Faunistička i ekološka karakterizacija zajednica mikroskopskih rakova (Copepoda i Cladocera) u jezerskim i izvorskim staništima donjeg toka rijeke Neretve

Planinić, Adriana

Doctoral thesis / Disertacija

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:348238

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb



Sveučilište u Zagrebu

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

BIOLOŠKI ODSJEK

Adriana Planinić

FAUNISTIČKA I EKOLOŠKA KARAKTERIZACIJA ZAJEDNICA MIKROSKOPSKIH RAKOVA (COPEPODA I CLADOCERA) U JEZERSKIM I IZVORSKIM STANIŠTIMA DONJEG TOKA RIJEKE NERETVE

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2017.



University of Zagreb

FACULTY OF SCIENCE

DEPARTMENT OF BIOLOGY

Adriana Planinić

FAUNISTIC AND ECOLOGICAL CHARACTERIZATION OF MICROSRUSTACEAN COMMUNITY (COPEPODA AND CLADOCERA) OF LACUSTRINE AND CRENAL HABITATS IN THE LOWER COURSE OF THE NERETVA RIVER

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2017.

Ovaj je doktorski rad izrađen na Biološkom odjelu Fakulteta prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti Sveučilišta u Mostaru, pod vodstvom prof. dr. sc. Svjetlane Stanić-Koštroman te u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom prof. dr. sc. Ivančice Ternjej, u sklopu Sveučilišnog poslijediplomskog doktorskog studija Biologije pri Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Veliko hvala mojim mentoricama prof. dr. sc. Svjetlani Stanić-Koštroman i prof. dr. sc. Ivančici Ternjej na nesebičnoj podršci te stručnoj i tehničkoj pomoći u svim fazama izrade ove disertacije. Hvala im na korisnim savjetima, ispravkama teksta, strpljenju i prijateljstvu.

Hvala Federalnom ministarstvu obrazovanja i nauke na sufinanciranju projekta pod nazivom "Faunistička i ekološka obilježja mikroskopskih rakova (Copepoda i Cladocera) u staništima donjeg toka rijeke Neretve" u sklopu kojeg je provedeno istraživanje za izradu ove disertacije.

Zahvaljujem prof. dr. sc. Jasni Lajtner, prof. dr. sc. Mariji Špoljar i prof. dr. sc. Tomislavu Treeru na čitanju rada, ispravcima i korisnim savjetima.

Hvala kolegicama i prijateljicama Boji Artuković na partnerstvu u terenskom radu i Lejli Bevanda na moralnoj podršci tijekom cijelog procesa izrade disertacije. Hvala Interventnoj službi spašavanja grada Mostara, a posebice Goranu Mitriću na pomoći pri terenskom radu. Hvala i ribarima Ivanu i Jozi na vožnji brodicama.

Zahvaljujem se gospodinu Rafi Jovanoviću ispred Hidroelektrane Čapljina na ustupljenim podacima o radu ustave, a Federalnom hidrometeorološkom zavodu na podacima o količini padalina za postaju Mostar.

Na kraju posebnu zahvalu upućem svojoj obitelji bez čije ljubavi, poticaja, razumijevanja i podrške ne bih uspjela dovršiti ovaj rad.

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Doktorska disertacija

FAUNISTIČKA I EKOLOŠKA KARAKTERIZACIJA ZAJEDNICA MIKROSKOPSKIH RAKOVA (COPEPODA I CLADOCERA) U JEZERSKIM I IZVORSKIM STANIŠTIMA DONJEG TOKA RIJEKE NERETVE

ADRIANA PLANINIĆ

Sveučilište u Mostaru

Fakultet prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti

Odjel biologije

Rodoč, b.b. Mostar, Bosna i Hercegovina

Veslonošci (Copepoda) i rašljoticalci (Cladocera) su istraživani u jezerima i izvorima (krenal) donjeg toka rijeke Neretve u trajanju od lipnja 2012., do svibnja 2013. godine. Istraživanjem su obuhvaćena tri jezera i tri izvora. Postaje se nalaze u Bosni i Hercegovini i Republici Hrvatskoj. Pri uzorkovanju se koristila mrežica promjera oka 40 μm te crpac zapremine pet litara. Ukupno je zabilježeno 27 vrsta mikroskopskih rakova. Vrstama bogatija skupina bili su rašljoticalci. Jezera su bogatija vrstama u odnosu na izvore. Dobiveni rezultati ukazuju na različitu dinamiku razvoja zajednica zooplanktona u prirodnim jezerima Krenica i Kuti i akumulaciji Svitavsko jezero. U Svitavskom jezeru je zabilježen značajan negativan antropogeni utjecaj na dinamiku razvoja zajednice zooplanktona ispiranjem planktonskih rakova iz jezera u zimskim mjesecima pod utjecajem režima rada ustave. Od tri istraživana izvora, samo je u jednom zabilježen razvoj zajednice zooplanktona. Protok vode i izgled krenala su se pokazali kao glavni čimbenici za razvoj zajednice zooplanktona u istraživanim izvorima.

(175 stranica, 72 slike, 25 tablica, 203 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Ključne riječi: veslonošci, rašljoticalci, prirodna jezera, akumulacija, izvori

Mentori: Dr. sc. Svjetlana Stanić-Koštroman, izvanredni profesor

Dr. sc. Ivančica Ternjej, redoviti profesor

Ocjenjivači: Dr.sc. Jasna Lajtner, izvanredni profesor

Dr. sc. Maria Špoljar, izvanredni profesor

Dr. sc. Tomislav Treer, redoviti profesor

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Biology

Doctoral thesis

FAUNISTIC AND ECOLOGICAL CHARACTERIZATION OF MICROCRUSTACEAN COMMUNITY (COPEPODA AND CLADOCERA) OF LACUSTRINE AND CRENAL HABITATS IN THE LOWER COURSE OF THE NERETVA RIVER

ADRIANA PLANINIĆ

University of Mostar

Faculty of Science and Education

Department of Biology

Rodoč, b.b. Mostar, Bosnia and Herzegovina

Copepoda and Cladocera were studied in lacustrine and crenal habitats in the lower course of the Neretva River from June 2012 to May 2013. Sampling sites are located in Bosnia and Herzegovina and Croatia. Crustacean zooplankton was colected using a plankton net (mesh size 40 μm) and five liter water sampler. Sampling methods differed in lakes and wells. A total of 23 species were collected. Compared to Copepoda, Cladocera were richer in number of species. Compared to crenal habitats, lakes had higher number of species. With the exception of the lake Kuti, these are preliminary results of zooplankton community in the lakes and wells included in this study. Results indicate different dynamics of zooplankton community in natural and artificial lakes. Negative antropogenic influence on development of the zooplankton community has been reported in Svitava lake. Only in one explored spring, Arapi Vrilo, development of zooplankton community has ben reported. Water flow and habitat structure are the most important factors that influence zooplankton community development in the wells included in this study.

(175 pages, 72 figures, 25 tables, 203 references, original in Croatian language)

Keywords: Copepoda, Cladocera, natural lakes, artificial lake, crenal habitats

Supervisors: Svjetlana Stanić-Koštroman, PhD, Associate Professor

Ivančica Ternjej, PhD, Full Professor

Reviewers : Jasna Lajtner, PhD, Associate Professor

Maria Špoljar, PhD, Associate Professor

Tomislav Treer, PhD, Full Professor

SADRŽAJ

1. UVOD 1

1.1. Ciljevi rada 3

2. LITERATURNI PREGLED 4

2.1. Veslonošci (Copepoda) 4

2.2. Rašljoticalci (Cladocera) 7

2.3. Slatkovodni ekosustavi 10

2.4. Ekologija slatkovodnih rakova 13

2.5. Pregled istraživanja zooplanktona u Bosni i Hercegovini 18

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA 21

3.1. Zemljopisni položaj i hidrologija rijeke Neretve 21

3.2. Klimatske značajke istraživanog područja 23

3.3. Glavne značajke istraživanih postaja 23

3.3.1. Jezero Krenica 25

3.3.2. Svitavsko jezero 26

3.3.3. Jezero Kuti 28

3.3.4. Izvori 29

3.3.5. Vrelo Bune 30

3.3.6. Crno Oko 31

3.3.7. Arapi Vrilo 32

4. MATERIJALI I METODE 33

4.1. Analiza fizikalnih i kemijskih parametara 33

4.2. Prikupljanje uzoraka 35

4.3. Analiza planktonskih račića 37

4.3.1. Analiza trofičke strukture 38

4.3.2. Dominantnost i konstantnost vrsta 39

4.4. Statistička obrada podataka 40

4.5. Indeksi trofičkog stanja 42

5. REZULTATI 43

5.1. Fizikalni i kemijski parametri ... 43
5.1.1. Jezero Krenica ... 43
5.1.2. Svitavsko jezero ... 50
5.1.3. Jezero Kuti ... 58
5.1.4. Vrelo Bune ... 64
5.1.5. Crno Oko ... 69
5.1.6. Arapi Vrilo ... 74

5.2. Rezultati analize makrozooplanktona: Sistematska pripadnost pronađenih svojti ... 80

5.3. Brojnost i biomasa veslonožaca i rašljoticalaca u istraživanim postajama ... 83
5.3.1. Jezero Krenica ... 83
5.3.2. Svitavsko jezero ... 90
5.3.3. Jezero Kuti ... 100
5.3.4. Vrelo Bune i izvor Crno Oko ... 105
5.3.5. Arapi Vrilo ... 105

5.4. Trofička struktura zooplanktona istraživanih postaja ... 108
5.4.1. Jezero Krenica ... 108
5.4.2. Svitavsko jezero ... 110
5.4.3. Jezero Kuti ... 111
5.4.4. Arapi Vrilo ... 112

5.5. Dominantnost i konstantnost vrsta ... 113
5.4.1. Jezero Krenica ... 113
5.4.2. Svitavsko jezero ... 113
5.4.3. Jezero Kuti ... 114
5.4.4. Arapi Vrilo ... 114

5.6. Statistička obrada podataka ... 115
5.6.1. Indeksi raznolikosti ... 115
5.6.2. Rezultati multivarijantne i klaster analize ... 119
5.6.3. Redundantna analiza i Spermanov koeficijent korelacije ... 122

5.7. Indeksi trofičkog stanja ... 134

6. RASPRAVA ... 138

7. ZAKLJUČAK ... 156

8. LITERATURA ... 158

9. ŽIVOTOPIS ... 179

1. UVOD

Plankton je zajednica organizama koji slobodno lebde u vodi, te se unatoč svojim pokretima ne mogu oduprijeti struji vode. Slatkovodni plankton većim dijelom čine veslonošci (Copepoda), rašljoticalci (Cladocera) i kolnjaci (Rotifera). Za izradu ove disertacije istraživani su veslonošci i rašljoticalci. Veslonošci i rašljoticalci su, kao i većina predstavnika planktona, mikroskopski organizmi, koji u veličinskoj klasifikaciji planktona predstavljaju makrozooplankton (Vrebčević, 1996). Veslonošci i rašljoticalci se prema trofičkoj strukturi dijele na mikrofiltratore, makrofiltratore i predatore. Filtratori u ishrani koriste autotrofne alge, detritus i bakterije te su stoga važna karika u hranidbenom lancu vodenih ekosustava. Predatorski oblici se hrane manjim predstavnicima protozoa ili razvojnim stadijima metazooplanktonskih organizama i ličinkama kukaca, npr. Komaraca (Karabin, 1985a).

Pored planktonskih, neke vrste žive na jezerskom dnu ili neposredno iznad njega (Marić i Rakočević, 2009). Veslonošci i rašljoticalci se mogu pronaći u svim tipovima slatkovodnih i bočatih staništa. Na sezonsku dinamiku i sastav zajednica utječe niz biotičkih i abiotičkih čimbenika. Biotički čimbenici podrazumijevaju veće koncentracije hranjivih tvari ("*Bottom up*") i pritisak predatora ("*Top down*") kao regulatore gustoće populacija. Uz ova dva regulatora važna je i interspecijska kompeticija kao i prisutnost makrofitske vegetacije. Neki od abiotičkih čimbenika koji utječu na sastav zooplanktona su fizikalno-kemijska svojstva vode, veličina i dubina jezera, nadmorska visina, geografska širina, izgled terena, tlo te antropogeni utjecaj (Geraldes i Boavida, 2006; Dodson, 2009).

Podaci o dosadašnjim istraživanjima zooplanktona u Bosni i Hercegovini su malobrojni pa je jednim dijelom to razlog odabira raznovrsnih staništa u ovom istraživanju kako bi se prikupilo i obradilo što više podataka. Za istraživanje je odabran sliv donjeg toka rijeke Neretve koji, unatoč što je riječ o kršu, obiluje brojnim prirodnim i umjetnim površinskim slatkovodnim ekosustavima.

Istraživanjem su obuhvaćana tri jezera: jezero Krenica, Svitavsko jezero i jezero Kuti koja se međusobno razlikuju po postanku, dubini i veličini. Prirodno duboko krško jezero Krenica nalazi se u zapadnoj Hercegovini u Imotsko-Bekijskom polju. Za jezero Krenica ovo istraživanje će pružiti preliminarne rezultate kada je riječ o zajednici zooplanktona.

Istraživana su tri sloja (epilimnion, metalimnion i hipolimnion). Površinom najveće jezero u ovom istraživanju je Svitavsko jezero. Svitavsko jezero je akumulacija, pa je cilj bio utvrditi razinu antropogenog utjecaja na dinamiku razvoja zooplanktona. Bočato prirodno plitko jezero Kuti se nalazi u samoj delti rijeke Neretve u Republici Hrvatskoj. Jezero je istraživano više puta, ali su dobivani oprečni rezultati kada je riječ o trofiji i zaslanjenosti, odnosno utjecaju mora (Hafner, 2003; Ternjej i sur., 2010). Dobiveni rezultati su u ovom radu uspoređeni s ranijim.

Izvori su specifični ekosustavi u kojima vladaju posebni uvjeti. Izvore naseljavaju visokospecijalizirane vrste koje mogu odgovoriti specifičnim zahtjevima staništa. Odabrana su tri izvora u okolici Mostara koji se prvenstveno razlikuju u protoku. Izvor rijeke Bune je jedno od najizdašnijih krških vrela u Europi, ali nikad ranije istraživano s aspekta zooplanktonske faune. Postoje podaci o istraživanju fitobentosa (Dedić, 2015). U izvorima Crno Oko i Arapi Vrilo je u novije vrijeme istraživana fauna planarija (Knezović, 2012). Ovo istraživanje dati će prve rezultate o fauni zooplanktona u kršim izvorima Bosne i Hrecegovine.

Za područje Bosne i Hercegovine nije izrađena lista faune mikroskopskih rakova, niti je Bosna i Hercegovina uvrštena u biogeografske slike rasprostranjenosti veslonožaca i rašljoticalaca na stranici *faunaeuropaea* (www.fauna-eu.org). Ovo istraživanje je put k promjeni i cilj je da dobiveni podaci posluže kao dopuna postojećim podacima o rasprostranjenosti faune veslonožaca i rašljoticalaca.

1.1. Ciljevi rada

U istraživanju raznolikosti, brojnosti i trofičkih skupina zooplanktona odabrana staništa se međusobno razlikuju po dubini, postanku, površini, salinitetu, pokrivenosti makrofitama, protoku i drugim čimbenicima. Istraživanje je trajalo godinu dana, od lipnja 2012. do svibnja 2013. godine. Ciljevi ovog doktorskog rada su:

- Utvrditi kvalitativni i kvantitativni sastav skupine veslonožaca (Copepoda) i rašljoticalaca (Cladocera) u istraživanim jezerima i izvorima u razdoblju od lipnja 2012. do svibnja 2013. godine.

- Za skupinu veslonožaca utvrditi dinamiku razvoja preko prisutnosti odraslih i razvojnih stadija.

- Istražiti longitudinalnu i vertikalnu raspodjelu, sezonsku dinamiku i gustoću populacija pojedinih svojti.

- Utvrditi i omjer spolova.

- Utvrditi konstantnost i dominantnost vrsta zooplanktonskih rakova na istraživanim postajama.

- Definirati utjecaj fizikalno-kemijskih čimbenika na sastav zajednica mikroskopskih rakova.

- Utvrditi ekološke čimbenike koji određuju formiranje zajednice mikroskopskih rakova.

2. LITERATURNI PREGLED

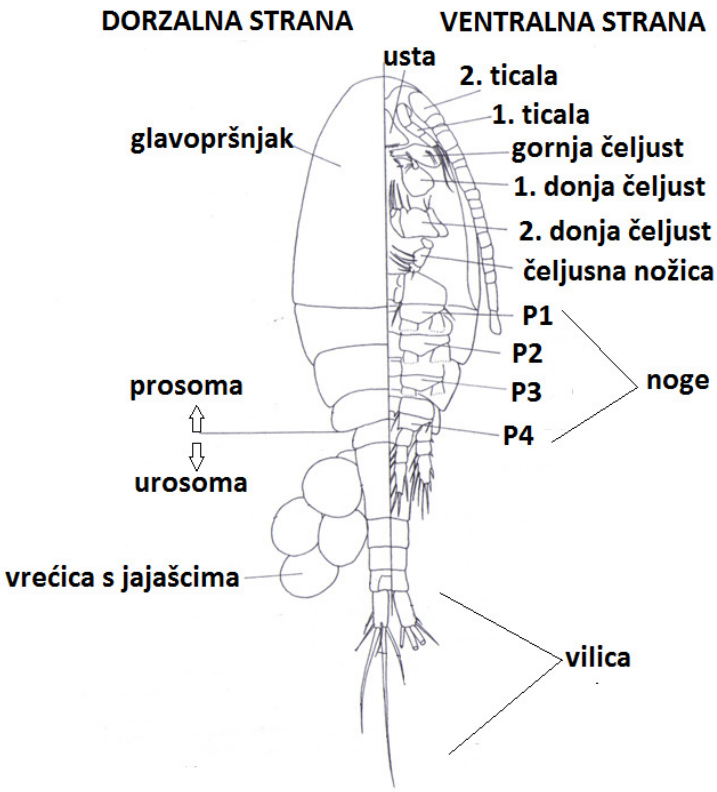
2.1. Veslonošci (Copepoda)

Veslonošce prvi spominje Aristotel opisujući „crva ispod peraja“ tuna i sabljarki. Tek nakon izuma mikroskopa u 17. stoljeću bio je moguć početak istraživanja planktonskih organizama. Stephan Blankhart i kasnije Antony Van Leeuwenhoek prvi opisuju veslonošce. Latinski naziv Copepoda proizlazi iz grčkih riječi *kope*-veslo i *podos*-noga (Williamson i Reid, 2009).

Razred Copepoda čini devet redova. Slatkovodnim slobodnoživućim veslonošcima pripadaju redovi Cyclopoida, Calanoida i Harpacticoida. Evolucijski potječu iz mora gdje i danas čine glavnu sastavnicu zooplanktona. Uspješno su kolonizirali raznovrsna vodena staništa na kopnu. Naseljavaju bočata, slatkovodna i kisela jezera, podzemne vode, povremene tokove, bazene s otopljenom ledenjačkom vodom i vrele izvore. Također se mogu naći u vlažnim kontinentalnim staništima, poput mahovine i vlažnog lišća. Poznate su brojne vrste koje žive u sedimentu i intersticiju. Veslonošci su uspjeli kolonizirati i razna umjetna staništa poput akumulacija (Reid, 2001). Od preko 13 500 poznatih vrsta veslonožaca (Williamson i Reid, 2009), u kopnenim sustavima zabilježeno je njih 2814 (Bailan i sur., 2015). Najbogatija vrstama je Palearktička regija (Boxshall i Defaye, 2008).

Većina slatkovodnih veslonožaca su slobodnoživući organizmi, međutim postoji otprilike 330 parazitskih vrsta. Najčešći domadar su im ribe, zatim mekušci. Neke vrste veslonožaca žive kao komenzalni epibionti na beskralješnjacima poput rakova, meduza i spužvi. Pojedine vrste su međudomadari parazita opasnih za ljudsko zdravlje. Poneki, uglavnom morski predstavnici imaju sposobnost bioluminiscencije (Damkaer, 2002). Vrste iz roda *Mesocyclops* su predatori koji se hrane ličinkama, primjerice komaraca vrste *Aedes aegypti* Linnaeus 1762. koji je vektor virusa danga groznice (Dos Santos i De Andrade, 1997). Vrste iz roda *Mesocyclops* i neki drugi ciklopoidni veslonošci se često koriste kao sredstvo biološke kontrole protiv komaraca, odnosno protiv širenja virusa (Boxshall i Defaye, 2008). Veslonošci mogu biti i prijenosnici raznih bolesti opasnih za čovjekovo zdravlje, poput kolere (Williamson i Reid, 2009).

Odrasli veslonošci su u prosjeku dugi 1-2 mm. U jezerima bez predatora koji se u lovu veslonožaca oslanjaju na vid, neke vrste mogu narasti i preko 3 mm (Williamson i Reid, 2009). Zahvaljujući dugim ticalima i pet pari nogu postižu veliku brzinu pri izbjegavanju predatora (2 m/s). Tijelo im je cilindrično i ušiljeno od anteriorne, prema posteriornoj strani. Na tijelu se jasno razlikuje glavopršnjak i zadak (Habdija i sur., 2011). Detaljna građa prikazana je na slici 1.

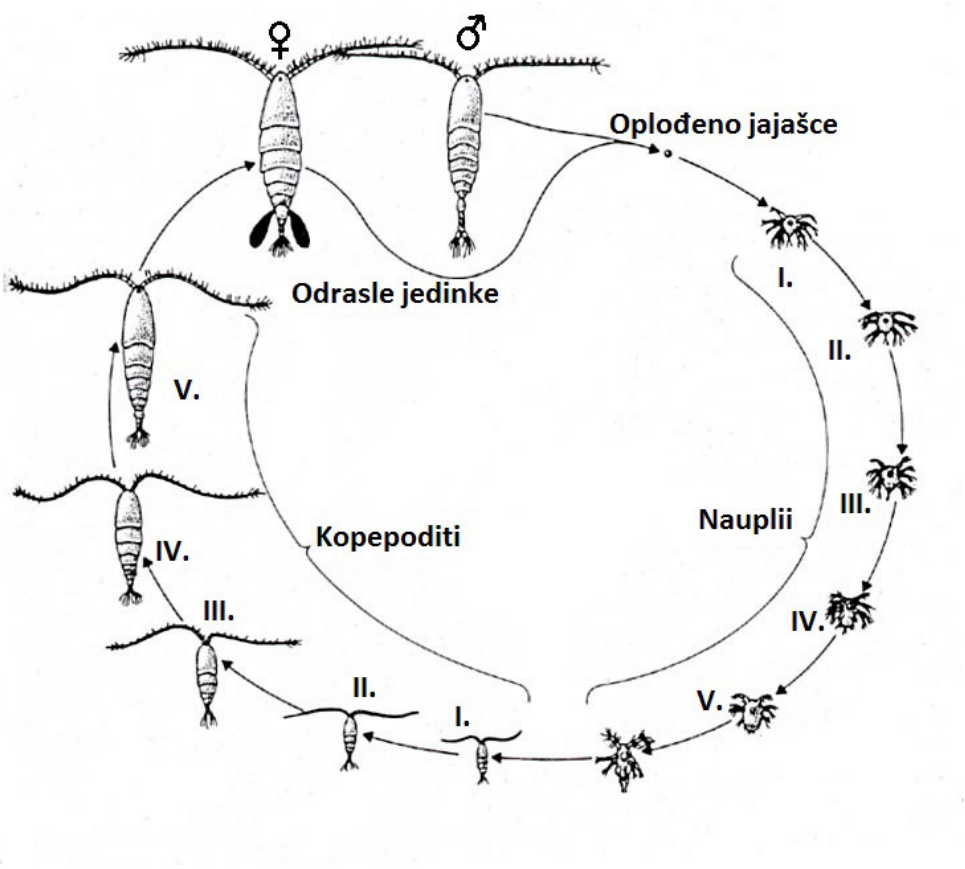


Slika 1. Shematski prikaz građe ciklopodinog veslonošca. Preuzeto i dorađeno iz Dumont (2003).

Kalanoidni veslonošci su uglavnom makrofiltratori koji se hrane filtriranjem najčešće nanoplanktonskih algi. U ishrani koriste i detritus i bakterije. Postoji manji broj rodova (*Heterocope, Diaptomus, Hemidiaptomus*) koji su u odraslom stadiju predatori/kanibali. Razvojni stadiji ciklopoidnih veslonožaca su također makrofiltratori, dok su odrasle jedinke najčešće predatori koji se hrane kolnjacima i manjim rašljoticalcima (Einsle, 1993., Vrebčević, 1996). Vrste koje nisu isključivi predatori razvijaju se brže ukoliko im ishrana uključuje životinjske organizme (Williamson i Reid, 2009). Postižu veliku brojnost u jezerima. S obzirom na raznoliku ishranu, veslonošci su važna karika u hranidbenim mrežama.

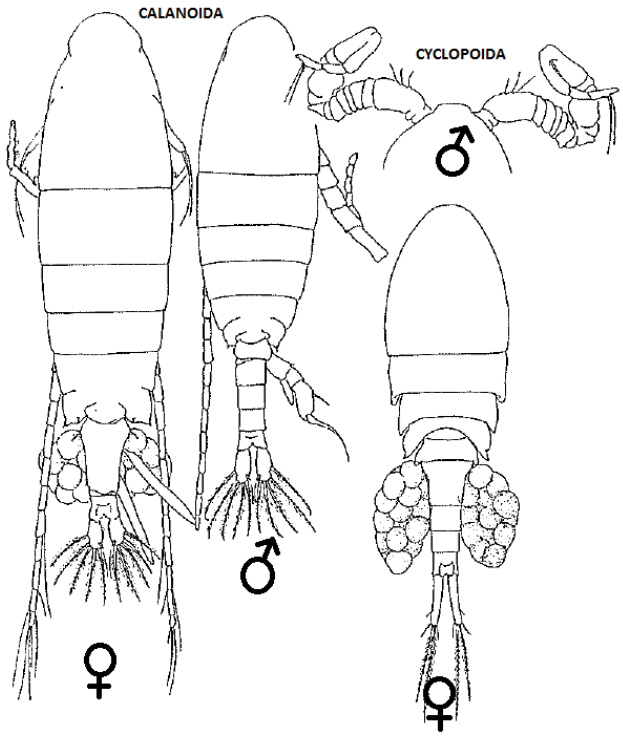
Neki rodovi veslonožaca (*Diaptomus, Cyclops*) pomoću kemoreceptora razlikuju okus hrane te se hrane selektivno (DeMott, 1986).

Veslonošci se uglavnom razmnožavaju spolno. Prilikom kopulacije mužjak prebacuje spermatofor u spolni otvor ženke, a količina sperme u njemu dostatna je za više oplodnji. Broj jajašaca u vrećici koja je pričvršćena za genitalni segment ženke varira od jednog do 100 komada (Dole-Olivier i sur., 2000). Postoje vrste koje jajašca polažu izravno u vodu. Ciklopoidi obično imaju dvije vrećice s jajašcima, a kalanoidi jednu. Jajašca mogu biti kratkotrajna, odnosno jajašca koja se razvijaju odmah nakon oplodnje ili trajna, koja se javljaju u vrijeme nepovoljnih uvjeta (Vrebčević, 1996). Razvoj je neizravan, a obuhvaća juvenilne razvojne stadije naupliie i kopepodite (Slika 2). U razvoju pojedinih veslonožaca postoji razdoblje dijapauze koji može trajati nekoliko mjeseci (Marić i Rakočević, 2009). Odrasli oblici imaju izražen spolni dimorfizam (Slika 3). Postembrionalni razvoj i životni ciklus ženki traje duže od mužjaka (Nandini i Sarma, 2007). Partenogeneza je poznata samo kod nekih predstavnika Harpacticoida (Dole-Olivier i sur., 2000).



Slika 2. Razvoj veslonošca od oplođenog jajašaca do odrasle jedinke. Izvor: http://ksuweb.kennesaw.edu.

Sezonska dinamika veslonožaca ovisi o biologiji vrste kao i o uvjetima okoliša. Najčešće podrazumijeva proljetni i jesenski maksimum. Pojedine vrste veslonožaca i rašljoticalaca su poznati vertikalni migratori (Vrebčević, 1996).



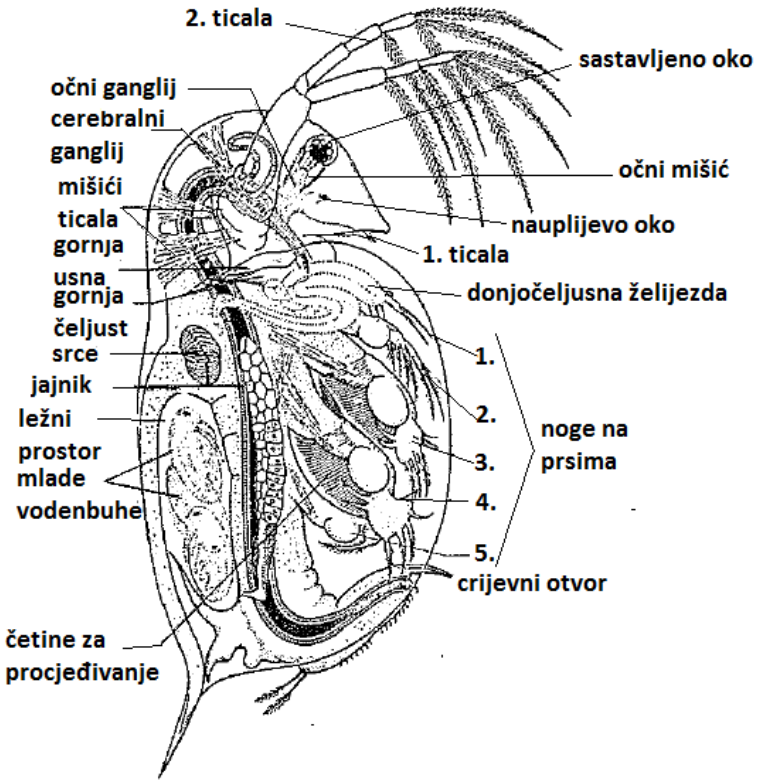
Slika 3. Spolni dimorfizam kalanoidnih i ciklopodinih veslonožaca. Preuzeto i dorađeno iz Einsle (1993).

2.2. Rašljoticalci (Cladocera)

Istraživanje rašljoticalaca počinje u drugoj polovici 16. stoljeća. Do danas je opisano preko 620 vrsta iz 95 rodova (Balian i sur., 2008). Prvi istraživači ove skupine bili su Goedardo (1662) i Swammerdam (1669) koji su istraživali jedinke rodova *Daphnia, Polyphemus, Simocephalus, Scapholebris* i *Miona*. Oni rašljoticalce nisu razlikovali od ostalih skupina planktonskih rakova. Znanstvenik koji je rašljoticalce podijelio u rodove bio je Müller (1776) koji prvi ukazuje na raznovrsnost ove skupine. Jurine (1820) je opisao detaljnu građu vrste iz roda *Dapnhia* (vjerojatno *D. pulex* L.), građu mužjaka, amiktičke ženke, te razmnožavanje i embriogenezu. Velik doprinos poznavanju rašljoticalaca pružio je i Baird (1843, 1845) opisom novih rodova i vrsta.

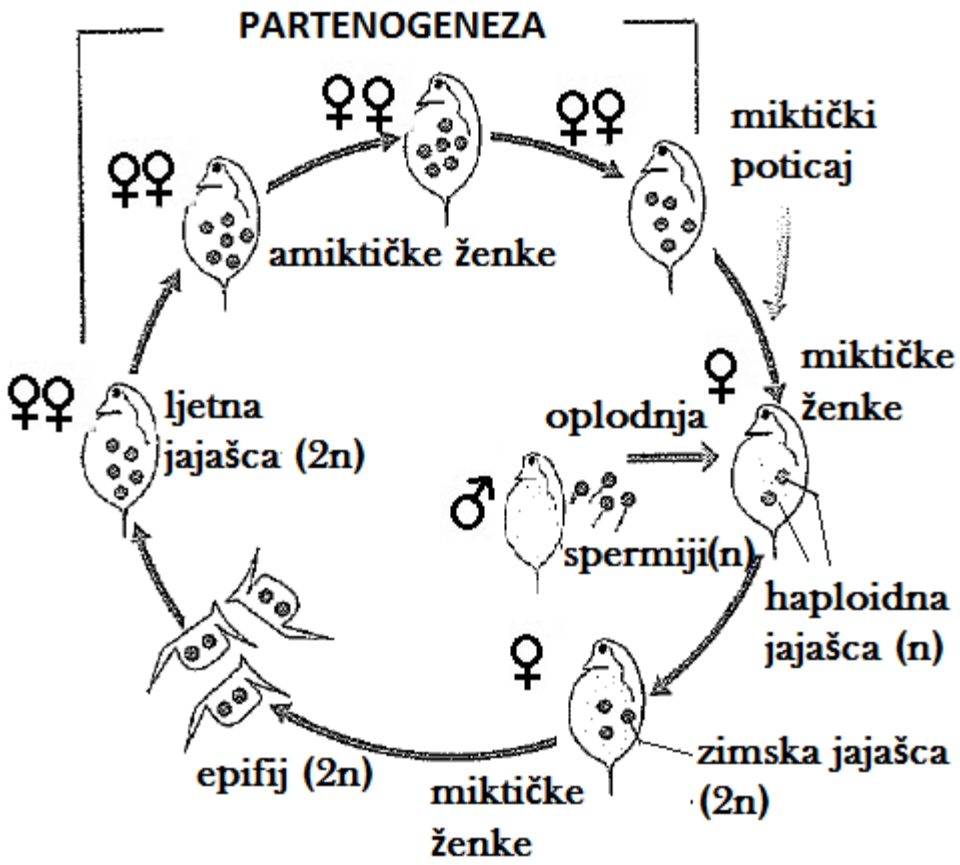
Rašljoticalci pripadaju razredu Branchiopoda (škrgonošci). To su mikroskopski planktonski organizmi, koji su ime dobili po velikim dugim rašljastim ticalima pomoću kojih veslaju. Osobito su brojni u slatkovodnim ekosustavima, dok je broj morskih vrsta mali (Atienza i sur., 2008). U kopnenim vodama pojavljuju se u svim tipovima staništa, a poznate su i vrste koje žive u podzemlju (Brancelj, 1990). Izuzetak su staništa s brzom strujom vode (Amoros, 1984). Novija istraživanja navode njihovu pojavnost i u lotičkim ekosustavima, ali tada naseljavaju sediment, odnosno intersticij (Dole-Olivier i sur., 2000).

Rašljoticalci su primarni heterotrofni konzumenti koji se hrane nanoplanktonskim algama ili detritusom. Većina rašljoticalaca su mikrofiltratori. Imaju važnu ulogu u prijenosu tvari i energije u hranidbenim lancima slatkovodnih ekosustava. Konzumiraju čestice i organizme veličine do 20 μm (Karabin, 1985a). Neki istraživači ističu da je veličina čestice hrane proporcionalna kvadratu tjelesne dužine, jer se time povećava površina filtracije. Intenzitet filtracije ovisi o temperaturi vode (Marić i Rakočević, 2009). Vrste iz rodova *Leptodora, Bythotrephes* i *Polyphemust* su obligatni predatori (De Bernardi i sur., 1975). Veličina tijela im varira od 0,2 do 3 mm, a u nekim slučajevima narastu i do 15 mm (vrsta *Leptodora kindtii* Focke 1844). Vrste rodova *Bosmina, Diaphanosoma, Daphnia, Holopedium* čine limnetički plankton i uglavnom su prozirnog tijela. U području litorala i uz vegetaciju češće obitavaju obojene vrste rodova *Chydorus, Sida, Alona, Biapertura* (Vrebčević, 1996). Tijelo bez vidljive tagmatizacije pokriveno je ljuskom koja se otvara s trbušne strane (Amoros, 1984). Zbog malog broja kolutića koji grade tijelo i broj tjelesnih privjesaka je smanjen na pet ili šest pari nogu za plivanje (Slika 4). U stupcu vode kreću se vertikalno i naglim trzajima. Na glavi imaju nauplijevo oko i sjedeće stopljeno složeno oko koje pokreću očni mišići (Habdija i sur., 2011).



Slika 4. Vanjska i unutrašnja građa rašljoticalca (*Daphnia* sp). Preuzeto iz Habdija i sur. (2011).

Sezonska dinamika rašljoticalaca varira među vrstama i ovisi o uvjetima staništa (Marić i Rakočević, 2009). Partenogeneza je značajan način razmnožavanja, posebno u povoljnim uvjetima, kada se proizvodnjom klonova (velik fekunditet) naglo poveća brojnost i biomasa (Slika 5). Ljetna jajašca amiktičkih ženki se razvijaju u tjelesnoj šupljini sve do izvaljivanja. Broj jajašaca varira od 2 do 40 (Wetzel, 2001). Generacijsko vrijeme je vrlo kratko i prvenstveno ovisi o temperaturi. Spolno se razmnožavaju najčešće u jesen, odnosno nastankom nepovoljnih uvjeta. Nepovoljni uvjeti za rašljoticalce su smanjenje hrane, zahlađenje, smanjenje insolacije ili isušenje vodenog staništa. Jajašca nastala spolnim razmnožavanjem mogu preživjeti nepovoljne uvjete u okolišu i zovu se zimska jajašca jer imaju jajni ovoj epifij. Njih stvaraju miktičke ženke i mužjaci (Habdija i sur., 2011). Na izlijeganje mladih iz zimskih jaja uvelike utječe temperatura i fotoperiod (Vandekerkhove i sur., 2004).



Slika 5. Shematski prikaz heterogonije u rašljoticalaca. Preuzeto iz Habdija i sur. (2011).

Budući da su mužjaci rjeđi u populaciji, većina ključeva za determinaciju koristi ženke pri opisivanju vrste (Amoros, 1984). Izražen je spolni dimorfizam kao i sezonski polimorfizam. Poznat je i adaptivni polimorfizam kao obrana od predatora. Mnogi predstavnici rašljoticalaca su kozmopoliti (Korovchinsky, 1997).

Rašljoticalci su važna komponenta jezerskih ekosustava i mogu biti značajni bioindikatori trofije jezera (Karabin, 1985a). Zbog kratkog životnog ciklusa, brojne vrste mogu poslužiti u istraživanjima utjecaja na okoliš (Dulić i sur., 2006).

2.3. Slatkovodni ekosustavi

Od ukupne zalihe vode na Zemlji na slatkovodna jezera otpada manje od 0,2 %. Unatoč tome važan su ekosustav te značajno doprinose bioraznolikosti na Zemlji. Čovjek jezera koristi za vodoopskrbu, navodnjavanje, rekreaciju te uzgoj ribe (Jepeesen i

Sammalkorpi, 2002). U slatkovodne ekosustave ubrajamo rijeke, jezera i izvore. Razvoj zajednice zooplanktona moguć je u jezerima, ujezerenim riječnim ušćima (potamoplankton) i posebnim tipovima izvora, limnokrenim izvorima. U limnokrenim izvorima koji se često nazivaju i oka voda neprestano izbija na dnu duboke depresije tvoreći ujezerenje sa slabim strujanjem vode (Zollhöfer i sur., 2000).

Prilikom razumijevanja jezerskih ekosustava potrebno je poznavati razlike u dinamici plitkih i dubokih jezera. Za duboka jezera značajna je vertikalna stratifikacija vode. Površinski sloj ili epilimnion se znatno razlikuje po kemijskom i biološkom sastavu od dubokog hipolimniona. Duboka jezera umjerenog pojasa su dimiktička ili monomiktička, ovisno o tome stvara li se u zimskim mjesecima led na površini jezera. U dimiktičkim jezerima miješanje vode se događa u proljeće i jesen dok u monomiktičkih jezera postoji samo jedno miješanje vode u zimskom razdoblju. Trajanje i opseg zimskog miješanja vode je pod utjecajem temperature. Miješanje vode uvjetuje vertikalnu raspodjelu hranjivih tvari i kisika koji imaju presudnu ulogu u razvoju planktonskih organizama (Straile i sur., 2003). Dubina jezera je povezana i s pojavom i opsegom anoksije (Keller i Conlon, 1994). U dubokim jezerima, metalimnion se prema funkciji može usporediti s dnom nestratificiranih plitkih jezera, a eplimnion koji se preklapa s trofogenom zonom, u kojoj se odvija primarna produkcija, odgovara cijelom vodenom stupcu plitkih jezera (Karabin, 1985b). Plitka jezera su u pravilu polimiktička, a miješanje vode događa se tijekom cijele godine. Stratifikacija vode je moguća u ljetnim mjesecima, ali je kratkotrajnija i slabije izražena u odnosu na duboka jezera.

Trofija, stupanj produkcije, jezera je značajno uvjetovana dubinom jezerskog bazena (Keller i Conlon, 1994). Plitka jezera su podložnija eutrofikaciji jer se nutrijenti lakše oslobađaju iz sedimenta zbog stalnog miješanja vode (Jeppesen i sur., 1999). Površina plitkih jezera je često veća u odnosu na dubinu i time podložnija negativnom utjecaju putem izvanjskog unosa fosfora i dušika u jezero što također povećava trofiju (Špoljar i sur., 2011). Prirodno stanje jezera može biti znatno izmijenjeno antropogenim utjecajem. Najveća prijetnja u ubrzavanju procesa eutrofikacije je upravo intenzivna poljoprivreda i stočarstvo uz obalu jezera (Geraldes i Boavida, 2006). Pretpostavlja se da mutnoća jezera uzrokovana antropogenom eutrofikacijom može utjecati na strukturu biocenoze, ne samo zooplanktona nego i primarnih producenata i riba (Špoljar i sur., 2011). Prozirnost vode je, prvenstveno uvjetovana gustoćom fitoplanktona, zatim gustoćom svih ostalih živih organizama kao i česticama organske tvari u pelagijalu (Carlson, 1977).

Plitka jezera u pravilu imaju veću pokrivenost makrofitima u odnosu na duboka jezera. Plitka jezera mogu imati dva alternativna stanja. Stanje bistre vode obilježava dominantnost makrofita dok stanje mutne vode obilježava dominacija fitoplanktona (Scheffer i sur., 1993). Makrofite koriste dostupne nutrijente te time ograničavaju masovni razvoj algi i povećavaju prozirnost vode (Jeppesen i Sammalkorpi, 2002). Ova dva stanja mogu se tijekom hidrološkog ciklusa ili tijekom godina izmjenjivati, što može uzrokovati promjene u trofiji jezera (Jeppesen i sur., 1999).

Važan pokazatelj potencijalne produkcije u jezeru je koncentracija ukupnog fosfora (Jeppesen i sur., 1999). Primarna produkcija određuje biomasu algi, a samim tim i sastav zooplanktonske zajednice (Hessen i sur., 2006). Na trofiju jezera također utječe temperatura i otopljeni kisik (Bhat i sur., 2015). Porast temperature može uzrokovati masovni razvoj cijanobakterija. Svaka promjena strukture zajednica fitoplanktona posljedično uzrokuje promjene strukture zajednice zooplanktona.

Plitka mediteranska jezera su među najosjetljivijim ekosustavima kada je riječ o ekstremnim klimatskim promjenama. Produženje sušnog razdoblja može utjecati na povećanje saliniteta i provodljivosti te promjene u kruženju organskih tvari (Bekioglu i sur., 2007). Slatkovodna jezera tako mogu postati bočata ukoliko se razina saliniteta poveća iznad 0,5 ‰. Spomenute promjene mogu uzrokovati promjene u sastavu fito i zooplanktonskih zajednica.

Osim prirodnih jezera, važni ekosustavi s vremenom postaju i akumulacije nastale za potrebe hidroelektrana. Međutim, to su sustavi s visokim stupnjem nestabilnosti i izraženim antropogenim utjecajem (Geraldes i Boavida, 2006).

Izvori su jedinstveni slatkovodni ekosustavi. Predstavljaju vezu podzemnih i nadzemnih staništa. Izvori pružaju specifične ekološke uvjete zbog malih dnevnih i sezonskih kolebanja temperature, posebice oni izvori koji ovise o podzemnim zalihama vode. Eventualne promjene abiotičkih čimbenika u izvorima mogu biti sezonske i iznenadne prirode (Smith i sur., 2003). Temperatura vode u izvorima obično odgovara prosječnoj godišnjoj temperaturi zraka tog područja (Särkkä i sur., 1997). Prema Bonacci (1987) temperatura vode u krškim izvorima Hercegovine kreće se od 11 do 14 °C.

2.4. Ekologija slatkovodnih rakova

Na bioraznolikost slatkovodnih ekosustava utječu brojni čimbenici poput starosti, površine, dubine, fizikalno-kemijskih osobitosti vode, geografske širine, nadmorske visine itd. Primjerice, s povećanjem nadmorske visine bioraznolikost se u pravilu smanjuje (Walseng i sur., 2015). Veća jezera, zbog različitih morfoloških i fizikalno-kemijskih uvjeta imaju i veću brojnost vrsta (Søndergaard i sur., 2005; Dodson, 2009). U velikim jezerima je moguća koegzistencija vrsta prilagođenih različitim trofičkim uvjetima, upravo zbog razlika u stanju pojedinih dijelova jezera (Haberman i sur., 2007). Fizički manji ekosustav može smanjiti mogućnost prostorne raspodjele različitih vrsta potičući snažniju kompeticiju. Jeppensen i sur. (2000) brojnost vrsta dovode u korelaciju s površinom i/ili dubinom jezera. Međutim postoje i oprečni rezultati (Schell i sur., 2001) gdje je brojnost vrsta bila veća u manjim i plićim jezerima što može biti povezano s primarnom produkcijom. Veslonošci i rašljoticalci su vrlo uspješni kolonizatori novih staništa (Reid, 2001). Naseljavaju i umjetna jezera, poput akumulacija nastalih za potrebe hidroelektrana. Akumulacije su specifični ekosustavi u kojima struktura zajednica može ovisiti o starosti umjetno nastalog jezera (Živković, 1971), blizini drugih vodenih tijela kao i trofiji jezera (Sampaio i sur., 2002).

Postoje razlike u gustoći planktonskih organizama u različitim dijelovima unutar jednog ekosustava. U litoralu, između makrofitskih sastojina, često je veća brojnost vrsta u plitkim jezerima, jer vegetacija može služiti kao zaklon ili kao stanište pojedinim vrstama koje žive pričvršćene na njoj (Špoljar i sur., 2012). Brojni autori navode značajne razlike u sastavu zooplanktona litoralnog i pelagičkog dijela jezera (Havens, 1991; Kuczyńska-Kippen, 2008; Bozkurt i Guven, 2009). Kada je riječ u otvorenim ekosustavima, na postajama koje su pod utjecajem uzlaznih i izlaznih struja u pravilu obitava manji broj planktonskih organizama u odnosu na postaje koje su izvan jačeg utjecaja strujanja vode (Pavletić i sur., 1973). Na horizontalnu raspodjelu planktona može utjecati i vjetar (Marić i Rakočević, 2009). U dubokim jezerima postoje razlike u brojnosti i biomasi zooplanktona u pojedinim slojevima (Bukvić, 1998; Špoljar i sur., 2005). Uspostavom ljetne stratifikacije u metalimnionu se, zbog naglog pada temperature i povećanja gustoće vode, duže zadržavaju suspendirane čestice koje tonu, a s njima i bakterije i alge koje su hrana zooplanktonu. Time se objašnjava i veća koncentracija protista, kolnjaka i planktonskih rakova u sloju metalimniona u mnogim stratificiranim jezerima (Marić i Rakočević, 2009).

U zajednici plitkih mediteranskih jezera uglavnom dominiraju manje vrste (Beklioglu i sur., 2007). Prema Jeppesen i sur. (1994) veslonošci preuzimaju dominaciju u sastavu zooplanktona kod saliniteta iznad 0,5 ‰, u bočatim jezerima. Kako navodi Dodson (2009) sastav vrsta je povezan s okolišnim značajkama. Veće vrste kao što su vrste roda *Daphnia* se češće pojavljuju i razvijaju veće populacije u velikim stratificiranim jezerima. To je povezano s povećanom vrijednosti provodljivosti, kao i mogućnošću vertikalnih migracija u neosvijetljeni hipolimnion. U jezerima s povremenim jakim strujanjima vode, najčešće akumulacijama, česti stanovnici su bentoske vrste veslonožaca i rašljoticalaca (Vila, 1989; Dole-Olivier i sur., 2000). U sustavima koji periodično izmjenjuju lentičko i lotičko stanje vode, ove vrste se zakopavaju u mulj kako ne bi bile isprane iz jezera zajedno s pelagijalnim vrstama zooplanktona. Neke vrste rašljoticalaca se mogu pričvrstiti za makrofitsku vegetaciju (Jersabek i sur., 2001). I jedne i druge, vrste koje prvenstveno žive u mulju kao što je vrsta *Alona quadrangularis* (O. F. Muller 1776) i pojedine vrste iz reda Chydoridae koji žive uz makrofitsku vegetaciju (Vila, 1989), uslijed turbulentnih strujanja vode mogu dospjeti u pelagijal (Pavletić i sur., 1973; Špoljar i sur., 2007, 2012). Adamezuk (2016) vrstu *Bosmina longirostris* (O. F. Muller 1776) karakterizira kao visoko tolerantnu prema naglim promjenama u okolišu. U nestabilnim ekosustavima vrsta *B. longirostris* razvija brojnije zajednice u odnosu na vrstu *Daphnia longispina* (O. F. Muller 1776).

Srodne vrste sa sličnim ekološkim zahtjevima u jezerskom ekosustavu mogu biti vremenski ili prostorno odijeljene. Također može doći do kompetitivnog međusobnog isključenja („*Competitive exclusion principle*“) blisko srodnih vrsta zbog sličnih ekoloških zahtjeva što je prvi opisao Hardin (1960).

Klasifikacija trofije jezera prema prisutnosti/odsutnosti pojedinih vrsta moguća je jedino za hipertrofna jezera (Karabin, 1985b). U jezerima niskog stupnja trofije, može se primijeniti Bowkiewiez-ova (1938) teorija o smanjenju bioraznolikosti s porastom trofije. Ako se vrste zooplanktona koriste kao bioindikatori, posebna pozornost se treba obratiti na konstantnost i dominantnost (Odum, 1971) pojedinih vrsta u zajednici, a ne samo njihovu prisutnost (Karabin, 1985b; Bhat i sur., 2015). Pravilo o smanjenju broja vrsta s porastom trofije, posebice je izraženo u politrofnim jezerima. S porastom trofije smanjuje se prosječna dužina tijela, a samim tim i biomasa jedinki. Trofiju sustava je moguće procijeniti analizom omjera ciklopoidnih veslonožaca i rašljoticalaca u stratificiranim jezerima (Karabin, 1985b). U jezerima niskog stupnja trofije rašljoticalce predstavljaju učinkoviti mikrofiltratori. Oni imaju sposobnost maksimalnog iskorištavanja dostupne hrane (Karabin, 1985a). Porastom

trofije, povećava se biomasa manjih predstavnika rašljoticalaca koji se ubrajaju u skupinu neučinkovitih mikrofiltratora. Učinkoviti filtratori više energije dobivene fotosintezom prenose na više trofičke razine, čime je lanac ishrane učinkovitiji (Haberman i sur., 2007). Vrste roda *Daphnia* učinkovitom filtracijom mogu pridonijeti povećanju prozirnosti vode tj. prozirnom alternativnom stanju. Aktivnom ishranom uspijevaju eliminirati fitoplankton iz vode (Neill, 1990). Učinkovitost filtracije kod roda *Daphnia* je u pozitivnoj korelaciji s veličinom tijela jedinke (Darchambeau i Thys, 2005). Cijanobakterije negativno utječu na veće predstavnike rašljoticalaca, a pogoduju manjim predstavnicima kao što je vrsta *B. longirostris* (Adamezuk, 2016). Neučinkoviti mikrofiltratori su glavni regulatori fitoplanktona i štetnog cvjetanja algi uslijed onečišćenja (Bhat i sur., 2015). Dokazano je da su pojedine vrste veslonožaca i rašljoticalaca selektivni filtratori. Međutim, nije sigurno imaju li osjećaj okusa ili se radi o kemijskoj reakciji na određenu hranu (De Mott, 1986).

Zajednice zooplanktona su dinamičan sustav. U prirodnim jezerima se zajednica zooplanktona razvija kroz dva biološka maksimuma i minimuma brojnosti i biomase tijekom jedne hidrološke godine (Marić i Rakočević, 2009). Maksimumi se u pravilu bilježe u proljeće i jesen. Za razliku od prirodnih jezera, sezonska dinamika razvoja zajednice zooplanktona u akumulacijama je često poremećena uslijed djelovanja vanjskih čimbenika. Nestabilnost zajednice je najčešće rezultat promjena u razini vode (Geraldes i Boavida, 2006). Naglo ispuštanje velike količine vode iz akumulacija uzrokuje ispiranje zooplanktonske zajednice iz jezera (Galir-Balkić, 2013). Struktura zajednica i sastav vrsta se mijenja tijekom vremena u pojedinim ekosustavima. Sezonske promjene su također snažno izražene. Kod nekih se vrsta veslonožaca odrasli oblici javljaju samo nekoliko puta kroz godinu. Pojedine vrste rašljoticalaca su prisutne samo u ljetnim mjesecima kada čine glavninu biomase zajednice, dok u zimskim mjesecima potpuno nestaju iz zajednica zooplanktona. Na zajednice zooplanktona utječu unutarnji jezerski i vanjski ekološki čimbenici (Hessen i sur., 2006). Neki od čimbenika su omjer fosfora i dušika, fosfomobilizacija iz sedimenta, morfologija jezera (vodenog tijela) i ljudska aktivnost u slivnom području (Dodson, 2009). Veslonošci i rašljoticalci su vrlo osjetljivi na promjene u ekosustavu. Povećan unos hranjivih tvari, promjena koncentracije otopljenog kisika, smanjena primarna produkcija ili povećanje populacija planktivornih riba utječu na obilje, raznolikost vrsta i sastav zajednica. Veslonošci i rašljoticalci brzo reagiraju na takve promjene jer većina vrsta ima brz razvojni ciklus i kratak životni vijek (Piria, 2006).

Na zajednice zooplanktona utječu hranjive tvari („*Bottom-up*“) i pritisak predatora („*Top-down*“) mehanizmi unutar jezera (Hessen i sur., 2006). Pritisak planktivornih riba se smatra glavnim „*top-down*“ mehanizmom koji utječe na sastav vrsta i strukturu zooplanktonske zajednice u jezeru (Brooks i Dodson, 1965; Søndergaard i sur., 2016). „*Top down*“ mehanizmom smatra se i predacija ciklopoidnih veslonožaca koji se hrane manjim predstavnicima rašljoticalaca (Chang i Hanazato, 2003). Ovaj mehanizam je važniji u plitkim nego u dubokim jezerima (Jeppesen i sur., 1997). U jezerima bez riba predatorski beskralješnjaci preuzimaju ulogu strukturiranja zajednice (Søndergaard i sur., 2005). Veslonošci i rašljoticalci su razvili brojne strategije za izbjegavanje predatora. Primjerice, najveća gustoća zooplanktona je u obalnoj zoni jezera u blizini makrofita, ukoliko su prisutni. Tijekom dana makrofite koriste kao zaklon od planktivornih riba, a izlaze u ishranu u otvorenu vodu kada padne mrak (Moss, 1990). Zooplankton predstavlja dio sekundarne produkcije u jezeru. Herbivorna prehrana je ključna u prijenosu energije s autotorofa na više trofičke razine unutar hranidbene mreže (Darchambeau i Thys, 2005). Zabilježeno je pozitivno djelovanje zooplanktona na razvoj algi u jezerima s ograničenom količinom nutrijenata. Rast algi je stimuliran tako što se preko probave dio nutrijenata vraća nazad u vodu (Gołdyn i Kowalczewska-Madura, 2008).

Danas su u mnogim radovima analizirani odnosi sastava vrsta i povezanosti s funkcionalnom organizacijom hranidbene mreže. Posebna pažnja posvećena je predatorskim vrstama rašljoticalaca. Weslang i sur. (2015) opisuju razlike u hranidbenim mrežama u jezerima gdje su pojedine predatorske vrste rašljoticalaca autohtone i jezerima u kojima se smatraju alohtonim vrstama. Primjerice vrsta *Bythotrephes longimanus* Leydig 1860 u jezerima u kojima se smatra autohtonom pozitivno utječe na raznolikost drugih zooplanktonskih vrsta, dok u jezerima u kojima je alohtona smanjuje brojnost zooplanktonskih vrsta neposredno nakon invazije.

Jedan od prvih uočenih obrazaca kretanja unutar zajednica zooplanktona su dnevno-noćne migracije u dubokim jezerima (Haney, 1988). Migracije prema površini se odvijaju zbog potrebe za energijom koja nije dostupna u dubokim slojevima. Nakon cjelodnevne fotosinteze koja se odvija u epilmnionu, biomasa i nutritivna vrijednost algi je veća uvečer nego u jutro. To potiče zooplanktonske filtratore na migraciju u površinske slojeve. Prema McAllister (1969) alge postižu veću produkciju ukoliko se zooplankton hrani samo uvečer, u odnosu na cjelodnevno hranjenje. U suprotnom smjeru jedinke migriraju u dublje i mračnije slojeve zbog bijega od planktivornih riba (Lampert, 1989). Dnevno-noćne migracije

značajnije su za krupnije vrste koje izbjegavaju vizualne predatore (Lampert, 1989). Sitniji predstavnici pokazuju model obrnutih migracija, izbjegavajući krupne predatorske predstavnike zooplanktona (Marić i Rakočević, 2009). Prema teoriji Huntley i Brooks (1982) vertikalne migracije mijenjaju smjer u vrijeme manje dostupnosti hrane. Inače migratorne vrste se zadržavaju u epilimnionu kako bi se prehranile, unatoč velikoj opasnosti od predatora. Isto ponašanje zabilježili su i Johnsen i Jakobsen (1987). Dnevno noćne migracije su prisutne u jezerima s ribama kao i u jezerima bez riba (Søndergaard i sur., 2005) gdje su obično prisutni predatorski beskralješnjaci. Vertikalna raspodjela veslonožaca i rašljoticalaca povezana je sa sezonskim promjenama u temperaturi vode (Helland i sur., 2007). Prema McLarenovoj hipotezi (1963), vertikalne migracije postaju energetski povoljnije kako se temperatura površinskog sloja vode povećava. Iako se termoklina navodi kao barijera u vertikalnim migracijama (Haney, 1988) vrste iz roda *Daphnia* prolaskom kroz termoklinu i porastom temperature pokazuje povećanu amplitudu migracija (Gerritsen, 1982).

Temperatura vode i otopljeni kisik igraju važnu ulogu u sastavu zajednica zooplanktona (Bhat i sur., 2015). Veličina tijela rašljoticalaca je u korelaciji s temperaturom. Rašljoticalci su najveći kada je najtoplije (Haberman i sur., 2007). Brojnost i biomasa zooplanktona je u korelaciji s ukupnim fosforom i klorofilom *a* (Hessen i sur., 2006; Gołdyn i Kowalczewska-Madura, 2008; Stanković i sur., 2011). Količina hrane utječe na učinkovitost razmnožavanja i masovnost zajednice (Karabin, 1985a).

Živi organizmi koji borave u samom izvoru zovu se krenobionti (Gottstein, 2010). Većina veslonožaca i rašljoticalaca u izvorskim staništima nisu pravi krenobionti jer se mogu pronaći i u drugim staništima (Vila, 1989; Stoch, 1998; Gerecke i sur., 1998; Jersabek i sur., 2001). Veslonošci i rašljoticalci izvorskih staništa se najčešće istražuju u sklopu istraživanja meiofaune (Särkkä i sur., 1997; Notenboom i sur., 1999; D'Ambrosio i sur., 2003; Fiasca i sur., 2004; Gerecke i sur., 2005; Stoch i sur., 2011, 2015). Pojam meiofauna podrazumijeva sitne beskralješnjake, koji mogu proći kroz mrežu otvora oka 1 mm, ali se zadrže unutar mreže promjera oka 45 µm. Organizmi se grupiraju po veličini, a ne taksonomiji (Higgins, 1988). Prema Rundle i sur. (2000) meiofauna zauzima važno mjesto u ekologiji izvorskih staništa, zbog velike bioraznolikosti ali i gustih populacija te važne uloge u hranidbenim lancima (Schmid-Araya i Schmid, 2000). Protok vode je jedan od glavnih čimbenika koji utječu na živi svijet u izvorima (Stoch i sur., 2011). Uz protok vode na zajednicu zooplanktona u izvorima utječu hidrogeomorfologija krenala, fizikalno-kemijska svojstva vode, prisutnost makrofita, sastav supstrata, nagib korita kao i veličina krenala (Jersabek i

sur., 2001). Planktonske vrste koje naseljavaju izvore često imaju kratak životni ciklus i brz postembrionalni razvoj (Maier, 1990; Nandini i Sarma, 2007). U izvorima žive i bentoske vrste veslonožaca i rašljoticalaca (Vila, 1989; Särkkä i sur., 1997).

Neke vrste veslonožaca i rašljoticalaca su poznati bioindikatori, stoga sastav i struktura zajednica planktonskih rakova može poslužiti u analizi kvalitete vode (Patrik i Palavage, 1994; Boix i sur., 2005; Dulić i sur., 2006; Bhat i sur., 2015). Pojedine vrste veslonožaca i rašljoticalaca koriste se u ekotoksikoligiji, iako su takva istraživanja još uvijek rijetka (Di Lorenzo i sur., 2013, 2015; Cifoni i sur., 2015). Neke vrste, kao što je *B. longirostris* značajne su indikatorske vrste i u paleontološkim istraživanjima (Adamezuk, 2016).

2.5. Pregled istraživanja zooplanktona u Bosni i Hercegovini

Sliv donjeg toka rijeke Neretve obiluje izvorima i jezerima, kako prirodnim tako i akumulacijama izgrađenih sa svrhom da se energetski iskoristi ova krška rijeka. Istraživanja veslonožaca i rašljoticalaca u Bosni i Hercegovini su malobrojna, a rezultati oskudni. Početkom 20. stoljeća slatkovodna jezera Bosne i Hercegovine istražuje Brehm (1910). S posebno pažnjom istraživana su krška jezera. U drugoj polovici prošlog stoljeća fokus u istraživanju zooplanktona prelazi na akumulacije. Biološki institut Univerziteta u Sarajevu provodi limnološka istraživanja u okviru kojih se istražuju akumulacije na rijekama Neretvi i Trebišnjici (Živković, 1971). Istraživana je sezonska dinamika veslonožaca, rašljoticalaca i kolnjaka, te utjecaj starosti akumulacije na sastav zooplanktonskih zajednica. Poslijednjih dvadesetak godina u sklopu biološkog biomonitoringa površinskih voda slivova Neretve i Cetine koji provodi Agencija za vodno područje Jadranskog mora istražuju se akumulacije: Buško blato, Ramsko jezero, Grabovica i Salakovac. U istraživanje je uključeno i prirodno Deransko jezero koje je dio Paraka prirode Hutovo blato. U akumulacijama se istražuje zooplankton u svrhu procjene kvalitete vode (Trožić-Borovac, 2014).

U Bosni i Hercegovini rašljoticalce podzemlja istražuje Brancelj (1990), koji je za područje Hercegovine opisao endemsku vrstu *Alona hercegovinae* Brancelj, 1990.

Zadnjih godina na Sveučilištu u Mostaru izrađeno je nekoliko diplomskih radova na temu slatkovodnog (Goluža, 2005; Grgić, 2013) i morskog zooplanktona (Matešković, 2016; Sičaja, 2016).

S druge strane, u Hrvatskoj je posvećeno dosta pažnje istraživanju jezerskog zooplanktona (Vuković i Šoljan, 1968; Mrakovčić i sur., 1995; Bukvić i sur., 1999; Bukvić-Ternjej i sur., 2001; Tomec i sur., 2002; Ternjej i Stanković, 2007; Stanković i Ternjej, 2009., Ternjej i sur., 2010; Stanković i sur., 2011, Peroš-Pucar i Ternjej, 2014; Špoljar i sur., 2005, 2007, 2011, 2012, 2016).

U jezeru Krenica, koje se nalazi u Drinovačkom polju zapadne Hercegovine, do sada nije istraživan zooplankton. Jezero je analizirano s hidrogeološkog stajališta (Kurpjel i sur., 1984). Pretpostavlja se kako je jezero Krenica, zbog male udaljenosti i osobitosti krškog prostora, podzemnim vodama povezano s Modrim jezerom pokraj Imotskog (RH).

Svitavsko jezero dio je parka prirode Hutovo blato. Svitavsko jezero je obuhvaćeno opsežnim istraživanjem delte Neretve krajem prošlog stoljeća (Mrakovčić i sur, 1995). Za Svitavsko jezero postoje neobjavljeni podaci istraživanja zooplanktona u sklopu diplomskog rada (Grgić, 2013).

Zooplankton jezera Kuti istraživan je u više navrata (Vuković i Šoljan, 1968; Mrakovčić i sur., 1995; Bukvić-Ternjej i sur., 2001). Značajni su i podaci o istraživanju fitoplanktona (Hafner, 2003). Prilikom istraživanja jezera Kuti, osim istraživanja bioraznolikosti, velika pozornost se pridavala istraživanju utjecaja mora, odnosno mjerenju saliniteta jezera te procjeni stupnja trofije.

U istraživanja su uključeni i krški limnokreni izvori budući da predstavljaju zanimljiv ekosustav s visokim promjenama ekoloških čimbenika. Već se polovicom dvadesetog stoljeća posvećuje pažnja krškim izvorima o čemu svjedoče objavljeni radovi (Pavletić i Matoničkin 1965, Matoničkin i Pavletić 1967, 1969). U kontekstu globalnih ekoloških promjena i pratećih promjena u hidrološkim sustavima, slatkovodni izvori zaslužuju više pažnje (Cantonati i sur., 2006) i nedovoljno su istraženi s aspekta zooplanktonske faune. Postoje začeci takvih istaživanja izvora u Alpama (Stoch i sur., 2011; Gerecke i sur., 2011.), središnjoj Italiji (De Bernardi i sur., 1987) i u okolici Beograda (Marković i sur., 2012).

Odabrani krški izvori su ranije istraživani s hidrogeološkog stajališta (Slišković, 1994, 2014) ali za njih ne postoje podaci o zooplanktonu. Postoje podaci o fauni planarija

(Knezović, 2012). Krške izvore u Bosni i Hercegovini u novije vrijeme istražuje i Dedić (2015), ali su njena istraživanja usmjerena na fitobentos.

