Višegodišnje fenološke i ekološke značajke tulara (Trichoptera, Insecta) i mušica svrbljivica (Simuliidae, Diptera, Insecta) na sedrenoj barijeri

Orlović, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2015

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:217:765404

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno – matematički fakultet

Biološki odsjek

Ana Orlović

Višegodišnje fenološke i ekološke značajke tulara (Trichoptera, Insecta) i mušica svrbljivica (Simuliidae, Diptera, Insecta) na sedrenoj barijeri

Diplomski rad

Zagreb, 2015.

Ovaj rad, izrađen u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Ane Previšić i pomoćnim voditeljstvom dr. sc. Marije Ivković predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovo-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra ekologije i zaštite prirode.

Zahvaljujem mentorici doc. dr. sc. Ani Previšić na strpljenju, potpori i dragocjenoj pomoći tijekom izrade ovog rada.

Velika hvala dr. sc. Mariji Ivković na susretljivosti i pomoći pruženoj prilikom izrade rada.

Hvala svim kolegama i kolegicama koji su mi na bilo koji način pomogli tijekom studiranja.

Hvala mojim dragim prijateljima koji su uvijek bili uz mene i koji su ovih pet godina učinili najboljima u mom životu. Hvala vam od srca.

Najveća hvala mojoj obitelji, a posebno mojim roditeljima i bratu koji su mi tijekom cjelokupnog studiranja pružili neizmjernu ljubav, strpljenje i podršku. Bez vas ovog ne bi bilo. Hvala vam. Najbolji ste na svijetu.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno – matematički fakultet
Biološki odsjek Diplomski rad

VIŠEGODIŠNJE FENOLOŠKE I EKOLOŠKE ZNAČAJKE TULARA (TRICHOPTERA, INSECTA) I MUŠICA SVRBLJIVICA (SIMULIIDAE, DIPTERA, INSECTA) NA SEDRENOJ BARIJERI

Ana Orlović

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Sastav i strukturu zajednica kukaca (Insecta) na pojedinim staništima uvjetuje niz abiotičkih čimbenika, ali i biotički odnosi među organizmima. Sedrene barijere u NP Plitvička jezera obiluju različitim mikrostaništima te se zajednice vodenih kukaca na njima odlikuju raznolikošću i velikom gustoćom jedinki. U šestogodišnjem istraživanju (2008. – 2013. god.) na barijeri Labudovac emergencijskim klopkama prikupljeno je 4729 jedinki tulara (37 vrsta) i 11 166 jedinki mušica svrbljivica (4 vrste). Vrsta *Tinodes rostocki* prvi je puta zabilježena u NP Plitvička jezera tijekom ovog istraživanja. Najveći udio u zajednici tulara čine predatori, te pasivni procjeđivači. Ličinke svih vrsta mušica svrbljivica također pripadaju ovoj skupini koja se hrani suspendiranom organskom tvari. Najveći broj jedinki zabilježen je na mahovini koja se pokazala najpogodnijim mikrostaništem za procjeđivače. Većina vrsta tulara u ovom istraživanju imala je emergencijski maksimum u ljetnim mjesecima, dok je najzastupljenija vrsta zajednice mušica svrbljivica, *Simulium angustipes*, emergirala tijekom cijele godine. Za endemsku podvrstu tulara *Rhyacophila dorsalis plitvicensis* zabilježen je dug emergencijski period s najvećim brojem jedinki u rujnu, što je za sada najduže i najdetaljnije istraživanje bilo kojeg aspekta ekologije ove podvrste. Vremenski pomak u maksimalnoj emergenciji procjeđivača tulara i mušica svrbljivica ukazuje na postojanje interspecijske kompeticije između ovih dviju skupina kukaca.

(49 stranica, 20 slika, 6 tablica, 67 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: pasivni procjeđivači, emergencijske značajke, jezerski ispust, mikrostaništa

Mentor: doc. dr. sc. Ana Previšić

Ocjenitelji: doc. dr. sc. Ana Previšić
doc. dr. sc. Sandra Radić Brkanac
doc. dr. sc. Ana Galov

Rad je prihvaćen: 05.02.2015.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of science
Division of Biology

Graduation Thesis

PERENNIAL PHENOLOGICAL PATTERNS AND ECOLOGY OF CADDISFLIES (TRICHOPTERA, INSECTA) AND BLACK FLIES (SIMULIIDAE, DIPTERA, INSECTA) AT A TUFA BARRIER

Ana Orlović

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

The composition and structure of insect communities (Insecta) in certain habitats is the result of variability of abiotic factors, and biotic relationships among organisms. Tufa barriers in the Plitvice Lakes National Park are characterized by diverse microhabitats, thus the community of aquatic insects is diverse and abundant. Adult caddisflies and blackflies were collected monthly over a six-year period (2008. – 2013.) using emergence traps. A total of 4729 individuals of caddisflies (37 species) and 11 166 individuals of blackflies (4 species) were collected. *Tinodes rostocki* was recorded in the Plitvice Lakes NP for the first time during this study. Largest proportion of caddisflies belongs to predators, followed by passive filter feeders. Larvae of all blackfly species also belong to passive filter-feeders, feeding on particulate organic matter. The highest number of individuals was recorded on moss that has proved to be the most suitable microhabitat for filter feeders. Most species of caddisflies in this study has emergence peak in the summer months, while the most common blackfly species, *Simulium angustipes*, emerges throughout the whole year. Long emergence period and the highest number of individuals collected in September was recorded for the endemic caddisfly *Rhyacophila dorsalis plitvicensis.* Thus, this is the longest and most detailed study of any aspect of ecology of this subspecies so far. Seasonal shift in emergence maximum of caddisfly and blackfly filter-feeders indicates the existence of interspecific competition between these two groups of insects.

(49 pages, 20 figures, 6 tables, 67 references, original in: Croatian)

Thesis deeposited in the Central biological library.

Keywords: passive filter feeders, emergence patterns, lake outlet, microhabitats

Supervisor: doc. dr. sc. Ana Previšić

Reviewers: doc. dr. sc. Ana Previšić
doc. dr. sc. Sandra Radić Brkanac
doc. dr. sc. Ana Galov

Thesis accepted: 05.02.2015.

Sadržaj

1. Uvod 1
1.1. Sastav i struktura zajednica vodenih kukaca 1
1.2. Sastav i struktura zajednica vodenih kukaca u jezerskim ispustima 2
1.3. Emergencija vodenih kukaca 2
1.4. Opće značajke tulara (Trichoptera, Insecta) 4
1.5. Opće značajke mušica svrbljivica (Simuliidae, Diptera, Insecta) 6
2. Ciljevi istraživanja 8
3. Područje istraživanja 9
3.1. Opća obilježja NP Plitvička jezera 9
3.2. Geološko – hidrološka obilježja NP Plitvička jezera 9
3.3. Nastanak sedrenih barijera 9
3.4. Klimatsko – vegetacijska obilježja NP Plitvička jezera 10
3.5. Istraživačka postaja – barijera Labudovac 10
4. Materijali i metode 13
4.1. Uzorkovanje i determinacija tulara i mušica svrbljivica 13
4.2. Određivanje fizikalno – kemijskih parametara istraživanog područja 13
4.3. Uzorkovanje mikrostaništa 14
4.4. Obrada i analiza podataka 16
5. Rezultati 18
5.1. Sastav zajednica tulara i mušica svrbljivica na barijeri Labudovac 18
5.1.1. Sastav zajednica tulara na barijeri Labudovac 18
5.1.2. Sastav zajednica mušica svrbljivica na barijeri Labudovac 20
5.2. Trofička struktura zajednice tulara na sedrenoj barijeri Labudovac 21
5.3. Višegodišnje emergencijske značajke tulara i mušica svrbljivica na barijeri Labudovac 22
5.3.1. Višegodišnje emergencijske značajke tulara na barijeri Labudovac 22
5.3.2. Višegodišnje emergencijske značajke mušica svrbljivica na barijeri Labudovac 26
5.3.3. Višegodišnje emergencijske značajke pasivnih procjeđivača tulara i mušica svrbljivica 27
5.4. Raznolikost i sličnost zajednica tulara i mušica svrbljivica na sedrenoj barijeri Labudovac 30

5.5. Struktura zajednica tulara i mušica svrbljivica na različitim mikrostaništima na sedrenoj barijeri Labudovac 31
6. Rasprava 34
6.1. Sastav i struktura zajednica mušica svrbljivica na sedrenoj barijeri Labudovac u NP Plitvička jezera 34
6.2. Trofička struktura zajednice tulara i mušica svrbljivica na sedrenoj barijeri Labudovac u NP Plitvička jezera 36
6.3. Struktura zajednice tulara i mušica svrbljivica na različitim mikrostaništima na barijeri Labudovac u NP Plitvička jezera 37
6.4. Višegodišnje emergencijske značajke najzastupljenijih vrsta tulara i mušica svrbljivica na barijeri Labudovac u NP Plitvička jezera 38
6.5. Interspecijski odnosi među procjeđivačima zajednica tulara i mušica svrbljivica na barijeri Labudovac u NP Plitvička jezera 40
7. Zaključak 42
8. Literatura 43
9. Životopis 50

1. Uvod

1.1. Sastav i struktura zajednica vodenih kukaca

Sastav i strukturu zajednica kukaca (Insecta) na pojedinim staništima uvjetuje niz abiotičkih čimbenika, ali i biotički odnosi među organizmima. Abiotički čimbenici obuhvaćaju sve čimbenike nežive prirode. Najvažniji abiotički čimbenici koji utječu na sastav i strukturu zajednica kukaca na vodenim staništima su temperatura vode, količina kisika, količina nutrijenata, struja vode i tip supstrata (Moog, 2002). Temperatura vode utječe na metaboličku aktivnost, kao i na mnoge druge procese vodenih kukaca. Iako je vrijednost srednje temperature na staništu od velike važnosti, upravo raspon temperature, te ekstremne temperaturne vrijednosti uvelike određuju pogodnost nekog staništa za život jedinke (Moog, 2002). U vodenim ekosustavima izuzetno veliku ulogu igra i količina dostupnog kisika. Međutim, odgovor jedinke na količinu kisika u vodi je relativno indirektan, jer distribucija jedinki nije ograničena povećanjem količine kisika, samo njegovim smanjenjem. Pogodnim mjestom za život vodeni kukci će smatrati područja sa velikom količinom nutrijenata, a to su područja povremenog cvjetanja algi ili sezonskog opadanja lišća kada dolazi do povećanja organske tvari u vodenim ekosustavima (Moog, 2002). Jedan od najbitnijih faktora u sastavu i strukturi vodenih kukaca, čija se važnost ne može dovoljno naglasiti, je struja vode (Peeters i sur., 1994). Optimalne vrijednosti struje vode variraju za svaku pojedinu vrstu, isto kao i za pojedine životne stadije vrste (Graf i sur., 2008). Tip supstrata u vodenim staništima bitan je za bentičke vrste. Usko je povezan sa brzinom strujanja vode, te određuje u kojoj mjeri će na tom području doći do degradacije dna staništa (Moog, 2002).

Za razliku od abiotičkih, biotički čimbenici su svi čimbenici žive prirode, odnosno odnosi između organizama. Predatorstvo je odnos u kojem se jedinka, predator, hrani drugim organizmom, plijenom. Postoji nekoliko mehanizama predacije: izravna predacija kroz hranidbeni lanac, predacija unutar populacije i očita predacija na određenom plijenu (Mc Creadie i Bedwell, 2012). Parazitizam je odnos u kojem organizam, parazit, živi na račun drugog organizma, domaćina, i u pravilu ga oštećuje. Kao i kod predatora, i u parazitizmu postoji nekoliko različitih mehanizama provedbe odnosa. Međutim, parazitizam vodenih kukaca nije dovoljno istražen (Mc Creadie i Bedwell, 2012). Mutualizam i komenzalizam su oblici simbioze, u kojima obje vrste imaju koristi od zajednice (mutualizam), ili samo jedna vrsta ima korist, a druga ne, ali ne trpi nikakvu štetu (komenzalizam). Najvažniji biotički

čimbenik koji određuje sastav i strukturu zajednice na nekom staništu je kompeticija, odnosno odnos u kojem su dvije vrste u suparništvu u istom okolišu za istu hranu ili prostor, a može biti interspecijska ili intraspecijska. Skupine koje će ući u međusobnu kompeticiju su najvjerojatnije skupine sa sličnim prostornim i prehrambenim potrebama i upravo zbog toga ih se nalazi na istom staništu (Mc Creadie i Bedwell, 2012).

1.2. Sastav i struktura zajednica vodenih kukaca na jezerskim ispustima

U odnosu na druga lotička područja, na mjestima gdje voda istječe iz jezera pojavljuju se vrlo produktivne zajednice. Fauna pronađena na ovim područjima je u svojoj prehrani specijalizirana i to na procjeđivački način života (Malmqvist i Eriksson, 1995; Malmqvist i Wotton, 2002). Visoku produktivnost takvih područja možemo objasniti visoko kvalitetnom hranom koje na tim mjestima ima u izobilju, ali i drugim čimbenicima, kao što je ugodnija temperatura vode i stabilniji protok vode (Giller i Malmqvist, 1998). U manjim jezerskim ispustima, utjecaj jezera je ograničeniji nego što je to kod velikih rijeka, gdje se utjecaj jezera može vidjeti i nekoliko kilometara nizvodno od samog jezera (Giller i Malmqvist, 1998). Dolazi do promjene abiotičkih uvjeta, a s time i do promjene sastava i strukture vodene faune. Biomasa je najveća u neposrednoj bizini jezera. Dominantne jedinke na ovom području su snažni kompetitori, kao što su to ličinke tulara iz porodice Hydropsychidae (Malmqvist i Eriksson, 1995). Takva dominacija može imati negativan utjecaj na okolna staništa u jezeru. Najproduktivniji jezerski ispusti pokazuju smanjenje bogatstva vrsta, što je vjerojatno posljedica velikog broja jedinki tulara iz porodice Hydropsychidae (Malmqvist i sur., 1991; Malmqvist i Eriksson, 1995)

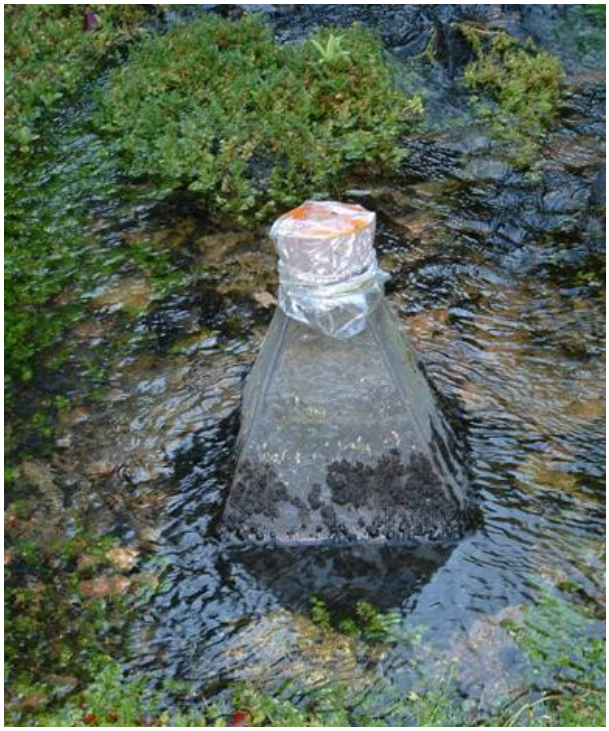
1.3. Emergencija vodenih kukaca

Emergencija je proces preobrazbe kukca iz ličinačkog stadija u stadij odrasle jedinke. Proces podrazumijeva prijelaz iz vodenog u kopneni ekosustav. Najznačajniji redovi kukaca koji emergiraju su: vodencvjetovi (Ephemeroptera), obalčari (Plecoptera), vretenca (Odonata), tulari (Trichoptera), te dvokrilci (Diptera) (Sweeney, 1984). Ovisno o vrsti, do izlijetanja jedinke iz vode može doći u bilo koje doba dana ili noći. Ovisno o tome koliko generacija u jednoj godini izlijeće, vrste možemo podijeliti u tri skupine: univoltne (jedna generacija u

godini), bivoltne (dvije generacije u godini), te multivoltne/polivoltne (više od dvije generacije u godini) (Sweeney, 1984).

