

Utjecaj uklanjanja pajasena (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swinge) na transport tvari i drift makrozoobentosa u novoformiranim tokovima NP Krka

Nikolić, Anja

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:083102>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

Anja Nikolić

UTJECAJ UKLANJANJA INVAZIVNE VRSTE PAJASENA (*Ailanthus
altissima* (Mill.) Swinge) NA TRANSPORT TVARI I DINAMIKU
MAKROZOOBENTOSA U NOVOFORMIRANIM TOKOVIMA NP KRKA

Diplomski rad

Zagreb, 2019. god.

Ovaj rad, izrađen na Zoologijskom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Mirele Sertić Perić, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra edukacije biologije i kemije.

Najlješe zahvaljujem mojoj mentorici doc. dr. sc. Mireli Sertić Perić na korisnim savjetima, bezgraničnom strpljenju i pomoći u pisanju ovog diplomskog rada.

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

Najveće hvala mojoj obitelji na beskrajnoj podršci i razumijevanju.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

UTJECAJ UKLANJANJA INVAZIVNE VRSTE PAJASENA (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) NA TRANSPORT TVARI I DINAMIKU MAKROZOOBENTOSA U NOVOFORMIRANIM TOKOVIMA NP KRKA

ANJA NIKOLIĆ

Rad izrađen: Zoologijski zavod, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

Uzorkovanje drifta u ovom istraživanju provedeno je u prosincu 2017. i siječnju 2018. godine na četiri postaje smještene na području sedrene barijere Skradinski buk u NP Krka. Istovremeno s uzorkovanjem drifta mjereni su i fizikalno-kemijski parametri vode. U uzorcima drifta određen je sastav i brojnost pojedinih skupina makrozoobentosa te sastav i količina različitih veličinskih kategorija čestica organske i anorganske tvari. Uočena je razlika u mjerenim parametrima između pojedinih postaja uzorkovanja. U prosincu 2017. na postajama s prosječno najvećom količinom organske tvari zabilježena je i najveća gustoća drifta makrozoobentosa, a na postajama s prosječno najvećom brzinom strujanja vode zabilježena je i najveća količina anorganske tvari. Većinu beskralježnjačke faune na svim postajama u prosincu zastupali su planktonski račići iz skupina Copepoda (veslonošci) i Cladocera (rašljoticalci), dospjeli u drift iz uzvodnog jezera, te manji udio jedinki iz porodica Simuliidae i Chironomidae. U siječnju 2018., najveći udio u driftu imale su jedinke Copepoda te Diptera iz porodica Simuliidae i Chironomidae. Zaključuje se da je na prostorno-vremenske razlike u gustoći drifta makrozoobentosa vjerojatno veliki utjecaj imao pojačani erozivni efekt vode, odnosno povećane količine organske i anorganske tvari u stupcu vode, do kojih je došlo nakon uklanjanja pajasena, koji je prije uklanjanja vjerojatno ublažavao erozivni učinak.

(48 stranica, 29 slika, 4 tablice, 70 literaturnih navoda, jezik izvornika hrvatski)

Ključne riječi: pajasen / drift / makrobekralježnjaci / organska i anorganska tvar / NP Krka

Mentor: doc. dr. sc. Mirela Sertić Perić
Ocjenjivači: doc. dr. sc. Mirela Sertić Perić
 izv. prof. dr. sc. Ines Radanović
 izv. prof. dr. sc. Vesna Petrović Peroković
Zamjena: Prof. dr. sc. Iva Juranović Cindrić

Rad prihvaćen: 18. rujna 2019.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Division of Biology

Graduation Thesis

INFLUENCE OF REMOVAL OF INVASIVE SPECIES TREE OF HEAVEN (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) ON THE TRANSPORT OF SUBSTANCES AND DYNAMICS OF MACROZOOBENTHOS IN NEWLY FORMED STREAMS IN NP KRKA

ANJA NIKOLIĆ

Elaborated at: Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

Macrozoobenthos drift samples were collected in December 2017 and January 2018 at four stations located in the area of travertine barrier Skradinski buk within NP Krka. At the same time, physico-chemical parameters of water were measured. In the collected drift samples, the composition and abundance of macrozoobenthos taxa, and the composition and quantity of different size categories of organic and inorganic matter particles were determined. The differences in the physico-chemical parameters between the individual sampling stations were observed. In December 2017, the highest density of macrozoobenthos drift was recorded at the stations with the highest amount of organic matter, whereas the highest quantity of inorganic matter in drift was recorded at the stations with the highest water flow velocity. Drift fauna at all stations in December was dominated by planktonic crustaceans belonging to Copepoda and Cladocera, whereas a smaller proportion belonged to the individuals belonging to dipteran families Simuliidae and Chironomidae. In January 2018, drift samples were dominated by individuals belonging to Copepoda and dipteran families Simuliidae and Chironomidae. It is concluded that the spatio-temporal patterns of the macrozoobenthos drift were likely influenced by the increased erosive effect of water and the consequently increased amounts of organic and inorganic matter in the water column. It likely occurred after removal of the tree of heaven, which probably mitigated the erosive water effect prior to its removal.

(48 pages, 29 figures, 4 tables, 70 references, original in Croatian)

Keywords: tree of heaven / drift / macroinvertebrates / organic and inorganic matter / NP Krka

Supervisor: doc. dr. sc. Mirela Sertić Perić

Reviewers: doc. dr. sc. Mirela Serić Perić

izv. prof. dr. sc. Ines Radanović

izv. prof. dr. sc. Vesna Petrović Peroković

Replacement: Prof. dr. sc. Iva Juranović Cindrić

Thesis accepted: September 18, 2019

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Raznolikost slatkovodnih staništa.....	1
1.2 Ekološki čimbenici u tekućicama	1
1.3 Makrozoobentos tekućica.....	3
1.4 Prilagodbe makrozoobentosa na brzinu strujanja vode	4
1.5 Drift makrozoobentosa.....	5
1.6 Izazovi istraživanja ekoloških uvjeta i prostorno-vremenske dinamike životnih zajednica krških tekućica	6
1.7 Pajasen (<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swinge) - invazivna biljna vrsta s učinkom na sedrotvorne životne zajednice unutar NP Krka.....	8
1.8 Cilj istraživanja.....	9
2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA.....	10
2.1 Hidrološka obilježja Nacionalnog parka Krka	10
2.2 Geomorfološka obilježja Nacionalnog parka Krka	10
2.3 Postaje istraživanja	11
3. MATERIJALI I METODE.....	13
3.1 Uzimanje i analiza uzoraka drifta.....	13
3.2 Mjerenje fizikalno-kemijskih čimbenika	15
3.3 Obrada podataka	16
4. REZULTATI	17
4.1 Fizikalno-kemijska svojstva vode	17
4.2 Kvantitativni sastav drifta makrozoobentosa	20
4.3 Kvalitativni sastav drifta makrozoobentosa	22
4.4 Kvantitativni sastav organske tvari u uzorcima drifta	27
4.5 Kvalitativni sastav organske tvari u uzorcima drifta	29
4.6 Kvantitativni sastav anorganske tvari u uzorcima drifta.....	31
4.7 Odnos okolišnih čimbenika i gustoće drifta makrozoobentosa.....	32
5. RASPRAVA	35
5.1 Fizikalno-kemijska svojstva vode	35
5.2 Kvantitativni i kvalitativni sastav makrozoobentosa.....	36
5.3 Kvantitativni i kvalitativni sastav organske tvari u uzorcima drifta.....	38
5.4 Kvantitativni sastav anorganske tvari	38

5.5 Odnos okolišnih čimbenika i gustoće drifta makrozoobentosa.....	39
6. ZAKLJUČAK.....	41
7. LITERATURA	42
8. PRILOG.....	47

1. UVOD

1.1. Raznolikost slatkovodnih staništa

Oko 70 % Zemljine površine je prekriveno hidrosferom koja obuhvaća sve tekuće i smrznute površinske vode, podzemne vode zadržane u tlu i stijenama te vodenu paru u atmosferi. 98 % voda hidrosfere su svjetski oceani, 1.6 % čini kontinentalni led, a ostatak hidrosfere se odnosi na rijeke, jezera i podzemne vode. Unatoč činjenici da je najveći dio vode koncentriran u oceanima i morima, a udio kopnenih voda čini samo mali dio hidrosfere, dinamika kopnenih vodenih sustava uvelike utječe na kruženje tvari i protok energije u biosferi. Osim toga, kopneni vodeni sustavi pružaju povoljne ekološke uvjete i jedinstvena životna staništa, čime pridonose raznolikosti živog svijeta.

Vodeni sustavi na kopnu dijele se na tekuće ili lotičke koje obilježava stalno protjecanje vode i ujezerenje ili lentičke, u kojima je strujanje vode neznatno ili ono u potpunosti izostaje. Lentičkim staništima (biotopima) pripadaju stajačice - bare, močvare i jezera. Kod lentičkih sustava ekološki čimbenici imaju vertikalnu stratifikaciju (lat. *stratum* – sloj), odnosno javlja se raslojenost ekoloških čimbenika unutar stupca vode od površine prema dnu.

Za razliku od lentičkih staništa, lotičkim staništima (biotopima) pripadaju tekućice - potoci i rijeke. U njima od izvora prema ušću dominira longitudinalni gradijent, odnosno dolazi do promjene ekoloških čimbenika i raščlanjenosti staništa duž njihova toka.

1.2 Ekološki čimbenici u tekućicama

Životni uvjeti i sastav biocenoza u tekućicama ovise o međusobnoj sprezi raznovrsnih abiotičkih i biotičkih ekoloških čimbenika (HILDREW i GILLER, 1994). U gornjim dijelovima toka tekućica, gdje obično prevladavaju veće brzine strujanja vode, prevladava krupno kamenje, u srednjim dijelovima toka često se susreće šljunkovito dno, a u donjim dijelovima toka mnogih tekućica najčešće se opaža muljevito dno s puno detritusa (usitnjenog neživog organskog materijala).

Abiotički i biotički ekološki čimbenici u tekućicama uvelike variraju u prostoru i vremenu (POFF i WARD, 1990). Na sastav lotičkih biocenoza značajno utječu sljedeći abiotički čimbenici, npr.: temperatura, koncentracija kisika, koncentracija hranjivih tvari (fosfati,

nitriti, nitrati), koncentracija organske tvari, pH, prozirnost vode te hidrološki čimbenici (protok, brzina strujanja vode).

Brzina strujanja vode jedan je od presudnih čimbenika koji utječu na sastav biocenoza u lotičkim staništima. Ovaj čimbenik utječe na morfologiju staništa, na vrstu i strukturu supstrata, raspoloživost izvora hrane, snabdijevanje otopljenim kisikom te izravno utječe na organizme koji obitavaju u stupcu vode i u supstratu (ALLAN, 1995; GILLER i MALMQVIST, 1998; HABDIJA i sur., 2000).

Na brzinu strujanja i turbulenciju vode u tekućicama, veliki utjecaj ima morfologija lotičkog sustava. U plićim tekućicama sa grubo strukturiranim supstratom, pri velikim brzinama strujanja vode pojavljuje se turbulentno strujanje. Takvo strujanje karakteriziraju nepravilno protjecanje vode i stvaranje kaotičnih vrtloga koji uzrokuju uzburkanost vode i miješanje njezinih slojeva. U dubljim tekućicama sa krutim i glatkim supstratima s malim brzinama strujanja vode, turbulencija je obično manja, odnosno voda protječe u usporednim slojevima koji klize jedan povrh drugog različitim brzinom. Takvo strujanje očituje se mirnim, naizgled ujednačenim (laminarnim) protjecanjem vode (GILLER i MALMQVIST, 1998),

Osim brzine strujanja vode, na životne uvjete u tekućicama jako utječu i promjene prozirnosti, koncentracije kisika, temperature i pH, koji pak utječu na razgradnju organskih tvari od strane mikroorganizama te na topljivost i raspoloživost hranjivih tvari (fosfata, nitrita, nitrata).

Biotički čimbenici, prvenstveno metabolička aktivnost beskraljješnjaka i mikroorganizama prisutnih u tekućicama, jako utječu na koncentraciju i veličinski sastav organskih čestica u tekućicama (WALLACE i sur., 1991). Većinu cjelokupne organske tvari u tekućicama čini detritus. Detritus je djelomično razgrađena organska tvar nataložena na dnu, a čine ga organogene, sitne čestice koje tvore muljevitú masu (VANNOTE i sur., 1980). Detritus je najznačajnija organska komponenta u vodenim staništima, čija kvaliteta i količina imaju vrlo važnu ulogu u kruženju tvari i protoku energije te utječu na sastav biocenoza u lotičkim staništima. Usitnjena organska tvar prisutna u bentosu vodenih ekosustava može se svrstati u dvije značajnije veličinske kategorije (LAMBERTI i GREGORY, 2006; WALLACE i sur., 2006):

- Grubo usitnjena organska tvar (CPOM – engl., *coarse particulate organic matter*) – čestice > 1 nm

- Fino usitnjena organska tvar (FPOM – eng., *fine particulate organic matter*) – čestice od 0.45 μm – 1 mm

CPOM u lotičkim staništima predstavljaju krupni organski ostatci (CUMMINS, 1974), kao što su lišće, granje ili čak čitava debla okolne obalne vegetacije te raspadajući dijelovi vodene vegetacije (LAMBERTI i GREGORY, 2006). Nakupine CPOM-a u vodenim tokovima imaju veliku sposobnost retencije i nakupljanja sitnijih čestica organske tvari i organizama koji se hrane usitnjavanjem krupnih organskih čestica (tzv. usitnjivača) (CUMMINS i KLUG, 1979). Čestice FPOM-a dopijevaju u bentos tekućica uglavnom slijeganjem iz stupca vode postupcima sedimentacije, koagulacije i flokulacije (WOTTON, 1984, 1990). Najveće količine FPOM-a najčešće se nakupljaju u ujezerenjima te u područjima usporenog vodenog toka, odnosno u (mikro)staništima s obilnim mahovinskim/makrofitskim pokrovom ili naplavinama tvornih ostataka (engl., *debris dams*) (BILBY i LIKENS, 1980, HURYN i WALLACE, 1987).

Poznato je da brzina strujanja vode, regulirajući opći izgled korita tekućica, sortiranje supstrata te selektivna retencija i akumulacija organskog detritusa između čestica supstrata, utječe na prienos i distribuciju hranjivih tvari i sedimenta. Uslijed toga, posredno i neposredno, brzina strujanja vode regulira i sastav zajednica beskralješnjaka te omogućuje njihovo otplavlivanje, ponovno naseljavanje i disperziju (HABDIJA i sur., 2004, SMOCK 2006).

1.3 Makrozoobentos tekućica

U sastav zajednica makrozoobentosa ulaze organizmi koji žive na površini ili u sedimentu vodenih mikrostaništa te oko vodene vegetacije. Tu pripadaju organizmi koji cijeli svoj život provedu u vodi (permanentna fauna, npr. puževi, školjkaši, rakušci, rašljoticalci, maločetinaši), ali i organizmi koji u vodi provedu samo dio svog životnog ciklusa (temporalna fauna, npr. ličinke kukaca). Najčešći pripadnici temporalne faune su vodencvjetovi (Ephemeroptera), obalčari (Plecoptera), tulari (Trichoptera), vretenca (Odonata) te mnoge porodice iz reda dvokrilaca (Diptera).

Različita mikrostaništa (npr. brzaci, ujezerenja) unutar istog lotičkog sustava utočišta su različitim zajednicama beskralješnjaka (JEFFRIES i MILLS, 1995). Na mikrostaništima sa većom brzinom strujanja vode često se pojavljuju gušće zajednice beskralješnjaka. Razlog tomu je veća oksigenacija vode uslijed turbulentnog toka ili veća dostupnost hranjivih tvari nekim organizmima (npr. ličinke tulara iz porodice Hydropsychidae) (FENOGLIO i sur.,

2004). Ujezerenja, koje karakterizira spora struja vode, sitnije čestice supstrata i niža koncentracija kisika u vodi, često sadrži manje organizme koje se hrane sitnim organskim česticama, poput ličinaka Chironomida.

Makrozoobentos, tj. bentoski beskralježnjaci, često se koriste kao indikatorske vrste u procjeni kakvoće voda, životnih uvjeta i ekoloških čimbenika u lotičkim sustavima (PLAFKIN i sur., 1989; SMITH i sur., 1999). Zato se, istraživanjem stanja makrozoobentosa obavlja biomonitoring vodenih staništa. Brojnost, bogatstvo i ujednačenost vrsta unutar zajednica makrozoobentosa te dinamika i struktura njihovih populacija razmatraju se u istraživanjima strukture, funkcije, održivosti i stabilnosti vodenih ekosustava te ugroženosti staništa i utjecaja čovjeka na okoliš.

1.4 Prilagodbe makrozoobentosa na brzinu strujanja vode

Usmjereni tok i brzina strujanja vode izravno utječu na lotičku makrofaunu; uvjetuju razvoj brojnih morfoloških, fizioloških (WARD, 1992; WILLIAMS i FELTMATE, 1992) i etoloških (STATZNER i sur., 1988) prilagodbi kod lotičke makrofaune. Za svladavanje životnih uvjeta u struji vode, organizmi lotičkih staništa razvili su sljedeće prilagodbe (GILLER i MALMQVIST, 1998):

1. Morfološke i fiziološke prilagodbe:

- Hidrodinamični (npr. Baetidae), odnosno dorzoventralno spljošteni (npr. Heptageniidae) oblik tijela;
- Kukice (npr. *Rhyacophila* sp.) i prijanjaljke (npr. Blephariceridae) za prihvaćanje;
- Jastučići i tvorbe koje umanjuju trenje (npr. *Rhithrogena* sp.);
- Izlučivanje svilenih niti za prihvaćanje uz podlogu (npr. Simuliidae) te za izgradnju zaštitnih cjevčica, kućica i mreža za pasivno sakupljanje hranjivih tvari iz okolne vode (npr. Hydropsychidae);

2. Etološke prilagodbe:

- Izbjegavanje struje vode (npr. sakrivanjem među čestice supstrata)
- Nizvodno otplavlivanje ili bijeg u struji vode (drift) te uzvodne migracije kretanjem po dnu.

1.5 Drift makrozoobentosa

Za lotičke biotope (tekućice) često se veže se pojam drifta. Drift uključuje sve organizme (planktonske i bentoske) koji se susreću sa stalnim problemom nizvodnog otplavlivanja iz područja u kojem žive, rastu i razmnožavaju se (BROWN i BRUSSOCK, 1992).

Drift – nizvodno otplavlivanje organizama uzrokovano strujom vode – je najznačajniji i najčešće istraživani fenomen vezan uz transport, kretanja i pronos makrozoobentosa lotičkih sustava (WATERS, 1972). Drift je i vrlo važan mehanizam rasprostranjenja bentoskih beskralježnjaka u lotičkim sustavima (WILLIAMS i HYNES, 1976). Uz pojam drifta najčešće se vežu bentoski beskralježnjaci (ličinke kukaca i rakovi) (ALLAN, 1995; RAMIREZ i PRINGLE, 1998; SALVEIT i sur., 2001), međutim u njegov sastav mogu ući i organizmi pripadnici obraštaja i meiofaune te ličinke riba i vodozemaca (ALLAN, 1995). Najčešći beskralježnjaci u sastavu drifta su jedinke Ephemeroptera, Diptera (osobito Simuliidae), Trichoptera, Plecoptera (ALLAN, 1995; RAMIREZ i PRINGLE, 1998; SALVEIT i sur., 2001) te Amphipoda i Isopoda (ALLAN, 1995; ELLIOTT, 2002).

Poznato je da na pojavu drifta utječu brojni biotički i abiotički čimbenici i s obzirom na to, razlikuju se pasivan i aktivan drift.

