

# Ekološke značajke vodencvjetova (Ephemeroptera) krškog izvora

---

**Landeka, Marina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:687273>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-18**



*Repository / Repozitorij:*

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Marina Landeka

EKOLOŠKE ZNAČAJKE VODENCVJETOVA (EPHEMEROPTERA) KRŠKOG IZVORA

Diplomski rad

Zagreb, 2017.

Ovaj rad, izrađen u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom prof. dr. sc. Ivančice Ternjej, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra edukacije biologije i kemije.

## ZAHVALA

Zahvaljujem svima koji su pridonijeli izradi ovog diplomskog rada, posebno mentorici  
prof. dr. sc. Ivančici Ternjej.

Veliko hvala dr. sc. Marini Vilenici na velikoj pomoći, savjetima te strpljenju  
pri pisanju ovog rada.

Hvala mojoj obitelji koja mi je omogućila studiranje, posebno mami Dijani,  
na bezuvjetnoj potpori i pomoći tijekom svih godina moga studiranja.

Hvala svim mojim prijateljima i kolegama koji su uljepšali moje studentske dane.

Najveće i posebno hvala mužu Tomislavu na neizmjerne ljubavi, strpljenju i podršci tijekom  
svih ovih godina.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

### EKOLOŠKE ZNAČAJKE VODENCVJETOVA (EPHEMEROPTERA) KRŠKOG IZVORA

Marina Landeka

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Zajednica vodencvjetova izvora rijeke Bistrice istraživana je na pet mikrostaništa između rujna 2007. i kolovoza 2008. godine. Zajednica je sastavljena od tri vrste: *Baetis alpinus*, *B. rhodani* i *Rhithrogena braaschi*. *Rhithrogena braaschi* je po prvi puta zabilježena na području BiH. Sastav i brojnost zajednice se nisu značajno razlikovali između pojedinih mikrostaništa. Sve tri vrste vodencvjetova nalazimo na svim mikrostaništima, ali u različitim brojnostima, najvjerojatnije ovisno o dostupnosti hrane. No, pojedine vrste su pokazale preferenciju prema tipu supstrata i/ili brzini i/ili dubini vode. *Rhithrogena braaschi* je strugač koji preferira mikrostaništa sa anorganskim supstratom (lital) s umjerenom brzinom vode. Reofilni strugač i sakupljač *B. alpinus* preferira mikrostanište sa mahovinom i najvećom brzinom vode. Strugač i sakupljač *B. rhodani* naseljava sva mikrostaništa, no zbog zabilježene preferencije za umjerenu brzinu vode, najveći broj jedinki zabilježen je na valuticama. Na istraživanom izvoru došlo je do migracija ličinki vodencvjetova između dostupnih mikrostaništa obzirom na razvojni stadij vjerojatno zbog prehrambenih potreba ličinki i traženja prikladnog zaklona. *Baetis alpinus* ima bivoltni, *B. rhodani* polivoltni, a *Rh. braaschi* univoltni životni ciklus s produljenom emergencijom.

(50 stranica, 21 slika, 8 tablica, 77 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: zajednica vodencvjetova, novi nalaz vrste, krški izvor, mikrostaništa, životni ciklus

Voditelj: Dr. sc. Ivančica Ternjej, prof.

Ocjenitelji: Dr. sc. Ivančica Ternjej, prof.

Dr. sc. Ines Radanović, izv. prof.

Dr. sc. Iva Juranović Cindrić, izv. prof.

Zamjena: Dr. sc. Vesna Petrović Peroković, izv. prof.

Rad je prihvaćen: 07.09.2017.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Division of Biology

Graduation Thesis

### MAYFLY (EPHEMEROPTERA) ECOLOGICAL TRAITS IN A DINARIC KARST SPRING

Marina Landeka

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Mayfly assemblage of the Bistrica River Spring was studied at five microhabitats in a period from September 2007 to August 2008. The assemblage was composed of three species: *Baetis alpinus*, *B. rhodani* and *Rhithrogena braaschi*. The latter species represents a new record for B&H. Mayfly composition and abundance were similar at all microhabitats as they were inhabited with all three species, but in different abundances, most probably depending on food availability. Individual species showed a preference for substrate type and/or water velocity and/or water depth. Scraper *Rh. braaschi* preferred microhabitats with inorganic substrate (lithal) and moderate water velocity. Reophilic scraper and gatherer *B. alpinus* preferred the microhabitat with mosses and highest water velocity. Scraper and gatherer *B. rhodani* inhabited all microhabitats in the studied spring, but due to its preference for moderate water velocity, the highest number of individuals were recorded on boulders. Migration of the mayfly larvae among available microhabitats was recorded, probably due to larval dietary requests and search for suitable refuge. *Baetis alpinus* has bivoltine, *B. rhodani* polyvoltine and *Rh. braaschi* univoltine life cycle with long emergence period.

(50 pages, 21 figures, 8 tables, 77 references, original in: Croatian)

Thesis is deposited in the Central Biological Library.

Key words: mayfly assemblage, new species data, karstic spring, microhabitats, life cycle

Supervisor: Dr. Ivančica Ternjež, Prof.

Reviewers: Dr. Ivančica Ternjež, Prof.

Dr. Ines Radanović, Assoc. Prof.

Dr. Iva Juranović Cindrić, Assoc. Prof.

Substitute: Dr. Vesna Petrović Peroković, Assoc. Prof.

Thesis accepted: 07.09.2017.

## SADRŽAJ:

1.	UVOD .....	1
1.1.	Sistematika i raznolikost vodencvjetova .....	1
1.2.	Biologija vodencvjetova.....	2
1.2.1.	Morfologija vodencvjetova .....	2
1.2.2.	Životni ciklus vodencvjetova .....	5
1.3.	Ekologija vodencvjetova .....	6
1.3.1.	Staništa i mikrostaništa.....	6
1.3.2.	Utjecaj abiotičkih čimbenika.....	7
1.3.3.	Prehrana vodencvjetova .....	7
1.4.	Ugroženost vodencvjetova i utjecaj čovjeka .....	8
1.5.	Krš i krška slatkovodna staništa .....	9
1.6.	Ciljevi rada .....	10
2.	PODRUČJE ISTRAŽIVANJA .....	11
2.1.	Geografski položaj i hidrogeografske značajke izvora rijeke Bistrice.....	11
2.2.	Klimatska obilježja izvora rijeke Bistrice .....	12
3.	MATERIJALI I METODE .....	13
3.1.	Uzorkovanje vodencvjetova .....	13
3.2.	Mjerenje fizikalno-kemijskih obilježja područja istraživanja.....	14
3.3.	Determinacija vodencvjetova .....	15
3.4.	Statistička obrada podataka .....	16
4.	REZULTATI.....	18
4.1.	Fizikalno-kemijski čimbenici na izvoru rijeke Bistrice .....	18
4.2.	Sistematika vodencvjetova .....	21
4.3.	Rasprostranjenost i brojnost vodencvjetova.....	22
4.4.	Sastav i raznolikost zajednice vodencvjetova .....	23
4.5.	Struktura zajednice vodencvjetova.....	24

4.6.	Vodencvjetovi i izbor mikrostaništa .....	26
4.7.	Životni ciklus vodencvjetova .....	29
4.7.1.	Izbor mikrostaništa tijekom životnog ciklusa .....	31
5.	RASPRAVA.....	35
5.1.	Sastav i struktura zajednice vodencvjetova na izvoru rijeke Bistrice .....	35
5.2.	Vodencvjetovi i izbor mikrostaništa na izvoru rijeke Bistrice.....	36
5.3.	Životni ciklus vodencvjetova na izvoru rijeke Bistrice.....	39
6.	ZAKLJUČAK .....	40
7.	LITERATURA.....	42
8.	ŽIVOTOPIS .....	50



## 1. UVOD

### 1.1. Sistematika i raznolikost vodencvjetova

Vodencvjetovi (Ephemeroptera) su drevni red letećih kukaca koji se na Zemlji pojavio na prijelazu iz karbona u perm, prije otprilike 290 milijuna godina. Vrhunac svog razvoja dostižu u mezozoiku (u juri i kredi) kada su najveće vrste imale raspon krila do 45 cm. Sve poznate vrste iz tog razdoblja su izumrle (pr. Slika 1) (Brittain i Sartori 2003). Veza vodencvjetova sa recentnim letećim kukcima još uvijek je predmet rasprave. Prema tradicionalnoj sistematici svrstavani su zajedno sa Odonata u skupinu Paleoptera, sestrinsku grupu svih drugih živućih primarno krilatih redova (Kukalová-Peck 1991). U novije vrijeme, pretpostavlja se da su vodencvjetovi sestrinska grupa Odonata i Neoptera (Ogden i Whiting, 2003). Za takvu tvrdnju postoji niz dokaza poput prisutnosti stadija subimaga, funkcionalnosti usnih organa samo u ličinačkom stadiju, meroistički tip ovarija i dr. (Brittain i Sartori 2003).



Slika 1. Fosil vodencvjeta *Protoligoneura limai* (mezozoik, kreda) (Preuzeto sa: [http://www.fossilmuseum.net/Fossil\\_Galleries/Insect\\_Galleries\\_by\\_Order/Ephemeroptera/protoligoneura/protoligoneurab.htm](http://www.fossilmuseum.net/Fossil_Galleries/Insect_Galleries_by_Order/Ephemeroptera/protoligoneura/protoligoneurab.htm)).

Vodencvjetovi su kozmopolitski rasprostranjeni, s iznimkom Arktika, Antarktike i nekih udaljenih oceanskih otoka. Do danas je u svijetu opisano 3045 vrsta svrstanih u 405 rodova i 42 porodice. Najveća raznolikost rodova i vrsta prisutna je u neotropskoj regiji dok palearktička ima nisku raznolikost na razini roda, no veliku na razini vrste. Važnu ulogu u stopi

specijacije u nekom području ima geološka prošlost Zemlje, pri čemu regije koje su bile klimatski stabilne tijekom dugog perioda imaju manje vrsta po rodu kada ih usporedimo sa regijama koje su bile izložene klimatskim stresovima kao što je primjerice glacijacija (Barber-James i sur. 2008).

U Europi je poznato oko 350 vrsta vodencvjetova (Bauernfeind i Soldán 2012). Balkanski poluotok ima raznoliku faunu vodenih beskralježnjaka s obzirom da su lotički sustavi tog područja povezani sa tri mora: Crnim, Jadranskim i Egejskim, no fauna vodencvjetova je još uvijek nedovoljno istražena (Petrović i sur. 2015). Od zemalja Balkanskog poluotoka, Bugarska ima najveći broj zabilježenih vrsta, čak 102. Fauna vodencvjetova u Bosni i Hercegovini slabo je istražena te je do sada je poznata 51 vrsta (Bauernfeind i Soldán 2012).

## 1.2. Biologija vodencvjetova

### 1.2.1. Morfologija vodencvjetova

Vodencvjetovi su vodeni kukci koji većinu svog života provode u ličinačkom stadiju. Odrasli oblici žive kratko, od 1-2 sata do nekoliko dana, po čemu je i cijeli red dobio svoj naziv Ephemeroptera (složenica grčkih riječi *ephemeros* (=koji traje jedan dan) i *pteron* (=krilo)) (Elliott i sur. 1988). Preobrazba je hemimetabolna i uključuje jedinstveni razvojni stadij u svijetu kukaca - subimago. Možemo ga razlikovati od imaga po tome što ima zamučena, neprozirna krila s dlačicama te mu spolni organi nisu do kraja razvijeni (Elliott i Humpesch 1983).

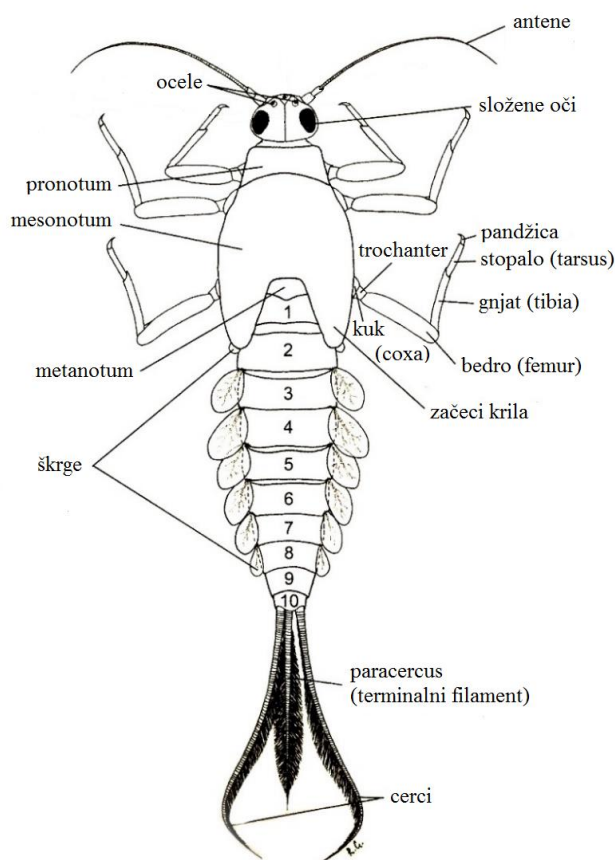
#### MORFOLOGIJA LIČINKI

Na glavi ličinke vodencvijeta se nalaze dva sastavljena oka između kojih su smještene najčešće tri ocele i par antena varijabilne duljine koji može biti smješten iznad ili između očiju. Usni organi sastoje se od pet glavnih dijelova: gornje usne (labrum), parnih gornjih čeljusti (mandibulae), parnih donjih čeljusti (maxillae) svaka sa sa donjočeljusnim pipalom (palpus maxillaris), podždrijelnog žlijeba (hipofarinksa) smještenog na sredini usta i donje usne (labium) sa dva donjousnena pipala (palpi labiales) i dva režnja (unutrašnji - glossae i vanjski - paraglossae).

Tijelo može biti različitog oblika, od cilindričnog kao u porodice Baetidae do spljoštenog kao u porodice Heptageniidae. Prsa (torax) se sastoji od tri dijela: protoraksa sa prednjih nogama, mezotoraksa sa srednjim nogama i začecima prednjih krila kod zrelijih ličinki te metatoraksa sa stražnjim nogama i začecima stražnjih krila (izostaju kod vrsta koje imaju samo prednja krila). Kao i kod ostalih kukaca, noge se sastoje od 6 članaka: kuk (coxa), nožni prstenak (trochanter), bedro (femur), gnjat (tibia), stopalo (tarsus) i predstopalo (praetarsus) s jednom pandžicom (arolium).

Zadak (abdomen) se sastoji od deset segmenata. Na prvih sedam segmenata prisutne su škrge koje mogu biti različitih veličina i oblika (jednostruke ili dvostruke, u obliku listića ili filamenata). Pokretne su kod svih vrsta osim vrsta roda *Baetis*. Zadak završava sa dva bočna cerka i jednim terminalnim filamentom (paracercus) koji je ponekad reduciran (Engblom 1996). Na Slici 2 prikazan je opći plan građe tijela ličinki vodencvjetova.

Najvažnija morfološka obilježja za determinaciju ličinačkog stadija su: usni organi, škrge, prsa, zadak, noge, terminalni filament i paraprokt kod porodice Baetidae (Elliott i sur. 1988; Bauernfeind i Humpesch 2001; Bauernfeind i Soldán 2012).



Slika 2. Opći plan građe tijela ličinki vodencvjetova (preuzeto iz: Bauernfeind i Soldán 2012).

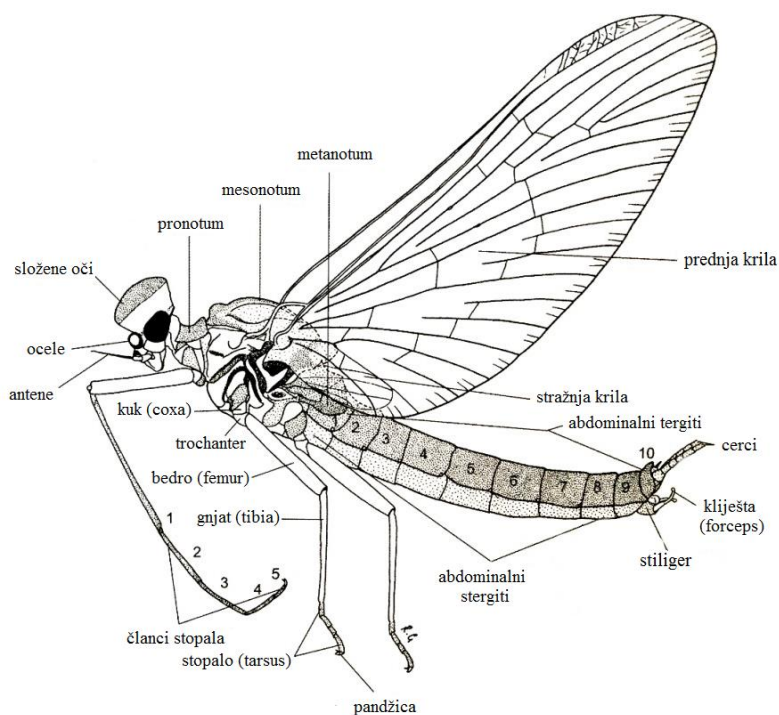
## MORFOLOGIJA IMAGA

Na glavi imaga vodencvijeta nalaze se velike i složene oči (osobito velike kod mužjaka), kratke antene građene od dva članka te reducirani i nefunkcionalni usni organi.

Kao i kod ličinki, prsa se sastoje se od tri dijela: protoraksa sa prednjih nogama, mezotoraksa sa srednjim nogama i prednjim krilima te metatoraksa sa stražnjim nogama i stražnjim krilima (izostaju kod vrsta koje imaju samo prednja krila). Kod većine porodica, mužjaci imaju dulje prednje noge. Krila su membranozna, glatka i prozirna. Stražnja krila su manja od prednjih ili u potpunosti izostaju.

