

# Raznolikost zooplanktona kao pokazatelj ekološkog stanja jadranskih lokvi

---

**Fiorentin, Claudia**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*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:217:967232>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-13**



*Repository / Repozitorij:*

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Claudia Fiorentin

**Raznolikost zooplanktona kao pokazatelj ekološkog stanja jadranskih lokvi**

Diplomski rad

Zagreb, 2019.

Ovaj rad, izrađen u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka PMF-a, pod vodstvom prof. dr. sc. Marie Špoljar, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra znanosti o okolišu.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

## RAZNOLIKOST ZOOPLANKTONA KAO POKAZATELJ EKOLOŠKOG STANJA JADRANSKIH LOKVI

Claudia Fiorentin

Roosveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Mediteranske lokve su plitka vodena tijela koja često presušuju. U prošlosti su bile bitan izvor vode, a danas su izložene različitim negativnim antropogenim utjecajima. Zooplanktonski organizmi značajno pridonose bioraznolikosti lokvi, a ujedno su relevantni pokazatelji ekološkog stanja. Ciljevi ovog rada bili su utvrditi: (i) brojnosti i raznolikost zooplanktona te dominantne vrste i njihovu ekološku ulogu; (ii) utjecaj okolišnih čimbenika i predacije na sastav zooplanktona te (iii) povezanost funkcionalnih obilježja zooplanktona i ekološkog stanja kao osnova prijedloga mjera upravljanja i očuvanja jadranskih lokvi. U deset lokvi determinirano je 57 zooplanktonskih vrsta, a kolnjaci su dominirali sa 40 vrsta. Rezultati ukazuju da je na sastav zooplanktona značajno utjecala kompleksnost habitusa makrofitna te ribe kao vizualni predatori. Zooplankton lokvi sa sumberznim makrofitima, bez riba, obilježavala je veća brojnost i raznolikost, te vrlo dobro ekološko stanje s većim udjelom planktonskih rakova. U lokvama dobrog ekološkog stanja s dominacijom kolnjaka, bile su prisutne ribe te pokrovnost emerznim i flotantnim makrofitima. Mala brojnost i raznolikost zooplanktona obilježavala je lokve umjereno promijenjenog ekološkog stanja s malom pokrovnošću makrofitima. Antropogeni utjecaji na mediteranske lokve iziskuju sustavno upravljanje i očuvanje lokvi kako bi se umanjili negativni utjecaji i obnovile njihove ekološke funkcije te očuvala bioraznolikost.

(41 stranica, 9 slika, 4 tablice, 63 literaturni navod, 3 priloga, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: kolnjaci/rašljoticalci/veslonošci/makrofiti/predacija

Voditelj: Dr.sc. Maria Špoljar, Prof.

Neposredni voditelj: Dr. sc. Tvrtko Dražina

Ocjenitelji: Dr. sc. Vlasta Čosović, prof.

Dr. sc. Ivan Čanjevac, doc.

Dr. sc. Sven Jelaska, prof.

Rad prihvaćen: 5. rujna 2019.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Division of Biology

Graduation Thesis

### ZOOPLANKTON DIVERSITY AS INDICATOR OF ECOLOGICAL STATUS OF ADRIATIC PONDS

Claudia Fiorentin  
Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Mediterranean ponds are shallow water bodies and often temporary. In the past, they were important sources of water, and recently are exposed to various negative anthropogenic impacts. Zooplankton organisms contribute significantly to pond biodiversity and are relevant indicators of ecological status. The objectives of this study were to establish: (i) the abundance and diversity of zooplankton and the ecological role of dominant species; (ii) the influence of environmental factors and predation on zooplankton composition; and (iii) the correlation of zooplankton functional traits and ecological status as basis for the proposal of management and conservation of Adriatic ponds. Among 57 zooplankton species, rotifers dominated with 40 species. The results indicate the zooplankton composition was significantly influenced by complexity of the macrophytes and fish predation. Zooplankton in ponds with submerged macrophytes, without fish, were characterized by high abundance and diversity in very good ecological status and higher ratio of planktonic crustaceans. In ponds of good ecological status with dominance of rotifers, fish were present, and coverage of emergent and floatant macrophytes. The low abundance and diversity of zooplankton marked ponds of moderately altered ecological status with scarce macrophyte coverage. Anthropogenic impacts on Mediterranean ponds require systematic management and conservation to minimize adverse impacts and restore their ecological functions and preserve biodiversity.

(41 pages, 9 figures, 4 tables, 63 references, 3 appendices, original in: Croatian)  
Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: rotifers/cladocerans/copepods/macrophytes/predation

Supervisor: Dr.sc. Maria Špoljar, Prof.  
Assistant Supervisor: Dr. sc. Tvrtko Dražina  
Reviewers: Dr. Vlasta Čosović, Prof.  
Dr. Ivan Čanjevac, Asst. Prof.  
Dr. Sven Jelaska, Prof.

Thesis accepted: 5<sup>th</sup> September, 2019.

*Zahvaljujem svojoj mentorici prof. Mariji Špoljar, za pomoć pri izboru teme, pisanju i izradu ovog rada. Puno hvala na velikom razumijevanju i strpljenju te na savjetima tijekom pisanja ovog rada.*

*Također, zahvaljujem neposrednom voditelju dr.sc. Tvrtku Dražini za pomoć pri determinaciji vrsta i pisanju ovog rada.*

*Hvala mojim prijateljima koji su mi uljepšali studentske dane te ih učinili uistinu nezaboravnima. Te posebno hvala Meliti, Sari i Morisu na velikoj potpori.*

*Najviše hvala mami, tati i sestri na beskrajnoj potpori i strpljenju tijekom studija.*

## **Lista kratica**

AFDM – (eng. *Ash free dry mass*) vrijednost gubitka mase pri žarenju

Chl *a* – klorofil *a*

Cla – Cladocera (rašljoticalci)

Cop – Copepoda (veslonošci)

DOM – (eng. *dissolved organic matter*) otopljene organske tvari

DVM – (eng. *diel vertical migration*) dnevna vertikalna migracija

EPCN – (eng. *European Pond Conservation Network*) Europska mreža za očuvanje lokvi

FFG – (eng. *Functional Feeding Guilds*) funkcionalne trofičke skupine

KPK – kemijska potrošnja kisika

MaF – makrofiltratori

MiF – mikrofiltratori

P – predatori

POM – (eng. *Particulate organic matter*) suspendirane organske tvari

R – Rotifera (kolnjaci)

TN – (eng. *Total Nitrogen*) ukupni dušik

TP – (eng. *Total Phosphorus*) ukupni fosfor

WM – (eng. *wet mass*) mokra masa

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Mediteranske lokve.....	1
1.2. Zooplankton povremenih stajaćica.....	2
1.3. Procjena ekološkog stanja jadranskih lokvi.....	5
1.4. Ciljevi istraživanja.....	5
2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA.....	7
3. MATERIJALI I METODE.....	10
3.1. Sakupljanje i analiza uzoraka zooplanktona i makrozoobentosa.....	10
3.2. Sakupljanje i analiza limnoloških čimbenika.....	11
3.3. Obrada i analiza podataka.....	12
4. REZULTATI.....	14
4.1. Fizikalno-kemijski čimbenici istraživanih lokaliteta.....	14
4.2. Obilježja zooplanktona u lokvama Istre, Raba i Korčule.....	14
4.3. Trofička struktura zooplanktona u lokvama Istre, Raba i Korčule.....	21
4.4. Utjecaj biotičkih čimbenika na sastav zooplanktona.....	23
4.5. Procjena ekološkog stanja istraživanih lokvi i prijedlog mjera očuvanja.....	26
5. RASPRAVA.....	27
6. ZAKLJUČAK.....	31
7. LITERATURA.....	32
8. PRILOZI.....	39
9. ŽIVOTOPIS.....	44



## 1. UVOD

### 1.1. Mediteranske lokve

Plitka vodena tijela su najučestaliji vodeni ekosustavi od polarnih do tropskih područja (Cereghino i sur., 2008; Lukacs i sur., 2013). Lokve, kao plitka vodena tijela, mogu biti stalne ili povremene u kojima se izmjenjuju vlažna (hidroperiodi) i sušna razdoblja. Europska mreža za očuvanje lokvi (*European Pond Conservation Network*, EPCN) osnovana 2004. godine, definirala je lokve kao: stalna ili povremena vodena tijela površine od 1 m<sup>2</sup> do 50 000 m<sup>2</sup> (Ewald i sur., 2010), čiji su organizmi prilagođeni na razne okolišne promjene (Zacharias i sur., 2007). Ujedno, EPCN ima ulogu u promicanju svijesti, značaja i zaštite lokvi. Povremene lokve su Walsh i sur. (2014) klasificirali na osnovi sljedećih obilježja: geološke podloge bazena, izvora vode, hidrološkog ciklusa, međusobne površinske povezanosti te sastava biotičkih komponenti. Prema navedenim obilježjima slijedi podjela na:

- sušna jezera (periodično presušuju),
- močvare (sezonski su ispunjene vodom),
- fitotelmata (šupljine na kopnenim biljkama ispunjene sa nekoliko mL do L tekućine),
- sezonski ispunjeni bazeni i depresije, lotički sustavi (ispunjeni kišom),
- mali bazeni aridnih područja,
- kriogeni sustavi (lokve koje nastaju zbog otapanja leda glečera),
- antropogeni bazeni i mali spremnici (npr. razne posude, odbačene gume)
- kanali za kišnicu uz ceste.

Svaka kategorija povremenog vodenog tijela može postati stanište različitim vrstama te time uvelike doprinijeti povećanju lokalne bioraznolikosti (Kuczyńska-Kippen i Pronin, 2018). Mediteranske lokve najčešće su povremena vodena tijela te su u prošlosti bile bitan izvor pitke vode, neophodne za razne aktivnosti u domaćinstvima, stočarstvu i poljoprivredi. Zbog njihovih malih dimenzija i vrlo male dubine, ovakva su staništa ugrožena povećanom ljudskom aktivnošću, kao što su: poljoprivreda (ispiranje pesticida i hranjivih tvari, isušivanje uslijed povećanja obradivih površina), urbanizacijom područja od turističkog značaja, odlaganje otpada i ostalim oblicima degradacije ekosustava (Grillas i sur., 2004). Dodatno, invazivne životinjske i biljne vrste koje mogu biti slučajno ili namjerno unesene, predstavljaju prijatnu bioraznolikosti povremenih lokvi. U Istri i duž jadranske obale gambuzija (*Gambusia holbrooki* Girard, 1859) je unesena početkom 20. stoljeća kako bi se riješio problem malarije u Istri,

budući da se ova vrsta hrani ličinkama komaraca i ostalih kukaca (Radošević, 2013). Međutim, kada joj ponestane prirodne hrane ona se hrani ribljim jajima i mlađi riba i vodozemaca, a uz to i dovodi do promjena u sastavu vodenih beskralješnjaka i zooplanktona (Margaritora i sur., 2001). Zbog izrazite socioekološke vrijednosti mediteranske lokve obuhvaćene su Europskom direktivom o zaštićenim vodenim staništima te su prioritetna staništa u sklopu mreže Natura 2000 (EU Habitat Directive 92/43, 1992). Faunističko-floristička istraživanja lokvi važna su zbog stjecanja znanja vezanih uz raznolikost staništa, a dobiveni rezultati mogu se koristiti kao čimbenik u određivanju kriterija njihove zaštite i očuvanja (Ramsar Conservation Bureau, 1992). U recentnim istraživanjima naglašava se važnost održivosti bioraznolikosti, ne samo na lokalnoj nego i na regionalnoj razini te je dodatno naglašeno da razni programi očuvanja trebaju biti usmjereni na zaštitu i očuvanje razvoja lokvi (Lemmens i sur., 2013; Celewicz-Goødyn i Kuczyńska-Kippen, 2017).

## **1.2. Zooplankton povremenih stajaćica**

Zooplankton stalnih i povremenih stajaćica (kolnjaci – Rotifera; rašljoticalci – Cladocera, veslonošci – Copepoda) obilježava velika raznolikost vrsta, koje nekada postižu iznimne brojnosti te imaju značajnu ulogu u hranidbenim mrežama, odnosno trofičkoj strukturi (Adamczuk i sur., 2014; Slika 1). Prema načinu ishrane kolnjaci i rašljoticalci su prvenstveno filtratori detritusa, bakterija i algi, a neke vrste su i predatorske, dok su veslonošci algivorni ili predatori. Kolnjaci i rašljoticalci primarno su slatkovodne skupine; dok su veslonošci dominantni u morskim ekosustavima, ali su i važan element slatkovodnog zooplanktona.

Sastav zooplanktona ovisi o dostupnosti hranjivih tvari i fitoplanktona (*bottom up* kontrola), a također je uvjetovan i predacijom od strane riba (*top down* kontrola) (Meerhoff i sur., 2007; Špoljar i sur., 2018). U svom je radu Špoljar i sur. (2019) zaključili su, kako *top down* kontrola, tj. prisutnost gambuzije, utječe na smanjenje brojnosti i biomase zooplanktona. S druge strane *bottom up* kontrola opisuje kako su kvaliteta i količina primarnih producenata, odnosno biomasa fitoplanktona, regulirane dostupnošću nutrijenata te nadalje oni utječu na više trofičke razine tj. herbivore koji se njima hrane (Brett i sur., 1997; Du i sur., 2015). Promjene glavnih obilježja zooplanktona (raznolikost, brojnost, biomasa, veličina tijela i trofička (prehrambena) skupina), ukazuju na odstupanja u sastavu vodenih zajednica (biocenoza) i promjena fizikalno-kemijskih uvjeta lokvi (koncentracija hranjivih tvari, prozirnost/mutnoća vode).



Slika 1. Predstavnicu glavnih skupina zooplanktona: a – Rotifera, *Keratella cochlearis*; b – Cladocera, *Alona* sp.; c – Copepoda, Calanoida.

U povremenim stajaćicama važan utjecaj na biocenoze imaju biotički i abiotički čimbenici, koji mogu biti pozitivni ili negativni na cijeli sastav zajednice tj. na njihovu prehranu, rast, razmnožavanje i razne životne funkcije. Na brojnost i raznolikost zooplanktona u plitkim vodenim tijelima, a time i povremenim stajaćicama uvelike utječe duljina hidroperioda (Compte i sur., 2015), koncentracija hranjivih tvari ili nutrijenata, dostupnost hrane, pokrovnost makrofitima, predacija riba (vizualni predatori) i beskralješnjaka (taktilni predatori, npr. makrozoobentos) te migracije zooplanktona (Scheffer, 1998; Špoljar i sur., 2011, 2012; Compte i sur., 2015). Pojava sušnog razdoblja u povremenim stajaćicama uzrokovala je razvoj brojnih prilagodbi organizama, a jedan od njih je dijapauza. Ova pojava podrazumijeva prilagodbe u životnom ciklusu zooplanktona radi preživljavanja u nepovoljnim uvjetima kao što su anoksija, suša te ekstremno visoke ili niske temperature (Bailey i sur., 2004). Kolnjaci iz skupine Bdelloidea i veslonošci u sušnom razdoblju luče zaštitnu cistu te mogu biti u stadiju potpunog mirovanja (dijapauza), dok jaja rašljoticalca razvijaju čvrsti ovojn, efipij (*ephippium*) koji ih štiti od suše.

