

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno matematički fakultet
Biološki odsjek

Matija Meseljević

UTJECAJ MAKROFITA NA BIORAZNOLIKOST PLITKIH JEZERA

Zagreb, 2009. godina

Ovaj rad izrađen je u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno matematičkog fakulteta, pod vodstvom doc.dr.sc. Marie Špoljar i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2008./09.

1.0 UVOD.....	4
1.1.1 Utjecaj makrofita na ekologiju jezera.....	6
1.1.2 Utjecaj abiotičkih i biotičkih čimbenika na razvoj zooplanktona.....	7
2.0 HIPOTEZA I CILJEVI RADA.....	8
3.0 MATERIJALI I METODE.....	9
3.1 Područje istraživanja.....	9
3.2 Uzimanje i analiza uzoraka zooplanktona.....	12
3.3 Određivanje fizičko-kemijskih čimbenika vode.....	16
3.4 Određivanje izvora hrane.....	17
3.5 Statistička analiza podataka.....	18
4.0 REZULTATI.....	18
4.1. Analiza fizičko-kemijskih čimbenika vode.....	19
4.2. Nutrijenti i izvori hrane za planktonske organizme litoralne zone.....	23
4.3. Kvalitativna i kvantitativna struktura zooplanktona u litoralnoj zoni.....	26
4.4. Trofička struktura zooplanktona u litoralnoj zoni.....	33
4.5 Rezultati analize podataka.....	35
5.0 RASPRAVA.....	38
6.0 ZAKLJUČAK.....	41
7.0 LITERATURA.....	43

1.0 UVOD

Ovaj rad obuhvaća istraživanje iz području ekologije plitkih jezera. Jezera su područja slatke vode, u kojima koncentracija soli obično ne prelazi vrijednost od 0,05 % (WETZEL, 1983). Bilo da se radi o umjetnim ili prirodnim jezerima, osim estetske vrijednosti, imaju i veliku ulogu u održavanju klime nekog područja. Naime, poznato je da voda ima svojstvo sporog zagrijavanja i sporog hlađenja, odnosno zadržavanja topline, čime jezera pomažu u smanjivanju oštrijih promjena klime. Jezera imaju veliku ulogu i u održavanju bioraznolikosti organizama, jer pružaju staništa brojnim nektonskim (ribe), planktonskim i bentoskim organizmima.

Problem današnjih jezera povezan je s procesom eutrofikacije. To je prirodan proces propadanja jezera, a vezan je uz porast koncentracije nutrijenata (orto-fosfata, nitrata), čime se povećava primarna produkcija, odnosno razvoj fitoplanktona, što utječe i na povećanu sekundarnu produkciju. U okolnostima normalne koncentracije kisika organska tvar pada na dno, dolazi do mineralizacije i oslobađanja novih količina nutrijenata za primarnu produkciju. Problemi nastupaju kada se nutrijenti potroše, nakon čega dolazi do kolapsa i smrti organizama. Tada se velike količine organske tvari talože na dno, gdje uslijed mineralizacije dolazi do potrošnje kisika što dovodi do hipoksije (smanjenja koncentracije kisika), a zatim anoksije (stanje bez kisika). Stoga, nerazgrađena organska tvar pada na dno, smanjuje dubinu jezera što pogoduje daljnjoj eutrofikaciji. Jezero na taj način postaje pliće, svjetlost prodire dublje čime se povećava stupac produkcije organske tvari i time ponovo raste broj organizama koji se talože na dno, ne dolazi do njihove mineralizacije te pridonose zatrpavanju jezera. Čovjek svojim poljoprivrednim djelatnostima, ulijevanjem otpadnih voda u jezero i crpljenjem vode za navodnjavanje

povećava koncentraciju nutrienata te time ubrzava eutrofikaciju. Ne možemo spriječiti eutrofikaciju, ali je možemo usporiti poznavanjem ekologije jezera i pravilnom zaštitom ekosustava.

U današnje vrijeme raste broj umjetnih jezera (ribnjaka, akumulacija i sl.) koja služe za potrebe čovjeka, bilo za uzgoj ribe kao hrane (akvakulturu) ili za usmjeravanje tokova rijeka za dobivanje energije putem hidroelektrana. Zbog toga je ovo istraživanje provedeno na jezerima koja su pod utjecajem čovjeka, oba sa svrhom uzgoja ribe, a to su: rukavac rijeke Krapine i umjetno ujezerenje potoka Jankovac u Parku prirode Papuk. Time se želi ukazati da i umjetna jezera, ako se pravilno održavaju, mogu predstavljati stabilan ekosustav s velikom bioraznolikošću biljnih i životinjskih zajednica.

Za bolje razumijevanje ekologije sustava, treba promatrati akcijske (utjecaj ekoloških faktora na biološke procese na razini vrste, populacije i zajednice), reakcijske (djelovanje bioloških procesa žive tvari na ekološke faktore) i koakcijske (proces djelovanja između pojedinih komponenti životnih zajednica) odnose žive i nežive komponente. Litoralna zona jezera je dobar primjer staništa za praćenje međusobnih odnosa životinjskih i biljnih organizama te utjecaja abiotički čimbenika na njih. Litoralna zona stajaćica obuhvaća područje kontinentske podine, a prostire se do dubine od oko 200 m. Ova zona predstavlja heterogeno područje u odnosu na zonu slobodne vode zbog velike raznolikosti mikrostaništa. Često ju obilježavaju zajednice makrofita ili vodene vegetacije koju čine biljke prilagođene životu u vodi. Ovdje nalazimo raznolike životne zajednice planktona (funkcionalna zajednica organizama koji su morfološki i fiziološki prilagođeni životu u slobodnoj vodi), bentosa (zajednice biljnih i životinjskih organizama koji žive na dnu) i perifitona (zajednica mikroskopskih organizama prihvaćenih za podlogu, sastavljena od algi, bakterija, glijivica, praživotinja i sitnih mnogostaničnih životinja.). U ovom radu, istraživanja su bila usmjerena na životne zajednice planktona i epifitona. Epifitske zajednice sastavljene su od alga, protozoa, bakterija mikroskopskih metazoa te organskih tvari, a nalaze se kao obraštaj na biljnim organizmima.

1.1 BIOCENOLOŠKE KOMPONENTE ZOOPLANKTONA LITORALNE ZONE JEZERA

Glavne biocenološke komponente jezerskog zooplanktona su: kolnjaci (Rotifera) i rakovi rašljoticalci (Cladocera) i veslonošci (Copepoda). S obzirom na veličinu tijela kolnjaci pripadaju veličinskoj kategoriji mikrozooplanktona (50 - 500 μm), a rašljoticalci i veslonošci makrozooplanktonu (0,5 - 5 mm). Osim njih u planktonu je brojna i raznolika skupina praživotinja (Protozoa) zastupljena s trepetljikašima (Ciliophora), bičašima (Mastigophora) i sluzavcima (Sarcodina) iz razreda okučeni (Testacea) i sunašca (Heliozoa).

1.1.1 Utjecaj makrofita na ekologiju jezera

Makrofiti imaju višestruki utjecaj na ekologiju jezera. Možemo razlikovati emernu vodenu vegetaciju koja raste u vodi, ali neki dijelovi se nalaze i iznad površine te submerznu vegetaciju koja je u cijelosti pod vodom. Zajednice vodenih makrofita imaju veliki utjecaj u očuvanju fizičke stabilnosti litoralne zone. One mogu reducirati suspenziju sedimenta i proces erozije, reducirajući tako i koncentraciju anorganskih soli u vodi, a time i eutrofikaciju (HORPPILA i NURMINEN, 2005, SCHUTTEN i sur., 2005). Drugo, makrofite za izgradnju svoje biomase vežu nutrijente, čineći ih tako nedostupnima za fitoplankton, sprečavajući njegov nekontroliran rast, a time također smanjuju eutrofikaciju. Treće, zajednice vodenih makrofita predstavljaju mikrostaništa u kojima zooplanktonske vrste nalaze utočište od predatora (ličinki riba, malih riba i ličinki kukaca). Mikrostaništa se nalaze u području rizosfere, stabljike i listova te između različitih vrsta makrofita koje prekrivaju vodenu površinu ili dno, a vrsta, oblik i starost makrofita utječu na raznolikost zooplanktonskih vrsta (DUGGAN, 2001). Naime, neke makrofite svojim oblikom pogodnije su za naseljavanje epifitona koji je važan izvor hrane za planktonske organizme litoralnog područja (BOGDAN i GILBERT, 1987; MONAHAN i sur., 1996). S druge strane, starije biljke su razgranatije iz čega proizlazi da

pružaju veću površinu za naseljavanje epifitona. Što je više epifitona, više je i zooplanktona koji se njime hrani. Na taj način makrofite imaju indirektan utjecaj na ponudu hrane te na kvalitativnu i kvantitativnu strukturu zooplanktonskih organizama litoralnog područja (DUGGAN, 2001).

Preporuča se da oko 50 % površine litoralne zone treba biti prekriveno makrofitama kako bi imale dobar utjecaj na očuvanje fizičke stabilnosti obale, kruženje hranjivih tvari i bioraznolikost organizama (LAU i LANE, 2002).

Od abiotičkih čimbenika za pokrivenost dna vodenim makrofitima važna je prozirnost vode. Ona utječe na dubinsku distribuciju makrofita. Ako je prozirnost vode mala, to će imati negativan utjecaj na pojavu makrofita na dnu. U tom slučaju svjetlost koja je neophodna za razvoj i rast makrofita, ne dopire do dna. Time se smanjuje postotak površine litoralne zone koja je prekrivena makrofitama (MARTIN SØNDERGAARD i sur., FELDMANN i NÖGES, HATERD i HEERDT, 2007).

1.1.2 Utjecaj abiotičkih i biotičkih čimbenika na razvoj zooplanktona

Horizontalna i vertikalna raspodjela zooplanktona ovisi o abiotičkim i biotičkim čimbenicima. Abiotički čimbenici koji značajno utječu na brojnost i raznolikost zooplanktona su: temperatura, koncentracija kisika, nutrijenti (orto-fosfati, nitrati) te koncentracija klorofila *a* (*chl a*) (AZEVEDO i BONECKER, 2003). Ovi čimbenici utječu na trofički status ekosustava, najprije na razvoj fitoplanktona koji je primarni proizvođač organske tvari i hrana sekundarnim producentima, zooplanktonu (HORPPILA i NURMINEN, 2001; ARORA i MEHRA, 2003). Zooplankton na taj način smanjuje biomasu fitoplanktona što povoljno utječe na usporavanje procesa eutrofikacije.

Od biotičkih čimbenika kompeticija i predacija najviše utječu na kvalitativni i kvantitativni sastav zooplanktona. Planktonske skupine kolnjaka i rašljoticalaca zauzimaju istu ekološku nišu stoga su im populacije u kompeticiji za životni prostor i hranu (alge, bakterije, suspendirane i otopljene organske tvari). Skupina kolnjaka je kompetitivno inferiorna u odnosu na rašljoticalce iz dva razloga. Prvo, rašljoticalci

konzumiraju hranu puno šireg veličinskog spektra zbog čega imaju veću ponudu hrane. Drugo, stopa filtriranja hrane iz vode viša je kod mnogih mikrofiltratorskih rakova nego kod skupine kolnjaka (GILBERT, 1988). Kompeticija za zajedničke izvore hrane između rotifera i rašljoticalaca, tzv. eksploatacijska kompeticija, rezultira supresijom rotifera u zoni slobodne vode (WICKHAM i GILBERT, 1980). Međutim, skupina rotifera pokazuje prilagodbu, a to je migriranje u litoralnu zonu, gdje nalaze druge izvore hrane, čime se kompeticija smanjuje. Predatorstvo je drugi važan čimbenik koji utječe na kvalitativnu i kvantitativnu strukturu planktonske zajednice. Predatori zooplanktona dijele se na vizulane tipove (ribe i njihove ličinke) te na taktilne tipove (ličinke nekih kukaca, brojni rakovi iz skupine Copepoda) (STEMBERGER i GILBERT, 1984, DUGGAN, 2001). Kolnjaci su razvili nekoliko mehanizama obrane od predatora kao npr. morfološki izgled, bijeg te druge načine izbjegavanja potencijalnih predatora (STEMBERGER i GILBERT, 1987a). Zbog prozirnosti tijela, Rotifera su manje uočljivi za ribe. Neki od njih imaju loriku, na kojoj se nalaze bodlje ili dugi nastavci, koja im pruža zaštitu od taktilnih predatora (STEMBERGER i GILBERT, 1984). Neki Rotifera povećavaju dužinu svojih bodlji ili ih stvaraju naknadno zbog prisutnosti topljivih tvari u vodi koju stvaraju avertebratni predatori (STEMBERGER i GILBERT, 1984, 1987b). Kod Rotifera osim trajnih ili prolaznih morfoloških varijacija postoje i drugi zaštitni mehanizmi od predatora: kretanje brzim skakanjem (*Hexarthra*, *Polyarthra*, *Filinia*), brzi rast populacije, vertikalne migracije, stvaranje kolonija i sl.

2.0 HIPOTEZA I CILJEVI RADA

U ovom radu analizirana je zooplanktonska zajednica između emerznih makrofita u rukavcu rijeke Krapine te submerznih makrofita u akumulaciji potoka Jankovac (Park prirode Papuk). Osnovna hipoteza ovog rada bila je da se kvalitativni i kvantitativni sastav zooplanktona razlikuje u litoralnoj zoni stajaćica s različitim vrstama/građom habitusa i različitom zastupljenošću makrofita. Na temelju hipoteze izvodim sljedeće pretpostavke:

1. kvalitativni i kvantitativni sastav zooplanktona razlikuje se ovisno o gustoći i arhitekturi stabljika vodenih makrofita;

2. količina raspoložive hrane uzrokuje razlike u trofičkoj strukturi zooplanktona između dva jezera.

Ciljevi istraživanja bili su sljedeći:

1. utvrditi sezonske promjene kvalitativnog i kvantitativnog sastava zooplanktona litoralne zone stajaćica;
2. analizirati sezonske promjene i utjecaj fizičko-kemijskih parametara, nutrijenata i izvora hrane na sastav i trofičku strukturu zooplanktona;
3. utvrditi razlike u sastavu zooplanktona proizašle iz različite građe habitusa i zastupljenosti makrofita litoralne zone.

