Fauna vodenih beskralježnjaka perifitona prirodnihpodloga Sakadaškog jezera s posebnim osvrtom na maločetinaše

Dundović, Marija

Master's thesis / Diplomski rad

2013

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of biology / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:012288

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

ODJEL ZA BIOLOGIJU
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Repository / Repozitorij:

Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera

Odjel za biologiju

Diplomski znanstveni studij biologije

Marija Dundović

Fauna vodenih beskralježnjaka perifitona prirodnih podloga Sakadaškog jezera s posebnim osvrtom na maločetinaše

Diplomski rad

Osijek, 2013

Sadržaj

1. UVOD 1
1.1. Perifiton 1
1.2. Fauna beskralježnjaka 3
1.2.1. Nematoda - oblići 3
1.2.2. Oligochaeta - maločetinaši 4
1.2.2.1. porodica Aeolosomatidae 6
1.2.2.2. Porodica Naididae 7
1.2.3. Cladocera - rašljoticalci 9
1.2.4. Copepoda - veslonošci 10
1.2.5. Chironomidae - trzalci 11
1.2.6. Bryozoa - mahovnjaci 12
1.3. Funkcionalne hranidbene skupine 13
1.4. Cilj istraživanja 13
2. MATERIJALI I METODE 14
2.1. Područje istraživanja 14
2.1.1. Kopački rit 14
2.1.2. Sakadaško jezero 16
2.2. Rad na terenu 18
2.1.1. Određivanje fizikalno – kemijskih parametara vode 18
2.1.2. Vodostaj Dunava 19
2.1.3. Uzorkovanje perifitona 19
2.3. Rad u laboratoriju 19
2.3.1. Određivanje koncentracije klorofila i ukupne suspendirane tvari (TSS) u stupcu vode i po grančici 20
2.3.2. Određivanje svježe i suhe mase grančica 20
2.3.3. Fauna perifitona 20
2.4.Stupanj trofije 21
2.5. Dominantnost 23
2.6. Statistička analiza podataka 23
3. REZULTATI 27
3.1. Fizikalno – kemijski parametri vode u Sakadaškom jezeru na ispitivanim 27

postajama (P1, P2 i P3)
3.1.1. Prozirnost 27
3.1.2. Koncentracija kisika 28
3.1.3. Postotni udio kisika 29
3.1.4. Konduktivitet 29
3.1.5. pH 30
3.1.6. Temperatura vode 31
3.2. Klorofil a, b i c 31
3.3. Ukupna suspendirana tvar 32
3.4. Nutrijenti 33
3.5. Stupanj trofije 34
3.6. Vodostaj Dunava 34
3.7. Fauna perifitona 35
3.8. Koncentracije klorofila a, b i c perifitona 49
3.9. Funkcionalne hranidbene skupine 49
3.10. Statistička obrada podataka 50
4. RASPRAVA 62
5. ZAKLJUČAK 71
6. LITERATURA 72
7. PRILOZI 79

1. UVOD

1.1. Perifiton

Na gotovo svim površinama koje su uronjene u vodu, kratko nakon uranjanja, započet će kolonizacija bakterija iz stupca vode. Ovi organizmi lučenjem polimera, adhezivnih molekula i enzima stvaraju složeni matriks koji omogućuje zadržavanje organskih i anorganskih čestica i na taj način potiče rast bakterija i algi (Liboriussen, 2003.). Struktura matriksa je ispunjena mikrokanalićima koji omogućuju protok otopljenih čestica i plinova između komponenti perifitonske zajednice i čine protok bržim nego što bi to bilo bez kanalića (Wetzel, 2001.). Razvijene zajednice imaju trodimenzionalnu strukturu sličnu kopnenoj vegetaciji, izdužene alge kao donji sloj, srednji sloj čine uspravne biljne svojte i na njih se nastavljaju nitaste alge koje formiraju gornji sloj. Većina ljudi ove zeleno-smeđe sluzave zajednice smatra suvišnima, ali znanstvenici koji ih proučavaju razumiju njihovu važnost kao strukturnih i funkcionalnih komponenti jezerskih zajednica (Liboriussen, 2003.).

Postoje različiti sinonimi koji opisuju perifiton. Naziv perifiton može se upotrebljavati za mikroflorne zajednice koje žive pričvršćene za površinu objekata potopljenih u vodi. Ova definicija ne uključuje bakterije, gljivice, praživotinje i ostale životinjske komponente koje su uključene u definiciju prema njemačkoj riječi „aufwuchs“. Aufwuchs uključuje sve organizme koji su pričvršćeni ili se pomiču po uronjenim površinama, ali ne prodiru u njih. Perifiton označava ukupan sastav sesilnih ili pričvršćenih organizama na bilo kojoj podlozi. Razlika je u nepričvršćenim organizmima koji se često mogu naći udruženi s perifitonom. Izraz biofilm se češće upotrebljava u drugim znanstvenim područjima i tehnologijama kao što su pročišćavanje otpadnih voda, tehnologija pitke vode, prerada hrane i stomatologija, gdje se odnosi na pričvršćene bakterije i praživotinje, ali ne i alge (Azim i sur., 2005.). Prema Kiss i sur. (2003.) perifiton je kompleks organizama koje pronalazimo na uronjenim podlogama koje su izgrađene od materijala različitog od dna vodenog sustava i jasno se od dna razlikuju. Obzirom na tip podloge na kojoj se perifiton nalazi razlikujemo epifiton (makrofite), epiksilon (drvo), epiliton (stijene i kamenje), episamon (pijesak), epipelon (mulj) i epizoon (obraštaj na vodenim organizmima poput riba i beskralježnjaka) (Goldsborough i sur., 2005.). U ovom radu, naziv perifiton se odnosi na cijeli kompleks sesilnih organizama pričvršćenih na podlogu uključujući nepričvršćene organizme koje nalazimo u takvim zajednicama te detritus (Azim i sur., 2005.).

Većina istraživanja na perifitonu provođena su u jezerima, rijekama, močvarama i koraljnim grebenima s težištem na istraživanju biomase i produktivnosti te taksonomskog sastava zajednica (Azim i sur., 2005.). Plića vodena tijela su posebno prikladna za razvoj perifitona jer podržavaju bogate makrofitske zajednice koje višestruko povećavaju potencijalnu površinu za naseljavanje perifitonskih zajednica od samog dna jezera (Goldsborough i sur., 2005.). Biomasa i produktivnost perifitona mogu biti pod utjecajem ekoloških uvjeta kao što su temperatura i količina sunčeve svjetlosti, gustoća ribljeg fonda i gustoća i tip podloge. „Ispaša“ perifitona od strane riba i beskralježnjaka može smanjiti biomasu, ali istovremeno povećati produktivnost perifitona. Budući da ispaša uklanja mrtve i stare alge i povećava dostupnost svjetla i nutrijenata, algalne zajednice u perifitonu su zdravije, produktivnije i uspješnije (Huchette i sur., 2000.).

Razvoj perifitonskog sloja na čistoj podlozi započinje odlaganjem otopljenih organskih tvari pomoću elektrostatskih sila. Ubrzo se hidrofobnim reakcijama počinje stvarati sloj bakterija. Bakterije proizvode sluz koja je vezno mjesto za različite koloidne, organske i anorganske čestice. Nakon bakterijske kolonizacije naseljavaju se dijatomeje na orgaski matriks koje luče bakterije. Zatim slijede vrste alga sa kratkim i dugačkim drškom i formiraju slojevitu zajednicu. Postoje dvije faze formiranja perifitonskog sloja. Prva faza „gomilanja“ karakterizirana je eksponencijalnim rastom biomase. Zatim slijedi faza propadanja koja može biti uzrokovana gibanjem vode, i samopropadanje – rastom zajednice, alge koje su blizu podloge ugibaju zbog nedovoljne svijetlosti i nutrijenata i odvajaju se od podloge (Azim i sur., 2005.). Perifiton u velikoj mjeri pridonosi ukupnoj primarnoj produkciji plitkih jezera. U zajednici perifitona vrlo brojni mogu biti Rotatoria, Nematoda, Oligochaeta, Gastropoda, Bivalvia, Crustacea i ličinke kukaca, posebno ličinke Chironomidae (Čerba i sur., 2009.).

Diljem svijeta raste interes za perifiton. Značajan je doprinos perifitonskih zajednica fiksaciji ugljika i kruženju nutrijenata u vodenim ekosustavima, koristi se za poboljšavanje kvalitete vode u jezerima, povećava dostupnost hrane akvakulturi i koristi se u tretiranju otpadnih voda (Azim i sur., 2005.). Budući da je to zajednica razvijena na sučelju podloge i vode, dolazi do akumuliranja hidrofobnih zagađivala u matriksu algi i bakterija tijekom vremena iz stupca vode i moguće je korištenje perifiton kao indikatora zagađenja okoliša, ali i same taksonomske svojte koje se nalaze u perifitonu mogu poslužiti kao bioindikatori (Goldsborough i sur., 2005.).

1.2. Fauna beskralježnjaka

1.2.1. Nematoda – oblići

Koljeno: Aschelminthes (oblenjaci)

Razred: Nematoda (oblići)

Oblići imaju dulje nekolutićavo i bilateralno simetrično tijelo. Ne postoji jasno odvojena glava, iako je mozak sprijeda, a osjetni organi su koncentrirani oko usta. Za obliće je karakteristično da su jednostavno građeni, možemo reći da je njihovo tijelo sastavljeno od sustava cijevi. Pokrovnu cijev čini stijenka tijela sastavljena od otporne kutikule, epiderma s 4 zadebljanja i uzdužnih mišića (Matoničkin, 1998.). Oblići prebivaju u najrazličitijim biotopima. Nalaze se u svim tipovima substrata i sedimenta u svim klimatskim zonama i od velike su ekološke važnosti (Traunsprunger, 2000.). Hrane se biljnim i životinjskim sokovima, a i otpadnim tvarima. Velika rasprostranjenost oblića posljedica je njihove otpornosti i mogućnosti prilagođavanja (Slika 1.).



Slika 1. Nematoda (arhiva projekta MZOŠ 285-0000000-2674)

1.2.2. Oligochaeta – maločetinaši

Koljeno: Annelida

Razred: Clitellata

Red: Oligochaeta (maločetinaši)

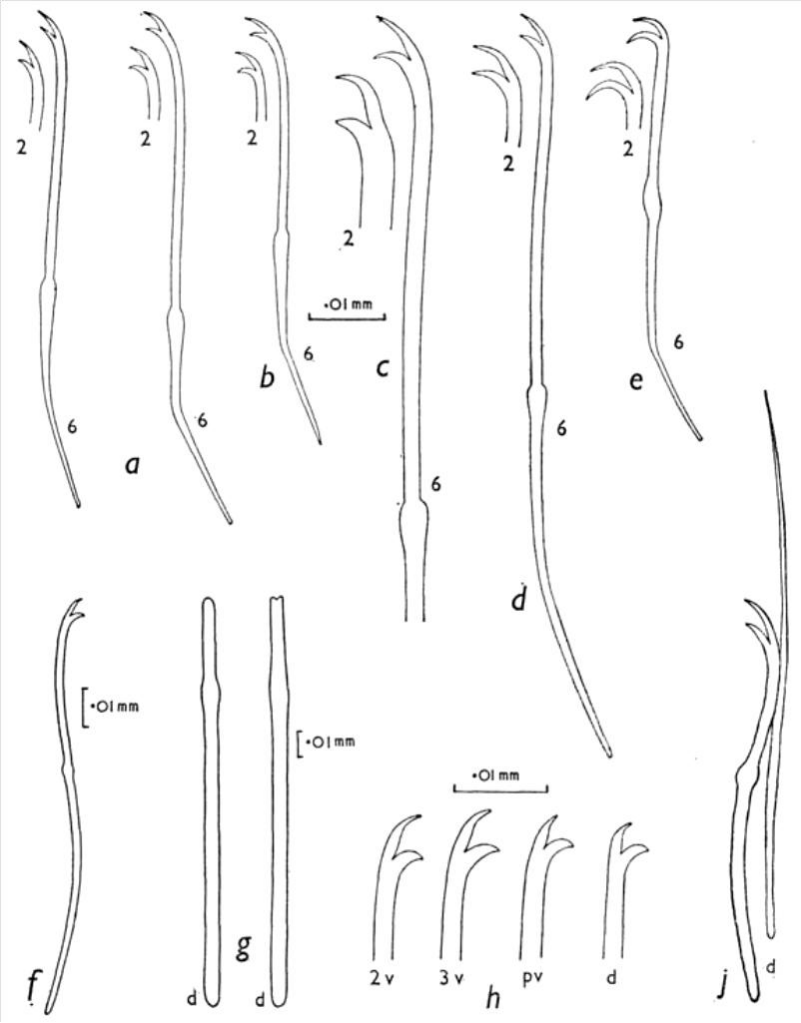
Građa tijela Oligochaeta pokazuje da imaju potpunu vanjsku i untrašnju kolutićavost. Tijelo započinje prvim trupnim kolutićem koji se naziva peristomij, a završava pigidijem. Na peristomiju se nalaze usta i pokriva ih prostomij koji je s leđne strane. Prostomij je promjenjiva oblika i veličine, a kod nekih vrsta je preobražen u rilo (npr. vrsta *Stylaria lacustris* – Slika 2.) (Matoničkin, 1998.).



Slika 2. *Stylaria lacustris* (fotografirala Marija Dundović)

Četine su još jedna karakteristika maločetinaša, duge su oko 1 mm, a raspoređene su na svakom kolutiću i smještene su dorzalno i ventralno. Postoje dva osnovna oblika četina Oligochaeta, a to su četine u obliku dlake, izdužene i tanke i nedostaje im nodulus u sredini. Mogu imati lateralne izbojke pa cijela četina izgleda „izreckano“. Ovakav tip dlake je prisutan samo u dorzalnim snopovima kod nekih vrsta porodica Naididae, Tubificidae i Opistocydae. Prave četine su deblje od dlaka, imaju nodulus u sredini i sigmoidalnog su oblika, a završavaju jednostavnim vrhom ili se cjepaju na dva „zuba“- proksimalni i distalni (Milligan,

1997.). Karakteristike četina su jedna od glavnih značajki građe Oligochaeta na kojima se temelji njihova determinacija i taksonomska podjela. Četine mogu biti duže i tanje ili kraće i deblje, sigmoidalni oblik može biti jače ili slabije izražen, a „zubići“ mogu biti jedva primjetni i jednaki, a postoje vrste koje karakterizira i dvostruko veći gornji od donjeg zuba (Slika 3.).



Slika 3. Oblik četina Oligochaeta (Brinkhurst 1971.)

Osim vrsta porodice Naididae ostali vodeni maločetinaši nemaju očne pjege (Brinkhurst, 1971.). Mnogi pripadnici porodica Naididae i Lumbriculidae grabežljivci su i hrane se uglavnom kolnjacima, malim racima, oblićima i maločetinašima. Oligochaeta su dvospolci, ali je obavezna ukrižana oplodnja. Oplođena jaja razvijaju se u smanjenu verziju odraslih - nema ličinačkog stadija. Ima vrsta maločetinaša koje se razmnožavaju isključivo nespolno, a to su vrste porodica Aeolosomatidae i Naididae. Tubificidae, Enchytraeidae,

Lumbriculidae i Haplotaxidae se reproduciraju gotovo u potpunosti spolno. Maločetinaši su uglavnom stanovnici kopna, gdje ih nalazimo u svim ekosustavima, na livadama, poljima i svim kopnenim vodama (Web 1), osim u vodama s ekstremnim kemijskim čimbenicima (Wohglemuth i Schenkova, 1999.). Porodice koje najčešće nalazimo u vodenim staništima su Naididae, Tubificidae i Aeolosomatidae. Red Oligochaeta čini ukupno 17 porodica, a to su: Naididae, Opistocystidae, Tubificidae, Pheodrilidae, Enchytraeidae, Lumbriculidae, Haplotaxidae, Allurodidae, Syngenodrilidae, Moniligastridae, Microchateidae, Glossoscolecidae, Criodrilidae, Lumbricidae, Acanthodrilidae, Megascolecidae i Eudrilidae (Web 2).

1.2.2.1. porodica Aeolosomatidae

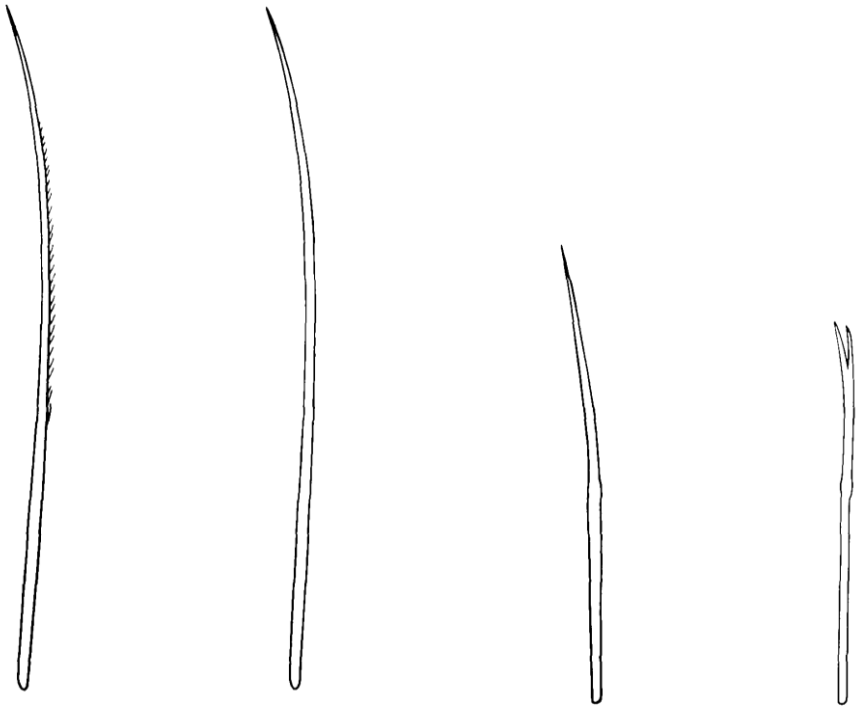
Aeolosomatidae predstavljaju grupu beskralježnjaka koji naseljuju slatkovodna staništa. Ovu porodicu čine tri roda *Aeolosoma*, *Rheomorpha* i *Hystricosoma*. Aeolosomatide su otprilike 0.3 do 1 mm duljine i 0.04 do 0.06 mm promjera (Web 3). Imaju malo kolutića, prostomij je velik i trepetljikav, osobito s trbušne strane. Četine su raspoređene u četiri busena u svakom kolutiću, ventralni i dorzalni buseni sadrže četine u obliku dlaka i sigmoidalne četine (Brinkhurst, 1971.). Karakterizira ih prisutnost obojenih uljnih kapljica na cijeloj površini tijela koje mogu biti crvenkaste, zelene, žute, plavkaste ili bezbojne. Funkcija uljnih kapljica je još uvijek nepoznata (Brinkhurst, 1971.) (Slika 4.).



Slika 4. *Aeolosoma quaternarium* (fotografirala Marija Dundović)

1.2.2.2. Porodica Naididae

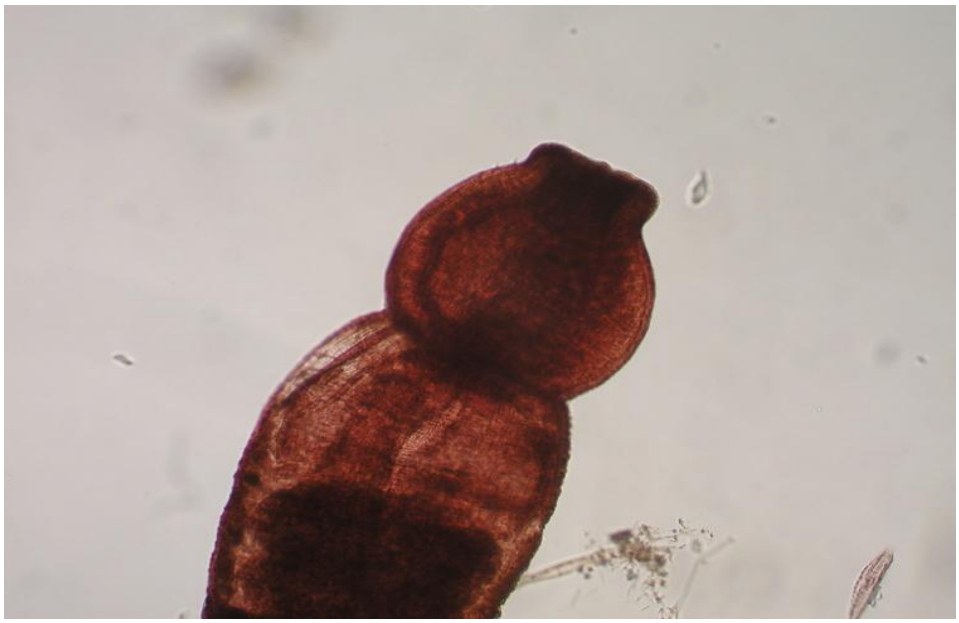
Porodica Naididae je jedna od najvažnijh skupina vodenih maločetinaša. Uglavnom se javljaju kao bentoski i epifitski organizmi u slatkovodnim, bočatim i morskim sustavima (Ohtaka, 1985.). Pripada najraznovrsnijim porodicama Oligochaeta i sadrži ukupno 26 rodova. Vrlo je rasprostranjena u vodama na kopnu čitavog svijeta. To su uglavnom male vrste (oko 1 cm), koje se većinom nespolno razmnožavaju izgrađujući lance duljine 2-10 mm u kojima ima više jedinki (Matoničkin, 1998.). Jedna od glavnih značajki za determinaciju Naididae su četine koje mogu biti jednostavne ili račvaste (sa „zubićima“). Četine u obliku dlake mogu biti glatke ili s lateralnim izbojima (Slika 5.).



Slika 5. Četine porodice Naididae (A guide to the Naididae (Annelida: Clitellata: Oligochaeta) of North America)

Rod *Chaetogaster* je rasprostranjen širom svijeta, jedinke su male veličine, a karakteriziraju ih četine samo s ventralne strane. Dorzalno nemaju četina i lako ih je prepoznati. Snopovi sadrže 4 i više račvastih četina bez četina u obliku dlake (Brinkhurst, 1971.). Vrsta *Chaetogaster limnaei* je jedina parazitska vrsta ovog roda, a parazitira na puževima, iako postoje zabilježeni slučajevi parazitizma i na vrsti *Dreissena polymorpha*

(Web 4) (Slika 6.). Jedinke roda *Nais* karakteriziraju ventralne i dorzalne četine. Četine u obliku dlaka ne postoje u ventralnim snopovima, ali se kod mnogih vrsta susreću u dorzalnim četinama. Četine mogu biti jednostavne i račvaste, kako dorzalne tako i ventralne (Milligan, 1997.) (Slika 7.).



Slika 6. *Chaetogaster diaphanus* (fotografirala Marija Dundović)



Slika 7. *Nais simplex* (fotografirala Marija Dundović)

1.2.3. Cladocera - rašljoticalci

Koljeno: Arthropoda

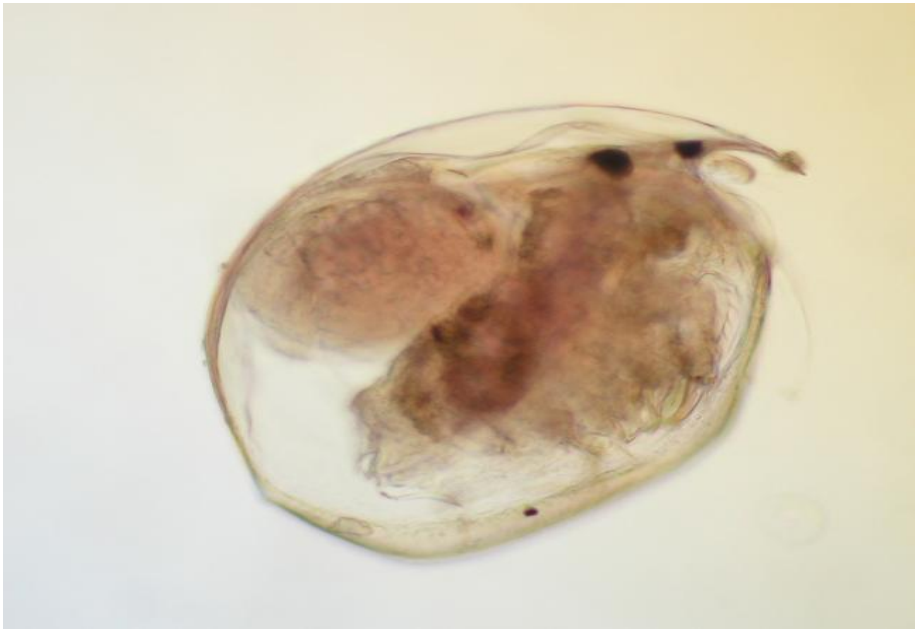
Razred: Crustacea

Podrazred: Branchiopoda

Red: Onchyura

Podred: Cladocera (rašljoticalci)

Rašljoticalci ili vodenbuhe, su slatkovodna skupina organizama i važna komponenta zooplanktona. Najčešće ih nalazimo u permanentno stajaćim vodama umjerenog područja (Forro i sur., 2008.). Imaju u trupu samo malo kolutića, koji često nisu jasno odvojeni pa im je trup kratak. Trup ima 4 - 6 kolutića i toliko pari nogu, a zaštićen je dvostranom ljuskom izvan koje je samo glava. Cladocera su maleni račići dugački samo koji milimetar. Najviše žive u vodama na kopnu a u moru mnogo manje, hrane se fitoplanktonom. U ribnjacim i jezerima važna su hrana slatkovodnim ribama (Matoničkin, 1998.) (Slika 8.).



Slika 8. Cladocera (arhiva projekta MZOŠ 285-0000000-2674)

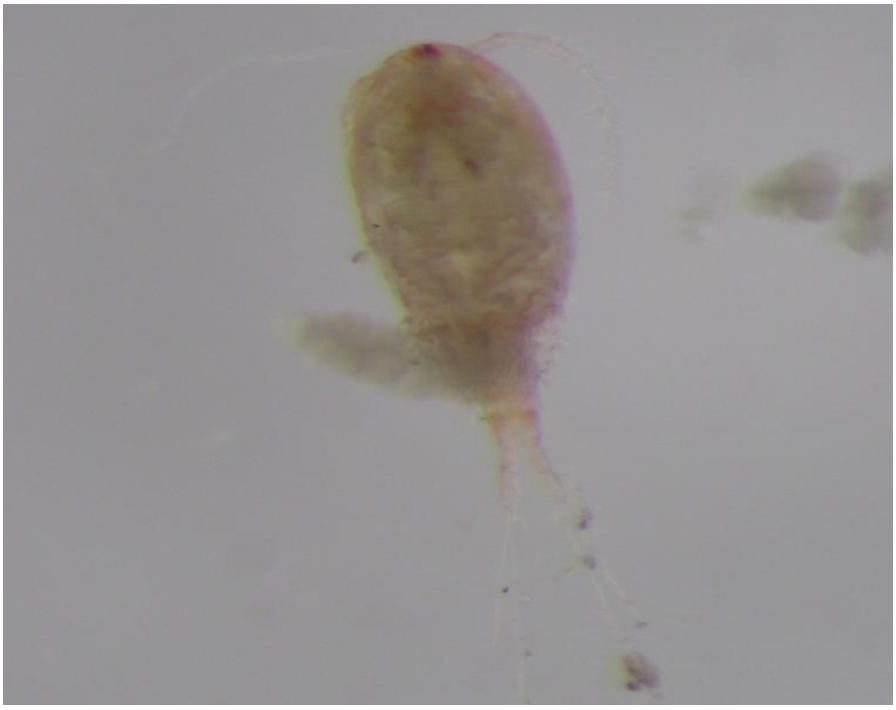
1.2.4. Copepoda – veslonošci

Koljeno: Arthropoda

Razred: Crustacea

Podrazred: Copepoda (veslonošci)

Planktonski organizmi s uskim, duljim kolutićavim tijelom bez ikakve ljuske i sa stalnim brojem kolutića i nogu. Copepoda se razvijaju preobrazbom preko nauplija. Ličinke Copepoda se nazivaju naupliji i prolaze kroz jedanaest stadija prije nego što postaju odrasli kopepodni račići. Međutim, nakon izlijeganja nauplij ne izgleda u potpunosti kao odrasla jedinka, nedostaju mu sve noge. Sa svakim novim stadijem ličinka dobiva par nogu, preostale dijelove tijela i na veličini (Web 5). Slobodni veslonošci su male životinje, hrane se fitplanktonom, a jednako su česti u moru kao i u kopnenim vodama (Matoničkin, 1998.) (Slika 9.).



Slika 9. Copepoda (arhiva projekta MZOŠ 285-0000000-2674)

1.2.5. Chironomidae – trzalci

Koljeno: Arthropoda

Potkoljeno: Tracheata

Razred: Insecta

Red: Diptera

Porodica: Chironomidae

Ličinke Chironomidae pronalazimo na različitim tipovima staništa, ali najveći broj vrsta obitava u slatkovodnim ekosustavima. Tijelo ličinki dužinom varira između 2-30 milimetara. Glava je potpuno razvijena i ne može se uvući u tijelo koje čine tri prsna i devet kolutića abdomena. Boja tijela može biti blijedo-žuta, crvena ili zelena. Ličinke imaju po jedan par lažnih nožica na prvom prsnom i na analnom kolutiću abdomena (Brooks i sur., 2007.). Prehranu ličinki Chironomidae čine detritus, alge, makrofite, naplavno drvo i vodeni beskralježnjaci. Hrana su ribama i prema tome predstavljaju vezu između viših i nižih trofičkih kategorija (Armitage i sur., 1995; Čerba i sur., 2010.) (Slika 10.).



