

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno – matematički fakultet - Biološki odsjek

Antonija Kulaš i Ana Orlović

**Višegodišnje promjene u sastavu i strukturi
hematofagnih mušica svrbljivica (Diptera, Simuliidae)
na sedrenim barijerama Plitvičkih jezera**

Zagreb, 2013.

Ovaj rad je izrađen u Laboratoriju za Ekologiju životinja na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom dr. sc. Marije Ivković i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2012./2013.

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Opća obilježja mušica svrbljivica (Diptera, Simuliidae).....	1
1.2. Sistematika mušica svrbljivica (Diptera, Simuliidae)	1
1.3. Medicinsko i veterinarsko značenje mušica svrbljivica	5
1.4. Emergencija vodenih kukaca.....	8
1.4.1. Okološni čimbenici koji utječu na emergenciju	8
1.4.2. Emergencijske klopke.....	9
1.4.3. Povijest istraživanja emergencije mušica svrbljivica	10
2. Ciljevi istraživanja	11
3. Područje istraživanja.....	12
3.1. Opća obilježja	12
3.2. Geografski položaj.....	12
3.3. Geološko-hidrološka obilježja.....	13
3.4. Klimatska obilježja	13
3.5. Istraživačke postaje.....	13
4. Materijali i metode.....	17
4.1. Uzorkovanje mušica svrbljivica	17
4.2. Određivanje fizikalno-kemijskih obilježja istraživnog područja	17
4.3. Determinacija uzorkovanih jedinki mušica svrbljivica	17
4.4. Statistička obrada podataka	18
4.4.1. Analiza strukture i dinamike zajednica mušica svrbljivica.....	18
4.5. Programi korišteni za obradu podataka	19
5. Rezultati	20
5.1. Fizikalno – kemijski parametri na istraživnim postajama tijekom istraživnog razdoblja	20
5.2. Zastupljenost i rasprostranjenost mušica svrbljivica na istraživnim sedrenim barijerama.....	21
5.2.1. Barijera Labudovac	23

5.2.2. Barijera Kozjak – Milanovac	26
5.3. Raznolikost i sličnost zajednica porodica dvokrilaca na istraživanim postajama u razdoblju od 2007. do 2011. godine	32
5.4. Emergencija mušica svrbljivica od 2007. do 2011. godine na istraživanim sedrenim barijerama NP Plitvička jezera	33
5.4.1. Barijera Labudovac	33
5.4.2. Barijera Kozjak – Milanovac	35
5.5. Utjecaj srednje mjesečne temperature vode u razdoblju 2007. do 2011. godine na emergenciju vrsta mušica svrbljivica na istraživanim barijerama.....	37
5.5.1. Barijera Labudovac	37
5.5.2. Barijera Kozjak – Milanovac	39
5.6. Utjecaj protoka vode na emergenciju vrsta mušica svrbljivica na istraživanim barijerama NP Plitvička jezera	41
5.6.1. Barijera Labudovac	41
5.6.2. Barijera Kozjak – Milanovac	43
5.7. Utjecaj supstrata na brojnost vrsta mušica svrbljivica u emergencijskim klopka	45
5.8. Utjecaj brzine strujanja vode na brojnost vrsta mušica svrbljivica u emergencijskim klopka	45
6. Rasprava	46
6.1. Sastav vrsta mušica svrbljivica na istraživanim sedrenim barijerama	46
6.2. Fenologija mušica svrbljivica na istraživanim sedrenim barijerama.....	47
6.3. Utjecaj temperature vode na emergenciju mušica svrbljivica	48
6.4. Utjecaj protoka vode na emergenciju mušica svrbljivica.....	49
6.5. Utjecaj mikrostaništa na brojnost vrsta mušica svrbljivica	51
7. Zaključak	52
8. Zahvale.....	54
9. Popis literature	55
10. Sažetak	62
11. Summary.....	63

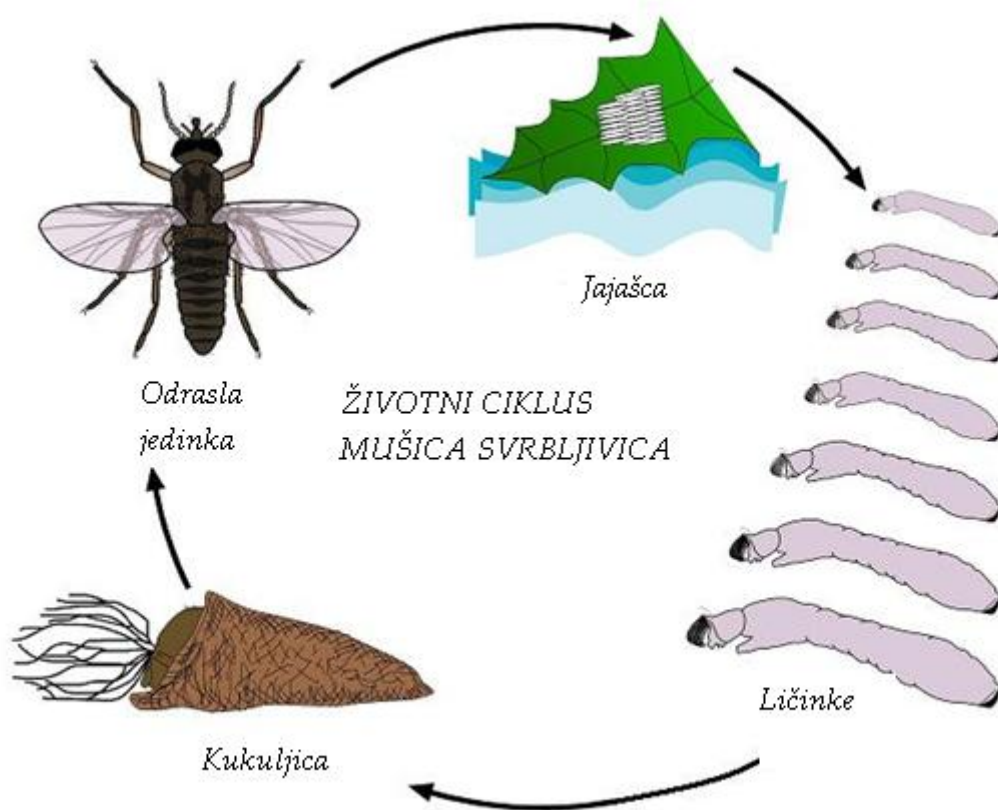
1. Uvod

1.1. Opća obilježja mušica svrbljivica (Diptera, Simuliidae)

Mušice svrbljivice (Simuliidae) su kukci vodenih ekosistema koji pripadaju redu dvokrilaca (Diptera). Prisutne su gotovo na svim mjestima osim Antarktike, te nekim pustinjama i otocima gdje nema tekućica (Crosskey, 1990). Do danas je opisano i imenovano oko 2120 vrsta mušica svrbljivica, a pretpostavlja se da postoji još velik broj neotkrivenih vrsta (Adler i Crosskey, 2012). Mušice svrbljivice pripadaju podredu Nematocera, za čije je predstavnike karakteristično malo tijelo i dugačke antene, te kukcima *Endopterygota* gdje se ličinke biološki i morfološki potpuno razlikuju od odraslih jedinki (Crosskey, 1990). Ženke većine vrsta hrane se tako da sišu krv ljudima i većini toplokrvnih kralješnjaka (Rubtsov, 1990). Upravo zbog takvog načina prehrane mušice svrbljivice smatramo izuzetno medicinski i veterinarski značajnima. Svojim ugrizima mogu na organizmu izazvati brojne alergijske reakcije, kao vektori mogu prenijeti neke vrste parazita i izazvati teške bolesti poput „riječne sljepoće“ i ptičje tripanosomijaze (Adler i sur., 2004).

Njihov životni ciklus je holometabolički i sastoji se iz 4 razvojna stadija: jaje, ličinka, kukuljica i odrasla jedinka (imago) (Slika 1.1.). Prijelazni oblici žive u vodenim, dok odrasle jedinke emergiraju iz vode i aktivne su na kopnenim staništima (Adler i sur., 1982; Ivković i sur., 2012a). Ženke mušica svrbljivica u kasno ljeto ili jesen odlažu obično 50 do 100 jaja u vodu, odnosno vegetaciju ili supstrat prilikom svog niskog leta iznad površine vode (Crosskey 1990; Rubtsov, 1990). Veličina jaja varira od 0,1 – 0,5 mm. Najčešće su normalnog ovalnog oblika, iako kod nekih vrsta mogu biti i trokutasta. Razvoj jaja traje do početka proljeća kada se iz njih izlegu ličinke (Crosskey, 1990). Ličinke imaju produženo, na stražnjem dijelu prošireno tijelo, na čijem se anteriornom i posteriornom dijelu nalaze dva nastavka – panožice, uz pomoć kojih se kreću po vodenom supstratu (Adler i sur., 2004; Crosskey 1990). Zbog toga što najčešće žive na dnu tekućica kod kojih je voda u neprestanom kretanju, 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. Nakon stadija ličinke slijedi stadij kukuljice u kojem mušice svrbljivice dosežu dužinu od 2-7 mm (Crosskey, 1990). Složenost u građi kukuljice varira, ovisno o kojoj vrsti je riječ. Većina vrsta ima jednostavno složenu kukuljicu na čijim se lateralnim stranama nalaze glavni respiratorni filamenta odnosno škrge. Broj filamenata također varira ovisno o vrsti i može iznositi od 3-150 (Rubtsov, 1990). Kada dođe vrijeme za izlazak, imago stvara pritisak i kukuljica počinje pucati u obliku slova T.

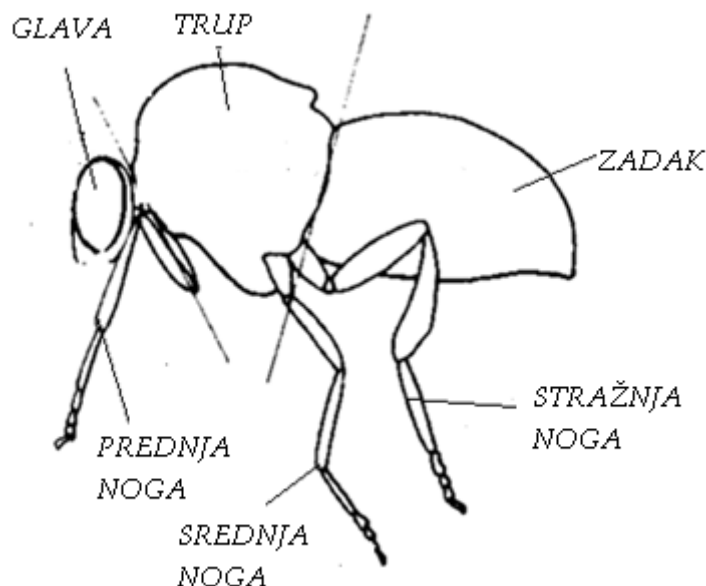
Imago napušta kukuljicu u malim paketićima zraka po čemu je emergencija mušica svrbljivica posebnija od emergencije ostalih skupina unutar reda dvokrilaca (Diptera) (Crosskey, 1990).



Slika 1.1. Životni ciklus mušica svrbljivica (Diptera, Simuliidae), izvor : <http://extension.entm.purdue.edu/publichealth/images/downloads/lifecycle-blackfly> (skinuto i prilagođeno sa stranice: 2. veljače 2013. godine)

Tijelo odrasle jedinice podijeljeno je u tri glavna dijela : glava, trup i zadak (Slika 1.2.), i može doseći dužinu od 1,2 – 6,0 mm (Crosskey, 1990; Rubtsov, 1990). Glavna morfološka razlika između mužjaka i ženke je veličina i oblik očiju, koje su smještene na glavi. Mužjaci imaju snažno istaknute okruglaste oči, koje su spojene duž srednje linije glave, dok ženke imaju razdvojene oči, puno manje i ovalnijeg oblika. Na glavi se blizu očiju nalaze ticala – antene koje su građene od 11 segmenata, kod mužjaka su one tanje i duže, dok su kod ženki deblje, ali se prema vrhu postupno sužavaju (Rubitsov, 1990). Način prehrane odraslih jedinica razlikuje se od ličinačkog stadija, jer se odrasli hrane tekućim oblikom hrane, odnosno cvjetnim nektarom, biljnim sokovima ili medom koji u sebi sadrži šećer, a on im služi kao izvor energije za letenje, a ženke i krvlju toplokrvnih kralješnjaka. Stoga je usni aparat prilagođen sisanju

odnosno bodenju kože žrtve. Sisanje hrane im omogućava proboscis koji je dosta kratak (Rubtsov, 1990). Trup (torax) građen je od tri kolutića: prothoraxa, mesothoraxa i metathoraxa. Na trupu imaju tri para nogu koje su kratke i jake. Mesothorax je najbolje razvijen od sva tri kolutića i na njemu je smješten prednji par krila, dok je stražnji par kao i kod ostalih dvokrilaca, reduciran u haltere koje imaju ulogu pri stabilizaciji leta. Krila su im kratka i široka sa vrlo dobro razvijenim prednjim režnjem žila. Membrana krila je građena od vrlo tanke i ravne stanice koja je smještena između dva usko položena sloja kutikule. Zadak je izduženog oblika i izrazito segmentiran, a na zadnjem kolutiću nalaze se vanjski spolni organi, odnosno kod mužjaka uređaj za parenje, a kod ženki leglica za odlaganje jaja (Crosskey, 1990). Determinacija vrsta gleda se s obzirom na građu genitalija koja se primjenjuje najčešće na mužjacima. Glavni dijelovi genitalija su gonopodiji, a to su dva segmentirana privjeska od kojih je svaki građen od bazalnog gonokoksita i distalnog gonostilusa. Gonokoksiti su velike strukture koje s obzirom na vrstu variraju u omjeru svoje dužine i širine. Gonostili se još više razlikuju između vrsta, vjerojatno zbog toga što oni služe za intimni kontakt mužjaka sa ženkom pri parenju. Također je vrlo važan za determinaciju vrsta i unutarnji gonostilus, sklerotizirana struktura smještena između gonokoksita i vanjskih gonostilusa (Adler i sur., 2004). Životni vijek odraslih je obično oko 10-35 dana, s tim da ženke žive duže od mužjaka (Crosskey, 1990).



Slika 1.2. Tijelo odrasle jedinke (Prilagođeno na temelju Crosskey, 1990).

Prirodni neprijatelji mušica svrbljivica (Simuliidae) su kukci (Diptera, Hymenoptera, Odonata, Trichoptera), pauci, te kralješnjaci poput ptica i riba, ali i paraziti među kojima su najvažnije

praživotinje (Protozoa) i oblići (Nematoda) (Gislason i Steingrímsson, 2004; Werner i Pont, 2006). Utjecaj predatora može značajno utjecati na strukturu i rast populacije, odnosno na razmnožavanje, te prilagodbu na biotičke i abiotičke čimbenike okoliša (Werner, 2004). Većina vrsta mušica svrbljivica je odvojenog spola, no poznati su slučajevi partenogeneze te spolnog mozaicizma koji uključuje ginandromorfizme i intersex (Adler i sur., 2004).

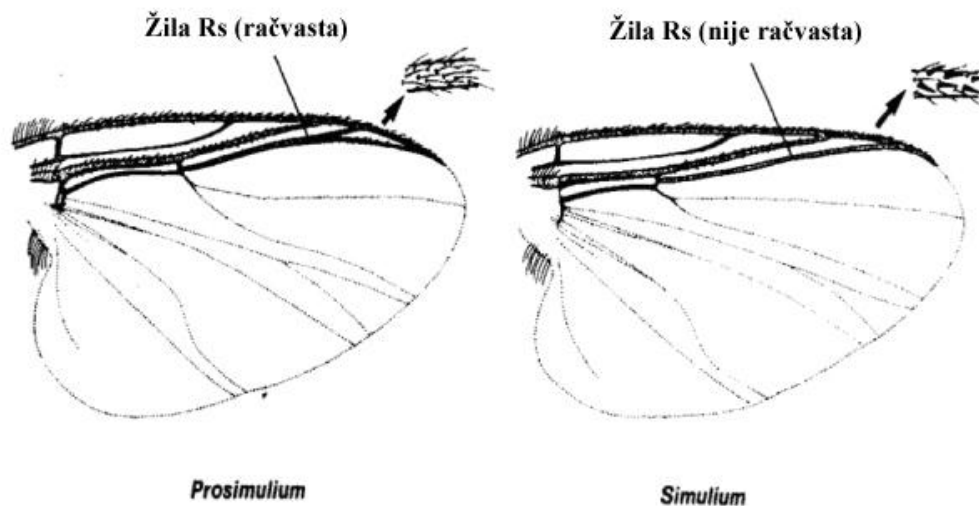
1.2. Sistematika mušica svrbljivica (Diptera, Simuliidae)

Mušice svrbljivice su dobile ime po najvećem rodu unutar porodice *Simulium*, što bi u prijevodu značilo mali prćasti nos (Crosskey 1990).

Starost porodice Simuliidae se procjenjuje prema fosilnom nalazu kukuljice iz srednje Jure na 160 milijuna godina. Nazvana je *Simulimima* i bila je slična današnjem rodu *Prosimulium* (Crosskey 1990).

Prema modernim autorima usvojena je jednostavna klasifikacija porodice Simuliidae, koja se dijeli na dvije potporodice: Prosimuliinae i Simuliinae (Crosskey, 1990). Ukoliko se izuzmu detalji u morfologiji mužjaka i ženke, te pojedinim životnim stadijima, postoje tri glavne razlike u građi ove dvije potporodice, a to su čahura kukuljice, morfologija prsa i građa stražnjih nogu u odraslih jedinki (Crosskey, 1990).

Najznačajni rod, unutar potporodice Prosimuliinae je *Prosimulium*, koji se smatra najprimitivnijim rodom mušica svrbljivica (Simuliidae). Glavna morfološka razlika između ova dva roda je u venaciji krila (Slika 1.3.), odnosno kod roda *Prosimulium* žila Rs je račvasta, dok kod roda *Simulium* nije (Crosskey, 1990). Unutar potporodice Simullinae najznačajniji rod je *Simulium*. *Simulium* je jedan od većih rodova unutar cijelog reda dvokrilaca (Diptera) i broji više od tisuću vrsta. Vrste su složene u 43 podreda, a među njima su dva najveća *Nevermannia* i *Simulium* koji zajedno broje oko 450 vrsta (Adler i Crosskey, 2012)



Slika 1.3. Razlika u venaciji krila rodova *Prosimulium* i *Simulium* (Prilagođeno na temelju Crosskey, 1990).

1.3. Medicinsko i veterinarsko značenje mušica svrbljivica

Neke vrste mušica svrbljivica (Simuliidae) imaju veliko medicinsko i veterinarsko značenje upravo zbog toga što se odrasle ženke hrane krvlju toplokrvnih kralješnjaka i time su vektori velikog broja bolesti. Mužjaci ne mogu gristi niti sisati krv jer im ona nije potrebna za fiziološke funkcije, za razliku od ženki kojima je krv potrebna kako bi mogle proizvoditi jajašca i tako omogućiti razvoj novih, sljedećih generacija. Ženke imaju prilagođen usni aparat za bodenje zahtjevne kože ptica ili sisavaca i sisanje krvi iz koje dobivaju određene proteine.

Ženke mušica svrbljivica bodu i sišu krv preko dana, a Crosskey (1990) ih dijeli u dvije skupine: hematofagne i nehematofagne ženke. Hematofagne ženke se hrane krvlju i među njima razlikujemo ornitofiličke (hrane se krvlju ptica), mamalofiličke (hrane se krvlju sisavaca) i antropofiličke (hrane se ljudskom krvlju). Nehematofagne ženke se ne hrane krvlju i usnim aparatom ne mogu probiti kožu kralješnjaka (Crosskey, 1990).

