

# Makrozoobentos izvorišta porječja jezera Butonige

---

Fabijančić, Lea

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:217:558232>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-11**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Lea Fabijančić

**Makrozoobentos izvorišta porječja jezera Butonige**

Diplomski rad

Zagreb, 2020.

Ovaj rad je izrađen u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Marka Miliše, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistre ekologije i zaštite prirode.

## ZAHVALA

*Zahvaljujem se izv. prof. dr. sc. Marku Miliši na uloženom vremenu, pristupačnosti, pomoći, sugestijama kod pisanja ovog rada i uloženom trudu da se ostvari terenski i praktični dio.*

*Zahvaljujem se Marini Šumanović mag. oecol. et prot. nat. na pomoći kod determinacije i posudbi opreme za teren.*

*Zahvaljujem se doc. dr. sc. Mariji Ivković što je pronašla izgubljene uzorke i tako omogućila realizaciju ovog rada.*

*Hvala i svima iz laboratorija Istarskog vodovoda, ponajviše Sonji Zorko, dipl. ing. biotehn. jer mi je omogućila analizu dijela uzoraka i na velikodušnoj pomoći.*

*Zahvaljujem se bratu Vanji, sestrama Tini i Luciji jer su mi bili potpora i pružili mi pomoć kad god mi je bila potrebna.*

*Veliko hvala mom barbetu Dejanu jer je olakšao odlaske na teren i potpori tijekom studiranja.*

*Najveće hvala mojim roditeljima koji su mi omogućili studiranje i bili najveća podrška te kojima posvećujem ovaj rad.*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

### MAKROZOOBENTOS IZVORIŠTA PORJEČJA JEZERA BUTONIGE

Lea Fabijančić

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Makrozoobentos je zajednica beskralješnjaka vidljivih golim okom koji su prisutni svugdje u vodama. Uglavnom su dobro istraženi i poznata su njihova ekološka svojstva te su zbog toga dobar pokazatelj promjena i stanja u okolišu. U ovom je radu istražena makrofauna na izvorištima porječja akumulacije Butoniga, odnosno tri potoka (Račički potok, Dragučki potok, potok Butoniga) koja se ulijevaju u jezero. Provedena su tri uzorkovanja, dva u veljači i jedan u svibnju, na ukupno devet izvorišta. Praćeni su fizikalno-kemijski parametri za koje je primijećena razlika u mjerenjima između veljače i svibnja. Veće vrijednosti otopljenog kisika i kemijska potrošnja kisika (KPK) izmjerene su u veljači, dok su više vrijednosti temperature zabilježene u svibnju, a pH vrijednosti su u oba mjeseca bile bez većih odstupanja. Dobivena vrijednosti KPK i otopljenog kisika ukazuju na slabiju kvalitetu vode, ali ne nužno na onečišćenost izvora. Također, utvrđen je odnos između brojnosti nekih skupina beskralješnjaka i fizikalno-kemijskih parametara. U strukturi makrozoobentosa dominiraju rakušci i trzalci. Manjak predatora i dovoljna količina hrane pogodovali su dominaciji rakušaca na većini izvora. Jedini limnokreni izvor na potoku Butoniga ima najmanji broj taksa od kojih je najzastupljenija skupina maločetinaša. Izvorišta su stabilna, dobre kakvoće i sa slabim antropogenim utjecajem.

(42 stranice, 23 slike, 6 tablica, 36 literaturnih navoda, jezik govornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: trofička struktura, KPK, rakušci, reokreni izvor, limnokreni izvor

Voditelj: dr. sc. Marko Miliša, izv. prof.

Ocjenitelji:

dr. sc. Marko Miliša, izv. prof.

dr. sc. Sven Jelaska, prof.

dr. sc. Ana Galov, izv. prof.

Rad prihvaćen: 03. rujna 2020.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Biology

Graduation Thesis

### MACROZOOBENTOS IN SPRINGS OF THE BUTONIGA LAKE BASIN

Lea Fabijančić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Macrozoobentos are all invertebrates visible to the naked eye. They are common in waters and therefore for the most part well researched, their ecological features are well-known and hence they are often used as an indicator of the ecological state of the habitat and a possible change therein. In this study, I analyzed macrozoobenthos at the springs of the Butoniga reservoir basin. Specifically, the springs of three streams (Račički potok, Dragučki potok, potok Butoniga) which flow into the lake. Three samplings were conducted, two in February and one in May, in nine springs. Higher values of dissolved oxygen and chemical oxygen demand (COD) were measured in February, while higher temperature values were recorded in May, and pH values, were without major fluctuations. The values of COD and dissolved oxygen showed lower water quality but not necessarily pollution of the springs. Correlation between abundance of invertebrates and physicochemical factors were found. The structure of the macrozoobenthos community was dominated by amphipods and non-biting midges. Small number of predators and plenty of food resource affected the dominance of amphipods in most springs. The only limnocrene spring is in Butoniga stream and has the fewest number of taxa, of which the most represented group is oligochaetes. Overall springs are stable and with minor anthropogenic impact.

(42 pages, 23 figures, 6 tables, 36 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: trophic structure, DOC, amphipods, limnocrene spring, limnocrene spring

Supervisor: Dr. Marko Miliša, Assoc. prof.

Reviewers:

Dr. Marko Miliša, Assoc. Prof.

Dr. Sven Jelaska, Prof.

Dr. Ana Galov, Assoc. Prof.

Thesis accepted: 3th of September 2020

# SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD  | 1  |
| 1.1 Makrozoobentos                               | 1  |
| 1.2 Ekologija vodenih kukaca                     | 1  |
| 1.2.1 Dvokrilci (Diptera)                        | 2  |
| 1.2.2 Vodencvjetovi (Ephemeroptera)              | 2  |
| 1.2.3 Vretenca (Odonata)                         | 3  |
| 1.2.4 Obalčari (Plecoptera)                      | 3  |
| 1.2.5 Tulari (Trichoptera)                       | 4  |
| 1.3 Izvori                                       | 5  |
| 1.3.1 Tipovi izvora                              | 6  |
| 1.3.2 Ekologija izvora                           | 6  |
| 1.3.3 Važnost izvora                             | 7  |
| 1.4 Cilj istraživanja                            | 7  |
| 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA                         | 8  |
| 2.1 Opće značajke jezera                         | 8  |
| 2.2 Geologija                                    | 8  |
| 2.3 Vegetacija                                   | 9  |
| 2.4 Klima  | 9  |
| 2.5 Postaje uzorkovanja                          | 9  |
| 3. MATERIJALI I METODE                           | 11 |
| 3.1 Terensko istraživanje                        | 11 |
| 3.2 Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara vode | 13 |
| 3.3 Uzorkovanje makrozoobentosa                  | 14 |
| 3.4 Izolacija i obrada makrofaune                | 15 |
| 3.5 Obrada podataka                              | 15 |
| 4. REZULTATI                                     | 16 |
| 4.1 Fizikalno-kemijski parametri                 | 16 |
| 4.2 Zajednica makrozoobentosa                    | 18 |
| 4.2.1 Račički potok                              | 18 |
| 4.2.2 Dragučki potok                             | 24 |
| 4.2.3 Potok Butoniga                             | 25 |
| 4.2.4 EPT indeks                                 | 28 |

|  |    |
|--|----|
| 4.3 Brojnost jedinki                                       | 28 |
| 4.4 Odnos makrozoobentosa i fizikalno kemijskih parametara | 29 |
| 4.5 Trofička struktura                                     | 30 |
| 4.5.1 Račički potok  | 30 |
| 4.5.2 Dragučki potok                                       | 31 |
| 4.5.3 Potok Butoniga                                       | 31 |
| 5. RASPRAVA  | 33 |
| 6. ZAKLJUČAK   | 38 |
| 7. LITERATURA  | 39 |
| 8. ŽIVOTOPIS   | 42 |



# 1. UVOD

## 1.1 Makrozoobentos

Makrozoobentos podrazumijeva zajednicu makroskopskih beskralješnjaka koje nalazimo na dnu vodenih tijela. Supstrati u kojima ih nalazimo variraju od intersticija do kamenitih, pješčanih i drvenih ostataka koji čine veliki broj mikrostaništa (Merritt i Cummins 1996). Najmanja veličina pronađene faune u makrozoobentosu je 300-500  $\mu\text{m}$ . Raspodjela i brojnost ovih organizama je izravno ovisna o okolišnim faktorima kao što su dostupnost i količina hrane, vrsta supstrata i kakvoća vode (Trichkova i sur. 2013). Kolebanja okolišnih čimbenika izazvane nekim vanjskim utjecajem vidljiva su na promjeni gustoće i vrsta organizama. Neke od promjena koje se mogu detektirati praćenjem sastava makrozoobentosa su: organsko onečišćenje, zakiseljavanje, gubitak staništa i sveukupno lošija kakvoća vode (Hering i sur. 2004). Takva metoda analize stanja okoliša relativno je jeftina i lako dostupna zbog jednostavnosti uzimanja uzoraka i njihove relativno lake determinacije jer za dobar dio organizama katkad nije nužno odrediti vrstu već je dovoljno da budu određene do razine roda. Stoga upravo ovu metodu znanstvenici i tvrtke nerijetko koriste kao pokazatelja ekološkog stanja vode (npr. u *Metodologiji uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće, Hrvatske vode*).

## 1.2 Ekologija vodenih kukaca

Beskralješnjaci koji se najčešće mogu pronaći u uzorku makrozoobentosa uključuju puževe, školjkaše, rakove (Decapoda, Amphipoda i Isopoda), maločetinaše (Oligochaeta), te ličinačke stadije kukaca (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Megaloptera i Odonata) i odrasle kukce (Coleoptera) (Giller i Malmqvist 1998). Člankonošci su jedna od najuspješnijih grupa organizama na Zemlji zbog njihove prilagođenosti i zastupljenosti u svim kopnenim vodenim staništima. Karakterizira ih hitinski egzoskelet te člankoviti tjelesni privjesci (Dodds i Whiles 2010). Najveću raznolikost u slatkovodnim ekosustavima ove skupine postigli su kukci. Možemo ih pronaći u gotovo svim vodenim staništima među kojima su oni najbolje proučavana grupa beskralješnjaka (Dodds i Whiles 2010). Razvojni ciklus kukaca sastoji se od nekoliko stadija: jaja, ličinka, kukuljica (ako se radi o razvoju s potpunom preobrazbom) i odrasli (imago). Većina vodenih

kukaca provede glavninu svog života u stadiju ličinke u vodi nakon čega odrasli izlijeću, a samo rijetki predstavnici provedu cijeli svoj život u vodi, primjerice neki kornjaši (Giller i Malmqvist 1998). Isključivo vodeni redovi kukaca kojima sve ili gotovo sve vrste u stadiju ličinke žive u vodi su vodencvjetovi (Ephemeroptera), obalčari (Plecoptera), tulari (Trichoptera), vretenca (Odonata) te muljari (Megaloptera). Međutim, dvokrilci (Diptera) su najzastupljeniji red kukaca u vodenim staništima i dominiraju u takvim ekosustavima (Adler 2019). Svi spomenuti redovi imaju bitnu ulogu u održavanju ravnoteže u kopnenim vodama. Važni su za pravilno funkcioniranje vodenih ekosustava zbog njihove ključne pozicije u središtu prehrambenog lanca i sveukupne uloge u nastajanju detritusa (Anemaet i sur. 2005).

### 1.2.1 Dvokrilci (Diptera)

Iako dvokrilci nisu isključivo vodeni red kukaca, 26 % svih porodica imaju predstavnike u vodenim ekosustavima. Imaju najveći broj vodenih predstavnika od svih ostalih redova kukaca (Adler 2019). Dvokrilci su izgledom veoma varijabilan red kukaca međutim mogu se raspoznati po nedostatku noga na prsištu, često vitkom obliku tijela i aktivno usmjerenom kretanju (Nilsson 1997). Brojčano dominira porodica trzalaca (Chironomidae) koja obuhvaća oko trećine svih vodenih dvokrilaca. Neki rodovi ove porodice sadrže hemoglobin zbog čega su karakteristično crvene boje što im omogućuje preživljavanje u uvjetima gdje vladaju niske koncentracije kisika (Dodds i Whiles 2010). Trzalci su pogodni za upotrebu kao indikatori stanja okoliša. Dvokrilci obuhvaćaju gotovo sve trofičke razine, mogu biti sakupljači, detritivori, strugači, predatori, usitnjivači a prehrana im varira od koloida i otopljene organske tvari do cijelih organizama (Adler 2019).

### 1.2.2 Vodencvjetovi (Ephemeroptera)

Vodencvjetovi su često dominantna skupina beskralješnjaka u vodenim tokovima kao i na dnu jezera. Ličinke su prepoznatljive po dugim kaudalnim filamentima kojih najčešće bude tri, te po prepoznatljivim škragama na abdomenu (Slika 1) (Dodds i Whiles 2010). Razlikuju se od ostalih kukaca po jednom razvojnom stadiju kojeg zovemo subimago. Nakon ličinke razvija se subimago koji traje najčešće 1-2 dana, kod nekih vrsta može i nekoliko minuta (Nilsson 1996). Većina ličinki vodencvjetova hrani se perifitonom ili biofilmom, međutim ima nekih koji filtriraju vodu (filtratori) i onih koji su predatori. Žive na dnu pužući po supstratu ili plivajući. Odrasli se ne hrane i žive samo nekoliko dana tijekom kojih im je jedini cilj reprodukcija, nakon čega polažu jaja na submerznu vegetaciju. Nastanjuju nezagađene vode

bogate kisikom zbog čega su pokazatelji dobre kvalitete vode i stanja ekosustava. Rojenje vodencvjetova jako je zamijećeno u prirodi u proljeće i ljeto kada se milijune odraslih jedinki vodencvjetova može pronaći pokraj velikih rijeka (Dodds i Whiles 2010).

