

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ, ZAGREB**

**Poslijediplomski interdisciplinarni sveučilišni studij
Zaštita prirode i okoliša**

Barbara Vlaičević

**STRUKTURA I RAZVOJ ZAJEDNICE TREPETLJIKASHA
U PERIFITONU JEZERA POPLAVNOG PODRUČJA**

Doktorska disertacija

OSIJEK, 2017.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Institut Ruđer Bošković, Zagreb

Poslijediplomski interdisciplinarni sveučilišni studij Zaštita prirode i okoliša

Doktorska disertacija

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Biologija

STRUKTURA I RAZVOJ ZAJEDNICE TREPETLJIKASA U PERIFITONU JEZERA POPLAVNOG PODRUČJA

Barbara Vlaičević

Doktorska disertacija je izrađena na Odjelu za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Mentor: prof. dr. sc. Jasna Vidaković, Odjel za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Komentor: prof. dr. sc. Biserka Primc, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Sažetak doktorske disertacije:

Istraživanje procesa naseljavanja trepetljikaša na umjetne staklene podloge te sukcesivnih promjena unutar zajednice trepetljikaša u perifitonu provedeno je u Sakadaškom jezeru (poplavno područje Dunava) tijekom 2010. godine kroz dvije eksperimentalne serije, od proljeća do zime te od ljeta do zime. Eksperimentalno razdoblje obilježile su faze plavljenja različitog intenziteta i duljine trajanja. Poplave su izravno utjecale na ekološke uvjete u jezeru, a time i na strukturu i dinamiku razvoja zajednice trepetljikaša. Razvoj perifitona i naseljavanje trepetljikaša odvijali su se brže u ljeto u odnosu na proljeće te je u ljeto ranije postignuta stabilna zajednica trepetljikaša. U obje eksperimentalne serije u perifitonu su dominirali sjedilački trepetljikaši iz skupine Peritrichia. Trofička struktura zajednice trepetljikaša mijenjala se s vremenom ekspozicije podloga. U perifitonu su najzastupljeniji bili bakteriovorni i bakteriovorno-algivorni procjeđivači. Struktura i razvoj zajednice najviše su ovisili o fizikalno-kemijskim svojstvima vode jezera, koncentraciji klorofila u perifitonu i okolnoj vodi te o biomasi perifitona.

Broj stranica: 166

Broj slika: 53

Broj tablica: 15

Broj priloga: 5

Broj literaturnih navoda: 196

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: obraštaj, trepetljikaši, umjetna podloga, dinamika razvoja, trofička struktura, plavljenje

Datum obrane: 15.05.2017.

Povjerenstvo za obranu:

1. **Doc. dr. sc. Dubravka Čerba**, Odjel za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
2. **Izv. prof. dr. sc. Renata Matonićkin Kepčija**, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
3. **Doc. dr. sc. Marijana Erk**, viši znanstveni suradnik, Institut Ruđer Bošković, Zagreb
4. **Doc. dr. sc. Tanja Žuna Pfeiffer**, Odjel za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku (zamjena)

Rad je pohranjen u: Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici Zagreb, Ul. Hrvatske bratske zajednice 4, Zagreb; Gradskoj i sveučilišnoj knjižnici Osijek, Europska avenija 24, Osijek; Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Trg Sv. Trojstva 3, Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Ruder Bošković Institute, Zagreb

PhD thesis

Postgraduate Interdisciplinary University Doctoral Study of Environmental Protection and Nature Conservation

Scientific Area: Natural sciences

Scientific Field: Biology

STRUCTURE AND DEVELOPMENT OF CILIATE COMMUNITY IN A FLOODPLAIN LAKE PERIPHYTON

Barbara Vlaičević

Thesis performed at Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Supervisor: Jasna Vidaković, PhD, Full Professor, Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Co-supervisor: Biserka Primc, PhD, Full Professor, Faculty of Science, University of Zagreb

Summary:

The colonization of artificial substrata (glass slides) by ciliates and successional changes in the periphytic ciliate community were studied in Lake Sakadaš (Danubian floodplain area) during 2010 in two experimental series, from spring until winter and from summer until winter. The research period was characterized by flooding events of different extent and duration. Floods directly affected the lake water properties and thus had an impact on the structure and growth dynamics of the ciliate community. Periphyton development and ciliate colonization were faster during the summer in comparison to the spring and stable ciliate community was also reached earlier during the summer. In both experimental series the sessile ciliate species of Peritrichia dominated in the periphytic community. The trophic structure of ciliate community changed over the exposure time. The bacterivorous and bacterivorous-algivorous filter feeders were dominant functional groups in periphyton. Structure and development of the ciliate community were mainly influenced by physico-chemical properties of water, concentration of chlorophyll in periphyton and water column, and periphyton biomass.

Number of pages: 166

Number of figures: 53

Number of tables: 15

Number of appendices: 5

Number of references: 196

Original in: Croatian

Keywords: periphytic ciliates, artificial substrate, growth dynamics, trophic structure, flood events

Date of the thesis defense: May 15, 2017

Reviewers:

1. Dubravka Čerba, PhD, Assistant Professor, Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
2. Renata Matoničkin Kepčija, PhD, Associate Professor, Faculty of Science, University of Zagreb
3. Marijana Erk, PhD, Senior Research Associate, Ruder Bošković Institute, Zagreb
4. Tanja Žuna Pfeiffer, PhD, Assistant Professor, Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek (substitute)

Thesis deposited in: National and University Library in Zagreb, Ul. Hrvatske bratske zajednice 4, Zagreb; City and University Library of Osijek, Europska avenija 24, Osijek; Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Trg Sv. Trojstva 3, Osijek.

Tema rada prihvaćena je na 1. sjednici Sveučilišnog vijeća za poslijediplomske interdisciplinarne sveučilišne (doktorske) studije u akademskoj 2016./2017. godini održanoj 3. studenog 2016. godine.

Ocjena dokorskog rada prihvaćena je na 7. sjednici Sveučilišnog vijeća za poslijediplomske interdisciplinarne sveučilišne (doktorske) studije u akademskoj 2016./2017. godini održanoj 4. svibnja 2017. godine.

Iskreno i veliko hvala mojoj mentorici prof. dr. sc. Jasni Vidaković, prije svega što mi je pružila priliku i omogućila izradu ove doktorske disertacije. Zahvaljujem se na svom prenesenom znanju, savjetima, nesebičnoj pomoći i podršci pruženima tijekom izrade ovog dokorskog rada i u mom znanstvenom radu.

Prof. dr. sc. Biserki Primc, mojoj komentorici, neizmjereno sam zahvalna na pomoći i sugestijama koje su doprinijele poboljšanju doktorske disertacije te na dobroj suradnji.

Od srca se zahvaljujem mojoj kolegici i prijateljici doc. dr. sc. Dubravki Čerba na nesebičnoj pomoći, savjetima i podršci koje mi je pružila od samog početka naše suradnje.

Veliko hvala izv. prof. dr. sc. Renati Matonićkin Kepčija na pomoći, korisnim savjetima te riječima podrške.

Od srca hvala dragoj prijateljici i kolegici Ivani Turković Čakalić na podršci, velikoj pomoći pruženoj tijekom rada na terenu i u laboratoriju te lijepom druženju.

Doc. dr. sc. Tanji Žuna Pfeiffer se iskreno zahvaljujem na pomoći pruženoj prilikom rada na terenu i u laboratoriju, kao i na korisnim savjetima. Zahvaljujem se i doc. dr. sc. Goranu Palijanu za pomoć pri terenskom uzorkovanju. Hvala svim kolegama sa Zavoda za ekologiju voda, kao i drugim kolegama s Odjela za biologiju na dobroj suradnji.

Zahvaljujem se djelatnicima JUPP Kopački rit i Eko-laboratorija Vodovoda d.d. u Osijeku na dobroj suradnji.

Hvala gđi Silvi Lustig, mag. iur., na pomoći vezanoj uz procedure prijave i obrane doktorske disertacije.

Mojim dragim roditeljima beskrajno sam zahvalna na pruženoj ljubavi, podršci te nesebičnoj pomoći. Hvala što ste uvijek bili uz mene.

Od srca hvala i mojim sekama Danijeli i Valentini na svojoj ljubavi, riječima podrške te neizmjerenoj pomoći, oduvijek.

Mom suprugu Juliju hvala na neizmjerenoj ljubavi, razumijevanju, strpljenju i podršci tijekom svih ovih godina.

Hvala mojoj dragoj dječici, Dori i Franu, što mi neprestano pružaju radost i veselje u životu. Hvala što ste dio mog života...

Hvala svim dragim prijateljima.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Ciljevi rada i hipoteze.....	3
2. OPĆI DIO.....	5
2.1. Struktura i razvoj perifitona.....	5
2.2. Utjecaj okolišnih čimbenika na razvoj perifitona.....	7
2.3. Uloga perifitona u slatkovodnim ekosustavima.....	8
2.4. Trepetljikaši [Eukaryota: Sar: Alveolata: Ciliophora].....	9
2.5. Ekološke karakteristike trepetljikaša perifitona.....	12
2.5.1. Naseljavanje i razvoj zajednice trepetljikaša perifitona.....	15
2.5.2. Umjetne podloge u istraživanju trepetljikaša perifitona.....	17
2.6. Perifiton poplavnih područja.....	17
2.7. Pregled dosadašnjih istraživanja zajednice trepetljikaša perifitona.....	18
2.8. Područje istraživanja.....	19
3. MATERIJAL I METODE.....	25
3.1. Dizajn eksperimenta.....	25
3.2. Prikupljanje uzoraka.....	27
3.3. Mjerenje biotičkih i abiotičkih čimbenika vode.....	29
3.4. Obrada uzoraka perifitona.....	30
3.4.1. Analiza klorofila <i>a</i> , <i>b</i> i <i>c</i> u perifitonu.....	30
3.4.2. Analiza organske i anorganske tvari u perifitonu.....	31
3.4.3. Autotrofni indeks (AI)	31
3.4.4. Analiza zajednice trepetljikaša.....	31
3.5. Statistička obrada podataka.....	33
4. REZULTATI.....	37
4.1. Okolišni čimbenici.....	37
4.2. Analiza ukupne biomase perifitona.....	54
4.2.1. Klorofil <i>a</i> , <i>b</i> i <i>c</i> na umjetnim podlogama.....	54
4.2.2. Biomasa perifitona na umjetnim podlogama.....	59
4.2.3. Autotrofni indeks.....	63
4.3. Naseljavanje i sukcesija trepetljikaša u perifitonu.....	64
4.3.1. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice trepetljikaša perifitona.....	64
4.3.2. Analiza sličnosti zajednica trepetljikaša perifitona.....	87
4.3.3. Utjecaj okolišnih čimbenika na strukturu zajednice trepetljikaša.....	93
4.3.4. Trofička struktura zajednice trepetljikaša perifitona.....	104
5. RASPRAVA.....	120
6. ZAKLJUČCI.....	138

7. LITERATURA.....	141
8. PRILOZI.....	158
9. ŽIVOTOPIS.....	165

1. UVOD

Perifiton, hrv. „*obraštaj*“ (Đikić i sur., 2001), je složena zajednica koju čine autotrofni (cijanobakterije i alge) i heterotrofni (bakterije, gljive, praživotinje i beskralježnjaci) organizmi, mineralne čestice, detritus te ekstracelularni matriks kojeg stvaraju uglavnom bakterije i alge. Razvija se na različitim podlogama koje su stalno ili povremeno uronjene u vodu (Azim i sur., 2005). Formiranje perifitona na uronjenim podlogama počinje vrlo brzo, već unutar nekoliko sati od početka ekspozicije. Započinje taloženjem otopljene organske tvari, a nastavlja se naseljavanjem bakterija i alga te bakteriovornih i algiovornih praživotinja (heterotrofni bičaši, amebe i trepetljikaši). Sljedeći kolonizatori su veći organizmi raznovrsne ishrane, osobito sjedilački procjeđivači te predatorske praživotinje i beskralježnjaci. Na razvoj i sastav perifitona utječu temperatura, svjetlost, hranjive tvari, brzina vodenih strujanja, tip i svojstva podloge, ispaša (engl. *grazing*) te sastav planktona (Arndt i sur., 2003; Sigee, 2005). Iako je sukcesija jedan od najstarijih koncepata u ekologiji, naseljavanje mikroorganizama u obraštajnim zajednicama puno je slabije istraženo od istog procesa u biljnim i životinjskim zajednicama (Jackson, 2003).

Perifiton ima iznimno važnu ulogu u vodenim ekosustavima. Osim što povećava raznolikost dostupnih staništa i pruža zaklon vodenim organizmima, organizmi u perifitonu značajno doprinose primarnoj proizvodnji, kruženju hranjivih tvari i protoku energije. Također su izvrsni pokazatelji promjena ekološkog stanja vode. Različiti fizikalni, kemijski i biološki poremećaji u nekom ekosustavu mogu se očitovati u strukturalnim i funkcionalnim promjenama perifitona, zbog čega perifiton ima sve veću ulogu u biomonitoringu vodenih ekosustava (Azim i sur., 2005). Perifiton predstavlja važan izvor hrane za brojne trofičke razine u lentičkim sustavima, uključujući jezera i močvarna staništa, i njegova važnost ponekad premašuje onu planktona i makrofitske vegetacije (Vadeboncoeur i Steinman, 2002; Azim i sur., 2005). Trepetljikaši (Ciliophora, Alveolata) su vrlo važna komponenta obraštajnih zajednica. Jedni su od glavnih konzumenata bakterija i alga, a hrane se i drugim praživotinjama, manjim beskralježnjacima te detritusom. Zbog učinkovite ishrane i brzog razvoja važna su poveznica nižih i viših trofičkih razina brojnih hranidbenih lanaca (Arndt i sur., 2003).

Trepetljikaši su intenzivno proučavani u perifitonu brojnih vodenih ekosustava: jezerima različitog trofičkog stanja (Mieczan, 2007), lotičkim sustavima (Arndt i sur., 2003), vodenim tijelima krškog područja (Primc-Habdija i sur., 2005) te morskim staništima (Gong i sur., 2005; Xu i sur., 2011), ali su gotovo potpuno zanemareni u istraživanjima perifitona poplavnih područja. Poplavna područja predstavljaju sustave obogaćene hranjivim tvarima zbog čega su posebno pogodna za razvoj perifitona, što su pokazala dosadašnja istraživanja u suptropskim (Goldsborough i sur., 2005; Gottlieb i sur., 2006; Liston, 2006; Hagerthey i sur., 2011) i tropskim poplavnim područjima (Rodrigues i Bicudo, 2001; Fonseca i Rodrigues, 2007; Murakami i sur., 2009; Bichoff i sur., 2016). Od biotičke komponente, spomenuta istraživanja obuhvatila su uglavnom alge te manjim dijelom bakterije i beskralježnjake. Samo je u tropskom poplavnom području rijeke Paranã u Brazilu istraživana zajednica trepetljikaša

u planktonu, a utvrđeno je da hidrološka povezanost i plavljenje imaju značajnu ulogu u njenu oblikovanju (Pauleto i sur., 2009).

U poplavnim područjima umjerenog klimatskog pojasa istraživanja perifitona puno su rjeđa, a posebno su slabo istražene zajednice trepetljikaša. U posljednjih nekoliko godina na području Kopačkog rita istraživani su perifiton na umjetnim podlogama. Općenito umjetne podloge omogućuju lakše praćenje dinamike naseljavanja i sukcesije organizama (Gong i sur., 2005; Primc-Habdija i sur., 2005; Mieczan, 2007; Xu i sur., 2011). U Kopačkom ritu istraživani su struktura i sastav zajednica bakterija, alga i različitih beskrležnjaka te promjene trofičkih odnosa unutar perifitona (Palijan, 2010; Vidaković i sur., 2011, 2012; Mihaljević i Žuna Pfeiffer, 2012; Mihaljević i sur., 2013, 2015; Stević i sur., 2013; Žuna Pfeiffer i sur., 2013, 2015), kao i utjecaj plavljenja na raznolikost i strukturu perifitona (Vidaković i sur., 2012). Preliminarno istraživanje trepetljikaša u perifitonu ukazalo je na njihovu veliku brojnost, raznolikost i prisutnost različitih funkcionalnih skupina, te ujedno i na iznimnu ekološku važnost ovih mikroorganizama u ekosustavu poplavnog područja (Vlaičević i sur., 2017). Međutim, ova zajednica još uvijek nije dovoljno istražena kako u poplavnom području Kopačkog rita, tako i općenito u ovakvom tipu ekosustava, koji je u današnje vrijeme sve ugroženiji i sve brže nestaje.

1.1. Ciljevi rada i hipoteze

Ciljevi provedenog istraživanja su:

- utvrditi sastav zajednice i dinamiku razvoja trepetljikaša u perifitonu na umjetnim staklenim podlogama u Sakadaškom jezeru tijekom dvije eksperimentalne serije – od proljeća do zime te od ljeta do zime 2010. godine,
- u svrhu praćenja naseljavanja trepetljikaša na čiste podloge uzorkovanje provesti u kratkim vremenskim intervalima (svaka tri dana) tijekom početnog razdoblja od četrdesetak dana, odnosno do uspostavljanja stabilne zajednice u kojoj se sastav trepetljikaša više neće značajno mijenjati, a nakon toga pratiti promjene brojnosti i sastava vrsta trepetljikaša u dužim vremenskim intervalima (svakih 14 dana do kraja istraživanja),
- odrediti utjecaj plavljenja na promjene ekoloških uvjeta u Sakadaškom jezeru te posljedično na promjene strukture i dinamike razvoja zajednice trepetljikaša u perifitonu,
- utvrditi kolonizacijski slijed tijekom razvoja zajednice trepetljikaša, identificirati svojte koje su primarni kolonizatori te odrediti svojte karakteristične za zrelu fazu razvoja,
- utvrditi utjecaj okolišnih čimbenika na pojedinu fazu razvoja zajednice trepetljikaša u perifitonu,
- odrediti trofičku strukturu zajednice trepetljikaša tijekom razvoja perifitona i njenu povezanost s dostupnim izvorima hrane.

Hipoteze rada su:

- Sezonske promjene okolišnih čimbenika utječu na sastav, brojnost te brzinu naseljavanja trepetljikaša u perifitonu.
- Naseljavanje, razvoj i postizanje stabilne zajednice trepetljikaša u perifitonu odvijaju se brže pri povišenoj temperaturi vode te u vrijeme hidrološke izolacije jezera.
- Vrijeme pojavljivanja, intenzitet i duljina plavljenja uzrokuju promjene u strukturi i dinamici razvoja zajednice trepetljikaša, pri čemu plavljenje predstavlja faktor poremećaja u razvoju perifitona.
- U početnoj fazi naseljavanja dominiraju pionirske, pokretne, bakteriovorne i algivorne svojte trepetljikaša, pri čemu veliku brojnost mogu imati i sjedilački predstavnici peritrihnih trepetljikaša. U stabilnoj zajednici dominiraju sjedilački procjeđivači (bakteriovora, algivora, omnivora) i predatorske vrste trepetljikaša.
- Složenost arhitekture obraštaja utječe na strukturu zajednice i brojnost trepetljikaša.
- Trofička struktura trepetljikaša mijenja se ovisno o količini dostupne hrane u obraštaju i u okolnoj vodi. U početnoj fazi razvoja obraštaja dominiraju bakteriovorni i algivorni trepetljikaši, a s vremenom postaju brojne i omnivorne te predatorske svojte.

2. OPĆI DIO

Perifiton je složena zajednica autotrofnih i heterotrofnih organizama koja se razvija na različitim tipovima podloga u vodenim staništima različitog trofičkog stanja, od oligotrofnog do distrofnog (Azim i sur., 2005). Organizmi koji naseljavaju obraštajne zajednice uključuju bakterije, cijanobakterije, alge, gljive, praživotinje i sitnije beskralježnjake. Osim njih, perifiton čine mineralne i nežive organske čestice (detritus) te ekstracelularni matriks kojeg proizvode uglavnom bakterije i alge (Wetzel, 2001; Azim i sur., 2005; Sigee, 2005; Hagerthey i sur., 2011). U limnologiji se za perifiton koriste različiti sinonimi. Pojam „bentos“ danas uključuje sve organizme vezane za različite podloge u vodi, dok se prvotno odnosio na zajednice organizama koji su svojim životnim aktivnostima vezani isključivo za dno vodenih tijela. Naziv „Aufwuchs“, što u njemačkom jeziku znači „rasti na“, označava vodene organizme koji su pričvršćeni za ili se kreću po čvrstoj podlozi, ali u nju ne prodiru (Weitzel, 1979). Pojam „biofilm“ se najčešće koristi u području tehnologije, primjerice pročišćavanju otpadnih voda, pročišćavanju vode za piće, preradi hrane te u stomatologiji, a odnosi se prvenstveno na heterotrofne bakterije i praživotinje (Wetzel, 2001; Azim i sur., 2005). Obzirom na način života organizama u perifitonu, razlikujemo pojam „euperifiton“ koji podrazumijeva nepokretne sjedilačke organizme pričvršćene za podlogu različitim mehanizmima te pojam „pseudoperifiton“ koji se odnosi na pokretne organizme (Weitzel, 1979). Neki autori prvenstveno govore o „pričvršćenim algama“, čime su zanemareni brojni drugi organizmi u obraštaju (van Dam i sur., 2002; Sigee, 2005). Prema tipu podloge na kojoj se razvija u prirodnom staništu, razlikujemo nekoliko naziva za perifiton: epifiton (vodene biljke), epizoon (vodene životinje), epipelon (fini organski sediment), epipsamon (pijesak), epiliton (kamenje ili stijene) i epiksilon (drvo) (Wetzel, 2001; Azim i sur., 2005; Sigee, 2005). Iako naziv „perifiton“ može imati različite primjene, obično se odnosi na mikroorganizme koji žive na živoj (biljnoj ili životinjskoj) ili neživoj (organskoj ili anorganskoj) podlozi (Wetzel, 2001; Sigee, 2005), odnosno na cjelokupnu zajednicu pričvršćenih i nepričvršćenih organizama te detritusa (van Dam i sur., 2002). Ovaj pojam je usvojen u limnologiji i međunarodno prihvaćen (Wetzel, 2001; Wu, 2017).

2.1. Struktura i razvoj perifitona

Perifiton predstavlja visoko strukturiran sustav kojeg čine dvije osnovne komponente: ekstracelularni (želatinozni) matriks i populacije različitih autotrofnih i heterotrofnih organizama (Sigee, 2005). Ekstracelularni matriks nastaje od ekstracelularnih polimernih tvari izlučenih od strane bakterija, alga i nekih praživotinja, a najvećim dijelom te tvari uključuju polisaharide, proteine, glikoproteine i glikolipide (Wetzel, 2001; Grady Jr. i sur., 2011; Stewart i sur., 2013). Smatra se da različiti polisaharidi imaju najveći udio u ovom matriksu, iako se njegov sastav i tekstura mijenjaju ovisno o okolišnim uvjetima te zastupljenosti pojedinih organizama koji izlučuju egzopolimere. Ekstracelularni matriks ima važnu ulogu u oblikovanju složene trodimenzionalne strukture perifitona s unutrašnjim prostorima (mikroporama i mikrokanalima) kroz koje struji voda. Strujanje vode omogućava protok otopljenih hranjivih tvari i plinova unutar perifitona i njihovu izmjenu s okolnim medijem te tako ubrzava fiziološke procese unutar samog obraštaja (Wetzel, 2001; Azim i Asaeda, 2005;

Sigee, 2005). Ekstracelularni matriks omogućava stvaranje stabilnih agregata bakterija i njihovu bolju suradnju, što pogoduje fiziološkim procesima u obraštaju o kojima ovisi metabolizam, razvoj i produktivnost ovih zajednica (Wimpenny i sur., 2000; Wetzel, 2005; Grady Jr. i sur., 2011; Stewart i sur., 2013). Također predstavlja barijeru između mikroorganizama i okolne vode te mjesto adsorpcije čestične i otopljene organske tvari, nutrijenata i mineralnih čestica (npr. kristalića kalcijevog karbonata) iz stupca vode (Wetzel, 2001). Na matriks se mogu adsorbirati i toksične tvari antropogenog porijekla, primjerice teški metali i herbicidi te na taj način mogu ući u hranidbene lance i akumulirati se u organizmima (Sabater i Admiraal, 2005). Drugu važnu (biološku) komponentu perifitona čine različite skupine organizama. Od fotoautotrofnih organizama najzastupljenije su cijanobakterije, alge kremenjašice i zelene alge. Također su u perifitonu zabilježene kemoautotrofne bakterije, iako s prilično malom zastupljenošću u odnosu na druge organizme. Heterotrofni organizmi prisutni u obraštajnim zajednicama uključuju heterotrofne bakterije, gljive, praživotinje (flagelatne i ameboidne predstavnike te trepetljikaše) kao i različite skupine beskralježnjaka (Hydrozoa, Turbellaria, Rotifera, Nematoda, Gastrotricha, Gastropoda, Bivalvia, Annelida – Oligochaeta i Hirudinomorpha, Tardigrada, Cheliceriformes – Araneae i Acarina, Crustacea – Cladocera, Copepoda, Isopoda i Amphipoda, Insecta – uglavnom ličinački stadiji, a Chironomidae su jedna od najzastupljenijih skupina). Predstavnici sjedilačkih skupina Porifera i Bryozoa također mogu biti zastupljeni u obraštaju te mogu znatno izmijeniti strukturu samog obraštaja i utjecati na druge organizme perifitona. Sve glavne funkcionalne hranidbene skupine heterotrofnih organizama (herbivori, omnivori, karnivori i paraziti) zabilježene su u obraštajnim zajednicama (Matonićkin Kepčija, 2006; Hagerthey i sur., 2011, Vidaković i sur., 2011, 2012). Istovremeno odvijanje autotrofnih i heterotrofnih procesa u perifitonu omogućava kruženje nutrijenata i organske tvari unutar same zajednice, naročito u uvjetima kada je biomasa perifitona velika. Stoga on predstavlja bogat i kvalitetan izvor hrane za mikro-, meio- i makrofaunu te je važan dio hranidbene mreže vodenih ekosustava (Sabater i Admiraal, 2005). Brojni organizmi perifitona prilagođeni su sjedilačkom načinu života i posjeduju različite morfološke strukture kojima se mogu pričvrstiti za podlogu (primjerice drške s ljepljivim krajevima, ljepljive ovojnice i niti obavijene ljepljivim ovojem, a mogu se pričvrstiti za podlogu i direktnim prijanjanjem) te tako mogu utjecati na arhitekturu obraštaja (van Dam i sur., 2002; Azim i Asaeda, 2005).

Perifiton se vrlo brzo počinje formirati na uronjenim podlogama, već unutar nekoliko sati (Ács i sur., 2000; Azim i Asaeda, 2005). Razvoj perifitona je složen proces koji obuhvaća adsorpciju organskih čestica na površinu čiste podloge, a zatim pričvršćivanje organizama određenim slijedom (Wetzel, 2001). Na samom početku razvoja se na površinu podloga talože otopljene organske tvari, uglavnom aminokiseline i mukopolisaharidi, djelovanjem elektrostatskih sila (Cowling i sur., 2000; van Dam i sur., 2002). Time se stvaraju povoljni uvjeti za prihvaćanje bakterija i njihovu metaboličku aktivnost. Bakterije se aktivno pričvršćuju za podlogu pomoću mukoznih niti stvarajući tako nove površine za vezanje organskih i anorganskih elemenata. Također izlučuju enzime koji znatno doprinose razgradnji organske tvari. Nakon bakterija se određenim redoslijedom na organski matriks prihvaćaju alge, bilo direktnim prijanjanjem uz podlogu ili pomoću različitih morfoloških struktura (Azim i Asaeda, 2005; Wetzel, 2005). Nakon njih naseljavaju se pionirske vrste praživotinja

(heterotrofni bičaći, amebe i trepetljikaši) koje se hrane bakterijama i algama te su karakteristične za početnu fazu naseljavanja novih podloga. Sljedeći kolonizatori su veći organizmi raznovrsne ishrane, a među njima dominiraju omnivorni i predatorski oblici prazivotinja i beskralježnjaka (Strüder-Kypke, 1999; Wörner i sur., 2000; Sigee, 2005). S vremenom se razvija složena trodimenzionalna struktura obraštaja karakteristična za zrelu (kasnu) fazu razvoja poznatu i kao „klimaks“ zajednice perifitona (Azim i Asaeda, 2005; Goldsborough i sur., 2005). Biomasa perifitona se tijekom vremena značajno mijenja. U početku se, kroz kolonizaciju i rast, biomasa obraštaja eksponencijalno povećava te dostiže maksimalne vrijednosti u razdoblju od nekoliko dana do nekoliko mjeseci. Ta se faza naziva fazom prirasta, a ovisi o temperaturi, dostupnosti svjetlosti i hranjivih tvari te intenzitetu ispaše. Zatim slijedi faza gubitka kada dolazi do odumiranja jedinki, emigracije, odljepljivanja s podloge te intenzivnije ispaše (Biggs, 1996; Moschini-Carlos i sur., 2000). Ove dvije faze mogu se izmjenjivati tijekom razvoja perifitona kroz duži vremenski period. S vremenom, kako dolazi do razvoja sve debljeg sloja perifitona, jedinke koje su u dubljim dijelovima imaju smanjen pristup svjetlosti, nutrijentima i kisiku zbog čega stare i ugibaju. Rezultat je odvajanje određenog dijela obraštaja od podloge, nakon čega je moguć brzi oporavak zajednice, budući da je organizmima iz dubljih slojeva ponovno omogućen pristup resursima. Biomasa se može smanjiti i uslijed povećane brzine strujanja vode kada se lako uklanjaju vanjski dijelovi obraštaja. Oporavak zajednice ovisi o biomasi koja je preostala na podlozi, kao i brzini imigracije jedinki iz okolne vode (Azim i Asaeda, 2005; Sigee, 2005; Wetzel, 2005). Dakle, nakon odvajanja određenog dijela obraštaja s podloge, često dolazi do sekundarne kolonizacije organizama na preostali obraštaj na podlozi (Goldsborough i sur., 2005). Prirast biomase, produktivnost i sastav obraštaja razlikuju se ovisno o sezoni, godini, lokalitetu i intenzitetu ispaše (Moschini-Carlos i sur., 2000; van Dam i sur., 2002). Relativno mala biomasa perifitona karakteristična je za vodene ekosustave s čestim poremećajima, vrlo niskim koncentracijama nutrijenata, bujno razvijenom makrofitskom vegetacijom te u uvjetima intenzivne ispaše (Higgins i Han, 1995; Vermaat, 2005; Wetzel, 2005). Međutim, prisutnost makrofitske vegetacije može i potaknuti razvoj i veću produktivnost obraštajnih zajednica pružanjem velikih površina dostupnih za naseljavanje organizama. Također, umjerena ispaša može imati pozitivan učinak na razvoj perifitona omogućavajući veću dostupnost svjetlosti i hranjivih tvari unutar same zajednice (Wetzel, 2005).

2.2. Utjecaj okolišnih čimbenika na razvoj perifitona

Perifitonske zajednice nalaze se pod utjecajem različitih biotičkih i abiotičkih čimbenika okoliša (Sigee, 2005). Od abiotičkih čimbenika na razvoj i sastav perifitona utječu temperatura, količina (intenzitet) i kvaliteta svjetlosti, dostupnost hranjivih tvari, brzina strujanja vode, valovi, tip i svojstva podloge i kemijski sastav vode. Biotički čimbenici uključuju ispašu (engl. *grazing*), sastav planktonske zajednice, zastupljenost makrofitske vegetacije te preferiranje određenog tipa podloge (primjerice makrofitske vegetacije) (Wetzel, 2001; Arndt i sur., 2003; Liboriussen, 2003; Sigee, 2005; Vermaat, 2005; Casartelli i sur., 2016). Wetzel (2005) navodi dostupnost resursa unutar samog obraštaja i u okolnoj vodi te predatorski pritisak kao dva osnovna čimbenika koja reguliraju razvoj i produktivnost obraštajnih zajednica. Također smatra da je dostupnost staništa, odnosno površina u vodi za

razvoj perifitona, jedan od čimbenika koji znatno utječe na razvoj obraštaja. Ispaša ima velik utjecaj na prirast biomase i sastav obraštaja, a u ekosustavima kopnenih voda ovakav tip ishrane karakterističan je za neke beskralježnjake (puževe, planktonske rakove (određene vrste Cladocera i Copepoda) i ličinke kukaca), ali i kralježnjake (ribe i punoglavce) (McCollum i sur., 1998; Goldsborough i sur., 2005; Vermaat, 2005; Siehoff i sur., 2009; Tarkowska-Kukuryk i Mieczan, 2012; Mahdy i sur., 2014). Mnoge praživotinje u obraštajnim zajednicama, a naročito trepetljikaši, također se hrane ispašom te imaju značajan utjecaj na strukturu perifitona (Sigee, 2005; Weerman i sur., 2011; Tarkowska-Kukuryk i Mieczan, 2012).

Wimpenny i sur. (2000) razvrstali su čimbenike koji utječu na razvoj perifitona u nekoliko kategorija:

- fizikalno-kemijski čimbenici: temperatura, pH, količina otopljenog kisika, Sunčevo zračenje, tip, sastav i hrapavost podloge
- genotipski čimbenici: specifičan genotip organizama, ekspresija gena obzirom na svojstva površine, formiranje ekstracelularnih polimernih tvari, dinamika rasta organizama
- stohastički procesi: inicijalno naseljavanje, prihvatanje, otpuštanje, slučajne promjene biotičkih i abiotičkih čimbenika
- determinističke pojave: specifične interakcije između organizama kao što su kompeticija, neutralizam, kooperacija i predatorstvo
- mehanički procesi: otplavlјivanje zbog hidrodinamičkih uvjeta, struganje, ograničavanje rasta
- unos-iznos: dodavanje ili uklanjanje biotičkih ili abiotičkih komponenti u sustav obraštaja, primjerice unos pijeska, gline ili organskog detritusa, otplavlјivanje obraštaja, otpuštanje pojedinačnih stanica
- vremenske promjene: dnevne ili sezonske periodične promjene u biotičkom i abiotičkom okolišu, npr. svjetlosti, temperature i pH.

U jezerima umjerenog područja izražen je utjecaj sezonskih promjena okolišnih čimbenika na strukturu i razvoj perifitona (Sigee, 2005). Mehanički poremećaji staništa u obliku intenzivnih poplava te postupnih promjena vodostaja i dubine vodnog tijela, koji uzrokuju promjene i fizikalno-kemijskih čimbenika vode, imaju značajan utjecaj na razvoj, produktivnost i trofičke interakcije obraštajnih zajednica. Međutim taj je utjecaj i dalje dosta slabo istražen u stajaćim slatkovodnim ekosustavima, uključujući i poplavna područja (Goldsborough i sur., 2005; Wetzel, 2005).

2.3. Uloga perifitona u slatkovodnim ekosustavima

Perifiton je iznimno važan za normalno funkcioniranje vodenih ekosustava iz nekoliko razloga. Značajan doprinos ima u primarnoj proizvodnji, kruženju nutrijenata i ugljika te protoku energije (Vadeboncoeur i Steinman, 2002; Liboriussen, 2003; Azim i sur., 2005;

Goldsborough i sur., 2005; Sigee, 2005; Wetzel, 2005). Također, predstavlja važan izvor hrane za brojne trofičke razine u lentičkim sustavima, a posebno je važan u ishrani različitih skupina beskralježnjaka i riba te tako značajno pridonosi produktivnosti ovih vodenih tijela (Vadeboncoeur i Steinman, 2002; van Dam i sur., 2002; Liboriussen, 2003; Liess i Hillebrand, 2004; Azim i sur., 2005). Goldsborough i sur. (2005) navode da perifiton može predstavljati osnovicu hranidbene mreže nekog vodenog staništa u kojem mala dubina vode, velika količina svjetlosti i visoka koncentracija hranjivih tvari potiču njegov rast i razvoj. U takvim uvjetima obraštaj može predstavljati važniji izvor hrane vodenim organizmima od fitoplanktona i makrofitske vegetacije. S razvojem perifitona stvaraju se nove površine i povoljni uvjeti za naseljavanje različitih vodenih organizama, a važnost perifitona očituje se i u pružanju zaklona vodenim organizmima od hidroloških poremećaja i predatora (Sigee, 2005). S obzirom da je obraštaj pričvršćen za neki tip podloge i zauzima stalan položaj u vodenom staništu, može kroz duži vremenski period akumulirati štetne tvari dospjele u stupac vode, i to puno učinkovitije od okolnog vodenog medija (Sabater i Admiraal, 2005). Različiti fizikalni, kemijski i biološki poremećaji u vodenim staništima mogu se odraziti u strukturalnim i funkcionalnim promjenama u perifitonu. Strukturalne promjene podrazumijevaju promjene biomase, koncentracije klorofila, sastava vrsta (koje pokazuju različit stupanj tolerancije na određeni poremećaj) i arhitekture obraštaja, dok se funkcionalne odnose na promjene u fotosintezi, sastavu pigmenata, bakterijskoj produkciji i biomasi. Na taj način perifiton može ukazati na promjene u kvaliteti vode te ima sve veću ulogu u biomonitoringu vodenih ekosustava (Biggs, 1989; Sabater i Admiraal, 2005; Serra i sur., 2009; Kanavillil i sur., 2012; Wu, 2017). Perifiton se primjenjuje i kao jedna od metoda za poboljšanje kvalitete vode u lentičkim ekosustavima, a također se koristi u pročišćavanju otpadnih voda (Azim i sur., 2005).

2.4. Trepetljikaši [Eukaryota: Sar: Alveolata: Ciliophora]

Trepetljikaši pripadaju skupini praživotinja, odnosno jednostaničnim eukariotima s heterotrofnim fagotrofnim načinom ishrane. Svaka jedinka posjeduje strukture specijalizirane za obavljanje svih životnih funkcija te funkcionira kao potpuni organizam (Lynn i Small, 2000; Ruppert i sur., 2004; Lynn, 2008; Habdija i sur., 2011). Od ostalih praživotinja trepetljikaši se razlikuju na osnovu nekoliko tipičnih morfoloških obilježja. Posjeduju trepetljike čija je brojnost i raspored na tijelu vrsno specifična. Kod nekih predstavnika brojnost i aktivnost trepetljika je smanjena, a predatorski trepetljikaši iz skupine sisaraca (Suctoria) u odraslom stadiju nemaju trepetljike te žive pričvršćeni za podlogu i hvataju svoj plijen pomoću lovki (tentakula) s haptocistama (Lynn i Small, 2000; Ruppert i sur., 2004; Lynn, 2008; Habdija i sur., 2011). Na površini tijela trepetljikaša nalazi se specifično građen korteks kojeg čine pelikula i infracilijatura, a odgovoran je za stalan oblik tijela. Korteks se može podijeliti na somatično (tjelesno) i oralno (usno) područje. Somatično područje ima ulogu u kretanju, stvaranju zaštitnih pokrova, primanju podražaja te prihvatanju za podlogu. Osnovna funkcija oralnog područja je prikupljanje i gutanje hrane. Strukturalna obilježja korteksa, a naročito somatičnog i oralnog područja, važna su za razlikovanje pojedinih skupina trepetljikaša (Lynn i Small, 2000; Lynn, 2008; Habdija i sur., 2011). Jezgreni dimorfizam, odnosno posjedovanje dva tipa jezgara, sljedeća je karakteristika ove skupine.

Mogu imati jedan ili više makronukleusa (somatičnih jezgri) koji sudjeluju u fiziološkim i biokemijskim procesima te jedan ili više mikronukleusa (generativnih jezgri) koji su odgovorni za genetičku rekombinaciju. Tipično obilježje trepetljikaša je i konjugacija, stanje tijekom spolne faze životnog ciklusa u kojem se dvije jedinice djelomično i privremeno spoje te izmijene genetički materijal. Veličina tijela trepetljikaša varira od 10 μm do 4500 μm , a oblik tijela također može biti vrlo raznolik. Najčešće oblik odgovara nekom geometrijskom tijelu, primjerice kugli, stošcu ili valjku, pri čemu kod vrsta koje žive na površini podloge tijelo može biti „dorzoventralno“ spljošteno te je „trbušna“ strana okrenuta prema podlozi i ima trepetljike. Neke vrste su vrlo kontraktilne te mogu promijeniti oblik tijela (npr. sjedilačke vrste rodova *Vorticella* i *Stentor*), a neobične oblike imaju i kolonijalni predstavnici trepetljikaša (Lynn i Small, 2000; Brusca i Brusca, 2003; Ruppert i sur., 2004; Sigee, 2005; Lynn, 2008; Haddija i sur., 2011).

S obzirom na brojna nova saznanja na polju protistologije unazad nekoliko godina došlo je do brojnih i brzih izmjena u sistematici jednostaničnih eukariota, što je rezultiralo brojnim novim klasifikacijskim shemama, uključujući i skupinu trepetljikaša (Lynn i Small, 2000; Hausmann i sur., 2003; Burki i sur., 2007; Lynn, 2008; Adl i sur., 2005, 2012; Cavalier-Smith, 2010; Ruggiero i sur., 2015; Gao i sur., 2016). Iz tog razloga je uvelike otežano pronalaženje one sheme koja je opće prihvaćena. Cavalier-Smith (1991) je trepetljikaše (Ciliophora), zajedno sa svjetlećim bičasićima (Dinoflagellata) i truskovcima (Apicomplexa), smjestio unutar ogranka Alveolata na temelju karakteristično građene pelikule od pelikularnih alveola, spljoštenih mjehurića okruženih vlastitom membranom, smještenih neposredno ispod stanične membrane (u Adl i sur., 2005, 2012; u Lynn, 2008). Ovom ogranku je kasnije pridružena i skupina Protalveolata (Adl i sur., 2012). U većini klasifikacijskih shema, skupina Ciliophora nalazi se na taksonomskoj razini koljena ili potkoljena, međutim u novijoj klasifikaciji, predloženoj od strane Međunarodne udruge protistologa (engl. *International Society of Protistologists*), napuštene su tradicionalne taksonomske kategorije (Adl i sur., 2005, 2007, 2012). Tako je skupina Ciliophora smještena unutar ogranka Alveolata bez naznačene taksonomske kategorije. Adl i sur. (2012) u svojoj revidiranoj klasifikaciji, utemeljenoj na morfološkim karakteristikama, biokemijskim procesima te molekularnoj filogeniji, eukariotske organizme dijele u pet supergrupa (Amoebozoa, Opisthokonta, Excavata, Sar i Archaeplastida), a svojte čiji položaj još uvijek nije jasan, klasificiraju kao Incertae sedis Eukaryota. Skupina Alveolata, kojoj trepetljikaši (Ciliophora) pripadaju, smještena je u supergrupu Sar, zajedno sa skupinama Stramenopiles i Rhizaria. Nazivi mnogih skupina protista, kao i rodova koje te skupine uključuju, izmijenjeni su puno puta tijekom godina, što je dovelo do brojnih nejasnoća u njihovoj klasifikaciji. Iz tog razloga prethodno navedeni autori napuštaju tradicionalne taksonomske sheme (zadržavaju hijerarhijski sustav, ali bez označavanja taksonomskih kategorija kao što su „razred“, „podrazred“, „nadred“ ili „red“) te predlažu novu klasifikaciju koja odražava opći konsenzus oko imenovanja pojedinih svojti. Svrha ovakve klasifikacije protista su i jednostavnije izmjene klasifikacijske sheme u budućnosti, nastale kao rezultat brojnih novih saznanja o jednostaničnim eukariotima.

Do danas je opisano preko 8000 vrsta trepetljikaša, od čega oko 200 vrsta pripada fosilnim oblicima, a oko 3000 vrsta su simbionti (Ruppert i sur., 2004; Lynn, 2008). Foissner i sur.

(2008) procjenjuju da je opisano tek oko 20% od ukupne raznolikosti vrsta trepetljikaša, odnosno oko 83 – 89% vrsta trepetljikaša još uvijek nije opisano te autori govore o postojanju ukupno 27000 do 40000 vrsta. Razlog tome su nedovoljna istraženost različitih tipova staništa, vrsta koje stvaraju zaštitne čahure (ciste) te genetička raznolikost skupine. Slobodno živeći trepetljikaši naseljavaju različite tipove staništa diljem svijeta. Široko su rasprostranjeni u ekosustavima kopnenih voda (jezerima, barama, rijekama, potocima i slanim jezerima), u morskim ekosustavima (obalnim, ali i dubljim predjelima mora i oceana, pa čak i morskom ledu), kao i kopnenim ekosustavima (u vlažnom tlu i mahovinama). Neki predstavnici naseljavaju staništa s vrlo niskom koncentracijom kisika, a mogu živjeti i u uvjetima bez kisika (uglavnom u sedimentu morskih i slatkovodnih staništa) (Finlay i Esteban, 1998). Većina vrsta ima kozmopolitsku rasprostranjenost, ali pretpostavlja se da postoje i brojni endemi (Corliss, 2002; Sigee, 2005; Lynn, 2008).

Trepetljikaši su heterotrofni fagotrofni organizmi koji imaju vrlo raznoliku ishranu i različite mehanizme uzimanja hrane te zauzimaju brojne ekološke niše. Zbog učinkovite ishrane i brzog razvoja imaju važnu ulogu u hranidbenim lancima povezujući niže i više trofičke razine (Primc, 1988; Primc-Habdija i Habdija, 1991; Arndt i sur., 2003; Sigee, 2005; Norf i sur., 2009). Jedni su od glavnih konzumenata bakterija i alga te mogu kontrolirati njihove populacije u vodenim ekosustavima (Primc, 1988; Finlay i Esteban, 1998; Corliss, 2002; Sigee, 2005). S obzirom da mogu konzumirati znatan dio bakterijske i primarne produkcije, a njima se hrane različite skupine beskralježnjaka, trepetljikaši predstavljaju vrlo značajnu komponentu mikrobne petlje. Mikrobna petlja je važan element hranidbene mreže u vodenim ekosustavima budući da znatno utječe na protok ugljika i hranjivih tvari (Corliss, 2002; Kalinowska, 2004; Sigee, 2005; Lynn, 2008). Trepetljikaši se također hrane i česticama detritusa, drugim praživotinjama (uključujući i trepetljikaše) te manjim beskralježnjacima. Predstavnici skupina Nassulida i Microthoracida (Foissner i Berger, 1996; Lynn, 2008) se primarno hrane cijanobakterijama (npr. vrstama rodova *Anabaena* i *Oscillatoria*) te u nekim slučajevima mogu kontrolirati njihove populacije u prirodnim staništima (Verni i Gualtieri, 1997; Finlay i Esteban, 1998; Hausmann, 2002). Neke svojte trepetljikaša hrane se dosta raznolikom hranom i mogu se prebaciti s jedne vrste hrane na drugu. Trepetljikaši su razvili različite mehanizme hranjenja kako bi se prilagodili raznim tipovima staništa koje karakterizira dostupnost određene vrste hrane. Uobičajeni mehanizam uzimanja hrane kod trepetljikaša je fagocitoza, složeni proces koji uključuje hvatanje čestica hrane, formiranje hranidbenih mjehurića i razgradnju hrane. Unos hrane omogućen je specijaliziranim, jednostavnijim ili složenijim, usnim aparatom. Trepetljikaše možemo podijeliti u tri funkcionalne hranidbene skupine s obzirom na način prikupljanja i unošenja hrane u tijelo (Verni i Gualtieri, 1997; Finlay i Esteban, 1998; Hausmann, 2002; Esteban i sur., 2015). Grabežljivi oblici se hrane većim pojedinačnim česticama hrane (nitastim cijanobakterijama, dijatomejama, drugim praživotinjama), pri čemu mogu imati apikalno smješten citostom, aktivno hvatati plijen ili „usisavati“ i gutati čestice hrane s podloge, primjerice dijatomeje. Ovi trepetljikaši imaju razvijene posebne morfološke prilagodbe s obzirom na vrstu plijena kojim se hrane te mehanizam hvatanja i unošenja hrane (Verni i Gualtieri, 1997; Finlay i Esteban, 1998). Tako karnivorni grabežljivci imaju razvijene različite strukture koje sadrže ekstrasome (toksiste) i pomoću njih hvataju i imobiliziraju plijen, dok herbivorni

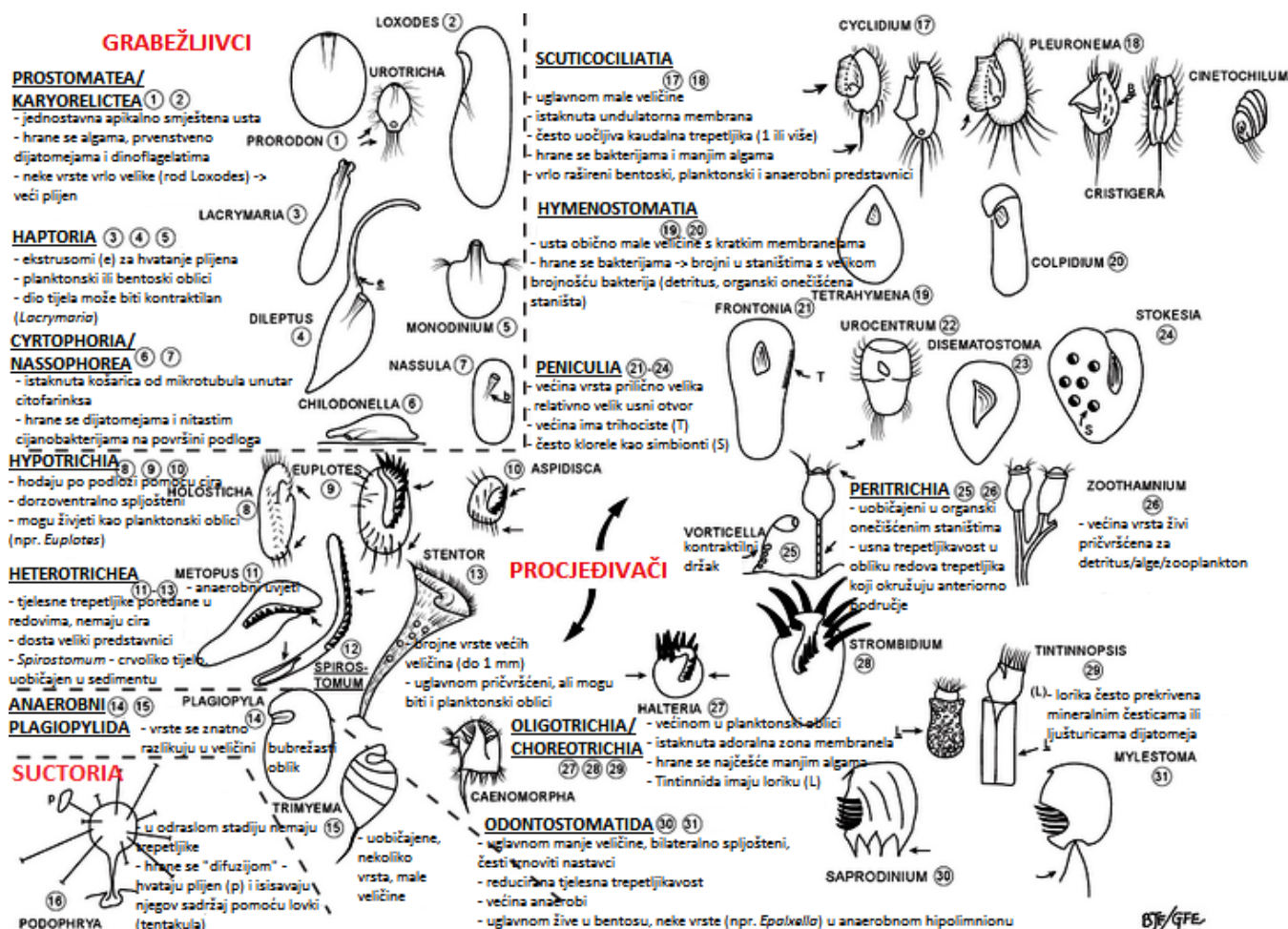
grabežljivci imaju mikrotubularni aparat nalik košarici koji okružuje usnu šupljinu („cyrtos“). Pravi procjeđivači (filtratori) hrane se filtriranjem hranidbenih čestica (najčešće bakterijama i algama) iz okolnog medija te mogu imati jednostavnije ili složenije trepetljikave strukture u usnom području. Stopa filtriranja ovisi o koncentraciji čestica hrane u okolnom mediju te brzini kojom trepetljike stvaraju struju vode (Verni i Gualtieri, 1997). „Difuzijom“ se hrane odrasli sisarci (Suctoria) koji žive pričvršćeni za supstrat te pomoću lovki s haptocistama hvataju i paraliziraju plijen, nakon čega usišu njegov tjelesni sadržaj. Učinkovitost hranjenja kod Suctoria ovisi o mobilnosti plijena. Slobodno živuće trepetljikaše također možemo podijeliti u nekoliko funkcionalnih hranidbenih skupina s obzirom na vrstu hrane kojom se hrane: detritovori, bakteriovori, herbivori (algivori), omnivori, predatori i histofagi (Pratt i Cairns, 1985; Primc, 1988; Primc-Habdija i sur., 1998; Primc-Habdija i sur., 2000; Mieczan 2005, 2009; Andrushchyshyn i sur., 2006; Matoničkin Kepčija, 2006; Andrushchyshyn i sur., 2007; Risse-Buhl i Küsel, 2009; Mieczan i Puk, 2010; Yang i sur., 2016). Foissner i Berger (1996) su, umjesto razvrstavanja trepetljikaša u trofičke, odnosno funkcionalne hranidbene skupine, napravili popis glavne hrane za pojedinu svojtu. Također su naveli za koji tip vodenog staništa (tekućice, stajaćice, otpadna voda u sustavima za pročišćavanje) i za koji tip zajednice (perifiton, bentos, plankton, epizoon, zajednica anaerobnog sedimenta) su pojedine svoje karakteristične. Funkcionalna raznolikost slatkovodnih trepetljikaša s naglaskom na izvor hrane i mehanizme hranjenja prikazana je na Sl. 1.

Promjene u brojnosti i vrsnom sastavu trepetljikaša mogu ukazati na promjene ekološkog stanja nekog vodenog ekosustava, pa stoga trepetljikaši imaju važnu ulogu kao bioindikatori (Foissner i Berger, 1996; Gong i sur., 2005; Chen i sur., 2008; Lynn, 2008; Li i sur., 2009; Xu i sur., 2011; Zhang i Xu, 2015). Bakteriovorni trepetljikaši imaju veliki značaj u održavanju i poboljšavanju kvalitete vode jer zbog velike stope filtracije predstavljaju jedne od najznačajnijih konzumenata bakterija (Primc, 1988; Risse-Buhl i Küsel, 2009; Xu i sur., 2010; Zhang i sur., 2012). Prema tome, velika brojnost ovih predstavnika može ukazati na organsko onečišćenje vodenog ekosustava.

2.5. Ekološke karakteristike trepetljikaša perifitona

U slatkovodnim ekosustavima najveći dio mikrobne aktivnosti odvija se na površini različitih supstrata uronjenih u vodu (Parry, 2004). Velika brojnost te taksonomska i funkcionalna raznolikost praživotinja u perifitonu rezultat su veće količine hrane u perifitonu nego u stupcu vode, pružanja zaklona od predatora i hidroloških poremećaja te učinkovitijeg filtriranja čestica hrane iz okolne vode za sjedilačke oblike praživotinja (Arndt i sur., 2003). Obraštajne zajednice eutrofnih jezera karakterizira velika brojnost i raznolikost trepetljikaša (Mieczan, 2005). Ovi organizmi predstavljaju iznimno važne potrošače u zajednici perifitona te mogu imati znatan udio u ukupnoj biomasi perifitona (Finlay i Esteban, 1998; Früh i sur., 2011). Primc (1988) je shematski prikazala međusobne hranidbene odnose trepetljikaša perifitona na više trofičkih razina. Trepetljikaši u obraštajnim zajednicama predstavljaju primarne potrošače (algivori, bakteriovori i neki omnivori koji se hrane i bakterijama i algama), sekundarne potrošače (omnivori koji se hrane algama i manjim trepetljikašima ili algama,

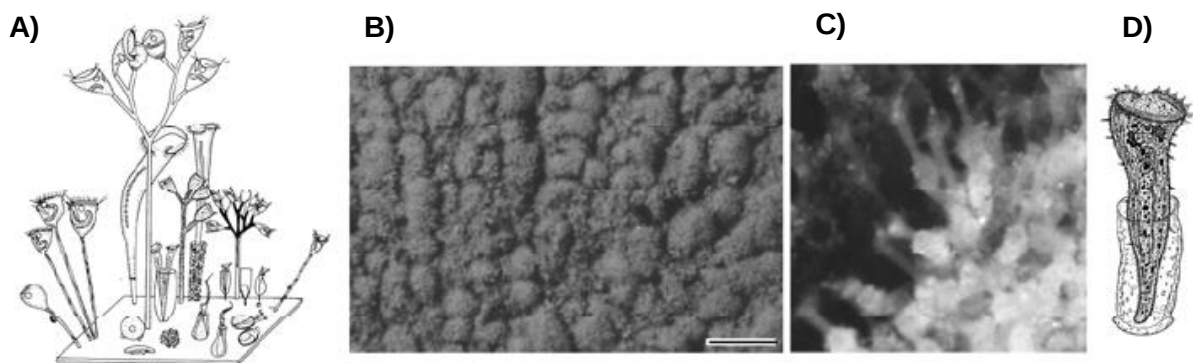
bakterijama i trepetljikašima te karnivori koji se hrane mikrofagnim trepetljikašima) i tercijarne potrošače (karnivorni trepetljikaši iz skupine Suctoria).



Slika 1. Funkcionalne hranidbene kategorije slatkovodnih trepetljikaša s primjerima (izvor: Esteban i sur., 2015).

Prema tome, uključeni su u oba hranidbena lanca u perifitonu, onaj koji započinje primarnim proizvođačima i onaj koji započinje razlagačima. Najveći broj vrsta pripada primarnim potrošačima, a s povećanjem trofičke razine smanjuje se broj vrsta i gustoća njihovih populacija. S promjenama u trofičkoj strukturi i međusobnim trofičkim odnosima trepetljikaša mijenja se i njihova funkcionalna uloga u zajednici perifitona. Primc (1988) zaključuje da u ekološkom smislu najznačajniju trofičku ulogu u zajednici perifitona imaju bakteriovorni i omnivorni trepetljikaši. Činjenica da se hrane česticama različitih veličinskih kategorija, od detritusa i bakterija do sitnijih beskralježnjaka, ukazuje na to da su trepetljikaši jedni od najvažnijih posrednika u prijenosu tvari i energije u obraštajnim zajednicama (Primc, 1988; Arndt i sur., 2003; Parry, 2004; Sigee, 2005; Norf i sur., 2009; Yang i sur., 2016). U obraštaju mogu biti zastupljene različite svoje trepetljikaša koje se međusobno bitno razlikuju obzirom

na obavljanje ekološki značajnih funkcija. S obzirom da imaju pristup česticama suspendiranim u stupcu vode, kao i česticama koje su povezane s površinom same podloge na kojoj žive, trepetljikaši su razvili različite morfološke prilagodbe i mehanizme za uzimanje hrane, što se prvenstveno očituje u specifično građenom usnom aparatu za hranjenje, prilagođenom određenoj vrsti hrane (Hausmann, 2002; Parry, 2004; Ruppert i sur., 2004; Risse-Buhl i Küsel, 2009; Früh i sur., 2011). Brojne vrste se hrane procjeđivanjem hranidbenih čestica iz struje vode koju stvaraju pomoću jednostavnije ili složenije usne trepetljikavosti, a mogu živjeti čvrsto pričvršćene za podlogu, kretati se po podlozi (tijelo im je „dorzoventralno“ spljošteno) ili slobodno plivati u neposrednoj blizini perifitona i povremeno se spustiti na podlogu zbog hranjenja (tijelo im je okruglastog ili jajolikog oblika). Veliki broj vrsta hrani se prikupljanjem i gutanjem čestica hrane (primjerice bakterijama, algama i heterotrofnim bičasićima) prilikom kretanja unutar obraštaja, dok predatorske vrste aktivno ili pasivno hvataju svoj plijen (uglavnom praživotinje i manje beskralježnjake). Budući da se uglavnom hrane plijenom pričvršćenim za podlogu, ovi trepetljikaši mogu utjecati na morfologiju perifitona znatno više nego procjeđivači (Hausmann, 2002; Böhme i sur., 2009; Risse-Buhl i Küsel, 2009; Habdija i sur., 2011). Neke vrste trepetljikaša imaju širok spektar ishrane, primjerice filtratorski oblici mogu se hraniti česticama koje dolaze iz samog obraštaja, a ne isključivo česticama suspendiranim u stupcu vode (Parry, 2004). Novija istraživanja istaknula su funkcionalnu važnost trepetljikaša u povezivanju hranidbenih lanaca planktona i bentosa (Arndt i sur., 2003; Weitere i sur., 2003; Früh i sur., 2011; Yang i sur., 2016). Naime, brojni trepetljikaši perifitona hrane se procjeđivanjem čestica hrane iz stupca vode čime omogućavaju prijenos resursa iz planktonske zajednice u zajednicu bentosa te mogu znatno smanjiti gustoću planktonskih zajednica (Arndt i sur., 2003; Kathol i sur., 2011). Radom trepetljika potiče se unos biokemijski važnih tvari iz okolne vode u zajednicu perifitona, ali i prijenos tih tvari unutar same zajednice (Glud i Fenchel, 1999). Trepetljikaši se na površini podloga mogu slobodno kretati u potrazi za plijenom ili se mogu pričvrstiti za podlogu pomoću različitih struktura, primjerice drščima (predstavnicima Suctoria i sjedilačkih Peritrichia) i lorikama (predstavnicima skupine Folliculinidae i sjedilački Peritrichia), kao i izlučivanjem sluzi (vrste roda *Stentor*) te tako mogu pridonijeti razvoju trodimenzionalne strukture perifitona (Sl. 2) (Arndt i sur., 2003). S obzirom na sistematiku, ali i način života, trepetljikaši perifitona općenito se mogu podijeliti na sjedilačke oblike (Peritrichia, Suctoria i neki Heterotrichea) i pokretne oblike (Coppellotti i Matarazzo, 2000; Gong i sur., 2005; Primc-Habdija i sur., 2005; Matonićkin Kepčija, 2006). Skupine Peritrichia, Suctoria i Heterotrichea (prvenstveno vrste roda *Stentor*) tipični su predstavnici trepetljikaša u obraštajnim zajednicama slatkovodnih ekosustava (Foissner i Berger, 1996; Strüder-Kypke, 1999; Strüder-Kypke i Schönborn, 1999; Primc-Habdija i sur., 2001, 2005; Buosi i sur., 2011; Safi i sur., 2014; Vlaićević i sur., 2017).



Slika 2. Sjedićački predstavnici trepetljikaša pričvršćeni za podlogu (A). Vrsta *Stentor roeselii* stvara opsežne kolonije koje utječu na arhitekturu perifitona (B) i (C). Izgled vrste *S. roeselii* (D) (izvor: Arndt i sur., 2003).

2.5.1. Naseljavanje i razvoj zajednice trepetljikaša perifitona

Iako je sukcesija jedan od najstarijih koncepata u ekologiji, naseljavanje mikroorganizama u obraštajnim zajednicama je zbog njihove taksonomske i funkcionalne složenosti puno slabije istraženo u odnosu na istraživanja istog procesa u biljnim i životinjskim zajednicama (Jackson, 2003). Zbog njihovog kratkog životnog ciklusa, sastav mikroorganizama u obraštajnim zajednicama mijenja se vrlo brzo, već unutar nekoliko sati (Vermatt, 2005). Jackson i sur. (2001) predložili su konceptualni model naseljavanja perifitona na temelju istraživanja sukcesije bakterijskih zajednica na podlogama uronjenima u vodu, a Jackson (2003) je model dodatno proširio. Iako se ovaj model prvenstveno odnosi na pričvršćene bakterijske zajednice, zajednice drugih vodenih organizama također mogu pokazati slične obrasce. Prema modelu, u inicijalnoj fazi razvoja zajednice zbog brze kolonizacije dolazi do naglog povećanja broja vrsta, a zatim se taj broj smanjuje budući da su neke od naseljenih populacija manje kompetitivne za prostor i različite resurse te ne mogu dalje opstati u zajednici. Međutim, s daljnjim razvojem obraštaja formira se trodimenzionalna struktura čime se povećava raznolikost staništa i postaju dostupni novi izvori hrane, odnosno postaju dostupne nove ekološke niše. Rezultat toga je ponovni rast broja vrsta u zajednici, a kompeticija u tom slučaju postaje manje važna u oblikovanju zajednice (iako i dalje može biti izražena kompeticija za specifičan resurs potreban samo nekim populacijama). Prema tome, smatra se da su raznolikost staništa i resursa ključni faktori tijekom početnog naseljavanja bilo koje taksonomske skupine te da broj vrsta u početku raste, a zatim opada zbog prisutne kompeticije, koja s pojavom novih ekoloških niša postaje sve manje izražena. Cairns i sur. (1969) su primijetili različite faze u naseljavanju praživotinja na umjetne podloge. U početnoj fazi zabilježili su mali broj svojti, a nakon toga rast populacija bez značajnog porasta broja svojti. Time dolazi do određenih promjena u mikrokolištu koje dovode do sekundarnog rasta broja svojti. U svom su istraživanju autori zaključili da MacArthur-Wilsonov model (MacArthur i Wilson, 1963) dobro opisuje naseljavanje praživotinja na čiste podloge. Takve podloge u početku predstavljaju ogoljele otoke okružene prirodnom zajednicom organizama

koja je izvor potencijalnih kolonizatora (Plafkin i sur., 1980). Na samom početku naseljavanja, brzina kolonizacije podloga je velika i ova faza predstavlja neinteraktivnu fazu koja je pod većim utjecajem vanjskih čimbenika. Udaljenost izvora kolonizatora te sposobnost rasprostiranja organizama i njihov kolonizacijski potencijal smatraju se primarnima za inicijalnu kolonizaciju. S vremenom dolazi do uspostavljanja ravnotežnog stanja u zajednici u kojem brzina kolonizacije organizama postaje jednaka brzini odumiranja. Zatim slijedi tzv. interaktivna faza u kojoj biotički odnosi između organizama perifitona (kompeticija i predatorski pritisak) oblikuju integriranu zajednicu (Plafkin i sur., 1980; Strüder-Kypke, 1999; Arndt i sur., 2003). Inicijalno naseljavanje, odnosno dostizanje ravnoteže unutar zajednice, može trajati od jednog do nekoliko tjedana, ovisno o uvjetima staništa (npr. temperaturi vode i stupnju trofije vodnog tijela) (Cairns i sur., 1979; Strüder-Kypke, 1999; Gong i sur., 2005; Matonićkin Kepčija, 2006).

Naseljavanje i razvoj zajednice trepetljikaša na čistim površinama izloženima u vodi odvijaju se u nekoliko faza i pod utjecajem su različitih abiotičkih i biotičkih čimbenika okoliša te njihovih sezonskih promjena (Primc-Habdija i sur., 2001, 2005; Beech i Landers, 2002; Arndt i sur., 2003; Gong i sur., 2005; Mieczan, 2005, 2007, 2010; Norf i sur., 2007; Mieczan i Puk, 2010; Norf i Weitere, 2010; Früh i sur., 2011; Zhang i Xu, 2015; Vlaičević i sur., 2017). Inicijalno naseljavanje može se odvijati prilično sporo ili dosta brzo, ovisno o fizikalno-kemijskim parametrima vode (Henebry i Cairns, 1984; Pratt i sur., 1986; Norf i sur., 2007), hidrološkim uvjetima (Primc i Habdija, 1987; Primc-Habdija i sur., 2001; Matonićkin Kepčija, 2006), sastavu planktonske zajednice kao potencijalnog izvora hrane i kolonizatora (Arndt i sur., 2003; Wey i sur., 2009), ali i o sposobnosti rasprostiranja te kolonizacijskom potencijalu pojedinih svojti. Brzina prirasta biomase samog perifitona, odnosno količina organske tvari, važan je faktor za početno naseljavanje trepetljikaša jer predstavlja izvor hrane za različite trofičke skupine (Primc-Habdija i sur., 2000, 2005). Za početnu fazu naseljavanja perifitona karakteristične su pokretne vrste trepetljikaša koje su obično manje veličine i hrane se bakterijama i algama. Ovakve vrste predstavljaju pionire koji prvi naseljavaju čiste podloge dospjele ispod površine vode (Strüder-Kypke i Schönborn, 1999; Matonićkin Kepčija, 2006; Vlaičević i sur., 2017). Peritrihni trepetljikaši također mogu imati veliku brojnost tijekom inicijalnog naseljavanja iz razloga što tijekom životnog ciklusa imaju prisutan pokretni stadij (engl. *swarmer*) koji im omogućava brzu kolonizaciju novih podloga (Sigee, 2005). U kasnijoj zreloj fazi razvoja perifitona uglavnom su zastupljeniji sjedilački trepetljikaši koji se hrane filtriranjem čestica hrane iz okolne vode (primjerice vrste iz skupine Peritrichia i vrste roda *Stentor*) te predatorske vrste trepetljikaša (primjerice skupina Suctoria) (Strüder-Kypke i Schönborn, 1999; Matonićkin Kepčija, 2006; Marcus i sur., 2014; Vlaičević i sur., 2017). U ovoj fazi razvoja zajednice iznimno važan utjecaj imaju dostupnost različitih izvora hrane, predatorski pritisak te arhitektura samog obraštaja, odnosno dostupnost mikrostaništa za pričvršćivanje trepetljikaša (Harmsworth i Sleight, 1993; Primc-Habdija i sur., 2001, 2005; Mieczan, 2010; Vlaičević i sur., 2017). S razvojem perifitona mijenja se i trofička struktura zajednice trepetljikaša te je najveći broj različitih trofičkih skupina prisutan u kasnijoj zreloj fazi razvoja. Početak razvoja zajednice uglavnom karakteriziraju bakteriovorni i algivorni trepetljikaši, dok se kasnije povećava zastupljenost omnivornih i predatorskih svojti, što je povezano s dostupnim izvorima hrane (Strüder-Kypke, 1999; Mieczan, 2005; Primc-Habdija i

sur., 2005; Matoničkin Kepčija, 2006; Mieczan i Puk, 2010; Früh i sur., 2011; Marcus i sur., 2014; Vlaičević i sur., 2017).

2.5.2. Umjetne podloge u istraživanju trepetljikaša perifitona

Umjetne podloge se inicijalno mogu smatrati ogoljelim otocima dostupnim za naseljavanje vodenih organizama koji se nalaze u prirodnoj zajednici. Nekoliko faktora ima ključnu ulogu u procesu naseljavanja ovakvih podloga te tako utječu na njihovu primjenjivost, a to su veličina podloge, sastav i tekstura podloge, ali također i njen položaj unutar staništa, kao i dužina ekspozicije podloga u vodi (Cairns i sur., 1979). Prirodne podloge u vodenim ekosustavima razlikuju se u sastavu, teksturi, orijentaciji i veličini te je obraštaj razvijen na njima izrazito heterogen, zbog čega su kvantitativne analize takvih zajednica prilično otežane i uzorci se ne mogu uspoređivati (Cairns i sur., 1979; Pratt i sur., 1986). Korištenje umjetnih podloga pruža prednosti, primjerice ujednačeno vrijeme izloženosti u vodi, dubinu izloženosti te sastav, teksturu i dimenzije podloga. Predmetna stakalca su jedna od najčešće korištenih umjetnih podloga u istraživanju obraštajnih zajednica, uključujući i trepetljikaše (Strüder-Kypke, 1999; Coppellotti i Matarazzo, 2000; Primc-Habdija i sur., 2001, 2005; Beech i Landers, 2002; Gong i sur., 2005; Mieczan, 2005; Kralj i sur., 2006; Matoničkin Kepčija, 2006; Xu i sur., 2009; Zhang i Xu, 2015). Prema Mieczan (2007) trepetljikaši pokazuju sličan kolonizacijski obrazac na prirodnim i umjetnim podlogama.

