

# Makrozoobentos kao biološki element za procjenu ekološkog stanja rijeka Lištice i Radobolje

---

Milić, Mihaela

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:217:676293>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-28**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Mihaela Milić

**Makrozoobentos kao biološki element za procjenu ekološkog stanja rijeka  
Lištice i Radobolje**

Diplomski rad

Zagreb, 2020.

Ovaj rad, izrađen je u Znanstveno-istraživačkom laboratoriju „Ruđer Bošković“ Fakulteta prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti Sveučilišta u Mostaru i u Laboratoriju za ekologiju životinja Zoologijskog zavoda, Biološkog odsjeka, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom prof. doc. dr. sc. Marije Ivković i izv. prof. dr. sc. Svjetlane Stanić-Koštroman, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra Znanosti o okolišu.

## ZAHVALE

*Zahvaljujem se mentorima, doc. dr. sc. Mariji Ivković i izv. prof. dr. sc. Svjetlani Stanić-Koštroman, na uloženom trudu, strpljivosti, vremenu i iznimnoj pomoći pri izradi ovog diplomskog rada. Zahvaljujem se i prof. Ani Buljubašić na pomoći u terenskom dijelu istraživanja ovoga rada.*

*Zahvaljujem se i svojim roditeljima i obitelji koji su mi omogućili ovaj studij.*

*Zahvaljujem se svojim prijateljima i momku, koji su tijekom studije uvijek bili uz mene.*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

### **Makrozoobentos kao biološki element za procjenu ekološkog stanja rijeka Lištice i Radobolje**

Mihaela Milić

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Makrozoobentos je zajednica koja predstavlja važnu komponentu unutar biocenoloških struktura i ciklusa hranjivih tvari te je važan dio hranidbenih lanaca tekućica. Svako onečišćenje voda djeluje na sastav i strukturu makrozoobentosa, zato je on dobar pokazatelj kvalitete vode. Cilj ovog istraživanja je analizirati sastav i strukturu zajednice makrozoobentosa rijeka Lištice i Radobolje i utvrditi njihovo ekološko stanje te dodatno utvrditi prostorne razlike unutar i između samih rijeka. Uzorci su prikupljeni kroz dvije sezone, proljeće/ljeto i ljeto/jesen i to na tri postaje na rijeci Lištici duž longitudinalnog profila Lištice i četiri postaje na rijeci Radobolji od izvora do ušća u rijeku Neretvu. U laboratoriju je izvršena izolacija i determinacija sakupljenih uzoraka makrozoobentosa te analiza zajednica makrozoobentosa. Dobiveni rezultati pokazuju visoko do dobro ekološko stanje rijeka Lištice i Radobolje. Veću raznolikost i brojnost makrozoobentosa pokazuje rijeka Radobolja zbog tipologije rijeke. Rijeka Lištica ima sličan sastav i strukturu makrozoobentosa dužinom cijelog toka, dok se na rijeci Radobolji ističu postaje R1 i R4, zbog toga što je R1 izvor rijeke s visokom kvalitetom vode, a R4 je postaja pod velikim antropogenim utjecajem. Biomonitoring ovih rijeka je važan i treba ga redovito provoditi jer se ove rijeke koriste za vodoopskrbu grada Mostara i Širokoga Brijega.

(41 stranica, 14 slika, 20 tablica, 43 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

**Ključne riječi:** indeks saprobnosti, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, sezonalnost

**Voditelj 1:** Doc. dr. sc. Marija Ivković

**Voditelj 2:** Dr. sc. Svjetlana Stanić-Koštroman, izv. prof

**Ocjenitelji:**

**Rad prihvaćen:**

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Graduation thesis

### **Macrozoobenthos as a biological element for assessing the ecological state of Lištica and Radobolja Rivers**

Mihaela Milić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Macrozoobenthos community represents an important component within biocenotic structures and nutrient cycles, and it is an important part of food webs in freshwaters. Any kind of pollution of freshwater affects the composition and structure of macrozoobenthos, so they are good indicators of water quality. The aim of this research is to determine the water quality status of the Lištica and Radobolja Rivers, based on the analysis of the composition and structure of the macrozoobenthos community and to determine the spatial differences between the sites in the rivers and among the rivers. Samples were collected through two seasons, spring / summer and summer / fall, at three sites in the Lištica River along the longitudinal profile, and at four sites in the Radobolja River from the source to the confluence with the Neretva River. In the laboratory isolation and identification of collected macrozoobenthos samples was conducted and the analysis of the macrozoobenthos community. The results obtained show the high to moderate ecological status of the Lištica and Radobolja rivers. The obtained results have shown the high ecological status of the rivers Lištica and Radobolja. The Radobolja River has shown the greater diversity and abundance of macrozoobenthos. The composition and structure of macrozoobenthos in Lištica River is similar at all sites. In the Radobolja River site R1, which is the spring is different from the sites R4 since this site is under great anthropogenic influence. Biomonitoring of these rivers is important and it needs to be regularly conducted because the Lištica and Radobolja Rivers are used for water supply of the cities Mostar and Široki Brijeg.

(41 pages, 14 figures, 20 tables, 43 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

**Key words:** Sapobric indeks, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, seasonality

**Supervisor 1:** Marija Ivković, Asst. Prof.

**Supervisor 2:** Svjetlana Stanić-Koštroman, Assoc. Prof.

**Reviewers:**

**Thesis accepted:**

# Sadržaj

1. UVOD .....	1
1.1. Kopnene vode i njihov biomonitoring.....	1
1.2 Makrozoobentos .....	3
1.3 Cilj istraživanja.....	4
2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA .....	5
2.1 Postaje na rijeci Lištici .....	6
2.1.1 Opis postaje L1.....	6
2.1.2 Opis postaje L2.....	7
2.1.3 Opis postaje L3.....	8
2.2 Postaje na rijeci Radobolji.....	10
2.2.1 Opis postaje R1 .....	11
2.2.2 Opis postaje R2 .....	11
2.2.3 Postaja R3.....	12
2.2.4 Opis postaje R4 .....	13
3. MATERIJALI I METODE .....	14
3.1 Metoda uzorkovanja.....	14
3.2 Laboratorijska obrada uzoraka .....	15
3.3 Analiza uzorka.....	15
4. REZULTATI.....	18
4.1 Fizikalno-kemijski parametri.....	18
4.2 Struktura zajednica makrozoobentosa na rijeci Lištici.....	21
4.3 Struktura zajednica makrozoobentosa na rijeci Radobolji .....	24
4.4 Procjena ekološkog stanja .....	29
4.4 Usporedba zajednica makrozoobentosa rijeka Lištice i Radobolje.....	29
5. RASPRAVA.....	32
6. ZAKLJUČAK .....	36
7. LITERATURA.....	37
8. ŽIVOTOPIS .....	41

# 1. UVOD

## 1.1. Kopnene vode i njihov biomonitoring

Voda je temeljni prirodni resurs i predstavlja osnovu života. Od ukupne količine vode na Zemlji na slanu otpada 97%, a na slatku 2,4%. Najveći dio slatke vode se pojavljuje kao led na polovima, u glečerima ili u zamrznutom tlu (Tablica 1) (Vučijak i sur. 2011, Wetzel 1983).

Tablica 1. Količine vode u biosferi (Wetzel 1983)

<b>Komponenta biosfere</b>	<b>Zapremina (1000 km<sup>3</sup>)</b>	<b>% od ukupne količine</b>	<b>Vrijeme zadržavanja</b>
Oceani	1 370 000	97,61	3 100 godina
Polarni led, glečeri	29 000	2,08	16 000 godina
Podzemna voda	4 000	0,29	300 godina
Slatkovodna jezera	125	0,009	1-100 godina
Slana jezera	104	0,008	10-1000 godina
Vlaga u tlu	67	0,005	280 dana
Rijeke	1,2	0,00009	12-20 dana
Atmosferska vlaga	13	0,0009	9 dana

Kopnene vode imaju veliko značenje jer se koriste kao voda za piće, u kućanstvima i u industriji (Kerovec 1986). Samo mali dio slatke vode, oko 0,3%, stoji na raspolaganju kao voda za piće (Vučijak i sur. 2011). Zbog povećanja broja stanovništva, industrijalizacije i urbanizacije sve je veća opterećenost kopnenih voda, a ovi ekosustavi su među najugroženijim na svijetu (Dudgeon i sur. 2006). Zbog njihove zaštite, kao i zaštite ljudskog zdravlja potreban je redoviti biomonitoring kopnenih voda.

Monitoring voda označava programirani proces uzimanja uzoraka, analiziranja, zapisivanja i razmjene podataka o značajkama voda (Margeta i Fistanić 2000). Monitoring se provodi s ciljem utvrđivanja stanja voda, odnosno eventualnih odstupanja od dozvoljenih graničnih vrijednosti (Ziglio i sur. 2008).

Glavni cilj biomonitoringa je da se pravovremeno i učinkovito uklone neželjene posljedice onečišćenja vodenih ekosustava. Praćenje stanja kvalitete voda obavlja se na



određenim mjernim profilima, prema metodologiji koja je usklađena s postojećim Zakonom o vodama („Službene novine Federacije BiH”, broj 70/06.) i Okvirnom direktivom o vodama (WFD – 200/60/EC). Monitoring voda temelji se na klasifikaciji njihova ekološkoga i kemijskoga stanja. Ekološko stanje površinskih voda odražava kvalitetu strukture i funkcija ekosustava na temelju:

- bioloških elemenata, poput brojnosti i raznolikosti vodnih organizama
- hidro-morfoloških elemenata koji podržavaju biološke elemente, kao što su dinamika toka, dubina i slično
- fizikalno-kemijskih elemenata koji podržavaju biološke elemente, primjerice temperaturni režim, koncentracija kisika, salinitet i drugo (Herceg i sur. 2019).

Jedan od ciljeva upravljanja vodama propisan Zakonom o vodama je postizanje i očuvanje dobrog ekološkog stanja voda. Ocjenjivanje ekološkog stanja voda predstavlja mjerenje promjene stanja i funkcije ekosustava u odnosu na prirodno, odnosno referentno. U odnosu na veličinu promjene razvrstava se u jednu od pet kategorija ekološkog stanja. Pet kategorija ekološkog stanja i njihove oznake po bojama prikazane su u Tablici 2 (Herceg i sur. 2019).

Tablica 2. Kategorije ekološkog stanja (Herceg i sur. 2019)

Kategorija ekološkog stanja	Boja
Vrlo dobro	Plava
Dobro	Zelena
Umjereno	Žuta
Loše	Narančasta
Vrlo loše	Crvena

Za ocjenu stanja tijela površinske vode na temelju bioloških elemenata kakvoće primjenjuju se omjeri ekološke kakvoće (OEK) svakog biološkog elementa. Biološki elementi koji se koriste za procjenu kvalitete površinske vode prikazani su u Tablici 3 (Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće 2016).

Tablica 3. Biološki elementi kvalitete za površinske vode (Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće 2016).