Zadak (abdomen) se sastoji od deset segmenata i završava s dva bočna cerka i jednim terminalnim filamentom koji kod nekih vrsta izostaje. Na devetom segmentu mužjaka nalaze se dva važna determinacijska obilježja: kliješta (forceps) pomoću kojih mužjak pridržava ženku tijekom kopulacije i penis (Bauernfeind i Soldán 2012). Na Slici 3 prikazan je opći plan građe tijela imaga vodencvjetova.

Najvažnije morfološke karakteristike za determinaciju imaga su krila (uključujući njihovo ožiljenje te prisutnost ili odsutnost stražnjih krila), broj dugih kaudalnih filamenata, broj tarzalnih segmenata na nogama, građa genitalija mužjaka, te obojenost krila i zatka (Elliott i Humpesch 1983; Bauernfeind i Soldán 2012). Obzirom da stadij subimaga još nema razvijene spolne organe, takve jedinice možemo determinirati samo do razine roda (Vilenica i sur. 2017a).



Slika 3. Opći plan građe tijela ličinki vodencvjetova (preuzeto iz: Bauernfeind i Soldán 2012).

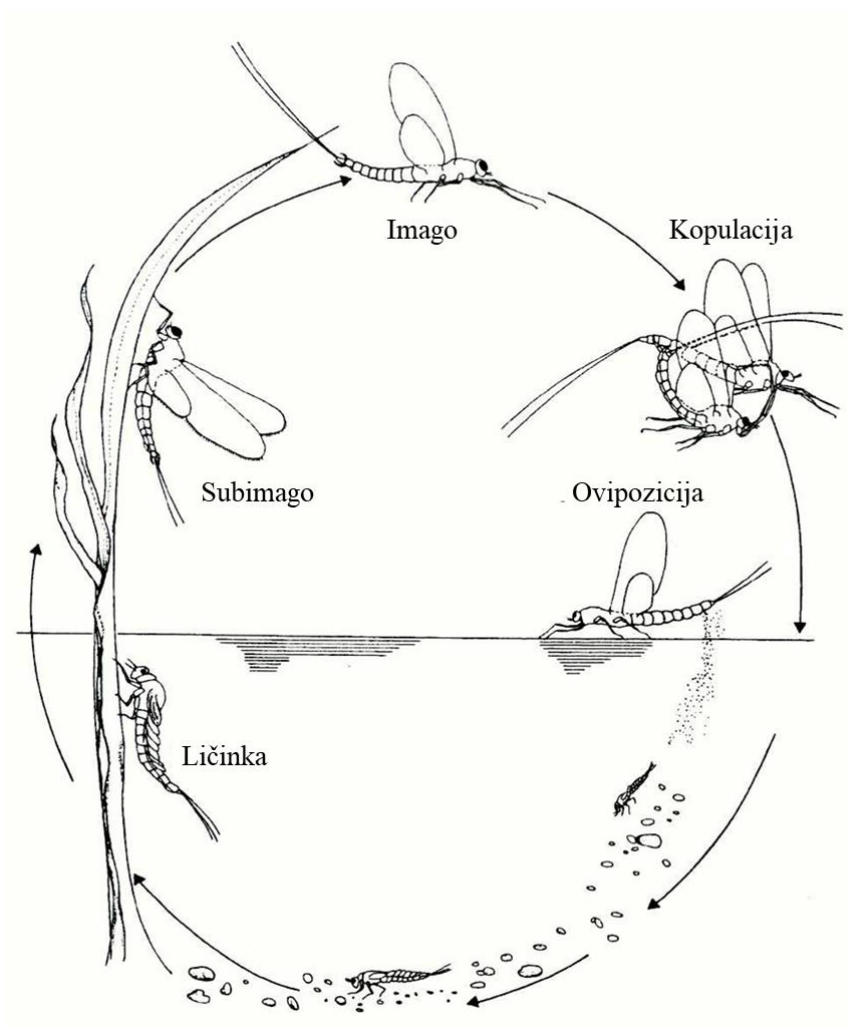
### 1.2.2. Životni ciklus vodencvjetova

Životni ciklus je definiran slijedom morfoloških stadija i fizioloških procesa koji povezuju jednu generaciju s drugom. Komponente tog ciklusa iste su za sve jedinke određene vrste (López-Rodríguez i sur. 2008). Životni ciklusi vodenih kukaca su izrazito varijabilni te ovise o okolišnim čimbenicima. Ključni čimbenici koji utječu na životne cikluse vodenih kukaca su temperatura, prehrana i fotoperiod, premda drugi čimbenici poput otopljenog kisika, pH-vrijednosti, predacije, kompeticije i dr. također imaju veliku važnost (López-Rodríguez i sur. 2010).

Životni ciklus vodencvjetova uključuje hemimetabolnu preobrazbu, koja se sastoji od četiri stadija: jajašca, ličinke, subimaga i imaga. Ono što ih čini jedinstvenim kukcima jest postojanje dva različita adulta stadija, subimaga i imaga. Nakon što ličinka emergira iz vode kao nesporno zreli mutno obojeni subimago, leti do obale gdje u vegetaciji pronalazi sklonište (Barber-James i sur. 2008). Nakon perioda koji varira između nekoliko minuta, nekoliko sati i dva dana (Engblom 1996), subimago se još jednom presvlači i transformira u sjajno obojeni, spolno zreli imago. Početak emergencije je, kao i kod ostalih vodenih kukaca, primarno utjecan temperaturom vode i intenzitetom osvjetljenja. Emergencija se može odvijati na tri načina: (i) na površini vode, (ii) iznad površine vode, (iii) ispod površine vode (Bauernfeind i Soldán 2012).

Kod vodencvjetova razlikujemo tri tipa životnih ciklusa: (i) univoltni (jedna generacija godišnje; može biti zimski - prezimljavanje u stadiju ličinke ili ljetni - prezimljavanje u stadiju jajašca), (ii) multivoltni/polivoltni (dvije ili više generacije godišnje, ovisno o godini ili lokalnim čimbenicima staništa, s ljetnim ili zimskim ciklusom) te (iii) semivoltni (jedna generacija svake dvije ili tri godine) (Bauernfeind i Soldán 2012). Najčešći tip životnog ciklusa je univoltni tip sa zimskim prezimljavanjem u stadiju ličinke. Oko 60 % svih životnih ciklusa vodencvjetova čini univoltni tip, 30 % multivoltni/polivoltni, 4 % semivoltni i 3 % je procijenjeno kao varijabilno (Clifford 1982).

Životni ciklusi vodencvjetova su najčešće nesezonski multivoltni/polivoltni u tropskim područjima, sezonski u umjerenim klimatskim i planinskim područjima te pretežno univoltini na području Subarktika. Mnoge vrste pokazuju znatnu fleksibilnost u životnim ciklusima (primjerice, *Baetis rhodani* (Pictet 1843) pokazuje barem 3 tipa životnih ciklusa), dok neke vrste imaju univoltni životni ciklus preko širokog raspona geografskih širina i klima (Bauernfeind i Soldán 2012). Na Slici 4 prikazan je životni ciklus vodencvjetova.



Slika 4. Životni ciklus vodencvjetova (preuzeto iz: Brittain i Sartori 2003).

### 1.3. Ekologija vodencvjetova

#### 1.3.1. Staništa i mikrostanjšta

Ličinke vodencvjetova naseljavaju kopnene slatke ili bočate vode cijelog svijeta, dok izrazito izbjegavaju jako zagađene i podzemne vode. Preferiraju lotička staništa gdje je zabilježena i najveća raznolikost vrsta. Iako naseljavaju i velik broj lentičkih staništa kao što su jezera, bare, lokve i močvare, raznolikost vrsta na takvim staništima je obično mala (Bauernfeind i Humpesch 2001; Bauernfeind i Soldán 2012). Obzirom na longitudinalni gradijent fizikalno-kemijskih čimbenika u tekućicama, različite vrste vodencvjetova su karakteristične za određene dijelove toka (Bauernfeind i Humpesch 2001). Većina

vodencvjetova preferira područje metaritrala i hiporitrala, ali i ekološki netaknuta područja potamala (Bauernfeind i Moog 2000; Bauernfeind i Söldan 2012). S druge strane, područje krenala, planinska slatkovodna staništa i područja metapotamala obično imaju nisku raznolikost vodencvjetova (Bauernfeind i Söldan 2012).

Mikrostaništa slatkovodnih ekosustava su karakterizirana kombinacijom određenog supstrata te brzine i dubine vode. Ličinkama vodencvjetova mikrostaništa predstavljaju područje u staništu na kojem one obitavaju, hrane se ili se sakrivaju od predatora (Moog 2002). Najveća raznolikost vrsta vodencvjetova je zabilježena na kamenitom supstratu i makrofitima, koji ličinkama pružaju zaklon i izvor hrane (Brittain 1982; Bauernfeind i Soldán 2012). Ista mikrostaništa, ali sa različitom brzinom ili dubinom vode, naseljavat će različite vrste ili pak različiti razvojni stadiji (Kovalak 1978).

### 1.3.2. Utjecaj abiotičkih čimbenika

Temperatura vode, koncentracija kisika, nutrijenata, brzina vode i tip supstrata su okolišni čimbenici koji imaju najveći utjecaj na zajednice slatkovodnih organizama, uključujući vodencvjetove (Giller i Malmqvist 1998; Moog 2002; Allan i Castillo 2007).

Kako je brzina vode glavni okolišni čimbenik koji odvaja stajačice od tekućica, tako je i jedan od najvažnijih abiotičkih čimbenika pri izboru staništa i mikrostaništa pojedinih vrsta vodencvjetova. Ličinke vodencvjetova imaju čitav niz morfoloških prilagodbi na brzinu vode, kao što su hidrodinamički oblik tijela (pr. *Oligoneuriella*, *Baetis*), dorzo-ventralna spljoštenost (pr. Heptageniidae), sklerotizirani rubovi škrge s mikrotrihijama (pr. *Epeorus*), škržni ventralni priljepak (pr. *Rhithrogena*) i sl. (Bauernfeind i Soldán 2012). Brzina vode utječe i na raspodjelu ličinki obzirom na njihovu veličinu. Tako kod nekih vrsta zrelije ličinke aktivno migriraju na mjesta s većom brzinom vode ili se nakupljaju u plićaku uz obalu (Kovalak 1978).

### 1.3.3. Prehrana vodencvjetova

Većina vodencvjetova su herbivori, hrane se algama i detritusom, što objašnjava njihovu relativnu uniformnost u građi usnih organa. Prisutne modifikacije su rezultat različitog načina pribavljanja hrane, a ne razlike u prehrani. Prave omnivore nalazimo samo kod nekih rodova

poput *Isonychia*, *Siphonurus*, *Stenonema* i *Ephemera*, dok je predatorstvo vrlo rijetko (Brittain i Sartori 2003).

Obzirom na način uzimanja hrane vodencvjetove dijelimo na:

- (i) strugače (eng. „grazers-scapers“): hrane se obraštajem
- (ii) usitnjivače (eng. „shredders“): hrane se većim česticama organske tvari
- (iii) sakupljače (eng. „gatherers-collectors“): hrane se sitnim česticama organske tvari
- (iv) procjeđivače (eng. „filter-feeders“): hrane se sitnim česticama organske tvari i sestonom
- (v) predatore: hrane se malim bentoskim životinjama (oblici, mnogočetinjaši, rakovi i ličinke kukaca, uglavnom Chironomidae).

Ličinke većine vrsta se hrane oportunistički, a sastav prehrane ovisi uglavnom o dostupnosti, sastavu supstrata i sezonalnosti (Bauernfeind i Soldán 2012).

Kako kao ličinke žive i kreću se u vodenom okolišu, a nakon emergencije u adulta u kopnenom, izvrstan su izvor hrane čitavom nizu slatkovodnih i kopnenih predatorskih vrsta te važna karika u prijenosu energije između vodenih i kopnenih staništa (Brittain i Sartori 2003). Najvažniji predatori su drugi kukci (Plecoptera, Odonata, Trichoptera i Sialidae (Diptera)), ribe i ptice (Bauernfeind i Soldán 2012).

#### **1.4. Ugroženost vodencvjetova i utjecaj čovjeka**

Povećani antropogeni utjecaj tijekom 20. stoljeća koji uključuje industrijalizaciju, rast ljudske populacije, prekomjerno korištenje prirodnih resursa, različite vrste onečišćenja i degradacije kopnenih i vodenih ekosustava, modifikacije riječnog toka te unos invazivnih vrsta, uvelike je oštetilo mnoge europske slatkovodne ekosustave i zajednice koje ih naseljavaju, uključujući i zajednice vodencvjetova (Brittain 1982; Tierno de Figueroa i sur. 2013; Thorp 2014). Zbog široke rasprostranjenosti, važnosti u vodenim hranidbenim lancima, te osjetljivosti mnogih vrsta na različita onečišćenja u njihovom okolišu, vodencvjetovi se diljem svijeta koriste kao indikatori kvalitete vode (Brittain 1982; Elliot i sur. 1988).

Vrlo se mali broj vrsta vodencvjetova nalazi na IUCN-ovom crvenom popisu ugroženih vrsta. No, to nije pokazatelj dobrog stanja njihovih populacija, već nedovoljne istraženosti ekologije pojedinih vrsta. Crvena lista njemačke faune (Malzacher i sur. 1998) se primjerice sastoji od puno većeg broja vodencvjetova najvjerojatnije jer su njihovi ekološki zahtjevi bolje poznati nego na većini ostalih područja. Najveći i jedan od najosjetljivijih vodencvjetova Europe, *Palingenia longicauda* (Olivier 1791), dodan je Konvenciji o zaštiti europskih divljih



vrsta i prirodnih staništa (Bernska konvencija). Vrsta je u prošlosti bila raširena po velikim rijekama cijele Europe, dok je sada ograničena samo na područje rijeke Tise u Mađarskoj. S obzirom na već spomenute prijetnje slatkovodnim ekosustavima, veliki broj vrsta bi se trebao dodati postojećem popisu (Barber-James i sur. 2008).

### **1.5. Krš i krška slatkovodna staništa**

Krš je skup reljefnih oblika koji nastaju fizičkim i kemijskim djelovanjem vode, odnosno otapanjem i odnošenjem otopljenih tvari iz topivog stijenskog masiva sastavljenog od karbonatnih stijena, najčešće vapnenca ili dolomita (Bonacci 1987). Uz otapanje, važni čimbenici u oblikovanju krškog reljefa su tektonika i mehanički procesi, te klima, pedološke i vegetacijske značajke područja (Vlahović 2010). Krška staništa karakterizirana su i vrlo kompleksnom hidrogeološkom mrežom, u kojoj se više vode nalazi u podzemnoj hidrogeografskoj mreži nego u površinskoj, te su i površinski vodotoci relativno rijetki (Vlahović 2010; Juračić 2012).

Površina te osobito podzemlje krša pružaju čitav niz staništa u kojima se odvijaju različiti kemijski i biološki procesi. Zbog specifične hidrologije i morfologije tla te utjecaja čovjeka, krški ekosustavi su ugroženi te u njima nalazimo velik broj rijetkih i ugroženih vrsta (Bonacci i sur. 2008; Bonacci 2009). Vrlo često je zabilježena i prisutnost diskontinuiranih životinjskih populacija s filogenetski starim predstavnicima, što je posljedica geografske izolacije, nadmorske visine i klimatskih značajki (Mohammed 2002). Najčešće prijetnje ovim ekosustavima su dezertifikacija, masivno onečišćenje podzemnih voda, požari, poplave i suše (Bonacci 2009). Osim što su staništa različitim slatkovodnim organizmima, krška vodena staništa su važan izvor pitke vode, važni su u navodnjavanju poljoprivrednih površina i općenito opskrbi vodom (Mohammed 2002).

Dinarski krš je karakterističan tip krajolika koji se proteže preko Dinarskog gorja. Predstavlja područje dugačko preko 650 km i široko do 150 km, i jedno je od najvećih kontinuiranih krških područja Europe. Proteže se u smjeru sjeverozapad-jugoistok, od rijeke Soče u Italiji, preko Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Crne Gore i dijela jugozapadne Srbije, do sjeverozapadne Albanije. Pored njegove raznolike geologije i morfologije, hidrologija dinarskog krša je jedan od njegovih najvažnijih, najosebujnijih i najprepoznatljivijih elemenata (Mihevc i sur. 2010).

Izvori su mjesta izlaza podzemne vode na površinu zemlje koji predstavljaju početne dijelove potočnih i riječnih tokova (Vlahović 2010). Krški izvori stoga predstavljaju kombinaciju staništa površinskih izvorišnih potoka i podzemnih krških voda, što ih čini jednim od najzanimljivijih krških staništa (Matoničkin i Pavletić 1964). Velik broj izvora tijekom godine ima uglavnom ujednačene i stabilne fizikalno-kemijske parametre. Tako je prosječna temperatura vode izvora najčešće jednaka prosječnoj godišnjoj temperaturi zraka područja gdje se izvor nalazi (van der Kamp 1995). Izvori se pojavljuju u tri osnovna morfološka oblika, kao reokreni, limnokreni i helokreni. Reokreni izvori su izvori sa jakim prozračivanjem vode i stjenovitom podlogom, koji izbijaju na površinu iz podzemlja pod pritiskom, neposredno tvoreći potok. Limnokreni izvori su izvori iz kojih voda teče iz velike duboke depresije. Stvara se ujezerenje u udubini u koju neprestano ulazi izvorišna voda. Helokreni izvori su procjedni, zamočvareni izvori kod kojih se voda može difuzno procjeđivati kroz tlo, šljunak ili propusnu stijenu, tvoreći šire zamočvareno područje, bez jasnih granica gdje voda izvire (URL 1). Izvori su izrazito osjetljiva staništa iz više razloga, većinom zbog malene površine, uske povezanosti s bilo kakvim narušavanjem obalne zone (naročito otklanjanjem obalne vegetacije), utjecaja sedimentacije ili pritoka većih količina hranjivih tvari (Cantonati i sur. 2006).