Antropofiličke mušice svrbljivice su medicinski značajne jer osim što se hrane ljudskom krvlju, mogu izazvati i štetne posljedice na čovjeku. One najčešće napadaju u rojevima, kruže oko čovjeka te ulaze u otvore na odjeći. Njihovi ugrizi se pojavljuju kao mala crvenkasta krvarenja na ljudskoj koži. Ubodi su bezbolni i uoče se tek kada lagane „pruge“ krvi počnu teći iz rane. Reakcija na ugrize varira ovisno o pojedincu, s tim da su djeca puno osjetljivija nego odrasle osobe. Većinom uzrokuju lagani svrbež koji prođe za nekoliko dana, osim kada se češanjem

izazove sekundarna infekcija, dok kod djece mogu izazvati hipokroničnu anemiju uz proizvodnju velikog broja bijelih krvnih tjelešaca, a oporavak traje i više od 6 mjeseci. Opasni su ubodi oko očiju koji uzrokuju otekline okolnog tkiva. Najpoznatije bolesti koje mušice svrbljivice uzrokuju kod ljudi su „groznica mušica svrbljivica“ gdje su simptomi glavobolja, mučnina, povišena tjelesna temperatura i natečeni limfni čvorovi na vratu, te onkocerkijaza (Adler i sur., 2004). Onkocerkijaza, poznatija pod imenom „riječna sljepoća“, bolest je uzrokovana vrstom *Onchocerca volvulus*, malom crvolikom životinjom koja spada u obliče (Nematoda). To je podmukla, uglavnom nesmrtonosna bolest koja se javlja najčešće u tropskoj Africi i Latinskoj Americi. Mušice svrbljivice prenose *O. volvulus*, te ga prilikom sisanja krvi ispuste u tijelo čovjeka. U prvih godinu dana boravka u tijelu čovjeka naraste do svoje maksimalne veličine, koja kod mušjaka iznosi 3cm, a kod ženke čak i do 70cm. Svaka ženka *O. volvulus* proizvede nekoliko tisuća mikroskopskih ličinki (mikrofilarie) dnevno koje potom kruže po tijelu čovjeka. Bolest se manifestira osipom, upalom kože, povećanim limfnim čvorovima te teškim oštećenjima očiju koja mogu dovesti i do trajne sljepoće. Od ove bolesti boluje gotovo 18 milijuna ljudi u Africi i tropskim dijelovima Srednje i Južne Amerike. Svi vektori ove bolesti pripadaju rodu *Simulium* (Crosskey, 1990; Adler i sur., 2004).

Mamlofiličke mušice svrbljivice mogu u sisavaca uzrokovati brojne alergijske reakcije i infekcije. Poznate su tri vrste oblića (Nematoda) roda *Onchocerca* koje uzrokuju infekcije u sisavaca: *Dirofilaria immitis*, *Onchocerca cervipedis* i *Onchocerca lienalis*. Najznačajnija vrsta je *Onchocerca linealis* koja uzrokuje govedu onkocerkijazu, a simptomi koje izaziva su gubitak težine stoke te smanjenje prinosa mlijeka. Upravo ova vrsta je glavni krivac smanjenja brojnosti stoke, te tako imaju velik negativni utjecaj na poljoprivrednu proizvodnju (Adler i sur., 2004).

Dvije značajne vrste na području Europe, koje napadaju stoku, pa čak i ljude su *Simulium colombaschense* i *Simulium erythrocephalum*.

Simulium colombaschense je najopasniji nametnik, roda *Simulium*. Raširen je na području uz rijeku Dunav, odnosno u Mađarskoj, Rumunjskoj, te nekadašnjoj Jugoslaviji. Vrsta može emigrirati daleko od područja u kojem obitava, pa čak i do 150 km dalje (Crosskey, 1990). Napada prvenstveno stoku, ali i ljude. Tako je 1960. godine zabilježena velika epidemija stoke, ali i ljudi nastala ubodima *Simulium colombaschense*, u pionirskom kampu u Mađarskoj, dok je 1965. godine izbila epidemija u nekadašnjoj Jugoslaviji (Szabo', 1964; Živković i Petrović, 1976). Najveća epidemija je bila 1970. godine koja je zahvatila i ljude, oko 4600 ljudi je bilo

hospitalizirano ili je trebalo liječničku pomoć, a mortalitet stoke je uzrokovao velike novčane gubitke (Živković i Burany, 1972).

Simulium erythrocephalum je nametnik koji napada stoku, ali i čovjeka. Najviše se istraživala na području Njemačke, zbog njihovog značajnog uzgoja stoke. Žive u području uz tekućice, gdje se legu na vodenom bilju. Može ju se pronaći u Podunavlju, uz rijeku Dunav, gdje se razvija u velikim rojevima. Stoku napada u proljeće i rano ljeto (Crosskey, 1990).

Posljednje su ornitofiličke mušice svrbljivice. Prenose parazite koji uzrokuju različite bolesti na pticama, od kojih su najpoznatije leukocitoozooza i ptičja tripanosomijaza. Leukocitoozoozu uzrokuje krvni parazit roda *Leucocytozoon* (Protozoa) kojeg mušice svrbljivice prenose na perad. Patološki simptomi su tipični za mlade jedinke. Zaraženi domaćin u početku ne pokazuje simptome, osim što je više osjetljiv na utjecaj stresnih čimbenika, dok kronično zaražen domaćin ima smanjenu sposobnost reprodukcije, oslabljeni imunološki sustav, smanjen apetit te konvulzije koje brzo dovode do smrti. Perad koja najčešće obolijeva od ove bolesti su kokoši, patke, guske i purice (Adler i sur., 2004). Ptičju tripanosomijazu uzrokuje parazit roda *Trypanosoma* (Kinetoplastida), kojeg je prvi puta opisao David Gruby prije više od 150 godina (Gruby, 1843). Vrste roda *Trypanosoma* se intenzivno proučavaju, prvenstveno zbog toga što uzrokuju niz izuzetno opasnih bolesti, prije svega Chagas bolest i „bolest spavanja“, dok ptičju tripanosomijazu konkretno uzrokuje vrsta *Trypanosoma avium* koju prenose beskralježnjaci, prije svega mušice svrbljivice. Širi se krvlju te dolazi do promjene morfologije krvnih stanica kod ptica. Vanjski simptomi ptičje tripanosomijaze su smanjenje apetita, gubitak težine, smanjena mogućnost letenja, slabost i smrt (Zidková i sur., 2012). Prijenosnici ovih bolesti pripadaju rodu *Simulium*.

U ovom radu najzastupljenija vrsta je *Simulium angustipes* koji je glavni prijenosnik ptičje tripanosomijaze. Istraživanje rada je provedeno na području NP Plitvička jezera, koji je po svojoj bioraznolikosti ornitofaune treći po redu unutar nacionalnih parkova. Veoma je važno istražiti sve faze životnog ciklusa vrste *Simulium angustipes*, kako bi se spriječila mogućnost širenja ove bolesti i rizik od smanjenja bogatstva i raznolikosti ptica u nacionalnom parku (Lukač, 2004).

Medicinske i veterinarske štete koje uzrokuju mušice svrbljivice imaju direktan utjecaj na ekonomsko i socijalno značenje. Njihovi napadački ugrizi su štetni za zdravlje, te s turističke strane gledano i za udobnost ljudi. Ekonomski mogu uzrokovati velike i skupe štete, kao npr. u gospodarstvu pri uzgoju stoke na farmama. Direktne štete su oboljenja i smrt životinja

uzrokovane bolestima koje su prenesene ugrizima. Najčešće indirektne štete se dogode kada životinje (stoka) „polude“ izluđene napadajima rojeva mušica svrbljivica, te unište žitnice, ograde i dr. objekte na farmama. Stoga je vrlo važno što se radi na raznim načinima njihove kontrole i uništavanja (Crosskey, 1990).

1.4. Emergencija vodenih kukaca

Pojam emergencija dolazi od grčke riječi *emerge* što znači pojaviti se. U ovom slučaju odnosi se na preobrazbu kukaca iz stadija ličinke u stadij odrasle jedinke (imaga). Vezana je i za vodene i za kopnene ekosustave i odnosi se na većinu kukaca. Najznačajniji kukci koji emergiraju u vodenim ekosustavima su: Ephemeroptera (vodencvjetovi, izlijeću u stadiju subimaga), Plecoptera (obalčari), Trichoptera (tulari), Odonata (vretenca), te Diptera (dvokrilci), među koje ubrajamo i mušice svrbljivice (Simuliidae). Do emergencije može doći u bilo koje doba dana ili noći, ovisno o vrsti koja emergira i o okolišnim uvjetima. Ovisno o tome koliko generacija emergira u jednoj godini, vrste možemo podijeliti u tri skupine: univoltine (jedna generacija u godini), bivoltine (dvije generacije u godini), te polivoltine (nekoliko generacija u godini). Poznato je kako kod svih vrsta uvijek prvi izlijeću mužjaci, a tek iza njih ženke (Sweeney, 1984).

Emergencija je izuzetno važna pojava, prije svega jer su kukci koji emergiraju važna poveznica između dva različita ekosustava, vodenog i kopnenog. Neke emergencijske značajke mogu biti karakteristične samo za pojedine vrste ili populacije, te na temelju poznavanja tih značajki možemo ispravnije vršiti laboratorijska i znanstvena istraživanja (Jonušaitė i Būda, 2002). Isto tako, ličinke kukaca predstavljaju hranu brojnim vrstama životinja i tako održavaju hranidbenu ravnotežu u ekosustavu. Kada je riječ o emergenciji mušica svrbljivica (Simuliidae), proučavanje je potrebno zbog toga što su mušice svrbljivice medicinski i veterinarski značajne. Detaljnim istraživanjem emergencije pojedinih vrsta možemo doći do spoznaja o tome kako smanjiti ili čak spriječiti njihovu ulogu u prenošenju raznih bolesti na ostale organizme u ekosustavu.

1.4.1. Okološni čimbenici koji utječu na emergenciju

Na emergenciju vodenih kukaca mogu utjecati brojni okolišni čimbenici koji određuju njezin početak i tijek. Čimbenici koji mogu utjecati na emergenciju su: temperatura vode, fotoperiod, temperatura zraka, vlažnost, broj sunčanih sati, protok vode, intenzitet osvjetljenja,

mjesečeve mijene, oluje, nadmorska visina, geografska širina. Ključni okolišni čimbenici su temperatura i fotoperiod. Temperatura uglavnom utječe na trajanje ličinačkog stadija, samim time i na trajanje cijele metamorfoze. Povišenje temperature vode uzrokuje preuranjenu emergenciju, točnije smanjuje trajanje stadija ličinke, dok sniženje temperature vode odgađa početak emergencije i produljuje trajanja stadija ličinke. Fotoperiod je, uz temperaturu, najvažniji čimbenik koji utječe na emergenciju vodenih kukaca. Upravo on u umjerenom području djeluje kao signal za promjene u životnom ciklusu tijekom godišnjih doba. Fotoperiod i temperatura vode djeluju zajedno kontrolirajući dužinu razdoblja emergencije (Corbet, 1964; Hynes, 1976; Sweeney, 1984).

1.4.2. Emergencijske klopke

Emergencijske klopke (Slika 1.4.) kao metodu istraživanja emergencije u tekućicama među prvima je uveo Mundie (1956). Emergencijske klopke su klopke koje zarobljavaju životinju u trenutku prelaska jednog stadija u drugi (iz ličinke ili kukuljice u odraslog kukca), mijenjajući pritom i svoje stanište. Ukupni broj ulovljenih jedinki nam daje uvid u vrijeme kada cijela populacija prelazi u drugi stadij (Poepperl, 2000). Klopke se razlikuju s obzirom o kojem se staništu radi, o vodenom ili kopnenom, ali princip njihovog djelovanja je jednak.

Emergencijske klopke imaju nekoliko prednosti, prije svega što olakšavaju determinaciju. U klopke se uhvate odrasli kukci koje je lakše determinirati od ličinki. Postavljanje klopki ne oštećuje dno vodenog sustava koji istražujemo, tako da one neće naštetiti niti jednom njegovom dijelu.



Slika 1.4. Fiksirana emergencijska piramidalna klopka. Foto: M. Ivković

1.4.3. Povijest istraživanja emergencije mušica svrbljivica

Emergencija mušica svrbljivica nije dovoljno istražena. Dosada su emergenciju istraživali u Kanadi Singh i Smith (1985) te Chmielewski i Hall (1993); u Pennsylvaniji (SAD) Adler i sur. (1982) te McCreadie i sur. (1994). Emergenciju mušica svrbljivica u Australiji istraživao je Colbo (1977). Na području Europe, u Litvi su emergenciju istraživali Jonušaitė i Būda (2002), a u Njemačkoj su emergenciju istraživali Kazimirova (1989), te Reidelbach i Christl (2002).

2. Ciljevi istraživanja

- Ustanoviti dodatne vrste u postojećoj fauni mušica svrbljivica na Barijeri Labudovac i Barijeri Kozjak – Milanovac na području NP Plitvička jezera u razdoblju od 2007. do 2010. godine.
- Ustanoviti promjene u emergencijskim značajkama mušica svrbljivica tijekom četverogodišnjeg istraživanja.
- Utvrditi glavni ekološki čimbenik koji utječe na emergenciju mušica svrbljivica tijekom četverogodišnjeg istraživanja.
- Utvrditi glavne ekološke čimbenike koji utječu na sastav vrsta i na brojnost jedinki tijekom četverogodišnjeg istraživanja.
- Utvrditi fenološki obrazac prisutnih vrsta mušica svrbljivica s naglaskom na hematofagne vrste.
- Utvrditi razlike u brojnosti vrsta mušica svrbljivica na pojedinim mikrostaništima.

3. Područje istraživanja

3.1. Opća obilježja

Istraživanje je provedeno u Nacionalnom Parku Plitvička jezera. Zbog svoje iznimne ljepote Plitvička jezera kratkotrajno su zaštićena 1928. i 1929. godine, a 8. travnja 1949. godine proglašena su Nacionalnim parkom, što ih ujedno čini i 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).

Površina Nacionalnog parka iznosi 29482 ha, od čega 22308 ha pokrivaju mješovite šumske zajednice. Veći dio područja je prekriven šumama vrsta *Fagus sylvatica* L., *Abies alba* Mill., i *Picea abies* (L.) Karsten (Previšić i sur., 2007). Vodene površine zauzimaju 217 ha, a ostatak čine travnjaci i ostalo. Jezera su odijeljena sedrenim barijerama i imaju ukupni obujam od 400 000 m³. Njihovo porijeklo i razvoj povezani su sa procesima stvaranja sedre. Biogeni faktori igraju veliku ulogu u njihovom stvaranju (Stilinović i Božićević, 1998).

Plitvička jezera čini sustav od šesnaest većih jezera, a podijeljena su na Gornja (Prošće, Ciginovac, Okrugljak, Batinovac, Veliko, Malo, Vir, Galovac, Milino, Gradinsko jezero, Veliki burget i Kozjak) i Donja (Milanovac, Gavanovac, Kaluđerovac, 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. Geografski položaj

Plitvička jezera su smještena u krškoj regiji na zapadnom dijelu Dinare, odnosno na izvoru rijeke Korane (Đurek, 2000; Ivković i sur., 2012b). Najvišim hidrološkim točkama Plitvičkih jezera mogu se smatrati Bijela i Crna rijeka na oko 700 m n. m., a najniža točka je početni dio rijeke Korane na 478 m n. m. (Riđanović, 1994).

3.3. Geološko-hidrološka obilježja

Plitvička jezera su se formirala u razdoblju holocena. Geološka podloga je izgrađena od vapnenca ($\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$) i dolomita ($\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$). Odnos propusnih (vapnenac) i nepropusnih (dolomit) geoloških slojeva uvjetovao je oblik ovog dijela Dinarskog krša (Roglić, 1974).

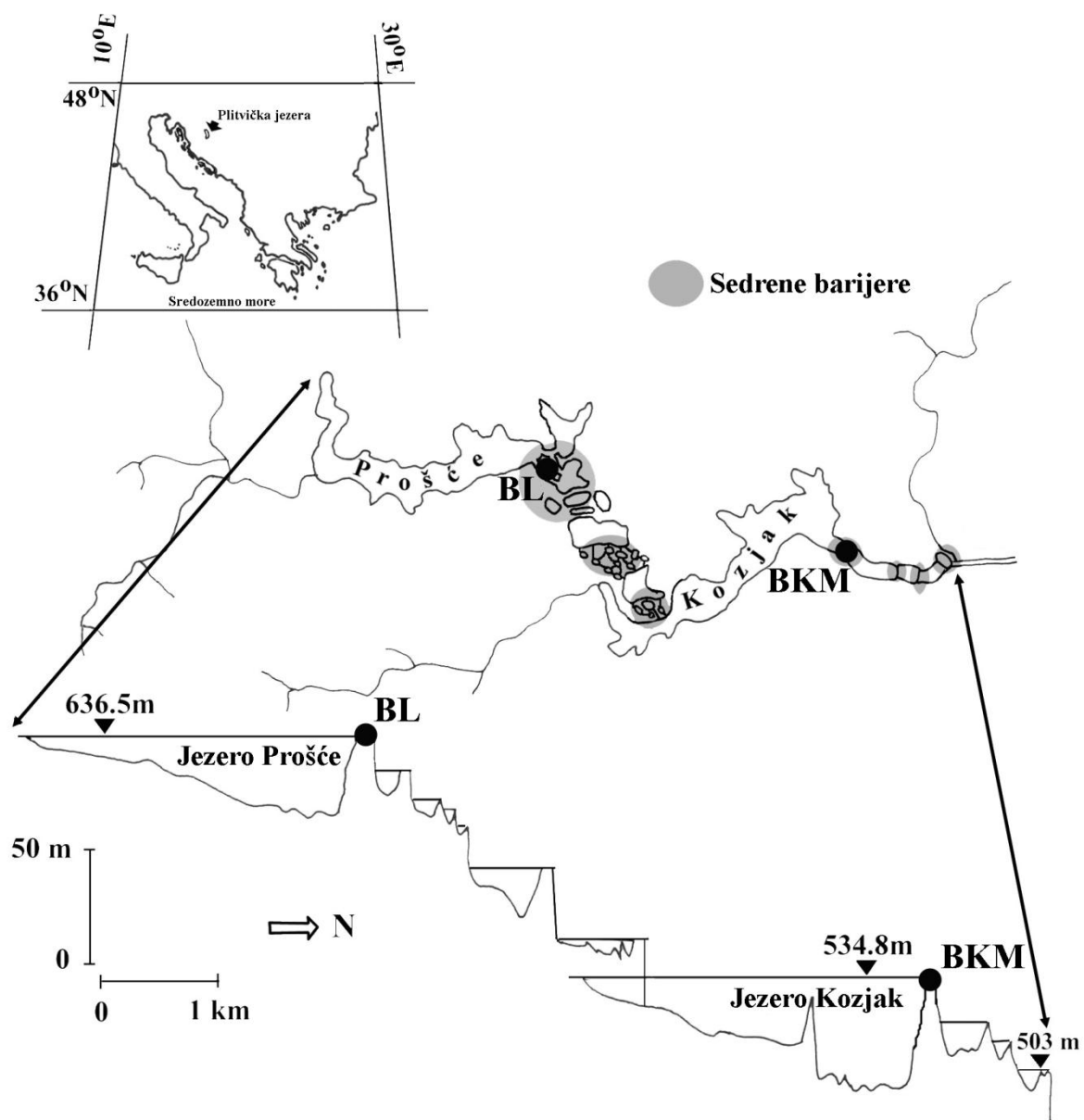
Sprega fizikalno-kemijskih svojstava vode, geološke podloge i biote na ovim prostorima daje uvjete za stvaranje sedre kao osnovnog fenomena odgovornog za genezu i opstojnost Plitvičkih jezera (Srdoč i sur., 1985). Jezera prema karakteristikama svrstavamo u oligotrofna i dimiktična, s vrlo niskom koncentracijom organskih tvari, prezasićenošću kalcijevim solima, te s pH vrijednosti većom od 8. Velika je prisutnost algi i mahovina, koji su ujedno i posrednici u formiranju sedrenih barijera (Srdoč i sur., 1985; Stilinović i Božičević, 1998). Najveću količinu vode Plitvička jezera dobivaju iz Crne rijeke (670 m n. m.) i Bijele rijeke (700 m n. m.) koje tvore Maticu i napajaju Proščansko jezero. Na zadnje jezero u sustavu Gornjih jezera veća količina vode dotječe potokom Riječica, a na Donjim jezerima potokom Plitvica. Dotok vode postoji i iz više manjih izvora smještenih oko samih jezera (Božičević, 1998). Maksimalni protoci pojavljuju se u proljetnim mjesecima i povezani su s otapanjem snijega, a minimalni protoci zabilježeni su u kasno ljeto (8. i 9. mjesec) te kasnu jesen (10. i 11. mjesec) (Riđanović, 1994).

