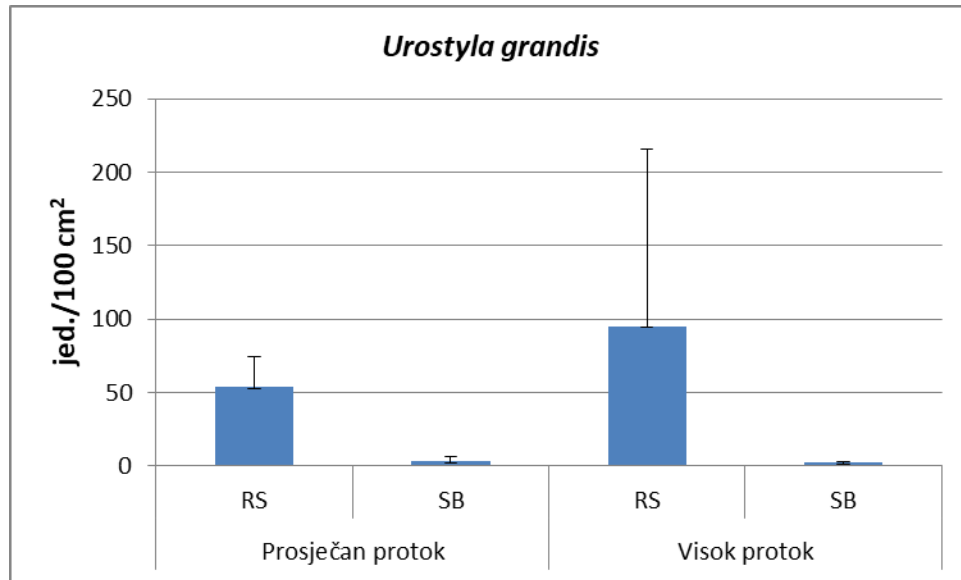
Slika 29. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) vrste *Trithigmostoma cucullulus* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

Vrsta *Trochilia minuta* je zabilježena s brojnošću od 24 do 383 jed./100 cm<sup>2</sup>. Najveća prosječna brojnost detektirana je na postaji Roški slap u uvjetima visokog protoka, dok je u uvjetima prosječnog protoka na istoj postaji brojnost bila znatno manja (Slika 30). Suprotno tome, na postaji Skradinski buk brojnost je bila viša u uvjetima prosječnog protoka, u odnosu na visoki protok. Ova vrsta imala je statistički značajan negativan koeficijent korelacije s protokom ( $R_S = -0,102$ ,  $p < 0,05$ )



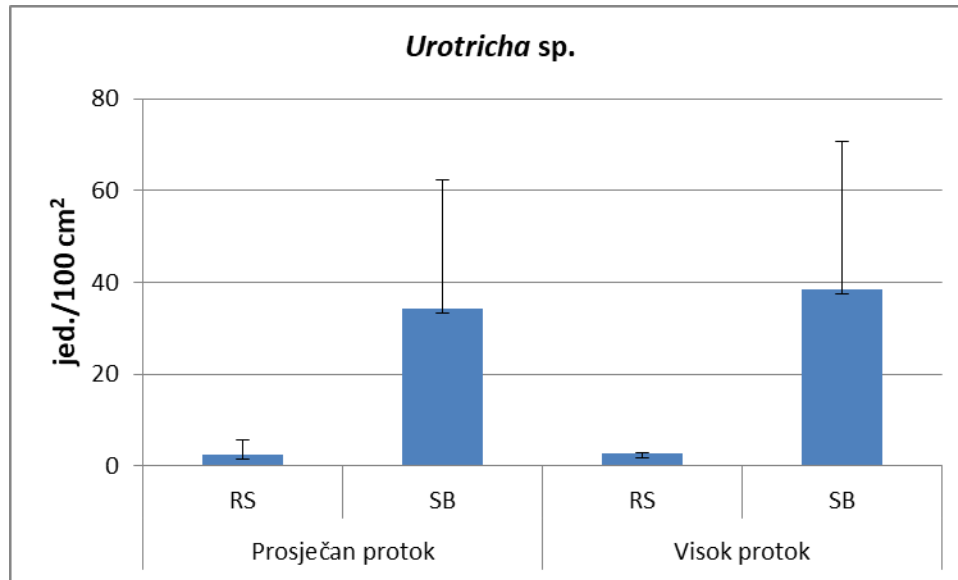
Slika 30. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) trepetljikaša *Trochilia minuta* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

Vrsta *Urostyla grandis* je zabilježena s brojnošću od 24 do 1 354 jed./100 cm<sup>2</sup>. Najveća prosječna brojnost detektirana je na postaji Roški slap u uvjetima visokog protoka, dok je u uvjetima prosječnog protoka na istoj postaji brojnost bila manja (Slika 31). Na postaji Skradinski buk zabilježena je manja brojnost ove vrste u oba hidrološka uvjeta. Spearmanov koeficijent korelacije između brojnosti ove vrste i protoka nije bio statistički značajan.



Slika 31. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) vrste *Urostyla grandis* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

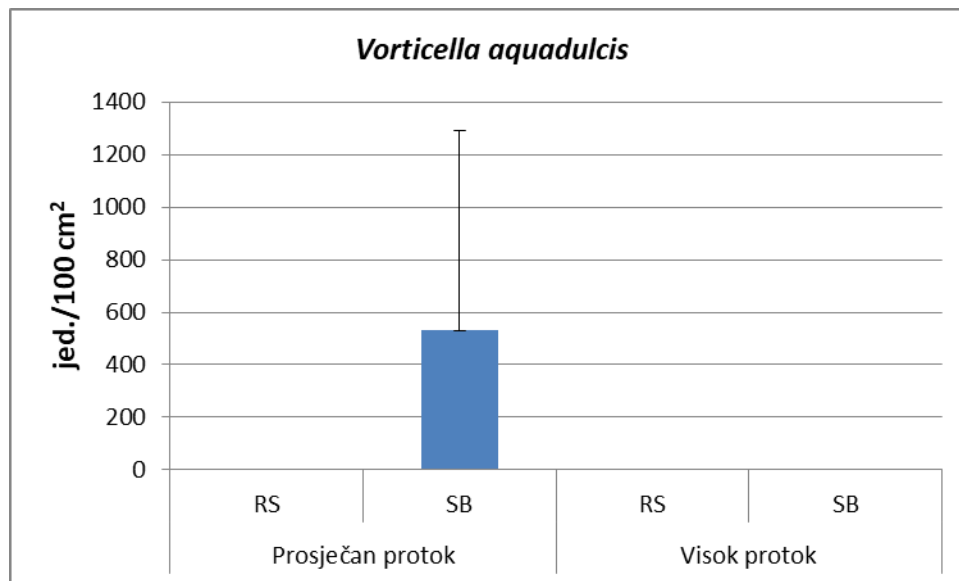
Svojta *Urotricha* sp. je zabilježena s brojnošću od 24 do 383 jed./100 cm<sup>2</sup>. Najveća prosječna brojnost detektirana je na postaji Skradinski buk u uvjetima hidrološkog stresa, dok je u prosječnim uvjetima na istoj postaji bila nešto manja (Slika 32). Na postaji Roški slap zabilježena je manja brojnost u oba hidrološka uvjeta. Nije nađena statistički značajna korelacija između brojnosti ove svojte i protoka