Vodeno bilje, odnosno fotoautotrofni makrofiti imaju važnu ulogu u strukturiranju akvatičkih biocenoza, a dijelimo ih na: submerzne (vegetacija potpuno uronjena u vodu i zakorijenjena na dnu), flotantne (biljke koje plutaju na površini vode te mogu biti zakorijenjene ili slobodno plivajuće) i emerzne (vegetacija zakorijenjena na dnu te vršni dijelovi izviru na površini) (Chambers i sur., 2007). Makrofiti imaju ključnu ulogu u modifikaciji abiotičkih uvjeta (npr. koncentracija kisika, osvjetljenost) i biotičkih interakcija kao što su predacija i migracija zooplanktona (Celewicz-Goødyn i Kuczyńska-Kippen, 2017; Špoljar i sur., 2017b). Vodeni makrofiti imaju ulogu u održavanju bolje kvalitete vode, odnosno nižeg stupnja trofije (Scheffer, 1998; Jeppesen i sur., 1999). Veća pokrivenost makrofitima održava veću prozirnost vode, smanjujući resuspenziju sedimenta i organskih tvari, te asimiliraju hranjive tvari iz vode

i sedimenta. Eutrofikacija uzrokuje veći razvoj fitoplanktona i onemogućuje prodor svjetla, otežava fotosintezu i smanjuje rast makrofita, što posljedično dovodi do zamućenja vode (Meerhoff i sur., 2007).

U horizontalnim migracijama zooplanktona makrofiti pružaju zaklon od vizualnih predatora – planktivornih riba, danju, a noću zooplankton migrira prema otvorenoj vodi pelagijala (Compte i sur., 2015). U jezerima ovakva se vrsta migracije naziva dnevna horizontalna migracija (eng. *diel horizontal migration*, DHM) te je povezana sa povećanom abundancijom riba u površinskim slojevima vode (Perrow i sur., 1999). Zooplankton u plitkim jezerima traži zaštitu u kompleksnim staništima kao što su submerzni makrofiti, koji istovremeno pružaju sklonište i veću površinu za raznovrsnu hranu (Celewicz-Golgin i Kuczynska-Kippen, 2017). Recentna istraživanja ukazuju da u plitkim jezerima plankton također migrira i vertikalno, DVM (eng. *diel vertical migration*) odnosno u dublje slojeve vode i/ili sediment, što je posebno izraženo kod rašljoticalca koji se i ukopavaju u sediment (Compte i sur., 2015; Špoljar i sur., 2018). Uglavnom, smatralo se da vertikalne migracije zooplanktona u hipolimniji obilježavaju duboka jezera radi efikasnijeg izbjegavanja vizualnih predatora (Zaret i Suffen, 1976). U zimskom razdoblju, također, je zabilježeno kretanje zooplanktona u dublje slojeve u svrhu potrage za toplijim mikrostaništima (Lévesque i sur., 2010).

Međusobne interakcije abiotičkih i biotičkih čimbenika imaju različiti ishod na funkcioniranje biocenoza i ekosustava vodenih stajaćica. U svom istraživanju o raznolikosti zooplanktona i sastavu zajednice jezera Gniezno (Poljska) Kuczynska-Kippen i Pronin (2018) zaključile su da na sastav zooplanktona najviše utječu duljina hidroperioda i prisutnost ihtiofaune. Naime, u lokvama s prisutnošću riba dominirali su kolnjaci, dok u onima bez riba dominirali su planktonski rakovi. Istraživanja koja su proveli Scheffer (1998) i Špoljar i sur. (2016) potvrdila su da se kompleksnost zajednice i ekosustava smanjuje s povećanjem koncentracije hranjivih tvari tj. eutrofikacijom vodenog tijela. Salinitet, na lokalitetima u blizini mora ili zbog velikog isparavanja u (semi)aridnim područjima, ima veliki utjecaj na zajednice lokvi, a rezultati ukazuju da porast saliniteta smanjuje bioraznolikost (Brucet i sur., 2009; Malekzadeh-Viayeh i Špoljar, 2012). Na povišenje saliniteta u povremenim lokvama može utjecati: povišenje razine mora, eolska salinizacija, povišenje temperature koje dovodi do procesa evapotranspiracije i/ili prekomjerno korištenje slatke vode u svrhu navodnjavanja i u industriji (Williams, 2001).

### **1.3. Procjena ekološkog stanja Jadranskih lokvi**

Ekološko stanje površinskih voda ocjenjuje se u odnosu na biološke, hidromorfološke i osnovne fizikalno-kemijske i kemijske čimbenike. Od čimbenika za procjenu elemenata biološke kvalitete razmatraju se: makrobeskralješnjaci, ribe, fitoplankton, makrofiti i fitobentos.

Negativan antropogeni utjecaj dovodi do oštećenja i degradacije mediteranskih, kao i njima pripadajućih jadranskih, lokvi. Prema Direktivi 92/43/EEC, upravljanje navedenim staništima uglavnom podrazumijeva uklanjanje negativnih utjecaja i restauraciju ekoloških funkcija lokvi. Samo stanje lokvi se određuje s obzirom na brojnost i raznolikost vrsta, pokrovnost i kompleksnost građe habitusa makrofita te pritisak negativnih antropogenih utjecaja (Kuczyńska-Kippen i Pronin, 2018). Ujedno, parametri praćeni za zooplankton su inače korišćeni za procjenu stupnja trofije i ekološkog stanja (Obertegger i sur., 2011; Špoljar, 2013). Europska Direktiva o vodama (WFD, Water Frame Directive), za procjenu ekološkog stanja ne uzima u obzir zooplankton. Stoga Jeppensen i sur. (2011) naglašavaju važnost integracije zooplanktona kao pokazatelja ekološkog stanja te istraživanje sveukupne flore i faune s ciljem saznanja o bioraznolikosti pojedinih vodenih ekosustava (Boix i sur., 2001).

### **1.4. Ciljevi istraživanja**

Različiti antropogeni utjecaji na mediteranske lokve iziskuju sustavno upravljanje (detekcija problema i analiza staništa) i očuvanje lokvi kako bi se umanjili negativni tj. antropogeni utjecaji i obnovile njihove ekološke funkcije. Horvath i sur. (2014) i Toth i sur. (2014) naglašavaju da lokve pridonose pejzažnoj raznolikosti i odlikuju se jedinstvenim sastavom vrsta. Dominacija pojedinih vrsta zooplanktona značajan je pokazatelj ekološkog stanja lokvi što omogućuje osnovu za određivanje smjernica u upravljanju ugroženim područjima. Mediteranske lokve su sporadično istraživane, a najviše rezultata pokriva mediteranske lokve u Španjolskoj. Publicirani rezultati se pretežno odnose na makrozoobentos (Boix i sur., 2001; Gascon i sur., 2005, Della Bella i sur. 2005; Bagella i sur., 2016), dok su malobrojni radovi koji doprinose spoznajama o biotičkim interakcijama i ekologiji zooplanktona povremenih stajaćica (Grillas i sur., 2004; Brucet i sur., 2009; Compte i sur., 2015). Rezultati ovog rada će među prvim pridonijeti saznanjima o zooplanktonu i njegovoj funkciji u ekosustavima jadranskih lokvi. Također, rezultati ovog istraživanja će, temeljem utvrđenog stanja, predložiti potencijalne mjere zaštite i očuvanja jadranskih lokvi.

Za utvrđivanje postojećeg stanja lokvi ciljevi rada bili su utvrditi:

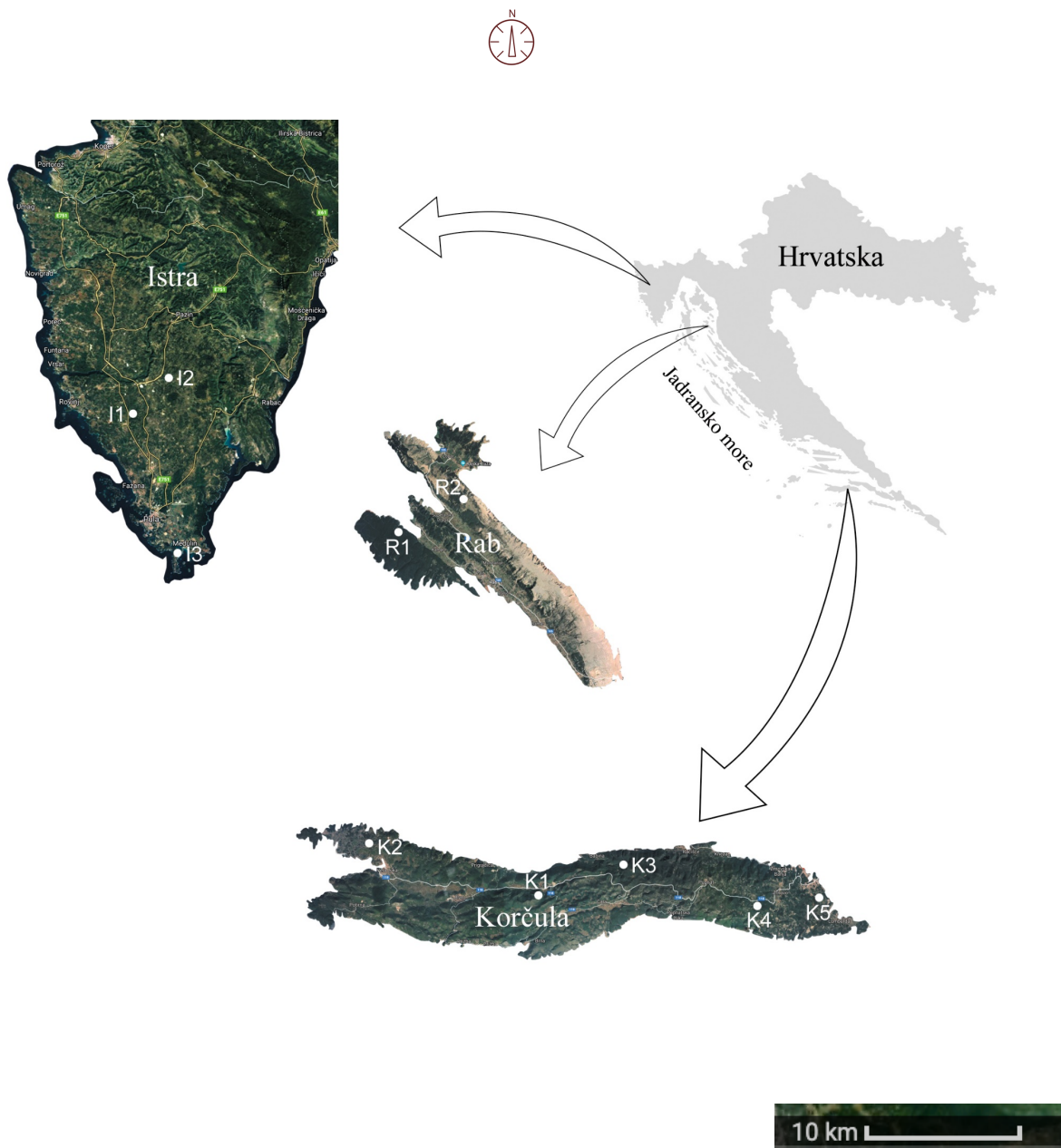
1. Brojnosti i raznolikost zooplanktona te dominantne vrste i njihovu ekološku ulogu;
2. Utjecaj okolišnih čimbenika i predacije na sastav zooplanktona;
3. Povezanost funkcionalnih obilježja zooplanktona i ekološkog stanja kao osnova prijedloga mjera upravljanja i očuvanja Jadranskih lokvi.

## 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Analizirani uzorci zooplanktona sakupljeni su u svibnju, srpnju i rujnu 2017. godine na lokalitetima prikazanim na slici 2: u srpnju na tri lokaliteta sjevernog djela hrvatskog Jadrana, poluotok Istra (Bale I1, Kadrijuol I2, Premantura I3), u rujnu na dva lokaliteta otoka Raba (R1 – R2) te u svibnju na pet lokaliteta južnog djela hrvatskog Jadrana, otok Korčula (K1 – K5).

Istarski poluotok smješten je na samom zapadu Hrvatske, najveći je na Jadranu te je građen od karbonatnih naslaga razvijenih u razdoblju od srednje jure do paleogena. Na temelju geološkog sastava i različitih vrsta tala određene su tri reljefne cjeline Istre: brdoviti sjeverni rub (Bijela Istra), niže flišno pobrđe (Siva Istra) i niske vapnenačke zaravni (Crvena Istra). U Bijelu Istru pripadaju izdignuta kamenita područja Učke i Ćićarije sastavljenih od krednih i paleogenskih vapnenaca. Siva Istra sastavljena je depresijom ispunjenom flišnim materijalom te boja proizlazi iz nakupina gline. Zapadnoistarski antiklinal je zaravnjeno primorsko područje koje se proteže od Piranskog zaljeva do Plomina. Podloga je vapnenačka te zbog trošenja na njoj nastaju pukotine, škrape, ponikve, špilje i jame. U takvim nagibima dolazi do nakupljanja zemlje crvenice po kojoj ova reljefna cjelina dobiva naziv Crvena Istra. Istraživane lokve (I1 – I3) u Istri smještene su na području Crvene Istre, na jugozapadu Poluotoka. Otok Rab (90,8 km<sup>2</sup>) dio je kvarnerske otočne skupine te se pruža u smjeru sjeverozapad-jugoistok. Greben Kamenjaka na sjeveroistoku otoka vapnenačkog je sastava, slijedi flišna udolina te krš na jugozapadu (Peran, 2018). Istraživana lokva R2 se nalazi na sjeveroistoku otoka, u području Kamenjaka, dok se lokva R1 nalazi suprotno na sjeverozapadu. Korčula je jedan od najvećih otoka južnog djela hrvatskog Jadrana (276 km<sup>2</sup>, 46,8 km), ubraja se u srednje-dalmatinske otoke te pripada prostornom području Vanjskih Dinarida. Geološku podlogu otoka čine vapnenaci i dolomiti taloženi u razdoblju od gornje do donje krede (Krklec i sur., 2010). Od istraživanih lokvi K1 i K3 nalaze se sjeverno u sredini otoka, K2 je smještena zapadno, a lokve K4 i K5 su na istočnoj strani otoka.

Hidromorfometrijska obilježja, pokrivenost makrofitima i antropogeni utjecaj okolnih staništa, na istraživane lokalitete prikazani su u Tablici 1. Od makrofita su uglavnom prisutni tipovi: alge parožine (*Chara* spp.), vaskularne cvjetnice, mrijesnjak (*Potamogeton* spp.) i žabnjak (*Ranunculus aquatilis* L.), a zabilježene su i neke emerzne cvjetnice, šiljevi (*Eleocharis palustris* L.). Od ihtiofaune zabilježena je invazivna vrsta gambuzija (*Gambusia holbrooki* Girard, 1859.), a od vodozemaca punoglavci.



Slika 2. Prikaz istraživanih lokaliteta lokvi na poluotoku Istra (Bale I1, Kadrijuol I2, Premantura I3), te otocima Rabu (R1 i R2) i Korčuli (K1 – K5).



Tablica 1. Morfometrija i vrste makrofita istraživanih lokvi poluotoka Istre, otoka Raba i otoka Korčule.