### 1.2.3 Vretenca (Odonata)

Vretenca su predatorska vrsta vodenih ličinačkih stadija i kopnenih odraslih oblika. Trećina ličinki nastanjuje vode stajaćice, a 2/3 tekućice (Dodds i Whiles 2010). Razlikujemo dva podreda unutar reda vretenaca, Zygoptera i Anisoptera. Morfološki se odrasli Anisoptera mogu razlikovati po većim očima koje zauzimaju veći dio glave, prednja i stražnja krila mogu se micati neovisno jedna o drugima koji kod mirovanja zadržavaju otvoreni oblik te sveukupno imaju veće tijelo. Promatranjem je uočeno da se ličinke sporije razvijaju u vodama temperature manje od 10°C (Nilsson 1997). Ličinke se mogu razlikovati od drugih redova po posebno razvijenom usnom aparatu koji je modificiran tako da se može izbaciti i uhvatiti plijen u pokretu. Karakteriziraju ih velike sastavljene oči i kratke antene, a kreću se puzanjem po supstratu. Hrane se ribicama, punoglavcima ili ostalim beskralješnjacima. Odrasli oblici vretenaca hrane se između ostalog i komarcima zbog čega se smatraju korisnim kukcima. Mogu letjeti i do 35 km h<sup>-1</sup>. Vretenca su jedni od najatraktivnijih kukaca zbog uočljivih boja i uzoraka (Dodds i Whiles 2010).

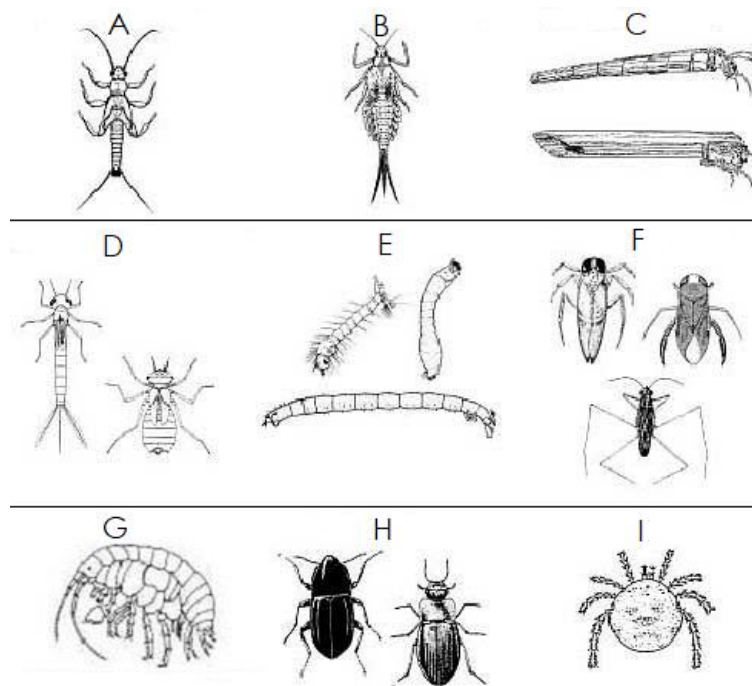
### 1.2.4 Obalčari (Plecoptera)

Obalčari su značajni u potocima i rijekama kao hrana za ribe i ostale kralješnjake. Neke vrste su predatori nad ostalim beskralješnjacima, a ostali su usitnjivači čime pomažu kod razlaganja i recikliranja organskog materijala (Dodds i Whiles 2010). Obalčari se mogu najvećim dijelom pronaći u nezagađenim tekućicama koje su hladnije i visoko zasićene kisikom s kamenito/stjenovitom i valutičastom podlogom. Manji dio vrsta obitava na pijesku, a jako mali broj živi i u oligotrofnim jezerima (Popijač 2007). Zbog takvih preferencija za staništima veće kvalitete koriste se kao bioindikator za kvalitetu tekućica. Ličinke su najslabije onima vodencvjetova, no razlikuju se time što redovito imaju dva kaudalna filamenta te izduženo, često dorziventralno spljošteno tijelo. Također, nemaju jako izražene vanjske škrge kao što je to kod ličinka vodencvjetova (Slika 1) (Dodds i Whiles 2010). Ličinački stadij obalčara traje 1-

3 godine i obuhvaća 12-22 presvlačenja. Odrasli oblici se prepoznaju po dugim nitastim antenama te po preklapanju krila jedno preko drugog. Zadržavaju se u blizini vode jer su slabi letači. Najčešće se ne hrane, ali neki to čine makrofitskom vegetacijom. Žive nekoliko sati do nekoliko tjedana. Većina vrsta zaokruži svoj životni ciklus u jednoj sezoni, dok kod nekih to traje i nekoliko godina (Popijač 2007).

#### 1.2.5 Tulari (Trichoptera)

Tulari su prepoznatljivi red kukaca zbog sposobnosti ličinkama da grade kućice, skloništa i mreže koje izgrađuju od materijala poput pijeska ili lišća kojeg pronadu u okolišu. Neke vrste žive slobodno i te su najčešće predatori. Ostali, koje karakterizira gradnja pomičnih kućica nazivaju se herbivori ili detritivori, a ličinke koje grade fiksne mreže su najčešće filtratori. Oni koriste struju vode kao način filtriranja organske materije koja se zadržava u njihovim mrežama (Dodds i Whiles 2010). Odrasli kukci imaju reducirane usne dijelove i ne hrane se, ali imaju mogućnost unosa vode ili nektara. Krila su im najčešće u položaju krova, sivih i smeđih boja. Podsjećaju na moljce zbog bliske srodnosti s redom leptira (Holzenthal 2009). Oni se uz vodencvjetove i obalčare smatraju komponentom biomonitoringa kao „vrste čistih voda“, tzv. EPT indeks (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera). Koriste se za procjenu kakvoće vode i stupanj antropogeno uzrokovanih poremećaja toka (Schoonhoven 1998). Omogućuju procjenu stanja u vodotocima zbog osjetljivosti na sniženu koncentraciju kisika, osjetljivost na toksične tvari i promjene u strukturi okoliša (Popijač 2007).



Slika 1: Neki od reprezentativnih vodenih beskralješnjaka. A ličinka obalčara (Plecoptera), B ličinka vodencvijeta (Ephemeroptera) C ličinke tulara (Trichoptera), D ličinke vretenca (Odonata), E ličinke dvokrilaca (Diptera), F polukrilci (Hemiptera), G rakušac (Amphipoda), H kornjaši (Coleoptera), I vodengrinje (Hydrachnidae).

### 1.3 Izvori

Izvori su mjesta na kojima podzemna voda izbija na površinu Zemlje, često stvarajući potok ili jezero (Glazier 2009). Predstavljaju idealne lokacije za proučavanje odnosa životinjskih zajednica i okolišnih parametara, odnosno njihov odnos prema distribuciji (Smith i Wood 2002). Fauna izvora pruža jedinstvenu informaciju o endemizmu i biogeografiji organizama (Williams i Smith 1990). To se događa iz razloga što izvorišna voda dolazi iz podzemlja gdje su uvjeti stabilni, njezina temperatura je slabo varijabilna na dnevnoj, sezonskoj i godišnjoj razini. Kao rezultat toga, organizmi su aktivni i prisutni kroz cijelu godinu (Glazier 2009). Kakvoća i količina vode u vodonosnicima može biti usko povezana s urbanizacijom, radom kamenoloma i poljoprivrednim zahvatima. Općepoznato je da antropogene aktivnosti ugrožavaju bioraznolikost izvora i ostalih podzemnih staništa na globalnoj razini (Smith i Wood 2003).

### 1.3.1 Tipovi izvora

Zbog velike raznolikosti, izvori se mogu klasificirati po različitim značajkama kao što su geologija, hidrologija, kemijske značajke vode, temperatura vode, ekologija. Podjela koju ću ja koristiti u ovom radu temelji se na tipu vodenog staništa kojeg izvori stvaraju. Reokreni izvori su oni kod kojih voda direktno izlazi, probija se i stvara potok (Slika 2). Limnokreni izvori stvaraju jezero iz kojeg se zatim stvara tekućica (Slika 3), dok helokreni izvori difuzno cure kroz slojeve od mulja i organskog detritusa stvarajući močvare (Glazier 2009). Spomenuta tri oblika su osnovna, ali ne i jedina. Postoje još i prijelazni oblici izvora.



Slika 2: Reokreni izvor (Račice A)



Slika 3: Limnokreni izvor (Butoniga C)

### 1.3.2 Ekologija izvora

Izvori su mjesta iz kojih abiotički i biotički materijali odlaze u donje dijelove ekosustava. Velike količine biomase odlaze i u kopnene ekosustave kada vodene ličinke preobrazbom izlaze iz vode kao kopneni odrasli kukci. Osim toga, značajnu ulogu u stanju i sastavu izvora ima i makrofitska vegetacija. O stupnju pokrivenosti izvora granjem i lišćem drveća, odnosno prolasku sunca do izvora ovisi rast i abundancija algama i makrofitskom vegetacijom. To rezultira većom gustoćom bentičkih beskralješnjaka koji se hrane algama, a nazivamo ih strugači. Neki beskralješnjaci hrane se otpalim lišćem, a produkti makrofita bitni

su i za akumulaciju detritusa iz razloga što omogućavaju veće stvaranje biofilma. Posljedično i većim brojem detritivora i strugača u staništima bogatim makrofitskom vegetacijom. Također, takva vegetacija omogućava i veliki broj mikrostaništa za različite beskralješnjake što ima za posljedicu veću raznolikost staništa (Ivković i sur. 2015). Mikrostaništa osiguravaju beskralješnjacima zaštitu od predatora te zadržavaju detritus kojim se hrane (Glazier 2009).

Osim ličinki kukaca, u bentosu nalazimo vrste koje tamo žive bez preobrazbe cijele godine. Takvim beskralješnjacima pogoduju mjesta s umjerenom temperaturom koja im omogućuju razmnožavanje i održavanje stabilne populacije tijekom cijele godine. Primjerice, rakušci (Amphipoda) mogu imati isti izvor hrane kao i određene vodene ličinke kukaca te biti bolje prilagođeni na promjene u okolišu i na taj način održavati njihovu populaciju prilično niskom. Brojnost rakušaca i ostalih beskralješnjaka bit će veća na izvorima gdje nema predatora poput riba (Likens 2009).

### 1.3.3 Važnost izvora

Kao jedan od bitnih elemenata u kruženju vode i osiguravanju stabilnosti ekosustava, izvori također imaju važnu ulogu u prenošenju otopljenih minerala i organske tvari. Imaju i višestruku biološku važnost kao stanište za životinje, mjesto za napajanje, mjesto razmnožavanja, hrana. Znanstveno su zanimljivi zbog interakcija između vode, tla, zraka i života kojeg tamo nalazimo (Glazier 2009). Zbog kvalitetnije analize takvih sustava bitna je interdiscipliniranost i uključenost više stručnjaka.

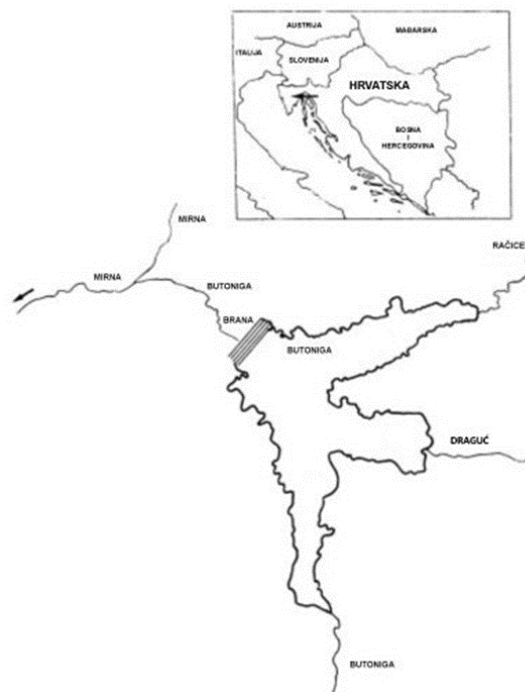
## 1.4 Cilj istraživanja

Ovim istraživanjem žele se upotpuniti dosadašnja praćenja stanja na akumulaciji Butoniga. Zbog blizine potoka i izvora te njihove podzemne povezanosti ne očekuju se značajne razlike u abundanciji i sastavu makrofaune. Također, većina izvorišta je u blizini naselja pa se očekuje vidljiv utjecaj na kvalitetu vode i sastav makrozoobentosa. Analizom će se otkriti kakve su zajednice beskralješnjaka prisutne u svakom od potoka te ima li značajne razlike među njima. Povezat će se pronađene životinje i fizikalno-kemijski parametri te pokušati donijeti zaključci o ekološkom stanju potoka.

## 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

### 2.1 Opće značajke jezera

Jezero Butoniga nalazi se u središnjem dijelu Istre, južno od Buzeta (Slika 4). Butoniga je umjetno jezero odnosno akumulacija koja je izgrađena 1987. godine, a godinu dana kasnije je izgradnjom privremene crpne stanice uključena u vodoopskrbu. Izgrađena je s dvije osnovne namijene, za vodoopskrbu i obranu od poplava. Danas se koristi i za navodnjavanje. Ima tri slivna potoka, Račički i Dragučki potok te potok Butoniga. Slijev se proteže na nadmorskim visinama 40-500 m n. v. Površina jezera je približno 2 km<sup>2</sup>.



Slika 4: Karta akumulacije Butoniga

### 2.2 Geologija

Prema geomorfološkoj strukturi, Istra se dijeli na 3 područja. Brdoviti sjeverni i sjevernoistočni dio naziva se i Bijela Istra zbog oskudnog biljnog pokrova i ogoljelih kraških površina. Jugozapadni dio je morfološki bogatiji, dominantan je fliš koji se sastoji od nepropusnih lapora, gline i pješčenjaka. Taj dio se naziva Siva Istra kojem pripada porječje i



jezero Butoniga. Ostalo područje uz morsku obalu pokriva crvenica i taj se dio zove Crvena Istra.

