

Planktonske zajednice u umjetnim ujezerenjima potoka Jankovac (Papuk)

Šargač, Jasmina

Master's thesis / Diplomski rad

2010

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:535010>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-10**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Jasmina Šargač

PLANKTONSKE ZAJEDNICE U UMJETNIM UJEZERENJIMA
POTOKA JANKOVAC (PAPUK)

Diplomski rad

Zagreb, 2010. godina

Ovaj diplomski rad izrađen je u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno matematičkog fakulteta, pod vodstvom Doc. dr. sc. Marie Špoljar i predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja dipl. ing. biologije - smjer ekologija.

Najljepše zahvaljujem mojoj mentorici Doc. dr. sc. Mariji Špoljar što je svojim korisnim savjetima, bezgraničnim strpljenjem i velikom podrškom pomogla u izradi ovog diplomskog rada.

Veliko hvala svim mojim prijateljima koji su mi pružili potporu i uljepšali studentske dane.

Najveće hvala mojoj obitelji na razumijevanju i podršci tijekom studiranja.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

PLANKTONSKE ZAJEDNICE U UMJETNIM UJEZERENJIMA POTOKA JANKOVAC (PAPUK)

Jasmina Šargač

Zoologijski zavod, Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Rooseveltov trg 6, 10000
Zagreb, Hrvatska

SAŽETAK

Istraživanje je provedeno na lotičkim (JI iJS) i lentičkim (J1, J1M, J2, J2M) postajama longitudinalnog profila potoka Jankovac (Park prirode Papuk) u razdoblju od svibnja do listopada 2008. godine. Osnovna hipoteza rada bila je da hidrološka obilježja i postotak prekrivenosti dna vodenim makrofitima utječu na razvoj, produkciju i bioraznolikost planktonske zajednice u protočnom hidrosustavu. Ciljevi istraživanja bili su sljedeći: 1. kvalitativna i kvantitativna analiza zoosestona u tekućem (lotičkom) i ujezerenom (lentičkom) dijelu potoka; 2. utjecaj brzine strujanja vode na veličinske kategorije organizama u zoosestonu; 3. analiza pronosa sestona u lotičkom i lentičkom dijelu potoka; 4. utjecaj fizičko-kemijskih parametara na biocenoze u staništima

Prostorne promjene mjerenih fizičko-kemijskih čimbenika pokazivale su statistički značajne razlike ($p < 0,05$) između lotičkih i lentičkih staništa. Na lotičkim postajama u sastavu sestona prevladavale su anorganske ($1,8 \pm 0,6$ mg/L), a u lentičkim organske čestice ($8,9 \pm 16$ mg/L). Ukupno je determinirano 95 svojiti od čega najviše Rotifera (63 svojiti), Cladocera (17 svojiti) i Copepoda (10 svojiti). Prema načinu života na lotičkim postajama u biomasi zoosestona prevladavali su bentoski organizmi (56-98%), dok su na lentičkim postajama, ujezerenjima, prevladavali euplanktonski (20-99%) i semiplanktonski organizmi (20-80%). U biomasi zoosestona dominirale su veličinske kategorije organizama od 1000-1500 μm (40%) i >1500 μm (43%) kojima pripadaju skupine Cladocera, Copepoda i Oligochaeta. U veličinskim kategorijama od 45 do 500 μm najbrojniji su bili predstavnici Rotifera, a obilježavao ih je mali udio u biomasi. U protočnom hidrološkom sustavu potoka Jankovac lentičke postaje zbog retencije vode omogućuju razvoj planktonske zajednice. Planktonske zajednice u jezerima, u zoni makrofita, predstavljaju vrlo produktivna staništa s velikom brojnošću i raznolikošću organizama. Staništa s makrofitima glavna su mjesta produkcije i omogućavaju stvaranje dovoljne količine hrane bentičkim organizmima nizvodno u protočnom sustavu.

(60 stranica, 29 slika, 9 tablica, 59 literaturnih navoda, izvornik na hrvatskom jeziku)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: lotik/ lentik/ zooseston/ submerzni makrofiti

Voditelj: Dr. sc. Maria Špoljar, docent

Ocjenitelji: Dr. sc. Sven Jelaska, docent

Dr. sc. Dubravka Hranilović, izvanredni profesor

Zamjena: Dr. sc. Jasna Hrenović, docent

Rad prihvaćen: 07.04.2010.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

PLANKTON COMMUNITIES IN THE JANKOVAC STREAM ARTIFICIAL LAKES (PAPUK)

Jasmina Šargač

Department of Zoology, Division of Biology, Faculty of Science, University of Zagreb,
Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

SUMMARY

Research was conducted on lotic (JI, JS) and lentic (J1, J1M, J2, J2M) study sites on the longitudinal profile of Jankovac stream (Nature Park Papuk) from May until October 2008. Main hypothesis in this study was that the hydrological features of running waters and the percentage of macrophytes cover have significant influence on development, production and biodiversity of plankton communities. Aims of this study were: 1. to analyze qualitative and quantitative structure of zoosetion on lotic and lentic study sites; 2. to analyse influence of current velocity on organisms size categories; 3. to analyse transport of seston on lotic and lentic stations; 4. to analyse the effect of physical and chemical factors on seston structure in running waters.

There were significant differences ($p < 0,05$) between lotic and lentic study sites in physical and chemical factors. Lotic stations consisted mostly of inorganic particles (average $1,76 \pm 0,64$ mg/L), while lentic stations had higher amount of organic particles (average $8,85 \pm 15,98$ mg/L). A total of 95 taxa were identified among them: Rotifera 63, Cladocera 17 and Copepoda 10 taxa. Lotic study sites achieved higher contribution of benthic organisms (56-98%) whereas lentic stations consisted mostly of euplanktonic (20-99%) and semiplanktonic organisms (20-80%). The major part in zoosetion biomass (44%) constituted organisms with body size from 1000 to 1500 μm , i.e. Cladocera, Copepoda and Oligochaeta. Rotifers mainly contributed to organisms biomass with body size, from 45 to 500 μm . In Jankovac stream lentic habitats with longer period of water retention contributed to development of numerous plankton community. Macrophyte zones in lentic part of running waters represent very productive habitats with maximum biodiversity and density. Also, macrophyte zones are the main habitats of production and provide sufficient amount of food for downstream benthic organisms.

(60 pages, 29 figures, 9 tables, 59 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in Central biological library

Key words: lotic/ lentic/ zoosetion/ submergent macrophytes

Supervisor: Dr. sc. Maria Špoljar, Assistant Professor

Reviewers: Dr. sc. Sven Jelaska, Assistant Professor

Dr. sc. Dubravka Hranilović, Associated Professor

Substitute: Dr. sc. Jasna Hrenović, Assistant Professor

Thesis accepted: 07.04.2010.

SADRŽAJ

1.0 UVOD	1
1.1 Seston	2
1.2 Zooseton	3
1.2.1 Porijeklo bentoskih organizama u sestonu	3
1.2.2 Porijeklo planktonskih organizama u sestonu	4
1.3 Utjecaj abiotičkih i biotičkih čimbenika na planktonske organizme u sestonu	5
1.3.1 Abiotički čimbenici	5
1.3.2 Biotički čimbenici	6
1.4 Hipoteza i ciljevi rada	8
2.0 PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	9
2.1 Postaje istraživanja	10
3.0 MATERIJALI I METODE	12
3.1 Sakupljanje i analiza uzoraka sestona	12
3.2 Analiza fizičko-kemijskih čimbenika i izvora hrane.....	15
3.3 Analiza pronosa sestona	17
3.4 Statistička analiza podataka	18
4.0 REZULTATI.....	19
4.1 Fizičko-kemijski čimbenici	19
4.2 Kvalitativna i kvantitativna analiza zoosetona	25
4.3 Veličinske kategorije zoosetona	45
4.4 Pronos sestona	47
5.0 RASPRAVA.....	49
6.0 ZAKLJUČAK	55
7.0 LITERATURA.....	57

1.0 UVOD

Vodeni sustavi na kopnu dijele se na tekuće ili lotičke koje obilježava stalno protjecanje vode i ujezerene ili lentičke, u kojima je strujanje vode neznatno ili ono u potpunosti izostaje. Lotičkim staništima (biotopima) pripadaju tekućice: potoci i rijeke. U njima od izvora prema ušću dominira longitudinalni gradijent fizičko-kemijskih i biotičkih čimbenika. Najznačajniji ekološki čimbenik u lotičkim biotopima je brzina strujanja vode koja uvelike utječe na kvalitativnu i kvantitativnu strukturu biocenološkog sastava te na vrstu i veličinsku strukturu supstrata. U gornjim dijelovima toka kod većih brzina strujanja vode prevladava krupno kamenje, u srednjem dijelu šljunkovito, a u donjem toku muljevito dno s puno usitnjenog neživog organskog materijala (detritusa). Lotičke biotope naseljava nekoliko tipova životnih zajednica:

bentos - zajednice organizama dna

perifiton - zajednica autotrofnih i heterotrofnih organizama koji obraštaju različite čvrste površine i predmete uronjene u vodu

nekton - organizmi koji su sposobni snagom mišića svladati struju vode

Za lotičke biotope vezani su pojmovi seston i drift. Prema definiciji koju su dali BREITIG i TÜMPLIG (1982) pod pojmom seston podrazumijevamo sve žive i nežive čestice autohtonog i alohtonog porijekla, nošene strujom vode u tekućicama. Drift uključuje sve planktonske i bentoske organizme koji se susreću sa stalnim problemom nizvodnog otplavlivanja (fluvijalnog drifta) iz područja u kojem žive, rastu i razmnožavaju se (BROWN i BRUSSOCK, 1991).

Lentičkim biotopima pripadaju stajaćice - bare, močvare, jezera i rezervoari. Kod lentičkih sustava ekološki čimbenici imaju vertikalnu stratifikaciju (lat. *stratum* - sloj), od površine vode prema dnu, što je vrlo izraženo u dubljim jezerima u kojima se formiraju vodeni slojevi (epilimnij, metalimnij, hipolimnij). Lentički biotopi obiluju životnim zajednicama. Osim bentosa, perifitona i nektona koji naseljavaju oba tipa staništa (lotik i lentik), lentičke biotope naseljavaju:

plankton - zajednica organizama koji plutaju u vodi, obilježava lentičke sustave

neuston - zajednica sitnih ili mikroskopski sitnih organizama koji naseljavaju površinski sloj vode

pleuston - zajednica biljaka koje plutaju na vodi

stigon - zajednice intersticija i podzemnih sustava

1.1 Seston

U kvalitativnom sastavu sestona može se razlikovati:

- živa komponenta (bioseston)
- neživa komponenta (tripton ili abioseston).

Bioseston se sastoji od bakterija, algi, gljivica, mikrofaune (protista, trbodlaci, kolnjaci, obličići, dugoživci i dr.) i mezofaune (rakovi rašljoticalci i veslonošci, ličinke kukaca, ličinke riba). S obzirom na odnos autotrofne i heterotrofne komponente bioseston se može podijeliti na fitoseston i zooseston.

Tripton (abioseston) se sastoji od anorganskih i organskih čestica. Organske čestice mogu biti biljnog ili životinjskog porijekla. Glavninu anorganske komponente u sestonu čine čestice pijeska. On nastaje kao rezultat drobljenja i usitnjavanja stijena fluvijalnom erozijom.

Prema porijeklu treba razlikovati autohtoni i alohtoni seston (ABDERHALDEN, 1931):

- Porijeklo čestica autohtonog sestona je korito tekućice, a sastoji se od: koloidnih čestica, anorganskih čestica, detritusa (organskih čestica nastalih razgradnjom u vodi uginulih organizama), bakterija, drifta organizama (otplavljenih organizama iz perifitona i bentosa) te planktonskih organizama iz ujezerenih (uzvodnih) dijelova tekućica.
- Alohtone čestice u sestonu potječu od obalne vegetacije, terestričkog područja ili iz atmosfere. Alohtoni seston sastoji se od koloidnih i anorganskih čestica, bakterija i detritusa iz priobalnog područja.

Važnost sestona u lotičkim ekosustavima proizlazi iz njegove trofičke uloge u hranidbenim lancima bentoskih cenoza. Seston je glavna komponenta u transportu energije duž riječnog toka te predstavlja glavnu hranu za bentoske filtratore, ličinke riba i manje nektonske organizme (MACIOLEK, 1966; VANNOTE i sur., 1980; SANDLUND, 1982; ERIKSSON, 2001).

1.2 Zooseston

Većina organizama u sestonu potječe iz bentosa (bentoski organizmi s različitih podloga i obraštajnih zajednica) i/ili planktona (planktonski organizmi iz jezera, akumulacija ili rukavaca koji se nalaze uzvodno), a manji dio organizama može biti terestrički, iz atmosfere ili iz hiporeika.

Zooseston se često spominje pod nazivom drift. Zbog jednosmjernog gibanja linearnih biotopa kao što su tekućice, biotičku komponentu u njima obilježava strukturalna nestabilnost zajednica (ŠPOLJAR, 2003).

U zoosestonu najčešće nalazimo predstavnike sljedećih skupina organizama: Protozoa – sluzavci (Sarcodina), trepetljikaši (Ciliophora), kolnjaci (Rotifera), oblići (Nematoda), trbodlaci (Gastrotricha), dugoživci (Tardigrada), rakovi (Crustacea) - rašljoticalci (Cladocera) i veslonošci (Copepoda) te ličinke kukaca.

1.2.1 Porijeklo bentoskih organizama u sestonu

Bentoske jedinke iz perifitona, sedimenta ili čvrste podloge fluvijalnim driftom ulaze u sastav sestona. Nakon drifta podloge organizmi su nošeni strujom vode do određene udaljenosti dok se ne istalože ponovno na dno. Brojnost otplavljenih bentoskih organizama u sestonu ovisi uglavnom o broju jedinki po jedinici površine riječnog korita, erozivnom efektu protoka vode, morfološkim i fiziološkim adaptacijama na strujanje vode te o eventualnim dnevnim ritmovima životinja (SANDLUND, 1982).

Organizmi makrofaune bentosa najčešće se razmatraju u sastavu drifta. Najčešći beskralježnjaci u sastavu drifta su ličinke kukaca – vodencvjetova (Ephemeroptera), dvokrilaca (Diptera), tulara (Trichoptera), obalčara (Plecoptera) (ALLAN 1995; RAMIREZ i PRINGLE 1998; SALVEIT i sur. 2001) te rakova – rakušaca (Amphipoda) i jednakonožaca (Isopoda) (ALLAN 1995; ELLIOTT 2002). S obzirom na razloge ulaska organizama u drift, razlikuje se pasivan i aktivan drift. Pasivni ulazak u drift obilježava jedinke koje nemaju mogućnost plivanja u brzom toku vode, stoga je njihovo nošenje i taloženje određeno okolišnim uvjetima te veličinom i nastavcima životinja (MCLAY, 1970; SANDLUND, 1982;

PRIMC-HABDIJA i sur., 1998). Aktivni drift je pravi etološki mehanizam i predstavlja aktivni ulazak jedinki u vodeni stupac. Aktivnim driftom jedinke dolaze u mogućnost pronalaženja novog staništa ili hrane, odnosno bijega od predatora ili izbjegavaju prenaseljenost ishodišnog mikrostaništa (WILLIAMS i FELTMATE 1992). Jedinke ostaju u driftu dok se ne prihvate za vegetaciju ili kamenje, dok ih ne uhvate predatori (beskralježnjaci i ribe) ili dok ne zadobiju fizička oštećenja zbog turbulencije.

1.2.2 Porijeklo planktonskih organizama u sestonu

Planktonski organizmi u sestonu potječu iz epilimnijskih slojeva vode jezera ili akumulacija uzvodno od lotičkog dijela (SANDLUND, 1982; LAIR i REYES-MARCHANT, 1997). Planktonska zajednica u tekućicama (potamoplankton) može nastati u području ujezerenja, ušća i estuarija, ali samo onda kada je vrijeme zadržavanja vode dovoljno dugo za rast i reprodukciju vrsta. Upravo takva lentička staništa s malim protokom unutar riječnog korita (ujezerenja, ušća, estuariji) čine refugij za lotičke organizme koji tu zaostaju (ŠPOLJAR i sur. 2007).

Fauna kolnjaka svojom brojnošću i raznolikošću čini značajnu komponentu biosestona (SANDLUND, 1982; LAIR i REYES-MARCHANT, 1997; ŠPOLJAR, 2003), a to im omogućuju njihova osnovna obilježja: brzo razmnožavanje i kratko generacijsko vrijeme (WELKER i WALZ, 1998). Na taj način oni vrlo brzo osvajaju prazne ekološke niše i sposobni su u vrlo kratkom razdoblju prilagoditi svoj životni ciklus novonastalim uvjetima okoliša.

1.3 Utjecaj abiotičkih i biotičkih čimbenika na planktonske organizme u sestonu

1.3.1 Abiotički čimbenici

Na brojnost i strukturu zooplanktona u sestonu značajno utječu sljedeći abiotički čimbenici: temperatura, koncentracija kisika, koncentracija hranjivih tvari ili nutrijenata (orto-fosfati, nitrati), pH, prozirnost vode (prodor svjetlosti) te hidrološki čimbenici (protok, brzina strujanja vode, vrijeme zadržavanja vode). Hidrološki čimbenici najvažniji su u pronosu sestona i značajno utječu na trofičku strukturu bentosa i zooplanktona lentičkog područja u nizvodnom dijelu toka tekućice (EJSMONT-KARABIN i sur., 1993; ERIKSSON, 2001; ŠPOLJAR, 2003, 2007; GERALDES i BOAVIDA, 2004).

Brzina strujanja vode jedan je od presudnih čimbenika koji utječu na sastav biocenoza u lotičkim staništima. Naime, ovaj čimbenik utječe na morfologiju staništa, na vrstu i strukturu supstrata, raspoloživost izvora hrane, snabdijevanje otopljenim kisikom te izravano utječe na organizme koji obitavaju u stupcu vode i u supstratu (ALLAN 1995; GILLER i MALMQVIST 1998; HABDIJA i sur. 2000). Voda koja teče sporije od 1m/s ne utječe na organizme. Životinje se moraju prilagoditi na brzinu strujanja od 1-3,5 m/s što uvjetuje razvoj brojnih morfoloških i fizioloških (organi za učvršćivanje, leđno-trbušna spljoštenost, vretenast i hidrodinamičan oblik tijela) te etoloških (puzanje uz dno, uzvodne migracije, skrivanje iza kamena i u sedimentu, gradnja mreže za lov, gradnja kućice, prihvaćanje za podlogu, izlučivanje sluzi) prilagodbi lotičke makrofaune. Brzina vode veća od 3,5 m/s dovodi do potpunog otplavlivanja organizama, bez mogućnosti njihove prilagodbe i zadržavanja u takvom okolišu (KEROVEC, 1988; KIRINČIĆ, 2009).

Povezanost koncentracije organskih tvari s protokom je vrlo složena te na nju utječu vremenski uvjeti, godišnja doba, bujice (poplave), topografija porječja, sastav obalne vegetacije, razgradivost čestica, te biotički čimbenici (YOUNG i HURYN, 1997). Bujice doprinose povećanju erozije podloge te koncentracije anorganskih i organskih čestica u sestonu (SANDLUND, 1982), dok s druge strane mogu uzrokovati razrjeđenja i smanjenja koncentracije suspendiranih čestica u sestonu (SWANSON i BACHMANN, 1976). Za razvoj planktona značajno je vrijeme zadržavanja vode. Ujezerenja kao mjesta duljeg zadržavanja vode (retencije) u riječnom toku utječu na redukciju detritusa jer dolazi do taloženja, a time i

do redukcije i transporta hrane za detritivore koji se nalaze nizvodno (GOLDMAN i KIMMEL, 1978). Ujezerenja značajno utječu na formiranje planktonskih zajednica i predstavljaju mjesta najveće bioraznolikosti zooplanktona u riječnom toku. Dulje vrijeme zadržavanja vode (retencije) pozitivno utječe na brojnost zooplanktona zbog njegovog dužeg generacijskog vremena (BASU i PICK, 1996).

Temperatura značajno utječe na gustoću i raznolikost planktonskih zajednica (YOUNG i HURYN, 1997). Veća biomasa populacije fitoplanktona (alge) i vodenog bilja svojom intenzivnom fotosintezom doprinosi povećanju koncentracije kisika tokom dana. Promjene koncentracije kisika, temperature i pH u staništu utječu na razgradnju organskih tvari od strane mikroorganizama, topljivost i raspoloživost nutrijenata (nitrata i orto-fosfata) te na metaboličke procese organizama. Svjetlost je glavni ograničavajući čimbenik razvoja fitoplanktona koji služi kao izvor hrane zooplanktonu te na taj način određuje produkciju sustava i sastav zooplanktona. Povećanje prozirnosti vode ovisi o sadržaju koloidnih i suspendiranih čestica, kemijskom sastavu vode i gustoći zooplanktona (MIŠETIĆ, 1985). Velika prozirnost vode u ujezerenim dijelovima pogoduje razvoju submerzne vegetacije, kao biotopa koji se ističe velikom bioraznolikošću (KUCZYŃSKA-KIPPEN, 2005).

1.3.2 Biotički čimbenici

Biotički čimbenici, prvenstveno metaboličke aktivnosti beskralježnjaka i mikroorganizama, utječu na koncentraciju i veličinski sastav organskih čestica u sestonu (WALLACE i sur., 1991). Iako je, uz otopljenu organsku tvar, bioseston najvažniji izvor hrane u sestonu, većinu cjelokupne organske tvari u sestonu čini detritus. Detritus je djelomično razgrađena organska tvar nataložena na dnu, a čine ga organogene, sitne čestice koje tvore muljevit masu (VANNOTE i sur., 1980). Kvantitativno je detritus najznačajnija organska komponenta u sestonu čija kvaliteta i količina imaju vrlo važnu ulogu u kruženju tvari i protoku energije te na sastav biocenoza u lotičkim staništima. Granulometrija organskih čestica u tekućicama utječe na longitudinalni raspored funkcionalnih skupina organizama, prvenstveno makrozoobentosa. Glavnina sestona autohtono potječe od različitih vodenih makrofita, algi i fitoplanktona. No, alohtoni materijal je glavna energetska baza u manjim tekućicama, a potječe od lišća i ostataka drveća (NAIMAN i SEDELL, 1979; VANNOTE i sur., 1980).