## 1.6. Ciljevi rada

Ciljevi ovog diplomskog rada su utvrditi:

- sastav (brojnost jedinki i vrsta) i strukturu (trofičku i longitudinalnu) zajednice vodencvjetova na pojedinim mikrostaništima
- koja mikrostaništa (uključujući supstrat te brzinu i dubinu vode) preferiraju zabilježene vrste vodencvjetova
- životni ciklus zabilježenih vrsta vodencvjetova na istraživanom krškom izvoru

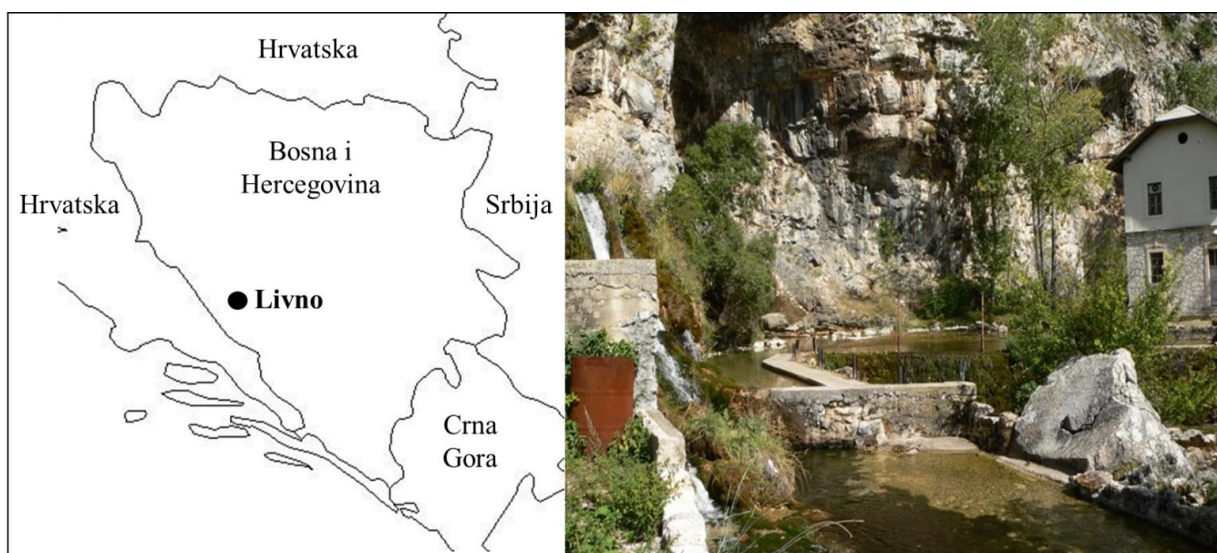
## 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je provedeno na izvoru rijeke Bistrice između rujna 2007. i kolovoza 2008. godine.

### 2.1. Geografski položaj i hidrogeografske značajke izvora rijeke Bistrice

Rijeka Bistrica je tipična krška rijeka. Dugačka je 3 km, od čega 1 km prolazi kroz grad Livno, dok se ostala 2 km protežu u smjeru jugozapada u Livanjsko polje, najveće polje Dinarskog krša. Rijeka Bistrica izvire iz krške pukotine (reokreni izvor) oblikujući ujezerenje. Izvor se nalazi u gradu Livnu, smještenom u jugozapadnom dijelu Bosne i Hercegovine (N 43°49'55,76"; E 17°00'31,21", 777 m.n.v.), na obroncima brda Bašajkovac. Djelomično je okružen kućama i betonskom obalom (Slika 5).

Voda u izvor dolazi kroz tri špilje: Dizdareva pećina, Mali Dum i Veliki Dum (Malez 1963; Magdalenić 1971), no još uvijek nije točno utvrđeno odakle točno na izvor dolazi voda (Božičević i Papeš 1964/65). Poznato je jedino da dolazi iz dva smjera, iz jugoistoka te sjeverozapada, najvjerojatnije s relativno malene površine jer su velika kolebanja u količini vode koja se nakon obilnih oborina zamuti.



Slika 5. Lokacija istraživanja: Izvor rijeke Bistrice u gradu Livno u Bosni i Hercegovini.

## 2.2. Klimatska obilježja izvora rijeke Bistrice

Područje grada Livna, smještenog u Bosni i Hercegovini, se nalazi na prijelazu iz submediteranske klimatske zone u umjereno kontinentalnu. Obilježja ove klime su hladna i vlažna proljeća, suha i topla ljeta, umjereno tople i kišovite jeseni te hladne i snježne zime. Utjecaj mediteranske klime znatno je umanjen planinskim masivima Dinare i Kamešnice, ali i relativno velikom nadmorskom visinom (URL 2, URL 3).

Srednja mjesečna temperatura zraka u gradu Livnu je u svim mjesecima iznad 0 °C. Prema podacima Federalnog hidrometeorološkog zavoda iz 2007. godine, srednja godišnja temperatura za Livno iznosila je 10,4 °C. Srednja godišnja minimalna temperatura zraka u Livnu bila je 4,2 °C, dok je srednja maksimalna bila 17,1 °C. Najhladniji mjesec bio je siječanj (prosječne temperature od 3,3 °C), a najtopliji srpanj (prosječne temperature od 21,5 °C). Prosječna godišnja količina padalina za 2007. godinu iznosi 1090,7 mm. U zimskim mjesecima česta su pojava i snježne padaline (FHMZ BIH 2013).

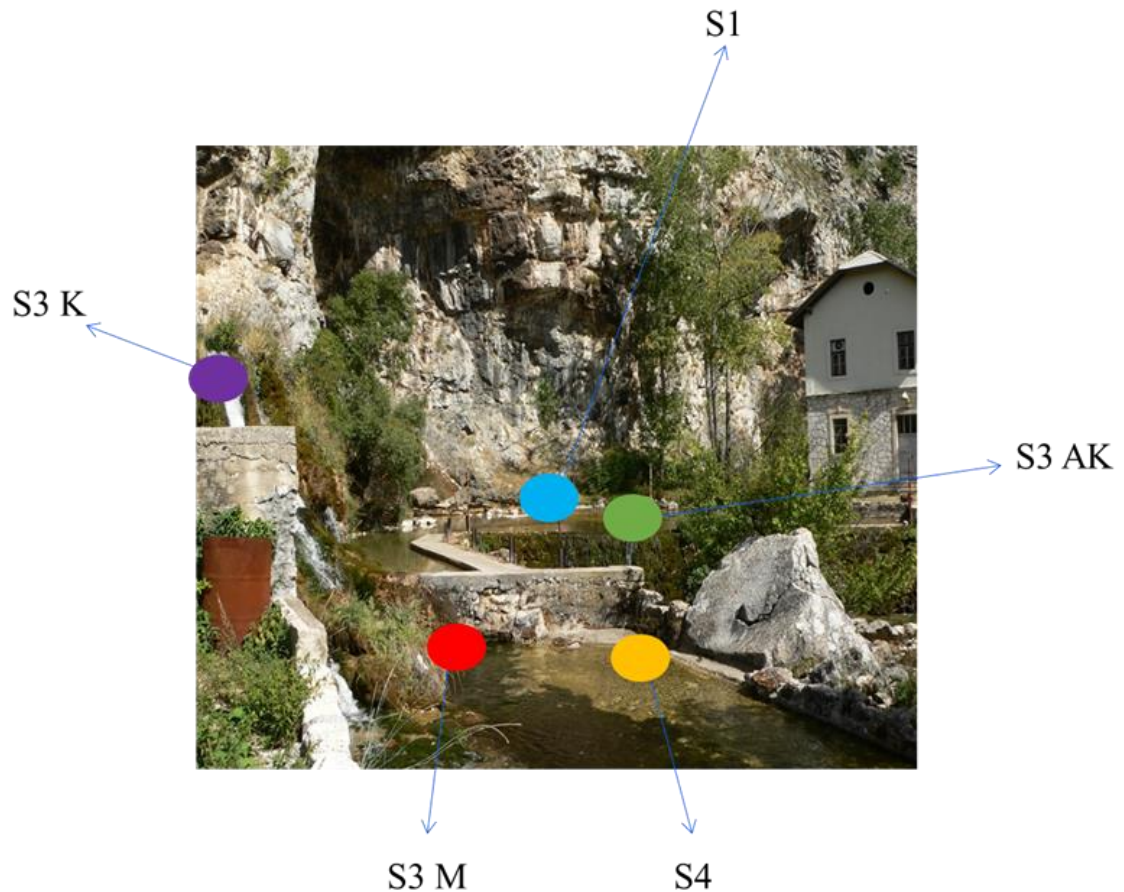
Na rijeci Bistrici su tijekom godine karakteristična velika kolebanja u maksimalnim protocima vode (između 0,25 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> i 20 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>) pa je dubina vode u koritu rijeke Bistrice ljeti veoma mala, dok se naglo poveća dolaskom jeseni i obilnih kiša (Magdalenić 1971). Ta kolebanja nisu tako izražena na samom izvoru.

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Uzorkovanje vodencvjetova

Ličinke vodencvjetova su, zajedno sa ostalim bentičkim makrobekralježnjacima, sakupljane jednom mjesečno na 5 mikrostaništa: valutice-mikrolital (S1), mlin mahovina (S3 M), austrijska kuća mahovina (S3 AK), kanal mahovina (S3 K) i šljunak/pijesak-akal (S4) (Slika 6). Mlin mahovina (S3 M) je bilo mikrostanište s mahovinom na makrolitalu, kanal mahovina (S3 K) je bio najslučniji tehnolitalu, s betonskom podlogom na kojoj su se bogato razvile mahovine unutar umjetno napravljenog kanala širine oko 40 cm, dok su mikrostanište austrijska kuća mahovina (S3 AK) sačinjavale valutice obrasle mahovinom (mezolital). Na Izvoru rijeke Bistrice ukupno su utvrđene dvije vrste mahovina; na mikrostaništima M S3 i AK S3 obje vrste, *Cinclidotus aquaticus* (Hedw.) Bruch & Schimp i *Platyhypnidium riparioides* Hedw, dok je na K S3 zabilježena samo jedna vrsta (*Cinclidotus aquaticus* (Hedw.) Bruch & Schimp) (Mičetić Stanković 2012).

Uzorci su sakupljeni pomoću Surberovih mreža (površine 14x14 na S3 K, te površine 25x25 na svim ostalim mikrostaništima). Uzorci su konzervirani u 80 %-tnom etanolu te prekonzervirani u laboratoriju.



Slika 6. Istraživana mikrostaništa na izvoru rijeke Bistrice. (S1 - valutice-mikrolital, S3 M - mlin mahovina, S3 AK - austrijska kuća mahovina, S3 K - kanal mahovina, S4 - šljunak i pijesak-akal)

### 3.2. Mjerenje fizikalno-kemijskih obilježja područja istraživanja

Prilikom svakog uzorkovanja, mjerena su sljedeća fizikalno-kemijska obilježja vode: pH-vrijednost (pomoću pH-metra WTW ph 330), količina kisika, zasićenje kisikom te temperatura vode (pomoću oksimetra WTW Oxi 330/SET), električna vodljivost vode (pomoću konduktometra WTW LF 330), količina vezanog  $\text{CO}_2$  u vodi ili alkalinitet (titracijom s 0,1 M kloridnom kiselinom uz metil-orange kao indikator, a izražavana je u  $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$  i njemačkim stupnjevima tvrdoće ( $\text{d}^\circ\text{H}$ )), brzina strujanja vode (pomoću brzinomjera P-670-M), dubina stupca vode (ručnom mjerkom), te hranjive tvari: koncentracija amonijevih iona u vodi prema metodi HRN ISO 70-3:1998; koncentracija ortofosfata prema metodi HRN ISO 6878:2001 i koncentracija nitratnih iona u vodi prema metodi HRN ISO 7890-3:2001.

Dubina vode i brzina strujanja vode na svakoj istraživanoj postaji mjereni su posebno za svako mikrostanište, za razliku od ostalih fizikalno-kemijskih pokazatelja vode.

Tipovi supstrata određeni su prema Wentworth-ovoj podjeli (1922).

### 3.3. Determinacija vodencvjetova

Obrada sakupljenih uzoraka temeljila se na odvajanju različitih skupina makrobekralježnjaka i različitih redova kukaca iz uzoraka. Potom su jedinke vodencvjetova determinirane pomoću sljedećih determinacijskih ključeva: Müller-Liebenau (1969), Jacob (1974) te Bauernfeind i Humpesch (2001). Determinacija je izvršena na stereolupi (Stemi 2000-C, Carl-Zeiss) i svjetlosnom mikroskopu (Carl-Zeiss). Nakon determinacije, jedinke pojedinih vrsta su izmjerene pomoću skale za mjerenje na stereolupi. Mjerena je duljina tijela bez ticala i cerka. Ličinke su svrstane u veličinske kategorije od 1 mm (Tablica 1).

Tablica 1. Veličine jedinki ličinki vodencvjetova u milimetrima (mm) za pojedinu kategoriju.

Veličina (mm)	Veličinska kategorija
0,00 - 0,99	A
1,00 - 1,99	B
2,00 - 2,99	C
3,00 - 3,99	D
4,00 - 4,99	E
5,00 - 5,99	F
6,00 - 6,99	G
7,00 - 7,99	H
8,00 - 8,99	I
9,00 - 9,99	J

### 3.4. Statistička obrada podataka

Tablični i grafički prikazi izrađeni su u programu Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corporation 2007). Statističke analize izrađene su u programima Statistica (Statsoft Inc. Tulsa, PC-ord-ver. 5.0) i Primer 6 softverski paket (Clarke i Gorley 2006).

Razlike u brzini i dubini vode između pojedinih mikrostaništa izvora rijeke Bistrice utvrđene su pomoću analize varijance (ANOVA) sa *post-hoc* Tukey HSD testom.

Analizom nemetričkog multidimenzionalnog skaliranja (NMDS - eng. „non-metric multidimensional scaling analysis“) određena je značajnost razlika u sastavu zajednica vodencvjetova na istraživanim mikrostaništima izvora rijeke Bistrice. NMDS analiza sličnosti provedena je na temelju Bray-Curtisovog indeksa sličnosti (Bray i Curtis 1957) kojim se izražava faunistička sličnost zajednica.

Analiza trofičke strukture zajednice provedena je prema Moog i sur. (2010) u kombinaciji sa Bauernfeind i Soldán (2012), odnosno izračunata prema formuli:

$$R = \sum \frac{n_i}{h}$$

gdje je:

$R$  - udio vodencvjetova određene funkcionalne skupine na mikrostaništu

$n_i$  - broj jedinki vrste  $i$  koja pripada određenoj funkcionalnoj skupini

$h$  - ukupan broj jedinki na mikrostaništu.

Analiza longitudinalne distribucije zajednice također je provedena prema Moog i sur. (2010) u kombinaciji sa Bauernfeind i Soldán (2012), a udio pojedine skupine u zajednici izračunat je prema formuli:

$$R = \sum \frac{n_i}{h}$$

gdje je:

$R$  - udio jedinki koje preferiraju određeni dio toka

$n_i$  - broj jedinki vrste koja preferira određeni dio toka

$h$  - ukupan broj jedinki na mikrostaništu.



Kruskal-Wallisova analiza varijance je neparametrijska statistička metoda korištena kako bi se utvrdilo postoji li preferencija zajednice i preferencija pojedinih vrsta vodencvjetova za određenim tipom supstrata na istraživanim mikrostaništima. Računa se prema sljedećoj formuli:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n+1)$$

gdje je:

$n$  - ukupan broj opažanja

$n_i$  - broj opažanja u jednom uzorku

$R_i$  - suma rangova u jednom uzorku.

Spearmanov indeks korelacije korišten je kako bi se utvrdila povezanost zajednice vodencvjetova (abundancije i brojnosti vrsta) sa dubinom i brzinom strujanja vode na istraživanim mikrostaništima. Spearmanov indeks korelacije korišten je i za utvrđivanje povezanosti pojedinih vrsta sa brzinom i dubinom vode. Računa se prema sljedećoj formuli:

$$r_s = 1 - 6 \sum_{i=1}^n \frac{d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

gdje je:

$n$  - broj različitih serija

$d_i$  - razlika vrijednosti rangova dvije promatrane varijable.

## 4. REZULTATI

### 4.1. Fizikalno-kemijski čimbenici na izvoru rijeke Bistrice

U Tablici 2 su prikazane mjesečne vrijednosti izmjerenih fizikalno-kemijskih čimbenika vode na izvoru rijeke Bistrice. S obzirom da su brzina i dubina vode mjerene na svakom mikrostaništu, njihove vrijednosti su prikazane zasebno u Tablici 3.

Prosječna temperatura vode na Izvoru rijeke Bistrice iznosila je 8,2 °C. Tijekom razdoblja istraživanja kolebanja u temperaturi su bila mala, s najvećom promjenom od 1 °C. Prosječna koncentracija otopljenog kisika u vodi bila je 11,91 mg L<sup>-1</sup>, dok je prosječna vrijednost zasićenja vode kisikom iznosila 108,1 %. Najniže vrijednosti oba parametra izmjerene su u kolovozu 2008. (10,7 mg L<sup>-1</sup>; 94,2 %), a najviše u veljači iste godine (13,45 mg L<sup>-1</sup>; 139,2 %). Prosječna pH-vrijednost vode iznosila je 7,98. Najniža vrijednost zabilježena je tijekom svibnja (7,00), a najviša tijekom srpnja (8,62). Električna vodljivost vode se kretala od 327 μS cm<sup>-1</sup> (travanj 2008.) do 380 μS cm<sup>-1</sup> (kolovoz 2008.), sa prosječnom vrijednosti koja je iznosila 356,2 μS cm<sup>-1</sup>. Središnja vrijednost alkaliniteta je iznosila 180,2 mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>, dok je najmanja vrijednost zabilježena u svibnju 2008. (155,1 mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>), a najviša u rujnu 2007. (205,2 mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>). Tijekom cijelog perioda istraživanja, zabilježena je mala oscilacija koncentracije amonijevih iona, prosječne vrijednosti 0,01 mg N L<sup>-1</sup>. Tako je šest mjeseci istraživanja koncentracija iznosila 0,005 mg N L<sup>-1</sup>, dok je najviša vrijednost izmjerena u dva navrata (veljača i travanj) i iznosila je 0,02 mg N L<sup>-1</sup>. Prosječna vrijednost koncentracije nitratnih iona u vodi je iznosila 0,44 mg N L<sup>-1</sup>. Vrijednosti koncentracije nitratnih iona u vodi su se kretale od najnižih 0,36 mg N L<sup>-1</sup> u kolovozu 2008. do najviših 0,61 mg N L<sup>-1</sup> u svibnju i lipnju 2008. Koncentracija ortofosfata u vodi tijekom svih 12 mjeseci istraživanja je iznosila 0,005 mg P L<sup>-1</sup>.