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

3.1. Zemljopisni položaj i hidrologija rijeke Neretve

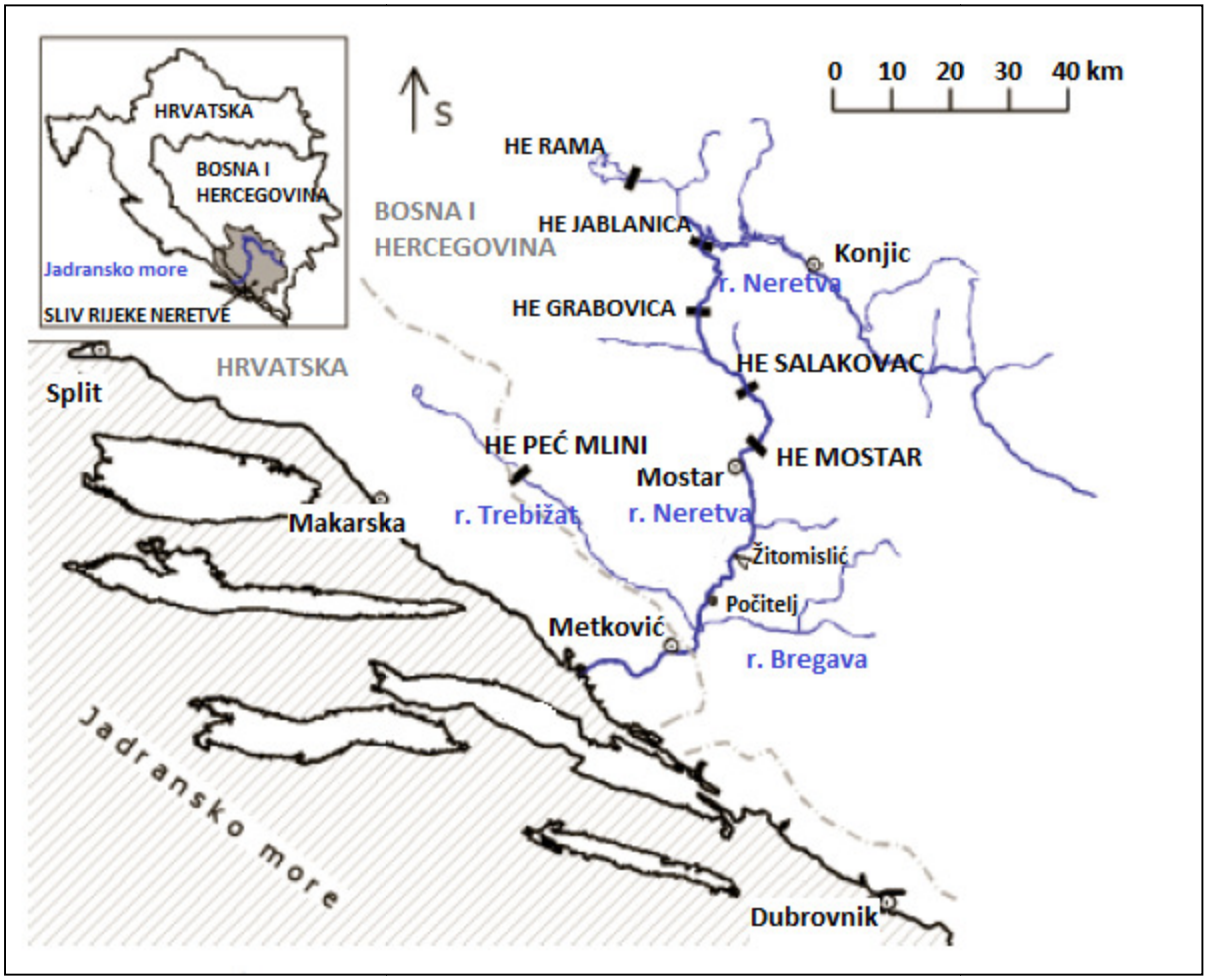
Rijeka Neretva je najveća rijeka u Bosni i Hercegovini koja pripada Jadranskom slivu (Slika 6). Neretva je najduža (215 km) i vodom najbogatija rijeka Dinarskog krša (Slišković, 2014). Prva 193 km teče Bosnom i Hercegovinom, a zadnja 22 km Republikom Hrvatskom (Štambuk-Giljanović, 2006).

Rijeka Neretva izvire jugoistočno od planine Zelengore, podno Lebršnika. Nastaje od četiri stalna i jednog povremenog izvora na nadmorskim visinama između 1340 i 1200 m. Glavni tok nastaje spajanjem malih potoka izvora oko jednog kilometra nizvodno (Mrđen i sur., 2016). Glavne osobine sliva rijeke Neretve su velika površina, izrazito heterogen sliv, velik broj pritoka i izmjenjena prirodna hidrogeografska slika uzrokovana izgradnjom brojnih hidroelektrana (HE Jablanica, HE Rama, HE Grabovica, HE Salakovac i HE Mostar). U gornjem toku Neretva teče kanjonom i prima desne: Šištica, Baštica, Bijela i Idbar, te lijeve pritoke: Jasenicu, Rakitnicu, Treštenicu, Kraljušnicu, Neretvicu i Ramu. Gornji tok Neretve karakteriziraju kratke pritoke i velik broj krških izvora uz samo korito rijeke. Smjer toka do ušća rijeke Rame se poklapa s pružanjem Dinarskih geološko-tektonskih struktura, a nizvodno od ušća rijeke Rame u Jablaničko jezero, tok Neretve presjeca Dinarske strukture i teče južno prema Jadranskom moru (Slišković, 2014). U srednjem toku, nizvodno od grada Jablanice prima desne pritoke Doljanku i Drežanku. U donjem toku, Neretva nizvodno od Mostara formira dolinu i prima desne pritoke Rdobolju, Lišticu, Ugrovaču, Jasenicu i Trebižat. Lijeve pritoke donjeg toka rijeke Neretve su Buna, Bregava i Krupa. Kako gornji, tako i donji tok rijeke Neretve obiluje značajnim brojem jakih krških vrela u samom koritu rijeke i u koritima njenih pritoka. Krška vrela se napajaju vodom iz krških polja preko rijeka ponornica. Neka od značajnih krških vrela uz korito rijeke Neretve su: Veliki i Mali Praporac, Mliječnik, Komadinovo Vrelo, Crno Vrelo, Salakovačka vrela, Studenac, Crno Oko, Arapi Vrilo i drugi (Slišković, 2014).

Donji tok je pod snažnim antropogenim utjecajem. Izgrađene su brojne hidroelektrane i na pritokama rijeke Neretve: HE Čapljina (Krupa), HE Peć Mlini (Trebižat) i HE Mostarsko blato (Lištica i Jasenica). Na ovom potezu sve pritoke rijeke Neretve dotiču iz krških polja s lijeve i desne strane toka. Rijeke Lištica i Jasenica dotiču iz Mostarskog blata, Buna se napaja vodama iz Nevesinjskog polja, Bregava odvodi vode iz Dabarskog i Fatničkog polja, a

Trebižat vode Imotskog i Drinovačkog polja. Rijeka Krupa u Neretvu donosi vode iz Hutova blata, točnije Deranskog i Svitavskog jezera (Mrđen i sur., 2016).

Srednji protok kod ušća rijeke Rame iznosi 75 m³/s, kod Konjica 63 m³/s, kod Žitomislića 240 m³/s, a na samom ušću 380 m³/s (Slišković, 2014). Cjelokupni hidrografski sliv rijeke Neretve procjenjuje se na 12 000 km² (Štambuk-Giljanović, 1998., 2006). Prosječna temperatura rijeke Neretve iznosi 12,8 °C (Bonacci, 1987). Povećana zaslanjenost Neretve od ušća do Metkovića predstavlja veliki problem u ljetnim mjesecima jer se voda koristi za natapanje poljoprivrednih kultura (Štambuk-Giljanović, 1998).



Slika 6. Položaj i hidrografska mreža rijeke Neretve. Preuzeto iz Ljubenkov i Vranješ (2012).

3.2. Klimatske značajke istraživanog područja

Prema Köppenovoj klasifikaciji klime u slivu donjeg toka rijeke Neretve zastupljena je umjereno topla kišna klima (C). Podtip Csa ili sredozemna klima sa suhim i vrućim ljetom obuhvaća dio od ušća rijeke Neretve do Čapljine i donjeg toka rijeke Trebižat. U ostatku sliva donjeg toka rijeke Neretve zastupljena je Cfa odnosno umjereno topla vlažna klima s vrućim ljetom (Mrđen i sur., 2016).

Glavni čimbenici klime u donjem toku rijeke Neretve su blizina Jadranskog mora, pravac pružanja planinskih lanaca, nadmorska visina te stalna smjena zračnih masa porijeklom s Atlantskog oceana, Sredozemnog mora i Europskog kopna. Područje je pod jakim utjecajem Mediterana kroz dolinu rijeke Neretve, čiji utjecaj slabi udaljavanjem od ušća te s porastom nadmorske visine. Prosječna godišnja temperatura iznosi 15 °C. Godišnja količina padalina se kreće od 1000 i 1500 mm, kojih ima tokom cijele godine, najmanje u srpnju i kolovozu a najviše u proljetnim i jesenskim mjesecima (Mrđen i sur., 2016). Relativna vlažnost zraka mijenja se tijekom godine (60 - 69 %).

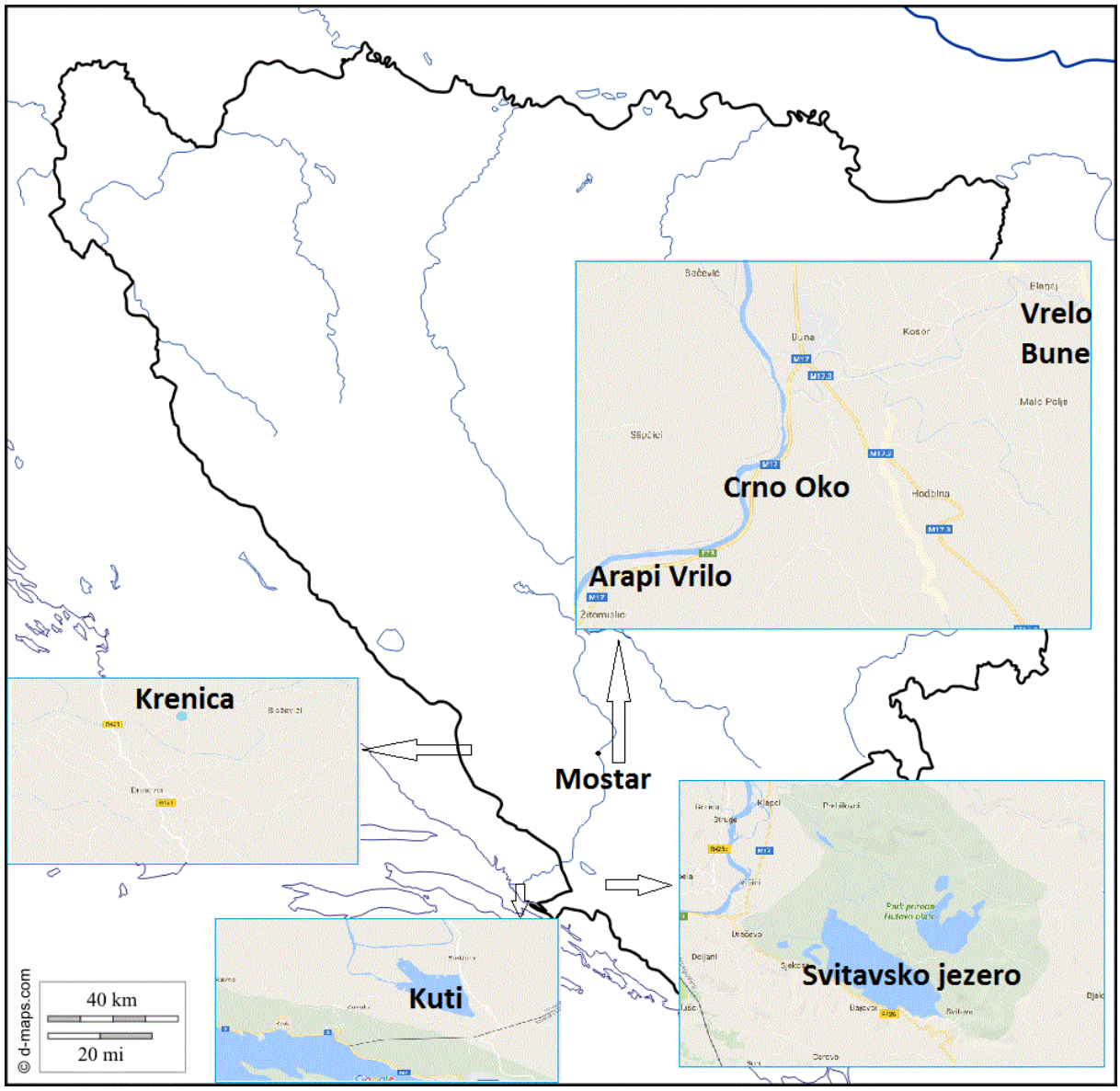
U krškim poljima su česti vjetrovi koji pojačavaju isparavanje i djeluju na sniženje temperature.

3.3. Glavne značajke istraživanih postaja

Donji tok sliva rijeke Neretve nalazi se u tzv. Jadranskom geomorfološkom pojasu koji obiluje brojnim manjim krškim poljima (Slišković, 2014). Krš predstavlja morfološki specifično područje izgrađeno od vapnenaste i dolomitne vodopropusne podloge s razvijenom nadzemnom i podzemnom hidrološkom mrežom, što rezultira kompleksnim drenažnim sustavom. Jedna od glavnih značajki krške hidrografije je bogatija podzemna vodena mreža od nadzemne (Štambuk-Giljanović, 1998). Krš je na svjetskoj razini nedovoljno istražen, iako su prve teorije o cirkulaciji vode u kršu upravo razvijene po uzoru na iskustvo i znanje o Dinarskom kršu (Bonacci, 1987). Krš predstavlja poseban ekosustav koji je bogat brojnim i vrlo često endemskim, rijetkim i ugroženim vrstama (Bonacci, 2003).

Za područje istraživanja odabrana su različita vodna staništa u kršu koja pripadaju slivu donjeg toka rijeke Neretve. Odabrano je prirodno duboko jezero Krenica, prirodno

plitko jezero Kuti, akumulacija Svitavsko jezero, te tri izvora: vrelo rijeke Bune, Arapi Vrilo i Crno Oko. Postaje se nalaze u Bosni i Hercegovini i Republici Hrvatskoj (Slika 7).



Slika 7. Geografski položaj istraživanih postaja u slivu donjeg toka rijeke Neretve. Uređeno koristeći izvore: www.d-maps.com i www.google.com/maps/.

3.3.1. Jezero Krenica

Jezero Krenica pripada slivu rijeke Trebižat. Nalazi se u Drinovačkom polju (dijelu Imotsko-Bekijskog polja) zapadne Hercegovine u općini Grude na nadmorskoj visini od 253 m (Slike 8 i 9). Koordinate postaje su: 43°22'30.00"S i 17°19'58.00"I. Ovo je ujedno i najveća kota u provedenom istraživanju. Dubina jezera u obalnom pojasu je mala i postupno se povećava prema sredini jezera. Središnji dio jezera predstavlja zonu urušavanja. Maksimalna izmjerena dubina iznosi 41,4 m. Jezero je kružnog oblika promjera 340 m. Krenica je prirodno jezero za koje se smatra da je nastalo urušavanjem stropa krškog sustava, te da predstavlja potopljenu kršku depresiju. Pretpostavlja se da je jezero Krenica u procesu postupne degradacije (zatrpavanja) te da mu se s godinama smanjuje dubina. Površina jezera iznosi 6,1 x 10^4 m^2. U kišnom razdoblju jezero Krenica se izlijeva izvan obalne linije te plavi polje, dok se u ljetnim mjesecima vodostaj spušta za dva do tri metra (Kurpjel i sur., 1984).

Prema Sliškoviću (2014), jezero Krenica se nalazi u terenu pokrivenom kvartarnim naslagama, a vodu dobiva iz kamenitog vapnenačkog dna. Jezero nikada ne presušuje i postoje pretpostavke da je podzemnim tokovima povezano s Modrim jezerom u Imotskom (RH), odnosno s cijelim krškim sustavom Imotsko-Bekijskog polja. Međutim, u studiji Kurpjel i sur. (1984) se navodi kako je podzemni doticaj vrlo mali te se voda u jezeru obnavlja uglavnom površinskim doticanjem.



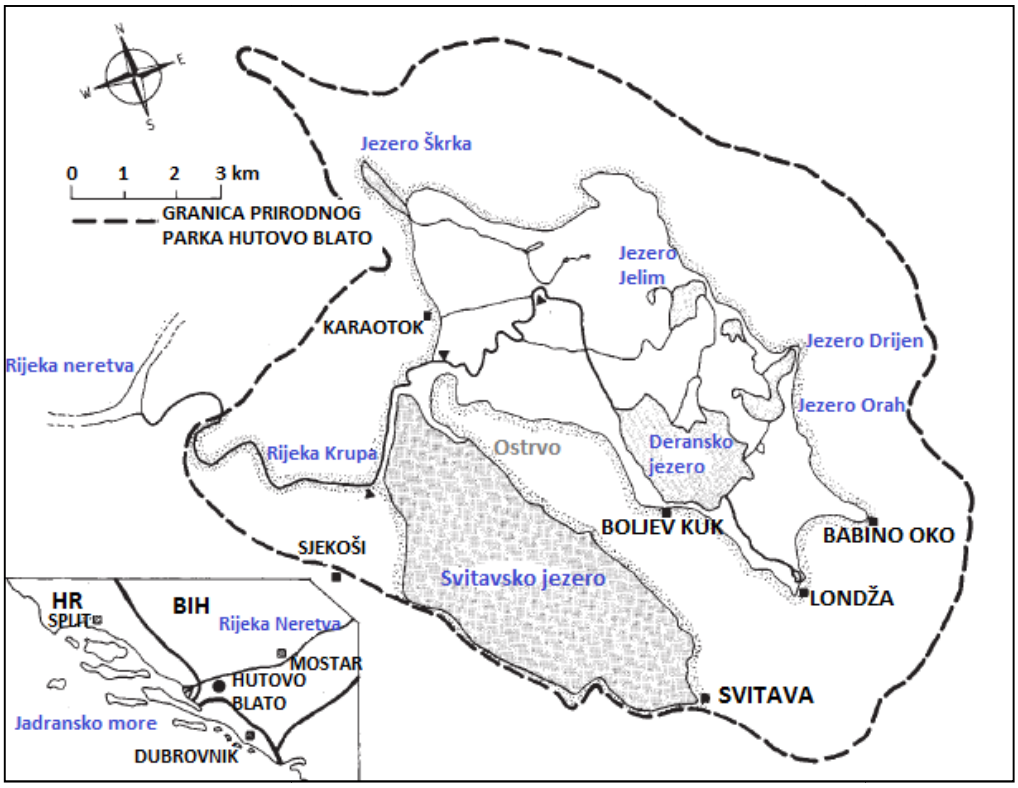
Slika 8. Položaj jezera Krenica. Izvor: Google Earth.



Slika 9. Jezero Krenica (foto: A. Planinić, studeni 2012. godine).

3.3.2. Svitavsko jezero

Svitavsko jezero (Svitavsko blato, Donje blato) s Parkom prirode Hutovo blato čini povezan hidrološki sustav (Slika 10). Park prirode Hutovo blato je submediteranska močvara s velikim bogatstvom flore i faune. U okviru Ramsarske kovencije 2001. godine zaštićeno je kao Močvarno područje od međunarodnog značaja. Jezera Hutova blata nalaze se na vodonepropusnoj podlozi holocenskog nanosa pokrivenom naslagama barske vegetacije. Okolni vapnenački teren nema površinskih tokova, ali je bogato razvijena podzemna hidrološka mreža koja hrani jezera brojnim izvorima. Rijeka Krupa kao poveznica Hutova blata i rijeke Neretve nema klasičan izvor nego otječe iz Deranskog jezera. Za vrijeme visokog vodostaja rijeke Neretve, Krupa teče u obrnutom smjeru (Štamnuk-Giljanović, 1998; Matić, 2002). Svitavsko jezero je od Deranskog jezera odvojeno vapnenastim grebenom, Ostrvom, najviše kote 588 metara. Razina vode u Svitavskom jezeru je uvijek viša od razine vode u Deranskom jezeru (1,5 - 2,5 m) što ukazuje na to da ne postoji podzemna hidraulička veza kroz krečnjake Ostrva (Milanović, 2009).



Slika 10. Položaj Svitavskog jezera (Donje blato) u granicama Parka prirode Hutovo blato. Preuzeto iz Jasprica i Carić (2002).

Svitavsko jezero je 1979. godine izmijenjeno i pretvoreno u akumulaciju Hidroelektrane Čapljina (Slike 11 i 12). Jezero je nasipom odvojeno od rijeke Krupe. Nalazi se kod istoimenog naselja i razmjerno je plitko jezero s dnom na - 1 do + 2 m.n.v. (Štambuk-Giljanović, 1998). Površina jezera iznosi otprilike 10 km². Preko rijeke Krupe ulijeva se u rijeku Neretvu. Rijeka Krupa je ujedno i hidrološka veza Svitavskog jezera s Deranskim jezerom, odnosno tzv. "Gornjim blatom". Svitavsko jezero se puni preko svojih stalnih i povremenih izvora koji se nalaze duž južnog oboda jezera. Neki od značajnijih izvora su Svitava I. i II., Trstenik, Živinjak, Ljubanovo vrilo, Desilo, Ljubač i Crni Vir. U razdoblju visokih voda ukupni protok na ovim izvorima je veći od 90 m³/s. U spomenutim izvorima na površinu ponovno izlazi voda koja je nestala u ponorima Popovog polja. Značajniji ponori u Popovu polju su Doljasnice, Provalije, Crnulje, Lisca, Velje, Međe koji se nalaze na nadmorskoj visini između 230 i 270 metara. Popovo polje u istočnoj Hercegovini je povremeno plavljeno polje, ali nakon izmjene hidrološkog režima i izgradnje HE Čapljina s gornjim i donjim akumulacijskim bazenom, poplava više nema (Slišković, 2014). Crpna HE Čapljina je, kako je već spomenuto, puštena u pogon 1979. godine. Bila je to prva reverzibilna hidroelektrana u Jugoslaviji. Budući je crpno-akumulacijskog tipa koristi vode sliva donjeg toka rijeke Trebišnjice i vode vlastitog sliva. U vrijeme malih voda, pomoću dvije vertikalno postavljene crpke - turbine radi kao reverzibilna elektrana crpeći vodu iz donjeg u gornji kompenzacijski bazen. Gornje kompenzacijsko jezero se nalazi na dnu Popovog polja iz kojeg se voda odvodi tunelom promjera osam metara i duljine 8105 metara u smjeru kompenzacijskog bazena iznad Hutova blata. S tog mjesta voda se ispušta u Svitavsko jezero iz kojeg se preko ustave na suprotnom kraju ispušta u rijeku Krupu (Slišković, 2014).



Slika 11. Položaj Svitavskog jezera. Izvor: Google Earth.



Slika 12. Svitavsko jezero (foto: A. Planinić, travanj 2013. godine).

Izgradnjom hidroelektrane prirodni hidrogeografski režim Svitavsko blato - Hutovo blato - rijeka Krupa je poremećen i ovisi o radu hidroelektrane. Ispuštanjem vode iz Svitavskog jezera, povećava se razina vode u rijeci Krupi a time i u Deranskom jezeru (Štambuk-Giljanović, 1998). Za istraživanje Svitavskog jezera odabrane su dvije postaje koordinata: S1 43° 2'14.02"S 17°45'40.09"I i S2 43°1'42.22"S 17°46'26.04"I. Postaja S1 nalazi se u neposrednoj blizini vegetacije i ustave hidroelektrane, dok je postaja S2 smještena u pelagijalnom dijelu jezera.

3.3.3. Jezero Kuti

Jezero Kuti je dio Donjoneretvanske delte (Slika 13). Pripada kategoriji toplih, plitkih mediteranskih jezera. Jezero je polimiktičko s miješanjem vode od studenog do travnja. U ljetnom razdoblju nastupi stratifikacija vode. Jezero Kuti se u prosjeku nalaze na 1 m.n.v. i zauzima površinu od 0,03 km² (Bukvić-Ternjej i sur., 2001). Koordinate postaje na jezeru Kuti su: 42°57'1.67"S i 17°36'38.89"I. Postaja se nalazi u pelagijalnom dijelu jezera. U obalnom području uz jezero je 1978. godine započela melioracija. Pored bogate poljoprivredne proizvodnje, Kuti pružaju mogućnost razvoja specifičnih oblika turizma, kao što su fotosafari i ribolov (Curić, 1994) (Slika 14). Jedan dio oko jezera određen je kao zaštićeno ihtiološko - ornitološko područje (Galić, 2011).



Slika 13. Položaj jezera Kuti. Izvor: Google Earth. Legenda: VP-vodoplavno područje; K- jezero Kuti.



Slika 14. Pogled na jezero Kuti (foto: A. Planinić, rujan 2012. godine).

Iz jezera voda otječe rijekom Prunjak koja se ulijeva u malu Neretvu kraj naselja Podgradine. Rijeka Prunjak je plovna cijelom dužinom. Korito je u prosjeku široko sedam, a duboko 0,6 - 2,0 metra. Ljetni srednji protok iznosi 17,2 m³/s, dok je zimski protok veći i iznosi 30,2 m³/s. Jezero je jugozapadnom stranom okruženo brdima Pozle i Gore. Za vrijeme visokog dotoka vode, višak vode se akumulira u vodoplavnom području (Hafner, 2003). Jezero Kuti pune vrela od kojih su poznatija Mlinište, Mislina i Bili Vir. Voda u izvorima jezera Kuti potječe iz donjeg dijela Popovog polja. Izdašnost navedenih vrela u prosjeku iznosi 4,5 m³/s. Jezero Kuti je krška kriptodepresija koja nije pod značajnijim utjecajem mora (Jasprica, 2007).

Izgradnjom kompenzacijskih bazena Gorica i Svitava i regulacijom korita Trebišnjice došlo je do promjene prirodnog režima površinskih i podzemnih voda u slivu lijeve obale delte Neretve (Slišković, 2014). Prema Hafner (2003), nekada su se za lijepog vremena i oseke, u dnu bistrog jezera mogle vidjeti zidine i ostaci nepoznatog naselja.

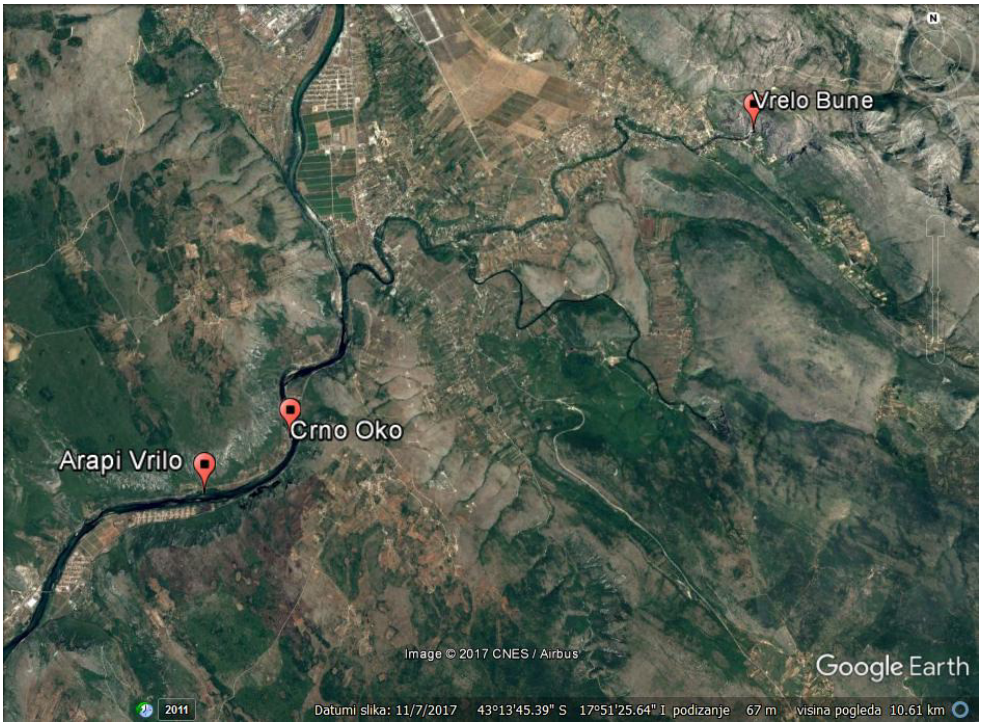
3.3.4. Izvori

Izvori su mjesta prirodnog izlaska podzemne vode na površinu. Predstavljaju granično područje dva različita ekosustava, što uvjetuje preklapanje elemenata podzemnih i nadzemnih ekosustava (Marić i Rakočević, 2009).

Jedna od glavnih osobina krša je nedostatak površinskih tokova i bogato razvijena podzemna hidrološka mreža. Krški izvori predstavljaju pojavu podzemne vode na površini kroz pukotine u kršu. Izvori u kršu se najčešće pojavljuju na mjestima kontakta karbonatne i vodonepropusne podloge. Dijele se na reokrene i limnokrene. U ovom istraživanju odabrani su izvori koji oblikuju manje bazene. Odabrani izvori su stalna krška vrela (Bonacci, 1987). Sva tri izvora nalaze se na karbonatnoj podlozi (Slišković, 2014). Vrelo Bune predstavlja izvor lijeve pritoke rijeke Neretve, dok izvori Crno Oko i Arapi Vrilo izviru uz samo korito rijeke Neretve nizvodno od ušća rijeke Bune (Slika 15). Nalaze se u mjestu Malošević (naselju Brig), 20-ak km južno od Mostara. Krške izvore Crno Oko i Arapi Vrilo Slišković (2014) navodi kao jedne od značajnih stalnih krških vrela u donjem toku rijeke Neretve.

Crno Oko i Arapi Vrilo pripadaju slivu Mostarskog blata i rijeke Jasenice. Sliv ove vodene cjeline zauzima površinu od 320 km² (Slišković, 2014). Postupkom tresiranja gornje

Neretve i zapadne Hercegovine dokazano je da izvorska voda spomenutih vrela potječe iz ponora Orlinjača, Velika jama na jugoistoku Mostarskog blata, te iz ponora u Dobrom selu (Slišković, 1983).



Slika 15. Položaj istraživanih vrela. Preuzeto i dorađeno iz programa Google Earth.

3.3.5. Vrelo Bune

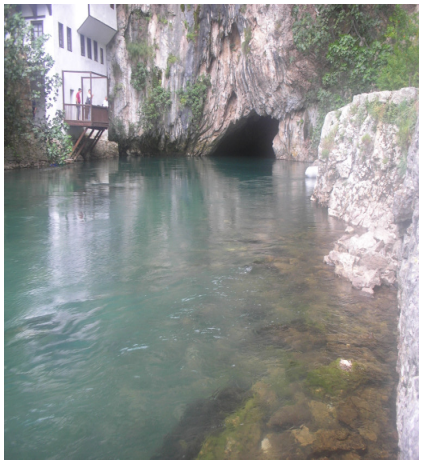
Buna je lijeva pritoka rijeke Neretve. Izvire u mjestu Blagaj 12 km jugoistočno od Mostara. Koordinate vrela su 43°15'24.82"S i 17°54'13.46"I. Vrelo Bune je najveće vrelo u Bosni i Hercegovini i jedno od najizdašnijih i najpoznatijih vrela Dinarskog krša (Slika 16). Izvire iz špilje na kontaktu krednih vapnenaca i eocenskog fliša na 36 m.n.v. Riječ je o limnokrenom izvoru, sifonskog tipa istjecanja (Slišković, 2014). Desna obala izvora je antropogenizirana izgradnjom povijesnog objekta Tekija, koji se danas koristi u turističke svrhe (Slika 17).

Vrelo Bune se napaja vodama iz podzemlja Nevesinjskog polja. Neki od potvrđenih ponora čija voda izvire u Blagaju su Ždrijelo, Zlatac, Baba, Zavidovka i Zalomka (Milanović, 2006). Slivu Bune pripada površina od približno 740 km².

Ispitano je 470 metara sifonskog kanala unutar izvora. Dubina istraženog sifona je -73 metra u odnosu na mjesto urona. Maksimalna vrijednost protoka iznosi 320 m³/s (Slišković, 2014).



Slika 16. Vrelo Bune. Izvor: Google Earth.



Slika 17. Tekija uz sami izvor (foto: A. Planinić, kolovoz 2012. godine).

3.3.6. Crno Oko

Vrelo Crno Oko se nalazi na 34 m.n.v. s desne strane rijeke Neretve na kordinatama 43°13'18.4"S i 17°49'30.5"I. Izvor je limnokrenog tipa ali za razliku od vrela Bune ne oblikuje riječni tok nego se izravno ulijeva, odnosno spaja s rijekom Neretvom (Slike 18 i 19).

Riječ je o tipičnom uzlaznom sifonskom vrelu koje izvire iz vrtače promjera 7,5 metara. Dubina vrtače je veća od 10 metara, a na dnu se nastavlja u špilju. U razdoblju od 1978 - 1981. godine srednji protok iznosio je 2,4 m^3/s, dok su minimalne i maksimalne vrijednosti bile 0,9 m^3/s, odnosno 7,5 m^3/s. U razdoblju velikih oborina i visokog vodostaja, rijeka Neretva plavi izvor Crno Oko, pa rezultati mjerenja za maksimalne vode nisu pouzdani (Slišković, 1994., 2014). U tom razdoblju gotovo je nemoguće uočiti postojanje izvora, jer bazen izvora tada izgleda kao meandar rijeke. Značajka vrela je da izvire na nižoj koti od razine Neretve što rezultira spomenutim plavljenjem (Štambuk-Giljanović, 1998).



Slika 18. Crno Oko (foto: A. Planinić, studeni 2012. godine).



Slika 19. Crno Oko (foto: A. Planinić, veljača 2013. godine).

3.3.7. Arapi Vrilo

Arapi Vrilo se nalazi dva i pol kilometra južno od vrela Crno Oko na koordinatama 43°12'57.91"S i 17°48'43.60"I. Nalazi se na 30 m.n.v. Voda izvire iz nekoliko krških pukotina metar i pol iznad najvišeg vodostaja rijeke Neretve (Slišković, 1994, 2014). Limnokrenog je tipa i samo korito je odvojeno kamenim oblutcima od glavnog toka rijeke Neretve (Slike 20 i 21). Arapi Vrilo ima znatno manji protok vode. Srednja vrijednost protoka iznosi 0,56 m^3/s, dok su minimalna i maksimalne vrijednosti 0,15 i 2,50 m^3/s. Podzemna razina ovog toka postupno opada i kreće se od - 100 m u Ljutom Docu do - 152 m u Dobrom selu (Slišković, 2014). U vrijeme manjeg protoka, u ljetnim mjesecima, izvor poprima izgled bare s jedva primjetnim dotokom i otjecanjem vode.



Slika 20. Arapi Vrilo (foto: A. Planinić, studeni 2012. godine).



Slika 21. Arapi Vrilo (foto: A. Planinić, veljača 2013. godine).

4. MATERIJALI I METODE

4.1. Analiza fizikalnih i kemijskih parametara

U svrhu izrade ove disertacije terensko istraživanje trajalo je godinu dana. Uzorci su prikupljani mjesečno od lipnja 2012. do svibnja 2013. godine.

Dubina plitkih jezera i izvora mjerena je pomoću baždarenog konopa s utegom. Dubina jezera Krenica nije mjerena na terenu. Prozirnost je mjerena pomoću Secchi diska.

Podaci o količini padalina na području grada Mostara dobiveni su iz Federalnog hidrometeorološkog zavoda Bosne i Hercegovine. Podaci su korišteni za usporedbu promjene razine vodostaja Arapi Vrila.

Službeni podaci o radu ustave na jezeru Svitava u istraživanom razdoblju dobiveni su iz ureda Hidroelektrane Čapljina.

Temperatura vode, otopljeni kisik u vodi, pH, salinitet i električna provodljivost mjereni su *in situ* pomoću sonde (Multi 350i).

Vrijednosti alkaliniteta određivani su volumetrijski titracijom s 0,1 molarnom otopinom NaOH.

Voda za daljnju kemijsku analizu uzimana je pomoću crpca iz središnjeg sloja stupca vode u izvorima i plitkim jezerima te iz epilimniona i hipolimniona u jezeru Krenica. Uzorci vode za daljnu fizikalno-kemijsku analizu dostavljani su u roku od pet sati u Zavod za javno zdravstvo grada Mostara gdje su se po sljedećim metodama mjerili:

KPK – kemijska potrošnja kisika

Metoda: AWWA WEF APHA 5220A

Metoda se temelji na redukciji kalijeva dikromata pod posebnim uvjetima (digestija 2 h/150^{0}C). Ostatak kalijeva dikromata se titrira otopinom fero amonijevog sulfata (FAS). Oksidaciju organskih tvari podržava srebrni sulfat kao indikator. Rezultati se izražavaju kao O_2 mg/L.

Amonijak

Spektrofotometrijska metoda: BAS ISO 7150/1:2002

U 40 ml uzorka se dodaje reagens amonijum salicilat i hipoklorita uz natrij-nitro-prusid. U prisustvu amonijaka formiraju se zelene komponente koje se zatim određuju na valnoj duljini od 655 nm. Očitana količina odgovara koncentraciji amonijačnog dušika (NH_4 mg/L).

Nitriti

Spektrofotometrijska metoda: BAS EN 26777:2000

U 40 ml uzorka dodaje se reagens 4-aminobenzen sulfonamidom. U prisustvu ortofosforne kiseline na pH 1,9 formiraju se diazonijeve soli koje u prisustvu nitrita daju rozo obojenje dodatkom N-1,2-diaminoetanhidrokloridom. Mjerenjem apsorbance na valnoj duljini od 540 nm odredi se koncentracija nitritnog dušika (NO_2 mg/L).

Nitrati

Spektrofotometrijska metoda: APHA AWWA WEF 1500B

Uzima se 50 ml uzorka i dodaje 1 ml 1N HCl. Mjerenjem apsorbance na valnoj duljini od 220 nm odredi se koncentracija nitratnog dušika (NO_3 mg/L).

Aminijak, nitriti i nitrati su u rezultatima prikazivani zajedno u obliku DIN (*Dissolved inorganic nitrogen*), odnosno svi dušikovi spojevi su promatrani zajedno kao otopljeni anorganski dušik.

Ukupni fosfor

Spektrofotometrijska metoda: BAS ISO 6878:2002

40 ml uzorka se pomoću peroksid sulfata kuhanjem oksidira i svi oblici fosfata se prevode u ortofosfate. Reakcija ortofosfatnog iona s kiselom otopinom koja sadrži molibdat i antimon ion i tvori antimonfosfomolibdatni kompleks. Redukcijom kompleksa s askorbinskom kiselinom formira se plavo obojeni molibdenski kompleks. Mjerenjem apsorbance na 880 nm odredi se koncentacija fosfora (P mg/L).

Orto fosfor

Spektrofotometrijska metoda: BAS ISO 6878:2002

Uzima se 40 ml uzorka i dodaje sa kisela otopina koja sadrži molibdat i antimon ion i tvori antimonfosfomolibdatni kompleks. Redukcijom kompleksa s askorbinskom kiselinom formira se plavo obojeni molibdenski kompleks. Mjerenjem apsorbance na 880 nm odredi se koncentacija fosfora (P mg/L).

Klorofil *a*:

Spektrofotometrijska metoda: APHA AWWA – WEF 10200

Uzorak se filtrira, ekstrahira otapalom i očitavaju se apsorbance na određenim valnim duljinama. Na osnovu razlike apsorbanci iz formule se izračuna koncentracija klorofila *a* (µg/l).

Isparni ostatak na 180 °C

Metoda: APHA AWWA – WEF 2540C

Dobro izmiješan uzorak (100 ml) se upari i zatim se suši u sušioniku na 180 °C, do konstantne mase. Povećanje mase u odnosu na masu prazne posude predstavlja ukupne krute tvari, organske i anorganske, u vodi i izražava se u mg/L.

4.2. Prikupljanje uzoraka

Materijal zooplanktona uzorkovan je pomoću planktonske mreže otvora oka 40 µm i pomoću crpca zapremine pet litara.

Metodologija uzorkovanja se prilagođavala morfologiji staništa. U jezerima se koristila planktonska mreža i crpac, dok se na izvorima zooplankton uzorkovao jedino pomoću planktonske mreže.

U jezeru Krenica prikupljena su ukupno četiri uzorka mjesečno na postaji u središtu jezera. Vertikalni potezni mrežni uzorak za kvalitativnu analizu zooplanktona uzet je s dubine od 30 metara. Pomoću crpca prikupljeni su kvantitativni uzorci iz stri sloja: epilimnion (20 cm

ispod površine), metalimnion (10-13 m) i hipolimnion (30 m). Za svaki uzorak filtrirano je 30 litara vode kroz planktonsku mrežu promjera oka 40 µm. Uzimajući u obzir dnevno-noćne vertikalne migracije,budući se radi o dubokom stratificiranom jezeru, tijekom istraživanja se vodilo računa o vremenu uzorkovanja. Uzorci su uzimani u prijepodnevnim satima.

Na Svitavskom su jezeru, zbog njegove velike površine, odabrane dvije postaje međusobno udaljene tri kilometra. Postaja S1 nalazi se otprilike 100 metara od ustave uz vodenu vegetaciju, dok je postaja S2 smještena u središtu jezera. Na svakoj postaji sakupljena su po tri uzorka mjesečno. Mrežni kvalitativni uzorak se prikupljao kao vertikalni potezni uzorak u pet ponavljanja. Pomoću crpca su prikupljeni kvantitativni uzorci iz dva sloja: površinskog sloja (20 cm ispod površine) i pridnenog sloja (50 cm iznad dna). Za svaki uzorak filtrirano je 30 litara vode kroz planktonsku mrežu promjera oka 40 µm.

Ista metodologija koristila se na jezeru Kuti gdje je odabrana jedna postaja u središtu jezera.

Na sva tri izvora, vrelo Bune, Arapi Vrilo i Crno Oko koristila se ista metodologija. Mjesečno su prikupljena po dva mrežna uzorka iz središta vrela. Mreža se spuštala do dna te pet puta povlačila do površine. Podaci o količini filtrirane vode izračunati su na temelju podataka o dubini povlačenja mreže i njenog promjera.

Pristup vrelu rijeke Bune bio je onemogućen u listopadu 2012. godine zbog radova na renoviranju turističkog objekta koji se nalazi neposredno uz izvor. Stoga za spomenuti mjesec nisu uzeti uzorci vode. Podaci fizikalno kemijskih parametara vode mjereni pomoću sonde, zbog neispravnosti uređaja na terenu, nedostaju za mjesec ožujak 2013. godine. U kolovozu i rujnu 2012. godine nisu uzeti uzorci s postaje Crno Oko. Teren je bio nepristupačan zbog gustog raslinja.

Uzorci su pohranjeni u 4 % formalinu za daljnju obradu u laboratoriju. Svi podaci o brojnosti i biomasi preračunati su i izraženi na 10 litara.

4.3. Analiza planktonskih račića

Za kvantitativnu analizu uzorci su pregledani pomoću stereomikroskopa Olympus SZX 10. Za pregledavanje uzoraka koristila se petrijeva posuda s ucrtanom mrežicom za brojanje. Za determinaciju su obavljene sekcije svih vrsta planktonskih rakova te su izrađeni polutrajni preparati. Determinacija je obavljena pomoću mikroskopa Zeiss AX IO na Fakultetu prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti Sveučilišta u Mostaru te mikroskopa Zoologijskog zavoda Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Za determinaciju su korišteni ključevi: Smirnov (1974), Kiefer i Fryer (1978), Amoros (1984), Bayly (1992), Einsle (1993), Ranga Reddy (1994), Einsle (1996), Karaytug (1999), Dumont (2003), Hiroshi i Reid (2003) i Ternjej (2012, u izradi).

Za procjenu biomase planktonskih rakova izmjereno je po 20 jedinki svake vrste iz svakog uzorka (ukoliko je istih bilo manje, izmjerene su sve). Biomasa je izračunata pomoću regresijskih jednadžbi prema: Dumont (1975), Botrell i sur. (1976), McCauley (1984), Lawrence i sur. (1987) i Vrebčević (1996).

Pri obrađivanju uzoraka utvrđen je omjer spolova te udio pojedinih razvojnih stadija.

4.3.1. Analiza trofičke strukture

Trofička struktura skupine planktonskih rakova definirana je prema Karabin (1985a) u slijedećim kategorijama:

Mikrofiltratori- unutar skupine planktonskih rakova, predstavnici ove grupe su rašljoticalci. Hrane se nanofitoplanktonom, detritusom i bakterijama. Prema veličini probavljenih čestica i učinkovitosti filtracije razlikuju se dvije skupine mikrofiltratora:

- Neučinkoviti mikrofiltratori- u ishrani dominiraju bakterije i detritus veličine 2-5 µm.
- Učinkoviti mikrofiltratori- u ishrani dominiraju nanofitoplanktonske alge veličine 10-12 µm.

Makrofiltratori- u ovu skupinu ubrajaju se mnoge vrste veslonožaca i razvojnih stadija. Konzumiraju čestice hrane velikog raspona od četiri do 50 µm. U prehrani dominiraju nanoplanktonske alge.

Predatori- u njihovu raznovrsnu prehranu uključene su bakterije, velike alge kao i životinjski organizmi različitih veličina.

- Obligatni predatori- rašljoticalci *Leptodora kindtii* i *Bythotrephes longimanus* Leydig 1860.
- Fakultativni predatori- ciklopoidni veslonošci (uključujući kopepodite IV-VI), koji mogu biti pravi predatori samo u jezerima niskog stupnja trofije.

Trofička struktura je prikazana pomoću stupičastog dijagrama s naznačenim udjelom pojedinke trofičke skupine u ukupnoj biomasi.

4.3.2. Dominantnost i konstantnost vrsta

Prema Odum (1971) dominantnost vrsta označava postotni udio jedinki neke vrste u cjelokupnom uzorku. Na osnovu ove podjele vrste se mogu kategorizirati kao:

1. eudominantne - vrste s dominantnošću >10 %
2. dominantne - vrste s dominantnošću 5 – 10 %
3. subdominantne - vrste s dominantnošću 2 – 5 %
4. recendentne - vrste s dominantnošću 1 – 2 %
5. subrecendentne - vrste s dominantnošću < 1 %

Konstantnost vrsta predstavlja pojavljivanje neke vrste u određenom broju uzoraka te se označava postotcima (Odum, 1971). Konstantnost predstavlja povezanost neke vrste sa staništem. Prema konstantnosti vrste se mogu podijeliti na:

1. eukonstantne – zabilježene u 75 – 100 % uzoraka
2. konstantne - zabilježene u 50 – 75 % uzoraka
3. akcesorne - zabilježene u 25 – 50 % uzoraka
4. akcidentalne - zabilježene u 1 – 25 % uzoraka

U analize dominantnost i konstantnosti nisu uključeni razvojni stadiji. Dominantnost i konstantnost nije se računala posebno za pojedine slojeve vode, nego se pri izračunu koristila sveukupna brojnost i biomasa u svim slojevima za pojedino jezero.

4.4. Statistička obrada podataka

Za analizu dobivenih podataka korišteni su statistički programi Canoco 5 (Ter Braak i Šmilauer, 2012), Primer 6 (Clarke i Gorley, 2005) i Statistica 7 (Stat soft) te primijenjeni standardni biocenološki indeksi.

Indeksi raznolikosti

Za utvrđivanje raznolikosti zajednica veslonožaca i rašljoticalaca na postajama korišteni su: Simpsonov indeks (1-D) i Shannon-Wienerov indeks (H'). Navedeni indeksi određuju raznolikost kao vjerojatnost da će dvije jedinke nasumično odabrane iz zajednice biti različite vrste. Shannon-Wienerov indeks spada u indekse tipa I. koji su osjetljiviji na brojnost rijetkih vrsta. Simpsonov indeks pripada tipu II. i osjetljiviji je na promjene u brojnosti dominantnih vrsta (Krebs, 1999).

Simpsonov indeks raznolikosti:

$$1-D=1-\sum(p_i)^2$$

gdje je: (1-*D*) – Simpsonov indeks raznolikosti,
pi – udio jedinki vrsta *i* u zajednici.

Shannon-Wienerov indeks raznolikosti:

$$H'=\sum_{i=1}^{s}(p_i)(\log_e p_i)$$

gdje je: *H'* - Shannon-Wienerov indeks raznolikosti,
s – broj vrsta u zajednici,
p*i* – udio jedinki vrste *i* u ukupnom uzorku zajednice.

Osim indeksa raznolikosti izračunat je i Pielouov indeks ujednačenosti faune, koji predstavlja mjeru koliko su jedinke jednoliko raspoređene među različitim vrstama.

Pielouov indeks ujednačenosti faune

$$J' = \frac{H'}{\log(s)}$$

gdje je: J' – Pielouov indeks ujednačenosti,

H' – Shannon-Wienerov indeks raznolikosti,

s – broj vrsta u zajednici.

Zbog smanjenja broja prisutnih vrsta u studenom i prosincu 2012. godine u Svitavskom jezeru nisu izračunati indeksi na postaji S1, dok na postaji S2 indeks nije izračunat samo za mjesec prosinac.

Multivarijantne i klaster analize

Za izradu hijerarhijske klaster analize preko Bray-Curtis indeksa sličnosti korišten je program Primer 6. U cilju utvrđivanja sličnosti svih istraživanih postaja korištene su sveukupne vrijednosti brojnosti svih utvrđenih svojti. Vrijednosti su transformirane *log x + 1* prije provedbe analize sličnosti. Detaljnija klaster analiza i MDS analiza urađena je za jezera koristeći podatke brojnosti svih utvrđenih svojti za svaki pojedinačni mjesec tijekom istraživanog razdoblja. Preklapanjem dobivenog klastera i MDS grafa kreirane su grupe na osnovu kojih je urađena SIMPER analiza. SIMPER analizom testiran je doprinos pojedinih vrsta prosječnoj sličnosti i različitosti između dobivenih grupa.

Za prikaz utjecaja ekoloških čimbenika na strukturu biomase veslonožaca i rašljoticalaca primjenjena je redundantna analiza (RDA). Podaci za multivarijantnu analizu prethodno su logaritamski transformirani *log x + 1*. Rezultati dobiveni analizom prikazani su u obliku korelacijskog biplota u kojem su zajedno ispisane korelacije s ordinacijskim osima zavisne (biomasa veslonožaca i rašljoticalaca) i nezavisne varijable (okolišni čimbenici). Analiza je provedena u statističkom programu Canoco 5. Iz analize su u Svitavskom jezeru

isključene vrste čija srednja vrijednost biomase nije bila veće od 0,5 µg/10 L. Pri analizi povezanosti čimbenika okoliša i biomase zajednice veslonožaca i rašljoticalaca unutar jezera Krenica redundantna analiza je provedena za svaki sloj zasebno.

Statistički program Statistica 7 poslužio je pri izračunu spermanovog koeficijenta korelacije između okolišnih parametara i ukupne brojnosti te biomase veslonožaca i rašljoticalaca. U dobivenim tablicama su označeni statistički značajni koeficijenti korelacije (varijable su smatrane značajnima kada je $p < 0,05$).

4.5. Indeksi trofičkog stanja

Indeksi trofičkog stanja (TSI) određeni su prema Carlson (1977) koristeći vrijednosti koncentracije klorofila *a* TSI (CHL), koncentracije ukupnog fosfora TSI (TP) i vrijednosti Secchi prozirnosti TSI (SD) prema jednadžbama:

$$TSI\ (CHL) = 9,81\ \ln\ (CHL) + 30,6$$

$$TSI\ (TP) = 14,42\ \ln\ (TP) + 4,15$$

$$TSI\ (SD) = 60 - 14,41\ \ln\ (SD)$$

5. REZULTATI

U petom poglavlju će prvo biti prikazani rezultati fizikalnih i kemijskih parametra na svakoj pojedinačnoj postaji. Zatim će istim redoslijedom za svaku postaju biti prikazani rezultati brojnosti i biomase planktonskih rakova veslonožaca (Copepoda) i rašljoticalaca (Cladocera).

5.1. Fizikalni i kemijski parametri

5.1.1. Jezero Krenica

Fizikalni i kemijski parametri vode jezara Krenica prikazani su grafički na Slici 22 (a - l).

Dubina

Dubina jezera nije mjerena na terenu, nego se podatak o maksimalnoj dubini jezera od 41,4 metra preuzeo iz literature (Kurpjel i sur., 1984). Na terenu je mjeren samo otklon (manje/više) od stanja kada je jezero popunjeno do obalne linije. U zimskim mjesecima, točnije u prosincu 2012. i siječnju 2013. godine, jezero se izlijevalo izvan obalne linije, dok je u ljetnim mjesecima zabilježen pad vodostaja od dva metra.

Prozirnost

Najmanja prozirnost od 0,5 metra izmjerena je u ožujku 2013., dok je najviša vrijednost prozirnosti zabilježena u lipnju 2012. godine i iznosila je 3,5 metara. Prosječna vrijednost prozirnosti za istraživano razdoblje iznosila je 2,05 metara.

Temperatura vode

Najveća amplituda temperature vode zabilježena je u površinskom sloju i kretala se od minimalnih 6,2 ºC zabilježenih u prosincu do maksimalnih 28 ºC izmjerenih u lipnju 2012. godine. Temperatura vode u metalimnionu kretala se od 10,1 ºC u ožujku 2013. do 19,8 ºC u lipnju 2012. godine. U hipolimnionu nije bilo većih kolebanja temperature vode. Najniža vrijednost od 6,1 ºC zabilježena je u siječnju 2013., a najviša vrijednost od 7,3 ºC izmjerena je u studenom 2012. i ožujku 2013. godine. Prosječna temperatura jezera u istraživanom razdoblju iznosila je 12,2 ºC.

Jezero Krenica je monomiktičko jezero, s jednim miješanjem vode u zimskom razdoblju. U prosincu 2012. godine zabilježena je izotermija s izmjerenih 6,3 ºC koja se

djelomično nastavila u siječnju nakon čega je temperatura u površinskom sloju opet počela rasti. U ostatku godine zabilježeno je stratifikacijsko raslojavanje vode. Termoklina se u jezeru Krenica počinje formirati u veljači i traje do studenog. Tijekom istraživanja zabilježena je na dubini od 10 do 13 metara.

Koncentracija otopljenog kisika

Najniža koncentracija otopljenog kisika u epilimnionu vode utvrđena je u lipnju 2012. te je iznosila 2,71 mg/L, dok je maksimalna vrijednost zabilježena u veljači 2013. godine i iznosila je 10,77 mg/L. Prosječna koncentracija otopljenog kisika u površinskom sloju iznosila je 7,73 mg/L. Granične vrijednosti koncentracije otopljenog kisika u hipolimnionu kretale su se od minimalnih 0,65 mg/L izmjerenih u rujnu 2012. do maksimalnih 9,05 mg/L zabilježenih u veljači 2013. godine. Prosječna koncentracija otopljenog kisika u hipolimnionu iznosila je 4,39 mg/L.

Vrijednosti koncentracije otopljenog kisika u metalimnionu približno su jednake ukupnim vrijednostima koncentracije otopljenog kisika svih slojeva. Raspon vrijednosti u metalimnionu kreće se od 2,79 mg/L u rujnu 2012., do 10,3 mg/L u veljači 2013. godine.

Prosječna vrijednost koncentracije otopljenog kisika u jezeru Krenica za vrijeme trajanja istraživanja iznosila je 6,28 mg/L.

pH

Vrijednosti pH kretale su se u epilimnionu od minimalnih 7,79 u siječnju, do 8,38 u veljači 2013. godine. U epilimnionu je najmanja vrijednost pH izmjerena u ožujku, dok je najviša vrijednost od 8,58 zabilježena u veljači 2013. godine. Raspon vrijednosti pH u hipolimnionu kreće se od 7 u rujnu 2012., do 10,3 u veljači 2013. godine, što je ujedno i najveći zabilježeni skok vrijednosti pH tijekom istraživanja. Srednja pH vrijednost jezera Krenica za vrijeme trajanja istraživanja iznosila je 7,94.

Alkalinitet

Vrijednosti alkaliniteta nisu se bitno razlikovale među slojevima. U rujnu 2012. godine zabilježena je najniža vrijednost alkaliniteta sva tri sloja i iznosila je 1 mg/L $CaCO_3$. Najviša vrijednost alkaliniteta u jezeru Krenica zabilježena je u hipolimnionu u srpnju 2012. godine i iznosila je 10 mg/L $CaCO_3$. Prosječna vrijednost alkaliniteta u jezeru Krenica iznosila je 3, 37 mg/L $CaCO_3$.

Salinitet

Vrijednost saliniteta bila je izrazito niska te je u prvih deset mjeseci istraživanja samo u četiri uzorka zabilježena koncentracija od 0,1 ‰, i to u siječnju 2013. u epilimnionu te u hipolimnionu u srpnju, kolovozu i studenom 2012. godine. U travnju i svibnju zabilježen je porast saliniteta u svim slojevima ali s vidljivim smanjenjem koncentracije s dubinom. Vrijednosti za travanj iznosile su 1 ‰ (epilimnion), 0,9 ‰ (metalimnion) i 0,8 ‰ (hipolimnion), dok su vrijednosti za svibanj bile 0,9 ‰ (epilimnion), 0,8 ‰ (metalimnion) i 0.7 ‰ (hipolimnion).

Električna provodljivost

Vrijednosti električne provodljivosti su za svaki mjesec u istraživanom razdoblju u svim slojevima bile približno jednake. Prosječna vrijednost električne provodljivosti od lipnja 2012. do ožujka 2013. godine iznosila je 275 µS/cm. Poslijednja dva mjeseca istraživanog razdoblja zabilježen je znatan porast vrijednosti, pa je prosječna vrijednost električne provodljivosti u jezeru Krenica za travanj i svibanj. 2013. godine iznosila 1802 µS/cm.

Minimalna vrijednost električne provodljivosti zabilježena je u površinskom sloju u rujnu i listopadu 2012. godine te je iznosila 240 µS/cm. Maksimalna vrijednost električne provodljivosti od 1938 µS/cm također je zabilježena u epilimnionu u mjesecu travnju 2013. godine.

KPK

Kemijska potrošnja kisika približno je jednaka u epilimnionu i hipolimnionu. Najveće vrijednosti u oba sloja su zabilježene u studenom 2012. godine i iznosile su 17,89 mg O_2 /L u epilimnionu i 9,54 mg O_2 /L u hipolimnionu. Prosječna vrijednost kemijske potrošnje kisika u jezeru Krenica iznosila je 4,8 mg O_2 /L.

Koncentracija amonijaka, nitrita i nitrata (DIN)

Nije zabilježena značajna razlika u koncentraciji amonijaka, nitrita i nitrata između epilimniona i hipolimniona. Najviše i najniže vrijednosti prosječnih koncentracija iona amonija i nitrita kretale su se u rasponu od 0,01 mg/L do 0,03 mg/L. Prosječna koncentracija nitrata bila je viša s vrijednostima od 0,18 mg/L do 0,56 mg/L.

Koncentracija ukupnog fosfora

Maksimalna vrijednost koncentracije ukupnog fosfora u epilimnionu je iznosila 0,01 mg/L u kolovozu 2012. kao i siječnju, veljači, ožujku i svibnju 2013. godine. Ostalih mjeseci je koncentracija ukupnog fosfora u epilimnionu bila na analitičkoj nuli. Maksimalna vrijednost koncentracije ukupnog fosfora u hipolimnionu iznosila je 0,03 mg/L u travnju 2013., godine dok je koncentracija bila na analitičkoj nuli u rujnu i listopadu 2012. kao i svibnju 2013. godine.

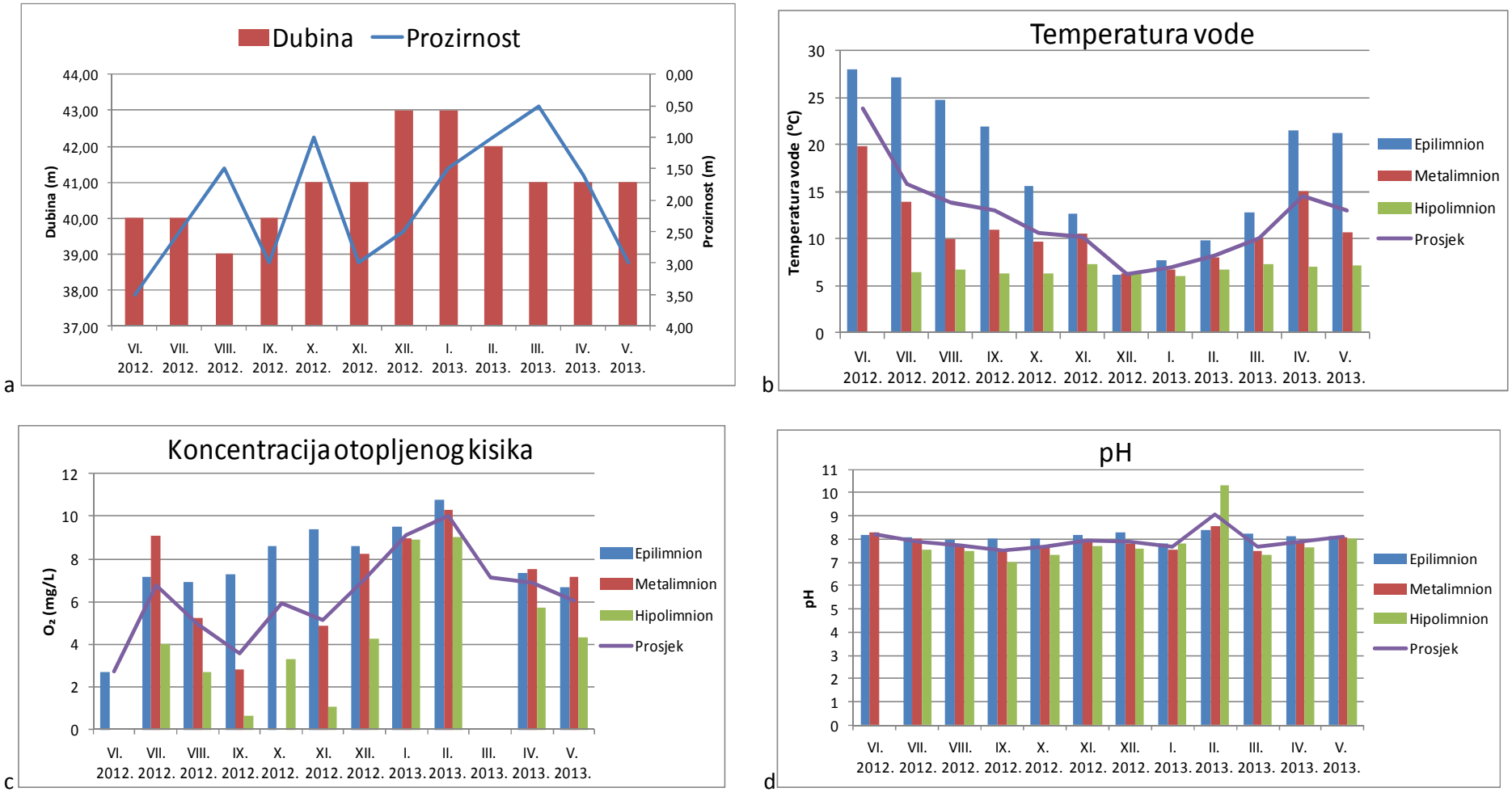
Orto fosfor je za cijelo vrijeme trajanja istraživanja bio na analitičkoj nuli.

Koncentracija klorofila *a*

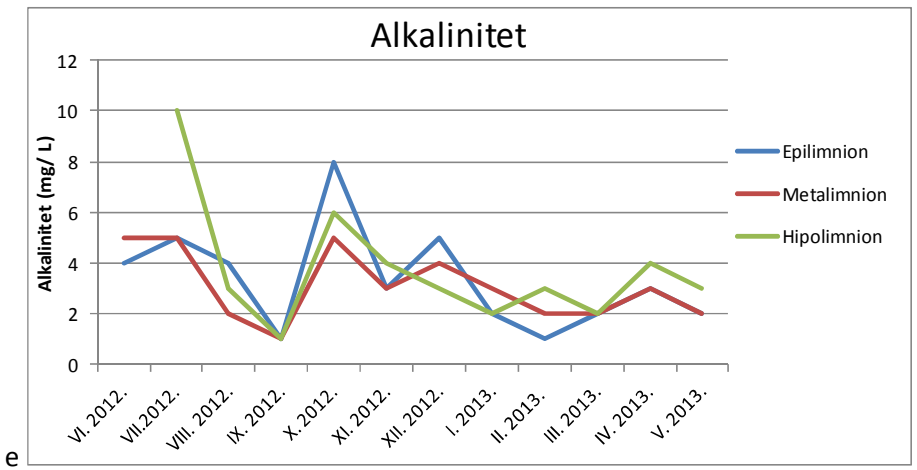
Koncentracija klorofila *a* bila je viša u epilimnionu nego hipolimnionu. Najniža izmjerena vrijednost u površinskom sloju iznosila je 0,1 µg/L u kolovozu, dok je najviša vrijednost izmjerena u listopadu 2012. godine i iznosila je 1,22 µg/L. U hipolimnionu je koncentracija klorofila *a* u svibnju 2013. bila na analitičkoj nuli, dok je maksimalna koncentracija od 0,46 µg/L zabilježena u rujnu 2012. godine. Prosječna vrijednost koncentracije klorofila *a* za cijelo jezero iznosila je 0,31 µg/L.

Isparni ostatak (180 ºC)

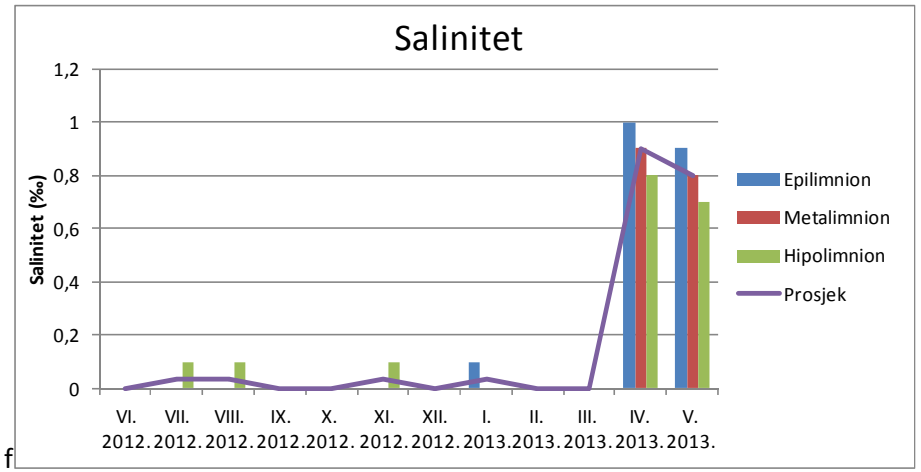
Vrijednosti isparnog ostatka mjerene su samo zadnja četiri mjeseca istraživanja. U površinskom sloju vrijednosti su se kretale od minimalnih 110 mg/L zabilježenih u travnju, do maksimalnih 130 mg/L zabilježenih u ožujku i svibnju 2013. godine. Vrijednosti su bile više u hipolimnionu, gdje je u travnju zabilježena najmanja vrijednost od 122 mg/L, dok je u svibnju 2013. godine zabilježena najviša vrijednost od 133,5 mg/L.



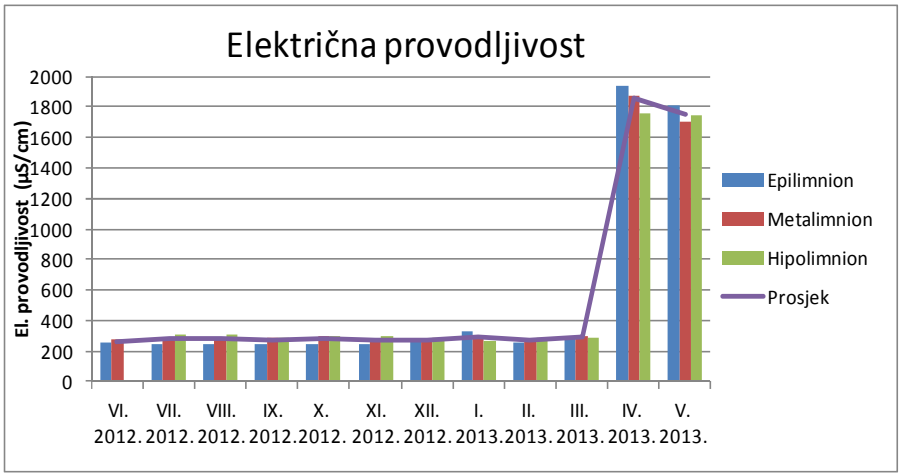
Slika 22. Fizikalni i kemijski pokazatelji vode jezera Krenica: a) dubina i prozirnost; b) temperatura vode; c) koncentracija otopljenog kisika; d) pH.



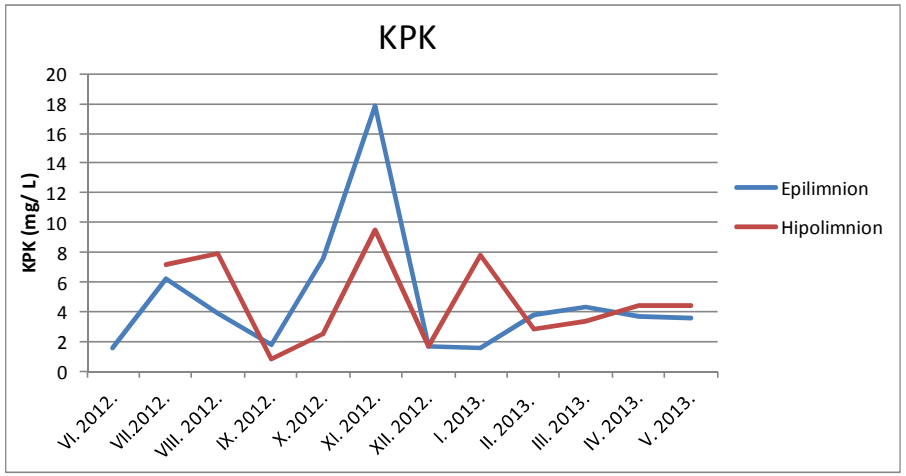
e



f

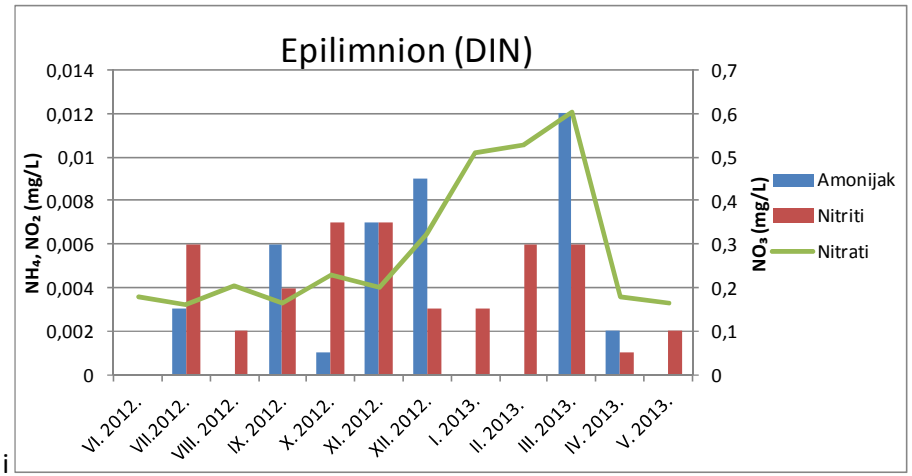


g

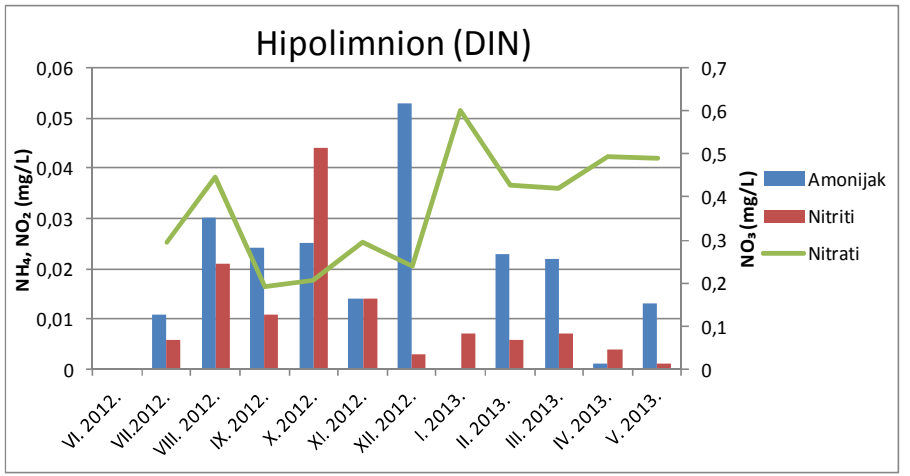


h

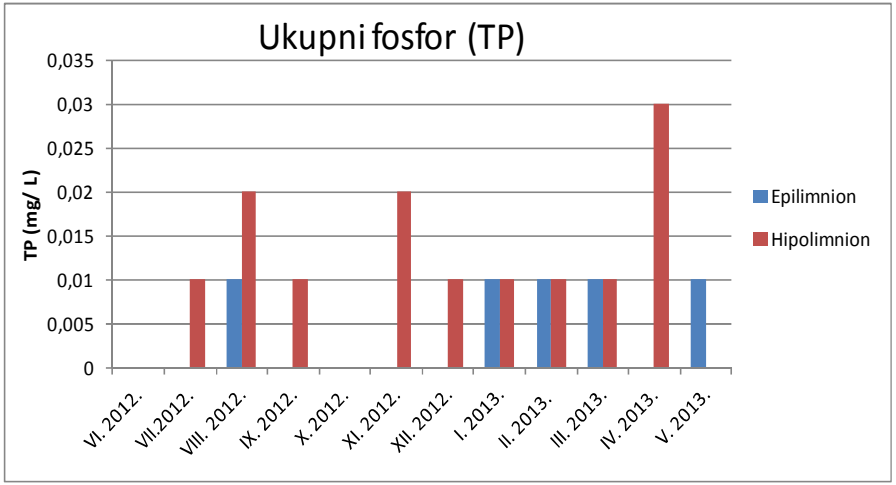
Slika 22. Nastavak. Fizikalni i kemijski pokazatelji vode jezera Krenica: e) alkalinitet; f) salinitet; g) električna provodljivost; h) KPK.



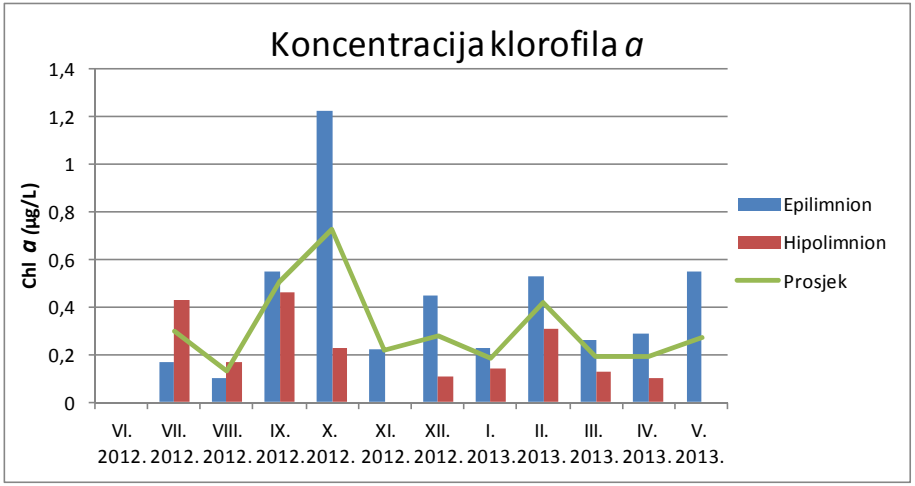
i



j



k



l

Slika 22. Nastavak. Fizikalni i kemijski pokazatelji vode jezera Krenica: i) DIN u epilimnionu; j) DIN u hipolimnionu; k) ukupni fosfor (TP); l) koncentracija klorofila *a*.

5.1.2. Svitavsko jezero

Fizikalni i kemijski parametri vode Svitavskog jezera prikazani su grafički na Slici 23 (a - l).

Dubina

Najmanja dubina jezera zabilježena je na postaji S1 u srpnju 2012. godine i iznosila je 1,2 metra. Tijekom istraživanog razdoblja na postaja S1 izmjerena je najveća dubina u siječnju 2013. godine s izmjerenih 2,7 metara. Prosječna dubina jezera na postaji S1 iznosila je 1,85 metra.

Na postaji S2 zabilježene su veće vrijednosti dubine. Najmanja dubina od 1,3 metra bila je u prosincu 2012. godine, a najviša izmjerena dubina od četiri metra zabilježena je u ožujku 2013. godine. Prosječna dubina jezera u postaji S2 iznosila je 2,16 metara.

Prozirnost

Jezero je u istraživanom razdoblju najčešće bilo prozirno do dna, izuzev u rujnu 2012. i veljači 2013. godine.

Na postaji S1 vrijednosti prozirnosti kretale su se od jednog metra u srpnju i kolovozu 2012. do 2,7 metra u siječnju 2013. godine. U kolovozu 2012. kao i u ožujku 2013. godine prozirnost je bila manja od dubine jezera.

Najmanja vrijednost prozirnosti izmjerena na postaji S2 iznosila je 1,3 metra i izmjerena je u prosincu 2012. godine. U siječnju 2013. godine izmjerena je najviša vrijednost prozirnosti od 3,2 metra. U ožujku 2013. godine prozirnost je bila najmanja u odnosu na dubinu jezera i iznosila je 2,5 metra.

Rad ustave HE Čapljina

Nedostaju podaci o radu ustave za prva dva mjeseca istraživanja. U kolovozu su zatvarači na ustavi bili zatvoreni cijelo vrijeme. Od rujna, količina vode ispuštene kroz zatvarače sukcesivno raste, te u prosincu 2012. godine postiže brojku od 43345,76 m³ vode. U siječnju, veljači i ožujku protok vode kroz zatvarače na ustavi se znatno smanjuje (~3183 m³). U travnju je opet zabilježen porast, te je kroz zatvarače propušteno 20986,51 m³ vode.

Temperatura vode

Temperatura vode jezera bila je približno jednaka na dvije istraživane postaje što je prikazano na Slici 22 c. Temperatura vode je u korelaciji s temperaturom zraka. Najniža temperatura na postaji S1 tijekom istraživanja zabilježena je u siječnju 2013. godine i iznosila je 8 ºC. Najviša temperatura na istoj postaji zabilježena je u lipnju 2012. godine i iznosila je 28,5 ºC. Prosječna temperatura vode postaje S1 iznosila je 16,9 ºC.

Temperatura voda je i na postaji S2 bila najniža u siječnju 2013. godine s 7,8 ºC, što je ujedno i najniža zabilježena temperatura vode u Svitavskom jezeru tijekom istraživanja. U lipnju 2012. godine na postaji S2 zabilježena je maksimalna vrijednost temperature vode od 29,6 ºC. Prosječna temperatura vode na postaji S2 bila je nešto viša u odnosu na postaju S1 i iznosila je 17,2 ºC.

Koncentracija otopljenog kisika

Koncentracija otopljenog kisika pokazuje sličan godišnji trend na obe postaje Svitavskog jezera za istraživano razdoblje. U lipnju 2012. godine zabilježene su najniže vrijednosti od 4,1 mg/L na postaji S1 odnosno 5,13 mg/L na postaji S2. Maksimalne vrijednosti koncentracije otopljenog kisika od 12,68 mg/L za S1 i 13,99 mg/L za postaju S2 zabilježene su u travnju. 2013. godine. Prosječna koncentracija otopljenog kisika za postaju S1 bila je 8,93 mg/L, dok je na postaji S2 bila nešto viša i iznosila je 9,84 mg/L.

pH

pH vrijednosti na postaji S1 kretale su se u rasponu od minimalnih 7,47 u srpnju do maksimalnih 8,982 u lipnju 2012. godine. Srednja pH vrijednost iznosila je 8,27. Granične vrijednosti na postaji S2 zabilježene su u istim mjesecima. Minimalna zabilježene vrijednost iznosila je 7,86, dok je maksimalna vrijednost bila 9,09. Srednja pH vrijednost na postaji S2 iznosila je 8,44.

Alkalinitet

Vrijednosti alkaliniteta tijekom istraživanog razdoblja na obe postaje bilježe dva povišenja vrijednosti u srpnju 2012. i prosincu 2013. godine. Tada su zabilježene najviše vrijednosti od 5 mg/L $CaCO_3$. Najniža vrijednost od 0,1 mg/L $CaCO_3$ zabilježena je u rujnu 2012. godine. Prosječna vrijednost alkaliniteta za Svitavsko jezero iznosi 2,13 mg/L $CaCO_3$.

Salinitet

Vrijednost saliniteta bila je niska na obe postaje. Svibanj 2013. godine se izdvaja s najvišim zabilježenim vrijednostima od 0,4 ‰ na postaji S1, odnosno 0,3 ‰ na postaji S2. U listopadu, studenom i prosincu 2012. kao i siječnju te ožujku 2013. godine (za postaju S1) vrijednost saliniteta iznosila je 0,1 ‰. U ostalim mjesecima vrijednost saliniteta je bila na analitičkoj nuli. Porast saliniteta podudara se sa skokom vrijednosti električne provodljivosti u zadnjem mjesecu istraživanja.

Električna provodljivost

Minimalna vrijednost električne provodljivosti na postaji S1 zabilježena je u lipnju 2012. i iznosila je 118,9 µS/cm, dok je maksimalna vrijednost od 944 µS/cm zabilježena u svibnju 2013. godine. To je ujedno i najviša zabilježena vrijednost električne provodljivosti u Svitavskom jezeru u vrijeme trajanja istraživanja. Prosječna vrijednost električne provodljivosti na postaji S1 bila je 298,7 µS/cm.

U istim mjesecima su i na postaji S2 zabilježene granične vrijednosti. U lipnju 2012. godine zabilježena je najniža vrijednost električne provodljivosti za cijelo jezero i iznosila je 112 µS/cm. Najviša zabilježena vrijednost na postaji S2 iznosila je 790 µS/cm. Prosječna vrijednost električne provodljivosti na postaji S2 bila je nešto niža u odnosu na postaju S1 i iznosila je 284,74 µS/cm. Svibanj se ističe kao mjesec s velikim skokom vrijednosti električne provodljivosti na obe postaje.

KPK

Kemijska potrošnja kisika bila je približno jednaka na obe postaje Svitavskog jezera za vrijeme trajanja istraživanja. Zabilježen je značajan porast vrijednosti u srpnju 2012. godine kada je izmjereno 18,84, odnosno 16,14 mg O_2/L na postaji S1 i S2. Nakon tog porasta vrijednosti kemijske potrošnje kisika opadaju da bi opet pokazale lagani trend povećanja vrijednosti u zadnja dva mjeseca istraživanja. Najmanja kemijska potrošnja kisika od 0,85 mg O_2/L zabilježena je u prosincu 2012. na postaji S1. Na postaji S2 najniža vrijednost zabilježena je u ožujku 2013. godine i iznosila je 0,87 mg O_2/L. Prosječna vrijednost alkaliniteta nešto je viša na postaji S1 (6,05 mg O_2/L) u odnosu na postaju S2 (4,77 mg O_2 /L).

Koncentracija amonijaka, nitrita i nitrata (DIN)

Koncentracija amonijaka na postaji S1 kretala se od najniže vrijednosti 0,001 mg/L zabilježene u svibnju 2013., do najviše vrijednosti od 0,038 mg/L u kolovozu 2012. godine. U lipnju i srpnju 2012. kao i veljači 2013. godine koncentracija amonijaka bila je na analitičkoj nuli. Prosječna koncentracija amonij-iona iznosila je 0,0127 mg/L.

Na postaji S2 u lipnju 2012. i veljači 2013. godine koncentracija amonij-iona je bila na analitičkoj nuli. Najniža izmjerena vrijednost zabilježena je u prosincu 2013. i iznosila je 0,003 mg/L. U rujnu 2012. godine zabilježena je koncentracija od 0,043 mg/L što je najviša vrijednost za cijelo jezero u istraživanom razdoblju. Prosječna koncentracija amonijaka na postaji S2 iznosila je 0,0154 mg/L.

Minimalna vrijednost koncentracije nitrita na postaji S1 iznosila je 0,001 mg/L od veljače do travnja 2013., dok je maksimalna koncentracija od 0,009 mg/L zabilježena u studenom 2012. godine.

Na postaji S2 u travnju 2013. godine koncentracija nitrita je bila na analitičkoj nuli. Najmanja zabilježena vrijednost izmjerena je mjesec ranije i iznosila je 0,001 mg/L. Najviša koncentracija nitrita od 0,009 mg/L i na postaji S2 je izmjerena u studenom 2012. godine. Prosječna koncentracija nitrita na obe postaje iznosila je 0,003 mg/L.

Koncentracija ukupnog fosfora

Koncentracija ukupnog fosfora je na postaju S1 od lipnja do listopada 2012. i u travnju 2013. godine iznosila 0,01 mg/L. U ostalim mjesecima vrijednosti koncentracije ukupnog fosfora su bile ispod razine mjerljivosti. Maksimalna koncentracija ukupnog fosfora u Svitavskom jezeru je zabilježena na postaji S2 u kolovozu 2012. godine. Ostalih mjeseci kad je koncentracija bila viša od nule iznosila je 0,01 mg/L.

Za vrijeme trajanja istraživanja vrijednost orto fosfora je uvijek bila na analitičkoj nuli.

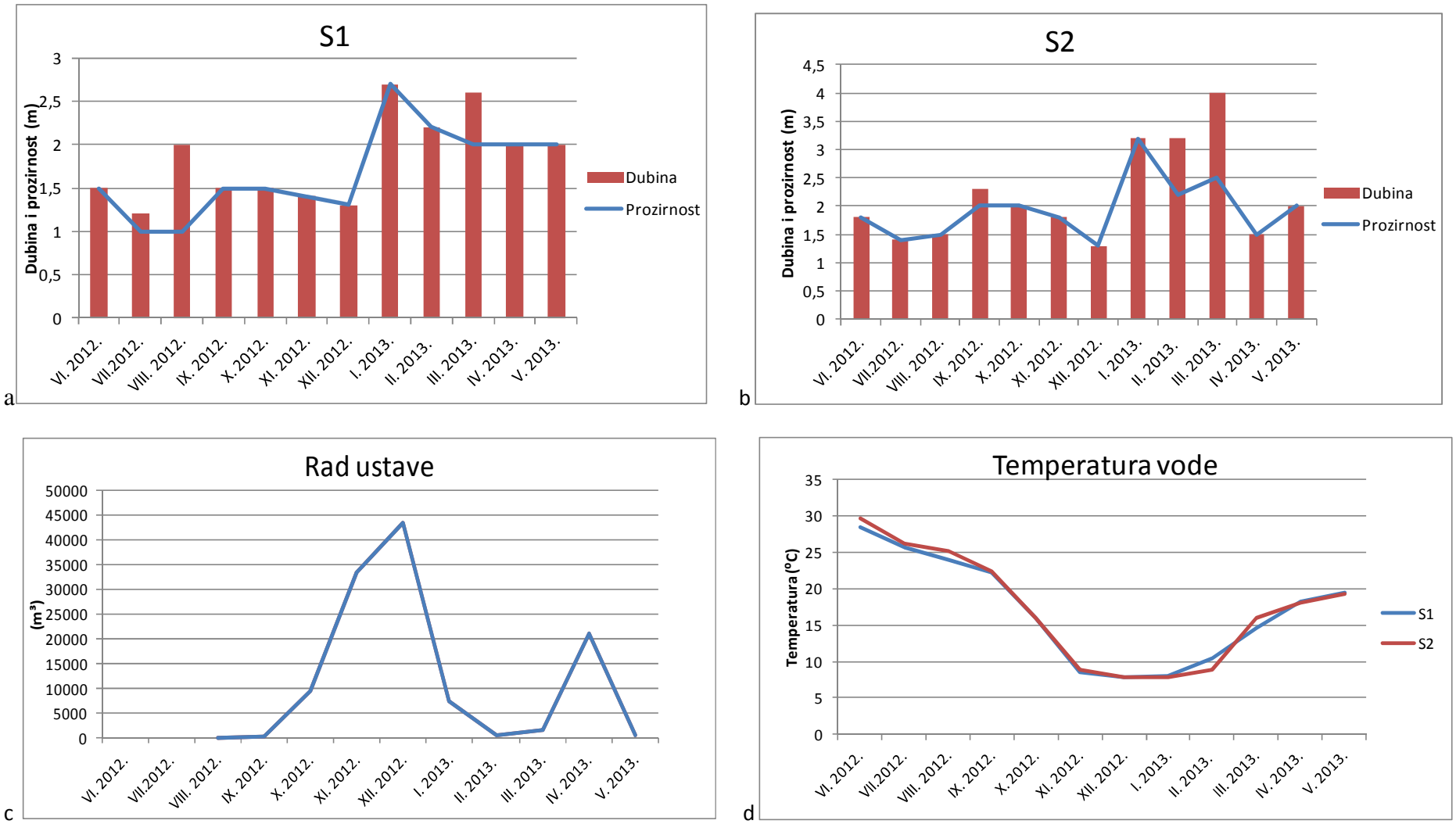
Klorofil *a*

Granične vrijednosti klorofila *a* na postaji S1 kretale su se od minimalnih 0,11 µg/L zabilježenih u siječnju 2013., do maksimalnih 8,76 µg/L izmjerenih u kolovozu 2012. godine. Prosječna vrijednost klorofila *a* iznosila je 1,79 µg/L. Na postaji S2 je vrijednost klorofila *a*

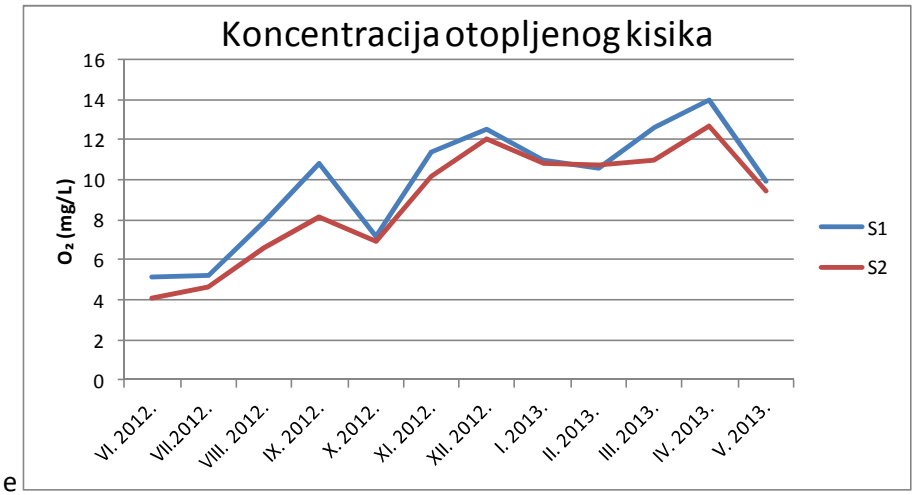
bila na analitičkoj nuli u studenom, dok je maksimalna vrijednost od 4,22 µg/L izmjerena u rujnu 2012. godine. Prosječna vrijednost koncentracije klorofila *a* na postaji S2 iznosila je 1,43 µg/L.

Isparni ostatak (180 ºC)

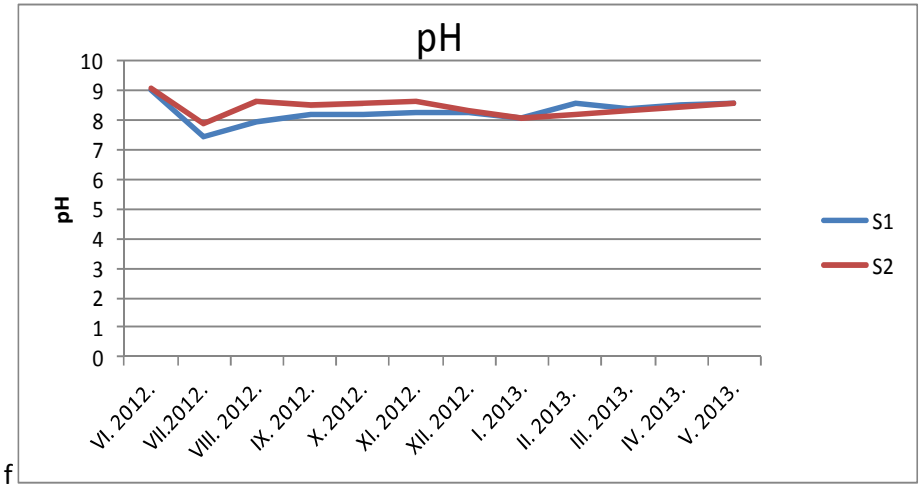
Vrijednosti isparnog ostatka mjerene su zadnja četiri mjeseca istraživanja. Najniže vrijednost zabilježene su u svibnju 2012. i iznosile su 55 mg/L za postaju S1, odnosno 37 mg/L za postaju S2. Najviše vrijednosti ispranog ostatka zabilježene su mjesec ranije s vrijednostima od 134 mg/L za postaju S1, odnosno 139 za postaju S2.



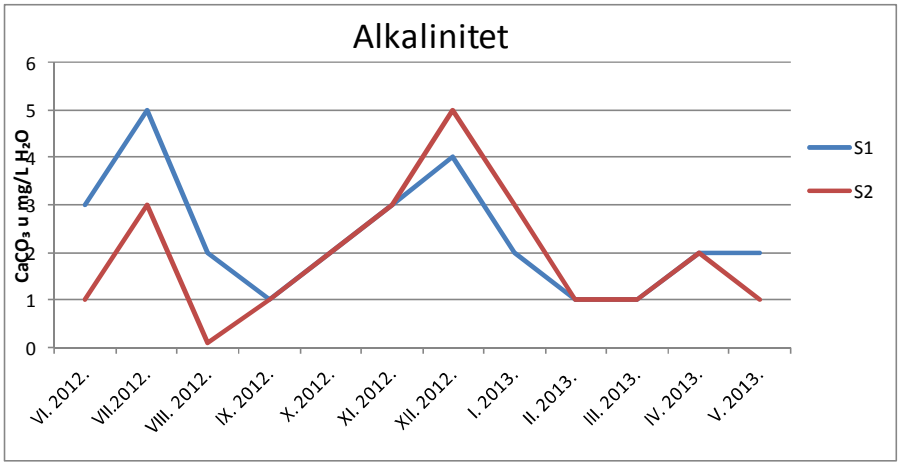
Slika 23. Fizikalni i kemijski pokazatelji vode Svitavskog jezera: a) dubina i prozirnost na postaji S1; b) dubina i prozirnost na postaji S2; c) rad ustave: d) temperatura vode na postajama S1 i S2.



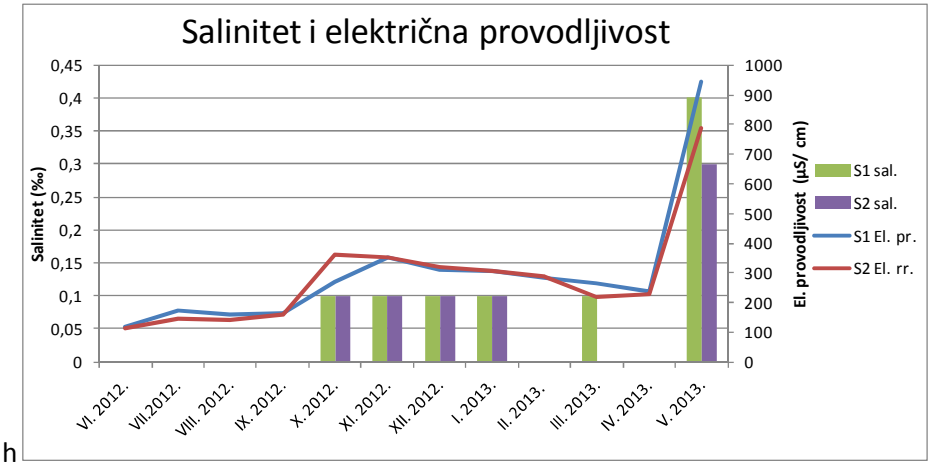
e



f



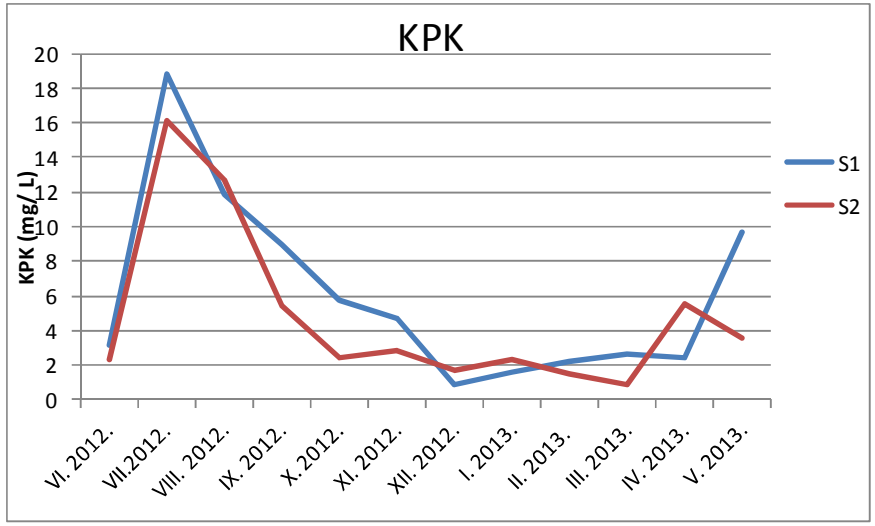
g



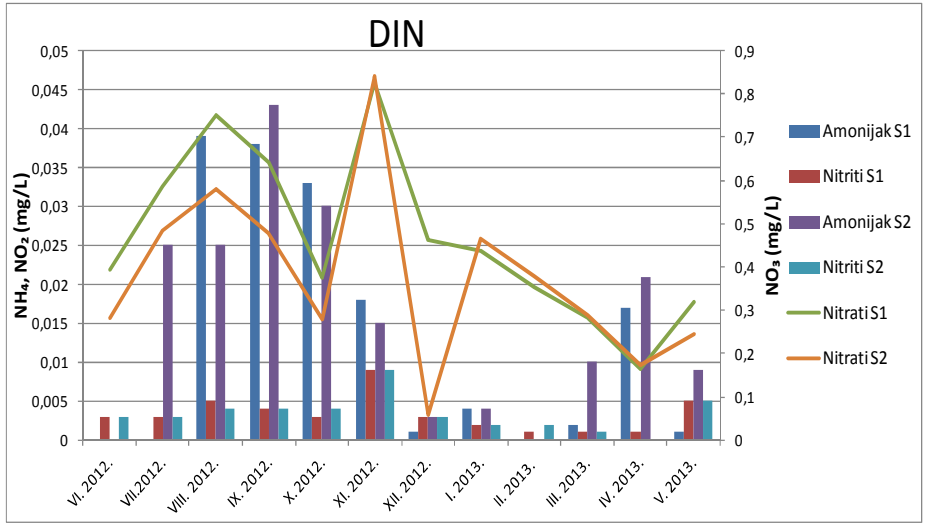
h

Slika 23. Nastavak. Fizikalni i kemijski pokazatelji vode Svitavskog jezera: e) koncentracija otopljenog kisika na postajama S1 i S2; f) pH na postajama S1 i S2; g) alkaliniteta na postajama S1 i S2; h) salinitet i električna provodljivost na postajama S1 i S2.

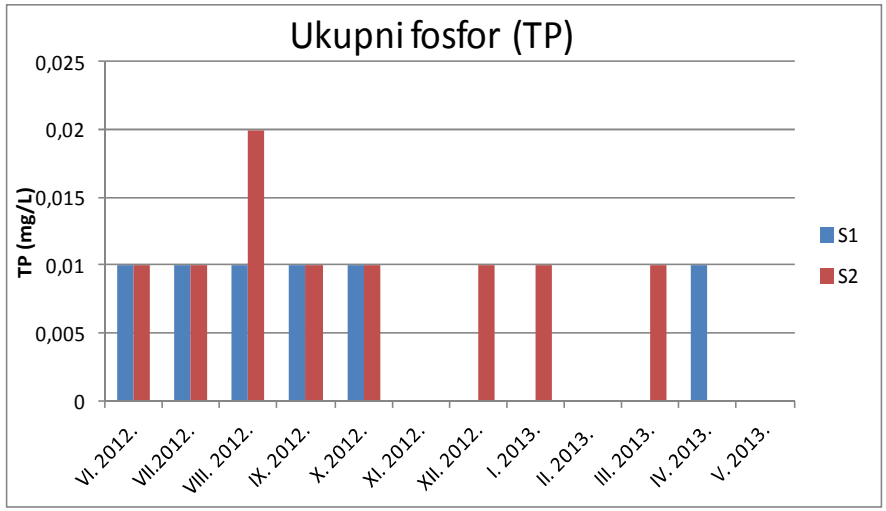
i



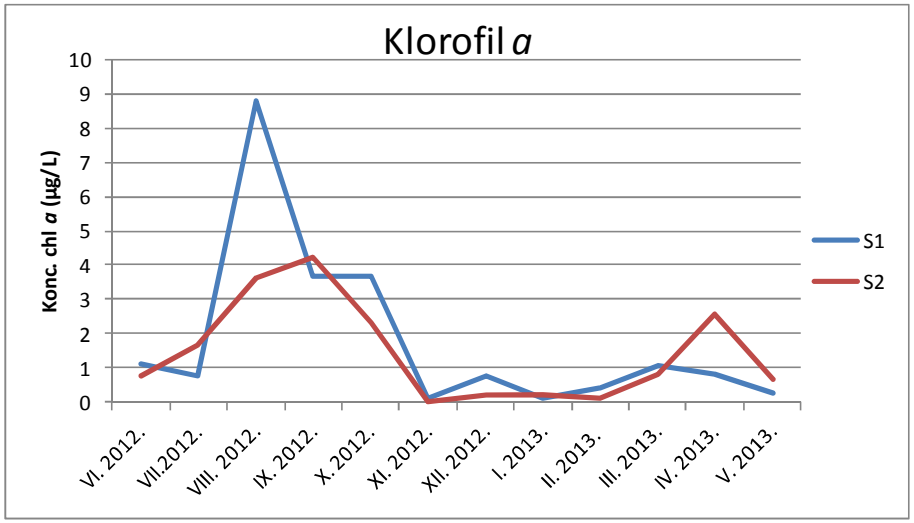
j



k



l



Slika23. Nastavak. Fizikalni i kemijski pokazatelji vode Svitavskog jezera: i) kemijska potrošnja kisika na postajama S1 i S2, j) DIN na postajama S1 i S2; k) ukupni fosfor na postajama S1 i S2; l) klorofil *a* na postajama S1 i S2.

5.1.3. Jezero Kuti

Fizikalni i kemijski parametri vode jezera Krenica prikazani su grafički na na Slici 24 (a - j).

Dubina

Dubina jezera Kuti nije se značajno mijenjala tijekom istraživanog razdoblja. Najmanja dubina od četiri metra izmjerena je u lipnju, kolovozu i rujnu 2012., dok je u studenom i prosincu 2012. kao i siječnju 2013. godine jezero bilo najdublje s izmjerenih pet metara. Prosječna dubina jezera Kuti iznosila je 4,5 metra.

Prozirnost

Tijekom istraživanog razdoblja jezero je bilo prozirno do dna i za vrijeme najmanje i najviše izmjerene dubine, tj. u lipnju i u prosincu 2012. godine. Minimalna zabilježena vrijednost prozirnosti utvrđena je u listopadu 2012. i siječnju sljedeće godine i iznosila je 2,5 metra. Prosječna vrijednost prozirnosti iznosila je 3,6 metara.

Temperatura vode

Temperatura vode kretala se od minimalnih 7,7 ºC zabilježenih u prosincu 2012. do maksimalnih 29,7 ºC zabilježenih u lipnju iste godine. Temperatura vode je pod izravnim utjecajem temperature zraka, budući je riječ o plitkom polimiktičkom jezeru. Srednja vrijednost temperature vode jezera Kuti iznosila je 18,1 ºC.

Koncentracija otopljenog kisika

Vrijednosti koncentracije otopljenog kisika rasle su s početkom jeseni do kraja zime kad su opet dolaskom proljeća vrijednosti koncentracije otopljenog kisika počele opadati. Najniža koncentracija otopljenog kisika utvrđena je u kolovozu 2012. te je iznosila 6,45 mg/L. Maksimalna vrijednost od 10,68 mg/L utvrđena je podjednako u prosincu 2012. i siječnju 2013. godine. Prosječna koncentracija otopljenog kisika iznosila je 8,70 mg/L.

pH

pH vrijednosti kretale su se u rasponu od minimalnih 7,78 u kolovozu do 8,38 u prosincu 2012. godine. Srednja pH vrijednost iznosila je 8,14.

Alkalinitet

Vrijednost alkaliniteta je tijekom istraživanog razdoblja postupno padala. Najviša vrijednost od 6 mg/L $CaCO_3$ zabilježena je u srpnju 2012., dok je najniža vrijednost od 1 mg/L $CaCO_3$ zabilježena u ožujku 2013. godine. Prosječna vrijednost alkaliniteta u jezeru Kuti iznosila je 3,67 mg/L $CaCO_3$.

Salinitet

Vrijednosti saliniteta su tijekom istraživanog razdoblja bile niske. Kretale su se od minimalnih 0,1 ‰ do maksimalnih 1,1 ‰. Prosječna slanost jezera Kuti u istraživanom razdoblju iznosila je 0,32 ‰.

Električna provodljivost

Vrijednosti električne provodljivosti kretale su se od minimalnih 212 µS/cm u svibnju 2013., do maksimalnih 567 µS/cm u rujnu 2012. godine. Prosječna vrijednost električne provodljivosti iznosila je 420 µS/cm.

KPK

Vrijednosti kemijske potrošnje kisika pokazivale su velike oscilacije. Najviša vrijednost zabilježena je u travnju i iznosila je 8,07 mg O_2/L, a najniža u ožujku i iznosila je 1,75 mg O_2/L. Prosječna vrijednost kemijske potrošnje kisika u jezeru Kuti iznosila je 4,82 mg O_2/L.

Koncentracija amonijaka, nitrita i nitrata (DIN)

Amonijak tijekom čitave godine, izuzev u studenom 2012. godine, nije bio prisutan u mjerljivim koncentracijama.

Koncentracija nitrita u istraživanom razdoblju u kolovozu i studenom 2012. godine iznosila je 0,01 mg/L. U ostalim mjesecima je koncentracija nitrita bila na analitičkoj nuli.

Koncentracija nitrata bila je viša i kretala se od najmanje utvrđene vrijednosti od 0,09 mg/L u ožujku do 0,48 mg/L zabilježenih u rujnu 2013. godine. Prosječna koncentracija nitrata iznosila je 0,28 mg/L.

Koncentracija ukupnog fosfora

Zabilježene su niske vrijednosti koncentracije ukupnog fosfora. U većini mjeseci zabilježena je ista koncentracija od 0,01 mg/L, koja je ujedno bila i najveća utvrđena vrijednost.

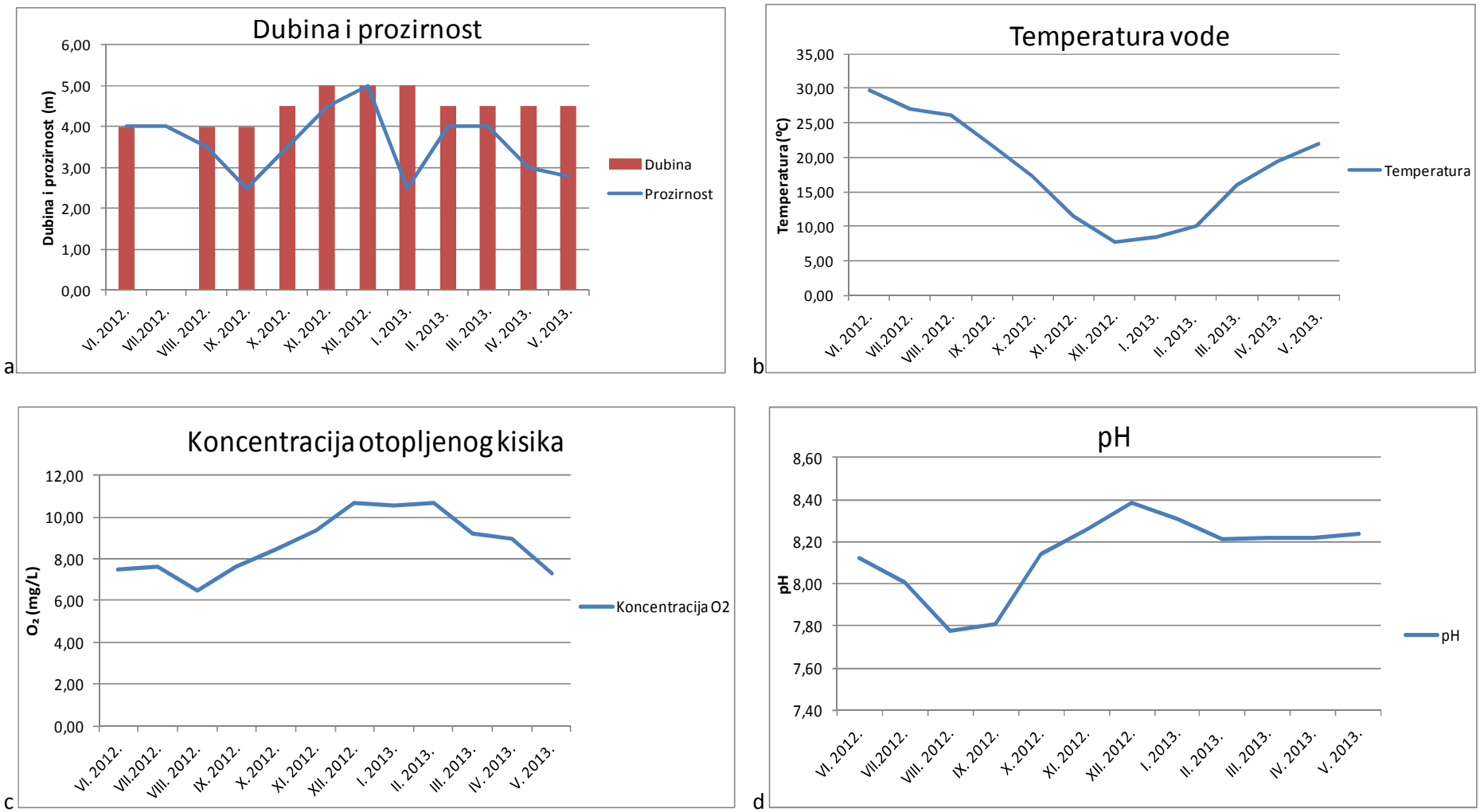
Vrijednosti Orto fosfora su bile ispod granice mjerljivosti za vrijeme trajanja istraživanja.

Klorofil *a*

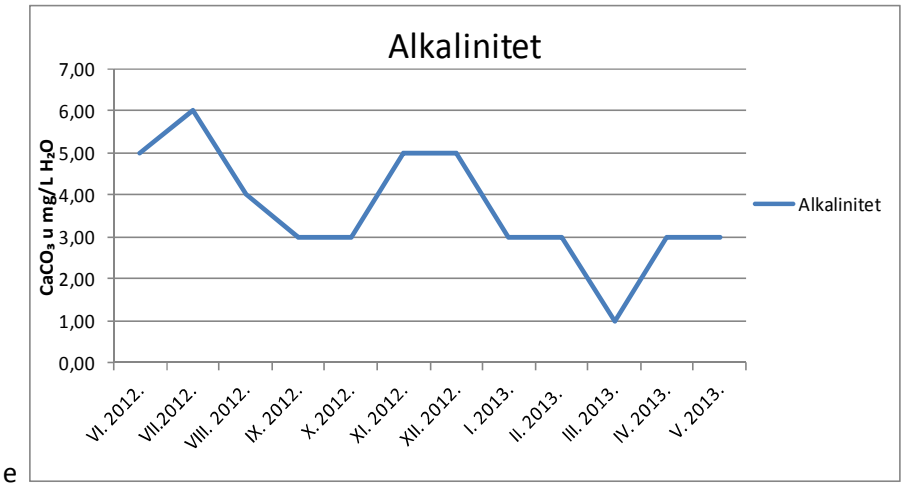
Godišnje oscilacije vrijednosti klorofila *a* pokazuju jedan veliki i dva mala maksimuma od srpnja do prosinca 2012. godine. Najniža koncentracija od 0,11 µg/L zabilježena je u prvom mjesecu istraživanja, odnosno u lipnju 2012. godine. Najviša koncentracija klorofila *a* zabilježena je u rujnu 2012. godine i iznosila je 4,43 µg/L. Prosječna vrijednost koncentracije klorofila *a* za jezero Kuti u istraživanom razdoblju iznosi 1,60 µg/L.

Isparni ostatak (180 ºC)

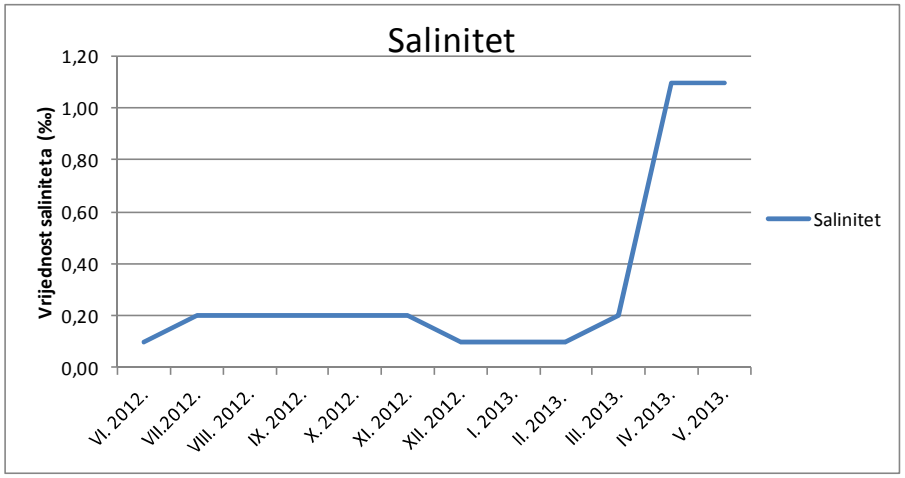
Vrijednost isparnog ostatka mjerene su zadnja četiri mjeseca istraživanja. Najniža vrijednost zabilježena je u ožujku i iznosila je 141 mg/L, a najviša u travnju 2013. godine i iznosila je 213 mg/L.



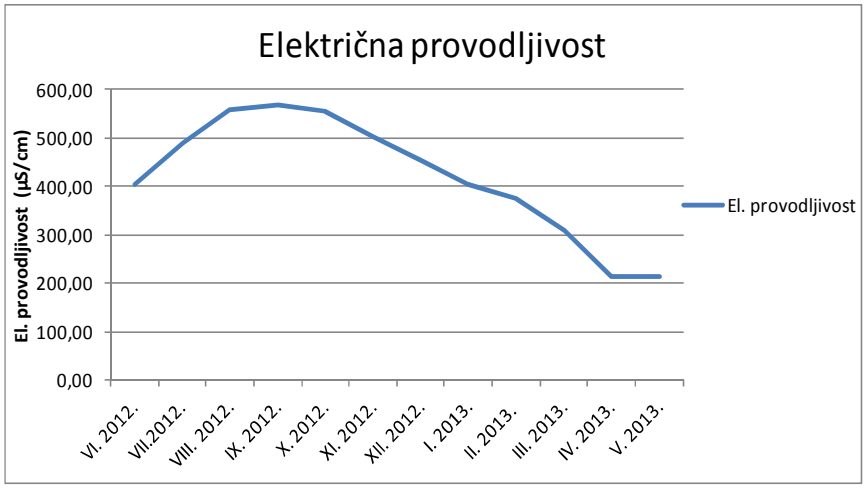
Slika 24. Fizikalni i kemijski pokazatelji vode u jezeru Kuti: a)dubina i prozirnost; b) temperatura vode; c)koncentracija otopljenog kisika; d) pH.



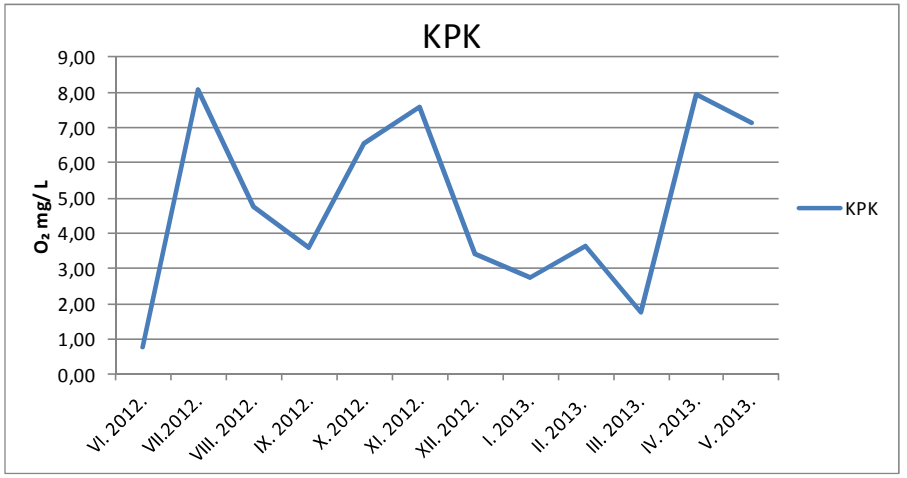
e



f



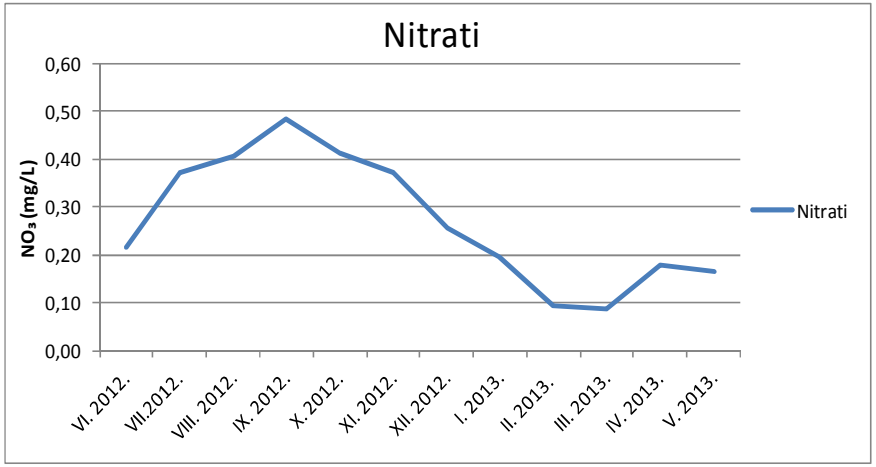
g



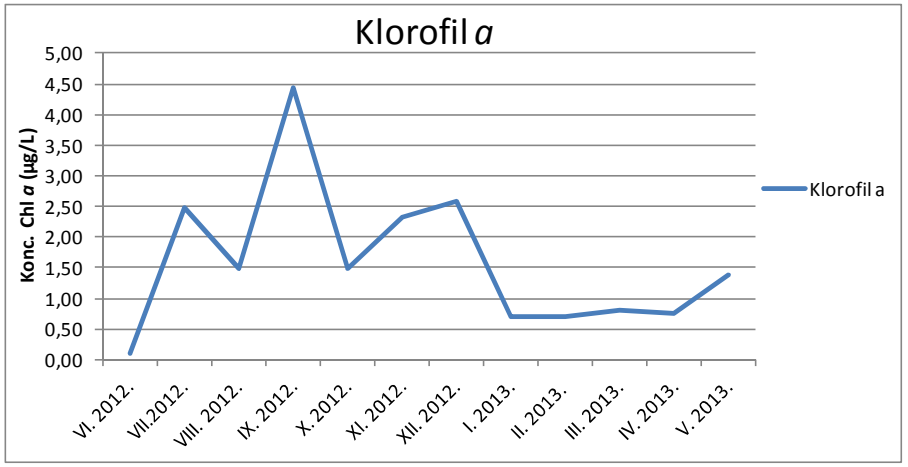
h

Slika 24. Nastavak. Fizikalni i kemijski pokazatelji vode u jezeru Kuti: e)alkalinitet; f) salinitet; g) električna provodljivost; h) KPK.

i



j



Slika 24. Nastavak. Fizikalni i kemijski pokazatelji vode u jezeru Kuti: i) koncentracija nitrata; j) klorofil *a.*

5.1.4. Vrelo Bune

Fizikalni i kemijski parametri vrela Bune prikazani su grafički na Slici 25 (a - h).

Dubina

Zabilježene su oscilacije dubine vode na samom izvoru rijeke Bune. Najmanja dubina od 1,8 metara izmjerena je u rujnu 2012. godine. Najviša vrijednost od 4,5 metra zabilježena je prvi put u veljači 2013. i zadržala se sve do kraja istraživanog razdoblja, odnosno svibnja 2013. godine.

Prozirnost

Prozirnost se za vrijeme nižih vodostaja podudarala s dubinom, dok je za vrijeme visokih vodostaja bila znatno manja uslijed zamućenosti stupca vode.

Najmanja prozirnost zabilježena je podjednako u veljači, travnju i svibnju i iznosila je 1,5 metara. Najviša zabilježena vrijednost prozirnosti utvrđena je u siječnju 2013. godine i podudarala se s dubinom (3,5 metara).

Temperatura vode

Nisu zabilježene veće amplitude temperature vode na vrelu Bune. Najniža temperatura zabilježena je u travnju 2013. godine i iznosila je 9,5 ºC.

Najviša temperatura od 10,8 ºC zabilježena je podjednako u rujnu i listopadu 2102. godine. Prosječna temperatura vode vrela Bune za istraživano razdoblje iznosi 10,3 ºC.

Koncentracija otopljenog kisika

Najniža koncentracija otopljenog kisika zabilježena je u kolovozu 2012. godine i iznosila je 7,41 mg/L. Najviša vrijednost od 12,42 mg/L izmjerena je u veljači 2013. godine. Prosječna koncentracija otopljenog kisika iznosila je 9,83 mg/L.

pH

pH vrijednosti kretale su se u rasponu od minimalnih 7,34 u rujnu 2012. godine do maksimalnih 7,72 u travnju 2013. godine. Srednja vrijednost pH bila je 7, 52.

Alkalinitet

Njaviša vrijednost alkaliniteta od 8 mg/L $CaCO_3$ zabilježena je u lipnju 2012. godine. Alkalinitet je u prosjeku iznosio 4,33 mg/L $CaCO_3$.

Salinitet

Promjena saliniteta ima sličan trend kao i električna provodljivost. Vrijednosti su niske, od početka istraživanja do travnja 2013. godine vrijednost saliniteta iznosi 0,1 ‰. Zadnja dva mjeseca, travanj i svibanj 2013. godine, karakterizira porast saliniteta na 0,8 ‰.

Električna provodljivost

Zabilježena je velika oscilacija u vrijednostima električne provodljivosti. Vrijednosti električne provodljivosti bile su ujednačene od lipnja 2012. do veljače 2013. godine s prosječnom vrijednosti od 346 µS/cm.

Nagli skok zabilježen je u travnju s izmjerenih 1607 µS/cm. Trend se nastavlja i u svibnju 2013. godine kada je izmjerena najviša vrijednost električne provodljivosti od 1768 µS/cm.

KPK

Kemijska potrošnja kisika bila je najviša u ljetnim mjesecima, točnije u kolovozu 2012. godine i iznosila je 3,91 mg O_2/L. Najniža vrijednost zabilježena je u lipnju 2012. godine i iznosila je 0,79 mg O_2/L.

Koncentracija amonijaka, nitrita i nitrata (DIN)

Koncentracija amonij-iona je veći dio istraživanog bila na analitičkoj nuli, a najviša zabilježena vrijednost (0,015 mg/L) izmjerena je u kolovozu 2012. godine.

Maksimalna vrijednost koncentracije nitrita zabilježena je u kolovozu 2012. godine i iznosila je 0,005 mg/L. Prosječna koncentracija nitrita u izvoru rijeke Bune iznosila je 0,002 mg/L.

Minimalna koncentracija nitrata iznosila je 0,361 mg/L i izmjerena je u lipnju 2012. godine. U prosincu iste godine zabilježena je najviša vrijednost koncentracije nitrata od 0,714 mg/L. prosječna vrijednost koncentracije nitrata iznosila je 0,570 mg/L

Koncentracija ukupnog fosfora

Koncentracija ukupnog fosfora tijekom istraživanja kretala se od minimalnih 0,01 mg/L, izmjerenih u lipnju, srpnju i prosincu 2012. te siječnju, ožujku i svibnju 2013. godine, do 0,03 mg/L zabilježenih u travnju 2013. godine. Srednja vrijednost koncentracije ukupnog fosfora iznosila je 0,015 mg/L.

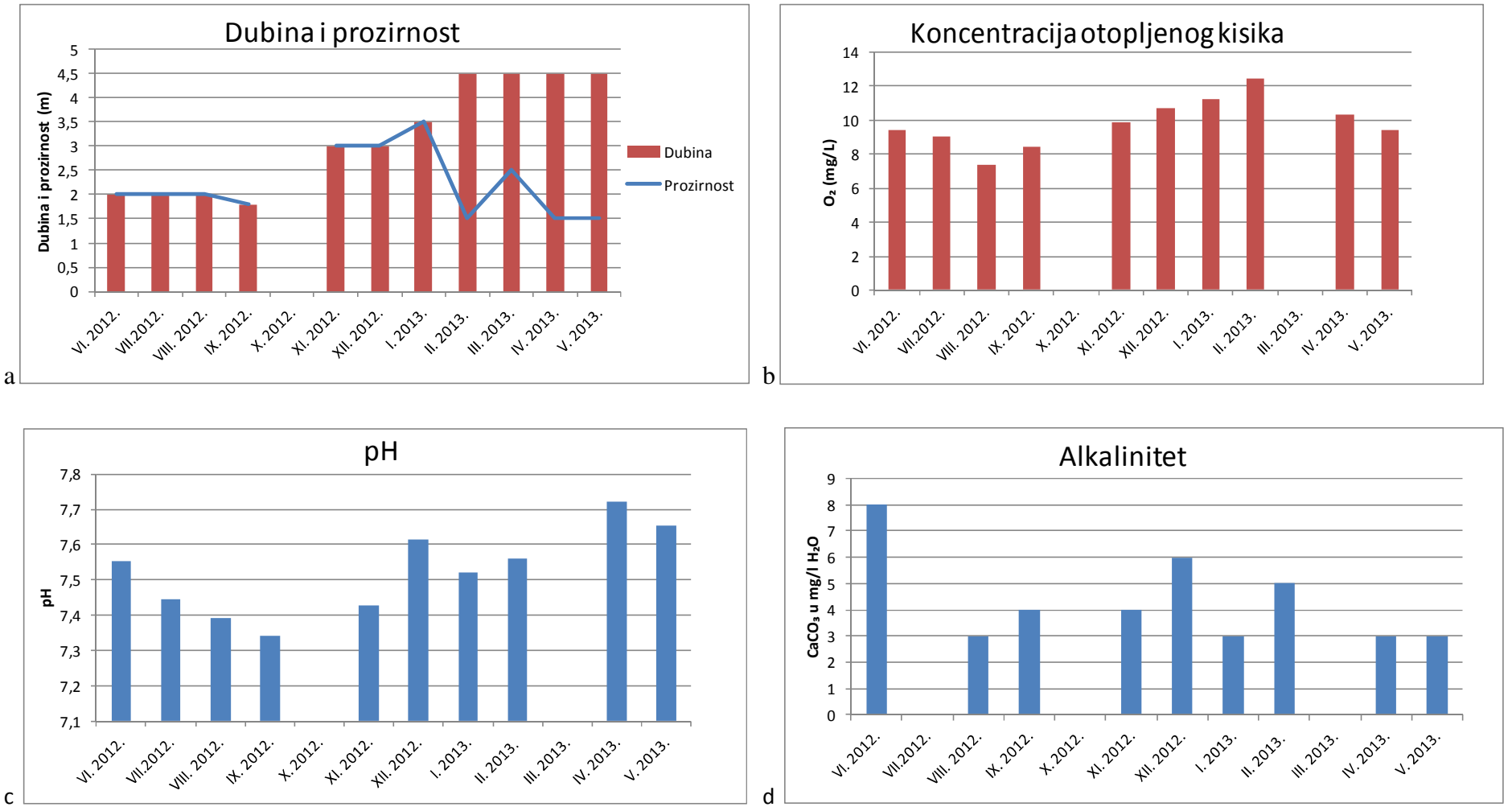
Izmjerena vrijednosti orto fosfora je za većinu mjeseci iznosila 0,01 mg/L.

Klorofil *a*

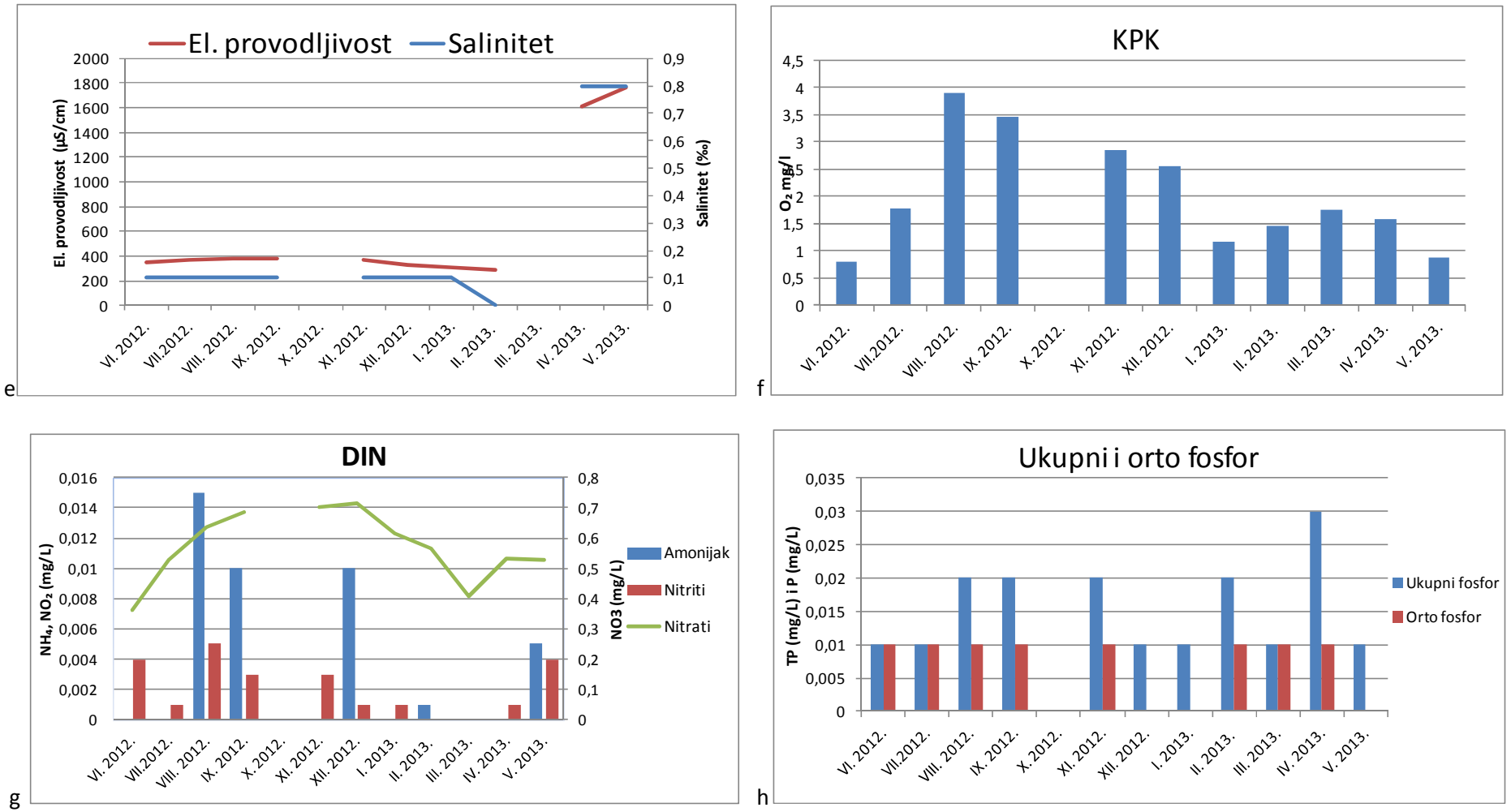
Za vrijeme trajanja istraživanja koncentracija klorofila *a* je bila ispod granice mjerljivosti.

Isparni ostatak (180 ºC)

Vrijednosti isparnog ostatka mjerene su zadnja četiri mjeseca istraživanja. Najniža vrijednost zabilježena je u ožujku i iznosila je 81 mg/L, dok su najviše vrijednosti zabilježene podjednako u travnju i svibnju 2013. godine i iznosile su 161 mg/L.



Slika 25. Fizikalni i kemijski pokazatelji vode na vrelu Bune: a)dubina i prozirnost; b)koncentracija otopljenog kisika; c) pH, d) alkalinitet.



Slika 25. Nastavak. Fizikalni i kemijski pokazatelji vode na vrelu Bune: e)električna provodljivost i salinitet; f)KPK; g) DIN; h) ukupni i orto fosfor.

5.1.5. Crno Oko

Fizikalni i kemijski parametri vrela Crno Oko prikazani su grafički na na Slici 26 (a - g).

Dubina

Dubina Crnog Oka ovisi o količini izvorske vode ali i o vodostaju Neretve, posebice u zimskim mjesecima, budući da ne postoji fizička barijera između vrela i glavnog toka rijeke.

Najmanja dubina izvora zabilježena je u svibnju 2013. godine i iznosila je 4,5 metra. Najveća vrijednost dubine od 5,3 metra zabilježena je u listopadu 2012. godine. Prosječna dubina izvora iznosila je 4,9 metara.

Prozirnost

Izvor je bio najprozirniji u lipnju i srpnju 2012. godine kada je zabilježena vrijednost prozirnosti od četiri metra. Minimalna zabilježena vrijednost prozirnosti utvrđena je u listopadu 2012. godine i iznosila je 0,45 metara.

Temperatura vode

Temperaturni minimum i maksimum za istraživano razdoblje u Crnom Oku zabilježen je u 2013. godini. Najniža vrijednost temperature od 10 ºC zabilježena je u siječnju dok je u svibnju izmjereno maksimalnih 15 ºC. Prosječna vrijednost temperature iznosila je 12,8 ºC.

Koncentracija otopljenog kisika

Koncentracija otopljenog kisika kretala se od najmanje vrijednosti od 5,98 mg/L utvrđene u listopadu 2012. do maksimalnih 9,6 mg/L zabilježenih u siječnju 2013. godine. Prosječna koncentracija otopljenog kisika iznosila je 7,56 mg/L.

pH

pH vrijednosti u izvoru Crno Oko kretale su se u rasponu od minimalnih 7,30 zabilježenih u siječnju 2013. do maksimalnih 7,85 u srpnju prethodne godine. Srednja pH vrijednost iznosila je 7,48.

Alkalinitet

Najviša vrijednost alkaliniteta od 22 mg/L $CaCO_3$ izmjerena je u lipnju 2012., nakon čega se vrijednosti znatno smanjuju. Najniža vrijednost od 3 mg/L $CaCO_3$ izmjerena je u siječnju 2013. godine. Prosječna vrijednost alkaliniteta na izvoru Ceno Oko iznosila je 8,22 mg/L $CaCO_3$.

Salinitet

Vrijednosti saliniteta kretale su se od 0,1 ‰ zabilježen dva mjeseca za redom, u siječnju i veljači 2013., do 1,9 ‰ izmjerenih u svibnju iste godine. Prosječna vrijednost saliniteta izvora Crno Oko za istraživano razdoblje iznosila je 0,6 ‰.

Električna provodljivost

Najmanja vrijednost električne provodljivosti od 292 µS/cm zabilježena je u travnju 2013. dok je najviša vrijednost od 963 µS/cm zabilježena u srpnju 2012. godine. Prosječna vrijednost električne provodljivosti iznosila je 577 µS/cm.

KPK

Kemijska potrošnja kisika bila je najveća u studenom 2012. godine sa zabilježenih 5,72 mg O_2/L. U veljači 2013. godine izmjerena je najniža vrijednost kemijske potrošnje kisika za vrijeme trajanja istraživanja i iznosila je 0,72 mg O_2/L. Prosječna vrijednost kemijske potrošnje kisika u izvoru Crno Oko iznosila je 3,11 mg O_2/L.

Koncentracija amonijaka, nitrita i nitrata (DIN)

Koncentracija amonijaka u izvoru Crno Oko za cijelo razdoblje istraživanja bila je niska. Samo u polovici uzoraka vrijednost amonijaka je bila iznad analitičke nule. Maksimalna vrijednost koncentracije amonijaka izmjerena je u svibnju 2013. godine i iznosila je 0,006 mg/L.

Vrijednost nitrita također je bila niska, ali izuzev veljače i ožujka 2013. godine vrijednost nitrita bila je iznad nule. Maksimalna vrijednost od 0,005 mg/L izmjerena je u svibnju 2013. godine.

Koncentracija nitrata kretala se od minimalne vrijednosti od 0,474 mg/L u ožujku 2013. do maksimalne vrijednosti od 0,99 mg/L zabilježene u srpnju 2012. godine. Prosječna vrijednost koncentracije nitrata iznosila je 0,6505 mg/L.

Koncentracija ukupnog fosfora

U veljači 2013. godine koncentracija ukupnog fosfora iznosila je 0,01 mg/L, a mjesec dana kasnije 0,02 mg/L. Razina fosfora u ostalim mjesecima je bila na analitičkoj nuli.

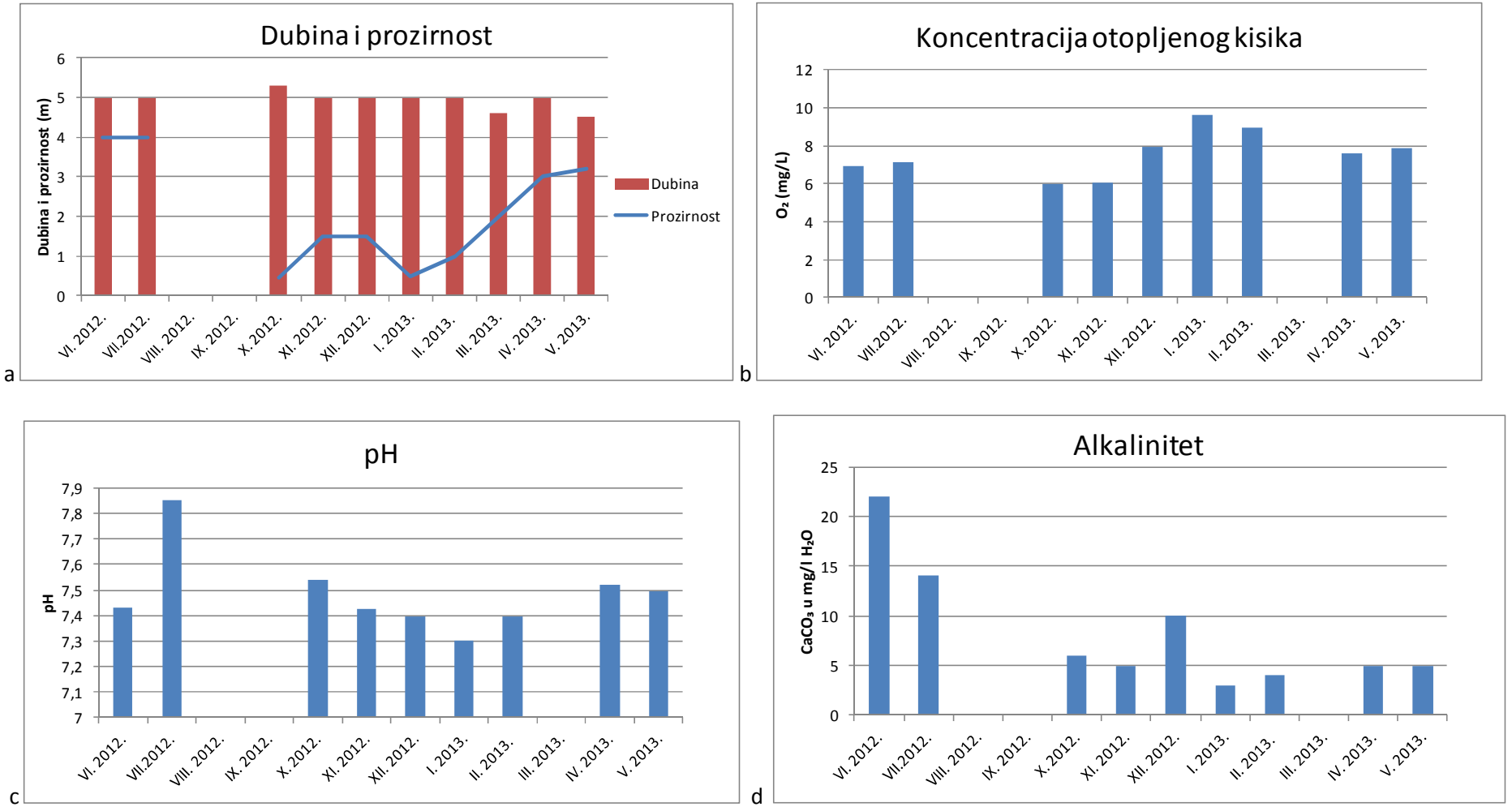
Vrijednost orto fosfora za istraživani razdoblje samo u travnju 2013. godine prelazi nulu, točnije iznosi 0,01 mg/L.

Klorofil *a*

Vrijednosti klorofila *a* su u izvoru zabilježene u siječnju i ožujku 2013. godine i to s koncentracijama od 0,11 µg/L i 0,29 µg/L. U ostalim mjesecima koncentracija klorofila *a* nije prelazila vrijednost nule.

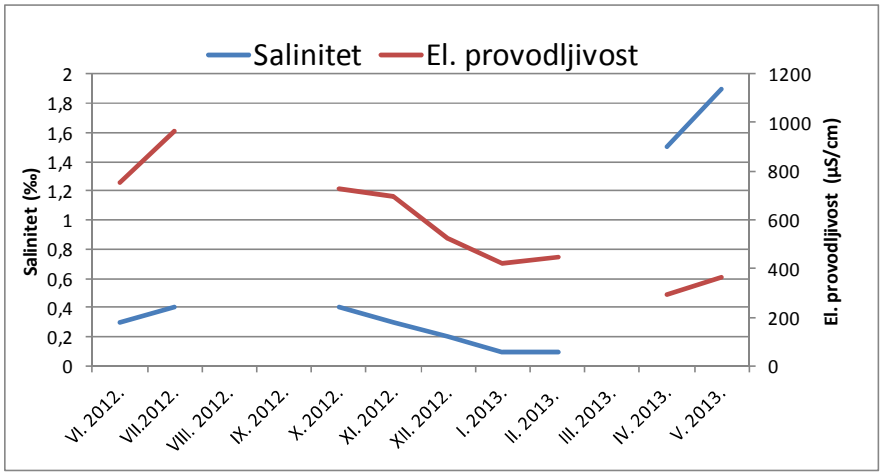
Isparni ostatak (180 ºC)

Najniža vrijednost zabilježena je u ožujku 2013. godine i iznosila je 145 mg/L, dok je najviša vrijednost od 360 mg/L zabilježena u svibnju iste godine.

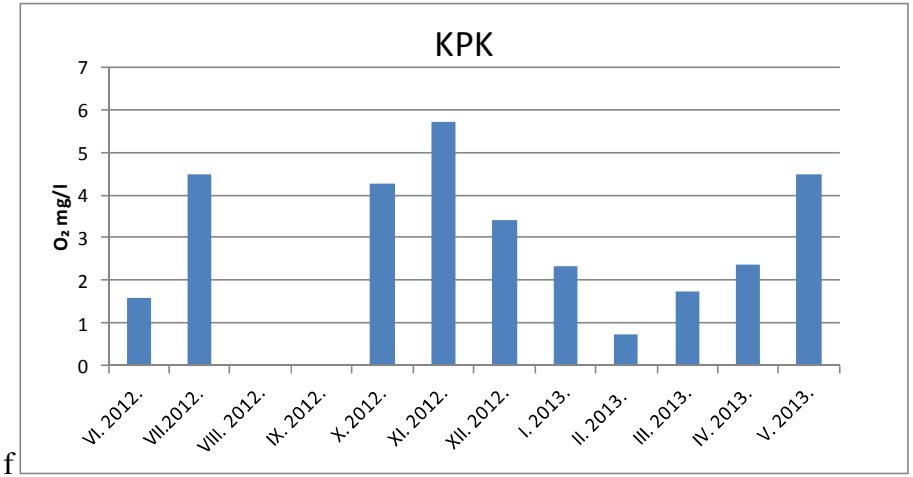


Slika 26. Fizikalni i kemijski pokazatelji vode u vrelu Crno Oko: a) dubina i prozirnost; b) koncentracija otopljenog kisika, c) pH, d) alkalinitet.

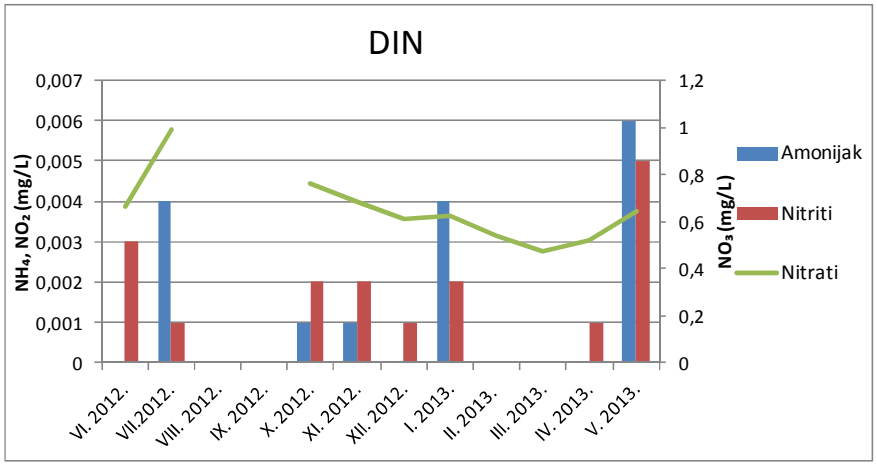
e



f



g



Slika 26. Nastavak. Fizikalno kemijski pokazatelji vode u vrelu Crno Oko: e) salinitet i električna provodljivost; f) KPK; g) DIN.

5.1.6. Arapi Vrilo

Fizikalni i kemijski parametri Arapi Vrila prikazani su grafički na na Slici 27 (a- k).

Dubina

U ljetnim mjesecima, točnije od svibnja do rujna dubina vrela iznosila je jedan metar. S početkom kišnog razdoblja, u listopadu vodostaj vrela naglo raste na dva metra. Najviša izmjerena vrijednost zabilježena je u veljači i iznosila je 2,2 metra. U ožujku se još uvijek zadržava visoki vodostaj koji u travnju počinje opadati.

Količina padalina

Količina padalina kretala se od minimalnih 2,3 mm zabilježenih u kolovozu 2012., do 386,8 mm zabilježenih u ožujku 2013. godine. Prosječna količina padalina na mjernoj postaji Mostar u promatranom razdoblju iznosila je 180,7 mm.

Prozirnost

U ljetnim mjesecima, prozirnost je jednaka dubini, dok je u zimskim mjesecima vidljivost smanjena. Posebno se ističe listopad kada je dubina vrela naglo porasla, a zabilježena je najmanja vrijednost prozirnosti od 0,3 metra.

Temperatura vode

Kao ni u ostalim izvorima, nije zabilježena velika amplituda temperature. Najniža vrijednost od 10,8 ºC zabilježena je u prosincu 2012. godine. Maksimalna vrijednost od 14,8 ºC izmjerena je u svibnju 2013. godine. Prosječna temperatura vode iznosila je 13,2 ºC.

Koncentracija otopljenog kisika

Najniža koncentracija otopljenog kisika utvrđena je u svibnju 2013. te je iznosila 6,04 mg/L, dok je maksimalna vrijednost od 9,58 zabilježena u siječnju 2013. godine. Niže koncentracije karakteristične su za topliji dio godine, dok se koncentracija otopljenog kisika povećavala u zimskim mjesecima. Prosječna koncentracija otopljenog kisika iznosila je 7,53 mg/L.

pH

Minimalna vrijednost pH u Arapi Vrilu zabilježena je u kolovozu 2012. godine i iznosila je 7,113. U travnju 2013. godine izmjerena je najviša vrijednost od 7,468. Srednja pH vrijednost iznosila je 7,30.

Alkalinitet

Vrijednost alkaliniteta bila je najviša u prvom mjesecu istraživanja sa zabilježenih 33 mg/L $CaCO_3$. Nakon toga vrijednosti vidno opadaju, te je najviža vrijednost od 5 mg/L $CaCO_3$ zabilježena u poslijednja dva mjeseca istraživanog razdoblja podjednako. U prosjeku je vrijednost alkaliniteta iznosila 9,5 mg/L $CaCO_3$.

Salinitet

Vrijednosti saliniteta su niske. Kreću se od minimalne zabilježene vrijednosti od 0,1 ‰ u siječnju i veljači 2013. godine, do maksimalne zabilježene vrijednosti od 1,9 ‰ u svibnju 2013. godine. Srednja vrijednost saliniteta iznosi 0,6 ‰.

Električna provodljivost

Vrijednosti električne provodljivosti kretale su se u rasponu od minimalnih 295 µS/cm zabilježenih u travnju 2013. godine do maksimalnih 933 µS/cm zabilježenih u rujnu 2012. godine. Više vrijednosti bilježe se u 2012. godini od lipnja do prosinca. Niže vrijednosti zabilježene su od siječnja do travnja 2013. godine, dok se u svibnju već osjeća uzlazni trend. Prosječna vrijednost električne provodljivosti iznosila je 613 µS/cm.

KPK

Vrijednost kemijske potrošnje kisika je u više navrata rasla i opadala tijekom trajanja istraživanja. Najviša vrijednost od 4,77 mg O_2/L zabilježena je u studenom 2012., dok je najniža vrijednost od 0,79 mg O_2/L izmjerena u travnju 2013. godine. Prosječna vrijednost kemijske potrošnje kisika u Arapi Vrilu iznosila je 2,55 mg O_2/L.

Koncentracija amonijaka, nitrita i nitrata (DIN)

Maksimalna utvrđena vrijednost koncentracije amonijaka u Arapi Vrilu zabilježena je u kolovozu 2012. godine i iznosila je 0,033 mg/L. Mjesec dana ranije zabilježena je koncentracija od 0,017 mg/L. Rujan, listopad i prosinac 2012. kao i siječanj 2013. godine

imaju istu zabilježenu vrijednost od 0,002 mg/L. U ostatku godine vrijednost amonijaka je bila na analitičkoj nuli.

Koncentracija nitrita niža je od koncentracije amonijaka. Najviša zabilježena koncentracija od 0,004 mg/L izmjerena je u kolovozu 2012. godine. Od veljače do travnja 2013. godine koncentracija nitrita je ispod granice mjerljivosti.

Minimalna utvrđena koncentracija nitrata iznosila je 0,421 mg/L i zabilježena je u ožujku 2013. godine. U kolovozu 2012. godine zabilježena je maksimalna vrijednost nitrata 0,908 mg/L. Prosječna vrijednost koncentracije nitrata iznosila je 0,632 mg/L.

Koncentracija ukupnog fosfora

Najviša vrijednost koncentracije ukupnog fosfora zabilježena je travnju 2013. godine i iznosila je 0,02 mg/L. U kolovozu, rujnu, listopadu i prosincu 2012. godine zabilježene su jednake vrijednosti koncentracije ukupnog fosfora od 0,01 mg/L. U ostalim mjesecima koncentracija ukupnog fosfora bila je ispod granice mjerljivosti.

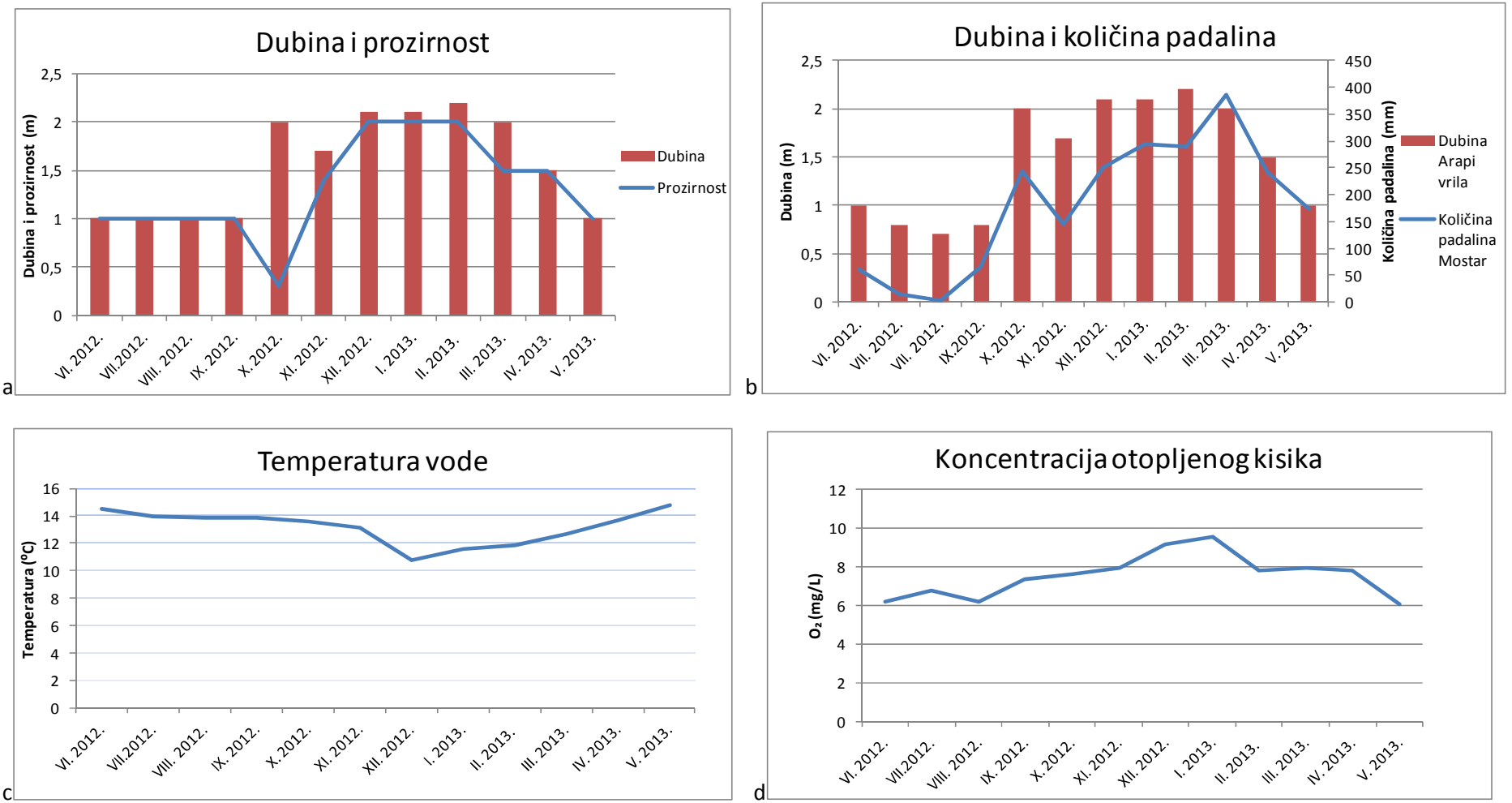
Orto fosfor je za cijelo vrijeme trajanja istraživanog razdoblja bio ispod granice mjerljivosti.

Klorofil *a*

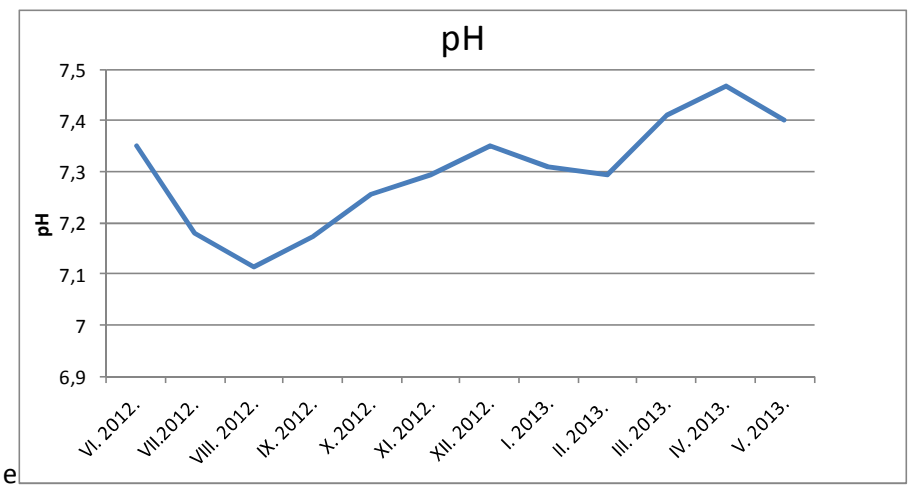
Maksimalna vrijednosti od 0,26 µg/L izmjerena je u rujnu 2012. godine. Vrijednosti više od nule zabilježene su još u srpnju kolovozu i rujnu 2012. i u travnju 2013. godine.

Isparni ostatak (180 ^{o}C)

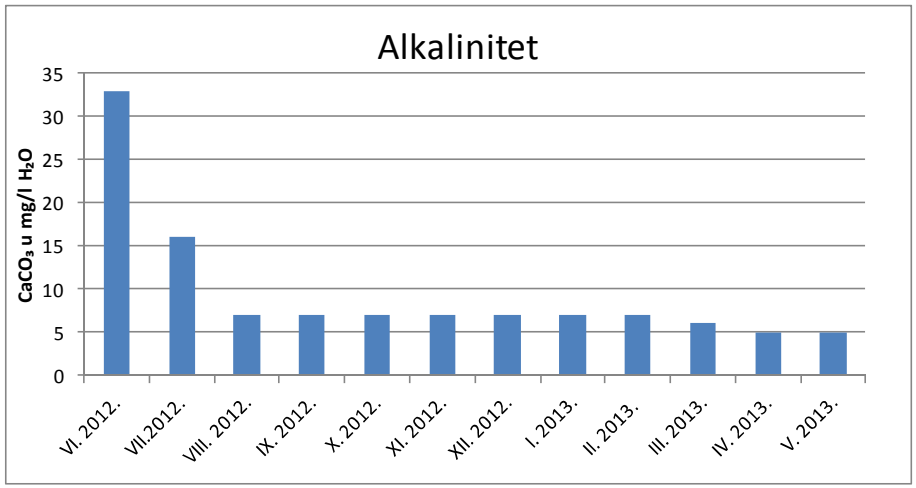
Najniža vrijednost zabilježena je u ožujku i iznosila je 190 mg/L, dok je najviša vrijednost od 348 mg/L zabilježena u svibnju 2013. godine.



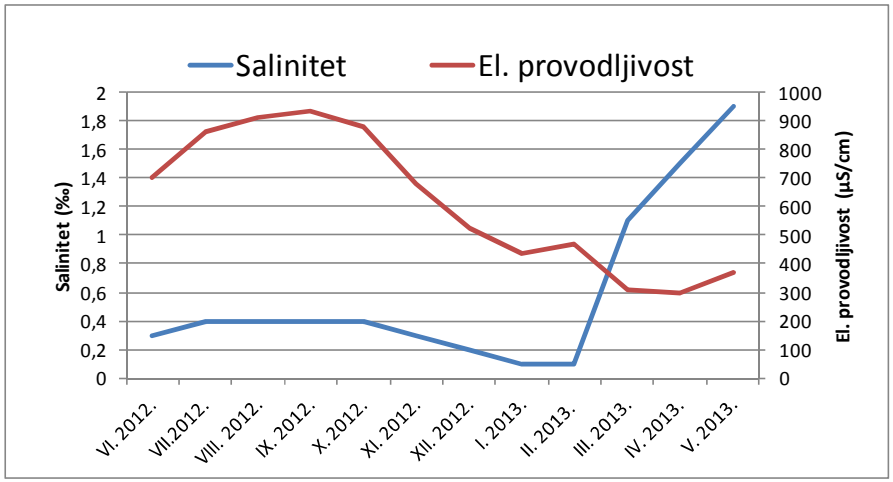
Slika 27. Fizikalno kemijski pokazatelji vode u izvoru Arapi Vrilo: a)dubina i prozirnost, b) dubina i količina padalina, c) temperatura vode; d) koncentracija otopljenog kisika.



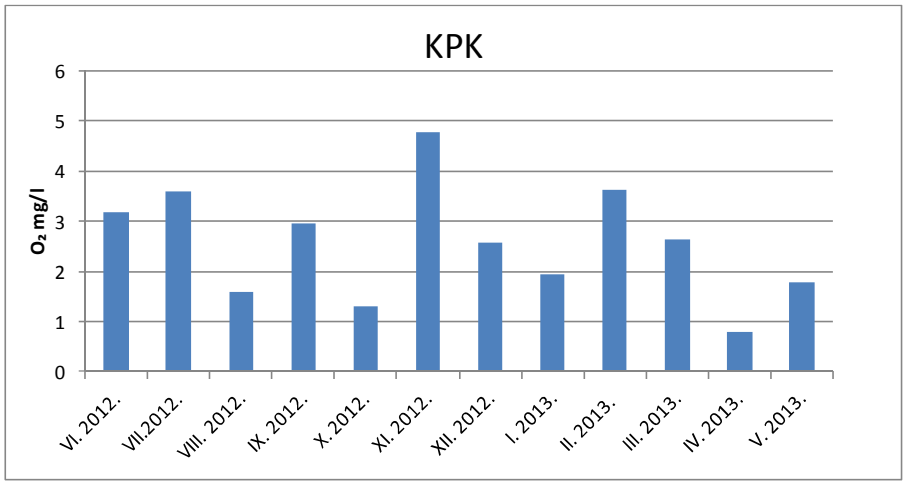
e



f



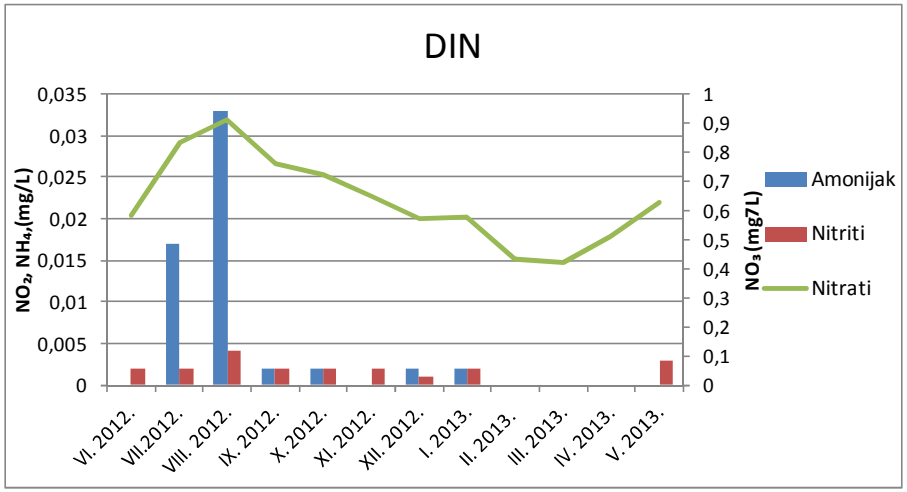
g



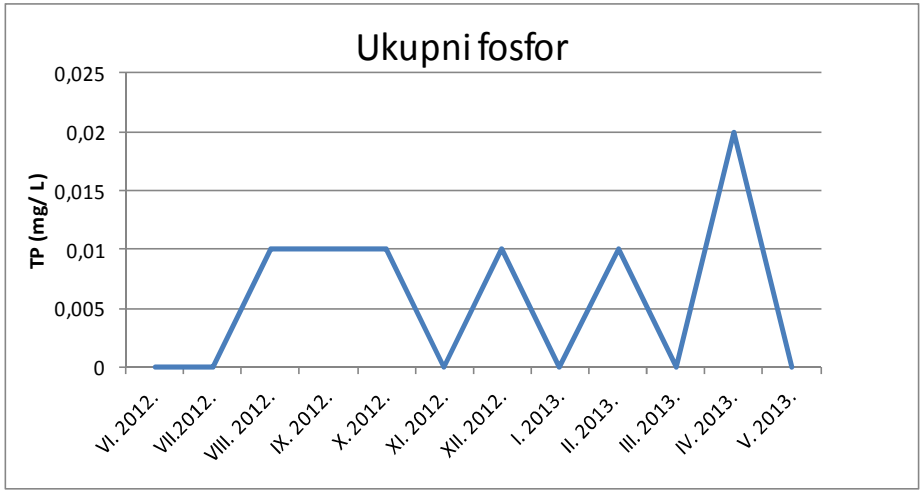
h

Slika27. Nastavak. Fizikalno kemijski pokazatelji vode u izvoru Arapi Vrilo: e) pH, f) alkalinitet, g) salinitet i el. provodljivost; h) KPK.

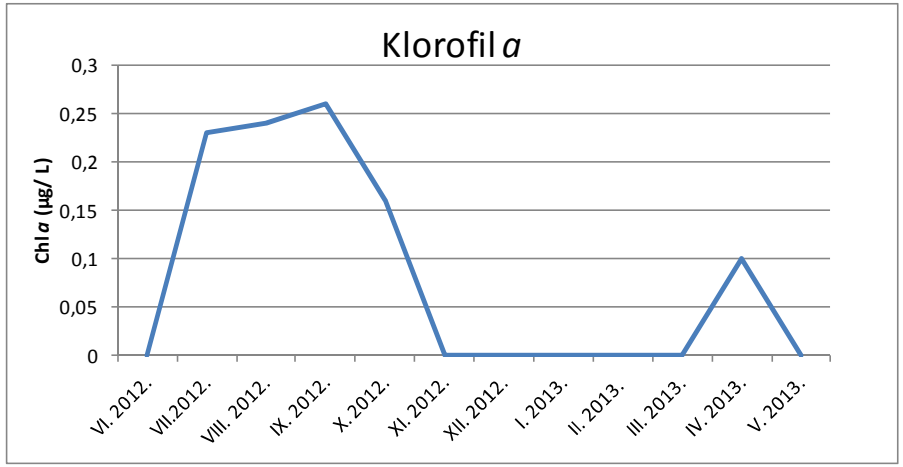
i



j



k



Slika27. Nastavak. Fizikalno kemijski pokazatelji vode u izvoru Arapi Vrilo: i) DIN, j) ukupni fosfor; k) klorofil *a.*

5.2. Rezultati analize makrozooplanktona: Sistematska pripadnost pronađenih svojti

U provedenom istraživanju utvrđeno je ukupno 27 vrsta planktonskih račića. Razred Copepoda (veslonošci) zastupljen je s dva reda, tri porodice i sedam vrsta. Red Cladocera (rašljoticalci), koji pripadaju razredu Branchiopoda (škrgonošci), zastupljen je sa sedam porodica i 20 vrsta.

Copepoda (veslonošci)

Red Calanoida

Porodica Pseudodiaptomidae

Calanipeda aquaedulcis Kritschagin 1873

Porodica Diaptomidae

Copidodiaptomus steueri (Brehm 1904)

Red Cyclopoida

Porodica Cyclopidae

Podporodica Eucyclopinae

Macrocyclops albidus (Jurine 1820)

*Eucyclops serrulatus (*Fischer 1851)

Eucyclops macruroides (Lilljeborg 1901)

Cyclops abyssorum divulsus Lindberg, 1955

Mesocyclops sp.

Cladocera (rašljoticalci)

Porodica: Chydoridae

Pleuroxus laevis Sars 1862

Alonella nana (Baird 1843)

Chydorus sphaericus (O. F. Muller 1776)

Biapertura affinis (Leydig 1860)

Alona quadrangularis (O. F. Muller 1776)

Alona rectangula Sars 1862

Alona guttata Sars 1862

Acroperus harpae (Baird 1835)

Acroperus elongatus (Sars 1862)

Porodica: Eurycercidae

Eurycercus lamellatus (O. F. Muller 1785)

Camptocercus rectirostris Schoedler 1862

Camptocercus lilljeborgi Schoedler 1862

Porodica: Macrothricidae

Macrothrix rosea (Jurine 1820)

Porodica: Bosminidae

Bosmina longirostris (O. F. Muller 1776)

Porodica: Daphniidae

Simocephalus serrulatus (Koch 1841)

Ceriodaphnia dubia (Richard 1894)
Ceriodaphnia pulchella Sars 1862

Daphnia longispina (O. F. Muller 1776)

Porodica: Sididae

Diaphanosoma brachyurum (Lievin 1848)

Porodica: Leptodoridae

Leptodora kindtii (Focke 1844)

5.3. Brojnost i biomasa veslonožaca i rašljoticalaca u istraživanim postajama

Najčešća vrsta koja je bila prisutna u sva tri jezera i limnokrenom izvoru Arapi Vrilo jest vrsta *B. longirostris*. Svitavsko jezero je najbogatije vrstama, dok je najmanja bioraznolikost planktonskih račića utvrđena u izvoru Arapi Vrilo. Na svim postajama su rašljoticalci (Cladocera) vrstama bogatija skupina, dok veslonošci (Copepoda) postižu veću brojnost i biomasu.

5.3.1. Jezero Krenica

Ukupno šest vrsta zooplanktonskih rakova zabilježeno je u jezeru Krenica. Vrstama bogatija skupina su rašljoticalci s predstavnicima *B. longirostris*, *D. longispina*, *D. brachyurum* i *L. kindti*. Od ciklopodnih veslonožaca prisutna je vrsta *C. abyssorum*, dok kalanoidne veslonošce predstavlja *C. steueri* (Tablice 1 i 2).

Sveukupna brojnost i biomasa planktonskih rakova u jezeru Krenica doseže jesenski maksimum u rujnu 2012. godine. Proljetni maksimum je slabije izražen, a povećana brojnost i biomasa traje od veljače do svibnja 2013. godine (Tablice 1 i 2).

Jesenski maksimum je najjače izražen u hipolimnionu s brojnošću od 1773 ind/10 L, te vrijednošću biomase od 1517,67 µg/10 L u rujnu 2012. godine (Slike 30 i 33). U ostalim mjesecima prosječna brojnost u hipolimnionu iznosi 75 ind/10 L. Proljetni maksimum je izražen u epilimnionu u veljači 2013. godine s vrijednostima 791 ind/10 L i 726,14 µg/10 L (Slike 28 i 31), te se do svibnja nastavlja u sloju metalimniona gdje doseže vrijednost brojnosti 730 ind/10 L i biomase 833,50 µg/10 L. U metalimnionu je izražen i jesenski maksimum s vrijednostima 591 ind/10 L i biomase 835,68 µg/10 L u rujnu 2012. godine. U metalimnionu se vrijednosti brojnosti i biomase najmanje mijenjaju tijekom istraživanja (Slike 29 i 32).

U sveukupnoj brojnosti i biomasi veslonošci imaju udio 83 %, odnosno 75 %. Znatno su brojniji i biomasom zastupljeniji u svim mjesecima i svim slojevima, izuzev travnja 2013. godine kada, zahvaljujući maksimumu vrste *D. longispina* u metalimnionu, rašljoticalci postižu veću sveukupnu brojnost i biomasu.

U epilimnionu su najzastupljeniji nauplii, s prosječnim udjelom od 56 % odnosno 49 % u brojnosti odnosno biomasi. Brojnost nauplia od 606 ind/10 L u veljači 2013. godine pokreće proljetni maksimum.

U metalimnionu brojčano prevladavaju kalanoidni kopepoditi s prosječnim udjelom od 48 %, dok vrsta *D. longispina* s prosječnim udjelom od 27 % najviše doprinosi ukupnoj biomasi. Jesenski maksimum ponajviše određuje 431 ind/10 L kopepoditnih kalanoida, dok je vrijednost od 472 ind/10 L zabilježena u proljetnom maksimumu. Vrsta *C. steueri* iako male brojnosti, svojom biomasom od 391,66 µg/10 L doprinosi jesenskom maksimumu, dok proljetnom maksimumu (travanj) značajno doprinosi vrsta *D.longispina* s biomasom od 686,83 µg/10 L.

Kopepoditi kalanoida su najbrojniji i u hipolimnionu prvenstveno zahvaljujući velikoj brojnosti od 1104 ind/10 L u rujnu 2012. godine. Udio u sveukupnoj brojnosti iznosi 52 %. Jesenskom maksimumu doprinosi i vrsta *D. brachyurum* koja doseže vrijednosti od 330 ind/10 L.

Najprisutniji predstavnik rašljoticalaca u jezeru Krenica je vrsta *D. longispina* koja je, zabilježena cijele godine, osim u siječnju 2013. Najveću brojnost od 168 ind/10 L postiže u metalimnionu u travnju 2013. godine. Udio vrste *D. longispina* u ukupnoj brojnosti rašljoticalaca iznosi 58 %, dok je udio u sveukupnoj brojnosti zooplanktona u jezeru Krenica znatno manji i iznosi 10 %.

Vrsta *D. brachyurum* nije utvrđena u uzorcima od siječnja do travnja 2013. godine. Najveću brojnost bilježi u rujnu 2012. godine s vrijednošću od 330 ind/10 L. Njen brojčani udio u skupini rašljoticalaca iznosi 42 %, a u sveukupnoj brojnosti zooplanktona 7 %.

Vrsta *B. longirostris* se pojavljuje sporadično s brojnošću tek malo iznad jedne jedinke na deset litara. Zabiježena je u srpnju 2012. i svibnju 2013. godine u epilimnionu i metalimnionu.

Najmanju brojnost, < 1 ind/10 L, bilježi vrsta *L. kindtii* koja je zabilježena samo u metalimnionu mjeseca rujna 2012. godine. Vrsta *L. kindtii* češće je bila priutna u mrežnim uzorcima, nego u uzorcima prikupljenim pomoću crpca.

Vrsta *C. abyssorum* prisutna je cijele godine, najbrojnija je u hipolimnionu gdje doseže maksimalnu brojnost od 58 ind/10 L u srpnju 2012. godine. Prosječni udio u brojnosti veslonožaca iznosi 4 % dok je udio u sveukupnoj brojnosti zooplanktona 3 %.

Vrsta C. *abyssorum* zbog svoje prosječne veličine od 1,1 mm, unatoč maloj brojnosti postiže najveći udio u prosječnoj biomasi veslonožaca (39 %) i u sveukupnoj biomasi zooplanktona (29 %). Omjer spolova ide u korist ženki kojih je 89 % od kojih je 12 % s jajašcima.

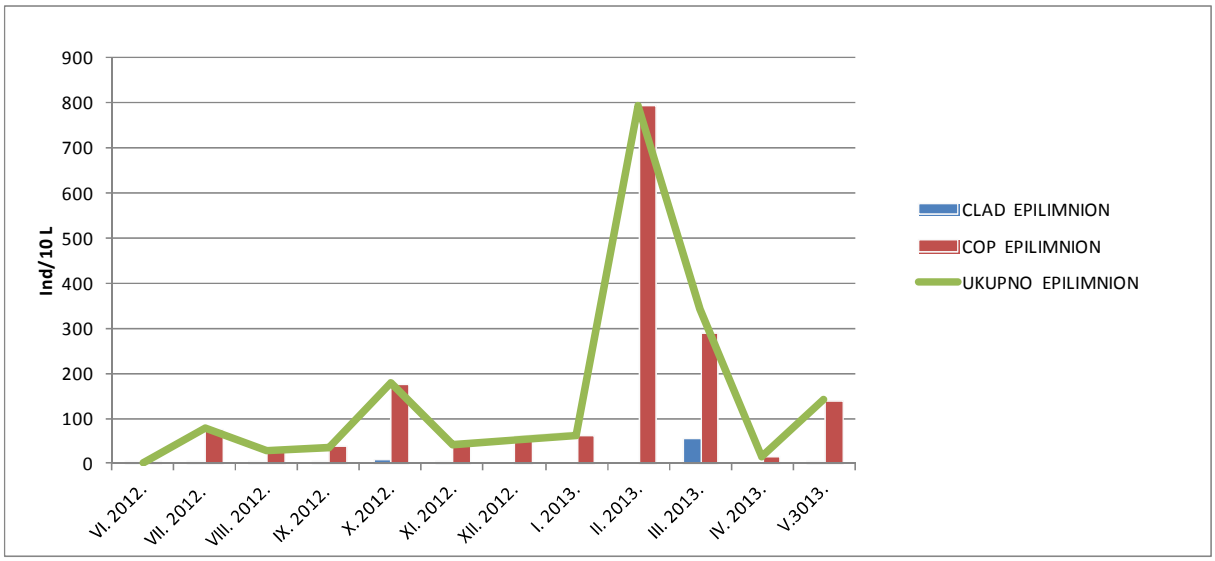
Odrasle jedinke vrste *C. steueri* prisutne su cijele godine i u svim slojevima, s tim da u hipolimnionu i metalimnionu dosežu brojčane maksimume od 104 i 96 ind/10 L u rujnu, odnosno prosincu 2012. godine. Najveća biomasa vrste *C. steueri* zabilježena je u epilimnionu u ožujku 2013. godine s vrijednošću 169,30 µg/10 L. Srednja zastupljenost u brojnosti veslonožaca bila je 12 %, a u sveukupnoj brojnosti zooplanktona 10 %. Vrijednosti srednje zastupljenosti u biomasi su slične i iznose 16 % za udio u veslonošcima i 12 % za udio u ukupnoj biomasi zooplanktona. U uzorcima je više ženki: 65 % od čega 22 % s jajnim vrećicama.

Ciklopoidni kopepoditi su prisutni cijele godine u metalimnionu, dok u ostalim slojevima u pojedinim mjesecima nedostaju u uzorcima. Najveću brojnost od 26 ind/10 L postižu u rujnu u hipolimnionu, a u epilimnionu je u ožujku 2013. godine zabilježena najveća vrijednost biomase od 74,57 µg/10 L. Prosječni postotni udio u skupini veslonožaca iznosi 4 % za brojnost i 7 % za biomasu, a u ukupnom zooplanktonu 3 % za brojnost i 5 % za biomasu.

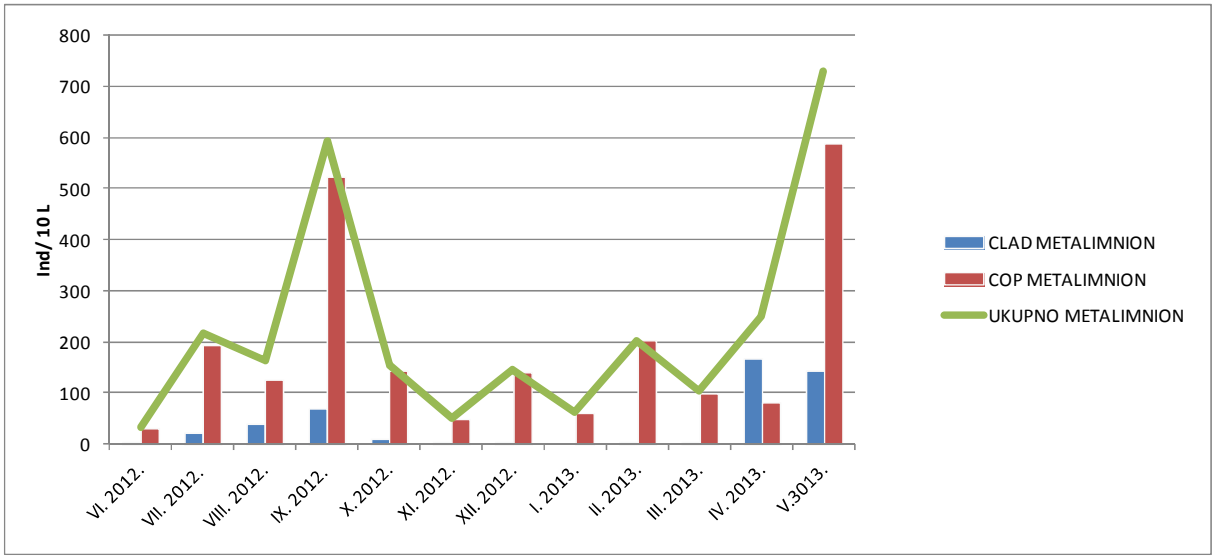
Kalanoidni kopepoditi su brojčano najzastupljeniji s prosječnim udjelom u skupini veslonožaca od 50 %, a u ukupnom zooplanktonu 42 %. Prosječni udio u ukupnoj biomasi je manji i iznosi 25 % unutar veslonožaca i 19 % ukupno.

Tablica 1. Brojnost (ind/10 L) planktonskih rakova tijekom istraživanja u jezeru Krenica. Legenda: copCyc- ciklopoidni kopepoditi; copCal- kalanoidni kopepoditi.

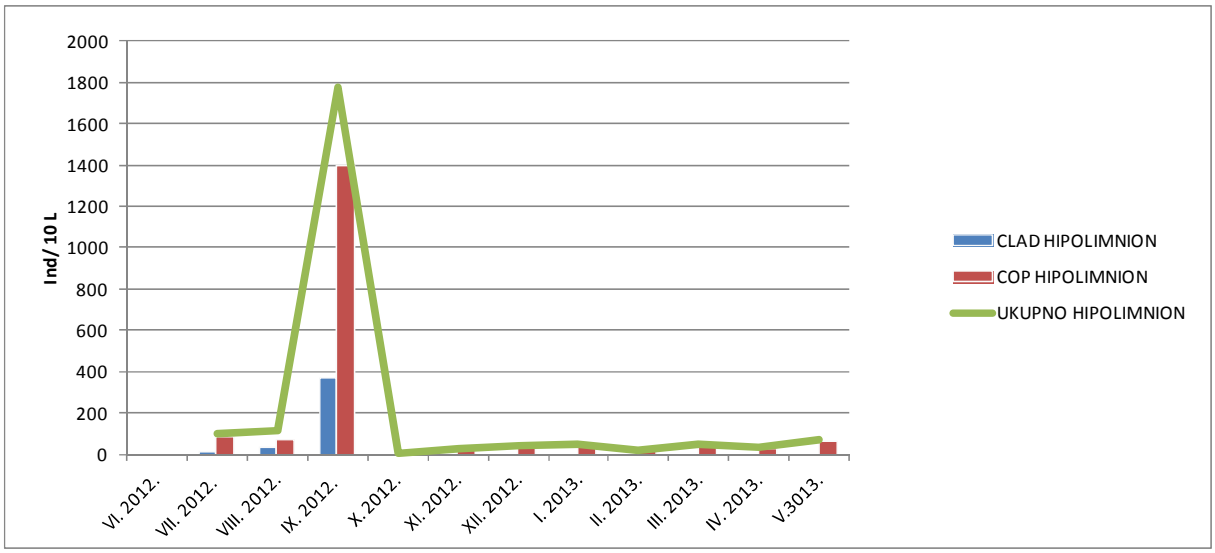
Sloj	Dubina	Vrsta/mjesec	VI. 2012.	VII. 2012.	VIII. 2012.	IX. 2012.	X. 2012.	XI. 2012.	XII. 2012.	I. 2013.	II. 2013.	III. 2013.	IV. 2013.	V.3013.
Epilimnion	0 - 10 m	*B. longirostris*		1,66										0,66
		D. longispina	0,33	0,33	2		1,33					54,66		
		D. brachyurum		2		0,66	4,66	0,33						2,66
		L. kindtii												
		CLADOCERA	0,33	3,99	2	0,66	5,99	0,33	0	0	0	54,66	0	3,32
		C. abyssorum		0,33	1,66					2	0,66	0,66		
		C. steueri		5,66	0,33	2	40,66	15	32,66	24	24	70		
		copCyc	0	6,66	3,66	0	0	2	2	2	0	22	1,66	13,33
		copCal	2,33	7,66	0,66	22	123,33	9,33	4,66	0,66	150	76	0	46
		Nauplii	0,33	54,66	21,33	11,66	10	15,66	12,66	32	616,66	118,66	12	78
		COPEPODA	2,66	74,97	27,64	35,66	173,99	41,99	51,98	60,66	791,32	287,32	13,66	137,33
		UKUPNO	**2,99**	**78,96**	**29,64**	**36,32**	**179,98**	**42,32**	**51,98**	**60,66**	**791,32**	**341,98**	**13,66**	**140,65**
Metalimnion	10- 13 m	*B. longirostris*		0,66										
		D. longispina	2	8	10	24	0,66	1,33	2		0,66	4,66	168	122,66
		D. brachyurum	2	13,33	28,66	45,33	10	0,66	0,66					20,66
		L. kindtii				0,33								
		CLADOCERA	4	21,99	38,66	69,66	10,66	1,99	2,66	0	0,66	4,66	168	143,32
		C. abyssorum	0,66	8,66	3,33	30,66	16,66	1,33		0,66	5,33	1,33	0,66	10
		C. steueri	4,66	19,33	10	12,66	5,33	28,66	96	38,66	28,66	18	17,33	12
		copCyc	1,33	12	10	10,66	2	0	8	1,33	2,66	6,66	16	6
		copCal	18,33	120,66	67,33	431,33	88	10,66	7,33	0,66	32	15,33	32,66	472,66
		Nauplii	5	34	35,33	36,66	30,66	6,66	30	20	133,33	58	14,66	86,66
		COPEPODA	29,98	194,65	125,99	521,97	142,65	47,31	141,33	61,31	201,98	99,32	81,31	587,32
		UKUPNO	**33,98**	**216,64**	**164,65**	**591,63**	**153,31**	**49,3**	**143,99**	**61,31**	**202,64**	**103,98**	**249,31**	**730,64**
Hipolimnion	13 - 30 m	*B. longirostris*												
		D. longispina		5,33	32,66	42,66						1	5,33	3,33
		D. brachyurum		5,33	3,33	330,66	1,33							0,66
		L. kindtii												
		CLADOCERA		10,66	35,99	373,32	1,33	0	0	0	0	1	5,33	3,99
		C. abyssorum		58,66	16	8	0,66	4	4	4,66	0,66	1,66	3	2
		C. steueri			7,33	104	1,33	14,66	23,33	36	2	2	0,66	2,66
		copCyc		16	13,33	26,66	0	0	2,66	0	0	1,66	3,66	3,33
		copCal		5,33	26	1104	3,33	4	4,66	0,66	1,33	3	1	36,66
		Nauplii		5,33	11,33	157,33	0,66	1,33	4,66	8,66	18	36	17,33	22
		COPEPODA		85,32	73,99	1399,99	5,98	23,99	39,31	49,98	21,99	44,32	25,65	66,65
		UKUPNO		**95,98**	**109,98**	**1773,31**	**7,31**	**23,99**	**39,31**	**49,98**	**21,99**	**45,32**	**30,98**	**70,64**
		SVEUKUPNO	**36,97**	**391,58**	**304,27**	**2401,26**	**340,6**	**115,61**	**235,28**	**171,95**	**1015,95**	**491,28**	**293,95**	**941,93**



Slika 28. Brojnosti (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u sloju epilimnion jezera Krenica. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda.



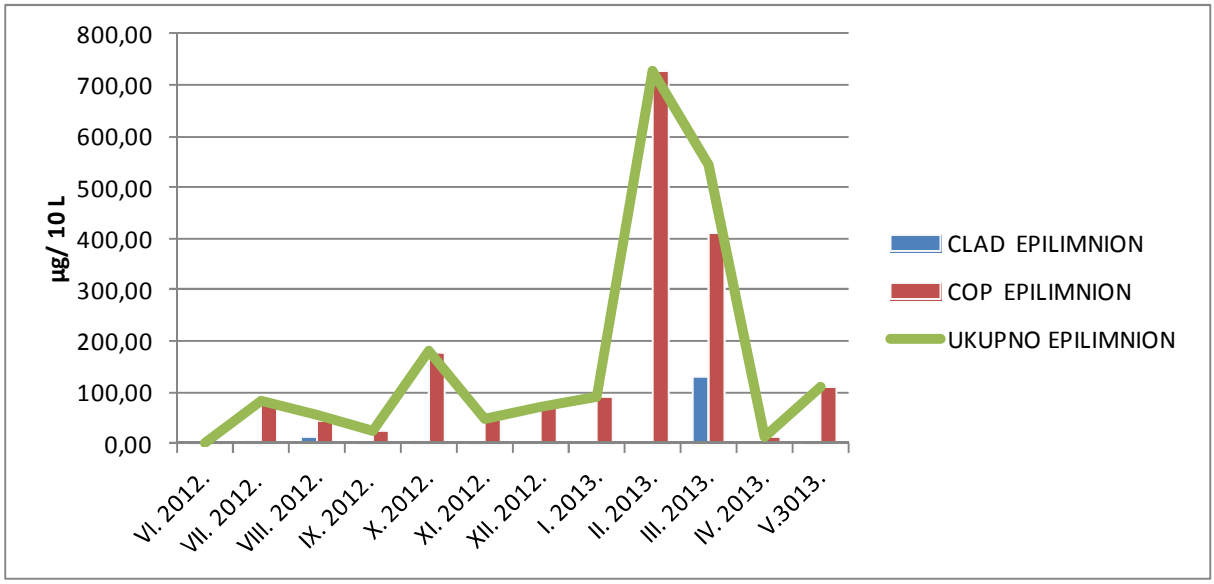
Slika 29. Brojnosti (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u sloju metalimnion jezera Krenica. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda.



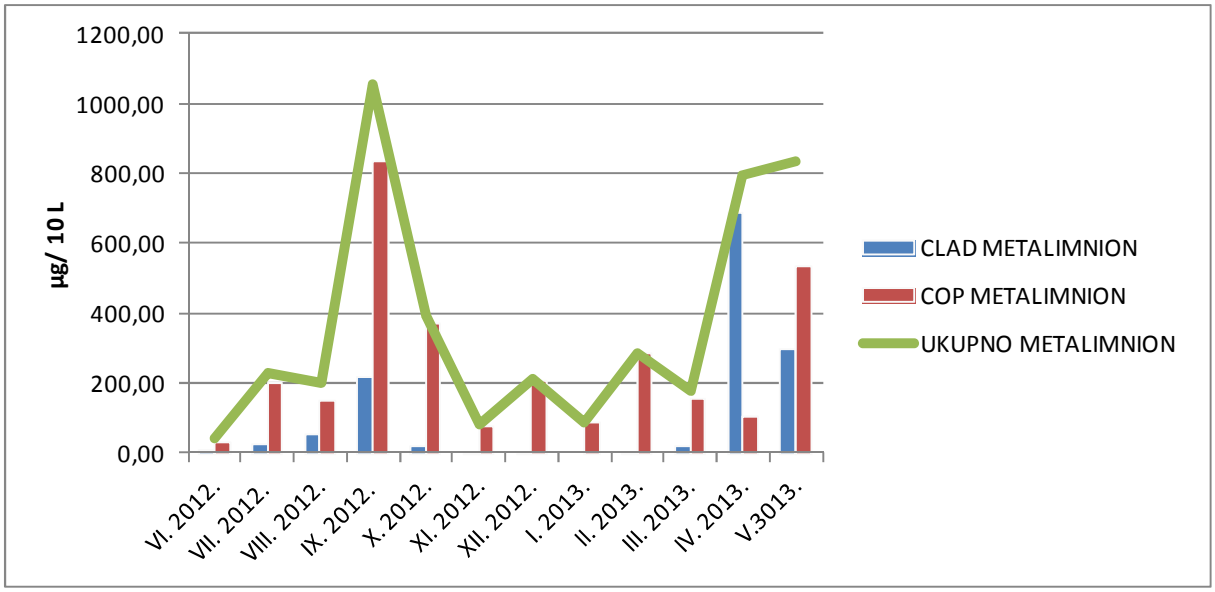
Slika 30. Brojnosti (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u sloju hipolimnion jezera Krenica. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda.

Tablica 2. Biomasa (ind/10 L) planktonskih rakova tijekom istraživanja u jezeru Krenica. Legenda: copCyc- ciklopoidni kopepoditi; copCal- kalanoidni kopepoditi.

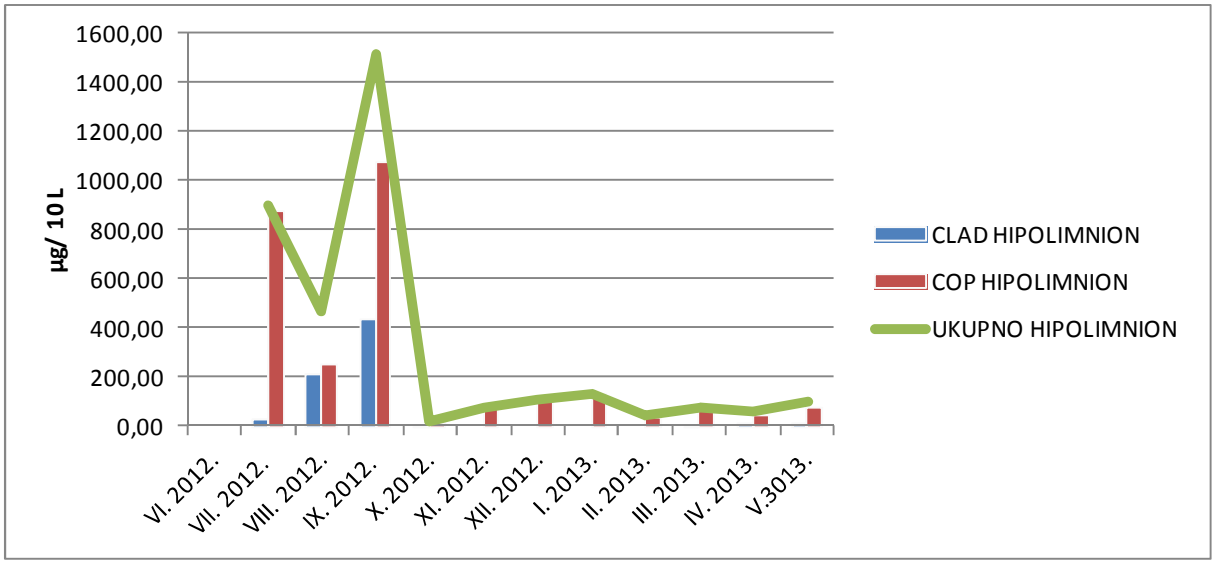
Sloj	Dubina	Vrsta/mjesec	VI. 2012.	VII. 2012.	VIII. 2012	IX. 2012.	X. 2012.	XI. 2012.	XII. 2012.	I. 2013.	II. 2013.	III. 2013.	IV. 2013.	V.3013.
Epilimnion	0 - 10 m	*B. longirostris*		1,89										0,25
		D. longispina	1,15	0,20	14,03		1,51					130,75		
		D. brachyurum		2,64		0,14	5,19	0,57						0,78
		L. kindtii												
		CLADOCERA	1,15	4,72	14,03	0,14	6,69	0,57	0,00	0,00	0,00	130,75		1,03
		C. abyssorum		5,50	16,64					11,91	3,93	5,71		
		C. steueri		8,60	0,70	2,89	63,85	21,63	50,17	40,59	40,43	169,30		
		copCyc	0,00	7,35	4,75	0,00	0,00	3,46	3,22	5,55	0,00	74,57	1,08	12,83
		copCal	1,41	3,62	0,38	10,34	102,72	8,65	4,25	0,30	75,36	51,52	0,00	15,39
		Nauplii	0,28	52,38	20,99	11,20	9,42	14,77	12,94	33,37	606,42	112,45	12,01	81,71
		COPEPODA	1,69	77,46	43,46	24,44	175,99	48,50	70,59	91,72	726,14	413,56	13,10	109,94
		UKUPNO	**2,84**	**82,18**	**57,49**	**24,58**	**182,68**	**49,07**	**70,59**	**91,72**	**726,14**	**544,31**	**13,10**	**110,97**
Metalimnion	10 - 13 m	*B. longirostris*		0,54										
		D. longispina	5,41	10,22	21,11	160,36	2,97	2,76	2,48		0,47	18,56	686,83	280,86
		D. brachyurum	4,45	15,76	31,61	50,94	16,64	2,36	1,42					16,32
		L. kindtii				7,18								
		CLADOCERA	9,87	26,52	52,72	218,48	19,61	5,12	3,89	0,00	0,47	18,56	686,83	297,19
		C. abyssorum	4,82	40,68	20,29	391,66	255,07	21,23		3,90	78,86	26,36	7,05	86,86
		C. steueri	7,87	29,50	15,86	22,49	8,60	40,55	157,71	58,24	44,60	37,32	39,19	25,88
		copCyc	3,17	20,90	31,41	33,19	5,79	0,00	14,23	5,76	6,37	25,95	28,05	14,80
		copCal	10,01	75,73	49,43	350,28	73,60	10,48	4,45	0,25	21,87	12,55	18,57	315,55
		Nauplii	5,09	32,77	32,45	38,06	28,26	6,75	29,14	18,44	135,49	56,29	14,54	93,23
		COPEPODA	30,96	199,58	149,44	835,68	371,32	79,01	205,52	86,58	287,19	158,47	107,39	536,32
		UKUPNO	**40,83**	**226,10**	**202,17**	**1054,16**	**390,93**	**84,13**	**209,41**	**86,58**	**287,66**	**177,04**	**794,23**	**833,50**
Hipolimnion	13 - 30 m	*B. longirostris*												
		D. longispina		20,10	200,71	77,78						1,74	15,45	12,96
		D. brachyurum		5,79	13,11	361,28	2,91							2,36
		L. kindtii												
		CLADOCERA		25,89	213,81	439,06	2,91	0,00	0,00	0,00	0,00	1,74	15,45	15,32
		C. abyssorum		811,67	202,77	105,38	11,27	52,63	59,24	67,99	17,89	26,23	27,05	23,61
		C. steueri			11,85	150,59	1,61	19,84	34,09	57,29	3,60	4,48	1,43	3,86
		copCyc		53,46	10,98	69,16	0,00	0,00	2,95	0,00	0,00	0,97	2,00	5,11
		copCal		2,91	18,80	603,89	2,91	4,17	3,23	0,31	0,87	2,45	0,53	25,99
		Nauplii		4,82	10,90	149,59	0,60	1,56	4,93	7,28	18,03	37,65	15,98	21,15
		COPEPODA		872,86	255,31	1078,61	16,39	78,20	104,43	132,87	40,40	71,78	46,98	79,71
		UKUPNO		**898,75**	**469,12**	**1517,67**	**19,30**	**78,20**	**104,43**	**132,87**	**40,40**	**73,52**	**62,43**	**95,03**
		SVEUKUPNO	**43,67**	**1207,02**	**728,78**	**2596,41**	**592,92**	**211,41**	**384,43**	**311,17**	**1054,20**	**794,87**	**869,75**	**1039,50**



Slika 31. Biomasa (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u sloju epilimnion jezera Krenica. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda.



Slika 32. Biomasa (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u sloju metalimnion jezera Krenica. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda.



Slika 33. Biomasa (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u sloju hipolimnion jezera Krenica. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda.

5.3.2. Svitavsko jezero

U Svitavskom jezeru ukupno je utvrđena i determinirana 21 vrsta, od kojih 18 vrsta pripada skupini rašljoticalaca, a tri vrste skupini veslonožaca (Tablice 3 i 4).

Nisu zabilježene veće razlike između postaja S1 i S2 kad je riječ o sastavu vrsta. Vrste *C. lilljeborgi* i *S. serrulatus* zabilježene su samo na postaji S1, dok je vrsta *C. rectirostris* zabilježena samo na postaji S2. Na postaji S2 zabilježena je veća sveukupna brojnost i biomasa u odnosu na postaju S1. Srednja vrijednost sveukupne brojnosti na postaji S2 iznosi 277 ind/10 L, dok je srednja vrijednost sveukupne biomase 231,10 µg/10 L. Na postaji S1 iste vrijednosti su iznosile 157 ind/10 L i 200,69 µg/10 L. Na istraženim postajama nije zabilježena pravilna godišnja/sezonska izmjena maksimuma i minimuma.

Na postaji S1, koja se nalazi uz vegetaciju u blizini ustave hidroelektrane, najviša vrijednost sveukupne brojnosti od 465 ind/10 L zabilježena je u kolovozu. Visoke vrijednosti od 353 i 355 ind/10 L zabilježene su i u listopadu 2012. i svibnju 2013. godine. Najmanje vrijednosti sveukupne brojnosti zabilježene su u studenom i prosincu 2012. godine (Tablica 3). Najviše vrijednosti sveukupne biomase zabilježene su u svibnju 2013. i u kolovozu 2012. godine i iznosile su 504,54 µg/10 L odnosno 422,40 µg/10 L (Tablica 5). Viša vrijednost biomase u svibnju rezultat je prisutnosti odraslih jedinki vrste *M. albidus.*

Na postaji S2, koja se nalazi u pelagijalnom dijelu jezera, zabilježen je ljetni maksimum s vrijednostima sveukupne brojnosti i biomase 1364 ind/10 L i 1050,60 µg/10 L u srpnju 2012. godine. Sveukupna brojnost prelazi 500 ind/10 L i u ostalim ljetnim mjesecima. Ostatak godine ima znatno niže vrijednosti sveukupne brojnosti i biomase (Tablice 4 i 6, Slike 38 - 41). I na postaji S2 su najmanje vrijednosti sveukupne brojnosti zabilježene su u studenom i prosincu 2012. godine.

Na postaji S1 uočena je veća brojnost i biomasa u površinskom sloju od lipnja do listopada 2012. godine, dok je u ostatku godine vrijednost brojnosti i biomase viša u pridnenom sloju (Tablice 3 i 5 i Slike 34 - 37). U uzorku površinskog sloja u studenom 2012. godine nije pronađena niti jedna jedinka zooplanktona, što se nastavilo u dva naredna mjeseca kad je zabilježena brojnost bila manja od dvije jedinke u deset litara. U pridnenom sloju, u zimskim mjesecima je brojnost također bila niska, ali nikada nije bila manja od jedne jedinke na deset litara.

Sličan trend zabilježene je i na postaji S2 gdje površinski sloj prednjači u brojnosti i biomasi od lipnja do rujna 2012. i opet u svibnju 2013. godine. Ostatak godine veća brojnost i biomasa zabilježena je u pridnenom sloju (Tablice 4 i 6 i slike 38 - 41).

Na postaji S2 je, kao i na postaji S1, zabilježena niska brojnost i biomasa od studenog 2012. do siječnja 2013. godine.

Veslonošci su brojnija skupina u odnosu na rašljoticalce u Svitavskom jezeru. Na postaji S1 udio veslonožaca u ukupnoj brojnosti površinskog sloja iznosi 92 %, a pridnenog 84 %. Na postaji S2 udio veslonožaca u ukupnoj brojnosti je 85 % u površinskom, odnosno 81 % u pridnenom sloju.

Tijekom istraživanog razdoblja u oba sloja obiju postaja najzastupljeniji su bili nauplii. Na postaji S1 zastupljenost nauplia u ukupnoj brojnosti površinskog sloja iznosi 81 %, a pridnenog 60 %. Po zastupljenosti iza nauplia slijede ciklopoidni kopepoditi, zatim rašljoticalac *B. longirostris.*

Na postaji S2 udio nauplia u ukupnoj brojnosti zooplanktona površinskog i pridnenog sloja je iznosio 81 %, odnosno 72 %. Na ovoj postaji vrsta *B. longirostris* ostvaruje veći udio u ukupnoj brojnosti od ciklopoidnih kopepodita. Ostale vrste rašljoticalaca pojedinačno ne ostvaruju velik udio. Pojavljuju se sporadično i male brojnosti.

Vrsta *M. albidus* zabilježena je samo u travnju i svibnju 2013. godine, dok je vrsta *E. macruroides* bila prisutnija u jezeru tijekom istraživanog razdoblja posebno u pridnenim slojevima obiju postaja. Kalanoidni kopepoditi kao ni odrasle jedinke vrste *C. steueri* nemaju veliku brojnost, niti prisutnost u uzorcima.

Tablica 3. Brojnost (ind/10 L) planktonskih rakova tijekom istraživanja u Svitavskom jezeru na postaji S1. Legenda: copCyc- ciklopoidni kopepoditi; copCal- kalanoidni kopepoditi.

SVITAVA- POSTAJA S1														
Sloj	**Dubina**	**Vrsta/mjesec**	**VI. 2012.**	**VII. 2012.**	**VII. 2012.**	**IX.2012.**	**X. 2012.**	**XI. 2012.**	**XII. 2012.**	**I. 2013.**	**II. 2013.**	**III. 2013.**	**IV. 2013.**	**V. 2013.**
Površinski sloj	**20 cm ispod površine**	*B. longirostris*	51,30	3,33	1,33	2,00	2,66				0,33			4,00
		B. affinis				0,33								
		A. quadrangularis			1,33							0,66	0,33	
		A. rectangula		1,00	2,00	0,33	1,33			0,33				
		A. guttata								0,66		0,66		
		A. nana									0,33	2,66		
		C. sphaericus					1,33							
		C. rectirostris												0,33
		P. Leavis		1,00										
		M. rosea		1,00	0,33									
		A. elongatus												1,33
		A. harpae												2,66
		S. serrulatus	1,00											2,00
		C. dubia	1,33	1,33										2,00
		D. longirostris												
		E. lamellatus												1,33
		D. brachyurum		1,00	0,66									0,00
		CLADOCERA	53,63	8,67	5,65	2,66	5,32			0,99	0,66	3,98	2,33	13,65
		E. macruroides			0,33	2,66	0,66					0,66	0,33	1,33
		M. albidus												6,00
		C. steueri					0,33					0,33		
		copCyc	2,66	11,33	32,00	26,66	22,66				0,66	0,00	1,00	21,33
		copCal	1,00				2,00				0,00	0,66	0,00	0,00
		Nauplii	62,00	142,66	287,33	149,33	211,33		1,66	0,66	2,33	4,00	37,33	80,00
		COPEPODA	65,66	153,99	319,66	178,65	236,98		1,66	0,66	2,99	5,65	38,66	108,66
		UKUPNO	**119,29**	**162,66**	**325,31**	**181,31**	**242,30**		**1,66**	**1,65**	**3,65**	**9,63**	**40,99**	**122,31**
Pridneni sloj	**50 cm iznad dna**	*B. longirostris*	51,30	4,00	1,00	0,33	0,33					0,66		8,00
		B. affinis			1,00					1,00	1,33	3,00	2,66	
		A. quadrangularis			5,33						4,00	3,66	4,66	0,66
		A. rectangula		1,00	4,66	1,33	1,00						0,66	
		A. guttata			1,33						1,33		1,33	
		A. nana									1,00	2,00	0,66	
		C. sphaericus									0,33	1,00		0,66
		C. rectirostris										0,00		
		P. Leavis										0,33		
		M. rosea				1,33								
		A. elongatus												1,33
		A. harpae									0,66	1,66	12,60	2,00
		S. serrulatus	1,00				0,33							0,66
		C. dubia	1,33				1,33						2,00	4,00
		D. longirostris										0,33		
		E. lamellatus											1,33	
		D. brachyurum												
		CLADOCERA	53,63	5,00	13,32	2,99	2,99			1,00	8,65	12,64	25,90	17,31
		E. macruroides			4,00	4,00	2,66				12,66	3,00	8,00	0,66
		M. albidus											6,33	13,33
		C. steueri				0,33				3,00		1,00		
		copCyc	2,66	5,33	26,00	35,33	35,33	1,33		1,00	6,67		8,66	35,33
		copCal	1,00				0,66					0,66		
		Nauplii	62,00	41,33	97,33	21,33	69,33	0,33	2,00	4,00	16,00	13,33	43,30	166,66
		COPEPODA	65,66	46,66	127,33	60,99	107,98	1,66	2,00	8,00	35,33	17,99	66,29	215,98
		UKUPNO	**119,29**	**51,66**	**140,65**	**63,98**	**110,97**	**1,66**	**2,00**	**9,00**	**43,98**	**30,63**	**92,19**	**233,29**
		SVEUKUPNO	**238,58**	**214,32**	**465,96**	**245,29**	**353,27**	**1,66**	**3,66**	**10,65**	**47,63**	**40,26**	**133,18**	**355,60**

Tablica 4. Brojnost (ind/10 L) planktonskih rakova tijekom istraživanja u Svitavskom jezeru na postaji S2. Legenda: copCyc- ciklopoidni kopepoditi; copCal- kalanoidni kopepoditi.

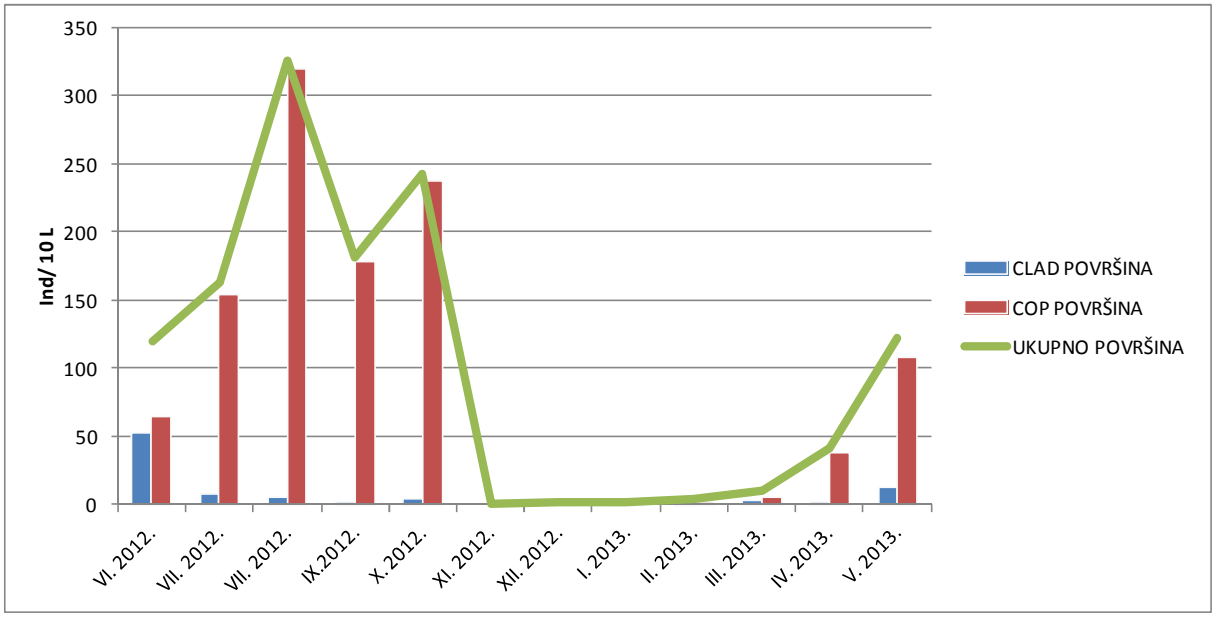
SVITAVA- POSTAJA S2														
Sloj	**Dubina**	**Vrsta/mjesec**	**VI. 2012.**	**VII. 2012.**	**VII. 2012.**	**IX.2012.**	**X. 2012.**	**XI. 2012.**	**XII. 2012.**	**I. 2013.**	**II. 2013.**	**III. 2013.**	**IV. 2013.**	**V. 2013.**
površinski sloj	**20 cm ispod površine**	*B. longirostris*	8,66	94,00	68,66	26,00	4,66						0,33	60,66
		B. affinis								1,66				0,66
		A. quadrangularis					0,33						1,00	
		A. rectangula											0,33	
		A. guttata		1,00									1,00	
		A. nana										0,66	0,33	
		C. sphaericus								1,33	0,33			
		C. lilljeborgi												
		P. Leavis												
		M. rosea												
		A. elongatus												
		A. harpae										0,33	0,33	
		C. dubia					0,33							
		D. longispina			1,00									
		E. lamellatus												
		D. brachyurum												
		CLADOCERA	8,66	95,00	69,66	26,00	5,32			2,99	0,33	0,99	3,32	61,32
		E. macruroides				0,33								1,33
		M. albidus												
		C. steueri	1,00											
		copCyc	2,66	21,33	21,33	7,33	8,00					0,33		2,00
		copCal	2,00	2,00	1,33	0,00	1,33							
		Nauplii	260,00	601,33	248,66	65,33	76,66	1,00	0,33	1,00	6,33	0,66	38,00	125,33
		COPEPODA	265,66	624,66	271,32	72,99	85,99	1,00	0,33	1,00	6,33	0,99	38,00	128,66
		UKUPNO	**274,32**	**719,66**	**340,98**	**98,99**	**91,31**	**1,00**	**0,33**	**3,99**	**6,66**	**1,98**	**41,32**	**189,98**
pridneni sloj	**50 cm iznad dna**	*B. longirostris*	8,66	92,66	32,66	17,33	6,66							32,66
		B. affinis								1,33	5,33	0,33	1,33	
		A. quadrangularis						0,33		1,00	20,00	1,00	2,66	
		A. rectangula					1,33			0,33	4,00		2,00	
		A. guttata				2,00	1,33						1,33	
		A. nana								0,66	13,33	1,33	10,66	
		C. sphaericus					0,66				2,66			
		C. lilljeborgi									0,66			
		P. Leavis					0,33							
		M. rosea				1,33	0,33							
		A. elongatus											0,66	
		A. harpae								0,33	18,66		2,66	
		C. dubia		1,00		0,66	0,33						0,66	
		D. longirostris										0,33	0,00	
		E. lamellatus											2,66	
		D. brachyurum			1,33									
		CLADOCERA	8,66	93,66	33,99	21,32	10,97	0,33		3,65	64,64	2,99	24,62	32,66
		E. macruroides			0,33	2,66	0,66	0,66		0,66	9,33	0,66	2,00	
		M. albidus											1,33	
		C. steueri	1,00			0,66	0,33	0,66				0,33		
		copCyc	2,66	20,00	14,66	21,33	25,33	1,00		0,33	22,67	0,33	6,66	2,00
		copCal	2,00	1,00										
		Nauplii	260,00	530,66	141,33	18,66	96,00		0,33	1,00	2,66	0,33	32,66	31,33
		COPEPODA	265,66	551,66	156,32	43,31	128,98	2,32	0,33	1,99	34,66	1,65	42,65	33,33
		UKUPNO	**274,32**	**645,32**	**190,31**	**64,63**	**139,95**	**2,65**	**0,33**	**5,64**	**99,30**	**4,64**	**67,27**	**65,99**
		SVEUKUPNO	**548,64**	**1364,98**	**531,29**	**163,62**	**231,26**	**3,65**	**0,66**	**9,63**	**105,96**	**6,62**	**108,59**	**255,97**

Tablica 5. Biomasa (ind/10 L) planktonskih rakova tijekom istraživanja u Svitavskom jezeru na postaji S1. Legenda: copCyc- ciklopoidni kopepoditi; copCal- kalanoidni kopepoditi.

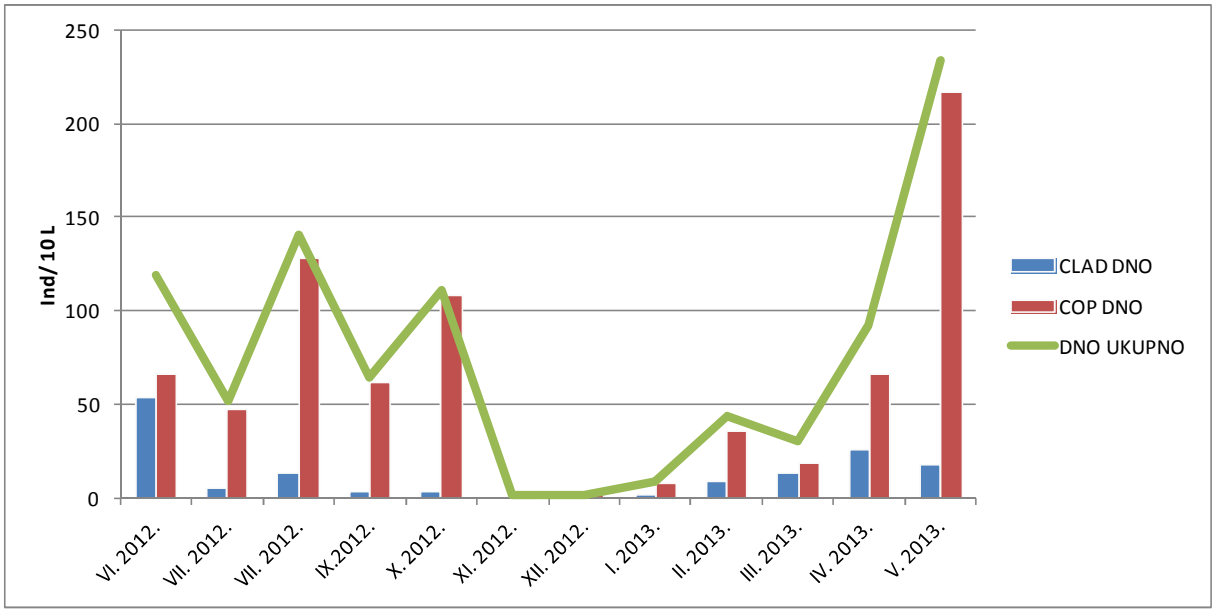
SVITAVA- POSTAJA S1														
Sloj	**Dubina**	**Vrsta/mjesec**	**VI. 2012.**	**VII. 2012.**	**VII. 2012.**	**IX.2012.**	**X. 2012.**	**XI. 2012.**	**XII. 2012.**	**I. 2013.**	**II. 2013.**	**III. 2013.**	**IV. 2013.**	**V. 2013.**
Površinski sloj	**20 cm ispod površine**	*B. longirostris*	17,63	0,75	0,06	0,33	0,31				0,06			0,94
		B. affinis				0,10								
		A. quadrangularis			0,41							0,18	1,35	
		A. rectangula		0,24	0,93	0,22	0,48			0,16				
		A. guttata								0,26		0,22		
		A. nana									0,17	1,12		
		C. sphaericus					2,09							
		C. rectirostris												0,84
		P. Leavis		0,10										
		M. rosea		0,78	0,01									
		A. elongatus												3,80
		A. harpae											3,46	4,33
		S. serrulatus	3,25											25,59
		C. dubia	2,54	1,28										7,45
		D. longirostris												
		E. lamellatus												5,15
		D. brachyurum		0,53	0,30									
		CLADOCERA	23,41	3,68	1,71	0,65	2,88			0,42	0,22	1,52	4,81	48,09
		E. macruroides			1,48	8,35	2,12					5,24	2,30	6,40
		M. albidus												33,44
		C. steueri					1,08					1,59		
		copCyc	1,54	8,06	26,44	22,91	15,18				0,72		1,08	20,35
		copCal	0,81				1,04					0,58		
		Nauplii	51,63	125,01	251,44	137,68	203,30		1,56	0,69	2,32	3,57	33,57	79,10
		COPEPODA	53,98	133,07	279,36	168,95	222,72		1,56	0,69	3,04	10,98	36,95	139,29
		UKUPNO	**77,40**	**136,75**	**281,08**	**169,60**	**225,60**		**1,56**	**1,11**	**3,26**	**12,50**	**41,76**	**187,38**
Pridneni sloj	**50 cm iznad dna**	*B. longirostris*	17,63	1,03	0,27	0,08	0,28					0,06		1,99
		B. affinis			0,33					0,52	0,65	5,57	10,41	
		A. quadrangularis			3,93						3,62	6,91	30,94	4,46
		A. rectangula		0,37	2,00	0,32	0,42						0,57	
		A. guttata			0,33						1,02		0,75	
		A. nana									0,35	0,84	0,20	
		C. sphaericus									0,46	2,12		0,42
		C. rectirostris												
		P. Leavis										1,44		
		M. rosea				13,56								
		A. elongatus												2,97
		A. harpae									1,32	3,41	22,82	4,41
		S. serrulatus	3,25				19,06							6,97
		C. dubia	2,54				3,03						16,82	13,78
		D. longirostris										0,27		
		E. lamellatus											5,15	
		D. brachyurum												
		CLADOCERA	23,41	1,39	6,86	13,95	22,79			0,52	7,41	20,62	87,65	35,01
		E. macruroides			16,38	12,07	7,42				78,34	19,86	63,92	3,68
		M. albidus											113,00	84,03
		C. steueri				0,40				6,38		3,52		
		copCyc	1,54	4,40	28,34	30,66	28,90	0,69		1,09	8,57		9,56	41,55
		copCal	0,81				0,50					0,32		
		Nauplii	51,63	34,74	89,74	20,14	64,12	0,31	1,96	3,86	15,57	11,45	38,31	152,89
		COPEPODA	53,98	39,14	134,46	63,27	100,95	1,00	1,96	11,33	102,48	35,15	224,79	282,15
		UKUPNO	**77,40**	**40,53**	**141,32**	**77,22**	**123,74**	**1,00**	**1,96**	**11,85**	**109,89**	**55,77**	**312,44**	**317,16**
		SVEUKUPNO	**154,79**	**177,28**	**422,40**	**246,82**	**349,34**	**1,00**	**3,52**	**12,96**	**113,16**	**68,28**	**354,20**	**504,54**

Tablica 6. Biomasa (ind/10 L) planktonskih rakova tijekom istraživanja u Svitavskom jezeru na postaji S2. Legenda: copCyc- ciklopoidni kopepoditi; copCal- kalanoidni kopepoditi.

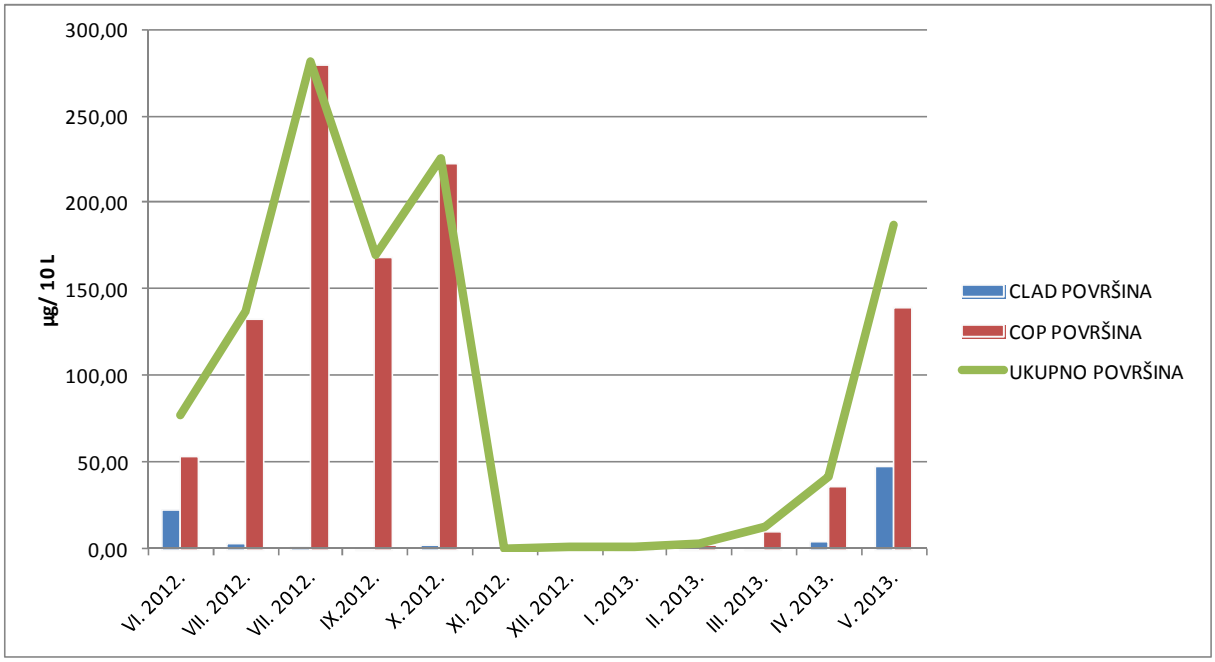
SVITAVA- POSTAJA S2														
Sloj	**Dubina**	**Vrsta/mjesec**	**VI. 2012.**	**VII. 2012.**	**VII. 2012.**	**IX.2012.**	**X. 2012.**	**XI. 2012.**	**XII. 2012.**	**I. 2013.**	**II. 2013.**	**III. 2013.**	**IV. 2013.**	**V. 2013.**
Površinski sloj	**20 cm ispod površine**	*B. longirostris*	2,64	12,11	16,68	5,26	3,75						0,37	20,93
		B. affinis								0,79				3,01
		A. quadrangularis					0,40						0,28	
		A. rectangula											0,19	
		A. guttata		0,43									0,34	
		A. nana										0,30	0,10	
		C. sphaericus								0,96	0,23			
		C. lilljeborgi												
		P. Leavis												
		M. rosea												
		A. elongatus												
		A. harpae										0,48	0,49	
		C. dubia					0,68							
		D. longispina			0,39									
		E. lamellatus												
		D. brachyurum												
		CLADOCERA	2,64	12,54	17,08	5,26	4,84			1,75	0,23	0,77	1,77	23,94
		E. macruroides				2,18								6,36
		M. albidus												
		C. steueri	1,25											
		copCyc	1,37	11,99	14,85	5,47	5,63					0,30		1,38
		copCal	0,73	0,79	1,62		0,73							
		Nauplii	222,95	521,83	216,36	60,23	72,57	0,85	0,38	1,07	5,88	0,62	34,98	111,18
		COPEPODA	226,30	534,61	232,82	67,88	78,93	0,85	0,38	1,07	5,88	0,92	34,98	118,92
		UKUPNO	**228,94**	**547,15**	**249,90**	**73,14**	**83,77**	**0,85**	**0,38**	**2,82**	**6,12**	**1,69**	**36,75**	**142,86**
Pridneni sloj	**50 cm iznad dna**	*B. longirostris*	2,64	22,07	7,94	3,38	3,44							9,60
		B. affinis								0,65	10,76	0,06	8,66	
		A. quadrangularis						0,28		0,21	14,94	0,22	7,79	
		A. rectangula					1,00			0,17	2,61		1,73	
		A. guttata				0,41	0,30						1,13	
		A. nana								0,28	5,60	0,56	3,73	
		C. sphaericus					1,34				2,59			
		C. lilljeborgi									1,42			
		P. Leavis												
		M. rosea				0,16	0,01							
		A. elongatus											1,55	
		A. harpae								0,74	35,86		4,98	
		C. dubia		1,56		1,06	0,81						2,37	
		D. longirostris										0,75		
		E. lamellatus											10,29	
		D. brachyurum			0,45									
		CLADOCERA	2,64	23,63	8,39	5,01	6,89	0,28		2,05	73,77	1,58	42,23	9,60
		E. macruroides			0,42	8,69	1,91	3,27		1,42	50,00	2,26	13,40	
		M. albidus											12,07	
		C. steueri	1,25			1,60	0,53	2,46				1,61		
		copCyc	1,37	10,05	9,27	35,19	23,61	1,35		0,31	27,65	0,23	8,32	2,11
		copCal	0,73	0,29			3,99							
		Nauplii	222,95	469,47	133,47	17,46	92,37		0,27	1,01	2,71	0,31	29,83	27,58
		COPEPODA	226,30	479,82	143,15	62,94	122,41	7,08	0,27	2,74	80,36	4,41	63,63	29,70
		UKUPNO	**228,94**	**503,45**	**151,54**	**67,95**	**129,30**	**7,35**	**0,27**	**4,79**	**154,13**	**5,99**	**105,86**	**39,30**
		SVEUKUPNO	**457,88**	**1050,60**	**401,45**	**141,09**	**213,07**	**8,21**	**0,66**	**7,61**	**160,24**	**7,69**	**142,60**	**182,15**



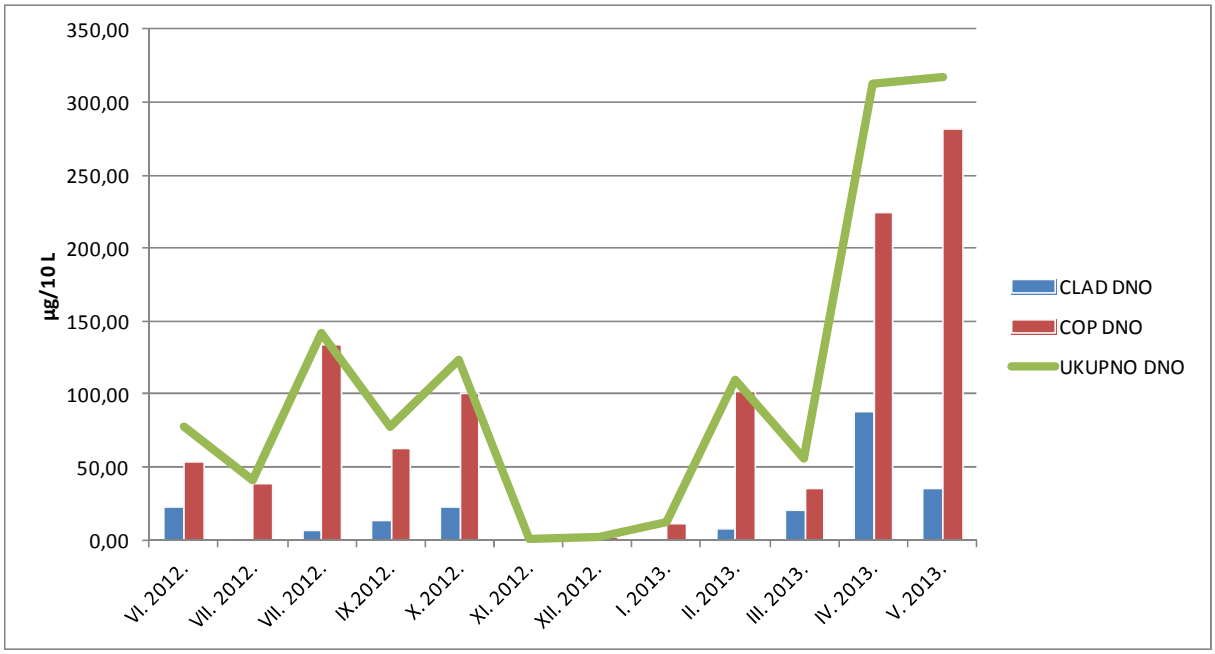
Slika 34. Brojnosti (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u Svitavskom jezeru na postaji S1 u površinskom sloju. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda



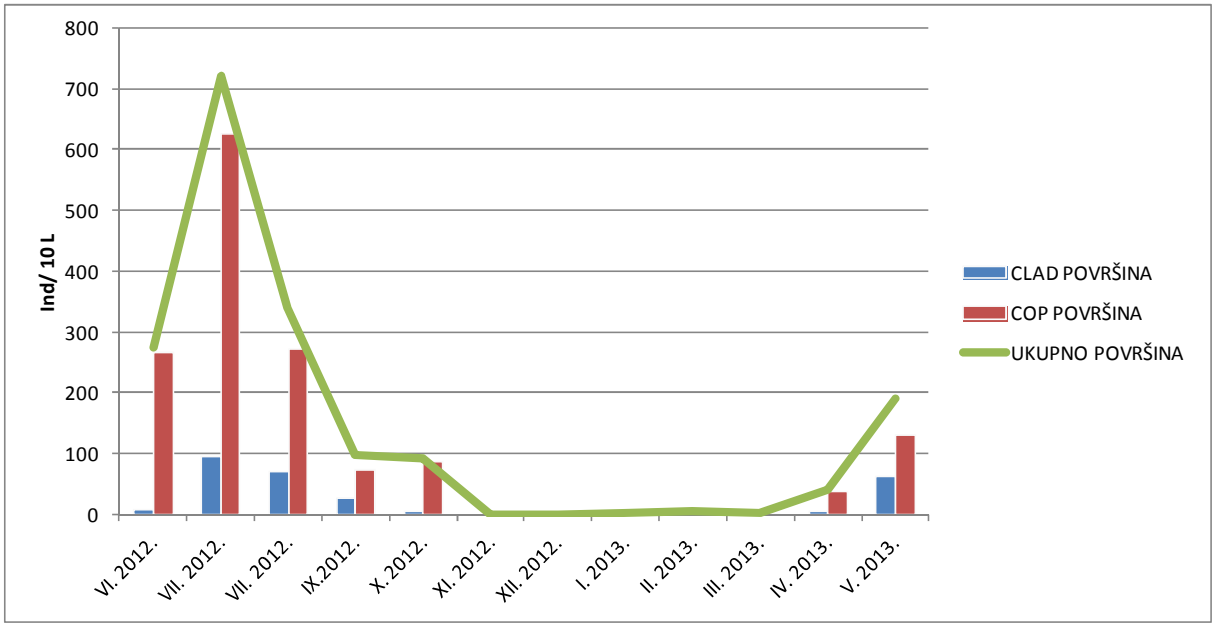
Slika 35. Brojnosti (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u Svitavskom jezeru na postaji S1 u pridnenom sloju. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda



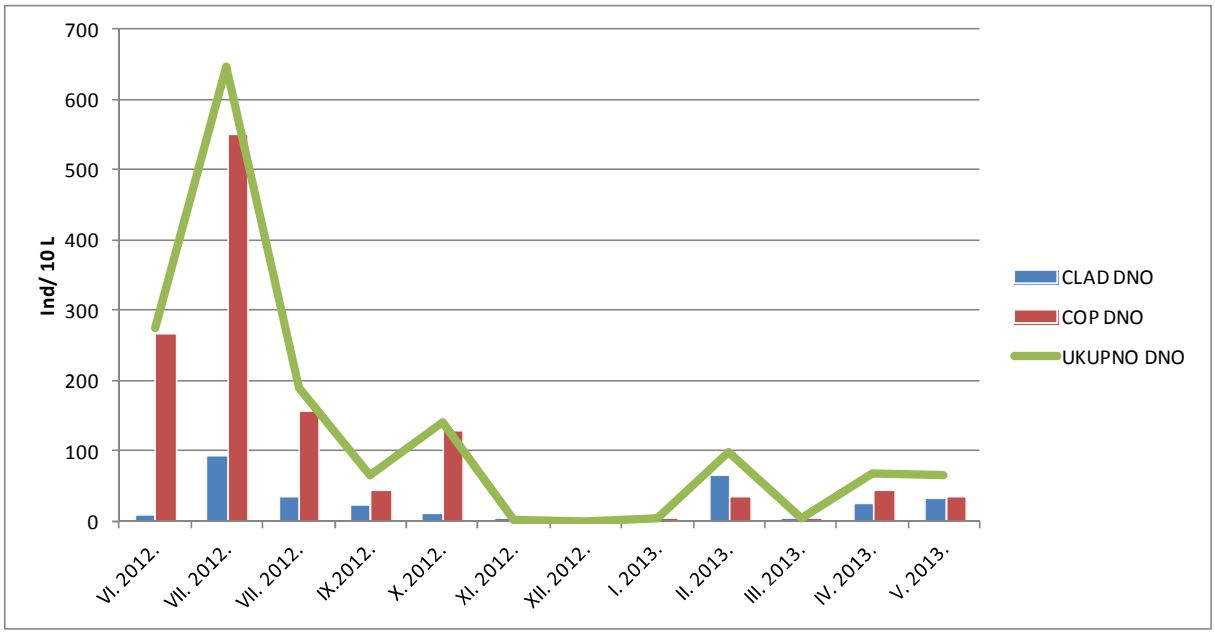
Slika 36. Biomasa (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u Svitavskom jezeru na postaji S1 u površinskom sloju. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda.



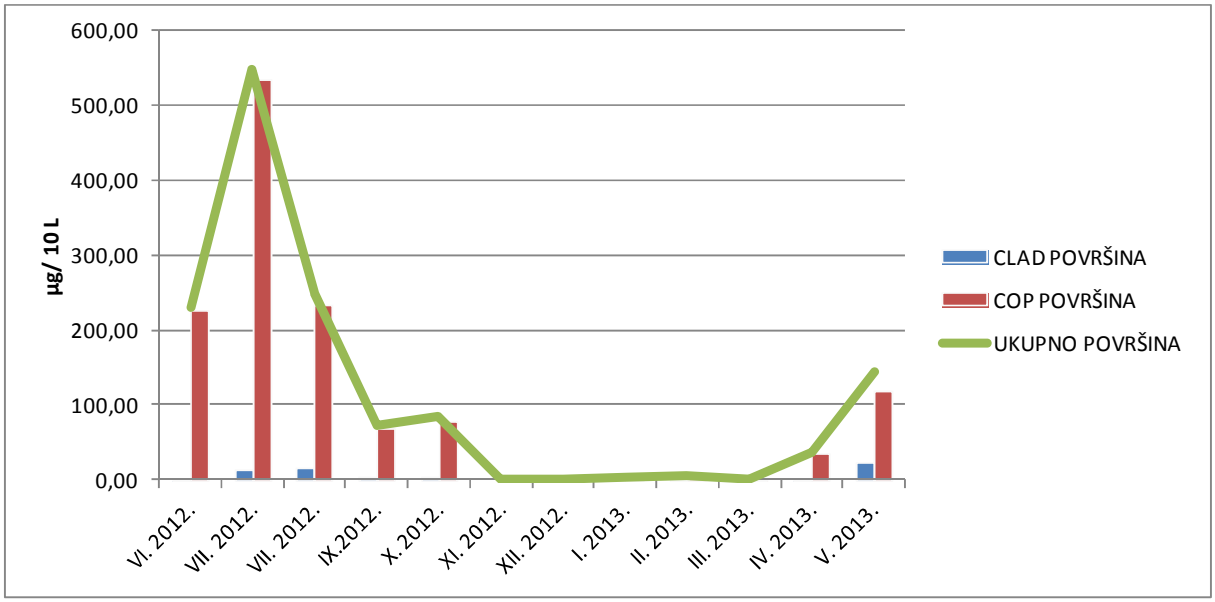
Slika 37. Biomasa (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u Svitavskom jezeru na postaji S1 u pridnenom sloju. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda.



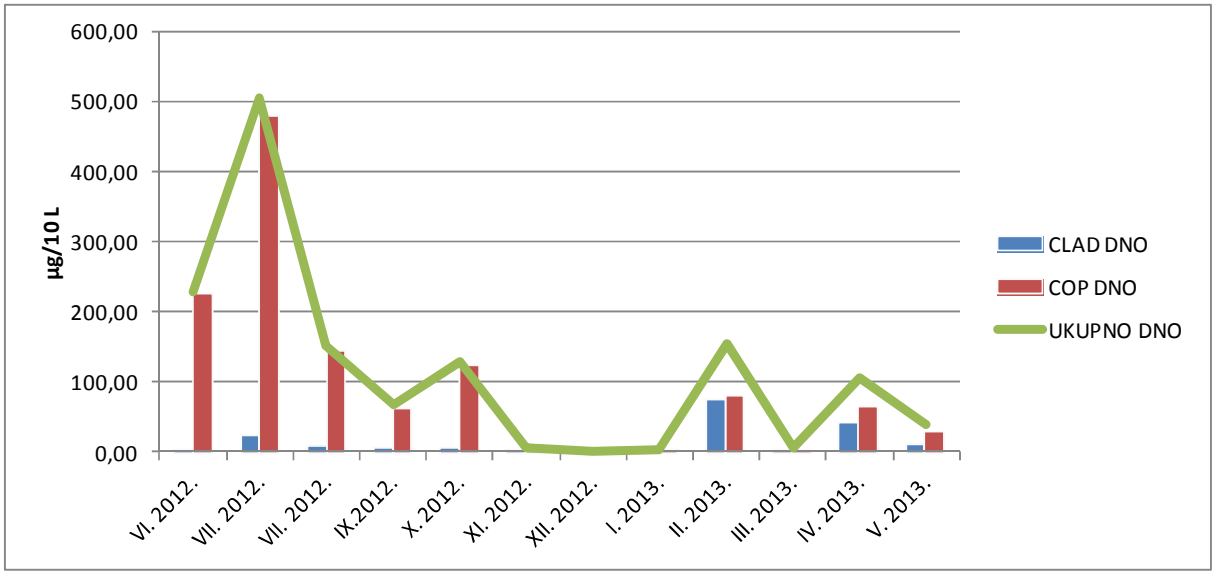
Slika 38. Brojnosti (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u Svitavskom jezeru na postaji S2 u površinskom sloju. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda.



Slika 39. Brojnosti (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u Svitavskom jezeru na postaji S2 u pridnenom sloju. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda.



Slika 40. Biomasa (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u Svitavskom jezeru na postaji S2. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda.



Slika 41. Biomasa (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u Svitavskom jezeru na postaji S2. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda.

5.3.3. Jezero Kuti

U jezeru Kuti utvrđeno je pet vrsta planktonskih rakova. Tri vrste pripadaju skupini rašljoticalaca i to su *B. longirostris*, *C. pulchella* i *P. laevis*. Utvrđen je samo jedan predstavnik ciklopoidnih veslonožaca (vrsta iz roda *Mesocyclops*) i jedna vrsta (*C. aquaedulcis*) iz skupine kalanoidnih veslonožaca.

Svekupna brojnost i biomasa zooplanktonskih rakova ostvaruje dva maksimuma, jesenski i proljetni (Tablice 7 i 8). U površinskom sloju jesenski maksimum je zabilježen u listopadu 2012., a proljetni u ožujku 2013. godine. U pridnenom sloju maksimumi kasne po jedan mjesec pa je jesenski maksimum zabilježen u studenom 2012., a proljetni u travnju 2013. godine. Ljetni i zimski minimum u ukupnoj brojnosti i biomasi za površinski sloj zabilježen je u srpnju odnosno prosincu 2012. godine, dok su minimumi pridnenog sloja zabilježeni u lipnju 2012. i siječnju 2013. godine (Slike 42 - 45).

Maksimalne vrijednosti ukupne brojnosti i biomase zajednice planktonskih rakova površinskog sloja zabilježene su u ožujku 2013. godine s vrijednostima 216 ind/10 L, odnosno 230,82 µg/10 L. Minimalne vrijednosti zabilježene su u prosincu 2012. godine i iznosile u 12 ind/10 L za brojnost i 9,19 µg/10 L za biomasu (Tablice 7 i 8).

Granične vrijednosti ukupne brojnosti i biomase zajednice planktonskih rakova u pridnenom sloju kretale su se od minimalnih 23 ind/10 L i 19,46 µg/10 L u siječnju do maksimalnih 171 ind/10 L za brojnost i 168,97 µg/10 L za biomasu u travnju 2013. godine (Tablice 7 i 8).

U površinskom sloju skupina veslonožaca je brojnija od skupine rašljoticalaca u svim mjesecima osim prosinca 2012. i veljače 2013. godine. U pridnenom sloju rašljoticalci preuzimaju dominaciju samo u veljači 2013. godine.

Tijekom istraživanog razdoblja najbrojniji su bili razvojni stadiji, prvenstveno nauplii. U brojnosti i biomasi iza nauplia slijede kopepoditni stadiji od kojih kalanoidni kopepoditi imaju veću brojnost od ciklopodnih kopepodita. Izuzetak je veljača 2013. godine kada je u uzorcima najbrojnija i biomasom najzastupljenija vrsta *B. longirostris*.

Zastupljenost nauplia u sveukupnoj brojnosti planktonskih rakova kretala se od 30 % do 82 %. Udio nauplia u sveukupnoj biomasi sličnih je graničnih vrijednosti s najmanjim udjelom od 30 %, do najviših 88 %. Nauplii su maksimalnu brojnost postizali u površinskom

sloju u listopadu 2012. i ožujku 2013. godine, odnosno za vrijeme jesenskog i proljetnog maksimuma. Ukupna brojnost nauplia bila je nešto niža u pridnenom sloju s tim da je proljetni maksimum kasnio jedan mjesec u odnosu na površinski sloj.

Najmanja brojnost nauplia u površinskom sloju od 2 ind/10 L zabilježena je u prosincu 2012., dok je u ožujku zabilježen maksimum od 173 ind/10 L. Najmanja i najveća vrijednost brojnosti nauplia u pridnenom sloju je 10 ind/10 L i 128 ind/na 10 L u siječnju i travnju 2013. godine. Vrijednosti biomase su u istim mjesecima najniže, odnosno najviše u oba sloja.

Vrsta *B. longirostris* prisutna je cijele godine, a maksimume doseže u kolovozu 2012. i u veljači 2013. godine u oba sloja vode kada njen udio u sveukupnoj brojnosti iznosi 38 % odnosno 55 %. Najveća brojnost u pridnenom sloju od 48 ind/10 L zabilježena je u kolovozu 2012., dok je vrijednost biomase najveća u veljači 2013. godine i iznosi 26,63 µg/10 L. Jedinke vrste *B. longirostris* su veličinom, a samim tim i masom veće u zimskim mjesecima u odnosu na toplije razdoblje godine. Najmanja brojnost vrste *B. longirostris* zabilježena je u svibnju 2013. i iznosila je 2 ind/10 L, dok je najmanja vrijednost biomase od 0,57 µg/10 L zabilježena u lipnju 2012. godine. U površinskom sloju vrsta *B. longirostris* u veljači 2013. godine doseže maksimume brojnosti i biomase s vrijednostima 69 ind/10 L i 80,74 µg/10 L, dok su minimalne vrijednosti zabilježene u travnju 2013. godine s manje od 1 ind/10 L odnosno 0,07 µg/10 L.

Od ostalih predstavnika rašljoticalaca vrsta *C. pulchella* prisutna je u oba sloja u lipnju, srpnju, kolovozu i rujnu 2012., te svibnju 2013. godine samo u pridnenom sloju. Srednja zastupljenost u sveukupnoj biomasi iznosila je 4 %.

Vrsta *P. laevis* se tijekom istraživanja pojavljuje sporadično, te je zabilježena samo u rujnu 2012. godine u pridnenom sloju s manjom brojnošću od 1 ind/10 L.

Predstavnik ciklopoidnih veslonožaca iz roda *Mesocyclops* nije determiniran do vrste, budući da u svim uzorcima nisu zabilježene odrasle jedinke, nego samo kopepoditni stadiji.

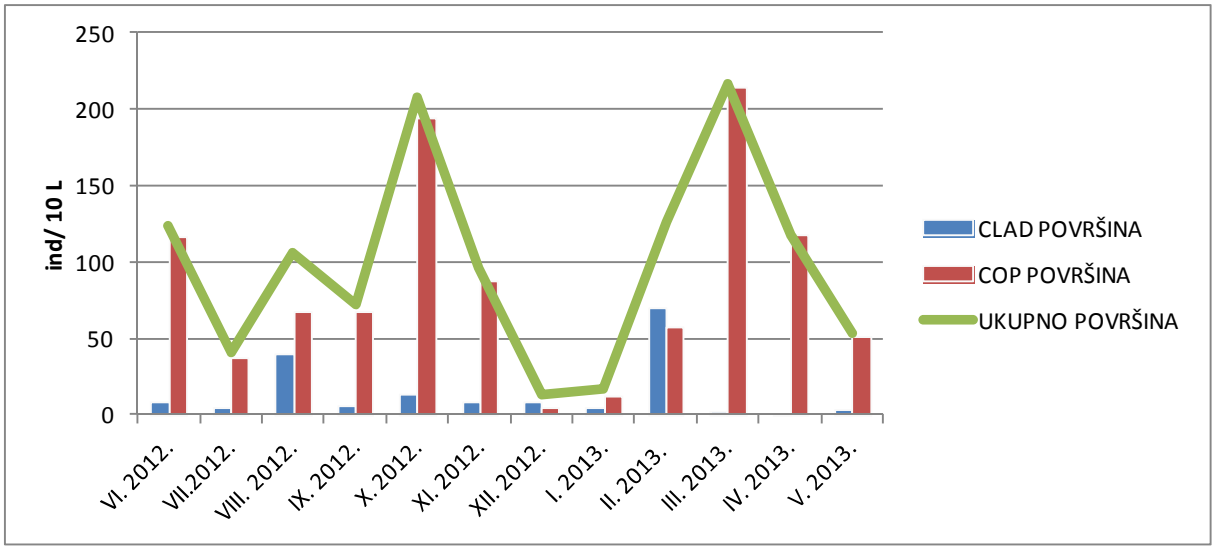
U omjeru spolova vrste *C. steueri* prevladavaju ženke s udjelom od 74 % u sveukupnoj brojnosti, od čega 13 % otpada na ženke s jajašcima, dok je mužjaka 26 %.

Tablica 7. Brojnost (ind/10 L) planktonskih rakova tijekom istraživanja u jezeru Kuti. Legenda: copCyc- ciklopoidni kopepoditi; copCal- kalanoidni kopepoditi.

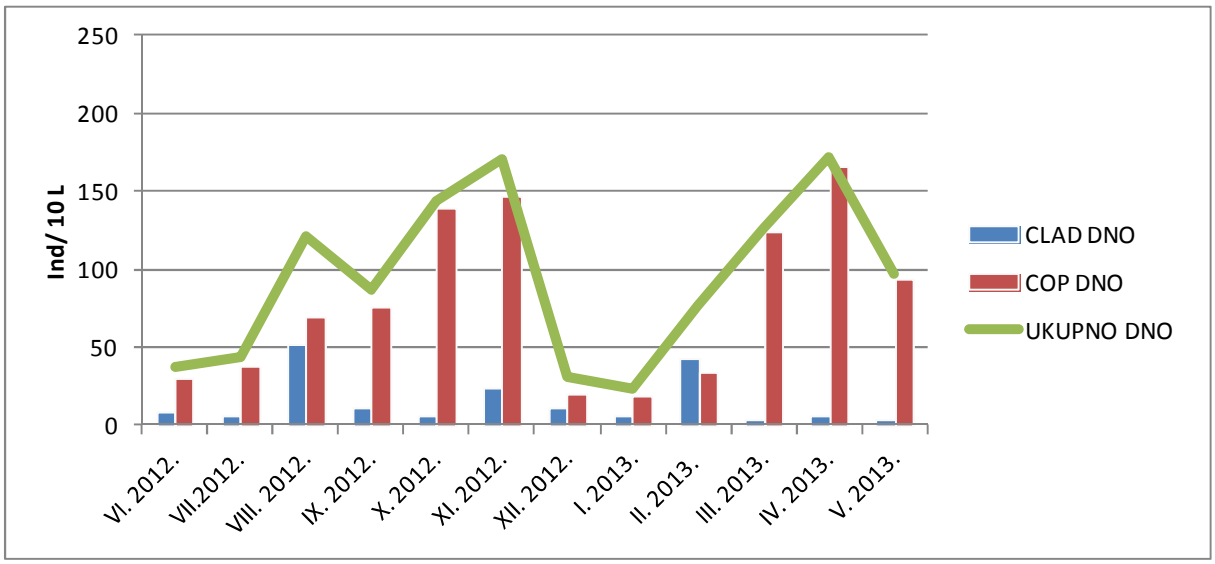
Sloj	Dubina	Vrsta/Mjesec	VI. 2012.	VII. 2012.	VIII. 2012.	IX. 2012.	X. 2012.	XI. 2012.	XII. 2012.	I. 2013.	II. 2013.	III. 2013.	IV. 2013.	V. 2013.
Površinski sloj	20 cm ispod površine	*B. longirostris*	2,66	2,66	37,33	2,66	13,33	8	8	4	69,33	2,33	0,33	2,66
		C. pulchella	5,33	1,33	2,33	2,66								
		P. Leavis												
		CLADOCERA	7,99	3,99	39,66	5,32	13,33	8	8	4	69,33	2,33	0,33	2,66
		Mesocyclops sp.												
		C. aquaedulcis							1	0,66	0,66	0,33		
		copCyc	4	1,33	18,66		18,66	13,33		3	3	24,66	10,66	3
		copCal	56	18,66	16	10,66	37,33	10,66	1	3,33	26,66	16	5,33	5,33
		Nauplii	56	17	32	56	138,66	64	2,66	5,33	26,66	173,33	101,33	42,66
		COPEPODA	116	36,99	66,66	66,66	194,65	87,99	4,66	12,32	56,98	214,32	117,32	50,99
		UKUPNO	**123,99**	**40,98**	**106,32**	**71,98**	**207,98**	**95,99**	**12,66**	**16,32**	**126,31**	**216,65**	**117,65**	**53,65**
Pridneni sloj	50 cm iznad dna	*B. longirostris*	3,66	3,33	4	8	5,33	24	10,66	5,33	42,66	2,66	6	2
		C. pulchella	4,33	2	4	2,66								1
		P. Leavis				0,33								
		CLADOCERA	7,99	5,33	52	10,99	5,33	24	10,66	5,33	42,66	2,66	6	3
		Mesocyclops sp.												
		C. aquaedulcis				0,66					1,33	0,33	0,33	0,33
		copCyc	3	0,33	21,33	3	21,66	48	0,33	3,33		19	11	2,66
		copCal	3,33	16	18,66	18,66	2,66	32	1	4	3,66	16	26,66	10,66
		Nauplii	23,33	21,33	29,33	53,33	114,66	66,66	18,66	10,66	29,33	88	128	80
		COPEPODA	29,66	37,66	69,32	75,65	138,98	146,66	19,99	17,99	34,32	123,33	165,99	93,65
		UKUPNO	**37,65**	**42,99**	**121,32**	**86,64**	**144,31**	**170,66**	**30,65**	**23,32**	**76,98**	**125,99**	**171,99**	**96,65**
		SVEUKUPNO	**161,64**	**83,97**	**227,64**	**158,62**	**352,29**	**266,65**	**43,31**	**39,64**	**203,29**	**342,64**	**289,64**	**150,3**

Tablica 8. Biomasa (ind/10 L) planktonskih rakova tijekom istraživanja u jezeru Kuti. Legenda: copCyc- ciklopoidni kopepoditi; copCal- kalanoidni kopepoditi.

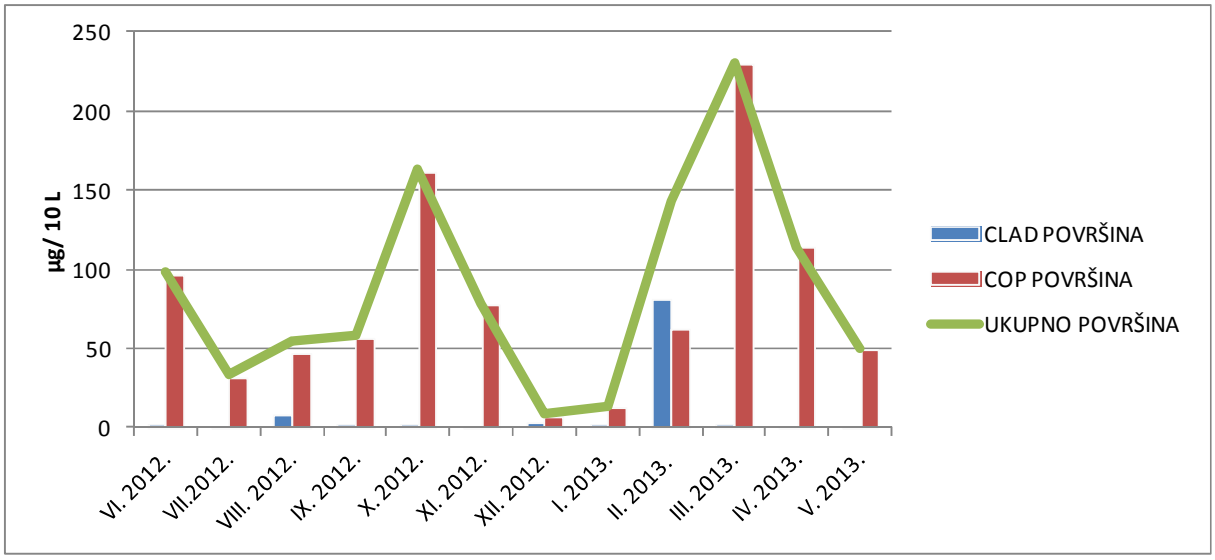
Sloj	Dubina	Vrsta/Mjesec	VI. 2012.	VII. 2012.	VIII. 2012.	IX. 2012.	X. 2012.	XI. 2012.	XII. 2012.	I. 2013.	II. 2013.	III. 2013.	IV. 2013.	V. 2013.
Površinski sloj	20 cm ispod površine	*B. longirostris*	0,54	0,49	7,41	0,57	1,90	1,03	2,66	1,99	80,74	1,73	0,08	0,62
		C. pulchella	1,31	0,68	0,30	1,59								
		P. Leavis												
		CLADOCERA	1,85	1,17	7,71	2,16	1,90	1,03	2,66	1,99	80,74	1,73	0,08	0,62
		Mesocyclops sp.												
		C. aquaedulcis							2,67	1,13	3,08	1,07		
		copCyc	3,30	0,90	7,24		6,68	4,88		2,59	1,89	28,75	8,00	2,67
		copCal	41,78	14,87	8,94	5,81	21,09	6,85	0,90	2,83	27,57	15,54	4,42	3,41
		Nauplii	51,63	15,98	30,78	50,18	132,97	65,28	2,97	5,37	29,57	183,73	101,53	42,70
		COPEPODA	96,71	31,75	46,97	55,99	160,75	77,01	6,54	11,92	62,10	229,09	113,95	48,78
		UKUPNO	**98,56**	**32,92**	**54,68**	**58,14**	**162,65**	**78,05**	**9,19**	**13,91**	**142,84**	**230,82**	**114,03**	**49,40**
Pridneni sloj	50 cm iznad dna	*B. longirostris*	0,57	0,75	9,01	0,72	0,53	4,59	2,54	2,61	26,63	3,39	0,77	0,70
		C. pulchella	1,57	1,07	0,94	2,20								0,01
		P. Leavis				0,09								
		CLADOCERA	2,14	1,83	9,95	3,01	0,53	4,59	2,54	2,61	26,63	3,39	0,77	0,71
		Mesocyclops sp.												
		C. aquaedulcis				1,65					4,98	0,90	0,74	0,72
		copCyc	2,44	0,21	8,85	1,24	6,30	26,83	0,16	2,46		19,74	12,09	1,92
		copCal	3,13	12,43	11,01	9,91	1,51	20,58	0,71	3,16	4,52	15,26	20,71	7,22
		Nauplii	22,68	19,94	25,93	48,96	113,17	68,93	20,21	11,24	33,03	93,98	134,66	83,04
		COPEPODA	28,25	32,38	45,79	61,76	120,99	116,33	21,08	16,85	42,52	129,89	168,20	92,89
		UKUPNO	**30,39**	**34,20**	**55,74**	**64,77**	**121,52**	**120,93**	**23,63**	**19,46**	**69,15**	**133,28**	**168,97**	**93,60**
		SVEUKUPNO	**128,95**	**67,12**	**110,42**	**122,91**	**284,17**	**198,97**	**32,82**	**33,37**	**212,00**	**364,10**	**283,00**	**143,00**



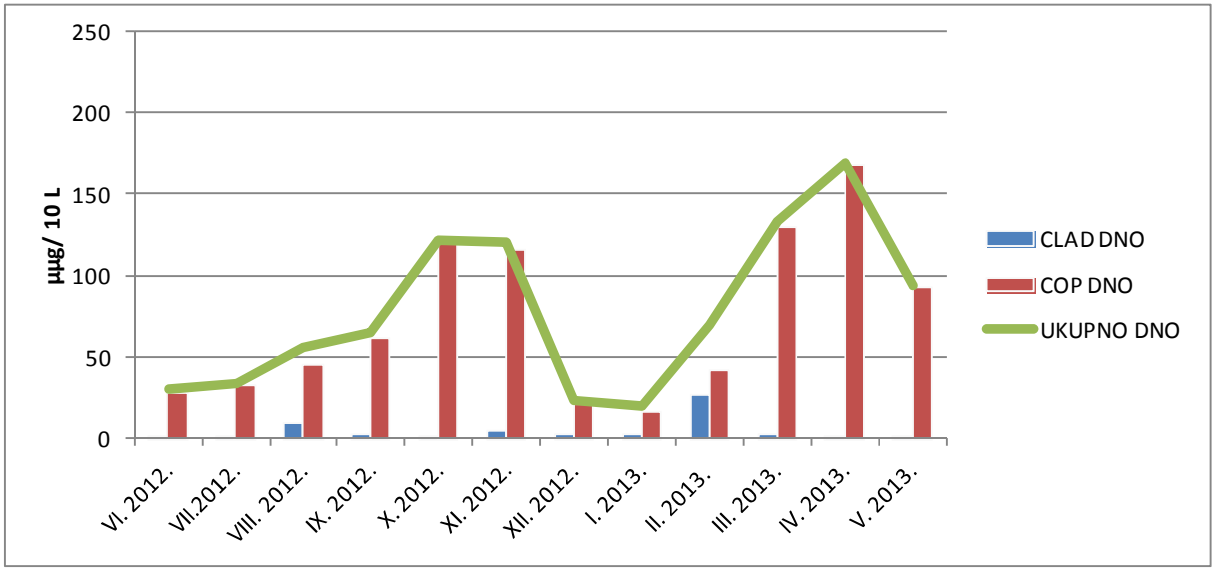
Slika 42. Brojnosti (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u površinskom sloju jezera Kuti. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda.



Slika 43. Brojnosti (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u pridnenom sloju jezera Kuti. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda.



Slika 44. Biomasa (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u površinskom sloju jezera Kuti. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda.



Slika 45. Biomasa (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u pridnenom sloju jezera Kuti. Legenda: CLAD-Cladocera; COP- Copepoda.

5.3.4. Vrelo Bune i izvor Crno Oko

Na vrelu Bune i izvoru Crno Oko sporadično je zabilježeno pojedinačno pojavljivanje jedinki zooplanktona u uzorcima. Na izvoru Crno Oko zabilježe su u listopadu dvije jedinke iz skupine Harpacticoida.

5.3.5. Arapi Vrilo

Arapi Vrilo je jedini limnokreni izvor u ovom istraživanju u kojem je utvrđeno razvijanje zajednice planktonskih rakova. Iz skupine ciklopoidnih veslonožaca utvrđena je vrsta *E. serrulatus*, dok je skupina rašljoticalaca zastupljena s dvije vrste *B. longirostris* i *A. quadrangularis*. U uzorcima su zastupljeni i razvojni stadiji skupine veslonožaca, kopepoditi i nauplii.

Minimalna brojnost jedinki planktonskih rakova tijekom istraživanog razdoblja zabilježena je u listopadu s brojnošću od 0,08 ind/10 L, dok je najveća brojnost utvrđena u kolovozu 2012. godine s 34 ind/10 L. Srednja vrijednost brojnosti planktonskih rakova iznosila je 5 ind/10 L (Tablica 9). Minimalna vrijednost biomase planktonskih rakova zabilježena je u istom mjesecu kad i najmanja brojnost te je iznosila 0,07 µg/10 L. Maksimalna vrijednost biomase također prati mjesec s najvećom brojnošću jedinki, pa je u kolovozu 2012. godine utvrđena ukupna biomasa od 119,84 µg/10 L (Tablica 10).

Predstavnici rašljoticalaca zabilježeni su samo u tri mjeseca i to vrsta *B. longirostris* u kolovozu i rujnu s brojnošću od 0,04 ind/10 L i biomasom od 0,01 µg/10 L, te vrsta *A. quadrangularis* u studenom 2012. godine s podjednakim vrijednostima brojnosti i biomase od 0,04 ind/10 L, odnosno 0,01 µg/10 L.

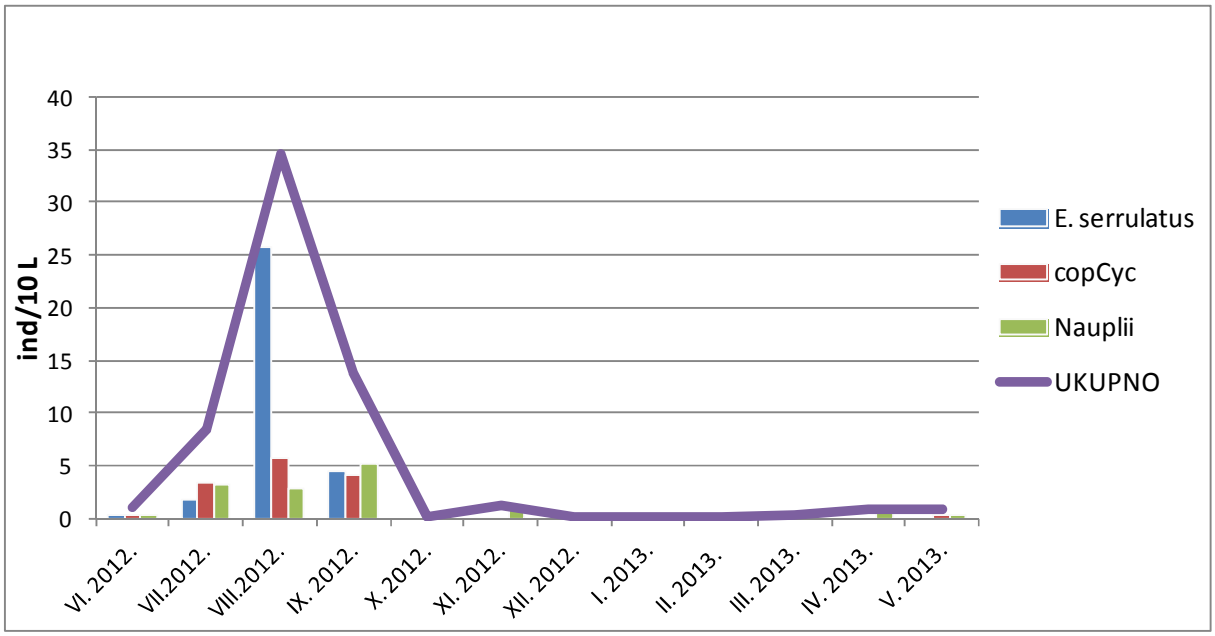
Najveću brojnost i biomasu od 25 ind/10 L, odnosno 108,95 µg/10 L bilježi vrsta *E. serrulatus* u kolovozu 2012. godine (Slike 46 i 47). Odrasle jedinke su prisutne još i u lipnju, srpnju, rujnu i studenom 2012. godine. Po brojnošću iza odraslih jedinki vrste *E. Serrulatus* slijede kopepoditi s vrijednostima od 5 ind/10 L i 8,18 µg/10 L u kolovozu 2012. godine. Kopepoditi su zabilježeni u svim mjesecima osim u listopadu i prosincu 2012. te siječnju i travnju 2013. godine.

Nauplii su bili zastupljeni cijele godine. Minimalne vrijednosti brojnost i biomase iznosile su 0,08 ind/10 L, odnosno 0,07 µg/10 L utvrđenih u listopadu 2012. kao i veljači 2013., dok je maksimalna brojnost od 34,47 ind/10 L zabilježena u kolovozu 2013. godine, a maksimalna vrijednost biomase od 4,82 µg/10 L zabilježena je mjesec iza.

U omjeru spolova vrste *E. serrulatus* prevladavaju ženke s ukupnim udjelom od 90 %, od čega je 25 % ženki s jajašcima.

Tablica 9. Brojnost (ind/10 L) planktonskih rakova tijekom istraživanja u Arapi Vrilu. Legenda: copCyc- ciklopoidni kopepoditi.

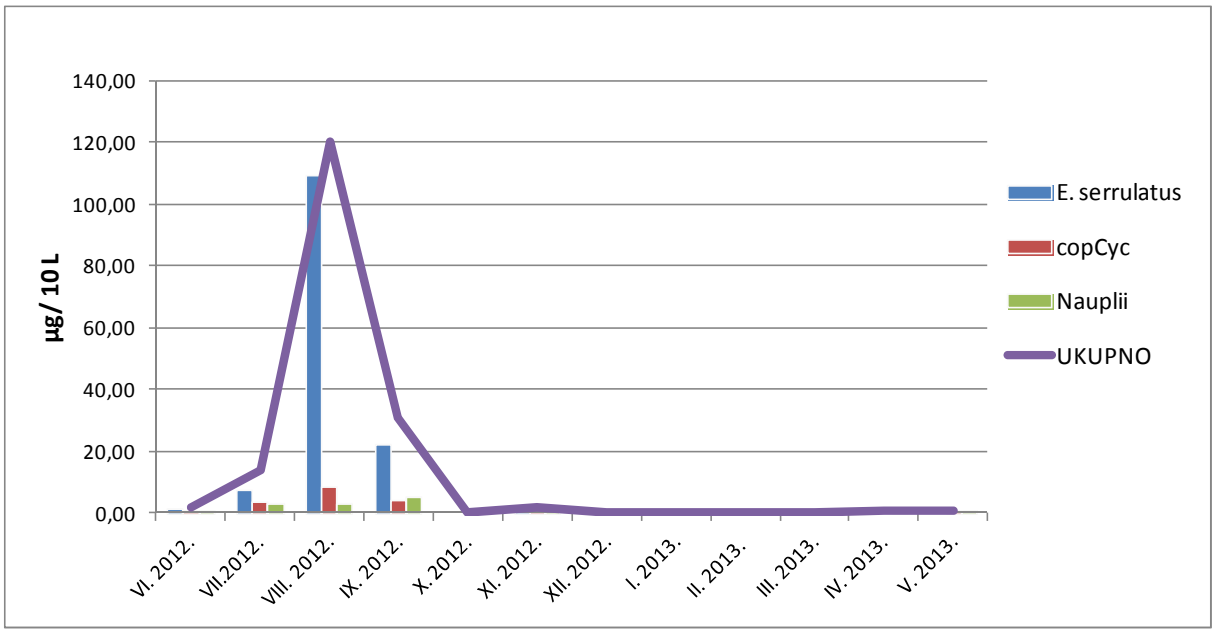
Vrsta/Mjesec	VI. 2012.	VII.2012.	VIII. 2012.	IX. 2012.	X. 2012.	XI. 2012.	XII. 2012.	I. 2013.	II. 2013.	III. 2013.	IV. 2013.	V. 2013.
B. longirostris			0,04	0,04								
A. quadrangularis						0,04						
CLADOCERA			0,04	0,04		0,04						
E. serrulatus	0,34	1,8	25,75	4,44		0,2						
copCyc	0,42	3,37	5,74	4,21		0,2			0,04	0,11		0,38
Nauplii	0,34	3,18	2,98	5,21	0,08	0,84	0,15	0,11	0,08	0,15	0,8	0,46
COPEPODA	1,1	8,35	34,47	13,86	0,08	1,24	0,15	0,11	0,12	0,26	0,8	0,84
UKUPNO	**1,1**	**8,35**	**34,51**	**13,9**	**0,08**	**1,28**	**0,15**	**0,11**	**0,12**	**0,26**	**0,8**	**0,84**



Slika 46. Brojnosti (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u Arapi Vrilu. Legenda: copCyc- ciklopodini kopepoditi.

Tablica 10. Biomasa veslonožaca i rašljoticalaca tijekom istraživanog razdoblja u Arapi Vrilu (µg/10 L).

Vrsta/Mjesec	VI. 2012.	VII.2012.	VIII. 2012.	IX. 2012.	X. 2012.	XI. 2012.	XII. 2012.	I. 2013.	II. 2013.	III. 2013.	IV. 2013.	V. 2013.
B. longirostris			0,01	0,01								
A. quadrangularis						0,09						
CLADOCERA			0,01	0,01		0,09						
E. serrulatus	0,98	7,27	108,95	22,27		0,96						
copCyc	0,45	3,59	8,18	4,03		0,29			0,09	0,12		0,53
Nauplii	0,32	2,93	2,70	4,82	0,07	0,76	0,14	0,11	0,07	0,17	0,76	0,31
COPEPODA	1,74	13,79	119,83	31,12	0,07	2,01	0,14	0,11	0,16	0,29	0,76	0,84
UKUPNO	**1,74**	**13,79**	**119,84**	**31,13**	**0,07**	**2,10**	**0,14**	**0,11**	**0,16**	**0,29**	**0,76**	**0,84**



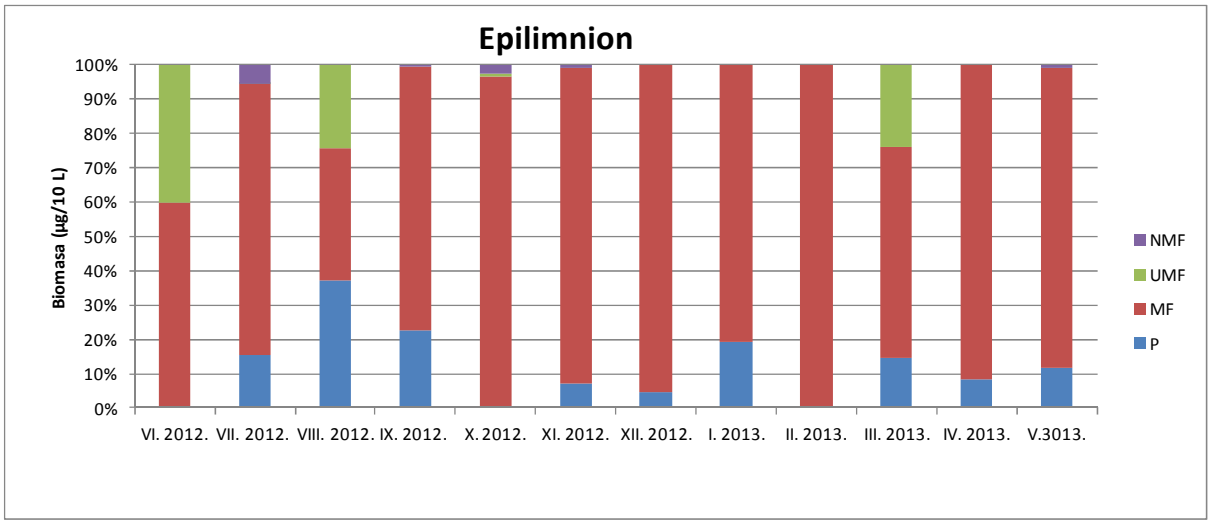
Slika 47. Biomasa (ind/10 L) planktonskih rakova za vrijeme istraživanja u Arapi Vrilu. Legenda: copCyc- ciklopoidni kopepoditi.

5.4. Trofička struktura zooplanktona istraživanih postaja

5.4.1. Jezero Krenica

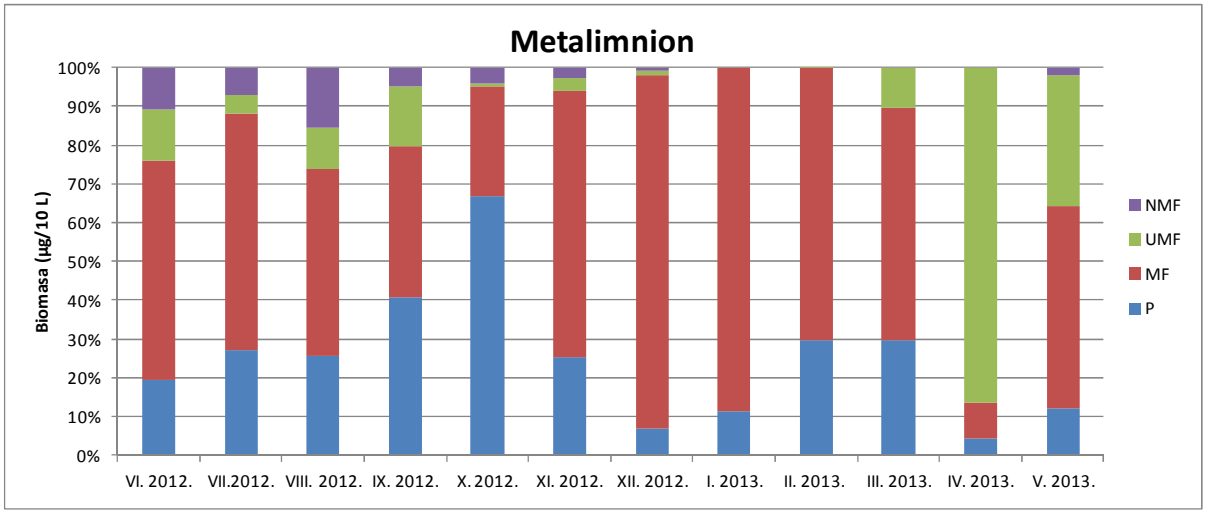
Trofička struktura skupine planktonskih rakova definirana je prema Karabin (1985a). U jezeru Krenica, kao neučinkoviti mikrofiltrator klasificirane su vrste *B. longirostris* i *D. brachyurum*. Učinkoviti mikrofiltrator je vrsta *D. longispina*. Makrofiltratore predstavlja vrsta *C. steueri* s razvojnim stadijima (kalanoidni kopepoditi i svi nauplii). Vrste *C. abbyssorum* (i ciklopoidni kopepoditi) i vrsta *L. kindtii* su klasificirane kao predatori.

U epilimnionu tijekom cijele godine prevladavaju makrofiltratori (Slika 48). Najmanji udio zauzimaju neučinkoviti mikrofiltartori. Učinkoviti mikrofiltratori se javljaju u lipnju i kolovozu 2012., te ožujku 2013. godine. Predatori su prisutni u većini mjeseci ali najveći udio postižu u kolovozu iako ni tada ne prevladavaju u ukupnoj biomasi.



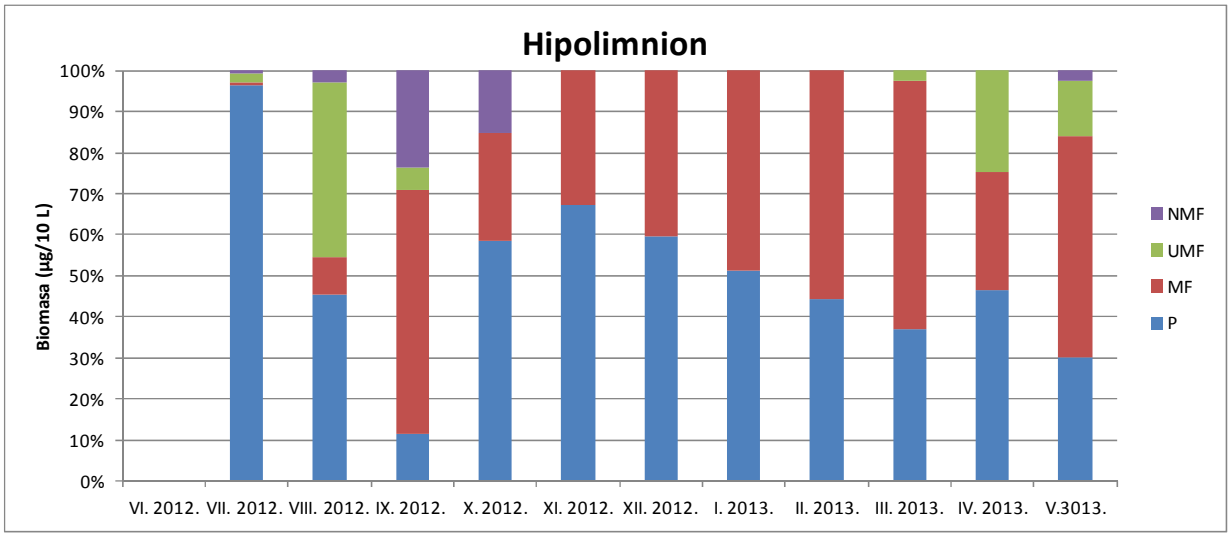
Slika 48. Analiza trofičke strukture u epilimnionu jezera Krenica. Legenda: NMF- neučinkoviti mikrofiltratori; UMF - učinkoviti mikrofiltratori; MF - makrofiltratori; P - predatori.

U metalimnionu nema izražene dominacije jedne trofičke skupine kao što je to slučaj u epilimnionu (Slika 49). Makrofiltratori i predatori su prisutni cijele godine, s tim da makrofiltratori malo prevladavaju u udjelu u ukupnoj biomasi. Učinkoviti mikrofiltartori se javljaju dva puta, u kasno ljeto i kasno proljeće, s tim da u drugoj pojavi postižu veću brojnost pa u travnju 2013. godine i prevladavaju u ukupnoj biomasi zooplanktona. Neučinkoviti mikrofiltratori su kao i u epilimnionu, najmanje značajna trofička skupina.



Slika 49. Analiza trofičke strukture u metalimnionu jezera Krenica. Legenda: NMF- neučinkoviti mikrofiltratori; UMF - učinkoviti mikrofiltratori; MF - makrofiltratori; P - predatori.

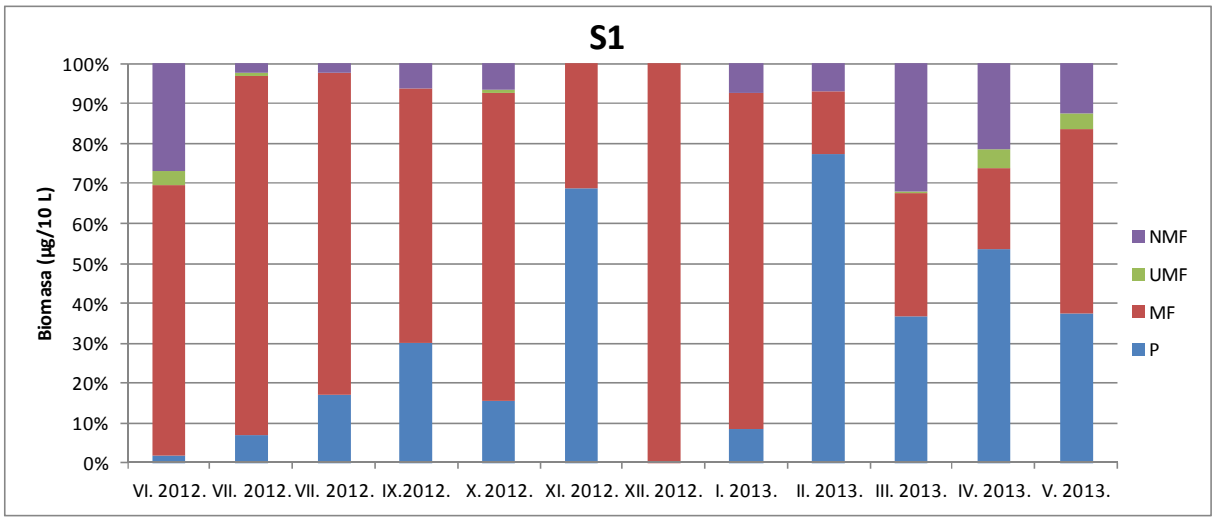
I u hipolimnionu su predatori i makrofiltratori prisutni cijele godine (Slika 50). Predatori imaju malo veći udio u ukupnoj biomasi od makrofiltratora, te maksimum dosežu u srpnju, a makrofiltratori u rujnu 2012. i ožujku 2013. godine. Učinkoviti mikrofiltratori značajniji udio postižu u kolovozu 2012. i travnju 2013. godine. Neučinkoviti mikrofiltratori značajano doprinose ukupnoj biomasi u rujnu i listopadu 2012. godine, dok je ostatak godine njihov udio u ukupnoj biomasi zooplanktona zanemariv.



Slika 50. Analiza trofičke strukture u hipolimnionu jezera Krenica. Legenda: NMF- neučinkoviti mikrofiltratori; UMF - učinkoviti mikrofiltratori; MF - makrofiltratori; P - predatori.

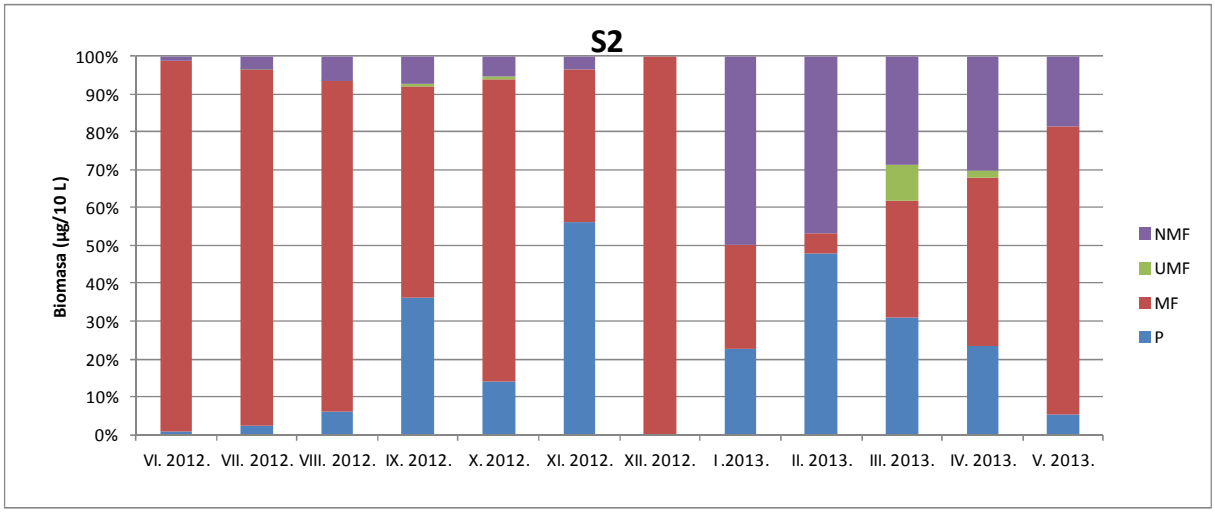
5.4.2. Svitavsko jezero

Vrste rašljoticalaca iz Svitavskog jezera uglavnom pripadaju skupini neučinkovitih mikrofiltratora. Iznimka su vrste *D. longispina* i *C. dubia*, koje pripadaju skupini učinkovitih mikrofiltratora. Makrofiltratore predstavlja vrsta *C. steueri*, te njeni kopepoditi i svi nauplii. Predatori su dvije vrste ciklopoidnih veslonožaca zajedno s kopepoditnim stadijima. Unatoč tome što su u sastavu zastupljenije vrste neučinkovitih mikrofiltratora (Slika 51) na postaji S1 veći dio godine u trofičkoj strukturi biomasom prevladavaju makrofiltratori. Njih po zastupljenosti slijede predatori koji najveću zastupljenost postižu u studenom i veljači. Mikrofiltratori su prisutni cijele godine, ali malom biomasom.



Slika 51. Analiza trofičke strukture u jezeru Svitava na postaji S1. Legenda: NMF- neučinkoviti mikrofiltratori; UMF - učinkoviti mikrofiltratori; MF - makrofiltratori; P - predatori.

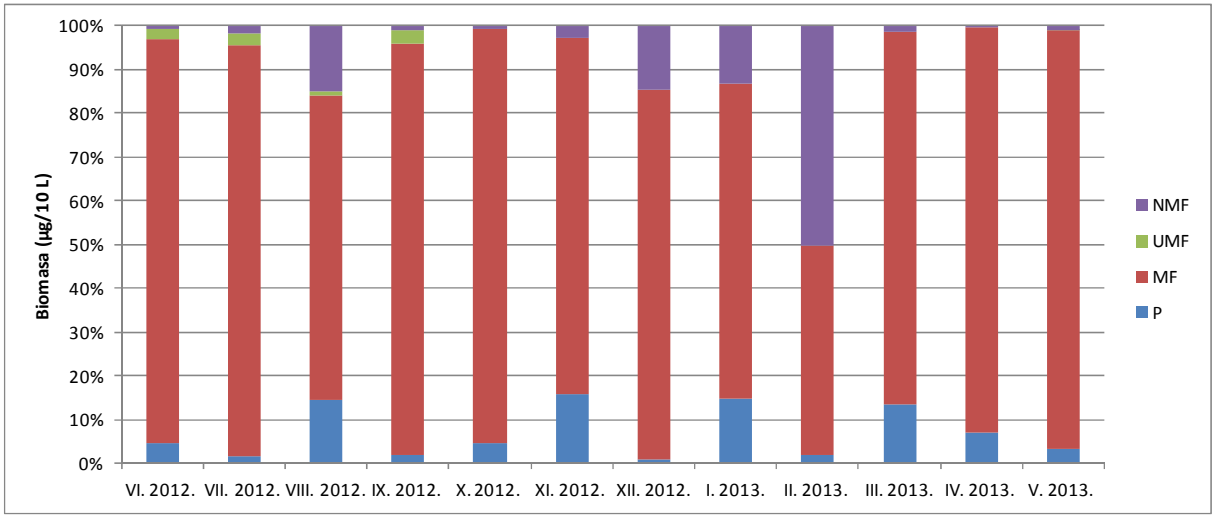
I na postaji S2 najveći udio u trofičkoj strukturi zauzimaju makrofiltratori (Slika 52). U studenom i veljači u trofičkoj strukturi prevladavaju predatori. Neučinkoviti mikrofiltratori su značajni u zimskim mjesecima kada je sveukupna brojnost i biomasa najmanja. I na postaji S2 najmanji udio u trofičkoj strukturi zauzimaju učinkoviti mikrofiltratori.



Slika 52. Analiza trofičke strukture u jezeru Svitava na postaji S2. Legenda: NMF-neučinkoviti mikrofiltratori; UMF - učinkoviti mikrofiltratori; MF - makrofiltratori; P - predatori.

5.4.3. Jezero Kuti

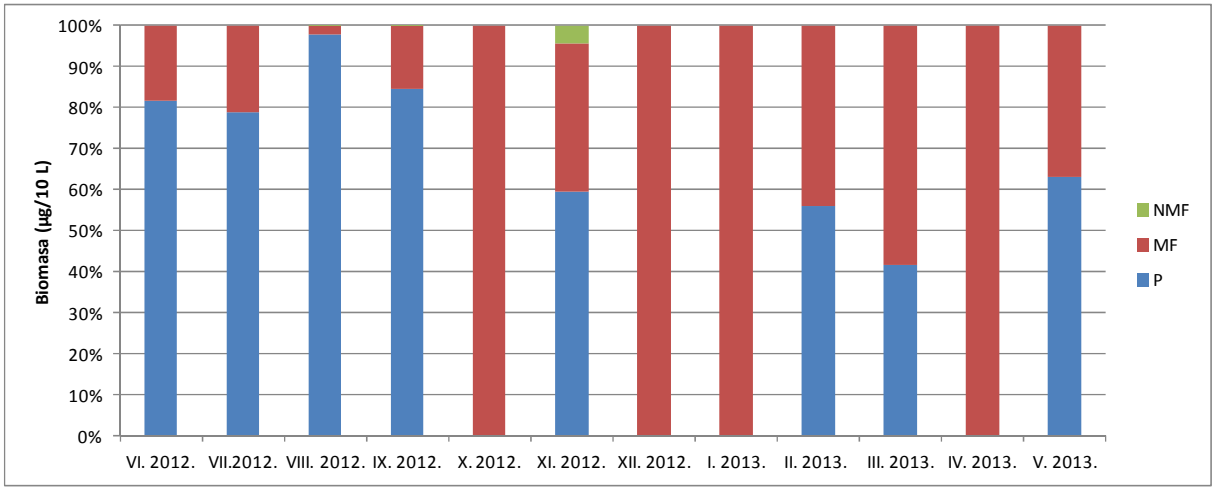
Vrste *B. longirostris* i *P.leavis* su predstavnici neučinkovitih mikrofiltratora u jezeru Kuti. Učinkoviti mikrofiltrator je vrsta *C. pulchella.* Vrsta *C. aquaedulcis* s kalanoidnim kopepoditima i svim naupliima ima ulogu makrofiltratora, dok su ciklopoidni kopepoditi predatori. Tijekom cijele godine u ukupnoj biomasi prevladavaju makrofiltratori. Izuzetak je veljača kada neučinkoviti mikrofiltratori postižu većinski udio u ukupnoj biomasi (Slika 53).



Slika 53. Analiza trofičke strukture u jezeru Kuti. Legenda: NMF-neučinkoviti mikrofiltratori; UMF - učinkoviti mikrofiltratori; MF - makrofiltratori; P - predatori.

5.4.4. Arapi Vrilo

U trofičkoj strukturi zooplanktona izvora Arapi Vrilo prevladavaju predatori (Slika 54). Predatore predstavlja vrsta *E. serrulatus* (odrasle jedinke i kopepoditi). Nauplii čine makrofiltratore koji su prisutni cijele godine, iako sa znatno manjim udjelom. Od mikrofiltratora, u pojedinim mjesecima se javljaju neučinkoviti mikrofiltratori, ali neznačajnog udjela.



Slika 54. Analiza trofičke strukture u izvoru Arapi Vrilo. Legenda: NMF-neučinkoviti mikrofiltratori; UMF - učinkoviti mikrofiltratori; MF - makrofiltratori; P - predatori.

5.5. Dominantnost i konstantnost vrsta

5.4.1. Jezero Krenica

Za izračun dominantnosti i konstantnosti korišteni su podaci o brojnosti iz Tablice 1 i podaci o biomasi iz Tablice 2. Eudominantna vrsta u jezeru Krenica je vrsta *C. steueri.* Predstavnik ciklopoidnih veslonožaca, vrsta *C. abbyssorum* je subdominantna prema brojnosti, a eudominantna prema biomasi. Vrsta *C. steueri* je brojnija, ali vrsta *C. abbyssorum* ima veću biomasu unutar jezera Krenica. Dominantne su dvije vrste rašljoticalaca i to *D. longispina* i *D. brachyurum*, s tim da je *D. longispina* prisutnija i brojnija od vrste *D. brachyuru.* Zbog veličine tijela, vrsta *D. longispina* je prema biomasi eudominantna. Ostala dva predstavnika rašljoticalaca u jezeru Krenica, vrste *B. longirostris* i *L. kindtii* su subrecendentne.

Oba veslonošca i vrsta *D. longispina* su eukonstantne u jezeru Krenica. Vrsta *D. brachyurum* je konstantna, dok su ostale dvije vrste rašljoticalaca akcidentalne.

5.4.2. Svitavsko jezero

U Svitavskom jezeru zabilježene su manje razlike u dominantnosti i konstantnosti vrsta. Osim razvojnih stadija najveći pojedinačni udio u ukupnoj brojnosti postiže vrsta *B. longirostris*. Ona je na postaji S2 eudominantna, dok je na postaji S1 dominantna. Na postaji S2 sve ostale zabilježene vrste su prema brojnosti subrecendentne, dok na postaji S1 vrste *A. harpae*, *E. macruroides* i *M. albidus* postižu malo značajniju dominantnost pa su recendentne. Ukoliko analiziramo dominantnost prema udjelu u ukupnoj biomasi, onda su na postaji S1 dominantna dva predstavnika ciklopoidnih veslonožaca, vrste *E. macruroides* i *M. albidus,* a vrsta *B. longirostris* je zbog male specifične težine recendentna. S druge strane, zbog veće specifične težine, unatoč manjoj brojnosti vrste *A. quadrangularis* i *S. serrulatus* su subdominantne. Na postaji S2 vrsta *B. longirostris* zbog velike brojnosti, a unatoč maloj specifičnoj težini postiže subdominantnost. Subdominantna je prema biomasi na postaji S2 i vrsta *E. macruroides.*

Najčešća vrsta u uzorcima na postaji S1 je vrsta *B. longirostris*. Zabilježena je u 66 % uzoraka. Konstantne su i vrste *E. macruroides* i *B. affinis* i *A. rectangula*. Ostale vrste su

akcesorne ili akcidentalne. Na postaji S2 je vrsta *E. macruroides* je zabilježena u najviše uzoraka za vrijeme trajanja istraživanja te je eukonstantna. Vrsta *B. longirostris* je i na postaji S2 konstantna, kao i vrsta *A. quadrangularis.* Ostale vrste su akcesorne ili akcidentalne. Za izračun dominantnosti i konstantnosti korišteni su podaci o brojnosti iz tablica 3 i 4 i podaci o biomasi iz tablica 5 i 6.

5.4.3. Jezero Kuti

Za izračun dominantnosti i konstantnosti korišteni su podaci o brojnosti iz Tablice 7 i podaci o biomasi iz Tablice 8. U jezeru Kuti, eudominantna je vrsta *B. longirostris* koja je najbrojniji predstavnik rašljoticalaca. Vrsta *C. pulchella* je recendentna, dok su vrste *P. laevis* i *C. aquaedulcis* subrecendentne.

Vrsta *B. longirostris* je i eukonstantna u jezeru Kuti te je zabilježena u svim mjesecima tijekom istraživanog razdoblja. Unatoč maloj brojnosti odraslih jedinki, vrsta *C. aquaedulcis* je konstantna. Vrsta *C. pulchella* je prisutna u malo manje od polovice uzoraka, stoga je akcesorna, dok je vrsta *P. laevis* zabilježena samo jedan mjesec, pa je akcidentalna.

5.4.4. Arapi Vrilo

U fauni zooplanktona Arapi Vrila vrsta *E. serrulatus* je eudominantna, dok su dva rašljoticalaca vrste *B. longirostris* i *A. quadrangularis* subrecendentne.

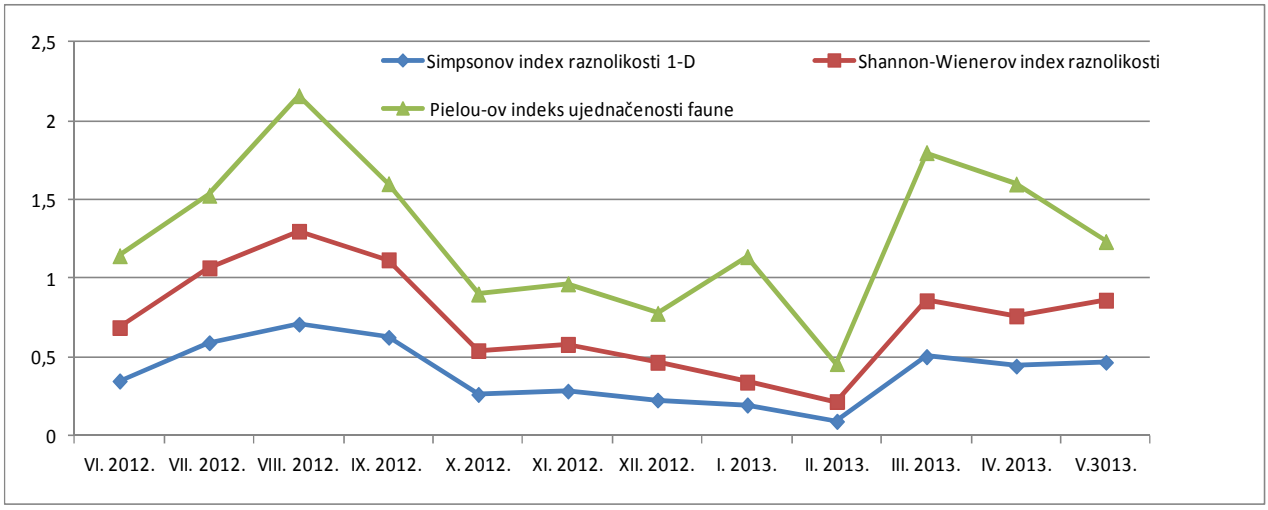
Budući da su odrasle jedinke vrste *E. serrulatus* zabilježene u manje od pola uzoraka, pri izračunu konstantnosti vrsta je akcesorna. Kada bi se u analizu uključili razvojni stadiji, zbog prisutnosti nauplia tijekom cijele godine vrsta *E. serrulatus* bila bi aukonstantna. Obe vrste rašljoticalaca su u fauni Arapi Vrila akcidentalne. Za izračun dominantnosti i konstantnosti korišteni su podaci o brojnosti iz Tablice 9 i podaci o biomasi iz Tablice 10.

5.6. Statistička obrada podataka

5.6.1. Indeksi raznolikosti

5.6.1.1. Jezero Krenica

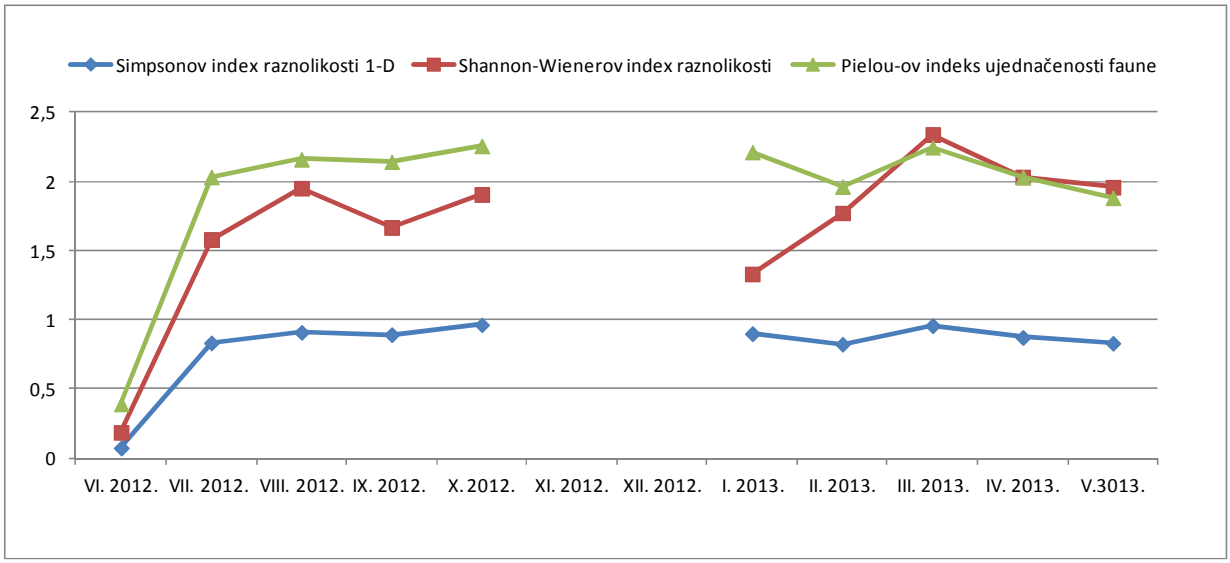
Sva tri indeksa pokazuju isti trend s dva zabilježena porasta vrijednosti u ljetnom i proljetnom razdoblju, i padom vrijednosti kroz jesen i zimu (Slika 55). Najviše vrijednosti sva tri indeksa zabilježene su u kolovozu 2012. godine i iznosile su 0,71 (Simpsonov indeks raznolikosti), 1,3 (Shannon-Wienerov indeks raznolikosti) i 2,16 (Pielouov indeks ujednačenosti faune). Najniže vrijednosti za sva tri indeksa zabilježene su u veljači 2013. godine i iznosile su 0,094 (Simpsonov indeks raznolikosti), 0,22 (Shannon-Wienerov indeks raznolikosti) i 0,46 (Pielouov indeks ujednačenosti faune). Prosječna vrijednost Simpsonovog indeksa bila je 0,39, Shannon-Wienerovog 0,73 a Pielouovog 1,28.



Slika 55. Promjene indeksa raznolikosti tijekom istraživanog razdoblja u jezeru Krenica.

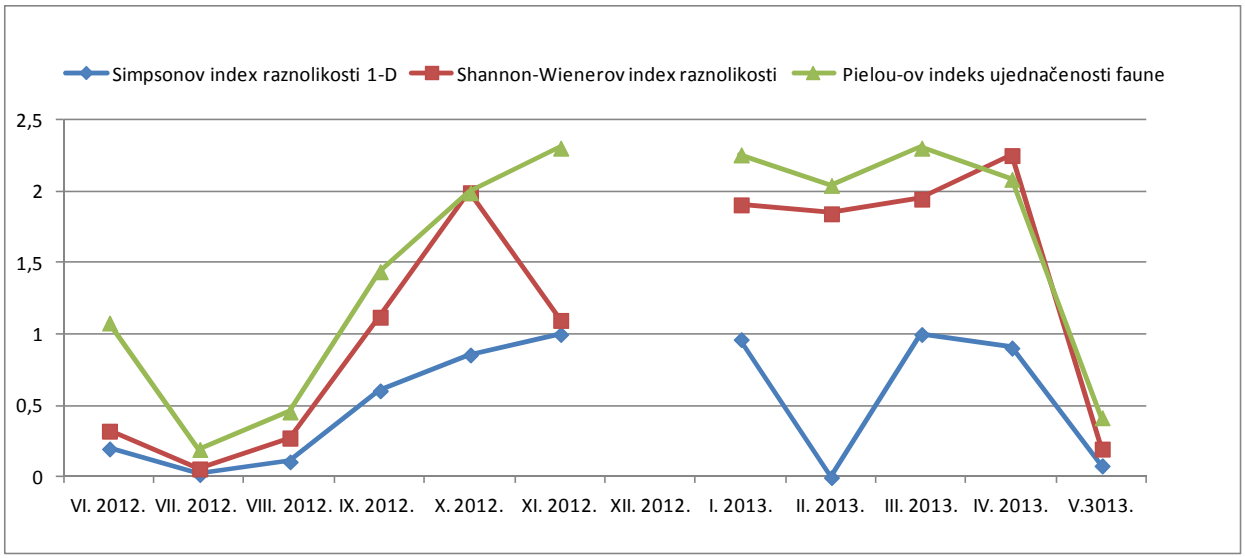
5.6.1.2. Svitavsko jezero

Na postaji S1 zabilježene su veće prosječne vrijednosti sva tri indeksa u odnosu na postaju S2. Na postaji S1 najviše vrijednosti Simpsonovog indeksa raznolikosti (0,96) i Pielouovog indeksa ujednačenosti faune (2,25) zabilježene su u listopadu 2012. godine, dok je najviša vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa raznolikosti (2,34) zabilježena u ožujku 2013. godine (Slika 46). Najniže vrijednosti sva tri indeksa zabilježene su u lipnju 2012. godine i iznosile su 0,08 (Simpsonov indeks raznolikosti), 0,19 (Shannon-Wienerov indeks raznolikosti) i 0,39 (Pielouov indeks ujednačenosti faune). Prosječna vrijednost Simpsonovog indeksa bila je 0,81, Shannon-Wienerovog 1,67, a Pielouovog 1,93 (Slika 56).



Slika 56. Promjene indeksa raznolikosti tijekom istraživanog razdoblja na postaji S1 u jezeru Svitava.

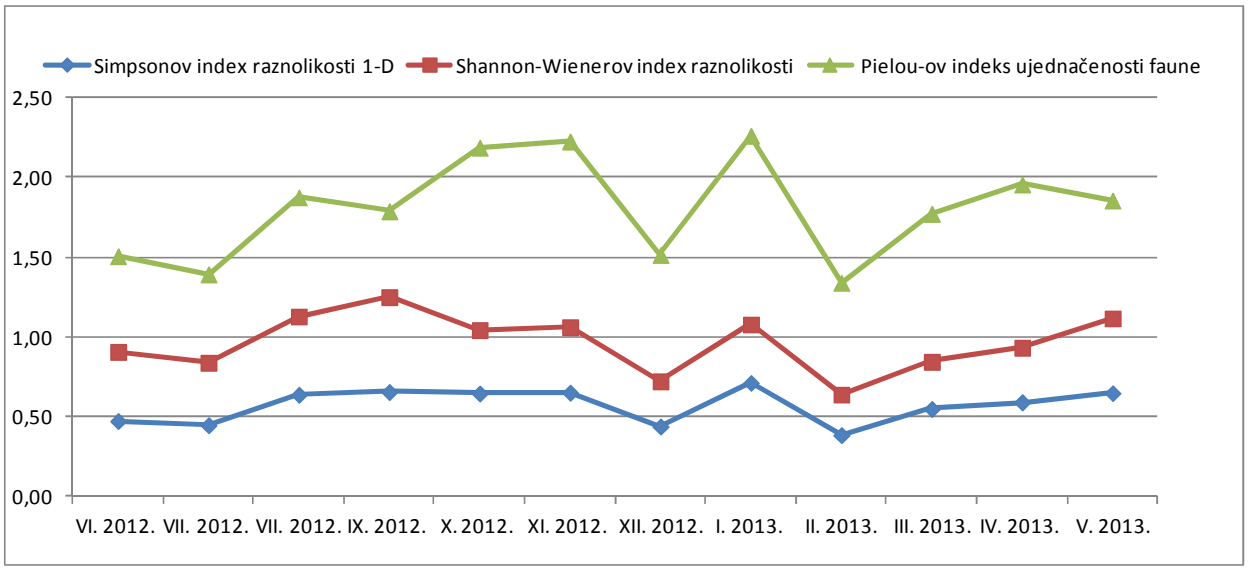
Na postaji S2 najviša vrijednost Simpsonovog indeksa raznolikosti zabilježena je u studenom 2012. i ožujku 2013. godine. U travnju 2013. godine zabilježena je najviša vrijednost Shannon-Wienerovog indeksa raznolikosti (2,25). Pielouov indeks ujednačenosti faune najvišu vrijednost 2,30 postiže u studenom 2012. i ožujku 2013. godine. Najniže vrijednosti sva tri indeksa zabilježene su u srpnju 2012. godine (Slika 57). Prosječna vrijednost Simpsonovog indeksa bila je 0,60, Shannon-Wienerovog 1,18, a Pielouovog 1,51 (Slika 57).



Slika 57. Promjene indeksa raznolikosti tijekom istraživanog razdoblja na postaji S2 u jezeru Svitava.

5.6.1.3. Jezero Kuti

Simpsonov indeks raznolikosti u jezeru Kuti nije se značajnije mijenjao tijekom istraživanog razdoblja. Najviša vrijednost indeksa od 0,71 zabilježena je u siječnju, dok je najniža vrijednost od 0,39 zabilježena u veljači 2013. godine. Sličan trend bilježi Shannon-Wienerov indeks s najvišom vrijednošću od 1,25 u rujnu 2012., a najmanjom od 0,64 u veljači 2013. godine. Oscilacije su primjetne kod Pielouovog indeksa ujednačenosti faune gdje su zabilježena dva porasta vrijednosti u studenom 2012. i siječnju 2013. godine kada je zabilježena i najviša vrijednost od 2,26. Najniža vrijednost zabilježena je u veljači kada i za ostala dva indeksa i iznosila je 1,34 (Slika 48). Prosječne vrijednosti indeksa u jezeru Kuti tijekom istraživanog razdoblja su: Simpsonov -0,57., Shannon-Wienerov-0,96 i Pielouov 1,80 (Slika 58).



Slika 58. Promjene indeksa raznolikosti tijekom istraživanog razdoblja u jezeru Kuti

5.6.1.4. Arapi Vrilo

Na postaji Arapi Vrilo indeksi raznolikosti i ujednačenosti faune su izračunati samo za tri mjeseca kada su u uzrocima zabilježene po dvije vrste. Vrijednosti indeksa bile su izrazito niske. Simpsonov indeks raznolikosti u prosjeku je iznosio 0,06, Shannon- Wienerov indeks raznolikosti 0,11, a Pielouov indeks ujednačenosti faune 0,38.

5.6.2. Rezultati multivarijantne i klaster analize

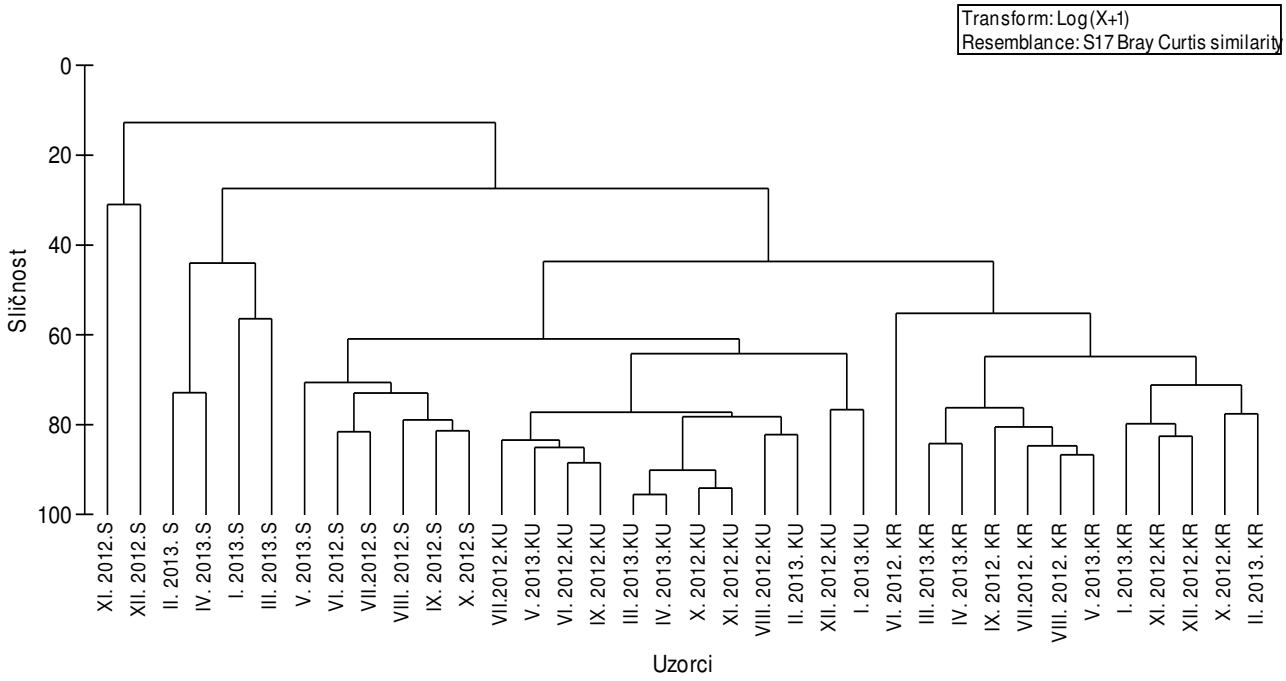
Analizom podataka sveukupne brojnosti svih utvrđenih svojti na istraživanim postajama, metodom Bray-Curtis sličnosti zajednica, jasno se vidi odvajanje postaja vrelo Bune i Crno Oko. Klaster analiza je na očekivan način prikazala položaj postaja prema međusobnoj sličnosti (Slika 59). Arapi Vrilo bilježi sličnost od samo 19,07 % s istraživanim jezerima. Od jezera se prvo izdvaja jezero Krenica koje s jezerima Kuti i Svitava dijeli sličnost od 42,3 %. Sa Svitavskim jezerom dijeli četiri zajedničke vrste i razvojne stadije, dok je sličnost sa jezerom Kuti još manja. Dva plitka jezera Kuti i Svitava imaju 62,62 % sličnosti. Najveća sličnost zabilježena je unutar jezera Svitava, pa je fauna na dvije istraživane postaje slična 82,93 %.



Slika 59. Klaster analiza sličnosti zajednice zooplanktona na istraživanim postajama.

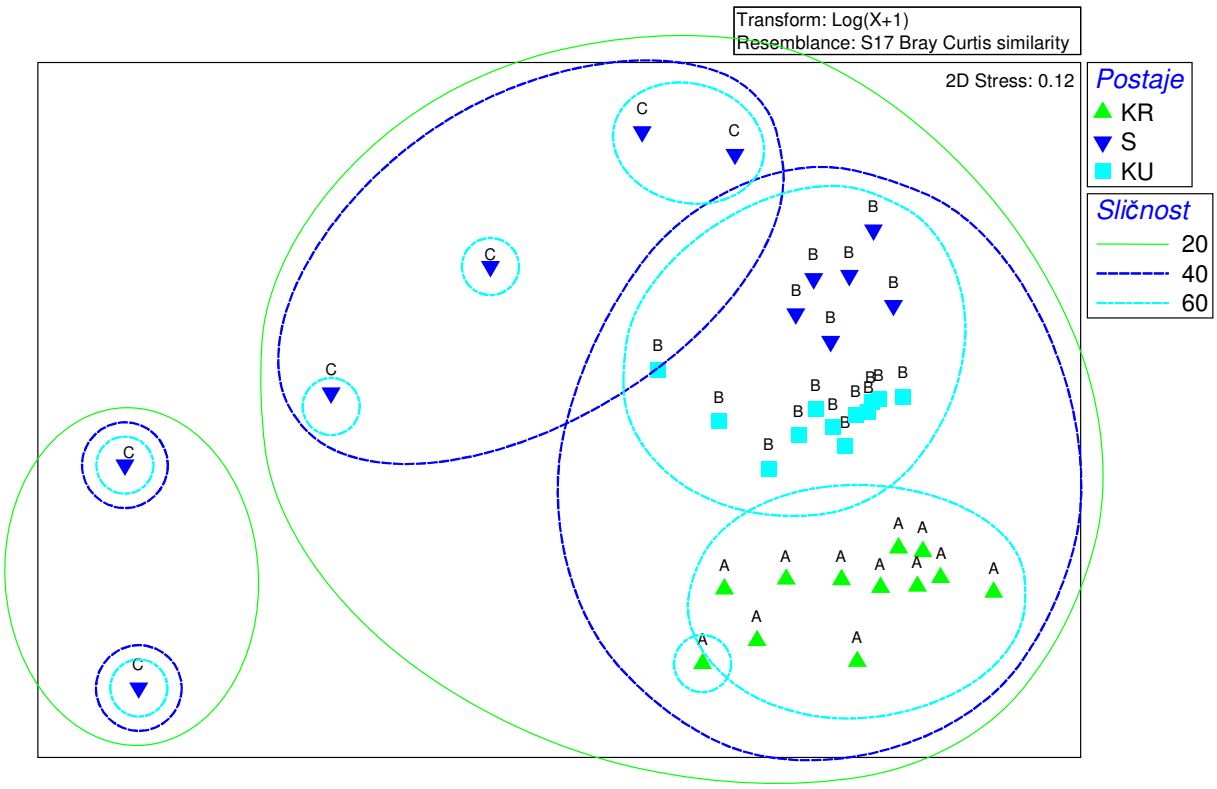
Analizom podataka brojnosti svih utvrđenih svojti za svaki pojedinačni mjesec tijekom istraživanog razdoblja za jezera utvrđena je sličnost između istraživanih sustava (Slika 60). Klaster je pokazao prvo odvajanje Svitavskog jezera, ito uzoraka od studenog 2012. do travnja 2013. godine. U tom razdoblju sličnost faune zooplanktona s ostalim mjesecima i drugim jezerima je manja od 27 %. Zajednica zooplanktona u preostalim mjesecima u Svitavskom jezeru je na razini od 60,77 % slična sa zajednicom zooplanktona jezera Kuti. U jezeru Kuti uzorci nisu pokazali pravilnu sezonsku raspodjelu. Prema fauni zooplanktona jezero Krenica se odvaja od ostalih jezera sa sličnošću od 55,11 %. Unutar

jezera Krenica izdvojene su tri grupe. Grupiraju se jesen i zima kao i proljeće i ljeto s izuzetkom mjeseca lipnja koji je odvojen kao zasebna cjelina.



Slika 60. Klaster analiza sličnosti faune veslonožaca i rašljoticalaca istraživanih jezera. Legenda: S- Svitavsko jezero; KU- jezero Kuti; KR- jezero Krenica.

Klaster analiza potvrđena je i MDS analizom (Slika 61). Uočeno je izdvajanje jezera Krenice kao posebnog sustava. Uzorci jezera Kuti su također snažno grupirani i s velikom sličnošću (60 %) povezani s ljetnim mjesecima u Svitavskom jezeru. Nakon kreiranja MDS grafa i preklapanja s rezultatima klaster analize dobiven je graf u kojem su izdvojene tri grupe (A, B i C) sa sličnošću od 60 % te je provedena SIMPER analiza. Grupu A čine uzorci jezera Krenica. U grupi B se nalaze uzorci iz jezera Kuti te uzorci iz Svitavskog jezera od lipnja do listopada 2012., kao i uzorak iz svibnja 2013. godine. U grupi C se nalaze uzorci jezera Svitava u mjesecima od studenog 2012. do travnja 2013. godine. SIMPER analizom je izračunata sličnost i različitost između izdvojene tri grupe ali i doprinos pojedinih vrsta u sličnosti i različitost među grupama.



Slika 61. MDS analiza sličnosti faune veslonožaca i rašljoticalaca istraživanih jezera s kreiranim grupama korištenim u SIMPER analizi. Legenda: S - Svitavsko jezero; KU - jezero Kuti, KR - jezero Krenica.

Rezultati SIMPER analize prikazani su tabelarno (Tablica 11). Iz podataka je vidljivo da u sve tri grupe nauplii najviše doprinose sličnosti. Sličnosti značajno doprinose i razvojni stadiji veslonožaca te vrsta *B. longirostris* za grupu B.

Najmanja različitost između grupa zabilježena je između grupa A i B. Toj različitosti najviše doprinose vrste *C. steueri* i *B. longirostris*. Različitost između grupa A i C je značajna (80,57 %). Toj velikoj rezličitosti najviše doprinose ciklopoidni kopepoditi i vrsta *C. steueri.* Malo manja različitost zabilježena je među grupama B i C (76,11 %). Toj različitosti najviše doprinose nauplii, zatim vrsta *B. longirostris.*

Tablica 11. Rezultati SIMPER analize sličnosti grupa A, B i C.

Vrste/Grupe	PROSJEČNA SLIČNOST			PROSJEČNA RAZLIČITOST		
	Grupa A - 67,94	*Grupa B* - 68,37	*Grupa C* - 32,59	*Grupe A i B* - 56,46	*Grupe A i C* - 80,57	*Grupe B i C* - 76,11
	Doprinos %	Doprinos %	Doprinos %	Doprinos %	Doprinos %	Doprinos %
Nauplii	**24,88**	**43,11**	**42,99**	9,59	12,51	**21,61**
Copepodit Calanoida	22,62	14,69		12	**18,77**	14,28
C. steueri	22,48			**18,21**	16,09	1,5
C. abyssorum	9,75			9,76	8,86	
Copepodit Cyclopoida	9,49	17,85	10,15	8,27	6,82	12,48
D. longispina	7,35			10,77	9,47	
B. longirostris		22,23		15,37		17,84
E. macruroides			8,51		3,28	4,1
B. affinis			8,47			3,04
A. quadrangularis			7,97		3,34	4
A. nana			6,73		3,14	3,75
A. harpae			5,36		3,15	3,8
D. brachyurum				6,94	6,17	
C. pulchella						2,52
A. rectangula						1,7

5.6.3. Redundantna analiza i Spermanov koeficijent korelacije

5.6.3.1. Jezero Krenica

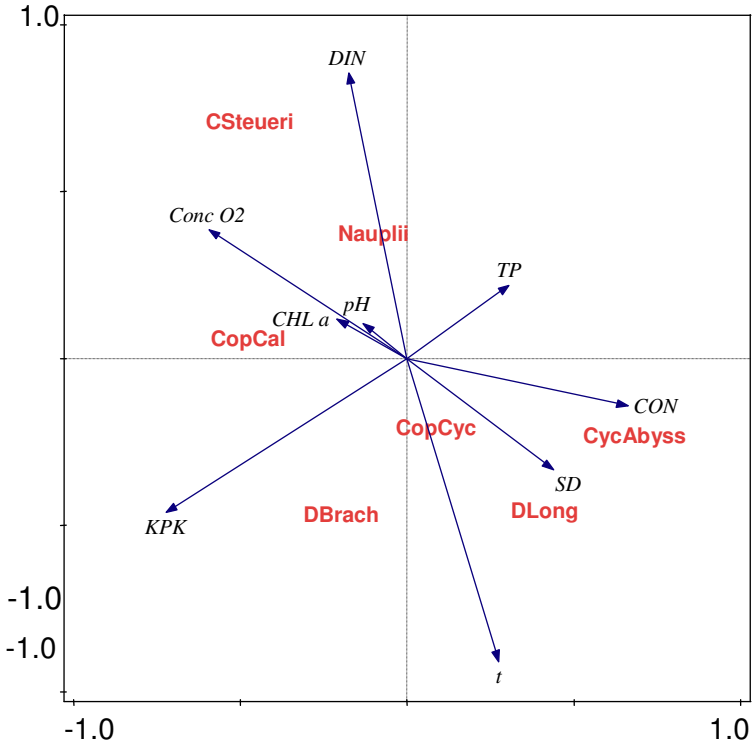
Rezultati redundantne analize (RDA) za epilimnijski sloj ukazuju da najveći utjecaj na strukturu zajednice zooplanktona imaju temperatura vode, dušikovi spojevi i kemijska potrošnja kisika (Slika 62).

Tablica 12. Sažeti prikaz rezultata RDA za sve četiri osi (Krenica - epilimnion).

Osi	Svojstvena vrijednost	Varijacija	Kanonička korelacija	% varijancije objašnjene modelom
1.	0,3535	35,35	0,9967	43,41
2.	0,2587	61,23	0,9628	75,18
3.	0,1648	77,71	0,8443	95,42
4.	0,0275	80,46	0,7496	98.80

Nauplii pokazuju korelaciju s dušičnim spojevima (DIN), dok ciklopoidni kopepoditi pokazuju korelaciju s temperaturom. Kalanoidni kopepoditi najviše koreliraju s klorofilom *a*.

Spermanov koeficijent ukazuje na pozitivnu korelaciju biomase s ukupnim fosforom, dok brojnost i biomasa negativno koreliraju s prozirnošću (Tablica 13).



Slika 62. Biplot RDA čimbenika okoliša i biomase u epilimnionu jezera Krenica. Legenda skraćenica za čimbenike okoliša nalazi se u tablici 13.

Tablica 13. Spermanov koeficijent korelacije za brojnost i biomasu s čimbenicima okoliša u epilimnionu jezara Krenica. Značajna korelacija $p < 0,05$*, $p < 0,01$**, $p < 0,001$***.

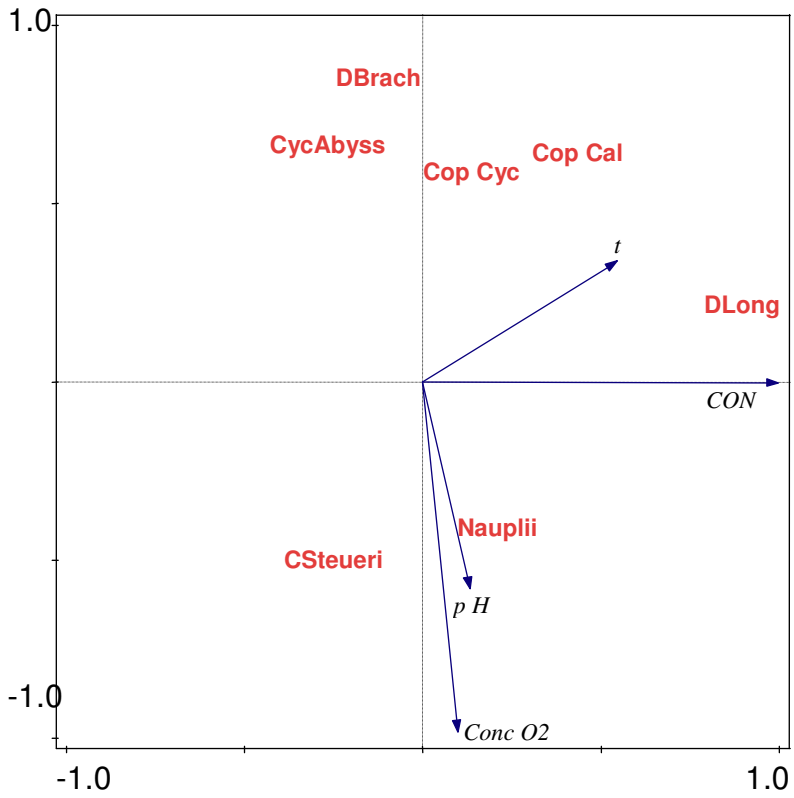
Naziv varijable	Korištena skraćenica	Brojnost	Biomasa
Secchi prozirnost	SD	-0,702170*	-0,80380**
Temperatura vode	t	-0,496503	-0,510490
Koncentracija otopljenog kisika	Conc O2	0,454545	0,436364
pH	pH	0,293706	0,216783
Električna provodljivost	CON	0,084211	0,133334
Kemijska potrošnja kisika	KPK	0,349650	0,286713
Dušikovi spojevi	DIN	0,454545	0,524476
Ukupni fosfor	TP	0,465171	0,612066*
Kloforil *a*	Chl a	0,500876	0,441332

U metalimnionu, redundantna analiza je pokazala da su najznačajnije varijable koje imaju utjecaj na zajednicu zooplanktona bile koncentracije otopljenog kisika i električna

provodljivost (Slika 63). Nauplii pokazuju korelaciju s pH, dok se većina ostalih vrsta i razvojnih stadija ne grupira u blizini prikazanih parametara. Sažeti prikaz RDA rezultata dat je u Tablici 14.

Tablica 14. Sažeti prikaz RDA za sve četiri osi (Krenica - metalimnion)

Osi	Svojstvena vrijednost	Varijacija	Kanonička korelacija	% varijancije objašnjene modelom
1.	0,8044	80,44	1,0000	82,20
2.	0,1424	94,68	0,9828	96,76
3.	0,0311	97,79	0,8138	99,93
4.	0,0007	97,86	0,7479	100,0



Slika 63. Biplot RDA čimbenika okoliša i biomase u metalimnionu jezera Krenica. Legenda skraćenica za čimbenike okoliša nalazi se u Tablici 15.

Sperman analiza nije ukazala na značajne korelacije brojnosti i biomase s čimbenicima okoliša (Tablica 15).

Tablica 15. Spermanov koeficijent korelacije za brojnost i biomasu s čimbenicima okoliša u metalimnionu jezara Krenica. Značajna korelacija $p < 0,05$*, $p < 0,01$**, $p < 0,001$***.

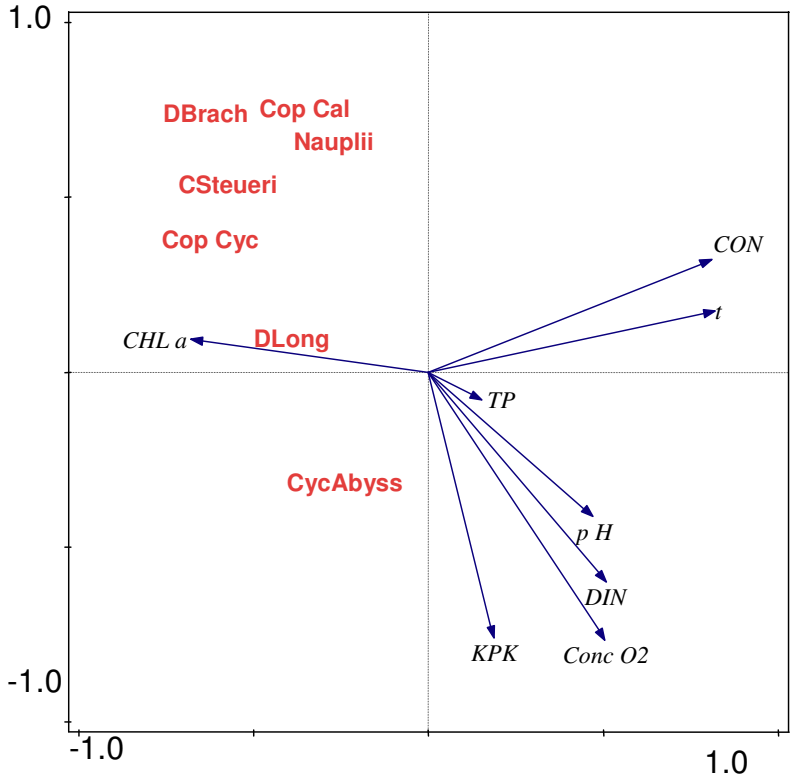
Naziv varijable	Korištena skraćenica	Brojnost	Biomasa
Temperatura vode	t	0,223776	0,111888
Koncentracija otopljenog kisika	Conc O2	-0,153846	-0,293706
pH	pH	0,052539	-0,077058
Električna provodljivost	CON	0,529828	0,526319

Redundantna analiza za hipolimnijski sloj pokazuje da najveći utjecaj na strukturu zajednice zooplanktona imaju električna provodljivosti, temperatura i koncentracija otopljenog kisika (Slika 64). Vrsta *D. longispina* pokazuje korelaciju s koncentracijom klorofila *a*. U Tablici 16 prikazani su sažeti rezultati redundantne analize.

Tablica 16. Sažeti prikaz RDA za sve četiri osi (Krenica - hipolimnion)

Osi	Svojstvena vrijednost	Varijacija	Kanonička korelacija	% varijancije objašnjene modelom
1.	0,4055	40,55	0,8848	48,30
2.	0,3321	73,75	1,0000	87,86
3.	0,0913	82,88	0,8177	98,73
4.	0,0074	83,63	0,9976	99,62

Spermanov koeficijent nije ukazao na značajnu korelaciju između brojnosti i biomase s čimbenicima okoliša u hipolimnionu što je vidjivo iz Tablice 17.



Slika 64. Biplot RDA čimbenika okoliša i biomase u hipolimnionu jezera Krenica. Legenda skraćenica za čimbenike okoliša nalazi se u Tablici 17.

Tablica 17. Spermanov koeficijent korelacije za brojnost i biomasu s čimbenicima okoliša u hipolimnionu jezara Krenica. Značajna korelacija $p < 0,05$*, $p < 0,01$**, $p < 0,001$***.

Naziv varijable	Korištena skraćenica	Brojnost	Biomasa
Temperatura vode	t	-0,215108	-0,411909
Koncentracija otopljenog kisika	Conc O2	-0,369697	-0,406061
pH	pH	-0,345455	-0,281818
Električna provodljivost	CON	0,163636	-0,009091
Kemijska potrošnja kisika	KPK	0,127273	0,154545
Dušikovi spojevi	DIN	0,082005	-0,082005
Ukupni fosfor	TP	0,049838	0,114628
Kloforil *a*	Chl a	0,260606	0,357576

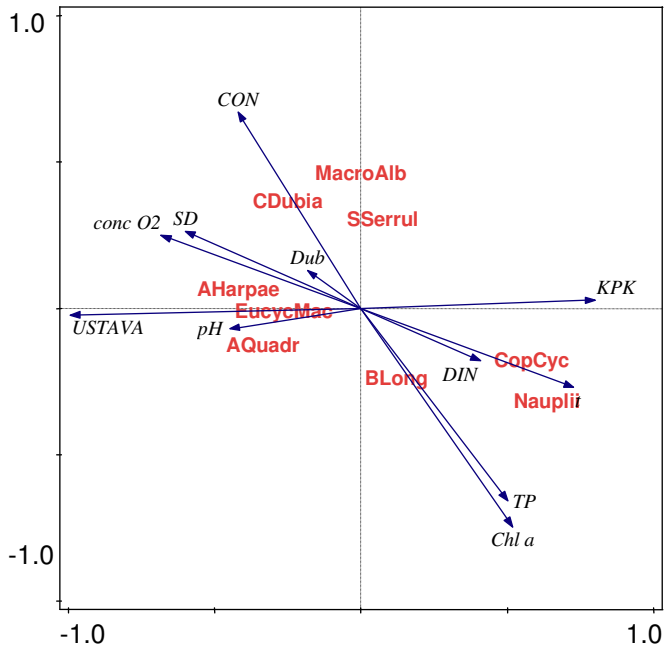
5.6.3.2. Svitava

Postaja S1

Redundantna analiza je pokazala da varijabla „ustava“ koja označava promjene vodostaja ima najduži vektor što indicira značajniji utjecaj na zajednicu zooplanktona (Slika 65). RDA također pokazuje da značajan utjecaj na strukturu zajednice zooplanktona imaju i klorofil *a*, kemijska potrošnja kisika kao i koncentracija otopljenog kisika te električna provodljivost. Nauplii i ciklopoidni kopepoditi pokazuju korelaciju s temperaturom. Sažeti rezultati su prikazani u Tablici 18.

Tablica 18. Sažeti prikaz RDA za sve četiri osi (Svitavsko jezero, postaja S1).

Osi	Svojstvena vrijednost	Varijacija	Kanonička korelacija	% varijancije objašnjene modelom
1.	0,9241	92,41	0,9953	94,01
2.	0,0273	95,14	0,9768	96,76
3.	0,0162	96,76	0,9412	98,44
4.	0,0092	97,68	0,9266	99,37



Slika 65. Biplot RDA čimbenika okoliša i biomase u Svitavskom jezeru na postaju S1. Legenda skraćenica za čimbenike okoliša nalazi se u Tablici 19.

Spermanov koeficijent korelacije pokazao je da brojnost i biomsa pozitivno koreliraju s temperaturom vode, kemijskom potrošnjom kisika i ukupnim fosforom i klorofilom *a* (samo brojnost). Negativna korelacija zabilježena je između brojnosti i koncentracije otopljenog kisika te brojnosti i biomase s radom ustave (Tablica 19).

Tablica 19. Spermanov koeficijent korelacije za brojnost i biomasu s čimbenicima okoliša u Svitavskom jezeru na postaji S1. Značajna korelacija $p < 0,05$*, $p < 0,01$**, $p < 0,001$***.

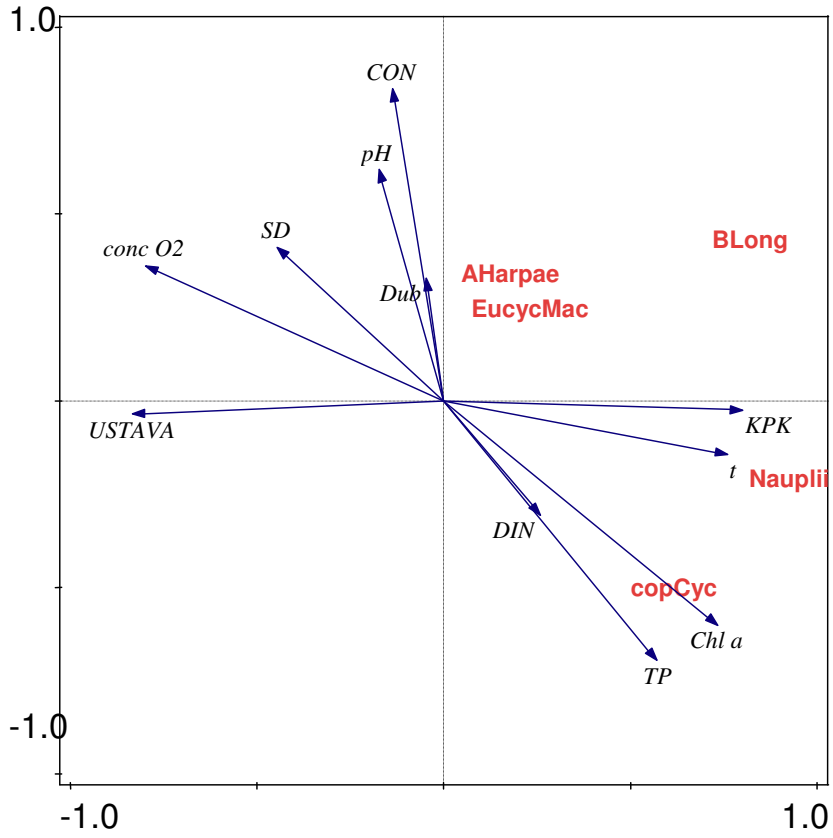
Naziv varijable	Korištena skraćenica	Brojnost	Biomasa
Dubina	Dub	0,028372	0,056743
Secchi prozirnost	SD	-0,188301	-0,113691
Temperatura vode	t	0,755245**	0,713287**
Koncentracija otopljenog kisika	Conc O2	-0,629371*	-0,384615
pH	pH	-0,055944	-0,020979
Električna provodljivost	CON	-0,461538	-0,349650
Kemijska potrošnja kisika	KPK	0,713287**	0,664336*
Dušikovi spojevi	DIN	-0,041958	-0,237762
Ukupni fosfor	TP	0,627646*	0,579365*
Kloforil *a*	Chl a	0,626971*	0,416813
Ustava	Ustava	-0,683013*	-0,581437*

Postaja S2

Redundantna analiza za postaju S2 pokazuje da varijable klorofil *a* i ukupni fosfor imaju najveći utjecaj na strukturu zajednice zooplanktona. Značajni čimbenici su također i provodljivost, kemijska potrošnja kisika, koncentracija otopljenog kisika, temperatura vode ali i rad ustave. Nauplii pokazuju značajnu povezanost s temperaturom, dok ciklopoidni kopepoditi pokazuju korelaciju s klorofilom *a* (Slika 66). U Tablici 20 mogu se pročitati sažeti rezultati redundantne analize pvezanosti čimbenika okoliša i zajednice zooplanktona u Svitavskom jezeru na postaji S2

Tablica 20. Sažeti prikaz RDA za sve četiri osi (Svitavsko jezero, postaja S2)

Osi	Svojstvena vrijednost	Varijacija	Kanonička korelacija	% varijancije objašnjene modelom
1.	0,6678	66,78	0,8519	93,19
2.	0,0332	70,10	0,9574	97,82
3.	0,0118	71,28	0,6307	99,47
4.	0,0034	71,62	0,7647	99,95



Slika 66. Biplot RDA čimbenika okoliša i biomase u Svitavskom jezeru na postaju S2. Legenda skraćenica za čimbenike okoliša nalazi se u Tablici 21.

Spermanov koeficijent korelacije ukazuje na pozitivnu korelaciju brojnosti i biomase s temperaturom vode, kemijskom potrošnjom kisika i ukupnim fosforom. Negativna korelacija zabilježena je s koncentracijom kisika, električnom provodljivosti (samo brojnost) i radom ustave.

Tablica 21. Spermanov koeficijent korelacije za brojnost i biomasu s čimbenicima okoliša u Svitavskom jezeru na postaji S2. Značajna korelacija $p < 0,05$*, $p < 0,01$**, $p < 0,001$***.

Naziv varijable	Korištena skraćenica	Brojnost	Biomasa
Dubina	DuB	-0,184416	-0,255345
Secchi prozirnost	SD	-0,298440	-0,341074
Temperatura vode	t	0,923077***	0,832168***
Koncentracija otopljenog kisika	conc O2	-0,825175***	-0,832168***
pH	pH	-0,118881	-0,069930
Električna provodljivost	CON	-0,608392*	-0,524476
Kemijska potrošnja kisika	KPK	0,748252**	0,699301*
Dušikovi spojevi	DIN	0,020979	0,062937
Ukupni fosfor	TP	0,724207**	0,675926*
Kloforil *a*	Chl a	0,430824	0,346761
Ustava	Ustava	-0,805605**	-0,686516*

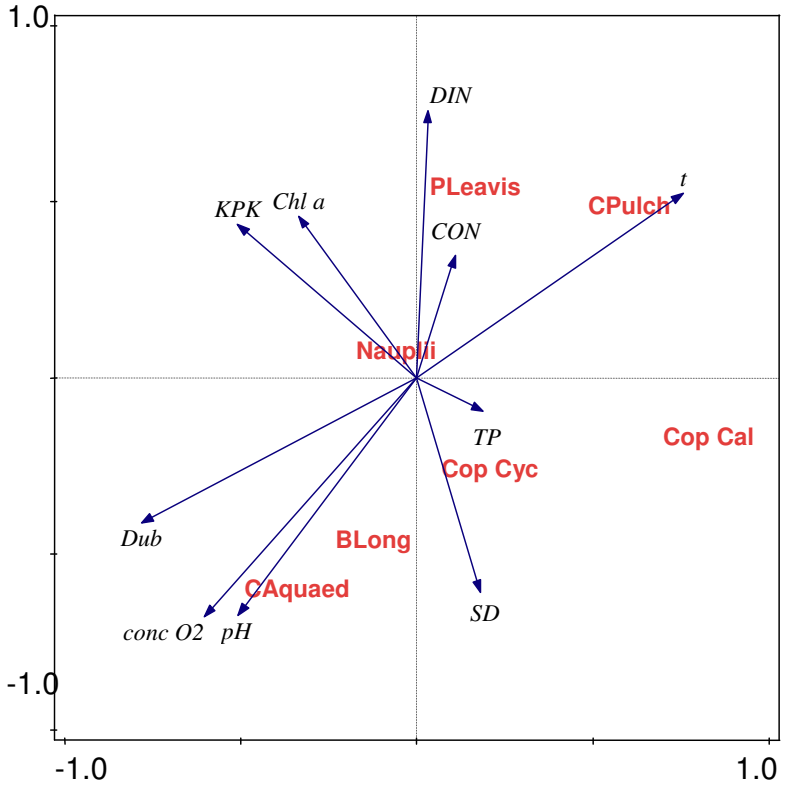
5.6.3.3. Kuti

Prema rezultatima redundantne analize na dinamiku zajednice zooplanktona najjači utjecaj imaju temperatura vode i koncentracija otopljenog kisika (Slika 67). Vrsta *C. pulchella* pokazuje korelaciju s temperaturom vode. Sažeti rezultati vidljivi su u Tablici 22.

Tablica 22. Sažeti prikaz RDA za sve četiri osi (jezero Kuti).

Osi	Svojstvena vrijednost	Varijacija	Kanonička korelacija	% varijancije objašnjene modelom
1.	0,2556	25,56	0,9139	40,32
2.	0,2236	47,93	0,8005	75,56
3.	0,1261	60,54	0,7944	95,48
4.	0,0247	63,01	0,5318	99,38

Pri analizi Spermanovog koeficijenta korelacije nije potvrđena značajna korelacija brojnosti i biomase s čimbenicima okoliša (Tablica 23).



Slika 67. Biplot RDA čimbenika okoliša i biomase u jezeru Kuti. Legenda skraćenica za čimbenike okoliša nalazi se u Tablici 23.

Tablica 23. Spermanov koeficijent korelacije za brojnost i biomasu s čimbenicima okoliša u jezeru Kuti. Značajna korelacija $p < 0,05$*, $p < 0,01$**, $p < 0,001$***.

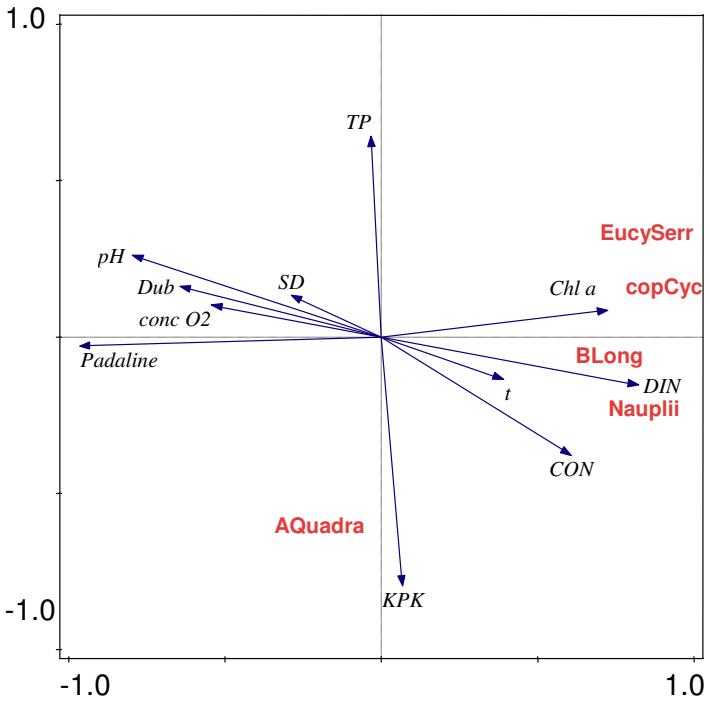
Naziv varijable	Korištena skraćenica	Brojnost	Biomasa
Dubina	DuB	-0,238976	-0,136558
Secchi prozirnost	SD	0,117884	0,014289
Temperatura vode	t	0,083916	0,006993
Koncentracija otopljenog kisika	Conc O2	-0,080561	0,035026
pH	pH	-0,251748	-0,069930
Električna provodljivost	CON	0,041958	-0,314685
Kemijska potrošnja kisika	KPK	0,160839	0,118881
Dušikovi spojevi	DIN	0,013986	-0,321678
Ukupni fosfor	TP	0,077811	0,089483
Kloforil *a*	Chl *a*	-0,119089	-0,297724

5.6.3.4. Arapi Vrilo

U izvoru Arapi Vrilo prema rezultatima redundantne analize okolišni čimbenici koji imaju najjači utjecaj na strukturu zajednice zooplanktona su padaline, kemijska potrošnja kisika i ukupni fosfor (Slika 68). Predstavnici zooplanktona se većinom grupiraju oko varijabli klorifil *a* i DIN (dušični spojevi). U Tablici 24 vidljivi su sažeti rezultati redundantne analize.

Tablica 24. Sažeti prikaz RDA za sve četiri osi (Arapi Vrilo).

Osi	Svojstvena vrijednost	Varijacija	Kanonička korelacija	% varijancije objašnjene modelom
1.	0,8124	81,24	0,9625	94,37
2.	0,0410	85,34	0,8635	99,14
3.	0,0050	85,85	0,4225	99,73
4.	0,0014	85,99	0,2860	99,89



Slika 68. Biplot RDA čimbenika okoliša i biomase u Arapi Vrilu. Legenda skraćenica za čimbenike okoliša nalazi se u Tablici 25.

Pozitivna korelacija brojnosti i biomase s temperaturom potvrđena je izračunom spermanovog koeficijenta korelacije. Brojnost i biomasa negativno korelira s količinom padalina i dubinom te koncentracijom otopljenog kisika (Tablica 25).

Tablica 25. Spermanov koeficijent korelacije za brojnost i biomasu s čimbenicima okoliša u Arapi Vrilu. Značajna korelacija $p < 0,05$*, $p < 0,01$**, $p < 0,001$***.

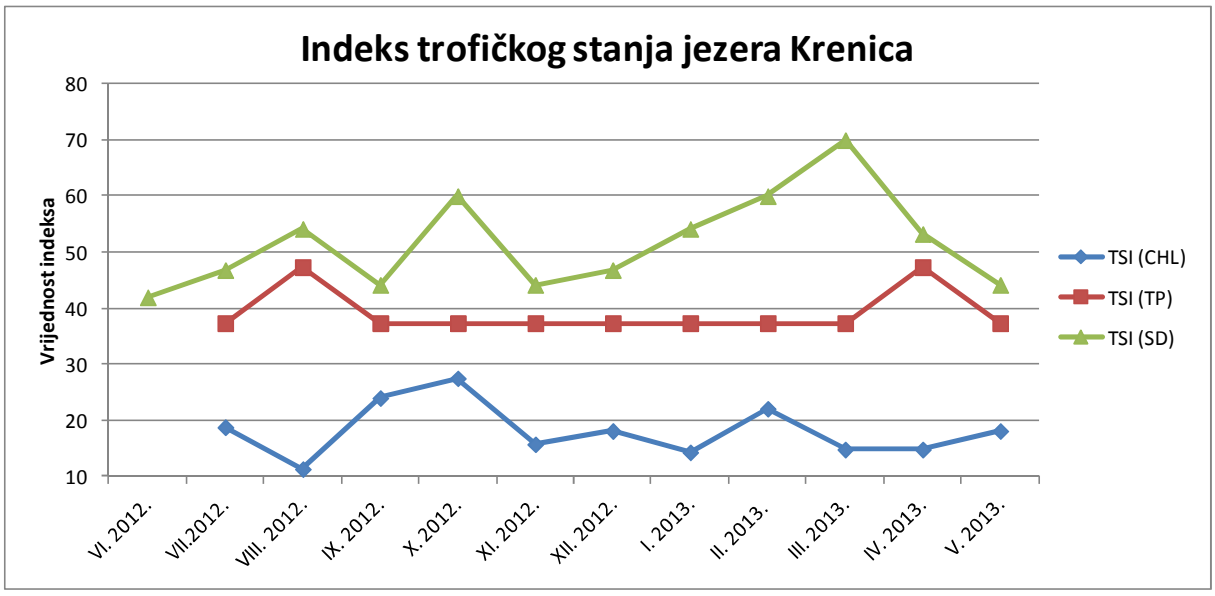
Naziv varijable	Korištena skraćenica	Brojnost	Biomasa
Dubina	DuB	-0,829755***	-0,818837**
Secchi prozirnost	SD	-0,428235	-0,428235
Temperatura vode	t	0,633976*	0,647987*
Koncentracija otopljenog kisika	Conc O2	-0,60140*	-0,62238*
pH	pH	-0,412587	-0,440559
Električna provodljivost	CON	0,475524	0,468531
Kemijska potrošnja kisika	KPK	0,244755	0,279720
Dušikovi spojevi	DIN	0,629371	0,615385
Ukupni fosfor	TP	-0,097264	-0,097264
Kloforil *a*	Chl a	0,514668	0,514668
Padaline	Padaline	-0,85315***	-0,84615***

5.7. Indeksi trofičkog stanja

Za istraživana jezera izračunati su trofički indeksi prema vrijednostima prozirnosti, koncentracije ukupnog fosfora i koncentracije klorofila *a*.

Jezero Krenica

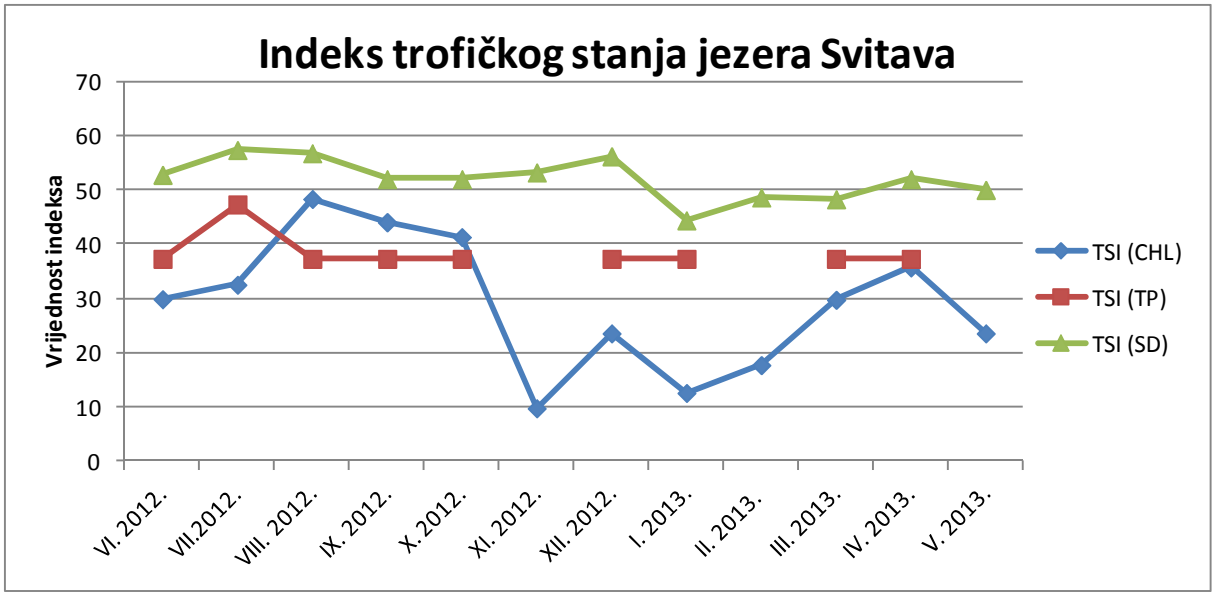
Pojedinačni trofički indeksi izračunati prema srednjim mjesečnim vrijednostima za prozirnost, koncentraciju ukupnog fosfora i koncentraciju klorofila *a* daju potpuno drugačije rezultate (Slika 69). Prema koncentraciji klorofila *a* jezero Krenica je izrazito oligotrofno jezero. Indeks izračunat iz vrijednosti koncentracije ukupnog fosfora jezero Krenica svrstava na granici oligotrofnog prema mezotrofnom, dok vrijednosti prozirnosti ukazuju na eutrofno stanje jezera.



Slika 69. Indeks trofičkog stanja jezera Krenica izračunat prema mjesečnim vrijednostima prozirnosti, koncentracije ukupnog fosfora i koncentracije klorofila *a*. Legenda: TSI (CHL) - vrijednost trofičkog indeksa prema vrijednostima klorofila *a*; TSI (TP) - vrijednost trofičkog indeksa prema vrijednostima ukupnog fosfora; TSI (SD) - vrijednost trofičkog indeksa prema vrijednostima prozirnosti.
Vrijednosti < 40 oligotrofno; 40 - 50 mezotrofno; 50 - 70 eutrofno

Svitavsko jezero

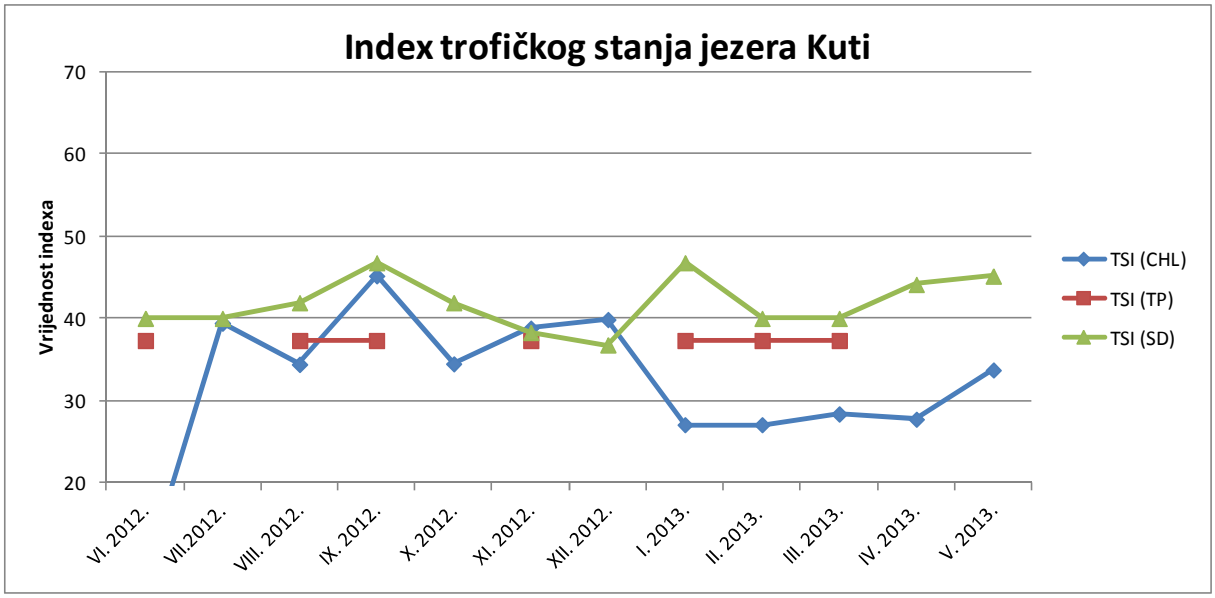
Za Svitavsko jezero trofički indeksi izračunati su koristeći srednje mjesečne vrijednosti obiju postaja. Prema vrijednostima za koncentraciju ukupnog fosfora i klorofila *a* Svitavsko jezero je oligotrofno s manjom tendencijom prema mezotrofiji u ljetnim mjesecima. Indeks trofije dobiven iz podataka o prozirnosti, Svitavsko jezero uvrštava u eutrofna jezera. Svitavsko jezero je plitko jezero, prosječne dubine 1,95 metara, koje je većinu godine bilo prozirno do dna. (Slika 70).



Slika 70. Indeks trofičkog stanja jezera Svitava izračunat prema mjesečnim vrijednostima prozirnosti, koncentracije ukupnog fosfora i koncentracije klorofila *a*. Legenda: TSI (CHL) - vrijednost trofičkog indeksa prema vrijednostima klorofila *a*; TSI (TP) - vrijednost trofičkog indeksa prema vrijednostima ukupnog fosfora; TSI (SD) - vrijednost trofičkog indeksa prema vrijednostima prozirnosti.
Vrijednosti < 40 oligotrofno; 40 - 50 mezotrofno; 50 - 70 eutrofno.

Jezero Kuti

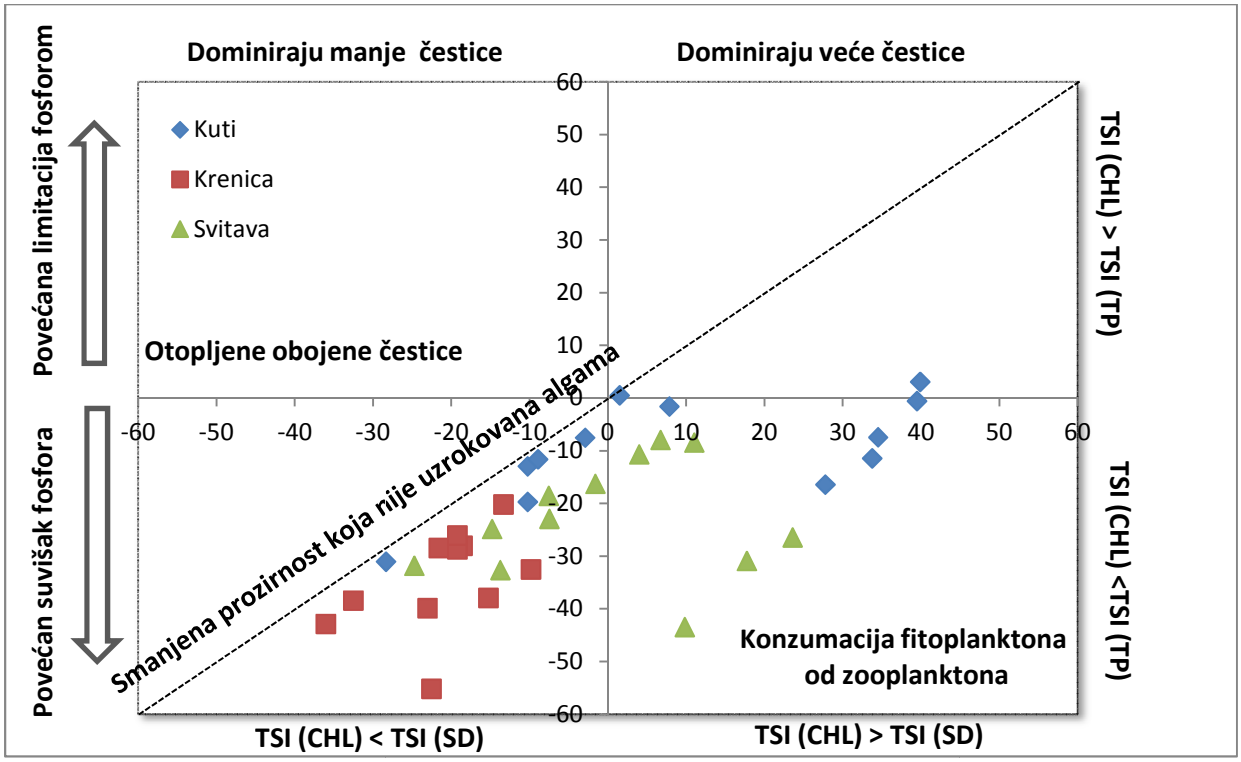
Prema srednjim mjesečnim vrijednostima koncentracije klorofila *a* i koncentracije ukupnog fosfora, jezero Kuti pripada oligotrofnim vodama (Slika 71). Prema vrijednostima prozirnosti jezero Kuti pripada mezotrofnim vodama.



Slika 71. Indeks trofičkog stanja jezera Kuti izračunat prema mjesečnim vrijednostima prozirnosti, koncentracije ukupnog fosfora i koncentracije klorofila *a*. Legenda: TSI (CHL) - vrijednost trofičkog indeksa prema vrijednostima klorofila *a*; TSI (TP) - vrijednost trofičkog indeksa prema vrijednostima ukupnog fosfora; TSI (SD) - vrijednost trofičkog indeksa prema vrijednostima prozirnosti.
Vrijednosti < 40 oligotrofno; 40 - 50 mezotrofno; 50 - 70 eutrofno.

Svi podaci trofije jezera iskorišteni su za kreiranje jedinstvenog prikaza s namjerom utvrđivanja promjena trofije tijekom istraživanog razdoblja. Prema Slici 72 nisu izražene značajne promjene u trofičkom stanju jezera Krenica tijekom istraživanog razdoblja. Svi su rezultati smješteni u trećem kvadrantu što ukazuje na povećanje manjih čestica u vodi što uzrokuje smanjenu prozirnost koja nije uzrokovana algama. Moguća je limitacija algi uzrokovana smanjenom količinom dušika. Razlike u trofičkom stanju u jezerima Svitava i Kuti tijekom istraživanog razdoblja postoje. U Svitavskom jezeru u ljetnim i jesenskim mjesecima snažan je utjecaj ishrane zooplanktona što uzrokuje uklanjanje manjih čestica iz stupca vode. Smještaj desno od *y* osi ukazuje na veću prozirnost od očekivane uzimajući u

obzir razinu TSI (CHL) indeksa. Većina rezultata iz proljetnih i zimskih mjeseci smještena je u treći kvadrant što ukazuje na povećanje manjih čestica u vodi te smanjenu prozirnost koja nije uzrokovana algama. U jezeru Kuti je kasno u jesen i proljeće izražena ishrana zooplanktona te su rezultati smješteni u četvrtom kvadrantu. Ipak jedino je u jezeru Kuti zabilježena i limitacija fosforom u pojedinim mjesecima. Također postoji razdoblje kada na trofiju jezera Kuti utječe dominacija manjih čestica koje uzrokuju smanjenu prozirnost (zimski i ljetni mjeseci).



Slika 72. Prikaz trofičkog stanja jezera Krenica, Svitava i Kuti na temelju TSI (CHL) – TSI (TP) i TSI (CHL) – TSI (SD). Legenda: TSI (CHL) - vrijednost trofičkog indeksa prema vrijednostima klorofila *a*; TSI (TP) - vrijednost trofičkog indeksa prema vrijednostima ukupnog fosfora; TSI (SD) - vrijednost trofičkog indeksa prema vrijednostima prozirnosti.

6. RASPRAVA

Zajednice zooplanktona su dinamičan sustav unutar kojeg se sastav vrsta i gustoća populacija mijenja tijekom vremena. Na bogatstvo i sastav vrsta ovih zajednica utječu ekološki čimbenici unutar jezera i vanjski čimbenici (Hessen i sur., 2006). Neki od potvrđenih čimbenika su temperatura vode, koncentracija otopljenog kisika, klorofil *a*, ukupni fosfor, provodljivost, ljudska aktivnost u slivnom području i morfologija vodenog tijela (Dodson, 2009).

U sklopu ove disertacije istraživane su zajednice veslonožaca (Copepoda) i rašljoticalaca (Cladocera) jezera i izvora u slivnom području donjeg toka rijeke Neretve. Istraživanje je obuhvatilo tri jezerska i tri izvorska staništa, odnosno ekosustave koji se međusobno značajno razlikuju prema svojim hidrološkim, morfološkim te fizikalno-kemijskim značajkama. U provedenom istraživanju utvrđeno je ukupno 27 vrsta planktonskih račića. Vrstama bogatija skupina su rašljoticalci (Cladocera) s 20 vrsta, dok je iz skupine veslonožaca (Cladocera) utvrđeno tek sedam vrsta. Inače, skupina veslonožaca je, globalno gledajući, bogatija vrstama: do danas je opisano 2 800 vrsta veslonožaca u slatkim vodama (Boxshall i Defaye, 2008), dok je rašljoticalaca ukupno opisano samo 620 vrsta (Forró i sur., 2008). Većina pronađenih vrsta u ovom istraživanju pripada palearktičkoj biogeografskoj regiji, a neke su kozmopoliti, poput vrste *B. longirostris*. Tijekom istraživanja nisu zabilježene endemične svojte niti za znanost nove vrste.

Jezera su tip staništa koji je bogatiji vrstama u odnosu na istraživane izvore. Od ukupno 27 vrsta, 26 je utvrđeno u jezerima, a svega tri vrste su zabilježene u izvoru (Arapi Vrilo). Iako su izvori vrlo često „vruće točke“ biološke raznolikosti (Lake i sur., 2000), razloge ovakvih razlika treba tražiti u mikrostanišnim uvjetima koji vladaju na pojedinim istraživanim postajama. Najviše vrsta, ukupno 21, zabilježeno je u Svitavskom jezeru. Ono je površinom najveće u odnosu na preostala dva. Brojnost vrsta često se dovodi u korelaciju s površinom i/ili dubinom jezera. Tako dublja i veća jezera nude veću heterogenost staništa koja pogoduje većem broju svojti (Jeppensen i sur., 2000; Dodson, 2009). U velikim jezerima je moguća koegzistencija vrsta prilagođenih različitim trofičkim uvjetima, upravo zbog razlika u mikrostaništima (Haberman i sur., 2007). Tijekom ovog istraživanja u manjim sustavima utvrđeno je i manje vrsta: u jezeru Krenica zabilježeno je šest vrsta, a u jezeru Kuti pet. Značajno manji broj vrsta u ovim jezerima, osim navedenih razloga, može biti i povećana kompeticija za prostor i izvore hrane, koja je u manjim jezerima jače izražena. Isto

tako treba imati u vidu da su plitka jezera često litoralni ekosustavi, a ne pelagički (Søndergaard i sur., 2005), što onemogućava vertikalni gradijent raspodjele ekoloških čimbenika.

Kad je riječ o abiotičkim čimbenicima istraživanih jezera značajno je naglasiti da je u svim jezerima jedan od najznačajnijih čimbenika, koji se satatističkim analizama izdvojio kao važan za razvoj zajednice zooplanktona, temperatura. Smatra se da sezonski slijed zooplanktonskih zajednica prvenstveno aktivira temperatura i svjetlost (Sommer i sur., 2012). Sezonske fluktuacije temperature uzrokuju promjene u stopi rasta vrsta i njihovog reproduktivnog uspjeha (Van der Have i De Jong, 1996; Kingsolver i Huey, 2008). Visoka temperatura smanjuje veličinu pojedinih vrsta i skraćuje reproduktivne cikluse (Hanazato i Masayuki, 1885). Osim toga, pokazalo se da temperatura viša od one potrebne za optimalni rast negativno utječe na zooplankton, primjerice na vrste iz roda *Daphnia* (Moore i sur., 1996; Strecker i sur., 2004), smanjujući njihovu učinkovitost filtracije fitoplanktona (Rall i sur., 2010). Nasuprot tome, Messner i sur. (2013) utvrdili su da povišena temperatura može povećati biomasu i raznolikost zooplanktona. Činjenica da se temperatura izdvaja kao jedan od najvažnijih čimbenika u istraživanim jezerima s ovog aspekta nije nimalo neobična, dapače može objasniti i neke promjene koje su utvrđene u sezonskoj dinamici i sastavu zajednica pojedinih postaja. U svim jezerima najveće vrijednosti brojnosti, ili barem jedan maksimum utvrđeni su tijekom toplijeg dijela godine. Nadalje, upravo nagli pad brojnosti i biomase na svim je postajama determiniran u vremenskom razdoblju naglog smanjenja temperature. Sastav vrsta također je između ostalog, posljedica temperaturnog režima. Rašljoticalci u toplijem dijelu godine imaju intenzivan i brz reproduktivni ciklus koji u uvjetima konstantno visokih vrijednosti temperature može biti vrlo kratak. Na razvoj veslonožaca također utječe temperatura, međutim neke vrste tijekom ljeta dormiraju (Dussart i Defaye, 1995), te je njihova pojavnost u jezerima u skladu s time, brojnost im se lagano povećava s opadanjem temperature vode u svim istraživanim jezerima. Jezero Kuti je s prosječnom temperaturom od 18 °C najtoplije jezero.

Od ostalih čimbenika koji utječu na razvoj zajednice valja napomenuti koncentraciju otopljenog kisika u vodi. Iako količina kisika primarno ukazuje na nivo organske produkcije, posredno može imati utjecaj na razvoj zooplanktona. Anoksija nije zabilježena niti u jednom od istraživanih sustava. Ipak, u hipolimnionu jezera Krenica dolazi tijekom kasnog ljeta do povremene hipoksije (primjerice u rujnu) što je posljedica temperaturne stratifikacije (Keller i Conlon, 1994). Količina otopljenog kisika u preostala dva jezera varira, međutim, promjene

su vezane uz produkciju fitoplanktona i temperaturu vode s trendom povećavanja u razdobljima veće produkcije fitoplanktona (koncentracije klorofila *a*) i smanjenja temperature vode.

Tijekom istraživanja zabilježene su relativno niske vrijednosti nutrijenata u jezerima. Niske vrijednosti nutrijenata bilježe i Peroš-Pucar i Ternjej (2014) za jezero Vrana pokraj Biograda. Od hranjivih tvari za razvoj zooplanktona posredno su važni spojevi fosfora i dušika, koji determiniraju intenzitet razvoja fitoplanktona: primarna produkcija određuje biomasu algi, a time i sastav i biomasu zooplanktonske zajednice u jezeru (Hessen i sur., 2006). Koncentracija ukupnog fosfora je važan pokazatelj potencijalne produkcije u jezeru, budući da je u slatkovodnim sustavima upravo fosfor čimbenik koji je najčešće u minimumu (Jeppesen i sur., 1999). Zabilježena pozitivna korelacija brojnosti i biomase planktonskih rakova s ukupnim fosforom ukazuje na učinkovit lanac ishrane u jezerima Krenica i Svitava. Fosfor je izvor hrane za primarne proizvođače kojima se hrane makro i mikrofiltratorski zooplanktonski organizmi. Pozitivnu korelaciju brojnosti i biomase zooplanktona s ukupnim fosforom bilježe i Hessen i sur. (2006). U Svitavskom jezeru i jezeru Kuti koncentracija ukupnog fosfora u pravilu ne prelazi 0,01 mg/L. Moguće je da bogata makrofitska vegetacija u ovim sustavima koristi značajan dio dostupnog fosfora, čime smanjuje primarnu produkciju algi i održava ju do najviše 4,5 µg/L klorofila *a*. U Svitavskom jezeru zabilježena pozitivna korelacija brojnosti i biomase zooplanktona s klorofilom *a* također ukazuje na učinkovit lanac ishrane. Najveća prosječna koncentracija klorofila *a* zabilježena je upravo u Svitavskom jezeru. Pozitivnu korelaciju brojnosti i biomase s klorofilom *a* bilježe i drugi autori (Hessen i sur., 2006; Gołdyn i Kowalczewska-Madura, 2008; Stanković i sur., 2011). Prema Karabin (1985a) količina hrane utječe na učinkovitost razmnožavanja i masovnost zajednice zooplanktona. Ipak treba napomenuti, da je u kolovozu na postaji S1 u Svitavskom jezeru koncentracija klorofila *a* značajnije porasla, što je posljedica niske razine vode, regulacije rada ustave. S druge strane, koncentracija fosfora u jezeru Krenica determinirana je dubinom, a značajne razlike u količini fosfora izražene su tijekom ljeta i posljedica su već spomenute termalne stratifikacije.

Osim posredno, hranjive tvari mogu i direktno utjecati na razvoj zooplanktona. Sagledavajući ove činjenice u kontekstu istraživanih sustava, potvrđeno je tijekom istraživanja da u dubljim sustavima, kao što je primjerice jezero Krenica, postoje razlike u ekološkim čimbenicima koji mogu značajnije utjecati na razvoj zooplanktona. Redundantnom analizom utvrđeno je da je primarni čimbenik koji utječe na razvoj zajednice temperatura, ali

u epilimnijskom sloju potencijalno značajan utjecaj imaju hranjive tvari (dušikovi spojevi). Poznato je da herbivorni rašljoticalci kao primjerice vrste iz roda *Daphnia* imaju visoki sadržaj fosfora te nizak omjer N : P, dok veslonošci imaju niži sadržaj P i veći N : P omjer (Walve i Larsson, 1999; Villar-Argaiz 2002). Pozitivna korelacija upravo odraslih kalanoidnih veslonožaca, njihovih razvojnih stadija s ukupnom količinom anorganskog dušika (DIN) objašnjava njihov razvoj u metalimnionu jezera Krenica.

U svim istraživanim jezerima pH je blago alkaličan, što je karakteristično za krška jezera (Stanković i sur., 2011). Prema Walseng i sur. (2015) brojnost vrsta opada s povećanjem vrijednosti pH. Međutim, varijacije pH u istraživanim jezerima su u okvirima dvije pH jedinice (uglavnom od 7 - 9). Ovakve su promjene uobičajene za jezera na karbonatnim podlogama, te se razlike u sastavu zajednica ne mogu prepisati promjenama pH, već se mogu povezati sa karbonatno-bikarbonatnom ravnotežom, odnosno promjenama u količini slobodnog i vezanog CO_2 izazvanog primarnom produkcijom algi i makrofitske vegetacije tijekom dana. Sva su mjerenja naime, izvršena po danu kada je fotosinteza primarnih proizvođača intenzivna, potrošnja CO_2 velika, nema slobodnog ugljičnog dioksida, te je reakcija vode alkalična. Za očekivati je da bi reakcija vode bila kisela da su mjerenja izvršena predvečer kada fotosinteza opada (a noću potpuno prestaje) te se razina slobodnog CO_2 povećava, što rezultira padom pH.

U Svitavskom jezeru redundantna analiza je pokazala značajniji utjecaj varijable „ustava“ na zajednicu zooplanktona. Negativna korelacija brojnosti i biomase s radom ustave na obje postaje ukazuje na negativan antropogeni utjecaj na razvoj zajednice zooplanktona u Svitavskom jezeru. Klaster analiza je također pokazala odvajanje zimskih mjeseci unutar Svitavskog jezera, a upravo se to razdoblje može povezati s mjesecima u kojima je zabilježen najveći protok vode kroz ustavu i „ispiranje“ zajednice zooplanktona iz jezera.

Zajednice zooplanktona su povezane s brojnim abiotičkim i biotičkim elementima u pojedinom ekosustavu što može na različite načine utjecati na strukturu i dinamiku populacija (Karabin, 1985a). Uzevši u obzir i morfološke razlike, dobiveni rezultati ukazuju na raznovrsnu dinamiku razvoja zajednica zooplanktona istraživanih postaja. Usporedbom postaja, jezero Krenica zauzima prvo mjesto u sveukupnoj brojnosti, na drugom mjestu je jezero Kut, zatim slijedi Svitavsko jezero pa Arapi Vrilo. Zabilježene su velike razlike u gustoći populacija i sastavu vrsta u pojedinim sezonama tijekom istraživanja. Primjerice vrsta *Mesocyclops* sp. iz jezera Kuti nije determinirana jer u uzorcima nisu pronađene odrasle

jedinke, a kako navodi Piria (2006) odrasle jedinke nekih vrsta se javljaju samo nekoliko puta kroz godinu.

Prema Karabin (1985b) analizom vrijednosti sveukupne brojnosti planktonskih rakova u ljetnom razdoblju od svibnja do listopada, Svitavsko jezero i jezero Kuti pripadaju kategoriji oligotrofno do mezotrofnih ekosustava. Jezero Krenica je u istoj kategoriji kad je riječ o sveukupnoj brojnosti zooplanktona, dok je prema omjeru bioindikatorskih vrsta u sveukupnoj brojnosti, oligotrofan sustav. Porast biomase, dominantnosti ciklopoidnih veslonožaca i pad udjela rašljoticalaca u sveukupnoj biomasi može biti pokazatelj porasta trofije u stratificiranim jezerima (Karabin, 1985b). U jezeru Krenica omjer B Cycl : B Clad iznosi 0,3 po čemu bi se jezero Krenica svrstalo u mezotrofno jezero. Usporedbom ovih rezultata s rezultatima trofije postaja prema trofičkom indeksu (Carlson 1977) uočeno je podudaranje prema vrijednostima koncentracije klorofila *a* TSI (CHL) i koncentracije ukupnog fosfora TSI (TP). Vrijednosti Secchi prozirnosti TSI (SD) u svim jezerima ukazuju na povećan stupanj trofije. Prozirnost je, prvenstveno, uvjetovana gustoćom fitoplanktona, a zatim gustoćom svih ostalih živih organizama kao i česticama organske tvari u pelagijalu (Carlson, 1977). Prozirnost povećava makrofitska vegetacija, a smanjuju svi čimbenici koji dovode do povećanja raspršenih čestica u stupcu vode (primjerice vjetar). Utjecaj makrofitske vegetacije osobito je izražen u plitkim jezerima gdje ima dvojaku ulogu: u očuvanju prozirnosti vode, te je kompetitor algama za hranjiva i svjetlost (Jeppesen i Sammalkorpi, 2002).

S trofijom je povezana i dubina jezera (Keller i Conlon, 1994). Prema Jeppesen i sur. (1999) plitka su jezera podložnija eutrofikaciji jer se nutrijenti lakše oslobađaju iz sedimenta zbog stalnog miješanja vode. Unos fosfora i dušika u jezero također povećava trofiju, a takav antropogeni utjecaj je izraženiji u plitkim jezerima zbog njihove često veće površine u odnosu na duboka jezera (Špoljar i sur., 2011). U okolici sva tri istraživana jezera razvijena je poljoprivredna proizvodnja što potencijalno može biti prijetnja u očuvanju trenutnog trofičkog stanja. Obale svih istraživanih jezera često se koriste za ispašu stoke, a upravo se fekalije smatraju glavnim alohtonim izvorom dušika i fosfora u jezerima (Geraldes i Boavida, 2006). Søndergaard i sur. (2005) također naglašavaju pozitivnu korelaciju između koncentracije fosfora i dušika s razvijenom poljoprivredom u okolici jezera. Razni kemijski spojevi poput pesticida, koji se koriste u poljoprivredi, negativno utječu na jezera, odnosno živi svijet u njima (Di Lorenzo i sur., 2013). Porastom temperature pod utjecajem globalnog zatopljenja, osjetljivost na poljoprivredne zagađivače će rasti (Di Lorenzo i sur., 2015). Prema Beckliogl

i sur. (2007), urbanizam, nepravilno odlaganje otpada, degradacija močvarnih staništa i intenzivna poljoprivreda su utjecali na povećanje unosa hranjiva u plitka jezera širom svijeta.

U jezerima niskog stupnja trofije dominiraju učinkoviti mikrofiltratori. Oni imaju sposobnost maksimalnog iskorištavanja dostupne hrane (Karabin, 1985a). Porastom trofije, povećava se biomasa manjih predstavnika rašljoticalaca koji se ubrajaju u skupinu neučinkovitih mikrofiltratora. U jezeru Krenica iz skupine rašljoticalaca dominira vrsta *D. longispina*, pripadnik skupine učinkovitih mikrofiltratora. Velika stratificirana jezera su pogodan ekosustav većim rašljoticalcima poput vrste iz roda *Daphnia* i zbog povećane vrijednosti provodljivosti, kao i mogućnosti vertikalnih migracija u manje osvijetljen hipolimnion (Dodson, 2009). U ostalim jezerima, dominiraju vrste iz skupine neučinkovitih mikrofiltratora. U istraživanju akumulacija različitog stupnja nestabilnosti Geraldes i Boavida (2006) su utvrdili da u stabilnom sustavu vrsta *D. longispina* zauzima važno mjesto u zajednici zooplanktona, dok u jezerima s velikim fluktuacijama razine vodostaja razvija znatno manje populacije. U takvim sustavima, s druge strane vrsta *B. longirostris* je kompetitivnija od vrste *D. longispina* (Adamezuk, 2016) što je zabilježeno tijekom provedenog istraživanja u Svitavskom jezeru. Vrsta *B. longirostris,* kao i većina drugih rašljoticalaca ima sposobnost prezimljavanja, što joj omogućava opstanak i dominaciju u jezerskim ekosustavima s nestabilnim uvjetima (Vila, 1989; Hart, 2004). U zajednici zooplanktona jezera Kuti vrsta *B. longirostris* također zauzima važno mjesto. Eudominantna i eukonstantna je vrsta unutar ovog sustava te razvija jesenji i proljetni maksimum. Pojavnost i dominacija manjih rašljoticalaca u plitkim jezerima može biti odgovor na globalno zatopljenje i porast temperature vode u jezeru. Uslijed navedenih promjena mijenja se sastav fitoplanktona, a kao posljedica toga i zooplanktonskih vrsta. U trofičkoj kategorizaciji prema Karabin (1985b) vrsta *B. longirostris* je svrstana u grupu neučinkovitih mikrofiltratora. Prema novijim saznanjima ova vrsta se smatra važnom karikom u hranidbenom lancu jer potencijalno može biti učinkovitija u prijenosu energije prema višim trofičkim kategorijama hranidbene mreže od većih predstavnika rašljoticalaca (Adamezuk, 2016). Vrste poput *B. longirostris* su zbog načina ishrane glavni regulatori prekomjernog razvoja fitoplanktona poznatog kao cvjetanje algi uslijed onečišćenja (Bhat i sur., 2015).

Na sastav vrsta i strukturu zooplanktonske zajednice u jezeru svakako utječe i pritisak planktivornih riba (Brooks i Dodson, 1965). Dominacija malih vrsta može biti povezana s pritiskom planktivornih riba na populacije većih, vidljivijih vrsta (Gołdyn i Kowalczewska-Madura, 2008) posebice u plitkim jezerima gdje su onemogućene vertikalne migracije.

Predatorski pritisak nije bilo moguće pratiti i zabilježiti tijekom ovakvog istraživanja. U uzrocima su ponekad zabilježene jedinke rašljoticalaca s oštećenjima na karapaksu. Oštećenja su možda nastala uslijed pritiska ciklopoidnih predatorskih veslonožaca. Sličnu pojavu zabilježili su Chang i Hanazato (2003) u svojim istraživanjima.

Prema Haberman i sur. (2007) veličina tijela rašljoticalaca je u korelaciji s temperaturom, odnosno rašljoticalci su najveći kada je najtoplije. Takav obrazac nije zabilježen ovim istraživanjem. U sva tri jezera najviša vrijednost temperature izmjerena je u lipnju 2012. godine. Prosječna veličina tijela vrste *B. longirostris* bila je najveća u travnju (Svitavsko jezero), odnosno u ožujku (jezero Kuti). U jezeru Krenica najveća prosječna veličina tijela dviju najzastupljenijih vrsta rašljoticalaca izmjerena je u kolovozu (*D. longispina* i *D. brachyurum*).

U jezeru Krenica su istraživana tri sloja: epilimnion, metalimnion i hipolimnion. U jezeru Krenica u sloju metalimniona zabilježena je najveća ukupna brojnost i biomasa tijekom istraživanja. Uspostavom ljetne stratifikacije u metalimnionu se, zbog naglog pada temperature i povećanja gustoće vode, duže zadržavaju suspendirane čestice koje tonu, a s njima i bakterije i alge koje su hrana zooplanktonu. Time se objašnjava i veća koncentracija protista, kolnjaka i planktonskih rakova u sloju metalimniona u mnogim stratificiranim jezerima (Williamson i sur., 1996). U epilimnijskom sloju je zabilježen samo proljetni maksimum, a u sloju hipolimniona samo jesenski maksimum ukupne brojnosti i biomase. Vertikalna raspodjela brojnosti i biomase zooplanktona je rezultat izbjegavanja predatora ili zauzimanja sloja s najpogodnijim fizikalno-kemijskim značajkama (Masson i sur., 2004). Iako vertikalne migracije nisu pokrivene ovim istraživanjem, promjene u brojnosti zooplanktona u pojedinim slojevima ovog jezera mogu biti posljedica i ovog fenomena.

Zbog poznatih dnevno-noćnim migracija predstavnika zooplanktona u jezerima s dubokim bazenom (Lampert, 1989) uvijek se uzorkovalo u isto doba dana. Uočena je razlika u vertikalnoj raspodjeli vrste *D. longispina* tijekom godine u jezeru Krenica. U toplim mjesecima, od srpnja do rujna 2012. godine 65 % populacije vrste *D. longispina* bilo je raspoređeno u hipolimnionu; dok se u ožujku 90,6 % populacije vrste *D. longispina* nalazi u eplimnionu. U travnju i svibnju 2013. godine preko 97 % populacije je smješteno u metalimnionu kada je zabilježen proljetni maksimum. Ovakva vertikalna raspodjela se može objasniti tezom „*Bolje mrtav, nego gladan*“ koju su predložili Huntley i Brooks (1982). Prema njihovoj teoriji, u vrijeme manje dostupnosti hrane, jedinke riskiraju da bi se prehranile u

površinskom sloju, unatoč velikoj opasnosti od predatora. Treba se uzeti u obzir i ishranu bakterijama koje se koncentriraju u blizini termokline (Johnsen i Jakobsen, 1987). Zimi se, znatno smanjenja populacija odraslih jedinki, uglavnom nalazi u sloju metalimniona. Poznato je da su vrste iz roda *Daphnia* pozitivno fototaksične kada gladuju. Tada nedostaju vertikalne migracije ili se događaju obrnute migracije (Clarke, 1932; Haupt i sur., 2009). Budući da ovo istraživanje nije bilo provedeno u cilju utvrđivanja obrasca vertikalnih migracija, bilo bi potrebno provesti dodatna istraživanja dnevno-noćnih migracija kako bi se potpuno objasnila sezonska vertikalna rasprostranjenost vrste *D. longispina.* Prema Lampert (1989), vertikalne migracije su posebno izražene kod većih i pigmentiranih vrsta ili jedinki s jajašcima. Takve jedinke su zbog veličine i boje lakše uočljive predatorima. Trend zadržavanja u hipolimnionu tijekom dana u jezeru Krenica, zabilježen je kod vrste *C. abyssorum*. Budući je riječ o dubokom bazenu, vrsta *C. abyssorum* vjerojatno sklonište traži u slabije osvijetljenom hipolimnionu. Kako navodi Haney (1988), vrsta *C. abyssorum* migrira samo u jezerima s obilnom zajednicom planktivornih riba, na što ukazuje prethodno istraživanje jezera Krenica (Šanda i sur., 2008). Inače vrsta *C. abyssorum* naseljava duboka slatka jezera (Bukvić-Ternjej i sur., 2001).

Promatrajući godišnji ciklus razvojnih stadija vrste *C. steueri* u jezeru Krenica, uočava se izmjena u maksimumima. Kopepoditi postižu maksimum u rujnu, odrasle jedinke u prosincu, a nauplii u veljači, nakon čega je u svibnju opet primjetan porast kopepoditnih stadija. Sličan obrazac slijeda maksimuma razvojnih stadija opisali su i Tomec i sur. (2002) godine za jezero Vrana na Cresu.

Veći rašljoticalci su učinkovitiji u konzumiranju fitoplanktona pa se više energije dobivene fotosintezom prenesi na više trofičke kategorije, čime je lanac ishrane učinkovitiji (Haberman i sur., 2007). Vrste roda *Daphnia* upravo zbog učinkovite filtracije mogu stvoriti tzv. stanje čiste vode. Aktivnom ishranom uspijevaju ukloniti fitoplankton iz vode, nakon čega njihova brojnost opada (Scheffer i sur., 1993; Neill, 1994; Jeppesen i sur., 1999). Najveća ukupna brojnost jedinki vrste *D. longispina* u jezeru Krenica zabilježena je u travnju 2012. godine. U mjesecu koji je uslijedio vrijednost Secci prozirnosti vode se povećala na tri metra (1,6 m u travnju), a brojnost jedinki vrste *D. longispina* znatno smanjila. Najveća prosječna veličina tijela vrste *D. longispina* zabilježena je u kolovozu. U rujnu je opet zabilježen porast vrijednosti prozirnosti u vrijeme jesenskog maksimuma. Moguće je da su za povećanje prozirnosti zaslužne krupne jedinke vrste *D. longispina* jer je učinkovitost filtracije kod roda *Daphnia* u pozitivnoj korelaciji s veličinom tijela jedinke (Darchambeau i Thys,

2005). Kako navode Haberman i sur. (2007), učinkovitom ishranom 6 % energije se prenese s algi na zooplankton, dok je postotak znatno manji kod neučinkovite filtracije (2 %).

Vrsta *L. kindti* pronađena je samo u rujnu. Budući je riječ o predatoru njena pojavnost ljeti prati veliku biomasu plijena. Najveću brojnost vrste *L. kindtii* u ljetnom razdoblju bilježe i drugi autori (Wells, 1970; Palmer i sur, 2001; Helland i sur, 2007). Vrebčević (1996) navodi kako je izrazito pokretna zbog veličine ticala i nogu, što joj omogućava izbjegavanje crpca. Time se objašnjava mala brojnost od 0,11 ind/10 L u zabilježenom mjesecu kao i veća prisutnost u mrežnom uzorku. Malu brojnost vrste *L. kindtii* bilježe i Field i Prepas (1997). Helland i sur. (2007) navode kako je stanište vrste *L. kindtii* eplimnion (uglavnom dubina oko pet metara). U ovom istraživanju zabilježena je upravo u epilimnionu. Vrsta *L. kindtii* je termofilna vrsta koja maksimum postiže pri najvišoj temperaturi jezera. Walseng i sur. (2015) navode kako jezera s autohtonom faunom predatorskih rašljoticalaca, kao što je *L. kindtii* imaju veću bioraznolikost. Obrazac nije potvrđen ovim istraživanjem. Broj vrsta u jezeru Krenica nije velik. S druge strane, jezero Krenica je najviša kota u provedenom istraživanju, a porastom nadmorske visine opada bioraznolikost (Walseng i sur., 2015).

Brojnost vrste *D. brachyurum* raste s dubinom. U površinskom se sloju pojavljuje sporadično. U uzorcima je prisutna u kasno proljeće, te ljeto i jesen. Zimi nije utvrđena. Slična sezonalnost vrste *D. brachyurum* zabilježena je i ranije (Tomec i sur., 2002).

Svitavsko jezero je akumulacija nastala za potrebe Hidroelektrane Čapljina, te je pod stalnim antropogenim utjecajem. Dobiveni podaci o radu ustave jasno pokazuju da postojeći režim ispuštanja velike količine vode u zimskim mjesecima utječe na dinamiku zajednice zooplanktona. U plitkim jezerima zajednica zooplanktona se razvija kroz dva biološka maksimuma tijekom jedne hidrološke godine (Marić i Rakočević, 2009). U Svitavskom jezeru takav razvoj je poremećen radom ustave te je zabilježen samo jedan maksimum i to u ljetnim mjesecima kada ustava uglavnom bude zatvorena. U studenom i prosincu 2012. godine kada je izmjerena količina protoka od 33.447,78 m³, odnosno 43.345,67 m³ zabilježen je pad u brojnosti i biomasi veslonožaca i rašljoticalaca. Brojnost veslonožaca površinskog i pridnenog sloja u navedena dva mjeseca na obje postaje je ispod dvije jedinke na deset litara. Rašljoticalci su u listopadu pronađeni samo na postaji S2 brojnosti manje od jedne jedinke na deset litara. U prosincu nisu pronađeni u uzorcima ni na jednoj postaji. U siječnju, kad se količina protoka vode smanjila na 73.90,47 m³ bilježi se lagani porast brojnosti predstavnika zooplanktona. Budući da je zooplankton središnja karika hranidbenog lanaca, negativan

utjecaj ispiranja zajednice zooplanktona iz jezera u zimskim mjesecima vjerojatno se odražava i na više trofičke razine (Sheldon i sur., 2011).

Dubina Svitavskog jezera prvenstveno ovisi o režimu rada hidroelektrane, odnosno količini vode koja se ispušta u jezero iz gornje akumulacije te količini vode koja se ispušta u rijeku Krupu. Prije izgradnje HE Čapljina, dubina jezera ovisila je o količini padalina Svitavskog sliva i izdašnosti vrela uz obod jezera. Rad ustave utječe i na razinu vode u rijeci Krupi (Štambuk-Giljanović, 1998). Postoji opravdan strah da voda iz Svitavskog jezera, prilikom rada ustave rijekom Krupom otječe u Deransko jezero, a ne u rijeku Neretvu. Na ovaj način se negativan antropogeni utjecaj širi i na Deransko jezero. Zapravo se može reći da koritom rijeke Krupe, ne teče uvijek Krupa, nego vode Svitavskog jezera ili vode rijeke Neretve zbog specifičnosti terena. Negativan utjecaj postrojenja Elektroprivrede već je ranije uočen od strane nevladinih organizacija. Organizacija WWF Mediterranean (World Wide Found For Nature) je u sklopu projekta „Osiguranje budućnosti Parka prirode Hutovo blato“ tražila od Elektroprivrede suradnju u rješavanju problema (Mateljak, 2014). Naglim pražnjenjem jezera voda povlači i veliku masu planktona koji se ne može oduprijeti struji vode čim se iz jezera gubi važna sastavnica hranidbene mreže.

Zooplanktonski organizmi su vrlo uspješni kolonizatori (Hessen i sur., 2006). Svitavsko jezero se koristi u svrhe ribolova, a poribljavanje je jedan od načina kolonizacije novih staništa. Park prirode Hutovo blato je poznato odmaralište brojnih ptica selica (Dalmatin, 2009) čime je omogućenu unos novih vrsta iz hladnijih krajeva preko plivaće kožice ptica. Unos brojnih vrsta moguć je i pasivnim prijenosom vjetrom ili kralješnjacima (probavni sustav). Riječ je o vrstama koje prezimljavaju u obliku cisti (Mura i Brecciaroli, 2003).

Prozirnost Svitavskog jezera bila je, gotovo uvijek, jednaka dubini. Prozirnosti vode doprinosi gusta makrofitska vegetacija i velika gustoća efikasnih mikrofiltratora (Špoljar i sur., 2016). Gusta vegetacija također pridonosi heterogenosti staništa a time i bioraznolikosti (Jeppesen, 2000). U kolovozu 2012. kao i u ožujku 2013. godine prozirnost je bila manja od dubine jezera što može biti posljedica intenzivnog miješanja vode uslijed vjetra te resuspenzije sedimenta.

Najveća uočena razlika u prosječnoj mjesečnoj brojnosti i biomasi površinskog i pridnenog sloja između postaje S1 i S2 zabilježena je u srpnju 2012. godine, zahvaljujući velikoj brojnosti nauplia. Za ovaj mjesec nedostaju podaci o radu ustave, pa dobivene podatke

ne možemo dovesti u vezu s režimom rada hidroelektrane. U ostalim mjesecima sveukupna brojnost i biomasa na dvije istraživane postaje bila je približno jednaka, ali zbog znatne razlike u srpnju, postaja S2 bilježi i veću sveukupnu brojnost i biomasu u odnosu na postaju S1. Prema Pavletić i sur. (1973) na postajama koje su pod utjecajem uzlaznih i izlaznih struja u pravilu obitava manji broj planktonskih organizama u odnosu na postaje koje su izvan jačeg domašaja struja. To se u ovom slučaju pokazalo točnim. Na horizontalnu raspodjelu planktona, također može utjecati i vjetar (Marić i Rakočević, 2009). Blizina vegetacije nije rezultirala većom brojnošću vrsta kao što su zabilježili neki drugi autori u plitkim jezerima (Špoljar i sur., 2011). Prema Moss (1990) gustoća zooplanktona je veća u blizini makrofita nego u otvorenoj vodi. U Svitavskom jezeru nije uočena značajna razlika gustoće populacije na dvije istraživane postaje.

U sastavu zooplanktona Svitavskog jezera prevladavaju neučinkoviti mikrofiltratori. Takva struktura zajednice tipična je za akumulacije s periodičnim promjenama razine vode (Geraldes i Boavida, 2006). Ovakve vrste su razvile adaptivne prednosti u smislu kraćeg generacijskog razdoblja. Međutim, ukoliko se uzima u obzir udio u biomasi, onda u trofičkoj strukturi Svitavskog jezera prevladavaju makrofiltratori.

Brojnost i biomasa vrste *B. longirostris* je veća na postaji S2 u odnosu na postaju S1. Riječ je o pelagijalnoj vrsti koja razvija veće zajednice na otvorenom jezeru, a ne u blizini vegetacije. Brojnost i biomasa vrste *B. longirostris* se povećava u ljetnom razdoblju, međutim njen mali udio u ukupnoj brojnosti i biomasi jezera (10,7 %) ne upućuje na porast trofije. Vrsta *B. longirostris* je eudominantna u Svitavskom jezeru. U drugim plitkim jezerima zabilježena je također kao dominantni predstavnik rašljoticalaca (Špoljar i sur., 2011). Adamezuk (2016) ovu vrstu označava kao visoko tolerantnu prema naglim promjenama u okolišu. Osim toga, nije zabilježena velika razlika u sastavu zajednica koja bi ukazivala na razliku između postaja u odnosu na blizinu vegetacije. Svitavsko jezero je protočno jezero, a odabrana postaja uz vegetaciju nalazi se nizvodno od postaje na otvorenom jezeru, što bi mogao biti jedan od razloga velike sličnosti.

U Svitavskom jezeru je uočena razlika u brojnosti i biomasi zajednica zooplanktona površinskog i pridnenog sloja tijekom hidrološke godine. U ljetnim mjesecima veća brojnost i biomasa površinskog sloja može se pripisati načinu ishrane, odnosno dostupnosti klorofila *a.* U zimskim mjesecima veća brojnost i biomasa pridnenog sloja dijelom se povezuje s razvojem nauplia iz jaja koji se nalaze u mulju. Na strukturu zajednice zooplanktona plitkih

jezera u stanovitoj mjeri utječu i bentoski i litoralni predstavnici planktonskih rakova (Hessen i sur., 2006). Upravo takvi organizmi doprinose većoj brojnosti i biomasi pridnenog sloja u zimskim mjesecima (Smirnov, 1974). Većina predstavnika rašljoticalaca zabilježenih u Svitavskom jezeru su uglavnom bentoski rašljoticalci (*Eurycercus, Alona, Alonella, Camptocercus, Chydorus, Pleuroxus, Acroperus*) (Dole-Olivier i sur., 2000). Već nabrojanim, Vila (1989) dodaje još i rodove *Diaphanosoma* i *Ceriodaphnia*. Vrste iz navedenih rodova dospijevaju u pelagijal uslijed turbulencija vode i podizanja sedimenta (Pavletić i sur., 1973). Također je moguće zadržavanje u pridnenom sloju, odnosno zakopavanje u mulj da bi se izbjegla struja vode (Vila, 1989). Isto se može dogoditi pojedinim vrstama iz porodice *Chydoridae* koji žive uz makrofitsku vegetaciju, a uslijed jakih struja mogu dospjeti u pelagijal (Vila, 1989).

Brojni autori udio jedinki vrste *C. sphaericus* povezuju s procesom eutrofikacije. U jezerima u kojima se pojavljuje sporadično (akcesorna vrsta), kao što je u ovom istraživanju zabilježeno u Svitavskom jezeru može ukazivati na povećanje trofije. Isti je slučaj i s vrstom *D. brachyurum,* koja je u Svitavskom jezeru akcidentalna, odnosno zabilježena samo u jednom mjesecu. Međutim, Svitavsko jezero je protočno jezero koje prima vodu iz gornjeg akumulacijskog bazena HE Čapljina (Slišković, 2014). Organizmi koji naseljavaju vode koje opskrbljuju akumulaciju također se mogu naći u uzorcima (Pavletić i sur., 1973). Moguće je da pojedine akcidentalne i akcesorne vrste u Svitavskom jezeru poput vrsta *D. longispina, D. brachyurum* i *C. sphaericus* razvijaju zajednice u gornjem akumulacijskom bazenu HE Čapljina (Galir Balkić, 2013). Kako bi se dokazala ova pretpostavka bilo bi potrebno provesti sustavno istraživanje i gornjeg bazena.

