Biocenološki i energetski sastav preljevnih voda sedrenih barijera rijeke Krke

Korman, Davor

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:120115

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

BIOLOŠKI ODSJEK

Davor Korman

Biocenološki i energetski sastav preljevnih voda sedrenih barijera rijeke Krke

Diplomski rad

Zagreb, 2016.

Ovaj rad je izrađen u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Marka Miliše, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra struke znanosti o okolišu.

Veliko hvala doc. dr. sc. Marku Miliši, voditelju rada, na predloženoj temi, velikoj stručnoj pomoći, strpljenju i korisnim savjetima prilikom izrade ovog rada.

Od srca zahvaljujem svojoj obitelji koja je vjerovala u mene i bila mi tijekom studiranja velika financijska i moralna potpora.

Posebno se zahvaljujem svojim prijateljima i kolegama koji su me svakodnevno uveseljavali.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek Diplomski rad

BIOCENOLOŠKI I ENERGETSKI SASTAV PRELJEVNIH VODA RIJEKE KRKE

Davor Korman

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Seston je sva tvar suspendirana u vodi. Energetski je temelj životnim zajednicama i konstantno se preraspodjeljuje unutar tekućice. Glavni cilj istraživanja bio je odrediti sastav i obrasce pronosa sestona preljevnih voda sedrenih barijera Krke. Istraživanje je provedeno tijekom jedne godine s mjesečnim uzorkovanjem od studenog 2013. godine do listopada 2014. godine. Za utvrđivanje obrazaca pronosa sestona korištene su modificirane drift-mreže. Pri uzorkovanju su mjerena fizikalno-kemijska svojstva vode od kojih su neka statistički značajno utjecala na odlazak jedinki iz makrozoobentosa u seston, te protok i brzina strujanja vode koji se nisu pokazali značajnim čimbenicima za pronos sestona. Glavnim uzrokom razlika u temperaturi, koncentraciji kisika, sastavu i količini pronesenog sestona između barijera pokazale su se promjene hidrodinamike u jezeru Visovac. Pod utjecajem jezera više beskralješnjaka bilo je zabilježeno na Skradinskom buku, ali je masa pronesenog sestona bila manja zbog sedimentacija čestica na jezeru. Sukladno s time, više energije proneseno je preko Roškog slapa.

(44 stranice, 4 slike, 4 tablice, 132 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: Drift, krš, CPOM, FPOM, protok vode, dinamika, energija.

Voditelj: Dr. sc. Marko Miliša, doc.

Ocjenitelji: Dr. sc. Marko Miliša, doc., dr. sc. Sandra Radić Brkanac, doc., dr. sc. Neven Bočić, doc., dr. sc. Dražen Balen, prof.

Rad prihvaćen: 18.02.2016.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Biology

Graduation Thesis

BIOCOENOTICAL AND ENERGETIC COMPOSITION OF OVERFLOW WATER AT TUFFA BARRIERS OF RIVER KRKA

Davor Korman

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Seston is a term used to describe all particles suspended in the water column. It represents an energetical foundation for lotic life assemblages and is constantly redistributed in rivers. Main goal of this research was to determine the composition and patterns of transport of seston at tufa barriers of river Krka. Research was carried out during one year with monthly sampling from November 2013 to October 2014. Samples were taken with a modified drift-net. Modified drift-nets were used for seston sampling. Physical and chemical parameters of water were measured of which some had significant influence on the drift of macrozoobenthos. Discharge and flow velocity have not shown significant correlation with transport of seston. We concluded that main cause of differences in oxygen concentration, composition and amount of seston transported between tufa barriers were changes in hydrodynamics in Visovac lake. Research has shown that lake influenced higher abundance of invertebrates on barrier Skradinski buk. Also, lake influence resulted in more seston being overflown at barrier Roški slap, hence it's energetic value was higher.

(44 pages, 4 figures, 4 tables, 132 references, original in Croatian)

Thesis depozited in the Central Biological Library

Key words: drift, karst, CPOM, FPOM, flow velocity, energy, dynamics

Supervisor: Dr. sc. Marko Miliša, Assist. Prof.,

Reviewers: Dr. sc. Marko Miliša, Assist. Prof., dr. sc. Sandra Radić Brkanac, Assist. Prof., dr. sc. Neven Bočić, Assist. Prof., dr. sc. Dražen Balen, Prof.

Thesis accepted: 18.02.2016.

SADRŽAJ

1. UVOD 1

1.1 Opća obilježa sestona 1

1.2 Odnos sestona i drifta 1

1.3 Abioseston 2

1.3 Bioseston 3

1.4 Utjecaj biotičkih i abiotičkih čimbenika na seston 4

1.5 Sedrene barijere 7

2. CILJ ISTRAŽIVANJA 10

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA 11

3.1 Geografska obilježja 11

3.2 Geološka obilježja 11

3.3 Hidrogeološka obilježja 11

3.4 Klimatska obilježja 12

3.5 Istraživačke postaje 12

4. MATERIJALI I METODE 14

4.1 Metode uzorkovanja i obrade biosestona 14

4.2 Metode određivanja veličinskih razreda abiosestona 14

4.3 Mjerenje fizikalno–kemijskih parametara vode 15

4.4 Obrada podataka 15

5. REZULTATI 16

5.1 Fizikalno-kemijski parametri 16

5.2 Protok i brzina strujanja vode na sedrenim barijerama 17

5.3 Sastav i dinamika abiosestona 19

5.3.1 Razlike u godišnjem pronosu abiosestona 19

5.3.2 Sezonska i mjesečna dinamika pronosa abiosestona 20

5.3.3 Usporedba dinamike abiosestona s protokom i brzinom strujanja vode 22

5.3.4 Energetska vrijednost abiosestona 22

5.4 Sastav i dinamika biosestona 23

5.4.1 Razlike u godišnjem pronosu biosestona 23

5.4.2 Sezonska dinamika pronosa biosestona 24

5.4.3 Usporedbe godišnjih pronosa najzastupljenijih svojti na barijerama 25

5.4.4 Odnos brojnosti biosestona i fizikalno–kemijskih parametara 25

6. **RASPRAVA** 27

6.1 Fizikalno-kemijski parametri 27

6.2 Razlike u protoku i brzini strujanja vode na istraživanim barijerama 28

6.2 Dinamika i sezonski obrasci transporta abiosestona 29
6.3 Odnos protoka i brzine strujanja vode s pronosom abiosestona 30
6.4 Biocenološki sastav sestona, odnosno drifta 31
6.5 Utjecaj fizikalno-kemijskih parametara na svojte u driftu 31
7. ZALJUČAK 33
8. LITERATURA 34
9. ŽIVOTOPIS 44

1. UVOD

1.1 Opća obilježa sestona

Seston je sva tvar suspendirana u vodi – anorganska te živa i mrtva organska tvar (Breitig i von Tümpling 1982). U struju vode se unosi iz autohtonih i alohtonih izvora. Dolazi uzvodno, iz gornjih tokova tekućice ili iz jezerskih sustava te lateralno, s obala u obliku ostataka flore i faune te ispiranjem s tla. Ujedno konstantno nastaje i unutar sustava tekućice kao produkt metabolizma životinja ili razgradnje organske tvari (Allan i Castillo 2007). Njegova preraspodjela i longitudinalno raspršenje unutar tekućica stvaraju dinamiku izvora hrane za životne zajednice (Cummins i sur. 1983; Allan 1995; Robinson i sur. 2002; Fenoglio i sur. 2005). Tako je riječni ekosustav u stalnoj promjeni, a promjena dijelom ovisi o raspodjeli sestona kroz tekućicu.

Seston se proučava zbog njegovog velikog izravnog i neizravnog utjecaja na biocenoze i prijenos energije kroz hranidbene mreže. Utjecaj je vidljiv time što je seston glavni izvor hrane, odnosno energije u nekim tekućicama (Eriksson 2002) što u prvom redu izravno utječe na razmještaj funkcionalnih hranidbenih skupina primarnih konzumenata, a samim time i neizravno na ostatak hranidbenog lanca (Cummins i Klug 1979; Vannote i sur. 1980).

Čimbenici koji utječu na sastav sestona su promjenjivi na prostornoj i vremenskoj skali stoga je i sam seston promjenjiv – sezonski i dnevno (Hauer i Lamberti 2007; Allan i Castillo 2007; Brittain i Eikeland 1988). Najznačajniji čimbenici koji utječu na sastav sestona su: protok i brzina strujanja vode, svojstva tj. vrsta podloge, unos organske tvari, retencije (jezera i nakupine dijelova obalne vegetacije) te fauna i vegetacija (Webster i sur. 1987; Bretschko 1990; Prochazka i sur. 1991; Strayer i sur. 1999; Wanner i Pusch 2001; Habdija i sur. 2004).

1.2 Odnos sestona i drifta

Seston se sastoji od žive i nežive komponente pa tako razlikujemo abioseston i bioseston. Bioseston valja razlikovati od drifta. Drift je uži pojam od sestona te se odnosi prvenstveno na tekućice. To je nizvodni prijenos organizama u struji vode (Brittain i Eikeland 1988). Bioseston je pak sav živi svijet u stupcu vode te uključuje i plankton stajaćica pa i nekton. U nekim posebnim ekosustavima kao što su preljevna jezera u kršu planktonski organizmi mogu postati dio drifta. Ovisno o tome potječe li drift sav iz uzvodnih riječnih dijelova ili dio

potječe iz jezerskih sustava, mijenja se udio zooplanktonskih organizama odnosno makrozoobentosa u njegovom sastavu (Špoljar 2007a). Brojnost jezerskog zooplanktona u tekućici smanjuje se s udaljenošću od jezera (Sandlund 1982), a brzina kojom utjecaj jezerskog prelijevanja na riječni slabi ovisi o samom protoku vode iz jezera (Ward 1975). Postoji više tipova drifta koji su navedeni u radu Brittain i Eikelanda (1988). Za potrebe ovoga rada dovoljno je spomenuti da postoje dva osnovna tipa drifta - aktivni i pasivni (Mackay 1992). Aktivni se događa vlastitom voljom životinja s namjerom bijega iz nepovoljnih uvjeta ili nastanjivanja novih staništa, odnosno zbog različitih biotičkih čimbenika, a uzrok pasivnog drifta su abiotički čimbenici (Waters 1966; Townsend i Hildrew 1976). U ovom radu ja ću koristiti pojam bioseston za sve organizme u uzorcima.

1.3 Abioseston

U stupcu vode osim živih organizama nalaze se i anorganske i mrtve organske čestice - abioseston. Anorganske čestice abiosestona nisu od velikog značaja za ovaj rad stoga ću više prostora posvetiti organskim neživim česticama. Organske čestice ili detritus su energetski temelj za zajednice tekućica (Vannote i sur. 1980). Detritusom su prije smatrane samo organske čestice u vodi, no danas se u njih ubraja i otopljena organska tvar (Wetzel 2001). U ovom radu razmatrat ću prvenstveno čestice usitnjene organske tvari i to njihova dva veličinska razreda: krupne i sitne čestice organske tvari;

(CPOM, eng. *coarse particulate organic matter*, > 1 mm);

(FPOM, eng. *fine particulate organic matter*, 50 μm-1 mm);

CPOM čestice su relativno teške i brzo sedimentiraju, dok se FPOM čestice lakše suspendiraju i transportiraju nizvodno.

Sva kemijska energija potrebna za život pohranjena je u vezama ugljika s ugljikom ili ugljika s drugim kemijskim elementima – drugim riječima organskim molekulama. Iako primarna proizvodnja autotrofa može biti značajan izvor energije, pogotovo u donjim tokovima tekućica, veliki dio izvora hrane čini detritus (Lowe i sur. 1986; Bunn i sur. 1998; Cummins i Klug 1979; Vannote i sur. 1980). Autohtoni izvori organske tvari odnose se na živi svijet unutar tekućice, tj. na njihove metaboličke produkte i produkte njihovog raspadanja nakon što umru. Listinac i ostali dijelovi obalne vegetacije najčešći su alohtoni izvori detritusa (Webster i sur. 1999). Gornji tokovi tekućica opskrbljuju se najviše alohtonim izvorima detritusa kojega tamošnje životne zajednice uglavnom nisu u stanju potpunosti iskoristiti. Iz toga razloga u gornjim tokovima prevladava nizvodan prijenos organske tvari u odnosu na njegovu iskorištenost za potrebe metabolizma živog svijeta (Webster i Meyer 1997). U srednjim, a

pogotovo nižim tokovima, raste udio autohtonih izvora organske tvari zbog manje zasjenjenosti i smanjenog prinosa alohtonog materijala (Vannote 1980). Što se tiče konačne sudbine detritusa oko 25 % organskog ugljika koji uđe u riječni ekosustav bude iskorišteno za potrebe živog svijeta, 25 % ostaje zarobljeno u sedimentu dna i obala tekućica, a 50 % se iznosi u oceane (Meybeck 1982). Dio koji se iznosi je otprilike u jednakim omjerima mase, suspendirana i otopljena organska tvar.

Procesi koji se događaju na alohtonom detritusu nakon njegovog ulaska u tekućicu su najbolje objašnjeni pokusima na listincu (Webster i Benfield 1986; Graca i sur. 2005). Lišće je u tekućici podložno kemijskim, mehaničkim i biološkim procesima razgradnje i usitnjavanja. U prvom koraku iz lišća se procesom ispiranja (eng. *leaching*) otapaju i otpuštaju anorganske soli (odnosno ioni) te i neke veće organske molekule i to najčešće kroz puči. Ovaj kemijski signal privlači različite mikroorganizme: alge, gljive i bakterije koji se naseljavaju na površine lista i započinju mikrobnu razgradnju (Allan i Castillo 2007). Ovi organizmi ispuštaju makromolekule koje su pak signal sljedećem redu konzumenata – makrozoobentosu da je dostupan novi izvor hrane. Makrozoobentos djelomično ingestijom i probavom, a djelomično fragmentacijom bez ingestije započinje s usitnjavanjem lišća (Fischer 2003).

Uz biološke i kemijske procese, lišće je u struji vode istovremeno podvrgnuto i mehaničkom trošenju te takvo usitnjeno služi kao hrana ostalim funkcionalnim hranidbenim skupinama (Minshall i sur. 2000). FPOM unutar tekućica najčešće nastaje raspadanjem listinca i krupnih suspendiranih čestica, a dio sitnih čestica čine i fekalni peleti manjih riječnih životinja (Gessner i sur. 1999). UPOM i otopljene organske tvari nastaju daljnjim usitnjavanjem čestica ili dolaze ispiranjem s tla obala.