3.4. Klimatska obilježja

Plitvička jezera zbog svoga položaja u središnje-planinskom području Hrvatske pokazuju prijelazne karakteristike između toplo umjereno kišne klime i snježno šumske klime iznad 500 m n. m. (Makjanić, 1958). Najveća količina padalina zabilježen je u jesenskim i zimskim mjesecima. Najhladniji mjeseci su siječanj i veljača, kada temperatura zraka može pasti i ispod $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, a ljeti temperature mogu biti i iznad $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Poje, 1989).

3.5. Istraživačke postaje

Istraživanje je provedeno na dvije različite postaje unutar vodenog sustava Plitvička jezera (Slika 3.1.).



Slika 3.1. Karta istraživanih postaja unutar Nacionalnog parka Plitvička jezera.

BL – Barijera Labudovac, BKM – Barijera Kozjak – Milanovac

Opis istraživačkih postaja:

Barijera Labudovac (BL) – barijera između Proščanskog jezera i jezera Okrugljak, N 44°52'17" E 15°35'59", nadmorska visina 630 m (Slika 3.2.). Lotički tip staništa sa supstratom kojeg čine šljunak s detritusom te mahovina na sedri.



Slika 3.2. Barijera Labudovac; Foto: M. Ivković

Barijera Kozjak-Milanovac (BKM) – sedrena barijera između jezera Kozjak i jezera Milanovac, N 44°53'39" E 15°36'32", nadmorska visine 546 m (Slika 3.3.). Lotički tip staništa sa supstratom kojeg čine šljunak s detritusom, mahovina na sedri i mulj.



Slika 3.3. Barijera Kozjak – Milanovac; Foto: M. Pavlek

4. Materijali i metode

4.1. Uzorkovanje mušica svrbljivica

Uzorci su prikupljeni jednom mjesečno u razdoblju od 2007. do 2011. godine na dvije barijere unutar NP-a Plitvička jezera: Barijera Labudovac i Barijera Kozjak-Milanovac. Uzorci su sakupljeni pomoću semikvantitativnih emergencijskih piramidalnih klopki. Emergencijske klopke su bile fiksirane u sediment i bile su površine 45 x 45 cm (h = 50 cm). Klopka je modificirana verzija Illiesovih klopki (1971). Na svakoj postaji postavljeno je 6 klopki kako bi se zahvatila sva raspoloživa mikrostaništa. Kukci su lovljeni u posude na vrhu piramidalnih klopki u kojima je kao prezervativ služio 1-2 % formalin, uz dodatak deterđenta radi razbijanja površinske napetosti vode. U zimskim mjesecima dodavan je i 96 % alkohol da bi se smanjila točka leđišta. Svi sakupljeni kukci konzervirani su u 80%-tnom etanolu.

4.2. Određivanje fizikalno-kemijskih obilježja istraživanog područja

Tijekom uzorkovanja na terenu je izmjerena temperatura zraka (pomoću živinog termometra), te fizikalno-kemijska obilježja vode. Količina kisika u vodi, 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 CO₂ u vodi (alkalinitet) određena je metodom titracije s 0,1 M kloridnom kiselinom uz metil-orange kao indikator, a izražavana je u mg CaCO₃ 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.

4.3. Determinacija uzorkovanih jedinki mušica svrbljivica

Obrada sakupljenih uzoraka temeljila se na odvajanju različitih redova kukaca iz uzoraka. Potom su jedinke reda Diptera najprije izolirane do porodica, a potom je porodica Simuliidae determinirana do vrsta na temelju morfologije krila te muških genitalija uz pomoć determinacijskih ključeva: Day i sur., 2010; Knoz, 1965 i Rubtzov, 1990. Determinacija je izvršena na stereolupi AC100-240V.

4.4 Statistička obrada podataka

4.4.1. Analiza strukture i dinamike zajednica mušica svrbljivica

Za opisivanje biocenološke raznolikosti istraživanih postaja korišteni su Shannonov (Shannon, 1948) i Simpsonov (Simpson, 1949) indeks raznolikosti te odgovarajući indeksi odnosno mjere ujednačenosti zajednice (Pielouov indeks) koji se izvode iz navedenih indeksa raznolikosti.

Shannonov (Shannon, 1948) indeks raznolikosti (H') je relativni indeks za uspoređivanje raznolikosti dvaju ili više zajednica ili jedne zajednice u različitim vremenskim razdobljima i to je jedan od najčešće korištenih indeksa za usporedbu strukture zajednice. Izračunava se prema formuli:

$$H' = - \sum_{i=1}^n (p_i)(\log_2 p_i)$$

gdje je: p_i - udio svojte i u zajednici ($p \in (0, 1]$),
n-broj svojti u zajednici.

Simpsonov indeks raznolikosti (1-D) izražava vjerojatnost da dvije slučajno odabrane jedinke iz zajednice pripadaju različitim kategorijama (svojtama), a izveden je iz osnovnog Simpsonovog indeksa (D).

Osnovni Simpsonov (Simpson, 1949) indeks (D) izražava vjerojatnost da dvije slučajno odabrane jedinke iz zajednice pripadaju istoj kategoriji pri čemu je:

$$D = \sum_{i=1}^n p_i^2$$

gdje je: p_i - udio svojte i u zajednici ($p \in (0, 1]$),
n-broj svojti u zajednici.

Pielouov (Pielou, 1966) indeks ujednačenosti zajednice (J') izvodi se iz Shannonovog indeksa raznolikosti (H') te predstavlja omjer H' i njegove maksimalne moguće vrijednosti Hmax te se iskazuje formulom:

$$J' = \frac{H'}{\log_2 n}$$

On poprima vrijednosti u rasponu od 0 do 1, odnosno vrste su jednolikije zastupljene u zajednici što je J' bliži vrijednosti 1.

Pearsonov indeks korelacije (r) koristio se da bi se utvrdila povezanost brojnosti mušica svrbljivica s brzinom strujanja vode. Izračunava se prema formuli:

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

gdje je:

n – broj mjerenja,

x – prva varijabla,

y – druga varijabla

Utvrđivanje razlika brojnosti jedinki / supstrat radilo se pomoću analize varijance (ANOVA) sa *post-hoc* Tukey HSD testom. Svi podaci korišteni u analizama su zbog normalizacije podataka log- transformirani.

4.5. Programi korišteni za obradu podataka

Tablični i grafički prikazi izrađeni su u programu Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corporation 2007) i Primer 5.2.9 (Primer-E Ltd 2002). Statističke analize izrađene su u programu Statistica 8.0 (Statsoft Inc. 2008) i Primer 5.2.9 (Primer-E Ltd 2002).

5. Rezultati

5.1. Fizikalno – kemijski parametri na istraživanim postajama tijekom istraživanog razdoblja

Tijekom 2007., 2008., 2009. i 2010. godine mjereni su fizikalno-kemijski parametri vode na obje istraživane lokacije Barijeri Labudovac i Barijeri Kozjak – Milanovac. U tablici 5.1. su prikazane karakteristike uzorkovanja u NP Plitvička jezera.

Tablica 5.1. Prikaz karakteristika uzorkovanja i fizikalno-kemijskih parametara vode (min. = minimalna zabilježena vrijednost, max. = maksimalna zabilježena vrijednost, *prema Strahleru) na istraživanim postajama od 2007. do 2011. godine (N = 2).

Mjesto		BL	BKM
Geog. širina		N 44°52'17'	N 44°53'39'
Geog. dužina		E 15°35'59'	E 15°36'32'
Red rijeke*		2	2
Visina (m)		630	546
Supstrat		Šljunak, mahovina na sedri, sedra sa detritusom	Šljunak, mahovina na sedri, sedra s detritusom, mulj
Dubina (cm)	min	10	7
	max	28	25
Temperatura vode(°C)	min	2,5	3,1
	max	20,5	22,9
O₂ (mg L⁻¹)	min	6,7	8,7
	max	12,3	12
O₂ (%)	min	59,7	72
	max	139,2	113,6
pH	min	6,8	6,9
	max	8,7	8,4
Elektroprovodljivost (μS cm⁻¹)	min	366	354
	max	426	443
Alkalinitet (mg L⁻¹ CaCO₃)	min	210	200
	max	260	220

5.2. Zastupljenost i rasprostranjenost mušica svrbljivica na istraživanim sedrenim barijerama

Tijekom četverogodišnjeg istraživanja skupljeno je i obrađeno 38842 jedinke mušica svrbljivica. U tablici 5.2. prikazan je broj vrsta i jedinki ulovljen na pojedinim barijerama tijekom četverogodišnjeg istraživanja, a u tablici 5.3. prikazan je popis 9 vrsta mušica svrbljivica ulovljenih u ovom istraživanju te njihova zastupljenost na pojedinim barijerama.

Tablica 5.2. Broj vrsta i jedinki ulovljen na pojedinim barijerama (BL = Barijera Labudovac, BKM = Barijera Kozjak Milanovac) u NP Plitvička jezera od 2007. do 2011. godine

	2007		2008		2009		2010	
	Broj jedinki	Broj vrsta	Broj jedinki	Broj vrsta	Broj jedinki	Broj vrsta	Broj jedinki	Broj vrsta
BKM	14578	5	6152	5	1913	2	698	3
BL	7659	5	7775	4	1297	3	623	2
Σ	22237	8	13927	6	3210	3	1321	3

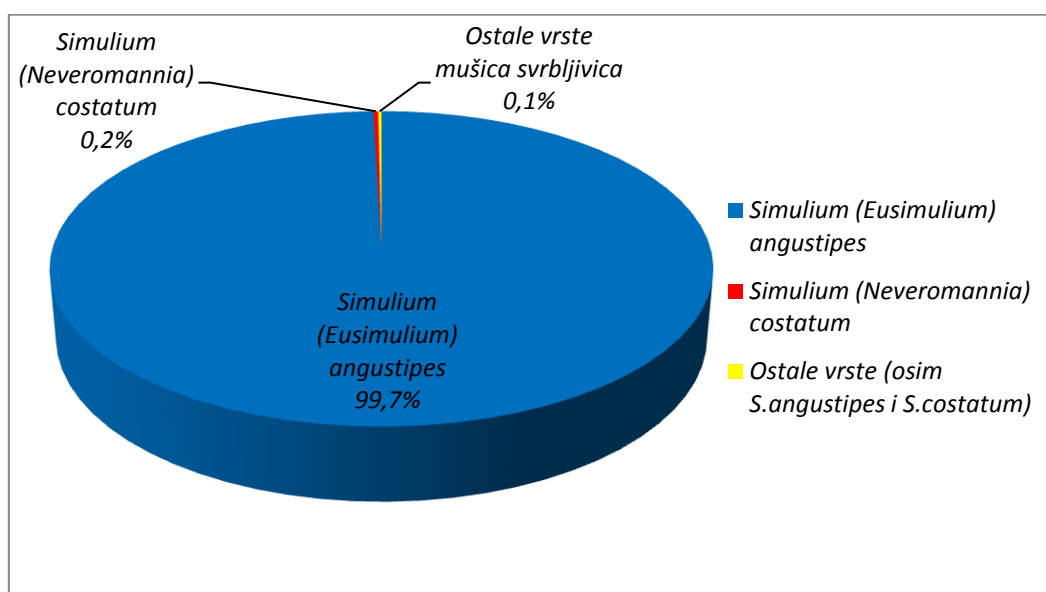
Tablica 5.3. Zastupljenost pojedinih vrsta mušica svrbljivica na istraživanim sedrenim barijerama (BL = Barijera Labudovac, BKM = Barijera Kozjak Milanovac) u NP Plitvička jezera od 2007. do 2011. godine

Vrsta	BKM	BL
<i>Simulium (Eusimulium) angustipes</i> (Edwards, 1915)	•	•
<i>Simulium (Nevermannia) costatum</i> (Friederichs, 1920)	•	•
<i>Simulium (Obuchovia) auricoma</i> (Meigen, 1818)	•	
<i>Simulium (Odagmia) monticola</i> (Friederichs, 1920)	•	•
<i>Simulium (Wilhelmia) equina</i> (Linnaeus, 1758)	•	
<i>Simulium (Simulium) tuberosum</i> (Lundström, 1911)		•
<i>Simulium (Odagmia) variegatum</i> (Meigen, 1818)		•
<i>Simulium (Simulium) ornatum</i> (Meigen, 18189)	•	•
<i>Simulium (Simulium) trifasciatum</i> (Curtis, 1839)		•
Broj vrsta	6	8

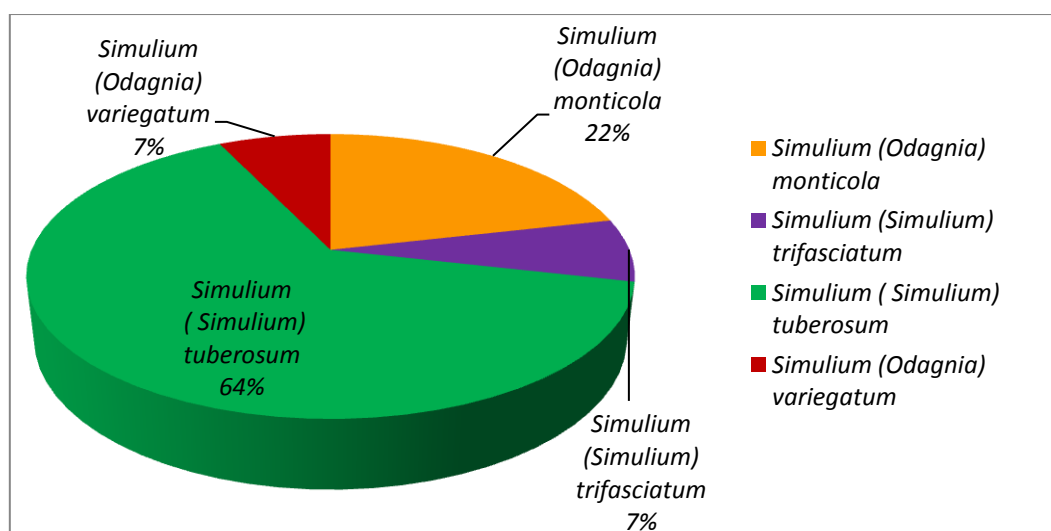
5.2.1. Barijera Labudovac

Na Barijeri Labudovac je tijekom 2007. godine emergencijskim klopka ulovljeno 5910 jedinki među kojima je utvrđeno 5 vrsta mušica svrbljivica. Najzastupljenija vrsta je *Simulium (Eusimulium) angustipes* sa 99,7%. Druga najzastupljenija vrsta je *Simulium (Nevermannia) costatum* sa 0,2% , dok ostalih vrsta mušica svrbljivica ima samo 0,1% (slika 5.1. a i b).

a)



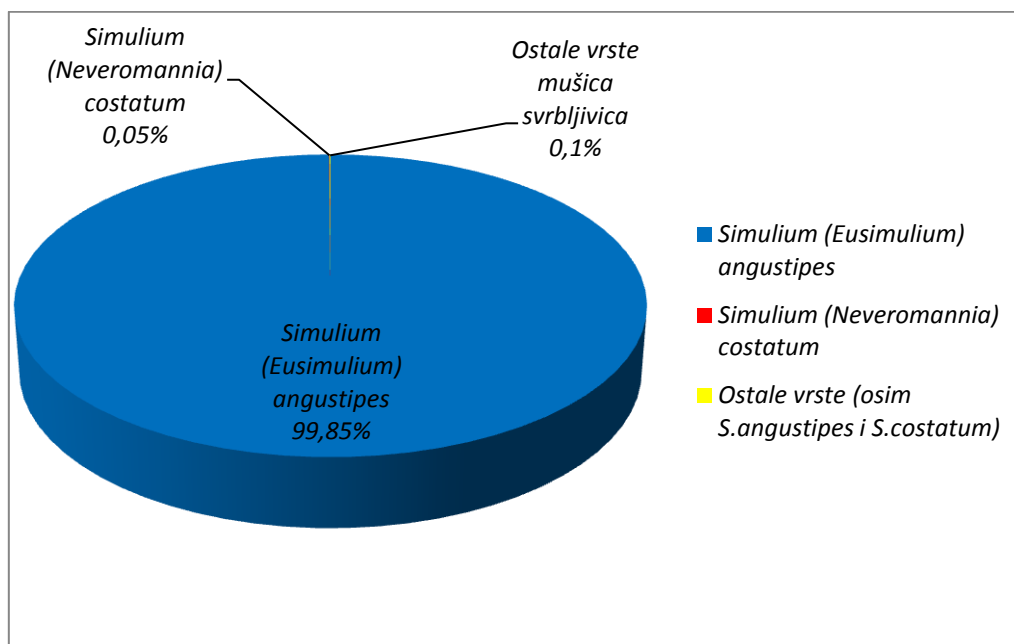
b)



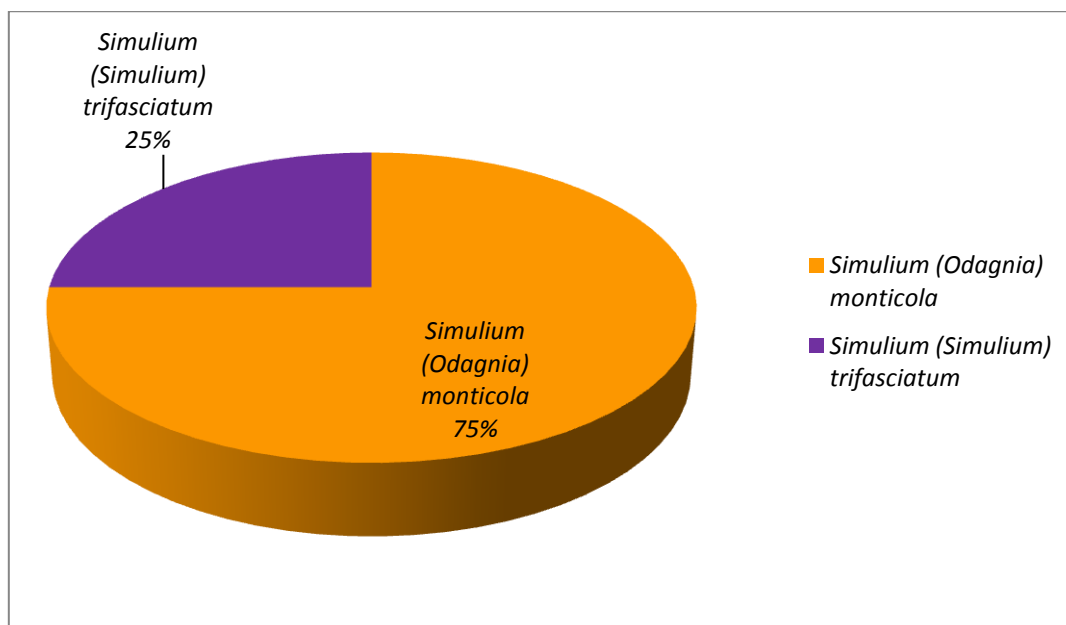
Slika 5.1. Relativna brojnost vrsta mušica svrbljivica tijekom 2007. godine na Barijeri Labudovac

