

UTJECAJ EKOLOŠKIH ČIMBENIKA NA RAZNOLIKOST I BROJNOST ŽIVOTNIH ZAJEDNICA POTOKA JANKOVAC (PARK PRIRODE PAPUK)

Dr. sc. Ana Ostojčić, dipl. ing. biol.
Prirodoslovno-matematički
fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Biološki odsjek
Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb
aostojic@zg.biol.pmf.hr

**Doc. dr. sc. Maria Špoljar,
dipl. ing. biol.**
Prirodoslovno-matematički
fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Biološki odsjek
Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

Tvrtko Dražina, dipl. ing. biol.
Prirodoslovno-matematički
fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Biološki odsjek
Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

Istraživanje zoosestona provedeno je u lotičkim i lentičkim staništima longitudinalnog profila potoka Jankovac (Park prirode Papuk) u razdoblju od svibnja do listopada 2008. godine. Cilj ovog istraživanja bio je prikazati osnovna hidrološka obilježja te utvrditi utjecaj prekrivenosti dna vodenim makrofitima na razvoj, produkciju i bioraznolikost planktonske zajednice u protočnom hidrosustavu.

Rezultati istraživanja ukazuju da su promjene fizikalno-kemijskih pokazatelja bile statistički značajne između istraživanih postaja longitudinalnog profila potoka Jankovac ($p < 0,05$). Ukupno je determinirano 86 svojiti od čega najviše kolnjaka (Rotifera, 57 svojiti), rašljoticalaca (Cladocera, 15 svojiti) i veslonožaca (Copepoda, 8 svojiti). Kolnjaci su dominirali raznolikošću i brojnošću zoosestona, dok su najveći udio u biomasi imale skupine Cladocera i Copepoda. U protočnom sustavu potoka Jankovac lentička staništa zbog retencije vode omogućuju razvoj planktonske zajednice. U njima zone sa submerznim makrofitima predstavljaju vrlo produktivna staništa s velikom brojnošću jedinki i raznolikošću svojiti. To su glavna područja velike produkcije koja omogućavaju stvaranje dovoljne količine hrane bentoskim organizmima nizvodno u protočnom sustavu.

Ključne riječi: lotik, lentik, zooseston, makrofiti, kolnjaci, planktonski rakovi

1. UVOD

Na sjevernim obroncima Papuka na visini od 475 m smještena je dolina Jankovac. Ime izletišta Jankovac, kao i Jankovačkih jezera veže se uz grofa Josipa Jankovića. Doselivši se 1862. godine iz Beča, grof Janković je najprije sagradio lovački dvorac, a zatim u sklopu korita potoka i dva protočna jezera za uzgoj pastrva i osiguranje dovoljne količine vode za nizvodni slap Skakavac (www.pp-papuk.hr). Zbog izuzetnih prirodnih ljepota, hladnih izvora i bistrog potoka, okruženih stoljetnim bukvaма slavonske šume, Jankovac je 1955. godine proglašen zaštićenom Park-šumom. Danas se potok Jankovac nalazi u okviru Parka prirode Papuk koji je od 1999. zaštićen kao park prirode zbog izuzetno velike geološke i biološke raznolikosti i vrijedne kulturne i povijesne baštine. Godine 2007. Papuk je zbog velike raznolikosti (magmaške, metamorfne, sedimentne) i raspona starosti (350 milijuna godina) stijena dobio status geoparka, prvog takvog područja u Hrvatskoj. Magmaške i metamorfne stijene čine glavninu (80%) podloge, a najmanje su zastupljene sedimentne stijene u kojima se nalazi korito potoka Jankovac.

Prema Steinmanovoj (1915.) klasifikaciji izvora, na temelju načina istjecanja vode i time povezanih strukturalnih značajki, potok Jankovac ima reokreni izvor (grč. *rhéos* – što teče, *krēnē* – izvor), a obilježava ga istjecanje vode na jednom mjestu uz istovremeno stvaranje turbulentnog toka.

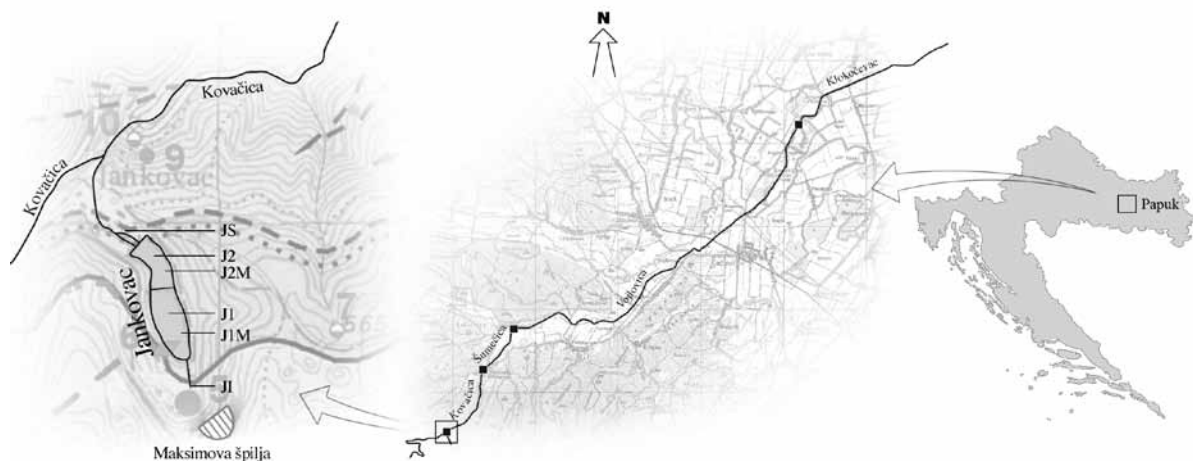
Obzirom na hidrološke čimbenike, vodotok potoka Jankovac sastoji se od lotičkih (tekućih) i lentičkih (ujezerenih) staništa, te u svom relativno kratkom toku omogućuje proučavanje lotičkih i lentičkih biotopa s pripadajućim životnim zajednicama (bentos, perifiton, plankton, nekton). Lotičkom dijelu potoka pripadaju izvorišno područje i slap Skakavac (ujedno predstavlja ušće potoka), dok lentičkom dijelu pripadaju dva umjetna jezera u kojima se razlikuju 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, što pogoduje razvoju sestona. Prema definiciji koju su dali Breitig i Tümpfig (1982.) pod pojmom seston podrazumijevamo sve žive i nežive čestice autohtonog i alohtonog porijekla, nošene strujom vode u tekućicama. Ulaz organskih čestica sestona i bentoskih organizama iz lotičkih u lentička staništa utječe na razvoj planktonske i bentoske zajednice ujezerenja, a izlaz planktonskih organizama i organskih čestica iz lentičkih u lotička područja značajan je za bentoske organizme nizvodno od ujezerenja (Špoljar i sur., 2007.a).

Provedeno istraživanje imalo je za cilj dati sveobuhvatan pregled životnih zajednica (planktona, bentosa i perifitona) potoka te utvrditi utjecaj abiotičkih i biotičkih čimbenika na njihovu raznolikost i brojnost. Stoga je tijekom jednogodišnjeg istraživanja na potoku Jankovac izvršena analiza: 1) pronosa sestona na longitudinalnom profilu potoka; 2) razvoja planktona u ujezerenjima te utjecaj sastojina vodenih makrofita na raznolikost i brojnost zooplanktona; 3) perifitona (obraštaja) mahovina u lotičkom i makrofita u lentičkom dijelu potoka; 4) makrozoobentosa u lotičkim i lentičkim staništima potoka.