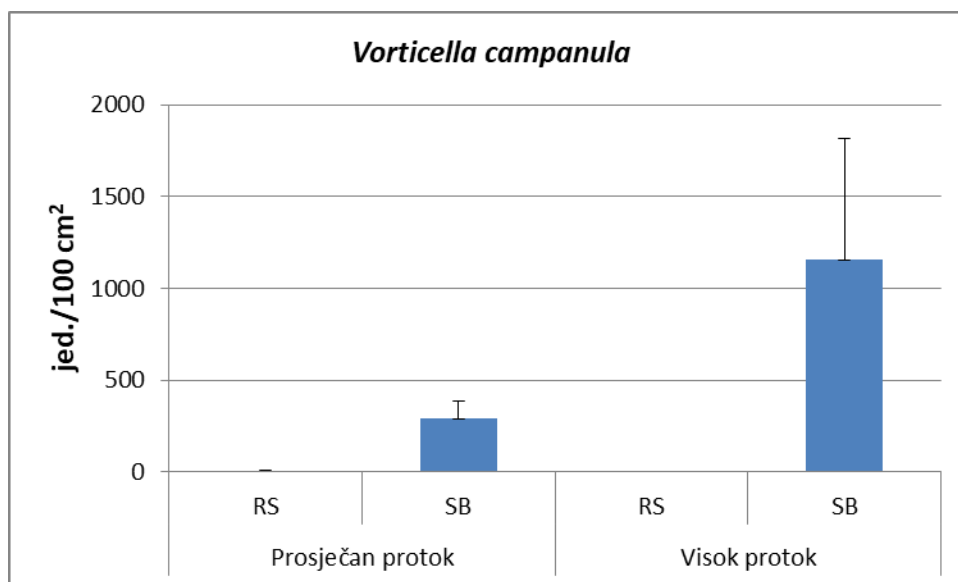
Slika 32. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) trepetljikaša *Urotricha sp.* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)

### Peritrichia

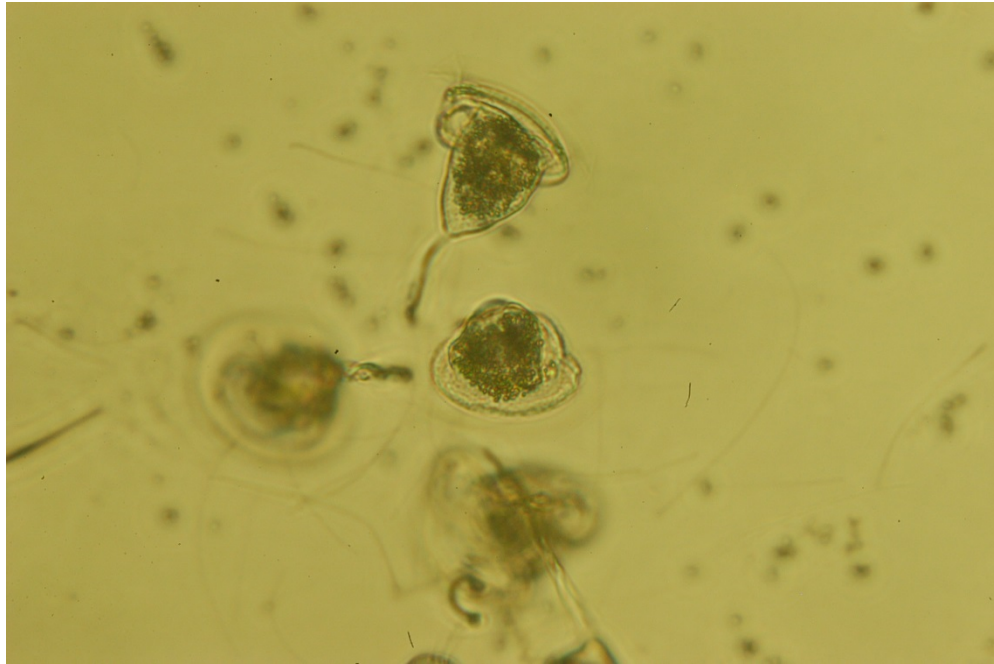
Vrste roda *Vorticella* nađene su gotovo isključivo na postaji Skradinski buk s brojnošćima u rasponu od 1483 do 31 100 jed./100 cm<sup>2</sup> (*V.aqualdulcis*), 24 do 10 516 jed./100 cm<sup>2</sup> (*V.campanula*), 24 do 31 100 (*V.octava*), 24 do 22 488 (*Vorticella sp.*), dok je vrsta *V.convallaria* nađena samo jednom s brojnošću 1 627 jed./100 cm<sup>2</sup>. Prosječno je najveću brojnost imala svojta *Vorticella sp.* u uvjetima prosječnog protoka (Slika 38). Ostale vrste također su pokazale veću brojnost u uvjetima prosječnog protoka (Slike 33, 36 i 37), osim vrste *V.campanula* (Slika 35) koja je pokazala veću brojnost u uvjetima visokog protoka (Slika 34). Na postaji Roški slap nađene su samo svojte *V.campanula* i *V.sp.* i to isključivo u uvjetima prosječnog protoka (Slike 35 i 38). Spearmanovi koeficijenti korelacije između protoka i brojnosti ovih vrsta nisu bili statistički značajni.