Na Barijeri Labudovac je tijekom 2008. godine emergencijskim klopka ulovljeno 7775 jedinki među kojima je utvrđeno 4 vrste mušica svrbljivica. Najzastupljenija vrsta je *Simulium (Eusimulium) angustipes* sa 99,85%. Druga najzastupljenija vrsta je *Simulium (Nevermannia) costatum* sa 0,05% , dok ostalih vrsta mušica svrbljivica ima samo 0,1% (slika 5.2. a i b).

a)

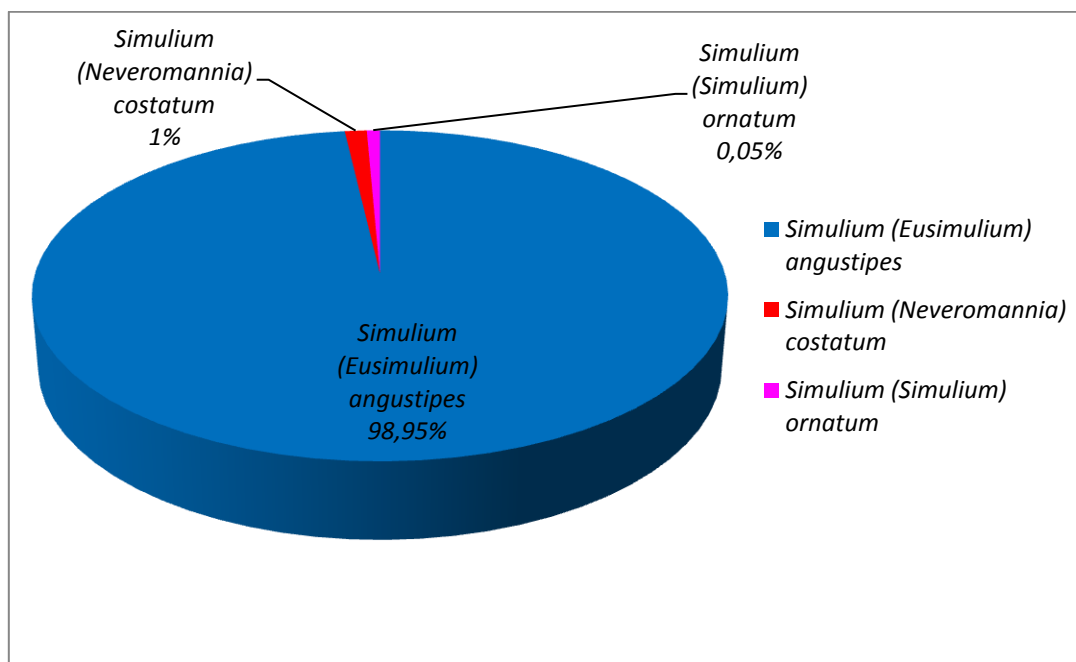


b)



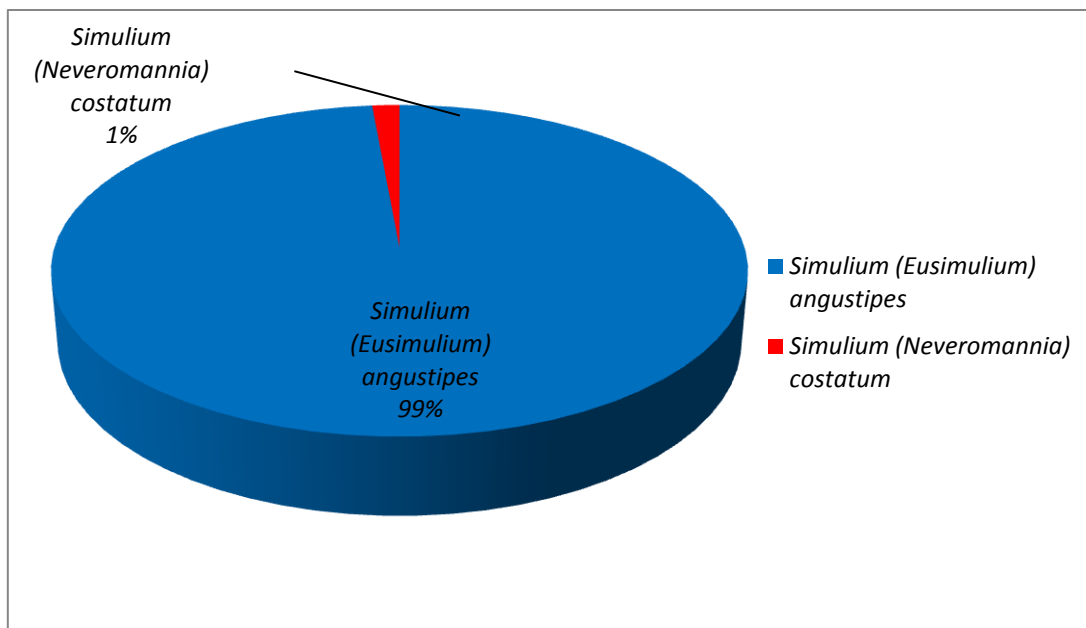
Slika 5.2. Relativna brojnost vrsta mušica svrbljivica tijekom 2008. godine na Barijeri Labudovac

Na Barijeri Labudovac je tijekom 2009. godine emergencijskim klopka ulovljeno 1297 jedinki među kojima je utvrđeno 3 vrste mušica svrbljivica. Najzastupljenija vrsta je *Simulium (Eusimulium) angustipes* sa 98,95%. Druga najzastupljenija vrsta je *Simulium (Nevermannia) costatum* sa 1%, dok je treća utvrđena vrsta *Simulium (Simulium) ornatum*, i te vrste ima samo 0,05% (slika 5.3.).



Slika 5.3. Relativna brojnost vrsta mušica svrbljivica tijekom 2009. godine na Barijeri Labudovac

Na Barijeri Labudovac je tijekom 2010. godine emergencijskim klopka ulovljeno 600 jedinki među kojima su utvrđene 2 vrste mušica svrbljivica. Najzastupljenija vrsta je *Simulium (Eusimulium) angustipes* sa 99%. Druga najzastupljenija vrsta je *Simulium (Nevermannia) costatum* sa 1% , dok ostalih vrsta uopće nema (slika 5.4.).

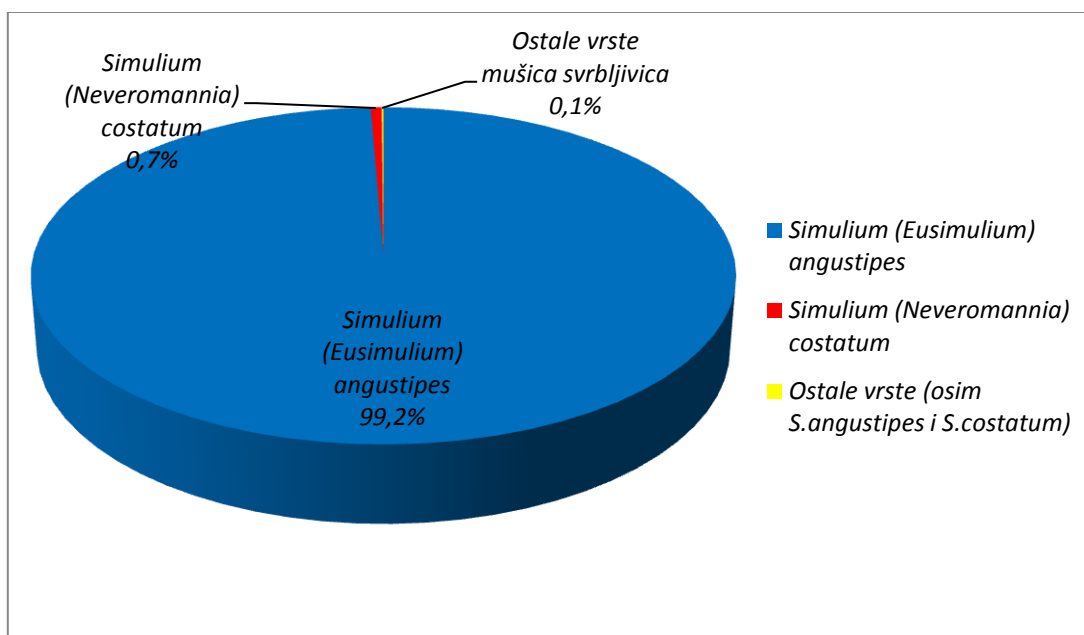


Slika 5.4. Relativna brojnost vrsta mušica svrbljivica tijekom 2010. godine na Barijeri Labudovac

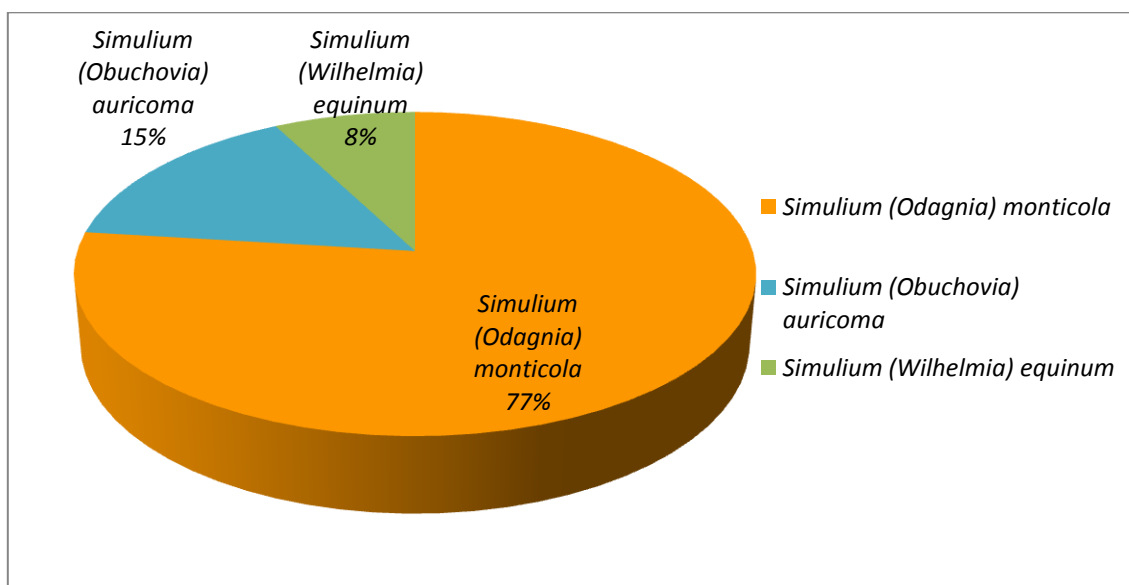
5.2.2. Barijera Kozjak - Milanovac

Na Barijeri Kozjak - Milanovac je tijekom 2007. godine emergencijskim klopama ulovljeno 14578 jedinki među kojima je utvrđeno 5 vrsta mušica svrbljivica. Najzastupljenija vrsta je *Simulium (Eusimulium) angustipes* sa 99,2%. Druga najzastupljenija vrsta je *Simulium (Nevermannia) costatum* sa 0,7% , dok ostalih vrsta mušica svrbljivica ima samo 0,1% (slika 5.5. a i b).

a)



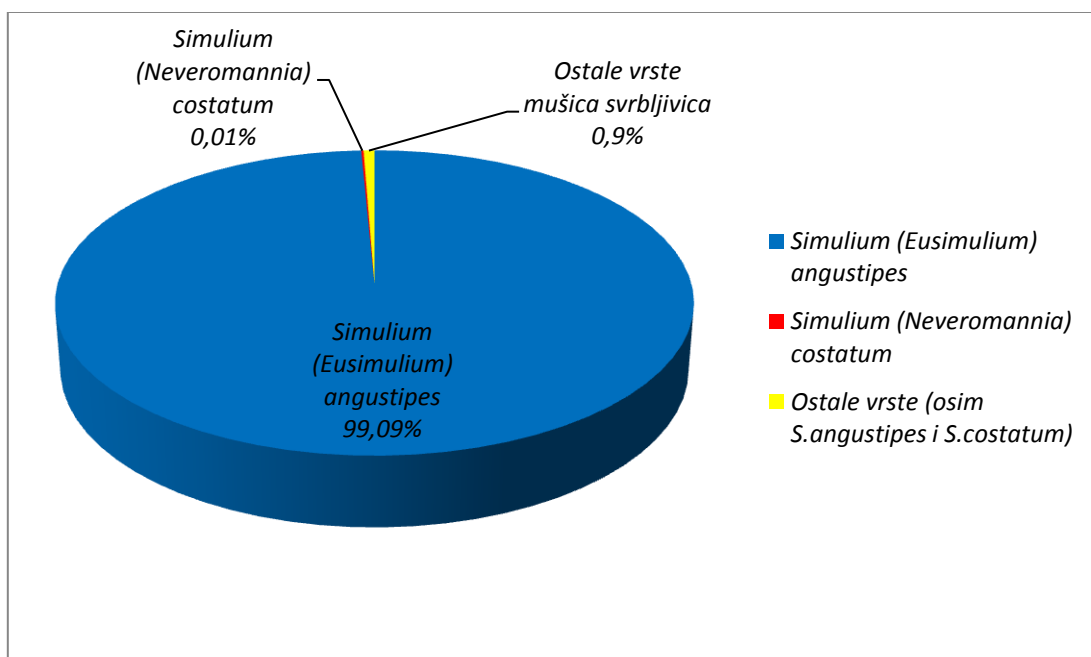
b)



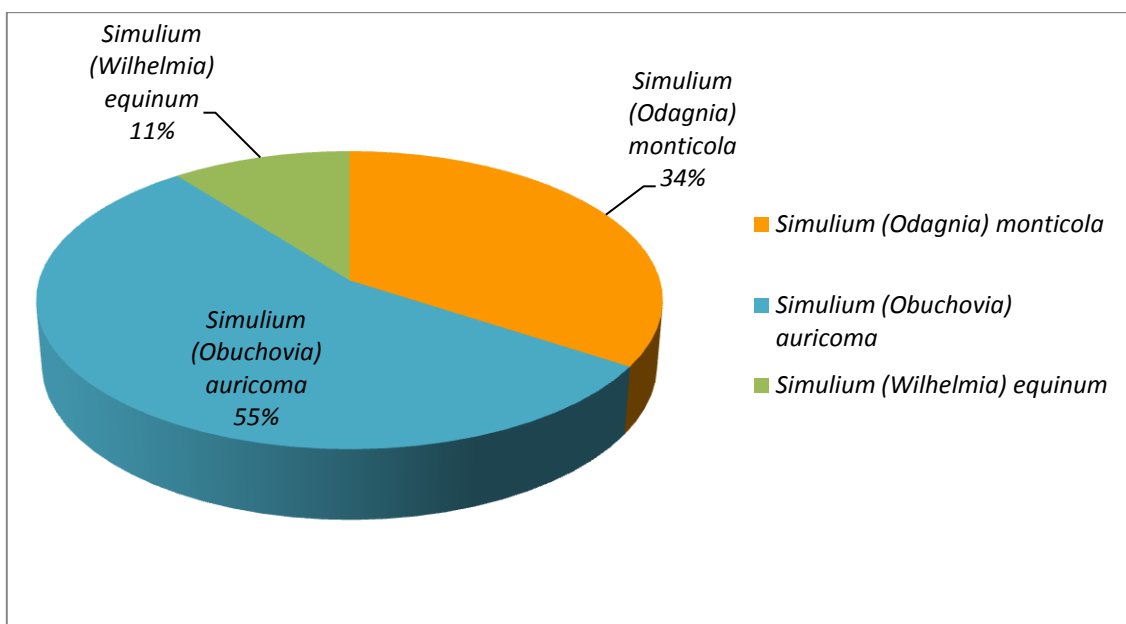
Slika 5.5. Relativna brojnost vrsta mušica svrbljivica tijekom 2007. godine na Barijeri Kozjak – Milanovac

Na Barijeri Kozjak - Milanovac je tijekom 2008. godine emergencijskim klopama ulovljeno 6148 jedinki među kojima je utvrđeno 4 vrste mušica svrbljivica. Najzastupljenija vrsta je *Simulium (Eusimulium) angustipes* sa 99,09%. Druga najzastupljenija vrsta je *Simulium (Nevermannia) costatum* sa 0,01% , dok ostalih vrsta mušica svrbljivica ima samo 0,9% (slika 5.6. a i b).

a)

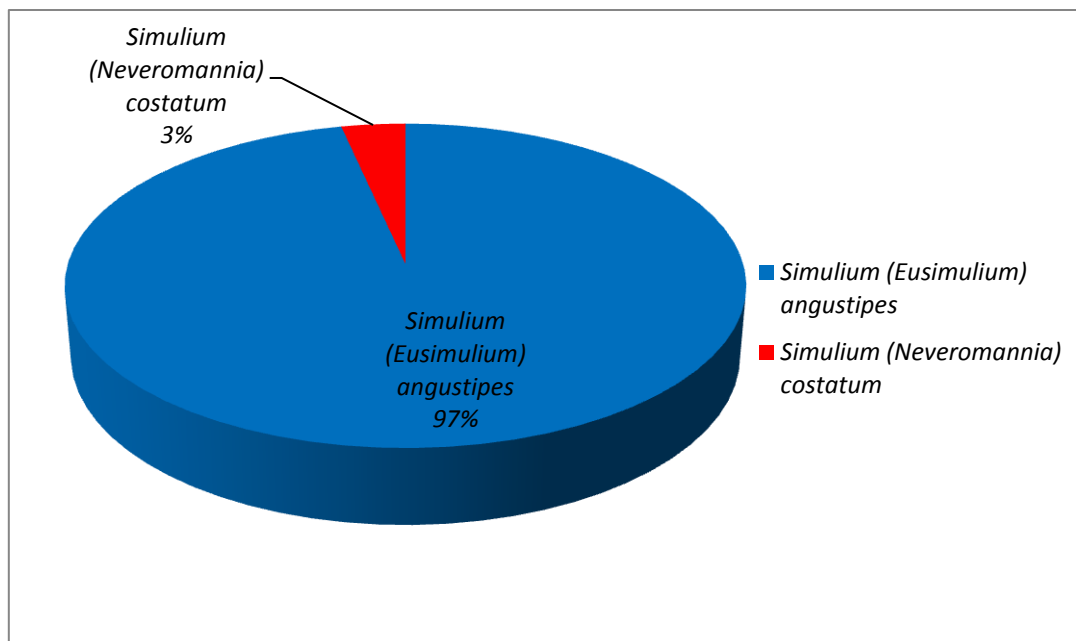


b)



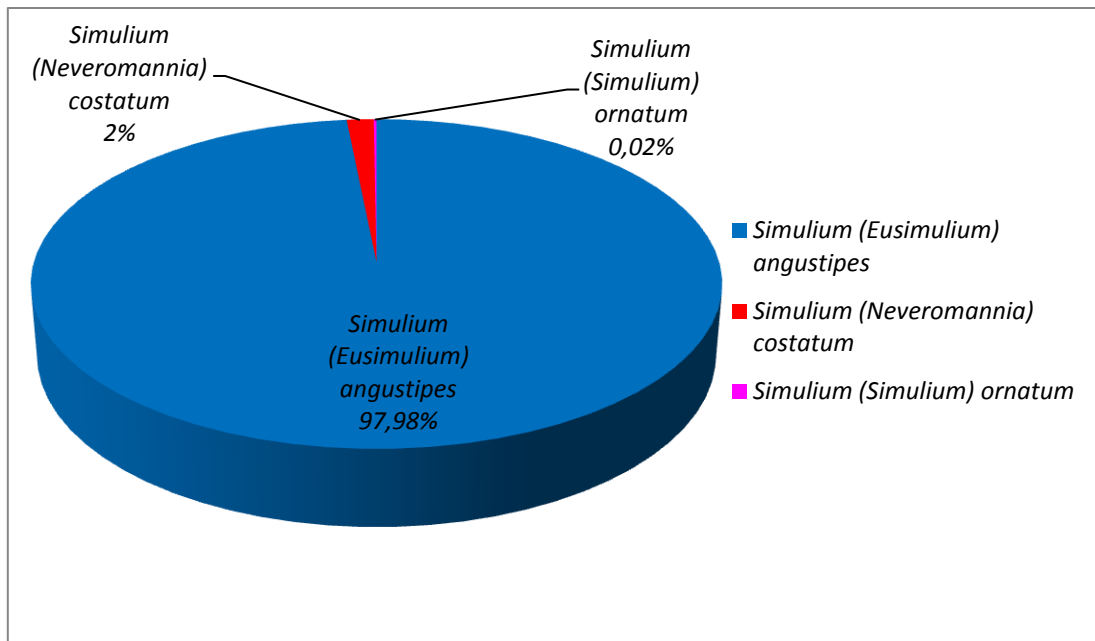
Slika 5.6. Relativna brojnost vrsta mušica svrbljivica tijekom 2008. godine na Barijeri Kozjak - Milanovac

Na Barijeri Kozjak - Milanovac je tijekom 2009. godine emergencijskim klopama ulovljeno 1955 jedinki među kojima su utvrđene 2 vrste mušica svrbljivica. Najzastupljenija vrsta je *Simulium (Eusimulium) angustipes* sa 97%. Druga najzastupljenija vrsta je *Simulium (Nevermannia) costatum* sa 3% , dok ostalih vrsta uopće nema (slika 5.7.).