Obilježja	I1	I2	I3	R1	R2	K1	K2	K3	K4	K5	
Toponim	Bale	Kadrijuol	Premantura	Fruška lokva	lokva Pecine	Sitnica	Bradat	Sločena	Crnića dolac	Lumbardi	
Koordinate	45° 02' 23"N	45°06'20"N	44°47'37"N	44°47'12"N	44°48'11"N	42° 55' 47"N	42° 58' 37"N	42° 57' 33"N	42° 55' 55"N	42° 56' 14'	
	13° 48' 01"E	13°53'41"E	13°54'43"E	14°41'28"E	14°44'46"E	16° 52' 54"E	16° 41' 11"E	16° 57' 29"E	17° 05' 13"E	17° 09' 09'	
Duljina <sub>max</sub> (m)	35	25	20	20	14	15	10	9	15	15	
Širina <sub>max</sub> (m)	35	25	20	10	7	15	10	9	15	15	
Dubina <sub>max</sub> (m)	2	2,3	1	1	1	2	0,6	1	0,8	1,2	
Prozirnost (m)	0,45	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,45	0,2	0,5	0,9	
Ribe	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	
Pokrovnost makrofitima (%)	75	100	20	40	60	20	50	5	50	5	
Tip vodenih makrofita	submerzni	emerzni	emerzni	flotantna zakorijenjena	flotantni zakorijenjeni submerzni	submerzni	submerzni	emerzni zakorijenjeni flotantni	emerzni	submerzni	submerzni
Vrsta vodenih makrofita	<i>Potamogeton natans</i> L. <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	<i>Phragmites</i> ssp. <i>Typha latifolia</i> L.	<i>Ranunculus peltatus</i> <i>Aster squamatus</i>	<i>Nymphaea alba</i> L.	<i>P. natans</i> L. <i>P. pectinatus</i> L. <i>Zannichellia palustris</i> L.	<i>P. pectinatus</i> L. <i>Z. palustris</i> L.	<i>Chara</i> sp. <i>Eleocharis palustris</i> L. <i>P. natans</i> L. <i>R. aquatilis</i> L.	<i>Scripus maritimus</i> L.	<i>Chara</i> sp.	<i>Chara</i> sp. <i>Scirpus maritimus</i> <i>Z. palustris</i> L.	
Antropogeni utjecaj	ozidana i služila kao rezervoar za vodu		restaurirana	utjecaj stoke	uređen okoliš	ozidana lokva	uređena obala	bez antropogenog utjecaja	ozidana i služila kao rezervoar za vodu	ozidana služila kao rezervoar za vodu	

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Sakupljanje i analiza uzoraka zooplanktona i makrozoobentosa

Na svakom lokalitetu (Slika 2) zooplankton je sakupljan filtriranjem 10 L vode kroz planktonsku mrežu promjera oko 26  $\mu\text{m}$ , a sakupljeni filtrati u triplikatu (100 mL) su konzervirani 4%-tnim formalinom. Na lokalitetu, ukoliko je to bilo moguće, uzorci su uzimani u: zoni otvorene vode (pelagijal), zoni na granici pelagijala i makrofita te unutar makrofitskih sastojina (litoral). U laboratoriju je provedena determinacija vrsta i kvantitativna analiza svakog uzorka na mikroskopu Carl Zeiss Jenaval (povećanja 100 $\times$  do 400 $\times$ ) te je brojnost zooplanktona izražena kao srednja vrijednost triplikata brojem jedinki po litri (jed/L). Za determinaciju zooplanktonskih vrsta korišteni su sljedeći ključevi: Cladocera (Scourfield i Harding, 1966; Margaritora, 1983); Copepoda (Amoros, 1984; Einsle, 1993) te Rotifera (Voigt i Koste, 1978).

Za izračun biomase zooplanktona korištene su jednadžbe bazirane na geometrijskim formulama koje odgovaraju obliku tijela pojedinih vrsta (Ruttner-Kolisko, 1977) te je dobivena vrijednost biovolumena uzeta kao mokra biomasa, WM (eng. *wet mass*) iz koje se izračunala suha biomasa, DM (eng. *dry mass*), koja iznosi 10% mokre biomase (Radwan, 2007).

Uzorci bentosa skupljani su Surberovim uzorkivačem (dimenzije 25  $\times$  25 cm, mreža promjera oka 300  $\mu\text{m}$ ), konzervirani u 70% alkoholu te su iz njih izolirani planktonski rakovi. Za analizu vertikalnih migracija iz uzorka bentosa izolirani su i determinirani predstavnici Cladocera i Copepoda, a također je izoliran i determiniran predatorski makrozoobentos za razmatranje taktilnih predatora (Nilsson, 1996, 1997).

Vizualni predatori (ribe) uzeti su mrežom i za analizu je zabilježena njihova prisutnost/odsutnost. U istraživanim lokvama najčešće je bila prisutna samo jedna vrsta, invazivna gambuzija (*Gambusia holbrooki* Girard, 1859.) i to u lokvama I1, K3, R1 i R2, dok su u lokvi I2 bili prisutni i punoglavci.

Za podjelu zooplanktona u trofičke ili funkcionalne prehrambene skupine, FFG (eng. *Functional Feeding Guilds*) korištena je podjela na mikrofiltratore (MiF), makrofiltratore (MaF) i predatore (Špoljar i sur., 2018a). Mikrofiltratori (detritivori) hrane se suspenzijom čestica detritusa, bakterija i jednostaničnih algi, veličine 15 – 20  $\mu\text{m}$ . Makrofiltratori (algivori) hrane se česticama veličine od 5  $\mu\text{m}$  do 50  $\mu\text{m}$ , najčešće algama kao što su nitaste alge i

praživotinje, dok se predatori hrane drugim zooplanktonom i praživotinjama.

Makrofiti su podijeljeni u tri kategorije i ovisno o kompleksnosti habitusa dodijeljen im je faktor od 1 (jednostavniji) do 3 (kompleksniji): E – emerzni, jednostavni (1); F – flotantni, umjereno kompleksni (2) i S – submerzni, kompleksni (3). Kompleksnost habitusa ukazuje i na heterogenost (raznolikost) staništa.

### 3.2. Sakupljanje i analiza limnoloških čimbenika

Na terenu su izmjereni osnovni limnološki čimbenici odgovarajućim sondama: temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), koncentracija otopljenog kisika ( $\text{mg/L}$ ), zasićenje kisikom (%), pH vrijednost (Hatch HQ30d), ukupne otopljene tvari, TDS (eng. *total dissolved solids*) i konduktivitet ( $\mu\text{S/cm}$  Hatch senslON5), prozirnost ( $z_{\text{SD}}$ , m) je izmjerena Secchi diskom. Također, zabilježene su vrste makrofita i njihova pokrovnost (%) te prisutnost ili odsutnost riba zbog predacije i njihovog utjecaja na sastav zajednica.

Uz uzorke zooplanktona, paralelno, uzimani su i uzorci vode za kemijsku analizu vode i izvora hrane. U laboratoriju su spektrofotometrijskim metodama određivani sljedeći parametri: kloridi ( $\text{mg Cl}^{-}/\text{L}$ ) ortofosfati ( $\text{mg P-PO}_4^{3-}/\text{L}$ ), amonijak ( $\text{mg N-NH}_4^{+}/\text{L}$ ), nitriti ( $\text{mg NO}_2^{-}/\text{L}$ ), nitrati ( $\text{mg NO}_3^{-}/\text{L}$ ) i biomasa fitoplanktona izražena kao koncentracija klorofila *a* Chl *a* ( $\mu\text{g/L}$ ). Ionskom kromatografijom određene su hranjive tvari: ortofosfati, amonijak, nitriti, nitrati i kloridi (kolona IonPAC AS22, Dionex ICS-3000, APHA 1995). Ukupni fosfor ( $\text{mg P/L}$ ) (TP, eng. *Total Phosphorus*) i ukupni dušik ( $\text{mg N/L}$ ) (TN, eng. *Total Nitrogen*) određivani su digestivno-spektrofotometrijskim metodama. Ukupni fosfor, TP (eng. *Total Phosphorus*) određen je prevođenjem u ortofosfate, spektrofotometrijskom metodom s amonijevim molibdatom (APHA 1995). Ukupni dušik, TN (eng. *Total Nitrogen*) određen je Kjeldahlovom metodom (APHA 1995). Volumetrijskim metodama je određivana otopljena organska tvar, DOM (eng. *Dissolved Organic Matter*) temeljem kemijske potrošnje kisika (KPK,  $\text{mg O}_{2(\text{Mn})}/\text{L}$ ), a gravimetrijskim metodama određivana je suspendirana organska tvar, POM (eng. *Particulate Organic Matter*) temeljem gubitka pri žarenju ili AFDM ( $\text{mg/L}$ , eng. *Ash Free Dry Mass*).

Koncentracije otopljene organske tvari (DOM) određena je metodom potrošnje kisika iz kalij permanganata (Špoljar i sur., 2005). Grijanje otopine kalij–permanganata u kiselom mediju dovodi do oslobađanja kisika koji potom oksidira organsku tvar otopljenu u vodi.

Kao izvor hrane zooplanktonskih organizama smatraju se biomasa fitoplanktona Chl *a* i suspendirana organska tvar (POM). Količina detritusa u vodi određena je masom suspendirane organske tvari, POM (eng. *Particular Organic Matter*) uz pomoć vrijednosti gubitka pri žarenju (eng. *Ash Free Dry Mass*, AFDM). Uzorci su ponajprije sušeni u keramičkim posudicama na temperaturi od 105°C te je tako dobivena masa suhog ostatka (DM). Zatim je žarenjem u peći na 600°C/6h dobivena masa žarenog ostatka koji sadrži anorgansku tvar. Razlika između mase suhog i žarenog ostatka je gubitak pri žarenju, odnosno količinu organske tvari POM (AFDM mg /L) (Špoljar i sur., 2011). Metoda korištena za određivanje biomase fitoplanktona je mjerenje koncentracije klorofila *a* (Chl *a*) kao osnovnog fotosintetskog pigmenta većine autotrofnih organizama. Postupak određivanja koncentracije Chl *a* proveden je etanolskom ekstrakcijom prema Nuschu (1980).

### 3.3. Obrada i analiza podataka

Za procjenu ekološkog stanja lokvi uzeti su sljedeći parametri kojima su dodijeljeni rangovi: kompleksnosti habitusa 1 (jednostavniji) do 3 (kompleksniji): E – emerzni, jednostavni (1); F – flotantni, umjereno kompleksni (2) i S – submerzni, kompleksni (3); pokrovnost makrofitima (%): (1) od 0 do 20 % pokrovnosti, (3) od 30 do 60% i (5) od 70 do 100 %; prisutnost (-1)/odsutnost (0) riba; bogatstvo vrsta (1) od 3 do 6, (2) za 10 i (3) od 13 do 17; Shannonov indeks H' vrijednosti od 1 do 3 i pratile su izračunate vrijednosti indeksa; omjer biomasa makro- i mikrofiltratora Rotifera i Cladocera dodijeljeno je: (0) za izjednačen omjer skupina, (-1) dominacija mikrofiltratora, (1) dominacija makrofiltratora.

U prikazu podataka korištene su osnovne statističke mjere: medijan, srednja vrijednost (SV) i standardna devijacija (SD). Grafički i tablični prikazi izrađeni su u programu Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, 2007).

Konstantnost ili učestalost vrste ( $K_n$ ) određuje stupanj s kojim se vrsta susreće u određenom tipu staništa i zajednice (Odum, 1971). Za izračunavanje konstantnosti korištena je slijedeća formula:  $K_n = (u_n/U) \times 100$  ( $u_n$  – broj lokvi u kojima se pojavljuje vrsta;  $U$  – ukupan broj lokvi), a kategorije su: eukonstantne vrste (75 - 100% uzoraka), konstantne (50 - 75% uzoraka), akcesorne (25 - 50% uzoraka) i rijetke (1 - 25% uzoraka).

Za analizu fizikalno-kemijskih čimbenika, brojnosti, raznolikosti i biomase zooplanktona između skupina lokvi korištene su neparametrijske analize (Kruskal-Wallis test, Spearmanov

koeficijent korelacije; program Statistica 8). U programu Primer 6 (PRIMER-E, Ltd) izračunat Shannon-Wienerov indeks raznolikosti ( $H'$ ) te su provedene multivarijatne analize ANOSIM (analiza sličnosti temeljem brojnosti populacija zooplanktona), SIMPER (postotak sličnosti između zadanih skupina lokvi temeljem sastava zooplanktona) te nemetričko multidimenzionalno skaliranje (NMDS). Kanonička analiza korespondencije (CCA; programski paket Canoco 5) korištena je za utvrđivanje odnosa između zooplanktona (brojnost 11 dominantnih planktonskih svojti) i 4 biotička čimbenika (taktilni predatori - makrozoobentos, vizualni predatori ribe, kompleksnost habitusa makrofita i pokrovnost makrofitima).

## 4. REZULTATI

### 4.1. Fizikalno-kemijski čimbenici istraživanih lokaliteta

U deset istraživanih lokvi smještenih u poluotoku Istra, Rab te Korčula, analizirano je 15 fizikalno-kemijskih čimbenika. Rasponi njihovih vrijednosti prikazani su u Tablici 2, dok su vrijednosti za svaki lokalitet prikazani u Prilogu 1. Rezultati analiza ukazuju da se čimbenici okoliša u istraživanim lokvama nisu značajno razlikovali (ANOSIM,  $r = -0,6$ ,  $p > 0,05$ ; Kruskal-Wallis test,  $p > 0,05$ ).

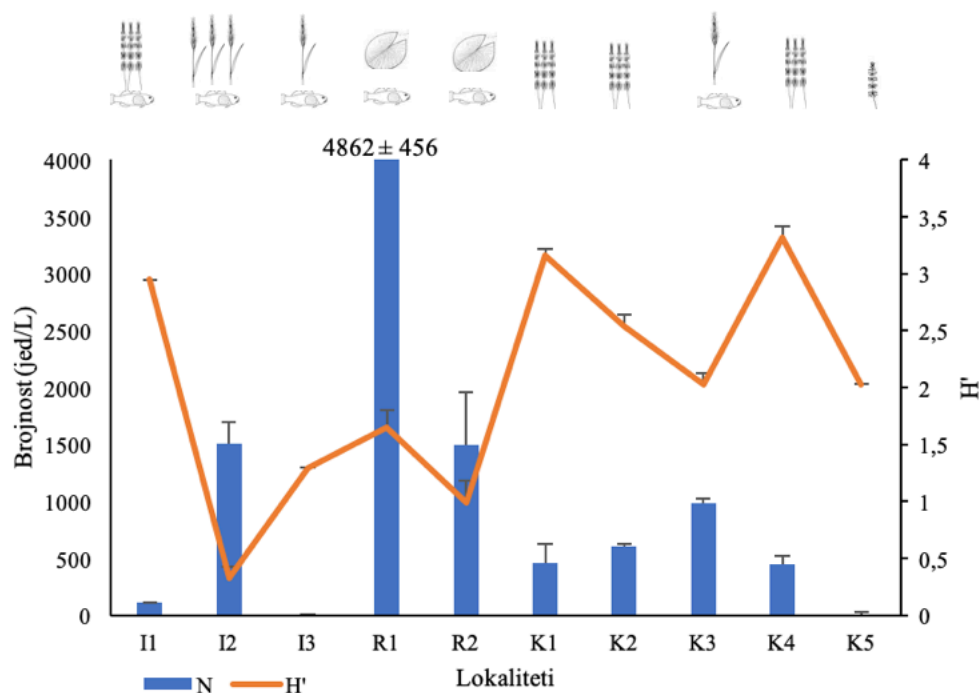
Tablica 2. Minimalne (Min), maksimalne (Max) i medijani vrijednosti limnoloških čimbenika u istraživanim lokvama Istre, Raba i Korčule

Limnološki čimbenici	Min	Max	Median
Temperatura (°C)	19,4	28,8	23,4
Prozirnost <sub>SD</sub> (m)	0,1	0,9	0,3
Otopljeni kisik (mg/L)	0,8	13,3	7,9
pH	7,3	9,2	7,9
Konduktivitet (μS/cm)	200	700	285,5
Kloridi (mg Cl <sup>-</sup> /L)	1,3	2630,3	58,8
Ortofosfati (mg P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /L)	0,05	1,54	0,1
Ukupni P (mg P/L)	0,05	2,6	0,1
Amonijak (mg N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L)	0,0001	3,13	0,3
Nitriti (mg N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L)	0,01	0,28	0,0
Nitrati (mg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L)	0,02	16,3	0,3
Ukupni N (mg N/L)	0,52	5,6	4
DOM (mg O <sub>2(Mn)</sub> /L)	8,7	27,2	17
POM (mg AFD <sub>M</sub> /L)	0,04	0,6	0,1
Fitoplankton (μg Chl <i>a</i> /L)	0,01	40,8	16,4

### 4.2. Obilježja zooplanktona u lokvama Istre, Raba i Korčule

U istraživanim lokvama zabilježeno je sveukupno 59 zooplanktonskih vrsta. Najveću raznolikost su postigli kolnjaci sa 40 vrsta, dok su planktonski rakovi bili zastupljeni znatno manjim brojem vrsta: veslonošci 10, a rašljoticalci 9 vrsta. Kolnjaci su dominirali brojnošću i raznolikošću u lokvama Istre i Raba, a rašljoticalci i veslonošci u lokvama Korčule. Ličinački stadiji veslonožaca, kopepoditi (80%) konstantno su bili zastupljeni u zooplanktonu, od kolnjaka konstantne vrste su bile *Lepodella patella* (Müller, 1773), *Lecane closterocerca*

(Schmarde, 1859) i *Trichocerca pusilla* (Jennings, 1903), dok su tri vrste rašljoticalca bile zastupljene kao akcesorne (Prilog 1). Bioraznolikosti su najviše pridonijele rijetke vrste unutar glavnih zooplanktonskih skupina, čija se učestalost kretala od 10 do 20 %, a najviše rijetkih vrsta zabilježeno je kod kolnjaka (10 vrsta; Prilog 2).