1.3 Bioseston

U brzim tekućicama umjerenog klimatskog pojasa se u biosestonu najčešće mogu naći ličinačke jedinke kukaca iz skupina: vodencvjetovi (Ephemeroptera), obalčari (Plecoptera), tulari (Trichoptera) i muhe svrbljivice (Simuliidae) (Brittain i Eikeland 1988). Osim njih, u stupcu vode značajno mogu biti zastupljeni mekušci (Mollusca), pijavice (Hirudinea), amfipodni rakovi (Amphipoda), kornjaši (Coleoptera) i trzalci (Chironomidae) (Scullion i Sinton 1983; Marchant 1981; Marsh 1980; Elliott 1973). Navedene skupine su dominantne i u makrozoobentosu, životnoj zajednici beskralješnjaka većih od 300 μm vezanih za dno kopnenih voda odakle najveći broj jedinki odlazi u bioseston (Allan i Castillo 2007). Postoji snažna poveznica između dostupnosti veličinskih razreda organske tvari i izgleda zajednice makrozoobentosa. Na temelju četiri najvažnija izvora hrane (obraštaj, CPOM, FPOM i

životinjski plijen) i načina prikupljanja hrane makrozoobentos se dijeli na funkcionalne hranidbene skupine. Usitnjivači se hrane krupnim česticama detritusa, strugači se hrane obraštajem i pripadajućom organskom tvari (FPOM). Aktivni procjeđivači i pasivni procjeđivači se hrane sitnim česticama iz struje vode, detritivori konzumiraju sitne čestice akumulirane u bentalu, a grabežljivci se hrane životinjskim plijenom (Moog 2002). Navedeni izvori hrane su u različitim omjerima prisutni duž tekućice te se zbog toga u pojedinim dijelovima tekućice mogu očekivati određene kombinacije hranidbenih funkcionalnih skupina u makrozoobentosu, a time i u biosestonu tekućice (Vannote i sur. 1980). Kako sam već spomenuo planktonski organizmi mogu biti značajnije zastupljeni u biosestonu preljevnih jezerskih voda i to najčešće: rašljoticalci (Cladocera) i veslonošci (Copepoda).

1.4 Utjecaj biotičkih i abiotičkih čimbenika na seston

Makrozoobentos je prilagođen na određeni raspon biotičkih i abiotičkih čimbenika na temelju kojih bira svoje mikrostanište. Promjene tih čimbenika rezultiraju prisilnom ili svojevoljnom reakcijom životinja. Ulazak u struju vode jedna je od takvih reakcija koja omogućuje jedinkama makrozoobentosa promjenu životne okoline. Biotički faktori koji najviše utječu na prijelaz iz bentala u stupac vode su predacija, inter~ i intraspecijska kompeticija za hranom i životnim prostorom te prisutnost i brojnost makrofita (Allan i Castillo 2007; Brittain i Eikeland 1988).

Još u početnim fazama istraživanja biosestona uočen je viši broj jedinki u biosestonu tijekom noći (Waters 1972; Cadwallader 1977; Müller 1963). Pretpostavljalo se da je uzrok tome sama izmjena dana i noći, no danas se zna kako je to prilagodba beskralješnjaka, pogotovo većih jedinki, na izbjegavanje vizualnih predatora (Allan 1978; McIntosh i sur. 2002; Huhta i sur. 2000). Druge prilagodbe riječnih beskralješnjaka na pritisak predatora uključuju i biranje staništa koja im omogućuju bolju skrivenost od predatora. U tom pogledu im pomaže bioraznolikost i brojnost makrofita, nakupine listinca i grana drveća te poroznost podloge (Miliša i sur. 2006a; Taniguchi 2003; Harrison 2005). U riječna mikrostaništa s takvom odgovarajućom zaštitom i količinom hrane beskralješnjaci rjeđe ulaze u bioseston, a rado izlaze iz biosestona kako bi ih nastanili.

Kompeticija između i unutar vrsta također potiče jedinke na odlazak u bioseston. Ona najprije ovisi o brojnosti jedinki na lokaciji, a zatim o količini preklapanja tipova, lokacija i razdoblja dana aktivnosti i hranjenja, odnosno o preklapanju njihovih ekoloških niša (Allan i Castillo 2007; Hauer i Lamberti 2007). Utjecaj kompeticije na bioseston je manje primjetan od

utjecaja predacije zato što se kompeticija u riječnom ekosustavu razvija postupnije (Gurevich 2002). Ona ne dostiže uvijek razinu koja bi bila značajna i vidljiva jer stabilnost ekosustava konstantno narušavaju razni abiotički čimbenici te se međuodnosi životinja stoga često ponovo uspostavljaju. Nadalje, u riječnim zajednicama prisutna je visoka specijaliziranost unutar pojedinih svojta (npr. porodica) po tipu prehrane i odabiru životnog prostora (Wallace i sur. 1977; Hidrew i Edington 1979; Lowe i Hauer 1999). Isto vrijedi i za životne stadije nekih skupina stoga kompeticija ne dolazi često do izražaja (Mackay 1977; Osborne i Herricks 1987; Muotka 1990). U situacijama kada dolazi do preklapanja tipova prehrane kompeticija nije uvijek dovoljno jaka da ugrozi život jedinki jer hrane često ima dovoljno (Georgian i Wallace 1981). Međutim, valja spomenuti da je u tekućicama ipak prisutna i interferencijska kompeticija, najčešće zbog staništa, koja je ponekad intenzivna do te razine da graniči a predacijom (Dudley i sur. 1990; Hemphill 1988; Englund 1993).

Kritosjemenjače, mahovine, jetrenjarke te određene vrste algi i lišajeva prilagođenih vodenim životnim uvjetima tvore skupinu organizama koje nazivamo makrofiti (Hynes 1970). Može ih se podijeliti na submerzne (potopljene u vodi), emerzne (uzdignute iznad vode), flotantne (plutajuće) ukorjenjene i flotantne neukorjenjene vrste (Westlake 1975). Ovisno o tome razlikuje se razina njihovog izravnog i neizravnog utjecaja na seston što posebice vrijedi za krške riječne ekosustave. Oni su bitni kao stanište i skrovište za beskralješnjake (Humpries 1996; Harrison i sur. 2005). Svojom prisutnošću izmjenjuju brzinu i smjer strujanja vode te tako povisuju heterogenost staništa što daje temelj za višu bioraznolikost (Champion i Tanner 2000). Na seston utječe i sposobnost makrofita da zadrže usitnjenu organsku tvar (Schulz i sur. 2003). Sposobnost ovisi o brojnosti i vrsti prisutnih makrofita u vodotoku. Smatra se da je retencijska moć submerznih makrofita poput mahovina niža dok im je utjecaj na zadržavanje organske tvari homogeniji zbog njihovog koncentriranog smještaja na samim krškim barijerama (Miliša i sur. 2006b). Njihovim micanjem iz vodotoka može doći do ubrzanja strujanja vode što je u tom slučaju posljedica snižene kompleksnosti morfologije dna (Kaenel i sur. 1998; Miliša 2006a). S druge strane, retencijska moć emerznih makrofita veća je od one od mahovina (Schulz i sur. 2003). Međutim, u uvjetima gdje je strujanje vode ograničeno na područja između emerznih makrofita brzina strujanja je viša (Sand-Jensen i Mebus 1996). Takav slučaj istražen je i na Plitvičkim jezerima gdje se je prostor strujanja vode povećao nakon micanja emerznih makrofita iz ekosustava dok je volumen vode koji se preljeva preko jezera ostao isti. To je rezultiralo višom brzinom strujanja vode (Miliša 2006a).

Ustanovljeno je da viša brzina strujanja vode u tekućicama uzrokuje veći broj jedinki u biosestonu uslijed višeg fizičkog stresa, odnosno više sile erozije (Brittain i Eikeland 1988;

Elliot 1971; Mackay i Kalff 1973). Također, za vrijeme bržeg strujanja vode jedinke budu duže zadržane u biosestonu (Bird i Hynes 1981). Osim samog odvajanja jedinki od podloge, zbog naglih promjena brzine strujanja vode i podloga se može odvojiti i dospjeti u bioseston zajedno s jedinkama koje su na njemu živjele (Sertić Perić i sur. 2011; Ciborowski 1983; Salovius i sur. 2005). Najviše jedinki u biosestonu zamijećeno je za vrijeme velikih kiša, poplava i otapanja snijega (Bird i Hynes 1981; McLay 1968; Neves 1979). Nadalje, promjena brzine strujanja vode nakon dugog razdoblja mirovanja znatnije utječe na organizme nego česta kolebanja u brzini (Irvine 1985). Učestalost nekih organizama u biosestonu, npr. *Gammarus* sp. i *Baetis* sp., je niža prilikom viših brzina strujanja vode jer su uspješne u pronalasku utočišta za vrijeme takvih uvjeta (Corkum i sur. 1977; Elwood i Cushman 1975). Suprotno tome, nekih je organizama u uvjetima niske brzine strujanja manje jer im uvjeti, najčešće u smislu dostupnosti hrane ili kisika nisu zadovoljavajući (Minshall i Winger 1968; Walton 1980). Nije još utvrđeno reagiraju li riječni beskralješnjaci više na samu promjenu brzine struje vode ili ih više ometaju turbulentna strujanja vode (Allan i Castillo 2007).

Podloga i brzina strujanja vode su čimbenici koji su u visokom stupnju međudjelovanja. Stabilnost podloge ovisi o brzini strujanja vode, vrsti supstrata, njegovoj veličini i morfologiji, a brzina strujanja ovisi o vrsti i morfologiji podloge. (Allan i Castillo 2007). Podlogu čine organske i anorganske tvari, a obuhvaća sve što se nalazi na dnu i bokovima tekućice, uključujući i objekte na obalama koji zadiru u vodu (Minshall 1984). Za bioraznolik riječni ekosustav najpovoljnija je heterogena podloga tekućice u kojoj najveći udio čestica nije manji od veličine šljunka. Poželjno je da ima dovoljnu količinu šupljina za život sitnijih beskralješnjaka, te da je dobro pokrivena živim i mrtvim biljnim pokrovom (Allan i Castillo 2007). S obzirom da navedena svojstva podloge nije uvijek lako kvantificirati nije još sasvim razjašnjeno koja su od njih bitna za organizme (Allan i Castillo 2007). Porozne podloge produbljuju vertikalnu dimenziju mogućeg staništa u tekućici. Dozvoljavaju vodi da prodire kroz njih opskrbljujući ih time organskom tvari, kisikom i nutrijentima (Minshal 1984). Podloge s česticama sitnijima od šljunka imaju manje šupljina te nude manje prostora za zadržavanje organske tvari i kisika. Listinac i odrvenjeli ostatci vegetacije u tekućici također služe kao podloga za život. Pružaju organizmima mjesta s kojih mogu filtrirati hranu iz struje vode ili sami predstavljaju prostore na kojima se nakupljaju suspendirane organske tvari i biofilm.

Temperatura vode utječe na životne cikluse, brzinu rasta, fekunditet i raspodjelu životnih zajednica riječnih beskralješnjaka. Promjene temperature reguliraju fiziološke promjene kukaca poput presvlačenja i izlijetanja (emergencije). Njihov metabolizam i brzina

rasta rastu s temperaturom uz uvjet da imaju dovoljno hrane (Vannote i Sweeney 1980). To ujedno utječe i na bioseston jer se razdoblja brzog rasta podudaraju s razdobljima veće aktivnosti u biosestonu (Waters i Cook 1980). Rast temperature od izvora do ušća uzrokuje longitudinalnu raspodjelu riječnih beskralješnjaka duž tekućice (Allan 1975). Primijećeno je da ličinke Diptera dominiraju na hladnijim područjima dok su ličinke Plecoptera zastupljenije nizvodno gdje je voda toplija. Još više nizvodno češće se pojavljuju ličinke Trichoptera (Allan i Castillo 2007). Primijećena je i općenito veća bioraznolikost u donjim tokovima tekućica (Ward 1994).

Na zadržavanje, odnosno retenciju sestona u riječnom ekosustavu utječe više čimbenika. Jedan od njih su organizmi koji probavljaju hranu iz ekosustava (Taghon i sur. 1984). Dio hrane ugrađuju u svoj organizam za potrebe rasta dok drugi dio probavljaju. Istraživanjem je utvrđeno da određeni beskralješnjaci poput Diptera značajno utječu na zadržavanje organske tvari (Malmqvist i sur. 2001). Čestice kojima se Diptera hrane su male dok su produkti njihove probave relativno veliki i teški. Takvi peleti zbog svoje težine lakše i brže tonu na dno i sedimentiraju (Wotton 1998). Drugi oblici retencije su kameni blokovi, debla i veći ostatci vegetacije. U dijelu tekućice gdje je retencija značajna nakuplja se organska tvar. To privlači veliki broj životinja iz biosestona na tu lokaciju što rezultira manjoj količini sestona koji se pronosi nizvodno.

Čimbenik kojega bih izdvojio kao onoga koji najviše utječe na dinamiku populacija i obrasce pronosa sestona u tekućici su jezerska područja. Ona prekidaju longitudinalne obrasce procesiranja organske tvari tekućica te nameću svoje. Veličina, oblik i učestalost pojave jezerskih dijelova određuju koliko će jezera utjecati na promjenu protoka vode, prijenosa tvari te samim time i na dinamiku populacija u ekosustavu. (Vadeboncoeur 1994; Špoljar i sur. 2007b). Jezera su područja u kojima je povišena sedimentacija suspendirane organske tvari (Goldman i Kimmel 1978). Ona nemaju potrebnu brzinu strujanja vode da drže organske čestice u suspenziji (Speaker i sur. 1984). Voda koja prijeđe iz riječnog dijela u jezerski u potpunosti se preljeva u jezero, dok je u obrnutom slučaju situacija zamršenija. Voda koja se preljeva u riječne dijelove je epilimnijska, a to se u krškim područjima događa putem kanala, kaskada ili slapova (Špoljar i sur. 2007b). Svaki krški riječni ekosustav zbog svoje kompliciranosti uslijed jezerskih područja ima vrlo specifičnu dinamiku populacija i pronosa sestona (Špoljar i sur. 2012; Sertić Perić i sur. 2011).

1.5 Sedrene barijere

Krš je područje koje se odlikuje posebnim geomorfološkim i hidrografskim značajkama. Obuhvaća hidrologiju i reljefne oblike koji su rezultat visoke topljivosti stijena te dobro razvijene i efektivne sekundarne poroznosti. Voda kao geomorfološki agens djeluje prvenstveno kemijski, a manje erozivno, duž pukotina stijena te ih produbljuje otapanjem. Najvažnije stijene krša na području Hrvatske su vapnenci - sedimentne stijene sastavljene najvećim dijelom od kalcijeva karbonata ($CaCO_3$) koji tvori minerale kalcita. Vapnenac je slabo topljiv u čistoj vodi, ali je lako topljiv u vodi bogatoj ugljičnom kiselinom (H_2CO_3). Ona u krški riječni sustav ulazi putem kišnica koje prolaskom kroz atmosferu i slojeve tla apsorbiraju dio njihovog CO_2. CO_2 otopljen u vodi tvori ugljičnu kiselinu, koja u otopini postoji u obliku vodikovog i bikarbonatnog iona:

$$H_2O + CO_2 \rightleftarrows H_2CO_3 \rightleftarrows HCO_3^- + H^+$$

Vodikov H^+ ion otapa kalcijev karbonat:

$$CaCO_3 + H^+ \rightleftarrows HCO_3^- + Ca^{2+}$$

Tekućice su u takvom okruženju zasićene bikarbonatnim $HCO3^-$ ionima. Uslijed brzog strujanja zasićene vode i prskanja dolazi do prozračivanja vode i isplinjavanja CO_2. Tada se ravnoteža reakcije pomiče u smjeru taloženja kalcijevog karbonata:

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + CaCO_3$$

Brzina strujanja vode se približavanjem slapištu povisuje zbog višeg uzvodnog tlaka, a pri višoj brzini snižava se tlak unutar vode (Bernoullijev efekt) što omogućuje isplinjavanje CO_2. Usporedno s time, zbog više brzine strujanja vode povisuje se i turbulentnost toka što za ishod ima veću površinu kontakta vode sa zrakom, odnosno veću površinu prozračivanja i isplinjavanja CO_2. Iz tih razloga približavanjem vode slapištu također dolazi do pomicanja ravnoteže reakcije u smjeru taloženja kalcijevog karbonata.