3.0 MATERIJALI I METODE

3.1 Područje istraživanja

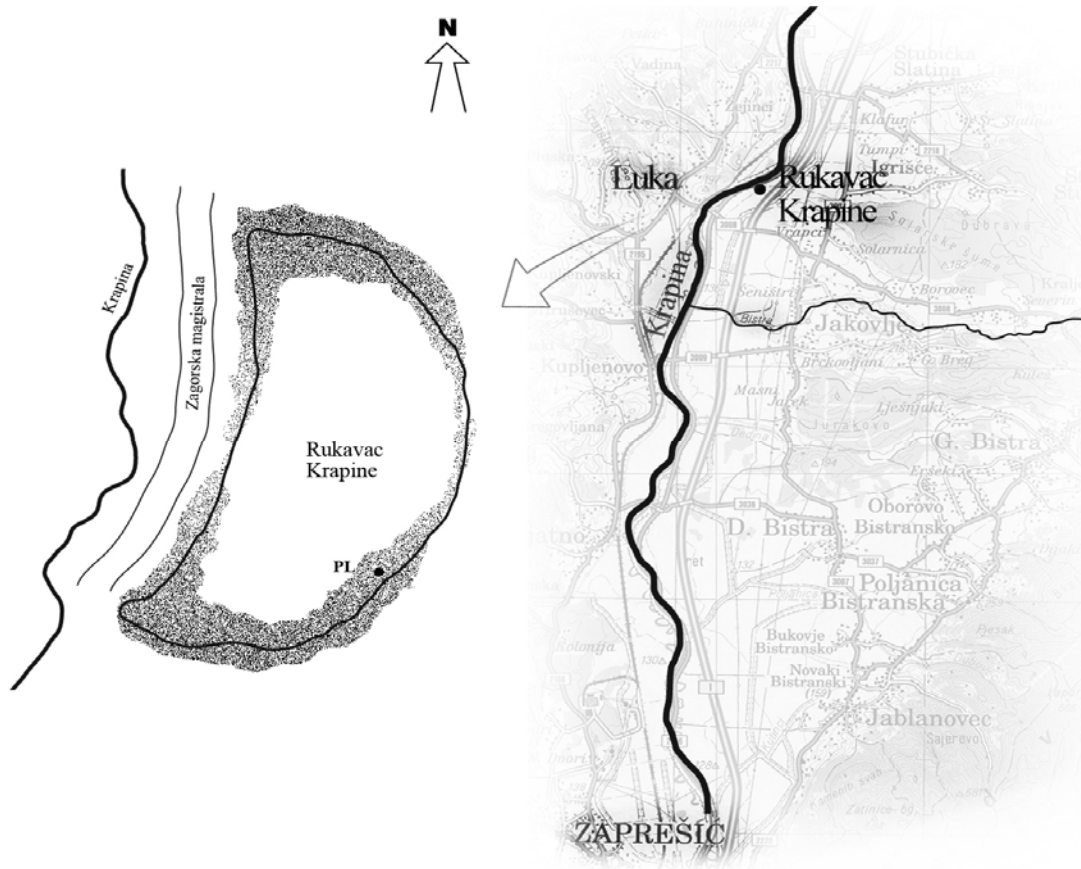
Područja na kojima su uzimani uzorci za ovaj rad smještena su u poribljenom rukavcu rijeke Krapine (PL) i ujezerenju potoka Jankovac (JM), u Parku prirode Papuk. Oba istraživana područja su vodena tijela antropogenog porijekla s različitom zastupljenošću vodenih makrofita. U poribljenom rukavcu rijeke Krapine emerzne makrofite prisutne su samo u uskoj priobalnoj zoni, dok je u akumulaciji potoka Jankovac širi pojas priobalne emerzne vegetacije, a submerzne makrofite prekrivaju dno (tablica 1).

Tablica 1. Morfometrija i obilježja makrofita istraživanih vodenih ekosustava rukavca Krapine (PL) i akumulacije potoka Jankovac (JM)

	PL	JM
Opis postaje	rukavac, nije povezan s rijekom	akumulacija potoka
Duljina (m)	150	168
Širina (m)	37	52
Površina (ha)	1	1
Maksimalna dubina (m)	4	1,9
Prozirnost _{Secchi disk} (m)	0,3-1,2	1,9
Granulometrija čestica dna	mulj	mulj
Geološka podloga	aluvij (šljunak, pijesak, silt, glina)	permotrijaski i donjetrijaski pješčenjaci i siliti
Vodena vegetacija	emerzna	emerzna i submerzna
Prekrivenost dna vodenom vegetacijom	0%	50-70%

Rukavac rijeke Krapine

Poribljani rukavac rijeke Krapine smješten je uz Zagorsku magistralu između mjesta Luka i Veliko Trgovišće. Rukavac je nastao nakon izgradnje magistrale krajem 50-ih godina prošlog stoljeća, kada je ostao odsječen od riječnog toka (sl.1). Opća klasifikacija stajaćica opisuje ovakve rukavce kao vodena tijela antropogenog porijekla, većinom plitka i općenito bez izražene termičke stratifikacije (RIGLER i PETERS, 1995). Razina vode u rukavcu ovisi o razini vode u rijeci Krapini s kojom je povezana podzemnim vodama te o oborinama. Razina vode u rukavcu oscilirala je tijekom istraživanja, a najniža razina vode zabilježena je ljeti. U rukavac se slijevaju i vode okolnog obradivog zemljišta, koje zatim ispiranjem postaju jedan od izvora nutrijenata u rukavcu. Najveći broj ribljih vrsta u rukavcu pripada porodici šaranki (Cyprinidae). Najbrojnije vrste riba bile su: šaran, som, štika, deverika. Uzorci vode za analizu osnovnih limnoloških parametara i planktona uzimani su u zoni litoralnog područja (postaja PL) u kojoj su bile prisutne slijedeće vrste emerznih makrofita: močvarna perunika (*Iris pseudacorus*), šaš (*Carex sp.*), rogoz (*Typha latifolia*).

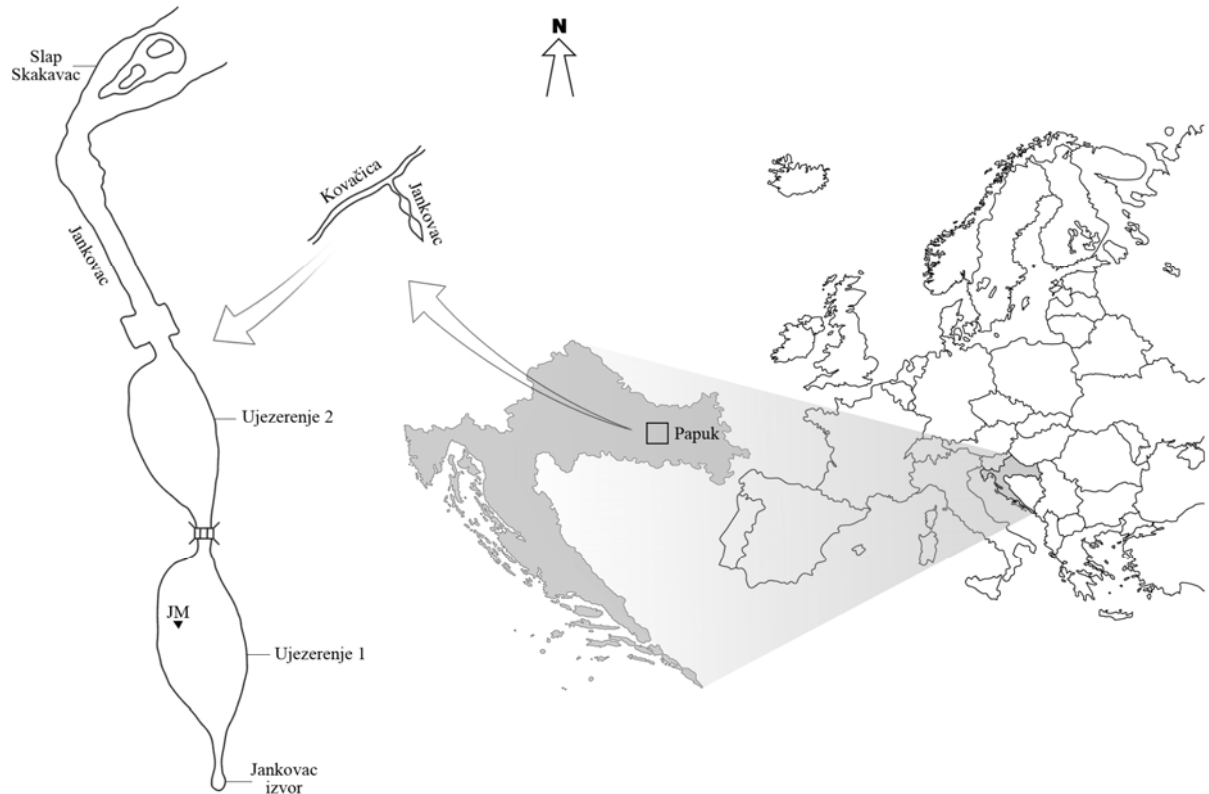


Slika 1 Shematski prikaz ustraživanog područja rukavca rijeke Krapine, postaja PL

Akumulacija potoka Jankovac

Potok Jankovac smješten je na nadmorskoj visini od 475 m. Grof Josip Janković u XIX stoljeću, u sklopu korita potoka, uređuje dva protočna jezera za uzgoj pastrva te za vodoopskrbu 30 m visokog slapa Skakavac. Slika 2 daje shematski prikaz potočnog toka. Osnovno obilježje potoka je regulacija velikog dijela njegova toka (dva umjetna jezera, betonski bazen i dio korita potoka). Jedino su izvorišni dio i slap sačuvani u originalnom obliku. Prvo nizvodno jezero poslužilo je kao drugo područje istraživanja (JM). U litoralnoj zoni umjetnog jezera od vaskularne vegetacije u pojasu 2 m od obale nalaze se emerzne makrofite iz rodova *Scirpus* i *Carex*, žuta perunika (*Iris pseudacorus*) i rogoz

(*Typha latifolia*), a od submerznih makrofita jezersko dno prekriveno je plivajućim mrijesnjakom (*Potamogeton natans*) i običnim borkom (*Hippuris vulgaris*).



Slika 2 Shematski prikaz istraživanog područja akumulacije potoka Jankovac, postaja JM

3.2 Uzimanje i analiza uzoraka zooplanktona

Slika 3 prikazuje program sakupljanja uzoraka i njihovu laboratorijsku obradu. Uzorci vode za analizu zooplanktona te kemijsku analizu vode u rukavcu rijeke Krapine (postaja PL) i ujezerenju potoka Jankovac (postaja JM) uzimani su u proljetnom (travanj, svibanj i lipanj) i ljetnom razdoblju (srpanj, kolovoz, rujan). Na postaji PL uzorci su uzimani od travnja do rujna, s tim da su uzorci u svibnju, lipnju i srpnju sakupljeni dva puta mjesečno u razmaku od dva tjedna, dok su u ostalom istraživanom razdoblju uzimani jednom mjesečno. Na postaji JM uzorkovanja su provedena u razdoblju od svibnja do listopada,

jednom mjesečno. Za sakupljanje uzoraka zooplanktona profiltrirano je 30 litara vode kroz planktonsku mrežu promjera oka 26 μm . Na oba istraživanja područja uzimana su po dva uzorka, jedan za određivanje kvalitativnog i kvantitativnog sastava zooplanktona, a drugi za određivanje sadržaja organskih tvari.

Svi uzorci dopremljeni su u laboratorij u prenosivom hladnjaku. Uzorci su pregledani na svjetlosnom mikroskopu oznake Zeiss radi kvalitativne determinacije vrsta, a zatim su fiksirani u 4 % formalinu. Fiksirani uzorci centrifugirani su na 1000 okretaja u minuti, u trajanju od 5 minuta, tako da je njihov volumen sveden na 10 - 15 mL. Za kvantitativnu analizu, svaki uzorak je izbrojan u tri poduzorka. Brojnost populacija zooplanktona izražavana je brojem jedinki po litri (jed/L).