### 2.3 Vegetacija

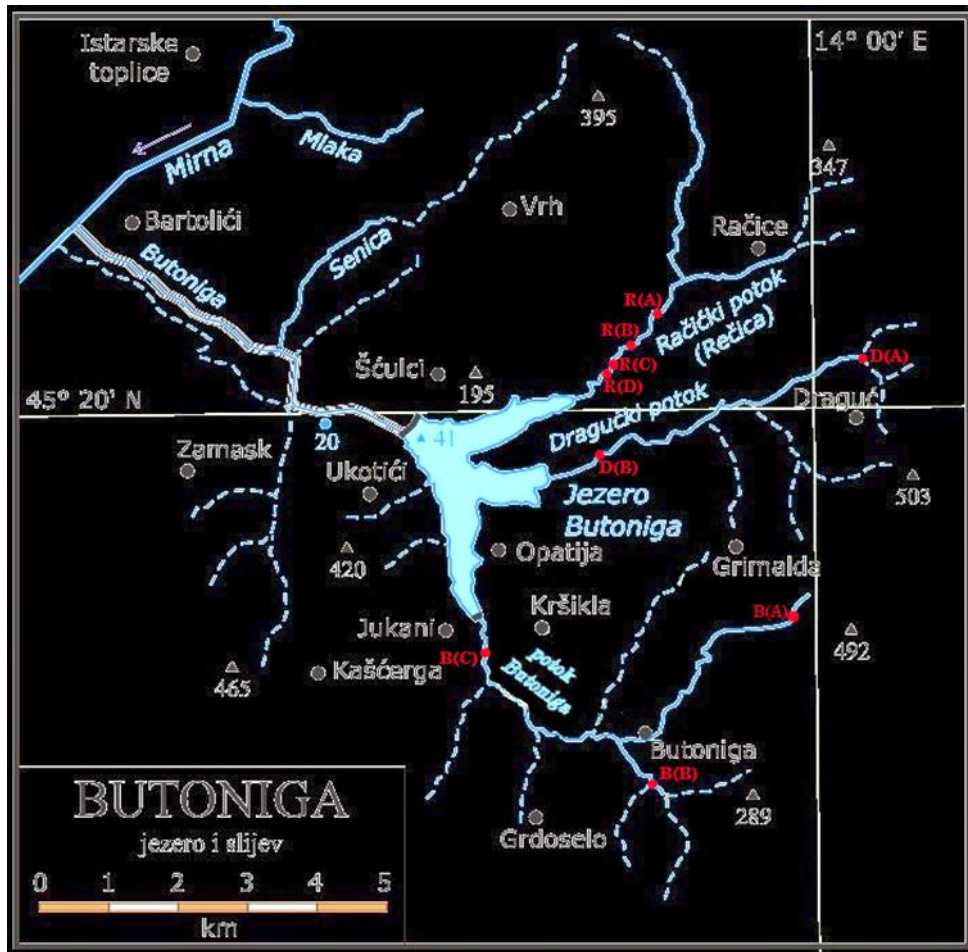
Vegetacijski je trećina Istre pokrivena šumom. Uz obalu nalazimo eumediteransku zonu u kojoj prevladavaju šume hrasta crnike. Unutrašnjost Istre je zona submediterana sa šumom bijelog graba i hrasta medunca. Takva šuma okružuje porječje jezera, međutim s druge strane jezera gdje je izgrađena brana nalazimo azonalnu vegetaciju. U tom dijelu raste hrast lužnjak s običnim grabom zbog karakterističnog poplavnog područja.

### 2.4 Klima

Prema klimatološkoj podjeli, središnji dio istarskog poluotoka ima umjereno toplu vlažnu klimu s toplim ljetima (Cfb po Köppenu). Prosječne siječanjske temperature snižavaju se na 2-4°C a prosječna temperatura srpnja ide do 22°C. Prostorni raspored oborina u Istri pod neposrednim je utjecajem reljefa. Zbog blizine planine Učke, dolazi do podizanja zraka i kondenzacije te stvaranja oborina. Zato godišnje na tom dijelu može pasti i do 1500 mm oborina. Razina vode u akumulaciji direktno je povezana s oborinama i količinom otpuštanja vode koju kontrolira Istarski vodovod.

### 2.5 Postaje uzorkovanja

Ukupno je uzorkovanje obavljeno na devet postaja sva tri potoka (Slika 5). Na Račićkom potoku uzeti su uzorci s četiri izvora (hipokrenal) srednjeg toka (Slike 6, 7, 8 i 9). Na Dragučkom potoku uzorkovana su dva izvora (Slike 10 i 11). Jedan iz gornjeg toka rijeke (krenal) te jedan iz srednjeg (hipokrenal) (Slika 6). Na potoku Butonige uzorkovanje je obavljeno na tri izvora (Slike 10,11 i 12). Gornjem toku rijeke pripadaju dva izvora (krenal) (Slika 7) te jedan iz donjeg toka (hipokrenal). Gotovo svi izvori su reokrenog tipa osim jednog, izvor iz donjeg toka potoka Butonige koji je limnokreni izvor. Gotovo svi izvori su u blizini naselja te zbog toga postoji mogućnost većeg ili manjeg antropogenog utjecaja na njih.



Slika 5: Karta jezera Butonige s označenim uzorkovanim izvorištima

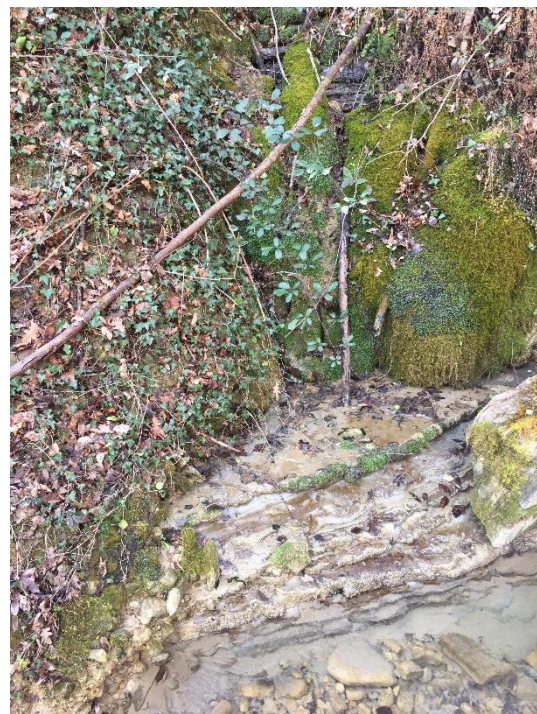
### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1 Terensko istraživanje

Vrijeme istraživanja započela sam u veljači 2020. godine kada sam sredinom i krajem mjeseca napravila dva zasebna terenska uzorkovanja. Treće, zadnje uzorkovanje, obavila sam sredinom mjeseca svibnja 2020. godine. Tijekom terenskih istraživanja izvršila sam dio mjerenja fizikalno-kemijskih parametara na terenu, a dio u laboratoriju. Također, na svakom sam terenu uzorkovala makrozoobentos.



Slika 6: Izvor Račice A



Slika 7: Izvor Račice B



Slika 8: Izvor Račice C



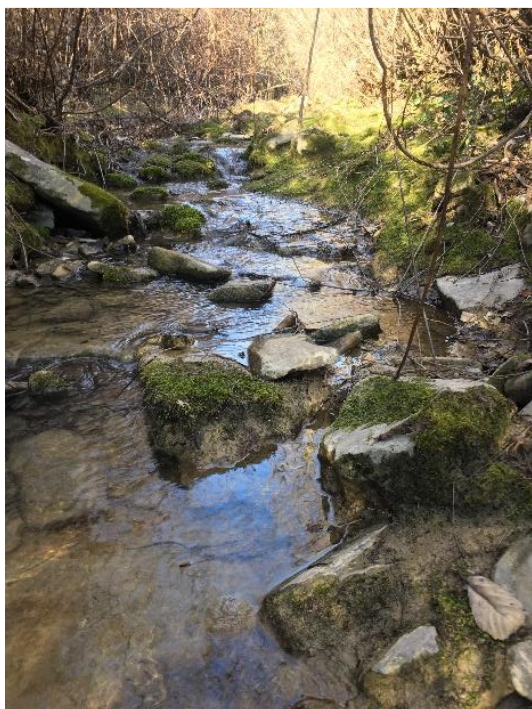
Slika 9: Izvor Račice D



Slika 10: Izvor Draguč A



Slika 11: Izvor Draguč B



Slika 12: Izvor Butoniga A



Slika 13: Izvor Butoniga B



Slika 14: Izvor Butoniga C

### 3.2 Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara vode

Parametre vode koje sam mjerila su temperatura vode, koncentracija otopljenog kisika, pH vode te kemijska potrošnja kisika (KPK). Na terenu sam izmjerila temperaturu vode i

koncentraciju otopljenog kisika pomoću električne sonde (Hach Intellical) te Hachovog HQ30D uređaja. KPK i pH izmjereno je kasnije u laboratoriju. Za mjerenje pH koristio se WTW pH 7310 pH metar s odgovarajućom sondom. Za mjerenje KPK koristio se HACH LCK 1414 kivetni test. Mjerno područje takvog testa je 5 – 60 mg O<sub>2</sub> dm<sup>-3</sup>. On djeluje tako da oksidirajuće tvari reagiraju sa sumpornom kiselinom i kalijevim dikromatom u prisutnosti srebrovog sulfata kao katalizatora, klorid je maskiran živinim sulfatom. Smanjenje žutog obojenja kojeg stvara kromov (VI) ion ukazuje na redukciju oksidirajućih tvari. U kivetu se dodalo 2 mL uzorka pipetom, zatim se zatvorila kiveta čepom i sadržaj promiješao. Kiveta se zatim stavila u termostat Hach LT200 na dvosatno kuhanje na temperaturi od 148 °C. Nakon toga promiješala se kiveta okretanjem dva puta i ostavila da se ohladi. Zatim se koristio spektrofotometar Hach DR3900 u koji se umetnula ohlađena kiveta i očitala koncentracija KPK u mg O<sub>2</sub> dm<sup>-3</sup> pri 348 nm.

### 3.3 Uzorkovanje makrozoobentosa

Makrozoobentos uzorkovala sam Surberovom mrežom (Slika 15) dimenzija okvira 25 × 25 cm i veličinom oka mrežice od 500 μm. Okvir mreže stavila sam na dno blizu izvora koliko je to bilo moguće, ovisno o lokalitetu. Prvo uzorkovanje obavila sam na šest izvora jer sam ostale izvore otkrila kasnije, sljedeća uzorkovanja provela sam na svim izvorima. Za treće uzorkovanje odabrala sam dvije postaje. Jedna postaja bila je ista kao i kod prethodnih uzorkovanja, a druga 2-3 m nizvodno, ovisno o mogućnostima na terenu. Tijekom trećeg uzorkovanja jedan od izvora (Butoniga B) presušio je, pa zbog toga ti podaci nedostaju. Okvir mreže stavila sam na dno, a mrežu postavila nizvodno. Rukom sam ispirala dno tako da sve životinje unutar okvira uđu u mrežu. Ako je u supstratu bilo velikih kamenja, njih bih isprala i stavila sa strane. Sakupljeni supstrat sa životinjama koji je završio u mreži stavila sam u plastičnu bočicu. Ostatak s mreže isprala sam alkoholom u bočicu te nadolila još potrebnu količinu alkohola da bude 2-3 cm iznad supstrata. Alkohol koji sam koristila je 70 % etanol. Na bočice sam prethodno naznačila potok i izvor te datum sakupljanja.

### 3.4 Izolacija i obrada makrofaune

Izoliranje životinja obavljala sam u prostorijama Zoologijskog zavoda Biološkog odsjeka na lupi. Uzorak sam stavila u posudicu iz koje sam onda dio po dio izdvajala na petrijevu zdjelicu i promatrala pod lupom. Pronađenu faunu stavljala sam u epruvetice s čepom u koje sam dodala 70 % etanol. Izdvajala sam posebno svaki od redova kukaca te pronađene skupine Oligochaeta, Hydrachnidae, Copepoda i Amphipoda. Svaku epicu označila sam etiketom na koju sam napisala mjesto uzorkovanja, datum te naziv sistematske kategorije. Uz to, zapisivala sam koliko je pronađeno jedinki određene skupine. Daljnju determinaciju do razine roda radila sam uz pomoć determinacijskih ključeva. Koristila sam Nilsson (1996, 1997), Bass (1998), Urbanič (2004), Zwick (2005).



Slika 15: Surberova mreža (Izvor wildco.com preuzeto: 24.08.2020.)

### 3.5 Obrada podataka

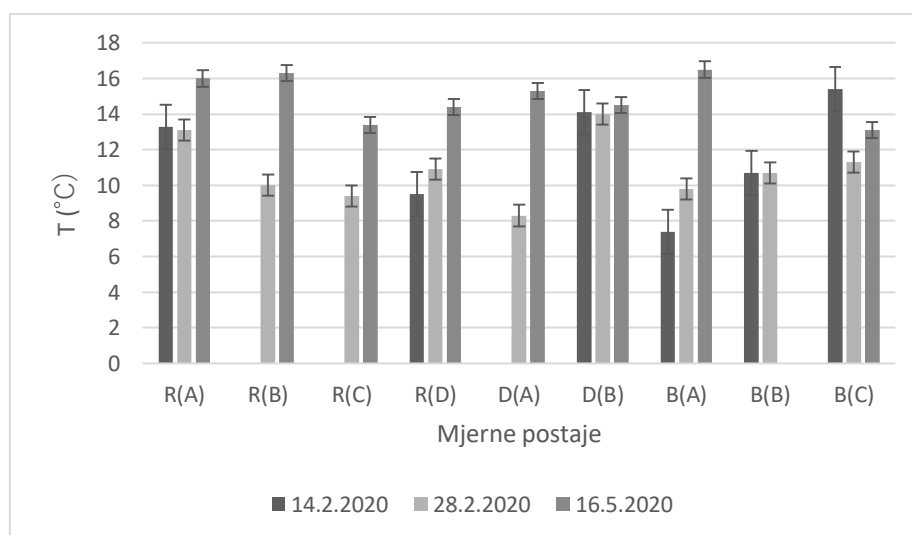
Za potrebe analize dobivenih podataka, odnosno utvrđivanje statistički značajne razlike u fizikalno–kemijskim parametrima vode između mjerenja provedenih u veljači i svibnju, koristila sam Mann-Whitney U test. Osim toga, koristila sam Kruskal-Wallis analizu varijance za određivanje statistički značajne razlike između brojnosti jedinka po  $\text{dm}^2$  i tri potoka, prosječnih vrijednosti fizikalno-kemijskih parametara između tri potoka. Odnos fizikalno-kemijskih parametara i odabranih skupina faune u makrozoobentosu analizirala sam Pearsonovim koeficijentom korelacije.