Taloženju kristala kalcita u određenim slučajevima pomaže živi svijet, a karbonatni sediment koji nastaje u takvim okolnostima nazivamo sedra (Ford i Pedley 1996). Sedrene barijere su porozne naslage kalcijevog karbonata koje nastaju u krškim tekućicama zasićenim bikarbonatnim ionima. (Chafetz i Folk 1984). Iako je svaki sustav koji sedri po nečemu jedinstven, za osedravanje su uglavnom potrebni sljedeći uvjeti (Srdoč i sur. 1985):

1. prezasićenost kalcij-karbonatom.
2. lužnati pH vode.
3. slaba opterećenost vode organskom tvari.

Neki autori smatraju da je u taloženju sedre ključnu uloga organizama (Chafetz i sur. 1994; Srdoč i sur. 1985), dok drugi misle da je njihova uloga manjeg značaja, pogotovo na brzim

tekućicama i slapovima (Chen i sur. 2004). Neupitno je da su čestice organske tvar nukleacijske jezgre kristala kalcita te da u određenoj mjeri ubrzavaju proces taloženja sedre (Riding 1991).

Taloženje sedre utječe na seston (Casas i Gessner 1999). Sedrene barijere su uslijed svoje poroznosti posebna staništa. U njihove šupljine ulazi voda i detritus koji je u međuprostorima sedre glavni izvor hrane te čini tu podlogu prikladnom za život dijela riječne faune (Lenting i sur. 1997; Pedley 2000). Time dolazi do djelomičnog zadržavanja biosestona unutar šupljina. S druge strane, živi svijet pospješuje proces osedravanja. Osedravanje se događa na površinama mahovina koje su često brojne na barijerama, a naseljene su obraštajnom zajednicom. Mikroorganizmi izlučuju ljepljivu mukoplisaharidnu tvar koja služi kao nukleacijska jezgra kalcita (Srdoč i sur. 1985). Postepenom razgradnjom mrvtih kalcificiranih biljnih ostataka nastaje sustav šupljina i kanala karakterističnih za sedru (Chafetz i sur. 1994). Razgradnjom organske tvari lokalno se povisuje parcijalni tlak CO_2 zbog čega se otapa dio okolnog kalcita što također rezultira stvaranjem šupljina (Golubic 1969). Nadalje, organska tvar iz sestona određuje izgled zajednice koja se pojavljuje na barijerama, a zajednica također utječe na taloženje kristala kalcita (Srdoč i sur. 1985). Njihove strukture za pričvršćivanje na podloge i hvatanje hrane sudjeluju u oblikovanju sedre (Drysdale 1998). Na sedrenim barijerma se najveći dio vode preljeva preko njih, dok mali dio prodire kroz njihove šupljine te se na taj način procjeđuje nizvodno (Golubic 1969). Zbog toga nastaje mnoštvo specifičnih mikrostaništa te su zato krške tekućice u svijetu prepoznate kao područja velike bioraznolikosti (Culver i Sket 2000).

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja je utvrditi:

1. biocenološki sastav sestona, odnosno drifta sedrenih barijera Roški slap i Skradinski buk

2. dinamiku i obrasce transporta organske tvari preko sedrenih barijera Roški slap i Skradinski buk.

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

3.1 Geografska obilježja

Rijeka Krka izvire u blizini planine Dinare, 3,5 km sjeveroistočno od Knina. Cijelom svojom duljinom se nalazi u Šibensko–kninskoj županiji. Duljina slatkovodnog dijela vodotoka iznosi 49 km, a boćatog 23,5 km, ukupne dužine 72,5 km. U slatkovodni dio se ulijeva pet pritoka: Krčić, Kosovčica, Butišnica, Orašnica i Čikola. Na Krki se nalazi sedam sedrenih barijera s ukupnim visinskim padom od 242 m. Ispod sedrene barijere Skradinski buk započinje ušće rijeke Krke. Područje Krke, od Knina do Skradina zajedno s donjim tokom rijeke Čikole, je 1985. godine proglašeno Nacionalnim parkom čija ukupna površina iznosi 109 km² (Samokovlija Dragičević 2007).

3.2 Geološka obilježja

Područje rijeke Krke je poligenetskog nastanka. Nastalo je kombiniranim djelovanjem tektonike, fluvijalne erozije, korozije, denudacije, akumulacije i bioloških procesa (Perica i sur. 2005). Područje izgrađuju stijenske naslage perma, trijasa, jure, krede, tercijara i kvartara. Među kvartarnim naslagama najviše se ističe sedra. Sedra koja se danas nalazi na višim nadmorskim visinama pripada pleistocenu (Srdoč i sur. 1985; Polšak i sur. 1990). Osim vapnenačkih (dolomit i vapnenac), u porječju rijeke Krke prisutne su evaporitne (gips i anhidrit) i klastične stijene (pješčenjaci, breče, konglomerati), te mješavine vapnenca i klastičnih stijena (laporoviti vapnenci, vapnenački konglomerati). Na oblikovanje doline rijeke Krke utjecale su paleoklimatske promjene. Izmjena glacijala i interglacijala rezultirala je cikličkim usijecanjem korita rijeke Krke (Polšak i sur. 1990; Srdoč 1990). Tijekom toplijih razdoblja dolazilo je do nastanka sedrenih barijera koje stvaraju ujezerenja gdje je povećano taloženje suspendiranih tvari. Na taj način bila je smanjena transportna i erozijska snaga vode. Suprotno tome, tijekom hladnijih razdoblja kada je bilo više oborina stvarani su uvjeti za intenzivniju fluvijalnu eroziju.

3.3 Hidrogeološka obilježja

Izvori na širem području rijeke Krke nastaju na kontaktu vodopropusnih i djelomično vodonepropusnih karbonatnih naslaga, koje se pak nalaze u krovini vodonepropusnih klastičnih stijena trijaske starosti (Perica i sur. 2005). Krka izvire kod sela Topolja podno Dinare, ispod 22 m visoke i 40 m široke sedrene barijere njezine pritoke Krčića (Friganović 1990). Osim

površinskih pritoka, voda i podzemnim putem pritječe rijeci Krki iz Dinarskog zaleđa te iz gornjeg porječja rijeke Zrmanje (Fritz i sur. 1990). Površina topografskog porječja iznosi oko 2450 km², a hidrogeološkog oko 2650 km² (Perica i sur., 2005).

3.4 Klimatska obilježja

Srednja godišnja temperatura zraka na području rijeke Krke koleba od 10 °C do 15 °C. U siječnju je u najvećem dijelu doline srednja temperatura u rasponu od 4 °C do 6 °C. Srednja srpanjska temperatura koleba od 22 °C do 25 °C (Perica i sur. 2005). Srednja godišnja količina oborina na području Krke je 850 mm na ušću, a 1750 mm na sjeveroistočnom planinskom području. Godišnja raspodjela oborina je nepravilna. Tijekom srpnja područje oko ušća prima oko 40 mm oborina, dok planinsko područje prima oko 80 mm oborina. Količina oborina u studenom na cijelom području je veća od 100 mm, a planinski dijelovi ponekad primaju iznad 250 mm oborina (Penzar i Penzar 1990). Takav godišnji hod oborina uzrokuje manji protok vode tijekom ljetnih mjeseci, a povećani protok tijekom hladnog dijela godine. Također, takve klimatske prilike utječu na veće isparavanje ljeti (Perica i sur. 2005).

3.5 Istraživačke postaje

Istraživanje je provedeno na Roškom slapu i Skradinskom buku (Slika 1), dvjema sedrenim barijerama rijeke Krke koje razdvaja jezero Visovac. Ove dvije barijere funkcionalno su različite po hidrogeomorfološkim svojstvima. Voda koja se preljeva preko Roškog slapa ima dominantno svojstva tekućice jer prije slapa protječe kanjonskim koritom rijeke Krke. Preko Skradinskog buka pak, preljeva se epilimnijska voda jezera Visovac. Na obje barijere prisutne su velike količine makrofita. Roški slap nalazi se na 43°54'29.01"sjeverne geografske širine i 15°58'40.03" istočne geografske dužine, a Skradinski buk na 43°48'13.81" sjeverne geografske širine i 15°57'51.32" istočne geografske dužine.



Slika 1: Rijeka Krka s označenim položajima Roškog slapa i Skradinskog buka (Izvor: Google Earth, datum: 12.02.2016; vrijeme: 17:55).

4. MATERIJALI I METODE

4.1 Metode uzorkovanja i obrade biosestona

Na navedenim sedrenim barijerama bile su replikatno postavljene mreže otvora oka 1 mm, na cijevima okruglog presjeka promjera 7 cm i duljine 50 cm Mreže su postavljane na lijevoj i desnoj obali svake barijere te su ovi uzorci smatrani replikatnima. Izlaganje mreža obavljeno je u mjesečnim razmacima u tijeku jedne godine od studenog 2013. do listopada 2014. godine. Prilikom svakog uzorkovanja mreže su bile izložene struji vode približno 45 minuta. Točno vrijeme izlaganja kolebalo je u ovisnosti o stanju na terenu, a sva vremena izmjerena su štopericom.

Iz ovako prikupljenih uzoraka izolirao sam sve organizme i odredio biocenološki sastav sestona koristeći se lupom (Zeiss Stemi 2000) i dostupnim ključevima za određivanje vrsta pojedinih redova kukaca: vodencvjetova (Bauernfeind i Humpesch 2001), kornjaša (Nilsson 1997) te tulara (Waringer i Graf 2011).

4.2 Metode određivanja veličinskih razreda abiosestona

Osim biocenološke analize, napravio sam i laboratorijsku analizu transporta organske tvari, odnosno energetski hranidbeni potencijal sestona. Iako je uzorkivač bio selektivan i propuštao čestice manje od 1 mm u mrežama je svejedno zaostalo i sitnih čestica. Sve čestice u uzorcima sam nakon izoliranja organizama razvrstao sitima veličine pora 1 mm u dva veličinska razreda: krupne CPOM i sitne FPOM čestice. Tako veličinski odvojene razrede detritusa sam sušio pod infra-sol svjetiljkama, a nakon toga sam ih stavio u eksikator do potpunog dehidriranja. Zatim sam uzorke izvagao na digitalnoj vagi (količina suhe tvari). Nakon toga sam uzorke žario u peći na temperaturi 500 ºC tijekom 4 sata. U tom postupku sva organska tvar oksidira i bude odstranjena iz uzoraka te preostaje samo anorganska tvar (pepeo). Na temelju razlike izmjerenih masa sušenih i žarenih zdjelica s uzorcima izračunao sam masu organske tvari, a na temelju razlike masa čistih i žarenih zdjelica s uzorcima izračunao sam masu anorganske tvari.

Dio uzoraka sam analizirao u kalorimetru (IKA Werke 5000) kako bih utvrdio energetski sadržaj pojedinog veličinskog razreda detritusa.

4.3 Mjerenje fizikalno–kemijskih parametara vode

Tijekom uzorkovanja su brzinomjerom Dostmann P700 mjerene brzine strujanja vode na ulazu u mrežu i to na početku (3-8 minuta od početka), u sredini (20-25 minuta od početka uzorkovanja) i pred kraj uzorkovanja (35-40 minuta od početka uzorkovanja), a srednja vrijednost korištena je za računanje ukupne količine vode koja je protekla mrežom.

Iz ovih podataka izračunao sam volumen vode koja je po pojedinom uzorkovanju protekla kroz mrežu, a sve podatke brojnosti svojta biosestona i količine pojedinih elemenata abiosestona izrazio i razmatrao po m^3.

Dostupnim sondama za mjerenje fizikalno kemijskih parametara mjereni su: pH vrijednost (WTW pH 330i), električna provodljivost (Hach sensION) te temperatura vode, koncentracija otopljenog kisika u vodi i zasićenost vode otopljenim kisikom (WTW Oxi 95). Alkalitet je mjeren titracijom 0.1 M HCl uz indikator metiloranž.

4.4 Obrada podataka

Kako bih utvrdio postoji li statistički značajna razlika u fizikalno–kemijskim parametrima vode te količini pronesene tvari i brojnosti svojta u vodi koja se preljeva preko istraživanih barijera koristio sam analizu varijance (ANOVA).

Za usporedbe temperature i količine otopljenog kisika sam zbog sezonskog kolebanja koristio sezonske skupove podataka te sam zbog manjeg broja podataka u tom slučaju koristio neparametrijske analize (Mann-Whitney U-test).

Spregu između količine pronesenih čestica i organizama i brzine strujanja vode utvrdio sam Pearsonovim koeficijentom korelacije.

Sve statističke analize napravljene su u računalnom programu Statistica 12.0 (Dell Inc. 2015) Slikovni i tablični prikazi napravljeni su u računalnom programu Microsoft Office Excel 2016 (Microsoft Corporation, 2016).

5. REZULTATI

5.1 Fizikalno-kemijski parametri

Na cjelogodišnjem setu podataka utvrdio sam da je statistički značajno viša vrijednost pH i električne provodljivost na Roškom slapu (redom $F_{(1, 21)} = 20,558$, $p = 0,00018$ i $F_{(1, 21)} = 22,459$, $p = 0,00011$). Nije bilo statistički značajnih razlika u ostalim fizikalno–kemijskim pokazateljima. Izmjerene pH-vrijednosti nisu značajno sezonski kolebale (Tablica 1). Razlike u provodljivosti vode između barijera bile su najviše ljeti (55 $\mu S\ cm^{-1}$), a najmanje u jesen (23,5 $\mu S\ cm^{-1}$). Zimi je provodljivost na objema lokacijama bila najmanja.

Temperatura vode očekivano je sezonski kolebala, a na Skradinskom buku bila je viša u svim godišnjim dobima. Statitstički je značajno bila viša ljeti ($Z = -2,16506$, $n = 3, 3$, $p = 0,026519$) kada je i razlika u srednjoj vrijednosti bila najviša, te u jesen ($Z = -2,32702$, $n = 3, 3$, $p = 0,019965$). Zimi i u proljeće temperature nisu bile statistički značajno više unatoč tome što je srednja vrijednost temperature Skradinskog buka u proljeće bila prilično viša (proljeće $Z = -1,50000$, $n = 3, 3$, $p = 0,133615$).