Pasivan drift je uvjetovan okolišnim (abiotičkim) čimbenicima i/ili veličinom i težinom organizma (MCLAY, 1970; SANDLUND, 1982) te se odnosi na „nedobrovoljno“ otplavlivanje organizma, koje je posljedica iznenadnih promjena u okolišu. Abiotički čimbenici koji mogu uzrokovati pasivan drift su primjerice: promjene temperature, kemijskih svojstava vode, protoka i brzine strujanja vode, trajanje fotoperioda, izmjenjivanje vlažnih i sušnih klimatskih razdoblja, pojava onečišćenja i sl. (ANDERSON i LEHMKUL, 1967; BITTAIN i EIKELAND, 1988; RAMIREZ i PRINGLE, 1998; SALTVEIT i sur., 2001; HIEBER i sur., 2003).

Aktivan drift je pravi etološki mehanizam izazvan biotičkim čimbenicima, kao što su prisutnost predatora (riba i predatorskih svojti beskralježnjaka) i/ili kompeticija za hranu, životni prostor i zaklonište. Predstavlja „samovoljni“ ulazak organizma u stupac vode i, budući da je povezan s aktivnim („voljnim“) ponašanjem faune, omogućuje organizmima pronalaženje novog staništa ili hrane, izbjegavanjem predatora ili napuštanjem pregusto naseljenog mikrostaništa (PECKARSKY, 1979, 1980; FLECKER, 1992; WILLIAMS i FELTMATE, 1992; ALLAN, 1995).

Drift također pokazuje dnevnu i sezonsku periodičnost. Dnevna periodičnost drifta najčešće se opaža u vidu povećanog broja jedinki i raznolikosti vrsta u driftu noću, što je posljedica prilagodbe bentoskih beskralježnjaka na pritisak dnevnih predatora (ELLIOTT, 1968).

Sezonska periodičnost drifta uglavnom ovisi o sezonskim razlikama u temperaturi, količini nanese organske tvari i sastavu zajednice bentoskih beskralježnjaka, odnosno o životnim ciklusima dominantnih beskralježnjačkih svojiti (RAMIREZ i PRINGLE, 2001). Najveći broj jedinki u driftu javlja se u razdobljima naglog rasta (presvlačenja) ličinki te u razdobljima prije nastanka kukuljice i izlijetanja (MULLER, 1973; SALTVEIT i sur., 2001).

U uzorcima drifta često se mogu naći i nežive čestice organske i anorganske tvari. Organsku komponentu drifta predstavlja neživa organska tvar (detritus) koja može biti biljnog ili životinjskog porijekla, dok anorgansku komponentu čine čestice pijeska (sedimenta) koje nastaju kao rezultat drobljenja i usitnjavanja stijena fluvijalnom erozijom.

Čestice organske i anorganske tvari, koje se mogu naći u lotičkim sustavima, a stoga i u uzorcima drifta, prema porijeklu mogu biti autohtone i alohtone (ABDERHALDEN, 1931):

- Autohtone čestice su one koje su prisutne u koritu tekućice, a sastoje se od: koloidnih čestica, anorganskih čestica, bakterija, drifta organizama (otplavljenih organizama obraštaja i bentosa), detritusa (usitnjeni neživi organski materijal) te planktonskih organizama iz ujezerenih (uzvodnih) dijelova tekućica.
- Alohtone čestice potječu najčešće od obalne vegetacije (terestričkog porijekla) ili iz atmosfere.

1.6 Izazovi istraživanja ekoloških uvjeta i prostorno-vremenske dinamike životnih zajednica krških tekućica

Krška vodena staništa su rasprostranjena širom svijeta i zanimljiva su zbog različitih dimenzija i oblika, bogatstva životnih oblika koji ih naseljavaju te zbog specifičnosti geološke građe, hidroloških osobina i ekoloških procesa koji su presudni za njihovu održivost (WORLD BANK, 2008). Usprkos tome, u literaturi su krški hidrosustavi (uključujući i krške tekućice) često zanemareni i nisu sustavno istraživani. Uz ostale nedovoljno istražene fenomene krša, vrlo je malo spoznaja o značaju transportnih procesa tvari i organizama (uključujući i drift) u krškim hidrosustavima (npr. MASSEI i sur., 2006; ŠPOLJAR i sur., 2007a, b; SERTIĆ PERIĆ i sur., 2011, 2014). Međutim, vrlo je bitno steći uvid u te procese,

budući da oni osiguravaju energetska osnovu za prostorno-vremensku dinamiku životnih zajednica, a važni su i za stabilnost i održivost krških vodenih sustava.

Za dinaridske krške hidrosustave, kojima pripadaju i poznati hrvatski Nacionalni parkovi NP Plitvička jezera i NP Krka, svojstvena je pojava osedranja, odnosno proces precipitacije kalcijevog karbonata u specifičnim uvjetima okoliša (PEVALEK, 1958; FORD i PEDLEY, 1996). Raznovrsna sedrena staništa (npr. podvodne sedrene barijere, slapišta, kaskade, protočni kanali, brzaci) najčešće su prekrivene obraštajem i mahovinom, koji su uz bakterije i fito- i makrozoobentos (bentoske alge i beskralježnjake), prepoznati kao iznimno važne sedrotvorne sastavnice (PAVLETIĆ, 1957; PEVALEK, 1958; SRDOČ i sur., 1985). Naime, svi ti organizmi učvršćuju sedrenu podlogu, zadržavaju različite čestice organske i anorganske tvari iz vodenog stupca te predstavljaju podlogu za rast i razvoj sedrenih naslaga (Slika 1). Sedrena staništa potom služe kao hranom bogata zakloništa mnogim organizmima makrozoobentosa (SUREN, 1991, 1992a, b; HEINO i KORSU, 2008; SERTIĆ PERIĆ i sur., 2011, 2014).



Slika 1 Naslaga sedre u Nacionalnom parku Krka (foto: M. Sertić Perić, 2018)

Bujni razvoj vegetacije - viših biljaka (makrofita) - u rubnim/obalnim dijelovima sedrotvornih hidrosustava može biti posljedica eutrofikacije (MILIŠA i sur., 2006) te dovesti do tzv. zaraštavanja sedrenih barijera. Vegetacija može, ovisno o razmjerima obrastanja sedrenih barijera, neposredno i posredno utjecati na proces osedranja. Ukoliko je bujno razvijena, vegetacija noću može sniziti pH oko svog korijenja uslijed respiracije, što može dovesti do otapanja kalcijevog karbonata tj. do negativnog utjecaja na procese osedranja (LIU i sur., 2006). Nadalje, odumiranjem makrofita (npr. opadanjem lišća drvenastih vrsta

biljaka), dolazi do njihove razgradnje na samim sedrenim barijerama, što može povećati razine CO₂, sniziti pH i povećati koncentracije hranjivih soli u vodi sedrotvornih sustava. Procesi razgradnje makrofita mogu izazvati i promjene u transportu tvari i organizama u sedrotvornim sustavima, uključujući i promjene u obrascima drifta makrozoobentosa, što nadalje može utjecati i na raspodjelu organske tvari te hranidbene odnose unutar sedrotvornih hidrosustava (SERTIĆ PERIĆ i sur., 2011). Ukoliko se proces bujanja makrofita nastavi kroz duže vremensko razdoblje, može doći do izdizanja supstrata i isušivanja barijera te do gubitka tokova važnih za kontinuirani transport tvari i organizama, odnosno za stabilnost hranidbenih mreža sedrotvornih hidrosustava. Uslijed navedenog, jasna je potreba za aktivnim mjerama zaštite, čak i u strogo zaštićenim područjima, s ciljem očuvanja sedrenja kao temeljnog fenomena.

1.7 Pajasen (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swinge) - invazivna biljna vrsta s učinkom na sedrotvorne životne zajednice unutar NP Krka

Pajasen (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swinge) je jedna od najopasnijih invazivnih drvenastih biljaka, kako u svijetu tako i u Hrvatskoj. To je razgranato, brzorastuće, „agresivno“ i brzo prilagodljivo listopadno drvo, koje naraste 30 – 35 m, a godišnje proizvede više od 300 000 sjemenki koje izrazito lako kliju. Također, stvara alelopatske kemijske spojeve (otrov ailanton), koji inhibira rast drugih biljaka u blizini. U Europu je prvi put unesen iz Kine (1740. god.) u druga područja te se raširio na svim kontinentima osim Antarktike (INGO i SAUMEL, 2007). Pajasen je već više od 50 godina prisutan i na području Nacionalnog parka (NP) Krka, gdje izravno utječe na proces stvaranja sedrenih barijera, jednog od temeljnih fenomena NP Krka. Dominacija pajasena unutar NP Krka uzrokovala je zaraštanje sedrenih barijera, što je dovelo do promjene smjera toka i zaustavljanja procesa osedranja te isušivanja pojedinih dijelova Skradinskog buka (najduže sederene barijere na rijeci Krki). Stoga je u NP Krka odabrana testna ploha na sedrenoj barijeri Skradinski buk, za koju je dobivena dozvola Hrvatske agencije za okoliš i prirodu da se pajasen pokusno ukloni. Nakon uklanjanja vegetacije u kolovozu i rujnu 2017. godine, pojavili su se novi vodeni tokovi, koji protječu i dijelovima Skradinskog buka koji su i prije širenja pajasena bili pod vodom, te su se promijenile hidromorfološke karakteristike mikrostaništa na testnoj plohi (plohi s koje je pokusno uklonjena vegetacija pajasena). Odnosno, uklanjanje vegetacije pajasena na testnoj plohi je rezultiralo aktivacijom starih vodenih tokova na Skradinskom buku.

1.8 Cilj istraživanja

U svrhu procjene utjecaja uklanjanja makrofita (pajasena) na transport organizama i tvari na području Skradinskog buka, ovaj diplomski rad obuhvaća usporednu analizu sastava i količine čestica organske i anorganske tvari te makrozoobentosa u uzorcima drifta tijekom prosinca 2017. i siječnja 2018. godine.

Istraživanje uključuje terenske izlaske i uzorkovanje drifta na nekoliko hidromorfološki različitih mikrostaništa na području Skradinskog buka:

- na kontrolnoj plohi (tj. unutar toka koji je bio stalan i prije uklanjanja pajasena i na kojem nije došlo do uklanjanja vegetacije),
- na testnoj plohi (unutar novih tokova nastalih nakon uklanjanja pajasena) te na jednoj postaji smještenoj podno slapišta, koja je prije uklanjanja pajasena ponekad presušivala.

Specifični ciljevi istraživanja u ovom radu bili su:

- Odrediti sastav i gustoću drifta makrozoobentosa na ukupno četiri postaje na Skradinskom buku;
- Odrediti ukupnu količinu anorganske i organske tvari u uzorcima drifta;
- Analizirati sastav i količinu različitih veličinskih frakcija organske tvari u driftu (CPOM-a i FPOM-a);
- Odrediti fizikalno-kemijske parametre vode i procijeniti njihov utjecaj na sastav i gustoću makrozoobentosa te organske i anorganske tvari u uzorcima drifta.

Pretpostavljeno je da će se sastav i gustoća drifta makrozoobentosa i različitih veličinskih frakcija organske i anorganske tvari znatno razlikovati između kontrolne postaje i postaja smještenih na testnoj plohi. Pretpostavka je da će postaja na kontrolnoj plohi (na kojoj vegetacija nije uklanjana), zbog prisustva vegetacije, imati manju prosječnu brzinu strujanja vode te stoga i manju gustoću drifta makrozoobentosa i manju količinu čestica organske i anorganske tvari u uzorcima drifta, u odnosu na postaje smještene na testnoj plohi, oko koje je uklonjena vegetacija pajasena. Nadalje, očekivano je da će pojedini fizikalno-kemijski parametri (npr. brzina strujanja vode) značajno korelirati s gustoćom drifta makrozoobentosa i/ili količinom čestica organske i anorganske tvari u uzorcima drifta.

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je provedeno na području Nacionalnog parka Krka. Nacionalni park Krka smješten je na području Šibensko-kninske županije i obuhvaća površinu od 109 km² toka rijeke Krke i donji tok rijeke Čikole. Rijeka Krka je zbog svojih iznimnih prirodnih osobitosti 24. siječnja 1985. godine proglašena nacionalnim parkom. S potopljenim dijelom ušća, Krka je duga oko 72.5 km i po dužini je 22. rijeka u Hrvatskoj. Izvire u podnožju planine Dinare, 3.5 km sjeveroistočno od Knina. Sa sedam sedrenih slapova i ukupnim padom od 224 m, Krka je prirodni i krški fenomen.

2.1 Hidrološka obilježja Nacionalnog parka Krka

U slijevu rijeke Krke uočavaju se tri područja: planinsko, polja i zaravni. Planinsko područje obuhvaća sjeveroistočni dio slijeva gornjeg toka rijeke Krke. Polja obuhvaćaju srednji dio slijeva, a znatnije su površine četiri polja: Plavno, Kninsko te Kosovo i Petrovo polje od kojih je vodom najbogatije Kninsko polje na čijem se rubu nalazi izvor rijeke Krke, u špilji podno Topoljskog slapa na 224 m nadmorske visine.

U Kninskom polju, u prva 4 km toka, rijeka Krka prima glavninu svojih pritoka. Prvi lijevi prtok je Kosovčica, a desni Orašnica. Nizvodno od ušća Orašnice, s desne strane u Krku utječe njezin najizdašniji prtok Butišnica. Petrovim poljem protječe rijeka Čikola, posljednji prtok u slatkovodnom toku rijeke Krke čije se ušće nalazi iznad Skradinskog buka. Najizdašniji izvori uzduž kanjona rijeke Krke jesu Miljacka i Jaruga, a u kanjonu rijeke Čikole izvor Torak. Izvor Miljacka, na desnoj obali Krke izravna je veza između Zrmanje i Krke i jedinstven hidrogeološki fenomen. Nizvodno od Skradinskog buka tok Krke je pod utjecajem mora, a izvori su bočati (NP Krka, 2019).

2.2 Geomorfološka obilježja Nacionalnog parka Krka

Današnji izgled kanjona rijeke Krke rezultat je tektonskih pokreta i površinskih procesa okršavanja u karbonatnim naslagama. U pleistocenu je zbog općeg otapanja ledene kore na planeti Zemlji došlo do dizanja razine mora te potapanja današnje jadranske obale. U to vrijeme je oblikovan estuarij rijeke Krke od Šibenika do Prukljanskog jezera. Stvaranjem sedrenih naslaga u pleistocenu počinje izdizanje Skradinskog buka, Roškog slapa i ostalih slapova (Miljacka slap, slap Rošnjak, Manojlovački slapovi, slap Brljan, Bilušića buk) duž vodotoka te stvaranje Visovačkog jezera i ostalih nakupina vode u kanjonskim dijelovima današnje Krke. Umjetnim putem je nastalo i jezero Brljan radi akumulacije vode za rad hidroelektrane Miljacka (NP Krka, 2019).

2.3 Postaje istraživanja

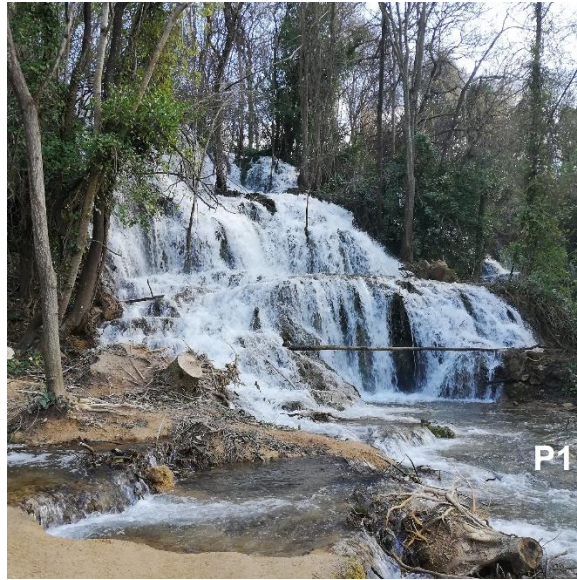
Istraživanje je provedeno na četiri postaje smještene na području Skradinskog buka – sedme, najduže sedrene barijere na rijeci Krki (Slika 2). Ona se nalazi oko 13 km nizvodno od Roškog slapa, odnosno ukupno 49 km nizvodno od samog izvora.



Slika 2 Skradinski buk – najduža sedrena barijera NP Krka (preuzeto: <http://www.nprka.hr/stranice/skradinski-buk/78.html>)

Za istraživanje je izabrano područje na desnoj obali Skradinskog buka, površine 8000 m². Unutar tog područja, odabrane su 4 postaje za uzorkovanje drifta:

- Postaja **P1** (Slika 3) je smještena podno slapišta i prije uklanjanja pajasena je ponekad presušivala. Prosječna brzina strujanja vode na ovoj postaji iznosila je 1 m s⁻¹.
- Postaja **P2** (Slika 4) nalazila se u novoformiranom toku koji je nastao nakon uklanjanja pajasena i smještena je neposredno prije slapa. Prosječna brzina strujanja vode bila je 0.46 m s⁻¹.
- Postaja **P3** (Slika 4) udaljena je oko 5 m od postaje P2 i također se nalazila u novoformiranom toku nastalom nakon uklanjanja pajasena. Prosječna brzina strujanja vode na ovoj postaji iznosila je 0.44 m s⁻¹.
- Postaja **P4** (Slika 5) je referentna (kontrolna) postaja i nalazila se unutar toka koji je bio stalan i prije uklanjanja pajasena i na kojem nije došlo do uklanjanja vegetacije. Prosječna brzina strujanja vode na postaji P4 iznosila je 1.03 m s⁻¹.



Slika 3 Postaja P1



Slika 4 Postaje P2 i P3



Slika 5 Postaja P4

(foto: M. Sertić Perić, 2018)

3. MATERIJALI I METODE

Istraživanje je provedeno u prosincu 2017. godine i siječnju 2018. godine. Tijekom istraživanja obavljena su dva izlaska na teren: 4. prosinca 2017. i 29. siječnja 2018. godine. Tijekom oba terena, na ukupno četiri postaje (P1, P2, P3, P4; Slike 3 - 5) sakupljeni su uzorci drifta te su izmjereni fizikalno-kemijski parametri vode. Na svakoj postaji, pri svakom terenskom izlasku, prikupljeni su triplikatni uzorci. Ukupno je sakupljeno 24 uzorka (po 12 uzoraka za svaki mjesec).

3.1 Uzimanje i analiza uzoraka drifta

Na svakoj postaji sakupljeni su uzorci drifta pomoću plastične cijevi okruglog otvora, polumjera 3.75 cm. Za cijev je, pomoću ušivene gumice te dodatne plastične pričvrsnice, bila pričvršćena mreža valjkastog oblika. Površina otvora mreže iznosila je 44.18 cm², a promjer oka 214 µm. Sakupljeni uzorci su isprani s mreža i procjeđeni kroz sito istog promjera oka kao i mreže, a zatim su spremljeni u plastične bočice i konzervirani u 70%-tnom etanolu.

Daljnja obrada uzoraka odvijala se u laboratoriju, uz pomoć lupe (Zeiss). Iz uzoraka su prvo izdvojene jedinke makrozoobentosa dok je ostatak uzorka, sačinjen od čestica organske i anorganske tvari, sačuvan za daljnju obradu.

Jedinke makrozoobentosa izbrojane su i određene do reda pomoću ključeva za determinaciju (ENGELHARDT, 1986; NILSSON 1996, 1997). Jedinke Diptera iz porodice Chironomidae i Simuliidae te jedinke Amphipoda iz porodice Gammaridae su izdvajane posebno na razini porodice. Zbog velike brojnosti, jedinke Copepoda i Cladocera su prvo izbrojane u 1 mL uzorka nakon čega je ukupni volumen uzorka drifta pomnožen s brojem jedinki u 1 mL da bi se odredio njihov ukupan broj u pojedinom uzorku drifta.