Ukoliko tekućica sadrži u svom koritu ujezerenje brojnost jedinki u sestonu ovisi o višestrukim interakcijama između fitoplanktonskih i zooplanktonskih organizama ("grazing", eng. *grazing*-ispaša) Na brojnost planktonskih organizama utječe kompeticija i predacija između planktonskih vrsta u sestonu (REYNOLDS i DESCY, 1996). Populacije dviju vrsta koje žive na istom prostoru uzajamno se natječu za hranu i prostor. Kolnjaci su u direktnoj kompeticiji s rašljoticalcima u kojoj su sami često eliminirani. Ovakav rezultat kompeticije proizlazi iz činjenice da je stopa filtriranja hrane iz vode kod kolnjaka niža nego kod mnogih planktonskih račića. Rašljoticalci konzumiraju širi veličinski spektar i ponudu hrane nego kolnjaci, stoga mogu potisnuti rast populacija kolnjaka. Taj oblik kompeticije naziva se eksploatacijska kompeticija (kompeticija za hranu). Razlika u načinu hranjenja i selektivnosti u prisutnosti suspendiranih čestica te sposobnost razlučivanja između hranjivih i nehranjivih čestica ili toksične hrane daje kolnjacima prednost u kompeticiji s rašljoticalcima. Drugi oblik kompeticije je interferencijska kompeticija (kompeticija za prostor) u kojoj kolnjaci trpe mehanička oštećenja (npr. ranjavani su, ubijani, uništavaju im se jaja) od veslonožaca (BOGDANI GILBERT, 1987).

1.4 Hipoteza i ciljevi rada

Na potoku Jankovac razlikuju se dva ekološki i biocenološki interesantna staništa: lotik i lentik. Lotičkom dijelu pripadaju izvorišno područje i slap Skakavac (predstavlja ušće potoka). Lentičkom dijelu pripadaju dva umjetna jezera u kojima se razlikuju dvije zone: zona slobodne vode bez makrofita i zona sa submerznim makrofitima. Protočni sustav potoka Jankovac omogućuje razmatranje ulaza i izlaza organskih tvari iz lotičkih biotopa u lentičke i obrnuto. Ulaz čestica sestona u lentička područja utječe na razvoj planktonske i bentoske zajednice ujezerenja, a izlaz planktonskih organizama i abiosestona iz lentičkih u lotička područja značajan je za bentoske organizme nizvodno od ujezerenja.

Pošto istraživano područje pripada protočnom sustavu, organizmi u vodi ujezerenih dijelova također će se u ovom radu nazivati zooseston, iako prema načinu života pripadaju planktonu. Također BREITIG i TÜMPLIG (1982) unutar naziva seston podrazumijevaju planktonske organizme.

Osnovna hipoteza rada bila je da hidrološka obilježja i postotak prekrivenosti dna vodenim makrofitima utječu na razvoj, produkciju i bioraznolikost planktonske zajednice u protočnom hidrosustavu.

Osnovni ciljevi istraživanja u ovom radu bili su:

- kvalitativna i kvantitativna analiza zoosestona u tekućem (lotičkom) i ujezerenom (lentičkom) dijelu potoka
- utjecaj brzine strujanja vode na veličinske kategorije organizama u zoosestonu
- analiza pronosa sestona u tekućem (lotičkom) i ujezerenom (lentičkom) dijelu potoka
- analiza fizičko-kemijskih parametara

2.0 PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Istraživanja sestona provedena su na longitudinalnom profilu potoka Jankovac u Parku prirode Papuk. Glavninu geološke podloge Papuka predstavljaju magmatske i metamorfne stijene dok je za potok Jankovac značajno da se većim dijelom nalazi na podlozi sedimentnih stijena koje na Papuku imaju mali udio. Izvor potoka Jankovac nalazi se na kontaktu krškog i neokršenog područja, odnosno propusnih karbonata i nepropusnih klastita, a vodom se opskrbljuje iz okršenog zaleđa. Potok dalje teče po klastitima, dijelom i po aluviju i preko sedrene barijere (slap Skakavac) se prelijeva u potok Kovačicu. Početni dio doline potoka Jankovac nalazi se također na krškom području (karbonatne stijene trijasko starosti), gdje niz većih ponikvi predstavlja okršeno dno nekadašnjeg fluvijalno aktivnog dijela doline. Na kontaktu s nepropusnim stijenama pojavljuje se krški izvor i nekoliko manjih spilja. Dolina je prirodnim (osedranje) i antropogenim (nasipavanje i pregrađivanje) procesima promijenila svoj primarni uzdužni profil. Procese erozije i usijecanja zamijenili su akumulacijski procesi i usporeno protjecanje.

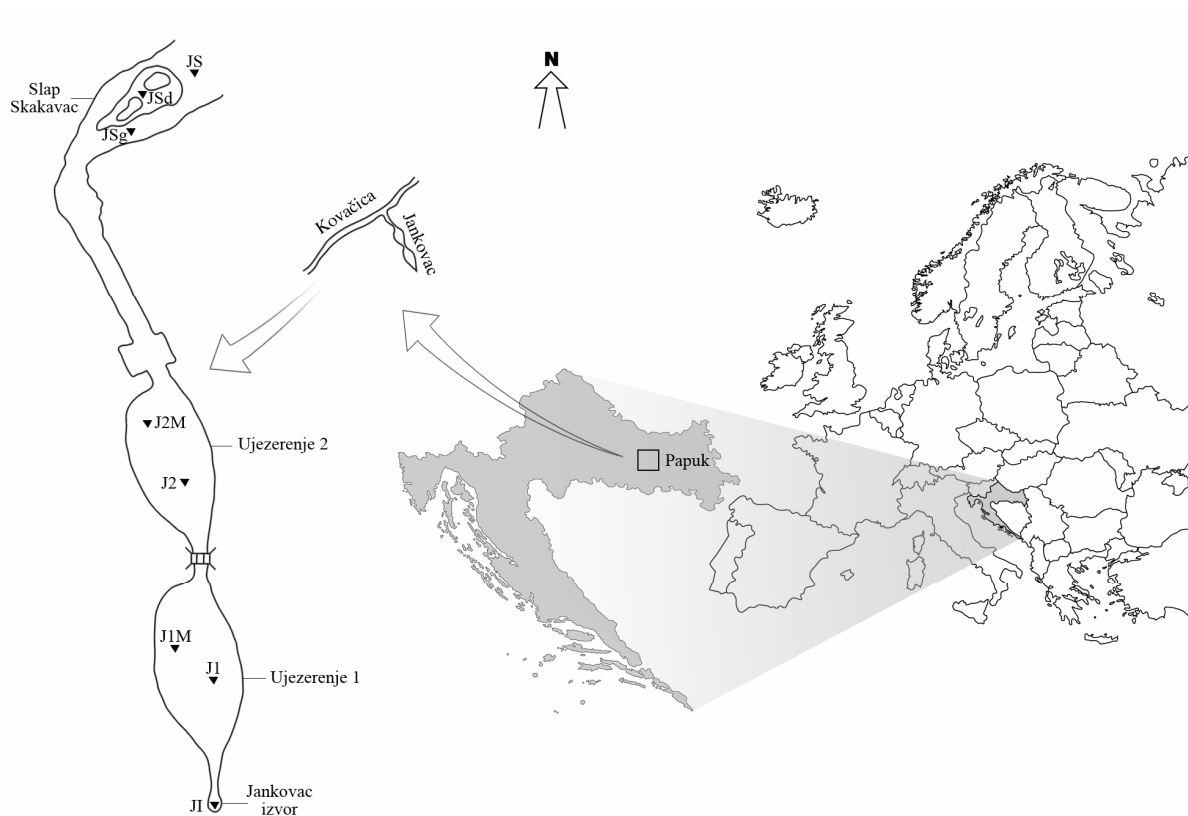
Potok Jankovac smješten je na nadmorskoj visini od 475 m. Longitudinalni profil potoka proteže se u smjeru jug (izvor)-sjever (ušće, slap). Prema STEINMANOVOJ (1915) klasifikaciji izvora ovaj potok ima reokreni izvor, gdje sva voda izlazi na jednom mjestu tako da odmah formira turbulentni tok. Često su stijene takvih izvora obrasle mahovinom, kao što je vidljivo i na potoku Jankovac. Ukupna duljina potoka iznosi oko 700 m, prosječna širina tekućeg dijela iznosi oko 3 m, a prosječna dubina 0,15 m. Voda potoka je prozirna u čitavom toku, u lentičkom i lotičkom dijelu. Dubine jezera ne prelaze 2 m, a njihova će morfometrijska obilježja biti opisana detaljnije u postajama istraživanja. U litoralnoj zoni umjetnih jezera nalaze se od vaskularne vegetacije, močvarne makrofite iz rodova *Scirpus* i *Carex* te žuta perunika (*Iris pseudacorus* L.) i rogoz (*Typha latifolia* L.). Od submerznih makrofita jezersko dno prekriveno je plivajućim mriješnjakom (*Potamogeton natans* L.) i običnim borkom (*Hippuris vulgaris* L.).

Samo su izvorišni dio i slap sačuvani u prirodnom obliku, a veliki dio toka je antropogeno uvjetovan (dva umjetna jezera, betonski bazen i dio korita potoka). Grof Josip Janković u XIX stoljeću, u sklopu korita potoka, uređuje dva protočna jezera, kako za uzgoj pastrva, tako i za vodoopskrbu 30 m visokog slapa Skakavac koji ujedno predstavlja i ušće potoka. Nakon slapa

potok Jankovac se ulijeva u potok Kovačicu koji je pritoka Klokočevca, a on se ulijeva u Karašicu. Prema tome, ovaj potok pripada crnomorskom slivu, jer se Karašica ulijeva u Dravu, a ona u Dunav. S obzirom na godišnji raspored padalina u ovom području dva su maksimuma: glavni jesenski te sporedni kasnoproletni maksimum, iz čega proizlazi da ovaj potok ima pluvio-nivalni vodni režim.

2.1 Postaje istraživanja

S obzirom na geografski smještaj područje Papuka nalazi se sjeverno od Save i pripada Panonskoj regiji Hrvatske što se podudara s regijom 11 u popisu slatkovodnih vrsta Evrope (ILLIES, 1978). Istraživanja su provedena na šest postaja smještenih na longitudinalnom profilu potoka Jankovac, počevši od izvora prema ušću (Slika 1; Tablica 1).



Slika 1 Shematski prikaz istraživanog područja s označenim postajama uzorkovanja

Tablica 1 Morfometrijska obilježja istraživanih postaja

Postaja	Opis postaje	Morfološka obilježja				Pokrovnost dna
		Duljina	Širina	Dubina	Dno	
J1	Reokreni izvor i lotički dio potoka Jankovac	61 m	3 m	0,15 m	kameni blokovi i valutice	
J1	Ujezerenje potoka 1 (prva umjetna akumulacija) u zoni sa neobraslim dnom jezera	168 m	52 m	1,90 m	muljevito	
J1M	Ujezerenje potoka 1 (prva umjetna akumulacija) u zoni obrasloj makrofitama	168 m	52 m	1,90 m	muljevito	Submerzna – plivajući mrijesnjak (<i>Potamogeton natans</i> L., 40%) i obični borak (<i>Hippurius vulgaris</i> L., 60%)
J2	Ujezerenje potoka 2 (druga umjetna akumulacija) u zoni sa neobraslim dnom jezera	130 m	51 m	1,95 m	muljevito	
J2M	Ujezerenje potoka 2 (druga umjetna akumulacija) u zoni obrasloj makrofitama	130 m	51 m	1,95 m	muljevito	Submerzna – obični borak (<i>Hippurius vulgaris</i> L., 90%)
JS	Slap Skakavac	Visina 32 m			kameni blokovi	Alge - Chlorophyta, Chrysophyta i Cyanobacteria Mahovine – <i>Cratoneurum</i> , <i>Eryncium</i> , <i>Cinclidotus</i> , <i>Platyhypnidium</i> i <i>Fontinalis</i>

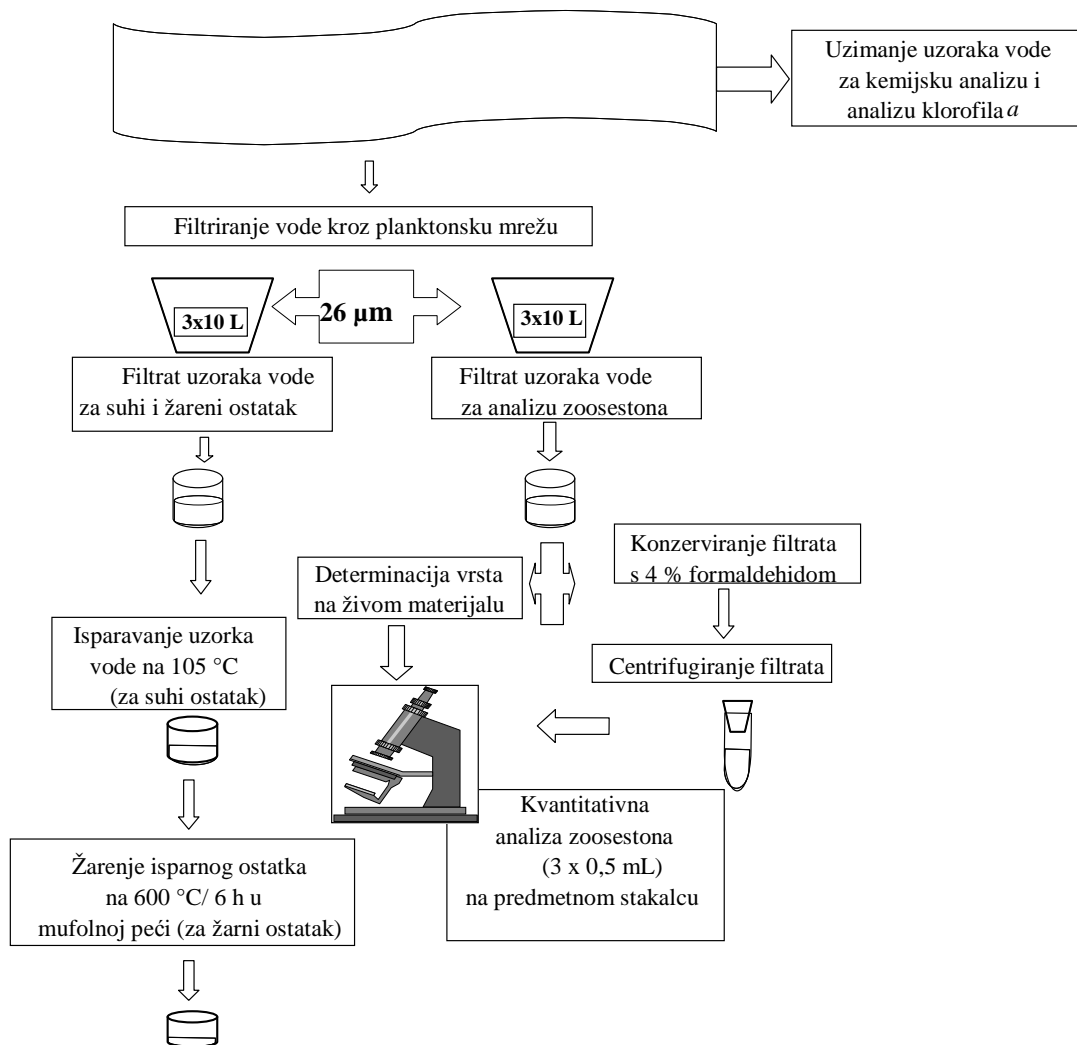
3.0 MATERIJALI I METODE

Uzorci za analizu zoosestona/planktona i fizičko-kemijskih parametara vode uzimani su u mjesečnim razmacima, u razdoblju od svibnja do listopada 2008. godine, na šest postaja (JS, J1, J1M, J2, J2M, JS) raspoređenih na longitudinalnom profilu potoka Jankovac. Istraživanjem sam obuhvatila promjene fizičko-kemijskih čimbenika i zoosestona/planktona kroz tri godišnja doba: proljeće (svibanj, lipanj), ljeto (srpanj, kolovoz) i jesen (rujan, listopad).

3.1 Sakupljanje i analiza uzoraka sestona

Uzorci za analizu zoosestona dobiveni su filtracijom 3x10 L vode kroz planktonsku mrežu promjera oka 26 μm . Na svih 6 postaja uzeta su po dva uzorka, jedan za određivanje kvalitativnog i kvantitativnog sastava zoosestona, a drugi za određivanje sadržaja organskih tvari. Voda za filtraciju uzimana je 0,5 m ispod površine jezera na postajama J1, J1M, J2, J2M, na lotičkoj postaji JI uzorci su uzimani u malom ujezerenju, 2m nakon samog reokrenog izvora, a na postaji JS u malom ujezerenju podno slapišta. Filtrati su sakupljeni u bočice volumena 150 mL. Tijekom istraživanja sakupljeno je ukupno 36 uzoraka sestona. Za uzimanje uzoraka u ujezerenjima 1 i 2 koristili smo čamac.

Svi uzorci dopremljeni su u laboratorij u prenosnom hladnjaku. Za kvalitativnu analizu uzorci su pregledani na živom materijalu koristeći svjetlosni mikroskop oznake Jenaval (Carl Zeiss Jena), a zatim su fiksirani u 4% formalinu. Fiksirani uzorci centrifugirani su na 2000 okretaja u minuti, u trajanju od 5 minuta, tako da je njihov volumen sveden na 5 - 15 mL. Za kvantitativnu analizu, svaki uzorak je izbrojan u tri poduzorka (Slika 2). Brojnost populacija zooplanktona izražavana je brojem jedinki po litri (jed/L). Biomasa zooplanktona izražavana je preko mase suhog ostatka (eng. *dry weight*, DW) jedinki u $\mu\text{g/L}$. Postotni udjeli po pojedinim postajama, koji ne obuhvaćaju raspone, dobiveni su na temelju srednjih vrijednosti brojnosti ili biomase organizama.



Slika 2 Program sakupljanja uzoraka i njihova laboratorijska obrada (prema ŠPOLJAR, 2003)

Za utvrđivanje biocenoloških obilježja zooplanktonske zajednice korišteni su:

- Shannon-Wienerov indeks raznolikosti (SHANNON & WEAVER, 1949):

$$H' = - \sum_{i=1}^s (n_i/N) \log_2 (n_i/N)$$

gdje je:

H' = Shannon - Wienerov index raznolikosti (bita/jedinki)

n_i = brojnost vrste i u uzorku

N = ukupna brojnost u uzorku

s = broj vrsta

- Margalefov indeks bogatstva vrsta:

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

gdje je:

d = bogatstvo vrsta

S = ukupan broj vrsta

N = ukupan broj jedinki

- Pielouov indeks ujednačenosti vrsta:

$$J' = H'/\log(S)$$

gdje je:

J' = Pielouov indeks ujednačenosti

H' = Shannon – Wienerov indeks raznolikosti

S = ukupan broj vrsta

Za određivanje vrsta korišteni su sljedeći ključevi:

- Rotifera: BRAUER (1961), DONNER (1965), RUTTNER - KOLISKO (1972) i VOIGT i KOSTE (1978)
- Cladocera i Copepoda: BRAUER (1961), DUSSART (1967), SMIRNOV (1971), KIEFER (1978), PETKOVSKI (1983) i EINSLE (1993)
- priručnici koji obrađuju više različitih taksonomskih skupina: BRAUER (1961), STREBLE i KRAUTER (1973)

Za organizme iz skupine trbodlaci (Gastrotricha), oblići (Nematoda), maločetinaši (Oligochaeta), ljuskari (Ostracoda) i dugoživci (Tardigrada) nije se provela daljnja determinacija.

Organizmi su svrstani s obzirom na način života u tri kategorije (BREITIG i TÜMPLING, 1982):

- euplanktonski organizmi (organizmi s obligatnim planktonskim načinom života, oznaka EP),
- semiplanktonski ili tihoplanktonski organizmi (organizmi koji povremeno zalaze u plankton iz litorala ili bentosa, oznaka SP)
- bentoski organizmi (pokretni, slabopokretni ili sesilni oblici vezani za bentoski način života, oznaka B).

Prema veličini tijela kolnjaci i planktonski rakovi podijeljeni su u 8 veličinskih kategorija (BREITIG i TÜMPLING, 1982; KUCZYŃSKA-KIPPEN, 2005):

I	45-80 μm ,	V	250-500 μm ,
II	80-120 μm ,	VI	500-1000 μm ,
III	120-170 μm ,	VII	1000-1500 μm ,
IV	170-250 μm ,	VIII	>1500 μm .

3.2 Analiza fizičko-kemijskih čimbenika i izvora hrane

Fizičko-kemijska analiza vode obuhvaćala je mjerenje sljedećih parametara: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), brzina strujanja vode (m/s), prozirnost vode (m), koncentracija otopljenog kisika ($\text{mg O}_2/\text{L}$), konduktivitet ($\mu\text{S}/\text{cm}$), ukupne otopljene tvari (mg/L , eng. *total dissolved solids*, TDS), pH vrijednost, alkalitet ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$), koncentracija ortofosfata ($\text{mg P-PO}_4^{3-}/\text{L}$), koncentracija nitrata ($\text{mg N-NO}_3^{-}/\text{L}$).

Temperatura vode, brzina strujanja vode, koncentracija otopljenog kisika, koncentracija ugljičnog dioksida, prozirnost vode, pH vrijednost, TDS vrijednosti i konduktivitet mjereni su *in situ*. Koncentracija kisika mjerena je oksimetrom oznake WTW OXI 96, pH vrijednost pomoću pH-metra WTW 330i, a prozirnost vode izmjerena je Secci diskom. Konduktivitet se definira kao sposobnost vodene otopine za provođenje struje, a određen je brojem prisutnih aniona i kationa te njihovom pokretljivošću. Ukupno otopljene tvari, TDS (eng. *total dissolved solids*) se definiraju kao masa svih otopljenih tvari (minerali, soli, anioni, kationi, suspendirane čestice) u volumenu vode (mg/L). Konduktivitet i TDS izmjereni su konduktometrom oznake Hach Sension 5. Brzina strujanja vode mjerena je brzinomjerom

oznake P600, DOSTMANN electronic GmbH. Slobodni CO₂ (mg/L) izmjeren je na terenu titrimetrijski s 0,1 M NaOH uz fenolftalein kao indikator, koji promjenom boje obilježava završnu točku titracije u bazičnom mediju.