<b>Rijeke</b>	<b>Jezer</b>	<b>Prijelazne vode</b>	<b>Priobalne vode</b>
Fitobenstos	Fitoplankton	Fitoplankton	Fitoplankton
Makrozoobentos	Fitobentos	Makrofita	Makroalge
Makrofita	Makrozoobentos	Makrozoobentos	Makrofita
Ribe	Makrofita	Ribe	Makrozoobentos
	Ribe		

## 1.2 Makrozoobentos

Makrozoobentos je zajednica makroskopskih beskralješnjaka koji naseljavaju životno područje dna vodenih ekosustava (Rosenberg 1992). Veličine su od 200 do 500  $\mu\text{m}$ . Najveći broj vodenih beskralješnjaka su kukci koji su vezani za vodena staništa preko stadija ličinke, a odrasle jedinke žive na kopnu (npr. dvokrilci, vodencvjetovi, vretenca, obalčari, tulari). Bez obzira na njihovu ulogu u vodenim ekosustavima, samo rijetki predstavnici provedu cijeli svoj život u vodi (npr. kornjaši) (Giller i Malmqvist 1998). Njihov prostorni raspored i sastav određuje niz abiotičkih (npr. koncentracija kisika, temperatura, pH vrijednost, električna vodljivost, podloga itd.) i biotičkih čimbenika (npr. predatorstvo, interspecijska i intraspecijska kompeticija) (Trichkova i sur. 2013).

Jedan od pet bioloških elemenata kvalitete vode na temelju kojeg se određuje ekološko stanje površinskih voda je makrozoobentos. Makrozoobentos predstavlja važan dio hranidbenih lanaca i jedan je od ključnih bioloških elemenata kvalitete u ocjeni ekološkog stanja tekućica. Zbog relativno dugog životnog vijeka i ograničene pokretljivosti, veće ili manje promjene ekoloških uvjeta u okolišu, primjerice promjena fizikalnih svojstava vode (brzina strujanja vode, temperatura, svjetlo), kemijskih svojstava vode (količina hranjivih tvari, kisika i ugljikovog dioksida), te sezonske i dnevne promjene režima protoka vode imaju za posljedicu promjenu u kvalitativnoj i kvantitativnoj strukturi zajednice. Pogodan je za korištenje jer ih se može relativno lagano sakupiti s relativno dostupnom opremom. Taksonomija većine skupina je dobro poznata, ključevi za determinaciju su dostupni, a razvijene su i mnoge metode za analizu podataka. Također je odgovor na različite vrste onečišćenja poznat kod većine uobičajenih vrsta (Rosenberg i Resh 1993).

### **1.3 Cilj istraživanja**

Ciljevi istraživanja ovoga rada su analizirati sastav zajednice makrozoobentosa rijeka Lištice i Radobolje te usporediti sastav i strukturu zajednica i utvrditi prostorne razlike zajednice makrozoobentosa istraživanih rijeka. Na temelju kvalitativnog i kvantitativnog sastava zajednica makrozoobentosa utvrditi ekološko stanje rijeka Lištice i Radobolje i usporediti abiotičke čimbenike sa zajednicama makrozoobentosa te utvrditi njihovu povezanost.

## 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Rijeke Lištica i Radobolja pripadaju slivu Jadranskog mora te neposrednom slivu rijeke Neretve, čije su desne pritoke. Prema svome postanku, izgledu pojedinih reljefnih elemenata, obliku, dužini i geografskom položaju ovo slivno područje predstavlja tipično krško područje. Područje je izgrađeno od pretežno karbonatnih stijena u kojima prevladavaju dobro propusni vapnenci nad slabije propusnim dolomitima (Stanić-Koštroman i sur. 2016).

Prema metodologiji propisanoj Okvirnom direktivom o vodama za sve površinske vodne cjeline određuje se kategorizacija (rijeke, jezera, prijelazne vode i priobalne vode) i tipologija, što se definira temeljem abiotičkih i biotičkih pokazatelja. Tipovi tekućica na području sliva Jadranskog mora u Federaciji Bosne i Hercegovine (FBiH) određeni su temeljem obveznih (intervali visina, veličina sliva, litološka podloga i pripadnost ekoregiji) i izbornih (stalnost toka, protok, nagib korita i veličina supstrata) abiotičkih pokazatelja. Na vodnom području Jadranskog mora u FBiH određeno je 10 tipova i 14 podtipova površinskih voda tekućica i to temeljem navedenih abiotičkih, fizikalno-kemijskih i bioloških značajki. Nazivi i brojčane oznake tipova i podtipova tekućica definirani su Odlukom o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uvjetima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoringu voda (Službene novine Federacije BiH, br. 01/14).

Prema navedenoj klasifikaciji vodenih tipova tekućica, tokovi Lištice i Radobolje pripadaju dinarskoj submediteranskoj ekoregiji.

Lištica je krška rijeka, kojoj gornji tok spada u tip 10, tip malih, srednjih i velikih brdskih tekućica, a podtip 10a (male i srednje velike brdske tekućice na karbonatnoj podlozi), ostali dio toka do ponora u Mostarskom blatu pripada tipu 11 (malim, srednje velikim i velikim brdskim tekućicama krških polja) i podtipu 11a (malim, srednje velikim i velikim brdskim tekućicama krških polja na karbonatnoj podlozi).

Rijeka Radobolja cijelom duljinom toka pripada tipu 12 (malim i srednje velikim nizinskim tekućicama) i podtipu 12a (malim i srednje velikim nizinskim tekućicama na karbonatnoj podlozi).

## 2.1 Postaje na rijeci Lištici

Veličina sliva rijeke Lištice iznosi od 100 do 1 000 km<sup>2</sup>, nadmorska visina od 200 do 500 metara nadmorske visine (n. m.), protok je manji od 2 m<sup>3</sup>/s.

Na rijeci Lištici uzorkovali smo duž longitudinalnog profila na tri postaje od izvora do ponora, a to su: izvor rijeke Lištice (L1), tok rijeke nizvodno od grada Širokog Brijega (L2) i lokacija Lištica-Crnašnica (L3). Inače se radi i postaja L4, to je donji dio toka rijeke Lištice u Mostarskom blatu, ali nije rađeno radi izgradnje akumulacije i HE Mostarsko blato (slika 1).



Slika 1. Prikaz istraživanih postaja na rijeci Lištici

### 2.1.1 Opis postaje L1

Mandića vrilo je jedan od izvora rijeke Lištice i predstavlja postaju L1 (slika 2). Postaja je smještena na 297 metara nadmorske visine (n. m.) i na koordinatama N 43°23' 46,9" i E 017°35'47,9". Koordinate za ovu kao i sve ostale postaje su izmjerene GPS uređajem Garmin eTrex Vista CX. Voda izvire iz jako razlomljenih vapnenačkih stijena, obraslih mahovinom. Vrelo rijetko presuši, ali u ljetnim mjesecima razina vode naglo opada.



Slika 2. Postaja L1, izvor Mandića vrilo (foto: Mihaela Milić, 1.10.2019.)

### **2.1.2 Opis postaje L2**

Ova postaja nalazi se nizvodno od grada Širokog Brijega, ispod mosta na prometnici Mostar - Široki Brijeg M6.1 (slika 3). Koordinate postaje su N 43°22' 28,2" i E 017°35'50,5", a nadmorska visina 251 metar n. m. Na ovoj postaji se vidi antropogeni utjecaj. Postaja se nalazi blizu prometnice i velik negativan utjecaj na vodu ima ispiranje oborinskih voda s ceste. Također postaja se nalazi nizvodno od grada Širokog Brijega tako da se na ovom mjestu ulijevaju i gradske otpadne vode.

Slika 3. Postaja nizvodno od grada Širokog Brijega (foto: Mihaela Milić, 1.10.2019.)

### **2.1.3 Opis postaje L3**

Postaja L3 je smještena u krškom polju, Mostarskom blatu (slika 4 i slika 5). Nalazi se na nadmorskoj visini od 231 metar n. m. i koordinatama N 43°21' 11,8" i E 017°40'32,8".

Također je na ovoj postaji uočljiviji antropogeni utjecaj. Na postaji je izgrađena brana visine oko 50 cm, te se površine tla okolo vode koriste u poljoprivredne svrhe i uzgoj životinja.



Slika 4. Postaja L3 na lokaciji Lištica-Crnašnica (foto: Mihaela Milić, 1.10.2019.)



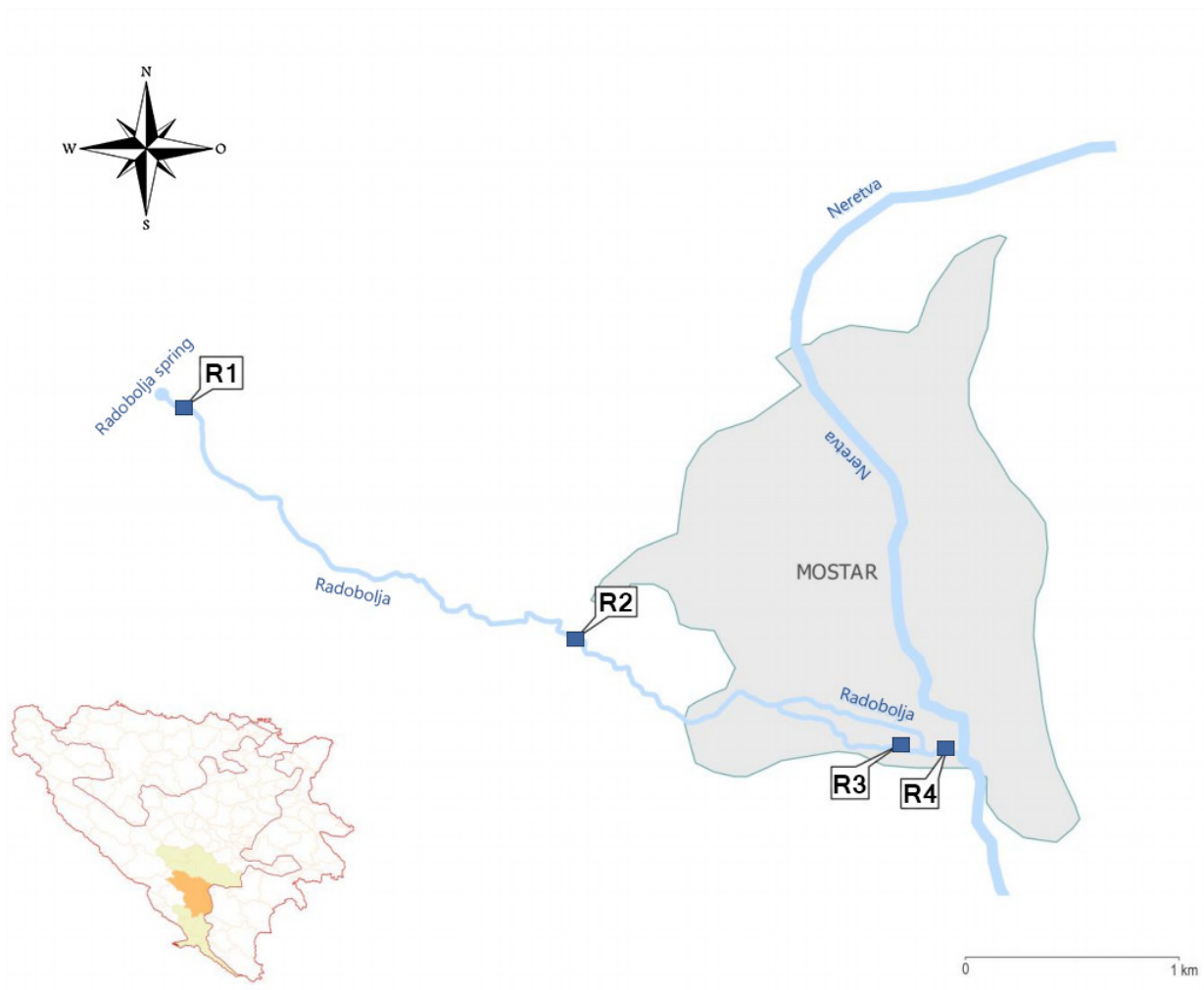
Slika 5. Postaja L3 na lokaciji Lištica-Crnašnica (foto: Ana Buljubašić, 1.10.2019.)