Kako bi se u sastavu drifta odredio udio različitih veličinskih kategorija usitnjene organske tvari (CPOM-a i FPOM-a) i anorganske tvari, ostatak uzoraka preostao nakon izdvajanja makrozoobentosa profiltriran je kroz sita različitih promjera oka. Čestice grubo usitnjene organske tvari (CPOM – engl., *coarse particulate organic matter*) zadržavale su se na situ promjera oka 1 mm, a čestice fino usitnjene organske tvari (FPOM – engl., *fine particulate organic matter*) na situ promjera oka 50 µm. Uzorci CPOM-a i FPOM-a sušeni su u sušioniku pri temperaturi 150 °C (Slika 6), hlađeni u eksikatoru na sobnu temperaturu (Slika 7), vagani (Slika 8) i zatim žareni u mufalnoj peći pri temperaturi 400°C tijekom 4 sata (Slika 9). Nakon žarenja, uzorci su ponovno hlađeni u eksikatoru na sobnu temperaturu i zatim ponovno vagani na analitičkoj vagi. Iz razlike suhe tvari prije i poslije žarenja, skraćeno

AFDM (engl., *ash free dry mass*), dobivena je količina organske tvari, dok ostatak tvari koji je zaostao nakon žarenja predstavlja anorgansku tvar.



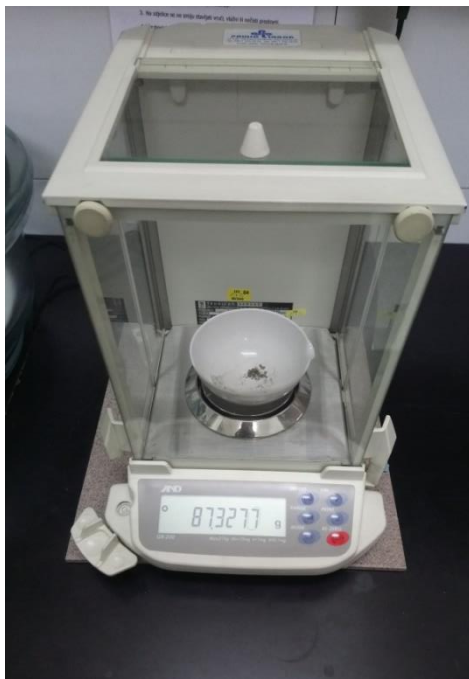
Slika 6.

Sušenje uzoraka u sušioniku pri temperaturi 150 °C



Slika 7.

Hlađenje uzoraka u eksikatoru



Slika 8.

Vaganje uzorka



Slika 9.

Žarenje uzoraka u mufalnoj peći pri 400°C

(foto: A. Nikolić, 2019)

3.2 Mjerenje fizikalno-kemijskih čimbenika

Analiza fizikalno-kemijskih čimbenika provedena je na terenu i u laboratoriju. Tijekom svakog uzorkovanja, *in situ*, mjereni su: temperatura vode i koncentracija otopljenog kisika te zasićenje kisikom (okismetrom WTW OXI 96), konduktivitet i ukupno otopljene tvari (engl., total dissolved solids, TDS) (konduktometrom Hach Sension 5), pH (pH-metrom WTW 330i) te brzina strujanja vode (protočnom sondom za tekućine Mini Water 6050-1008 i uređajem P-670-M).

Nakon mjerenja odabranih parametara na terenu, uzeti su uzorci vode (1L) za kemijsku analizu u laboratoriju. Analiza je provedena unutar 48 sati po uzimanju uzoraka koji su čuvani u tami pri temperaturi 8°C, a mjereni su sljedeći parametri: koncentracija iona hranjivih soli (nitrita, nitrata i orto-fosfata), količina otopljenje organske tvari tj. kemijska potrošnja kisika (KPK_{KMnO_4}), alkalinitet i ukupna tvrdoća vode. Uzorci su analizirani standardiziranim metodama opisanim u APHA (1985), a u svim spektrofotometrijskim analizama korišten je spektrofotometar HACH DR/2000.

Nitrati su određeni spektrofotometrijskom metodom s natrijevim salicilatom. U prisutnosti jake kiseline (konc. H_2SO_4), nitrati iz vode djeluju na prstenastu organsku molekulu natrijevog salicilata pri čemu nastaje nitrosalicilna kiselina koja uzrokuje žuto obojenje otopine. Intenzitet nastalog obojenja ovisi o koncentraciji nitrata u vodi i analizira se spektrofotometrijski pri 420 nm (APHA 1985).

Nitriti su određeni metodom po Zambelliju. Dodatkom sulfanilne kiseline i 1-naftilamina uzorku vode nastaje produkt crveno-ljubičaste boje čiji intenzitet ovisi o koncentraciji nitrita u vodi i stoga se analizira spektrofotometrijskom metodom pri 520 nm (APHA 1985).

Koncentracija orto-fosfata u vodi određena je spektrofotometrijski uporabom amonij-molibdata i kositrovog klorida. Reaktivni fosfor reagira s molibdatom u kiseloj sredini ($pH < 1$) stvarajući fosfomolibdatni kompleks, koji se zatim reducira s kositrovim kloridom ($SnCl_2$) i pri tome nastaje intenzivno plavo obojenje molibdenskog modrila. Intenzitet dobivenog obojenja se utvrđuje spektrofotometrijskom metodom pri 690 nm.

Indirektna mjera količine otopljene organske tvari tj. kemijska potrošnja kisika (KPK) u uzorcima vode određena je na temelju potrošnje kalijevog permanganata ($KMnO_4$) po Kubel-Tiemannu. Metoda se temelji na oksidaciji otopljene organske tvari jakim oksidansom

(KMnO₄), pri čemu je količina kisika utrošena prilikom oksidacije ekvivalentna količini otopljenе organske tvari.

Alkalitet (vezani CO₂ u vodi) određen je titrimetrijski s 0.1 M HCl uz metiloranž kao indikator. Titracijom je određena količina kloridne kiseline, odnosno vodikovih iona potrebnih za neutralizaciju iona koji uzrokuju alkalitet u vodi. Ovim postupkom određen je tzv. *m*-alkalitet (metiloranž-alkalitet).

Ukupna tvrdoća vode (koncentracija kalcijevih (Ca²⁺) i magnezijevih (Mg²⁺) iona u vodi) analizirana je kompleksometrijskom titracijom uzorka vode s otopinom EDTA (kompleksal B). Pomoću indikatorskih pufer-tableta, određena je količina EDTA potrebna za vezanje kalcijevih i magnezijevih iona iz uzorka vode u kompleksni spoj. Alkalitet i ukupna tvrdoća vode izraženi su kao mg CaCO₃ L⁻¹.

3.3 Obrada podataka

U prikazu podataka rabljene su standardne statističke mjere kao što su srednja vrijednost i standardna devijacija (SD). Statistička analiza rađena je pomoću računalnog programa Statistica 8 (STATSOFT INC. 2008). Vremenske i prostorne razlike u gustoći drifta i količini anorganske i organske tvari (CPOM-a i FPOM-a) analizirane su Kruskal-Wallis testom i pripadajućim *post-hoc* testom (testom multiple usporedbe). Razlike u uzorcima drifta između pojedinih mjeseci (prosina 2017. i siječnja 2018.) testirane su neparametrijskim Mann-Whitney U testom. Granična *p* vrijednost u svim statističkim analizama bila je 0.05. Grafički prikaz podataka izrađen je pomoću računalnog programa Microsoft Office Excel 2010.

Budući da se gustoća drifta i količina organske tvari (AFDM) najčešće izražava brojem jedinki, odnosno masom tvari po metru kubnom (m³) vode, gustoća drifta i količina organske tvari (AFDM) i anorganske tvari izračunate su prema sljedećim jednadžbama:

- $\text{Gustoća drifta} = N / [(t) \cdot (A) \cdot (v) \cdot (3600 \text{ s/h})]$
- $\text{Ukupna količina organske/anorganske tvari} = m / [(t) \cdot (A) \cdot (v) \cdot (3600 \text{ s/h})]$

u kojima je:

- N – broj jedinki u sakupljenom uzorku
- t – vrijeme tj. trajanje uzorkovanja
- A – površina otvora drift-mreže (m²)
- v – brzina strujanja vode (m/s)
- m – masa tvari u sakupljenom uzorku (g)

4. REZULTATI

4.1 Fizikalno-kemijska svojstva vode

Analiza fizikalno-kemijskih parametara ukazuje na svojstva vode i obilježja životnih uvjeta organizama na istraživanim postajama. Rezultati analize fizikalno-kemijskih svojstava vode koji su izmjereni na postajama u prosincu 2017. i siječnju 2018. godine prikazani su u Tablici 1. Izmjereni su sljedeći parametri: temperatura vode, koncentracija otopljenog kisika i zasićenje kisikom, kemijska potrošnja kisika (KPK_{KMnO_4}), pH, *m*-alkalitet, ukupna tvrdoća vode, koncentracije hranjivih soli (nitrita, nitrata i orto-fosfata), konduktivitet i ukupno otopljene soli (TDS).

Prema podacima navedenim u Tablici 1, više temperature vode (u rasponu od 10.1 – 10.8 °C) zabilježene su u siječnju 2018. dok su u prosincu 2017. temperature bile nešto niže (od 9.9 – 10.1 °C). Uslijed razlika u temperaturi vode, zabilježene su i razlike u koncentraciji otopljenog kisika u vodi tijekom oba mjeseca. Koncentracije otopljenog kisika u vodi bile su više u prosincu (11.11 – 11.26 mg L⁻¹) u odnosu na siječanj (10.8 – 11.2 mg L⁻¹).

Kao parametar organskog zasićenja, analizirana je kemijska potrošnja kisika (KPK) u vodi. S obzirom da su u siječnju 2018. izmjerene vrijednosti KPK bile < 1 mg O₂ L⁻¹, iz toga proizlazi da je u siječnju na svim postajama bila otopljena vrlo mala količina organske tvari. Minimalna vrijednost KPK izmjerena je na postaji P1 (0.47 mg O₂ L⁻¹) u siječnju 2018., a maksimalna u prosincu 2017. na postaji P1 (1.40 mg O₂ L⁻¹).

Tijekom oba mjeseca, izmjerene pH vrijednosti kretale su se u vrlo uskom rasponu. Najniža pH vrijednost izmjerena je u siječnju 2018. na postaji P4 (7.81), a najviša vrijednost izmjerena je također u siječnju 2018. na postaji P3 (7.97).

Alkalitet, odnosno mjera kojom se opisuje otpornost vode na promjene pH vrijednosti, bio je viši u siječnju 2018., kada su se njegove vrijednosti kretale od 110 – 145 mg CaCO₃ L⁻¹, dok su u prosincu 2017. zabilježene vrijednosti bile niže (od 95 – 130 mg CaCO₃ L⁻¹).

Za razliku od alkaliteta, ukupna tvrdoća vode bila je viša u prosincu 2017. u odnosu na siječanj 2018. Najviša vrijednost ukupne tvrdoće vode (247.42 mg CaCO₃ L⁻¹) izmjerena je u

prosincu na postaji P4, dok je najniža ($158.42 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) izmjerena u siječnju na postaji P3.

Tijekom oba mjeseca, koncentracije otopljenih hranjivih tvari (nitrita, nitrata i orto-fosfata) bile su vrlo niske na svim postajama (Tablica 1).

Tablica 1. Fizikalno-kemijska svojstva vode izmjerena na pojedinim postajama tijekom uzorkovanja 4. prosinca 2017. i 29. siječnja 2018.

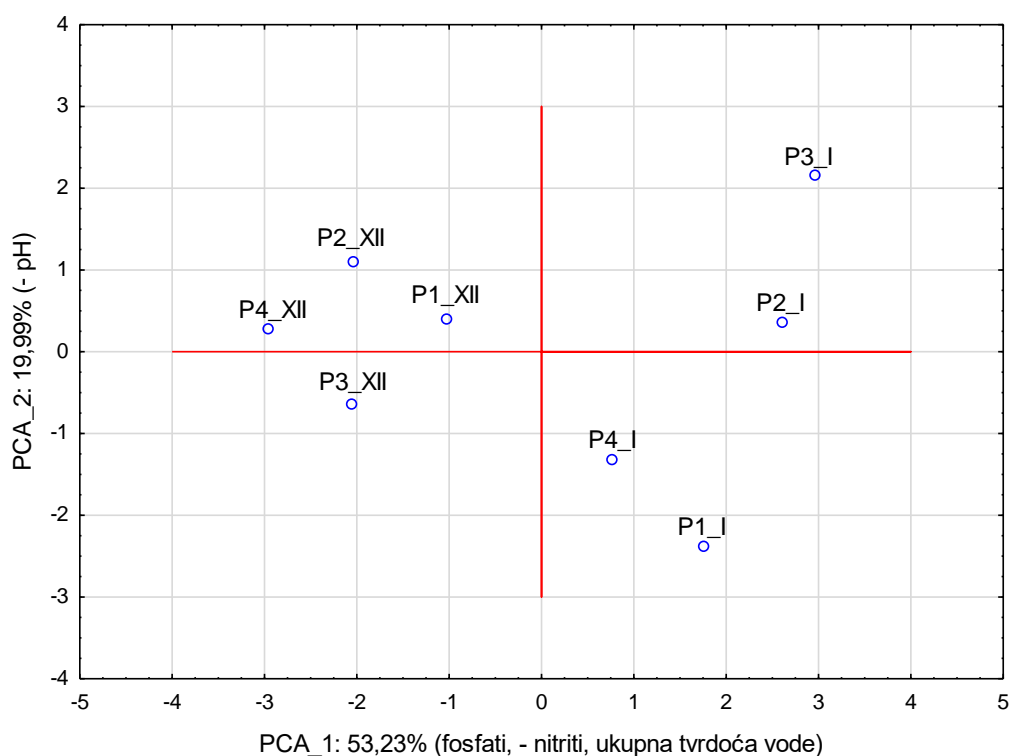
Mjereni parametri	Mjesec, godina	POSTAJA			
		P1	P2	P3	P4
$t_{\text{vode}} \text{ (}^\circ\text{C)}$	prosincac 2017.	10.1	10	10	9.9
	siječanj 2018.	10.2	10.5	10.8	10.1
$\text{O}_2 \text{ (mg L}^{-1}\text{)}$	prosincac 2017.	11.11	11.15	11.14	11.26
	siječanj 2018.	11.09	11.09	10.8	11.12
$\text{O}_2 \text{ (}\%\text{)}$	prosincac 2017.	97.8	97.3	97.8	98.3
	siječanj 2018.	97.5	97.8	97.4	96.9
$\text{KPK}_{\text{KMnO}_4} \text{ (mg O}_2 \text{ L}^{-1}\text{)}$	prosincac 2017.	1.40	0.70	0.62	0.78
	siječanj 2018.	0.47	0.86	0.93	0.62
pH	prosincac 2017.	7.89	7.93	7.83	7.92
	siječanj 2018.	7.85	7.96	7.97	7.81
Alkalitet ($\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$)	prosincac 2017.	130	100	105	95
	siječanj 2018.	145	145	112.5	110
Ukupna tvrdoća ($\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$)	prosincac 2017.	213.60	227.84	215.38	247.42
	siječanj 2018.	170.88	186.9	158.42	161.98
$\text{N-NO}_2^- \text{ (}\mu\text{g L}^{-1}\text{)}$	prosincac 2017.	0	0	0	0
	siječanj 2018.	0.012	0.012	0.008	0.064
$\text{N-NO}_3^- \text{ (}\mu\text{g L}^{-1}\text{)}$	prosincac 2017.	0.5529	0.0647	0.3118	0.5353
	siječanj 2018.	1.1824	1.2235	0.8941	0.8941
$\text{P-PO}_4^{3-} \text{ (}\mu\text{g L}^{-1}\text{)}$	prosincac 2017.	0.0191	0.0298	0.0320	0.0455
	siječanj 2018.	0	0	0	0
Konduktivitet ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	prosincac 2017.	/	/	/	/
	siječanj 2018.	554	521	533	530
TDS (mg L^{-1})	prosincac 2017.	/	/	/	/
	siječanj 2018.	355	333	341	339

U prosincu 2017. izmjerene koncentracije nitrita i nitrata u vodi bile su iznimno niske ($\sim 0 \mu\text{g L}^{-1}$) na svim postajama. U siječnju 2018. koncentracije nitrita kretale su se od $0.008 - 0.064 \mu\text{g L}^{-1}$, dok su koncentracije nitrata bile više na svim postajama u istom mjesecu ($0.8941 -$

1.2235 $\mu\text{g L}^{-1}$). Koncentracije otopljenih orto-fosfata nisu zabilježene ni na jednoj postaji u siječnju 2018. ($0 \mu\text{g L}^{-1}$), dok su u prosincu 2017. također zabilježene niske vrijednosti (u rasponu od $0.0191 - 0.0455 \mu\text{g L}^{-1}$).

Vrijednosti konduktiviteta i TDS-a nisu izmjerene na postajama u prosincu 2017., dok su u siječnju 2018. izmjerene vrijednosti TDS bile u rasponu od $333 - 355 \text{ mg L}^{-1}$, a vrijednosti konduktiviteta od $521 - 554 \mu\text{S cm}^{-1}$.

Na temelju provedene PCA analize, prva PCA komponenta objašnjava 53.23 %, a druga komponenta 19.99 % ukupne varijabilnosti podataka o okolišnim čimbenicima na pojedinim postajama tijekom oba mjeseca. Prva PCA-os najviše korelira s koncentracijama orto-fosfata ($R = 0.947$) i nitrita ($R = -0.915$) te ukupnom tvrdoćom vode ($R = 0.900$), dok druga PCA-os ima najveću korelaciju s pH vrijednošću vode ($R = -0.823$). S obzirom na rezultate PCA, ne opažaju se posebni trendovi grupiranja pojedinih postaja u odnosu na vektore mjerenih okolišnih čimbenika (Slika 10). Međutim, upečatljiv je vremenski trend, koji ističe razlike u fizikalno-kemijskim parametrima za vodu između siječnja i prosinca. Prema PCA-grafičkom prikazu, siječanj se ponajviše razlikuje od prosinca zbog razlika u koncentracijama fosfata, nitrita i ukupnoj tvrdoći vode (Slika 10, Tablica 1).