Koncentracija ortofosfata, koncentracija nitrata, alkalitet i tvrdoća mjereni su u laboratoriju. Alkalitet ukazuje na sadržaj karbonatnih (CO₃²⁻), bikarbonatnih (HCO₃⁻) i hidroksilnih (OH⁻) aniona, a određen je titrimetrijski s otopinom 0,1 M HCl uz metilorange kao indikator do završne točke titracije kod pH = 4,3. Ukupna tvrdoća vode, koja potječe od otopljenih soli kalcija i magnezija koje se u prirodnim vodama nalaze u obliku hidrogenkarbonata, sulfata, klorida ili nitrata, analizirana je kompleksometrijskom metodom s otopinom EDTA (kompleksal B, Kemika) uz dodatak indikatorske pufer tablete do završne točke titracije. Za sva spektrofotometrijska mjerenja koristila sam spektrofotometar oznake HATCH.

Koncentracija orto-fosfata određivana je metodom s amonij-molibdat reagensom (APHA, 1985). Amonij-molibdat reagira u kiselom mediju (pH<1) s fosfatima i stvara molibdofosfornu kiselinu. Nastala kiselina reducira se s kositar-kloridom i daje intenzivno fosfomolibdensko plavilo. Intenzitet obojenja mjeren je spektrofotometrijski na valnoj duljini 690 nm. Koncentracija nitrata određena je pomoću metode s natrijevim salicilatom spektrofotometrijski na valnoj duljini 420 nm.

Kao relativni pokazatelj koncentracije otopljene organske tvari određivana je kemijska potrošnja kisika (KPK) oksidacijom organske tvari kisikom iz kalij-permanganata (KMnO₄) u kiselom mediju.

Klorofil *a* osnovni je fotosintetski pigment za većinu autotrofnih algi. Mjerenje njegove koncentracije jedna je od najobjektivnijih metoda koja ukazuje na biomasu fitokomponente i njenog potencijalnog fotosintetskog kapaciteta. Sadržaj Chl *a* ovisi o broju i vrsti stanica algi, njihovom fiziološkom statusu, stupnju trofije vode itd.

Za analizu Chl *a* uzorci vode uzimani su u plastičnim kanistrima (3 L), profiltrirani su i čuvani u tamnom i hladnom prostoru. Metodom etanolske ekstrakcije prema NUSCH-u (1980) izmjerene su koncentracije Chl *a*. Absorbanciju uzoraka određivala sam spektrofotometrijski (HACH DR/2000), na valnoj dužini apsorpcijskog maksimuma Chl *a* kod 665 nm. Koncentracija Chl *a* u uzorcima sestona izračunata je prema jednadžbi (NUSCH, 1980):

$$\text{Chl } a \text{ (mg/m}^3\text{)} = 29,6 (E^b_{665} - E^a_{665}) v/Vd$$

gdje je:

E^a_{665} - ekstinkcija ekstrakta na 665 nm prije zakiseljavanja

E^b_{665} - ekstinkcija ekstrakta na 665 nm nakon zakiseljavanja

V - volumen profiltrirane vode (l)

v - volumen ekstrakta uzorka (ml)

d - poprečni presjek spektrofotometrijske kivete (cm)

Za izračun srednje vrijednosti fizičko-kemijskih čimbenika i izvora hrane po postajama koristila sam vrijednosti 6 mjesečnih mjerenja (od svibnja do listopada).

3.3 Analiza pronosa sestona

Temeljem koncentracije ukupne suspendirane tvari u sestonu mogu se tumačiti efekti erozije i sedimentacije čestica sestona. Koncentracija suspendiranih organskih tvari poslužila je za procjenu raspoloživih izvora hrane bentoskim i planktonskim organizmima duž longitudinalnog profila potoka Jankovac.

Za određivanje koncentracije ukupne suspendirane tvari u sestonu analizirana je koncentracija suhe tvari (eng. *dry weight*, DW) izražena u mg/L. Za dobivanje uzoraka na temelju kojeg je određena ova vrijednost na terenu je profiltrirano 30 L vode kroz planktonsku mrežu promjera oka 26 μm . U laboratoriju je sadržaj iz bočice prebačen u staklene zdjelice za isparavanje. Da se ubrza proces isparavanja vode, uzorci u zdjelicama bili su izloženi halogenoj svjetlosti. Sušenje ostatka vode iz taloga provedeno je u termostatu na 104 °C kroz 4 h. Zdjelice s uzorcima ohlađene su u eksikatoru do postizanja konstantne mase, a potom su izvagane na analitičkoj vagi s preciznošću od 10^{-4} g. Uzorci su zatim žareni u mufolnoj peći 6 h na 600°C. Nakon hlađenja peći (24 h) uzorci su stavljeni u eksikator i ponovno izvagani. Preostali talog nakon žarenja sadržavao je anorganske tvari (mg/L). Iz razlike odvaga uzoraka suhog i žarenog ostatka dobila sam podatke za gubitak pri žarenju ili isparni ostatak (eng. *ash free dry weight*, AFDW), što odgovara masi organske tvari. Masene razlike preračunate su u koncentracije organskih tvari (mg AFDW/L).

Protok je izračunat korištenjem podataka za brzinu strujanja vode i morfometrijskih obilježja postaja preko formule:

$$Q = l h v$$

gdje je:

l = širina korita (m)

h = dubina (m)

v = brzina strujanja vode (m/s)

Za utvrđivanje pronosa (P , kg/d) sestona na longitudinalnom profilu potoka Jankovac koristila sam formulu:

$$P = Qc$$

gdje je:

Q = protok (m^3/d)

c = koncentracija organske/anorganske tvari/suhe biomase zookomponente (kg/m^3)

3.4 Statistička analiza podataka

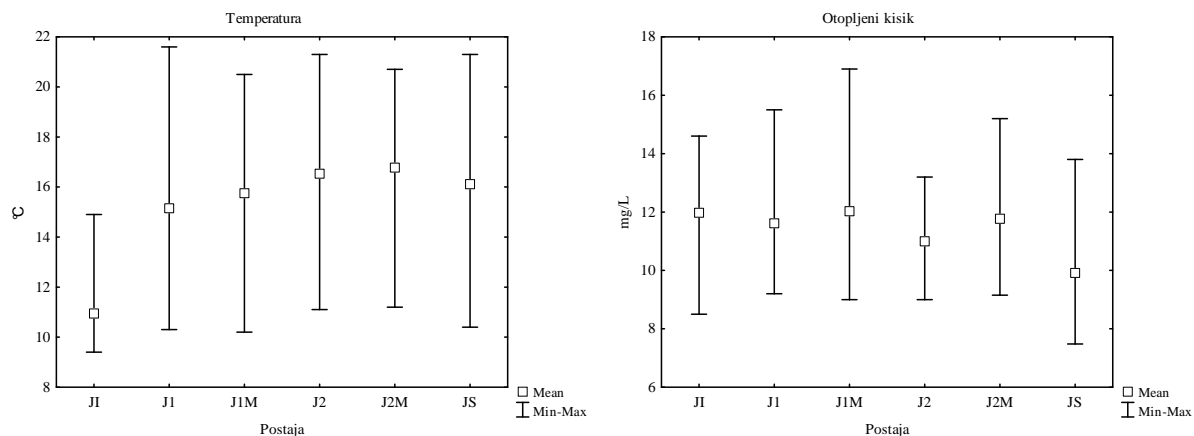
Zbog nepravilne distribucije uzoraka koristila sam neparametrijske metode statističke analize podataka, a korišten je program STATISTICA 8.0 (StatSoft inc., 2007). U obradi podataka koristila sam neparametrijski Kruskal-Walisov test za analizu razlike između više nezavisnih uzoraka. Prilikom utvrđivanja značajnosti korelacija između pojedinih okolišnih čimbenika te korelacija između okolišnih čimbenika i zoosestona korišten je Spearmanov koeficijent korelacije (r). Za izračunavanje Shannon-Wienerovog indeksa raznolikosti (H'), Margalefovog indeksa bogatstva vrsta (d) i Pieoluovog indeksa ujednačenosti vrsta (J') korišten je program Primer 5 (PRIMER-E Ltd, 2002). Grafički i tablični prikazi izrađeni su u programu Microsoft Excel 2003 (Microsoft Corporation, 2003). Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost sa standardnom devijacijom ($M \pm SD$).

4.0 REZULTATI

4.1 Fizičko-kemijski čimbenici

Temperatura vode i koncentracija otopljenog kisika

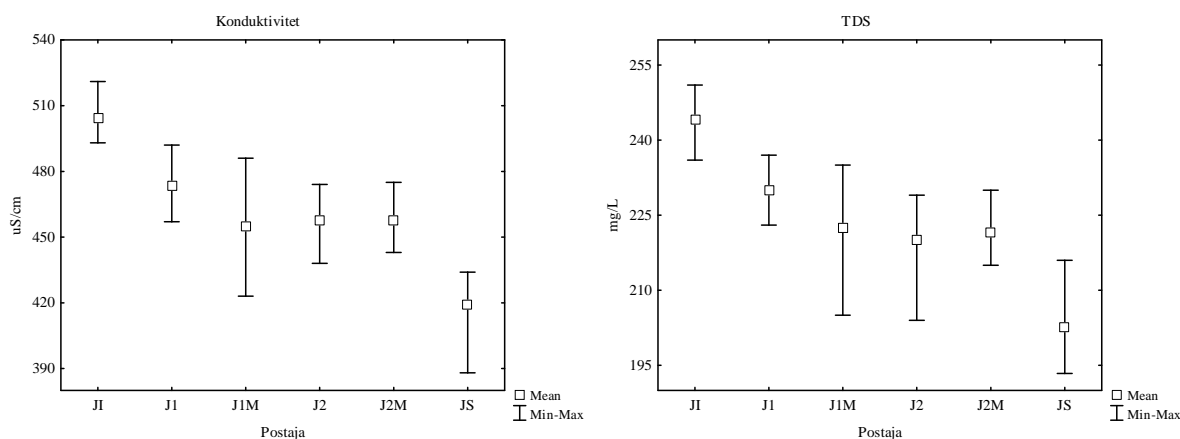
Najniže temperaturne vrijednosti vode izmjerene su na izvoru JI (9,4-14,9°C). U akumulacijama je temperatura vode bila viša na dijelovima s razvijenim makrofitima (J1M $15,8 \pm 3,5$ °C; J2M $16,8 \pm 3,8$ °C) u odnosu na postaje bez makrofita (J1 $15,1 \pm 4,1$ °C; J2 $16,5 \pm 3,7$ °C). Na slapu se temperatura kretala oko srednje vrijednosti $16,1 \pm 3,8$ °C (Slika 3). Koncentracija kisika uglavnom je padala od izvora prema ušću/slapu uz malo povećanje vrijednosti na postajama J1M i J2M (Slika 3). Najviše koncentracije kisika bile su izmjerene na postaji JI ($12 \pm 2,5$ mg O₂/L) te u jezerima u području s razvijenom submerznom vegetacijom (J1M $12 \pm 2,9$ mg O₂/L; J2M $11,8 \pm 2,8$ mg O₂/L). U dijelovima jezera bez vegetacije (J1 i J2) koncentracija kisika bila je niža u odnosu na postaje s makrofitima. Najniža koncentracija kisika bila je izmjerena na slapu, postaja JS ($9,9 \pm 2,2$ mg O₂/L).



Slika 3 Promjene temperature (°C) i koncentracije kisika (mg/L) na istraživanim postajama

Konduktivitet i ukupne otopljene tvari (TDS)

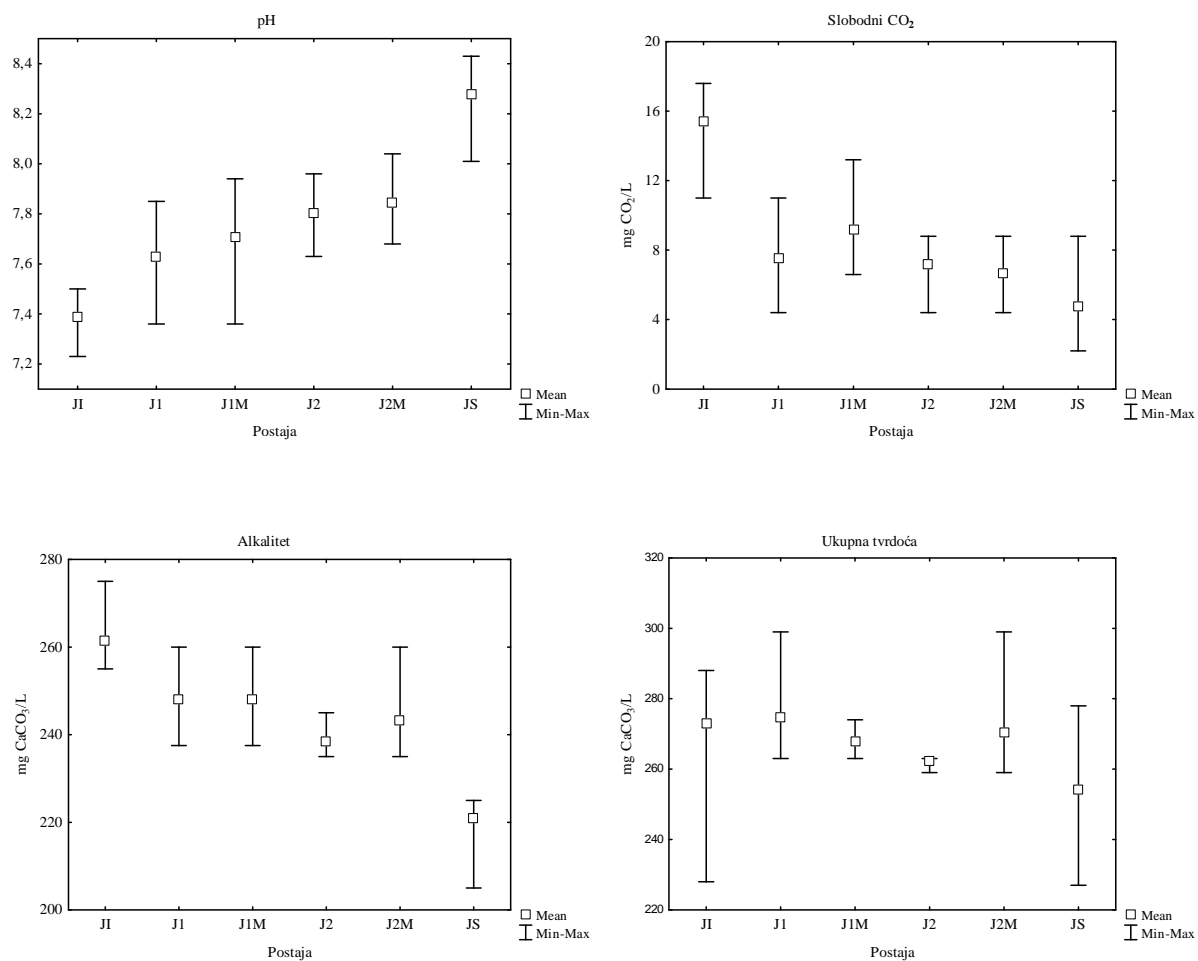
Konduktivitet i ukupne otopljene tvari (TDS) bili su u statistički značajnoj pozitivnoj korelaciji ($r = 0,97$) te su pokazivali negativni longitudinalni gradijent vrijednosti od izvora ($504,3 \pm 9,6 \mu\text{S}/\text{cm}$; $244,2 \pm 4,8 \text{ mg}/\text{L}$) prema slapu ($419,2 \pm 17,2 \mu\text{S}/\text{cm}$; $202,6 \pm 7,6 \text{ mg}/\text{L}$) (Slika 4).



Slika 4 Promjena konduktiviteta i ukupne otopljene tvari (TDS) na istraživanim postajama

pH vrijednost, slobodni CO₂, alkalitet i ukupna tvrdoća

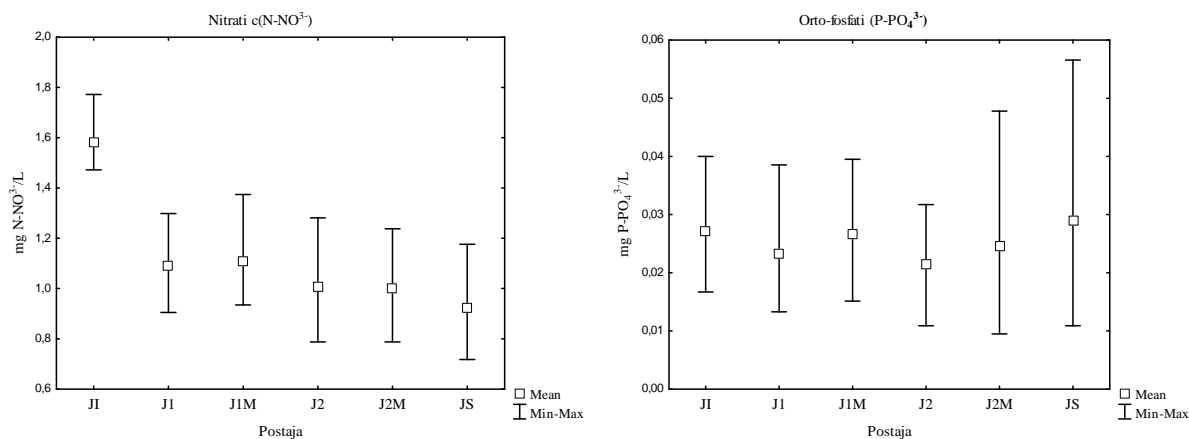
Slika 5 prikazuje prostorne oscilacije pH vrijednosti, koncentracije slobodnog CO₂, alkaliteta i ukupne tvrdoće. Vrijednosti pH na postajama longitudinalnog profila statistički su se značajno razlikovale ($H(5, N=36) = 24,82, p = 0,0002$) i pokazivale su porast od izvora ($\text{JI } 7,4 \pm 0,1$) prema slapu ($\text{JS } 8,3 \pm 0,2$). Srednje vrijednosti koncentracije slobodnog CO₂ uglavnom su padale od postaje JI ($15,4 \pm 2,4 \text{ mg CO}_2/\text{L}$) nizvodno, da bi na postaji JS ta vrijednost bila trostruko manja, svega $4,8 \pm 2,6 \text{ mg CO}_2/\text{L}$. Alkalitet je također pokazivao nizvodni negativni gradijent vrijednosti od izvora ($261 \pm 7,1 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$) prema slapu ($220 \pm 8 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$). Vrijednosti ukupne tvrdoće vode također su imale trend pada od izvora ($273 \pm 22,6 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$) prema slapu ($254 \pm 22,3 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$) (Slika 5).



Slika 5 Promjene pH, koncentracije slobodnog CO₂, alkaliteta i ukupne tvrdoće na istraživanim postajama

Nitrati i orto-fosfati

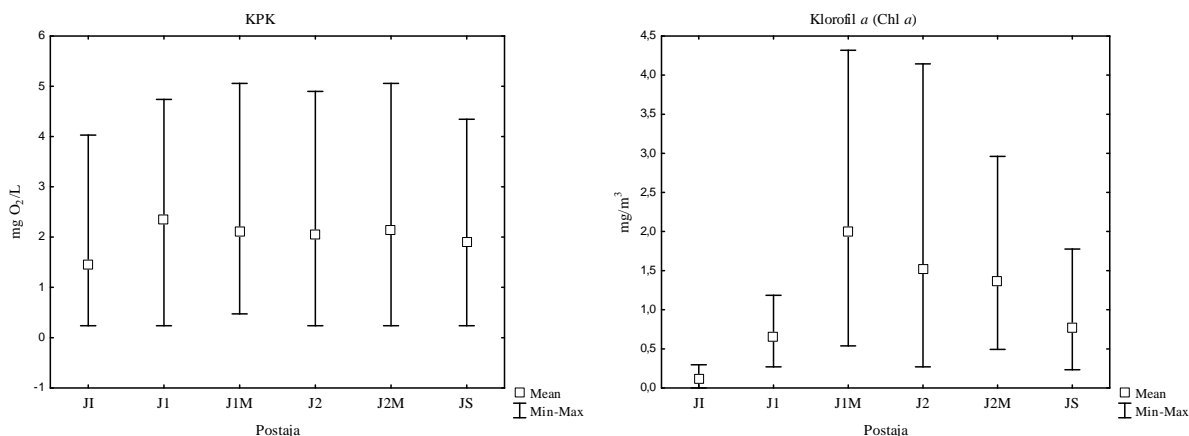
Za nitrata su izmjerene relativno visoke koncentracije koje su imale negativan gradijent od postaje JI prema postaji JS, a uočena je i statistički značajna razlika među postajama (H (5, N=36) = 17,65, $p = 0,003$). Na postaji JI izmjerena je koncentracija $1,6 \pm 0,1$ mg N-NO³⁻/L, u ujezerenim dijelovima (J1, J1M, J2, J2M) ova se vrijednost kretala oko 1 mg N-NO³⁻/L, dok je na slapu zabilježena najmanja koncentracija $0,9 \pm 0,2$ mg N-NO³⁻/L (Slika 6). Koncentracije orto-fosfata bile su niske i imale su vrlo mala odstupanja na longitudinalnom profilu te su se kretale u rasponu srednjih vrijednosti od 0,02 do 0,03 mg P-PO₄³⁻/L (Slika 6).