Na početak emergencije mogu utjecati brojni ekološki čimbenici. Dva najvažnija čimbenika koja utječu na izlijetanje jedinki su temperatura vode i fotoperiod (Sweeney, 1984). Temperatura uglavnom utječe na trajanje ličinačkog stadija, samim time i na trajanje cijele metamorfoze. Povišenje temperature vode smanjuje trajanje stadija ličinke, dok sniženje temperature vode odgađa početak izletanja i produljuje trajanja stadija ličinke. Fotoperiod djeluje kao signal za promjene u životnom ciklusu jedinke tijekom godine, točnije tijekom godišnjih doba. Temperatura vode i fotoperiod zajedno kontroliraju dužinu razdoblja emergencije jedinke (Corbet, 1964; Hynes, 1976; Sweeney, 1984).

Hvatanje jedinki kukaca koje emergiraju provodi se emergencijskim klopkama (Slika 1.1.). Eemergencijske klopke kao metodu istraživanja emergencije u tekućicama među prvima je uveo Mundie (1956). One hvataju jedinku u trenutku prelaska jednog stadija u drugi (iz ličinke ili kukuljice u odraslog kukca), mijenjajući pritom i svoje stanište. Razlikuju se s obzirom o kojem se staništu radi, o vodenom ili kopnenom, ali princip njihovog djelovanja je jednak. Emergencijske klopke imaju nekoliko prednosti, prije svega jer olakšavaju determinaciju. Naime, u klopke se uhvate odrasle jedinke koje je kod nekih skupina kukaca koje čine velik udio u ukupnoj emergenciji puno lakše determinirati od ličinki, npr. brojne porodice dvokrilaca (Corbet, 1964). Isto tako, postavljanje klopke ne oštećuje dno vodenog sustava koji istražujemo, tako da one neće naštetiti niti jednom njegovom dijelu.

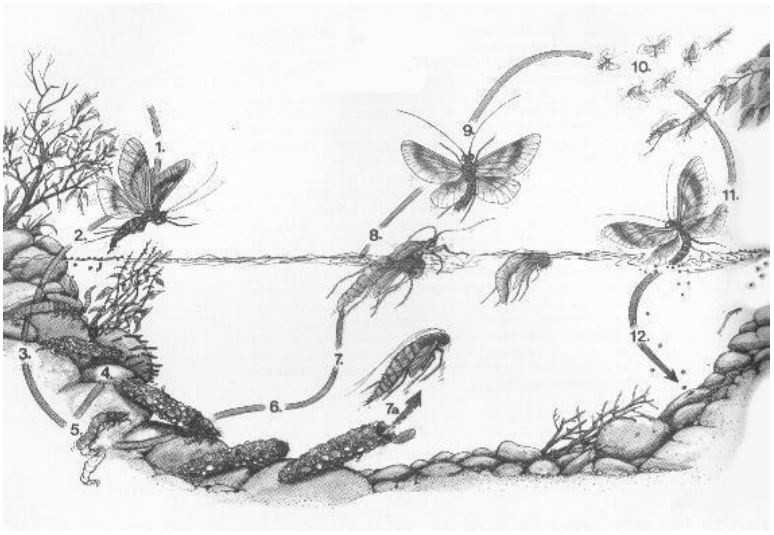


Slika 1.1. Emergencijska piramidalna klopka pričvršćena za supstrat (foto: M. Ivković).

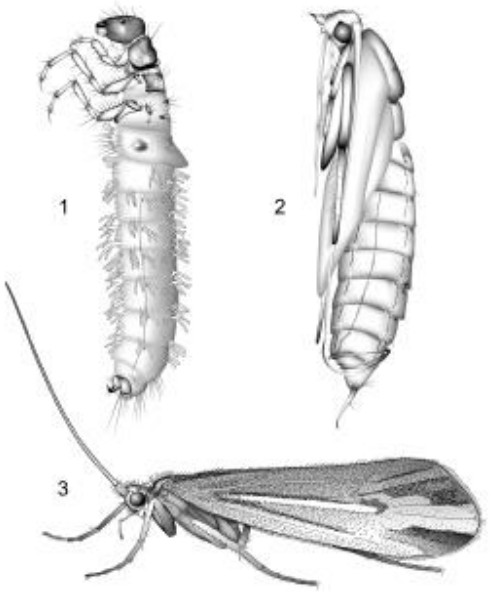
1.4. Opće značajke tulara (Trichoptera, Insecta)

Tulari (Trichoptera) su red kukaca koji su svojim životnim ciklusom vezani i uz vodena i kopnena staništa. Uz dvokrilce, najveći su red vodenih kukaca. Smatra se da im veliku raznolikost vrsta omogućuje proizvodnja predljivih niti ličinačkih stadija, koje im služe za izgradnju kućica i mreža (Mackay i Wiggins, 1979; Morse, 2003; Holzenthal i sur. 2007). Nastanjuju gotovo sva vodena staništa, od visokoplaninskih izvora, do nizinskih rijeka, potoka i jezera, na svim kontinentima osim Antarktike (Morse, 2003; Graf i sur. 2008).

Tulari su holometabolni kukci, što znači da imaju potpunu preobrazbu (Slika 1.2.). Potpuna preobrazba podrazumijeva četiri životna stadija: jaje, ličinka, kukuljica i odrasla jedinka (Slika 1.3.). Jaja, ličinke i kukuljice žive u vodi, dok su odrasle jedinke kopnene, ali se kod većine vrsta zadržavaju u blizini vode (Gullan i Cranston, 2010).



Slika 1.2. Životni ciklus tulara: 1 – ženka polaže jaja, 2 – jaja padaju na dno, 3,4,5 – ličinke grade kućice ili mreže, 6 – ličinka se zakukuljuje, 7,7a – kukuljica napušta kućicu i izlazi na površinu vode, 8 – imago izlazi iz vode, 9,10 – pronalazak drugih jedinki i parenje, 11 – ženka polaže jaja; izvor: URL1.



Slika 1.3. Životni stadiji tulara: 1 – ličinka (*Halesochila taylori*), 2 – kukuljica (*Ceraclea* sp.), 3 – odrasla jedinka (*Hesperophylax designatus*) (Prilagođeno na temelju Holzenthal i sur., 2007)

Prema osnovnim morfološkim značajkama, ličinke tulara možemo podijeliti na eruciformne, kampodeiformne i suberuciformne. Eruciformne ličinke imaju cilindričan oblik tijela sa glavom u hipognatnom položaju i grade kućice od različitog materijala.

Kampodeiformne ličinke imaju dorzo-ventralno spljošteno tijelo s glavom u prognatnom položaju i ne grade kućice već mreže za lov ili su slobodnoživuće. Suberuciformne ličinke su prijelazni oblik između eruciformnih i kampodeiformnih ličinki, imaju cilindrično tijelo, položaj glave im je između hipognatnog i prognatnog, te grade kućice (Hickin, 1967).

Podjelu tulara možemo izvršiti na temelju prehrane ličinki. Tulare prema tome dijelimo na nekoliko osnovnih skupina: 1.) po tipu hrane: herbivori, detritivori i karnivori i 2.) po načinu uzimanja hrane: strugači (engl. „scrapers“ ili „grazers“), usitnjivači (engl. „shredders“), sakupljači (engl. „collectors“), procjeđivači (engl. „filter feeders″), bušači (engl. „pierces“) i predatori (Mackay i Wiggins 1979; Otto, 1981).

Zbog velike bioraznolikosti i brojnosti te zbog važne uloge u vodenim hranidbenim lancima, prisutnost odnosno odsutnost tulara i njihova gustoća često se upotrebljavaju u biološkoj procjeni i praćenju kvalitete vode (Moog, 2002; Morse, 2003; Holzenthal i sur. 2007).

1.5. Opće značajke mušica svrbljivica (Simuliidae, Diptera, Insecta)

Mušice svrbljivice (Simuliidae) su kukci vodenih ekosistema. Pripadaju redu dvokrilaca (Diptera). Prisutne su gotovo na svim mjestima osim Antarktike, te nekim otocima i pustinjama gdje nema tekućica.

Njihov životni ciklus je holometabolički, kao i kod tulara. Tijelo ličinki je produženo, te na stražnjem dijelu lagano prošireno. Na njemu se, na anteriornom i posteriornom dijelu, nalaze dva nastavka – panožice, uz pomoć kojih se kreću po vodenom supstratu (Adler i sur., 2004; Crosskey, 1990). Ličinke mušica svrbljivica imaju dobro razvijenu glavenu čahuru na kojoj se oko usnog aparata nalazi vijenac kukica pomoću kojeg se hrane filtriranjem i prihvaćaju za supstrat i vegetaciju (Crosskey, 1990). Obzirom na specifičan način prehrane, ličinke mušica svrbljivica nužno trebaju struju vode, stoga ih nalazimo isključivo u lotičkim staništima (Crosskey, 1990; Adler i sur., 2004).

Građa kukuljice kod većine vrsta je jednostavno složena, sa respiratornim filamentima na lateralnim stranama (Rubtsov, 1990). Imago napušta kukuljicu u malim paketićima zraka i upravo po tome je emergencija mušica svbljivica posebnija od emergencije svih ostalih skupina unutar reda dvokrilaca (Crosskey, 1990). Odrasle jedinke (Slika 1.4.) naseljavaju

kopnena staništa i imaju drugačiji način prehrane. One se hrane tekućim oblikom hrane, odnosno cvjetnim nektarom, biljnim sokovima ili medom, a ženke i krvlju čovjeka i toplokrvnih kralješnjaka (Rubtsov, 1990). Upravo zbog parazitskog načina prehrane mušice svrbljivice smatramo izuzetno medicinski i veterinarski značajnima (Adler i sur., 2004).



Slika 1.4. Tijelo odrasle jedinke mušice svrbljivice (foto: M. Ivković)

2. Ciljevi istraživanja

Kako bi se utvrdile ekološke i fenološke značajke zajednica tulara i mušica svrbljivica na sedrenoj barijeri Labudovac u NP Plitvička jezera, provedeno je šestogodišnje prikupljanje jedinki tulara i mušica svrbljivica te su postavljeni sljedeći ciljevi istraživanja:

- Utvrditi sastav i strukturu zajednica tulara i mušica svrbljivica na istraživanoj postaji, s posebnim naglaskom na trofičku strukturu;
- Detaljnije analizirati višegodišnje emergencijske značajke dominantnih vrsta tulara i mušica svrbljivica;
- Utvrditi interspecijske odnose (npr. kompeticiju) među procjeđivačima ove dvije skupine vodenih kukaca, te njihov utjecaj na sastav i strukturu zajednica tih skupina.

3. Područje istraživanja

3.1. Opća obilježja NP Plitvička jezera

Istraživanje je provedeno u Nacionalnom parku Plitvička jezera. Plitvička jezera su smještena u krškoj regiji na južnom dijelu gorskog lanca Male Kapele (Đurek, 2000; Ivković i sur., 2012b). Nacionalnim parkom proglašena su 8. travnja 1949. godine, što ih ujedno čini prvim hrvatskim Nacionalnim parkom (Đurek, 2000). UNESCO ih 26. listopada 1979. godine stavlja na Listu svjetske prirodne i kulturne baštine (Đurek, 2000; Zwicker i Rubinić, 2005).

Plitvička jezera čini sustav od 16 većih jezera, a podijeljenja su na Gornja (Prošće, Ciginovac, Okrugljak, Batinovac, Veliko jezero, Malo jezero, Vir, Galovac, Milino, Gradinsko jezero, Veliki burget i Kozjak) i Donja (Milanovac, Gavanovac, Kaluđerovac i Novakovića Brod) jezera. Gornja jezera nalaze se u reljefno otvorenoj dolomitnoj dolini, a Donja jezera u vapnenačkom kanjonu. Plitvička jezera imaju obilježja kaskadnog sustava. Voda se prelijeva preko barijera u slapovima, od najvišeg Prošćanskog jezera, na 636 m nadmorske visine, do jezera Novakovića Brod na 503 m nadmorske visine (Riđanović, 1994). Najdublja i najveća jezera su Prošćansko jezero (37 m dubine) i jezero Kozjak (45m dubine) (Zwicker i Rubinić, 2005).

3.2. Geološko – hidrološka obilježja

Nacionalni park Plitvička jezera sa svojim specifičnim geološkim, geomorfološkim i hidrološkim obilježjima pripada Dinarskom krškom području. Na području parka prevladavaju mezozojski vapnenci s uloščima dolomita, ali i sami dolomiti. Čitav današnji izgled ovog područja uvjetovan je odnosom slabije propusnih dolomita i vodopropusnim jurskim vapnencima. Specifične hidrološke osobine područja omogućile su zadržavanje vode na dolomitnim stijenama koji su nastali za vrijeme trijasa, ali i kanjonsko urezivanje u naslage vapnenca nastalih za vrijeme krede.

3.3. Nastanak sedrenih barijera

U vodama Plitvičkih jezera, zbog prezasićenosti kalcijevim karbonatom, dolazi do procesa osedravanja, odnosno stvaranja sedrenih barijera. Proces osedravanja događa se u specifičnim fizikalno – kemijskim i biološkim uvjetima. Prozračivanjem vode bogate

otopljenim kalcijevim karbonatom (u obliku kalcijevog bikarbonata ($Ca(HCO_3)_2$), oslobađa se ugljični dioksid, a na podlogama se taloži kalcijev karbonat ili kalcit ($CaCO_3$) (Stilinović, 1994). Osnovna kemijska formula za taloženje sedre je :

$$Ca(HCO_3)_2 + \text{rasprskavanje vode} \rightarrow CO_2 + H_2O + CaCO_3\downarrow \text{ (sedra)}$$

Osnovni abiotički uvjeti za stvaranje sedre su prezasićenost vode kalcijevim karbonatom, pH vode iznad 8 i koncentracija organske tvari manja od 10mg/L ugljika (Stilinović, 1994).

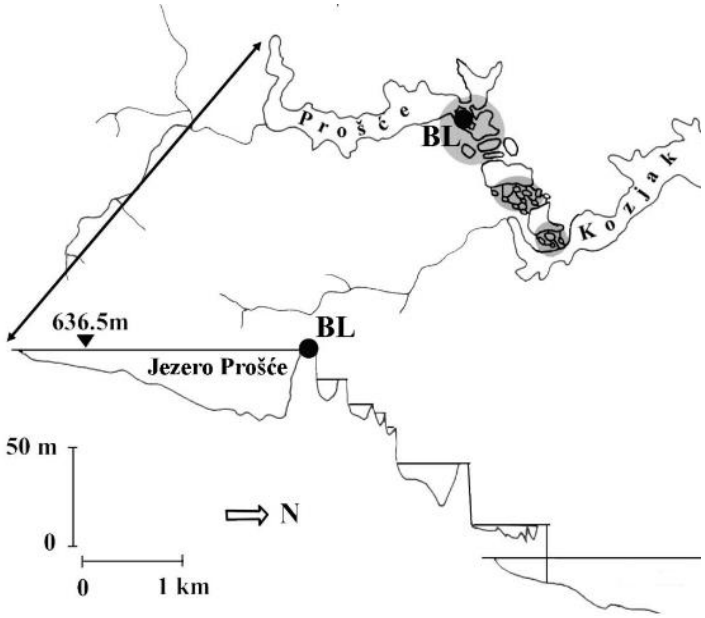
3.4. Klimatsko – vegetacijska obilježja

Položaj Plitvičkih jezera u gorskom dijelu Hrvatske određuje klimatska i vegetacijska obilježja područja. Prema Köppenovoj klasifikaciji, ovdje prevladava umjereno topla i vlažna klima s toplim ljetima, te hladnim zimama. Prosječna godišnja količina oborina iznosi 1550 mm.

Vrsta vegetacije definirana je geografskim širinama, nadmorskom visinom, nagibom, ekspozicijom terena, geološkom podlogom te načinom korištenja tla. Najveći dio površine parka (više od 80%) zauzimaju šume. Najvećim dijelom to su bukove šume, a na višim nadmorskim visinama rastu mješovite šume bukve i jele (Klepec, 1994). Važno mjesto u flori Nacionalnog parka Plitvička jezera zauzima i 75 endemskih vrsta te čak 22 zaštićene biljne vrste (Šegulja, 2005).