Sve statističke analize napravljene su u računalnom programu Statistica 13.5 (TIBCO Software Inc). Slikovni i tablični prikazi izrađeni su u računalnom programu Microsoft Office Excel 2016 (Microsoft Corporation, 2016). Za izradu grafova i slikovnih prikaza koristila sam srednje vrijednosti svih rezultata i mjerenja na izvorima.

## 4. REZULTATI

### 4.1 Fizikalno-kemijski parametri

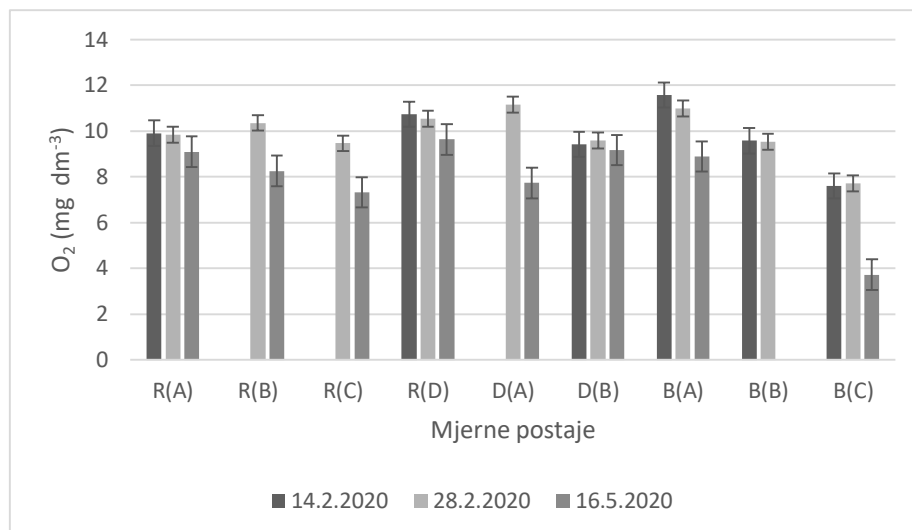
Temperature mjerene u veljači generalno su niže od onih izmjerenih u svibnju. U veljači je izmjerena najviša temperatura na trećem izvoru potoka Butoniga. Iznosila je 15,4 °C. Najniža temperatura u veljači izmjerena je na istom potoku, ali na A izvoru iznosila je 7,4 °C. U svibnju je najniža temperatura iznosila 13,1 °C (Butoniga C) a najviša 16,5 °C (Butoniga A). Može se primijetiti da su kod ta dva izvora prisutna zapažena kolebanja u temperaturi. Izvor kod kojeg je primijećena relativno konstantna temperatura neovisno o vremenu mjerenja veže se uz drugi izvor (B) na potoku Draguč kojem srednja vrijednost temperature iznosi  $14,2 \pm 0,26$  °C (Slika 16).



Slika 16: Raspodjela izmjerenih temperatura svakog potoka  $\pm$ SP (standardna pogreška)

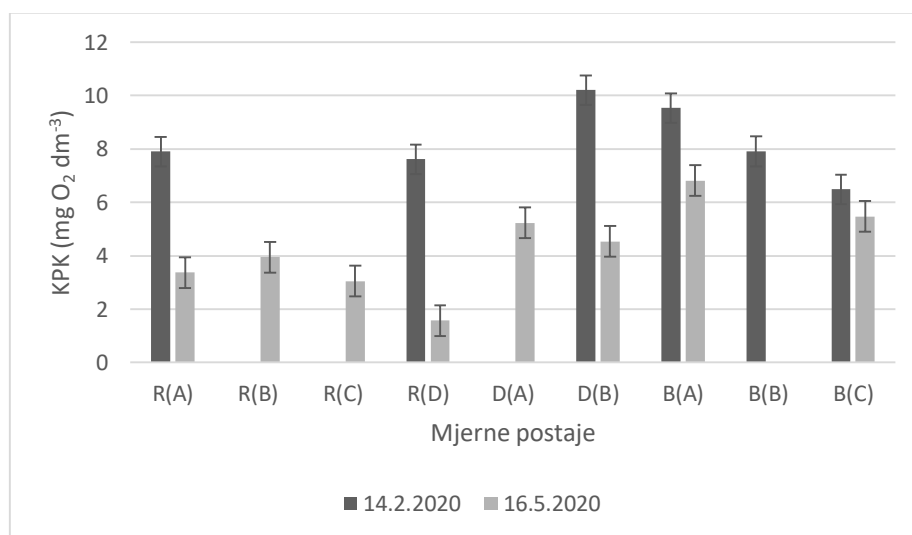
Koncentracija otopljenog kisika bila je zapaženo veća u prvim mjerenjima u veljači u odnosu na svibanj. Zabilježena su manja kolebanja vrijednosti u veljači. Najniža konc. otopljenog kisika izmjerena u veljači za oba mjerenja je izvor Butoniga C koja iznosi 7,6 mg dm<sup>-3</sup>. U svibnju je za isti izvor izmjerena najniža koncentracija od 3,72 mg dm<sup>-3</sup>. Najviša konc. otopljenog kisika u veljači zabilježena je na izvoru Butoniga B (11,57 mg dm<sup>-3</sup>), a u svibnju na potoku Račice D (9,63 mg dm<sup>-3</sup>). Izvori na kojima su također izmjerene visoke koncentracije otopljenog kisika u vodi su Račice B i D (Slika 17).





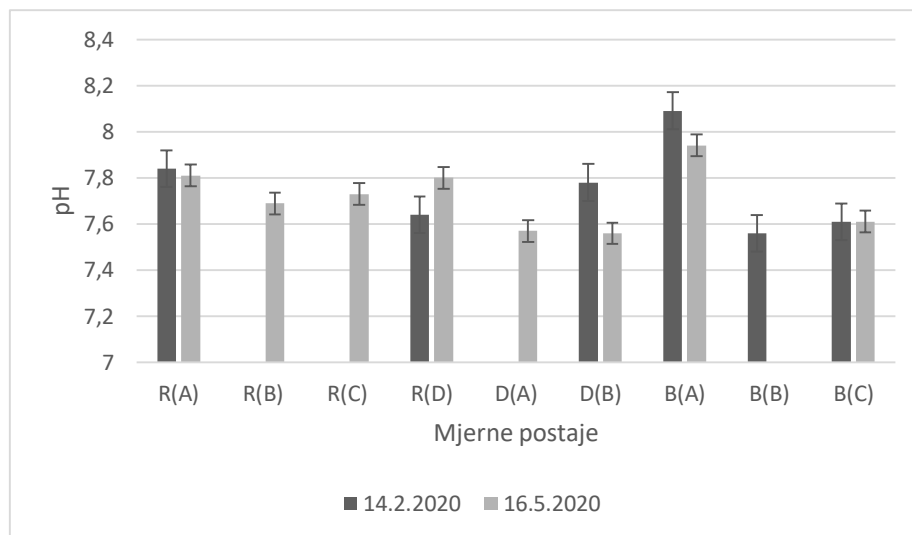
Slika 17: Raspodjela koncentracije otopljenog kisika svakog potoka  $\pm$ SP (standardna pogreška)

Za kemijsku potrošnju kisika, kao i temperaturu, izmjerene su veće vrijednosti u veljači nego u svibnju (Slika 18). Najviša vrijednost u veljači zabilježena je na izvorima Butoniga A (9,53 mg O<sub>2</sub> dm<sup>-3</sup>) i Draguč B (10,2 mg O<sub>2</sub> dm<sup>-3</sup>). U svibnju su te vrijednosti bile manje, a najviša je bila izmjerena na izvoru Butoniga A (6,81 mg O<sub>2</sub> dm<sup>-3</sup>). Izuzetno niska vrijednost KPK zabilježena je u svibnju na izvoru Račice D, a iznosila je 1,57 mg O<sub>2</sub> dm<sup>-3</sup>.



Slika 18: Raspodjela kemijske potrošnje kisika svakog potoka  $\pm$ SP (standardna pogreška)

Izmjerene pH vrijednosti su u rasponu od 7,56 do 8,09. Najviše vrijednosti i u veljači (8,09) i u svibnju (7,94) izmjerene su na izvoru Butoniga A. Sva izmjerena voda je blago lužnata bez velikih kolebanja (Slika 19).



Slika 19: Raspodjela pH vrijednosti svakog potoka ±SP (standardna pogreška)

Proučavanjem dobivenih rezultata uočeno je da postoji razlika u mjerenjima provedenim u veljači i svibnju. Iz tog razloga proveden je Mann-Whitney U-test da bi se vidjelo postoji li statistički značajna razlika između ta dva provedena mjerenja. Test je pokazao da postoji statistički značajna razlika između mjerenja u veljači i svibnju u svim fizikalno-kemijskim parametrima izuzev pH vrijednosti (Tablica 1).

Tablica 1: Analiza Mann-Whitney U-test usporedba fizikalno-kemijskih parametara veljače i svibnja. Masno otisnute vrijednosti sa statističkom značajnosti ( $p < 0,05$ ).

|              | T (°C)       | O <sub>2</sub> (mg dm <sup>-3</sup> ) | KPK (mg O <sub>2</sub> dm <sup>-3</sup> ) | pH   |
|--------------|--------------|---------------------------------------|---|------|
| Z vrijednost | <b>-3,16</b> | <b>2,74</b>                           | <b>2,90</b>                               | 0,19 |

Proveden je Kruskal-Wallis test varijance za ispitivanje razlike između prosječnih vrijednosti fizikalno-kemijskih parametara i tri potoka. Testom nije utvrđena statistički značajna razlika za sličnosti izmjerenih podataka i svakog potoka.

## 4.2 Zajednica makrozoobentosa

### 4.2.1 Račički potok

Makrozoobentos se na istraživanim izvorima Račičkog potoka sastojala od predstavnika rakušaca (Amphipoda), maločetinaša (Oligochaeta), vodencvjetova (Ephemeroptera), obalčara (Plecoptera), tulara (Trichoptera), vretenca (Odonata), dvokrilaca (Diptera), kornjaša

(Coleoptera), skokuna (Collembola), vodengrinja (Hydrachnidae) i veslonožaca (Copepoda). U četiri uzorka na Račice A izdvojeno je ukupno 714 jedinki, a na Račice D njih 791. U tri uzorka izvora Račice B pronađeno je 519 jedinki i na Račice C njih 930.

Na prvom izvoru najbrojniji je red bio onaj rakušaca. Oni su ukupno zauzimali gotovo 70 % pronađene faune. Redovito su se pojavljivali i trzalci (Chironomidae) te sporadično vodencvjetovi, kornjaši i tulari. Na drugom izvoru najviše je bilo trzalaca. Vodencvjetovi i rakušci pojavljivali su se u sličnom omjeru. Podjednaki broj trzalaca i rakušaca pronađen je na trećem izvoru, a nešto je manji bio onaj od vodencvjetova, obalčara i tulara. Unutar reda tulara jedino je na ovom izvoru pronađen rod *Hydropsyche*. Četvrtim izvorom dominirali su vodencvjetovi i rakušci, a u svakom uzorku bilo je i trzalaca, kornjaša te maločetinaša. Jedina jedinka vretenca pronađena je na ovom izvoru (Tablica 2).