Važnost sestona u lotičkim ekosustavima proizlazi iz njegove trofičke uloge u hranidbenim lancima bentoskih zajednica. Seston je glavna komponenta u transportu energije duž riječnog toka te predstavlja glavni izvor hrane za bentoske filtratore, ličinke riba i manje nektonske organizme (Maciolek, 1966.; Vannote i sur., 1980.; Sandlund, 1982.; Špoljar i sur., 2007.b). U kvalitativnom sastavu sestona može se razlikovati bioseston i tripton. Bioseston (živa komponenta) sastoji se od bakterija, algi, gljivica, mikrofaune (protozoa, trbodlaci (Gastrotricha), kolnjaci (Rotifera), oblići (Nematoda), dugoživci (Tardigrada) i makrofaune (rakovi rašljoticalci (Cladocera) i veslonošci (Copepoda), ličinke kukaca i riba). S obzirom na odnos autotrofne i heterotrofne komponente bioseston se još može podijeliti na fitoseston i zooseston. Tripton (abioseston, neživa komponenta) se sastoji od anorganskih i organskih čestica. Organske čestice mogu biti biljnog ili životinjskog porijekla, dok glavninu anorganske komponente u sestonu čine čestice pijeska koje nastaju



Slika 1: Karta istraživanog potoka s prikazom slivnog područja kojem pripada potok Jankovac i označenim postajama uzorkovanja (■ = ušće)

kao rezultat drobljenja i usitnjavanja stijena fluvijalnom erozijom (Breitig i Tümpfig, 1982.).

Ciljevi istraživanja ovog rada bili su utvrditi: 1) fizičko-kemijske pokazatelje potoka i njihovo sinergističko djelovanje s izvorima hrane u sestonu; 2) utjecaj lotičkih i lentičkih staništa na raznolikost i brojnost zoosestona; 3) utjecaj vodenih makrofitita na brojnost i raznolikost zooplanktona. Ekološka uvjetovanost i poznavanje bioraznolikosti mikrozookomponente (veličinski raspon: 50–500 μm) u vodama na kopnu je općenito slabije istraženo područje u odnosu na makrozookomponentu (veličinski raspon: $>500 \mu\text{m}$) u životnim zajednicama planktona i bentosa. Stoga će naše istraživanje biti doprinos poznavanju mikrozookomponente u vodama na kopnu, a na području Papuka takva istraživanja do sada nisu cjelovito provedena. Pošto istraživano područje pripada protočnom sustavu, organizmi u vodi ujezerenih dijelova u tumačenju rezultata će se nazivati zoosestonom, iako prema načinu života pripadaju planktonskoj zajednici.

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Za potok Jankovac je karakteristično da je velik dio njegova toka zahvaćen hidrotehničkim mjerama (dva umjetna ujezerenja, dva betonska bazena i kanalizirani dio korita potoka), jedino su izvorišni dio i slap sačuvani u prvobitnom obliku i predstavljaju tekući (lotički) dio potoka (slika 1). Voda potoka je prozirna čitavim tokom. Ukupna duljina potoka iznosi oko 700 m, prosječna širina lotičkih dijelova oko 3 m, a prosječna dubina 0,30 m, dok dubine ujezerenja ne prelaze 2 m (osobno zapažanje). Nakon 32 m visokog slapa Skakavac, potok Jankovac se ulijeva u potok Kovačicu. Kao i većina potoka koji se s Papuka slijevaju prema sjevernom nizinskom području, Jankovac pripada dravskom, odnosno crnomorskom slivu (Jankovac – Kovačica – Šumečica – Vojlovica – Klokočevac – Karašica – Drava – Dunav). S obzirom na godišnji raspored padalina na 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

Istraživanja su provedena na ukupno šest postaja smještenih na longitudinalnom profilu potoka Jankovac, raspoređenim od izvora prema ušću (slika 1). Izvor potoka Jankovac (J1) obuhvaća reokreni izvor nakon kojeg slijedi 61 m lotičkog hipokrenalnog područja (slika 2) te se ulijeva u ujezerenje 1. potoka Jankovac. Ono obuhvaća umjetnu akumulaciju unutar koje su bile smještene dvije postaje istraživanja: postaja J1 gdje dno ujezerenja nije obraslo makrofitima te postaja gdje je dno obraslo submerznim makrofitima (J1M, slika 3), plivajućim mriješnjakom (*Potamogeton natans* L.) i običnim borkom (*Hippuris vulgaris* L.). Maksimalna duljina ovog ujezerenja iznosi 168 m, prosječna širina 52 m, a maksimalna izmjerena dubina ujezerenja 1,90 m. U drugom ujezerenju potoka Jankovac također se razlikuje područje bez ma-

krofitita (J2) i područje gdje je dno pokriveno submerznim makrofitima (J2M). Maksimalna duljina ovog ujezerenja iznosi 130 m, prosječna širina 51 m, a maksimalna izmjerena dubina 1,95 m. Postaja JS bila je smještena ispod 32 m visokog slapa Skakavac (slika 4). Ova postaja obuhvaća kamene blokove megalitala ($\theta > 40 \text{ cm}$) koji su najčešće obrasli mahovinom i algama.

3. MATERIJALI I METODE

Uzorci za analizu sestona i fizikalno-kemijskih parametara vode uzimani su u mjesečnim razmacima u razdolju od svibnja do listopada 2008. godine. Uzorci za analizu zoosestona dobiveni su filtracijom $5 \times 10 \text{ L}$ vode



Slika 2: Izvor i izvorišni dio potoka Jankovac, istraživana postaja J1



Slika 3: Ujezerenje potoka Jankovac 1 s makrofitima, istraživana postaja J1M



Slika 4: Slap Skakavac (visina slapa 32 m), istraživana postaja JS

kroz planktonsku mrežu promjera oka 26 μm . Filtrati su sakupljeni u bočice volumena 150 mL. Uzorci sestona su kvalitativno i kvantitativno analizirani na invertnom mikroskopu (Opton-Axiovert 35). Najprije su na živom materijalu determinirane svojte osjetljive na fiksative. Nakon determinacije uzorci su fiksirani u 4%-tnom formalinu. Za dobivanje volumena uzorka pogodnog za mikroskopiranje, sljedeći je korak bio koncentriranje uzorka na volumen od 5 do 15 mL, centrifugiranjem na 2000 okretaja/min, u trajanju od 5 minuta. Za kvantitativnu analizu svaki uzorak volumena 0,5 mL mikroskopski je analiziran 3 puta. Brojnost populacija zoosestona izražene su brojem jedinki/L (jed./L).

3.1. Analiza fizikalno-kemijskih pokazatelja

Temperatura vode, koncentracija otopljenog kisika, pH vrijednost, električna vodljivost, brzina strujanja vode kao i slobodni CO_2 mjereni su na terenu. Paralelno s uzimanjem uzoraka za analizu sestona, uzimani su i uzorci vode za kemijsku analizu alkaliteta, koncentracije nitrata i orto-fosfata (APHA, 1985). Kao relativni pokazatelj koncentracije otopljene organske tvari (DOM, eng. *dissolved organic matter*) određivana je kemijska potrošnja kisika (KPK) oksidacijom organske tvari kisikom iz kalij-permanganata (KMnO_4) u kiselom mediju prema DEV (1971). Za sva spektrofotometrijska mjerenja korišten je spektrofotometar HACH DR/2000.