Tablica 2. Prikaz fizikalno-kemijskih čimbenika vode na izvoru rijeke Bistrice u razdoblju od rujna 2007. do kolovoza 2008. (T (°C) - temperature vode, O<sub>2</sub> (mg L<sup>-1</sup>) - koncentracija otopljenog kisika u vodi, O<sub>2</sub> (%) - zasićenje vode kisikom, pH - pH-vrijednost vode, P (μS cm<sup>-1</sup>) - električna vodljivost vode, Al (mg L<sup>-1</sup>) - alkalinitet vode, NO<sub>3</sub>-N (mg L<sup>-1</sup>) - koncentracija nitratnih iona, NH<sub>4</sub> (mg L<sup>-1</sup>) - koncentracija amonijevih iona, PO<sub>3</sub> (mg L<sup>-1</sup>) - koncentracija ortofosfata).

Abiotički čimbenik / mjesec	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
T (°C)	8,8	8,3	7,9	8,0	8,0	8,1	8,0	8,1	9,0	8,2	8,0	8,4
O <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	12,11	12,45	11,18	11,24	10,98	13,45	11,22	12,57	12,30	11,48	13,24	10,70
O <sub>2</sub> (%)	107,6	110,7	97,2	98,0	114,0	139,2	100,5	109,9	105,7	100,6	119,6	94,2
pH	8,23	7,57	7,86	7,36	8,21	8,09	8,19	8,34	7,00	7,85	8,62	8,53
P (μS cm <sup>-1</sup> )	368	342	337	365	357	355	357	327	358	360	369	380
Al (mg L <sup>-1</sup> )	205,2	195,2	180,2	185,2	175,2	180,2	175,2	185,2	155,1	160,1	195,2	175,2
NO <sub>3</sub> -N (mg L <sup>-1</sup> )	0,15	0,42	0,48	0,60	0,60	0,42	0,59	0,37	0,61	0,61	0,13	0,36
NH <sub>4</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,020	0,015	0,020	0,017	0,017	0,005	0,012
PO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

Tablica 3. Prikaz brzine (v (cm s<sup>-1</sup>) i dubine (d (cm)) vode na istraživanim mikrostaništima izvora rijeke Bistrice u razdoblju od rujna 2007. do kolovoza 2008. (S1 - valutice, S3 M - mahovina na većem kamenju, S3 AK - mahovina na oblucima, S3 K - mahovina u kanalu, S4 - šljunak/pijesak).

Mikrostanište	Abiotički čimbenik / mjesec	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
S1	v (cm s <sup>-1</sup> )	19	3	3	7	18	12	15	34	5	2	14	6
	d (cm)	21	25	30	26	25	35	33	35	27	36	34	30
S3 M	v (cm s <sup>-1</sup> )	14	39	8	16	58	42	35	8	70	51	19	35
	d (cm)	17	25	15	14	23	25	20	16	21	20	19	12
S3 AK	v (cm s <sup>-1</sup> )	34	27	81	28	48	40	42	55	37	33	22	41
	d (cm)	11	13	13	3	7	12	13	15	5	7	11	9
S3 K	v (cm s <sup>-1</sup> )	53	130	14	128	149	99	95	87	132	109	66	79
	d (cm)	13	30	17	13	24	25	20	17	29	25	22	15
S4	v (cm s <sup>-1</sup> )	11	24	1	3	1	12	10	4	3	2	1	4
	d (cm)	21	26	15	15	20	20	20	16	22,5	25	23	18

Razlike brzine i dubine vode između pojedinih mikrostaništa utvrđene su pomoću analize varijance (ANOVA) sa *post-hoc* Tukey HSD testom. Analiza je pokazala kako su

razlike brzina i dubina vode između pojedinih mikrostaništa statistički značajne ( $p < 0,05$ ). (Tablica 4).

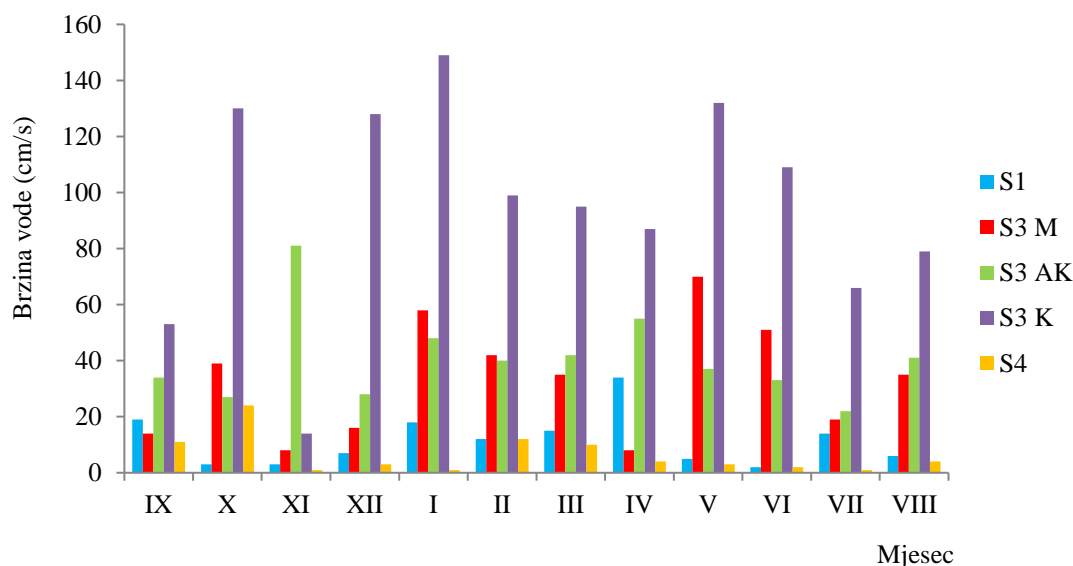
Tablica 4. Rezultati ANOVA analize razlika brzine i dubine vode između pojedinih mikrostaništa (značajne vrijednosti su prikazane masnim slovima).

	MS	F	df	p
Brzina vode	3,42	30,15	4,56	<b>&lt; 0,001</b>
Dubina vode	0,41	25,27	4,56	<b>&lt; 0,001</b>

Za brzinu vode, *post-hoc* Tukey HSD test utvrdio je razlike između sljedećih mikrostaništa:

- S1 i sljedećih mikrostaništa: S3 M ( $p < 0,01$ ), S3 AK ( $p < 0,001$ ) i S3 K ( $p < 0,001$ )
- S3 M i S3 K ( $p < 0,01$ )
- S4 i sljedećih mikrostaništa: S3 M ( $p < 0,001$ ), S3 AK ( $p < 0,001$ ) i S3 K ( $p < 0,001$ )

Najveća brzina vode izmjerena je na mikrostaništu sa mahovinom u kanalu, gdje najveća vrijednost brzine vode iznosi  $149 \text{ cm s}^{-1}$ . Najmanja brzina vode izmjerena je na mikrostaništu sa mješavinom šljunka i pijeska, gdje najmanja vrijednost brzine vode iznosi  $1 \text{ cm s}^{-1}$  (Slika 7).

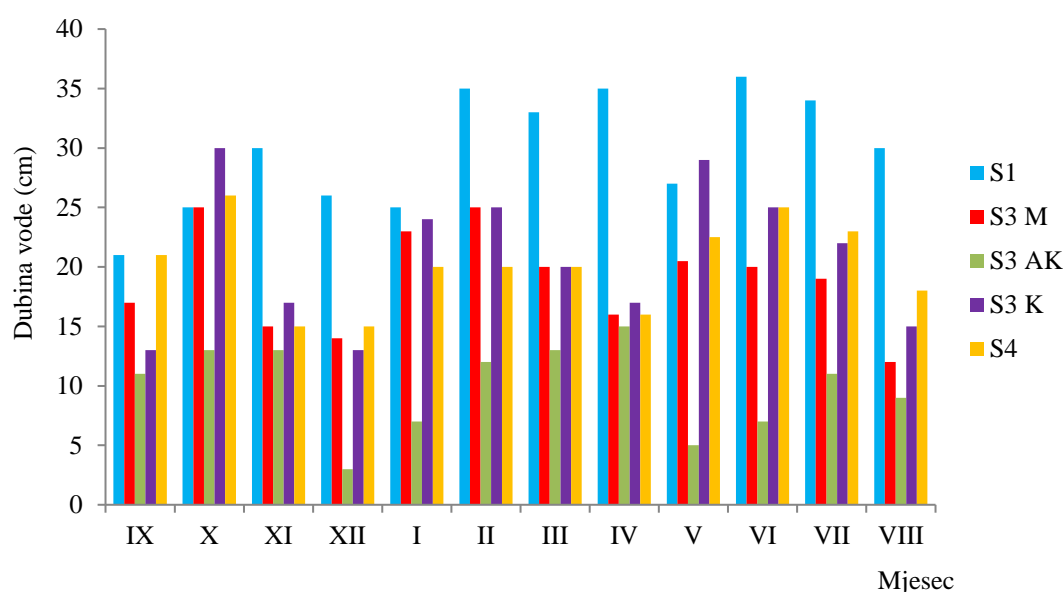


Slika 7. Brzina vode na pojedinim mikrostaništima izvora rijeke Bistrice u razdoblju od rujna 2007. do kolovoza 2008. (S1 - valutice, S3 M - mahovina na većem kamenju, S3 AK - mahovina na oblucima, S3 K - mahovina u kanalu, S4 - šljunak i pijesak).

Za dubinu vode, *post-hoc* Tukey HSD test utvrdio je razlike između sljedećih mikrostaništa:

- S1 i sljedećih mikrostaništa: S3 M ( $p < 0,01$ ), S3 AK ( $p < 0,001$ ), S3 K ( $p < 0,05$ ) i S4 ( $p < 0,05$ )
- S3 AK i sljedećih mikrostaništa: S3 M ( $p < 0,001$ ), S3 K ( $p < 0,001$ ), S4 ( $p < 0,001$ )

Najveća dubina vode izmjerena je na mikrostaništu sa valuticama, gdje najveća dubina vode iznosi 35 cm. Najmanja dubina vode izmjerena je na mikrostaništu sa mahovinom na oblucima, gdje najmanja vrijednost dubine vode iznosi 3 cm (Slika 8).



Slika 8. Dubina vode na pojedinim mikrostaništima izvora rijeke Bistrice u razdoblju od rujna 2007. do kolovoza 2008. (S1 - valutice, S3 M - mahovina na većem kamenju, S3 AK - mahovina na oblucima, S3 K - mahovina u kanalu, S4 - šljunak i pijesak).

## 4.2. Sistematika vodencvjetova

Tijekom istraživanja, sakupljeno je i obrađeno 4436 ličinki. Zabilježene su tri vrste: *Baetis alpinus* (Pictet, 1843) i *B. rhodani* (Pictet, 1843) iz porodice Baetidae, te *Rhithrogena braaschi* (Jacob, 1974) iz porodice Heptageniidae (Slika 9).



Slika 9. Vrste vodencvjetova zabilježene na izvoru rijeke Bistrice: a) *Baetis alpinus*, b) *Baetis rhodani*, c) *Rhithrogena braaschi* (Fotografirala M. Vilenica).

### 4.3. Rasprostranjenost i brojnost vodencvjetova

Sve tri vrste vodencvjetova su zabilježene na svim mikrostaništima, osim na mahovini u kanalu, na kojem nije zabilježena *Rh. braaschi* (Tablica 5).

Tablica 5. Vrste vodencvjetova na istraživanim mikrostaništima izvora rijeke Bistrice (S1 - valutice, S3 M - mahovina na većem kamenju, S3 AK - mahovina na oblucima, S3 K - mahovina u kanalu, S4 - šljunak i pijesak).

Vrsta/mikrostanište	S1	S3 M	S3 AK	S3 K	S4
<i>Baetis alpinus</i> (Pictet, 1843)	*	*	*	*	*
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1843)	*	*	*	*	*
<i>Rhithrogena braaschi</i> (Jacob, 1974)	*	*	*		*

Najveća gustoća populacije vodencvjetova zabilježena je na mikrostaništu sa mahovinom u kanalu i iznosi 93126 jedinki/m<sup>2</sup>, a najmanja na mikrostaništu sa mješavinom šljunka i pijeska gdje iznosi 4000 jedinki/m<sup>2</sup>.

Vrsta *B. alpinus* je zabilježena u najvećoj abundanciji na mahovini u kanalu (4381,8 jedinki/m<sup>2</sup>), vrsta *B. rhodani* na valuticama (200 jedinki/m<sup>2</sup>), a vrsta *Rh. braaschi* na mješavini šljunka i pijeska (166,7 jedinki/m<sup>2</sup>) (Tablica 6).

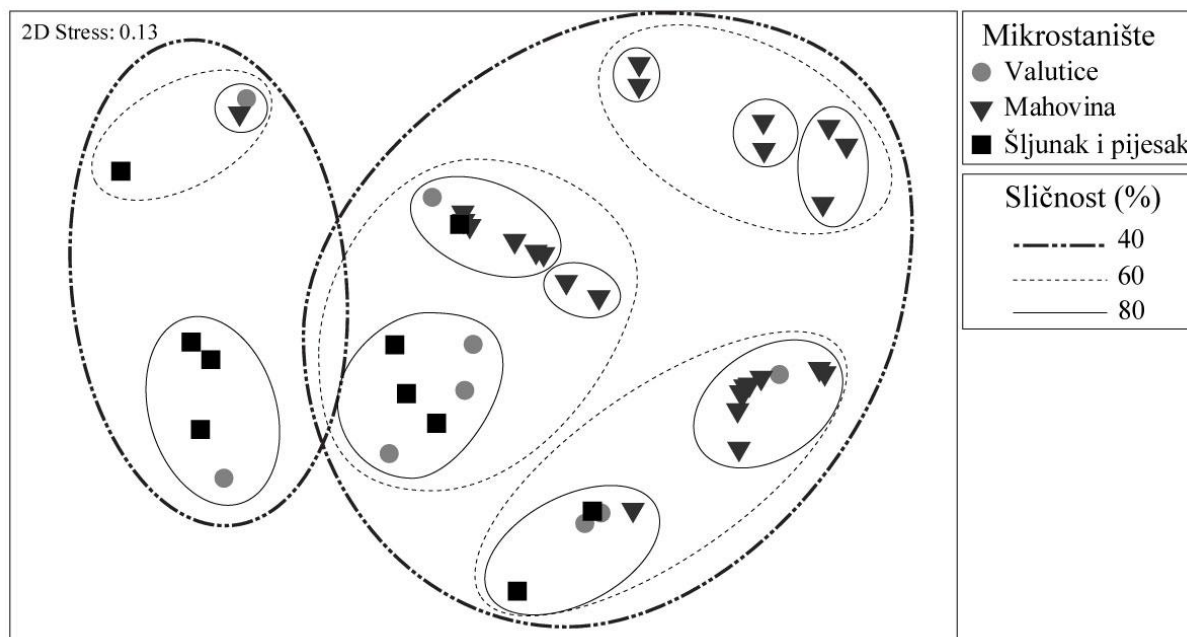
Na valuticama dominira vrsta *B. alpinus* koja je zastupljena sa 62,02 %. Vrsta *B. alpinus* dominantna je i na mahovini na većem kamenju sa 52,95 % te na mahovini u kanalu sa 56,46 %. Na mješavini šljunka i pijeska dominira vrsta *Rh. braaschi* sa 50,00 %. Na mahovini na oblucima izražena je dominantnost juvenilnih jedinki roda *Baetis*. Čak 64,03 % čine nedeterminirane juvenilne jedinice roda *Baetis*, dok je vrsta *B. alpinus* zastupljena sa 30,71 %, a *B. rhodani* sa 5,13 %.

Tablica 6. Zastupljenost pojedinih vrsta vodencvjetova na istraživanim mikrostraništima u razdoblju od rujna 2007. do kolovoza 2008. (S1 - valutice, S3 M - mahovina na većem kamenju, S3 AK - mahovina na oblucima, S3 K - mahovina u kanalu, S4 - šljunak i pijesak, N - brojnost jedinki, % - udio vrste u ukupnoj brojnosti zajednice).

Vrsta / Mikrostranište	S1 (N)	S1 %	S3 M (N)	S3 M %	S3 AK (N)	S3 AK %	S3 K (N)	S3 K %	S4 (N)	S4 %
<i>Baetis</i> sp. indet.	0,00	0,00	196,00	36,21	1365,00	64,03	3336,25	42,99	0,00	0,00
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1843)	200,00	21,33	56,00	10,35	109,33	5,13	42,50	0,55	94,67	28,39
<i>Baetis alpinus</i> (Pictet, 1843)	581,33	62,02	286,67	52,95	654,75	30,71	4381,75	56,46	72,00	21,59
<i>Rhithrogena braaschi</i> (Jacob, 1974)	156,00	16,64	2,67	0,49	2,67	0,13	0,00	0,00	166,67	50,00
Ukupno	937,33		541,34		2131,75		7760,50		333,34	

#### 4.4. Sastav i raznolikost zajednice vodencvjetova

NMDS analiza značajnosti razlika u sastavu zajednica vodencvjetova na valuticama, mahovini i mješavini šljunka i pjeska pokazuje kako se zajednice uglavnom ne razdvajaju prema tipu supstrata istraživanih mikrostraništa (Slika 10). Sličnost zajednice niti za jedno mikrostranište ne prelazi vrijednost od 60 %.