Koncentracija otopljenog kisika slabo je kolebala tijekom godine, s nešto višim vrijednostima zimi, a nižim ljeti. Zimi, ljeti i u proljeće koncentracije su bile više na Skradinskom buku što nije obrnuto proporcionalno s temperaturom kako je bilo očekivano. U jesen je koncentracija otopljenog kisika bila statistički značajno viša na Roškom slapu ($Z = 2,32702$, $n = 3, 3$, $p = 0,016485$).

Zasićenost vode kisikom u svim je mjesecima, osim u jesenskim, bila viša na Skradinskom buku. Razlika u srednjoj vrijednosti zasićenosti vode kisikom između dviju barijera najviše je bila primjetna zimi. Ljeti i u proljeće je zasićenost bila statistički značajno viša na Skradinskom buku (redom $Z = -2,16506$, $n = 3, 3$, $p = 0,026519$ i $Z = -2,92857$, $n = 3, 3$, $p = 0,003147$).

Tablica 1. Sezonski prikaz pojedinih fizikalno–kemijskih parametara vode na Roškom slapu i Skradinskom buku.

		Jesen	Zima	Proljeće	Ljeto
Temperatura vode (˚C)	Skradinski buk	12,80	11,90	17,50	18,70
	Roški slap	11,50	11,40	14,50	15,30
Koncentracija kisika (mg dm^{-3})	Skradinski buk	9,47	11,07	10,43	9,18
	Roški slap	10,43	10,85	9,99	9,04
Zasićenost kisikom (%)	Skradinski buk	89,10	102,40	111,60	97,80
	Roški slap	97,80	101,20	99,30	88,60
pH	Skradinski buk	7,93	8,02	7,85	7,74
	Roški slap	8,13	8,15	8,17	8,07
Električna provodljivost (µS cm^{-1})	Skradinski buk	506,50	489,33	497,67	499,50
	Roški slap	530,00	524,67	529,00	554,50
Alkalitet (mg $_{(CaCO3)}$ dm^{-3})	Skradinski buk	220,00	235,00	215,00	217,50
	Roški slap	220,00	228,33	208,33	222,50

5.2 Protok i brzina strujanja vode na sedrenim barijerama

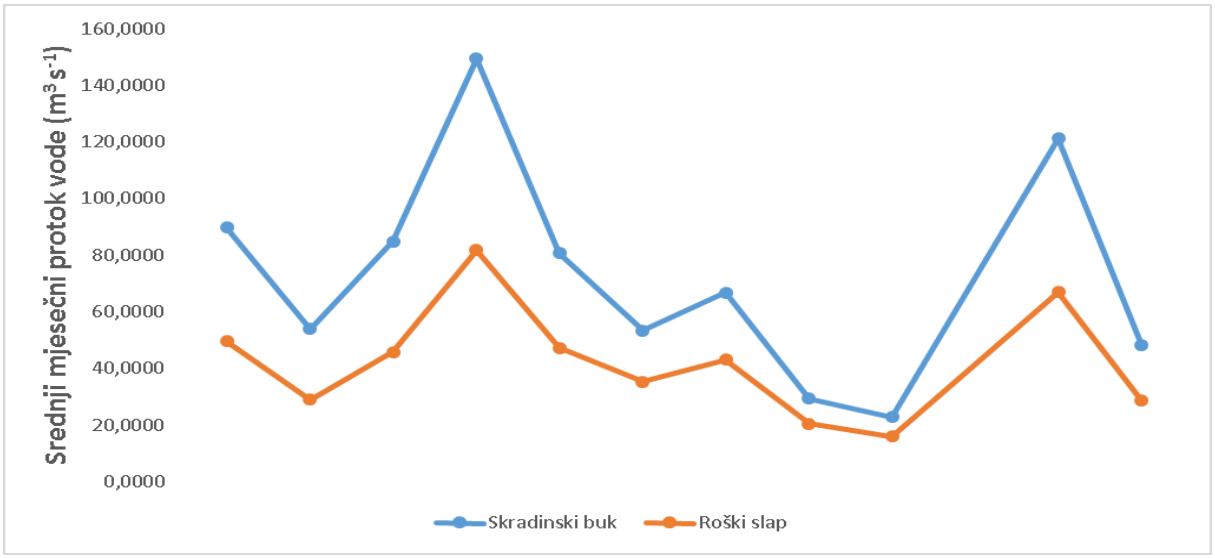
Srednji godišnji protok vode na Skradinskom buku iznosio oko 73 m^3 s^{-1}, a na Roškom slapu oko 42 m^3 s^{-1}. Dinamika protoka vode tijekom godine bila je vrlo slična na objema barijerama (Slika 2a). Najviše srednje sezonske vrijednosti protoka bile su zimi, oko 109 m^3s^{-1} za Skradinski buk te oko 58 m^3s^{-1} za Roški slap. Otprilike jednake su bile ljeti i u jesen, oko 72 m^3s^{-1} na Skradinskom buku te oko 40 m^3s^{-1} na Roškom slapu, a najniže u proljeće (oko 50 m^3s^{-1} na Skradinskom buku te 33 m^3s^{-1} na Roškom slapu). Na objema barijerama su se na mjesečnoj razini izdvojili veljača i rujan s najvišim vrijednostima protoka.

Srednja godišnja brzina strujanja vode bila je oko 66 cm s^{-1} na Roškom slapu te oko 44 cm s^{-1} na Skradinskom buku. Dinamike brzine strujanja vode tijekom godine nisu bile slične (Slika 2b). Najviše srednje sezonske vrijednosti bile su ljeti (oko 101 cm s^{-1} na Roškom slapu i 74 cm s^{-1} na Skradinskom buku), a najmanje u proljeće (oko 48 cm s^{-1} na Roškom slapu i 19 cm s^{-1} na Skradinskom buku). Unatoč višoj srednjoj godišnjoj brzini strujanja vode na Roškom slapu, najviša srednja mjesečna brzina strujanja vode bila je na Skradinskom buku i iznosila je oko 120 cm s^{-1}.

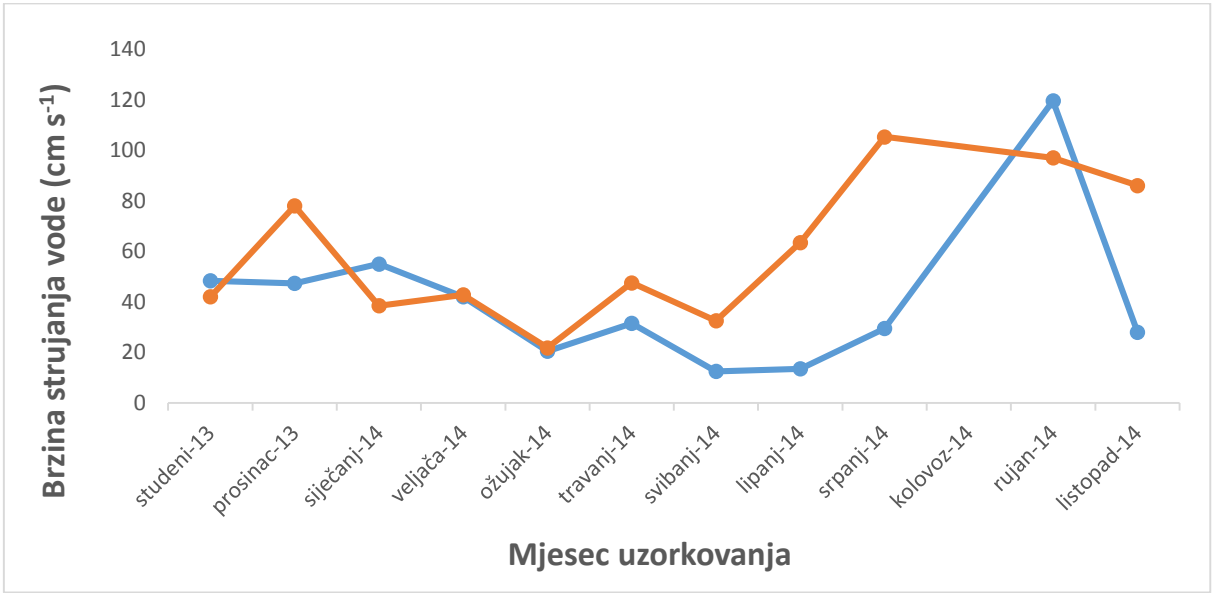
Na barijerama ne postoji povezanost u dinamici protoka i brzine strujanja vode, osim možda pred kraj ljeta. Na Roškom slapu je odnos između protoka i brzine strujanja vode u prosincu, travnju, lipnju i srpnju bio negativan.(Slika 2).

Srednja vrijednost razine vode na barijeri Skradinski buk bila je viša tijekom svih godišnjih doba, a statistički značajno viša zimi i u jesen.

a)



b)



Slika 2. Dinamika a) protoka i b) brzine strujanja vode preko sedrenih barijera Skradinski buk i Roški slap.

5.3 Sastav i dinamika abiosestona

5.3.1 Razlike u godišnjem pronosu abiosestona

Analizom varijance utvrdio sam na razini statističke značajnosti p = 0,00587 ($F_{(1, 43)}$ = 8,4052) da se preko barijere Roški slap prelijevalo više CPOM. Preko Roškog slapa godišnje je u proneseno oko 4,09 puta organske tvari u obliku CPOM (Tablica 2). Slično sam utvrdio i za krupnu anorgansku tvar ($F_{(1, 43)}$ = 9,2000, p = 0,00409) koje se preko Roškog slapa godišnje prelijevalo 3,26 puta više. Tu je vidljivo da je pad u ukupnoj masi pronesenih krupnih čestica preko Skradinskog buka izraženiji za organske čestice (4,09 ×) nego za anorganske (3,26 ×).

Uzorkivač korišten pri ovom istraživanju hvatao je krupne čestice, a sitne djelomično, stoga nisam imao osnovu koristiti se podatcima o masi FPOM za donošenje zaključka o njihovim ukupnim količinama koje se pronesu tijekom mjeseci. No, krenuvši od pretpostavke da su FPOM u jednakim omjerima zaostajale u uzorkivačima na objema barijerama, imao sam razloga koristiti se podatcima o masama za kako bih utvrdio razliku i promjene pronosa sitnih čestica između barijera. Analizom varijance utvrdio sam na razini statističke značajnosti p = 0,02216 ($F_{(1, 43)}$ = 5,6333) da se preko barijere Roški slap prelijevalo više FPOM, i to 1,17 puta više. Isto sam utvrdio i za sitne anorganske čestice na razini statističke značajnosti p = 0,02071 ($F_{(1, 43)}$ = 5,7684) kojih se preko barijere Roški slap godišnje prelijevalo 1,37 puta više. Za razliku od pronosa krupnih, pad u ukupnoj masi pronesenih sitnih čestica preko Skradinskog buka naspram Roškog slapa izraženiji je za anorganske čestice (1,37 x) nego za organske (1,17 x).

Ukupni godišnji iznos mase pronesenog abiosestona bio je 2,19 puta veći na Roškom slapu nego na Skradinskom buku Ukupni godišnji iznos mase svih krupnih čestica abiosestona pronesenih preko Roškog slapa je 3,64 puta veći od onoga na Skradinskom buku, a 1,41 puta veći kada su u pitanju sitne čestica abiosestona. Drugim riječima, primjetan je pad u ukupnoj masi pronesenog abiosestona (2,19 x) preko Skradinskog buka naspram Roškog slapa, a značajniji je za krupne čestice (3,64 x) nego za sitne (1,41 x). Također je vidljivo da je pad u ukupnoj masi pronesenih čestica preko Skradinskog buka izraženiji za organske čestice (2,33 x) nego za anorganske (1,89 x).

Tablica 2. Ukupna godišnja masa (t) abiosestona pronesenog preko sedrenih barijera Skradinski buk i Roški slap razvrstan prema veličinskim razredima abiosestona, organskih čestica i anorganskih čestica.

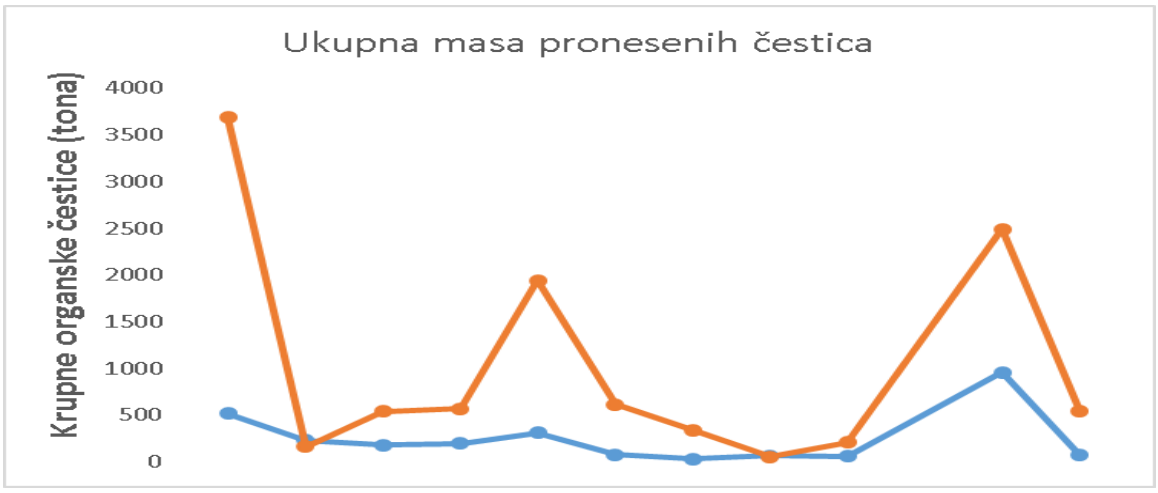
	Roški slap	**Skradinski buk**	**Količnik**
CPOM	11 165	2 729	**4,09**
FPOM	4 861	4 150	**1,17**
Ukupno organske čestice	16 026	6 879	**2,33**
Krupne anorganske čestice	7 813	2 395	**3,26**
Sitne anorganske čestice	8 640	6 272	**1,37**
Ukupno anorganske čestice	16 453	8 667	**1,89**
Krupne čestice ukupno	18 675,07	5 124,34	**3,64**
Sitne čestice ukupno	13 502,00	9 561,74	**1,41**
Sveukupno	32 177	14 686,08	**2,19**