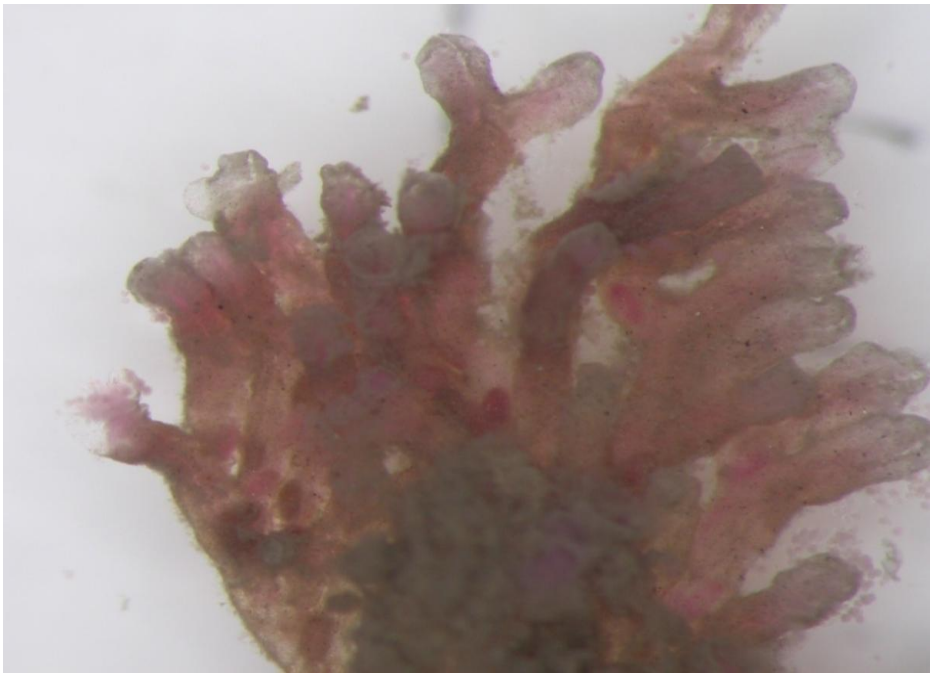
Slika 10. Ličinka Chironomidae (arhiva projekta MZOŠ 285-0000000-2674)

1.2.6. Bryozoa – mahovnjaci

Koljeno: Lophophorata

Razred: Bryozoa (mahovnjaci)

Gotovo su svi mahovnjaci morske životinje, tek malo vrsta živi u vodama na kopnu. To su male životinje koje nespolnim pupanjem stvaraju velike zadruge. Svaka se pojedina životinjica u zadruzi naziva zooid, a njezina kućica zoecij. Zooidi su kod mahovnjaka u vodama na kopnu spojeni kroz otvore u kućicama, no kod većih nema pregrade između kućica, pa su svi zooidi združeni u tjelesnoj šupljini. Na vrhu prednjeg dijela tijela mahovnjaci imaju prošireni nosilac, lofofor koji kod slatkovodnih oblika ima oblik potkove zbog čega se oni nazivaju potkovasti mahovnjaci. Poznato je oko 50 vrsta slatkovodnih mahovnjaka (Wood i Okamura, 2005.). *Plumatella fungosa* je vrsta Bryozoa koja nastanjuje kopnene vode, čini masivne brežuljkaste kolonije sivkaste boje, a karakteriziraju je gusto naslagani zooidi (Web 6) (Slika 11.).



Slika 11. Kolonija Bryozoa (arhiva projekta MZOŠ 285-0000000-2674)

1.3. Funkcionalne hranidbene skupine

Klasifikacija organizama prema funkcionalnim hranidbenim skupinama se temelji na mehanizmima kojima organizmi dolaze do hrane, a ne na taksonomiji. Pozitivni učinak ove metode je da se umjesto proučavanja velikog broja taksonomskih svojti, sve svede na nekoliko grupa organizama koji se mogu proučavati zajedno obzirom na način na koji procesiraju energiju. Kategorizacija organizama se temelji na morfologiji usta, ponašanju pri hranjenju i tipu hrane koju konzumiraju (Moog, 2002.). Glavne skupine čine strugači (eng. *scrapers*) koji se hrane algama i stružu ih sa podloge, zatim usitnjivači (eng. *shredders*) koji se hrane otpalim lišćem i krupnom čestičnom organskom tvari (CPOM), sakupljači detritusa (eng. *gathering collectors*) se hrane detritusom, filtratori (eng. *filtering collectors*) skupljaju sitnu čestičnu organsku tvar FPOM iz stupca vode i to mogu raditi aktivno i pasivno i predatori koji se hrane drugim konzumentima (Carmel river Watershed Assesment, 2004.). Osim ovih skupina postoje i bušači (eng. *leaf borers, miners*) koji prodiru u lišće vodenih biljaka i njime se hrane, ksilofagi (eng. *xylophagous*) koji se hrane drvenim ostacima, paraziti (eng. *parasites*) koji parazitiraju na drugim organizmima i drugi (eng. *other*) koji se ne mogu klasificirati na ovakav način (Moog, 2002.).

1.4. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja bio je utvrditi prisutnost perifitona na prirodnim podlogama uronjenim u Sakadaško jezero na tri lokaliteta (P1, P2 i P3) u različitim godišnjim dobima tijekom godine dana (1.9.2011. – 4.9.2012.) te fizikalno – kemijske uvjete u kojima se perifiton razvijao. Također, cilj je bio utvrditi kvalitativni i kvantitativni sastav faune perifitona, s posebnim osvrtom na maločetinaše (Oligochaeta) te postoje li prostorne i vremenske razlike u sastavu i brojnosti pojedinih skupina. Utvrđivanje utjecaja biotičkih i abiotičkih čimbenika vode i perifitona na faunu perifitona, također je jedan od ciljeva istraživanja ovog diplomskog rada.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Područje istraživanja

2.1.1. Kopački rit

Park prirode Kopački rit je poplavna ravnica i jedinstven hidrološki prostor prvenstveno pod utjecajem rijeke Dunav s kojom je Kopački rit povezan prirodnim hidrološkim odnosima. Proteže se na površini od 12 665 ha u sjeveroistočnom dijelu Hrvatske između 45°15´ - 45°53´ geografske širine i 16°06´ - 16°41´ geografske dužine. Meandriranjem Dunava i djelovanjem poplava na području Kopačkog rita razvile su se naplavne površine obrasle šumom (Mihaljević i sur., 1999.) (Slika 12.).



Slika 12. Karta Kopačkog rita (Web 7)

Bare (depresije) i grede (povišena područja) nastaju radom poplavnih voda koje na jednom mjestu talože, a na drugom odnose sediment. Time nastaje specifičan valoviti izgled reljefa. Bare i grede su uske i dugačke i gledano iz zraka imaju specifičan zakrivljen izgled i visinska razlika između njih iznosi najviše 8 metara. Bare se na krajevima spajaju i preko prirodnog kanala, „foka“, ulaze u Dunav. Fokovi služe za punjenje i pražnjenje bara i često su

bili umjetno produbljivani, a također ima i umjetno iskopanih kanala koji su preuzeli funkciju fokova. Ovakav raspored bara i greda ovom području daje jedinstveni izgled jer cijelo poplavno područje poprima izgled delte. Zanimljivost je da rijeka Dunav u svom srednjem toku, uz pomoć rijeke Drave, stvara tzv. unutrašnju deltu. Takav fenomen kod drugih europskih rijeka u ovakvom obliku nije poznat (Web 8) (Slika 13.).



Slika 13. Kopački rit (Web 9)

Mikroreljefi karakteristični za Kopački rit čine glavni čimbenik raznolikosti vegetacije. Obzirom na razlike u mikroreljefu različita je dubina vode, visina i trajanje poplave i dolazi do razvoja šumske, močvarne i vodene vegetacije (Mihaljević i sur., 1999.).

Voda u Kopački rit ulazi iz četiri smjera. Na istoku Dunav graniči s područjem Kopačkog rita i nakon što vodostaj Dunava kod Apatina prijeđe 167 cm (Vidaković i sur., 2012.) voda počinje ulaziti u Kopački rit. Međutim, vodostaj od 3.0 do 3.5 m označava početak poplave. Kanal Hulovo je najveći i najznačajniji dovodnik i odvodnik voda Kopačkog jezera. Sa sjevera Kopačko jezero dobiva vodu preko Vemeljskog Dunavca, a zatim preko Nagyhat foka. Sa zapada područje dobiva vodu iz produženog kanala Barbara, odnosno Stare Drave. Barbara se ulijeva u biljsku Staru Dravu i preko ustave Kopačevo u Sakadaško jezero koje je povezano kanalom Čonakut s Kopačkim jezerom. Vodena veza Kopačkog rita s Dravom je kanal Renovo kojim voda najčešće istječe iz rita. To je dominantna veza Kopačkog

rita s južne strane i samo kod visokih voda Drave dolazi i do preljevanja kroz manje kanale kojima se voda razlijeva po ritu (Mihaljević i sur., 1999.).

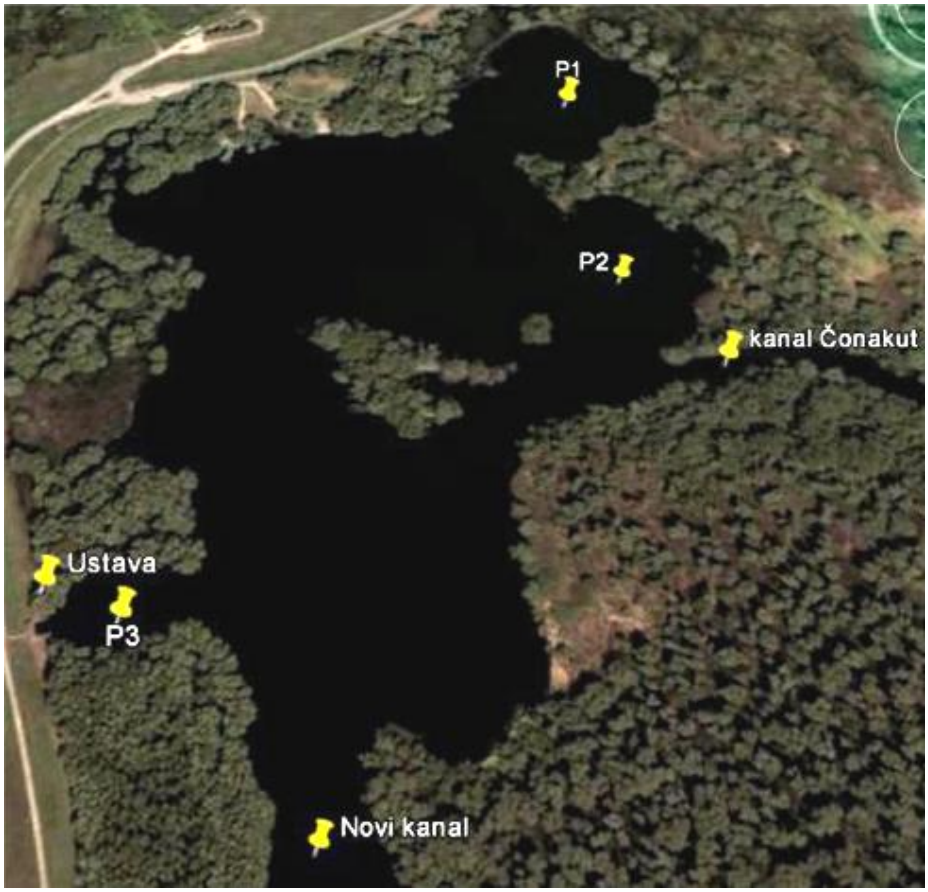
2.1.2. Sakadaško jezero

Kopački rit se može podijeliti na dva dijela: dio A dobiva vodu iz rukavca rijeke, a dio B iz mreže postojećih višegodišnjih kanala. U dijelu B se nalazi najdublja vodena depresija u ritu - Sakadaško jezero (Slika 14.) (Mihaljević i sur., 2010.). Nastalo je nakon katastrofalne poplave 1926. godine kada su visoke dunavske vode probile nasip Zmajevac – Kopačevo i tu se trajno zadržale (Mihaljević i sur., 1999.). Sakadaško i Kopačevsko jezero su trajni vodeni mikrolokaliteti u reljefu Kopačkog rita i izravno su povezani mrežom kanala sa Dunavom (Vidaković i sur., 2008.). Osim kanala Čonakut i Hulovo, koji direktno povezuju Sakadaško jezero sa rijekom, Sakadaško jezero mijenja vodu i putem Novog kanala na južnom dijelu i brane na zapadnom dijelu. Poplava se obično događa u proljeće i rano ljeto, a tijekom nižih vodostaja jezero postaje izolirani sustav u Kopačkom ritu. Maksimalna dubina Sakadaškog jezera iznosi 12 metara, srednja dubina iznosi 5 metara, prosječna površina 0.15 km^2 (Mihaljević i sur., 2010., Vidaković i sur., 2012.) (Slika 14.)

Sakadaško jezero je jedan od standardnih lokaliteta u sklopu Kopačkog rita na kojemu su vršena hidrobiološka istraživanja unutar projekata „Zaštita voda rezervata Kopački rit“ 1997. - 2002., „Zaštita voda rezervata Kopački rit“ 2002. - 2006., „Bioassay u trofičkoj valorizaciji močvara Podunavlja“ 2002. - 2005. i „Zaštita voda Kopačkog rita – ekološke interakcije Dunava i poplavnog područja“ od 2007. i još uvijek traje.

Rezultati istraživanja pokazuju značajnu eutrofizaciju Sakadaškog jezera, a smanjene razine koncentracije kisika u vodi 1997. su izazvale masovno uginuće riba u Sakadaškom jezeru. Zabilježeno je 168 vrsta fitoplanktonske zajednice i najbrojnije su Chlorophyta sa 87 vrsta. Istraživana je meio- i nematofauna sedimenta Sakadaškog jezera i utvrđen je utjecaj razdoblja anoksije i hipoksije na vrsni sastav (Vidaković i sur., 2008.). Bakteriološka istraživanja su pokazala dominaciju eutrofnih bakterija za vrijeme niske vode, a oligotrofnih za vrijeme poplave. Od 2003. rađena su istraživanja na biofilmu (sesilne bakterijske zajednice) (Vidaković i sur., 2008.). U lipnju 2004. uočena je pojava makrofitske vegetacije koja dotad nije bila zabilježena na Sakadaškom jezeru i uzorkovanjem te vegetacije utvrđene su 23 taksonomske skupine beskralježnjaka, od čega je 11 pripadalo fauni ličinki kukaca. U

makrofitskoj vegetaciji (*Ceratophyllum demersum* Linnaeus, 1753. i *Myriophyllum spicatum* Linnaeus, 1753.) je zabilježena prisutnost dvije invazivne vrste, račić *Limnomysis benedeni* Czerniavski, 1882. i školjkaš *Dreissena polymorpha* Pallas, 1771. koje pripadaju skupini Ponto – kaspijskih vrsta. Ta je skupina bila endemična za područje Crnog mora i Kaspijskog jezera, ali se proširila po Europi i Dunavom na Kopački rit. Dunav je danas jedna od najprometnijih vodenih poveznica u Europi (Vidaković i sur., 2008.). Mihaljević i sur. (2010.) su utvrdili utjecaj ekstremne poplave na Sakadaško jezero, a to je promjena iz turbidnog u „clear state“, odnosno, stanje povećane prozirnosti vode. Istraživanja perifitona su rađena na umjetnoj podlozi (staklene pločice) i utvrđena je prisutnost 14 taksonomskih skupina uz prisutnost invazivne vrste *D. polymorpha*. Također, Dunav ima veliki utjecaj na razvoj i sastav perifitonskih zajednica, a kolonije Bryozoa i spužve koje se razvijaju na stakalcima pružaju nove površine za razvoj još kompleksnijih zajednica beskralježnjaka (Vidaković i sur., 2012.).



Slika 14. Sakadaško jezero P1, P2 i P3 (Marija Dundović putem Google Earth-a)

2.2. Rad na terenu

Rad na terenu započeo je 28.7.2011. postavljanjem po jedne drvene konstrukcije na svaku od tri lokacije na Sakadaškom jezeru, na postaje P1, P2 i P3 (Slika 14.). Na svaku konstrukciju je plastičnom strunom (silkom) pričvršćeno 25 žičanih cilindara obloženih plastičnom mrežicom veličine pora 15x15 mm. U svaki cilindar je uložena prethodno autoklavirana vrbova grančica duljine ~ 10 cm i promjera ~ 1 cm koja predstavlja prirodnu podlogu za razvoj perifitona. Drvena konstrukcija pluta na površini vode, usidrena je za dno i ograničeno joj je kretanje (Slika 15.). Cilindri s grančicama lebde u stupcu vode i period ekspozicije grančica iznosi 5 tjedana (28.7.2011. – 1.9.2011. (Ljeto 1), 28.10.2011. – 1.12.2011. (Jesen), 4.4.2012. – 9.5.2012. (Proljeće), 31.7.2012. – 4.9.2012. (Ljeto 2)). Dinamika uzorkovanja je sezonska, po jedno postavljanje/uzorkovanje za svako godišnje doba. Zimi nije bilo moguće provesti eksperiment zbog zaleđene površine jezera. Tijekom uzorkovanja grančica određeni su fizikalno – kemijski parametri vode na sve tri postaje.



Slika 15. Drvena konstrukcija (fotografirala Marija Dundović)

2.2.1. Određivanje fizikalno – kemijskih parametara vode

Prozirnost (cm) jezera je izmjerena pomoću Secchi ploče. Temperatura vode (°C), koncentracija otopljenog kisika u vodi (mg/L), zasićenje vode kisikom (%), pH i

provodljivost vode (µS/cm) su izmjereni pomoću mini – laboratorija Multi set/340i WTW. Na svim postajama uzeto je po 1000 mL jezerske vode za određivanje klorofila a, te 1000 L za određivanje ukupne suspendirane tvari (TSS; eng. *Total Suspended Solids*). Obzirom da su parametri izmjereni dvaput za svaku sezonu, jednom prilikom postavljanja grančica, a drugi put prilikom prikupljanja grančica, prikazane vrijednosti fizikalno – kemijskih parametara za svaku sezonu su aritmetička sredina dvaju izmjerenih vrijednosti parametara i predstavljaju sezonske uvjete vodenog okoliša u kojima su se nalazile grančice 5 tjedana (po sezoni).

2.2.2. Vodostaj Dunava

Vodostaj je važan čimbenik koji određuje uvjete vodenog okoliša i samim time djeluje na razvoj zajednice perifitona. Izvor podataka za dnevni vodostaj Dunava na mjernoj postaji Apatin su bile Hrvatske vode, odnosno Vodnogospodarski odjel za Dunav i donju Dravu, i na temelju toga je izračunat prosječni vodostaj Dunava za svaku sezonu.

2.2.3. Uzorkovanje perifitona

Prilikom uzorkovanja iz cilindra je pincetom izvađena grančica i stavljena u zasebnu bočicu s vodom (200 mL). Bočice su obilježene brojem i slovom, datumom i oznakom postaje. Na svakoj su postaji izvađene po 3 grančice (označene slovima A, B i C) za svaku pojedinu analizu – biomase perifitona, koncentracije klorofila perifitona te zajednica algi i faune. Bočice su na terenu stavljene u prijenosni hladnjak i dopremljene u laboratorij.

2.3. Rad u laboratoriju

Rad u laboratoriju obuhvaćao je određivanje koncentracije klorofila a u vodi i TSS-a, određivanje koncentracije klorofila a, b i c perifitona na grančicama, određivanje svježe i suhe mase grančica, određivanje kvalitativnog i kvantitativnog sastava faune beskralježnjaka te separaciju i pripremu uzoraka Oligochaeta za determinaciju.

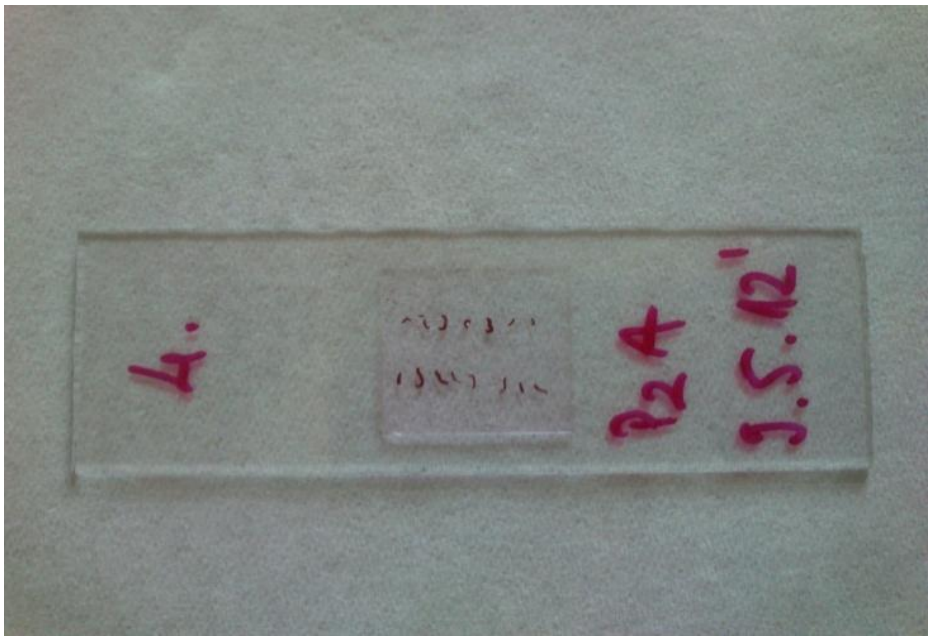
2.3.1. Određivanje koncentracije klorofila i ukupne suspendirane tvari (TSS) u stupcu vode i po grančici

Jezerska voda (1000 mL) se filtrira pomoću Buchnerovog lijevka i vakuum sisaljke, a potom se filter papir (Whatman GF/C, Ɵ 55 mm) zajedno s talogom prenese u tarionik i smrvi s 15 mL acetona, sadržaj se pretoči u kivetu. Kivetu zatvaramo aluminijskom folijom. Uzorci klorofila ostaju 24 sata u hladnjaku, a zatim se centrifugiraju na 2500 okretaja/min. Nakon centrifugiranja menzurom se izmjeri volumen supernatanta i pomoću spektrofotometra se izmjeri apsorbancija pri 630, 645, 663 i 750 nm i odredi koncentracija klorofila a, b i c (Komarkova, 1989.). TSS se određuje filtracijom 1000 mL jezerske vode pomoću Buchnerovog lijevka i vakuum sisaljke uz poznatu masu filter papira (Whatman GF/C, Ɵ55mm). Filter papir se prvo suši 24 sata na 105 °C. Žarenjem filter papira i vaganjem je dobivena masa ukupnog TSS-a. Kod određivanja koncentracije klorofila a, b i c perifitona, isti se sastruže sa grančice u čašu s vodom, volumen vode iznosi 100 mL. Koncentracija klorofila perifitona radi se prema Komarkova (1989.).

2.3.2. Fauna perifitona

Nakon dolaska s terena grančice su pregledane pod binokularnom lupom Carl Zeiss Jena radi utvrđivanja prisutnosti spužvi, školjkaša ili puževa. Uzorci su potom fiksirani 70%-tnim alkoholom. Radi potrebe pregledavanja faune grančice su ispirane vodom preko sita veličine pora 65 μm. Pritom je skalpelom sastrugan perifiton sa grančica. Isprani perifiton je skupa s grančicom stavljen u čašu s vodovodnom vodom. Zatim je grančica stavljena u Petrijevu zdjelicu s malo vode i pod binokularnom lupom je skinuta kora radi utvrđivanja postojanja ličinki trzalaca i maločetinaša ispod kore. Sadržaj čaše s perifitonom je pregledan u Petrijevoj zdjelici pod binokularnom lupom dio po dio. Izbrojane su jedinke oblića, maločetinaša, ličinki trzalaca te rašljoticalci i veslonošci. U slučaju pojave kolonije mahovnjaka na grančici, kolonija je odstranjena skalpelom, stavljena na milimetarski papir i izmjerena joj je površina. Uzorci su nakon pregledavanja fiksirani 4%-tnim formaldehidom. Radi potreba determinacije maločetinaša do razine vrste pod binokularnom lupom su iz faune obraštaja pincetom izdvojene jedinke maločetinaša i stavljene u smjesu glicerola i vode 1:5 na 24 sata. Zatim su napravljeni preparati maločetinaša gdje je na svaku predmetnicu u kap čistog glicerola što pravilnije poredano u prosjeku 10 jedinki maločetinaša i pokriveno

pokrovnicom. Svaka je predmetnica označena rednim brojem, datumom i imenom postaje (Slika 16.). Determinacija je izvršena pomoću ključeva Brinkhurst (1971.) i Milligan (1997.). Određen je broj jedinki svake vrste i po jedan primjerak svake vrste je fotografiran digitalnom fotoopremom Olympus Camedia 4040Z pomoću Olympus mikroskopa BX51 i lupe SZX9. Brojnost taksonomskih svojti beskralježnjaka i jedinki različitih vrsta Oligochaeta izražena je kao broj jedinki na 100 cm^2 površine grančice.



Slika 16. Preparat Oligochaeta (fotografirala Marija Dundović)

2.4. Stupanj trofije

Stupanj trofije je intenzitet primarne produkcije u kopnenim vodama, a obuhvaća: oligotrofiju, mezotrofiju, umjerenu eutrofiju, eutrofiju i hipertrofiju, na osnovi čega se mogu donositi zaključci o vrsti vode (Web 10). Glavni parametri pri određivanju stupnja trofije su minimalna i srednja vrijednost prozirnosti vode, srednja i maksimalna vrijednost klorofila a te srednja vrijednost ukupnog fosfora (Tablica 1.). Prema Uredbi o klasifikaciji voda Vlade Republike Hrvatske (Tablica 2.) parametri za određivanje stupnja trofije su prozirnost, klorofil a, gustoća mrežnog fitoplanktona i ukupni fosfor.

Tablica 1. Granične vrijednosti trofičkih kategorija – „fixed boundary sistem“, OECD 1982.

	Ultraoligotrofna	Oligotrofna	Mezotrofna	Eutrofna	Hipertrofna
Minimalna vrijednost prozirnosti vode (m)	≥ 6,0	≥ 3,0	3 – 1,5	1,5 - 0,7	≤ 0,7
Srednja vrijednost prozirnosti vode (m)	≥ 12,0	≥ 6,0	6 – 3	3 – 1,5	≤ 1,5
Srednja vrijednost klorofila-a (µg/L)	≤ 1,0	≤ 2,5	2,5 – 8	8 - 25	≥ 25
Maksimalna vrijednost klorofila-a (µg/L)	≤ 2,5	≤ 8,0	8 – 25	25 – 75	≥ 75
Srednja vrijednost ukupnog fosfora (mg/L)	≤ 0,004	≤ 0,010	0,010 – 0,035	0,035 – 0,100	≥ 0,100

Tablica 2. Utvrđivanje stupnja trofije u kopnenim stajaćicama (Vlada Republike Hrvatske; Uredba o klasifikaciji voda, NN 77/98)

	Oligotrofna	Mezotrofna	Umjereno eutrofna	Eutrofna	Hipertrofna
Prozirnost (m)	> 5	1 - 5	0,5 - 1	< 0,5	< 0,5
Klorofil-a (µg/L)	< 2,5	2,5 - 10	10 - 30	> 30	**
Gustoća mrežnog fitoplanktona (stanica/L)	$< 10^4$	10^4 - 10^6	10^6 - 10^7	$>10^7$	**
Ukupni fosfor (mg/L)	< 0,01	0,01-0,04	0,04 -0,100	> 0,100	> 0,100

Carlsonov indeks trofije je česta metoda koja se koristi za određivanje trofičkog stanja jezera, koristi vrijednosti prozirnosti vode, klorofila a i ukupnog fosfora za dobivanje indeksa stupnja trofije = TSI (eng. *trophic state index*). Raspon vrijednosti indeksa je od 0 do 100. Obzirom da su tri varijable (vrijednosti prozirnosti vode, klorofila a i ukupnog fosfora) povezane linearnim regresijskim modelom teoretski bi bilo koja od varijabli mogla biti korištena za određivanje stanja jezera (Devi Prasad i Siddaraju, 2012.).

Formule za računanje Carlsonovog indeksa trofije (CTSI) su:

TSI za klorofil a TSI(CA) = 9.81In * koncentracija klorofila a (µg/L) + 30.6

TSI za prozirnost vode TSI(SD) = 60 - 14.41In * prozirnost vode (m)

TSI for ukupni fosfor TSI(TP) = 14.42 In * ukupni fosfor (µg/L) + 4.15

(CTSI) = [TSI (TP)+TSI (CA)+TSI (SD)]/3

Tablica 3. Vrijednosti Carlsonovog indeksa trofije (prema Devi Prasad i Siddaraju (2012.))

Carlsonov indeks trofije (CTSI)	Opis
<30	Oligotrofno stanje; bistra voda i dobra opskrbljenost vode kisikom
30-40	Moguća pojava anoksije u hipolimnionu
40-50	Mezotrofno stanje; voda je umjereno bistra, povećana vjerojatnost anoksije u hipolimnionu tijekom ljeta
50-60	Eutrofno stanje; anoksični hipolimnion, mogući problemi s makrofitama
60-70	Dominacija cijanobakterija, nakupine algi prisutne i raširenost makrofitske vegetacije
70-80	Hipertrofija; ograničeno prodiranje svjetlosti, velika količina algi i makrofita prisutna
>80	Algalne nakupine, makrofita rjeđe ali prisutne

2.5. Dominantnost

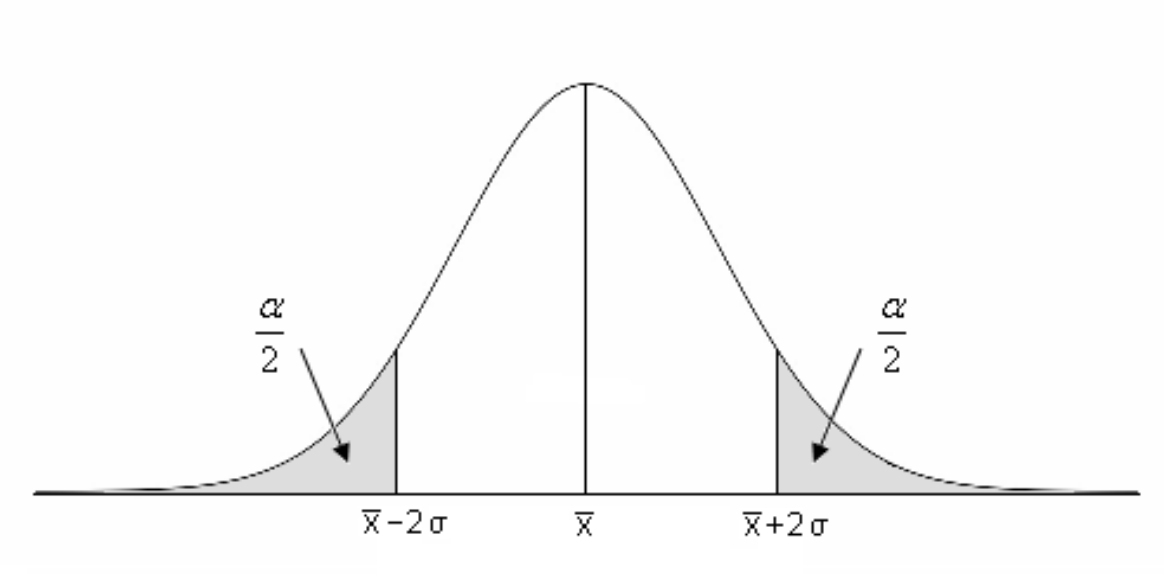
Pojam dominantnosti se odnosi na zastupljenost pojedine vrste u zajednici. Vrste koje su zastupljene s više od 10 % u zajednici su eudominantne, vrste čija se zastupljenost kreće od 5 – 10 % su dominantne, vrste zastupljene sa 2 – 5 % su recedentne, a one zastupljene sa manje od 1 % su subrecedentne (Odum, 1971.).

2.6. Statistička analiza podataka

Normalna ili Gaussova razdioba s dovoljnom točnošću opisuje veće količine podataka dobivene zapažanjima iz okoliša i najupotrebljavanija je razdioba u teoriji i primjeni matematičke statistike. Normalna ili Gaussova krivulja određena je s dva parametra, a to su srednja vrijednost (aritmetička sredina) $\bar{X}$ i standardna devijacija σ (Slika 17.).