2.6. Perifiton poplavnih područja

Poplavna područja definirana su kao sustavi periodično plavljeni lateralnim prelijevanjem voda matične rijeke ili jezera (Junk i sur., 1989). Osim ovog primarnog izvora vode, plavljenje ovisi i o razini podzemnih voda, donosu vode s kopna te količini padalina (Tockner i Stanford, 2002). Intenzivnija ekološka istraživanja poplavnih područja započela su objavljivanjem „koncepta poplavnog pulsa“ (engl. *„flood pulse concept“*, FPC) (Junk i sur., 1989), koji se temelji na karakteristikama poplavnih područja tropskih rijeka. Tockner i sur. (2000) su proširili taj koncept na poplavna područja umjerenih geografskih područja. Hidrološku povezanost unutar poplavnih područja prvenstveno kontrolira širenje i povlačenje vode matične rijeke, odnosno protočni i poplavni pulsevi, kada voda počinje utjecati u korita kanala i jezera ili se prelijevati preko ruba korita. Ovi su procesi ključni za formiranje i održavanje poplavnih područja budući da omogućavaju izmjenu vode, tvari i organizama s matičnom rijekom. Za opisivanje hidroloških faza često se koriste i izrazi potamofaza (poplavna faza) i limnofaza (faza izoliranosti poplavnog područja) (Neiff, 1996). Utjecaj plavljenja na biljne i životinjske organizme u poplavnim područjima očituje se u razvoju različitih morfoloških, anatomskih i fizioloških prilagodbi tih organizama, kao i formiranju karakterističnih vodenih biocenoza (Junk i sur., 1989; Tockner i sur., 2000). Prirodna poplavna područja karakterizirana su velikom prostornom raznolikošću, a obuhvaćaju trajne lotičke sustave (glavne kanale), trajne lentičke sustave te prijelazna područja između kopna i vode (Junk i sur., 1989). Također se odlikuju velikom biološkom raznolikošću i među najproduktivnijim su ekosustavima na Zemlji. Međutim, ova područja postaju sve ugroženija i sve brže nestaju, a i njihova je bioraznolikost u stalnom opadanju. Razlog tome su degradacija

i gubitak staništa, invazija stranih vrsta, onečišćenje te kontrola i izmjena hidroloških procesa kao primarni uzrok (Tockner i sur., 2000; Tockner i Stanford, 2002).

Poplavna područja uglavnom su sustavi bogati nutrijentima i pogoduju razvoju obraštaja, što su pokazala i brojna istraživanja obraštajnih zajednica u suptropskim (Goldsborough i sur., 2005; Gottlieb i sur., 2006; Liston, 2006; Hagerthey i sur., 2011) i tropskim (Rodrigues i Bicudo, 2001; Fonseca i Rodrigues, 2007; Murakami i sur., 2009; Bichoff i sur., 2016) poplavnim područjima. U poplavnim područjima umjerenog klimatskog pojasa istraživanja perifitona su puno rjeđa (Goldsborough i sur., 2005; Wetzel, 2005). Od biotičke komponente u spomenutim su istraživanjima perifitona poplavnih područja obuhvaćene uglavnom alge te manjim dijelom bakterije i beskralježnjaci. O trepetljikašima obraštajnih zajednica poplavnih područja podataka gotovo i nema, iako predstavljaju vrlo važnu komponentu perifitona. Buosi i sur. (2011) pratili su zajednicu trepetljikaša u perifitonu razvijenom na korijenju vodenih makrofita u jezeru poplavnog područja rijeke Parana u Brazilu te su ustanovili da dostupnost hranjivih tvari ima značajnu ulogu u oblikovanju zajednice, pri čemu je veća raznolikost zabilježena u sustavu obogaćenom hranjivim tvarima. Učestalost i intenzitet poplava imaju značajan utjecaj na biotičke zajednice (Tockner i sur., 1999), uključujući i obraštajne zajednice poplavnih područja (Rodrigues i Bicudo, 2001; Iwaniec i sur., 2006). Tako je u poplavnom području Kopačkog rita ustanovljeno da hidrološki procesi znatno utječu na raznolikost i strukturu zajednice bakterija, alga i beskralježnjaka u perifitonu (Palijan, 2010; Vidaković i sur., 2011, 2012; Mihaljević i Žuna Pfeiffer, 2012; Mihaljević i sur., 2013, 2015; Žuna Pfeiffer i sur., 2013, 2015). Pauleto i sur. (2009) ukazali su na značajan utjecaj hidrološke povezanosti i plavljenja na strukturiranje planktonske zajednice trepetljikaša u tropskom poplavnom području rijeke Parana u Brazilu.

2.7. Pregled dosadašnjih istraživanja zajednice trepetljikaša perifitona

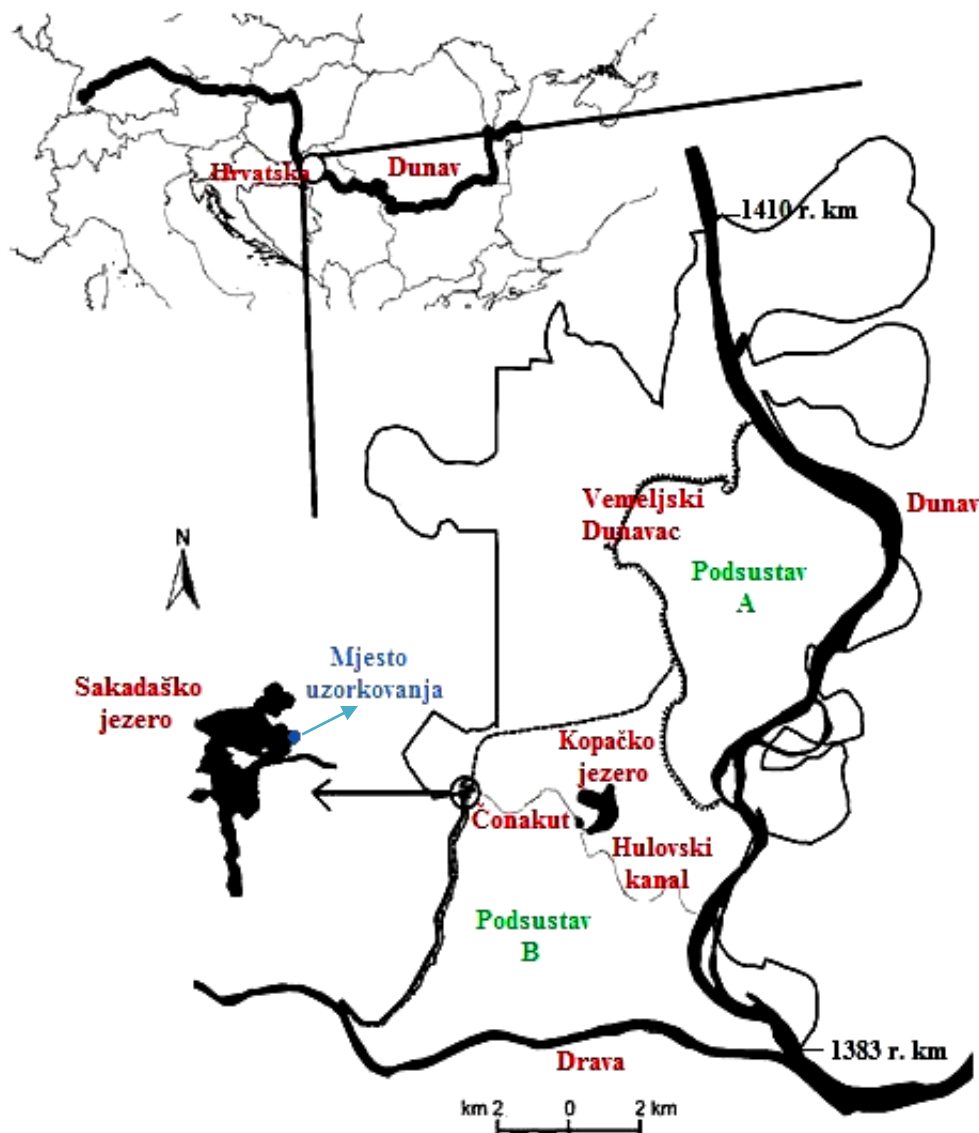
Iako su zanemareni u istraživanjima obraštajnih zajednica poplavnih područja, trepetljikaši su intenzivno proučavani u perifitonu brojnih drugih vodenih ekosustava: jezerima različitog trofičkog stanja (Strüder-Kypke, 1999; Mieczan, 2005, 2007, 2010; Safi i sur., 2014), lotičkim sustavima (Primc-Habdija i sur., 1998; Arndt i sur., 2003; Risse-Buhl i Küsel, 2009), vodenim tijelima krškog područja (Primc-Habdija i sur., 2001, 2005; Matonićkin Kepčija, 2006) te morskim staništima (Coppellotti i Matarazzo, 2000; Beech i Landers, 2002; Gong i sur., 2005; Xu i sur., 2009a, 2009b, 2011; Zhang i sur., 2012). U tim su istraživanjima, osim njihovog sastava vrsta i brojnosti, analizirani i proces naseljavanja na čiste podloge te sukcesija trepetljikaša tijekom razvoja perifitona, zatim utjecaj različitih okolišnih čimbenika na strukturu i razvoj zajednice, kao i uloga trepetljikaša u hranidbenim lancima. Tijekom 1970-ih i 1980-ih godina na području Sjeverne Amerike provedena su brojna istraživanja kolonizacije praživotinja na umjetne podloge od poliuretanske pjene u slatkovodnim ekosustavima (Cairns i sur., 1969; Yongue i Cairns, 1973; Cairns i Yongue, 1974; Cairns i sur., 1976a; Cairns i sur., 1976b; Plafkin i sur., 1980; Cairns i sur., 1983; Henebry i Cairns, 1984; Stewart i sur., 1985, 1987; Pratt i sur., 1986). U novije vrijeme sve se više istražuje kolonizacija i sukcesija obraštajnih zajednica, uglavnom na umjetnim podlogama (Gong i sur., 2005; Primc-Habdija i sur., 2005; Matonićkin Kepčija, 2006; Mieczan, 2007; Li i sur., 2009; Risse-Buhl i Küsel,

2009; Xu i sur., 2009, 2009, 2011; Zhang i sur., 2012). Brojna istraživanja ukazala su na važnost trepetljikaša perifitona kao indikatora ekološkog stanja nekog vodnog tijela (Gong i sur., 2005; Xu i sur., 2011; Zhang i Xu, 2015). Novija istraživanja također su pokazala mogućnost primjene zajednice trepetljikaša perifitona u proučavanju utjecaja globalnog zatopljenja, odnosno globalnog porasta temperature površinskih voda, na zajednice akvatičkih organizama (Norf i sur., 2007; Marcus i sur., 2014). U preliminarnom istraživanju zajednice trepetljikaša perifitona u Sakadaškom jezeru unutar poplavnog područja Kopačkog rita praćena je kolonizacija i sukcesija trepetljikaša tijekom razvoja perifitona na umjetnoj podlozi (predmetnim stakalcima) u različitim okolišnim uvjetima (Vlaičević i sur., 2017). Rezultati ovog istraživanja pokazali su da obraštajne zajednice ovakvog tipa staništa karakterizira velika brojnost i raznolikost trepetljikaša te zastupljenost različitih funkcionalnih skupina, što ukazuje na ekološku važnost trepetljikaša u ovakvom specifičnom ekosustavu. Unatoč tome, ova zajednica nije dovoljno istraжена kako u poplavnom području Kopačkog rita, tako i općenito u ovakvom tipu ekosustava, koji su u današnje vrijeme sve ugroženiji i sve brže nestaju.

2.8. Područje istraživanja

Kopački rit jedna je od najvećih fluvijalno-močvarnih nizina na području Europe. Ovo poplavno područje desnog zaobalja Dunava smješteno je u sjeveroistočnom dijelu Hrvatske, zemljopisnog položaja između $45^{\circ} 32'$ i $45^{\circ} 47'$ sjeverne zemljopisne širine te $18^{\circ} 45'$ i $18^{\circ} 59'$ istočne zemljopisne dužine. Zaštićeno područje rita nalazi se u srednjem dijelu toka Dunava, između 1410. i 1383. r. km te zauzima površinu od oko 177 km² (Sl. 3 i 4) (Mihaljević i sur., 1999; web 1, 2017).

Poplavno područje Kopačkog rita prepoznato je kao jedno od najznačajnijih vlažnih i močvarnih staništa u Republici Hrvatskoj, ali i na području zapadne i srednje Europe. Zbog iznimne očuvanosti ovog rijetkog prirodnog ritskog ekosustava, njegove velike biološke raznolikosti i ekološke važnosti, ali i ugroženosti, Kopački je rit 1967. godine zaštićen statusom Upravljanog prirodnog rezervata na površini od 177 km² (NN 45/67). Uže područje tog rezervata (površine 7220 ha) je 1976. godine dobilo status Specijalnog (danas Posebnog) zoološkog rezervata, a šire područje (10510 ha) status Parka prirode (NN 54/76). Zaštita Kopačkog rita potvrđena je 1999. godine Zakonom o Parku prirode Kopački rit (NN 45/99). Zbog izuzetne raznolikosti faune ptica, a posebno rijetkih i ugroženih vrsta, Kopački rit je 1989. godine uvršten na listu europskih ornitološki značajnih područja („Important Bird Area“, IBA). Ovom programu cilj je zaštita ptica i njihovih staništa, kao i očuvanje globalne biološke raznolikosti. Međunarodna važnost Kopačkog rita potvrđena je 1993. godine uvrštavanjem u Popis močvarnih i vlažnih područja od međunarodnog značaja („List of Wetlands of International Importance“), sukladno odredbama Ramsarske konvencije prihvaćene 1971. godine. Kopački rit uključen je i u „Montreux listu“ ramsarskih područja obzirom na ekološke promjene nastale kao posljedica ratnih zbivanja na ovom području.



Legenda:

- Park prirode Kopački rit
- Podsustav A
- Podsustav B

Slika 3. Zemljovid poplavnog područja Parka prirode Kopački rit s označenim mjestom uzorkovanja (izradio: F. Stević).

Na području Kopačkog rita prevladava umjereno kontinentalna klima (na granici srednjoeuropsko-kontinentalne i kontinentalne klime Panonske nizine). Najviše temperature zraka zabilježene su u ljetnim mjesecima, s maksimumom do 40°C u srpnju, dok se minimalne vrijednosti javljaju u zimskom razdoblju s prosjekom od 1,4 do -6°C. Oborinski maksimumi javljaju se obično krajem proljeća i početkom ljeta. Prosječna godišnja relativna vlažnost zraka iznosi gotovo 80%, a povećanoj vlažnosti doprinose rijeke Drava i Dunav, kao i cijelo poplavno područje.



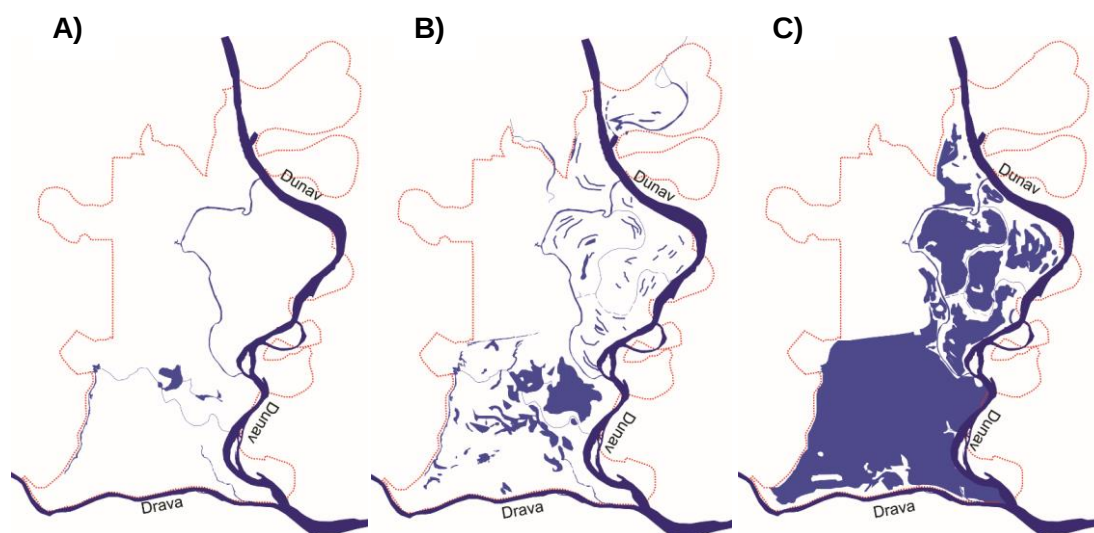
Slika 4. Poplavno područje Kopačkog rita (fotografija: M. Romulić).

Područje Kopačkog rita izrazito je nizak teren, a nadmorske visine terena kreću se od 78 do 86 m. Reljef ovog područja je specifičan i složen, a rezultat je rada poplavnih voda koje talože nanose, ali i produbljuju teren. Reljefnu strukturu karakteriziraju jezera (velike udubine trajno ispunjene vodom), bare (povremeno plavljene površine), kanali (udubljenja kojima struji voda), fokovi (linearna udubljenja koja su u izravnoj vezi s Dravom i Dunavom) i žile (znatno šira i plića linearna udubljenja kojima voda iz fokova otječe u najniže dijelove rita). Zbog složenih hidroloških procesa, redovnog plavljenja područja tijekom godine i velikih količina nanosa, navedeni morfološki oblici neprestano se mijenjaju tijekom vremena. Njihov specifičan raspored daje ovom području izgled tzv. unutrašnje delte, što je jedinstvena pojava koja nije poznata kod drugih europskih rijeka (Mihaljević i sur., 1999; web 1, 2017).

Dinamika plavljenja, koja utječe na izgled cijelog prostora te sastav i dinamiku različitih biocenoza, daje posebno obilježje ovom području, a prvenstveno je uzrokovana oscilacijama vodostaja Dunava. Dunav ima najznačajniji utjecaj na vodni režim Kopačkog rita (s udjelom u opskrbi vodom većim od 90%), a djelomično na taj režim utječu i rijeka Drava, podzemne vode, oborine, evapotranspiracija te pritjecanje vode iz stare Drave. Dunav je rijeka s glacijalnom režimskom komponentom i maksimalne vodostaje ima u proljeće i rano ljetno kada dolazi do otapanja snijega i leda u Alpama. Minimalni vodostaji se obično javljaju početkom jeseni, u rujnu i listopadu (Mihaljević i sur., 1999).

Kopački rit predstavlja retencijski prostor za dunavske vode te tako štiti područja smještena nizvodno uz Dunav od poplava. Poplavno područje rita može se podijeliti na dva hidrološki različita sustava (Sl. 3). Sjeverno područje (podsustav A) povezano je s Dunavom rukavcima, a voda najvećim dijelom pritječe Vemeljskim Dunavcem položenim paralelno s glavnim tokom rijeke. Južno područje (podsustav B) čini mreža kanala. Glavni put ulaska i izlaska vode u ovom području je Hulovski kanal, položen okomito na tok Dunava, u smjeru istok-zapad. Prilikom pražnjenja dio vode iz južnog područja odvodi Renovski kanal u rijeku Dravu. Podsustavi A i B međusobno su povezani pri visokim vodostajima Dunava preko kanala Nađhat fok, a voda se tada prelijeva iz sjevernog u južni podsustav. Posebni zoološki rezervat nalazi se u južnom području. Ovdje se ističe Kopačko jezero kao najveće te Sakadaško jezero kao najdublje jezero u ritu. Voda iz Dunava preko Hulovskog kanala protječe do Kopačkog jezera i kanala Čonakut, a kanalom Čonakut dolazi do Sakadaškog jezera i Novog kanala (Sl. 3) (Mihaljević i sur., 1999; Tadić i sur., 2002).

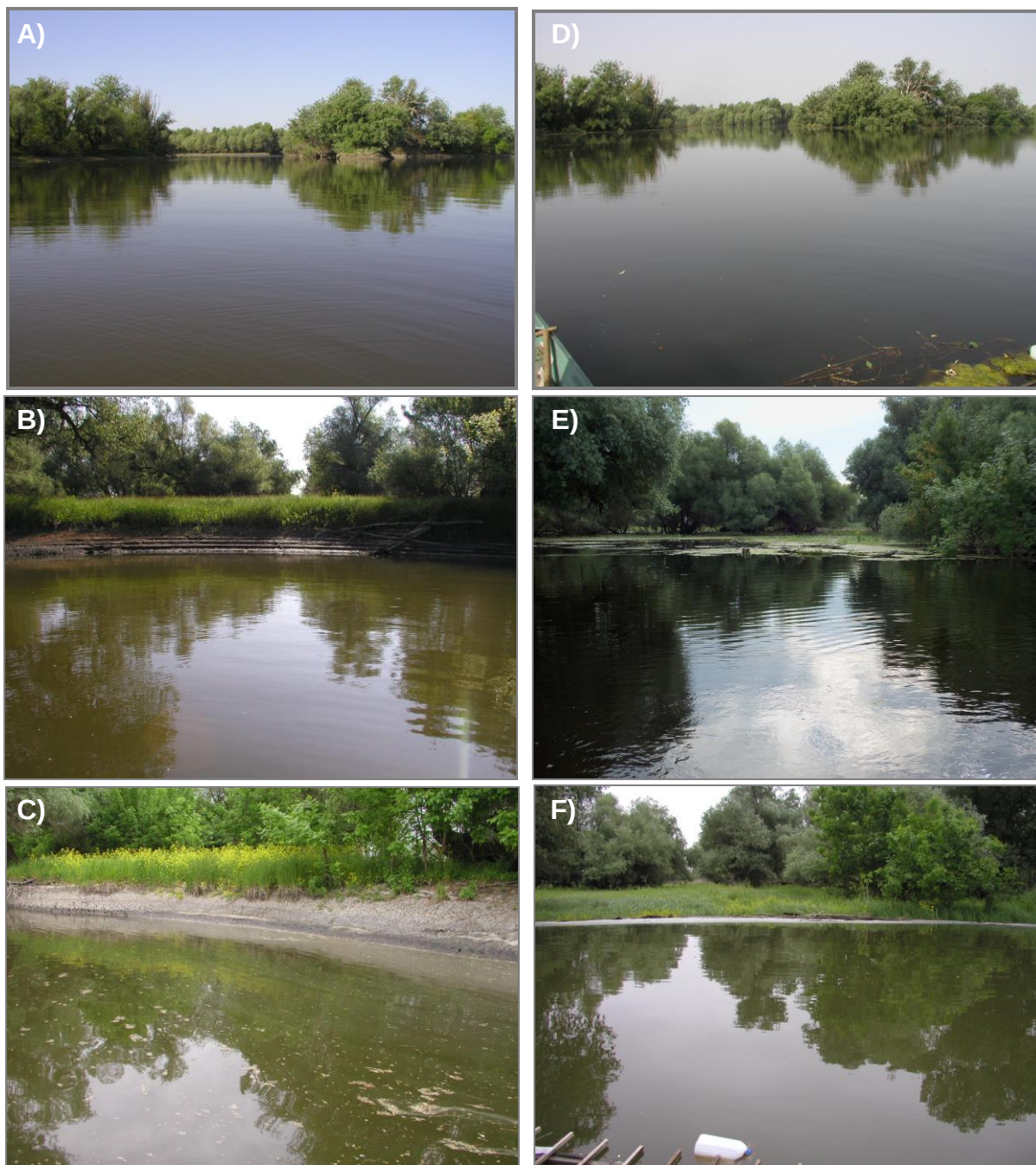
Za vrijeme niskih vodostaja nema tokova vode te su stalno prisutna vodena tijela u ritu izolirana od matične rijeke (razdoblje limnofaze). S porastom vodostaja Dunava započinje plavljenje najnižih terena unutar rita, nakon čega se voda postupno širi cijelim područjem te sustavom kanala ulazi u jezera (razdoblje potamofaze). Prema tome, iznimno promjenjiva hidrologija definira hidrološku povezanost i hidroperioide. Mihaljević i Stević (2011) razlikuju poplave manjeg (vodostaj Dunava na mjernoj postaji Apatin 3 – 3,5 m), srednjeg (vodostaj Dunava na mjernoj postaji Apatin 3,5 – 4 m) i većeg (vodostaj Dunava na mjernoj postaji Apatin 4 – 5 m) intenziteta te ekstremne velike poplave (vodostaj Dunava na mjernoj postaji Apatin iznad 5 m). Poplavljene površine unutar Kopačkog rita pri različitim vodostajima Dunava prikazane su na Sl. 5.



Slika 5. Prikaz poplavljenih površina na području Parka prirode Kopački rit pri vodostaju Dunava 1 – 1,5 m (A), 2,5 – 3,5 m (* poplavljeno oko 20 % područja) (B), oko 5 m (* poplavljeno > 75 % područja) (C). Vodostaj Dunava mjeren na referentnoj postaji kod Apatina na 1401,4 r. km (* aproksimacija nakon Mikuska (1979) i Schwarz (2005), u Mihaljević i Stević, 2011).

Sakadaško jezero (Sl. 6), u kojem je provedeno ovo istraživanje, predstavlja trajno najdublje vodno tijelo u južnom dijelu Parka prirode Kopački rit. Smješteno je u zapadnom dijelu poplavnog područja (Sl. 3), uz nasip i cestu te je stoga polazište vodnih putova kroz rit. Jezero je nastalo nakon velike poplave 1926. godine, kada su visoke vode Dunava probile nasip Zmajevac-Kopačevo i zadržale se na tom području (Gucunski, 1994). Dodatno je produbljeno i prošireno 1969. i 1984. godine. U razdoblju srednjih vodostaja prosječna dubina jezera je oko 7 m, a površina oko 0,15 km². Jezero je približno ovalnog oblika i relativno strmih obala. S Dunavom je povezano preko kanala Čonakut i Hulovo, a ukupna udaljenost od Dunava iznosi oko 10 km (Mihaljević i sur., 1999). Odabrana postaja smještena je u istočnom dijelu Sakadaškog jezera, u manjoj uvali površine oko 0,0065 km² koja se nalazi u blizini kanala Čonakut (Sl. 3).

Prema rezultatima dosadašnjih istraživanja Sakadaško jezero karakterizira visok stupanj trofije (eutrofno-hipertrofno stanje) (Vidaković i sur., 2002; Bogut i sur., 2010; Čerba i sur., 2011). U jezeru se razvija različita makrofitska vegetacija, uključujući vrste *Ceratophyllum demersum* L., *Myriophyllum spicatum* L., *Potamogeton gramineus* L., *Trapa natans* L., *Nymphoides peltata* Kuntze, *Lemna* sp. div., *Polygonum amphybiu* L. i *Spirodella polyrhiza* (L.) Schleid. (Vidaković i Bogut, 2007). Obale su uglavnom obrasle tršćacima (*Phragmites* spp.), a iznad njih protežu se poplavne šume bijele vrbe (*Salix alba* L.) i topole (*Populus alba* L.).

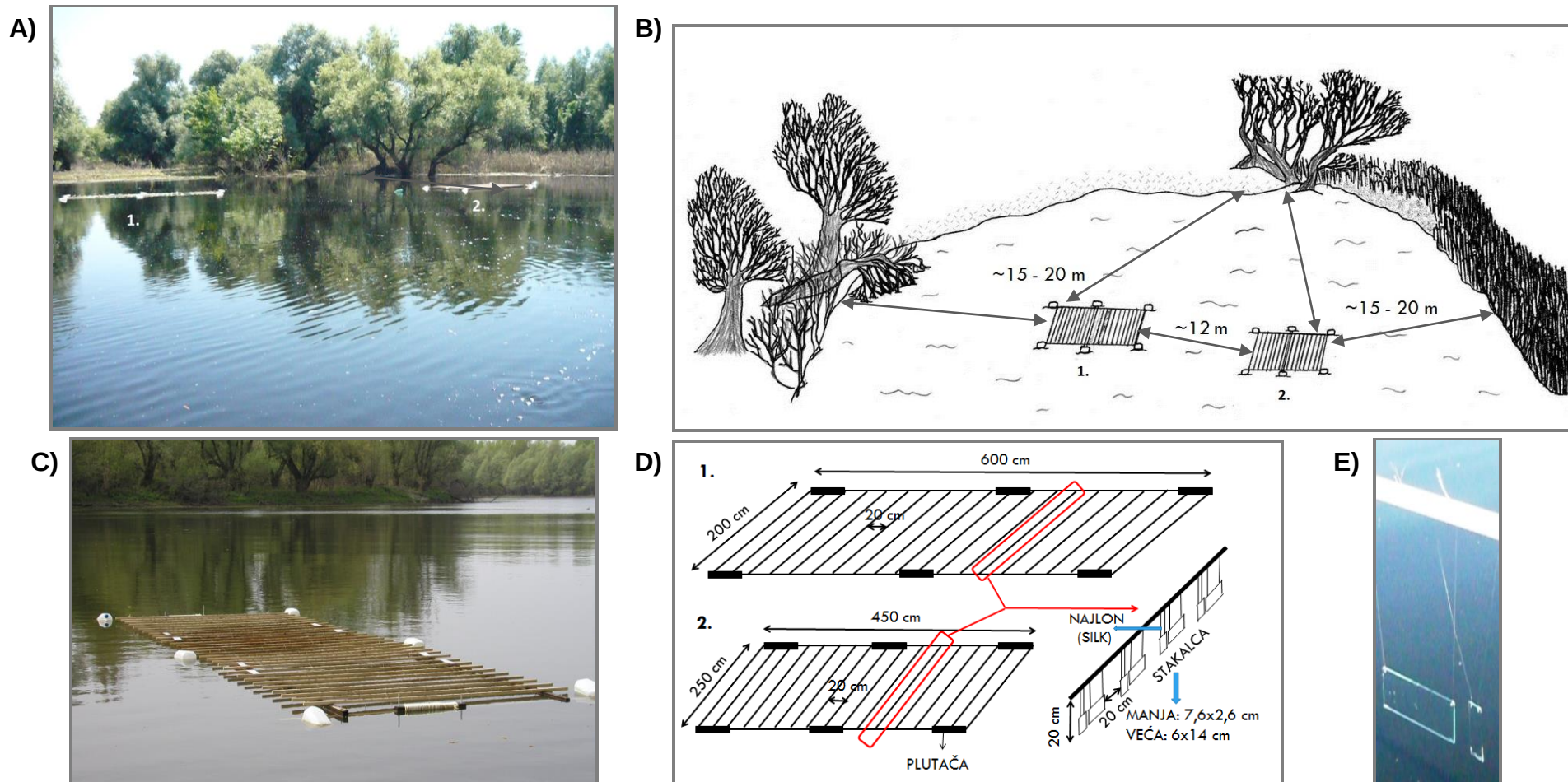


Slika 6. Sakadaško jezero tijekom razdoblja niskih (A, B i C) i visokih (D, E i F) vodostaja tijekom istraživanih razdoblja 2010. godine (fotografije: B. Vlaičević).

3. MATERIJAL I METODE

3.1. Dizajn eksperimenta

Istraživanje zajednice trepetljikaša perifitona provedeno je kroz dvije eksperimentalne serije, pri čemu je jedna trajala od proljeća do zime (05. travnja – 27. prosinca), a druga od ljeta do zime (11. srpnja – 27. prosinca) 2010. godine. Kao umjetne podloge za razvoj perifitona korištena su stakalca različitih dimenzija. Naseljavanje i razvoj zajednice trepetljikaša praćeni su na predmetnim stakalcima dimenzija 7,6 x 2,6 cm, čime je omogućeno pregledavanje jedinki pod mikroskopom direktno s podloge, osim kada je obraštaj bio gusto razvijen i neproziran. Koncentracije klorofila *a*, *b* i *c* te biomasa perifitona određene su u perifitonu razvijenom na stakalacima većih dimenzija (6 x 14 cm). Stakalca su pričvršćena na drvene nosače, pri čemu je na početku pojedine eksperimentalne serije postavljen po jedan drveni nosač (Sl. 7A, B i C). Nosači su postavljeni u manjoj uvali Sakadaškog jezera smještenoj u blizini kanala Čonakut (Sl. 3), na udaljenosti od oko 20 m od obale te međusobnoj udaljenosti od oko 10 m. Približno jednaka udaljenost tijekom cijelog razdoblja istraživanja osigurana je pomoću kamenih blokova privezanih konopom za nosače i spuštenih na dno jezera, a plutače privezane na rubne dijelove nosača omogućile su njihovo plutanje na površini vode. Konstrukcija drvenog nosača omogućila je izloženost podloga uvijek na istoj dubini u stupcu vode, bez obzira na promjene razine vode u jezeru. Grupe stakalaca (jedno manje i jedno veće stakalce) (Sl. 7D i E) pričvršćene su pomoću najlona (silka) za ribolov za drvene letvice (1,5 x 2,0 x 200 cm) postavljene s gornje strane drvenih nosača. Stakalca su izložena vertikalno u stupcu vode na međusobnoj udaljenosti od 20 cm i dubini od 20 cm. Ukupno je postavljeno 120 manjih i 120 većih stakalaca na 30 drvenih letvica za prvu eksperimentalnu seriju te 80 manjih i 80 većih stakalaca na 20 drvenih letvica za drugu seriju. Dimenzije drvenog nosača za proljetno-zimsku eksperimentalnu seriju iznosile su 200 x 600 cm, a nosača za ljetno-zimsku eksperimentalnu seriju 250 x 450 cm (Sl. 7D). Prije početka eksperimenta stakalca su oprana u detergentu, isprana destiliranom vodom te uronjena u 1 M kloridnu kiselinu (HCl) i ostavljena preko noći (12 sati prije postavljanja na terenu). Na terenu su stakalca, neposredno prije uranjanja u jezero, isprana u destiliranoj vodi.

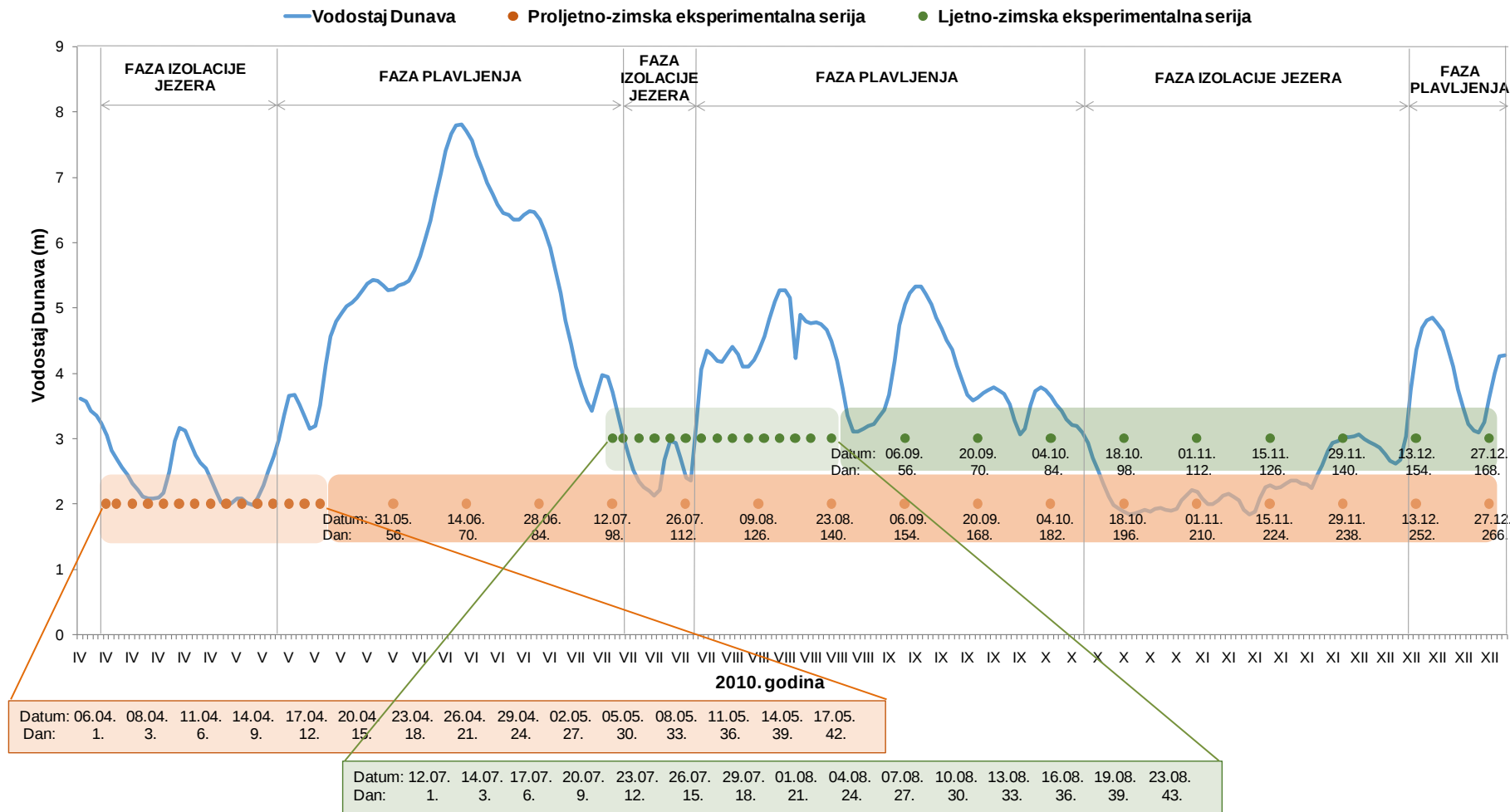


Slika 7. Položaj drvenih nosača s umjetnim staklenim podlogama u Sakadaškom jezeru (A i B). Izgled i dizajn drvenih nosača sa stakalcima (C i D). Grupa stakalaca (jedno manje i jedno veće stakalce) pričvršćenih za drvenu letvicu pomoću najlona (silka) (E). Drveni nosač za proljetno-zimsku eksperimentalnu seriju označen je brojem 1, dok je nosač za ljetno-zimsku eksperimentalnu seriju označen brojem 2 (fotografije i shematski prikazi: B. Vlaičević).

3.2. Prikupljanje uzoraka

Proljetno-zimska eksperimentalna serija trajala je od 05. travnja do 27. prosinca 2010. godine, a uzorci su prikupljeni tijekom 31 terenskog izlaska. Ljetno-zimska serija trajala je od 11. srpnja do 27. prosinca 2010. godine i obuhvatila je 24 terenska izlaska tijekom kojih su prikupljeni uzorci. Uzorkovanje je provedeno istom dinamikom u obje eksperimentalne serije. S ciljem praćenja inicijalnog naseljavanja trepetljikaša na čiste podloge stakalca su prikupljena nakon 24 sata izloženosti u jezerskoj vodi, a zatim svakog trećeg dana sve do 42. dana ekspozicije u prvoj, odnosno 43. dana ekspozicije u drugoj eksperimentalnoj seriji. Nakon toga stakalca su uzorkovana dvotjednom dinamikom sve do kraja razdoblja istraživanja, s ciljem praćenja daljnje sukcesije trepetljikaša u perifitonu. Na Sl. 8 prikazan je vremenski raspored prikupljanja uzoraka perifitona tijekom obje eksperimentalne serije te promjene dnevnih vrijednosti vodostaja Dunava o kojima izravno ovisi plavljenje Kopačkog rita.

Prilikom svakog uzorkovanja nasumično su odabrana tri uzorka (tri manja stakalca) za analizu zajednice trepetljikaša te tri uzorka (tri veća stakalca) za određivanje koncentracije klorofila i biomase obraštaja. Ukupno su prikupljena 93 manja i 93 veća stakalca u proljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji te 72 manja i 72 veća stakalca u ljetno-zimskoj seriji. Svako stakalce za analizu klorofila i biomase perifitona prenešeno je u laboratorij u posebnoj staklenoj posudi sa sterilnom fiziološkom otopinom. Stakalca za analizu trepetljikaša stavljena su odvojeno u zasebne plastične bočice napunjene vodom iz jezera i prenešena u laboratorij u prijenosnom terenskom hladnjaku. U laboratoriju su uzorci pohranjeni u hladnjak odmah nakon dolaska s terena.



Slika 8. Pregled uzorkovanja perifitona na umjetnim staklenim podlogama u proljetno-zimskoj i ljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji tijekom 2010. godine u Sakadaškom jezeru (prikazani su datumi prikupljanja uzoraka te dani razvoja perifitona u pojedinoj eksperimentalnoj seriji). Plava linija predstavlja promjene dnevnih vrijednosti vodostaja Dunava (izmjerene na postaji Apatin, na 1401,4 r. km) koje direktno utječu na hidrološke faze Sakadaškog jezera (faza plavljenja započinje pri vodostaju > 3 m).

3.3. Mjerenje biotičkih i abiotičkih čimbenika vode

Prilikom svakog uzorkovanja perifitona *in situ* su mjereni sljedeći fizikalno-kemijski čimbenici vode: temperatura, dubina, prozirnost, koncentracija otopljenog kisika, pH i električna provodljivost. Temperatura vode (WT), koncentracija otopljenog kisika u vodi (DO), pH i električna provodljivost (COND) izmjereni su pomoću elektroda iz prijenosnog minilaboratorija WTW Multi 340i/SET (Wissenschaftlich-Technische Werkstätten, Weilheim, Njemačka). Dubina jezera (D) je mjerena baždarenim konopcem s utegom, a prozirnost vode (SD) određena je pomoću Secchi ploče i metra. Uzorkovanje vode za analizu koncentracije amonijevih iona (NH_4^+), nitrita (NO_2^-), nitrata (NO_3^-), ukupnog dušika (TN) i ukupnog fosfora (TP) provedeno je usporedno s *in situ* mjerenjem ostalih fizikalno-kemijskih čimbenika, a uzorci su prikupljeni na dubini od 20 cm ispod površine vode. Koncentracije su određene standardnim metodama (APHA, 1985) u RJ Ekolaboratorij „Vodovod Osijek“ d.o.o. Prilikom svakog izlaska na teren prikupljen je i uzorak vode (1 L) na dubini od 20 cm za analizu koncentracije klorofila *a* u vodi (Chl *a* W), a određivanje koncentracije provedeno je u laboratoriju prema Komárková (1989). Svaki uzorak vode filtriran je preko filter-papira od staklenih vlakana GF/C promjera 55 mm s otvorom pora 1,2 μm (Whatman International Ltd). Ekstrakcija klorofila izvršena je s 15 mL 90%-tnog acetona. Nakon stajanja 24 sata u hladnjaku uzorci su centrifugirani 10 minuta na 2500-3000 okretaja u min. Pomoću spektrofotometra izmjerena je apsorbancija supernatanta pri valnim duljinama od 630, 645 i 663 nm. Također je izmjerena apsorbancija pri valnoj duljini od 750 nm kako bi se izvršila korekcija za замуćenost uzorka. Koncentracija klorofila *a* izračunata je prema formuli:

$$\text{Chl } a \text{ W } (\mu\text{g L}^{-1}) = (11,64 \times A_{663} - 2,16 \times A_{645} + 0,10 \times A_{630}) \times v/V \times d$$

gdje je:

A_{630} , A_{645} , A_{663} – izmjerene apsorbancije od kojih je oduzeta apsorbancija izmjerena na 750 nm

v – volumen supernatanta (mL)

d – širina kivete (cm)

V – volumen profiltriranog uzorka vode (L)

Vodostaj Dunava (DWL), koji ima najveći utjecaj na razinu vode u Kopačkom ritu, praćen je na vodomjernoj stanici kod Apatina, na 1401,4 r.km Dunava.

Indeksi stupnja trofije (engl. *Trophic State Indices*, TSI), kao pokazatelji eutrofikacije jezera, određeni su prema Carlson i Simpson (1996) korištenjem vrijednosti prozirnosti vode (TSI_{SD}), koncentracije klorofila *a* u vodi ($\text{TSI}_{\text{Chl } a}$) i koncentracije ukupnog fosfora u vodi (TSI_{TP}), prema sljedećim izrazima:

$$\text{TSI}_{\text{SD}} = 60 - 14,41 \ln \text{SD (m)}$$

$$\text{TSI}_{\text{Chl } a} = 9,81 \ln \text{Chl } a (\mu\text{g L}^{-1}) + 30,6$$

$$\text{TSI}_{\text{TP}} = 14,42 \ln \text{TP } (\mu\text{g L}^{-1}) + 4,15$$

S obzirom na stupanj trofije, vodno tijelo može biti oligotrofno, mezotrofno, eutrofno i hipertrofno. Prema Carlson i Simpson (1996) vodena tijela su klasificirana na sljedeći način:

- $TSI \leq 40$ – oligotrofne vode
- $40 < TSI \leq 50$ – mezotrofne vode
- $TSI > 50$ – eutrofne vode

Prema Kratzer i Brezonik (1981) klasifikacija je sljedeća:

- $0 < TSI \leq 20$ – ultraoligotrofne vode
- $30 \leq TSI \leq 40$ – oligotrofne vode
- $45 \leq TSI \leq 50$ – mezotrofne vode
- $53 \leq TSI \leq 60$ – eutrofne vode
- $70 \leq TSI \leq 100$ – hipertrofne vode

3.4. Obrada uzoraka perifitona

3.4.1. Analiza klorofila *a*, *b* i *c* u perifitonu

Određivanje koncentracije klorofila *a* (Chl *a* P), klorofila *b* (Chl *b* P) i klorofila *c* (Chl *c* P) u perifitonu provedeno je prema Komárková (1989). Uzorak perifitona sastrugan je pomoću žileta s određene površine svakog većeg stakalca u 100 mL vodovodne vode te zatim profiltriran preko filter-papira od staklenih vlakana GF/C promjera 55 mm s otvorom pora 1,2 μm , uz pomoć Büchnerovog lijevka, vakuum sisaljke i Büchnerove tikvice (boce za odsisavanje). Klorofil je ekstrahiran u 15 mL 90%-tnog acetona. Uzorci su nakon stajanja 24 sata u hladnjaku centrifugirani 10 minuta na 2500-3000 okretaja u min. Apsorbancija supernatanta izmjerena je pomoću spektrofotometra pri 630, 645, 663 i 750 nm. Apsorbancija pri 750 nm mjerena je kako bi se izvršila korekcija za замуćenost uzorka. Koncentracije klorofila *a*, *b* i *c* izračunate su prema modificiranim formulama (Komárková, 1989; APHA, 2000):

$$\text{Chl } a \text{ P (mg m}^{-2}\text{)} = (11,64 \times A_{663} - 2,16 \times A_{645} + 0,10 \times A_{630}) \times v/P$$

$$\text{Chl } b \text{ P (mg m}^{-2}\text{)} = (20,97 \times A_{645} - 3,94 \times A_{663} + 3,66 \times A_{630}) \times v/P$$

$$\text{Chl } c \text{ P (mg m}^{-2}\text{)} = (54,22 \times A_{630} - 5,53 \times A_{663} + 14,81 \times A_{645}) \times v/P$$

gdje je:

A_{630} , A_{645} , A_{663} – izmjerene apsorbancije od kojih je oduzeta apsorbancija izmjerena na 750 nm

v – volumen supernatanta (L)

P – površina s koje je sastrugan perifiton (m^2)

3.4.2. Analiza organske i anorganske tvari u perifitonu

Materijal korišten za određivanje biomase perifitona sastrugan je sa svakog većeg stakalca pomoću žileta u izvagane porculanske lončice. Za ispiranje perifitona sa stakalaca i žileta korištena je destilirana voda. Lončici s perifitonom sušeni su u sušioniku na 105 °C tijekom 24 sata do konstantne mase. Ohlađeni uzorci su izvagani, a iz dobivenih vrijednosti određena je masa suhe tvari (DW, engl. *dry weight*), koja predstavlja ukupnu organsku i anorgansku tvar u perifitonu. Zatim su uzorci žareni u žarnoj peći na temperaturi od 500°C jedan sat. Nakon toga su ohlađeni i ponovno izvagani, a dobivena masa pepela predstavlja količinu anorganske tvari u perifitonu (AW, engl. *ash weight*). Organska tvar (AFDW, engl. *ash-free dry weight*) izračunata je kao razlika između mase suhe tvari određene prije žarenja i mase anorganske tvari određene nakon žarenja.

3.4.3. Autotrofni indeks (AI)

Autotrofni indeks, koji pokazuje relativni udio autotrofne u odnosu na heterotrofnu komponentu u zajednici, izračunat je kao omjer organske tvari i klorofila *a* u uzorku:

$$AI = AFDW \text{ (mg m}^{-2}\text{)} / \text{klorofil } a \text{ (mg m}^{-2}\text{)}$$

Visoke vrijednosti omjera (> 200) ukazuju na dominantnost heterotrofnih organizama u zajednici ili na nisku kvalitetu vode (Weitzel, 1979; APHA, 2000).

3.4.4. Analiza zajednice trepetljikaša

Određivanje kvalitativnog i kvantitativnog sastava zajednice trepetljikaša provedeno je na živom materijalu, a uzorci su pregledani unutar maksimalno 60 sati od prikupljanja (Cairns i sur., 1979). Time je omogućena determinacija svojti trepetljikaša na osnovu morfoloških karakteristika, ponašanja i načina kretanja organizama. Kvalitativna i kvantitativna analiza zajednice trepetljikaša provedena je pomoću mikroskopa Olympus BX51. Pod manjim povećanjima (100x i 200x) određena je brojnost trepetljikaša, a veća povećanja (400x i 1000x) korištena su za determinaciju. Svojte su određene korištenjem standardnih ključeva za determinaciju: Kahl (1930-1935), Foissner i sur., (1991, 1992, 1994, 1995), Foissner i Berger (1996), Lynn i Small (2000), Streble i Krauter (2002), Patterson (2003), Krauter i Foissner (2006). Determinacija svojti iz skupine Suctoria rađena je i prema Dovgal (1996, 2002). Klasifikacijska shema prema Adl i sur. (2012) primijenjena je za svrstavanje zabilježenih svojti trepetljikaša u pojedine skupine (rangove). U svrhu preciznije determinacije pojedini organizmi su obojani pomoću otopine metilenskog zelenila, čime je omogućena bolja vidljivost određenih organela važnih za determinaciju. Tijekom mikroskopiranja napravljena je fotodokumentacija pomoću opreme Olympus CAMEDIA C-4040z. Fotografije su obrađene pomoću računalnog programa Olympus DP-Soft 3.2 te je u istom programu izvršeno mjerenje pojedinih jedinki trepetljikaša.

U početnom periodu razvoja perifitona tijekom proljeća (prvih 12 dana), dok obraštaj nije bio gusto razvijen, organizmi su pregledani pod mikroskopom direktno bez struganja obraštaja. U tom slučaju pregledana je površina od 9,72 cm² na svakom stakalcu. U ostalim slučajevima, kada je zbog veće gustoće i neprozirnosti obraštaja bilo onemogućeno direktno mikroskopiranje uzoraka na stakalcu, obraštaj je pomoću žileta sastrugan s jedne strane predmetnog stakalca površine 19,76 cm² i razrijeđen u 30 mL jezerske vode. Zatim je iz homogenizirane suspenzije uzeto pet poduzoraka volumena 0,05 mL (ukupno 0,25 mL) i pregledano pod mikroskopom (Primc i Habdija, 1987, Primc-Habdija i sur., 2001, 2005; Matonićkin Kepčija, 2006). Kvantitativni sastav trepetljikaša prilikom direktnog mikroskopiranja obraštaja na stakalcima određen je brojanjem jedinki na ukupnoj pregledanoj površini svakog stakalca. Prilikom struganja i razrijeđenja obraštaja kvantitativni sastav trepetljikaša određen je brojanjem jedinki u ukupnom pregledanom volumenu iz svake suspenzije. Kod kolonijalnih oblika trepetljikaša (uglavnom sjedilački Peritrichia) broj je svaki zooid (Primc-Habdija i sur., 2005). Dobivene vrijednosti su u oba slučaja preračunate i brojnost pojedine svojte trepetljikaša prikazana je kao broj jedinki po jedinici površine od 1 cm². Dominantnost svojti izračunata je kao postotni udio jedinki pojedine svojte u odnosu na ukupan broj jedinki, pri čemu je u obzir uzeta prosječna brojnost izračunata za tri replikatna uzorka. Svojte koje su činile najmanje 5% od ukupnog broja jedinki smatrane su dominantnima. U izračun dominantnosti uključeni su i razvojni stadiji skupina Peritrichia i Suctoria (Peritrichia-swarmer i Suctoria-swarmer). Također je izračunata konstantnost svojti (Odum, 1971) koja predstavlja pojavljivanje pojedine svojte u određenom broju uzoraka. Prema konstantnosti svojte se mogu podijeliti na eukonstantne (zabilježene u 75% - 100% uzoraka), konstantne (zabilježene u 50% - 75% uzoraka), akcesorne (zabilježene u 25% - 50% uzoraka) i akcidentalne (zabilježene u 0% - 25% uzoraka). U izračune dominantnosti i konstantnosti svojti uključeni su podatci za razvojne stadije trepetljikaša iz skupina Peritrichia (Peritrichia-swarmer) i Suctoria (Suctoria-swarmer).

Kako bi se pojednostavilo opisivanje strukture zajednice trepetljikaša i naglasila njihova ekološka važnost, trepetljikaši su podijeljeni u funkcionalne skupine. Trofička struktura trepetljikaša određena je korištenjem literaturnih podataka (Pratt i Cairns, 1985; Foissner i sur., 1991, 1992, 1994, 1995; Foissner i Berger, 1996) te na osnovu osobnog promatranja organizama prilikom mikroskopiranja. Pokretni razvojni stadiji trepetljikaša iz skupina Peritrichia i Suctoria (Peritrichia-swarmer i Suctoria-swarmer) nisu uključeni u analizu trofičke strukture. Pojedine svojte trepetljikaša razvrstane su u ukupno šest trofičkih skupina:

- Algivora (A) – hrane se algama
- Bakteriovora (B) – hrane se bakterijama
- Bakteriovora-algivora (B-A) – hrane se bakterijama i algama
- Histofagi (H) – hrane se tkivom oštećenih ili uginulih beskralježnjaka
- Omnivora (O) – ne preferiraju točno određenu vrstu hrane; hrane se bakterijama, autotrofnim organizmima, manjim praživotinjama i manjim beskralježnjacima
- Predatori (P) – hrane se drugim praživotinjama, pretežno trepetljikašima te manjim beskralježnjacima.

Trepetljikaši su podijeljeni u funkcionalne hranidbene skupine i s obzirom na mehanizme uzimanja hrane (Verni i Gualtieri, 1997; Finlay i Esteban, 1998; Hausmann, 2002; Esteban i sur., 2015):

- Grabežljivci (G) – dijele se na karnivorne i herbivorne predstavnike – aktivno hvataju pojedinačni plijen ili „usisavaju“ i gutaju plijen prilikom kretanja po podlozi (plijen mogu biti alge, nitaste cijanobakterije, bičaći, drugi trepetljikaši); karnivorni grabežljivci uglavnom imaju strukture koje sadrže ekstrusome (toksiciste), dok herbivorni oblici imaju mikrotubularni aparat nalik košarici koji okružuje usnu šupljinu („*cyrtos*“)
- Procjeđivači (P) – filtratorski oblici koji radom trepetljika stvaraju struju vode te usmjeravaju suspendirane čestice hrane (različite veličine i kvalitete) prema citostomu
- Suctoria (S) – predstavnici ove skupine imaju specifičan način hranjenja; odrasli oblici žive pričvršćeni za podlogu i hvataju plijen (pokretne organizme, primjerice slobodno plivajuće trepetljikaše) pomoću lovki (tentakula) s haptocistama (ekstrusomima) na vrhu.

Za svaku pronađenu svojtu napravljen je popis glavne hrane (osim za *Peritrichia*-swarmer i *Suctoria*-swarmer) te je naveden tip zajednice karakterističan za pojedinu svojtu (perifiton, bentos, plankton, epizoon, zajednica u anaerobnom sedimentu) (Foissner i sur., 1991, 1992, 1994, 1995; Foissner i Berger, 1996). Trepetljikaši su razvrstani i u dvije velike skupine s obzirom na sistematiku i stil života: pokretne (vagilne) i sjedilačke (sesilne) *Ciliophora* (Coppellotti i Matarazzo, 2000; Matonićkin Kepčija, 2006). U sjedilačke *Ciliophora* uključeni su *Peritrichia*, *Suctoria* i vrste roda *Stentor* iz skupine *Heterotrichea*. Zabilježene svojte trepetljikaša također su podijeljene u tri veličinska razreda na osnovu provedenog mjerenja jedinki te korištenjem literaturnih podataka (Foissner i Berger, 1996; Andrushchysyn i sur., 2006; Andrushchysyn i sur., 2007): < 50 (veličina do 50 μm) – male svojte; > 50 (veličina 50-200 μm) – svojte srednje veličine; > 200 (veličina iznad 200 μm) – velike svojte.

3.5. Statistička obrada podataka

Statistička analiza dobivenih podataka provedena je uz pomoć računalnih programa Statistica 13.1, Primer v6 (Clarke i Gorley, 2006) i Canoco 4.5 (ter Braak i Šmilauer, 2002).

Normalna raspodjela varijabli testirana je korištenjem Shapiro-Wilk W testa. Varijable koje nisu slijedile normalnu raspodjelu ($p < 0,05$) transformirane su prije parametrijskih analiza primjenom logaritamske transformacije.

Mjera povezanosti između istraživanih parametara određena je pomoću Spearmanovog koeficijenta korelacije. Varijable su smatrane značajnima kada je $p < 0,05$.

Biotički i abiotički okolišni čimbenici analizirani su pomoću multivarijatnih analiza: analize glavnih komponenti (engl. *principal component analysis*, PCA), hijerarhijske klaster analize (engl. *cluster analysis*, CA) i ordinacijske metode nemetrijskog višedimenzijskog grupiranja

(engl. *non-metric multidimensional scaling*, NMDS). Klaster analiza superimponirana je NMDS analizi, a pri visokim vrijednostima „stress“ – a preporuča se provođenje obje analize te kombinacija njihovih prikaza (Clarke i Gorley, 2006). Navedene analize primjenjuju se za utvrđivanje udaljenosti („Euclidean distance“) između pojedinih uzoraka s obzirom na parametre staništa. U analizama je obuhvaćeno ukupno 13 varijabli: vodostaj Dunava, dubina jezera, prozirnost, temperatura vode, pH, električna provodljivost, koncentracija otopljenog kisika u vodi, koncentracija hranjivih tvari (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , TN, TP) i koncentracija klorofila *a* u vodi. Prije analiza su vrijednosti varijabli koje nisu imale normalnu raspodjelu (vodostaj Dunava, dubina jezera, prozirnost, koncentracija otopljenog kisika u vodi, provodljivost vode i koncentracija NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , TN i TP) logaritamski transformirane, a zatim su svi podatci normalizirani s obzirom na različitost skale mjerenja.

Struktura zajednice trepetljikaša perifitona opisana je pomoću neparametrijskih modela (indeksa raznolikosti) koji u obzir uzimaju odnos broja vrsta i ukupne brojnosti. Shannon-Weaverovim (H') indeksom osjetljivim na brojnost rijetkih vrsta te Simpsonovim ($1-\lambda$) indeksom osjetljivim na brojnost dominantnih vrsta određena je raznolikost trepetljikaša u perifitonu.

$$H' = - \sum_i p_i \log(p_i)$$

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

gdje je:

p_i – udio jedinki vrste *i* u zajednici

Margalefov indeks (*d*) objašnjava odnos broja prisutnih vrsta u odnosu na ukupan broj jedinki.

$$d = (S - 1) / \log N$$

gdje je:

S – broj vrsta

N – broj jedinki

Određena Pielouova (J') ujednačenost za sve indekse pokazuje koliko ujednačeno su jedinke raspoređene među različitim vrstama.

$$J' = H' / H'_{\max} = H' / \log S$$

gdje je:

$H'_{\max}$ – najveća moguća vrijednost Shannonovog indeksa (kada bi sve vrste bile jednako zastupljene)

Model naseljavanja trepetljikaša u perifitonu prema MacArthur i Wilson (1963) testiran je prema jednadžbi:

$$S_{(t)} = S_{eq}(1 - e^{-Gt})$$

gdje je:

$S_{(t)}$ – broj vrsta nakon vremena t

S_{eq} – broj vrsta u ravnotežnoj zajednici

G – regresijski koeficijent

t – vrijeme (dani)

Sličnost između uzoraka s obzirom na brojnost trepetljikaša (broj jedinki po jedinici površine) u perifitonu utvrđena je primjenom hijerarhijske klaster analize, pri čemu je kao mjera sličnosti korišten Bray-Curtisov indeks sličnosti. Prema udaljenosti pojedinih uzoraka na dobivenom dendrogramu određeno je kolika je sličnost među njima. Razlike između uzoraka s obzirom na brojnost trepetljikaša u perifitonu testirane su ordinacijskom metodom nemetrijskog višedimenzijskog grupiranja. Ovom metodom, koja je bazirana na Bray-Curtis sličnosti, dobiven je grafički prikaz odnosa uzoraka u dvije ili više dimenzija. Podatci su prije navedenih analiza transformirani kako bi se smanjila važnost svojiti s izrazito velikom brojnosti te kako bi i svojite s manjom brojnosti doprinijele analizi. Budući da su u uzorcima zastupljene svojite s vrlo velikim, ali i vrlo malim brojem jedinki, korištena je $\log(x+1)$ transformacija, pri kojoj je utvrđen i najmanji „stress“. „Stress“ predstavlja vjerojatnost pravilne ordinacije i interpretacije podataka (Clarke i Warwick, 2001). Ako je $stress < 0,05$ ordinacija je odlična, s gotovo nikakvom mogućnosti krive interpretacije. $Stress < 0,1$ predstavlja vrlo dobru ordinaciju s vrlo malom vjerojatnosti krive interpretacije, a tro- ili višedimenzijski prikaz ne bi prikazao dodatne informacije o ukupnoj strukturi podataka. $Stress < 0,2$ još uvijek daje korisni dvodimenzijski prikaz podataka, iako gornje vrijednosti mogu dovesti do pogrešnog zaključka. U tom slučaju preporuča se provođenje i klaster i NMDS analize te provjera njihove podudarnosti.

Analiza sličnosti (ANOSIM) provedena je kako bi se utvrdila značajnost razlika zajednica perifitona između eksperimentalnih serija s obzirom na brojnost trepetljikaša. Prije analize podatci su logaritamski transformirani. Usporedbom dobivenih R vrijednosti utvrđeno je je li razlika između definiranih grupa statistički značajna. Vrijednosti R bliže 0 ukazuju na male ili nikakve razlike u sastavu zajednice, odnosno potvrđuju nultu hipotezu (Clarke i Warwick, 2001).

SIMPER analizom testiran je doprinos pojedinih svojiti sličnostima odnosno razlikama između definiranih grupa. Podatci za brojnost trepetljikaša su prije analize $\log(x+1)$ transformirani.

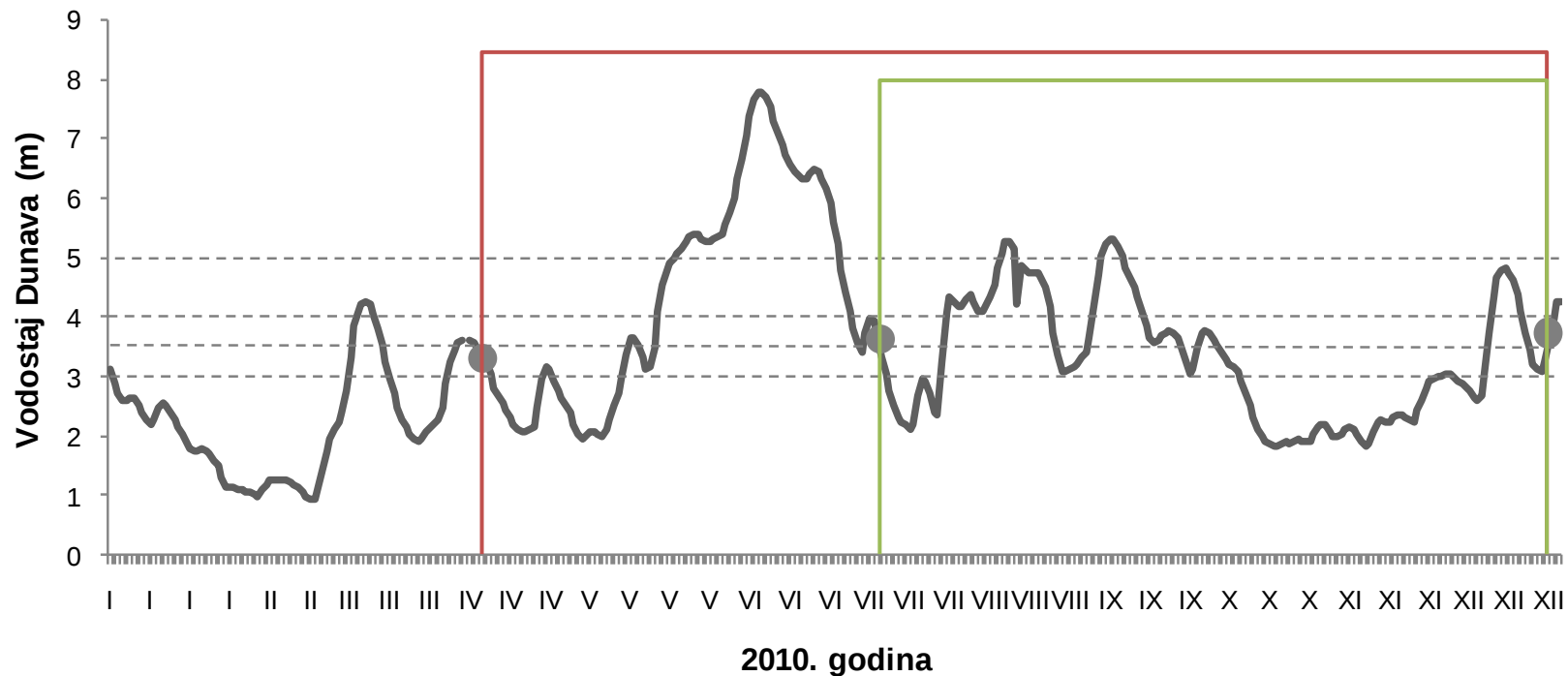
S ciljem određivanja utjecaja okolišnih čimbenika na strukturu zajednice trepetljikaša u pojedinoj eksperimentalnoj seriji, podatci su testirani detrendentskom analizom korespondencije (engl. *detrended correspondence analysis*, DCA). Provedena analiza ukazala je na daljnju primjenu redundantne analize (engl. *redundancy analysis*, RDA), a rezultati su

prikazani u obliku korelacijskog biplota u kojem pravci (vektori) predstavljaju okolišne čimbenike. Dužina i smjer vektora pokazuju međusobnu ovisnost parametara, pri čemu približno jednaka dužina i isti smjer ukazuju na pozitivnu, a različita dužina i suprotan smjer na negativnu korelaciju. Monte Carlo simulacijom s 499 neograničenih permutacija testirana je značajnost osi, a varijable su smatrane značajnim pri $p < 0,05$. Analiza je provedena na temelju svih izmjerenih biotičkih i abiotičkih čimbenika vode (vodostaj Dunava, fizikalno-kemijska svojstva vode Sakadaškog jezera i koncentracija klorofila *a* u vodi) i perifitona (koncentracija klorofila u perifitonu i biomasa perifitona) te dominantnih svojiti trepetljikaša (udio veći od 5% u ukupnoj brojnosti). Podatci za brojnost i okolišne čimbenike su logaritamski transformirani. Na grafičkim prikazima su, radi bolje preglednosti, prikazane samo statistički značajne okolišne varijable.

4. REZULTATI

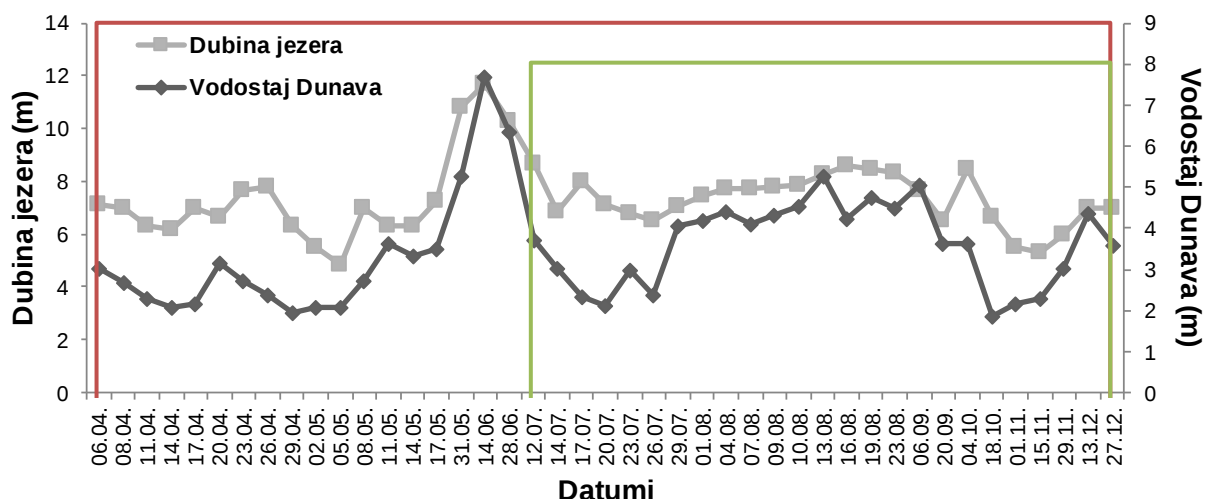
4.1. Okolišni čimbenici

Promjene dnevnih vrijednosti vodostaja Dunava tijekom 2010. godine praćene na vodomjernoj postaji Apatin prikazane su na Sl. 9. Proljetno razdoblje obilježila su povremena plavljenja uglavnom malog i srednjeg intenziteta, pri čemu je prva (proljetno-zimska) eksperimentalna serija započela krajem tog razdoblja plavljenja (05. travnja), odnosno u vrijeme kada je vodostaj Dunava znatno opadao. Tijekom većeg dijela travnja i gotovo do sredine svibnja vodostaj Dunava bio je niži od 3 m te je Sakadaško jezero bilo izolirano od matične rijeke. Sredinom svibnja vodostaj Dunava je ponovno bio u porastu, a do kraja mjeseca narastao je iznad 5 m. Tijekom lipnja zabilježeni su izuzetno visoki vodostaji Dunava od gotovo 8 m. U prvom dijelu srpnja vodostaj Dunava je još uvijek bio prilično visok, a u vrijeme kada je započela druga (ljetno-zimska) eksperimentalna serija (12. srpnja) vodostaj je bio u fazi opadanja, iako je još uvijek bilo prisutno plavljenje Kopačkog rita. U drugoj polovici srpnja ponovno je nastupilo razdoblje bez plavljenja rita te izolacija Sakadaškog jezera. Vodostaj Dunava je krajem srpnja opet počeo rasti te su se sve do sredine listopada izmjenjivali periodi plavljenja malog, srednjeg i velikog intenziteta, pa čak i ekstremno velikog plavljenja. Prema tome, ljetno razdoblje i dio jesenskog razdoblja obilježile su dugotrajne velike i ekstremne poplave. Od sredine listopada do sredine prosinca vodostaj Dunava uglavnom je bio ispod 3 m te nije došlo do plavljenja Kopačkog rita, a Sakadaško jezero je bilo u fazi izolacije. U drugoj polovini prosinca ponovno je zabilježeno kratkotrajno plavljenje većeg intenziteta kada je vodostaj Dunava dosegnuo gotovo 5 m.