Biološka raznolikost zooplanktonske zajednice određivana je kao Shannon-Weaverov indeks raznolikosti (SHANNON & WEAVER, 1949):

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

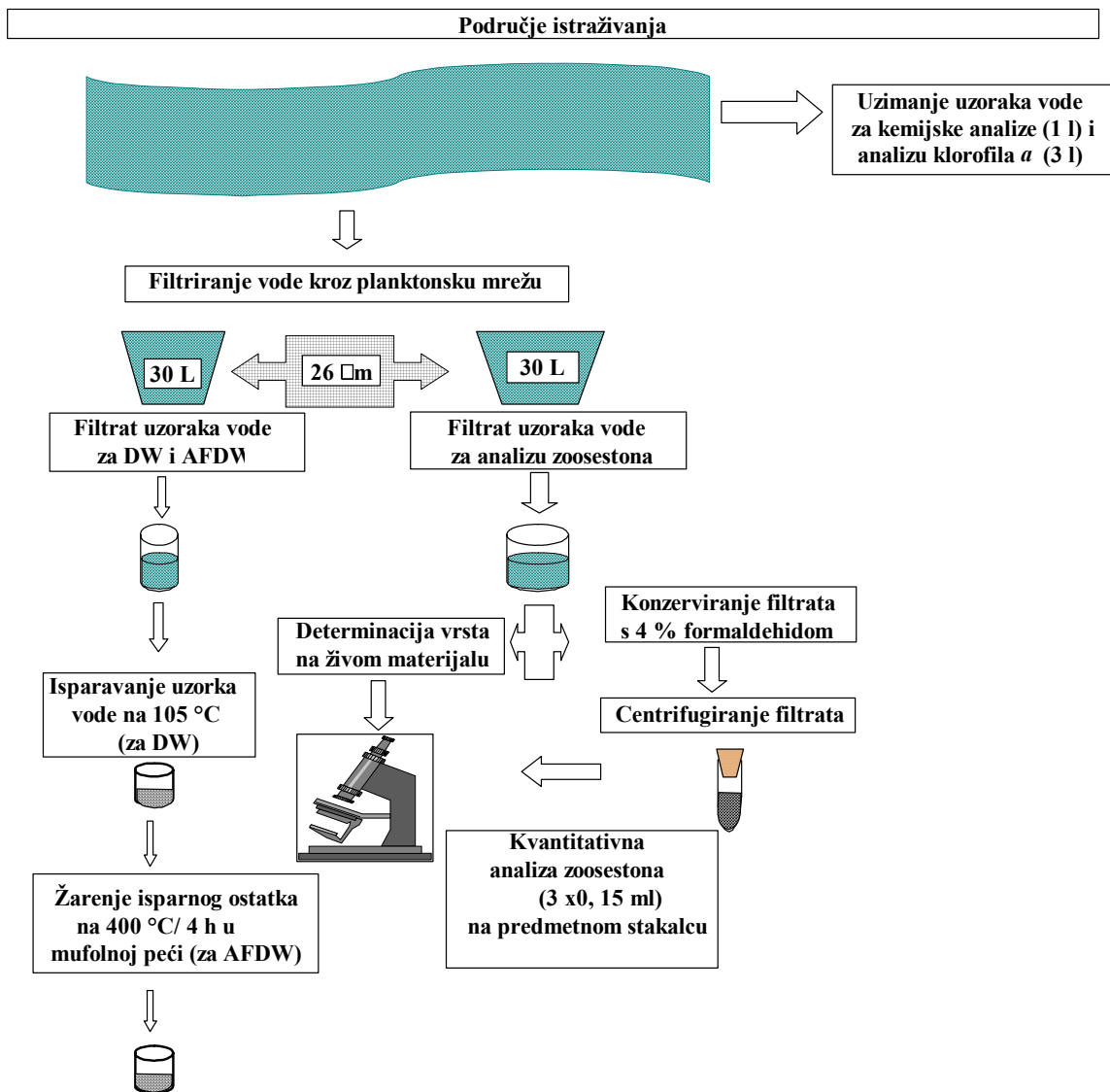
gdje je:

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

n_i = brojnost vrste i u uzorku

N = ukupna brojnost u uzorku

s = broj vrsta



Slika 3 Program sakupljanja uzoraka i njihova laboratorijska obrada

Za determinaciju vrsta Rotifera korišten je ključ VOIGT i KOSTE (1978). Svi monogonontni rotifera određeni su uglavnom do vrste. Izuzetak su vrste roda *Polyarthra* koje su zbog teškoća u determinaciji određene do roda. Bdelloidni rotifera su izbrojani, ali nisu determinirani. Rakovi iz skupine Cladocera determinirani su prema ključu AMOROS (1984), a za determinaciju Copepoda koristio sam ključ EINSLE (1993).

Trofička struktura rotifera određena je prema KARABINU (1985). S obzirom na veličinu i vrstu čestica hrane te tipu žvačnjaka rotifera su podjeljeni na slijedeće podskupine:

A) Mikrofiltratori – sedimentatori:

1. osnovna hrana za predstavnike ove podskupine je bakterijsko-detritusna suspenzija, veličina takvih čestica ne prelazi nekoliko μm u promjeru. Tipične vrste su *Keratella cochlearis* i *Brachionus angularis*;
2. ova se podskupina osim bakterijsko-detritusnom suspenzijom hrani i malim algama tipičnim za eutrofiju. Predstavnici su ostale vrste roda *Brachionus*;
3. vrste ove skupine hrane se nanofitoplanktonom veličine do 20 μm . Na primjer, vrsta *Keratella quadrata*.

B) Makrofiltratori:

4. hranu ove podskupine sačinjavaju male mrežne alge, uključujući nitaste alge te nerijetko i animalna hrana. Rod *Trichocerca*;
5. predstavnici ove podskupine hrane se nanofitoplankton i mrežnim algama s maksimalnom veličinom čestica $> 50 \mu\text{m}$. Rod *Synchaeta*;
6. hranu ovim vrstama sačinjavaju samo nanofitoplanktonske alge maksimalne veličine 20 do 30 μm . Tu se ubrajaju vrste rod *Polyarthra*;
7. ovoj podskupini pripadaju visokospecijalizirane vrste odvojenog trofičkog statusa rodova *Ascomorpha*, *Gastropus* koje se hrane pretežno raznim dinoflagelatima npr. iz roda *Peridinium*.

C) Predatori:

Iako su fakultativni predatori rodovi *Asplanchna* i *Ploesoma* spadaju u ovu treću podskupinu trofičkih tipova.

Planktonski rakovi iz skupina Cladocera i Copepoda podijeljeni su s obzirom na mehanizam sakupljanja hrane u slijedeće hranidbene tipove:

I "Neučinkoviti" mikrofiltratori, hrane se česticama veličine 2 do 5 μm , bakterijama i detritusom. Predstavnik je npr. *Bosmina longirostris*.

II "Učinkoviti" mikrofiltratori, veličina čestica hrane 10 do 12 μm , s većinskim udjelom Nanofitoplanktona. U toj skupini se nalaze *Daphnia cuculata* i *D. longispina*.

III Makrofiltratori se hrane česticama veličine od 4 do 5 μm do 40 do 50 μm , a glavčinu

Hrane čini nanofitoplankton. Ovoj skupini pripadaju različiti razvojni stadiji Copepoda i vste roda *Eudiaptomus*.

IV Obligatni predator je vrsta *Leptodora kindtii*, dok su neki razvojni stadiji Copepoda i adultni Cyclopoida fakultativni predatori.

3.3 Određivanje fizičko-kemijskih čimbenika vode

Uzorci vode uzimani su u plastičnim bocama od 1 L radi ispitivanja fizikalno-kemijskih čimbenika.

Fizičko-kemijska analiza vode obuhvaćala je mjerenje sljedećih čimbenika:

- temperatura vode (°C, živin termometar)
- stupanj prozirnosti vode (m, Secchi diskom)
- koncentracije otopljenog kisika (mg O₂/L, oksimetar oznake WTW OXI 96)
- koncentracija slobodnog CO₂ (mg CO₂/L)
- pH vrijednosti (pH-metar marke WTW, 330i),
- konduktivitet (μS/cm, konduktometar marke Hach Sension 5), ukupno otopljene tvari (eng. total dissolved soil (TDS), konduktometar marke Hach Sension 5)
- koncentracije orto-fosfata (mg P-PO₄³⁻/L)
- koncentracije nitrata (mg N-NO₃⁻/L)
- tvrdoća (mg CaCO₃/L)
- Alkalitet (mg CaCO₃/L).

Temperatura vode, stupanj prozirnosti jezera, koncentracija slobodnog CO₂, pH vrijednost, TDS vrijednosti i konduktivitet mjereni su na terenu. Konduktivitet se definira kao sposobnost vodene otopine za provođenje struje, a određen je brojem prisutnih aniona i kationa te njihovom pokretljivošću. TDS (ukupno otopljene tvari) se definira kao masa svih otopljenih tvari (minerali, soli, anioni, kationi, suspendirane čestice) u volumenu vode (mg/L).

Koncentracija otopljenog kisika mjerena je oksimetrom (WTW OXI 96) . Alkalinitet ukazuje na sadržaj karbonatnih (CO_3^{2-}), bikarbonatnih (HCO_3^-) i hidroksidnih (OH^-) aniona. Alkalitet je određen titrimetrijski s otopinom 0.1 M HCl uz metilorange kao indikator do završne točke titracije kod $\text{pH} = 4.3$. Ukupna tvrdoća analizirana je kompleksometrijskom metodom s otopinom EDTA (kompleksal B, Kemika) uz do dodatak indikatorske pufer tablete do završne točke titracije. Za sva spektrofotometrijska mjerenja koristio sam spektrofotometar oznake HATCH Koncentracija orto-fosfata određivana je metodom s amonij-molibdat reagensom (APHA, 1985). Amonij-molibdat reagira u kiselom mediju ($\text{pH} < 1$) s fosfatima i stvara molibdofosforu kiselinu. Nastala kiselina reducira se s kositar-kloridom i daje intenzivno fosfomolibdensko plavilo. Intenzitet obojenja mjereno je na spektrofotometrijski na valnoj dužini 690 nm. Koncentracija nitrata određena je pomoću metode s natrijevim salicilatom spektrofotometrijski na valnoj dužini 420 nm.

3.4 Određivanje izvora hrane

Izvori hrane zooplanktonskim organizmima su: alge, suspendirana (organska tvar i bakterije) i otopljena organska tvar. Za procjenu algi u planktonu određivana je koncentracija klorofila *a* (chl *a*) dok je za procjenu količine suspendirane organske tvari mjereno gubitak pri žarenju (eng. *ash free dry weight*, AFDW). Kao indikacija za koncentraciju otopljene organske tvari koristila se metoda kemijske potrošnje kisika iz kalijevog permanganata ($\text{KPK}_{\text{KMnO}_4}$).

Uzorci planktona za određivanje koncentracije suspendirane organske tvari, sakupljeni filtriranjem vode kroz planktonsku mrežu, sušeni su na temperaturi od 104°C /4 h (suhi ostatak), izvagani te žareni u mufolnoj peći na 600°C /6 h (žareni ostatak). Iz razlike suhog i žarenog ostatka izračuna se količina organske tvari ili gubitak pri žarenju, AFDW (mg/m^3).

Kao relativni pokazatelj koncentracije otopljene organske tvari (engl. *dissolved organic matter*, DOM) primijenjuje se oksido-redukcijska metoda kemijske potrošnje kisika (KPK) iz kalij-permanganata. Ova se metoda zasniva na kemijskoj reakciji u kojoj jako oksidativno sredstvo (KMnO_4) oksidira organsku tvar otopljenu u vodi. Količina utrošenog kisika ekvivalenta je količini otopljene organske tvari.

Na terenu je za određivanje koncentracije klorofila *a* (chl *a*), osnovnog fotosintetskog pigmenta za većinu autotrofnih algi, uzeto 3 L vode. Za procjenu fitoplanktona mjerena je koncentracija klorofila *a* metodom etanolske ekstrakcije (NUSH, 1980). Absorbancija uzoraka određivala se spektrofotometrijski (HACH DR/2000), na valnoj dužini apsorpcijskog maksimuma Chl *a* kod 665 nm.

3.5 Statistička analiza podataka

Za statističku obradu podataka korištene su metode iz programa Statistica 6.0 (STATSOFT INC., 2000). U obradi podataka koristio se neparametrijski Mann-Whitney U test za usporedbu dviju nezavisnih varijabli prilikom utvrđivanja stupnja signifikantnosti sezonskih i prostornih razlika uzoraka planktona. Za utvrđivanje signifikantnosti relacije između organizama i okolišnih čimbenika koristio se Pearsonov koeficijent korelacije (*r*). Za izračunavanje Shannon-Weaverovog indeksa raznolikosti koristio se program Ecological Methodology (KREBS, 2000). Grafički i tabelarni prikazi izrađeni su u programu Microsoft Excel 5.0 (MICROSOFT CORPORATION, 1997).

4.0 REZULTATI

U ovom poglavlju bit će prikazani podaci dobiveni istraživanjem u poribljenom rukavcu rijeke Krapine (PL) te u akumulaciji potoka Jankovaca (JM).

4.1. Analiza fizičko-kemijskih čimbenika vode

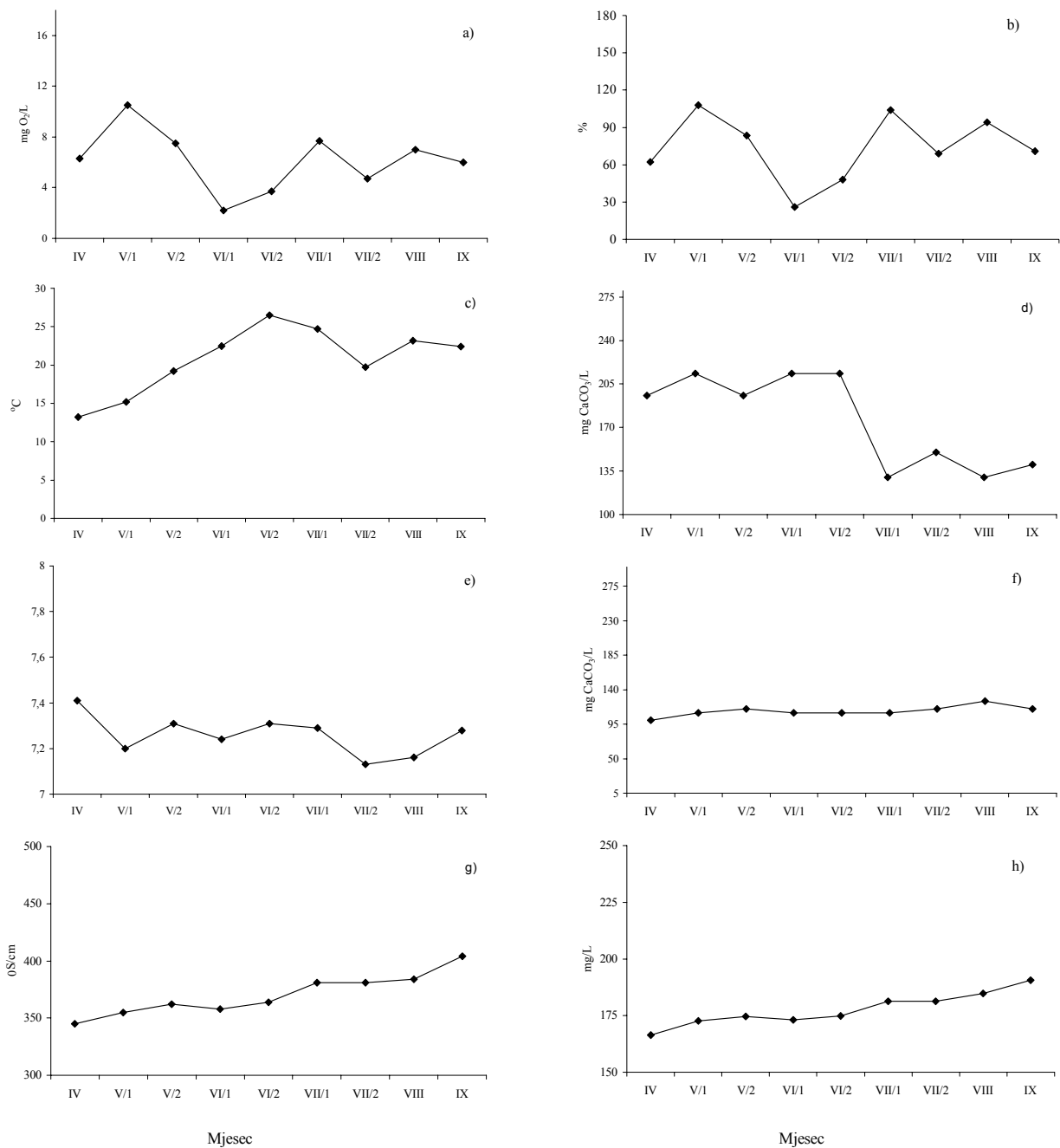
Rukavac rijeke Krapine

Koncentracija otopljenog kisika i zasićenje kisikom. Vrijednosti koncentracije i zasićenja kisikom bile su više u ranoproljetnom razdoblju u odnosu na ostatak istraživanog razdoblja. Najveći pad vrijednosti kisika sa 7,50 na 2,20 mg O₂/L zabilježen je u razdoblju od kraja svibnja do sredine lipnja (sl. 4a,b).