3.2. Analiza organske i anorganske tvari sestona

Temeljem koncentracije ukupne suspendirane tvari u sestonu mogu se tumačiti efekti erozije i sedimentacije čestica sestona. Koncentracija suspendiranih organskih tvari poslužit će i za procjenu raspoloživih izvora hrane životinjskim organizmima sestona. Za određivanje koncentracije ukupne suspendirane tvari u sestonu analizirana je koncentracija suhe tvari (eng. *dry mass*, DM) izražena u mg/L. Za dobivanje uzoraka na terenu je profiltrirano 50 L vode (6 mj \times 6 postaja \times 3 replikata) kroz planktonsku mrežu promjera oka 26 μm . Filtrati su u laboratoriju sušeni pod halogenim lampama, a zatim u termostatu (4 h na 104°C). Vaganjem na analitičkoj vagi dobivena je suha tvar (DM) koja sadrži organsku i anorgansku komponentu. Uzorci su zatim žareni u mufolnoj peći (6 h na 600°C), pri čemu dolazi do razgradnje organskih ugljikovih spojeva. Nakon hlađenja (24 h) uzorci su ponovno izvagani, a preostali talog nakon žarenja sadržavao je anorganske tvari (mg/L). Iz razlike odvaga uzoraka suhog (DM) i žarenog ostatka dobili smo podatke za gubitak pri žarenju ili isparni ostatak, što odgovara masi organske tvari. Masene razlike preračunali smo u koncentracije organskih tvari (eng. *ash free dry mass*, AFDM) izražene u mg/L, za koju smo pretpostavili da predstavlja detritus.

3.3. Analiza klorofila a

Klorofil *a* (Chl *a*) osnovni je fotosintetski pigment za većinu algi. Mjerenje njegove koncentracije jedna je od najobjektivnijih metoda koja ukazuje na biomasu fitokomponente i njenog potencijalnog fotosintetskog kapaciteta (Nusch, 1980.). 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 plastičnim karnisterima (3 L), profiltrirani i čuvani u tamnom i hladnom prostoru te su metodom etanolske ekstrakcije prema Nusch-u (1980.) dobivene koncentracije Chl *a* (mg/m^3).

3.4. Biocenološki indeksi i obrada podataka

Za utvrđivanje biocenoloških obilježja zooplanktonske zajednice korišteni su Margalef-ov indeks bogatstva vrsta (*d*), Shannon-ov indeks raznolikosti (*H'*; Shannon, 1948), Pielou-ov indeks ujednačenosti vrsta (*J'*). Pronos sestona izračunat je kao produkt koncentracije sestona i protoka u određenom vremenskom razdoblju (*P*, kg/d).

Za obradu podataka korišten je neparametrijski Kruskal-Wallis test te Spearmanovov koeficijent korelacije (*r*) iz programa statistica 9.0 (STATSOFT INC, 2000).

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Fizikalno-kemijski pokazatelji

Vrijednosti temperature vode povećavale su se nizvodno od postaje J1 (9,4°C) prema postaji J2 (16,5 \pm 3,7°C),

dok su nizvodno na slapu ($16,1 \pm 3,8^{\circ}\text{C}$) vrijednosti bile niže u odnosu na temperature vode u ujezerenjima. Nizvodno povećanje temperature može se objasniti duljim zadržavanjem vode i većom insolacijom nezasjeđenog dijela potoka, što u skladu s visokim toplinskim kapacitetom vode rezultira nizvodnim porastom temperature. Temperature vode na postajama s makrofitima (J1M, J2M) bile su veće u odnosu na postaje bez makrofita (J1 i J2), zbog smještaja ovih postaja u plićem dijelu jezera koji se brže zagrijava. Niže temperature vode na postaji J1 rezultat su blizine izvora gdje temperature tijekom čitave godine ne prelaze $14,9^{\circ}\text{C}$. Također, lotičke postaje, J1 i JS, zasjenjene su krošnjama stabala što je, smatramo, doprinijelo nižim temperaturama u odnosu na lentičke postaje.

Koncentracija kisika uglavnom se smanjivala od izvora ($12,0 \pm 2,5 \text{ mg O}_2/\text{L}$) prema ušću/slapu ($9,9 \pm 2,2 \text{ mg O}_2/\text{L}$). Na postajama u ujezerenjima srednje vrijednosti koncentracije kisika kretale su se od 10,9 do $12,0 \text{ mg O}_2/\text{L}$. Povišene vrijednosti koncentracije kisika i izmjerene su u području makrofita, što se pripisuje fotosintetskom oslobađanju kisika (Kalff, 2002.).

Električna vodljivost je pokazivala negativni longitudinalni gradijent vrijednosti od izvora ($504,3 \pm 9,6 \mu\text{S}/\text{cm}$) prema slapu ($419,2 \pm 17,2 \mu\text{S}/\text{cm}$), a vrijednosti su se statistički značajno razlikovale (tablica 1). Najveće razlike električne vodljivosti 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 povećanu električnu vodljivost. Povećane koncentracije nitrata rezultat su blizine izvora, za koje je, posebno u krškim područjima, karakteristično da se pune podzemnom vodom bogatijom nitrata (Malard i sur., 1997.). U ujezerenjima 1 i 2 hranjive

solii, fosfati i nitrati asimiliraju se u fitokomponentu (alge i makrofiti), dok se dio iona koristi za izgradnju skeletnih tvorbi fito i zookomponente, što je doprinijelo manjim srednjim vrijednostima električne vodljivosti.

Vrijednosti pH na postajama longitudinalnog profila statistički su se značajno razlikovale i pokazivale su porast od izvora (J1 $7,4 \pm 0,1$) prema slapu (JS $8,3 \pm 0,2$). Srednje vrijednosti koncentracije slobodnog CO_2 uglavnom su padale od postaje J1 ($15,4 \pm 2,4 \text{ mg CO}_2/\text{L}$) nizvodno, da bi na postaji JS ta vrijednost bila trostruko manja ($4,8 \pm 2,6 \text{ mg CO}_2/\text{L}$). Alkalitet je također pokazivao negativni nizvodni gradijent vrijednosti (J1 $261,0 \pm 7,1 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$, JS $220,0 \pm 8 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$) jer uslijed taloženja sedre hidrogenkarbonat se raspada pa se njegove koncentracije smanjuju, što se očituje u padu alkaliteta (Srdoč i sur., 1985.).

Za nitrata su izmjerene relativno visoke koncentracije koje su imale negativan gradijent od postaje J1 ($1,6 \pm 0,1 \text{ mg N-NO}_3^-/\text{L}$) prema postaji JS ($0,9 \pm 0,2 \text{ mg N-NO}_3^-/\text{L}$), što je uzrokovalo statistički značajnu razliku među postajama. Već je prije spomenuto da su povećane koncentracije nitrata rezultat blizine izvora, odnosno podzemnih voda bogatijih nitrata (Malard i sur., 1997.). Također, se ovi rezultati mogu objasniti propusnošću karbonatne podloge u kojoj se nalazi izvor te nitrati iz tla ispiranjem i filtracijom kroz propusnu stijenu ulaze u izvor i dalje obogaćuju čitav sustav nitrata, posebno zimi dok je smanjena asimilacija.

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 $0,03 \text{ mg P-PO}_4^{3-}/\text{L}$.