Aritmetička sredina $\bar{X}$ pripada skupini potpunih srednjih vrijednosti i omjer je zbroja svih vrijednosti numeričkog obilježja jednog niza i broja elemenata tog niza.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \cdots X_n}{n}$$



Slika 17. Normalna ili Gaussova krivulja

Standardna devijacija σ je mjera disperzije vjerojatnosti pojave varijabli oko najviše točke (aritmetičke sredine) u normalnoj razdiobi. Ako je standardna devijacija mala, razdioba podataka je vrlo blizu središnje vrijednosti (aritmetičke sredine), suprotno, ako je standardna devijacija velika razdioba podataka je široka i prisutna je značajna prirodna varijacija u uzorku, odnosno česti su značajni odmaci od aritmetičke sredine (Bailey, 1995.).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Korelacija je jedna od najčešće upotrebljavanih statističkih metoda i predstavlja suodnos dviju pojava koje su predstavljene različitim varijablama. Varijable su pri tom numeričke (kvantitativne). Potpuna korelacija ili funkcionalna veza postoji kada svakoj vrijednosti varijable x odgovara samo jedna vrijednost u drugoj varijabli y. Djelomična korelacija znači da određenoj vrijednosti varijable *x* odgovara više različitih vrijednosti varijable y. Što je korelacija manja, to je veća varijabilnost vrijednosti varijable *y* koje se pojavljuju uz neku određenu vrijednost varijable x.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X}) * (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2 * \sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y})^2}}$$

Pearsonov se koeficijent korelacije koristi za varijable na intervalnoj ili omjernoj ljestvici (brojčani podaci) koje su u linearnom odnosu, označava se malim slovom *r* te može poprimati vrijednosti od -1 do +1. Vrijednost koeficijenta korelacije od 0 do 1 je pozitivna korelacija i označava sukladan rast vrijednosti obje skupine podataka. Vrijednost koeficijenta korelacije od 0 do -1 označava negativnu korelaciju, odnosno sukladan porast vrijednosti jedne varijable, a pad vrijednosti druge varijable. Potpune povezanosti, odnosno, vrijednosti koeficijenta korelacije r = 1 nisu svojstvene biološkim sustavima i najčešće se odnose na teoretske modele. Kada koeficijent korelacije ima vrijednost 0, tada on označava ne postojanje linearne povezanosti, što upućuje na činjenicu kako poznavajući vrijednosti jedne varijable ne možemo ništa zaključiti o vrijednostima druge (Udovičić, 2007.).

Korelacija je u ovom radu korištena kako bi se utvrdilo postoji li odnos između fizikalno-kemijskih parametara vode s faunom perifitona i vrstama Oligochaeta i je li taj odnos pozitivan ili negativan.

T-test je statistička metoda analize dva skupa podataka i daje indikaciju o razdvojenosti tih podataka, odnosno, provjerava postoji li statistički značajna razlika između njih. Dva su osnovna tipa t-testa: nezavisni t-test – podaci iz uzoraka su nezavisni i parni t-test – podaci iz uzoraka su međusobno zavisni. T-test radi s pretpostavkom da je distribucija podataka normalna (Web 11). „t“ predstavlja omjer razlike srednjih vrijednosti dvaju skupina podataka i omjera varijance i veličine uzorka (Web 12).

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

P vrijednost nam govori postoji li statistički značajna razlika između ispitivanih grupa podataka. Postoje tablični prikazi p vrijednosti za dobivenu t vrijednost i postojeće stupnjeve slobode koji s računaju kao n – 1 (n je broj uzoraka). Ako je p vrijednost manja od 0.05 tada je razlika statistički značajna. T-test testira „nultu hipotezu“ koja ima oblik da „ne postoji statistički značajna razlika među skupinama podataka“. Ako je p vrijednost visoka tada postoji velika šansa pogreške u odbacivanju nulte hipoteze i ona je u tom slučaju ispravna. Međutim, ako je p vrijednost manja od 0.05 tada postoji 5% šanse da je nulta hipoteza ispravna i u tom ju slučaju odbacujemo (Web 13).

NMDS ili ordinacijska metoda neparametrijskog višedimenzijskog grupiranja omogućuje grafički prikaz odnosa uzoraka u dvije ili više dimenzija, a zasniva se na transformiranoj Bray – Curtis ili Euklidskoj matrici. „*Stress*“ predstavlja vjerojatnost pravilne ordinacije i interpretacije podataka (Clarke i Warwick, 2001.).

- stress < 0.05 – odlična ordinacija, s gotovo nikakvom mogućnošću krive interpretacije
- stress < 0.1 – vrlo dobra ordinacija, s vrlo malom mogućnošću krive interpretacije, tro- ili višedimenzionalni prikaz ne bi prikazao dodatne informacije o ukupnoj strukturi podataka
- stress < 0.2 – još uvijek daje korisni dvodimenzionalni prikaz podataka, iako gornje vrijednosti mogu biti pogrešno ili ne prikazane

SIMPER analiza je korištena za testiranje doprinosa pojedinih svojti faune sličnosti/različitosti unutar/između definiranih grupa (sezone i postaje).

Za izračunavanje pri radu korišteni su programi Microsoft Office Excel 2007., Statistica 7 i Primer 5.

3. REZULTATI

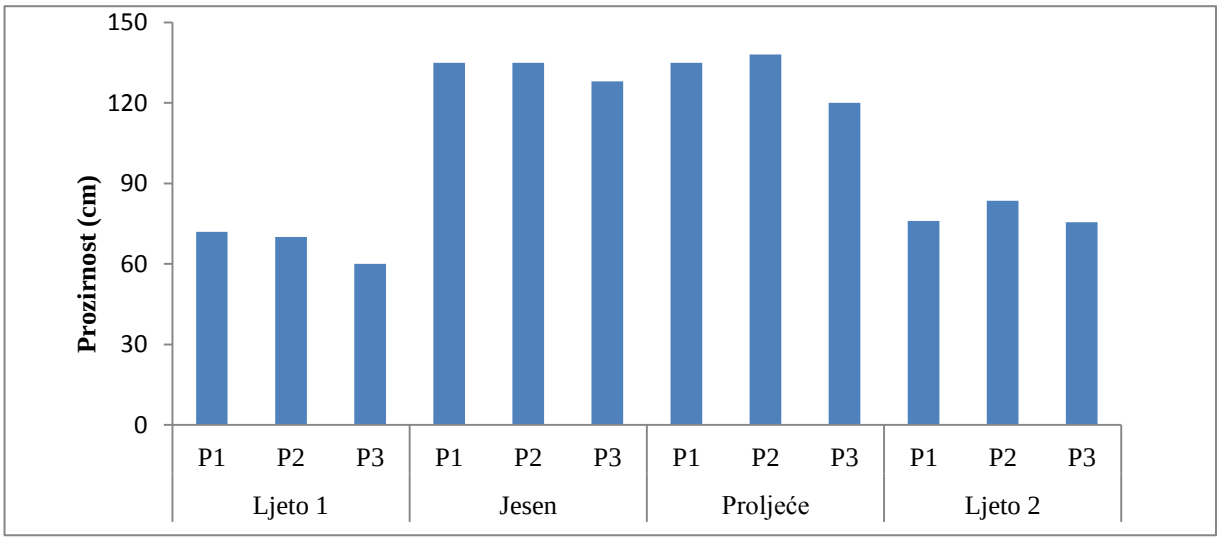
Pregledavanjem uzoraka grančica pod lupom utvrđeno je stanje u kojem su se nalazile grančice i fauna obraštaja. Jedinke Nematoda, Oligochaeta, Cladocera, Copepoda i ličinki Chironomidae su bile izbrojane, ali osim njih utvrđena je i prisutnost Rotatoria, koji su imali različitu brojnost u različitim sezonama, i Testacea čija se brojnost također mijenjala ovisno o sezoni. Zadružni sesilni trepetljikaši su bili izrazito brojni na grančicama i činili su bijele grozdaste nakupine dobro vidljive pod lupom. Pronađeni su i predstavnici slatkovodnih Oomycota. U proljeće su se također pojavile prostim okom vidljive sluzave nakupine koje su se sastojale od bakterija i jednostaničnih algi, poglavito diatomeja.

3.1. Fizikalno – kemijski parametri vode u Sakadaškom jezeru na ispitivanim postajama (P1, P2 i P3)

Tijekom uzorkovanja perifitona u Sakadaškom jezeru, na postajama P1, P2 i P3 izmjereni su sljedeći fizikalno – kemijski parametri vode: prozirnost, koncentracija kisika, postotni udio kisika, konduktivitet (provodljivost), pH i temperatura vode. Određene su i koncentracije klorofila (Chl) a, b i c te ukupna suspendirana tvar TSS, ukupni dušik (T-N) i ukupni fosfor (T-P). Zabilježen je vodostaj Sakadaškog jezera kod ustave (Prilog 1.).

3.1.1. Prozirnost

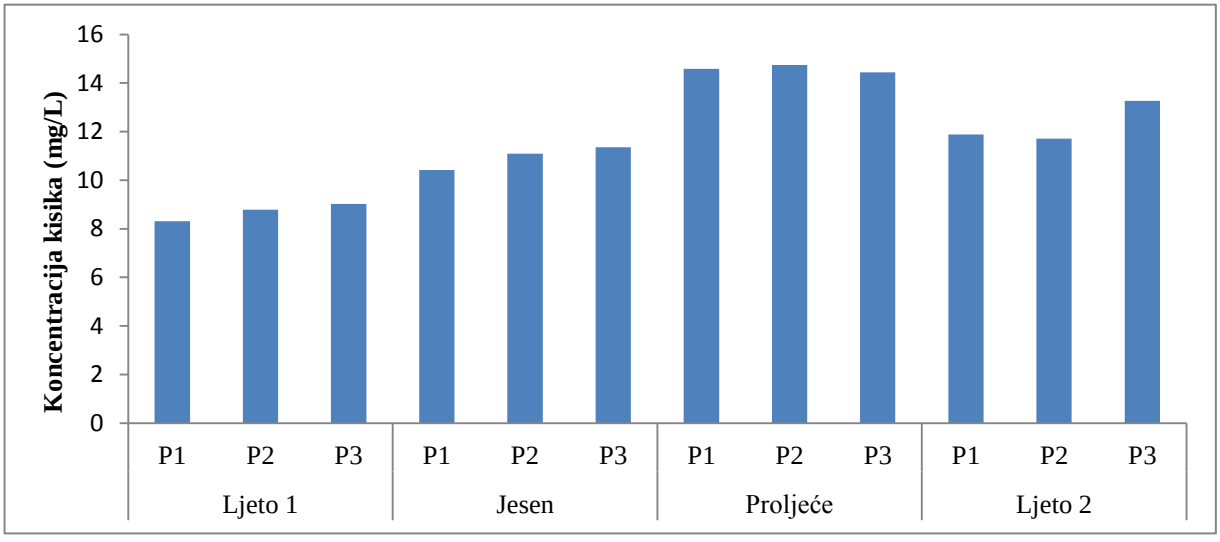
Prozirnost ukazuje na stanje vode, odnosno, količinu fitoplanktona i raznih čestica koje se nalaze u stupcu vode. Što je veća prozirnost manje je takvih čestica i organizama u stupcu vode. Najmanja prozirnost je zabilježena na postaji P3 u ljeto 2011. i iznosila je 60 cm, a najveća je iznosila 138 cm na postaji P2 u proljeće 2012. (Prilog 1.). Grafički prikaz koji opisuje prozirnost jasno pokazuje da su vrijednosti za prozirnost niže u ljetnim razdobljima (Ljeto 1 i Ljeto 2), a više u jesenskom i proljetnom razdoblju (Slika 18.).



Slika 18. Prozirnost Sakadaškog jezera zabilježena tijekom istraživanja zajednice perifitona 2011. i 2012. godine

3.1.2. Koncentracija kisika

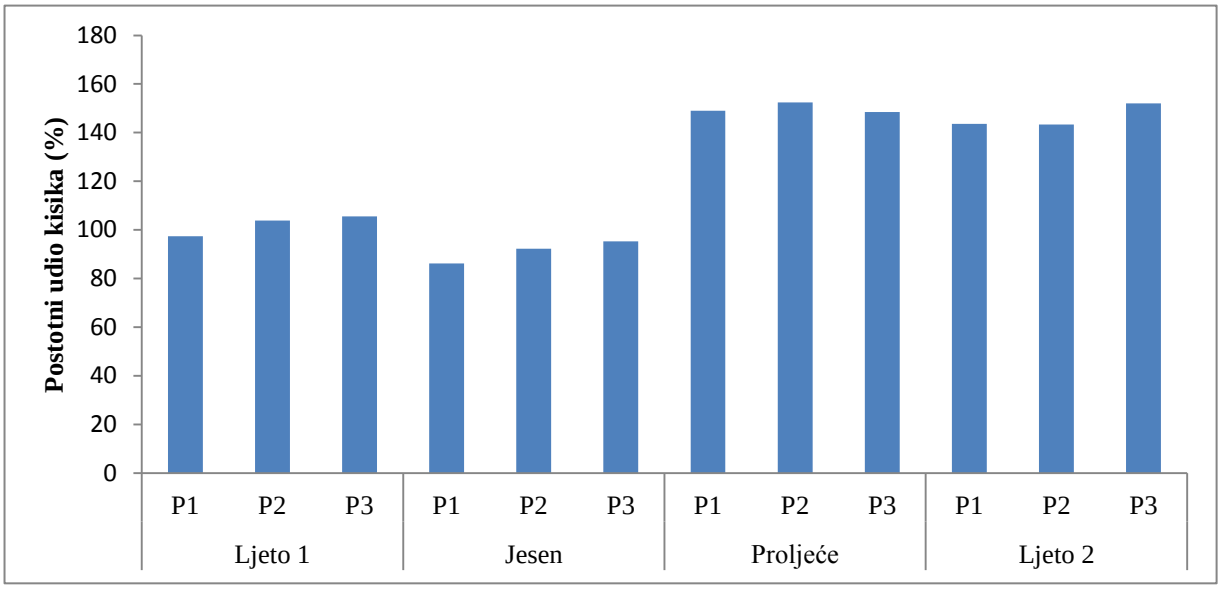
Koncentracija kisika jedan je od fizikalno - kemijskih parametara koji pokazuju stupanj primarne produkcije. Najniža koncentracija kisika je izmjerena na postaji P1 u ljetnom razdoblju (Ljeto 1) i iznosila je 8.31 mg/L, a najviša u proljetnom razdoblju na postaji P2 i iznosila je 14.754 mg/L (Prilog 1.). Grafički prikaz pokazuje da su najveće koncentracije kisika bile u proljeće (Slika 19.).



Slika 19. Koncentracija kisika u vodi Sakadaškog jezera zabilježena tijekom istraživanja zajednice perifitona 2011. i 2012.

3.1.3. Postotni udio kisika

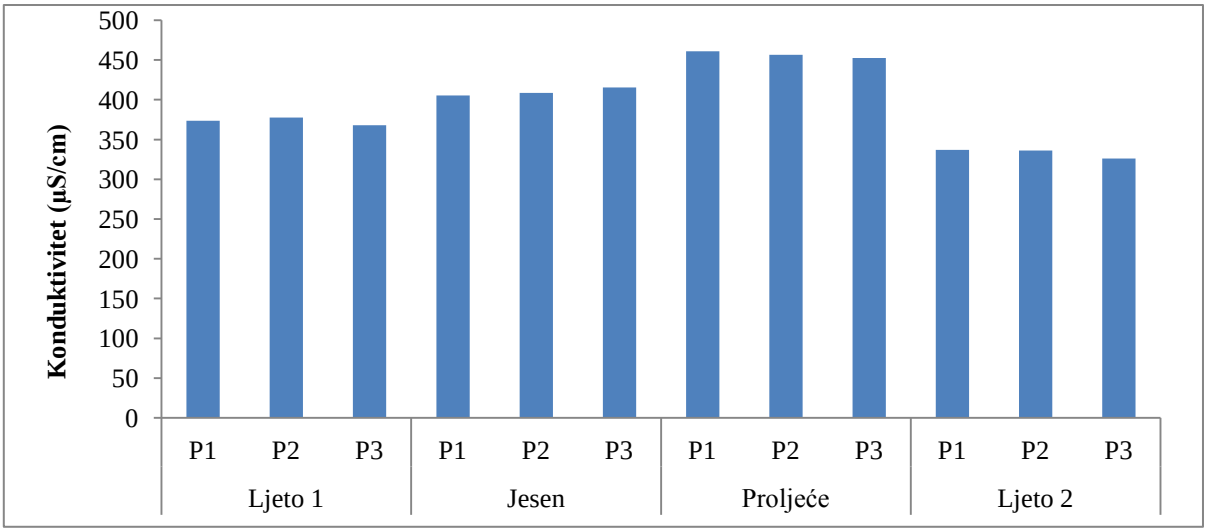
Postotni udio kisika, kao i koncentracija kisika u vodi, je pokazatelj primarne produkcije. Može iznositi više od 100 % u nekim slučajevima, ovisno o drugim parametrima vodenog okoliša. Najmanji udio kisika u vodi je zabilježen na postaji P1 u jesen i iznosio je 86.2 %, a najviši udio kisika je zabilježen na postaji P3 u proljetnom uzorkovanju i iznosio je 152.05 % (Prilog 1.) Grafički prikaz na Slici 20. ukazuje na povećani postotni udio kisika u vodi tijekom proljeća i ljeta (Ljeto 2) kada vrijednost ni na jednoj postaji nije bila niža 143.65 %.



Slika 20. Postotni udio kisika u vodi Sakadaškog jezera zabilježen tijekom istraživanja zajednice perifitona 2011. i 2012.

3.1.4. Konduktivitet

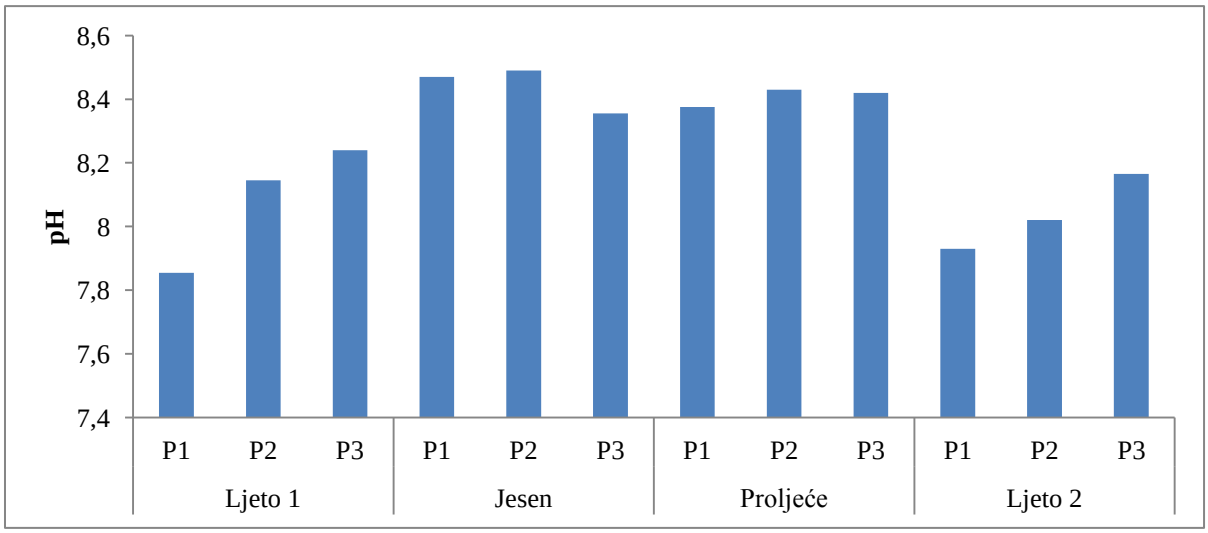
Konduktivitet ili provodljivost je indirektna mjera količine otopljenih tvari u vodi. Vrijednosti konduktiviteta u istraživanom razdoblju su bile u rasponu od 336 µS/cm (postaja P1 Ljeto 2) do 461 µS/cm (P1 Proljeće) (Prilog 1.). Slika 21. pokazuje da su najviše vrijednosti konduktiviteta bile u proljeće, a zatim nešto veći pad u ljeto (Ljeto 2) kada su zabilježene najniže vrijednosti u cijelom istraživanju.



Slika 21. Vrijednosti konduktiviteta vode Sakadaškog jezera zabilježen tijekom istraživanja zajednice perifitona 2011. i 2012.

3.1.5. pH

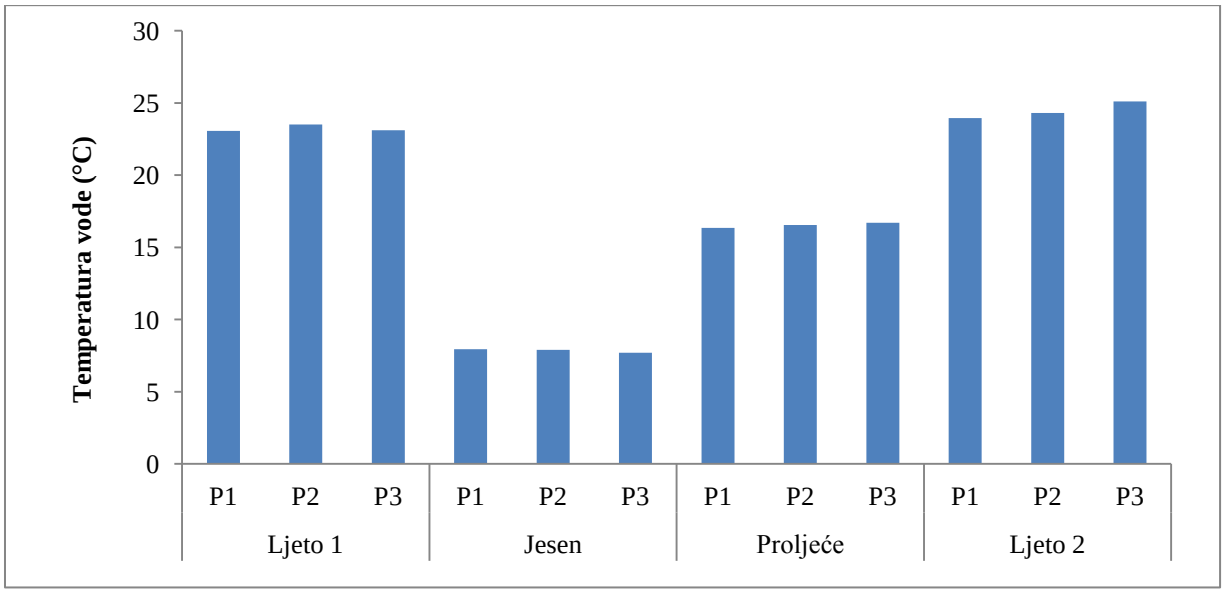
pH je mjera koncentracije vodikovih iona u otopinama, odnosno mjera njihove kiselosti ili bazičnosti. Vrijednosti pH u istraživanom razdoblju su bile u rasponu od 7.86 (P1 Ljeto 1) do 8.49 (P2 Jesen) (Prilog 1.). Na grafičkom prikazu možemo vidjeti da se pH kreće u rasponu manjem od jedne pH jedinice što znači da nema drastičnih promjena pH u istraživanom razdoblju, iako su nešto više vrijednosti prisutne u jesen i proljeće (Slika 22.).



Slika 22. Vrijednosti pH vode Sakadaškog jezera zabilježen tijekom istraživanja zajednice perifitona 2011. i 2012.

3.1.6. Temperatura vode

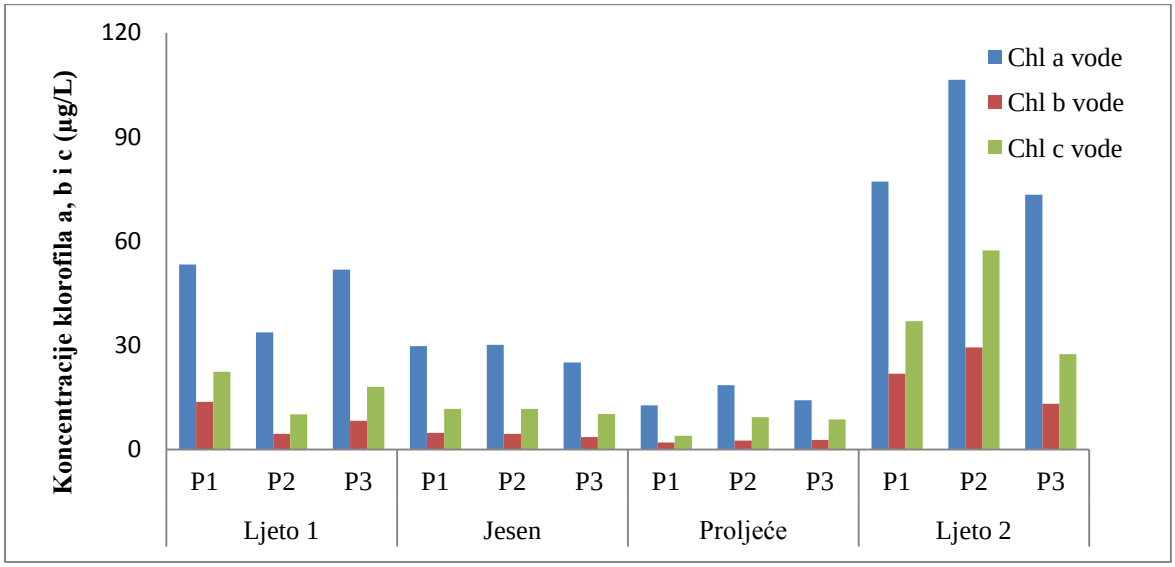
Temperatura vode je važan čimbenik koji uvjetuje razvoj organizama i procese u okolišu. Najniža izmjerena vrijednost temperature vode je iznosila 7.7 °C u jesenskom razdoblju, a najviša 25.1 °C u ljeto 2012. (Prilog 1.). Na grafičkom prikazu se jasno vidi promjena temperature vode kroz sezone, najviše su vrijednosti zabilježene u ljetnim sezonama, a najniže u jesen, dok su u proljeće bile između tih krajnjih vrijednosti (Slika 23).



Slika 23. Vrijednosti temperature vode Sakadaškog jezera zabilježene tijekom istraživanja zajednice perifitona 2011. i 2012.

3.2. Klorofil a, b i c

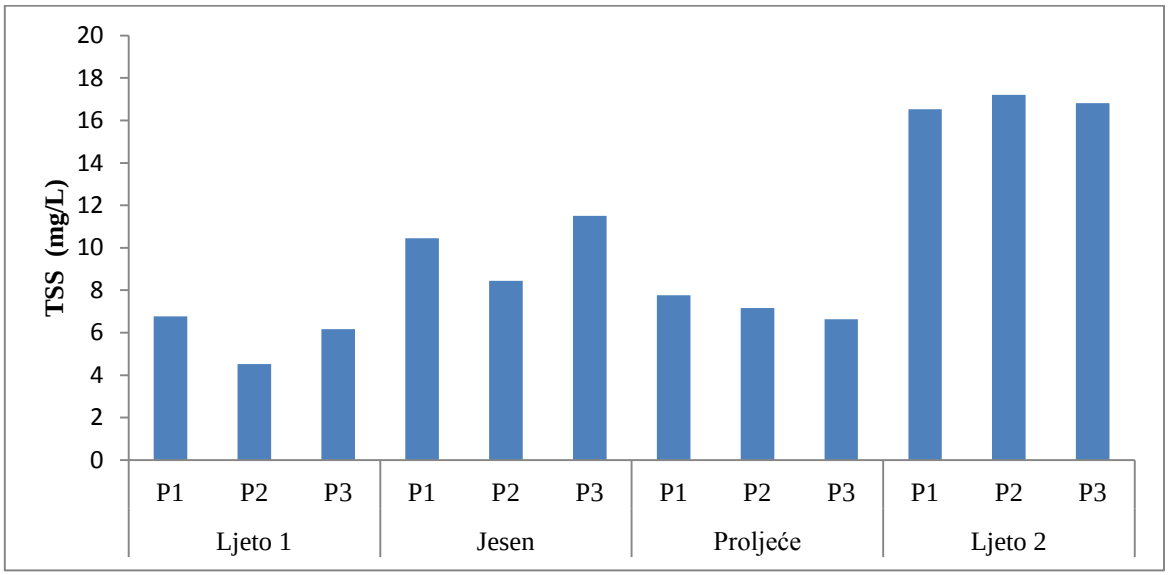
Koncentracije klorofila a, b i c u vodi, zajedno s koncentracijom i postotnim udjelom kisika, upućuju na razinu primarne produkcije Sakadaškog jezera. Koncentracije klorofila a u istraživanom razdoblju se kreću od 12.70 µg/L do 106.49 µg/L. Koncentracije klorofila b se kreću od 2.01 µg/L do 29.40 µg/L. Koncentracije klorofila c se kreću od 3.95 µg/L do 57.31 µg/L. Najniže koncentracije klorofila a, b i c su zabilježene na postaji P1 u proljeće, a najviše na postaji P2 u ljeto 2012. (Prilog 3). Klorofil a se javlja u najvećoj koncentraciji, slijedi ga klorofil b, a zatim klorofil c (Slika 24.).



Slika 24. Koncentracije klorofila a, b i c u Sakadaškom jezeru tijekom istraživanja zajednice perifitona 2011. i 2012.

3.3. Ukupna suspendirana tvar

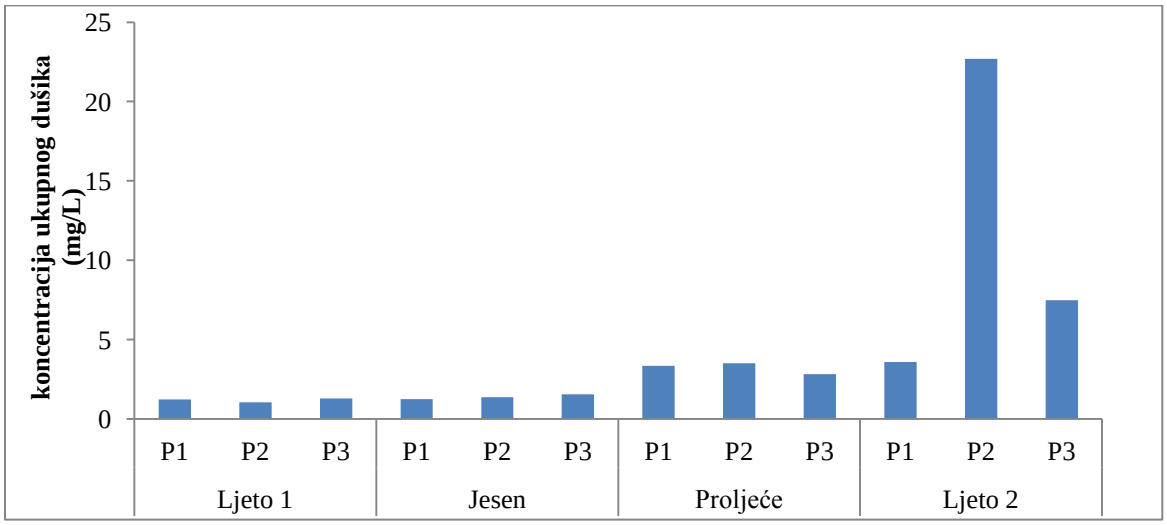
TSS je količina suspendiranih tvari u stupcu vode. Najveća vrijednost TSS-a je zabilježena na postaji P2 u ljeto (Ljeto 2) i iznosila je 17.20 mg/L. Najniža razina je bila na postaji P2 u ljeto (Ljeto 1) i iznosila je 4.53 mg/L (Prilog 1.). U istraživanom razdoblju najviše razine TSS-a su zabilježene u ljeto 2012., a najniže u ljeto 2011. (Slika 25.).