Odvojenost niša srodnih vrsta roda *Camptocercus* unutar jezera može se objasniti principom kompetitivne isključivosti („*Competitive exclusion principle*“) blisko srodnih vrsta zbog sličnih ekoloških zahtjeva (Hardin, 1960). U jezeru koegzistiraju i dvije vrste Cyclopoida. Vrsta *E. macruroides* je eukonstantna vrsta, dok je vrsta *M. albidus* akcidentalna vrsta u Svitavskom jezeru. Obje vrste su prilagođene životu u lotičkim sustavima (Dole-Olivier i sur., 2000). U zimskim mjesecima, zbog režima rada ustave, Svitavsko jezero ima obilježje lotičkog sustava. U mjesecima kada je zabilježen najveći protok na ustavi, obje vrste nedostaju u uzorcima. Vjerojatno se zadržavaju u sedimentu ili su naglom strujom isprane iz jezera.

Jezero Kuti je ranijim istraživanjem okarakterizirano kao plitko eutrofno jezero (Bukvić-Ternjej i sur., 2001). Ovakav trofički status nije potvrđen ovim istraživanjem. Prema rezultatima, a koristeći standardne metode za računanje stupnja trofije (Karabin, 1985b; Carslon, 1977), jezero Kuti je oligo - do mezotrofan sustav. Na sličan stupanj trofije ukazuje i Mišetić (1995), koji navodi kako jezero Kuti prema sastavu zooplanktona pripada oligotrofnim vodama.

Također postoje određena odstupanja u odnosu na ranija istraživanja jezera Kuti u pogledu slanosti. Jezero Kuti pripada bočatom tipu jezera. U istraživanjima Bukvić-Ternjej i sur. (2001) vrijednosti saliniteta jezera su se kretale od 0 do 5 ‰, dok je maksimalna vrijednost saliniteta zabilježena u ovom istraživanju iznosila 1,1 ‰. Sastav i brojnost vrsta znatno je izmijenjen u odnosu na rezultate ranijih istraživanja jezera Kuti (Mrakovčić i sur. 1995). Samo četiri od 13 vrsta su zabilježene i u ovom istraživanju. Vrsta *Pleuroxus* sp., kako ju navode Mrakovčić i suradnici determinirana je do vrste *P. leavis*. Tijekom ovog istraživanja nisu utvrđene odrasle jedinke vrste roda *Mesocyclops*. Međutim, prema Mrakovčić i sur. (1995) i Bukvić-Ternjej i sur. (2001) jezero Kuti nastanjuje vrsta *M. leuckarti* te je moguće da se radi o navedenoj vrsti.

Prema Jeppesen i sur. (1994) veslonošci preuzimaju dominaciju u sastavu zajednice zooplanktona pri salinitetu iznad 0,5 ‰. U jezeru Kuti je zabilježen porast vrijednosti saliniteta od ožujka do svibnja 2013. godine. U istom razdoblju je omjer veslonošci : rašljoticalaci bio značajno pomaknut u korist veslonožaca.

Niske vrijednosti klorofila *a* i nutrijenata u jezeru Kuti mogu biti uvjetovane kompeticijom za nutrijente od strane makrofitske vegetacije uz obalni dio jezera (Peroš-Pucar i Ternjej, 2014).

Zabilježen je manji rast u koncentraciji ukupnog dušika i fosfora u ljetnim mjesecima što je u skladu s brojnim navodima za plitka mediteranska jezera (Beckliogl u i sur., 2007). Dostupnost dušika može biti niža u plitkim jezerima toplijih krajeva zbog brže stope rasta i gubitka dušika u procesu denitrifikacije (Beklioglu i sur., 2007). Zbog niske koncentracije fosfora onemogućen je velik razvoj algi. Niske vrijednosti fosfora utječu na staničnu stjenku zelenih algi čineći je tvrđom i samim tim manje probavljivom što dovodi do smanjenja broja pojedinih rašljoticalaca. U plitkim jezerima niskog trofičkog statusa s niskom primarnom proizvodnjom, značajna je i kontrola brojnosti zooplanktona putem limitacije hranom („*Bottom up*“) (Haberman, 2007). U sastavu zajednice zooplanktona jezera Kuti dominiraju

manje vrste. Navedeno je u skladu s istraživanjima sastava zajednica plitkih mediteranskih jezera (Becklioglu i sur., 2007). Jezero Kuti je polimiktičko jezero u kojem se voda stalno miješa pod utjecajem zračnih strujanja. Stoga, tijekom ovog istraživanja nije niti utvrđena značajna razlika u brojnosti i biomasi veslonožaca i rašljoticalaca površinskog i pridnenog sloja. U sveukupnoj brojnosti veslonožaca jezera Kuti, prevladavaju nauplii s udjelom od 69,6 %. Sličan obrazac s dominantnošću nauplia od 72,1 % zabilježen je u plitkom slanom jezeru u delti rijeke Nill (Zakaria i sur. 2007) kao i u bočatom jezeru Vrana kod Biograda (Peroš-Pucar i Ternjej, 2014).

U jezeru Kuti vrsta *B. longirostris* je eudominantna i eukonstantna, dok je vrsta *C. pulchella* recendentna i akcesorna. Uz navedeno, veća ukupna brojnost i biomasa vrste *B. longirostris* može biti posljedica jače otpornosti na predatorstvo jedinki roda *Mesocyclops* u odnosu na vrstu *C. pulchella* (Greenwood i sur., 2012). Vrsta *C. aquaedulcis,* koja je i ranije zabilježena u jezeru Kuti (Mrakovčić i sur., 1995; Bukvić-Ternjej i sur., 2001), karakterističan je stanovnik bočatih jezera Mediteranske regije (Peroš-Pucar i Ternjej, 2014). Vrste *C. aquaedulcis* i *B. longirostris* su eurihaline i euritermne, kojima odgovaraju promjene temperature i saliniteta (Peroš-Pucar i Ternjej, 2014).

Jedan od ciljeva istraživanja bio je utvrditi kvalitativni i kvantitativni sastav skupine veslonožaca (Copepoda) i rašljoticalaca (Cladocera) u odabranim izvorima i zatim dobivene podatke povezati s ekološkim čimbenicima koji određuju formiranje zajednice mikroskopskih rakova u pojedinom staništu. U samo jednom, od tri istraživana izvora, zabilježeno je razvijanje zajednice zooplanktona. Riječ je o izvoru Arapi Vrilo. Prema rezultatima redundantne analize čimbenici okoliša koji imaju najveći utjecaj na strukturu zajednice zooplanktona u izvoru Arapi Vrilo su padaline, kemijska potrošnja kisika i ukupni fosfor. Pozitivna korelacija brojnosti i biomase s temperaturom potvrđena je izračunom Spermanovog koeficijenta korelacije. Brojnost i biomasa negativno korelira s dubinom, koncentracijom kisika, parcijalnim tlakom i padalinama. Prema Bonacci (1993) glavna ulazna veličina u hidrološkom ciklusu su upravo oborine, a istjecanje podzemnih voda je u velikoj mjeri pod kontrolom sezonalnosti padalina (A´ lvarez-Cobelas i sur., 2005). Usporedbom podataka o količini padalina postaje Mostar i promjene razine vodostaja izvora Arapi Vrilo uočena je korelacija, stoga se zaključuje da izvor puni kišnica putem navedenih podzemnih tokova. Količina padalina također uzrokuje promjene u protoku vode. Salinitet izvora Arapi Vrilo u prosjeku iznosi 0,6 ‰, a najveća vrijednost saliniteta od 1,9 ‰ zabilježena je u svibnju. Poznato je da voda u krškim izvorima ponekad ima povišene vrijednosti saliniteta

(Bonacci, 1987), a najviše vrijednosti saliniteta u krškim izvorima Hercegovine mjerene su u ljetnom razdoblju. Otapanje temeljne krške podloge može biti izazvano djelovanjem organskih kiselina nastalim uslijed raspadanja vegetacije (Bonacci, 1994) čime se povećava salinitet u izvorima.

Izmjerene vrijednosti temperature vode u izvoru Arapi Vrilo (10,8 °C - 14,8 °C) sličnog su raspona kao i temperatura vode u krškim izvorima Dinarida (11 °C - 14 °C) (Bonacci, 1987).

Najveća koncentracija dušičnih spojeva tijekom istraživanja zabilježena je u Arapi Vrilu. Unatoč činjenici da je visoka koncentracija nitrata prirodna i uobičajena za izvore, posebice za krške izvore (Špoljar i sur., 2012a, 2012b), spomenuta visoka koncentracija dušikovih spojeva može biti i pokazatelj onečišćenja, poput poljoprivredne proizvodnje na prostoru kroz koji se voda procjeđuje i dospijeva u podzemlje ili ponire pa opet izvire kao što je slučaj s vodama istraživanih izvora. Kako je navedeno u poglavlju područje istraživanja, voda koja se pojavljuje u izvorima Arapi Vrilo i Crno Oko je voda iz polja Mostarsko blato (Slišković, 1983, 2014).

Prema Stoch i sur. (2011) i Smith i sur. (2003) glavni čimbenici okoliša u rasprostranjenosti faune unutar izvora su temperatura vode i protok vode. Jersabek i sur. (2001) navode i veličinu krenala kao bitan čimbenik koji utječe na sastav izvorskih zajednica. Također na bogatstvo vrsta i brojnost mikroskopskih rakova u izvorima utječe povezanost s drugim vodenim tijelima i postotak pokrivenosti makrofitama (Rundle i sur., 2000). Kako navodi Slišković (1983) izvore Arapi Vrilo i Crno Oko napaja voda iz istih ponora u Mostarskom blatu, stoga razlog razvoja zajednice zooplanktona samo u jednom izvoru treba tražiti u količini protoka vode kao i morfološkim osobinama krenala (Stoch, 2011). Arapi Vrilo bilježi znatno manje vrijednosti protoka (Slišković, 2014) u odnosu na Crno Oko. Ni u jednom trenutku nije plavljeno glavnim tokom rijeke Neretve. Znatno je pliće, a na dnu korita se razvija makrofitska vegetacija koja utječe na hidrološke procese u samom bazenu izvora (Bonacci, 2003). Makrofitska vegetacija služi i kao zaklon zooplanktonu. Svi ti čimbenici daju preduvjete za razvoj zajednice zooplanktona u takvom izvoru.

Uzrok nerazvijanja zajednice zooplanktona u vrelu Crno Oko mogu biti količina protoka i blizina glavnog toka rijeke Neretve, te potapanje vrela u zimskom razdoblju (Štambuk-Giljanović, 1998). Jedan od razloga može biti i zabilježena niska primarna produkcija koja se ogleda kroz malu zabilježenu koncentraciju klorofila *a*. Pri interpretaciji

rezultata izvora Crno Oko u obzir treba uzeti činjenicu da je dva ljetna mjeseca pristup vrelu bio onemogućen zbog okolnog raslinja. Upravo ta dva mjeseca je razina rijeke Neretve bila najniža, a brojnost i biomasa veslonožaca u susjednom Arapi Vrilu najveća. Nije isključena mogućnost da se zajednica zooplanktona razvija u kratkom razdoblju, ali da to nije zabilježeno ovim istraživanjem.

Budući je izvor rijeke Bune najveće vrelo u Bosni i Hercegovini i jedno od najizdašnijih i najpoznatijih vrela Dinarskog krša (Slišković, 2014), upravo veliki protok (u maksimumu 320 m^3/s) sprječava razvoj zajednica organizama koji se ne mogu oduprijeti struji vode. Nasumična pojava jedinki veslonožaca u uzorku objašnjava se izbacivanjem na površinu stigobiontskih vrsta. Ukoliko bi se željelo provesti istraživanje izvora s ciljem utvrđivanja podzemne faune, trebala bi se koristiti druga metodologija uzorkovanja (Notenboom i sur., 1996; Stoch, 2007; Gerecke i sur., 2011; Stoch i sur., 2015). Količina filtrirane vode u primijenjenoj metodologiji ne odgovara istraživanju faune podzemlja koja s vodom biva izbačena na površinu.

Veslonošci i rašljoticalci se u izvorima najčešće istražuju u sklopu istraživanja meiofaune (Särkkä i sur., 1997; Notenboom i sur., 1999; D'Ambrosio i sur., 2003; Fiasca i sur., 2004; Gerecke i sur., 2005; Stoch i sur., 2011, 2015). Meiofauna zauzima važno mjesto u ekologiji izvorskih staništa, zbog velike bioraznolikosti, ali i gustih populacija te važne uloge u hranidbenim lancima (Schmid-Araya i Schmid, 2000). Prema istraživanju 110 izvora u Italiji (Stoch i sur., 2011) zaključeno je da na sastav meiofaune, a samim tim i planktonskih rakova, najviše utječu nadmorska visina, kemijske osobine vode i protok vode. Budući da nema velike razlike u nadmorskoj visini postaja, kao ni u kemijskom sastavu vode, zaključuje se da je na distribuciju zooplanktona u istraživanim postajama prvenstveno utjecao protok vode.

Vrsta *E. serrulatus* s udjelom od 52,9 % (s razvojnim stadijima 99,8 %) u ukupnoj brojnosti, zauzima glavno mjesto u zajednici zooplanktona izvora Arapi Vrilo. Eudominantna je i eukonstantna ako se u obzir uzmu razvojni stadiji. Odrasle jedinke vrste *E. serrulatus* su akcesorne jer su prisutne u uzorcima od lipnja do rujna 2012. godine. Prema Einsle (1993), životni ciklus vrste *E. serrulatus* je ubrzan u povremenim barama. Ovim istraživanjem se dokazalo isto i za izvor sa znatnim razlikama u protoku vode, odnosno za izvor u kojem povoljni uvjeti za razvoj zooplanktona traju kratko. Povoljni uvjeti trajali su tijekom ljeta. U tom razdoblju izvor poprima izgled bare s razvijenom podvodnom vegetacijom. Upravo je u

ljetnom razdoblju, kada je razina vodostaja uvjetovana protokom bila najniža, ostvaren biološki maksimum zajednice mikroskopskih rakova. Prema Stoch i sur. (2011) vrsta *E. serrulatus* pokazuje korelaciju s umjereno brzim tokom vode. U spomenutim mjesecima zabilježen je i porast koncentracije klorofila *a.* Količina i kvaliteta hrane utječu na razvoj i razmnožavanje vrste *E. serrulatus*. Di Lorenzo i sur. (2015b) navode kako ubrzan metabolizam utječe na brži razvoj planktonskih rakova. Brz metabolizam vrste *E. serrulatus* je možda upravo prilagodba na ekosustav s kratkotrajnim povoljnim uvjetima. Kako navode Nandini i Sarma (2007), životni ciklus ženki vrste *E. serrulatus* traje između 30 i 50 dana, a mužjaka između 22 i 27 dana. Kratak postembrionalni razvoj i životni vijek vrste *E. serrulatus* bilježi i Maier (1990). U svom radu navodi i da je optimalna temperatura za razvoj vrste *E. serrulatus* između 10 °C i 15 °C što se podudara s temperaturom vode Arapi Vrila. Vrsta *E. serrulatus* je česta vrsta u izvorskim staništima (Defaye i Dussart, 1995; Jersabek i sur., 2001; Di Lorenzo i sur., 2015b; Stoch i sur., 2015). U alpskim izvorima pokrajine Trentino zabilježena je s pojavnošću od preko 10,9 % (Stoch i sur., 2011). Zbog svoje široke rasprostranjenosti, vrste *E. serrulatus* se koristi u razvijanju testova u ekotoksikologiji (Cifoni i sur., 2015).

Pored spomenutog predstavnika veslonožaca, vrste *E. serrulatus*, u izvoru Arapi Vrilo su zabilježena i dva predstavnika rašljoticalaca. Vrsta *B. longirostris* je tipični predstavnik pelagijalnih rašljoticalaca, dok je vrsta *A. quadrangularis* predstavnik bentoskih rašljoticalaca. Pelagijalni rašljoticalci se u izvorima javljaju u vrijeme manje struje, odnosno manjeg protoka vode (Amoros, 1984). Nakon što se protok vode znatno poveća uslijed jačih kiša, što je zabilježeno tijekom ovog istraživanja, pelagijalni rašljoticalci nestaju iz uzoraka. U uzorcima se tada mogu pronaći predstavnici bentoskih rašljoticalaca koje jake turbulencije vode mogu izbaciti iz supstrata (Vila, 1989). Vrsta *B. longirostris* zabilježena je samo u kolovozu i rujnu 2012. godine. Kolovoz i rujan su mjeseci sa zabilježenim najnižim vodostajem, koji je uvjetovan protokom vode. Važna osobina vrste *B. longirostris* za opstanak u ovakvom sustavu je brz životni ciklus. Nepovoljne uvjete vrsta *B. longirostris* preživljava u obliku zimskih jaja (Vila, 1989). Supstrat koji se nalazi na dnu izvora je značajan čimbenik za rasprostranjenost bentoskih rašljoticalaca. Vrsta *A. quadrangularis* je prisutna u uzorcima u mjesecu jake struje i visokog vodostaja. Turbulencije izazvane velikim protokom vode su utjecale na podizanje iz supstrata i dospijevanje u pelagijal (Vila, 1989). U ostalim mjesecima sloj supstrata minimizira utjecaj struje, pa ostaju u bentosu. Za detaljnije istraživanje sastava bentoskih rašljoticalaca u izvoru bi se trebala primijeniti druga metodologija osim

planktonske mreže (Särkkä i sur., 1997). Isto vrijedi i za istraživanje vrsta koje žive pričvršćeni na makrofitima (Jersabek i sur., 2001).

Predstavnici veslonožaca i rašljoticalaca pronađeni u izvorima, obično nisu pravi krenobionti, nego se mogu pronaći i u drugim staništima, poput jezera i podzemnih voda (Vila, 1989; Stoch, 1998; Gerecke i sur., 1998; Jersabek i sur., 2001) što se slaže s pronalaskom dvije vrste rašljoticalaca *B. longirostris* i *A. quadrangularis* u izvoru Arapi Vrilo kao i u Svitavskom jezeru tijekom provedenog istraživanja. Vrsta *E. serrulatus* je također zabilježena u brojnim jezerima duž istočne obale Jadrana (Bukvić-Ternjej i sur., 2001).

7. ZAKLJUČAK

- Ovim istraživanjem utvrđeno je ukupno 27 vrsta planktonskih račića. Vrstama bogatija skupina su rašljoticalci (Cladocera) s 20 vrsta, dok je iz skupine veslonožaca (Copepoda) utvrđeno sedam vrsta. Tijekom istraživanja nisu zabilježene endemične svojte niti za znanost nove vrste.
- Površina jezera je u korelaciji s brojnošću zabilježenih vrsta. Površinom najveće jezero ovog istraživanja (Svitavsko jezero) je ujedno i najbogatije vrstama.
- Od razvojnih stadija veslonožaca, naupliji su najbrojniji u svim jezerima. U jezeru Kuti, odrasle jedinke veslonožaca su prisutne samo zimi, ljeti nedostaju u uzorcima, dok su u jezeru Krenica odrasle jedinke prisutne cijele godine. I u Svitavskom jezeru su odrasle jedinke veslonožaca također zabilježene u ljetnim mjesecima. U omjeru spolova zabilježenih vrsta iz skupine veslonožaca svih istraženih sustava dominiraju ženke.
- U svim jezerima se temperatura vode izdvojila kao glavni čimbenik koji utječe na razvoj zajednice zooplanktona.
- Jezero Krenica je duboko monomiktičko jezero s miješanjem vode zimi (izotermija je zabilježena u prosincu 2012. godine). Termoklina se formira na dubini između 10 i 13 metara. U jezeru Krenica je zabilježen proljetni i jesenski maksimum. U metalimnionu je zabilježena najveća ukupna brojnost i biomasa za vrijeme trajanja istraživanja.
- Rad ustave na Svitavskom jezeru negativno utječe na dinamiku i razvoj zajednice planktonskih rakova. U Svitavskom jezeru zajednica veslonožaca i rašljoticalaca postiže jedan biološki maksimum u ljetnim mjesecima. Zajednica se obnavlja preko razvojnih stadija koji zimske mjesece provode u mulju u stadiju jaja.
- Jezero Kuti je tipično mediteransko plitko jezero prema sastavu zajednice zooplanktona. U jezeru Kuti je zabilježen proljetni i jesenski maksimum. Nije zabilježena značajna razlika brojnosti i biomase površinskog i pridnenog sloja.
- Sva tri istražena jezera imaju nizak stupanj trofije (oligo do mezotrofni sustavi). Međutim u okolici sva tri jezera razvijena je poljoprivredna proizvodnja što potencijalno može biti prijetnja u očuvanju trenutnog trofičkog stanja.
- Na razvoj zajednice zooplanktona u izvorima prvenstveno utječe protok vode i izgled krenala.

- Izvor Arapi Vrilo naseljava vrsta *E. serrulatus* kojoj kratak životni ciklus i brz postembrionalni razvoj omogućava život u staništu u kojem povoljni uvjeti traju kratko.
- Istraženost zooplanktonskih zajednica izvora u Bosni i Hercegovini je u začecima, stoga ovo istraživanje doprinosi saznanju o izvorišnoj ekologiji i fauni ovog prostora.

8. LITERATURA

Adamezuk, M. 2016. Past, present, and future roles of small cladoceran *Bosmina longirostris* (O. F. Müller, 1785) in aquatic ecosystems. Hydrobiologia. 767: 1-11.

Alvarez Cobelas, M., Rojo, C., Angeler, D. 2005. Mediterranean limnology: current status, gaps and future. Journal of Limnology. 64(1): 13-29.

Amoros, C. 1984. Crustaces Cladoceres. Introduction Pratique a la Systematique des Organismes des Eaux Continentales Francaises. Université Claude Bernard, Lyon. 64.

APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for examination of water and wastewater. 19th Edition. 1995. American Public Health Association. Edited by Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Greenberg, A. E.

Atienza, D., Saiz, E., Skovgaard, A., Trepat, I., Calbet, A. 2008. Life history and population dynamics of the marine cladoceran *Penila avirostris* (Branchiopoda: Cladocera) in the Catalan Sea (NW Mediterranean). Journal of Planktonic Research. 30(4): 345-357.

Bailan, E. V., Segers, H., Lévèque, C. Martnes, K. 2015. The Freshwater Animal Diversity Assessment: an overview of the results. Hydrobiologia. 595: 627-637.

Baird, W. 1843. The natural history of the British Entomostraca. The Annals and Magazine of Natural History. VI. 11: 81-95.

Baird, W. 1845. Arrangement of the British Entomostraca, with a list of species, particularly noticing those which have yet been discovered within the bounds of the Club. History of the Berwickshire Naturalist' Club. 2: 145-158

Bayly, I. A. E. 1992. The non-marine centropagide. Copepoda: Calanoida oft he World. SPB Academic Publishing. 30.

Bekioglu, M., Romo, S., Kagalou, I., Quintana, X., Bécares, E. 2007. State of the art in the functioning of shallow Mediterranean lakes: workshop conclusions. Hydrobiologia. 584: 317-326.

Bhat, N. A., Rainaand, R., Wanganeo, A. 2015. Ecological investigation of zooplankton abundance int he Bhoj Wetland, Bhopal of central India: Impact of environmental variables. International Journal of Fisheries and Aquaculture. 7(6): 81-93.

Boix, D., Gascon, S., Sala, J., Martinoy, M., Gifre, J., Quintana, X. D. 2005. A new indeks of water quality assessment in Mediterranean wetlands based on crustacean and insect assemblages: the case of Catalunya (NE Iberian peninsula). Aquatic. Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. 15: 635-651.

Bonacci, O. 1987. Karst Hydrology with Special Reference to the Dinaric Karst. Springer Series in Physical Environment. Springer Verlag. 184.

Bonacci, O. 1994. Oborine. Glavna ulazna veličina u hidrološki ciklus. GEING Split. 341.

Bonacci, O. 2003. Ekohidrologija vodnih resusrsa i otvorenih vodotoka. Građevinsko-arhitektonski Fakultet Sveučilišta u Splitu. IGH d.d. Zagreb.486.

Bottrell, H. H., Duncan, A., Gliwicz, Z. M., Grygierek, F., Herzig, A., Hillbricht-Ilkowska, A., Kurasawa, H., Larsson, P., Weglenska, T. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. Norwegian Journal od Zoology. 24: 419-456.

Boxshall, G. A., Defaye, D. 2008. Global diversity of copepods (Crustacea: Copepoda) in freshwater. Hydrobiologia. 595: 195-207.

Bozkurt, A., Guven, S. E. 2009. Zooplankton composition and distribution in vegetated and unvegetated area of three reservoirs in Hatay, Turkey. Journal of Animal and Veterinary Advances. 8: 984-994.

Bowkiewiez, J. 1938. Some regularities int he qualitative composition of lake zooplankton. Frag. Faune Museum Zoologie. 3: 345-408.

Brancelj, S. 1990. *Alona hercegovinae* n. sp. (Cladocera. Chydoridae), a blind cave-inhabiting Cladoceran from Hercegovina (Yugoslavia). Hydrobiologia. 199: 7-16.

Brehm, V. 1910. Süsswasserorganismen aus Dalmatien, Bosnien und der Herzegovinna. Archiv für Hydrobiologie. Plankton: 6.

Brooks, J. L., Dodson, S. 1965. Predation, body size and composition of the plankton. Science. N. Y. 150: 28-35.

Bukvić, I. 1998. Trofička struktura makrozooplanktona u krškim jezerima Visovac i Vrana (Cres). Doktorska disertacija. PMF. Sveučilište u Zagrebu. 191.

Bukvić, I., Kerovec, M., Mihaljević, Z. 1999. *Eudiaptomus hadzici* (BREHM) (Crustacea: Copepoda) from the Dinarid Karstic area. International Review of Hydrobiologia. 84/1: 23-31.

Bukvić-Ternjej, I., Kerovec, M., Mihaljević, Z., Tavčar, V., Mrakovčić, M., Mustafić, P. 2001. Copepod communities in karstic mediterranean lakes along the eastern Adriatic coast. Hydrobiologia. 453/454: 325-333.

Cantonati, M., Gerecke, R., Bertuzzi, E. 2006. Springs of the Alps, sensitive ecosystems to environmental change: From biodiversity assessments to long – term studies. In: Developments of Hydrobiology, Ecology of high altitude aquatic systems in the Alps (A. Lami & A. Boggero, eds). Hydrobiologia. 562: 59-96.

Carlson, R. E. 1977. A trophic state index for lakes. Limnology and Oceanography. 22: 361-369.

Chang, K. H., Hanazato, T. 2003. Vulnerability of cladoceran species to predation by the copepod *Mesocyclops leuckarti*: laboratory observations on the behavioural interactions between predator and pray. Freshwater Biology. 48: 476-484.

Cifoni, M., Di Lorenzo, T., Faraloni, C., Galassi, D. M. P. 2015. A protocol for a development, reproduction and population growth test with freshwater copepods. Poster. European Project AQUALIFE (LIFE12 BIO/IT/000231)

Clarke, G. L. 1932. Quantitative aspects of the change of phototropic sign in *Daphnia*. Journal of Experimental Biology. 9: 180-211.

Clarke, K. R., Gorley, R. N. 2005. PRIMER: Getting started with v6. PRIMER-E Ltd.

Curić, Z. 1994. Donjoneretvanski kraj. Potencijalni i valorizirani turistički činitelji. Hrvatsko geografsko društvo. Zagreb. 222.

Dalmatin, M. 2009. Ptice Hutova blata. Eko Hercegovina. Časopis o ekologiji, prirodi, okolišu, turizmu i održivom razvoju. Broj 5. Mostar-Čapljina-BiH. 64-73.

Damkaer, D. M. 2002. The copepodologist's cabinet: a biographical and bibliographical history. Volume 1**.** American Philosophical Society, Philadelphia, 300.

D'Ambrosio, P., Fiasca, B., Galassi, D. M. P. 2003. Caratterizzazione tipologica, biologica ed ambientale di sistemi sorgivi del Gran Sasso (Abruzzo). Thalassia Salentina, Suppl. 26: 249-260.

Darchambeau, F., Thys, I. 2005. In situ filtration response of *Daphnia galeata* to changes in food quality. Journal of Plankton Research. 27: 227-236.

De Bernardi, R., Giussani, G. 1975. Population dynamisc of three cladocerans of lago Maggiore related to predation pressure by a planktonophagues fish. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie. 19: 2906-2912.

Dedić, A. 2015. Dinamika naseljavanja perifitonskih dijatomeja u kršikm izvorima Bosne i Hercegovine. Doktorski rad. PMF. Sveučilište u Zagrebu. 141.

Defaye, D., Dussart, B. 1995. The cyclopid (Crustacea, Copepoda) fauna of the inland waters of Israel. 1. First data from semi-arid and arid regions. Hydrobiologia. 310: 1-10.

De Mott, W. R. 1986. The role of taste in food selection by freshwater zooplankton. Oecologia (Berlin). 69: 334-340.

Di Lorenzo, T., Di Marzio, W. D., Sáenz, M. E., Baratti, M., Dedonno, A. A., Iannucci, A., Cannicci, S., Messana, G., Galassi, D. M. P. 2013. Sensitivity of hypohean and epigean freshwater copepods to agricultural pollutants. Environ Sci Pollut Res. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Di Lorenzo, T., Di Marzio, W. D., Cifoni, M., Fiasca, B., Baratti, M., Sáenza, M. E., Galassi, D. M. P. 2015a. Temperature effect on the sensitivity of the copepod *Eucyclops serrulatus*

(Crustacea, Copepoda, Cyclopoida) to agricultural pollutants in the hyporheic zone. Current Zoology. 61 (4): 629-640.

Di Lorenzo, T., Di Marzio, W., Spigoli, D., Baratti, M., Messana, G., Cannicci, S., Galassi, D. M. P. 2015b. Metabolic rates of a hypogean and an epigean species of copepod in an alluvial aquifer. Freshwater Biology. 60: 426-435.

Dodson, S., Newman, A. L., Will-Wolf, S., Alexander, M.L., Woodford, M. P., Van Egeren, S. 2009. The relationship between zooplankton community structure and lake characteristics in temperate lakes (Northern Wisconsin, USA). Journal of Plankton Research. 31/1: 93-100.

Dole-Olivier, M. J., Galassi, D. M. P., Marmonier, P., Creuzea Des Chaa Telliers, M. 2000. The biology and ecology of lotic microcrustaceans. Freshwater Biology. 44: 63-91.

Dos Santos, L. U., De Andrade, C. F. S. 1997. Survey of cyclopids (Crustacea, Copepoda) in Brazil and preliminary screening of their potential as dengue vector predators. Revista de Saude Publica, Sao Paulo. 31: 221-226.

Dulić, Z., Mitrović-Tutundžić, V., Marković, Z., Živić, I. 2006. Monitoring water quality using zooplankton organisms as bioindicators at the Dubica fish farm, Serbia. Archives of Biology. Belgrade. 58 (4): 245-248.

Dumont, H. J., Van de Velde, I., Dumont, S. 1975. The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. Oecologia 19: 75-97.

Dumont, H. J. 2003. Copepoda: Cyclopoida. Genera *Mesocyclops* and *Thermocyclops*. Backhuys Publishers. Leiden. 318.

Dussart, B. H., Defaye, D. 1995. Introduction to the Copepoda. Guides to the identification oft he Microinvertebrates oft he Continental Waters oft he World. (SPB Academic Publishers bv. Amesterdam. 7: 1-277.

Einsle, U. 1993. Crustacea, Copepoda, Calanoida und Cyclopoida. Gustav Fischer Verlag, Berlin, 208.

Einsle, U. 1996. Copepoda: Cyclopoida. Genera *Cyclops*, *Megacyclops* i *Acanthocyclops*. SPB Academic Publishing bv. 83.

Fiasca, B., Di Lorenzo, T., De Laurentiis, P., Pantani, C., Galassi, D. M. P. 2004. Biodiversità acquatica sotterranea nel Parco Nazionale del Gran Sasso-Monti della Laga: analisi taxocenotica e proposte di conservazione. Studi Trentini di Scienze Naturali. Acta Biologica. 81: 157-166.

Field, K. M., Prepas, E. E. 1997. Increased abundance and depth distribution of pelagic crustacean zooplankton during hypolimnetic oxygenation in deep, eutrophic Alberta Lake. Aquatic Science. 54: 2146-2156.

Forró, L., Korovchinsky, N. M., Kotov, A. A., Petrusek A. 2008. Estelle V. Balian; Christian Lévêque; Hendrik Segers; Koen Martens, eds. "Freshwater Animal Diversity Assessment". Hydrobiologia. Developments in Hydrobiology 198. 595 (1): 177-184.

Galić, J. 2011. Regionalizacija donjoneretvanske delte. Integralno gospodarenje obalnim područjima. „Naše more“ 58: 1-2.

Galir Balkić, A. 2013. Utjecaj vodnog režima Dunava na strukturu i dinamiku metazooplanktona Sakadaškog jezera (Park prirode, Kopački rit). Doktorski rad. Osijek. 107.

Geraldes, A. M., Boavida, M-J. 2006. Zooplankton assemblages in two reservoirs: one subjected to accentuated water level fluctuations, the other with more stable water levels. Aquatic Ecology. 41: 273-284.

Gerecke, R., Stoch, F., Meisch, C., Schrankel, I. 2005. Die Fauna der Quellen und des hyporheischen Interstitials in Luxemburg. Unter besonderer Berücksichtigung der Acari, Ostracoda und Copepoda. Ferrantia, Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg. 41: 1-134.

Gerecke, R., Meisch, C., Stoch, F., Acri, F., Franz. H. 1998. Eucrenon-hypocrenon ecotone and spring typology in the Alps of Berchtesgaden (Upper Bavaria, Germany). A study of microcrustacea (Crustacea: Copepoda, Ostracoda) and water mites (Acari: Halacaridae, Hydrachnellae). U: L. Botosaneanu (Ed.), Studies in crenobiology. The biology of springs and springbrooks. Backhuys Publishers. Leiden. 167-182.

Gerecke, R., Cantonati, M., Spitale, D., Stur, E., Wiedenbrug, S. 2011. The challenges of long-term ecological research in springs in the nothern and southern Alps: indicator groups, habitat diversity and medium-term change. Spring: neglected key habitats for biodeversity conservation. 168-187.

Gerritsen, J. 1982. Behavioral response of Daphnia to rate of temperature shange: posible anhancement of vertical migration. Limnology and Oceanography. 27: 254-261.

Goedardo, J. 1662. Metamorphosis Naturalis. Metamorphosis et Historia Naturalis Insectorum. Cum commentariis D. Joannus de Mey ecclesiastis Medioburgensis ac Doct. Med. & duplici ejusdem appendice, una de hemerobiis, altera de natura comentarum, & vanis ex iis divinationibus. Medioburgi.

Goluža, K. 2005. Zooplankton Deranskog jezera. Diplomski rad. Sveučilište u Mostaru. Pedagoški fakultet. Mostar. 44.

Gołdyn, R., Kowalczewska-Madura, K. 2008. Interactions between phytoplankton and zooplankton in the hypertrophic Swarze˛dzkie Lake in western Poland. Journal of plankton research. 30(1): 33-42.

Gottstein, S. 2010. Priručnik za određivanje podzemnih staništa u Hrvatskoj prema Direktivi o staništima EU. Državni zavod za zaštitu prirode. Zagreb. 99.

Greenwood, T. L., Green, J. D., Hicks, B. J., Chapman, M, A. 2012. Seasonal abundance of small cladocerans in Lake Mangakaware, Waikato, New Zealand. New Zeland Journal of Marine and Freshwater Research. 33(3): 399-415.

Grgić, B. 2013. Usporedba faune veslonožaca (Copepoda) i rašljoticalaca (Cladocera) u jezerima Svitava i Kuti. Diplomski rad. FPMOZ Sveučilišta u Mostaru. 46.

Habdija, I., Primc Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin Kepčija, R., Vujčić Karlo, S., Miliša, M., Ostojić, A., Sertić Perić, M. 2011. Protista- Protozoa, Metazoa-Invertebrata. Struktura i funkcije. 1. Izdanje. Alfa. Zagreb. 584.

Habreman, J., Laugeste, R., Nõges, T. 2007. The role of cladocerans reflecting the trophic status of two large and shallow Estonian lakes. Hydrobiologia. 584: 157-166.

Hafner, D. 2003. Fitoplankton u Delti Neretve. Disertacija. Sveučilište u Mostaru, Pedagoški Fakultet, Odjel Kemija-Biologija. Mostar. 77.

Haney, J. F. 1988. Diel patterns of Zooplankton behavior. Bulletin of Marine Science. 43(3): 583-603.

Hanazato, T., Masayuki, Y. 1885. Effect of temperature in the laboratory studies on growth, egg development and first parturition of five species of Cladocera. Japanese Journal of Limnology. 46:185-191.

Hardin, G. 1960. The competitive exclusion principle. Science. N. Y. 131: 1292-1297.

Hart, R. C. 2004. Cladoceran periodicity patterns in relation to selected environmental factors in two cascading warm-water reservoirs over a decade. Hydrobiologia 526: 99-117.

Haupt, F., Stockenreiter, M., Baumgartner, M., Boersma, M., Stibor, H. 2009. *Daphnia* diel vertical migration: implications beyond zooplankton. Journal of Plankton Research. 31(5): 515-524.

Havens, K. E. 1991. Summer zooplankton dynamics in the limnetic and littoral zones of a humic acid lake. Hydrobiologia. 215: 21-29.

Hessen, D. O., Faafeng, B. A., Smith, V. H., Bakkestuen, V., Valseng, B. 2006. Extrinsic and intrinsic controls of zooplankton diversity in lakes. Ecology. 87(2): 433-443.

Higgins, R. P., Thiel, H. 1988. Introduction to the study of meiofauna. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.

Hiroshi, U., Reid, J.W. 2003. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World (Zooplankton Guides) 20. Copepoda: Cyclopoida- Genera *Mesocyclops* and *Thermocyclops*. SPB Academic Publishing, Amsterdam. 318.

Helland, I. P., Freyhof, J., Kasprzak, P., Mehner, T. 2007. Temperature sensitivitiy of vertical distributions of zooplankton and planktivorous fish in a stratified lake. Oecologia. 151: 322-330.

Humes, A.G. 1994. How many copepods? Hydrobiologia. 292/293: 1-7.

Huntley, M., Brooks, E. R. 1982. Effects of age and food availability on diel vertical migrations of Calanus pacificus. Marine Biology. 71: 23-31.

Jasprica, N., Carić, M. 2002. Vegetation of the natural park Hutovo Blato (Neretva river delta, Bosnia and Herzegovina). Biologia. Bratislava. 57(3): 505-516.

Jasprica, N. 2007. Flora delte Neretve. Biljni svijet u delti Neretve. Regionalni centar zaštite okoliša za Srednju i Istočnu Europu. 34.

Jeppesen, E., Søndergaard, M., Kanstrup, E., Petersen, B., Eriksen, R. B., Hammershøj, M., Mortensen, E., Jensen, J. P., Have, A. 1994. Does the impact of nutrients on the biological structure and function of brackish and freshwater lakes differ? Hydrobiologia 275/276:15-30.

Jeppesen, E., Jensen, J. P., Søndergaard, M., Lauridsen, T., Pedersen, L. J., Jensen, L. 1997. Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. Hydrobiologia. 342/343: 151-164.

Jeppesen, E., Jensen, J. P., Søndergaard, M., Lauridsen, T. 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., Jensen, J. P., Søndergaard, M., Lauridsen, T., Landkildehus, F. 2000. Trophis structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along a phosphorus gradient. Freshwater Biology. 45: 201-218.

Jeppeesen, E., Sammalkorpi, I. 2002. 13. Lakes. U: Perrow, M., Davy, T. Handbook of Ecological Restoration. Volume 2. Cambridge University Press. 297-324.

Jersabek, C. D., Brancelj, A., Stoch, F., Schabetsberger, R. 2001. Distribution and ecology of copepods in mountainous regions of the Eastern Alps. Hydrobiologia, 453/454: 309-324.

Jurine, L. 1820. Histoire des Monocles qui se trouvent aus environs de Genève. Genève et Paris, 258.

Johnsen, G. H., Jacobsen, P. J. 1987. The effect of food limitation on the vertical migration on Daphnia longispina. Limnology and Oceanography. 32: 873-880.

Karabin, A. 1985b. Pelagic zooplankton (Rotatoria + Crustacea) variation in the process of lake eutrophication. I. Structural and quantitative features. Ekologia Polska. 33: 567-616.

Karabin, A. 1985a. Pelagic zooplankton (Rotatoria + Crustacea) variation in the process of lake eutrophication. II. Modifying effects of biotic agents. Polish Journal of Ecology. 33: 617-644.

Karaytug, S. 1999. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World (Zooplankton Guides) 14. Genera *Paracyclops*, *Ochridacyclops* and Key to the Eucyclopinae. Backhuys Publishers, Leiden. 217.

Keller, W., Conlon, M. 1994. Crustacean Zooplankton Communities and Lake Morphometry in Precambrian Shield Lakes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. 51: 2424-2434.

Kiefer, F., Fryer, G. 1978. Das Zooplankton der Binnengewasser. 2. Teil. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Science Publishers, Stuttgart. 380.

Kingsolver, J. G., Huey, R. B. 2008. Size, temperature, and fitness: three rules. Evolutionary Ecology Research. 10: 251-268.

Knezović, L. 2012. Molekularna filogenija i taksonomijasatkvodnih lanarija (Platyhelminthes, Turbellaria, Tricladida) Bosne i Hercegovine i Hrvatske. Doktorska disertacija. PMF Sveučilišta u Zagrebu. 144.

Korovchinsky, N. M. 1997. On the history of studies on cladoceran taxonomy and morphology, with emphasis on early work and causes of insufficient knowledge of the diversity of the group. Hydrobiologia. 360: 1-11.

Krebs, C. J. 1999. Ecological methodology. Addison-Weisey Educational Publichers. Menlo Park. 620.

Kuczyńska-Kippen, N. 2008. Spatial distribution of zooplankton communities between the sphagnum mat and open water in a dystrophic lake. Polish Journal of Ecology. 56(1): 57-64.

Kurpjel, B., Tomić, M., Avdagić, I. 1984. Izvještaj o rezultatima probnog crpljenja jezera Krenica. Zavod za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu. H1/D-383.

Lake, P. S., Palmer, M. A., Biro, P., Cole, J., Covich, A. P., Dahm, C., Gibert, J., Goedkoop, W., Martens, K., Verhoeven J. 2000. Global Change and the Biodiversity of Freshwater Ecosystems: Impacts on Linkages between Above-Sediment and Sediment Biota: All forms of anthropogenic disturbance—changes in land use, biogeochemical processes, or biotic addition or loss—not only damage the biota of freshwater sediments but also disrupt the linkages between above-sediment and sediment-dwelling biota. BioScience. 50 (12): 1099-1107.

Lampert, W. 1989. The adaptive significance of diel vertical migration of zooplankton. Fukctional Ecology. 3: 21-27.

Lawrence, S. G., Malley, D. F., Findlay, W. J., MacIver, M. A., Delbaere, I. L. 1987. Method for estimating dry weight of freshwater planktonic crustaceans from measures of lenght and shape. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. 44: 264-274.

Ljubenkov, I., Vranješ, M. 2012. Numerički model uslojenog tečenja- primjer zaslanjivanja korita rijeke Neretve (2004). Građevinar. 64 (2): 101-112.

Maier, G. 1990. The effect of temperature on the development, reproduction, and longevity of two common cyclopoid copepods - *Eucyclops serrulatus* (Fischer) and *Cyclops strenuous* (Fischer). Hydrobiologia. 203: 165-175.

Marić, D., Rakočević, J. 2009. Hidrobiologija. Univerzitet Crne Gore. Podgorica. 352.

Marković, Z., Živić, I., Poleksić, V., Dulić, Z., Stanković, M. 2012. Biological Characteristics of Two Small Aquatic Ecosystems – Uncoverd Wells on the Experimental School Estate oft he Faculty of Agriculture University of Belgrade–Proceedings of the International Scientific Conference on Water, Climate and Environment. (Available at:www.ocs.balwois.com).

Masson, S., Pinel-Alloul, B., Dutilleul, P. 2004. Spatial heterogeneity of zooplankton biomass and size structure in southern Québec lakes: variation among lakes and within lake among epi-, meta-and hypolimnion strata. Journal of Planctonic Research. 26(12): 1441-1458.

Matešković, A - M. 2016. Sezonske promjene mrežnog zooplanktona u Neumskom zaljevu. Diplomski rad. Sveučilište u Mostaru. FPMOZ. Mostar. 54.

Mateljak, Z. 2014. Osiguravanje budućnosti Parku prirode Hutovo blato. Eko Hercegovina. Časopis o ekologiji, prirodi, okolišu, turizmu i održivom razvoju. Broj 7. Mostar-Čapljina-BiH. 30-32.

Matoničkin, I., Pavletić Z. 1960. Sudjelovanje pojedinih životinjskih i biljnih skupina u izgradnji životnih zajednica na sedrenim i erozijskim slapovima Bosne i Hercegovine. Godišnjak Biološkog Instituta Univerziteta u Sarajevu. 131(2): 41-62.

Matoničkin, I., Pavletić Z. 1976. Tipovi vrela jugoslovenskih krških rijeka i njihove biocenološke karakteristike, JAZU „Krš Jugoslavije“. 5: 127-137.

Matić, S. 2002. Mediteranska močvara usred hercegovine. Meridijani. 1: 36-49.

McAllister, C. D. 1969. Aspects of estimating zooplankton production from phytoplankton production. Journal oft the Fisheries Research Bord of Canada. 26: 199-220.

McCauley, E. 1984. The estimation of the abundance and biomass of zooplankton in samples. U: A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters (ur. Downing JA, Rigler FH). Blackwell Scientific Publishers, Oxford, 228-265.

McLaren, I. A. 1963. Effects oftemperature on growth of zooplankton, and the adaptive value of vertical migration. Journal of Fisheries Research Bord of Canada. 20: 685-727.

Messner, J. S., Maclennan, M. M., Vinebrooke, R. D. 2013. Higher temperatures enhance the effects of invasive sportfish on mountain zooplankton communities. Freshwater Biology. 58: 354–364.

Milanović, P. 2006. Karst istočne Hercegovine i dubrovačkog priobalja. ASOS, Beograd. 1-362.

Milanović, P. 2009. Hidrologija i hidrogeologija Hutova blata. Eko Hercegovina. Časopis o ekologiji, prirodi, okolišu, turizmu i održivom razvoju. Broj 5. Mostar-Čapljina- BiH. 34-45.

Moore, M. V., Folt, C. L., Stemberger, R. S. 1996. Consequences of elevated temperatures for zooplankton assemblages in temperate lakes. Archiv für Hydrobiology. 135: 289-319.

Moss, B. 1980. Ecology of fresh waters. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 332.

Moss, B. 1990. Enginerring and biological approaches to the restoration from eutrophication of shallow lake sin which aquatic plants communities are important components. Hydrobiologia. 200/201: 367-377.

Mrakovčić, M., Kerovec, M., Meštrov, M., Tavčar, V., Mišetić, S.,Topić, J., Bukvić, I., Kovačić, D., Hafner, D., Šurmanović, D., Lajtner, J., Mihaljević, Z., Gottstein, S.i Bartovsky, V. 1995. Faunistička i ekološka obilježja vodenih staništa donjeg toka Neretve. PMF, Zagreb. 211.

Mrđen, D., Šarac, M., Matković, I., Antunović, M., Bakula, E., Zorić, P., Marić, S., Jelavić, G., Gašević, T., Ostojić, Ž. 2016. Nacrt. Plan upravljanja vodama za vodno područje jadranskog mora na području Federacije BiH. Agencija za vodno područje Jadrana. Mostar. 381.

Müller, O. F. 1776. Zoologiae Danicae prodromus seu Animalium Daniae et Norvegiae indigenarum characteres, nomina, et synonyma imprimis popularium. Havniae. 282.

Mura, G., Brecciaroli, B. 2003. The zooplankton crustacean oft he temporary waterbodies oft he Oasis of Polo (Rome, central Italy). Hydrobiologia. 495: 93-102.

Nandini, S., Sarma, S. S. S. 2007. Effect of algal and animal diets on life history of the freshwater copepod *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851). Aquatic Ecology. 41: 75-84.

Notenboom, J., Hendrix, W., Folkerts, A-J. 1996. Meiofauna assemblages discharged by springs form a phreatic aquifer system int he Netherlands. Netherlands Journal of Aquatic Ecology. 30(1): 1-13.

Notenboom, J., W. Hendrix, A.J. Folkerts. 1999. Meiofauna assemblages discharged by springs from a phreatic aquifer system in the Netherlands. Aquatic Ecology. 30(1): 1-13.

Neill, W. E. 1990. Spatial and temporal scaling and the organization of limnetic communities. Aquatic Ecology. Scale, Pattern and process, 34 th Symposium oft he British Ecological Society. 189-231.

Odum, E. P. 1971. Fundamentals of Ecology. W. B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto, 574.

Pace, M. L., Orcutt, J. D. 1981. The relative importance of protozoans, rotifers and crustaceans in s freshwater zooplankton community. Limnology and Oceanography. 26: 822-830.

Palmer, A., Stich, H. B., Maier, G. 2001. Distribution patterns and predation risk oft he coexisting cladocerans *Bythotrephes longimanus* and *Leptodora kindtii* in a large lake- Lake Constance. Hydrobiologia. 442. 301-307.

Patrik, R., Palavage, D. M. 1994. The Value of Species as Indicators of Water Quality. Proceedings oft he Academy of Natular Science of Philadelphia. 145: 55-92.

Pavletić, Z., Matoničkin, I., Maloseja, Ž., Habdija, I. 1973. Odnos fitoplanktona i zooplanktona u akumulacijskim jezerima krškog područja zapadne Hrvatske. Acta Botanica Croatica. 33: 147-162.

Piria, M. 2006. Plankton i bentos u kopnenim vodama. Skripta za vježbe. Agronomski fakultet. Sveučilište u Zagrebu.

Peroš-Pucar, D., Ternjej, I. 2014. The relative importance of phisical-chemical factors int he brackish shallow lake Vrana (Croatia) as determinant of crustacean zooplankton community. Periodicum Biologorum. 116(3): 293-301.

Rall, B. C., Vucic-Pestic, O., Ehnes, R. B., Emmerson, M., Brose. U. 2010. Temperature, predator-prey interaction strength and population stability. Global Change Biology. 16: 2145-2157.

Ranga Reddy, Y. 1994. Copepoda: Calanoida: Diaptomidae (Key to the genera *Heliodiaptomus*, *Neodiaptomus*, *Phyllodiaptomus*, *Eodiaptomus*, *Arctodiaptomus* and *Sinodiaptomus*). Guides to the Identification of the Microinvertebratesof the Continental Waters of the World 5. SPB Academic Publishing bv, Amsterdam, 221.

Reid, J. W. 2001. A human challenge: discovering and understanding continental copepod habitats. Hydrobiologia. 453(454): 201-226.

Rundle, S. D., Bilton, D. T., Shiozawa, D. K. 2000. Global and regional patterns in lotic meiofauna. Freshwater Biology. 44: 123-134.

Sampaio, E, V., Rocha, O., Matsumura-Tundisi, T., Tundisi, J. G. 2002. Composition and abundance of zooplankton int he limnetic zone of seven reservoirs oft he Paranapanema river, Brazil. Brazilian Journal of Biology. 62:3.

Särkkä, J., Levonen, L., Mäkelä, J. 1997. Meiofauna of springs in Finland in relation to environmental factors. Hydrobiologia. 347: 139-150.

Scheffer, M., Hosper, S. H., Meijer, M. L., Moss, B., Jeppesen, E. 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. Trends in Ecology and Evolution. 8: 275-279.

Schell, J. M., Santos-Flores, C. J., Allen, P. E., Hunker, B. M., Kloehn, S., Michelson, A., Lillie, R. A., Dodson, S. I. 2001. Physical-chemical influences on vernal zooplankton

community structure in small lakes and wetlands of Wisconsin, U. S. A. Hydrobiologia. 445: 37-50.

Schmid-Araya, J. M., Schmid P. A. 2000. Trophic relationships:integrating meiofauna into a realistic benthic food web. Freshwater Biology. 44: 149-163.

Sheldon, R, W., Sutcliffe Jr., W, H., paranjape, M. A. 2011. Structure od Pelagic Food Chain and Relationship Between Plankton and Fish Production. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 34(12): 2344-2353.

Sičaja, S. 2016. Prostorna i vremenska raspodjela mikroplanktona Neumskog zaljeva. Diplomski rad. Sveučilište u Mostaru. FPMOZ. Mostar. 54.

Slišković, I. 1983. Elaborat o hidrološkoj rejinozaciji i bilansu podzemnih voda u pukotinskim i karstno-pukotinskim stijenskim masama BiH-e-FDS. Geološki zavod, Sarajevo.

Slišković, I. 1994. On the hydrogeological Conditions of Western Herzegovina (Bosnia and Herzegovina) and Possibilities for New Groundwater Extractions. Geologia Croatica. 47(2): 221-231.

Slišković, I. 2014. Vode u kršu slivova Neretve i Cetine. Hrvatski geološki institut. Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju. Zagreb. 171.

Smirnov, N. N. 1974. Fauna oft he U.S.S.R. Crustacea. Chydoridae. Izrael Program for Scientific Translation. Jerusalem. 644.

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.

Sommer, U., Adrian, R., De Senerpont Domis, L., Elser, J. J., Gaedke, U., Ibelings, B. 2012. Beyond the Plankton Ecology Group (PEG) model: mechanisms driving plankton succession. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics. 43:429-448.

Søndergaard, M., Jeppesen, E., Jensen, J. P. 2005. Pond or lake: does it make any difference? Arch. Hydrobiologia. 162(2): 143-165.

Søndergaard, M., Larsen, S. E., Johansson, L. S., Lauridsen, T. L., Jeppesen, E. 2016. Ecological classification of lakes: Uncertainty and the influence of year-to year variability. Ecological Indicators. 61: 248-257.

Sprules, W.G. 1977. Crustacean zooplankton communities as indicators of limnological conditions: an approach using principal components analysis. Journal of Fisheries Research. Bord Can. 34: 962-975.

Stanković, I., Ternjej, I. 2009. New data on Croatian zooplankton fauna (Crustacea, Copepoda & Cladocera) in the Čingi-Lingi Lake. Natura Croatica. 18(1): 181-184.

Stanković, I. Ternjej, I., Mihaljević, Z., Furač, L., Kerovec, M. 2011. Crustacean plankton community (Crustacea: Copepoda and Cladocera) in gypsum karst lakes and their relation to abiotic parameters. Hydrobiologia. 666: 145-153.

Stoch, F. 1998. Fauna a microcrostacei (copepodi e ostracodi). In: Cantonati M. (Ed.), Le sorgenti del Parco Adamello-Brenta. Parco Documenti, Trento: 151-159. g methods. Monografie del Museo Tridentino di Scienze Naturali. 4: 217-235.

Stoch F. 2007. Copepods colonising Italian springs In Cantonati M., editor; , Bertuzzi E., editor; & Spitale D., editor. (Eds.), The spring habitat: Biota and sampling methods (pp. 217–235). Trento: Museo Tridentino di Scienze Naturali.

Stoch, F., Grecke, R, Pieri, V., Rossetti, G., Sambugar, B. 2011. Exploring species distribution of spring meiofauna (Annelida, Acari, Crustacea) in the south-eastern Alps. Springs: neglected key habitats for biodiversity conservation. Journal of Limnology. 70 (Suppl. 1): 65-76.

Stoch, F., Fiasca, B., Di Lorenzo, T., Porfirio, S., Pettita, M., Galassi, D. M. P. 2015. Exploring copepod distribution patterns at three nested spatial scales in a spring system: habitat partitioning and potential for hydrological bioindication. Journal of Limnology. 75(1): 1-13.

Straile, D., Jöhnk, K., Rossknecht, H. 2003. Complex effects of winter warming on the physicochemical characteristics of a deep lake. Limnology and Oceanography. 48(4): 1432-1438.

Strecker, A. L., Cobb, T. P., Vinebrooke, R. D. 2004. Effects of experimental greenhouse warming on phytoplankton and zooplankton communities in fishless alpine ponds. Limnology and Oceanography. 49:1182-1190.

Swammerdam, J. 1669 (1685). Histoire générale des Insectes. Ou l'on expose clairement la manière lente & presq'insensible de l'accroissement de leurs membres, & ou l'on découvre évidemment l'erreur ou l'on tombe d'ordinaire au sujet de leur prétendue transformation. Autrecht. Chez Jean Ribbius (The original version of this in Latin was published in 1669). 215.

Šanda, R., Bogut, I., Doadrio, I., Kohout, J., Perdices, A., Perea, S., Šediva, A., Vukić, J., 2008. Distribution and taxonomic relationships of spind loaches (Cobitidae, *Cobitis*) int he River Neretva basin, Bosnia and Hercegovina. Folia Zoologia. 57(1-29): 20-25.

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(5-6): 555-579.

Špoljar, M., Primc-Habdija, B., Habdija, I. 2007. Transport of seston in the karstic hydrosystem of the Plitvice Lakes (Croatia). Hydrobiologia. 579(1): 199-209.

Špoljar, M., Tomljanović, T., Lalić, I. 2011. Eutrophication impact on zooplankton community: a shallow lake approach. The Holistic Approach to Environment 1(4): 131-142.

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

Špoljar, M., Dražina, T., Ostojić, A., Miliša, M., Gligora Udovič, M., Štafa, D. 2012. Bryophyte communities and sestion in a karst stream (Jankovac Stream, Papuk Nature Park, Croatia). Annual Limnology-International Journal of Limnology. 48: 125-138.

Špoljar, M., Tomljanović, T., Dražina, T., Lajtner, J., Štulec, H., Matulić, D., Fressl, J. 2016. Zooplankton structure in two interconected ponds: similarities and differences. Croatia Journal od Fisheries. 74(1): 6-13.

Štambuk-Giljanović, N. 1998. Vode Neretve i njezina poriječja. Zavod za javno zdravstvo Županije splitsko-dalmatinske, Split, Hrvatske vode, Zagreb. 640.

Štambuk-Giljanović, N. 2006. Vode Dalmacije. Nastavni Zavod za javno zdravstvo Splitsko-dalmatinske županije. Split. 588.

Ter Braak, C. J. F., Šmilauer, P. 2012. Canoco reference manual and user's guide: software for ordination, version 5.0. Microcomputer Power, Ithaca, USA. 496.

Ternjej, I., Stanković, I. 2007. Checklist of fresh and brackish water free-living copepod (Crustacea: Calanoida andCyclopoida) from Croatia. Zootaxa. 1585: 45-57.

Ternjej, I., Plenković-Moraj, A., Mihaljević, Z., Kerovec, M. 2010. Spatial and temporal variation of plankton in a mediterranean karstic lake. Ekológia (Bratislava). 29 (1): 65-86.

Ternjej, I. 2012. Ključ za određivanje Calanoida. U izradi.

Thackeray, S. J. 2012. Mismatch revisited: what is trophic mismatching from the perspective oft he plankton. Journal of Plankton Research. 34: 1001-1010.

Tomec, M., Ternjej, I., Kerovec, M., Teskeredžić, E., Meštrov, M. 2002. Plankton int he oligotrophic Lake Vrana (Croatia). Biologia, Bratislava. 57(5): 579-588.

Trožić-Borovac, S. 2014. Biološki monitoring površinskih voda slivova Neretve i Cetine na području FBiH u 2014. god. PMF. Sarajevo. 124.

Van der Have, T., De Jong, G. 1996. Adult size in ectotherms: temperature effects on growth and differentiation. Journal of Theoretical Biology. 183: 329-340.

Vandekerkhove, J., Niessen, B., Declerck, S., Jeppesen, E., Conde Porcuna, J. M. Brendonck, L., De Meester, L. 2004. Hatching rate and hatching success with and without isolation of zooplankton resting stages. Hydrobiologia. 526: 235-241.

Vila, P. B. 1989. The occurrence and significance of Cladocera *(Crustacea)* in some streams of Central Indiana, U.S.A. Hydrobiologia 171: 201-214.

Villar-Argaiz, M., Medina-Sánchez, J. M., Carrillo, P. 2002. Interannual Changes In The C:N:P Ratios Of Seston And Zooplankton Of A High Mountain Lake In Sierra Nevada, Spain. Water, Air, and Soil Pollution: Focus 2: 359-378.

Vrebčević, B. 1996. Priručnik za upoznavanje slatkovodnih račića veslonožaca (Copepoda, Chclopidae) i rašljoticalaca (Cladocera) Hrvatske. Hrvatsko ekološko društvo. Zagreb. 157.

Vuković, T., Šoljan, T. 1968. Elaborat - limnološka proučavanja voda donje Neretve. PMF, Sarajevo – Beograd, 175.

Walseng, B., Andersen, T., Hessen, D. O. 2015. Higher zooplankton species richness associated with an invertebrate top predator. Freshwater Biology. 60: 903-910.

Walve, J., Larsson, U. 1999. Carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometry of crustacean zooplankton in the Baltic Sea: implications for nutrient recycling. Journal of Plankton Research. 21(12): 2309-2321.

Wells, L. 1970. Effects of alewife predation on zooplankton populations in lake Michigan. Limnology and Oceanography. 15(4): 556-565.

Wetzel, R. G. 2001. Limnology. Lake and river ecosystems. Academic press, San Diego, 1006.

Williamson, C. E., Sanders, R. W., Moeller, R. E., Stutzman, P. L. 1996. Utilization of subsurface food resources for zooplankton reproduction: Implications for diel vertical migration theory. Limnology and Oceanography. 41(2): 224-233.

Williamson, C. E., Reid, J. W. 2009. Copepoda. Elsevier. Inc. 633-642.

Zakaria, H. Y., Hussein Ahmed, M., Flower, R. 2007. Environmental assessment of spatial distribution of zooplankton community in Lake Manzalah, Egypt. Acta Adriatica. 48(2): 161-172.

Zollhöfer, J. M., Brunke, M., Gonser, T. 2000. A typology of springs in Switzerland by integrating habitat variables and fauna. Archiv fuer Hydrobiologie Supplement Monograph Stud. 121 (3-4): 349-376.

Živković, A. 1971. Zooplankton akumulacijonih jezera na Trebišnjici. Bilećko i Trebinjsko jezero. 207-225.

Web izvori:

www.fauna-eu.org (Pristupljeno u lipnju 2017. godine)

www.kennesaw.edu (Pristupljeno u svibnju 2017. godine)

www.d-maps.com (Pristupljeno u travnju 2017. godine)

www.google.com/maps/ (Pristupljeno u svibnju 2017. godine)

www.bas.gov.ba (Pristupljeno u svibnju 2017. godine)

Google Earth program (Pristupljeno u svibnju 2017. godine)

9. ŽIVOTOPIS

Adriana Planinić je rođena u Mostaru 10. travnja 1986. godine. Nakon završene Osnovne škole i Gimnazije fra. Grge Martića u Mostaru upisuje se na preddiplomski studij Biologije i geografije na Fakultetu prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti Sveučilišta u Mostaru 2005. godine. U svibnju 2008. godine završava preddiplomski studij, te se upisuje na diplomski studij istog smjera. Diplomira 2010. godine s temom: „Istraživanje ravnokrilaca (ORTHOPTERA, INSECTA) na području Hercegovine“ pod vodstvom mentorice prof. dr. sc. Paule Durbešić. Iste godine počinje s radom na Fakultetu prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti kao stručni suradnik, a u listopadu 2011. godine je izabrana u zvanje asistenta na kolegijima: Opća zoologija i Beskralješnjaci te je stalno zaposlena na studiju biologije Fakulteta prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti Sveučilišta u Mostaru. Od prosinca 2010. godine do srpnja 2011. godine radi i kao profesor biologije i zemljopisa u Gimnaziji fra. Grge Martića Mostar, te polaže stručni ispit za profesora biologije i zemljopisa u rujnu 2011. godine. Školovanje nastavlja upisom doktorskog studija biologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u veljači 2011. godine. Tijekom svog znanstvenog rada sudjeluje na konferencijama te je koautorica više znanstvenih radova.
Sa suprugom Draganom ima kćerku Irinu i trnutno u osmom mjesecu trudnoće čeka rođenje druge djevojčice.

WoS i druge publikacije s međunarodnom recenzijom:

1. Stanić-Koštroman, S., Kučinić, M., **Kolobara, A**., Škobić, D., Knezović, L., Durbešić, P. 2012. Light-trapped caddisflies (Insecta: Trichoptera) as indicators of ecological integrity of the Lištica River, Bosnia and Herzegovina. *Entomologia Croatica*. 16(1-4): 21-36.
2. Stanić-Koštroman**, S**., Previšić, A., **Planinić, A**., Kučinić, M., Škobić, D., Dedić, A., Durbešić, P. 2015. Environmental determinants of contrasting caddisfly (Insecta, Trichoptera) biodiversity in the Neretva and Bosna river basins (Bosnia and Herzegovina) under temperate and mediterranean climates. *International Review of Hydrobiology.* 100(2): 79-95.

3. Knezović, L., Miliša, M., Kalafatić, M., Rajević, N., **Planinić, A.** 2015. A key to the freshwater triclads (Platyhelminthes, Tricladida) of Herzegovina watercourses. *Periodicum biologiourm.* 117(3): 425-433.

Radovi na međunarodnim skupovima:

1. **Kolobara A**., Šarčević I. 2009. Diversity of Vegetable and Animal life in Bosnia and Herzegovina. Abstracts of the 13th annual Symposium for Biology Students of Europe, Kazan. 122.
2. Hafner, D., Dedić, A., Sučić, Ž., Lasić, A., Stanić-Koštroman, S., Škobić, D., **Planinić, A.** 2015. Litofiti potoka Badnje, Masna Luka, Blidinje. Međunarodni znanstveni simpozij Blidinje 10.-11. listopad 2015, Bosna i Hercegovina. Zbornik radova, 71-84.

Kongresna izlaganja:

1. **A. Kolobara**, S, Stanić-Koštroman, P, Durbešić. Istraživanje ravnokrilaca (Insecta: Orthoptera) u Hercegovini/Research of grasshoppers (Insecta: Orthoptera) in Herzegovina (postersko priopćenje). Hrvatski biološki kongres u Šibeniku 2012.
2. Grgić, B., **Planinić, A.,** Durbešić, P. Usporeba faune veslonožaca (Copepoda) i rašljoticalaca (Cladocera) u jezerima Svitava i Kuti (postersko priopćenje). 2. znanstveno-stručna konferencija s međunarodnim sudjelovanjem, Zaštita voda u kršu, Fakultet prirodoslovno matematičkih i odgojnih znanosti Sveučilišta u Mostaru.2015.