Slika 3. Oscilacije ukupne brojnosti (N) i raznolikosti (H') zooplanktona u istraživanim lokvama Istre, Raba i Korčule.

Ukupna brojnost zooplanktona oscilirala je u velikom rasponu, od desetak jed/L do nekoliko tisuća jed/L. U lokvi R1 na otoku Rabu zabilježena je najveća brojnost zooplanktona ( $4862 \pm 156$  jed/L), a najmanja, 8 jed/L, u restauriranoj lokvi u I3 u Istri (Slika 3). Brojnost kolnjaka značajno je doprinosila ukupnoj brojnosti (Tablica 3), a negativno je utjecala na bioraznolikost ( $r = -0,44$ ,  $p > 0,05$ ). Vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti znatno su oscilirale i kretale su se u rasponu od 0,3 do 3,3 (Slika 3). Veća raznolikost zooplanktona zabilježena je u lokvama K4 ( $H' = 3,320$ ) i K1 ( $H' = 3,163$ ) koje su bile umjereno do znatno prekrivene makrofitima. Najniža vrijednost Shannonovog indeksa raznolikosti zabilježena je u lokvi I2 ( $H' = 0,324$ ) koja je u potpunosti bila prekrivena emerznim makrofitima. Rezultati analiza ukazuju da su makrofiti kompleksnijeg habitusa pozitivno utjecali na raznolikost zooplanktonskih vrsta, dok je prisutnost riba uz prisutnost makrofita jednostavnijeg habitusa ukazivala na smanjenu

raznolikosti zooplanktona i staništa (Tablica 3).

Tablica 3. Statistički značajne vrijednosti Spearmanovog koeficijenta korelacija,  $r$  ( $p < 0,05$ ;  $n = 10$ ) u interakcijama biotičkih i abiotičkih čimbenika na istraživanim lokalitetima Istre, Raba i Korčule (MaF – makrofiltratori, MiF – mikrofiltratori, P – predatori).

	Makrofiti tip	Ribe (prisutnost)	Rotifera (jed/L)	Cladocera (jed/L)
Ribe	-0,772			
Raznolikost zooplanktona (H')	0,822	-0,711		
Ukupna brojnost zooplanktona			0,903	
<i>A. fissa</i> (jed/L)		0,758		
Copepoda (jed/L)		-0,782		
Cladocera ( $\mu\text{g/L}$ )	0,670	-0,642		
Copepoda ( $\mu\text{g/L}$ )		-0,782		
Taktilni predatori (jed/m <sup>2</sup> )	0,733			0,710
Cladocera bentos (jed/m <sup>2</sup> )		-0,787		
Copepoda bentos (jed/m <sup>2</sup> )		-0,681		

S obzirom na geografski raspored, istraživane lokve na području Istre i Korčule imale su malu sličnost u sastavu zooplanktona (12 %, odnosno 16 %), u odnosu na lokve otoka Raba (41 %), a tome su pridonijeli kolnjaci, semiplanktonska vrsta *Lecane bulla* (Gosse, 1851) i planktonska *Anuraeopsis fissa* (Gosse, 1851). Različitost lokvi u sastavu zooplanktona između istraživanih područja bila je visoka, 75 do 90 %, a tome su doprinijele slijedeće vrste kolnjaka; *Lecane rhomboides* (Gosse, 1886) koja je prevladavala na Rabu, *T. pusilla* u Istri i *A. fissa* u Korčulanskim lokvama (Tablica 4a).

Sličnost zooplanktona s obzirom na tip makrofita u lokvama, bila je najmanja između lokvi s emerznim (19 %) i submerznim (20 %) makrofitima te dvostruko veća između lokvi sa flotantnim makrofitima (50 %). S obzirom na tip makrofita najveća različitost u sastavu zooplanktona, 87 %, bila je između lokvi s najjednostavnijim, emerznim i najkompleksnijim, submerznim habitusom, dok je različitost bila manja između lokvi sličnije građe habitusa (Tablica 4b).

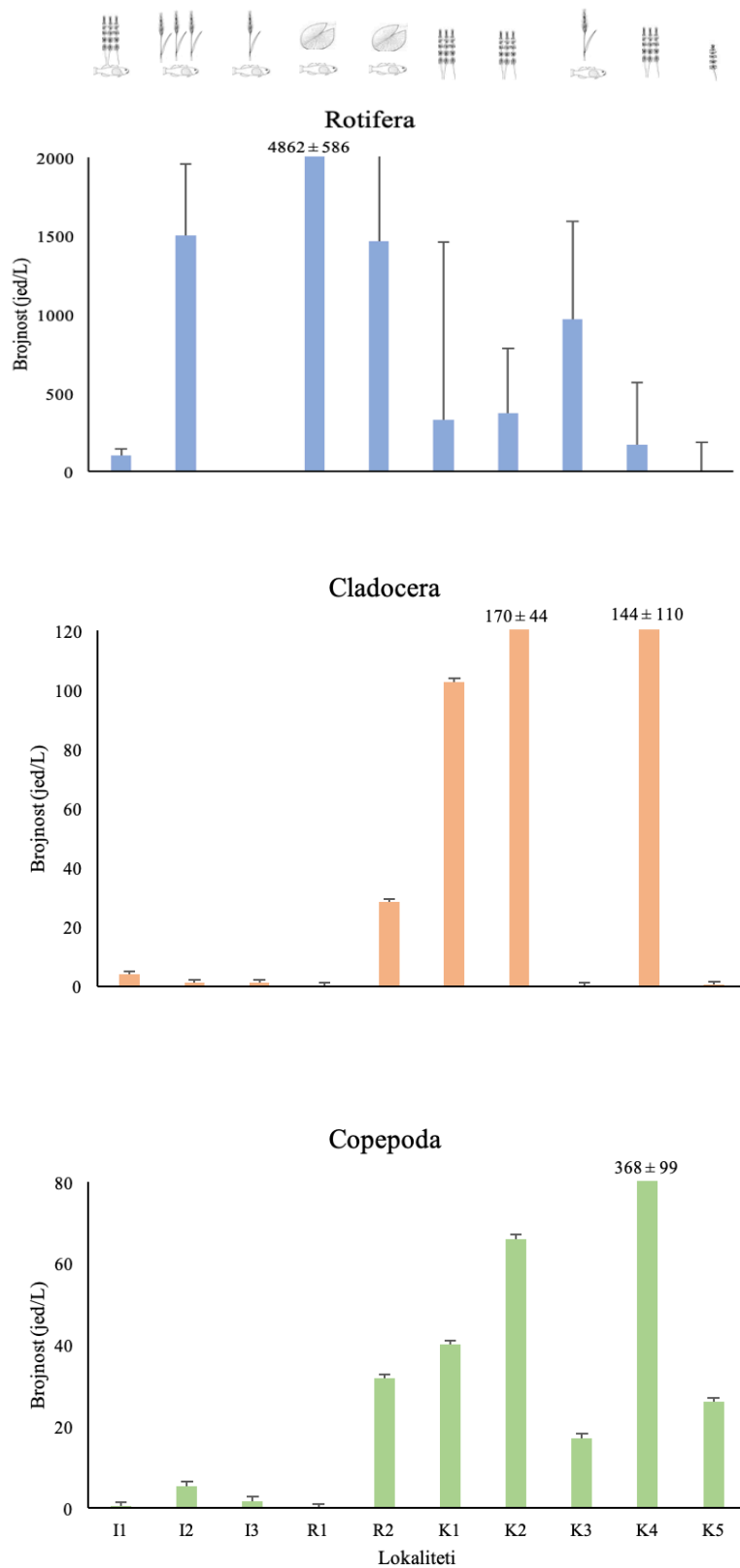


Tablica 4. Sličnosti i različitosti zooplanktona lokvi (SIMPER analiza) s obzirom na: a) geografsku udaljenost i b) kompleksnost habitusa makrofita (E - emerzni, F - flotantni, S - submerzni).

a)	Sličnost: geografska područja		
<b>Lokalitet</b>	<b>Istra</b>	<b>Rab</b>	<b>Korčula</b>
<b>Sličnost (%)</b>	12	41	16
<b>Vrsta (doprinos %)</b>	<i>Anuraeopsis fissa</i> (45) <i>Trichocerca pusilla</i> (43)	<i>Lecane bulla</i> (16) <i>A. fissa</i> (15)	<i>Lepadella patella</i> (15) <i>Lecane closteroerca</i> (14)
	Različitost: geografska područja		
<b>Lokalitet</b>	<b>Istra - Rab</b>	<b>Istra - Korčula</b>	<b>Rab - Korčula</b>
<b>Različitost (%)</b>	79	90	75
<b>Vrsta (doprinos %)</b>	<i>L. rhomboides</i> (8) <i>T. pusilla</i> (8)	<i>A. fissa</i> (9) <i>T. pusilla</i> (7)	<i>A. fissa</i> (8) <i>T. pusilla</i> (8)
	Sličnost: tip makrofita		
<b>Tip makrofita</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>S</b>
<b>Sličnost (%)</b>	19	50	20
<b>Vrsta (doprinos %)</b>	<i>A. fissa</i> (59) <i>T. pusilla</i> (41)	<i>L. bulla</i> (16) <i>A. fissa</i> (15)	<i>L. patella</i> (22) <i>Moina micrura</i> (14)
	Različitost: tip makrofita		
<b>Tip makrofita</b>	<b>E - F</b>	<b>E - S</b>	<b>F - S</b>
<b>Različitost (%)</b>	72	87	70
<b>Vrsta (doprinos %)</b>	<i>L. rhomboides</i> (11) <i>A. fissa</i> (10)	<i>A. fissa</i> (16) <i>T. pusilla</i> (11)	<i>A. fissa</i> (11) <i>T. pusilla</i> (11)

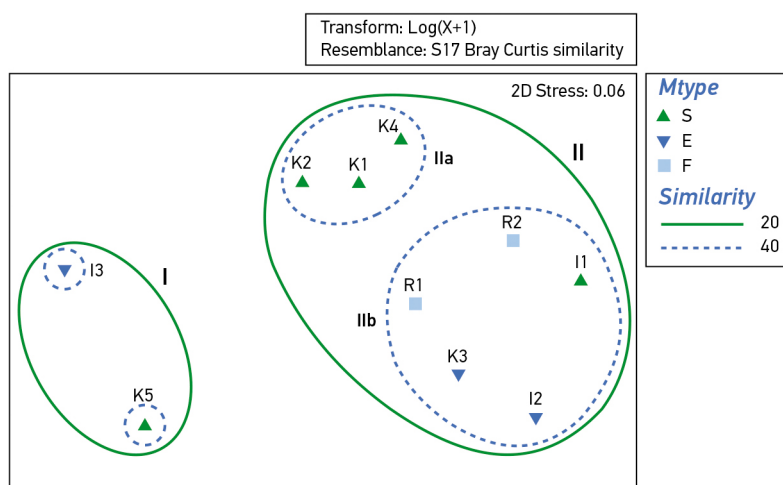
Kolnjaci su prevladavali u ukupnoj brojnosti na većini lokaliteta, s udjelom od 60 do 100 %. Najveća brojnost kolnjaka zabilježena je u lokvi s flotantnim makrofitima i ribama, R1 (Slika 4, Prilog 2). Prema koeficijentu korelacije kolnjaci, općenito kao organizmi malih dimenzija tijela, nisu bili zahvaćeni predatorskim pritiskom riba kao vizualnih predatora ( $r = 0,35$ ,  $p > 0,05$ ), na što posebno ukazuje povećanje brojnosti planktonske vrste *A. fissa* u lokvama s prisutnim ribama (Tablica 3). Rašljoticalci su značajnije brojnosti postigli na lokalitetima K2, s vrstom *Moina micrura* (Kurz, 1875) ( $113 \pm 24$  jed/L) i K4 sa *Simocephalus vetulus* (O. F. Müller, 1776) ( $62 \pm 60$  jed/L) (Slika 4, Prilog 2). Veslonošci su najveću brojnost postigli također u lokvi K4,  $368 \pm 99$  jed/L, čemu je najviše doprinijela vrsta *Megacyclops viridis*

(Jurine, 1820;  $127 \pm 145$  jed/L; Slika 4, Prilog 2). U lokvama na Korčuli s većom pokrovnošću submerznim makrofitima (50 %) brojnost planktonskih rakova je bila povećana ( $r = 0,710$ ,  $p > 0,05$ ; Slika 4). Rezultati analiza ukazuju da je prisutnost riba u istraživanim lokvama negativno utjecala na brojnost i biomasu planktonskih rakova (Tablica 3).



Slika 4. Oscilacije brojnosti Rotifera, Cladocera i Copepoda u lokvama Istre, Raba i Korčule.

Rezultati ANOSIM analize ukazuju da se sastav zooplanktona istraživanih lokvi strukturira prema tipu makrofita te prisutnosti/odsutnosti vizualnih predatora, odnosno riba (ANOSIM analiza  $r = 0,3$ ,  $p < 0,05$ ; Slika 5). Već na 20% sličnosti zooplanktona odvajaju se lokve skupine I, s malom pokrovnošću makrofitima i malom brojnošću zooplanktona (I3, K5) od lokvi skupine II, s većom pokrovnošću makrofitima i većom brojnošću zooplanktona. Na 40% sličnosti zooplanktona unutar skupine lokvi II, razdvajaju se dvije podskupine: IIa sa submerznim makrofitima i bez ihtiofaune, a u sastavu zooplanktona bili su prisutni s većim udjelom planktonski rakovi i podskupina lokvi IIb, s vizualnim predatorima i dominacijom kolnjaka (od 10 do 100 %), a bile su pokrivene emerznim i flotantnim makrofitima, I2, R1, R2 i K3, izuzev lokve I1 (Slika 5).