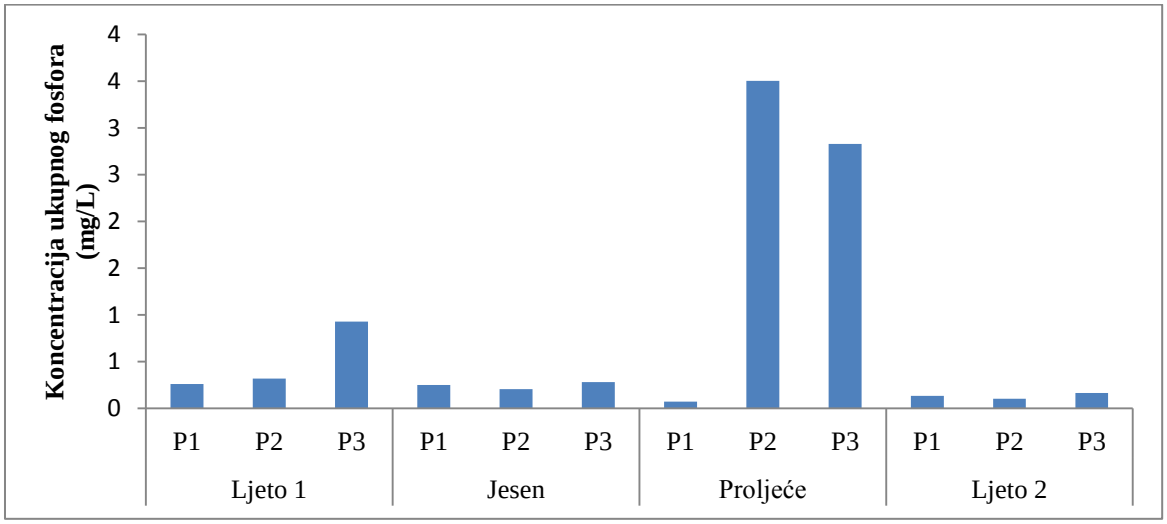
Slika 25. Vrijednosti TSS-a u Sakadaškom jezeru tijekom istraživanja zajednice perifitona 2011. i 2012.

3.4. Nutrijenti

Nutrijenti su potrebni za rast i razvoj biljnih organizama i u ovome radu su izmjerene koncentracije ukupnog dušika (T-N) i ukupnog fosfora (T-P). Ukupni dušik se kretao od 1.05 mg/L na P2 (Ljeto 1) do 22.69 mg/L na P2 (Ljeto 2). Koncentracije ukupnog fosfora su bile od 0.07 mg/L na P1 (Proljeće) do 3.50 mg/L na P2 (Proljeće) (Prilog 1.). Koncentracije ukupnog dušika ne pokazuju veliko odstupanje, osim na postaji P2 u ljeto 2012. (Slika 26.), dok koncentracije ukupnog fosfora pokazuju veliko odstupanje na postajama P2 i P3 u proljeće 2012. (Slika 27.)



Slika 26. Koncentracije ukupnog dušika u Sakadaškom jezeru tijekom istraživanja zajednice perifitona 2011. i 2012.



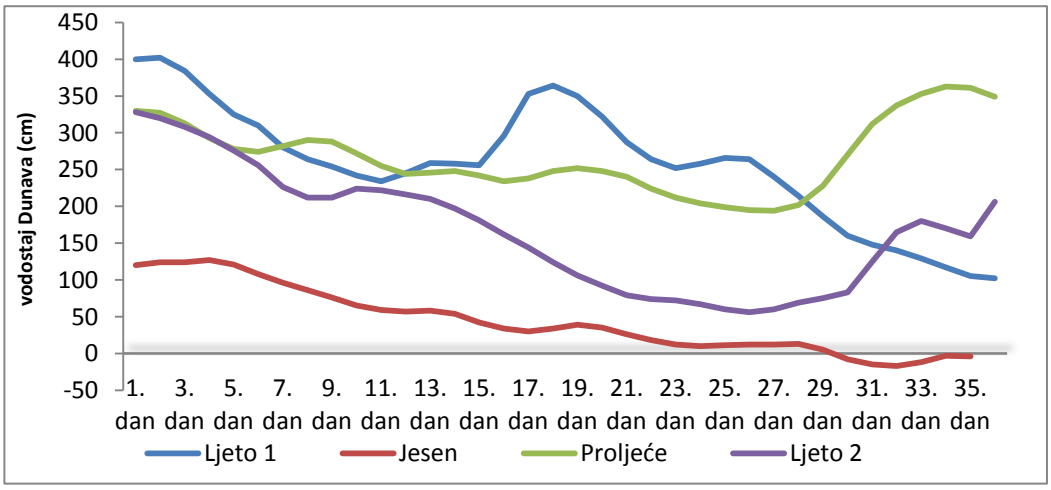
Slika 27. Koncentracije ukupnog fosfora u Sakadaškom jezeru tijekom istraživanja zajednice perifitona 2011. i 2012.

3.5. Stupanj trofije

Prema dva od tri mjerodavna klasifikacijska sustava Sakadaško jezero pripada hipertrofnim vodenim ekosustavima. Minimalna vrijednost prozirnosti vode iznosila je 0.60 m, srednja vrijednost prozirnosti vode je 1.02 m, srednja vrijednost klorofila a iznosi 43.85 µg/L, maksimalna vrijednost klorofila a iznosi 106.49 µg/L. Srednja vrijednost ukupnog fosfora iznosi 0.76 mg/L (Prilog 1.). S obzirom na navedene vrijednosti, prema OECD klasifikaciji Sakadaško jezero je hipertrofno, dok prema određenoj srednjoj vrijednosti koncentracije fosfora Sakadaško jezero pripada eutrofnim vodama. Prema Uredbi o klasifikaciji voda Republike Hrvatske, utvrđene srednje vrijednosti prozirnosti, klorofila a i ukupnog fosfora svrstavaju Sakadaško jezero u eutrofne vodene ekosustave.Carlsonov indeks trofije je izračunat uzimajući u obzir srednju vrijednost prozirnosti jezera, koncentracije klorofila a i ukupnog fosfora. Iznos Carlsonovog indeksa trofije je 75.73 što Sakadaško jezero svrstava u kategoriju hipertrofnog sustava s povećanom količinom primarne produkcije.

3.6. Vodostaj Dunava

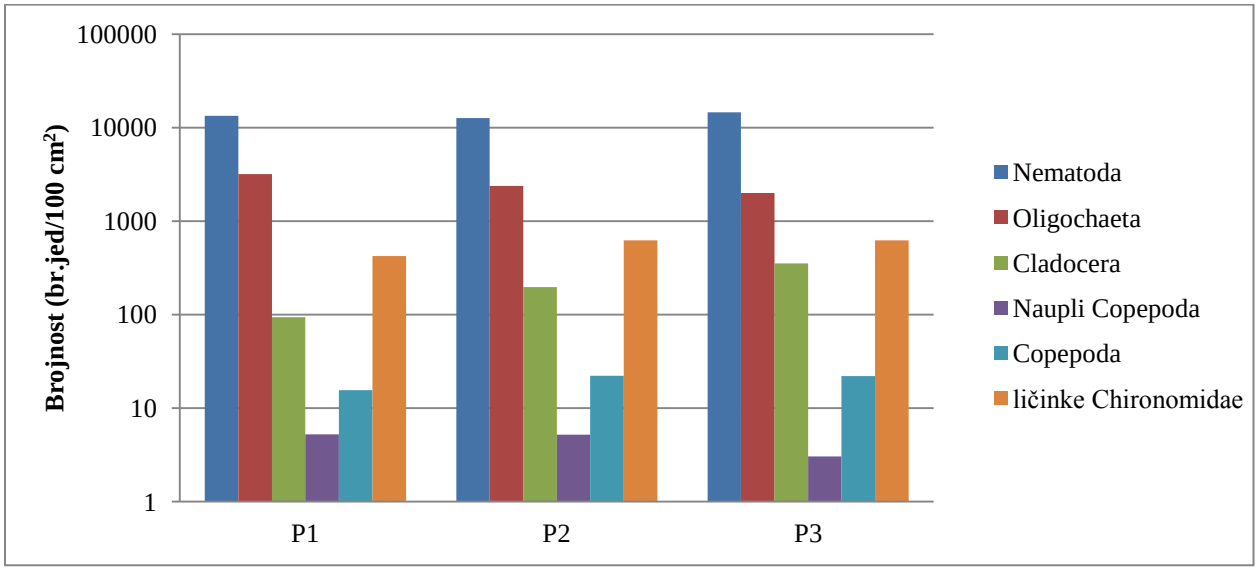
Najniži prosječni sezonski vodostaj Dunava je svakako u jesen i iznosio je 44 cm, a najviši u proljeće i iznosio je 268 cm. Ljetni vodostaj Dunava imao je značajne oscilacije, ali je opao pri kraju sezone što se nastavilo u jesen, kada je imao najniži vodostaj u istraživanom razdoblju. U proljeće je vodostaj viši i ima nagli porast pri kraju proljetne sezone. U drugoj ljetnoj sezoni je zabilježen pad vodostaja sredinom kolovoza, ali je opet rastao pred kraj istog mjeseca (Slika 28.).



Slika 28. Sezonske promjene vodostaja Dunava (Apatin)

3.7. Fauna perifitona

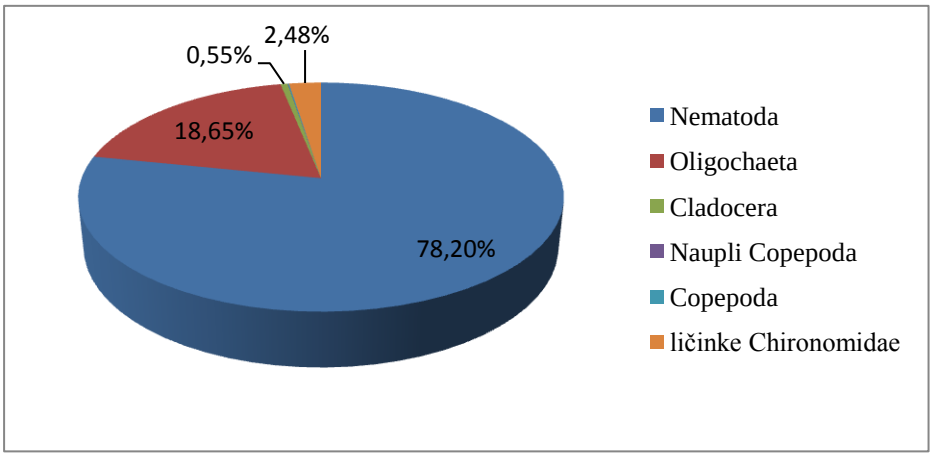
Tijekom istraživanja zajednice beskralježnjaka perifitona prirodnih podloga utvrđeno je ukupno sedam taksonomskih skupina koje su imale različitu prostornu i vremensku raspodjelu (Prilog 2.). Najbrojniji organizmi na sve tri postaje su pripadnici razreda Nematoda, najbrojniji na postaji P3 (Slika 29.). Slijede pripadnici Oligochaeta, najbrojniji na postaji P1. Ličinke Chironomidae su sljedeće po brojnosti i najbrojnije su na postaji P3. Cladocera su četvrti po brojnosti i također su najbrojniji na postaji P3. Na postaji P2 je pronađen najveći broj Copepoda i njihovih ličinki, ali ipak su to najmanje brojne taksonomske svojte faune perifitona (Slika 29.).



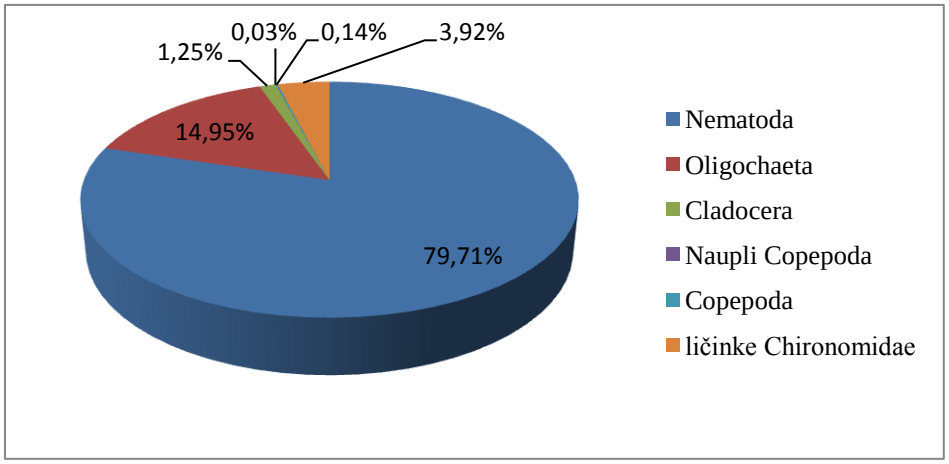
Slika 29. Ukupna brojnost (br.jed./100 cm^2) taksonomskih svojti faune perifitona na postajama P1, P2 i P3 u Sakadaškom jezeru

Na postaji P1 Nematoda čine 78.20 % ukupne faune perifitona, zatim slijede Oligochaeta s 18.65%, potom ličinke Chironomidae s 2.48%, a manje 1% od ukupne faune čine Cladocera, Copepoda naupli i Copepoda (Slika 30.). Na postaji P2 najveći postotak od ukupne faune pripada skupini Nematoda 79.71 %, zatim slijede Oligochaeta s 14.95 %, ličinke Chironomidae imaju nešto veći postotak nego na postaji P1 i on iznosi 3.92 %. Cladocera čine 1.25 % faune, a manje od 1 % ukupne faune čine Copepoda i Copepoda naupli (Slika 31.). Na postaji P3 skupina Nematoda čini veći dio ukupne faune beskralježnjaka nego što je to bio slučaj na prve dvije postaje, 82.90 %. Slijede Oligochaeta s 11.39 %, ličinke Chironomidae s 3.55 % i Cladocera s većim udjelom nego što je to bio slučaj s prve dvije

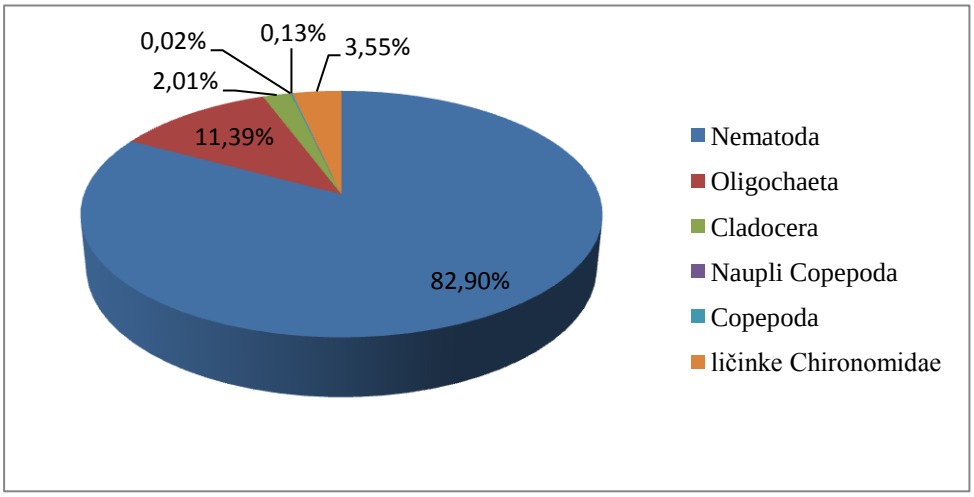
postaje, 2.01 %. Copepoda i Copepoda naupli čine najmanji udio u zajednici beskralježnjaka perifitona, manje od 1 % (Slika 32.).



Slika 30. Postotni udio taksonomskih svojti faune perifitona na postaji P1



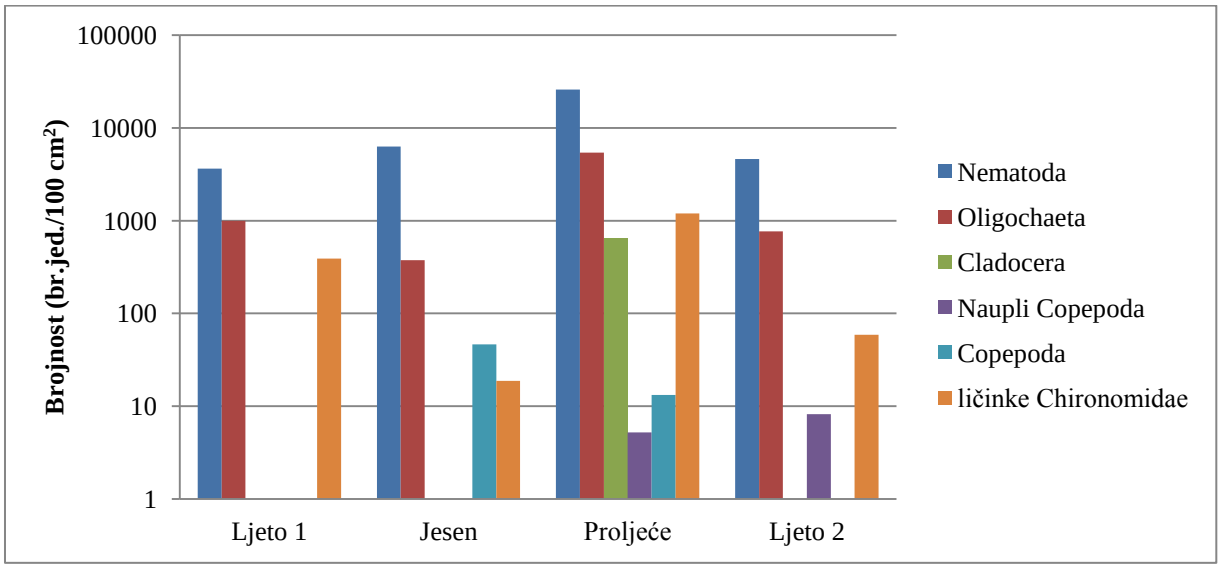
Slika 31. Postotni udio taksonomskih svojti faune perifitona na postaji P2



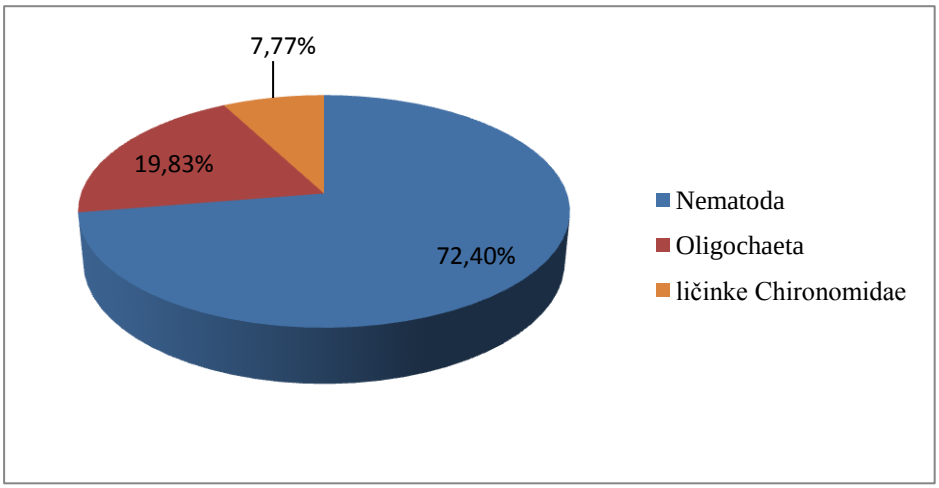
Slika 32. Postotni udio taksonomskih svojti faune perifitona na postaji P3

U ljeto 2011. najveću brojnost je imala skupina Nematoda, zatim Oligochaeta i naposljetku ličinke Chironomidae. Ostale skupine nisu zabilježene. U jesen 2011. najveću brojnost također ima skupina Nematoda, zatim slijede Oligochaeta. Pojavljuju se Copepoda i njihova je brojnost treća po redu, naposljetku su ličinke Chironomidae. Proljeće 2012. je sezona koju u usporedbi s ostalim sezonama karakterizira najveća brojnost faune perifitona. Nematoda su najbrojnija skupina, slijede Oligochaeta, ličinke Chironomidae i Cladocera, a naposljetku Copepoda i Copepoda naupli. U ljeto 2012. najbrojniji su kao i u prijašnjim sezonama Nematoda, zatim Oligochaeta, ličinke Chironomidae i naposljetku Copepoda naupli (Prilog 2.) (Slika 33.).

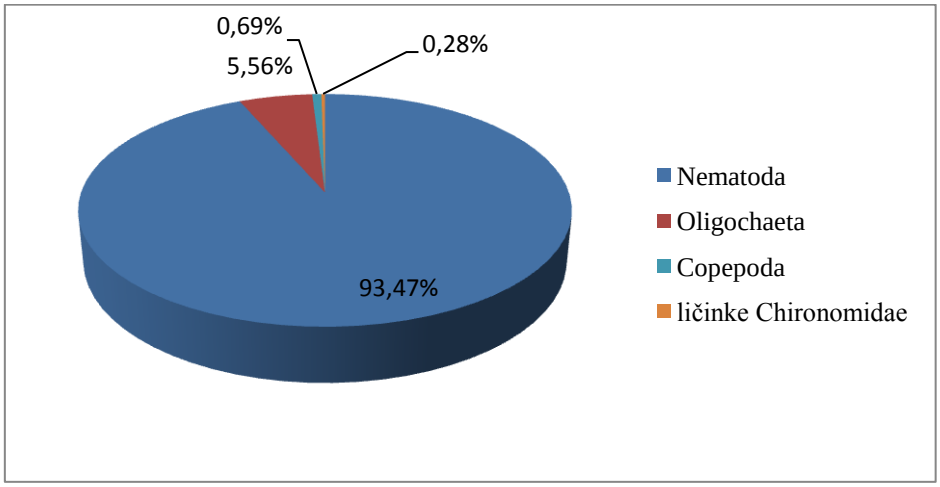
U proljeće 2012. najveći postotak od ukupne faune perifitona čine Nematoda s 72.40 %, Oligochaeta čine 19.83 % od ukupnog broja, a ličinke Chironomidae 7.77 % (Slika 34.). Jesen 2011. je nešto drugačija jer čak 93.47 % od ukupne faune čine Nematoda, Oligochaeta čine 5.56 %, Copepoda, koje se javljaju prvi put, i ličinke Chironomidae čine manje od 1 % od ukupne faune (Slika 35.). U proljeće 2012. su Nematoda dominirale s 78.13 % od ukupne faune, Oligochaeta su činile 16.28 %, dok su s manje od 5 % bile zastupljene ličinke Chironomidae i račići. Proljeće je jedina sezona u kojoj se javljaju sve zabilježene taksonomske svojte faune i jedina sezona u kojoj su zabilježeni Cladocera (Slika 36.). U ljeto 2012. najveći postotak faune čine Nematoda s 84.66 %, zatim Oligochaeta s 14.10 % i naposljetku ličinke Chironomidae s 1.09 %. Copepoda naupli se nalaze u postotku manjem od 1 % (Slika 37.).



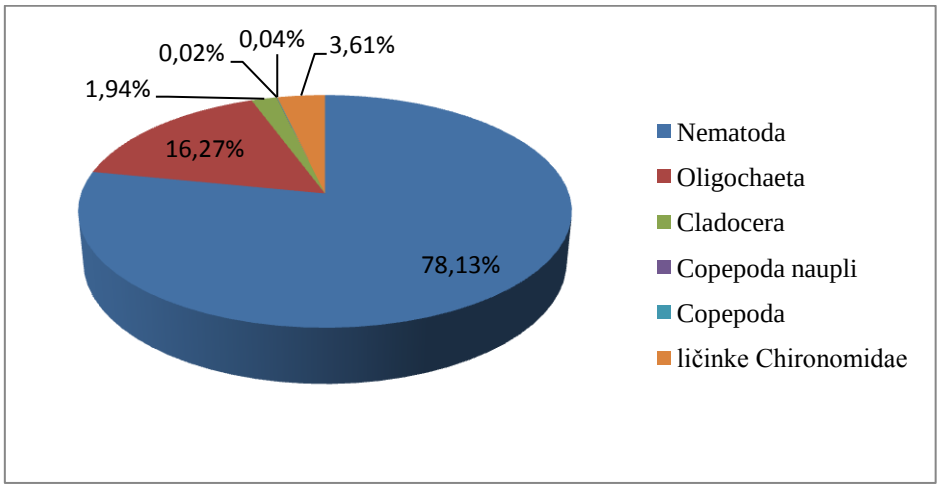
Slika 33. Ukupna brojnost taksonomskih svojti faune perifitona grančica u Sakadaškom jezeru tijekom sve četiri sezone istraživanja



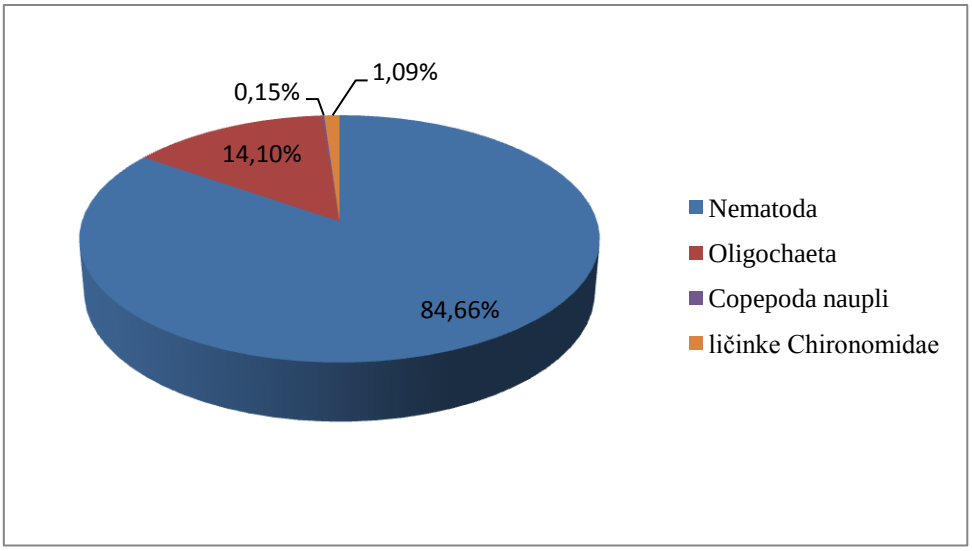
Slika 34. Postotni udio taksonomskih svojti faune perifitona u ljeto 2011.



Slika 35. Postotni udio taksonomskih svojti faune perifitona u jesen 2011.

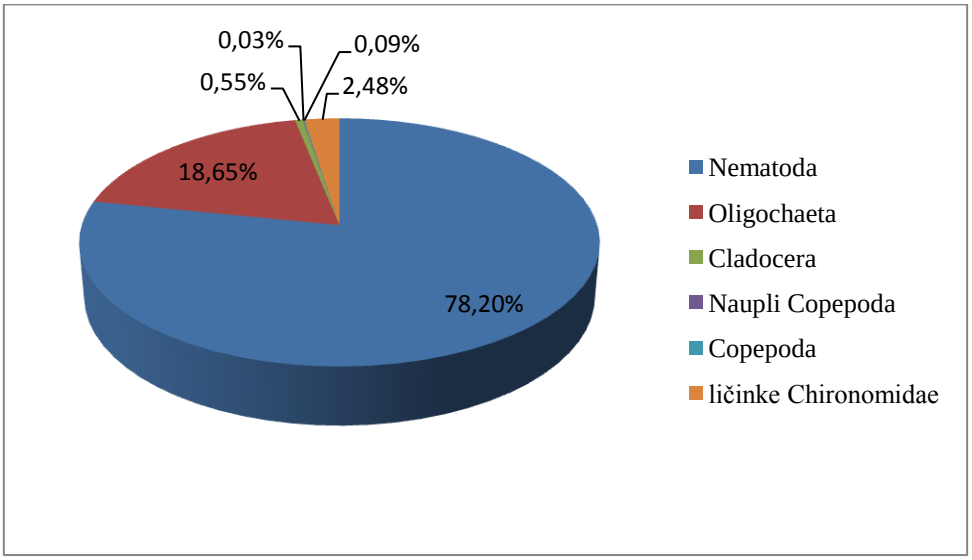


Slika 36. Postotni udio taksonomskih svojti faune perifitona u proljeće 2012.



Slika 37. Postotni udio taksonomskih svojti faune perifitona u ljeto 2012.

Slika 38. grafički prikazuje postotnu zastupljenost taksonomskih svojti perifitona u ukupnom broju beskralježnjaka pronađenih u godini dana. Nematoda, Oligochaeta i ličinke Chironomidae čine 99 % pronađenih beskralježnjaka, od toga Nematoda čine 78.20 %, Oligochaeta 18.65 %, a ličinke Chironomidae 2.48 %. Preostalih 1 % čine slatkovodni račići Cladocera, Copepoda i ličinački stadij Copepoda – naupli.



Slika 38. Postotni udio taksonomskih svojti beskralježnjaka perifitona u ukupnoj fauni pronađenoj tijekom cijelog razdoblja istraživanja 2011. i 2012. godine u Sakadaškom jezeru

Vrsta Bryozoa koja je kolonizirala grančice je *Plumatella fungosa*, ali na postajama P1 i P3 u ljeto 2011. su se na rubnim dijelovima kolonije nalazili i zooidi vrste *Plumatella emarginata.* Kolonije Bryozoa su zabilježene samo u ljetnim sezonama. U ljeto 2011. pojavile su se na postajama P1 i P3, s većim postotkom na postaji P1, 24%. U ljeto 2012. kolonije su se pojavile na sve tri postaje, najveći postotak je zabilježen na postaji P1, a najmanji na postaji P2. Prema tome, kolonije Bryozoa su zauzimale veću površinu grančica u ljeto 2012., nego u ljeto 2011. (Prilog 2).

Osim na razini taksonomskih skupina beskralježnjaka, određena je i prostorno – vremenska dinamika Oligochaeta na razini vrsta. Najbrojnija vrsta Oligochaeta je bila vrsta *Nais simplex* u rasponu od 473 jedinke/100 cm^2 na postaji P2 do 613 jedinki/100 cm^2 jedinki na postaji P1. *Nais barbata* je druga vrsta po brojnosti imajući najveću brojnost na postaji P1, a najmanju na postaji P2. Treća vrsta po brojnosti je *Chaetogaster diastrophus* koji je jednako brojan na postajama P1 i P3, a najmanje je brojan na postaji P2 sa 208 jedinki. Vrsta *Nais elinguis* je zabilježena samo na P1, a *N. variabilis* nije prisutan na postaji P2. Vrste *Aeolosoma quaternarium* i *Vejdovskyella comata* su zabilježene samo na postaji P1 po 3 jedinke/100 cm^2 svaka (Tablica 4.).