3.5. Istraživačka postaja – barijera Labudovac

Istraživanje je provedeno na najvećoj sedrenoj barijeri u sustavu Plitvičkih jezera, barijeri Labudovac (Slika 3.1.). Barijera Labudovac se nalazi između Prošćanskog jezera i jezera Okrugljak, N 44°52'17" E 15°35'59", na nadmorskoj visini od 636,5 m. (Slike 3.2. i 3.3.). Barijera Labudovac odabrana je za istraživačku postaju zbog velike raznolikosti mikrostaništa.



Slika 3.1. Karta istraživane postaje unutar Nacionalnog parka Plitvička jezera.

BL – barijera Labudovac.



Slika 3.2.. Emergencijska klopka na barijeri Labudovac (foto: M. Ivković).



Slika 3.3. Barijera Labudovac (foto: M. Ivković).

4. Materijali i metode

4.1. Uzorkovanje i determinacija tulara i mušica svrbljivica

Na barijeri Labudovac uzorci odraslih jedinki vodenih kukaca su prikupljani jednom mjesečno u razdoblju od 2008. do kraja 2013. godine. Uzorci su sakupljani pomoću semikvantitativnih emergencijskih piramidalnih klopki koje su modificirana verzija Illies-ovih klopki (1971). Emergencijske klopke površine 45 x 45 cm (h = 50 cm) su bile pričvršćene za podlogu. Na postaji je postavljeno ukupno 6 klopki kako bi se zahvatila sva raspoloživa mikrostaništa, odnosno 7 klopki tijekom 2012. i 2013. godine. Stoga je ukupna površina obuhvaćena klopkama u razdoblju 2008. – 2011. godine iznosila 1,215 m², a u 2012. i 2013. godini 1,4175 m². Kukci su lovljeni u posude na vrhu piramidalnih klopki u kojima je kao fiksativ služio 1-2 % formalin, uz dodatak deterdženta radi razbijanja površinske napetosti vode. U zimskim mjesecima dodavan je i 96 % alkohol da bi se smanjila točka ledišta. Svi sakupljeni kukci konzervirani su u 80 %-tnom etanolu.

Obrada sakupljenih uzoraka temeljila se na odvajanju jedinki na redove kukaca. Jedinke dvokrilaca najprije su izolirane do porodica, a zatim je porodica Simuliidae determinirana do razine vrste na temelju morfologije krila, izgleda nogu, te genitalija mužjaka uz pomoć determinacijskih ključeva: Day i sur., 2010; Knoz, 1965 i Rubtzov, 1990. Tulari su determinirani do razine vrste uz pomoć ključa ″Atlas of European Trichoptera″ (Malicky, 2004). Determinacija do razine vrste vršena je na temelju morfoloških obilježja genitalija, osim za ženke rodova *Hydropsyche*, *Wormaldia* i *Hydroptila*, jer determinacija ženki ovih rodova nije u potpunosti moguća (Malicky, 2004; Previšić *i sur.*, 2007). Ženke navedenih rodova korištene su u svim analizama kao zasebne svojte. Sistematski pregled vrsta tulara napravljen je prema radu Malicky (2005). Sve determinacije su izvršene na stereolupi AC100-240V.

4.2. Određivanje fizikalno – kemijskih parametara istraživanog područja

Tijekom uzorkovanja na terenu izmjerena je temperatura zraka (pomoću živinog termometra), te fizikalno-kemijska obilježja vode. Količina kisika u vodi i zasićenje kisikom izmjereni su pomoću oksimetra WTW Oxi 330/SET, pH vrijednost vode izmjerena je pomoću pH-metra WTW pH 330, a elektroprovodljivost pomoću konduktometra WTW LF 330. Količina vezanog CO_2 u vodi (alkalinitet) određena je metodom titracije s 0,1 M kloridnom

kiselinom uz metil-orange kao indikator, a izražavana je u mg $CaCO_3$ L^{-1}. Brzina strujanja vode izmjerena je strujomjerom P-670-M, a temperatura vode je izmjerena pomoću data logera (HOBO Pendant Temperature Data Logger (#Part UA-001-XX)). Podaci o protoku vode dobiveni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda. Raspon vrijednosti svih izmjerenih fizikalno – kemijskih parametara vode prikazan je u tablici 4.1.

Tablica 4.1. Raspon vrijednosti fizikalno – kemijskih parametara vode (min = minimalna zabilježena vrijednost, average = srednja vrijednost, max = maksimalna zabilježena vrijednost, *prema Strahleru) na istraživanoj postaji od 2008. do 2013.g.

Fizikalno - kemijski parametar		**Vrijednost**
Temperatura vode (°C)	**Min**	2,5
	Average	11,5
	Max	20,5
O_2 (mg L^{-1})	**Min**	6,7
	Average	9,5
	Max	12,3
O_2 (%)	**Min**	59,7
	Average	99,45
	Max	139,2
pH	**Min**	6,8
	Average	7,75
	Max	8,7
Elektroprovodljivost (µS cm^{-1})	**Min**	366
	Average	396
	Max	426
Alkalinitet (mg L^{-1} $CaCO_3$)	**Min**	210
	Average	235
	Max	260

4.3. Uzorkovanje mikrostaništa

Na barijeri Labudovac bilo je postavljeno 6 emergencijskih klopki kako bi se obuhvatila različita mikrostaništa. Mikrostaništa su se razlikovala po supstratu i po brzini strujanja vode (Tablica 4.2.). 2012. i 2013. godine radi usporedbe sa klopkom P3 postavljena je dodatna emergencijska klopka (P3').

Tablica 4.2. Mikrostaništa na barijeri Labudovac na kojima su postavljene emergencijske klopke (P1, P2, P3, P3', P4, P5, P6). ▲- šljunak (ponekad s listincem), ◘ - mahovina na kamenju ili sedri, s različitim brzinama strujanja vode. Vrijednosti predstavljaju prosječne vrijednosti brzina strujanja vode utvrđene za pojedino mikrostanište u svakoj godini istraživanja, izražene u cm/s.

Godina	Klopke	Mikrostanište	Brzine strujanja vode (cm/s)
BL 2007	P1	▲	6,8
	P2	▲	15,0
	P3	◘	20,0
	P4	▲	11,8
	P5	◘	11,8
	P6	◘	5,9
BL 2008	P1	▲	5,3
	P2	▲	19,9
	P3	◘	25,6
	P4	▲	10,6
	P5	◘	15,5
	P6	◘	8,8
BL 2009	P1	▲	7,9
	P2	▲	19,1
	P3	◘	12,0
	P4	▲	12,5
	P5	◘	15,1
	P6	◘	6,3
BL 2010	P1	▲	9,8
	P2	▲	16,3
	P3	◘	8,1
	P4	▲	4,0
	P5	◘	13,7
	P6	◘	7,1
BL 2011	P1	▲	17,14
	P2	▲	12,28
	P3	◘	7,85
	P4	▲	4,5
	P5	◘	8,8
	P6	◘	14,14
BL 2012	P1	▲	14,44
	P2	▲	13,33
	P3	◘	11,11
	P3'	◘	25,83
	P4	▲	4,77
	P5	◘	9,77
	P6	◘	10,88
BL 2013	P1	▲	8,57
	P2	▲	21,14
	P3	◘	1,2
	P3'	◘	26,28
	P4	▲	10,42
	P5	◘	13,83
	P6	◘	14,85

4.4. Obrada i analiza podataka

Za opisivanje biocenološke raznolikosti istraživanih postaja korišteni su Shannon-Wienerov (Shannon, 1948) i Simpsonov (Simpson, 1949) indeks raznolikosti te indeks ujednačenosti zajednice (Pielouov indeks) koji se izvodi iz navedenih indeksa raznolikosti.

Shannon-Wienerov (Shannon, 1948) indeks raznolikosti (H') izračunat je prema formuli:

$$H' = -\sum_{i=1}^{n} p_i \, ln \, (p_i)$$

gdje je: p_i - udio svojte *i* u zajednici ($p \in \langle 0, 1]$),

n-broj svojti u zajednici.

Simpsonov (Simpson, 1949) indeks (λ) izračunat je prema formuli:

$$\lambda = \sum (n_i / N)^2$$

gdje je: n_i - ukupni broj jedinki vrste *i*,

N - ukupan broj jedinki svih vrsta.

Pielouov (Pielou, 1966) indeks ujednačenosti zajednice (J') izvodi se iz Shannon-Wienerovog indeksa raznolikosti (H') te predstavlja omjer H' i njegove maksimalne moguće vrijednosti H_{max} te se iskazuje formulom:

$$J' = \frac{H'}{\log \, (S)}$$

gdje je: H' - - Shannon-Wienerov indeks,

S - ukupni broj vrsta u zajednici.

Programski paket korišten u analizi podataka u ovom istraživanju je Primer v6 (Clarke & Gorley 2006). Koristeći isti programski paket provedena je analiza multidimenzionalnog skaliranja (MDS - engl. „multidimensional scaling analysis) temeljena na Bray-Curtis-ovom indeksu sličnosti, kako bi se utvrdila sličnost zajednica tulara i mušica svrbljivica na

istraživanim postajama. Analiza trofičke strukture zajednice tulara izračunata je prema metodi Moog i sur. (2010), tj. uz pomoć sljedećeg izraza:

$$R = \Sigma ni / \Sigma h$$

gdje je: *R* – udio tulara određene funkcionalne skupine na postaji
ni – broj jedinki vrste *i* koja pripada određenoj funkcionalnoj skupini
h – ukupni broj jedinki na postaji.

Pripadnost pojedinih vrsta tulara određenim trofičkim kategorijama određena je prema Graf *i sur.*, 2008.

5. Rezultati

5.1. Sastav zajednica tulara i mušica svrbljivica na barijeri Labudovac

5.1.1. Sastav zajednice tulara na barijeri Labudovac

Na barijeri Labudovac, tijekom šest godina istraživanja (2008. – 2013.) zabilježeno je 37 vrsta (40 svojti) tulara iz 11 porodica. Ukupno je prikupljeno 4729 jedinki (Tablica 5.1.).

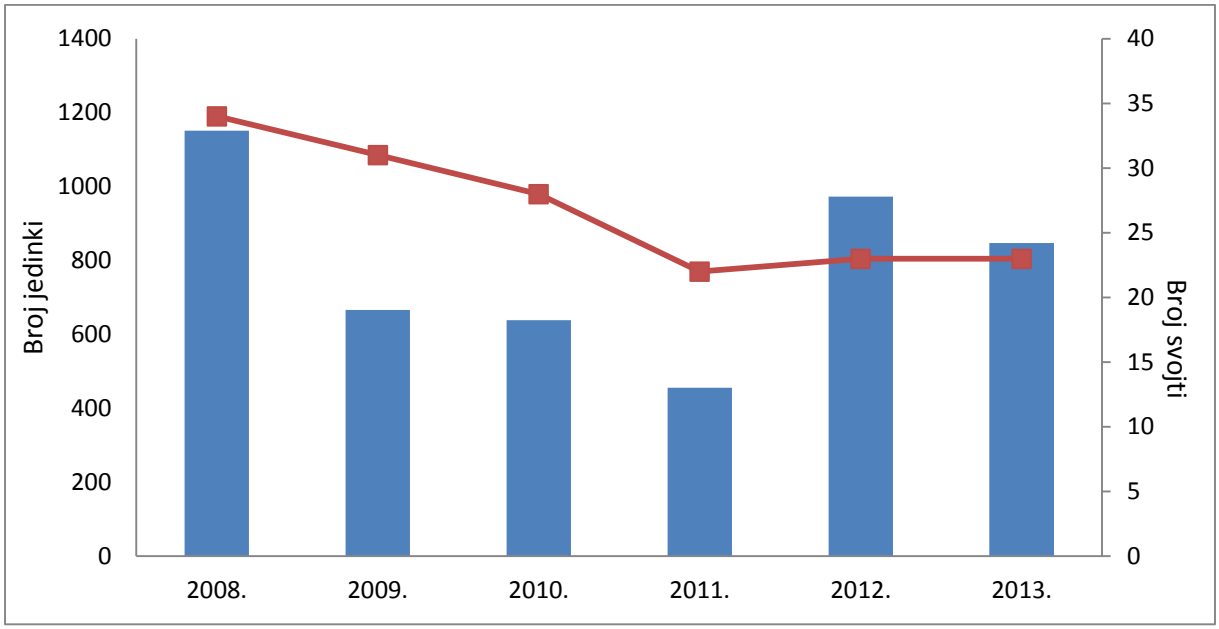
Vrsta *Tinodes rostocki* (McLACHLAN, 1878) prvi je put zabilježena na području NP Plitvička jezera (Previšić i sur. 2007; 2010; 2013; Šemnički i sur. 2012).

Tablica 5.1. Broj mužjaka (M) i ženki (F), te ukupni broj jedinki tulara prikupljenih pomoću emergencijskih klopki na barijeri Labudovac u NP Plitvička jezera tijekom šest godina istraživanja (2008. – 2013. godine).

VRSTA	M	F	UKUPNO
RHYACOPHILIDAE			
Rhyacophila aurata (BRAUER, 1857)	14	24	38
Rhyacophila dorsalis plitvicensis (MALICKY & KUČINIĆ, 2002)	116	129	245
Rhyacophila tristis (PICTET, 1834)	289	463	752
HYDROPTILIDAE			
Hydroptila occulta (EATON, 1873)	1	0	1
Hydroptila occulta grupa	1	1	2
PHILOPOTAMIDAE			
Philopotamus variegatus (SCOPOLI, 1763)	15	14	29
Wormaldia subnigra (MCLACHLAN, 1865)	33	0	33
Wormaldia sp.	0	70	70
POLYCENTROPODIDAE			
Neureclipsis bimaculata (LINNAEUS, 1758)	2	9	11
Polycentropus flavomaculalus (PICTET, 1834)	74	67	141
Polycentropus schmidi (NOVAK & BOTOSANEANU, 1965)	3	2	6
PSYCHOMYIIDAE			
Lype phaeopa (STEPHENS, 1836)	0	6	6
Lype reducta (HAGEN, 1868)	54	18	72
Tinodes dives (PICTET, 1834)	0	4	4
Tinodes rostocki (MCLACHLAN, 1878)	4	1	5
Tinodes unicolor (PICTET, 1834)	55	39	94
HYDROPSYCHIDAE			
Hydropsyche instabilis (CURTIS, 1834)	313	0	313
Hydropsyche saxonica (MCLACHLAN, 1884)	598	0	598
Hydropsyche sp.	0	1356	1356

VRSTA	M	F	UKUPNO
LEPIDOSTOMATIDAE			
Lepidostoma hirtum (FABRICIUS, 1775)	76	59	135
LIMNEPHILIDAE			
Chaetopteryx fusca (BRAUER, 1857)	39	20	59
Glyphotaelius pellucidus (RETZIUS, 1783)	8	7	15
Halesus digitatus (SCHRANK, 1781)	16	16	32
Halesus tesselatus (RAMBUR, 1842)	10	5	15
Limnephilus lunatus (CURTIS, 1834)	123	161	284
Limnephilus rhombicus (LINNAEUS, 1758)	10	8	18
Micropterna sequax MCLACHLAN, 1875	8	3	11
Potamophylax pallidus (KLAPALEK, 1899)	34	38	72
Potamophylax rotundipennis (BRAUER, 1857)	8	8	16
LEPTOCERIDAE			
*Adicella syriaca (*ULMER, 1907)	1	1	2
Athripsodes bilineatus (LINNAEUS, 1758)	3	8	11
Athriposdes cinereus (CURTIS, 1834)	0	2	2
Ceraclea annulicornis (STEPHENS, 1836)	0	2	2
Ceraclea dissimilis (STEPHENS, 1836)	2	1	3
Mystacides azurea (LINNAEUS, 1761)	8	6	14
Oecetis testacea (CURTIS, 1834)	7	8	15
SERICOSTOMATIDAE			
Notidobia ciliaris (LINNAEUS, 1761)	24	24	48
Sericostoma flavicorne (SCHNEIDER, 1845)	6	13	19
BERAEIDAE			
Beraeamyia schmidi (BOTOSANEANU, 1960)	78	102	180
Ernodes vicinus (MCLACHLAN, 1879)	0	1	1
UKUPNO	2033	2696	4730

Na barijeri Labudovac je najviše jedinki (1151) i svojti (34) tulara zabilježeno 2008. godine, a najmanje 2011. kada je zabilježeno samo 455 jedinki i 22 svojte (Slika 5.1.).



Slika 5.1. Sezonska dinamika tulara na barijeri Labudovac izražena kao ukupan broj jedinki i svojti po godinama u istraživanom razdoblju (2008.- 2013. godine).