Temperatura vode. U proljetnom razdoblju temperatura vode imala je trend postepenog rasta, od 13,2 °C, do maksimalne vrijednosti tijekom istraživanog razdoblja od 26,5 °C krajem lipnja. U ljetnom razdoblju temperature su se kretale oko srednje vrijednosti od 22,5 °C (sl. 4c).

Ukupna tvrdoća, pH, alkalitet. Srednja vrijednost ukupne tvrdoće od u proljetnom razdoblju, 206,5 mg CaCO₃/L, bila je veća od iste vrijednosti u ljetnom razdoblju od 137,5 mg CaCO₃/L (sl. 4d). Nakon maksimalne pH vrijednosti od 7,41 početkom proljeća, vrijednosti ovog parametra oscilirale su od 7,13 do 7,29 (sl. 4e). Vrijednosti alkaliteta minimalno su oscilirale tijekom istraživanog razdoblja i kretale su se oko srednje vrijednosti od 112,22 mg CaCO₃/L (sl. 4d).

Konduktivitet i ukupno otopljene tvari (TDS). Vrijednosti konduktiviteta i ukupno otopljenih tvari bile su u stalnom porastu tijekom istraživanog razdoblja (sl. 4g,h).



Slika 4 Sezonske promjene fizičko-kemijskih parametara tijekom istraživanog razdoblja na postaji PL : a) koncentracije otopljenog kisika (mg/L), b) zasićenja kisikom (%), c) temperature (°C), d) ukupne tvrdoće (mg CaCO₃/L), e) pH, f) alkaliteta (mg CaCO₃/L), g) konduktiviteta (μS/cm) i h) ukupno otopljenih tvari, TDS (mg/L)

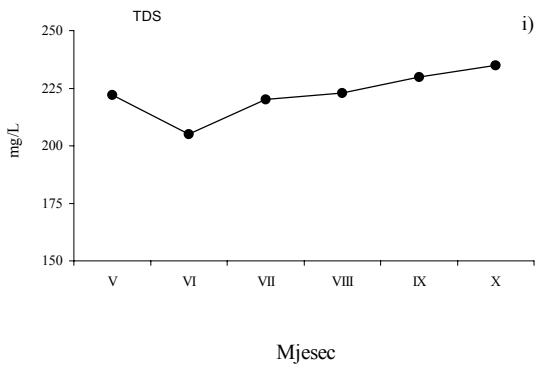
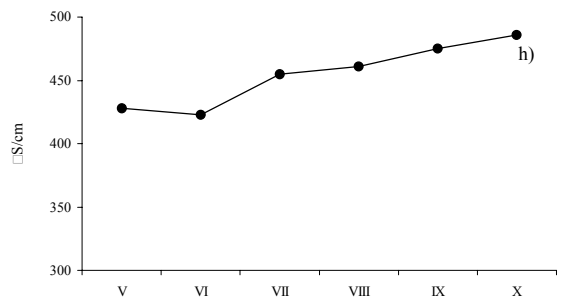
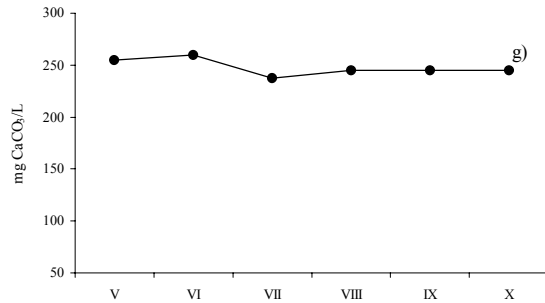
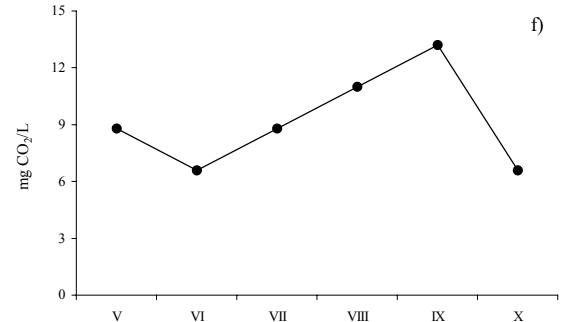
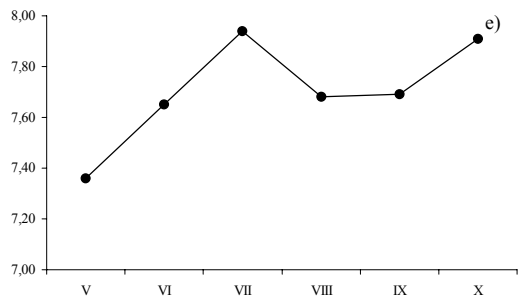
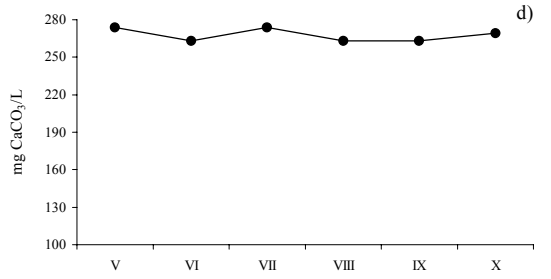
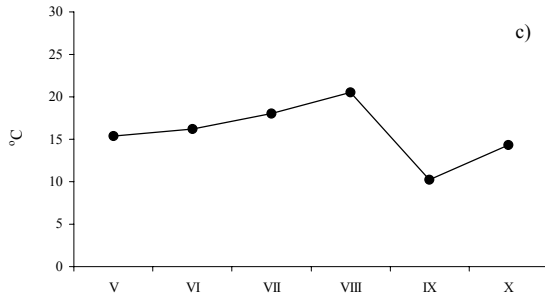
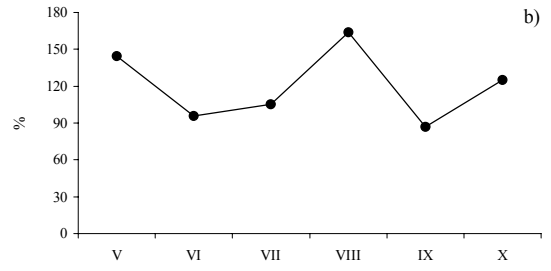
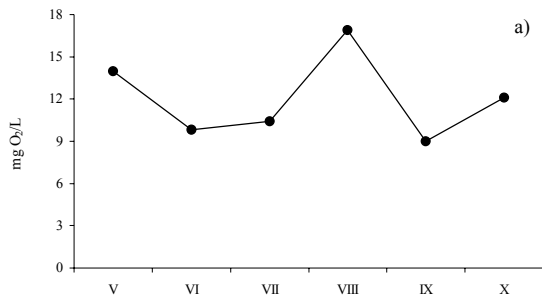
Akumulacija potoka Jankovac

Koncentracija otopljenog kisika i zasićenje kisikom. Vrijednosti otopljenog kisika i zasićenja kisikom opisuju slične oscilacije i stalno su varirale tijekom istraživanog razdoblja. Maksimalne vrijednosti otopljenog kisika (zasićenja kisikom) zabilježene su u kolovozu, 16,9 mg O₂/L (164 %), a minimalne u rujnu, 9,0 mg O₂/L (87 %)(sl. 5a,b).

Temperatura vode. Od svibnja do kolovoza temperatura vode je imala postepeni rast od 15,4 °C do najviše vrijednosti od 20,5 °C. Nakon tog razdoblja uslijedio je znatan pad temperature (sl. 5c).

Ukupna tvrdoća, slobodni CO₂, pH, alkalitet. Vrijednosti ukupne tvrdoće oscilirale su tijekom istraživanog razdoblja u rasponu od 263 mg CaCO₃/L i do 274 mg CaCO₃/L (sl. 5d). Koncentracije slobodnog CO₂ rasle su od proljeća do kraja ljeta, nakon čega je u listopadu uslijedio pad s maksimalne vrijednosti, 13,2 mg CO₂/L, na minimalnu, 6,6 mg CO₂/L (sl. 5e). Nakon minimuma u ranoproljetnom razdoblju (7,36), pH vrijednost je rasla do sredine ljeta nakon čega se vrijednost ovog parametra kretala oko srednje vrijednosti od 7,76 (sl. 5e). U proljetnom razdoblju zabilježene su više vrijednosti alkaliteta u odnosu na ljetno i ranojesensko razdoblje kada su se vrijednosti alkaliteta ustabilile na 245 mg CaCO₃/L (sl. 5g).

Konduktivitet i ukupno otopljene tvari (TDS). Slike 5h i 5i pokazuju tijekom istraživanja stalan porast vrijednosti konduktiviteta i TDS od proljetnog prema ranojesenskom razdoblju.



Slika 5 Sezonske promjene fizičko-kemijskih parametara na postaji JM: a) koncentracije otopljenog kisika (mg/L), b) zasićenja kisikom (%), c) temperature (°C), d) ukupne tvrdoće (mg CaCO₃/L), e) pH, f) koncentracije slobodnog CO₂ (mg CO₂/L), g) alkaliteta (mg CaCO₃/L), h) konduktiviteta (μS/cm) i i) ukupno otopljenih tvari, TDS (mg/L)

4.2. Nutrijenti i izvori hrane za planktonske organizme litoralne zone

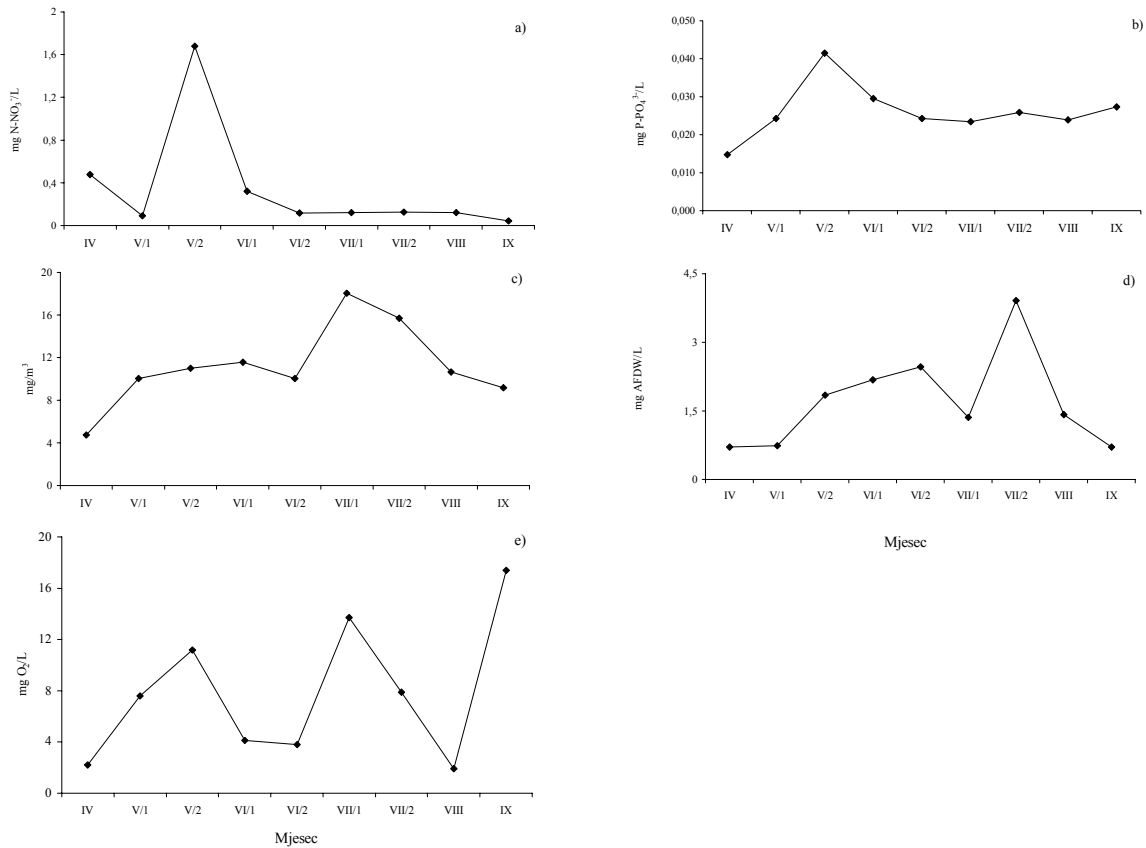
Pokazatelji raspoložive hrane su za alge koncentracija klorofila *a*, za suspendiranu organsku tvar koncentracija organske tvari te KPK vrijednost kao mjera otopljene organske tvari

Rukavac rijeke Krapine

Koncentracije nitrata i orto-fosfata. Koncentracije nitrata su izuzev vršne vrijednosti u svibnju (1,7 mg N-NO₃⁻/L) nastavile se kretati oko srednje vrijednosti od 0,14 mg N-NO₃⁻/L (sl. 6a). Koncentracije orto-fosfata su također rasle do kraja svibnja, da bi se nakon toga kretale oko srednje vrijednosti od 0,026 mg P-PO₄³⁻/L (sl. 6b).

