

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

**POSLIJEDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI INTERDISCIPLINARNI ZNANSTVENI
STUDIJ
ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA**

ANITA GALIR BALKIĆ

**Utjecaj vodnog režima Dunava na strukturu i dinamiku
metazooplanktona Sakadaškog jezera
(Park prirode, Kopački rit)**

Doktorski rad

Osijek, 2013.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorski rad

Institut Ruđer Bošković, Zagreb

Poslijediplomski sveučilišni interdisciplinarni znanstveni studij Zaštita prirode i okoliša

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Biologija

Utjecaj vodnog režima Dunava na strukturu i dinamiku metazooplanktona Sakadaškog jezera (Park prirode, Kopački rit)

Anita Galir Balkić, prof. biol. kem.

Doktorski rad izrađen je na Odjelu za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Mentor: prof. dr. sc. Ivančica Ternjej, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Komentor: prof. dr. sc. Enrih Merdić, Odjel za biologiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Sažetak doktorskog rada

Broj stranica:

Broj slika:

Broj tablica:

Broj literaturnih navoda:

Jezik izvornika:

Ključne riječi:

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

- 1.
- 2.
- 3.

Rad je pohranjen u:

University Josip Juraj Strossmayer Osijek
Institute Ruder Bošković, Zagreb
University postgraduate interdisciplinary study
Environmental Protection and Nature Conservation

PhD thesis

Scientific area: Natural sciences

Scientific field: Biology

Influence of Danube water regime on the structure and dynamics of metazooplankton in the Lake Sakadaš (Kopački rit, Nature Park)

Anita Galir Balkić, M. Ed.

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

Supervisor: Ivančica Tenjej, Full Professor, Faculty of Science, University of Zagreb

Co-supervisor: Enrih Merdić, Full Professor, Department of Biology, J. J. Strossmayer University of Osijek

Abstract

Number of pages:

Number of figures:

Number of tables:

Number of references:

Original in:

Key words:

Date of thesis defense:

Reviewers:

- 1.
- 2.
- 3.

Thesis is deposited in:

Tema doktorskog rada prihvaćena je na 2. sjednici Sveučilišnog vijeća za sveučilišne poslijediplomske interdisciplinarne (doktorske) studije održanoj 08. studenog 2012. godine.

ZAHVALA

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Opis metazooplanktona	1
1.2. Dinamika plavljenja poplavnih područja.....	3
1.3. Utjecaj plavljenja na strukturu metazooplanktona	6
1.4. Ciljevi rada	9
1.5. Hipoteze.....	10
2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA.....	11
3. MATERIJALI I METODE	19
3.1. Prikupljanje uzoraka.....	19
3.2. Analiza fizikalno kemijskih parametara	19
3.3. Analiza metazooplanktona	21
3.4. Statistička obrada podataka	23
4. REZULTATI.....	25
4.1. Vodostaj Dunava	26
4.2. Fizikalne i kemijske osobine vode Sakadaškog jezera.....	29
4.2.1. Dubina.....	29
4.2.2. Prozirnost.....	29
4.2.3. Temperatura vode.	31
4.2.4. Koncentracija otopljenog kisika.	31
4.2.5. pH.	33
4.2.6. Električna provodljivost.....	33
4.2.7. Koncentracija amonij-iona.....	35
4.2.8. Koncentracija nitrata.....	35
4.2.9. Koncentracija nitrita.	35
4.2.10. Koncentracija organskog dušika.	38
4.2.11. Koncentracija ukupnog dušika.	38
4.2.12. Koncentracija ukupnog fosfora.....	40

4.2.13. Koncentracija klorofila <i>a</i> .	40
4.3. Indeksi trofičkog stanja	42
4.4. Bioraznolikost	44
4.4.1. Brojnost i biomasa zajednice metazooplanktona	44
4.4.2. Dominantnost vrsta	48
4.4.3. Konstantnost vrsta	49
4.4.4. Hranidbene skupine	50
4.5. Statistička obrada podataka	51
4.5.1. Podjela hidroloških faza	51
4.5.2. Indeksi raznolikosti	52
4.5.3. SIMPER analiza	56
4.5.4. Analiza sličnosti (ANOSIM)	59
4.5.5. Koeficijenti korelacije	60
4.5.6. Redundantna analiza (RDA)	67
4.5.7. Krivulja brojnosti i biomase (ABC krivulja)	74
5. RASPRAVA	76
6. ZAKLJUČCI	90
7. LITERATURA	92
8. PRILOZI	105
9. ŽIVOTOPIS	236

1. UVOD

1.1. Opis metazooplanktona

U hranidbenom lancu zooplankton predstavlja kariku između autotrofne komponente i viših trofičkih nivoa te je ispaša zooplanktona važan mehanizam u prijenosu energije. U ovoj disertaciji biti će govora o tri skupine planktonskih organizama odnosno kolnjacima (Rotifera), rašljoticalcima (Cladocera) i veslonošcima (Copepoda) koji pripadaju skupini metazooplanktona.

Dugo vremena se kolnjake zbog svoje male veličine svrstavalo među jednostanične organizme. Prvi istraživač koji je iste izdvojio iz skupine Protozoa i upotrijebio naziv Rotifera bio je Dutrochet (1812). Krajem 19 st. Zelinka ih je svrstao u koljeno Ashelminthes (Ruttner-Kolisko, 1974) gdje se nalaze i danas.

Kolnjaci nastanjuju gotova sva slatkovodna staništa, od lokvica na površini kamenja do velikih rijeka. Pretpostavlja se da su vrste koje danas nastanjuju hiposalina mora potekle od slatkovodnih predaka. Oko $\frac{3}{4}$ poznatih vrsta kolnjaka sesilni su organizmi i pričvršćeni za litoralni supstrat (Wetzel, 2001), a oko stotinu vrsta su isključivo planktonski. Morfološki su se izuzetno prilagodili staništu te je u većini slučajeva vrlo jasno živi li neka vrsta u bentosu ili je stanovnik pelagijala. Planktonski kolnjaci se hrane uglavnom filtriranjem, a samo hranjenje u uskoj je vezi s tipom, veličinom i oblikom čestica te količinom dostupne hrane. Velikim dijelom konzumiraju detritus i bakterije te su često neovisni o autotrofnoj komponenti sustava, ovisno o vrsnom sastavu zajednice. U nekih je dokazana selektivnost prema hrani (DeMott, 1986; Wetzel, 2001). Zbog male veličine slabo su zastupljeni u ukupnoj biomasi metazooplanktona. Suha masa jedne jedinke rašljoticalca *Daphnia* sp. jednaka je suhoj masi 300 do 500 jedinki kolnjaka (Ruttner-Kolisko, 1974). Ipak, uloga kolnjaka u produkciji vodenih tijela je značajna. Reproductivna sposobnost predstavnika ove skupine karakterizirana je velikim brojem generacija. Razmnožavaju se heterogonijom odnosno partenogenetska se faza izmjenjuje sa spolnom. Partenogenezom, koja je dominantan tip razmnožavanja, godišnje se razvije od 20 do 40 amiktičkih generacija (Wetzel, 2001). Veliki broj generacija omogućava kolnjacima brzu reprodukciju i intenzivno naseljavanje staništa u kratkom razdoblju. Dormantnim stadijima, koji nastaju spolnim razmnožavanjem, kolnjaci preživljavaju nepovoljne uvjete (Ruttner-Kolisko, 1974; Gyllström i Lars - Anders, 2004; Gilbert, 2004). Duljina života jedinki kolnjaka procjenjuje se na oko 10 do 15 dana iako ta varijabla snažno ovisi o temperaturi (Ruttner-Kolisko, 1974).

Parazitizam, koji je karakterističan za neke porodice bentoskih kolnjaka, nije zabilježen u planktonskih vrsta. Poznato je nekoliko predatorskih vrsta.

Skupina slatkovodnih planktonskih rakova zastupljena je predstavnicima rašljoticalaca (Cladocera) i veslonožaca (Copepoda). Obje skupine pripadaju razredu Crustacea odnosno koljenu Arthropoda.

Rašljoticalci su primarno slatkovodni organizmi iako ih se može naći i u slanim vodama (Atienza i sur., 2008). Prvi istraživači ove skupine bili su Goedardo (1662) i Swammerdam (1669) koji nisu rašljoticalce razlikovali od drugih planktonskih rakova (Korovchinsky, 1997). Značajni istraživači ove skupine u prošlosti bili su i O. F. Müller (1776) koji je podijelio skupinu rašljoticalaca na rodove te Sars (1861) i Liljeborg (1901). Do danas je opisano oko 620 vrsta no neki autori procjenjuju da ih je zbog uočenih kriptičkih obilježja od 2 do 4 puta više (Forró i sur., 2008).

Veličina tijela unutar skupine rašljoticalaca iznosi u prosjeku 0,5 mm (Dole-Olivier, 2000) no česte su i vrste s veličinom tijela oko 2 mm. Vrlo su efikasni filtratori te su procjene njihove aktivnosti važan parametar u istraživanju dinamike populacija fitoplanktona (Knoechel i Holtby, 1986) poglavito stajaćih voda (Forró i sur., 2008). Hrane se uglavnom nanofitoplanktonom, ali i detritusom i bakterijama. Maksimalna veličina čestica koju mogu konzumirati je 15 do 20 μm (Karabin, 1986). Mali broj vrsta su predatori. Većim dijelom godine razmnožavaju se partenogenetski kada u populaciji prevladavaju ženke no mogu se razmnožavati i spolno. Spolni dimorfizam ove skupine više je normalno odličje nego iznimka. Broj jaja koje može imati jedna ženka iznosi od 2 (u *Chydoridae*) do 40 (u *Daphnidae*) (Wetzel, 2001). Jajima koja nastaju spolnim razmnožavanjem skupina rašljoticalaca preživljava nepovoljne uvjete u okolišu (Gyllström i Lars - Anders, 2004). Životni vijek u porodice Chydoridae iznosi od 2 do 3 mjeseca (Dole – Olivier, 2000). Pojedine vrste potencijalni su domadari različitim parazitima (Larson i sur., 1997; Roth i sur., 2008). Skupina rašljoticalaca ima veliku ekonomsku važnost jer se pojedine vrste upotrebljavaju u akvakulturi za ishranu riba ili pak u biokontroli fitoplanktona. Važan su dio i paleolimnoloških istraživanja zbog često sačuvanih dijelova tijela u sedimentu (Korhola i Rautio, 2001).

Za razliku od skupine kolnjaka i rašljoticalaca koji su primarno stanovnici slatkih voda, skupina veslonožaca potječe iz mora te je do danas utvrđen veći broj vrsta u slanim negoli u slatkim vodama (Boxshall i Defaye, 2008). U slatkovodnim sustavima do danas je

zabilježeno oko 2814 vrsta (Boxshall i Defaye, 2008), a među predstavnicima ove skupine najveći broj vrsta pripada podredovima Cyclopoida i Calanoida.

Iako je Henri Milne Edwards bio prvi koji je skupini veslonožaca dao ime Copepoda (1830), Carl Claus (19 st.) prvi je istraživač koji se bavio isključivo veslonošcima. Isti je napisao i prvu knjigu o ovoj skupini koju je nadopunio saznanjima, kako o slobodnoživućim, tako i o parazitskim veslonošcima, koji su do tada smatrani kukcima ili mekušcima. Oko 1900-te godine je započelo zlatno doba “kopepodologije” kada su Karl Möbius i njegovi učenici počeli proučavati utjecaj veslonožaca na okoliš koji ih okružuje (Damkaer, 2002).

Veličina tijela veslonožaca varira od 0,2 mm do 5 mm, a životni vijek među jedinkama roda *Megacyclops* iznosi od 3 do 6 mjeseci (Dole-Olivier, 2000). Predstavnici ove skupine često su karakterizirani kao biljojedi ili mesojedi iako postoje razlike među jedinkama iste vrste s obzirom na razvojni ciklus (Santer i van den Bosch, 1994; Brandl 1998). Hrane se selektivno te razlikuju okus hrane (Cowless i sur., 1988; Zhao i sur., 2008). Razmnožavaju se spolno, neke vrste tijekom cijele godine, a neke u određenim dijelovima godine. Partenogenetsko razmnožavanje je, iako vrlo rijetko, zabilježeno u nekih vrsta (Dussart i Defaye, 1995). Razvoj mladih nije direktan te prolaze nekoliko razvojnih stadija, a spolni dimorfizam među odraslima se očituje u veličini tijela kao i u sekundarnim spolnim obilježjima. U nepovoljnim uvjetima ulaze u stanje dijapauze ili dormancije (Dussart i Defaye, 1995; Gyllström i Lars-Anders, 2004). Skupinu veslonožaca smatra se dominantnim sekundarnim proizvođačima u slatkovodnim ekosustavima, ali složenost njihova razvoja onemogućava izračunavanje njihove produktivnosti (Dussart i Defaye, 1995). Hrana su mnogim slatkovodnim predatorima poglavito larvama riba, a sami se hrane uglavnom kolnjacima, rašljoticalcima, praživotinjama i larvama kukaca. Najveći broj vrsta skupine veslonožaca su slobodnoživući organizmi, no zabilježeno je i oko 330 vrsta parazitskih oblika. Isti uglavnom parazitiraju na ribama, ali i na mekušcima (Boxshall i Defaye, 2008).

1.2. Dinamika plavljenja poplavnih područja

Poplavna područja su heterogeni sustavi koji se periodično plave lateralnim ulijevanjem voda matične rijeke u kanale i jezera (Junk i sur., 1989). Osim o matičnoj rijeci, stupanj plavljenja ovisi i o utjecaju podzemnih voda te o količini oborina (Junk i sur., 1989; Schimmer i sur., 1999). Iako su među biološki najproduktivnijim ekosustavima na planeti, trenutno su i među najugroženijima. Degradacija poplavnih područja i smanjenje hidrološke

dinamike u uskoj je vezi s modificiranjem postojećih staništa, umjetnom kontrolom plavljenja, invazijom stranih vrsta te onečišćenjem (Tockner i Stanford, 2002; Amoros i Bornette, 2002).

Prema Junk i sur. (1989) koji su definirali „*Flood pulse concept*“ (FPC) hidrologija područja odnosno poplave definirane su kao glavna sila koja određuje povezanost i fluktuaciju tvari i organizama između rijeke i poplavnog područja. Poplave značajno djeluju na produktivnost, dinamiku i interakcije biota unutar navedenog sustava. Tockner i sur. (2000) su proširili FPC te su definirali tzv. protočne i poplavne pulsove odnosno faze u kojima voda iz matične rijeke počinje utjecati u korita kanala i jezera ili se pak izlijevati van ruba korita.

Stupanj hidrološke povezanosti je definiran kao godišnji prosječan broj dana povezanosti osnovnog korita rijeke i poplavnog područja i može se koristiti kao jednostavan parametar za praćenje promjena unutar ciljanog staništa (Hein i sur., 2004). Starost vode, koja je proporcionalna mjeri zadržavanja vode unutar jezera omogućava opis vremenskog razvoja događaja u poplavnim jezerima. Mala starost vode predstavlja mjeru vrlo lotičkog staništa odnosno „slično-rijeci“ stanje. Starost vode je inverzna mjera povezanosti s matičnom rijekom, gdje mala starost indicira visok stupanj povezanosti.

Rijeka lateralnom erozijom korita tijekom vremena kreira nova staništa koja se razlikuju po svojoj geomorfologiji (dubina, širina, dužina, sinusoidnost) i veličina zrna sedimenta (Amoros i Bornette, 2002; Ward i sur., 2002). Dinamika rijeke određuje i lokaciju svih vodenih tijela u poplavnom području (Amoros i Bornette, 2002). Karakter vodnog režima određen je veličinom rijeke i geografskom varijacijom klime, geologije, topografije i vegetacije (Tockner i sur., 2000). Važno je napomenuti da strujanje vode nije homogeno u transverzalnoj sekciji bilo koje vode tekućice i prisutnost vegetacije može pružiti zaklon vrstama od velikih brzina strujanja vode (Viroux, 1997).

Faza poplave naziva se potamofaza, a faza suše limnofaza (Neiff, 1996). S obzirom na hidrološku povezanost, vodena staništa prema Ward i Tockner (2001) možemo podijeliti na eupotamal (predstavlja dio glavnog kanala odnosno rijeke ili njezinih sporednih kanala, bilo uzvodno ili nizvodno povezanih s glavnim tokom), parapotamal (odnosi se na kanale koji su s glavnim tokom povezani samo nizvodno), plesiopotamal (predstavljaju područja koja su s rijekom povezana samo za povišenih vodostaja), paleopotamal (predstavlja područje povezano s rijekom samo za velike poplave).

Dinamika lotičkih sustava se prema Ward (1989) može rasporediti u četiri dimenzije: prva dimenzija je longitudinalna te ju karakteriziraju interakcije uzvodno - nizvodno; povezanost rijeke i poplavnog područja predstavlja lateralnu dimenziju; vertikalna dimenzija odnosi se na interakciju površinske i podzemne vode dok je četvrta dimenzija vrijeme.

Poplavni puls može biti monomodalni ili polimodalni, predvidljiv ili nepredvidljiv te s malim ili velikim amplitudama (Junk i Wantzen, 2004). Trajanje i pojavljivanje svake poplave je važan čimbenik ne samo za produktivnost sustava već i za razvoj vrsta, koji ovisi o termalnoj stratifikaciji (Amoros i Bornette, 2002). Različita magnituda, frekvencija i trajanje poplave određuju stupanj i intenzitet promjena u poplavnom području tijekom vremena (Whited i sur., 2007).

Razina povezanosti rijeke i poplavnog područja varira od stalno povezanih do kratko povezanih razdoblja. Smanjenjem povezanosti smanjuje se i utjecaj rijeke te jezera poplavnog područja razvijaju svoj limnološki karakter (Junk i Wantzen, 2004). Iznos prostorno vremenske povezanosti različitih biotopa, u kombinaciji s varijabilnim nivoima prirodne disturbancije, određuju sukcesijske uzorke i heterogenost staništa koji su odgovorni za održavanje ekološkog integriteta poplavnih područja (Ward i Stanford, 1995).

U zatvorenim sustavima, kao što su vode stajačice, organska i anorganska tvar se s vremenom odlaže u sediment u karakterističnom godišnjem ciklusu te su ti sustavi uglavnom termalno i/ili kemijski stratificirani. Za razliku od njih, u otvorenim sustavima kakvo je poplavno područje, transport vode i cirkulacija otopljenih i suspendiranih čestica u stalnom je protjecanju ili iz rijeke ili iz poplavnog područja u druge dijelove sustava.

Iako se veliki dio primarne i sekundarne proizvodnje odvija u poplavnom području, koncentracija hranjivih tvari unutar istih ovisi i o količini i kvaliteti otopljenih i suspendiranih čestica u matičnoj rijeci (Heiler i sur., 1995; Junk i Wantzen, 2004). Prema Junk (1989) važan parametar plavljenja poplavnih područja umjerenog pojasa je i vrijeme pojavljivanja poplave. Ono je važno zbog sezonske promjene svjetlosti i temperature jer se razgradnja organske tvari potencijalno može odvijati brže ili sporije ovisno o godišnjem dobu. Važnost klime odnosno temperature naglašavaju i drugi autori (Tockner i sur., 2000; Whited i sur., 2007) ne samo zbog komponente dostupnosti nutrijenata već i zbog sezonskih sukcesija organizama.

Prema FPC-u predvidljive amplitude pulsiranja potiču razvoj adaptacija flore i faune i povećavaju bioraznolikost (Junk i Wantzen, 2004).

1.3. Utjecaj plavljenja na strukturu metazooplanktona

Zajednica metazooplanktona rijeka se uglavnom sastoji od kolnjaka, malih formi rašljoticalaca i juvenilnih stadija veslonožaca. Dominantnost kolnjaka nad drugim skupinama zooplanktona u rijekama utvrdili su brojni autori (Viroux, 1997; Hyun-Woo, 2000; Keckeis, 2003; Illyová, 2008; Dickerson, 2009). U jezerima poplavnih područja najvećim su dijelom također zastupljeni kolnjaci, ali za razliku od rijeka, tu su značajni i odrasli predstavnici većih formi obje skupine planktonskih rakova. Ishrana zajednice metazooplanktona rijeka velikim dijelom se oslanja na detritusne čestice i pridružene mikroorganizme za razliku od metazooplanktona jezera gdje se isti hrane i fitoplanktonom (Wetzel, 2001).

U rijekama je razvoj zooplanktona reduciran te se fond zajednice obogaćuje iz pridruženih poplavnih područja ili sličnih prostora smanjenog intenziteta strujanja vode (Hynes, 1970; Vranovsky, 1974; Junk i sur., 1989; Pourriot i sur., 1997; Akopian i sur., 1999; Reckendorfer i sur., 1999; Vadadi-Fülöp, 2009). Morfološka i hidrološka svojstva samog poplavnog područja određuju količinu i trajanje unosa biomase u matičnu rijeku.

Na razvoj zajednice metazooplanktona poplavnih područja utječu kako biotički tako i abiotički čimbenici. Mnogi od njih regulirani su dotokom vode iz matične rijeke te su vremenski varijabilni. Promjenjivost staništa utječe na relativnu brojnost vrsta i prisutnost istih te predstavlja snažnu silu u strukturiranju zajednice (Death, 1995). Razlike u prirodi i intenzitetu hidrološke povezanosti doprinose prostornoj heterogenosti sustava poplavnog područja no ona može proizvesti antagonističke učinke čak i unutar istog vodnog tijela (Amoros i Bornette, 2002). Snažan učinak na strukturu, abundanciju i biomasu zajednica metazooplanktona poplavnih područja ima brzina strujanja vode te „starost“ vode (Saunders i Lewis, 1989; Viroux, 1997; Schiemer i sur., 2001; Baranyi i sur., 2002; Keckeis i sur., 2003; Dickerson i sur., 2009; Schöll i sur., 2012).

Schiemer i sur. (2001), Baranyi i sur. (2002) i Keckeis i sur. (2003) su primijetili da se brojnost skupine kolnjaka povećava unutar 4 do 10 dana dok je za razvoj veslonožaca i rašljoticalaca potrebno vremensko razdoblje od 20 do 39 dana. Kolnjaci imaju sposobnost razviti se u područjima slabijeg strujanja vode pri intenzitetima koji pak onemogućavaju razvoj planktonskih rakova. Nemogućnost razvoja veslonožaca i rašljoticalaca pri nestabilnom hidrološkom režimu i stalnim poplavama ustanovili su i drugi autori (Illyová, 2006; Rennella i Ouirós, 2006). Basu i Pick (1996) su također pronašli snažnu vezu između brojnosti zooplanktona i „starosti“ vode.

Osim brzine strujanja vode i starosti vode na razvoj metazooplanktona utječe i velika količina suspendiranog nanosa, koji je karakteristika i voda Dunava (Hein i sur., 2004), pri čemu razvoj kolnjaka nije pogođen visokim koncentracijama suspendiranih čestica za razliku od nekih predstavnika skupine rašljoticalaca (Kirk, 1991).

Veliki broj vrsta i intenzivni ekološki procesi u rijekama povezani su s područjima visoke retencije vode, a nazivaju se i tranzicijski skladišni prostori ili unutrašnje retencijske zone (Schiemer i Hein, 2007; Dickerson i sur, 2009). S obzirom na prisutne biogeokemijske procese (retencija, transformacija i produkcija tvari) skladišne zone su karakterizirane kao „hot spots“ u mreži rijeke i njenog poplavnog područja. Karakteristike ovih zona su manje strujanje vode i smanjen intenzitet turbulencije, koji uzrokuju manju sedimentaciju sestona (Brunke i Gonser, 1997; Schiemer i Hein, 2007) i povećanu stabilnost substrata, stabilniju temperaturu vode i ujednačen intenzitet svjetlosti te veliku količinu hranjivih tvari (Schiemer i Hein, 2007.). Velika brojnost bentoskih vrsta kao i vrsta perifitona, planktona i riba zabilježena je u ovom području (Schiemer i Hein, 2007).

Prostorno male skladišne zone s malom starosti vode omogućavaju obilniji razvoj fitoplanktona (Schiemer i sur., 2001). Sposobnost skladišnih zona da održe koncentraciju fitoplanktona nekoliko puta većom negoli je to u matičnoj rijeci (Reynolds i sur. 1991; Carling i sur., 1994) predstavlja korist za više trofičke nivoe s obzirom na količinu dostupne hrane (Reckendorfer i sur., 1999). U vodenim tijelima s većom starosti vode važnost biotičkih interakcija se povećava i planktonski rakovi, koji imaju duži vijek razvoja, mogu postati brojna dio zajednice (Kiss, 2006). Poznato je da su kolnjaci i rašljoticalci u kompeticiji za iste resurse (Gilbert, 1985), a brojna literatura navodi regulaciju broja kolnjaka ispašom ciklopodnih veslonožaca (Williamson i Butler, 1986; Plaßmann i sur., 1997; Ramos-Rodriguez i Conde-Porcuna, 2004; Brandl, 2005). Iako se kalanoidne veslonošce često karakterizira kao biljojede, postoje vrste i ove skupine koje se hrane kolnjacima (Williamson, 1983).

Negativan utjecaj na zajednicu metazooplanktona izaziva istjecanje vode iz poplavnog područja za vrijeme opadanja vodostaja čime se „ispire“ postojeća zajednica (Keckeis i sur., 2003) i odnosi se u matičnu rijeku (Schiemer i Hein, 2007).

U „*Paradox of the plankton*“ (Hutchinson, 1961) postavlja pitanje kako je moguće da toliko vrsta koje su u kompeticiji za iste resurse, koegzistiraju u relativno malom sustavu, a poznato je da tijekom barem nekih mjeseci u godini postoji nedostatak određenih hranjivih

tvori. Connell (1978) u Teoriji intermedijarne disturbancije (eng. Intermediate disturbance hypothesis) (IDH) navodi da koegzistenciju vrsta potiču disturbancije. U vrijeme velike disturbancije kada samo visoko tolerantne vrste mogu opstati postoji mala različitost zajednice kao i u fazama stabilnosti kada superiorni kompetitori uzurpiraju resurse (Connell, 1978). Za razliku od navedenih, u vrijeme umjerene disturbancije, koja onemogućava izričitu kompeticiju, opstaju vrste s različitim adaptivnim strategijama. Sporadične te disturbancije malog intenziteta smanjuju brojnost vrsta dovodeći do klimaksa zajednice (Junk i Wantzen, 2004), kao i prečeste disturbancije velikog intenziteta koje zajednicu poništavaju. Za vrijeme disturbancije pionirske vrste mogu imigrirati u disturbirana područja te za vrijeme stabilne faze reinicirati sukcesiju zajednice, ali drugačiju u odnosu na istu ranije. Iako se neki autori utvrdili IDH u zajednici planktona (Flöder i Sommer, 1999; Elliot i sur., 2001) te među beskralježnjacima (Townsend i Scarsbrook, 1997) neki pak autori navode da teorija ima određene slabosti (Reynolds i sur., 1993; Wilson, 1994; Mackey and Currie, 2000; Roxburgh i sur., 2004) te da je primjenjiva ukoliko se uzima u obzir različite *intenzitete* disturbancije (Johst i Huth, 2005).

Prema FPC-u, poplavna područja s umjerenom i predvidljivom razinom disturbancije imaju potencijalno najveću bioraznolikost. Junk i Wantzen (2004) također navode raznolikost hidroloških pojava kao ključan element u održavanju raznolikosti staništa i bioraznolikosti poplavnih područja. Prema Sutherland (1974) u svakoj prirodnoj zajednici postoji više točaka stabilnosti odnosno zajednice različitih struktura egzistiraju i u stabilnom su stanju u *određenom* trenutku.

1.4. Ciljevi rada

- utvrditi kvalitativni i kvantitativni sastav skupine kolnjaka u jezeru Sakadaš u razdoblju od 2007. do 2011. godine u površinskom i u pridnom sloju vode
- utvrditi kvalitativni i kvantitativni sastav skupine rašljoticalaca u jezeru Sakadaš u razdoblju od 2007. do 2011. godine u površinskom i u pridnom sloju vode
- utvrditi kvalitativni i kvantitativni sastav skupine veslonožaca, kako odraslih tako i razvojnih stadija, u jezeru Sakadaš u razdoblju od 2007. do 2011. godine u površinskom i u pridnom sloju vode
- utvrditi utjecaj hidrološki različitih faza odnosno faze izolacije, faze protočnog i faze poplavnog pulsa na strukturu i dinamiku ukupne zajednice metazooplanktona
- utvrditi vertikalnu distribuciju organizama u hidrološki različitim fazama
- procijeniti utjecaj različitih uvjeta plavljenja (vrijeme pojavljivanja, duljina i intenzitet) na razvoj ukupne zajednice metazooplanktona
- definirati faze stresa za sve istraživane skupine metazooplanktona
- definirati pri kojim uvjetima dolazi do obnove zajednice pojedine skupine metazooplanktona
- procijeniti jačinu utjecaja fizikalno-kemijskih čimbenika na ukupnu zajednicu metazooplanktona tijekom različitih sezona i različitih hidroloških faza

1.5. Hipoteze

- vrijeme pojavljivanja, duljina i intenzitet plavljenja znatno utječu na strukturu i dinamiku metazooplanktona poplavnog područja
- najveća brojnost metazooplanktona je u fazi hidrološki umjerene disturbancije
- skupina kolnjaka dominira u fazama male starosti vode dok je skupina planktonskih rakova zastupljenija u fazama veće starosti vode
- istjecanjem vode iz poplavnog područja dolazi do ispiranja zajednice planktonskih rakova

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Rijeka Dunav je druga najveća rijeka u Europi dužine 2 826 km, slivnog područja od oko 801 093 km². Riječni sliv Dunava se dijeli na tri velike sekcije (gornji, srednji i donji tok) te deltu. Gornji tok Dunava se proteže od izvora na području Njemačke do utjecaja Morave u blizini Bratislave, srednji tok seže od Bratislave do granice Srbije i Rumunjske dok donji tok obuhvaća područje Rumunjske i Bugarske. Srednji tok Dunava, na kojemu se nalazi i područje Kopačkog rita, je najveći od navedene tri sekcije, a glavni pritoci u ovom dijelu su Drava, Sava i Tisa (Sommerwerk i sur., 2009).

Procjena ukupne površine poplavnih područja uz Dunav iznosi 60 000 km². Oko 6% stanovništva koje živi na području sliva nalazi se u području nižem od razine plavljenja te ukupna dužina obrambenih nasipa uz Dunav iznosi 13 000 km. Cijeli glavni tok Dunava ima relativno dobru kvalitetu vode (klasa II do II-III) (Sommerwerk i sur., 2009).

Park prirode Kopački rit je jedna od najvećih fluvijalno močvarnih nizina u Europi. Nalazi se između 45° 32' i 45° 47' sjeverne geografske širine te 18° 45' i 18° 59' istočne geografske dužine (službene stranice Parka prirode Kopački rit). Dio je područja istočne Hrvatske te se prostire sjeverno od rijeke Drave od ušća Drave u Dunav te uzvodno od Dunava do nekadašnjeg pristaništa Kazuk. Istočna granica Parka prirode utvrđena je Državnom granicom prema Republici Srbiji.

Klima na području Kopačkog rita je srednjoeuropsko - kontinentalna te kontinentalna Panonske nizine. Prosječna godišnja temperatura iznosi 10,7 °C, dok je prosječna godišnja relativna vlažnost zraka 78,2 %. Srednja godišnja vrijednost oborina iznosi 619 mm, a prosječan broj sunčanih dana u godini je 1757 (Božičević.,2003).

Kopački rit, koji je sredinom prošloga stoljeća bio podijeljen na uže i šire područje, je 1967. godine proglašen Upravljanim prirodnim rezervatom. Uže područje rezervata, površine 7 220 ha, je 1976. godine proglašeno Specijalnim zoološkim rezervatom, dok je šire područje, od 10 510 ha proglašeno Parkom prirode. Godine 1993. Kopački rit je uvršten na Popis Ramsarskih područja odnosno područja zaštićena Konvencijom o vlažnim područjima od međunarodnog značaja, osobito kao staništa ptica močvarica. Specijalni zoološki rezervat je 1994. godine preimenovan u Posebni zoološki rezervat Kopački rit (Mihaljević, 2003), a

1997. godine osnovana je Javna ustanova Park prirode Kopački rit. Detaljniji pregled povijest zaštite ovoga područja opisan je u Getz (1996) i Getz (1998).

Na području Parka prirode Kopački rit postoje dva hidrološki različita sustava. Prvo područje je uzvodno (sjeverno) područje (područje A) (sl. 1) gdje dominira Vemeljski dunavac koji je dio starog toka Dunava. On je u dvije točke povezan s glavnim tokom Dunava te je položen usporedno s glavnim tokom rijeke. Voda ulazi na uzvodnom dijelu i izlazi na nizvodnom dijelu gotovo cijele godine. Nizvodno (južno) područje, koje je i niže (područje B) (sl. 1), puni se i prazni u prvom redu Hulovskim kanalom koji je postavljen okomito na tok Dunava (Bonacci i sur., 2002). Renovski kanal povezuje područje Specijalnog zoološkog rezervata s Dravom. U sušnim razdobljima uglavnom nema toka vode u području B, dok je isti vrlo mali u području A. Sustavi A i B, koji su hidrološki odvojeni i visinski malo različiti, povezani su pri visokim vodostajima Dunava putem Nadhat foka (Tadić i sur., 2002).