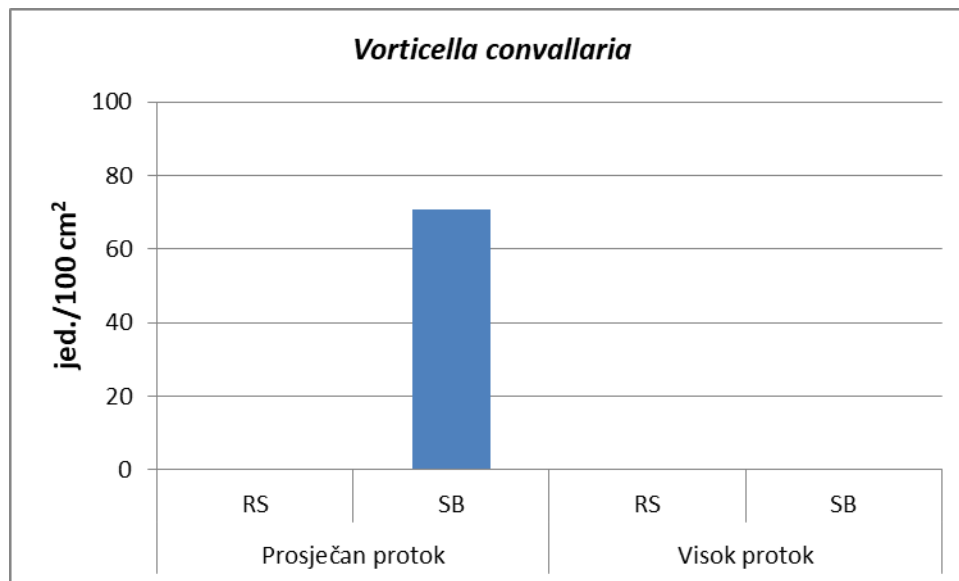
Slika 33. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) vrste *Vorticella aquadulcis* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)



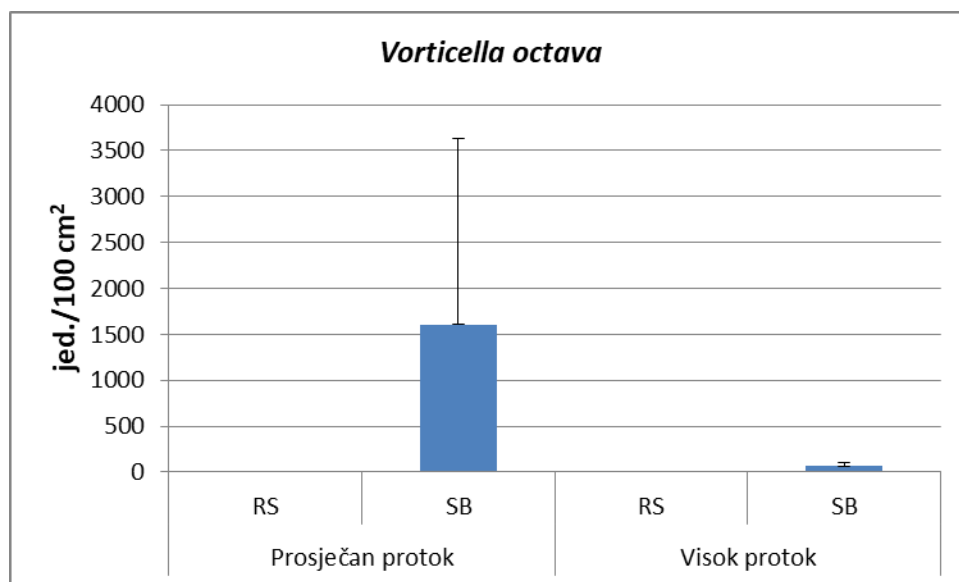
Slika 34. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) vrste *Vorticella campanula* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)



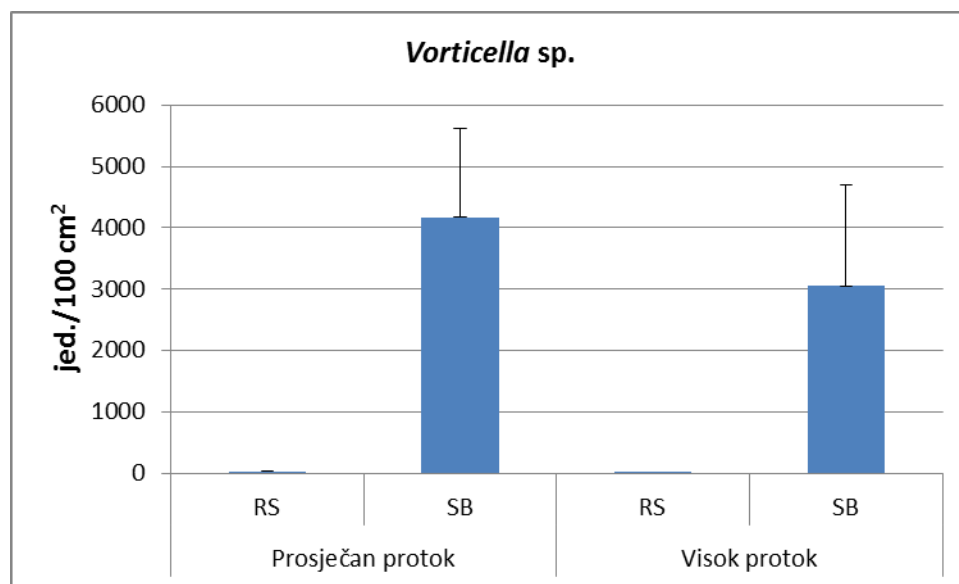
Slika 35. *Vorticella campanula* na umjetnoj podlozi koja je bila eksponirana na postaji Skradinski buk (Foto: R. Matoničkin Kepčija)



Slika 36. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) trepetljikaša *Vorticella convallaria* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)



Slika 37. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) vrste *Vorticella octava* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)



Slika 38. Prosječna brojnost ( $\pm$  SE) vrste *Vorticella sp.* na umjetnim podlogama u ovisnosti o protoku na postajama Roški slap (RS) i Skradinski buk (SB)



## 5. RASPRAVA

Fizikalno-kemijski parametri vode, izmjereni tijekom ovog istraživanja, karakteristični su za sedrotvorne sustave u području Dinarida (Matoničkin Kepčija i sur. 2011, Sertić Perić i sur. 2011). Ovo posebno vrijedi za čimbenike koji su vezani uz zasićenost vode kalcijevim karbonatom. Postaje Roški slap i Skradinski buk nisu se međusobno bitno razlikovale prema ovim čimbenicima, osim razlika u temperaturi i električnoj vodljivosti, pri čemu se razlika u temperaturi vode može objasniti longitudinalnim položajem u akvatoriju. Sedrene barijere se mogu smatrati kao hidrološki promjenjiva staništa zbog varijabilnosti u protoku i brzini strujanja vode, što je također karakteristično za ovakva staništa (Matoničkin Kepčija i sur. 2011).