Koncentracija klorofila a. Koncentracija klorofila *a* postigle su najvišu vrijednost od 18 mg/m³ početkom ljetnog razdoblja nakon čega je vrijednost pala i kretala se oko 10 mg/m³ (sl. 5c)

Koncentracija suspendirane i otopljene organske tvari. Vrijednosti koncentracije suspendirane organske tvari tijekom proljetnog razdoblja su rasle od 0,7 mg AFDW/L do 2,5 mg AFDW/L (sl. 6d). Ljeti vrijednosti ovog parametra bile niže u odnosu na proljeće, izuzev krajem srpnja kada je postignut maksimum koncentracije organske tvari od 3,9 mg AFDW/L. KPK vrijednosti oscilirale su tijekom istraživanog razdoblja od 2 do 14 mg O₂/L da bi krajem ljeta dosegnule vršnu vrijednost od 17 mg O₂/L sl. 6e).



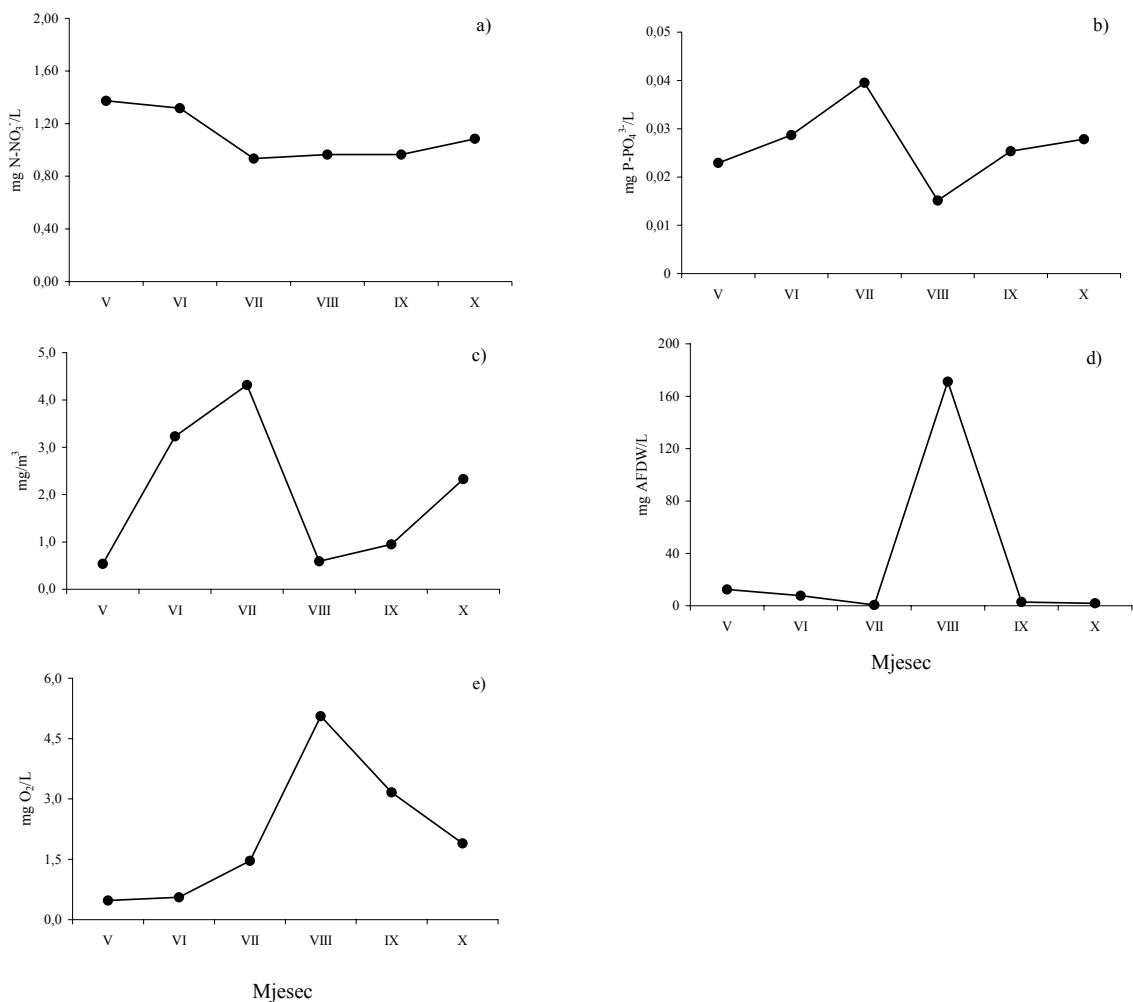
Slika 6 Sezonske promjene nutrijenata i izvora hrane na postaji PL: a) koncentracije nitrata (mg N-NO_3^-), b) koncentracije orto-fosfata (mg P-PO_4^{3-}), c) koncentracije klorofila a (mg/m^3), d) AFDW (mg/L) i e) KPK vrijednosti ($\text{mg O}_2/\text{L}$)

Akumulacija potoka Jankovac

Koncentracije nitrata i orto-fosfata. Koncentracije nitrata na ovoj postaji bile su konstantno visoke tijekom istraživanog razdoblja, od 0,9 do 1,4 $\text{mg N-NO}_3^-/\text{L}$ (sl. 7a). Koncentracije orto-fosfata kretale su se oko srednje vrijednosti od 0,026 $\text{mg P-PO}_4^{3-}/\text{L}$, izuzev u srpnju i kolovozu, kada je zabilježen maksimalni pad izmjerenih vrijednosti s maksimalnih 0,040 $\text{mg P-PO}_4^{3-}/\text{L}$ na minimalnih 0,015 $\text{mg P-PO}_4^{3-}/\text{L}$ (sl. 7b).

Koncentracija klorofila a. Vrijednosti klorofila *a* imale su stalni porast do početka ljeta, nakon čega su zabilježene vrijednosti oscilirale oko srednje vrijednosti od 1,291 mg/m^3 (sl. 7c).

Koncentracija suspendirane i otopljene organske tvari. Tijekom istraživanog razdoblja zabilježene su niske koncentracije suspendirane koje su se kretale od 0,64 do 12,44 mg AFDW/L, uz iznimku u rujnu kad je zabilježen veliki rast (171,195 mg AFDW/L) (sl. 7d). Slika 7f prikazuje vrijednosti otopljene organske KPK koje su rasle od proljeća do sredine ljeta, nakon čega je zabilježen pad vrijednosti koji se nastavio do kraja istraživanog razdoblja. Općenito, vrijednosti ovog parametra bile su niske i kretale su se u rasponu od 0,5 do 5,1 mg O₂/L.



Slika 7 Sezonske promjene nutrijenata i izvora hrane na postaji JM a) koncentracije nitrata (mg N-NO₃⁻), b) koncentracije orto-fosfata (mg P-PO₄³⁻), c) koncentracije klorofila a (mg/m³), d) AFDW (mg/L) i e) KPK vrijednosti (mg O₂/L)

4.3. Kvalitativna i kvantitativna struktura zooplanktona u litoralnoj zoni

U zooplanktonu obiju istraživanih područja dominirali su kolnjaci (Rotifera) te rakovi iz skupina rašljoticalaca (Cladocera) i veslonožaca (Copepoda).

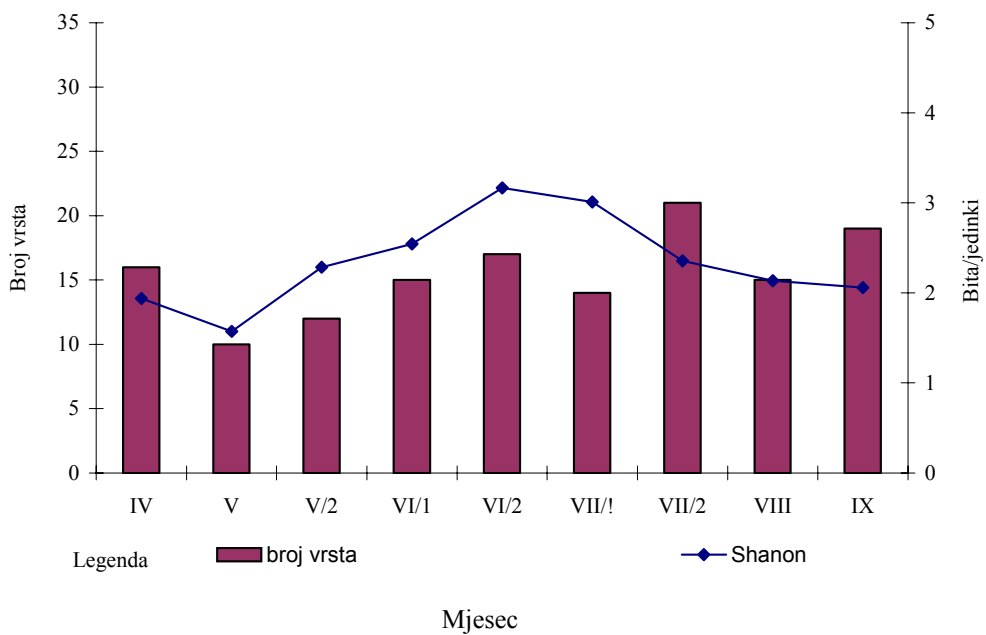
Rukavac rijeke Krapine

Na postaji PL ukupno je determinirano 34 svojte, od toga je skupini kolnjaka pripadalo 28 svojti, rašljoticalcima 4 svojte i veslonošcima 2 svojte (tablica 2). Tijekom istraživanog razdoblja broj vrsta oscilirao je oko 15, a indeks raznolikosti oko 2 (sl. 8).

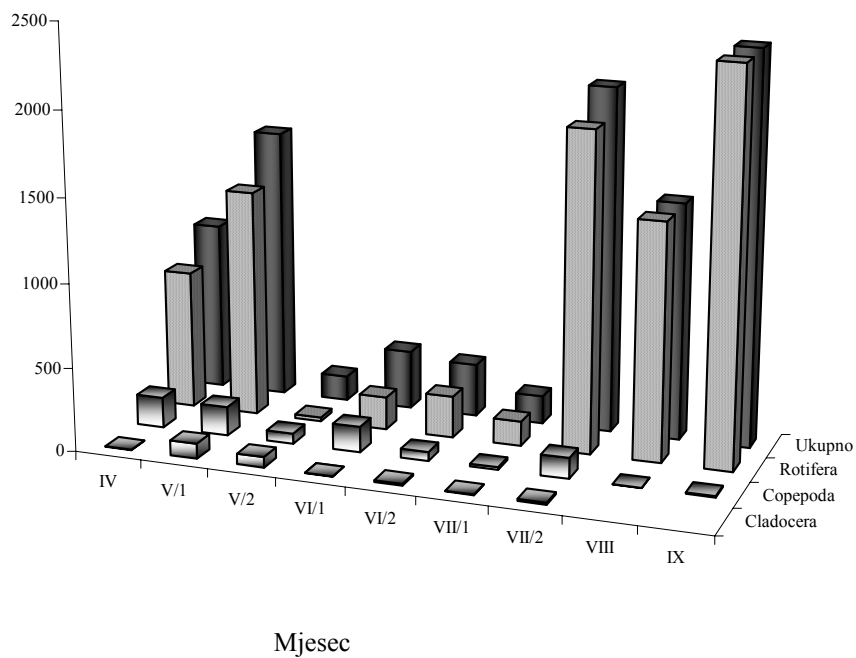
U rano proljeće ukupna brojnost jedinki bila je iznad 1000 jed/L da bi nakon toga pala za 60 do 80 %. U drugoj polovici ljeta vrijednosti ukupne brojnosti su se ponovo povećale i kretale se u rasponu od oko 1000 do 2000 jed/L. (sl. 9). Tijekom čitavog istraživanog razdoblja kolnjaci su najviše pridonijeli ukupnoj brojnosti jedinki, od 80 do 100 %. Srednja vrijednost brojnosti Cladocera i Copepoda bila je veća u proljetnom (Cladocera 34 jed/L, Copepoda 125 jed/L) u odnosu na ljetno razdoblje (Cladocera 4 jed/L, Copepoda 38 jed/L). Od kolnjaka najbrojnije su bile vrste *Keratella cochlearis* i ciklopoidni naupliji u proljetnom razdoblju i *Polyarthra* spp. u ljetnom razdoblju (tablica 2).