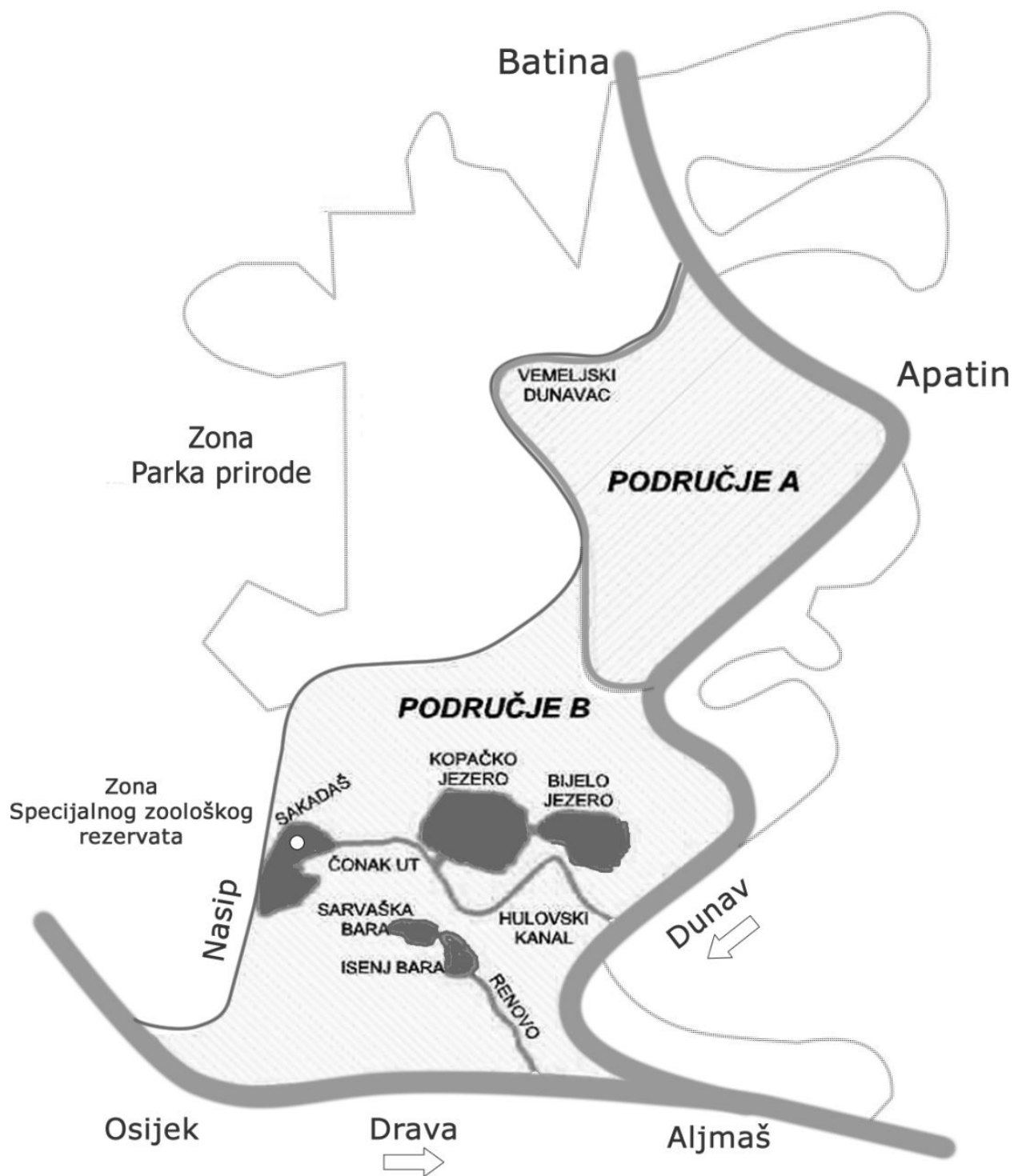
Dio Specijalnog zoološkog rezervata ima više manje ovalan oblik. Dužina mu je od 8 do 10 km u smjeru zapad istok dok mu je širina od 7 do 9 km od juga prema sjeveru (Bognar, 2003). Ovo područje karakteriziraju Sakadaško jezero, Kopačko i Bijelo jezero te niz spojnih kanala kao što su Čonakut, Gorba i Hulovski kanal (sl. 1). Osim kanalima, cijeli niz bara povezan je međusobno putem “fokova” i “žila” do Dunava ili Drave. Kanal Hulovo najveći je i najznačajniji kanal južnog dijela rita. Dužine je oko 6 km, širine od 15 do 20 m, a dubina varira od 0,5 do 6 m, ovisno o razini voda. Hulovo povezuje Kopačko jezero s Dunavom. Ono je najveće jezero na ovom području (površine oko 200 do 250 ha) te je udaljeno približno 6,5 km od Dunava. Preko Kopačkog jezera je umjetno prokopan kanal Gorba kao spoj kanala Čonakut i Hulovo. Preko kanala Čonakut Kopačko je jezero spojeno sa Sakadaškim jezerom. Kanal Čonakut dužine je oko 3 km, širine 30 m, a dubine od 2 do 5 m (Bonacci i sur., 2002) te je udaljen oko 8 km od Dunava. Prema kartama izrađenima 1780-tih utvrđeno je da su današnji kanal Čonakut i Renovski kanal bili dijelovi korita stare Drave (Bognar, 2003). Ovo je područje tipično močvarnog karaktera s višim terenom na istoku prema Dunavu i nižim prema Sakadašu odnosno jugu

Sakadaško jezero, koje je odabrano kao lokalitet za provođenje ovog istraživanja, je najdublja vodena depresija u ritu nastala 1926. godine kada su visoke Dunavske vode probile nasip Zmajevac-Kopačevo i tu se zadržale. Zbog rekonstrukcije obrambenog nasipa jezero je dodatno produbljeno i prošireno 1969. godine te mu danas za vrijeme srednjih vodostaja dubina iznosi preko 7 m (Mihaljević, 1999). Sakadaško jezero ima površinu od oko 0,12 km². Ovalnog je oblika i relativno strmih obala te je zbog svog položaja uz nasip i cestu polazište vodenih putova kroz Kopački rit. Približno je udaljeno oko 10 km od Dunava.

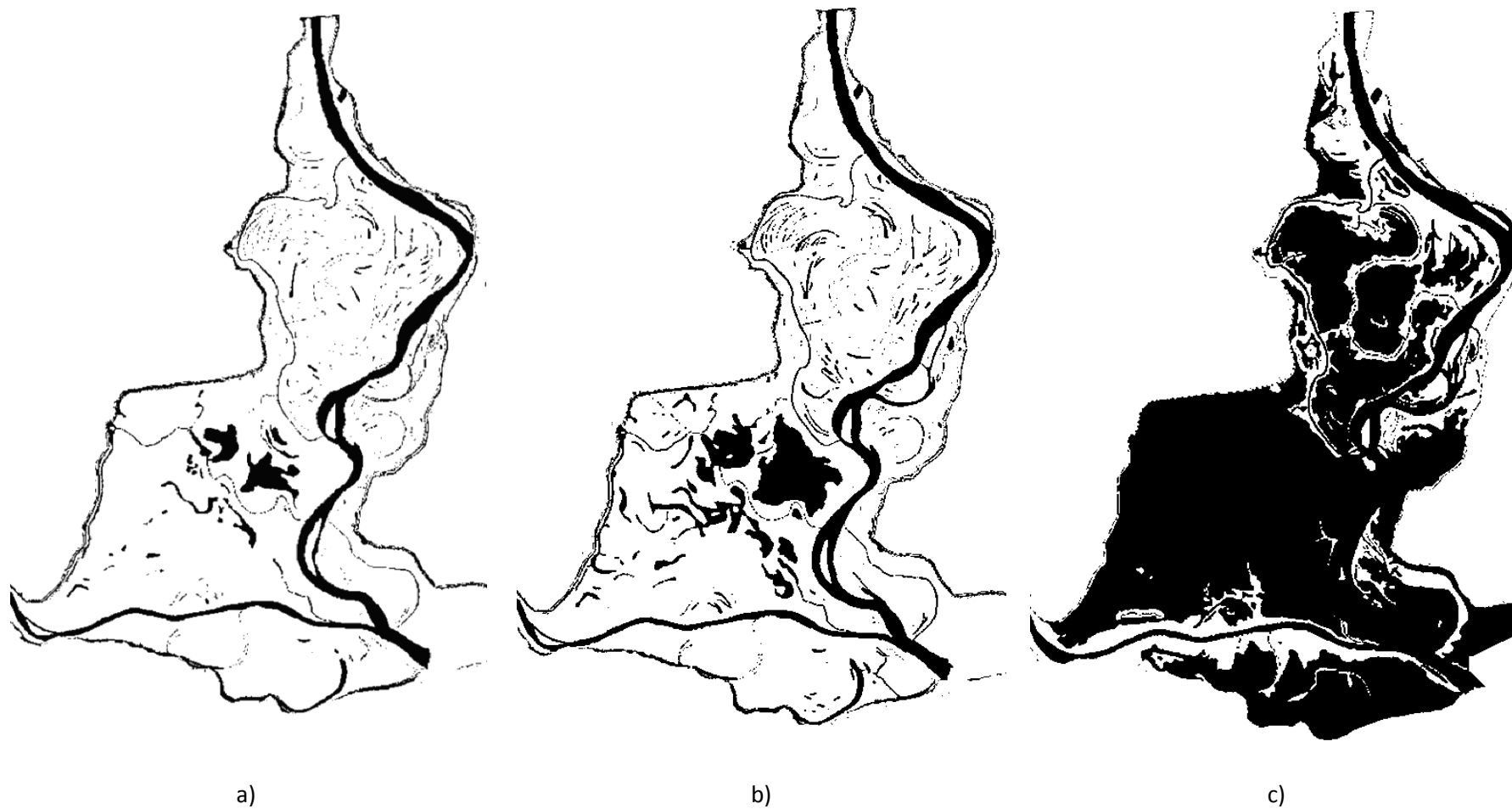
Prema Tadić i sur. (2002) u Parku prirode Kopački rit postoje dva režima voda. Statični režim odnosi se na sušna razdoblja kada nema tokova vode. Tada su vodostaji Dunava kod Hulovskog kanala oko 79,5 m n.m. ili niži, i protočni režim kada su vodostaji viši od 79,5 m n.m. Raspon prelaska jednog pod-režima u drugi nalazi se između kota 79 m n.m. i 80,5 m n.m. Dinamični režim odnosno vodni protočni režim odnosi se na drugi tip režima te predstavlja razdoblje kada je značajna dinamika vode te su intenzivni tokovi u ulazno izlaznom režimu unutar rita. Do kote 81,5 m n.m. (+300 na vodomjeru Apatin) voda se nalazi u koritu dubljih dijelova kao što su Sakadaško jezero, kanal Čonakut, Kopačko jezero i Vemeljski Dunavac.

Uzimajući u obzir ne samo „Flood puls concept“ već i proširenje istoga te postojanje, uz faze izolacije (statični režim) i poplave (dinamični režim), i faze protočnog pulsa (protočni režim), Palijan (2010) definira granice hidroloških faza u Kopačkom ritu. Prema istom autoru protočni puls na području Hulova započinje nešto ispod 79,69 m n.m. (+85 cm na vodomjeru Apatin), a na Sakadaškom jezeru pri 80,51 m n. m. (+167 cm na vodomjeru Apatin) što je u skladu s ranije navedenom referencom.

Shematski prikaz područja Parka prirode Kopački rit pri različitim vodostajima Dunava prikazan je na slici 2. Fotografije s različitih lokaliteta na području Kopačkog rita pri različitim vodostajima prikazani su na slikama 3 - 8.



Slika 1. Shematski prikaz podjele područja Parka prirode Kopački rit. Bijeli krug označava mjesto uzorkovanja. Modificirano prema Bonacci i sur., 2002.



Slika 2. Shematski prikaz Parka prirode Kopački rit za različitim vodostaja; a) razina vode od 1 do 1,5 m; b) razina vode od 2,5 do 3,5 m; c) razina vode iznad 5 m. Modificirano prema Schwarz (2005).



Slika 3. Obala Sakadaškog jezera za niskog vodostaja (travanj, 2011. godine).



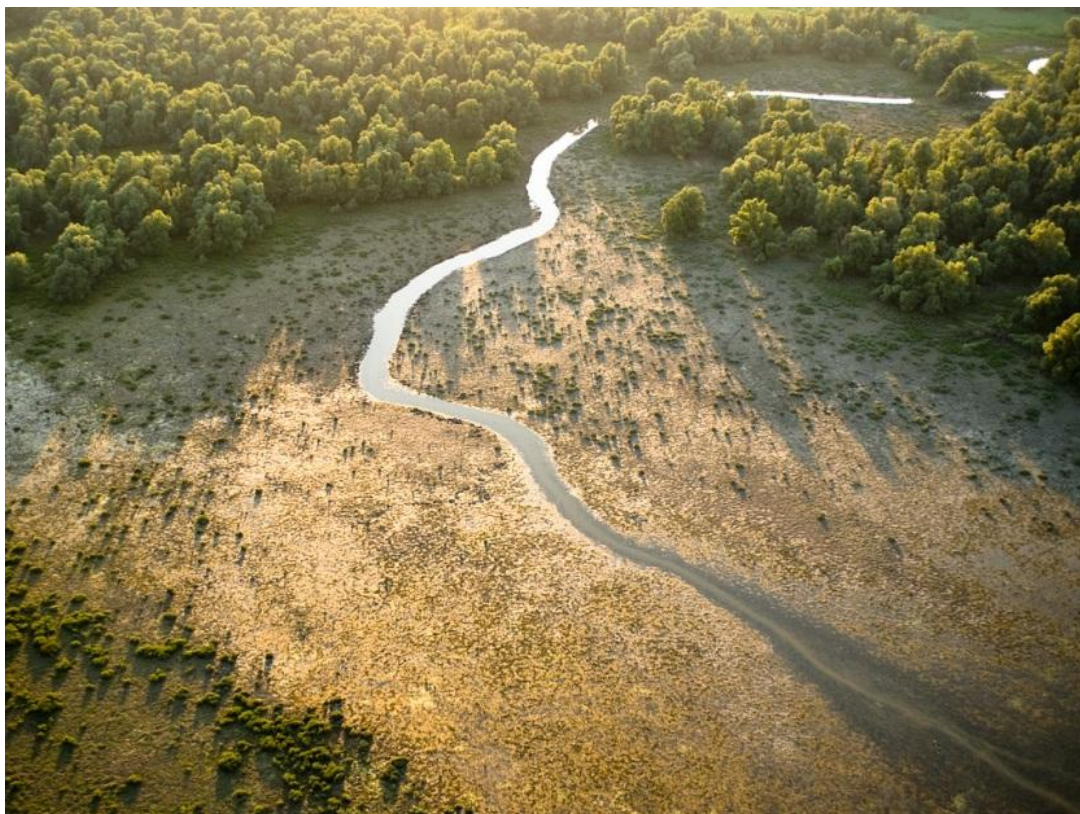
Slika 4. Obala Sakadaškog jezera za visokog vodostaja (kolovoz, 2011. godine).



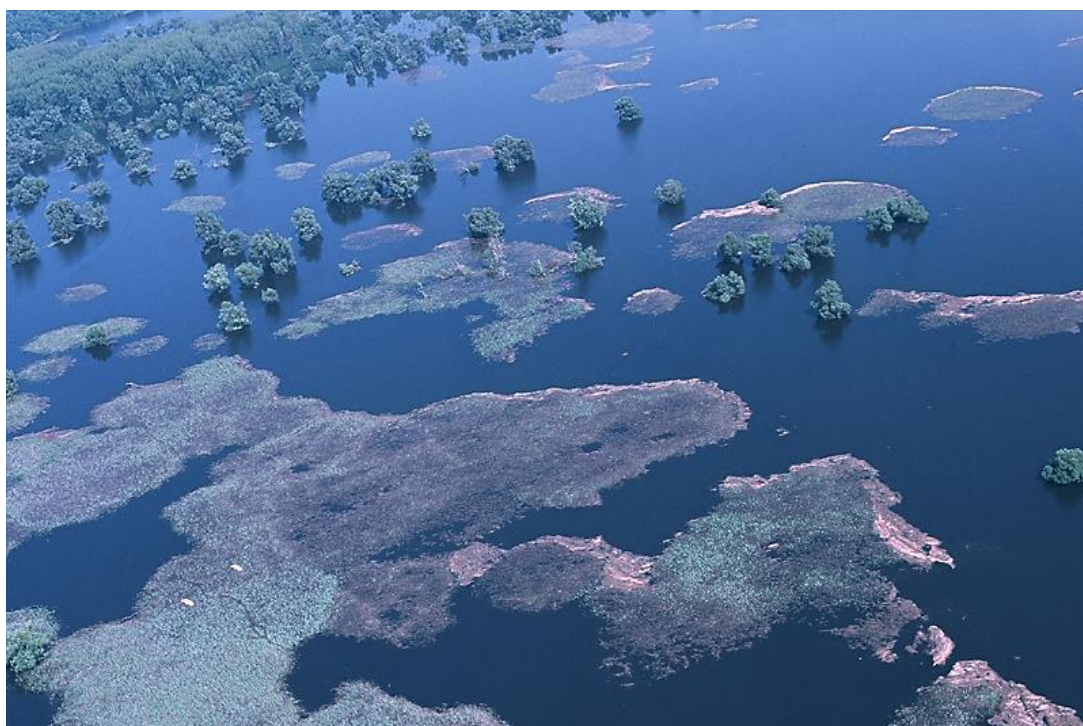
Slika 5. Kanal Čonakut za niskog vodostaja (prosinac, 2011. godine).



Slika 6. Kanal Čonakut za visokog vodostaja (srpanj, 2008. godine).



Slika 7. Kopački rit za vrijeme niskog vodostaja; snimio M. Topić.



Slika 8. Kopački rit za vrijeme visokog vodostaja; snimio: M. Romulić.

Osim utjecaja Dunava, na bilancu vode Kopačkog rita djelomično utječu i rijeka

Drava te količina oborina i evapotranspiracija, kao i količina podzemnih voda te dotok iste putem crpnih stanica. Prema Bonacci i sur. (2002) Drava nema značajniji utjecaj na režim voda ovoga područja zbog visoke obale koja odvaja Kopački rit od Drave te postojanja samo jednog ulaza vode kroz Renovski kanal. Utjecaj pojedinih elemenata na vrijednosti bilance voda prikazan je u tablici 1.

Tablica 1. Procjena rubnih vrijednosti bilance voda Parka prirode Kopački rit (preuzeto iz Tadić i sur., 2002).

Osnovni elementi bilansa vode	Sušna razdoblja	Razdoblja velikih voda
Podzemnih voda	2-7 (5 %)	2-5 (3%)
Vertikalne komponente	50-80 (65%)	5-10 (10%)
Dotok putem ustava i crpnih stanica	2-7 (5 %)	2-10 (7%)
Površinski dotok voda iz Drave i Dunava	10-30 (25 %)	70-90 (80%)

Na području Parka prirode Kopački rit tijekom ovoga i prošloga stoljeća istraživanja zooplanktona su se odvijala sporadično te, koliko je meni poznato, postoji pet zapisa o istraživanju faune metazooplanktona koja obuhvaćaju determinaciju do razine vrste.

Faunom kolnjaka bavila se A. Živković sredinom prošloga stoljeća te je rezultat višegodišnjeg istraživanja objavljen u zborniku radova (Žiković, 1987). Mihaljević i Novoselić (2000) su objavili znanstvenu publikaciju u kojoj su iznijeli rezultate istraživanja faune kolnjaka tijekom jedne sezone. Rezultati istraživanja kako faune kolnjaka tako i planktonskih rakova nalaze se u stručnoj studiji (Mišetić i sur., 1989) te u zborniku radova (Erben i sur., 2006). U sektorskoj studiji (Horvatić i sur., 2002) objedinjeni su rezultati ranije navedenih dokumenata.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Prikupljanje uzoraka

U svrhu hidrobioloških analiza prikupljeni su uzorci vode u središnjem dijelu Sakadaškog jezera u razdoblju od 5 godina, od 2007. do 2011. godine. Uzorkovanje se odvijalo u jednomjesečnim intervalima, izuzev razdoblja smrzavanja jezera. Pri svakom uzorkovanju prikupljeni su uzorci iz dva sloja: s površinskog (20 cm ispod površine) i pridnenog (40 cm iznad dna). Vodostaj Dunava očitavan je dnevnom dinamikom na vodomjernoj stanici Apatin smještenoj na 1401. r.km.

Uzorci vode za analizu metazooplanktona prikupljeni su crpcem. Za svaki uzorak filtrirano je 10 litara vode planktonskom mrežicom promjera pora 22 μm . Tijekom 2011. godine za prikupljanje uzoraka skupine planktonskih rakova korištena je planktonska mrežica promjera pora 65 μm te je procijeđeno 26 litara vode za svaki uzorak.

Svi su uzorci fiksirani u 4% formaldehidu.

3.2. Analiza fizikalno kemijskih parametara

Temperatura vode (T_v), dubina (D_v), prozirnost (Secchi dubina), otopljeni kisik u vodi (O_2), zasićenje kisikom u vodi ($O_2\%$), pH i električna provodljivost mjereni su *in situ*. Temperatura vode mjerena je živinim termometrom s podjelom ljestvice na 1/10 stupnjeva Celzijusa. Prozirnost je mjerena Secchi pločom, a dubina baždarenim konopom s utegom. Otopljeni kisik i zasićenost kisika u vodi mjereni su elektrodom Cellox 325 dok je pH vode mjerena elektrodom Sentix 41. Električna provodljivost mjerena je elektrodom TetraCon325, a sve navedene elektrode dio su prijenosnog minilaboratorija WTW Multi 340i.

Koncentracije amonijevih iona (NH_4), nitrita (NO_2), nitrata (NO_3), organskog dušika po Kjeldahlu (KjdN) te ukupnog dušika (TN) i ukupnog fosfora (TP) mjereni su standardnim metodama (APHA, 1985) u Eko-laboratoriju Vodovoda d.o.o. u Osijeku u roku 24 sata nakon uzorkovanja.

Za određivanje koncentracije klorofila *a* (Chl *a*) filtrirana je 1 litra vode kroz filter od staklenih vlakana GF/C (Whatman International Ltd) otvora pora 1,2 μm . Filtar sa zadržanim sestonom je nakon filtracije prebačen u tarionik te samljeven uz dodatak 15 ml 90% - tnog acetona. Nakon 24 sata, spektrofotometrom je mjerena apsorbancija uzorka pri valnim

duljinama od 630, 645, 663 i 750 nm (Strickland i Parsons, 1968). Koncentracije klorofila *a* određene su prema Komárková (1989), prema jednadžbi:

$$\text{Chl } a = (11,46A_{663} - 2,16 \times A_{645} + 0,1 \times A_{630}) \times \frac{v}{V} \times d$$

gdje je

v = volumen acetona (ml)

V = volumen uzorka (l)

d = duljina prolaza svjetlosti (cm)

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

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

$$\text{TSI}_{(\text{Chl } a)} = 9,81 \ln(\text{Chl } a) + 30,6$$

$$\text{TSI}_{(\text{TP})} = 14,42 \ln(\text{TP}) + 4,15$$

Prema Kratzer i Brezonik (1981) određen je indeks trofičkog stanja koristeći vrijednost koncentracije ukupnog dušika (TSI_{TN}), prema jednadžbi:

$$\text{TSI}_{(\text{TN})} = 54.45 + 14.43 \ln(\text{TN})$$

Kako bi se utvrdile devijacije među različitim indeksima trofičkog stanja, odstupanja indeksa trofičkog stanja ukupnog fosfora (TSI_{TP}) i indeksa trofičkog stanja prozirnosti (TSI_{SD}) od indeksa trofičkog stanja koncentracije klorofila *a* (TSI_{Chl a}), odnosno TSI_(Chl a) - TSI_(TP) i TSI_(Chl a) - TSI_(SD), smješteni su na isti graf te su tumačeni prema Carlson (1992).

3.3. Analiza metazooplanktona

Uzorci za kvalitativnu i kvantitativnu analizu skupine kolnjaka pripremljeni su centrifugiranjem od 8 do 32 ml uzorka 2-3 min na 1000 okr/min u tehničkoj centrifugi (Železniki LC-320). Iz svakog pripremljenog uzorka prebrojano je minimalno 500 jedinki pomoću svjetlosnog mikroskopa Olympus BX51 pod različitim povećanjima, ovisno o veličini organizma. Jedinke skupine kolnjaka određene su do razine vrste prema Voigt i Koste (1978) i Ruttner-Kolisko (1974). Za prosječnu biomasu pojedinačnih vrsta kolnjaka korišteni su literaturni podaci (Bottrell i sur., 1976).

Uzorci za kvalitativnu i kvantitativnu analizu skupine planktonskih rakova pregledani su u cijelosti pomoću lupe Leica EZ4 pod povećanjem 32x. Pod istom lupom izvedene su sekcije svih vrsta planktonskih rakova pomoću entomoloških iglica 00. Sve secirane jedinke pojedinačno su uložene u glicerol te su determinirane do razine vrste pomoću mikroskopa Olympus BX51 pod povećanjem 400x. Za determinaciju su korišteni ključevi Einsle (1993), Amoros (1984) i Margaritoria (1983). Za procjenu biomase planktonskih rakova izmjereno je 30 jedinki svake vrste (ukoliko je istih bilo manje, izmjerene su sve) te je biomasa izračunata prema Dumont (1975), Bottrell i sur. (1976), McCauley (1984) i Lawrence i sur. (1987). Za sve vrste planktonskih rakova napravljeni su polutrajni preparati uklopljeni u glicerolu.

Brojnost jedinki za sve vrste metazooplanktona prikazan je kao broj jedinki u 10 litara vode.

Trofička struktura skupine kolnjaka definirana je prema Karabin (1985):

A Mikrofiltratori - sedimentatori:

A1 konzumenti suspenzije organskog detritusa i bakterija;

A2 konzumenti suspenzije organskog detritusa i bakterija i nanofitoplanktona;

A3 konzumenti nanofitoplanktona veličine do 20 μm te suspenzije organskog detritusa i bakterija;

B Makrofiltratori – grabežljivci:

B4 konzumenti sitnih, mrežnih i nitastih alga, a ponekad i manjih životinja;

B5 konzumenti nanofitoplanktona i mrežnih alga veličine $> 50 \mu\text{m}$;

B6 konzumenti nanofitoplanktona maksimalne veličine od $20 \mu\text{m}$ do $30 \mu\text{m}$;

B7 konzumenti alga skupine Dinoflagellatae, uglavnom *Peridinium*;

C Predatori.

Trofička struktura skupine planktonskih rakova definirana je prema Karabin (1985):

Mikrofiltratori – konzumenti suspenzije organskog detritusa i bakterija te nanofitoplanktona;

1) neučinkoviti mikrofiltratori – konzumenti suspenzije organskog detritusa i bakterija odnosno čestica veličine od $2 \mu\text{m}$ do $5 \mu\text{m}$;

2) učinkoviti mikrofiltratori – konzumenti suspenzije organskog detritusa, bakterija i najčešće nanofitoplanktona odnosno čestica hrane do $12 \mu\text{m}$;

Makrofiltratori – konzumenti čestica hrane od $4 \mu\text{m}$ do $50 \mu\text{m}$; uglavnom nanofitoplanktona;

Predatori – konzumenti planktonskih životinja, od praživotinja do manjih rašljoticalaca.

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

eudominantne - vrste s dominantnošću $>10\%$

dominantne - vrste s dominantnošću 5 - 10%

subdominantne - vrste s dominantnošću 2 - 5%

recendentne - vrste s dominantnošću 1 - 2%

subrecendentne - vrste s dominantnošću $< 1\%$

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

eukonstantne – zabilježene u 75 – 100 % uzoraka

konstantne - zabilježene u 50 – 75 % uzoraka

akcesorne - zabilježene u 25 – 50 % uzoraka

akcidentalne - zabilježene u 0 – 25 % uzoraka

3.4. Statistička obrada podataka

Za računalnu obradu korišteni su statistički programi Primer 5 (Clark i Warwick, 2001), Cannoco 4.5 (ter Braak i Šmilauer, 2002) te Statistika 7.0.

Struktura zajednice metazooplanktona opisana je pomoću četiri indeksa. Korišteni su Shannon-Weaver-ov (H') indeks (Shannon, 1948), koji je osjetljiv na brojnost rijetkih vrsta te Simpson-ov ($1-\lambda'$) indeks (Krebs, 1999), koji je osjetljiv na brojnost dominantnih vrsta. Za opis strukture zajednice korišten je i Margalef-ov (d) indeks (Margalef, 1963) koji objašnjava odnos broja prisutnih vrsta u odnosu na ukupan broj jedinki, kao i indeks ujednačenosti zajednice odnosno Pielou-ov (J') indeks (Pielou, 1969).

Hijerarhijska klaster analiza korištena je radi utvrđivanja sličnosti između istraživanih hidroloških faza na temelju vrijednosti vodostaja Dunava.

SIMPER analizom testiran je doprinos pojedinih vrsta prosječnoj sličnosti površinskog i pridnenog sloja vode unutar svake hidrološke faze kao i doprinos pojedinih vrsta prosječnoj sličnosti hidroloških faza u površinskom odnosno pridnenom sloju vode. Također, analiziran je i doprinos pojedinih vrsta prosječnoj različitosti površinskog i pridnenog sloja unutar svake hidrološke faze kao i doprinos pojedinih vrsta prosječnoj različitosti hidroloških faza u površinskom odnosno pridnenom sloju vode.

Analizom sličnosti (ANOSIM) utvrdila se značajnost razlika biotičkih i abiotičkih komponenata različitih hidroloških faza. Usporedbom R vrijednosti utvrdile su se statistički značajne razlike. Iako vrijednosti R bliže 1 ukazuju na velike različitosti među grupama, a

vrijednosti R bliže 0 na male različitosti među istima, treba naglasiti da u slučaju velikog broja uzoraka i male vrijednosti R mogu upućivati na statistički značajne razlike (Clarke i Warwick, 2001.).

Primjenom Pearson-ovog koeficijenta korelacije (Petz, 2004) utvrđena je mjera linearne zavisnosti između okolišnih parametara i brojnosti te biomase ukupnog metazooplanktona. Utvrđena je i mjera linearne zavisnosti odnosa predator - plijen u fazi izolacije, fazi protočnog odnosno fazi poplavnog pulsa.

Za prikaz utjecaja ekoloških čimbenika na strukturu ukupnog metazooplanktona primijenjena je redundancijska analiza (RDA). Rezultati dobiveni analizom prikazani su u obliku korelacijskog triplota u kojem su zajedno ispisane korelacije s ordinacijskim osima zavisne (biomasa metazooplanktona) i nezavisne varijable (okolišni čimbenici). Značajnost osi testirana je Monte Carlo simulacijom s 499 neograničenih permutacija.

ABC analizom, kojom se utvrđuje stanje prirodne disturbancije na osnovi brojnosti zajednice i njezine biomase, utvrdilo se stanje stresa u zajednici određenih skupina metazooplanktona tijekom različitih hidroloških faza. Vrijednosti W bliže 1 služe kao indikator stabilnog stanja, dok vrijednosti W manje od 0 indiciraju stanje disturbancije.

4. REZULTATI

Rezultati u ovoj disertaciji su grupirani prema FPC-u u tri hidrološke faze odnosno fazu izolacije, fazu protočnog pulsa i fazu poplavnog pulsa. Unutar svake hidrološke skupine podaci su analizirani i prema vertikalnoj različitosti odnosno prema pripadnosti površinskom odnosno pridnom sloju vode. Okolišni čimbenici su u dijagramima prikazani kronološki, kao i poglavlje Prilozi, kako bi se osigurao pregledan uvid u *sirove* podatke koji su korišteni za statističke analize.

Pripadnost svakog uzorka pojedinoj hidrološkoj fazi određena je prema datumu uzorkovanja. Srednja vrijednost vodostaja Dunava 7 dana prije uzorkovanja korištena je kao konačna vrijednost koja opisuje uzorak te je isti zatim svrstan u definiranu hidrološku skupinu.

Fazi izolacije jezera u 2007. godini pripadaju mjeseci lipanj, srpanj, kolovoz i listopad; u 2008. godini veljača, listopad, studeni i prosinac; u 2009. godini mjeseci listopad i prosinac; u 2010. godini samo mjesec veljača te u 2011. godini ožujak, svibanj, rujan, listopad, studeni i prosinac.

Fazi protočnog pulsa pripadaju mjesec studeni u 2007. godini; u 2008. godini siječanj, ožujak, travanj, svibanj, srpanj i rujan; u 2009. godini mjeseci lipanj, rujan i studeni; u 2010. godini siječanj, ožujak, travanj, srpanj, listopad, i studeni te u 2011. godini travanj, lipanj i srpanj.

Fazi poplavnog pulsa pripadaju u 2007. godini mjesec rujan; u 2008. godini mjeseci lipanj i kolovoz; tijekom 2009. godine mjeseci ožujak, travanj, svibanj, srpanj i kolovoz; tijekom 2010. godine svibanj, lipanj, kolovoz i rujan te u 2011. godini mjesec kolovoz.

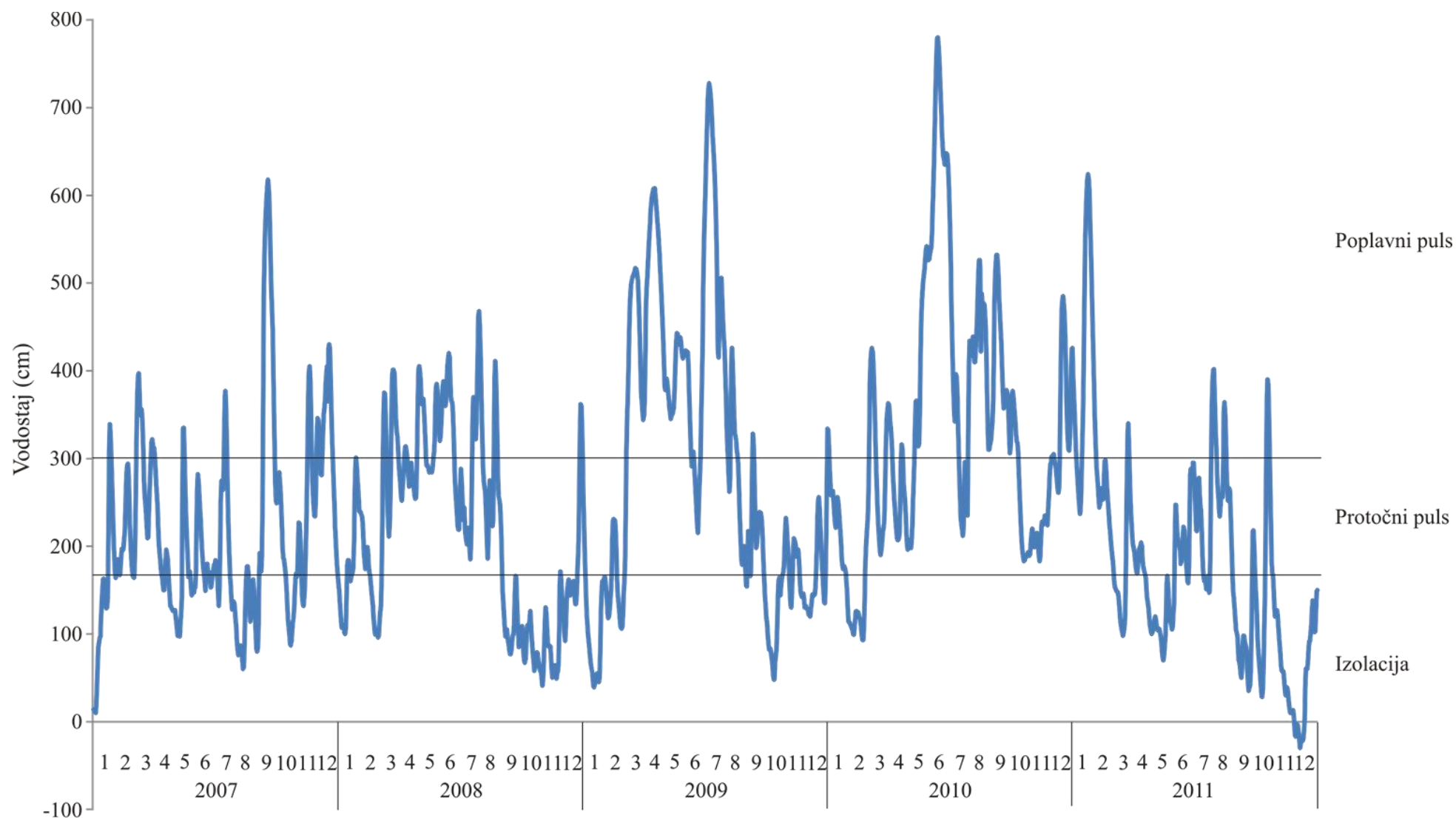
4.1. Vodostaj Dunava

Vodostaj Dunava praćen je dnevnom dinamikom na vodomjernoj stanici Apatin smještenoj na 1401. r. km. Minimalna vrijednost Dunava utvrđena u razdoblju istraživanja iznosila je -30 cm u prosincu 2011. dok je maksimalna zabilježena vrijednost iznosila +780 cm u lipnju 2010. (sl. 9).