Tablica 2: Kvantitativni sastav zajednica makrozobentosa na izvorima Račičkog potoka

|                      | Račice A |        |        |    | Račice B |        |    | Račice C |        |    | Račice D |        |        |    |
|----------------------|----------|--------|--------|----|----------|--------|----|----------|--------|----|----------|--------|--------|----|
|                      | 14.02.   | 28.02. | 16.05. |    | 28.02.   | 16.05. |    | 28.02.   | 16.05. |    | 14.02.   | 28.02. | 16.05. |    |
|                      |          |        | 1      | 2  |          | 1      | 2  |          | 1      | 2  |          |        |        |    |
| ANNELIDA             |          |        |        |    |          |        |    |          |        |    |          |        |        |    |
| CLITELLATA           |          |        |        |    |          |        |    |          |        |    |          |        |        |    |
| Oligochaeta          | 8        | 3      | 0      | 0  | 0        | 0      | 2  | 5        | 0      | 0  | 34       | 8      | 1      | 20 |
| ARTHROPODA           |          |        |        |    |          |        |    |          |        |    |          |        |        |    |
| CHELICERATA          |          |        |        |    |          |        |    |          |        |    |          |        |        |    |
| ARACHNIDA            |          |        |        |    |          |        |    |          |        |    |          |        |        |    |
| Hydrachnidae         | 0        | 0      | 1      | 1  | 2        | 0      | 3  | 0        | 0      | 0  | 0        | 1      | 1      | 0  |
| CRUSTACEA            |          |        |        |    |          |        |    |          |        |    |          |        |        |    |
| MAXILLOPODA          |          |        |        |    |          |        |    |          |        |    |          |        |        |    |
| Copepoda             | 0        | 0      | 1      | 0  | 2        | 0      | 2  | 0        | 0      | 0  | 0        | 1      | 7      | 5  |
| MALACOSTRACA         |          |        |        |    |          |        |    |          |        |    |          |        |        |    |
| Amphipoda            | 46       | 174    | 195    | 83 | 36       | 17     | 27 | 154      | 241    | 40 | 21       | 3      | 156    | 49 |
| HEXAPODA             |          |        |        |    |          |        |    |          |        |    |          |        |        |    |
| Collembola           | 0        | 0      | 0      | 0  | 0        | 0      | 1  | 1        | 0      | 4  | 1        | 0      | 0      | 0  |
| INSECTA              |          |        |        |    |          |        |    |          |        |    |          |        |        |    |
| <b>Ephemeroptera</b> |          |        |        |    |          |        |    |          |        |    |          |        |        |    |
| Baetidae             |          |        |        |    |          |        |    |          |        |    |          |        |        |    |

Nastavak tablice 2.

|                          |   |   |   |   |    |    |    |   |    |   |    |    |     |    |
|--------------------------|---|---|---|---|----|----|----|---|----|---|----|----|-----|----|
| <i>Baetis</i> sp.        | 3 | 6 | 0 | 0 | 38 | 1  | 32 | 2 | 13 | 9 | 14 | 2  | 3   | 3  |
| Ephemerellidae           |   |   |   |   |    |    |    |   |    |   |    |    |     |    |
| <i>Ephemerella</i> sp.   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 2 | 4  | 5 | 0  | 0  | 4   | 8  |
| Ephemeridae              |   |   |   |   |    |    |    |   |    |   |    |    |     |    |
| <i>Ephemerella</i> sp.   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0 | 4  | 0  | 12  | 2  |
| Heptageniidae            |   |   |   |   |    |    |    |   |    |   |    |    |     |    |
| <i>Ecdyonurus</i> sp.    | 9 | 2 | 1 | 1 | 45 | 33 | 19 | 7 | 6  | 5 | 0  | 0  | 1   | 1  |
| Leptophlebiidae          |   |   |   |   |    |    |    |   |    |   |    |    |     |    |
| <i>Habrophlebia</i> sp.  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0 | 34 | 12 | 132 | 54 |
| <b>Plecoptera</b>        |   |   |   |   |    |    |    |   |    |   |    |    |     |    |
| Capniidae                |   |   |   |   |    |    |    |   |    |   |    |    |     |    |
| <i>Capnia</i> sp.        | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 1 | 0  | 0 | 1  | 0  | 0   | 0  |
| Nemouridae               |   |   |   |   |    |    |    |   |    |   |    |    |     |    |
| <i>Nemurella</i> sp.     | 0 | 3 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0 | 0  | 0  | 0   | 0  |
| Perlodidae               |   |   |   |   |    |    |    |   |    |   |    |    |     |    |
| <i>Isoperla</i> sp.      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 2 | 0  | 0 | 1  | 0  | 0   | 0  |
| <i>Perlodes</i> sp.      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0 | 0  | 0 | 0  | 0  | 1   | 4  |
| Taeniopterygidae         |   |   |   |   |    |    |    |   |    |   |    |    |     |    |
| <i>Rhabdiopteryx</i> sp. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 4 | 0  | 0 | 0  | 0  | 0   | 0  |
| Ple Juv non det.         | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 1  | 0  | 0 | 0  | 0 | 0  | 1  | 0   | 0  |
| <b>Trichoptera</b>       |   |   |   |   |    |    |    |   |    |   |    |    |     |    |
| Beraeidae                |   |   |   |   |    |    |    |   |    |   |    |    |     |    |
| <i>Beraea</i> sp.        | 0 | 1 | 0 | 2 | 0  | 0  | 0  | 2 | 1  | 0 | 0  | 0  | 0   | 0  |
| Hydropsychidae           |   |   |   |   |    |    |    |   |    |   |    |    |     |    |
| <i>Hydropsyche</i> sp.   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 9 | 1  | 5 | 0  | 1  | 0   | 0  |

Nastavak tablice 2.

|                         |    |    |    |    |    |   |     |     |     |    |    |    |    |    |
|-------------------------|----|----|----|----|----|---|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|
| Psychomyiidae           |    |    |    |    |    |   |     |     |     |    |    |    |    |    |
| <i>Psychomia</i> sp.    | 0  | 14 | 0  | 0  | 0  | 3 | 0   | 3   | 0   | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  |
| Sericostomatidae        |    |    |    |    |    |   |     |     |     |    |    |    |    |    |
| <i>Sericostoma</i> sp.  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0 | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <b>Odonata</b>          |    |    |    |    |    |   |     |     |     |    |    |    |    |    |
| Calopterygidae          |    |    |    |    |    |   |     |     |     |    |    |    |    |    |
| <i>Calopteryx</i> sp.   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  |
| <b>Diptera</b>          |    |    |    |    |    |   |     |     |     |    |    |    |    |    |
| Athericidae             | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1 | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| Chironomidae            | 55 | 18 | 26 | 15 | 39 | 4 | 204 | 115 | 243 | 39 | 24 | 11 | 8  | 22 |
| Dixidae                 |    |    |    |    |    |   |     |     |     |    |    |    |    |    |
| <i>Dixa</i> sp.         | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| Empididae               |    |    |    |    |    |   |     |     |     |    |    |    |    |    |
| <i>Chelifera</i> sp.    | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0 | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  |
| <i>Hemerodromia</i> sp. | 2  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0 | 1   | 0   | 1   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| Psychodidae             |    |    |    |    |    |   |     |     |     |    |    |    |    |    |
| <i>Pericoma</i> sp.     | 0  | 2  | 3  | 0  | 1  | 0 | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  |
| Simuliidae              | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   | 0   | 0   | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| Stratiomyidae           |    |    |    |    |    |   |     |     |     |    |    |    |    |    |
| <i>Oplodontha</i> sp.   | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0 | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| <b>Coleoptera</b>       |    |    |    |    |    |   |     |     |     |    |    |    |    |    |
| Elmidae                 |    |    |    |    |    |   |     |     |     |    |    |    |    |    |
| <i>Elmis</i> sp. adult  | 1  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0 | 0   | 1   |     |    | 8  | 1  | 1  | 17 |
| <i>Elmis</i> sp. larvae | 0  | 8  | 9  | 4  | 0  | 1 | 1   | 1   | 1   | 0  | 5  | 1  | 13 | 54 |
| <i>Oulimnius</i> sp.    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  |

Nastavak tablice 2.

|                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| <i>Riolus</i> sp.   | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 10 |
| Hydraenidae         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Hydraena</i> sp. | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |
| Psephenidae         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Eubria</i> sp.   | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |
| Scirtidae           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| <i>Elodes</i> sp.   | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  |

#### 4.2.2 Dragučki potok

Na Dragučkom potoku u zajednici makrozoobentosa utvrđena je sljedeća makrofauna: rakušci (Amphipoda), maločetinaši (Oligochaeta), vodencvjetovi (Ephemeroptera), tulari (Trichoptera), dvokrilaci (Diptera), kornjaši (Coleoptera), skokuni (Collembola), vodengrinje (Hydrachnidae) i veslonošci (Copepoda). Na izvoru Draguč A iz uzorka izdvojeno je ukupno 504 jedinice a na izvoru Draguč B 282 jedinice.

U veljači su na prvom izvoru najveći udio pronađene faune bili vodencvjetovi, dok su u svibnju dominirali trzalci. Uz njih, u svakom uzorku pronađeni su rakušci, maločetinaši i veslonošci te nekoliko jedinki dvokrilaca. U drugom izvoru bilo je manje pronađenih jedinki, ali su čak 75 % u ukupnom udjelu dominirali rakušci. Uz trzalce i vodencvjetove, značajnije se istaknuo rod *Beraea* (tulari) kojeg je bilo u svakom uzorku (Tablica 3).

Tablica 3: Kvantitativni sastav zajednica makrozobentosa na izvorima Dragučkog potoka

|                      | Draguč A |        |    | Draguč B |        |        |
|----------------------|----------|--------|----|----------|--------|--------|
|                      | 28.02.   | 16.05. |    | 14.02.   | 28.02. | 16.05. |
|                      |          | 1      | 2  |          |        |        |
| ANNELIDA             |          |        |    |          |        |        |
| CLITELLATA           |          |        |    |          |        |        |
| Oligochaeta          | 5        | 7      | 11 | 1        | 2      | 0      |
| ARTHROPODA           |          |        |    |          |        |        |
| CHELICERATA          |          |        |    |          |        |        |
| ARACHNIDA            |          |        |    |          |        |        |
| Hydrachnidae         | 0        | 0      | 0  | 0        | 0      | 1      |
| CRUSTACEA            |          |        |    |          |        |        |
| MAXILLOPODA          |          |        |    |          |        |        |
| Copepoda             | 7        | 2      | 16 | 0        | 0      | 0      |
| MALACOSTRACA         |          |        |    |          |        |        |
| Amphipoda            | 14       | 11     | 48 | 31       | 125    | 56     |
| HEXAPODA             |          |        |    |          |        |        |
| Collembola           | 0        | 0      | 0  | 0        | 3      | 10     |
| INSECTA              |          |        |    |          |        |        |
| <b>Ephemeroptera</b> |          |        |    |          |        |        |
| Baetidae             |          |        |    |          |        |        |
| <i>Baetis</i> sp.    | 27       | 0      | 2  | 6        | 0      | 0      |
| Heptagenidae         |          |        |    |          |        |        |



Nastavak tablice 3.

|                       |    |     |     |   |   |   |
|-----------------------|----|-----|-----|---|---|---|
| <i>Ecdyonurus</i> sp. | 25 | 6   | 11  | 0 | 7 | 2 |
| <b>Trichoptera</b>    |    |     |     |   |   |   |
| Beraeidae             |    |     |     |   |   |   |
| <i>Beraea</i> sp.     | 0  | 0   | 0   | 3 | 6 | 2 |
| Psychomyiidae         |    |     |     |   |   |   |
| <i>Psychomia</i> sp.  | 0  | 0   | 0   | 0 | 2 | 0 |
| <b>Diptera</b>        |    |     |     |   |   |   |
| Athericidae           | 1  | 0   | 0   | 0 | 0 | 0 |
| Chironomidae          | 13 | 120 | 176 | 4 | 6 | 5 |
| Dixidae               |    |     |     |   |   |   |
| <i>Dixa</i> sp.       | 0  | 0   | 0   | 0 | 0 | 1 |
| Psychodidae           |    |     |     |   |   |   |
| <i>Pericoma</i> sp.   | 0  | 0   | 2   | 2 | 3 | 0 |
| <b>Coleoptera</b>     |    |     |     |   |   |   |
| Scirtidae             |    |     |     |   |   |   |
| <i>Elodes</i> sp.     | 0  | 0   | 0   | 1 | 3 | 0 |

#### 4.2.3 Potok Butoniga

U potoku Butoniga na sva tri izvora zajedno pronađeno je 10 skupina organizama, a to su redom rakušci (Amphipoda), maločetinaši (Oligochaeta), vodencvjetovi (Ephemeroptera), obalčari (Plecoptera), tulari (Trichoptera), dvokrilaci (Diptera), kornjaši (Coleoptera), skokuni (Collembola) i po jedna jedinka vodengrinje (Hydrachnidae) i veslonošca (Copepoda). Prvi i treći izvor uzorkovani su četiri puta pa je broj jedinki veći. Na prvom izvoru pronađeno je 1071 jedinka, a na trećem 945 jedinki. Drugi izvor imao je 135 jedinki iz dva uzorka.

Na prvom su izvoru najbrojniji red bili rakušci (Amphipoda) (Slika 20) koji su jedino u prvom uzorku bili slabije zastupljeni, brojniji od njih bili su jedino vodencvjetovi. Njihova se brojnost smanjivala povećanjem broja rakušaca. Trzalci i maločetinaši svakim su sljedećim uzorkom smanjivali zastupljenost. Obalčara je bilo samo u veljači. Unutar reda tulara brojčano se istaknuo rod *Drusus* koji se još jedino pojavljuje na drugom izvoru. Rod *Beraea* i rod *Drusus* jedini su predstavnici tulara. Uz njih, unutar reda Plecoptera ova su dva izvora jedina na kojima se javljaju rodovi obalčara *Nemurella* i *Isoperla*. Na drugom izvoru prisutan je bio veći broj trzalaca i vodencvjetova, a u manjem broju bilo je rakušaca i maločetinaša. Na trećem je izvoru prisutan najmanji broj svojti, a dominirali su kod svakog uzorkovanja maločetinaši. U svibnju

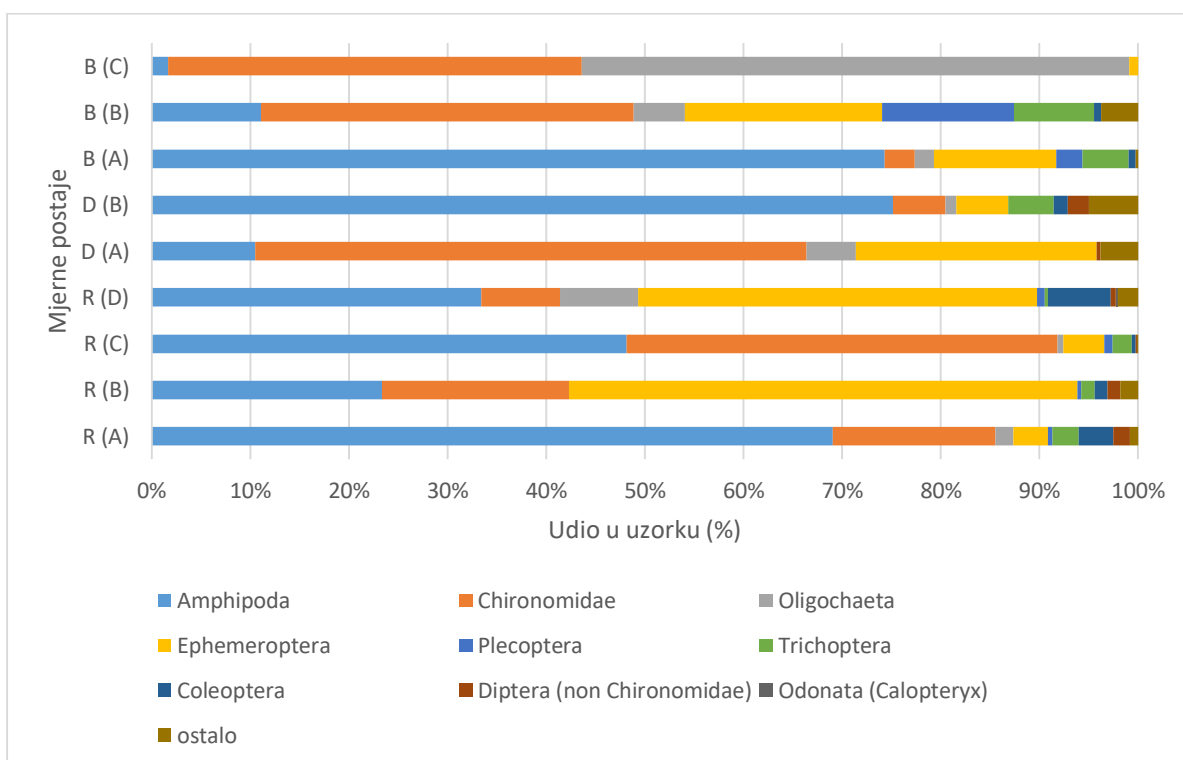
je porastao i broj trzalaca pa su oni zajedno s maločetinašima činili gotovo 100 % ukupne faune (Tablica 4).