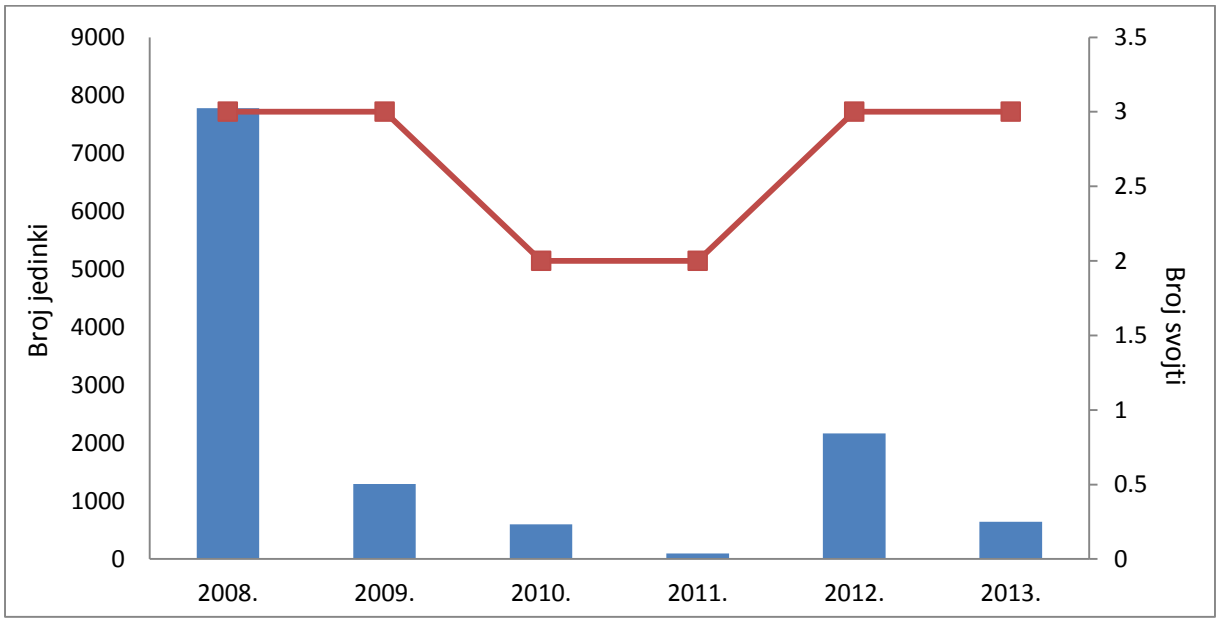
5.1.2. Sastav zajednice mušica svrbljivica na barijeri Labudovac

Na barijeri Labudovac, tijekom šest godina istraživanja (2008. – 2013.) prikupljene su 4 vrste mušica svrbljivica iz roda *Simulium*. Ukupno je prikupljeno 11 166 jedinki (Tablica 5.2.).

Tablica 5.2. Ukupan broj vrsta mušica svrbljivica prikupljenih pomoću emergencijskih klopki na barijeri Labudovac u NP Plitvička jezera tijekom šest godina istraživanja (2008. – 2013. godine).

VRSTA	UKUPNO
Simulium (Eusimulium) angustipes (EDWARDS,1915)	11101
Simulium (Nevermannia) costatum (FRIEDERICHS, 1920)	42
Simulium (Odagmia) monticola (FRIEDERICHS, 1920)	5
Simulium (Simulium) ornatum(complex) (MEIGEN, 1818)	9
UKUPNO	11166

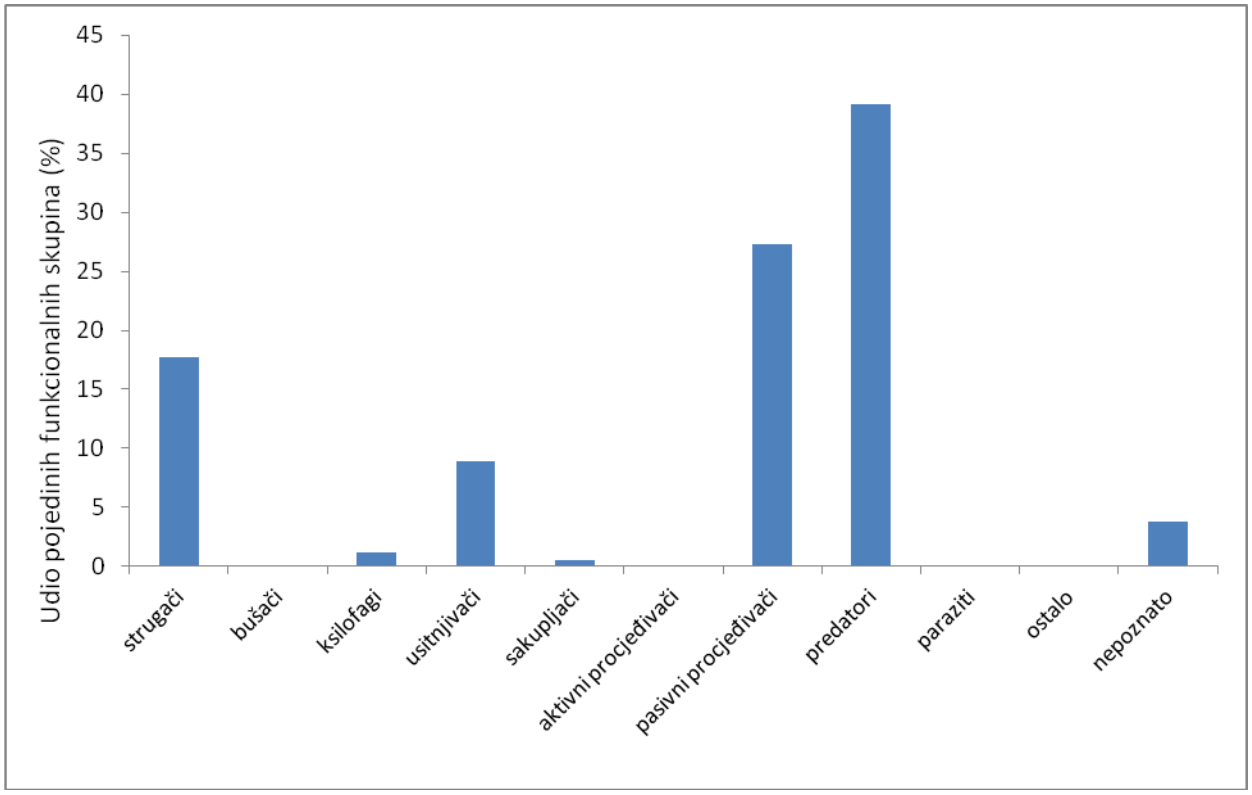
Najviše jedinki mušica svrbljivica (7775) zabilježeno je 2008. godine, dok je uvjerljivo najmanje jedinki (95) zabilježeno 2011. godine. Broj svojti tijekom godina nije se znatno mijenjao (Slika 5.2.).



Slika 5.2. Sezonska dinamika mušica svrbljivica na barijeri Labudovac izražena kao ukupan broj jedinki i ukupan broj svojti po godinama u istraživanom razdoblju (2008.- 2013. godine).

5.2. Trofička struktura zajednice tulara na sedrenoj barijeri Labudovac

U zajednici tulara na barijeri Labudovac, tijekom istraživanog razdoblja najzastupljenija funkcionalna skupina su predatori sa više od 35% (Slika 5.3.). Toj funkcionalnoj skupini pripadaju vrste roda *Rhyacophila* koje su isključivo predatori, ali u određenom udjelu i vrste roda *Hydropsyche* koje su najbrojnija svojta tulara na ovoj postaji. Nakon predatora, najbrojniji su pasivni procjeđivači sa više od 25%. Pasivnim procjeđivačima pripadaju vrste *Philopotamus variegatus* (SCOPOLI, 1763), *Wormaldia subnigra* (McLACHLAN, 1865), *Hydropsyche saxonica* (McLACHLAN, 1884), *Hydropsyche instabilis* (CURTIS, 1834), te svojte *Wormaldia* sp. i *Hydropsyche* sp.

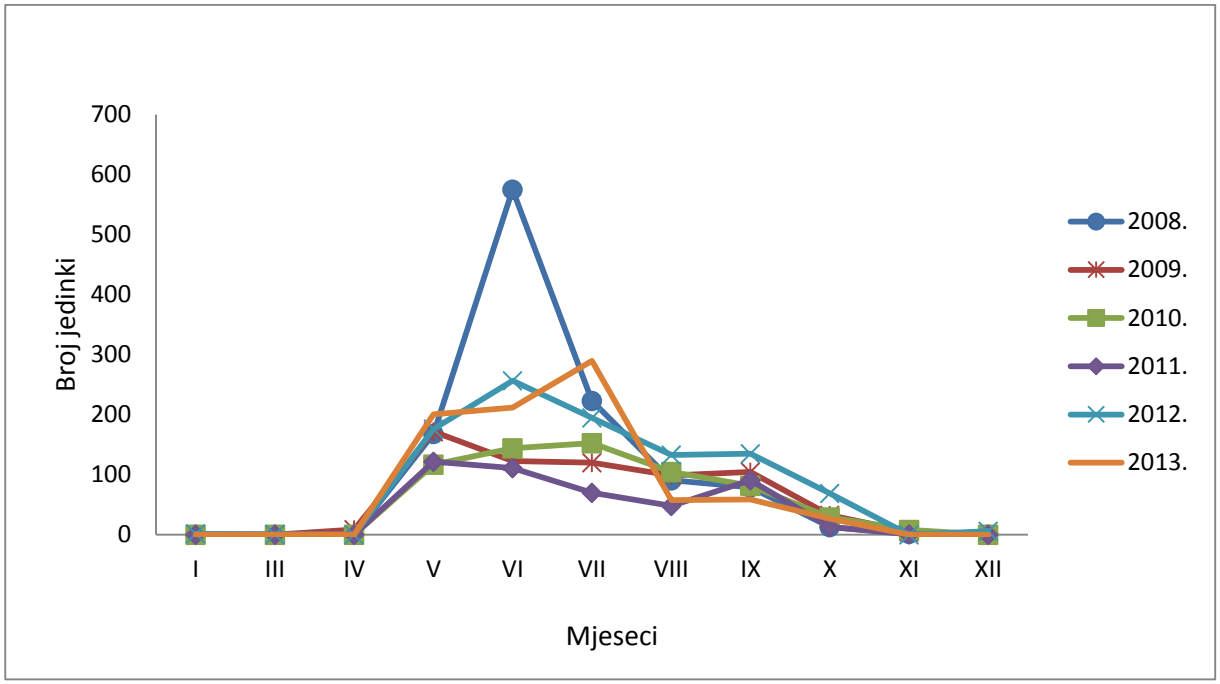


Slika 5.3. Udio pojedinih funkcionalnih skupina u zajednici tulara na barijeri Labudovac tijekom šestogodišnjeg istraživanja.

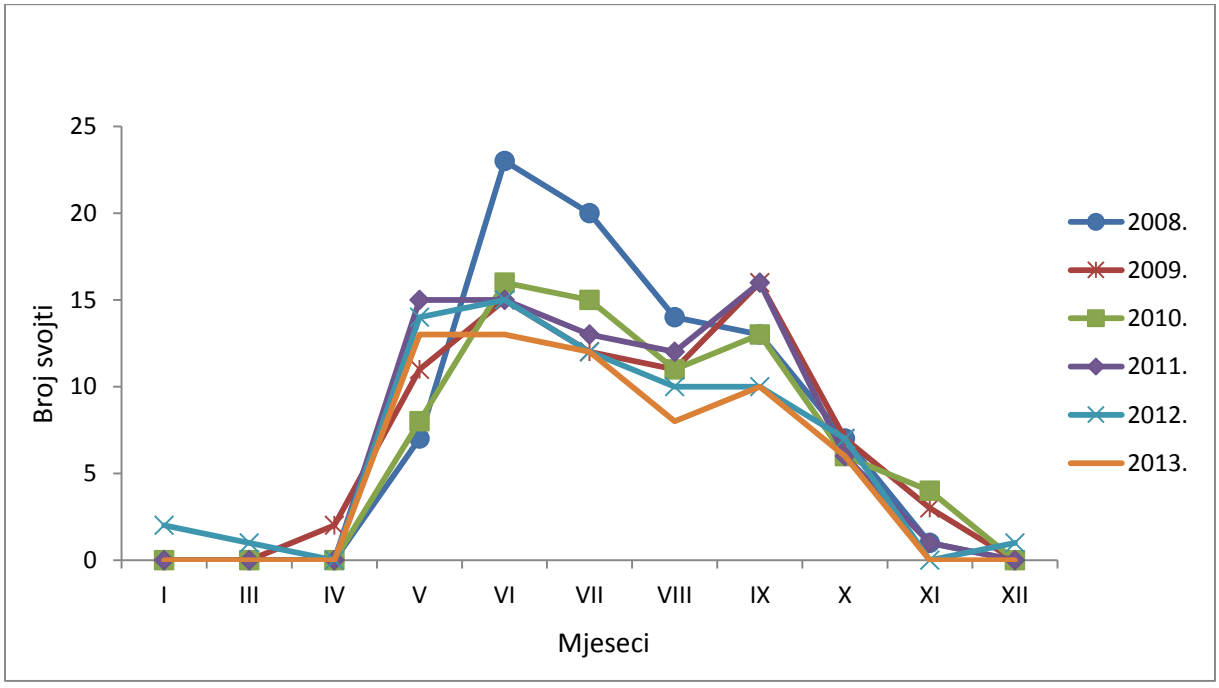
5.3. Višegodišnje emergencijske značajke tulara i mušica svrbljivica na barijeri Labudovac

5.3.1. Višegodišnje emergencijske značajke tulara na barijeri Labudovac

Izlijetanje odraslih tulara odvija se svake godine u razdoblju od svibnja do listopada mjeseca, međutim postoji određena varijabilnost glede početka i završetka emergencije tijekom istraživanog razdoblja. Odnosno, 2009. godine izlijetanje je počelo nešto ranije (travanj), dok je 2012. izlijetanje završilo kasnije (prosinac). Broj jedinki i svojti tulara slijedi jednak sezonski trend tijekom cijelog istraživanog razdoblja (Slike 5.4. i 5.5.). Najveći broj jedinki tulara zabilježen je u kasno proljeće i ljeto, tj. od svibnja do srpnja (Slika 5.4.). Najveći broj svojti zabilježen je u rano ljeto tijekom 4 godine, a tijekom 2 godine istraživanja u rujnu (Slika 5.5.).

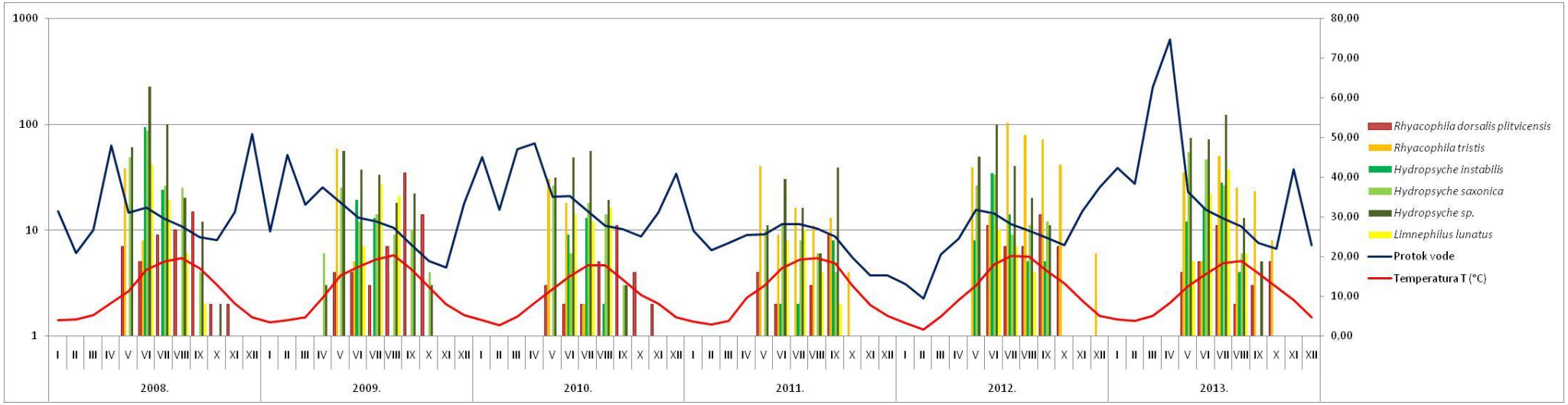


Slika 5.4. Sezonska dinamika brojnosti tulara na barijeri Labudovac izražena kao ukupan broj jedinki po mjesecima tijekom šestogodišnjeg istraživanja (2008.-2013. godine).