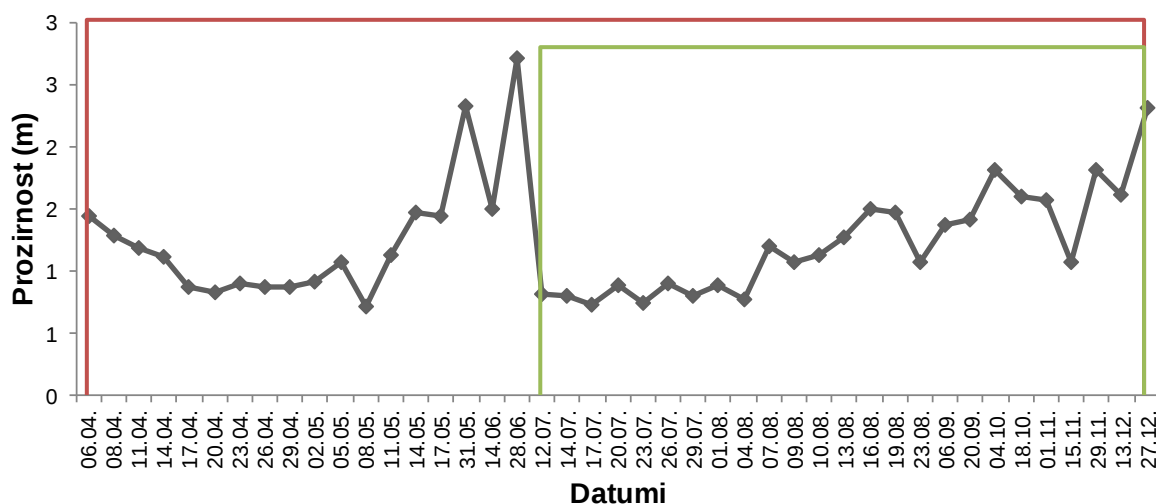
Slika 9. Promjene dnevnih vrijednosti vodostaja Dunava na mjernoj postaji Apatin (1401,4 r. km) tijekom 2010. godine. Krugovi označavaju početak proljetno-zimske (05.04.) i ljetno-zimske (11.07.) eksperimentalne serije te njihov završetak (27.12.). Crvenim okvirom označeno je cijelo razdoblje proljetno-zimske, a zelenim okvirom ljetno-zimske eksperimentalne serije. Isprekidane linije označavaju vodostaje pri kojima se javljaju poplave različitog intenziteta (prema Mihaljević i Stević, 2011): od 3 do 3,5 m – poplave manjeg intenziteta, od 3,5 do 4 m – poplave srednjeg intenziteta, od 4 do 5 m – poplave većeg intenziteta, iznad 5 m – ekstremno velike poplave.

Fizikalno-kemijska svojstva vode Sakadaškog jezera kao i koncentracija klorofila *a* u vodi su tijekom oba eksperimentalna razdoblja znatno ovisili o oscilacijama vodostaja Dunava, što je vidljivo i prema utvrđenim visokim vrijednostima koeficijenta korelacije (Tab. 1). Dubina Sakadaškog jezera na istraživanoj postaji mijenjala se ovisno o vodostaju Dunava ($r_s = 0,726$, $p < 0,001$). Tako je najmanja dubina (4,83 m) izmjerena početkom svibnja tijekom razdoblja izolacije jezera, dok je najveća dubina (11,67 m) zabilježena sredinom lipnja u vrijeme najviših vodostaja Dunava (Sl. 10).



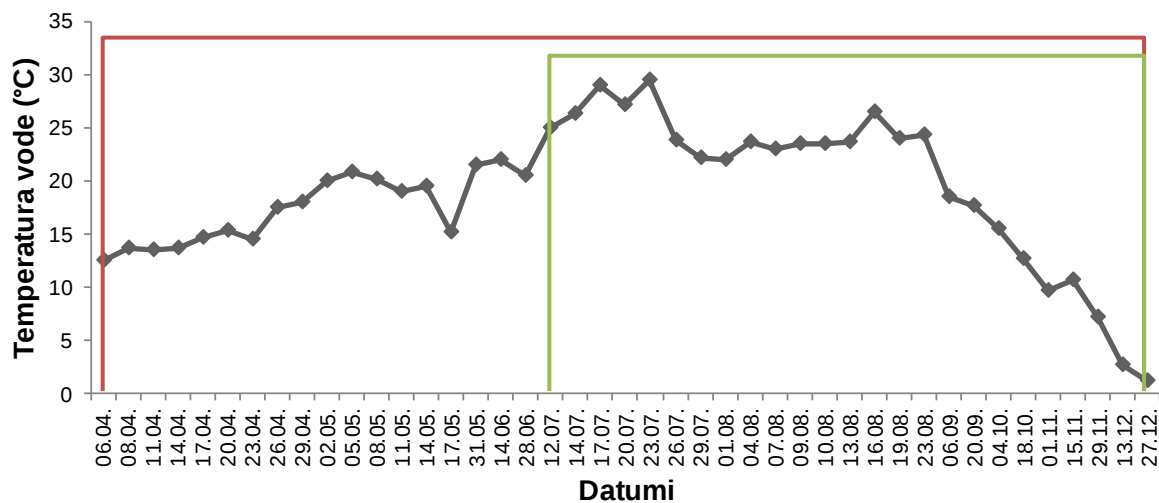
Slika 10. Dubina Sakadaškog jezera te vodostaj Dunava tijekom razdoblja istraživanja 2010. godine. Crvenim okvirom označeno je razdoblje proljetno-zimske, a zelenim okvirom razdoblje ljetno-zimske eksperimentalne serije.

Vrijednosti prozirnosti vode su se tijekom provedenog istraživanja kretale od minimalnih 0,72 m izmjerenih početkom svibnja kada nije bilo plavljenja, do maksimalnih 2,71 m izmjerenih krajem lipnja u uvjetima ekstremno velikog plavljenja (Sl. 11). Dakle, prozirnost vode je ovisila o vodostaju Dunava, što je potvrđeno statistički značajnom korelacijom između ta dva parametra ($r_s = 0,320$, $p < 0,05$). Najniže vrijednosti izmjerene su u vrijeme kada su zabilježene visoke vrijednosti koncentracije klorofila *a* u vodi, što je također potvrđeno statistički značajnom korelacijom ($r_s = -0,702$, $p < 0,001$) (Tab. 1).



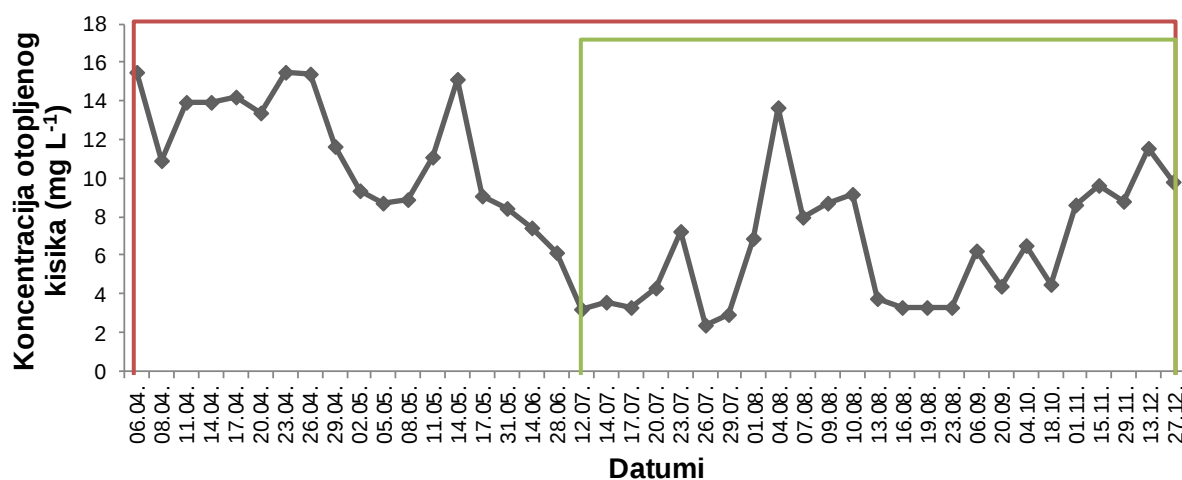
Slika 11. Prozirnost vode Sakadaškog jezera tijekom razdoblja istraživanja 2010. godine. Crvenim okvirom označeno je razdoblje proljetno-zimske, a zelenim okvirom razdoblje ljetno-zimske eksperimentalne serije.

Temperatura vode pratila je sezonske uvjete te su najniže vrijednosti izmjerene u prosincu (1,1 °C), a najviše u srpnju (29,5 °C) (Sl. 12).



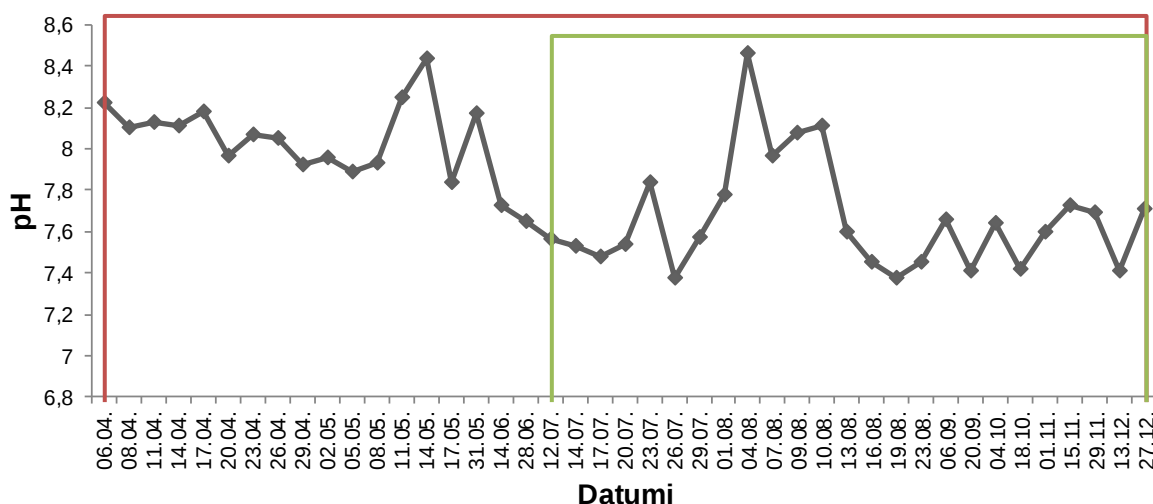
Slika 12. Temperatura vode Sakadaškog jezera tijekom razdoblja istraživanja 2010. godine. Crvenim okvirom označeno je razdoblje proljetno-zimske, a zelenim okvirom razdoblje ljetno-zimske eksperimentalne serije.

Koncentracija otopljenog kisika u vodi, koja je povezana s temperaturom vode ($r_s = -0,643$, $p < 0,001$), bila je najniža u drugoj polovini srpnja (prosječna koncentracija $3,85 \text{ mg L}^{-1}$, najniža koncentracija $2,34 \text{ mg L}^{-1}$), dok su najviše vrijednosti zabilježene u travnju (prosječna koncentracija $13,82 \text{ mg L}^{-1}$, najviša $15,51 \text{ mg L}^{-1}$). Vrijednosti koncentracije otopljenog kisika također su bile visoke početkom kolovoza ($13,62 \text{ mg L}^{-1}$) te u prosincu ($11,57 \text{ mg L}^{-1}$) (Sl. 13).



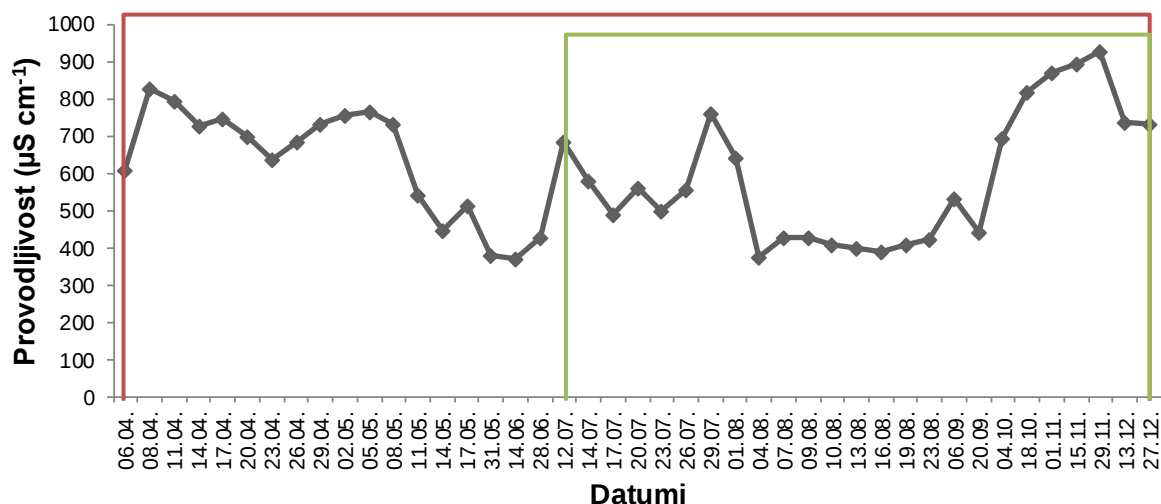
Slika 13. Vrijednosti koncentracije otopljenog kisika u Sakadaškom jezeru tijekom razdoblja istraživanja 2010. godine. Crvenim okvirom označeno je razdoblje proljetno-zimske, a zelenim okvirom razdoblje ljetno-zimske eksperimentalne serije.

pH vrijednost vode Sakadaškog jezera kretala se od minimalnih 7,38 izmjerenih krajem srpnja i kolovoza do maksimalnih 8,46 zabilježenih početkom kolovoza (Sl. 14).



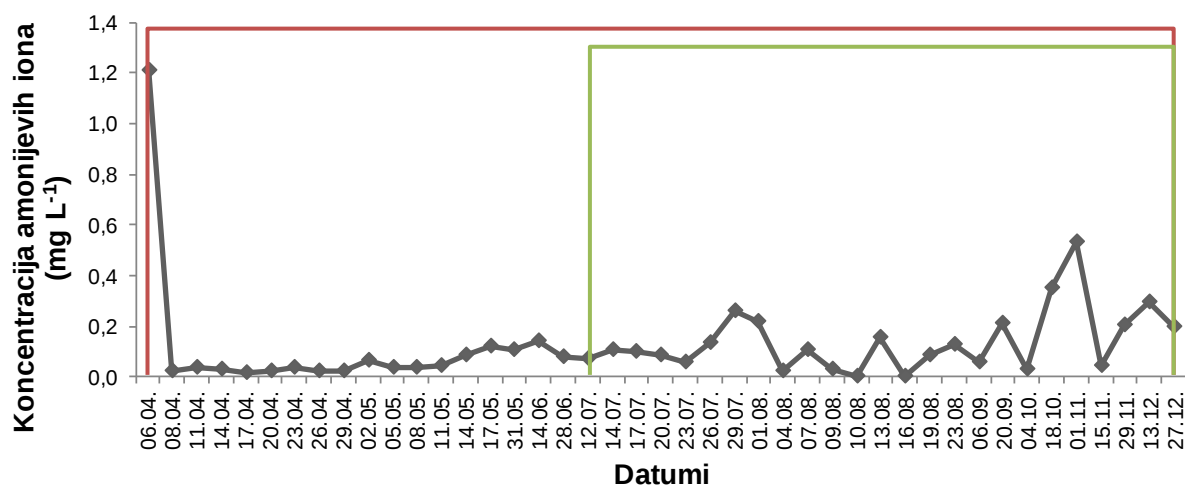
Slika 14. pH vrijednost vode Sakadaškog jezera tijekom razdoblja istraživanja 2010. godine.
Crvenim okvirom označeno je razdoblje proljetno-zimske, a zelenim okvirom razdoblje ljetno-zimske eksperimentalne serije.

Električna provodljivost vode najviše je ovisila o oscilacijama vodostaja Dunava ($r_s = -0,715$, $p < 0,001$) te su najniže vrijednosti zabilježene u vrijeme plavljenja velikog intenziteta i ekstremno velikog plavljenja (najniža vrijednost od $368 \mu\text{S cm}^{-1}$ izmjerena je sredinom lipnja kada je zabilježen najviši vodostaj Dunava). Visoke vrijednosti provodljivosti utvrđene su u vrijeme kada je izostalo plavljenje, odnosno u travnju i početkom svibnja, tijekom srpnja, te od sredine listopada do kraja studenog, kada je zabilježena najviša vrijednost od $929 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Sl. 15).

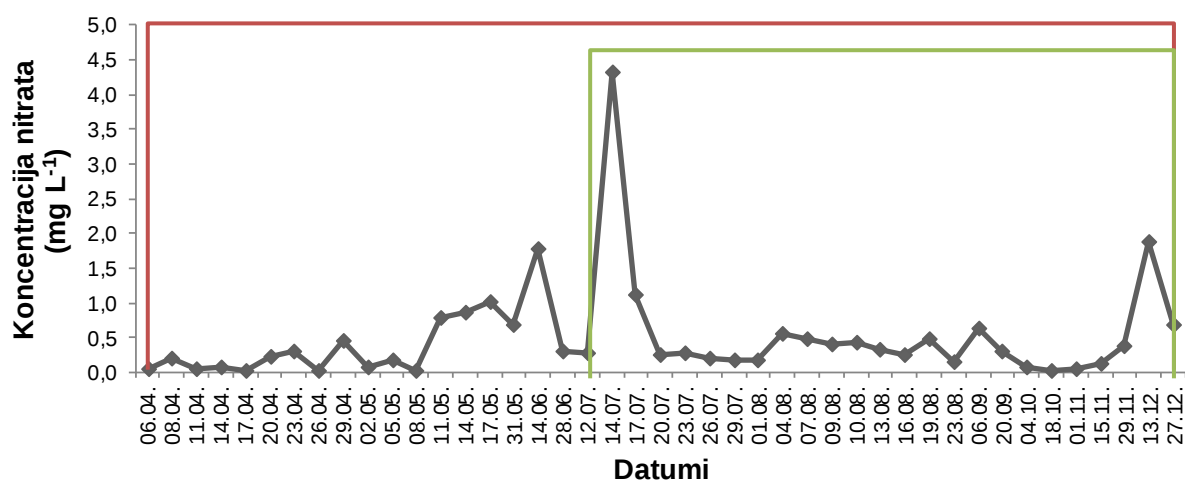


Slika 15. Električna provodljivost vode Sakadaškog jezera tijekom razdoblja istraživanja 2010. godine. Crvenim okvirom označeno je razdoblje proljetno-zimske, a zelenim okvirom razdoblje ljetno-zimske eksperimentalne serije.

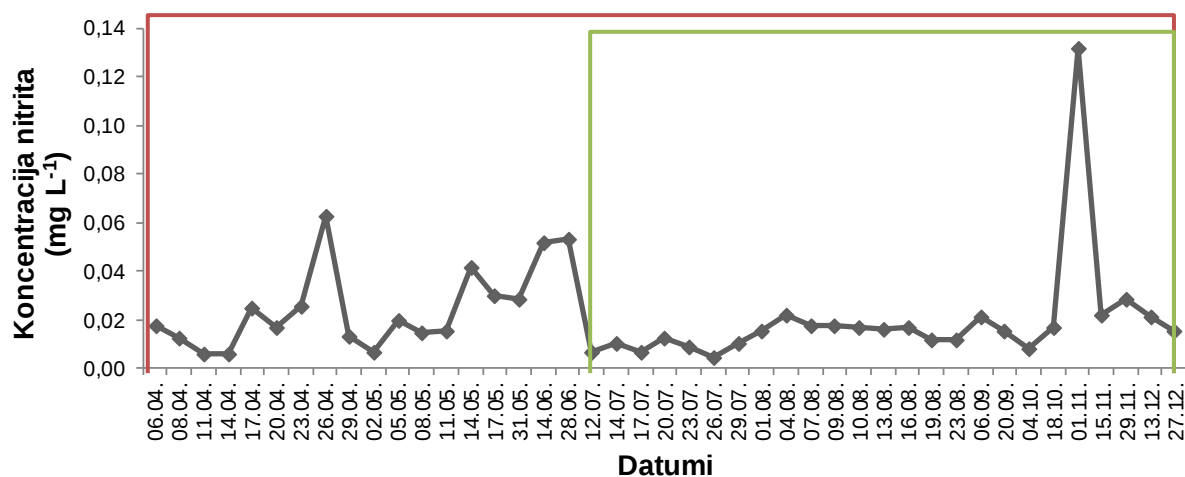
Koncentracije hranjivih tvari znatno su se mijenjale tijekom istraživanog razdoblja. Vrlo visoka koncentracija amonijevih iona zabilježena je na samom početku proljetno-zimske eksperimentalne serije ($1,211 \text{ mg L}^{-1}$), dok su najniže vrijednosti ($< 0,005 \text{ mg L}^{-1}$) zabilježene u kolovozu (Sl.16). Sredinom srpnja izmjerena je vrlo visoka koncentracija nitrata u vodi ($4,32 \text{ mg L}^{-1}$), a najniža koncentracija ($0,011 \text{ mg L}^{-1}$) zabilježena je krajem travnja (Sl. 17). Koncentracija nitrita kretala se od minimalnih $0,004 \text{ mg L}^{-1}$ zabilježenih krajem srpnja do maksimalnih $0,132 \text{ mg L}^{-1}$ utvrđenih početkom studenog (Sl. 18). Najniža vrijednost ukupnog dušika ($0,674 \text{ mg L}^{-1}$) zabilježena je krajem kolovoza, dok je najviša vrijednost ($5,810 \text{ mg L}^{-1}$) utvrđena sredinom srpnja (Sl. 19). Ukupni fosfor imao je najnižu vrijednost ($0,046 \text{ mg L}^{-1}$) početkom kolovoza, a najvišu vrijednost ($0,517 \text{ mg L}^{-1}$) sredinom lipnja. Prosječne vrijednosti ukupnog dušika ($1,664 \text{ mg L}^{-1}$) i ukupnog fosfora ($0,192 \text{ mg L}^{-1}$) bile su visoke (Sl. 20).



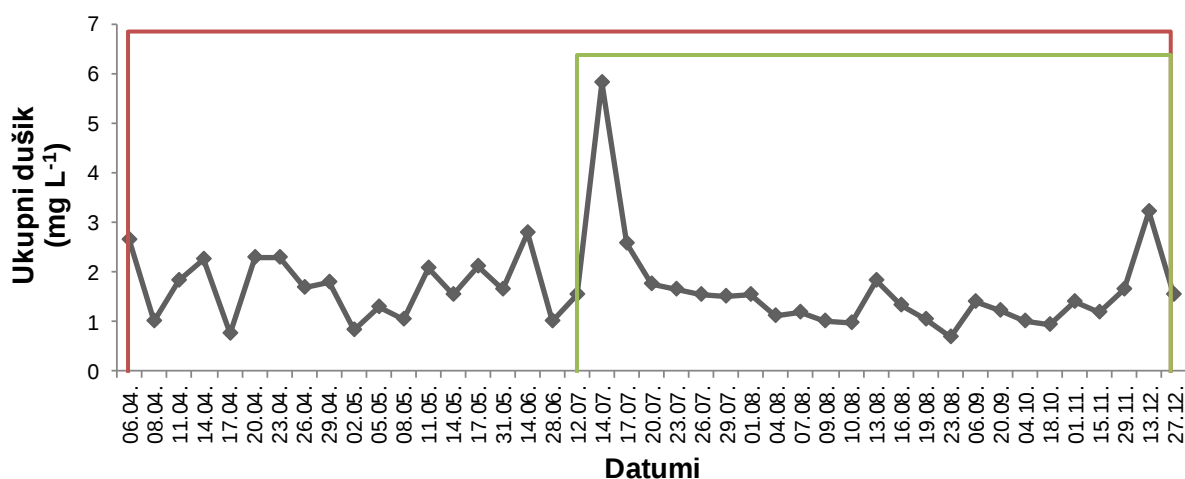
Slika 16. Vrijednosti koncentracije amonijevih iona u Sakadaškom jezeru tijekom razdoblja istraživanja 2010. godine. Crvenim okvirom označeno je razdoblje proljetno-zimske, a zelenim okvirom razdoblje ljetno-zimske eksperimentalne serije.



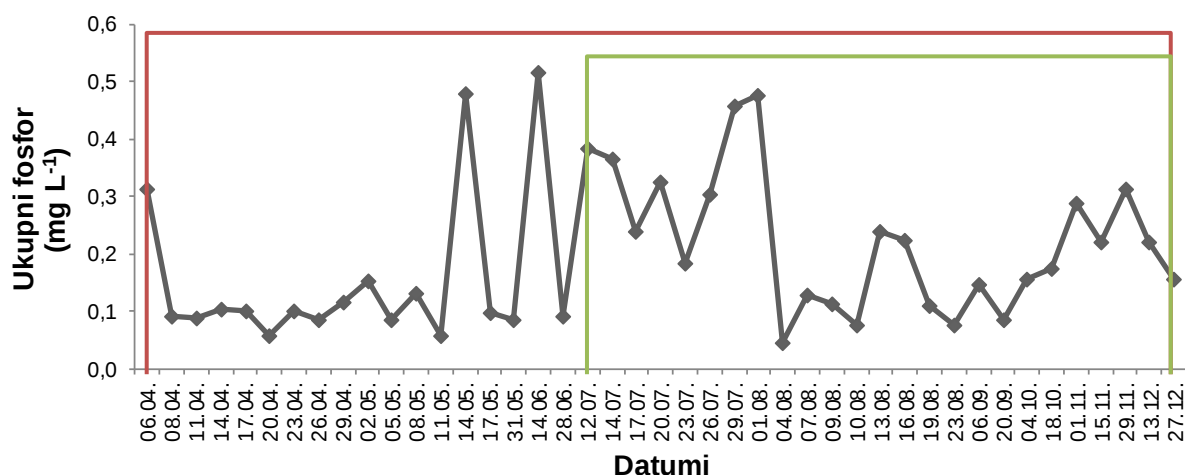
Slika 17. Vrijednosti koncentracije nitrata u Sakadaškom jezeru tijekom razdoblja istraživanja 2010. godine. Crvenim okvirom označeno je razdoblje proljetno-zimske, a zelenim okvirom razdoblje ljetno-zimske eksperimentalne serije.



Slika 18. Vrijednosti koncentracije nitrita u Sakadaškom jezeru tijekom razdoblja istraživanja 2010. godine. Crvenim okvirom označeno je razdoblje proljetno-zimske, a zelenim okvirom razdoblje ljetno-zimske eksperimentalne serije.

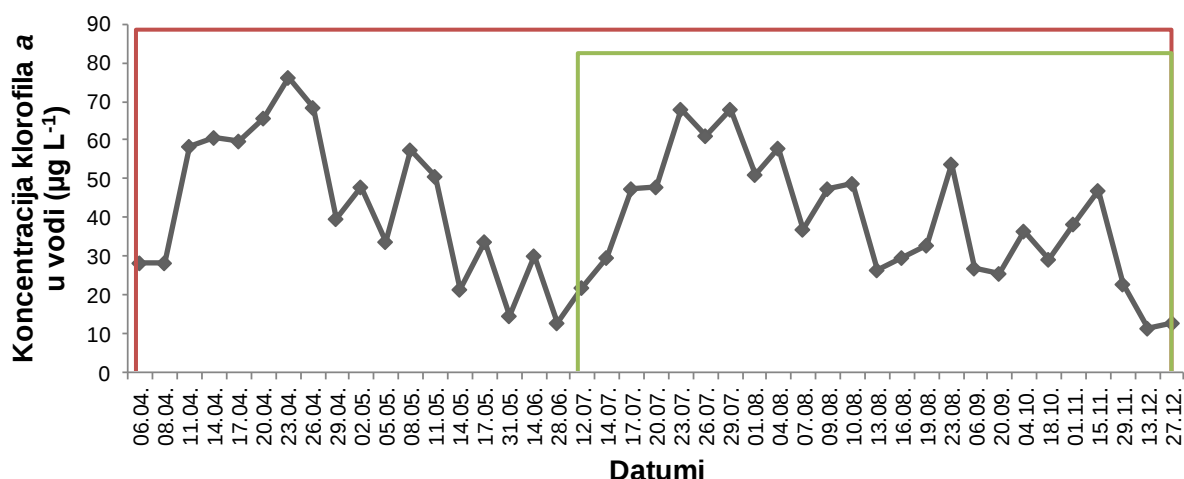


Slika 19. Vrijednosti ukupnog dušika u Sakadaškom jezeru tijekom razdoblja istraživanja 2010. godine. Crvenim okvirom označeno je razdoblje proljetno-zimske, a zelenim okvirom razdoblje ljetno-zimske eksperimentalne serije.



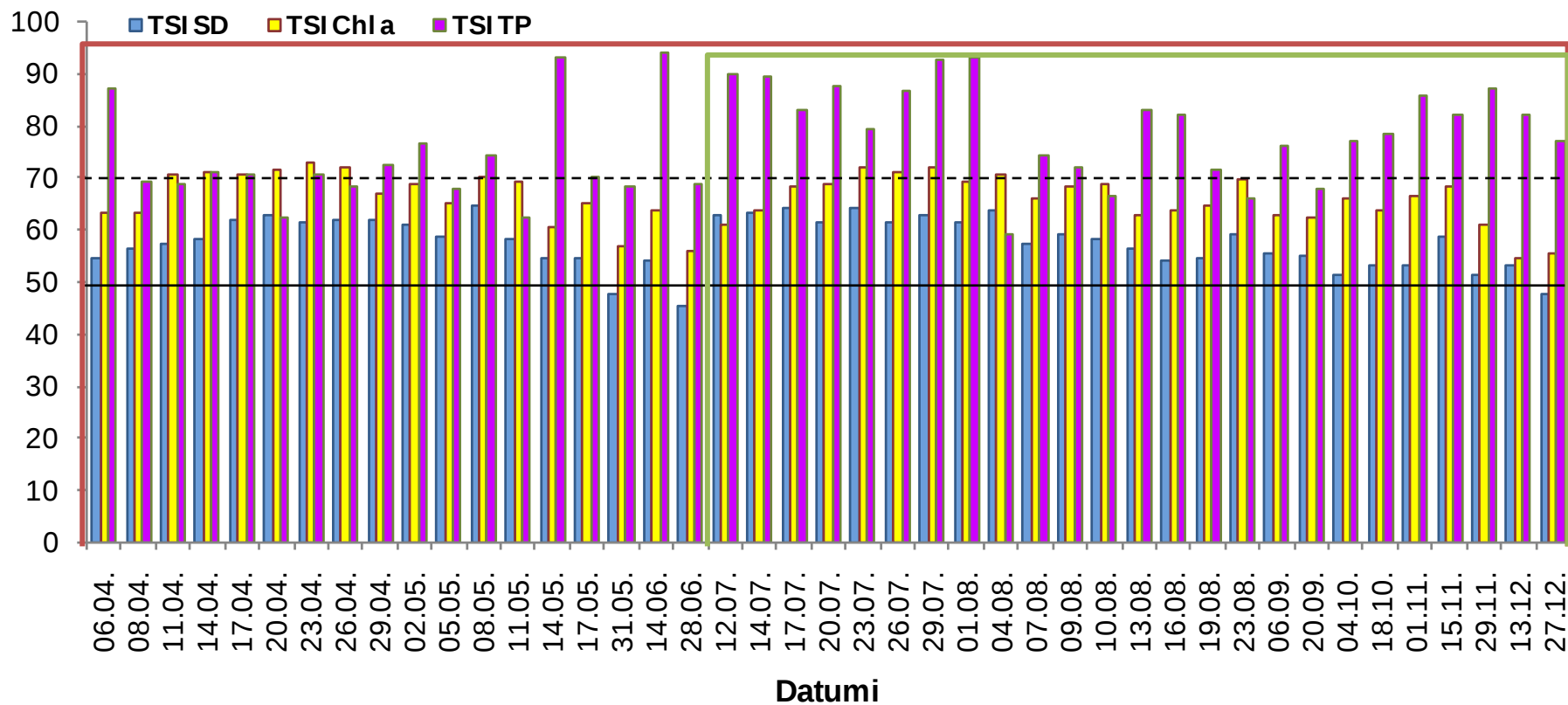
Slika 20. Vrijednosti ukupnog fosfora u Sakadaškom jezeru tijekom razdoblja istraživanja 2010. godine. Crvenim okvirom označeno je razdoblje proljetno-zimske, a zelenim okvirom razdoblje ljetno-zimske eksperimentalne serije.

U ovom istraživanju utvrđena je statistički značajna korelacija između koncentracije klorofila *a* u vodi i vodostaja Dunava ($r_s = -0,355$, $p < 0,05$). Tako su najniže vrijednosti koncentracije klorofila *a* zabilježene u vrijeme plavljenja, odnosno u drugoj polovini svibnja i tijekom lipnja ($13,04 \mu\text{g L}^{-1}$) te u drugoj polovini prosinca (minimalna vrijednost $11,60 \mu\text{g L}^{-1}$). Najviše vrijednosti utvrđene su tijekom perioda hidrološke izolacije jezera kada je izostalo plavljenje, odnosno na početku proljetno-zimske eksperimentalne serije u travnju (maksimalna vrijednost $76,25 \mu\text{g L}^{-1}$) te krajem srpnja ($68,09 \mu\text{g L}^{-1}$) (Sl. 21).



Slika 21. Vrijednosti koncentracije klorofila *a* u Sakadaškom jezeru tijekom razdoblja istraživanja 2010. godine. Crvenim okvirom označeno je razdoblje proljetno-zimske, a zelenim okvirom razdoblje ljetno-zimske eksperimentalne serije.

Izračunate vrijednosti trofičkih indeksa ukazuju na visok stupanj trofije Sakadaškog jezera tijekom cijelog razdoblja istraživanja (Sl. 22). Prema vrijednostima za prozirnost vode Sakadaško jezero je, tijekom gotovo cijelog eksperimentalnog razdoblja, pripadalo eutrofnim vodama. Vrijednosti koncentracije klorofila *a* također su ukazale na eutrofno stanje Sakadaškog jezera, pa čak i hipertrofno, naročito tijekom proljetnog i ljetnog razdoblja. Prema vrijednostima ukupnog fosfora Sakadaško jezero je na početku istraživanja te tijekom većeg dijela ljetnog, jesenskog i zimskog razdoblja pripadalo hipertrofnim vodama (Sl. 22).



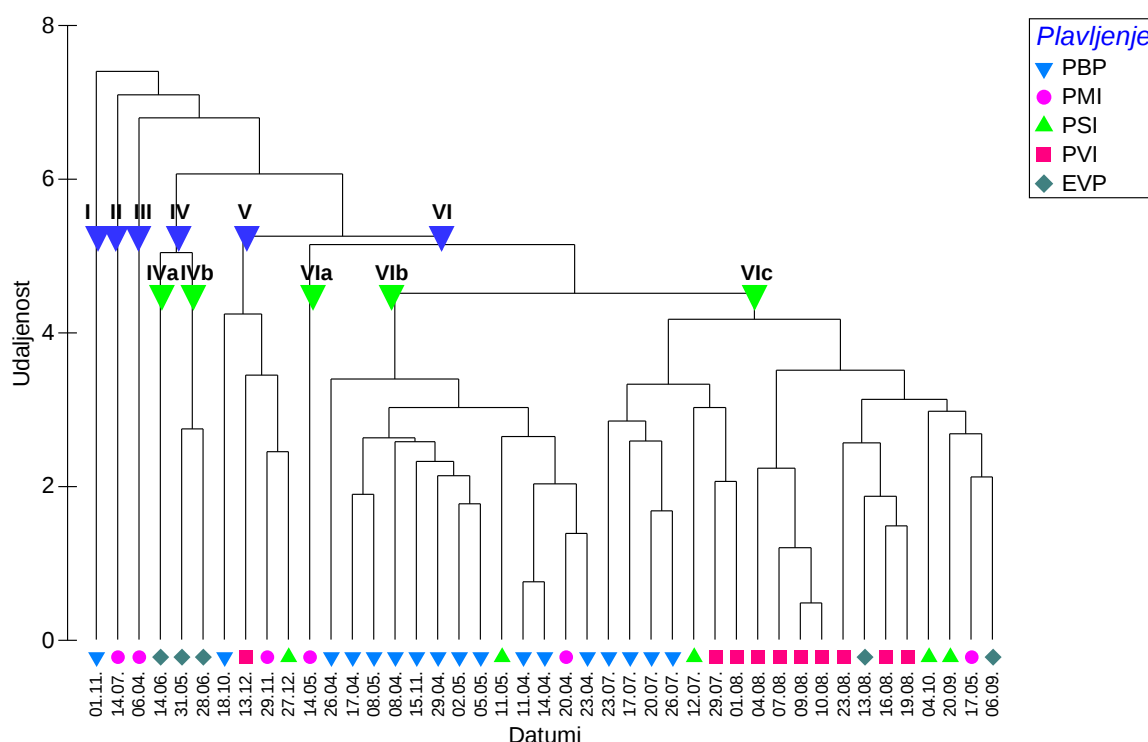
Slika 22. Trofički indeksi tijekom istraživanih razdoblja 2010. godine izračunati na temelju vrijednosti prozirnosti vode, koncentracije klorofila *a* u vodi te ukupnog fosfora (— eutrofno; - - - - hipertrofno). Crvenim okvirom označeno je razdoblje proljetno-zimske, a zelenim okvirom razdoblje ljetno-zimske eksperimentalne serije.

Tablica 1. Spearmanov koeficijent korelacije (r_s) između čimbenika okoliša (DWL – vodostaj Dunava; D – dubina jezera; SD – prozirnost; WT – temperatura vode; DO – koncentracija otopljenog kisika u vodi; COND – provodljivost; NH_4^+ – koncentracija amonijevih iona; NO_3^- – koncentracija nitrata; NO_2^- – koncentracija nitrita; TN – ukupni dušik; TP – ukupni fosfor; Chl *a* W – koncentracija klorofila *a* u vodi) tijekom cijelog razdoblja istraživanja (05. travnja – 27. prosinca 2010. godine). Prikazani su statistički značajni koeficijenti korelacije ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$).

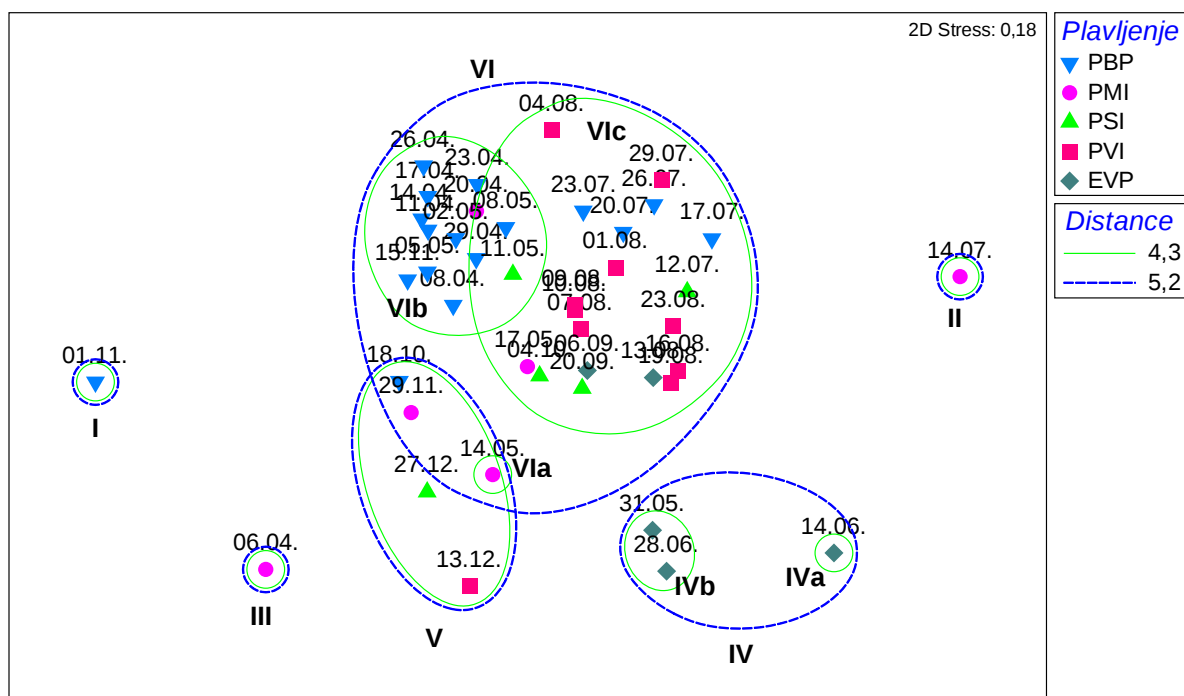
	DWL	D	SD	WT	DO	pH	COND	NH_4^+	NO_3^-	NO_2^-	TN	TP	Chl <i>a</i> W
DWL		<u>0,726</u>	0,320	0,337	-0,316		<u>-0,715</u>		<u>0,526</u>				-0,355
D	<u>0,726</u>			<i>0,483</i>	-0,376		<u>-0,698</u>						
SD	0,320			<i>-0,458</i>				0,335		<i>0,415</i>			<u>-0,702</u>
WT	0,337	0,483	<i>-0,458</i>		<u>-0,643</u>		<u>-0,655</u>			-0,354			
DO	-0,316	-0,376		<u>-0,643</u>		<u>0,798</u>	0,306	-0,370		0,368		-0,361	
pH					<u>0,798</u>			<u>-0,487</u>				<i>-0,394</i>	
COND	<u>-0,715</u>	<u>-0,698</u>		<u>-0,655</u>	0,306				<u>-0,539</u>				
NH_4^+			0,335		-0,370	<u>-0,487</u>						<u>0,519</u>	-0,388
NO_3^-	<u>0,526</u>						<u>-0,539</u>				<i>0,394</i>		<i>-0,427</i>
NO_2^-			<i>0,415</i>	-0,354	0,368								
TN									<i>0,394</i>				
TP					-0,361	<i>-0,394</i>		<u>0,519</u>					
Chl <i>a</i> W	-0,355		<u>-0,702</u>					-0,388	<i>-0,427</i>				

Na dendrogramu klaster analize (udaljenost oko 5,2), NMDS ordinacijskom dijagramu te PCA dijagramu, na temelju vodostaja Dunava te biotičkih i abiotičkih čimbenika vode Sakadaškog jezera, uočava se grupiranje podataka okolišnih varijabli u šest grupa, od kojih tri grupe čini samo po jedan uzorak, što se može objasniti vrlo visokim vrijednostima određenih okolišnih parametara utvrđenima tog datuma istraživanja (Sl. 23 – 25). Kao zaseban uzorak izdvaja se 01.11. (grupa I). Tog je datuma izmjerena najviša koncentracija nitrita u vodi ($0,132 \text{ mg L}^{-1}$), a također je utvrđena visoka koncentracija amonijevih iona ($0,535 \text{ mg L}^{-1}$) te visoke vrijednosti provodljivosti vode ($869 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$) (Sl. 15, 16, 18, i 25). Drugu grupu čini uzorak 14.07. kojeg karakteriziraju vrlo visoke vrijednosti koncentracije nitrata ($4,320 \text{ mg L}^{-1}$) i ukupnog dušika u vodi ($5,810 \text{ mg L}^{-1}$), ali i visoka temperatura vode ($26,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$) (Sl. 12, 17, 19 i 25). Kao treća zasebna grupa odvaja se uzorak 06.04. kada je zabilježena najviša koncentracija amonijevih iona ($1,211 \text{ mg L}^{-1}$) te visoka vrijednost koncentracije otopljenog kisika u vodi ($15,47 \text{ mg L}^{-1}$) (Sl. 13, 16 i 25). Ove tri grupe karakterizira izostanak plavljenja (01.11. vodostaj Dunava 2,17 m) te plavljenje malog intenziteta (14.07. i 06.04. vodostaj Dunava 3,04 m) (Sl. 10 i 25). Četvrtu grupu (uzorci 31.05., 14.06. i 28.06.) karakterizira ekstremno veliko plavljenje (izmjerene najviše vrijednosti vodostaja Dunava, od 5,27 do 7,7 m) te najveća dubina jezera (11,67 m), najveća prozirnost vode (2,71 m), a također i visoke koncentracije hranjivih tvari u vodi. U tom su razdoblju utvrđene vrlo niske koncentracije klorofila *a* u vodi (prosječno $19,24 \text{ }\mu\text{g L}^{-1}$) te mala provodljivost vode ($393 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$) (Sl. 9 – 11, 15, 17 – 21 i 25). Petu grupu (uzorci 18.10., 29.11., 13.12. i 27.12.) obilježavaju najniže vrijednosti temperature vode ($1,10 - 12,60 \text{ }^{\circ}\text{C}$), najveća provodljivost vode ($929 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$), porast koncentracije otopljenog kisika i hranjivih tvari u vodi, a također prema samom kraju razdoblja istraživanja i porast vodostaja Dunava (prijelaz od razdoblja bez plavljenja prema plavljenju malog, srednjeg i visokog intenziteta) s kojim raste i prozirnost vode (Sl. 9 – 13, 15 – 20 i 25). Šestu grupu čini najveći broj uzoraka koji se prema klaster i NMDS analizi (udaljenost oko 4,3) grupiraju u tri podgrupe (VIa, VIb i VIc) (Sl. 23 i 24). Podgrupu VIa čini jedan uzorak (14.05.) kojeg karakterizira nagli porast vrijednosti ukupnog fosfora u vodi ($0,480 \text{ mg L}^{-1}$), a također i porast pH vrijednosti vode (8,44) te koncentracije otopljenog kisika u vodi ($15,08 \text{ mg L}^{-1}$), dok se koncentracija klorofila *a* u vodi znatno smanjila ($21,60 \text{ }\mu\text{g L}^{-1}$) (Sl. 13, 14, 20, 21 i 25). Vodostaj Dunava iznosio je 3,31 m te je plavljenje bilo manjeg intenziteta (Sl. 10 i 25). Podgrupu VIb čine uzorci iz razdoblja od 08.04. do 11.05. te uzorak iz 15.11. Tijekom ovog razdoblja vrijednosti vodostaja Dunava bile su $< 3 \text{ m}$ te se cijelo ovo razdoblje označava kao razdoblje bez plavljenja, odnosno razdoblje izolacije Sakadaškog jezera (uz izuzetak 20.04. kada je vodostaj bio 3,16 m) (Sl. 9, 10 i 25). Osim niskog vodostaja Dunava, ovaj period karakteriziraju i manja dubina jezera (u prosjeku 6,55 m), smanjena prozirnost vode (u prosjeku 0,99 m) te niže vrijednosti koncentracija hranjivih tvari (koncentracija nitrita i vrijednosti ukupnog dušika su povremeno nešto više) (Sl. 10, 11, 16 – 20 i 25). Visoke vrijednosti imaju provodljivost vode (prosječna vrijednost $720 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$) te koncentracija otopljenog kisika (prosječna vrijednost $12,24 \text{ mg L}^{-1}$) i klorofila *a* u vodi (prosječna vrijednost $53,95 \text{ }\mu\text{g L}^{-1}$) (Sl. 13, 15, 21 i 25). Podgrupa VIc obuhvaća uzorke iz srpnja, kolovoza, rujna i početka listopada (12.07 – 04.10.), kao i jedan uzorak iz svibnja (17.05.). Vodostaj Dunava je tijekom ovog razdoblja znatno oscilirao, pri čemu su najniže vrijednosti zabilježene tijekom srpnja ($< 3 \text{ m}$) i taj period je bio bez plavljenja. Izuzetak je bio 12.07. kada je plavljenje bilo srednjeg intenziteta te 29.07. kada je vodostaj Dunava ponovno

porastao (> 4 m) te je nastupio period plavljenja velikog intenziteta. Tijekom kolovoza i sve do sredine rujna vodostaj Dunava bio je iznad 4 m (razdoblje plavljenja velikog intenziteta), uz povremene vrijednosti (13.08. i 06.09.) iznad 5 m (razdoblje ekstremno velikog plavljenja) (Sl. 9, 10 i 25). Temperatura vode bila je visoka tijekom srpnja i kolovoza (prosječna vrijednost iznosila je $24,69\text{ }^{\circ}\text{C}$), a vrijednosti su se smanjile u rujnu i listopadu (prosječna vrijednost $17,17\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Sl. 12 i 25). Razdoblje bez plavljenja, kada je Sakadaško jezero bilo izolirano, obilježeno je manjim vrijednostima dubine jezera (prosječno $7,10$ m) i prozirnosti vode (prosječno $0,82$ m) te, očekivano, visokim vrijednostima koncentracije klorofila *a* u vodi (prosječno $56,23\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$) kao i povećanjem provodljivosti vode (prosječno $526\text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$) (Sl. 10, 11, 15, 21 i 25). Nasuprot tome, razdoblje plavljenja (kolovoz – sredina rujna) karakteriziraju veće vrijednosti za dubinu jezera (u prosjeku $7,86$ m) i prozirnost vode (u prosjeku $1,20$ m) te niže vrijednosti koncentracije klorofila *a* u vodi (prosječno $39,82\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$) i provodljivosti vode (prosječno $443\text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$). Koncentracija hranjivih tvari je znatno oscilirala tijekom ovog perioda, pri čemu su tijekom srpnja i početkom kolovoza zabilježene veće količine ukupnog fosfora u vodi (u prosjeku $0,342\text{ mg L}^{-1}$), a uzorak 14.07. je izdvojen kao zasebna grupa zbog najviših izmjerenih vrijednosti koncentracije nitrata i ukupnog dušika. S porastom vodostaja Dunava i ulaskom vode u Sakadaško jezero može se primijetiti porast koncentracije hranjivih tvari (Sl. 16 – 20 i 25).



Slika 23. Dendrogram hijerarhijske klaster analize vodostaja Dunava te biotičkih i abiotičkih čimbenika vode Sakadaškog jezera tijekom cijelog razdoblja istraživanja (travanj – prosinac 2010. godine) (PBP – period bez plavljenja; PMI – plavljenje malog intenziteta; PSI – plavljenje srednjeg intenziteta; PVI – plavljenje velikog intenziteta; EVP – ekstremno veliko plavljenje).

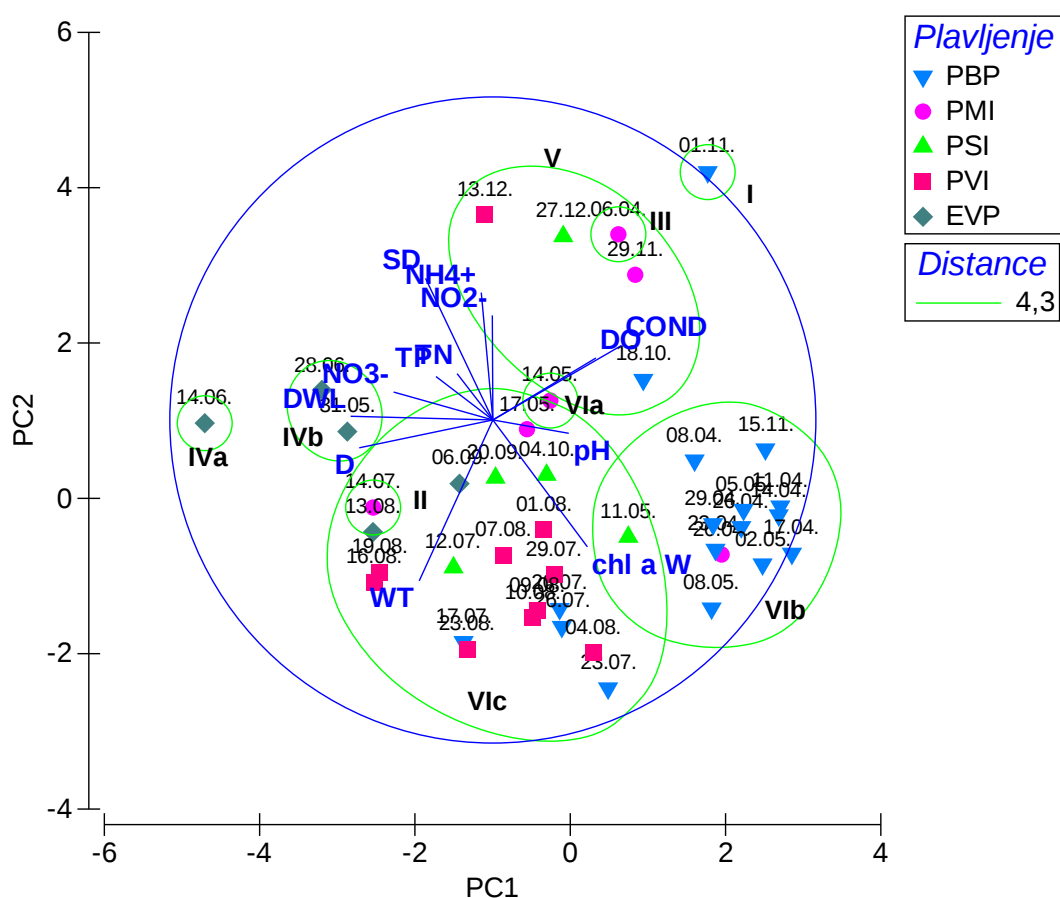


Slika 24. NMDS ordinacijski dijagram na temelju analize vodostaja Dunava te biotičkih i abiotičkih čimbenika vode Sakadaškog jezera tijekom cijelog razdoblja istraživanja (travanj – prosinac 2010. godine) (PBP – period bez plavljenja; PMI – plavljenje malog intenziteta; PSI – plavljenje srednjeg intenziteta; PVI – plavljenje velikog intenziteta; EVP – ekstremno veliko plavljenje). NMDS analizi superimponirana je hijerarhijska klaster analiza prikazana na Sl. 23.

Analizom glavnih komponenti (PCA, Sl. 25) u tri dimenzije opisano je ukupno 61,8% varijance, pri čemu prva os (PC1) objašnjava maksimum varijance iz podataka (26,6%), druga os (PC2) 19,6%, a treća os (PC3) 15,6% varijance (Tab. 2). Prvu os najbolje određuju vodostaj Dunava ($r = -0,440$), dubina jezera ($r = -0,414$) i električna provodljivost vode ($r = 0,398$). Drugu os najbolje definiraju prozirnost vode ($r = 0,438$), temperatura vode ($r = -0,498$), koncentracija amonijevih iona u vodi ($r = 0,394$) i koncentracija klorofila *a* u vodi ($r = -0,393$). Treća os, koja nije prikazana, najbolje je korelirana s ukupnim fosforom u vodi ($r = -0,456$).

Tablica 2. Svojstvene vrijednosti svih pet osi PCA analize s postotcima varijance i kumulativnim postotcima varijance za 13 okolišnih parametara.

PCA osi	Svojstvena vrijednost	% Varijance	Kumulativni % varijance
1	3,46	26,6	26,6
2	2,55	19,6	46,2
3	2,03	15,6	61,8
4	1,63	12,5	74,4
5	1,06	8,1	82,5



Slika 25. Grafički prikaz rezultata PCA analize na temelju vodostaja Dunava te biotičkih i abiotičkih čimbenika vode Sakadaškog jezera tijekom cijelog razdoblja istraživanja (travanj – prosinac 2010. godine) (PBP – period bez plavljenja; PMI – plavljenje malog intenziteta; PSI – plavljenje srednjeg intenziteta; PVI – plavljenje velikog intenziteta; EVP – ekstremno veliko plavljenje).

4.2. Analiza ukupne biomase perifitona

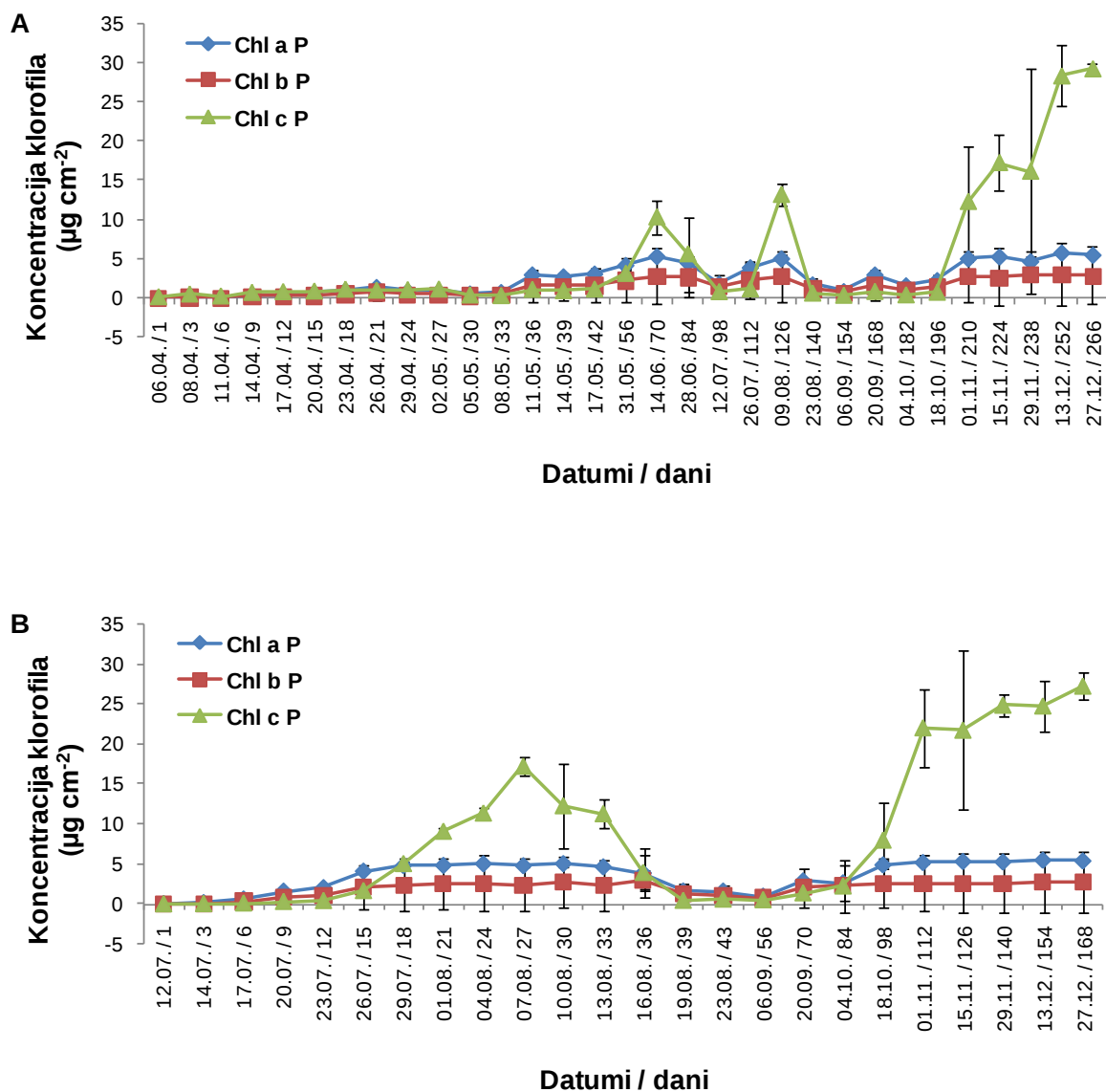
4.2.1. Klorofil *a*, *b* i *c* na umjetnim podlogama

Koncentracije klorofila *a*, *b* i *c* u perifitonu analizirane su kao pokazatelj zastupljenosti (brojnosti i biomase) primarnih producenata, odnosno pojedinih skupina alga u perifitonu. Klorofil *a* prisutan je kod svih skupina alga i cijanobakterija, klorofil *b* kod zelenih alga, dok je klorofil *c* karakterističan za alge kremenjašice (dijatomeje).

Koncentracija klorofila *a* u perifitonu imala je niske vrijednosti na početku proljetno-zimske eksperimentalne serije, odnosno tijekom travnja i početkom svibnja (kada je praćeno naseljavanje trepetljikaša na podloge u proljetnim uvjetima), a kretala se od $0,02 \pm 0,0004$ do $1,37 \pm 0,03 \mu\text{g cm}^{-2}$. Sredinom svibnja, od 36. dana naseljavanja, zabilježen je značajniji porast ($2,98 \pm 0,15 \mu\text{g cm}^{-2}$) te su visoke vrijednosti koncentracije utvrđene tijekom lipnja ($5,32 \pm 0,27 \mu\text{g cm}^{-2}$). Sredinom srpnja došlo je do naglog opadanja vrijednosti koncentracije ($1,81 \pm 1,09 \mu\text{g cm}^{-2}$), a od kraja srpnja do sredine kolovoza koncentracija klorofila *a* ponovno je imala visoke vrijednosti ($3,89 \pm 0,56 - 5,03 \pm 0,44 \mu\text{g cm}^{-2}$). U rujnu i listopadu zabilježene su nešto niže vrijednosti koncentracije ($0,85 \pm 0,48 - 2,97 \pm 0,26 \mu\text{g cm}^{-2}$). U studenom su se koncentracije klorofila u vodi povećale (do $5,27 \pm 0,02 \mu\text{g cm}^{-2}$), a najviše vrijednosti utvrđene su u prosincu ($5,77 \pm 0,13 \mu\text{g cm}^{-2}$) (Sl. 26A). Tijekom ljetno-zimske eksperimentalne serije vrijednosti koncentracije klorofila *a* u perifitonu su, u odnosu na proljetno-zimsku seriju, znatno brže rasle u početnom dijelu eksperimenta od prvog do 30. dana naseljavanja, a kretale su se od $0,04 \pm 0,002$ do $5,04 \pm 0,46 \mu\text{g cm}^{-2}$. Krajem kolovoza (39. – 43. dan naseljavanja) i početkom rujna vrijednosti koncentracije su bile niže (minimalna vrijednost $0,97 \pm 0,57 \mu\text{g cm}^{-2}$), nakon čega su u listopadu ponovno počele rasti, a trend rasta se nastavio tijekom studenog i prosinca kada je zabilježena maksimalna vrijednost od $5,47 \pm 0,05 \mu\text{g cm}^{-2}$ (Sl. 26B).

Vrijednosti koncentracije klorofila *b* u perifitonu tijekom proljetno-zimske eksperimentalne serije postupno su rasle od početka travnja, kada je eksperiment započeo, sve do sredine lipnja (od $0,01 \pm 0,01$ do $2,80 \pm 3,57 \mu\text{g cm}^{-2}$), što znači da je tijekom cijelog razdoblja naseljavanja trepetljikaša u proljeće koncentracija klorofila *b* bila u porastu. Sredinom srpnja zabilježene su nešto niže vrijednosti ($1,45 \pm 0,51 \mu\text{g cm}^{-2}$), a krajem srpnja i početkom kolovoza vrijednosti su ponovno rasle ($2,73 \pm 3,25 \mu\text{g cm}^{-2}$). Niže koncentracije su utvrđene od kraja kolovoza do sredine listopada (najniža vrijednost $0,66 \pm 0,26 \mu\text{g cm}^{-2}$), a u studenom i prosincu koncentracije su opet bile visoke (najviša vrijednost $2,98 \pm 2,38 \mu\text{g cm}^{-2}$) (Sl. 26A). U ljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji vrijednosti koncentracije klorofila *b* u perifitonu postupno su rasle od minimalnih $0,02 \pm 0,03 \mu\text{g cm}^{-2}$ (prvi dan naseljavanja) do vršnih $3,03 \pm 1,18 \mu\text{g cm}^{-2}$ (sredina kolovoza, 36. dan naseljavanja). U drugoj polovini kolovoza, na samom kraju perioda praćenja naseljavanja, koncentracija je znatno opala te je početkom rujna iznosila $0,77 \pm 0,29 \mu\text{g cm}^{-2}$. Krajem rujna vrijednosti su ponovno rasle te su visoke koncentracije zabilježene sve do kraja eksperimentalnog razdoblja u prosincu (od $2,25 \pm 0,89$ do $2,76 \pm 3,83 \mu\text{g cm}^{-2}$) (Sl. 26B).

Koncentracija klorofila *c* u perifitonu kretala se od minimalne vrijednosti $0,09 \pm 0,07 \mu\text{g cm}^{-2}$ na početku proljetno-zimske eksperimentalne serije do $10,33 \pm 2,17 \mu\text{g cm}^{-2}$ zabilježenih sredinom lipnja, što je prvi značajniji porast vrijednosti koncentracije. Prema tome, tijekom cijelog razdoblja u kojem je praćeno naseljavanje trepetljikaša, koncentracije klorofila *c* su bile niske. U srpnju je koncentracija znatno opala ($0,74 \pm 0,36 \mu\text{g cm}^{-2}$), zatim je rasla u prvoj polovini kolovoza ($13,21 \pm 1,37 \mu\text{g cm}^{-2}$) te su se vrijednosti ponovno smanjile krajem kolovoza ($0,55 \pm 0,20 \mu\text{g cm}^{-2}$) i bile su niske sve do početka studenog. U studenom su koncentracije klorofila *c* bile visoke, a najviše vrijednosti utvrđene su u prosincu ($29,32 \pm 0,74 \mu\text{g cm}^{-2}$) (Sl. 26A). Tijekom ljetno-zimske eksperimentalne serije koncentracija klorofila *c* u perifitonu kretala se od minimalnih $0,05 \pm 0,01 \mu\text{g cm}^{-2}$ zabilježenih na samom početku eksperimenta sredinom srpnja do maksimalnih $27,26 \pm 1,71 \mu\text{g cm}^{-2}$ zabilježenih krajem prosinca kada je eksperiment završio. Visoke vrijednosti koncentracije klorofila *c* utvrđene su u kolovozu ($17,25 \pm 1,15 \mu\text{g cm}^{-2}$), studenom i prosincu, a niske vrijednosti na samom početku eksperimenta (od $0,05 \pm 0,01$ do $1,70 \pm 0,09 \mu\text{g cm}^{-2}$) te od sredine kolovoza do početka listopada (od $0,49 \pm 0,25$ do $2,27 \pm 3,24 \mu\text{g cm}^{-2}$). Za vrijeme praćenja naseljavanja trepetljikaša u ljetnim uvjetima vrijednosti koncentracije klorofila *c* rasle su od prvog do 27. dana naseljavanja, a zatim su bile u stalnom opadanju prema kraju tog razdoblja (43. dan) (Sl. 26B).



Slika 26. Promjene koncentracija klorofila *a* (Chl *a* P), klorofila *b* (Chl *b* P) i klorofila *c* (Chl *c* P) u perifitonu tijekom proljetno-zimske (A) i ljetno-zimske eksperimentalne serije (B) 2010. godine u Sakadaškom jezeru (datumi / dani predstavljaju datum prikupljanja uzoraka, odnosno dan razvoja perifitona).

Koncentracije klorofila *a*, *b* i *c* u perifitonu su tijekom obje eksperimentalne serije značajno ovisile o promjenama biotičkih i abiotičkih čimbenika vode, što pokazuju utvrđeni visoki koeficijenti korelacije (Tab. 3 i 4). U proljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji utvrđena je pozitivna statistički značajna korelacija između koncentracija klorofila u perifitonu i vodostaja Dunava, prozirnosti vode te koncentracija amonijevih iona, nitrata i nitrita u vodi. Negativna statistički značajna korelacija utvrđena je između koncentracija klorofila u perifitonu i koncentracije otopljenog kisika u vodi, pH vode te koncentracije klorofila *a* u vodi (Tab. 3). Tijekom ljetno-zimske eksperimentalne serije utvrđena je pozitivna statistički značajna korelacija između koncentracija klorofila u perifitonu i prozirnosti vode, koncentracije otopljenog kisika u vodi te koncentracije nitrita u vodi. Također je utvrđena negativna statistički značajna korelacija između koncentracija klorofila u perifitonu i temperature vode, kao i koncentracije klorofila *a* u perifitonu i dubine jezera (Tab. 4).

Tablica 3. Spearmanov koeficijent korelacije (r_s) između klorofila u perifitonu te biotičkih i abiotičkih čimbenika vode i biomase perifitona tijekom proljetno-zimske eksperimentalne serije (05. travnja – 27. prosinca 2010. godine). Prikazane su one varijable za koje je utvrđena statistički značajna korelacija (DWL – vodostaj Dunava; SD – prozirnost; DO – koncentracija otopljenog kisika u vodi; NH_4^+ – koncentracija amonijevih iona; NO_3^- – koncentracija nitrata; NO_2^- – koncentracija nitrita; Chl *a* W – koncentracija klorofila *a* u vodi; DW – masa suhe tvari perifitona; AW – masa anorganske tvari u perifitonu; AFDW – masa organske tvari u perifitonu; Chl *a* P – koncentracija klorofila *a* u perifitonu; Chl *b* P – koncentracija klorofila *b* u perifitonu; Chl *c* P – koncentracija klorofila *c* u perifitonu) te statistički značajni koeficijenti korelacije ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$).