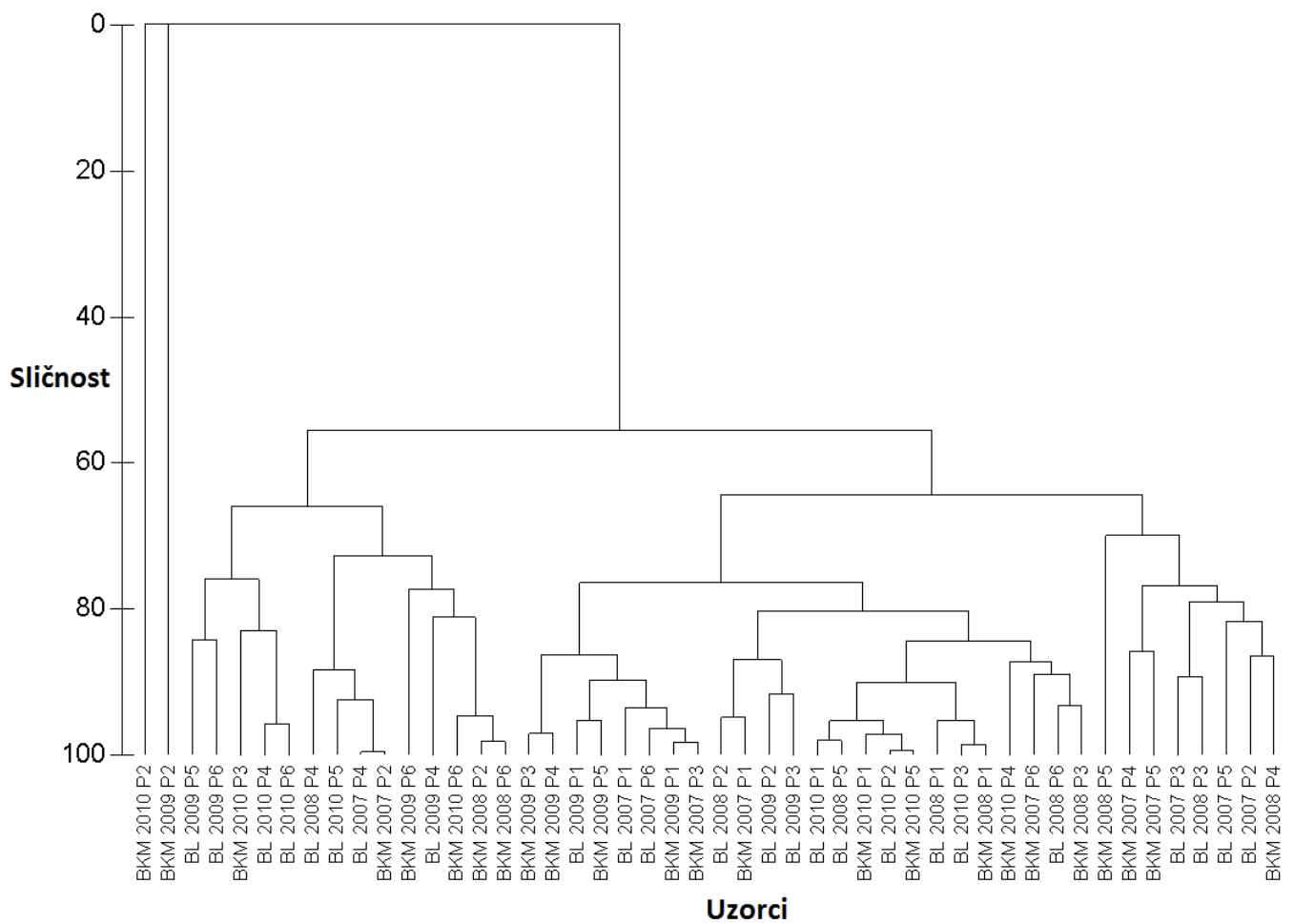
Slika 5.7. Relativna brojnost vrsta mušica svrbljivica tijekom 2009. godine na Barijeri Kozjak - Milanovac

Na Barijeri Kozjak - Milanovac je tijekom 2010. godine emergencijskim klopama ulovljeno 579 jedinki među kojima su utvrđene 3 vrste mušica svrbljivica. Najzastupljenija vrsta je *Simulium (Eusimulium) angustipes* sa 97,98 %. Druga najzastupljenija vrsta je *Simulium (Nevermannia) costatum* sa 2% , a treća je *Simulium (Simulium) ornatum* sa samo 0,02% (slika 5.8.)



Slika 5.8. Relativna brojnost vrsta mušica svrbljivica tijekom 2010. godine na Barijeri Kozjak – Milanovac

Na slici 5.9. prikazan je rezultat klaster analize vrsta mušica svrbljivica po piramidama od 2007. do 2011. godine na istraživanim Barijerama.



Slika 5.9. Sličnost vrsta po piramidama – klaster analiza

5.3. Raznolikost i sličnost zajednica porodica dvokrilaca na istraživanim postajama u razdoblju od 2007. do 2011. godine

Istraživane sedrene barijere razlikuju se u broju vrsta i u sastavu zajednice. Razlike između istraživanih sedrenih barijera utvrđene su indeksima raznolikosti i ujednačenosti (tablica 5.4.).

Tablica 5.4. Indeksi raznolikosti vrsta mušica svrbljivica na istraživanim sedrenim barijerama u razdoblju od veljače 2007. do prosinca 2010. godine (S – broj vrsta, N – broj jedinki, d – Berger-Parkerov indeks, J' – Pielouov indeks, H' – Shannon- Wienerov indeks, 1-D – Simpsonov indeks).

	2007		2008		2009		2010	
	BKM	BL	BKM	BL	BKM	BL	BKM	BL
S	5	6	5	4	2	3	3	2
N	14578	7659	6152	7775	1913	1297	698	623
d	0,41722	0,559057	0,458477	0,334871	0,132338	0,279025	0,305427	0,155411
J'	0,026413	0,018583	0,033096	0,005109	0,216484	0,09503	0,078136	0,109002
H'(loge)	0,04251	0,033297	0,053267	0,007083	0,150055	0,104401	0,085842	0,075555
1-Lambda'	0,01296	0,008852	0,014883	0,001543	0,066656	0,036512	0,031108	0,028521

Najveći broj ulovljenih jedinki u 2007. godini je bio na postaji Barijera Kozjak - Milanovac, a najveći broj vrsta bio je 6 na postaji Barijera Labudovac. Tokom istraživanih godina broj vrsta se postupno smanjuje, te 2010. godine iznosi 3 na postaji Barijera Kozjak – Milanovac, odnosno 2 na postaji Barijera Labudovac. Najveći Berger – Parkerov indeks (d) je na postaji Barijera Labudovac u 2007. godini, dok ostala dva indeksa raznolikosti (H' i 1-D) i indeks ujednačenosti zajednice (J') pokazuju najveće vrijednosti 2009. godine na postaji Barijera Kozjak – Milanovac.

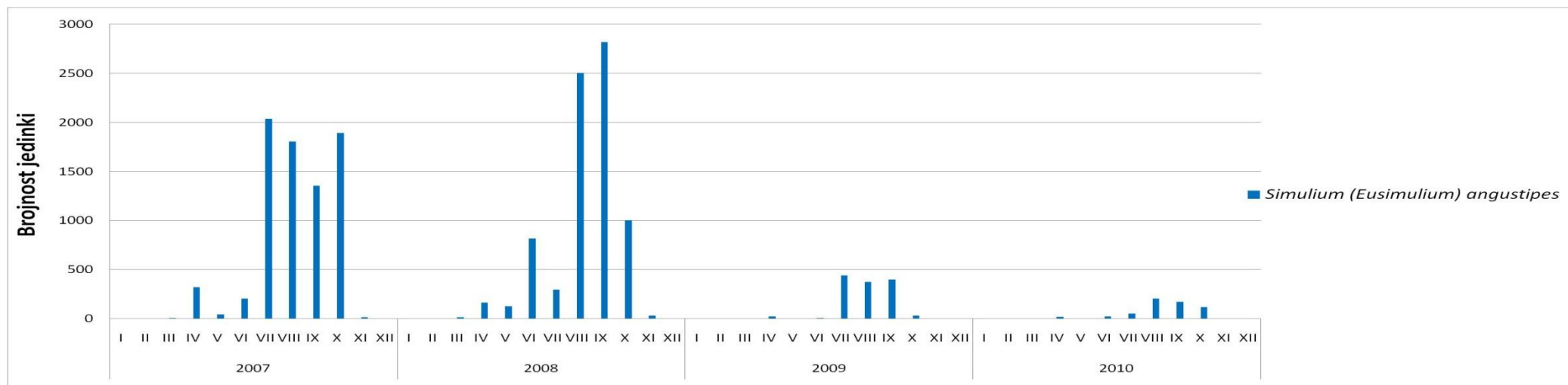
5.4. Emergencija mušica svrbljivica od 2007. do 2011. godine na istraživanim sedrenim barijerama NP Plitvička jezera

U ovom poglavlju bit će prikazani rezultati fenologije svih vrsta mušica svrbljivica ulovljenih metodom emergencijskih klopki koje dolaze na istraživanim barijerama tijekom četverogodišnjeg istraživanja.

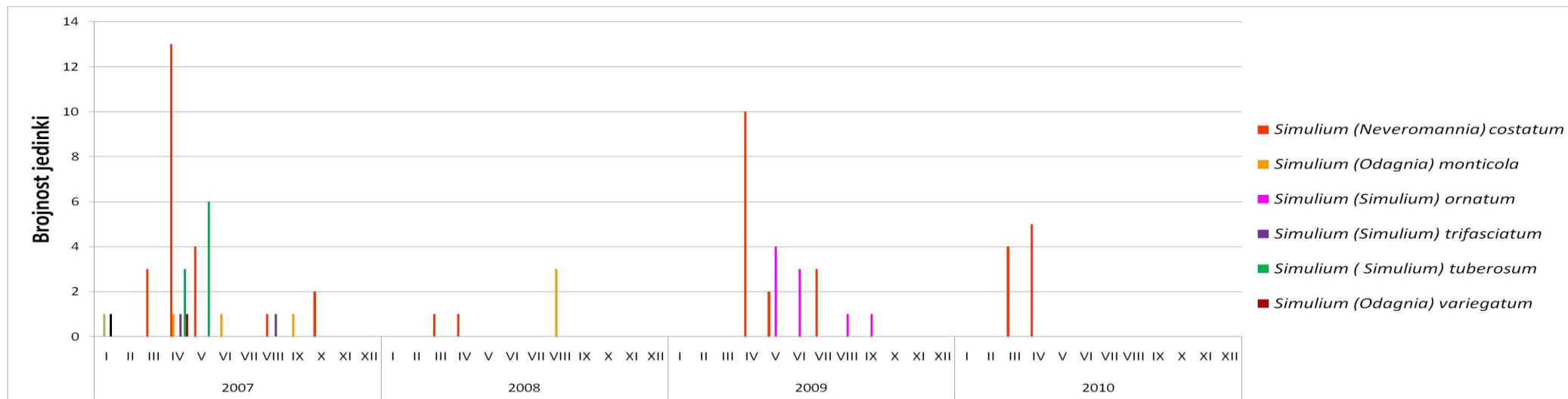
5.4.1. Barijera Labudovac

Na postaji Barijera Labudovac zabilježeno je ukupno 8 vrsta kroz četverogodišnje istraživanje. Emergencija je započela u 3. Mjesecu 2007., 2008. i 2010. godine, dok je 2009. započela u 4. mjesecu (Slika 5.10.a i b). Tijekom sve četiri godine dominira vrsta *Simulium (Eusimulium) angustipes* čija je najveća emergencija u 7. mjesecu 2007. i 2009. godine, a 2008. i 2010. godine 8. i 9. mjesecu (Slika 5.10.a). Od brojčano manje zastupljenih vrsta, dominira vrsta *Simulium (Nevermannia) costatum* čija je najveća emergencija u 4. mjesecu 2007., 2009. i 2010. godine, dok je 2008. godine puno manja (Slika 5.10.b).

a)



b)

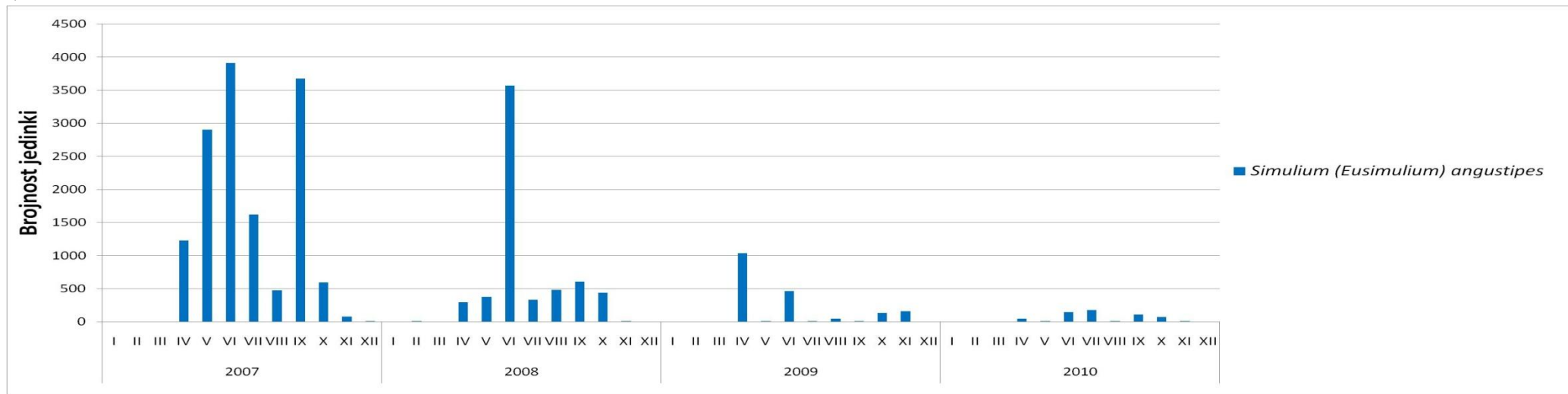


Slika 5.10. Emergencija vrsta mušica svrbljivica od 2007. do 2010. godine na Barijeri Labudovac

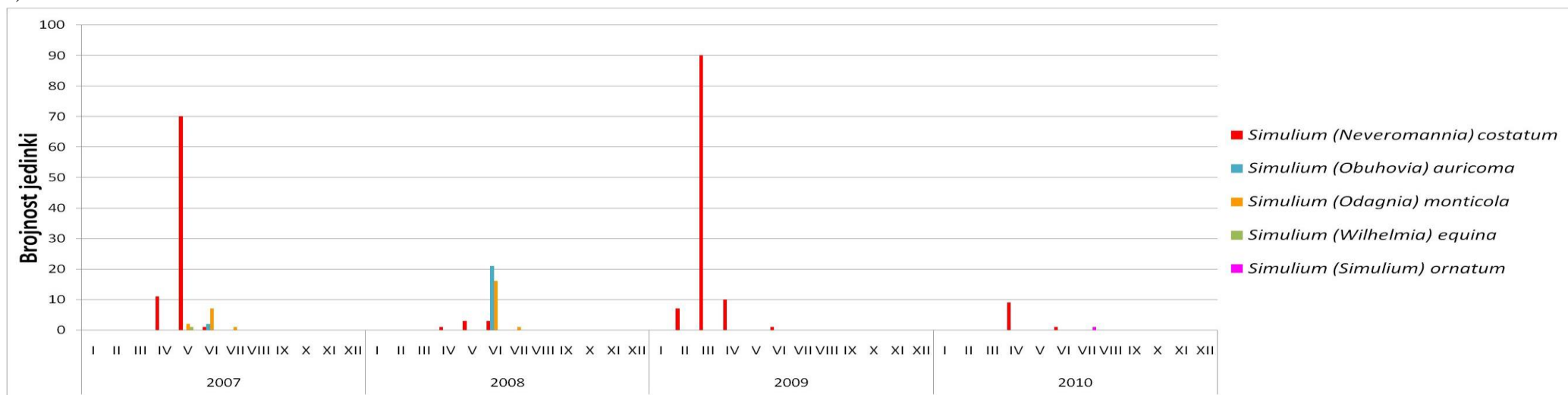
5.4.2. Barijera Kozjak – Milanovac

Na Barijeri Kozjak – Milanovac tijekom četverogodišnjeg istraživanja je zabilježeno ukupno 6 vrsta. Emergencija je započela u 3. mjesecu 2007. godine, te u 2. mjesecu 2008. i 2009. godine i u 4. mjesecu 2010. godine (Slika 5.11.a i b). I na ovoj postaji najbrojnija vrsta je *Simulium (Eusimulium) angustipes*, čija je najveća emergencija bila u 6. mjesecu 2007. i 2008. godine., te u 4. mjesecu 2009. godine, a puno manja emergencija je bila 2010. godine s vrlo malim maksimumom u 6. mjesecu (Slika 5.11.a). Druga najzastupljenija vrsta je *Simulium (Nevermannia) costatum* čija je najveća emergencija bila u 3. mjesecu 2009. godine (Slika 5.11.b).

a)



b)



Slika 5.11. Emergencija vrsta mušica svrbljivica od 2007. do 2010. godine na Barijeri Kozjak - Milanovac

5.5. Utjecaj srednje mjesečne temperature vode u razdoblju 2007. do 2011. godine na emergenciju vrsta mušica svrbljivica na istraživanim barijerama