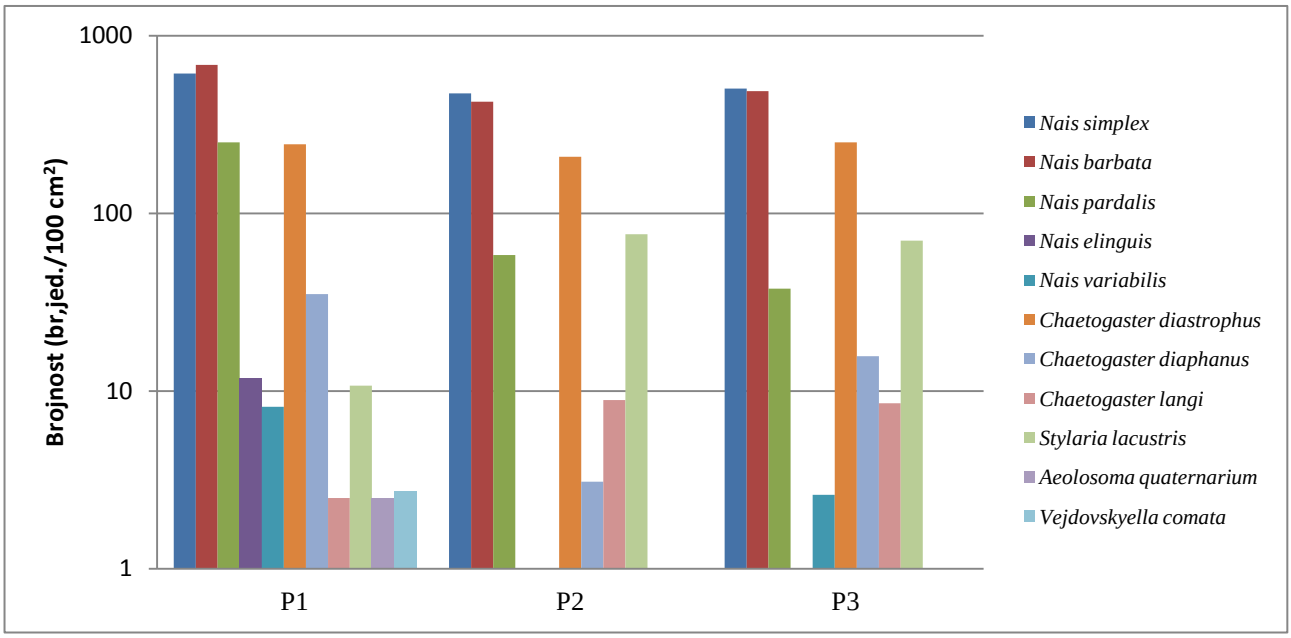
Tablica 4. Brojnost (br.jed./100 cm^2) Oligochaeta utvrđena na postajama istraživanja u Sakadaškom jezeru tijekom 2011./2012.

	P1				P2				P3				
	A	B	C	$\bar{X} \pm SD$	A	B	C	$\bar{X} \pm SD$	A	B	C	$\bar{X} \pm SD$	**Ukupno**
Ljeto 1													
Nais simplex Piguet, 1906	66	64	61	64 ± 3	24	100	30	52 ± 42	16	5	102	41 ± 53	**469**
Nais barbata Muller, 1773	69	43	191	101 ± 79	24	83	21	43 ± 35	41	3	53	32 ± 26	**527**
Nais pardalis Piguet, 1906	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Nais elinguis Muller, 1773	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Nais variabilis Piguet, 1906	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Chaetogaster diastrophus Gruithuisen, 1828	0	3	0	1 ± 2	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Chaetogaster diaphanus Gruithuisen, 1828	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Chaetogaster langi Bretscher, 1896	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Stylaria lacustris Linnaeus, 1767	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Aeolosoma quaternarium Ehrenberg, 1831	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Vejdovskyella comata Vejdovsky, 1884	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Ukupno	**134**	**110**	**252**	**166**	**49**	**183**	**51**	**95**	**58**	**8**	**155**	**73**	**999**
Jesen													
Nais simplex Piguet, 1906	0	10	16	9 ± 8	3	2	0	2 ± 1	3	18	0	7 ± 10	**52**
Nais barbata Muller, 1773	5	0	3	3 ± 3	0	0	0	0	3	26	0	10 ± 14	**37**
Nais pardalis Piguet, 1906	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Nais elinguis Muller, 1773	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Nais variabilis Piguet, 1906	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	**0**
Chaetogaster diastrophus Gruithuisen, 1828	19	15	51	28 ± 20	0	0	0	0	47	47	71	1 ± 2	**249**
Chaetogaster diaphanus Gruithuisen, 1828	0	2	0	1 ± 1	0	0	0	0	0	13	3	1 ± 2	**18**
Chaetogaster langi Bretscher, 1896	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	**0**
Stylaria lacustris Linnaeus, 1767	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Aeolosoma quaternarium Ehrenberg, 1831	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Vejdovskyella comata Vejdovsky, 1884	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Ukupno	**25**	**27**	**69**	**40**	**3**	**2**	**0**	**2**	**55**	**107**	**73**	**78**	**361**

***nastavak Tablice 4.**

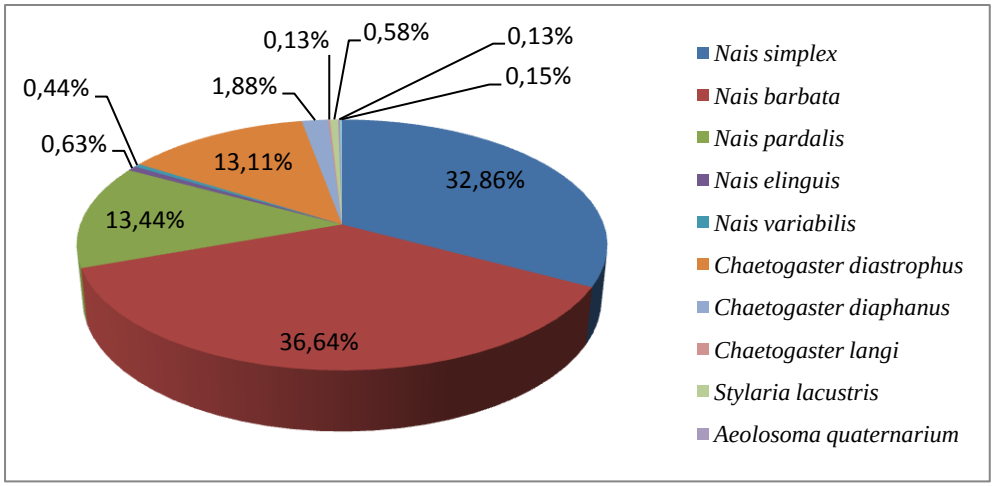
Proljeće													
Nais simplex Piguet, 1906	45	77	69	63 ± 17	87	139	51	92 ± 44	119	69	115	101 ± 28	**770**
Nais barbata Muller, 1773	110	117	137	121 ± 14	96	87	86	90 ± 5	100	129	124	118 ± 16	**986**
Nais pardalis Piguet, 1906	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Nais elinguis Muller, 1773	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Nais variabilis Piguet, 1906	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Chaetogaster diastrophus Gruithuisen, 1828	78	52	27	52 ± 25	68	24	116	69 ± 46	5	60	21	29 ± 29	**452**
Chaetogaster diaphanus Gruithuisen, 1828	3	0	30	11 ± 17	3	0	0	1 ± 2	0	0	0	0	**36**
Chaetogaster langi Bretscher, 1896	3	0	0	4 ± 4	6	3	0	3 ± 3	0	3	3	2 ± 2	**17**
Stylaria lacustris Linnaeus, 1767	3	0	8	1 ± 1	46	19	11	25 ± 19	17	14	39	23 ± 14	**157**
Aeolosoma quaternarium Ehrenberg, 1831	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Vejdovskyella comata Vejdovsky, 1884	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Ukupno	**240**	**248**	**272**	**253**	**306**	**272**	**264**	**280**	**241**	**274**	**303**	**273**	**2419**
Ljeto 2													
Nais simplex Piguet, 1906	111	33	61	69 ± 40	5	8	25	13 ± 11	0	3	52	18 ± 29	**298**
Nais barbata Muller, 1773	0	9	0	3 ± 5	0	0	27	9 ± 16	0	0	9	3 ± 5	**46**
Nais pardalis Piguet, 1906	68	85	98	84 ± 15	15	16	27	19 ± 7	2	8	27	13 ± 13	**347**
Nais elinguis Muller, 1773	3	9	0	4 ± 5	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Nais variabilis Piguet, 1906	8	0	0	3 ± 5	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Chaetogaster diastrophus Gruithuisen, 1828	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Chaetogaster diaphanus Gruithuisen, 1828	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Chaetogaster langi Bretscher, 1896	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Stylaria lacustris Linnaeus, 1767	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Aeolosoma quaternarium Ehrenberg, 1831	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Vejdovskyella comata Vejdovsky, 1884	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Ukupno	**193**	**136**	**159**	**163**	**20**	**24**	**80**	**41**	**2**	**11**	**88**	**34**	**713**

Na postaji P1 je zabilježeno svih 11 vrsta Oligochaeta, tri vrste su zabilježene samo na postaji P1 a to su *N. elinguis, A. quaternarium* i *V. comata*. Najbrojnije vrste *N. simplex, N. barbata* i *C. diastrophus* su jednoliko raspoređene na svakoj postaji. Samo brojnost vrsta *Chaetogaster langi* i *Stylaria lacustris* nije bila najveća na postaji P1, nego je najveća brojnost zabilježena na postajama P2 i P3 (Slika 39.).

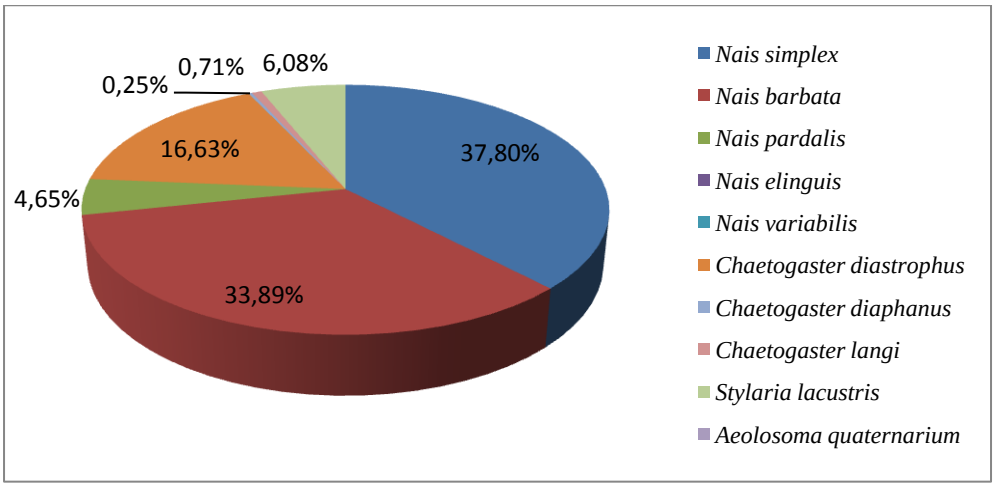


Slika 39. Ukupna brojnost jedinki vrsta Oligochaeta na postajama P1, P2 i P3 u Sakadaškom jezeru

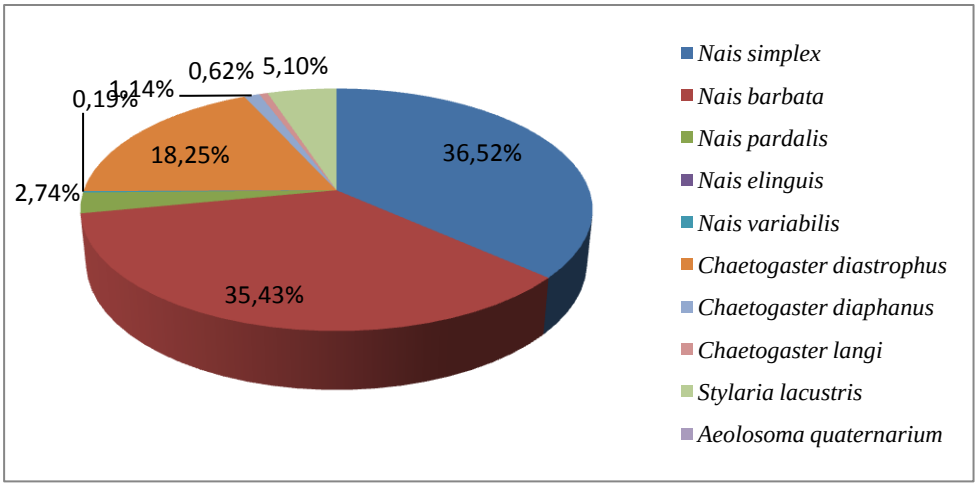
Najveći postotak u ukupnom broju Oligochaeta na postaji P1 čine vrste *N. barbata* s 36.64 % i *N. simplex* s 32.86 %, zatim *C. diastrophus* i *Nais pardalis* svaki s oko 13 %, *C. diaphanus* s 2 %, a ostale vrste s 1 % ili manje (Slika 40.). Na postaji P2 najveći postotak čine *N. simplex* i *N. barbata*, ali *N. simplex* ima veći postotak (38 %) u odnosu na *N. barbata* (34 %). *C. diastrophus* je slijedeći s 16 %, *S. lacustris* pripada 6 %, *N. pardalis* 5 %, ostale vrste su zastupljene s 1 % ili manje (Slika 41.). Najveći postotak od ukupnog broja jedinki Oligochaeta na postaji P3 čine vrste *N. simplex* s 37 % i *N. barbata* s 35 %, zatim *C. diastrophus* s 18 %, *S. lacustris* s 5 %, *N. pardalis* s 3 %, *C. diaphanus* i *C. langi* su svaki zastupljeni s oko 1 % (Slika 42.).



Slika 40. Postotni udio vrsta Oligochaeta u ukupnom broju jedinki na postaji P1 u Sakadaškom jezeru

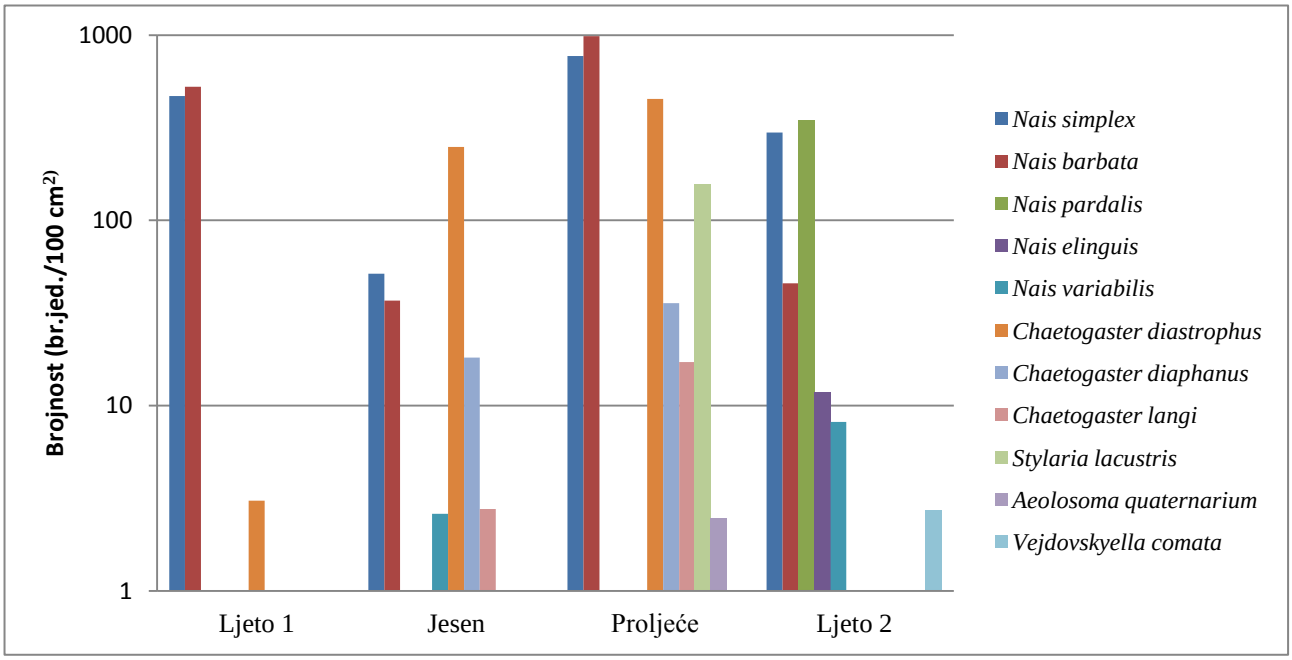


Slika 41. Postotni udio vrsta Oligochaeta u ukupnom broju jedinki na postaji P2 u Sakadaškom jezeru



Slika 42. Postotni udio vrsta Oligochaeta u ukupnom broju jedinki na postaji P3 u Sakadaškom jezeru

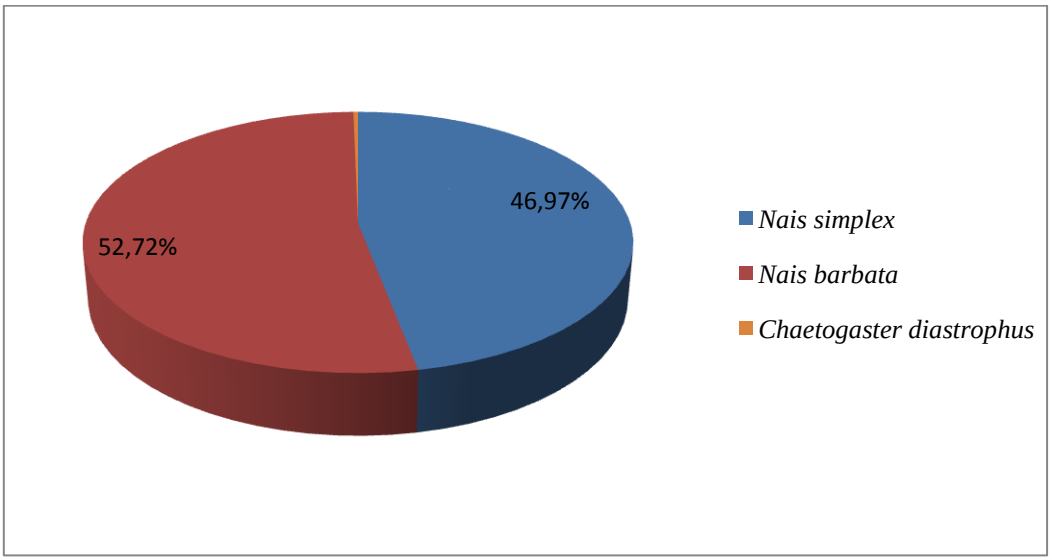
Analiziran je kvalitativni sastav Oligochaeta te brojnost jedinki vrsta obzirom na vremensku dinamiku. Vrste *N. simplex* i *N. barbata* su najbrojnije ukupno i najveća brojnost je zabilježena u proljeće. Slijedi *C. diastrophus* koji je najbrojniji u proljeće, ali nije zabilježen u ljeto 2012. *N. pardalis* je slijedeća vrsta po brojnosti, ali je zabilježen samo u ljeto 2012. *S. lacustris* je peta vrsta po brojnosti i zabilježena je samo u proljeće 2012. Po brojnosti slijede *C. diaphanus* i *C. langi*, zabilježeni samo u jesen 2011. i proljeće 2012. *N. elinguis* je zabilježen samo u ljeto 2012., a *N. variabilis* u jesen 2011. i ljeto 2012. *A. quaternarium* se pojavila samo u proljeće 2012., a *V. comata* samo u ljeto 2012. (Slika 43.).



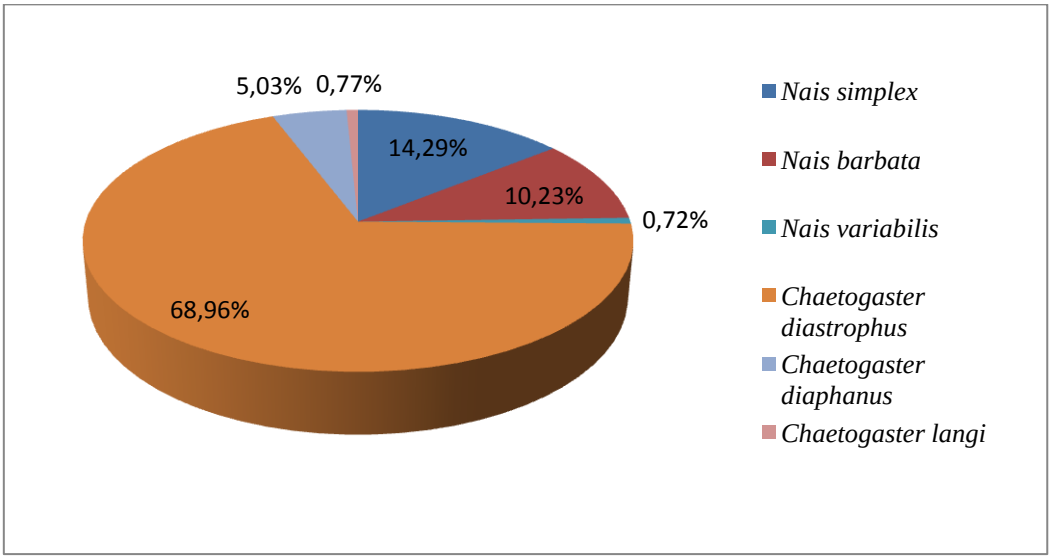
Slika 43. Ukupna brojnost jedinki vrsta Oligochaeta zabilježenih u sve četiri sezone istraživanja

U ljeto 2011., 52.72 % je činila vrsta *N. barbata*, a 46.97 % *N. simplex*. Manje od 1 % je činila vrsta *C. diastrophus* (Slika 44.). U jesen 2011. je zabilježeno 6 vrsta i najveći postotak zastupljenosti je imala vrsta *C. diastrophus* s 68.96 %, zatim *N. simplex* 14.29 % i *N. barbata* sa 10.23 %. *C. diaphanus* je bio zastupljen s 5.03 % (Slika 45.). U proljeće 2012. je zabilježeno 7 vrsta, s tim da su vrste *S. lacustris* i *A. quaternarium* zabilježene samo u proljeće. Najveći postotak u ovoj sezoni je činila vrsta *N. barbata* s 40.74 %, zatim *N. simplex* s 31.81 %, *C. diastrophus* je na trećem mjestu s 18.67 %, *N. pardalis* čini 6.49 % od ukupnog

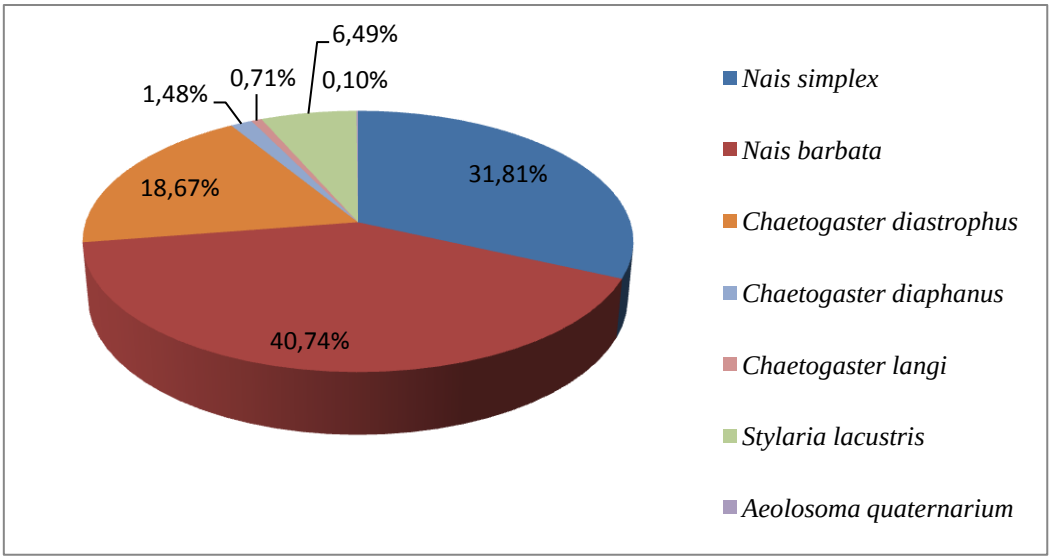
broja jedinki Oligochaeta zabilježenih u proljeće (Slika 46.). Šest vrsta Oligochaeta zabilježeno je u ljeto 2012. S najvećim postotkom vrsta *N. pardalis* - 48.63 %, koja je u ovoj sezoni „zamijenila“ *N. barbata* koja je zastupljena s 6.40 % što je vidno manje u odnosu na prethodne sezone. *N. simplex* je zastupljen s 41.79 % i naposljetku *N. elinguis* s 1.66 %. Vrste *N. pardalis*, *N. elinguis* i *V. comata* se pojavljuju samo u ljeto 2012. (Slika 47.).



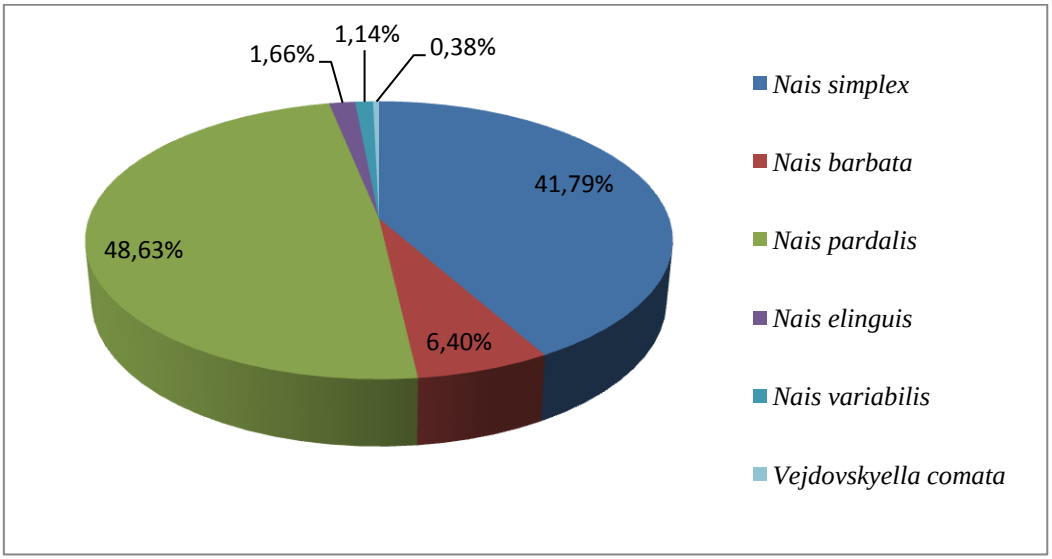
Slika 44. Postotni udio jedinki vrsta Oligochaeta u ljeto 2011.



Slika 45. Postotni udio jedinki vrsta Oligochaeta u jesen 2011.



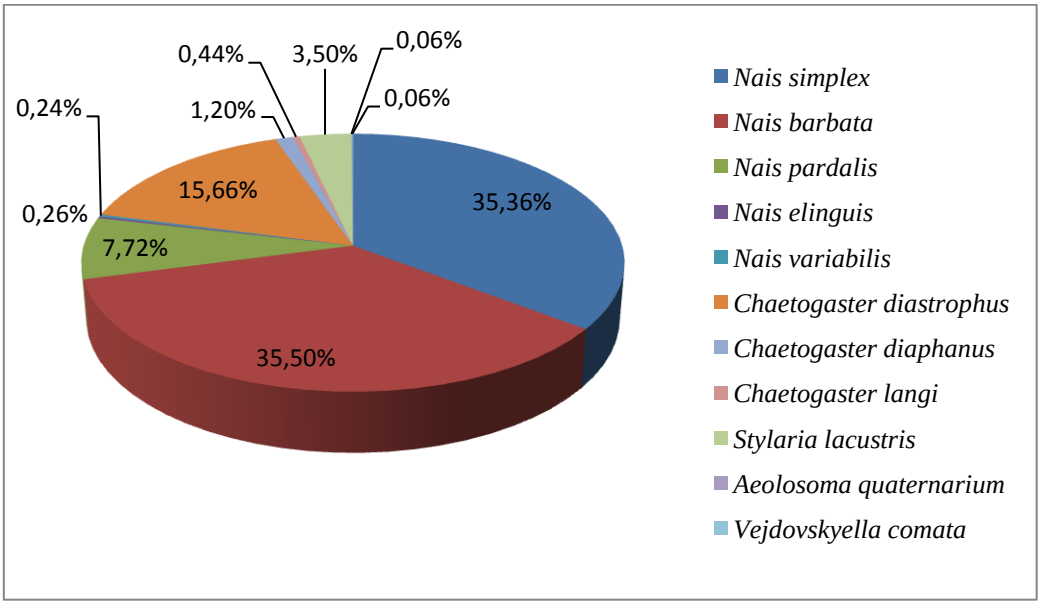
Slika 46. Postotni udio jedinki vrsta Oligochaeta u proljeće 2012.



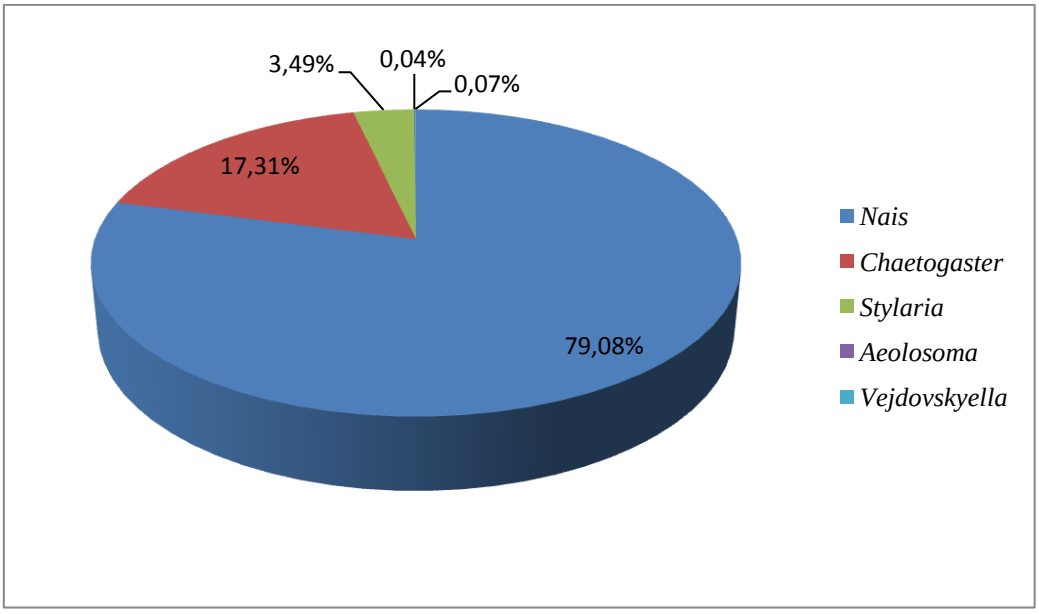
Slika 47. Postotni udio jedinki vrsta Oligochaeta u ljeto 2012.

Od ukupnog broja Oligochaeta zabilježenih u istraživanom razdoblju (28.7.2011. – 4.9.2012.) najzastupljenija je bila vrsta *N. barbata* s 35.50%, slijedi *N. simplex* s 35.36 %, zatim *C. diastrophus* s 15.66 % i predstavljaju eudominantne vrste. Dominantne vrste su *N. pardalis* s 7.72 % i *S. lacustris* s 3.50 %, dok preostale vrste Oligochaeta perifitona Sakadaškog jezera pripadaju recedentnim i subrecedentnim vrstama. *C. Diaphanus* i ostale vrste su zastupljene s približno 1%. U ostalo su ubrojane vrste *N. elinguis, N. variabilis, A. quaternarium* i *V. comata* koje su bile rijetke i s malom brojnošću (Slika 48.). Porodici

Naididae pripada gotovo 100 % svih pronađenih jedinki Oligochaeta, iznimka je porodica Aeolosomatidae s vrstom *A. quaternarium*, s pronađene 3 jedinke/100 cm^2. Rod *Nais* čini 79.08 % od ukupnog broja Oligochaeta, slijedi rod *Chaetogaster* s 17.13% i rod *Stylaria* s 3.49 % (Slika 49.). *N. simplex*, *N. barbata* i *C. diastrophus* pripadaju eudominantnim vrstama.