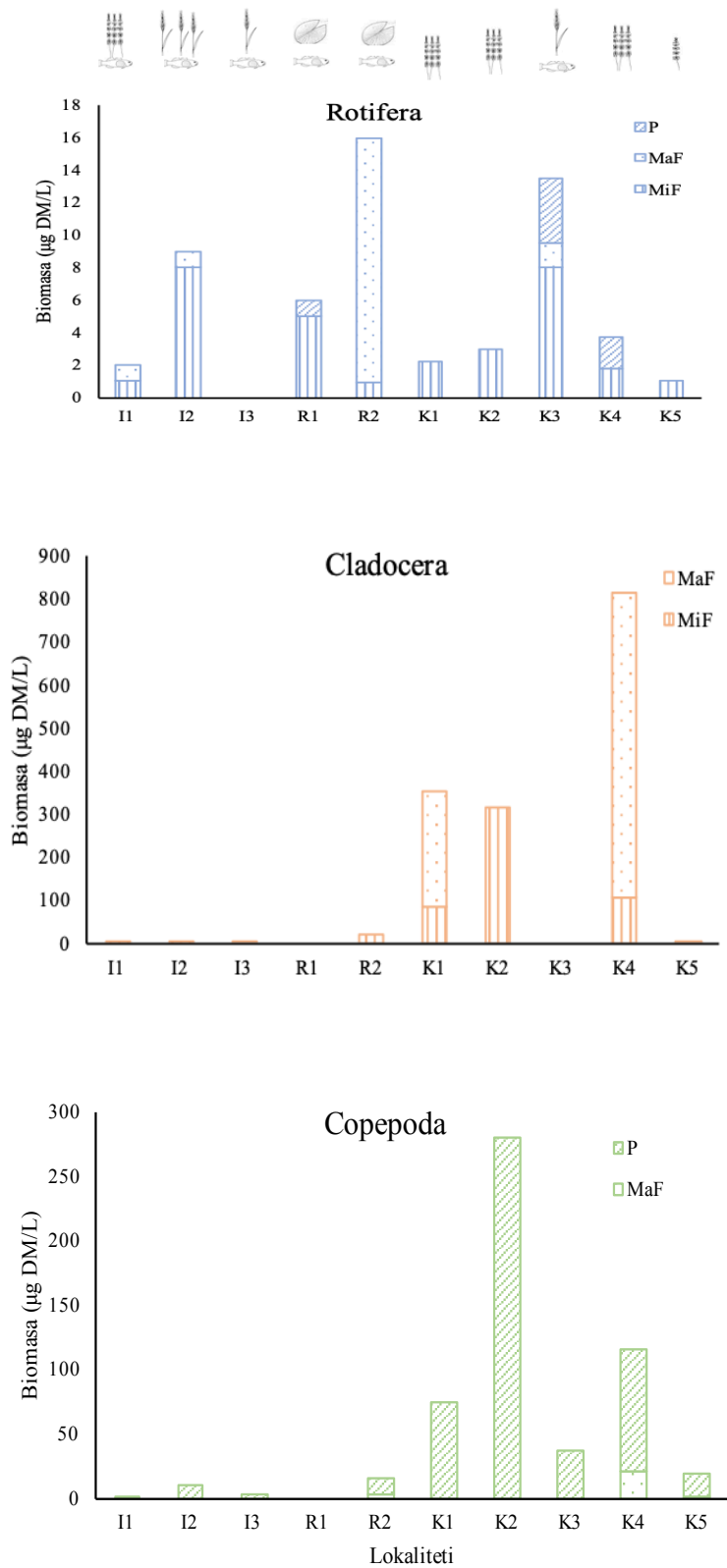


Slika 5. Sličnost lokvi temeljem brojnosti zooplanktona s obzirom na kompleksnost habitusa/tipove makrofita (NMDS analiza). Kompleksnost habitusa makrofita: E – jednostavni, emerzni, F – umjereno kompleksni, flotantni, S – kompleksni, submerzni.

### 4.3. Trofička struktura zooplanktona u lokvama Istre, Raba i Korčule

Općenito, biomase rašljoticalca u zooplanktonu bile su najveće, zatim su slijedili veslonošci, dok su kolnjaci imali najmanje biomase (Slika 6). Kolnjaci su bili prisutni sa sve tri trofičke skupine. Najveću biomasu zabilježili su u lokvi R2 ( $16 \pm 10 \mu\text{g DM/L}$ ) sa dominantnom makrofiltratorskom vrstom *T. pusilla* ( $15 \pm 9 \mu\text{g DM/L}$ ; Slika 6). U ostalim lokvama, makrofiltratorski kolnjaci bili su zabilježeni sa višestruko manjom biomasom, a prevladavali su mikrofiltratori. U lokvi K3 ( $14 \pm 3 \mu\text{g DM/L}$ ) povećanoj biomasu kolnjaka doprinijela je mikrofiltratorska vrsta *Brachionus urceolaris* ( $13 \pm 2 \mu\text{g DM/L}$ ; Müller 1773). Rašljoticalci su bili prisutni kao makro- i mikrofiltratori. Najveću vrijednost biomase zabilježili smo u lokvi K4 ( $811 \pm 380 \mu\text{g DM/L}$ ) s makrofiltratorskom vrstom *S. vetulus*. Veslonošci su bili prisutni uglavnom kao predatori, najčešće kopepoditi u K1 i K5. Najvišu biomasu postigli su u lokvi K2 ( $281 \pm 162 \mu\text{g DM/L}$ ) sa predatorskom vrstom *Neolovenula alluaudi* (Guerne i Richard, 1890;  $281 \mu\text{g DM/L}$ ).

Podjelom prema trofičkim skupinama proizlazi da su mikrofiltratori kolnjaka dominirali u lokvama s ihtiofaunom (I2, R1, K3). Kod rašljoticalca su dominirali makrofiltratori u lokvama K1 i K4 bez prisutnosti riba. Veslonošci su većinom bili predatori, a bili su prisutni i u lokvama s ihtiofaunom, a u većoj mjeri u lokvama s kompleksnijim makrofitima i bez ihtiofaune.



Slika 6. Oscilacije biomase zooplanktonskih skupina: Rotifera, Cladocera i Copepoda na lokalitetima Istre, Raba i Korčule (MaF – makrofiltratori, MiF – mikrofiltratori, P - predatori).

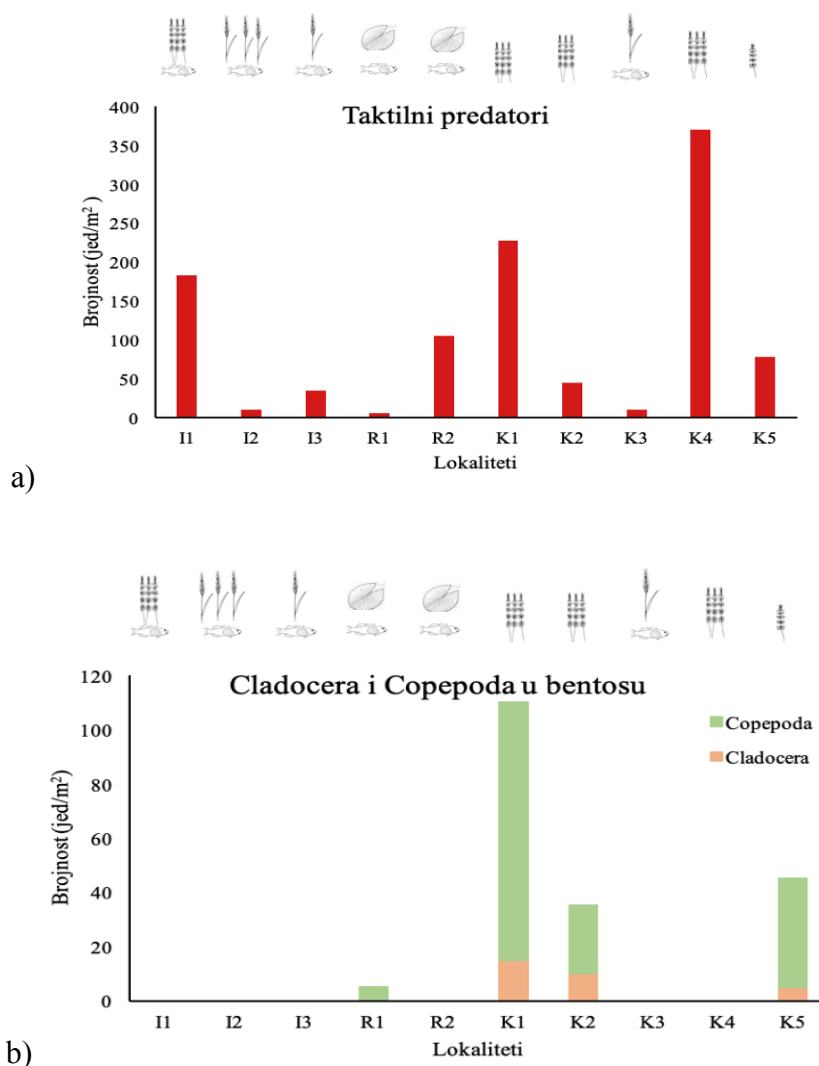
#### 4.4. Utjecaj biotičkih čimbenika na sastav zooplanktona

Sastav zooplanktona razmatran je s obzirom na utjecaj biotičkih čimbenika, tj. vizualnih i taktilnih predatora. Vizualni predatori, gambuzija, u istraživanim lokvama hrane se prvenstveno predstavnicima skupine Cladocera i Copepoda te dolazi do njihove migracije u bentos, a taktilni predatori, koji su dio makrozoobentosa, preferiraju manje zooplanktone, npr. Rotifera.

U makrozoobentosu istraživanih lokvi taktilni predatori, bili su predstavljeni beskralježnjacima skupina Diptera (dvokrilci), ličinačkim stadijima Odonata (vretenca) i Hydrachnida (vodengrinje). S obzirom na tip makrofita, u lokvama s makrofitima kompleksnijeg habitusa brojnost taktilnih predatora je bila veća (Slika 7a, Tablica 3). Najveća ukupna brojnost predatora zabilježena je u lokvi K4 (370 jed/m<sup>2</sup>), dok su u ostalim lokvama vrijednosti uglavnom bile manje od 100 jed/m<sup>2</sup>. Opažena je negativna korelacija između prisutnosti taktilnih predatora i brojnosti kolnjaka ( $r = -0,504$ ;  $p > 0,05$ ), a posebno s vrstom *A. fissa* ( $r = -0,661$ ;  $p < 0,05$ ).

Vizualni predatori, gambuzija, su bili aktivniji u lokvama s jednostavnijim makrofitima (Slika 7a; Tablica 3). Prisutnost makrofita kompleksnijeg habitusa pozitivno je utjecala na prisutnost većih rašljoticalca ( $r = 0,67$ ;  $p > 0,05$ ), dok je negativno utjecala na prisutnost vizualnih predatora ( $r = -0,64$ ;  $p > 0,05$ ). Ujedno, prisutnost vizualnih predatora je negativno utjecala na brojnost predatora u makrozoobentosu ( $r = -0,570$ ;  $p > 0,05$ ).

U bentosu istraživanih lokvi pronađeni su predstavnici obiju skupina planktonskih rakova, ali u većoj mjeri Copepoda (Slika 7b). Oscilacije biomasa ovih skupina bile su vrlo velike, od lokvi u kojima nisu zabilježeni predstavnici ni jedne skupine, do lokvi s jednom ili obje skupine planktonskih rakova u bentosu. U lokvi K1 njihove su biomase bile najveće, a iznosile su nekoliko desetaka po m<sup>2</sup> za Cladocera, do stotinjak jedinki/m<sup>2</sup> za Copepoda. Prema rezultatima proizlazi da u lokvama s dvojakim utjecajem predatora se smanjuje brojnost planktonskih rakova u bentosu (Slika 7b).

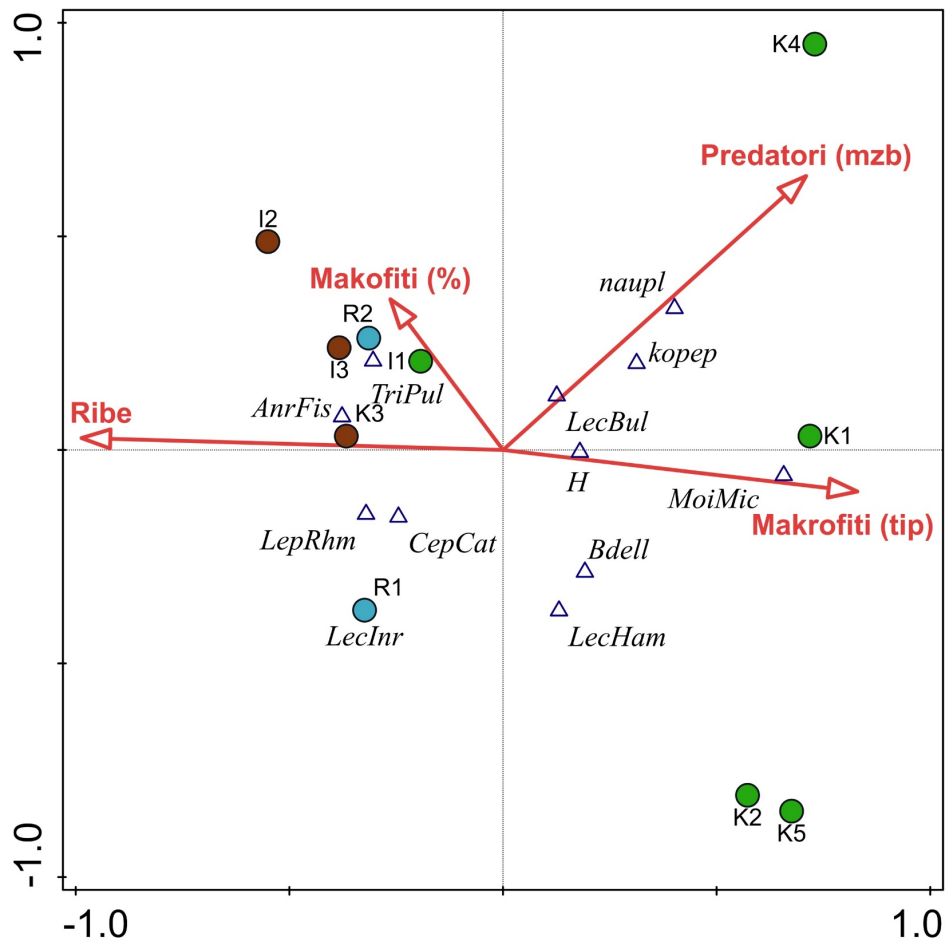


Slika 7. Oscilacije brojnosti: a) taktilnih predatora i b) planktonskih Cladocera i Copepoda, u bentosu istraživanih lokvi Istre, Raba i Korčule.

U provedenoj multivarijantnoj analizi, CCA, prve dvije osi objašnjavaju 80 % interakcija između brojnosti dominantnih vrsta zooplanktona i biotičkih čimbenika. Prisutnost riba objašnjava 31% interakcija ( $p < 0.002$ ) te ukazuje na povećanje brojnosti kolnjaka, kao sitnog zooplanktona, a negativan utjecaj na brojnost većih zooplanktonata, tj. rašljoticalaca i veslonožaca. Rezultati analize ukazuju da su ribe negativno utjecale na kompleksnost staništa, a time i na raznolikost zooplanktona. Drugi značajni čimbenik (24 % interakcija,  $p < 0.02$ ) u strukturiranju zooplanktona je bila kompleksnost staništa izražena kroz tip makrofita, koji su ujedno utjecali na povećanje raznolikosti zooplanktona (H) i brojnosti makrozoobentosa te omogućili zaklon, a time i veću brojnost većih zooplanktonata (planktonskih rakova). Taktilni predatori



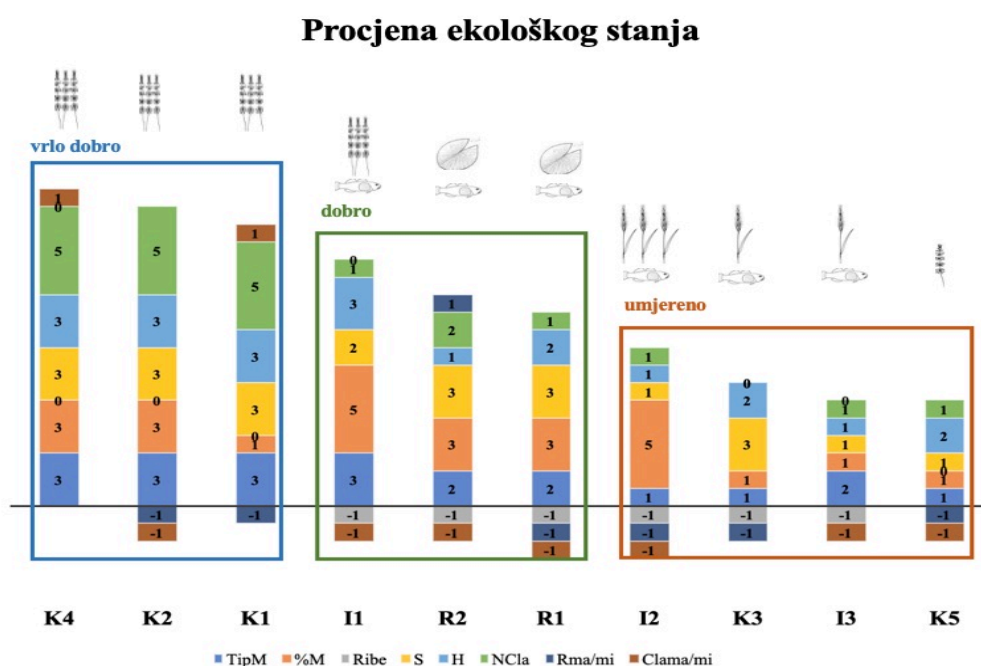
predstavljeni vodengrinjama i ličinkama kukaca objašnjavaju 22 % interakcija ( $p < 0.02$ ; Slika 8).