5.3.2 Sezonska i mjesečna dinamika pronosa abiosestona

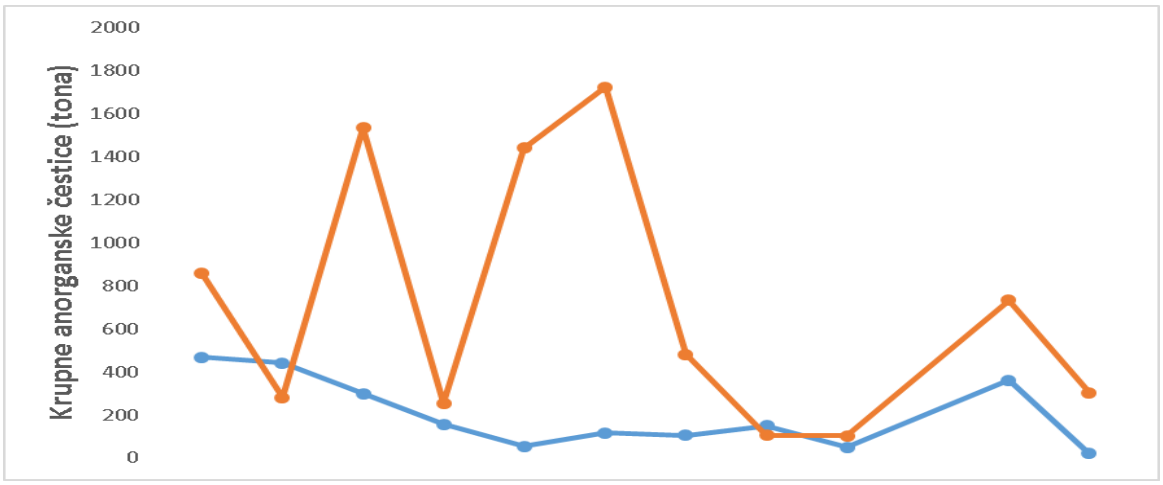
Najviše pronesenog sestona na objema barijerama bilo je zimi (oko 12 154 tona na Roškom slapu i 6 426 tona na Skradinskom buku) i u jesen (8 426 na Roškom slapu i 6 426 tona na Skradinskom buku). Sezonski odnos suspendiranih organskih i anorganskih čestica na barijerama nije sličan. Na Skradinskom buku u svim je godišnjim dobima bilo otprilike duplo više anorganskih čestica osim u ljeto kada je bilo otprilike duplo više organskih. Uzrok tome nije drastično povećanje mase organskih čestica, već smanjenje anorganskih. Na Roškom slapu je zimi i u proljeće manje organskih čestica (redom 0,69 i 0,41 puta manje) dok ih je ljeti i u jesen više (redom 2,09 1,52 puta više). Uzrok ljetne promjene u odnosu kao i kod Skradinskog buka je manja količina anorganskih čestica.

Na mjesečnoj razini u prosjeku je najveća masa pronesenog abiosestona bila početkom studenog, krajem ožujka i krajem rujna (Slika 3). Najmanje su vrijednosti na objema barijerama i za oba veličinska razreda organskih čestica bile uglavnom u prosincu i lipnju. Dinamika krupnih čestica više prati dinamiku sitnih čestica na Roškom slapu nego na Skradinskom buku.

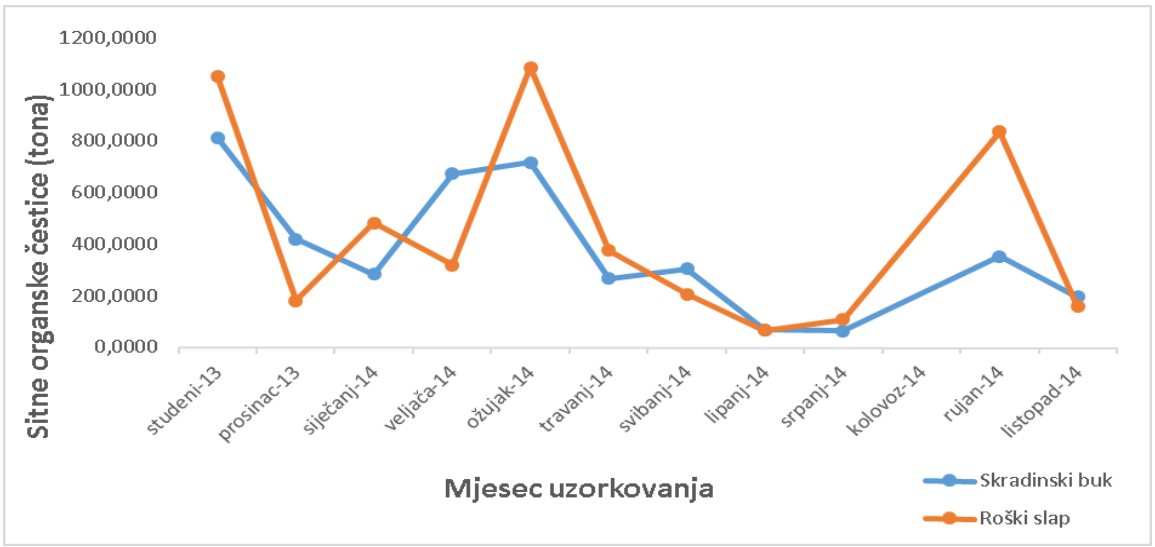
a)



b)



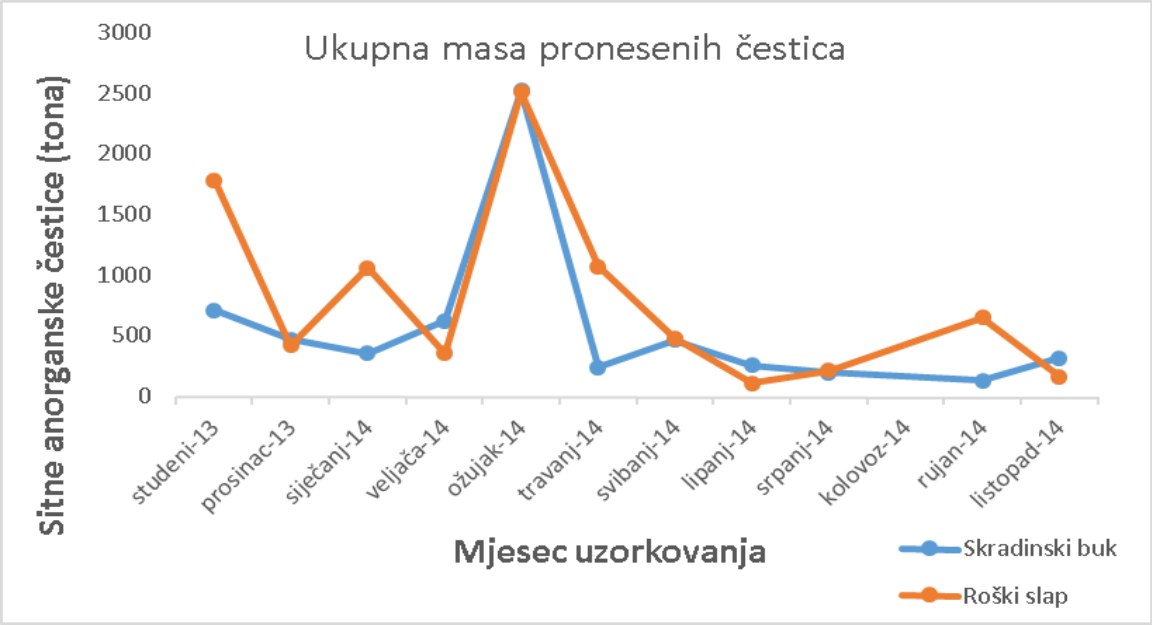
c)



Slika 3. Dinamika pronosa abiosestona preko sedrenih barijera Skradinski buk i Roški slap tijekom 11 mjeseci razvrstane na temelju veličinskih razreda te organskog/anorganskog podrijetla: a) krupne organske čestice (CPOM), b) krupne anorganske čestice, c) sitne organske čestice (FPOM) i d) sitne anorganske čestice.

Nastavak slike 3.

d)



Slika 3. Dinamika pronosa abiosestona preko sedrenih barijera Skradinski buk i Roški slap tijekom 11 mjeseci razvrstana na temelju veličinskih razreda te organskog/anorganskog podrijetla: a) krupne organske čestice (CPOM), b) krupne anorganske čestice, c) sitne organske čestice (FPOM) i d) sitne anorganske čestice.

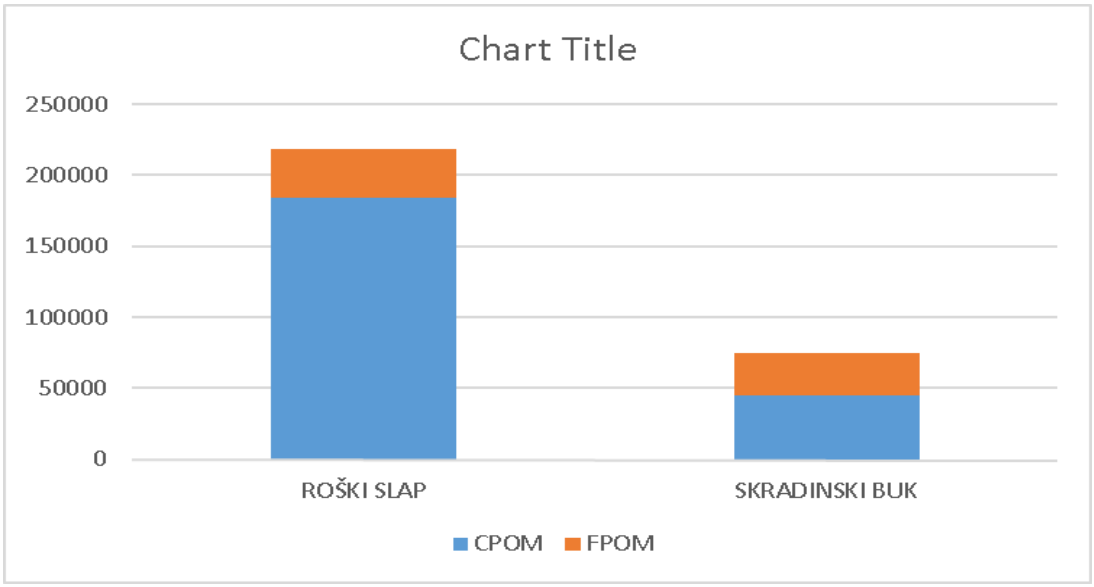
5.3.3 Usporedba dinamike abiosestona s protokom i brzinom strujanja vode

Dinamika pronosa abiosestona ne podudara se s dinamikama protoka i brzine strujanja vode, osim možda u rujnu u oba slučaja, i to više za krupne čestice nego za sitne. Odnos između brzine strujanja vode i pronosa abiosestona čak je negativan u srpnju. Jedini odnos dinamike protoka i brzine strujanja vode s pronosom abiosestona koji je bio statistički značajan je da je optimalna brzina za pronos čestica bila od 40 do 80 cm s^{-1}.

5.3.4 Energetska vrijednost abiosestona

Prosječna energetska vrijednost CPOM bila je 16 470 J g^{-1}, a FPOM 7 156 J g^{-1}. Sukladno, dinamika energetskih vrijednosti organske tvari prati dinamiku masa organskih čestica tijekom godine stoga nije bilo svrsishodno grafički prikazati razliku u dinamici između sedrenih barijera. 84 % godišnje pronesene energije preko Roškog slapa je u obliku CPOM, a

16 % u obliku FPOM (Slika 4). Na sedrenoj barijeri Skradinski buk 60 % energije proneseno je u obliku CPOM i 40 % u obliku FPOM. Ukupno je preko sedrene barijere Roški slap proneseno 2,93 puta više energije u obliku suspendiranih organskih čestica što je značajnija razlika nego u masama pronesenih organskih (2,33 x).



Slika 4. Godišnja energetska vrijednost (MJ) sitnih i krupnih organskih čestica abiosestona pronesenih preko sedrenih barijera Roški slap i Skradinski buk.

5.4 Sastav i dinamika biosestona

5.4.1 Razlike u godišnjem pronosu biosestona

Dinamika biosestona nije pokazala povezanost s dinamikom abiosestona, protoka i brzine strujanja vode. Statistički značajno više biosestona utvrdio sam na barijeri Skradinski buk ($F_{(1, 21)} = 6,8995$, $p = 0,01577$). Na Skradinskom buku prosječno je po m^3 bilo oko 3,4 puta više životinja (2,81 na Roškom slapu prema 9,47 na Skradinskom buku). *Hydra oligactis*, Cladocera i Copepoda sam pronašao isključivo na Skradinskom buku. Njihov je udio u brojnosti biosestona Skradinskog buka, najviše zaslugom *Hydra* i nešto manje Cladocera, oko 67 % što znači da je njihova brojnost glavni uzrok značajno veće količine biosestona na toj lokaciji. Ako se iz izračuna brojnosti biosestona Skradinskog buka izostave navedeni planktonski organizmi, brojnost je još uvijek bila nešto veća nego na Roškom slapu. Svojte koje su se pojavile samo na Roškom slapu su Coleoptera i Gastropoda.

5.4.2 Sezonska dinamika pronosa biosestona

Za sezonska razmatranja i usporedbe dinamike pronosa biosestona i udjela pojedinih svojti u obzir sam uzimao svojte čiji je postotak u ukupnoj brojnosti na pojedinim barijerama prešao prag od 4 % (ne uključivši planktonske organizme) (Tablica 3). Zajednički sezonski prosjek pronesenog biosestona na sedrenim barijerama najveći je zimi. Na Skradinskom buku brojnost biosestona slična je u svim mjesecima osim ljeti kada je značajno niža. Na Roškom slapu brojnost je nešto viša u proljeće, a prilično niža u jesen.

Iz mjesečnih podataka Skradinskog buka vidljiv je predatorski utjecaj *Hydra* na Cladocera. U studenom je udio *Hydra* u brojnosti vrsta bio oko 82 %, a Cladocera oko 6 %. U siječnju je omjer bio oko 20 % prema 66 % u korist Cladocera. Brojnost Simuliidae je u prosincu, travnju i listopadu bila visoka, a najekstremnija u ožujku kada je udio Simuliidae u brojnosti vrsta u driftu bio oko 93 %. Amfipodni rakovi su bili značajnije zastupljeni u travnju. Osim navedenih svojti u određenim mjesecima (od travnja do srpnja) pojavljuju se i Chironomidae. Na Roškom slapu prisutne su iste svojte kojih je u prosjeku najviše proneseno zimi i u proljeće.

Tablica 3. Sezonske vrijednosti pronosa (m^{-3}) najzastupljenijih svojti preko sedrenih barijera Roški slap (RŠ) i Skradinski buk (SB). U tablicu nisu uvršteni planktonski organizmi Skradinskog buka.