Najduže razdoblje niskog vodostaja Dunava koji u Sakadaškom jezeru označava fazu izolacije ($< +167$ cm) trajao je kontinuirano 111 dana, od rujna 2008. do prosinca iste godine. Nakon 13 dana povišenog vodostaja jezero je ponovno bilo u fazi izolacije slijedećih 38 dana. Tijekom istraživanja zabilježeno je još 9 dugotrajnijih razdoblja izolacije jezera (duže od 20 dana). U ovoj hidrološkoj fazi srednji vodostaj Dunava tijekom istraživnog razdoblja iznosio je +108 cm.

Najduža zabilježena faza protočnog pulsa, orijentirana također prema vodostaju Dunava (od +167 do +300 cm) trajala je kontinuirano 49 dana, od listopada do studenog 2010. Prosječno trajanje protočnog pulsa tijekom istraživnog razdoblja iznosilo je 10 dana, a srednji vodostaj Dunava u tom razdoblju iznosio je + 228 cm.

Tijekom proljeća 2009., od ožujka do lipnja, utvrđena je najduža faza kontinuiranog poplavnog pulsa ($> +300$ cm) u trajanju od 97 dana. Faza dugotrajne poplave zabilježena je i tijekom ljeta i jeseni 2010. gdje je ista trajala 141 dan no bila je prekinuta dvotjednim prelaskom u fazu protočnog pulsa. Osim navedenih, tijekom ovog istraživanja zabilježeno je još 5 dugotrajnijih razdoblja poplave (duže od 20 dana). Srednji vodostaj Dunava za vrijeme poplavnog pulsa iznosio je +424 cm.



Slika 9. Dnevne vrijednosti vodostaja Dunava očitavanih na vodomjernoj stanici Apatin (1401. r.km) tijekom istraživanog razdoblja od 2007. do 2011. godine, s oznakama hidroloških faza u Sakadaškom jezeru.

Tijekom 2007. godine Sakadaško jezero je 135 dana bilo u fazi izolacije od rijeke Dunav dok je tijekom iste godine najduže bilo u fazi protočnog pulsa, odnosno 155 dana. Poplavni puls je trajao najkraće od svih hidroloških faza te je iznosio 75 dana.

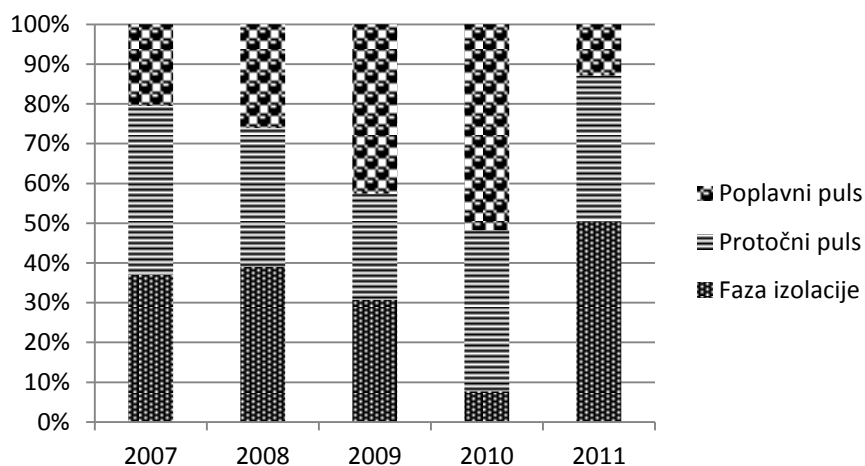
U 2008. godini jezero je najduže bilo u fazi izolacije odnosno 142 dana, a najkraće tj. 95 dana u fazi poplave. Faza protočnog pulsa trajala je 127 dana.

Poplavni puls je bio najzastupljenija faza tijekom 2009. godine u trajanju od 155 dana, dok je faza protočnog pulsa trajala najkraće, 97 dana. Jezero je bilo izolirano 112 dana u godini.

2010. godinu je karakterizirao veliki broj dana u poplavnoj fazi, čak 188 dok je jezero bilo izolirano manje od mjesec dana u godini, odnosno 28 dana. Faza protočnog pulsa trajala je 147 dana.

Sakadaško jezero je tijekom 2011. gotovo pola godine bilo u fazi izolacije odnosno 184 dana, dok je poplavna faza trajala najkraće, 47 dana. Faza protočnog pulsa je po broju dana sličila situaciji godinu ranije te je iznosila 134 dana.

Zastupljenost pojedine hidrološke faze u Sakadaškom jezeru tijekom istraživanih godina prikazan je na slici 10.



Slika 10. Zastupljenost hidroloških faza tijekom razdoblja istraživanja od 2007. do 2011.

Godine

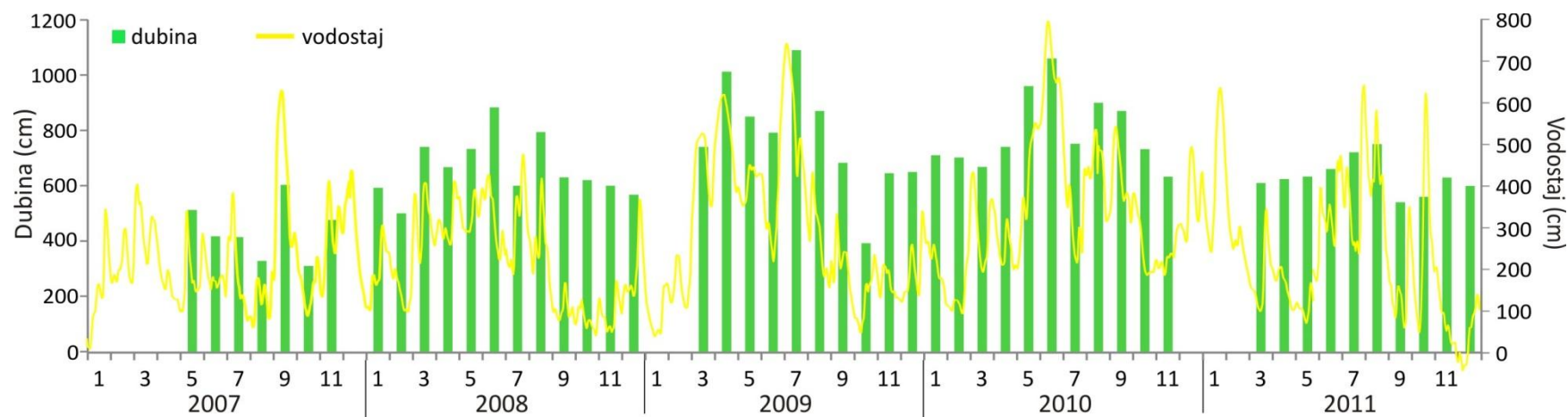
4.2. Fizikalne i kemijske osobine vode Sakadaškog jezera

4.2.1. Dubina

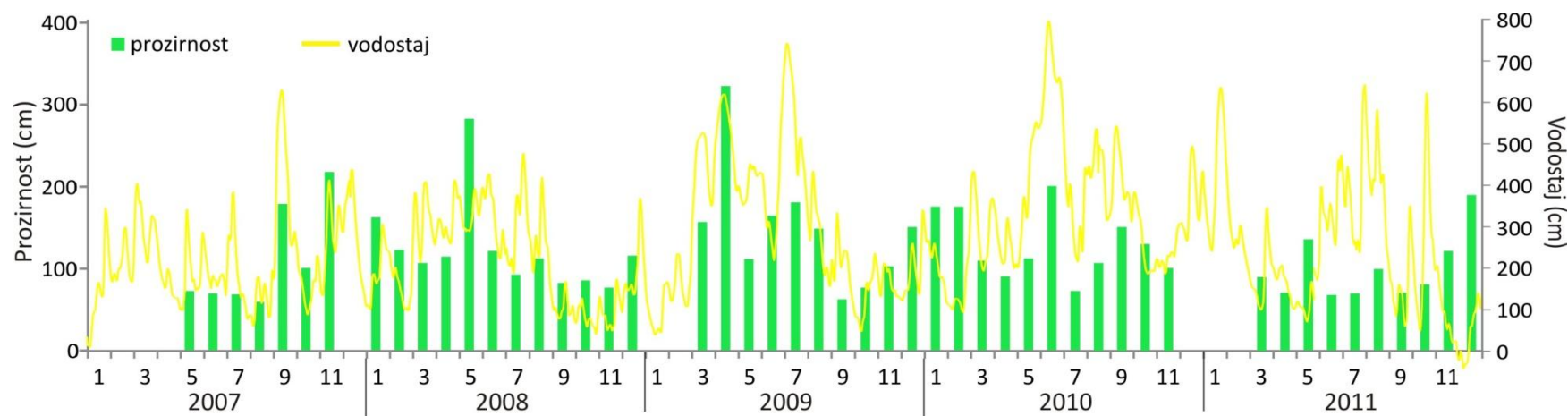
Dubina Sakadaškog jezera snažno zavisi o vodostaju Dunava. Najmanja dubina jezera zabilježena tijekom istraživanja bila je u listopadu 2007. s vrijednosti od 310 cm dok je najveća vrijednost zabilježena u srpnju 2009. te je iznosila 1090 cm (sl. 11). Prosječna dubina Sakadaškog jezera u fazi izolacije iznosila je 543 cm, dok su prosječne vrijednosti dubine u fazi protočnog i poplavnog pulsa iznosile 674 cm odnosno 876 cm.

4.2.2. Prozirnost

Vrijednosti prozirnosti Sakadaškog jezera kretale su se od 59 cm zabilježenih u kolovozu 2007. do 322 cm zabilježenih u travnju 2009. (sl. 12). Minimalna zabilježena vrijednost prozirnosti utvrđena je u fazi izolacije, dok je maksimalna vrijednost zabilježena u fazi poplavnog pulsa. Prosječne vrijednosti prozirnosti u fazama izolacije, protočnom i poplavnom pulsu iznosile su 105 cm, 119 cm odnosno 154 cm.



Slika 11. Dubina Sakadaškog jezera te vodostaj Dunava u razdoblju od 2007. do 2011. godine.



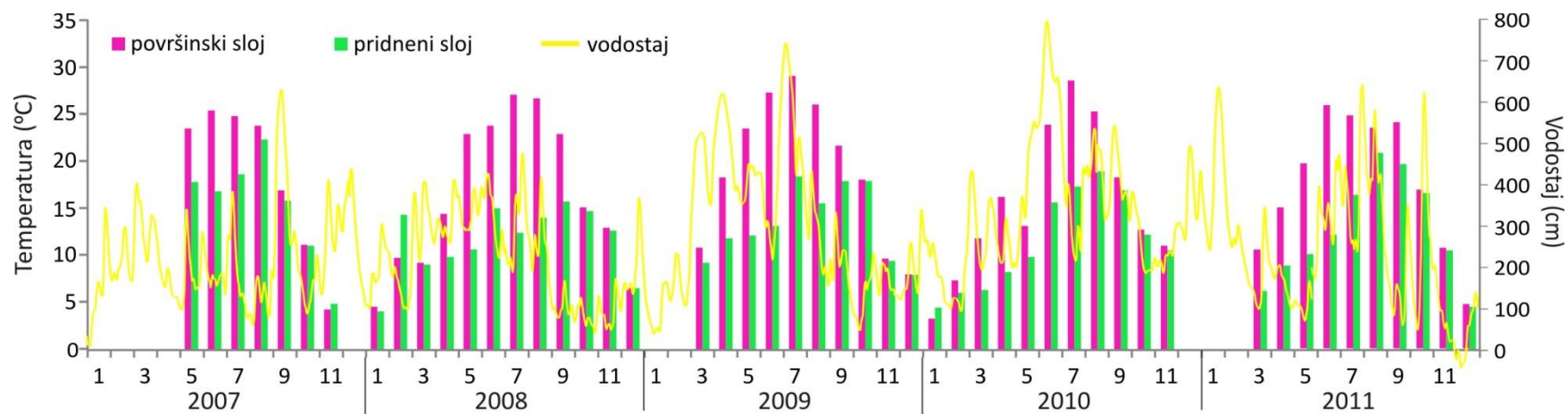
Slika 12. Prozirnost Sakadaškog jezera te vodostaj Dunava u razdoblju od 2007. do 2011. godine.

4.2.3. Temperatura vode

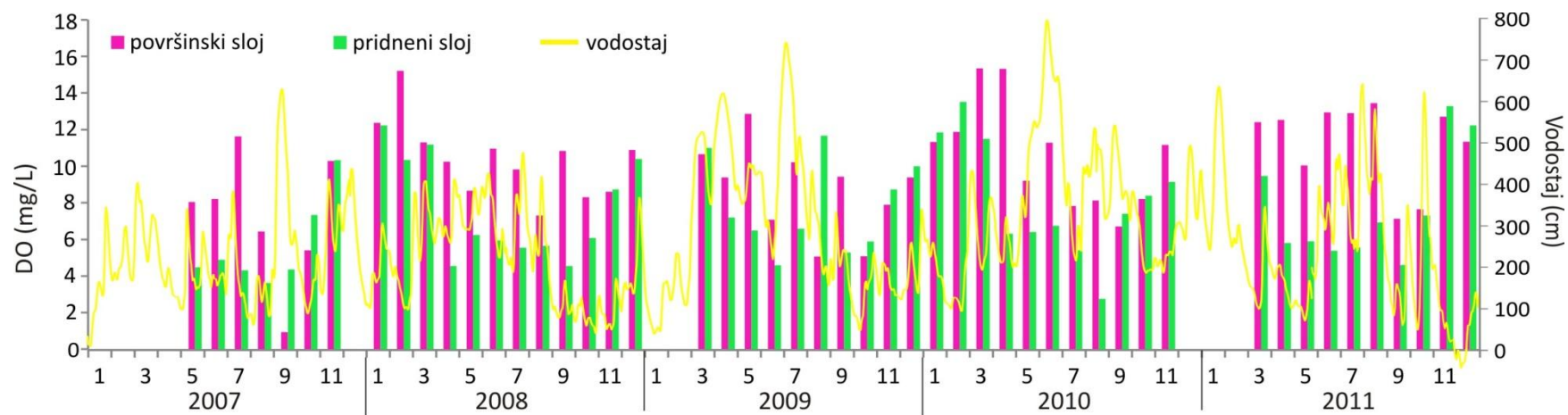
Temperatura vode Sakadaškog jezera u površinskom sloju kretala se od minimalnih 3,30 °C zabilježenih u siječnju 2010. do maksimalne vrijednosti od 29,2 °C zabilježenih u srpnju 2009. (sl. 13). Vrijednosti temperature u pridnenom sloju kretale su se od minimalnih 4,1 °C zabilježenih u siječnju 2008. do maksimalnih 22,4 °C u kolovozu 2007. Prosječna temperatura vode u fazi izolacije iznosila je 13,51 °C, u fazi protočnog pulsa 13,7 °C, te u fazi poplave 18,29 °C.

4.2.4. Koncentracija otopljenog kisika

Najniža koncentracija otopljenog kisika u površinskom sloju vode utvrđena je u rujnu 2007. te je iznosila 0,94 mg/L, dok je maksimalna vrijednost od 15,35 mg/L zabilježena u ožujku 2010. Koncentracija kisika u pridnenom sloju vode kretala se od minimalnih 2,76 mg/L u kolovozu 2010. do maksimalnih 13,51 mg/L u veljači 2010. g. (sl. 14). Obje minimalne vrijednosti zabilježene su u fazi poplavnog pulsa. Prosječna koncentracija otopljenog kisika u fazi izolacije iznosila je 8,83 mg/L, u fazi protočnog pulsa 9,16 mg/L te u fazi poplavnog pulsa 7,89 mg/L.



Slika 13. Temperatura vode u površinskom i pridnenom sloju te vodostaj Dunava u razdoblju od 2007. do 2011. godine.



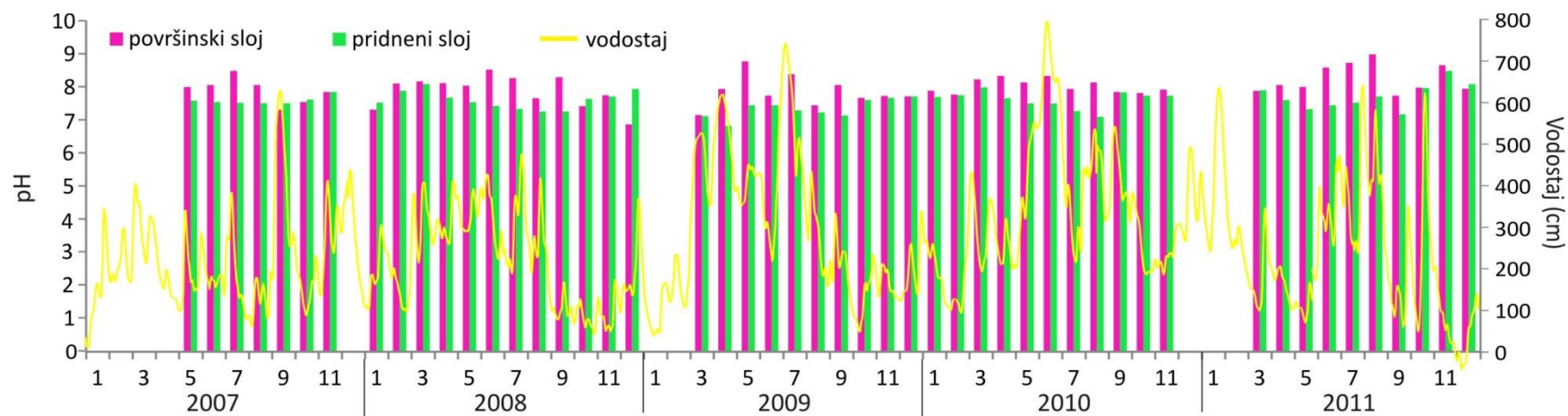
Slika 14. Koncentracija otopljenog kisika u vodi u površinskom i pridnenom sloju te vodostaj Dunava u razdoblju od 2007. do 2011. godine.

4.2.5. pH

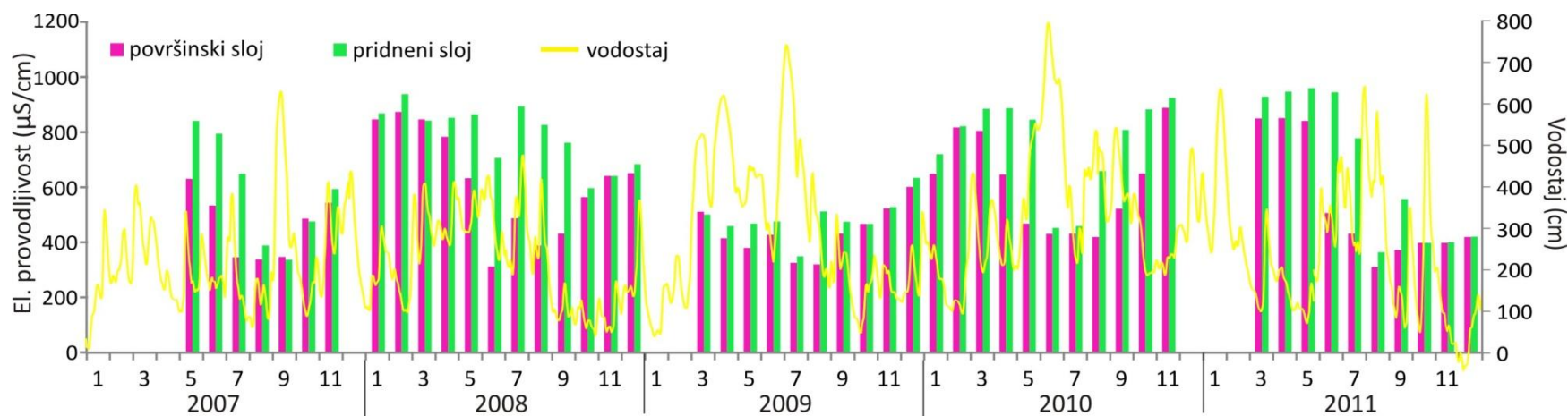
pH vrijednosti u površinskom sloju vode Sakadaškog jezera kretale su se u rasponu od minimalnih 6,86 u prosincu 2008. do maksimalnih 8,98 zabilježenih u kolovozu 2011. Granične vrijednosti pH vode pridnenog sloja nisu se bitno razlikovale od površinskih te su iznosile minimalnih 6,82 zabilježenih u travnju 2009. te maksimalnih 8,48 utvrđenih u studenom 2011. (sl. 15). Srednja pH vrijednost nije se bitno mijenjala tijekom različitih hidroloških faza te je pH vrijednost u fazi izolacije iznosila 7,79, u fazi protočnog pulsa 7,82, te u fazi poplavnog pulsa 7,70.

4.2.6. Električna provodljivost

Minimalna vrijednost električne provodljivosti u površinskom sloju vode Sakadaškog jezera zabilježena je u kolovozu 2011. te je iznosila 310 $\mu\text{S/cm}$, dok je maksimalna vrijednost zabilježena u studenom 2010. te je iznosila 888 $\mu\text{S/cm}$ (sl. 16). U pridnenom sloju vode minimalna vrijednost električne provodljivosti zabilježena je u rujnu 2007., a maksimalna u svibnju 2011. s vrijednostima od 337 $\mu\text{S/cm}$ odnosno 959 $\mu\text{S/cm}$. Prosječna vrijednost električne provodljivosti u fazi izolacije iznosila je 598 $\mu\text{S/cm}$ dok je u vrijeme protočnog pulsa utvrđena srednja vrijednost od 694 $\mu\text{S/cm}$. Srednja vrijednost električne provodljivosti u poplavnoj fazi nešto je niža u usporedbi s prethodne dvije faze te je iznosila 478 $\mu\text{S/cm}$.



Slika 15. pH vode u površinskom i pridnenom sloju te vodostaj Dunava u razdoblju od 2007. do 2011. godine.



Slika 16. Električna provodljivost u površinskom i pridnenom sloju vode te vodostaj Dunava u razdoblju od 2007. do 2011. godine.

4.2.7. Koncentracija amonij-iona

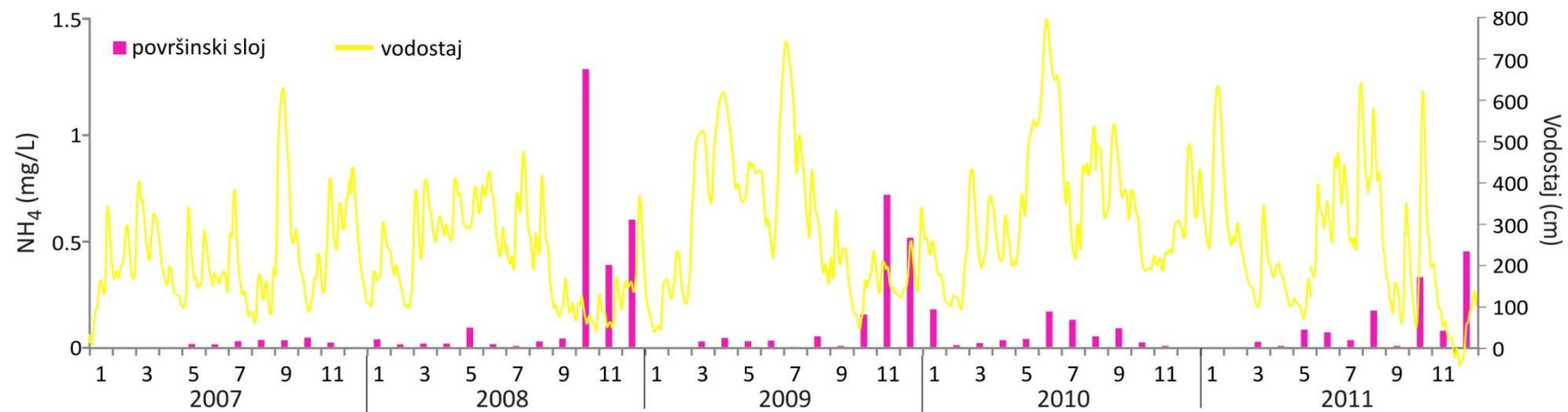
Koncentracije amonij-iona tijekom istraživnog razdoblja u površinskom su se sloju vode kretale od najnižih 0,0004 mg/L zabilježenih u srpnju 2009. do najviše utvrđene vrijednosti od 1,32 mg/L u listopadu 2008. (sl. 17A). U pridnenom sloju vode zabilježene su vrijednosti od minimalnih 0,02 mg/L u studenom 2011. do maksimalnih 5,93 mg/L u rujnu 2008. (sl. 17 B). U fazi izolacije prosječna koncentracija amonij-iona iznosila je 0,55 mg/L, dok je u fazi protočnog pulsa ista iznosila 0,87 mg/L. Prosječna koncentracija amonij-iona je u fazi poplave iznosila 1,03 mg/L.

4.2.8. Koncentracija nitrata

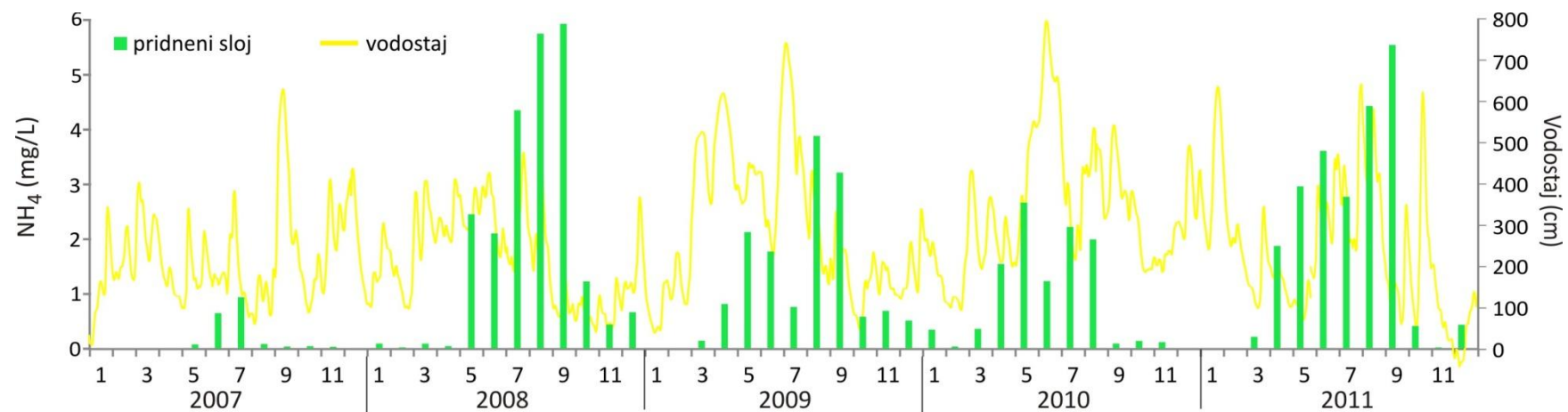
U površinskom sloju vode Sakadaškog jezera minimalna utvrđena koncentracija nitrata iznosila je 0,002 mg/L, dok je maksimalna vrijednost bila 0,26 mg/L. Obje vrijednosti zabilježene su tijekom 2011., u travnju odnosno u svibnju. U pridnenom sloju vode utvrđene su granične vrijednosti od minimalnih 0,0014 mg/L u srpnju 2010. do maksimalnih 0,36 mg/L u rujnu 2009. (sl. 18). Prosječna vrijednost koncentracije nitrata tijekom faze izolacije iznosila je 0,03 mg/L, 0,02 mg/L u fazi protočnog pulsa te 0,03 mg/L u fazi poplave.

4.2.9. Koncentracija nitrita

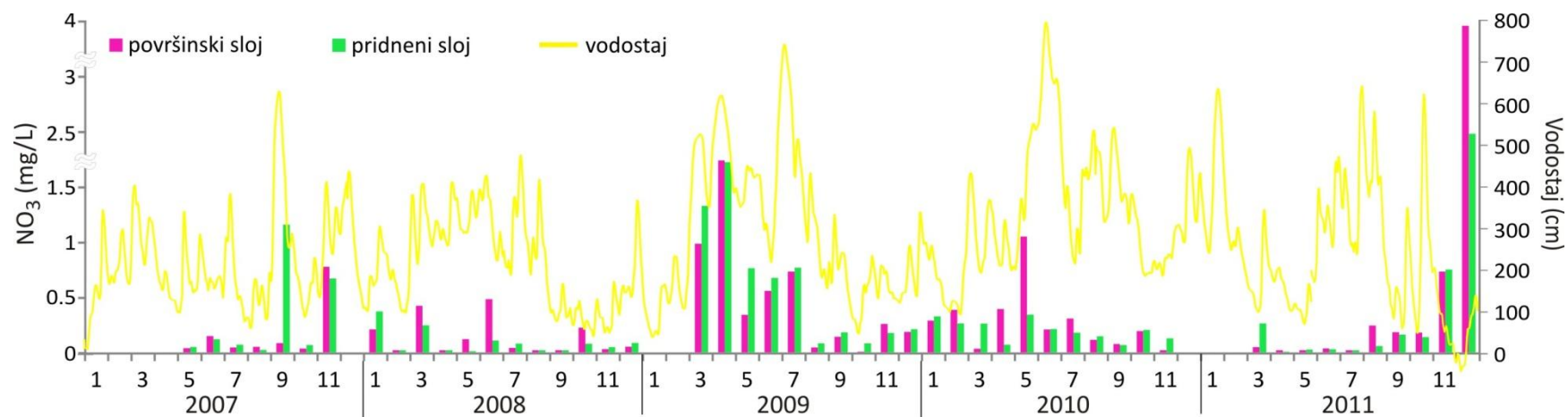
Minimalna vrijednost koncentracije nitrita u površinskom sloju vode tijekom istraživnog razdoblja zabilježena je u listopadu 2009. s vrijednosti od 0,006 mg/L. U pridnenom sloju vode minimalna utvrđena vrijednost također je iznosila 0,006 mg/L u travnju 2011. Maksimalne vrijednosti i u površinskom i u pridnenom sloju zabilježene su u prosincu 2011. te su iznosile 3,95 mg/L odnosno 2,48 mg/L (sl. 19). Prosječna koncentracija nitrita u fazi izolacije iznosila je 0,33 mg/L, u fazi poplavnog pulsa 0,20 mg/L te u vrijeme poplave 0,49 mg/L.



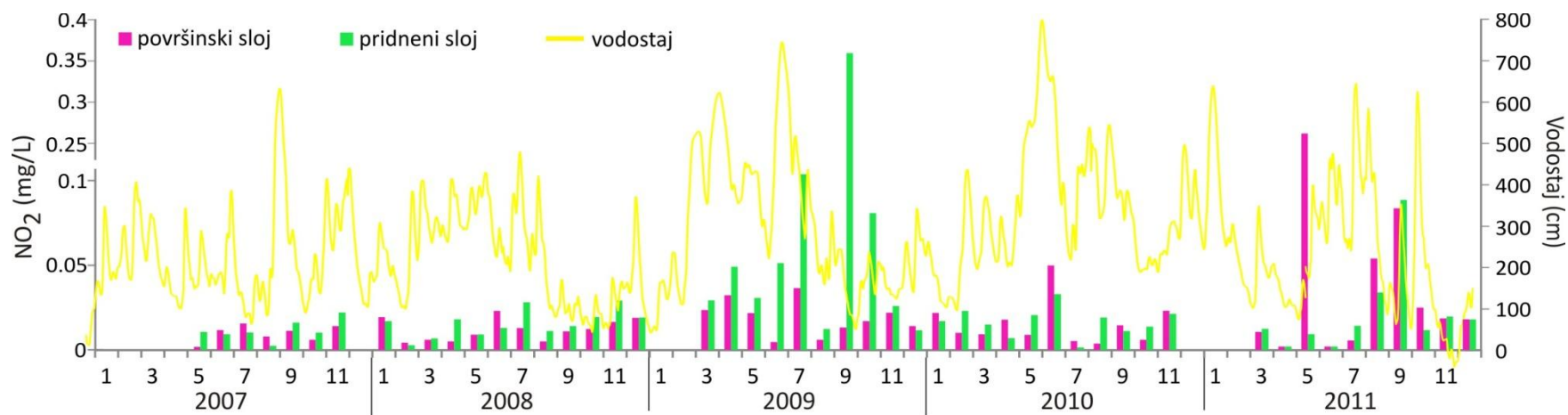
Slika 17 A. Koncentracija amonij-iona u površinskom sloju vode te vodostaj Dunava u razdoblju od 2007. do 2011. godine.



Slika 17 B. Koncentracija amonij-iona u pridnenom sloju te vodostaj Dunava u razdoblju od 2007. do 2011. godine.



Slika 18. Koncentracija nitrata u površinskom i pridnenom sloju vode te vodostaj Dunava u razdoblju od 2007. do 2011. godine.



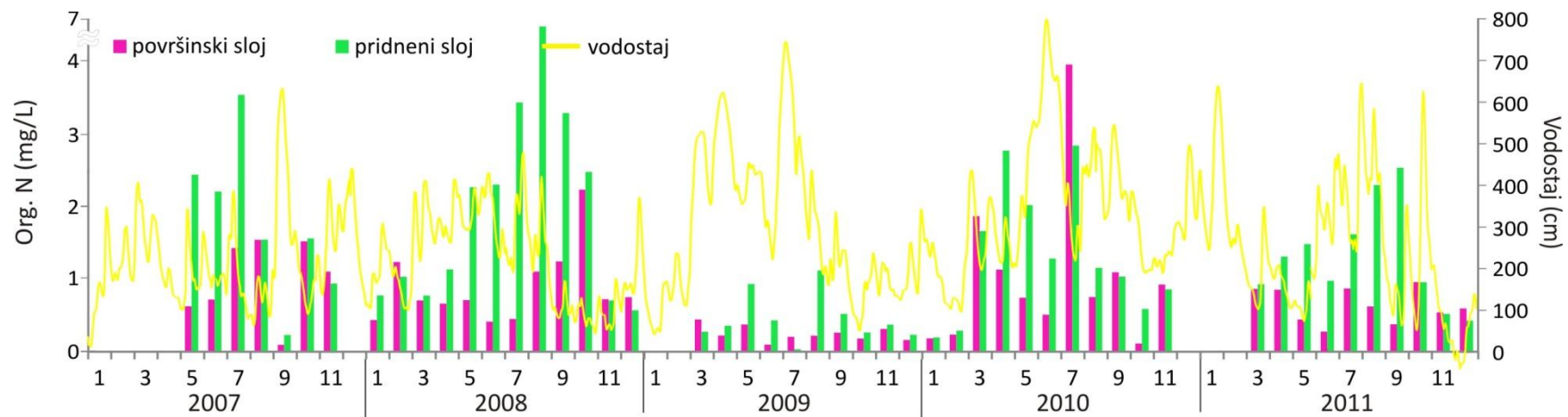
Slika 19. Koncentracija nitrita u površinskom i pridnenom sloju vode te vodostaj Dunava u razdoblju od 2007. do 2011. godine.