## 2.2 Postaje na rijeci Radobolji

Veličina sliva rijeke Radobolje iznosi od 10 do 100 km<sup>2</sup>, nadmorska visina je manja od 200 metara, a protok iznosi od 2 do 20 m<sup>3</sup>/s. Radobolja izvire u naselju Ilići u okolici Mostara. Sam izvorišni dio zaštićen je i ograđen te nedostupan, a pod vlasništvom je Javnog poduzeća Vodovod Mostar. Dalje Radobolja protječe kroz zapadni dio grada Mostara (naselje Bare) i ulijeva se u rijeku Neretvu ispod Starog mosta.

Četiri postaje na kojima smo uzimali uzorke od izvora do ušća su sljedeće: izvor rijeke Radobolje (R1), naselje Bare (R2), ispod mosta u gradskom naselju Mostara (R3) i ušće rijeke Radobolje u rijeku Neretvu (R4) (slika 6).



Slika 6. Prikaz postaja na rijeci Radobolji

### 2.2.1 Opis postaje R1

Izvor rijeke Radobolje formiran je od propusnih stijena krško-pukotinske poroznosti, a to su vapnenci jure, krede i paleogena (slika 7). Vrelo Radobolje ima velike oscilacije u izdašnosti, a to u  $Q_{\min} : Q_{\pi} : Q_{\max} = 0,22 : 3,03 : 10,0 \text{ m}^2/\text{s}$  (Slišković 2014). Postaja R1 smještena je na visini od 92 metra n. m., na koordinatama N 43°21' 15,8" i E 017°45'36,0".



Slika 7. Postaja R1 (izvor Radobolje) (foto: Ana Buljubašić, 25.9.2019.)

### 2.2.2 Opis postaje R2

Postaja R2 nalazi se u naselju Bare u gradu Mostaru (slika 8). Nalazi se na nadmorskoj visini od 76 metara n. m. i koordinatama N 43°20'28,2" te E 17°47'83,2". Na ovoj postaji se vidi utjecaj čovjeka tj. antropogeni utjecaj u vidu eksploatacije šljunka, korištenja vode za navodnjavanje okolnih poljoprivrednih površina, te dolazi do degradacije ovoga područja toka rijeke Radobolje.



Slika 8. Postaja R2, Radobolja u naselju Bare (foto: Ana Buljubašić 25. 9. 2019.)

### **2.2.3 Postaja R3**

Postaja se nalazi na križanju Bulevara s Oneščukovom ulicom na nadmorskoj visini od 62 metra n. m. i koordinatama N 43°20'13,5" i E 17°48'38,9" (slika 9). Na ovom dijelu rijeke Radobolje vidi se utjecaj otpadnih voda s prometnica.



Slika 9. Postaja R3, gradsko naselje (foto: Ana Buljubašić, 25. 9. 2019.)

#### 2.2.4 Opis postaje R4

Postaja R4 predstavlja ušće rijeke Radobolje u Neretvu ispod Starog mosta (slika 10). Nalazi se na visini od 53 metra n. m. i koordinatama N 43°20'12,3" i E 17°48'52,8". Postaja je pod utjecajem kanalizacije, tj. otpadnih voda iz kućanstava i ostalih građevinskih objekata.



Slika 10. Postaja R4, ušće Radobolje u Neretvu (Stanić-Koštroman i sur. 2016)

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1 Metoda uzorkovanja

Istraživanje provedeno u sklopu ovoga diplomskog rada sastojalo se od terenskih i laboratorijskih istraživanja. Na terenu se makrozoobentos uzorkovao ručnom bentos mrežom tj. Surberovom mrežom, veličine oka 150  $\mu\text{m}$ , površine 0,1  $\text{m}^2$ . Uzorci su prikupljeni kroz dvije sezone proljeće/ljeto i ljeto/jesen. Uzorkovanje makrozoobentosa uključuje kretanje kroz vodu gdje uvjeti to omogućuju i cik-cak prikupljanje makrozoobentosa uzvodno dužinom transekta. Na svakoj mjernoj postaji (lokaciji) uzeli smo deset poduzorka s različitih mikrostaništa. Nakon uzorkovanja svaki je uzorak pomoću kante i bentos mreže dekantiran kako bi se smanjio volumen sedimenta, te je uklonjeno veliko kamenje. Prikupljeni uzorci su stavljani u plastične bočice širokog grla i konzervirani s 4% formaldehidom. Unutar i s vanjske strane svake bočice stavljene su etikete s podacima o postaji i datumu uzorkovanja.

Na terenu su mjereni i fizikalno-kemijski parametri i to: temperatura vode ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH vrijednost, salinitet, električna vodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) i električni potencijal (mV). Vrijednosti pH mjereni su terenskim pH-metrom HANNA HI 98127, dok su temperatura, električna vodljivost, salinitet i električni potencijal u vodi mjereni na terenu terenskim mjeračem WTW Cond 3110.



Slika 11. Prikaz mjerenja fizikalno-kemijskih parametara (foto: Mihaela Milić, 1.10.2019.)

### 3.2 Laboratorijska obrada uzoraka

Poslije terenskih uslijedila su laboratorijska istraživanja koja su provedena u znanstveno-istraživačkom laboratoriju „Ruđer Bošković“ Fakulteta prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti Sveučilišta u Mostaru i Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

U laboratoriju se prvo pristupilo izolaciji makrozoobentosa iz uzoraka. Izolacija uzoraka radila se tako da se dio po dio uzorka prebacivao u petrijevu zdjelicu i promatrao pod lupom. Sve pronađene jedinke odvojene su u posebne posudice s 80%-nim etanolom. Na posudici se nalazi etiketa s oznakom naziva postaje i datuma uzorkovanja.

Nakon izolacije rađena je determinacija svake skupine do najmanje moguće taksonomske razine. Determinacija se radi pomoću različitih determinacijskih ključeva pregledavajući jedinke ispod stereolupe Olympius SZX10. Ključevi koji su se koristili prilikom determinacije su bili: Belifore (1983), Consiglio (1980), Nilsson (1996, 1997), Pflieger (1999), Waringer i Graf (2011). Svi uzorci su konzervirani u 80% etilnom alkoholu i pohranjeni u zoološku zbirku Fakulteta prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti Sveučilišta u Mostaru.

### 3.3 Analiza uzorka

Za analizu uzoraka podatci dobiveni izolacijom i determinacijom u laboratoriju prvo su uneseni u Microsoft excel tablice, i to razvrstani prema lokaciji i datumu uzorkovanja i taksonomskim kategorijama.

Za procjenu ekološkog stanja i opterećenosti organskim onečišćenjem vodenih ekosustava korišten je: Pantle-Buck indeks saprobnosti (S) (Pantle-Buck 1955), koji se temelji na činjenici da svako onečišćenje vodenih tokova utječe na sastav i strukturu zajednica makrozoobentosa, pri čemu se promjene očituju prvenstveno u smanjenoj brojnosti ili nestanku vrsta osjetljivih na onečišćenje (osobito obalčara, vodencvjetova i tulara), te povećanoj brojnosti tolerantnih vrsta. Indeks saprobnosti izračunat je prema formuli:

$$S = \frac{\sum hs}{\sum h}$$

gdje je: S – indeks saprobnosti

s – saprobna vrijednost svojte

h – relativna brojnost svojte prema Russevu (1993)

Saprobna vrijednost svojte određena je prema Moogu (2002) i Schmidt-Kloiber i Hering (2015). Kategorija kakvoće vode određena je prema Liebmannu (1962) i nalazi se u Tablici 4..

Tablica 4. Kakvoća vode prema indeksu saprobnosti (Liebmann 1962)

<b>SAPROBIOLOŠKO OBILJEŽJE</b>	<b>INDEKS SAPROBNOSTI</b>	<b>BONITET</b>	<b>OPIS VODENOG BIOTOPA</b>
Oligosaprobno	1,00 - 1,50	I	Neopterećen ili veoma malo opterećen
Oligo do $\beta$ - mezosaprobno	1,51 - 1,80	I-II	Malo opterećen
$\beta$ – mezosaprobno	1,81 - 2,30	II	Umjereno opterećen
$\beta$ do $\alpha$ - mezosaprobno	2,31 - 2,70	II-III	Srednje opterećen
$\alpha$ – mezosaprobno	2,71 - 3,20	III	Srednje do jako opterećen
$\alpha$ do polisaprobno	3,21 - 3,50	III-IV	Opterećen
Polisaprobno	3,51 - 4,00	IV	Jako opterećen

Odlukom o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uvjetima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoringu voda određeni su referentni uvjeti za klasifikaciju ekološkog stanja i dopuštene granične vrijednosti parametara kemijske kvalitete za klasifikaciju kemijskog stanja vodnog tijela površinskih voda. Vrijednosti indeksa saprobnosti za ocjenu ekološkog stanja vodnih tijela površinskih voda prema tipu vodnog tijela prikazane su u Tablicama 5, 6 i 7.

Tablica 5. Vrijednosti bioloških parametara ocjene ekološkog stanja za rijeke za Tip 10a

Ocjena stanja	Visoko	Dobro	Umjereno	Slabo	Loše
Indeks saprobnosti	<1,50	1,51 – 1,95	1,96 – 2,60	2,61 – 3,20	>3,20

Tablica 6. Vrijednosti bioloških parametara ocjene ekološkog stanja za rijeke za Tip 11a

Ocjena stanja	Visoko	Dobro	Umjereno	Slabo	Loše
Indeks saprobnosti	<1,55	1,56 – 2,05	2,06 – 2,75	2,76 – 3,30	>3,30

Tablica 7. Vrijednosti bioloških parametara ocjene ekološkog stanja za rijeke za Tip 12a

Ocjena stanja	Visoko	Dobro	Umjereno	Slabo	Loše
Indeks saprobnosti	<1,80	1,81 – 2,10	2,11 – 2,70	2,71 – 3,20	>3,20

Usporedba sastava i strukture makrozoobentosa između rijeka provedena je klaster analizom i ordinacijskom metodom ne-metričkog multidimenzionalnog skaliranja (nMDS) svih uzoraka. Matrica sadrži vrijednosti Bray - Curtisovog indeksa sličnosti izračunatog iz logaritamski transformirane gustoće jedinki pojedinih svojti svih uzoraka. Analize su rađene pomoću računalnog paketa Primer 6.0 (Clarke i Gorley 2006, Clarke i Warwick 2010).



## 4. REZULTATI

### 4.1 Fizikalno-kemijski parametri

Vrijednosti fizikalno-kemijskih parametara prikazane su u dvije tablice, za obje rijeke. Na istraživanim postajama uz makrozoobentos mjereni su sljedeći fizikalno-kemijski parametri: temperatura vode, pH vrijednost, salinitet, električna vodljivost i električni potencijal. U tablici 8 prikazana je vrijednost svih nabrojanih parametara po postajama i sezonama za rijeku Lišticu.