Season	**Jesen**		**Zima**		**Proljeće**		**Ljeto**	
Lokacija	RŠ	SB	RŠ	SB	RŠ	SB	RŠ	SB
Simuliidae	0,13	1,76	1,28	2,89	3,14	1,07	1,49	0,35
Amphipoda	0,41	1,23	0,77	0,31	0,25	1,55	0,27	0,09
Chironomidae	0	0	0	0	0,32	0,75	0,11	0,25
Hirudinea	0,09	0,74	0	0,04	0	0	0,03	0
Acarina	0,01	0,03	0,87	0	0	0	0	0
Coleoptera	0,08	0	0,04	0	0,32	0	0,05	0
Trichoptera	0,03	0,07	0	0,04	0	0,35	0,08	0,13
Ukupno	**0,75**	**3,83**	**2,96**	**3,28**	**4,03**	**3,72**	**2,03**	**0,82**
Ukupno sezonski	**4,58**		**6,24**		**7,75**		**2,85**	

5.4.3 Usporedbe godišnjih pronosa najzastupljenijih svojti na barijerama

Statističkom analizom srednjih vrijednosti pojedinih svojti zastupljenih u biosestonu na objema lokacijama nisam utvrdio statistički značajne razlike unatoč relativno visokim apsolutnim razlikama srednjih vrijednosti brojnosti pojedinih svojta. Muha svrbljivica bilo je nešto više u biosestonu na barijeri Skradinski buk (tek oko 12 % više) te se ova razlika nije pokazala statistički značajnom ($F_{(1,\ 21\ )}$ = 0,05498, p = 0,81689). Amfipodnih rakova (*Gammarus balcanicus* najvjerojatnije) je pak bilo osjetno više na barijeri Skradinski buk (oko 92 %) ali ni ta razlika nije bila statistički značajna ($F_{(1,\ 21)}$ = 0,71221, p = 0,40822). Slično je bilo i s brojnošću tulara (odnosno predstavnika roda *Neureclipsis*) kojih je u abiosestonu Skradinskog buka bilo čak 6 puta više nego na Roškom slapu, ali ni ova razlika nije bila statistički značajna iako se je nalazila blizu granice značajnosti ($F_{(1,\ 21)}$ = 3,0146, p = 0,09717). Isto tako nisam utvrdio ni statistički značajne razlike u sastavu trzalaca (oko 2,4 puta više na Skradinskom buku) i maločetinaša (oko 3,4 puta više na Roškom slapu) u biosestonu dviju sedrenih barijera.

5.4.4 Odnos brojnosti biosestona i fizikalno–kemijskih parametara

Koeficijente korelacije sam izračunao odvojeno za obje postaje jer su razlike u brojnosti pojedinih svojta bile izrazito visoke premda nije utvrđena njihova statistička značajnost (Tablica 4).

Statistički značajnu pozitivnu spregu na Roškom slapu sam utvrdio između brojnosti Trichoptera (*Neureclipsis bimaculata*) i Chironomidae s temperaturom. Također, pozitivnu spregu sam utvrdio između brojnosti Oligochaeta i brzine strujanja vode. Uočio sam i pozitivnu spregu između roda *Scirtes* i udaljenosti od dna. Na Skradinskom buku sam utvrdio statistički značajnu pozitivnu spregu između brojnosti Trichoptera (*Neureclipsis bimaculata*)) i Ephemeroptera s temperaturom. Također pozitivnu spregu sam utvrdio između brojnosti Copepoda i udaljenosti od dna.

Tablica 4. Koeficijenti korelacije određenih svojti biosestona (m^{-3}) s parametrima: brzina strujanja vode (V), udaljenost od dna (D) i temperature vode (T) na a) Roškom slapu i b) Skradinskom buku.

a)

	V	D	T
Trichoptera	0,299	0,156	**0,618**
Chironomidae	0,417	-0,176	**0,638**
Oligochaeta	**0,647**	-0,0128	-0,043
Neureclipsis bimaculata	0,381	-0,189	0,684
***Scirtes* sp.**	0,254	**0,642**	0,125

b)

	V	D	T
Trichoptera	-0,235	-0,091	**0,430**
Neureclipsis bimaculata	-0,237	-0,139	**0,470**
Copepoda	-0,095	**0,551**	-0,072
Ephemeroptera	-0,159	0,155	**0,477**

6. RASPRAVA

6.1 Fizikalno-kemijski parametri

Fizikalno-kemijski parametri vode značajno utječu na makroozoobentos, a samim time i na drift (Allan i sur. 2007; Smith i sur., 2003; Brittain i Eikeland 1988). Među njima temperatura je često navedena kao najutjecajniji čimbenik (Lehmkuhl 1974; Waters i Cook 1980; Allan i Cook 1975). Za razliku od Roškog slapa čiji je uzvodni dio toka više zasjenjen obalnom vegetacijom, voda prije Skradinskog buka prolazi kroz jezero Visovac gdje se znatno zagrijava. Razlog tome je veća površina vode na jezerima koja prima sunčevo zračenje uslijed nezasjenjenosti i duže vrijeme zadržavanja vode pod tim uvjetima u usporedbi s uzvodnim tekućim dijelom (McRae i Edwards 1994). Time se ostvaruje i termalna stratifikacija koja je na jezeru Visovac prisutna od kraja proljeća do početka jeseni te u tom razdoblju ne dolazi do miješanja vode u jezeru (Gligora i sur. 2011). Time je učinak zagrijavanja veći, a i važniji za Skradinski buk pošto se preko njega prelijeva uglavnom epilimnijska voda iz jezera Visovac.

Zbog niže temperature i turbulentnijeg toka vode uzvodno od Roškog slapa na njemu se mogla očekivati i viša koncentracija i zasićenost kisikom što prema našim rezultatima nije bio slučaj. Srednje vrijednosti koncentracije i zasićenosti kisikom većinu su godišnjih doba bile više na Skradinskom buku. Neuočljivost obrnuto proporcionalne korelacije koncentracije kisika i temperature vode na Skradinskom buku može se objasniti utjecajem jezera. Visoka temperatura vode na jezeru Visovac krajem ljeta i početkom jeseni utječe na veću brojnost fitoplanktona, a time i na veću proizvodnju kisika (Gligora i sur. 2011).

Za rijeku Krku je kao i za sve tekućice koje se nalaze na karbonatnim podlogama karakteristična visoka električna provodljivost. Također, voda je u vodotoku iznad Roškog slapa više u kontaktu s karbonatnom podlogom koja obogaćuje vodu kalcijevim i bikarbonatnim ionima koji također povisuju provodljivost (Ostojić i sur. 2012). Uzrok više električne provodljivosti na Roškom slapu vjerojatno je veća količina pronesenog sestona, a time i ukupnih iona preko barijere. Uz to, volumen vode koji se prelijeva preko Roškog slapa je manji pa je i koncentracija čestica po volumenu veća.

Srednje pH vrijednosti na Roškom slapu bile su nešto više od 8 i nisu puno kolebale što je također rezultat karbonatnog okruženja i visokih koncentracija karbonatnih i bikarbonatnih iona koji vodi daju visoki alkalitet (Giller i Malmquist 1998). On ne dozvoljava velika kolebanja u pH vrijednostima. U njemu je stupanj produkcije veći nego u toku vode iznad

Roškog slapa, pa se sukladno s time i više CO_2 ispušta u vodu. S druge strane tok vode iznad Roškog slapa je turbulentniji zbog čega dolazi do isplinjavanja CO_2.

6.2 Razlike u protoku i brzini strujanja vode na istraživanim barijerama

Uvriježeno je mišljenje da je sprega između protoka i brzine strujanja vode s količinom pronesene stvari u riječnom ekosustavu pozitivna. Raznim su se istraživanjima na različitim riječnim ekosustavima takva razmišljanja nekada potvrdila (Sandlund 1982; Wallace i sur. 1991; Tockner i Waringer 1997; Young i Huryn 1999), a nekada ne (Hieber i sur. 2003; Pace i sur. 1992). Iako je u većini slučajeva količina pronesene tvari veća u tekućicama u kojima je su protok i brzina strujanja vode viši, iz istraživanja iznad navedenih autora vidljivo je da je svaki riječni sustav poseban te da se ista pravila ne mogu primijeniti na sve. To je potvrđeno i istraživanja na Plitvičkim jezerima gdje su unutar istog riječnog sustava protok vode i brzina strujanja imali pozitivnu (Miliša i sur. 2006a, Miliša i sur. 2006b) i negativnu spregu (Špoljar 2007b; Sertić i Perić 2011).

Srednja godišnja brzina strujanja vode bila je viša na Roškom slapu dok je na Skradinskom buku bio viši protok vode. Taj odnos u vezi je s višom razinom vode na Skradinskom buku. Glavni razlog razlike u brzini strujanja vode je usporavanje toka vode na jezeru Visovac smještenom između dviju sedrenih barijera. Slično kao i na Plitvičkim jezerima, jezerski dio sustava predstavlja tzv. sink, tj. područje gdje je brzina strujanja vode smanjena, a akumulacija suspendiranih čestica povišena (Goldman i Kimmel 1978; Speaker i sur. 1984). Jasno je, dakle, da se zbog jezera Visovac na Skradinskom buku pronese manje sestona i da je retencijski utjecaj jezera izraženiji na krupnim česticama koje zbog veće mase lakše sedimentiraju nego sitne (Allan 1995; Fonseca 1999).

Jedan od uzroka razlike u protoku i razini vode dviju sedrenih barijera je rijeka Čikola koja se ulijeva u Krku prije Skradinskog buka te doprinosi povećanju volumena pronesene vode. Zbroj srednjih godišnjih protoka Roškog slapa i rijeke Čikole iznosi 70 % od godišnjeg protoka Skradinskog buka što znači da se iz drugih izvora ulijevaju značajne količine vode u Krku. S obzirom da Krka ima veliku površinu hidrogeološkog porječja te da je ona krški ekosustav čija je karakteristika propusnost terena, pretpostavljam da su priljevi podzemnoga tipa te da oni upotpunjuju razliku u protoku (Fritz i sur. 1990).

S obzirom da su lokacije istraživanja u ovom radu sedrene barijere, a ne jezero Visovac, teško je procijeniti koliki je retencijski utjecaj jezera. Na Plitvičkim jezerima srednji godišnji protok otprilike je 6-9 $m^3 s^{-1}$, a transport ukupnih suspendiranih čestica je 36-87 tona po godini što je puno manje nego na Krki (Špoljar i sur 2007b). Uzrok tome može biti drugačiji odnos

riječnih odnosno jezerskih dijelova u hidrosustavu dviju tekućica. Na Plitvičkim jezerima riječni dijelovi manje su zastupljeni od jezerskih, dok je u slučaju ovoga istraživanja između barijera prisutna jedna (ali veća) retencija Visovac. Moguće je da ona ima manji retencijski učinak nego zajednički retencijski utjecaji jezera na Plitvicama ili je pak moguće da priljevi vode iz Čikole te iz podzemnih izvora kompenziraju samo prividno manji retencijski učinak Visovačkog jezera.

6.2 Dinamika i sezonski obrasci transporta abiosestona

U ovom istraživanju pokazalo se da dio tekućice koji ima višu srednju godišnju brzinu strujanja vode (Roški slap) ima i viši godišnji pronos abiosestona. Unatoč tome dinamika brzina strujanja vode ne podudara se s dinamikom pronosa, osim možda u rujnu i listopadu i to više za krupne čestice. U rujnu je pronos viši zbog veće produkcije tijekom toplijeg doba godine zbog koje više čestica nastaje unutar riječnog ekosustava (Webster i sur. 1995). Međutim, u uvjetima veće produkcije životinje bi u rijeci mogle doprinijeti i zadržavanju čestica abiosestona, a ne njegovom pronosu, ali to bi se prvenstveno odnosilo na organske čestice abiosestona koje na Skradinskom buku zauzimaju manji udio u ukupnoj masi pronesenog abiosestona. Dodatan razlog pronosa veće količine pronesenog abiosestona u rujnu je rijeka Čikola. Tijekom ljeta ona presušuje, a krajem rujna i početkom listopada u njeno korito vraća se tok vode koji naglo ispire čestice s korita te ih donosi u Visovac. Uzrok veće količine pronesenog abiosestona u listopadu vjerojatno je povezan s početkom opadanja lišća u jesenskom razdoblju.

Retencijski utjecaj jezera Visovac moguća je naznaka utjecaja živog svijeta koji koriste organske čestice za hranu, pogotovo zato što su anorganske čestice uglavnom veće gustoće te bi trebale lakše sedimentirati. Utjecaj retencije jezera Visovac jedva je uočljiv za FPOM. Mogući uzrok takvog odnosa FPOM među barijerma su priljevi voda u Krku prije Skradinskog buka koji sa sobom nose fine čestice, ili je pak moguće da zbog veće produkcije jezera FPOM nastaju u dovoljnoj količini unutar Krke prije Skradinskog buka i tako kompenziraju retencijski učinak jezera. Dodatno, iz jezera se preljeva epilimnijski sloj vode u kojem se lakše zadržavaju sitne čestice nego krupne.

Masa organskog dijela abiosestona bila je prilično veća na Skradinskom buku, a još viša je bila razlika u energetskoj vrijednosti između barijera. Na Skradinskom buku prelijevalo se puno više CPOM, čija je energetska vrijednost dvostruko viša, nego FPOM što objašnjava razliku u masama i energetskim vrijednostima. Ljeti je na Skradinskom buku masa pronesenih

CPOM bila prilično manja od mase FPOM, ali su one bez obzira na to bile značajniji izvor energije u ekosustavu.

6.3 Odnos protoka i brzine strujanja vode s pronosom abiosestona

Potencijalno objašnjenje generalno male povezanosti pronosa sestona s protokom i brzinom strujanja vode u ovom istraživanju možda su bujični tokovi vode. Naime, mjerenja su pri istraživanju bila provedena jednom mjesečno te se je na temelju podataka o volumenu profiltrirane vode i zahvaćenoj masi abiosestona izračunala masa abiosestona po volumenu vode. Taj volumen vode se je uz pomoć podataka o dnevnim protocima vode s mjernih stanica rijeke Krke preračunao na mjesečni, sezonski i godišnji iznos. Bujični tokovi su se nekada događali u razdobljima prije mog uzorkovanja što bi rezultiralo manjom količinom sestona u uzorcima jer je nagli bujični tok isprao čestice (Wallace i sur. 1982). Bujični tokovi značajno utječu na pronos sestona. Značajno je veća količina sestona za vrijeme početka bujice, dok je nakon nje drastično manja te je nakon toga potrebno razdoblje da taj utjecaj oslabi. S obzirom da sam pretpostavke o mjesečnim iznosima pronosa sestona donosio na temelju jednog mjerenja u mjesecu koje je moglo biti ometeno utjecajem bujice, one možda nemaju dovoljno temelja za pravljenje usporedbi dinamika pronosa sestona s brzinom strujanja vode i protokom. Praćenjem dnevnih vrijednosti o protoku vode kroz godinu dana s mjernih postaja na Skradinskom buku i Roškom slapu mogla bi se uočiti razdoblja bujica te sukladno s time eliminirati iz podataka dinamike mjesece koji su pod njenim utjecajem. Tako bi se pronašli mjeseci u kojima su uzorkovanja zbilja predstavljala nekakve srednje mjesečne prosjeke pronosa sestona te bi se mogle raditi usporedbe. No, pitanje je koliko bi to bilo svrsishodno i koliko bi podataka morali izbaciti, te što bi uopće ostalo za usporedbu.