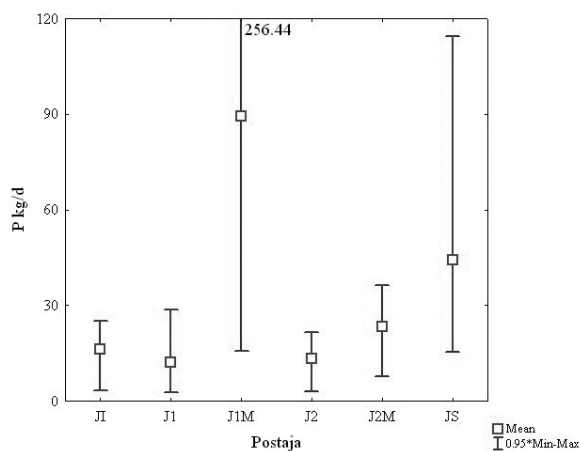
Srednje vrijednosti KPK bile su veće na postajama u ujezerenjima (srednja vrijednost: $2,2 \pm 1,6 \text{ mg O}_2/\text{L}$), u odnosu na istraživane postaje u lotiku (srednja vrijednost:

Tablica 1: Fizikalno-kemijski pokazatelji mjereni na longitudinalnom profilu potoka Jankovac
Kruskal-Wallis test (df = 5, N = 36) * $p < 0,05$; ** $p < 0,005$; *** $p < 0,001$; n.s.=nije signifikantno

Parametri	Srednja vrijednost	Min	Max	H	p
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	15,21	9,40	21,60	10,69	*
Otopljeni kisik (mg/L)	11,3	7,48	16,90	2,90	n.s.
Konduktivitet ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	461,19	388,00	521,00	25,17	***
pH	7,70	7,23	8,43	24,82	***
Slobodni CO_2 (mg/L)	8,45	2,20	17,60	19,72	**
Alkalitet (mg CaCO_3/L)	243,29	205,00	275,00	25,18	***
KPK (mg $\text{O}_2 \text{ KMnO}_4/\text{L}$)	2,00	0,24	5,06	1,16	n.s.
c (N-NO_3^-) (mg/L)	1,12	0,72	1,77	17,65	**
c (P-PO_4^{3-}) (mg/L)	0,03	0,00	0,06	2,1700	n.s.
Chl α (mg/L) $\times 10^{-3}$	1,07	0,00	4,32	17,23	**
DM (mg/L)	9,18	0,97	174,60	19,63	**
AFDM (mg/L)	6,09	0,25	12,44	22,11	***

Tablica 2: Popis svojiti zoosestona na šest istraživanih postaja i njihova pojavnost po sezonama (JI=Jankovac izvor, J1=ujezerenje 1, J1M=ujezerenje 1 s makrofitima, J2=ujezerenje 2, J2M=ujezerenje 2 s makrofitima, JS=Jankovac slap, ●=proljeće, ●=ljetno, ○=jesen)

	JI	J1	J1M	J2	J2M	JS		JI	J1	J1M	J2	J2M	JS
Rotifera							Cladocera						
<i>Ascomorpha ecaudis</i>				●			<i>Alona guttata</i>					●	●
<i>Asplanchna brightwelli</i>			●	○		○	<i>Bosmina longirostris</i>		●●				
<i>Asplanchna girodi</i>			●				<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>			●○			
<i>Bdelloidea</i>	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	<i>Chydorus ovalis</i>			●			●
<i>Brachionus diversicornis</i>						●	<i>Chydorus sphaericus</i>		●				
<i>Cephalodella catellina</i>				●			<i>Chydorus sp.</i>			●●		●●	
<i>Cephalodella forficata</i>				●	●		<i>Daphnia curvirostris</i>			●			
<i>Cephalodella gibba</i>		●○	●●	●●	●	●○	<i>Daphnia longispina</i>					●	
<i>Colurella obtusa</i>	●	●○	●●○	●○	●○	●●○	<i>Daphnia magna</i>		●	●	○	●	
<i>Colurella uncinata</i>	●	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	<i>Daphnia pulex</i>			●			
<i>Cyrtonia tuba</i>			●	●○	●	●●○	<i>Disparalona sp.</i>			○			
<i>Dicranophorus spp.</i>			○				<i>Pleuroxus laevis</i>		●	●	●	●	
<i>Diplois sp.</i>			○		○		<i>Pleuroxus uncinatus</i>			●	●	●	●
<i>Euchlanis dilatata</i>		●○	●		●	○	<i>Sida crystallina</i>						●
<i>Filinia longiseta</i>				●	●		<i>Simocephalus vetulus</i>			●●○	●	●●	●
<i>Filinia longiseta limnetica</i>			●		●		Copepoda						
<i>Keratella cochlearis</i>	●●○	●●○	●○	●○	●●○	●●○	<i>Canthocamptus staphylinus</i>						●
<i>Keratella quadrata</i>	●	●●	●			●●	<i>Eucyclops macrurus</i>			●○			
<i>Lecane clara</i>					●		<i>Eucyclops serrulatus</i>			●○		●	●
<i>Lecane closterocerca</i>		●○	●○	●●○	●●○	●●○	<i>Eudiaptomus gracilis</i>		●	●			
<i>Lecane cornuta</i>			●				<i>Macrocyclus albidus</i>		○			●	
<i>Lecane elongata</i>		●	●				<i>Macrocyclus fuscus</i>		●○	●●○	●○	●●○	●
<i>Lecane flexilis</i>		●●○	●●				<i>Macrocyclus sp.</i>						○
<i>Lecane haliclysta</i>			○		○		<i>Megacyclus viridis</i>			●			
<i>Lecane luna</i>	●	●●	●●	●●	●●	●●	Ostracoda			●	●	●	●
<i>Lecane lunaris</i>		●○	●●○	○	●○	●●○	Nematoda	●	●○	●○		○	●○
<i>Lecane spp.</i>		●○	●●○	●○	●●○	●●○	Gastrotricha						
<i>Lepadella patella</i>	●	●●○	●●○	●●○		●●○	<i>Chaetonotus hystrix</i>		●●○		●○		●○
<i>Lepadella rhomboides</i>			●				Oligochaeta						
<i>Lindia sp.</i>					●		Hydrachnidia			●	●	●	
<i>Monommata longiseta</i>		●		●			Tardigarda						
<i>Monommata caudata</i>			○				<i>Macrobiotus sp.</i>					○	
<i>Monommata sp.</i>					○								
<i>Mytilina mucronata</i>			●●	●●○	●								
<i>Mytilina ventralis</i>			●		●	●							
<i>Notholca acuminata</i>		●●○	●○	●●○	●●○	●○							
<i>Notommata aurita</i>			●			●							
<i>Squatinella mutica</i>			○										
<i>Squatinella rostrum</i>		○	○										
<i>Synchaeta oblonga</i>				○									
<i>Synchaeta pectinata</i>			●	●●○	○	○							
<i>Testudinella patina</i>						○							
<i>Trichocerca bicristata</i>					●	●							
<i>Trichocerca brachyura</i>		●○				●○							
<i>Trichocerca capucina</i>		○	●										
<i>Trichocerca cavia</i>		○											
<i>Trichocerca collaris</i>			○										
<i>Trichocerca longiseta</i>			●	●	●	●							
<i>Trichocerca musculus</i>			○		○								
<i>Trichocerca porcellus</i>		●○	●○	●●	●●	●○							
<i>Trichocerca relictata</i>			○		○								
<i>Trichocerca vernalis</i>			○	●	●	○							
<i>Trichocerca weberi</i>			●										
<i>Trichocerca sp.</i>			●●○			●							
<i>Trichotria pocillum</i>		○	○										
<i>Trichotria tetractis</i>		○	●○	○	○	○							
<i>Wierzejskiella velox</i>		●											