4.2.10. Koncentracija organskog dušika

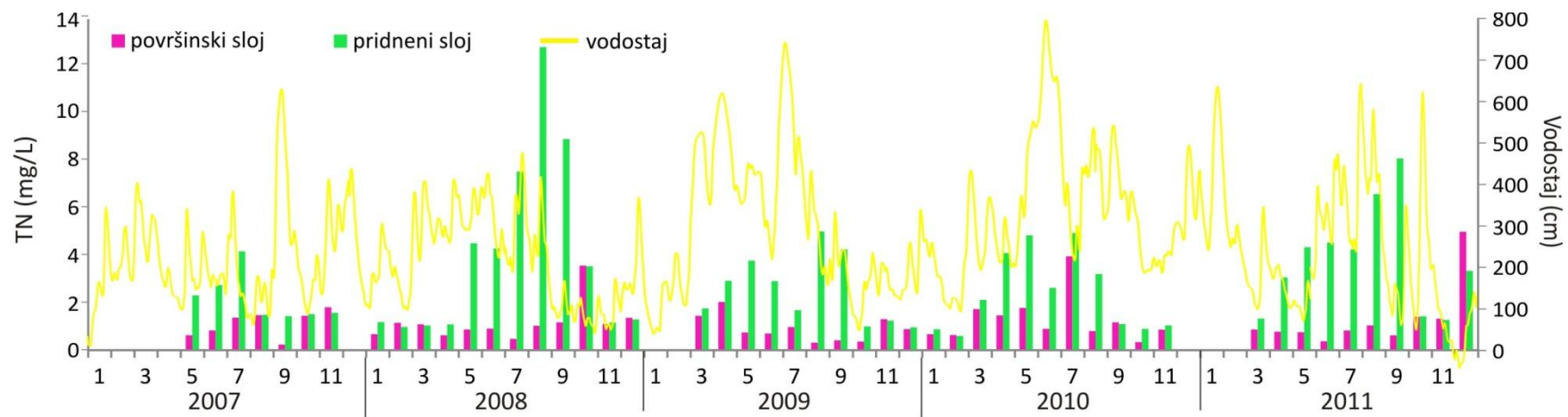
Vrijednosti koncentracije organskog dušika u površinskom sloju vode Sakadaškog jezera kretale su se u rasponu od minimalno zabilježenih 0,07 mg/L u rujnu 2007. do maksimalnih 3,47 mg/L u srpnju 2010. (sl. 20). Granične vrijednosti pridnenog sloja vode iznosile su 0,02 mg/L u srpnju 2009. i 6,93 mg/L u kolovozu 2008. U fazi izolacije jezera prosječna koncentracija organskog dušika iznosila je 0,92 mg/L, dok je ista u fazi protočnog pulsa iznosila 0,98 mg/L. Srednja vrijednost koncentracije organskog dušika u fazi poplavnog pulsa iznosila je 0,93 mg/L.

4.2.11. Koncentracija ukupnog dušika

Najniža koncentracija ukupnog dušika zabilježena u površinskom sloju vode iznosila je 0,20 mg/L u rujnu 2007., dok je maksimalna utvrđena vrijednost bila 4,94 mg/L u prosincu 2011. Pridneni sloj vode imao je nešto drugačije granične vrijednosti, u rasponu od 0,52 mg/L do 12,69 mg/L utvrđenih u veljači 2010. odnosno u kolovozu 2008. (sl. 21). Srednja vrijednost koncentracije ukupnog dušika u fazi izolacije iznosila je 1,82 mg/L, u fazi protočnog pulsa 2,07 mg/L dok je u fazi poplavnog pulsa iznosila 2,47 mg/L.



Slika 20. Koncentracija organskog dušika u površinskom i pridnenom sloju vode te vodostaj Dunava u razdoblju od 2007. do 2011. godine.



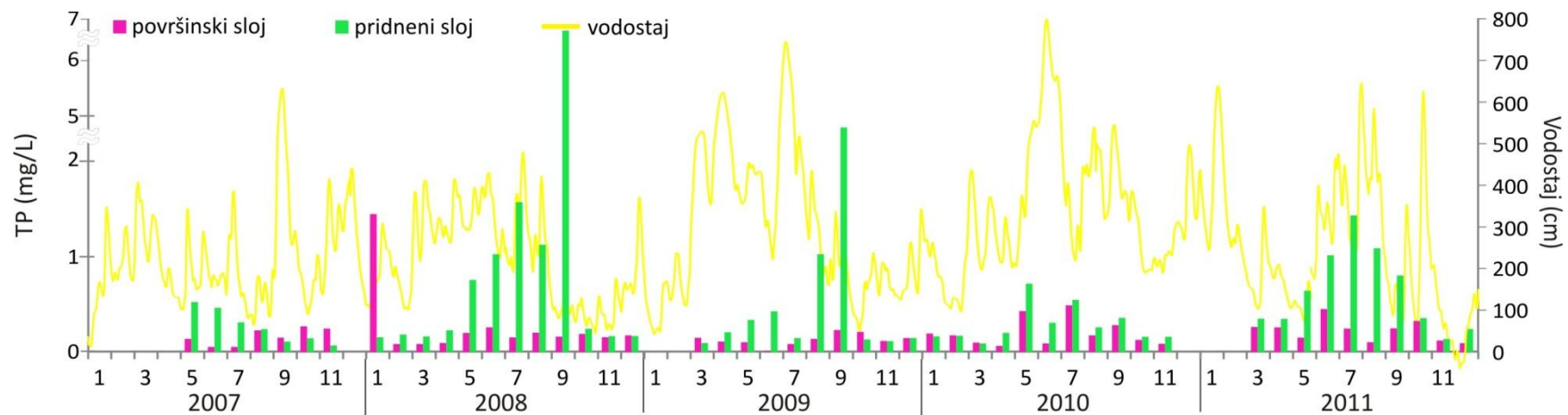
Slika 21. Koncentracija ukupnog dušika u površinskom i pridnenom sloju vode te vodostaj Dunava u razdoblju od 2007. do 2011. godine.

4.2.12. Koncentracija ukupnog fosfora

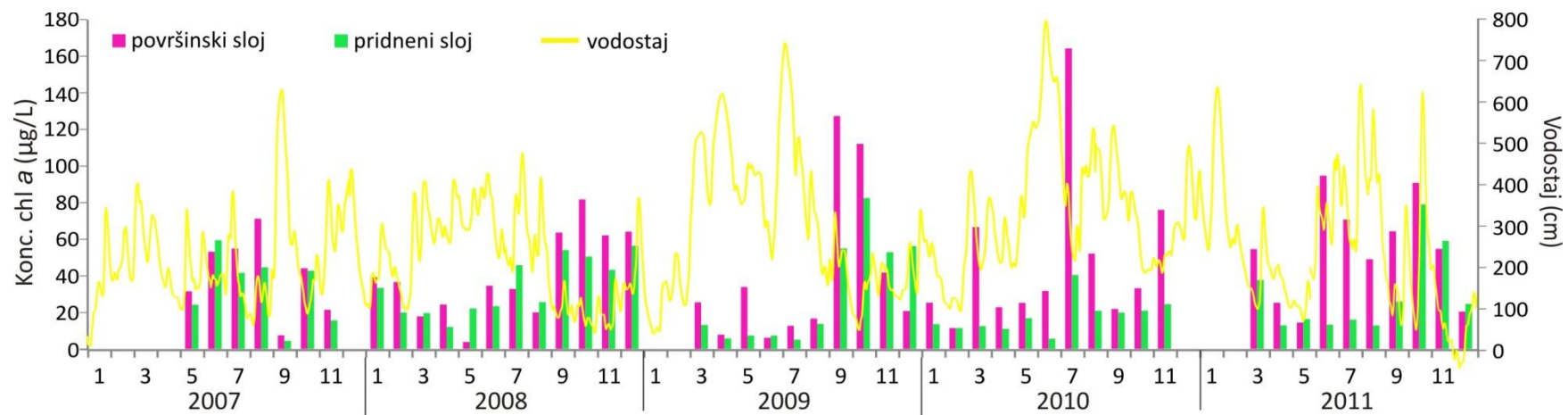
Koncentracija ukupnog fosfora se tijekom istraživanih razdoblja u površinskom sloju kretala od minimalnih 0,008 mg/L zabilježenih u lipnju 2009. do maksimalnih 1,45 mg/L utvrđenih u siječnju 2008. Znatno veće granične vrijednosti zabilježene su u pridnenom sloju te su iznosile minimalnih 0,07 mg/L u studenom 2007. te maksimalnih 6,89 mg/L u rujnu 2008. (sl. 22). Srednje vrijednosti u fazama izolacije, protočnom i poplavnom pulsu iznosile su 0,23 mg/L odnosno 0,64 mg/L te 0,95 mg/L.

4.2.13. Koncentracija klorofila *a*

Najniža zabilježena koncentracija klorofila *a* u površinskom sloju vode iznosila je 3,75 µg/L u svibnju 2008., dok je maksimalna vrijednost zabilježena u srpnju 2010. te je iznosila 164,37 µg/L. Granične vrijednosti koncentracije klorofila *a* u pridnenom sloju iznosile su 4,36 µg/L te 82,56 µg/L utvrđene u rujnu 2007. odnosno u listopadu 2009. (sl. 23). Maksimalne vrijednosti koncentracije klorofila *a* zabilježene su u vrijeme protočnog pulsa odnosno u fazi izolacije jezera. Prosječna vrijednost koncentracije klorofila *a* u fazi izolacije iznosila je 48,89 µg/L, dok je ista u fazi protočnog pulsa iznosila 37,87 µg/L. Srednja vrijednost koncentracije klorofila *a* u fazi poplave iznosila je 19,67 µg/L.



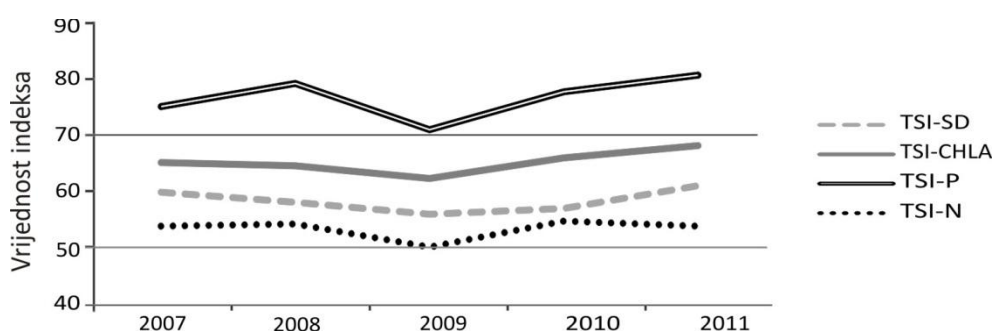
Slika 22. Koncentracija ukupnog fosfora u površinskom i pridnenom sloju vode te vodostaj Dunava u razdoblju od 2007. do 2011. godine.



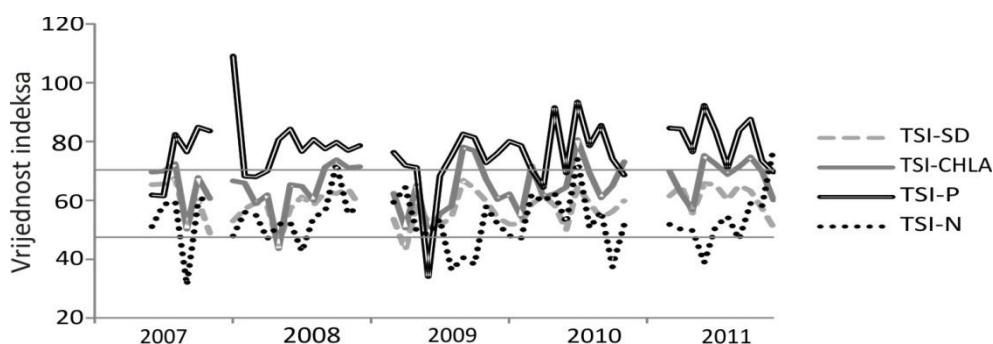
Slika 23. Koncentracija klorofila *a* u površinskom i pridnenom sloju vode te vodostaj Dunava u razdoblju od 2007. do 2011. godine.

4.3. Indeksi trofičkog stanja

Prema vrijednostima prozirnosti, koncentracije ukupnog fosfora, koncentracije ukupnog dušika te koncentracije klorofila *a* izračunati su trofički indeksi koji upućuju na visok stupanj trofije vode Sakadaškog jezera. Prema srednjim godišnjim (sl. 24) i mjesečnim vrijednostima (sl. 25) za prozirnost, koncentraciju ukupnog dušika i koncentraciju klorofila *a* voda Sakadaškog jezera pripada eutrofnim vodama s tim da vrijednosti koncentracije klorofila *a* ukazuju na sklonost ka hipertrofiji. Prema vrijednostima koncentracije ukupnog fosfora voda Sakadaškog jezera pripada skupini hipertrofnih voda.

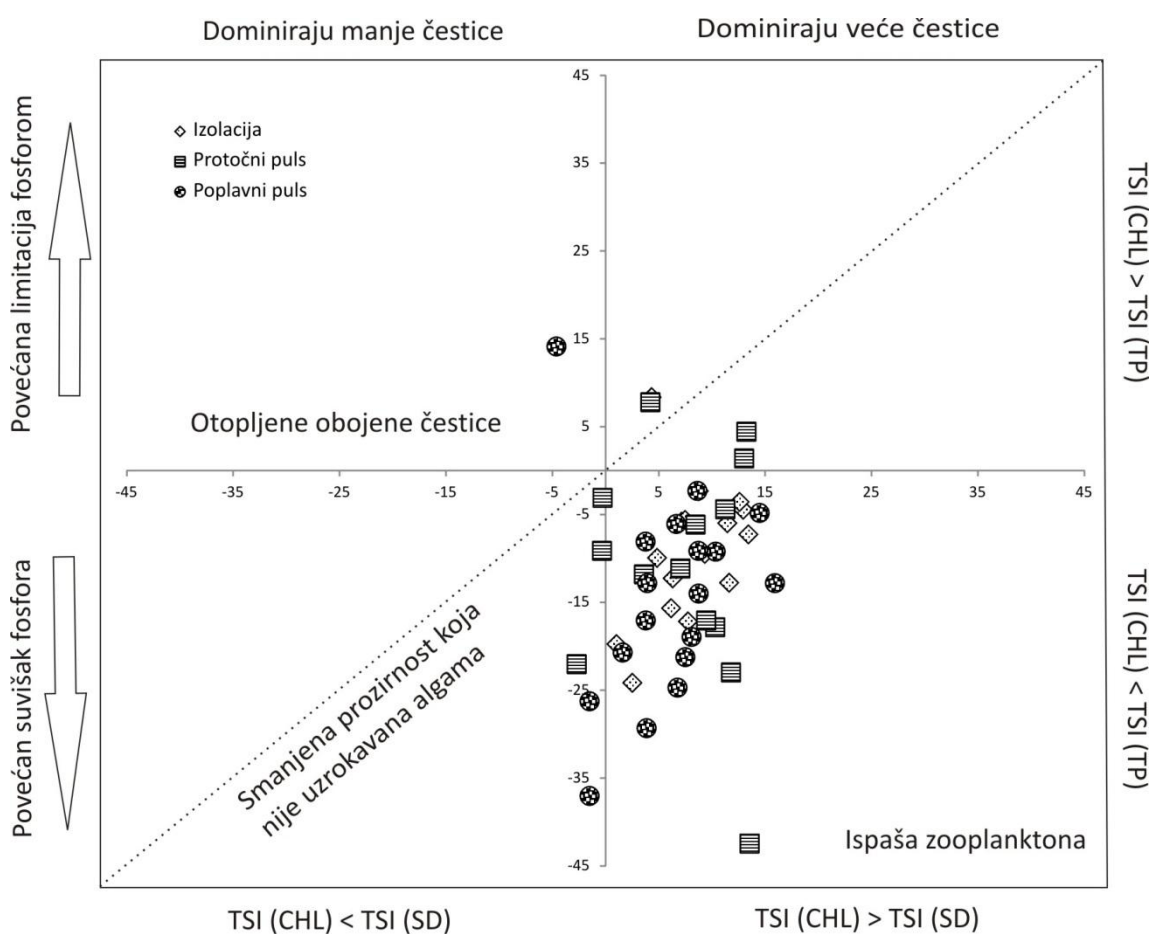


Slika 24. Indeksi trofičkog stanja vode Sakadaškog jezera izračunatih prema srednjim godišnjim vrijednostima prozirnosti, koncentracije ukupnog dušika, koncentracije ukupnog fosfora i koncentracije klorofila *a*. Vrijednosti <50 mezotrofno; 50-70 eutrofno; >70 hipertrofno.



Slika 25. Indeksi trofičkog stanja vode Sakadaškog jezera izračunatih prema mjesečnim vrijednostima prozirnosti, koncentracije ukupnog dušika, koncentracije ukupnog fosfora i koncentracije klorofila *a*. Vrijednosti <50 mezotrofno; 50-70 eutrofno; >70 hipertrofno.

Prema slici 26. razlike u trofičkom stanju Sakadaškog jezera tijekom različitih hidroloških faza nisu znatno izražene. Smještanje većine rezultata u IV. kvadrant indicira snažan utjecaj ispaše zooplanktona te uklanjanje manjih čestica iz stupca vode. No, tijekom faza protočnog i poplavnog pulsa zabilježena je slaba tendencija povećanja indeksa prozirnosti za razliku od razdoblja izolacije te se indicira povećanje količine manjih frakcija u stupcu vode. Također, tijekom protočnog i poplavnog pulsa zabilježena su razdoblja u kojima su vode Sakadaškog jezera bile limitirane fosforom, što nije zabilježeno tijekom faze izolacije.



Slika 26. Prikaz trofičkog stanja Sakadaškog jezera na temelju $TSI(CHL A) - TSI(P)$ i $TSI(CHL A) - TSI(SD)$.

4.4. Bioraznolikost

Tijekom istraživanog razdoblja od 2007. do 2011. godine u Sakadaškom jezeru utvrđeno je ukupno 137 vrsta metazooplanktona od kojih 114 vrsta pripada skupini kolnjaka i 23 vrste skupini planktonskih rakova. Unutar planktonskih rakova zabilježeno je 15 vrsta rašljoticalaca i 8 vrsta veslonožaca.

Tijekom faze izolacije ukupno je utvrđeno 91 vrsta kolnjaka, 8 vrsta rašljoticalaca i 5 vrsta veslonožaca, odnosno 104 vrste.

Za vrijeme trajanja faze protočnog pulsa ukupno je zabilježeno 75 vrsta kolnjaka, 7 vrsta rašljoticalaca te 4 vrste veslonožaca, odnosno 86 vrsta.

U fazi poplave ukupno je zabilježeno 84 vrsta kolnjaka, 14 vrsta rašljoticalaca i 8 vrsta veslonožaca, odnosno 106 vrsta.

4.4.1. Brojnost i biomasa zajednice metazooplanktona

4.4.1.1. Skupina kolnjaka

U površinskom sloju vode tijekom faze izolacije broj jedinki se kretao od 991,8 ind/10 L u veljači 2010. do 48152 ind/10 L u listopadu 2008. Najmanja zabilježena vrijednost biomase iznosila je 25,53 µg/10 L u veljači 2010. dok je gornja granična vrijednost bila 1488,09 µg/10 L u studenom 2008. Srednja vrijednost brojnosti jedinki u površinskom sloju vode tijekom faze izolacije iznosila je 19062,89 ind/10 L, dok je srednja biomasa iznosila 645,32 µg/10 L.

U pridnenom sloju vode u istoj fazi najmanja brojnost zabilježena je u veljači 2010. te je iznosila 1828,36 ind/10 L, dok je minimalna vrijednost biomase zabilježena u svibnju 2011. s 19,066 µg/10 L. Najveća brojnost i biomasa zajednice zabilježene su u listopadu 2011. te su iznosile 40524,84 ind/10 L odnosno 1912,24 µg/10 L. Srednje vrijednosti istih parametara u pridnenom sloju tijekom faze izolacije jezera iznosile su 10396,98 ind/10 L odnosno 477,86 µg/10 L.

Vrijednosti brojnosti jedinki u vrijeme protočnog pulsa površinskog sloja vode kretale su se od 548,49 ind/10 L u siječnju 2008. do 62114 ind/10 L zabilježenih u lipnju 2011.

Granične vrijednosti biomase u istom sloju vode bile su 21,42 µg/10 L u studenom 2010. te 3045,71 µg/10 L u ožujku iste godine.

Pridneni sloj vode imao je granične vrijednosti brojnosti jedinki od 490,90 ind/10 L u siječnju 2008. i 15444 ind/10 L u srpnju iste godine. Biomasa zajednice kretala se u rasponu od 13,80 µg/10 L u travnju 2011. do 564,29 µg/10 L u srpnju 2008.

Prosječan broj jedinki kolnjaka u 10 L vode tijekom faze protočnog pulsa u površinskom sloju iznosio je 17538,80, dok je isti u pridnenom sloju bio znatno manji te je iznosio 5338,17. Razlike u prosječnoj vrijednosti biomase zajednice površinskog i pridnenog sloja vode bitno su se razlikovale te su iznosile 686,99 µg/10 L odnosno 173,62 µg/10 L.

U fazi poplavnog pulsa brojnost jedinki u površinskom sloju vode kretao se od 595,28 ind/10 L u travnju 2009. do maksimalnih 78246 ind/10 L zabilježenih u srpnju 2010. Vrijednosti biomase bile su u rasponu od 47,77 µg/10 L utvrđenih u travnju 2008. do 4535,54 µg/10 L zabilježenih u srpnju 2009. Srednje vrijednosti brojnosti iznosile su 18646,90 ind/10 L, a biomase 1090,95 µg/10 L.

U pridnenom sloju vode poplavne faze brojnost zajednice kolnjaka kretala se od 301 ind/10 L u srpnju 2009. do utvrđenih 22511,65 ind/10 L u rujnu 2007. Prosječna brojnost iznosila je 6400,55 ind/10 L. Minimalna vrijednost biomase zabilježena je u srpnju 2009. te je iznosila 13,95 µg/10 L, dok je maksimalna vrijednost od 1720,20 µg/10 L zabilježena u listopadu 2010. Srednja vrijednost biomase u pridnenom sloju vode tijekom faze poplavnog pulsa iznosila je 356,59 µg/10 L.

4.4.1.2. Skupina planktonskih rakova

Tijekom istraživanog razdoblja u svim hidrološkim fazama najbrojniji su bili razvojni stadiji, poglavito nauplii. U usporedbi s njima ciklopodni i kalanoidni kopepoditi bili su slabije razvijeni.

U fazi izolacije jezera zastupljenost nauplija u ukupnoj brojnosti skupine planktonskih rakova kretala se od 17,44% do 99,48%. S obzirom na dominantnu brojnost u određenim uzorcima njihov udio u ukupnoj biomasi uzorka kretao se i do 99%. Nauplii su bili jednako zastupljeni u oba sloja vode tijekom ove faze. Kopepoditni stadiji su u površinskom sloju vode u prosjeku činili oko 17% ukupne biomase zajednice planktonskih rakova, dok im je u

pridnenom sloju srednja zastupljenost u ukupnoj biomasi bila oko 11%. Brojnost ciklopodnih kopepodita je bila znatno veća tijekom cijelog istraživanog razdoblja u usporedbi s razvojnim stadijima skupine kalanoida.

Minimalna brojnost jedinki planktonskih rakova tijekom faze izolacije u površinskom sloju vode zabilježena je u ožujku 2011. s vrijednosti manjom od 1 ind/10 L dok je najveća brojnost utvrđena u rujnu 2011. s 3791,14 ind/10 L. Minimalna vrijednost biomase planktonskih rakova zabilježena je u mjesecu s najmanjom brojnošću te je iznosila 0,38 µg/10 L dok je najveća ukupna biomasa od 2982,23 µg/10 L utvrđena u srpnju 2007.

Granične vrijednosti ukupne brojnosti u pridnenom sloju vode iznosile su 1,16 ind/10 L u svibnju 2011. i 2416,57 ind/10 L u listopadu 2011., dok su se iste za biomasu kretale od 1,17 µg/10 L u svibnju 2011. do 2335,32 µg/10 L u listopadu iste godine.

Srednja vrijednost brojnosti u površinskom sloju vode iznosila je 1102,96 ind/10 L, a biomase 927,10 µg/10 L. Prosječne vrijednosti mjerenih varijabli u pridnenom sloju iznosile su 484,33 ind/10 L, odnosno 552,87 µg/10 L.

U fazi protočnog pulsa zastupljenost nauplija kao i kopepoditnih stadija nije se znatno promijenila u usporedbi s fazom izolacije. Udio nauplija u ukupnoj brojnosti i u ovoj je fazi bila velika, oko 78%. Zastupljenost kopepoditnih stadija u ukupnoj brojnosti i biomasi zajednice planktonskih rakova u fazi protočnog pulsa iznosila je oko 15%.

Minimalna zabilježena brojnost ukupne zajednice planktonskih rakova u površinskom sloju vode iznosila je 3 ind/10 L u studenom 2010. dok je maksimalna vrijednost utvrđena u lipnju 2007. s 3057,21 ind/10 L. Granične vrijednosti biomase su se u ovom sloju vode poklapale s minimalnim i maksimalnim vrijednostima broja jedinki te su utvrđene vrijednosti od 3,2552 ind/10 L i 2661,83 µg/10 L.

U pridnenom sloju vode minimalna brojnost zabilježena je u travnju 2011. s 0,76 ind/10 L, dok su maksimalne vrijednosti zabilježene u rujnu 2008. s 950 ind/10 L. Najmanja biomasa, 0,74 µg/10 L utvrđena je u uzorku s najmanjim brojem jedinki, dok je u ožujku 2010. zabilježena maksimalna vrijednost biomase od 1306,32 µg/10 L.

Tijekom faze protočnog pulsa u površinskom sloju vode zabilježene su veće srednje vrijednosti brojnosti i biomase negoli u pridnenom sloju. Vrijednost istih su u površinskom sloju vode bile 719,40 ind/10 L i 452,33 µg/10 L dok su u pridnenom sloju iznosile 327,50 ind/10 L i 397,52 µg/10 L.

U fazi poplavnog pulsa prosječna zastupljenost nauplija bila je nešto niža u odnosu na druge dvije faze te je iznosila oko 66% u oba sloja. Zastupljenost istih u ukupnoj biomasi površinskog sloja iznosila oko 53% dok je značajniji pad udjela nauplija u ukupnoj biomasi uzorka utvrđen u pridnenim slojevima ove faze te se kretao oko 33%. Iako je prisutnost kopepoditnih stadija utvrđena u većem broju uzoraka tijekom ove faze, njihov udio u ukupnoj brojnosti i biomasi površinskog sloja se smanjio te se kretao oko 11%. Udio istih u ukupnoj brojnosti odnosno biomasi u pridnenim slojevima vode iznosio je oko 15% odnosno 12%.

Minimalne vrijednosti ukupne brojnosti zajednice planktonskih rakova zabilježene su u srpnju 2010. te su iznosile 3 ind/10 L u površinskom i 29 ind/10 L u pridnenom sloju vode. Minimalna vrijednost biomase u površinskom sloju zabilježena je također u srpnju 2010. kada je utvrđeno 3,04 µg/10 L, dok je minimalna vrijednost u pridnenom sloju bila 20,86 µg/10 L u kolovozu 2009.

Maksimalna vrijednosti brojnosti u površinskom sloju zabilježena je u kolovozu 2010. s 3567,83 ind/10 L, dok je maksimalna biomasa utvrđena 3570,23 µg/10 L u svibnju 2008. Gornje granične vrijednosti brojnosti i biomase pridnenog sloja zabilježene su u rujnu 2007. i lipnju 2008. te su iznosile 2118,86 ind/10 L i 5855,64 µg/10 L.

Srednje vrijednosti površinskog sloja vode bile su 802,24 ind/10 L i 945,50 µg/10 L, dok su za pridneni sloj vode utvrđene vrijednosti od 649,54 ind/10 L i 1326,24 µg/10 L.

4.4.2. Dominantnost vrsta¹

U sve tri hidrološke, kao i u površinskom i pridnenom sloju vode svake faze, eudominantne i dominantne su bile iste vrste kolnjaka. Najčešća eudominantna i dominantna porodica u toplijim mjesecima bila je porodica Brachionacea, dok su u hladnijim mjesecima bili brojniji predstavnici porodica Synchaetidae i Trichocercidae te Testudinellidae, najčešće rod Filinia. Najčešće zabilježene vrste bile su *Anuraeopsis fissa fissa*, *Asplanchna priodonta*, *Brachionus angularis*, *Keratella cochlearis* var. *tecta*, *Polyarthra vulgaris* i *Trichocerca inermis*. Uzorci su se međusobno razlikovali prema kvantitativnoj zastupljenosti pojedinih vrsta u uzorku, ali i prema vrsnom sastavu subdominantnih, recedentnih i subrecedentnih vrsta.

U fazi izolacije jezera među skupinom planktonskih rakova eudominantna je bila vrsta *Bosmina longirostris* koja je zabilježena u svim uzorcima površinskog sloja vode tijekom ove faze. Značajnu dominantnost u oba sloja imale su i vrste roda *Cyclops*, poglavito *Cyclops vicinus*. Iako je *B. longirostris* bila eudominantna prema ukupnom broju jedinki, rod *Cyclops* imao je znatno veći doprinos u biomasi odraslih jedinki planktonskih rakova. Jedinu zabilježenu predstavnik kalanoidnih veslonožaca u fazi izolacije, *Eurytemora velox*, imao je subrecedentnu dominantnost.

U fazi protočnog pulsa *B. longirostris* je među skupnom rašljoticalaca ponovno bila eudominantna, dok su među veslonošcima dominirali predstavnici roda *Cyclops*. Udio *B. longirostris* u ukupnoj biomasi uzorka odraslih jedinki planktonskih rakova znatno se povećao u usporedbi s biomasom iste u fazi izolacije, no po udjelu biomase u uzorku odrasli predstavnici roda *Cyclops* i dalje su bili dominantni.

U fazi poplave među rašljoticalcima, uz *B. longirostris* eudominantne i dominantne su bile vrste roda *Daphnia* tj. *Daphnia longispina* i *Daphnia galeata* te *Chydors sphaericus*. *D. longispina* je bila vrsta sa najznačajnijim udjelom biomase u ovoj fazi među rašljoticalcima. U skupini veslonožaca u odnosu na ukupan broj jedinki u uzorku, dominantna je bila vrsta *Thermocyclops crassus*. Iako značajnu ulogu u udjelu biomase veslonožaca u ovoj fazi imaju i male forme, najveći udio u biomasi imala je velika forma *Megacyclops gigas*.

¹ U analizu dominantnosti nisu uključeni razvojni stadiji

4.4.3. Konstantnost vrsta²

Tijekom faze izolacije Sakadaškog jezera unutar skupne kolnjaka *Anuraeopsis fissa*, *Brachionus angularis*, *Keratella cochlearis* var. *tecta*, *Polyarthra vulgaris* i *Trichocerca inermis* bile su eukonstantne vrste u oba sloja vode. U ovoj je fazi zabilježeno 53 akcidentalne vrste kolnjaka.

U fazi protočnog pulsa eukonstantne vrste kolnjaka bile su također *B. angularis*, *K. cochlearis* var. *tecta*, *K. cochlearis cochlearis*., *P. vulgaris* te *Asplanchna priodonta* u površinskom sloju, dok su u pridnenom sloju eukonstantne bile samo *K. cochlearis* var. *tecta*, *K. cochlearis cochlearis* te *P. vulgaris*. U fazi protočnog pulsa zabilježeno je 46 akcidentalnih vrsta kolnjaka.

Eukonstantne vrste kolnjaka u fazi poplave nisu se razlikovale od prve dvije navedene faze. Tijekom poplavnih razdoblja zabilježen je najveći broj akcidentalnih vrsta kolnjaka, njih 58.

U skupini rašljoticalaca tijekom faze izolacije *B. longirostris* je bila jedina zabilježena eukonstantna vrsta dok je među veslonošcima samo vrsta *Thermocyclops crassus* bila konstantna. *Chydorus sphaericus*, *Moina brachiata*, *Daphnia curvirostris* i *Cyclops vicinus* bili su akcesorne vrste. U ovoj fazi zabilježeno je 6 akcidentalnih vrsta planktonskih rakova.

U fazi protočnog pulsa u oba sloja vode eukonstantna je bila samo vrsta *B. longirostris* dok je vrsta *Thermocyclops crassus* bila konstantna. U ovoj fazi zabilježeno je 5 akcidentalnih vrsta planktonskih rakova.

Tijekom faze poplavnog pulsa u površinskom sloju vode zabilježena je jedna eukonstantna vrsta, ponovno *B. longirostris*, dok je u pridnenom sloju vode to bio i *C. sphaericus*. Konstantne vrste u ovoj fazi bile su *D. longispina* u površinskom te *C. vicinus* i *T. crassus* u pridnenom sloju vode. Akcidentalnih vrsta u ovoj je fazi bilo 18.

² U analizu konstantnosti nisu uključeni razvojni stadiji

4.4.4. Hranidbene skupine

Među kolnjacima u površinskom sloju vode za vrijeme izolacije jezera najzastupljeniji su prema udjelu biomase u uzorku bili predstavnici hranidbenih tipova A1, A2, B5 te B6. U pridnenom sloju vode utvrđena je dominantnost predstavnika skupine B5. Najznačajniji zabilježeni predstavnici navedenih skupina bili su rodovi *Keratella*, *Brachionus*, *Polyarthra* i *Synchaeta*.

Između površinskog i pridnenog sloja vode veće razlike u udjelu biomase dominantnih hranidbenih tipova tijekom faze protočnog pulsa nije bilo. Značajni hranidbeni tipovi ove skupine bili su A2 i B5. Predstavnici ovih skupina pripadaju rodovima *Brachionus* i *Synchaeta*.

Značajnije povećanje udjela skupine A1, poglavito roda *Keratella*, zabilježeno je u pridnenom sloju poplavne faze. U ovoj su fazi dominantno bili zastupljeni predstavnici skupina A2 i B6, odnosno rodovi *Brachionus* i *Polyarthra*.

U uzorcima svih faza veliki udio u ukupnoj biomasi uzorka ima vrsta *Asplanchna priodonta* koja ima znatno veću prosječnu biomasu naspram drugih predstavnika kolnjaka, a pripada skupini C. Važno je napomenuti da je udio ove vrste u ukupnom broju jedinki imao znatno manju dominantnost.