S obzirom na pronos sestona i brzinu strujanja vode, statistički značajno je da je optimalna brzina strujanja vode za pronos sestona između 40 i 80 cm s^{-1}. Uzrok te sprege možda je metoda uzorkovanja. Cijevi uzorkivača bile su postavljane pri dnu barijere, a najveća udaljenost dna nije prelazila 7 cm. Moguće je da pri višim brzinama strujanja vode čestice plove bliže površini vode nego pri dnu te zbog toga nisu bile uhvaćene u uzorkivaču. Također je moguće da pri vrlo visokim brzinama strujanja sitne čestice (a možda i neke krupne) zbog sile vode budu protisnute kroz oka uzorkivača. Osim bujica i uzorkivač je, dakle, još jedan razlog zašto pri višim brzinama strujanja vode mjerenja ne predstavljaju u potpunosti vjerodostojne podatke za pravljenje mjesečnih prosjeka.

6.4 Biocenološki sastav sestona, odnosno drifta

Na Skradinskom buku bilo je statistički značajno više biosestona. Glavni razlog tome je prinos jezerskog zooplanktona *Hydra oligactis* i Cladocera. Cladocera se hrane algama kojih je u jezeru Visovac najviše krajem ljeta kada je visoki stupanj produkcije (Welker i Walz 1998; Gligora i sur. 2011) Logično je da je brojnost Cladocera tada najviša, a zbog toga i brojnost Hydra koje se hrane zooplanktonom. Zooplankton iz Visovačkog jezera u jesen činio je oko 80 % biosestona preljevne vode Skradinskog buka, a ljeti čak više od 90 %. Ljeti je to dijelom zbog visoke koncentracije zooplanktona, a dijelom i zbog niskog udjela makrozoobentosa kojeg se u ljetnim mjesecima skoro pa i ne nalazi u driftu. U ostala godišnja doba brojnost makrozoobentosa je na Skradinskom buku bila podjednaka na temelju čega pretpostavljam da se radi o stabilnoj zajednici koja je navikla na specifične krške uvjete tijekom cijele godine. Vrlo visoka brojnost zooplanktona i Simuliidae bila je duboko u jesen, a pretpostavljam da je tu utjecaja imao i alohtoni unos organske tvari s obalne vegetacije. Od svih organizama u driftu, dinamika zooplanktona najviše je pratila dinamiku protoka vode.

Na Roškom slapu iste su svojte, osim zooplanktonskih, bile dominantne u driftu ali među njima nisam uspio uočiti ikakve međuodnose u vremenskoj raspodjeli. Iako je nekih svojti bilo i do 6 puta više (Trichoptera) na Skradinskom buku to nije bilo statistički značajno. Razlog nepostojanja većeg broja statistički značajnih sprega svojti biosestona s parametrima poput brzine strujanja vode, protoka vode ili međusobno su mnogobrojne nule u kompletu podataka. Učestalost svojti u uzorcima nije dovoljno velika kako bih se iz njih izradile sprege stoga preostaju samo pretpostavke. Tu je opet uzrok bio uzorkivač koji moguće nije dovoljno pogodan za procjenu biosestona. Iako je veliki broj sitnih organizama poput *Hydra* bio uhvaćen, kroz oka prilagođena hvatanju CPOM vjerojatno su mogli proći i veći organizmi. U vezi s time je i potencijalno predugo vrijeme izlaganje uzorkivača struji vode koje je moglo dozvoliti organizmima da prođu kroz oka.

6.5 Utjecaj fizikalno-kemijskih parametara na svojte u driftu

Utvrđene su statistički značajne sprege određenih svojti drifta sedrenih barijera sa srednjom brzinom strujanja vode, dubinom od dna i temperaturom vode.

Temperatura je jedan od najvažnijih čimbenika za Trichoptera, konkretno *Neureclipsis bimaculata* i Chironomidae stoga je njihova sprega s temperaturom bila očekivana (Moog 2002; Rogowski i Stewart 2016). Temperatura utječe na njihovu aktivnost i brzinu rasta (Hogg i

Williams 1996). Sprega s temperaturom utvrđena je za obje svojte što znači da su najaktivnije u sličnim temperaturnim uvjetima. S obzirom da se obje svojte hrane na sličnim lokacijama postoji mogućnost kompeticijskog pritiska, pogotovo od strane ličinki Trichoptera (Hemphill 1988). Zbog veće kompeticije jedinke su ponekad prisiljene otići iz makrozoobentosa u drift.

Oligochaeta se često zapetljaju u mahovine sedrenih barijera koje se pri većoj eroziji vode uslijed viših brzina strujanja lakše odvajaju od podloge. Iz toga proizlazi statistički značajna sprega između drifta Oligochaeta i brzine strujanja vode.Pozitivna sprega između odraslih jedinki roda *Scirtes* i udaljenosti od dna znači da one povremeno plivaju i uzdižu se u stupcu vode.

Na Skradinskom buku je također bila utvrđena značajna pozitivna spregu između brojnosti Trichoptera (*Neureclipsis bimaculata*) i Ephemeroptera s temperaturom. Pri višim temperaturama više jedinki Ephemeroptera odlazi u drift (Scherr i sur. 2010).

Pozitivna sprega između brojnosti Copepoda i udaljenosti od dna bila je očekivana jer su oni planktonski organizmi Međutim, nameće se pitanje zašto isto nije uočeno za Cladocera. Pretpostavljam da su Copepoda pokretniji unatoč tome što su plankton te se kreću prema višem stupcu vode gdje možda ima više hrane i gdje je kompeticija niža.

7. ZALJUČAK

Glavni uzrok razlika u temperaturi, koncentraciji kisika, sastavu i količini pronesenog sestona između barijera je promjena hidrodinamike u jezeru Visovac.

Više sestona, i organskog i anorganskog, u svim sezonskim dobama prelijeva se preko sedrene barijere Roški slap. Shodno tome veća je i energetska vrijednost sestona Roškog slapa.

Razlika u pronosu sestona između barijera izraženija je za organske čestice nego za anorganske jer fauna jezera zadržava organske čestice u jezeru koristeći ih za hranu.

U svim sezonskim dobima više je biosestona na Skradinskom buku. U nekim mjesecima za drastično veći broj jedinki u biosestonu ključno je prelijevanje zooplanktonskih organizama iz epilimnijske vode jezera Visovac.

Bioseston je na Skradinskom najbrojniji ljeti i u jesen. Brojnost je u vezi s temperaturom i količinom fitoplanktona u to doba godine. Temperatura vode pokazuje pozitivnu spregu s količinom određenih svojti u driftu.

Najveći dio biocenološkog sastav preljevnih voda čine svojte *Hydra* i Cladocera na Skradinskom buku, a na obje barijere u driftu prisutni su Simuliidae, Amphipoda, Chironomidae, Trichoptera te nešto manje Copepoda, Oligochaeta, Hirudinea, Acarina i Gastropoda.

Dinamika pronosa sestona ne podudara se s dinamikom protoka ni strujanja vode. Uzrok tome su bujični tokovi tijekom godine i sam uzorkivač korišten pri istraživanju.

Bujični tokovi naglo ispiru velike količine sestona nakon čega slijedi duže razdoblje niskog pronosa. Ako se bujični tokovi pojave prije mjesečnog uzorkivanja oni umanjuju relevantnost korištenja podataka tog uzorka za usporedbe u sezonskih dinamika pronosa sestona s protokom i brzinom strujanja vode.

Uzorkivač nije pogodan za prikupljanje sestona pri svim brzinama strujanja. Pri većim brzinama dio biosestona može proći kroz oka uzorkivača koja su prvenstveno napravljena za hvatanje krupnih čestica. U vezi s time potencijalno je i vrijeme izlaganja uzorkivača struji vode bilo predugo i dozvolilo da sila vode protisne organizme kroz mrežu.

8. LITERATURA

Allan, J. D. (1975): The distributional ecology and diversity of benthic insects in Cement Creek, Colorado. Ecology. 56: 1040–1053.

Allan, J. D. (1978): Trout predation and the size composition of stream drift. Limnology and Oceanography. 23: 1231–1237.

Allan, J. D. (1995): Stream Ecology. Chapman & Hall, New York.

Allan, J. D., Castillo, M. M. (2007): Stream ecology: Structure and function of running waters. Springer, Dordrecht.

Anderson, N. H., Sedell, J. R., Roberts, L. M., Triska, F. J. (1978): The role of aquatic invertebrates in processing of wood debris in coniferous forest streams. American Midland Naturalist. 100: 64–82.

Bird, G. A., Hynes, H. B. N. (1981): Movement of immature aquatic insects in a lotic habitat. Hydrobiologia. 77: 103-112.

Breitig, G., von Tumpling, W. (1982): Ausgewaehlte Methoden der Wasseruntersuchung, Band II. Biologische, Mikrobiologische und Toxikologische Methoden, Fischer, 579 p.

Bretschko, G. (1990): The dynamic aspect of coarse particulate organic matter (CPOM) on the sediment surface of a second order stream free of debris dams (RITHRODAT-LUNZ study area). Hydrobiologia. 203: 15–28.

Brittain, J.E., Eikeland, T.J. (1988): Invertebrate drift - A review. Hydrobiologia. 166: 77-93.

Bunn, S. E., Davies, P. M., Kellaway, D. M., Prosser, I. P. (1998): Influence of invasive macrophytes on channel morphology and hydrology in an open tropical lowland stream, and potential control by riparian shading. Freshwater Biology. 39: 171–178.

Cadwallader, P. L., Eden, A. K. (1977): Effect of a total solar eclipse on invertebrate drift in Snobs Creek Victoria. Aust. J.mar. Freshwat. Res. 28: 799-806.

Casas, J. J., Gessner, M. O. (1999): Leaf litter breakdown in a Mediterranean stream characterised by travertine precipitation. Freshwater Biology. 41: 781–793.

Chafetz, H. S., Srdoč, D., Horvatinčić, N. (1994): Early diagenesis of Plitvice Lakes waterfall and barrier travertine deposits. Geographie physique et Quaternaire. 48: 247–255.

Chafetz, H. S., Folk, R. L. (1984): Travertines: depositional morphology and bacterially constructed constituent. Journal of Sedimentary Petrology. 54: 289–316

Champion, P. D., Tanner, C. C. (2000): Seasonality of macrophytes and interaction with flow in a New Zealand lowland stream. Hydrobiologia. 441: 1–12.

Ciborowski, J. J. H. (1983): Influence of current velocity, density, and detritus on drift of two mayfly species (Ephemeroptera). Can J. Zool. 61: 119-125.

Corkum, L. D., Pointing, P. J., Ciborowski, J. J. H. (1977): The influence of current velocity and substrate on the distribution and drift of two species of mayflies (Ephemeroptera) Can. J. Zoo. 55: 1970-1977.

Culver, D. C., Sket, B. (2000): Hotspots of subterranean biodiversity in caves and wells. J. Cave Karst Stud. 62: 11-17.

Cummins, K. W., Klug, M. J. (1979): Feeding ecology of stream invertebrates. Annual Review of Ecology and Systematics. 10: 147–172.

Cummins, K. W. (1973): Trophic relations of aquatic insects. Annual Review of Entomology. 18: 183–206.

Cummins, K. W., Sedell, J. R., Swanson, F. J., Minshall, G. W., Fisher, S. G., Cushing, C. E., Petersen, R. C., Vannote, R. L. (1983): Organic matter budgets for stream ecosystems: problems in their evaluation. Stream Ecology: Application and Testing of General Ecological Theory. Plenum Press, New York. Str. 299-353.

DELL INC. (2015). Dell Statistica (data analysis software system), version 12. software.dell.com.

Drysdale, R. N. (1998): Aquatic insect larvae as geomorphic agents in travertine-building: a case study from the Barkly karst, Australia. Supplementi, Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria. 3: 53-59.

Dudley, T. L., D'Antonio, C. M., Cooper, S. D. (1990): Mechanisms and consequences of interspecific competition between two stream insects. Journal of Animal Ecology. 59: 849–866.

Elliott, J. M. (1971): The distances travelled by drifting invertebrates in a Lake District stream. Oecologia (Berl.). 6: 350-379.

Elliott, J. M. (1973): The diel activity pattern, drifting and food of the leech Erpobdella octoculata (L.) (Hirudinea Erpobdellidae) in a Lake District stream. J. anim. Ecol. 42: 449-459.

Elwood, J. W., Cushman, R. M. (1975): The life history and ecology of Peltoperla maria (Plecoptera: Peltoperlidae) in a small spring-fed stream. Verh. int. Ver. Limnol. 19: 3050-3056.

Englund, G. (1993): Interactions in a lake outlet stream community - direct and indirect effects of net-spinning caddis larvae. Oikos. 66: 431–438.

Eriksson, A. I. (2002): Can predation by net-spining caddids larvae (Trichoptera: Hydropsyche siltalai) cause longitudinal changes in zooplankton species composition in lake outlet streams? Archiv fur Hydrobiologie. 153: 231–244.

Fischer, H. (2003): The role of biofilms in the uptake and transformations of dissolved organic matter. Aquatic Ecosystems: Interactivity of Dissolved Organic Matter. Academic Press/Elsevier Science, San Diego. Str. 285–313.

Ford, T. D., Pedley, H. M. (1996): A review of tuffa and travertine deposits of the world. Earth-Science Reviews. 41: 117-175.

Friday, L. E. (1988) Key to the adults of British water beetles. Department of Applied Biology. Cambridge. Str. 1-151.

Georgian, T. J., Wallace, J. B. (1981): A model of seston capture by net-spinning caddis flies. Oikos. 36: 147–157.

Gessner, M. O., Chauvet, E., Dobson, M. (1999): A perspective on leaf litter breakdown in streams. Oikos. 85: 377–384.

Giller, P. S., Malmqvist, B. (1998): The biology of Streams and Rivers. Oxford University

Gligora Udovič, M., Kralj Borojević, K., Žutinić, P., Šipoš, L., Plenković-Moraj, A. (2011): Net-phytoplankton species dominance in a travertine riverine Lake Visovac, NP Krka. Natura Croatica: periodicum Musei historiae naturalis Croatici. 20/2: 411-424.

Goldmann, C. R., Kimmel, B. L. (1978): Biological processes associated with suspended sediment and detritus in lakes and reservoirs. Current perspectives on river-reservoir ecosystems. The North American Benthological Society, Springfield. Str. 19–44.

Golubic, S. (1969): Cyclic and noncyclic mechanisms in the formation of travertine. Verhandlungen der Internationalen. Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie. 17: 956–961.

Graca, M. A. S., Barlocher, F., Gessner, M. O. (2005): Methods to Study Litter Decomposition: A Practical Guide. Springer, Dordrecht.

Gurevitch, J., Morrow, L. L., Wallace, A., Walsh, J. S. (2002): A meta-analysis of competition in field experiments. American Naturalist. 140: 539–572.

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.

Hall, R. J., Waters, T. F., Cook, E. F. (1980): The role of drift dispersal in production ecology of a stream mayfly. Ecology. 61: 37-43.