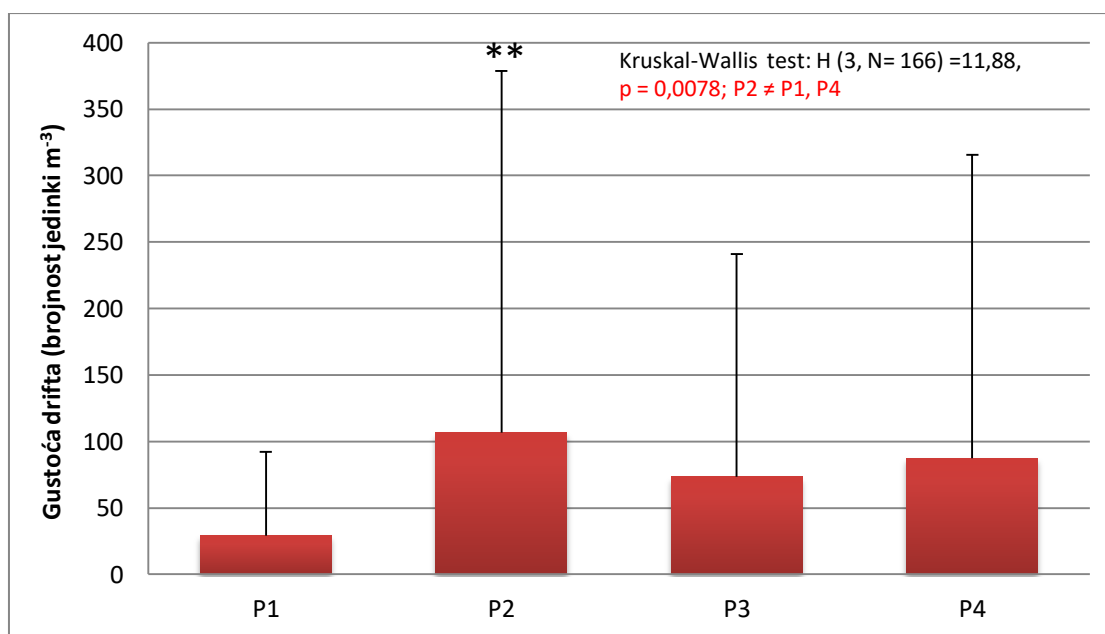


Slika 10. Odnosi okolišnih čimbenika (pH, ukupna tvrdoća vode, koncentracija nitrita i fosfata) i drift-parametara na pojedinim postajama za oba mjeseca

4.2 Kvantitavni sastav drifta makrozoobentosa

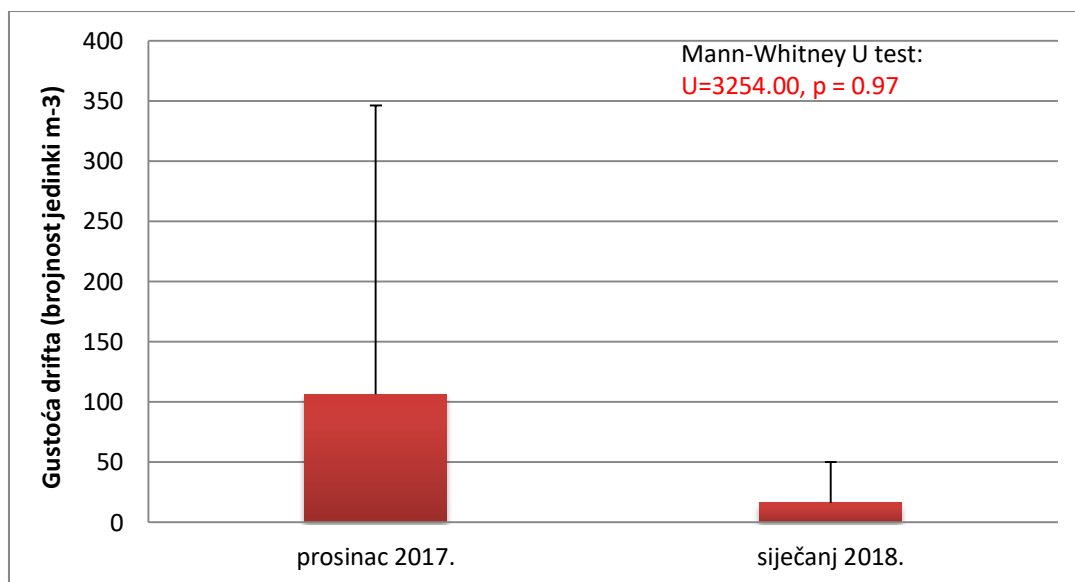
Tijekom dva izlaska na teren, prikupljena su 24 uzorka drifta makrozoobentosa tj. 12 uzoraka u prosincu 2017. i 12 uzoraka makrozoobentosa u siječnju 2018. godine na 4 različite postaje.

Kruskal-Wallis testom dokazano je da se gustoća drifta (brojnost jedinki m^{-3}) tijekom prosinca 2017. i siječnja 2018. statistički razlikuje između pojedinih postaja ($H(3, N = 166) = 11.88, p < 0.01$). Na postaji P2 u prosjeku je zabilježena značajno veća gustoća drifta (106 jedinki m^{-3}) u odnosu na postaje P1 (29 jedinki m^{-3}) i P4 (87 jedinki m^{-3}) (Slika 11).



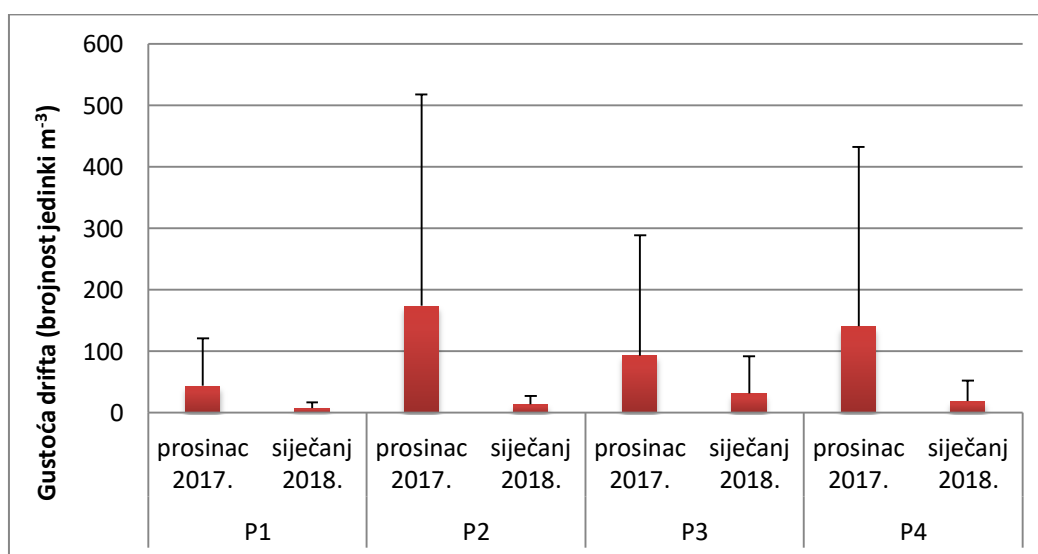
Slika 11. Brojnost jedinki makrozoobentosa u sastavu drifta (srednja vrijednost \pm SD) na različitim postajama. Zvezdice označavaju postaju sa statistički značajno (** $p < 0.01$) većom prosječnom gustoćom drifta tijekom prosinca 2017. i siječnja 2018.

Premda je u prosincu 2017. godine zabilježena gotovo sedam puta veća gustoća drifta u odnosu na siječanj 2018. godine, rezultati Mann-Whitney U testa ($U = 3254, p = 0.97$) pokazuju da ne postoje statistički značajne razlike u gustoći drifta (brojnost jedinki m^{-3}) među pojedinim mjesecima (prosinac 2017. i siječanj 2018. godine) (Slika 12). Međutim, u prosincu su opažena i veća odstupanja od prosjeka ($V = 224.68\%$), nego u siječnju ($V = 206.87\%$).



Slika 12. Brojnost jedinki makrozoobentosa u sastavu drifta (srednja vrijednost ± SD) po mjesecima

Usporedba prosječne gustoće drifta po mjesecima na pojedinim postajama pokazuje kako je brojnost jedinki makrozoobentosa najveća na postajama P2 (173 jedinke m⁻³) i P4 (139 jedinki m⁻³) u prosincu 2017. godine, dok je najmanja brojnost jedinki makrozoobentosa zabilježena na postaji P1 (7 jedinki m⁻³) u siječnju 2018. godine. Provedenim Mann-Whitney U testom ($p < 0.05$) nisu dokazane statistički značajne razlike u gustoći drifta na pojedinim postajama u prosincu i siječnju (Slika 13). Najveće prosječno odstupanje od srednje vrijednosti gustoće drifta zabilježeno je u prosincu 2017. na postaji P3 ($V = 211.21\%$), dok je najmanje odstupanje od prosjeka zabilježeno u siječnju 2018. na postaji P2 ($V = 106.48\%$).



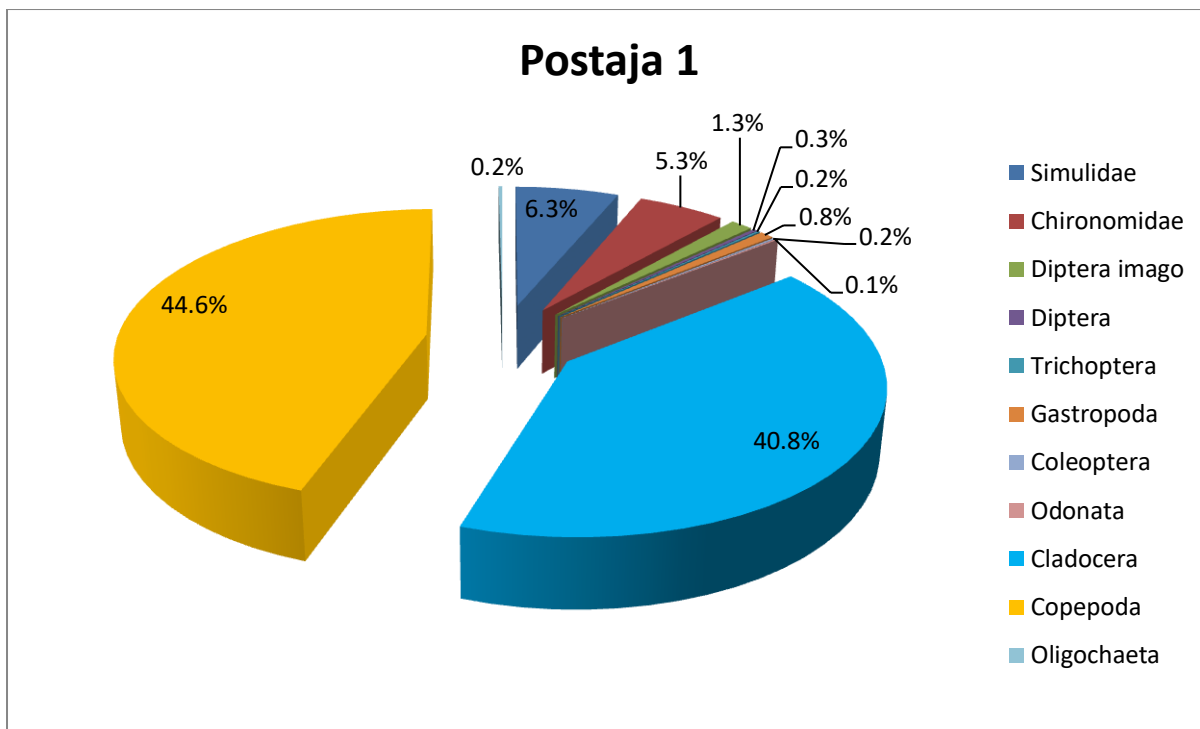
Slika 13. Brojnost jedinki makrozoobentosa u sastavu drifta (srednja vrijednost ± SD) na pojedinim postajama u prosincu 2017. i siječnju 2018. godine

4.3 Kvalitativni sastav drifta makrozoobentosa

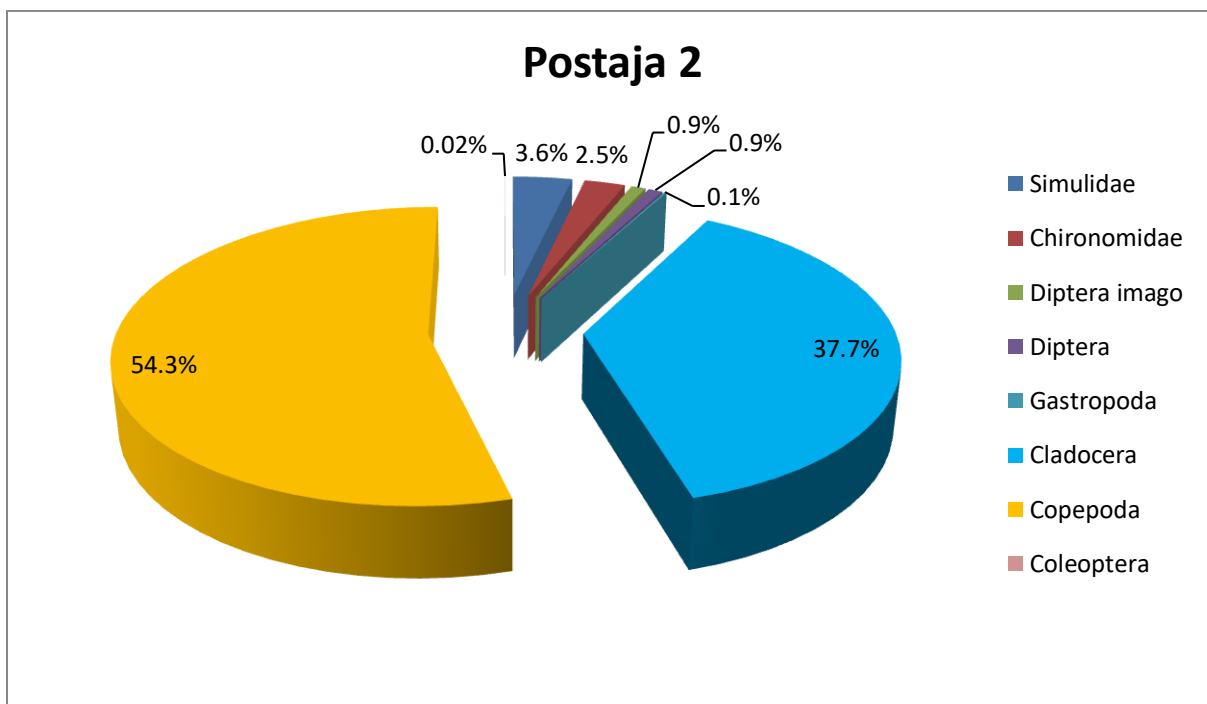
U svim sakupljenim uzorcima drifta (N = 24) pronađeno je ukupno 15 svojti makrozoobentosa. Sve četiri istraživane postaje se međusobno razlikuju po zastupljenosti pojedinih svojti makrozoobentosa u prosincu 2017. i u siječnju 2018. godine.

U prosincu 2017. godine u sastavu drifta na svim postajama je zabilježen najveći udio dviju (uglavnom planktonskih) skupina rakova, a to su Cladocera (rašljoticalci) i Copepoda (veslonošci) (Slike 14, 15, 16 i 17). Najveći udio jedinki Copepoda (60.6 %) zabilježen je na postaji P4 (Slika 17), koja se nalazila ispod slapa, dok je najveći udio jedinki Cladocera (40.8 %) zabilježen na referentnoj (prvoj u nizu) postaji P1 (Slika 14). Nakon njih, također na svim postajama, najbrojniji su bili predstavnici dvokrilaca (Diptera) iz porodica Simuliidae i Chironomidae, a najviše ih je zabilježeno na postaji P1: Simuliidae (6.3 %) i Chironomidae (5.3 %) (Slika 14), pri čemu se njihov udio sa svakom idućom postajom smanjuje.

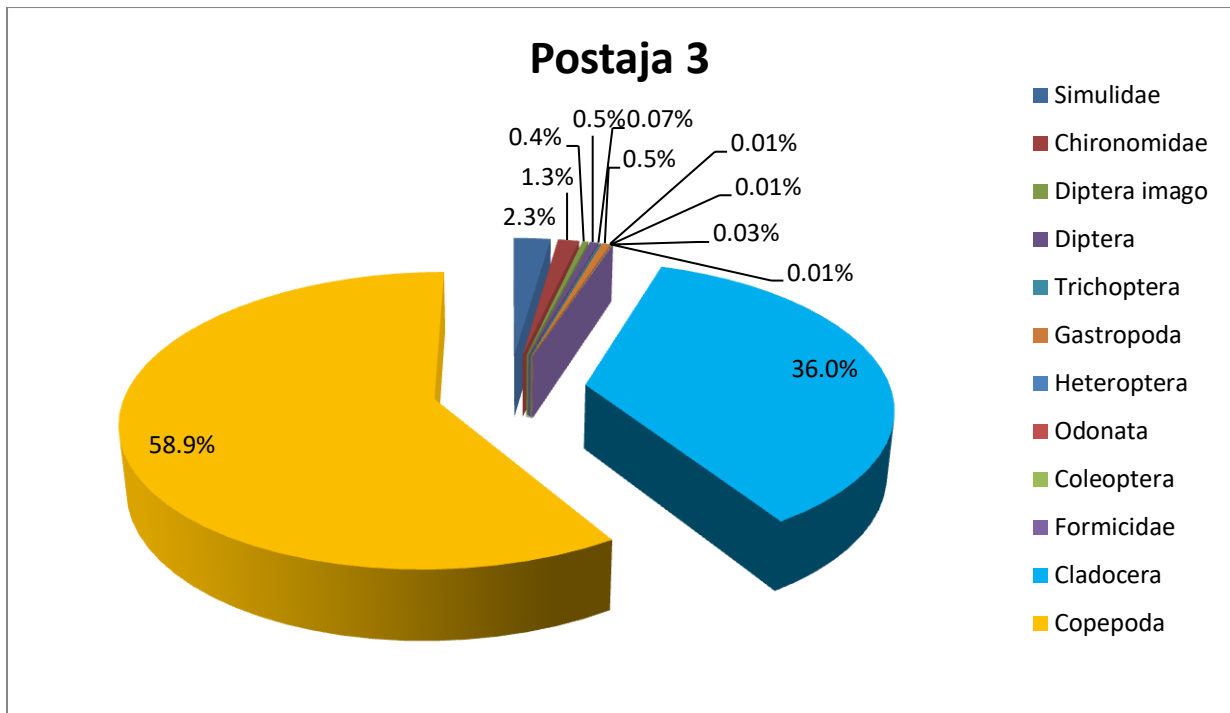
Analizom drifta makrozoobentosa prikupljenog u siječnju 2018. godine, zabilježene su razlike u odnosu na sastav drifta na pojedinim postajama u prosincu. Na postaji P1 u siječnju najzastupljeniji su bili Copepoda (60.0 %) te jedinke Diptera iz porodice Chironomidae (12.9 %), dok za razliku od prosinca na toj postaji nije zabilježen nijedan predstavnik Cladocera (Slika 8). Na idućoj postaji P2 prevladavale su ličinke Simuliidae (44.8 %) i Chironomidae (39.7 %), kao i na postaji P3 na kojoj je ponovno zabilježen najveći udio jedinki iz porodica Simuliidae (63.8 %) i Chironomidae (17.8 %) (Slike 19 i 20). Na postaji P4 (ispod slapišta) kao i na prvoj postaji (P1), najzastupljenija skupina su Copepoda (67.8 %), a nešto manje zastupljene su jedinke dvokrilaca iz porodica: Chironomidae (15.1 %) i Simuliidae (9.1 %) (Slika 21).



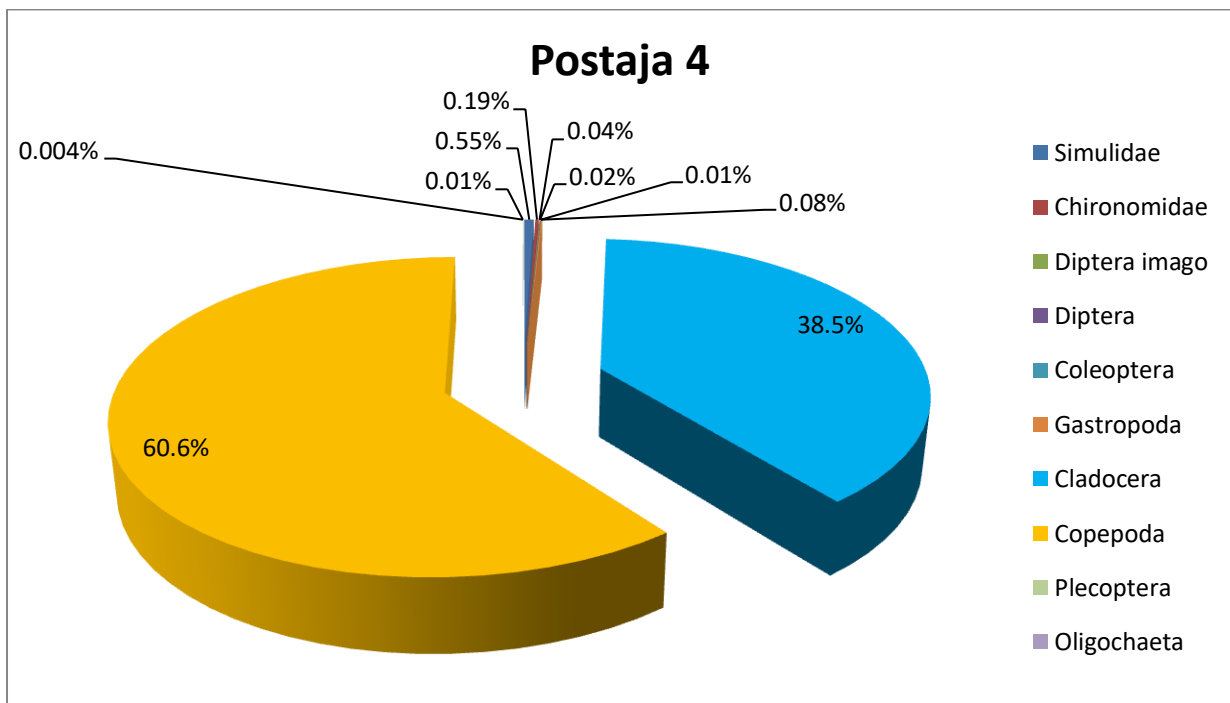
Slika 14. Postotni udio pojedinih svojiti makrozoobentosa u ukupnom broju jedinki u driftu na postaji P1 u prosincu 2017. god.