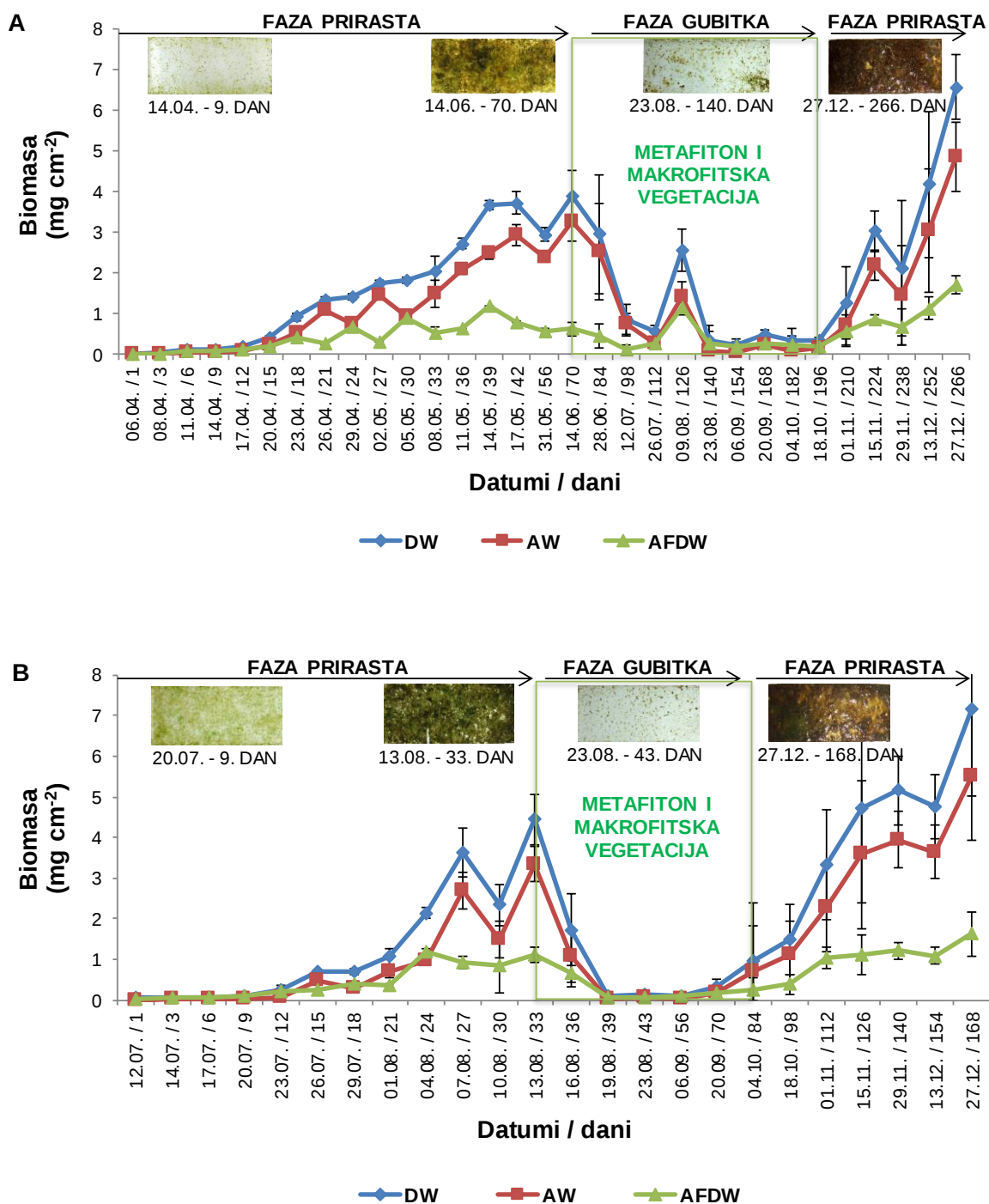
	Chl <i>a</i> P	Chl <i>b</i> P	Chl <i>c</i> P
DWL	0,463	0,486	
SD	0,482	0,517	
DO	-0,396	-0,439	
pH	-0,465	-0,497	
NH_4^+	0,515	0,553	
NO_3^-	<u>0,575</u>	<u>0,574</u>	0,516
NO_2^-	0,416	0,428	0,414
Chl <i>a</i> W	-0,438	-0,482	
DW	<u>0,774</u>	<u>0,736</u>	<u>0,758</u>
AW	<u>0,747</u>	<u>0,715</u>	<u>0,741</u>
AFDW	<u>0,710</u>	<u>0,678</u>	<u>0,702</u>

Tablica 4. Spearmanov koeficijent korelacije (r_s) između klorofila u perifitonu te biotičkih i abiotičkih čimbenika vode i biomase perifitona tijekom ljetno-zimske eksperimentalne serije (11. srpnja – 27. prosinca 2010. godine). Prikazane su one varijable za koje je utvrđena statistički značajna korelacija (D – dubina jezera; SD – prozirnost; WT – temperatura vode; DO – koncentracija otopljenog kisika u vodi; NO_2^- – koncentracija nitrita; DW – masa suhe tvari perifitona; AW – masa anorganske tvari u perifitonu; AFDW – masa organske tvari u perifitonu; Chl *a* P – koncentracija klorofila *a* u perifitonu; Chl *b* P – koncentracija klorofila *b* u perifitonu; Chl *c* P – koncentracija klorofila *c* u perifitonu) te statistički značajni koeficijenti korelacije ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$).

	Chl <i>a</i> P	Chl <i>b</i> P	Chl <i>c</i> P
D	-0,483		
SD	0,487	0,577	0,576
WT	<u>-0,759</u>	-0,620	<u>-0,787</u>
DO	<u>0,708</u>	0,572	<u>0,721</u>
NO₂⁻	<u>0,661</u>	<u>0,638</u>	<u>0,730</u>
DW	<u>0,923</u>	<u>0,845</u>	<u>0,968</u>
AW	<u>0,913</u>	<u>0,852</u>	<u>0,963</u>
AFDW	<u>0,906</u>	<u>0,810</u>	<u>0,938</u>

4.2.2. Biomasa perifitona na umjetnim podlogama

Masa suhe tvari perifitona se tijekom proljetno-zimske eksperimentalne serije postupno povećavala od početka eksperimenta (prvi dan naseljavanja na umjetne podloge) do sredine svibnja (42. dan naseljavanja) ($0,01 \pm 0,01 \text{ mg cm}^{-2}$ – $3,72 \pm 0,02 \text{ mg cm}^{-2}$). Velike vrijednosti zabilježene su tijekom lipnja kada je najveća masa iznosila $3,89 \pm 0,63 \text{ mg cm}^{-2}$. U srpnju je utvrđeno znatno opadanje (do $0,55 \pm 0,17 \text{ mg cm}^{-2}$). Masa suhe tvari je tijekom ljetnog i većeg dijela jesenskog razdoblja bila prilično mala, a najmanja vrijednost zabilježena je početkom rujna ($0,23 \pm 0,14 \text{ mg cm}^{-2}$). Izuzetak je povećanje mase u prvoj polovini kolovoza ($2,56 \pm 0,53 \text{ mg cm}^{-2}$). Početkom studenog masa se ponovno povećavala te je maksimalna vrijednost utvrđena krajem prosinca ($6,56 \pm 0,80 \text{ mg cm}^{-2}$) (Sl. 27A). Tijekom ljetno-zimske eksperimentalne serije masa suhe tvari perifitona također se postupno povećavala od početka eksperimenta sredinom srpnja pa sve do sredine kolovoza ($0,05 \pm 0,01 \text{ mg cm}^{-2}$ – $4,45 \pm 0,62 \text{ mg cm}^{-2}$), što je obuhvatilo razdoblje od prva 33 dana naseljavanja na umjetne podloge u ljetnim uvjetima. Zatim je masa značajno opadala prema kraju kolovoza ($0,13 \pm 0,10 \text{ mg cm}^{-2}$) kada je završeno razdoblje praćenja naseljavanja (43. dan). Male vrijednosti mase suhe tvari zabilježene su sve do sredine listopada, a zatim se sve do kraja eksperimentalnog razdoblja masa povećavala te je najveća vrijednost utvrđena krajem prosinca ($7,17 \pm 2,13 \text{ mg cm}^{-2}$) (Sl. 27B).



Slika 27. Promjene mase suhe tvari (DW), anorganske tvari (AW) i organske tvari (AFDW) u perifitonu tijekom proljetno-zimske (A) i ljetno-zimske eksperimentalne serije (B) 2010. godine u Sakadaškom jezeru (datumi / dani predstavljaju datum prikupljanja uzoraka, odnosno dan razvoja perifitona). Prikazane su fotografije umjetnih staklenih podloga s perifitonom ispod kojih je naznačen datum uzorkovanja i dan ekspozicije podloge. Označena su razdoblja prisutnosti metafitona i makrofitske vegetacije na istraživanoj postaji.

Mase anorganske i organske tvari znatno su varirale tijekom obje eksperimentalne serije. U prvih dvanaest dana razvoja tijekom proljeća, kada je praćeno naseljavanje trepetljikaša (prva polovina travnja), veći udio u perifitonu imala je organska tvar (AFDW: $0,007 \pm 0,01 - 0,12 \pm 0,01 \text{ mg cm}^{-2}$, AW: $0,005 \pm 0,000 - 0,08 \pm 0,02 \text{ mg cm}^{-2}$). Od 15. do 42. dana razvoja perifitona, odnosno do završetka perioda u kojem je praćeno naseljavanje (sredina travnja – sredina svibnja), masa anorganske tvari bila je veća u odnosu na masu organske tvari (AW: $0,22 \pm 0,02 - 2,93 \pm 0,26 \text{ mg cm}^{-2}$, AFDW: $0,20 \pm 0,02 - 1,18 \pm 0,02 \text{ mg cm}^{-2}$). Taj se trend nastavio sve do sredine kolovoza, a od kraja kolovoza do kraja listopada zabilježene su veće mase organske tvari u perifitonu (AFDW: $0,19 \pm 0,11 - 0,26 \pm 0,04 \text{ mg cm}^{-2}$, AW: $0,04 \pm 0,03 - 0,24 \pm 0,08 \text{ mg cm}^{-2}$). Veće mase anorganske tvari ponovno su utvrđene u kasno jesenskom i zimskom razdoblju, odnosno od početka studenog do kraja prosinca kada je istraživanje završeno (AW: $0,71 \pm 0,49 - 4,86 \pm 0,86 \text{ mg cm}^{-2}$, AFDW: $0,56 \pm 0,39 - 1,70 \pm 0,22 \text{ mg cm}^{-2}$). U tom su periodu ujedno zabilježene i maksimalne vrijednosti mase anorganske i organske tvari u proljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji (Sl. 27A). Tijekom prvih dvanaest dana razvoja u ljetnim uvjetima veću masu u perifitonu imala je organska tvar (AFDW: $0,04 \pm 0,20 - 0,05 \pm 0,01 \text{ mg cm}^{-2}$, AW: $0,005 \pm 0,004 - 0,06 \pm 0,04 \text{ mg cm}^{-2}$). Anorganska tvar imala je znatnije veći udio u ukupnoj masi perifitona od 27. do 36. dana razvoja (AW: $1,07 \pm 0,63 - 3,35 \pm 0,44 \text{ mg cm}^{-2}$, AFDW: $0,65 \pm 0,32 - 1,11 \pm 0,18 \text{ mg cm}^{-2}$), a od 39. do 43. dana nešto veći udio u ukupnoj masi imala je organska tvar. Takav trend se nastavio sve do kraja rujna. Od početka listopada do kraja prosinca, kada je završeno istraživanje, zabilježene su ponovno veće mase anorganske tvari u perifitonu (AW: $0,71 \pm 1,12 - 5,53 \pm 1,61 \text{ mg cm}^{-2}$, AFDW: $0,26 \pm 0,29 - 1,64 \pm 0,54 \text{ mg cm}^{-2}$). Na samom kraju eksperimentalne serije utvrđene su maksimalne vrijednosti mase anorganske i organske tvari (Sl. 27B).

Na Sl. 27 može se uočiti postupno povećanje biomase perifitona tijekom obje eksperimentalne serije, a ova faza naziva se fazom prirasta. Do prvog značajnijeg porasta vrijednosti biomase obraštaja prije je došlo tijekom razvoja u ljetnim uvjetima, što ukazuje na brži razvoj obraštaja u ljeto u odnosu na proljeće. Biomasa perifitona znatno se smanjila u razdoblju od sredine lipnja do sredine listopada u proljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji (uz iznimku 126. dana razvoja kada je zabilježeno povećanje biomase), dok je u ljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji do znatnijeg smanjenja biomase došlo u periodu od sredine kolovoza do početka listopada. Ova faza razvoja perifitona predstavlja fazu gubitka. Nakon faze gubitka započela je nova faza prirasta biomase perifitona, pri čemu su krajem razdoblja istraživanja zabilježene maksimalne vrijednosti biomase. Na Sl. 27 također su označena razdoblja kada je na istraživanoj postaji (oko drvenih nosača sa stakalcima) zabilježena prisutnost metafitona i makrofitske vegetacije.

Mase suhe tvari, anorganske tvari i organske tvari u perifitonu su tijekom obje eksperimentalne serije značajno ovisile o promjenama biotičkih i abiotičkih čimbenika vode, što pokazuju utvrđeni visoki koeficijenti korelacije (Tab. 5 i 6). U proljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji utvrđena je pozitivna statistički značajna korelacija između biomase perifitona i koncentracija nitrata i nitrita u vodi, dok je negativna statistički značajna korelacija utvrđena između biomase perifitona i koncentracije klorofila *a* u vodi (Tab. 5).

Tijekom ljetno-zimske eksperimentalne serije utvrđena je pozitivna statistički značajna korelacija između biomase perifitona i prozirnosti vode, koncentracije otopljenog kisika u vodi i koncentracije nitrita u vodi, kao i između mase organske tvari perifitona i pH vode. Negativna statistički značajna korelacija utvrđena je između biomase perifitona i temperature vode (Tab. 6).

Tablica 5. Spearmanov koeficijent korelacije (r_s) između biomase perifitona te biotičkih i abiotičkih čimbenika vode i klorofila u perifitonu tijekom proljetno-zimske eksperimentalne serije (05. travnja – 27. prosinca 2010. godine). Prikazane su one varijable za koje je utvrđena statistički značajna korelacija (NO_3^- – koncentracija nitrata; NO_2^- – koncentracija nitrita; Chl *a* W – koncentracija klorofila *a* u vodi; DW – masa suhe tvari perifitona; AW – masa anorganske tvari u perifitonu; AFDW – masa organske tvari u perifitonu; Chl *a* P – koncentracija klorofila *a* u perifitonu; Chl *b* P – koncentracija klorofila *b* u perifitonu; Chl *c* P – koncentracija klorofila *c* u perifitonu) te statistički značajni koeficijenti korelacije ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$).

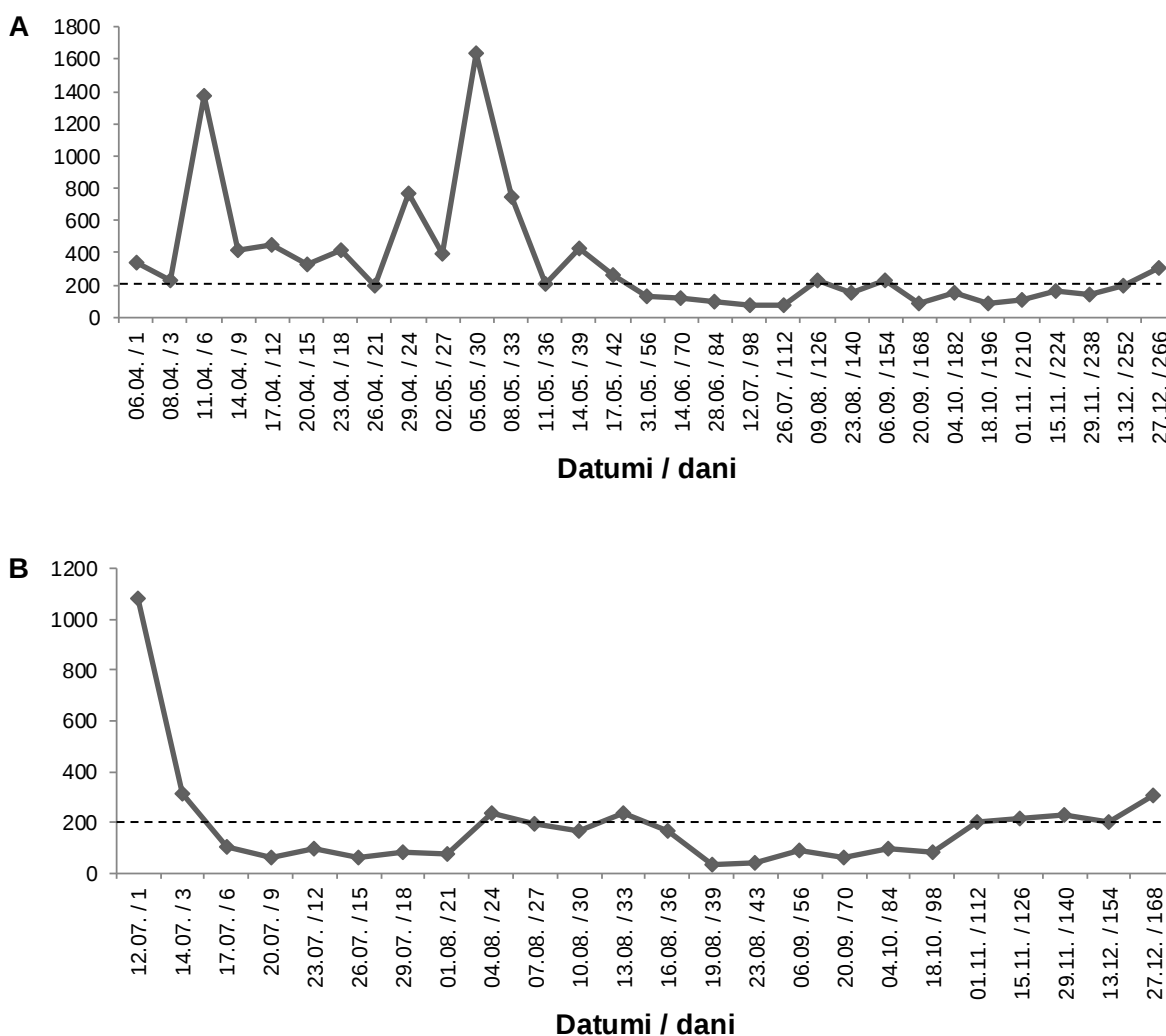
	DW	AW	AFDW
NO_3^-	<u>0,633</u>	<u>0,589</u>	<u>0,594</u>
NO_2^-	<u>0,473</u>	<u>0,473</u>	0,416
Chl <i>a</i> W	-0,389	-0,388	
Chl <i>a</i> P	<u>0,774</u>	<u>0,747</u>	<u>0,710</u>
Chl <i>b</i> P	<u>0,736</u>	<u>0,715</u>	<u>0,678</u>
Chl <i>c</i> P	<u>0,758</u>	<u>0,741</u>	<u>0,702</u>

Tablica 6. Spearmanov koeficijent korelacije (r_s) između biomase perifitona te biotičkih i abiotičkih čimbenika vode i klorofila u perifitonu tijekom ljetno-zimske eksperimentalne serije (12. srpnja – 27. prosinca 2010. godine). Prikazane su one varijable za koje je utvrđena statistički značajna korelacija (SD – prozirnost; WT – temperatura vode; DO – koncentracija otopljenog kisika u vodi; NO_2^- – koncentracija nitrita; DW – masa suhe tvari perifitona; AW – masa anorganske tvari u perifitonu; AFDW – masa organske tvari u perifitonu; Chl *a* P – koncentracija klorofila *a* u perifitonu; Chl *b* P – koncentracija klorofila *b* u perifitonu; Chl *c* P – koncentracija klorofila *c* u perifitonu) te statistički značajni koeficijenti korelacije ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$).

	DW	AW	AFDW
SD	<u>0,573</u>	<u>0,639</u>	0,432
WT	<u>-0,700</u>	<u>-0,737</u>	<u>-0,637</u>
DO	<u>0,705</u>	<u>0,665</u>	<u>0,710</u>
pH			0,488
NO_2^-	<u>0,687</u>	<u>0,671</u>	<u>0,696</u>
Chl <i>a</i> P	<u>0,923</u>	<u>0,913</u>	<u>0,906</u>
Chl <i>b</i> P	<u>0,845</u>	<u>0,852</u>	<u>0,810</u>
Chl <i>c</i> P	<u>0,968</u>	<u>0,963</u>	<u>0,938</u>

4.2.3. Autotrofni indeks

Vrijednosti autotrofnog indeksa ukazuju na dominantnost heterotrofnih organizama u zajednici perifitona tijekom prva 42 dana razvoja, odnosno u vrijeme kada je praćeno naseljavanje trepetljikaša na umjetne podloge u proljetnim uvjetima. Tijekom ostatka proljetno-zimske eksperimentalne serije, odnosno od kraja svibnja do sredine prosinca u perifitonu je prevladavala autotrofna komponenta. Veći udio heterotrofnih organizama ponovno je utvrđen krajem prosinca (Sl. 28A). Tijekom naseljavanja u ljetnim uvjetima veći udio heterotrofne komponente u perifitonu zabilježen je u prva tri dana razvoja, nakon čega postaje zastupljenija autotrofna komponenta sve do početka studenog (izuzetak su 24. i 33. dan razvoja). Od početka studenog do kraja istraživanja u prosincu u perifitonu su dominirali heterotrofni organizmi (Sl. 28B).



Slika 28. Promjene vrijednosti autotrofnog indeksa tijekom proljetno-zimske (A) i ljetno-zimske eksperimentalne serije (B) 2010. godine u Sakadaškom jezeru (datumi / dani predstavljaju datum prikupljanja uzoraka, odnosno dan razvoja perifitona; isprekidana linija označava graničnu vrijednost omjera AFDW/Chl *a* P).

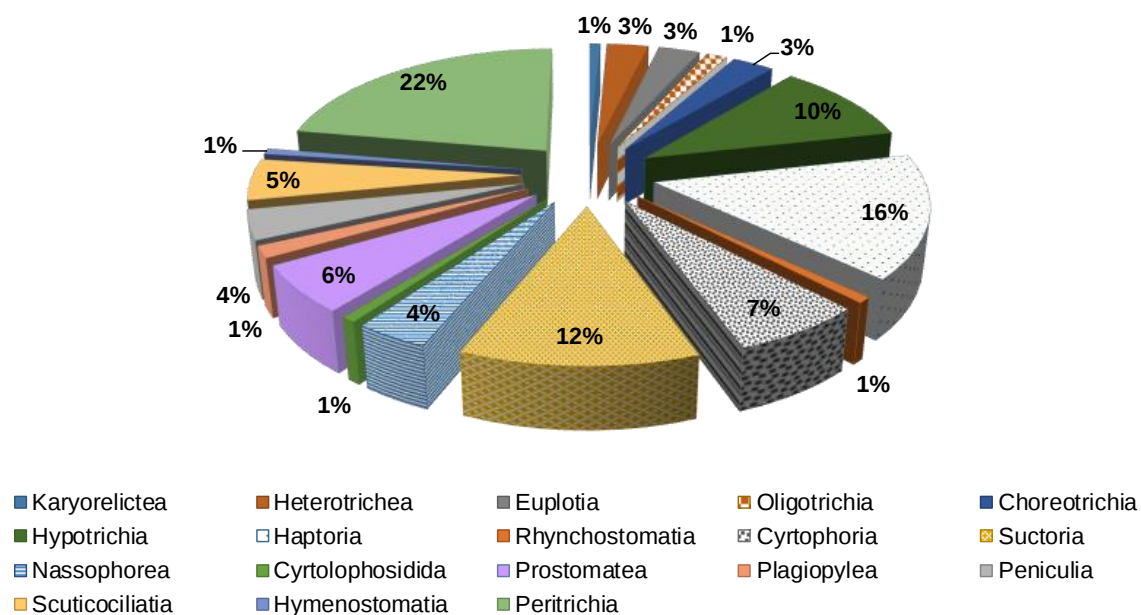
4.3. Naseljavanje i sukcesija trepetljikaša u perifitonu

S ciljem praćenja dinamike naseljavanja trepetljikaša na čiste umjetne podloge u proljetnim uvjetima, uzorkovanje je provedeno nakon prvog te zatim svakog trećeg dana tijekom razdoblja od 42 dana nakon uranjanja podloga u vodu (05. travnja – 17. svibnja 2010. godine). Proces naseljavanja praćen je i u ljetnim uvjetima primjenom iste dinamike uzorkovanja, u periodu od prva 43 dana ekspozicije podloga u vodi (11. srpnja – 23. kolovoza). Nadalje je praćena sukcesija trepetljikaša na umjetnim podlogama, odnosno promjene njihovog kvalitativnog sastava i brojnosti, u razdoblju od 17. svibnja do 27. prosinca u proljetno-zimskoj te od 23. kolovoza do 27. prosinca u ljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji. U tom je periodu uzorkovanje provedeno dvotjednom dinamikom.

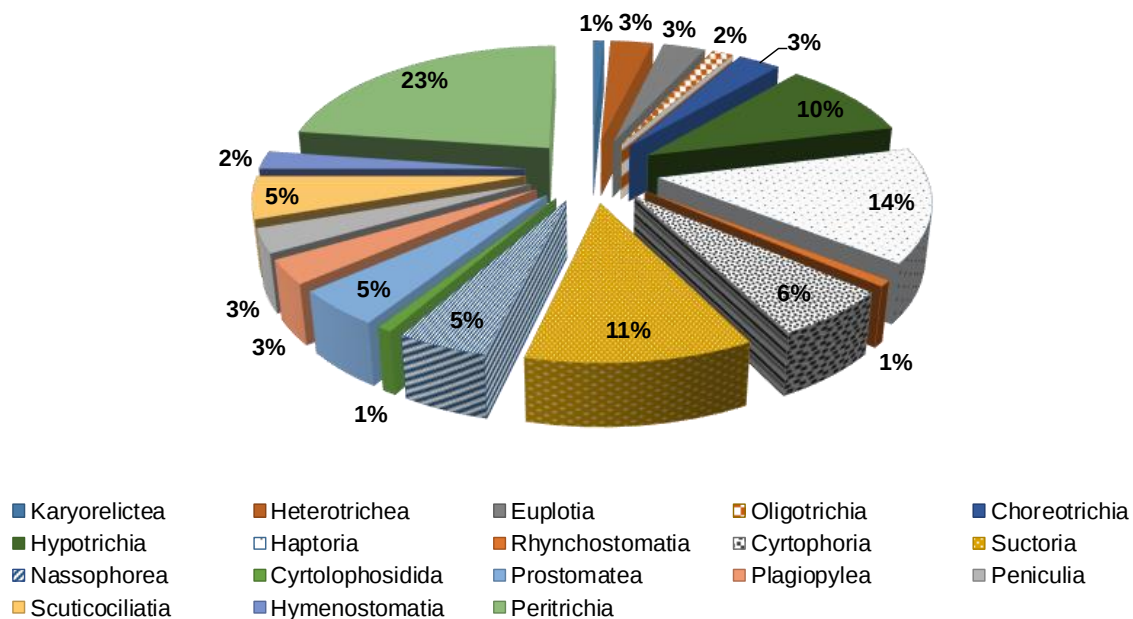
4.3.1. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice trepetljikaša perifitona

U ovom istraživanju utvrđene su ukupno 154 svojte trepetljikaša, pri čemu je u proljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji zabilježeno 135 svojti, a u ljetno-zimskoj seriji 132 svojte. Ukupno je 113 svojti bilo zastupljeno u obje eksperimentalne serije, a 41 svojta je bila karakteristična samo za pojedinu eksperimentalnu seriju (Tab. 15). Tijekom praćenja naseljavanja trepetljikaša na umjetne podloge u proljetnom razdoblju zabilježeno je 112 svojti, dok je u ljetnom razdoblju utvrđeno 111 svojti trepetljikaša. Sve pronađene svojte razvrstane su u 18 skupina (peti i šesti rang prema klasifikacijskoj shemi Adl i sur. (2012)): Karyorelictea, Heterotrichea, Euplotia, Oligotrichia, Choreotrichia, Hypotrichia, Haptoria, Rhynchostomatia, Cyrtophoria, Suctoria, Nassophorea, Cyrtolophosidida, Prostomatea, Plagiopylea, Peniculia, Scuticociliatia, Hymenostomatia i Peritrichia. Pokretni oblici skupina Peritrichia (Peritrichia-swarmer) i Suctoria (Suctoria-swarmer) nisu determinirani do razine roda ili vrste zbog nemogućnosti determinacije na osnovu morfoloških karakteristika u tom stadiju (Foissner i Berger, 1996). Najveći broj svojti određenih tijekom obje eksperimentalne serije pripadao je skupinama Peritrichia (30 svojti u obje serije), Haptoria (21 svojta u proljetno-zimskoj i 19 u ljetno-zimskoj seriji), Suctoria (16 svojti u proljetno-zimskoj seriji i 15 u ljetno-zimskoj), Hypotrichia (14 svojti u proljetno-zimskoj i 13 u ljetno-zimskoj seriji), Cyrtophoria (9 svojti u proljetno-zimskoj i 8 u ljetno-zimskoj seriji), Prostomatea (8 svojti u proljetno-zimskoj seriji i 6 u ljetno-zimskoj) i Scuticociliatia (7 svojti u proljetno-zimskoj i 7 u ljetno-zimskoj seriji). Ostale skupine (Karyorelictea, Heterotrichea, Euplotia, Oligotrichia, Choreotrichia, Rhynchostomatia, Nassophorea, Cyrtolophosidida, Plagiopylea, Peniculia i Hymenostomatia) imale su udio manji od 5% u ukupnom broju svojti (Sl. 29).

A

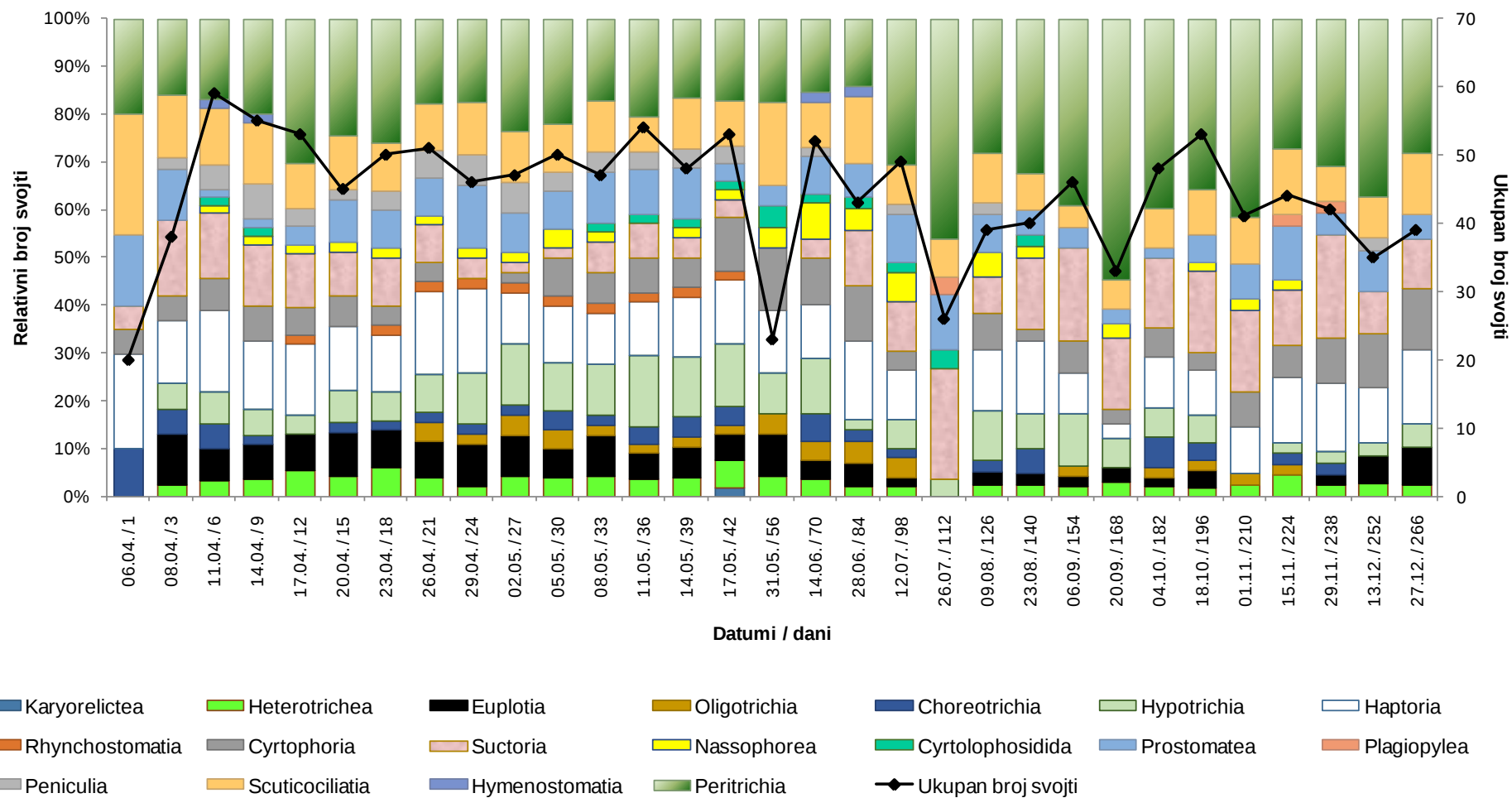


B

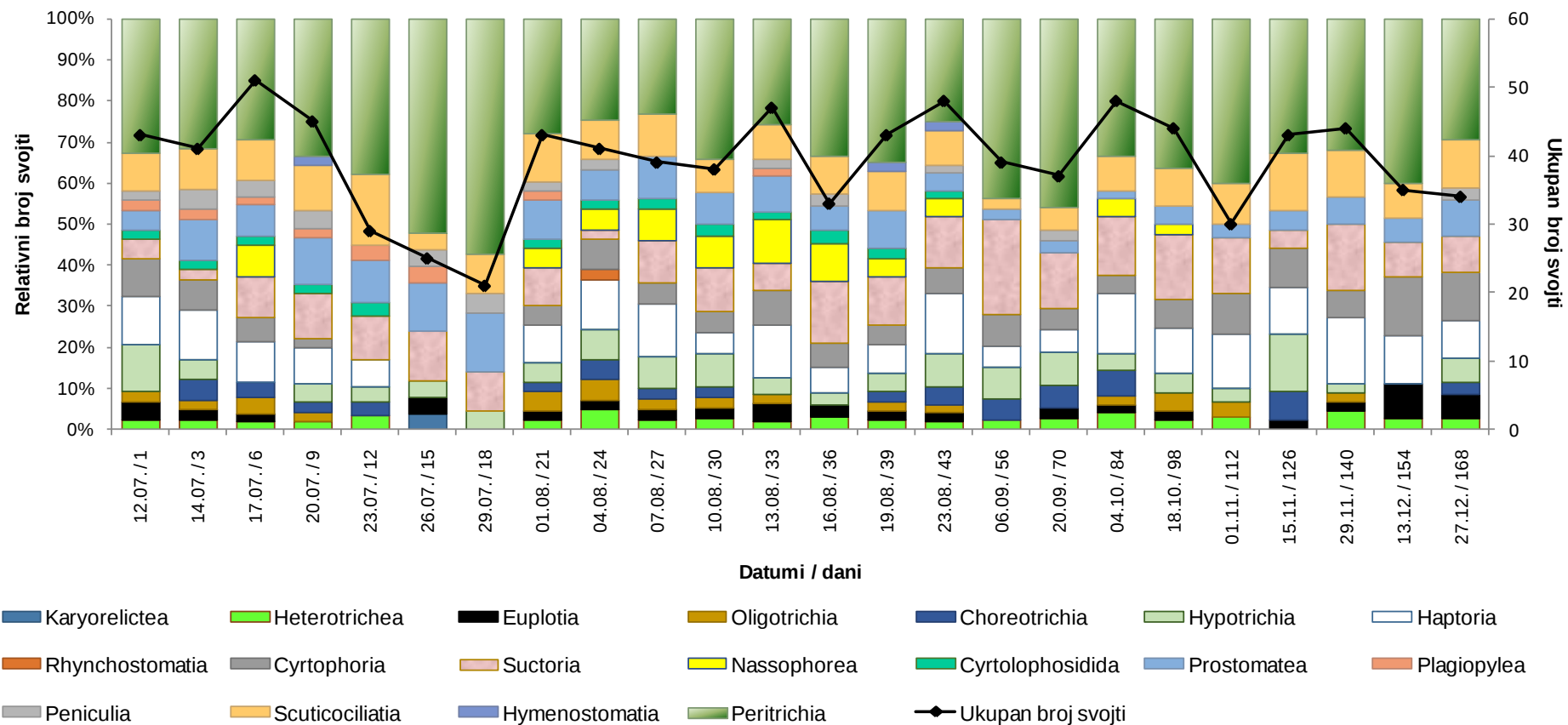


Slika 29. Relativni udio pojedinih skupina trepetljikaša u perifitonu obzirom na ukupan broj svojti tijekom proljetno-zimske (A) i ljetno-zimske eksperimentalne serije (B) 2010. godine u Sakadaškom jezeru.

Najmanji broj svojti trepetljikaša (20 svojti) u perifitonu razvijenom tijekom proljetno-zimske eksperimentalne serije zabilježen je nakon 24 sata ekspozicije stakalaca u vodi (06.04.), dok je najveći broj (59 svojti) utvrđen šestog dana ekspozicije (11.04.). Mali broj svojti zabilježen je 56. dana razvoja perifitona (31.05.; 23 svojte), 112. dana (26.07.; 26 svojti) te 168. dana razvoja (20.09.; 33 svojte). Također je krajem proljetno-zimske eksperimentalne serije ukupan broj svojti pokazivao tendenciju opadanja (Sl. 30). Najveći broj svojti pronađenih i tijekom procesa naseljavanja i tijekom sukcesije pripada skupini Peritrichia, pri čemu je nešto veći udio ove skupine u broju svojti utvrđen tijekom razdoblja praćenja sukcesije, odnosno od 98. dana razvoja perifitona. Skupine Scuticociliatia, Prostomatea, Haptoria, Hypotrichia i Euplotia imale su nešto veći udio u broju svojti tijekom perioda naseljavanja (od prvog do 42. dana), a skupina Suctorina tijekom perioda praćenja sukcesije (od 112. dana) (Sl. 30). Tijekom proljetno-zimske serije zabilježeno je šest eukonstantnih svojti (*Coleps* spp., *Ctedoctema acanthocryptum*, *Stentor roeselii*, *Vorticella campanula*, *Vorticella* spp. 1 i *Vorticella* spp. 2) i devet konstantnih svojti (*Aspidisca cicada*, *Calyptotricha pleuronemoides*, *Cinetochilum margaritaceum*, *Litonotus* spp., Peritrichia-swarmer, *Pseudochilodonopsis* spp., *Pseudocohnilembus pusillus*, *Pseudovorticella monilata* i *Vorticella convallaria*-kompleks). Utvrđena je ukupno 31 akcesorna svojta te 89 akcidentalnih svojti. Najmanji broj svojti trepetljikaša (21 svojta) u perifitonu razvijenom tijekom eksperimentalne serije od ljeta do zime utvrđen je nakon 18 dana razvoja (29.07.), dok je najveći broj svojti (51 svojta) zabilježen nakon šest dana razvoja (17.07). Nakon znatnog opadanja broja svojti između 12. i 18. dana naseljavanja (23. – 29.07.), broj svojti ponovno se povećavao 21. dana naseljavanja (01.08.) te je varirao između 30 i 48 svojti do kraja razdoblja istraživanja, kada je ponovno počeo opadati. Najveći udio u broju svojti i tijekom naseljavanja i tijekom sukcesije imala je skupina Peritrichia (Sl. 31). Tijekom ljetno-zimske eksperimentalne serije zabilježeno je šest eukonstantnih svojti (*Coleps* spp., *Ctedoctema acanthocryptum*, *Vorticella campanula*, *Vorticella convallaria*-kompleks, *Vorticella* spp. 1 i *Vorticella* spp. 2) i 12 konstantnih svojti (*Acineta tuberosa*, *Calyptotricha pleuronemoides*, *Cyclidium glaucoma*, *Dendrosoma capitata*, *Epistylis chrysemydis*, *Epistylis plicatilis*, Peritrichia-swarmer, *Pseudochilodonopsis* spp., *Pseudovorticella monilata*, *Pyxicola carteri*, *Stentor roeselii* i *Trochilia minuta*). Utvrđeno je ukupno 17 akcesornih, te 97 akcidentalnih svojti.



Slika 30. Promjene relativnog broja svojti pojedinih skupina trepetljikaša i ukupnog broja svojti trepetljikaša tijekom naseljavanja i sukcesije na umjetnoj podlozi u eksperimentalnoj seriji od proljeća do zime 2010. godine u Sakadaškom jezeru.

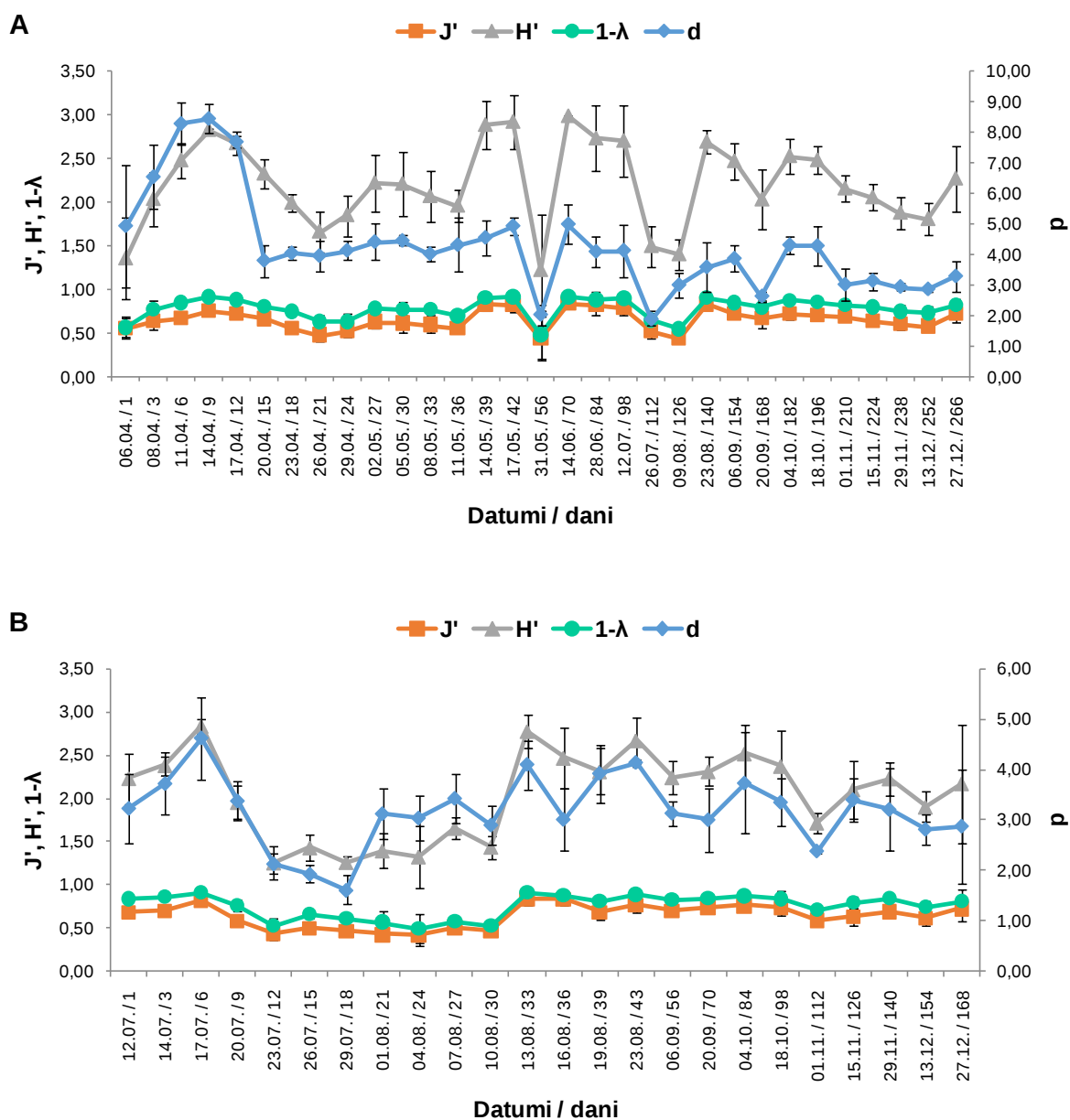


Slika 31. Promjene relativnog broja svojti pojedinih skupina trepetljikaša i ukupnog broja svojti trepetljikaša tijekom naseljavanja i sukcesije na umjetnoj podlozi u eksperimentalnoj seriji od ljeta do zime 2010. godine u Sakadaškom jezeru.

Tijekom proljetno-zimske eksperimentalne serije vrijednosti svih indeksa raznolikosti rasle su s procesom naseljavanja trepetljikaša na čiste umjetne podloge, odnosno u periodu od prvog (06.04.) do devetog dana naseljavanja (14.04.). Tako su se u navedenom periodu vrijednosti Shannon-Weaverovog indeksa raznolikosti (H') kretale od $1,35 \pm 0,47$ do $2,83 \pm 0,02$, vrijednosti Simpsonovog indeksa raznolikosti ($1-\lambda$) od $0,57 \pm 0,11$ do $0,91 \pm 0,04$, Pielouovog indeksa ujednačenosti (J') od $0,55 \pm 0,11$ do $0,75 \pm 0,02$, a Margalefovog indeksa (d) od $4,94 \pm 2,02$ do $8,46 \pm 0,49$. Tijekom daljnjeg naseljavanja u proljetnim uvjetima vrijednosti svih indeksa su opadale te su 21. dana naseljavanja (26.04.) iznosile $1,66 \pm 0,24$ (H'), $0,64 \pm 0,07$ ($1-\lambda$), $0,47 \pm 0,06$ (J') i $3,96 \pm 0,51$ (d). Nakon toga vrijednosti svih indeksa uglavnom su u porastu, a veće vrijednosti ponovno su postignute zadnjeg (42.) dana naseljavanja (17.05.), kada je H' iznosio $2,92 \pm 0,30$, $1-\lambda$ $0,91 \pm 0,04$, a d je iznosio $4,94 \pm 0,30$. Vrijednost J' bila je nešto veća 39. dana naseljavanja (14.05.) te je iznosila $0,83 \pm 0,06$. Tijekom daljnje sukcesije trepetljikaša u perifitonu vrijednosti indeksa znatno su oscilirale. Do značajnijeg opadanja vrijednosti indeksa došlo je 56. dana razvoja zajednice (31.05.) kada su, gledajući cjelokupnu proljetno-zimsku eksperimentalnu seriju, utvrđene najmanje vrijednosti H' ($1,22 \pm 0,64$) i $1-\lambda$ ($0,48 \pm 0,28$). Vrijednosti J' ($0,44 \pm 0,25$) i d ($2,03 \pm 0,33$) također su se znatno smanjile. Do povećanja vrijednosti svih indeksa ponovno je došlo 70. dana razvoja (14.06.): H' je iznosio $2,99 \pm 0,01$, $1-\lambda$ $0,92 \pm 0,01$, J' $0,83 \pm 0,03$, a d je iznosio $5,00 \pm 0,63$. Ovog datuma utvrđene su i najveće vrijednosti H' , $1-\lambda$ i J' tijekom cijele proljetno-zimske serije. Znatno smanjenje vrijednosti svih indeksa zabilježeno je 112. i 126. dana razvoja zajednice (26.07. i 09.08.) ($H' = 1,40 \pm 0,17$, $1-\lambda = 0,55 \pm 0,05$, $J' = 0,44 \pm 0,04$, $d = 1,87 \pm 0,18$), pri čemu su navedene vrijednosti J' i d najmanje zabilježene u cijeloj proljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji. Do povećanja vrijednosti indeksa došlo je 140. dana razvoja (23.08.) ($H' = 2,69 \pm 0,13$, $1-\lambda = 0,91 \pm 0,01$, $J' = 0,83 \pm 0,04$, $d = 3,59 \pm 0,81$), nakon čega su vrijednosti oscilirale do kraja proljetno-zimske serije (266. dana razvoja, 27.12.), bez značajnijeg opadanja ili povećanja (H' od $1,80 \pm 0,18$ do $2,48 \pm 0,16$, $1-\lambda$ od $0,74 \pm 0,07$ do $0,87 \pm 0,02$, J' od $0,58 \pm 0,06$ do $0,72 \pm 0,05$, d od $2,63 \pm 0,17$ do $4,31 \pm 0,30$) (Sl. 32A).

Tijekom ljetno-zimske eksperimentalne serije vrijednosti svih indeksa raznolikosti rasle su od prvog (12.07.) do šestog dana naseljavanja (17.07.). U navedenom periodu vrijednosti Shannon-Weaverovog indeksa raznolikosti (H') kretale su se od $2,23 \pm 0,29$ do $2,83 \pm 0,08$, vrijednosti Simpsonovog indeksa raznolikosti ($1-\lambda$) od $0,83 \pm 0,05$ do $0,90 \pm 0,01$, Pielouovog indeksa ujednačenosti (J') od $0,69 \pm 0,05$ do $0,81 \pm 0,03$, a Margalefovog indeksa (d) od $3,23 \pm 0,68$ do $4,61 \pm 0,82$. Navedene vrijednosti H' i d su najveće zabilježene tijekom cijele ljetno-zimske serije. Tijekom daljnjeg naseljavanja, u razdoblju od devetog do 30. dana (20.07. – 10.08.), došlo je do znatnog opadanja te su utvrđene najmanje vrijednosti svih indeksa za cijelo razdoblje ljetno-zimske eksperimentalne serije ($H' = 1,25 \pm 0,19$, $1-\lambda = 0,49 \pm 0,17$, $J' = 0,41 \pm 0,12$, $d = 1,61 \pm 0,28$). Znatno povećanje vrijednosti svih indeksa zabilježeno je ponovno 33. dana naseljavanja (13.08.), kada su utvrđene maksimalne vrijednosti $1-\lambda$ i J' za cijelu ljetno-zimsku seriju ($H' = 2,77 \pm 0,18$, $1-\lambda = 0,91 \pm 0,01$, $J' = 0,83 \pm 0,07$, $d = 4,09 \pm 0,49$). Do kraja perioda naseljavanja vrijednosti svih indeksa neznatno su oscilirale. Tijekom daljnje sukcesije trepetljikaša u perifitonu, odnosno od 56. do 168. dana razvoja (06.09. – 27.12.) vrijednosti H' varirale su od $1,71 \pm 0,11$ do $2,51 \pm 0,34$, vrijednosti

$1-\lambda$ od $0,71 \pm 0,04$ do $0,87 \pm 0,05$, vrijednosti J' od $0,59 \pm 0,03$ do $0,76 \pm 0,03$, a vrijednosti d od $2,39 \pm 0,05$ do $3,72 \pm 1,00$ (Sl. 32B).

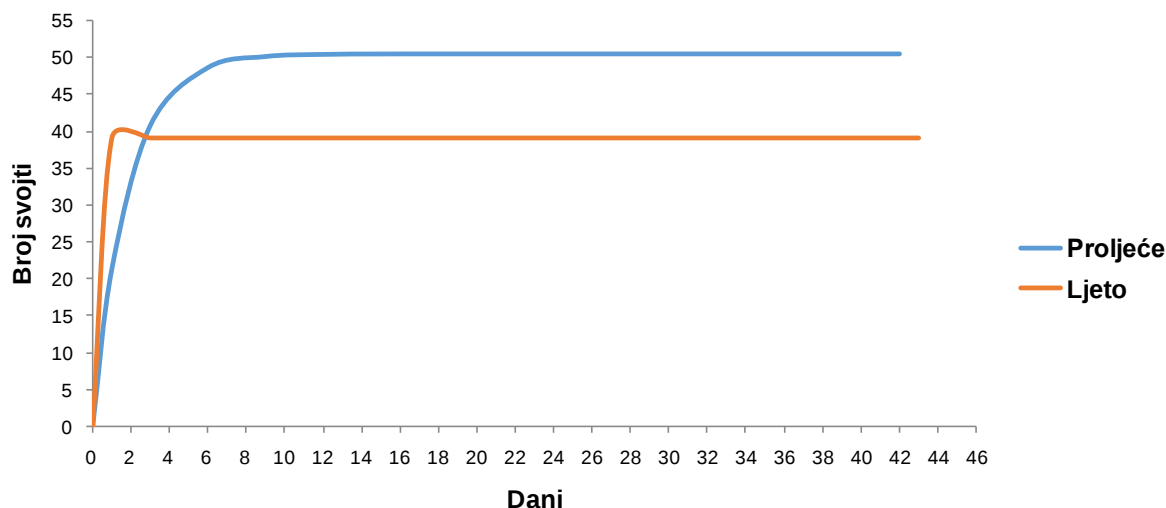


Slika 32. Promjene indeksa raznolikosti tijekom proljetno-zimske (A) i ljetno-zimske eksperimentalne serije (B) 2010. godine u Sakadaškom jezeru (d – Margalefov indeks; J' – Pielouov indeks; H' – Shannon-Weaverov indeks; $1-\lambda$ – Simpsonov indeks).

MacArthur-Wilsonovim ravnotežnim modelom opisano je naseljavanje trepetljikaša na umjetne podloge, a parametri modela procijenjeni su na temelju broja svojti utvrđenih tijekom razvoja zajednice u proljetnom, odnosno ljetnom razdoblju. U Tab. 7. prikazane su vrijednosti procijenjenih parametara modela. Naseljavanje trepetljikaša u proljetnim i ljetnim uvjetima razlikovalo se s obzirom na broj svojti, ali i brzinu naseljavanja (Sl. 33). Naseljavanje se odvijalo vrlo brzo tijekom ljeta, a stabilna zajednica je prema procijenjenim parametrima postignuta već unutar prvog dana razvoja. Tijekom proljeća naseljavanje se odvijalo nešto sporije te je procijenjeno vrijeme za dostizanje 99% od asimptotskog broja svojti iznosilo 8,4 dana.

Tablica 7. Procijenjeni parametri MacArthur-Wilsonovog ravnotežnog modela $S(t) = S_{eq}(1 - e^{-Gt})$ i vrijeme (u danima) potrebno za dostizanje 99% od asimptotskog broja svojti prema modelu i procijenjenim parametrima ($S(t)$ – broj svojti nakon vremena t ; S_{eq} – broj svojti u ravnotežnoj zajednici; G – regresijski koeficijent; R – koeficijent korelacije; t – vrijeme).

	S_{eq}	G	R	% objašnjene varijance	t
Proljeće	50,52	0,55	0,96	92,51%	8,37
Ljeto	39,13	27,03	0,76	58,05%	0,17

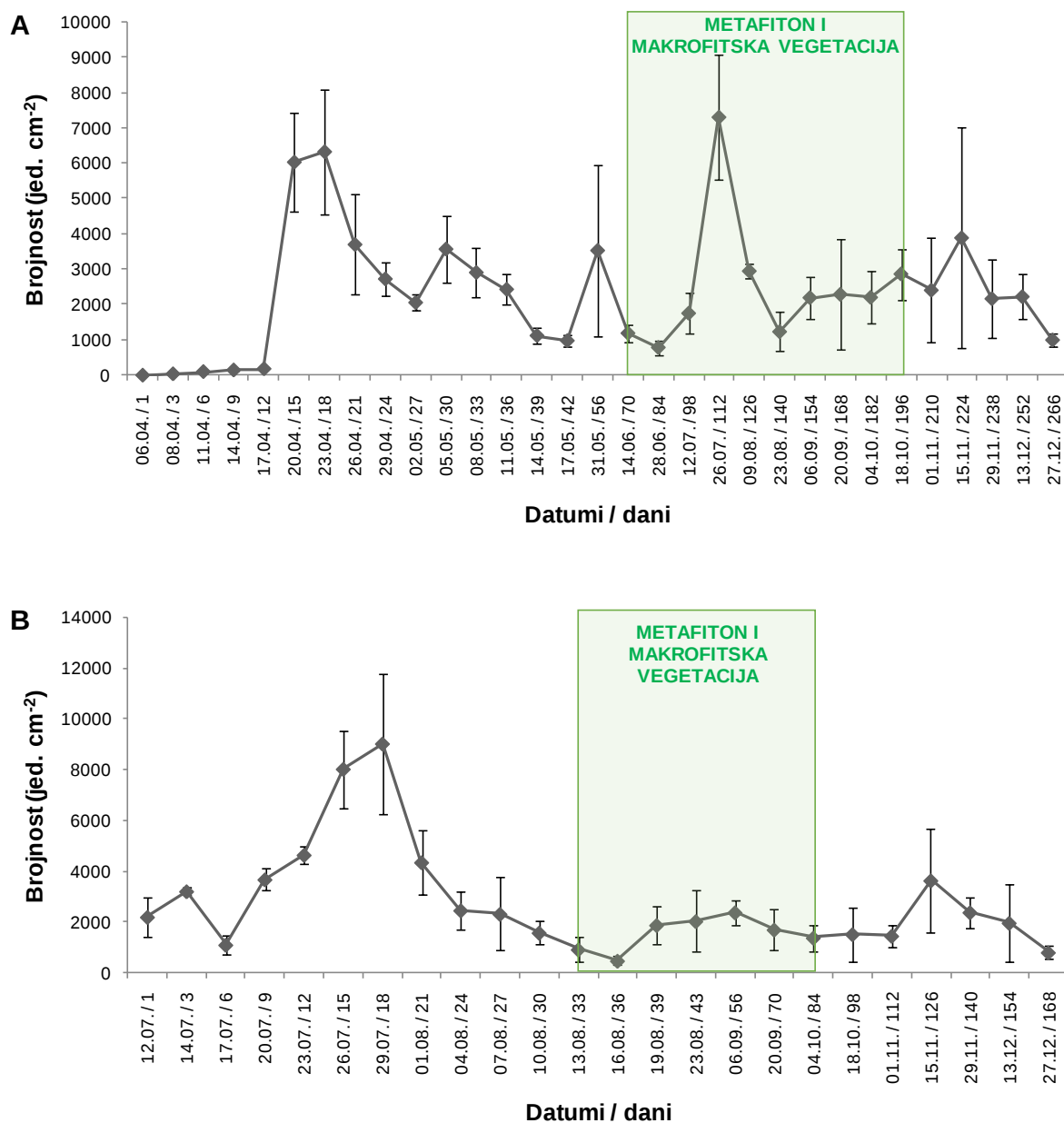


Slika 33. Naseljavanje trepetljikaša prema MacArthur-Wilsonovom ravnotežnom modelu tijekom proljetnog (05.04. – 17.05., odnosno 1. – 42. dan razvoja) i ljetnog razdoblja (11.07. – 23.08., odnosno 1. do 43. dan razvoja) 2010. godine u Sakadaškom jezeru.

Ukupna brojnost trepetljikaša u perifitonu tijekom proljetno-zimske eksperimentalne serije (Sl. 34A) postupno se povećavala od prvog (06.04.) do 12. dana naseljavanja (17.04.) ($8,81 \pm 0,66$ jed. cm^{-2} – $190,45 \pm 35,08$ jed. cm^{-2}). Do naglog povećanja brojnosti došlo je 15. dana naseljavanja, odnosno 20.04. ($6038,35 \pm 1404,13$ jed. cm^{-2}), a nakon 18. dana naseljavanja (23.04.) brojnost se znatno smanjivala sve do zadnjeg (42.) dana naseljavanja (17.05.) kada je iznosila $985,80 \pm 149,79$ jed. cm^{-2} , s manjim povećanjem zabilježenim 30. dana naseljavanja, 05.05. ($3576,88 \pm 931,91$ jed. cm^{-2}). Ponovno povećanje brojnosti utvrđeno je 56. dana razvoja zajednice (31.05.) ($3538,42 \pm 2423,32$ jed. cm^{-2}), nakon čega se brojnost smanjivala, a 112. dana razvoja (26.07.) zabilježena je maksimalna vrijednost u proljetno-zimskoj seriji ($7309,63 \pm 1768,44$ jed. cm^{-2}). Od 126. dana razvoja (09.08.) ukupna brojnost se smanjivala sve do 140. dana (23.08.) ($1238,85 \pm 557,67$ jed. cm^{-2}), a zatim se povećavala do 224. dana razvoja (15.11.) ($3894,69 \pm 3119,56$ jed. cm^{-2}). Nakon toga brojnost se ponovno smanjivala sve do kraja eksperimentalne serije, odnosno 266. dana razvoja (27.12.) ($1004,04 \pm 201,90$ jed. cm^{-2}).

Na početku naseljavanja trepetljikaša na čiste podloge u ljetnim uvjetima utvrđene su znatno veće vrijednosti ukupne brojnosti u odnosu na isti period naseljavanja u proljetnim uvjetima (Sl. 34B). Tako je već prvog dana naseljavanja (12.07.) brojnost iznosila $2212,52 \pm 755,72$ jed. cm^{-2} , a šestog dana (17.07.) zabilježeno je njeno smanjenje na $1115,37 \pm 390,43$ jed. cm^{-2} . Nakon toga je došlo do značajnog povećanja ukupnog broja jedinki trepetljikaša sve do 18. dana naseljavanja (29.07.), kada je zabilježena maksimalna vrijednost za cijelu ljetno-zimsku seriju ($9040,37 \pm 2770,09$ jed. cm^{-2}). Od 21. dana naseljavanja (01.08.) brojnost se smanjivala sve do 36. dana (16.08.), kada je utvrđena najmanja vrijednost za cijelu seriju ($487,85 \pm 173,30$ jed. cm^{-2}). Neznatno povećanje brojnosti ustanovljeno je 39. dana naseljavanja (19.08.), a nešto veća brojnost utvrđena je 126. dana razvoja zajednice (15.11.) ($3649,75 \pm 2025,04$ jed. cm^{-2}). Nakon toga brojnost se smanjivala sve do kraja ljetno-zimske eksperimentalne serije (168. dana razvoja, odnosno 27.12.) ($817,80 \pm 244,60$ jed. cm^{-2}).

Tijekom proljetno-zimske eksperimentalne serije najmanja ukupna brojnost trepetljikaša u perifitonu utvrđena je prvog dana naseljavanja (06.04.) ($8,81 \pm 0,66$ jed. cm^{-2}), dok je u ljetno-zimskoj seriji ustanovljena 36. dana naseljavanja (16.08.) ($487,85 \pm 173,30$ jed. cm^{-2}). Ukupna brojnost imala je znatno veće vrijednosti tijekom inicijalnog naseljavanja u ljetnim uvjetima, u odnosu na proljetno razdoblje. Najveća ukupna brojnost zabilježena je 112. dana razvoja u proljetno-zimskoj seriji (26.07.) ($7309,63 \pm 1768,44$ jed. cm^{-2}), a u ljetno-zimskoj seriji 18. dana naseljavanja (29.07.) ($9040,37 \pm 2770,09$ jed. cm^{-2}), dakle u istim sezonskim uvjetima.

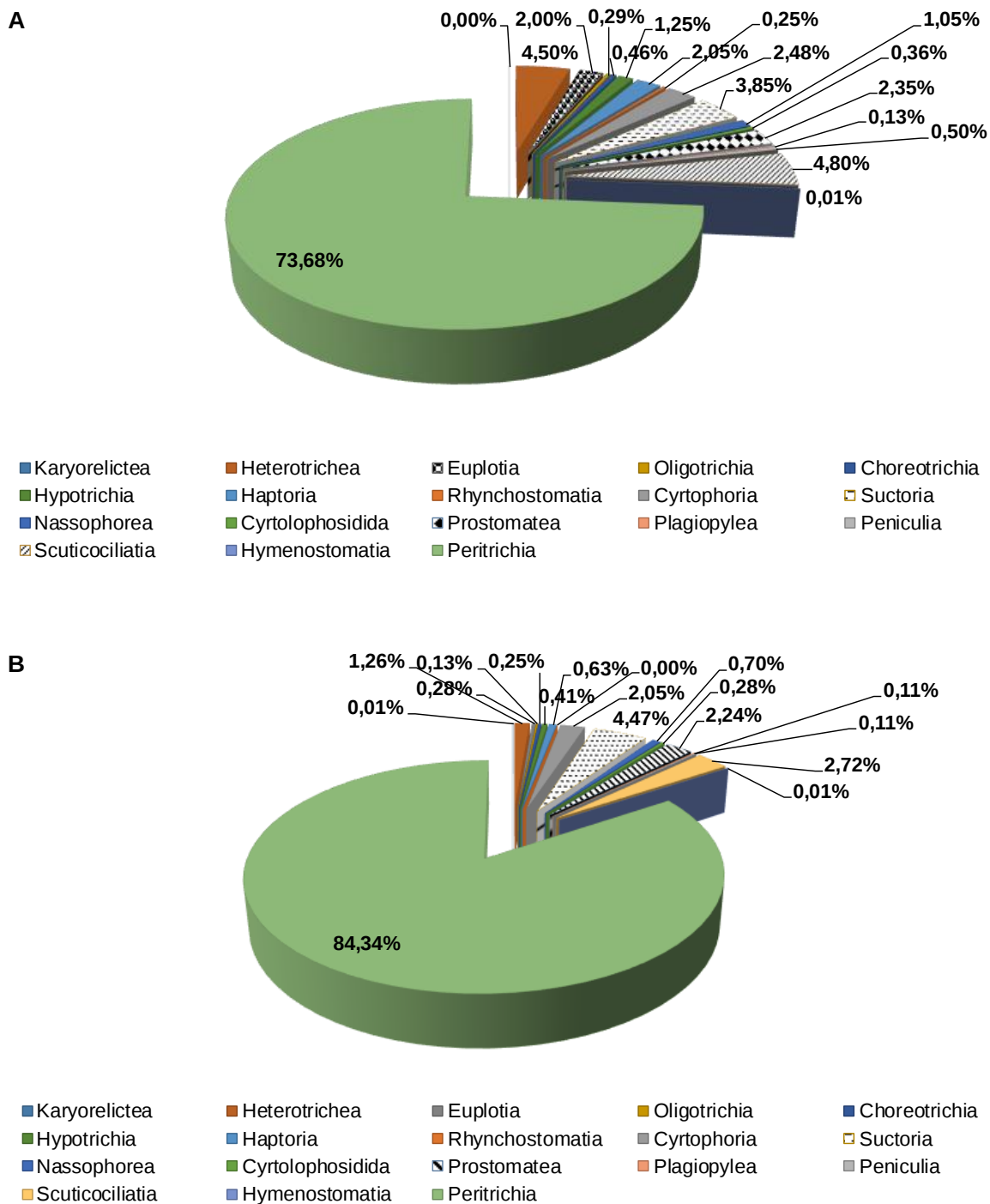


Slika 34. Promjene ukupne brojnosti trepetljikaša u perifitonu tijekom proljetno-zimske (A) i ljetno-zimske eksperimentalne serije (B) 2010. godine u Sakadaškom jezeru. Označena su razdoblja prisutnosti metafitona i makrofitske vegetacije na istraživanoj postaji.

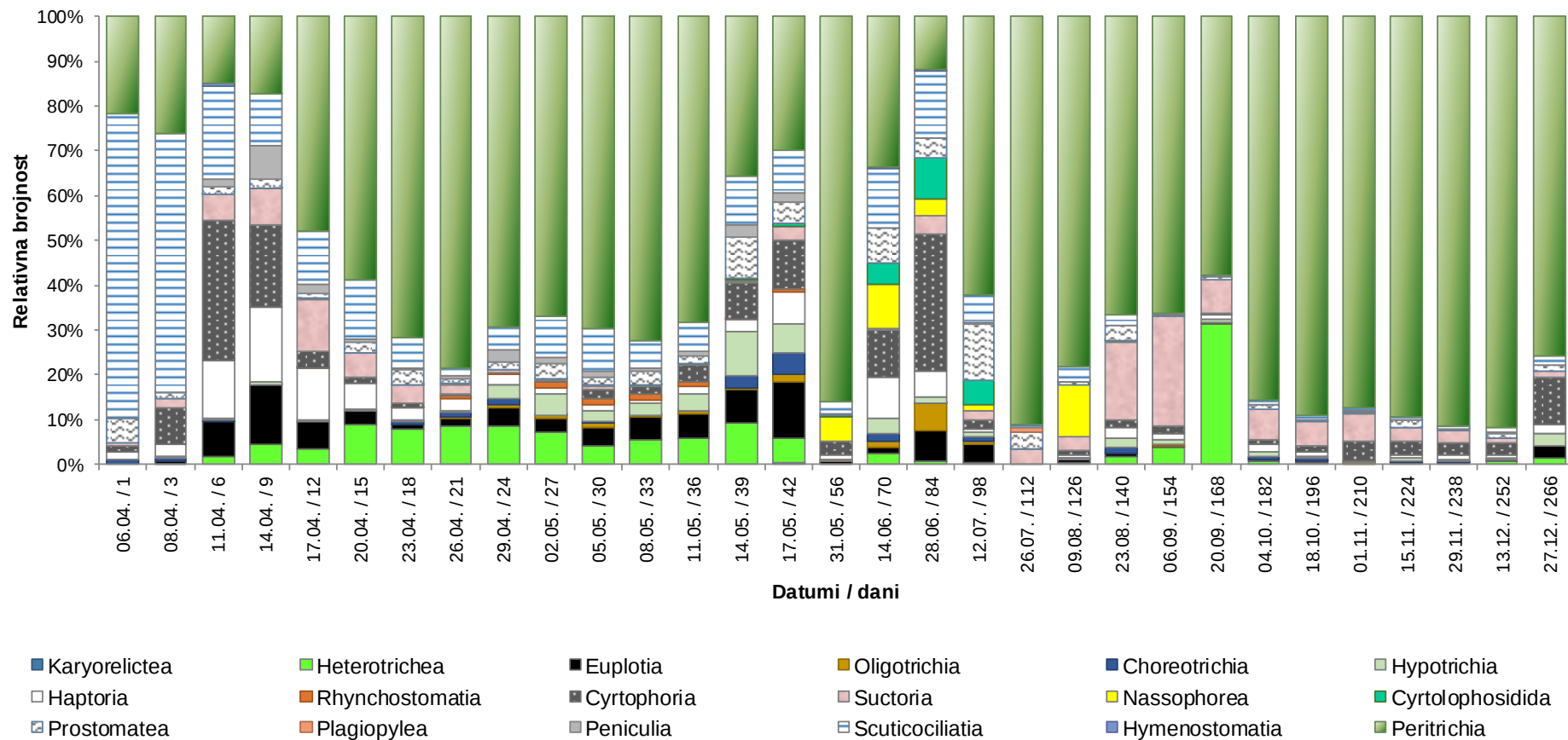
Tijekom obje eksperimentalne serije u perifitonu su dominirali trepetljikaši iz skupine Peritrichia, na što ukazuje i prosječna brojnost izračunata za svaku skupinu za cjelokupno razdoblje eksperimentalnih serija (Sl. 35). U eksperimentalnom razdoblju od proljeća do zime skupina Peritrichia imala je udio od čak 73,68% u prosječnoj brojnosti, skupina Scuticociliatia 4,80%, skupina Heterotrichea 4,50%, a skupina Suctoria udio od 3,85%. Ostale skupine imale su udio od oko 2% ili manji (Sl. 35A). U ljetno-zimskoj seriji skupina Peritrichia imala je udio od 84,34% u prosječnoj brojnosti, skupina Suctoria udio od 4,47%, a sve ostale skupine imale su udio oko 3% ili manji (Sl. 35B).

Na Sl. 36 i 37 prikazane su promjene relativnog udjela pojedinih skupina trepetljikaša u ukupnoj brojnosti tijekom naseljavanja i daljnje sukcesije u perifitonu u obje eksperimentalne serije. Tijekom inicijalnog naseljavanja u proljeće, točnije prvog (06.04.) i trećeg dana (08.04.), najbrojniji su bili trepetljikaši iz skupine Scuticociliatia, a osim njih brojni su bili i predstavnici Peritrichia. Trećeg dana došlo je do povećanja brojnosti trepetljikaša iz skupine Cyrtophoria, koji su postali dominantni šestog (11.04.) i devetog dana naseljavanja (14.04.). Uz njih, još uvijek su najveći udio u brojnosti imale skupine Scuticociliatia i Peritrichia, ali povećala se brojnost i drugih skupina (Haptoria, Euplotia i Suctoria). Od 12. dana (17.04.) pa sve do kraja perioda u kojem je praćeno naseljavanje (42. dan, 17.05.) u perifitonu su najbrojniji bili predstavnici skupine Peritrichia. Uočava se i povećanje brojnosti skupine Heterotrichea, a i dalje su bili brojni predstavnici Scuticociliatia. Osim ovih skupina, 39. i 42. dana naseljavanja nešto veći udio u brojnosti imale su i skupine Prostomatea, Cyrtophoria, Hypotrichia i Euplotia. Tijekom daljnje sukcesije trepetljikaša na umjetnim staklenim podlogama najbrojniji su bili predstavnici skupine Peritrichia. Do ponovnog povećanja udjela trepetljikaša iz drugih skupina došlo je 70. dana razvoja zajednice, odnosno 14.06. (Scuticociliatia, Prostomatea, Nassophorea, Cyrtophoria i Haptoria), kao i 84. dana razvoja zajednice (28.06.), kada su dominantnost preuzeli predstavnici skupine Cyrtophoria. Nadalje, uz skupinu Peritrichia kao najbrojniju, uočava se povećanje udjela skupine Prostomatea u ukupnoj brojnosti 98. dana (12.07.), skupine Nassophorea 126. dana (09.08.), skupine Suctoria 140. (23.08.) i 154. dana (06.09.), skupine Heterotrichea 168. dana (20.09.) te skupine Cyrtophoria 266. dana razvoja (27.12.) (Sl. 36).