Slika 5.5. Sezonska dinamika tulara na barijeri Labudovac izražena kao ukupan broj svojti tulara po mjesecima tijekom šestogodišnjeg istraživanja (2008.-2013. godine).

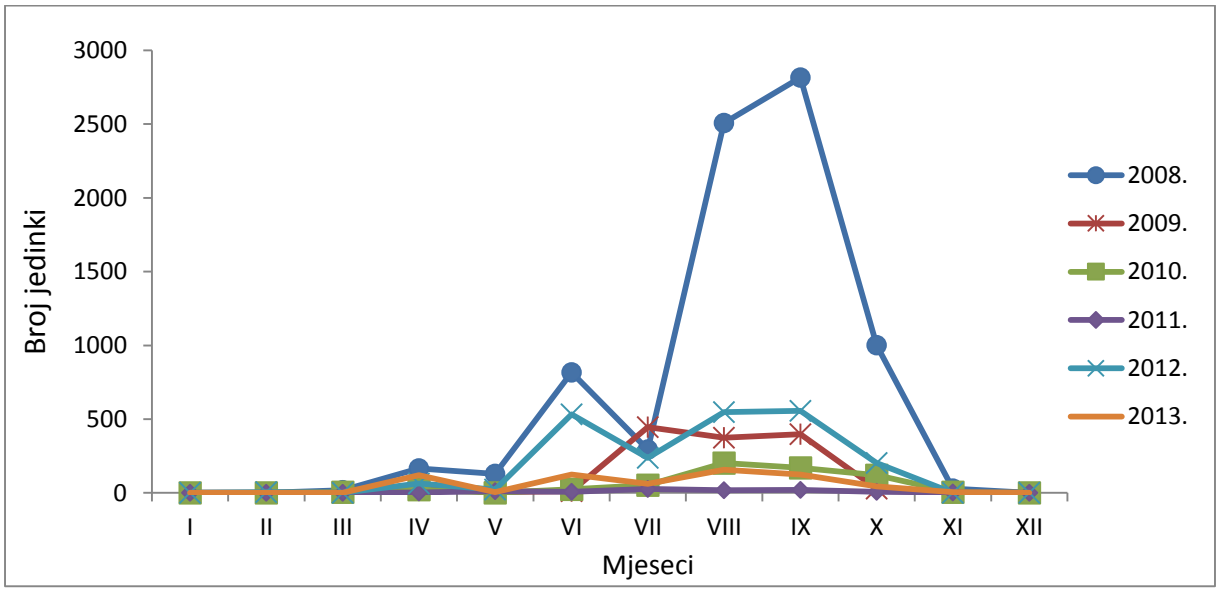
Najzastupljenije vrste tulara, koje u ukupnoj zajednici tulara čine više od 5% su: *Rhyacophila dorsalis* (CURTIS, 1834), *Rhyacophila tristis* (PICTET, 1834), *Hydropsyche saxonica*, *Hydropsyche instabilis* i *Limnephilus lunatus* (CURTIS, 1834) (Slika 5.6.). Rod *Hydropsyche* najzastupljeniji je rod u zajednici tulara, i to sa više od 45% u ukupnom udjelu jedinki.



Slika 5.6. Sezonska dinamika pet najzastupljenijih vrsta tulara izražena kao broj jedinki po mjesecima na barijeri Labudovac tijekom šestogodišnjeg istraživanja (2008.-2013. godine).

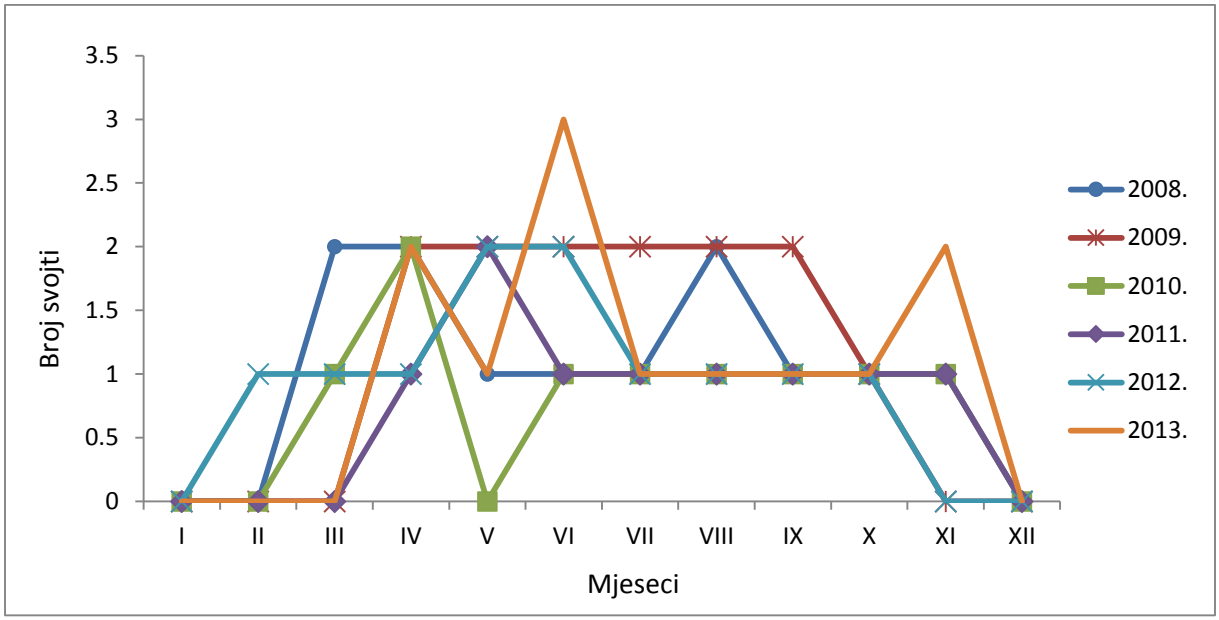
5.3.2. Višegodišnje emergencijske značajke mušica svrbljivica na barijeri Labudovac

Emergencija mušica svrbljivica počinje rano, već u ožujku, i traje najčešće do kraja listopada. Na slici 5.7. možemo uočiti uzorak koji se ponavlja svake godine, a to je velik broj jedinki u kolovozu i rujnu, nakon kojeg slijedi naglo opadanje broja jedinki.



Slika 5.7. Sezonska dinamika brojnosti mušica svrbljivica na barijeri Labudovac izražena kao ukupan broj jedinki po mjesecima tijekom šestogodišnjeg istraživanja (2008.-2013. godine).

Na barijeri Labudovac tijekom istraživanog razdoblja najveći broj jedinki mušica svrbljivica zabilježen je u rujnu, a početkom i krajem godine jedinki gotovo i da nema. Najveći broj svojti mušica svrbljivica zabilježen je u travnju i lipnju (Slika 5.8.). Najveći broj jedinki zabilježen je 2008. godine, dok je najmanji broj jedinki zabilježen 2011. godine (Slika 5.7.).

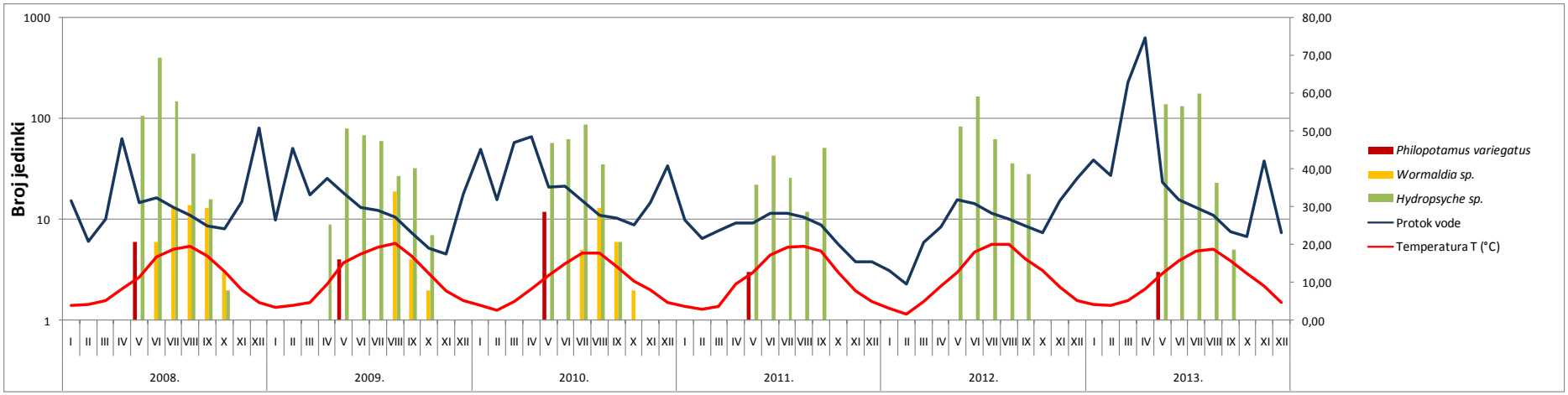


Slika 5.8. Sezonska dinamika mušica svrbljivica na barijeri Labudovac izražena kao ukupan broj svojti mušica svrbljivica po mjesecima tijekom šestogodišnjeg istraživanja (2008.-2013. godine).

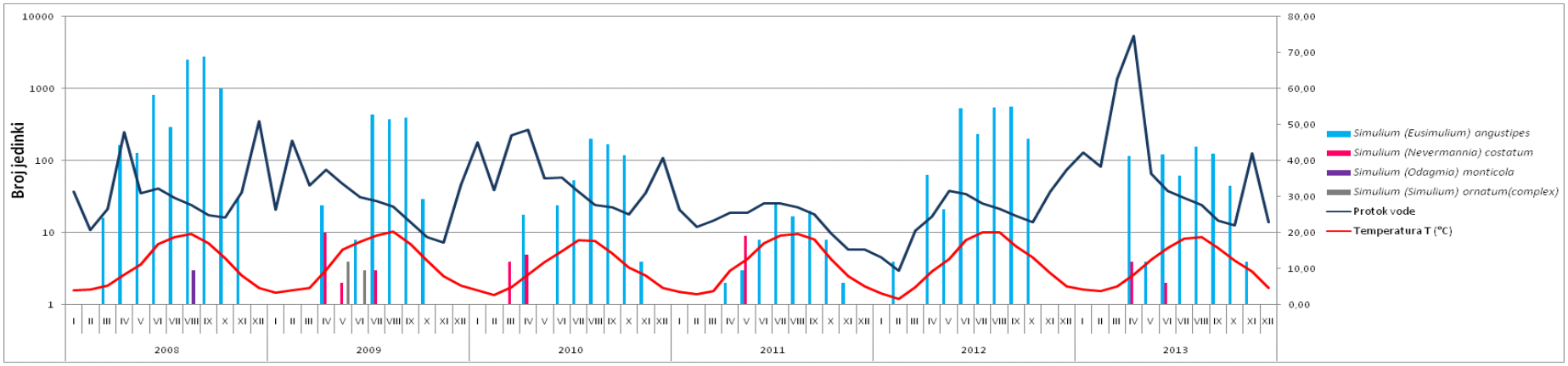
5.3.3. Višegodišnje emergencijske značajke pasivnih procjeđivača tulara i mušica svrbljivica

Od 40 svojti tulara prikupljenih na barijeri Labudovac, u skupinu pasivnih procjeđivača ubrajamo: *Philopotamus variegatus*, rod *Wormaldia* te rod *Hydropsyche*. Rod *Hydropsyche* ima nešto duži emergencijski period od ostalih pasivnih procjeđivača (od travnja do listopada; slika 5.9.a). Vrsta *Philopotamus variegatus* zabilježena je u svibnju svake godine, osim 2012. kada uopće nije zabilježena (slika 5.9.a). Rod *Wormaldia* zabilježen je u prve tri godine istraživanja, i to svake godine u ljeto i ranu jesen (slika 5.9.a). Sve prikupljene svojte mušica svrbljivica (4) ubrajamo u skupinu pasivnih procjeđivača. Najzastupljenija vrsta je *Simulium (Eusimulium) angustipes* (EDWARDS, 1915) koja u ukupnom udjelu prevladava sa čak 99,4%. Emergencijski period ove vrste tijekom svih godina je dug, u trajanju od 6 do 9 mjeseci, u razdoblju od proljeća do jeseni (slika 5.9.b).

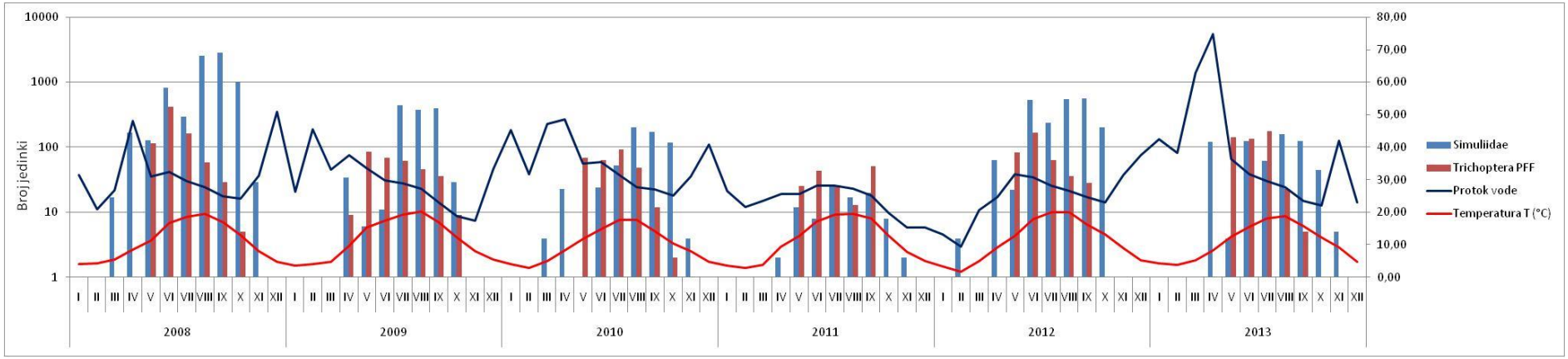
a.


Broj jedinki
1000
100
10
1
80,00
70,00
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII
2008.
2009.
2010.
2011.
2012.
2013.
Philopotamus variegatus
Wormaldia sp.
Hydropsyche sp.
Protok vode
Temperatura T (°C)

b.


Broj jedinki
10000
1000
100
10
1
80,00
70,00
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII
2008
2009
2010
2011
2012
2013
Simulium (Eusimulium) angustipes
Simulium (Nevermannia) costatum
Simulium (Odagmia) monticola
Simulium (Simulium) ornatum(complex)
Protok vode
Temperatura T (°C)

c.



Slika 5.9. Sezonska dinamika pasivnih procjeđivača na barijeri Labudovac izražena kao ukupan broj svojti pasivnih procjeđivača; a. tulara, b. mušica svrbljivica, c. ukupan broj jedinki pasivnih procjeđivača tulara i mušica svrbljivica; u ovisnosti o protoku vode i temperaturi po mjesecima tijekom šestogodišnjeg istraživanja (2008.-2013. godine).