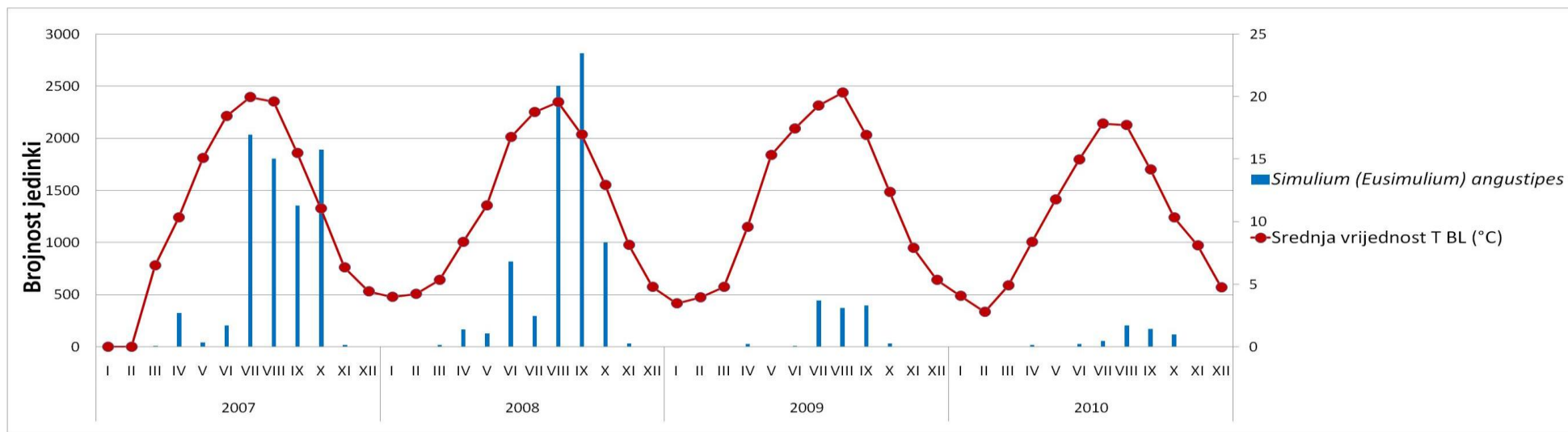
Na temelju provedenih statističkih analiza, od analiziranih fizikalno-kemijskih parametara na emergenciju mušica svrbljivica na barijerama najviše utječe temperatura i stoga je ona uzeta kao glavni čimbenik za sve vrste mušica svrbljivica. Analizirana je vrsta *Simulium (Eusimulium) angustipes* kao najzastupljenija vrsta u ukupnom ulovu mušica svrbljivica na svakoj barijeri. *Simulium (Eusimulium) angustipes*, prilikom emergencije najviše odgovaraju više temperature. Sa emergencijom kreću čim temperatura prijeđe vrijednost od 5 °C, najčešće u četvrtom mjesecu, a njihov najveći broj izmjeren je upravo u ljetnim mjesecima kada je temperatura najviša. Godina sa najmanjim brojem jedinki ove vrste bila je 2010. godina, koja je ujedno bila i najhladnija godina i to na obje istraživane barijere. Druga najbrojnija vrsta je *Simulium (Neveromannia) costatum*, za koju se može primjetiti kako emergenciju počinje u ranijim mjesecima, točnije u drugom i trećem mjesecu, kada temperature iznose 2 °C do 5 °C. Najveći broj jedinki *Simulium (Neveromannia) costatum* izmjeren je upravo u tim mjesecima tokom sve četiri godine na obje istraživane barijere.

5.5.1. Barijera Labudovac

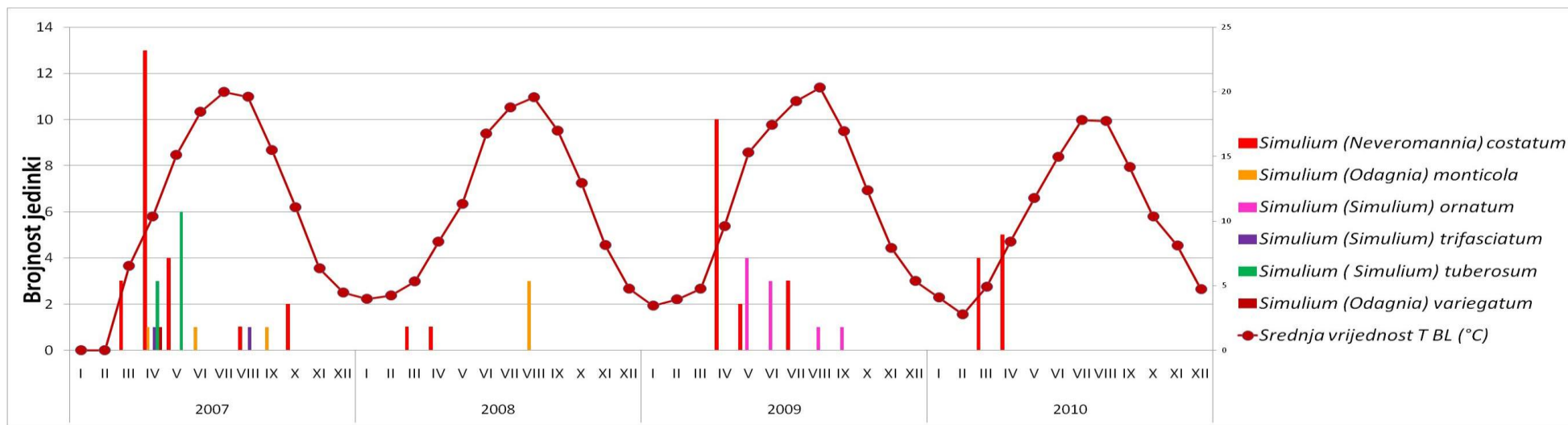
Na slici 5.12. (a) prikazana je ukupna emergencija vrste *Simulium (Eusimulium) angustipes* na postaji Barijera Labudovac i srednje mjesečne temperature u razdoblju 2007. do 2010. godine. Emergencija je započela najranije u 2008. godini. Najduže je trajala u 2007., a najkraće u 2010. godini.

Na slici 5.12. (b) prikazana je ukupna emergencija ostalih slabije zastupljenih vrsta mušica svrbljivica na postaji Barijera Labudovac i srednje mjesečne temperature u razdoblju 2007. do 2010. godine. Emergencija je jedino različito započela u 2009. godini, dok je u ostale tri godine započela istovremeno. Najduže je trajala u 2007. godini, a najkraće u 2010. godini.

a)



b)



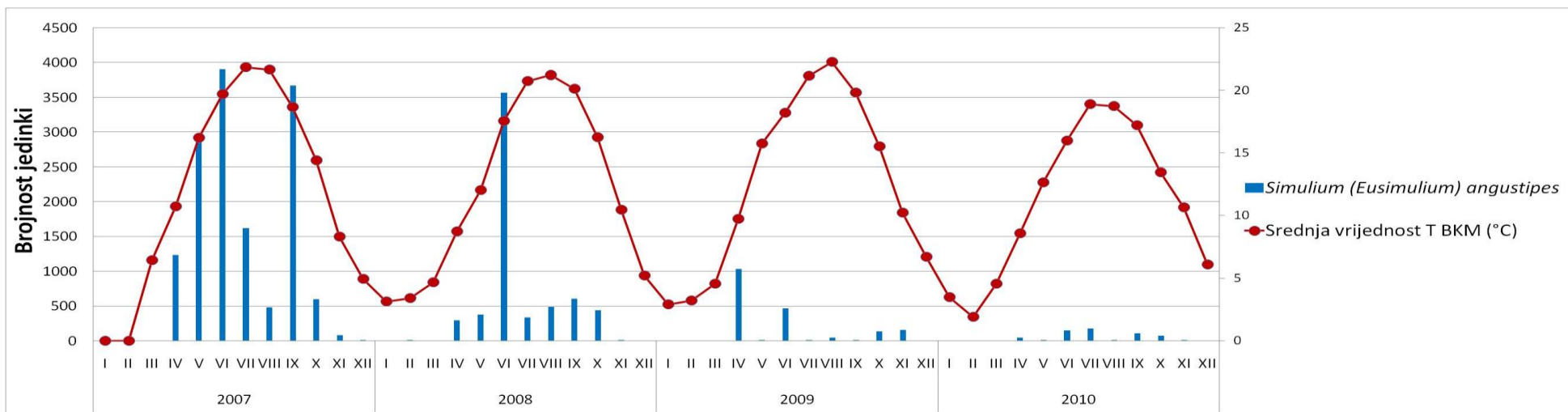
Slika 5.12. Emergencija pojedinih vrsta mušica svrbljivica i srednje mjesečne temperature vode na postaji Barijera Labudovac

5.5.2. Barijera Kozjak – Milanovac

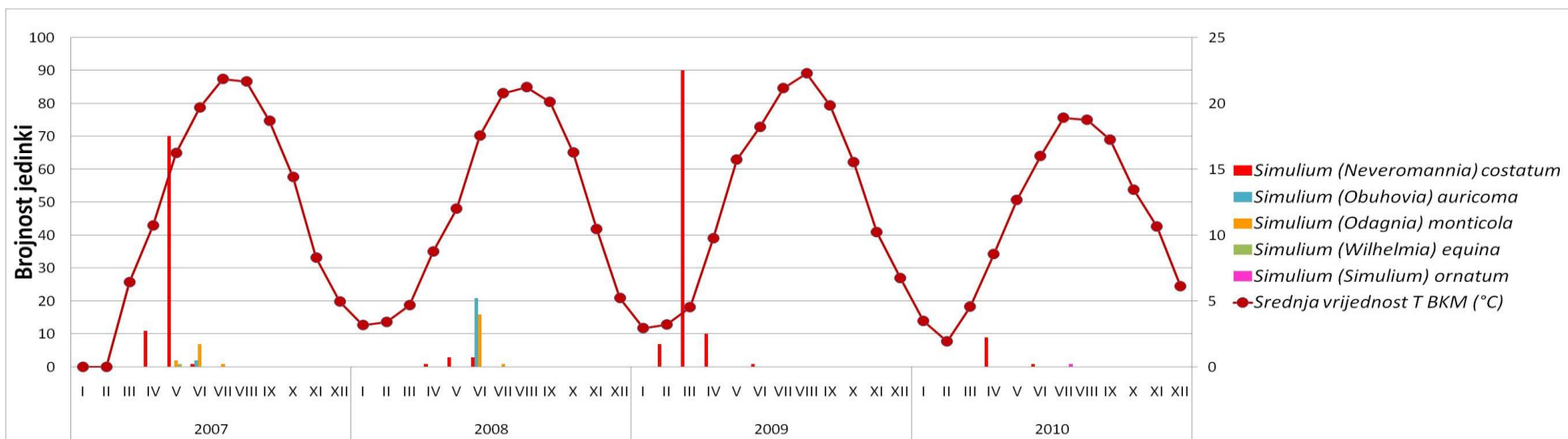
Na slici 5.13. (a) prikazana je ukupna emergencija vrste *Simulium (Eusimulium) angustipes* na postaji Barijera Kozjak - Milanovac i srednje mjesečne temperature u razdoblju 2007. do 2010. godine. Emergencija je započela najranije u 2008. godini, gdje je i najduže trajala, dok je najkraće trajala u 2010. godini.

Na slici 5.13. (b) prikazana je ukupna emergencija ostalih slabije zastupljenih vrsta mušica svrbljivica na postaji Barijera Kozjak – Milanovac i srednje mjesečne temperature u razdoblju 2007. do 2010. godine. Emergencija je započela najranije u 2009. godini, dok je u ostale tri godine jednako dugo trajala.

a)



b)



Slika 5.13. Emergencija pojedinih vrsta mušica svrbljivica i srednje mjesečne temperature vode na postaji Barijera Kozjak - Milanovac

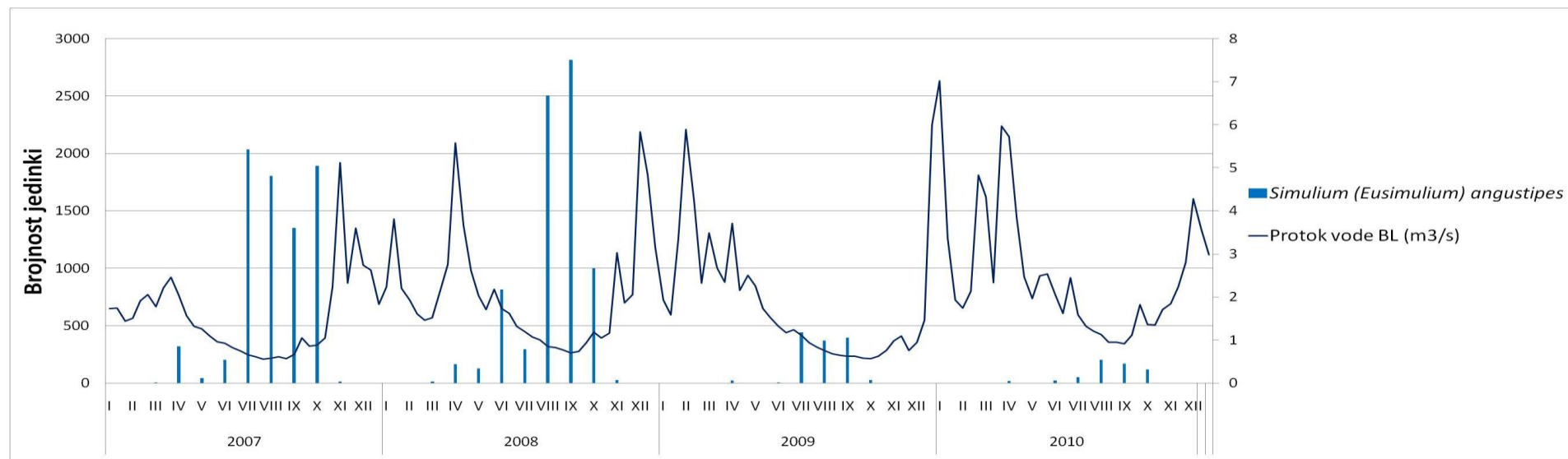
5.6. Utjecaj protoka vode na emergenciju vrsta mušica svrbljivica na istraživanim barijerama NP Plitvička jezera

Protok vode utječe na sastav i brojnost jedinki vrsta mušica svrbljivica na istraživanim barijerama, ali je utjecaj različit na pojedinim postajama.

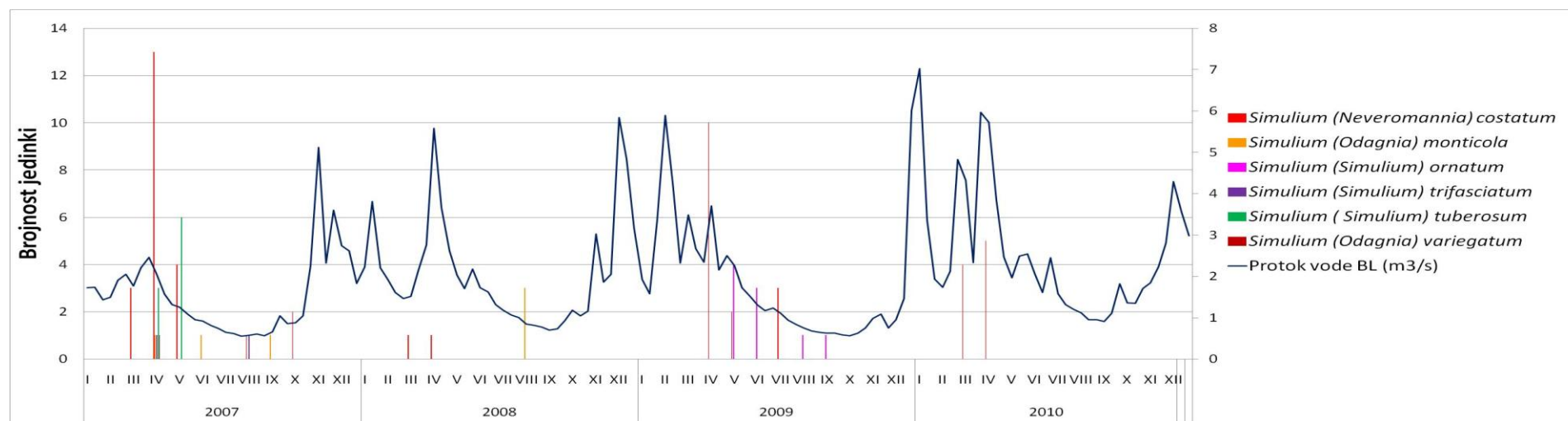
5.6.1. Barijera Labudovac

Na slici 5.14. (a i b) vidljivo je da se pri višim vrijednostima protoka vode brojnost jedinki mušica svrbljivica smanjuje na postaji Barijera Labudovac. Na obje slike pri prikazu najzastupljenije vrste *Simulium (Eusimulium) angustipes* i pri prikazu slabije zastupljenih vrsta mušica svrbljivica tijekom četverogodišnjeg istraživanja, viši protok vode korelira s nižom brojnošću mušica svrbljivica.

a)



b)



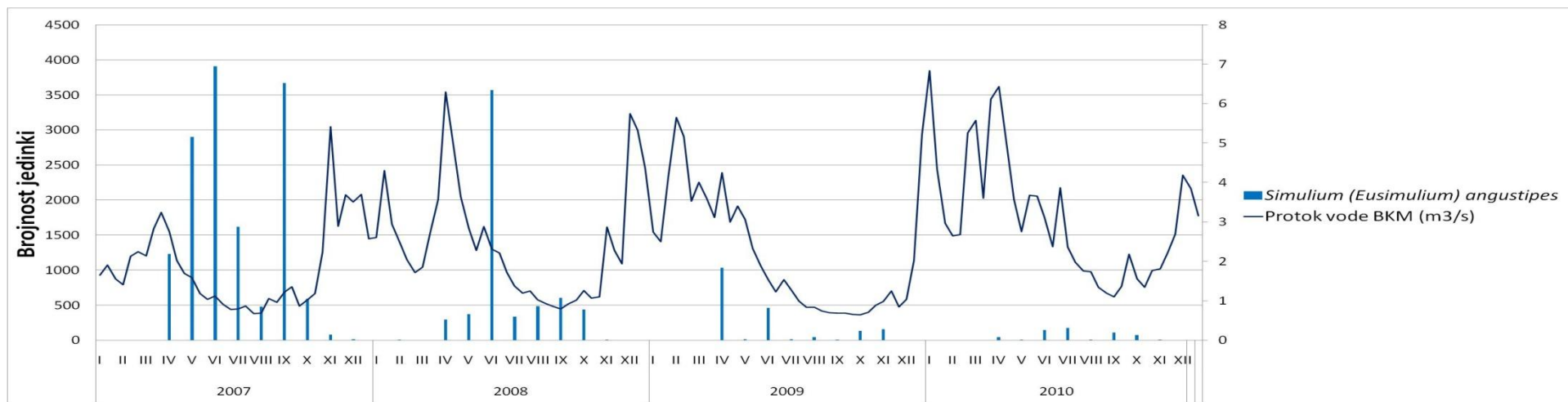
Slika 5.14. Emergencija vrsta mušica svrbljivica na postaji Barijera Labudovac i protok vode tijekom istraživanog razdoblja.