Harrison, S. S. C., Bradley, D. C., Harris, I. T. (2005): Uncoupling strong predator–prey interactions in streams: the role of marginal macrophytes. Oikos. 108: 433–448.

Hauer, F.R., Lamberti, G. A. (2007): Methods in Stream Ecology (Second Edition). Academic press, Elsevier Inc., Oxford.

Hemphill, N. N. (1988): Competition between two stream dwelling filter-feeders, Hydropsyche oslari and Simulium virgatum. Oecologia. 77: 73–80.

Hieber, M., Robinson, C. T., Uehlinger, U. (2003): Seasonal and diel patterns of invertebrate drift in different alpine stream types. –Freshwat. Biol. 48: 1078-1092.

Hildrew, A. G., Edington, J. M. (1979): Factors facilitating the coexistence of hydropsychid caddis larvae (Trichoptera) in the same river system. Journal of Animal Ecology. 48: 557–576.

Hogg, D. I., Williams, D. H. (1996) Response of stream invertebrates to a global-warming thermal regime: An ecosystem-level manipulation. Ecology. 77: 395-407.

Huhta, A., Muotka, T., Tikkanen, P. (2000): Nocturnal drift of mayfly nymphs as a post-contact antipredator mechanism. Freshwater biology. 45: 33-42.

Humphries, P., (1996): Aquatic macrophytes, macroinvertebrate associations and water levels in a lowland Tasmanian river. Hydrobiologia. 321: 219–233.

Hynes, H. B. N. (1970): The Ecology of Running Waters. University of Toronto Press, Toronto.

Irvine, J. R. (1985): Effects of successive flow perturbations on stream invertebrates. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 1922-1927.

Johnson, S. L. (2003): Stream temperature: scaling of observations and issues for modeling. Hydrological Processes. 17:497–499.

Kaenel, B. R., Uehlinger, U. (1998): Effects of plant cutting and dredging on habitat condtions in streams. Archiv fur Hydrobiologie. 143: 257–273.

Lehmkuhl, D. M. (1974): Thermal regime alterations and vital environmental physiological signals in aquatic systems. Thermal Ecology. AEC Symposium Series, CONF-730505, str. 216–222.

Lowe, R. L., Golliday, S. W., Webster, J. R. (1986): Periphyton response to nutrient manipulation in streams draining clearcut and forested watersheds. Journal of the North American Benthological Society. 5: 221–229.

Lowe, W. H., Hauer, F. R. (1999): Ecology of two large, netspinning caddisfly species in a mountain stream: distribution, abundance, and metabolic response to a thermal gradient. Canadian Journal of Zoology. 77: 1637–1644.

Mackay, R. J. (1977): Behavior of Pycnopsyche (Trichoptera: Limnephilidae) on mineral substrates in laboratory streams. Ecology. 58: 191–195.

Mackay, R. J. (1992): Colonization by lotic macroinvertebrates: a review of processes and patterns. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 617-628.

Mackay, R. J., Kalff, J. (1973): Ecology of two related species of caddis fly larvae in the organic substrates of a woodland stream. Ecology. 54: 499-511.

Malmqvist, B., Wotton, R. S., Zhang, Y. (2001): Suspension feeders transform massive amounts of seston in large northern rivers. OIKOS. 92: 35-43.

Marchant, R. (1981): The ecology of Gammarus in running water. Perspectives in Running Water Ecology. Plenum, New York, str. 225-249.

Marsh, P. C. (1980): An occurrence of high behavioral drift for a stream gastropod. Am. Midl. Nat. 104: 410-411.

McIntosh, A. R., Peckarsky, B. L., Taylor, B. W. (2002): The influence of predatory fish on mayfly drift: extrapolating from experiments to nature. Freshwater Biology. 47: 1497–1513.

McLay, C. L. (1968): A study of drift in the Kakanui River, New Zealand. Aust. J. mar. Freshwat. Res. 19: 139-149.

McRae, G., Edwards, C. J. (1994): Thermal characteristics of Wisconsin headwater streams occupied by beaver: implications for brook trout habitat. Transactions of the American Fisheries Society. 123: 641–656.

Meybeck, M. (1982): Carbon, nitrogen, and phosphorus transport by world rivers. American Journal of Science. 282: 401–450.

Miliša, M., Habdija, I., Primc-Habdija, B., Radanović, I., Matoničkin Kepčija, R. (2006b): 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., Matoničkin Kepčija, R., Radanović, I., Ostojić, A., Habdija, I. (2006a): The impact of aquatic macrophyte (Salix sp. and Cladium mariscus (L) Pohl.) removal on habitat conditions and macroinvertebrates of tuffa barriers (Plitvice Lakes, Croatia). Hydrobiologia. 573: 183-197.

Minshall, G. W. (1984): Aquatic insect – substratum relationships. The Ecology of Aquatic Insects. Praeger, New York. Str. 358–400.

Minshall, G. W., Thomas, S. A., Newbold, J. D., Monaghan, M. T., Cushing, C. E. (2000): Physical factors influencing fine organic particle transport and deposition in streams. Journal of the North American Benthological Society. 19: 1–16.

Minshall, G. W., Winger, P. V. (1968): The effect of reduction in stream flow on invertebrate drift. Ecology. 49: 580-582.

Moog, O. (2002): Functional feeding guilds, Classification based on family/genus level or higher taxonomic units p. 1-13. U: MOOG, O. (ur.), Fauna Aquatica Austriaca (2nd edition). Wasserwirtschaftkataster, Bundesministerium für Land-und Forstwirtschaft, Vienna, Austria.

Mulller, K. (1963): Diurnal rhythm in ‘‘organic drift’’ of Gammarus pulex. Nature. 198: 806–807.

Muotka, T. (1990): Coexistence in a guild of filter feeding caddis larvae – do different instars act as different species? Oecologia. 85: 281–292.

Neves, R. J. (1979): Movements of larval and adult Pycnopsyche guttifer (Walker) (Trichoptera:Limnephilidae) along Factory Brook, Massachusetts. Am. Midl. Nat. 102: 51-58.

Nilsson A. (1997): Aquatic Insects of North Europe 2. Apollo Books, Stenstrup.

Osborne, L. L., Herricks, E. E. (1987): Microhabitat characteristics of Hydropsyche (Trichoptera: Hydropsychidae) and the importance of body size. Journal of the North American Benthological Society. 6: 115–124.

Ostojić, A., Špoljar, M., Dražina, T. (2012): Utjecaj ekoloških čimbenika na raznolikost i brojnost ţivotnih zajednica potoka Jankovac (Park prirode Papuk), Hrvatske vode: časopis za vodno gospodarstvo. 79/80: 11-22.

Pace, M. L., Findlay, S. E. G., Lints, D. (1992): Zooplankton in advective environments. The Hudson River community and a comparative analysis. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 49: 1060–1069.

Palmer, M. A. (1990): Temporal and spatial dynamics of meiofauna within the hyporheic zone of Goose Creek, Virginia. Journal of the North American Benthological Society. 9: 17–25.

pellets: biological and sedimentological consequences. – Limnol. Oceanogr. 29: 64–72.

Pres. Oxford.

Prochazka, K., Stewart, B. A., Davies, B. R. (1991): Leaf litter retention and its implications for shredder distribution in two headwater streams. Archiv fur Hydrobiologie. 120: 315–325.

Rogowski D. L., Stewart K. R. (2016) Effects of increased temperature on a Trichoptera (Hydropsychidae) from premontane forest streams in Southern Costa Rica. Department of Natural Resources Management. Texas Tech University, USA.

Salovius, S., Nyqvist, M., Bonsdorff, E. (2005): Life in the fast lane: macrobenthos use temporary drifting algal habitats. Journal of Sea Research. 53: 169– 180.

Sand-Jensen, K. (1998): Influence of submerged macrophytes on sediment composition and near-bed flow in lowland streams. Freshwater Biology. 39: 663–679.

Sandlund, O. T. (1982): The drift of zooplankton and microzoobenthos int he river Strandaelva, western Norway. Hydrobiologie. 94: 33-48.

Scherr M. A., Wooster D. E., Rao S., (2010) Effects of Temperature on Growth Rate and Behavior of Epeorus. Environmental Entomology. 39(6): 2017-2024.

Schulz, M., Kozerski. H. P., Pluntke,T., Rinke, K. (2003): The influence of macrophytes on sedimentation and nutrient retention in the lower River Spree (Germany). Water Research. 37: 569–578.

Scullion, J., Sinton, A. (1983): Effects of artificial freshets on the substratum composition, benthic invertebrate fauna and invertebrate drift in two impounded rivers in Mid-Wales. Hydrobiologia. 107: 261-269.

Sertić Perić, M., Miliša, M., Primc-Habdija, B., Habdija, I. (2011): Seasonal and fine-scale spatial patterns of drift and seston in a tufa-depositing barrage hydrosystem. Fund. Appl. Limnol. 178: 131–145.

Smith H., Wood P. J., Gunn J. (2003): The influence of habitat structure and flow permanence on invertebrate communities in karst spring systems. Hydrobiologia. 510: 53-66.

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 Iugoslaviae. 11: 101–204.

Strayer, D. L., Caraco, N. F., Cole, J. J., Findlay, S., Pace, M. L. (1999): Transformation of freshwater ecosystems by bivalves. BioScience. 49: 19–27.

Špoljar M., Primc-Habdija B., Habdija I., (2007): The influence of the lotic and lentic stretches on the zooseston flux through the Plitvice Lakes (Croatia). Ann. Limnol. Int. J. Lim. 43: 29–40.

Špoljar M., Primc-Habdija, B. (2007): Transport of seston in the karstic hydrosystem of the Plitvice Lakes (Croatia). Hydrobiologia. 579: 199–209.

Špoljar, M., Dražina, T., Ostojić, A., Miliša, M., Gligora Udovič, M., Štafa, D. (2012): Bryophyte communities and seston in a karst stream (Jankovac stream, Papuk Nature Park, Croatia). International Journal of Limnology. 48: 125-138.

Taghon, G. L., Nowell, A. R. M., Jumars, P. A. (1984): Transport and breakdown of fecal

Taniguchi, H., Nakano, S., Tokeshi, M. (2003): Influences of habitat complexity on the diversity and abundance of epiphytic invertebrates on plants. Freshwater Biology. 48: 718–728.

Tockner, K., Waringer, J. A. (1997): Measuring drift during a receding flood: results from an Austrian mountain brook (Ritrodat-Lunz). Internat. Rev. Hydrobiol. 82: 1-13.

Townsend, C. R., Hildrew, A. G. (1976): Field experiments on the drifting, colonization and continuous redistribution of streamm benthos. – J. Anim. Ecol. 45: 759-772.

Vadeboncoeur, Y. (1994): Longitudinal dynamics of seston concetration and composition in a lake outlet stream. The North American Benthological Society. 13(2): 181-189.

Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., Cushing, C. E. (1980): The river continuum concept Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 37: 130–137.

Vannote, R., Sweeney, B. W. (1980): Geographic analysis of thermal equilibria: a conceptual model for evaluating the effect of natural and modified thermal regimes on aquatic insect communities. The American Naturalist. 115: 667–695.

Wallace J., Ross D. H., Meyer J. L. (1982) Seston and dissolved organic carbon dynamics in a southern Appalachian stream. Ecology. 63: 824–838.

Wallace, J. B., Webster, J. C., Woddall, W. R. (1977): The role of filter feeders in flowing waters. Archiv fur Hydrobiologie. 79: 506–532.

Walton, O. E. Jr. (1980): Active entry of stream benthic macroinvertebrates into the water column. Hydrobiologia. 74: 129-139.

Wanner, S. C., Pusch, M. (2001): Analysis of particulate organic matter retention by benthic structural elements in a lowland river (River Spree, Germany). Archiv fur Hydrobiologie. 151: 475–492.

Ward, J. V. (1975): Downstream fate of zooplankton from a hypolimnial release mountain reservoir. Verhandlungen der Internationales Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie. 19: 1978-1804.

Ward, J. V. (1994): Ecology of alpine streams. Freshwater Biology. 32: 277–294.

Waringer J., Graf W. (2011): Atlas of Central European Trichoptera Larvae / Atlas der Mitteleuropäischen Köcherfliegenlarven. Erik Mauch Verlag, Dinkelscherben.

Waters, T. F. (1965): Interpretation of invertebrate drift in streams. Ecology. 46: 327-334.

Waters, T. F. (1966): Production rate, population density and drift of a stream invertebrate. Ecology. 47: 595-604.

Waters, T. F. (1972): The drift of stream insects. Ann. Rev. Entomol. 17: 253-272.

Webster J. R., Wallace J. B., Benfield E. F. (1995) Organic processes in streams of eastern United States. Stream and River Ecosystems. Elsevier, New York. Str. 117–187.

Webster, J. R., Benfield, E. F. (1986): Vascular plant breakdown in freshwater ecosystems. Annual Review of Ecology and Systematics. 17: 567–594.

Webster, J. R., Benfield, E. F., Ehrman, T. P., Schaeffer, M. A., Tank, J. L., Hutchens, J. J., D'Angelo, D. J. (1999): What happens to allochthonous material that falls into streams? A synthesis of new and published information from Coweeta. Freshwater Biology. 41: 687–705.

Webster, J. R., Benfield, E. F., Golladay, S. W., Hill, L. E., Hornick, R. F., Kazmierczak, R. F., Perrs, W. B. (1987): Experimental studies od physical factors affecting seston tranport in streams. Limnology and Oceanography. 32: 848-863.

Welker, M., Walz, N. (1998): Can mussels control the plankton in rivers? – a planktological approach applying a Lagrangian sampling strategy. Limnology and Ocenography. 43: 753–762.

Westlake, D. F. (1975): Macrophytes. In: Whitton BA (ed) River Ecology. University of California Press, Berkeley. Str. 106–128.

Wetzel, R. G. (2001): Limnology. 3rd edn. Academic Press, San Diego.

Wotton, R. S., Malmqvist, B., Muotka, T., Larsson, K. (1998): Fecal pellets from a dense aggregation of suspension feeders: an example of ecosystem engineering in a stream.– Limnol. Oceanogr. 43: 719–725.

Young, R. G., Huryn, A. D. (1999): Effects of land use on stream metabolism and organic matter turnover Ecological Applications. 9: 1359–1376.

Zar, J. H. (1996): Biostatistical Analysis. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Zwick, P. (2004): A key to the West Palaearctic genera of stoneflies (Plecoptera) in the larval stage. Limnologica. 34: 315-348.

9. ŽIVOTOPIS

Rođen sam 4. 12. 1991. godine u Našicama, Republici Hrvatskoj. Osnovnu školu sam završio u rodnom gradu 2006. godine, nakon čega sam upisao Srednju školu Isidora Kršnjavoga, prirodoslovno-matematički gimnaziju, te ju završio 2010. godine. Iste godine sam se upisao na preddiplomski studij Znanosti o okolišu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, a 3 godine kasnije na diplomski studij istog usmjerenja. Služim se engleskim i njemačkim jezikom.