Slika 6 Promjene koncentracije nitrata i orto-fosfata na istraživanim postajama

KPK vrijednost i koncentracija klorofila a

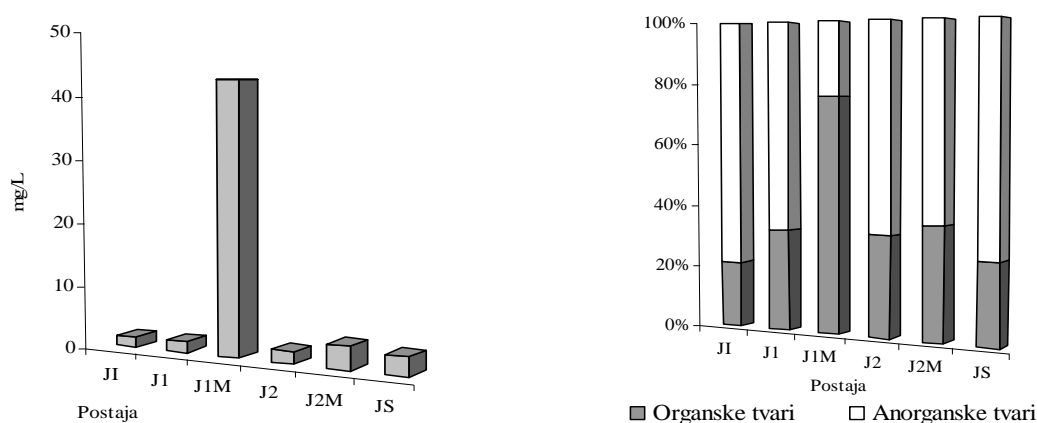
Srednje KPK vrijednosti kretale su se na svim postajama oko 2 mg O₂/L, izuzev na postaji JI gdje je zabilježena niža vrijednost (1,5 ± 1,5 mg O₂/L). Rezultati mjerenja klorofila *a* (Chl *a*) na četiri postaje u lentiku (J1, J1M, J2, J2M) sugeriraju da akumulacije predstavljaju mjesta veće primarne produkcije u odnosu na lotičke postaje (JI, JS). Na postaji JI vrijednosti klorofila *a* bile su jedva mjerljive (0,1 do 0,3 mg/m³), a u akumulacijama (J1, J1M, J2, J2M) su vrijednosti bile znatno veće (0,7 ± 0,3 do 2 ± 1,6 mg/m³). Najviša vrijednost klorofila *a* izmjerena je na postaji J1M (4,3 mg/m³) (Slika7).



Slika 7 Promjene KPK vrijednosti i koncentracije klorofila *a* na istraživanim postajama

Ukupne suspendirane tvari, anorganske i organske tvari

Ukupne suspendirane tvari imale su najvišu srednju vrijednost na postaji J1M ($42,9 \pm 66,4$ mg/L) dok su se na ostalim postajama vrijednosti kretale između 1,7 i 3,7 mg/L (Slika 8). U sastavu sestona prevladavale su anorganske tvari s udjelom od 67 do 79 %. Udio organskih suspendiranih tvari bio je manji i kretao se u rasponu od 21 do 36 %, izuzev na postaji J1M gdje je njihov udio bio znatno veći, 76 %. Na postajama u lotiku, J1 i JS, omjer anorganskih i organskih suspendiranih čestica bio je znatno pomaknut na stranu anorganskih čestica, dok je na postajama u lentiku taj omjer bio u korist organskih čestica (Slika 9). Koncentracije organske tvari imale su veće vrijednosti u sestonu lentičkih postaja, s povećanim vrijednostima na postajama s makrofitima (J1M, J2M).



Slika 8 Promjene a) koncentracije ukupnih suspendiranih tvari (DW) i b) udjela organskih (AFDW) i anorganskih tvari u sestonu na istraživanim postajama

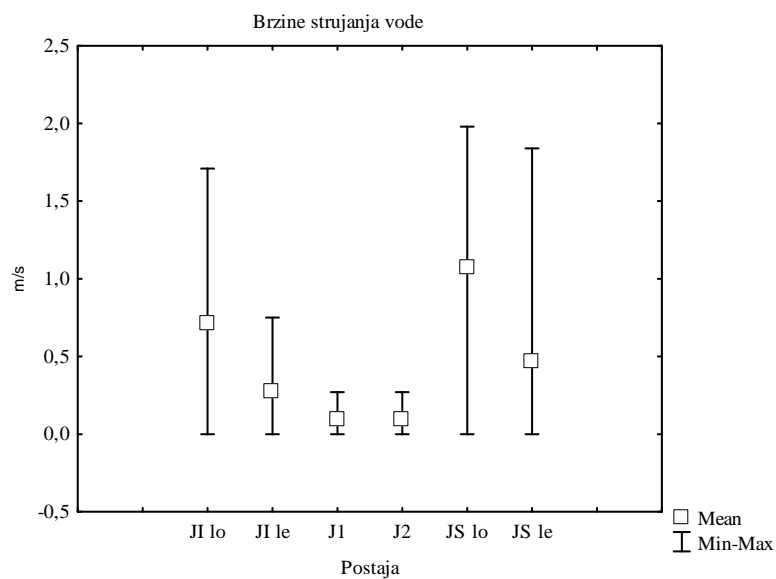
Rezultati neparametrijskog Kruskal-Wallis testa ukazuju da su se postaje statistički značajno razlikovale ($p < 0,05$) s obzirom na niz istraživanih okolišnih čimbenika, a to su: temperatura, konduktivitet, TDS, pH vrijednost, koncentracija slobodnog CO_2 , alkalitet, koncentracija nitrata i klorofil *a* te koncentracija ukupne suspendirane (DW) i organske tvari (AFDW) (Tablica 2).

Tablica 2 Statistička značajnost prostornih promjena fizičko-kemijskih čimbenika (Kruskal-Wallis test, stupnjevi slobode (eng. *degree of freedom*) $df = 5$, $N = 36$)

Parametar	H	p
Konduktivitet ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	25,17	0,0001
TDS (mg/L)	25,92	0,0001
pH	24,82	0,0002
Slobodni CO_2 (mg CO_2/L)	19,72	0,0014
Alkalitet (mg CaCO_3/L)	25,18	0,0001
Koncentracija N-NO_3^- (mg $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$)	17,65	0,0034
Chl a (mg/ m^3)	17,23	0,0041
DW (mg/L)	19,63	0,0015
AFDW (mg/L)	22,11	0,006

Brzina strujanja vode

Rezultati brzine strujanja vode (Slika 9) ukazuju na velike razlike između lotičkih (JI *lo*, JS *lo*) i lentičkih (JI *le*, J1, J2, JS *le*) staništa. Najviše prosječne brzine izmjerene su na lotičkim biotopima slapa (2 m/s) i izvora (1,7 m/s). Na lentičkim postajama J1 i J2 brzina vode kretala se u rasponu od 0,08-0,10 m/s što je ujedno bila i najniža izmjerena brzina vode.



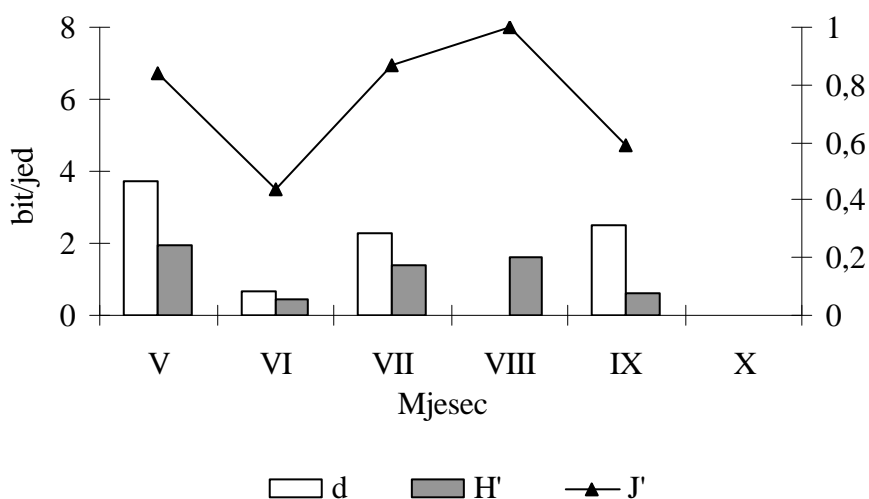
Slika 9 Brzina strujanja vode u lotičkim i lentičkim staništima

4.2 Kvalitativna i kvantitativna analiza zoosestona

Pošto istraživano područje pripada protočnom sustavu, organizmi u vodi ujezerenih dijelova u tumačenju rezultata će se također nazivati zooseston, iako prema načinu života pripadaju planktonskoj zajednici. Brojnost i biomasa jedinki u zoosestonu na postajama longitudinalnog profila potoka Jankovac općenito je bila mala, a raznolikost vrsta velika. Determinirane su ukupno 94 svojte. Najveću raznolikost imali su predstavnici Rotifera (63 svojti), zatim Cladocera (17 svojti) i Copepoda (10 svojti).

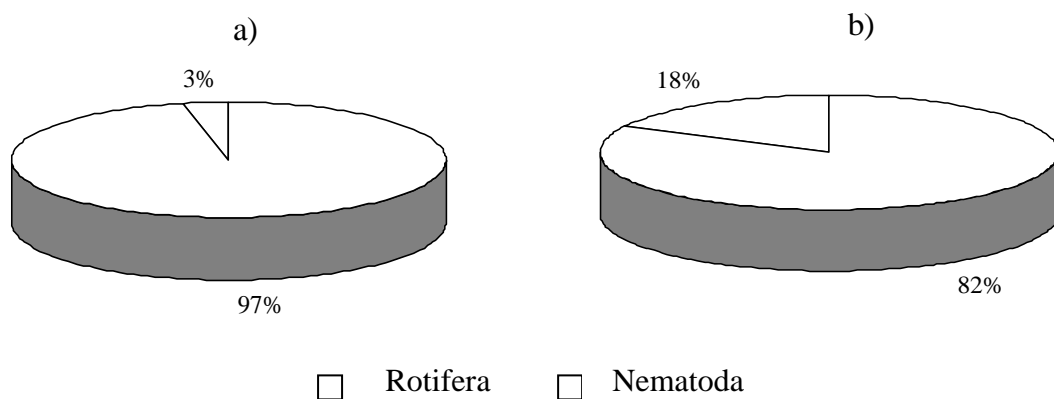
Izvor potoka Jankovac (JI)

Izvorska postaja bila je općenito siromašna raznolikošću, brojnošću i biomasom vrsta. Na postaji JI determinirano je ukupno 9 svojti (Tablica 3). Najviša vrijednost indeksa raznolikosti (H') zabilježena je u svibnju (1,9), a najmanja u listopadu (0,01). U ostatku istraživanog razdoblja raznolikost (H') se kretala oko srednje vrijednosti $1,0 \pm 0,6$. Ujednačenost (J') vrsta bila je visoka ($0,7 \pm 0,2$). Vrijednosti indeksa bogatstva vrsta (d) kretale su se u rasponu od 0,6 do 3,7 (Slika 10).



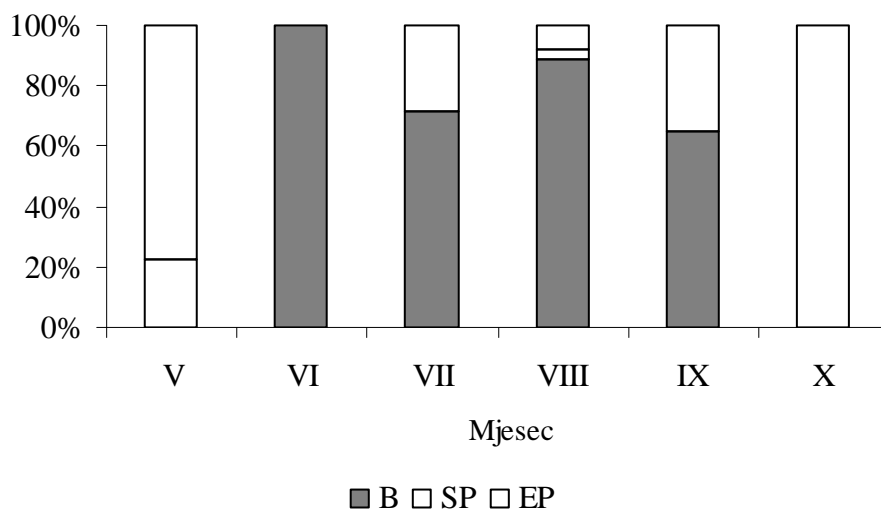
Slika 10 Vremenske promjene Margalefovog indeksa bogatstva vrsta (d), Pielouovog indeksa ujednačenosti (J') i Shannon-Wienerovog indeksa raznolikost (H') na postaji JI

Kolnjaci su imali najveći udio u ukupnoj brojnosti (97%) i biomasi (82%) zoosestona (Slika 11). Tijekom istraživanog razdoblja zabilježen je izuzetno mali broj jedinki, a biomasa se kretala u rasponu od 0,0 do 0,6 $\mu\text{g DW/L}$ što je bilo izuzetno malo u odnosu na ostale istraživane postaje.



Slika 11 Postotni udio životinjskih skupina na postaji JI u a) brojnosti i b) biomasi zoosestona

Ukupna biomasa tijekom istraživanog razdoblja bila je manja od 1 $\mu\text{g DW/L}$. Ukupnoj biomasi zoosestona najviše su pridonijeli bentoski organizmi (73%) dok su euplanktonski (22%) i semiplanktonski organizmi (5%) imali znatno manji udio (Slika 12).



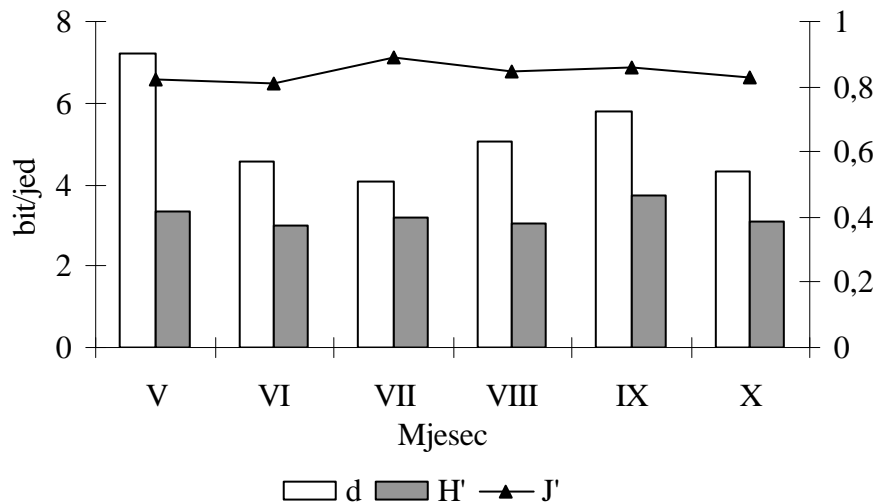
Slika 12 Vremenske promjene postotnog udjela životnih oblika zoosestona na postaji JI

Tablica 3 Vremenske promjene biomase zoosestona s obzirom na način života na postaji J1

Način života	Skupina	Vrsta	V	VI	VII	VIII	IX	X
			µg DW/L					
B	Nematoda	Nematoda		0,17				
	Rotifera	Bdelloidea		0,42	0,04	0,06	0,04	
	Rotifera ukupno			0,42	0,04	0,06	0,04	
B ukupno				0,59	0,04	0,06	0,04	
EP	Rotifera	<i>Colurella obtusa</i>			0,00			
		<i>Colurella uncinata</i>						
		<i>Keratella cochlearis</i>	0,03		0,02	0,01	0,02	0,01
		<i>Keratella quadrata</i>	0,15					
		Rotifera ukupno	0,17		0,02	0,01	0,02	0,01
EP ukupno			0,17		0,02	0,01	0,02	0,01
SP	Rotifera	<i>Lecane luna</i>	0,02					
		<i>Lepadella patella</i>				0,002		
		<i>Trichocerca longiseta</i>	0,03					
		Rotifera ukupno	0,05			0,002		
SP ukupno			0,05			0,002		
Zooseston ukupno			0,22	0,59	0,06	0,07	0,07	0,01

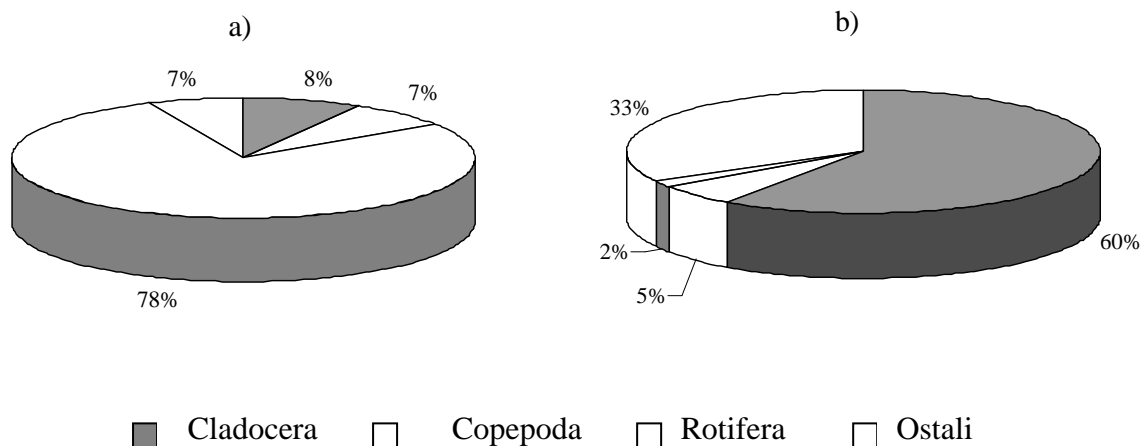
Ujezerenje 1 potoka Jankovac (J1)

Na postaji J1 zabilježeno je 36 svojti, od toga 32 su determinirane do vrste (Tablica 4). Skupina kolnjaka bila je najzastupljenija s 26 svojti. U rujnu je zabilježen najveći broj svojti (20), a prevladavali su također kolnjaci (17 svojti). Rašljoticalci su bili zastupljeni samo u lipnju i srpnju s 3 vrste, dok su veslonošci bili prisutni tijekom čitavog istraživanog razdoblja, ali s jednom do dvije vrste. Raznolikost vrsta (H') kretala se oko srednje vrijednosti $3,2 \pm 0,3$, a ujednačenost (J') oko srednje vrijednosti $0,8 \pm 0,03$. Indeks bogatstva vrsta (d) imao je najveću vrijednost u svibnju (7,2) dok je u ostalom dijelu istraživanog razdoblja oscilirao oko srednje vrijednosti $4,8 \pm 0,7$ (Slika 13).



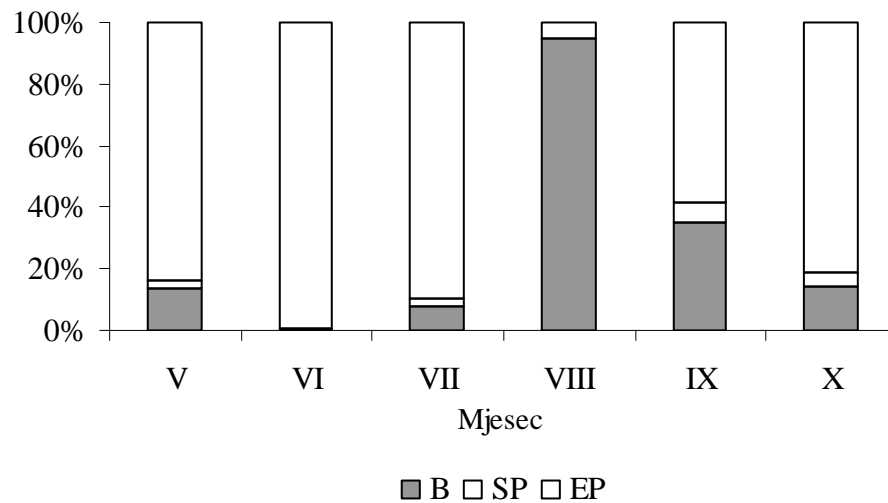
Slika 13 Vremenske promjene Margalefovog indeksa bogatstva vrsta (d), Pielouovog indeksa ujednačenosti (J') i Shannon-Wienerovog indeksa raznolikost (H') na postaji J1

Brojnošću zoosestona dominirali su kolnjaci (78%), a biomasom rašljoticalci (60%) i ostale skupine organizama (trbodlaci, oblići, maločetinaši i ljuskari), s 33% (Slika 14). Velika biomasa bila je zabilježena u lipnju (130,3 $\mu\text{g DW/L}$) kada su najveći doprinos imale jedinke vrste *Daphnia magna* (128,3 $\mu\text{g DW/L}$) i kolovozu (70,7 $\mu\text{g DW/L}$) kada su najveću biomasu imali predstavnici skupine Oligochaeta, 66,8 $\mu\text{g DW/L}$ (Tablica 4). U ostalom dijelu istraživanog razdoblja vrijednosti biomase bile su vrlo niske i kretale su se oko srednje vrijednosti od $4,4 \pm 0,5 \mu\text{g DW/L}$ (Tablica 4).



Slika 14 Postotni udio životinjskih skupina na postaji J1 u a) brojnosti i b) biomasu zoosestona

U ovom ujezerenju prema načinu života u ukupnoj biomasi zoosestona prevladavali su euplanktonski organizmi (66%), osim u kolovozu kada je udio bentoskih organizama iznosio 95%. Semiplanktonski organizmi bili su zastupljeni sa svega 2% u biomasi zoosestona (Slika 15).