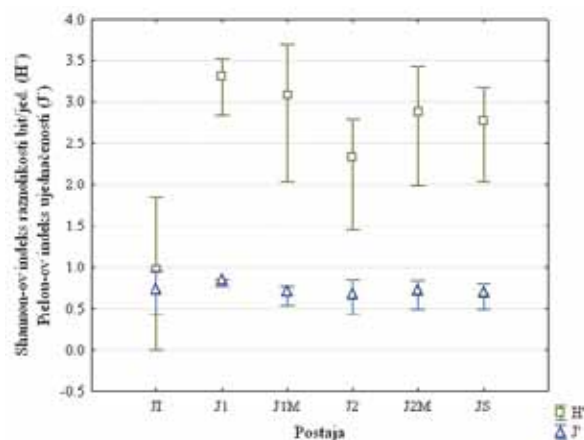


Slika 5: Pronos organske tvari u sestonu na postajama longitudinalnog profila potoka Jankovac

1,7 ± 1,5 mg O₂/L). Rezultati mjerenja klorofila *a* na četiri postaje u lentiku (J1, J1M, J2, J2M) upućuju na zaključak da akumulacije predstavljaju mjesta veće primarne produkcije u odnosu na lotičke postaje (JI, JS). Na postaji JI vrijednosti klorofila *a* bile su vrlo niske, na granici detekcije (0,1 do 0,3 mg/m³), a u akumulacijama (J1, J1M, J2, J2M) bile su znatno veće (0,7 ± 0,3 do 2 ± 1,6 mg/m³). Smatramo da je u akumulacijama intenzitet primarne i sekundarne produkcije bio veći u odnosu na postaje u lotičkom području te je i veća mikrobna razgradnja organizama utjecala na više vrijednosti otopljene organske tvari, mjerene kao KPK.

Za procjenu kvalitativnog i kvantitativnog sastava sestona analizirali smo koncentraciju ukupnih suspendiranih tvari (suhi ostatak, mg/L, čine čestice organskih i anorganskih tvari), anorganskih tvari (žareni ostatak, mg/L, čine čestice anorganskih tvari) i organskih tvari (AFDM, mg/L). U sastavu ukupnih suspendiranih tvari prevladavale su anorganske čestice u rasponu od 67 do 79%. Udio organskih suspendiranih tvari kretao se u rasponu od 21 do 36%, izuzev na postaji J1M gdje je zbog velike brojnosti ličinki vodencvjetova (Ephemeroptera) udio suspendiranih organskih tvari bio znatno veći (76%). Na postajama u lotiku, JI i JS, omjer anorganskih i organskih suspendiranih čestica bio je znatno pomaknut u korist anorganskih čestica, dok je na postajama u lentiku taj omjer smanjen u korist organskih čestica. Veća koncentracija anorganskih tvari na lotičkim postajama rezultat je erozije podloge i njihovog povećanog unosa u seston (Špoljar i sur., 2007.b). Rezultati ovog rada ukazuju da su lentička staništa, posebno ona s makrofitima posuručja povećane produkcije, što su u ujezerenjima rijeke Elbe također utvrdili Zimmerann-Timm i sur. (2007.).

Rezultati brzine strujanja vode ukazuju na velike razlike između lotičkih i lentičkih 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 strujanje vode bilo je minimalno (0,08-0,10 m/s), a upra-



Slika 6: Vrijednosti Shannon-ovog indeksa raznolikosti (H') i Pielou-ovog indeksa ujednačenosti (J') na istraženim postajama potoka Jankovac (Kruskal-Wallis test H (5, N=36)=22,68, p<0,001)

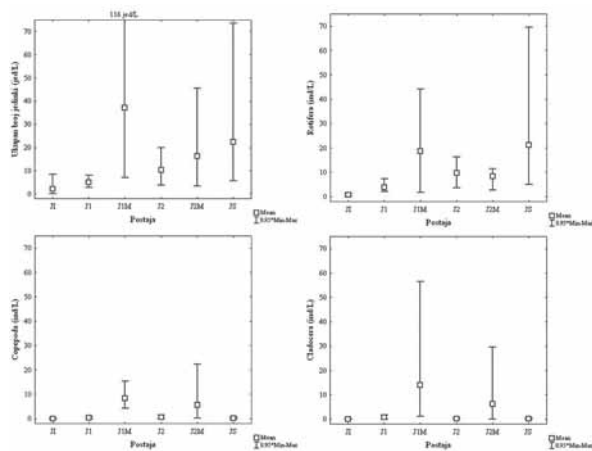
vo je to zadržavanje vode omogućilo razvoj planktonske zajednice u ujezerenjima.

Pronos organske tvari u sestonu izražen je preko biomase suhe tvari jedinki. Na lotičkoj postaji JI te na lentičkim postajama bez makrofitima (J1 i J2) zabilježene su niže vrijednosti pronosa (2-30 kg/d). Vrijednosti pronosa organske tvari na lentičkim postajama s makrofitima (J1M i J2M) bile su uvijek više nego na postajama bez makrofitima, J1 i J2. Najveća vrijednost pronosa organske tvari zabilježena je na postaji J1M (slika 5).

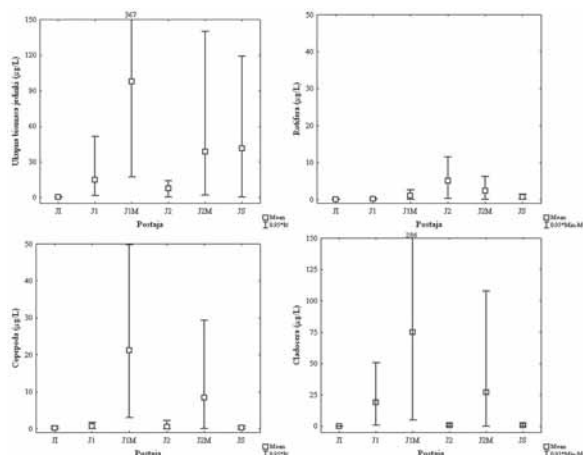
4.2. Kvalitativna i kvantitativna analiza zoosestona

U sastavu zoosestona na svim istraženim postajama od višestaničnih organizama dominirali su kolnjaci (Rotifera) te rakovi iz skupina rašljoticalaca (Cladocera) i veslonožaca (Copepoda). Brojnost jedinki u zoosestonu, općenito, je bila mala, a raznolikost vrsta velika. Na postajama longitudinalnog profila potoka Jankovac određeno je ukupno 86 svojti (tablica 2). Najveću raznolikost imali su predstavnici kolnjaka (Rotifera 57 svojti), zatim rašljoticalaca (Cladocera 15 svojti) i veslonožaca (Copepoda 8 svojti) (tablica 2). Maksimalna brojnost jedinki zabilježena je na postaji J1M u lipnju, 116 jed./L, dok na ostalim istraženim postajama maksimalna brojnost jedinki nije prelazila 80 jed./L.

Rezultati statističke analize ukazuju da su se postaje statistički značajno razlikovale (Kruskal-Wallis test; df=5, N=36) u brojnosti Rotifera (H=20,39, p<0,01), Cladocera (H=15,39, p<0,01), Copepoda (H=21,81, p<0,01), kao i ukupnoj brojnosti zoosestona (H=15,21, p<0,05). Statističkim analizama utvrđene su značajne pozitivne korelacije između biomase zoosestona i temperature (r = 0,39), pH vrijednosti (r = 0,38) te koncentracije suspendiranih organskih tvari detritusa (mjenog kao AFDM, r = 0,61). S obzirom na izvore hrane biomasa zoosestona pozitivno je korelirala s koncentracijom suspendiranih organskih tvari, dok je biomasa planktonskih oblika pozitivno korelirala i s biomasom fitoplanktona (mjenog kao Chl *a*; r = 0,45).