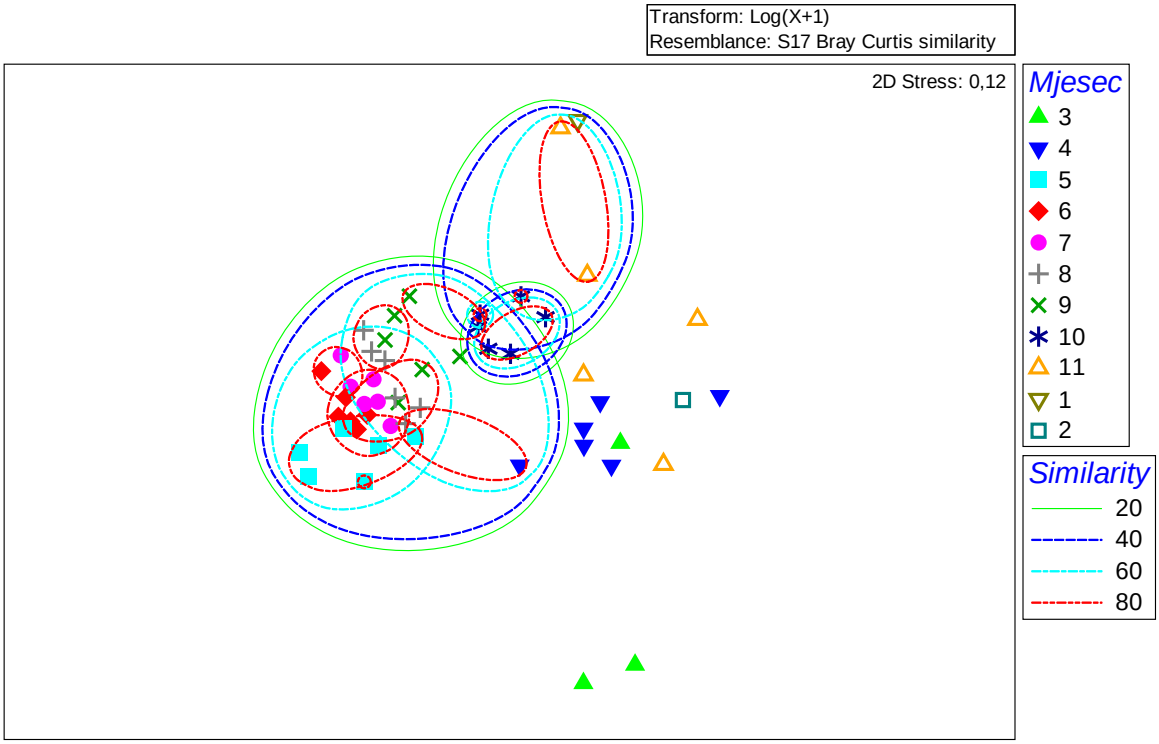
5.4. Raznolikost i sličnost zajednica tulara i mušica svrbljivica na sedrenoj barijeri Labudovac

Raznolikost zajednice tulara na barijeri Labudovac relativno je velika i ne mijenja se znatno tijekom 6 godina istraživanja (tablica 5.3.). Najveća raznolikost i ujednačenost zabilježena je za 2010. godinu iako tada nije zabilježen najveći broj svojti. Zajednicu mušica svrbljivica cijelo istraživano razdoblje obilježava dominacija jedne vrste (*S. angustipes*), te su stoga zabilježene male vrijednosti indeksa raznolikosti i ujednačenosti (tablica 5.3.). Najveće vrijednosti su ipak zabilježene za 2011. godinu, kada je navedena vrsta prikupljena s najmanjim brojem jedinki (tablica 5.3.). Shodno tome, u ukupnoj zajednici najveća raznolikost zajednice zabilježena je također u 2011. godini (tablica 5.3.).

Tablica 5.3. Indeksi raznolikosti i ujednačnosti zajednice tulara i mušica svrbljivica na sedrenoj barijeri Labudovac za istraživano razdoblje od 2008. do 2013. godine (S - ukupan broj svojti, N - ukupan broj jedinki, J' – Pielouov indeks, H' – Shannon – Wienerov indeks, λ – Simpsonov indeks).

Godine	S	N	J'	H'	λ
Tulari					
2008	34	1151	0,6448	2,274	0,8176
2009	31	666	0,7496	2,574	0,8842
2010	28	638	0,8166	2,721	0,9008
2011	22	456	0,8151	2,519	0,8828
2012	23	974	0,6576	2,062	0,7983
2013	23	847	0,6688	2,097	0,818
Mušice svrbljivice					
2008	3	7774	0,005	0,006	0,001
2009	3	1297	0,095	0,104	0,037
2010	2	600	0,112	0,078	0,030
2011	2	95	0,452	0,313	0,173
2012	3	2168	0,010	0,011	0,003
2013	3	643	0,065	0,072	0,025
Ukupno (tulari i mušice svrbljivice)					
2008	37	8925	0,189	0,683	0,239
2009	34	1963	0,449	1,583	0,566
2010	30	1238	0,627	2,133	0,746
2011	24	551	0,818	2,599	0,895
2012	26	3142	0,389	1,266	0,506
2013	26	1490	0,585	1,907	0,760

Analiza multidimenzionalnog skaliranja (MDS) ukazuje na je najveću sličnost ukupne zajednice (tulara i mušica svrbljivica) na barijeri Labudovac po mjesecima tijekom istraživanog razdoblja (slika 5.10.). Najveću sličnost kroz godine zajednica pokazuje tijekom ljetnih i jesenskih mjeseci, odnosno od svibnja do listopada (80 %), a najveće su razlike tijekom ranog proljeća i zime (slika 5.10.).



Slika 5.10. Multidimenzionalno skaliranje (MSD analiza) sličnosti zajednica tulara i mušica svrbljivica po mjesecima na barijeri Labudovac tijekom šestogodišnjeg istraživanja (2008.-2013. godine). Sličnost je izražena u postocima.

5.5. Struktura zajednica tulara i mušica svrbljivica na različitim mikrostaništima na sedrenoj barijeri Labudovac

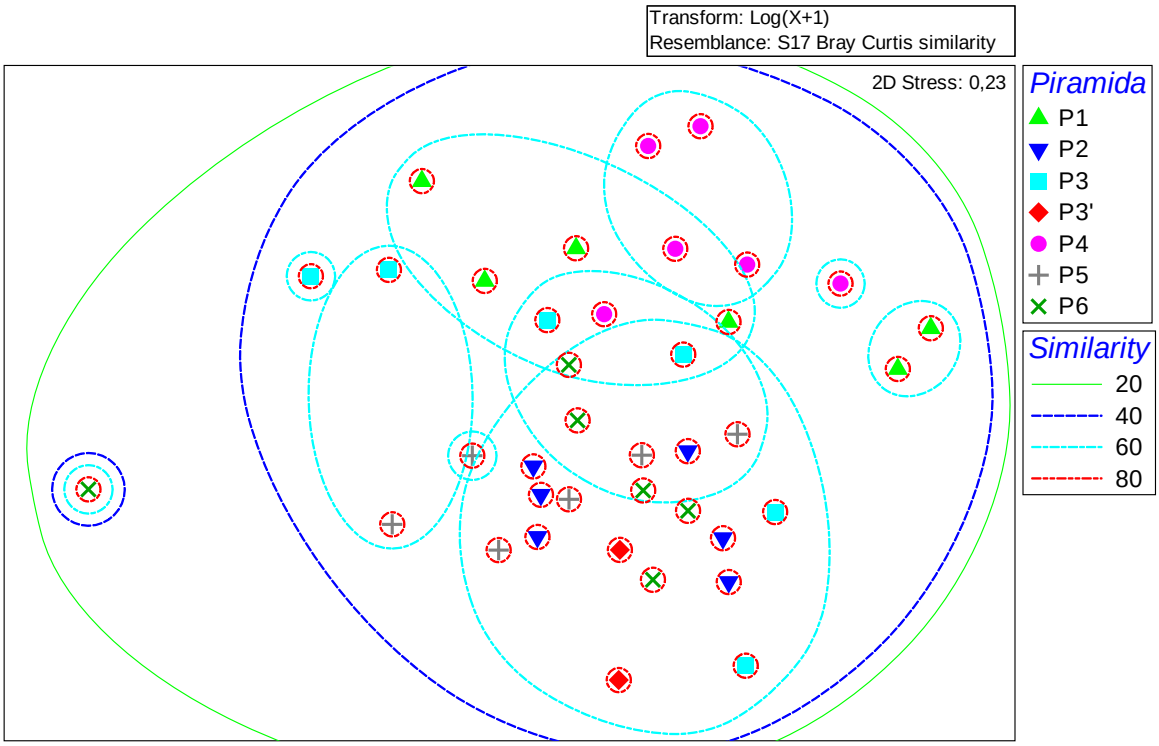
Za zajednicu tulara na različitim mikrostaništima na barijeri Labudovac zabilježene su relativno velike razlike glede raznolikosti i ujednačenosti (tablica 5.4.). Najveći broj svojti, kao i najveća raznolikost i ujednačenost zabilježena je za klopku P4, koja je postavljena na šljunčanu podlogu s listincem s prosječnom brzinom strujanja vode > 10 cm/s 2008., 2009. i 2013. godine, te < 5 cm/s 2010., 2011. i 2012. godine. Velika raznolikost i ujednačenost također je zabilježena za

klopke P6 i P5, koje se nalaze na mahovini s različitim brzinama strujanja tijekom godina (tablica 4.2.). Najmanje vrijednosti svih indeksa zabilježene su za klopku P3 koja se nalazi na mahovini i tijekom godina ima velike varijacije u brzini strujanja (tablica 4.2.). Upravo je u ovu klopku prikupljen najveći broj jedinki i to uglavnom najbrojnije vrste mušica svrbljivica, *S. angustipes*.

Tablica 5.4. Indeksi raznolikosti i ujednačenosti zajednice tulara i mušica svrbljivica na različitim mikrostaništima na sedrenoj barijeri Labudovac za istraživano razdoblje od 2008. do 2013. godine. (S - ukupan broj svojti, N - ukupan broj jedinki, J' – Pielouov indeks, H' – Shannon – Wienerov indeks, λ – Simpsonov indeks).

Mikrostaništa	S	N	J'	H'	λ
P1	33	911	0,411	1,439	0,499
P2	29	2327	0,406	1,366	0,553
P3	31	8018	0,163	0,559	0,2
P3'	20	3253	0,323	0,967	0,408
P4	38	635	0,819	2,979	0,933
P5	27	1160	0,613	2,02	0,768
P6	32	1053	0,752	2,606	0,893

MDS analiza sličnosti zajednica tulara i mušica svrbljivica koja uključuje različita mikrostaništa tijekom 6 godina istraživanja, pokazala je i da se jedinke grupiraju po mikrostaništima, ali sličnost zajednice niti za jedno miksrostanište ne prelazi vrijednost od 60% (Slika 5.11.). S druge strane, s jednakom vrijednošću grupirana su različita mikrostaništa tijekom istraživanog perioda (Slika 5.11.).



Slika 5.11. Multidimendionalno skaliranje (MDS analiza) zajednica tulara i mušica svrbljivica na mikrostaništima barijere Labudovac tijekom šestogodišnjeg istraživanja (2008.-2013. godine). Sličnost je izražena u postocima.

6. Rasprava

6.1. Sastav i struktura zajednica mušica svrbljivica na sedrenoj barijeri Labudovac u NP Plitvička jezera

Već u prijašnjim istraživanjima utvrđeno je kako barijera Labudovac obiluje velikom raznolikosti i bogatstvom vrsta, koje mogu biti posljedica velike raznolikosti staništa (Allan, 1995; Wiberg – Larson i sur., 2000) i dostupnosti raznolikih izvora hrane, kao što je velika biomasa planktona iz jezera ili organski ostaci otpalog lišća i biljnih dijelova (Habdija i sur., 2004; Previšić i sur., 2007). Tijekom istraživanog razdoblja na području sedrene barijere Labudovac pomoću emergencijskih klopki uhvaćeno je 4729 jedinki tulara i 11 166 jedinki mušica svrbljivica. Iako brojem jedinki znatno prevladavaju, broj svojti mušica svrbljivica je čak 10 puta manji od broja svojti tulara (4 naspram 40). Velik broj jedinki mušica svrbljivica u jezerskim ispustima nije iznenađenje, s obzirom da ličinke utvrđenih vrsta pripadaju funkcionalnoj skupini procjeđivača, a barijera Labudovac obiluje organskom tvari iz jezera (Obelić i sur., 2005). Mali broj vrsta mušica svrbljivica također je bio očekivan, budući da je u prijašnjim istraživanjima koja su se provodila na devet lokacija na području NP Plitvička jezera u dvije godine utvrđeno samo 10 vrsta (Ivković i sur., 2014.), a ovdje je tijekom šest godina istraživana samo jedna lokacija. Broj utvrđenih vrsta tulara u ovom istraživanju je relativno velik obzirom da je u dosadašnjim istraživanjima na području NP Plitvička jezera provedenih na četiri tipa staništa (izvor, rijeke, jezera i barijere) različitim metodama uzorkovanja (emergencijske klopke, UV lampe, plutajuće klopke) zabilježeno 82 vrste tulara (Previšić i sur., 2010; 2013) Broj vrsta mušica svrbljivica tijekom šest godina istraživanja ne varira jako, dok broj vrsta tulara znatno varira – od 34 vrste uhvaćene 2008. godine, do 22 vrste uhvaćene 2011. godine. Razlog tome može biti varijabilnost u uvjetima na staništu tijekom godina, negativan utjecaj na ličinački stadij vrsta, nedovoljna količina hrane ili nepovoljna temperatura vode (Sweeney, 1984; Wagner i Schmidt, 2004). Malicky (2002) ističe kako do variranja u broju vrsta i gustoći populacija može doći zbog metode uzorkovanja. Naime, svojim radom pokazao je kako piramidalne emergencijske klopke daju više varirajućih rezultata od drugih većih tipova klopki koje se smatraju boljima prvenstveno zbog veće površine uzorkovanja. Korištenjem dodatnih metoda ili poboljšavanjem ove metode uzorkovanja mogli bismo poboljšati i rezultate istraživanja.

U ovom istraživanju zabilježena je jedna nova vrsta za faunu tulara NP Plitvička jezera, *Tinodes*

rostocki (Previšić i sur., 2007; 2010; 2013; Šemnički i sur., 2012a). Uhvaćena je u emergencijsku klopku u kasno proljeće i rano ljeto 2012. godine, točnije u razdoblju od svibnja do srpnja, što odgovara njezinom periodu izlijetanja (Graf i sur., 2008). Naseljava lotička staništa i hrani se uglavnom kao „strugač" (Graf i sur., 2008). Obzirom da se fauna tulara NP Plitvičkih jezera sustavno istražuje različitim metodama već dulje od 15 godina (Kučinić, 2002; Previšić i sur., 2007; 2010; 2013; Šemnički i sur., 2012a), ovaj podatak ukazuje na važnost višegodišnjih istraživanja u faunistici. Upravo ona omogućuju otkrivanje novih vrsta na određenim područjima, s obzirom na to da su neke vrste rijetke i dolaze malim gustoćama jedinki. Takav je primjer upravo vrsta *T. rostocki*, koja je tijekom ovog istraživanja utvrđena samo jedne godine (2012. godine).

Sastav zajednice tulara na sedrenoj barijeri Labudovac vrlo je specifičan, obzirom da uz određeni udio vrsta karakterističnih za jezerske ispuste dolazi i velik broj vrsta karakterističnih za potočna staništa (Šemnički i sur., 2012a). To je odraz specifičnih uvjeta na staništu, a ne tipične longitudinalne distribucije ovih vrsta (Šemnički i sur., 2012a). Na primjer, na barijeri dolaze dvije vrste roda *Hydropsyche* (*H. instabilis* i *H. saxonica*), čija se longitudinalna distribucija djelomično poklapa i obje su karakteristične za ritralnu zonu, ali se uglavnom ne pojavljuju zajedno (Graf i sur., 2008). Slično je zabilježeno i kod roda *Lype* (vrste *L. pheopa* (STEPHENS, 1836) i *L. reducta* (HAGEN, 1868)). Te dvije vrste preferiraju različita područja tokova (Graf i sur., 2008), a na barijeri Labudovac su zabilježene obje. S druge strane, samo su neke vrste karakteristične za ovakav tip staništa tijekom cijelog šestogodišnjeg razdoblja zabilježene s većim brojem primjeraka (npr. *Polycentropus flavomaculatus* (PICTET, 1834)).