5.6.2. Barijera Kozjak – Milanovac

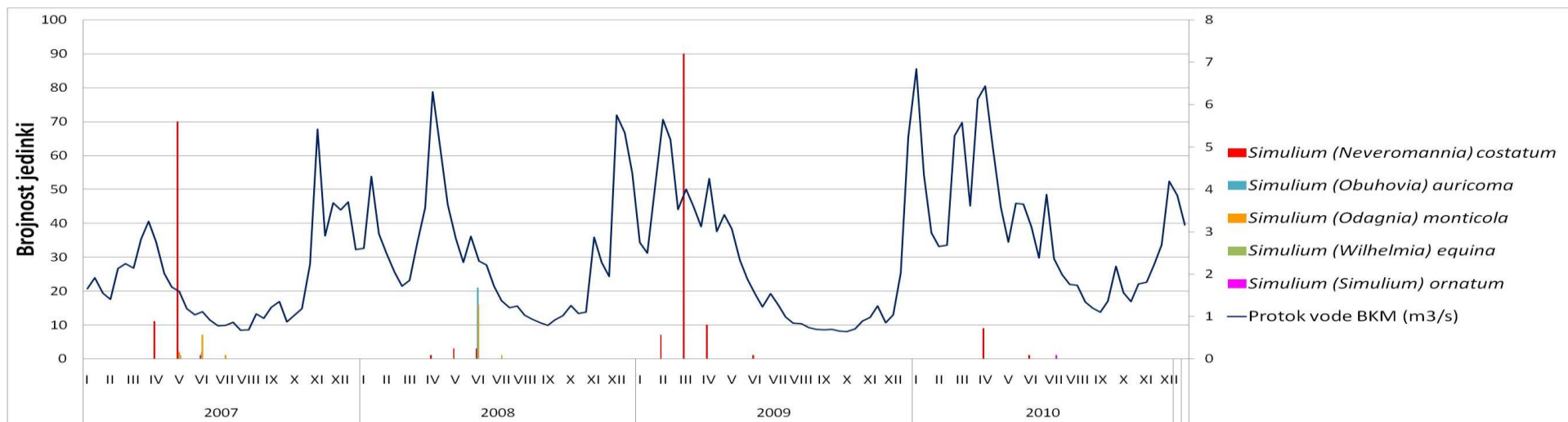
Na slici 5.15. (a) vidljivo je da na postaji Barijeri Kozjak – Milanovac dolazi do odstupanja od standardne korelacije - niže brojnosti vrsta mušica svrbljivica pri višem protoku vode za vrstu *Simulium (Eusimulium) angustipes*. U 2009. i 2010. godini pojavljuje se smanjenje broja vrsta mušica svrbljivica pri višim i nižim protocima vode.

Isto je i za sliku 5.15. (b) pri prikazu slabije zastupljenih vrsta mušica svrbljivica na postaji Barijera Kozjak – Milanovac u nekim razdobljima dolazi do manjih odstupanja te se manji broj vrsta mušica svrbljivica pojavljuje pri nižim i višim vrijednostima protoka vode, odnosno u razdoblju od 2007. do 2009. godine za 6. i 7. mjesec.

a)



b)



Slika 5.15. Emergencija vrsta mušica svrbljivica na postaji Barijera Kozjak - Milanovac i protok vode tijekom istraživanog razdoblja.

5.7. Utjecaj supstrata na brojnost vrsta mušica svrbljivica u emergencijskim klopkama

Tijekom istraživanja klopke su bile postavljene na različitim tipovima supstrata koji su se nalazili na pojedinim postajama. Klopke su bile postavljene tako da broj klopki na jednom mikrostaništu odgovara zastupljenosti pojedinog mikrostaništa na toj lokaciji.

Analizom varijance (ANOVA) utvrđuje se da li postoji statistički značajna razlika u brojnosti vrsta mušica svrbljivica između pojedinih supstrata. Analize su provedene za obje istraživane barijere. Za vrstu *Simulium (Eusimulium) angustipes*, postoji statistički značajna razlika u brojnosti između mikrostaništa ($F = 4,5311$, $p < 0,01$, $df = 2$, $N = 48$). *Post-hoc* Tukey HSD- testom izdvojen je substrat mahovine od šljunka i mulja. Brojnost mušica svrbljivica je manja iznad mulja nego iznad ostalih supstrata. *Simulium (Nevermannia) costatum* nema statistički značajnosti niti za jedno mikrostanište (zbog premalog broja jedinki u istraživanju).

5.8. Utjecaj brzine strujanja vode na brojnost vrsta mušica svrbljivica u emergencijskim klopkama

Analizirane su sve istraživane postaje kako bi se utvrdilo postoji li statistički značajna razlika u brojnosti braničevki između pojedinih kategorija brzina strujanja vode. Pearsonov test korelacije za vrstu *Simulium (Eusimulium) angustipes*, pokazao je pozitivnu korelaciju između mušica svrbljivica i brzine strujanja vode ($r = 0,576$, $p = 0,0001$, $N = 48$). Što je veća brzina strujanja vode, veća je brojnost mušica svrbljivica.

6. Rasprava

6.1. Sastav vrsta mušica svrbljivica na istraživanim sedrenim barijerama

Tijekom četverogodišnjeg istraživanja emergencijskim je klopka sakupljeno i obrađeno 38842 jedinki mušica svrbljivica i utvrđeno 9 vrsta. To su: *Simulium (Eusimulium) angustipes*, *Simulium (Obuchovia) auricoma*, *Simulium (Nevermannia) costatum*, *Simulium (Odagnia) monticola*, *Simulium (Simulium) trifasciatum*, *Simulium (Simulium) ornatum*, *Simulium (Simulium) tuberosum*, *Simulium (Odagnia) variegatum* i *Simulium (Wilhelmia) equinum*. Emergencijskim je klopka tijekom 2007. godine ulovljeno 22237 jedinki te 8 vrsta, 2008. godine ulovljeno je 13927 jedinki te 6 vrsta, 2009. godine ulovljeno je 3210 jedinki te 3 vrste, 2010. godine 1321 jedinki te 3 vrste. Sve zabilježene vrste pripadaju porodici Simuliidae, rodu *Simulium* te 6 različitih podrodova. Najveći broj dosad opisanih mušica svrbljivica ima palearktičko rasprostranjenje (Currie i Adler, 2008). Fauna mušica svrbljivica u Hrvatskoj je dosad slabo istraživana i u budućnosti se očekuje veliki broj novih vrsta. Od 1924. do 1942. godine Baranov je intenzivno proučavao faunu mušica svrbljivica i opisao 5 vrsta iz Hrvatske (Britvec, 2007), no među opisanim vrstama ne nalazi se niti jedna vrsta utvrđena ovim istraživanjem. Vrste *Simulium (Eusimulium) angustipes*, *Simulium (Obuchovia) auricoma*, *Simulium (Nevermannia) costatum*, *Simulium (Simulium) trifasciatum* i *Simulium (Simulium) variegatum* prvi put su u Hrvatskoj zabilježene 2007. godine upravo u Nacionalnom parku Plitvička jezera (Ivković i sur., 2012b). Najbrojnija vrsta u ukupnom ulovu bila je *Simulium (Eusimulium) angustipes*, koja je u 2007. godini dominirala sa 99% jedinki, u 2008. također s 99% jedinki, u 2009. sa 97% jedinki i u 2010. sa 98% jedinki. Tako velika brojnost te vrste može biti posljedica izrazito pogodnog staništa i temperature te dostupnosti velikih izvora hrane (Wagner, 1980; Singh i Smith, 1985). Osim pogodnih uvjeta za razvoj, ova vrsta je ornitofilička, čije ženke odraslih jedinki sišu krv ptica. Iz ovoga bi se moglo pretpostaviti da je dominantna upravo i zbog velike brojnosti i raznolikosti ptica NP Plitvička jezera (Đurek, 2000; Mužinić i Filipović, 2006). Možemo primijetiti kako se broj ulovljenih jedinki svake godine smanjuje. Takvo smanjenje može biti posljedica promjene uvjeta na staništima na kojima su postavljane emergencijske klopke. Godine istraživanja su pokazale 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). Druga važna pretpostavka mogućeg

smanjenja brojnosti vrsta mušica svrbljivica su životinje koje se hrane njihovim ličinkama. Ličinke mušica svrbljivica predstavljaju važan izvor hrane brojnim ribama (Illešova, 1992). Osobito se mogu naglasiti dvije alohtone vrste, a to su crvenperka *Scardinius erythrophthalmus* i klen *Leuciscus cephalus*, koje imaju veliku eksploziju svojih populacija u vodotocima Plitvica, što čini nepovoljan biotski čimbenik za ostale autohtone vrste (Leiner i Pevalek-Kozlina, 2009). Iako da bi se potvrdio njihov utjecaj, potrebna su daljnja istraživanja.

Najveća brojnost vrsta zabilježena je na Barijeri Labudovac, dok je na Barijeri Kozjak – Milanovac broj vrsta manji. Velika raznolikost i bogatstvo vrsta na Barijeri Labudovac može biti posljedica raznolikosti mikrostaništa na barijeri i dostupnosti raznolikih izvora hrane (Habdija i sur., 2004). Barijera Labudovac se nalazi između Prošćanskog jezera i jezera Okrugljak, a poznato je da je Prošćansko jezero bogatije organskom tvari (Obelić i sur., 2005). Ličinke mušica svrbljivica su filtratori i imaju veliku ulogu u preradi organske tvari u tekućicama. Veličina čestica kojima se hrane može iznositi od 10 do 150 µm. Njima posebno pogoduju velike količine organske tvari, što je slučaj na Barijeri Labudovac (Currie i Adler, 2008; Scheder i Waringer, 2002; Wotton, 1977).

6.2. Fenologija mušica svrbljivica na istraživanim sedrenim barijerama

Sezonsko varirajući faktori odgovorni za emergenciju u umjerenom pojasu su temperatura i fotoperiod. Djeluju nezavisno ili zajedno i utječu na aktivnosti odraslih jedinki (Corbet, 1964). Odrasle mušice svrbljivice se smatraju dnevnim kukcima jer emergiraju malo prije zore (Adler i sur., 2004). Možemo primjetiti kako je brojnost mušica svrbljivica veća u toplijim mjesecima, što znači da su više temperature ključne za raniju emergenciju (McCreadie i Adler, 1994)

Emergencija vrste *Simulium (Eusimulium) angustipes* traje gotovo tijekom cijele godine, pa možemo zaključiti da je to multivoltina vrsta koja ima nekoliko generacija godišnje. To se poklapa i sa istraživanjem Adlera i sur. (2004) koji kažu da se multivoltinizam odnosi na većinu vrsta roda *Simulium*. Multivoltine vrste općenito imaju šire geografsko rasprostranjenje i imaju veću toleranciju na promjene temperatura (Adler i sur., 2004, Crosskey, 1990). Emergencija vrste *Simulium (Nevermannia) costatum* također započinje u 2., odnosno 3. mjesecu, ali završava već u 5., odnosno 6. mjesecu, a jedino se na Barijeri Labudovac tijekom 2007. godine pojavila još jednom u 8. i 10. mjesecu, te 2009. u 7. mjesecu, pa bi mogli pretpostaviti da je to bivoltina vrsta, odnosno vrsta koja ima dvije generacije godišnje. Isto bi mogli reći i za vrstu *Simulium (Odagnia) monticola*,

a za vrstu *Simulium (Obuchovia) auricoma* možemo reći da je univoltina, sa jednom generacijom godišnje. Mamalofilične vrste *Simulium (Simulium) ornatum*, *Simulium (Simulium) tuberosum* i *Simulium (Wilhelmia) equinum* mogu imati od jedne do nekoliko generacija po godini (Knoz 1965; Reidelbach & Christl 2002). Ipak, potrebno je još detaljnih istraživanja tih vrsta zbog malog broja uhvaćenih jedinki kako bi se donijeli ispravni zaključci.

6.3. Utjecaj temperature vode na emergenciju mušica svrbljivica

Temperatura utječe na rast i kontrolira endokrini sustav kukaca, koji dalje određuje konačnu veličinu i reproduktivni kapacitet odraslih jedinki (Sweeney i Vannote, 1981). Vodeni kukci su ektotermni te vanjska temperatura upravlja rastom i metabolizmom (Clifford, 1991), a Hogg i Williams (1996) ističu da već male promjene u temperaturi mogu uzrokovati velike promjene u stopi rasta, veličini odraslih te utjecati na pojavu odraslih jedinki. Prema Corbetu (1964) temperatura je ograničavajući čimbenik jer je emergencija ograničena na topliji dio godine, a Merrit i sur. (1983) također navode da je temperatura vode važan čimbenik koji utječe i na emergenciju, ali i na razvoj ličinki te na broj godišnjih generacija mušica svrbljivica. Za vrste koje polažu jaja u ljetu, a razvijaju se tijekom hladnijih mjeseci, može proći i godina dana dok ne dođe do emergencije, dok one vrste koje se razvijaju ljeti, mogu završiti svoj životni ciklus za manje od 2 tjedna (Adler i sur., 2004).

Razmatrajući dobivene rezultate možemo utvrditi kako najučestalijoj vrsti na istraživanim barijerama, *Simulium (Eusimulium) angustipes*, prilikom emergencije najviše odgovaraju više temperature. Sa emergencijom kreću čim temperatura prijeđe vrijednost od 5 °C, najčešće u četvrtom mjesecu, a njihov najveći broj izmjeren je upravo u ljetnim mjesecima kada je temperatura najviša. Godina sa najmanjim brojem jedinki ove vrste bila je 2010. godina, koja je ujedno bila i najhladnija godina i to na obje istraživane barijere. I ostale pronađene vrste mušica svrbljivica prilikom emergencije preferiraju uglavnom više temperature, osim *Simulium (Neveromannia) costatum*. Za tu vrstu se može primjetiti kako emergenciju počinje u ranijim mjesecima, točnije u drugom i trećem mjesecu, kada temperature iznose 2 °C do 5 °C. Najveći broj jedinki *Simulium (Neveromannia) costatum* izmjeren je upravo u tim mjesecima tokom sve četiri godine na obje istraživane barijere. Razlog tome je što ta vrsta emergira u vrijeme kada temperatura vode nije visoka i kada su varijacije temperature izuzetno male, a to su upravo proljetni mjeseci. Isto tako, ova

vrsta preferira izvore i izvorišna područja jer je upravo na tim mjestima temperatura vode za njihovu emergenciju vrlo povoljna (Ivković i sur., in press). Ostale vrste mušica svrbljivica se na obje lokacije pojavljuju najranije u 4. mjesecu, kada se temperatura vode krene povećavati.

Brojnost pojedinih vrsta mušica svrbljivica se tijekom četverogodišnjeg istraživanja znatno mijenjala, ali je vremenski emergencijski ciklus sličan za sve četiri godine. Brojnost mušica svrbljivica je veća u toplijim mjesecima, dok se snižavanjem temperature u zimskim mjesecima brojnost smanjuje. To se događa zbog toga što se sniženjem temperature ispod optimuma smanjuje preživljavanje i usporava razvoj (Adler i sur., 2004). Temperatura tekućica direktno utječe na brojnost jedinki iz porodice Simuliidae, tj. njihov emergencijski period se skraćuje sa nižim temperaturama. U 2007. godini na postaji Barijera Labudovac temperatura se vrlo rano u godini počela povećavati, stoga je upravo te godine na toj postaji izmjerena najduža emergencija mušica svrbljivica. Za razliku od Barijere Labudovac, na Barijeri Kozjak – Milanovac godina s najdužom emergencijom je bila 2008.

Mušice svrbljivice generalno emergiraju u najvećem broju od početka ljeta (lipnja) kada su temperature više (Adler i sur., 1982). Optimalne temperature za aktivnost samih odraslih jedinki nisu poznate (Adler i sur., 2004), no prema Černý i sur. (2010) koji su istraživanje proveli tijekom lipnja i srpnja, a zabilježili su vrstu *Simulium (Eusimulium) angustipes* koja je najbrojnija u ovom istraživanju, možemo zaključiti da im odgovaraju više temperature.

6.4. Utjecaj protoka vode na emergenciju mušica svrbljivica

Varijacije u protoku vode mogu znatno utjecati na sastav jedinki vodenih kukaca (Drake 1985, Wagner i Gathmann 1996, Smith i Wood 2002, Wagner i Schmidt 2004). Na brojnost mušica svrbljivica utječe i dostupnost hrane, koja je povezana sa protokom vode, odnosno na Barijeri Labudovac i Barijeri Kozjak – Milanovac je utvrđena veća brojnost jedinki mušica svrbljivica, jer su jezera prije sedrenih barijera bogatija organskom materijom u usporedbi s donjim jezerima unutar nacionalnog parka (Miliša i sur., 2010; Špoljar i sur., 2007). Promatrajući obje barijere zasebno većini vrsta mušica svrbljivica, u ovom istraživanju pogoduje niži protok vode. Tokom nižeg protoka je manji drift koji tada ne utječe toliko na otplavlivanje organskog materijala i samih ličinki mušica svrbljivica. Na Barijeri Labudovac iz rezultata možemo vidjeti da je pri višem protoku manje jedinki, a pri nižem više. Međutim 2009. i 2010. godine došlo je do smanjenja brojnosti jedinki.

Jedan od mogućih razloga smanjenja brojnosti je što je P3 piramida bila premještena na drugu, manje pogodnu mikrolokaciju, također je moguće da je došlo do promijene uvjeta u staništu i da se broj potencijalnih predatora (prvenstveno alohtonih riba) povećao (Leiner i Pevalek-Kozlina, 2009) iako da bi se to potvrdilo potrebna su dodatna istraživanja. Na Barijeri Kozjak - Milanovac na kojoj nije bilo promjena položaja emergencijskih klopki, također dolazi do smanjenja brojnosti jedinki i vrsta tokom istih godina. To smanjenje ipak možemo pripisati utjecaju protoka vode, jer dolazi do dužih razdoblja višeg protoka vode. Ta razdoblja tijekom prethodne dvije godine su uzrokovale pojave velikih oscilacija i smanjenja brojnosti jedinki. Time je došlo do drifta ličinki i organske materije, te su ličinke mogle biti otplavljene.

Bez obzira na smanjenje brojnosti i dalje najbrojnija vrsta je bila *Simulium (Esimulium) angustipes*, za koju je utvrđeno da preferira jezera bogatija organskom materijom i područja uz manji ili jači antropogeni utjecaj kao što su brane (Halgoš i sur., 2001), ali kao što vidimo u ovom slučaju to nije točno, jer su Plitvička jezera oligotrofna, prirodni sustav praktički lišen direktnog antropogenog utjecaja.

Vrsta *Simulium (Nevermannia) costatum* na postaji Barijera Labudovac, 2010. godine je pokazala malo povećanje brojnosti jedinki tokom nešto višeg protoka vode. Za ovaj primjer možemo povući paralelu između bitnih faktora koji utječu na emergenciju mušica svrbljivica kao što su temperatura i protok vode. Bez obzira što u razdoblju 2. i 3. mjeseca prevladavaju nešto niže temperature vode, ovoj vrsti je tada početak emergencije i ona se pojavljuje u nešto većem broju tokom povišenog protoka vode. Tako da možemo zaključiti da ovoj vrsti odgovara niža temperatura vode za emergenciju, odnosno kada su varijacije temperature vode male, što se u ovom slučaju poklopilo sa povišenim protokom vode i njegovim većim oscilacijama. Ujedno ova vrsta preferira češće izvorišna područja, koja posjeduju manje organske tvari, iako može biti prisutna i na drugim mjestima bez obzira na udaljenost od izvora (Car i Moog, 2002). Iako su Plitvička jezera oligotrofna, što odgovara ovoj vrsti, možemo pretpostaviti da je povišeni protok vode uzrokovao otplavlivanje organskog materijala, što je ovoj vrsti još više odgovaralo bez obzira na nisku produktivnost jezera.

Wagner i Gathmann (1996) te Wagner i sur. (2004) u svojim istraživanjima ustanovili da kod povišenog protoka vode dolazi do pojavljivanja ili opadanja pojedinih vrsta, isto je to u svom radu potvrdila i Ivković (2012a). Na Barijeri Labudovac pri povišenom protoku vode došlo je do dominacije vrste *Simulium (Nevermannia) costatum* 2010. godine u odnosu na 2007. i 2008. godinu kada je protok vode bio niži pri čemu je dominirala vrsta *Simulium (Eusimulium) angustipes*.