Slika 7: Promjene ukupne brojnosti zoosestona i pojedinih skupina u zoosestonu na istraženim postajama potoka Jankovac



Slika 8: Promjene ukupne biomase zoosestona i pojedinih skupina u zoosestonu na istraženim postajama potoka Jankovac

4.3. Izvor potoka Jankovac (J1)

Ova postaja imala je najmanju raznolikost, brojnost i biomasu zoosestona (tablica 2). Brojnost jedinki tijekom istraženog razdoblja nije prelazila 9 jed./L (svibanj), nakon čega se smanjila na svega 1–2 jed./L. Najviša vrijednost indeksa raznolikosti (H') zabilježena je u svibnju (1,9), a najmanja u listopadu (0,01). U preostalom istraženom razdoblju raznolikost se kretala oko srednje vrijednosti $1,0 \pm 0,6$ (slika 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. Kolnjaci (Rotifera) su imali najveći udio u ukupnoj brojnosti (97%) i biomasi (82%) zoosestona (slika 7 i 8). Ukupna biomasa tijekom istraženog razdoblja bila je izuzetno niska ($<1 \mu\text{g DM/L}$), zbog toga jer su sitne vrste kolnjaka bile najzastupljenije na ovoj postaji. Siromaštvo u brojnosti i raznolikosti vrsta objašnjavamo činjenicom da je mali broj organizama prilagođen specifičnim okolišnim uvjetima izvorišnih staništa (tablica 2).

4.4. Ujezerenje 1 potoka Jankovac (J1)

Ukupna brojnost jedinki na ovoj postaji bez submerznih makrofita, imala je male oscilacije i kretala se u rasponu od 2 do 9 jed./L (rujan). Skupina kolnjaka (Rotifera) bila je najzastupljenija s 24 svojte (tablica 2). U jesen je zabilježen najveći broj svojti (23), a prevladavali su također kolnjaci (19 svojti) (tablica 2). Raznolikost svojti (H') kretala se oko srednje vrijednosti $3,2 \pm 0,3$ (slika 6), a ujednačenost (J') oko $0,8 \pm 0,03$. Indeks bogatstva vrsta (d) imao je najveću vrijednost u svibnju (7,2), dok je u ostalom dijelu istraženog razdoblja oscilirao oko srednje vrijednosti $4,8 \pm 0,7$. Brojnošću zoosestona dominirali su kolnjaci (78%), a biomasom rašljoticalci (Cladocera 60%) i ostale skupine organizama (trbodlaci (Gastrotricha), oblići (Nematoda), maločetinaši (Oligochaeta) i ljuskari (Ostracoda)) s 33%. Velika biomasa bila je zabilježena u lipnju kada su najveći udio imale jedinke vrste *Daphnia magna* (Cladocera) i kolovozu kada su najveću biomasu imali predstavnici skupine maločetinaša (Oligochaeta). U ostalom dijelu istraženog razdoblja

vrijednosti biomase bile su vrlo niske i kretale su se oko srednje vrijednosti od $4,4 \pm 0,5 \mu\text{g DM/L}$ (slika 8).

4.5. Ujezerenje 1 s makrofitima (J1M)

Najveća brojnost jedinki i raznolikost svojti na istraženom longitudinalnom profilu zabilježena je na postaji J1M (slika 3). Brojnost jedinki kretala se u rasponu od 7 do maksimalno 116 jed./L (lipanj). Kolnjaci (Rotifera) su bili dominantna skupina organizama s najvećom bioraznolikošću od 42 svojte. Najveći broj svojti zabilježen je u jesen, poglavito u rujnu (30), kada su kolnjacima pripadale 23 svojte (tablica 2). U proljetnom razdoblju zabilježen je najveći broj rašljoticalaca (Cladocera 7 svojti). Veslonošci (Copepoda) su bilježili po dvije vrste mjesečno kroz čitavo istraženom razdoblje. 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 ($d=3,4$; $J'=0,6$). Najveći udio u sastavu zoosestona, kolnjaci (Rotifera) su postigli u ljetnom razdoblju (58 do 78%). Rašljoticalci (Cladocera) su dominirali u sastavu zoosestona u proljetnom razdoblju kada je vrsta *Simocephalus vetulus* postigla maksimum brojnosti (37 jed./L). Udio veslonožaca (Copepoda) u sestonu povećavao se od ljetnog prema jesenskom razdoblju. Veću brojnost i raznolikost zoosestona na postaji J1M tumačimo prisutnošću vodenih makrofita koji kolnjacima i rakovima pružaju obilje hrane (alge i detritus). Nakon proljetnog razdoblja kolnjaci postaju kompetitivniji za hranu u odnosu na rašljoticalce, stoga se njihov udio u zoosestonu povećao (slika 7). Ovaj rezultat je u skladu s teorijom o r-stratezima, kao što su kolnjaci, koji svojom velikom reprodukcijom uspijevaju izaći kao pobjednici iz kompeticijskih interakcija s rašljoticalcima (Walz, 1995.).

4.6. Ujezerenje 2 potoka Jankovac (J2)

Na postaji J2 ukupna brojnost jedinki u zoosestonu kretala se oko srednje vrijednosti od 10 jed./L. Zabilježene

su ukupno 33 svojte, među kojima su dominirali kolnjaci (Rotifera 25 svojti, [slika 7](#)). U proljeće i jesen zabilježen je najveći broj svojti (18, tj. 22). Rašljoticalci (Cladocera) i veslonošci (Copepoda) bili su prisutni s 5 svojti samo u jesenskom razdoblju ([tablica 2](#)). 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 istraživog 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. Kolnjaci (Rotifera) su dominirali brojnošću (89%) i biomasom (69%) zoosestona ([slika 7 i 8](#)). Značajan udio u biomasi na ovoj postaji imale su ostale skupine organizama (14%), trbodlaci (Gastrotricha) i ljuskari (Ostracoda). Na ovoj postaji ciklopidni naupliji (Copepoda) bili su prisutni tijekom čitavog istraživog razdoblja, te su veslonošci (Copepoda) imali veći udio u zoosestonu u odnosu na rašljoticalce (Cladocera). Rezultati ukazuju da je u ovom ujezerenju bolje razvijena planktonska zajednica u odnosu na akumulaciju J1, što objašnjavamo manjim utjecajem strujanja vode i većom količinom fitoplanktona kao izvora hrane za algivorne veslonošce, na što ukazuje povećana srednja vrijednost koncentracije Chl a u odnosu na postaju J1.