Tablica 4: Kvantitativni sastav zajednica makrozobentosa na izvorima potoka Butoniga

|                         | Butoniga A |        |        |    | Butoniga B |        | Butoniga C |        |        |    |  |
|-------------------------|------------|--------|--------|----|------------|--------|------------|--------|--------|----|--|
|                         | 14.02.     | 28.02. | 16.05. |    | 14.02.     | 28.02. | 14.02.     | 28.02. | 16.05. |    |  |
|                         |            |        | 1      | 2  |            |        |            |        | 1      | 2  |  |
| ANNELIDA                |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| CLITELLATA              |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| Oligochaeta             | 7          | 6      | 3      | 4  | 6          | 1      | 155        | 103    | 11     | 12 |  |
| ARTHROPODA              |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| CHELICERATA             |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| ARACHNIDA               |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| Hydrachnidae            | 0          | 0      | 1      | 0  | 0          | 0      | 0          | 0      | 0      | 0  |  |
| CRUSTACEA               |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| MAXILLOPODA             |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| Copepoda                | 0          | 0      | 0      | 0  | 0          | 0      | 0          | 0      | 0      | 1  |  |
| MALACOSTRACA            |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| Amphipoda               | 41         | 212    | 35     | 19 | 6          | 9      | 2          | 8      | 1      | 34 |  |
| HEXAPODA                |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| Collembola              | 1          | 0      | 0      | 0  | 3          | 2      | 0          | 0      | 0      | 0  |  |
| INSECTA                 |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| <b>Ephemeroptera</b>    |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| Baetidae                |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| <i>Baetis</i> sp.       | 30         | 39     | 1      | 15 | 10         | 1      | 1          | 1      | 1      | 12 |  |
| Ephemerellidae          |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| <i>Ephemerella</i> sp.  | 0          | 0      | 0      | 0  | 0          | 0      | 1          | 0      | 0      | 0  |  |
| Heptageniidae           |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| <i>Ecdyonurus</i> sp.   | 17         | 15     | 0      | 0  | 10         | 6      | 0          | 0      | 0      | 6  |  |
| Leptophlebiidae         |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| <i>Habrophlebia</i> sp. | 0          | 0      | 0      | 0  | 0          | 0      | 2          | 0      | 0      | 0  |  |
| <b>Plecoptera</b>       |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| Capniidae               |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| <i>Capnia</i> sp.       | 0          | 3      | 0      | 0  | 0          | 0      | 0          | 0      | 0      | 0  |  |
| Nemouridae              |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| <i>Nemurella</i> sp.    | 0          | 7      | 0      | 0  | 7          | 5      | 0          | 0      | 0      | 0  |  |
| Perlodidae              |            |        |        |    |            |        |            |        |        |    |  |
| <i>Isoperla</i> sp.     | 2          | 10     | 0      | 0  | 2          | 4      | 0          | 0      | 0      | 0  |  |
| <i>Perlodes</i> sp.     | 0          | 0      | 0      | 0  | 0          | 0      | 0          | 0      | 0      | 2  |  |

Nastavak tablice 4.

|                         |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------------------|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>Trichoptera</b>      |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Beraeidae               |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Beraea</i> sp.       | 0 | 4  | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Leptoceridae            |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Oecetis</i> sp.      | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Limnephilidae           |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Drusus</i> sp.       | 5 | 29 | 0 | 6 | 6 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <b>Diptera</b>          |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Chironomidae            |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Dip Juv non det.        | 0 | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <b>Coleoptera</b>       |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Elmidae                 |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Elmis</i> sp. adult  | 0 | 0  | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Elmis</i> sp. larvae | 0 | 0  | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Limnius</i> sp.      | 0 | 0  | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Hydraenidae             |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <i>Hydraena</i> sp.     | 1 | 3  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



Slika 20: Raspodjela skupina u makrozoobentosu po postajama

#### 4.2.4 EPT indeks

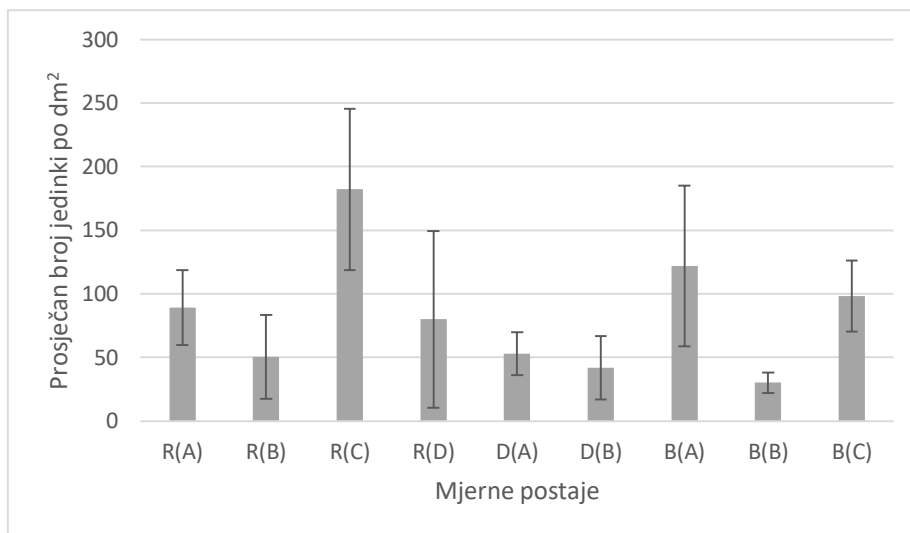
Indeks koji predstavlja udio vodencvjetova, obalčara i tulara u strukturi makrozoobentosa. Većina izvora ima visoki indeks, preko 20, vrijednost koja je preporučena u spomenutoj *Metodologiji* (Hrvatske vode). Najmanju vrijednost ima izvor Butoniga C, a manje od 20 imaju još i lokaliteti Račice A i Draguč B (Tablica 5).

Tablica 5: EPT indeksi za izvorišta

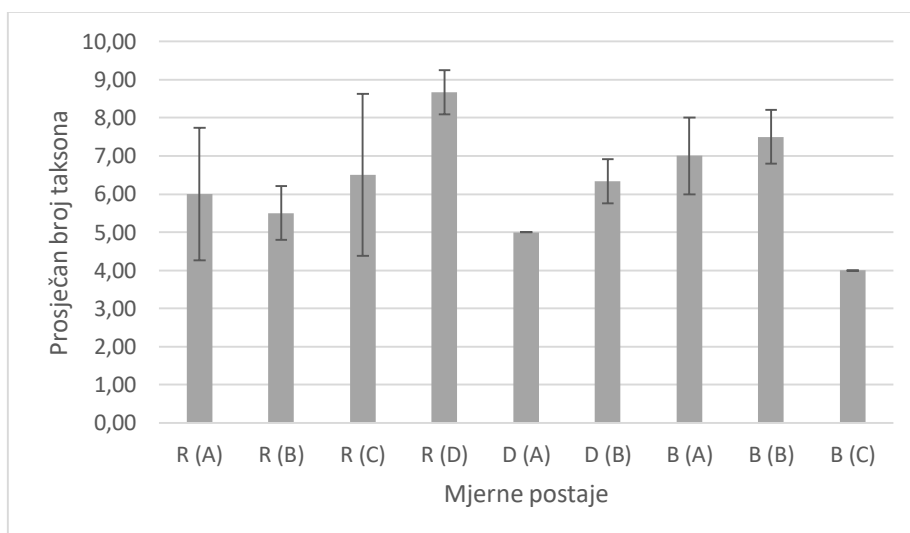
|            | R(A)  | R(B)  | R(C)  | R(D)  | D(A)  | D(B) | B(A)  | B(B)  | B(C) |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| EPT indeks | 13,33 | 60,50 | 28,50 | 74,67 | 29,00 | 9,33 | 54,00 | 22,50 | 2,00 |

#### 4.3 Brojnost jedinki

Kvantitativan sastav organizama prikazuje broj pronađenih jedinki po  $\text{dm}^2$ . Najveći broj jedinki je pronađen na izvoru Račice C ( $182,22 \pm 63,48$  jed  $\text{dm}^{-2}$ ), zatim na izvoru Butoniga A ( $121,78 \pm 63,22$  jed  $\text{dm}^{-2}$ ) i Butoniga C ( $98,22 \pm 27,72$  jed  $\text{dm}^{-2}$ ) (Slika 21). Rakušci uz trzalce imaju najveću brojnost po  $\text{dm}^2$ . Butoniga A ( $90,52 \pm 42,09$  jed  $\text{dm}^{-2}$ ) i Račice C ( $87,78 \pm 27,34$  jed  $\text{dm}^{-2}$ ) su izvori na kojima je prosječno pronađen najveći broj rakušaca. Trzalaca je zabilježeno prosječno najviše na izvoru Račice C ( $79,56 \pm 40,23$  jed  $\text{dm}^{-2}$ ), a od ostalih izvora odstupa brojnost maločetinaša na izvoru Butoniga C ( $54,52 \pm 12,54$  jed  $\text{dm}^{-2}$ ). Najveća raznolikost prisutna je na izvoru Račice D (Slika 22). Kod statističke obrade nisu zabilježene značajne razlike u brojnosti jedinki po  $\text{dm}^2$  između sva tri potoka.



Slika 21: Raspodjela prosječne brojnosti jedinki po dm<sup>2</sup> s izvora potoka ±SD (standardna devijacija)



Slika 22: Raspodjela prosječne brojnosti taksona po postajama ±SD (standardna devijacija)

#### 4.4 Odnos makrozoobentosa i fizikalno kemijskih parametara

Pearsonovim koeficijentom korelacije na razini statističke značajnosti  $p < 0.05$  utvrđeni su negativni odnosi između brojnosti jedinki reda Ephemeroptera i Plecoptera i temperature, porodice Chironomidae i koncentracije otopljenog kisika (Tablica 6). Pozitivni odnosi utvrđeni su između brojnosti populacije reda Ephemeroptera i koncentracije otopljenog kisika, odnosno brojnosti jedinki reda Amphipoda i pH (Tablica 6).

Tablica 6: Međuodnosi brojnosti svojta i okolišnih čimbenika izraženi Pearsonovim koeficijentom korelacije. Statistički značajne korelacije ( $p < 0.05$ ) otisnute su masno.

|               | T (°C)<br>N=23 | O <sub>2</sub> (mg dm <sup>-3</sup> )<br>N=23 | KPK (mg O <sub>2</sub> dm <sup>-3</sup> )<br>N=14 | pH<br>N=14  |
|---------------|----------------|---|---|-------------|
| Oligochaeta   | -0,20          | -0,35   | 0,37  | -0,23       |
| Amphipoda     | 0,16           | 0,35  | -0,31   | <b>0,58</b> |
| Ephemeroptera | <b>-0,50</b>   | <b>0,58</b>                                   | -0,07   | 0,17        |
| Plecoptera    | <b>-0,50</b>   | 0,38  | 0,25  | -0,06       |
| Trichoptera   | -0,30          | 0,35  | 0,32  | 0,09        |
| Coleoptera    | 0,04           | 0,38  | -0,28   | 0,29        |
| Diptera       | 0,36           | 0,16  | -0,41   | 0,21        |
| Chironomidae  | -0,12          | <b>-0,53</b>                                  | -0,20   | -0,33       |

## 4.5 Trofička struktura

### 4.5.1 Račički potok

Na prvom izvoru Račičkog potoka kod prvog uzorkovanja najbrojniji bili su trzalci koji većinom stvaraju cjevaste tvorevine i hrane se algama, lišćem, detritusom i drvenim fragmentima. Njihova je pojava i kasnije zabilježena, ali u manjem omjeru. Kao najbrojniji red istaknuli su se rakušci koji su u hranidbenoj mreži usitnjivači, što znači da koriste hranu biljnog podrijetla. Rodovi vodencvjetova su prema podjeli strugači i sakupljači, jedini rod obalčara su detritivori, a pronađeni rodovi tulara su većinom filtratori i sakupljači koji tvore cjevasta utočišta ili u manjini usitnjivači. Predatori su manje zastupljeni, a to su dvokrilci porodice Empididae, rodovi *Hemerodromia* i *Chelifera*.