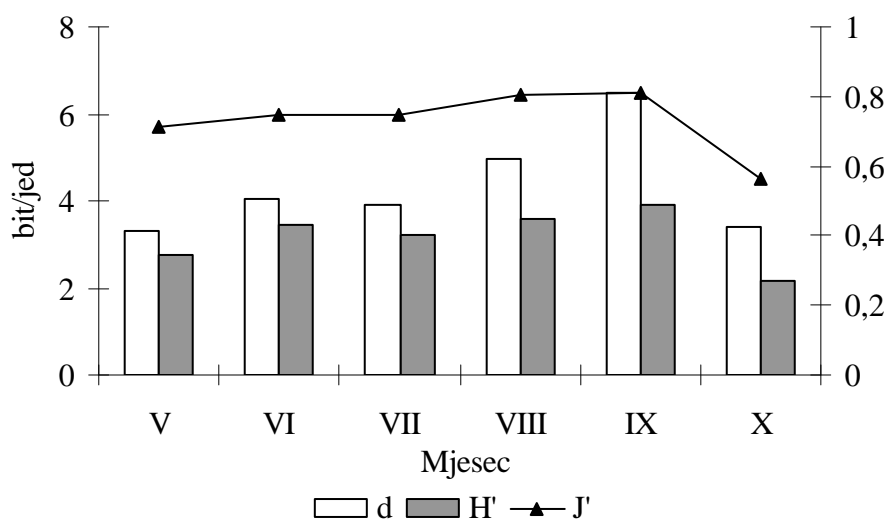
Slika 15 Vremenske promjene postotnog udjela životnih oblika zoosestona na postaji J1

Tablica 4 Vremenske promjene biomase zoosestona s obzirom na način života na postaji J1

Način života	Skupina	Vrsta	V	VI	VII	VIII	IX	X
			µg DW/L					
B	Gastrotricha	<i>Chaetonotus hystrix</i>	0,0			0,0		0,0
	Nematoda	Nematoda	0,2				0,9	0,2
	Oligochaeta	Oligochaeta				66,8		
	Rotifera	Bdelloidea	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5
	Rotifera ukupno		0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5
B ukupno			0,6	0,3	0,3	67,2	1,3	0,7
EP	Cladocera	<i>Bosmina longirostris</i>		0,3	1,7			
		<i>Daphnia magna</i>		128,3				
		<i>Pleuroxus leavis</i>		0,5				
	Cladocera ukupno			129,1	1,7			
	Copepoda	<i>Eudiaptomus gracilis</i>	3,2					
		<i>Macrocyclus albidus</i>					1,9	
		<i>Macrocyclus fuscus</i>			1,9			3,9
		nauplij	0,4			0,0	0,1	0,1
	Copepoda ukupno		3,6		1,9	0,0	2,0	4,0
	Rotifera	<i>Colurella obtusa</i>	0,0				0,0	
		<i>Colurella uncinata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		<i>Euchlanis dilatata</i>			0,2		0,2	
		<i>Keratella cochlearis</i>	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Keratella quadrata</i>		0,0		0,0				
<i>Notholca acuminata</i>		0,0			0,0	0,0	0,0	
<i>Trichotria tetractis</i>						0,0		
Rotifera ukupno		0,1	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	
EP ukupno		3,8	129,2	3,8	0,1	2,2	4,0	
SP	Ostracoda	Ostracoda		0,9		3,4		
	Rotifera	<i>Cephalodella gibba</i>			0,0			0,1
		<i>Cephalodella</i> sp.					0,03	
		<i>Lecane closteroerca</i>			0,0		0,0	0,0
		<i>Lecane elongata</i>		0,0				
		<i>Lecane flexilis</i>		0,0		0,0		0,0
		<i>Lecane luna</i>	0,0		0,0			
		<i>Lecane lunaris</i>				0,0	0,0	
		<i>Lecane</i> sp.	0,0	0,0			0,0	
		<i>Lepadella patella</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
		<i>Monommata longiseta</i>		0,0				
		<i>Squatinella rostrum</i>					0,0	0,0
		<i>Trichocerca brachyura</i>	0,0				0,0	
		<i>Trichocerca capucina</i>						0,0
		<i>Trichocerca cavia</i>						0,0
		<i>Trichocerca porcellus</i>	0,02				0,0	0,0
		<i>Trichocerca</i> sp.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,1	
		<i>Trichocerca vernalis</i>					0,0	
<i>Wierzeskjella velox</i>	0,0							
Rotifera ukupno		0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,2	
SP ukupno		0,1	0,9	0,1	3,5	0,3	0,2	
Zooseston ukupno		4,5	130,3	4,2	70,7	3,8	5,0	

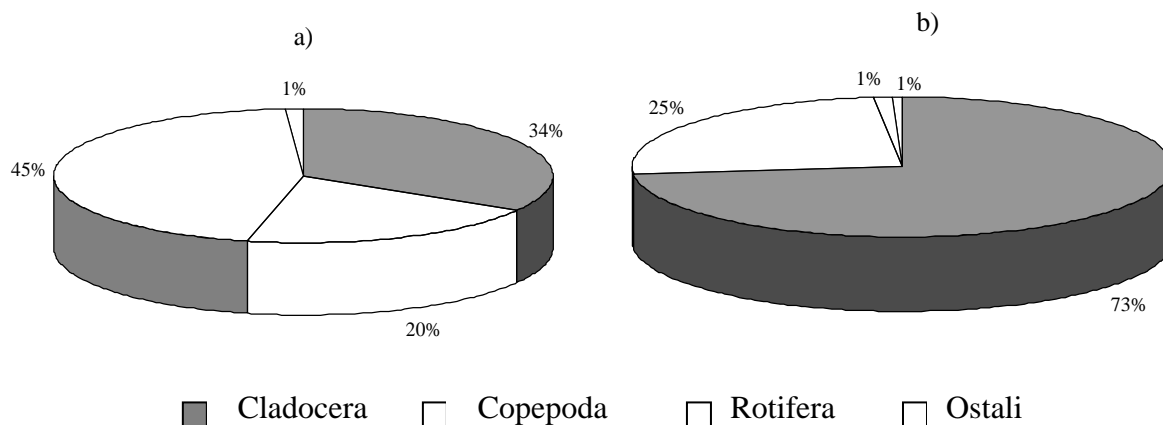
Ujezerenje 1 s makrofitima (J1M)

Na postaji J1M zabilježene su ukupno 64 svojte, među kojima su najzastupljeniji bili kolnjaci s 43 svojte. Najveći broj svojti zabilježen je u rujnu (28), od toga su kolnjacima pripadale 22 svojte. U proljetnom razdoblju zabilježen je najveći broj rašljoticalca (9 svojti). Veslonošci su bilježili po dvije vrste mjesečno kroz čitavo istraživano razdoblje (Tablica 5). Raznolikost (H') je imala niske vrijednosti u svibnju i listopadu ($2,5 \pm 0,4$), a ostatak razdoblja vrijednosti su bile u rasponu od 3,2 do 3,9. Bogatstvo (d) (3,3 do 6,5) i ujednačenost vrsta (J') (0,7 do 0,8) bili su u postupnom porastu od proljeća do jeseni, s naglim padom u listopadu ($d = 3,4$; $J' = 0,6$) (Slika 16).



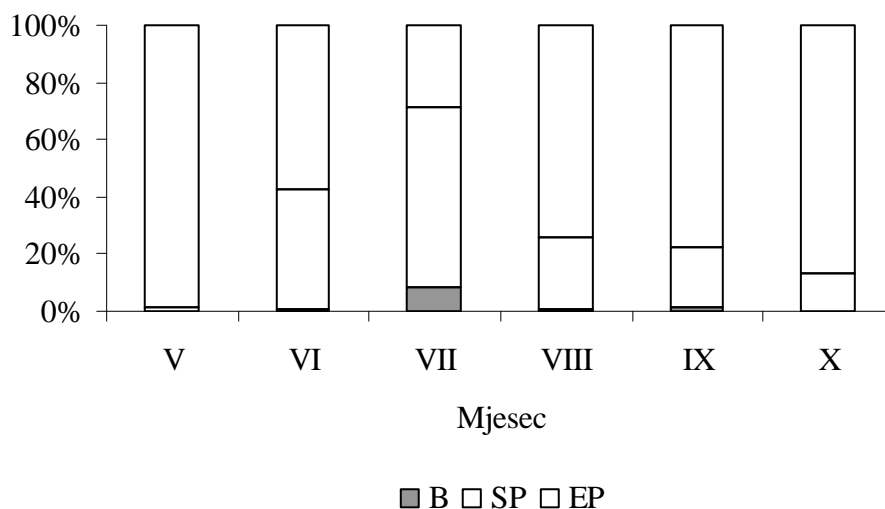
Slika 16 Vremenske promjene Margalefovog indeksa bogatstva vrsta (d), Pielouovog indeksa ujednačenosti (J') i Shannon-Wienerovog indeksa raznolikost (H') na postaji J1M

Najveći udio u brojnosti zoosestona postigli su kolnjaci (45%), zatim rašljoticalci (34%) i veslonošci (20%). Biomasa zoosestona dominirali su rašljoticalci (73%) s vrstama *D. magna* i *D. pulex* i *Simocephalus vetulus* te veslonošci (25%) s vrstom *Macrocyclus fuscus* (Slika 17, Tablica 5).



Slika 17 Postotni udio životinjskih skupina na postaji J1M u a) brojnosti i b) biomasi zoosestona

Ukupna biomasa zoosestona povećavala se u proljetnom razdoblju do maksimalnih 425 μg DW/L u lipnju, a zatim je imala velike osilacije od 26,2 do 99,6 μg DW/L (Tablica 5). Prema načinu života u ukupnoj biomasi dominirali su euplanktonski organizmi čiji se udio kretao od 30 do 98% tijekom istraživanih razdoblja. Semiplanktonski organizmi imali su značajan udio samo u srpnju, 63%, dok se u ostalom dijelu istraživanih razdoblja njihov udio kretao od 12 do 42%. (Slika 18). Bentoski organizmi na ovoj postaji imali su zanemariv udio u biomasi zoosestona, svega 1%.



Slika 18 Vremenske promjene postotnog udjela životnih oblika zoosestona na postaji J1M

Tablica 5 Vremenske promjene biomase zoosestona s obzirom na način života na postaji J1M

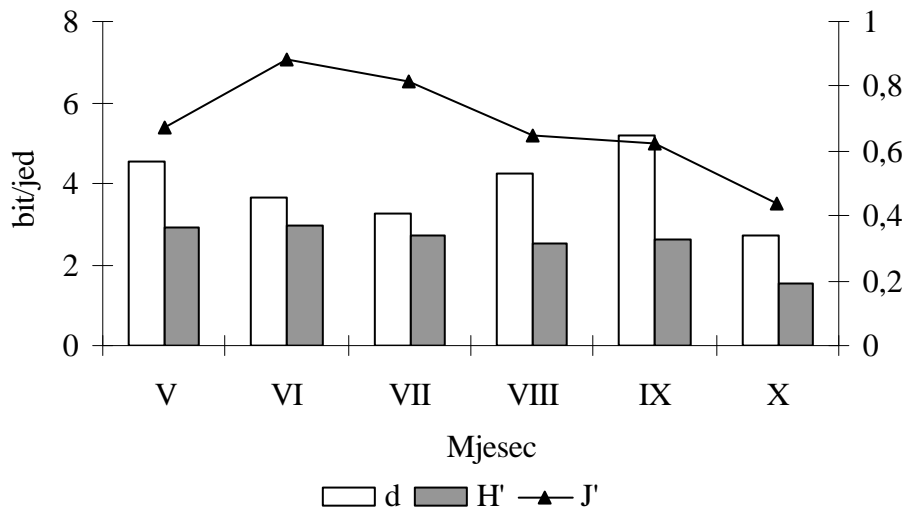
Način života	Skupina	Vrsta	V	VI	VII	VIII	IX	X	
			µg DW/L						
B	Nematoda	Nematoda			0,87		0,17		
	Rotifera	Bdelloidea		2,14	1,34	0,59	0,38	0,04	
	Rotifera ukupno			2,14	1,34	0,59	0,38	0,04	
B ukupno				2,14	2,22	0,59	0,55	0,04	
EP	Cladocera	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>				4,00	4,00	44,00	
		<i>Chydorus ovalis</i>	42,00						
		<i>Chydorus</i> sp.		19,95	1,05				
		<i>Chydorus sphaericus</i>	4,20						
		<i>Daphnia curvirostris</i>				7,67			
		<i>Daphnia magna</i>	93,33	23,33					
		<i>Daphnia pulex</i>		115,00					
		<i>Pleuroxus leavis</i>	0,47	7,47					
		<i>Pleuroxus uncinatus</i>	5,13	10,73					
		<i>Chydorus brevilabris</i>		5,25					
	Cladocera ukupno			145,13	181,73	1,05	11,67	4,00	44,00
	Copepoda	<i>Eucyclops macrurus</i>					1,02	2,03	
		<i>Eucyclops serrulatus</i>			12,20				18,30
		<i>Eudiaptomus gracilis</i>	6,47						
		kopepodit		9,00					
		<i>Macrocyclus fuscus</i>	27,07	40,60	3,87	15,47	25,13	21,27	
		<i>Macrocyclus</i> sp.				7,73			
		<i>Megacyclus viridis</i>				7,33			
		nauplij	0,10	0,50	0,73	0,43	0,77	3,03	
	Copepoda ukupno			33,64	62,30	4,60	31,98	27,93	42,60
	Rotifera	<i>Asplanchna brightwelli</i>				0,14			
		<i>Asplanchna girodi</i>				0,14			
		<i>Colurella obtusa</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Colurella uncinata</i>			0,00	0,00	0,00	0,01	0,00		
<i>Euchlanis dilatata</i>			0,17						
<i>Filinia longiseta limnetica</i>			0,14						
<i>Gastropus hyptopus</i>							0,00		
<i>Keratella cochlearis</i>		0,00					0,02		
<i>Keratella quadrata</i>		0,02							
<i>Notholca acuminata</i>			0,03				0,04	0,06	
<i>Synchaeta pectinata</i>				1,67					
<i>Trichotria pocillum</i>							0,01		
<i>Trichotria tetractis</i>						0,01	0,01		
Rotifera ukupno			0,02	0,34	1,95	0,01	0,09	0,06	
EP ukupno			178,79	244,37	7,60	43,66	32,02	86,66	
SP	Cladocera	<i>Disparalona rostrata</i>						0,85	
		<i>Simocephalus vetulus</i>		176,00	16,00	10,67	8,00	12,00	
	Cladocera ukupno			176,00	16,00	10,67	8,00	12,85	
	Copepoda	<i>Simocephalus vetulus</i>				4,00			
	Ostracoda	Ostracoda	2,57	1,71					
	Rotifera	<i>Cephalodella gibba</i>	0,05		0,05	0,05			
		<i>Cephalodella</i> sp.			0,01		0,05		
<i>Cyrtonia tuba</i>		0,18							
<i>Dicranophorus</i> sp.							0,04		

Tablica 5 nastavak

Način života	Skupina	Vrsta	V	VI	VII	VIII	IX	X
			µg DW/L					
		<i>Diplois daviesiae</i>					0,17	
		<i>Lecane closteroerca</i>			0,15	0,01	0,03	
		<i>Lecane cornuta</i>				0,01		
		<i>Lecane elongata</i>		0,00				
		<i>Lecane flexilis</i>		0,02	0,00	0,01		
		<i>Lecane haliclysta</i>					0,01	
		<i>Lecane luna</i>	0,01		0,02			
		<i>Lecane lunaris</i>		0,05	0,05	0,01	0,01	0,00
		<i>Lecane sp.</i>		0,00		0,00	0,00	
		<i>Lepadella patella</i>		0,07	0,07	0,04	0,05	0,02
		<i>Lepadella rhombooides</i>				0,00		
		<i>Monommata caudata</i>					0,00	
		<i>Mytilina mucronata</i>		0,35	0,01			
		<i>Mytilina ventralis</i>		0,27				
		<i>Squatinella mutica</i>						0,01
		<i>Squatinella rostrum</i>					0,01	
		<i>Trichocerca capucina</i>				0,01		
		<i>Trichocerca collaris</i>					0,02	
		<i>Trichocerca longiseta</i>			0,03			
		<i>Trichocerca musculus</i>					0,12	
		<i>Trichocerca porcellus</i>	0,02	0,04			0,04	
		<i>Trichocerca relicta</i>					0,08	0,02
		<i>Trichocerca sp.</i>		0,02	0,02	0,02	0,04	
		<i>Trichocerca vernalis</i>					0,04	
		<i>Trichocerca weberi</i>				0,02		
	Rotifera ukupno		0,26	0,82	0,41	0,17	0,67	0,08
SP ukupno			2,83	178,53	16,41	14,84	8,67	12,93
Zooseston ukupno			181,62	425,04	26,22	59,09	41,25	99,63

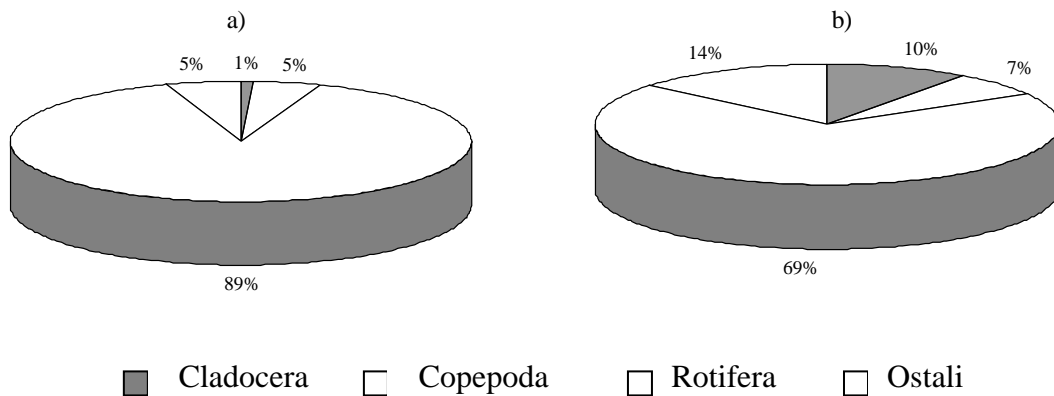
Ujezerenje 2 potoka Jankovac (J2)

U ujezerenju 2 pronađeno je ukupno 37 svojti, među kojima su dominirali kolnjaci (30 svojti). U svibnju i rujnu zabilježen je najveći broj svojti (20). Rašljoticalci i veslonošci bili su prisutni s 5 svojti samo u proljetnom i jesenskom razdoblju (Tablica 6). Najviše vrijednosti indeksa raznolikosti (H') zabilježene su u proljeće ($2,9 \pm 0,01$), a zatim je slijedilo postupno smanjenje do minimalne vrijednosti u listopadu (1,5). Margalefov indeks bogatstva vrsta (d) imao je najmanju vrijednost u listopadu (2,7), a u ostalom dijelu istraživanog razdoblja kretao se u rasponu od 3,3 do 5,2. Ujednačenost (J') je imala više vrijednosti u proljetnom i ljetnom ($0,8 \pm 0,1$) u odnosu na jesensko ($0,5 \pm 0,1$) razdoblje (Slika 19).



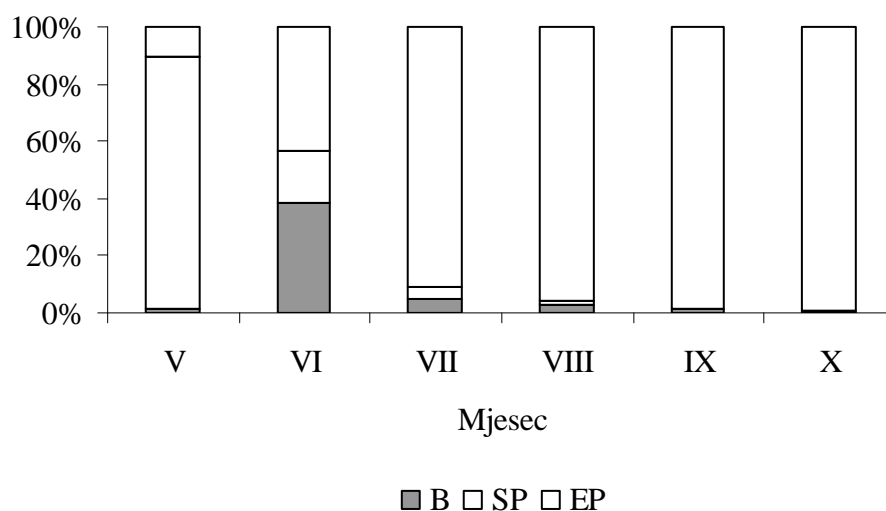
Slika 19 Vremenske promjene Margalefovog indeksa bogatstva vrsta (d), Pielouovog indeksa ujednačenosti (J') i Shannon-Wienerovog indeksa raznolikost (H') na postaji J2

Kolnjaci su dominirali brojnošću (89%) i biomasom (69%) zoosestona (Slika 20). Značajan udio u biomasu na ovoj postaji imale su ostale skupine organizama (14%), trbodlaci i ljuskari.



Slika 20 Postotni udio životinjskih skupina na postaji J2 u a) brojnosti i b) biomasu zoosestona

U lipnju je izmjerena minimalna ukupna biomasa (1,1 $\mu\text{g DW/L}$), a kasnije se u istraživanom razdoblju nastavio trend postepenog povećanja biomase do maksimalne vrijednosti u listopadu (48,5 $\mu\text{g DW/L}$). U proljetnom razdoblju biomasom se najviše isticala skupina Ostracoda, a u ljetnom i jesenskom razdoblju najveću biomasu zabilježile su vrste *D. magna* (Cladocera) i *S. pectinata* (Rotifera) (Tablica 6). U svibnju su biomasom zoosestona dominirali semiplanktonski organizmi (88%), a u ostatku istraživanog razdoblja prevladavali su euplanktonski organizmi s udjelom od 45 do 99%. Najmanji udio imali su bentoski organizmi, 2% (Slika 21).