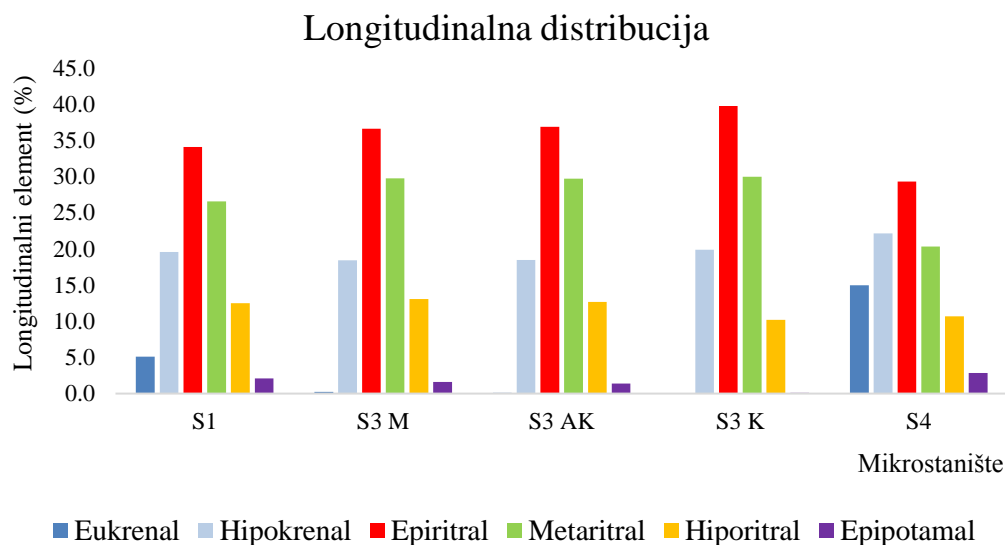


Slika 10. NMDS analiza značajnosti razlika u sastavu zajednica vodencvjetova na istraživanim mikrostaništima izvora rijeke Bistrice u razdoblju od rujna 2007. do kolovoza 2008. godine. Sličnost je izražena u postocima.

#### 4.5. Struktura zajednice vodencvjetova

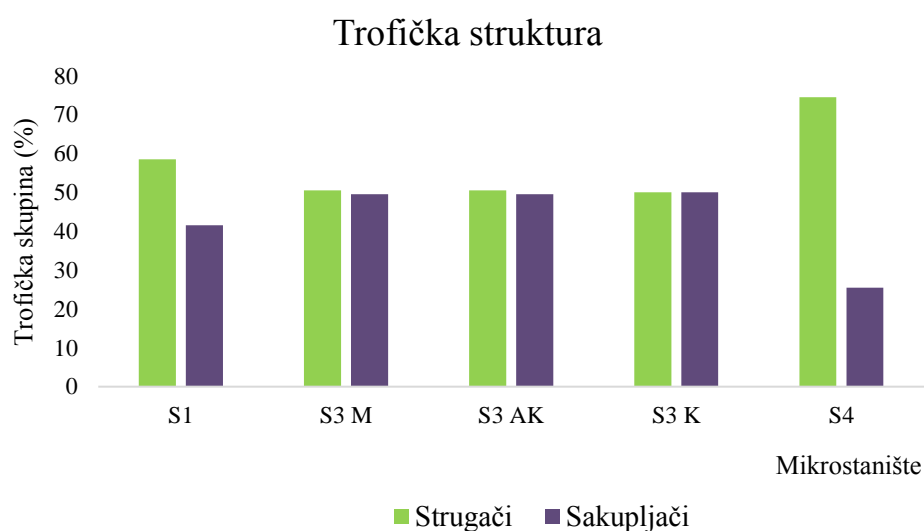
Na svim mikrostaništima izvora rijeke Bistrice nalazimo vrste koje preferiraju gornje i središnje dijelove toka, dok je udio vrsta koje naseljavaju donje dijelove riječnog toka najmanje zastupljen. Tako je na svim mikrostaništima zabilježena dominacija ritralnih elemenata. Mikrostanište sa valuticama te mikrostanište sa mješavinom šljunka i pijeska imaju nešto veći udio krenalnog elementa od mikrostaništa sa mahovinom (Slika 11).





Slika 11. Longitudinalna distribucija vodencvjetova na mikrostaništima izvora rijeke Bistrice (S1 - valutice, S3 M - mahovina na većem kamenju, S3 AK - mahovina na oblucima, S3 K - mahovina u kanalu, S4 - šljunak i pijesak).

U zajednici vodencvjetova na izvoru rijeke Bistrice podjednako su zastupljeni strugači i sakupljači (oko 50 %), sa nešto većim udjelom strugača na anorganskom supstratu (58,5 % na mikrostaništu sa valuticama i 74,5 % na mikrostaništu sa mješavinom šljunka i pijeska) (Slika 12).

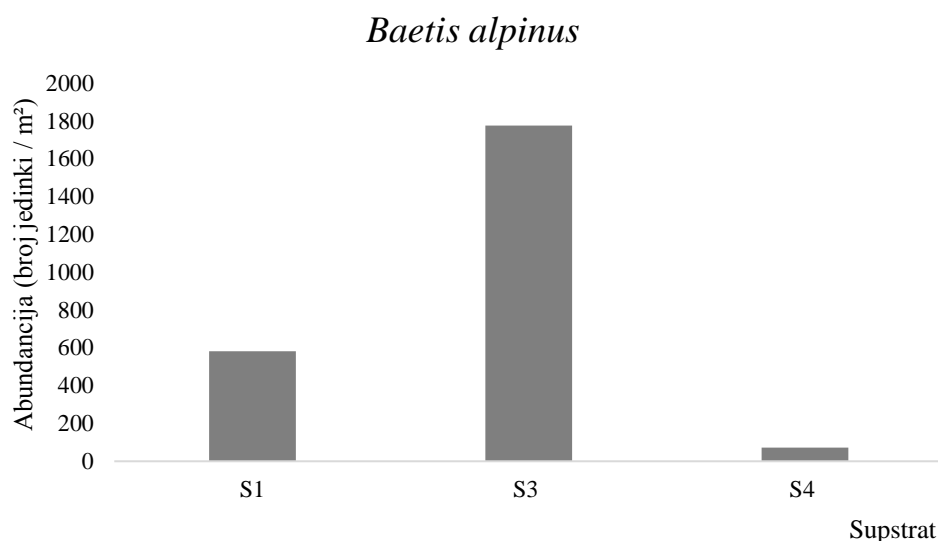


Slika 12. Udio pojedinih funkcionalnih skupina u zajednici vodencvjetova na mikrostaništima izvora rijeke Bistrice (S1 - valutice, S3 M - mahovina na većem kamenju, S3 AK - mahovina na oblucima, S3 K - mahovina u kanalu, S4 - šljunak i pijesak).

#### 4.6. Vodencvjetovi i izbor mikrostaništa

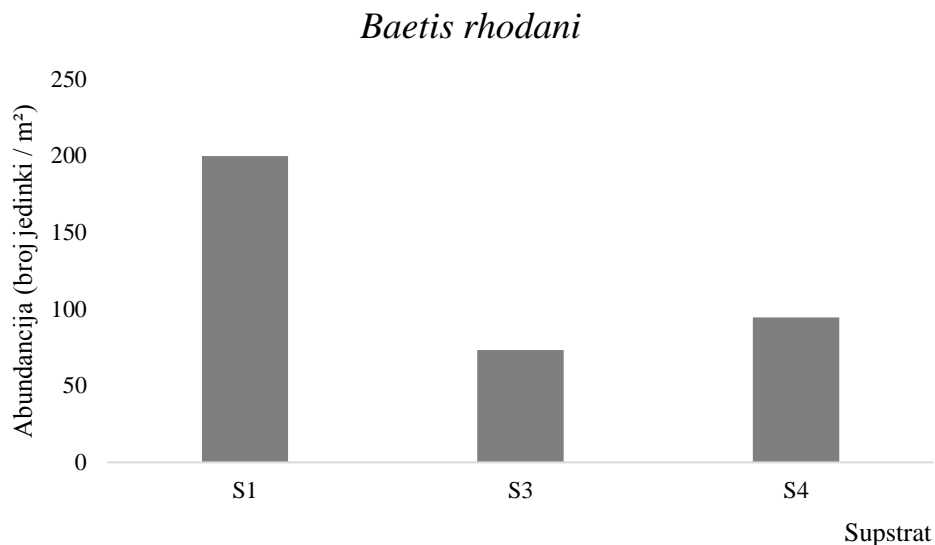
Zajednica vodencvjetova nije se značajno razlikovala na različitim supstratima istraživanih mikrostaništa. Kruskal-Wallisova analiza varijance pokazala je kako nema značajne razlike niti u abundanciji ( $H(2, N=36) = 3.89, p > 0.05$ ) niti u broju svojti ( $H(2, N=36) = 3.89, p > 0.05$ ) vodencvjetova između istraživanih mikrostaništa.

Kruskal-Wallisova analiza varijance s višestrukim usporedbama srednjih vrijednosti rangova pokazala je značajnu razliku između mikrostaništa sa mahovinom i mikrostaništem sa mješavinom šljunka i pijeska obzirom na brojnost vrste *B. alpinus* ( $H(2, N = 36) = 7.53, p < 0.05$ ), gdje je najveća brojnost jedinki zabilježena na mahovini, a najmanja na mikrostaništu na šljunku i pijesku (Slika 16).



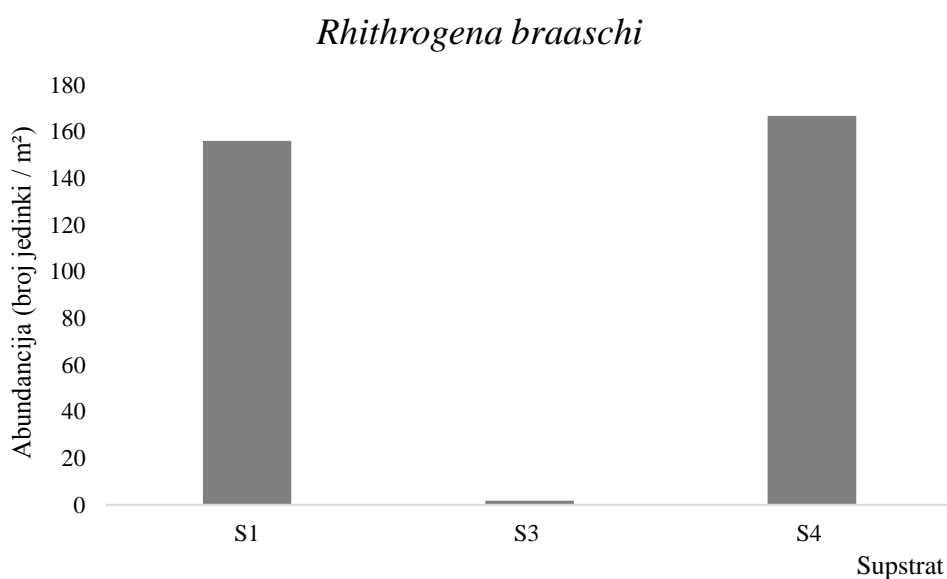
Slika 16. Brojnost jedinki vrste *Baetis alpinus* na mikrostaništima izvora rijeke Bistrice (S1 - valutice, S3 - mahovina, S4 - šljunak i pijesak).

Kruskal-Wallisova analiza varijance nije zabilježila značajnu razliku u abundanciji vrste *B. rhodani* između različitih supstrata istraživanih mikrostaništa ( $H(2, N = 36) = 0.73, p > 0.05$ ). No, na Slici 17 možemo vidjeti da je brojnost jedinki nešto veća na mikrostaništu sa valuticama.



Slika 17. Brojnost jedinki vrste *Baetis rhodani* na mikrostaništima izvora rijeke Bistrice (S1 - valutice, S3 - mahovina, S4 - šljunak i pijesak).

Kruskal-Wallisova analiza varijance pokazala je da postoji značajna razlika u brojnosti jedinki vrste *Rh. braaschi* na različitim mikrostaništima, ali analiza višestrukih usporedbi srednjih vrijednosti rangova nije mogla odrediti između kojih mikrostaništa te razlike postoje. Na Slici 18 možemo vidjeti da je brojnost jedinki puno veća na anorganskom supstratu, dok je na mikrostaništima sa mahovinom vrlo mala.



Slika 18. Brojnost jedinki vrste *Rhithrogena braaschi* na mikrostaništima izvora rijeke Bistrice (S1 - valutice, S3 - mahovina, S4 - šljunak i pijesak).

Spearmanov indeks korelacije pokazao je značajnu negativnu korelaciju broja svojti vodencvjetova i brzine vode ( $p < 0,05$ , Tablica 7). Korelacije abundancije sa brzinom vode, kao i korelacije cijele zajednice vodencvjetova (abundancije, brojnosti svojti) sa dubinom vode, nisu bile značajne ( $p > 0,05$ , Tablica 7).

Tablica 7. Spearmanov indeks korelacije zajednice vodencvjetova sa dubinom i brzinom strujanja vode na mikrostaništima izvora rijeke Bistrice (značajne vrijednosti su prikazane masnim slovima).

Zajednica vodencvjetova	Brzina vode		Dubina vode	
	R	p	R	p
Abundancija (N)	0,21	$> 0,05$	- 0,03	$> 0,05$
Brojnost svojti (S)	- 0,29	<b><math>&lt; 0,05</math></b>	0,03	$> 0,05$

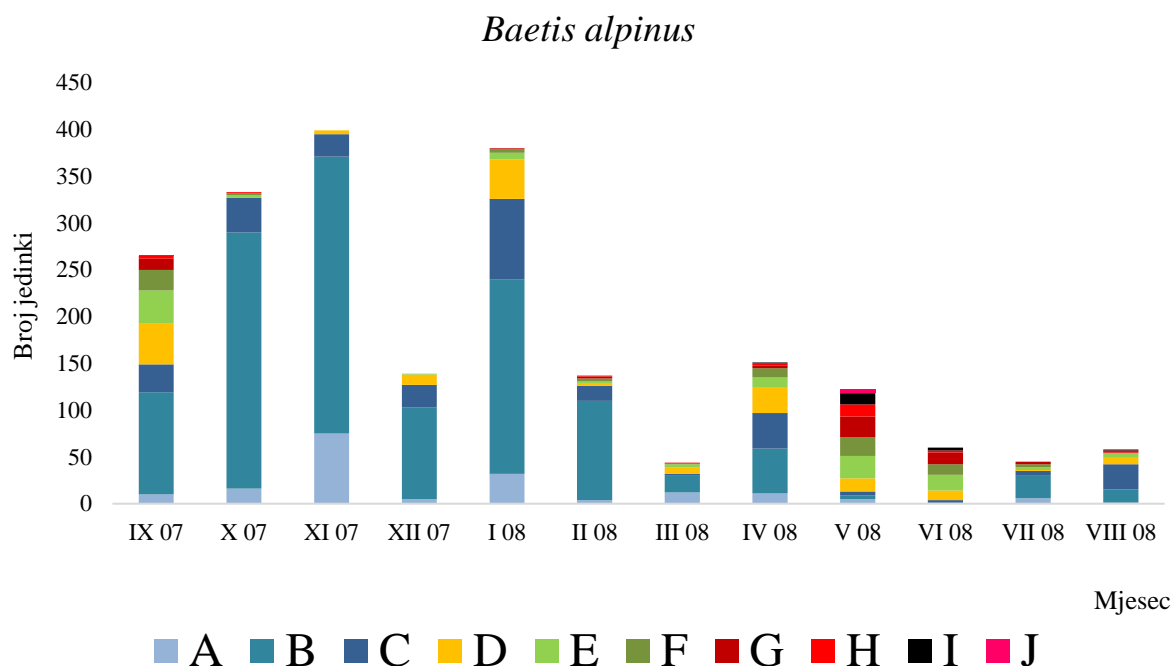
Spearmanov indeks korelacije pokazao je značajnu pozitivnu korelaciju vrste *B. alpinus* sa brzinom vode te vrste *Rh. braaschi* sa dubinom vode, kao i negativnu korelaciju vrsta *B. rhodani* i *Rh. braaschi* sa brzinom vode ( $p < 0,05$ , Tablica 8). Korelacije vrsta *B. alpinus* i *B. rhodani* sa dubinom vode nisu bile značajne ( $p > 0,05$ , Tablica 8).

Tablica 8. Spearmanov indeks korelacije pojedinih vrsta vodencvjetova sa dubinom i brzinom strujanja vode na mikrostaništima izvora rijeke Bistrice (značajne vrijednosti su prikazane masnim slovima).