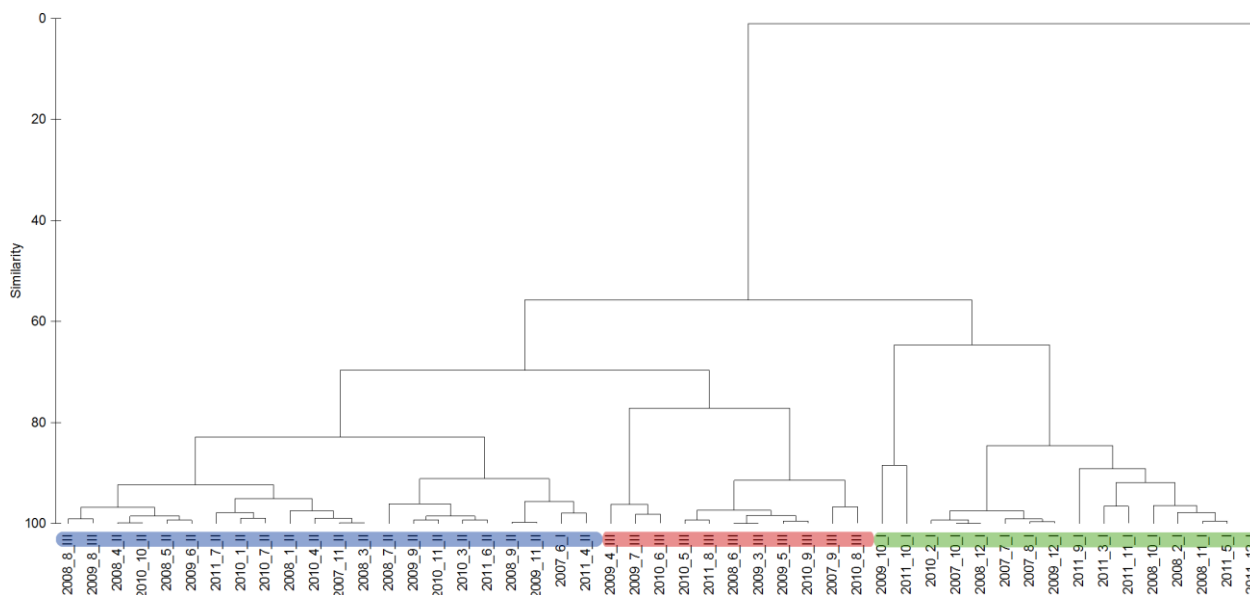
Prema udjelu jedinki u ukupnoj brojnosti, najznačajniji su bili predstavnici skupine A1 te A2 tijekom svih faza, a najmanje zastupljeni bili su predstavnici hranidbenih skupina B7 i C.

Među skupinom planktonskih rakova tijekom faze izolacije najzastupljeniji su bili makrofiltratori, dok je u fazama protočnog te poplavnog pulsa zabilježen porast biomase i neefikasnih mikrofiltratora.

4.5. Statistička obrada podataka

4.5.1. Podjela hidroloških faza

Hijerarhijskom klaster analizom (sl. 27) potvrđena je podjela uzoraka na hidrološke faze odnosno fazu izolacije, fazu protočnog te fazu poplavnog pulsa određenog prema srednjem vodostaju 7 dana prije uzorkovanja.



Slika 27. Razdioba hidroloških faza prema hijerarhijskoj klaster analizi. Arapski brojevi označavaju mjesec i godinu uzorkovanja, dok su rimskim brojevima označene hidrološke faze definirane prema srednjem vodostaju 7 dana prije uzorkovanja. I- faza izolacije, II - faza protočnog pulsa, III - faza poplavnog pulsa.

Prema navedenoj analizi kao poseban uzorak odvaja se prosinac 2011. godine iz razloga što su tijekom tog mjeseca vrijednosti vodostaja Dunava bile negativne, što je jedino takvo zabilježeno razdoblje tijekom cijelog istraživanja. Također, prema istoj analizi mjeseci lipanj u 2007. godini te kolovoz u 2008. i 2009. godini smješteni su u fazu protočnog pulsa dok su prema podjeli na temelju srednje vrijednosti vodostaja isti smješteni u fazu izolacije odnosno fazu poplavnog pulsa. Važno je napomenuti da su sva tri mjeseca imala vrijednosti koje se nalaze na prijelazu hidroloških faza te su odstupale 3 odnosno 4 cm od graničnih vrijednosti hidroloških faza koje su se i definiraju u rasponu od ± 5 cm.

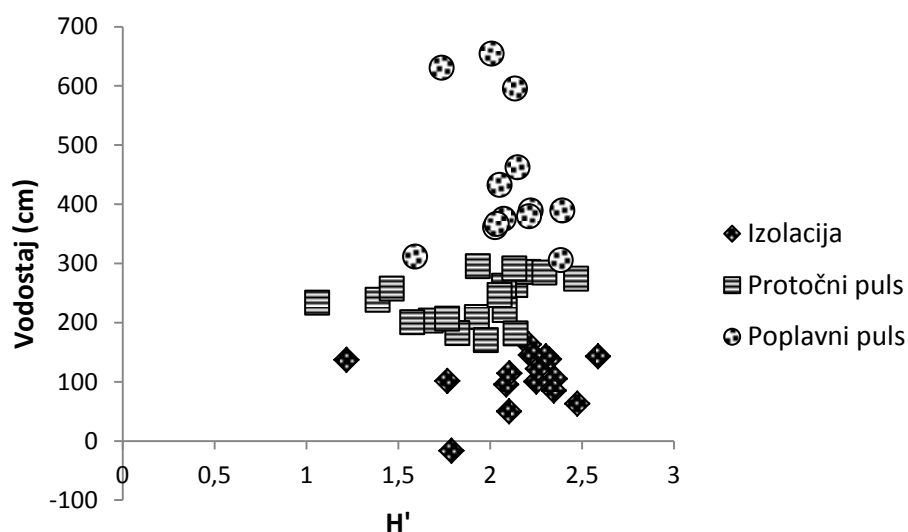
4.5.2. Indeksi raznolikosti

Shannon-Weaver-ov indeks

Tijekom faze izolacije minimalna vrijednost Shannon-Weaver-ovog indeksa zabilježena je u prosincu 2009. te je iznosila 1,22. Maksimalna vrijednost od 2,59 zabilježena je u listopadu 2007. godine. Srednja vrijednost ovog indeksa u fazi izolacije iznosila je 2,16.

U fazi protočnoga pulsa granične vrijednosti bile su 1,06 i 2,47 zabilježene u srpnju 2010. i siječnju 2008. dok je srednja vrijednost iznosila 1,91.

Za vrijeme faze poplave najniža zabilježena vrijednost iznosila je 1,59 u kolovozu 2009., a najviša vrijednost bila je 2,39, utvrđena u ožujku 2009. Srednja vrijednost Shannon-Weaver-ovog indeksa u fazi poplave bila je 2,08 (sl. 28).



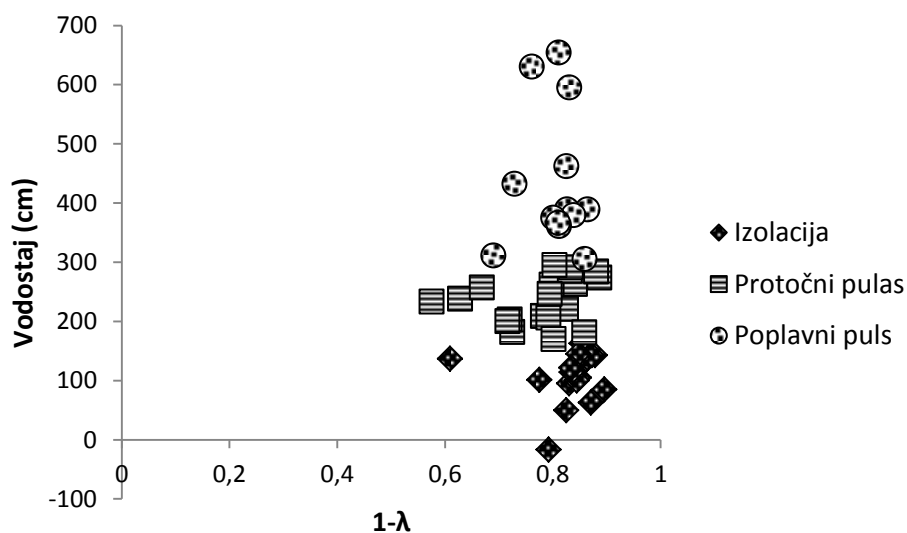
Slika 28. Promjena Shannon-Weaver-ovog indeksa (H') tijekom istraživanih razdoblja po hidrološkim fazama.

Simpson-ov indeks

U fazi izolacije najmanja zabilježena vrijednost Simpson-ovog indeksa iznosila je 0,61 u prosincu 2009., a najviša 0,90 utvrđena je u rujnu 2011. godine. Srednja vrijednost Simpson-ovog indeksa u ovoj fazi iznosila je 0,83.

Tijekom faze protočnog pulsa minimalna vrijednost zabilježena je u srpnju 2010. te je iznosila 0,58. Gornja granična vrijednost ovog indeksa zabilježena je u siječnju 2008. te je iznosila 0,89. Utvrđena je srednja vrijednost od 0,78.

Fazu poplave karakterizirale su granične vrijednosti od 0,69 i 0,86 utvrđenih u kolovozu 2009. te ožujku iste godine. Srednja vrijednost Simpson-ovog indeksa iznosila je 0,80 (sl. 29).



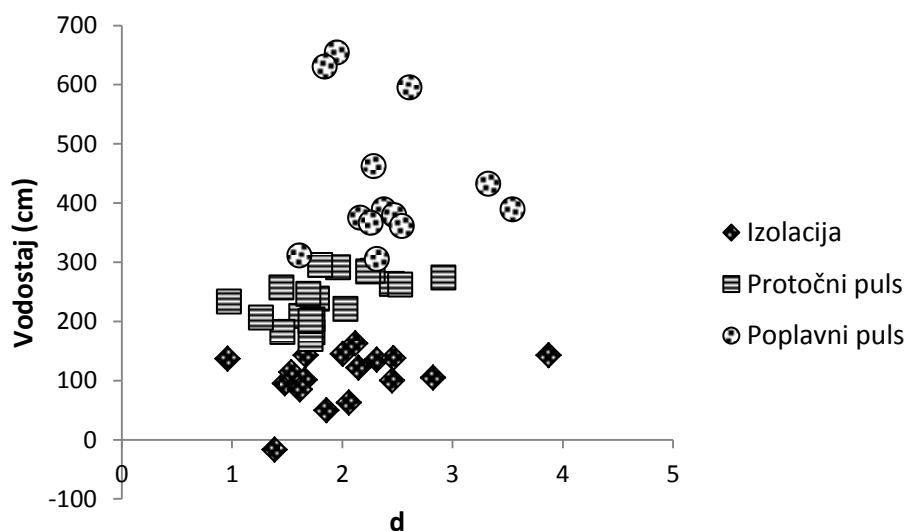
Slika 29. Promjena Simpson-ovog indeksa ($1-\lambda$) tijekom istraživanih razdoblja po hidrološkim fazama.

Margalef-ov indeks

Tijekom faze izolacije najmanja utvrđena vrijednost Margalef-ovog indeksa iznosila je 0,96 u prosincu 2009. Gornja granična vrijednost utvrđena je u listopadu 2007. te je iznosila 3,87. Srednja vrijednost navedenog indeksa tijekom faze izolacije bila je 2,03.

Za vrijeme protočnog pulsa minimalna vrijednost bila je 0,98, dok je maksimalna iznosila 2,92. Granične vrijednosti utvrđene su u srpnju 2010. i siječnju 2008. Srednja vrijednost Margalef-ovog indeksa u ovoj fazi iznosila je 1,86.

Tijekom poplavnog pulsa minimalna vrijednost iznosila je 1,61 te je zabilježena u kolovozu 2009. Maksimalna vrijednost utvrđena je u lipnju 2008. te je iznosila 3,55. Srednja vrijednost tijekom faze poplave iznosila je 2,41 (sl. 30).



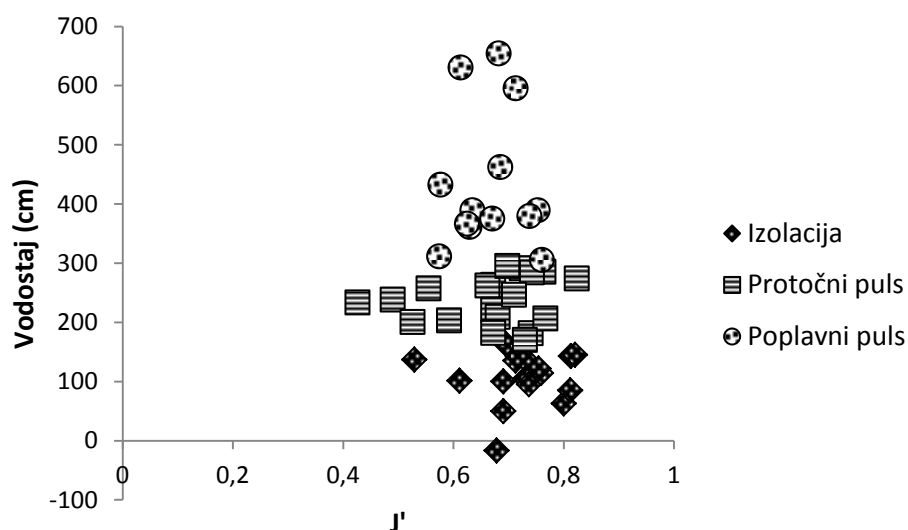
Slika 30. Promjena Margalef-ovog indeksa (d) tijekom istraživnog razdoblja po hidrološkim fazama.

Pielou-ov indeks

U vrijeme faze izolacije utvrđene su granične vrijednosti Pielou-ovog indeksa od 0,53 i 0,82 zabilježenih u prosincu 2009. te veljači 2010. Srednja vrijednost navedenog indeksa tijekom faze izolacije iznosila je 0,72.

Tijekom faze protočnog pulsa minimalna utvrđena vrijednost iznosila je 0,43 u srpnju 2010., dok je maksimalna iznosila 0,82, a zabilježena je u siječnju 2008. Srednja vrijednost ovog indeksa tijekom faze protočnog pulsa iznosila je 0,67.

Tijekom poplavne faze minimalna utvrđena vrijednost bila je 0,57 u kolovozu 2009., dok je maksimalna zabilježena iznosila 0,76 u kolovozu 2008. Srednja vrijednost Pielou-ovog indeksa iznosila je 0,67 (sl. 31).



Slika 31. Promjena Pielou-ovog indeksa (J') tijekom istraživnog razdoblja po hidrološkim fazama.

4.5.3. SIMPER analiza

SIMPER analiza je provedena na temelju biomase ukupnog metazooplanktona odnosno predstavnika kolnjaka, veslonožaca i rašljoticalaca koji su činili više od 1% ukupne biomase uzorka.

SIMPER analizom utvrđene su male prosječne sličnosti među mjesecima unutar zadanih hidroloških faza. Postotak sličnosti u površinskom sloju vode kretao se od 18,34 % do 26,83 % (tabl. 2), dok su u pridnenim slojevima vrijednosti bile od 18,51% do 26,53% (tabl. 2). Istom analizom utvrđene su velike različitosti među analiziranim hidrološkim fazama te se postotak različitosti istih kretao od 78,62% do 81,15 % u površinskom sloju vode (tabl. 3) dok su u pridnenom sloju utvrđene različitosti od 78,13% do 81,37% (tabl. 3).

Iako su prosječne sličnosti unutar mjeseci i prosječne različitosti među hidrološkim fazama vrlo slične u površinskom i pridnenom sloju vode, skupine koje pridonose tim varijablama značajno su različite. U površinskom sloju vode kolnjaci su imali dominantnu ulogu u definiranju prosječne sličnosti i prosječne različitosti dok su u pridnenim slojevima utjecaj na iste preuzeli predstavnici planktonskih rakova, poglavito veslonošci.

Tablica 2. Rezultati SIMPER analize koji prikazuju prosječnu sličnost između mjeseci unutar hidroloških faza u površinskom i pridnenom sloju vode. U tablici su prikazane vrste čiji je postotak doprinosa prosječnoj sličnosti bio veći od 3%.

	Hidrološka faza	Izolacija	Protočni puls	Poplavni puls
Površinski sloj vode	Prosječna sličnost (%)	24,23	18,34	26,83
	Vrsta		doprinos (%)	
	<i>Polyarthra vulgaris</i>	15,71	14,80	
	<i>Asplanchna priodonta</i>	10,44	10,10	8,71
	<i>Keratella cochlearis</i> var. <i>tecta</i>	5,16	6,05	
	<i>Synchaeta tremula</i>	3,74		
	<i>Synchaeta pectinata</i>		3,98	13,61
	<i>Bosmina longirostris</i>			8,41
	Razvojni stadiji Copepoda:			
	Nauplii	51,87	20,93	51,80
	Ciklopodni kopepodit	4,45	7,02	9,27
Pridneni sloj vode	Prosječna sličnost (%)	26,53	18,51	18,52
	Vrsta		doprinos (%)	
	<i>Polyarthra vulgaris</i>	6,08	6,28	5,22
	<i>Asplanchna priodonta</i>	6,08		
	<i>Bosmina longirostris</i>			3,65
	<i>Cyclops vicinus</i>		8,60	
	<i>Thermocyclops crassus</i>			3,95
	Razvojni stadiji Copepoda:			
	Nauplii	72,94	56,46	61,90
	Ciklopodni kopepodit	5,21	18,74	15,90

Tablica 3. Rezultati SIMPER analize koji prikazuju prosječnu različitost između hidroloških faza u površinskom i pridnenom sloju vode. U tablici su prikazane vrste čiji je postotak doprinosa prosječnoj različitosti bio veći od 3%.

	Hidrološka faza	Izolacija – Protočni puls	Izolacija – Poplavni puls	Protočni puls - Poplavni puls
Površinski sloj vode	Prosječna različitost (%)	81,15	78,62	80,64
	Vrsta		doprinos (%)	
	<i>Polyarthra vulgaris</i>	4,65		
	<i>Asplanchna priodonta</i>	8,21	7,82	7,10
	<i>Synchaeta tremula</i>	3,52		
	<i>Synchaeta pectinata</i>	12,31	22,01	26,96
	<i>Brachionus forficula forficula</i>	3,55	3,50	3,80
	<i>Bosmina longirostris</i>		8,16	9,52
	<i>Daphnia longispina</i>	3,62		3,45
	Razvojni stadiji Copepoda:			
	Nauplii		31,18	22,24
	Ciklopodni kopepodit	6,05	7,98	7,60
Pridneni sloj vode	Prosječna različitost (%)	79,34	78,13	81,37
	Vrsta		doprinos (%)	
	<i>Polyarthra vulgaris</i>	4,14		
	<i>Asplanchna priodonta</i>	8,38	7,17	3,14
	<i>Synchaeta pectinata</i>	12,19	6,73	10,34
	<i>Brachionus forficula forficula</i>	3,74		
	<i>Bosmina longirostris</i>		4,63	5,84
	<i>Thermocyclops crassus</i>			3,27
	<i>Cyclops vicinus</i>	13,76	13,39	14,23
	<i>Cyclops strenuus</i>	3,78		
	<i>Megacyclops gigas</i>		11,14	11,30
	<i>Eurythemora velox</i>			3,66
	Razvojni stadiji Copepoda:			
	Nauplii	35,79	28,68	27,99
	Ciklopodni kopepodit	5,62	10,94	12,57

4.5.4. Analiza sličnosti (ANOSIM)

U analizi sličnosti (ANOSIM) između hidroloških faza na temelju biomase ukupnog metazooplanktona u površinskom sloju vode zabilježen je ukupni $R = 0,233$. Utvrđene su razlike između sve tri hidrološke faze odnosno faze izolacije i protočnog pulsa ($R = 0,219$; $p < 0,005$), faze izolacije i poplavnog pulsa ($R = 0,219$; $p < 0,005$) te između faza protočnog i poplavnog pulsa ($R = 0,2$; $p < 0,005$).

U pridnenom sloju vode utvrđen je ukupni $R = 0,11$. Značajne razlike utvrđene su između faze izolacije i protočnog pulsa ($R = 0,149$, $p < 0,005$) te između faze izolacije i poplavnog pulsa ($R = 0,108$, $p < 0,005$). Između protočnog i poplavnog pulsa nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Različitosti između površinskog i pridnenog sloja vode unutar svake istraživane hidrološke faze na temelju biomase ukupnog metazooplanktona uočene su u fazi izolacije ($R = 0,186$; $p < 0,005$) te unutar faze protočnog pulsa ($R = 0,112$, $p < 0,005$). Statistički značajne razlike između površinskog i pridnenog sloja unutar faze poplavnog pulsa nisu utvrđene.

Analizom okolišnih varijabli između hidroloških faza u površinskom sloju vode zabilježen je ukupni $R = 0,301$. Utvrđena je razlika između sve tri hidrološke faze, odnosno između faze izolacije i protočnog pulsa ($R = 0,507$, $p < 0,005$), faze izolacije i poplavnog pulsa ($R = 0,099$, $p < 0,05$) te faza protočnog i poplavnog pulsa ($R = 0,368$, $p < 0,005$).

Ista analiza utvrdila je ukupni $R = 0,189$ u pridnenom sloju gdje su utvrđene statistički značajne razlike između svih faza sa $R = 0,248$, $p < 0,005$ za fazu izolacije i protočnog pulsa, sa $R = 0,127$, $p < 0,005$ za fazu izolacije i poplavnog pulsa te $R = 0,221$, $p < 0,005$ za fazu protočnog i poplavnog pulsa.

Unutar svake hidrološke faze analizirane su razlike okolišnih čimbenika između površinskog i pridnenog sloja vode. U fazi hidrološke izolacije nisu utvrđene statistički značajne razlike između površinskog i pridnenog sloja vode. Statistički značajne razlike utvrđene su u fazi protočnog pulsa ($R = 0,267$, $p < 0,005$) kao i u fazi poplavnog pulsa ($R = 0,294$, $p < 0,005$).

4.5.5. Koeficijenti korelacije

U izračunu koeficijenata korelacije analizirani su okolišni čimbenici i vrijednosti brojnosti i biomase ukupnog metazooplanktona u svim hidrološkim fazama u površinskom i

pridnenom sloju vode. U tablicama su označeni samo statistički značajni koeficijenti korelacije, a varijable su smatrane značajnima kada je $p < 0,05$.

Broj jedinki u fazi izolacije u površinskom sloju vode značajno je korelirao s koncentracijom klorofila *a* te s vrijednostima prozirnosti, temperaturom vode i biomasom (tabl. 4). Statistički značajan koeficijent korelacije između broja jedinki i biomase zabilježen je i u pridnenom sloju vode (tabl. 5) što nije utvrđeno u drugim hidrološkim fazama. U pridnenom sloju vode, statistički je značajna i korelacija koncentracije klorofila *a* i biomase odnosno broja jedinki ukupnog metazooplanktona.

Za vrijeme protočnog pulsa u površinskom sloju vode statistički značajne koeficijente korelacije broj jedinki imao je s koncentracijom klorofila *a*, ali i s električnom provodljivošću te s koncentracijom ukupnog i organskog dušika te temperaturom vode (tabl. 6). Biomasa jedinki je u pridnenom sloju vode tijekom iste faze značajno korelirala s vrijednostima prozirnosti (tabl. 7).

U vrijeme faze poplavnog pulsa, u površinskom sloju vode, s brojem jedinki ili biomasom istih ne postoje statistički značajne korelacije (tabl. 8) dok broj jedinki u pridnenom sloju značajno korelira s dubinom (tabl. 9).

Cilj druge provedene analize koeficijenata korelacije bio je utvrditi utjecaj odnosa predator-plijen odnosno zavisnost određenih varijabli: biomase kolnjaka i koncentracije klorofila *a*, biomase rašljoticalaca i koncentracije klorofila *a* te biomase ciklopodnih veslonožaca i biomase kolnjaka.

Statistički značajne korelacije između biomase kolnjaka i koncentracije klorofila *a* zabilježene su samo tijekom faze izolacije u površinskom sloju ($r = 0,4808$, $p < 0,05$) te tijekom faze protočnog pulsa u pridnenom sloju vode ($r = 0,5822$, $p < 0,05$).

U odnosu biomase rašljoticalaca i koncentracije klorofila *a* kao i u odnosu biomase kolnjaka i veslonožaca nisu zabilježene statistički značajne korelacije niti u jednoj fazi.

Tablica 4. Statistički značajni koeficijenti korelacije u fazi izolacije u površinskom sloju vode.

	Dubina	Prozirnost	t _{vode}	DO	DO%	pH	El.prov.	Chl a	NO ₃	TN	TP	Vodostaj	Brojnost	Biomasa
Dubina	1,0000													
Prozirnost	0,5969**	1,0000												
t _{vode}	-0,529*	-0,7566	1,0000											
DO	0,5223*	0,5058*	-0,4582	1,0000										
DO%	0,2618	0,1183	0,0765	0,8412***	1,0000									
pH	-0,0808	-0,0534	0,3336	0,3322	0,5608*	1,0000								
El. prov.	0,478	0,3934	-0,4312	0,5208*	0,3123	-0,241	1,0000							
Chl a	-0,4159	0,7661***	0,4059	-0,5362*	-0,3718	-0,158	-0,4732	1,0000						
NH ₄	0,3577	0,0883	-0,2951	-0,1036	-0,2603	0,5285*	-0,03	0,2149						
NO ₂	0,2417	0,1315	0,2735	-0,025	0,1321	0,0636	0,2633	-0,3015						
NO ₃	0,2275	0,6041**	-0,4089	0,2151	-0,0134	0,127	-0,2319	-0,3316	1,0000					
Org N	-0,3915	-0,419	0,1989	-0,0819	0,0542	-0,0299	-0,1713	0,2761	-0,1539					
TN	0,1343	0,3443	-0,323	0,1078	-0,0591	-0,0647	-0,2613	-0,1008	0,7964***	1,0000				
TP	-0,0711	-0,2807	-0,0028	-0,5278*	0,6226**	-0,3821	-0,0987	0,4319	-0,2772	-0,1771	1,0000			
Vodostaj	-0,1995	-0,2457	0,189	0,0414	0,1882	-0,0334	0,2176	-0,1519	-0,6924**	0,5876*	-0,1395	1,0000		
Brojnost	-0,0715	-0,562*	0,5897*	-0,4728	-0,1818	-0,1126	-0,25	0,5156*	-0,196	0,0376	0,1644	-0,1598	1,0000	
Biomasa	-0,5805*	0,7591***	0,8453***	-0,4262	0,0247	0,241	0,5674*	0,4901*	-0,2418	-0,0687	-0,0785	0,1228	0,6648	,00001

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

Tablica 5. Statistički značajni koeficijenti korelacije u fazi izolacije u pridnom sloju vode.

	Dubina	Prozirnost	t _{vode}	DO	DO%	pH	Chl a	NH ₄	NO ₃	Org N	TN	Brojnost	Biomasa
Dubina	1,0000												
Prozirnost	0,5969*	1,0000											
t _{vode}	-0,5862*	-0,8154***	1,0000										
DO	0,6361**	0,7862***	-0,8455***	1,0000									
DO%	0,6193**	0,6879**	-0,7325***	0,9767***	1,0000								
pH	0,3432	0,4073	-0,5357*	0,7792***	0,8288***	1,0000							
El. prov.	0,3222	0,1791	-0,4482	0,0956	-0,0286	-0,2302							
Chl a	-0,2932	-0,4767	0,4217	-0,2252	-0,0760	0,2355	1,0000						
NH ₄	0,1181	-0,1844	0,3346	-0,4369	-0,4587	-0,6401**	-0,2844	1,0000					
NO ₂	-0,0289	-0,2248	0,3491	-0,1932	-0,1296	-0,3306	0,1539	0,5945*					
NO ₃	0,2563	0,6081**	-0,3981	0,4870*	0,4428	0,4826*	-0,1990	-0,1196	1,0000				
Org N	-0,3981	-0,5745*	0,5925*	-0,7297***	-0,7386***	-0,5774*	-0,1209	0,4547	-0,3023	1,0000			
TN	-0,0103	-0,2037	0,3888	-0,4950*	-0,5278*	-0,5798*	-0,3220	0,9058***	0,0885	0,6824**	1,0000		
TP	0,0553	-0,2443	0,3437	-0,5072*	-0,5393*	-0,6045**	-0,3022	0,8692***	-0,1078	0,5290*	0,8426***		
Vodostaj	-0,1995	-0,2457	0,0842	-0,1249	-0,1258	-0,2001	-0,0171	-0,1569	-0,6683**	0,2282	-0,2258		
Brojnost	0,0426	-0,4369	0,3965	-0,2867	-0,1662	0,0301	0,5286*	0,0047	-0,2034	0,2303	0,0420	1,0000	
Biomasa	-0,0135	-0,4211	0,3203	-0,1677	-0,0439	0,1450	0,5137*	-0,1586	-0,2420	0,0579	-0,1671	0,9315***	1,0000

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

Tablica 6. Statistički značajni koeficijenti korelacije u fazi protočnog pulsa u površinskom sloju vode.

	Dubina	Prozirnost	t _{vode}	DO	DO%	El. prov.	Chl a	NO ₃	Org N	TN	Vodostaj	Brojnost	Biomasa
Dubina	1,0000												
Prozirnost	-,0854	1,0000											
t _{vode}	,4098	-,3199	1,0000										
DO	-,1706	-,2790	-,2471	1,0000									
DO%	,0982	-,05044*	,4563*	,7415***	1,0000								
pH	,1671	-,4631*	,5096*	,4609*	,8194***								
El. prov.	-,1497	,1271	-,6493**	,4252	-,0790	1,0000							
Chl a	,0709	-,5820**	,3968	-,0323	,2419	-,3585	1,0000						
NH ₄	,0023	,0141	-,1873	-,3264	-,3865	-,1997	,0005						
NO ₂	-,3181	,1902	-,5515*	,0667	-,3160	,1570	-,0916						
NO ₃	-,0308	,4340	-,2928	-,2634	-,4722*	-,1722	-,2780	1,0000					
Org N	,0812	-,2080	,2403	,0575	,1759	-,0893	,5808**	,0356	1,0000				
TN	,0689	-,0746	,1075	-,0808	-,0396	-,1702	,4745*	,3187	,9365***	1,0000			
TP	-,2934	,0850	-,1861	,1346	-,0332	,1604	,1985	-,0430	,0744	,0508			
Vodostaj	,3318	,6163**	-,0751	-,2612	-,3222	,0639	-,4399	,4569*	-,1572	-,0843	1,0000		
Brojnost	,1201	-,3780	,5918**	-,1395	,2904	-,5554*	,7286***	-,1002	,5397*	,4990*	-,2564	1,0000	
Biomasa	,0324	,2891	,2712	,1170	,3057	-,0564	-,0746	-,3817	,0968	-,0154	,0918	,1017	1,0000

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

Tablica 7. Statistički značajni koeficijenti korelacije u fazi protočnog pulsa u pridnenom sloju vode.

	Dubina	Prozirnost	t _{vode}	DO	DO%	pH	El. prov.	Chl a	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Org N	TN
Dubina	1,0000												
Prozirnost	-,0854	1,0000											
t _{vode}	,3982	-,4950*	1,0000										
DO	-,2691	,3427	-,7666***	1,0000									
DO%	-,1449	,0754	-,2981	,7407***	1,0000								
pH	-,0776	,2676	-,6968***	,6969***	,3320	1,0000							
El. prov.	-,1414	-,0368	-,3510	,1503	-,1464	,3692	1,0000						
Chl a	-,2155	-,2816	,4466	-,1603	,2025	-,5765**	-,3865	1,0000					
NH ₄	,0268	-,3395	,6727**	-,6954***	-,4572*	-,7683***	-,0545	,4789*	1,0000				
NO ₂	,0263	-,1993	,4047	-,1963	,4751*	-,4507	-,4661*	,4408	,2029	1,0000			
NO ₃	-,1489	,4555*	-,3713	,4371	,3193	,2412	-,5133*	-,2107	-,4354	,0734	1,0000		
Org N	-,0130	-,1716	,3325	-,4462	-,5161*	-,3754	,1901	,2804	,6382**	-,2457	-,4631*	1,0000	
TN	,0029	-,2860	,6110**	-,6590**	-,4961*	-,7122***	-,0275	,4626*	,9613***	,0964	-,4139	,8155***	1,0000
TP	-,0805	-,3178	,6012**	-,4565*	-,0422	-,6477**	-,2072	,6359**	,7846***	,5078*	-,2789	,3639	,7177***
Vodostaj	,3318	,6163**	-,1738	,0854	-,0539	,2036	-,0417	-,4387	-,4031	-,1279	,3958	-,1565	-,3310
Brojnost	-,0933	,0323	,3094	-,1579	-,1734	-,3419	-,2364	,5987**	,4268	-,1333	-,1364	,5048*	,4980*
Biomasa	,1182	,5277*	-,1046	-,0039	-,1246	,1994	,2561	-,0709	-,0510	-,1995	-,2011	,1749	,0054

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

Tablica 8. Statistički značajni koeficijenti korelacije u fazi poplavnog pulsa u površinskom sloju vode.

	Dubina	Prozirnost	t _{vode}	DO	DO%	pH	NH ₄	NO ₂	NO ₃	TP	Vodostaj	Brojnost	Biomasa
Dubina	1,0000												
Prozirnost	,3741	1,0000											
t _{vode}	,3354	-,1734	1,0000										
DO	,4044	-,1353	,1309	1,0000									
DO%	,4495	-,1666	,3863	,9626**	1,0000								
pH	,3795	-,2524	,4444	,7393**	,8293***	1,0000							
El. prov.	,0755	,1232	-,6643*	-,0028	-,2061	-,3751							
Chl a	-,0463	-,6258*	,2005	,5633*	,5810*	,5896*							
NH ₄	,0462	-,0165	,0619	,2950	,3074	,3647	1,0000						
NO ₂	,3073	,2995	,1303	,6499*	,6670*	,5667*	,6194*	1,0000					
NO ₃	,3891	,6214*	-,4750	,3057	,1510	-,0220	-,2780	,2277	1,0000				
Org N	-,0333	-,4653	-,0073	,0895	,0518	,0564	,2390	-,2574	-,3214				
TN	,3960	,3888	-,4895	,4221	,2416	,0693	-,0165	,2001	,8287***				
TP	-,0195	-,3597	-,4422	-,1727	-,2941	-,1078	-,2106	-,5200	,0759	1,0000			
Vodostaj	,6648*	,6762*	,1877	,1921	,2492	,2046	,1088	,5578*	,3984	-,4639	1,0000		
Brojnost	-,5364	-,3679	-,0392	,0604	,0689	,2151	,5338	,3349	-,2961	-,0926	-,2928	1,0000	
Biomasa	-,3358	,0225	-,0014	-,2106	-,1755	-,2115	-,2962	,0810	,0199	-,3451	,2418	,3551	1,0000

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

Tablica 9. Statistički značajni koeficijenti korelacije u fazi poplavnog pulsa u pridnom sloju vode.