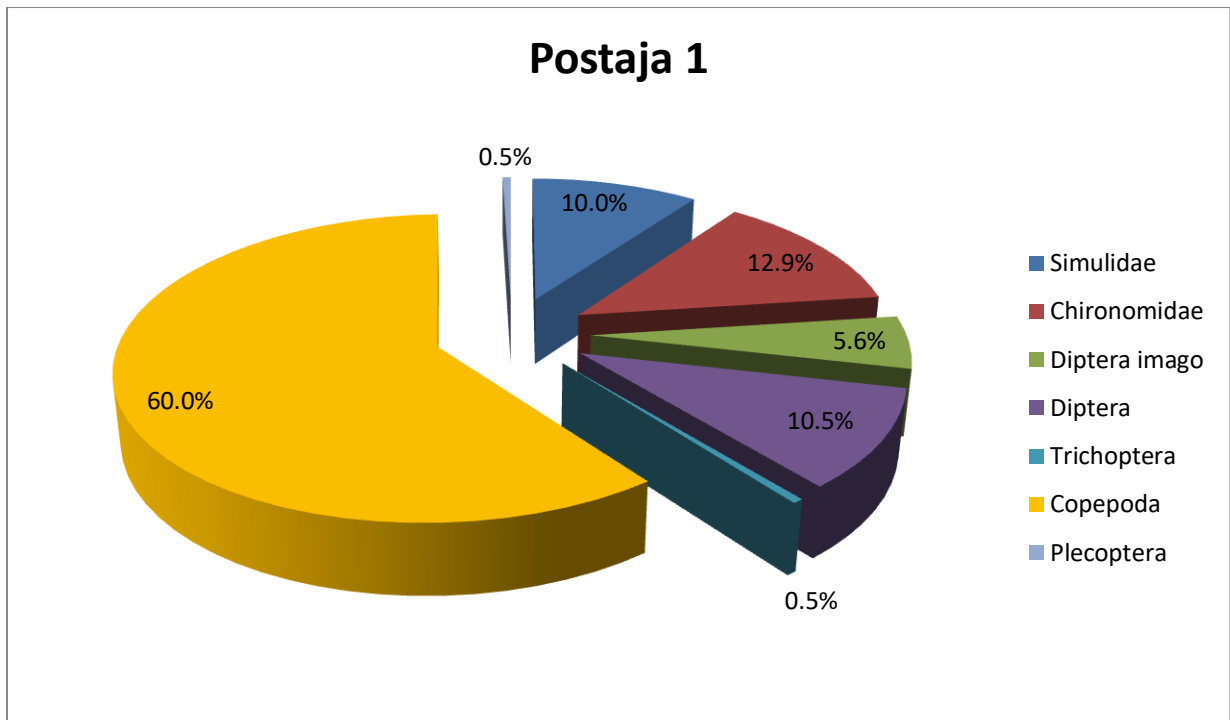
Slika 15. Postotni udio pojedinih svojiti makrozoobentosa u ukupnom broju jedinki u driftu na postaji P2 u prosincu 2017. god.



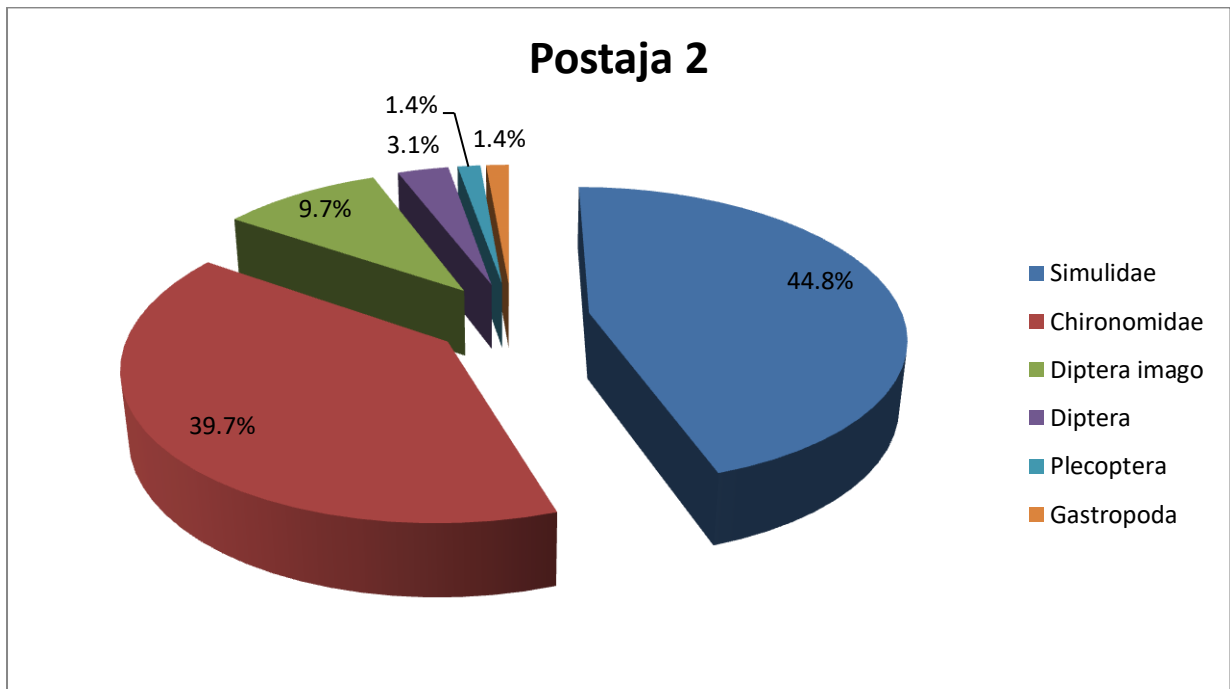
Slika 16. Postotni udio pojedinih svojti makrozoobentosa u ukupnom broju jedinki u driftu na postaji P3 u prosincu 2017. god.



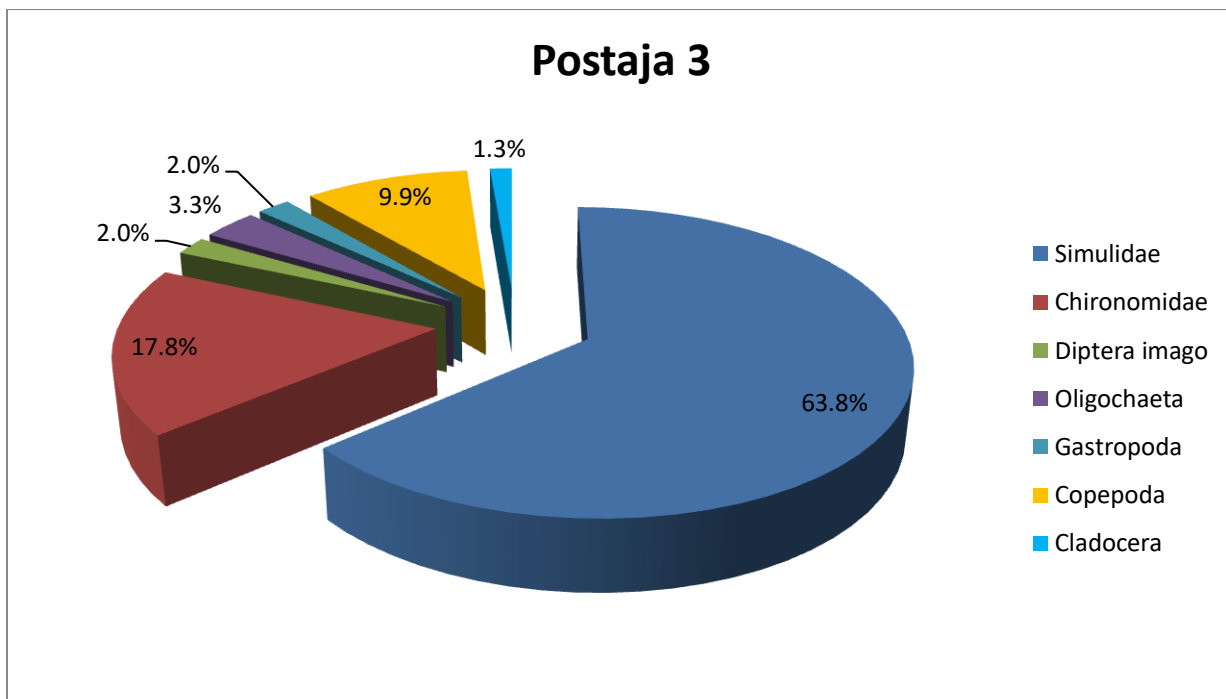
Slika 17. Postotni udio pojedinih svojti makrozoobentosa u ukupnom broju jedinki u driftu na postaji P4 u prosincu 2017. god.



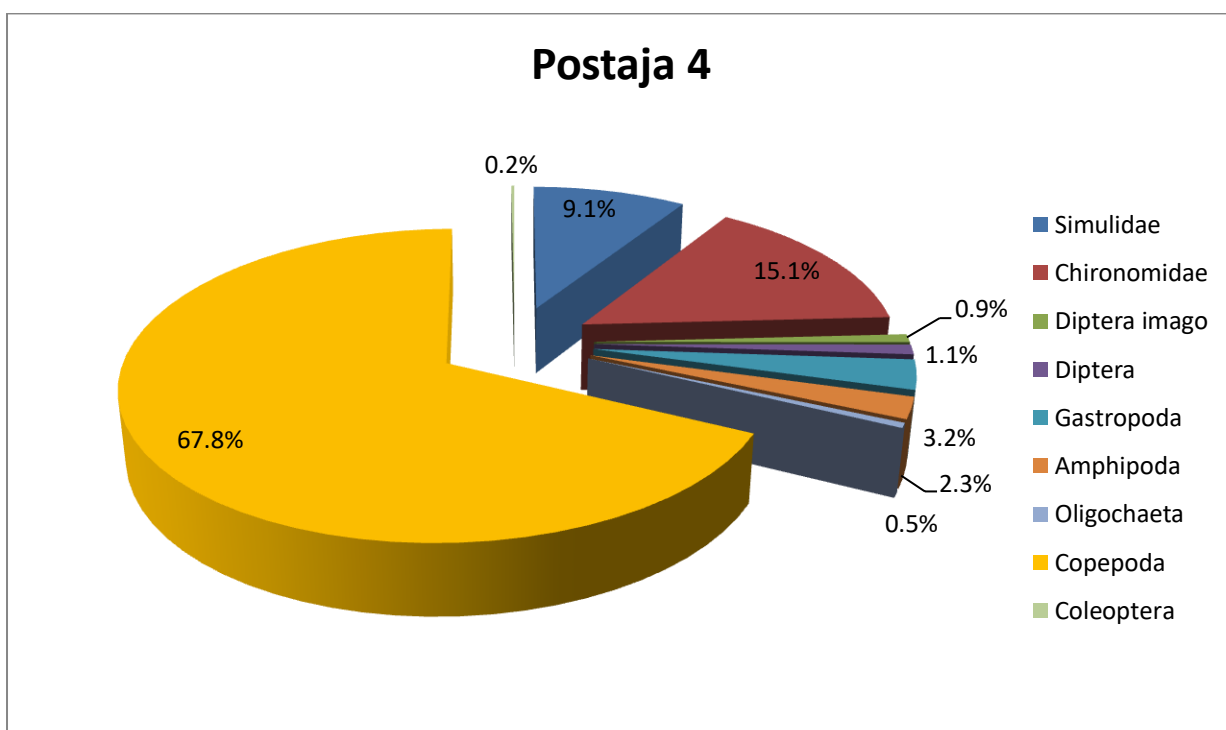
Slika 18. Postotni udio pojedinih svojti makrozoobentosa u ukupnom broju jedinki u driftu na postaji P1 u siječnju 2018. god.



Slika 19. Postotni udio pojedinih svojti makrozoobentosa u ukupnom broju jedinki u driftu na postaji P2 u siječnju 2018. god.



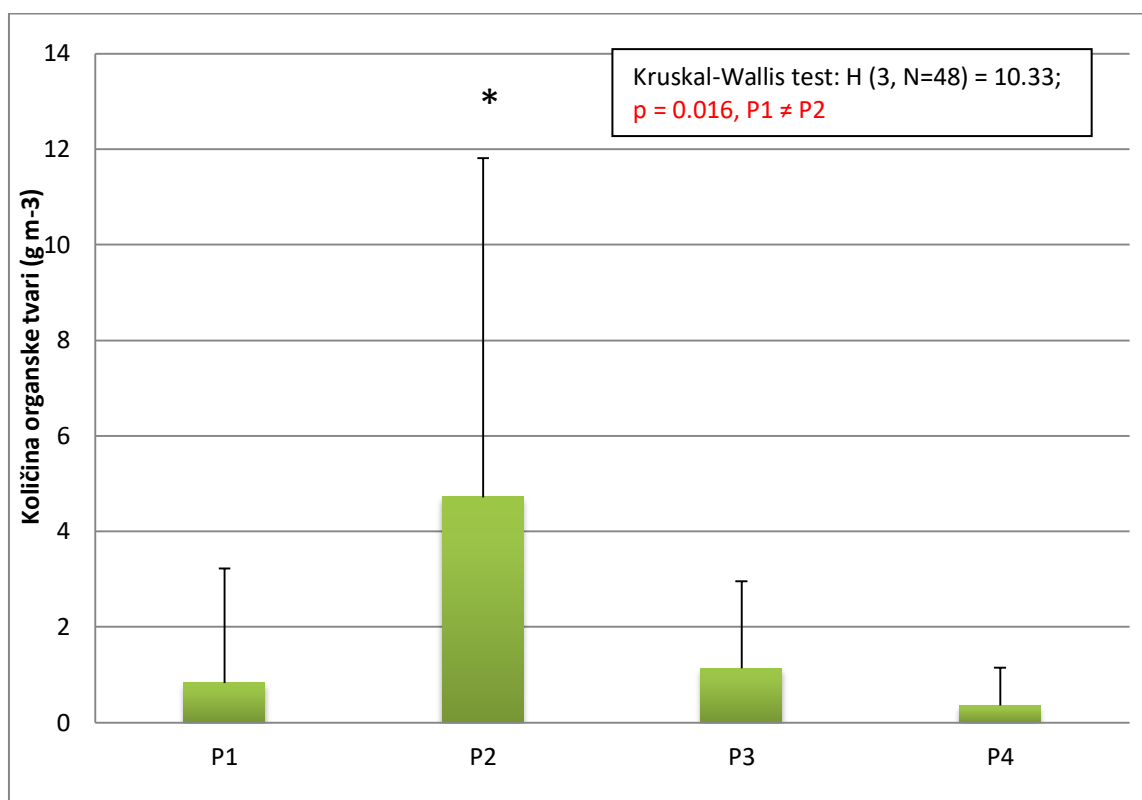
Slika 20. Postotni udio pojedinih svojti makrozoobentosa u ukupnom broju jedinki drifta na postaji P3 u siječnju 2018. god.



Slika 21. Postotni udio pojedinih svojti makrozoobentosa u ukupnom broju jedinki u driftu na postaji P4 u siječnju 2018. god.

4.4 Kvantitativni sastav organske tvari u uzorcima drifta

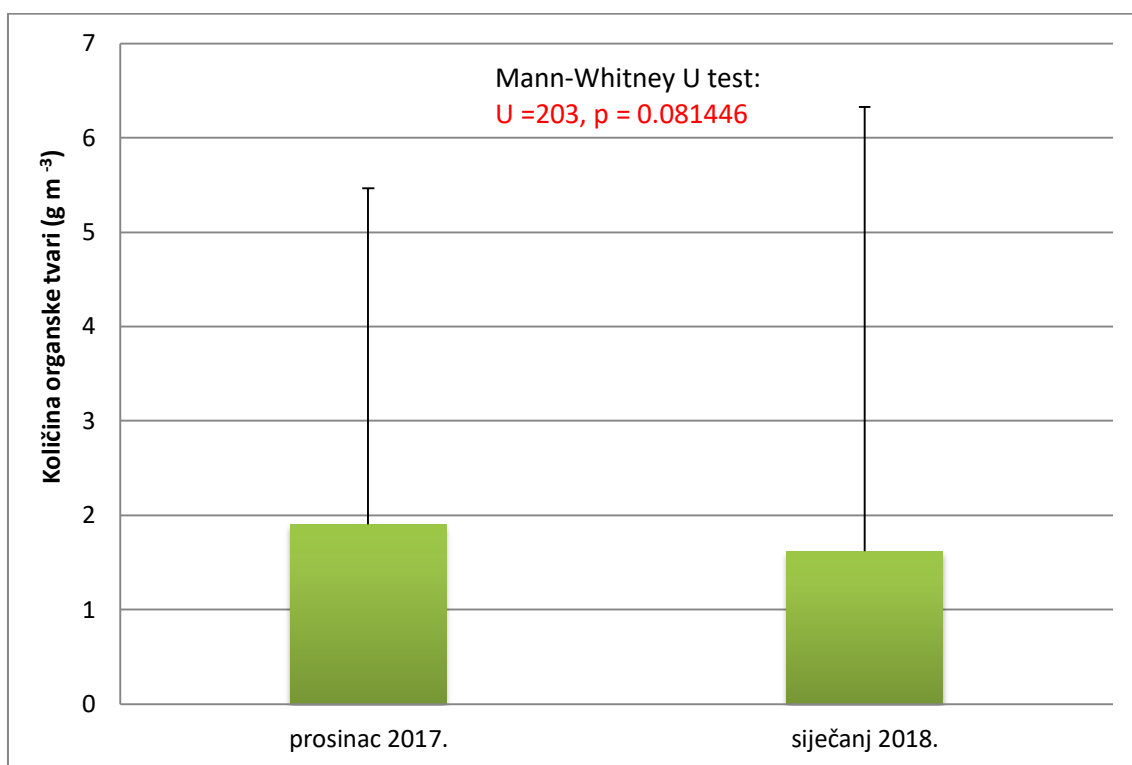
Analiza sastava drifta obuhvatila je količinu anorganske tvari, različitih veličinskih kategorija krupne i usitnjene organske tvari (CPOM-a i FPOM-a) te ukupnu količinu organske tvari. Usporedbom ukupne organske tvari na pojedinim postajama i na temelju rezultata Kruskal-Wallis testa ($H(3, N = 48) = 10.33, p = 0.02$) dokazano je da postoji značajna statistička razlika u količini ukupne organske tvari između postaja P1 i P2 pri čemu je najveća količina ukupne organske tvari zabilježena na postaji P2 (4.72 g m^{-3}) (Slika 22). Najveće prosječno odstupanje od srednje vrijednosti količine organske tvari zabilježeno je na postaji P1 ($V = 288.36 \%$), dok je najmanje odstupanje od prosječne vrijednosti zabilježeno na postaji P2 ($V = 150.33 \%$).



Slika 22. Količina (srednja vrijednost \pm SD) ukupne organske tvari u sastavu drifta na pojedinim postajama. Zvezdica označava postaju sa statistički značajno ($*p < 0.05$) prosječnom količinom organske tvari u uzorcima drifta tijekom prosinca 2017. i siječnja 2018.