Vrsta	Brzina vode		Dubina vode	
	R	p	R	p
<i>Baetis alpinus</i>	0,33	<b><math>&lt; 0,05</math></b>	- 0,12	$> 0,05$
<i>Baetis rhodani</i>	- 0,28	<b><math>&lt; 0,05</math></b>	- 0,02	$> 0,05$
<i>Rhithrogena braaschi</i>	- 0,42	<b><math>&lt; 0,05</math></b>	0,25	<b><math>&lt; 0,05</math></b>

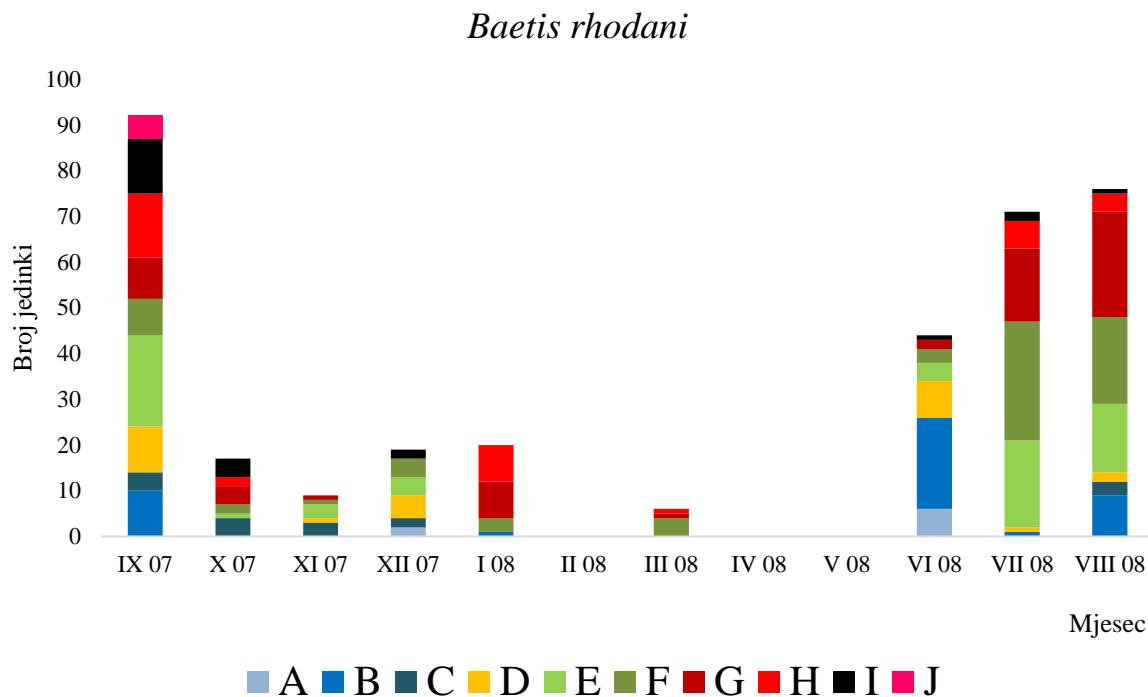
#### 4.7. Životni ciklus vodencvjetova

*Baetis alpinus* zabilježen je tijekom cijelog perioda istraživanja. Najveći broj jedinki zabilježen je između rujna i siječnja, kada je ujedno i zabilježen najveći broj juvenilnih jedinki veličine tijela do 3 mm. Zrele jedinke veličine tijela između 7 i 10 mm zabilježene su u rujnu i listopadu te ponovo u razdoblju između veljače do kolovoza (Slika 13).



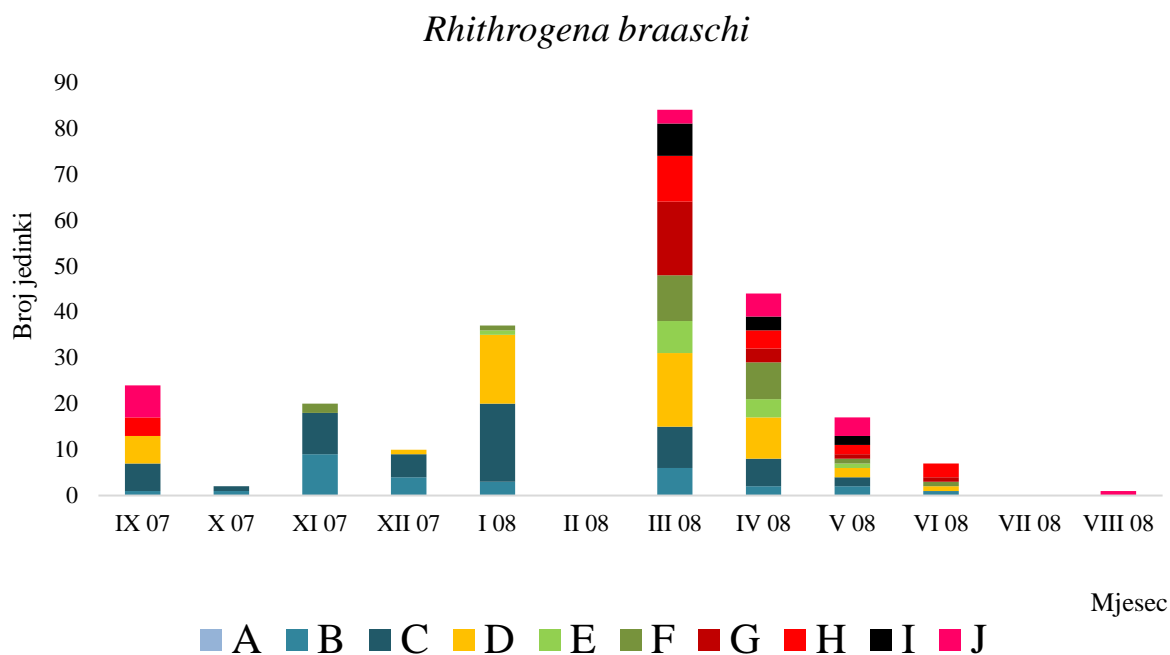
Slika 13. Sezonska dinamika vrste *Baetis alpinus* na izvoru rijeke Bistrice u razdoblju od rujna 2007. do kolovoza 2008. (Veličinske kategorije: A = 0,00-0,99 mm; B = 1,0-1,99 mm; C = 2,00-2,99 mm; D = 3,00-3,99 mm; E = 4,00-4,99 mm; F = 5,00-5,99 mm; G = 6,00-6,99 mm; H = 7,00-7,99 mm; I = 8,00-8,99 mm; J = 9,00-9,99 mm).

*Baetis rhodani* zabilježen je između rujna i siječnja, u ožujku te između lipnja i kolovoza. Najveći broj jedinki zabilježen je u razdoblju između srpnja i rujna. Juvenilne i zrele jedinke zabilježene kroz cijeli period pojavljivanja (Slika 14).



Slika 14. Sezonska dinamika vrste *Baetis rhodani* na izvoru rijeke Bistrice u razdoblju od rujna 2007. do kolovoza 2008. (Veličinske kategorije: A = 0,00-0,99 mm; B = 1,0-1,99 mm; C = 2,00-2,99 mm; D = 3,00-3,99 mm; E = 4,00-4,99 mm; F = 5,00-5,99 mm; G = 6,00-6,99 mm; H = 7,00-7,99 mm; I = 8,00-8,99 mm; J = 9,00-9,99 mm).

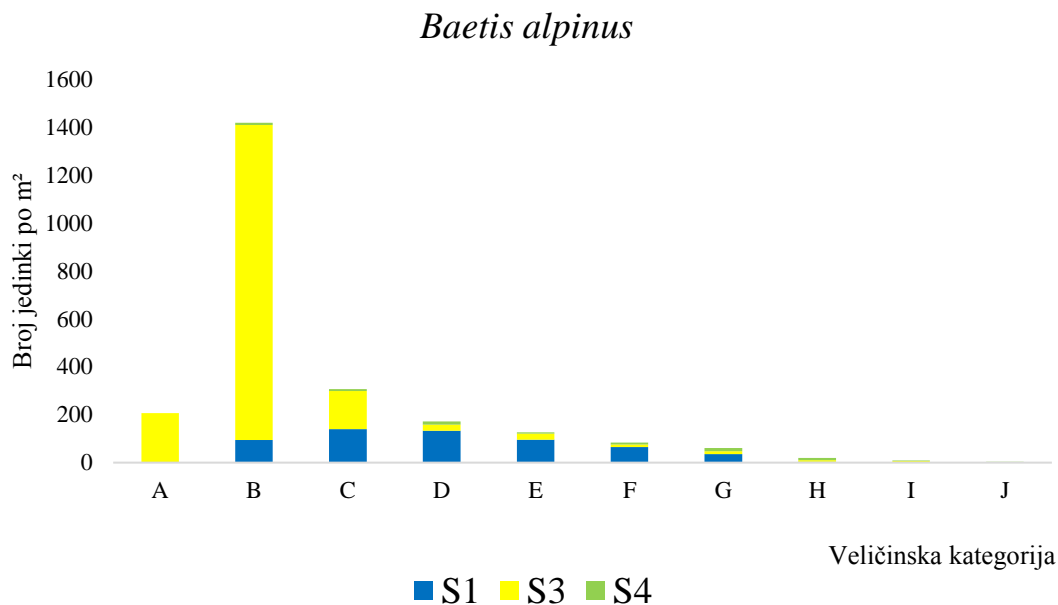
*Rhithrogena braaschi* zabilježena je gotovo tijekom cijelog perioda istraživanja. Najveći broj jedinki zabilježen je u ožujku. Juvenilne jedinke veličine tijela do 4 mm zabilježene su gotovo kroz cijeli period pojavljivanja, osim u kolovozu, dok su zrele jedinke veličine tijela između 8 i 10 mm zabilježene kroz proljeće i ljeto, od ožujka do rujna (Slika 15).



Slika 15. Sezonska dinamika vrste *Rhithrogena braaschi* na izvoru rijeke Bistrice u razdoblju od rujna 2007. do kolovoza 2008. (Veličinske kategorije: A = 0,00-0,99 mm; B = 1,0-1,99 mm; C = 2,00-2,99 mm; D = 3,00-3,99 mm; E = 4,00-4,99 mm; F = 5,00-5,99 mm; G = 6,00-6,99 mm; H = 7,00-7,99 mm; I = 8,00-8,99 mm; J = 9,00-9,99 mm).

#### 4.7.1. Izbor mikrostanista tijekom životnog ciklusa

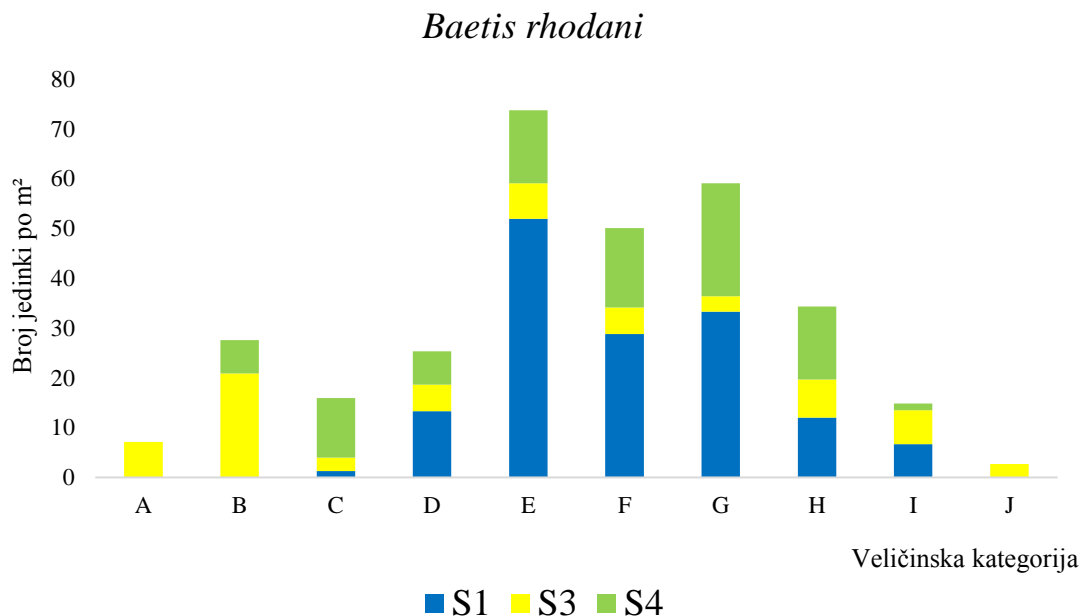
Za vrstu *B. alpinus* zabilježene su jedinke svih veličinskih kategorija (Slika 19). Najveći broj jedinki pripada juvenilnoj veličinskoj kategoriji između do 2 mm duljine tijela, koje su najbrojnije na mikrostanistima sa mahovinom. Vrlo juvenilne jedinke (veličine tijela do 1 mm) su isključivo zabilježene na mahovini. Jedinke srednjih veličina (duljine tijela između 3 i 6 mm) su najbrojnije na valuticama, dok su zrele jedinke (veličine tijela između 8 i 10 mm) podjednako zastupljene na mahovini i mješavini šljunka i pijeska.



Slika 19. Brojnost veličinskih kategorija vrste *Baetis alpinus* na mikrostaništima rijeke Bistrice (S1 - valutice, S3 - mahovina, S4 - šljunak i pijesak; veličinske kategorije: A = 0,00-0,99 mm; B = 1,0-1,99 mm; C = 2,00-2,99 mm; D = 3,00-3,99 mm; E = 4,00-4,99 mm; F = 5,00-5,99 mm; G = 6,00-6,99 mm; H = 7,00-7,99 mm; I = 8,00-8,99 mm; J = 9,00-9,99 mm).

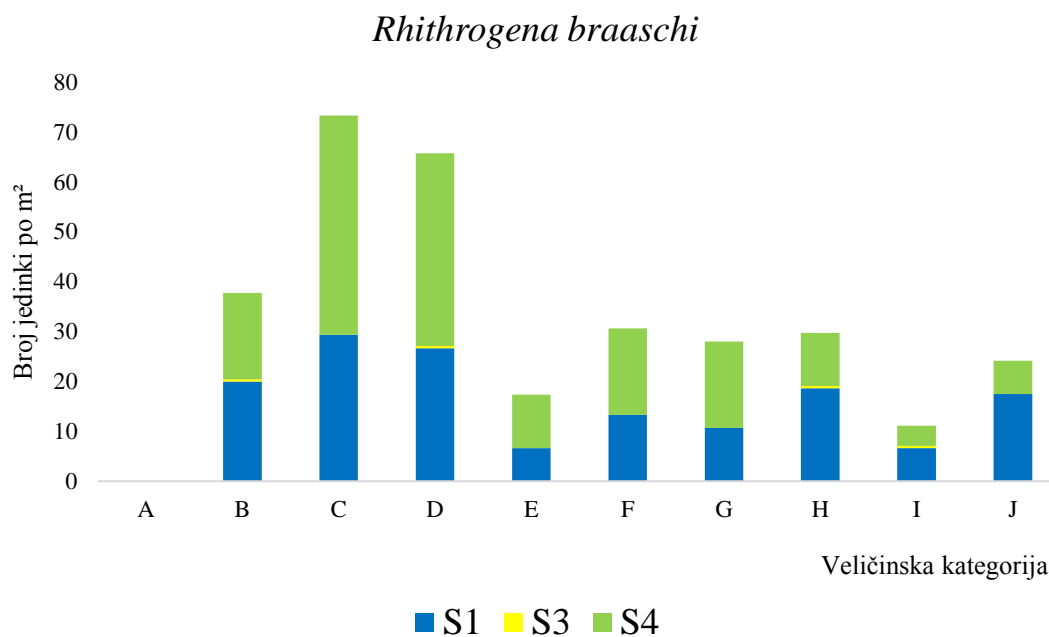
Za vrstu *B. rhodani* također su zabilježene jedinke svih veličinskih kategorija, od kojih najveća brojnost pripada jedinkama veličine tijela između 4 i 5 mm. Juvenilne jedinke (veličine tijela do 2 mm) su najbrojnije na mahovini, a jedinke srednjih veličina i zrele jedinke (veličine tijela između 3 i 7 mm) na valuticama. Na mikrostaništu sa mješavinom šljunka i pijeska su podjednako zastupljene ličinke veličine tijela između 2 i 9 mm. Jedinke najmanje (veličine tijela do 1 mm) i najveće veličinske kategorije (veličine tijela između 9 i 10 mm) zastupljene su samo na mahovini (Slika 20).





Slika 20. Brojnost veličinskih kategorija vrste *Baetis rhodani* na mikrostanjštima izvora rijeke Bistrice (S1 - valutice, S3 - mahovina, S4 - šljunak i pijesak; veličinske kategorije: A = 0,00-0,99 mm; B = 1,0-1,99 mm; C = 2,00-2,99 mm; D = 3,00-3,99 mm; E = 4,00-4,99 mm; F = 5,00-5,99 mm; G = 6,00-6,99 mm; H = 7,00-7,99 mm; I = 8,00-8,99 mm; J = 9,00-9,99 mm).

Najveći broj jedinki vrste *Rh. braaschi* pripada jedinkama duljine tijela između 2 i 3 mm. Juvenilne jedinke i jedinke srednjih veličina (duljine tijela do 7-8 mm) su najbrojnije na mikrostanjštu sa šljunkom i pijeskom, dok su zrele jedinke (veličine tijela između 8 i 10 mm) najbrojnije na valuticama. Na mahovini su podjednako zastupljene jedinke veličinskih kategorija 1,00-1,99 mm, 3,00-3,99 mm i 7,00-9,00 mm (Slika 21).



Slika 21. Brojnost veličinskih kategorija vrste *Rhithrogena braaschi* na mikrostaništima rijeke Bistrice (S1 - valutice, S3 - mahovina, S4 - šljunak i pijesak; veličinske kategorije: A = 0,00-0,99 mm; B = 1,0-1,99 mm; C = 2,00-2,99 mm; D = 3,00-3,99 mm; E = 4,00-4,99 mm; F = 5,00-5,99 mm; G = 6,00-6,99 mm; H = 7,00-7,99 mm; I = 8,00-8,99 mm; J = 9,00-9,99 mm).