U zajednici mušica svrbljivica brojčano prevladava vrsta *Simulium (Eusimulium) angustipes* (EDWARDS, 1915), kojeg u ukupnom broju jedinki mušica svrbljivica ima čak 99,4%, dok preostale vrste dolaze samo u vrlo malom broju. Velika brojnost vrste *S. angustipes* može biti posljedica izrazito pogodnog staništa, temperature vode, te dostupnosti izvora hrane (Wagner, 1980; Singh i Smith, 1984). Osim što se nalazi u području pogodnih uvjeta za razvoj, ova vrsta je ornitofilička. Ženke odlaslih jedinki sišu krv ptica, te bi se iz toga moglo pretpostaviti da je najzasupljenija i zbog velike brojnosti i raznolikosti ornitofaune na području NP Plitvička jezera (Đurek, 2000; Mužinić i Filipović, 2006). Možemo primijetiti kako se broj ulovljenih jedinki u prve četiri godine istraživanja smanjivao, dok se u 2012. i 2013. ponovno povećao. Razlog tome mogu biti promjene uvjeta na staništima na kojima su postavljane emergencijske klopke jer je

već ranije dokazano kako i male promjene u temperaturi i dostupnosti hrane imaju izuzetno snažan utjecaj na brojnost mušica svrbljivica na pojedinim područjima (Crosskey, 1990; Reidelbach i Christl, 2002).

6.2. Trofička struktura zajednice tulara i mušica svrbljivica na sedrenoj barijeri Labudovac u NP Plitvička jezera

Na sedrenoj barijeri Labudovac kroz ukupno šest godina istraživanja najveći broj jedinki bio je iz skupine koja u određenim udjelima pripada sljedećim funkcionalnim skupinama: 'procjeđivači – predatori – strugači'. Iako u zajednici tulara s udjelom od gotovo 40% prevladavaju predatori, kada pogledamo zajednice tulara i mušica svrbljivica kao cjelinu vidimo da je najzastupljeniji način prehrane procjeđivanje. Procjeđivači su one vrste koje se hrane procjeđivanjem organske tvari (detritusa) iz vode. Na barijeri Labudovac prevladavaju pasivni procjeđivači koji u svom ličinačkom stadiju ovise o kvalitetnim izvorima hrane, povoljnim tokovima i mikrostaništima (Šemnički i sur., 2012a). Iz faune tulara utvrđene tijekom ovog istraživanja, u pasivne procjeđivače ubrajamo vrste rodova *Hydropsyche* (*H. saxonica* i *H. instabilis*) i *Wormaldia* (*W. subnigra*), te vrstu *Philopotamus variegatus*. U fauni mušica svrbljivica sve utvrđene vrste su pasivni procjeđivači. Vrste roda *Hydropsyche*, koje su najzastupljenija svojta tulara u ovom istraživanju (čine više od 45% ukupnog udjela u zajednici tulara), su selektivni procjeđivači i preferiraju visokokvalitetnu hranu (zooplankton) (Graf i sur., 2002; 2008; Waringer i Graf, 1997), te im samim time odgovara brži protok vode kako bi u što kraćem vremenu procijedili velike količine vode (Georgian i Wallace, 1981; Merritt i Wallace, 1981). Vrste roda *Wormaldia* su neselektivni procjeđivači koji se hrane manjim organskim česticama (Georgian i Wallace, 1981; Waringer i Graf, 2011).

Veliku gustoću jedinki vrsta koji se hrane na ovakav način omogućuju dostatni izvori hrane na ovom staništu (Habdija i sur., 2004; Miliša i sur., 2006). Barijera Labudovac nalazi se između Prošćanskog jezera i jezera Okrugljak, a utvrđeno je da je Prošćansko jezero bogato organskom tvari (Horvatinčić i sur., 2006; Obelić i sur., 2005). Na barijeri Labudovac pojavljuju se i ustinjivači što je očekivano obzirom da je riječ o zatvorenom staništu, pa postoji stalni dotok krupne organske tvari u vidu otpalog lišća i biljnih dijelova (Previšić i sur., 2007). Isto tako, tip staništa koje najviše pogoduje pasivnim procjeđivačima tulara je šljunak (Graf i sur., 2008),

međutim najviše jedinki pasivnih procjeđivača zajednice tulara ulovljeno je na emergencijskim klopkama postavljenim na mahovini. Mahovina zadržava organske ostatke, stoga je pogodan tip staništa za vrste ove funkcionalne skupine.

6.3. Struktura zajednice tulara i mušica svrbljivica na različitim mikrostaništima na barijeri Labudovac u NP Plitvička jezera

Na barijeri Labudovac tijekom šestogodišnjeg istraživanja najveći broj jedinki tulara prikupljen je na klopki P6 (860 jedinki) i na klopki P3 (851 jedinka). Obje klopke postavljene su na mahovini na sedri, sa različitim protocima vode, što predstavlja idealno stanište vrstama koje se hrane pasivnim procjeđivanjem organske tvari (Šemnički i sur., 2012a). Najmanje jedinki tulara (259) uhvaćeno je u klopku P1 koja je bila postavljena na šljunak i gdje je vrijednost protoka vode tijekom godina jako varirala. MDS analiza sličnosti tulara na pojedinim mikrostaništima pokazala je kako se upravo klopke P1, P3 i P6 odvajaju od ostalih, međutim konkretnu grupaciju u skupine na toj analizi ne vidimo.

Mahovina se također pokazala kao najbolji tip mikrostaništa za zajednicu mušica svrbljivica, odnosno klopka P3. Tu je najbrži protok vode i ličinke mogu pronaći dobro skrovište i zaštitu. Ne preferiraju mulj, što je i očekivano, obzirom da je nestabilno stanište, pa se ličinke nemaju za što prihvatiti (Bass 1998). Osim toga, mulj se obično nalazi u području taloženja, odnosno na mjestima s manjim brzinama strujanja vode, što ne odgovara ličinkama procjeđivača. Sedra sa detritusom za mušice svrbljivice predstavlja zapravo prijelazno stanište između mulja i mahovine, obzirom na to da struja vode iznad te podloge nije dovoljno jaka da bi podržavala veće gustoće ličinki jer tu dolazi do nakupljanja detritusa. MDS analiza sličnosti mušica svrbljivica na pojedinim mikrostaništima ne pokazuje nikakve grupacije, pa stoga nije ni prikazana u radu.

Slično kao za pojedine skupine, ni MDS analiza sličnosti ukupne zajednice (tulara i mušica svrbljivica) ne ukazuje na jasno grupiranje pojedinih mikrostaništa tijekom istraživanog razdoblja. To potvrđuje prijašnje istraživanje zajednice tulara na različitim mikrostaništima na barijerama Plitvičkih jezera, u kojem je jasnije grupiranje mikrostaništa zabilježeno samo na nizvodnim barijerama (Kozjak-Milanovac i Novakovića Brod; Šemnički i sur., 2012a). Na barijeri Labudovac razlika u mikrostaništima nije dovoljno velika da bi glavni utjecaj na

strukturu zajednice vodenih kukaca imao tip podloge ili brzina strujanja, važniji je stalni dotok velike količine organske tvari (Šemnički i sur., 2012a).

6.4. Višegodišnje emergencijske značajke najzastupljenijih vrsta tulara i mušica svrbljivica na barijeri Labudovac u NP Plitvička jezera

Emergencijski periodi vrsta razlikuju se u duljini trajanja, što je posljedica velikog broja čimbenika koji utječu na životni ciklus kukaca. Najvažniji faktori odgovorni za emergenciju na području umjerenog pojasa su temperatura i fotoperiod čije vrijednosti variraju tijekom godine, a koji mogu djelovati nezavisno ili zajedno, te izvor hrane i protok vode (Corbet, 1964; Sweeney, 1984). Rezultati ovog višegodišnjeg istraživanja u skladu su podacima da većina vrsta vodenih kukaca umjerenog geografskog područja ima emergencijski maksimum u ljeto (Corbet, 1964; Hickin, 1967). Međutim, zabilježeno je i nekoliko tipično jesenskih vrsta (rodovi *Chaetopteryx* i *Halesus*; Graf i sur. 2008), te nekoliko vrsta čiji emergencijski period pokriva sva četiri godišnja doba (*Rhyacophila aurata* (BRAUER, 1857), *Wormaldia subnigra*, *Polycentropus flavomaculalus*, *Lype reducta* i *Tinodes unicolor* (PICTET, 1834)) (Graf i sur. 2008). Za neke vrste zabilježeni emergencijski period se ne poklapa sa prijašnjim rezultatima. Vrsta *Adicella syriaca* (ULMER, 1907) u prijašnjim istraživanjima ima zabilježen dug emergencijski period (Graf i sur., 2008), no to u ovom istraživanju nije pokazano. Naime, vrsta je zabilježena u samo dvije godine istraživanja, 2008. u lipnju i 2013. u kolovozu, i to u oba slučaja uhvaćena je samo jedna jedinka. Mogući razlog za to je nepovoljan protok vode, budući da je riječ o vrsti koja preferira sporije tokove vode (Graf i sur., 2008)

Tijekom istraživanja, osim već spomenute *Tinodes rostocki*, uhvaćene su još neke rijetke vrste, kao što su *Hydroptila occulata* (EATON, 1873) (2008. i 2010.), *Tinodes dives* (PICTET, 1834) (2008.) i *Ernodes vicinus* (McLACHLAN, 1879) (2008.) (Graf i sur., 2008). Ovim podacima smo samo još jednom potvrdili važnost dugotrajnih istraživanja.

Emergencijske značajke detaljno su analizirane za najzastupljenijih pet vrsta (koje su u ukupnoj zajednici tulara činile više od 5%): *Rhyacophila dorsalis plitvicensis* (MALICKY I KUČINIĆ, 2002), *Rhyacophila tristis*, *Hydropsyche saxonica*, *Hydropsyche instabilis* i *Limnephilus lunatus*.

Vrste roda *Rhyacophila* u pravilu izliježu tokom cijele godine jer su predatori i hrana im je uvijek dostupna (Otto, 1981; Previšić i sur., 2007, Graf i sur., 2008). Međutim, zabilježeni period

emergencije za vrstu *Rhyacophila tristis* u prve tri godine istraživanja je izuzetno malen, svega dva ili tri mjeseca (ovisno o godini) od svibnja do srpnja, dok je u druge tri godine zabilježeni period iznosio šest ili sedam mjeseci (ovisno o godini) od svibnja do prosinca. Obzirom da su podaci o dugom emergencijskom periodu u posljednje dvije godine prikupljeni iz dodatne klopke (P3'), dodatno mikrostanište je vjerojatno barem djelomično uzrok razlikama tijekom istraživanog razdoblja. Period emergencije podvrste *Rhyacophila dorsalis plitvicensis*, koja je endemska podvrsta vrste *R. dorsalis*, trajao je 6 – 7 mjeseci, od svibnja do studenog, a najveći broj jedinki zabilježen je u rujnu, što se poklapa sa rezultatima prijašnjih istraživanja (Previšić i sur., 2007; Šemnički i sur., 2012b). Emergencija ove vrste zabilježena je 2012. godine i u zimskom periodu, točnije u siječnju (iako samo s jednom jedinkom), što također odgovara životnom ciklusu roda *Rhycophila* (Otto, 1981; Previšić i sur., 2007, Graf i sur., 2008). Ovo je za sada najduže i najdetaljnije istraživanje bilo kojeg aspekta ekologije ove endemske podvrste. Emergencijski periodi za vrste *Hydropsyche saxonica* i *Hydropsyche instabilis* poklapaju se s prijašnjim istraživanjima (Previšić i sur., 2007; Šemnički i sur., 2012b). Općenito, vrste roda *Hydropsyche* imaju emergencijski period od proljeća do jeseni (Graf i sur., 2008). Mužjaci vrste *Hydropsyche saxonica* imaju zabilježen nešto duži period emergencije, od travnja do listopada sa najvećim brojem jedinki u rano ljeto (svibanj i lipanj), dok mužjaci vrste *Hydropsyche instabilis* imaju zabilježeni period emergencije od svibnja do rujna, sa najvećim brojem jedinki u ljeto (lipanj i srpanj). Ženke roda *Hydropsyche* također imaju zabilježen emergencijski period koji se poklapa s prijašnjim istraživanjima (Previšić i sur., 2007; Šemnički i sur., 2012b), a to je od proljeća do jeseni, točnije od travnja do listopada, sa najvećim brojem jedinki u lipnju. Vrsta *Limnephilus lunatus* kroz šestogodišnje razdoblje istraživanja ima zabilježen emergencijski period u trajanju od tri do pet mjeseci u središnjem dijelu godine (od svibnja do rujna) s najvećim brojem jedinki u srpnju i lipnju. Ovi podaci poklapaju se s nekim ranijim istraživanjima (Previšić i sur., 2007; Graf i sur., 2008). Zanimljivo je da ova vrsta preferira stajačice (Graf i sur., 2008), a zabilježena je svake godine na barijeri Labudovac koja spada u lotički tip staništa. Postoji vjerojatnost da ličinke ove vrste u većim gustoćama dolaze u litoralnom području Prošćanskog jezera te da su odrasle jedinke koje emergiraju zapravo „uljezi“ u emergencijskim klopkama (Malicky, 2002). Međutim, obzirom da se radi o relativno velikom broju jedinki, razlog tome je vjerojatno pogodan tip mikrostaništa, točnije mahovina na kojoj je uhvaćeno najviše jedinki ove vrste, što znači da je za distribuciju ove vrste možda važniji tip supstrata od same brzine strujanja

vode.

Emergencijski periodi mušica svrbljivica zabilježeni u ovom istraživanju poklapaju se sa prijašnjim istraživanjima (Adler i sur., 2004; Ivković i sur., 2014). Najzastupljenija vrsta, *Simulium angustipes*, ima zabilježen izrazito dug period emergencije koji traje gotovo cijelu godinu, točnije od veljače do studenog. Općenito, vrste koje imaju nekoliko generacija tijekom godine (multivoltine vrste) imaju veću toleranciju na promjene u okolišu (Crosskey, 1990 ; Adler i sur., 2004), stoga ne čudi što *S. angustipes* ima tako dug period emergencije. Druga najzastupljenija vrsta, *Simulium (Nevermannia) costatum* (FRIEDERICHS, 1920), ima zabilježen puno kraći period emergencije, koji ovisno o godini iznosi od jednog do tri mjeseca. U prvih pet godina istraživanja zabilježeno je izlijetanje u proljeće i ljeto, od ožujka do srpnja, dok je u 2013. godini ova vrsta zabilježena i u kasnu jesen, točnije u mjesecu studenom. Ovi podaci poklapaju se s podacima prijašnjih istraživanja (Ivković i sur., 2014). Ova vrsta uhvaćena je u puno manjem broju nego vrsta *S. angustipes*. Mali broj jedinki ove vrste na barijeri Labudovac nije iznenađujuć obzirom da vrsta više preferira područja bliže izvorima (Halgoš i sur., 2001; Illéšová i sur., 2008; Ivković i sur., 2014).

6.5. Interspecijski biotički odnosi među procjeđivačima zajednica tulara i mušica svrbljivica na barijeri Labudovac u NP Plitvička jezera

Ovim istraživanjem, osim sastava, strukture i emergencijskih značajki zajednica tulara i mušica svrbljivica na barijeri Labudovac, pokušali smo utvrditi postojanje interspecijskih biotičkih odnosa među procjeđivačima tih dviju skupina. Nakon detaljne analize, donekle možemo ukazati na postojanje interspecijske kompeticije unutar skupine pasivnih procjeđivača tulara i mušica svrbljivica. Ono što na to ukazuje je činjenica da je maksimalna emergencija pasivnih procjeđivača tulara i mušica svrbljivica vremenski pomaknuta. To se vidi na slici 5.9.c., gdje uočavamo da vrste tulara koje pripadaju funkcionalnoj skupini pasivnih procjeđivača prvi postižu maksimalan broj jedinki u razdoblju od svibnja do srpnja, dok mušice svrbljivice maksimalan broj jedinki postižu nešto kasnije, u kolovozu i rujnu. Korištenje istih resursa (hrane, prostora) u različito vrijeme glavni je mehanizam izbjegavanja kompeticije, što je potvrđeno i nekim prijašnjim radovima (Hart, 1986; Englund, 1991). Međutim, kako bismo direktno dokazali

kompeticiju potrebno je raditi pokuse s manipulacijama u samom staništu (npr. Hemphil, 1988; Englund, 1993).

7. Zaključak

Nakon šestogodišnjeg istraživanja provedenog na sedrenoj barijeri Labudovac u Nacionalnom parku Plitvička jezera (2008.-2013. godine), kojim je obuhvaćena zajednica tulara i mušica svrbljivica možemo zaključiti sljedeće:

• Usprkos dugogodišnjem sustavnom istraživanju područja NP Plitvička jezera koje se provodi već više od 15 godina (Kučinić, 2002; Previšić i sur., 2007; Šemnički i sur., 2012; Ivković i sur., 2014), fauna tulara i mušica svrbljivica tog područja nije još u potpunosti poznata. Dokaz toga je ulov vrste *T. rostocki* koja do sada nije zabilježena u NP Plivička jezera. Potrebno je provoditi dugotrajna faunistička istraživana koristeći različite metode prikupljanja kako bi se mogao napraviti cjeloviti popis faune vodenih kukaca toga područja.

• Brojem vrsta na barijeri Labudovac dominirali su tulari. Velik broj vrsta posljedica je raznolikosti staništa, te povoljnih uvjeta u staništu, tj. tipa i količine hrane, brzine strujanja.

• Brojem jedinki na barijeri Labudovac dominirale su mušice svrbljivice koje su u svom ličinačkom stadiju pasivni procjeđivači. U zajednici tulara su također brojčano dominirale svojte pasivnih procjeđivača. Tako velika gustoća pasivnih procjeđivača posljedica je velike količine organske tvari koja dolazi iz jezera, te konstantnog protoka vode koji im omogućava procjeđivanje.

• Razdoblje emergencije i trajanje tog razdoblja kod vrsta za koje je ono detaljno analizirano u skladu je s prijašnjim istraživanjima i opažanjima na području NP Plitvička jezera, osim za vrstu *Rhyacophila tristis* čija je razlika u emergenciji vjerojatno posljedica dodatnog mikrostaništa (klopke P3').

• Vremenski pomak najveće brojnosti procjeđivača tulara i mušica svrbljivica ukazuje na postojanje interspecijske kompeticije između pasivnih procjeđivača ovih skupina kukaca. Međutim, potrebna su istraživanja koja uključuju direktnu manipulaciju kako bi se kompeticija u potpunosti dokazala.

8. Literatura

Allan, J.D. (1995): Stream ecology; structure and function of running waters. Chapman and Hall, London, 388 str.

Adler, P. H., Currie, D. C., Wood, D. M. (2004): *The Black Flies* (Simuliidae) *of North America*. Cornell University Press, Ithaca, NY: 941.

Bass, J. (1998): Last-instar larvae and pupae of the Simuliidae of Britain and Ireland: a Key with Brief Ecological Notes. *Freshwater Biological Association, Scientific publication*, **55**: 102.

Clarke, K.R. i Gorley, R.N. (2001): PRIMER v5: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.

Corbet, P. S. (1964): Temporal Patterns of Emergence in Aquatic Insects. *The Canadian Entomologist*, **96**:264-279.

Crosskey, R. W. (1990): The Natural History Of Blackflies. John Wiley & Sons, Chichester, NY: 711.

Day, J. C., Mustapha, M., Post, R. J. (2010): The subgenus Eusimulium (Diptera: Simuliidae: Simulium) in Britain. *Aquatic Insects*, **32**: 281-292.

Đurek, Z. (2000): Plitvička jezera: nacionalni park: vodič. Ekološki glasnik, Donja Lomnica, 1-104.

Englund, G. (1991): Asymmetric resource competition in a filter-feeding stream insect (*Hydropsyche siltalai*, Trichoptera). *Freshwater biology*, **26**: 425-432.

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

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

Giller, P. i Malmqvist, B. (1988) : The Biology of Streams and Rivers, Oxford University Press, 304 str.

Graf W., Grasser U., Waringer J. (2002): Trichoptera. Part 3. *U:* Moog, O. (ur.): *Aquatica Austriaca*. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Fortwirtschaft, Wien, 44 str.

Graf, W., Murphy, J.D., Zamora-Muñoz, C. i López-Rodríguez, M.J. (2008): Trichoptera. *U: Distribution and ecological preferences of European freshwater organisms.* Penisoft Publishers, Bulgaria, 389 str.

Gullan, P.J. i Cranston, P.S. (2010): The Insects. Wiley – Blackwell, Oxford, 590 str.

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 Bratislava,* **59**: 577–593.

Halgoš, J., Illéšová, D., Krno, I. (2001): The effect of some ecological factors on longitudinal patterns of black fly community structure (Diptera, Simuliidae) in a foothill stream. *Biologia, Bratislava,* **56**: 513-523.

Hart, D. D. (1986): The adaptive significance of territoriality in filter-feeding larval blackflies (Diptera: Simuliidae). *Oikos*, **46**: 88-92.

Hemphil, N. (1988): Competition between two stream dwelling filter-feeders, *Hydropsyche olsari* and *Simulium variegatum*. *Oecologia* (Berlin), **77**: 73-80.

Hickin, N.E. (1967): Caddis larvae: larvae of the British Trichoptera. Hutchinson, London, 476 str.

Holzenthal, R.W., Blahnik, R.J., Prather, A.L. i Kjer, K.M. (2007): Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. *U:* Zhang, Z.Q. i Shear, W.A. (ur.) *Linnaeus Tercentenary: Progress in Invertebrate Taxonomy*. *Zootaxa,* **1668**:639–698.

Horvatinčić, N., Brianso, J.L., Obelić, B., Barešić, J., Krajcar Bronić, I. (2006): Study of pollution of the Plitvice lakes by water and sediment analyses. *Water, Air and Soil Pollution: Focus*, **6**: 475-485.

Hynes, H. B. N. (1976): Biology of Plecoptera. *Annual Review of Entomology,* **21**: 135-153.

Illies, J. (1971): Emergenz 1969 im Breitenbach. *Archiv für Hydrobiologie*, **69**: 14-59.

Illéšová, D., Halgoˇs, J. & Krno, I. (2008) Blackfly assemblages (Diptera, Simuliidae) of the Carpathian river: habitat characteristics, longitudinal zonation and eutrophication. *Hydrobiologia*, **598**: 163–174.

Ivković, M., Kesić, M., Stloukalová, V. (2012b): Contribution to the knowledge of black fly (Diptera, Simuliidae) fauna at Plitvice lakes national park. *Natura croatica*, **21**: 263-268.

Ivković, M., Kesić, M., Mihaljević, Z., Kúdela, M. (2014): Emergence patterns and ecological associations of some haematophagous blackfly species along an oligotrophic hydrosystem. *Medical and Veterinary Entomology*, **28**: 94-102.

Klepac, D. (1994): Ekološko uređivanje šuma u Nacionalnom parku Plitvička jezera. *U: Plitvička jezera - nacionalno dobro Hrvatske, svjetska baština: znanstveni skup*. Uprava NP Plitvička jezera, Zagreb, 69-80.

Knoz, J. (1965): To Identification of Czechoslovakian Black-flies (Diptera, Simuliidae). *Folia Přírodovědecké Fakluty University J. E. Purkyně v Brně. Biologia*, **5**: 1-54

Kučinić, M. (2002): Raznolikost i rasprostranjenost tulara (Trichoptera, Insecta) u staništima Plitvičkih jezera. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 1–139.

Mackay, R. J. i Wiggins, G. B. (1979): Ecological diversity in Trichoptera. *Annual Review of Entomology*, **24**:185-208.

Malicky, H. (2002): A quantitative field comparison of different types of emergence traps in a stream: general, Trichoptera, Diptera (Limonidae and Empididae). *Annales de Limnologie*, **38**:133-149.

Malicky, H. (2004): Atlas of European Trichoptera. Springer, Dordrecht., 359 str.

Malicky, H. (2005): Ein kommentiertes Verzeichnis der Köcherfliegen (Trichoptera) Europas und des Meditterrangebietes. *Linzer biologische Beiträge*, **37**: 533–596.

Malmqvist, B., Rundle, S., Bronmark, C. i Erlandsson, A. (1991): Invertebrate colonization of a new, man-made stream in southern Sweden, *Freshwater biology*, **26**, 307-324.

Malmqvist, B. i Eriksson, A. (1995): Benthic insects in Swedish lake-outlet streams: patterns in species richness and assemblage structure. *Freshwater biology*, **34**: 285-296.
Malmqvist, B. i Wotton, R. S. (2002): Do tributary streams contribute significantly to the transport of faecal pellets in large rivers?, Aquatic sciences, **64**: 156-162

McCreadie, J. W. i Bedwell, C. R. (2012): Patterns of co-occurrence of stream insects and an examination of a causal mechanism: ecological checkerboard or habitat checkerboard?, *Insect Conservation and Diversity*, **62**: 105–113

Merritt, R.W. i Wallace, J. B. (1981): Filter-feeding in aquatic insects. *Scientific American*, **244**:131-44.

Miliša, M., Habdija, I., Primc-Habdija, B., Radanović, I., Matoničkin Kepčija, R. (2006): The role of flow velocity in the vertical distribution of particulate organic matter on moss- covered travertine barriers of the Plitvice Lakes (Croatia). *Hydrobiologia*, **553**: 231–243.

Moog, O. (Ed.) (2002): Fauna Aquatica Austriaca, Edition 2002.- Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Vienna, ISBN 3-85 174-044-0

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

Morse, J.C. (2003): Trichoptera (caddisflies). *U*: Resh, V.H. i Carde, R.T. (ur.) *Encyclopedia of Insects*. Academic press, San Diego, str. 1145-1151.

Mundie, J. H. (1956): Emergence traps for aquatic insects. *Mitteilungen des Internationalen Vereins der Limnologie*, **7**: 1-13.

Mužinić, J., Filipović, M. (2006): The Plitvice Lakes: World's Natural Heritage. *Croatian Medical Journal*, **47**: 1-3.

Otto, C. (1981): Why does duration of flight period differ in caddisflies? *Oikos*, **37**:383-386.

Obelić, B., Horvatinčić, N., Barešić, J., Briansó, J. L., Babinka, S., Suckow, A. (2005): Antropogenic pollution in karst lake sediments (Croatia). Proceedings of 1st International Symposium on Travertine, September 21-25, Denizli, Turkey, 188-195.

Peeters, E. T. H. M., Gardenier i Tolkamp, H. H., (1994): New methods to assess the ecological status of surface waters in The Netherlands. Part 1: Running waters. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, **25**: 1914-1916.

Previšić, A., Kerovec, M., Kučinić, M. (2007): Emergence and composition of Trichoptera from karst habitats, Plitvice Lakes region, Croatia. *International Review of Hyrobiology*, **92**: 61-83.

Previšić, A., Graf, W., Kučinić, M. (2010): Caddisfly (Trichoptera) fauna of the Plitvice Lakes National Park, Croatia. *Denisia*, **29**: 287-294.

Previšić, A., Dvorski, P., Cetinić, K., Ivković, M. (2013): New records for the Croatian caddisfly (Trichoptera, Insecta) fauna from the Plitvice Lakes National Park, *Entomologia Croatica*, **17**(1-4): 7-12.

Reidelbach, J., Christl, H. (2002): A quantitative investigation into the temporal and spatial variations in the emergence of adult blackflies (Diptera: Simuliidae) from the Breitenbach, a small upland stream in Germany. *Limnologica*, **32**: 206-235.

Riđanović, J. (1994): Geografski smještaj (položaj) i hidrogeografske značajke Plitvičkih jezera. *U: Plitvička jezera - nacionalno dobro Hrvatske, svjetska baština: znanstveni skup*. Uprava NP Plitvička jezera, Zagreb, 29-42.

Rubtsov, I. A. (1990): Blackflies (Simuliidae), Second edition Fauna of the USSR, Diptera, Volume 6, Part 6. E. J. Brill, Leiden, NY: 1-1042.

Shannon, C. (1948): A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, **27**: 379-423, 623-656.

Simpson, E. H. (1949): Measurement of diversity. *Nature*, **163**: 688.

Singh, M. P., Smith, S. M., Harrison, A. D. (1984): Emergence of some caddisflies (Trichoptera) from a wodded stream in southern Ontario. *Hydrobiologia*, **112**: 223-232.

Stilinović, B. (1994): Temeljni fenomen Plitvičkih jezera. *U: Plitvička jezera - nacionalno dobro Hrvatske, svjetska baština: znanstveni skup.* Uprava NP Plitvička jezera, Zagreb, 53-67.

Sweeney, B. H. (1984): Factors influencing life-history patterns of aquatic insects. *U:* Resh, V. H. i Rosenberg, D. M. (ur.) *The ecology of Aquatic insects.* Praeger Scientific, New York, str 56-100.

Šegulja, N. (2005): Vegetacija travnjaka, cretišta i močvarnih staništa Nacionalnog parka Plitvička jezera. *Natura Croatica*, **14**:1-195.

Šemnički, P., Previšić, A., Ivković , M., Čmrlec, K. & Mihaljević, Z., (2012a): Tufa Barriers from a Caddisfly's Point of View: Streams or Lake Outlets?, *International Review of Hydrobiology* **97**: 465–484.

Šemnički, P., Previšić, A., Ivković, M., Čmrlec, K., Mihaljević, Z. (2012b): Emergence of caddisfly (Trichoptera, Insecta) at tufa barriers in Plitvice Lakes National Park. *Entomologia Croatica* **115** (1–4)

Wagner, V. R. (1980): Die Dipterenemergenz am Breitenbach (1969-1973). *Spixiana*, **3**: 167-177.

Wagner, R. i Schmidt, H. (2004): Yearly discharge patterns determine species abundance and community diversity; Analysis of a 25 year record from the Breitenbach. *Archiv für Hydrobiologie*, **161**: 511-540

Waringer, J. & Graf, W., (2011): Atlas der mitteleuropäischen Köcherfliegenlarven – Atlas of Central European Trichoptera Larvae. Erik Mauch Verlag, Dinkelscherben, 468 str.

Wiberg – Larsen, P., Brodersen, K.P., Birkholm, S., Grøn, P. N., Skriver, J. (2000): Spicies richness and assemblage structure of trichoptera in Danish streams. *Freshwater Biology*, **43**:633-647.

Zwicker, G., Rubinić, J. (2005): Water Level Fluctuation as an Indicator of Tufa Barrier Growth Dynamics in the Plitvice Lakes. *RMZ-Materials and Geoenvironment*, **52**: 161-163.

URL1: www.jgaul.de/trichoptera2.htm. (pristupila 24. siječnja 2015.)

9. Životopis

OSOBNI PODACI:

Ime i prezime	Ana Orlović
Spol	žensko
Prebivalište	Požeška 10, 35000 Slavonski Brod, RH
Boravište	Mogilska 54, 10000 Zagreb, RH
Telefon	091/159-8012
Elektronička pošta	orla2601@gmail.com
Datum i mjesto rođenja	26. siječnja 1991. , Slavonski Brod, RH

OBRAZOVANJE :

2012. – X Diplomski studij Ekologija i zaštita prirode, modul kopnene vode, Biološki odsjek, Prirodoslovno – matematički fakultet, Zagreb

2009.–2012. Preddiplomski studij Znanosti o okolišu, Biološki odsjek, Prirodoslovno – matematički fakultet, Zagreb (univ. bacc. oecol.)

2005. – 2009. Opća gimnazija „Matija Mesić“, Slavonski Brod

1997. – 2005. Osnovna škola „Đuro Pilar“ , Slavonski Brod

OSPOSOBLJAVANJE :

2013. , 2014. – laboratorijska praksa na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno – matematičkog fakulteta na Sveučilištu u Zagrebu

2014. – Znanstveni piknik; edukator

2014. – Festival znanosti; edukator

2014. – Edukacija u Klinici za dječje bolesti u Klaićevoj

2014. – Edukacija u OŠ Augusta Harambašića, Zagreb

2014. – Istraživanje ugroženih, endemičnih i invazivnih svojti malakofaune Istre

2014. – Istraživačko – edukacijski projekt „Grabovača 2014.“; sudionik

2013. – Istraživačko – edukacijski projekt „Apsyrtides 2013.“; sudionik

2013. – Festival znanosti; edukator

POSEBNE NAGRADE :

2013. – dobitnik Rektorove nagrade na temu „Višegodišnje promjene u sastavu i strukturi hematofagnih mušica svrbljivica (Diptera, Simuliidae) na sedrenim barijerama Plitvičkih jezera“

OSOBNE VJEŠTINE :

Rad na računalu	Aktivno i svakodnevno korištenje MS Office paketa
Materinski jezik	Hrvatski jezik
Strani jezici	Engleski jezik (aktivno u govoru i pismu) Njemački jezik (početnik) Španjolski jezik (početnik)
Organizacijske/ Rukovoditeljske vještine	Voditelj Edukacijskog odbora Udruge studenata biologije BIUS u Zagrebu – organizacija rada Edukacijskog odbora, planiranje edukacijskih projekata i terena