Ukupna brojnost i raznolikost praživotinja bila je znatno veća na postaji Skradinski buk u odnosu na postaju Roški slap. Istraživane postaje Roški slap i Skradinski buk razlikuju se u svom položaju u toku rijeke Krke. Postaja Skradinski buk, značajno brojnija svojstama, ima specifičan položaj nizvodno od Visovačkog jezera. Jezera su puno produktivniji sustavi od tekućica. Ternjej i sur. (2007) naglašavaju važnost ovog položaja i njegovu direktnu posljedicu u vidu veće količine otopljene organske tvari i jedinki zooplanktona koja se odražava u specifičnoj trofičkoj strukturi zajednica beskraljeznjaka u kojima dominantnu ulogu imaju procjeđivači (Giller i Malmqvist 1998). Među praživotinjama, veća dostupnost hrane odrazila se na veliki udio kružnotrepeljikaša, koji se hrane filtrirajući, i sisaraca, koji su predatori (Foissner i Berger 1996). Time je zabilježena neobična struktura zajednice s velikim udjelom predatora, kao i u Matoničkin Kepčija (2006) na pojedinim postajama u akvatoriju Plitvičkih jezera.

S obzirom na odgovor obraštaja na hidrološki stres (u vidu visokih protoka), na postajama je uočena različita otpornost praživotinja. Veća brojnost je zabilježena na postaji Roški slap u uvjetima visokog protoka nego u uvjetima prosječnog protoka, dok se na postaji Skradinski buk ovaj trend pokazao obrnutim. Moguće razloge veće brojnosti praživotinja u uvjetima visokog protoka na postaji Roški slap moguće je pronaći u negativnim učincima male brzine strujanja u smislu slabijeg transporta metabolita (Saravia i sur. 1998). Također, u uvjetima povišenog protoka na postaji Roški slap došlo je do pomicanja umjetnih podloga u dublje dijelove toka čime je obraštaj bivao manje izložen otplavlivanju. Moguće je i da su svojite prisutne na ovoj postaji bolje prilagođene promjenama protoka, u odnosu na svojite koje su dominirale na postaji Skradinski buk, gdje je većina svojiti bila sesilna. Veća brzina strujanja vode utjecala je negativno

na brojnost praživotinja na postaji Skradinski buk. Primc-Habdija i sur. (2000) također zapažaju znatno manji broj trepetljikaša u uvjetima hidrološkog stresa u smislu visokog protoka.

Analiza odgovora 28 najbrojnijih trepetljikaša na navedene uvjete na obje postaje pokazala je povezanost životnih oblika trepetljikaša i otpornosti na visoki protok (Tablica 3).

Tablica 3. Popis najbrojnih ustanovljenih trepetljikaša na umjetnim podlogama na postajama Skradinski buk i Roški slap prema otpornosti na protok. Crveno su označeni pripadnici Suctororia, zeleno Peritrichia, a crno su pokretni trepetljikaši.

Svojte koje su otporne na visoki protok	<i>Aspidisca lynceus</i> <i>Balladyna</i> sp. <i>Chlamydonella alpestris</i> <i>Leptopharynx costatus</i> <i>Litonotus cygnus</i> <i>Odontochlamys alpestris</i> <i>Stentor niger</i> <i>Trithigmostomata cucullulus</i> <i>Vorticella campanula</i>
Svojte koje nisu otporne na visoki protok	<i>Acineta flava</i> <i>Acineta grandis</i> <i>Acineta tuberosa</i> <i>Metacineta mystacina</i> <i>Chilodonella uncinata</i> <i>Gastronauta clatratus</i> <i>Holosticha pullaster</i> <i>Oxytricha</i> sp. <i>Pseudochilodontopsis fluviatilis</i> <i>Vorticella aquadulcis</i> <i>Vorticella convallaria</i> <i>Vorticella octava</i>
Svojte bez jasnog odgovora na protok	<i>Heliophyra minima</i> <i>Chlamydonellopsis plurivacuolata</i> <i>Trochilia minuta</i> <i>Urostyla grandis</i> <i>Urotricha</i> sp. <i>Vorticella</i> sp.

Svojte koje su bile otporne na visoki protok pripadaju većinom pokretnim svojutama trepetljikaša. Gotovo sve svojte u ovoj kategoriji su dorzo-ventralno spljoštene. U uvjetima hidrološkog stresa spljoštenost ovim organizmima omogućuje iskorištavanje smanjenog graničnog sloja u brzom

toku i time omogućava otpornost na visoki protok. Pokretna vrsta *Stentor niger*, iako drugačijeg oblika tijela, pokazuje otpornost na hidrološki stres. Mogući razlozi mogu biti velika kontraktilnost ovog organizma koju zahvaljuje brzom skraćivanju mionema, prugastih proteinskih fibrila. *Vorticella campanula*, prema zabilježenoj brojnosti, bila je također otporna na visok protok, čime se razlikovala od ostalih svojiti ovog roda. Ona je i najveći predstavnik ovog roda koji je naseljavo umjetne podloge, čime je zabilježena otpornost još više zagonetna. Moguće je da ova vrsta ima sposobnost čvršćeg prihvaćanja za podlogu pomoću drška, u odnosu na ostale vrste ovog roda. Svakako bi bila potrebna dodatna istraživanja da bi se ovo razjasnilo.

Očekivano je da sesilne svojte skupine predatora (Suctoria) nisu otporne na hidrološki stres u vidu visokih protoka jer im je oblik takav da su uzdignute od podloge, stoga bivaju otplavljene u navedenim uvjetima. To se potvrdilo u ovom istraživanju (Tablica 3). Vrste roda *Acineta*, koje su bile vrlo brojne, pokazale su vidljivo manju otpornost na visoki protok, dok je u uvjetima prosječnog protoka njihova brojnost bila izrazito velika.