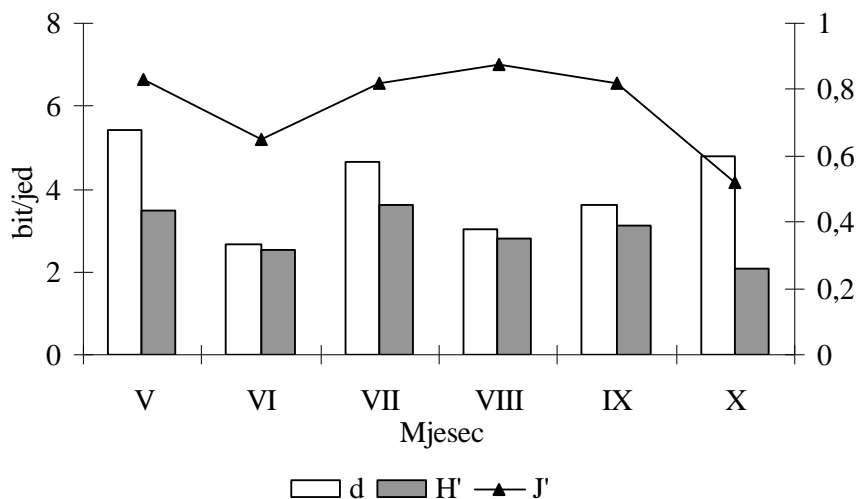
Slika 21 Vremenske promjene postotnog udjela životnih oblika zoosestona na postaji J2

Tablica 6 Vremenske promjene biomase zoosestona s obzirom na način života na postaji J2

Način života	Skupina	Vrsta	V	VI	VII	VIII	IX	X
			µg DW/L					
B	Gastrotricha	<i>Chaetonotus hystrix</i>				0,02	0,03	
	Rotifera	Bdelloidea	0,50	0,42	0,21	0,46	0,50	0,29
	Rotifera ukupno		0,50	0,42	0,21	0,46	0,50	0,29
B ukupno			0,50	0,42	0,21	0,48	0,54	0,29
EP	Cladocera	<i>Daphnia magna</i>					11,67	
		<i>Pleuroxus leavis</i>	0,47					
		<i>Pleuroxus uncinatus</i>	0,47					
	Cladocera ukupno		0,93				11,67	
	Copepoda	<i>Macrocyclus fuscus</i>	1,93					7,73
		nauplij	0,37	0,03	0,03	0,03	0,03	0,27
	Copepoda ukupno		2,30	0,03	0,03	0,03	0,03	8,00
	Rotifera	<i>Ascomorpha ecaudis</i>			0,01			
		<i>Asplanchna brightwelli</i>					1,11	0,14
		<i>Colurella obtusa</i>				0,00	0,00	
		<i>Colurella uncinata</i>	0,01	0,00	0,00		0,00	0,00
		<i>Filinia longiseta</i>	0,14					
		<i>Keratella cochlearis</i>	0,02	0,02				0,00
		<i>Keratella quadrata</i>	0,02					
		<i>Notholca acuminata</i>	0,01			0,01		0,01
<i>Synchaeta oblonga</i>						0,02		
<i>Synchaeta pectinata</i>			0,42	3,75	17,08	33,75	40,00	
<i>Trichotria tetractis</i>					0,02			
Rotifera ukupno		0,20	0,44	3,76	17,10	35,73	40,16	
EP ukupno			3,44	0,47	3,79	17,13	47,43	48,16
SP	Cladocera	<i>Simocephalus vetulus</i>	2,67					
		Ostracoda	21,42					
	Rotifera	<i>Cephalodella catelina</i>	0,01					
		<i>Cephalodella forficata</i>	0,01					
		<i>Cephalodella gibba</i>	0,48			0,05		
		<i>Cephalodella</i> sp.					0,01	0,01
		<i>Cyrtonia tuba</i>	4,74				0,06	
		<i>Lecane closterocerca</i>		0,01	0,00	0,02	0,03	0,02
		<i>Lecane haliicylsta</i>				0,02	0,01	0,00
		<i>Lecane luna</i>	0,01		0,00			
		<i>Lecane lunaris</i>					0,01	
		<i>Lecane</i> sp.				0,00	0,02	
		<i>Lepadella patella</i>	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00
		<i>Monommata longiseta</i>	0,00					
		<i>Mytilina mucronata</i>		0,03	0,03	0,01	0,01	
	<i>Trichocerca longiseta</i>	0,03						
	<i>Trichocerca porcellus</i>	0,06	0,06		0,02			
<i>Trichocerca</i> sp.		0,08	0,12	0,08	0,04			
<i>Trichocerca vernalis</i>				0,02				
Rotifera ukupno		5,36	0,19	0,17	0,22	0,21	0,03	
SP ukupno			29,44	0,19	0,17	0,22	0,21	0,03
Zooseston ukupno			33,38	1,09	4,18	17,83	48,18	48,48

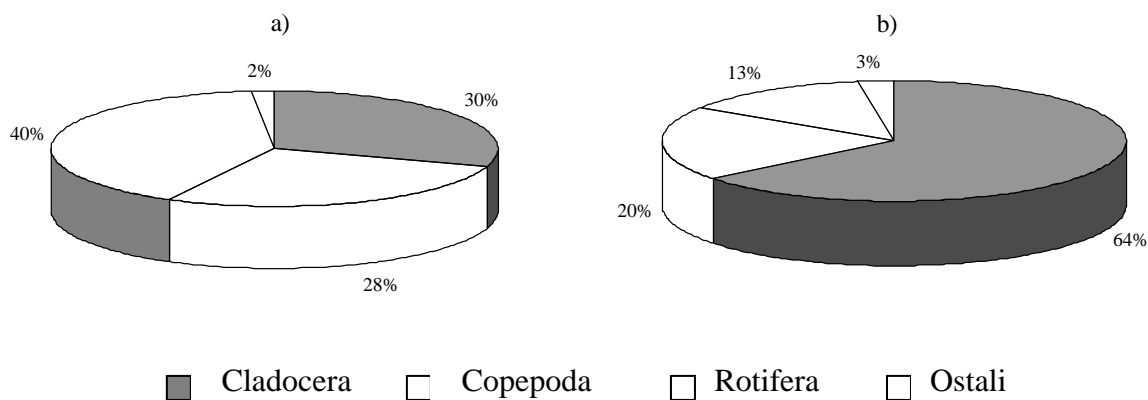
Ujezerenje 2 s makrofitima (J2M)

Ukupno je na ovoj postaji determinirano 47 svojti od čega 32 svojte kolnjaka. U proljetnom i ljetnom razdoblju zabilježen je veći broj vrsta rašljoticalca (8) i veslonožaca (4) dok je u jesen bila prisutna samo jedna vrsta veslonošca, *M. fuscus* (Tablica 7). Indeks raznolikosti (H') oscilirao je oko srednje vrijednosti $2,9 \pm 0,6$, a ujednačenost (J') oko srednje vrijednosti $0,8 \pm 0,1$. Margalefov indeks bogatstva vrsta kretao se u rasponu od 2,7 do 5,4 (Slika 22).



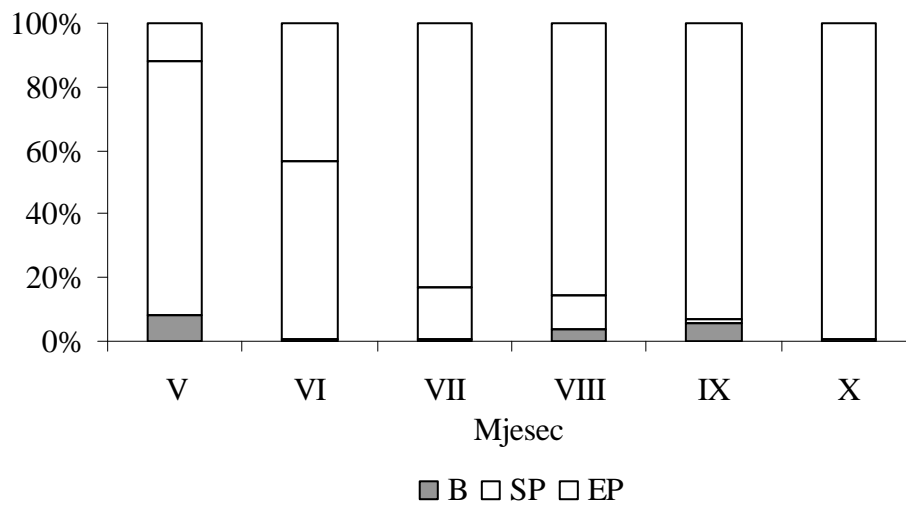
Slika 22 Vremenske promjene Margalefovog indeksa bogatstva vrsta (d), Pielouovog indeksa ujednačenosti (J') i Shannon-Wienerovog indeksa raznolikost (H') na postaji J2M

Najveći udio u ukupnoj brojnosti zoosestona imali su kolnjaci (40%), a visok udio postigli su također i rašljoticalci (30%) i veslonošci (28%). Ukupnom biomasom dominirali su rašljoticalci (64%) i veslonošci (20%) (Slika 23).



Slika 23 Postotni udio životinjskih skupina na postaji J2M u a) brojnosti i b) biomasu zoosestona

Najveća biomasa zabilježena je u proljetnom razdoblju (290,5 $\mu\text{g DW/L}$), a u ljetnom i jesenskom razdoblju biomase zoosestona kretale su se u rasponu od 3,5 do 91,5 $\mu\text{g DW/L}$. Ukupnoj biomasi najviše je pridonijela vrsta *Simocephalus vetulus* s 176,3 $\mu\text{g DW/L}$ (Tablica 7). U proljetnom razdoblju dominirali su semiplanktonski organizmi, a njihov ukupni udio u biomasi iznosio je oko 41% dok su ljeti i u jesen dominirali euplanktonski sa ukupnim udjelom od 58% (Slika 24).



Slika 24 Vremenske promjene postotnog udjela životnih oblika zoosestona na postaji J2M

Tablica 7 Vremenske promjene biomase zoosestona s obzirom na način života na postaji J2M

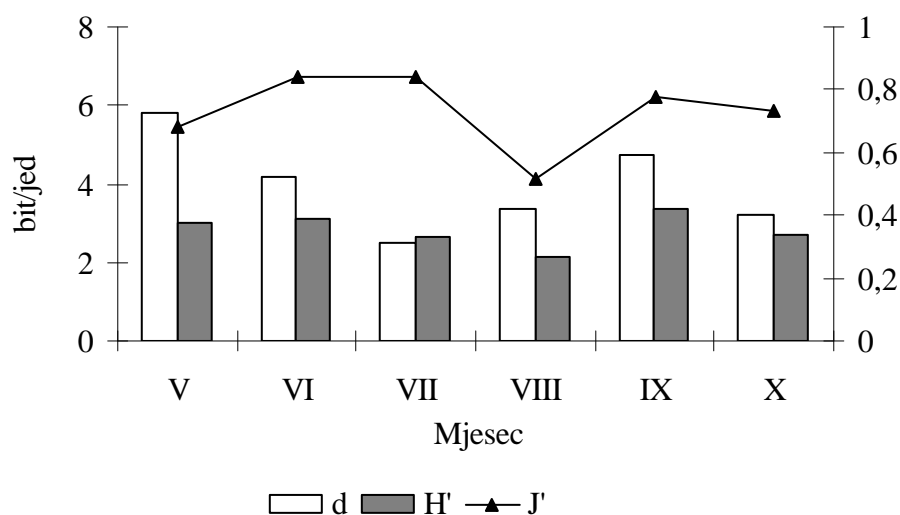
Način života	Skupina	Vrsta	V	VI	VII	VIII	IX	X	
			µg DW/L						
B	Nematoda	Nematoda					0,87		
	Rotifera	Bdelloidea	1,05	1,22	0,42	0,13	0,46		
	Rotifera ukupno		1,05	1,22	0,42	0,13	0,46		
	Tardigrada	Tardigarda					0,08		
B ukupno			1,05	1,22	0,42	0,13	1,41		
EP	Cladocera	<i>Chydorus</i> sp.		60,90	1,05				
		<i>Daphnia longispina</i>			10,42				
		<i>Daphnia magna</i>			35,00				
		<i>Daphnia pulex</i>			7,67				
		<i>Pleuroxus leavis</i>			1,87				
		<i>Pleuroxus uncinatus</i>	0,93	1,40					
		Cladocera ukupno		0,93	64,17	54,13			
	Copepoda	<i>Eucyclops serrulatus</i>			9,15				
		<i>Macrocyclus albidus</i>				13,53			
		<i>Macrocyclus fuscus</i>	0,13	48,33	8,40	3,00	4,07	4,53	
	Copepoda ukupno		0,13	57,48	21,93	3,00	4,07	4,53	
	Rotifera	<i>Colurella obtusa</i>				0,00	0,00	0,00	
		<i>Colurella uncinata</i>	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	
		<i>Euchlanis dilatata</i>	0,17	0,50					
		<i>Filinia longiseta</i>	0,28						
		<i>Filinia longiseta limnetica</i>				0,14			
		<i>Keratella cochlearis</i>	0,02	0,02	0,00			0,00	
		<i>Notholca acuminata</i>	0,01		0,01			0,01	
		<i>Synchaeta pectinata</i>					18,33	34,58	
		<i>Trichotria tetractis</i>					0,07	0,02	
Rotifera ukupno		0,48	0,52	0,16	0,00	18,40	34,63		
EP ukupno			1,55	125,71	76,23	3,00	22,47	38,56	
SP		Cladocera	<i>Alona rectangula</i>			0,32			
			<i>Simocephalus vetulus</i>	1,33	160,00	14,67			
	Cladocera ukupno		1,33	160,00	14,98				
	Copepoda	<i>Canthocamptus taphylinus</i>				0,33			
	Ostracoda	Ostracoda	7,71	3,43					
	Rotifera	<i>Cephalodella forficata</i>				0,01			
		<i>Cephalodella forficula</i>	0,04						
		<i>Cephalodella gibba</i>		0,05					
		<i>Cephalodella</i> sp.					0,04	0,05	
		<i>Cyrtonia tuba</i>	0,78						
		<i>Diplois daviesiae</i>						0,17	
		<i>Lecane clara</i>				0,00			
		<i>Lecane closterocerca</i>		0,01	0,02	0,00	0,04	0,03	
		<i>Lecane haliclysta</i>						0,00	
		<i>Lecane luna</i>	0,00		0,00				
		<i>Lecane lunaris</i>			0,01	0,01	0,06	0,01	
		<i>Lepadella patella</i>	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,00	
		<i>Lindia</i> sp.	0,03						
		<i>Monommata</i> sp.					0,01	0,01	
		<i>Mytilina mucronata</i>				0,04			
<i>Mytilina ventralis</i>	0,03	0,01							

Tablica 7 nastavak

Način života	Skupina	Vrsta	V	VI	VII	VIII	IX	X
			µg DW/L					
		<i>Trichocerca bicristata</i>			0,05			
		<i>Trichocerca longiseta</i>	0,03					
		<i>Trichocerca musculus</i>						0,02
		<i>Trichocerca porcellus</i>	0,19		0,04			
		<i>Trichocerca relictus</i>					0,06	0,02
		<i>Trichocerca vernalis</i>				0,02		
	Rotifera ukupno		1,11	0,09	0,20	0,04	0,22	0,31
SP ukupno			10,15	163,52	15,18	0,38	0,22	0,31
Zooseston ukupno			12,75	290,45	91,83	3,50	24,09	38,87

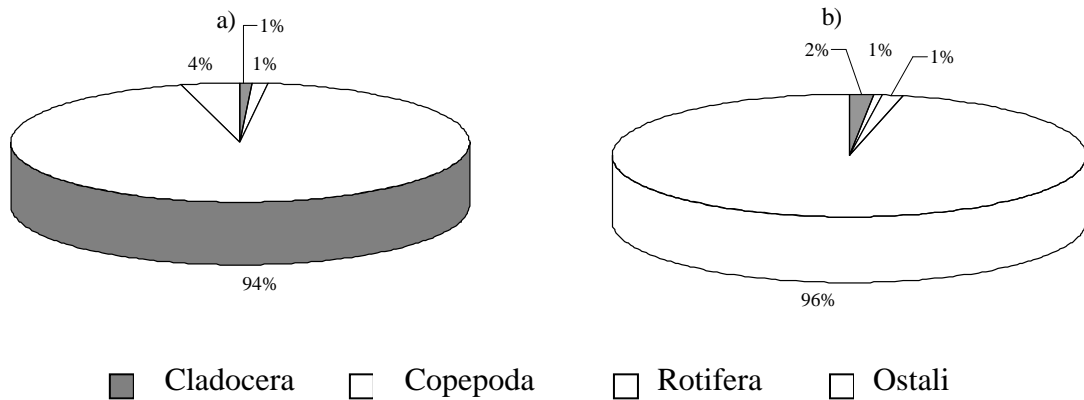
Slap Skakavac (JS)

Na postaji JS determinirano je ukupno 40 svojti. Tijekom istraživanog razdoblja najbrojnija je bila skupina kolnjaka, ukupno 27 svojti (Tablica 8). Najniža vrijednost indeksa raznolikosti (H') zabilježena je u ljetnom razdoblju ($2,4 \pm 0,4$), a u proljeće i jesen vrijednosti su se kretale u rasponu od 2,7 do 3,4. Indeks bogatstva vrsta (d) postupno se smanjivao od proljeća do ljeta (od 5,8 do 2,5), a od ljeta do jeseni je bio u postupnom porastu (od 2,5 do 4,8). Pielouov indeks ujednačenosti bio je najniži u kolovozu (0,5), a u ostalom dijelu istraživanog razdoblja varirao je u rasponu od 0,7 do 0,8 (Slika 25).



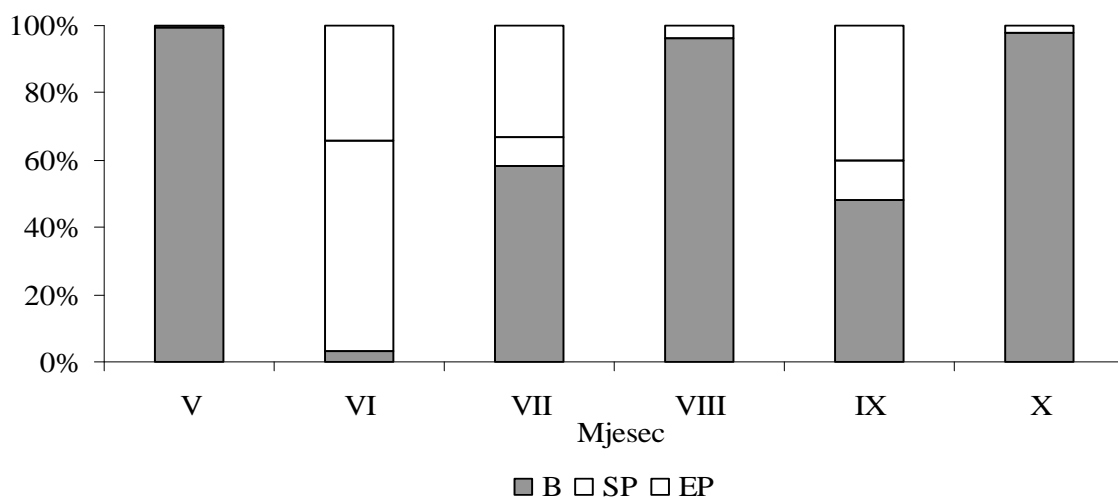
Slika 25 Vremenske promjene Margalefovog indeksa bogatstva vrsta (d), Pielouovog indeksa ujednačenosti (J') i Shannon-Wienerovog indeksa raznolikost (H') na postaji JS

U ukupnoj brojnosti zoosestona dominirali su kolnjaci (94%), a najveći udio u biomasi imale su ostale skupine organizama (maločetinaši, oblici, ljskari i trbdalaci), 96% (Slika 26).



Slika 26 Postotni udio životinjskih skupina na postaji JS u a) brojnosti i b) biomasi zoosestona

Najveće vrijednosti ukupne biomase izmjerene su u svibnju (606,3 $\mu\text{g DW/L}$), a najmanje u srpnju (0,6 $\mu\text{g DW/L}$) i rujnu (3,8 $\mu\text{g DW/L}$). Skupina Oligochaeta imala je najznačajniji udio u ukupnoj biomasi u svibnju, kolovozu i listopadu (Tablica 8). Iz skupine kolnjaka biomasom su se tijekom čitavog istraživanog razdoblja isticali bdelloidni oblici, a u jesenskom razdoblju vrsta *S. pectinata* (2,1 $\mu\text{g DW/L}$). Najveći udio u biomasi imali su bentoski organizmi, od 47 do 99%, osim u lipnju kada su dominirali semiplanktonski organizmi, 62% (Slika 27).



Slika 27 Vremenske promjene postotnog udjela životnih oblika zoosestona na postaji JS

Tablica 8 Vremenske promjene biomase zoosestona s obzirom na način života na postaji JS

Način života	Skupina	Vrsta	V	VI	VII	VIII	IX	X
			µg DW/L					
B	Gastrotricha	<i>Chaetonotus hystrix</i>			0,02	0,10	0,02	
	Nematoda	Nematoda				2,36	0,52	0,17
	Oligochaeta	Oligochaeta	601,00			100,17		133,56
	Rotifera	Bdelloidea	2,44	0,50	0,34	1,39	1,26	1,30
	Rotifera ukupno		2,44	0,50	0,34	1,39	1,26	1,30
B ukupno			603,44	0,50	0,35	104,01	1,80	135,03
EP	Cladocera	<i>Chydorus ovalis</i>		2,10				
		<i>Pleuroxus uncinatus</i>	0,47					
	Cladocera ukupno		0,47	2,10				
	Copepoda	<i>Eucyclops serrulatus</i>		1,02				
		<i>Macrocyclops fuscus</i>		1,93				
		<i>Macrocyclops</i> sp. nauplij	0,13			0,10	0,03	1,93
	Copepoda ukupno		0,13	2,95		0,10	0,03	1,93
	Rotifera	<i>Asplanchna brightwelli</i>					0,14	
		<i>Colurella obtusa</i>	0,01			0,16	0,02	0,02
		<i>Colurella uncinata</i>	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
		<i>Euchlanis dilatata</i>						0,33
		<i>Keratella cochlearis</i>	0,02	0,05	0,05		0,00	
		<i>Keratella quadrata</i>	0,02	0,07	0,15			
		<i>Notholca acuminata</i>	0,04				0,06	
		<i>Synchaeta pectinata</i>					1,25	0,83
	<i>Trichotria tetractis</i>					0,01		
Rotifera ukupno		0,11	0,13	0,20	0,17	1,48	1,20	
EP ukupno			0,71	5,18	0,20	0,27	1,51	3,13
SP	Cladocera	<i>Alona guttata</i>				0,48		
		<i>Simocephalus vetulus</i>		9,33				
		<i>Sida crystalina</i>				3,00		
	Cladocera ukupno			9,33		3,48		
	Ostracoda	Ostracoda	1,71					
	Rotifera	<i>Brachionus diversicornis</i>	0,02					
		<i>Cephalodella gibba</i>	0,10					0,10
		<i>Cyrtonia tuba</i>	0,18			0,09	0,18	
		<i>Lecane closterocerca</i>	0,00	0,09	0,02	0,26	0,05	0,03
		<i>Lecane luna</i>	0,00	0,03		0,01		
		<i>Lecane lunaris</i>		0,01	0,01	0,03	0,03	0,01
		<i>Lecane</i> sp.	0,00	0,01		0,01	0,02	0,00
		<i>Lepadella patella</i>	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02
		<i>Mytilina ventralis</i>	0,01					
		<i>Notomata aurita</i>	0,01					
		<i>Testudinella patella</i>					0,05	
		<i>Trichocerca bicristata</i>				0,03		
		<i>Trichocerca brachyura</i>			0,02		0,02	
		<i>Trichocerca longiseta</i>	0,06					
		<i>Trichocerca porcellus</i>	0,08				0,04	
		<i>Trichocerca</i> sp.				0,03		
	<i>Trichocerca vernalis</i>					0,04		
	<i>Trichocerca fusiformis</i>				0,03			
Rotifera ukupno		0,48	0,14	0,05	0,51	0,44	0,16	
SP ukupno		2,19	9,47	0,05	3,98	0,44	0,16	
Zooseston ukupno		606,34	15,16	0,60	108,26	3,75	138,32	

S obzirom na način života na lentičkim postajama biomasom su dominirali euplanktonski oblici organizama u odnosu na semiplanktonske i bentoske oblike, dok su u lotiku dominirali bentoski oblici. Brojnošću su na svim postajama dominirali euplanktonski ili semiplanktonski kolnjaci, dok su biomasom na lentičkim postajama J1, J1M i J2M dominirali euplanktonski ili semiplanktonski rakovi (rašljoticalci i veslonošci) koji su bili u statistički značajnoj negativnoj korelaciji ($r = -0,39$ i $r = -0,33$) s protokom (Tablica 9). Rezultati ovog istraživanja ukazuju da retencija vode u ujezerenjima potoka Jankovac omogućuje razvoj planktonske zajednice, o čemu govore povećane biomase euplanktonskih organizama na lentičkim postajama istraživanja te negativne korelacije njihove biomase s protokom.