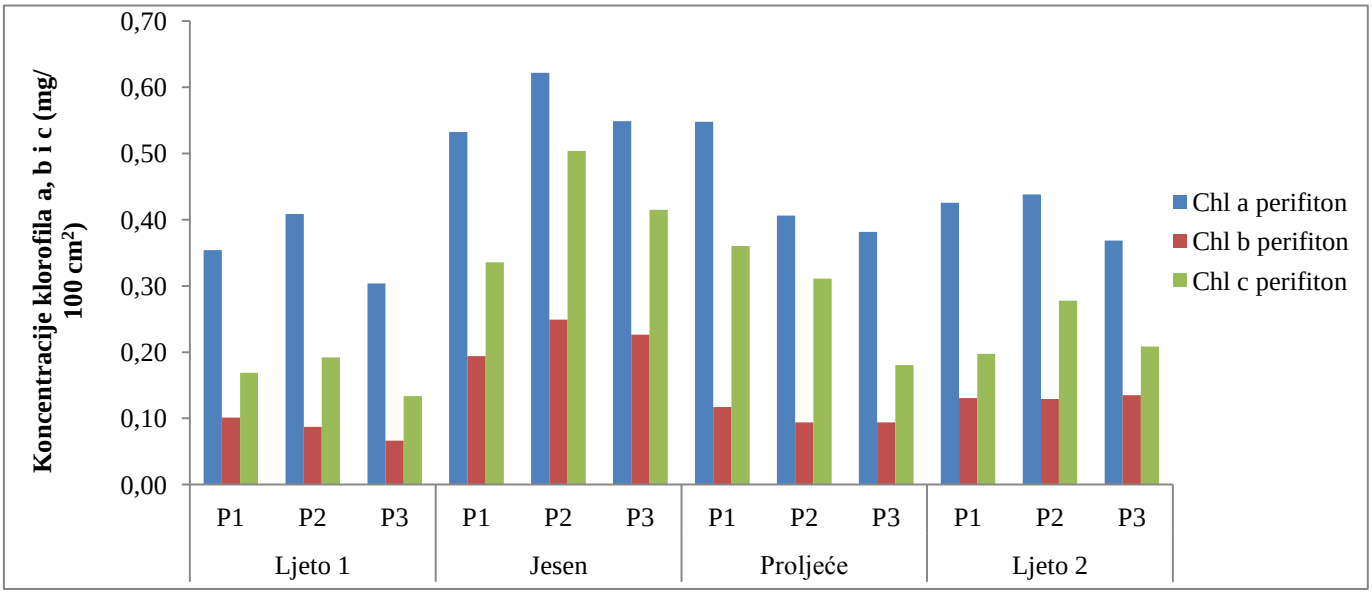
Slika 48. Postotni udio vrsta Oligochaeta u ukupnom broju Oligochaeta



Slika 49. Zastupljenost rodova Oligochaeta u ukupnoj brojnosti Oligochaeta

3.8. Koncentracije klorofila a, b i c perifitona

Osim koncentracije klorofila a, b i c u vodi koje predstavljaju primarnu produkciju u stupcu vode, izmjerene su koncentracije klorofila a, b i c perifitona koje predstavljaju primarnu produkciju perifitona. Najveću koncentraciju u istraživanom razdoblju je pokazao klorofil a, zatim slijedi klorofila c, a potom klorofil b. Koncentracija klorofila a je bila u rasponu 0.16 do 0.65 mg/100 cm^2. Koncentracija klorofila b iznosila je od 0.03 do 0.28 mg/100 cm^2. Koncentracija klorofila c je bila od 0.08 do 0.57 mg/100 cm^2 (Prilog 3.). Grafički prikaz koji opisuje promjenu koncentracija klorofila a, b i c pokazuje slične promjene u sezonskoj dinamici različitih tipova klorofila (Slika 50.).



Slika 50. Grafički prikaz sezonske promjene koncentracije klorofila a, b i c perifitona

3.9. Funkcionalne hranidbene skupine

Većinu vrsta Oligochaeta, *Nais simplex*, *N. barbata*, *N. pardalis*, *N. elinguis*, *N. variabilis*, *C. diastrophus*, *C. langi*, kao i ličinke Chironomidae, možemo svrstati u dvije funkcionalne hranidbene skupine - strugači (SCRA) i detritovori (DET) (Tablica 5.). Detritovornim organizmima također mogu pripadati Copepoda. U skupinu predatora (PRE) mogu se svrstati *C. diastrophus* i *C. diaphanus* te Copepoda i ličinke Chironomidae. Skupini aktivnih filtratora (AFIL) pripadaju Cladocera, Copepoda naupli, Copepoda, ličinke

Chironomidae i Bryozoa. Skupini organizama koje se ne mogu na ovakav način svrstati - ostali (OTH), pripadaju Nematoda (Tablica 5.).

Tablica 5. Funkcionalne hranidbene skupine Oligochaeta i ostale faune beskralježnjaka perifitona u Sakadaškom jezeru

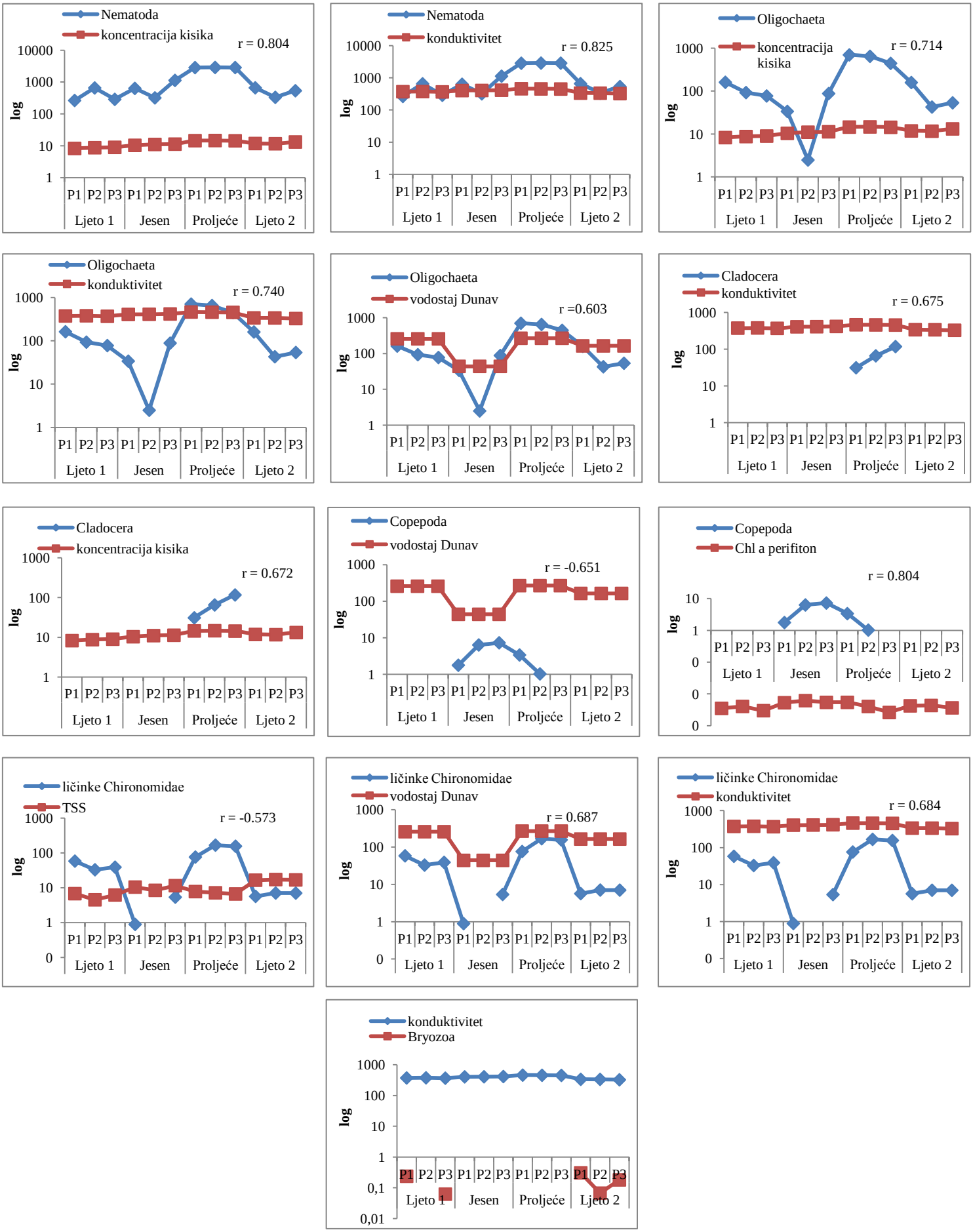
	SHR	SCRA	AFIL	PFIL	DET	MIN	XYL	PRE	PAR	OTH
Nematoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Oligochaeta										
Nais simplex Piguet, 1906	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Nais barbata Muller, 1773	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Nais pardalis Piguet, 1906	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Nais elinguis Muller, 1773	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Nais variabilis Piguet, 1906	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Chaetogaster diastrophus Gruithuisen, 1828	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-
Chaetogaster diaphanus Gruithuisen, 1828	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Chaetogaster langi Bretscher, 1896	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Stylaria lacustris Linnaeus, 1767	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Aeolosoma quaternarium Ehrenberg, 1831	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Vejdovskyella comata Vejdovsky, 1884	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Cladocera	-	-	+	-		-	-	-	-	-
Copepoda naupli	-	-	+	-		-	-	-	-	-
Copepoda	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-
ličinke Chironomidae	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-
Bryozoa	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

* SHR – usitnjivači; SCRA – strugači; AFIL – aktivni filtratori; PFIL – pasivni filtratori; DET – detritovori; MIN – bušači; XYL – ksilofagi; PRE – predatori; OTH – drugi;

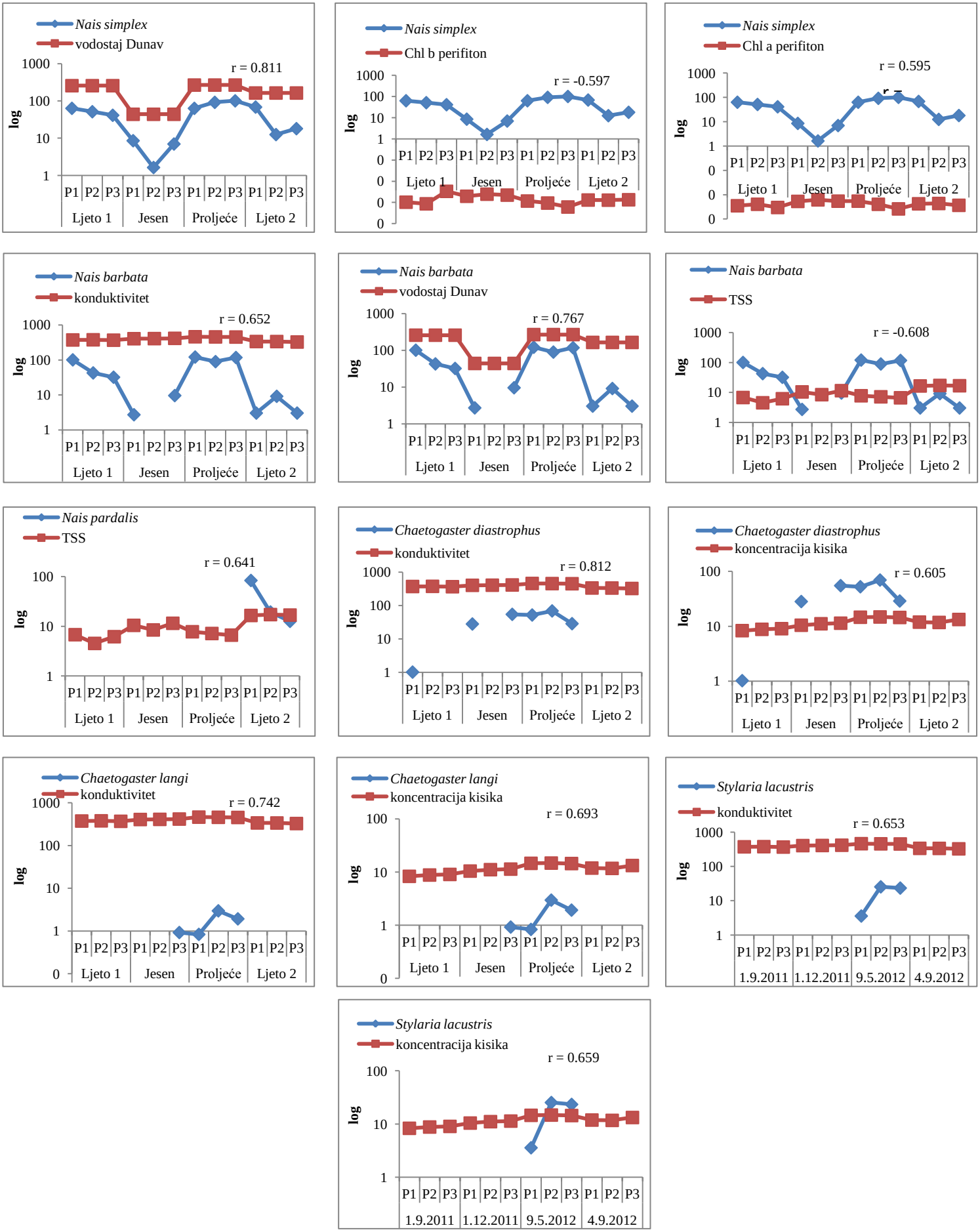
3.10. Statistička obrada podataka

Utvrđena je korelacija između abiotičkih i biotičkih čimbenika vode (Tablica 6.), abiotičkih i biotičkih čimbenika vode i faune (Slika 51. i Tablica 7.) i abiotičkih i biotičkih čimbenika vode i vrsta Oligochaeta (Slika 52. i Tablica 8.).

N. simplex i *N. barbata* su najbrojnije vrste Oligochaeta i jedine prisutne na svim postajama u svim sezonama. Korelacijski test je pokazao kako postoji visoka pozitivna korelacija između te dvije vrste $r = 0.797$ ($p<0.05$).



Slika 51. Statistički značajne korelacije ($p < 0.05$) biotičkih i abiotičkih okolišnih faktora i faune beskralježnjaka tijekom istraživanja u Sakadaškom jezeru; r predstavlja koeficijent korelacije.



Slika 52. Statistički značajne korelacije ($p < 0.05$) biotičkih i abiotičkih okolišnih faktora i predstavnika Oligochaeta tijekom istraživanja u Sakadaškom jezeru; r predstavlja koeficijent korelacije.

Tablica 6. Koeficijenti korelacije između pojedinih biotičkih i abiotičkih čimbenika vode u Sakadaškom jezeru ($p < 0.05$)

	prozirnost (cm)	O_2 (mg/L)	O_2 (%)	konduktivitet (µS/cm)	pH	temperatura vode (°C)	vodostaj Dunav (cm)	TSS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Chl a vode (µg/L)	Chl b vode (µg/L)	Chl c vode (µg/L)
prozirnost (cm)	1												
O_2 (mg/L)	0.63	1											
O_2 (%)	-0.015	0.799	1										
konduktivitet (µS/cm)	0.813	0.487	0.039	1									
pH	0.820	0.437	-0.108	0.742	1								
temperatura vode (°C)	-0.862	-0.143	0.472	-0.626	-0.785	1							
vodostaj Dunav (Apatin) sred.mj.vrijednost (cm)	-0.362	0.145	0.497	0.164	-0.285	0.653	1						
TSS (mg/L)	-0.181	0.218	0.364	-0.632	-0.361	0.217	-0.449	1					
T-N (mg/L)	-0.208	0.200	0.458	-0.432	-0.334	0.387	-0.025	0.651	1				
T-P (mg/L)	0.329	0.507	0.399	0.574	0.399	-0.069	0.452	-0.396	-0.144	1			
Chl a vode (µg/L)	-0.688	-0.255	0.203	-0.906	-0.744	0.647	-0.089	0.751	0.732	-0.441	1		
Chl b vode (µg/L)	-0.591	-0.177	0.264	-0.798	-0.773	0.607	-0.052	0.745	0.760	-0.387	0.964	1	
Chl c vode (µg/L)	-0.551	-0.133	0.281	-0.786	-0.693	0.572	-0.091	0.767	0.827	-0.335	0.968	0.988	1

Tablica 7. Koeficijenti korelacije između abiotičkih i biotičkih čimbenika vode i faune perifitona Sakadaškog jezera ($p < 0.05$)

	prozirnost (cm)	O_2 (mg/L)	O_2 (%)	konduktivitet (µS/cm)	pH	temperatura vode (°C)	vodostaj Dunav (cm)	TSS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Chl a vode (µg/L)	Chl b vode (µg/L)	Chl c vode (µg/L)	Chl a perifiton (mg/cm^2)	Chl b perifiton (mg/cm^2)	Chl c perifiton (mg/cm^2)	Nematoda	Oligochaeta	Cladocera
konduktivitet (µS/cm)	0.813	0.487	0.039	1															
pH	0.820	0.437	-0.108	0.742	1														
temperatura vode°C	-0.862	-0.143	0.472	-0.626	-0.785	1													
vodostaj Dunav (cm)	-0.362	0.145	0.497	0.164	-0.285	0.653	1												
TSS (mg/L)	-0.181	0.218	0.364	-0.632	-0.361	0.217	-0.449	1											
T-N (mg/L)	-0.208	0.200	0.458	-0.432	-0.334	0.387	-0.025	0.651	1										
Chl a vode (µg/L)	-0.688	-0.255	0.203	-0.906	-0.744	0.647	-0.089	0.751	0.732	-0.441	1								
Chl b vode (µg/L)	-0.591	-0.177	0.264	-0.798	-0.773	0.607	-0.052	0.745	0.760	-0.387	0.964	1							
Chl c vode (µg/L)	-0.551	-0.133	0.281	-0.786	-0.693	0.572	-0.091	0.767	0.827	-0.335	0.968	0.988	1						
Chl a perifiton (mg/cm^2)	0.605	0.037	-0.360	0.217	0.391	-0.691	-0.705	0.144	-0.052	-0.466	-0.210	-0.178	-0.175	1					
Chl c perifiton (mg/cm^2)	0.766	0.215	-0.278	0.397	0.584	-0.804	-0.681	0.064	-0.035	-0.189	-0.334	-0.304	-0.265	0.929	0.266	1			
Nematoda	0.606	0.804	0.572	0.826	0.504	-0.217	0.443	-0.332	-0.155	0.696	-0.647	-0.526	-0.514	-0.089	-0.484	0.083	1		
Oligochaeta	0.465	0.714	0.602	0.741	0.305	-0.036	0.604	-0.357	-0.139	0.608	-0.542	-0.411	-0.432	-0.107	-0.492	0.008	0.936	1	
Cladocera	0.420	0.673	0.521	0.676	0.421	-0.107	0.469	-0.351	-0.099	0.851	-0.511	-0.401	-0.371	-0.414	-0.493	-0.172	0.847	0.714	1
Copepoda naupli	-0.011	0.396	0.533	-0.130	-0.135	0.285	0.130	0.444	0.716	-0.327	0.373	0.390	0.414	0.166	-0.213	0.113	0.130	0.219	-0.090
Copepoda	0.655	0.084	-0.420	0.416	0.548	-0.823	-0.651	-0.065	-0.269	-0.218	-0.449	-0.437	-0.416	0.805	0.414	0.887	0.058	-0.054	-0.168
Ličinke Chironomidae	0.312	0.544	0.485	0.684	0.288	0.036	0.688	-0.573	0.174	0.903	-0.525	-0.426	-0.416	-0.471	-0.497	-0.247	0.838	0.829	0.898
Bryozoa	-0.634	-0.211	0.191	-0.686	-0.825	0.609	0.102	0.499	0.096	-0.322	0.641	0.659	0.566	-0.321	-0.143	-0.484	-0.426	-0.250	-0.342

Tablica 8. Koeficijenti korelacije između abiotičkih i biotički čimbenika vode i vrsta Oligochaeta perifitona Sakadaškog jezera ($p < 0.05$)

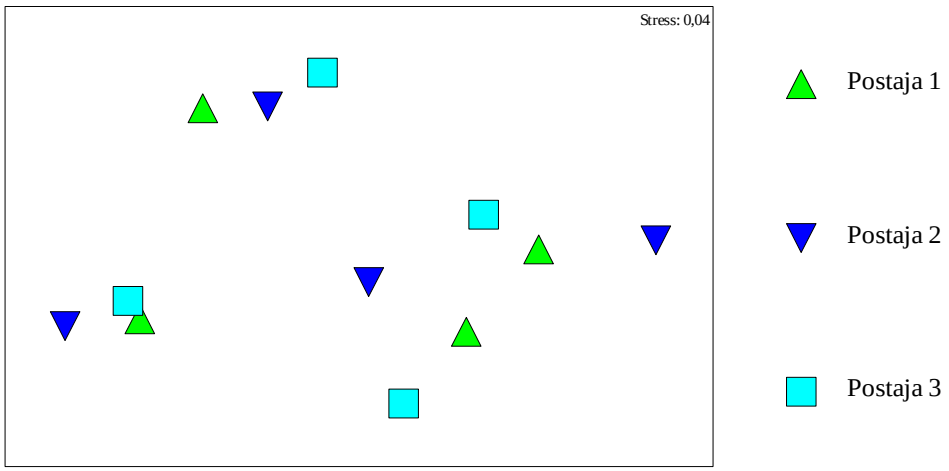
	SD (cm)	O_2 (mg/L)	O_2 (%)	kond. (µS/cm)	pH	temperatura vode (°C)	vodostaj Dunav (cm)	TSS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Chl a vode (µg/L)	Chl b vode (µg/L)	Chl c vode (µg/L)	Chl a perifiton (mg/cm^2)	Chl b perifiton (mg/cm^2)	Chl c perifiton (mg/cm^2)	*N.s.*	*N. b.*	*N. p.*	*C. d.*	*C. l.*
O_2 (%)	-0.015	0.799	1																		
konduktivitet (µS/cm)	0.813	0.487	0.039	1																	
pH	0.820	0.437	-0.108	0.742	1																
temperatura vode (°C)	-0.862	-0.143	0.472	-0.626	-0.785	1															
vodostaj Dunav (cm)	-0.362	0.145	0.497	0.164	-0.285	0.653	1														
TSS (mg/L)	-0.181	0.218	0.364	-0.632	-0.361	0.217	-0.449	1													
T-N (mg/L)	-0.208	0.200	0.458	-0.432	-0.334	0.387	-0.025	0.651	1												
Chl a vode (µg/L)	-0.688	-0.255	0.203	-0.906	-0.744	0.647	-0.089	0.751	0.732	-0.441	1										
Chl b vode (µg/L)	-0.591	-0.177	0.264	-0.798	-0.773	0.607	-0.052	0.745	0.760	-0.387	0.964	1									
Chl c vode (µg/L)	-0.551	-0.133	0.281	-0.786	-0.693	0.572	-0.091	0.767	0.827	-0.335	0.968	0.988	1								
Chl a perifiton (mg/cm^2)	0.605	0.037	-0.360	0.217	0.391	-0.691	-0.705	0.144	-0.052	-0.466	-0.210	-0.178	-0.175	1							
Chl c perifiton (mg/cm^2)	0.766	0.215	-0.278	0.397	0.584	-0.804	-0.681	0.064	-0.035	-0.189	-0.334	-0.304	-0.265	0.929	0.266	1					
Nais simplex	-0.018	0.377	0.531	0.416	-0.097	0.337	0.812	-0.416	-0.244	0.690	-0.322	-0.193	-0.248	-0.595	-0.598	-0.524	1				
Nais barbata	0.203	0.349	0.345	0.653	0.082	0.105	0.767	-0.609	-0.228	0.530	-0.524	-0.398	-0.444	-0.365	-0.534	-0.261	0.798	1			
Nais pardalis	-0.346	0.070	0.350	-0.523	-0.540	0.386	-0.090	0.642	0.211	-0.234	0.564	0.643	0.581	-0.051	-0.131	-0.227	0.121	-0.359	1		
Chaetogaster diastrophus	0.765	0.606	0.212	0.810	0.595	-0.537	0.045	-0.244	-0.215	0.520	-0.670	-0.579	-0.553	0.254	-0.175	0.407	0.297	0.444	-0.324	1	
Chaetogaster langi	0.566	0.694	0.464	0.742	0.481	-0.241	0.353	-0.318	-0.128	0.902	-0.563	-0.469	-0.425	-0.184	-0.385	0.081	0.634	0.590	-0.248	0.804	1
Stylaria lacustris	0.439	0.659	0.515	0.653	0.418	-0.103	0.453	-0.338	-0.089	0.967	-0.479	-0.386	-0.343	-0.383	-0.467	-0.115	0.733	0.621	-0.202	0.587	0.937

**N.s. – Nais simplex, N. b. – Nais barbata, N.p. – Nais pardalis, C. d. - Chaetogaster diastrophus, C. l. – Chaetogaster langi*

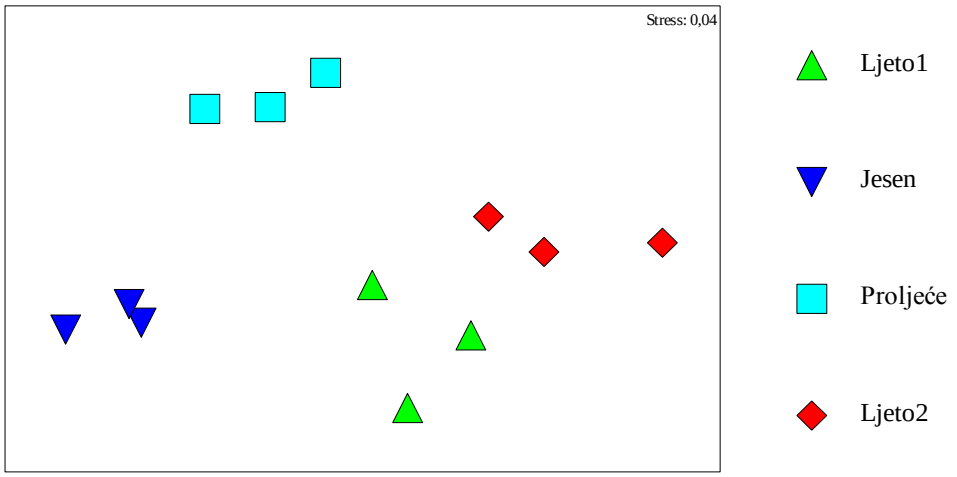
t - test je korišten za međusobnu usporedbu postaja P1, P2, P3 i godišnjih doba, s obzirom na brojnost faune perifitona. U jesenskom razdoblju postoji statistički značajna razlika između postaje P1 i P2, t = 4.79 (p = 0.008), P1 i P3, t = -4.47 (p = 0.011) i P2 i P3, t = -7.35 (p = 0.0018). Statistički značajne razlike između sezona utvrđene su između ljeta 2011. i proljeća 2012. na postaji P1 t = -9.30 (p = 0.00074) i na postaji P2 t = -3.92 (p = 0.016), zatim između jeseni 2011. i proljeća 2012. na postaji P1 t = -12.41 (p = 0.00024), na postaji P2 t = 16.52 (p = 0.000079) i na postaji P3 t = 3.85 (p = 0.018) i između proljeća i ljeta 2012. na postaji P1 t = 6.65 (p = 0.0026), postaji P2 t = 5.21 (p = 0.0064) i na postaji P3 (proljeće-ljeto2) t = 3.65 (p = 0.02). Između dvije ljetne sezone nije utvrđena statistički značajna razlika.

Rezultati t-testa brojnosti jedinki vrsta Oligochaeta pokazuju značajnu statističku razliku u jesen između postaja P1 i P2 t = 6.67 (p = 0.002) i postaja P2 i P3 t = -10.52 (p = 0.0004). Također se statistički razlikuju postaje P1 i P2 u ljeto 2012. t = 3.52 (p = 0.025). Statistički značajne razlike između sezona utvrđene su između ljeta i jeseni 2011. na postaji P1 t = 3.53 (p = 0.024) i na postaji P2 t = 7.12 i (p = 0.002). Također, statistički značajna razlika postoji između ljeta 2011. i proljeća 2012. t = -2.97 (p = 0.04). Jesen 2011. i proljeće 2012. se statistički značajno razlikuju na postaji P1 t = -5.86 (p = 0.004) i na postaji P2 t = -16.63 (p = 0.00007). Jesen 2011. i ljeto 2012. se statistički značajno razlikuju na postaji P1 t = -4.34 (p = 0.012) i na postaji P2 t = -5.50 (p = 0.0053). Statistički značajna razlika također postoji između proljeća i ljeta 2012. na postajama P1 t = 4.21 (p = 0.01), P2 t = 4.84 (p = 0.0084) i P3 t = 2.87 (p = 0.045). Ne postoji statistički značajna razčika između dvije ljetne sezone.

NMDS prikaz fizikalno – kemijskih parametara (Slika 53.) ukazuje na sličnost fizikalno – kemijskih parametara i ne može se uočiti jasno odvajanje između postaja. Na Slici 54. jasno se uočava odvojenost fizikalno – kemijskih parametara vode obzirom na promjenu sezona, vidljive su razlike između godišnjih doba.