Kao karakteristični predstavnici sesilne skupine Peritrichia, brojnošću su dominirale vrste roda *Vorticella*; *V. aquadulcis*, *V. octava* i *V. convallaria*. Nađene su gotovo isključivo u uvjetima prosječnog protoka, te zaključujem da su navedene vrste gotovo u potpunosti neotporne na uvjete povišenog protoka. Peritrichia imaju sposobnost stvaranja pokretnog plivajućeg oblika, tzv. telotroha u stresnim uvjetima (Lynn 2008). Takav polimorfizam im omogućuje preživljavanje takvih događaja te ponovno naseljavanje kad su uvjeti povoljni. U obraštaju, u uvjetima visokog protoka, primijećeni su ostatci sesilnih oblika, Suctoria i Peritrichia u vidu slomljenih držaka (osobno opažanje).

Veliku brojnost u uvjetima hidrološkog stresa pokazale su pokrete svojte *Balladyna* sp., *Chlamydonella alpestris* i *Aspidisca lynceus*. Moguće je da su pokretne svojte trepetljikaša iskoristile uvjete smanjene kompeticije (skupine Suctoria i Peritrichia je odnijela voda), te su se zato razvile u velikom broju u uvjetima visokog protoka. Također, Suctoria vjerojatno stvaraju predatorski pritisak i na same trepetljikaše perifitona te se povećana brojnos može tumačiti i smanjenjem tog pritiska. To bi dijelom objasnilo povišene vrijednosti brojnosti pojedinih pokretnih svojiti u uvjetima visokog protoka u odnosu na uvjete prosječnog protoka.

Iznimku u skupini Suctoria pokazao je trepetljikaš *Heliophyra minima*. Iako se radi o sesilnom obliku (Lynn 2008), ova vrsta ima karakterističan diskoidalni oblik te je direktno pričvršćen na

podlogu, a to joj omogućava opstanak i u uvjetima visokog protoka. Detektirana je velika brojnost ove vrste u oba hidrološka uvjeta. Svojte bez jasnog odgovora na protok (Tablica 3) su mahom dobri kompetitori spljoštena oblika tijela, te im navedene karakteristike omogućavaju opstanak u oba hidrološka uvjeta.

Na dvije promatrane postaje zabilježene su velike razlike u sastavu trepetljikaša s obzirom na njihove životne oblike. Kao što je već spomenuto, na postaji Roški slap dominirali su pokretni oblici. Brojnošću su dominirali *Aspidisca lynceus*, *Balladyna* sp. i *Chlamydonella alpestris*. Na postaji Skradinski buk dominantnu ulogu su imale sesilne svojte skupina Peritrichia i Suctorina. Sesilne svojte skupine Suctorina, kojima pripadaju rodovi *Acineta*, *Metacineta* i *Heliophyra* nađene su isključivo na postaji Skradinski buk. Vrste roda *Vorticella* koji pripada sesilnoj skupini Peritrichia nađene su također gotovo isključivo na postaji Skradinski buk i to sa velikom brojnošću. Navedene skupine, Suctorina i Peritrichia, obuhvaćaju bakterivorne i algivorne organizme, odnosno predatorske organizme (Suctorina) (Foissner i Berger 1996). Razliku između pojedinih životnih oblika na ove dvije postaje možemo objasniti utjecajem jezera Visovac na sedrenu barijeru Skradinski buk. Spomenuta barijera predstavlja u navedenom slučaju ispušni jezero (engl. *lake outlet*, te se preko nje prelijeva voda bogata izvorima raznolike hrane (planktonski organizmi) za navedene filtratore i predatore. Ovi rezultati se poklapaju sa istraživanjima provedenim u NP Plitvička jezera (Matonićkin Kepčija 2006).

Kako su trepetljikaši dominirali brojnošću na obje postaje (97%), za ostale skupine praživotinja napravljen je zajednički graf odgovora na hidrološki stres u vidu visokih protoka. Najviše ostalih skupina praživotinja nađeno je na postaji Roški slap u uvjetima prosječnog protoka. Skupina Euglenozoa pojavila se samo na navedenoj postaji i to isključivo u uvjetima prosječnog protoka. Na postaji Skradinski buk, u istim hidrološkim uvjetima, zabilježeno je najmanje ostalih skupina praživotinja. Skupine Arcellinida i Longamoebia su se pokazale otpornima na visoki protok na postaji Skradinski buk i u navedenim uvjetima pokazale veću brojnost. Za obje skupine karakteristična je spljoštenost, a kod ameboidnih oblika i prijanjanje uz podlogu, što su svojstva koja omogućuju veću otpornost na otplavlivanje. Moguće je i da je došlo do taloženja otplavljenih kućica okučena, budući da tijekom pregledavanja nije bilo moguće utvrditi radi li se o živim oblicima ili samo o kućicama. Za obje skupine zabilježen je suprotan odgovor na visok protok na postaji Roški slap, u odnosu na navedeno za postaju Skradinski buk.

Zajednice na dvije istraživane postaje znatno su se razlikovale, pri čemu se zajednica na postaji Skradinski buk pokazala naizgled otpornija na hidrološki stres ukoliko se analizira struktura zajednice. Ovo je vidljivo iz analize sličnosti cjelokupne zajednice. Moguće je da drške sesilnih oblika stvaraju deblji obraštaj te time omogućuju određenu zaštitu i pokretnih svojti. S druge strane, obraštaj na postaji Roški slap imao je veću brojnost jedinki u uvjetima hidrološkog stresa, pri čemu se takav odgovor može tumačiti opaženim pomicanjem umjetnih podloga u dublje dijelove toka ili učinkom smanjene kompeticije (pri čemu su preostale svojte razvile brojnije populacije). Također, ne treba isključiti ni potencijalan pozitivan odgovor perifitona na povišen protok koji pospešuje dotok hranjivih tvari u ovaj sustav.

Provedeno istraživanje pokazalo je koliko je perifiton raznolika i heterogena zajednica, s jednako raznolikom otpornošću svojti na stres. Struktura zajednica koje dominiraju na navedenim postajama također se pokazala izrazito različitom, iako se barijere nalaze u istom hidrološkom sustavu. Otpornost praživotinja na hidrološki stres u vidu visokih protoka pokazala je veliku korelaciju s njihovim životnim oblicima.