Tablica 2 Kvalitativni i kvantitativni sastav zooplanktona na postaji PL

Skupina	Svojta	Mjesec	IV	V/1	V/2	VI/1	VI/2	VII/1	VII/2	VIII	IX
			Broj jed/L								
Rotifera	<i>Ascomorpha saltans</i>		5,44				27,62		22,00		34,00
	<i>Asplanchna priodonta</i>		8,56	77,78	2,83	6,00	3,77	4,00	32,00	10,89	22,00
	Bdelloidea							6,00	64,00	10,89	12,00
	<i>Brachionus angularis</i>		2,33		0,94	3,33	41,44				18,00
	<i>Brachionus bidentatus</i>		1,56								
	<i>Brachionus budapestensis</i>							2,00			
	<i>Brachionus calciflorus</i>									2,18	
	<i>Brachionus diversicornis</i>							10,00			
	<i>Brachionus patulus</i>						1,26	10,00	8,00		
	<i>Brachionus spinosa</i>										
	<i>Colurella obtusa</i>								2,00		
	<i>Colurella uncinata</i>					0,67					
	<i>Dicranophorus caudatus</i>									6,53	2,00
	<i>Epiphanes macrorus</i>										
	<i>Filinia longiseta</i>		2,33	2,33	0,94	14,00	1,26		158,00	2,18	18,00
	<i>Gastropus stylifer</i>								12,00		4,00
	<i>Hexarthra mira</i>										14,00
	<i>Keratella cochlearis</i>		665,78	1275,56	12,28	132,67	59,01	6,00	96,00	10,89	
	<i>Keratella cochlearis tecta</i>									78,40	48,00
	<i>Keratella quadrata</i>		5,44	3,89	0,94						
	<i>Lecane luna</i>		0,78		0,94		1,26		18,00	6,53	2,00
	<i>Lecane lunaris</i>		0,78		1,89	1,33	15,07		10,00	494,36	524,00
	<i>Lepadella patella</i>					3,33					
	<i>Mytilina bicarinata</i>										
	<i>Notomata allantois</i>								2,00		
	<i>Ploesoma hudsoni</i>								2,00		
	<i>Polyarthra</i> spp.		139,23	3,89		14,67	65,29	36,00	1170,00	598,89	1364,00
	<i>Pompholyx sulcata</i>									45,73	82,00
	<i>Synchaeta oblonga</i>										
	<i>Synchaeta pectinata</i>									2,18	14,00
	<i>Trichocerca bicristata</i>						2,51	58,00	270,00		20,00
	<i>Trichocerca capucina</i>							2,00	6,00	19,60	2,00
	<i>Trichocerca longiseta</i>				2,83	21,33	31,39	14,00	32,00	126,31	70,00
	<i>Trichotria pocillum</i>										
Rotifera ukupno			832,22	1363,44	23,61	197,33	249,86	148,00	1904,00	1415,56	2332,00
Cladocera	<i>Alona costata</i>			5,44	55,72	0,67	11,30				
	<i>Bosmina longirostris</i>		3,11	85,56	6,61			4,00	12,00		
	<i>Scapholeberis kingi</i>										
Cladocera ukupno			3,11	91,00	62,33	0,67	11,30	4,00	12,00		
Copepoda	<i>Cyclops</i> sp.							4,00			
	<i>Eudiaptomus gracilis</i>		2,33			2,00					
	<i>kopepodit</i>		5,44	68,44	7,56	31,33	8,79	4,00	6,00		
	<i>nauplij</i>		175,00	105,78	54,78	118,00	45,20	8,00	118,00	2,18	8,00
	<i>Cyclops</i> sp. - prihvaćena jaja					2,67					
Copepoda ukupno			182,78	174,22	62,33	154,00	53,99	16,00	124,00	2,18	8,00
Gastrotricha	<i>Chaetonothus</i> sp.						1,26				
Gastrotricha ukupno							1,26				
Insecta larvae ukupno									20,00		
Ukupno jedinki			1018,11	1628,67	148,28	352,00	316,40	168,00	2060,00	1417,73	2340,00



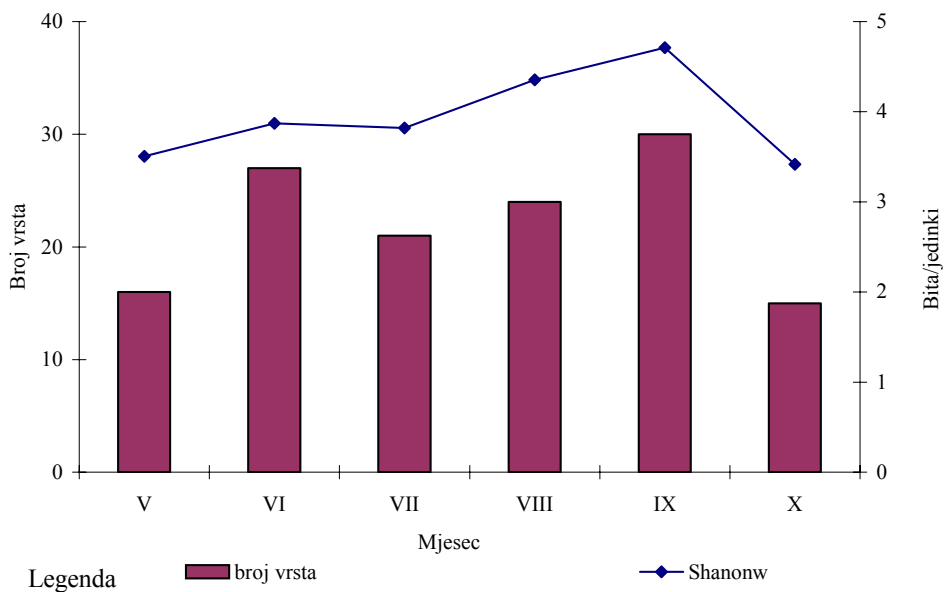
Slika 8 Sezonske promjene Shannon-Weaverovog indeksa raznolikosti (H_s) na postaji PL



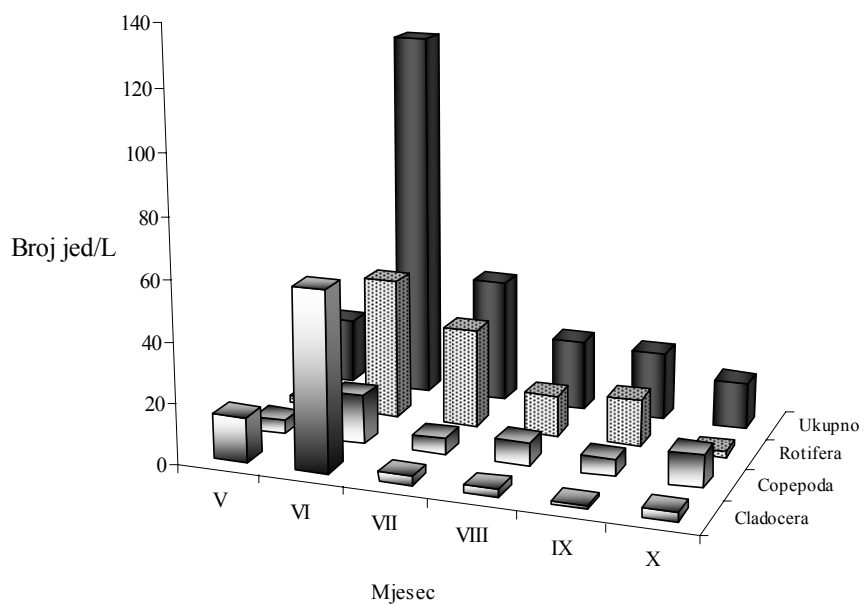
Slika 9 Vremenske promjene ukupnog broja jedinki, Cladocera, Copepoda i Rotifera na postaji PL

Akumulacija potoka Jankovac

Na postaji JM zabilježena je velika raznolikost vrsta, 65 svojte koje su bile prisutne tijekom istraživanog razdoblja s malim brojem jedinki (tablica 3). Skupina Rotifera imala je najveću bioraznolikost, od 44 svojte. U sastavu kolnjaka prevladavale su vrste rodova *Lecane*, *Lepadella* i *Trichocerca*. Broj vrsta i indeks raznolikosti na ovom istraživanom području bili su gotovo dvostruko veći u odnosu na litoralnu zonu rukavca Krapine (sl. 10). Ukupna brojnost jedinki imala je raspon od 23 do maksimalno 123 jed/L (lipanj), kada sve tri dominane skupine organizama (Cladocera, Copepoda, Rotifera) postižu maksimalnu brojnost (sl. 11). Najveći postotni udio u sastavu zooplanktona postigli su Rotifera u ljetnom razdoblju (58 do 78 %). Cladocera su dominirali u sastavu zooplanktona u proljetnom razdoblju kada je vrsta *Simocephalus vetulus* postigla maksimalnu gustoću jedinki (37 jed/L). Udio Copepoda u zooplanktonu litoralne zone na postaji JM povećavao se od ljetnog prema jesenskom razdoblju.



Slika 10 Vremenske promjene Shannon-Weaverovog indeksa raznolikosti (H) na postaji JM



Slika 11 Vremenske promjene ukupnog broja jedinki, Cladocera, Copepoda i Rotifera tijekom istraživanog razdoblja na postaji JM

Tablica 3 Sezonske promjene kvalitativnog i kvantitativnog sastava zoosestona na istraživanoj postaji JM

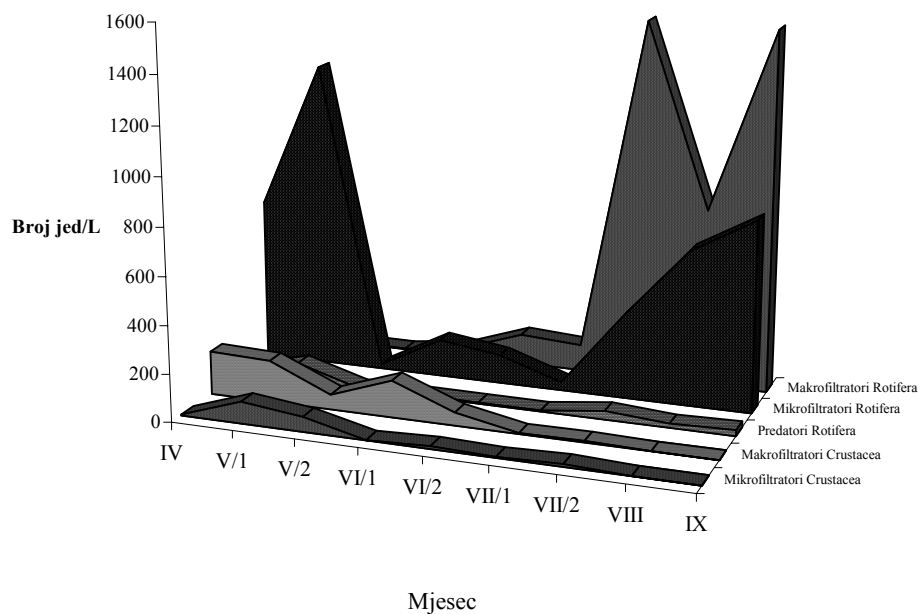
Skupina	Svojta	Mjesec	V	VI	VII	VIII	IX	X
			Broj jed/L					
Rotifera	<i>Asplanchnella brightwelli</i>				0,23			
	<i>Asplanchna girodi</i>				0,23			
	Bdelloidea		8,68		2,72	3,15	0,15	0,09
	<i>Cephalodella gibba</i>	0,23			0,23	0,23		
	<i>Cephalodella</i> sp.				0,45		1,04	
	<i>Colurella obtusa</i>	0,23	0,28	0,23	1,58	0,45	0,09	0,09
	<i>Colurella uncinata</i>		0,28	1,13	0,45	1,19	0,09	
	<i>Cyrtonia tuba</i>	0,70						
	<i>Dicranophorus</i> sp.							0,09
	<i>Diplois</i> sp.						0,15	
	<i>Euchlanis dilatata</i>		0,28					
	<i>Filinia longiseta limnetica</i>		0,28					
	<i>Gastropus stylifer</i>						0,15	
	<i>Keratella cochlearis</i>						0,74	
	<i>Keratella cohlearis</i>	0,23						
	<i>Keratella quadrata</i>	0,23						
	<i>Lecane closteroerca</i>				8,61	0,45	1,19	
	<i>Lecane cornuta</i>					0,45		
	<i>Lecane elongata</i>		0,28					
	<i>Lecane flexilis</i>		1,12	0,23	0,45			
	<i>Lecane haliclysta</i>						0,30	
	<i>Lecane luna</i>	0,47			1,13			
	<i>Lecane lunaris</i>		3,36	2,72	0,45	0,45	0,09	
	<i>Lecane</i> sp.		0,28		0,23	0,30		
	<i>Lepadella patella</i>		11,76	8,84	4,73	4,62	0,80	
	<i>Lepadella rhombooides</i>				0,23			
	<i>Monommata caudata</i>						0,15	
	<i>Mytilina mucronata</i>		7,28	0,23				
	<i>Mytilina ventralis</i>		5,60					
	<i>Notholca acuminata</i>		0,56				0,45	0,36
	<i>Squatinella mutica</i>							0,09
	<i>Squatinella rostrum</i>						0,30	
	<i>Synchaeta pectinata</i>				0,91			
<i>Trichocerca collaris</i>						0,15		
<i>Trichocerca weberi</i>					0,23			
<i>Trichocerca capucina</i>					0,45			
<i>Trichocerca longiseta</i>				0,23				
<i>Trichocerca musculus</i>						0,89		
<i>Trichocerca porcellus</i>	0,23	0,56				0,30		
<i>Trichocerca relicta</i>						0,60	0,09	
<i>Trichocerca</i> sp.		0,28	0,23	0,23	0,30			
<i>Trichocerca vernalis</i>					0,30			
<i>Trichotria pocillum</i>						0,15		
<i>Trichotria tetractis</i>					0,23	0,15		
Rot. non det.		5,60	4,53			1,19		
Rotifera ukupno		2,33	46,48	32,87	13,50	15,64	1,78	
Nematoda ukupno				1,13		0,15		
Hydracarina ukupno			0,28					
Cladocera	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>				0,45	0,30	1,96	
	<i>Chydorus ovalis</i>	9,33						
	<i>Chydorus</i> sp.		6,72	0,23				
	<i>Chydorus sphaericus</i>	0,93						
	<i>Daphnia curvirostris</i>				0,23			
	<i>Daphnia magna</i>	1,87	0,56					
	<i>Daphnia pulex</i>		4,20					
	<i>Disparalona rostrata</i>						0,27	
	<i>Pleuroxus leavis</i>	0,23	4,48					
	<i>Pleuroxus uncinatus</i>	2,57	6,44					
	<i>Simocephalus vetulus</i>		36,96	2,72	1,80	0,89	0,80	
Cladocera ukupno	14,93	59,36	2,95	2,48	1,19	3,02		
Copepoda	<i>Eucyclops macrurus</i>				0,23	0,30		
	<i>Eucyclops serrulatus</i>	0,47	3,36				1,60	
	<i>Eudiaptomus gracilis</i>	0,45						
	<i>Macrocyclus fuscus</i>	3,27	5,88	0,45	1,80	1,93	0,98	
	<i>Macrocyclus</i> sp.				0,90			
	<i>Megacyclus viridis</i>				0,90			
	<i>Simocephalus vetulus</i>				0,68			
	nauplij kopepodit	0,70	4,20	4,99	2,93	3,42	8,09	
Copepoda ukupno	4,18	9,24	0,45	4,50	2,23	2,58		
Ostracoda ukupno	0,70	0,56						
UKUPNO JEDINKI	22,15	115,64	37,40	20,48	19,20	7,38		

4.4. Trofička struktura zooplanktona u litoralnoj zoni

Rukavac rijeke Krapine

U trofičkoj strukturi Rotifera na postaji PL dominirale su makrofiltratorske vrste Rotifera koje su postigle najveću srednju vrijednost brojnosti od 466 jed/L u odnosu na ostale trofičke skupine kolnjaka i rakova (sl. 12). Mikrofiltratori su postigli dva maksimuma brojnosti, prvi sredinom proljeća, a drugi krajem ljeta. Brojnosti mikrofiltratora najviše je pridonijela u proljetnom razdoblju vrsta *Keratella cochlearis*, a u ljetnom vrsta *Lecane lunaris* (tablica 2). Makrofiltratori Rotifera postižu visoku brojnost u drugoj polovici ljetnog razdoblja, a najveći udio u ovoj trofičkoj skupini imale su vrsta roda *Polyarthra*, s maksimumom brojnosti u rujnu. Predatorski kolnjak, *Asplanchna priodonta* postigla je maksimum brojnosti u proljeće.