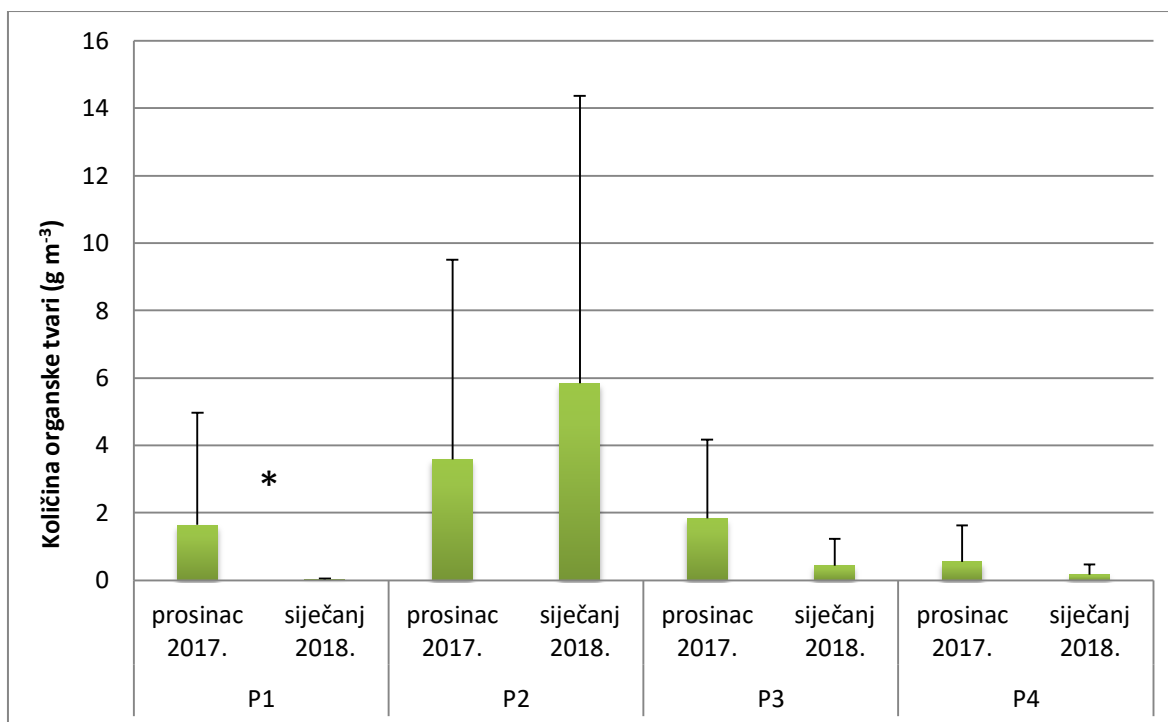
Rezultati Mann-Whitney U testa ($p < 0.05$) dokazali su da su ukupne količine organske tvari tijekom oba mjeseca (prosinca 2017. i siječnja 2018. godine) relativno ujednačene te da ne postoji statistički značajna razlika ovog parametra ovisno o mjesecu uzorkovanja ($U = 203, p = 0.08$) (Slika 23). Zabilježena su velika odstupanja od prosječnih vrijednosti ukupnih

količina organske tvari tijekom oba mjeseca ($V = 187.18\%$ u prosincu 2017., $V = 290.97\%$ u siječnju 2018.) (Slika 23).



Slika 23. Količina (srednja vrijednost \pm SD) ukupne organske tvari u sastavu drifta po mjesecima

Najveće količine organske tvari zabilježene su na postaji P2 u prosincu (3.59 g m^{-3}) i u siječnju (5.85 g m^{-3}) dok je na postaji P1 u siječnju zabilježena najmanja količina organske tvari (0.02 g m^{-3}). Rezultati Mann-Whitney U testa ($p < 0.05$) dokazuju da postoji statistički značajna razlika u ukupnoj količini organske tvari po mjesecima na postaji P1 ($U = 4, p = 0.03$) (Slika 24). Na ostalim postajama dokazano je da ne postoje statistički značajne razlike u ukupnim količinama organske tvari u driftu između prosinca 2017. i siječnja 2018. godine (Slika 14).



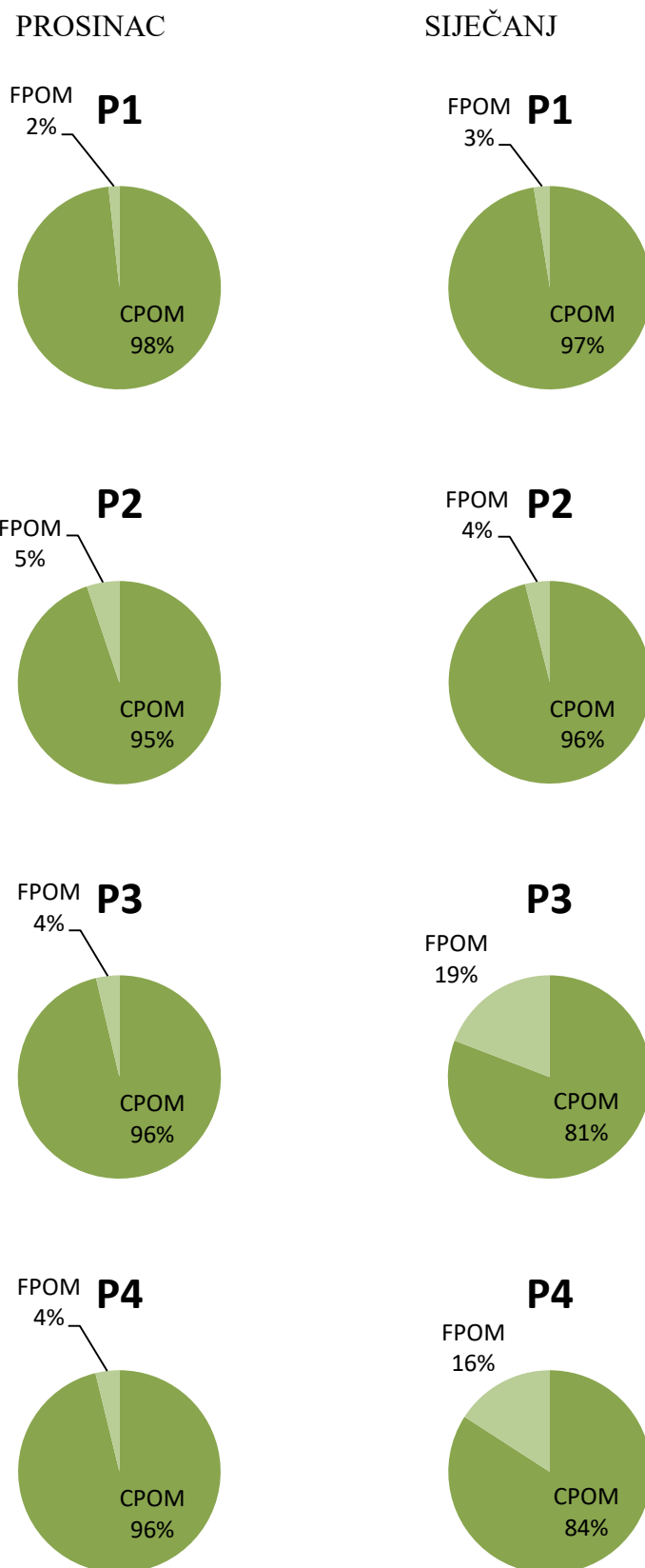
Slika 24. Količina (srednja vrijednost \pm SD) ukupne organske tvari u sastavu drifta na pojedinim postajama u prosincu 2017. i siječnju 2018. god. Zvezdica označava mjesece između kojih su dokazane statistički značajne (* $p < 0.05$) razlike s obzirom na prosječne količine ukupne organske tvari u uzorcima drifta.

4.5 Kvalitativni sastav organske tvari u uzorcima drifta

U ovom radu, kvalitativni sastav organske tvari izražen je s obzirom na udio čestica grubo usitnjene organske tvari (CPOM – engl., *coarse particulate organic matter*) i čestica fino usitnjene organske tvari (FPOM – engl., *fine particulate organic matter*) u uzorcima drifta.

Na svim postajama količina CPOM-a je veća u odnosu na količinu FPOM-a tijekom oba mjeseca (prosina 2017. i siječnja 2018. godine). Najveće količine CPOM-a zabilježene su na postaji P1 u prosincu (98 %) i u siječnju (97 %). Približno jednak udio CPOM-a (95-96 %) zabilježen je i na ostalim postajama u prosincu, dok je u siječnju na postajama P3 (81 %) i P4 (84 %) opažen manji postotni udio CPOM-a (Slika 25).

Količine FPOM-a razlikovale su se samo na postajama P3 i P4 ovisno o mjesecu uzorkovanja. Za razliku od CPOM-a, postotni udio FPOM-a najveći je u siječnju na postajama P3 (19 %) i P4 (16 %). Najmanje količine FPOM-a zabilježene su na postaji P1 u prosincu (2 %) i u siječnju (3 %) (Slika 25).

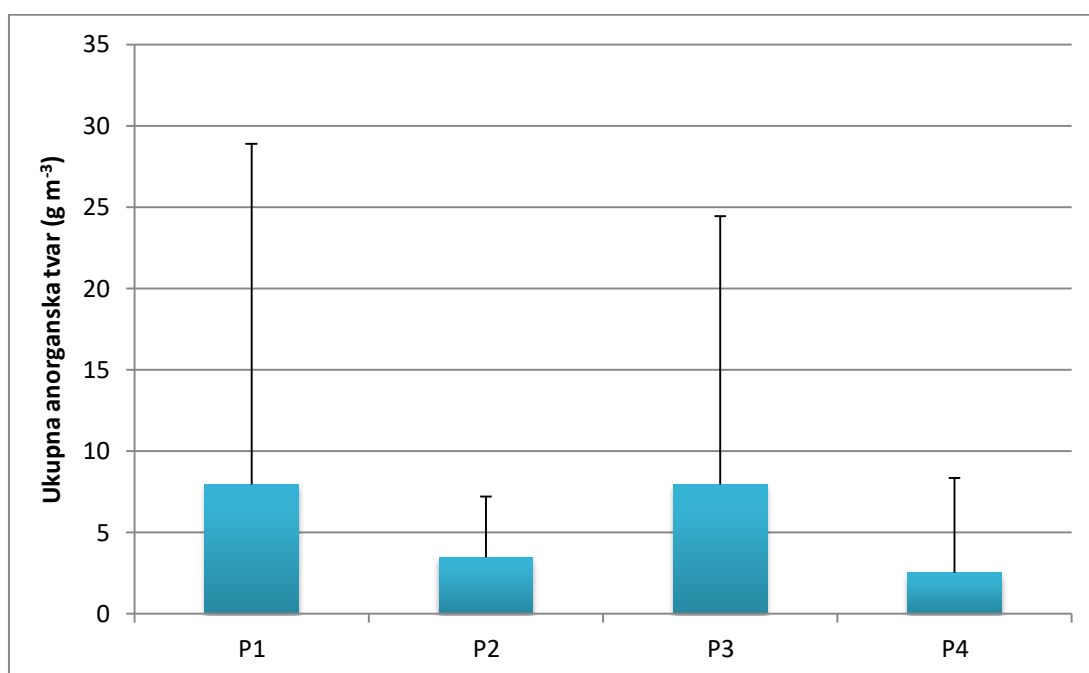


Slika 25. Postotni udio različitih veličinskih kategorija organske tvari (CPOM i FPOM) u sastavu drifta na pojedinim postajama u prosincu 2017. i siječnju 2018. god.

4.6 Kvantitativni sastav anorganske tvari u uzorcima drifta

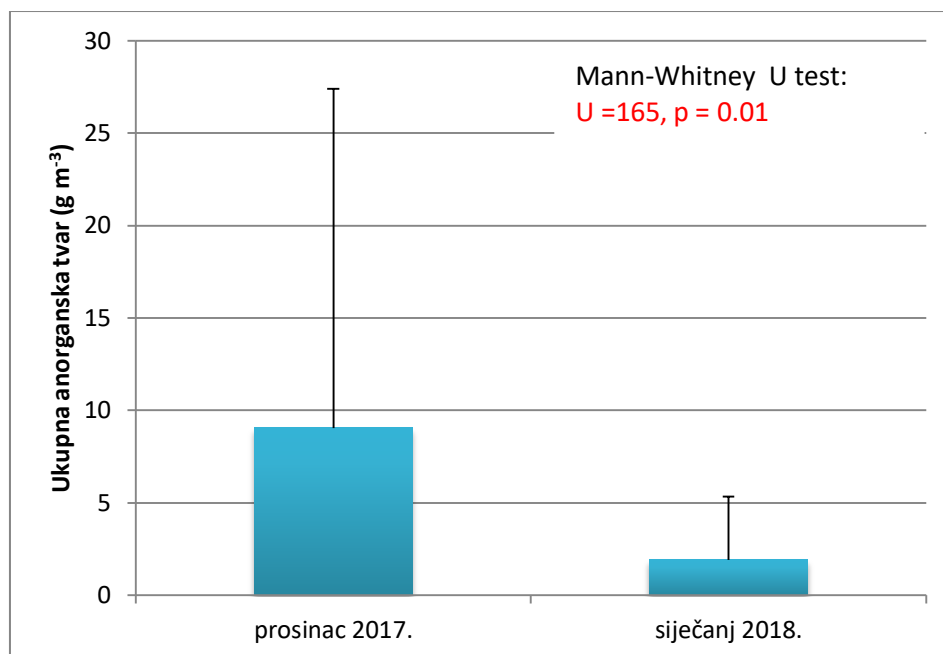
Analizom sastava drifta, osim ukupne količine organske tvari, određena je i ukupna količina anorganske tvari odnosno sedre na pojedinim postajama tijekom prosinca 2017. i siječnja 2018.

Rezultati Kruskal-Wallis testa ($H(3, N = 48) = 4.52, p = 0.21$) pokazuju da nema statistički značajne razlike u ukupnoj količini anorganske tvari na pojedinim postajama (Slika 26). Najveće, a ujedno i jednake ukupne količine anorganske tvari izmjerene su na postajama P1 (7.97 g m^{-3}) i P3 (7.97 g m^{-3}), dok je najmanja količina zabilježena na postaji P4 (2.52 g m^{-3}). Najveće prosječno odstupanje od srednje vrijednosti ukupne količine anorganske tvari zabilježeno je na postaji P4 ($V = 262.61 \%$), dok je najmanje prosječno odstupanje zabilježeno na postaji P2 ($V = 107.87 \%$).



Slika 26. Količina (srednja vrijednost \pm SD) ukupne anorganske tvari u sastavu drifta na pojedinim postajama.

Na temelju rezultata Mann-Whitney U testa ($p < 0.05$) dokazano je da postoje statistički značajne razlike u ukupnoj količini anorganske tvari u prosincu 2017. i siječnju 2018. ($U = 165, p = 0.01$) (Slika 27). Veća količina ukupne anorganske tvari opažena je u prosincu i iznosila je 9.05 g m^{-3} , dok je u siječnju iznosila samo 1.92 g m^{-3} . Zabilježena su i velika odstupanja od prosječne vrijednosti ukupne količine anorganske tvari tijekom oba mjeseca ($V = 202.86 \%$ u prosincu 2017., $V = 178.32 \%$ u siječnju 2018.).



Slika 27. Količina (srednja vrijednost \pm SD) ukupne anorganske tvari u sastavu drifta po mjesecima

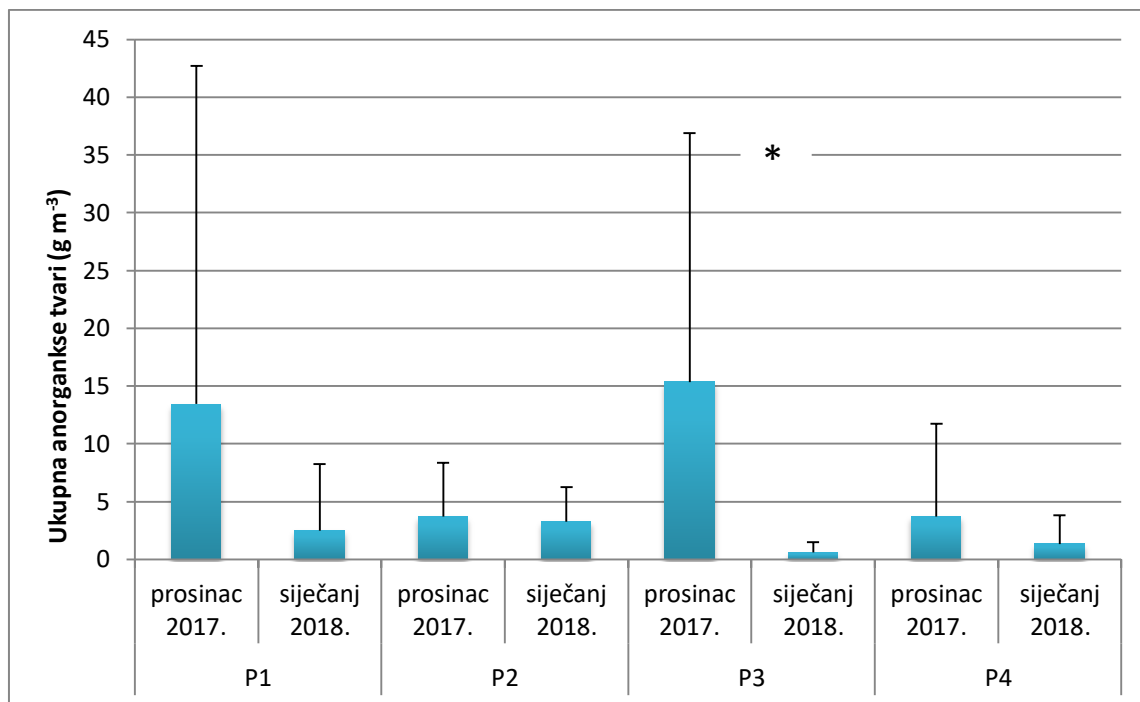
Rezultati Mann-Whitney U testa ($p < 0.05$) pokazuju kako postoji statistički značajna razlika u ukupnoj količini anorganske tvari po mjesecima na postaji P3 ($U = 5$, $p = 0.03$) (Slika 28). Za ostale postaje je dokazano da ne postoje statistički značajne razlike u ukupnoj količini anorganske tvari u prosincu 2017. i siječnju 2018. Najveća količina ukupne anorganske tvari zabilježena je u prosincu 2017. na postaji P3 (15.36 g m^{-3}), a najmanja količina zabilježena je u siječnju 2018. na istoj postaji P3 (0.59 g m^{-3}).

4.7 Odnos okolišnih čimbenika i gustoće drifta makrozoobentosa

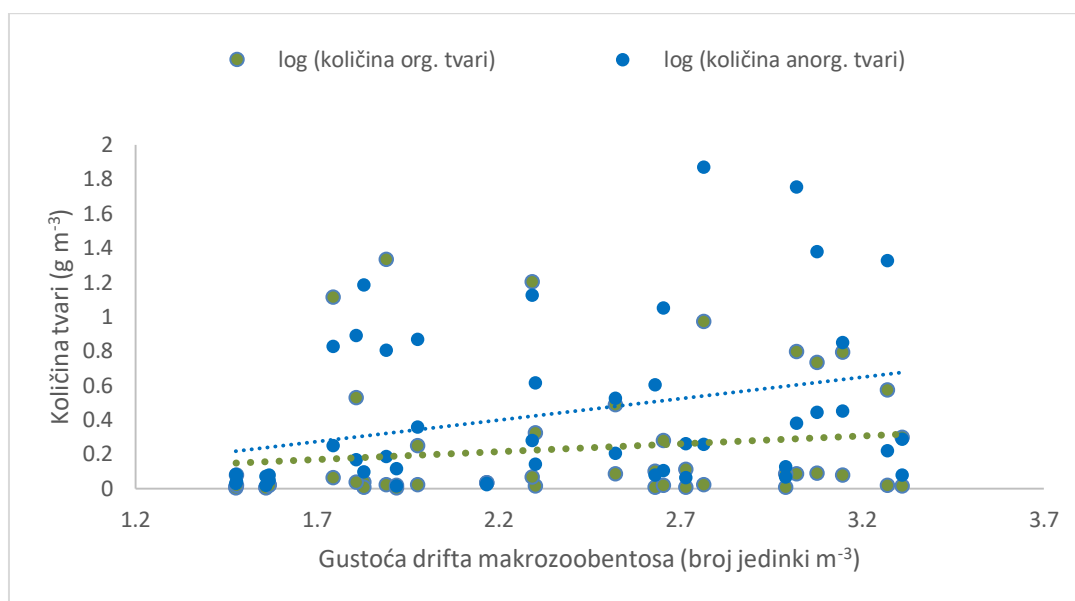
Odnosi okolišnih čimbenika i mjerenih drift-parametara (ukupna količina anorganske i organske tvari, CPOM-a i FPOM-a u uzorcima drifta) te najčešćih svojti makrozoobentosa u driftu testirani su Spearmanovim koeficijentom korelacije (RS) i PCA analizom (engl., PCA; Principal Component Analysis).