Rezultati statističke analize ukazuju da su se postaje statistički značajno razlikovale (neparametrijski Kruskal-Walis test, $df = 5$, $n = 36$) u biomasi Rotifera ($H = 20,9$, $p = 0,0009$), Cladocera ($H = 18,3$, $p = 0,003$), Copepoda ($H = 22,5$, $p = 0,0004$) i ukupnoj biomasi zoosestona ($H = 19,1$, $p = 0,002$). Također, statistički značajne razlike između postaja postojale su i u biomasi bentoskih ($H = 19$, $p = 0,002$), euplanktonskih ($H = 21$, $p = 0,0006$) i semiplanktonskih ($H = 20,5$, $p = 0,001$) organizama u zoosestonu.

Statistički značajne korelacije (Spearmanovov koeficijent korelacije, r) između fizičko-kemijskih čimbenika i životnih oblika organizama u zoosestonu prikazane su u Tablici 9. Prikazani rezultati ukazuju da je biomasa zoosestona pozitivno korelirala s temperaturom, pH vrijednošću te koncentracijom detritusa (mjerenog kao AFDW). S obzirom na izvore hrane biomase svih životnih oblika u zoosestonu pozitivno su korelirale s koncentracijom organske tvari, dok su biomase euplanktonskih i semiplanktonskih oblika pozitivno korelirale i s biomasom fitoplanktona (mjerenog kao Chl *a*).

Tablica 9 Spearmanov koeficijent korelacije između životnih oblika organizama u zoosestonu (Bbiom-biomasa bentoskih organizama, EPbiom-biomasa euplanktonskih organizama, SPbiom-biomasa semiplanktonskih organizama) i fizičko-kemijskih čimbenika na istraživanim postajama ($p < 0,05$)

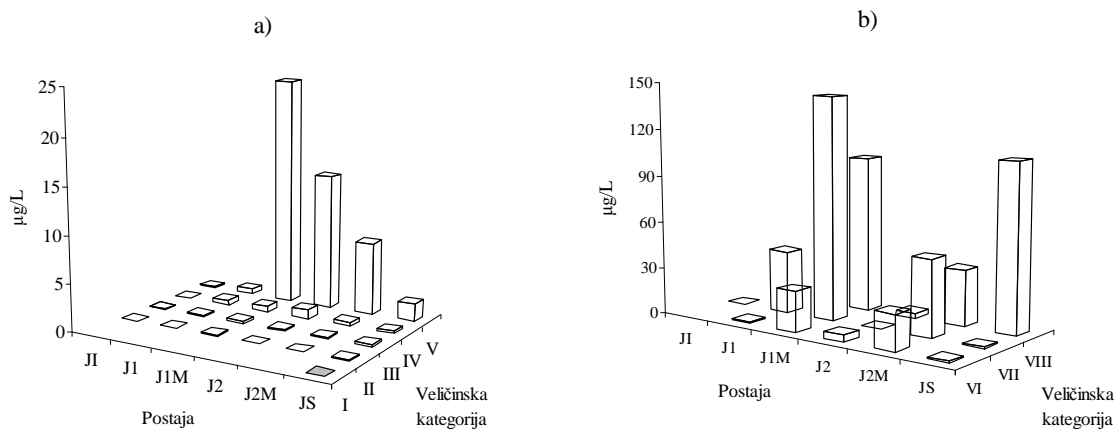
Parametar	Bbiom	Epbiom	Spbiom	Ukupno
	<i>r</i>			
Temperatura (°C)	0,40			0,39
pH	0,56		0,32	0,38
Nitrati (mg N-NO ₃ ⁻ /L)	-0,56			
Chl a (mg/m ³)		0,45	0,43	
Q (m ³ /d)		-0,39	-0,33	
AFDW	0,47	0,56	0,66	0,61

4.3 Veličinske kategorije zoosestona

Na istraživanim postajama najveći udio u biomasi imali su organizmi veličinske kategorije VII (1000-1500 µm, 40%) i VIII (>1500 µm, 43%) kojima pripadaju skupine Cladocera, Copepoda i Oligochaeta. Veličinske kategorije organizama od 45 do 500 µm (I-V) imale su najveći broj predstavnika unutar skupine Rotifera, a obilježavao ih je mali udio u biomasi. Vrsta *Lepadella patella*, koja je zabilježena na svim postajama, imala je najveći udio u biomasi (45%) veličinske kategorije II (80-120 µm). Veličinsku kategoriju III (120-170 µm) na svim lentičkim postajama te na postaji JS obilježile su vrste roda *Lecane* i *Trichocerca* iz skupine kolnjaka. Vrsta *Cyrtonia tuba*, koja pripada veličinskoj kategoriji IV (170-250 µm), imala je najveći udio u biomasi na postaji J2 (84%) i JS (33%) te u ukupnoj biomasi svih postaja (43%). Na ostalim postajama isticale iz ove veličinske kategorije vrste roda *Mytilina* i vrsta *Euchlanis dilatata*. Biomasiom se u kategoriji V (250-500 µm) isticala vrsta *S. pectinata* s prosječnim udjelom od 42% na istraživanim postajama.

Sve veličinske kategorije na lentičkim postajama JI i JS u pravilu su imale vrlo malu biomasu uz izuzetak na postaji JS gdje je izmjerena velika biomasa za kategoriju VIII (106,77 µg/L) u kojoj je najveći udio (94%) imala skupina Oligochaeta. Na lentičkim postajama u biomasi zoosestona prevladavali su organizmi veličinskih kategorija V do VIII (250-1500 µm). Biomasi ovih kategorija najviše su doprinijeli planktonski rakovi *D. pulex*, *M. fuscus* i *S.*

vetulus te skupina Oligochaeta. Vrste roda *Chydorus* iz skupine rašljoticalaca bile su prisutne u ljetnom razdoblju na ujezerenjima s makrofitima te na slapu, a zauzimale su značajan udio (72%) u biomasi veličinske kategorije VI (500-1000 μm). Na postajama JI i J1 nisu zabilježeni organizmi iz veličinske kategorije VII, a na ostalim postajama biomasom je dominirao rašljoticalac *S. vetulus* s udjelom od 70%. Na postaji JS u veličinskoj kategoriji VIII dominirala je skupina Oligochaeta s 99% udjela. Na lentičkim postajama iz kategorije VIII prevladavale su vrste *D. pulex* (rašljoticalci) i *M. fuscus* (veslonošci). Skupine svih veličinskih kategorija na lentičkim postajama bez makrofita (J1 i J2) uglavnom su imale puno manju biomasu u odnosu na postaje s makrofitima, J1M i J2M (Slika 28). Postaja J1M imala je najveću biomasu zoosestona u istraživanom razdoblju čemu je najviše doprinijela vrsta *S. vetulus* veličinske kategorije VII s 142,4 $\mu\text{g/L}$, odnosno 49% udjela u biomasi postaje J1M.



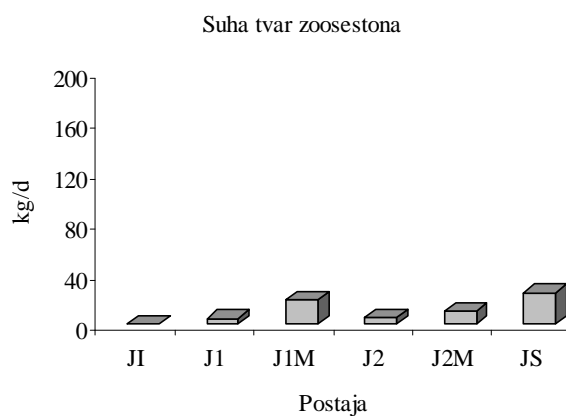
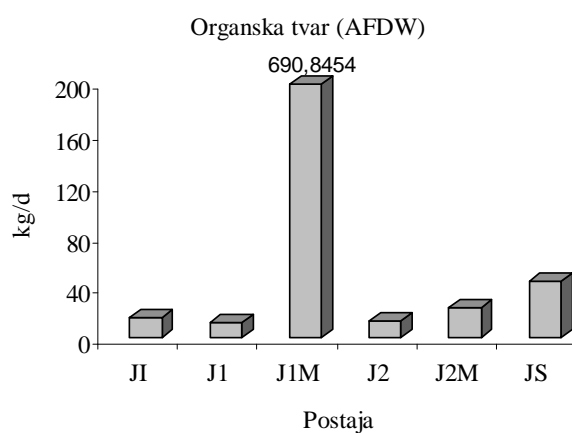
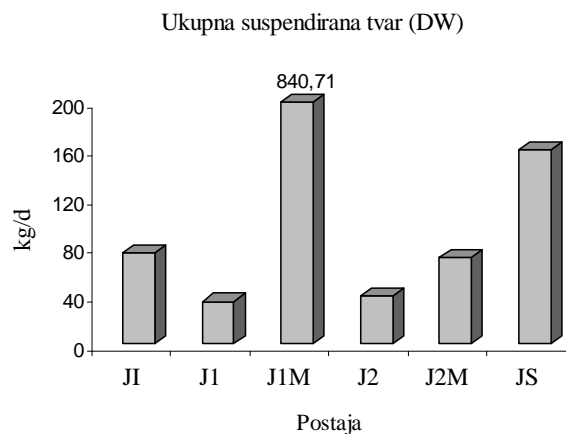
Slika 28 Prostorna promjena biomase veličinskih kategorija; a) veličinske kategorije I-V, b) veličinske kategorije VI-VIII

4.4 Pronos sestona

Pronos ukupnih suspendiranih tvari postigao je najveću vrijednost od 3771 kg/d na postaji J1M. Litičke postaje JI (75 ± 46 kg/d) i JS (160 ± 118 kg/d) imale su veće vrijednosti pronosa ukupnih suspendiranih tvari u odnosu na lentičke postaje J1, J2 i J2M gdje se pronos kretao oko srednje vrijednosti od 49 ± 31 kg/d (Slika 29).

Najveća vrijednost pronosa organske tvari (izražene kao koncentracija AFDW) zabilježena je također na postaji J1M, 3698 kg/d. Na litičkoj postaji JI te na lentičkim postajama bez makrofita (J1 i J2) zabilježene su manje vrijednosti pronosa (14 ± 2 kg/d) nego na postaji J1M i JS gdje su se srednje vrijednosti pronosa organske tvari kretale oko 34 ± 15 kg/d (Slika 29).

Pronos zoosestona izražen je preko biomase suhe tvari zoosestona i imao je trend povećanja od izvora prema slapu. Na lentičkim postajama s makrofitima (J1M i J2M) zabilježen je nešto veći pronos nego na postajama bez makrofita, J1 i J2 (Slika 29). Na postaji JI udio pronosa zoosestona u odnosu na AFDW bio je zanemariv, na lentičkim postajama taj udio je iznosio od 3 do 30% dok je najveći pronos zoosetona zabilježen na postaji JS (24,5 kg/d).



Slika 29 Srednje vrijednosti pronosa ukupne suspendirane tvari (DW), organske tvari (AFDW) i biomase suhe tvari zoosestona na istraživanim postajama longitudinalnog profila potoka Jankovac

5.0 RASPRAVA

U istraživanju zoosestona na longitudinalnom profilu potoka Jankovac razlikovala su se dva tipa staništa, lotičko i lentičko. Svrha ovog istraživanja bila je analizirati utjecaj ujezerenja u protočnom sustavu na razvoj planktonske zajednice. Ranija istraživanja (EJSMONT-KARABIN i sur., 1993; ERIKSSON, 2001; ŠPOLJAR, 2003, 2007; GERALDES i BOAVIDA, 2004) pokazala su kako postoje značajne razlike između lotičkih i lentičkih staništa s obzirom na fizičko-kemijske čimbenike, što direktno utječe na pronos sestona kao i na razvoj životnih zajednica.

Promjene fizičko-kemijskih čimbenika na longitudinalnom profilu potoka Jankovac

Nizvodno povećanje temperature može se objasniti visokim toplinskim kapacitetom vode, uslijed čega se voda u ujezerenjima sporo grije i sporo hladi. U ujezerenju 1 (J1 i J1M) temperature vode bile su niže u odnosu na ujezerenje 2 (J2 i J2M), što je posljedica jačeg utjecaja hladnije izvorske vode. Temperature vode u dijelu ujezerenja prekrivenim makrofitima (J1M, J2M) bile su veće u odnosu na područje bez makrofita (J1 i J2), zbog smještaja ovih postaja u plićem dijelu jezera koji se brže zagrijava.

Najviše vrijednosti otopljenog kisika izmjerene su na postaji JI što objašnjavam fizikalnom zakonitošću da se kod nižih temperatura, kakve su bile na izvoru, topljivost plinova u vodi povećava te su vrijednosti koncentracije kisika bile povećane. Povišene vrijednosti koncentracije kisika izmjerene su u području makrofita (J1M i J2M) što pripisujem fotosintetskom oslobađanju kisika.

Najveće razlike konduktiviteta i TDS uočene su između izvorišnog dijela i postaja u ujezerenjima. Naime, izvor potoka nalazi se na granici propusnih karbonata i nepropusnih klastita, gdje karbonatna podloga daje povećani ionski sastav karbonata i bikarbonata te povećani konduktivitet. U ujezerenjima 1 i 2 dio iona sedimentira i/ili se koristi za izgradnju skeletnih tvorbi fito- i zookomponente na što ukazuju manje srednje vrijednosti konduktivita i TDS-a.

pH, slobodni CO₂, alkalitet i ukupna tvrdoća važni su u održavanju puferskog kapaciteta vode, a time i u sinergističkom djelovanju u procesu precipitacije kalcita kao što je slučaj na sedrenoj barijeri slapa Skakavac (JS). Najveća srednja vrijednost pH izmjerena je na postaji

JS što je posljedica stvaranja recentne sedre. Najviše vrijednosti CO₂ izmjerene su na izvoru, zbog toga što su podzemne vode koje na izvoru dolaze na površinu bogatije ugljičnim dioksidom u odnosu na vodu nizvodnih postaja. Na slapu je srednja vrijednost koncentracije slobodnog CO₂ bila najmanja što objašnjavam velikom površinom izmjene, gdje CO₂ brzo difundira iz vode u zrak. Alkalitet koji je bio u statistički značajnoj pozitivnoj korelaciji s CO₂ ($r = 0,58$) također je pokazivao nizvodni gradijent pada vrijednosti, jer se uslijed taloženja sedre hidrogenkarbonat raspada, a njegova se koncentracija smanjuje što rezultira padom vrijednosti. Vrijednosti ukupne tvrdoće bile su vrlo visoke i ukazuju da voda potoka Jankovac pripada kategoriji tvrdih voda.

Koncentracije nitrata imale su relativno više vrijednosti u odnosu na druge slične ekosustave u kršu u našoj zemlji (ŠPOLJAR i sur., 2007). To se može objasniti propusnošću karbonatne podloge u kojoj se nalazi izvor potoka Jankovac te nitrati iz tla ispiranjem i filtracijom kroz propusnu stijenu ulaze u izvor i dalje obogaćuju čitav sustav nitratima. Koncentracije ortofosfata bile su niske (0,01 do 0,06 mg P-PO₄³⁻/L) i imale su vrlo mala odstupanja na longitudinalnom profilu što ukazuje na oligotrofiju hidrosustava.

KPK vrijednost je uzeta kao čimbenik koji predstavlja količinu otopljene organske tvari koju mnogi planktonski organizmi uzimaju kao hranu (ŠPOLJAR i sur. 2007). Vrijednosti ovog parametra bile su veće na postajama u ujezerenjima u odnosu na istraživane postaje u lotičkom dijelu. Smatram da je u akumulacijama intenzitet primarne i sekundarne produkcije bio veći u odnosu na postaje u lotičkim dijelovima te je i veća mikrobna razgradnja utjecala na više vrijednosti ovog parametra. Postaja JI imala je najnižu KPK vrijednost, jer izvorišno područje zbog velike zasjenjenosti i niskih temperatura predstavlja najneproduktivnije područje.

Koncentracija klorofila *a* mjerena je kao pokazatelj primarne produkcije. Postaja JI imala je izrazito nepovoljne uvjete za razvoj fitoplanktona ili biljnog pokrova čemu su najviše doprinijeli zasjenjenost, niske temperature te relativno visoke brzine strujanja vode koje erodiraju dno potoka. To je rezultiralo najnižim vrijednostima klorofila *a*, stoga postaja JI predstavlja najneproduktivniji dio potoka Jankovac. Rezultati mjerenja na četiri postaje u lentiku (J1, J1M, J2, J2M) sugeriraju da akumulacije predstavljaju mjesta veće primarne produkcije u odnosu na lotičke postaje (JI, JS). Ujezerenja su bila obilježena povišenom temperaturom vode i malom brzinom strujanja, a uz veliku prozirnost vode i visoke

koncentracije organske i anorganske tvari u odnosu na lotičke postaje bio je omogućen rast i razvoj primarnih producenata, makrofita i fitoplanktona. Retencija vode u jezerima pozitivno utječe na razvoj fitoplanktona. Na pozitivnu korelaciju između vremena zadržavanja vode i koncentracije klorofila *a* ukazuju i drugi autori (BASU i PICK, 1996; WELKER i WALZ, 1998). Postaju JS obilježava strmi nagib podloge, velike brzine strujanja vode na koje je prilagođen mali broj vrsta algi, ali osvjetljenost i više vrijednosti temperature omogućavaju razvoj bentoskih primarnih producenata (algi i mahovina) prilagođenih velikoj brzini strujanja vode. Veće vrijednosti klorofila *a* na slapu Skakvac objašnjavam prvo, prelijevanjem vode iz ujezerenja u kojima je razvijen fitoplankton. Drugo, erodiranjem podloge uslijed velike brzine strujanja vode bentoske alge i mahovine dospijevaju u seston što doprinosi povišenoj vrijednosti klorofila *a* u odnosu na postaju JI.

Omjer anorganskih i organskih suspendiranih čestica na lotičkim postajama bio je znatno pomaknut na stranu anorganskih čestica, a glavninu anorganske komponente u sestonu čine čestice pijeska koje nastaju kao rezultat drobljenja i usitnjavanja stijena fluvijalnom erozijom uslijed velike brzine strujanja vode. Na primjer, na sedrenoj barijeri slapa Skakvac veće koncentracije suspendiranih tvari u odnosu na izvorišni dio posljedica su unosa anorganskih čestica uslijed erozije recentne rahle sedre s podloge, a također i unosa bentoskih organizama veće biomase u sastav sestona te drifta organizama iz ujezerenja koja se nalaze uzvodno od slapa (ŠPOLJAR, 2003). Ujezerenja kao mjesta duljeg zadržavanja vode u riječnom toku utječu na redukciju suspendiranih organskih i anorganskih tvari u sestonu uslijed sedimentacije te dolazi do redukcije nizvodnog transporta hrane za detritovorne organizme koji se nalaze nizvodno (GOLDMAN i KIMMEL, 1978). Međutim, organske čestice mogu potaknuti produkciju u jezeru čime ulazak organskih suspendiranih tvari i planktonskih organizama može u nizvodnom driftu nadomjestiti gubitak organskih čestica i pozitivno utjecati na razvoj bentoskih zajednica. Na postajama u lentiku omjer anorganskih i organskih čestica smanjen je u korist organskih čestica s povećanim vrijednostima na postajama s makrofitima (J1M, J2M). Smatram da je razlog niskog udjela anorganske tvari na lentičkim postajama, što je posebno izraženo na postaji J1M, veliki udio živih organizama (npr. ličinki kukaca te biljni ostaci) koji značajno povećavaju udio organske tvari. Na postaji J1M zabilježena je najveća srednja vrijednost organske tvari u odnosu na ostale istraživane postaje. Naime, na ovoj postaji su veliki udio u organskoj tvari imali živi organizmi (rašljoticalci, veslonošci i ličinke kukaca) i biljni ostaci, što je doprinijelo visokim vrijednostima ovog parametra.