Tablica 8. Fizikalno-kemijski parametri na postajama rijeke Lištice

Postaje	L1		L2		L3	
Datum	12.7.2019.	1.10.2019.	12.7.2019.	1.10.2019.	12.7.2019.	1.10.2019.
Parametri						
Temperatura (°C)	9	8,7	12,4	10	16,4	17,4
pH vrijednost	7,75	7,69	8,682	8,177	7,84	7,356
Salinitet	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
Električna vodljivost (μS/cm)	557	429	564	436	508	522
Električni potencijal (mV)	-41,2	-49,3	-94,9	-76,4	-49,2	-31,3

Na rijeci Radobolji je mjereno isti set fizikalno-kemijskih parametara, a njihove vrijednosti po postajama i sezonama su prikazane u tablici 9.

Tablica 9. Fizikalno-kemijski parametri na postajama rijeke Radobolje

Postaja	R1		R2		R3		R4	
Datum	16.7.2019.	25.9.2019.	16.7.2019.	25.9.2019.	16.7.2019.	25.9.2019.	16.7.2019.	25.9.2019.
Parametri								
Temperatura (°C)	11,1	13	15,4	15,8	16,1	15,6	15,2	16,8
pH vrijednost	8,18	8,207	8,599	8,096	8,78	7,822	8,433	7,915
Salinitet	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Električna vodljivost (µS/cm)	353	469	370	446	370	484	374	454
Električni potencijal (mV)	-66,8	-78,6	-91,2	-73,3	-91,2	-57,4	-81,6	-63,2

Referentne vrijednost fizikalno-kemijskih parametara određene su Odlukom o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uvjetima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoringu voda i prikazane su u tablicama 10, 11 i 12 za tri tipa rijeka (10a, 11 i 12a).

Tablica 10. Vrijednosti fizikalno-kemijskih parametara ocjene ekološkog stanja za rijeke za tip 10a

Parametar	Jedinice	Ocjena fizikalno-kemijskih parametara ekološkog stanja		
		Visoko	Dobro	Umjereno
Električna vodljivost	µS/cm	<450	450-500	>500
pH		7,4-8,5	7,4-7,0 8,5-9,0	<7 >9

Tablica 11. Vrijednosti fizikalno-kemijskih parametara ocjene ekološkog stanja za rijeke za tip 11

Parametar	Jedinice	Ocjena fizikalno-kemijskih parametara ekološkog stanja		
		Visoko	Dobro	Umjereno
Električna vodljivost	$\mu\text{S/cm}$	<450	450-600	>600
pH		7,4-8,5	7,4-7,0 8,5-9,0	<7 >9

Tablica 12. Vrijednosti fizikalno-kemijskih parametara ocjene ekološkog stanja za rijeke za tip 12a

Parametar	Jedinice	Ocjena fizikalno-kemijskih parametara ekološkog stanja		
		Visoko	Dobro	Umjereno
Električna vodljivost	$\mu\text{S/cm}$	<500	500-600	>600
pH		7,4-8,5	7,4-7,0 8,5-9,0	<7 >9

Usporedbom dobivenih rezultata fizikalno-kemijskih parametara s graničnim vrijednostima fizikalno-kemijskih parametara ocjene ekološkog stanja rijeke Lištica i Radobolja ocijenjene su visokim ekološkim stanjem. Na rijeci Lišticsi na svim postajama pH vrijednost je bila u rasponu od 7,4-8,5, osim na postaji L2 u srpnju, a iznosila je 8,682. Na rijeci Radobolji na svim postajama i svim sezonama pH vrijednost odgovarala je vrijednosti od 7,4-8,5 te označavala visoko ekološko stanje, samo postaje R2 i R3 u srpnju prema pH vrijednosti imale su dobro ekološko stanje.

Na svim postajama u obje sezone na rijeci Radobolji električna vodljivost bila je ispod 500  $\mu\text{S/cm}$  i pokazuje visoko ekološko stanje rijeke. Na rijeci Lišticsi najmanja vrijednost električne vodljivosti izmjerena je na postaji L1 u listopadu i iznosi 429  $\mu\text{S/cm}$ , a najveća na postaji L2 u srpnju i iznosi 564  $\mu\text{S/cm}$ .

## 4.2 Struktura zajednica makrozoobentosa na rijeci Lištici

Brojnost i struktura zajednica makrozoobentosa na rijeci Lištici prikazana je po postajama. U tablici 13 prikazana je brojnost svojti na postaji L1, izvoru rijeke Lištice, u dvije sezone proljeće/ljeto i ljeto/jesen. Na izvoru rijeke Lištice ukupno je uzorkovano 1659 jedinki makrozoobentosa i ukupno 14 svojti. Uočavamo velike razlike u brojnosti jedinki između dvije sezone. U sezoni proljeće/ljeto, točnije na dan 12. srpnja 2019. godine uzorkovano je 1313 jedinki, a u sezoni ljeto/jesen, točnije na dan 1. listopada 2019. godine 346 jedinki. Brojem uzorkovanih svojti dominira razred kukci (Insecta) unutar kojeg je najbrojniji red vodencvjetova (Ephemeroptera) s 430 jedinki, zatim slijede kornjaši (Coleoptera) s 423 jedinke, obalčari (Plecoptera) s 227 jedinki, tulari (Trichoptera) s 19 jedinki i dvokrilci (Diptera) s jednom jedinkom. Indeks saprobnosti na izvoru Lištice u sezoni proljeće/ljeto iznosi 1,50, a u sezoni ljeto/jesen iznosi 1,54.

Tablica 13. Kvalitativni i kvantitativni sastava zajednica makrozoobentosa na postaji Lištica izvor (L1)

Lištica izvor (L1)	12.7.2019.	1.10.2019.	Indikatorska vrijednost
<b>GASTROPODA</b>			
<i>Bithynia leachii</i> (Sheppard, 1823)	62	125	1,8
<b>CLITELLATA</b>			
<i>Erpobdella</i> sp.	2	1	3
<b>CRUSTACEA</b>			
<b>AMPHIPODA</b>			
<i>Gammarus balcanicus</i> Schäferna, 1922	299	70	1,2
<b>INSECTA</b>			
<b>COLEOPTERA</b>			
<i>Elmis</i> sp.	294	129	1,4
<b>DIPTERA</b>			
<b>Tipulidae</b>			
<i>Prionocera</i> sp.		1	
<b>EPHEMEROPTERA</b>			
<i>Baetis</i> sp.	348	10	
<i>Ecdyonurus venosus</i> (Fabricius, 1775)	49		1,2
<i>Serratella ignita</i> (Poda, 1761)	23		2,1
<b>PLECOPTERA</b>			
<i>Isoperla</i> sp.	218	4	1,6
<i>Nemoura</i> sp.	2	3	1,3
<b>TRICHOPTERA</b>			
<i>Glossosoma bifidum</i> McLachlan, 1879	2		0,7
<i>Odontocerum albicorne</i> (Scopoli, 1763)	11		1,2
<i>Polycentropus flavomaculatus</i> (Pictet, 1834)	2		2
<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859	1	3	1,2
<b>Ukupno</b>	<b>1313</b>	<b>346</b>	
<b>Indeks saprobnosti</b>	<b>1,5</b>	<b>1,54</b>	
<b>Klasa bonitete</b>	<b>I</b>	<b>I-II</b>	
<b>Ekološko stanje</b>	<b>visoko</b>	<b>dobro</b>	

Na postaji nizvodno od grada Širokog Brijega je ukupno uzorkovano 1385 jedinki i 19 svojti. Popis svojti i brojnost jedinki prikazana je u tablici 14. Veća brojnost jedinki zabilježena je u srpnju nego u listopadu. U srpnju je uzorkovano 713 jedinki a u listopadu 672 jedinke. Na postaji rijeke Lištice nizvodno od grada Širokog Brijega najveća brojnost otpada na razred kukaca (Insecta) s 674 jedinke, zatim slijedi razred rakova (Crustacea) s 498 jedinki, pa razred pojasnici (Clitellata) s 211 jedinki. Na ovoj postaji indeks saprobnosti u obje sezone iznosi 1,62.

Tablica 14. Kvalitativni i kvantitativni sastava zajednica makrozoobentosa na postaji Lištica nizvodno od grada Širokoga Brijega (L2)

Lištica nizvodno od grada Širokoga Brijega (L2)	12.7.2019.	1.10.2019.	Indikatorska vrijednost
<b>GASTROPODA</b>			
<i>Bithynia leachii</i> (Sheppard, 1823)		2	1,8
<b>CLITELLATA</b>			
<b>OLIGOCHAETA</b>	27	169	
<i>Erpobdella</i> sp.	6	9	3
<b>CRUSTACEA</b>			
<b>AMPHIPODA</b>			
<i>Gammarus balcanicus</i> Schäferna, 1922	217	281	1,2
<b>INSECTA</b>			
<b>COLEOPTERA</b>			
<i>Elmis</i> sp.	6	17	1,4
<b>DIPTERA</b>			
<b>Athericidae</b>			
<i>Ibisia marginata</i> (Fabricius, 1781)	16	7	1,9
<b>Chironomidae</b>			
Chironominae			
Chironomini		10	
Tanytarsini		1	
Orthocladiinae	1	43	
Tanypodinae		9	
<b>Limoniidae</b>	3		
<b>Simuliidae</b>			
<i>Simulium</i> sp.	2		
<b>EPHEMEROPTERA</b>			
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1843)	400	70	2,1
<i>Ecdyonurus venosus</i> (Fabricius, 1755)	17	1	1,2
<b>PLECOPTERA</b>			
<i>Isoperla</i> sp.	7	46	1,6
<b>TRICHOPTERA</b>			
<i>Glossosoma bifidum</i> McLachlan, 1879		1	0,7
<i>Odontocerum albicorne</i> (Scopoli, 1763)	2	2	1,2
<i>Rhyacophila</i> sp.		1	
<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859	9	3	1,2
<b>Ukupno</b>	<b>713</b>	<b>672</b>	
<b>Indeks saprobnosti</b>	<b>1,62</b>	<b>1,62</b>	
<b>Klasa bonitete</b>	<b>I-II</b>	<b>I-II</b>	
<b>Ekološko stanje</b>	<b>dobro</b>	<b>dobro</b>	

Na lokaciji Lištica-Crnašnica (L3) ukupno je uzorkovano 379 jedinki, a ukupan broj svojiti je 20 (tablica 15). Na ovoj postaji najviše je zatupljen razred rakova (Crustacea) s 180 jedinki, slijede kukci (Insecta) s 98, puževi (Gastropoda) s 87, te pojasnici (Clitellata) s 41 jedinkom. Indeks saprobnosti na lokaciji Lištica-Crnašnica (L3) u sezoni proljeće/ljeto iznosi 1,71, a u sezoni ljeto/jesen iznosi 1,69.