	Dubina	Prozirnost	DO	El. prov.	Chl a	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Org N	TN	TP	Vodostaj	Biomasa
Dubina	1,0000												
Prozirnost	,3741	1,0000											
t _{vode}	,0051	-,2165											
DO	,0036	,1567	1,0000										
DO%	,0034	,0813	,9405***										
pH	-,2389	-,5009	-,1121										
El. prov.	,0716	-,3827	-,1367	1,0000									
Chl a	-,1701	-,5852*	-,1288	,8472***	1,0000								
NH ₄	-,1164	-,5041	,0107	,2916	,4919	1,0000							
NO ₂	,5589*	,3931	,0133	-,5480	-,5829*	-,2864	1,0000						
NO ₃	-,0563	,7030**	,1373	-,4987	-,6403*	-,5965*	,3941	1,0000					
Org N	-,1681	-,4011	-,1901	,5595*	,6586*	,7901**	-,3735	-,5077	1,0000				
TN	-,1710	-,3930	-,0785	,3979	,5454	,9275***	-,3025	-,4535	,9427***	1,0000			
TP	-,1454	-,4988	,1332	,3924	,6044*	,8744***	-,4155	-,6823**	,6924**	,7810**	1,0000		
Vodostaj	,6648*	,6762*	-,2117	-,4963	-,6353*	-,5366	,7497**	,4144	-,4700	-,5025	-,6222*	1,0000	
Brojnost	-,6980**	-,0025	-,2584	-,0696	-,0250	-,2358	-,3913	,0735	,0694	-,0869	-,0926	-,1990	
Biomasa	-,1346	,3102	-,0451	,0657	,1202	-,3677	-,2165	,2470	-,0715	-,2115	-,0233	,0932	1,0000

* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

4.5.6. Redundantna analiza (RDA)

Utjecaja ekoloških čimbenika na strukturu metazooplanktona prikazan je redundantnom analizom. Za analizu su korišteni odabrani fizikalno kemijski parametri te biomasa ukupnog metazooplanktona, odnosno biomasa kolnjaka, veslonožaca i rašljoticalaca koji su bili zastupljeni s više od 1% ukupne biomase uzorka. Podatci su centrirani i standardizirani te su $\sqrt{}$ transformirani. Dijagrami su prikazani u obliku triplota.

U tablici 10. prikazani su rezultati redundantne analize za vlastite vrijednosti unutar svih zadanih hidroloških faza, kao i korelacije vrste i okoliša te kumulativni postotci varijance samih vrsta i kumulativni postotci varijanci vrste i okoliša.

Tablica 10. Sažeti prikaz rezultata redundantne analize korespondencije primijenjene za sve četiri osi

Osi	Vlastite vrijednosti	Korelacije vrsta-okoliš	Kumulativni postotak varijance vrsta	Kumulativni postotak varijance vrsta-okoliš
1.	0,045	0,608	4,5	23,6
2.	0,041	0,647	8,6	44,9
3.	0,022	0,546	10,7	56,3
4.	0,020	0,566	12,8	66,9

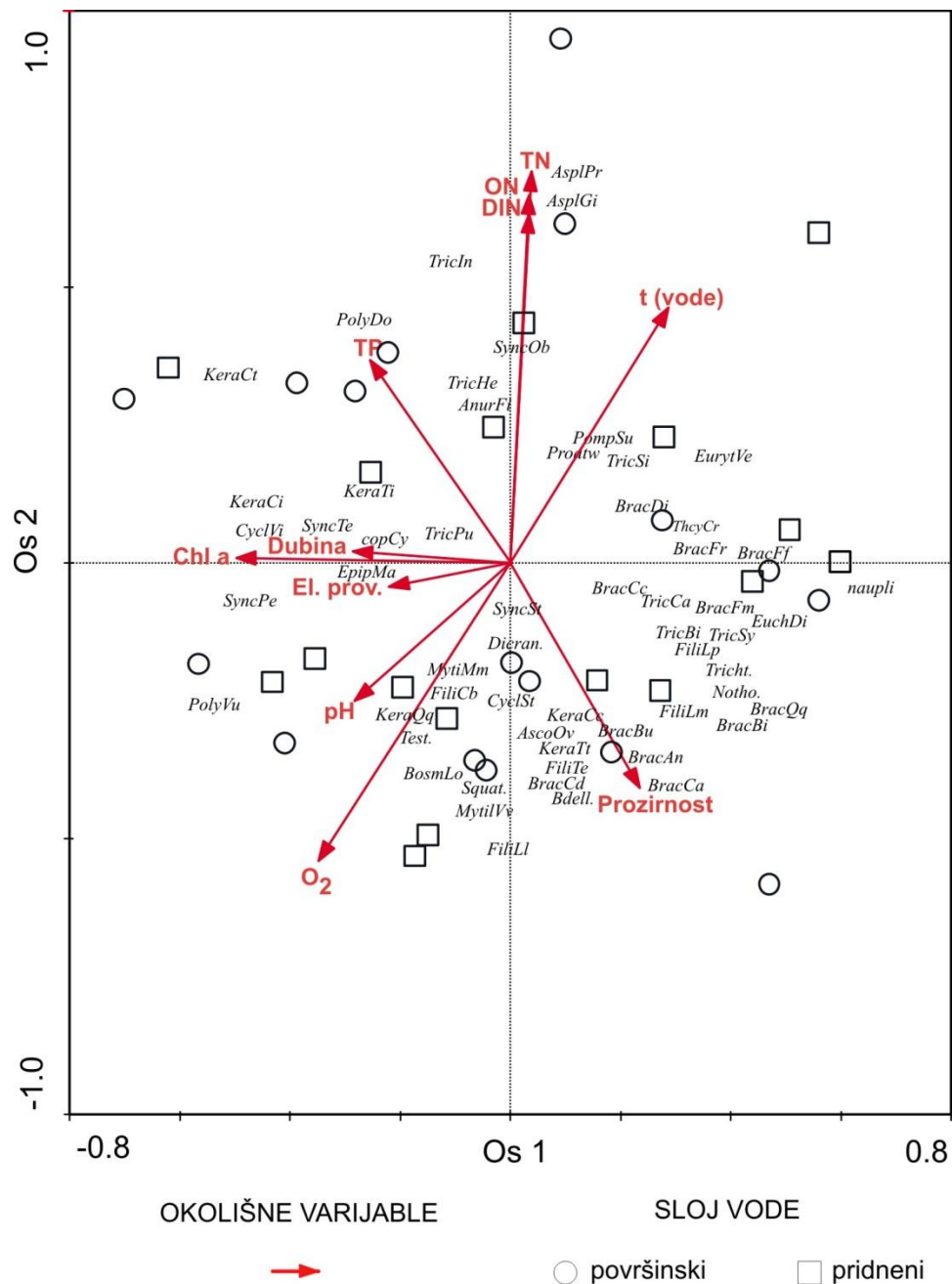
Prema slici 32. varijable koje najbolje opisuju fazu izolacije su koncentracija anorganskog i organskog dušika te koncentracija ukupnog dušika. U fazi protočnog pulsa značajne su varijable koncentracija otopljenog kisika, pH te električna provodljivost. Dubina je varijabla koja je signifikantna u fazi poplavnog pulsa, kao i koncentracija klorofila *a*.

Analizirajući zasebno svaku hidrološku fazu pokazalo se da su najznačajnije varijable u fazi izolacije bile koncentracije organskog i anorganskog dušika kao i koncentracija ukupnog dušika (sl. 33) U fazi protočnog pulsa statistički su najznačajnije bile vrijednosti električne provodljivosti i zasićenost kisikom (sl. 34). Poplavnu fazu karakterizirala je signifikantna korelacija s frakcijama dušika, ali i s električnom provodljivosti te dubinom (sl. 35).

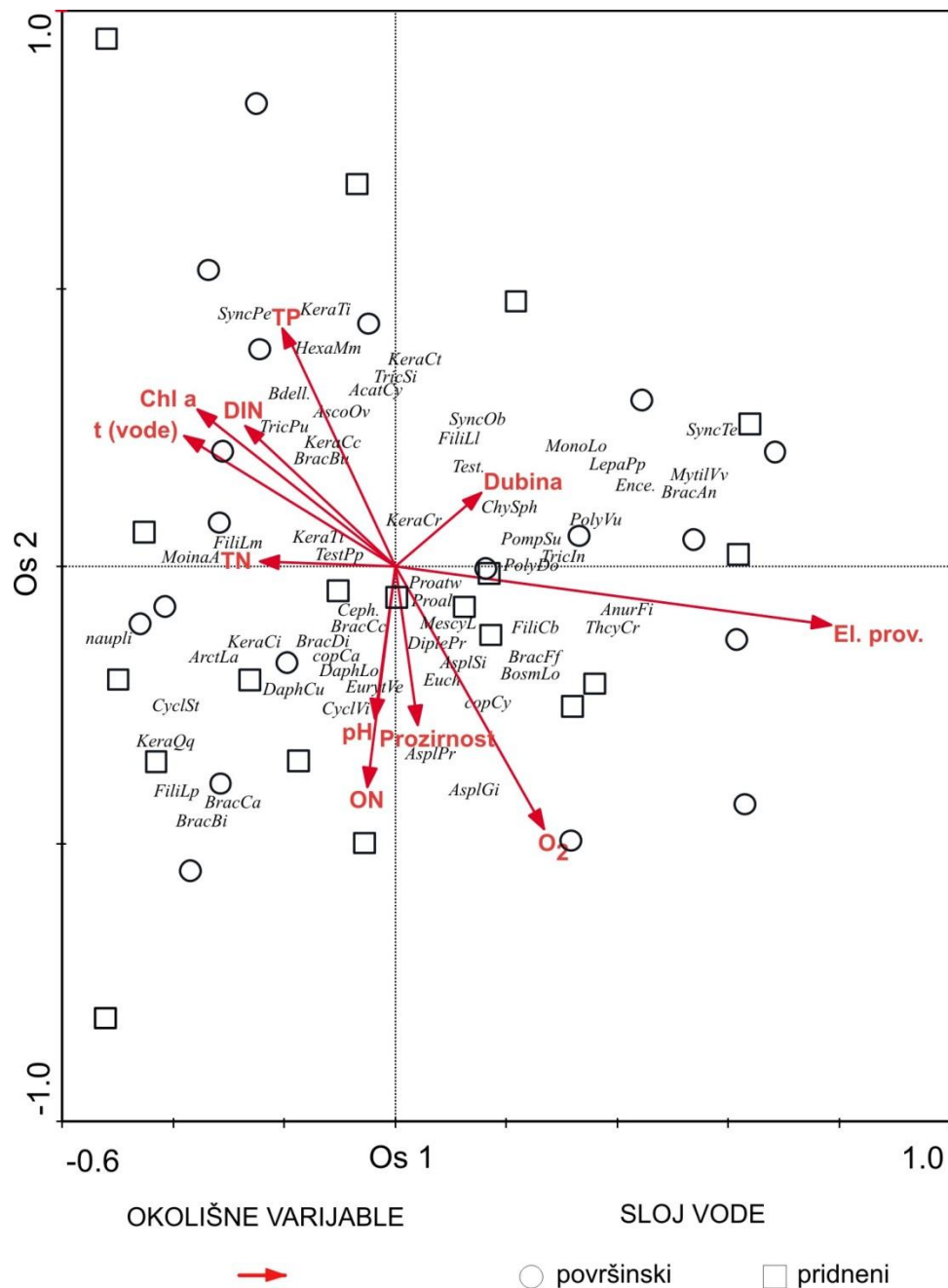
U tablici 11. nalaze se rezultati redundantne analize za vlastite vrijednosti unutar svake zadane hidrološke faze, kao i korelacije vrste i okoliša te kumulativni postotci varijance samih vrsta i kumulativni postotci varijanci vrste i okoliša.

Tablica 11. Sažeti prikaz rezultata redundantne analize korespondencije primijenjene za sve četiri osi.

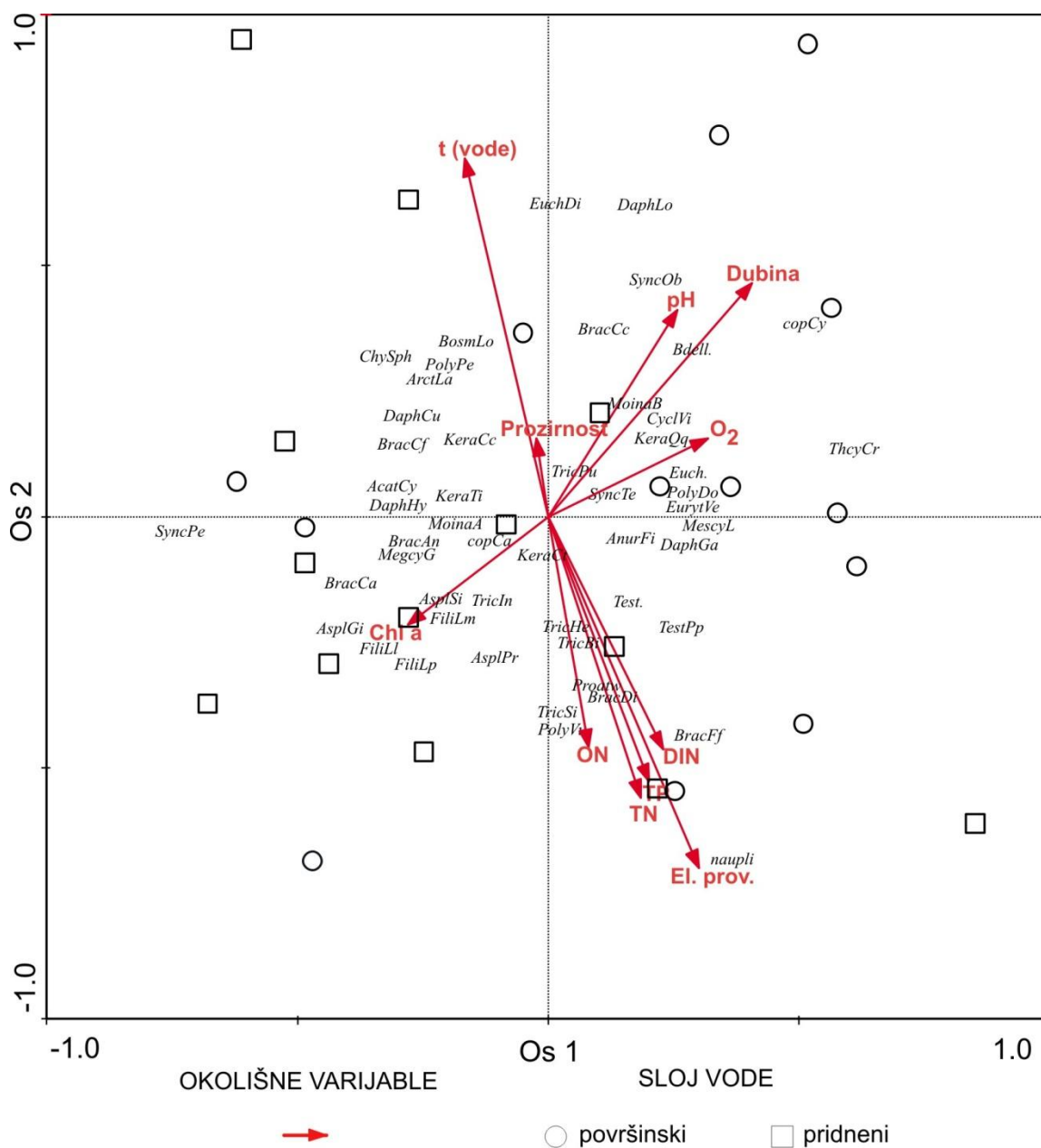
Hidrološka faza	Osi	Vlastite vrijednosti	Korelacije vrsta-okoliš	Kumulativni postotak varijance vrsta	Kumulativni postotak varijance vrsta-okoliš
Izolacija	1.	0,143	0,718	14,3	33,9
	2.	0,070	0,836	21,3	50,6
	3.	0,052	0,867	26,5	62,9
	4.	0,047	0,863	31,2	74,1
Protočni puls	1.	0,088	0,821	8,8	25,7
	2.	0,062	0,690	15,0	43,9
	3.	0,052	0,726	20,1	59,0
	4.	0,034	0,779	23,5	69,0
Poplavni puls	1.	0,157	0,873	15,7	31,1
	2.	0,093	0,903	25,0	49,5
	3.	0,062	0,805	31,2	61,7
	4.	0,048	0,821	35,9	71,2



Slika 33. Ordinacijski dijagram redundantne analize izrađen na temelju biomase ukupnog metazooplanktona i okolišnih čimbenika u fazi izolacije u površinskom i pridnenom sloju vode. Legenda oznaka vrsta nalazi se u tablici 12.



Slika 34. Ordinacijski dijagram redundantne analize izrađen na temelju biomase ukupnog metazooplanktona i okolišnih čimbenika u fazi protočnog pulsa u površinskom i pridnenom sloju vode. Legenda oznaka vrsta nalazi se u tablici 12.



Slika 35. Ordinacijski dijagram redundantne analize izrađen na temelju biomase ukupnog metazooplanktona i okolišnih čimbenika u fazi poplavnog pulsa u površinskom i pridnenom sloju vode. Legenda oznaka vrsta nalazi se u tablici 12.

Tablica 12. Legenda oznaka i imena vrsta korištenih u RDA analizi.

AcatCy	Acanthocyclops vernalis FISCHER	HexaMm	Hexarthra mira mira HUDSON
AnurFi	Anuraeopsis fissa GOSSE	copCa	kalanoidni kopepodit
ArctLa	Arctodiaptomus laticeps SARS	KeraCc	Keratella cochlearis cochlearis GOSSE
AscoOv	Ascomorpha ovalis BERG.	KeraCi	Keratella cochlearis var. irregularis LAUTERBORN
AsplGi	Asplanchna girodi DE GUERNE	KeraCr	Keratella cochlearis var. robusta LAUTERBORN
AsplPr	Asplanchna priodonta GOSSE	KeraCt	Keratella cochlearis var. tecta GOSSE
AsplSi	Asplanchna sieboldi LEYDIG	KeraQq	Keratella quadrata quadrata O. F. M.
Bdell.	Bdelloidea	KeraTt	Keratella testudo testudo EHRB.
BosmLo	Bosmina longirostris MÜLLER	KeraTi	Keratella ticinensis CALLERIO
BracAn	Brachionus angularis GOSSE	LepaPp	Lepadella patella patella O. F. M.
BracBi	Brachionus bidentata bidentata ANDERSON	MegcyG	Megacyclops gigas CLAUS
BracBu	Brachionus budapestinensis budapestinensis DADAY	MescyL	Mesocyclops leuckarti CLAUS
BracCa	Brachionus calyciflorus amphicercos EHRB.	MoinaA	Moina affinis BIRGE
BracCc	Brachionus calyciflorus calyciflorus PALLAS	MoinaB	Moina brachiata JURINE
BracCf	Brachionus calyciflorus f. anuraeiformis BREHM	MonoLo	Monommata longiseta O. F. M.
BracCd	Brachionus caudatus caudatus BARROIS & DADAY	MytiMm	Mytilina mucronata mucronata O. F. M.
BracDi	Brachionus diversicornis diversicornis DADAY	MytilVv	Mytilina ventralis ventralis EHRB.
BracFf	Brachionus forficula forficula WIERZEJSKI	naupli	nauplii
BracFm	Brachionus forficula minor VORONKOV	Notho.	Notholca sp.
BracFr	Brachionus forficula reducta GRESE	PolyDo	Polyarthra dolichoptera IDELS.
BracQq	Brachionus quadridentatus quadridentatus HERMANN	PolyVu	Polyarthra vulgaris CARLIN
Ceph.	Cephalodella sp.	PolyPe	Polyphemus pediculus MÜLLER
ChySph	Chydorus sphaericus MÜLLER	PompSu	Pompholyx sulcata GOSSE
copCy	ciklopodni kopepodit	Proal.	Proales sp.
CyclSt	Cyclops strenuus FISCHER	Proatw	Proalides tentaculatus f. wulferti SUDZUKI
CyclVi	Cyclops vicinus ULJANIN	Squat.	Squatinella sp.
DaphCu	Daphnia curvirostris EYLMANN	SyncOb	Synchaeta oblonga O. F. M.
DaphGa	Daphnia galeata SARS	SyncPe	Synchaeta pectinata EHRB.
DaphHy	Daphnia hyalina LEYDIG	SyncSt	Synchaeta stylata WIERZN.
DaphLo	Daphnia longispina MÜLLER	SyncTe	Synchaeta tremula O. F. M.
Dicran.	Dicranophorus sp.	TestPp	Testudinella patina patina HERMANN
DiplePr	Dipleuchnis propatula propatula GOSSE	Test.	Testudinella sp.
Ence.	Encentrum sp.	ThcyCr	Thermocyclops crassus FISCHER
EpipMa	Epiphanes macrourus BARROIS & DADAY	TricBi	Trichocerca bicristata GOSSE
EuchDi	Euchlanis dilatata dilatata EHRB.	TricCa	Trichocerca capucina WIERZN & ZACH.
Euch.	Euchlanis sp.	TricHe	Trichocerca heterodactyla TSCHUG.
EurytVe	Eurytemora velox LILLJEBORG	TricIn	Trichocerca inermis LIND.
FiliCb	Filinia cornuta var. brachiata ROUSS.	TricPu	Trichocerca pusilla LAUT.
FiliLl	Filinia longiseta longiseta EHRB.	TricSi	Trichocerca similis WIERZN.
FiliLm	Filinia longiseta var. limnetica ZACH.	TricSy	Trichocerca stylata GOSSE
FiliLp	Filinia longiseta var. passa O. F. M.	Tricht.	Trichotria sp.
FiliTe	Filinia terminalis PLATE		

4.5.7. Krivulja brojnosti i biomase (ABC krivulja)

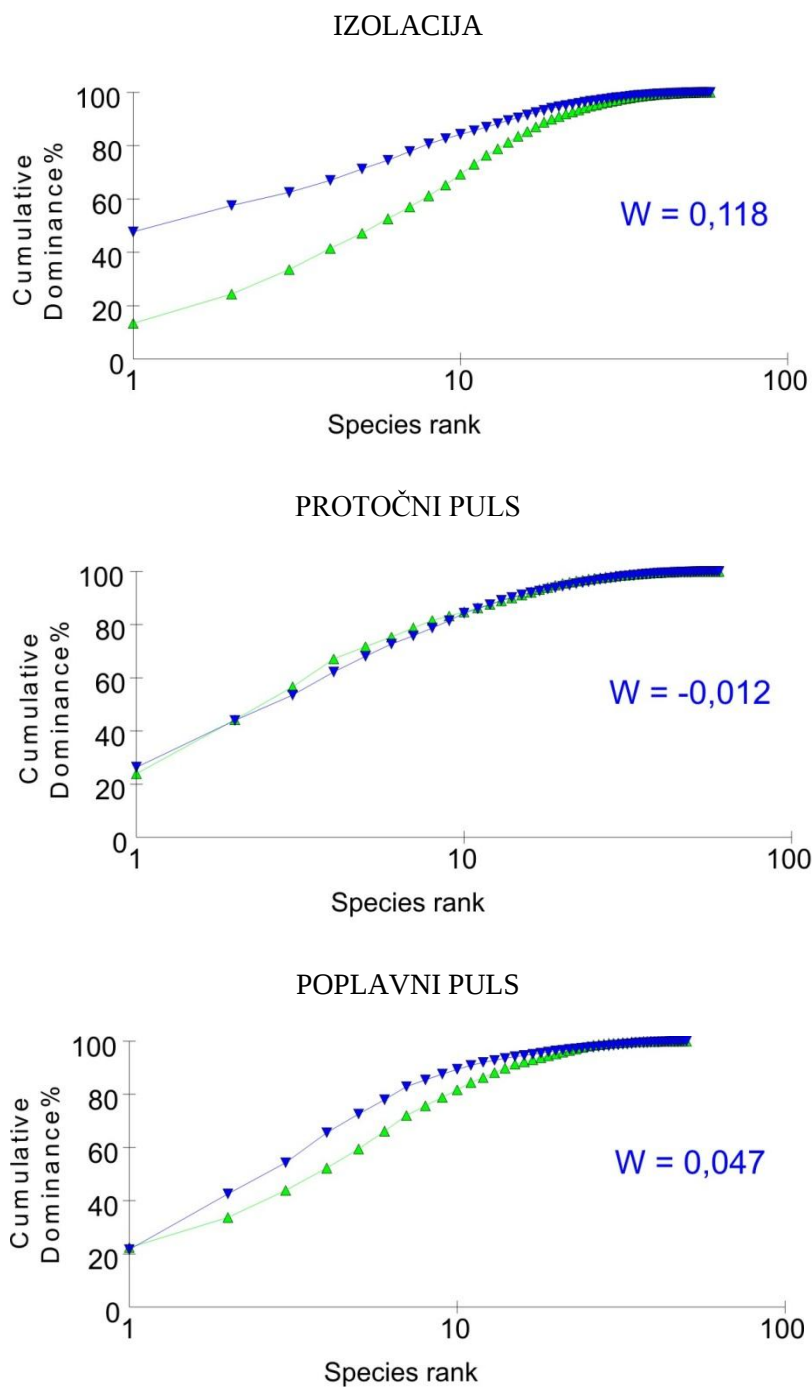
Kako bi se utvrdilo uzrokuje li promjena hidrološkog stanja stres u zajednici metazooplanktona, analizirani su kako ukupan metazooplankton tako i pojedinačno skupina kolnjaka i skupina planktonskih rakova te razvojni stadiji veslonožaca.

Zajednica ukupnog metazooplanktona pokazala je najveću razinu stresa u fazi protočnog pulsa (sl. 36).

Stanje stresa u zajednici kolnjaka nije utvrđeno niti u jednoj hidrološkoj fazi. Vrijednost $W = 0,017$ je karakterizirala fazu izolacije, vrijednost $W = 0,01$ fazu protočnog pulsa, a vrijednost $W = 0,058$ fazu poplavnog pulsa.

ABC analizom utvrđen je utjecaj različitih faza plavljenja na razvojne stadije veslonožaca. Nauplii i kopepoditi su se već u fazi izolacije nalazili u stanju blagog stresa s izmjerenom vrijednosti $W = -0,009$. Tijekom faze protočnog pulsa vrijednost disturbancije se povećala te je utvrđen $W = -0,031$ dok je u vrijeme poplavnog pulsa zabilježen $W = -0,144$.

Odrasle jedinke rašljoticalaca i veslonožaca značajno su reagirale na promjene hidroloških stanja. Fazu izolacije karakterizirala je najveća pozitivna vrijednost među hidrološkim fazama od $W = 0,085$. U fazi protočnog pulsa vrijednost W je umanjena ($W = 0,011$) te se primaknula graničnoj vrijednosti stanja stresa. U fazi poplavnog pulsa zabilježena je vrijednost $W = -0,044$ koja indicira stanje stresa zajednice.



Slika 36. Grafički prikaz ABC analize zajednice metazooplanktona u definiranim hidrološkim fazama.

5. RASPRAVA

Sakadaško je jezero tijekom istraživnog razdoblja od 2007. do 2011. godine kontinuirano prelazilo iz jedne hidrološke faze u drugu. Izmjenjivale su se faze izolacije jezera odnosno faze stabilnosti, faze protočnoga pulsa ili faze umjerene disturbancije, te faze poplavnoga pulsa ili faze velike disturbancije.

Promjene okolišnih varijabli tijekom različitih hidroloških stanja

Općenito se navodi da plavljenje Kopačkog rita traje od veljače do svibnja dok niski vodostaji prevladavaju od kolovoza do siječnja (Bonacci i sur., 2002) no tijekom istraživnog razdoblja nije uočena izričita pravilnost u sezonskoj ili vremenskoj zastupljenosti pojedine hidrološke faze. Primjerice, tijekom 2007. godine Sakadaško jezero je tijekom lipnja i kolovoza, dakle tijekom ljetnih mjeseci, bilo u fazi izolacije dok je godinu kasnije jezero u istom vremenskom razdoblju bilo poplavljeno. Također, Sakadaško jezero je tijekom različitih godina u mjesecu rujnu bilo i u fazi izolacije (2011. godine) i u fazi protočnog pulsa (2008. i 2009. godine) kao i u fazi poplavnoga pulsa (2007. i 2010. godine) (sl. 9). Vodostaj Dunava je i u zimskim mjesecima bio raznolik pa je tako srednji vodostaj Dunava primjerice u siječnju 2009. godine iznosio +97 cm, dok je isti u siječnju 2011. godine iznosio +419 cm.

S obzirom na zastupljenost pojedine hidrološke faze, izraženu kroz broj dana u godini, također nije uočena izričita pravilnost tijekom istraživnog razdoblja (sl. 10). Faza izolacije bila je najzastupljenija faza u 2008. i 2011. godini, dok je faza protočnoga pulsa karakterizirala 2007. godinu, a faza poplavnog pulsa 2009. i 2010. godinu. Iako bi se moglo generalno reći da svaku godinu karakterizira određena hidrološka faza, važno je uzeti u obzir i vrijeme trajanja poplava (kratkotrajne i dugotrajne poplave) kao i intenzitet istih (poplave malog, srednjeg i velikog intenziteta) koji utječu na „starost“ vode (Schagerl i sur., 2009), a unutar i među istraživanim godinama se značajno razlikuju (sl. 9).

Zajednica metazooplanktona drugačije reagira na dugotrajnu poplavu malog intenziteta, koja u konačnici može prijeći i u stabilno stanje, za razliku od kratkotrajnih poplava velikog intenziteta, koja predstavljaju stanje najveće disturbancije. Ovi podaci sugeriraju na važnost

sagledavanja izmjena hidroloških faza van konteksta kalendarske godine ili konteksta isključivo sezonskog utjecaja.

Promjenom vodostaja Dunava mijenja se i dubina Sakadaškog jezera te vrijednosti iste tijekom vremena osciliraju u rasponu od nekoliko metara. Tijekom istraživnog razdoblja između najniže vrijednosti faze izolacije i najviše vrijednosti poplavnoga pulsa, dubina Sakadaškog jezera se gotovo utrostručila (sl. 11). Dubina je parametar koji bitno utječe na distribuciju metazooplankton s obzirom na njihove dnevne vertikalne migracije (Dani i Carpenter, 1992, Romare i sur., 2003), a ovisno o gustoći populacije na različitim dubinama u stupcu vode tijekom vremena procjenjuje se migracijski intenzitet (Lampert, 1989). Top-down kontrola jače je izražena u plitkim negoli u dubljim jezerima, izuzevši jezera s obilno razvijenom makrofitskom vegetacijom (Jeppesen i sur., 1997).

Dunavska je voda bogata suspendiranim tvarima (Hein i sur., 1996), a velikom povezanošću s osnovnim koritom rijeke dolazi do razmjene čestica voda rijeke i poplavnog područja što utječe na smanjenje prozirnosti. Ipak, srednja vrijednost prozirnosti vode u Sakadaškom jezeru povećavala se sa stupnjem konekcije s osnovnim koritom Dunava (sl. 12). Slično je zabilježeno i u drugim poplavnim područjima umjerenoga pojasa (Oliviera i Calheiros, 2000; Scheffer i sur, 2005). Prema Tockner i sur. (1999) očekivane su veće vrijednosti prozirnost u vrijeme dok su koncentracije hranidbenih tvari niske. Ovi rezultati, uz rezultate el. provodljivosti, sugeriraju da jezera s izraženijom fluktuacijom razine vode teže većoj prozirnosti zbog niže koncentracije anorganskih suspendiranog nanosa.

El. provodljivost vode obrnuto je proporcionalna vremenu trajanja hidrološke povezanosti jezera i rijeke (Hein i sur., 2004). Tijekom faze poplavnoga pulsa utvrđene su niže vrijednosti el. provodljivosti u Sakadaškom jezeru u usporedbi s vremenom izolacije (sl. 16) što je u skladu s rezultatima drugih autora na području Dunava i drugdje (Hamilton i Lewis, 1990; Hein i sur., 2004; Schagerl i sur., 2009) no najveće vrijednosti el. provodljivosti utvrđene su tijekom faze protočnoga pulsa što indicira najveću koncentraciju iona koji su vjerojatno posljedica pritjecanja anorganskog materijala iz poplavnih voda. Tijekom ovog istraživanja utvrđena je značajna korelacija ukupnog metazooplanktona s el. provodljivosti u površinskim slojevima vode (tabl. 4 i 6) tijekom faze izolacije i protočnoga pulsa. Među skupinama

metazooplanktona najснажније s istim korelira skupina kolnjaka te ciklopodni veslonošci (sl. 32). Mnogi drugi autori su također utvrdili utjecaj el. provodljivosti na strukturu i brojnost zajednice metazooplanktona (Geraldес i Boavida, 2006; Soto i De los Rios, 2006, Savitha i Yamakanamardi, 2012).

Iako literatura naglašava važnost temperature vode za razvoj metazooplanktona (Amarasinghe i sur., 1997; Gillooly, 2000) Hirst i Lampit (1998) zaključuju kako je ovisnost razvojnog razdoblja zooplanktona o temperaturi nedovoljno istraжена te generalizirana jer je generacijsko vrijeme među različitim skupinama zooplanktona i/ili ovisno i/ili neovisno o temperaturi. Ipak, temperatura, uz fotoperiod, ima važan utjecaj na sezonski uvjetovan ulazak veslonožaca u fazu dijapauze (Hairston i Kearns, 1995) kao i na sezonski rast i razvoj svih skupina metazooplanktona koji u jezerima, bez velikih disturbancija, imaju više manje redoviti ciklus rasta i razvoja. Sakadaško je jezero u toplijim mjesecima bila termalno stratificirano s očitim padom u temperaturi prema dnu (sl. 13). Izuzetak su ljetni mjeseci u vrijeme kratkotrajnih visokih vodostaja kada je došlo do izotermije uslijed miješanja cijelog vodnog stupca.

Koncentracija kisika je tijekom cijelog istraживanog razdoblja varirala između površinskog i pridnenog sloja vode, pri čemu je rijetko zabilježeno i nekoliko situacija hipoksije ili anoksije (sl. 14). Niske koncentracije kisika u rašljoticalaca mogu značajno reducirati rast u juvenilnih stadija te utjecati na veličinu odraslih jedinki, ali i veličinu novih jajašaca (Hanazato i Dodson, 1995). S obzirom da rašljoticalci podnose niže koncentracije kisika negoli ribe (Shapiro, 1990; Pinell-Alloul i sur., 2004; Vanderploeg i sur. 2009) razlika u različitim slojevima vode može služiti kao *low-oxygen refuge* od predatora (Klumb i sur., 2004). Također, zbog tolerancije na određene koncentracije kisika (do 3 mg/L), isti može biti i barijera u dnevnoj vertikalnoj migraciji zooplanktona (Devol, 1981). Tijekom ovog istraживanja koncentracija kisika nije bila ograničavajući faktor u dnevnoj vertikalnoj migraciji s obzirom da je u svim hidrološkim fazama u pridnenom sloju vode samo tijekom jednog mjeseca (kolovoz, 2010) zabilježena razina kisika manja od granične, i to 2,76 mg/L.