Protok vode, bio on jako nizak ili visok, utječe na vodene kukce i može dovesti do smanjenja njihovih populacija i time utjecati na preživljavanje odraslih jedinki, što uvjetuje smanjenje njihove brojnosti sljedeće godine (Wagner i Gathmann 1996), a u ovim rezultatima se to već uočava lagano u 2008. godini, a povećano tokom 2009. i 2010. godine. Kako je moguće da je s povišenim protokom vode došlo do otplavlivanja organskog materijala, koji čini glavni dio prehrane ličinki mušica svrbljivica, te je i zbog toga njihova brojnost opala tijekom 2009. i 2010. godine. Ličinke mušica svrbljivica su filtratori i brzina strujanja vode je jako bitna za njihov razvoj (Feld i sur., 2002) i one se ne pojavljuju gdje je brzina strujanja prespora za potrebe njihovog hranjenja i disanja (Bass, 1998). Mušice svrbljivice su ponašanjem, oblikom tijela i strukturom ličinki jako dobro prilagođene optimalnim protocima vode (Craig i Chance, 1982).

6.5. Utjecaj mikrostaništa na brojnost vrsta mušica svrbljivica

Vodeni kukci preferiraju različita mikrostaništa, ali kada se gleda u globalu najveća brojnost ličinki je na supstratima kao što su: mahovine, makrovegetacije i ostali supstrati gdje ima organskih ostataka (Lillehammer, 1966; Minshall i Minshall, 1977). Ličinke mušica svrbljivica zahtijevaju relativno čisti supstrat, jer bakterijski film i lako odvajajuće alge na kamenju i biljkama ograničavaju njihovo pričvršćivanje (Adler i sur., 2004). Međutim u ovom istraživanju to nije potvrđeno s obzirom da ih nalazimo na mahovini gdje je najbrža struja vode ali s druge strane unutra tijela mahovina ličinke mogu pronaći dobro skrovište i zaštitu. Ne preferiraju mulj što potvrđuje Bass (1998) i što je razumljivo s obzirom da tamo nema brze struje vode i ličinke ne mogu vršiti filtraciju uz pomoć koje se hrane, a mulj nije stabilno stanište, pa se ličinke nemaju za što prihvatiti. Sedra sa detritusom se pokazala kao prijelazna kategorija i to je vjerojatno zato jer struja vode na toj podlozi nije dovoljno jaka da bi podržavala veće gustoće ličinki, s obzirom da tu dolazi do nakupljanja detritusa.

7. Zaključak

Nakon četverogodišnjeg istraživanja provedenog od veljače 2007. do prosinca 2010., te nakon pregledavanja uzoraka i determinacije nekoliko desetaka tisuća jedinki možemo zaključiti sljedeće:

- četverogodišnjim istraživanjem sedrenih barijera NP Plitvička jezera ulovljeno je 38842 jedinki mušica svrbljivica i determinirano 9 vrsta mušica svrbljivica. Od toga je tijekom 2007. godine ulovljeno 22237 jedinki među kojima 8 vrsta, 2008. godine ulovljeno je 13927 jedinki među kojima 6 vrsta, 2009. godine ulovljeno je 3210 jedinki među kojima 3 vrste, 2010. godine 1321 jedinki među kojima 3 vrste
- Barijera Kozjak – Milanovac dominirala je brojem jedinki mušica svrbljivica, dok je Barijera Labudovac dominirala s većim brojem vrsta i većom raznolikošću tijekom istraživanog razdoblja.
- najbrojnija vrsta u istraživanju, *Simulium (Eusimulium) angustipes*, je multivoltina vrsta; bivoltine vrste su *Simulium (Nevermannia) costatum* i *Simulium (Odagmia) monticola*, a univoltine *Simulium (Obuchovia) auricoma* i *Simulium (Wilhelmia) equinum*. Za ostale vrste nije moguće odrediti broj generacija zbog premalog broja jedinki.
- glavni ekološki čimbenik koji utječe na početak emergencije mušica svrbljivica tijekom četverogodišnjeg istraživanja je temperatura vode. Tako je u toplijim godinama (2007., 2008. i 2009. godina) emergencija započela ranije, dok je u hladnijoj (2010. godina) kasnije na obje istraživane postaje.
- najveća brojnost jedinki je u ljetnim mjesecima kada je temperatura vode na barijerama najviša.
- brojnost mušica svrbljivica manja je iznad mulja u odnosu na druge supstrate (šljunak, mahovina na kamenu ili sedri) i najveća je brojnost kod brže struje vode.
- protok vode utječe negativno na brojnost mušica svrbljivica i one na obje barijere preferiraju niži protok vode. Međutim na obje barijere tijekom 2009. i 2010. godine dolazi do smanjenja brojnosti jedinki zbog dužeg perioda višeg protoka vode i većih oscilacija, koji su uzrokovali otplavlivanje samih ličinki i detritusa.

- vrste prisutne u NP Plitvička jezera ne predstavljaju opasnost za ljude. Najbrojnija vrsta, *Simulium (Eusimulium) angustipes*, ornitofilična vrsta koja je prijenosnik bolesti ptičje tripanosomijaze i stoga je potreban njezin monitoring da se vide potencijalni utjecaji na populacije ptica.

8. Zahvale

Zahvaljujemo dr. sc. Mariji Ivković na mentorstvu, entuzijazmu, neizmjernoj i nesebičnoj pomoći, te brojnim savjetima koji su nam bili potrebni tijekom izrade i pisanja rada. Zahvaljujemo se i prof. dr. sc. Mladenu Kerovcu što nas je uputio mentorici dr. sc. Mariji Ivković i time nas potaknuo na ovo istraživanje.

Zahvaljujemo se i našim obiteljima i prijateljima koji su nam bili velika potpora tijekom izrade i pisanja rada.

9. Popis literature

Adler, P. H., Crosskey R. W. (2012): World blackflies (Diptera: Simuliidae):

A Comprehensive Revision of the Taxonomic and Geographical inventory.
http://entweb.clemson.edu/biomia/pdfs/black_flyinventory.pdf

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

Adler, P. H., Travis, B. L., Kim, K. C., Masteller, E. C. (1982): Seasonal emergence patterns of black flies (Diptera: Simuliidae) in northwestern Pennsylvania. *Great Lakes Entomologist*, 15: 253-260.

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.

Božićević, J. (1998): Zemljopisni položaj i značenje jezera u prostoru Hrvatske. U Njavro, M., Božićević, S. (ur): Prirodoslovni turistički vodič. Turistička naklada i Nacionalni park Plitvička jezera, Zagreb, 10-40.

Britvec, B. (2007): Nikolaj Iljič Baranov o 120. obljetnici rođenja. *Entomologica Croatica*, 11: 103-109.

Car, M., Moog, O. (2002): Diptera: Simuliidae. Part III. Fauna Aquatica Austriaca (ed. by O. Moog), pp. 9. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

Chmielewski, C. M., Hall, R. J. (1993): Changes in the emergence of blackflies (Diptera: Simuliidae) over 50 years from Algonquin Park streams: Is acidification the cause? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50: 1517-1529.

Clifford, H. F. (1991): Aquatic invertebrates of Alberta: An illustrated guide. University of Alberta Press, Edmonton, Alberta, Canada, 538.

Colbo, M. H. (1977): Diurnal emergence patterns of two species of Simuliidae (Diptera) near Brisbane, Australia. *Journal of Medical Entomology*, 13: 514-515.

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

Craig, D. A., Chance, M. M. (1982): Filter feeding in larvae of Simuliidae (Diptera: Culicomorpha): aspects of functional morphology and hydrodynamics. *Canadian Journal of Zoology*, 60: 712-724. www.nrcresearchpress.com/pdf

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

Currie, D. C., Adler, P. H. (2008): Global diversity of black flies (Diptera: Simuliidae) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 469-475.

Černý, O., Votýpka, J., Svobodová, M. (2010): Spatial feeding preferences of ornithophilic mosquitoes, blackflies and biting midges. *Medical and Veterinary Entomology*, 25: 104-108.

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

Drake, C. M. (1985): Emergence patterns of Diptera in a chalk stream. *Aquatic Insects*, 7: 97-109.

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

Feld, C. K., Kiel, E., Lautenschläger, M. (2002): The indication of morphological degradation of streams and rivers using Simuliidae. *Limnologica*, 32: 273-288.

Gíslason, G. M., Steingrímsson, S.O. (2004): Seasonal and spatial variation in the diet of brown trout (*Salmo trutta* L.) in the subarctic River Lax'á, north-east Iceland. *Aquatic Ecology*, 38: 263-270.

Gruby, D. (1843): Recherches et observations sur une nouvelle espece d'hematozoaire, *Trypanosoma sanguinis*. *Comptes Rendus De l' Academie des Sciences*, 17: 1134-1136.

- 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.
- Hogg, I. D., Williams, D. D. (1996): Response of stream invertebrates to a global-warming thermal regime: and ecosystem - level manipulation. *Ecology*, 77: 395-407.
- 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. (1992): Black – flies (Diptera, Simuliidae) of Žitný Ostrov on Podunajská nížina lowland. *Biológia, Bratislava*, 47: 107-122.
- Ivković, M., Mičetić Stanković, V., Mihaljević, Z. (2012a): Emergence patterns and microhabitat preference of aquatic dance flies (Empididae; Clinocerinae and Hemerodromiinae) on a longitudinal gradient of barrage lake system. *Limnologica*, 42: 43-49.
- 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. (2013): Emergence patterns and ecological association of some hematophagous black flies along an oligotrophic hydrosystem. *Medical and Veterinary Entomology (in press)*.
- Jonušaitė, V., Būda, V. (2002.): Diurnal Rhythm of adult emergence in five black fly (Diptera: Simuliidae) species. *Acta Zoologica Lituanica*, 12: 138-143.
- Kazimírová, M. (1989): Simuliiden – Emergenz in zwei Lunzer Bächen. *Verhandlungen IX. SIEEC Gotha*, 307-311.

- Knoz, J. (1965): To Identification of Czechoslovakian Black-flies (Diptera, Simuliidae). *Folia Přírodovědecké Fakulty University J. E. Purkyně v Brně. Biologia*, 5: 1-54 + 425 Abb.
- Leiner, S., Pevalek-Kozlina, B. (2009): Ihtiopopulacije jezera te vodotoka Crne rijeke i Plitvice (N.P. Plitvička jezera), 10. Hrvatski biološki kongres – zbornik sažetaka, 290-291.
- Lillehammer, A. (1966): Bottom fauna investigations in a Norwegian river: the influence of ecological factors. *Nytt Magasin for Zoologi*, 13: 10-29.
- Lukač, G. (2004): Ptice Nacionalnog parka Plitvička jezera. *Plitvički Bilten*, 6: 1-70.
- Makjanić, B. (1958): Prilog klimatografiji područja Plitvičkih jezera. U Šafar, J. (ur): Plitvička jezera - nacionalni park. Nacionalni park „Plitvička jezera“, Zagreb, 357-390.
- McCreadie, J. W., Adler, P. H. (1994): Long-term emergence patterns of black flies (Diptera: Simuliidae) in northwestern Pennsylvania. *Hydrobiologia*, 288: 39-46.
- Merritt, R. W., Ross, D. H., Larson, G. J. (1983): Stream Temperature, Food, and Black Fly Production. *BioScience*, 33: 51-53.
- Miliša, M., Belančić, A., Matoničkin Kepčija, R., Sertić-Perić, M., Ostojić, A., Habdija, I. (2010): Calcite deposition in karst waters is promoted by leaf litter breakdown and vice versa. *Annales de Limnologie. International Journal of Limnology*, 46: 225-232.
- Minshall, G. W., Minshall, J. N. (1977): Microdistribution of benthic invertebrates in a Rocky Mountain (U.S.A.) stream. *Hydrobiologia*, 55: 231-249.
- 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.
- Obelić, B., Horvatinčić, N., Barešić, J., Briansó, J. L., Babinka, S., Suckow, A. (2005): Anthropogenic pollution in karst lake sediments (Croatia). Proceedings of 1st International Symposium on Travertine, September 21-25, Denizli, Turkey, 188-195.

Pielou, E. C. (1966): The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13: 131-144.

Poepperl, R. (1999): Emergence pattern of Diptera in Various Sections of a Northern German Lowland Stream. *Limnologica*, 29: 128-136.

Poepperl, R. (2000): Benthic secondary production and biomass of insects emerging from a northern German temperate stream. *Freshwater Biology*, 44: 199-211.

Poje, D. (1989): Pregled klimatskih karakteristika Nacionalnog parka Plitvička jezera. *Plitvički Bilten*, 2: 87-99.

Previšić, A., Kerovec, M., Kučinić, M. (2007): Emergence and Composition of Trichoptera from Karst Habitats, Plitvice Lakes Region, Croatia. *International Review of Hydrobiology*, 92: 61-83.

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 nacionalnog parka Plitvička jezera, Zagreb.

Roglić, J. (1974): Morfološke posebnosti Nacionalnog parka Plitvička jezera. U Gušić, B., i Marković, M. (ur): Plitvička jezera – čovjek i priroda. Nacionalni park Plitvice, Zagreb, 5-22.

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

Scheder, C., Waringer, J. A. (2002): Distribution patterns and habitat characterization of Simuliidae (Insecta: Diptera) in a low-order sandstone stream (Weidlingbach, Lower Austria). *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters*, Vol. 32, Issue 3: 236-247.

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. (1985): Emergence of blackflies (Diptera: Simuliidae) from a small forested stream in Ontario. *Hydrobiologia*, 122: 129-135.

Smith, H., Wood, P. J. (2002): Flow permanence and macroinvertebrate community variability in limestone spring systems. *Hydrobiologia*, 487: 45-58.

Srdoč, D., Horvatinčić, N., Obelić, B., Krajcar, I., Sliepčević, A. (1985): Procesi taloženja kalcita u krškim vodama s posebnim osvrtom na Plitvička jezera. *Carsus Iugoslaviae*, 11: 101-204.

Stilinović, B., Božićević, S. (1998): The Plitvice Lakes. *European Water Management*, 15-24.

Sweeney, B. W., Vannote, R. L. (1981): *Ephemerella* mayflies of White Clay Creek: bioenergetic and ecological relationship among six coexisting species. *Ecology*, 62: 1353-1369.

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, 56-100.

Szabo', J. B. (1964): Mass impairment of health caused by an invasion of black flies (Diptera: Simuliidae) in Tata, Hungary. *Opuscula Zoologica. Instituti Zoosystematici Universitatis Budapestinensis*, 5: 113-117.

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

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

Wagner, R., Gathmann, O. (1996): Long-term studies on aquatic Dance Flies (Diptera, Empididae) 1983-1993: Distribution and size patterns along the stream, abundance changes between years and the influence of environmental factors on the community. *Archiv für Hydrobiologie*, 137: 385-410.

Wagner, R., 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.

Werner, D. (2004): New records of Diptera predators of blackflies (Diptera, Simuliidae). *Entomologist's monthly magazine*, 1-26.

Werner, D., Pont, A. C. (2006): New results on Diptera predators in the blackfly plague areas of Central Europe and the Caucasus. *Acta entomologica serbica*, (Suppl.): 131-140.

Wotton, R .S. (1977): The size of particles ingested by moorland stream blackfly larvae (Simuliidae). *Oikos*, 29: 332-335.

Zidková, L., Cepicka, I., Szabová, J., Svobodová, M. (2012): Biodiversity of avian trypanosomes. *Infections, Genetics and Evolution*, 12: 102-112.

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.

Živković, V., Burany, B. (1972): An outbreak of *Boophthora erythrocephala* (Diptera: Simuliidae) in Yugoslavia in 1970. *Acta Veterinaria, Beograd*, 22: 133-142.

Živković, V., Petrović, Z. (1976): Historical survey and present state of investigations of the arthropods important for medicine in Yugoslavia. *Acta Veterinaria, Beograd*, 26 (Suppl.): 9-24.

<http://extension.entm.purdue.edu/publichealth/images/downloads/lifecycle-blackfly>

10. Sažetak

Višegodišnje promjene u sastavu i strukturi hematofagnih mušica svrbljivica (Diptera, Simuliidae) na sedrenim barijerama Plitvičkih jezera

Antonija Kulaš i Ana Orlović

Mušice svrbljivice (Simuliidae) su sakupljane tokom četverogodišnjeg istraživanja u razdoblju od 2007. godine do kraja 2010. godine. Sakupljene su uz pomoć emergencijskih klopki, na dvije sedrene barijere, Barijera Labudovac (BL) i Barijera Kozjak – Milanovac (BKM), u Nacionalnom parku Plitvička jezera. Mušice svrbljivice su veoma značajna komponenta lotičkih staništa, a također imaju važn medicinsko i veterinarsko značenje zbog odraslih ženki, koje sišu krv toplokrvnih kralješnjaka, uključujući i ljude. Naš cilj je bio utvrditi promjene u višegodišnjoj emergenciji hematofagnih mušica svrbljivica. Ukupno je sakupljeno 38842 jedinki mušica svrbljivica. Temperatura, protok vode i tip staništa su čimbenici koji su najviše pokazali utjecaja na sastav vrsta mušica svrbljivica. S obzirom na postaje, najveći broj jedinki je zabilježen na Barijeri Kozjak – Milanovac (BKM), a najveća raznolikost vrsta na Barijeri Labudovac (BL). Na obje postaje unutar 2009. i 2010. godine brojnost jedinki se nešto smanjila, ali bez obzira na to, najbrojnija vrsta bila je *Simulium (Esimulium) angustipes* Edwards, tijekom cijelog istraživanja. Ova vrsta je veoma važna, jer je vektor u prijenosu ptičje tripanosomijaze. Kako do sada nema mnogo objavljenih radova o biologiji i ekologiji hematofagnih mušica svrbljivica na području Balkanskog Poluotoka, naši rezultati pridonose novim spoznajama u biologiji i ekologiji mušica svrbljivica. Ujedno kako je istraživanje provedeno na području Nacionalnog parka Plitvička jezera, postignuti rezultati se mogu primijeniti u upravljanju nacionalnim parkom i iskoristiti za budući monitoring pojedinih hematofagnih vrsta, ali i primijeniti u zaštiti drugih vrsta životinja, ponajprije ptica, koje obitavaju u NP Plitvička jezera i koje bi lako mogle postati ugrožene zbog prijenosa bolesti ptičje tripanosomijaze.

Ključne riječi: mušice svrbljivice, emergencija, NP Plitvička jezera, *Simulium (Esimulium) angustipes*, ptičja tripanosomijaza.

11. Summary

Changes in the composition and structure of hematophagous black flies (Diptera, Simuliidae) at tufa barriers at Plitvice Lakes.

Antonija Kulaš and Ana Orlović

Black flies (Simuliidae) have been collected during the four-year research from 2007 to 2010. They have been collected using pyramid-type emergence traps, at two tufa barriers, Tufa Barrier Labudovac (BL) and Tufa Barrier Kozjak – Milanovac (BKM) in Plitvice Lakes National Park. Black flies are a very significant component of lotic habitats and they also have important medicinal and veterinary implications because adult females suck the blood of warm-blooded vertebrates, including humans. Our aim was to determine the changes in the emergence of hematophagous black flies over a span of several years. We have collected a total of 38842 individual specimens of black flies. The temperature, water flow and type of habitat are the factors that had the most influence on the black fly assemblages. Regarding the stations, the highest number of individual black flies has been noted at Tufa Barrier Kozjak – Milanovac (BKM) and the highest diversity at Tufa Barrier Labudovac (BL). In both of the sites in the years 2009 and 2010 the number of individual black flies decreased, however, *Simulium (Esimulium) angustipes* Edwards, remained the most abundant species. This specie is very important because it is a vector in transmitting avian trypanosomes. Due to the small number of published papers on biology and ecology of hematophagous black flies in the area of the Balkan Peninsula our results make a contribution to understanding the biology and ecology of black flies. At the same time, due to the fact that the research was conducted in the area of Plitvice Lakes National Park our results can be applied in management of the national park and used for future monitoring of specific hematophagous species but also for protection of other animals, especially birds, as they could easily become endangered because of possible transmission of avian trypanosomes.

Key words: black flies, emergence, NP Plitvice lakes, *Simulium (Esimulium) angustipes*, avian trypanosomes.