4.7. Ujezerenje 2 s makrofitima (J2M)

Brojnost jedinki u zoosestonu na postaji J2M tijekom istraživog razdoblja je oscilirala, a kretala se u rasponu od 4 do 66 jed./L. Kolnjaci (Rotifera) su svojom brojnošću najznačajnije utjecali na ukupnu brojnost jedinki u zoosestonu, izuzev u ljeto kada su u zoosestonu prevladavali rašljoticalci (Cladocera 48%) i veslonošci (Copepoda 36%) ([tablica 2](#)). Indeks raznolikosti (H') oscilirao je oko srednje vrijednosti $2,9 \pm 0,6$ ([slika 6](#)), a ujednačenost (J') oko $0,8 \pm 0,1$. Margalefov indeks bogatstva vrsta kretao se u rasponu od 2,7 do 5,4. Ukupnom biomasom dominirali su rašljoticalci (64%) i veslonošci (20%; [slika 8](#)). Ukupno je na ovoj postaji determinirano 46 svojti, od čega su kolnjaci imali najveću bioraznolikost (30 svojti) ([tablica 2](#)). U proljetnom i ljetnom razdoblju zabilježen je veći broj vrsta rašljoticalca (8) i veslonožaca (4). Smatramo da je manji broj vrsta kolnjaka na ovoj postaji u odnosu na postaju J1M posljedica manje raznolikosti vodenih makrofita u ujezerenju J2.

Razlike u raznolikosti, brojnosti i biomasi zooplanktona između postaja sa (J1M i J2M) i bez makrofita (J1 i J2) u ujezerenjima mogu se potkrijepiti s više argumenata. Mnogi su autori utvrdili da lentička staništa s makrofitima obilježava bogata i raznolika zooplanktonska zajednica u odnosu na zonu slobodne vode (Palacios-Cáceres i Zoppi De Roa, 1998., Špoljar i sur., 2011.). Na postajama s makrofitima brojnost zoosestona bila je znatno veća (posebno u proljetnom razdoblju), a veći postotni udio u brojnosti, u odnosu na slobodnu vodu, imali su Cladocera. To objašnjavamo činjenicom da rašljoticalci (Cladocera)

uslijed predatorskog pritiska od strane vizualnih predatora, tj. riba migriraju iz slobodne vode u područje makrofita. Kolnjaci, zbog male veličine tijela, nisu glavni plijen riba, stoga u slobodnoj vodi mogu razviti brojnije populacije. Na postajama bez makrofita veća brojnost jedinki u zoosestonu opaža se kasno ljeti i u jesen. Ovaj rezultat objašnjava se time da kod nižih koncentracija hrane, koje su zabilježene i na istraživim postajama na potoku Jankovac, efikasniji utilizatori su kolnjaci te su stoga sposobni razviti veću brojnost populacija u odnosu na rakove (Haberman, 1995.).

4.8. Slap Skakavac (JS)

Na postaji JS determinirano je ukupno 39 svojti. Rotifera su s 27 svojti znatno pridonijeli raznolikosti vrsta na ovoj postaji ([tablica 2](#)). Najniža vrijednost indeksa raznolikosti (H') u zoosestonu zabilježena je u kolovozu (2,2), a najveća u rujnu (3,6) ([slika 6](#)). 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 istraživog razdoblja varirao je u rasponu od 0,7 do 0,8. Fauna Rotifera i na ovoj postaji je svojim postotnim udjelom, 87 do 98% određivala oscilacije ukupne brojnosti zoosestona ([slika 7](#)), a najveći udio u biomasi imale su ostale skupine organizama (maločetinaši, oblići, ljuskari i trbodlaci), 96%. Ulazak pojedinih planktonskih vrsta u zooseston rezultat je pronosa iz uzvodnih ujezerenih dijelova, i/ili npr. betonskog bazena u kojem su se mogle razviti neke planktonske vrste, dok je veća brojnost semiplanktonskih vrsta rezultat drifta podloge i ulaska vrsta u seston. Na postaji JS raznolikost, brojnost i biomasa zoosestona bili su značajno veći zbog ulaska planktonskih vrsta iz uzvodnih ujezerenja, dok je veća biomasa rezultat drifta bentoskih vrsta i njihovog ulaska u seston. Slični rezultati zabilježeni su i na Plitvičkim jezerima, hidrosustavu u kojem također prevladavaju lentička u odnosu na lotička staništa (Špoljar i sur., 2007.a).

Zapažanja veće brojnosti kolnjaka, u odnosu na planktonske rakove, u lotičkom području u skladu su s istraživanjima koje su provele Węglenska i Ejsmont-Karabin (1994.). One su utvrdile veću brojnost kolnjaka i njihov veći fekunditet u lotičkim biotopima u odnosu na rakove, čiji se fekunditet uglavnom smanjuje u lotičkim biotopima. Dominacija sitnih kolnjaka, (npr. vrste rodova *Colurella*, *Lecane*) u lotičkim staništima može se objasniti njihovim anatomsko-fiziološkim prilagodba i sitnom građom te sporijem sedimentiraju u odnosu na rakove i ostanu duže vrijeme u sestonu. S druge strane, sedrena barijera slapa Skakavac prekrivena je mahovinama i algama, a za njihove habituse prihvaćaju se bdeloidni kolnjaci koji imaju dobro razvijene anatomsko-fiziološke prilagodbe (prsti, vapnena žižezda) čime su otporni na otplavlivanje. Također, sposobni su iz struje vode filtrirati čestice detritusa, stoga su oni velikim udjelom (94%) prevladavali u brojnosti na barijeri slapa Skakavac.

5. ZAKLJUČCI

Na longitudinalnom profilu potoka Jankovac (od izvora do ušća, odnosno slapa Skakavac) analizirani su fizikalno-kemijski pokazatelji vode te raznolikost, brojnost i biomasa zoosestona.

- 1) Fizikalno-kemijski pokazatelji ukazuju na vrlo dobru kakvoću vode u potoku Jankovac, prema kojima on pripada oligotrofnoj kategoriji, izuzev za nitrata prema kojima pripada mezotrofnoj kategoriji. Smanjene koncentracije nitrata nizvodno možemo pripisati povećanoj asimilaciji hranjivih tvari u području makrofita. Nizvodni pad alkaliteta posljedica je precipitacije kalcij-karbonata, jer uslijed taloženja sedre hidrogenkarbonat se raspada pa se njegova koncentracija smanjuje. Istraživane postaje međusobno su se značajno razlikovale s obzirom na temperaturu, slobodni CO₂, pH vrijednost, alkalitet, koncentraciju nitrata i klorofila *a* te koncentraciju suspendiranih anorganskih tvari. *Post-hoc* testom utvrđeno je da se postaja J1 s obzirom na mjerene parametre najčešće razlikovala u odnosu na ostale postaje.
- 2) Brojnost (1–116 jed./L) i biomasa jedinki u zoosestonu (0.1–357 µg DM/L) na postajama longitudinalnog profila potoka Jankovac pokazivale su niske vrijednosti, dok je raznolikost vrsta bila velika. Determinirano je ukupno 86 svojti od čega su najveću

raznolikost imali predstavnici Rotifera (57 svojti), zatim Cladocera (15 svojti) i Copepoda (8 svojti) (tablica 2). Najveća bioraznolikost zabilježena je na postajama s makrofitima (J1M i J2M). U biomasi zoosestona dominirali su rakovi iz skupine Cladocera. Ukupna biomasa organizama bila je u statistički značajnoj pozitivnoj korelaciji s izvorima hrane (suspendiranim organskim česticama).

- 3) U protočnom hidrološkom sustavu potoka Jankovac lentičke postaje zbog retencije vode značajno su utjecale na strukturu zoosestona. Vodeni makrofiti osiguravaju dovoljno hrane i pružaju zaklon od vizualnih predatora (riba) te su time potvrđeni kao staništa veće raznolikosti i produkcije zoosestona na longitudinalnom profilu tekućice. Staništa vodenih makrofita doprinijela su povećanju organske komponente sestona, kao izvora hrane za nizvodne bentoske organizme.