Tijekom poplavnih pulsova, hranjive tvari otoplјene u vodi ili pridružene suspendiranim česticama donose se vodama iz osnovnog korita rijeke (Beyley, 1995), a učinkovitost poplavnih područja da zadrže sediment i nutrijente ovisi o nekoliko čimbenika. Među najznačajnijima su

veličina poplavnog područja te stupanj hidrološke povezanosti (Craft i Casey, 2000) kao i vrijeme trajanja konektiviteta (Hein i sur., 2004). Za vrijeme jače hidrološke povezanosti dolazi do povećanja koncentracije nutrijenata (Hein i sur., 2004; Schagerl i sur., 2009), i tada su poplavna jezera ključna za retenciju hranjivih tvari (Tockner i sur., 1999). U Sakadaškom su jezeru, s porastom stupnja povezanosti, rasle i srednje vrijednosti koncentracija i ukupnog fosfora i ukupnog dušika. Koncentracije ukupnog dušika su tijekom svih hidroloških faza bile uglavnom više u pridnenim slojevima vode, s tim da su značajno veće koncentracije dušika zabilježene tijekom ljetnih mjeseci u pridnenom sloju vode (sl. 21) vjerojatno kao posljedica brojnije bakterijske abundancije i aktivnosti jer Palijan (2007) sugerira kako je sediment u Sakadaškom jezeru izvor bakterija tijekom visokih vodostaja. Koncentracije fosfora su slijedile isti uzorak te su više koncentracije fosfora u pridnenim slojevima vode (sl. 22) vjerojatno posljedica akumulacije istoga u sedimentu. Niska koncentracija hranjivih tvari u prehrani metazooplanktona značajno utječe na ograničavanje rasta organizma. Primjerice rod *Daphnia* ima potražnju za visokim koncentracijama fosfora (Hessen, 1993) koje su u vrijeme hidrološke izoliranosti jezera bile znatno niže negoli tijekom faza povezanosti.

Prema Gosselain i sur. (1994) veća „starost“ vode dovodi do smanjenja biomase alga kao rezultat ispaše zooplanktona. U vrijeme najdužeg poplavnog pulsa zabilježenog tijekom istraživnog razdoblja, koji je trajao gotovo 100 dana (od ožujka do lipnja 2009. godine), zabilježena je mala koncentracija klorofila *a* (sl. 23). Ipak, tijekom kontinuirane faze izolacije u trajanju od više od 100 dana (od rujna do prosinca 2008. godine) (sl. 23) koncentracija klorofila *a* znatno je veća u usporedbi s ranijim primjerom, najvjerojatnije radi sezonskog smanjenja ukupne populacije herbivornog metazooplanktona. Prema Mihaljević i sur. (2009) poplave mogu imati i stimulirajući, ali i negativan utjecaj na razvoj alga, ovisno o vremenu pojavljivanja poplave. Srednje vrijednosti koncentracija klorofila *a* tijekom ovog istraživanja smanjivale su se od faze izolacije jezera prema fazi poplavnoga pulsa, što je moguća posljedica učinka razrjeđenja (Schagerl i sur., 2009).

Utjecaj promjena hidroloških stanja na strukturu i dinamiku ukupnog metazooplanktona

Struktura metazooplanktona u glavnim tokovima rijekama, kako u Dunavu tako i u drugim područjima, ne pokazuje značajne razlike u strukturi zajednice metazooplanktona između faza niske vode i poplavnih razdoblja (Rosetti i sur., 2009; Wang i sur., 2009; Schöll i sur., 2012). Za razliku od područja velikog protoka vode, u poplavnim područjima zajednica metazooplanktona drugačije reagira na promjenu hidrološkog stanja okoliša. Odgovor zooplanktona na različite hidrološke uvjete složen je proces uslijed interakcije okolišnih čimbenika i biologije samih organizama. Iako neki autori navode da za vrijeme niskih vodostaja dolazi do veće brojnosti jedinki (Frutos i sur., 2006) druge studije ukazuju na obrnuti učinak uslijed povećanja koncentracije suspendiranih čestica, promjene koncentracije osnovnih hranjivih tvari ili unosa novih vrsta s drugih staništa. S obzirom da različite vrste zooplanktona imaju različitu toleranciju prema izmjeni okolišnih čimbenika, promjene potaknute izmjenom hidrološkog stanja svakako utječu na strukturu zajednice.

Srednje vrijednosti biomase zajednice metazooplanktona tijekom dugotrajne faze izolacije (> 20 dana) značajno su se razlikovale među godišnjim dobima. Iako su hidrološki uvjeti bili jednaki, srednja biomasa metazooplanktona tijekom ljetnih mjeseci je bila oko 4 puta veća u usporedbi sa zimskim mjesecima. Zabilježena situacija vjerojatno je posljedica stanja jezera u kojemu je ono nalikovalo „zatvorenom“ sustavu, kao što su izolirana jezera te su se sezonske sukcesije mogle odvijati nesmetano, bez utjecaja promjene vodostaja. Tijekom kratkotrajnih razdoblja izolacije (< 10 dana), kao i tijekom faza protočnoga i poplavnoga pulsa, srednje vrijednosti biomase ukupnog metazooplanktona bile su potpuno neovisne o sezoni pri čemu se nameće zaključak da promjene vodnog režima poplavnog područja poništavaju učinke sezonske sukcesije u uvjetima kada je zajednica obilno razvijena.

Prema ANOSIM analizi vertikalna distribucija metazooplanktona je pokazivala očitu tendenciju separacije tijekom cijelog razdoblja izolacije jezera. Primjerice, tijekom dugotrajne faze izolacije brojnost jedinki, ali i biomase, u pridnenom sloju vode bila je i do 4 puta veća u usporedbi s površinom. Iako ANOSIM analiza nije pokazala statistički značajnu razliku između površinskog i pridnenog sloja vode tijekom poplavnoga pulsa, bitno je napomenuti da je tijekom pod-faze istog hidrološkog stanja, odnosno tijekom dugotrajne faze poplavnoga pulsa ipak

postojala razlika između površinskog i pridnenog sloja vode. Razdioba metazooplanktona u vertikalnoj distribuciji, tijekom svih hidroloških stanja jezera, nije ukazivala na ovisnost o godišnjem dobu.

Prema Lansac-Tôha i sur. (2009) razlika između limnofaze i potamofaze je najvažniji faktor u strukturiranju zajednice zooplanktona te određivanju dinamike istih. Isti autori zabilježili su porast srednje vrijednosti brojnosti metazooplanktona u vrijeme duže izolacije jezera poplavnog područja te su utvrdili inverznu vezu između broja jedinki i broja dana u potamofazi, te direktnu vezu između broja jedinki i broja dana u limnofazi. Prema Baranyi i sur. (2002) „starost“ vode je također bitna komponenta koja utječe na definiranje strukture zajednice metazooplanktona i njihovu biomasu. Tako je u primjerice u Sakadaškom jezeru tijekom dugotrajne faze poplavnoga pulsa zabilježeno 34% više vrsta u usporedbi s istim hidrološkim stanjem jezera, ali u kratkotrajnoj fazi plavljenja. Tijekom poplavnoga pulsa razlika u biomasi između kratkotrajnog i dugotrajnog razdoblja plavljenja je iznosila više od 20 % te je biomasa tada sličila biomasi faze izoliranog jezera. Iako, kao što je već spomenuto, neki autori predviđaju veći broj vrsta u fazama većeg protoka vode zbog unosa novih vrsta iz osnovnog korita rijeke (Davis i sur., 2007) ili drugih dijelova poplavnog područja, u Sakadaškom jezeru je zabilježen sličan broj jedinki tijekom faze izolacije jezera i tijekom faze poplavnoga pulsa. Ovi podaci sugeriraju da tijekom dugotrajne faze poplave, Sakadaško jezero dolazi u stabilno stanje nalik situaciji izoliranosti jezera gdje hidrološki uvjeti pogoduju razvoju svih skupina metazooplanktona te biotička kontrola postaje najznačajniji faktor u strukturiranju zajednice (Keckeis i sur., 2003). Tijekom faze poplavnog pulsa, zajednica ukupnog metazooplanktona je bila najujednačenija (sl. 31).

Tijekom cijelog razdoblja istraživanja, u fazi poplavnoga pulsa zabilježene su najviše vrijednosti biomase, oko 340 µg/L. Keckeis i sur. (2003) su, suprotno, utvrdili najveću biomasu metazooplanktona u fazi protočnoga pulsa koji je u Sakadaškom jezeru tijekom cijelog razdoblja istraživanja imao najmanju srednju biomasu. Ovi podatci, zajedno s podacima o zabilježenoj najmanjoj raznolikosti vrsta, ukazuju da je za vrijeme faze protočnoga pulsa, odnosno konstantno oscilirajućeg vodostaja Dunava, zajednica metazooplanktona Sakadaškog jezera u stanju najveće disturbancije (sl 36).

Prema Baranyi i sur. (2002) jaki poplavni pulsovi i visoka razina vode vraćaju zajednicu na početno stanje. Tijekom ovog istraživanja nisu prikupljeni uzorci u vrijeme ovakvog hidrološkog momenta, već je analiziran utjecaj kratkotrajnog poplavnog pulsa, ali malog intenziteta. U vrijeme kratkotrajnog poplavnog pulsa u kolovozu 2011. godine zabilježena je velika brojnost ukupnog metazooplanktona, gotovo 3 puta veća u usporedbi s mjesecima u istoj hidrološkoj fazi (rujan 2007.; lipanj i kolovoz 2008.; ožujak, travanj, svibanj, srpanj i kolovoz 2009.; svibanj, lipanj, kolovoz i rujan 2010.; kolovoz 2011. godine). To je posljedica naglog porasta vode kojemu je prethodilo razdoblje izolacije više od 10 dana, dok je jezero u roku 2 dana iz izolacije, dakle stanja stabilnosti, prešlo u fazu poplavnog pulsa. Tijekom tog mjeseca brojnost ukupnog metazooplanktona je bila vrlo slična u površinskom i pridnom sloju vode što sugerira na snažno miješanje cijelog vodnog stupca. Kratkotrajni poplavni pulsovi malog intenziteta, za razliku od velikih amplituda, ne vraćaju zajednicu metazooplanktona na početno stanje. Da je uzorkovanje obavljeno, primjerice, 4 - 7 dana kasnije, situacija bi se vjerojatno razlikovala od navedene.

Važno je napomenuti da je uočeno da za vrijeme kratkotrajnih razdoblja promjena vodostaja, unutar svih hidroloških faza, dolazi do miješanja cijelog stupca vode pri čemu dolazi do ujednačavanja brojnosti zajednica metazooplanktona površinskog i pridnog sloja. Promjene vodostaja Dunava srednjeg i velikog intenziteta ne polučuju takav učinak na zajednicu metazooplanktona Sakadaškog jezera. S obzirom na vrijeme trajanja hidrološkog stanja i učinke koje je isti polučio na biomasu i brojnost zajednice metazooplanktona možemo zaključiti da su kratkotrajna razdoblja promjene hidroloških stanja općenito u svim fazama uzrokovale najveće disturbancije.

Prema Scheffer i sur. (1993) plitka jezera se mogu nalaziti u dva stanja: u stanju „bistre“ i u stanju „mutne“ vode. Jezera u stanju bistre vode karakteriziraju niske koncentracije klorofila *a* i niske koncentracije hranjivih tvari kao i velike forme rašljoticalaca, poglavito roda *Daphnia*, vrste asocirane s makrofitskom vegetacijom (vrste roda *Chydoridae*, *Simocephalus* sp. i *Scapholeberis* sp.) te one koje se uglavnom pronalaze u vodama visoke prozirnosti (*Polyphemus pediculus*) (Cottenie i sur., 2001). Jezera u stanju „mutne“ vode karakteriziraju visoke koncentracije klorofila *a* i hranidbenih tvari kao i velika brojnost i raznolikost kolnjaka i

ciklopodnih veslonožaca. Cottenie i sur. (2001) su definirali i tzv. „intermedijarno“ stanje u kojemu se mogu pojaviti oba ranije navedena stabilna stanja. Isti autori navode da bi „intermedijarna“ faza mogla biti ili prijelazna faza između dva stabilna stanja ili rezultat izmjene organizama preko povezanosti s rijekom. S obzirom na dobivene rezultate generalno bi se dalo zaključiti da je Sakadaško jezero, prema parametrima prisutnosti karakterističnog zooplanktona, tijekom hidrološke faze izolacije u stanju „mutne“ vode, dok je u vrijeme poplavnoga pulsa u stanju „bistre vode“. Hidrološka faza protočnoga pulsa ima karakteristike „intermedijarne“ faze. Tijekom hidrološke izolacije jezera, zastupljenost rašljoticalaca u biomasi uzorka kretala se manje od 1%, dok je u vrijeme poplavnog pulsa ona iznosila oko 10%. Također, tijekom stanja „bistre“ vode utvrđeni su svi tipični predstavnici ovoga stanja kao i snažna korelacija brojnosti i biomase ukupnog metazooplanktona s koncentracijama klorofila *a* (tabl. 4. i 5.). Prema Stević (2011) velike i dugotrajne poplave u Sakadaškom jezeru uzrokuju prijelaz iz stanja „mutne“ vode u stanje „bistre“ vode. Ipak, treba napomenuti da su tijekom ovog istraživanja, kao i u Stević (2011), vrijednosti koncentracija hranjivih tvari odstupale od navedenih u kategorizaciji.

Utjecaj promjena hidroloških stanja na strukturu i dinamiku skupine kolnjaka

Prema Teoriji intermedijarne disturbancije (IDH) (Connell, 1978) najveću bioraznolikost kolnjaka možemo očekivati u područjima gdje postoji slab, ali konstantan protok vode te dovoljna količina hrane (Bonecker i sur., 2005). Schöll i sur. (2010) su zabilježili najveću bioraznolikost kolnjaka u vrijeme srednjeg protoka vode kada ista nije bila dovoljno jaka da utječe na razvoj kolnjaka, ali je bila dovoljna da održava IDH. Slične rezultate dobili su i Casanova i sur. (2009). Bioraznolikost kolnjaka se u Sakadaškom jezeru linearno smanjivala sa stupnjem starosti vode te je najveća bioraznolikost utvrđena je u vrijeme male starosti vode (< 10 dana).

U Sakadaškom jezeru je najveća bioraznolikost kolnjaka među hidrološkim stanjima utvrđena tijekom izolacije, iako je broj akcidentalnih vrsta u vrijeme poplave bio veći, što sugerira na postojanje većeg broja vrsta koji stalno koegzistiraju u stabilnom stanju jezera. Osim povoljnih čimbenika okoliša, nedostatak izravne kompeticije s efikasnijim filtratorima (rod *Daphnia*) (njihov udio u biomasi tijekom ove faze je bio oko 1%) i odsutnosti predatora (velikih

formi ciklopodnih veslonožaca) (Fussmann, 1996) pogodovali su razvoju kolnjaka. Slične biotičke i abiotičke čimbenike zabilježili su i Wang i sur. (2010). Dominacija kolnjaka tijekom faze izolacije vidljiva je na slici 32. Najznačajnije su vrste pozitivno korelirale s koncentracijama organskog, anorganskog odnosno ukupnog dušika indicirajući ovisnost o degradaciji organske tvari.

Prema Arndt (1993) veće bakterije, heterotrofni bičaši i mali trepetljikaši su uobičajena hrana za većinu kolnjaka. U vrijeme značajnije brojnosti vrsta *Asplanchna priodonta* i *A. girodi*, koje su aktivni ili pasivni karnivori, značajno su bile razvijene vrste roda *Synchaeta*, kojima odgovaraju isti okolišni uvjeti (Slika 33), ali nisu u izravnoj kompeticiji za hranu, kao i mali bakterivori *Anuraeopsis fissa* i vrste roda *Trichocerca* te *K. cochlearis* i *P. vulgaris*. Iako Gilbert (1980) navodi da se vrsta *A. priodonta* hrani jedinkama roda *Synchaeta*, Plašman i sur. (1997) tvrde da ukoliko ima izbora, ista se radije hrani vrstama roda *Keratella* i *Polyarthra* ili malim planktonskim rakovima. Vrste roda *Asplanchna* u izravnoj su kompeticiji za hranu samo s veslonošcima i karnivornim rašljoticalcima jer je njihov plijen premalen za ribe (Dumont, 2007). Kolnjaci mekog tijela su izloženiji predaciji od vrsta koje imaju razvijene tjelesne bodlje ili loriku. Tijekom veće brojnosti vrste *A. priodonta* u Sakadaškom jezeru, zabilježeno je izraženije pojavljivanje formi s tjelesnim bodljama i nastavcima kao što su vrste *Keratella quadrata quadrata*, *K. cochlearis irregularis* te *K. cochlearis robusta* koje su otpornije na predaciju nego recimo vrsta *K. cochlearis tecta*. Osim morfoloških karakteristika, na stopu predacije utječu i način skrivanja, sposobnost bijega, kao i vremenska i prostorna distribucija kolnjaka (Brandl, 2005).

Kolnjaci su tijekom svih hidroloških stanja bili brojniji u površinskom negoli u pridnenom sloju vode. Srednja prosječna brojnost u površinskom sloju bila je slična tijekom svih hidroloških faza dok je brojnost kolnjaka znatno oscilirala u pridnenim slojevima, poglavito u vrijeme poplavnoga pulsa, kada je utvrđena i najmanja brojnost istih. Razlog tomu je porast biomase veslonožaca i to vrste *Thermocyclops crasus*, ali i vrsta *Cyclops vicinus* i *Cyclops strenuus*. Prema Plašman i sur. (1997) *Cyclops vicinus* se selektivno hrani vrstama roda *Synchaeta*, čiju brojnost populacije može znatno reducirati, dok manje preferira vrste *Keratella cochlearis* i *Polyarthra vulgaris*, koje su u Sakadaškom jezeru bile zastupljenije u površinskom sloju vode. Prema Ramos-Rodriguez i Conde-Porcuna (2004) vrsta *Acanthocyclops vernalis*

(koji je u fazama protočnog i poplavnog pulsa zabilježen u Sakadaškom jezeru) u ishrani preferira ženke *Keratella cochlearis* s jajima te tako regulira brojnost populacije. Iako nisu utvrđene statistički značajne korelacije u odnosu biomase kolnjaka i veslonožaca, očito je da na vertikalnu distribuciju kolnjaka utječe značajnije biološka kontrola (predacija) negoli okolišne komponente. S obzirom na vrlo malu brojnost i biomasu rašljoticalaca tijekom cijelog razdoblja istraživanja, nije bilo moguće utvrditi utjecaj kompeticije za hranu na zajednicu kolnjaka.

Sudeći prema strukturi zajednice kolnjaka tijekom cijelog razdoblja istraživanja, u kojoj dominiraju vrste *Anuraeopsis fissa*, *Brachionus angularis* i *B. forficula forficula* te *K. cochlearis* i *Filinia longiseta*, odnosno mikrofiltratorske vrste koje preferiraju suspenziju bakterija i detritusa (Karabin, 1975; Ooms-Wilms, 1997) i nanofitoplankton (Gosselain i sur., 1998a) te utvrđene statistički značajne korelacije između biomase kolnjaka i koncentracije klorofila *a* kao i ranije spomenutoj ovisnost o degradaciji organske tvari pretpostavljam da zajednica kolnjaka Sakadaškog jezera ovisi najviše o malim formama (< 20 µm) autotrofne komponente sustava, kao i o heterotrofnoj komponenti. Tendenciju razvoja zajednice fitoplanktona prema manjim formama u Sakadaškom jezeru tijekom poplavnih razdoblja zabilježili su Mihaljević i sur. (2009), dok su Palijan i Galir Balkić (2012) tijekom lotičkih uvjeta utvrdili statistički značajne korelacije između broja bakterija i skupine kolnjaka.

Statistički nije utvrđeno stanje stresa za ovu skupinu metazooplanktona, vjerojatno zbog njihovih ranije navedenih prilagodbi odnosno kratkog generacijskog vremena i velikog broja potomaka te mogućnosti razvoja pri protocima vode koji onemogućavaju razvoj primjerice planktonskih rakova. Drugo objašnjenje može biti u činjenici što je uzorkovanje tijekom cijelog razdoblja istraživanja provedeno mjesečnom dinamikom koja, s obzirom na prosječan životni vijek istih, obuhvaća gotovo dvije generacije kolnjaka te utjecaj promjene hidroloških stanja na samo jednu generaciju nije moguće pratiti.

Utjecaj promjena hidroloških stanja na strukturu i dinamiku skupine planktonskih rakova

Najbrojnija vrsta rašljoticalaca tijekom svih hidroloških stanja jezera bila je vrsta *Bosmina longirostris* koja je činila oko 1 - 2 % ukupne biomase uzorka u vrijeme izolacije i protočnoga pulsa, dok joj se za vrijeme poplava udio u biomasi povećao na 17%. Osim još vrste

Chydorus sphaericus, koja je bila zastupljenija u fazama većeg protoka vode, sve ostale zabilježene vrste rašljoticalaca su se u uzorcima pojavljivale sporadično. *B. longirostris* je vjerojatno najvažnija vrsta rašljoticalaca u poplavnim područjima (Heiler i sur., 1994). Bolje je prilagođena heterogenom okolišu nego što su to primjerice vrste rod *Daphnia*, te su zbog male veličine izložene manjem riziku od predatora (Keckeis i sur., 2003). Iako je neki smatraju neefikasnim filtratorom poglavito bakterija (Urabe i Watanabe, 1990), Tóth i Kato (1997) navode da ista može konzumirati i veće čestice hrane. Vrsta *B. longirostris* je najzastupljenija vrsta rašljoticalca, s najvećom frekvencijom pojavljivanja, i u drugim područjima Dunava (Baranyi i sur., 2002).

Vrsta *D. longispina*, kao i drugi predstavnici većih formi rašljoticalaca, utvrđeni su samo tijekom faze poplavnoga pulsa. Prema RDA analizi, isti snažno koreliraju s dubinom, kao i s koncentracijom klorofila *a*, temperaturom vode i prozirnošću (sl. 32) te su promjene njihove biomase u vertikalnoj distribuciji izraženije. Može se pretpostaviti da je razlog tomu izbjegavanje planktivornih riba (Adamczuk, 2012) no u Sakadaškom jezeru tijekom posljednja dva desetljeća nisu rađene nove ihtiološke studije te je ova komponenta sustava nepoznata. Schöll i sur. (2012) su veće forme rašljoticalaca utvrdili tijekom nižih razina vode.

Tijekom lipnja 2009. godine zabilježene su samo tri jedinke rašljoticalaca u 10 litara vode, dok je u rujnu iste godine utvrđena samo jedna jedinka i to vrste *Moina micrura*. Ova je vrsta u Sakadaškom jezeru tijekom cijelog razdoblja istraživanja utvrđena samo u vrijeme poplava te nije razvila brojniju zajednicu niti u jednoj hidrološkoj fazi, što ukazuje da je ista donešena s drugog područja povišenjem dunavske vode. Oba ranije navedena slučaja zabilježena su tijekom kratkotrajnih faza protočnoga pulsa koje su uslijedile nakon dugotrajnih poplava. Okolišni čimbenici, kao što su temperatura vode, koncentracija kisika te vrijednosti el. provodljivost ukazuju na pogodne uvijete za razvoj rašljoticalaca. S obzirom da su oba slučaja zabilježena tijekom ljetnih mjeseci (pri čemu se izrazito mala brojnost jedinki ne može pripisati sezonskim promjenama) navodi na zaključak da je ovakvo stanje posljedica ispiranja zajednice rašljoticalaca sa smanjivanjem razine vode u poplavnom području (Hein i sur., 1999). Izrazito mala brojnost utvrđena je i tijekom srpnja 2010. godine u istim hidrološkim uvjetima. Jednak trend tijekom navedenih mjeseci pratila je i brojnost kopepoditnih stadija i odraslih jedinki

veslonožaca što sugerira da se ispiranje zajednice tijekom povlačenja vode odnosi na sve skupine planktonskih rakova.

Prema Stević (2011) u ekstremno poplavnim godinama utvrđene su niže vrijednosti brojnosti i biomase fitoplanktona u usporedbi s uobičajeno plavljenim godinama. Dok za vrijeme velikih poplava dominiraju vrste iz razreda Bacillariophyceae ili reda Chlorococcales, u uobičajeno plavljenim godinama vrste iz skupine Cyanobacteria znatno su brojnije. U Sakadaškom jezeru je karakteristična dominacija dijatomeja u fitoplanktonskoj zajednici u vrijeme ranoproljetnih poplava (Mihaljević i sur., 2009) dok u toplijim mjesecima bez poplava dominiraju cijanobakterije kao što su vrste *Anabaena* spp. te *Cylindrospermopsis raciborskii* i *Planktothrix agardhii*. Iako se prije mislilo da planktonski rakovi ne konzumiraju cijanobakterije te u različitim eksperimentalnim uvjetima često nije dokazana promjena stanja cijanobakterija nakon uklanjanja vesožaca (Havens i sur., 1996), Work i Havens (2003) su utvrdili da i rašljoticalci i vesožci konzumiraju kako filamentozne tako i kolonijalne cijanobakterije te su najčešće konzumirane fitoplanktonske vrste *Anabena* spp., *Planktothrix* spp. i *Mycrocystis aeruginosa*. Primjerice u roda *Daphnia* je zabilježena prisutnost cijanobakterija u 70% ukupno konzumirane količine fitoplanktona. Uspoređujući zajednicu rašljoticalaca koju čine male forme, s onima u kojoj obitavaju velike, Cry i Curtis (1999) su ustanovili da je stopa ispaše rašljoticalaca povezana i s veličinom alga, ali i sa strukturom zajednice zooplanktona. Konzumacija većih algi započinje povećanjem brojnosti većih formi rašljoticalaca, primjerice roda *Daphnia*. Prema Gosselain i sur. (1998b) „grejzeri“ (vrste koje intenzivno procjeđuju plankton) mogu kontrolirati zajednicu fitoplanktona, ali samo u uvjetima kada su i sami razvijeni u velikom broju. Vrlo mala brojnost rašljoticalaca tijekom cijelog razdoblja istraživanja, koji je utvrđen i tijekom 2006. godine (Galir i Palijan, 2012), kao i ne postojanje statistički značajne korelacije između biomase rašljoticalaca i koncentracije klorofila *a*, ukazuje da skupina rašljoticalaca u Sakadaškom jezeru ima minoran utjecaj na razvoj zajednice fitoplanktona Sakadaškog jezera.

Brojnost i biomasa skupine vesožaca oscilirale su jednako kao i u slučaju skupine rašljoticalaca pa je tako biomasa vesožaca bila najveća u fazi poplavnoga pulsa. Postotni udio vesožaca u biomasi ukupnog metazooplanktona tijekom poplavnog pulsa kretao se oko 80 %, dok je u vrijeme protočnoga pulsa bio znatno manji, te je iznosio 44%. Najveća bioraznolikost,

kao i najveći broj akcidentalnih vrsta planktonskih rakova u ovoj fazi (čak 18) podupire teoriju o unosu stranih vrsta s povećanjem stupnjem povezanosti s osnovnim koritom rijeke.

Vrsta *Thermocyclops crassus* je bila jedina vrsta stalno prisutna u svim hidrološkim fazama, dok je povećanje brojnosti većih veslonožaca, kao što su vrste roda *Cyclops* i kalanoidni veslonošci, utvrđeno u vrijeme poplavnoga pulsa. U vrste *C. vicinus* uočena je veća brojnost u pridnenim slojevima vode te su isti pokazali jaču tendenciju u prostornoj razdijeljenosti populacije negoli je to u vrste *T. crassus*. U veslonožaca je uočena sezonska dinamika pa je tako vrsta *T. crassus* bila zastupljenija tijekom toplijih, a vrsta *C. vicinus* tijekom hladnijih mjeseci, što su zabilježili i drugi autori (Kobari i Ban, 1998; Santer i Lampert, 1995). Moguće je da tijekom ljetne faze, poglavito u vrijeme veće brojnosti vrste *B. longirostris*, vrsta *C. vicinus* ulazi u fazu dijapauze kako bi izbjegao kompeticiju nauplija s efikasnijim filtratorima. Ipak, u nekim je jezerima zabilježena prisutnost vrste *C. vicinus* tijekom cijele godine (Hansen i Jappesen, 1992). Rettig i sur. (2006) naglašavaju da se tijekom različitih godina sezone sukcesije organizama mogu razlikovati među istim sezonama

Nauplii su bili najrazvijeniji tijekom stabilnog stanja jezera odnosno u hidrološkoj izolaciji te su uvijek bili brojniji u površinskim slojevima vode. Izmjena hidroloških stanja značajnije je utjecala na kopepoditne stadije čija se brojnost smanjila u vrijeme stalno oscilirajuće razine vode. Isti su pokazivali tendenciju vertikalne distribucije pa su tako značajno korelirali s dubinom i koncentracijom kisika (sl. 32) koja, s obzirom na utvrđene vrijednosti kisika tijekom istraživanja, vjerojatno nije bila ograničavajući faktor u vertikalnoj migraciji, kako juvenilnih, tako i odraslih oblika.

Tijekom ovog istraživanja utvrđene su dvije vrlo rijetke vrste kalanoidnih veslonožaca za područje Hrvatske, *Eurytemora velox* i *Arctodiaptomus laticeps*. Obje vrste su zabilježene u uvjetima poplavnoga pulsa kada su se pojavljivale sporadično i u vrlo malom broju (1-5 ind/10 L) što sugerira da iste na području Sakadaškog jezera nemaju ustaljenu populaciju. Rasprostranjenje vrste *Eurytemora velox* je početkom 20. stoljeća u dunavskom slivu bila ograničena samo na područje delte da bi se tijekom posljednjih 20-ak godina počela pojavljivati i u srednjem toku Dunava (Forró i Gulyás, 1992; Vranovsky, 1994; Gaviria i Forró, 2000). Na području Republike Hrvatske zabilježena je samo na jednom lokalitetu u blizini Batine (I.

Ternjej, os. komun.) te tijekom ovog istraživanja na području Sakadaškog jezera. Ista je utvrđena i na drugom lokalitetu unutar Kopačkog rita, u vodama Kopačkog jezera (Galir Balkić, neobjavljeni podaci). Vrsta *Arctodiaptomus laticeps* je, osim tijekom ovog istraživanja, prema FADA (Freshwater Animal Diversity Assessment) listi već zabilježena na području RH no originalni podaci o autoru, kao ni o lokalitetu i brojnosti nisu dostupni. Ternjej i Stanković (2007) su utvrdili, na temelju dostupne literature s početka i sredine 20. st., da tada utvrđena nalazišta vrste *A. laticeps* ne pripadaju današnjem području Republike Hrvatske.

U skladu s trofijom vode Sakadaškog jezera (sl. 24) koje je tijekom cijelog razdoblja istraživanja bilo eutrofno do hipertrofno, sve utvrđene vrste planktonskih rakova tipični su predstavnici eutrofnih voda. Omjer ciklopodnih i kalanoidnih veslonožaca karakterističan je za vode navedene trofije.

6. ZAKLJUČCI

- promjenom vodostaja Dunava, u Sakadaškom jezeru je došlo do značajne promjene okolišnih čimbenika kao što su vrijednosti dubine i prozirnosti, temperature vode i el. provodljivosti te koncentracije hranjivih tvari i koncentracije klorofila *a*
- tijekom cijelog istraživnog razdoblja nije uočena izričita pravilnost u sezonskoj ili vremenskoj zastupljenosti pojedinog hidrološkog stanja jezera
- Sakadaško je jezero, prema parametrima prisutnosti, brojnosti i biomasi karakterističnih predstavnika metazooplanktona te okolišnih čimbenika, tijekom hidrološke faze izolacije u stanju „mutne“ vode, dok je u vrijeme poplavnoga pulsa u stanju „bistre vode“. Hidrološka faza protočnoga pulsa posjeduje karakteristike „prijelaznog“ stanja
- vodni režim Dunava, odnosno vrijeme pojavljivanja, duljina i intenzitet poplava, utječu na strukturu i dinamiku metazooplanktona Sakadaškog jezera
- skupina kolnjaka dominira u fazama male starosti vode dok je skupina planktonskih rakova zastupljenija u fazama veće starosti vode
- bioraznolikost kolnjaka se u Sakadaškom jezeru smanjivala sa stupnjem starosti vode te je najveća bioraznolikost utvrđena u vrijeme male starosti vode (< 10 dana)
- na vertikalnu distribuciju kolnjaka utječe značajnije biološka kontrola (predacija ciklopodnih veslonožaca) negoli okolišne komponente
- pri obilnijem razvoju vrsta *A. priodonta* i *A. girodi* u Sakadaškom jezeru, zabilježeno je izraženije pojavljivanje formi kolnjaka s tjelesnim bodljama i drugim tjelesnim nastavcima
- zajednica kolnjaka Sakadaškog jezera ovisi najviše o malim formama fitoplanktona (< 20 μm), kao i o heterotrofnoj komponenti sustava
- vrlo mala brojnost rašljoticalaca tijekom cijelog razdoblja istraživanja, kao i ne postojanje statistički značajne korelacije između biomase rašljoticalaca i koncentracije klorofila *a*, ukazuje da skupina rašljoticalaca u Sakadaškom jezeru ima minoran utjecaj na razvoj zajednice fitoplanktona Sakadaškog jezera

-
- istjecanjem vode iz poplavnog područja, uslijed snižavanja vodostaja Dunava, utvrđeno je ispiranje zajednice planktonskih rakova
 - za vrijeme kratkotrajnih razdoblja (< 10 dana) promjena vodostaja, unutar svih hidroloških stanja, dolazi do miješanja cijelog stupca vode pri čemu se ujednačava brojnost zajednice metazooplanktona površinskog i pridnenog sloja vode. Kratkotrajna razdoblja promjene hidroloških stanja općenito su u svim fazama uzrokovale najveće disturbancije
 - tijekom dugotrajne faze poplave (> 20 dana), Sakadaško je jezero u stabilnom stanju nalik situaciji izoliranosti jezera gdje hidrološki uvjeti pogoduju razvoju svih skupina metazooplanktona te biotička kontrola postaje najznačajniji faktor u strukturiranju zajednice
 - za vrijeme faze protočnoga pulsa, odnosno konstantno oscilirajućeg vodostaja Dunava, zajednica metazooplanktona Sakadaškog jezera u stanju je najveće disturbancije
 - kratkotrajni poplavni pulsovi malog intenziteta, za razliku od kratkotrajnih poplavnih pulsova velikog intenziteta, ne vraćaju zajednicu metazooplanktona na početno stanje
 - promjene vodnog režima Dunava i oscilirajuća razina vode unutar poplavnog područja poništavaju učinke sezonske sukcesije u uvjetima kada je zajednica metazooplanktona obilno razvijena
 - utvrđene su dvije vrlo rijetke vrste kalanoidnih veslonožaca za područje Hrvatske, *Eurtytemora velox* i *Arctodiptomus laticeps*
 - uzimajući u obzir izniman utjecaj dinamike plavljenja na staništa poplavnih područja, istraživanja metazooplanktona nužno je sagledati ne samo u kontekstu isključivo sezonskog utjecaja već i prema izmjenama hidroloških faza van konteksta kalendarske godine pri čemu naglasak treba biti na prikupljanju uzoraka u kraćim vremenskim intervalima

7. LITERATURA

Admiral W, Breebaart L, Tubbing GMJ, Van Zanten B, De Ruijter van Steveninck ED, Bijkerk R. 1994. Seasonal variation in composition and production of planktonic communities in the lower River Rhine. *Freshwater Biol* 32: 519-531.

Akopian M, Garnier J, Pourriot R. 1999. A large reservoir as a source of zooplankton for the river: structure of the populations and influence of fish predation. *J Plankton Res* 21: 285-297.

Amarasinghe PB, Boersma M, Vijverberg J. 1997. The effects of temperature, and food quantity and quality on the growth and development rates in laboratory-cultured copepods and cladocerans from a Sri Lanka reservoir. *Hydrobiologia* 350: 131-144.

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

Amoros C., Bornette G. 2002. Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. *Freshwater Biol* 47: 761-776.

APHA 1985. Standard methods for examination of water and wastewater. APHA, Washington DC, 1269 pp.

Arndt H. 1993. Rotifers as predators on components of the microbial web (bacteria, heterotrophic flagellates, ciliates) - a review. *Hydrobiologia* 255/256: 231-246.

Atienza D, Saiz E, Skovgaard A, Trepas I, Calbet A. 2008. Life history and population dynamics of the marine cladoceran *Penia avirostris* (Branchiopoda: Cladocera) in the Catalan Sea (NW Mediterranean). *J Plankton Res* 30(4): 345-357.

Baranyi C, Hein T, Holarek C, Keckeis S, Schiemer F. 2002. Zooplankton biomass and community structure in a Danube River floodplain system: effects of hydrology. *Freshwater Biol* 47: 473-482.

Basu PK, Pick FR. 1996. Factors regulating phytoplankton and zooplankton biomass in temperate rivers. *Limnol Oceanogr* 41(7): 1572-1577.

Bayley PB. 1995. Understanding large river-floodplain ecosystem. *Biosc* 45(3): 153-158.

Bonacci O, Tadić Z, Moržan A, Radeljak I 2002. Park prirode Kopački rit, Plan upravljanja. Sektorska studija Hidrologija i meteorologija. Osijek, 177 pp.

Bonecker CC, Da Costa C, Velho L, Lansac-Tôha F. 2005. Diversity and abundance of the planktonic rotifers in different environments of the Upper Paraná River floodplain (Paraná State – Mato Grosso do Sul State, Brazil). *Hydrobiologia* 181: 405-414.

Bottrell HH, Duncan A, Gliwicz ZM, Grygierek F, Herzig A, Hillbricht-Ilkowska A, Kurasawa H, Larsson P, Weglenska T. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norw J Zool* 24: 419-456.

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

Božičević S. 2003. Geološke značajke. U: Kopački rit, Park prirode. Ekološki turistički vodič. (ur. Springer OP). Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja RH, Barbat, Zagreb, 63-66 pp.

Brandl Z. 2005. Freshwater copepods and rotifers: predators and their prey. *Hydrobiologia* 546: 475-489.

Carling PA, Orr HG, Glaister MS. 1994. Preliminary observations and significance of dead-zone flow structure for solute- and fine-particle dynamics. U: *Mixing and transport in the Environment* (ur. Baven K J, Chatwin PC, Millbank JH). Wiley, Chichester, 139-157 pp.

Carlson RE. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and oceanography* 22: 361-369.

Carlson RE. 1992. Expanding the trophic state concept to identify non-nutrient limited lakes and reservoirs. U: *Proceedings of a National conference on enhancing the States' lake management programs. Monitoring and lake impact assesment*, Chicago, 59-71 pp.

Casanova SMC, Panarelli EA, Henry R. 2009. Rotifer abundance, biomass, and secondary production after the recovery of hydrologic connectivity between a river and two marginal lakes. *Limnologia* 39: 292-301.

Clarke KR, Warwick RM 2001. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Primer-E Ltd., Plymouth, UK, 169 pp.

Cottenie K, Nuytten N, Michels E, De Meester L. 2001. Zooplankton community structure and environmental conditions in a set of interconnected ponds. *Hydrobiologia* 442:339-350.

Cowles TJ, Olson RJ, Chisholm SW. 1988. Food selection by copepods discrimination an the basis of food quality. *Mar Biol* 100: 41-50.

Craft CB, Casey WP. 2000. Sediment and nutrient accumulation in floodplain and depressionnal freshwater wetlands of Georgia, USA. *Wetlands* 20(2): 323-332.

Cry H, Curtis JM. 1999. Zooplankton community size structure and taxonomic composition affects size-selective grazing in natural communities. *Oecol* 118: 306-315.

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

Dani ML, Carpenter SR. 1992. Fish predators, food availability and diel vertical migration in *Daphnia*. J Plankton Res 14: 359-377.

Davis SR, Brown AG, Dinnin MH. 2007. Floodplain connectivity, disturbance and change: a palaeoentomological investigation of floodplain ecology from south-west England. J Anim Ecol 76: 276-288.

Death RG. 1995. Spatial patterns in benthic invertebrate community structure: products of habitat stability or are they habitat specific? Freshwater Biol 33: 455-467.

DeMott W. 1986. The role of taste in food selection by freshwater zooplankton. Oecologia 69: 334-340.

Devol AH. 1981. Vertical distribution of zooplankton respiration in relation to the intense oxygen minimum zones in two British Columbia fjords. J Plankton Res 3(4): 593-602.

Dickerson KD, Medley KA, Havel JE. 2010. Spatial variation in zooplankton community structure is related to hydrologic flow units in the Missouri river, USA. River Res Applic 26: 605-618. doi: 10.1002/rra.1268.

Dole-Olivier M-J, Galassi DMP, Marmonier P, Creuzé des Châtelliers M. 2000. The biology and ecology of lotic microcrustaceans. Freshwater Biol 44: 63-91.

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

Dumont HJ. 2007. Rotifers, the jelly plankton of freshwater. Hydrobiologia 593: 59-66.

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

Elliott JA, Irish AE, Reynolds C. S. 2001. The effects of vertical mixing on a phytoplankton community: a modelling approach to the intermediate disturbance hypothesis. Freshwater Biol 46: 1291-1297.

Erben R, Lucić A, Lajtner J. 2006. Rotifer fauna of the flooded area of the nature park Kopački rit (Croatia) during treatment with *Bacillus thuringiensis israelensis*. U: Book of Abstracts of XI. International Symposium on Rotifers, Mexico City, 26 pp.

FADA (Freshwater Animal Diversity Assessment) website (<http://fada.biodiversity.be/group/show/19>). Crustacea-Copepoda checklist. 25 pp.

Flöder S, Sommer U. 1999. Diversity in planktonic communities: An experimental test of the intermediate disturbance hypothesis. Limnol Oceanogr 44(4): 1114-1119.

Forró L, Gulyás P. 1992. *Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1853) (Copepoda, Calanoida). Miscnea zool hung 7: 53-58.

Forró L, Korovchinsky NM, Kotov AA, Petrusek A. 2008. Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. Hydrobiologia 595: 177-184.

Frutos SM, Poi de Neiff ASG, Neiff JJ. 2006. Zooplankton of the Paraguay River: a comparison between sections and hydrological phases. Int J Limnol 42: 277-288.

Fussmann G. 1996. The importance of crustacean zooplankton in structuring rotifer and phytoplankton communities: an enclosure study. J Plankton Res 18: 1897-1915.

Galir A, Palijan G. 2012. Change in metazooplankton abundance in response to flood dynamics and trophic relations in Danubian floodplain lake (Kopački Rit, Croatia). Pol J Ecol, u tisku.

Gaviria S, Forró L. 2000. Morphological characteristerization of new populations of the copepod *Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1853) (Calanoida, Temoridae) found in Austria and Hungary. Hydrobiologia 438: 205-216.

Geraldes AM, Boavida MJ. 2006. Zooplankton assemblages in two reservoirs: one subjected to accentuated water level fluctuations, the other with more stable water levels. Aquat Ecol DOI 10.1007/s10452-006-9057-z.

Getz D. 1996. Beljsko lovište jedno od najvrijednijih i najljepših lovišta u Hrvatskoj i Europi. Šumarski list 11-12: 513-516.

Getz D. 1998. Zaštita prirode Beljskog lovišta (Parka prirode i posebnog zoološkog rezervata „Kopački rit“) u kontekstu povijesnih zbivanja na tlu Baranje od druge polovice 18. stoljeća do Domovinskog rata 1991-1995. godine. Šumarski list 5-6: 245-260.

Gilbert JJ. 1980. Observations of the susceptibility of some protists and rotifera to predation by *Asplanchna girodi*. Hydrobiologia 73: 87-91.

Gilbert JJ. 2004. Population density, sexual reproduction and diapause in monogonont rotifers: new data for *Brachionus* and a review. J Limnol 63 (1): 32–36.

Gollooly JF. 2000. Effect of body size and temperature on generation time in zooplankton. J Plankton Res 22(2): 241-251.

Gosselain V, Descy JP, Everbecq E. 1994. The phytoplankton community of the River Meuse, Belgium: seasonal dynamics (year 1992) and the possible incidence of zooplankton grazing. Hydrobiologia 289: 179-191.

-
- Gosselain V, Descy J-P, Joaquim-Justo C, Hammer A, Métens A, Schweitzer S. 1998a. Grazing by large river zooplankton: a key to summer potamoplankton decline? The case of the Meuse and Moselle rivers in 1994 and 1995. *Hydrobiologia* 369: 199-216.
- Gosselain V, Viroux L, Descy J.-P. 1998b. Can a community of small-bodied grazers control phytoplankton in rivers? *Freshwater Biol* 39: 9-24.
- Gyllström M, Lars-Anders H. 2004. Dormancy in freshwater zooplankton: Induction, termination and the importance of benthic – pelagic coupling. *Aquat Sci* 66: 274–295.
- Hairton NG, Kearns CM. 1995. The interaction of photoperiod and temperature in diapause timing: a copepod example. *Biol Bull* 189: 42-48.
- Hamilton SK, Lewis JrWM. 1990. Physical characteristics of the fringing floodplain of the Orinoco river, Venezuela. *Interciencia* 15: 491-500.
- Hanazato T, Dodson SI. 1995. Synergistic effects of low oxygen concentration, predator kairomone, and a pesticide on the cladoceran *Daphnia pulex*. *Limnol Oceanogr* 40(4): 700-709.
- Hansen AM, Jeppesen E. 1992. Life cycle and production of *Cyclops vicinus* in relation to food availability, predation, diapause and temperature. *J Plankton Res* 14: 591-605.
- Havens KE, East TL, Beaver JR. 1996. Experimental studies of zooplankton–phytoplankton–nutrient interactions in a large subtropical lake (Lake Okeechobee, Florida, U.S.A.). *Freshwater Biol* 36: 579–597.
- Heiler G, Hein T, Schiemer F. 1994. The significance of hydrological connectivity for limnological processes in Danubian backwaters. *Verh Internat Verein Limnol* 25: 1674-1679.
- 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.
- Hein T, Baranyi C, Heiler G, Holarek C, Riedler P, Schiemer F. 1999. Hydrology as a major factor determining plankton development in two floodplain segments and the River Danube, Austria. *Arch Hydrobiol Suppl* 115: 439-452.
- Hein T, Baranyi C, Herndl GJ, Wanek W, Schiemer F. 2003. Allochthonous and autochthonous particulate organic matter in floodplains of the River Danube: the importance of hydrological connectivity. *Freshwater Biol* 48: 220-232.
- 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.

Heiler G, Hein T, Schiemer F. 1995. Hydrological connectivity and flood pulses as the central aspects for the integrity of a river-floodplain system. *Reg Rivers Res Mgmt* 11: 351-361.

Hessen DO. 1993. The role of mineral nutrients for zooplankton nutrition: reply to the comment by Brett. *Limnol Oceanogr* 38(6): 1340-1343.

Hirst AG, Lampitt RS. 1998. Towards a global model in situ weight-specific growth in marine planktonic copepods. *Mar Biol* 132:247-257.

Horvatić J, Gucunski D, Mrakovčić M, Krčmar S, Merdić E, Lukač G, Mišetić S, Ozimec S, Popović Ž 2002. Plan upravljanja Parkom prirode Kopački rit. Sektorska studija "Biodiverzitet". Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Pedagoški fakultet, Zavod za biologiju, Osijek, 344 pp.

Hynes HNB 1970. The ecology of running waters. University of Toronto press, Toronto, 555 pp.

Hyun-Woo K, Gea-Jae J. 2000. The longitudinal distribution and community dynamics of zooplankton in a regulated large river: a case study of the Nakdong River (Korea). *Hydrobiologia* 438: 171-184.

Hutchinson GE. 1961. The paradox of the plankton. *Amer Nat* 95 (882): 137-145.

Illyová M. 2006. Zooplankton of two arms in the Morava River floodplain in Slovakia. *Biologia (Bratisl)* 61 (5): 531-539.

Illyová M, Bukvayová K, Némethová D. 2008. Zooplankton in a Danube River Arm near Rusovce (Slovakia). *Biologia* 63 (4): 566-573.

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

Johst K, Huth A. 2005. Testing the intermediate disturbance hypothesis: when will there be two peaks of diversity? *Diversity Distrib* 11: 111-120.

Junk WJ, Bayley PB, Sparks RE. 1989. The Flood pulse concept in river-floodplain system. *Can Spec Publ Fish Aquat Sci* 106: 110-127.

Junk WJ, Wantzen KM. 2004. The flood pulse concept: new aspects, approaches and applications – an update. U: Proceedings of the 2nd Large River Symposium (LARS), Phnom Penh, Cambodia (ur. Welcomme R, Petr T). RAP Publication, Bangkok, 117-149 pp.

Karabin A. 1985. Pelagic zooplankton (Rotatoria + Crustacea) variation in the process of lake eutrophication. II. Modifying effects of biotic agents. *Pol J Ecol* 33: 617-644.

Keckeis S, Baranyi C, Hein T, Holarek C, Riedler P, Schiemer F. 2003. The significance of zooplankton grazing in a floodplain system of the River Danube. *J Plankton Res* 25(3): 243-253.

Kirk KL. 1991. Inorganic particles alter competition in grazing plankton: the role of selective feeding. *Ecology* 72(3): 915-923.

Kiss A. 2006. Cladocera, Ostracoda and Copepoda assemblages in different side arms of the Danube in Gemenc floodplain (Danube-Dráva National Park, Hungary). *Proceedings of 36th International Conference of IAD. Limnological Reports* 36: 250-254.

Klumb RA, Bunch KL, Mills EL, Rudastam LG, Brown G, Knauf C, Burton R, Arrhenius F. 2004. Establishment of a metalimnetic oxygen refuge for zooplankton in a productive lake Ontario embayment. *Ecol Appl* 14(1): 113-131.

Knoechel R, Holtby LB. 1986. Cladoceran filtering rate: body length relationships for bacteria and large algal particles. *Limnol Oceanogr* 31(1): 195-200.

Kobari T, Syuhei B. 1998. Life cycles of two limnetic cyclopoid copepods, *Cyclops vicinus* and *Thermocyclops crassus*, in two different habitats. *J Plankton Res* 20(6): 1073-1086.

Kobayashi T, Shiel RJ, Gibbs P, Dixon PI. 1998. Freshwater zooplankton in the Hawkesbury-Nepean River: comparison of community structure with other rivers. *Hydrobiologia* 377: 133-145.

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

Korhola A, Rautio M. 2001. Cladocera and other branchiopod crustaceans. U: *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 4: Zoological indicators* (ur. Smol JP, Birks HJB, Last WM). Kluwer Academic Publishers, 5-41 pp.

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

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

Krebs CJ 1999. *Ecological Methodology*. 2nd Edition. Benjamin Cummings, University of British Columbia, Vancouver, 624 pp.

Lampert W. 1989. The adaptive significance of diel vertical migration of zooplankton. *Funct Ecol* 3:21-27.

Lansac-Tôha FA, Bonecker CC, Velho LFM, Simões NR, Dias JD, Alves GM, Takahashi EM. 2009. Biodiversity of zooplankton communities in the Upper Paraná River floodplain: interannual variation from long-term studies. *Braz J Biol* 69(2): 539-549.

Larsson JIR, Ebert D, Vávra J. 1997. Ultrastructural study and description of *Ordospora colligata* gen. et sp. nov. (Microspora, Ordosporidae fam. nov.), a new microsporidian parasite of *Daphnia magna* (Crustacea, Cladocera). *Europ J Protistol* 33: 432-443.

Lawrence SG, Malley DF, Findlay WJ, MacIver MA, Delbaere IL. 1987. Method for estimating dry weight of freshwater planktonic crustaceans from measures of length and shape. *Can J Fish Aquat Sci* 44: 264-274.

Mackey RL, Currie DJ. 2000. A re-examination of the expected effects of disturbance on diversity. *Oikos* 88(3): 483-493.

Margalef R. 1963. On certain unifying principles in ecology. *Am Nat*, 97: 357-374.

Margaritora F 1983. Cladoceri (Crustacea: Cladocera). Guide per il Riconoscimento delle Specie Animali delle Acque Interne Italiane. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, 169 pp.

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

Mihaljević M. 1999. Opis područja U: Kopački rit. Pregled istraživanja i bibliografija (ur. Martinčić J, Hackenberger D). Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zavod za znanstveni rad, Osijek, 11-13 pp.

Mihaljević M, Novoselić D. 2000. Trophic state of Lake Sakadaš (Nature Park, Croatia) in the late autumnal and winter period of 1997/98. *Periodicum biol.* 102(3): 253-257.

Mihaljević M. 2003. Geološke značajke. U: Kopački rit, Park prirode. Ekološki turistički vodič. (ur. Springer OP). Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja RH, Barbat, Zagreb, 11-20 pp.

Mihaljević M, Stević F, Horvatić J, Hackenberger Kutuzović B. 2009. Dual impact of the flood pulses on the phytoplankton assemblages in a Danubian floodplain lake (Kopački rit Nature park, Croatia). *Hydrobiologia* 618:77-88.

Mišetić S, Šurmanović D, Popović J, Mrakovčić M, Mavračić D, Fašaić K 1989. Hidrološke značajke specijalnog zoološkog rezervata „Kopački rit“ s posebnim osvrtom na ihtiofaunu. RO Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, OOUR Istraživačko razvojni centar za ribarstvo, Zagreb, 30-41 pp.

Neiff JJ. 1996. Large rivers of South America: toward the new approach. *Verhandlungen International Vereinigen Limnologie* 26: 167-180.

Odum EP 1971. *Fundamentals of ecology*. W. B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto, 574 pp.

Oliviera MD, Calheiros DF. 2000. Flood pulse influence on phytoplankton communities of the south Pantanal floodplain, Brazil. *Hydrobiologia* 247: 101-112.

Ooms-Wilms AL. 1997. Are bacteria an important food source for rotifers in eutrophic lakes? *J Plankton Res* 19(8): 1125-1141.

Palijan G. 2007. Effects of high water levels on bacterioplankton abundance in the Danube river floodplain (Kopački rit, Croatia). *Pol J Ecol* 16(1): 113-121.

Palijan G. 2010. Određivanje graničnog vodostaja plavljenja Kopačkog rita na primjeru poplave u listopadu- studenom 2009. godine. *Hrvatske vode* 74: 313-320.

Palijan G, Galir Balkić A. 2012. Bacterioplankton is significant food source for higher trophic levels in the floodplain lake during lotic conditions. U: 5 th Croatian Congress of Microbiology with International Participation (ur. Černi S, Šeruga Musić M, Škorić D). Croatian Microbiological Society, Zagreb, 24-24 pp.

Petz B 2004. *Osnovne statističke metode za nematematičare*. Slap, Jastrebarsko, 384 pp.

Pielou EC 1969. *An Introduction to Mathematical Ecology*. John Wiley and Sons, New York, 286 pp.

Pinel-Alloul B, Méthot G, Malinsky-Rushansky NZ. 2004. A short-term study of vertical and horizontal distribution of zooplankton during thermal stratification in Lake Kinneret, Israel. *Hydrobiologia* 526: 85-98.

Plaßmann T, Maier G, Stich HB. 1997. Predation impact of *Cyclops vicinus* on rotifer community in Lake Constance in spring. *J Plankton Res* 19(8): 1069-1079.

Pourriot R, Rougier C, Miquelis A. 1997. Origin and development of river zooplankton: example of the Marne. *Hydrobiologia* 345: 143-148.

Ramos-Rodríguez E, Conde-Porcuna JM. 2004. Impact of copepod predation on the fecundity of *Keratella cochlearis* (Rotifera). *Arch Hydrobiol* 161: 541-552.

Reckendorfer W, Keckeis H, Winkler G, Schiemer F. 1999. Zooplankton abundance in the river Danube, Austria: the significance of inshore retention. *Freshwater Biol* 41: 583-591.

Rennella AM., Quirós R. 2006. The effects of hydrology on plankton biomass in shallow lakes of the Pampa Plain. *Hydrobiologia* 556: 181-91.

Rettig JE, Schuman LS, McCloskey JK. 2006. Seasonal patterns of abundance: do zooplankton in small ponds do the same thing every spring-summer? *Hydrobiologia*, 556: 193-207.

Reynolds CS, Carling PA, Beven KJ. 1991. Flow in river channels: new insights into hydraulic retention. *Arch Hydrobiol* 121: 171-179.

Reynolds CS, Paradisák J, Sommer U. 1993. Intermediate disturbance in the ecology of phytoplankton and the maintenance of species diversity: a synthesis. *Hydrobiologia* 249: 183-188.

Romare P, Berg S, Lauridsen T, Jeppesen E. 2003. Spatial and temporal distribution of fish and zooplankton in a shallow lake. *Freshwater Biol* 48(8): 1353–1362.

Rosetti G, Viaroli P, Ferrari I. 2009. Role of abiotic factors in structuring the metazoan plankton community in a lowland river. *River Res Applic* 25: 814-835.

Roth O, Ebert D, Vizoso DB, Bieger A, Lass S. 2008. Male-biased sex-ratio distortion caused by *Octosporea bayeri*, a vertically and horizontally-transmitted parasite of *Daphnia magna*. *Int J Parasitol* 38: 969-979.

Ruttner-Kolisko A 1974. Plankton Rotifers: Biology and Taxonomy. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 146 pp.

Santer B, van den Bosch F. 1994. Herbivorous nutrition of *Cyclops vicinus*. the effect of a pure algal diet on feeding, development, reproduction and life-cycle. *J Plankton Res.* 16: 171-195.

Santer B, Lampert W. 1995. Summer diapause in cyclopoid copepods: adaptive response to a food bottleneck? *J Anim Ecol* 64: 600-613.

Saunders III JF, Lewis Jr WM. 1989. Zooplankton abundance in the lower Orinoco River, Venezuela. *Limnol Oceanogr* 34(2): 397-409.

Savitha N, Yamakanamardi SM. 2012. Studies on abundance of zooplanktons in lakes of Mysore, India. *J Environ Biol* 33: 1079-1085.

Schaegerl M, Drozdowski I, Angeler DG, Hein T, Preiner S. 2009. Water age - a major factor controlling phytoplankton community structure in a reconnected dynamic floodplain (Danube, Regelsbrunn, Austria). *J Limnol* 68(2): 274-287.

Scheffer M, Hosper SH, Meijer M-L, Moss B, Jeppesen E. 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends Ecol Evol* 8: 275-279.

Scheffer M, Roijackers RMM, Ibelings B. 2005. Transparency of floodplain lakes: a study of plankton and suspended matter along the lower Rhine. *Disertacija*, 198 pp.

Schiemer F, Baumgartner C, Tockner C. 1999. Restoration of floodplain rivers: the Danube restoration project. *Reg Rivers Res Mgmt* 15: 231-244.

Schiemer F, Keckeis H, Reckendorfer W, Winkler G. 2001. The „inshore retention concept“ and its significance to large rivers. *Large Rivers* 12: 509-516.

Schimer F, Hein T. 2007. The ecological significance of hydraulic retention zones. U: *Hydroecology and ecohydrology: past, present and future* (ur. Wood PJ, Hannah DM, Sadler JP). John Wiley & Sons, 405-420.

Schöll K. 2010. Spatial and temporal diversity patterns of planktonic rotifer assemblages in water bodies of the floodplain Gemenc (Duna-Drava National Park, Hungary). *Internat Rev Hydrobiol* 95(6): 450-460.

Schöll K, Kiss A, Dinka M, Berczik A. 2012. Flood-pulse effects on zooplankton assemblages in a river - floodplain system (Gemenc floodplain of the Danube, Hungary). *Internat Rev Hydrobiol* 97: 41-54.

Schwarz U 2005. Landschaftsökologische Charakterisierung des Kopački rit unter besonderer Berücksichtigung von Flusslandschaftsformen sowie deren Genese und Typologie. Disertacija, Institut za geografiju, Sveučilište u Beču, Beč.

Shannon CE. 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal* 27: 379 - 423.

Shapiro J. 1990. Biomanipulation: the next phase making it stable. *Hydrobiologia* 200/201: 13-27.

Sommerwert N, Hein T, Schneider-Jakoby M, Ostojić A, Siber R, Bloesch J, Paunović M, Tockner K. 2009. The Danube river basin. U: *Rivers of Europe* (ur. Tockner K, Uehlinger U, Robinson CT). Elsevier, London, 700 pp.

Soto D, De los Rios P. 2006. Influence of trophic status and conductivity on zooplankton composition in lakes and ponds of Torres del Paine National Park (Chile). *Biologia Bratisl* 61/5: 541-546.

Stević F. (2011) Složenost utjecaja poplava na strukturu i dinamiku fitoplanktona poplavnog područja. Sveučilišni poslijediplomski interdisciplinarni doktorski studij Zaštita prirode i okoliša. Disertacija 157 pp.

Strickland JD, Parsons TR. 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Fish Res Board Can*, 168: 311.

Sutherland JP. 1974. Multiple stable points in natural communities. *Amer Nat* 108: 859-873.

Tadić Z, Bonacci O, Bognar A, Jović F, Radeljak I 2002. Park prirode Kopački rit, Plan upravljanja. Sektorska studija Upravljanje vodama. Osijek, 113 pp.

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, 500 pp.

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

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

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

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

Tóth LG, Kato K. 1997. Size-selective grazing of bacteria by *Bosmina longirostris* – an image-analysis study. *J Plankton Res* 19(10): 1477-1493.

Townsend CR, Scarsbrook MR, Dolédec S. 1997. The intermediate disturbance hypothesis, refugia, and biodiversity in streams. *Limnol Oceanogr* 42(5): 938-949.

Urabe J, Watanabe Y. 1990. Difference in the bacterial utilization ability of four cladoceran plankton (Crustacea: Cladocera). *Nat Hist Res* 1: 85-92.

Vadadi-Fülöp Cs. 2009. Zooplankton (Cladocera, Copepoda) dynamics in the River Danube upstream and downstream of Budapest, Hungary. *Opusc Zool Budapest* 40 (2): 87–98.

Vanderploeg HA, Ludsin SA, Ruberg SA, Höök TO, Pothoven SA, Brandt SB, Lang GA, Liebig JR, Cavaletto JF. 2009. Hypoxia affects spatial distributions and overlap of pelagic fish, zooplankton, and phytoplankton in Lake Erie. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 381: 92-107.

Viroux L. 1997. Zooplankton development in two large lowland rivers, the Moselle (France) and the Meuse (Belgium), in 1993. *J Plankton Res* 11: 1743-1762.

Voigt M, Koste W 1978. Die Rädertiere Mitteleuropas. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 234 pp.

Vranovsky M. 1974. Zooplankton of the side-arms of Baka ahead of its confluence with the main stream and its importance for the forming of zooplankton of the river Danube. *Biol Pr Slov Akad Vied* 20: 5-77.

Vranovsky M. 1994. *Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1853) (Crustacea, Copepoda), a new immigrant in the Middle Danube. *Biologia Bratisl* 49(2): 167-172.

Wang Q, Yang Y, Chen J. 2009. Impact of environment on the spatio-temporal distribution of rotifers in the tidal Guangzhou segment of the Pearl river estuary, China. *Internat Rev Hydrobiol* 94: 688-705.

Wang S, Xie P, Geng H. 2010. The relative importance of physicochemical factors and crustacean zooplankton as determinants of rotifer density and species distribution in lakes adjacent to the Yangtze River, China. *Limnologica* 40: 1-7.

Ward JV. 1989. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. *J N Am Benthol Soc* 8: 2-8.

Ward JV, Stanford JA. 1995. Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. *Regul Rivers Res Mgmt* 11: 105–119.

Ward JV, Tockner K, Schiemer F. 1999. Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity¹. *Regul Rivers Res Mgmt* 15: 125–139.

Ward JV, Tockner K. 2001. Biodiversity: towards a unifying theme for river ecology. *Freshwater Biol* 46: 807–819.

Wetzel RG 2001. *Limnology. Lake and river ecosystems*. Academic press, San Diego, 1006 pp.

Whited DC, Lorang MS, Harner MJ, Hauer FR, Kimball JS, Stanford JA. 2007. Climate, hydrologic disturbance, and succession: drivers of floodplain pattern. *Ecology* 88(4): 940-953.

Williamson CE. 1983. Invertebrate predation on planktonic rotifers. *Hydrobiologia* 104: 385-396.

Williamson CE, Butler NM. Predation on rotifers by the suspension-feeding calanoid copepod *Diaptomus pallidus*. *Limnol Oceanogr* 31(2): 393-402.

Wilson JB. 1994. The „Intermediate disturbance hypothesis“ of species coexistence is based on patchy dynamics. *New Zeal J Ecol* 18(2): 176-181.

Work KA, Havens KE. 2003. Zooplankton grazing on bacteria and cyanobacteria in a eutrophic lake. *J Plankton Res* 10: 1301-1307.

Zhao J, Ramin M, Cheng V, Arhonditsis GB. 2008. Plankton community patterns across a trophic gradient: The role of zooplankton functional groups. *Ecol Model* 213: 417-436.

Živković A 1987. Zbornik radova o fauni SR Srbije. Knjiga IV. Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd, 7-115 pp.

9. ŽIVOTOPIS

Anita Galir Balkić rođena je 26. svibnja 1981. godine u Osijeku. Nakon završenog srednjoškolskog obrazovanja upisala je Pedagoški fakultet u Osijeku, smjer biologija i kemija gdje je i diplomirala, te stekla zvanje profesora biologije i kemije.

Od 2006. godine zaposlena je na Odjelu za biologiju u Osijeku na Zavodu za ekologiju voda kao asistent. Sveučilišni poslijediplomski interdisciplinarni doktorski studij „Zaštita prirode i okoliša“ upisala je 2008. godine.

U nastavnom radu pristupnica sudjeluje u izvođenju vježbi i seminara na preddiplomskom studiju - „Beskralježnjaci“, „Biologija protozoa“, „Biologija mora“, „Terenska nastava II - zoologija“; na diplomskom znanstvenom studiju - „Ekologija mora“ te na nastavničkom studiju - „Ekološki sustavi“.

Suradnik je na projektu prof. dr. sc. J. Vidaković pod nazivom „Zaštita voda Kopačkog rita – ekološke interakcije Dunava i poplavnog područja“.

Anita Galir Balkić objavila je jedan međunarodno recenzirani rad te je jedan rad u postupku objavljivanja. Sudjelovala je s priopćenjima na četiri znanstvena skupa s domaćim sudjelovanjem i na dva znanstvena skupa s međunarodnim sudjelovanjem.

Član je Hrvatskog biološkog društva i International Association for Danube Research.

Popis znanstvenih radova i priopćenja na znanstvenim skupovima

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

1. Bogut I, **Galir A**, Čerba D, Vidaković J. 2007. The Ponto-Caspian invader, *Limnomysis benedeni* (Czerniavsky, 1882), a new species in the fauna of Croatia. *Crustaceana* 80 (7): 817-826. (članak, znanstveni)
2. **Galir A**, Palijan G. 2012. Change in metazooplankton abundance in response to flood dynamics and trophic relations in Danubian floodplain lake (Kopački rit, Croatia). *Polish Journal of Ecology* (u postupku objavljivanja).

Znanstveni radovi u drugim časopisima

1. 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* 65: 259-270 (pregledni rad, ostalo).

Priopćenja na znanstvenim skupovima s međunarodnim sudjelovanjem

1. Bogut I, **Galir A**, Čerba D, Vidaković J. 2007. *Limnomysis benedeni* Czerniavski (Crustacea, Mysidae) - A New Species in the Fauna of Croatia. 15th International Conference on Aquatic Invasive Species. Rotterdam: Thieme Print 4 U, 47 (poster, međunarodna recenzija, sažetak).
2. **Galir A**, Palijan G. 2011. Metazooplankton abundance in Danubian floodplain lake during extreme flooding in 2006 (Croatia). *Proceedings of the 3rd Aquatic Biodiversity International Conference*, Sibiu, Romania (ur. Curtean-Bănăduc A.). Sibiu 68 (poster, međunarodna recenzija, sažetak).

Priopćenja na znanstvenim skupovima s domaćim sudjelovanjem

1. Balkić Z, **Galir A**. 2008. Semantic Approach for Zooplankton Qualitative and Quantitative Analysis. 26th International Conference Science in Practice (ur. Martinović G, Ivanović M). Osijek : Faculty of Electrical Engineering Osijek. 141-143 (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).
2. Vidaković J, Mihaljević M, Stević F, Špoljarić D, Palijan G, Čerba D, **Galir A**, Cvijanović V. 2009. Invasive species in the floodplain waters of Kopački Rit Nature Park. Zbornik sažetaka 10. Hrvatskog biološkog kongresa (ur. Besendorfer V, Kopjar N, Vidaković-Cifrek Ž, Tkalec M, Bauer N, Lukša Ž). Zagreb 307 - 308 (poster, sažetak).
3. **Galir Balkić A**, Ternjej I, Vidaković J. 2012. Sastav zajednice mikrokrustacea (Cladocera, Copepoda) u odnosu na abiotičke parametre u jezeru poplavnog područja Dunava (Kopački rit, Park prirode). Zbornik sažetaka 11. Hrvatskog biološkog kongresa (ur. Jelaska JD, Klobučar GIV, Šerić Jelaska L, Leljak Levanić D, Lukša Ž). Zagreb, 104-105 (poster, sažetak).
4. Palijan G, **Galir Balkić A**. 2012. Bacterioplankton is significant food source for higher trophic levels in the floodplain lake during lotic conditions. 5th Croatian Congress of Microbiology with International Participation (ur. Černi S, Šeruga Musić M, Škorić D). Zagreb. 24-24 (poster, domaća recenzija, sažetak, znanstveni).