Analizom Spearmanovih koeficijenata korelacije, uočena je značajna pozitivna korelacija između količine organske tvari i gustoće drifta ($RS = 0.34$, $p < 0.05$) (Tablica 2). Značajna pozitivna korelacija je također uočena između gustoće drifta i količine anorganske tvari ($RS = 0.41$, $p < 0.05$), dok pozitivna korelacija između gustoće drifta i brzine strujanja vode ($RS = 0.04$, $p > 0.05$) nije pokazana značajnom. U skladu s navedenim, gustoća drifta makrozoobentosa se povećava sa ukupnom količinom organske i anorganske tvari u uzorcima drifta (Slika 29), ali ne i s povećanjem brzine strujanja vode. Nadalje, opaženo je da gustoća

drifta značajno ($p < 0.05$) pozitivno korelira s koncentracijom otopljenog kisika ($RS = 0.79$) i orto-fosfata ($RS = 0.84$) u vodi te s ukupnom tvrdoćom vode ($RS = 0.76$), a negativno s koncentracijom otopljenih nitrita ($RS = -0.86$) i nitrata ($RS = -0.83$).



Slika 28. Količina (srednja vrijednost \pm SD) ukupne anorganske tvari u sastavu drifta na pojedinim postajama u prosincu 2017. i siječnju 2018. god. Zvezdica označava mjesece između kojih su dokazane statistički značajne ($*p < 0.05$) razlike s obzirom na prosječne količine ukupne anorganske tvari u uzorcima drifta.



Slika 29. Odnos gustoće drifta (brojnost jedinki m^{-3}) i ukupne količine organske i anorganske tvari u uzorcima drifta za oba mjeseca (prosinac 2017. i siječanj 2018.)

Tablica 2. Spearmanov koeficijent korelacije između okolišnih čimbenika i mjerenih parametara drifta (ukupna količina organske i anorganske tvari, gustoća drifta).

	v (brzina strujanja) (m s ⁻¹)	Količina organske tvari (AFDM) (g m ⁻³)	Količina anorganske tvari (g m ⁻³)	Gustoća drifta (brojnost jedinki m ⁻³)
v (brzina strujanja)(m s ⁻¹)	1.00	-0.328	-0.062	0.04
Količina organske tvari (AFDM) (g m ⁻³)	-0.328	1.00	0.844	0.338
Količina anorganske tvari (g m ⁻³)	-0.062	0.844	1.00	0.411
Gustoća drifta (brojnost jedinki m ⁻³)	0.04	0.338	0.411	1.00
t _{vode} (°C)	-0.465	-0.112	-0.2258	-0.804
O ₂ (mg L ⁻¹)	0.386	0.148	0.218	0.79
pH	-0.504	0.202	0.017	-0.139
O ₂ (%)	0.425	0.112	0.23	0.279
COD _{KMnO4} (mg O ₂ L ⁻¹)	-0.348	0.244	0.109	0.072
Alkalitet (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	-0.113	-0.170	-0.102	-0.747
Ukupna tvrdoća vode (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	0.362	0.232	0.354	0.759
N-NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	-0.167	-0.238	-0.287	-0.859
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	-0.038	-0.244	-0.271	-0.827
P-PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹)	0.34	0.219	0.305	0.836

5. RASPRAVA

5.1 Fizikalno-kemijska svojstva vode

Tijekom istraživanja, prosječna temperatura vode u prosincu 2017. i siječnju 2018. je bila jednaka i iznosila je 10 °C. S obzirom da je količina otopljenog kisika u većini slučajeva obrnuto proporcionalna temperaturi vode, tijekom prosinca 2017. su zbog toga zabilježene nešto veće koncentracije otopljenog kisika u vodi.

Izmjerene vrijednosti kemijske potrošnje kisika na temelju potrošnje KMnO_4 ($\text{KPK}_{\text{KMnO}_4}$) općenito ukazuju na malu količinu otopljene organske tvari na uzorkovanim postajama. Vrijednosti $\text{KPK}_{\text{KMnO}_4}$ podudaraju se s vrijednostima zabilježenima u prethodnim istraživanjima unutar našeg drugog poznatog oligotrofnog sedrotvornog hidrosustava - NP Plitvička jezera (SERTIĆ PERIĆ i sur., 2011).

Niže vrijednosti alkaliteta opažene su tijekom oba mjeseca, dok je ukupna tvrdoća vode bila viša u prosincu 2017. nego u siječnju 2018. To ukazuje na izraženiji proces osedranja tj. taloženja kalcijevog karbonata u prosincu 2017., kada je zabilježena i znatno veća ukupna količina anorganske tvari u uzorcima drifta. Alkalitet i ukupna tvrdoća vode su prepoznati kao pokazatelji koncentracije bikarbonatnih iona u vodi i u literaturi su često razmatrani kao pokazatelji intenziteta osedranja (npr. PENTECOST 2005, MATONIČKIN KEPČIJA i sur. 2006). U skladu s kemizmom nastanka sedre ($\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$), niža koncentracija bikarbonata u vodi ukazuje na intenzivnije procese taloženja kalcijevog karbonata, odnosno na izraženije osedranje. Razlike u vrijednostima alkaliteta i ukupne tvrdoće vode u sedrotvornim sustavima najčešće se objašnjavaju: temperaturnim promjenama, promjenama u kemijskom sastavu vode, promjenama protoka i dinamikom rasta i aktivnosti (mikro)organizama (PENTECOST 2005).

Vrlo niske koncentracije otopljenih anorganskih soli (nitrita, nitrata i orto-fosfata) izmjerene su na svim postajama tijekom prosinca 2017. i siječnja 2018. Na svim postaja u prosincu koncentracija nitrita je iznosila $0 \mu\text{g L}^{-1}$ kao i koncentracija orto-fosfata u siječnju, koja je također iznosila $0 \mu\text{g L}^{-1}$ što upućuje na izrazitu čistoću vode (tj. oligotrofiju) na istraživanom području NP Krka, što je karakteristika i ostalih sedrotvornih sustava (PENTECOST 2005).

5.2 Kvantitativni i kvalitativni sastav makrozoobentosa

Postaja P2 smještena u novoformiranom toku imala je značajno veću gustoću drifta u odnosu na postaje P1 i P4 (postaje koje se nalaze izvan testne plohe), a uzrok tome je vjerojatno značajno veća ukupna količina organske tvari na postaji P2 tijekom oba mjeseca. Veća količina organske tvari u driftu na postaji P2 vjerojatno je posljedica nedostatka vodene vegetacije i uklanjanja pajasena, koji je prije uklanjanja zasigurno sprječavao erozivni učinak vode (NOVAK 2017). Na postaji P2, voda erozijom otplavljuje mješavinu organskog i anorganskog supstrata, s kojim se potom vjerojatno otplavljaju i organizmi koji ga nastanjuju. Slično je opaženo u driftu unutar sedrotvornog sustava NP Plitvička jezera, gdje je zaključeno da se mahovinskom supstratu može pripisati vrlo važna uloga prijenosnika pri pronosu tvari i organizama u lotičkim sedrotvornim sustavima (SERTIĆ PERIĆ i sur., 2011).

S obzirom na mjesece u kojima je provedeno istraživanje, veća gustoća drifta zabilježena je u prosincu 2017., a potencijalni uzrok tome je opet veća ukupna količina organske tvari u odnosu na siječanj 2018. Međutim, u prosincu su zabilježena i veća odstupanja od prosječne vrijednosti gustoće drifta. Naime, u prosincu 2017. na svim postajama je pronađen veliki broj jedinki iz reda Copepoda i Cladocera u odnosu na siječanj 2018., gdje su na postajama P1 i P4 pronađene samo jedinke Copepoda i to u manjem broju (Prilog 1). Povećani broj Copepoda i Cladocera tijekom prosinca najvjerojatnije su posljedica sezonskog povišenja razine sestona u uzvodnom jezeru (ŠPOLJAR i sur. 2007), koje se potom vjerojatno odrazilo i na porast gustoće makrozoobentosa, odnosno drifta lotičke faune. Slično je opaženo u istraživanju drifta u sustavu NP Plitvička jezera (SERTIĆ PERIĆ i sur. 2011).

Najveća gustoća drifta bila je na postajama P2 i P4 u prosincu 2017. Uzorci drifta na postaji P2 sadržavali su najveću količinu organske tvari, što – ako prihvatimo da se ovdje radi o pojačanom erozivnom efektu vode uslijed nedostatka vodene i obalne vegetacije - objašnjava povećanu količinu drifta makrozoobentosa na toj postaji. Uzrok velikoj gustoći drifta na postaji P4 je prosječna brzina strujanja vode koja je na toj postaji bila najveća u odnosu na sve ostale postaje u prosincu 2017. i siječnju 2018. Naime, na staništima sa većom brzinom strujanja vode često se pojavljuju i gušće zajednice beskralježnjaka. Razlog tome može biti veća oksigenacija vode uslijed turbulentnijeg toka ili veća dostupnost hranjivih čestica pojedinim organizmima (FENOGLIO i sur. 2004). Najmanja gustoća drifta zabilježena je na postaji P1 u siječnju 2018. Postaja P1 smještena je u toku koji je prije uklanjanja pajasena povremeno presušivao, što je moglo utjecati na smanjeni transport tvari i makrozoobentosa

na toj postaji ,na kojoj je osim smanjene gustoće drifta makrozoobentosa opažena i najmanja ukupna količina organske tvari. Niže u tekstu - u raspravi o odnosu okolišnih čimbenika i gustoće drifta makrozoobentosa - bit će više govora o potencijalnim uzrocima opaženih trendova drifta na pojedinim postajama.

U uzorcima prikupljenim u prosincu 2017., kvalitativni sastav drifta makrozoobentosa ukazuje na povećan broj jedinki rakova iz reda Cladocera (rašljoticalci) i Copepoda (veslonošci). Račići skupine Cladocera i Copepoda su inače česti u sastavu jezerskog planktona, a u uzorcima su pronađeni predstavnici iz porodice Daphniidae (skupina Cladocera) i porodice Cyclopoida (skupina Copepoda). Cyclopoida su vrlo pokretljive životinje. Prema VREBČEVIĆ (1996), u rijekama, gdje dospijevaju iz jezera, bare, kanala se slučajno nađu, a uobičajeni su u sporim donjim tokovima velikih rijeka. Najveći udio Copepoda je bio na postaji P4 koja se nalazila na samom slapištu i na kojoj je brzina strujanja vode bila najveća. Uzrok tome bi bio taj, što se jezero iz kojeg su jedinke Copepoda „dospjele u drift“ nalazilo neposredno prije samog slapišta, odnosno prije postaje P4 pa je i njihova brojnost tu bila najveća. Iz skupine Cladocera u uzorcima su najbrojniji bili predstavnici roda *Daphnia*. Osim Copepoda i Cladocera, u nešto većem broju su pronađeni i predstavnici Diptera iz porodice Simuliidae i Chironomidae. Bili su prisutni na svim postajama, međutim brojnost im je bila veća na postajama sa većom ukupnom količinom organske tvari, gdje je izglednija i veća količina hrane koju ovi organizmi preferiraju (NILSSON 1996, 1997). Jedinke porodica Simuliidae i Chironomidae su sitniji i crvoliki organizmi, koji preferiraju staništa gdje je brzina strujanja dovoljno niska da ne utječe na njihovo otplavlivanje, a gdje također dolazi do slijezanja sitnih čestica organske tvari koje im služe kao hrana (NILSSON 1996, 1997).

Kvalitativni sastav drifta makrozoobentosa u siječnju 2018. razlikuje se od sastava u prosincu 2017. Naime, na kontrolnim postajama P1 i P4 je pronađen velik broj jedinki Copepoda (> 60 %), dok jedinke Cladocera nisu bile prisutne ni na jednoj postaji. Kao što je već navedeno, jedinke Copepoda su u postaju P4 vjerojatno dospjele slučajno iz obližnjeg jezera te je potom zbog velike brzine strujanja vode došlo do njihovog otplavlivanja do postaje P1 koja se nalazila na dnu istraživanog toka. Dokaz tome je i mali udio jedinki Copepoda zabilježen na postaji P3 smještenoj u toku koji izravno povezuje kontrolne postaje P4 i P1. Na svim postajama je zabilježen i veći udio jedinki Diptera, a posebice jedinki iz porodica Simuliidae

i Chironomidae. Najviše ih je pronađeno u uzorcima s postaja P2 i P3 na kojima je prosječna brzina strujanja vode bila najniža, a ukupna količina organske tvari najviša u tom mjesecu.

5.3 Kvantitativni i kvalitativni sastav organske tvari u uzorcima drifta

Usporedbom ukupne količine organske tvari na pojedinim postajama, uočena je statistički značajna razlika u količini organske tvari između postaja P1 i P2. Za to je najvjerojatnije odgovorna razlika u brzini strujanja vode na navedenim postajama. Prosječna brzina strujanja na kontrolnoj postaji P1 (ispod slapišta) je veća u odnosu na brzinu strujanja na postaji P2 u novoformiranom toku. Zbog male brzine strujanja vode, na postaji P2 dolazi do slijeganja i taloženja organske tvari (koja je najvećim dijelom grubo usitnjena organska tvar tj. CPOM) (LAMBERTI i GREGORY 2006) i to je najvjerojatniji razlog veće ukupne količine organske tvari na postaji P2, kao i na postaji P3.

Ukupna količina organske tvari u prosincu 2017. i u siječnju 2018. je bila u prosjeku približno jednaka, ali su zabilježena velika odstupanja tijekom oba mjeseca. To je u skladu s navodima HABDIJE i sur. (2004), koji veće količine organske tvari nalaze u hladnijem dijelu godine i obrazlažu ih većim odlaganjem organske tvari, odnosno sezonski povećanim unosom otpalog lišća obalne vegetacije. Najveće ukupne količine organske tvari zabilježene su na postaji P2 u prosincu 2017. i siječnju 2018., što ponovno ukazuje na već navedeno, a to je da izraženiji erozivni efekt vode uslijed nedostatka vodene i obalne vegetacije (uklonjenog pajasena) u kombinaciji s umjerenom brzinom strujanja vode na tom staništu uzrokuje nakupljanje veće količine organske tvari. Analizom kvalitativnog sastava organske tvari, uočava se značajno veća količina CPOM-a (> 95 %) u gotovo svim uzorcima drifta tijekom oba mjeseca. Jedino je u uzorcima prikupljenim na nizvodnijim postajama P3 i P4 u siječnju 2018. zabilježena nešto veća količina FPOM-a. Izrazito velike količine CPOM-a u sastavu organske tvari potječu od otpalog lišća okolne vegetacije, što je karakteristično za zimske mjesece i ujedno ponovno dokazuje kako su količine organske tvari veće tijekom hladnijeg razdoblja godine.

5.4 Kvantitativni sastav anorganske tvari

Glavninu anorganske komponente u uzorcima drifta čine sedra i čestice pijeska koje najizglednije nastaju kao rezultat drobljenja i usitnjavanja stijena erozijom uslijed velike brzine strujanja vode (ŠPOLJAR i sur., 2007). Najveće ukupne količine anorganske

komponente zabilježene su na postajama P1 i P3. Obje postaje su u prosjeku imale manju gustoću drifta i ukupnu količinu organske tvari, dok je prosječna brzina strujanja vode na tim postajama bila umjerena do velika. To objašnjava unos anorganske tvari u uzroke drifta uslijed erozije recentne rahle sedre s podloge pod utjecajem velike brzine strujanja vode (HABDIJA i sur., 2004, SMOCK, 2006). Brzina strujanja vode bila je najveća upravo na postaji P1 (najnižvodnija postaja ispod velikog slapa, na dnu istraživačke dionice), te na postaji P4 koja se nalazila na samom slapištu smještenom na početku istraživanog toka i s koje su sitne anorganske čestice vjerojatno snagom vode otplavljene prema nizvodno smještenoj postaji P3.

Usporedbom ukupne količine anorganske tvari prikupljene u prosincu 2017. i siječnju 2018. dokazana je statistički značajna razlika u količini anorganske tvari između tih mjeseci. Veća količina anorganske tvari uočena je u prosincu 2017., što može biti uzrokovano već spomenutim promjenjivim brzinama strujanja vode, vremenskim uvjetima, temperaturnim uvjetima i/ili, posljedično, promjenjivim procesima taloženja kalcijevog karbonata u sedrotvornim sustavima (MILIŠA i sur., 2006a, 2006b, ŠPOLJAR i sur., 2007, SERTIĆ PERIĆ i sur. 2011).

5.5 Odnos okolišnih čimbenika i gustoće drifta makrozoobentosa

Usporedbom okolišnih čimbenika i mjerenih parametara drifta uočena je pozitivna korelacija između gustoće drifta makrozoobentosa i ukupne količine organske tvari u uzorcima drifta što je u skladu s rezultatima prethodnih istraživanja drifta unutar NP Plitvička jezera (SERTIĆ PERIĆ i sur., 2011). Najveća gustoća drifta je bila na postaji P2 u prosincu 2017., kada su u prosjeku zabilježene i najveće ukupne količine organske i anorganske tvari u uzorcima drifta. Na postajama P1 i P3 uočena je najmanja gustoća drifta makrozoobentosa, dok je količina anorganske tvari na tim postajama bila najveća. Razlog takvom trendu na postaji P1 je vjerojatno prosječna brzina strujanja vode, koja je na toj postaji u prosjeku bila veća nego na ostalim postajama (izuzev postaje P4) i koja je mogla uzrokovati povećanu eroziju recentne sedre s podloge (prema SERTIĆ PERIĆ i sur., 2011). S druge strane, na postaji P1 bogato je razvijena vodena vegetacija (mahovine i vodeni meakrofiti), koja je očito poslužila kao sigurno i hranom bogato mikrostanište za brojne organizme makrozoobentosa, koji su tu pronašli zaštitu od brze struje vode i na taj način izbjegli nizvodno otplavlivanje (drift) (MILIŠA i sur., 2006a, 2006b; SERTIĆ PERIĆ i sur. 2011). Nasuprot, na postaji P3, smještenoj u novoformiranom toku nastalom nakon uklanjanja pajasena, brzina strujanja

vode je bila više nego dvostruko manja u usporedbi s postajom P1. Dakle, na postaji P3 erozivni efekt vode (odnosno izraženije otplavlivanje organske i anorganske tvari) nije nastupio uslijed brzog strujanja vode, već vjerojatno zbog nedostatka vodene vegetacije i uklanjanja pajasena, koji je prije uklanjanja zasigurno sprječavao erozivni učinak. Kako je postaja P3 siromašna vodenom vegetacijom i smještena je u novoformiranom dijelu toka (gdje su životne zajednice još u fazi inicijacije), za pretpostaviti je da zbog toga ovdje uočena mala gustoća drifta makrozoobentosa.

Rezultati su nadalje pokazali da u siječnju 2018. gustoća drifta na svim postajama pozitivno korelira s koncentracijama fosfata i s ukupnom tvrdoćom vode. Kako ukupna tvrdoća vode ukazuje na količinu anorganskih soli (kalcijevog ili magnezijevog karbonata) u vodi, a fosfati koji se pojavljuju u sedimentu imaju veliki afinitet vezanja na čestice anorganske tvari (MATONIČKIN KEPČIJA i sur., 2011), smanjena koncentracija fosfata i niže vrijednosti ukupne tvrdoće vode tijekom siječnja 2018. vjerojatno utječu i na smanjenu količinu anorganske tvari u stupcu vode toga mjeseca.