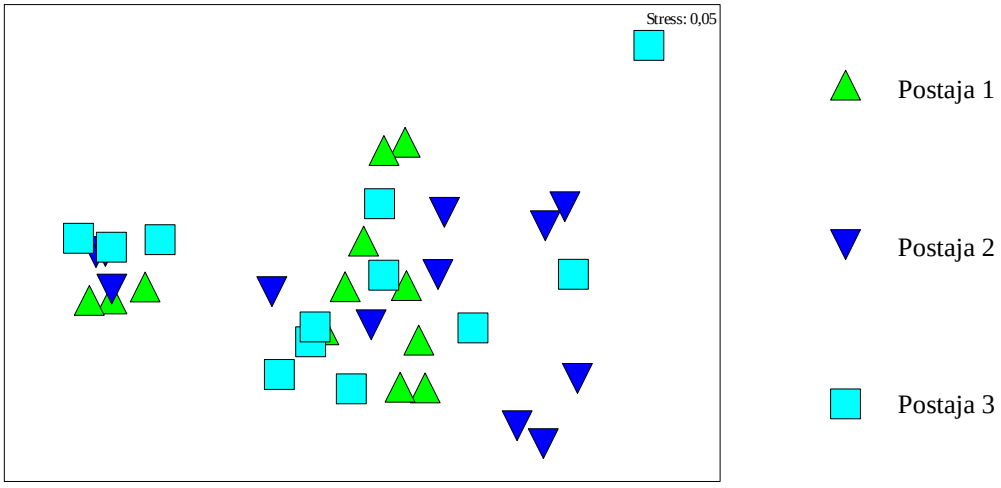


Slika 53. Neparametrijska multivarijantna analiza (NMDS) okolišnih čimbenika vode zabilježenih tijekom istraživanja 2011. i 2012. godine – prostorna dinamika

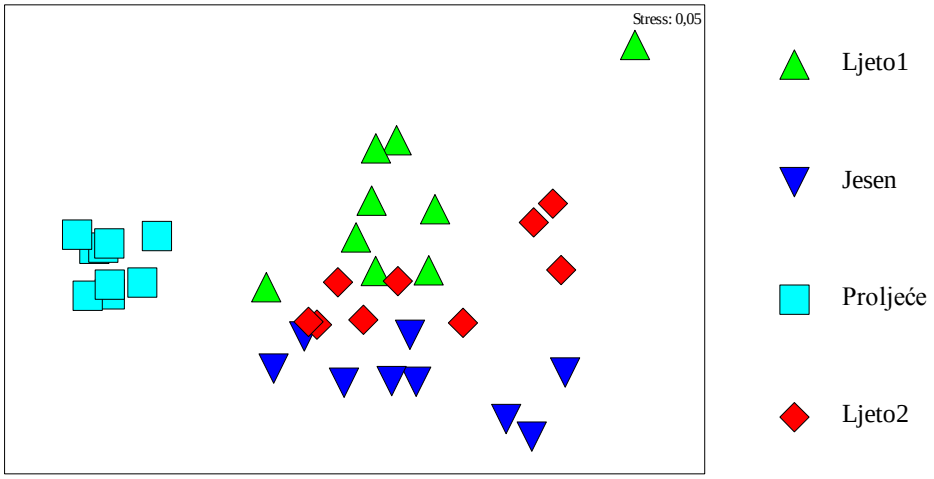


Slika 54. Neparametrijska multivarijantna analiza (NMDS) okolišnih čimbenika vode zabilježenih tijekom istraživanja 2011. i 2012. godine – vremenska dinamika

NMDS prikaz (Slika 55. i Slika 56.) prostorne dinamike faune beskralježnjaka pokazuje sličnost između postaja i nema grupiranja podataka za pojedinu postaju. Vremenska dinamika je izražena i jasno je izdvojeno proljeće, dok druge sezone ne pokazuju jasnu odvojenost, iako je prisutno djelomično grupiranje po sezoni.



Slika 55. Neparametrijska multivarijantna analiza (NMDS) brojnosti faune perifitona grančica utvrđene tijekom istraživanja 2011. i 2012. godine – prostorna dinamika



Slika 56. Neparametrijska multivarijantna analiza (NMDS) brojnosti faune perifitona grančica utvrđene tijekom istraživanja 2011. i 2012. godine –vremenska dinamika

SIMPER analiza podataka o brojnosti taksonomskih svojti faune beskralježnjaka perifitona pokazala je najveću sličnost na postaji P1, a najveći doprinos je zabilježen za Nematoda. Prosječna razlika je vrlo slična između postaja P1 i P2 i postaja P1 i P3, a najveća je između postaja P2 i P3 i iznosi 54.53 % (Tablica 9.). Najveća sličnost unutar sezone zabilježena je u proljeće (81.12 %) uz najveći doprinos Nematoda. Najveća je razlika zabilježena između ljeta 2011. i proljeća 2012 (Tablica 10.).

Tablica 9. SIMPER analiza podataka o brojnosti taksonomskih svojti faune beskralježnjaka perifitona koje pokazuju doprinos taksonomskih svojti faune beskralježnjaka sličnosti unutar postaje odnosno razlici između postaja istraživanja

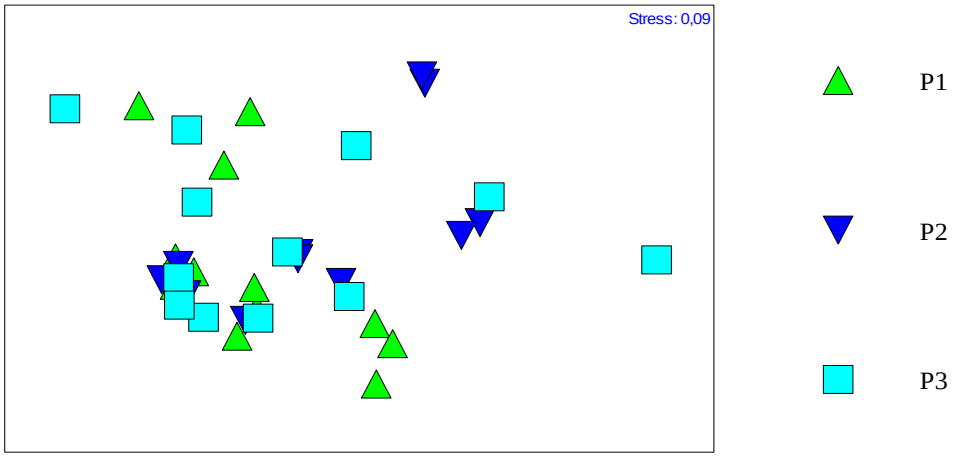
	prosječna sličnost (%)			prosječna različitost (%)		
	53.08	46.00	44.90	51.59	49.76	54.53
	P1	P2	P3	P1 x P2	P1 x P3	P2 x P3
Taksonomska skupina	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %
Nematoda	79.95	90.86	86.89	73.19	76.50	79.01
Oligochaeta	17.87	-	10.28	21.06	17.20	14.34

Tablica 10. SIMPER analiza podataka o brojnosti taksonomskih svojti faune beskralježnjaka perifitona koje pokazuju doprinos taksonomskih svojti faune beskralježnjaka sličnosti, odnosno, razlici između sezona istraživanja

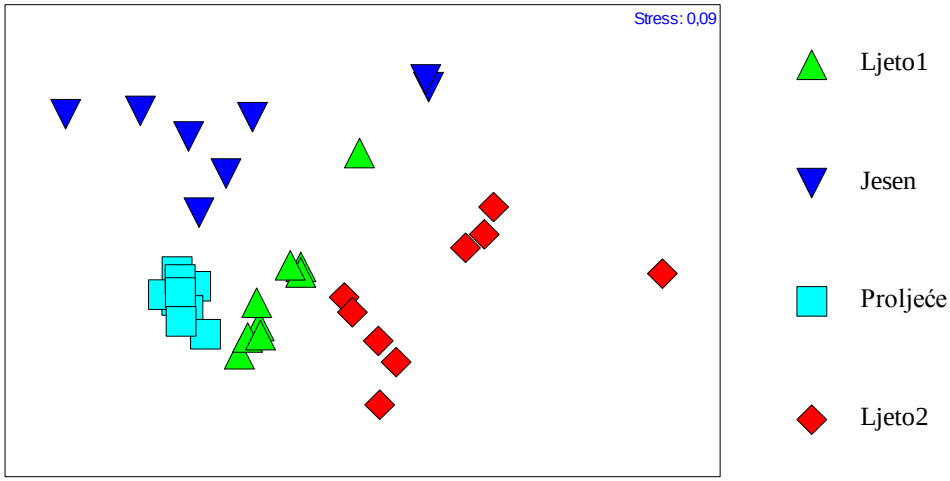
	prosječna sličnost (%)					prosječna različitost (%)				
	54.47	65.91	81.12	59.51	47.64	74.09	66.73	44.43	37.55	72.04
	Ljeto1	Jesen	Proljeće	Ljeto2	Lj1 x J	Lj1 x P	J x P	Lj1 x Lj2	J x Lj2	P x Lj2
Taksonomska skupina	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %
Nematoda	65.36	96.72	79.13	88.09	75.56	78.37	73.04	73.20	82.86	75.87
Oligochaeta	24.47	-	15.83	10.10	15.89	16.13	19.59	18.47	14.38	17.33
Ličinke Chironomidae	10.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Lj1 = Ljeto1; Lj2 = Ljeto2; J = Jesen; P = Proljeće;

NMDS prikaz prostorne dinamike brojnosti vrsta Oligochaeta ne pokazuje grupiranost podataka, odnosno podaci među postajama su vrlo slični, ali NMDS prikaz vremenske dinamike pokazuje jasne grupe podataka, odnosno razlike između vrsta oligochaeta obzirom na promjenu godišnjeg doba (Slika 57. i Slika 58.).



Slika 57. Neparametrijska multivarijantna analiza (NMDS) brojnosti vrsta Oligochaeta perifitona grančica utvrđene na istraživanim postajama 2011. i 2012. godine.



Slika 58. Neparametrijska multivarijantna analiza (NMDS) brojnosti vrsta Oligochaeta perifitona grančica utvrđene tijekom pojedinog razdoblja istraživanja 2011. i 2012. godine

SIMPER analiza podataka o brojnosti vrsta Oligochaeta pokazuje najveću sličnost unutar postaje P1 25.89 % s najvećim doprinosom vrste *Nais simplex*. Najveća razlika je P2 i P3 iako su razlike između ostalih postaja slične (Tablica 11.). SIMPER analiza pokazuje najveću sličnost unutar proljetne sezone s najvećim utjecajem vrste *N. simplex* u ljeto 2011., *Chaetogaster diastrophus* ima najveći utjecaj u jesen, *Nais barbata* u proljeće, a *Nais pardalis* u ljeto 2012. Najveće su razlike između Jeseni i Ljeta 2 (Tablica 12.).

Tablica 11. SIMPER analiza podataka o brojnosti vrsta Oligochaeta koje pokazuju doprinos vrsta Oligochaeta sličnosti unutar postaje, odnosno razlici između postaja istraživanja

	prosječna sličnost (%)			prosječna različitost (%)		
	35.89	28.81	23.50	71.04	69.69	72.52
Vrsta Oligochaeta	P1	P2	P3	P1 x P2	P1 x P3	P2 x P3
	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %
Nais simplex	52.49	56.73	41.73	27.75	28.40	32.51
Nais barbata	26.98	31.59	32.22	31.22	31.47	29.58
Nais pardalis	-	8.09	-	15.77	14.22	11.03
Chaetogaster diastrophus	14.43	-	20.92	19.69	19.86	20.74

Tablica 12. SIMPER analiza podataka o brojnosti vrsta Oligochaeta perifitona koje pokazuju doprinos vrsta Oligochaeta sličnosti, odnosno razlici između sezona istraživanja

	prosječna sličnost (%)				prosječna različitost (%)					
	51.73	35.44	75.80	36.64	85.36	53.06	79.47	75.59	90.50	82.45
	Ljeto1	Jesen	Proljeće	Ljeto2	Lj1 x J	Lj1 x P	J x P	Lj1 x Lj2	J x Lj2	P x Lj2
Vrsta Oligochaeta	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %	doprinos %
Nais simplex	51.04	23.73	32.49	33.74	34.66	25.34	32.20	33.74	23.85	22.93
Nais barbata	48.96	-	48.39	-	37.83	37.14	42.97	37.65	7.12	37.97
Nais pardalis	-	-	-	64.06	-	-	-	27.05	34.17	11.95
Chaetogaster diastrophus	-	71.91	14.64	-	25.40	25.79	15.07	-	31.05	18.24
Stylaria lacustris	-	-	-	-	-	8.61	-	-	-	-

* Lj1 = Ljeto1; Lj2 = Ljeto2; J = Jesen; P = Proljeće;

4. RASPRAVA

Istraživanje perifitona u Sakadaškom jezeru provedeno je tijekom četiri različita godišnja doba u razdoblju od jedne godine (28.7.2011. – 4.9.2012.), a mjereni fizikalno – kemijski parametari vode odgovaraju izmjeni godišnjih doba. Prozirnost vode u ispitivanom razdoblju se kretala od 60 cm do 138 cm. Najviše je vrijednosti dosegla u proljetnom uzorkovanju, a najniže u ljetnoj sezoni kao i u ranijim istraživanjima (Palijan i sur., 2008.). Prozirnost kao čimbenik je pod utjecajem otopljene i suspendirane tvari. Za većinu vodenih tijela najvažniji faktor je upravo količina suspendiranih čestica u stupcu vode i što je ona veća to je prozirnost manja. U jezerima većinu suspendiranih čestica čini fitoplankton (Web 14). Kisik se u vodi stvara djelovanjem fotosintetskih organizama i ulaskom iz atmosfere, troši se disanjem biljnih i životinjskih organizama, ali i drugim oksidacijskim procesima (Piria i Tomljanović, 2006.). Postotni udio kisika je omjer količine otopljenog kisika u vodi i maksimalne moguće količine otopljenog kisika pri istoj temperaturi, ovisi o temperaturi vode i nadmorskoj visini, međutim koncentracija kisika u vodi i postotni udio kisika u Sakadaškom jezeru ne pokazuju statistički značajnu korelaciju s drugim fizikalno – kemijskim parametrima vode. Postotni udio kisika od 80 % do 120 % se smatraju izvrsnim, dok vrijednosti ispod 60 % i iznad 125 % mogu biti opasni za ribe i ostale vodene organizme (Web 15). Prema tome, Sakadaško jezero na izmjerenim postajama u prve dvije sezone ima odlične vrijednosti za postotni udio kisika, ali dolaskom proljeća postotak kisika raste iznad 120 % i takvo stanje se nastavlja u ljetnu sezonu. Prirodne vode rijetko imaju neutralnu reakciju zbog prisutnosti elektrolita kiselog i alkalnog karaktera koji narušavaju ravnotežu između (H^+) i (OH^-) iona. Za kretanje pH vrlo su važni biološki procesi u vodi. Disanjem hidrobionata i razgradnjom organskih tvari oslobađa se CO_2 koji snižava pH vode. S druge strane, potrošnja CO_2 u asimilacijskim procesima uvjetuje povišenje pH, što dolazi do izražaja naročito ako je bujno razvijena vodena vegetacija. To je uvjetovano time što se fotosintezom iskoristi ne samo sav slobodni CO_2 iz vode, nego se izdvaja i razgradnjom bikarbonata (Web 16). pH vode Sakadaškog jezera se kretao u rasponu od 7.44 do 8.52 što odgovara rasponu pH vrijednosti prirodnih slatkih voda koja se kreće od 4.5 do 8.3 (Web 17). Mnogi autori (Mihaljević i sur., 2010.; Vidaković i sur., 2012.) su utvrdili da su vrijednosti pH Sakadaškog jezera iznad 7 što je slučaj i s ovim istraživanjem, te da u Sakadaškom jezeru uvijek vladaju blago alkalni uvjeti. Vrijednosti konduktiviteta u Sakadaškom jezeru su se mijenjale sezonski, bile su u rasponu od 439 μS/cm do 360 μS/cm. Provodljivost je mjera sposobnosti vode za

provođenje električne struje i pod utjecajem je otopljenih anorganskih tvari koje mogu biti negativno nabijene kao što su nitratni, sulfatni i fosfatni anion, i pozitivno nabijene čestice čine kationi metala (Web 18). Provodljivost kao i pH, ovisi o temperaturi vode. U poplavnim nizinama koje imaju sezonske fluktuacije vodostaja provodljivost se može dramatično mijenjati i niska je kada su visoke razine vode, a visoka kada su razine vode niske (Van der Valk, 2006.). Vidaković i Palijan (2010.) su zabilježili visoke vrijednosti za konduktivitet u mjesecu studenom što se slaže sa utvrđenom vrijednošću konduktiviteta u ovom istraživanju. O temperaturi vode, osim živih organizama, ovise i faktori poput gustoće vode i mogućnosti otapanja tvari. Temperature vodenih sustava ovise o temperaturi temeljne vode koja ih opskrbljuje, o dubini i toplini zraka (Piria i Tomljanović, 2006.). Izmjerene temperature vode u ispitivanom razdoblju su odgovarale izmjeni godišnjih doba, zimi su bile najniže, a ljeti najviše. O temperaturi ovise konduktivitet, pH i otapanje plinova u vodi (Van der Valk, 2006.) i postoji statistički značajna korelacija temperature vode s pH i konduktivitetom Sakadaškog jezera. NMDS analiza je ukazala na promjenu biotičkih i abiotičkih čimbenika vode tijekom pojedinih godišnjih doba i sezonske promjene uvjeta okoliša.

Koncentracije klorofila a, b i c su pokazatelji primarne proizvodnje. Klorofil a je jedini pigment koji može neposredno sudjelovati u reakcijama koje Sunčevu energiju pretvaraju u kemijsku (Pevalek-Kozlina, 2002.) i dominantan je u svim višim biljkama i algama. Klorofili b i c su pomoćni pigmenti, klorofil b je karakterističan za vaskularne biljke i zelene alge, a klorofil c se nalazi kod algi razreda Bacillariophyceae (diatomeje), dinoflagelata i smeđih algi (Web 19). Najviše koncentracije klorofila a, b i c u vodi su bile u ljetnom razdoblju jer uvjeti tada pogoduju razvoju fitoplanktona, a najniže su bile u proljeće što možemo objasniti „fazom čiste vode“, odnosnom pojavom smanjene gustoće fitoplanktona koja se događa u 5. ili 6. mjesecu, upravo u vrijeme proljetnog uzorkovanja (9.5.2012.), a rezultat je hranidbenog pritiska koji vrši zooplankton na fitoplankton (Sommer i sur., 1986.). „Faza čiste vode“ je karakterističan događaj za promjenu populacije fitoplanktona dimiktičkih jezera umjerenih geografskih širirna (Droscher i sur., 2008.). Primarni producenti perifitona su izvor hrane za vodene beskralješnjake i kralježnjake (ispaša). Konzumenti mijenjaju biomasu perifitonskih produkcija, a Cladocera, Copepoda i ličinke Chironomidae, koji su komponenta perifitona, mogu značajno reducirati algalnu biomasu (Goldsborough i sur., 2005.). Diatomeje su skupina algi karakterisitična za zajednicu perifitona, rani su kolonizatori i prvi se naseljavaju na polisaharidni matriks koje luče bakterije (Azim i sur., 2005.), a koncentracije klorofila a i c pokazuju promjenu populacije ovih algi u zajednicama perifitona. Prema Wetzel (2001.), diatomeje iz perifitonskih zajednica postižu maksimum populacije u proljeće i jesen i

korelirane su s dostupnošću nutrijenata, što se slaže sa rezultatima ovog istraživanja jer su koncentracije klorofila a, b i c perifitona bile najviše u jesen. Ukupna koncentracija klorofila c je veća od klorofila b i moguće je zaključiti da su populacije diatomeja više zastupljene od populacija zelenih algi, obzirom da je klorofil c karakteristika upravo diatomeja. Negativna statistički značajna korelacija klorofila a i c perifitona s temperaturom i vodostajem Dunava (koji su međusobno pozitivno korelirani) potvrđuje sezonski uvjetovane promjene populacije diatomeja perifitona jer je dinamika plavljenja Dunava, ako ne i najvažniji, ekološki čimbenik o kojem ovisi ekosustav Sakadaškog jezera (Vidaković i sur., 2008.). Prema Vidaković i sur. (2008.), Sakadaško jezero je eutrofnog stanja. Uvrštavanjem srednjih vrijednosti prozirnosti, klorofila a i ukupnog fosfora prema Uredbi o klasifikaciji voda Republike Hrvatske potvrđeno je eutrofno stanje Sakadaškog jezera. Međutim, rezultati Carlsonovog indeksa trofije i OECD klasifikacija svrstavaju Sakadaško jezero u hipertrofne vodene ekosustave. Postoje različiti stupnjevi eutrofnosti i primjetno je da Sakadaško jezero varira od eutrofije do hipertrofije (Vidaković i sur., 2008.).

Budući da su struktura i sastav perifitonskih zajednica pod utjecajem ekoloških faktora i čimbenika koji određuju kvalitetu vode, svaka promjena u kvalitativnom i kvantitativnom sastavu perifitonskih zajednica ukazuje na ekološko stanje okoliša i promjene koje se događaju u okolišu (Kiss i sur., 2003.). Vodeni beskralješnjaci su korisni i često se upotrebljavaju kao indikatori uvjeta okoliša. Njihova sesilna priroda i specifičnost staništa na kojem obitavaju omogućava jednostavno kvalitativno i kvatitativno uzorkovanje. Radi relativne nemogućnosti izbjegavanja negativnih mehaničih promjena, takva fauna je općenito dobro prilagođena uvjetima okoliša u kojem se nalazi. Postojanje vodenih beskralješnjaka na određenoj lokaciji indikator je postojanja raspona fizičkih, kemijskih i bioloških uvjeta koji omogućuju trajanje potpunog životnog ciklusa (Stiegerwalt, 2005.). Ako se fizički i kemijski uvjeti promijene, a beskralješnjaci se ne uspiju tome prilagoditi, struktura zajednice će predstavljati nove uvjete okoliša. Naplavno drvo u vodenim sustavima izvor je stabilnih uvjeta i zbog toga su atraktivna podloga za naseljavanje beskralježnjaka čime se povećava njihova brojnost i raznolikost (Stiegerwalt, 2005.). Postoje značajne razlike u kvalitativnom i kvantitativnom sastavu perifitonskih zajednica koje se nalaze na prirodnim i umjetnim podlogama (Wetzel, 2001.). Vrbove grančice predstavljaju prirodnu podlogu za naseljavanje perifitona. Prema Coe i sur. (2009.) drvo kao podloga direktno utječe na perifiton i pripadajuću zajednicu beskralježnjaka, podržavajući veću gustoću beskralježnjaka od kamenitih supstrata. U Kopačkom ritu su provedena istraživanja faune beskralježnjaka koji su

u zajednici s makrofitama koji su još jedan tip prirodne podloge osim drveta. Bogut i sur. (2007.) su istraživali makrofaunu beskralježnjaka pronađenu na četiri različite vrste makrofita, to su bile vrste *Nymphoides peltata*, *Ceratophyllum demersum*, *Polygonum amphibium* i *Carex* sp. pronađena je ukupno 31 taksonomska skupina beskralježnjaka. Ličinke Chironomidae i Oligochaeta su bile skupine beskralježnjaka sa najvećom brojnošću na sve četiri biljke. Vidaković i Palijan (2010.) su proučavali zajednice Nematoda na biljci *C. demersum* na tri postaje u Sakadaškom jezeru (područja na kojima je provedeno i ovo istraživanje). Zaključili su da zajednice Nematoda koje se razvijaju na *C. demersum,* imaju sličan kvalitativni sastav, ali su različite trofičke skupine dominantne na postajama i stoga su i funkcionalne skupine različite. Čerba i sur. (2009.) su na biljci *Myriophyllum spicatum* L. zabilježili 21 taksonomsku svojtu beskralježnjaka, a dominantne su bile ličinke kukaca. porodica Chironomidae je bila najbrojnija i činila je 67 % ukupno zabilježenih beskralježnjaka, dok su Nematoda i Oligochaeta bile najbrojnije na postaji P3. Bogut i sur. (2010.) su na biljci *C. demersum* pronašli 25 taksonomskih svojti, dominantne su bile ličinke Chironomidae (79 %). Nematoda i velike predatorske ličinke Zygoptera su bile druge po brojnosti (6 %), zatim su slijedile Oligochaeta (5 %). Vidaković i sur. (2012.) su tijekom istraživanja perifitona na stakalcima utvrdili dominaciju taksonomskih skupina utvrđenih u ovom razdoblju. Vidaković i sur. (neobjavljeni podaci), su zabilježili na dvije postaje na jezeru Sakadaš 89 %-tnu zastupljenost Nematoda, 9.5 % je bilo Oligochaeta, a preostalih 1.5 %, su činile ličinke Chironomidae, Cladocera i Copepoda. U ovom radu su Nematoda bili zastupljeni sa također visokim postotkom, 80 %, slijedili su Oligochaeta s 15 %, zatim ličinke Chironomidae s 4 %, a oko 1 % činili su Cladocera i Copepoda. Nematoda su bili daleko najbrojnija i najzastupljenija taksonomska skupina, rani su kolonizatori podloge, stvaraju složene zajednice i brzo se prilagođavaju promjenama izvora hrane (Vidaković i sur., 2012.). Rezultati SIMPER analize u ovom radu ukazuju na Nematoda kao skupinu koja ima najveći doprinos sličnosti unutar postaja i sezona, te razlici između postaja i sezona. Zatim su slijedili predstavnici Oligochaeta i Chironomidae. Postoji statistički pozitivna korelacija brojnosti ličinki Chironomidae s konduktivitetom i vodostajem Dunava tijekom ovog istraživanja što upućuje na njihov utjecaj na vremensku dinamiku populacije obzirom na sezonske promjene uvjeta okoliša. Utvrđeno je da neke ličinke Chironomidae mogu biti rani kolonizatori i to im omogućuje mala veličina i kratak životni ciklus (Armitage i sur., 1995.; Čerba i sur., 2010.). Ličinke Chironomidae su tako bile najbrojnije u proljeće kada postoji povećana količina primarne produkcije i detritusa, karakteristične hrane ličinki Chironomidae i to je potvrđeno pregledavanjem sadržaja probavnog sustava ličinki (Čerba i sur., 2010.). Prema SIMPER

analizi u ovom radu ličinke Chironomidae su doprinosile sličnosti unutar sezona samo u ljeto 2011. Cladocera se pojavljuju u ovome istraživanju samo u proljeće, a statistički značajna pozitivna veza postoji s koncentracijom kisika u vodi i konduktivitetom. Cladocera su račići koji žive i u litoralnoj zoni i tamo se različito hrane planktonskim i perifitonskim komponentama. Iako postoji razlika među hranidbenim nišama, pretpostavka je da je hranidbeno ponašanje važan čimbenik u određivanju sezonske dinamike Cladocera (Masclaux i sur., 2012.) u staništu kao što je Sakadaško jezero. Osim toga, Cladocera koji su uzorkovani s umjetnih podloga hranili su se perifitonskim algama koje su bile pričvršćene za podlogu (Pettigrew i Hahn, 1995.), dok tijekom ovog istraživanja nije utvrđena korelacija s klorofilom perifitona. Za razliku od Cladocera, Copepoda su u ovom radu statistički značajno korelirani s prozirnošću, temperaturom vode i vodostajem Dunava. Promjene u strukturi zajednice Copepoda su sezonski uvjetovane i dobiveni podaci pokazuju prisutnost odraslih Copepoda u jesen s najvećom brojnošću, a u proljeće s nešto manjom. Ličinke naupliji su najbrojniji u ljeto 2012. kada odraslih primjerci Copepoda nisu zabilježeni. Potpuni životni ciklus Copepoda traje između jednog tjedna i šest mjeseci, ovisno o temperaturi i okolišu. Na preniskim temperaturama račići će ostati na dnu inaktivni dok se temperatura opet ne podigne do potrebnog stupnja (Web 5). Copepoda su jedna od najvažnijih skupina slatkovodnog zooplanktona i općenito jedna od najbrojnijih životinjskih skupina na Zemlji, pojavljuju se u svim tipovima slatkovodnih tijela. Hranu im čine detritus, bakterije i fitoplankton. Odlična su hrana za zooplanktivorne ribe jer im je nutritivna vrijednost viša od primjerice Rotifera i stoga igraju važnu ulogu u prijenosu energije od primarnih producenata do sekundarnih konzumenata (Pahari i sur., 2003.). Bryozoa (mahovnjaci) su pronađeni samo tijekom ljetne sezone što upućuje na temperaturu vode kao važan faktor u njihovom ranom naseljavanju na podlogu iako nije utvrđena statistički značajna korelacija. Bryozoa se također nazivaju „aufwuchs“ zajednicom, obzirom na obraštaj koji se stvara blizu ili na samoj koloniji zbog trodimenzionalne strukture kolonije koja nudi zaklon od predatora i dobar je izvor hrane. Oligochaeta, Crustacea i Gastropoda se hrane obraštajem, a posebno su bitan dio te zajednice ličinke Chironomidae koje koriste koloniju kao sklonište gradeći sluzave cijevi netom ispod same kolonije što može imati negativan učinak zbog fizičkog oštećivanja same kolonije (Wood i Okamura, 2005.). Vidaković i sur. (2012.) su, između ostalih, zabilježili vrstu *Plumatella fungosa*, koja se pojavila tijekom dvije ljetne sezone istraživanja, što je u skladu s rezultatima ovog istraživanja jer su se kolonije *P. fungosa* pojavile samo u ljeto.

Predstavnici Oligochaeta su bili vrlo brojna skupina u perifitonu na grančicama vrba u svakom godišnjem dobu, na sve tri postaje, tijekom istraživanja. Oni igraju važnu ulogu u vodenim ekosustavima kao kozumenti detritusa, bakterija i organske tvari, hrane se i algama, planktonskim organizmima i malim ličinkama kukaca (Schenkova i Komarek, 1999.). U zajednicama Sakadaškog jezera su u prijašnjim istraživanjima na pojedinim postajama činili i do 49.9 % od ukupne brojnosti pronađene faune, s ličinkama Chironomidae su bili označeni kao rani kolonizatori (Vidaković i sur., 2012.). U ovome radu je korelacija pokazala da su Oligochaeta perifitona Sakadaškog jezera u pozitivnom odnosu s koncentracijom i postotnim udjelom kisika u vodi, konduktivitetom i vodostajem Dunava što upućuje na utjecaj fizikalno – kemijskih uvjeta na sezonsku dinamiku brojnosti Oligocheta jer se i oni mijenjaju sezonski. Razlike u brojnosti vrsta Oligochaeta su bile puno više izražene sezonski, nego prostorno. To je jasno vidljivo na NMDS prikazu brojnosti vrsta Oligochaeta gdje postoje jasno grupiranje podataka brojnosti vrsta Oligochaeta obzirom na sezone. Najzastupljenija porodica Oligochaeta perifitona Sakadaškog jezera je porodica Naididae. Gotovo 100 % prikupljenih jedinki Oligochaeta pripada ovoj porodici, izuzetak su tri predstavnika porodice Aeolosomatidae. Većina vrsta porodice Naididae su kozmopolitske i prilagođene su širokom rasponu okolišnih uvjeta (Capraz i Arslan, 2004.). Vrste *Nais simplex* i *N. barbata* su jedine dvije vrste koje se pojavljuju u perifitonu Sakadaškog jezera u sva četiri godišnja doba što jasno dokazuje njihovu prilagođenost sezonskim fluktuacijama okolišnih faktora. Parish (1981.) pokazuje da su vrste porodice Naididae bile karakterizirane kao organizmi koji se razmnožavaju primarno nespolno i kod kojih se spolno razmnožavanje događa rijetko i sporadično, međutim, u stresnim situacijama pokazuju prilagodbe poput brzog razmnožavanje i odlaganja jajašaca. Povećavanje veličine populacije postignuto je nespolnim razmnožavanjem tijekom povoljnih uvjeta. Nespolno razmnožavanje povezano je sa kvalitetom i temperaturom vode te prisutnošću hrane. Pretpostavka je da su za *N. simplex* i *N. barbata* načini razmnožavanja moguća prilagodba uvjetima okoliša i da su zato tako uspješne u naseljavanju perifitonskih zajednica Sakadaškog jezera (Parish, 1981.). Općenito, Naididae su skupina Oligochaeta koje pokazuju velike sezonske promjene u gustoći populacija (McElhone, 1978.), što je vidljivo i kod Oligochaeta Sakadaškog jezera gdje je rod *Chaetogaster* zastupljen poglavito u jesenskom i proljetnom uzorku s iznimkom od 3 jedinke/100 cm^2 u ljetnom uzorku 2011., a vrsta *Stylaria lacustris* je pristuna samo u proljetnom uzorku. Naididae pokazuju maksimalne abundancije u proljeće i ljeto (Collado i Schmelz, 2001.) što je vidljivo tijekom ovog istraživanja, jer je 51 % ukupno nađenih jedinki Oligochaeta pronađeno u proljetnoj sezoni, dok je udio od 42 % zabilježen u dvije ljetne

sezone. *N. simplex, C. diastrophus* i *S. lacustris* najveću brojnost postižu u proljeće (Parish, 1981.). U jesen je zabilježeno samo 7 % od ukupne brojnosti Oligochaeta. Vrste Oligochaeta perifitona Sakadaškog jezera *N. simplex, N. pardalis* i *C. diastrophus* pokazuju statistički značajnu korelaciju sa koncentracijom klorofila a, b i c u vodi i klorofilom a, b, i c perifitona što ukazuje na biljnu hranu kao važan faktor (Vidaković i sur., 2012.). Naididae su porodica s puno fitofilnih vrsta i brojnost im je povećana posebice u ljeto kada je i visoka koncentracija klorofila a. Također pokazuju snažnu povezanost s podlogama koje sadrže organske komponente (Collado i Schmelz, 2001.). U litoralnim zajednicama eutrofnog jezera Haussee (Collado i Schmelz, 2001.) Naididae su bile najbrojnija porodica Oligochaeta i među šest najbrojnijih vrsta se nalaze *S. lacustris* i *N. barbata*. Jezero Haussee je značajno po svom eutrofnom karakteru i po većoj brojnosti Naididae od drugog ispitivanog oligotrofnog jezera gdje su značajnije Aeolosomatidae i Lumbricuidae. Dumnicka (2007.) je pronašla najveći broj vrsta Oligochaeta u bentosu (20) dok je broj vrsta koji obitavaju na perifitonu značajno manji (10 vrsta), što se poklapa s ovim istraživanjem jer je sličan broj vrsta Oligochaeta pronađen u perifitonu Sakadaškog jezera (11 vrsta). *N. pardalis* je značajno veće brojnosti u bentoskim nego u perifitonskim uzorcima (Dumnicka, 2007.) Vrsta *N. pardalis* se u ovom istraživanju pojavila samo u drugoj ljetnoj sezoni. Brojnost jedinki porodice Naididae se povećava u prisustvu povećanja organske tvari (Sarkka, 1994.), i vrste *N. elinguis, N. barbata, N. variabilis* i *C. diaphanus* su često vrlo brojne u rijekama koje imaju visoku koncentraciju organske tvari, ali *N. pardalis* pokazuje netoleranciju na povećanu količinu organske tvari (Learner i sur., 2006.) Vrste roda *Chaetogaster* mogu biti predatorske, kao što je to slučaj s vrstama *C. diastrophus, C. diaphanus* i *C. langi*. Izvor hrane ovih Oligochaeta čine trepetljikaši (Taylor, 1980.) koji su vrlo brojni dio faune perifitona i također zabilježeni u perifitonu tijekom ovog istraživanja. Sarkka (1989.) potvrđuje da su vrste porodica Naididae i Aeolosomatidae karakterističnije za litoralnu zonu i lotičke sustave, nego za profundal lentičkih sustava.