Mikrofiltratori i makrofiltratori rakova zabilježili su veću brojnost i postigli maksimume brojnosti u proljetnom razdoblju (sl. 12). Najveću brojnost od makrofiltratorskih rakova imali su su nauplijski razvojni stadiji. Biomasi mikrofiltratorskih rakova najviše su pridonjele vrste *Alona costata* i *Bosmina longirostris*.

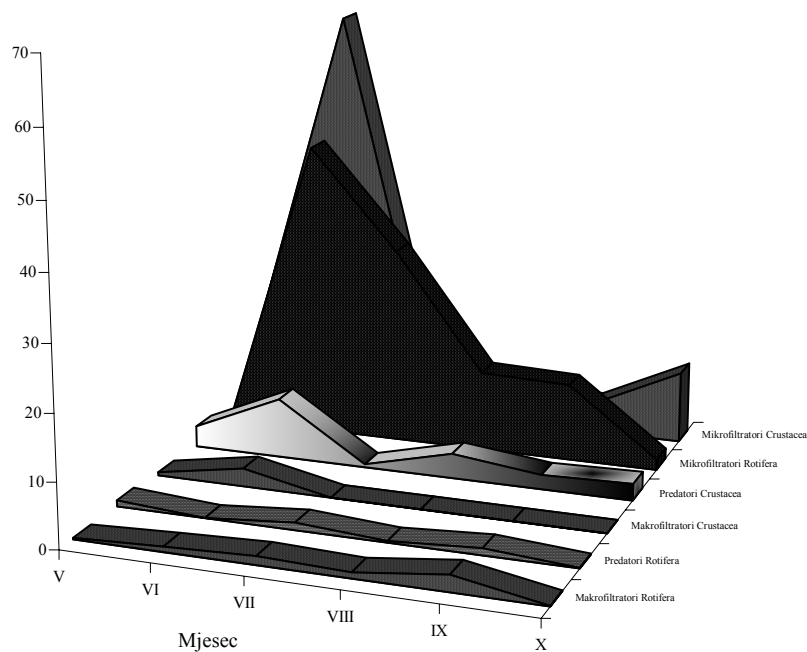


Slika 12 Grafički prikaz brojnosti trofičkih tipova zooplanktona na postaji PL

Akumulacija potoka Jankovac

U trofičkoj strukturi zooplanktona u litoralnoj zoni akumulacije potoka Jankovac prevladavali su mikrofiltratori Rotifera i Crustacea. Obje trofičke skupine postigle su maksimume brojnosti u proljetnom razdoblju. Tome su pridonijele brojnosti vrsta iz rodova *Colurella*, *Lepadella*, *Lecane* i *Mytilina*. U trofičkoj strukturi rakova u proljetnom razdoblju najviše je pridonijela brojnošću vrsta *Simocephalus vetulus*, iz skupine Cladocera.

Brojnosti makrofiltratorskih Rotifera i Crustacea bile su znatno manje (sl. 13). Predatorske vrste rakova postigle su veću brojnost u proljetnom razdoblju (tablica 3, sl. 13).



Slika 13 Grafički prikaz brojnosti trofičkih tipova zooplanktona na postaji JM

4.5 Rezultati analize podataka

Korelacije fizičko-kemijskih parametara, nutrienata i izvora hrane. Tablica 5 prikazuje korelacije između pojedinih parametara na istraživanim postajama. U litoralnoj zoni rukavca Krapine (PL) koncentracija ukupno otopljenih tvari signifikantno pozitivno korelira s konduktivitetom i alkalitetom, a u negativnoj je korelaciji s ukupnom tvrdoćom. Alkalitet signifikantno negativno korelira s pH vrijednošću. Od nutrienata koncentracije orto-fosfata i nitrata u signifikantnoj su pozitivnoj korelaciji.

U litoralnoj zoni akumulacije Jankovac (JM) konduktivitet signifikantno i pozitivno korelira s ukupno otopljenim tvarima, a koncentracija orto-fosfata s koncentracijom klorofila *a*.

Prema Pearsonovom produktu korelacije na postaji PL povećane koncentracije otopljenog kisika pozitivno utječu na brojnost Cladocera, a na brojnost Copepoda

negativno utječu povećane temperaturne vrijednosti (tablica 4). Analizirajući trofičku strukturu, povećane koncentracije otopljenog kisika pozitivno utječu na brojnost mikrofiltratorski rakova, a povećane temperaturne vrijednosti negativno na brojnost makrofiltratorski rakova (tablica 3).

Na postaji JM prema Pearsonovom produktu korelacije brojnost Cladocera, Rotifera i ukupna brojnost jedinki signifikantno negativno koreliraju s koncentracijom ukupno otopljenih tvari. Brojnost mikrofiltratora rakova i kolnjaka te makrofiltratora rakova također signifikantno negativno koreliraju s koncentracijom ukupno otopljenih tvari.

Tablica 4 Pearsonov koeficijent korelacije između abiotičkih čimbenika i izvora raspoložive hrane

Postaja	Parametar	<i>r</i>	<i>p</i>
PL	konduktivitet TDS	0,99	0,00001
PL	ukupna tvrdoća TDS	-0,82	0,007
PL	alkalitet TDS	0,73	0,03
PL	pH alkalitet	-0,72	0,03
PL	nitriti orto-fosfati	0,71	0,03
JM	konduktivitet TDS	0,87	0,03
JM	orto-fosfati chl <i>a</i>	0,89	0,02

Tablica 5 Statistička značajnost sezonskih oscilacija fizičko-kemijskih parametara, nutrijenata, izvotra hrane, brojnosti jedinki i trofičkih skupina između dvaju istraživanih vodenih ekosustava, rukavca Krapine (N=9) i akumulacije potoka Jankovac (N=6) (neparametrijski Mann-Whitney U test)

Parametar	U	p
Temperatura (°C)	11,00000	0,066334
koncentracija otopljenog kisik (mg/L)	3,00000	0,002797
Zasićenje kisikom (%)	6,00000	0,011988
Konduktivitet (µS/cm)	0,00000	0,000400
TDS (mg/L)	0,00000	0,000400
pH	1,00000	0,000799
Ukupna tvrdoća (mg CaCO ₃ /L)	0,00000	0,000400
Alkalitet (mg CaCO ₃ /L)	0,00000	0,000400
Nitrati (mg/L)	6,00000	0,011988
Orto-fosfati (mg/L)	25,00000	0,863936
Chl a (mg/mg ³)	0,00000	0,000400
KPK (mg O ₂ /L)	6,00000	0,011988
AFDW (mg/L)	13,00000	0,113487
Brojnost Cladocera (jed/L)	26,00000	0,954645
Brojnost Copepoda (jed/L)	9,00000	0,035964
Brojnost Rotifera (jed/L)	2,00000	0,001598
Mikrofiltratori Crustacea (jed/L)	19,00000	0,388412
Makrofiltratori Crustacea (jed/L)	8,00000	0,025574
Predatori Rotifera (jed/L)	0,00000	0,000400
Mikrofiltratori Rotifera (jed/L)	3,00000	0,002797
Makrofiltratori Rotifera (jed/l)	0,00000	0,000400
Ukupna brojnost	0,00000	0,000400

5.0 RASPRAVA

Abiotički čimbenici u litoralnoj zoni plitkih jezera

Litoralnu zonu rukavca Krapine (PL) obilježava emerzna vegetacija, jer slaba prozirnost sprečava razvoj submerzne vegetacije. Najmanja prozirnost vode zabilježena je u proljetnom razdoblju, kada su zabilježene povišene koncentracije nitrata i visoke koncentracije orto-fosfata. Ove koncentracije objašnjavam prihranjivanjem riba, budući da se radi o poribljenom rukavcu. Za prihranu riba korišten je najčešće kukuruz i suspezijski gnojivo (MRAKOVČIĆ i MARČIĆ, 2006). Uz rukavac je poljoprivredno zemljište koje se u proljeće tretira umjetnim gnojivima te su, pretpostavljam, ispiranjem tla s obradivih površina povećane količine orto-fosfata i nitrata dospjelih u vodu.

Povišena koncentracija nutrijenata pogodovala je u proljetnom razdoblju razvoju fitoplanktona, na što ukazuju visoke koncentracije klorofila *a* koje su tada zabilježene. Povišene vrijednosti KPK upućuju na visoku primarnu i sekundarnu produkciju jezera te na povećanu mikrobnu razgradnju. Tijekom istraživanja koncentracije orto-fosfata i nitrata bile su u signifikantnoj pozitivnoj korelaciji, što se uočava iz njihove sezonske raspodjele, jer su povišene vrijednosti imali u proljeće, a manje ljeti.

Na postaji JM u litoralnoj zoni akumulacije potoka Jankovac prozirnost čitavog stupca vode omogućila je razvoj zajednice submerznih makrofita. Submerzne makrofite predstavljene uglavnom borkom (*Hippuris vulgaris*) ukorijenjene su u sedimentu na dnu jezera, a prekrivale su 50 – 70% površine dna. Ovaj podatak podudara se s istraživanjem koje su proveli SCHUTTEN i suradnici (2005), gdje zajednice submerznih makrofita imaju važnu ulogu u održavanju prozirnosti vode. Veliki pad koncentracije orto-fosfata sredinom ljetnog razdoblja objašnjavam asimilacijom nutrijenata (nitrata, fosfata) od strane submerznih makrofita, zbog čega je ukupna koncentracija nutrijenata znatno manja za razliku od jezera bez submerzne vegetacije (AYALA i sur., 2007). To potvrđuju i druge studije koje naglašavaju da se za vrijeme odsutnosti submerzne vegetacije koncentracija fosfora povećava (SØNDERGAARD i sur., 2007). Nisku koncentraciju nutrijenata u akumulaciji potoka Jankovac prati i niska koncentracija klorofila *a*, kao pokazatelja

biomase fitoplanktona. U proljetnom razdoblju koncentracije orto-fosfata, klorofila *a* i ukupne brojnosti jedinki bile su veće u odnosu na ljetno razdoblje. Ovaj rezultat potvrđuje pozitivnu korelaciju orto-fosfata i koncentracije klorofila *a*.

Biocenološka i trofička struktura zooplanktona u litoralnoj zoni plitkih jezera

Na postaji PL ukupno su determinirane 34 svojte, a brojnost jedinki bila je visoka. Brojnošću i raznolikošću dominirale su vrste iz skupine kolnjaka (maksimum u kasno ljetnom razdoblju: *Polyarthra* spp., 1364 jed/L, maksimumu proljetnom razdoblju: *Keratella cochlearis*, preko 1160 jed/L). Druge studije također upućuju na činjenicu da je brojnost kolnjaka u litoralnoj zoni velika, jer tamo pronalaze skloništa od predatorskih vrsta i izvore hrane kao što su epifitske zajednice na makrofitama (HORPPILA i NURMINEN, 2001, LALIĆ, 2007). Povećan razvoj fitoplanktona u ljetnom razdoblju utječe na povećanje brojnosti zooplanktona. U trofičkoj strukturi to se odnosi na povećanje brojnosti makrofiltratorskih kolnjaka koji konzumiraju fitoplankton. Prema Pearsonovom produktu korelacije povećane koncentracije otopljenog kisika pozitivno su utjecale na brojnost Cladocera i na brojnost mikrofiltratorskih rakova kojima uglavnom pripadaju vrste iz skupine Cladocera.

Na postaji JM determinirano je ukupno 65 svojti, a brojnost jedinki bila je niska (maksimum u proljetnom razdoblju: *Simocephalus vetulus*, 36,96 jed/L). Velika bioraznolikost, a mala brojnost pojedinih jedinki upućuje na jezero s nižim stupnjem trofije. O većoj bioraznolikosti u području makrofitske vegetacije u odnosu na zonu slobodne vode govore u radovima i drugi autori (DUGGAN, 2001, HORPPILA i NURMINEN, 2005). U trofičkoj strukturi litoralne zone akumulacije potoka Jankovac prevladavale su mikrofiltratorske vrste kolnjaka i rakova, koje su bile predstavljene uglavnom semiplanktonskim vrstama. U usporedbi s litoranom zonom rukavca Krapine gdje su makrofite jednostavnog habitusa bile zastupljene u uskoj zoni, bioraznolikost vrsta u akumulaciji potoka Jankovac bila je znatno veća. Pretpostavljam, da su na ovakav rezultat utjecale makrofite kompleksnog (razgranatog) habitusa koje su prekrivale veću površinu dna akumulacije. Ovakav rezultat opisuju u svojim radovima i drugi autori (DUGGAN, 2001, FELDMANN i NÖGES, 2007).