6. ZAKLJUČAK

- Postaja P2, smještena u novoformiranom toku nastalom nakon uklanjanja pajasena, u prosincu 2017. i siječnju 2018. bilježi najveću gustoću drifta makrozoobentosa i organske tvari u driftu, što je vjerojatno posljedica pojačanog erozivnog efekta vode, odnosno povećane količine organske tvari u stupcu vode, do kojih je došlo nakon uklanjanja pajasena, koji je prije uklanjanja vjerojatno ublažavao erozivni učinak
- Na svim postajama u prosincu 2017. najveći udio jedinki makrozoobentosa čine rakovi iz skupina Copepoda (veslonošci) i Cladocera (rašljoticalci), koji su inače česti u sastavu jezerskog planktona, a u istraživani tok su vjerojatno dospjeli zbog sezonski uvjetovanog povišenja razine sestona u uzvodnom jezeru te posredovanjem povišene brzine strujanja vode na ulaznom dijelu istraživačke dionice (postaji P4), uslijed čega je došlo do njihovog otplavlivanja prema nizvodno smještenim postajama (P3, P2, P1)
- U siječnju 2018. na postajama P1 i P4 zabilježen je veći udio jedinki Copepoda, dok su na ostalim postajama (P2 i P3) najveći udio činile jedinke Diptera iz porodica Simuliidae i Chironomidae, koje preferiraju staništa gdje je brzina strujanja dovoljno niska da ne utječe na njihovo otplavlivanje i na kojima dolazi do slijeganja sitnih čestica organske tvari koje im služe kao hrana
- Umjerena do visoka brzina strujanja vode i njen erozivni učinak, kao važni hidrološki čimbenici, najvjerojatniji su uzrok većoj količini anorganske tvari u driftu na postajama P1 i P3
- Najveće količine anorganske tvari u uzorcima drifta nađene su u prosincu 2017., kada su zabilježene i veće vrijednosti ukupne tvrdoće vode i koncentracije ortofosfata. Moguće je da na količine anorganske tvari u driftu utječu promjenjive brzine strujanja vode, vremenski (temperaturni) uvjeti i/ili promjenjivi procesi taloženja kalcijevog karbonata u sedrotvornim sustavima
- Kvalitativni sastav organske tvari najvećim dijelom čini CPOM (grubo usitnjena organska tvar) na svim postajama tijekom oba mjeseca (prosinc 2017. i siječanj 2018.), najvjerojatnije zbog sezonski povećanog unosa lišća obalne vegetacije.

7. LITERATURA

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

ALLAN JD (1995) Stream Ecology. Chapman&Hall, New York

ANDERSON NH, LEHMKUHL DM (1967) Catastrophic drift of insects in a woodland stream. Ecology 49: 198-206.

BILBY RE, LIKENS GE (1980) Importance of organic debris dams in the structure and function of stream ecosystem. Ecology 61: 1107-1113

BRITAIN JE, EIKELAND TJ (1988) Invertebrate drift — a review. Hydrobiologia 166: 77-93.

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

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

CUMMINS KW (1974) Structure and function of streams ecosystems. BioScience 24: 631-641

CUMMINS KW, KLUG MJ (1978) Feeding ecology of stream invertebrates. Annu Rev Ecol Syst 10: 147-172

ELLIOTT JM (1968) Daily activity patterns of mayfly nymphs (Ephemeroptera). Can J Zool 155: 201-221.

ELLIOTT JM (2002) Time spent in the drift by downstreams-dispersing invertebrates in a Lake District stream. Freshwat. Biol. 47: 97-106

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

FENOGLIO S, BO T, CUCCO M (2004) Small-scale macroinvertebrate distribution in a riffle of a neotropical rainforest stream (Rio Bartola, Nicaragua). Caribb J Sci 40: 253-257

FLECKER AS (1992) Fish predation and the evolution of invertebrate drift periodicity: Evidence from neotropical streams. Ecology 73: 438-448.

FORD TD, PEDLEY HM (1996) A review of tufa and travertine deposits of the world. Earth-Sci Rev 41: 117-175

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

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

HABDIJA I, PRIMC-HABDIJA B, MATONIČKIN R, KUČINIĆ M, RADANOVIĆ I, MILIŠA M, MIHALJEVIĆ Z (2004) Current velocity and food supply as factors affecting the composition of macroinvertebrates in bryophyte habitats in karst running water. *Biologia* 59: 577-593

HEINO J, KORSU K (2008) Testing species-stone area and species bryophyte cover relationships in riverine macroinvertebrates at small scales. *Freshwater Biol* 53: 558-568.

HIEBER M, ROBINSON CT, UEHLINGER U (2003) Seasonal and diel patterns of invertebrate drift in different alpine stream types. *Freshwater Biol* 48: 1078-1092

HILDREW AG, GILLER PS (1994) Patchiness, species interactions and disturbance in the stream benthos. U: Giller PS, Hildrew AG, Raffaelli DG (eds.), *Aquatic Ecology: Scale, Pattern and Process*. Blackwell, Oxford, UK, 21-62

HURYN AD, WALLACE JB (1987) Local geomorphology as a determinant of macrofaunal production in a mountain stream. *Ecology* 68: 1932-1942

INGO K, SAUMEL I (2007) Biological flora of Central Europe: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. *Perspect Plant Ecol Evol Syst* 8: 207-237

JEFFRIES M, MILLS D (1995) *Freshwater ecology: principles and applications*. John Wiley and Sons Inc., New York

LAMBERTI GA, GREGORY SV (2006) CPOM transport, retention, and measurement. U: Hauer FR, Lamberti GA (eds.), *Methods in Streams Ecology*, 2nd edn. Academic Press/Esevier, New York, 273-289

LIU Z, LI Q, SUN H, LIAO C, LI H, WANG J, WU K (2006) Diurnal variations of hydrochemistry in a travertine-depositing stream at Baishuitai, Yunnan, SW China: observation and explanations. *Aquat Geochem* 12: 103-121

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

MASSEI N, DUPONT JP, MAHLER BJ, LAIGNEL B, FOURNIER M, VALDES D, OGIER S (2006) Investigating transport properties and turbidity dynamics of a karst aquifer using correlation, spectral, and wavelet analyses. *J Hydrol* 329: 244-257

MATONIČKIN KEPČIJA R, HABDIJA I, PRIMC-HABDIJA B, MILIŠA M (2006) Simuliid silk pads enhance tufa deposition. Arch Hydrobiol 166: 387-409

MATONIČKIN KEPČIJA, R, MILIŠA M; SERTIĆ PERIĆ M, MATIJIĆ CVJETOVIĆ M, PRIMC-HABDIJA B (2011) Response of periphyton to nutrient addition in tufa-depositing environment. Aquat Microb Ecol 65: 183-195

MCLAY C (1970) A theory concerning the distance travelled by animals entering the drift of a stream. J Fish Res Board Can 27: 359-370

MILIŠA M, HABDIJA I, PRIMC-HABDIJA B, RADANOVIĆ I, MATONIČKIN KEPČIJA R (2006) The role of flow velocity in the vertical distribution of particulate organic matter on moss-covered travertine barriers of the Plitvice Lakes (Croatia). Hydrobiologia 553: 231-243

MILIŠA M, MATONIČKI KEPČIJA R, RADANOVIĆ I, OSTOJIĆ A, HABDIJA I (2006b) The impact of aquatic macrophyte (*Salix* sp. and *Cladium mariscus* (L.) Pohl.) removal on habitat conditions and macroinvertebrates of tufa barriers (Plitvice Lakes, Croatia). Hydrobiologia 573: 183-197

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

MÜLLER K (1973) Circadian rhythms of locomotor activity in aquatic organisms in the subarctic summer. Aquilo, Serie Zoologica 14: 1-18

NOVAK N, NOVAK M (2017) Invazivne strane korovne vrste kao prijetnja zaštićenim područjima. U: Zbornik radova sa Znanstveno-stručnog skupa Vizija i izazovi upravljanja zaštićenim područjima prirode u Republici Hrvatskoj. Aktivna zaštita i održivo upravljanje u Nacionalnom parku "Krka". Šibenik: JU "Nacionalni park Krka", pp. 833-843

NP KRKA (2019): Javna ustanova „Nacionalni park Krka“, <http://www.npkrka.hr/stranice/rijeka-krka/85.html> ; pristupljeno: 26. 8. 2019.

PAVLETIĆ Z (1957) Ekološki odnosi briofitske vegetacije na slapovima Plitvičkih jezera. Acta Bot Croat 16: 63-88

PECKARSKY BL (1979) Biological interactions as determinants of distributions of benthic invertebrates within the substrate of stony streams. Limnol Oceanogr 24: 59-68 172

PECKARSKY BL (1980) Predator-prey interactions between stoneflies and mayflies: behavioral observations. Ecology 61: 932-943

PENTECOST A (2005) Travertine. Springer-Verlag, Berlin and Heidelberg

PEVALEK I (1958) Biodinamika Plitvičkih jezera i njena zaštita. NP Plitvička jezera, Zagreb, 275-294

- PLAFKIN JL, BARBOUR MT, PORTER KD, GROSS SK, HUGHES RM (1989) Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- POFF NL, WARD JV (1990) Physical habitat template of lotic systems: recovery in the context of historical pattern of spatio-temporal heterogeneity. *Env Manag* 14: 629-645
- RAMIREZ A, PRINGLE CM (1998) Invertebrate drift and benthic community dynamics in a lowland neotropical stream, Costa Rica. *Hydrobiologia* 386: 19-26
- RAMIREZ A, PRINGLE CM (2001) Spatial and temporal patterns of invertebrate drift in streams draining a Neotropical landscape. *Freshwater Biol* 46: 47-62
- SALTVEIT SJ, HAUG I, BRITTAIN JE (2001) Invertebrate drift in a glacial river and its non-glacial tributary. *Freshwater Biol* 46: 1777-1789
- SANDBLUND OT (1982) The drift of zooplankton and microzoobenthos in the river Strandaelva, western Norway. *Hydrobiologia* 94: 33-48
- SERTIĆ PERIĆ M, DRAŽINA T, ŠPOLJAR M, RADANOVIĆ I, PRIMC B, HABDIJA I (2014) Meiofauna constitute a considerable portion of invertebrate drift among moss-rich patches within a karst hydrosystem. *Biologia* 69: 363-380
- SERTIĆ PERIĆ M, MILIŠA M, MATONIČKIN-KEPČIJA R, PRIMC-HABDIJA B, HABDIJA I (2011) Seasonal and fine-scale spatial drift patterns in a tufa-depositing barrage hydrosystem. *Fundam App Limnol* 178: 131-145
- SMITH MJ, KAY WR, EDWARD DHD, PAPAS PJ, RICHARDSON KSTJ, SIMPSON JC, PINDER AM, CALE DJ, HOROWITZ PHJ, DAVIAS JA, YUNG FH, NORRIS RH, HALSE SA (1999) Using macroinvertebrates to assess ecological condition of rivers in Western Australia. *Freshwater Biol* 41: 269-282
- SMOCK LA (1990) Macroinvertebrate dispersal. U: Hauer FR, Lamberti GA (eds.), *Methods in Stream Ecology*, 2nd edn. Academic Press/elsevier, New York 465-487
- SRDOČ D, HORVATINČIĆ N, OBELIĆ B, KRAJCAR I, SLIEPČEVIĆ A (1985) Calcite deposition processes in karst waters with special emphasis on the Plitvice Lakes, Yugoslavia (in Croatian). *Carsus Jugosl* 11:101-204
- STATZNER B, GORE JA, RESH VH (1988) Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications. *J N Am Benthol Soc* 7: 307-360
- SUREN AM (1991) Bryophytes as invertebrate habitat in two New Zealand alpine streams. *Freshwater Biol* 26: 399-418
- SUREN AM (1992a) Enhancement of invertebrate food resources by bryophytes in New Zealand alpine headwater streams. *New Zeal J Mar Fresh* 26: 229-239

- SUREN AM (1992b) Meiofaunal communities associated with bryophytes and gravels in shaded and unshaded alpine streams in New Zealand. *New Zeal J Mar Fresh* 26: 115–125
- ŠPOLJAR M, HABDIJA I, PRIMC-HABDIJA B (2007a) The influence of the lotic and lentic stretches on the zoosetion flux through the Plitvice Lakes (Croatia). *Ann Limnol* 43: 29-40
- ŠPOLJAR M, PRIMC-HABDIJA B, HABDIJA I (2007) Transport of seston in the karstic hydrosystem of the Plitvice Lakes (Croatia). *Hydrobiologia* 579: 199-209
- VANNOTE R L., MINSHALL G. W., CUMMINS K. W., SEDELL J. R., CUSHING C. E. (1980) The river continuum concept. *Can. J. Fish. aquat. Sci.* 37: 130-137
- WALLACE J. B., CUFFENEY T. F., GOLDOWITZ B.S., CHUNG K., LUGTHART G. J., (1991) Long-term studies of the influence invertebrate manipulations and drought on particulate organic matter export from headwater streams. *Vehr. Internat. Verein. Limnol.* 24: 1676-1680
- WALLACE JB, HUTCHENS JJR, GRUBAUGH JW (2006) Transport and storage of FPOM. U: Hauer FR, Lamberti GA (eds.) *Methods in Stream Ecology*, 2nd edn. Amsterdam, Elsevier, 249-271
- WARD JV (1992) *Aquatic insect ecology*. John Wiley and Sons Inc., New York
- WATERS TF(1972) The drift of stream insects. *Annu Rev Entomol* 17: 253- 272
- WILLIAMS DD, FELTMATE BW (1992) *Aquatic Insects*. CAB International, Wallingford, Oxon.
- WILLIAMS DD, HYNES HBN (1976) The recolonization mechanisms of stream benthos. *Oikos* 27: 265-272
- WORLD BANK (2008) *Biodiversity, climate change and adaptation - nature-based solutions from The World Bank Portfolio*. The World Bank, Washington
- WOTTON RS (1984) The importance of identifying the origin of microfine particles in aquatic systems. *Oikos* 43: 217-221
- WOTTON RS (1990) *Biology of particles in aquatic system*. CRC Press, Boca Raton
- VREBČEVIĆ B (1996) *Priručnik za upoznavanje slatkovodnih račića veslonožaca (Copepoda, Cyclopidae) i rašljoticalaca (Cladocera) Hrvatske*. Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb
- YOUNG R. G. i HURYN A. D. (1997) Longitudinal patterns of organic matter transport and turnover along a New Zealand grassland river. *Freshwater Biology*. 38:93–107

8. PRILOG

Tablica 3. Vrijednosti drift-parametara (gustoća drifta makrozoobentosa, količina organske i anorganske tvari, brzina strujanja vode) na pojedinim postajama u prosincu 2017.

Mjesec	Postaja	POM	Količina organske tvari (g m ⁻³)	Količina anorganske tvari (g m ⁻³)	Gustoća drifta (brojnost jedinki m ⁻³)	Brzina strujanja vode(m/s)
prosinac	P1	CPOM	1.109463527	3.101643454	199.0101976	1.15
prosinac	P1	FPOM	0.028836094	0.385656824	199.0101976	1.15
prosinac	P1	CPOM	0.254931223	2.986467017	425.0875801	0.49
prosinac	P1	FPOM	0.017722491	0.195856251	425.0875801	0.49
prosinac	P1	CPOM	8.374958726	73.1633948	579.8788506	0.75
prosinac	P1	FPOM	0.049580563	0.796851686	579.8788506	0.75
prosinac	P2	CPOM	0.974737029	0.924750514	2039.665773	0.42
prosinac	P2	FPOM	0.032264023	0.192220869	2039.665773	0.42
prosinac	P2	CPOM	5.184871242	6.055238033	1402.250956	0.17
prosinac	P2	FPOM	0.194506348	1.805569031	1402.250956	0.17
prosinac	P2	CPOM	14.97136018	12.24203202	194.9339885	0.74
prosinac	P2	FPOM	0.160681466	0.890969702	194.9339885	0.74
prosinac	P3	CPOM	0.889848965	10.14939397	448.8044068	0.97
prosinac	P3	FPOM	0.043123324	0.268577963	448.8044068	0.97
prosinac	P3	CPOM	4.385297964	22.77212153	1190.306005	0.6
prosinac	P3	FPOM	0.22916166	1.758249132	1190.306005	0.6
prosinac	P3	CPOM	5.252950024	55.80089929	1045.929161	0.51
prosinac	P3	FPOM	0.214558871	1.390266635	1045.929161	0.51
prosinac	P4	CPOM	0.28970424	0.8148672	517.7717245	1.41
prosinac	P4	FPOM	0.01634472	0.15326136	517.7717245	1.41
prosinac	P4	CPOM	0.20899852	0.331024555	975.7491302	1.01
prosinac	P4	FPOM	0.014881224	0.165346931	975.7491302	1.01
prosinac	P4	CPOM	2.74189916	20.11860004	1860.829431	1.62
prosinac	P4	FPOM	0.03772972	0.658311453	1860.829431	1.62

Tablica 4. Vrijednosti drift-parametara (gustoća drifta makrozoobentosa, količina organske i anorganske tvari, brzina strujanja vode) na pojedinim postajama u siječnju 2018.

Mjesec	Postaja	POM	Količina organske tvari (g m ⁻³)	Količina anorganske tvari (g m ⁻³)	Gustoća drifta (brojnost jedinki m ⁻³)	Brzina strujanja vode (m/s)
siječanj	P1	CPOM	0.01360744	0.17548296	35.22113986	1.08
siječanj	P1	FPOM	0.00335768	0.04117576	35.22113986	1.08
siječanj	P1	CPOM	0.018120111	0.198196529	28.90575548	1.4
siječanj	P1	FPOM	0.005998382	0.062608109	28.90575548	1.4
siječanj	P1	CPOM	0.082967307	14.23791137	66.5039459	0.97
siječanj	P1	FPOM	0.012133559	0.242999109	66.5039459	0.97
siječanj	P2	CPOM	20.49383183	5.375325375	76.62781047	0.32
siječanj	P2	FPOM	0.05069655	0.52784055	76.62781047	0.32
siječanj	P2	CPOM	2.374372993	6.746009051	63.23503145	0.67
siječanj	P2	FPOM	0.083939362	0.47030731	63.23503145	0.67
siječanj	P2	CPOM	11.92182153	5.713042029	54.58301067	0.42
siječanj	P2	FPOM	0.152610343	0.766497754	54.58301067	0.42
siječanj	P3	CPOM	0.051611076	0.189823788	36.00971233	0.2
siječanj	P3	FPOM	0.038489616	0.1093455	36.00971233	0.2
siječanj	P3	CPOM	0.19580576	0.18803008	29.10838005	0.27
siječanj	P3	FPOM	0.03605088	0.09118752	29.10838005	0.27
siječanj	P3	CPOM	2.07080496	2.34277704	330.4787452	0.11
siječanj	P3	FPOM	0.20994336	0.59165856	330.4787452	0.11
siječanj	P4	CPOM	0.038025269	0.302556828	81.95313841	0.87
siječanj	P4	FPOM	0.008592248	0.029981462	81.95313841	0.87
siječanj	P4	CPOM	0.076757948	0.07053433	145.9772604	0.46
siječanj	P4	FPOM	0.072263113	0.047022887	145.9772604	0.46
siječanj	P4	CPOM	0.774680137	6.334959424	93.85109695	0.82
siječanj	P4	FPOM	0.052175502	1.266759132	93.85109695	0.82

ŽIVOTOPIS

Rođena sam 22. srpnja 1995. godine u Šibeniku. Osnovnu školu i opću gimnaziju pohađala sam u Kninu, a Prirodoslovno – matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, nastavnički smjer biologija i kemija upisujem 2014. godine. Tijekom studija aktivno sam sudjelovala u radu studentske sekcije za edukaciju na Biološkom odsjeku. Godine 2016. i 2019. sudjelovala sam u provedbi i organizaciji Otvorenog dana PMF-a na Kemijskom odsjeku. 2019. godine sam sudjelovala na znanstveno-edukacijskom projektu „Ljetna tvornica znanosti“ u Splitu gdje sam tijekom sedam dana, kao mentor osmislila i provela znanstvenu radionicu iz područja kemije. Aktivno se služim engleskim jezikom u govoru i pismu i imam položenu vozačku dozvolu B kategorije.