Na drugom izvoru primjetno je dominantno pojavljivanje vodencvjetova, točnije redova koji su sakupljači i strugači. Osim toga, veći broj pronađene faune bili su trzalci i rakušci, odnosno strugači i usitnjivači. Manji broj pronađenih tulara su filtratori. Redovito je pojavljivanje, u manjem broju, vodengrinja koje su predatori. U uzorku nizvodno od izvora zabilježen je najveći broj trzalca koji mogu biti strugači, predatori, detritivori. Predatori su dvokrilci roda *Hemerodromia* i *Oplodontha* te Athericidae.

Na trećem izvoru potoka Račice više od 85 % trofičke strukture čine strugači odnosno trzalci i usitnjivači kao rakušci (Slika 23). Vodencvjetovi koji dolaze su sakupljači i strugači. Među obalčarima pronađen je rod *Isoperla* koji su predatori, a ostali usitnjivači. Najveći broj tulara zastupljen je prisustvom roda *Hydropsyche* koji stvaraju mreže i na taj način filtriraju i sakupljaju vodu, a hrane se biljkama i detritusom. U manjini dolazi i rod *Beraea* koji su usitnjivači. Manji broj predatora su dvokrilci porodice Empididae rod *Hemerodromia*.

Strukturu četvrtog izvora čine većinom usitnjivači koji su rakušci, strugači kao trzalci i sakupljači kao vodencvjetovi i maločetinaši. Prisutan je i velik broj detritivora, kornjaša roda *Elmis*, ponajviše u svibnju. U svibnju je pronađena i jedina jedinka vretenca i rod *Perlodes* i *Isoperla* (obalčari) te rod *Chelifera* porodice Empididae (dvokrilci) koji zajedno pripadaju predatorima prisutnima u zajednici.

#### 4.5.2 Dragučki potok

U prvom uzorku izvora Draguč A najdominantniju ulogu imali su sakupljači odnosno vodencvjetovi. Uz njih su u većem broju bili i strugači (trzalci) i usitnjivači (rakušci) (Slika 23). Kod drugog uzorkovanja dominirali su strugači. U manjem broju zabilježeni su sakupljači odnosno maločetinaši. Predatori su zastupljeni u manjem broju, a jedini koji se pojavljuju su dvokrilci porodice Athericidae.

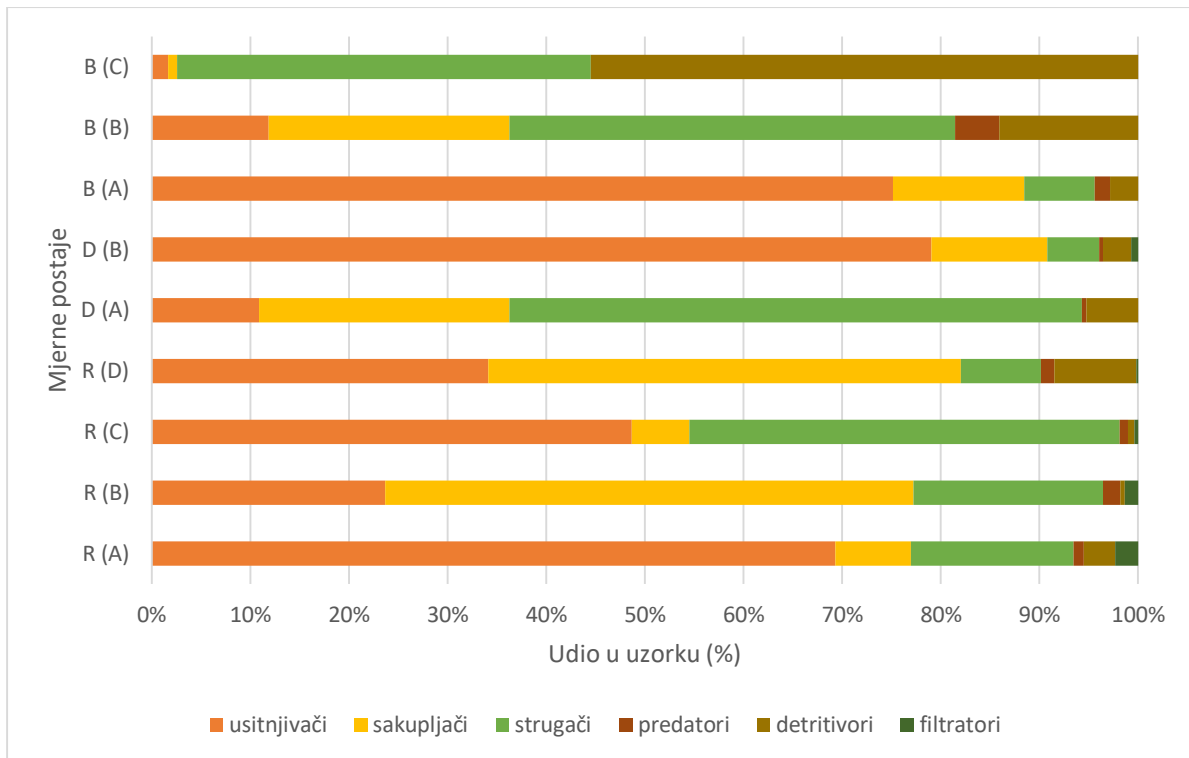
Na drugom izvoru najveći dio čine usitnjivači tj. rakušci i rod *Beraea*, reda Trichoptera. Uz njih se redovito pojavljuju strugači (trzalci) i sakupljači (vodencvjetovi). Manji broj ima detritivora kao rod *Pericoma* porodice Psychodidae reda dvokrilaca.

#### 4.5.3 Potok Butoniga

Najveći broj faune prvog izvora čine usitnjivači zbog prisutnosti velikog broja rakušaca. Filtratora je u manjini, a ima značajan broj sakupljača, odnosno vodencvjetova. Obalčari se pojavljuju u tri roda, a to su redom detritivori, predatori i usitnjivači. Velik broj zabilježenih tulara su usitnjivači i sakupljači.

Najveći udio drugog izvora u trofičkoj strukturi imaju strugači odnosno trzalci (Slika 23). Uz sakupljače kao vodencvjetove, redovito se pojavljuju dva roda obalčara, rod *Nemurella* koji su detritivori i rod *Isporela* koji su predatori. Najveći broj tulara je rod *Drusus* koji su strugači.

Na trećem izvoru najveći prisutan broj bio je detritivora odnosno maločetinaša. Uz njih, u većem broju prisutni su bili strugači, a manje je bilo usitnjivača i sakupljača (vodencvjetova).



Slika 23: Raspodjela trofičke strukture po postajama



## 5. RASPRAVA

Utvrđene razlike u temperaturi su primarno uzorkovane promjenom godišnjeg doba. S obzirom da voda konstantno i direktno izlazi na površinu iz podzemlja često je temperatura na takvim mjestima konstantna, međutim ispitivani izvori su poprilično mali te neki vrlo brzo ulaze u glavni tok potoka. Izuzetak je primjerice izvor Draguč B koji ima konstantnu temperaturu, a koji se nakon stotinjak metara ulijeva u glavni tok. Međutim, zbog manjih razmjera izvora i tok vode je sporiji što ima utjecaja na temperaturu u ovakvim krškim izvorima (Smith i Wood 2002). Otopljeni kisik u vodi bitan je za disanje organizama i kruženje organske tvari, a direktno je ovisan o temperaturi. Na proljeće se količina otopljenog kisika smanjila, obrnuto proporcionalno s temperaturom koja kada se poveća uzrokuje smanjenje raznolikosti životinja, gljiva i alga (Glazier 2009).

KPK jedna je od mjera pokazatelja kvalitete vode, a mjeri količinu prisutnih organskih i anorganskih tvari u vodi koja može oksidirati. Postoje kolebanja u vrijednostima između veljače i svibnja. Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN96/2019) vrijednosti KPK generalno su više od preporučenih 1,6-3,2 mg O<sub>2</sub> dm<sup>-3</sup>. Izmjerene pH vrijednosti su načelno slične, variraju za 0,5 gledajući sva izvorišta i u optimalnim su vrijednostima prema spomenutoj Uredbi.

Veća temperatura može ubrzati biološke aktivnosti poput biološke razgradnje. Također, temperatura smanjuje kapacitet za otopljeni kisik, a on je bitan za aerobne reakcije u vodi i na dnu (Passerini i sur. 2016). Kada KPK iz kopnenog sustava dospije u vodeni, njegova količina i oblik mogu biti promijenjeni uslijed procesa poput biološke razgradnje, disanja, sedimentacije, fotokatalitičke oksidacije, apsorpcija i adsorpcija (Stanley i sur. 2011). U veljači je koncentracija otopljenog kisika na pet izvora bila visoka, na izvorima Račice B, C i D, Butoniga A te Draguč A. Zaključila bih da je tada na tim izvorima najveći utjecaj imala primarna proizvodnja. Veća KPK vrijednost izvora Butoniga A i Draguč A može ukazivati na veću prisutnost anorganskih tvari, odnosno antropogeni utjecaj. Ostali izvori imali su primjetno višu temperaturu vode koja potiče biološku razgradnju, a što ukazuje na prisutnost organskog materijala. Posljedično mogu biti i više vrijednosti KPK (Stanley i sur. 2011). U svibnju su vrijednosti temperature bile više što je uobičajeno, međutim na izvoru Butoniga C temperature u svibnju su niže nego u veljači. Osim toga izmjerena je izuzetno niska vrijednost otopljenog kisika. Na manje vrijednosti KPK u svibnju može utjecati veća količina oborina koja je

zabilježena (DHMZ), međutim potencijalni utjecaj ima i smanjenje biološke razgradnje (Sedell i Dahm 1990). Izvori osim Butoniga C imaju podjednake koncentracije otopljenog kisika što pokazuje uravnotežene procese stvaranja i potrošnje kisika. Vrijednost KPK na izvoru Butoniga A i dalje je veća od ostalih zbog čega bih zaključila da ima kontinuirani vanjski utjecaj na izvor i sam tok.

Najbrojniji predstavnici makrozoobentosa čini red rakušaca, sa zastupljenošću od 44 %. Izvori su relativno mali i plitki što onemogućuje preživljavanje i razvoj predatora poput riba, a to pogoduje razvoju rakušaca. Hrane se odumrlom organskom tvari, najčešće otpalim lišćem kojeg na ovim izvorima ima dovoljno jer su svi okruženi više ili manje okolnom makrofitskom vegetacijom. Na nekim izvorima je uvelike porastao njihov broj u proljeće, moguće zbog povećanja količine hrane i na nekim mjestima izlijetanja kukaca. Cijeli životni ciklus rakušaca vezan je uz vodu zbog čega uglavnom imaju kompetitivnu i reproduktivnu prednost nad vodenim kukcima (Likens 2009). Česti su stanovnici podzemnih staništa, a izvori kao prijelazna staništa na kojima voda s vodonosnika izlazi na površinu, povremeno omogućuju da na izvorišta dospiju podzemne vrste rakušaca.

Velika razlika u porodici trzalaca reda Diptera utvrđena je između izvora i lokacije nizvodno na postaji Račice B. Zbog otvorenosti staništa nakon samog izvora, omogućen je rast algi. Glavni izvor hrane za strugače kojima pripadaju trzalci su alge (Ivković 2015). Očekivano su oni najzastupljeniji dvokrilci za koje je primijećeno da se brojnost povećala u svibnju, najizglednije zbog veće količine hrane. Ostatak dvokrilaca zauzima tek nešto manje od 0,02 % svih pronađenih dvokrilaca. Polovicu toga je rod *Pericoma* porodice Psychodidae koji je pronađen u Dragučkom i Račičkom potoku i ostali koji predstavljaju manji broj predatora porodica Empididae i Athericidae.

Broj vodencvjetova, obalčara i tulara, tzv. EPT indeks je za većinu izvora unutar 20 koji je preporučeni broj za takva staništa prema *Metodologiji Hrvatskih voda*. Manje od toga imali su na svakom potoku po jedan izvor, a najniži omjer zabilježen je na izvoru Butoniga C na kojem su kod svakog uzorkovanja dominirali maločetinaši, osim kod zadnjeg kad se povećao i broj trzalaca. To je jedini limnokreni tip izvora kod kojeg je svaki put izmjerena najniža koncentracija otopljenog kisika. Sediment se razlikovao od ostalih izvora, za koji je karakteristično taloženje sitnih čestica minerala i usitnjenog detritusa. (Martin i Brunke 2012). Maločetinaši procesuiraju velike količine sedimenta u kojem se zakopaju i žive, a asimiliraju samo probavljivi organski materijal. Neki su otporni na niske koncentracije kisika pa nije čudna

velika brojnost ove skupine (Dodds i Whiles 2010). Mali broj utvrđenih skupina na ovom izvoru potvrđuje istraživanja da limnokreni izvori imaju najmanju raznolikost (Martin i Brunke 2012). Prilikom istraživanja primijećeno je da nizvodno prestaje dominacija maločetinaša i pojavljuju se EPT vrste što ukazuje da na izvoru vladaju nepovoljni uvjeti, moguće zbog kvalitete vode i podloge, odnosno sedimenta, te da se ti uvjeti samo nekoliko metara dalje mijenjaju i omogućuju veću raznolikost.

Slabija kakvoća vode i ekološko stanje izvora očekivalo se na lokacijama Račice B i Butoniga A koji su odmah nizvodno sela. Međutim voda i sastav makrozoobentosa ne ukazuju na veće onečišćenje. Veći broj obalčara pronađen je na lokaciji Butoniga A i koncentracija kisika je velika što ukazuje da su uvjeti okoliša stabilni i da nema prisutnosti toksičnih tvari u okolišu (Popijač 2007). Na izvoru Račice B su uz trzalce veliku brojnosti imali vodencvjetovi, rodovi *Baetis* i *Ecdyonurus*, koji pokazuju dobre vrijednosti fizikalno-kemijskih parametara što dovodi do zaključka da su oba izvora bez većeg antropogenog utjecaja.

Uspoređujući temperaturu s brojnošću svojti pokazala se povezanost vodencvjetova i obalčara s temperaturom. Vodencvjetovima odgovaraju niže temperature što je utvrđeno u gotovo svim dosadašnjim istraživanjima, međutim samo na nekim staništima se pokazala povezanost s koncentracijom kisika u vodi (sedrene barijere i gornja i donja lotička staništa) (Vilenica i sur. 2017). Nadalje, većina izvora na kojima je pronađen značajniji broj vodencvjetova pripada gornjem toku. Obalčarima, kao i vodencvjetovima, odgovaraju niske temperature vode pa takva korelacija nije neobična. Prema Lindegaard (1995), distribucija Chironimidae koji naseljavaju lotička područja i izvore ovisi o koncentraciji kisika. Niska koncentracija kisika ne uvjetuje manju brojnost trzalaca jer su uzorkovane vode plitke, a trzalci se mogu prilagoditi na takve uvjete (npr. drugačija gradnja cjevastih tvorevina) (Armitage i sur 2012). Pozitivna korelacija između rakušaca i pH je česta i primijećena kod drugih istraživanja (Likens 2009).

Nakon sagledavanja prikaza trofičke strukture, zbog velike brojnosti rakušaca najzastupljenija je grupa usitnjivača. Oni se hrane otpalim lišćem i organskim česticama većim od 1mm (Moog 2002). Zaključeno je da je velika dominantnost rakušaca uzrokovana manjkom predatora i dovoljnih količina hrane jer su izvori okruženi drvećem i grmljem. Ostatak strukture čine strugači i sakupljači. Strugači se hrane algama, biofilmom, djelomično organskom tvari i biljnim tkivom. Sakupljači kao hranu koriste raspadnute organske čestice veličine od 50 µm do 1 mm (Hershey i Lamberti 2001). Filtratori pasivno ili aktivno filtriraju vodu te konzumiraju

sitnu organsku tvar veličine do 50  $\mu\text{m}$ . Predatori se hrane ostalim životinjama, a detritivori odumrlom organskom tvari (Hershey i Lamberti 2001).

Najveća razlika u trofičkoj strukturi je na izvoru Butoniga C, dominiraju detritivori i strugači. Takva podjela ukazuje na to da je glavna resursa koja detritivori koriste alohtonog podrijetla te da je primarna produkcija izuzetno zastupljena (Hershey i Lamberti 2001). Kod svakog mjerenja, najniže koncentracije kisika zabilježene su na ovom izvoru zbog česte pojave deoksigeniranosti podzemne vode koja se javlja u vodnosnicima na izvorima, od kojih su najčešći oni limnokrenim izvorima. To je jedan od čimbenika koji utječu na manju raznolikost izvora (Lindegaard 1995). Nadalje, Butoniga B i Draguč A imaju najslabiju trofičku strukturu. Strugači koji se hrane primarno algama su najzastupljenija skupina, dakle primarna produkcija je glavni izvor hrane. Sakupljači koji kao hranu koriste suspendirane čestice i plijen male veličine i usitnjivači koji se hrane biljnim tkivom čine oko trećine trofičke strukture tih izvora. Manji dio čine detritivori i predatori kojih generalno ima jako malo, moguće iz razloga jer su izvori jako mali te u ljetnim mjesecima dolazi i do presušivanja. Zbog nestalnosti sustava manje je naglašen odnos predator-plijen, a više do izražaja dolaze fizički faktori kao što je suša (Hershey i Lamberti 2001). Od ostalih izvora, potrebno je izdvojiti još sličnosti lokacija Račice B i D. Najveći broj sakupljača, kojima je izvor hrane fini detritus, pokazuje da je mala međuvrsna kompeticija te da izvora hrane ima dovoljno, odnosno da se proces raspadanja organske tvari događa relativno brzo (Tomanova i sur. 2006). Ostali izvori, Račice A, Račice C, Draguč B i Butoniga A slični su po dominantnosti usitnjivača, podrazumijevajući najviše rakušce kojima odgovara stanište. Žutinić i sur. (2018) proveli su istraživanje na povremenom izvoru i došli do zaključka da perifiton štiti rakušce od drifta te da su dobro adaptirani na sezonalne suše i promjene u supstratu.

Iz svega navedenog može se zaključiti da je supstrat u većini izvora pogodan za rast perifitona koji je izvor hrane koju većina usitnjivača i strugača aktivno traži, a odgovara im sporiji tok vode (Miliša i sur. 2014). Međutim, treba napomenuti da su određene svojte oportunisti te da u određenim uvjetima, primjerice nedostatku hrane, mogu promijeniti ponašanje i postati predatori. Primjerice, rod *Hydropsyche* su funkcionalno filtratori, međutim konzumirat će sve što im se ulovi u mrežu, uključujući i ostale beskralješnjake (Hershey i Lamberti 2001).

U istraživanju trzalaca objavljenom prije gotovo 30ak godina na istim potocima primijećen je rast svojti i raznolikosti kroz godine na tim staništima (Tavčar 1993). Međutim,

već duže vrijeme nema nikakvih istraživanja na porječju akumulacije. Svake godine prati se stanje eutrofikacije jezera i optimizacija ihtiocenoze, ali stanje samog jezera ne utječe na izvorišta.

U ljetnim mjesecima razina vode jezera običava značajno pasti. Za vrijeme jake suše često dolazi do presušivanja porječja, najčešće Račičkog potoka. Skloniji suši su gornji dijelovi toka. Kao korisna nadopuna ovom istraživanju moglo bi biti sezonsko praćenje faune i u slučaju suše ponovno naseljavanje organizama na takva staništa.

## 6. ZAKLJUČAK

Zbog različitih godišnjih doba, utvrđena je razlika u fizikalno-kemijskim vrijednostima, odnosno temperaturi, koncentraciji otopljenog kisika i KPK između mjerenja u veljači i svibnju.

Fizikalno-kemijske vrijednosti nisu bile konstantne za svaki izvor, ali ni za jedan parametar nisu značajnije varirale. Statističkim testom nije utvrđena razlika u vrijednosti fizikalno-kemijskih parametara između tri potoka.

U zajednicama makrozoobentosa dominirali su rakušci zbog raspoloživosti zaliha hrane i manjka predatora. Trzalci su bili najzastupljeniji u uzorcima za koje su izmjerene niže koncentracije otopljenog kisika. U uzorcima jedinog limnokrenog izvora dominirali su maločetinaši i najniže koncentracije otopljenog kisika što upućuje na prisutnost veće količine detritusa i deoksigeniranu vodu.

Usitnjivči i sakupljači su glavne skupine u trofičkoj strukturi. Na izvorima ima većih čestica biljnog tkiva i povoljni uvjeti za rast perifitona.

EPT indeks je povoljan, ali za određene izvore je premalen, kemijsko-fizikalni parametri nekih elemenata su povišeni što implicira da izvori nisu značajnije onečišćeni međutim određeni antropogeni utjecaj je prisutan.

## 7. LITERATURA

- Adler P. H., Courtney G. W. (2019): Ecological and Societal Services of Aquatic Diptera. *Insects* **10**: 70.
- Anemaet E. R., Taylor J., Mitsch W. J. (2005): Macroinvertebrate diversity and abundance in two created wetlands in Ohio. *Aquatic Ecosystem Health and Management* **13**: 472-479.
- Armitage P. D., Cranston P. S., Pinder L. C. (1995): The habitats of chironomid larvae. U: Pinder, L. C. (ur.) *The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges*. Chapman and Hall, str. 108-135.
- Bass J. (1998): Last-instar larvae and pupae of the Simuliidae of Britain and Ireland: A key with brief ecological notes. Freshwater Biological Association.
- Dodds K. W., Whiles M. R. (2010): *Freshwater ecology: Concepts and Environmental Applications of Limnology*. Elsevier Inc.
- Državni hidrometeorološki zavod (2020): [https://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_podaci&param=k2\\_1](https://meteo.hr/klima.php?section=klima_podaci&param=k2_1), pristupljeno: 24.8.2020.
- Giller P. S., Malmqvist B. (1998): *The biology of streams and rivers*. Oxford University.
- Glazier D. S. (2009): Springs. U: Likens, G. E. *Encyclopedia of Inland Waters*. Oxford, Elsevier, str. 734-755.
- Hering D., Moog O., Sandin L., Verdonschot P. F. M. (2004): Overview and application of the AQEM assessment system. *Hydrobiologia* **516**: 1-21.
- Holzenthal R. W. (2009): *Trichoptera (Caddisflies)*. Elsevier Inc.
- Hrvatske vode (2016): *Metodologiji uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*. Zagreb.
- Ivković M., Miliša M., Baranov V., Mihaljević Z. (2015): Environmental drivers of biotic traits and phenology patterns of Diptera assemblages in karst springs: The role of canopy uncovered. *Limnologica* **54**: 44-57.
- Likens G. E. (2009): *Encyclopedia of Inland Waters*. U: Glazier D.S. *Amphipoda*. Elsevier Inc, str. 89-115.

- Lindegaard C. (1995): Chironomidae (Diptera) of European Cold Springs and Factors Influencing Their Distribution. *Journal of the Kansas Entomological Society* **68**: 108-131.
- Martin P., Brunke M. (2012): Faunal typology of lowland springs in northern Germany. *Freshwater Science* **31**: 542–562.
- Merrit R. W., Cummins K. W. (1996): An introduction to the Aquatic Insects of the North America. Kendall/Hunt Publishing Company.
- Miliša M., Ivković M., Matoničkin Kepčija R. (2014): Energy resources and feeding guild structure of macroinvertebrate assemblages in the hyporheic zone of calcite depositing lake outlets. *Limnologica* **44**: 66–71.
- Moog O. (2002): Fauna Aquatica Austriaca. Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management, Vienna.
- Narodne novine (2019): Uredba o standardu kakvoće vode. [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_10\\_96\\_1879.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_10_96_1879.html), pristupljeno: 22.8.2020.
- Nilsson A. (1996): Aquatic Insects of North Europe. A taxonomic handbook. Vol. 1: Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Megaloptera, Neuroptera, Coleoptera, Trichoptera and Lepidoptera. Apollo Books, Stenstrup, Denmark.
- Nilsson A. (1997): Aquatic Insects of North Europe. A taxonomic handbook. Vol. 2: Odonata, Diptera. Apollo Books, Stenstrup, Denmark.
- Passerini M. D., Cunha-Santino M.B., Bianchini Jr. I. (2016): Oxygen availability and temperature as driving forces for decomposition of aquatic macrophytes. *Aquatic Botany* **130**: 1-10.
- Popijač A. (2007): Crveni popis obalčara (Plecoptera) Hrvatske. Zagreb.
- Schoonhoven L. M., van Loon J. J. A., Dicke M. (1998): Insect-Plant Biology. Oxford University.
- Smith H., Wood P. J. (2002): Flow permanence and macroinvertebrate community variability in limestone spring systems. *Hydrobiologia* **487**: 45-58.
- Smith H., Wood P. J., Gunn J. (2003): The influence of habitat structure and flow permanence on invertebrate communities in karst spring systems. *Hydrobiologia* **510**: 53-66.



- Stanley E. H., Powers S. M., Lottig N. R., Buffam I., Crawford J. T. (2011): Contemporary changes in dissolved organic carbon (DOC) in human-dominated rivers: is there a role for DOC management? *Freshwater Biology* **57**: 26-42.
- Tavčar V. (1993): Chironomid (Diptera) larvae of the Butoniga Reservoir, Istria, Croatia, and its feeder rivers. *Hydrobiologia* **262**: 89-96.
- Thorp J. H., Covich A. P. (2001): Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates U: Hershey A. E., Lamberti G. A. *Aquatic Insect Ecology*. Academic press, str. 733-775.
- Tomanova S., Goitia E., Helešić J. (2006): Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia* **556**: 251–264.
- Trichkova T., Tyufekchieva V., Kenderov L., Vidinova Y., Botev I., Kozuharov D., Hubenov Z., Uzunov Y., Stoichev S., Cheshmedjiev S. (2013): Benthic macroinvertebrate diversity in relation to environmental parameters, and ecological potential of reservoirs, Danube river basin, North-West Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica* **65**: 337-348.
- Urbanič G. (2004): Ključ za določanje družin ličink mladoletnic (Insecta: Trichoptera) prisotnih v Sloveniji.
- Vilenica M., Mičetić Stanković V., Sartori M., Kučinić M., Mihaljević Z. (2017): Environmental factors affecting mayfly assemblages in tufa-depositing habitats of the Dinaric Karst. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* **418**: 14.
- Williams D. D., Smith I. M. (1990): Freshwater springs: A National Heritage. The Entomological Society of Canada, Bulletin, 22.
- Zwick P. (2004): A key to the West Palaearctic genera of stoneflies (Plecoptera) in larval stage. *Limnologica* **34**: 315-348.
- Žutinić P., Petrić I., Gottstein S., Gligora Udovič M., Kralj Borojević K., Kamberović J., Kolda A., Plenković-Moraj A., Ternjej I. (2018): Microbial mats as shelter microhabitat for amphipods in an intermittent karstic spring. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* **419**: 7.

## 8. ŽIVOTOPIS

Rođena sam u Rijeci, Republici Hrvatskoj. Osnovnu školu završila sam u Buzetu 2010. godine, nakon čega sam upisala Gimnaziju i strukovnu školu Jurja Dobrile u Pazinu, smjer Opća gimnazija koju sam završila 2014. godine. Iste godine sam se upisala na preddiplomski studij Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša Šumarskog fakulteta u Zagrebu. Preddiplomski studij završila sam 2018. godine i iste godine upisala sam diplomski studij Ekologije i zaštite prirode Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu. Služim se engleskim jezikom.