Očuvanje plitkih jezerskih ekosustava

U nekim plitkim jezerima provodi se čišćenje jezerskog dna i uklanjanje makrovegetacije. Prilikom obnavljanja plitkih jezerskih ekosustava treba imati u vidu da submerzna vegetacija sporo regenerira na obnovu i prije obnove treba definirati buduću ulogu ekosustava (ribnjak, akumulacija i sl.) (AYALA i sur., 2007). Glavni zadatak u obnovi plitkih jezerskih ekosustava jest stabilizacija sedimenta i prozirnosti vode kako bi se obnovile emerzne i submerzne zajednice makrofita. Prozirnost vode je jedan od glavnih čimbenika koji utječe na zajednice makrofita, a time i na ekologiju jezera. Jezera bogata nutrijentima imaju veću koncentraciju fitoplanktona i epifitskih algi čime se smanjuje prozirnost jezera, što negativno utječe na dubinsku distribuciju makrofita (HORPPILA i NURMINEN, 2005). Suspendirani sediment je također jedan od čimbenika koji regulira prozirnost vode. Makrofite mogu reducirati suspenziju sedimenta i procese erozije te koncentraciju anorganskih soli u vodi, a time i eutrofikaciju (HORPPILA i NURMINEN, 2005). S druge strane, vodene ptice i herbivorne ribe (koje zbog ishrane značajno reduciraju rast vegetacije) imaju negativan utjecaj na rast vodene vegetacije plitkih ekosustava (IRFANULLAH i MOSS, 2004).

O obnovi zajednica makrofita ovisi i bioraznolikosti vodenog ekosustava. U mnogim slučajevima, opisani su samo promatrani efekti nekoliko godina nakon obnavljanja ekosustava pa se malo zna o dugoročnim posljedicama obnove (SØNDERGAARD i sur., 2007). Zbog toga bi se trebao obavljati monitoring jezerskog ekosustava svakih nekoliko godina nakon restauracije, naročito ako je ekosustav pod antropogenim utjecajem jer je tada skloniji ubrzanoj eutrofikaciji.

Smatram da oba istraživana vodena ekosustava ne treba podvrgavati agresivnim mjerama restauracije (npr. čišćenje dna, uklanjanje litoralne zone makrofita). U rukavcu Krapine litoralna zona emerznih makrofita bila bi raznolikija da se smanji antropogeni utjecaj u smislu uklanjanja makrofita i alohtonih unosa hrane za ribe i ostale heterotrofe. U akumulaciji potoka Janovac fizičko-kemijski parametri ne upućuju na anoksiju, niti u

sedimentu niti u stupcu vode, stoga bi sadašnju površinu submerznih makrofita trebalo očuvati kao područje velike bioraznolikosti zooplanktona.

6.0 ZAKLJUČAK

Prema dobivenim rezultatima istraživanja zooplanktona provedenih u rukavcu rijeke Krapine i akumulaciji potoka Jankovac u razdoblju od travnja/svibnja do rujna/listopada 2008. godine mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Fizičko-kemijski parametri na istraživanoj postaji PL u litoralnoj zoni rukavca rijeke Krapine ukazuju da kvaliteta vode pripada mezotrofnoj do umjereno eutrofnoj kategoriji. Kvaliteta vode na istraživanoj postaji JM u litoralnoj zoni akumulacije jankovac pripada oligotrofnoj kategoriji, osim prema nitratima po kojima pripada mezotrofnoj kategoriji.
- Na postaji PL određen je manji broj različitih svojti, od kojih su neke bile prisutne velikom brojnošću jedinki. Ukupno su determinirane 34 svojte, od toga je skupini kolnjaka pripadalo 28 svojti, rašljoticalcima četiri svojte i veslonošcima dvije svojte. Najveću brojnost postigle su vrste iz skupine kolnjaka, *Keratella cochlearis*, s maksimalnom brojnošću od 1164 jed/L u proljeće i vrste roda *Polyarthra*, s maksimalnom brojnošću od 1364 jed/L krajem ljetnog razdoblja.
- Na postaji JM određen je visok broj različitih svojti. Determinirano je ukupno 65 svojti koje su bile prisutne tijekom istraživanog razdoblja s vrlo malim brojem jedinki. Skupina Rotifera imala je najveću bioraznolikost, 44 svojte, a brojnosti Rotifera najviše su pridonjele vrste rodova *Lecane*, *Lepadella* i *Trichocerca*. Najveća bioraznolikost vrsta određena je u proljetnom razdoblju.
- U trofičkoj strukturi zooplanktona, na postaji PL prevladavale su mikrofiltratorske vrste kolnjaka u proljeće i kajem ljeta te makrofiltratorske vrste kolnjaka tijekom

čitavog ljeta. Na postaji JM u trofičkoj strukturi dominirale su mikrofiltratorske vrste kolnjaka i rakova u proljetnom razdoblju.

- Rezultati statističke analize ukazuju na statistički značajne razlike fizičko-kemijskih čimbenika, bioraznolikosti i brojnosti jedinki u litoralnoj zoni dvaju istraživanih vodenih ekosustava
- Bioraznolikost zooplanktona bila je mala u litoranoj zoni rukavca Krapine s emerznim makrofitima jednostavnog habitusa. Bioraznolikost zooplanktona u akumulaciji potoka Jankovac sa submerznim makrofitima kompleksnog (razgranatog) habitusa bila je znatno veća.

7.0 LITERATURA

APHA 1985, Standard methods for the examination of water and waste. 12th ed. American Public Health Association. New York.

Amoros C., 1984. Crustacea cladoceres, Bull. Soc. Linn., Lyon, 3/4, 1 – 63.

Arora J. i Mehra N. K., 2003. Seasonal dynamics of rotifers in relation to physical and chemical conditions of the river Yamuna (Delhi), India. *Hydrobiologia* 491: 101-109.

Azevedo F. i Bonecker C. C., 2003. Community size structure of zooplanktonic assemblages in three lakes on the upper River Parana floodplain. *Hydrobiologia* 505: 147-158.

Bogdan K. G. i Gilbert J. J., 1987. Quantitative comparison of food niches in some freshwater zooplankton. *Oecologia* 72: 331 – 340.

Duggan I. C., 2001. The ecology of periphytic rotifers. *Hydrobiologia* 446/447: 139-148.

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

Feldmann T. i Nõges P., 2007. Factors controlling macrophyte distribution in large shallow Lake Võrtsjärv. *Aquatic Botany* 87: 15–21.

Gilbert J. J., 1988. Suppression of rotifers populations by *Daphnia*: a review of the evidence, the mechanisms, and the effects on zooplankton community structure. *Limnol. Oceanogr.* 133: 1286 – 1303.

Horppila J. i Nurminen L., 2005. Effects of different macrophyte growth forms on sediment and P resuspension in a shallow lake. *Hydrobiologia* 545:167–175.

Horppila J. i Nurminen L., 2001. The effect of an emergent macrophyte (*Typha angustifolia*) on sediment resuspension in a shallow north temperate lake. *Freshwater Biology* 46: 1447-1455.

Irfanullah H. Md. i M. B., 2004. Factors influencing the return of submerged plants to a clear-water, shallow temperate lake. *Aquatic Botany* 80: 177–191.

Karabin, A., 1985. Pelagic zooplankton (Rotatoria + Crustacea) variations in the proces of lake eutrophication. I. Structural and quantitative features, *Ekol. pol.* 33: 567 – 616.

Krebs, C. J.: 2000: *Ecological Methodology*. Harper & Row Publishers. New York. pp. 703

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

Lau S.S.S. i Lane S.N., 2002. Nutrient and grazing factors in relation to phytoplankton level in a eutrophic shallow lake: the effect of low macrophyte abundance. *Water Research* 36 : 3593–3601.

Lynch M., 1977. Zooplankton competition and plankton community structure, *Limnol. Oceanogr.* 22: 775 – 777.

Monahan C. i Cafrey J. M., 1996. The effect of weed control practices on macroinvertebrate communities in Irish Canals. *Hydrobiol.*, 340: 205 – 211.

Mrakovčić M., Marčić Z., 2006. Ribolovno gospodarska osnova. Mjere za unapređenje slatkovodnog ribarstva na ribolovnom području ŠRD “Šaran” Zaprešić.

Narodne novine, 1998. Uredba o klasifikaciji voda.77.

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

Rigler F. H. i Peters R. H. 1995. Science and Limnology. In Kinne, O. (ed.), *Excellence in Ecology*. Ecology Institute, Oldendorf: 239 pp.

Schutten J., Dainty J i Davy A. J, 2005. Root anchorage and its significance for submerged plants in shallow lakes. *Journal of Ecology* 93: 556–571.

Shannon, C. E. & W. Weaver, 1949: *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana.

Søndergaard M., Jeppesen E., Lauridsen T. L., Skov C., Van Nes E. H., Roijackers R., Lammens E. and Portielje R., 2007. Lake restoration: successes, failures and long-term effects. *Journal of Applied Ecology* 44: 1095–1105.

Stemberger R. S. i Gilbert J. J. 1987a. Defenses of planktonic rotifers against predators. In *Predation: Direct and Indirect Impacts on Aquatic Communities*. University Press of New England, Hanover, New Hampshire. pp. 227-239.

Stemberger R. S. i Gilbert J. J. 1987b. Multiple species induction of morphological defenses in the rotifer *Keratella testudo*. *Ecol.* 68: 370-378.

Stemberger R. S. i Gilbert J. J., 1984. Spine development in the *Keratella cochlearis*: induction by cyclopoid copepods and *Asplanchna*. Fresh. Biol. 14: 639 – 647.

Van de Haterd R. J. W. i Ter Heerdt G. N. J., 2007. Potential for the development of submerged macrophytes in eutrophicated shallow peaty lakes after restoration measures. Hydrobiologia 584:277–290.

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

Wickham S. A. i J. J. Gilbert, 1980. Relative vulnerability of natural rotifer and ciliate communities to cladocerans: laboratory and field experiments. Freshwt. Biol. 26: 77 – 86.

Veliko hvala mentorici Doc. Dr. sc. Mariji Špoljar na pomoći pri odabiru teme, na posvećenom vremenu, velikom strpljenju te stalnom poticaju u izradi ovog rada. Hvala joj što je mnogim korisnim savjetima, sugestijama te svojim iskustvom poboljšala kvalitetu ovog rada.

Veliko hvala svim mojim prijateljima i djevojci i roditeljima koji su svo ovo vrijeme bili uz mene.

SAŽETAK

Istraživanje utjecaja makrofita na bioraznolikost zooplanktona plitkih jezera provedeno je tijekom proljetnog i ljetnog razdoblja 2008. godine na dva različita vodena ekosustava. Postaja PL, nalazila se u litoralnoj zoni rukavca rijeke Krapine, a postaja JM u litoralnoj zoni akumulacije potoka Jankovac u Parku prirode Papuk. Postaja PL obilježena je emerznim makrofitima jednostavnog habitusa (*Iris pseudocorus*), a postaja JM submerznim makrofitima razgranatog habitusa (*Hippuris vulgaris*). Ciljevi istraživanja bili su sljedeći: 1. utvrditi sezonske promjene kvalitativnog i kvantitativnog sastava zooplanktona litoralne zone stajaćica; 2. analizirati sezonske promjene i utjecaj fizičko-kemijskih parametara, nutrijenata i izvora hrane na sastav i trofičku strukturu zooplanktona; 3. utvrditi razlike u sastavu zooplanktona proizašle iz različite građe habitusa i zastupljenosti makrofita litoralne zone. Fizičko-kemijski parametri na postaji PL ukazuju da kvaliteta vode pripada mezotrofnoj do umjereno eutrofnoj kategoriji, a na postaji JM pripada oligotrofnoj kategoriji. Na postaji PL determinirane su ukupno 34 svojte, a brojnost jedinki bila je visoka (maksimum: *Polyarthra* spp., 1364 jed/L). Na postaji JM determinirano je ukupno 65 svojti, a brojnost jedinki bila je niska (maksimum: *Simocephalus vetulus*, 36,96 jed/L). U oba istraživana vodena ekosustava dominirale su brojnošću i raznolikošću vrste iz skupine kolnjaka. U trofičkoj strukturi zooplanktona litoralne zone na postaji PL podjednako su bile zastupljenije mikrofiltratorske i makrofiltratorske vrste kolnjaka, a na postaji JM dominirale su mikrofiltratorske vrste kolnjaka i rakova. Rezultati statističke analize ukazuju na značajne razlike fizičko-kemijskih čimbenika, bioraznolikosti i brojnosti jedinki u litoralnoj zoni dvaju istraživanih vodenih ekosustava. Rezultati ovog rada ukazuju da veća zastupljenost

vodenih makrofita s kompleksnom građom habitusa povećava bioraznolikost organizama koji žive u litoralnom području plitkih jezera.

Ključne riječi: emerzna vegetacija/submerzna vegetacija/zooplankton/trofička struktura

Abstract

Research on the role of macrophytes in seasonal biodiversity in the zooplankton community in shallow lakes was conducted on two different water ecosystems in spring and summer 2008. Station PL is situated in the littoral zone of the backwater of Krapina River, and station JM in the littoral zone of an accumulation of the Jankovac stream, in Papuk Nature Park. Station PL is characterised by emerged macrophyte species with a simple stem structure (*Iris pseudocorus*), while station JM has a more complex habitus of submerged macrophyte species (*Hippuris vulgaris*). The objectives of the research were to: 1. establish seasonal changes in abundance and diversity of zooplankton at both stations; 2. analyze the effect of physico-chemical factors on zooplankton community composition and on zooplankton trophic structure; 3. compare differences of the zooplankton communities in ecosystems with different macrophyte habitus type and abundance in littoral zone. Physico-chemical factors at station PL indicate that water is mesotrophic to eutrophic, while the water quality at station JM is oligotrophic. A total of 34 taxa showing great abundance were identified at the station PL, as opposed to a total of 65 taxa with small abundance at the station JM. Rotifers were most abundant group at both stations. At the PL station, the dominant groups were microfilter-feeder and macrofilter-feeder rotifers, while the most dominant groups at station JM were microfilter-feeder rotifers and crustaceans. The investigated water ecosystems showed a significant differences in the physical and chemical characteristics, biodiversity and number of zooplankton species in the littoral zone. The results of this study suggest that macrophyte with more complex habitus increase biodiversity of organisms living in littoral zone.

Key words: emerged vegetation/submerged vegetation/zooplankton/trophic structure