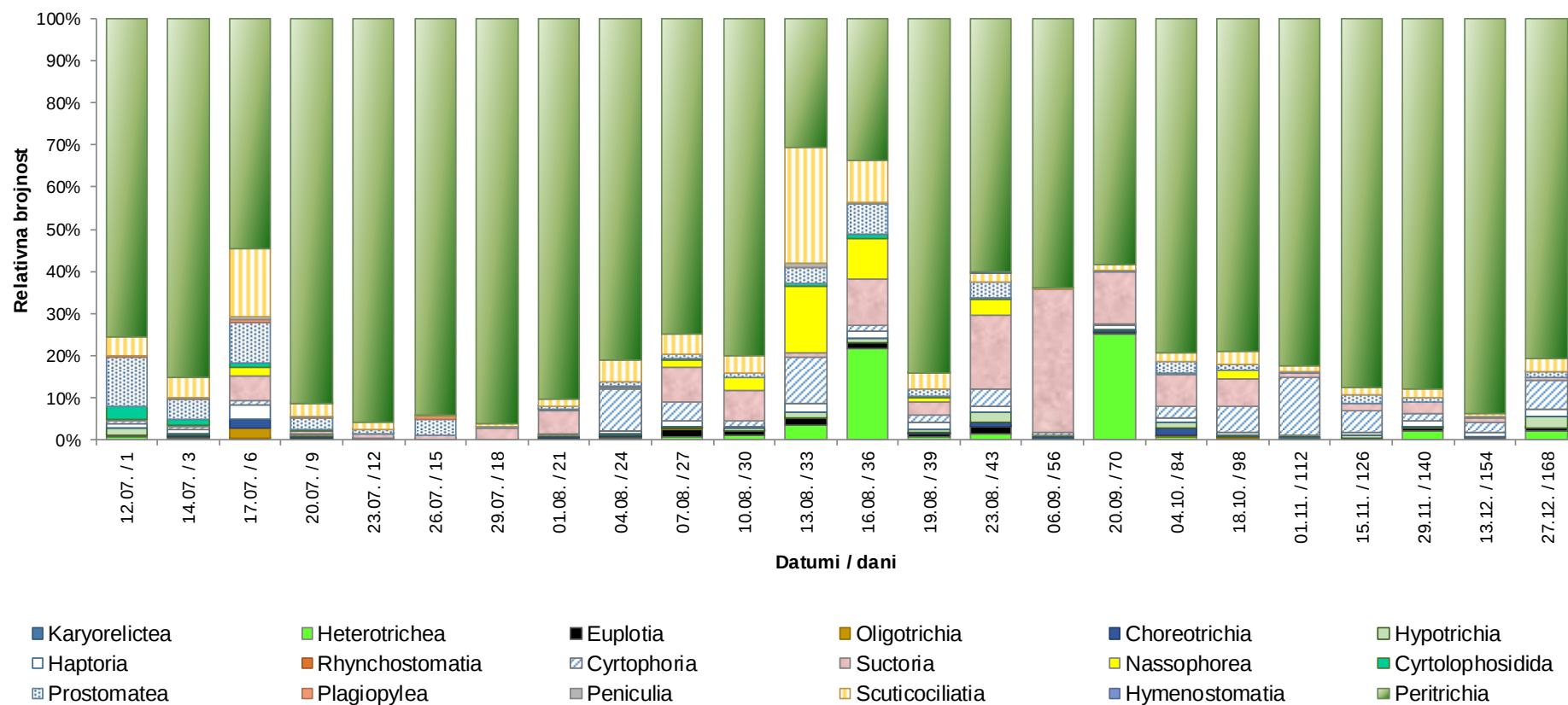
U ljetno-zimskoj seriji i tijekom naseljavanja i sukcesije najveći udio u ukupnoj brojnosti imali su trepetljikaši iz skupine Peritrichia. Tijekom inicijalnog naseljavanja, odnosno prvog (12.07.), trećeg (14.07.) i šestog dana naseljavanja (17.07.), uočava se i nešto veći udio skupina Prostomatea i Scuticociliatia u ukupnoj brojnosti. Skupine Scuticociliatia, Nassophorea i Cyrtophoria bile su brojne, pored skupine Peritrichia, 33. dana naseljavanja (13.08.), a skupine Scuticociliatia, Prostomatea, Nassophorea, Suctoria i Heterotrichea 36. dana naseljavanja (16.08.). Udio skupine Suctoria u ukupnoj brojnosti povećao se 43. dana naseljavanja (23.08.) i 56. dana razvoja zajednice (06.09.), a 70. dana razvoja (20.09.), pored Suctoria, povećala se i brojnost predstavnika skupine Heterotrichea. Prema završetku ljetno-zimske serije povećao se udio skupine Cyrtophoria u ukupnoj brojnosti (Sl. 37).



Slika 35. Relativni udio pojedinih skupina trepetljikaša u perifitonu obzirom na prosječnu brojnost za cjelokupno eksperimentalno razdoblje od proljeća do zime (A) te cjelokupno razdoblje od ljeta do zime (B) 2010. godine u Sakadaškom jezeru.



Slika 36. Promjene relativnog udjela pojedinih skupina trepetljikaša obzirom na brojnost tijekom naseljavanja i sukcesije na umjetnoj podlozi u eksperimentalnoj seriji od proljeća do zime 2010. godine u Sakadaškom jezeru.



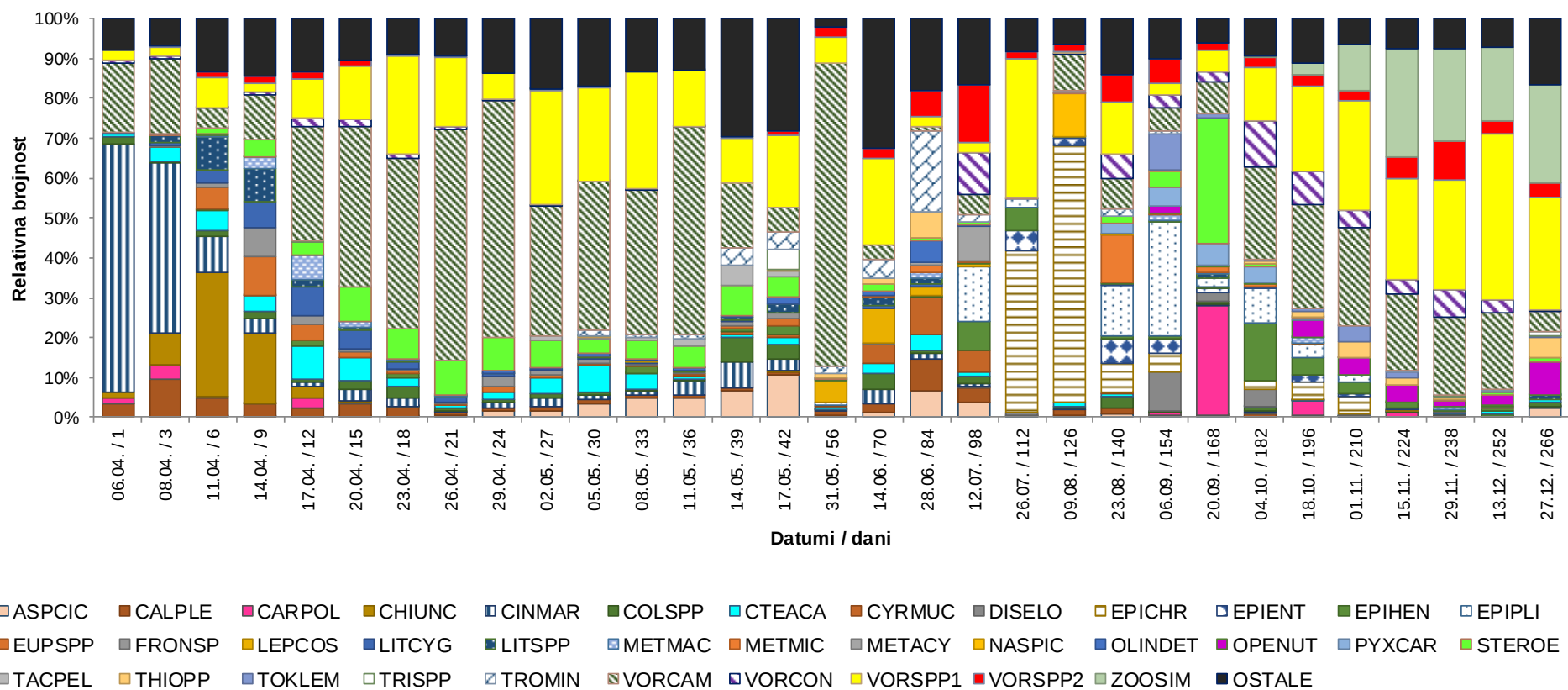
Slika 37. Promjene relativnog udjela pojedinih skupina trepetljikaša obzirom na brojnost tijekom naseljavanja i sukcesije na umjetnoj podlozi u eksperimentalnoj seriji od ljeta do zime 2010. godine u Sakadaškom jezeru.

Na Sl. 38 i 39 prikazan je relativni udio dominantnih svojti trepetljikaša u ukupnoj brojnosti tijekom naseljavanja i sukcesije na umjetnoj podlozi. U proljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji zabilježeno je 36 dominantnih svojti, pri čemu većina njih pripada skupini Peritrichia. Na samom početku naseljavanja najveći udio u brojnosti imala je vrsta *Cinetochilum margaritaceum* iz skupine Scuticociliatia (62% prvog i 43% trećeg dana), a također je velik udio imala i *Vorticella campanula* iz skupine Peritrichia (17% prvog, a 19% trećeg dana). Uz ove dvije vrste dominantne su bile i vrste *Calyptotricha pleuronemoides* (Scuticociliatia) i *Chilodonella uncinata* (Cyrtophoria). *Chilodonella uncinata* imala je najveći udio u brojnosti šestog (31%) i devetog dana naseljavanja (18%), a pored nje dominantne su bile i vrste roda *Vorticella*, *Cinetochilum margaritaceum* i *Ctedoctema acanthocryptum* (Scuticociliatia), *Euplotes* spp. (Euplotia), *Frontonia* sp. (Peniculia) te vrste roda *Litonotus* (Haptoria). Od 12. do 42. dana naseljavanja u perifitonu su dominirale vrste roda *Vorticella* (*Vorticella campanula* i *Vorticella* spp. 1 – *V. convallaria*-kompleks i *V. picta*), zatim *Stentor roeselii* (Heterotrichea), a uz njih su povremeno bile dominantne i svojte *Ctedoctema acanthocryptum*, *Litonotus cygnus*, *Metacinetica macrocaulis* (Suctoria), *Aspidisca cicada* (Euplotia), *Cinetochilum margaritaceum*, *Coleps* spp. (Prostomatea), *Tachysoma pellionellum* (Hypotrichia) i *Trithigmostoma* spp. (Cyrtophoria). *Vorticella campanula* dominirala je u perifitonu 56. dana razvoja (31.05.), kada je činila ukupno 76% ukupnog broja jedinki trepetljikaša, a veću brojnost imale su i svojte *Vorticella* spp. 1 i *Leptopharynx costatus* (Nassophorea). U periodu od 70. do 98. dana razvoja (14.06. – 12.07.) najveći udio u brojnosti imale su vrste roda *Vorticella*, a brojni su bili i *Leptopharynx costatus*, *Trochilia minuta* (Cyrtophoria), *Aspidisca cicada*, *Calyptotricha pleuronemoides*, *Cyrtolophosis mucicola* (Cyrtolophosidida), *Epistylis hentscheli* i *E. plicatilis* (Peritrichia), *Metacystis* sp. (Prostomatea), *Oligotrichia* non det. i *Thigmogaster oppositevacuolatus* (Cyrtophoria). Trepetljikaši iz skupine Peritrichia bili su dominantni 112. (26.07.) i 126. dana razvoja perifitona (09.08.). Najveći udio u ukupnoj brojnosti imala je kolonijalna vrsta *Epistylis chrysemydis* (41% i 64%), *Vorticella* spp. 1 imala je udio od 35%, *V. campanula* 9%, a *Epistylis hentscheli* 6%. *Nassula picta* iz skupine Nassophorea bila je također dominantna vrsta u perifitonu 126. dana razvoja (09.08.) sa udjelom od 11% u ukupnoj brojnosti. Svojte iz skupine Peritrichia (kolonijalne vrste roda *Epistylis* s najbrojnjim predstavnikom *E. plicatilis* (udio 13% i 29%) te vrste roda *Vorticella* (udio 6 – 13%)) i skupine Suctoria (*Discophrya elongata* (udio 10%), *Metacinetica micraster* (udio 12%) i *Tokophrya lemnae* (udio 9%)) bile su dominantne u obraštaju 140. (23.08.) i 154. dana razvoja (06.09.). Od 168. do 266. dana razvoja (20.09. – 27.12.) u perifitonu su dominirali gotovo isključivo predstavnici skupine Peritrichia, uključujući solitarne predstavnike roda *Vorticella* i vrstu *Pyxicola carteri* te kolonijalne vrste *Carchesium polypinum*, *Epistylis hentscheli*, *E. plicatilis*, *Opercularia nutans* i *Zoothamnium simplex*, koji je bio karakterističan za razdoblje od početka studenog do kraja prosinca. Iznimka je 168. dan razvoja (20.09.) kada je veliki udio u brojnosti imala i vrsta *Stentor roeselii* (udio 31%) te 266. dan razvoja (27.12.) kada je vrsta *Thigmogaster oppositevacuolatus* bila nešto brojnija (udio 5,04%) (Sl. 38).

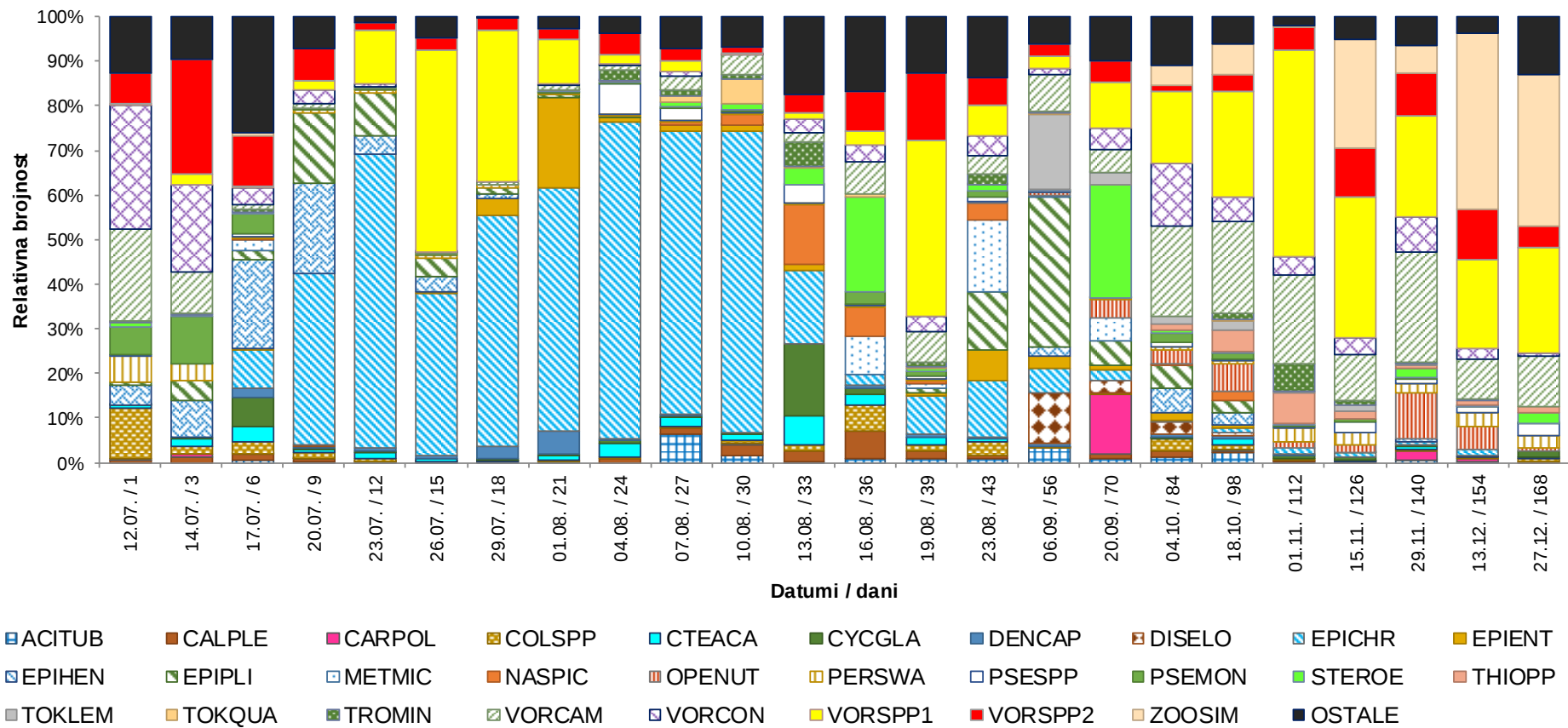
U ljetno-zimskoj seriji utvrđeno je 28 dominantnih svojti, a većinu njih također ubrajamo u skupinu Peritrichia. Predstavnici ove skupine bili su dominantni u perifitonu na samom početku naseljavanja na umjetne podloge, odnosno prvog, trećeg i šestog dana. Najbrojnije su

bile vrste roda *Vorticella* (*V. campanula*, *V. convallaria*-kompleks i *V. spp. 2* – *V. aquadulcis*-kompleks i *V. octava*-kompleks) s udjelom i do 28%, zatim vrste roda *Epistylis* (*E. chrysemydis* i *E. hentscheli*) s udjelom do 20%, *Pseudovorticella monilata* (udio do 10%) te pokretni razvojni stadij peritrihnih trepetljikaša (*Peritrichia*-swarmer) s udjelom od 6%. *Coleps* spp. bio je također dominantna svojta prvog dana naseljavanja (udio 11%), a *Cyclidium glaucoma* (*Scuticociliatia*) trećeg dana naseljavanja (udio 6%). Od devetog do 30. dana naseljavanja (20.07. – 10.08.) u perifitonu je dominirala vrsta *Epistylis chrysemydis* s udjelom u ukupnoj brojnosti od 36% do 71%. U ovom periodu također su bile brojne i druge vrste roda *Epistylis* (*E. entzii*, *E. hentscheli* i *E. plicatilis*), zatim *Vorticella* spp., predstavnici skupine Suctorina (*Acineta tuberosa*, *Dendrosoma capitata* i *Tokophrya quadripartita*) te *Pseudochilodonopsis* spp. (*Cyrtophoria*). U razdoblju od 33. do 43. dana naseljavanja (13.08. – 23.08.), pored trepetljikaša iz supine *Peritrichia* (vrste rodova *Vorticella* i *Epistylis*), u perifitonu dominiraju i vrsta *Stentor roeselii* (udio od 22% zabilježen 36. dana naseljavanja) te predstavnici skupina *Scuticociliatia* (*Calypotricha pleuronemoides*, *Ctedoctema acanthocryptum* i *Cyclidium glaucoma*), Suctorina (*Metacineta micraster*), Nassophorea (*Nassula picta*), Prostomatea (*Coleps* spp.) i *Cyrtophoria* (*Trochilia minuta*). Vrste *Epistylis chrysemydis* i *E. plicatilis* (*Peritrichia*) (ukupni udio 40%) su zajedno s vrstama *Discophrya elongata* i *Tokophrya lemnae* (Suctorina) (ukupni udio 28%) bile dominantne u perifitonu 56. dana razvoja (06.09.). Trepetljikaši iz skupine *Peritrichia* bili su i dalje dominantni 70. dana razvoja perifitona (20.09.), s dominantnim svojatama *Vorticella* spp., *Carchesium polypinum* i *Epistylis plicatilis* te su imali ukupni udio 34%. Vrsta *Stentor roeselii* također je imala znatan udio u brojnosti (25%). U periodu od 84. do 168. dana razvoja (04.10. – 27.12.) u zajednici su bili dominantni predstavnici skupine *Peritrichia*, posebno različite vrste roda *Vorticella* te vrsta *Zoothamnium simplex*, a uz njih su zabilježene i vrste *Epistylis hentscheli*, *E. plicatilis* i *Opercularia nutans* kao dominantne. Vrste *Thigmogaster oppositovacuolatus* i *Trochilia minuta* imale su značajniji udio u ukupnoj brojnosti 112. dana razvoja (01.11.) (Sl. 39).

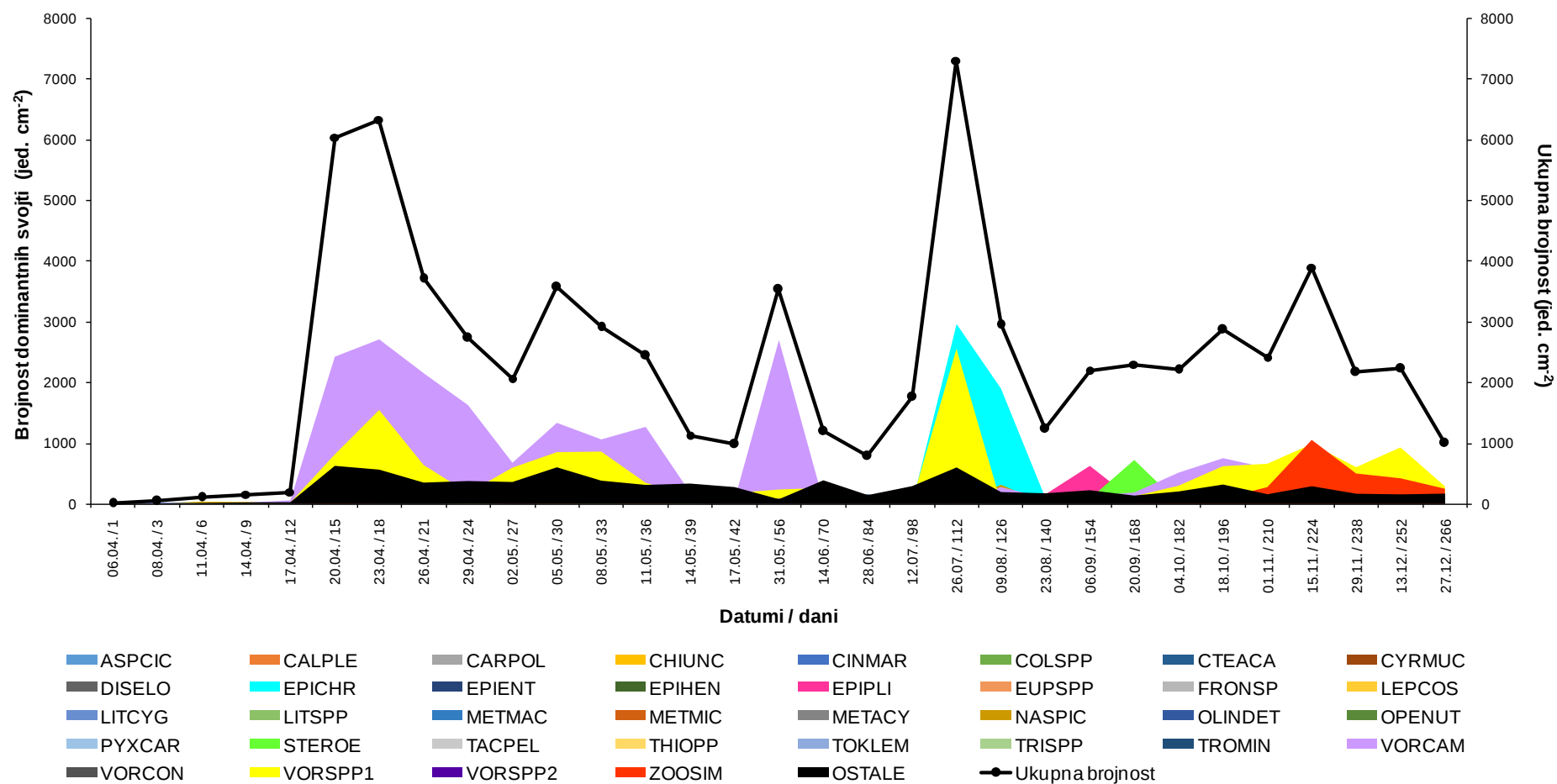
Na Sl. 40 i 41 prikazane su promjene brojnosti dominantnih svojti te promjene ukupne brojnosti trepetljikaša tijekom pojedine eksperimentalne serije. Ukupna brojnost je u oba slučaja najvećim dijelom ovisila o brojnosti predstavnika skupine *Peritrichia* (naročito rodova *Vorticella* i *Epistylis*).



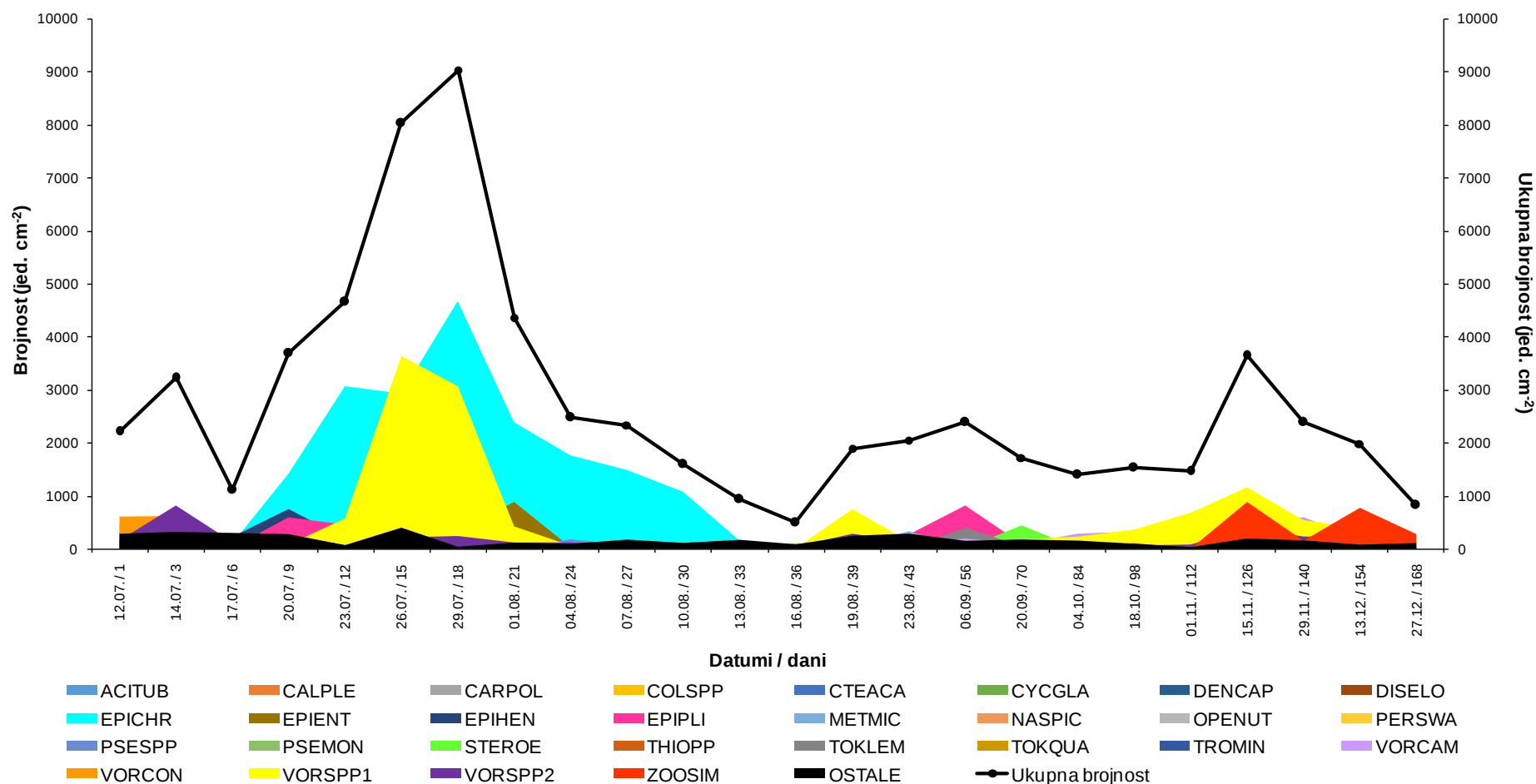
Slika 38. Promjene relativnog udjela dominantnih svojti trepetljikaša obzirom na brojnost tijekom naseljavanja i sukcesije na umjetnoj podlozi u proljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji 2010. godine u Sakadaškom jezeru. Kodovi svojti nalaze se u Tab. 15.



Slika 39. Promjene relativnog udjela dominantnih svojti trepetljikaša obzirom na brojnost tijekom naseljavanja i sukcesije na umjetnoj podlozi u ljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji 2010. godine u Sakadaškom jezeru. Kodovi svojti nalaze se u Tab. 15.



Slika 40. Promjene brojnosti dominantnih svojti trepetljikaša te ukupne brojnosti tijekom naseljavanja i sukcesije na umjetnoj podlozi u proljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji 2010. godine u Sakadaškom jezeru. Kodovi svojti nalaze se u Tab. 15.



Slika 41. Promjene brojnosti dominantnih svojti trepetljikaša te ukupne brojnosti tijekom naseljavanja i sukcesije na umjetnoj podlozi u ljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji 2010. godine u Sakadaškom jezeru. Kodovi svojti nalaze se u Tab. 15.

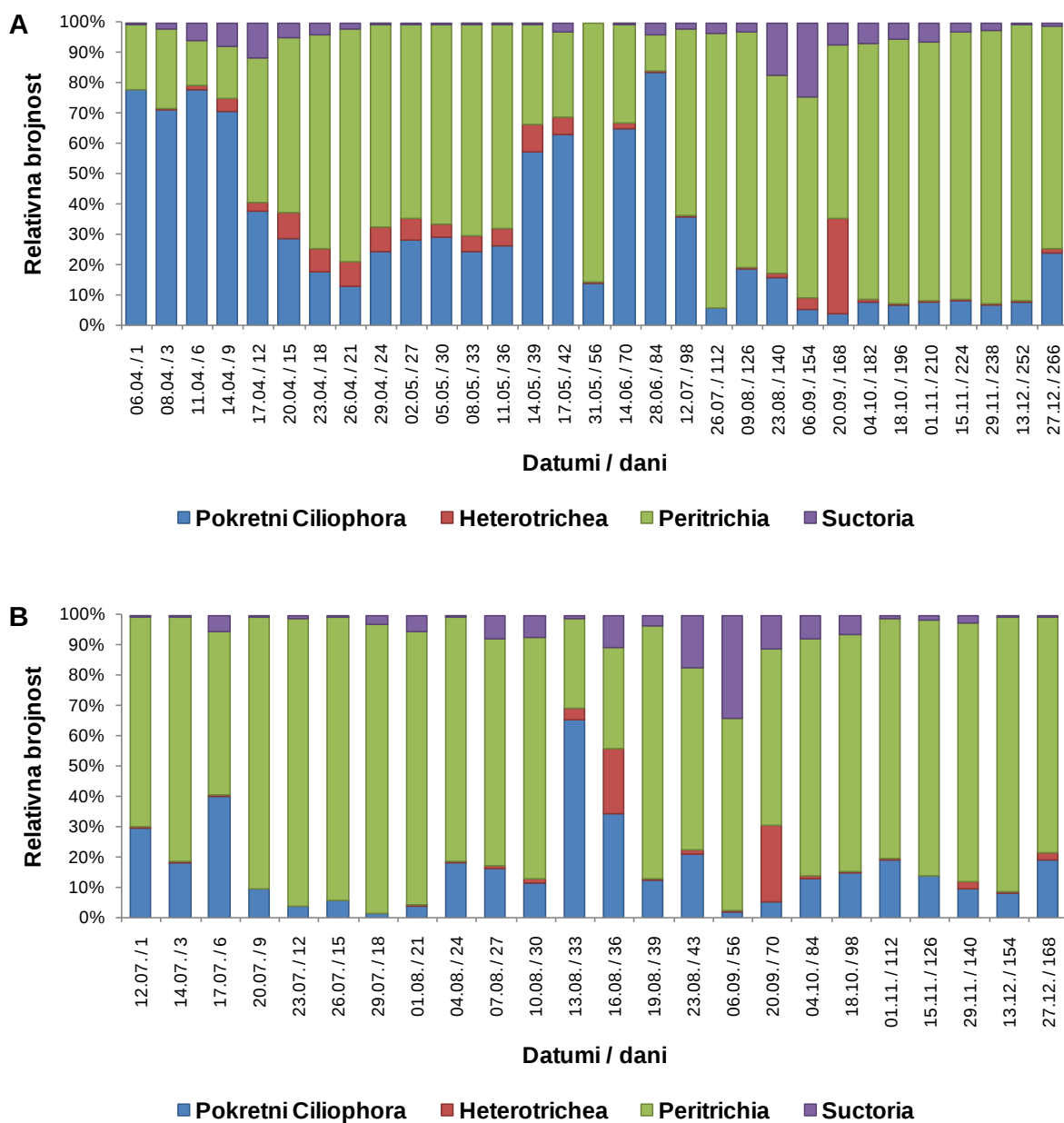
Trepetljikaši su u ovom radu, na temelju sistematike i načina života, podijeljeni u dvije velike skupine – sjedilačke i pokretne trepetljikaše. U sjedilačke trepetljikaše uključene su skupine Peritrichia, Suctoria te vrste roda *Stentor* iz skupine Heterotrichea.

Sjedilački trepetljikaši dominirali su tijekom većeg dijela razdoblja u obje eksperimentalne serije. Suctoria su se naselili na podloge već unutar prvog dana razvoja zajednice u proljeće te im je brojnost rasla sve do 12. dana, nakon čega je počela opadati. Najveći udio u ukupnoj brojnosti imali su u starijoj zajednici, tijekom kasnog ljeta, odnosno početkom jeseni (23.08. i 06.09.). Sjedilački Heterotrichea bili su prisutni tijekom naseljavanja u proljeće, ali nisu imali značajniji udio u ukupnoj brojnosti. Njihov najveći udio u brojnosti zabilježen je u jesenskom periodu proljetno-zimske serije (168. dana razvoja, odnosno 20.09.). Peritrichia su imali najveći udio u brojnosti tijekom većeg dijela proljetno-zimske serije, odnosno tijekom naseljavanja od 12. do 36. dana, zatim 56. dana razvoja (31.05.) te od 98. dana (12.07.) do kraja istraživanja u prosincu. Pokretni trepetljikaši imali su veći udio u ukupnoj brojnosti tijekom inicijalnog naseljavanja (prvih devet dana) u proljeće te na kraju perioda praćenja proljetnog naseljavanja (39. i 42. dana). Također su imali veći udio u brojnosti 70. (14.06.) i 84. dana razvoja zajednice (28.06.) (Sl. 42A).

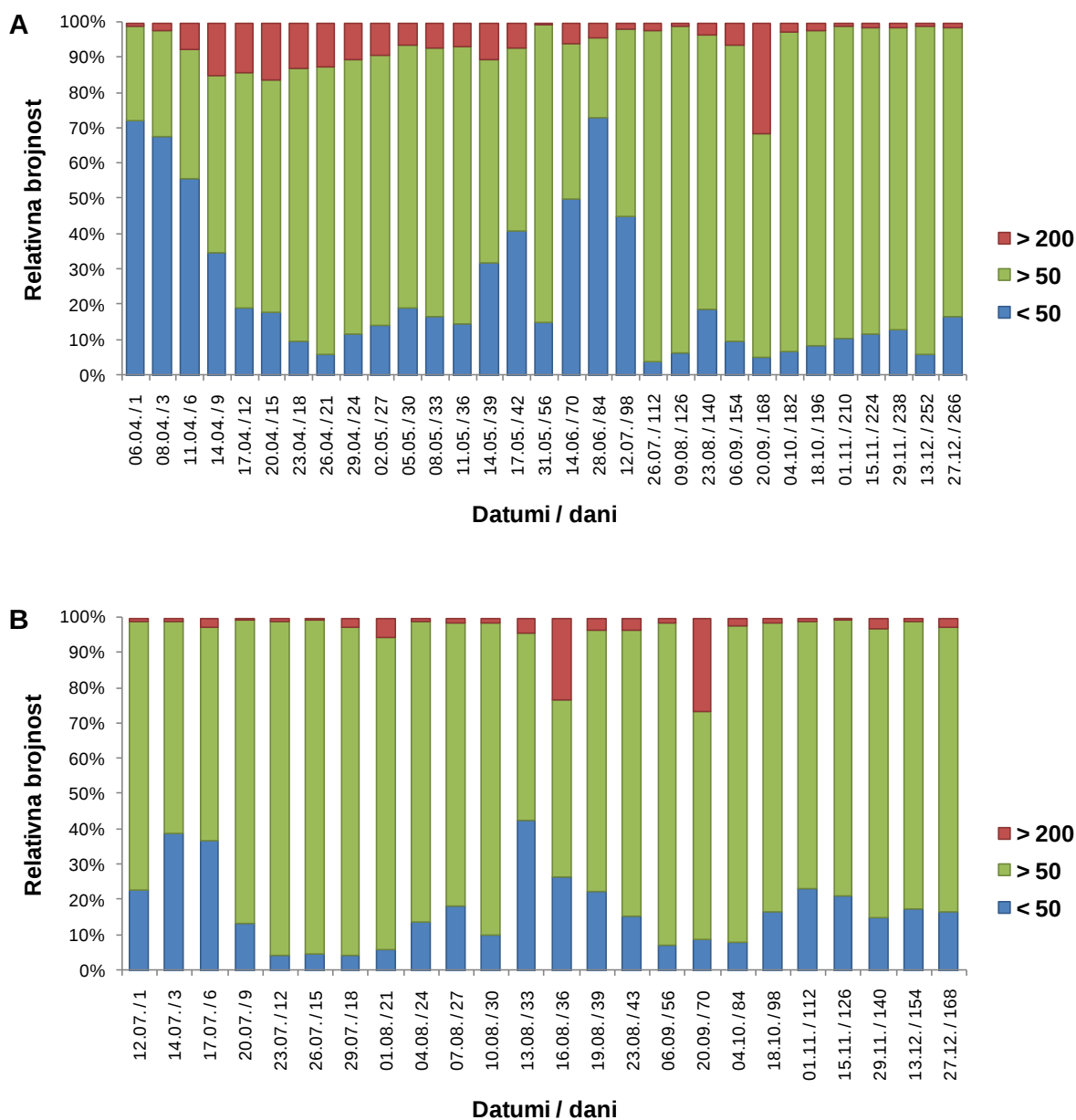
Sjedilački trepetljikaši dominirali su i tijekom većeg dijela ljetno-zimske eksperimentalne serije, pri čemu su najveću brojnost imali Peritrichia (Sl. 42B). Udio Suctoria u ukupnoj brojnosti povećao se krajem razdoblja u kojem je praćeno naseljavanje (od 27. dana), a najveći udio ove skupine utvrđen je 23.08. i 06.09., što se poklapa s rezultatima za proljetno-zimsku seriju. Sjedilački Heterotrichea bili su najzastupljeniji u uzorcima 36. dana naseljavanja (16.08.) te 70. dana razvoja zajednice (20.09.). Pokretni trepetljikaši imali su nešto veći udio u ukupnoj brojnosti tijekom inicijalnog naseljavanja (prvih šest dana), a njihov najveći udio zabilježen je 33. dana naseljavanja (13.08.).

Trepetljikaši su razvrstani u tri veličinska razreda: male svojte veličine $< 50 \mu\text{m}$, svojte srednje veličine s veličinom $> 50 \mu\text{m}$ ($50 - 200 \mu\text{m}$) i velike svojte veličine $> 200 \mu\text{m}$. U proljetno-zimskoj seriji svojte manje veličine tijela imale su najveći udio u brojnosti tijekom inicijalnog naseljavanja na podloge (prvih šest dana) te od 70. do 98. dana razvoja zajednice (14.06. – 12.07.). Svojte veličine $50 - 200 \mu\text{m}$ dominirale su tijekom većeg dijela proljetno-zimske serije (od 9. dana naseljavanja do 56. dana razvoja zajednice te od 98. dana razvoja do kraja eksperimentalne serije 27.12.). Velike svojte bile su prisutne tijekom cijelog razdoblja, a najveći udio u brojnosti imale su u starijoj zajednici (168. dana razvoja, odnosno 20.09.) (Sl. 43A).

U ljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji tijekom cijelog razdoblja najveći udio u brojnosti imale su svojte srednje veličine tijela (Sl. 43B). Male svojte imale su značajniji udio u ukupnoj brojnosti na početku ljetnog naseljavanja (od prvog do šestog dana), krajem razdoblja naseljavanja (33. – 39. dana) te u kasnoj jesenskom i zimskom periodu, odnosno krajem razdoblja istraživanja. Velike svojte bile su prisutne tijekom cijelog razdoblja, a najveći udio u brojnosti imale su 36. dana naseljavanja (16.08.) te 70. dana razvoja zajednice (20.09.).



Slika 42. Udio sjedilačkih i pokretnih trepetljikaša u ukupnoj brojnosti tijekom proljetno-zimske (A) i ljetno-zimske eksperimentalne serije (B) 2010. godine u Sakadaškom jezeru.



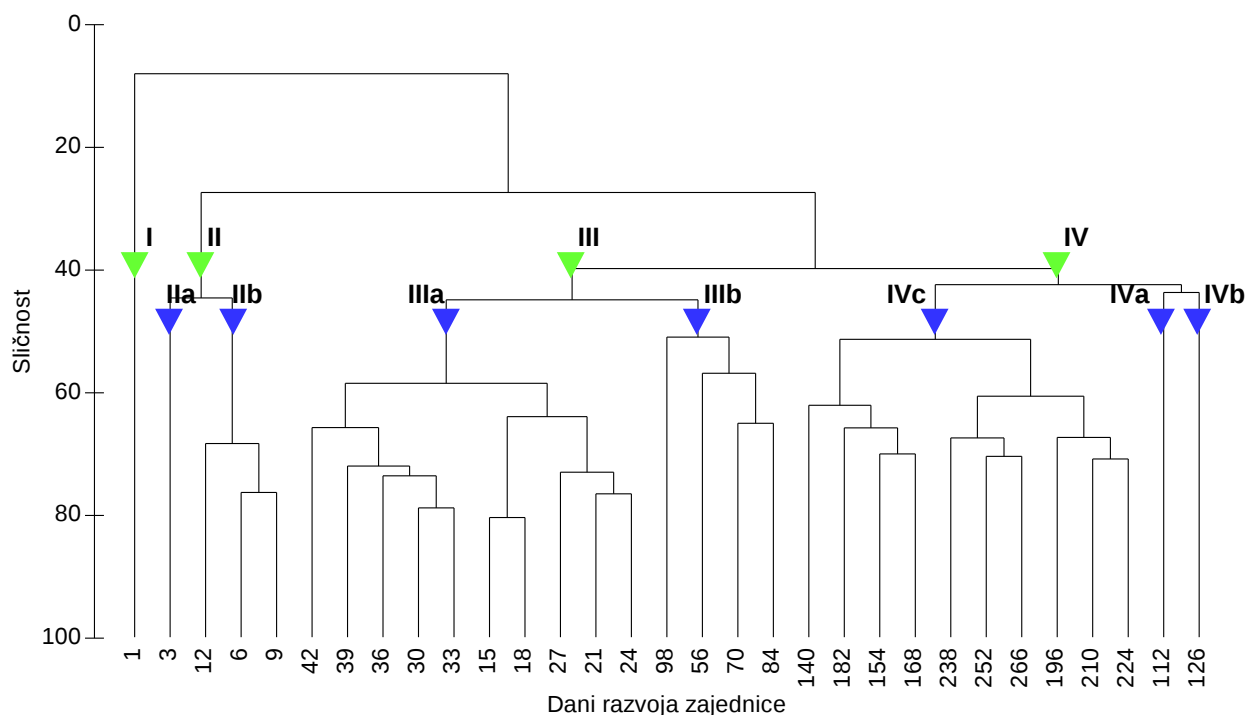
Slika 43. Udio veličinskih kategorija trepetljikaša (u μm) u ukupnoj brojnosti tijekom proljetno-zimske (A) i ljetno-zimske eksperimentalne serije (B) 2010. godine u Sakadaškom jezeru.

4.3.2. Analiza sličnosti zajednica trepetljikaša perifitona

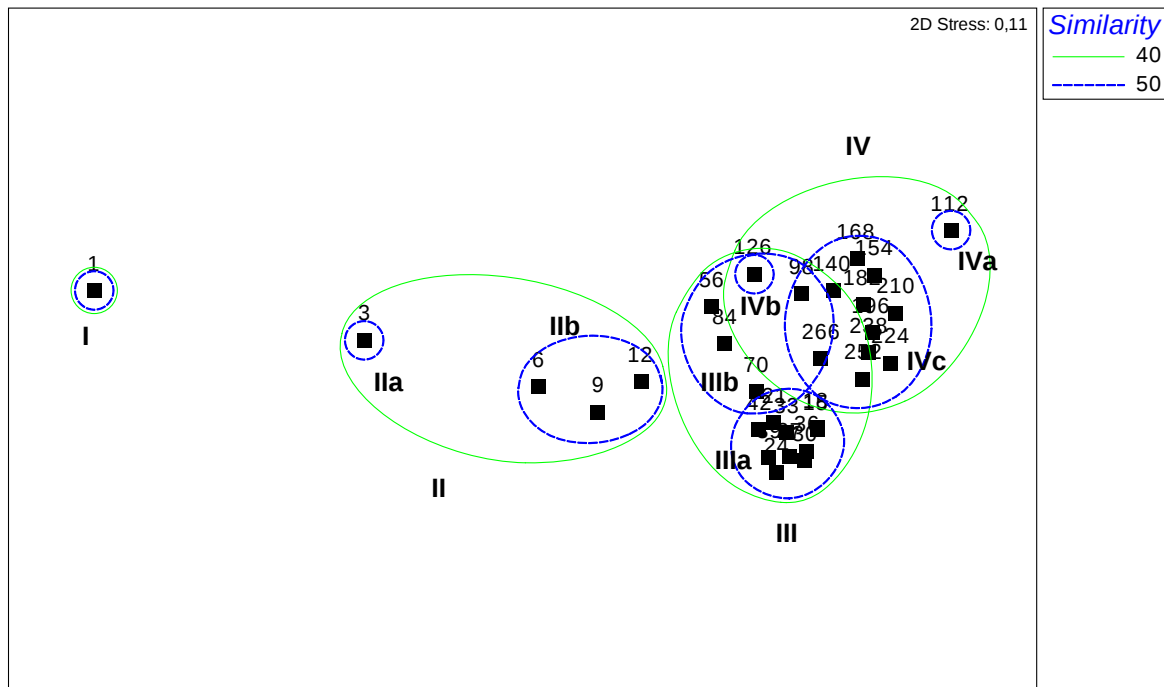
Uzorci su međusobno uspoređeni primjenom hijerarhijske klaster analize i ordinacijskom metodom nemetrijskog višedimenzijskog grupiranja (NMDS), a kao mjera sličnosti korišten je Bray-Curtis koeficijent sličnosti. Analize su provedene na temelju brojnosti pojedine svojte u svakom od tri replikatna uzorka, kao i prosječne brojnosti za sva tri uzorka. Budući da se grupiranje podataka podudaralo za oba slučaja, u ovom radu su, radi bolje preglednosti grafičkih prikaza, prikazani rezultati analiza s obzirom na promjene prosječne brojnosti pojedine svojte tijekom naseljavanja i sukcesije na umjetnoj podlozi u svakoj eksperimentalnoj seriji. Rezultati analiza razmatrani su zajedno, budući da je hijerarhijska klaster analiza superimponirana NMDS analizi.

Hijerarhijska klaster analiza i NMDS analiza podataka o brojnosti trepetljikaša tijekom naseljavanja i sukcesije u proljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji (Sl. 44 i 45) pokazale se grupiranje podataka u četiri grupe na razini sličnosti 40% (Bray Curtis sličnost). Uzorci prikupljeni nakon 24 sata izloženosti u vodi izdvajaju se u zasebnu grupu (grupa I). Ostale tri grupe (grupe II, III i IV) razdvajaju se u nejednako velike podgrupe na razini sličnosti 50%. Grupa II obuhvaća dvije podgrupe, pri čemu podgrupa IIa uključuje treći dan naseljavanja (08.04.), a podgrupa IIb razdoblje od šestog do 12. dana naseljavanja trepetljikaša (11. – 17.04.). Razdoblje od 1. do 12. dana može se označiti kao inicijalna faza naseljavanja. Grupa III obuhvaća također dvije podgrupe. Podgrupa IIIa obuhvaća period od 15. do 42. dana naseljavanja (20.04. – 17.05.), pri čemu razdoblje od 15. do 27. dana pripada intermedijarnoj fazi, a razdoblje od 30. do 42. dana kasnoj fazi naseljavanja. Podgrupa IIIb obuhvaća period sukcesivnog razvoja stabilne zajednice trepetljikaša od 56. do 98. dana (31.05. – 12.07.). Grupa IV uključuje tri podgrupe. Kao zasebne podgrupe izdvajaju se uzorci prikupljeni 112. dana (26.07.) (podgrupa IVa) i 126. dana razvoja zajednice (09.08.) (podgrupa IVb). Treća podgrupa (IVc) obuhvaća razdoblje od 140. do 266. dana razvoja zajednice (23.08. – 27.12.).

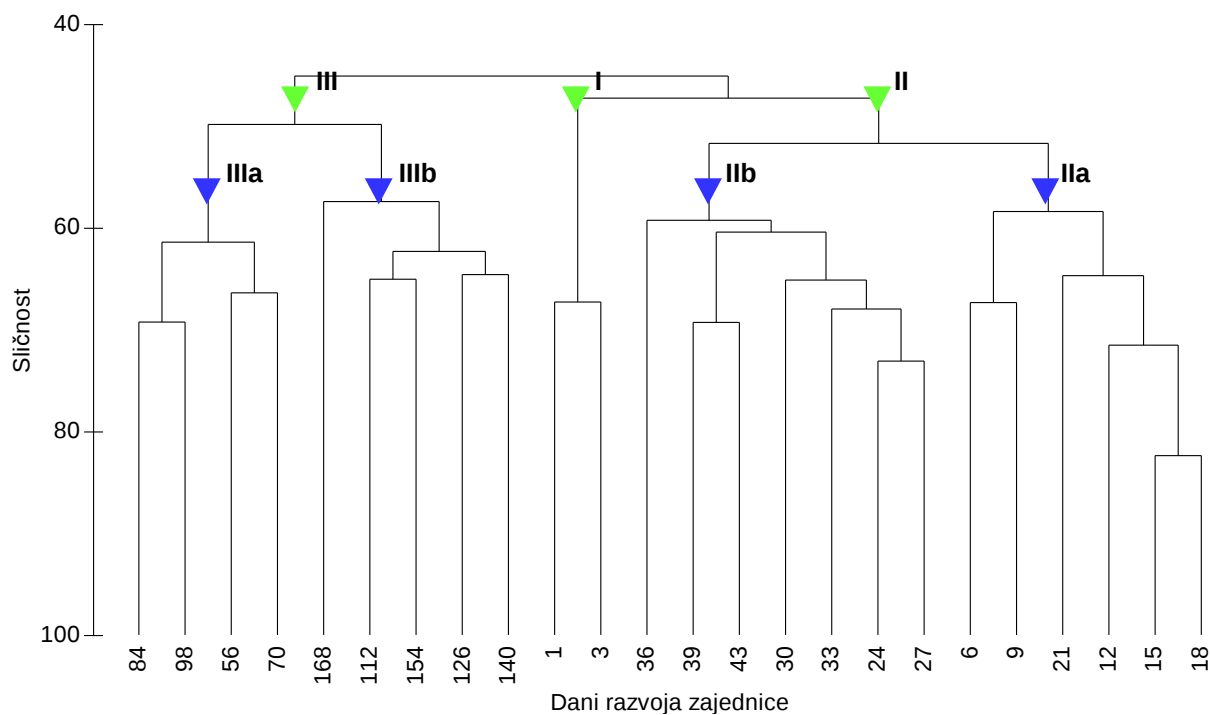
Prema hijerarhijskoj klaster analizi i NMDS analizi podataka o brojnosti trepetljikaša tijekom naseljavanja i sukcesije u ljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji (Sl. 46 i 47), uzorci se grupiraju u tri grupe (Bray Curtis sličnost 48%). Grupa I obuhvaća razdoblje inicijalne faze naseljavanja od prvog do trećeg dana (12. – 14.07.). Na razini sličnosti 55% od grupe II odvajaju se dvije podgrupe (IIa i IIb), kao i od grupe III (podgrupe IIIa i IIIb). Podgrupa IIa obuhvaća razdoblje od šestog do 21. dana (17.07. – 01.08.) koje se može označiti i kao intermedijarna faza naseljavanja, a podgrupa IIb razdoblje od 24. do 43. dana, odnosno kasnu fazu naseljavanja (04. – 23.08.). Podgrupa IIIa uključuje period od 56. do 98. dana razvoja stabilne zajednice trepetljikaša (06.09. – 18.10.), dok podgrupa IIIb uključuje period od 112. do 168. dana razvoja (01.11. – 27.12.).



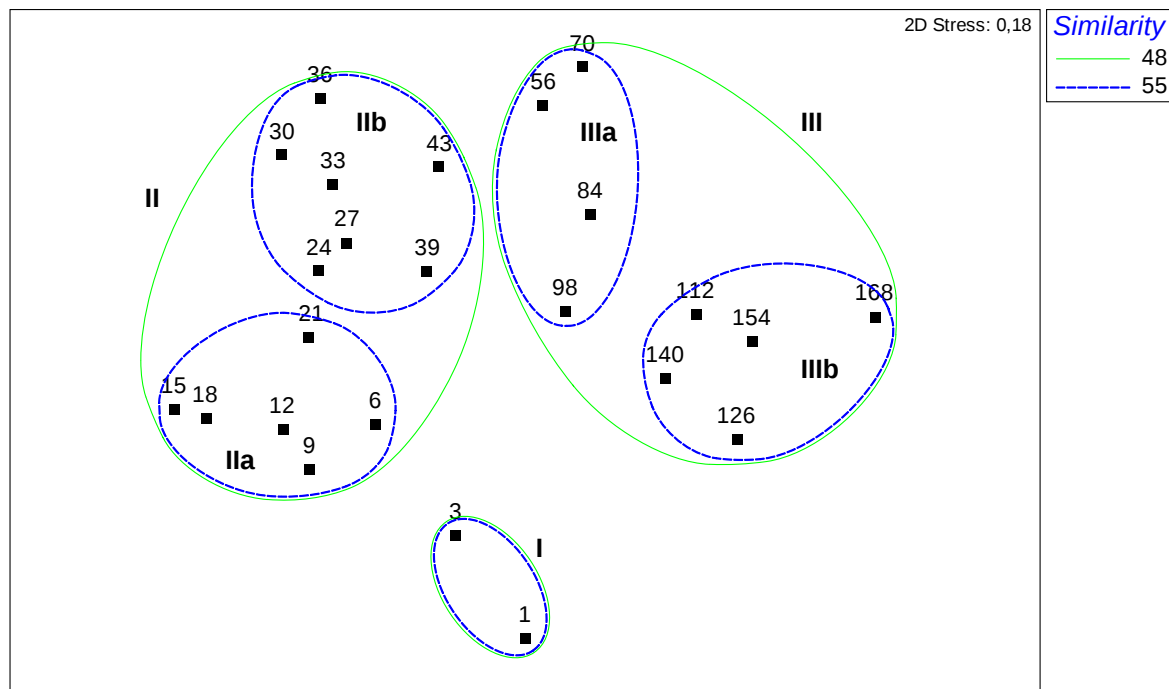
Slika 44. Hijerarhijski klaster dendrogram na temelju brojnosti trepetljikaša u perifitonu tijekom naseljavanja i sukcesije (izraženi u danima razvoja) u proljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji.



Slika 45. NMDS ordinacijski dijagram na temelju brojnosti trepetljikaša u perifitonu tijekom naseljavanja i sukcesije (izraženi u danima razvoja) u proljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji.



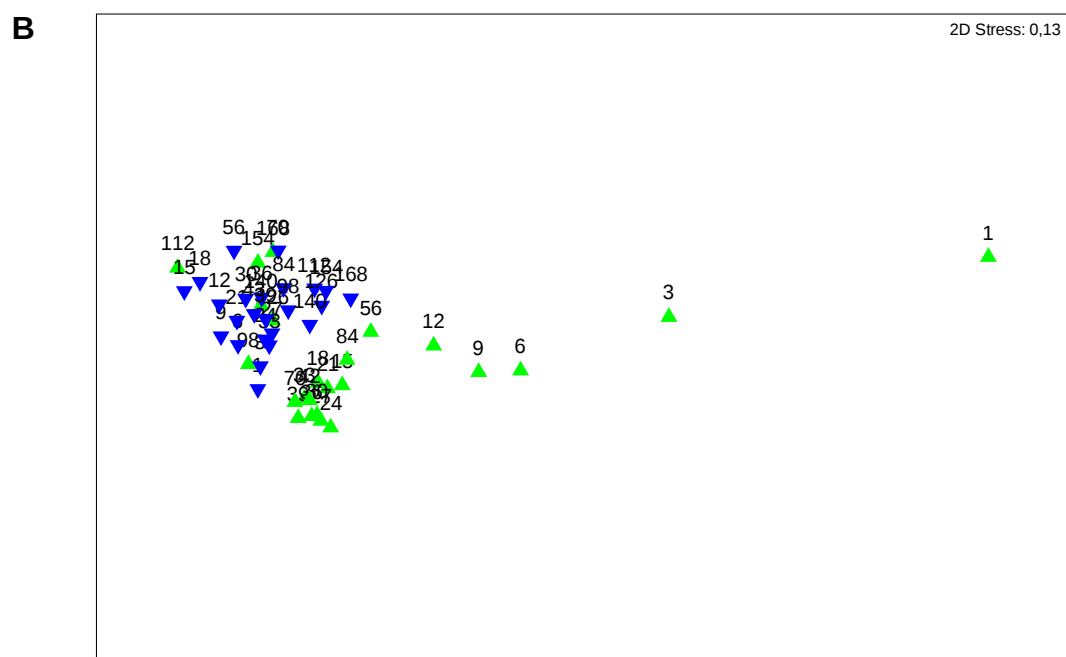
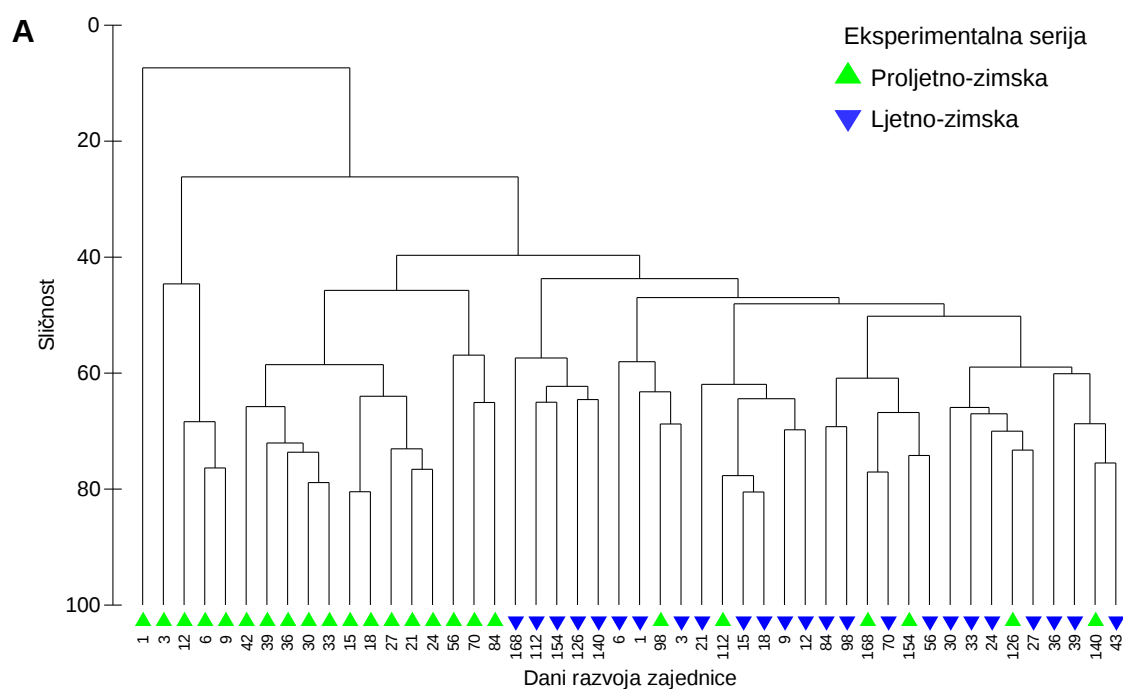
Slika 46. Hijerarhijski klaster dendrogram na temelju brojnosti trepetljikaša u perifitonu tijekom naseljavanja i sukcesije (izraženi u danima razvoja) u ljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji.



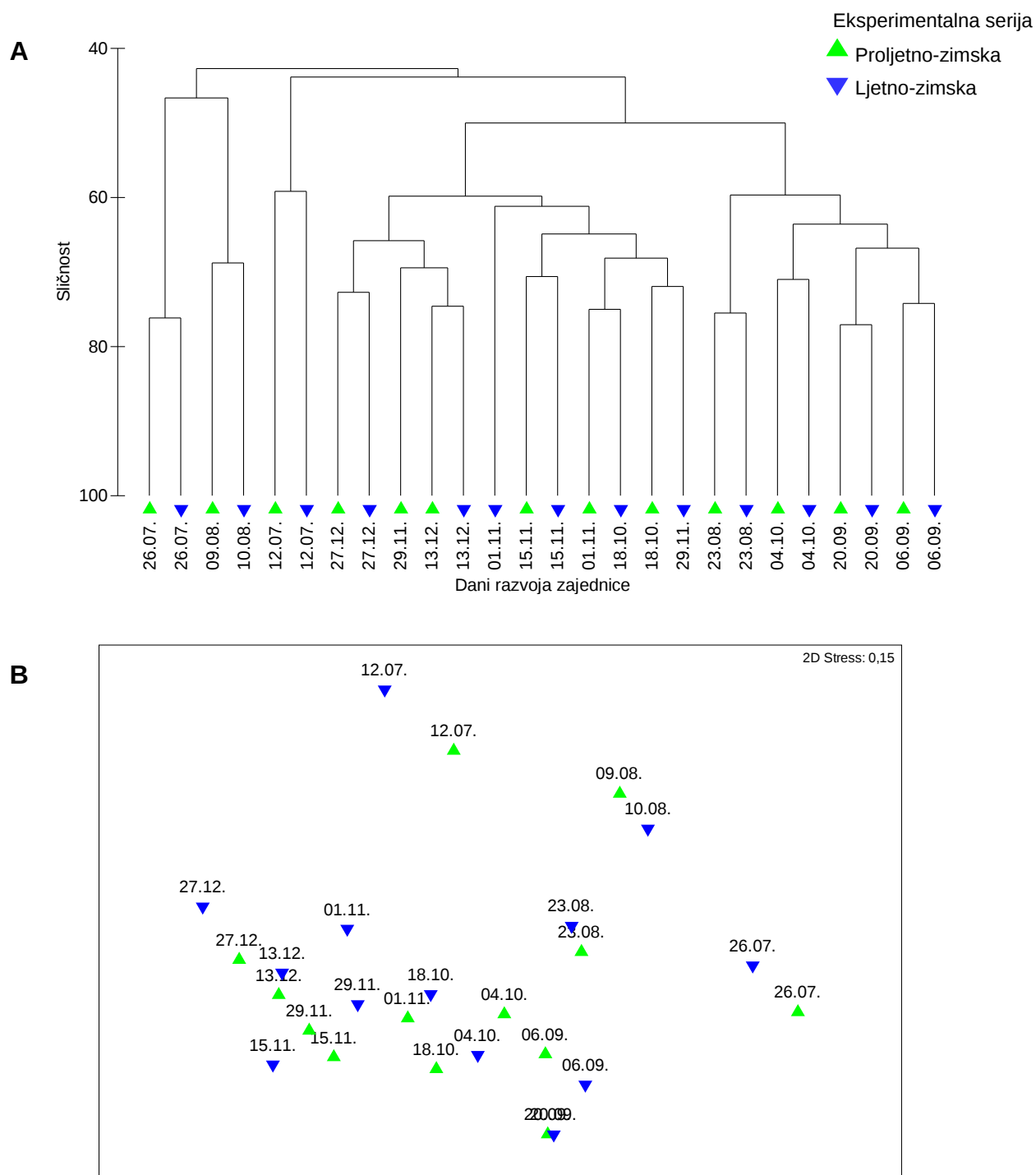
Slika 47. NMDS ordinacijski dijagram na temelju brojnosti trepetljikaša u perifitonu tijekom naseljavanja i sukcesije (izraženi u danima razvoja) u ljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji.

Kako bi se utvrdile sličnosti odnosno razlike između zajednica trepetljikaša perifitona jednake starosti (ista dužina ekspozicije, ali različito vrijeme uzorkovanja) i različite starosti (različita dužina ekspozicije, ali isto vrijeme uzorkovanja) razvijenih u pojedinim eksperimentalnim serijama, podatci o brojnosti analizirani su hijerarhijskom klaster analizom i NMDS analizom. Analize su pokazale jasno razdvajanje zajednica jednake starosti koje su razvijene tijekom proljetno-zimske i ljetno-zimske serije, odnosno u različitim sezonskim uvjetima (Sl. 48). Posebno se izdvajaju uzorci proljetno-zimske serije u kojima je praćeno naseljavanje trepetljikaša (1. – 12. dan), a također i uzorci od 15. do 84. dana razvoja u istoj seriji. Ostali uzorci proljetno-zimske serije (98. – 168. dan razvoja) grupiraju se zajedno s uzorcima ljetno-zimske serije koji su prikupljeni u isto vrijeme. Analizom sličnosti (ANOSIM) na temelju brojnosti trepetljikaša također je utvrđena statistički značajna razlika između zajednica istog vremena ekspozicije, a različitog datuma uzorkovanja ($R = 0,253$; $p < 0,001$), razvijenih tijekom pojedine eksperimentalne serije. SIMPER analizom, na osnovu brojnosti trepetljikaša, utvrđena je prosječna razlika od 66,60% između zajednica jednake starosti, a razlici su najviše doprinijeli trepetljikaši iz skupine Peritrichia (*Epistylis chrysemydis*, *Vorticella* spp. 2, *Vorticella* spp. 1, *Vorticella convallaria*-kompleks, *Epistylis plicatilis*). Prema ANOSIM analizi također postoji statistički značajna razlika između zajednica razvijenih tijekom perioda u kojem je praćeno naseljavanje u proljetnim i ljetnim uvjetima (prva 42, odnosno 43 dana razvoja) ($R = 0,564$; $p < 0,001$). SIMPER analiza (Prilog 1 – 3) je pokazala prosječnu razliku od 70,38% između proljetnog i ljetnog naseljavanja, a toj su razlici najviše doprinijeli predstavnici skupine Peritrichia (*Epistylis chrysemydis*, *Vorticella* spp. 2, *Vorticella* 1, *Epistylis plicatilis*, *Vorticella campanula*, *Vorticella convallaria*-kompleks, *Epistylis hentscheli*).

Na dendrogramu hijerarhijske klaster analize i NMDS ordinacijskom dijagramu uočava se grupiranje uzoraka različite starosti (različite dužine ekspozicije) prikupljenih u isto vrijeme (istog dana), odnosno preklapanje proljetno-zimske i ljetno-zimske eksperimentalne serije (Sl. 49). Prema ANOSIM analizi na temelju brojnosti trepetljikaša u uzorcima pojedine serije, prikupljenim u isto vrijeme, ne postoji statistički značajna razlika između proljetno-zimske i ljetno-zimske eksperimentalne serije ($R = -0,011$; $p > 0,05$). SIMPER analiza pokazala je prosječnu razliku od 56,50% između zajednica različite starosti analiziranih u isto vrijeme, uz najveći doprinos kolonijalnih vrsta Peritrichia (*Epistylis chrysemydis*, *Zoothamnium simplex*, *Epistylis plicatilis*, *Epistylis hentscheli*, *Opercularia nutans*) (Prilog 3).



Slika 48. Dendrogram hijerarhijske klaster analize (A) i NMDS ordinacijski dijagram (B) na temelju brojnosti trepetljikaša u razdoblju od 1. do 168. dana razvoja u proljetno-zimskoj i ljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji.



Slika 49. Dendrogram hijerarhijske klaster analize (A) i NMDS ordinacijski dijagram (B) na temelju brojnosti trepetljikaša u razdoblju od 12. srpnja do 27. prosinca u proljetno-zimskoj i ljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji.

4.3.3. Utjecaj okolišnih čimbenika na strukturu zajednice trepetljikaša

U Tab. 8 prikazani su koeficijenti korelacije između ukupnog broja svojti te broja svojti pojedinih skupina trepetljikaša i okolišnih čimbenika za proljetno-zimsku eksperimentalnu seriju. Ukupan broj svojti trepetljikaša značajno pozitivno korelira s koncentracijom klorofila *a* u vodi, dok je u negativnoj korelaciji s koncentracijom amonijevih iona u vodi. Broj svojti skupine Peritrichia, koja je imala najveću raznolikost, u negativnoj je korelaciji s pH vode te koncentracijom otopljenog kisika u vodi. Broj svojti Haptoria značajno pozitivno korelira s koncentracijom otopljenog kisika i klorofila *a* u vodi te pH vode, a negativno s koncentracijom amonijevih iona. Utvrđena je negativna korelacija između broja svojti Suctoria i pH vode, dok su Hypotrichia pozitivno korelirani s temperaturom vode. Pozitivna statistički značajna korelacija utvrđena je između broja svojti skupine Cyrtophoria i prozirnosti vode, koncentracije nitrata i nitrita u vodi te biomase perifitona. Raznolikost Prostomatea u negativnoj je korelaciji s prozirnošću vode. Scuticociliatia su značajno pozitivno korelirani s koncentracijom otopljenog kisika i pH vode, a negativno s vodostajem Dunava, koncentracijom amonijevih iona u vodi te koncentracijom klorofila *b* u perifitonu. U Tab. 9 prikazani su koeficijenti korelacije između ukupne brojnosti te brojnosti dominantnih skupina trepetljikaša i okolišnih čimbenika za proljetno-zimsku eksperimentalnu seriju. Ukupna brojnost kao i brojnost najzastupljenije skupine Peritrichia nisu pokazale statistički značajnu korelaciju s okolišnim čimbenicima. Brojnost Suctoria u negativnoj je korelaciji s pH vrijednosti vode te koncentracijom otopljenog kisika u vodi. Prozirnost vode negativno korelira s brojnošću Heterotrichea. Utvrđena je pozitivna korelacija između brojnosti Scuticociliatia i temperature vode te biomase perifitona, dok je negativna korelacija nađena između Scuticociliatia i prozirnosti vode. Pozitivna statistički značajna korelacija nađena je između raznolikosti Prostomatea i temperature vode te ukupnog dušika, a negativna između iste skupine i prozirnosti vode.