## 5. RASPRAVA

### 5.1. Sastav i struktura zajednice vodencvjetova na izvoru rijeke Bistrice

Istraživanje vodencvjetova izvora rijeke Bistrice pokazalo je nisku raznolikost zajednice sa samo tri zabilježene vrste: *B. alpinus*, *B. rhodani* i *Rh. braaschi*. Ovi rezultati su u skladu sa prijašnjim istraživanjima koja su već utvrdila da je raznolikost zajednice vodencvjetova na izvorskim područjima niska (Bauernfeind i Moog 2000; Bottowa i Derka 2013; Vilenica i sur. 2014). *Baetis rhodani* i *B. alpinus* su vrste široko rasprostranjene u Europi, te su već prijašnjim istraživanjima zabilježene i na području BiH, dok je *Rh. braaschi* ovim istraživanjem po prvi puta zabilježena na području BiH (Bauernfeind i Soldán 2012, Savić i sur. 2016). *Baetis alpinus* preferira izvore i gornje tokove tekućica planinskih područja, dok *B. rhodani* ima široku ekološku valenciju te naseljava razne tipove slatkovodnih staništa (Bauernfeind i Soldán 2012). Biologija i rasprostranjenost *Rh. braaschi* su još uvijek relativno slabo istražene, no njena distribucija je ograničena na područje Balkanskog poluotoka gdje naseljava izvore i gornje tokove potoka i manjih riječica (Bauernfeind i Soldán 2012; Vilenica i sur. 2014; 2016a, b; 2017a, b). Istraživanje zajednice Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera koje su Savić i sur. (2016) proveli na 50 izvora duž rijeke Cvrčke, najvažnije rijeke središnje Bosne i Hercegovine, pokazalo je da je *B. rhodani* najčešća vrsta koja se pojavljuje na čak 11 izvora, ali i na svim tipovima izvora. No, njihovim istraživanjem nisu zabilježene ostale dvije vrste prisutne na izvoru rijeke Bistrice, *B. alpinus* i *Rh. braaschi*. S druge strane, sličan sastav zajednice vodencvjetova zabilježen je na nekoliko istraživanih izvora dinarskog krša na području Hrvatske (pr. Vilenica i sur. 2014; 2016 a, b; 2017a, b).

Izvori kao izuzetno raznoliki i specifični ekosustavi (Knight i Notestein 2008) uglavnom imaju ujednačene fizikalno-kemijske čimbenike vode tijekom cijele godine (van der Kamp 1995), što je potvrđeno i na istraživanom izvoru. Jedna od važnih značajki izvorskih staništa je niska i stabilna temperatura vode tijekom cijele godine, što stvara pogodne uvjete za hladne stenotermne organizme (pr. Fischer i sur. 1998; Buczyński i sur. 2003). Mnogi autori navode temperaturu vode kao jedan od najvažnijih okolišnih čimbenika koji utječu na sastav zajednice vodencvjetova (Brittain 1979; Ritter 1990; Moog 2002; Harper i Peckarsky 2006). Na izvoru rijeke Bistrice, temperatura vode je relativno niska sa malim oscilacijama u vrijednostima tijekom cijele godine (najveća promjena od 1 °C). Stoga su specifični okolišni čimbenici na

istraživanom izvoru, kao što je niska temperatura vode tijekom cijele godine, visoki alkalinitet te oligotrofna kvaliteta vode vjerojatno razlog tako niskoj raznolikosti vodencvjetova. Također, s obzirom na navedene temperaturne značajke, dominantnost hladne stenotermne vrste *B. alpinus* nije iznenađujuća (Buffagni i sur. 2007; Buffagni i sur. 2017). *Baetis rhodani* je euritermna vrsta dok temperaturne preferencije *Rh. braaschi* još uvijek nisu detaljno istražene (Buffagni i sur. 2009; Buffagni i sur. 2017).

Analizom longitudinalne distribucije zabilježena je dominacija ritralnih elemenata. Na svim mikrostaništima izvora rijeke Bistrice nalazimo vrste koje preferiraju gornje i središnje dijelova toka, dok je udio vrsta koje naseljavaju i donje dijelove toka najmanje zastupljen. *Baetis alpinus* je vrsta uglavnom ograničena na područje krenala i ritrala, dok *Rh. braaschi* preferira područje ritrala potoka i manjih rijeka na uzvisinama od 600 do 1000 metara (Bauernfeind i Soldán 2012). Potamalni elementi (donjih dijelova toka) su zastupljeni zahvaljujući prisutnosti vrste *B. rhodani* koja naseljava sve dijelove riječnog toka, od krenala do potamala, ali i umjetne vodene tokove, bare i oligotrofna jezera (Bauernfeind i Soldán 2012). Većina vodencvjetova preferira područje metaritala i hiporitala, dok područja krenala i metapotamala obično imaju nisku raznolikost vodencvjetova (Bauernfeind i Moog 2000; Bauernfeind i Soldán 2012), što je potvrđeno i ovim istraživanjem krškog izvora.

## 5.2. Vodencvjetovi i izbor mikrostaništa na izvoru rijeke Bistrice

Najvažnije komponente mikrostaništa slatkovodnih ekosustava su tip supstrata te brzina i dubina vode (Lampert i Sommer 2007). Između ostaloga, supstrat ličinkama vodencvjetova pruža zaštitu od predatora i izvor hrane. Brzina vode je od osobite važnosti jer kontrolira distribuciju supstrata i hrane (Ciborowski 1983), što utječe na prostorni raspored veličinskih frakcija sedimenta u izvorima, a time i na sastav i prostorni raspored zajednica makrozoobentosa (Wood i sur. 2001). Brzina vode povezana je i sa protokom, čija je stabilnost ključan je čimbenik koji utječe na ostala fizikalno-kemijska obilježja vode te određuje strukturu životnih zajednica na izvoru (Wood i sur. 2005).

Iako u različitoj brojnosti, sve tri vrste vodencvjetova bile su prisutne na svim raspoloživim supstratima na izvoru rijeke Bistrice. Stoga su i različite analize pokazale kako se zajednica vodencvjetova nije značajno razlikovala na različitim mikrostaništima (Kruskal Wallisova analiza varijance, NMDS). Ipak, najveća gustoća populacije vodencvjetova,

posebice vrlo juvenilnih stadija, je zabilježena na mahovini u kanalu, a najmanja na mješavini šljunka i pijeska. To možemo objasniti činjenicom da na istraživanom izvoru mahovina ličinkama pruža zaklon i zaštitu od potencijalnih predatora, ali i izvor hrane (Brittain 1982; Bauernfeind i Soldán 2012).

Iako su sve tri vrste bile prisutne na svim mikrostaništima, njihova je brojnost na nekima bila značajno veća. Također, iako su sve tri vrste reofilne, pokazale su različitu preferenciju prema brzini struje vode, što je najvjerojatnije povezano sa supstratom tj. količinom raspoložive hrane. Obje vrste roda *Baetis*, obzirom na način uzimanja hrane, mogu biti i sakupljači i strugači pa ih nalazimo na svim raspoloživim supstratima. Iako je zbog svoje velike brojnosti dominirao na većini mikrostaništa, *B. alpinus* je pokazao značajnu preferenciju prema mikrostaništu sa mahovinom sa najvećom brzinom vode. To je samo djelomice u skladu sa literaturnim podacima prema kojima je vrsta najčešće zabilježena na mega i makrolitalu (Buffagni i sur. 2009; Buffagni i sur. 2017). Razlog tome može biti smanjenje kompeticije na ostalim mikrostaništima na kojima u većoj brojnosti dolaze ostale dvije vrste.

Izvor rijeke Bistrice je otvorenog tipa, nema okolne šumske vegetacije koja bi ga zasjenjivala te je omogućen nesmetan rast algi koje obraštaju supstrat, pružajući izvor hrane vrstama vodencvjetova koji ga naseljavaju. U zajednici vodencvjetova podjednako su zastupljeni strugači i sakupljači. Obje vrste roda *Baetis* prepoznate su kao sakupljači i strugači, najčešće se hraneći algama i sitnim česticama organske tvari koje su nakupljene na kamenitom supstratu i vodenoj vegetaciji, dok je *Rh. braaschi* strugač koji se uglavnom hrani algama i mikroorganizmima nakupljenim na kamenitom supstratu (Bouchard 2004, Buffagni i sur. 2009, Buffagni i sur. 2017).

*Baetis alpinus* preferira mikrostaništa s mahovinom na kojoj se nakuplja organska tvar nošena brzom strujom vode. Tu nalaze značajniju količinu hranjivih tvari u odnosu na valutice koje su naseljene velikim brojem *Rh. braaschi*, ali i *B. rhodani*. Iako je strugač i sakupljač kao i *B. alpinus*, literaturni podaci pokazuju da *B. rhodani* može naseljavati čitav sprektar različitih mikrostaništa (Buffagni i sur. 2009; Buffagni i sur. 2017). Stoga iako naseljava sva mikrostaništa na istraživanom izvoru, pokazao je preferenciju prema umjerenijoj struji vode pa se u nešto većoj brojnosti zadržava na valuticama na kojima se može hraniti obraštajem. Mikrostaništa sa umjerenijom brzinom vode i nešto većom dubinom preferirala je i *Rh. braaschi* koja je bila najbrojnija na mješavini šljunka i pijeska. Osim na mikrostaništu sa šljunkom i pijeskom, bila je brojna i na mikrostaništu sa valuticama. Vrsta nije zabilježena na mahovini s najvećom brzinom vode, a na ostalim mikrostaništima s mahovinama je nalazimo u maloj brojnosti. Heptageniidae su razvile niz prilagodbi na brzinu vode, a jedna od njih je i dorzo-

ventralna spljoštenost tijela (Bauernfeind i Soldán 2012), što im otežava prihvaćanje za supstrate poput mahovine. Iako je *Rh. braaschi* reofilna vrsta koja inače naseljava staništa s većim brzinama vode (Bauernfeind i Soldán 2012), na izvoru rijeke Bistrice preferira nešto sporiju struju vode. Obzirom na način uzimanja hrane, preferira anorganski supstrat (valutice te mješavinu šljunka i pijeska) s kojeg struže obraštaj, a umjerena struja vode je dovoljno brza da i dalje zadovoljava njene reofilne potrebe.

Tijekom istraživanja uočena je migracija jedinki između mikrostaništa obzirom na razvojni stadij. Juvenilne jedinke vrsta *B. alpinus* i *B. rhodani* su najbrojnije na mahovini, ličinke srednje veličine na valuticama, dok su zrele ličinke *B. alpinus* su podjednako zastupljene na mahovini i mješavini šljunka i pijeska, a *B. rhodani* na valuticama. Moguće je da se manje jedinke skrivaju u mahovini gdje se hrane nakupljenom organskom tvari koju donosi struja vode, dok se veće jedinke kreću i po otvorenom, anorganskom supstratu gdje stružu obraštaj. Juvenilne jedinke i jedinke srednjih veličina *Rh. braaschi* najbrojnije su na mješavini šljunka i pijeska, a zrele jedinke na valuticama, čime je moguće da smanjuju intraspecijsku kompeticiju za izvore hrane (obraštaj). Prijašnja istraživanja pokazala su da se razvojem vodencvjetova mijenja i izbor mikrostaništa zbog promjene veličine tijela ili prehrambenih potreba ličinki te one mogu zauzimati različite tipove supstrata i pukotine različitih dimenzija (Buffagni i sur. 1995). Osim toga, razlog migracije može biti i pronalazak prikladnog mjesta za emergenciju (Elliott i Humpesch 1983) ili intraspecijska kompeticija (Hart 1983). Poznato je da jedinke porodice Heptageniidae traže supstrat s kojeg bi emergirali (Wagner i sur. 2011) tako da supstrat s kojeg emergiraju nije nužno supstrat na kojem se odvija razvoj ličinki (Vilenica i sur. 2017a). U staništima sa stabilnim okolišnim uvjetima, kao što su izvori, kompeticija može igrati važnu ulogu (McAuliffe 1984; Feminella i Resh 1990). Neki autori (pr. Flecker i Allan 1984; Teague i sur. 1985) navode kako i predacija može utjecati na distribuciju vodenih makrobekralježnjaka različitih veličina.

Prema Kovalek (1978), i brzina vode utječe na raspodjelu ličinki obzirom na njihovu veličinu te kod nekih vrsta zrelije jedinke aktivno migriraju na mjesta s većom brzinom vode ili se nakupljaju u plicaku uz obalu. Međutim u ovom istraživanju to nije potvrđeno obzirom da su jedinke uglavnom migrirale na mjesta s manjom brzinom i većom dubinom vode. Jedino se *B. alpinus* zadržao na staništu sa većom brzinom vode obzirom da ličinke preferiraju barem umjerenu struju vode te mogu trajno živjeti u snažnoj struji vode (brzina vode do  $1,5 \text{ m s}^{-1}$ ) (Bauernfeind i Soldán 2012).

### 5.3. Životni ciklus vodencvjetova na izvoru rijeke Bistrice

Na izvoru rijeke Bistrice *B. alpinus* ima bivoltni životni ciklus, s obzirom da su zabilježene dvije generacije: u rujnu i listopadu te ponovo u razdoblju između veljače do kolovoza. Prema literaturnim podacima, *B. alpinus* najčešće ima bivoltni životni ciklus sa prezimljavanjem u stadiju ličinke (Clifford 1982). Veći broj istraživanja je pokazao kako životni ciklus, ovisno o okolišnim uvjetima, može varirati od univoltnog do bivoltnog (Sowa 1975; Kukuća 1997; López-Rodríguez i sur. 2008). Slično istraživanje provedeno u Slovačkoj (Bottová i Derka 2013) na krškom izvoru s malim kolebanjima temperature kroz godinu (6-10 °C) pokazalo je asinkroni bivoltni životni ciklus.

Zbog stabilnih temperaturnih uvjeta, *B. rhodani* pokazuje značajke polivoltnog životnog ciklusa. Juvenilne i zrele jedinke zabilježene su kroz cijeli period pojavljivanja. U veljači, travnju i svibnju nije zabilježena niti jedna jedinka što možemo objasniti nemogućnošću determiniranja juvenilnih jedinki te generalno manjim brojem zrelijih jedinki u odnosu na vrstu *B. alpinus*. *Baetis rhodani* najčešće ima polivoltni životni ciklus sa prezimljavanjem u stadiju ličinke (Clifford 1982), premda pokazuje znatnu fleksibilnost u životnim ciklusima: u sjevernoj Europi ima univoltini životni ciklus, u srednjoj Europi bivoltini s ljetnom i zimskom generacijom, a u južnoj Europi ima jednu zimsku i dvije ljetne generacije (Bauernfeind i Humpesch 2001). Primjerice, istraživanje na krškom izvoru u Slovačkoj pokazalo je univoltni životni ciklus (Bottová i Derka 2013), dok su istraživanja u talijanskim Alpama (Buffagni i sur. 2002; Erba i sur. 2003) pokazala polivoltni životni ciklus s tri generacije.

Na istraživanom izvoru, *Rh. braaschi* je univoltna vrsta, s produljenom emergencijom (između ožujka i rujna) čemu su razlog najvjerojatnije stabilni temperaturni uvjeti. Prema literaturi, *Rh. braaschi* ima univoltni životni ciklus s kratkim periodom emergencije u proljeće/rano ljeto (Bauernfeind i Soldán 2012). Istraživanje provedeno na krškim lotičkim staništima na Plitvičkim jezerima u Hrvatskoj također je pokazalo univoltni životni ciklus s produljenom emergencijom od svibnja do listopada (Vilenica i sur. 2017a).

## 6. ZAKLJUČAK

Nakon istraživanja provedenog na izvoru rijeke Bistrice u razdoblju od rujna 2007. do kolovoza 2008. godine možemo zaključiti:

- Istraživanjem vodencvjetova krškog izvora potvrđena je već poznata mala raznolikost zajednice vodencvjetova izvorskih staništa. Sa tri zabilježene vrste, *Baetis alpinus* i *B. rhodani* iz porodice Baetidae te *Rhithrogena braaschi* iz porodice Heptageniidae, zajednica vodencvjetova izvora rijeke Bistrice vrlo je slična zajednicama drugih istraživanih izvora dinarskog krša na području Hrvatske, dok se razlikuje od zajednica krških izvora istraživanih na području BiH.
- U zajednici prevladavaju krenalni i ritralni elementi, zahvaljujući prisutnosti ritralnih vrsta *B. alpinus* i *Rh. braaschi*, dok je potamalni element najmanje zastupljen i to zahvaljujući prisutnosti euritopne vrste *B. rhodani*.
- Zajednica vodencvjetova se ne razlikuje značajno između pojedinih mikrostaništa jer su sve tri vrste vodencvjetova zabilježene na svim dostupnim mikrostaništima. No, juvenilne jedinke roda *Baetis* su najbrojnije na mahovini koja im pruža zaštitu od predatora.
- Strugači i sakupljači su podjednako zastupljeni, s nešto većim udjelom strugača na anorganskom supstratu (valuticama te mješavini šljunka i pijeska). Izvor rijeke Bistrice je otvoren, bez okolne vegetacije, pa omogućava nesmetan razvoj algi koje su glavni izvor hrane strugačima.
- Pojedine vrste su brojnije na određenom mikrostaništu što je najvjerojatnije povezano sa dostupnosti povoljnih izvora hrane. Osim preferencije prema tipu supstrata, vrste su pokazale i preferenciju prema brzini i dubini vode. Tako strugač *Rh. braaschi* preferira anorganski supstrat, valutice te mješavinu šljunka i pijeska, dok mahovinu sa najvećom brzinom vode izbjegava. *Baetis alpinus* preferira mikrostanište sa mahovinom i najvećom brzinom vode, gdje se vjerojatno hrani sakupljanjem organske tvari donesene strujom vode. *Baetis rhodani* je vrsta sa širokom ekološkom valencijom koja se hrani i



---

struganjem perifitona i sakupljanjem organske tvari, te je prisutan na svim istraživanim mikrostaništima, sa najvećom brojnošću na valuticama preferirajući umjerenu brzinu vode.

- Zabilježena je i migracija ličinki vodencvjetova između raspoloživih mikrostaništa tijekom njihovog životnog ciklusa, što možemo protumačiti potragom za prikladnim zaklonom i prehrambenim potrebama. Juvenilne jedinke roda *Baetis* preferiraju mahovinu, dok zrelije jedinke migriraju na grublji, anorganski supstrat. *Rh. braaschi* se cijelo vrijeme zadržava na anorganskom supstratu, ali zrelije jedinke prelaze na supstrat sa većim česticama.
- Bivoltni životni ciklus je zabilježen kod vrste *B. alpinus*, *B. rhodani* ima polivoltni životni ciklus, a *Rh. braaschi* univoltni životni ciklus s produljenom emergencijom.
- Ovo istraživanje daje značajan doprinos poznavanju ekologije vodencvjetova krških izvora. Osim toga, sa jednom novom vrstom zabilježenom za faunu BiH, istraživanje je doprinijelo poznavanju faune vodencvjetova nedovoljno istraženog Balkanskog poluotoka.