ZAHVALA

Zahvaljujemo na suradnji, pomoći i podršci suradnicima na projektu, studentima, diplomantima, kolegama u laboratoriju te potpori projekta MZOŠ br.1190000001205 i projekta Parka prirode Papuk. Također, zahvaljujemo dje-latnicima Parka prirode Papuk, posebice Goranu Radoniću, dipl. ing. geol., na pomoći i suradnji tijekom terenskih istraživanja. ■

LITERATURA

- APHA (1985.): Standard methods for the examination of water and wastewater 16th edn. American Public Health Association, Washington, DC.
- Breitig, G., Tümpfig, W. (1982.): Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung. Band II: Biologische, mikrobiologische und toxikologische Methoden. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, Deutschland.
- DEV (1971.): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung. Physikalische, chemische, biologische und bakteriologische Verfahren. 3. Auflage, 6. Lieferung. Chemie GmbH, Weinheim/Bergstr., Deutschland.
- Haberman, J. (1995.): Dominant rotifer of Vortsjav (Estonia). *Hydrobiologia*, 313/314, 313–317.
- Kalff, J. (2002.) Limnology: inland water ecosystems. Prentice Hall, Upper Saddle River, New York.
- Maciolek, J. A. (1966.): Abundance and character of microseston in a California mountain stream. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 16, 639–645.
- Malard, F., Turquin M. J., Magniez, G. (1997.): Filter effect of karstic spring ecotones on the population structure of the hypogean amphipod *Niphargus virei*. U: *Groundwater/Surface Water Ecotones: Biological and Hydrological Interactions and Management Options* (urednici J. Gilbert, J. Mathieu i F. Fournier), 40–50, Cambridge University Press, Cambridge.
- Nusch, E.A. (1980.): Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Archiv für Hydrobiologie – Beiheft Ergebnisse der Limnologie*, 14, 14–36.
- Palacios-Caceres, M., Zoppi de Roa, E. (1998.): Variations in zooplankton richness in a flooding savanna of Venezuela, *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 26, 1989–1993.
- Sandlund, O. T. (1982.): The drift of zooplankton and microzoobenthos in the river Strandaelva, western Norway. *Hydrobiologia*, 94, 33–48.
- Shannon, C. E. (1948.): A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27, 379–423 i 623–656.
- Srdoč, D., Horvatinčić N., Obelić N., Krajcar-Bronić I., Slipečević A. (1985.): Procesi taloženja kalcita u krškim vodama s posebnim osvrtom na Plitvička jezera. *Krš Jugoslavije*, 11, 101–204.
- Steinman, P. (1915.): Praktikum der Süßwasserbiologie. Teil 1: Die Organismen des fließenden Wassers. 1–184, Borntraeger, Berlin.
- Špoljar, M., Habdija, I., Primc-Habdija, B. (2007.a.): The Influence of the lotic and lentic stretches on the zo-

- oseston flux through the Plitvice Lakes (Croatia). *Annales de Limnologie–International Journal of Limnology*, 43, 29–40.
- Špoljar, M., Primc-Habdija, B., Habdija, I., (2007.b.): Transport of seston in the karstic hydrosystem of the Plitvice Lakes (Croatia). *Hydrobiologia*, 579(1), 199–209.
- Špoljar, M., Dražina, T., Habdija, I., Meseljević, M., Grčić, Z. (2011.): Contrasting Zooplankton Assemblages in Two Oxbow Lakes with Low Transparencies and Narrow Emergent Macrophyte Belts (Krapina River, Croatia). *International review of Hydrobiology*, 96(2), 175–190.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., Cushing, C. E. (1980.): The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37, 130–137.
- Walz, N. (1995.) Rotifer populations in plankton communities: Energetics and life history strategies. *Experientia*, 51, 437– 453.
- Węglenska, T., Ejsmont-Karabin, J. (1994.): The short and long term variability of the zooplankton structure in the Zagrzyński reservoir. *Archiv für Hydrobiologie – Beiheft Ergebnisse der Limnologie*, 40, 117–126.
- Zimmermann-Timm, H., Holst, H., Kausch, H., (2007.): Spatial dynamics of rotifers in a large lowland river, the Elbe, Germany: How important are retentive shoreline habitats for the plankton community? *Hydrobiologia*, 593, 49–58. www.pp-papuk.hr

IMPACT OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE DIVERSITY AND NUMBER OF LIVING COMMUNITIES IN THE JANKOVAC STREAM (NATURE PARK PAPUK)

Abstract. The investigation of zooseston was conducted in the lotic and lentic habitats of the Jankovac stream's longitudinal profile (Nature park Papuk) in the period from May to October 2008. The investigation's objective was to present the main hydrological characteristics and determine the impact of aquatic macrophyte-covered bottom on the development, production and biodiversity of the plankton community in the stream's hydrological system.

The investigation results indicate that statistically significant changes of physico-chemical indicators occurred between the investigated stations on the Jankovac stream's longitudinal profile ($p < 0.05$). In total, 86 taxa were determined, of which the majority were rotifers (Rotifera, 57 taxa), cladocerans (Cladocera, 15 taxa) and copepods (Copepoda, 8 taxa). Rotifers dominated with regard to diversity and number of zooseston, whereas Cladocera and Copepoda taxa represented the majority of biomass. In the Jankovac stream system, lentic habitats facilitate, due to water retention, the development of the plankton community. Zones with submersed macrophytes are very productive habitats with a large number and great diversity of organisms, and are the main, most productive areas, which produce sufficient quantities of nutrition for downstream benthic organisms in the stream system.

Key words: Jankovac stream, NP Papuk, lotic, lentic, zooseston, macrophytes

DIE WIRKUNG VON UMWELTFAKTOREN AUF VIELFALT UND VIELZAHL VON TIERGEMEINSCHAFTEN IM BACH JANKOVAC (NATURPARK PAPUK)

Zusammenfassung. Die Untersuchung des Zoosestons wurde in lotischen und lenitischen Habitaten im longitudinalen Profil des Baches Jankovac (Naturpark Papuk) im Zeitraum zwischen Mai und Oktober 2008 durchgeführt. Das Ziel dieser Untersuchung war, die hydrologischen Eigenschaften darzustellen sowie die Wirkung der Bodendeckung durch aquatische Makrophyten auf die Entwicklung, Produktion und Biodiversität der Planktongemeinschaft im Fließhydrosystem festzustellen.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die Änderungen der physikalischen und chemischen Indikatoren zwischen den Untersuchungsstellen im longitudinalen Profil des Baches Jankovac statistisch signifikant waren ($p < 0,05$). Es wurden insgesamt 86 Arten festgestellt; am zahlreichsten zu finden waren Rädertierchen (Rotifera, 57 Arten), Wasserflöhe (Cladocera, 15 Arten) und Ruderfußkrebse (Copepoda, 8 Arten). Rädertierchen dominierten mit der Vielfalt und Vielzahl des Zoosestons, während Cladocera und Copepoda den größten Anteil in der Biomasse hatten. Im Fließsystem des Baches Jankovac ermöglichen die lenitischen Habitate dank der Wasserretention eine Entwicklung der Planktongemeinschaft. Im Rückhaltebecken stellen die Zonen mit Unterwassermakrophyten hoch produktive Habitate mit hoher Anzahl und Vielfalt von Organismen dar. Das sind Hauptgebiete mit hoher Produktion, wo genügend Nahrung für benthische Organismen flussabwärts erzeugt wird.

Schlüsselwörter: Bach Jankovac, Naturpark Papuk, lotischer Bereich, lenitischer Bereich, Zooseston, Makrophyten