Spearmanov koeficijent korelacije između ukupnog broja svojti te broja svojti pojedinih skupina trepetljikaša i okolišnih čimbenika za ljetno-zimsku eksperimentalnu seriju prikazan je u Tab. 10. Ukupan broj svojti nije pokazao značajnu korelaciju s okolišnim čimbenicima. Broj svojti Peritrichia negativno korelira s pH vode, kao i masom organske tvari perifitona. Raznolikost Suctoria u ovoj seriji pozitivno korelira s prozirnošću vode. Hypotrichia su u negativnoj korelaciji s ukupnim dušikom i fosforom u vodi, a Cyrtophoria s koncentracijom klorofila *a* u vodi te temperaturom vode. Koeficijenti korelacije između ukupne brojnosti te brojnosti dominantnih skupina trepetljikaša i okolišnih čimbenika za ljetno-zimsku eksperimentalnu seriju prikazani su u Tab. 11. Ukupna brojnost, kao i brojnost dominantne skupine Peritrichia, značajno pozitivno koreliraju s koncentracijom klorofila *a* u vodi, a negativno s prozirnošću vode. Suctoria, kao druga najzastupljenija skupina u ovoj seriji s obzirom na brojnost, pokazuju statistički značajnu negativnu korelaciju s ukupnim dušikom u vodi.

Koeficijenti korelacije između brojnosti trepetljikaša pojedinih veličinskih kategorija, brojnosti sjedilačkih i pokretnih trepetljikaša te okolišnih čimbenika tijekom proljetno-zimske i ljetno-zimske eksperimentalne serije prikazani su u Tab. 12. U proljetno-zimskoj seriji male

svoje trepetljikaša perifitona pozitivno koreliraju s temperaturom vode i biomasom perifitona, dok svoje veličine $> 200 \mu\text{m}$ pozitivno koreliraju s temperaturom vode i koncentracijom klorofila *a* u vodi, a negativno s prozirnošću vode. Pokretni trepetljikaši su u značajnoj pozitivnoj korelaciji s temperaturom vode i biomasom perifitona, dok su sjedilački *Heterotrichea* u negativnoj korelaciji s prozirnošću vode, a *Suctorina* s pH vode i koncentracijom otopljenog kisika u vodi. U ljetno-zimskoj seriji nađena je negativna korelacija između malih svojti i prozirnosti vode, a ovi su trepetljikaši pozitivno korelirani s ukupnim fosforom u vodi. Trepetljikaši srednje veličine tijela ($50 \mu\text{m} - 200 \mu\text{m}$) pokazuju statistički značajnu pozitivnu korelaciju s koncentracijom klorofila *a* u vodi, a negativnu s prozirnošću vode. Svoje velike veličine negativno koreliraju s koncentracijom otopljenog kisika u vodi. Pokretni trepetljikaši su i u ovoj seriji pozitivno korelirani s temperaturom vode, a negativno s prozirnošću vode. Pozitivna statistički značajna korelacija utvrđena je između sjedilačkih *Peritrichia* i koncentracije klorofila *a* u vodi. Negativna korelacija pronađena je između sjedilačkih *Peritrichia* i prozirnosti vode, sjedilačkih *Heterotrichea* i koncentracije klorofila *a* u vodi te *Suctorina* i ukupnog dušika u vodi.

Tablica 8. Spearmanov koeficijent korelacije (r_s) između ukupnog broja svojti, broja svojti pojedine skupine trepetljikaša i okolišnih čimbenika tijekom proljetno-zimske eksperimentalne serije (05. travnja – 27. prosinca 2010. godine). Prikazane su one okolišne varijable za koje je utvrđena statistički značajna korelacija (DWL – vodostaj Dunava; SD – prozirnost; WT – temperatura vode; DO – koncentracija otopljenog kisika u vodi; COND – provodljivost vode; NH_4^+ – koncentracija amonijevih iona; NO_3^- – koncentracija nitrata; NO_2^- – koncentracija nitrita; TP – ukupni fosfor u vodi; Chl *a* W – koncentracija klorofila *a* u vodi; DW – masa suhe tvari perifitona; AW – masa anorganske tvari u perifitonu; AFDW – masa organske tvari u perifitonu; Chl *a* P – koncentracija klorofila *a* u perifitonu; Chl *b* P – koncentracija klorofila *b* u perifitonu; Chl *c* P – koncentracija klorofila *c* u perifitonu). Skupine koje su imale najveći broj svojti istaknute su žutom bojom. Prikazane su statistički značajne korelacije ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$).

	DWL	SD	WT	DO	pH	COND	NH_4^+	NO_3^-	NO_2^-	TP	Chl <i>a</i> W	DW	AW	AFDW	Chl <i>a</i> P	Chl <i>b</i> P	Chl <i>c</i> P
Karyorelictea																	
Heterotricha		-0,356		0,512	0,483		-0,469				0,488						
Euplotia	-0,372	-0,372		<u>0,608</u>	0,541		<u>-0,620</u>			-0,434	0,379				-0,512	-0,539	
Oligotrichia			0,421									0,367	0,414				
Choreotrichia																	-0,420
Hypotrichia			0,437														
Haptoria				0,496	0,389		-0,480				0,358						
Rhynchostomatia	-0,359	-0,444		0,463	0,440		-0,386										
Cyrtophoria		0,481						0,382	0,363			0,512	0,507	0,407			
Suctoria					-0,360							-0,525	-0,529	-0,462			
Nassophorea			0,502														
Cyrtolophosidida			0,511			-0,4887											
Prostomatea		-0,496															
Plagiopylea										0,360							0,378
Peniculia	-0,425	-0,537		<u>0,611</u>	0,562		<u>-0,575</u>				0,486				-0,467	-0,504	
Scuticociliatia	-0,442			0,538	0,486		-0,361									-0,426	
Hymenostomatia																	
Peritrichia				-0,370	<u>-0,583</u>												
Ukupan broj svojti							-0,373				0,414						

Tablica 9. Spearmanov koeficijent korelacije (r_s) između ukupne brojnosti trepetljikaša, brojnosti pojedine skupine i okolišnih čimbenika tijekom proljetno-zimske eksperimentalne serije (05. travnja – 27. prosinca 2010. godine). Prikazane su one okolišne varijable za koje je utvrđena statistički značajna korelacija (DWL – vodostaj Dunava; D – dubina; SD – prozirnost; WT – temperatura vode; DO – koncentracija otopljenog kisika u vodi; COND – provodljivost vode; NH_4^+ – koncentracija amonijevih iona; NO_3^- – koncentracija nitrata; NO_2^- – koncentracija nitrita; TP – ukupni fosfor u vodi; Chl *a* W – koncentracija klorofila *a* u vodi; DW – masa suhe tvari perifitona; AW – masa anorganske tvari u perifitonu; AFDW – masa organske tvari u perifitonu; Chl *a* P – koncentracija klorofila *a* u perifitonu; Chl *b* P – koncentracija klorofila *b* u perifitonu; Chl *c* P – koncentracija klorofila *c* u perifitonu). Skupine koje su imale najveću brojnost u ovoj eksperimentalnoj seriji istaknute su žutom bojom. Prikazane su statistički značajne korelacije ($p < 0,05$; $p < 0,001$).

	DWL	D	SD	WT	DO	pH	COND	NH_4^+	NO_3^-	NO_2^-	TP	Chl <i>a</i> W	DW	AW	AFDW	Chl <i>a</i> P	Chl <i>b</i> P	Chl <i>c</i> P
Karyorelictea																		
Heterotrichea			-0,387															
Euplotia			-0,392	0,372				-0,398			-0,378				0,358			
Oligotrichia				0,408									0,436	<u>0,474</u>				
Choreotrichia																		
Hypotrichia				<u>0,520</u>					0,365				<u>0,476</u>	<u>0,472</u>	<u>0,475</u>			
Haptoria										0,364	-0,372							
Rhynchostomatia	-0,371		<u>-0,466</u>		0,392	0,386		-0,371				0,357						
Cyrtophoria	0,368		<u>0,463</u>						0,427	<u>0,586</u>			<u>0,677</u>	<u>0,668</u>	<u>0,545</u>	<u>0,569</u>	<u>0,544</u>	<u>0,486</u>
Suctoria					-0,380	<u>-0,595</u>												
Nassophorea				<u>0,525</u>														
Cyrtolophosidida	<u>0,456</u>	0,373		<u>0,574</u>			<u>-0,566</u>											
Prostomatea			<u>-0,458</u>	<u>0,508</u>									0,426	0,427	0,382			
Plagiopylea											0,360							0,373
Peniculia			<u>-0,588</u>		<u>0,531</u>	0,449		<u>-0,538</u>				0,375				-0,357	-0,395	
Scuticociliatia			-0,380	<u>0,529</u>									0,404	0,423				
Hymenostomatia																		
Peritrichia																		
Ukupna brojnost																		

Tablica 10. Spearmanov koeficijent korelacije (r_s) između ukupnog broja svojti, broja svojti pojedine skupine trepetljikaša i okolišnih čimbenika tijekom ljetno-zimske eksperimentalne serije (05. travnja – 27. prosinca 2010. godine). Prikazane su one okolišne varijable za koje je utvrđena statistički značajna korelacija (DWL – vodostaj Dunava; D – dubina; SD – prozirnost; WT – temperatura vode; DO – koncentracija otopljenog kisika u vodi; COND – provodljivost vode; NH_4^+ – koncentracija amonijevih iona; NO_2^- – koncentracija nitrita; TN – ukupni dušik u vodi; TP – ukupni fosfor u vodi; Chl *a* W – koncentracija klorofila *a* u vodi; DW – masa suhe tvari perifitona; AW – masa anorganske tvari u perifitonu; AFDW – masa organske tvari u perifitonu; Chl *a* P – koncentracija klorofila *a* u perifitonu; Chl *b* P – koncentracija klorofila *b* u perifitonu; Chl *c* P – koncentracija klorofila *c* u perifitonu). Skupine koje su imale najveći broj svojti istaknute su žutom bojom. Prikazane su statistički značajne korelacije ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$).

	DWL	D	SD	WT	DO	pH	COND	NH_4^+	NO_2^-	TN	TP	Chl <i>a</i> W	DW	AW	AFDW	Chl <i>a</i> P	Chl <i>b</i> P	Chl <i>c</i> P
Karyorelictea																		
Heterotrichea																		
Euplotia												-0,594						
Oligotrichia																		
Choreotrichia								-0,470			-0,463							
Hypotrichia									-0,534		-0,446							
Haptoria																		
Rhynchostomatia																		
Cyrtophoria				-0,406								-0,644						
Suctoria			0,488															
Nassophorea	0,455	0,665					-0,650											
Cyrtolophosidida		0,610	-0,574	0,791			-0,695	-0,441						-0,417		-0,477		-0,441
Prostomatea			-0,449	0,458						0,421								
Plagiopylea			-0,626	0,613	-0,415				-0,594	0,690	0,600		-0,460	-0,511	-0,434	-0,511	-0,613	-0,562
Peniculia			-0,531	0,526	-0,483				-0,487	0,432			-0,420	-0,472		-0,446	-0,416	-0,462
Scuticociliatia																		
Hymenostomatia																-0,428		
Peritrichia						-0,467									-0,462			
Ukupan broj svojti																		

Tablica 11. Spearmanov koeficijent korelacije (r_s) između ukupne brojnosti trepetljikaša, brojnosti pojedine skupine i okolišnih čimbenika tijekom ljetno-zimske eksperimentalne serije (05. travnja – 27. prosinca 2010. godine). Prikazane su one okolišne varijable za koje je utvrđena statistički značajna korelacija (DWL – vodostaj Dunava; D – dubina; SD – prozirnost; WT – temperatura vode; DO – koncentracija otopljenog kisika u vodi; COND – provodljivost vode; NH_4^+ – koncentracija amonijevih iona; NO_2^- – koncentracija nitrita; TN – ukupni dušik u vodi; TP – ukupni fosfor u vodi; Chl *a* W – koncentracija klorofila *a* u vodi; DW – masa suhe tvari perifitona; AW – masa anorganske tvari u perifitonu; AFDW – masa organske tvari u perifitonu; Chl *a* P – koncentracija klorofila *a* u perifitonu; Chl *b* P – koncentracija klorofila *b* u perifitonu; Chl *c* P – koncentracija klorofila *c* u perifitonu). Skupine koje su imale najveću brojnost u ovoj eksperimentalnoj seriji istaknute su žutom bojom. Prikazane su statistički značajne korelacije ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$).

	DWL	D	SD	WT	DO	COND	NH_4^+	NO_2^-	TN	TP	Chl <i>a</i> W	DW	AW	AFDW	Chl <i>a</i> P	Chl <i>b</i> P	Chl <i>c</i> P
Karyorelictea																	
Heterotrichea	0,492					-0,417					-0,508						
Euplotia	0,605	0,410				-0,469											
Oligotrichia																	
Choreotrichia							-0,462						-0,420		-0,418	-0,441	-0,408
Hypotrichia																	
Haptoria																	
Rhynchostomatia																	
Cyrtophoria				-0,483	0,575			0,629				0,560	0,595	0,537	0,489		0,593
Suctorio									-0,491								
Nassophorea	0,466	0,626				<u>-0,633</u>			-0,449	-0,433							
Cyrtolophosidida		0,553	-0,588	<u>0,816</u>		-0,533						-0,499	-0,529	-0,469	-0,621	-0,526	-0,576
Prostomatea			-0,533	<u>0,670</u>	-0,590			<u>-0,674</u>		0,412		-0,515	-0,512	-0,517	-0,559	-0,560	-0,615
Plagiopylea			-0,612	0,616	-0,448			-0,612	<u>0,665</u>	0,586		-0,459	-0,518	-0,435	-0,502	-0,605	-0,560
Peniculia			-0,561	0,534	-0,462			-0,435	0,407				-0,412			-0,416	-0,409
Scuticociliatia			<u>-0,660</u>	<u>0,640</u>													
Hymenostomatia														-0,426			
Peritrichia			-0,481								0,509						
Ukupna brojnost			-0,570								0,550						

Tablica 12. Spearmanov koeficijent korelacije (r_s) između brojnosti trepetljikaša pojedinih veličinskih kategorija, brojnosti sjedilačkih i pokretnih trepetljikaša i okolišnih čimbenika tijekom proljetno-zimske i ljetno-zimske eksperimentalne serije 2010. godine. Prikazane su one okolišne varijable za koje je utvrđena statistički značajna korelacija (SD – prozirnost; WT – temperatura vode; DO – koncentracija otopljenog kisika u vodi; TN – ukupni dušik u vodi; TP – ukupni fosfor u vodi; Chl *a* W – koncentracija klorofila *a* u vodi; DW – masa suhe tvari perifitona; AW – masa anorganske tvari u perifitonu; AFDW – masa organske tvari u perifitonu; Chl *b* P – koncentracija klorofila *b* u perifitonu; < 50 – svojte veličine < 50 μm ; > 50 – svojte veličine 50 μm – 200 μm ; > 200 – svojte veličine > 200 μm) te statistički značajne korelacije ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$).

		SD	WT	DO	pH	TN	TP	Chl <i>a</i> W	DW	AW	AFDW	Chl <i>b</i> P
Proljeće-zima	< 50		0,453						0,500	0,515	0,395	
	> 50											
	> 200	-0,482	0,408					0,388				
	Pokretni Ciliophora		0,490						0,550	0,556	0,488	
	Heterotrichea	-0,387										
	Peritrichia											
	Suctoria			-0,380	<u>-0,595</u>							
Ljeto-zima	< 50	-0,446					0,435					-0,433
	> 50	-0,525						0,570				
	> 200			-0,508								
	Pokretni Ciliophora	-0,438	0,410									
	Heterotrichea							-0,525				
	Peritrichia	-0,472						0,516				
	Suctoria					-0,491						

Utjecaj okolišnih čimbenika (vodostaja Dunava, fizikalno-kemijskih svojstava vode Sakadaškog jezera, koncentracije klorofila u vodi i perifitonu te biomase perifitona) na strukturu zajednice trepetljikaša u perifitonu tijekom proljetno-zimske i ljetno-zimske eksperimentalne serije analiziran je redundancijskom analizom (RDA). U analizu su uključene dominantne svojte trepetljikaša koje su imale udio u ukupnoj brojnosti veći od 5%. Rezultati redundancijske analize za svojstvene vrijednosti osi, korelacije vrste i okoliša, kao i kumulativni postotci varijance samih vrsta i kumulativni postotci varijanci vrste i okoliša za svaku eksperimentalnu seriju prikazani su u Tab. 13.

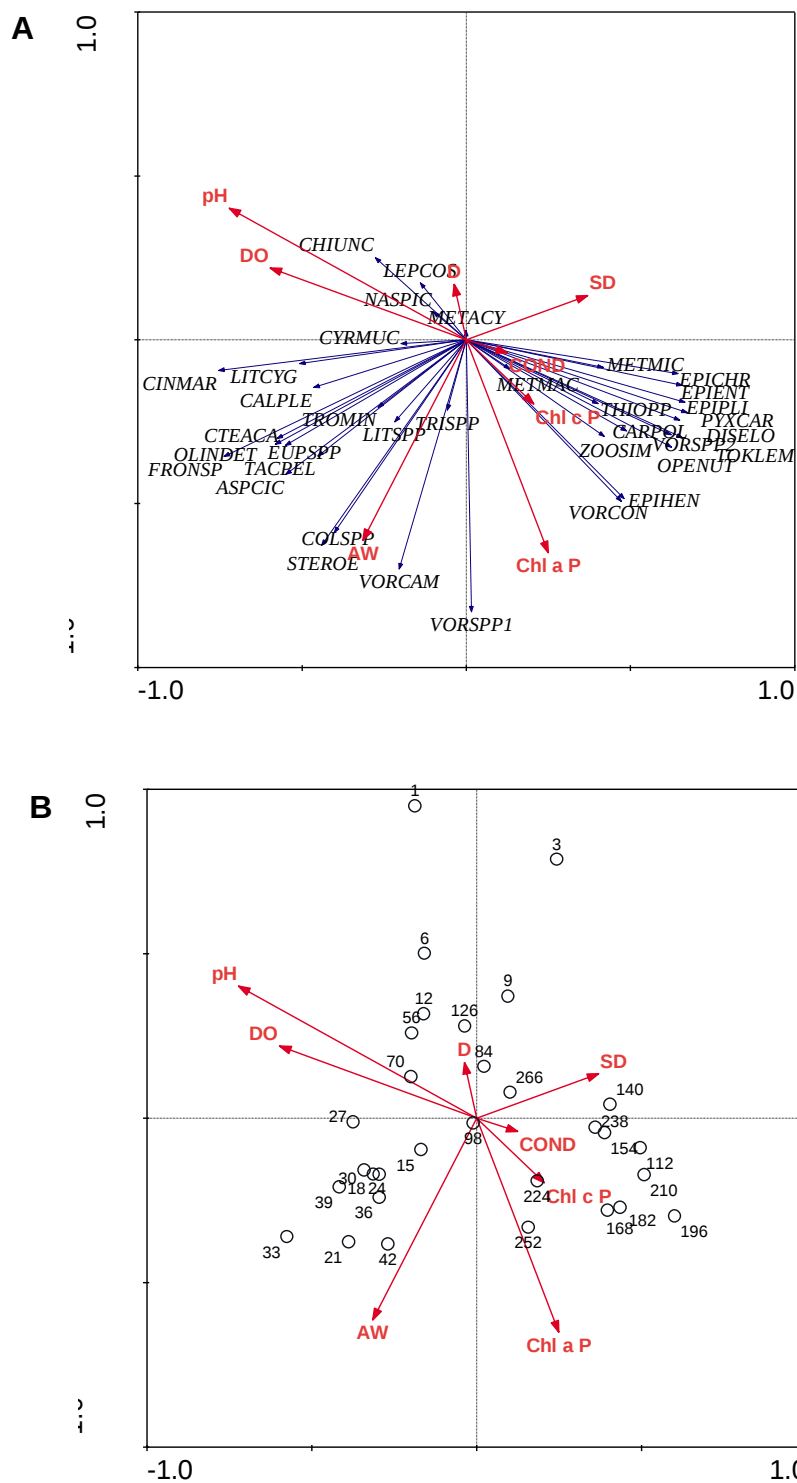
Tablica 13. Sažeti prikaz rezultata redundancijske analize primijenjene na vrijednostima okolišnih čimbenika i brojnosti trepetljikaša za sve četiri osi u proljetno-zimskoj i ljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji.

	Os	Svojstvene vrijednosti	Korelacije vrsta-okoliš	Kumulativni postotak varijance vrsta	Kumulativni postotak varijance vrsta-okoliš
Proljetno- zimski serija	1.	0,232	0,919	23,2	36,5
	2.	0,113	0,915	34,5	54,4
	3.	0,113	0,937	45,8	72,2
	4.	0,077	0,913	53,5	84,3
Ljetno- zimski serija	1.	0,186	0,939	18,6	31,1
	2.	0,151	0,954	33,7	56,2
	3.	0,106	0,866	44,2	73,9
	4.	0,090	0,820	53,3	88,9

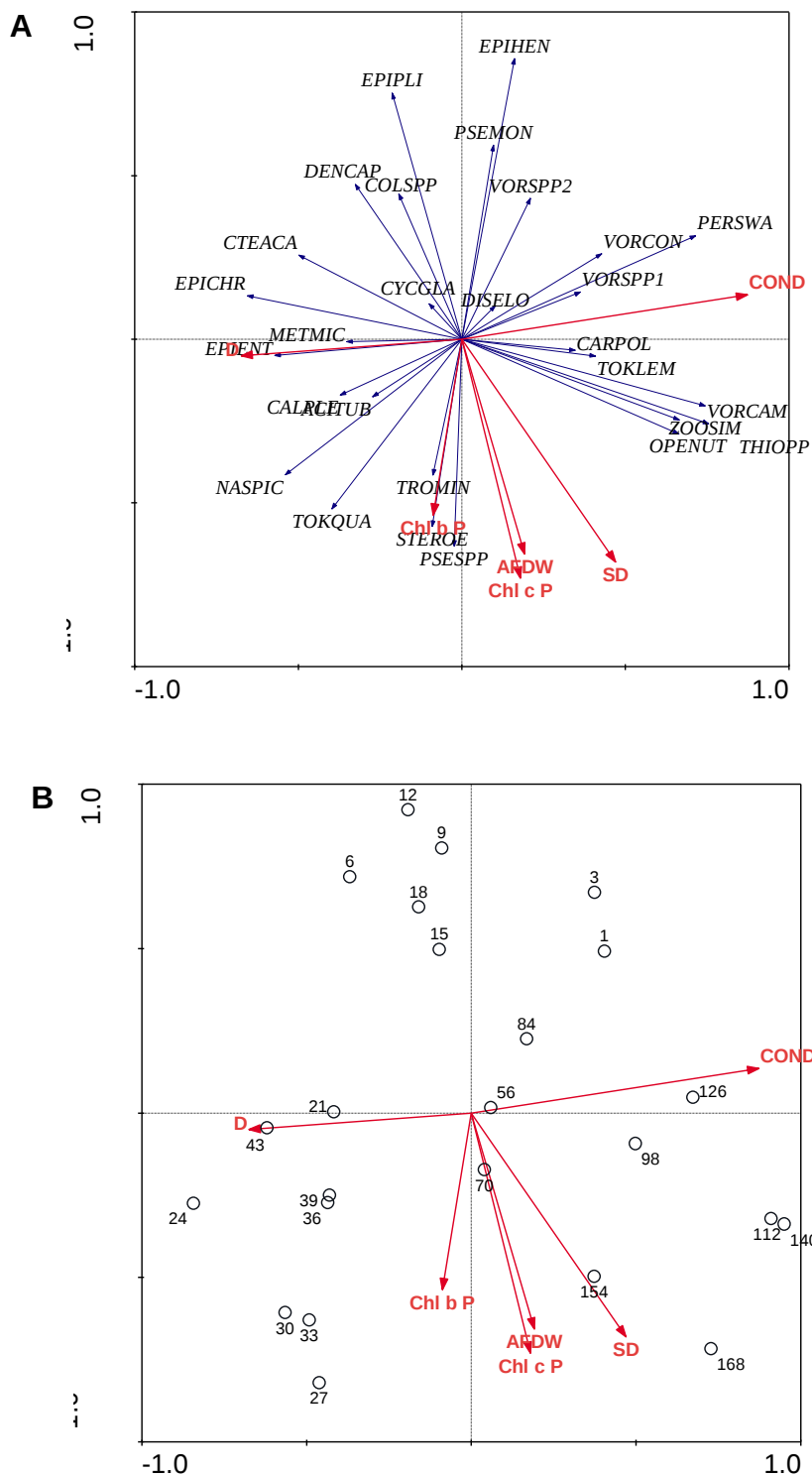
Na strukturu zajednice trepetljikaša tijekom dijela naseljavanja i sukcesije u proljetno-zimskoj seriji najznačajniji utjecaj imali su koncentracija otopljenog kisika u vodi (DO), pH vode masa anorganske tvari u perifitonu (AW) te dubina jezera (D). Karakteristični predstavnici ove faze razvoja zajednice bili su trepetljikaši iz skupina Cyrtophoria (*Chilodonella uncinata*, *Trochilia minuta* i *Trithigmostoma* spp.), Cyrtolophosidida (*Cyrtolophosis mucicola*), Euplotia (*Aspidisca cicada* i *Euplotes* spp.), Haptoria (*Litonotus cygnus* i *Litonotus* spp.), Heterotrichea (*Stentor roeselii*), Hypotrichia (*Tachysoma pellionellum*), Nassophorea (*Leptopharynx costatus* i *Nassula picta*), Oligotrichia, Peniculia (*Frontonia* sp.), Prostomatea (*Coleps* spp. i *Metacystis* sp.) i Scuticociliatia (*Calyptotricha pleuronemoides*, *Cinetochilum margaritaceum* i *Ctedoctema acanthocryptum*). Najznačajniji čimbenici za razvoj zajednice tijekom većeg dijela razdoblja proljetno-zimske serije u kojem je praćena sukcesija (od kraja srpnja do kraja prosinca) bili su koncentracija klorofila *a* (Chl *a* P) i *c* u perifitonu (Chl *c* P), prozirnost vode (SD) te električna provodljivost vode (COND). Ovu fazu karakterizirali su trepetljikaši iz skupina Peritrichia (*Carchesium polypinum*, *Epistylis chrysemydis*, *E. entzii*, *E.*

hentscheli, *E. plicatilis*, *Opercularia nutans*, *Pyxicola carteri*, *Vorticella convallaria*-kompleks, *V. spp. 1*, *V. spp. 2* i *Zoothamnium simplex*) i Suctoria (*Discophrya elongata*, *Metacineta macrocaulis*, *M. micraster* i *Tokophrya lemnae*) (Sl. 50).

Najznačajniji čimbenici za razvoj zajednice trepetljikaša tijekom dijela naseljavanja od 21. do 43. dana u ljetnim uvjetima bili su dubina jezera (D) i koncentracija klorofila *b* u perifitonu (Chl *b* P). Tijekom naseljavanja zajednicu su karakterizirale skupine Cyrtophoria (*Pseudochilodonopsis* spp. i *Trochilia minuta*), Heterotrichea (*Stentor roeselii*), Nassophorea (*Nassula picta*), Peritrichia (*Epistylis chrysemydis*, *E. entzii*, *E. hentscheli*, *E. plicatilis*, *Pseudovorticella monilata* i *Vorticella* spp. 2), Prostomatea (*Coleps* spp.), Scuticociliatia (*Calyptotricha pleuronemoides*, *Ctedoctema acanthocryptum* i *Cyclidium glaucoma*) i Suctoria (*Acineta tuberosa*, *Dendrosoma capitata*, *Metacineta micraster* i *Tokophrya quadripartita*). Najznačajniji utjecaj na strukturu zajednice tijekom sukcesije u razdoblju od 56. do 168. dana (od početka rujna do kraja prosinca) u ljetno-zimskoj seriji imali su električna provodljivost (COND) i prozirnost vode (SD), koncentracija klorofila *c* u perifitonu (Chl *c* P) te masa organske tvari u perifitonu (AFDW). Ovu fazu razvoja karakterizirali su predstavnici skupina Cyrtophoria (*Thigmogaster oppositevacuolatus*), Peritrichia (*Carchesium polypinum*, *Opercularia nutans*, *Vorticella campanula*, *V. convallaria*-kompleks, *V. ssp.1*, *Zoothamnium simplex* i pokretni razvojni stadij Peritrichia-swarmers) i Suctoria (*Discophrya elongata* i *Tokophrya lemnae*) (Sl. 51).



Slika 50. Ordinacijski dijagrami RDA analize na temelju čimbenika okoliša i brojnosti trepetljikaša u perifitonu u proljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji. A. Statistički značajni okolišni čimbenici (D – dubina; SD – prozirnost; DO – koncentracija otopljenog kisika; COND – provodljivost vode; AW – masa anorganske tvari u perifitonu; Chl *a* P – koncentracija klorofila *a* u perifitonu; Chl *c* P - koncentracija klorofila *c* u perifitonu) i dominantne svojte trepetljikaša. B. Statistički značajni okolišni čimbenici i uzorci označeni danima razvoja zajednice. Kodovi svojti nalaze se u Tab. 15.

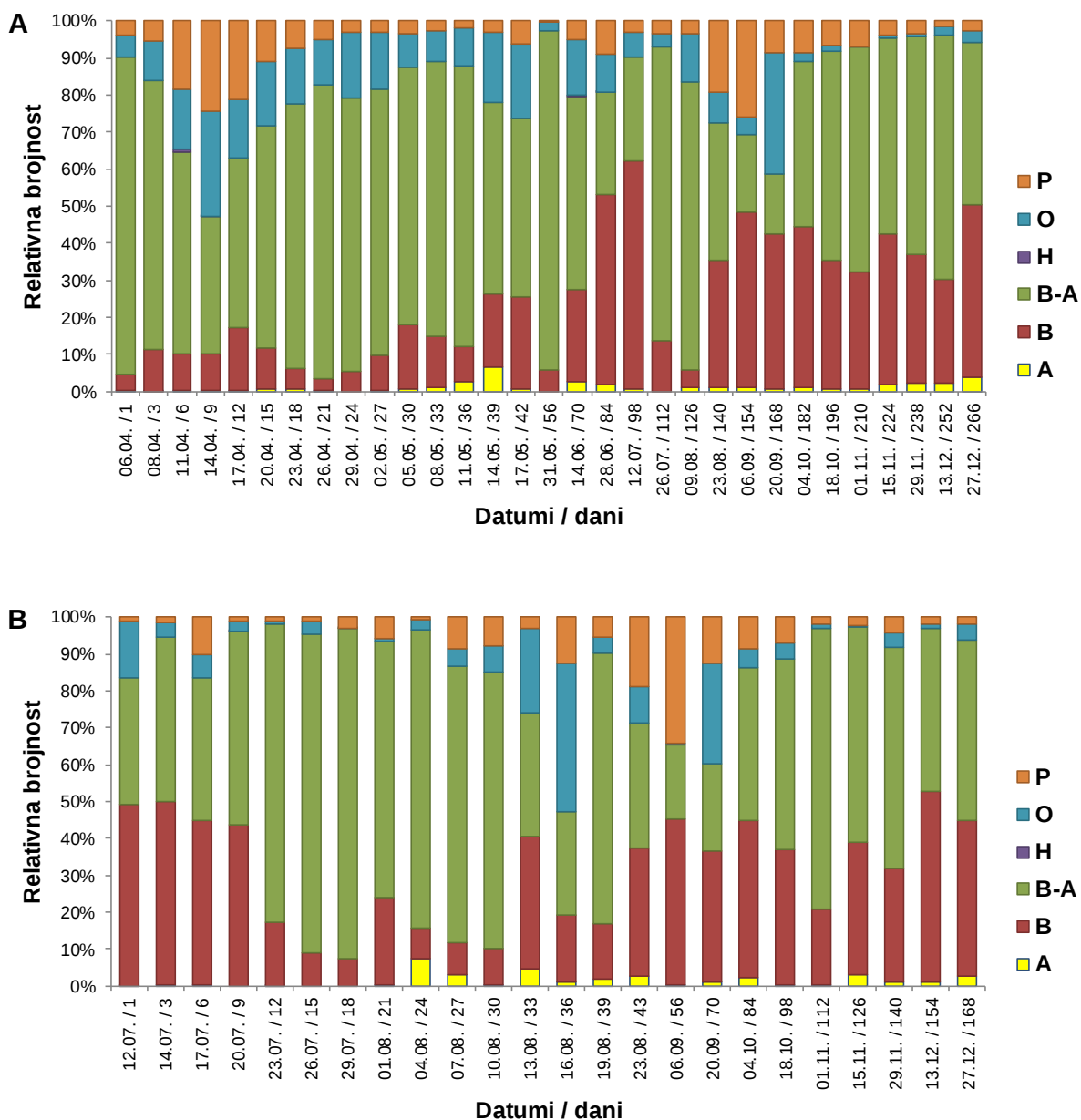


Slika 51. Ordinacijski dijagrami RDA analize na temelju čimbenika okoliša i brojnosti trepetljikaša u perifitonu u ljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji. A. Statistički značajni okolišni čimbenici (D – dubina; SD – prozirnost; COND – provodljivost vode; AFDW – masa organske tvari u perifitonu; Chl *b* P – koncentracija klorofila *b* u perifitonu; Chl *c* P – koncentracija klorofila *c* u perifitonu) i dominantne svojte trepetljikaša. B. Statistički značajni okolišni čimbenici i uzorci označeni danima razvoja zajednice. Kodovi svojti nalaze se u Tab.

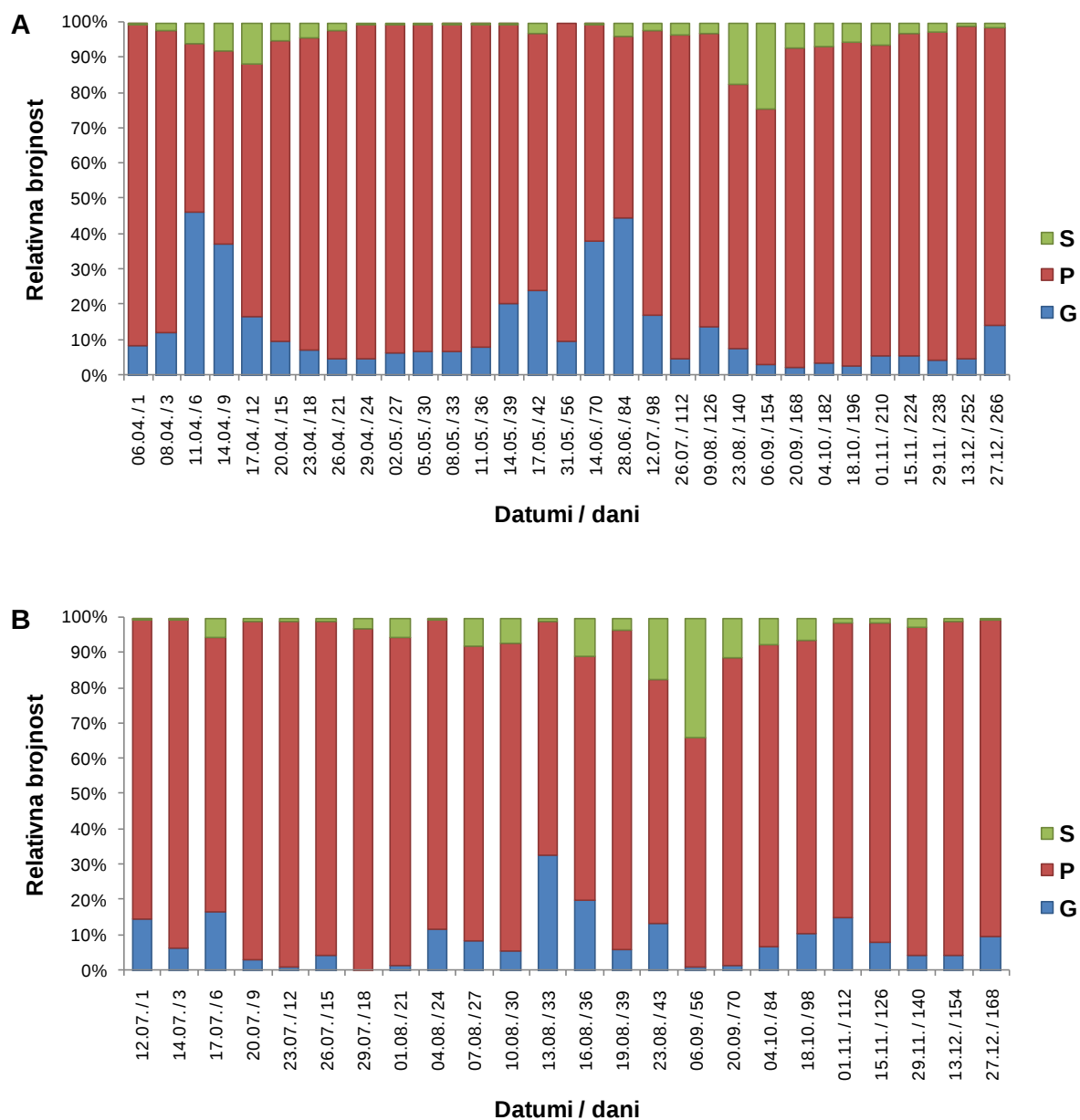
4.3.4. Trofička struktura zajednice trepetljikaša perifitona

Zabilježene funkcionalne hranidbene skupine trepetljikaša imale su gotovo jednak broj svojti u obje eksperimentalne serije. Najveću raznolikost imali su bakteriovorni-algivorni trepetljikaši (33 svojte u obje serije), bakteriovori (30 svojti u obje serije) te predatori (30 svojti u proljetno-zimskoj, a 33 svojte u ljetno-zimskoj seriji). Zatim slijede omnivorni predstavnici (28 svojti u obje serije), algivorni trepetljikaši (7 svojti u obje serije) te histofagi koji su bili zastupljeni samo s jednom svojtom u obje serije. Najveću raznolikost među funkcionalnim skupinama, koje uzimaju hranu različitim mehanizmima, imali su procjeđivači (70 svojti u proljetno-zimskoj, a 72 svojte u ljetno-zimskoj seriji), slijede grabežljivci (48 svojti u proljetno-zimskoj i 44 svojte u ljetno-zimskoj seriji), a najmanji broj svojti imali su Suctoria (15 svojti u proljetno-zimskoj, a 14 svojti u ljetno-zimskoj seriji).

Najveći udio u ukupnoj brojnosti tijekom obje eksperimentalne serije imali su bakteriovorni i bakteriovorni-algivorni trepetljikaši, a dominantan mehanizam hranjenja bio je filtriranje čestica hrane iz okolnog medija. U inicijalnoj fazi naseljavanja u proljeće dominirale su bakteriovorne-algivorne svojte, ali su se već prvog dana naseljavanja na stakalcima pojavile i omnivorne i predatorske svojte. Njihov se udio u brojnosti povećavao s daljnjim naseljavanjem te su devetog dana naseljavanja imali podjednako velik udio, a smanjio se udio bakteriovora-algivora u ukupnoj brojnosti. Nakon toga ponovno se povećao udio bakteriovora-algivora koji su dominirali u brojnosti do kraja perioda u kojem je praćeno naseljavanje, odnosno sve do sredine lipnja. Udio bakteriovornih svojti u brojnosti znatno se povećao 84. i 98. dana proljetno-zimske serije (28.06. i 12.07.), nakon čega su tijekom kolovoza (112. i 126. dana razvoja) opet dominirali bakteriovora-algivora. Iako su ove trofičke skupine dominirale od kraja kolovoza do kraja rujna, u ovom periodu povećao se udio predatorskih i omnivornih svojti. Od početka listopada pa sve do kraja prosinca u perifitonu su dominirale svojte koje se hrane bakterijama i algama (Sl. 52A). Tijekom razvoja zajednice u gotovo cijeloj ljetno-zimskoj seriji glavna hrana trepetljikašima u perifitonu bile su bakterije i alge. Udio omnivornih svojti značajnije se povećao 33. i 36. dana naseljavanja te 70. dana razvoja zajednice (u kolovozu i rujnu). U tom je periodu utvrđen i porast udjela predatora u ukupnoj brojnosti, naročito krajem kolovoza i početkom rujna (Sl. 52B). Algivorni i histofagni trepetljikaši imali su vrlo mali udio u brojnosti u obje eksperimentalne serije (Sl. 52). Procjeđivači su dominirali tijekom obje eksperimentalne serije, dok su Suctoria imali veći udio u brojnosti u kasnoj ljetnoj i ranojesenskoj razdoblju, bez obzira na starost zajednice. Grabežljivci su imali značajniji udio u brojnosti šestog i devetog dana naseljavanja u proljeće te drugoj polovini lipnja. U seriji od ljeta do zime može se istaknuti povećani udio grabežljivih oblika u uzorcima prikupljenima sredinom kolovoza (Sl. 53).



Slika 52. Udio brojnosti trofičkih skupina u ukupnoj brojnosti trepetljikaša tijekom proljetno-zimske (A) i ljetno-zimske eksperimentalne serije (B) 2010. godine u Sakadaškom jezeru (P – predatori; O – omnivora; H – histofagi; B-A – bakteriovora-algivora; B – bakteriovora; A – algivora).



Slika 53. Udio brojnosti funkcionalnih hranidbenih skupina u ukupnoj brojnosti trepetljikaša tijekom proljetno-zimske (A) i ljetno-zimske eksperimentalne serije (B) 2010. godine u Sakadaškom jezeru (S – Suctorio; P – procjeđivači; G – grabežljivci).

Koeficijenti korelacije između brojnosti funkcionalnih hranidbenih skupina trepetljikaša i okolišnih čimbenika tijekom proljetno-zimske i ljetno-zimske eksperimentalne serije prikazani su u Tab. 14. U proljetno-zimskoj seriji algivorni trepetljikaši u pozitivnoj su vezi s koncentracijom nitrata u vodi, biomasom perifitona te koncentracijom klorofila u perifitonu, a u ljetno-zimskoj seriji pozitivno su korelirani s vodostajem Dunava, koncentracijama otopljenog kisika i nitrita u vodi, biomasom perifitona te zastupljenošću dijatomeja u perifitonu, dok su negativno korelirani s ukupnim dušikom i fosforom. Bakteriovora u proljetno-zimskoj seriji pokazuju negativnu korelaciju s koncentracijom otopljenog kisika u vodi i pH vrijednosti vode te pozitivnu korelaciju s koncentracijom amonijevih iona u vodi i koncentracijom klorofila u perifitonu. U seriji od ljeta do zime ova trofička skupina u pozitivnoj je korelaciji s provodljivosti vode kao i s ukupnim dušikom i fosforom, a ustanovljena je značajna negativna korelacija s koncentracijom klorofila *b* u perifitonu. Bakteriovora-algivora značajno su pozitivno korelirani s biomasom perifitona u proljetno-zimskoj seriji, dok su u ljetno-zimskoj seriji pozitivno korelirani s koncentracijom klorofila *a* u vodi, a negativno s dubinom jezera i prozirnošću vode. Omnivorni trepetljikaši u eksperimentalnoj seriji od proljeća do zime pokazuju pozitivnu korelaciju s temperaturom vode, a negativnu s vrijednostima prozirnosti i provodljivosti vode kao i s ukupnim fosforom u vodi. U seriji od ljeta do zime ovi trepetljikaši pozitivno su korelirani također s temperaturom vode, dok je negativna korelacija utvrđena s vrijednostima provodljivosti vode, koncentracijom otopljenog kisika u vodi te koncentracijom klorofila *a* u perifitonu. Predatori pokazuju pozitivnu korelaciju s koncentracijom klorofila *a* u vodi u proljetno-zimskoj seriji, dok su negativno korelirani s pH vode i koncentracijom otopljenog kisika u vodi u proljetno-zimskoj seriji te s ukupnim dušikom u ljetno-zimskoj seriji. Grabežljivi trepetljikaši pokazuju značajnu korelaciju s okolišnim čimbenicima samo u proljetno-zimskoj seriji, i to pozitivnu s temperaturom vode, koncentracijom nitrata u vodi, biomasom perifitona i koncentracijom klorofila u perifitonu, a negativnu s provodljivosti vode. Procjeđivači pokazuju značajnu korelaciju s okolišnim čimbenicima samo u ljetno-zimskoj seriji, pri čemu je pozitivna korelacija utvrđena s koncentracijom klorofila *a* u vodi, a negativna s dubinom jezera i prozirnosti vode. Suctoria su u statistički značajnoj negativnoj korelaciji s koncentracijom otopljenog kisika i pH vrijednosti vode u seriji od proljeća do zime, kao i s količinom ukupnog dušika u vodi u seriji od ljeta do zime.

Tablica 14. Spearmanov koeficijent korelacije (r_s) između brojnosti funkcionalnih hranidbenih skupina trepetljikaša i okolišnih čimbenika tijekom proljetno-zimske i ljetno-zimske eksperimentalne serije (DWL – vodostaj Dunava; D – dubina; SD – prozirnost; WT – temperatura vode; DO – koncentracija otopljenog kisika u vodi; COND – provodljivost vode; NH_4^+ – koncentracija amonijevih iona; NO_3^- – koncentracija nitrata; NO_2^- – koncentracija nitrita; TN – ukupni dušik u vodi; TP – ukupni fosfor u vodi; Chl *a* W – koncentracija klorofila *a* u vodi; DW – masa suhe tvari perifitona; AW – masa anorganske tvari u perifitonu; AFDW – masa organske tvari u perifitonu; Chl *a* P – koncentracija klorofila *a* u perifitonu; Chl *b* P – koncentracija klorofila *b* u perifitonu; Chl *c* P – koncentracija klorofila *c* u perifitonu). Prikazane su statistički značajne korelacije (**$p < 0,05$** ; $p < 0,01$; $p < 0,001$).

		DWL	D	SD	WT	DO	pH	COND	NH_4^+	NO_3^-	NO_2^-	TN	TP	Chl <i>a</i> W	DW	AW	AFDW	Chl <i>a</i> P	Chl <i>b</i> P	Chl <i>c</i> P
Proljeće-zima	Algivora									0,367					<i>0,522</i>	<i>0,472</i>	<i>0,558</i>	0,442	0,426	
	Bakteriovora					<u>-0,652</u>	<u>-0,799</u>		0,371									<i>0,459</i>	<i>0,483</i>	
	Bakteriovora- algivora														0,356		0,428			
	Histofagi																			
	Omnivora			<i>-0,522</i>	<u>0,567</u>			-0,436					-0,357							
	Predatori					-0,362	<i>-0,511</i>							0,414						
	Grabežljivci				<i>0,492</i>			-0,390		0,424					<u>0,604</u>	<u>0,598</u>	<i>0,524</i>	0,434	0,391	<i>0,486</i>
	Procjeđivači																			
	Suctoria					-0,380	<u>-0,595</u>													
Ljeto-zima	Algivora	0,431				0,508									0,498	<i>0,528</i>	0,453			0,484
	Bakteriovora							0,488				-0,467	<u>-0,652</u>		0,498	<i>0,528</i>	0,453		-0,457	
	Bakteriovora- algivora		-0,409	-0,476																
	Histofagi														<u>0,663</u>					
	Omnivora				0,471	-0,489		-0,509										-0,461		
	Predatori											-0,418								
	Grabežljivci																			
	Procjeđivači		-0,415	-0,513										0,492						
	Suctoria										-0,491									

Tablica 15. Popis svih pronađenih svojti trepetljikaša u perifitonu tijekom proljetno-zimske i ljetno zimske eksperimentalne serije 2010. godine u Sakadaškom jezeru s naznačenim ekološkim karakteristikama za pojedinu svojtu. Svojte koje su zabilježene isključivo u proljetno-zimskoj seriji istaknute su plavom bojom, dok su svojte pronađene isključivo u ljetno-zimskoj seriji istaknute žutom bojom.

Skupina (treći - šesti rang)	Svojta	Kodovi dominantnih svojti	Veličina (μm)	Tip staništa	Stil života	Izvor hrane	Trofička skupina	Način uzimanja hrane
Postciliodesmatophora								
Karyorelictea								
	<i>Loxodes magnus</i> Stokes, 1887		> 200	B, Pla	P	O	O	G
	<i>Loxodes</i> sp.		> 200	B, Pla	P	O	O	G
Heterotrichea								
	<i>Linostoma vorticella</i> (Ehrenberg, 1833) Jankowski, 1978		> 50	Pla, B	P	O	O	P
	<i>Spirostomum teres</i> Claparède i Lachmann, 1858		> 200	B, Pla, An	P	SB, B, A, D	B-A	P
	<i>Stentor coeruleus</i> (Pallas, 1766) Ehrenberg, 1830		> 200	B, Per, Pla	S	O	O	P
	<i>Stentor igneus</i> Ehrenberg, 1838		> 200	B, Pla	S	B, A, D	B-A	P
	<i>Stentor muelleri</i> Ehrenberg, 1831		> 200	Per	S	B, A, D	B-A	P
	<i>Stentor roeselii</i> Ehrenberg, 1835	STEROE	> 200	B, Per	S	O	O	P
Intramacronucleata								
Spirotrichea								
Euplotia								
	<i>Aspidisca cicada</i> Müller, 1786	ASPCIC	< 50	B, Per	P	B	B	P

Tablica 15. (nastavak)

Skupina (treći - šesti rang)	Svojta	Kodovi dominantnih svojti	Veličina (µm)	Tip staništa	Stil života	Izvor hrane	Trofička skupina	Način uzimanja hrane
Oligotrichia	<i>Aspidisca lynceus</i> (Müller, 1773) Ehrenberg, 1830	EUPSPP	< 50	B, Per	P	B	B	P
	<i>Euplotes affinis</i> (Dujardin, 1841) Kahl, 1932		> 50	B, Per	P	B, D, A, HB	O	P
	<i>Euplotes</i> spp.		> 50	B, Per	P	O	O	P
	Oligotrichia non det.	OLINDET	> 50	Pla, B	P	D, A, B	B-A	P
	<i>Strombidium viride</i> Stein, 1867		> 50	Pla	P	D, A, B	B-A	P
Choreotrichia	<i>Codonella cratera</i> Leidy, 1877		> 50	Pla	P	D, A?	A	P
	<i>Strobilidium caudatum</i> (Fromentel, 1876) Foissner, 1987		> 50	B, Pla	P	D, A, B	B-A	P
	<i>Strobilidium humile</i> Penard, 1922		< 50	Pla, B	P	D	A	P
	<i>Tintinnidium</i> spp.		< 50	Pla	P	A, D, B	B-A	P
Hypotrichia	<i>Balladyna fusiformis</i> Kahl, 1932		> 50	B, Per	P	O	O	P
	<i>Chaetospora muelleri</i> Lachmann, 1856		> 200	B, Per	P	B, D, HB	O	P
	<i>Halteria grandinella</i> (Müller, 1773) Dujardin, 1841		< 50	Pla, B	P	B, A	B-A	P
	<i>Holosticha pullaster</i> (Müller, 1773) Foissner i sur., 1991		> 50	B	P	B, D, A	B-A	P
	Hypotrichia non det.		> 50	B, Per	P	B, D, A	B-A	P

Tablica 15. (nastavak)

Skupina (treći - šesti rang)	Svojta	Kodovi dominantnih svojti	Veličina (µm)	Tip staništa	Stil života	Izvor hrane	Trofička skupina	Način uzimanja hrane
	<i>Hypotrichidium conicum</i> Ilowaisky, 1921		> 50	Pla	P	O	O	P
	<i>Oxytricha haematoplasma</i> Blatterer i Foissner, 1990		> 50	B	P	O	O	P
	<i>Oxytricha saprobia</i> Kahl, 1932		> 50	B	P	B, HB	O	P
	<i>Oxytricha setigera</i> Stokes, 1891		> 50	B	P	B, HB	O	P
	<i>Stichotricha aculeata</i> Wrzesniowski, 1866		> 50	B	P	B, A	B-A	P
	<i>Stylonychia mytilus</i> -kompleks Foissner i sur., 1991		> 50	B, Per	P	O	O	P
	<i>Stylonychia pustulata</i> (Müller, 1786) Ehrenberg 1835		> 50	B, Per	P	O	O	P
	<i>Stylonychia</i> sp.		> 50	B, Per	P	O	O	P
	<i>Tachysoma pellionellum</i> (Müller, 1773) Borror 1972	TACPEL	> 50	B, Per	P	B, CY, A, D	B-A	P
	<i>Uroleptus gallina</i> (Müller, 1786) Foissner i sur., 1991		> 50	B	P	A	A	P
	<i>Uroleptus piscis</i> (Müller, 1773) Ehrenberg, 1831		> 200	B, Per	P	B, CY, D	B-A	P
	<i>Uroleptus</i> sp.		> 50	B, Per	P	O	O	P
Litostomatea								
Haptoria								
	<i>Acineria</i> sp.		< 50	Per, B	P	P	P	G
	<i>Acineria uncinata</i> Tulesco, 1962		< 50	Per, B	P	P	P	G
	<i>Actinobolina vorax</i> (Wenrich, 1929) Kahl, 1930		> 50	Pla	P	P	P	G

Tablica 15. (nastavak)

Skupina (treći - šesti rang)	Svojta	Kodovi dominantnih svojti	Veličina (µm)	Tip staništa	Stil života	Izvor hrane	Trofička skupina	Način uzimanja hrane
	<i>Amphileptus claparedii</i> Stein, 1867		> 50	Per	P	P	P	G
	<i>Amphileptus pleurosigma</i> (Stokes, 1884) Foissner, 1994		> 200	Per, B	P	P	P	G
	<i>Amphileptus punctatus</i> (Kahl, 1926) Foissner, 1984		> 50	Per, B	P	P	P	G
	<i>Didinium nasutum</i> (Müller, 1773) Stein, 1859		> 50	B, Pla	P	P	P	G
	<i>Enchelys gasterosteus</i> Kahl, 1926		> 50	B, Per	P	O	O	G
	Haptoria non det.		> 50	B, Per	P	P	P	G
	<i>Lacrymaria olor</i> (Müller, 1786) Bory de Saint-Vincent, 1824		> 200	B, Per	P	P	P	G
	<i>Lagynophrya rostrata</i> Kahl, 1927		> 50	Pla	P	A	A	G
	<i>Litonotus alpestris</i> Foissner, 1978		< 50	B, Per	P	B?, HB?	O	G
	<i>Litonotus cygnus</i> Müller, 1773	LITCYG	> 200	B, Per	P	P	P	G
	<i>Litonotus fusidens</i> (Kahl, 1926) Foissner i sur., 1995		> 50	B, Per	P	P	P	G
	<i>Litonotus</i> spp.*	LITSPP	> 50	B, Per	P	P	P	G
	<i>Litonotus varsaviensis</i> Wrzesniowski, 1870		> 50	B, Per	P	P	P	G
	<i>Loxophyllum helus</i> Stokes, 1884		> 50	Per, B	P	P	P	G
	<i>Loxophyllum meleagris</i> (Müller, 1773) Dujardin, 1841		> 200	Per, B	P	P	P	G
	<i>Monodinium balbianii</i> Fabre-Domergue, 1888		> 50	Pla, B	P	P	P	G
	<i>Monodinium chlorelligerum</i> Krainer, 1995		> 50	Pla	P	P	P	G

Tablica 15. (nastavak)

Skupina (treći - šesti rang)	Svojta	Kodovi dominantnih svojti	Veličina (µm)	Tip staništa	Stil života	Izvor hrane	Trofička skupina	Način uzimanja hrane
Rhynchostomatia	<i>Spathidium</i> sensu lato		> 50	Per, B, Pla	P	P	P	G
	<i>Trachelophyllum apiculatum</i> (Perty, 1852) Claparède i Lachmann, 1859		> 50	Per, B	P	O	O	G
	<i>Paradileptus elephantinus</i> (Svec, 1897) Kahl, 1931		> 200	Pla	P	O	O	G
	<i>Trachelius ovum</i> Ehrenberg, 1838		> 200	Per, B, Pla	P	P	P	G
Conthreep								
Phyllopharyngea								
Cyrtophoria								
	<i>Chilodonella uncinata</i> (Ehrenberg, 1838) Strand, 1928	CHIUNC	< 50	Per, B	P	B	B	G
	<i>Chlamydonella alpestris</i> Foissner, 1979		< 50	Per, B	P	D, B	B-A	G
	Cyrtophoria non det.		> 50	Per, B	P	B, A	B-A	G
	<i>Gastronauta membranaceus</i> Engelmann, 1875		> 50	Per, B	P	B	B	G
	<i>Odontochlamys alpestris</i> Foissner, 1981		< 50	Per, B	P	B	B	G
	<i>Phascolodon vorticella</i> Stein, 1859		> 50	Pla	P	A, D	A	G
	<i>Pseudochilodonopsis</i> spp.	PSESPP	> 50	Per, B	P	A, D	A	G
	<i>Thigmogaster oppositevacuolatus</i> Augustin i Foissner, 1989	THIOPP	< 50	Per, B	P	B	B	G
	<i>Trithigmostoma</i> spp.	TRISPP	> 50	Per, B	P	D, A, CY, B	B-A	G

Tablica 15. (nastavak)

Skupina (treći - šesti rang)	Svojta	Kodovi dominantnih svojti	Veličina (µm)	Tip staništa	Stil života	Izvor hrane	Trofička skupina	Način uzimanja hrane
	<i>Trochilia minuta</i> (Roux, 1899) Kahl, 1931	TROMIN	< 50	Per, B	P	B	B	G
Suctoria	<i>Acineta flava</i> Kellicott, 1885		> 50	Per, E	S	P	P	S
	<i>Acineta</i> sp.		> 50	Per, E	S	P	P	S
	<i>Acineta tuberosa</i> Ehrenberg, 1833	ACITUB	< 50	Per, E	S	P	P	S
	<i>Dendrosoma capitata</i> (Perez, 1903) Dovgal, 2002	DENCAP	> 200	Per, B, E	S	P	P	S
	<i>Dendrosoma radians</i> (Ehrenberg, 1838) Dovgal, 2002		> 200	Per, B, E	S	P	P	S
	<i>Discophrya buckei</i> Kent, 1882		> 50	Per, E	S	P	P	S
	<i>Discophrya elongata</i> Claparède i Lachmann, 1859	DISELO	> 50	Per, E	S	P	P	S
	<i>Heliophrya minima</i> (Rieder, 1936) Foissner, 1988		< 50	Per	S	P	P	S
	<i>Heliophrya rotunda</i> (Hentschel, 1916) Matthes, 1954		> 50	Per	S	P	P	S
	<i>Metacineta macrocaulis</i> Stokes, 1887	METMAC	> 50	Per	S	P	P	S
	<i>Metacineta micraster</i> (Penard, 1914) Batisse, 1967	METMIC	> 50	Per	S	P	P	S
	<i>Metacineta</i> sp.		> 50	Per	S	P	P	S
	<i>Sphaerophrya</i> sp.		< 50	Per, B, Pla	S	P	P	S
	<i>Sphaerophrya stentori</i> Maupas, 1881		< 50	Pla, E	P	Par		S
	Suctoria non det.		> 50	Per, B	S	P	P	S

Tablica 15. (nastavak)

Skupina (treći - šesti rang)	Svojta	Kodovi dominantnih svojti	Veličina (µm)	Tip staništa	Stil života	Izvor hrane	Trofička skupina	Način uzimanja hrane
	Suctoria-swarmer		< 50	Pla, B, Per	P			
	<i>Tokophrya lemnae</i> Stein, 1859	TOKLEM	> 50	Per, B, E	S	P	P	S
	<i>Tokophrya quadripartita</i> (Claparède i Lachmann, 1859) Bütschli, 1889	TOKQUA	> 50	Per, B, E	S	P	P	S
Nassophorea								
	<i>Chilodontopsis depressa</i> (Perty, 1852) Blochmann, 1895		> 50	Per, B	P	B, A, D	B-A	G
	<i>Drepanomonas revoluta</i> Penard, 1922		< 50	B, Per, Pla	P	B	B	G
	<i>Leptopharynx costatus</i> Mermod, 1914	LEPCOS	< 50	B, Per, Pla	P	B, A	B-A	G
	<i>Microthorax pusillus</i> Engelmann, 1862		< 50	B, Per	P	B	B	G
	<i>Nassula picta</i> Greeff, 1888	NASPIC	> 50	B, Per, Pla	P	CY (O)	O	G
	<i>Pseudomicrothorax agilis</i> Mermod, 1914		> 50	Per, B	P	CY (B, A)	B-A	G
Colpodea								
Cyrtolophosidida								
	<i>Cyrtolophosis mucicola</i> Stokes, 1885	CYRMUC	< 50	B	P	B	B	P
Prostomatea								
	<i>Coleps</i> spp.	COLSPP	> 50	Per, B, Pla	P	O	O	G
	<i>Holophrya</i> spp.		> 50	B, Pla	P	O	O	G
	<i>Lagynus elegans</i> (Engelmann, 1862) Quennerstedt, 1867		> 50	An, B	P	O	O	G

Tablica 15. (nastavak)

Skupina (treći - šesti rang)	Svojta	Kodovi dominantnih svojti	Veličina (µm)	Tip staništa	Stil života	Izvor hrane	Trofička skupina	Način uzimanja hrane
	<i>Metacystis</i> sp.	METACY	< 50	Per, Pla	P	B?, SB?	B	G
	<i>Placus luciae</i> (Kahl, 1926) Kahl, 1930		> 50	B, Per	P	O	O	G
	<i>Urotricha furcata</i> Schewiakoff, 1892		< 50	Pla	P	B, A	B-A	G
	<i>Urotricha</i> spp.		< 50	Pla, B	P	B, A	B-A	G
	<i>Urotricha venatrix</i> Kahl, 1935		> 50	Pla, B	P	P	P	G
Plagiopylea								
	<i>Askenasia volvox</i> (Eichwald, 1852) Blochmann, 1895		< 50	Pla	P	A, D	A	G
	<i>Pelodinium</i> sp.		< 50	An	P	SB	B	P
	<i>Plagiocampa rouxi</i> Kahl, 1932		< 50	B, Per, Pla	P	B, A	B-A	G
	<i>Saprodinium</i> spp.		< 50	An	P	B, SB	B	P
Oligohymenophorea								
Peniculia								
	<i>Frontonia leucas</i> Ehrenberg, 1838		> 200	B, Per, Pla	P	O	O	P
	<i>Frontonia</i> sp.	FRONSP	> 50	B, Per, Pla	P	O	O	P
	<i>Lembadion lucens</i> (Maskell, 1887) Kahl, 1931		> 50	B, Pla	P	O	O	P
	<i>Paramecium bursaria</i> Ehrenberg, 1831		> 50	Per, B, Pla	P	B, A, D	B-A	P
	<i>Paramecium putrinum</i> Claparède i Lachmann, 1858		> 50	B, Per, Pla	P	B, SB, CY, HB	O	P

Tablica 15. (nastavak)

Skupina (treći - šesti rang)	Svojta	Kodovi dominantnih svojti	Veličina (µm)	Tip staništa	Stil života	Izvor hrane	Trofička skupina	Način uzimanja hrane
	<i>Stokesia vernalis</i> Wenrich, 1929		> 50	Pla	P	B, A, D	B-A	P
	<i>Urocentrum turbo</i> Müller, 1786		> 50	B, Per, Pla	P	B, D	B-A	P
Scuticociliatia								
	<i>Calyptotricha pleuronemoides</i> Phillips, 1882	CALPLE	< 50	B, Per	P	B, A, HB	O	P
	<i>Cinetochilum margaritaceum</i> Perty, 1852	CINMAR	< 50	Per, B, Pla	P	B, A	B-A	P
	<i>Ctedoctema acanthocryptum</i> Stokes, 1884	CTEACA	< 50	B	P	B	B	P
	<i>Cyclidium glaucoma</i> Müller, 1773	CYCGLA	< 50	B, Per, Pla	P	B	B	P
	<i>Cyclidium heptatrichum</i> Schewiakoff, 1893		< 50	B, Per, Pla	P	B	B	P
	<i>Pleuronema coronatum</i> Kent, 1881		> 50	B	P	O	O	P
	<i>Pseudocohnilembus pusillus</i> (Quennerstedt, 1869) Foissner i Wilbert, 1981		< 50	B, Pla	P	B	B	P
Hymenostomatia								
	<i>Colpidium</i> sp.		> 50	B	P	B, A	B-A	P
	<i>Ophryoglena</i> sp.		> 200	B	P	H	H	G
	<i>Tetrahymena</i> sp.		< 50	B	P	B	B	P
Peritrichia								
	<i>Campanella umbellaria</i> (Linnaeus, 1758) Goldfuss, 1820		> 50	Per, B, E	S	B	B	P
	<i>Carchesium polypinum</i> Linnaeus, 1758	CARPOL	> 50	B, Per, E	S	B	B	P

Tablica 15. (nastavak)

Skupina (treći - šesti rang)	Svojta	Kodovi dominantnih svojti	Veličina (µm)	Tip staništa	Stil života	Izvor hrane	Trofička skupina	Način uzimanja hrane
	<i>Cothurnia annulata</i> Stokes, 1885		> 50	Per	S	B	B	P
	<i>Epistylis chrysemydis</i> Bishop i Jahn, 1941	EPICHR	> 50	Per, E	S	B, A	B-A	P
	<i>Epistylis coronata</i> Nusch, 1970		> 50	Per	S	B	B	P
	<i>Epistylis entzii</i> Stiller, 1935	EPIENT	> 50	Per, E	S	B	B	P
	<i>Epistylis galea</i> Ehrenberg, 1831		> 50	Per	S	B	B	P
	<i>Epistylis hentscheli</i> Kahl, 1935	EPIHEN	> 50	Per, B	S	B	B	P
	<i>Epistylis plicatilis</i> Ehrenberg, 1831	EPIPLI	> 50	Per, B, E	S	B	B	P
	<i>Hastatella radians</i> Erlanger, 1890		> 50	Pla	P	B	B	P
	<i>Opercularia articulata</i> Goldfuss, 1820		> 50	Per, E	S	B	B	P
	<i>Opercularia nutans</i> (Ehrenberg, 1831) Stein, 1854	OPENUT	> 50	Per, E	S	B	B	P
	<i>Opercularia</i> sp.		> 50	Per, E	S	B	B	P
	<i>Ophrydium</i> sp.		> 200	Per	S	B, A	B-A	P
	<i>Peritrichia-swarmer</i>	PERSWA	< 50	Pla, B, Per	P			
	<i>Platycola decumbens</i> (Ehrenberg, 1830) Kent, 1882		> 50	Per	S	B, A, HB	O	P
	<i>Platycola</i> sp.		> 50	Per	S	B, A, HB	O	P
	<i>Pseudovorticella chlamydophora</i> (Penard, 1922) Jankowski, 1976		> 50	Per, B	S	B, A	B-A	P
	<i>Pseudovorticella fasciculata</i> (Müller, 1773) Foissner i Brozek, 1996		> 50	Per, B	S	B, A	B-A	P

Tablica 15. (nastavak)

Skupina (treći - šesti rang)	Svojta	Kodovi dominantnih svojti	Veličina (μm)	Tip staništa	Stil života	Izvor hrane	Trofička skupina	Način uzimanja hrane
	<i>Pseudovorticella monilata</i> (Tatem, 1870) Foissner i Schiffmann, 1974	PSEMON	> 50	Per, B	S	B	B	P
	<i>Pyxicola carteri</i> Kent, 1882	PYXCAR	> 50	Per	S	B	B	P
	<i>Thuricola folliculata</i> Müller, 1786		> 50	Per	S	B, A	B-A	P
	<i>Thuricola kellicottiana</i> Stokes, 1887		> 200	Per	S	A	A	P
	<i>Vaginicola</i> sp.		> 50	Per	S	B	B	P
	<i>Vaginicola tincta</i> Ehrenberg, 1830		> 50	Per	S	B	B	P
	<i>Vorticella campanula</i> Ehrenberg, 1831	VORCAM	> 50	Per, B, E	S	B, A	B-A	P
	<i>Vorticella convallaria</i> -kompleks Foissner i sur., 1992	VORCON	> 50	Per, B, E	S	B	B	P
	<i>Vorticella mayeri</i> Fauré-Fremiet, 1920		< 50	Pla	P	B	B	P
	<i>Vorticella</i> spp. 1**	VORSPP1	> 50	Per, B, E	S	B, A	B-A	P
	<i>Vorticella</i> spp. 2***	VORSPP2	< 50	Per, B	S	B, A	B-A	P
	<i>Zoothamnium simplex</i> Kent, 1881	ZOOSIM	> 50	Per	S	B	B	P

* *Litonotus* spp. uključuje vrste *L. crystallinus* i *L. Lamella*; ** *Vorticella* spp. 1 uključuje vrste *V. convallaria*-kompleks i *V. picta*; *** *Vorticella* spp. 2 uključuje vrste *V. aquadulcis*-kompleks i *V. octava*-kompleks.

Veličinske kategorije: < 50 (do 50 μm) – male svojte; > 50 (50-200 μm) – svojte srednje veličine; > 200 (veći od 200 μm) – velike svojte (Foissner i Berger, 1996; Andrushchyshyn i sur., 2006; Andrushchyshyn i sur., 2007).

Tip staništa: An – anaerobna staništa; B – bentos; E – epizoon; Per – perifiton; Pla – plankton (Foissner i Berger, 1996).

Stil života: P – pokretni (vagilni) oblici; S – sjedilački (sesilni) oblici (Coppellotti i Matarazzo, 2000).

Izvor hrane: A – alge, B – bakterije; Cy – cijanobakterije; D – dijatomeje; H – histofag; HB – heterotrofni bičaši; O – omnivora; P – predator; Par – parazit; SB – sumporne bakterije (Foissner i Berger, 1996).

Trofička skupina: A – algivora; B – bakteriovora; B-A – bakteriovora-algivora; H – histofag; O – omnivora; P – predator.

Način uzimanja hrane: G – grabežljivci; P – procjeđivači (filtratori); S – hranjenje karakteristično za skupinu Suctoria (Verni i Gualtieri, 1997; Finlay i Esteban, 1998; Hausmann, 2002; Esteban i sur., 2015).

5. RASPRAVA

Okolišni uvjeti tijekom istraživnog razdoblja

Na razvoj obraštajnih zajednica znatno utječu različiti biotički i abiotički ekološki čimbenici, a u jezerima umjerenog područja izražen je utjecaj sezonskih promjena tih čimbenika na strukturu i razvoj perifitona (Wetzel, 2001; Azim i sur., 2005; Sigee, 2005). Tijekom provedenog istraživanja uvjeti u Sakadaškom jezeru sezonski su se jasno razlikovali, pri čemu su značajno ovisili o promjenama vodostaja Dunava, odnosno intenzitetu i duljini trajanja plavljenja. Proljetno-zimska eksperimentalna serija započela je u vrijeme kada je vodostaj Dunava bio u fazi opadanja te je završavalo razdoblje proljetnih poplava malog i srednjeg intenziteta. Tijekom većeg dijela travnja pa sve do sredine svibnja plavljenje je izostalo te je Sakadaško jezero bilo u fazi izolacije. Nakon toga je ponovno nastupilo razdoblje plavljenja, pri čemu je veći dio ljetnog i početak jesenskog razdoblja obilježilo dugotrajno plavljenje velikog intenziteta, pa čak i ekstremno veliko plavljenje. Kratkotrajne poplave većeg intenziteta obilježile su početak zime. Kratkotrajna izolacija jezera nastupila je u drugoj polovini srpnja, a duži period izolacije obilježio je veći dio jesenskog razdoblja (Sl. 9 i 10).