Tablica 15. Kvalitativni i kvantitativni sastava zajednica makrozoobentosa na postaji Lištica-Crnašnica (L3)

Lištica-Crnašnica (L3)	12.7.2019.	1.10.2019.	Indikatorska vrijednost
<b>GASTROPODA</b>			
<i>Bithynia leachii</i> (Sheppard, 1823)	6	81	1,8
<b>CLITELLATA</b>			
<b>OLIGOCHAETA</b>		37	
<i>Erpobdella</i> sp.		4	3
<b>CRUSTACEA</b>			
<b>AMPHIPODA</b>			
<i>Gammarus balcanicus</i> Schäferna, 1922	49	68	1,2
<b>ISOPODA</b>			
<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758) (krški tip)	38	25	1,6
<b>INSECTA</b>			
<b>MEGALOPTERA</b>			
<i>Sialis lutaria</i> (Linnaeus, 1758)	11		2,3
<b>COLEOPTERA</b>			
<i>Elmis</i> sp.	4		1,4
<i>Limnius</i> sp.		3	
<b>DIPTERA</b>			
<b>Chironomidae</b>			
Tanypodinae	2		
<b>Simuliidae</b>			
<i>Simulium</i> (Simulium) <i>bezzi</i> (Corti, 1914) (complex)	2		1,5
<i>Simulium</i> (Simulium) gr. <i>Ornatum</i> Meigen, 1818	7		2,4
<b>EPHEMEROPTERA</b>			
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1843)	21		2,1
<i>Ecdyonurus venosus</i> (Fabricius, 1775)	11		1,2
<i>Ephemera danica</i> Müller, 1764	2	1	1,8
<i>Serratella ignita</i> (Poda, 1761)	1		2,1
<i>Paraleptophlebia submarginata</i> (Stephens, 1835)	1		1,6
<b>PLECOPTERA</b>			
<i>Isoperla</i> sp.	1	1	1,6
<b>TRICHOPTERA</b>			
<i>Limnephilus</i> sp.	1		
<i>Odontocerum albicorne</i> (Scopoli, 1763)		1	1,2
<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859	1		1,2
<b>Ukupno</b>	<b>158</b>	<b>221</b>	
<b>Indeks saprobnosti</b>	<b>1,71</b>	<b>1,69</b>	
<b>Klasa bonitete</b>	<b>I-II</b>	<b>I-II</b>	
<b>Ekološko stanje</b>	<b>dobro</b>	<b>dobro</b>	

### 4.3 Struktura zajednica makrozoobentosa na rijeci Radobolji

Izvor rijeke Radobolje je zaštićeno područje koje se koristi za vodoopskrbu jednog dijela grada Mostara. Ukupna brojnost jedinki na izvoru Radobolje (R1) iznosi 2285, a broj svojiti je 14 (tablica 16). Najzastupljeniji razred su rakovi (Crustacea) s 2179 jedinki, slijedi razred kukaca (Insecta) s 104 jedinke. Od ukupnog broja jedinki 2285, vrsta *Gammarus balcanicus* Schäferna, 1922 ima 2179 jedinki, što je 95,36% od ukupnog broja jedinki. Znatna je razlika u broju jedinki između sezona, u srpnju je uzorkovano 486, a u listopadu 1799 jedinki. Indeks saprobnosti na izvoru rijeke Radobolje u sezoni proljeće/ljeto iznosi 1,32, a u sezoni ljeto/jesen 1,35.

Tablica 16. Kvalitativni i kvantitativni sastava zajednica makrozoobentosa na postaji Radobolja izvor (R1)

Radobolja izvor (R1)	16.7.2019.	25.9.2019.	Indikatorska vrijednost
<b>TURBELLARIA</b>			
<i>Schmidtea mediterranea</i> Benazzi, Baguna, Ballester, Puccinelli & Del Papa, 1975		1	
<b>GASTROPODA</b>			
<i>Ancylus fluviatilis</i> O.F. Müller, 1774	1		1,8
<b>CRUSTACEA</b>			
<b>AMPHIPODA</b>			
<i>Gammarus balcanicus</i> Schäferna, 1922	469	1710	1,2
<b>INSECTA</b>			
<b>COLEOPTERA</b>			
<i>Elmis</i> sp.	1	5	1,4
<i>Esolus angustatus</i> (Müller, 1821)	2		1,2
<b>DIPTERA</b>			
<b>Athericidae</b>			
<i>Ibisia marginata</i> (Fabricius, 1781)	3	19	1,9
<b>Chironomidae</b>			
Chironominae			
Chironomini		21	
Orthoclaadiinae		1	
<b>Tipulidae</b>	1		
<b>EPHEMEROPTERA</b>			
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1843)		3	2,1
<i>Ecdyonurus venosus</i> (Fabricius, 1775)	9	26	1,2
<b>PLECOPTERA</b>			
<i>Nemoura</i> sp.		6	1,3
<i>Perla marginata</i> (Panzer, 1799)		6	1,1
<b>TRICHOPTERA</b>			
<i>Rhyacophila</i> sp.		1	
<b>Ukupno</b>	<b>486</b>	<b>1799</b>	
<b>Indeks saprobnosti</b>	<b>1,32</b>	<b>1,35</b>	
<b>Klasa boniteta</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	
<b>Ekološko stanje</b>	<b>visoko</b>	<b>visoko</b>	

Sastav i brojnost zajednica makrozoobentosa postaje Radobolja Bare (R2) prikazana je u tablici 17. Ukupno je uzorkovano 1028 jedinki na drugoj postaji rijeke Radobolje, u gradskom naselju Bare, a broj svojti iznosi 27. Najveća brojnost na ovoj postaji pripada razredu kukaca (Insecta) s 924 jedinke, što od ukupnog broja jedinki iznosi 89,88%. Unutar razreda kukaca determinirana je 21 svojta, od kojih je najbrojniji red vodencvjetova (Ephemeroptera) s 437 jedinki, a slijedi ga red dvokrilaca (Diptera) s 433 jedinke. Na ovoj postaji dolazi do pojave krškog ili dinarskog tipa vrste *Asellus aquaticus* (Linnaeus, 1758) koja ima manju saprobnost od uobičajene svojte *Asellus aquaticus* po Schmidt-Klobeir i Hering (2015). Indeks saprobnosti u gradskom naselju Bare, nizvodno od izvora rijeke Radobolje u sezoni proljeće/ljeto iznosi 1,94, a u sezoni ljeto/jesen 1,88.

Zajednice makrozoobentosa u Radobolji ispod mosta u gradskom naselju (R3) grada Mostara, ispod prometnice Bulevar, prikazane su u tablici 18. Ukupan broj jedinki iznosi 675, a ukupan broj svojti 26. Velike su razlike u broju jedinki među sezonama, u srpnju je zabilježeno 216 jedinki, a u rujnu 459 jedinki. I na ovoj postaji dominira razred kukaca (Insecta) s 408 jedinki, što je 60,44% od ukupnog broja jedinki. Slijedi razred rakova (Crustacea) sa 183 jedinke, što je 27,11% od ukupnog uzorka. Indeks saprobnosti na ovoj postaji u sezoni proljeće/ljeto iznosi 2,0, a u sezoni ljeto/jesen 1,69.



Tablica 17. Kvalitativni i kvantitativni sastava zajednica makrozoobentosa na postaji Radobolja Bare (R2)

Radobolja Bare (R2)	16.7.2019.	25.9.2019.	Indikatorska vrijednost
<b>TURBELLARIA</b>			
<i>Dendrocoelum lacteum</i> (O.F. Müller, 1774)		11	
<i>Schmidtea mediterranea</i> Benazzi, Baguna, Ballester, Puccinelli & Del Papa, 1975	28	1	2,4
<b>GASTROPODA</b>			
<i>Ancylus fluviatilis</i> O.F. Müller, 1774		2	1,8
<b>CLITELLATA</b>			
<b>OLIGOCHAETA</b>	14	13	
<i>Erpobdella</i> sp.	4	11	3
<b>CRUSTACEA</b>			
<b>ISOPODA</b>			
<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758) (krški tip)		20	1,6
<b>INSECTA</b>			
<b>COLEOPTERA</b>			
<i>Brychius elevatus</i> (Panzer, 1793)		3	1,7
<i>Elmis</i> sp.		28	1,4
<i>Limnius</i> sp.	3	9	
<b>DIPTERA</b>			
<b>Athericidae</b>			
<i>Ibisia marginata</i> (Fabricius, 1781)		1	1,9
<b>Chironomidae</b>			
Chironominae			
Chironomini	4	8	
Tanytarsini	7	8	
Diamesinae	1	1	
Orthocladiinae	70	242	
Tanypodinae		1	
<b>Empididae</b>			
<i>Hemerodromia</i> sp.		1	
<b>Muscidae</b>			
<i>Limnophora</i> sp.		1	
<b>Pediciidae</b>	1		
<b>Simuliidae</b>			
<i>Simulium</i> ( <i>Simulium</i> ) <i>bezzi</i> (Corti, 1914) complex	9		1,5
<i>Simulium</i> ( <i>Eusimulium</i> ) <i>rubzovianum</i> Sherban, 1961	75		
<b>Tipulidae</b>			
<i>Tipula</i> sp.		4	
<b>EPHEMEROPTERA</b>			
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1843)	215	29	2,1
<i>Ecdyonurus venosus</i> (Fabricius, 1775)	9	29	1,2
<i>Serratella ignita</i> (Poda, 1761)	150	3	2,1
<i>Habrophlebia fusca</i> (Curtis, 1834)	2		1,5
<b>TRICHOPTERA</b>			
<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859	2	1	1,2
<i>Seristoma flavicorne</i> Schneider, 1845		4	1,6
<b>Ukupno</b>	<b>594</b>	<b>431</b>	
<b>Indeks saprobnosti</b>	<b>1,94</b>	<b>1,88</b>	
<b>Klasa bonitete</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	
<b>Ekološko stanje</b>	<b>dobro</b>	<b>dobro</b>	

Tablica 18. Kvalitativni i kvantitativni sastava zajednica makrozoobentosa na postaji Radobolja ispod mosta u gradskom naselju (R3)

Radobolja ispod mosta u gradskom naselju (R3)	16.7.2019.	25.9.2019.	Indikatorska vrijednost
<b>TURBELLARIA</b>			
<i>Schmidtea mediterranea</i> Benazzi, Baguna, Ballester, Puccinelli & Del Papa, 1975	5	2	
<b>GASTROPODA</b>			
<i>Ancylus fluviatilis</i> O.F. Müller, 1774	0	19	1,8
<b>CLITELLATA</b>			
<b>OLIGOCHAETA</b>	15	38	
<i>Erpobdella</i> sp.	1	4	3
<b>CRUSTACEA</b>			
<b>ISOPODA</b>			
<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758) (krški tip)	5	178	1,6
<b>INSECTA</b>			
<b>COLEOPTERA</b>			
<i>Brychius elevatus</i> (Panzer, 1793)	0	9	1,7
<i>Elmis</i> sp.	0	30	1,4
<i>Limnius</i> sp.	0	6	
<b>DIPTERA</b>			
Orthocladiinae	1	3	
Tanypodinae	0	1	
Pupe Chironomidae	1	0	
<b>Muscidae</b>			
<i>Limnophora</i> sp.	0	3	
<b>Simuliidae</b>			
<i>Simulium</i> ( <i>Simulium</i> ) gr. <i>ornatum</i> Meigen, 1818	31	0	2,4
<i>Simulium</i> ( <i>Eusimulium</i> ) <i>rubzovianum</i> Sherban, 1961	0	48	
<b>Stratiomyidae</b>			
<i>Oxycera</i> sp.	0	2	
<b>Tabanidae</b>	0	1	
<b>Tipulidae</b>			
<i>Tipula</i> sp.	0	3	
<b>EPHEMEROPTERA</b>			
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1843)	52	20	2,1
<i>Ecdyonurus venosus</i> (Fabricius, 1775)	3	80	1,2
<i>Serratella ignita</i> (Poda, 1761)	98	0	2,1
<b>PLECOPTERA</b>			
<i>Isoperla</i> sp.	0	2	1,6
<b>TRICHOPTERA</b>			
<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859	4	0	1,2
<i>Sericostoma flavicorne</i> Schneider, 1845	0	10	1,6
<b>Ukupno</b>	<b>216</b>	<b>459</b>	
<b>Indeks saprobnosti</b>	<b>2,0</b>	<b>1,69</b>	
<b>Klasa bonitete</b>	<b>II</b>	<b>I-II</b>	
<b>Ekološko stanje</b>	<b>dobro</b>	<b>visoko</b>	

Na ušću rijeke Radobolje u rijeku Neretvu (R4) je ukupno uzorkovano 769 jedinki i 19 svojti, što je prikazano u tablici 19. Najveća brojnost jedinki pripada razredu kukaca (Insecta) i to 83,22% od ukupnog broja jedinki. Razred kukaca mnogo je raznovrsniji u srpnju nego u

rujnu. U srpnju je ustanovljeno 12 svojiti, a u rujnu tri svojte. Unatoč tom podatku, brojnost razreda kukaca (Insecta) veća je u rujnu i iznosi 353 jedinice, a u srpnju iznosi 287 jedinki. Najbrojnija skupina je porodica reda dvokrilaca (Diptera) trzalci (Chironomidae) koji čine 55,47% ukupnog broja kukaca. Indeks saprobnosti na ušću rijeke Radobolje u rijeku Neretvu u sezoni proljeće/ljeto iznosi 1,96, a u sezoni ljeto/jesen 1,92.