Slika 8. CCA analiza prikazuje odnose između brojnosti dominantnih svojiti u zooplanktonu i njihove raznolikosti te biotičkih čimbenika u istraživanim lokvama Istre, Raba i Korčule. Okolišni čimbenici: Makrofiti (%) – pokrovnost makrofitima; Makrofiti (tip) – kompleksnost habitusa makrofita; Predatori (mzb) – brojnost predatora u makrozoobentosu po  $m^2$ ; Ribe – prisutnost ihtiofaune. Svojte zooplanktona: AnrFis – *Anuraeopsis fissa*; Bdell – Bdelloidea; CepCat – *Cephalodella catellina*; kopep – kopepoditi; LecBul – *Lecane bulla*; LecHam – *Lecane hamata*; LecInr – *Lecane inermis*; LepRhm – *Lepadella rhomboides*; MoiMic – *Moina micrura*; naupl – nauplija; TriPul – *Trichocerca pusilla*. Boje lokaliteta: smeđe – emerzni makrofiti; plavo – flotantni makrofiti i zeleno – submerzni makrofiti.

#### 4.5. Procjena ekološkog stanja istraživanih lokvi i prijedlog mjera očuvanja

Kao funkcionalna obilježja zooplanktona za procjenu ekološkog stanja lokvi uzeti su: bogatstvo i raznolikost (H) vrsta, brojnost rašljoticalca, omjeri biomasa makrofiltratorskih i mikrofiltratorskih kolnjaka i rašljoticalca, a u obzir su još uzeti: pokrovnost i kompleksnost makrofita, prisutnost/odsutnost ihtiofaune. Zbrojem ovih faktora svakom lokalitetu je dodijeljeno ekološko stanje (Slika 9; Prilog 3): vrlo dobro, dobro i umjereno ekološko stanje. Staništa bez ihtiofaune, s kompleksnijim habitusom i većom pokrovnošću makrofitima najbolje podržavaju raznolikost i kvalitetnije ekološko stanje.



Slika 9. Procjena ekološkog stanja temeljem obilježja zooplanktona (TipM – kompleksnost habitusa makrofita; %M – pokrovnost makrofitima; S – bogatstvo vrsta; H – raznolikost zooplanktona; NClA – brojnost Cladocera; Rma/mi – omjer makrofiltratora i mikrofiltratora Rotifera; Clama/mi – omjer makrofiltratora i mikrofiltratora Cladocera).

Prijedlog mjera očuvanja i zaštite:

- kontrola antropogenih utjecaja na vodena tijela (ispiranje s poljoprivrednih zemljišta);
- uspostavljanje sastojina submerznih makrofita;
- kontrola riba, posebno ako se radi o invazivnim vrstama.

## 5. RASPRAVA

Rezultati ovog rada doprinose su spoznajama o ekološkom stanju lokvi u mediteranskom području s obzirom na funkcionalna obilježja zooplanktona te biotičke i abiotičke čimbenike. Također, ovo istraživanje pripada pionirskim istraživanjima zooplanktona u Jadranskim lokvama, kao i malobrojnim istraživanjima zooplanktona, u koje su uključeni i kolnjaci, u mediteranskim lokvama. Rezultati istraživanja ukazuju na značajan utjecaj biotičkih komponenti, od kojih je kompleksnost habitusa makrofita imala najznačajniji utjecaj na sastav zooplanktona, zatim postotak pokrivenosti bazena makrofitima te utjecaj vizualnih (ribe) i taktilnih (makrozoobentos) predatora. Proizlazi, da u lokvama bez ihtiofaune s umjerenom do znatnom pokrovnošću submerznim makrofitima koja povećava heterogenost staništa, bioraznolikost i ravnotežu trofičkih odnosa te vrlo dobro ekološko stanje lokvi. Uz to, dobiveni rezultati interakcija kompleksnosti građe habitusa makrofita i prisutnosti/odsutnosti riba slažu se s onima Hansona i sur. (2015). Navedeni autori utvrdili su da u plitkim jezerima Minnesote (SAD) bez prisutnosti ihtiofaune prevladavaju submerzni makrofiti i bolja kvaliteta vode. Naime, ribe svojom aktivnošću, bioturbacijom, sprečavaju zakorjenjivanje submerznim makrofitima, a također i prehranom reduciraju habituse makrofita (Špoljar i sur., 2018a).

Rezultati analiza u ovom istraživanju ukazuju da abiotički čimbenici nisu značajno utjecali na strukturiranje sastava zooplanktona. Općenito, izmjerene su više koncentracije ukupnog dušika u vodenom stupcu u odnosu na ukupni fosfor, što ukazuje da se radi o lokvama sa dužim hidroperiodom, jer većina lokvi su bile semipermanentne do permanentne. Naime, u sušnim razdobljima dolazi do isparavanja nitrata i taloženja fosfata te u lokvama sa kraćim hidroperiodom je koncentracija ukupnog fosfora viša u odnosu na ukupni dušik (Sahquillo i sur., 2012).

U istraživanim lokvama najučestaliji makrofiti bili su predstavnici submerznih svojti, *Chara* sp. i *Potamogeton natans*, što se podudaralo s prisutnošću algivornih, makrofiltratorskih, rakova i omnivornih i predatorskih veslonožaca u tri lokve (R2, K1, K4). Prisutnost algivornih rakova reducira razvoj fitoplanktona i omogućuje dovoljno svjetlosti za opstanak submerznih makrofita (Søndergaard i sur., 2010; Špoljar i sur., 2017a). Kompleksnost habitusa, submerzni makrofiti, i pokrovnost povezuje se s većom raznolikošću zooplanktona. Naime, kompleksniji habitus pruža veću količinu hrane, veći izbor staništa i time sigurniju zaštitu od predatora (Jeppesen i sur., 1999; Špoljar i sur., 2012; 2017a). Iz dobivenih rezultata ta se pravilnost

uočavala u lokvama sa submerznim makrofitima gdje je bioraznolikost bila visoka, sa znatnim bogatstvom rijetkih vrsta (I1, K1, K2, K4 i K5) među kolnjacima.

Povezanost utjecaja makrofita i predatora na strukturu zooplanktona plitkih vodenih tijela utvrđena je u mnogim recentnim radovima (Meerhoff i sur., 2007; Celewicz-Goødyn i Kuczyńska-Kippen, 2017; Špoljar i sur., 2017b). Prije se smatralo da vizualni predatori imaju značajan pritisak u pelagjalu bez makrofita, međutim u nekim ekosustavima zooplankton i u litoralnom području s makrofitima može biti izložen predaciji vizualnih, a također i taktilnih predatora (Burks i sur., 2000; Špoljar i sur., 2017a). Navedene interakcije bile su prisutne u lokvi I1 koja posjeduje submerzne makrofite, invazivna vrsta *G. holbrooki*, te je u njoj zabilježena dominacija kolnjaka. Zbog navedenih obilježja lokva I1 nalazi se u skupini lokvi dobrog ekološkog stanja kao i lokve koje posjeduju emerznu i flotantnu vodenu vegetaciju, u kojima također dolazi do dominacije kolnjaka.

Raznolikost sastava zooplanktona u ovim vrlo nestabilnim slatkovodnim ekosustavima pod direktnim je utjecajem marinskog mediteranskog okoliša i može se razmatrati s obzirom na utjecaj saliniteta, insolacije, promjena razine vode i izmjene hidroperioda (Beklioglu i sur., 2010). Zbog blizine mora salinitet može znatno utjecati na sastav zooplanktona (Kaya i sur., 2010; Špoljar i sur., 2018b). Povišene vrijednosti saliniteta zabilježene su u lokvama I3, R1 i K5, u neposrednoj blizini mora, te su u tim lokvama zabilježene manje vrijednosti Shannonovog indeksa. Ovakav rezultat u skladu je sa zaključcima koje su iznijeli Brucet i sur. (2009) da je salinitet jedan od važnih limitirajućih čimbenika bioraznolikosti. Jedan od razloga male raznolikosti u lokvi I3 je i restauracija lokve, dvije godine prije ovog istraživanja. Prema bioraznolikosti zooplanktona, moglo bi se zaključiti, da restauracija nije najbolje provedena, jer submerzne sastojine nedostaju, a također je prisutna i gambuzija. U lokva I2, iako potpuno prekrivena emerznim makrofitima, zabilježena je znatna predacija od strane gambuzija i punoglavaca, što je zajedno uzrokovalo najmanju raznolikost zooplanktona. Ovaj rezultat u skladu je s istraživanjima koja su proveli Meerhoff i sur. (2007). Oni su utvrdili da struktura habitusa vodenog bilja uvelike utječe na raznolikost zooplanktona. Jednostavna građa habitusa makrofita daje smanjuje raznolikost staništa i hrane, a time i bioraznolikost.

Zbog velikih oscilacija razine vode lokve su nestabilna staništa, mnoge su povremene i presušuju te imaju različite duljine i frekvencije hidroperioda (Galir-Balkić i sur., 2018). Istraživane lokve, izložene znatnoj insolaciji podliježu i značajnim oscilacijama razine vode i

isušivanju. Naime, lokve K2 i K5 u ljetnim mjesecima presušuju u potpunosti, dok se u lokvi K4 voda značajno reducira. Istraživane lokve uzorkovane su samo jednom godišnje, stoga pravi podaci o fluktuaciji vode i presušivanju izostaju i predmet su budućih istraživanja. Fluktuacije razine vode, odnosno oscilacija stupca, također utječu na sastav zooplanktona. Prema rezultatima koje navode Kuczynska-Kippen i sur. (2018) u šest lokvi u Poljskoj, ovisno o tome da li su stalne ili povremene, dominiraju različite skupine zooplanktona koje se mogu razvrstati u dvije skupine. Prva skupina su kolnjaci koji se češće nalaze u permanentnim lokvama (*Brachionus* sp., *Keratella* sp, *Trichocerca pusilla*), dok u povremenim dominira druga skupina, kolnjaci uz planktonske rakove (*Lepadella* sp., *Eucyclops* sp.). U rezultatima ovog rada, pronađene su navedene svojte, međutim nije zabilježena pravilnost njihova pojavljivanja s obzirom na presušivanje. Navedene vrste ujedno su i indikatori visokog stupnja trofije.

Visoke vrijednosti brojnosti i biomase kolnjaka u lokvama u kojima su prisutni vizualni predatori, objašnjavaju se temeljem postavki hipoteze veličinske efikasnosti (Brooks i Dodson, 1965). Proizlazi da su rašljoticalci većih dimenzija preferirana hrana planktivornih riba kao što je u ovim lokvama gambuzija (Špoljar i sur., 2018b). Slično tome, u svojem su istraživanju Kuczynska-Kippen i Pronin (2018) utvrdile da je, u lokvama u sklopu poljoprivrednih područja, SZ Poljska, na sastav zooplanktona uvelike utjecala prisutnost ihtiofaune te dolazi do dominacije kolnjaka. S druge strane Horvath i sur. (2014) i Toth i sur. (2014) utvrdili su da u uvjetima odsutnosti ihtiofaune dolazi do dominacije planktonskih rakova. U ovom istraživanju se spomenuti obrazac promjena opaža u lokvi K4, bez prisutnosti gambuzije te su veslonošci kao efikasniji algivorni filtratori dominirali u trofičkoj strukturi u odnosu na kolnjake.

Taktilni predatori pojavljivali su se s većim brojnostima u lokvama sa sastojinama kompleksnih makrofita (I1, K1, K4), što je u skladu s istraživanjima litoralnog područja kontinentalnih plitkih jezera (Špoljar i sur., 2017a). Taktilni predatori smanjuju brojnost plijena manjih dimenzija, npr. kolnjaka i sitnih planktonskih rakova, kao što je bio slučaj značajnog smanjena kolnjaka *A. fissa* u ovim lokvama. U lokvama s dvojakim utjecajem, taktilnih i vizualnih predatora, smanjena je brojnost sve tri skupine zooplanktona, dok u lokvama samo s taktilnim predatorima smanjena je brojnost kolnjaka. Gambuzije su bile prisutne u lokvama sa sastojinama makrofita jednostavnijeg habitusa i manje pokrovnosti. Smatra se da je zbog dobre osvjetljenosti predacija u stupcu vode bila vrlo efikasna te rakovi nisu stigli potražiti zaklon u sedimentu, što objašnjava negativnu korelaciju prisutnosti riba brojnosti planktonskih rakova u sedimentu. U novije vrijeme osim zaklona u sastojinama makrofita, sve više istraživanja govori

o sedimentu kao zaklonu zooplanktonskim organizmima od predatora (Beklioglu i sur., 2011; Špoljar i sur., 2017a, 2018a).

Zaštita i obnova mediteranskih lokvi je od velike važnosti jer se radi o ekosustavima koji su žarišta bioraznolikosti (Grillas i sur., 2002). Boix i sur. (2001) u svom su radu istaknuli važnost istraživanja sastava flore i faune lokvi kako bi se proširila saznanja o bioraznolikost ovakvih ekosustava. Ujedno takvi podaci su neophodni za stvaranje kriterija zaštite i očuvanja povremenih vodenih tijela (Ramsar Convention Bureau 1992). Jeppesen i sur. (2007) u svom su radu utvrdili da je najbolja strategija za oporavak vodenog sustava kontrola unosa nutrijenata u vodena tijela. Isto tako zaključili su kao i Hanson i sur. (2015) da je bitno oporaviti i vodenu vegetaciju u lokvama, posebno submerznu, jer ona predstavlja sklonište zooplanktonu od predatora, stabilizira sediment, prevenira stalno otpuštanje fosfata u stupac vode, smanjuje koncentracije hranjivih tvari i cvjetanje algi (Špoljar i sur., 2017a,b).

Ekološko stanje vodenih tijela definirano je temeljem procjene elemenata biološke kvalitete (eng. *Biological quality elements*, BQE) tj. makrobeskralježnjaci, ribe, fitoplankton, makrofiti i fitobentos te kemijskih i hidromorfoloških podataka. Navedeni podaci se koriste kako bi se obnovila vodena tijela u određenom vremenskom razdoblju (European Water Framework Directive, Annex V, 2000/60). Jeppesen i sur. (2011) ističu važnost integracije zooplanktona u Direktivu o vodama (WFD, Water Frame Directive), kao značajnog pokazatelja ekološkog stanja vodenih sustava te oporavka nakon restauracije. Vrijednost zooplanktona kao dobrog indikatora proizlazi iz položaja u hranidbenoj mreži, jer predstavlja poveznicu između primarnih producenata i viših konzumenata.

Rezultati ovog rada predstavljaju raznolika staništa i biocenoze povremenih jadranskih lokvi te su provedene analize dale uvid u trenutno stanje i sastav ovih staništa. Rezultati ukazuju da su u najboljem ekološkom stanju lokve sa kompleksnim makrofitima i većom biomasom makrofiltratora, tj. algivora. Ujedno, prisutnost ihtiofaune, a posebno invazivnih vrsta, smanjuje raznolikost i narušava strukturu zooplanktona i stanje lokvi.