Plavljenje je najviše utjecalo na dubinu jezera, prozirnost vode, koncentraciju nitrata u vodi, električnu provodljivost vode te koncentraciju otopljenog kisika i klorofila *a* u vodi (Tab. 1). U vrijeme plavljenja povećavala se dubina Sakadaškog jezera, prozirnost vode te koncentracija nitrata u vodi, dok su se provodljivost vode kao i koncentracije otopljenog kisika i klorofila *a* u vodi smanjivale. Generalno je uočen porast koncentracije hranjivih tvari s ulaskom poplavnih voda u jezero (Sl. 16 – 20 i 25). Hein i sur. (2004) navode da plavljenje može dovesti do povećanja koncentracije hranjivih tvari u poplavnom području, pri čemu poplavna jezera imaju važnu ulogu u njihovom skladištenju (Tockner i sur., 1999). Hein i sur. (1996) ističu da su dunavske vode bogate suspendiranim česticama. S poplavnim vodama se suspendirane anorganske čestice te otopljena i partikulirana organska tvar unose u poplavna područja, a također dolazi do ispiranja hranjivih i organskih tvari s rubnog područja obraslog vegetacijom i njihove akumulacije u jezerskoj vodi (Tockner i sur., 1999; Mihaljević i sur., 2010). Rezultati ovog istraživanja pokazali su da je u vrijeme poplava električna provodljivost vode imala niže vrijednosti, što ukazuje na nižu koncentraciju iona u vodi, a to je u skladu s rezultatima drugih istraživanja na području Dunava (Hein i sur., 2004). Također je prisutna manja brojnost i biomasa fitoplanktona te veća količina hranjivih tvari.

Učestalost i intenzitet poplava imaju značajan utjecaj na vodene biocenoze (Junk i sur., 1989; Tockner i sur., 1999), pa tako i na obraštajne zajednice poplavnih područja (Rodrigues i Bicudo, 2001; Iwaniec i sur., 2006). U provedenom istraživanju utvrđen je negativan utjecaj plavljenja na brojnost fitoplanktona u Sakadaškom jezeru, budući da su najniže vrijednosti koncentracije klorofila *a* u vodi zabilježene u vrijeme poplava (Sl. 21 i Tab. 1). Ovakav utjecaj plavljenja na zastupljenost fitoplanktona u Sakadaškom jezeru ustanovili su i Mihaljević i sur. (2010) te Mihaljević i Stević (2011). Također su ustanovili da u uvjetima ekstremno velikog i dugotrajnog plavljenja može doći do promjene ekološkog stanja jezera te ono može prijeći iz stanja mutne (velika brojnost i biomasa fitoplanktona) u stanje čiste vode

(mala brojnost i biomasa fitoplanktona i niže koncentracije hranjivih tvari). Palijan (2010) je ustanovio da se veći broj bakterija zadržava u vodi nakon plavljenja, što omogućava njihovo brže pričvršćivanje na podloge u vodi te ubrzava razvoj perifitona i potiče naseljavanje drugih organizama. Planktonski organizmi (naročito bakterioplankton i fitoplankton) predstavljaju važan izvor hrane trepetljikašima koji su dio obraštajnih zajednica, a posebno sjedilačkim procjeđivačima (Arndt i sur., 2003; Weitere i sur., 2003; Früh i sur., 2011; Kanavillil i Kurissery, 2013; Kathol i sur., 2011; Yang i sur., 2016), što su potvrdili i rezultati ovog istraživanja. Brojna istraživanja provedena u poplavnom području Kopačkog rita dovela su do zaključka da hidrološki procesi direktno ili indirektno značajno utječu na sastav i brojnost organizama u perifitonu, uključujući bakterije, alge i beskralježnjake (Palijan, 2010; Vidaković i sur., 2011, 2012; Mihaljević i Žuna Pfeiffer, 2012; Mihaljević i sur., 2013; Žuna Pfeiffer i sur., 2013, 2015; Mihaljević i sur., 2015). Sve navedene skupine organizama iznimno su važne za strukturiranje i dinamiku razvoja zajednice trepetljikaša u perifitonu, bilo da predstavljaju izvor hrane trepetljikašima, vrše predatorski pritisak na njih ili su s njima u kompeticiji za hranu i prostor (Foissner i Berger, 1996; Arndt i sur., 2003; Burgmer i sur., 2010; Kanavillil i Kurissery, 2013; Safi i sur., 2014). U ovom istraživanju utvrđen je utjecaj promjena vodostaja Dunava na raznolikost i brojnost pojedinih skupina trepetljikaša (Tab. 10 – 13), kao i na brojnost nekih dominantnih predstavnika trepetljikaša u perifitonu (Prilog 4 i 5). Također je ustanovljeno da je dubina jezera značajan čimbenik za zajednicu trepetljikaša perifitona (Sl. 50 i 51), a ona izravno ovisi o oscilacijama vodostaja Dunava (Tab. 1). U daljnjem tekstu bit će detaljnije objašnjen utjecaj pojedinih okolišnih čimbenika na sastav i dinamiku zajednice trepetljikaša u perifitonu.

Temperatura vode slijedila je sezonski trend (Sl. 12) te su najviše vrijednosti zabilježene tijekom ljeta, a najniže tijekom zime. Koncentracija otopljenog kisika u vodi ovisi o metabolizmu aerobnih vodenih organizama, odnosno intenzitetu razgradnje organske tvari u vodi i usko je povezana s temperaturom vode (Westlake i sur., 1998; Wetzel, 2001; van der Valk, 2006). Stoga su očekivano najmanje količine otopljenog kisika ustanovljene u ljetnom razdoblju, a najveće u proljetnom i zimskom razdoblju (Sl. 13). Iako je u vrijeme plavljenja koncentracija otopljenog kisika imala niže vrijednosti, uočava se porast koncentracije na početku razdoblja plavljenja kada su poplavne vode ulazile u Sakadaško jezero, što je vjerojatno posljedica miješanja vodnog stupca (Sl. 13). Tijekom cijelog razdoblja istraživanja Sakadaško jezero pripadalo je eutrofnim, pa i hipertrofnim vodama (Sl. 22). Ovakvo trofičko stanje Sakadaškog jezera utvrđeno je i u brojnim drugim istraživanjima (Vidaković i sur., 2002; Vidaković i sur., 2008; Bogut i sur., 2010; Čerba i sur., 2011; Vlaičević i sur., 2017).

Dio istraživanih razdoblja obilježila je prisutnost metafitona i makrofitske vegetacije u Sakadaškom jezeru, pri čemu su se ove zajednice gusto razvile i oko drvenih nosača sa stakalcima. Metafiton čine nakupine međusobno isprepletenih nitastih zelenih alga (primjerice rodova *Spirogyra*, *Mougeotia* ili *Zygnema*) koje plutaju na površini i neposredno ispod površine vode, a često su labavo povezane, ali ne i pričvršćene, za nekakav supstrat (često se metafiton naziva i flotantnim perifitonom) (Wetzel, 2001; Sigeo, 2005; van der Valk, 2006). Ove nakupine se obično počinju formirati u području litorala nakupljanjem alga na površini određenog supstrata kao što su primjerice vodene biljke ili ostaci biljnih ili životinjskih

organizama, a uslijed pojave turbulencije u obliku valova ili jačih vodenih strujanja odvajaju se te počinju plutati u vodi, što im omogućava nakupljeni kisik kojeg alge stvaraju fotosintezom (Wetzel, 2001; Goldsborough i sur., 2005; Sigee, 2005; van der Valk, 2006; Wu, 2017). Metafiton se uglavnom kratkotrajno zadržava u vodenom staništu, ali u povoljnim uvjetima može se zadržati kroz duže vremensko razdoblje, pri čemu postaje pogodan supstrat za naseljavanje bakterija, alga (Žuna Pfeiffer, 2015) i beskralježnjaka (Bogut i sur., 2005). Zajednice metafitona uglavnom karakterizira velika produktivnost i intenzivan metabolizam, stoga mogu znatno utjecati na kruženje hranjivih tvari i trofičke odnose u vodenim staništima. Općenito je poznato da pojava metafitona u slatkovodnim staništima može dovesti do narušavanja fizikalno-kemijskih te bioloških uvjeta, a također ukazuje na eutrofno stanje vodnog tijela (Wetzel, 2001). Metafiton je u ovom istraživanju prvi puta uočen oko drvenog nosača za proljetno-zimsku eksperimentalnu seriju sredinom lipnja, u vrijeme ekstremno velikih poplava i porasta temperature zraka i vode. Sredinom srpnja došlo je također do širenja makrofitske vegetacije koja je bila gusto razvijena u obalnom području jezera kao i oko samog drvenog nosača za proljetno-zimsku seriju. Makrofitska vegetacija se vrlo brzo počela zadržavati i oko drvenog nosača za ljetno-zimsku eksperimentalnu seriju, već nakon nekoliko dana od trenutka uranjanja u jezero, a intenzivnije se razvila krajem srpnja. Do kratkotrajnog nestanka metafitona došlo je krajem srpnja i početkom kolovoza, nakon čega se ponovno pojavio i znatno raširio oko oba drvena nosača te je zajedno s makrofitskom vegetacijom činio gusto pakirane aggregate. S prestankom vegetacijske sezone u listopadu došlo je do odumiranja metafitona i makrofitske vegetacije, a od početka studenog ove zajednice više nisu uočene na istraživačkoj postaji. S pojavom metafitona i makrofitske vegetacije znatno se povećala površina za naseljavanje vodenih organizama (Goldsborough i sur., 2005; van der Valk, 2006). U ovim zajednicama povoljne uvjete za život pronalaze različiti heterotrofni organizmi, posebice oni koji se hrane ispašom (engl. *grazing*), ali i predatorski oblici. Ovi organizmi mogu znatno utjecati na metabolizam hranjivih tvari i na trofičke odnose unutar vodenih ekosustava. Prisutnost metafitona u eulitoralu Sakadaškog jezera zabilježili su u drugoj polovini svibnja 2004. godine Bogut i sur. (2005), pri čemu se metafiton pojavio u sličnim uvjetima kao i u ovom istraživanju – u vrijeme kada je porasla razina vode te temperatura zraka i vode.

Promjene biomase perifitona

Razvoj perifitona je složen i dinamičan proces koji obuhvaća adsorpciju organskih čestica na površinu čiste podloge, nakon čega slijedi naseljavanje organizama određenim redoslijedom (Wetzel, 2001; Wu, 2017). Biomasa perifitona značajno se mijenja s vremenom ekspozicije podloga u vodi te možemo razlikovati nekoliko faza razvoja (Biggs, 1996; Moschini-Carlos i sur., 2000). Na početku se, kao rezultat naseljavanja te rasta i razmnožavanja organizama, biomasa obraštaja eksponencijalno povećava i dostiže vršne vrijednosti. Ova faza označava se kao faza prirasta, a ovisi o abiotičkim (temperatura, dostupnost svjetlosti i hranjivih tvari) i biotičkim čimbenicima (intenzitet ispaše, izvor potencijalnih kolonizatora u okolnom vodenom mediju). Rezultati provedenog istraživanja pokazali su da se prvo značajnije povećanje ukupne biomase perifitona i koncentracije klorofila u perifitonu pojavljuje ranije u ljetnom periodu u odnosu na proljetni period. U proljeće se biomasa perifitona značajnije

povećala nakon 42 dana razvoja, a u ljeto nakon 33 dana (Sl. 27), dok se koncentracija klorofila značajnije povećala nakon 70 dana razvoja u proljetno-zimskoj seriji, odnosno nakon 27 dana razvoja u ljetno-zimskoj seriji (Sl. 26). Paralelno s ovim istraživanjem provedeno je i istraživanje naseljavanja i sukcesije alga u perifitonu na umjetnim staklenim podlogama (Mihaljević i Žuna Pfeiffer, 2012; Žuna Pfeiffer, 2012; Žuna Pfeiffer i sur., 2013; Žuna Pfeiffer i sur., 2015). Autori su došli do zaključka da se alge u Sakadaškom jezeru brže naseljavaju na umjetne podloge u ljetnim uvjetima, u odnosu na proljetno razdoblje, a kao glavni razlog tome navode veliku količinu hranjivih tvari u vodi (eutrofne uvjete) te sezonski utjecaj (viša temperatura vode i veća količina svjetlosti). Trepeljikaši su se također brže naseljavali na umjetne staklene podloge tijekom ljeta u odnosu na proljeće (Sl. 33). Dobiveni rezultati ukazuju na to da je faza prirasta trajala kraće u ljetnim uvjetima, odnosno perifiton se razvijao brže nego u proljeće. Općenito se smatra da se perifiton razvija brže u uvjetima povišene temperature vode, jačeg intenziteta svjetlosti te veće količine hranjivih tvari (Moschini-Carlos i sur., 2000; Wetzel, 2001; Azim i Asaeda, 2005; Goldsborough i sur., 2005; Ostojić, 2010; Villanueva i sur., 2011).

Nakon faze prirasta uslijedila je faza gubitka perifitona tijekom koje je došlo do znatnog smanjenja ukupne biomase te opadanja vrijednosti koncentracija klorofila, a također je u ovoj fazi zabilježena i manja ukupna brojnost trepeljikaša u odnosu na ostatak razdoblja (Sl. 27 i 34). Općenito, razlozi smanjenja biomase perifitona mogu biti prirodno starenje i odumiranje jedinki, odumiranje uslijed pojave bolesti, emigracija organizama, spontano odljepljivanje s podloge ili odljepljivanje uzrokovano mehaničkim poremećajima unutar staništa te povećan hranidbeni pritisak „grejzera“ koji se hrane ispašom (Biggs, 1996; Moschini-Carlos i sur., 2000; Wetzel, 2001). S vremenom se na podlogama razvija sve deblji sloj perifitona, odnosno dostižu se vršne vrijednosti ukupne biomase. U tom slučaju jedinke koje se nalaze u dubljim slojevima obraštaja imaju smanjen pristup svjetlosti, hranjivim tvarima i kisiku te dolazi do njihovog odumiranja, što rezultira odvajanjem određenog dijela obraštaja od podloge (Azim i Asaeda, 2005). Relativno mala biomasa perifitona karakteristična je za vodene ekosustave s čestim poremećajima, vrlo niskim koncentracijama nutrijenata, bujno razvijenom makrofitskom vegetacijom te u uvjetima intenzivne ispaše (Higgins i Han, 1995; Vermaat, 2005; Wetzel, 2005). U vrijeme intenzivnog plavljenja Sakadaškog jezera je došlo do značajnog smanjenja biomase perifitona (faze gubitka), pri čemu su se u litoralnoj zoni jezera, ali i oko samih drvenih nosača sa stakalcima, pojavili i raširili metafiton i makrofitska vegetacija. Faza gubitka trajala je od sredine lipnja do sredine listopada (70. – 196. dana razvoja perifitona) tijekom proljetno-zimske serije te od sredine kolovoza do početka listopada (33. – 84. dana razvoja perifitona) tijekom ljetno-zimske serije (Sl. 27). Poplave mogu uzrokovati miješanje vodnog stupca te podizanje čestica sedimenta, a s poplavama je moguć i donos suspendiranih čestica u poplavno područje, što dovodi do zamućivanja i smanjenja prodora svjetlosti. Nastali uvjeti mogu negativno utjecati na razvoj perifitona, stoga može doći do gubitka biomase (Wetzel, 2001). Poplave također mogu izazvati pomicanje supstrata (Gaiser i sur., 2006), što može rezultirati gubitkom obraštaja s podloga. Vertikalna položajnost staklenih podloga u stupcu vode mogla je doprinijeti lakšem gubitku obraštaja i zbog djelovanja gravitacije. Ispod plutajuće makrofitske vegetacije može doći do sniženja koncentracije kisika uslijed intenzivne razgradnje organske tvari, pri čemu mogu nastati i

hipoksični uvjeti, a u vrijeme razvoja metafitona i vodenih makrofita, na istraživanoj postaji su povremeno zabilježene i vrlo niske koncentracije otopljenog kisika u vodi (Sl. 13). Intenzivan razvoj metafitona i makrofitske vegetacije može dovesti i do smanjenja intenziteta i kvalitete svjetlosti, pri čemu dolazi do zasjenjenja dubljih zajednica, što ima negativan učinak na razvoj alga u perifitonu i dovodi do smanjenja ukupne biomase perifitona. Uzrok smanjenja biomase može biti i kompeticija za hranjive tvari između perifitonskih alga i makrofitske vegetacije (Wetzel, 2001; van der Valk, 2006). Zajednice metafitona i makrofitske vegetacije pružaju povoljne uvjete za život (veliku količinu hrane i zaklon od grabežljivaca) brojnim vodenim beskralježnjacima (Bogut i sur., 2005; Čerba i sur., 2011; Mahdy i sur., 2014). Uz brojne predstavnike beskralježnjaka, u navedenim nakupinama je također primjećeno zadržavanje velikog broja punoglavaca i riba (Vidaković, osobno priopćenje). Ispaša (engl. *grazing*) podrazumijeva uklanjanje dijelova obraštaja (Hillebrand, 2009), stoga pojačan hranidbeni pritisak na obraštajne zajednice dovodi do smanjenja ukupne biomase obraštaja (Feminella i Hawkins, 1995; Steinman, 1996; Hann i Turner, 1999; Hillebrand i Kahlert, 2001; Wetzel, 2001; Goldsborough i sur., 2005; Vermaat, 2005; Burgmer i sur., 2010; Mahdy i sur., 2014), a taj se učinak povećava s porastom temperature (Hillebrand, 2009). S obzirom da uklanjaju dijelove obraštaja, grejzeri često ostavljaju makroskopski vidljive tragove na supstratu, što je uočeno na staklenim podlogama tijekom ovog istraživanja. Također, ovakav način hranjenja nije selektivan te stoga utječe na sve komponente obraštajnih zajednica (Burgmer i sur., 2010; Ackermann i sur., 2011). Međutim, ustanovljeno je da umjerena ispaša može imati i pozitivan učinak na razvoj perifitona (Steinman, 1996), omogućavajući veću dostupnost svjetlosti i hranjivih tvari algama koje se nalaze u dubljim slojevima (Wetzel, 2005). Pomicanje metafitona i makrofita uslijed pojačanog gibanja vode može mehanički oštetiti i odstraniti perifiton sa stakalaca te tako dovesti do smanjenja ukupne biomase (Azim i Asaeda, 2005). Međutim, s pojavom metafitona i makrofitske vegetacije povećava se heterogenost staništa i stvaraju se nova mikrostaništa za naseljavanje vodenih organizama, što može potaknuti razvoj i veću produktivnost obraštajnih zajednica (Sigee, 2005; van der Valk, 2006). Na metafitonu i makrofitskoj vegetaciji zadržanima oko drvenih nosača sa stakalcima, osim alga (Žuna Pfeiffer i sur., 2015) i različitih skupina beskralježnjaka (Vidaković, osobno priopćenje), zabilježeni su i predstavnici trepetljikaša iz skupina Heterotrichea (*Stentor* spp.), Peritrichia (sjedilački kolonijalni i solitarni oblici) i Suctorina (*Dendrosoma* spp.) (Vidaković, osobno priopćenje). Tijekom kasnog proljeća na prirodnim podlogama uočena je velika brojnost Suctorina, a tijekom ljeta i jeseni brojni su bili sjedilački Peritrichia i *Stentor* spp. Unutar zajednica metafitona i makrofita mogu se stvoriti povoljni uvjeti za trepetljikaše – nove podloge za pričvršćivanje i velika količina hrane. Stvaranjem velike količine organske tvari potiče se njena razgradnja, odnosno povećava se brojnost bakterija te se uspostavljaju povoljni hranidbeni uvjeti za brojne trepetljikaše (Sigee, 2005).

Faza prirasta i faza gubitka biomase mogu se izmjenjivati tijekom razvoja perifitona kroz duži vremenski period. Kada se unutar staništa ponovno uspostave povoljni i stabilni uvjeti, obraštajne se zajednice mogu oporaviti i može im se ponovno povećati ukupna biomasa (Wu, 2017). Oporavak obraštajnih zajednica ovisi o biomasi koja je preostala na podlozi nakon odvajanja, brzini imigracije jedinki iz okolnog vodenog medija, njihovom rastu i

razmnožavanju te o uvjetima u okolišu (Azim i Asaeda, 2005; Sigee, 2005; Wetzel, 2005). Dakle, nakon odvajanja određenog dijela obraštaja od podloge dolazi do sekundarne kolonizacije organizama i obnove zajednice (Goldsborough i sur., 2005; Sigee, 2005).

Nakon faze gubitka uslijedila je nova faza prirasta biomase perifitona. Nova faza prirasta je u obje eksperimentalne serije započela sredinom listopada kada je prestalo plavljenje i nastupila je faza izolacije Sakadaškog jezera. Također je u to vrijeme došlo do odumiranja metafitona i makrofitske vegetacije i uspostavili su se stabilniji i povoljniji okolišni uvjeti. Nova faza prirasta trajala je sve do kraja razdoblja istraživanja (Sl. 27), a odvijala se puno brže nego početna te su u ovoj fazi dosegnute maksimalne vrijednosti ukupne biomase perifitona. Mogući razlog bržeg razvoja bio je zadržavanje dijela obraštaja na staklenim podlogama nakon faze gubitka (Azim i Asaeda, 2005).

Autotrofni indeks koristi se kao pokazatelj zastupljenosti autotrofne i heterotrofne komponente perifitona (APHA, 1998; Azim i Asaeda, 2005). Izračunati autotrofni indeks ukazao je na dominaciju heterotrofnih organizama u perifitonu tijekom proljetnog naseljavanja (prva 42 dana razvoja), nakon čega je počela dominirati autotrofna komponenta. Heterotrofni organizmi ponovno su prevladavali u zajednici u prosincu, odnosno na samom kraju proljetno-zimske eksperimentalne serije. Tijekom prva tri dana naseljavanja u ljeto u obraštaju su veći udio imali heterotrofni organizmi, a zatim je postala dominantna autotrofna komponenta. Heterotrofni organizmi ponovno su počeli prevladavati u zajednici krajem ljetno-zimske eksperimentalne serije, u studenom i prosincu (Sl. 28). Dobiveni rezultati pokazali su da u mlađoj zajednici, kao i na samom početku naseljavanja, u perifitonu Sakadaškog jezera prevladava organska tvar koja nije algalnog porijekla te vjerojatno potječe od organskih čestica dospjelih iz stupca vode, bakterija (Azim i Asaeda, 2005), ali i prazivotinja i manjih beskralježnjaka prisutnih tijekom ove faze razvoja zajednice. Tijekom kasne faze razvoja perifitona povećane vrijednosti autotrofnog indeksa mogu biti rezultat starenja i odumiranja alga i drugih organizama, što potiče bakterijsku razgradnju i porast broja bakterija. Istraživanja su pokazala da značajan utjecaj na zastupljenost pojedine komponente imaju i organizmi koji se hrane ispašom perifitona, primjerice ribe. Veće vrijednosti autotrofnog indeksa mogu značiti veću zastupljenost grejzera u samom obraštaju, što podrazumijeva pojačan hranidbeni pritisak na pojedine komponente. Autotrofni indeks ukazuje na činjenicu da, pored autotrofne, i heterotrofna komponenta predstavlja važan dio obraštajnih zajednica, a često i prevladava u obraštaju. Unatoč toj činjenici, u istraživanjima obraštajnih zajednica naglasak je većim dijelom stavljen na autotrofnu komponentu (Azim i Asaeda, 2005), naročito u ekosustavima poplavnih područja.

Struktura i dinamika razvoja zajednice trepetljikaša perifitona

Trepetljikaši, kao predstavnici heterotrofnih fagotrofnih protista, predstavljaju vrlo važnu komponentu perifitonskih zajednica različitih vodenih ekosustava – jedni su od najvažnijih posrednika u prijenosu tvari i energije između nižih i viših trofičkih razina (Primec, 1988; Arndt i sur., 2003; Parry, 2004; Sigee, 2005; Norf i sur., 2009; Yang i sur., 2016), povezuju hranidbene lance planktona i bentosa (Arndt i sur., 2003; Weitere i sur., 2003; Ackermann i

sur., 2011; Früh i sur., 2011; Kathol i sur., 2011; Yang i sur., 2016) te utječu na arhitekturu obraštaja stvaranjem morfoloških struktura za pričvršćivanje (Arndt i sur., 2003) kao i prikupljanjem čestica hrane s površine supstrata (Hausmann, 2002; Böhme i sur., 2009; Risse-Buhl i Küsel, 2009; Weerman i sur., 2011). Unatoč tome, zanemarivani su u dosadašnjim istraživanjima perifitona poplavnih područja. Provedeno istraživanje ukazalo je na veliku raznolikost i brojnost trepetljikaša u perifitonu razvijenom na umjetnim staklenim podlogama izloženim u eutrofnom/hipertrofnom jezeru poplavnog područja (Sl. 29 – 31 i 34). Općenito je za produktivna jezera karakteristična velika brojnost i raznolikost trepetljikaša u obraštajnim zajednicama (Mieczan, 2005; Safi i sur., 2014). Maksimalne vrijednosti ukupne brojnosti trepetljikaša zabilježene su u vrijeme kada je Sakadaškog jezero bilo u fazi izolacije. U takvim uvjetima planktonske zajednice u Sakadaškom jezeru su stabilnije (Mihaljević i sur., 2010; Mihaljević i sur., 2013), što podrazumijeva veću količinu hrane za trepetljikaše perifitona, naročito za sjedilačke procjeđivače koji su bili dominantni tijekom ovog istraživanja. Ovu povezanost potvrđuje statistički značajna negativna korelacija između ukupne brojnosti trepetljikaša i prozirnosti vode te statistički značajna pozitivna korelacija između njihove brojnosti i koncentracije klorofila *a* u vodi (Tab. 11).

Gledajući cjelokupno razdoblje istraživanja za obje eksperimentalne serije, u perifitonu su najveću raznolikost imale skupine Peritrichia, Haptoria, Suctoria, Hypotrichia, Cyrtophoria, Prostomatea i Scuticociliatia (Sl. 29). Predstavnici ovih skupina obilježili su cijelo razdoblje istraživanja i po tome što su bili prisutni u više od 50%, pa čak i 75% uzoraka, što nije neobično budući da velika većina ovih svojiti preferira perifiton kao stanište (Foissner i Berger, 1996). Skupina Peritrichia je u obje eksperimentalne serije gotovo u potpunosti dominirala s obzirom na brojnost (Sl. 35), a najveći udio u ukupnoj brojnosti ove skupine kao i najveću raznolikost imali su rodovi *Vorticella* i *Epistylis* (Sl. 38 – 41). Predstavnici ova dva roda imali su najveći utjecaj na promjene ukupne brojnosti trepetljikaša i raznolikost zajednice tijekom obje eksperimentalne serije (Sl. 40 i 41). To ukazuje na činjenicu da je, nakon početnog rasta ukupne brojnosti trepetljikaša uslijed kolonizacije novih vrsta na čiste podloge, ukupna brojnost dalje ovisila prvenstveno o rastu i razmnožavanju već naseljenih vrsta. Budući da su peritrihni trepetljikaši prema načinu ishrane procjeđivači koji prikupljaju čestice hrane (prvenstveno bakterije i alge) iz struje vode (Foissner i Berger, 1996; Arndt i sur., 2003; Weitere i sur., 2003; Ackermann i sur., 2011; Früh i sur., 2011; Kathol i sur., 2011), veća produktivnost Sakadaškog jezera, koja podrazumijeva veću količinu hrane za ove predstavnike, omogućila je njihovu dominantnost tijekom ovog istraživanja. Do sličnih zaključaka došli su i Safi i sur. (2014) i Matonićkin Kepčija (2006). Statističke analize pokazale su da su raznolikost i brojnost peritrihnih trepetljikaša prvenstveno ovisili o količini dostupne hrane (bakterija i alga) u perifitonu i okolnom vodenom mediju (pozitivna korelacija s koncentracijom klorofila *a* u vodi i perifitonu te s biomasom perifitona, a negativna korelacija s koncentracijom otopljenog kisika u vodi, što ukazuje na veću brojnost bakterija te s prozirnošću vode, što ukazuje na veću zastupljenost planktonskih organizama u stupcu vode) (Sl. 50 i 51 i Tab. 8, 10 i 11). Utvrđena negativna korelacija između broja svojiti Peritrichia i količine organske tvari u perifitonu ukazuje na mogući predatorski pritisak grejzera na peritrihne trepetljikaše. Osim skupine Peritrichia, značajniji udio u ukupnoj brojnosti imali su i trepetljikaši iz skupina Scuticociliatia, Suctoria i Heterotrichea. U skupinu

Scuticociliatia ubrajamo pokretne trepetljikaše male veličine tijela ($< 50 \mu\text{m}$) koji se prvenstveno hrane bakterijama, ali i algama. Ovi trepetljikaši nalaze povoljne uvjete za život u obraštajnim zajednicama zbog velike količine hrane te zaklona od predatora i fizikalnih poremećaja unutar staništa (Foissner i Berger, 1996). Predstavnici Suctoria su sjedilački organizmi koji također preferiraju perifitonsku zajednicu u kojoj nalaze povoljne hranidbene uvjete. *Stentor* spp., kao glavni predstavnik skupine Heterotrichea u ovom istraživanju, uglavnom živi pričvršćen za podlogu te filtrira čestice hrane iz struje vode (bakterije, alge, bičaste, ali i druge trepetljikaše). U potrazi za povoljnijim životnim uvjetima može se otpustiti s podloge i pričvrstiti na nekom drugom mjestu. U ranijim istraživanjima zajednice trepetljikaša u perifitonu razvijenom na umjetnim staklenim podlogama u Sakadaškom jezeru također je utvrđena dominantnost skupina Peritrichia, Suctoria i Heterotrichea (Lešković, 2008; Vlaičević i sur., 2017). Predstavnici ovih skupina trepetljikaša karakteristični su za obraštajne zajednice različitih slatkovodnih staništa (Foissner i Berger, 1996; Strüder-Kypke, 1999; Strüder-Kypke i Schönborn, 1999; Primc-Habdija i sur., 2001, 2005; Matoničkin Kepčija, 2006; Ackermann i sur., 2011; Safi i sur., 2014).

Tijekom obje eksperimentalne serije razvoj zajednice trepetljikaša odvijao se u nekoliko faza, što potvrđuju rezultati statističkih analiza (hijerarhijske klaster analize i NMDS analize) provedenih na temelju brojnosti svih zabilježenih svojiti trepetljikaša u perifitonu (Sl. 44 – 47). Općenito je poznato da se naseljavanje te daljnji razvoj zajednice trepetljikaša na čistim podlogama izloženima u vodi odvijaju u nekoliko faza koje su uvjetovane različitim abiotičkim i biotičkim čimbenicima te njihovim sezonskim promjenama (Primc-Habdija i sur., 2001, 2005; Beech i Landers, 2002; Arndt i sur., 2003; Gong i sur., 2005; Mieczan, 2005, 2007, 2010; Norf i sur., 2007; Mieczan i Puk, 2010; Norf i Weitere, 2010; Früh i sur., 2011; Safi i sur., 2014; Zhang i Xu, 2015; Vlaičević i sur., 2017). U ovom istraživanju dobiveni rezultati ukazali su na jasno odvajanje procesa naseljavanja trepetljikaša na umjetne podloge od sukcesivnih promjena koje su se odvijale unutar stabilne zajednice.

Proces naseljavanja trepetljikaša na umjetne podloge u proljetnom i ljetnom razdoblju obuhvatio je tri faze – inicijalnu (početnu), intermedijarnu (prijelaznu) i kasnu (zrelu) fazu. Ove faze razlikovale su se između proljetnog i ljetnog naseljavanja s obzirom na duljinu trajanja, ali i na vrsni i funkcionalni sastav trepetljikaša, što je vidljivo i u rezultatima klaster i NMDS analize (Sl. 48) te ANOSIM analize. Toj su razlici najviše doprinijeli predstavnici skupine Peritrichia (*Epistylis chrysemydis*, *Vorticella* spp. 2, *Vorticella* spp. 1, *Epistylis plicatilis*, *Vorticella campanula*, *Vorticella convallaria*-kompleks i *Epistylis hentscheli*) (Prilog 2).

Inicijalna faza naseljavanja je u obje eksperimentalne serije započela vrlo brzo, već unutar 24 sata izloženosti podloga u vodi. Formiranje perifitona u tako kratkom vremenskom periodu utvrdili su i Ács i sur. (2000), Azim i Asaeda (2005) te Safi i sur. (2014). Ukoliko se uzme u obzir da ova faza razvoja podrazumijeva taloženje organskih čestica na površinu čistog supstrata a zatim prihvaćanje bakterija i alga (Wetzel, 2001; Azim i Asaeda, 2005; Wetzel, 2005), može se zaključiti da se tijekom ovog istraživanja cijeli proces odvijao dosta brzo zbog povoljnih okolišnih uvjeta u jezeru. Naime, obje eksperimentalne serije započele su u vrijeme

kada je završavalo razdoblje plavljenja Sakadaškog jezera. Obogaćivanje jezerske vode organskom tvari dospjelom putem poplavnih voda Dunava i ispiranjem s kopna potaknulo je brže nakupljanje organskih čestica na umjetne podloge, ali i brži razvoj i pričvršćivanje bakterija. U Sakadaškom jezeru je maksimalna brojnost bakterija u stupcu vode ustanovljena nakon perioda plavljenja, odnosno u vrijeme opadanja razine vode (Palijan, 2010). Stoga se u ovakvim hidrološkim uvjetima može očekivati brže naseljavanje bakterija na podloge, što dovodi do stvaranja povoljnih uvjeta za daljnje vezanje organskih i anorganskih čestica, kao i naseljavanje drugih organizama, prvenstveno alga i praživotinja (Strüder-Kypke, 1999; Wörner i sur., 2000; Azim i Asaeda, 2005; Sigee, 2005; Wetzel, 2005). Sa završetkom plavljenja i ulaskom Sakadaškog jezera u fazu izolacije povećala se koncentracija klorofila *a* u vodi, odnosno povećala se brojnost alga u planktonu, što je omogućilo njihovo brže naseljavanje na podloge. To je moglo potaknuti brže naseljavanje trepetljikaša, kojima alge predstavljaju važan izvor hrane. Tijekom ovog istraživanja utvrđeno je i brzo naseljavanje alga na umjetne staklene podloge u obje eksperimentalne serije, pri čemu se brže naseljavanje odvijalo u ljeto (Mihaljević i Žuna Pfeiffer, 2012; Žuna Pfeiffer, 2012; Žuna Pfeiffer i sur., 2013; Žuna Pfeiffer i sur., 2015). Svi navedeni uvjeti pogodovali su trepetljikašima te je na početku obje eksperimentalne serije došlo do njihovog brzog naseljavanja na podloge. Tako je već nakon 24 sata izloženosti podloga u proljetnom periodu utvrđeno 20 svojti trepetljikaša, dok su u ljetnom periodu utvrđene čak 43 svojte. Inicijalno naseljavanje u obje serije obilježilo je postupno povećanje vrijednosti indeksa raznolikosti zbog stalne imigracije novih svojti na umjetne podloge, pri čemu su početne vrijednosti bile veće u ljetnom periodu (Sl. 32). Inicijalna faza naseljavanja trepetljikaša trajala je duže u proljetnim uvjetima kada je obuhvatila prvih 12 dana razvoja zajednice, dok je u ljetnom periodu obuhvatila samo prva tri dana razvoja (Sl. 44 – 47). Prema tome, naseljavanje trepetljikaša odvijalo se većom brzinom u ljetnim uvjetima (Sl. 30 – 33), što je vjerojatno povezano sa sezonskim promjenama okolišnih čimbenika (Safi i sur., 2014), prvenstveno s porastom temperature vode (Matoničkin Kepčija, 2006). Temperatura vode znatno utječe na brzinu metaboličkih procesa, uključujući brzinu hranjenja i razmnožavanja, što može rezultirati promjenama u brojnosti trepetljikaša u obraštajnim zajednicama (Montagnes i Weisse, 2000; Gong i sur., 2005; Norf i Weitere, 2010). Beech i Landers (2002) i Norf i sur. (2007) su ustanovili da povišena temperatura vode pospješuje i ubrzava proces naseljavanja trepetljikaša na umjetne podloge. Kao drugi važan čimbenik mogla bi se izdvojiti snižena koncentracija otopljenog kisika u vodi koja je zapravo indirektni pokazatelj intenzivne bakterijske razgradnje u tom razdoblju, odnosno zastupljenosti velikog broja bakterija (Kanavillil i Kurissery, 2013). Budući da bakterije predstavljaju iznimno važan izvor hrane za peritrihne trepetljikaše, brzi razvoj Peritrichia i njihova dominacija u perifitonu na samom početku ljetne eksperimentalne serije bili su za očekivati. Ovakva povezanost potvrđena je negativnom korelacijom peritrihnih trepetljikaša s koncentracijom otopljenog kisika (Sl. 50A, Tab. 8, Prilog 4 i 5). Važno je napomenuti da ovi trepetljikaši mogu vrlo brzo kolonizirati nove podloge i zbog prisutnosti pokretnog stadija u životnom ciklusu (Sigee, 2005; Lynn, 2008). Brži prirast biomase perifitona (samim time i organske tvari) na početku razvoja u ljeto potaknuo je brže naseljavanje trepetljikaša zbog povoljnih hranidbenih uvjeta (Primc-Habdija i sur., 2000, 2005).

Osim prema dužini trajanja i ukupnom broju svojti, inicijalna faza razlikovala se između dvije eksperimentalne serije i s obzirom na promjene ukupne brojnosti trepetljikaša (Sl. 34), kao i prema svojstima koje su se prve naselile na stakalca, odnosno primarnim kolonizatorima (Sl. 38 i 39). Na početku razvoja perifitona u proljeće ukupna brojnost trepetljikaša bila je puno manja u odnosu na ljeto, a i puno se sporije povećavala. Primarni kolonizatori predstavljaju pionire u naseljavanju novih mikrostaništa – prvi se pojavljuju na novim podlogama dospjelim ispod površine vode i na njima formiraju brojne populacije (Strüder-Kypke i Schönborn, 1999; Matonićkin Kepčija, 2006; Vlaičević i sur., 2017). Općenito su za početnu fazu naseljavanja obraštaja karakteristične pokretne vrste trepetljikaša koje su obično manje veličine i hrane se prvenstveno bakterijama i algama. Sposobnost aktivnog kretanja važno je obilježje primarnih kolonizatora jer im omogućuje bržu imigraciju na nove podloge (Sigee, 2005). Inicijalnu fazu u proljeće obilježili su predstavnici skupina Scuticociliatia i Peritrichia (Sl. 36). U prvom i trećem danu naseljavanja dominantna je bila vrsta *Cinetochilum margaritaceum* (Scuticociliatia) (Sl. 38) koja je pokretna i ima malu veličinu tijela, a glavna hrana su joj bakterije i alge koje prikuplja procjeđivanjem (Tab. 15). Prema tome, ova vrsta se može okarakterizirati kao tipična pionirska vrsta koja se može brzo rasprostranjivati i dospijevati do novih staništa, a povoljni uvjeti na početku formiranja perifitona (prisutnost bakterija i alga kao glavnih izvora hrane) također objašnjavaju njenu veliku brojnost. Uz ovu vrstu brojna je bila i *Vorticella campanula* iz skupine Peritrichia (Sl. 36 i 38) koja ima pokretni razvojni stadij i stoga se može brzo naseliti na nove podloge (Sigee, 2005; Lynn, 2008). Uz to, solitarni predstavnici ove skupine mogu dominirati u bilo kojoj fazi razvoja perifitona ukoliko im odgovaraju uvjeti staništa (fizikalno-kemijska svojstva vode, dovoljno hrane u perifitonu i u okolnom vodenom mediju koju prikupljaju procjeđivanjem iz struje vode, dostupna mjesta za pričvršćivanje te smanjen predatorski pritisak od strane različitih predstavnika beskralježnjaka) (Safi i sur., 2014). Šestog i devetog dana naseljavanja u perifitonu je dominirala vrsta *Chilodonella uncinata* iz skupine Cyrtophoria (Sl. 36 i 38) koju karakterizira mala veličina tijela i pokretljivost, bakterije kao glavni izvor hrane (iako se može hraniti i algama) te grabežljiv način prikupljanja hrane direktno s površine. Ova vrsta pokazala je negativnu korelaciju s biomasom perifitona i moguće je da preferira početnu fazu razvoja kada je manje perifitona na podlozi. Također, prema dobivenim korelacijama, *Chilodonella uncinata* bila je zastupljenija u uvjetima kada nije bilo plavljenja jezera (Prilog 4). Skupina Cyrtophoria, kojoj ova vrsta pripada, negativno je korelirala s temperaturom vode, što znači da su pripadnici ove skupine preferirali nižu temperaturu vode (Tab. 10). Trepetljikaši koji se hrane grabežljivim načinom prikupljajući pojedinačne čestice hrane s podloge mogu značajno promijeniti arhitekturu obraštaja, što može biti posebno izraženo u početnoj fazi razvoja perifitona, kada nije toliko izražen utjecaj većih „grejzera“ kao što su puževi i ličinke kukaca (Risse-Buhl i Küsel, 2009; Weerman i sur., 2011). *Chilodonella uncinata* općenito se navodi kao tipična pionirska vrsta koja preferira perifiton i bentos kao životnu zajednicu (Foissner i Berger, 1996; Strüder-Kypke i Schönborn, 1999; Matonićkin Kepčija, 2006; Vlaičević i sur., 2017). Osim navedenih vrsta, inicijalnu fazu naseljavanja u proljeće obilježili su i drugi predstavnici trepetljikaša koji pripadaju skupinama Scuticociliatia, Euplotia, Peniculia i Haptoria (Sl. 36 i 38). Radi se o pokretnim trepetljikašima, uglavnom male ili srednje veličine tijela, koji se ubrajaju u trofičke skupine bakteriovora, bakteriovora-algivora, omnivora i predatore, a hranu prikupljaju procjeđivanjem

iz struje vode (većina) ili grabežljivim načinom (Sl. 42A, 43A, 52A i 53A i Tab. 15). Također se s vremenom povećao i udio Suctoria u perifitonu, vjerojatno kao odgovor na dovoljnu količinu hrane, ali i dostupnost površina za pričvršćivanje, budući da se radi o sjedilačkim organizmima (Foissner i Berger, 1996; Matonićkin Kepčija, 2006; Lynn, 2008). Tijekom inicijalne faze razvoja perifitona u proljeće, struktura zajednice trepetljikaša bila je povezana s abiotičkim čimbenicima (koncentracijom otopljenog kisika u vodi, pH i prozirnošću vode) te biomasom perifitona (Sl. 50, Tab. 9, 12 i 14 i Prilog 4). S obzirom da koncentracija otopljenog kisika u vodi i pH vode mogu biti odraz intenziteta bakterijske razgradnje (vrijednosti im se snižavaju uslijed intenzivne razgradnje), a prozirnost vode ukazuje na zastupljenost planktona u stupcu vode, struktura zajednice trepetljikaša je u ovoj fazi vjerojatno ovisila o hranidbenim uvjetima unutar staništa (u perifitonu, ali i u okolnoj vodi). Inicijalna faza naseljavanja u ljeto odvijala se znatno brže od one u proljeće i trajala je kraće. Od samog početka razvoja u zajednici su dominirali sjedilački peritrihni trepetljikaši srednje veličine tijela te su uz solitarne vrste rodova *Vorticella* i *Pseudovorticella* kao najbrojnije, brojni bili i kolonijalni oblici roda *Epistylis* (Sl. 37, 39, 41, 42B i 43B). Ranije su spomenuti mogući razlozi njihove dominantnosti u početnoj fazi naseljavanja u ljeto – povišena temperatura vode, niža koncentracija kisika koja ukazuje na veću brojnost bakterija, brzi porast količine organske tvari na podlogama, ali i sposobnost brzog rasprostiranja i kolonizacije zbog pokretnog razvojnog stadija u životnom ciklusu. Safi i sur. (2014) također su utvrdili prisutnost peritrihnih trepetljikaša u perifitonu već nakon jednog ili dva dana ekspozicije podloga u vodi. Iako su isti autori utvrdili veću zastupljenost kolonijalnih predstavnika Peritrichia u kasnijim fazama razvoja perifitona, u ovom istraživanju je ustanovljeno da mogu naseliti podloge već u ranim fazama razvoja zajednice, pa čak i biti dominantni predstavnici trepetljikaša u perifitonu. Tako su vrste roda *Epistylis* bile prisutne u perifitonu već od prvog dana razvoja zajednice, a od devetog dana vrsta *Epistylis chrysemydis* bila je dominantan predstavnik trepetljikaša. Dakle, u ljetnom periodu inicijalno naseljavanje nije slijedilo opći trend koji se odnosi na primarnu kolonizaciju pokretnih vrsta manje veličine tijela, ali su se i u ovoj fazi najprije naselili i dominirali trepetljikaši kojima su bakterije i alge glavni izvor hrane, a procjeđivanje čestica hrane iz struje vode predstavlja glavni mehanizam hranjenja (Sl. 52B i 53B).

Intermedijarna faza naseljavanja trajala je od 15. do 27. dana ekspozicije u proljeće, a u ljeto od 6. do 21. dana (Sl. 44 – 47). Ovu fazu u proljetnom periodu obilježilo je naglo povećanje ukupnog broja jedinki trepetljikaša u perifitonu sve do 18. dana razvoja, nakon čega se krajem ove faze brojnost ponovno smanjila (Sl. 34A i 40). Povećanju brojnosti najviše su doprinijele peritrihne svojte *Vorticella campanula* i *Vorticella* spp. 1 (*V. convallaria*-kompleks i *V. picta*) (Sl. 38 i 40). Ove svojte karakterizira sjedilački način života, tijelo > 50 µm te ishrana bakterijama i algama koje filtriraju iz struje vode (Sl. 42A, 43A, 52A i 53A). Zbog izrazite dominantnosti ovih svojti smanjila se raznolikost u zajednici, na što ukazuju smanjene vrijednosti indeksa raznolikosti (Sl. 32A). Također je došlo do povećanja brojnosti vrste *Stentor roeselii* iz skupine Heterotrichea. Iako ova vrsta ima sposobnost kretanja, uključena je u sjedilačke trepetljikaše (Coppellotti i Matarazzo, 2000), budući da se može izlučivanjem služi pričvrstiti za podlogu te se u toj fazi hrani procjeđivanjem čestica hrane iz struje vode. *Stentor roeselii* pripada omnivornim trepetljikašima, pa se u ovoj fazi naseljavanja povećao

udio omnivora u perifitonu (Sl. 52A i 53A). Također je ova vrsta pridonijela povećanju brojnosti trepetljikaša velike veličine tijela ($> 200 \mu\text{m}$) (Sl. 43A).

Tijekom intermedijarne faze u ljeto ukupna brojnost trepetljikaša u perifitonu značajno je rasla sve do 18. dana kada su dosegnute maksimalne vrijednosti za cijelu ljetno-zimsku eksperimentalnu seriju, a nakon toga je počela opadati (Sl. 34B i 41). Ovu fazu je obilježila gotovo potpuna dominantnost skupine Peritrichia (Sl. 37). Najveću brojnost imale su kolonijalne vrste roda *Epistylis*, naročito vrsta *E. chrysemydis* (Sl. 39 i 41). Do znatnog povećanja brojnosti vrste *Epistylis chrysemydis* došlo je u vrijeme kada je izostalo plavljenje te su u jezeru utvrđene visoke koncentracije klorofila *a*, što ukazuje na veliku brojnost fitoplanktonskih alga. Utvrđena je jaka pozitivna korelacija između vrste *E. chrysemydis* i koncentracije klorofila *a* u vodi (Prilog 5), što ukazuje na činjenicu da su planktonske alge važan izvor hrane za ovu vrstu. Također su tijekom mikroskopske analize uočeni brojni hranidbeni mjehurići u citoplazmi jedinki ove vrste čiji je sadržaj bio zelene boje, što potječe od probavljenih alga. Povećanju ukupne brojnosti znatno je doprinijela i solitarna svojta *Vorticella* spp. 1, koja uključuje vrste *V. convallaria*-kompleks i *V. picta*. U ovom razdoblju došlo je do smanjenja vrijednosti indeksa raznolikosti (Sl. 32B) upravo zbog utjecaja dominantnosti prethodno spomenutih svojti (Sigee, 2005; Matoničkin Kepčija, 2006). Prema tome, intermedijarnu fazu ljetnog naseljavanja obilježili su sjedilački procjeđivači (Sl. 42B i 53B) koji se prvenstveno hrane bakterijama i algama (Sl. 52B), a tijelo im je srednje veličine (između 50 i $200 \mu\text{m}$) (Sl. 43B).

Kasna faza naseljavanja odvijala se od 30. do 42. dana u proljeće, a od 24. do 43. dana u ljeto (Sl. 44 – 47). Na početku ove faze u proljeće došlo je najprije do porasta ukupne brojnosti trepetljikaša, nakon čega se brojnost smanjivala sve do kraja perioda naseljavanja (Sl. 34A i 40). Veći dio ove faze obilježile su solitarne vrste roda *Vorticella* (*V. campanula*, *V. convallaria*-kompleks i *V. picta*), čija je brojnost najviše utjecala na ukupnu brojnost trepetljikaša (Sl. 38 i 40). Dakle, dominirali su sjedilački oblici srednje veličine tijela koji se hrane procjeđivanjem čestica hrane, prvenstveno bakterija i alga, iz struje vode (Sl. 42A, 43A, 52A i 53A). Vrsta *Stentor roeselii* također je bila zastupljena u perifitonu zbog čega se povećao udio omnivornih procjeđivača. Na kraju kasne faze naseljavanja znatno se smanjila ukupna brojnost trepetljikaša, prvenstveno zbog smanjenja broja jedinki roda *Vorticella* te su veći udio u zajednici imali pokretni trepetljikaši male i srednje veličine tijela. U ovom periodu na stakalcima je primijećena veća zastupljenost različitih predstavnika beskrležnjaka koji mogu vršiti hranidbeni pritisak na trepetljikaše te smanjiti njihovu brojnost (Burgmer i sur., 2010; Ackermann i sur., 2011; Safi i sur., 2014). Ovo razdoblje obilježilo je povećanje raznolikosti zajednice (Sl. 32A). I dalje su dominirale bakteriovorne i bakteriovorno-algivorne svojte, ali se povećao udio omnivora i algivora. Uz dominantne procjeđivače povećao se udio i grabežljivih oblika. Kasnu fazu u ljeto obilježilo je opadanje ukupne brojnosti trepetljikaša sve do 36. dana naseljavanja (Sl. 34B i 41), čemu je najviše doprinijelo smanjenje broja jedinki dominantnih svojti *Epistylis chrysemydis* i *Vorticella* spp. 1 (Sl. 39 i 41). Mogući uzrok je plavljenje Sakadaškog jezera koje je dovelo do smanjenja biomase planktonskih alga, odnosno smanjenja količine hrane. Time se smanjio udio sjedilačkih oblika u perifitonu, a 33. dana naseljavanja povećao se udio pokretnih svojti iz skupina Scuticociliatia, Nassophorea,

Prostomatea i Cyrtophoria. Zatim je 36. dana ponovno došlo do povećanja udjela sjedilačkih trepetljikaša čemu su doprinijele, pored vrsta iz skupine Peritrichia, vrste *Stentor roeselii* (Heterotrichea) i *Metacincta micraster* (Suctorina) (Sl. 37, 39, 41 i 42B). Ovakva zastupljenost svojti rezultirala je povećanjem udjela manjih trepetljikaša (veličine do 50 μm) te trofičkih skupina bakteriovora, omnivora i algivora 33. dana, a 36. dana povećao se udio većih omnivornih trepetljikaša ($> 200 \mu\text{m}$) zbog vrste *S. roeselii* te udio predatora (*M. micraster*) (Sl. 43B, 52B i 53B). Od 36. do 43. dana kasne faze naseljavanja brojnost je ponovno rasla (Sl. 34B i 41) te su dominantnost opet preuzeli predstavnici Peritrichia. Međutim, uz *Epistylis* spp., vrsta *M. micraster* (Suctorina) imala je najveći udio u brojnosti 43. dana naseljavanja. Prema tome, na kraju kasne faze naseljavanja u ljeto, u perifitonu su dominirali sjedilački trepetljikaši srednje veličine tijela koji se hrane procjeđivanjem čestica hrane (prvenstveno bakterijama i algama), ali se povećao i udio predatora koji pasivno hvataju svoj plijen. Također su se povećale vrijednosti indeksa raznolikosti (Sl. 32B). Ova se faza odvijala u vrijeme dugotrajnijeg plavljenja i prisutnosti metafitona i makrofitske vegetacije, zbog čega su se u jezeru uspostavili donekle stabilniji uvjeti s većom količinom hrane za trepetljikaše.

Kako bi se proces naseljavanja trepetljikaša u različitim sezonskim uvjetima detaljno istražio i opisao, kvalitativna i kvantitativna analiza trepetljikaša u perifitonu provedena je u kratkim vremenskim intervalima (nakon prvog te svakog trećeg dana razvoja zajednice) kroz razdoblje od 42 dana u proljeće, odnosno 43 dana u ljeto. Cilj je bio omogućiti dovoljno dugo razdoblje za razvoj stabilne zajednice trepetljikaša, odnosno postizanje ravnotežnog (asimptotskog) broja svojti u zajednici (što je moguće testirati primjenom MacArthur-Wilsonovog ravnotežnog modela) te pri tome pratiti promjene unutar zajednice u kraćim vremenskim razmacima (Cairns i sur., 1979; Matonićkin Kepčija, 2006; Ostojić, 2010). Slična dinamika uzorkovanja u svrhu praćenja procesa naseljavanja trepetljikaša na umjetne podloge i testiranja MacArthur-Wilsonovog modela provedena je i u drugim istraživanjima (Kanavillil i Kurissery, 2013; Xu i sur., 2011; Zhang i sur., 2012; Yang i sur., 2016). Nakon uspostavljanja stabilne zajednice više ne dolazi do značajnijih promjena u broju svojti te on oscilira oko ravnotežne vrijednosti. Obično se ravnoteža unutar zajednice postiže u periodu od jednog do nekoliko tjedana, što znatno ovisi i o uvjetima u okolišu, primjerice temperaturi vode i stupnju trofije vodnog tijela (Cairns i sur., 1979; Strüder-Kypke, 1999; Gong i sur., 2005; Matonićkin Kepčija, 2006; Ostojić, 2010). U produktivnijim vodenim tijelima naseljavanje, a time i postizanje ravnoteže u zajednici, odvija se brže (Pratt i sur., 1987; Prime i Habdija, 1987). Rezultati ovog istraživanja pokazali su da se MacArthur-Wilsonov model može primijeniti za opisivanje naseljavanja trepetljikaša na umjetne podloge u jezeru poplavnog područja tijekom proljetnog i ljetnog razdoblja. Tijekom inicijalnog naseljavanja, broj svojti je rastao sve dok nije postignuta asimptotska (ravnotežna) vrijednost, a zatim je oscilirao oko te vrijednosti. Važno je napomenuti da, i nakon uspostavljanja ravnoteže, u zajednici može doći do značajnijih promjena kvalitativnog i kvantitativnog sastava organizama uslijed sezonskih promjena uvjeta u okolišu, kao i prilikom pojave određenih poremećaja unutar vodnog tijela. Vrijeme potrebno za stabilizaciju zajednice trepetljikaša u perifitonu Sakadaškog jezera razlikovalo se sezonski. Naseljavanje trepetljikaša na umjetne staklene podloge odvijalo se brže u ljetnim uvjetima, kada se zajednica stabilizirala već unutar prvog dana razvoja. U proljetnim uvjetima je za uspostavljanje stabilne zajednice trebalo nešto duže vrijeme, točnije

ravnotežni broj svojiti dostignut je nakon devet dana razvoja (Tab. 7 i Sl. 33). To je vjerojatno posljedica povoljnijih okolišnih uvjeta (viša temperatura vode, moguća veća brojnost bakterija te brži prirast biomase perifitona) tijekom ljeta. Matoničkin Kepčija (2006) usporedila je naseljavanje trepetljikaša na umjetne staklene podloge izložene na sedrenim barijerama Plitvičkih jezera u različitim sezonama te navodi najbrži razvoj i najkraće vrijeme potrebno za stabilizaciju zajednice u ljetnim uvjetima. Kao razlog bržeg razvoja stabilne zajednice u ljetnom periodu navodi stabilnije uvjete staništa, višu temperaturu vode te brži razvoj fizičke strukture perifitona. Do sličnih rezultata došla je i Ostojić (2010). Početna faza naseljavanja je neinteraktivna faza koja ovisi o fizikalno-kemijskim svojstvima okolnog vodenog medija, udaljenosti izvora kolonizatora te sposobnosti rasprostiranja organizama i njihovom kolonizacijskom potencijalu. Tijekom daljnjeg naseljavanja broj svojiti oscilira oko ravnotežne vrijednosti, prvenstveno zbog izraženih biotičkih odnosa (kompeticije i predatorskog pritiska), ali i zbog promjena okolišnih uvjeta (Plafkin i sur., 1980; Strüder-Kypke, 1999; Arndt i sur., 2003; Safi i sur., 2014).

Nakon završetka razdoblja u kojem je praćeno naseljavanje, zajednica trepetljikaša je analizirana svaka dva tjedna sve do kraja razdoblja istraživanja u prosincu. Svrha je bila utvrditi koji su čimbenici ključni za oblikovanje strukture i dinamiku razvoja zajednice trepetljikaša u perifitonu jezera poplavnog područja te na koji način na zajednicu utječu poplave. Nakon što se uspostavila stabilna zajednica, u obje serije je s daljnjim razvojem došlo do promjena u strukturi te zajednice i mogle su se uočiti različite sukcesivne faze razvoja. Ove su faze bile karakterizirane određenim taksonomskim i funkcionalnim sastavom trepetljikaša te uvjetovane različitim čimbenicima okoliša (Sl. 50 i 51). Tako je u proljetno-zimskoj seriji od 56. do 226. dana ekspozicije došlo do znatnih oscilacija u ukupnom broju svojiti i ukupnoj brojnosti trepetljikaša (Sl. 30 i 34A). Ukupna brojnost i dalje je ovisila najvećim dijelom o promjenama brojnosti peritrihnih trepetljikaša (Sl. 36, 38 i 40). Do znatnog povećanja ukupne brojnosti trepetljikaša došlo 56. dana ekspozicije kada se naglo povećao broj jedinki solitarne vrste *Vorticella campanula* u perifitonu i ona je gotovo u potpunosti dominirala. Mogući uzrok je donos organske tvari u jezero s dunavskim poplavnim vodama te ispiranje organske tvari s kopnenih predjela (Tockner i sur., 1999; Mihaljević i sur., 2010), što je stvorilo povoljne hranidbene uvjete za ovu vrstu koja se hrani procjeđivanjem bakterija, ali i alga i čestica detritusa iz struje vode (Foissner i sur., 1992). Dominantnost vrste *V. campanula* dovela je do znatnog smanjenja raznolikosti unutar zajednice (Sl. 30 i 32A) te najveće zastupljenosti sjedilačkih oblika srednje veličine tijela (50 – 100 μm) koji se hrane filtriranjem čestica hrane iz struje vode (Sl. 42A, 43A, 52A i 53A). U razdoblju od 70. do 98. dana razvoja (sredina lipnja do sredina srpnja), koje je obilježilo ekstremno veliko plavljenje, pojava metafitona i makrofitske vegetacije oko drvenih nosača sa stakalcima te posljedično smanjenje biomase perifitona, ukupna brojnost trepetljikaša se značajno smanjila. Uz sjedilačke procjeđivače koji pripadaju trofičkoj skupini bakteriovora-algivora (solitarni *Vorticella* i kolonijalni *Epistylis*), u zajednici se znatno povećao udio manjih pokretnih trepetljikaša (*Leptopharynx costatus*, *Trochilia minuta*, *Aspidisca cicada*, *Calypotricha pleuronemoides*, *Cyrtolophosis mucicola*, *Metacystis* sp. i *Thigmogaster oppositevacuolatus*), što je rezultiralo većom zastupljenošću bakteriovora, kao i grabežljivih oblika. Također se znatno povećala raznolikost zajednice (Sl. 32A). Uvjeti koji su nastupili u

jezeru u ovom periodu ipak su bili povoljni za pojedine predstavnike trepetljikaša, naročito bakteriovorne svojte. Naime, ranije je spomenuto da se unutar zajednica metafitona i makrofita mogu stvoriti povoljni uvjeti za trepetljikaše u smislu pružanja dodatnih površina za pričvršćivanje i velike količine hrane uslijed pojačane bakterijske razgradnje. Stvaranjem velike količine organske tvari potiče se njena razgradnja, odnosno povećava se brojnost bakterija te se time uspostavljaju povoljni hranidbeni uvjeti za bakteriovore (Sigeo, 2005). Faza gubitka biomase perifitona trajala je od sredine lipnja do sredine listopada tijekom proljetno-zimske serije te od sredine kolovoza do sredine listopada tijekom ljetno-zimske serije. Tijekom ovog razdoblja ukupna brojnost trepetljikaša nije značajnije rasla (Sl. 34). Mogući razlozi su smanjenje količine hrane i mikrostaništa za pričvršćivanje zbog smanjenja biomase perifitona, pojačan predatorski pritisak od strane grejzera zastupljenih u metafitonu i na makrofitskoj vegetaciji, ali i na stakalcima te kompeticija za prostor i hranu s drugim organizmima (primjerice predstavnicima Rotifera). Iznimka je 112. dan (26.07.) u proljetno-zimskoj eksperimentalnoj seriji kada je došlo do naglog porasta ukupne brojnosti, ali i smanjenja raznolikosti. Tada se znatno povećao broj jedinki kolonijalne peritrihne vrste *Epistylis chrysemydis* te solitarnih peritrihnih trepetljikaša roda *Vorticella* (*V. spp.* 1 i *V. campanula*), koji pripadaju sjedilačkim bakteriovorno-algivornim procjeđivačima. Također se u isto vrijeme značajnije povećala biomasa perifitona (Sl. 27A). Ovo razdoblje podudara se s razdobljem intermedijarne faze ljetnog naseljavanja u kojoj su najveću brojnost također imale svojte *Epistylis chrysemydis* i *Vorticella spp.* 1 (Sl. 48). U ovom periodu izostalo je plavljenje Sakadaškog jezera te se povećala biomasa fitoplanktona (Sl. 9 i 21), što je pozitivno utjecalo na razvoj ovih vrsta. Brojnost ovih trepetljikaša, a time i ukupna brojnost trepetljikaša, smanjivala se prema kraju kolovoza, što se podudaralo s novim ulaskom poplavnih voda u jezero i smanjenjem biomase fitoplanktona. U razdoblju od početka rujna pa sve do kraja prosinca, odnosno do kraja istraživanja, struktura i dinamika razvoja zajednice trepetljikaša bile su vrlo slične između dvije eksperimentalne serije (Sl. 36 – 43, 49, 52 i 53). U perifitonu su najvećim dijelom dominirali trepetljikaši iz skupine Peritrichia (uglavnom rodovi *Vorticella* i *Epistylis*), pri čemu su vrste roda *Vorticella* obilježile razdoblje od početka listopada do kraja prosinca. Također se u perifitonu povećala raznolikost kolonijalnih Peritrichia te su uz *Epistylis spp.* bile zastupljene vrste *Carchesium polypinum*, *Opercularia nutans* i *Zoothamnium simplex*. Ove vrste bile su negativno korelirane s temperaturom vode, dubinom jezera i vodostajem Dunava, a pozitivno s električnom provodljivošću vode i biomasom perifitona (Prilog 4 i 5) te su uvjeti izolacije Sakadaškog jezera povoljno djelovali na njihov razvoj. Tako je sredinom studenog u obje serije došlo do značajnijeg povećanja ukupne brojnosti trepetljikaša, što ukazuje na oporavak zajednice tijekom stabilnijih uvjeta u jezeru. Nakon toga se brojnost trepetljikaša smanjivala sve do kraja istraživačkog razdoblja (Sl. 34). Vrsta *Z. simplex* obilježila je razdoblje od početka studenog do kraja prosinca te je znatno doprinijela povećanju ukupne brojnosti trepetljikaša. Prema tome, ovo razdoblje su u obje eksperimentalne serije karakterizirali sjedilački trepetljikaši veličine tijela između 50 i 200 µm. Čimbenici koji su najviše utjecali na oblikovanje zajednice bili su koncentracija klorofila i količina organske tvari u perifitonu te električna provodljivost vode (Sl. 50 i 51), s obzirom da se najveći broj predstavnika hrani procjeđivanjem čestica hrane iz struje vode, a glavna hrana su im bakterije i alge. Zbog dominantnosti navedenih svojti povremeno je dolazilo do smanjenja raznolikosti u zajednici, odnosno pada vrijednosti indeksa raznolikosti

(Sl. 32). Povećanju udjela sjedilačkih filtratorskih oblika u uzorcima perifitona iz ovog eksperimentalnog razdoblja doprinijela je i vrsta *Stentor roeselii* (skupina Heterotrichea), a povećanje brojnosti ove vrste rezultiralo je i povećanjem brojnosti omnivornih trepetljikaša veće veličine tijela ($> 200 \mu\text{m}$). Od kraja kolovoza do kraja listopada (naročito 23.08. i 06.09.) zabilježena je veća zastupljenost predstavnika skupine Suctoria u perifitonu, uglavnom vrsta *Metacineta micraster*, *Discophrya elongata* i *Tokophrya lemnae*, predatora koji su se značajnije razvili kao posljedica veće dostupnosti plijena. Pozitivna korelacija između brojnosti skupina Suctoria i Peritrichia ukazuje na moguću važnost peritrihnih trepetljikaša kao izvora hrane, posebice njihovih pokretnih razvojnih stadija, jer Suctoria kao pasivni predatori ovise o pokretljivosti svog plijena (Verni i Gualtieri, 1997; Finlay i Esteban, 1998; Hausmann, 2002; Esteban i sur., 2015). Vjerojatno iz istog razloga, brojnost Suctoria je pozitivno korelirala s brojnošću bakteriovornih trepetljikaša i procjeđivača. Iako predstavnici Suctoria obično imaju veću brojnost u kasnijim fazama razvoja zajednice kao odgovor na veću zastupljenost potencijalnog plijena (Matonićkin Kepčija, 2006), u ovom su istraživanju ipak veći udio u ukupnoj brojnosti i raznolikosti imali u vrijeme kada je na stakalcima bilo najmanje obraštaja i zabilježene su najmanje vrijednosti biomase. Mogući razlog je smanjena kompeticija za prostor, odnosno veća dostupnost površina za pričvršćivanje (Matonićkin Kepčija, 2006). Sjedilački trepetljikaši koji se hrane filtriranjem čestica hrane iz okolne vode (naročito peritrihni trepetljikaši i vrste roda *Stentor*) te predatorske vrste trepetljikaša (primjerice Suctoria) općenito su karakteristični za kasne faze razvoja perifitona kada je razvijena stabilna zrela zajednica (Strüder-Kypke i Schönborn, 1999; Matonićkin Kepčija, 2006; Marcus i sur., 2014; Vlaičević i sur., 2017). U ovoj fazi razvoja perifitona struktura zajednice znatno ovisi o dostupnosti različitih izvora hrane, predatorskom pritisku te arhitekturi samog obraštaja, odnosno dostupnosti mikrostaništa za pričvršćivanje trepetljikaša (Harmsworth i Sleight, 1993; Primc-Habdija i sur., 2001, 2005; Mieczan, 2010; Vlaičević i sur., 2017). Dominantni sjedilački trepetljikaši, koji stvaraju specifične morfološke strukture (drške i lorike) (Peritrichia i Suctoria) ili izlučuju sluz (*Stentor*) pomoću kojih se pričvršćuju za podlogu, znatno su doprinijeli razvoju trodimenzionalne strukture obraštaja u različitim fazama razvoja zajednice (Arndt i sur., 2003).

Sličnost zajednica koje su različite starosti (različite dužine ekspozicije u vodi), a prikupljene su i analizirane u isto vrijeme, potvrdili su i rezultati klaster i NMDS analize (Sl. 49), kao i rezultati ANOSIM analize. Istim je analizama utvrđeno da su se zajednice iste starosti (jednake dužine ekspozicije u vodi), koje su prikupljene i analizirane u različito vrijeme, razlikovale s obzirom na strukturu zajednice trepetljikaša (Sl. 48). Toj su razlici najviše doprinijeli peritrihni trepetljikaši (*Epistylis chrysemydis*, *Vorticella* spp. 2, *V. spp.* 1, *V. convallaria*-kompleks i *Epistylis plicatilis*). To dovodi do zaključka da dužina ekspozicije podloga nije imala primaran utjecaj na strukturiranje zajednice trepetljikaša (Matonićkin Kepčija, 2006) u perifitonu jezera poplavnog područja, već je razvoj zajednice imao sezonski karakter, odnosno ovisio je o sezonskim promjenama okolišnih čimbenika koje su bile povezane i s plavljenjem Sakadaškog jezera.