Vodostaj Dunava kod Apatina je imao statistički značajnu korelaciju s najbrojnijim taksonomskim skupinama beskralježnjaka perifitona i vrstama Oligochaeta. Kopački rit je poplavno područje i fluvijalno – močvarna nizina gdje režim plavljenja ovisi direktno o vodostaju Dunava (Mihaljević i sur., 2010.). Riječna voda donosi hranu, odnosi otpadne tvari, obnavlja količinu kisika i snažno utječe na veličinu, oblik i ponašanje organizama (Molles, 2008.). Veza riječnog kanala i poplavne ravnice je od kritične važnosti jer su funkcije poput produkcije i razgradnje pod utjecajem plavljenja i sukcesije pospješene dovodom svježe vode

iz rijeke. Veliki dio primarne i sekundarne produkcije se događa u naplavnoj ravnici, a rijeka je uglavnom prijevoznik vode, otopljene i čestične organske tvari. Rijeka je također sklonište vodenih organizama tijekom perioda niskog vodostaja u naplavnih nizinama i na taj način se događa aktivna i pasivna disperzija organizama (Middleton, 2002.; Junk i Wantzen, 2004.). Vidaković i sur. (2012.) su istraživali utjecaj različitih hidroloških uvjeta na zajednice beskralježnjaka perifitona na umjetnim podlogama u Sakadaškom jezeru. Naime, 2008. godina je bila karakterizirana niskim vodostajem Dunava, dok se 2009. dogodila poplava i rezultati su pokazali razlike u sastavu i brojnosti taksonomskih skupina beskralježnjaka perifitona kao i u parametrima koji su utjecali na na sastav zajednica. *Dreissena polymorpha* je dominirala u kasnoj fazi kolonizacije podloge u 2008., dok su Oligochaeta bili dominantni u kasnoj fazi kolonizacije 2009. Izvor hrane i temperatura vode su bili najvažniji faktori koji su određivali sastav perifitonskih zajednica u 2008., dok je u 2009. godini vodostaj Dunava najvažniji parametar, što ukazuje na važnost utjecaja poplave na sastav zajednica perifitona. Gallardo i sur. (2009.) su dokazali da okolišni čimbenici vode stvaraju predložak pomoću kojeg je moguće odrediti biološke osobine organizama koji nastanjuju poplavne nizine. Sezonske promjene okolišnih uvjeta uzrokovanih poplavom visoko su korelirane s biološkim osobinama pojedinih beskralježnjaka, a to su mala veličina tijela, kratak životni vijek, aseksualna reprodukcija i učinkovito naseljavanje novih staništa. Također, veća hidrološka povezanost poplavne nizine s rijekom dovodi do povećanog ukupnog broja vrsta beskralježnjaka i njihove brojnosti (Gallardo i sur., 2008.). Obzirom da su vodena tijela heterogena u prostoru i u vremenu, abiotički čimbenici se mijenjaju sezonski obzirom na unos organske tvari i promjenu temperature koja utječe na brzinu mineralizacije, potrošnju kisika i primarnu produkciju. Promjene su također prisutne u biotičkim interakcijama kako abundancija pojedinih vrsta raste zbog povećane stope razmnožavanja ili mijenjaju svoje prehrambene navike porastom tjelesne mase (Verberk, 2005.).

Iz rezultata o funkcionalnim hranidbenim skupinama je vidljvo da su najzastupljenije skupine detritovornih organizama, a podjednako su zastupljeni strugači i aktivni procjeđivači. Obzirom na fukcionalne hranidbene skupine možemo zaključiti da se prehrana faune perifitona velikim dijelom temelji na mrtvoj organskoj tvari – detritusu i na ispaši primarnih producenata perifitonskih zajednica. Većina mikroflore bogatih perifitonskih zajednica ako nije konzumirana od strane fitofilnih organizama postaje detritus koji se taloži i zadržava upravo u perifitonu. Organizmi perifitona iskorištavaju nutrijente i organske tvari supstrata na kojem rastu kao i stupca vode koji ih okružuje (Wetzel, 2001.). Prema Moore i sur. (2004.)

detritus utječe na trofičku strukturu i dinamiku zajednica, potencijalno podržava veći diverzitet vrsta i duže hranidbene lance nego što je to slučaj ekosustava samo sa autrofima, a osim toga, detritus fizički mijenja izgled staništa.

5. ZAKLJUČAK

U razdoblju od godine dana (28.7.2011. – 4.9.2012.) na prirodnoj podlozi u Sakadaškom jezeru na postajama P1, P2 i P3 utvrđen je razvoj obraštaja i prisutnost različitih predstavnika faune beskralježnjaka. Pronađeno je sedam taksonomskih skupina beskralježnjaka te 11 vrsta Oligochaeta.

Izmjerene vrijednosti fizikalno – kemijskih parametara vode su u skladu s promjenom godišnjih doba. S obzirom na vrijednosti parametara za pojedina godišnje doba, jasno se razlikuju jedna od drugih. Sakadaško jezero je eutrofnom stanju koje ide prema hipertrofiji.

Kvalitativno i kvantitativno, faunom je najbogatija postaja P1, a godišnje doba proljeće. Vrsni sastav Oligochaeta pokazuje da je rod *Nais* zastupljen s najviše vrsta, ukupno 4, a porodici Naididae pripadalo je gotovo 100 % pronađenih jedinki Oligochaeta. Vrste *Nais simplex* i *N. barbata* se pojavljuju u svim godišnjim dobima i uspješno su prilagođene sezonskoj promjeni okolišnih uvjeta. Utvrđene su statistički značajne razlike u sezonskoj dinamici populacije Oligochaeta i ostalih beskralježnjaka.

Rezultati korelacije su pokazali da su vodostaj Dunava, konduktivitet, koncentracija otopljenog kisika u vodi i koncentracija TSS-a imali najveći utjecaj na najbrojnije taksonomske svojte faune beskralježnjaka i vrste Oligochaeta.

6. LITERATURA

Armittage PD, Cranston PS, Pinder LCV. 1995. The Chironomidae: Biology and ecology of nonbiting midges. Chapman and Hall, London, 572 pp.

Azim ME, Verdegem MCJ, van Dam AA, Beveridge MCM. 2005. Periphyton. Ecology, Exploitation and Management. CABI Publishing, 352 pp.

Bailey NTJ. 1995. Statistical Methods in Biology, 3rd edition. Cambridge University Press, United Kingdom, 252 pp.

Bogut I, Vidaković J, Palijan G, Čerba D. 2007. Benthic macroinvertebrates associated with four species of macrophytes. *Biologia (Bratislava)* 62: 600 – 606.

Brinkhurst RO. 1971. A Guide for the Identification of British aquatic Oligochaeta, 2nd edition. Freshwater Biological Association, 55 pp.

Brooks SJ, Langdon PG, Heiri O. 2007. The identification and use of palearctic Chironomidae larvae in palaeoecology. Quaternary Research Association, London, 256 pp.

Capraz S, Arslan N. 2004. The Oligochaeta (Annelida) fauna of Aksu stream (Antalya). *Turk. J. Zool.* 29: 229 - 236.

Clarke KR, Warwick RM. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd ed. PRIMER – E., Plymouth, UK.

Coe HJ, Kiffney PM, Pess GR, Kloehn K, McHenry M. 2009. Periphyton and invertebrate respons to wood placement in large Pacific coastal rivers. *River. Res. Applic*. 25: 1025 – 1035.

Collado R, Schmelz R. 2001. Oligochaete distribution patterns in two German hardwater lakes of different trophic state. *Limnologica* 31: 317 – 328.

Čerba D, Bogut I, Vidaković J, Palijan G. 2009. Invertebrates in Myriophyllum spicatum L. stands in Lake Sakadaš, Croatia. *Ekologia (Bratisl.)* 28: 203 – 214.

Čerba D, Mihaljević Z, Vidaković J. 2010. Colonisation of temporary macrophyte substratum by midge (Chironomidae: Diptera). *Ann. Limnol*. 46: 181 – 190.

Devi Prasad, A., Siddaraju G. 2012. Carlson's Trophic State Index for the assessment of trophic status of two Lakes in Mandya district. *Pel. Res. Libr*. 3: 2992 – 2996.

Droscher I, Finlay K, Patoine A, Leavitt PR. 2008. Daphnia control oft he spring clear – water phase ins ix polymictic lakes of varying productivity and size. *Verh. Inertnat. Verein. Limnol*. 30: 186 – 190.

Dumnicka E. 2007. Distribution of Oligochaeta in various littoral habitats in the anthropogenic reservoirs. *International journal of Oceanography and Hydrobiology* 36: 13 – 19.

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

Gallardo B, Garcia M, Cabezas A, Gonzalez E, Gonzalez M, Ciancarelli C, Comin F. 2008. Macroinvertebrate patterns along environmental gradients and hydrological connectivity within a regulated river-floodplain. *Aquat. Sci*. 70: 248-258.

Gallardo B, Gascon S, Garcia M, Comin F. 2009. Testing the response of macroinvertebrate structure and biodiversity to flooding and confinement. *J. Limnol*. 68: 315 – 326.

Goldsborough LG, McDougal RL, North AK. 2005. Periphyton in freshwater lakes and wetlands. CABI Publishing, 352 pp.

Huchette S, Beveridge M, Baird D, Ireland M. 2000. The impacts of grazing by tilapias on periphyton communities growing on artificial substrate in cages. *Aquaculture* 186: 46-60.

Junk WJ, Wantzen KM. 2004. The flood pulse concept: new aspects, approaches and applications – an update. FAO Regional office for Asia and Pacific 16: 117 – 149.

Kiss M, Lakatos G, Borics G, Gido Z, Deak C. 2003. Littoral macrophyte – periphyton complexes in two Hungarian shallow waters. *Hydrobiologia* 506-509: 541 – 548.

Klemm DJ. 1980. A guide to Naididae (Annelida: Clitellata: Oligochaeta) of North America. United States Environmental Protection Agency, 59 pp.

Komarkova J. 1989. Primárni produkce řas ve slatkovodních ekosystemech. Academia Praha, Praha: 330 - 347.

Learner MA, Lochhead G, Hughes BD. 2006. A review of the biology of British Naididae (Oligochaeta) with emphasis on the lotic environment. *Freshwat. Biol*. 8: 357 – 375.

Liboriussen L. 2003. Production, regulation and ecophysiology of priphyton in shallow freshwater lakes. University of Aarhus, Institute of Biological Sciences, Denmark, 54 pp.

Matoničkin I, Habdija I, Primc – Habdija B. 1998. Beskralješnjaci. Školska knjiga, Zagreb, 691 pp.

Masclaux H, Bec A, Bourdier G. 2012. Trophic partitioning among three litoral microcrustaceans: relative importance of periphyton as food source. *Limnol.* 71: 261 – 266.

McElhone MJ. 1978. A population study of littoral dwelling Naididae (Oligochaeta) in a shallow mesotrophic lake in north Wales. *Journal od Animal Ecology* 47: 615-626.

Middleton B. 2002. Flood pulsing in wetlands: Restoring the natural hydrological balance. Wiley&Sons, 295 pp.

Mihaljević M, Getz D, Živanović B, Gucunski D, Topić J, Kalinović I, Mikuška J, Hackenberger D. 1999. Kopački rit: pregled istraživanja i bibliografija. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zavod za znanstveni rad, 188 pp.

Mihaljević M, Špoljarić D, Stević F, Cvijanović V, Hackenberger Kutuzović B. 2010. The influence of extreme flods from the river Danube in 2006 on phytoplankton in a floodplain lake: Shift to a clear state. *Limnologica* 40: 260 – 268.

Milligan MR. 1997. Identificational manual for the aquatic Oligochaeta of Florida. Vol. 1 Freshwater Oligochaetes. Florida Department of Environmental Protection, 187 pp.

Molles MC. 2008. Ecology: concepts and applications. 4th edition, McGraw Hill International, 640 pp.

Moog O. 2002. Fauna aquatica austriaca. 2nd edition, Federal ministry of agriculture, forestry, environment and water management, Division VII.

Moore JC, Berlow E, Coleman D, Quang Dong, Hastings A, Collins Johnson N, McCann K, Melville K, Morin PJ, Nadelhoffer K, Rosemond AD, Post D, Sabo JL, Scow KM, Vanni MJ, Wall D. 2004. Detritus, trophic dynamics and biodiversity. *Ecol. Lett*. 7: 584 – 600.

Odum EP. 1971. Fundamentals of ecology. W. B. Saunders Company, Philadelphia, PA, 574 pp.

Ohtaka A. 1985. Taxonomical studies oft he japanese Naididae (Annelida, Oligochaeta) 1. four unrecorded species in small genera. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ*. Ser. VI, Zool. 24: 113 – 121.

Pahari PR, Dutta TK, Bhattacharya T. 2003. Copepod community structure and population dynamics in a freshwater habita tin Midnapore. *Journal of Biology*, 8: 1 – 16.

Palijan G, Bogut I, Vidaković J. 2008. The impact of inundation – isolation cycles on the culturable bacterioplankton int he Danube rive floodplain. *Pol. J. Ecol*. 56: 391 – 403.

Parish J. 1981. Reproductive ecology of Naididae (Oligochaeta). *Hydrobiologia* 83: 115 – 123.

Pettigrew CT, Hahn BJ. 1995. Cladoceran grazer responese to pulsed organic nutrient additions in a freshwater marsh. UFS Annual report 30: 52 – 62.

Pevalek – Kozlina B. 2002. Fiziologija bilja. Profil International, Zagreb. 566 pp.

Piria M, Tomljanović T. 2006. Hidrokemija – skripta za vježbe. Agronomski fakultet, Zagreb, 69 pp.

Sarkka J. 1989. Meiobenthic naidid and aeolosomatis oligochaetes from the profundal zone and relations of species to eutrophication. *Hydrobiologia* 180: 185-190.

Sarkka J. 1994. Lacustrine, profundal meiobenthic Oligochaetes as indicators of trophy and organic loading. *Hydrobiologia* 278: 231-241.

Schenkova J, Komarek O. 1999. Oligochaeta of the Morava river basin: distribution patterns, community composition and abundance. Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk. Brun., Biology 25: 33 – 51.

Sommer U, Gliwicz ZM, Lampert W, Duncan A. 1986. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Hydrobiologia* 106:433-471.

Stiegerwalt NM. 2005. Environmental factors affecting aquatic invertebrate community structure on snags in the Ichetucknee river, Florida. Univeristy of Florida, 96 pp.

Taylor WD. 1980. Observations on the feeding and growth of the predaceous Oligochaeta Chaetogaser langi on ciliated protozoa. *Trans. Amer. Micros. Soc.* 99: 360 – 367.

Traunsprunger W. 2000. The biology and ecology of lotic nematodes. *Freshwat. Biol.* 44: 29-45.

Udovičić M, Baždarić K, Bilić – Zuelle L, Petrovečki M. 2007. Što treba znati kada izračunavamo koeficijent korelacije? *Biochemia Medica*, 17: 1 – 138.

Van der Valk A. 2006. The biology of freshwater wetlands. Oxford Press, 173 pp.

Verberk W, van Kleef H, Dijkman M, van Hoek P, Spierenburg P, Esselink H. 2005. Seasonal changes on two different spatial scales: response of aquatic invertebrates to water body and microhabitat. *Insect Science*. 12: 263-280.

Vidaković J, Bogut I, Mihaljević M, Palijan G, Čerba D, Čačić Lj, Vuksan B, Galir A, Stević F, Zahirović Ž. 2008. Pregled sustavnih hidrobioloških istraživanja u parku prirode Kopački rit u razdoblju 1997. – 2007. *Hrvat. Vode* 65: 259 – 270.

Vidaković J, Palijan G. 2010. Development and functional structure of epiphytic nematode communities on the submerged macrophyte Ceratophyllum demersum in lake Sakadaš, Kopački rit, Croatia. *Nematology* 12: 289 – 302.

Vidaković J, Turković Čakalić I, Stević F, Čerba D. 2012. The influence of different hydrological conditions on periphytic invertebrate communities in a Danubian floodplain. Fundam. *Appl. Limnol.* 181: 52-72.

Wetzel RG. 2001. *Limnology*. Academic press, USA, 985 pp.

Wohglemuth E, Schenkova J. 1999. Annelida: Aeolosomata, Oligochaeta. Folia Fasc. Sci: Nat. Unic. Masaryk. Brun., Biol. 101: 89 – 95.

Wood TS, Okamura B. 2005. A new key to the freshwater Bryozoans of Britain, Ireland and continental Europe, with notes on their ecology. Freshwater Biological Association, 114 pp.

WEB STRANICE:

Web 1: http://sunsite.ualberta.ca/Projects/Aquatic_Invertebrates/?Page=17 (29.11.2012.)

Web 2: http://www.earthlife.net/inverts/oligochaeta.html (30.11.2012.)

Web 3: http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=68423 (30.11.2012.)

Web 4: http://www.microscopyu.com/moviegallery/pondscum/chaetogaster/ (30.11.2012.)

Web 5: http://www.fcps.edu/islandcreekes/ecology/copepod.htm (30.11.2012.)

Web 6: http://www.bryozoans.nl/pictures/en/plumatella_fungosa.html (30.11.2012.)

Web 7: http://antun.biz/kopackirit/default.asp (29.11.2012.)

Web 8: http://www.kopacki-rit.com/oparku.html (30.11.2012.)

Web 9: http://www.google.hr/imgres?hl=hr&sa=X&tbo=d&biw=1366&bih=600&tbm=isch&tbnid=D3jkUCamPRnxlM:&imgrefurl=http://tim4.efos- marketing.com/%3Fpage_id%3D22&docid=cVEIgOJX7hh0nM&imgurl=http://tim4.efos-marketing.com/wp-content/uploads/2011/11/Kopacki-Rit-Croatia.gif& w=400&h=250&ei=TdO7UJeKIsvptQbr4oDADg&zoom=1&iact=hc&vpx=871&vpy=174&dur=256&hovh=177&hovw=284&tx=168&ty=137&sig=112312767409493050093&page=1&tbnh=132&tbnw=215&start=0&ndsp=18&ved=1t:429,r:16,s:0,i:181) (29.11.2012.)

Web 10: http://www.gradri.uniri.hr/adminmax/files/class/Uredba_o_klasifikaciji_voda_77-1998[1].pdf (23.1.2013.)

Web 11: http://changingminds.org/explanations/research/analysis/t-test.htm (30.11.2012.)

Web 12: http://www.okstate.edu/ag/agedcm4h/academic/aged5980a/5980/newpage26.htm (30.11.2012.)

Web 13: http://www.biochemia-medica.com/content/marius-marusteri-vladimir-bacarea-kako-odabrati-pravi-test-za-procjenu-statisticke-znacajnos (29.11.2012.)

Web 14: http://www.secchidipin.org/Transparency_Tube.htm (30.11.2012.)

Web 15: http://academic.brooklyn.cuny.edu/geology/zcheng/NYC_Water/percent_oxygen saturation. pdf (29.11.2012.)

Web 16: http://www.extension.org/sites/default/files/w/7/73/Introduction_to_Water_ Chemistry_ for_Freshwater_Aquaculture.pdf (30.11.2012.)

Web 17: http://www.periodni.com/download/analiza_realnih_uzoraka.pdf (29.11.2012.)

Web 18: http://water.epa.gov/type/rsl/monitoring/vms59.cfm (29.11.2012.)

Web 19: http://www.biology-online.org/dictionary/Chlorophyll_c (29.11.2012.)

7. PRILOZI

Prilog 1. Fizikalno – kemijski parametri izmjereni na istraživačkim postajama u Sakadaškom jezeru

Fizikalno - kemijski parametri	Postaja	Ljeto 1	Jesen	Proljeće	Ljeto 2
Prozirnost (cm)	**P1**	72	135	135	76
	P2	70	135	138	83.5
	P3	60	128	120	75.5
O_2 (mg/L)	**P1**	8.31	10.425	14.585	11.88
	P2	8.785	11.09	14.745	11.715
	P3	9.025	11.355	14.445	13.265
O_2 (%)	**P1**	97.45	86.2	148.95	143.65
	P2	103.9	92.25	152.4	143.4
	P3	105.5	95.3	148.45	152.05
Konduktivitet (µS/cm)	**P1**	373.5	405.5	461	337
	P2	377.5	408.5	456.5	336
	P3	368	415.5	452.5	326.13
pH	**P1**	7.855	8.47	8.375	7.93
	P2	8.145	8.49	8.43	8.02
	P3	8.24	8.355	8.42	8.165
$t_{(voda)}$ (°C)	**P1**	23.05	7.95	16.35	23.95
	P2	23.5	7.9	16.55	24.3
	P3	23.1	7.7	16.7	25.1
Vodostaj Sakadaškog jezera kod ustave	**P1**	165	80	234	250
	P2	165	80	234	250
	P3	165	80	234	250
Chl a vode (µg/L)	**P1**	53.24	29.77	12.70	77.20
	P2	33.69	30.16	18.,48	106.49
	P3	51.83	25.09	14.22	73.35
Chl b vode (µg/L)	**P1**	13,69	4.78	2.01	21.81
	P2	4.46	4.47	2.53	29.40
	P3	8.29	3.62	2.71	13.13
Chl c vode (µg/L)	**P1**	22.39	11.72	3.95	37.00
	P2	10.14	11.68	9.27	57.32
	P3	18.04	10.19	8.62	27.43
TSS (mg/L)	**P1**	6.78	10.45	7.77	16.52
	P2	4.53	8.45	7.16	17.20
	P3	6.18	11.,50	6.,64	16.81
T - N (mg/L)	**P1**	1.23	1.25	3.35	3.59
	P2	1.05	1.36	3.50	22.69
	P3	1.28	1.56	2.83	7.48
T - P (mg/L)	**P1**	0.,26	0.25	0.07	0.14
	P2	0.32	0.21	3.50	0.11
	P3	0.93	0.28	2.83	0.16

Prilog 2. Brojnost faune (broj jedinki/100 cm^2) beskralježnjaka utvrđena na postajama istraživanja u Sakadaškom jezeru tijekom 2011./2012. godine

	P1				P2				P3				
	A	**B**	**C**	**$\bar{X}$ ± SD**	**A**	**B**	**C**	**$\bar{X}$ ± SD**	**A**	**B**	**C**	**$\bar{X}$ ± SD**	**Ukupno**
Ljeto 1													
Aschelmintes													
Nematoda	148	465	185	266 ± 173	399	1314	261	658 ± 572	543	19	304	289 ± 263	**3639**
Annelida													
Oligochaeta	156	113	215	162 ± 51	46	173	60	93 ± 69	77	22	134	78 ± 56	**996**
Crustacea													
Cladocera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Copepoda naupli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Copepoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Insecta													
ličinke Chironomidae	47	83	45	58 ± 32	24	35	39	33 ± 8	36	5	76	39 ± 35	**390**
Lophophorata													
Bryozoa	40,32	9,82	21,53	23.89 ± 15.38	0	0	0	0	0,00	0,00	18,81	6.27 ± 10.86	**90.48**
Ukupno	**351**	**661**	**446**	**486**	**470**	**1522**	**360**	**784**	**656**	**46**	**514**	**405**	**5025**
Jesen													
Aschelmintes													
Nematoda	650	723	539	637 ± 93	240	388	335	321 ± 75	936	1103	1367	1135 ± 217	**6279**
Annelida													
Oligochaeta	19	29	53	34 ± 18	5	2	0	2 ± 3	33	112	120	88 ± 48	**374**
Crustacea													
Cladocera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Naupli Copepoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Copepoda	0	0	5	2 ± 3	5	9	5	6 ± 3	17	3	3	7 ± 8	**46**
Insecta													
ličinke Chironomidae	0	0	3	1 ± 2	0	0	0	0	8	8	0	5 ± 5	**19**
Ukupno	**669**	**752**	**600**	**674**	**250**	**399**	**340**	**330**	**994**	**1225**	**1489**	**1236**	**6718**

*nastavak Priloga 2.

Proljeće													
Aschelmintes													
Nematoda	2605	3528	2471	2868 ± 575	3337	3095	2250	2894 ± 571	2810	1462	4363	2878 ± 1452	**25922**
Annelida													
Oligochaeta	946	806	357	703 ± 308	467	538	948	651 ± 259	392	494	452	446 ± 51	**5398**
Crustacea													
Cladocera	20	32	41	31 ± 11	83	87	27	66 ± 34	109	143	100	117 ± 22	**643**
Naupli Copepoda	3	0	3	2 ± 2	0	0	0	0	0	0	0	0	**6**
Copepoda	0	7	3	3 ± 4	3	0	0	1 ± 2	0	0	0	0	**13**
Insecta													
ličinke Chironomidae	75	82	71	76 ± 5	207	133	162	167 ± 37	192	118	158	156 ± 37	**1198**
Ukupno	**3649**	**4455**	**2946**	**3683**	**4097**	**3853**	**3386**	**3779**	**3504**	**2216**	**5073**	**3598**	**33178**
Ljeto 2													
Aschelmintes													
Nematoda	636	424	933	665 ± 255	145	165	691	334 ± 309	200	457	958	538 ± 358	**4610**
Annelida													
Oligochaeta	201	130	147	159 ± 37	22	24	82	43 ± 34	5	11	146	54 ± 80	**768**
Crustacea													
Cladocera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Naupli Copepoda	0	0	0	0	2	0	3	2 ± 2	0	0	3	1 ± 2	**8**
Copepoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Insecta													
ličinke Chironomidae	11	3	3	6 ± 4	5	8	8	7 ± 2	7	8	6	7 ± 1	**59**
Lophophorata													
Bryozoa	16,31	27,30	48,97	30.86 ± 16.61	0,00	0,00	20,19	6.73 ± 11.65	0,00	0,00	54,58	18.19 ± 31.51	**221.93**
Ukupno	**848**	**558**	**1083**	**830**	**174**	**197**	**784**	**358**	**212**	**476**	**1113**	**600**	**5445**

Prilog 3. Koncentracije klorofila a, b i c perifitona (mg/100 cm^2) na grančicama (A, B i C) na postajama P1, P2 i P3

	P1				P2				P3			
	A	**B**	**C**	**$\bar{X}$ ± SD**	**A**	**B**	**C**	**$\bar{X}$ ± SD**	**A**	**B**	**C**	**$\bar{X}$ ± SD**
Ljeto 1												
Chl a	0.24	0.42	0.40	0.35 ± 0.10	0.50	0.28	0.44	0.41 ± 0.11	0.42	0.16	0.32	0.30 ± 0.13
Chl b	0.06	0.10	0.15	0.10 ± 0.40	0.11	0.05	0.10	0.09 ± 0.03	0.09	0.04	0.07	0.07 ± 0.03
Chl c	0.15	0.17	0.19	0.17 ± 0.02	0.23	0.14	0.21	0.19 ± 0.05	0.19	0.08	0.13	0.13 ± 0.06
Jesen												
Chl a	0.61	0.37	0.62	0.53 ± 0.14	0.65	0.57	0.64	0.62 ± 0.05	0.47	0.58	0.59	0.55 ± 0.07
Chl b	0.23	0.11	0.25	0.19 ± 0.08	0.28	0.21	0.25	0.25 ± 0.04	0.18	0.25	0.24	0.23 ± 0.04
Chl c	0.43	0.21	0.37	0.34 ± 0.18	0.57	0.44	0.50	0.50 ± 0.07	0.32	0.43	0.49	0.41 ± 0.08
Proljeće												
Chl a	0.61	0.54	0.49	0.55 ± 0.06	0.42	0.40	0.40	0.41 ± 0.01	0.28	0.23	0.28	0.26 ± 0.03
Chl b	0.14	0.10	0.12	0.12 ± 0.02	0.10	0.09	0.09	0.09 ± 0.004	0.06	0.06	0.06	0.06 ± 0.004
Chl c	0.40	0.36	0.32	0.36 ± 0.04	0.28	0.28	0.38	0.31 ± 0.06	0.17	0.13	0.17	0.16 ± 0.02
Ljeto 2												
Chl a	0.44	0.43	0.40	0.43 ± 0.02	0.39	0.42	0.51	0.44 ± 0.06	0.38	0.32	0.41	0.37 ± 0.05
Chl b	0.16	0.14	0.10	0.13 ± 0.03	0.03	0.20	0.17	0.13 ± 0.09	0.10	0.12	0.18	0.13 ± 0.04
Chl c	0.15	0.24	0.20	0.20 ± 0.04	0.28	0.24	0.31	0.28 ± 0.03	0.15	0.20	0.28	0.21 ± 0.06