## 6. ZAKLJUČAK

- Sedrene barijere rijeke Krke su hidrološki promjenjiva staništa izložena velikim promjenama u protoku i brzini strujanja vode.
- Ukupna abundacija i raznolikost praživotinja je bila veća na postaji Skradinski buk u odnosu na postaju Roški slap uz dominaciju trepetljikaša na obje postaje.
- Na postajama je uočena različita otpornost praživotinja na hidrološki stres. Veća brzina strujanja vode utjecala je pozitivno na brojnost praživotinja na postaji Roški slap, a negativno na brojnost praživotinja na postaji Skradinski buk.
- Zajednice u obraštaju između dvije postaje bile su izrazito različite, s obzirom na njihove životne oblike. Na postaji Roški slap dominirale su pokretne svojte, a na postaji Skradinski buk sesilne svojte trepetljikaša. Navedene razlike ukazuju na utjecaj uzvodnog jezera Visovac na strukturu perifitonskih zajednica.
- Analiza odgovora najbrojnijih praživotinja pokazala je veliku povezanost životnih oblika i otpornosti na hidrološki stres. Svojte koje su bile otporne na visoki protok pripadale su većinom dorzo-ventralno spljoštenim pokretnim svojutama trepetljikaša, dok su svojte neotporne na hidrološki stres pripadale sesilnim skupinama trepetljikaša (kružnotrepetljikaši i sisarci).

## 7. LITERATURA

Abe S., Nagumo T., Tanaka J. (2000): Effects of current on the development of loosely and tightly attached layers in periphyton communities. *Phycological Research* 48: 261-265.

Adl S. M., Simpson A. G. B., Farmer M. A., Andersen R. A., Anderson O. R., Barta J. R., Bowser S. S., Brugerolle G., Fensome R. A., Fredeicq S., James T. Y., Karpov S., Kugrens P., Krug J., Lane C. E., Lewis L. A., Lodge J., Lynn D. H., Mann D. G., Mccourt R. M., Mendoza L., Moenstrup Ø, Mozley-Standridge S., Nerad T. A., Shearer C. A., Smirnov A. V., Spiegel F. W., Taylor M. J. R. (2005): The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. *The Journal of Eukaryotic Microbiology* 52(5): 399-451.

Adl S. M., Simpson A. G. B., Lane C. E., Lukeš J., Bass D., Bowser S. S., Brown M. W., Burki F., Dunthorn M., Hampl V., Heiss A., Hoppenrath M., Lara E., le Gall L., Lynn D. H., McManus H., Mitchell E. A. D., Mozley-Stanridge S. E., Parfrey L. W., Pawlowski J., Rueckert S., Shadwick L., Schoch C. L., Smirnov A., Spiegel F. W. (2012): The Revised Classification of Eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 59: 429–514.

Allan J. D. (1995): *Stream Ecology. Structure and function of running waters.* Chapman & Hall, London

Andrews J. E., Pedley M., Dennis P. F. (2000): Paleoenvironmental records in Holocene Spanish tufas: a stable isotope approach in search of reliable climate archives. *Sedimentology* 47: 961–978.

APHA (1985): *Standard methods for the examination of water and wastewater* 16<sup>th</sup> ed. American Public Health Association, Washington

Battin T. J., Kaplan L. A., Newbold J. D., Hanson C. M. E. (2003): Contributions of microbial biofilms to ecosystem processes in stream mesocosms. *Nature* 426: 439-442.

Becker K. (1998): Detachment studies on microfouling in natural biofilms on substrata with different surface tensions. *International Biodeterioration & Biodegradation* 41: 93-100.

Biggs B. J. F., Kilroy C., Lowe R. L. (1998): Periphyton development in three valley segments of a New Zealand grassland river: test of a habitat matrix conceptual model within a catchment. *Archiv für Hydrobiologie* 143: 147-177.

- Bonacci O. (1987): Karst Hydrology. Springer Verlag, Berlin
- Bonacci O., Perica S. (1990): Specifičnosti hidrologije sliva Krke. Zbornik radova sa Simpozija: "NP Krka – stanje istraženosti i problemi zaštite ekosistema". Ekološke monografije. Knjiga 2. Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb, 85–114.
- Cafetz H. S., Folk R. L. (1984): Travertines: depositional morphology and bacterially constructed constituent. *Journal of Sedimentary Petrology* 54: 289–316.
- Cairns J., Henebry M. S. (1982): Interactive and noninteractive protozoan colonization processes. U: Cairns J. (ed.) *Artificial substrates*. Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, 23-71.
- Chen J., Zhang D. D., Wang S., Xiao T., Huang R. (2004): Factors controlling tufa deposition in natural waters at waterfall sites. *Sedimentary Geology* 166: 353-366.
- Clark K. R., Warwick R. M. (1994): *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth Marine Laboratory, Natural Environment Research Council, Plymouth
- Cukrov, N., Branica, M., Barišić, D., Lojen, S., Mihelčić, G., Roman, Z. (2002.): *Geokemijska istraživanja sedrenih barijera u Nacionalnom parku Krka*. Izvještaj, Institut Ruđer Bošković Zagreb
- Čmrlec K., Ivković M., Šemnički P., Mihaljević Z. (2013): Emergence phenology and microhabitat distribution of aquatic Diptera community at the outlets of barrage lakes: effect of temperature, substrate and current velocity. *Polish Journal of Ecology* 61: 135–144.
- Dittrich M., Kurz P., Wehrli B. (2004): The role of autotrophic picocyanobacteria in calcite precipitation in an oligotrophic lake. *Geomicrobiology Journal* 2: 45-53.
- Drysdale R., Gillieson D. (1997): Micro-erosion meter measurements of travertine deposition rates: a case study from Louie Creek, Northwest Queensland, Australia. *Earth Surface Processes and Landforms* 22: 1037-1051.



Drysdale R. N. (1999): The sedimentological significance of hydropsychid caddis-fly larvae (Order: Trichoptera) in a travertine-depositing stream: Louie Creek, Northwest Queensland, Australia. *Journal of Sedimentary Research* 69(1): 145-150.

Dürrenfeld A. (1978): Untersuchungen zur Besiedlungsbiologie von Kalktuff-faunistische, ökologische und elektronenmikroskopische Befunde. *Archiv für Hydrobiologie/Supplement* 54: 1-79.

Foissner W. (1987): Soil Protozoa: fundamental problems, ecological significance, adaptations in ciliates and testaceans, bioindicators and guide to the literature. *Progress in Protistology* 2: 69–212.

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. *Freshwater Biology* 35: 375-482.