## 6. ZAKLJUČAK

Prema rezultatima istraživanja sastava zooplanktona, u interakciji s abiotičkim i biotičkim čimbenicima, na deset lokaliteta Istre, Raba i Korčule, moguće je zaključiti:

- Zooplankton jadranskih lokvi obilježavaju populacije velike brojnosti, a na njegovu strukturu najviše su utjecali biotički čimbenici: kompleksnost habitusa makrofita, pokrovnost makrofitima te taktilni i vizualni predatori.
- Brojem vrsta dominirali su kolnjaci (40 vrsta) koji su ujedno prevladavali i u brojnosti na većini istraživanih lokaliteta. Ova obilježja ih svrstavaju u pionirske, otporne i konstantne vrste u nestabilnim uvjetima, kao što su oni u povremenim mediteranskim lokvama. Kolnjaci i rašljoticalci su većinom bili predstavljeni mikrofiltratorima, dok su veslonošci bili predatori.
- Lokve s većom pokrovnošću makrofita kompleksnijeg habitusa imale su veću bioraznolikost zato što omogućuju mnogobrojna staništa, skloništa od predatora i veći izbor i količinu hrane. Te su lokve temeljem funkcionalnih obilježja zooplanktona i biotičkih čimbenika procijenjene boljim ekološkim statusom.
- Na ukupnu brojnost zooplanktona negativno je utjecala prisutnost vizualnih i taktilnih predatora. Svojim predatorskim pritiskom, invazivna riblja vrsta, gambuzija, dovela je do smanjenja raznolikosti zooplanktona te smanjenja brojnosti veslonožaca i rašljoticalca, dok su taktilni predatori negativno utjecali na brojnost kolnjaka. Lokve s ribama i reduciranom pokrovnošću ili jednostavnijim habitusom makrofita procijenjene su kao staništa dobrog do umjereno promijenjenog ekološkog statusa.
- Pri osmišljavanju metoda i prijedloga mjera očuvanja i zaštite jadranskih lokvi, i općenito stajaćica, treba se uzeti u obzir razmatranje zooplanktona kao pokazatelja ekološkog stanja te održavanje sastojina submerzne vegetacije te kontrolirati vizualne predatore, naročito invazivne vrste.

## 7. LITERATURA

Adamczuk, M., Mieczan, T., Tarkowska-Kukuryk, M., Demetraki-Paleolog, A. (2014): Rotatoria–Cladocera–Copepoda relations in the long-term monitoring of water quality in lakes with trophic variation (E. Poland). *Environ. Earth Sci.* DOI 10.1007/s12665-014-3977-z.

Amoros, C., 1984: Crustacees cladoceres. *Bulletin Mensuel de la Société Linnéenne de Lyon* 3/4, 1-63.

Bagella, S., Gascon, S., Filigheddu, R. S., Boix, D. (2016): Mediterranean Temporary Ponds: new challenges from a neglected habitat. *Hydrobiologia* 782 (1): doi: 10.1007/s10750-016-2962-9.

Bailey, S. A., Duggan, I. C., Van Overdijk, C. D. A., Johengen, T. H., Reid, D. F., Macisaac, H. J. (2004): Salinity tolerance of diapausing eggs of freshwater zooplankton. *Freshwater Biology* 49: 286 – 295.

Beklioglu, M., Meerhoff, M., Søndergaard, M., Jeppesen, E., 2011. Eutrophication and restoration of shallow lakes from a old temperate to a warm mediterranean and a (sub) tropical climate. In: Ansari, A.A., Singh, G.S., Lanza, G.R., Rast, W (Eds.), *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*, 1st Springer, Dordrecht, 91–129.

Boix, D., Sala, J., Moreno-Amich, R. (2001): Faunal composition of Espolla pond (NE Iberian Peninsula): the neglected biodiversity of temporary ponds. *Wetlands*, 21: 577 – 592.

Brett, M., Goldman, C. R. (1997): Consumer Versus Resource Control in Freshwater Pelagic Food Webs. *Science*, 275: 384 – 386.

Brooks, J. L., Dodson, S. I. (1965): Predation, body size, and composition of plankton. *Science* 150: 28 — 35.

Brucet, S., Boix, D., Gascon, S., Sala, J., Quintana, X. D., Badosa, A., Søndergaard, M., Lauridsen, T. L., Jeppesen, E. (2009): Species richness of crustacean zooplankton and trophic structure of brackish lagoons in contrasting climate zones: north temperate Denmark and Mediterranean Catalonia (Spain). *Ecography* 32: 692 – 702.



Burks, R.L., Jeppesen, E., Lodge, D.M., 2000. Macrophyte and fish chemicals suppress *Daphnia* growth and alter life-history traits. *Oikos* 88, 139–147.

Celewicz-Goødyn, S., Kuczyńska-Kippen, N. (2017): Ecological value of macrophyte cover in creating habitat for microalgae (diatoms) and zooplankton (rotifers and crustaceans) in small field and forest water bodies. *PLoS ONE* 12(5): e0177317.

Cereghino, R., Biggs, J., Oertli, B., Declerck, S. (2008): The ecology of European ponds: defining the characteristics of a neglected freshwater habitat. *Hydrobiologia* 597: 1 – 6.

Chambers P.A., Lacoul P., Murphy K.J., Thomaz S.M. (2007). Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 9–26.

Compte, J., Montenegro, M., Ruhi, A., Gascon, S., Sala, J., Boix, D. (2015): Microhabitat selection and diel patterns of zooplankton in a Mediterranean temporary pond. *Hydrobiologia* DOI 10.1007/s10750-015-2455-2.

Della Bella, V., Bazzanti, M., Chiarotti, F. (2005): Macroinvertebrate diversity and conservation status of Mediterranean ponds in Italy: water permanence and mesohabitat influence. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 15: 583-600. doi:[10.1002/aqc.743](https://doi.org/10.1002/aqc.743).

Du, X., García-Berthou, E., Wang, Q., Liu, J., Zhang, T. (2015): Analyzing the importance of top-down and bottom-up controls in food webs of Chinese lakes through structural equation modeling. *Aquatic Ecology*, 49: 199-210.

Einsle, U., 1993: Crustacea: Copepoda: Calanoida und Cyclopoida. In: Schwoerbel J. & Zwick P. (Eds). *Süßwasserfauna von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag, Berlin.

Ewald N, Nicolet P, Oertli B, Della Bella V, Rhazi L, Reymond A-S, Minssieux E, Saber E, Rhazi M, Biggs J, Bressi N, Cereghino R, Grillas P, Kalettka T, Hull A, Scher O and Serrano L (2010) A preliminary assessment of Important Areas for Ponds (IAPs) in the Mediterranean and Alpine Arc. EPCN.

Galir Balkić, A., Ternjej, I., Špoljar, M. (2018): Hydrology driven changes in the rotifer trophic structure and implications for food web interactions. *Ecohydrology* DOI: 10.1002/eco.1917.

Gascon, S., Boix, D., Sala, J., Quintana, X.D. (2005): Variability of benthic assemblages in relation to the hydrological pattern in Mediterranean salt marshes (Emporda wetlands, NE Iberian Peninsula). *Archiv fur Hydrobiologie*, 163 (2): 163 – 181.

Grillas, P., P. Gauthier, N. Yavercovski & C. Perennou, 2004. Mediterranean Temporary Pools. Issues Relating to Conservation, Functioning and Management.

Hanson, M. A., Buelt, C. A., Zimmer, K. D., Herwing, B. R., Bowe, S., Maurer, K. (2015): Co-correspondence among aquatic invertebrates, fish and submerged aquatic plants in shallow lakes. *Freshwater Science*, 34 (3): 953 – 964.

Horváth, Z., Vad, C. F., Tóth, A., Zsuga, K., Boros, E., Vörös, L., Ptacnik, R. (2014): Opposing patterns of zooplankton diversity and functioning along a natural stress gradient: when the going gets tough, the tough get going. *Oikos* 123: 461 – 471.

Jeppesen E., Jensen J.P., Sóndergaard M., Lauridsen T.L. (1999). Trophic dynamics in turbid and clearwater lakes with special emphasis on the role of zooplankton for water clarity. *Hydrobiologia* 408/409: 217–231.

Jeppesen, E., Meerhoff, M., Jacobsen, B. A., Hansen, R.S., Sóndergaard, M., Jensen, J. P., Lauridsen, T. L., Mazzeo, N., Branco, C. W. C. (2007): Restoration of shallow lakes by nutrient control and biomanipulation – the successful strategy varies with lake size and climate. *Hydrobiologia*, 581: 269 – 285.

Jeppesen, E., Nøges, P., Davidson, T. A., Haberman, J., Nøges, T., Blank, K., Lauridsen, T. L., Sóndergaard, M., Sayer, C., Laugaste, R., Johansson, L. S., Bjerring, R., Amsinck, S. L. (2011): Zooplankton as indicator in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia* 67: 279 – 297.

Kahriman, K. (2019): Utjecaj okolišnih čimbenika na raspodjelu zooplanktona u Mediteranskim lokvama. Diplomski rad, Zagreb.

Kaya M., Fontaneto D., Segers H., Altındağ A. (2010). Temperature and salinity as interacting drivers of species richness of planktonic rotifers in Turkish continental waters. *Journal of Limnology* 69: 297–304.

Krklec, K., Ljubenkovič, I., Bensa, A. (2010): Prirodni resursi otoka Korčule. UDK 911.3:330.15(487.5).

Kuczyńska-Kippen, N., Pronin, M. (2018): Diversity and zooplankton species associated with certain hydroperiods and fish state in field ponds. *Ecological Indicators* 90: 171 – 178.

Lemmens, P., Mergeay, J., De Bie, T., Van Wichelen, J., De Meester, L., Declerck, S. A. J. (2013): How to Maximally Support Local and Regional Biodiversity in Applied Conservation? Insights from Pond Management. *PLOS ONE*, Vol.8, (8).

Levesque S., Beisner, B. E., Peres-Neto, P. R. (2010): Meso-scale distributions of lake zooplankton reveal spatially and temporally varying trophic cascades. *Journal of plankton research* 32: 1369 – 1384.

Lukacs, B. A., Sramko, G., Molnar, A.V. (2013): Plant diversity and conservation value of continental temporary pools. *Biological Conservation* 158: 393 – 400.

Nilsson A. (1996): *Aquatic insects of North Europe 1*. Apollo Books, Stenstrup.

Nilsson A. (1997): *Aquatic insects of North Europe 2*. Apollo Books, Stenstrup.

Malekzadeh-Viayeh, Reza & Špoljar, Maria. (2012): Structure of rotifer assemblages in shallow waterbodies of semi-arid northwest Iran differing in salinity and vegetation cover. *Hydrobiologia*. 686.

Margairitora, F. G., Ferrara, O., Vagaggini, D. (2001): Predatory impact of mosquitofish (*Gambusia holbrooki*, Girard) on zooplanktonic populations in a pond at Tenuta di Castelporziano (Rome, Central Italy). *J. Limnol.*, 60(2): 189 – 193.

Meerhoff M., Iglesias C., De Mello F. T., Clemente J. M., Jensen E., Lauridsen T. L., Jeppesen E. (2007). Effects of habitat complexity on community structure and predator avoidance behaviour of littoral zooplankton in temperate versus subtropical shallow lakes. *Freshwater Biology* 52: 1009 –1021.

Obertegger, U., Smith, H. A., Elaim, G., Wallace, R. L. (2011): Using the guild ratio to characterize pelagic rotifer communities. *Hydrobiologia*, 662: 157 – 162.

Pelechaty M., Pronin E., Pukacz A. (2013): Charophyte occurrence in Ceratophyllum demersum stands. *Hydrobiologia* 737: 111–120.

Peran, L. (2018): Šumska vegetacija otoka Raba (Završni rad). Šumarski fakultet, Zagreb

Perrow, M., Jowitt, A. J. D., Stansfield, J. H., Phillips, G. L. (1999): The practical importance of interactions between fish, zooplankton and macrophytes in shallow lake restoration. *Hydrobiologia* 395/396: 199 – 210.

Radošević, M. (2013): Od gambuzija do pariškoga zelenila: kako je pobijeđena malarija u Istri. *ČSP* br. 3: 509 – 530.

Radwan S. (2004). Rotifers (Rotifera). *The Freshwater Fauna of Poland*. 32. Polish Hydrobiological Society, University of Łódź.

Ramsar Convention Bureau (1992): Criteria for Identifying Wetlands of International Importance. p. 111–113. In *Conserving and Managing Wetlands for Invertebrates*. Council of Europe, Vaduz, Liechtenstein.

Ruttner-Kolisko A. (1977). Suggestions for biomass calculations of plankton rotifers. *Archiv für Hydrobiologie – Beiheft Ergebnisse der Limnologie* 8: 71–76.

Sahuquillo M., Miracle M.R., Morata S.M., Vicente E. (2012). Nutrient dynamics in water and sediment of Mediterranean ponds across a wide hydroperiod gradient. *Limnologia* 42: 282–290.

Scheffer, M., 1998. *Ecology of Shallow Lakes*. Chapman and Hall, London.

Søndergaard M., Johansson L.S., Lauridsen T.L., Jørgensen T.B., Liboriussen L., Jeppesen E. (2010): Submerged macrophytes as indicators of the ecological quality of lakes. *Freshwater Biology* 55: 893–908.

Špoljar M., Habdija I., Primc-Habdija B., Sipos L. (2005). Impact of environmental variables and food availability on Rotifer assemblage in the karstic barrage lake Visovac (Krka River, Croatia). *International Review of Hydrobiology* 90: 555–579.

Špoljar, M.; Dražina, T.; Habdija, I.; Meseljević, M.; Grčić, Z. (2011): Contrasting Zooplankton Assemblages in Two Oxbow Lakes with Low Transparencies and Narrow Emergent Macrophyte Belts (Krapina River, Croatia). *International Review of Hydrobiology*, 96 (2); 175 – 190.

Špoljar, M.; Dražina, T.; Šargač, J.; Kralj Borojević, K.; Žutinić, P. (2012): Submerged macrophytes as a habitat for zooplankton development in two reservoirs of a flow-through system (Papuk Nature Park, Croatia). *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology*, 48 (2); 161 – 175.

Špoljar, M. (2013): Microaquatic communities as indicators of environmental changes in lake ecosystems. *Journal of Engg. Research*, 1: 29 – 42.

Špoljar, M.; Tomljanović, T.; Dražina, T.; Lajtner, J.; Štulec, H.; Matulić, D.; Fressl, J. (2016): Zooplankton structure in two interconnected ponds: similarities and differences. *Croatian Journal of Fisheries*, 74 (1); 6 – 13.

Špoljar, M.; Zhang, C.; Dražina, T.; Zhao, G.; Lajtner, J.; Radonić, G. (2017a): Development of submerged macrophyte and epiphyton in a flow-through system: Assessment and modelling predictions in interconnected reservoirs. *Ecological Indicators*, 75; 145 – 154.

Špoljar, M., Lajtner, J., Dražina, T., Malekzadeh-Viayeh, R., Radanović, I., Zrinščak, I., Fressl, J. & Matijašec, D. (2017b): Disentangling food webs interactions in the littoral of temperate shallow lakes. *Nat. Croat.*, Vol. 26: 145 – 166.

Špoljar, M., Dražina, T., Lajtner, J., Duić Sertića, M., Radanović, I., Wallace, R. L., Matulić, D., Tomljanović, T. (2018a): Zooplankton assemblage in four temperate shallow waterbodies in association with habitat heterogeneity and alternative states. *Limnologica* 71: 51 – 61.

Špoljar, M., Dražina, T., Kahrman, K., Medić, N., Cvetnić, M. (2018b): The impact of invasive eastern mosquitofish (*Gambusia holbrooki* Girard, 1859) on zooplankton in small Mediterranean ponds. *Proceedings 54th Croatian & 14th International Symposium on Agriculture / Mioč, B.; Širić, I. (ur.). Zagreb, 2019. 411-416.*

Tóth, A., Horváth, Z., Vad, C. F., Zsuga, K., Nagy, S. A., Boros, E. (2014): Zooplankton of the European soda pans: Fauna and conservation of a unique habitat type. *International Review of Hydrobiology* 99: 1 – 22.