Tablica 19. Kvalitativni i kvantitativni sastava zajednica makrozoobentosa na postaji Radobolja ušće u rijeku Neretvu (R4)

Radobolja ušće u rijeku Neretvu (R4)	16.7.2019.	25.9.2019.	Indikatorska vrijednost
<b>TURBELLARIA</b>			
<i>Schmidtea mediterranea</i> Benazzi, Baguna, Ballester, Puccinelli & Del Papa, 1975	9		
<b>GASTROPODA</b>			
<i>Ancylus fluviatilis</i> O.F. Müller, 1774		3	1,8
<i>Gyraulus</i> sp.		70	1,8
Physidae	1		
<b>CLITELLATA</b>			
<b>OLIGOCHAETA</b>	28		
<i>Erpobdella</i> sp.	3	4	3
<b>ISOPODA</b>			
<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758) (krški tip)	8	3	1,6
<b>INSECTA</b>			
<b>COLEOPTERA</b>			
<i>Limnius</i> sp.	1		
<i>Elmis</i> sp.	1		1,4
<b>DIPTERA</b>			
<b>Chironomidae</b>			
Chironominae			
Chironomini	8	347	
Tanytarsini	2		
Orthoclaadiinae	28	1	
<b>Pediciidae</b>	2		
<b>Simuliidae</b>			
<i>Simulium</i> (Simulium) gr. <i>ornatum</i> Meigen, 1818	5		2,4
<b>Tabanidae</b>	1		
<b>EPHEMEROPTERA</b>			
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1843)	161		2,1
<i>Ecdyonurus venosus</i> (Fabricius, 1775)	7	5	1,2
<i>Serratella ignita</i> (Poda, 1761)	69		2,1
<b>TRICHOPTERA</b>			
<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859	2		1,2
<b>Ukupno</b>	<b>336</b>	<b>433</b>	
<b>Indeks saprobnosti</b>	<b>1,96</b>	<b>1,92</b>	
<b>Klasa boniteta</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	
<b>Ekološko stanje</b>	<b>dobro</b>	<b>dobro</b>	

#### 4.4 Procjena ekološkog stanja

U tablici 20 prikazano je ekološko stanje istraživanih postaja rijeke Lištice i Radobolje prema sezonama. Plava boja označava visoko ekološko stanje, a zelena dobro ekološko stanje.

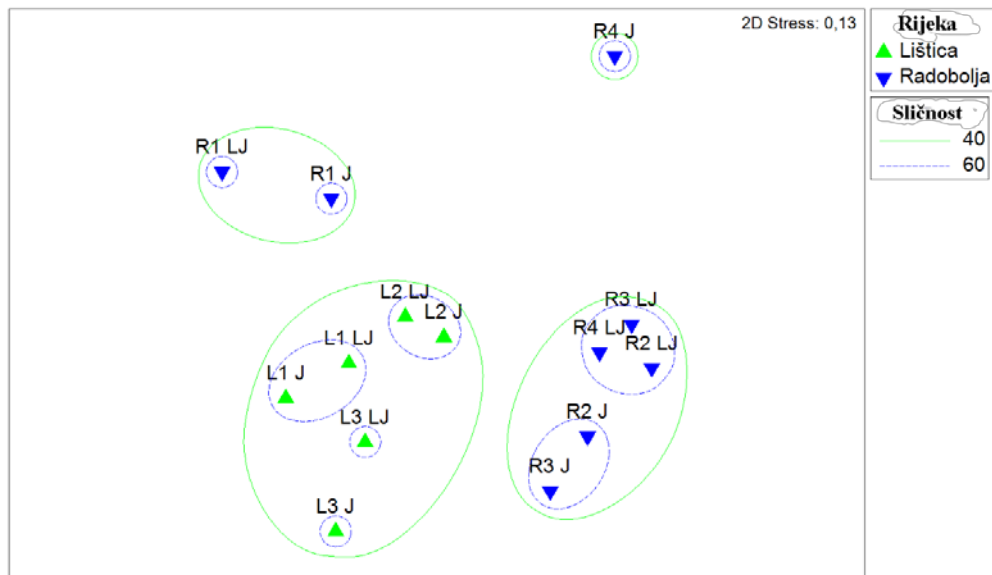
Tablica 20. Procjena ekološkog stanja rijeke Lištice i Radobolje po postajama u sezonama

(L1 – Lištica izvor, L2 – Lištica nizvodno od grada Širokoga Brijega, L3 – Lištica-Crnašnica; R1 – Radobolja izvor, R2 – Radobolja Bare, R3 – Radobolja ispod mosta u gradskom naselju, R4 – ušće Radobolje u rijeku Neretvu)

Postaja	Proljeće/ljeto	Ljeto/jesen
L1	1,50	1,54
L2	1,62	1,62
L3	1,71	1,69
R1	1,32	1,35
R2	1,94	1,88
R3	2,00	1,69
R4	1,96	1,92

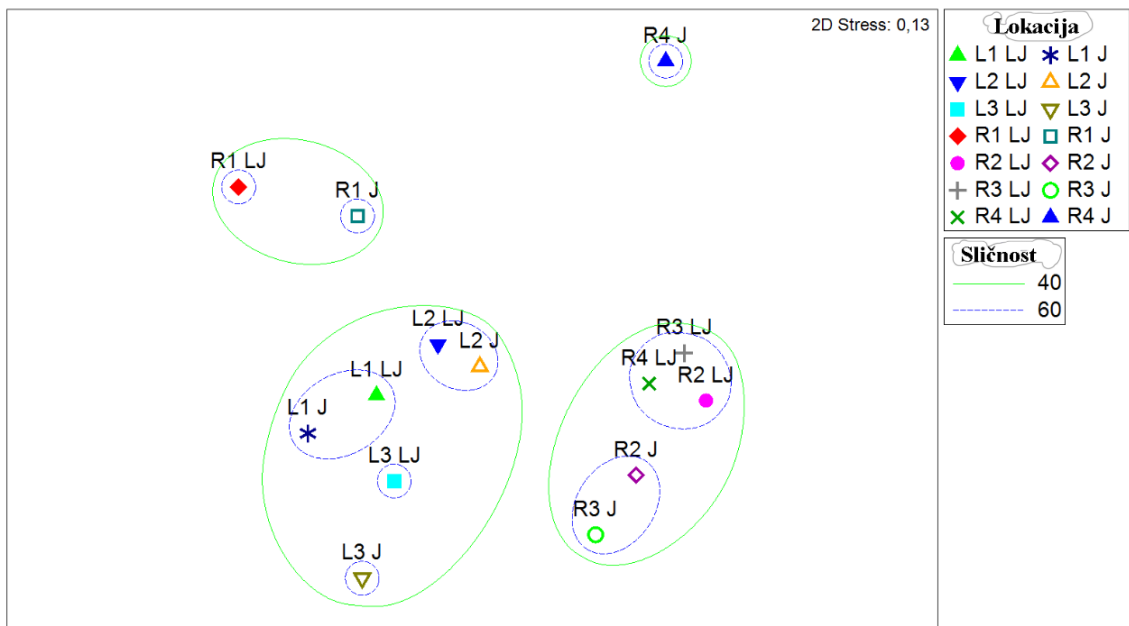
#### 4.4 Usporedba zajednica makrozoobentosa rijeka Lištice i Radobolje

Jedan od ciljeva rada je analizirati sastav zajednice makrozoobentosa rijeka Lištice i Radobolje te usporediti sastav i strukturu zajednica i utvrditi prostorne razlike u sastavu i strukturi zajednice makrozoobentosa istraživanih rijeka. Za usporedbu sastava zajednica makrozoobentosa između rijeka, i za svaku rijeku zasebno korištena je metoda ne-metričkog multidimenzionalnog skaliranja (nMDS) svih uzoraka. Na slici 12 grafički je prikazana nMDS analiza usporedbe postaja rijeka Lištice i Radobolje temeljem svih zabilježenih svojti. Odmah se uočava razdvajanje između rijeka temeljem sastava zajednice makrozoobentosa. Veliko odstupanje se jasno vidi na rijeci Radobolji za postaje R1 u obje sezone i R4 u sezoni ljeto/jesen za razliku od ostalih postaja rijeke Radobolje, kojima je postotak sličnosti 40%. Sve postaje u obje sezone rijeke Lištice grupirane su prema postotku sličnosti od 40%.



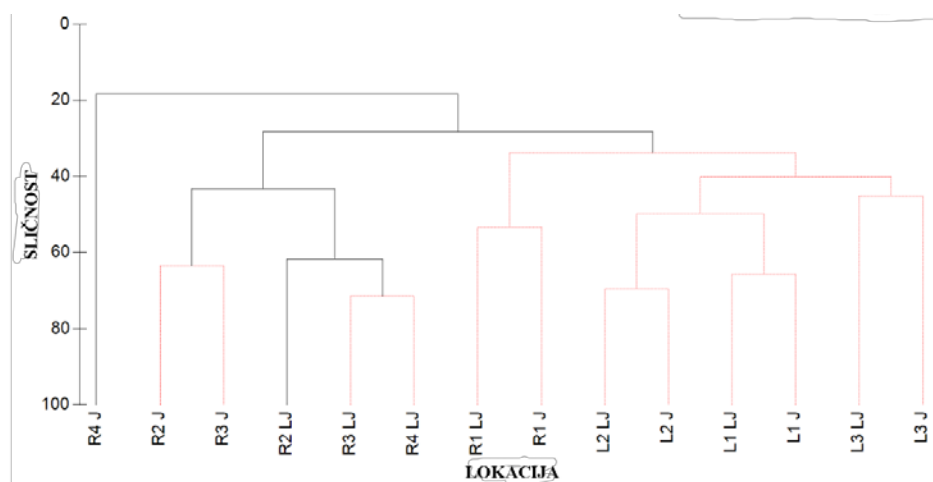
Slika 12. Grafički prikaz nMDS analize usporedbe rijeka Lištice i Radobolje temeljem svih uzorkovanih svojti

Na slici 13 prikazana je nMDS analiza usporedbe svih lokacija rijeke Lištice i Radobolje temeljem makrozoobentosa. Na rijeci Lištici uočljiva je razlika sastava makrozoobentosa prema sezonama na lokaciji L3, dok se prema sezonama proljeće/ljeto i ljeto/jesen na lokacijama L1 i L2 sastav makrozoobentosa poklapa s 60% sličnosti. Na rijeci Radobolji uočene su veće oscilacije. Na postaji R1 sezonski sastav makrozoobentosa ima sličnost 40%. Sličnost sastava makrozoobentosa od 60% grupirala se na postajala R2 i R3 u listopadu, te R2, R3 i R4 u srpnju. Nešto veća razlika u sastavu i brojnosti makrozoobentosa vidljiva je na lokaciji R3 uspoređujući sezone, a velika sezonska razlika makrozoobentosa uočava se na lokaciji R4.



Slika 13. Grafički prikaz nMSD analize usporedbe svih lokacija rijeke Lištice i Radobolje temeljem makrozoobentosa

Klaster analizom sličnosti dolazimo do zaključka kako postoji znatna razlika po sastavu i strukturi makrozoobentosa između rijeka Lištice i Radobolje što se vidi na slici 14. Ali postoji dosta sličnosti u sastavu i brojnosti makrozoobentosa dužinom toka rijeke Lištice do ponora, pa tako i u sastavu i brojnosti makrozoobentosa longitudinalnom dužinom toka rijeke Radobolje, osim postaje R4 u listopadu koja se izdvaja od svih postaja obadvije rijeke. Antropogeni utjecaj je veći na postajama R2, R3 i R4 u odnosu na ostale postaje, što je vidljivo i iz dobivenih indeksa saprobnosti.



Slika 14. Klaster analiza sličnosti istraživanih postaja na rijekama Lištici i Radobolje

## 5. RASPRAVA

Temeljem fizikalno-kemijskih parametara zaključujemo kako su rijeke Lištica i Radobolja tipične krške karbonatne rijeke što je uvjetovano klimatskim karakteristikama i svojstvima litološke podloge (Stanić-Koštroman i sur. 2016).

Usporedbom fizikalno-kemijski parametra rijeke se razlikuju. Najveća razlika je u temperaturi i električnoj vodljivosti. Temperature su očekivane za pojedine rijeke i sezone, rijeka Lištica je hladnija zbog geografskog položaja (Štambuk-Giljanović 1998). Izvorišne postaje za obje rijeke pokazuju niže vrijednosti temperature kao i manje sezonske varijabilnosti (Dedić i sur. 2018). Izmjerene pH vrijednosti u oba vodena ekosustava daju blago lužnate rezultate, a to je posljedica karbonatne podloge. Na rijeci Lištici najveći pH je izmjeren na postaji L2 u mjesecu srpnju što pokazuje utjecaj gradske kanalizacije na vodeni ekosustav (Stanić-Koštroman i sur. 2016). Na rijeci Radobolji najveća pH vrijednost je izmjerena na postaji R3 u mjesecu srpnju što je pokazatelj unosa organskog materijala s prometnica i gradske kanalizacije (Stanić-Koštroman i sur. 2016).

Sve analizirane i mjerene vrijednosti fizikalno-kemijskih parametara vode, uzevši u obzir tipologiju tekućica propisanu Odlukom o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uvjetima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoringu voda (Službene novine Federacije BiH, br. 01/14) rijeke Lištica i Radobolja pokazuju visoko do dobro ekološko stanje.

Najveća raznolikost makrozoobentosa utvrđena je na rijeci Radobolji na postaji R2 u naselju Bare gdje je pronađeno 27 svojti. Prema ovom rezultatu vidimo da rijeka Radobolja ima veću raznolikost svojti od rijeke Lištice, što je uvjetovano tipologijom rijeka (Stanić-Koštroman i sur. 2016). Najmanja raznolikost svojti makrozoobentosa zabilježena je na izvorišnim postajama obje rijeke i iznosi 14 svojti. Ovaj rezultat je očekivan jer za izvore nije značajna velika raznolikost svojti makroskopskih beskralješnjaka (Slišković 1996). Izvorišni dio rijeka nastanjuju stenovalentne vrste, odnosno životinje koje preferiraju stalno nisku temperaturu vode, veliku prozornost i kakvoću vode te visoku koncentraciju kisika (Smith i sur. 2003). Zanimljivo je kako je najveća brojnost jedinki pronađena upravo na izvoru rijeka Lištice i Radobolje. Na izvoru rijeke Radobolje najveću brojnost ima vrsta *Gammarus balcanicus*, što je očekivano jer većinom vrste iz porodice Gammaridae ne podnose onečišćenje, rakušci su dobri indikatori čistih voda (Lowry i sur. 2010). Na izvoru rijeke Lištice najveću brojnost ima red vodencvjetova (Ephemeroptera) s 430 jedinki, zatim slijede kornjaši (Coleoptera) s 423 jedinke, te tek potom vrsta *Gammarus balcanicus* s 369 jedinki. Prisutnost obalčara

(Plecoptera), vodencvjetova (Ephemeroptera) i kornjaša (Coleoptera) na izvoru je očekivana. Vrste nabrojanih redova kukaca u velikoj mjeri osjetljive su na onečišćenje vodenih sustava (Crowson 1981, Moog i Jäch 2003).

Najmanja brojnost jedinki kod obje rijeke ustanovljena je u nizvodnim dijelovima toka, na postajama Lištica-Crnašnica (L3) i postaji u gradskom naselju grada Mostara, ispod prometnice Bulevar (R3). Ove dvije postaje su pod najvećim utjecajem čovjekovog djelovanja, pa je rezultat očekivan. Na postaji L3 rijeka se onečišćuje pesticidima s okolnih poljoprivrednih područja, a na postaji R3 rijeku onečišćuje ispiranje otpadnih voda s prometnice (Stanić-Koštorman i sur. 2016).

Razred puževa se razlikuje među rijekama, na rijeci Lištici dolazi do pojave samo vrste *Bithynia leachii* (Sheppard, 1823) na svakoj postaji. Na rijeci Radobolji, na svakoj postaji, dolazi do pojave vrste *Ancylus fluviatilis* O.F. Müller, 1774, a na ušću rijeke Radobolje pojavljuje se *Gyraulus* sp. i skupina Physidae. Vrsta *Ancylus fluviatilis* nastanjuje tekuće vode bogate kisikom i može se pronaći na krškim izvorima (Seddon i sur. 2012), što je slučaj i na izvoru Radobolje. Za vrstu *Gyraulus* sp. i skupinu Physidae je karakteristično da su bile prisutne na ušću rijeke Radobolje u rijeku Neretvu. To su vrste koje su tolerantne na onečišćenje (Strong i sur. 2008), a ušće rijeke Radobolje u Neretvu je mjesto gdje se ulijevaju gradske otpadne vode, gdje se ispiraju voda s prometnice, te iz brojnih okolnih restorana otječe voda u Radobolju, jer je to zaista područje od značaja za turizam grada Mostara. Na ušću rijeke Radobolje u Neretvu najbrojnija je porodica dvokrilaca (Diptera) trzalci (Chironomidae) koja predstavlja primarne potrošače u hranidbenoj piramidi, a često su najbrojnija skupina u degradiranim ekosustavima te onečišćenim vodama s malom količinom otopljenog kisika (Corti i Datry 2016).

Na postaji L1 indeks saprobnosti u sezoni proljeće/ljeto iznosio je 1,50, a u sezoni ljeto/jesen iznosio je 1,54. Kakvoća vode prema Liebmannu (1962) u mjesecu srpnju je oligosaprobnost, pripada vodama I kategorije, tj. neopterećenim ili vrlo malo opterećenim vodama, a u mjesecu listopadu kakvoća vode prema Liebmannu (1962) pripada vodama I-II kategorije kvalitete, tj. oligo do betamezosaprobnim vodama, što označava malo opterećene vode (Odluka o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uvjetima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoring voda, Službene novine Federacije BiH br. 01/14.).

Indeks saprobnosti na postaji L2 u obje sezone iznosi 1,62 i označava dobro ekološko stanje vode. U obje sezone kvaliteta vode pripada I-II kategoriji, tj. oligo do



betamezosaprobni vodama, što označava malo opterećen vodeni ekosustav (Odluka o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uvjetima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoring voda, Službene novine Federacije BiH br. 01/14).

Kvaliteta vode na postaji Lištica-Crnašnica (L3) u obje sezone pripada I-II kategoriji, tj. oligo do betamezosaprobni vodama. Indeks saprobnosti u sezoni proljeće/ljeto iznosio je 1,71, a u sezoni ljeto/jesen 1,69, što označava dobro ekološko stanje (Odluka o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uvjetima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoring voda, Službene novine Federacije BiH br. 01/14).

Prema sastavu i strukturi zajednica makrozoobentosa za rijeku Lišticu utvrđeno je dobro ekološko stanje, sukladno tipologiji istraživanih postaja (L1 pripada podtipu 10a, a L2 i L3 podtipu 11a). Najveća vrijednost indeksa saprobnosti iznosi 1,71 na lokaciji Lištica-Crnašnica i to u srpnju, što je i očekivano da na ovoj postaji imamo najveći indeks saprobnosti jer je ova postaja dosta izmijenjena od strane čovjeka i pod velikim je antropogenim utjecajem od gradnje brane i ispiranja vode s okolnih poljoprivrednih površina u Mostarskom blatu (Odluka o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uvjetima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoring voda, Službene novine Federacije BiH br. 01/14).

Na izvoru rijeke Radobolje u obje sezone imamo očekivane rezultate, indeks saprobnosti u sezoni proljeće/ljeto iznosio je 1,32, a u sezoni ljeto/jesen 1,35, što označava visoko ekološko stanje. Prema Liebmannu (1962) izvorišni dio rijeke Radobolje u obje sezone pripada I kategoriji voda, tj. oligosaprobni vodama (Odluka o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uvjetima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoring voda, Službene novine Federacije BiH br. 01/14).

Na drugoj postaji u gradskom naselju Bare vidi se utjecaj čovjeka na rijeku, s okolnih poljoprivrednih i privatnih objekata. Prema vrijednostima indeksa saprobnosti u obje sezone, ekološko stanje voda ove postaje procijenjeno je dobrim. Kvaliteta vode rijeke Radobolje na postaji u gradskom naselju Bare pripada II kategoriji i betamezasaprobnoj kategoriji kvalitete, što označava umjereno opterećenje vode (Odluka o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uvjetima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoring voda, Službene novine Federacije BiH br. 01/14).

Postaja Radobolja ispod mosta u gradskom naselju (R3) je nizvodni tok rijeke Radobolje u naseljenom dijelu grada Mostara, ispod prometnice Bulevar. Očekivano u mjesecu srpnju indeks saprobnosti je visok i iznosio je 2,0 te je u granicama umjereno opterećenih voda.

Ekološko stanje vode na ovoj postaji ocijenjeno je dobrim. U mjesecu rujnu kvaliteta vode je bolja, malo opterećena i spada u I-II kategoriju, tj. oligo do betamezosaprobni vodama, a ekološko stanje je visoko (Odluka o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uvjetima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoring voda, Službene novine Federacije BiH br. 01/14).