---

## 7. LITERATURA

Allan J. D., Castillo M. M. (2007): Stream ecology: structure and function of running waters. Dordrecht: Springer, 436 str.

Bauernfeind E., Humpesch U. H. (2001): Die Eintagsfliegen Zentraleuropas (Insecta: Ephemeroptera): Bestimmung und Ökologie. Verlag des Naturhistorischen Museums Wien, Wien. 239 str.

Bauernfeind E., Moog O. (2000): Mayflies (Insecta: Ephemeroptera) and the assessment of ecological integrity: a methodological approach. *Hydrobiologia* **422**: 71-83.

Bauernfeind E., Soldán T. (2012): The mayflies of Europe (Ephemeroptera). Apollo Books. Ollerup, 820 str.

Barber-James H. M., Gattolliat J.-L., Sartori M., Hubbard M. D. (2008): Global diversity of mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia* **595**: 339-350.

Bonacci O. (1987): Karst hydrology with special referenes to the dinaric karst. Springer, Berlin, 184 str.

Bonacci O., Pipan T., Culver D. (2008): A framework for karst ecohydrology. *Environmental Geology* **56**: 891-900.

Bonacci O. (2009): Karst landscape ecohydrology. U: Proceedings of Internation Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering, Ohrid, str. 781-790.

Bottova K., Derka T. (2013): Life cycle and secondary production of mayflies and stoneflies in a karstic spring in the West Carpathians. *Annales Zoologici Fennici* **50 (3)**: 176-188.

Bouchard R. W. Jr. (2004): Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. Water Resources Center. University of Minnesota, St. Paul, MN, str. 47-62.

- Božičević S., Papeš J. (1964/65): Pećine izvorišta Bistrice u Livnu. *Speleolog* **12/13**: 3-9.
- Bray J. R., Curtis J. T. (1957): An ordination of upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* **27**: 325-349.
- Brittain J. E. (1979): Emergence of Ephemeroptera from Øvre Heimdalsvatn, a Norwegian subalpine lake. U: Pasternak K., Sowa R. (ur.) *Proceedings of the 2nd international conference on Ephemeroptera*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa-Krakow, str. 115-123.
- Brittain J. E. (1982): Biology of mayflies. *Annual Review of Entomology* **27**: 119-147.
- Brittain J. E., Sartori M. (2003): Ephemeroptera (Mayflies). U: Resh V. H., Cardé R. T. (ur.) *Encyclopedia of Insects*. Academic Press, Amsterdam, str. 373-379.
- Buczyński P., Czachorowski S., Moroz S., Stryjecki R. (2003): Odonata, Trichoptera, Coleoptera, and Hydrachnidia of springs in Kazimierski Landscape Park (Eastern Poland) and factors affecting the characters of these ecosystems. *Acta Hydrobiologica Supplement* **5**: 13-29.
- Buffagni A., Crosa G., Marchetti R. (1995): Size-related shifts in the physical habitat of two mayfly species (Ephemeroptera). *Freshwater Biology* **34**: 297-302.
- Buffagni A., Erba S., Origgi G. (2002): Efemerotteri. 2. Cicli biologici e sviluppo larvale. U: *Atlante della biodiversità del Parco del Ticino*, vol. 2 Monografie: 60-73. Parco del Ticino, Corbetta.
- Buffagni A., Cazzola M., López-Rodríguez M. J., Alba-Tercedor J., Armanini D. G. (2009): Ephemeroptera. U: Schmidt-Kloiber A., Hering D. (ur.) *Distribution and Ecological Preferences of European Freshwater Organisms*, volume 3. Pensoft Publishers (Sofia-Moscow). 254 str.
- Buffagni A., Armanini D. G., Cazzola M., Alba-Tercedor J., López-Rodríguez M. J., Murphy J., Sandin L., Schmidt-Kloiber A. (2017): Dataset "Ephemeroptera".

---

www.freshwaterecology.info - the taxa and autecology database for freshwater organisms, version 7.0 (citirano 26.08.2017).

Cantonati M., Gerecke R., Bertuzzi E. (2006): Springs of the Alps – sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long-term studies. *Hydrobiologia* **562**: 59-96.

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

Clarke K. R., Gorley R. N. (2006): PRIMER V6: user manual/tutorial. Primer-E, Plymouth.

Clifford H. F. (1982): Life cycles of mayflies (Ephemeroptera) with special reference to voltinism. *Quaestiones entomologicae* **18 (1-4)**: 15-90.

Elliott J. M., Humpesch U. H. (1983): A key to the Adults of the British Ephemeroptera with notes on their ecology. Scientific Publications of the Freshwater Biological Association, No.47. 101 str.

Elliott J. M., Humpesch U. H., Macan T. T. (1988): Larvae of the British Ephemeroptera: a key with ecological notes. Scientific Publications of the Freshwater Biological Association No.49. 145 str.

Engblom E. (1996): Ephemeroptera, Mayflies. U: Anders N. Nilsson (ur.) Aquatic Insects of North Europe - A Taxonomic Handbook. Apollo Books, Stenstrup, str. 35-48.

Erba S., Melissano L., Buffagni, A. (2003): Life cycles of Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) in a North Italian Prealpine stream. U: Gaino E. (ur.) Research update on Ephemeroptera and Plecoptera: 177-186. University of Perugia Press, Perugia, Italy.

Feminella J. W., Resh V. H. (1990): Hydrologic influences, disturbance, and intraspecific competition in a stream caddisfly population. *Ecology* **71**: 2083-2094.

FHMZ BIH (2013): Meteorološki godišnjak 2007. Sarajevo. 31 str.

Fischer J., Fischer F., Schnabel S., Bohle H. W. (1998): Spring fauna of the Hessian Mittelgebirge: Population structure, adaptive strategies, and relations to habitats of the macroinvertebrates, as exemplified by springs in the Rhenisch metamorphic shield and in the East-Hessian sandstone plate. U: Botosaneanu L. (ur.) Studies in Crenobiology. The Biology of Springs and Springbrooks. Leiden, the Netherlands: Backhuys Publishers. str. 182-199.

Flecker A. S., Allan J. D. (1984): The importance of predation, substrate and spatial refugia in determining lotic insect distributions. *Oecologia* **64**: 306-313.

Giller P. S., Malmqvist B. (1998): The Biology of Streams and Rivers. Oxford University Press, Oxford. 296 str.

Harper M. P., Peckarsky B. L. (2006): Emergence cues of a mayfly in a high-altitude stream ecosystem: potential response to climate change. *Ecological Applications*. **16** (2): 612-621.

Hart D. D. (1983): The importance of competitive interactions within stream populations and communities. U: Barnes J. R., Minshall G. W. (ur.) Stream Ecology. Applications and Testing of General Ecological Theory: 99-136. Plenum Press, New York.

Jacob U. (1974): *Rhithrogena braaschi* n. sp., eine neue Heptageniidae aus Bulgarien (Insecta, Ephemeroptera). *Entomologische Nachrichten* **18** (11-12): 167-173.

Juračić M. (2012):

<http://geol.pmf.hr/~mjuracic/predavanja/Geologija.krza/03.Voda.u.krsu.pdf>. Citirano 26.8. 2017.

Knight R. L., Notestein S. K. (2008): Springs as Ecosystems. U: Brown M. T., Reiss K. C., Cohen M. J., Evans J., Reddy K. R., Inglett P. W., Inglett K. S., Frazer T. K., Jacoby C. A., Philips E. J., Knight R. L., Notestein S. K., McKee K. A. (ur.) Final Report: Summary and Synthesis of the Available Literature on the Effects of Nutrients on Spring Organisms and Systems. University of Florida Water Institute, Gainesville, str. 1-52.

Kovalek W. P. (1978): Relationships between size of stream insects and current velocity. *Canadian journal of zoology* **56**: 178-186.

Kukalová-Peck J. (1991): Fossil history and the evolution of hexapod structures. U: Naumann I. D. (ur.) *The Insects of Australia*, 2nd edn., Vol. 1. CSIRO, Melbourne University Press, Australia, str. 141-179.

Kukuła K. (1997): The life cycles of three species of Ephemeroptera in two streams in Poland. *Hydrobiologia* **353**: 193–198.

Lampert W., Sommer U. (1997): *Limnoecology: the ecology of lakes and streams*. Oxford University Press, Oxford. 323 str.

López-Rodríguez M. J., Tierno de Figueroa J. M., Alba-Tercedor, J. (2008): Life history and larval feeding of some species of Ephemeroptera and Plecoptera (Insecta) in the Sierra Nevada (Southern Iberian Peninsula). *Hydrobiologia* **610 (1)**: 277-295.

López-Rodríguez M. J., Tierno de Figueroa J. M., Alba-Tercedor J. (2010): Comparative Study of the Nymphal biology of two coexisting species of mayflies (Insecta: Ephemeroptera) in a Mediterranean stream in Southern Europe. *International Review of Hydrobiology* **95**: 58-71.

Magdaleníć A. (1971): Hidrogeologija sliva Cetine. *JAZU, Zagreb* **7 (4)**: 89-169.

Malez M. (1963): Prilog poznavanju speleoloških odnosa na Glamočkom i Duvanjskom polju. *Krš Jugoslavije, JAZU, Zagreb* **4**: 171-200.

Malzacher P., Jacob U., Haybach A., Reusch H. (1998): Rote Liste der Eintagsfliegen (Ephemeroptera). U: Naturshutz B. F. (ur.) *Rote Liste gefährdeter Tiere in Deutschland*, Bonn, str. 264-267.

Matoničkin I., Pavletić Z. (1964): Prilozi tipologiji biocenoza na sedrenim slapovima jugoslavenskih krških rijeka. *Acta Musei Macedonici Scientarium Naturalium* **6 (82)**.

McAuliffe J. R. (1984): Competition for space, disturbance and the structure of a benthic stream community. *Ecology* **65**: 894-908.

Mičetić Stanković V. (2012): Vodeni kornjaši (Insecta: Coleoptera) u mikrostaništima krških izvora i tekućica. Doktorska disertacija. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 226 str.

Mihevc A., Prelovšek M., Zupan-Hajna N. (2010): Introduction to the Dinaric karst. Karst Research Institute at Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, Postojna, Slovenia, 71 str.

Mohammed M. (2002): What can karstic organisms tell us about groundwater functioning and water quality? [http://balwois.com/balwois/administration/full\\_paper/ffp-636.pdf](http://balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-636.pdf) Citirano 20.6. 2012.

Moog O. (2002): Fauna Aquatica Austriaca. Edition 2002. Wasserwirtschaftskataster Bundesministerium für Land-und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. 684 str.

Moog O., Schmidt-Kloibera A., Koller-Kreimel V. (2010): ECOPROF Version 3.2 – software for assessing the ecological water quality of running waters according the Water Framework Directive.

Müller-Liebenau I. (1969): Revision der europäischen Arten der Gattung *Baetis* Leach, 1815. (Insecta, Ephemeroptera). *Gewässer und Abwasser* **66/67**: 95-101.

Ogden T. H., Whiting M. F. (2003): The problem with „the Paleoptera Problem“: sense and sensitivity. *Cladistics – the International Journal of the Willi Hennig Society* **19**: 432-442.

Thorp J. H. (2014): Metamorphosis in river ecology: from reaches to macrosystems. *Freshwater Biology* **59** (1): 200-210.

Petrović A., Milošević D., Paunović M., Simić S., Đorđević N., Stojković M., Simić V. (2015): New data on the distribution and ecology of the mayfly larvae (Insecta: Ephemeroptera) of Serbia (central part of the Balkan Peninsula). *Turkish Journal of Zoology* **39**: 195-209.

Ritter H. (1990): Ephemeroptera emergence from a high mountain stream in Tyrol, Austria. U: Campbell I. C. (ur.) Mayflies and stoneflies: life histories and biology. Kluwer, Dordrecht, str. 53-59.

Savić A., Dmitrović D., Pešić V. (2016): Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera assemblages of karst springs in relation to some environmental factors: a case study in central Bosnia and Herzegovina. *Turkish Journal of Zoology* **41**: 119-129.

Sowa R. (1975): Ecology and biogeography of mayflies (Ephemeroptera) of running waters in the Polish part of the Carpathians. 2. Life cycles. *Acta Hydrobiologica* **17**: 319-353.

Teague S. A., Knight A. W., Teague B. N. (1985): Stream microhabitat selectivity, resource partitioning, and niche shifts in grazing caddisfly larvae. *Hydrobiologia* **128**: 3-12.

Tierno de Figueroa J. M., Lopez-Rodriguez M. J., Fenoglio S., Sanchez-Castillo P., Fochetti R. (2013): Freshwater biodiversity in the rivers of the Mediterranean Basin. *Hydrobiologia* **719** (1): 137-186.

van der Kamp G. (1995): The hydrogeology of springs in relation to the biodiversity of spring fauna: a review. *Journal of the Kansas Entomological Society* . **68**: 4-17.

Vilenica M., Gattolliat J.-L., Ivković M., Kučinić M., Mičetić Stanković V., Mihaljević Z., Sartori M. (2014): The mayfly fauna (Insecta, Ephemeroptera) of the Plitvice Lakes National Park, Croatia. *Natura Croatica* **23** (2): 349-363.

Vilenica M., Previšić A., Kučinić M., Gattolliat J.-L., Sartori M., Mihaljević Z. (2016a): Distribution and autecology of mayflies (Insecta, Ephemeroptera) in a Mediterranean river in the Western Balkans. *Entomological News* **126** (1): 19-35. DOI: 10.3157/021.126.0104.

Vilenica M., Previšić A., Ivković M., Popijač A., Vučković I., Kučinić M., Kerovec M., Gattolliat J.-L., Sartori M., Mihaljević Z. (2016b): Mayfly (Insecta: Ephemeroptera) assemblages of a regulated perennial Mediterranean river system in the Western Balkans. *Biologia* **71** (9): 1038-1048. DOI: 10.1515/biolog-2016-0121.



Vilenica M., Ivković M., Sartori M., Mihaljević Z. (2017a): Mayfly emergence along an oligotrophic Dinaric karst hydrosystem: spatial and temporal patterns, and species-environment relationship. *Aquatic Ecology* **51**: 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10452-017-9626-3>.

Vilenica M., Mičetić Stanković V., Sartori M., Kučinić M., Mihaljević Z. (2017b): Environmental factors affecting mayfly assemblages in tufa-depositing habitats of the Dinaric Karst. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* **418** (14). DOI: 10.1051/kmae/2017005.

Vlahović T. (2010): *Geologija za građevinare*. Sveučilište u Splitu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split. 293 str.

Wagner R., Marxsen J., Zwick P., Cox E. J. (2011): *Central European Stream ecosystems: the long term study of the Breitenbach*. Wiley, New York.

Wentworth C. K. (1922): A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology* **30** (5): 377–392.

Wood P. J., Hannah D. M., Agnew M. D., Petts G. E. (2001): Scales of hydroecological variability within a groundwater-dominated stream. *Regulated Rivers: Research & Management* **17**: 347-367.

Wood P. J., Gunn J., Smith H., Abas-Kutty A. (2005): Flow permanence and macroinvertebrate community diversity within groundwater dominated headwater streams and springs. *Hydrobiologia* **545**: 55-64.

URL 1 [http://www.dzzp.hr/dokumenti\\_upload/20100527/dzzp201005271405280.pdf](http://www.dzzp.hr/dokumenti_upload/20100527/dzzp201005271405280.pdf) (pristupljeno: 7. svibnja 2017.)

URL 2 <http://livno.ba/index.php/o-livnu> (pristupljeno: 25. srpnja 2017.)

URL 3 <https://de.climate-data.org/location/53925/> (pristupljeno: 25. srpnja 2017.)

## 8. ŽIVOTOPIS

**Osobni podaci**

Ime / Prezime **Marina Landeka**  
 Adresa Stenjevečka 8K, 10000 Zagreb  
 Telefonski broj +385 95 878 06 00  
 E-mail landeka.marina@gmail.com  
 Državljanstvo Hrvatsko  
 Datum rođenja 10. rujna 1993.  
 Spol Ženski

**Obrazovanje i osposobljavanje**

2012. – 2017. Integrirani preddiplomski i diplomski studij biologije i kemije; smjer: nastavnički, Prirodoslovno-matematički fakultet Horvatovac 102A, 10000 Zagreb  
 2008. – 2012. Prirodoslovno-matematička gimnazija, Gimnazija Antuna Vrančića Put gimnazije 64, 22000 Šibenik  
 2000. – 2008. OŠ Vrpolje Vrpoljačka cesta bb, 22000 Šibenik

**Osobne vještine i kompetencije**

Materinski jezik **hrvatski jezik**  
 Drugi jezik(ci)

Samoprocjena

*Europska razina (\*)*

**Engleski jezik**

**Talijanski jezik**

**Njemački jezik**

Razumijevanje				Govor				Pisanje	
Slušanje		Čitanje		Govorna interakcija		Govorna produkcija			
C1	Iskusni korisnik	C1	Iskusni korisnik	B2	Samostalni korisnik	B2	Samostalni korisnik	B2	Samostalni korisnik
B1	Samostalni korisnik	B1	Samostalni korisnik	A2	Temeljni korisnik	A2	Temeljni korisnik	A2	Temeljni korisnik
A2	Temeljni korisnik	A2	Temeljni korisnik	A1	Temeljni korisnik	A1	Temeljni korisnik	A1	Temeljni korisnik

(\*) [Zajednički europski referentni okvir za jezike](#)

Društvene vještine i kompetencije Sklonost timskom i suradničkom radu i učenju, dobre komunikacijske i prezentacijske vještine stečene prilikom izvođenja nastave te rada s djecom i mladima.

Računalne vještine i kompetencije Vrlo dobra računalna i Internet pismenost. Aktivno korištenje operacijskih sustava, Microsoft Office™ paketa te alata za obradu slike i videa (Adobe Photoshop, GIMP, Movie Maker, avidemux).