Foissner W., Berger H., Blatterer H., Kohmann F. (1995): Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems - Band IV: Gymnostomatea, Loxodes, Suctoria. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft* 1/95: 1-540.

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

Foissner W., Berger H., Kohmann F. (1994): Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems - Band III: Hymenostomata, Prostomatida, Nassulida. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft* 1/94: 1-548.

Foissner W., Blatterer H., Berger H., Kohmann F. (1991): Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems - Band I: Cyrtophorida, Oligotrichida, Hypotrichia, Colpodea. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft* 1/91: 1-478.

Ford T. D., Pedley H. M. (1996): A review of tufa and travertine deposits of the world. *Earth-Science Reviews* 41: 117-175.

Freier R. K. (1964): Wasseranalyse. Physiko-chemische Untersuchungsverfahren wichtiger Inhaltsstoffe. Walter de Gruyter & Co., Berlin

- Friganović M. A. (1990): Geografske značajke i vrednote rijeke Krke. Zbornik radova sa Simpozija: "NP Krka – stanje istraženosti i problemi zaštite ekosistema". Ekološke monografije. Knjiga 2. Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb, 1–11.
- Ghosh M., Gaur J. P. (1998): Current velocity and the establishment of stream algal periphyton communities. *Aquatic Botany* 60: 1-10.
- Giller P., Malmqvist B. (1998): *The Biology of Streams and Rivers*, Oxford University Press
- Golubić S. (1969): Cyclic and noncyclic mechanisms in the formation of travertine. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 17: 956-961.
- Ivković M., Kesić M., Mihaljević Z., Kudelá M. (2014): Emergence patterns and ecological preferences of hematophagous black flies along oligotrophic hydrosystem. *Medical and Veterinary Entomology* 28: 94–102.
- Ivković M., Mičetić Stanković V., Mihaljević Z. (2012): Emergence patterns and microhabitat preference of aquatic dance flies (Empididae; Clinocerinae and Hemerodromiinae) on a longitudinal gradient of barrage lake system. *Limnologica* 42: 43–49.
- Jackson C. R. (2003): Changes in community properties during microbial succession. *Oikos* 101(2): 444-448.
- Jackson C. R., C Hurchill P. F., Roden E. E. (2001): Successional changes in bacterial assemblage structure during epilithic biofilm development. *Ecology* 82(2): 555-566.
- Kahl A. (1930-35): *Urtiere oder Protozoa I: Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria)*. U: Dahl F. (ed.) *Die Tierwelt Deutschlands*, G. Fisher, Jena
- Kempe S., Emeis K. (1985): Carbonate chemistry and the formation of Plitvica Lakes. *Mitteilungen aus dem Geologisch-Palaeontologischen Institut der Universität Hamburg* 58: 351-383.
- Lee J. J. (1986): Protozoa as indicators of ecosystems. *International Journal of Tropical Insect Science* 7: 349–353.
- Lynn D. H. (2008): *The Ciliated Protozoa*. Springer Science & Business Media

Marguš D. (2017): Plan upravljanja Nacionalnog parka „Krka“. U: Marguš D. (ur.) Zbornik radova. Znanstveno-stručni skup Vizija i izazovi upravljanja zaštićenim područjima prirode u Republici Hrvatskoj: Aktivna zaštita i održivo upravljanje u Nacionalnom parku „Krka“, Javna ustanova NP Krka, Šibenik, 353-362.

Matoničkin Kepčija R. (2006): Utjecaj brzine strujanja vode na naseljavanje perifitonskih zajednica sedrenih barijera. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Matoničkin Kepčija R., Habdija I., Primc-Habdija B., Miliša M. (2005): The role of simuliid and trichopteran silk structures in tufa formation during the Holocene of the Plitvice Lakes (Croatia). U: Özkul, M., Yağiz, S. i Jones, B. (ur.) Proceedings of 1st International Symposium on Travertine, Ankara : Kozan Ofset Matbaacilik San. ve Tic., 96-101.

Matoničkin Kepčija R., Miliša M., Sertić Perić M., Matijić Cvjetović M., Primc-Habdija B. (2011): Response of periphyton to nutrient addition in tufa-depositing environment. *Aquatic microbial ecology* 65(2): 183-195.

Merz-Preib M., Riding R. (1999): Cyanobacterial tufa calcification in two freshwater streams: ambient environment, chemical thresholds and biological processes. *Sedimentary Geology* 126: 103-124.

Miliša M., Habdija I., Primc-Habdija B., Radanović I., Matoničkin Kepčija R. (2006): The role of flow velocity in the vertical distribution of particulate organic matter on moss-covered travertine barriers of the Plitvice Lakes (Croatia). *Hydrobiologia* 553: 231-243.

Miliša M., Matoničkin Kepčija R., Radanović I., Ostojić A., Habdija I. (2006): The impact of aquatic macrophyte (*Salix* sp. and *Cladium mariscus* (L.) Pohl.) removal on habitat conditions and macroinvertebrates of tufa barriers (Plitvice Lakes, Croatia). *Hydrobiologia* 573: 183-197.

Miliša M., Belančić A., Matoničkin Kepčija R., Sertić-Perić M., Ostojić A., Habdija I. (2010): Calcite deposition in karst waters is promoted by leaf litter breakdown and vice versa. *Annales de limnologie* 46: 225-232.

Mohr J. L. (1952): Protozoa as indicators of pollution. *The Scientific Monthly* 1: 7–9.