Utjecaj okolišnih čimbenika na prostorne promjene zoosestona

Brojnost i biomasa jedinki u zoosestonu, općenito, su imale niske vrijednosti, dok je raznolikost vrsta velika što upućuje na oligotrofiju hidrološkog sustava (ŠPOLJAR i sur., 2007). Na postajama je zabilježena i velika prozirnost vode (maksimalne dubine do 2 m) što je omogućilo razvoj mahovina u lotičkim dijelovima i submerznih makrofita u ujezerenjima. Najznačajniji abiotički čimbenik u protočnim sustavima koji utječe na sastav životnih oblika organizama u zoosestonu ili na mogućnost razvoja planktonskih zajednica je brzina strujanja vode. Gustoća i stopa rasta populacije zooplanktona pod direktnim je utjecajem strujanja vode, a vrijeme zadržavanja vode (retencije) pozitivno utječe na razvoj zooplanktona (PACE i sur., 1992; BASU i PICK, 1996; ŠPOLJAR i sur., 2007; SLUSS i sur., 2008).

Zapažanja negativne korelacije između brojnosti planktonskih organizama u sestonu i brzine strujanja vode iznose WELKER i WALZ (1998). Isto zapažanje uočila sam i u mojem istraživanju budući da je na lotičkim staništima brojnost i biomasa planktona bila puno manja nego na lentičkim staništima. EJSMONT-KARABIN i WĘGLENSKA (1993) zaključile su da zooplankton u lotičkim i lentičkim biotopima rezervoara Zegrzynski sadrži euplanktonske i semiplanktonske oblike. One utvrđuju veću brojnost kolnjaka u lotičkim biotopima u odnosu na planktonske rakove koji obilježavaju lentičke biotope i čija se brojnost uglavnom smanjuje u lotičkim biotopima. To se podudara s mojim nalazima u pogledu brojnosti i biomase kolnjaka i planktonskih rakova na istraživanim lotičkim postajama. Naime, rašljoticalci i veslonošci nisu imali značajne udjele u brojnosti i biomasi lotičkih staništa. Zooseston u jezerima uglavnom se sastoji od euplanktonskih organizama. Poznato je iz ranijih istraživanja (GOLDMAN I KIMMEL, 1978; BASU i PICK, 1996; ŠPOLJAR i sur. 2007) da dulje vrijeme zadržavanja vode i mala brzina strujanja, kao što je slučaj s ujezerenjima 1 i 2 potoka Jankovac, pozitivno utječe na razvoj planktonskih zajednica.

Lotička staništa obilježena su brzim protokom vode, većim turbulencijama i ograničenim resursima hrane. Na lotičkoj postaji JI zabilježen je mali broj svojti s vrlo malom biomasom, jer je mali broj organizama prilagođen na specifične uvjete izvorišnih staništa dok su na postaji JS broj vrsta i njihova biomasa bili značajno veći. Ovaj nalaz objašnjavam ulaskom euplanktonskih i semiplanktonskih vrsta iz uzvodnih ujezerenja, a veća biomasa bentoskih vrsta rezultat je drifta podloge i ulaska u seston. Na obje lotičke postaje bentoske su vrste imale najveću biomasu. To objašnjavam njihovim prilagodbama na veće brzine strujanja vode

a rahli supstrat (mahovine i sedra) omogućava im prihvaćanje i skrivanje od nepovoljnih utjecaja. Poznato je da razvoj mahovina na lotičkim staništima znatno utječe na fizikalna obilježja staništa mijenjajući brzinu strujanja vode, sedimentiranje vapnenca i organske tvari (WILLIAM i sur., 2006). Također, one su mikrostaništa koja služe kao sklonište mnogim organizmima od predatora, sprečavaju otplavlivanje uslijed velike brzine strujanja vode i pasivnog drifta (HABDIJA i sur., 2000). U lotiku su prevladavali predstavnici Rotifera, jer sitni rakovi izbjegavaju lotičke biotope (ŠPOLJAR i sur. 2007). Dominaciju sitnih organizama (45-500 μm) na lotičkim biotopima objašnjavam s više argumenata. Prvo, veliku brojnost kolnjaka na lotičkim postajama omogućuju njihove anatomsko-fiziološke prilagodbe, kao npr. prihvaćanje za podlogu "prstima" i ljepljivim sekretom pedalnih žlijezda. Drugo, istraživanja pokazuju da su kolnjaci otporniji na visoke koncentracije suspendiranog pijeska u sestonu u odnosu na planktonske rakove (PACE i sur., 1992). Treće, manje veličinske kategorije organizama sposobnije su odoljeti sedimentaciji, turbulencijama vode i predatorskom pritisku u odnosu na veće organizame (SANDLUND, 1982). Četvrto, sitni organizmi mogu se lakše sakriti od bujica u habitusu mahovina. Velika biomasa veličinske kategorije VIII (predstavnici Oligochaeta i planktonskih račića veći od 1500 μm) na postaji JS rezultat je prilagodbi, primjerice Oligochaeta, na brzinu stujanja vode ili pak pronosa, u slučaju planktonskih rakova, iz uzvodnih ujezerenja i njihove sedimentacije. U istraživanju koje je na Plitvičkim jezerima provela KIRINČIĆ (2009) uočeno je da maločetinaši dolaze pričvršćeni za stabilca mahovina ili za čestice usitnjene organske tvari, koje su u većim količinama nađene upravo na područjima sedrenih barijera slapa.

Glavne biocenološke komponente zoosestona u lentičkim staništima činili su kolnjaci (Rotifera) te rakovi rašljoticalci (Cladocera) i veslonošci (Copepoda), a prema načinu života prevladavali su planktonski životni oblici. Važnu ulogu u ovakvoj strukturi zajednice ima retencija vode. Naime, u ujezerenjima uslijed dulje retencije i smanjena i/ili neznatne brzine strujanja vode dolazi do taloženja organskih čestica čime se omogućuje prozirnost vode za razvoj fitoplanktona i algi, a time i razvoj zooplanktona. Dulje vrijeme zadržavanja vode i smanjen protok dovodi do sedimentacije većih bentoskih organizama (oblići, maločetinaši). Ujezerenja predstavljaju zone depozicije sedimenta (BASU i PICK, 1996). Na postaji J1 u zoosestonu se nalazio povećani udio bentoskih oblika (bdeloidni kolnjaci) što pripisujem utjecaju lotičkog izvorišnog dijela uzvodno od postaje. Slične zaključke o odnosima brojnosti planktonskih i bentoskih vrsta u svojim istraživanjima prije i poslije ujezerenja u koritu rijeke Stradanleve (Norveška) iznosi i SANDLUND (1982). Euplanktonski organizmi koji su u ovom

istraživanju bili najzastupljeniji brojnošću i biomasom pripadaju uglavnom mikro- i makrofiltratorima koji se hrane detritusom, fitoplanktonom i algama (ŠPOLJAR i sur., 2005). Stoga je brojnost i biomasa planktonskih organizama ukazivala na pozitivnu korelaciju s koncentracijama raspoložive hrane (detritus, fitoplankton). Manji broj svojiti i manja biomasa bili su na postajama bez makrofita u odnosu na postaje s makrofitima što objašnjavam činjenicom da su izvori hrane u području s makrofitima raznovrsniji i bogatiji u odnosu na područje slobodne vode (BOGDAN I GILBERT, 1987; MONAHAN i sur., 1996). Također je zapažen i veći udio semiplanktonskih organizama u zoni s makrofitima s najvećim brojem predstavnika iz skupine kolnjaka. Ovaj nalaz posljedica je velike prekrivenosti jezerskog dna makrofitima koji pružaju zaklon od predatora/kompetitora, a epifitske zajednice na submerznim makrofitima sastavljene od alga, protozoa, bakterija i mikroskopskih metazoa važan su izvor hrane semiplanktonskim kolnjacima. Na lentičkim postajama najveći udio imali su organizmi veličinskih kategorija VII (1000-1500 μm) i VIII (>1500 μm) od čega su biomasom dominirali rašljoticalci *Simocephalus vetulus* i *Daphnia pulex* te veslonožac *Macrocyclus fuscus*. U lentičkim biotopima na sastav zoosestona biotički čimbenici imaju veći utjecaj (kompeticija i predacija) nego hidrološki (SLUSS i sur., 2008). Planktonski rakovi su u direktnoj interferencijskoj i eksploatacijskoj kompeticiji s kolnjacima (HABDIJA i sur., 2000) te su u prednosti s obzirom na veću biomasu i veću stopu filtriranja (STEMBERGER i GILBERT, 1984; ŠPOLJAR i sur., 2005). Mnogi su autori utvrdili da zonu s makrofitima karakterizira bogata i raznolika zooplanktonska zajednica u odnosu na zonu slobodne vode (PALACIOS-CÁCERES i ZOPPI DE ROA, 1998; LALIĆ, 2007). Zajednica vodenih makrofita osigurava sklonište od predatora (ličinki kukaca, ličinki riba i malih riba) velikom broju planktonskih životinja, posebno rakovima rašljoticalcima. Na postajama s makrofitima nađen je veći broj rašljoticalaca što objašnjavam činjenicom da rašljoticalci uslijed predatorskog pritiska od strane riba bježe iz slobodne vode u područje s makrofitima.

Rezultati ovog istraživanja ukazuju da retencija vode u ujezerenjima potoka Jankovac omogućuje razvoj planktonske zajednice, o čemu govore povećane biomase euplanktonskih organizama na lentičkim postajama istraživanja te negativne korelacije njihove biomase s protokom.

6.0 ZAKLJUČAK

Na lotičkim (JI i JS) i lentičkim (J1, J1M, J2, J2M) postajama longitudinalnog profila potoka Jankovac analizirani su fizičko-kemijski čimbenici, kvalitativne, kvantitativne i veličinske promjene organizama u zoosestonu s ciljem utvrđivanja razvoja panktonske zajednice u umjetnim ujezerenjima. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti sljedeće:

- Prostorne promjene fizičko-kemijskih čimbenika pokazivale su statistički značajne razlike između lotičkih i lentičkih staništa. Najveće razlike zabilježene su u vrijednostima CO₂, konduktiviteta, TDS, pH, alkaliteta, klorofila *a*, koncentracije nitrata te koncentracije anorganske i organske tvari. Izmjerene vrijednosti fizičko-kemijskih čimbenika upućuju na oligotrofni hidrološki sustav.
- Brojnost i biomasa jedinki u zoosestonu na postajama longitudinalnog profila potoka Jankovac općenito je bila mala, a raznolikost vrsta velika. Determinirane su ukupno 94 svojte od čega su najveću raznolikost imali predstavnici Rotifera (63 svojti), zatim Cladocera (17 svojti) i Copepoda (10 svojti). Najveća bioraznolikost zabilježena je na postajama s makrofitima (J1M i J2M). Ukupna biomasa organizama bila je u statistički značajnoj pozitivnoj korelaciji s izvorima hrane (suspendiranim organskim česticama) te protokom, dok je biomasa euplanktonskih i semiplanktonskih organizama negativno korelirala s protokom.
- Na lentičkim postajama, u ujezerenjima, najveći udio u biomasi zoosestona imali su euplanktonski i semiplanktonski organizmi, u čijoj su veličinskoj strukturi prevladavali organizmi od 500 do >1500 μm (predstavnici skupina Cladocera, Copepoda i Oligochaeta). Skupine svih veličinskih kategorija na lentičkim postajama bez makrofita uglavnom su imale puno manju biomasu u odnosu na postaje s makrofitima, koje pružaju zaklon od predatora i obilje hrane brojnim organizmima.
- Na lotičkim postajama zabilježen je najveći broj svojti unutar skupine Rotifera. Prema načinu života dominirali su bentoski organizmi, a najveći udio u biomasi imale su veličinske kategorije organizama od 50 do 500 μm (I-V) koje su bile predstavljene uglavnom vrstama iz skupine Rotifera, uz iznimku skupina Oligochaeta i

planktonskih račića ($>1500 \mu\text{m}$) na postaji JS. Sve veličinske kategorije na lotičkim postajama JI i JS u pravilu su imale vrlo malu biomasu.

- U protočnom hidrološkom sustavu potoka Jankovac lentičke postaje zbog retencije vode omogućuju razvoj planktonske zajednice. Planktonske zajednice u jezerima, u zoni makrofita, predstavljaju vrlo produktivna staništa s velikom brojnošću i raznolikošću organizama. Staništa s makrofitima glavna su mjesta produkcije i omogućavaju stvaranje dovoljne količine hrane bentičkim organizmima nizvodno u protočnom sustavu.

7.0 LITERATURA

ABDERHALDEN E., 1931. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Urban & Schwarzenberg. Berlin. 776 pp.

ALLAN J. D., 1995. Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters. Chapman & Hall, New York.

APHA (1985) Standard methods for the examination of water and wastewater 16th. Ed. Amer. Pub. Health Assoc. New York. pp. 1268

BASU B.K. i PICK F.R., 1996. Factors regulating phytoplankton and zooplankton biomass in temperate rivers. *Limnol.Oceanogr.* 41(7): 1572-1577

BOGDAN K. G. i GILBERT J.J., 1987. Quantitative comparison of food niches in some freshwater zooplankton. *Oecol.* 72: 331-340

BRAUER A., 1961. Die Süßwasserfauna Deutschlands. Heft 14. Rotatoria, Gastrotricha. Verlag von J. Cramer. Weinheim.

BREITIG G. i TÜMPLING W. 1982. Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung. Band II: Biologische, mikrobiologische und toxikologische Methoden. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.

BROWN A. V. i BRUSSOCK P. P., 1991. Comparisons of benthic invertebrates between riffles and pools. *Hydrobiologia.* 220:99-108

DONNER J., 1965. Ordnung Bdelloidea (Rotatoria, Raedertiere). Akademie-Verlag. Berlin.

DUSSART B., 1967. Les Copepodes des eaux Continentals. Paris.

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

EJSMONT-KARABIN J., WEGLENSKA T., WISNIEWSKI R. J., 1993. The effect of water flow rate on zooplankton and its role in phosphorus cycling in small impoundments. *Wat.Sci.Tech.* 28 (6): 35-43

ELLIOTT J. M., 2002. Time spent in the drift by downstream-dispersing invertebrates in a Lake District stream. *Freshwater Biology.* 47: 97-106

ERIKSSON A.I., 2001. Longitudinal changes in the abundance of filter feeders and zooplankton in lake-outlet streams in northern Sweden. *Ann. Limnol.* 37 (3): 199-209

GERALDES A. M. i BOAVIDA M. J., 2004. What factors affect the pelagic cladocerans of the meso-eutrophic Azibo Reservoir. *Ann. Limnol.* 40 (2): 101-111

GILLER P. S. i MALMQVIST B., 1998. The biology of streams and rivers. Oxford University Press Inc., New York

GOLDMAN C.R. i KIMMEL B.L., 1978. Recent changes in the meromictic status of Big Soda lake, Nevada. *Limnology and Oceanography* 23: 1021 -1025

HABDIJA I., MEŠTROVIĆ M., MATONIČKIN R., PRIMC HABDIJA B. i CINDRIĆ Z., 2000. Current velocity and retention degree of detritus in moss mats as factors affecting the distribution of macroinvertebrates on the travertine barriers in karstic waters. *Limnol. Report.* 33: 245-250

ILLIES J., 1978. *Limnofauna Europaea*. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, New York. Swets & Zeitlinger B.V. Amsterdam.

KEROVEC M., 1988. *Ekologija kopnenih voda*. Hrvatsko ekološko društvo. Zagreb.

KIEFER F., 1978. *Das Zooplankton der binnengewässer*. 2. Teil. Bd. 26. Freilebende Copepoden. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.

KIRINČIĆ V., 2009. *Pronos sestona i makroinvertebrata na slapištima hidrosustava Plitvičkih jezera*. Diplomski rad PMF Sveučilišta u Zagrebu. 44 pp.

KUCZYŃSKA-KIPPEN N., 2005. On body size and habitat selection in rotifers in a macrophyte-dominated lake Budzyńskie, Poland. *Aquatic Ecology*. 39: 447-454

LAIR N. i REYES-MARCHANT P., 1997. The potamoplankton of the Middle Loire and the role of the "moving littoral" in downstream transfer of algae and rotifers. *Hydrobiologia*. 356: 33-52

LALIĆ I., 2007. *Funkcionalna organizacija zooplanktona u rukavcu rijeke Krapine*. Diplomski rad. Diplomski rad PMF Sveučilišta u Zagrebu. 31 pp.

MACIOLEK J.A., 1966. Abundance and character of microseston in a California mountain stream. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*16: 639-645

McLAY C., 1970. A theory concerning the distance travelled by animals entering the drift of a stream. *J.Fish. Res. Bord Can.* 27: 359-370

MIŠETIĆ S., 1985. *Dinamika populacija kolnjaka u planktonu šaranskih ribnjaka*. Doktorski rad Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

MONAHAN C. i CAFREY J.M., 1996. The effect of weed control practices on macroinvertebrate communities. *Irish Canals. Hydrobiologia*. 340: 205 – 211

NAIMAN R. J. i J.R. SEDELL., 1979. Characterization of particulate organic matter transported by some Cascade Mountain streams. *J. Fish. Res. Bd. Canada*. 36:17-31

NUSCH E.A., 1980. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Arch. Hydrobiol. Beih.* 14: 14-36

- PACE M. L., FINDLAY S. E.G., LINTS D., 1992. Zooplankton in advective environments: the Hudson River community and comparative analysis. *Can. J. Fish. Sci.* 49: 1060-1069
- PALACIOS-CACERES M. i ZOPPI DE ROA E., 1998. Variations in zooplankton richness in a flooding savanna of Venezuela, *Verth. Int. Ver. Limnol.* 26: 1989 -1993
- PETKOVSKI T., 1983. Crustacea-Copepoda. Fauna na Makedonija V. Prirodnoučeni muzej na Makedonija. Skopje.
- PRIMC-HABDIJA B., HABDIJA I., RADANOVIĆ I., 1998. Seasonal changes in trophic structure of periphytic ciliates in relation to discharge regime. *Verhandlung der Internationalen Vereinigung für Theoretische und angewandte Limnologie.* 26: 1116-1119
- RAMIREZ A. i PRINGLE C. M., 1998. Invertebrate drift and benthic community dynamics in a lowland neotropical stream, Costa Rica. *Hydrobiologia.* 386: 19-26
- REYNOLDS C. S. i DESCY J. P., 1996. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. *Arch Hydrobiol.* 113: 161--187
- RUTTNER-KOLISKO A., 1972. Rotatoria. In *Das zooplankton der Binnengewässer.* E. Schweizerbartische Verlagsbuchhandlung. Stuttgart. 99-234 pp.
- SALVEIT S. J., HAUG I., BRITAIN J. E., 2001. Invertebrate drift in a glacial river and its non-glacial tributary. *Freshwater Biology.* 46: 1777-1789
- SANDBLUND O. T., 1982. The drift of zooplankton and microzoobenthos in the river Strandaelva, western Norway. *Hydrobiologia.* 94: 33-48
- SCFEFFER M., 2001. Climatic Warming Causes Regime Shifts in Lake Food Webs. *Limnol. Oceanogr.* 46: 1780-1783
- SHANNON C. E. i WEAVER W., 1949. *The mathematical theory of communication.* University of Illinois Press, Urbana.
- SLUSS T. D., COBBS G. A., THORP, J. H., 2008. Impact of turbulence on riverine zooplankton: a mesocosm experiment. *Freshwater Biology.* 53: 1999-2010
- SMIRNOV N. N., 1971. Fauna SSSR. Rakoobrazniie (Chidroidae faunii mira). Izd. Nauka. Leningrad.
- STEINMANN P., 1915. *Praktikum der Süßwasserbiologie.* Teil 1: Die Organismen des fließenden Wassers. Borntraeger, Berlin. 1-184 pp.
- STEMBERGER R. S. i GILBERT J. J., 1984. Spine development in the *Keratella cochlearis*: induction by cyclopoid copepods and *Asplanchna*. *Freshwater Biology* 14: 639 – 647.
- STERBLE H. i KRAUTER D., 1973. *Das leben im Wassertropfen.* Kosmos. Stuttgart. 336 pp.
- SWANSON C. D. i BACHMAN R. W., 1976. A model of algal exports in some Iowa streams. *Ecology.* 57 (5): 1076-1080

ŠPOLJAR M., 1998. Fauna Rotatoria u hranidbenim lancima krških jezera. Magistarski rad. Sveučilište u Zagrebu.

ŠPOLJAR M., 2003. Pronos sestona u kaskadnom sustavu Plitvičkih jezera. Disertacija. Sveučilište u Zagrebu. 113 pp.

ŠPOLJAR M., HABDIJA I., PRIMC-HABDIJA B., SIPOS L., 2005. Impact of environmental variables and food availability on Rotifer assemblage in the karstic barrage lake Visovac (Krka River, Croatia). *Internat. Rev. Hydrobiol.* 90: 555-579

ŠPOLJAR M., HABDIJA I., PRIMC-HABDIJA B., 2007. The influence of lotic and lentic stretches on the zooseston flux trough Plitvice Lakes (Croatia). *Ann. Limnol.* 43: 29-40

VANNOTE R L., MINSHALL G. W., CUMMINS K. W., SEDELL J. R., CUSHING C. E., 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. aquat. Sci.* 37: 130-137

VOIGT M. i KOSTE W., 1978. Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Gebrüder Borntraeger. Berlin, Stuttgart.

WALLACE J. B., CUFFENEY T. F., GOLDOWITZ B.S., CHUNG K., LUGTHART G. J., 1991. Long-term studies of the influence invertebrate manipulations and drought on particulate organic matter export from headwater streams. *Vehr. Internat. Verein. Limnol.* 24: 1676-1680

WELKER M., WALZ N., 1998. Can mussels control the plankton in rivers?- A planktological approach applying a Lagrangian sampling strategy. *Limnol. Oceanogr.* 43 (5): 753-762

WILLIAMS D. D. i FELTMATE B. W., 1992. Aquatic Insects. CAB International, Wallingford, Oxon UK.

WILLIAM B. B., GLIME J. M., RIIS T., 2006. Macrophytes and Bryophytes. Chapter 18. In: Hauer, F. R. and Lamberti, G. A. *Methods in Stream Ecology*. Elsevier, Boston. 381-414 pp.

YOUNG R. G. i HURYN A. D., 1997. Longitudinal patterns of organic matter transport and turnover along a New Zealand grassland river. *Freshwater Biology.* 38:93-107