Voigt, M. & Koste, W., 1978: *Die Rädertiere Mitteleuropas*. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart.

Walsh, E. J., Smith, H. A., Wallace, R. L. (2014): Rotifers of temporary waters. *International Review of Hydrobiology* 99, 3 – 19.

Zacharias, I., Dimitriou, E., Dekker, A., Dorsman, E. (2007): Overview of temporary ponds in the Mediterranean region: Threats, management and conservation issues. *Journal of Environmental Biology*, 28(1): 1–9.

Williams W.D. (2001). Anthropogenic salinisation of inland waters. *Hydrobiologia* 466: 329–337.

Zaret, T. M., Suffern, J. S. (1976): Vertical migration as a predator avoidance mechanism. *Limnology and Oceanography*, 21 (6), 804.

## 8. PRILOZI

1. Limnološki fizikalno-kemijski čimbenici na lokalitetima Istre, Raba i Korčule.
2. Brojnost, raznolikost, konstantnost (%), trofičke skupine (FFG, eng *Functional Feeding Guilds*) zooplanktona: MiF-mikrofiltratori; MaF-makrofiltratori; P-predatori; i ekološki tipovi: P – planktonski, SP – semiplanktonski; na lokalitetima Istre, Raba i Korčule.
3. Rangiranje funkcionalnih obilježja zooplanktona i biotičkih čimbenika za procjenu ekološkog stanja lokvi. (TipM – kompleksnost habitusa makrofita; %M – pokrovnost makrofitima; S – bogatstvo vrsta; H – raznolikost zooplanktona; NCl<sub>a</sub> – brojnost Cladocera; Rma/mi – omjer makrofiltratora i mikrofiltratora Rotifera; Clama/mi – omer makrofiltratora i mikrofiltratora Cladocera).

Prilog 1. Limnološki čimbenici na lokalitetima Istre, Raba i Korčule.

Lokalitet	Temperatura (°C)	Kisik (mg/L)	pH	Konduktivitet ( $\mu$ S/cm)	Kloridi (mg Cl <sup>-</sup> /L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	TP (mg/L)
I1	23	7,99	7,47	262	14,82	0,05	0,05
I2	18,1	0,8	7,69	240	1,31	0,05	0,05
I3	21,4	3,72	8,16	200	175,9486		
R1	19,4	9,03	7,29	252	63,471	0,055	0,08
R2	22,4	13,1	8,18	403	60,3206	1,5428	2,56
K1	23,8	7,78	7,68	372	38,9464		
K2	25,2	7,05	8,02	309	59,5619	0,055	0,05
K3	25,8	11,36	7,64	442	20,454	0,055	0,05
K4	28,8	15,35	9,18	245	58,0209	0,055	0,05
K5	26,8	6,71	8,4	700	2630,35	0,055	0,05

Lokalitet	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	TN (mg/L)	DOM (mg O <sub>2</sub> /L)	POM (g AFDM/L)	Fitoplankton ( $\mu$ g Chl a/L)
I1	1,3	0,37	0,04	5,6	13,43	0,086	9,176
I2	1,91	0,11	0,04	3,97	8,69	0,072	15,984
I3	0,0001		0,0132		19,59	0,0362	0,0151552
R1	0,3596	1,74	0,022	0,52	8,69	0,144	40,848
R2	0,3523	0,019	0,01	3,96	18,802	0,424	12,432
K1	0,2545	0,7072	0,0132	4,41	25,122	0,088	16,872
K2	0,2126	0,2029	0,0132	4,48	15,168	0,069	17,168
K3	0,000491845	0,5527	0,0132	3,68	9,638	0,05	23,68
K4	0,000491845	0,1493	0,2762	3,71	20,382	0,073	15,688
K5	3,13	16,29	0,0132	3,22	27,176	0,575	23,384



Prilog 2. Brojnost, raznolikost, konstantnost (%), trofičke skupine (FFG, eng *Functional Feeding Guilds*) zooplanktona: MiF-mikrofiltratori; MaF-makrofiltratori; P-predatori; i ekološki tipovi: P – planktonski, SP – semiplanktonski; na lokalitetima Istre, Raba i Korčule

Svojt/Vrsta	I1 SV ± SD	I2 SV ± SD	I3 SV ± SD	R1 SV ± SD	R2 SV ± SD	K1 SV ± SD	K2 SV ± SD	K3 SV ± SD	K4 SV ± SD	K5 SV ± SD	Konstant nost (%)	FFG	Ekološki tip
<b>Rotifera</b>													
<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)	21 ± 18	1430 ± 449		3394 ± 758	24 ± 24			521 ± 359			40	MiF	P
Bdelloidea				55 ± 36	7 ± 12	85 ± 103	297 ± 498	11 ± 10			50	MiF	SP
<i>Brachionus quadridentatus</i> (Hermann, 1783)					2 ± 4						10	MiF	P
<i>Brachionus urceolaris</i> Müller, 1773				5 ± 9				49 ± 34		2 ± 2	30	MiF	P
<i>Cephalodella catellina</i> (Müller, 1786)				55 ± 49	5 ± 9		3 ± 5	153 ± 67			40	P	SP
<i>Cephalodella forficata</i> (Ehrenberg, 1832)						2 ± 1			25 ± 30		20	P	SP
<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1830)	4 ± 3			3 ± 5				2 ± 5			30	P	SP
<i>Cephalodella</i> sp. 1				8 ± 8							10	P	SP
<i>Cephalodella</i> sp. 2						3 ± 5					10	P	SP
<i>Cephalodella</i> sp. 3							5 ± 9				10	P	SP
<i>Colurella adriatica</i> (Ehrenberg, 1831)											10	MiF	SP
<i>Colurella obtusa</i> (Gosse, 1886)				17 ± 16			24 ± 42	2 ± 4	15 ± 20		40	MiF	SP
<i>Colurella uncinata</i> (Müller, 1773)	11 ± 11				27 ± 18	4 ± 7			2 ± 4		40	MiF	SP
Dicranophoridae							3 ± 5				10	P	SP
<i>Epiphanes macroura</i> (Barrois & Daday, 1894)									18 ± 24		10	MiF	P
<i>Euchlanis dilatata</i> (Ehrenberg, 1830)							3 ± 5				10	MiF	SP
<i>Filinia brachiata</i> (Rousselet, 1901)				10 ± 17							10	MiF	P
<i>Hexarthra fennica</i> (Levander, 1892)										1 ± 1	10	MiF	P
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)											10	MiF	P
<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)	14 ± 12			28 ± 18	34 ± 53	127 ± 182			5 ± 4		50	MiF	SP
<i>Lecane closteroerca</i> (Schmarda, 1859)				13 ± 12	23 ± 39	37 ± 58	8 ± 14	1 ± 2	31 ± 40		60	MiF	SP
<i>Lecane furcata</i> (Murray, 1913)				16 ± 28		8 ± 17	11 ± 19				30	MiF	SP
<i>Lecane hamata</i> (Stokes, 1896)				486 ± 156		15 ± 12	13 ± 23				30	MiF	SP
<i>Lecane inermis</i> (Bryce, 1892)				481 ± 210							10	MiF	SP
<i>Lecane ludwigii</i> (Eckstein, 1883)									6 ± 11		10	MiF	SP
<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)						1 ± 2			13 ± 17		20	MiF	SP
<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)											10	MiF	SP
<i>Lepadella ovalis</i> (Müller, 1786)				18 ± 16		4 ± 7			5 ± 5		30	MiF	SP
<i>Lepadella patella</i> (Müller, 1773)	5 ± 7			28 ± 4	8 ± 9	40 ± 45	3 ± 5	3 ± 4	43 ± 35		70	MiF	SP
<i>Lepadella rhomboides</i> (Gosse, 1886)				234 ± 216	19 ± 26						20	MiF	SP
<i>Lepadella triptera</i> (Ehrenberg, 1830)						2 ± 5					10	MiF	SP
<i>Platonus patulus</i> (Müller, 1786)									7 ± 1		10	MiF	SP
<i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson, 1925)	22 ± 30						3 ± 5	17 ± 20			30	MaF	P
<i>Polyarthra vulgaris</i> (Carlin, 1943)					13 ± 17						10	MaF	P
<i>Squatinella rostrum</i> (Schmarda, 1846)	10 ± 13										10	MiF	SP
<i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)		1 ± 1			1 ± 2						20	MiF	SP
<i>Trichocerca bidens</i> (Luks, 1912)								22 ± 13			10	MaF	P
<i>Trichocerca pusilla</i> (Jennings, 1903)	18 ± 18	73 ± 4		12 ± 15	1305 ± 1223			184 ± 145	2 ± 4		60	MaF	P
<b>Rotifera ukupno</b>	105 ± 40	1503 ± 454		4862 ± 586	1468 ± 1133	329 ± 409	372 ± 627	967 ± 394	173 ± 186	3 ± 2			

Prilog 2. nastavak Brojnost, raznolikost, konstantnost (%), trofičke skupine (FFG, eng *Functional Feeding Guilds*) zooplanktona: MiF-mikrofiltratori; MaF-makrofiltratori; P-predatori; i ekološki tipovi: P – planktonski, SP – semiplanktonski; na lokalitetima Istre, Raba i Korčule

Svojta/Vrsta	I1 SV ± SD	I2 SV ± SD	I3 SV ± SD	R1 SV ± SD	R2 SV ± SD	K1 SV ± SD	K2 SV ± SD	K3 SV ± SD	K4 SV ± SD	K5 SV ± SD	Konstantnost (%)	FFG
<b>Cladocera</b>												
<i>Alona guttata</i> (Sars, 1861)	3 ± 6	1 ± 1									20	MiF
<i>Alona quadrangularis</i> (O. F. Muller, 1776)							23 ± 39				10	MiF
<i>Alona rectangula</i> (Sars, 1861)					23 ± 39				56		20	MiF
<i>Biapertura affinis</i> (Leydig, 1860)							35 ± 60				10	MiF
<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Muller, 1785)	1 ± 1										10	MiF
<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine, 1820)			1 ± 1			57 ± 88					30	MaF
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Muller, 1776)					6 ± 10						10	MiF
<i>Moina micrura</i> (Kurz, 1875)						13 ± 23	113 ± 24		25		30	MiF
<i>Simocephalus vetulus</i> (O.F. Müller, 1776)						33 ± 57			62		30	MaF
<b>Cladocera ukupno</b>	4 ± 7	1 ± 1	1 ± 1		28 ± 49	103 ± 168	170 ± 44		144 ± 110	0,4 ± 1		
<b>Copepoda</b>												
<i>Acanthocyclops</i> sp. 1		3 ± 1									10	P
<i>Acanthocyclops</i> sp. 2			1 ± 1								10	P
<i>Arctodiaptomus</i> sp.								9 ± 7			10	P
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)					1 ± 2						10	P
<i>Eudiaptomus hadzici</i> (Brehm, 1933)							29 ± 50				10	P
<i>Eudiaptomus</i> sp. 1								2 ± 3	5		20	P
<i>Eudiaptomus vulgaris</i> (Schmeil, 1896)		1 ± 2									10	P
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine, 1820)									127		10	P
<i>Neolovenula alluaudi</i> (Gueme and Richard, 1890)						13 ± 13	37 ± 35				20	P
<i>Tropocyclops prasinus</i> (Fischer, 1860)						9 ± 13				1 ± 2	20	P
kopepoditi	1 ± 1	1 ± 2	1 ± 1		6 ± 10	18 ± 14		6 ± 6	81	14 ± 5	80	P
nauplij					25 ± 43				154	11 ± 3	30	MaF
<b>Copepoda ukupno</b>	1 ± 1	5 ± 1	2 ± 1		32 ± 55	40 ± 23	66 ± 22	17 ± 6	368 ± 99	26 ± 9		
<b>Ukupna brojnost</b>	109 ± 41	1510 ± 456	3 ± 1	4862 ± 586	1562 ± 986	575 ± 718	608 ± 648	984 ± 400	685 ± 93	30 ± 8		

Prilog 3. Rangiranje funkcionalnih obilježja zooplanktona i biotičkih čimbenika za procjenu ekološkog stanja lokvi. (TipM – kompleksnost habitusa makrofita; %M – pokrovnost makrofitima; S – bogatstvo vrsta; H – raznolikost zooplanktona; NCl<sub>a</sub> – brojnost Cladocera; Rma/mi – omjer makrofiltratora i mikrofiltratora Rotifera; Clama/mi – omjer makrofiltratora i mikrofiltratora Cladocera).

	<b>TipM</b>	<b>%M</b>	<b>Ribe</b>	<b>S</b>	<b>H</b>	<b>NCl<sub>a</sub></b>	<b>Rma/mi</b>	<b>Clama/mi</b>	<b>Sum</b>
<b>K4</b>	3	3	0	3	3	5	0	1	18
<b>K2</b>	3	3	0	3	3	5	-1	-1	15
<b>K1</b>	3	1	0	3	3	5	-1	1	15
<b>I1</b>	3	5	-1	2	3	1	0	-1	12
<b>R2</b>	2	3	-1	3	1	2	1	-1	10
<b>R1</b>	2	3	-1	3	2	1	-1	-1	8
<b>I2</b>	1	5	-1	1	1	1	-1	-1	6
<b>K3</b>	1	1	-1	3	2	0	-1	0	5
<b>I3</b>	2	1	-1	1	1	1	0	-1	4
<b>K5</b>	1	1	0	1	2	1	-1	-1	4

## ŽIVOTOPIS

### Osobne informacije

Ime Claudia  
Prezime Fiorentin  
Adresa Brajdice 41, 52204 Ližnjan (Hrvatska)  
Mobitel +385911827211  
E-mail cfiorentin@stud.biol.pmf.hr  
Datum rođenja 04.04.1995.  
Spol Ž

### Obrazovanje i osposobljavanje

2018 – 2019 Oulu University, Faculty of science, Finland  
Erasmus + međunarodni studijski boravak  
2016 – 2019 Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno – matematički fakultet, PMF  
Magistra struke znanosti o okolišu – mag. oecol.  
2013 – 2016 Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Sveučilišna prvostupnica struke znanosti o moru – bacc. univ.  
2009 – 2013 Talijanska srednja škola Dante Alighieri, Pula, opća gimnazija

### Stručna edukacija

03/2018 – 05/2018 Demonstratorica kolegija Osnove biologije za geologe, PMF

### Znanstvena sudjelovanja, terenska istraživanja i stručna edukacija

2019 Bućan, Denis; Špoljar, Maria; Dražina, Tvrtko; **Fiorentin, Claudia**; invertebrates, fish and zooplankton coupling in freshwater Mediterranean ponds. *3<sup>rd</sup> Symposium of Freshwater Biology*. Zagreb, Croatia, 2019. (poster, međunarodna recenzija, sažetak znanstveni)  
2019 Dražina, Tvrtko; Špoljar, Maria; **Fiorentin, Claudia**; Polović, Luka; Bućan, Denis; Hudina, Tomislav. Zooplankton in Mediterranean ponds – implications for conservation measures // *SEFS11 Abstract book*. Zagreb: Croatian Association of Freshwater Ecologists, 2019. (predavanje, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)

- 2019            Sudjelovanje u Horizon2020 AQUACOSM project - METU Mesocosm System  
JOMEX DOC pulse mesocosm experiment
- 2014            Sudjelovanje u projektu “ Noć biologije”, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

**Osobne vještine**

- Engleski jezik – aktivno korištenje u govoru i pismu
- Talijanski jezik – aktivno korištenje u govoru i pismu
- Njemački jezik – pasivno korištenje u govoru i pismu
- Poznavanje rada u programu ArcGis
- Poznavanje rada na mikroskopu Carl Zeiss Jenaval
- Vozačka dozvola B kategorije