- Page F. C. (1991): Nackte Rhizopoda. U: Page, F. C. i Siemensma, F. J. (ur.) Nackte Rhizopoda und Heliozoa. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 1-170.
- Palmer R. J., White D. C. (1997): Developmental biology of biofilms: implications for treatment and control. *Trends in Microbiology* 5(11): 433-440.
- Pedley M. (2000): Ambient Temperature Freshwater Microbial Tufas. U: Riding R. E., Awramik S. M. (ur.) *Microbial Sediments*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 179 – 186.
- Pentecost A., Zhaohui Z. (2002): Bryophytes from some trevertine-depositing sites in France and the U.K.: relationships with climate and water chemistry. *Journal of Bryology* (2002) 24: 233-241.
- Pitois F., Jigorel A., Bertru G. (2001): Colonization dynamics of an encrusting cyanobacterial mat in a hardwater river (Eaulne, France). *Geomicrobiology Journal* 18: 139-155.
- Pitois F., Jigorel A., Bertru G. (2003): Development of cyanobacterial build-up and evolution of river bed morphology in the chalk stream Eaulne (Upper-Normandy, France). *Biodiversity and Conservation* 12: 621-636.
- Plant L.J., House W. A. (2002): Precipitation of calcite in the presence of inorganic phosphate. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 203: 143-153.
- Plenković A., Marčenko E., Srdoč D. (1989): Periphyton growth on glass slides in aquatic ecosystem of the National Park Plitvice Lakes. *Periodicum biologorum* 91(1): 91.
- Primc B., Habdija I. (1987): Ciliated colonization of artificial substrates in different saprobic conditions in a running water. *Acta hydrochimica et hydrobiologica* 15:487-494.
- Primc-Habdija B., Habdija I., Plenković-Moraj A. (2001): Tufa deposition and periphyton overgrowth as factors affecting the ciliate community on travertine barriers in different current velocity conditions. *Hydrobiologia* 457: 87-96.
- Primc-Habdija B., Špoljar M., Matoničkin R. (2000): Influence of current velocity on ciliate assemblages on travertine barriers in karstic biotopes. *Limnological Reports* 33: 279-284.
- Riding R. (1991): Classification of Microbial Carbonates. U: Riding R. (ur.) *Calcareous Algae and Stromatolites*. Springer- Verlag, Berlin, 21-51.

- Riding R. (2000): Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial-algal mats and biofilms. *Sedimentology* 47: 179-214.
- Rieder J. (1993): Improved techniques for exploring Aufwuchs communities. *Limnologica* 23(2): 153-167.
- Rundio D. E. (2009): Community-habitat relationships in coastal streams in Big Sur, California, USA: travertine influences macroinvertebrate abundance and community structure. *Hydrobiologia* 620: 91–108.
- Santegoeds C. M., Ferdelman T. G., Muyzer G., De Beer D. (1998): Structural and functional dynamics of sulfate-reducing populations in bacterial biofilms. *Applied and Environmental Microbiology* 64(10): 3731-3739.
- Saravia L. A., Momo F., Boffi Lissin L. D. (1998): Modelling periphyton dynamics in running water. *Ecological Modelling* 114: 35-47.
- Schmid-Araya M., Reiss J. (2008): Existing in Plenty: abundance, biomass and iversity of cilliates and meiofauna in small streams. *Freshwater Biology* 53: 652-668.
- Sertić Perić M., Miliša M., Matoničkin Kepčija R., Primc-Habdija B. (2011): Seasonal fine-scale spatial drift patterns in a tufa-depositing barrage hydrosystem. *Fundamental and Applied Limnology* 178(2): 131-145.
- Streble H., Krauter D. (1973): *Das Leben im Wassertropfen. Mikroflora und Mikrofauna des Süßwassers.* Kosmos Gesselschaft der Naturfreunde Franckh' sche Verlagshandlung, Stuttgart
- Šemnički P., Previšić A., Ivković M., Čmrlec K., Mihaljević Z. (2011): Emergence of caddisfly (Trichoptera, Insecta) at tufa barriers in Plitvice Lakes National Park. *Entomologia Croatica* 115: 1–4.
- Šemnički P., Previšić A., Ivković M., Čmrlec K., Mihaljević Z. (2012): Tufa Barriers from a Caddisfly's Point of View: Streams or Lake Outlets?. *International Review of Hydrobiology* 97: 465–484.

- Ternjej I., Mihaljević, Z., Kerovec, M. (2007): Makrozooplankton Visovačkog jezera. U: Zbornik radova sa Simpozija rijeka Krka i Nacionalni park Krka, Prirodna i kulturna baština, zaštita i održivi razvitak. Javna ustanova NP Krka, Šibenik, 577–597.
- Turner E. C., Jones B. (2005): Microscopic calcite dendrites in cold-water tufa: implications for nucleation of micrite and cement. *Sedimentology* 52: 1043-1066.
- Wimpenny J., Manz W., Szewzyk U. (2000): Heterogeneity in biofilms. *FEMS Microbiology Reviews* 24: 661-671.
- Winsborough B. M. (2000): Diatoms and benthic microbial carbonates. U: Riding R. E., Awramik S. M. (ur.) *Microbial sediments*. Springer-Verlag, Berlin, 76-83.
- Wörner U., Zimmerman-Timm H., Kausch H. (2000): Succession of protist on estuarine aggregates. *Microbial Ecology* 40: 209-222.
- Zeppenfeld K. (2003): Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss einiger Zwei- und Dreiwertiger Metallkationen auf die Bildung und das Wachstum von CaCO<sub>3</sub>. *Chemie der Erde* 63: 264-280.
- Zhang D. D., Zhang Y., Zhu A., Cheng X. (2001): Physical mechanisms of river waterfall tufa (travertine) formation. *Journal of Sedimentary Research* 71: 205-216.

## ŽIVOTOPIS

### OSOBNJE INFORMACIJE:

Ime i prezime: Petra Lordan

Datum i mjesto rođenja: 25.09.1992., Šibenik

Adresa: Braće Ivanda 9, 22215, Zaton

E-mail: [petra.lordan@gmail.com](mailto:petra.lordan@gmail.com)

### OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE:

- |              |   |
|--------------|---|
| 1999 - 2007  | <b>Osnovnoškolsko obrazovanje</b><br>Područna škola Zaton<br>Osnovna škola Faust Vrančić  |
| 2007 - 2011  | <b>Srednjoškolsko obrazovanje</b><br>Gimnazija Antuna Vrančića  |
| 2011 - danas | <b>Visoko obrazovanje</b><br>Integrirani preddiplomski i diplomski studij biologije i kemije,<br>smjer nastavnički<br>Prirodoslovno - matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu |

### OSOBNJE VJEŠTINE:

**Materinski jezik:** hrvatski

**Strani jezici:** engleski – tečno

talijanski – prosječno

**Komunikacijske vještine:** dobre komunikacijske vještine stečene tokom fakultetskog obrazovanja i rada s djecom prilikom održavanje metodičke prakse nastave kemije i metodičke prakse nastave biologije te sudjelovanjem na organizaciji Noći biologije

**Digitalne vještine:** poznavanje rada na računalu

**Aktivnosti i interesi:** čitanje, šetnje, vožnja biciklom, plivanje, pjevanje, ples

**RADNO ISKUSTVO:**

sezonski konobarski rad u Vodicama u.o. „Tobogan“

prodaja sladoleda u NP „Krka“