Na ušću rijeke Radobolje u Neretvu voda je umjereno opterećena, spada u II kategoriju kvalitete vode tj. u betamezopaprobne vode. Indeks saprobnosti u obje sezone na ušću iznosio je 1,92 i označava dobro ekološko stanje. Očekivalo se najlošije ekološko stanje kakvoće vode upravo na ovoj postaji, ali ipak se pokazalo da je najveći indeks saprobnosti unutar cijele dužine toka rijeke Radobolje izmjeren na postaji R3 u mjesecu srpnju i iznosio je 2,0. Postaje R3 i R4 nisu previše udaljene, i očekivano je da će imati najlošije ekološko stanje jer su pod velikim antropogenim utjecajem. Vidi se velika razlika između izvorišnog dijela toka, koji ima visoko ekološko stanje i tok je neopterećen ili malo opterećen i koji je zaštićen, te se koristi za piće stanovništva jednog dijela grada Mostara (Agencija za vodno područje Jadranskog mora 2016).

Prema nMSD analizama zaključujemo kako rijeka Lištica ima sličniji sastav i strukturu makrozoobentosa od rijeke Radobolje. Prema Dedić i sur. (2015) makrozoobenots je na svim postajama rijeke Lištice sličan. Na rijeci Radobolji se uočava nekoliko razlika među postajama, najviše odstup izvor Radobolje u obje sezone. Izvor rijeke Radobolje se koristi kao voda za piće i kvaliteta vode na toj postaji očekivano je visoka (Bobar i sur. 2015), a nastanjuje ga fauna karakteristična za izvore, kojoj odgovaraju stalni fizikalno-kemijski uvjeti (Smith i sur. 2003). Na svim postajama nizvodno od izvora na samoj postaji vidi se antropogeni utjecaj (Stanić-Koštroman i sur. 2016), a na ušću Radobolje u Neretvu je najveći.

## 6. ZAKLJUČAK

Mjerenjem fizikalno-kemijskih parametara uočavaju se razlike u temperaturi i električnoj vodljivosti između rijeka Lištice i Radobolje.

Istraživane rijeke Lištica i Radobolja pokazuju razlike u sastavu i strukturi zajednice makrozoobentosa.

Veća raznolikost i brojnost prisutna je na rijeci Radobolji. Najveća brojnost jedinki zabilježena je na izvoru Radobolje, a najveća raznolikost svojti na postaji nizvodno od izvora, tj. u naselju Bare.

Skoro na svim postajama i rijeke Lištice i Radobolje brojnošću i raznolikosti se najviše ističe razred kukaca (Insecta).

Na temelju kvalitativnog i kvantitativnog sastava makrozoobentosa možemo ustvrditi da je ekološko stanje rijeke Lištice visoko (L1 tijekom ljeta) do dobro (L1 u jesen, te L2 i L3 i obje sezone). Najviše vrijednosti indeksa saprobnosti zabilježene su u srpnju na postaji Lištica-Crnašnica (L3), što je očekivano s obzirom na značajniju poljoprivrednu proizvodnju.

Ekosustav rijeke Radobolje ima visoko (izvorišni dio) do dobro ekološko stanje (nizvodni dio toka do ušća). Na svim postajama osim na izvoru primjetan je određeni antropogeni utjecaj.

## 7. LITERATURA

- Agencija za vodno područje Jadranskog mora (2016): Plan upravljanja vodama za vodno područje Jadranskog mora na području Federacije BiH (2016.-2021.) (pristupljeno 6.2.2020.)
- Belifore C. (1983): Efemerotteri (Ephemeroptera). U: Ruffo S. (ur.) Guide per ilriconoscimento delle specie animali delle acque interne Italiane, Consiglio nazionale delle ricerche. Verona, str. 113.
- Bobar S., Mehovič M., Bikič F. (2015): Kvalitet pitke vode i sadržaj rastvorenog kiseonika na različitim izvorištima u gradu Mostar. Educa, 8: 13-19.
- Bray J. R., Curtis J. T. (1957): An ordination of upland forest communities of southern Wisconsin. Ecological Monographs 27: 325-349.
- Clarke K.R., Gorley R.N. (2006): PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER – E, Plymouth.
- Clarke K. R., Warwick R. M. (2010): Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. Primer-E Ltd: Plymouth, UK.
- Consiglio C. (1980): Plecotteri (Plecoptera). U: Ruffo, S. (ur.) Guide per ilriconoscimento delle specie animali delle acque interne Italiane, Consiglio nazionale delle ricerche. Verona, str. 68.
- Corti R., Datry T. (2016): Terrestrial and aquatic invertebrates in the riverbed of an intermittent river: parallels and contrast in community organisation. Freshwater Biology, 61: 1308-1320.
- Crowson R. A. (1981): The biology of the Coleoptera. Academic Press, London.
- Dedić A., Stanić-Koštroman S, Škobić D. (2015): Biološki monitoring na primjeru rijeke Lištice. Suvremena pitanja časopis za prosvjetu i kulturu, 24: 94-103.
- Dedić A., Čaveliš M., Lasić A., Škobić A., Stanić-Koštroman (2019): Kvaliteta vode i ekološki status rijeke Rame. Suvremena pitanja časopis za prosvjetu i kulturu, 27: 155-168.
- Dudgeon D., Arthington A. H., Gessner M. O., Kawabata Z. I., Knowler D. J., Lévêque C., Naiman R. J., Prieur-Richard A.-H., Soto D., Stiassny M. L. J., Sullivan C. A. (2006):

- Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81: 163-182.
- European Commission (2000): Establishing a framework for community action in the field of water policy. Directive 2000/60/EC. Listopad, 2000.
- Giller P. S., Malmqvist B. (1998): *The Biology of Streams and Rivers*. Oxford University press, New York.
- Herceg N., Stanić-Koštroman S., Buljubašić A., Dedić A., Čordaš D. (2019): Vodna politika u europskoj uniji. *Suvremena pitanja časopis za prosvjetu i kulturu*, 28: 97-113.
- Hrvatske vode (2016): Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće
- Kerovec M. (1986): Priručnik za upoznavanje beskralješnjaka naših potoka i rijeka. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.
- Liebman H. (1962): *Handbuch der Frishwasser und Abwasser biologie*. Vol II. Oldenbourg, Munich.
- Lowry J., De Broyer C., Costello M., Bellan-Santini D. (2010): U: Lowry J. (ur.) "Gammaridae". *World Amphipoda database*. World Register of Marine Species. (pristupljeno 12.2.2020.)
- Margeta J., Fistanić I. (2000): Gospodarenje sustavom i monitorinig bazena rijeke Neretve. *Građevinar*, 52: 331-338.
- Moog O. (2002): *Fauna Aquatica Austriaca*. Wasserwirtschaftskataster Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. 684 str.
- Jäch M., Kodada J., Moog O., Schödl S. (2002): Coleoptera.- Part III. U: Moog, O. (ur.) (2002): *Fauna Aquatica Austriaca*, izdanje 2002.- Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Nilsson A. (1996): *Aquatic Insects of North Europe. A taxonomic handbook*. Vol. 1: Ephemeroptera. Plecoptera, Heteroptera, Magaloptera, 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.
- Pantle R., Buck H. (1955): Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Besondere Mitteilung und Deutschen Gewässerkundlichen 12:135-143
- Pfleger V. (1999): Molluscs. Blitz Editions. Leicester.
- Rosenberg D. M. (1992): Freshwater biomonitoring and chironomidae. Netherlands Journal of Aquatic Ecology, 26: 101-122.
- Rosenberg D. M., Resh V. H. (1993): Introduction to Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates U: Rosenberg D. M., Resh V. H. (ur.), Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates Chapman and Hall, New York, str. 1-9.
- Russev B. (1993): Review of literature and established mayfly species (Ephemeroptera. Insecta) from Bulgaria. Lauterbornia 14: 71-77.
- Schmidt-Kloiber A., Hering D. (2015): [www.freshwaterecology.info](http://www.freshwaterecology.info) - an online tool that unifies, standardises and codifies more than 20,000 European freshwater organisms and their ecological preferences. Ecological Indicators 53: 271-282.
- Seddon M., Albrecht C., Van Damme D. (2012): *Ancyclus fluviatilis*. The IUCN Red List of Threatened Species. (pristupljeno 12.2.2020.)
- Slišković I. (1996): Korelativna analiza na izvorima i padavina u zaleđu i aspekti zaštite podzemnih voda u kršu Jugozapadne Bosne i Hercegovine. Hrvatske vode, časopis Hrvatske vodoprivrede, god. 4, br. 16, Zagreb, 189-196.
- Slišković I. (2014): Vode u kršu slivova Neretve i Cetine. Hrvatski geološki institut – Zagreb, Sachsova 2, Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Zagreb.
- Službene novine Federacije BiH, br. 70/06. Zakon o vodama. (pristupljeno 22.1.2020.)
- Službene novine Federacije BiH br. 01/14. Odluka o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uvjetima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoring voda (pristupljeno 27.1.2020.)
- 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.

- Stanić-Koštroman S., Talić S., Škobić D., Lasić A., Odak I., Dedić A. (2016): Elaborat studije: „Istraživanje ekološkog statusa u svrhu zaštite voda i biološke raznolikosti ekosustava rijeka Lištice i Radobolje“. Fakultet prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti, Sveučilišta u Mostaru.
- Strong E. E., Gargominy O., Ponder W. F. i Bouchet P. (2008): Global Diversity of Gastropods (Gastropoda; Mollusca) in Freshwater. *Hydrobiologia* 595: 149-166.
- 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.
- Vučijak B., Čerić A., Silajdžić I., Midžić Kurtagić S. (2011): Voda za život: Osnove integriranog upravljanja vodnim resursima. Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta, Sarajevo.
- Waringer J., Graf W. (2011): Atlas of Central European Trichoptera Larvae. Eric Mauch Verlag, Germany.
- Wetzel R. G. (1983): Limnology, Second edition. Saunders College Publishing, Fort Worth, USA.
- Ziglio G., Flaim G., Siligardi M. (2008): Biological Monitoring of Rivers: Applications and Perspectives. John Wiley & Sons, UK.

## 8. ŽIVOTOPIS

### OSOBNI PODACI

Ime i prezime        Mihaela Milić  
Datum rođenja        13.09.1995.  
E – mail                mmilic@biol.pmf

### OBRAZOVANJE

2018. - danas Prirodoslovno-matematički fakultet - diplomski studij Znanosti o okolišu, Zagreb  
2014. - 2017. Fakultet prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti Sveučilišta u Mostaru - preddiplomski studij Znanosti o okolišu, Mostar  
2010. - 2014. Srednja škola Mostar – Gimnazija fra Grge Martića, prirodoslovni smjer

### OSOBNJE VJEŠTINE

- Strani jezici: engleski – dobro
- Vozačka dozvola B kategorije
- Računalne vještine: dobro vladanje alatima Microsoft Office™ (Word™, Excel™ i PowerPoint™)

### DODATNE INFORMACIJE

#### **Radno iskustvo**

Rujan 2015. – rujan 2017. – Rad kao koordinator ostvaraja programa i financijske stabilnosti na Običnom radiju u Mostaru.

#### **Ostale aktivnosti**

Članica sam Hrvatske glazbe Mostar osam godina i sviram flautu.

Radom u udruzi Pokret nove mladeži "Identitet i internet", čija sam i predsjednica, stekla sam iskustvo u raznim društvenim vještinama, a vremenom sam stekla i kompetencije. Projekt udruge Podizanje svijesti ljudi o zaštiti okoliša koji je organiziran uz potporu Fonda za okoliš Hercegovačko-neretvanske županije, a koji sam osmislila i sprovela dao mi je veliki doprinos u poboljšanju društvenih vještina i stjecanju kompetencija.