Podjela organizama u funkcionalne skupine omogućava povezivanje onih vrsta koje imaju istu ulogu u ekosustavu, primjerice koriste iste resurse, iako taksonomski nisu povezane

(Fernandez-Leborans, 2001). Ovakav pristup naglašava važnost pojedine vrste u nekoj zajednici ili ekosustavu s obzirom na funkcije koje obavlja (Weisse i sur., 2016). U obraštajnim zajednicama zastupljene su različite trofičke razine, pri čemu postoji uska veza između autotrofnih (prvenstveno alge) i heterotrofnih organizama (bakterije, praživotinje i sitniji beskralježnjaci) (Burgmer i sur., 2010). S razvojem perifitona mijenja se i trofička struktura zajednice trepetljikaša, pri čemu je najveći broj različitih trofičkih skupina obično prisutan u kasnijoj zreloj fazi razvoja. Početak razvoja zajednice uglavnom karakteriziraju bakteriovorni i algivorni trepetljikaši, dok se kasnije povećava zastupljenost omnivornih i predatorskih svojti, što je povezano s dostupnim izvorima hrane (Strüder-Kypke, 1999; Mieczan, 2005; Primc-Habdija i sur., 2005; Matonićkin Kepčija, 2006; Mieczan i Puk, 2010; Früh i sur., 2011; Marcus i sur., 2014; Vlaičević i sur., 2017). U ovom istraživanju je ustanovljeno da u perifitonu razvijenom na umjetnim staklenim podlogama u jezeru poplavnog područja dominiraju trepetljikaši koji se hrane bakterijama odnosno bakterijama i algama (bakteriovora i bakteriovora-algivora) (Sl. 52), što je u skladu s činjenicom da se radi o vrlo produktivnom jezeru (eutrofnom/hipertrofnom) (Kalinowska, 2004). Međutim, promjene u trofičkoj strukturi tijekom razvoja zajednice nisu slijedile opći trend. Tako su se, pored bakteriovornih i bakteriovorno-algivornih svojti kao dominantnih, već na samom početku razvoja perifitona naselile i omnivorne i predatorske svojte (Sl. 52), vjerojatno kao odgovor na dovoljnu količinu hrane te dostupnost površina za pričvršćivanje. Brojnost ovih trofičkih skupina znatno je rasla tijekom cijelog inicijalnog naseljavanja u proljeće, nakon čega se smanjila te se ponovno povećala u kasnijim fazama razvoja, točnije u kasnojletnom i ranojesenskom razdoblju. Algivorni trepetljikaši pojavili su se nešto kasnije tijekom razvoja zajednice, a njihova brojnost, kao i brojnost histofagnih trepetljikaša, bila je mala tijekom cijelog razdoblja istraživanja, iz razloga što mali broj vrsta trepetljikaša pripada ovim trofičkim skupinama (Foissner i Berger, 1996; Matonićkin Kepčija, 2006; Vlaičević i sur., 2017). S obzirom na mehanizam uzimanja čestica hrane, najzastupljeniji trepetljikaši u perifitonu Sakadaškog jezera bili su procjeđivači koji adoralnom zonom trepetljika ili membranela stvaraju struju vode iz koje izdvajaju čestice hrane (Sl. 53). Toj funkcionalnoj skupini pripadaju, između ostalih, predstavnici skupine Peritrichia i *Stentor* spp., koji su obilježili cijelo razdoblje istraživanja u obje eksperimentalne serije. Radi se o sjedilačkim trepetljikašima koji se hrane filtriranjem (Foissner i sur., 1992; Lynn, 2008). Obraštajne zajednice, pored bentivornih predstavnika trepetljikaša, mogu uključivati i brojne planktivorne vrste koje značajno utječu na planktonske zajednice vodenih staništa i imaju iznimno važnu ulogu u povezivanju hranidbenih lanaca planktona i bentosa, što je funkcija koja se najčešće pripisivala većim filtratorskim beskralježnjacima kao što su školjkaši (Arndt i sur., 2003; Weitere i sur., 2003; Ackermann i sur., 2011; Früh i sur., 2011; Kathol i sur., 2011; Yang i sur., 2016). Safi i sur. (2014) ističu važnost peritrihnih trepetljikaša u vodenim ekosustavima kao „grejzera“ pikoplanktona odnosno bakterija (posebice rodovi *Epistylis* i *Vorticella* kao često i najbrojnijih). Tako su u ovom su istraživanju s obzirom na brojnost i broj svojti u perifitonu dominirali planktivorni trepetljikaši (procjeđivači) koji se hrane prvenstveno bakterijama i algama, što ukazuje na mogući hranidbeni pritisak ovih predstavnika na bakterioplankton i fitoplankton istraživanog jezera. Manji broj predstavnika pripadao je grabežljivim oblicima koji se hrane plijenom smještenim unutar samog obraštaja (bakterijama, algama, drugim predstavnicima praživotinja te manjim beskralježnjacima).

Povremeno je došlo do značajnijeg povećanja brojnosti ovih trepetljikaša, pri čemu se smanjila brojnost sjedilačkih procjeđivača (Sl. 53). Ovi predstavnici svojim načinom prikupljanja hrane mogu značajno promijeniti morfologiju obraštaja (Risse-Buhl i Küsel, 2009; Weerman i sur., 2011). Redundancijska analiza istaknula je značajan utjecaj koncentracije klorofila *a*, *b* i *c* te količine organske tvari u perifitonu na strukturiranje stabilne zajednice trepetljikaša u kasnijim fazama razvoja perifitona (Sl. 50 i 51), što ukazuje na to da perifitonske alge i bakterije također predstavljaju važan izvor hrane za pojedine vrste trepetljikaša. Prema tome, rezultati provedenog istraživanja dovode do zaključka da trepetljikaši imaju iznimno važan utjecaj na bakterije i alge u obraštaju i planktonu jezera te mogu kontrolirati njihove populacije. Vlažna staništa, u koja ubrajamo i poplavna područja velikih rijeka, karakteriziraju dva osnovna puta prijenosa energije od nižih prema višim trofičkim razinama – autotrofni (herbivorni) koji podrazumijeva konzumiranje makrofita i alga od strane herbivornih organizama i heterotrofni (detritovorni) koji uključuje mikrobnu razgradnju ostataka uginulih biljnih i životinjskih organizama te zatim konzumaciju tih mikroorganizama i daljnji prijenos njihove biomase u lancima ishrane. Budući da u ovakvim tipovima staništa veliki dio primarne produkcije ne ulazi dalje u lance ishrane, odnosno dolazi do odumiranja alga i makrofitske vegetacije te stvaranja velike količine detritusa, detritovorni put kruženja tvari i prijenosa energije ima iznimno veliku važnost (van der Valk, 2006). Trepetljikaši su važna komponenta mikrobne petlje u vodenim ekosustavima, a kao bakteriovorni, detritovorni, algivorni (herbivorni) i predatorski organizmi omogućavaju kruženje tvari i prijenos energije prema višim trofičkim razinama u lancima ishrane (Primc, 1988; Finlay i Esteban, 1998; Arndt i sur., 2003; Kalinowska, 2004; Parry, 2004; Sigee, 2005). Prema tome, rezultati ovog istraživanja ukazali su na ekološku važnost trepetljikaša perifitona u ekosustavima poplavna područja.

6. ZAKLJUČCI

- Poplavno područje Kopačkog rita hidrološki je promjenjiv sustav koji primarno ovisi o promjenama vodostaja Dunava.
- Okolišni uvjeti u Sakadaškom jezeru sezonski se jasno razlikuju, pri čemu značajno ovise o promjenama vodostaja Dunava, odnosno intenzitetu i duljini trajanja plavljenja. U vrijeme plavljenja povećava se dubina jezera, prozirnost vode i koncentracija hranjivih tvari u vodi, a smanjuje se električna provodljivost vode, koncentracija otopljenog kisika u vodi (s izuzetkom na samom početku plavljenja) i koncentracija klorofila *a* u vodi. Sakadaško jezero pripada eutrofnim/hipertrofnim vodama.
- Perifiton se vrlo brzo razvija na čistim podlogama uronjenima u vodu, a brzina razvoja povećava se s porastom temperature vode.
- Razvoj perifitona na umjetnim podlogama uključuje faze prirasta i faze gubitka biomase koje znatno ovise o promjenama okolišnih čimbenika. Faza gubitka povezana je s prirodnim starenjem i odumiranjem jedinki te odljepljivanjem perifitona s podloge, ali i s pojavom određenih poremećaja u sustavu koji dovode do smanjenja biomase. Nakon poremećaja započinje nova faza prirasta i obnavljanje zajednice perifitona, a razvoj se odvija brže zbog obraštaja koji se zadržao na podlogama nakon faze gubitka.
- Karakteristični predstavnici trepetljikaša u perifitonu jezera poplavnog područja Parka prirode Kopački rit su solitarni i kolonijalni trepetljikaši iz skupine Peritrichia, pri čemu najveću brojnost i raznolikost imaju rodovi *Vorticella* i *Epistylis*. Na ove trepetljikaše prvenstveno utječe količina dostupne hrane (naročito bakterija i alga) u perifitonu i okolnom vodenom mediju, ali i dostupnost površina za pričvršćivanje te predatorski pritisak.
- Osim skupine Peritrichia, u perifitonu jezera poplavnog područja veliki udio u ukupnoj brojnosti imaju i predstavnici skupina Heterotrichea (*Stentor* spp.), Suctoria i Scuticociliatia, a razlog su velika količina hrane, dostupnost površina za pričvršćivanje te zaklon od potencijalnih predatora.
- Razvoj zajednice trepetljikaša perifitona odvija se u nekoliko faza koje su uvjetovane različitim biotičkim i abiotičkim čimbenicima te njihovim sezonskim promjenama. Naseljavanje trepetljikaša na umjetne podloge uključuje inicijalnu, intermedijarnu i kasnu fazu, a ove se faze razlikuju između pojedinih sezona s obzirom na duljinu trajanja te vrsni i funkcionalni sastav trepetljikaša.
- Naseljavanje trepetljikaša na umjetne podloge te razvoj stabilne (ravnotežne) zajednice odvijaju se brže tijekom ljeta u uvjetima viših temperatura vode, intenzivnije razgradnje organske tvari (veće brojnosti bakterija) te bržeg prirasta biomase perifitona.

- MacArthur-Wilsonov ravnotežni model može se primijeniti za opisivanje procesa naseljavanja trepetljikaša na čiste umjetne podloge izložene u jezeru poplavnog područja, pri čemu razlike u asimptotskom (ravnotežnom) broju svojiti i vremenu potrebnom za postizanje stabilne zajednice između pojedinih sezona ukazuju na sezonski karakter naseljavanja trepetljikaša.
- Za početnu fazu naseljavanja tijekom proljeća karakteristične su tipične pionirske vrste trepetljikaša (*Cinetochilum margaritaceum* i *Chilodonella uncinata*), a zastupljeni su i solitarni predstavnici skupine Peritrichia (*Vorticella*). Početnu fazu naseljavanja u ljeto karakteriziraju prvenstveno sjedilački solitarni (*Vorticella*) i kolonijalni (*Epistylis*) predstavnici skupine Peritrichia. Inicijalno naseljavanje u ljeto ne slijedi opći trend koji podrazumijeva primarnu kolonizaciju pokretnih vrsta manje veličine tijela. Početna faza naseljavanja ovisi o fizikalno-kemijskim svojstvima vode jezera, brzini prirasta biomase perifitona, dostupnim izvorima hrane u perifitonu i okolnoj vodi te sposobnosti kretanja i rasprostiranja organizama koja utječe na brzinu imigracije na nove podloge.
- Struktura zajednice u intermedijarnoj i kasnoj fazi ovisi o biotičkim i abiotičkim čimbenicima okoliša. U ovim fazama izražen predatorski pritisak od strane različitih predstavnika beskralježnjaka u perifitonu te ulazak poplavnih voda u jezero mogu dovesti do smanjenja brojnosti dominantnih Peritrichia (solitarnih i kolonijalnih), pri čemu postaju dominantne pokretne svoje male i srednje veličine tijela.
- Plavljenje uzrokuje znatne promjene okolišnih uvjeta u jezeru koje zatim dovode do promjena u strukturi i dinamici razvoja zajednice trepetljikaša perifitona, prema tome indirektno utječe na zajednicu trepetljikaša. S ulaskom poplavnih voda u jezero smanjuje se ukupna brojnost trepetljikaša u perifitonu, ali se povećava raznolikost, pri čemu dominiraju pokretni trepetljikaši manje i srednje veličine tijela, a smanjuje se brojnost sjedilačkih vrsta iz skupine Peritrichia. U uvjetima dugotrajnijeg plavljenja ponovno se povećava ukupna brojnost trepetljikaša, kao i brojnost sjedilačkih Peritrichia.
- U razdoblju hidrološke izolacije Sakadaškog jezera koju karakteriziraju stabilniji uvjeti okoliša, u razvijenoj stabilnoj zajednici dominiraju prvenstveno sjedilački solitarni i kolonijalni Peritrichia, pri čemu se povećava raznolikost kolonijalnih predstavnika. Također su brojni sjedilački predstavnici Heterotrichea (*Stentor* spp.) i Suctoria. Struktura zajednice u ovoj fazi najviše ovisi o dostupnosti hrane, predatorskom pritisku i morfologiji perifitona, odnosno dostupnosti površina za pričvršćivanje.
- Zajednice različite starosti uzorkovane i analizirane u isto vrijeme međusobno su slične, dok su zajednice iste starosti prikupljene i analizirane u različito vrijeme međusobno različite. Struktura zajednice trepetljikaša ne ovisi prvenstveno o dužini ekspanzije podloga, nego o sezonskoj dinamici povezanoj s promjenama okolišnih čimbenika.

- Trepetljikaši su važna komponenta hranidbene mreže Sakadaškog jezera jer kao bakteriovorni, detritovorni, algivorni (herbivorni) i predatorski organizmi omogućavaju kruženje tvari i prijenos energije od nižih prema višim trofičkim razinama.
- Trofička struktura zajednice trepetljikaša mijenja se s vremenom ekspozicije podloga, pri čemu dominiraju bakteriovorni i bakteriovorno-algivorni trepetljikaši. Omnivora i predatori prisutni su u perifitonu od samog početka razvoja, s većim udjelom u brojnosti tijekom inicijalnog naseljavanja u proljeće, a brojnost im se povećava u kasnijim fazama razvoja zajednice.
- S obzirom na mehanizam uzimanja čestica hrane najzastupljeniji su trepetljikaši procjeđivači (filtratori) koji se hrane izdvajanjem čestica hrane iz stupca vode i tako povezuju hranidbene lance pelagijala i bentosa u jezeru. Perifitonske bakterije i alge također predstavljaju važan izvor hrane za trepetljikaše. Manji broj predstavnika pripada grabežljivim oblicima koji se hrane plijenom smještenim unutar samog perifitona.
- Provedeno istraživanje ukazuje na veliku brojnost te taksonomsku i funkcionalnu raznolikost trepetljikaša u perifitonu razvijenom na umjetnim podlogama u Sakadaškom jezeru te time pruža znatan doprinos poznavanju bioraznolikosti poplavnih područja, ali i ističe iznimnu ekološku važnost trepetljikaša perifitona u ekosustavima poplavnih područja.

7. LITERATURA

Ács É, Kiss KT, Szabó K, Makk J. 2000. Short-term colonization sequence of periphyton on glass slides in a large river (River Danube, near Budapest). *Algological Studies* 100:135-156.

Ackermann B, Esser M, Scherwass A, Arndt H. 2011. Long-term dynamics of microbial biofilm communities of the River Rhine with special references to ciliates. *Internat Rev Hydrobiol* 96:1-19.

Adl SM, Leander BS, Simpson AGB, Archibald JM, Anderson OR, Bass D, Bowser SS, Brugerolle G, Farmer MA, Karpov S, Kolisko M, Lane CE, Lodge DJ, Mann DG, Meisterfeld F, Mendoza L, Moestrup Ø, Mozley-Standridge SE, Smirnov AV, Spiegel F. 2007. Diversity, nomenclature, and taxonomy of protists. *Syst Biol* 56:684–689.

Adl SM, Simpson AGB, Farmer MA, Andersen RA, Anderson OR, Barta JR, Bowser SS, Brugerolle G, Fensome RA, Fredericq S, James TY, Karpov S, Kugrens P, Krug J, Lane CE, Lewis LA, Lodge J, Lynn DH, Mann DG, Mccourt RM, Mendoza L, Moestrup O, Mozley-Standridge SE, Nerad TA, Shearer CA, Smirnov AV, Spiegel FW, Taylor MF, JR. 2005. The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. *J Eukaryot Microbiol* 52:399–451.

Adl SM, Simpson AGB, Lane CE, Lukeš J, Bass D, Bowser SS, Brown MW, Burki F, Dunthorn M, Hampl V, Heiss A, Hoppenrath M, Lara E, le Gall L, Lynn DH, McManus H, Mitchell EAD, Mozley-Stanridge SE, Parfrey LW, Pawlowski J, Rueckert S, Shadwick L, Schoch CL, Smirnov A, Spiegel FW. 2012. The revised classification of eukaryotes. *J Eukaryot Microbiol* 59(5):429–514.

Andrushchyshyn OP, Magnusson AK, Williams DD. 2006. Responses of intermittent pond ciliate populations and communities to in situ bottom-up and top-down manipulations. *Aquat Microb Ecol* 42:293-310.

Andrushchyshyn OP, Wilson PK, Williams DD. 2007. Ciliate communities in shallow groundwater: seasonal and spatial characteristics. *Freshwater Biol* vol. 52:1745-1761.

APHA (American Public Health Association) 1985. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington, DC.

APHA (American Public Health Association) 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington, DC.

APHA (American Public Health Association) 2000. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington, DC.

Arndt H, Schmidt-Denter K, Auer B, Weitere M. 2003. Protozoans and Biofilms. U: Fossil and Recent Biofilms (ur. Krumbein WE, Paterson DM, Zavarzin GA). Kluwer Academic Publ, Dordrecht, 161-179 pp.

Azim ME, Asaeda T. 2005. Periphyton Structure, Diversity and Colonization. U: Periphyton: Ecology, Exploitation and Management (ur. Azim ME, Verdegem MCJ, van Dam AA, Beveridge MCM). CAB International, CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire, UK, 15-33 pp.

Azim ME, Beveridge MCM, van Dam AA, Verdegem MCJ. 2005. Periphyton and Aquatic Production: An Introduction. U: Periphyton: Ecology, Exploitation and Management (ur. Azim ME, Verdegem MCJ, van Dam AA, Beveridge MCM). CAB International, CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire, UK, 1-13 pp.

Beech CD, Landers SC. 2002. Ciliated protozoan colonization of substrates from Dauphin Island, Alabama. *Europ J Protistol* 38:83-89.

Bichoff A, Osório NC, Dunck B, Rodrigues L. 2016. Periphytic algae in a floodplain lake and river under low water conditions. *Biota Neotropica* 16(3):e20160159.

Biggs BJF. 1996. Patterns in Benthic Algae of Streams. U: Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems (ur. Stevenson RJ, Bothwell ML, Lowe RL). Academic Press, San Diego, California 31-56 pp.

Biggs BJF, Close ME. 1989. Periphyton biomass dynamics in gravel bed rivers: the relative effects of flows and nutrients. *Freshwater Biol* 22:209-231.

Bogut I, Čerba D, Vidaković J, Gvozdić V. 2010. Interactions of weed-bed invertebrates and *Ceratophyllum demersum* stands in a floodplain lake. *Biologia* 65:113-121.

Bogut I, Vidaković J, Palijan G. 2005. Fauna beskralježnjaka u metafitonu eulitorala Sakadaškog jezera (Park prirode Kopački rit, Hrvatska). *Hrvat. vode* 13:153-157.

Böhme A, Risse-Buhl U, Küsel K. 2009. Protists with different feeding modes change biofilm morphology. *FEMS Microbiol Ecol* 69:158-169.

Brusca RC, Brusca GJ. 2003. Invertebrates. 2nd ed. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, 936 pp.

Buosi PRB, Pauleto GM, Lansac-Tôha FA, Velho LFM. 2011. Ciliate community associated with aquatic macrophyte roots: Effects of nutrient enrichment on the community composition and species richness. *Eur J Protistol* 47:86–102.

Burgmer T, Reiss J, Wickham SA, Hillebrand H. 2010. Effects of snail grazers and light on the benthic microbial food web in periphyton communities. *Aquat Microb Ecol* 61:163-178.

Burki F, Shalchian-Tabrizi K, Minge M, Skjæveland Å, Nikolaev SI, Jakobsen KS, Pawlowski J. 2007. Phylogenomics Reshuffles the Eukaryotic Supergroups. *PloS ONE* 2(8): e790.

Cairns J, Dahlberg ML, Dickson KL, Smith N, Waller WT. 1969. The relationship of fresh-water protozoan communities to the MacArthur-Wilson equilibrium model. *Am Nat* 93:439-454.

Cairns J, Kuhn DL, Plafkin JL. 1979. Protozoan Colonization of Artificial Substrates. U: Methods and Measurements of Periphyton Communities: A Review. American Society for Testing and Materials International (ur. Weitzel RL), Special Technical Publication (ASTM, STP) 690, 34-57 pp.

Cairns J Jr, Yongue WH Jr. 1974. Protozoan colonization rates on artificial substrates suspended at different depths. *Trans Amer Micros Soc* 93:206-210.

Cairns J Jr, Plafkin JL, Yongue WH Jr, Kaesler RL. 1976. Colonization of artificial substrates by protozoa: replicated samples. *Arch Protistenk Bd* 118:259-267.

Cairns J Jr, Kaesler RL, Kuhn DL, Plafkin JL, Yongue WH Jr. 1976. The influence of natural perturbation on protozoan communities inhabiting artificial substrates. *Trans Amer Micros Soc* 95:646-653.

Cairns J Jr, Plafkin JL, Kaesler RL, Lowe RL. 1983. Early colonization patterns of diatoms and protozoa in fourteen fresh-water lakes. *J Protozool* 30:47-51.

Carlson RE, Simpson J. 1996. A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods. North American Lake Management Society, 96 pp.

Casartelli MR, Lavagnolli GJ, Ferragut C. 2016. Periphyton biomass accrual rate changes over the colonization process in a shallow mesotrophic reservoir. *Acta Limnologica Brasiliensia* 28, e9.

Cavalier-Smith T. 1991. Cell diversification in heterotrophic flagellates. U: The Biology of Free-living Heterotrophic Flagellates (ur. Patterson DJ, Larsen J). Oxford University Press, 113-131 pp.

Cavalier-Smith T. 2010. Origin of the cell nucleus, mitosis and sex: roles of intracellular coevolution. *Biology Direct* 5:7.

Chen QH, Xu RL, Tam NFY, Shin PKS. 2008. Use of ciliates (Protozoa: Ciliophora) as bioindicator to assess sediment quality of two constructed mangrove sewage treatment belts in Southern China. *Mar Pollut Bull* 57:689-694.

Clarke KR, Gorley RN. 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth, 192 pp.

Clarke KR, Warwick RM. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd edition. PRIMER-E, Plymouth, 172pp.

Coppellotti O, Matarazzo P. 2000. Ciliate colonization of artificial substrates in the Lagoon of Venice. *J Mar Biol Ass U.K.* 80:419-427.

Corliss JO. 2002. Biodiversity and biocomplexity of the protists and an overview of their significant roles in maintenance of our biosphere. *Acta Protozool* 41:199-219.

Cowling MJ, Hodgkiess T, Parr ACS, Smith MJ, Marrs SJ. 2000. An alternative approach to antifouling based on analogues of natural processes. *The Science of the Total Environment* 258:129-137.

Čerba D, Mihaljević Z, Vidaković J. 2011. Colonisation trends, community and trophic structure of chironomid larvae (Chironomidae: Diptera) in a temporal phytoplankton assemblage. *Fundam Appl Limnol* 179:203-214.

Dovgal IV. 1996. Keys for identification of tentaculous infusoria (Ciliophora, Suctoria) of the Ukrainian fauna. *Vestnik Zoologii* 2:1–42.

Dovgal IV. 2002. Evolution, phylogeny and classification of Suctorea (Ciliophora). *Protistology* 2:194-270.

Đikić D, Glavač H, Glavač V, Hršak V, Jelavić V, Njegač D, Simončić V, Springer OP, Tomašković I, Vojvodić V. 2001. Ekološki leksikon. Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja Republike Hrvatske i Barbat, Zagreb, 361 pp.

Esteban GF, Finlay BJ, Warren A. 2015. Free-Living Protozoa. U: Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates: Ecology and General Biology. 4th ed. Vol. 1 (ur. Thorp JH, Rogers DC). Elsevier, 113-131 pp.

Feminella JW, Hawkins CP. 1995. Interactions between stream herbivores and periphyton: a quantitative analysis of past experiments. *J N Am Benthol Soc* 14:465-509.

Fernandez-Leborans G. 2001. Relative importance of protozoan functional groups in three marine sublittoral areas. *J Mar Biol Ass UK* 81:735-750.

Finlay BJ, Esteban GF. 1998. Freshwater protozoa: biodiversity and ecological function. *Biodivers Conserv* 7:1163-1186.

Foissner W, Berger H, Blatterer H, Kohmann F. 1995. Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band IV: Gymnostomatea, Loxodes, Suctorina. Informationsberichte des Bayer Landesamtes für Wasserwirtschaft, München, 1/95:1-540.

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

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

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

Foissner W, Berger H. 1996. A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes, and waste waters, with notes on their ecology. *Freshwat Biol* 35:375-482.

Foissner W, Chao A, Katz LA. 2008. Diversity and geographic distribution of ciliates (Protista: Ciliophora). *Biodivers Conserv* 17:345-363.

Fonseca IA, Rodrigues L. 2007. Periphytic Cyanobacteria in different environments from the upper Paraná river floodplain, Brazil. *Acta Limnol Bras* 19(1):53-65.

Früh D, Norf H, Weitere M. 2011. Response of biofilm-dwelling ciliate communities to enrichment with algae. *Aquat Microb Ecol* 63:299-309.

Gaiser EE, Childers DL, Jones RD, Richards JH, Scinto LJ, Trexler JC. 2006. Periphyton responses to eutrophication in the Florida Everglades: Cross-system patterns of structural and compositional change. *Limnol Oceanogr* 51:617-630.

Gao F, Warren A, Zhang Q, Gong J, Miao M, Sun P, Xu D, Huang J, Yi Z, Song W. 2016. The All-Data-Based Evolutionary Hypothesis of Ciliated Protists with a Revised Classification of the Phylum Ciliophora (Eukaryota, Alveolata). *Sci Rep* 6:24874.

Glud RN, Fenchel T. 1999. The importance of ciliates for interstitial solute transport in benthic communities. *Mar Ecol Prog Ser* 186:87-93.

Goldsborough LG, McDougal RL, North AK. 2005. Periphyton in Freshwater Lakes and Wetlands. U: Periphyton: Ecology, Exploitation and Management (ur. Azim ME, Verdegem MCJ, van Dam AA, Beveridge MCM). CAB International, CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire, UK, 71-89 pp.

Gong J, Song W, Warren A. 2005. Periphytic ciliate colonization: annual cycle and responses to environmental conditions. *Aquat Microb Ecol* 39:159-170.

Gottlieb AD, Richards JH, Gaiser EE. 2006. Comparative study of periphyton community structure in long and short-hydroperiod Everglades marshes. *Hydrobiologia* 569:195-207.

Grady Jr. CPL, Daigger GT, Love NG, Filipe CDM. 2011. Biological Wastewater Treatment. Third Edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York, 1022 pp.

Gucunski D. 1994. Važnost zaštite hidrološkog sustava Specijalnog zoološkog rezervata Kopački rit. Zbornik ekoloških radova „Problemi u zaštiti okoliša“, Osijek, 1:15-23.

Habdija I, Primc Habdija B, Radanović I, Špoljar M, Matonićkin Kepčija R, Vujčić Karlo S, Miliša M, Ostojić A, Sertić Perić M. 2011. Protista - Protozoa, Metazoa – Invertebrata. Strukture i funkcije. Alfa, Zagreb, 584 pp.

Hagerthey SE, Bellinger BJ, Wheeler K, Gantar M, Gaiser E. 2011. Everglades Periphyton: A Biogeochemical Perspective. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 41:309-343.

Hann BJ, Turner MA. 1999. Exploitation by microcrustacea of a new littoral habitat in an acidified lake. *Hydrobiologia* 416:65-75.

Harmsworth GC, Sleigh M.A. 1993. Colonization of non-living surfaces in streams by peritrich ciliates. *Eur J Protistol* 29:294-301.

Hausmann K. 2002. Food acquisition, food ingestion and food digestion by protists. *Jpn J Protozool* 35(2):85-95.

Hausmann K, Hülsmann N, Radek R. 2003. Protistology. Schweizerbart'sche Verlagsbuchshandlung, Stuttgart, 379 pp.

Hein T, Baranyi C, Reckendorfer W, Schiemer F. 2004. The impact of surface water exchange on the nutrient and particle dynamics in side-arms along the river Danube, Austria. *Sci Total Environ* 328:207-218.

- Hein T, Schagerl M, Heiler G, Schiemer F. 1996. Chlorophyll-a and hydrochemical dynamics in a backwater system of the Danube, controlled by hydrology. *Arch Hydrobiol (Suppl)* 113:463-470.
- Henebry MS, Cairns Jr. J. 1984. Protozoan colonization rates and trophic status of some freshwater wetland lakes. *J Protozool* 31:456-467.
- Higgins S, Hann BJ. 1995. Snail grazer-periphyton interactions: the effects of macrophyte removal, inorganic nutrient addition, and organic nutrient addition. University Field Station (Delta Marsh), Annual Report, 30:28-37.
- Hillebrand H. 2009. Meta-analysis of grazer control of periphyton biomass across aquatic ecosystems. *J Phycol* 45:798-806.
- Hillebrand H, Kahlert M. 2001. Effect of grazing and nutrient supply on periphyton biomass and nutrient stoichiometry in habitats of different productivity. *Limnol Oceanogr* 46:1881-1898.
- Iwaniec DM, Childers DL, Rondeau D, Madden CJ, Saunders C. 2006. Effects of hydrologic and water quality drivers on periphyton dynamics in the southern Everglades. *Hydrobiologia* 569:223-235.
- Jackson CR. 2003. Changes in community properties during microbial succession. *Oikos* 101:444-448.
- Jackson CR, Churchill PF, Roden EE. 2001. Successional changes in bacterial assemblage structure during epilithic biofilm development. *Ecology* 82:555-566.
- Junk WJ, Bayley PB, Sparks RE. 1989. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. U: Proceedings of the International Large River Symposium (ur. Dodge DP). *Can Spec Publ Fish Aquat Sci* 106:110-127.
- Kahl A. 1930-35. Urtiere oder Protozoa I: Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria). U: Die Tierwelt Deutschlands (ur. Dahl F), G. Fisher, Jena, 886 pp.
- Kalinowska K. 2004. Bacteria, nanoflagellates and ciliates as components of the microbial loop in three lakes of different trophic status. *Pol J Ecol* 52(1):19-34.
- Kanavillil N, Kurissery S. 2013. Dynamics of grazing protozoa follow that of microalgae in natural biofilm communities. *Hydrobiologia* 718:93-107.
- Kanavillil N, Thorn M, Kurissery S. 2012. Characterization of natural biofilms in temperate inland waters. *Journal of Great Lakes Research* 38:429-438.

Kathol M, Fischer H, Weitere M. 2011. Contribution of biofilm-dwelling consumers to pelagic-benthic coupling in a large river. *Freshwater Biol* 56(6):1160-1172.

Komárková J. 1989. Primární produkce řas ve slatkovodních ekosystémech. U: Metody studia ekosystémů (ur. Dykyová D). Academia Praha, Praha, 330-347 pp.

Kralj K, Plenković-Moraj A, Gligora M, Primc-Habdija B, Šipoš L. 2006. Structure of periphytic community on artificial substrata: influence of depth, slide orientation and colonization time in karstic Lake Visovačko, Croatia. *Hydrobiologia* 560(1):249-258.

Kratzer CR, Brezonik PL. 1981. A Carlson-type trophic state index for nitrogen in Florida Lakes. *J Am Water Resour Assoc* 17:713-715.

Kreutz M, Foissner W. 2006. Protozoological Monographs: The Sphagnum Ponds of Simmelried in Germany: A Biodiversity Hot-Spot for Microscopic Organisms. Shaker Verlag, Germany, 267 pp.

Lešković B. 2008. Fauna trepetljikaša perifitona umjetne podloge u Sakadaškom jezeru (Kopački rit). Diplomski rad. Odjel za biologiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 42 pp.

Li J, Xu H, Lin X, Song W. 2009. Colonization of periphytic ciliated protozoa on an artificial substrate in mariculture waters with notes on responses to environmental factors. *Prog Nat Sci* 19:1235-1240.

Liboriussen L. 2003. Production, regulation and ecophysiology of periphyton in shallow freshwater lakes. PhD thesis. National Environmental Research Institute, Denmark, 48 pp.

Liess A, Hillebrand H. 2004. Invited review: Direct and indirect effects in herbivore – periphyton interactions. *Arch Hydrobiol* 159(4):433-453.

Liston SE. 2006. Interactions between nutrient availability and hydroperiod shape macroinvertebrate communities in Florida Everglades marshes. *Hydrobiologia* 569:343-357.

Lynn DH. 2008. The Ciliated Protozoa: Characterization, Classification, and Guide to the Literature. 3rd ed. Springer, 605 pp.

Lynn DH, Small EB. 2000. Phylum Ciliophora Doflein, 1901. U: An Illustrated Guide to the Protozoa. 2nd ed., vol. 1. (ur. Lee JJ, Leedale GF, Bradbury P). Society of Protozoologists, Lawrence, Kansas, U.S.A., 371-656 pp.

MacArthur RH, Wilson EO. 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution* 17:373-387.

Mahdy A, Scharfenberger U, Adrian R, Hilt S. 2014. Experimental comparison of periphyton removal by chironomid larvae and *Daphnia magna*. *Inland Waters* 5:81-88.

Marcus H, Wey JK, Norf H, Weitere M. 2014. Disturbance alters the response of consumer communities towards warming: a mesocosm study with biofilm-dwelling ciliates. *Ecosphere* 5:10.

Matoničkin Kepčija R. 2006. Utjecaj brzine strujanja vode na naseljavanje perifitonskih zajednica sedrenih barijera. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 121 pp.

McCollum EW, Crowder LB, McCollum SA. 1998. Complex interactions of fish, snails, and littoral zone periphyton. *Ecology* 79(6):1980-1994.

Mieczan T. 2005. Periphytic ciliates in littoral zone of three lakes of different trophic status. *Pol J Ecol* 53:489-502.

Mieczan T. 2007. Comparative study of periphytic ciliate communities and succession on natural and artificial substrata in two shallow lakes (Eastern Poland). *Ann Limnol – Int J Lim* 43:179-186.

Mieczan T. 2009. Ciliates in Sphagnum peatlands: vertical micro-distribution, and relationships of species assemblages with environmental parameters. *Zool Stud* 48:33-48.

Mieczan T. 2010. Periphytic ciliates in three shallow lakes in Eastern Poland: a comparative study between a phytoplankton-dominated lake, a phytoplankton-macrophyte lake and a macrophyte-dominated lake. *Zool Stud* 49:589-600.

Mieczan T, Puk A. 2010. Influence of type of substrate and water chemistry on the structure and succession of periphytic ciliate communities in hypertrophic lake. *Arch Environ Prot* 36:13-24.

Mihaljević M, Getz D, Tadić Z, Živanović B, Gucunski D, Topić J, Kalinović I, Mikuska J. 1999. Kopački rit. Pregled istraživanja i bibliografija. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 188 pp.

Mihaljević M, Stević F, Horvatić J. 2004. The influence of extremely high floodings of the Danube River (in August 2002) on the trophic conditions of Lake Sakadaš (Nature Park Kopački rit, Croatia). *Limnological Reports*, Novi Sad, Serbia and Montenegro 35:115-121.

Mihaljević M, Stević F. 2011. Cyanobacterial blooms in a temperate river-floodplain ecosystem: the importance of hydrological extremes. *Aquat ecol* 45:335-349.

- Mihaljević M, Špoljarić D, Stević F, Cvijanović V, Hackenberger Kutuzović B. 2010. The influence of extreme floods from the River Danube in 2006 on phytoplankton communities in a floodplain lake: Shift to a clear state. *Limnologica* 40:260-268.
- Mihaljević M, Žuna Pfeiffer T. 2012. Colonization of periphyton algae in a temperate floodplain lake under a fluctuating spring hydrological regime. *Fundam Appl Limnol* 180:13-25.
- Mihaljević M, Žuna Pfeiffer T, Stević F, Špoljarić D. 2013. Dynamics of phytoplankton and periphytic algae in a Danubian floodplain lake: a comparative study under altered hydrological conditions. *Fresen Environ Bull* 22:2516-2523.
- Mihaljević M, Žuna Pfeiffer T, Vidaković J, Stević F. 2015. The importance of microphytic composition on coarse woody debris for nematode colonization: a case study in a fluvial floodplain environment. *Biodivers Conserv* 24(7):1711-1727.
- Mikuska J. 1979. Ekološke osobine i zaštita Specijalnog zoološkog rezervata “Kopački rit” s posebnim osvrtom na ekologiju kralježnjaka. Disertacija. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 271 pp.
- Montagnes DJS, Weisse T. 2000. Fluctuating temperatures affect growth and production rates of planktonic ciliates. *Aquat Microb Ecol* 21:97-102.
- Moschini-Carlos V, Henry R, Pompêo MLM. 2000. Seasonal variation of biomass and productivity of the periphytic community on artificial substrata in the Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). *Hydrobiologia* 434:35-40.
- Murakami EA, Bicudo DC, Rodrigues L. 2009. Periphytic algae of the Garças Lake, Upper Paraná River floodplain: comparing the years 1994 and 2004. *Braz J Biol* 69:459-468.
- Neff JJ. 1996. Large rivers of South America: toward the new approach. *Verh Internat Verein Limnol* 26:167-180.
- Norf H, Arndt H, Weitere M. 2007. Impact of local temperature increase on the early development of biofilm-associated ciliate communities. *Oecologia* 151:341-350.
- Norf H, Arndt H, Weitere M. 2009. Responses of biofilm-dwelling ciliate communities to planktonic and benthic resource enrichment. *Microb Ecol* 57:687-700.
- Norf H, Weitere M. 2010. Resource quantity and seasonal background alter warming effects on communities of biofilm ciliates. *FEMS Microbiol Ecol* 74:361-370.
- Odum EP. 1971. Fundamentals of Ecology. W. B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto, 574 pp.

Ostojić A. 2010. Effects of flow velocity, temperature, photoperiodism and hydroperiodism on periphytic assemblages dynamics. Doctoral Thesis, Faculty of Science, University of Zagreb, Zagreb, 131 pp.

Palijan G. 2010. Different impact of flood dynamics on the development of culturable planktonic and biofilm bacteria in floodplain lake. *Pol J Ecol* 58:439-448.

Parry JD. 2004. Protozoan Grazing of Freshwater Biofilms. U: *Advances in Applied Microbiology*. Vol. 54 (ur. Laskin AI, Bennett JW, Gadd GM). Elsevier Academic Press, San Diego, USA, 400 pp.

Patterson DJ. 2003. Free-Living Freshwater Protozoa: A Color Guide. ASM Press, 223 pp.

Pauleto GM, Velho LFM, Buosi PRB, Brão AFS, Lansac-Tôha FA, Bonecker CC. 2009. Spatial and temporal patterns of ciliate species composition (Protozoa: Ciliophora) in the plankton of the Upper Paraná River floodplain. *Braz J Biol* 69:517-527.

Petz B. 2002. Osnovne statističke metode za nematematičare. Naklada Slap, 384 pp.

Plafkin JL, Kuhn DL, Cairns J Jr, Yongue WH Jr. 1980. Protozoan species accrual on artificial islands in differing lentic and wetland systems. *Hydrobiologia* 75(2):161-178.

Pratt JR, Cairns J Jr. 1985. Functional groups in the protozoa: roles in differing ecosystems. *J Protozool* 32:415-423.

Pratt RP, Lang BZ, Kaesler RL, Cairns J Jr. 1986. Effect of seasonal changes on protozoans inhabiting artificial substrates in a small pond. *Arch Protistenkd* 131:45-57.

Pratt JR, Ladzick M, Cairns J Jr. 1987. Colonization of artificial substrates by micrometazoa. *Arch Hydrobiol* 110:519-531.

Primc B. 1988. Trophic relationships of ciliated protozoa developed under different saprobic conditions in the periphyton of the Sava River. *Period Biol* 90(3):349-353.

Primc B, Habdija I. 1987. Ciliated colonization of artificial substrates in different saprobic conditions in a running water. *Acta Hydroch Hydrob* 15:487-494.

Primc-Habdija B, Habdija I. 1991. Distribution of ciliated protozoa in periphytic communities of karst running waters. *Verh Internat Verein Theor Angew Limnol* 24:2021-2023.

Primc-Habdija B, Habdija I, Matoničkin R, Špoljar M. 2005. Development of ciliate community on artificial substrates associated with vertical gradients of environmental conditions in a karstic lake. *Arch Hydrobiol* 164:513-527.

Primc-Habdija B, Habdija I, Plenković-Moraj A. 2001. Tufa deposition and periphyton overgrowth as factors affecting the ciliate community on travertine barriers in different current velocity conditions. *Hydrobiologia* 457:87-96.

Primc-Habdija B, Habdija I, Radanović I. 1998. Seasonal changes in trophic structure of periphytic ciliates in relation to discharge regime. *Verh Internat Verein Theor Angew Limnol* 26:1116-1119.

Primc-Habdija B, Habdija I, Špoljar M. 2000. Trophic structure of ciliate associations in periphytic communities in karstic waters. *Verh Internat Verein Theor Angew Limnol* 27:2600-2604.

Risse-Buhl U, Küsel K. 2009. Colonization dynamics of biofilm associated ciliate morphotypes at different flow velocities. *Eur J of Protistol* 45:67-74.

Rodrigues L, de Bicudo DC. 2001. Similarity among periphyton algal communities in a lentic-lotic gradient of the upper Paraná river floodplain, Brazil. *Rev bras Bot São Paulo* 24:235-248.

Ruggiero MA, Gordon DP, Orrell TM, Bailly N, Bourgoin T, Brusca RC, Cavalier-Smith T, Guiry MD, Kirk PM. 2015. A Higher Level Classification of All Living Organisms. *PLoS ONE*, 10(4):e0119248.

Ruppert EE, Fox RS, Barnes RD. 2004. Invertebrate zoology. 7th ed. Brooks/Cole-Thomson Learning, Belmont, 963 pp.

Sabater S, Admiraal W. 2005. Periphyton as Biological Indicators in Managed Aquatic Ecosystems. U: Periphyton: Ecology, Exploitation and Management (ur. Azim ME, Verdegem MCJ, van Dam AA, Beveridge MCM). CAB International, CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire, UK, 159-177 pp.

Safi LSL, Fontoura NF, Severo HJ, Utz LRP. 2014. Temporal structure of the peritrich ciliate assemblage in a large Neotropical lake. *Zool Stud* 53:17.

Schwarz U. 2005. Landschaftsökologische Charakterisierung des Kopački Rit unter besonderer Berücksichtigung von Flusslandschaftsformen sowie deren Genese und Typologie. Dissertation am Institut für Geographie, Universität Wien.

Serra A, Corcoll N, Guasch H. 2009. Copper accumulation and toxicity in fluvial periphyton: the influence of exposure history. *Chemosphere* 74(5):633-641.

Siehoff S, Hammers-Wirtz M, Strauss T, Ratte HT. 2009. Periphyton as alternative food source for the filter-feeding cladoceran *Daphnia magna*. *Freshwater Biol.* 54:15-23.

Sigee DC 2005. Freshwater Microbiology. Biodiversity and Dynamic Interactions of Microorganisms in the Aquatic Environment. John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex, England, 524 pp.

Steinman AD. 1996. Effects of grazers on freshwater benthic algae. U: Algal ecology. Freshwater benthic ecosystems (ur. Stevenson RJ, Bothwell ML, Lowe RL). Academic Press, San Diego, California, 341-373 pp.

Stević F, Čerba D, Turković Čakalić I, Žuna Pfeiffer T, Vidaković J, Mihaljević M. 2013. Interrelations between *Dreissena polymorpha* colonization and autotrophic periphyton development – a field study in a temperate floodplain lake. *Fundam Appl Limnol* 183:107-119.

Stewart PM, Pratt JR, Cairns J Jr, Lowe RL. 1985. Diatom and protozoan species accrual on artificial substrates in lentic habitats. *Trans Am Microsc Soc* 104:369-377.

Stewart PM, Smith EP, Cairns J Jr. 1987. Relationship of the physico-chemical environment to diatom and protozoan communities: a multivariate approach. *Arch Protistenkd* 134:331-341.

Stewart TJ, Traber J, Kroll A, Behra R, Sigg L. 2013. Characterization of extracellular polymeric substances (EPS) from periphyton using liquid chromatography-organic carbon detection-organic nitrogen detection (LC-OCD-OND). *Environ Sci Pollut Res* 20:3214-3223.

Streble H, Krauter D. 2002. Das Leben im Wassertropfen. Mikroflora und Mikrofauna des Süßwassers. Kosmos-Verlag, 432 pp.

Strüder-Kypke M. 1999. Periphyton and sphagnicolous protists of dystrophic bog lakes (Brandenburg, Germany). I. Annual cycles, distribution and comparison to other lakes. *Limnologica* 29:393-406.

Strüder-Kypke M, Schönborn W. 1999. Periphyton and sphagnicolous protists of dystrophic bog lakes (Brandenburg, Germany). II. Characteristic species and trophy of the lakes. *Limnologica* 29:407-424.

Tadić Z, Bonacci O, Bognar A, Jović F, Radeljak I. 2002. Plan upravljanja Parkom prirode Kopački rit, sektorska studija: Upravljanje vodama. Hidroing d.o.o., Osijek, 113 pp.

Tarkowska-Kukuryk M, Mieczan T. 2012. Effect of substrate on periphyton communities and relationships among food web components in shallow hypertrophic lake. *J Limnol* 71:279-290.

Ter Braak CJF, Šmilauer P. 2002. CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide. Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA.

Tockner K, Malard F, Ward JV. 2000. An extension of the flood pulse concept. *Hydrol Process* 14:2861-2883.

Tockner K, Pennetzdorfer D, Reiner N, Schiemer F, Ward JV. 1999. Hydrological connectivity, and the exchange of organic matter and nutrients in a dynamic river-floodplain system (Danube, Austria). *Freshwater Biol* 41:521-535.

Tockner K, Stanford JA. 2002. Riverine flood plains: present state and future trends. *Environ Conserv* 29(3):308–330.

Van Dam AA, Beveridge MCM, Azim ME, Verdegem MCJ. 2002. The potential of fish production based on periphyton. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12:1-31.

Vadeboncoeur Y, Steinman AD. 2002. Periphyton Function in Lake Ecosystems. *Sci World J* 2:1449-1468.

Van der Valk A. 2006. The Biology of Freshwater Wetlands. Oxford University Press, 173 pp.

Vermaat JE. 2005. Periphyton Dynamics and Influencing Factors. U: Periphyton: Ecology, Exploitation and Management (ur. Azim ME, Verdegem MCJ, van Dam AA, Beveridge MCM). CAB International, CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire, UK, 35-49 pp.

Verni F, Gualtieri P. 1997. Feeding behaviour in ciliated protists. *Micron* 28:487-504.

Vidaković J, Bogut I. 2007. Periphyton nematode assemblages in association with *Myriophyllum spicatum* L. in Lake Sakadaš, Croatia. *Russ J Nematol* 15:79-88.

Vidaković J, Bogut I, Borić E, Zahirović Ž. 2002. Hydrobiological research in the Kopački Rit Nature Park in the period November 1997 – October 2001. *Hrvatske vode* 39:127 – 144.

Vidaković J, Bogut I, Mihaljević M, Palijan G, Čerba D, Čačić Lj, Stević F, Zahirović Ž, Galir A. 2008. Pregled sustavnih hidrobioloških istraživanja u Parku prirode Kopački rit u razdoblju 1997. – 2007. *Hrvatske vode: časopis za vodno gospodarstvo* 16:259-270.

Vidaković J, Palijan G, Čerba D. 2011. Relationship between nematode community and biomass and composition of periphyton developing on artificial substrates in floodplain lake. *Pol J Ecol* 59:577-588.

Vidaković J, Turković Čakalić I, Stević F, Čerba D. 2012. The influence of different hydrological conditions on periphytic invertebrate communities in a Danubian floodplain. *Fundam Appl Limnol* 181:59-72.

Villanueva VD, Schwartz FJT, Romani AM. 2011. Biofilm formation at warming temperature: acceleration of microbial colonization and microbial interactive effects. *Biofouling* 27:59-71.

Vlaičević B, Vidaković J, Čerba D. 2017. The colonization and succession patterns of the periphytic ciliate community in a temperate floodplain lake. *Biologia* 72/3: DOI: 10.1515/biolog-2017-0028.

Weerman EJ, van der Geest HG, van der Meulen MD, Manders EMM, van de Koppel J, Herman PMJ, Admiraal W. 2011. Ciliates as engineers of phototrophic biofilms. *Freshwater Biol* 56:1358-1369.

Weisse T, Anderson R, Arndt H, Calbet A, Hansen PJ, Montagnes DJS. 2016. Functional ecology of aquatic phagotrophic protists – Concepts, limitations, and perspectives. *Eur J Protistol* 55:50-74.

Weitere M, Schmidt-Denter K, Arndt H. 2003. Laboratory experiments on the impact of biofilms on the plankton of a large river. *Freshw Biol* 48:1983-1992.

Weitzel RL. 1979. Periphyton Measurements and Applications. U: Methods and Measurements of Periphyton Communities: A Review. American Society for Testing and Materials International (ur. Weitzel RL), Special Technical Publication (ASTM, STP) 690, 3-33 pp.

Westlake DF, Květ J, Szczepański A. 1998. The Production Ecology of Wetlands. Cambridge University Press, 568 pp.

Wetzel RG. 2001. Limnology. Lake and River Ecosystems. Third ed. Academic Press, San Diego, 1006 pp.

Wetzel RG. 2005. Periphyton in the Aquatic Ecosystem and Food Webs. U: Periphyton: Ecology, Exploitation and Management (ur. Azim ME, Verdegem MCJ, van Dam AA, Beveridge MCM). CAB International, CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire, UK, 51-69 pp.

Wey JK, Norf H, Arndt H, Weitere M. 2009. Role of dispersal in shaping communities of ciliates and heterotrophic flagellates within riverine biofilms. *Limnol Oceanogr* 54(5):1615-1626.

Wimpenny J, Manz W, Szewzyk U. 2000. Heterogeneity in biofilms. *FEMS Microbiol Rev* 24(5):661-71.

Wörner U, Zimmerman-Timm H, Kausch H. 2000. Succession of protists on estuarine aggregates. *Microb Ecol* 40:209-222.

Wu Y. 2017. *Periphyton: Functions and Application in Environmental Remediation*. Elsevier Inc. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokio, 434 pp.

Xu H, Min GS, Choi JK, Kim SJ, Jung JH, Lim BJ. 2009a. An approach to analyses of periphytic ciliate communities for monitoring water quality using a modified artificial substrate in Korean coastal waters. *J Mar Biol Assoc UK* 89:669-679.

Xu H, Min GS, Choi JK, Kim SJ, Jung JH, Lim BJ. 2009b. Periphytic ciliate colonization of an artificial substrate in Korean coastal waters. *Protistology* 6:55-65.

Xu H, Warren A, Al-Rasheid KAS, Zhu M, Song W. 2010. Planktonic protist communities in semi-enclosed mariculture waters: temporal dynamics of functional groups and their responses to environmental conditions. *Acta Oceanol Sin* 29:106-115.

Xu H, Choi JK, Min GS, Qinglin Z. 2011. Colonization dynamics of periphytic ciliate communities across taxonomic levels using an artificial substrate for monitoring water quality in coastal waters. *J Mar Biol Assoc UK* 91:91-96.

Yang Z, Xu Y, Xu G, Xu H. 2016. Carbon flux of trophic-functional groups within the colonization process of biofilm-dwelling ciliates in marine ecosystems. *J Mar Biol Assoc UK* 96:1313-1318.

Yongue WH Jr, Cairns J Jr. 1973. Long-term exposure of artificial substrates to colonization by protozoans. *J Elisha Mitchell Sci Soc* 89:115-119.

Zhang W, Xu H, Jiang Y, Zhu M, Al-Rasheid KAS. 2012. Colonization dynamics in trophic-functional structure of periphytic protist communities in coastal waters. *Mar Biol* 159:735-748.

Zhang W, Xu H. 2015. Seasonal shift in community pattern of periphytic ciliates and its environmental drivers in coastal waters of the Yellow Sea, northern China. *J Mar Biol Assoc UK* 95:277-288.

Žuna Pfeiffer T, Mihaljević M, Stević F, Špoljarić D. 2013. Periphytic algae colonization driven by variable environmental components in a temperate floodplain lake. *Ann Limnol – Int J Lim* 49:179-190.

Žuna Pfeiffer T, Mihaljević M, Špoljarić D, Stević F, Plenković-Moraj A. 2015. The disturbance-driven changes of periphytic algal communities in a Danubian floodplain lake. *Knowl Managt Aquatic Ecosyst* 416, 02.

web 1: <http://pp-kopacki-rit.hr/oparku.html> (10.02.2017.)

8. PRILOZI

Prilog 1. Rezultati SIMPER analize na temelju brojnosti trepetljikaša u uzorcima jednake starosti (1. – 168. dan razvoja) iz proljetno-zimske (PZ) i ljetno-zimske (LJZ) eksperimentalne serije 2010. godine u Sakadaškom jezeru. Navedene su svojte koje su imale doprinos > 2%.

Eksperimentalna serija	PZ	LJZ	PZ x LJZ
	Prosječna sličnost (%)		Prosječna razlika (%)
	35,38	43,31	66,60
Svojta	Doprinos (%)		
<i>Vorticella campanula</i>	11,96	10,26	2,19
<i>Vorticella</i> spp. 1	10,09	10,32	2,59
<i>Cinetochilum margaritaceum</i>	6,34		
<i>Stentor roeselii</i>	5,76	2,62	2,36
<i>Ctedoctema acanthocryptum</i>	5,72	4,62	
<i>Calypotricha pleuronemoides</i>	5,05	2,7	
<i>Coleps</i> spp.	4,17	4,78	
<i>Vorticella</i> spp. 2	3,65	11,12	2,74
<i>Aspidisca cicada</i>	3,53		
<i>Litonotus</i> spp.	3,45		
<i>Peritrichia</i> -swarmer	2,71	4,03	2,01
<i>Trochilia minuta</i>	2,13	2,3	
<i>Pseudovorticella monilata</i>	2,09	3,38	
<i>Epistylis chrysemydis</i>		6,46	3,84
<i>Vorticella convallaria</i> -kompleks		6,12	2,59
<i>Epistylis plicatilis</i>		2,94	2,46
<i>Pseudochilodonopsis</i> spp.		2,36	
<i>Epistylis hentscheli</i>			2,03

Prilog 2. Rezultati SIMPER analize na temelju brojnosti trepetljikaša tijekom naseljavanja u proljeće (P) (1. – 42. dan razvoja) i ljeto (LJ) (1. – 43. dan razvoja) 2010. godine u Sakadaškom jezeru. Navedene su svojte koje su imale doprinos > 2%.

Eksperimentalna serija	P	LJ	P x LJ
	Prosječna sličnost (%)		Prosječna razlika (%)
	41,10	47,84	70,38
Svojta	Doprinos (%)		
<i>Vorticella campanula</i>	10,63	7,49	2,41
<i>Cinetochilum margaritaceum</i>	8,13		
<i>Vorticella</i> spp. 1	8,09	7,16	2,77
<i>Stentor roeselii</i>	6,23	2,11	2,4
<i>Ctedoctema acanthocryptum</i>	5,54	6,99	
<i>Calypotricha pleuronemoides</i>	4,9	3,26	
<i>Frontonia</i> sp.	4,21		
<i>Coleps</i> spp.	4,13	5,5	
<i>Euplotes</i> spp.	3,82		
<i>Peritrichia</i> -swarmer	3,27	2,54	
<i>Litonotus</i> spp.	2,9		
<i>Litonotus cygnus</i>	2,6		
<i>Aspidisca cicada</i>	2,55		
<i>Epistylis chrysemydis</i>		10,19	5,2
<i>Vorticella</i> spp. 2		10,18	3,44
<i>Vorticella convallaria</i> -kompleks		4,13	2,33
<i>Pseudovorticella monilata</i>		3,71	
<i>Epistylis plicatilis</i>		3,63	2,65
<i>Pyxicola carteri</i>		2,48	
<i>Dendrosoma capitata</i>		2,47	
<i>Urotricha</i> spp.		2,46	
<i>Cyclidium glaucoma</i>		2,37	
<i>Trochilia minuta</i>		2,22	
<i>Epistylis hentscheli</i>		2,16	2,18

Prilog 3. Rezultati SIMPER analize na temelju brojnosti trepetljikaša u uzorcima različite starosti prikupljenima istog dana (12.07.-27.12.) iz proljetno-zimske (PZ) i ljetno-zimske (LJZ) eksperimentalne serije 2010. godine u Sakadaškom jezeru. Navedene su svojte koje su imale doprinos > 2%.

Eksperimentalna serija	PZ	LJZ	PZ x LJZ
	Prosječna sličnost (%)		Prosječna razlika (%)
	43,85	42,85	56,50
Svojta	Doprinos (%)		
<i>Vorticella campanula</i>	12,15	13,63	
<i>Vorticella</i> spp. 1	11,7	11,72	2,31
<i>Vorticella</i> spp. 2	10,01	10,69	
<i>Vorticella convallaria</i> -kompleks	6,26	7,76	2,34
<i>Epistylis chrysemydis</i>	3,73	3,21	3,46
<i>Peritrichia</i> -swarmer	3,72	5,12	2,02
<i>Pseudochilodonopsis</i> spp.	3,06	2,92	
<i>Stentor roeselii</i>	2,91	2,95	2,2
<i>Epistylis plicatilis</i>	2,86	2,14	2,95
<i>Epistylis hentscheli</i>	2,6		2,67
<i>Coleps</i> spp.	2,53	3,69	
<i>Thigmogaster oppositevacuolatus</i>	2,33	2,03	2,19
<i>Ctedoctema acanthocryptum</i>	2,26	2,5	
<i>Acineta tuberosa</i>	2,25		
<i>Opercularia nutans</i>	2,23	2,41	2,51
<i>Zoothamnium simplex</i>	2,16	2,39	3,09
<i>Pseudovorticella monilata</i>		3,28	
<i>Trochilia minuta</i>		2,23	
<i>Calypotricha pleuronemoides</i>		2,11	
<i>Epistylis entzii</i>			2,17
<i>Pyxicola carteri</i>			2,15
<i>Tokophrya lemnae</i>			2,07

Prilog 4. Spearmanov koeficijent korelacije (r_s) između dominantnih svojti trepetljikaša i okolišnih čimbenika tijekom proljetno-zimske eksperimentalne serije (05. travnja – 27. prosinca 2010. godine) (DWL – vodostaj Dunava; D – dubina; SD – prozirnost; WT – temperatura vode; DO – koncentracija otopljenog kisika u vodi; COND – provodljivost vode; NH_4^+ – koncentracija amonijevih iona; NO_3^- – koncentracija nitrata; NO_2^- – koncentracija nitrita; TN – ukupni dušik u vodi; TP – ukupni fosfor u vodi; Chl *a* W – koncentracija klorofila *a* u vodi; DW – masa suhe tvari perifitona; AW – masa anorganske tvari u perifitonu; AFDW – masa organske tvari u perifitonu; Chl *a* P – koncentracija klorofila *a* u perifitonu; Chl *b* P – koncentracija klorofila *b* u perifitonu; Chl *c* P – koncentracija klorofila *c* u perifitonu). Kodovi svojti nalaze se u Tab. 18 u poglavlju Rezultati. Prikazane su statistički značajne korelacije ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$).

	DWL	D	SD	WT	DO	pH	COND	NH_4^+	NO_3^-	NO_2^-	TN	TP	Chl <i>a</i> W	DW	AW	AFDW	Chl <i>a</i> P	Chl <i>b</i> P	Chl <i>c</i> P
ASPCIC				0,549			-0,382		0,412					0,545	0,565	0,484			
CALPLE		0,422		0,604			-0,411	-0,417				-0,408							
CARPOL				-0,512			0,444												
CHIUNC			-0,411		0,631	0,515		-0,499	-0,412				0,577	-0,459	-0,425	-0,503	-0,655	-0,669	-0,436
CINMAR					0,356	0,543		-0,439											
COLSPP				0,361			-0,366		0,391					0,437	0,425	0,392			
CTEACA			-0,425	0,476										0,408	0,431	0,375			
CYRMUC	0,456	0,373		0,574			-0,566												
DISELO					-0,543	-0,585													
EPICHR					-0,541	-0,488					-0,432								
EPIENT					-0,576	-0,512					-0,439								
EPIHEN					-0,435	-0,589													
EPIPLI					-0,743	-0,605													
EUPSPP	-0,538		-0,421		0,606	0,384		-0,457				-0,356	0,444				-0,433	-0,479	
FRONSP	-0,384		-0,508		0,605	0,441		-0,519					0,448				-0,410	-0,449	
LEPCOS	0,542	0,583		0,468	-0,388		-0,464						-0,406		0,365				
LITCYG			-0,510		0,477	0,421		-0,687					0,592				-0,522	-0,548	
LITSPP							-0,391		0,457		0,387	-0,401							
METMIC	0,558	0,499		0,378	-0,594	-0,454	-0,413												

Prilog 4. (nastavak)

	DWL	D	SD	WT	DO	pH	COND	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	TN	TP	Chl <i>a</i> W	DW	AW	AFDW	Chl <i>a</i> P	Chl <i>b</i> P	Chl <i>c</i> P	
METACY		0,367																		
NASPIC				0,451							-0,401									
OLINDET				0,474										0,451	0,506					
OPENUT		-0,362	0,430	-0,666			0,470													
PYXCAR					-0,635	-0,565					-0,458					-0,384				
STEROE			-0,387																	
TACPEL		-0,403															0,362			
THIOPP			0,653		-0,4300	-0,4100		0,415		0,413			-0,551	0,436	0,428		0,601	0,600	0,420	
TOKLEM			0,465	-0,586		-0,478	0,450													
TRISPP				-0,406																
TROMIN	0,638	0,370		0,504			-0,500		0,501	0,365			-0,378	0,573	0,565	0,445	0,385	0,360		
VORCON						-0,475	0,423													
VORSPP1						-0,360								0,397	0,382	0,437			0,379	
VORSPP2					-0,616	-0,654											0,532	0,568	0,395	
ZOOSIM		-0,465		-0,547			0,600										0,363	0,389	0,384	0,413

Prilog 5. Spearmanov koeficijent korelacije (r_s) između dominantnih svojti trepetljikaša i okolišnih čimbenika tijekom ljetno-zimske eksperimentalne serije (05. travnja – 27. prosinca 2010. godine) (DWL – vodostaj Dunava; D – dubina; SD – prozirnost; WT – temperatura vode; DO – koncentracija otopljenog kisika u vodi; COND – provodljivost vode; NH_4^+ – koncentracija amonijevih iona; NO_3^- – koncentracija nitrata; NO_2^- – koncentracija nitrita; TN – ukupni dušik u vodi; TP – ukupni fosfor u vodi; Chl *a* W – koncentracija klorofila *a* u vodi; DW – masa suhe tvari perifitona; AW – masa anorganske tvari u perifitonu; AFDW – masa organske tvari u perifitonu; Chl *a* P – koncentracija klorofila *a* u perifitonu; Chl *b* P – koncentracija klorofila *b* u perifitonu; Chl *c* P – koncentracija klorofila *c* u perifitonu). Kodovi svojti nalaze se u Tab. 18 u poglavlju Rezultati. Prikazane su statistički značajne korelacije ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$).

	DWL	D	SD	WT	DO	pH	COND	NH_4^+	NO_3^-	NO_2^-	TN	TP	Chl <i>a</i> W	DW	AW	AFDW	Chl <i>a</i> P	Chl <i>b</i> P	Chl <i>c</i> P
ACITUB											-0,489								
CALPLE		0,500		0,418			-0,608	-0,4641											
CARPOL													-0,455						
COLSPP		0,503		0,662	-0,470					-0,589				-0,565	-0,556	-0,571	-0,632	-0,494	-0,648
CTEACA			-0,641	0,540									0,532						
CYCGLA			-0,465			0,467					0,415	0,412							
DENCAP													0,667						
EPICHR			-0,534										0,776						
EPIENT	0,476										-0,431		0,456						
EPIHEN	-0,510		-0,434	0,427	-0,501					-0,635	0,432	0,464		-0,628	-0,647	-0,554	-0,594	-0,650	-0,670
EPIPLI			-0,482	0,436	-0,450					-0,558			0,463	-0,744	-0,753	-0,693	-0,637	-0,664	-0,727
METMIC		0,422				-0,446	-0,441					-0,426		-0,418		-0,475	-0,480		-0,408
NASPIC	0,435	0,612					-0,617				-0,487	-0,500							
OPENUT		-0,487	0,686	-0,770	0,440		0,590			0,474			-0,496	0,409	0,457		0,437		0,443
PERSWA	-0,504	-0,497					0,780				0,466	0,655							
PSesPP				-0,427	0,595					0,527				0,624	0,650	0,593	0,516	0,416	0,622
PSEMON				0,542	-0,460					-0,580				-0,632	-0,583	-0,693	-0,626	-0,507	-0,669
STEROE	0,509												-0,527						
THIOPP			0,516	-0,685	0,539		0,676			0,454				0,510	0,535	0,495	0,577	0,491	0,541

Prilog 5. (nastavak)

	DWL	D	SD	WT	DO	pH	COND	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	TN	TP	Chl <i>a</i> W	DW	AW	AFDW	Chl <i>a</i> P	Chl <i>b</i> P	Chl <i>c</i> P
TOKLEM		-0,445	0,458	-0,568			0,445			0,409									
TOKQUA	0,461										-0,449								
TROMIN										0,515									
VORCAM			0,524	-0,572			<u>0,645</u>						-0,581						
VORSPP1		-0,616					0,562	0,450	-0,424										
VORSPP2												0,409							
ZOOSIM	-0,447	-0,407	0,536	<u>-0,671</u>	0,501		<u>0,692</u>							0,543	0,568	0,485	0,570	0,478	0,543

9. ŽIVOTOPIS

Barbara Vlaičević rođena je 10. listopada 1984. godine u Osijeku. Nakon završenog srednjoškolskog obrazovanja upisala je Pedagoški fakultet u Osijeku, smjer biologija i kemija, a diplomirala je 04. studenog 2008. godine na Odjelu za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, te stekla zvanje profesora biologije i kemije.

Od prosinca 2008. godine zaposlena je na Zavodu za ekologiju voda Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku kao asistent. Sveučilišni poslijediplomski interdisciplinarni doktorski studij „Zaštita prirode i okoliša“ upisala je 2009. godine.

Kao suradnik na znanstvenom projektu „Zaštita voda Kopačkog rita – ekološke interakcije Dunava i poplavnog područja“ (MZOŠ 285-0000000-2674), pod vodstvom prof. dr. sc. Jasne Vidaković, pristupnica je provodila istraživanja obraštajnih zajednica (perifitona) s posebnim naglaskom na zajednicu trepetljikaša (Ciliophora, Alveolata).

U nastavnom radu pristupnica sudjeluje u izvođenju vježbi i seminara iz kolegija Beskralježnjaci, Terenska nastava zoologija 2 - zoologija, Evolucija, Akvatička ekologija, Ekologija kopnenih voda i Urbana ekologija.

Pristupnica je objavila jedan znanstveni rad citiran u časopisu koji navodi *Current Contents* pod nazivom „The colonization and succession patterns of the periphytic ciliate community in a temperate floodplain lake“ u koautorstvu s prof. dr. sc. Jasnom Vidaković (mentor) i doc. dr. sc. Dubravkom Čerba.

Sudjelovala je na jednom znanstvenom skupu s međunarodnim sudjelovanjem i šest znanstvenih skupova s domaćim sudjelovanjem.

Od 2016. godine suradnik je na znanstvenoistraživačkom međunarodnom bilateralnom projektu „Trofički odnosi slatkovodne ihtiofaune: ishrana riba u održivim akvakulturama“ čiji su voditelji doc. dr. sc. Milica Stojković Piperac (PMF Univerziteta u Nišu, Srbija) i doc. dr. sc. Dubravka Čerba (Odjel za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Hrvatska). Od 2015. godine uključena je u projekt „Biolog-i-ja“ kojem je cilj popularizacija biologije kao znanosti među učenicima i građanima. Član je Hrvatskog udruženja slatkovodnih ekologa (HUSEk).

Popis publikacija

Radovi s međunarodnom recenzijom u časopisima koje navodi *Current Contents*

1. **Vlaičević B**, Vidaković J, Čerba D. 2017. The colonization and succession patterns of the periphytic ciliate community in a temperate floodplain lake. *Biologia* 72/3:305-318.

Priopćenja na znanstvenim skupovima s međunarodnim sudjelovanjem

1. **Vlaičević B**, Vidaković J. 2016. Primary colonization process of ciliated protozoa in a temperate floodplain lake periphyton. 2nd Central European Symposium for Aquatic Macroinvertebrate Research (CESAMIR). Book of abstracts and programme (ur. Móra A, Csabai, Z). Carpathes Nature Foundation, Mohács – Pécs, 117 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni).

2. Vidaković J, Čerba D, Turković Čakalić I, **Vlaičević B.** 2016. Periphytic invertebrate community on artificial substrata in a floodplain lake. 2nd Central European Symposium for Aquatic Macroinvertebrate Research (CESAMIR). Book of abstracts and programme (ur. Móra A, Csabai, Z.). Carpathes Nature Foundation, Mohács – Pécs, 110 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni).

Priopćenja na znanstvenim skupovima s domaćim sudjelovanjem

1. **Vlaičević B**, Vidaković J. 2016. Struktura i razvoj zajednice trepetljikaša perifitona na umjetnoj podlozi u Sakadaškom jezeru (poplavno područje Kopačkog rita). II. međunarodni i VI. hrvatski znanstveno-stručni skup Voda za sve. Knjiga sažetaka (ur. Habuda-Stanić M.). Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 41-42 (predavanje, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni).

2. **Vlaičević B**, Vidaković J. 2015. Dinamika naseljavanja i sukcesije trepetljikaša u perifitonu jezera poplavnog područja. 12. Hrvatski biološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem. Zbornik sažetaka (ur. Klobučar G, Kopjar N, Gligora Udovič M, Lukša Ž, Jelić D.). Zagreb, Hrvatsko biološko društvo, 244-245 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni).

3. Žuna Pfeiffer T, Vidaković J, Stević F, Špoljarić D, Čerba D, Cvijanović V, Turković Čakalić I, **Vlaičević B**, Mihaljević M. 2014. Obraštajne zajednice u poplavnom području Kopačkog rita. Zbornik sažetaka 3. simpozija Kopački rit jučer, danas, sutra (ur. Ozimec S, Bolšec B, Kučera S, Rožac V.). Tikveš: Foto art d.o.o., 29-30 (predavanje, domaća recenzija, sažetak, znanstveni).

4. Vidaković J, Mihaljević M, Čerba D, Stević F, Žuna Pfeiffer T, Špoljarić D, **Vlaičević B**, Turković Čakalić I. 2013. *Dreissena polymorpha*, školjkaš Ponto-kaspijske regije u Parku prirode Kopački rit. Zbornik sažetaka 2. simpozija Kopački rit - jučer, danas, sutra (ur. Ozimec S, Bolšec B, Kučera S, Rožac V.). Tikveš/Osijek: Foto art d.o.o., 26-26 (predavanje, domaća recenzija, sažetak, znanstveni).

5. Vidaković J, Mihaljević M, Čerba D, Palijan G, Stević F, Galir Balkić A, **Vlaičević B**, Žuna Pfeiffer T, Špoljarić D, Turković Čakalić I, Cvijanović V. 2012. Hidrobiološka i ekološka istraživanja u Parku prirode Kopački rit u razdoblju 1997.-2012. Zbornik sažetaka znanstveno-stručnog skupa Kopački rit - jučer, danas, sutra (ur. Ozimec S, Bolšec B, Mikulić D, Rožac V.). Tikveš: Fotoart d.o.o., 21-22 (predavanje, domaća recenzija, sažetak, znanstveni).

6. **Lešković B**, Vidaković J. 2009 Fauna of periphytic ciliates on the artificial substrate in Sakadaš Lake (Kopački rit). Zbornik sažetaka 10. Hrvatskog biološkog kongresa (ur. Besendorfer V, Kopjar N, Vidaković-Cifrek Ž, Tkalec M, Bauer N, Lukša Ž.). Zagreb: Četiri boje d.o.o., 176-177 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni).