

Višegodišnja emergencija porodica vodenih dvokrilaca (Insecta, Diptera) na sedrenim barijerama u Nacionalnom parku Plitvička jezera

Vrčić, Josipa

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:416558>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-23**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Josipa Vrčić

**Višegodišnja emergencija porodica vodenih dvokrilaca (Insecta, Diptera)
na sedrenim barijerama u Nacionalnom parku Plitvička jezera**

Zagreb, 2020.

Ovaj diplomski rad izrađen je na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom doc. dr. sc. Marije Ivković, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistre edukacije biologije i kemije.

Zahvaljujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Mariji Ivković na neizmjernej pomoći, strpljenju, podršci, pozitivnoj i motivirajućoj atmosferi za vrijeme eksperimentalnog dijela te stručnim savjetima tijekom izrade ovog rada.

Zahvaljujem asistentici mag. biol. exp. Valentini Dorić na pomoći prilikom determinacije porodica za vrijeme eksperimentalnog dijela ovog rada.

Zahvaljujem svim profesorima i asistentima koji su mi predavali prethodnih godina na znanju i pomoći koje su mi pružili.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek
Diplomski rad

Višegodišnja emergencija porodica vodenih dvokrilaca (Insecta, Diptera) na sedrenim barijerama u Nacionalnom parku Plitvička jezera

JOSIPA VRČIĆ

Rossveltov trg 6, 10 000 Zagreb

Dvokrilci (Insecta, Diptera) su brojem porodica i brojnošću jedna od najznačajnijih skupina vodenih kukaca koji su razvili brojne prilagodbe na vodeni okoliš i nalazimo ih u svim vodenim staništima. Ličinke i kukuljice žive u vodenim staništima, a emergencijom prelaze na kopno. Odrasle jedinke dvokrilaca prikupljane su mjesečno na sedrenim barijerama Labudovac i Kozjak-Milanovac u Nacionalnom parku Plitvička jezera tijekom 13 godina, od veljače 2007. do kraja 2019. godine. Cilj istraživanja je utvrditi raznolikost i sličnost između sastava i strukture porodica vodenih dvokrilaca na obje sedrene barijere tijekom 13 godina s naglaskom na emergencijske značajke najzastupljenijih porodica i preferenciju prema mikrostaništu. Na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac postavljeno je 6 emergencijskih klopki, a na sedrenoj barijeri Labudovac 6 emergencijskih klopki od 2007. do 2011. godine te 7 emergencijskih klopki od 2012. do 2019. godine. Klopke se međusobno razlikuju po supstratu i brzini strujanja vode. Prikupljeni materijal izoliran je do redova, a red Diptera određen je do porodica. Tijekom 13 godina prikupljeno je i determinirano 79222 jedinki iz 13 porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Labudovac te 66785 jedinki iz 16 porodica vodenih dvokrilaca na barijeri Kozjak-Milanovac. Na sedrenoj barijeri Labudovac dominira porodica Chironomidae dok na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac porodica Simuliidae. Vrhunac emergencije na obje sedrene barijere zabilježeni su u ljetnim mjesecima za vrijeme viših temperatura vode i kod nižeg protoka vode. Porodice Empididae, Muscidae, Psychodidae i Simuliidae pokazuju pozitivnu korelaciju između abundancije i brzine strujanja vode te preferiraju mahovinu od prisutnih substrata, dok ostale porodice nisu pokazale statistički značajnu sklonost prema određenom tipu mikrostaništa ili brzini strujanja vode.

(64 stranica, 27 slika, 2 tablice, 72 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: NP Plitvička jezera, emergencija, sedrena barijera, temperatura vode, protok vode, mikrostaništa, raznolikost

Mentor: Dr. sc. Marija Ivković, doc.

Ocjenitelji: Doc. dr. sc. Marija Ivković
Izv. prof. dr. sc. Draginja Mrvoš-Sermek
Prof. dr. sc. Ines Radanović

Zamjena: Izv. prof. dr. sc. Ana Previšić

Rad je prihvaćen: 22.9.2020.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

Perennial emergence of aquatic dipteran families (Insecta, Diptera) at tufa barriers in the Plitvice Lakes National Park

JOSIPA VRČIĆ

Rossveltov trg 6, 10 000 Zagreb

True flies (Insecta, Diptera) are with number of families one of the most important groups of aquatic insects, which have developed numerous adaptations to the aquatic environment and are found in all aquatic habitats. Larvae and pupae live in aquatic habitats, and with emergence they transfer to terrestrial habitats. Adult specimens were collected monthly at the Labudovac and Kozjak-Milanovac tufa barriers in the Plitvice Lakes National Park for 13 years, from February 2007 to the end of 2019. The goal of the study is to determine the diversity and similarity between the composition and structure of aquatic Diptera at both tufa barriers over 13 years with emphasis on the emergence characteristics of the most represented families and preference for microhabitat. 6 emergence traps were installed at the Kozjak-Milanovac tufa barrier, and 6 emergence traps were present at the Labudovac tufa barrier from 2007 to 2011 and 7 emergence traps from 2012 to 2019. The traps differ from each other in the substrate and the water flow rate. The collected material was isolated up to the order, and the order Diptera was identified up to the family level. During 13 years, 79222 individuals from 13 families of aquatic Diptera at the Labudovac tufa barrier and 66785 individuals from 16 families of aquatic Diptera at the Kozjak-Milanovac tufa barrier were collected and identified. At the Labudovac tufa barrier the dominant family is Chironomidae, while at the Kozjak-Milanovac tufa barrier the dominant family is Simuliidae. The peak of emergence at both tufa barriers was recorded in the summer months during higher water temperatures and at lower water discharge. The families Empididae, Muscidae, Psychodidae, and Simuliidae show a positive correlation between abundance and water flow rate and they prefer moss from all present substrates, while other families did not show a statistically significant preference to a particular type of microhabitat or water flow rate.

(64 pages, 27 pictures, 2 tables, 72 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central biological library.

Key words: NP Plitvice lakes, emergence, tufa barrier, water temperature, water discharge, microhabitat, diversity.

Supervisor: Dr. Marija Ivković, Asst. Prof.

Reviewer: Dr. Marija Ivković, Asst. Prof.
Dr. Draginja Mrvoš-Sermek, Assoc. Prof.
Dr. Ines Radanović, Prof.

Replacement: Dr. Ana Previšić, Assoc. Prof.

Thesis accepted: 22.9.2020.

SADRŽAJ

1	UVOD.....	1
1.1.	Opća obilježja dvokrilaca (Insecta, Diptera)	1
1.2.	Emergencija	4
1.3.	Svrha i ciljevi istraživanja.....	4
2	MATERIJALI I METODE.....	6
2.1.	Određivanje fizikalno-kemijskih obilježja vode	6
2.2.	Uzorkovanje dvokrilaca iz emergencijskih klopki.....	6
2.3.	Determinacija uzorkovanih porodica dvokrilaca	7
2.4.	Statistička obrada podataka	7
2.4.1.	Analiza strukture i dinamike porodica dvokrilaca	7
2.4.2.	Programi korišteni za obradu podataka	9
3.1.	Opća obilježja	10
3.2.	Geografski položaj	10
3.3.	Geološko-hidrološka obilježja	11
3.4.	Klimatska obilježja.....	11
3.5.	Istraživačke postaje	12
4	REZULTATI.....	14
4.1.	Fizikalno-kemijski čimbenici na istraživanim postajama tijekom istraživanog razdoblja	14
4.2.	Zastupljenost i rasprostranjenost porodica vodenih dvokrilaca na sedrenim barijerama Labudovac i Kozjak-Milanovac	15
4.2.1.	Zastupljenost porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Labudovac	15
4.2.2.	Zastupljenost porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac	22
4.3.	Raznolikost i sličnost porodica vodenih dvokrilaca na istraživanim postajama u razdoblju od 2007. do 2019. godine.....	28
4.4.	Fenološke značajke porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Labudovac u razdoblju od 2007. do 2019. godine.....	30
4.5.	Emergencija porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Labudovac	32
4.5.1.	Simuliidae i Chironomidae	32
4.5.2.	Dixidae i Empididae	34
4.5.3.	Athericidae, Muscidae i Psychodidae	36

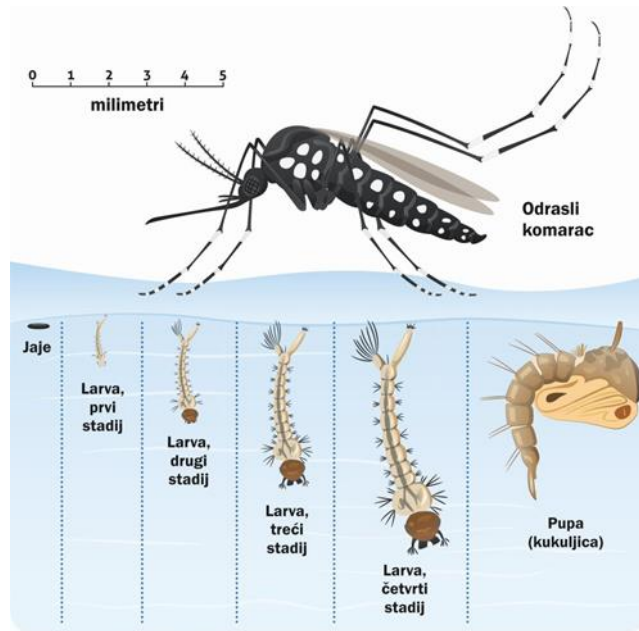
4.5.4.	Ostale porodice	38
4.6.	Fenološke značajke porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac u razdoblju od 2007. do 2019. godine	40
4.7.	Emergencija porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac	42
4.7.1.	Chironomidae i Simuliidae	42
4.7.2.	Dixidae i Empididae	44
4.7.3.	Muscidae i Psychodidae	46
4.7.4.	Ostale porodice	48
4.8.	Odabir mikrostaništa kod porodica vodenih dvokrilaca na sedrenim barijerama Labudovac i Kozjak-Milanovac	50
5	RASPRAVA	51
5.1.	Raznolikost porodica vodenih dvokrilaca na sedrenim barijerama Labudovac i Kozjak-Milanovac	51
5.2.	Utjecaj temperature vode na emergenciju porodica vodenih dvokrilaca na istraživanim područjima	52
5.3.	Utjecaj protoka vode na emergenciju porodica vodenih dvokrilaca na istraživanim područjima	53
5.4.	Utjecaj mikrostaništa na porodice vodenih dvokrilaca na istraživanim područjima	54
6	ZAKLJUČAK	56
7	LITERATURA	57
8	ŽIVOTOPIS	64

1 UVOD

1.1. Opća obilježja dvokrilaca (Insecta, Diptera)

Red Diptera pripada holometabolnim kukcima, tj. kukcima s potpunom preobrazbom gdje su ličinke, u morfološkom i biološkom pogledu, veoma različite od svojih odraslih jedinki. Na slici 1.1 prikazan je njihov razvoj koji uključuje stadij jaja, od 3 do 10 stadija ličinka, stadij kukuljice te stadij imaga (Darvas i Fónagy 2000, Wiegmann i Yeates 2007). Odrasli dvokrilci (Diptera) uglavnom su poznati kao slobodno leteći organizmi, prijenosnici bolesti kod biljaka, životinja i ljudi. Međutim, oni su ključni u recikliranju organskog materijala u ekosustavima te su bitni kod oprašivanja i suzbijanja štetočina (Anderson 1997, Adler i Courtney 2019). Dvokrilci (Insecta, Diptera) su svrstani u 130 porodica sa 160 000 do sada opisanih vrsta (Marshall 2012).

Vodeni dvokrilci (Slika 1.2 i 1.3) su slobodno živući organizmi kojima je potreban vlažan okoliš barem u jednoj životnoj fazi (Alder i Courtney 2019). Vodeni dvokrilci broje oko 46000 vrsta unutar 41 porodice te obuhvaćaju 30 % opisanih vrsta unutar reda Diptera. Brojem porodica i apsolutnom brojnošću jedna su od najznačajnijih skupina vodenih kukaca te su razvili brojne prilagodbe na vodeni okoliš i nastanjuju sva vodena staništa (Alder i Courtney 2019). Oni služe kao pokazatelji povijesnih i budućih ekoloških i klimatskih promjena te se koriste kao indikatori kvalitete vode (Walker 1987, Alder i Courtney 2019). Vodeni dvokrilci prisutni su u svim tipovima vodenih staništa, uključujući i ekstramna staništa poput rupa na drveću, oceane, ledenjake i tople izvore. Vodeni dvokrilci su pravi osvajači vodenog okoliša. Pronađeni su rasponu od 5600 m na Himalaji i u dubinama ispod 1000 m u jezeru Baikal. Nadalje, prisutnost vrsta dvokrilaca na kopnu Antarktike čini ih jedinom skupinom kukaca koji obitavaju na svim svjetskim kontinentima (Allegrucci i sur. 2006; Ferrington i sur. 2008; Adler i Courtney 2019). Neke jedinke iz porodice Chironomidae, Ephydriidae i Stratiomyidae razvijaju se u termalnim izvorima s temperaturom često većom od 35 °C dok su neke ličinke porodice Stratiomyidae pronađene u vrućim izvorima na temperaturi od 73 °C (Tomberlin 2019). Ličinke porodice Chironomidae mogu biti prisutne u smrznutom sedimenatu i ledu (Frizbie i Lee 1997). Jedinke porodice Chironomidae (npr. *Chironomus acerbiphilus*) žive u vulkanskim jezerima čiji je pH niži od 2,0 (Takagi i sur. 2005). Najveći dio vodenih dvokrilaca nastanju slatku vodu (više od 90 %), a preostale vrste vodenih dvokrilaca nastanjuju bočate i slane vode (Cheng 2009).



Slika 1.1. Životni ciklus porodice Culicidae Preuzeto:

<https://www.zzjzdnz.hr/hr/hr/kampanje/prestanimozgajati-komarce/1063>



Slika 1.2. Odrasla jedinka porodice Simuliidae Preuzeto:

<https://www.flickr.com/photos/25558429@N03/39069556861>



Slika 1.3. Odrasla jedinka porodice Chironomidae Preuzeto:

<https://www.flickr.com/photos/rundstedt/33614663526>

Kod vodenih dvokrilca zastupljen je čitav niz trofičkih nivoa kao što su sakupljači (npr. Dixidae i Simuliidae), grabežljivci (npr. Chaoboridae, Empididae i Tabanidae), strugači (npr. Blephariceridae i Thaumaleidae) i usitnjavače (npr. neki Psychodidae i Tipulidae). Hrana se veličinom i oblikom kreće od koloidnih čestica do čitavih organizama. Svojom građom prilagođeni su životu u vodi, često imaju kutikularne preinake koje im omogućavaju bolje kretanje u vodi (Alder i Courtney 2019).

Biljke pružaju raznolika staništa za vodene dvokrilce. Kod nezrelih stadija nekih porodica vodenih dvokrilaca primjerice Chironomidae, Limonidae, Syrphidae i Tipulidae, svi redom, naseljuju drveće posebno uz rubne djelove toka jezera (Dudley i Anderson 1982). Jedinke iz porodice Limoniidae, Pediciidae i Tipulidae nastanjuju listove vodenih biljaka dok se neki vodeni dvokrilci razvijaju u podzemnim staništima (Culver i sur. 2018). Mahovine pružaju utočište nekim vodenim dvokrilcima, na njihovim listićima zadržavaju se organske čestice, stoga osim utočišta, omogućavaju i prehranu (Ivković i sur. 2007, 2012). Neki vodeni dvokrilci mogu nastanjivati intersticijska staništa s vodom u hiporejskoj i freatičkoj zoni. Jedinke porodica Chironomidae, Ceratopogonidae te neke vrste porodice Empididae u velikoj mjeri su zastupljene na staništima koja su karakterizirana potpuno ili djelomično potopljenim čistim pijeskom odnosno psamofilnim staništima (Courtney 1986).

1.2. Emergencija

Emergencija je proces preobrazbe iz ličinke ili kukuljice u stadij odrasle jedinke. To je ujedno i zadnji stadij životnog ciklusa koji kod vodenih kukaca podrazumijeva prelazak iz vodenog u kopneni okoliš (Davies 1984).

Najznačajniji redovi kukaca za čije je ličinke karakterističan vodeni, a odrasle jedinke kopneni okoliš su: dvokrilci (Diptera), obalčari (Plecoptera), tulari (Trichoptera), vodencvjetovi (Ephemeroptera) i vretenca (Odonata) (Corbet 1964). Dominantan utjecaj na početak emergencije imaju abiotički i biotički faktori. Odnosno, na početak i tijek emergencije utječu vlažnost i temperatura zraka, mjesečeve mijene, protok vode, količina i intenzitet svjetlosti, nadmorska visina i geografska širina, a kao najvažniji čimbenici izdvajaju se temperatura vode i fotoperiod (Corbet 1964, Čmrlec i sur. 2013, Ivković i sur. 2012, 2013, 2014, Ivković i Pont 2016). Promjene temperature vode dovode do preuranjene ili zakašnjele emergencije (Sweeney i Vannote 1981, Sweeney 1984). U toplijim godinama emergencija počinje ranije dok u hladnijima počinje kasnije (Illies 1971, Wagner i Gathmann 1996).

Emergenciju je važno proučavati jer su neke emergencijske značajke karakteristične samo za jednu vrstu ili populaciju. Također, poznavati emergencijske značajke vrsta je važno zbog znanstvenih i laboratorijskih istraživanja, posebno kada nam je potreban veliki broj kukaca iste vrste (Jonušaitė i Būda 2002).

1.3. Svrha i ciljevi istraživanja

- odrediti sastav i strukturu vodenih porodica dvokrilaca na istraživanim postajama tijekom 13 godina.
- utvrditi promjenu u raznolikosti i sličnosti vodenih porodica dvokrilaca na istraživanim postajama tijekom 13 godina.

- utvrditi sezonske promjene u sastavu i brojnosti vodenih porodica dvokrilaca na istraživanim postajama s posebnim naglaskom na emergencijske značajke najzastupljenijih porodica.
- utvrditi preferenciju različitih vodenih porodica dvokrilaca prema određenom mikrostaništu.

2 MATERIJALI I METODE

2.1. Određivanje fizikalno-kemijskih obilježja vode

Tijekom uzorkovanja na terenu su mjerena 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 CO₂ u vodi (alkalinitet) određena je metodom titracije s 0,1 M kloridnom kiselinom (HCl) 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-001XX)). Podaci o protoku vode dobiveni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda.

2.2. Uzorkovanje dvokrilaca iz emergencijskih klopki

Odrasle jedinice vodenih kukaca prikupljane su jednom mjesečno na sedrenoj barijeri Labudovac i na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac na Plitvičkim jezerima u razdoblju od veljače 2007. do prosinca 2019. godine tijekom 13 godina. Slika 2.1 prikazuje emergencijske klopke piramidalnog oblika koje su korištene za prikupljanje uzoraka, visine 50 cm i baze površine 45x45 cm. Klopke su pričvršćene za dno tako da je omogućen slobodan ulazak i izlazak ličinki iz njih. Njihov je okvir prekriven mrežom veličine oka 1 mm², a na vrhu svake od njih postavljena je plastična posuda visine i širine 10 cm s otvorom promjera 3 cm namijenjenom ulazu odraslih jedinki. Kao konzervans u posudi korišten je 2 % formaldehid pomiješan sa deterdžentom koji smanjuje površinsku napetost. Na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac postavljeno je 6 emergencijskih klopki, a na sedrenoj barijeri Labudovac od 2007. do 2011. godine 6 emergencijskih klopki dok od 2012. do 2019. godine 7 emergencijski klopki koje se razlikuju po supstratu i brzini strujanja vode. Prikupljeni materijal se konzervira i tretira prilikom izolacije i determinacije sa 80 %-tnim etanolom. Prikupljeni materijal izoliran je do redova, a red Diptera izoliran je do porodica. Ja sam do redova izolirala uzorke sa sedrene barijere Labudovac i sedrene barijere Kozjak-Milanovac iz 2018. i 2019. godine te sam potom određivala do porodica red Diptera sa sedrene barijere Labudovac iz 2018. i 2019. godine i sa sedrene barijere Kozjak-Milanovac iz 2017., 2018. i 2019. godine.



Slika 2.1. Emergencijske piramidalne klopke (Foto: Z. Mihaljević)

2.3. Determinacija uzorkovanih porodica dvokrilaca

Prilikom obrade sakupljenih uzoraka odvajali su se različiti redovi kukaca (Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, itd.) koji su se našli u uzorku. Nakon toga jedinke reda Diptera određivane su do porodica uz korištenje identifikacijskog ključa Nillson (1997) i Rivosecchi (1984). Kod određivanja je korištena stereolupa Zeiss Stemi 2000-C.

2.4. Statistička obrada podataka

2.4.1. Analiza strukture i dinamike porodica dvokrilaca

Shannon-Wienerov ili još zvan samo Shannonov (Shannon 1948) indeks raznolikosti (H') je jedan od najčešće korištenih indeksa za usporedbu strukture zajednice. To je relativni indeks za

uspoređivanje raznolikosti dvaju ili više zajednica ili jedne zajednice u različitim vremenskim razdobljima prema formuli:

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

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

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 ($p \in \langle 0, 1 \rangle$), n - broj svojti u zajednici.

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:

$$J' = \frac{H'}{\log_2(S)}$$

gdje je: H' - Shannon-Wienerov indeks,

S - ukupni broj vrsta u zajednici.

Spearmanov koeficijent korelacije (r_s) koristio se da bi se utvrdila povezanost abundancije pojedinih porodica dvokrilaca s brzinom strujanja vode.

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

Gdje je: r_s - Spearmanov koeficijent korelacije

d_i - razlika između redova odgovarajućih vrijednosti x_i i y_i

n - broj mjerenja

Korekcija razine statističke značajnosti kod Spearmanovog koeficijenta korelacije zbog mnogostrukih usporedba izvršila se uz pomoć Bonferroni metode (Rice 1989) da bi se sačuvao isti nivo greške od 0,05 za osam porodica koje su uzete u analize (Athericidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Dixidae, Empididae, Muscidae, Psychodidae i Simuliidae). I stoga je razina značajnosti stavljena kao $\alpha = 0,0625$ (0,5/8).

Utvrđene su razlike brojnosti jedinki porodica dvokrilaca na različitim supstratima uz pomoć Kruskal-Wallis analize varijance sa post-hoc testom multiple usporedbe.

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

Provedena je klaster analiza i analiza nemetričkog multidimenzionalnog skaliranja (NMDS), da bi se utvrdila sličnost na temelju Bray-Curtisovog indeksa sličnosti zajednice porodica vodenih dvokrilaca na istraživanim postajama tijekom godina.

2.4.2. Programi korišteni za obradu podataka

Tablični i grafički prikazi izrađeni su u programu Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corporation 2007) i Primer v6 (Clark i Gorley 2006). Statističke analize izrađene su u programu Statistica 10.0 (Statsoft Inc. 2010) i Primer v6 (Primer-E Ltd 2002).

3 PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

3.1. Opća obilježja

Istraživanje je provedeno na dvije lokacije u Nacionalnom parku Plitvička jezera, sedrenoj barijeri Labudovac i Kozjak-Milanovac. Nacionalni park Plitvička jezera nalazi se u krškom području Dinarskog gorja u Hrvatskoj. Sustav Plitvičkih jezera sastoji se od 16 oligotrofnih, dimiktičkih i fluvijalnih jezera međusobno povezanih sedrenim barijerama. (Stilinović i Božičević 1998). Nacionalni park Plitvička jezera 1979. godine uvršten je na Listu svjetske kulturne i prirodne baštine UNESCO (Stilinović i Božičević 1998; Zwicker i Rubinić 2005). Zbog svoje iznimne ljepote kratkotrajno su zaštićena već 1928. i 1929. godine, a 8. travnja 1949. godine proglašena su nacionalnim parkom (Riđanović 1994). To ih čini prvim i najstarijim hrvatskim nacionalnim parkom (Đurek 2000). Nacionalni park Plitvičkih jezera su jedinstvena krška pojava koja je osim znanstvene važnosti od ogromne ekonomske važnosti za lokalnu zajednicu jer ga godišnje posjeti više od milijun ljudi (Ivković i sur. 2020).

Površina na kojoj se rasprostiru Plitvička jezera ukupno iznosi 29482 ha, od čega 22308 ha čine šume, 217 ha odnosi se na vode, a ostatak od 6957 ha spada pod travnjake sa manjim naseljima (Stilinović i Božičević 1998). Plitvička jezera čini sustav od šesnaest 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 (Riđanović, 1994). Područje Nacionalnog parka ima obilježja kaskadnog sustava, naime voda se prelijeva preko barijera u slapovima, od najvišeg Proščanskog jezera koji se nalazi na 636 m nadmorske visine, do jezera Novakovića Brod koji se nalazi na 503 m nadmorske visine (Riđanović, 1994). Jezero Kozjak duboko je 45 m, a Proščansko jezero 37 m, to su ujedno najveća i najdublja jezera (Zwicker i Rubinić 2005).

3. 2. Geografski položaj

Plitvička jezera smještena su u gornjoj dolini Korane (Roglić, 1951). Pripadaju krškom području Dinarida u Lici između planinskih masiva Male Kapele i Ličke Plješivice (Đurek 2000). Najviše hidrološke točke su Bijela i Crna rijeka na oko 700 m n.v. dok je početni dio Korane najniža točka na 478 m.n.v. (Riđanović, 1994).

3.3. Geološko-hidrološka obilježja

U razdoblju holocena dolazi do formiranja Plitvičkih jezera. Oblik ovog dijela dinarskog krša uvjetovan je odnosom između propusnog vapnenca i nepropusnog dolomita od kojeg je izgrađena geološka podloga (Roglić 1974).

Za Plitvička jezera karakteristična su hidrobiološka obilježja poput smanjene koncentracije organske tvari, velika zasićenost kalcijevim karbonatom i $\text{pH} > 8.0$ (Srdoč i sur. 1985) što daje uvjete za stvaranje sedre kao osnovnog fenomena odgovornog za izgled i postojanost Plitvičkih jezera. Proces stvaranja sedre je odgovoran za vertikalni rast barijera, koji ujedno mijenjaju geomorfologiju jezera stvaranjem novih i nestankom starijih barijera i slapova (Stilinović i Božićević 1998).

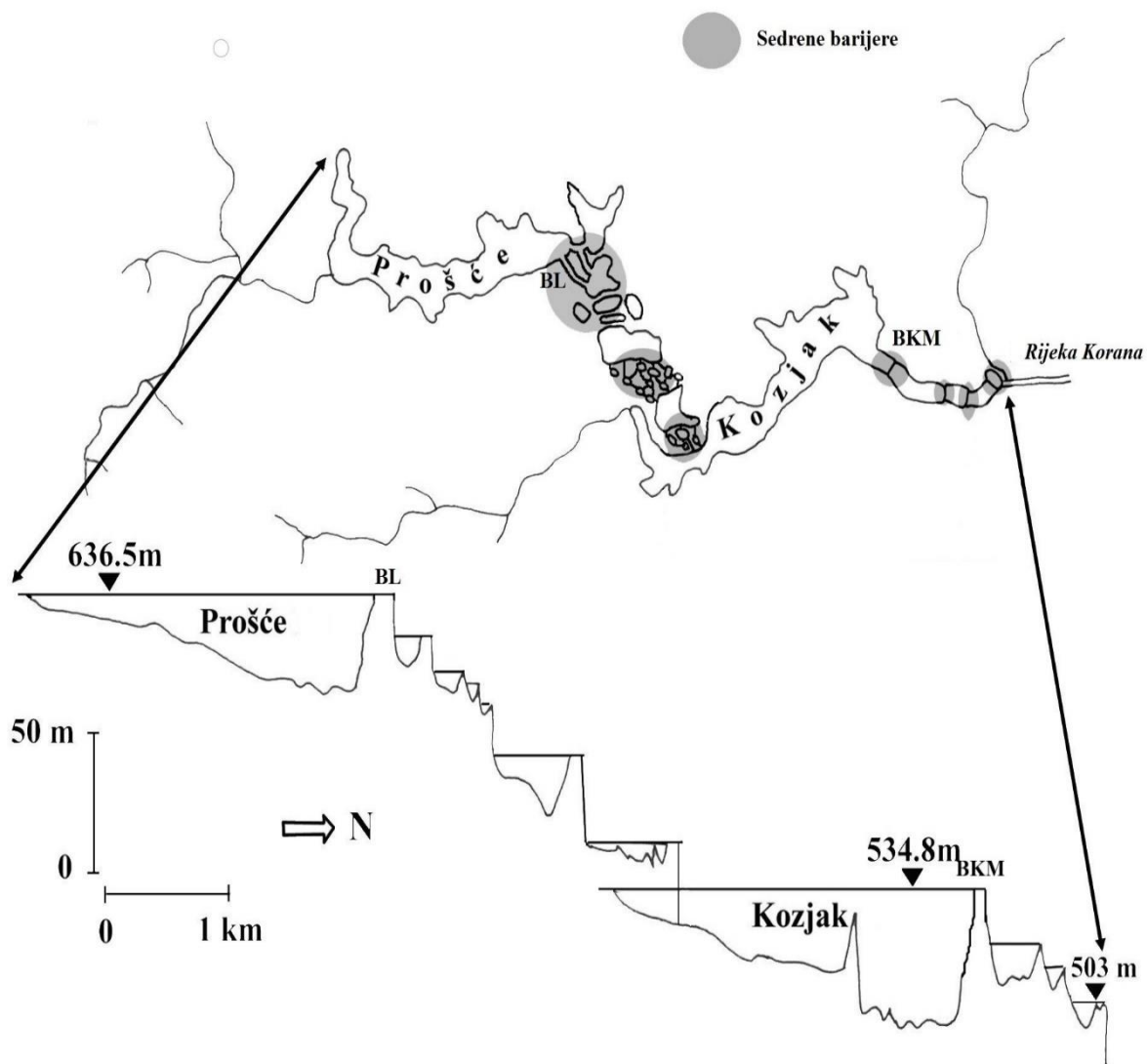
Jezera se opskrbljuju vodom iz okolnih tekućica, brojnih izvora te iz podzemlja (Riđanović 1989). Potokom Riječica dotječe veća količina vode u Jezero Kozjak, dok potokom Plitvica dotječe voda u Donja jezera (Božićević 1998). Plitvička jezera najveću količinu vode dobivaju iz Crne rijeke i Bijele rijeke koje tvore Maticu i na taj način napajaju Prošćansko jezero. Dotok vode postoji i iz više manjih izvora smještenih oko samih jezera (Božićević 1998). Maksimalni protoci vode javljaju se u proljeće i povezani su s otapanjem snijega ili s dugotrajnim kišnim periodom dok su minimalni protoci vode zabilježeni u kasno ljeto i jesen (Riđanović 1994).

3.4. Klimatska obilježja

Plitvička jezera pokazuju prijelazne karakteristike između umjereno kišne klime i snježno šumske klime iznad 500 m nadmorske visine prvenstveno radi svog položaja u središnjem-planinskom dijelu Hrvatske (Makjanić 1958). Prema Köppenovoj klimatskoj klasifikaciji na ovom području prevladava umjerena i borealna klima (Šegota i Filipčić 2003). Najveća količina padalina zabilježena je u jesenskim i zimskim mjesecima. Najhladniji mjeseci su siječanj i veljača, kada temperatura zraka može pasti i do 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 postaje unutar vodenog sustava Plitvička jezera.



Slika 3.1. Karta istraživanih postaja unutar Nacionalnog parka Plitvička jezera. BL - sedrena barijera Labudovac, BKM - sedrena barijera Kozjak-Milanovac

Opis istraživačkih postaja:

1. Sedrena barijera Labudovac (BL) - barijera između Prošćanskog jezera i jezera Okrugljak, N 44°52'17" E 15°35'59", nadmorska visina 630 m. Lotički tip staništa sa supstratom kojeg čine šljunak s razmrvljenom sedrom i mahovina na sedri (Slika 3.2).



Slika 3.2. Sedrena barijera Labudovac (Foto: M. Ivković)

2. Sedrena barijera Kozjak-Milanovac (BKM) - barijera između jezera Kozjak i jezera Milanovac, N 44°53'39" E 15°36'32", nadmorska visine 546 m. Lotički tip staništa sa supstratom kojeg čine šljunak s razmravljenom sedrom, mahovina na sedri i pijesak s muljem (Slika 3.3).



Slika 3.3. Sedrena barijera Kozjak-Milanovac (Foto: M. Miliša)

4 REZULTATI

4.1. Fizikalno-kemijski čimbenici na istraživanim postajama tijekom istraživanog razdoblja

U razdoblju od veljače 2007. do prosinca 2019. godine obavljena su mjerenja fizikalno-kemijskih čimbenika vode na sedrenim barijerama Labudovac i Kozjak-Milanovac (Tablica 4.1). Sedrena barijera Labudovac je na 84 m višoj nadmorskoj visini. Sedrena barijera Kozjak-Milanovac sadrži pijesak s muljem uz šljunak s razmrvljenom sedrom i mahovinu na sedri koji su prisutni na obje sedrene barijere. Razlika u minimalnoj temperaturi vode između barijera iznosi 0,6 °C dok je razlika u maksimalnoj temperaturi 2,4 °C odnosno temperatura raste nizvodno. Koncentracija kisika kroz trinaest godina veća je na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac dok je maksimalna vrijednost kisika izmjerena na sedrenoj barijeri Labudovac. Elektroprovodljivost i alkalitet longitudinalno se smanjuje od sedrene barijere Labudovac nizvodno do sedrene barijere Kozjak-Milanovac dok je obrnuti longitudinalni gradijent zabilježen kod pH vrijednosti koja se povećava nizvodno od sedrene barijere Labudovac do sedrene barijere Kozjak-Milanovac.

Tablica 4.1. Fizikalno kemijski čimbenici vode (min. = minimalno zabilježena vrijednost, max. = maksimalno zabilježena vrijednost) na istraživanim postajama od veljače 2007. do kraja 2019. godine.

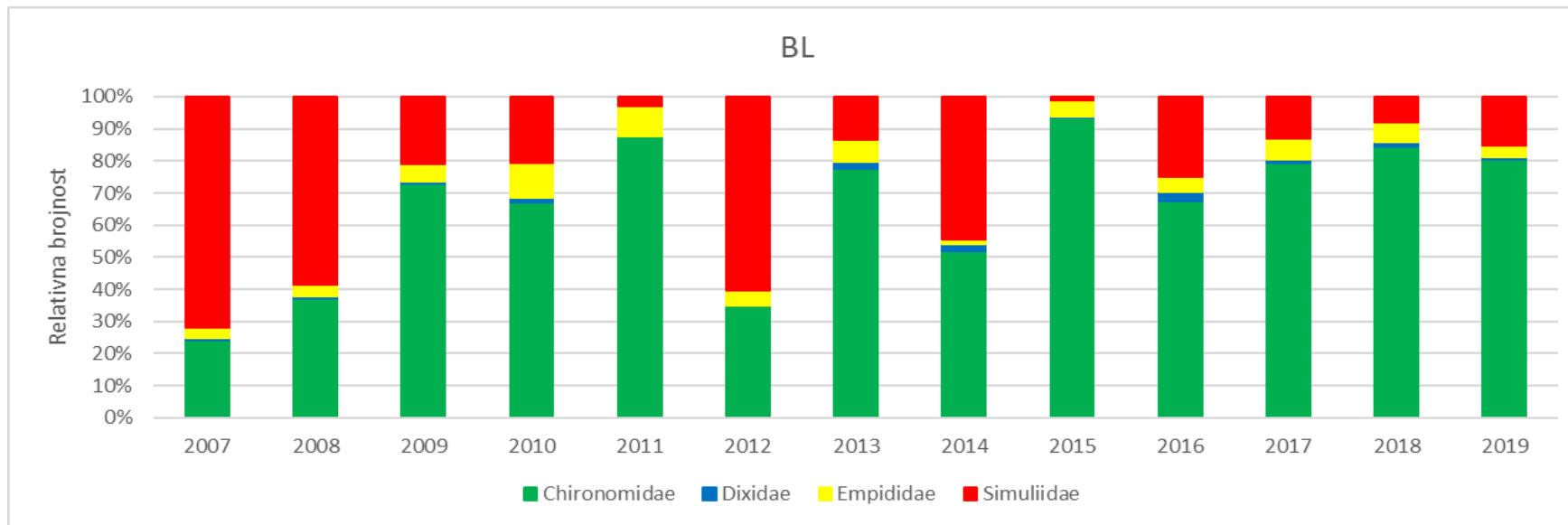
Lokacija		BL	BKM
Geografska širina		N 44°52'17'	N 44°53'39'
Geografska dužina		E 15°35'59'	E 15°36'32'
Nadmorska visina (m)		630	546
Supstrat		Šljunak s razmrvljenom sedrom, mahovina na sedri	Šljunak s razmrvljenom sedrom, mahovina na sedri, pijesak s muljem
Temperatura vode (°C)	min	2,5	3,1
	max	20,5	22,9
O ₂ (mg L ⁻¹)	min	6,7	8,7
	max	12,3	12
O ₂ (%)	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 CaCO ₃)	min	210	200
	max	260	220

4.2. Zastupljenost i rasprostranjenost porodica vodenih dvokrilaca na sedrenim barijerama Labudovac i Kozjak-Milanovac

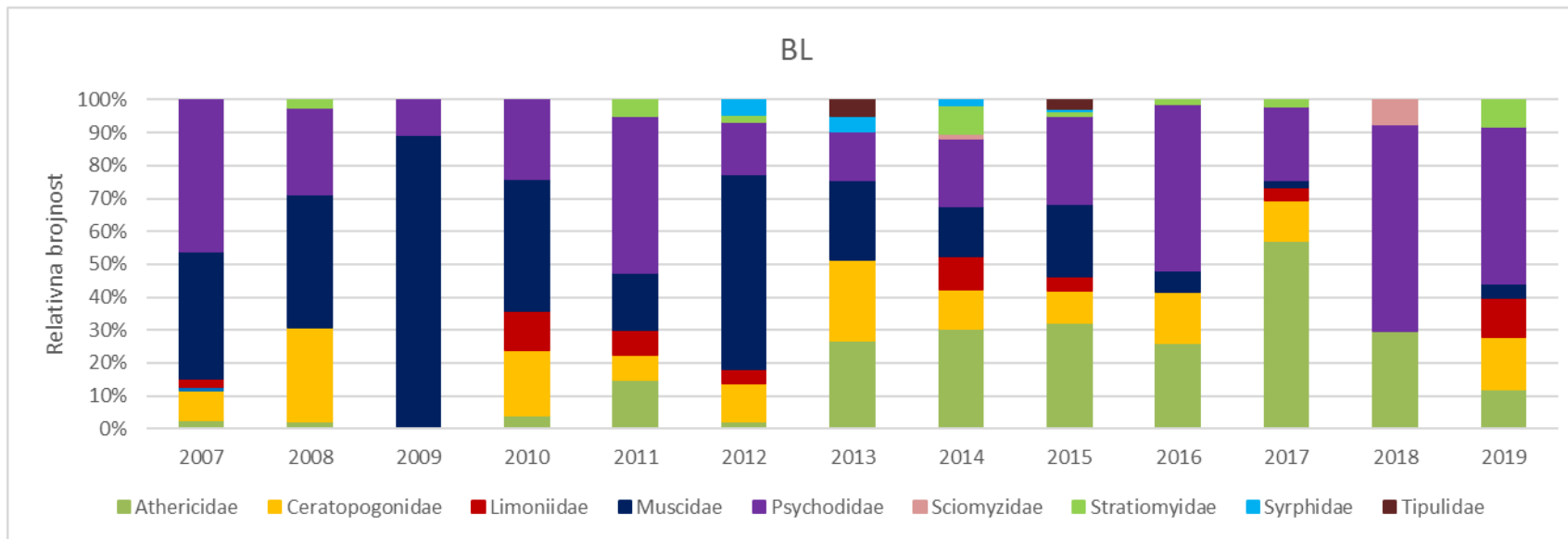
Za vrijeme trinaestogodišnjeg istraživanja pomoću pramidalnih emergencijskih klopki sakupljeno je i obrađeno te potom determinirano 79222 jedinki iz reda Diptera na sedrenoj barijeri Labudovac te 66785 jedinki na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac, ukupno 146 007 jedinki iz reda Diptera. Tijekom istraživanja zabilježeno je 13 porodica na sedrenoj barijeri Labudovac te 16 porodica na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac. Porodice Diptera prisutne na obje sedrene barijere su: Athericidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Dixidae, Empididae, Limoniidae, Muscidae, Psychodidae, Sciomyzidae, Simuliidae, Stratiomyidae, Syrphidae i Tipulidae. Na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac zabilježene su još tri porodice: Culicidae, Ephydriidae i Schatophagidae. Na obje sedrene barijere najveći broj jedinki ulovljenoj je 2007. godine na sedrenoj barijeri Labudovac 11015, a na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac 16050. Najmanje jedinki ulovljeno je 2010. g na sedrenoj barijeri Labudovac 2988, a na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac 1413 jedinki reda Diptera. Najzastupljenije porodice na obje barijere su Simuliidae i Chironomidae. Tijekom istraživanja na sedrenoj barijeri Labudovac ulovljeno je 47798 jedinki porodice Chironomidae dok je na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac ulovljeno 12284 jedinki iste porodice. Ulovljeno je 26163 jedinki porodice Simuliidae na sedrenoj barijeri Labudovac dok je na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac ulovljeno 50851 jedinki iste porodice.

4.2.1. Zastupljenost porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Labudovac

Slike 4.1a i 4.2a prikazuju relativnu brojnost i brojnost najzastupljenijih porodica vodenih dvokrilaca dok slike 4.1b i 4.2b prikazuju rekativnu brojnost i brojnost ostalih porodica na sedrenoj barijeri Labudovac u razdoblju od veljače 2007. do kraja 2019. godine.

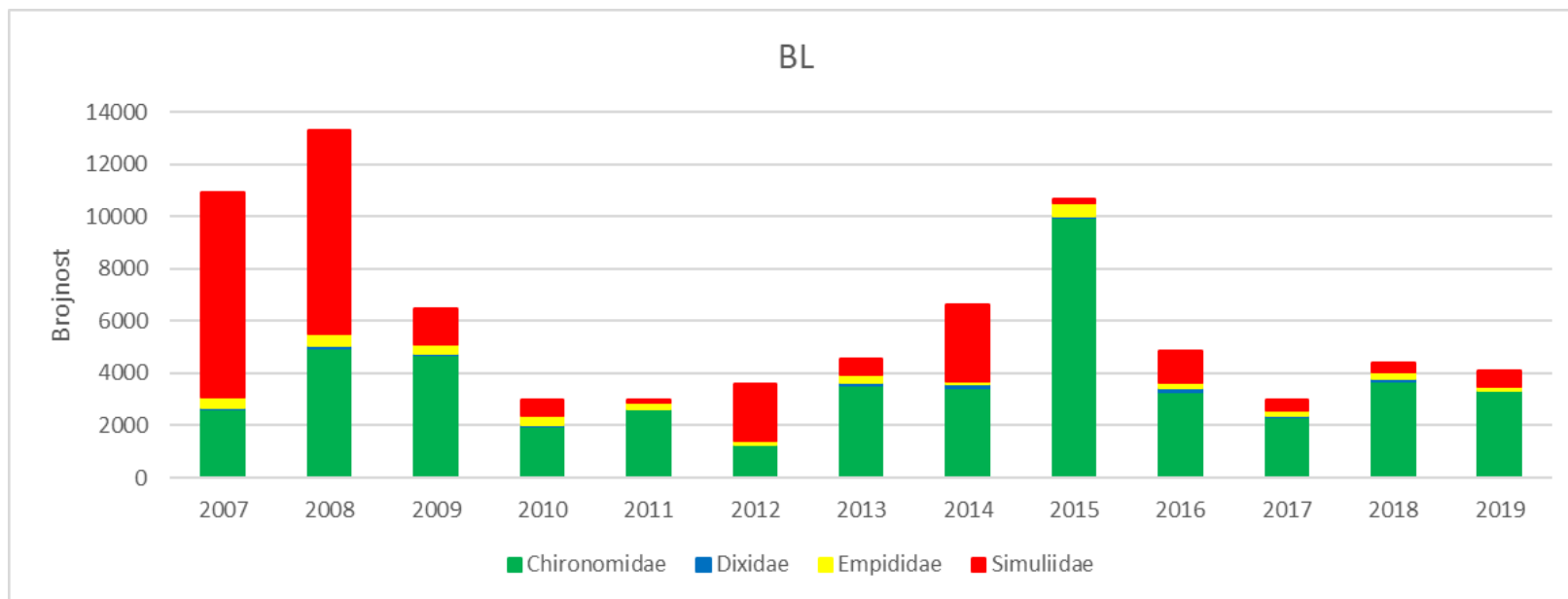


a)

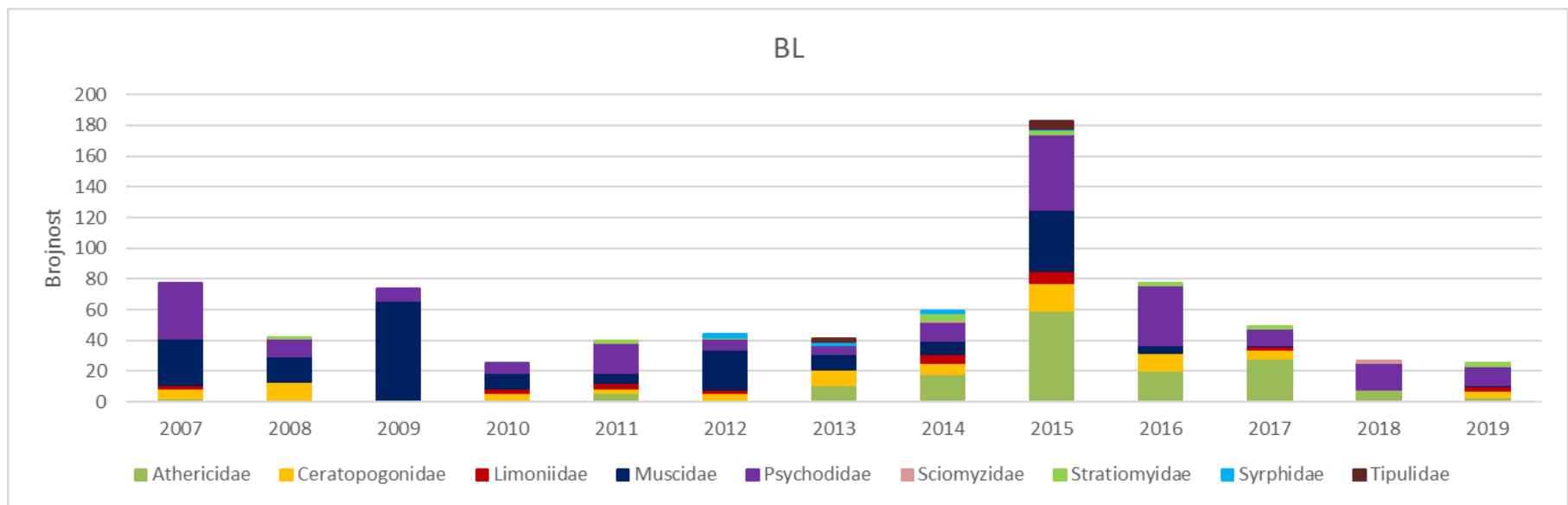


b)

Slika 4.1. Relativna brojnost jedinki a) najzastupljenijih porodica vodenih dvokrilaca b) ostalih porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Labudovac od veljače 2007. do kraja 2019. godine.



a)



b)

Slika 4.2. Brojnost jedinki a) najzastupljenijih porodica vodenih dvokrilaca b) ostalih porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Labudovac od veljače 2007. do kraja 2019. godine.

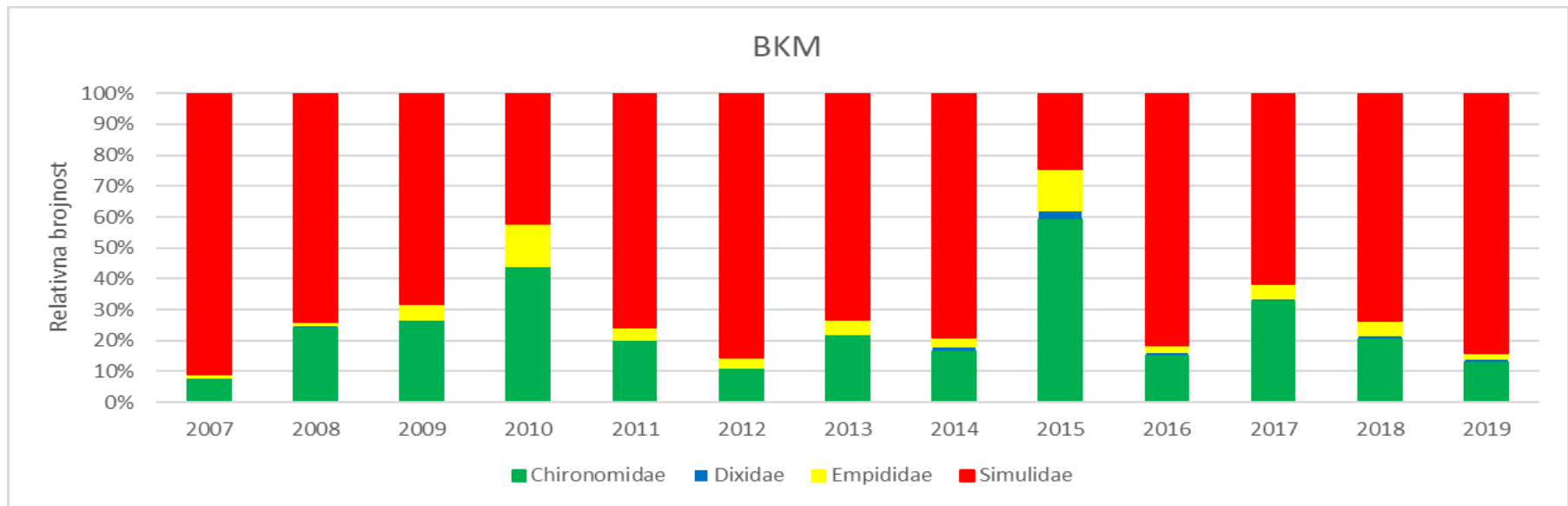
Na sedrenoj barijeri Labudovac tijekom 2007. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 11015 jedinki među kojima je 9 porodica vodenih dvokrilaca. Prevladavaju Simuliidae s 74 %, Chironomidae s 24 %, Empididae s 4 % te Athericidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Limoniidae, Muscidae i Psychodidae koje čine 1 % od ukupnoj broja jedinki. Tijekom 2008. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 13378 jedinki među kojima je 9 porodica vodenih dvokrilaca. Prevladavaju Simuliidae s 58 %, Chironomidae s 37 %, Empididae s 4 %, Dixidae s 1 % te Athericidae, Ceratopogonidae, Muscidae, Psychodidae i Stratiomyidae koje čine 1 % od ukupnog broja jedinki. Nadalje u 2009. godini emergencijskim klopama uhvaćeno je 6554 jedinki među kojima je 6 porodica vodenih dvokrilaca. Prevladavaju Chironomidae s 72 %, Simulidae s 21 %, Empididae s 5 %, Muscidae, Dixidae i Psychodidae s po 1 % svaka porodica. Tijekom 2010. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 2988 jedinki među kojima je 9 porodica vodenih dvokrilaca. Porodica Chironomidae zastupljena je s 66 %, Simulidae s 20 %, Empididae s 11 %, Dixidae s 1% te Athericidae, Ceratopogonidae, Limoniidae, Muscidae i Psychodidae čine 1 % od ukupnog broja jedinki. U 2011. godini emergencijskim klopama uhvaćeno je 3031 jedinki među kojima je 10 porodica vodenih dvokrilaca. Najzastupljenija je porodica Chironomidae s 86 %, zatim Empididae s 9 %, Simuliidae s 3 %, Muscidae i Psychodidae svaka s 1% te Athericidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Limoniidae, Muscidae, Psychodidae i Stratiomyidae koje čine 1 % od ukupnog broja jedinki. Nadalje 2012. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 3630 jedinki među kojima je 11 porodica vodenih dvokrilaca. Prevladavaju Simuliidae 60%, Chironomidae 34 %, Empididae 4 %, Muscidae 1 % te Athericidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Limoniidae, Muscidae, Psychodidae, Stratiomyidae i Syrphidae koje čine 1 % od ukupnog broja jedinki. U 2013. godini emergencijskim klopama uhvaćeno je 4577 jedinki među kojima je 10 porodica vodenih dvokrilaca. Porodica Chironomidae zastupljena je s 77 %, Simulidae 13 %, Empididae 7 %, Dixidae 2% dok Athericidae, Ceratopogonidae, Muscidae, Psychodidae, Syrphidae i Tipuliidae koje čine 1 % od ukupnog broja jedinki. Nadalje 2014. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 6703 jedinki među kojima je 12 porodica vodenih Diptera. Prevladavaju Chironomidae 52 %, Simulidae 24 %, Empididae 2 %, Dixidae 2 % potom Athericidae, Ceratopogonidae, Limoniidae, Muscidae, Psychodidae, Stratiomyidae i Syrphidae koje čine 1 % od ukupnog broja jedinki.

Na sedrenoj barijeri Labudovac tijekom 2015. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 10837 jedinki među kojima je 12 porodica vodenih dvokrilaca. Porodica Chironomidae je zasatupljena s 92 %, Empididae s 5 %, Psychodidae s 1 % dok porodice Athericidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Limoniidae, Muscidae, Psychodidae, Stratiomyidae, Syrphidae i Tipuliidae koje čine 1 % od ukupnog broja jedinki. U 2016. godini emergencijskim klopama uhvaćeno je 4957 jedinki među kojima je 9 porodica vodenih dvokrilaca. Porodica Chironomidae zastupljena je s 66 %, Simulidae s 24 %, Empididae s 5 %, Dixidae s 3 %, Psychodidae s 1 % dok porodice Athericidae, Ceratopogonidae, Muscidae, Psychodidae i Stratiomyidae čine 1 % od ukupnog broja jedinki. Nadalje 2017. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 3010 jedinki među kojima je 10 porodica vodenih dvokrilaca. Prevladavaju Chironomidae 78 %, Simulidae 13 %, Empididae 6 %, Dixidae i Athericidae s po 1 % dok porodice Ceratopogonidae, Limoniidae, Muscidae, Psychodidae i Stratiomyidae čine 1 % od ukupnog broja jedinki. U 2018. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 4409 jedinki među kojima je 7 porodica vodenih dvokrilaca. Prevladavaju Chironomidae 84 %, Simulidae 8 %, Empididae 6 %, Dixidae 1% te Athericidae, Psychodidae i Sciomyzidae koje čine 1 % od ukupnog broja jedinki. Tijekom 2019. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 4140 jedinki među kojima je 10 porodica vodenih dvokrilaca. Porodica Chironomidae zastupljena je s 80 %, Simulidae s 15 %, Empididae s 4 %, Dixidae s 1% te Athericidae, Ceratopogonidae, Limoniidae, Muscidae, Psychodidae i Stratiomyidae koje čine 1 % od ukupnog broja jedinki.

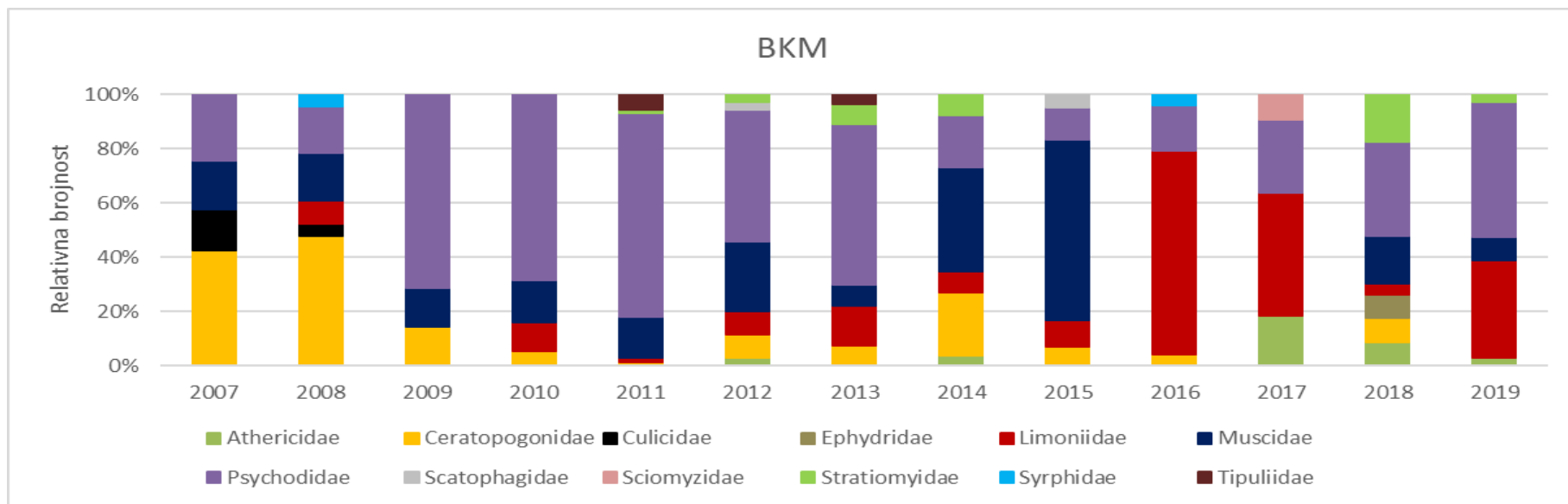
4.2.2. Zastupljenost porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac

Na slikama 4.3a i 4.4.a prikazana je realtivna brojnost i brojnost najzastupljenijih porodica vodenih dok je na slikama 4.3b i 4.4b relativna brojnost i brojnost ostalih porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac u razdoblju od veljače 2007. do kraja 2019. godine.

Na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac tijekom 2007. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 16 051 jedinki među kojima je 8 porodica vodenih dvokrilaca. Prevladavaju Simuliidae 91 %, Chironomidae 7,7 %, Empididae 1 % dok porodice Dixidae, Ceratopogonidae, Culicidae, Muscidae i Psychodidae čine 0,3 % od ukupnog broja jedinki. Tijekom 2008. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 8234 jedinki među kojima je 10 porodica vodenih dvokrilaca. Porodica Simuliidae zastupljena je s 74 %, Chironomidae s 24 %, Empididae s 1 % te Ceratopogonidae, Culicidae, Dixidae, Limoniidae, Muscidae, Psychodidae i Syrphidae koje čine 1 % od ukupnog broja jedinki. Nadalje 2009. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 2816 jedinki među kojima je 7 porodica vodenih dvokrilaca. Prevladavaju Simuliidae s 68 %, Chironomidae s 26 %, Empididae s 5 %, Dixidae s 1 % te Ceratopogonidae, Muscidae i Psychodidae koje zauzimaju 1 % od ukupnog broja jedinki. U 2010. godini emergencijskim klopama uhvaćeno je 1413 jedinki među kojima je 8 porodica vodenih dvokrilaca. Prevladavaju Chironomidae s 43 %, Simuliidae s 42 %, Empididae s 13 %, Psychodidae s 1% dok porodice Ceratopogonidae, Dixidae, Limoniidae i Muscidae čine 1 % od ukupnog broja jedinki. Nadalje 2011. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 4661 jedinki među kojima je 10 porodica vodenih Diptera. Prevladavaju Simuliidae 75 %, Chironomidae 20 %, Empididae 4 % dok porodice Ceratopogonidae, Dixidae, Limoniidae, Muscidae, Psychodidae, Stratiomyidae i Tipuliidae čine 1 % od ukupnog broja jedinki. Tijekom 2012. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 3216 jedinki među kojima je 11 porodica vodenih dvokrilaca. Prevladavaju Simuliidae 85 %, Chironomidae 11 %, Empididae 3 %, Psychodidae 1 % te Athericidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Limoniidae, Muscidae, Psychodidae, Scatophagidae i Stratiomyidae koje čine 1 % od ukupnog broja jedinki. Nadalje 2013. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 5780 jedinki među kojima je 10 porodica vodenih dvokrilaca. Prevladavaju Simuliidae 73 %, Chironomidae 22 %, Empididae 5 % te Ceratopogonidae, Dixidae, Limoniidae, Muscidae, Psychodidae, Stratiomyidae i Tipuliidae koje čine 1 % od ukupnog broja jedinki.

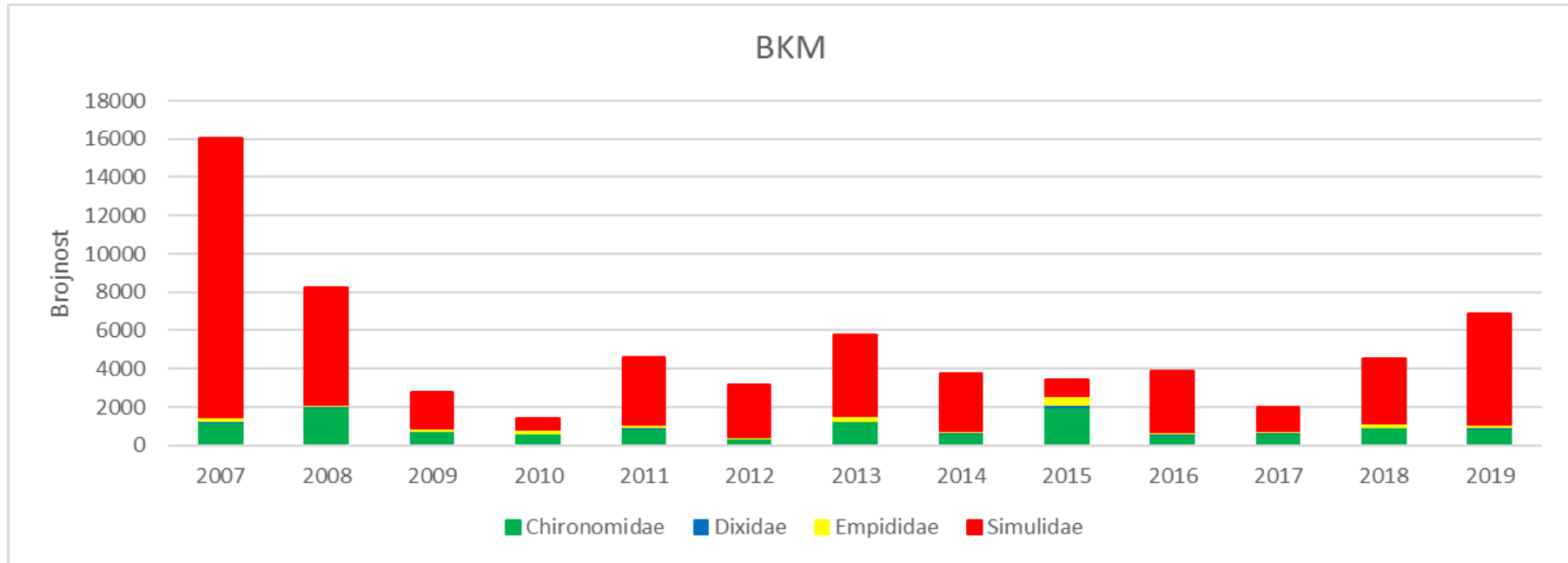


a)

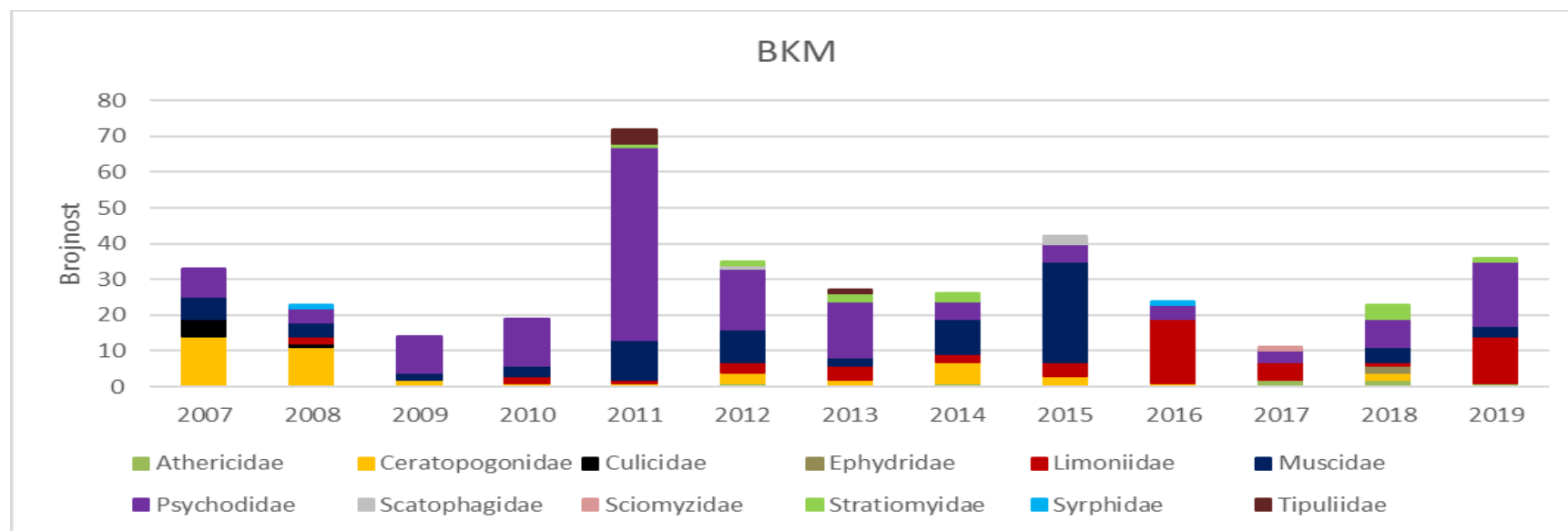


b)

Slika 4.3. Relativna brojnost jedinki a) najzastupljenijih porodica vodenih dvokrilaca b) ostalih porodica na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac od veljače 2007. do kraja 2019.godine.



a)



b)

Slika 4.4. Brojnost jedinki a) porodica vodenih dvokrilaca b) ostalih porodica na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac od veljače 2007. do kraja 2019.godine.

U 2014. godini emergencijskim klopama uhvaćeno je 3773 jedinki među kojima je 10 porodica vodenih dvokrilaca. Porodica Simuliidae zastupljena je s 78 %, Chironomidae s 17 %, Empididae s 3 %, Dixidae s 2 % te Athericidae, Ceratopogonidae, Limoniidae, Muscidae, Psychodidae i Stratiomyidae koje čine tek 1 % od ukupnog broja jedinki. Nadalje 2015. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 3442 jedinki među kojima je 9 porodica vodenih dvokrilaca. Prevladavaju Chironomidae 59 %, Simuliidae 24 %, Empididae 13 %, Dixidae 3 % dok porodice Ceratopogonidae, Limoniidae, Muscidae, Psychodidae i Scatophagidae čine tek 1 % od ukupnog broja jedinki. Na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac tijekom 2016. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 3933 jedinki među kojima je 8 porodica vodenih dvokrilaca. Porodica Simuliidae zastupljena s 81 %, Chironomidae s 15 %, Empididae s 2 %, Dixidae s 1 % te Ceratopogonidae, Limoniidae, Muscidae i Syrphidae koje čine 1 % od ukupnog broja jedinki. U 2017. godini emergencijskim klopama uhvaćeno je 1991 jedinki među kojima je 8 porodica vodenih dvokrilaca. Porodica Simuliidae zastupljena je s 61 %, Chironomidae s 33 %, Empididae s 4 %, Dixidae s 1 % te Athericidae, Limoniidae, Psychodidae i Sciomyzidae koje čine 1 % od ukupnog broja jedinki. Nadalje 2018. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 6943 jedinki među kojima je 11 porodica vodenih dvokrilaca. Prevladavaju Simuliidae 73 %, Chironomidae 21 %, Empididae 5 %, Dixidae 1 % te Athericidae, Ceratopogonidae, Ephydeidae, Limoniidae, Muscidae, Psychodidae i Stratiomyidae koje čine 1 % od ukupnog broja jedinki. Tijekom 2019. godine emergencijskim klopama uhvaćeno je 6943 jedinki među kojima je 9 porodica vodenih dvokrilaca. Prevladavaju Simuliidae 84 %, Chironomidae 13 %, Empididae 2 %, Dixidae 1 % dok porodice Athericidae, Limoniidae, Muscidae, Psychodidae i Stratiomyidae čine 1 % od ukupnog broja jedinki.

4.3. Raznolikost i sličnost porodica vodenih dvokrilaca na istraživanim postajama u razdoblju od 2007. do 2019. godine

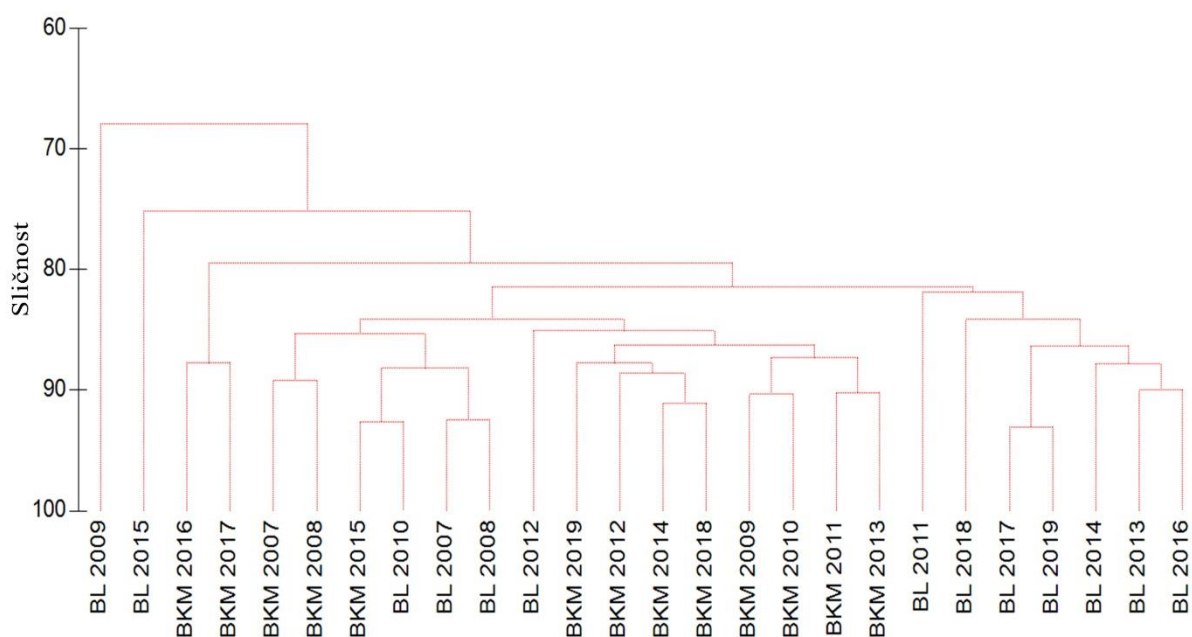
Sedrene barijere Labudovac i Kozjak-Milanovac se međusobno razlikuju u broju vrsta, jedinki i u sastavu zajednice porodica reda Diptera. Razlike između pojedinih istraživanih lokacija u razdoblju od 2007. do 2019. godine utvrđene su indeksima raznolikosti i ujednačenosti (Tablica 4.2).

Tablica 4.2. Indeksi raznolikosti porodica reda Diptera na istraživanim postajama tijekom istraživanog razdoblja (S - broj porodica, N - broj jedinki, J' - Pielouov indeks, H' - Shannon-Wienerov indeks, 1-D - Simpsonov indeks).

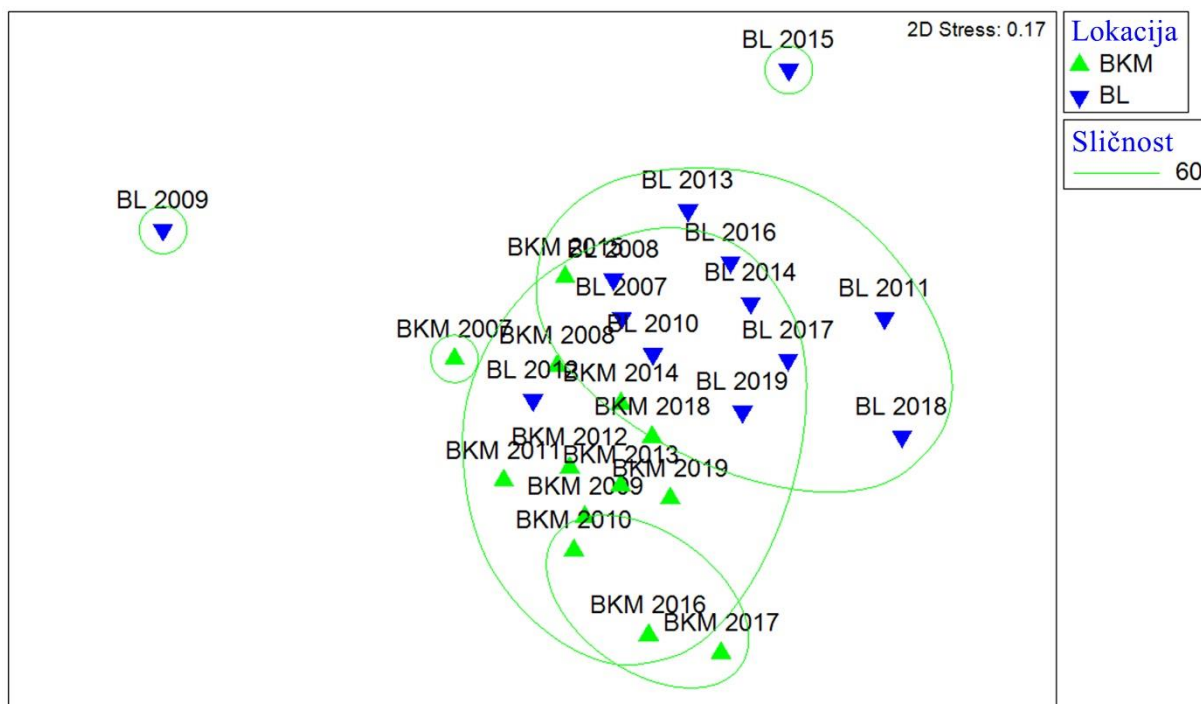
	S	N	J'	H'(log _e)	1-D
BKM 2007	8	16050	0,176	0,366	0,172
BKM 2008	10	8234	0,290	0,668	0,397
BKM 2009	7	2816	0,421	0,819	0,467
BKM 2010	8	1413	0,521	1,084	0,621
BKM 2011	10	4661	0,328	0,756	0,402
BKM 2012	11	3216	0,239	0,574	0,271
BKM 2013	10	5780	0,327	0,752	0,421
BKM 2014	10	3773	0,304	0,699	0,357
BKM 2015	9	3442	0,496	1,089	0,580
BKM 2016	8	3933	0,302	0,629	0,321
BKM 2017	8	1991	0,421	0,875	0,513
BKM 2018	11	4533	0,323	0,776	0,417
BKM 2019	9	6943	0,262	0,575	0,285
BL 2007	9	11015	0,349	0,767	0,433
BL 2008	9	13371	0,388	0,854	0,520
BL 2009	6	6554	0,450	0,806	0,434
BL 2010	9	2988	0,435	0,955	0,506
BL 2011	10	3031	0,230	0,530	0,244
BL 2012	11	3630	0,370	0,887	0,522
BL 2013	10	4577	0,344	0,792	0,386
BL 2014	12	6703	0,362	0,899	0,539
BL 2015	12	10837	0,159	0,396	0,153
BL 2016	9	4957	0,431	0,946	0,496
BL 2017	10	3010	0,335	0,770	0,370
BL 2018	7	4409	0,315	0,613	0,284
BL 2019	10	4140	0,283	0,652	0,334

Najveću raznolikost imala je sedrena barijera Kozjak-Milanovac 2010. godine, odnosno Pielouov indeks, Shannon-Wienerov indeks i Simpsonov indeks. Najveći broj porodica, 12 porodica, nađeno je 2014. i 2015 g. na sedrenoj barijeri Labudovac. Najveći broj jedinki porodica vodenih dvokrilaca, 16 050 jedinki, nađeno je na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac 2007. godine.

Na slikama 4.5 i 4.6 prikazana je sličnost zajednica porodica reda Diptera na istraživanim postajama u razdoblju od 2007. do 2019. godine, prvo klaster analizom potom NMDS analizom. Sedrena barijera Labudovac 2009. godine te ponovno sedrena barijera Labudovac 2015. godine također izdvojena od ostalih dok se sve preostale lokacije i godine grupiraju zajedno.



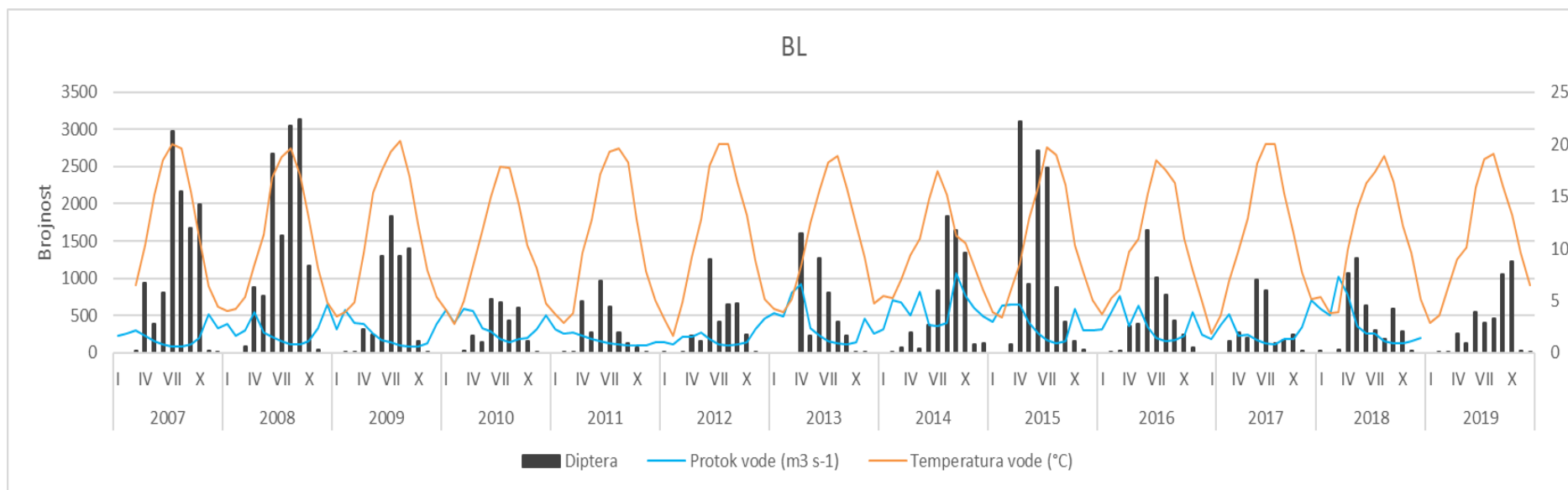
Slika 4.5. Klaster analiza sličnost (Bray-Curtis indeks sličnosti) uzoraka po lokacijama i godinama u razdoblju od 2007. do 2019. godine.



Slika 4.6. NMDS sličnosti porodica reda Diptera u razdoblju od 2007. do 2019. godine na sedrenim barijerama Labudovac (BL) i Kozjak-Milanovac (BKM).

4.4. Fenološke značajke porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Labudovac u razdoblju od 2007. do 2019. godine

Na sedrenoj barijeri Labudovac kroz sve godine dominirala je porodica Chironomidae osim 2008. i 2009. godine kad dominira porodica Simuliidae. Emergencija obično svoj vrhunac doseže u šestom i sedmom mjesecu. 2008. godine zabilježeno je najviše jedinki dok je 2010. godine zabilježeno najmanje jedinki. Uz navedene porodice, po brojnosti, značajne su još porodice Dixidae i Empididae dok je broj ostalih porodice značajno manji. Protok vode 2011. godine bio je niži od prosječnog, a 2017. godine zabilježena je viša temperatura vode te je u oba slučaja zabilježen pad broja jedinki. Vrhunci emergencije podudaraju se s višim temperaturama i nižim protocima vode (Slika 4.7).



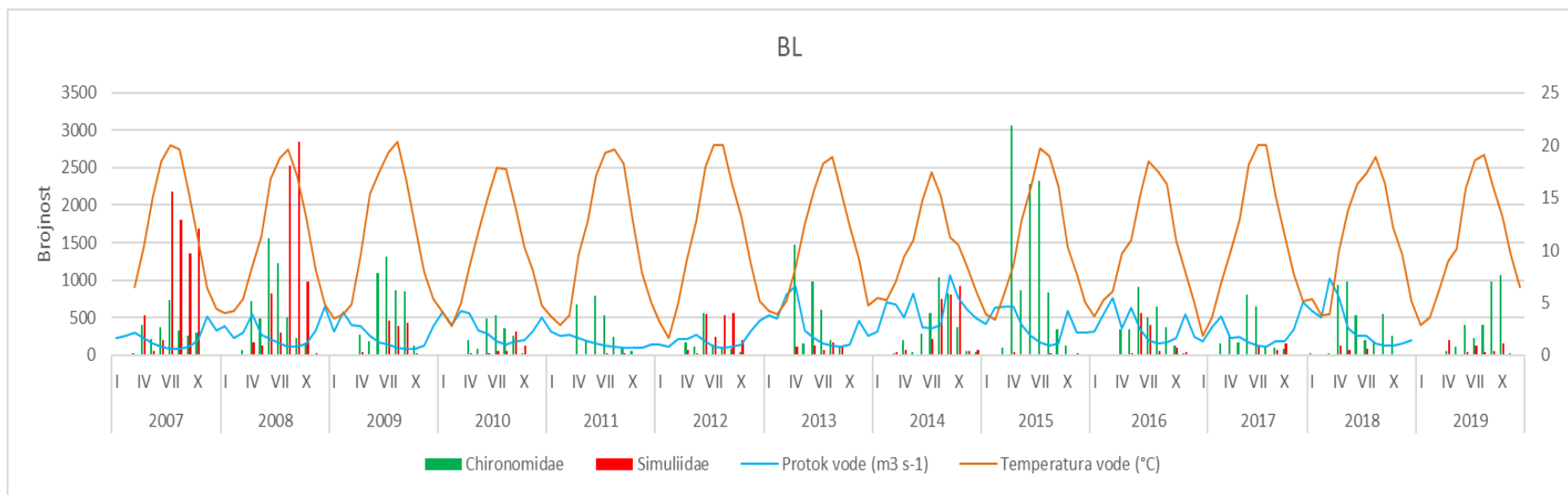
Slika 4.7. Fenološke značajke vodenih dvokrilaca, srednji mjesečni protok vode i srednja mjesečna temperatura vode na sedrenoj barijeri Labudovac.

4.5. Emergencija porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Labudovac

Najzastupljenije porodice od ukupno 13 zabilježenih porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Labudovac su: Chironomidae, Simuliidae, Empididae, Dixidae, Muscidae, Athericidae i Psychodidae.

4.5.1. Simuliidae i Chironomidae

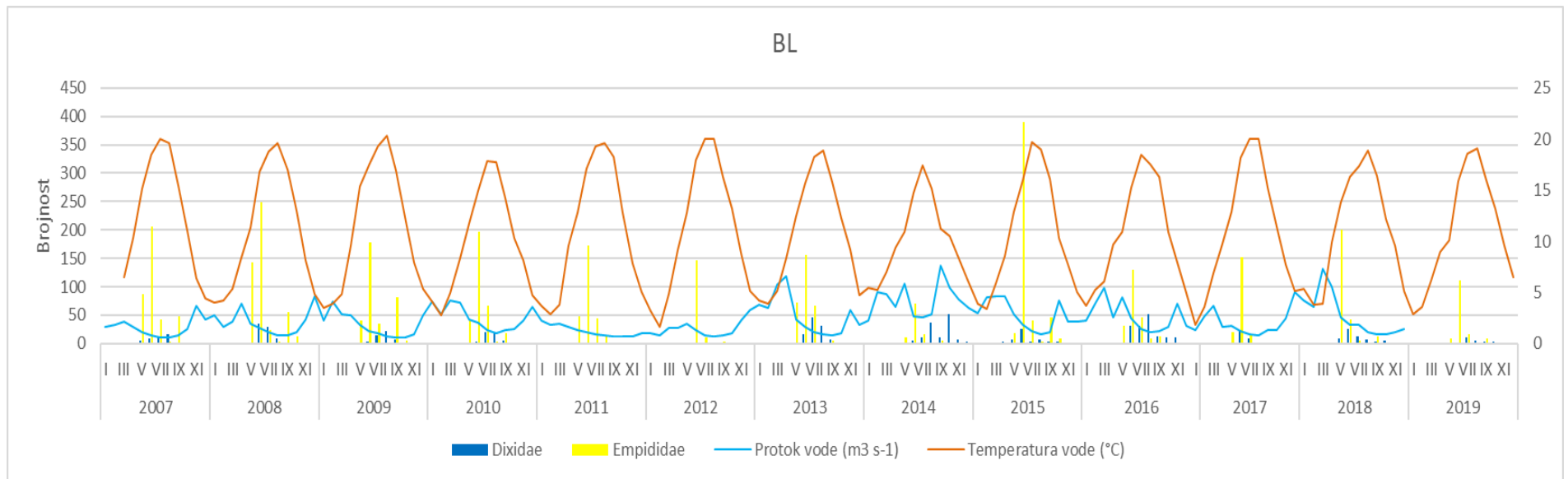
Na slici 4.8 prikazana je emergencija porodica Simuliidae i Chironomidae na sedrenoj barijeri Labudovac te srednje mjesečne temperature i protok vode u razdoblju od 2007. do 2019. godine. Emergencija obje porodice započinje najčešće u 3. mjesecu, rjeđe u 2. mjesecu te iznimno kod porodice Chironomidae 2012. i 2018 godine u 1. mjesecu dok je kod porodice Simuliidae zabilježen početak emergencije u 4. mjesecu 2009., 2011. i 2013. godine. Emergencija obje porodice najčešće završava u 11. mjesecu, rjeđe u 12. mjesecu 2007., 2014. i 2019. godine te iznimno u 10. mjesecu kad je zabilježen završetak emergencije kod porodice Simuliidae. Na sedrenoj barijeri Labudovac brojnošću prevladavaju porodica Chironomidae osim 2007. i 2008. godine kada dominira porodica Simuliidae. 2007. godine zabilježeno je najviše jedinki porodice Simuliidae, a 2015. godine najviše jedinki porodice Chironomidae. Emergenciji ovih porodica pogoduje viša temperatura vode i niži protok vode, iznimke su 2011. i 2012. godina kada zbog ekstremno niskog protoka vode nije zabilježen veliki broj navedenih porodica dok je 2015. godine zabilježen nagli porast broja jedinki porodice Chironomidae koji ne prati niži protok vode.



Slika 4.8. Emergencija porodice Chironomidae i Simuliidae, srednja mjesečna temperatura i protok vode na sedrenoj barijeri Labudovac.

4.5.2. Dixidae i Empididae

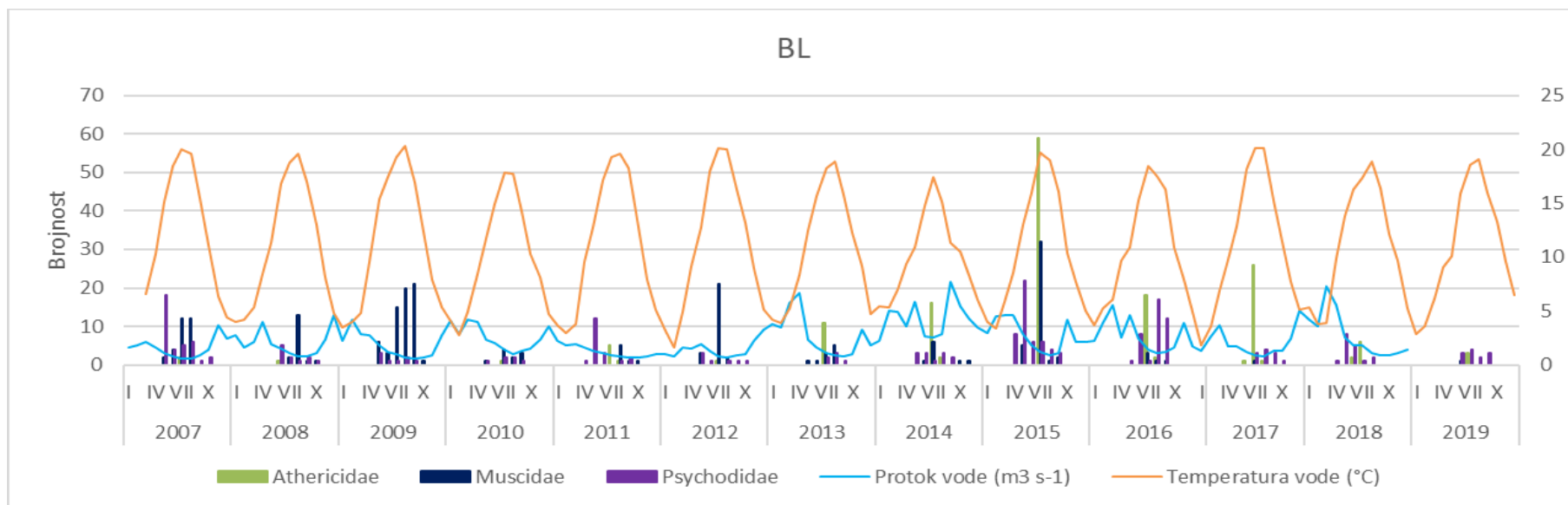
Na slici 4.9 prikazana je emergencija porodica Dixidae i Empididae na sedrenoj barijeri Labudovac te srednje mjesečne temperature i protok vode u razdoblju od 2007. do 2019. godine. Emergencija porodice Dixidae započinje između 4. do 6. mjeseca, a završava između 9. do 11. mjeseca. Iznimke su 2011. i 2012. kad se porodica Dixidae pojavljuje samo u 10. mjesecu i 9. mjesecu te 2014. godina kada emergencija ove porodice traje do 12. mjeseca. Emergencija porodice Empididae započinje u 5. mjesecu, a završava između 9. do 11. mjeseca. Najveći skok u broju jedinki porodice Empididae zabilježen je 2015. godine. Porast broja jedinki prati višu temperaturi i niži protok vode iznimke su 2011. i 2012. godina kad je zabilježen ekstremno niski protok vode dok je 2014. godine došlo do porasta broja jedinki porodice Dixidae s porastom razine protoka vode.



Slika 4.9. Emergencija porodice Dixidae i Empididae, srednja mjesečna temperatura i protok vode na sedrenoj barijeri Labudovac.

4.5.3. Athericidae, Muscidae i Psychodidae

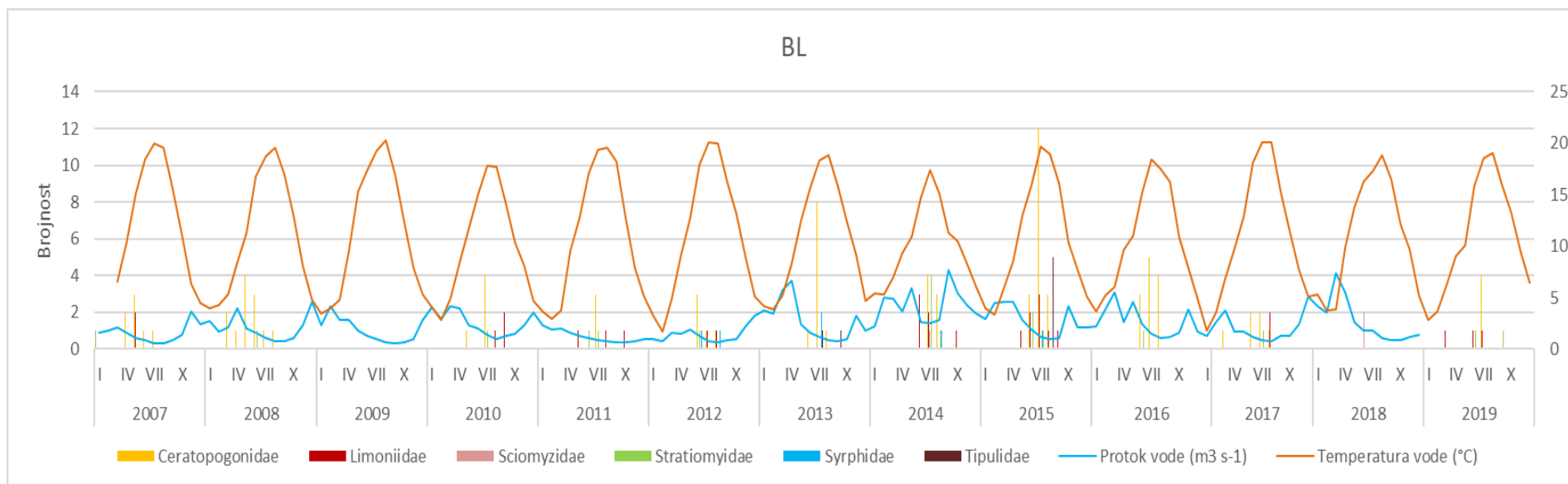
Na slici 4.10 prikazana je emergencija porodica Muscidae i Psychodidae na sedrenoj barijeri Labudovac te srednje mjesečne temperature i protok vode u razdoblju od 2007. do 2019. godine. Emergencija porodice Muscidae započinje od 5. do 7. mjeseca iznimka je 2011. godina kad emergencija počinje najkasnije, u 8. mjesecu dok završava u 8. do 10. mjesecu iznimka je 2014. godina kad emergencija završava u 11. mjesecu. Kod porodice Psychodidae emergencija najčešće započinje u 4. do 6. mjesecu iznimka je 2017. godina kada započinje u 7. mjesecu dok završava u 9. i 10. mjesecu gdje je iznimka 2018. godina kada završava u 8. mjesecu. 2017. i 2019. godine zabilježena je samo jedna jedinka porodice Muscidae dok je 2018. godine nije zabilježena ni jedna jedinka. 2015., 2016. i 2017. zabilježen je skok u broju jedinki porodice Athericidae u odnosu na ostale navedene porodice. Jedinke porodice Athericidae prisutne su u svim osim 2009. godine, emergencija im započinje i završava najčešće u 6. i 7. mjesecu, iznimno 2017. godine kad počinje u 6. mjesecu te završava u 8. mjesecu. Porast broja jedinki prati višu temperaturu i niži protok vode.



Slika 4.10. Emergencija porodice Athericidae, Muscidae i Psychodidae srednja mjesečna temperatura i protok vode na sedrenoj barijeri Labudovac.

4.5.4. Ostale porodice

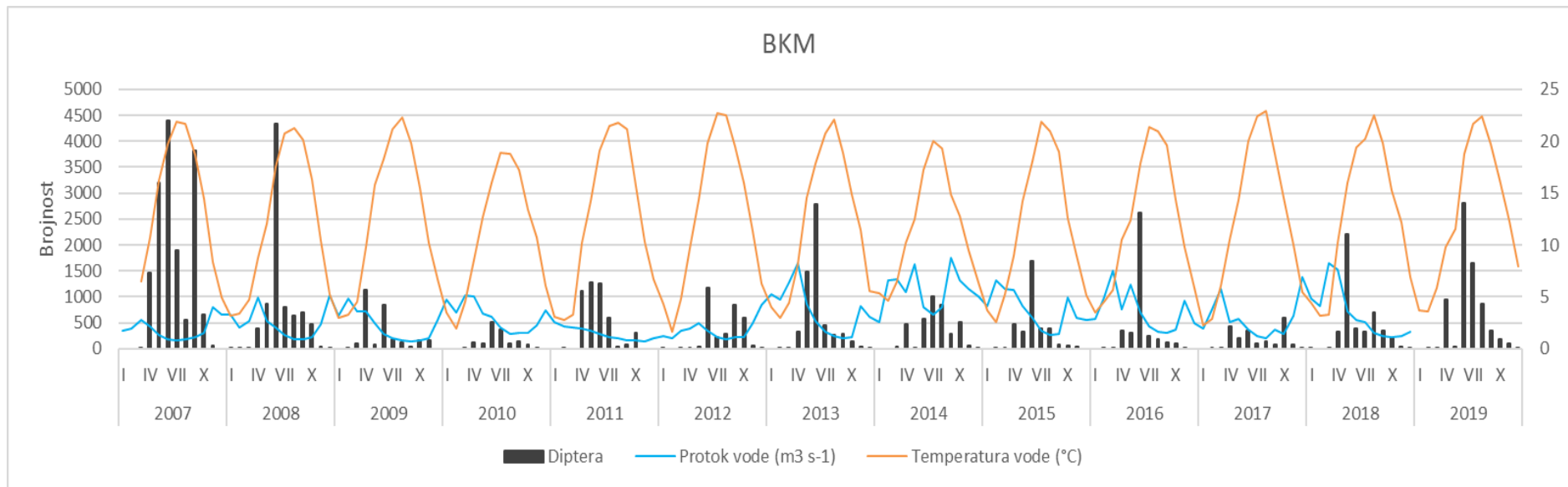
Na slici 4.11 prikazana je emergencija ostalih porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Labudovac te srednje mjesečne temperature i protok vode u razdoblju od 2007. do 2019. godine. Tijekom ispitivanog razdoblja na Barijeri Labudovac zabilježene su porodice: Ceratopogonidae, Limoniidae, Sciomyzidae, Stratiomyidae, Syrphidae i Tipulidae. 2009. godine nije zabilježena ni jedna od navedenih porodica dok su tijekom ostalih godina najčešće prisutne porodice Ceratopogonidae i Limoniidae. Jedinke porodice Athericidae prisutne su u svim osim 2009. godine, emergencija im započinje i završava najčešće u 6. i 7. mjesecu, iznimno 2017. kad počinje u 6. mjesecu te završava u 8. mjesecu. Kod jedinki porodice Ceratopogonidae emergencija najčešće započinje od 3. do 7. mjeseca te završava u 8. mjesecu. Početak emergencije kod porodice Limoniidae zabilježen je od 3. do 7. mjeseca dok je kraj zabilježen od 8. do 10. mjeseca. Jedinke porodice Sciomyzidae zabilježene su u 7. mjesecu 2014. i 6. mjesecu 2018. godine dok je kod porodica Stratiomyidae zabilježen početak i kraj emergencije u 6. i 7. mjesecu osim 2014. i 2019. godine kad je kraj zabilježen u 8. i 11. mjesecu. Jedinke porodica Syrphidae i Tipulidae zabilježene su u svega tri godine od cijelog ispitivanog razdoblja. Emergencije bilježe vrhunac za vrijeme viših temperatura i nižih protoka vode.



4.11. Emergencija ostalih porodica, srednja mjesečna temperatura i protok vode na sedrenoj barijeri Labudovac

4.6. Fenološke značajke porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac u razdoblju od 2007. do 2019. godine

Na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac kroz sve godine dominirala je porodica Simuliidae. Emergencija obično doseže svoj vrhunac u šestom i sedmom mjesecu. 2007. godine zabilježeno je najviše jedinki dok je 2010. godine zabilježeno najmanje jedinki. Porodice Dixidae i Empididae su također značajne po brojnosti. Emergencije dosežu vrhunac za vrijeme viših temperatura i nižih protoka vode (Slika 4.12).



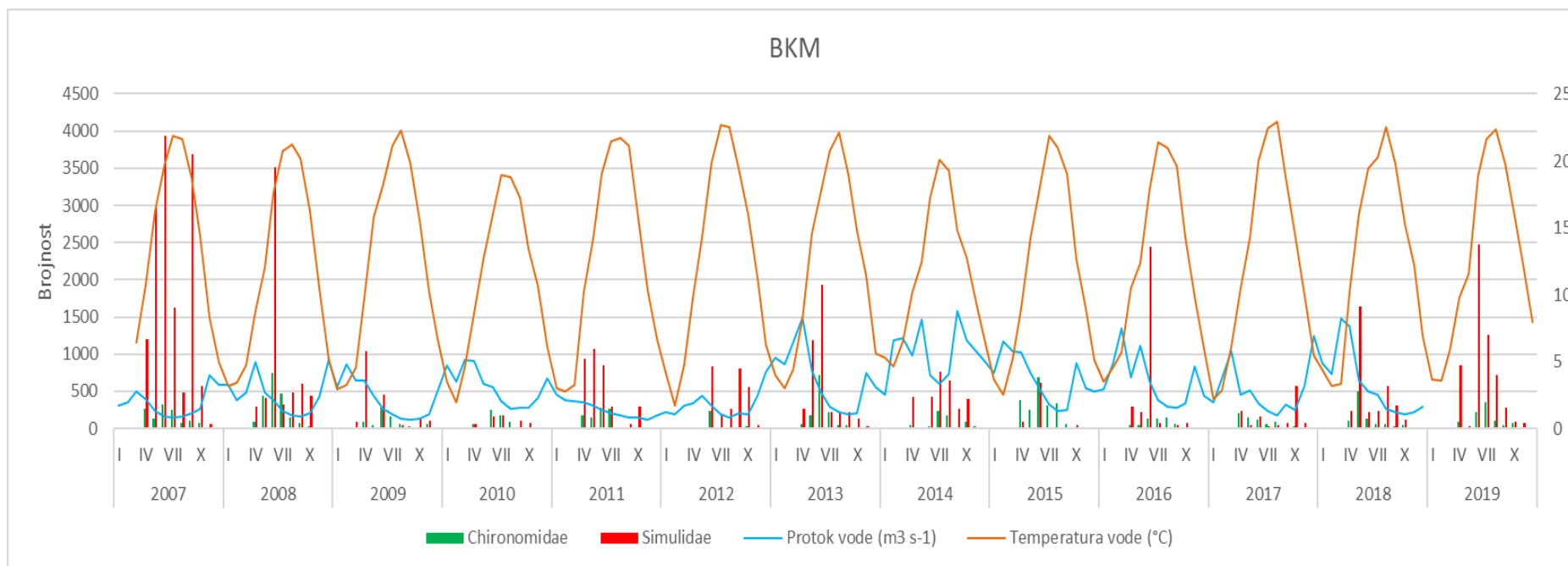
Slika 4.12. Fenološke značajke vodenih dvokrilaca, srednji mjesečni protok vode i srednja mjesečna temperatura vode na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac.

4.7. Emergencija porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac

Najzastupljenije porodice od ukupno 16 zabilježenih porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Labudovac su: Chironomidae, Simuliidae, Empididae, Dixidae, Muscidae i Psychodidae.

4.7.1. Chironomidae i Simuliidae

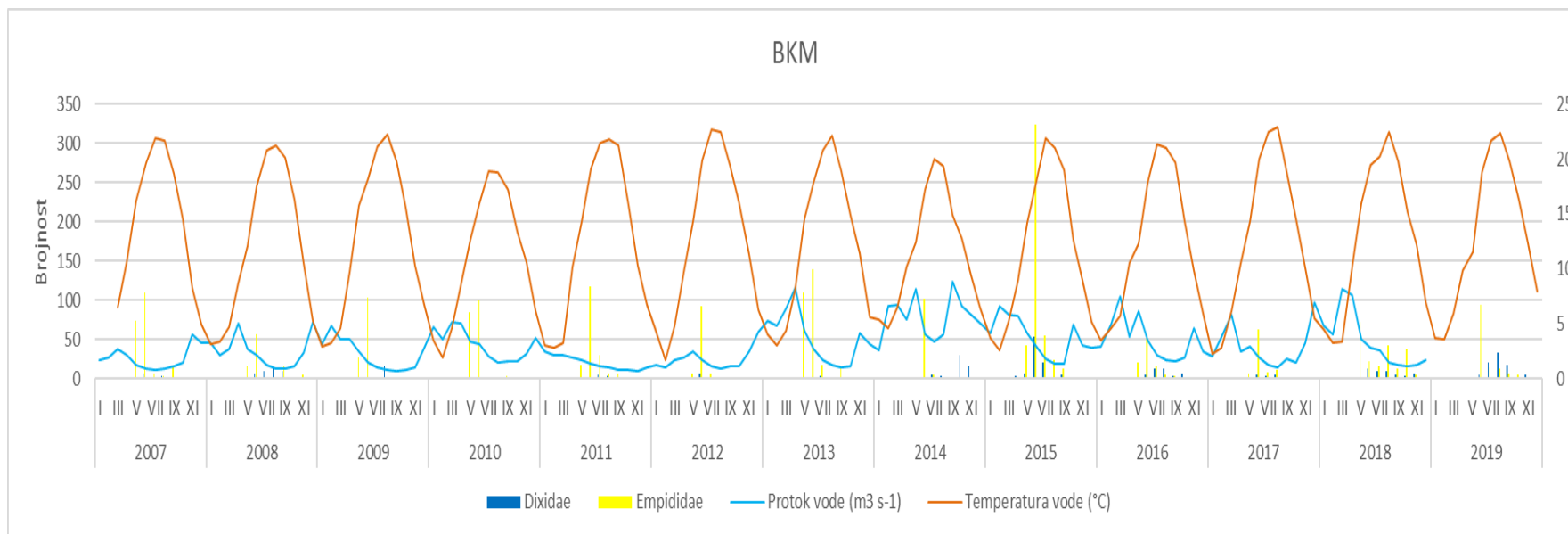
Na slici 4.11 prikazana je emergencija porodica Chironomidae i Simuliidae na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac te srednje mjesečne temperature i protok vode u razdoblju od 2007. do 2019. godine. Kod porodice Chironomidae emergencija najčešće počinje u 2. i 3. mjesecu iznimno 2008. i 2018. godine kad započinje u 1. mjesecu te 2007. godine kad započinje u 4. mjesecu. Kod jedinki ove porodice emergencija najčešće završava u 11. mjesecu rjeđe u 12. mjesecu dok 2011. završava u 10. mjesecu. Kod jedinki porodice Simuliidae emergencija počinje u 3. i 4. mjesecu, rjeđe u 2. mjesecu te iznimno 2008. godine u 1. mjesecu. Kod jedinki ove porodice emergencija završava u 11. i 12. mjesecu te iznimno 2011. godine završava u 10. mjesecu. Kroz ispitivano razdoblje na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac dominira porodica Simuliidae u odnosu na ostale porodice i porodicu Chironomidae. 2010. godine zabilježeno je najmanje jedinki obje porodice dok je 2007 brojnost jedinki porodice Simuliidae u odnosu na Chironomidae bio najveći. Kroz cijelo ispitivano razdoblje emergenciji ovih porodica pogoduje viša temperatura vode i niži protok vode.



Slika 4.13. Emergencija porodica Chironomidae i Simuliidae, srednja mjesečna temperatura i protok vode na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac.

4.7.2. Dixidae i Empididae

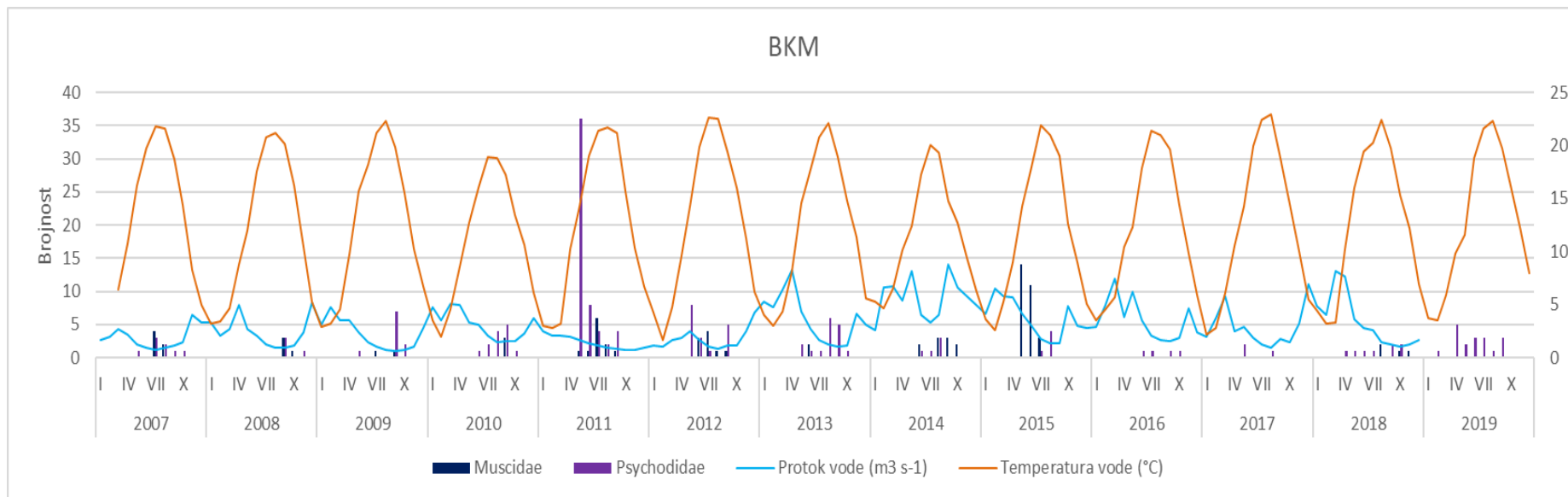
Na slici 4.14 prikazana je emergencija porodica Dixidae i Empididae na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac te srednje mjesečne temperature i protok vode u razdoblju od 2007. do 2019. godine. Kod porodice Dixidae emergencija najčešće započinje u 4. do 6. mjesecu iznimke su 2013. i 2019. godina kad je zabilježen početak emergencije u 2. mjesecu te 2010. u 7. mjesecu. Kraj emergencije ove porodice najčešće je u 11. mjesecu, a iznimno 2014. godine je kraj emergencije zabilježen u 12. mjesecu. Kod porodice Empididae emergencija započinje najčešće u 5. mjesecu iznimno u 1. i 2. mjesecu 2012. i 2013. godine. Tijekom cijelog razdoblja istraživanja emergenciji porodice Empididae pogoduje viša temperatura vode i niži protok vode dok je kod porodice Dixidae kod većih protoka, poput 2014. i 2015. godine zabilježen veći broj jedinki koje su emigrirale. 2010. godine zabilježen je najmanji broj jedinki porodice Dixidae, a 2015. godine najveći broj jedinki obje porodice.



Slika 4.14. Emergencija porodica Dixidae i Empididae, srednja mjesečna temperatura i protok vode na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac.

4.7.3. Muscidae i Psychodidae

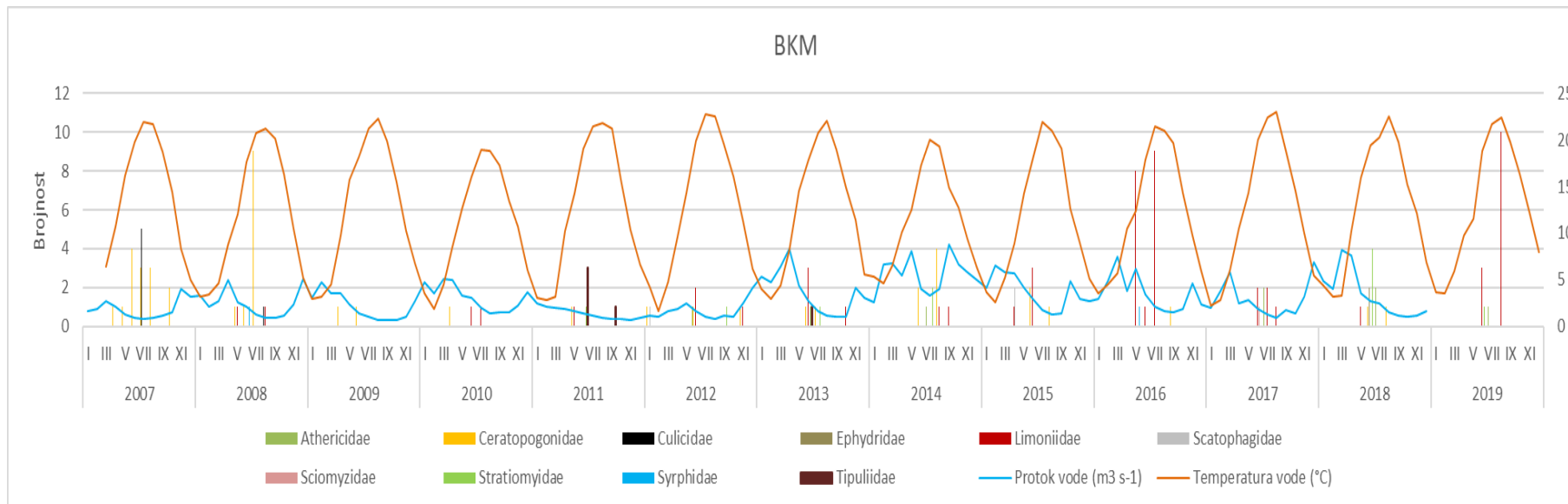
Na slici 4.15 prikazana je emergencija porodica Muscidae i Psychodidae na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac te srednje mjesečne temperature i protok vode u razdoblju od 2007. do 2019. Emergencija porodice Muscidae najčešće započinje od 6. mjeseca iznimno 2011. i 2015 u 5. mjesecu te 2008. tek u 9. mjesecu. Emergencija navedene porodice najčešće završava u 9. i 10. mjesecu. Emergencija porodice Psychodidae najčešće započinje u 5. mjesecu te iznimno 2019. g u 2. mjesecu i 2008. tek u 9 mjesecu dok završava najčešće u 9 ili 10. mjesecu iznimno 2008. u 11. mjesecu. Porodica Muscidae nije zabilježena u 2016., 2017. i 2019. godine. Najveći broj jedinki obje porodice zabilježeno je 2011. g za vrijeme dugog perioda nižeg protoka vode. Tijekom cijelog ispitivanog razdoblja emergenciji ovih porodica pogoduje viša temperatura vode i niži protok vode.



Slika 4.15. Emergencija porodica Muscidae i Psychodidae, srednja mjesečna temperatura i protok vode na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac.

4.7.4. Ostale porodice

Na slici 4.16 prikazana je emergencija ostalih porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac te srednje mjesečne temperature i protok vode u razdoblju od 2007. do 2019. godine. Tijekom ispitivanog razdoblja na sedrenoj barijeri Labudovac zabilježene su porodice: Athericidae, Ceratopogonidae, Culicidae, Ephydriidae, Limoniidae, Scatophagidae, Sciomyzidae, Stratiomyidae, Syrphidae i Tipulidae. Kod porodice Athericidae emergencija obično počinje u 7. mjesecu te u istom i završava, iznimno 2012. godine kad vrijedi za 6. mjesec. Emergencija porodice Ceratopogonidae najčešće počinje u 4. mjesecu te završava u 7. ili 9. mjesecu dok je emergencija porodice Culicidae zabilježena samo 2007. i 2008. godine u 7. i 8. mjesecu. Samo dvije jedinke porodice Ephydriidae pronađene su 2018. godine u 6. mjesecu. Emergencija porodice Limoniidae najčešće počinje u 5. mjesecu te završavaju u 8. mjesecu, iznimno u 10. mjesecu. Jedna jedinka porodice Sciomyzidae zabilježena je 2017. godine u 6. mjesecu. Jedinke porodice Scatophagidae zabilježene su u 1. i 4. mjesecu 2012. i 2015. godine. Emergencija porodice Stratiomyidae počinje i završava uglavnom u istom mjesecu, pretežno 6. mjesec s iznimkom 2012. godine, u 9. mjesecu. Dvije jedinke porodice Syrphidae zabilježene su 2008. i 2016. godine u 6. i 5. mjesecu dok su jedinke porodice Tipulidae zabilježen 2011. godine u 6. i 9. mjesecu te 2013. godine u 6. mjesecu. Među ostalim porodicama na barijeri Kozjak-Milanovac, porodice Ceratopogonidae i Limoniidae dominantnije su brojem od ostalih porodica koje se pojavljuju u nekoliko ili jednoj godini provedenog istraživanja. Tijekom cijelog ispitivanog razdoblja emergenciji navedenih porodica pogoduje viša temperatura vode i niži protok vode.



Slika 4.16. Emergenција ostalih porodica, srednja mjesečna temperatura i protok vode na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac.

4.8. Odabir mikrostaništa kod porodica vodenih dvokrilaca na sedrenim barijerama Labudovac i Kozjak-Milanovac

Kruskal Wallis H-test s Multiplim testom usporedbe je pokazao statistički značajnu razliku između mikrostaništa mahovina na sedri i šljunka sa smrvljenom sedrom te pijeska s muljem za porodicu Athericidae, koja je više bila sklona mahovini na sedri i šljunku sa smrvljenom sedrom ($H = 10,065$, $df = 3$, $N = 164$, $p = 0,0065$), također isto je bilo i kod porodice Chironomidae, koja je također bila više sklona mahovini na sedri i šljunku sa smrvljenom sedrom ($H = 23,648$, $df = 3$, $N = 164$, $p = 0,00005$); te i porodica Dixidae ($H = 9,0904$, $df = 3$, $N = 164$, $p = 0,0106$). Kruskal Wallis H-test s Multiplim testom usporedbe je pokazao statistički značajnu razliku između mikrostaništa mahovina na sedri i pijeska s muljem za porodicu Empididae, koja je više bila sklona mahovini na sedri ($H = 23,604$, $df = 3$, $N = 164$, $p = 0,00005$), a isto je bilo i za porodicu Muscidae ($H = 27,181$, $df = 3$, $N = 164$, $p = 0,00005$), te za porodicu Psychodidae ($H = 30,925$, $df = 3$, $N = 164$, $p = 0,0005$) i porodicu Simuliidae ($H = 18,399$, $df = 3$, $N = 164$, $p = 0,0001$).

Spearmanov koeficijent korelacije je pokazao da brzina vode pozitivno korelira s brojem jedinki porodice Dixidae, što je brža voda ima više jedinki ($R = 0,3418$, $N = 164$, $p = 0,000007$), isto vrijedi i za porodicu Empididae ($R = 0,2617$, $N = 164$, $p = 0,0007$), te porodicu Muscidae ($R = 0,2916$, $N = 164$, $p = 0,0001$) i porodicu Simuliidae ($R = 0,5917$, $N = 164$, $p = 0,000001$). Broj jedinki porodice Psychodidae je također pozitivno korelirao s brzinom strujanja vode, no s obzirom na Bonferronijevu korekciju ova korelacija nije bila statistički značajna. Da bi se sačuvala ista razina greške od 0,05 za osam porodica koje su uzete u analize, razina značajnosti je stavljena kao $\alpha = 0,00625$ ($0,05/8$), a u slučaju porodice Psychodidae je iznosila 0,034.

Ostale porodice nisu pokazale statistički značajnu sklonost prema određenom tipu mikrostaništa ili brzini strujanja vode.

5 RASPRAVA

5.1. Raznolikost porodica vodenih dvokrilaca na sedrenim barijerama Labudovac i Kozjak-Milanovac

Na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac najbrojnije porodice bile su Simuliidae potom Chironomidae, kao što je i u rezultatima kod Poepperla (1999). Tijekom istraživanja na sedrenoj barijeri Labudovac dominantna porodica su Chironomidae što je slično rezultatima raznolikosti vodenih Diptera prema Coffman (1995) gdje su Chironomidae obično dominantna komponenta. Dominaciju porodice Chironomidae na Plitvičkim jezerima vidimo direktno na izvorima Bijele i Crne rijeke (Ivković i sur. 2015). Na sedrenoj barijeri Labudovac porodica Chironomidae, osim 2007. i 2008. godine (Čmrlec i sur. 2013), brojčano je nadmašila porodicu Simuliidae, što nije slučaj na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac. Mogući razlog je veća količina sedre na spomenutoj barijeri te manja dostupnost hrane (Matoničkin Kepčija i sur. 2005). Budući da su ličinkama Simuliidae potrebne čiste podloge za prihvaćanje, ovakvi uvjeti im ne pogoduju (Bass 1998). Dostupnost niša presudan je faktor za varijacije u abundanciji manjih porodica Diptera poput Dixidae i Culicidae (Freitag 2005). Slično kao kod Ivković i sur. (2020) koja je u svom istraživanju zabilježila 13 porodica vodenih dvokrilaca na Plitvičkim jezerima, što je jednako broju porodica na sedrenej barijeri Labudovac u ovom istraživanju, dok je na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac zabilježeno čak 16 porodica. Velika raznolikost i broj porodica na obje sedrene barijere može se pripisati raznolikosti mikrostaništa i prehrambenih resursa (Habdija i sur. 2004, Miliša i sur. 2006). Različiti čimbenici, uključujući vrijeme otapanja snijega, sezonsko povećanje temperature vode te stabilni i topliji uvjeti na kopnu utječu na emergenciju vodenih kukaca (Füreder i sur. 2005).

NMDS analizom grupirane su lokacije sa istim sastavom porodica. Izdvajaju se sedrena barijera Labudovac 2009. godine zbog izrazito male brojnosti jedinki i raznolikosti, svega 6 porodica te 2015. godine izrazito velika brojnost i raznolikost, čak 12 zabilježenih porodica. Sastav porodica Diptera ostalih godina sedrenih barijerea Labudovac i Kozjak-Milanovac grupiraju se zajedno.

5.2. Utjecaj temperature vode na emergenciju porodica vodenih dvokrilaca na istraživanim područjima

Brojnost svih porodica veća je u toplijim mjesecima, a na to je najveći utjecaj imala temperatura vode (Čmrlec i sur. 2013). Vanjska temperatura okoliša, u ovom slučaju temperatura vode, kod vodenih kukaca koji su ektotermni, upravlja njihovim rastom i metabolizmom (Clifford 1991). Na svim istraživanim područjima, porodica Chironomidae je pokazala najveću brojnost u ljetnim mjesecima kada su temperature najviše. Ward i Cummins (1979) objašnjavaju da je kod porodice Chironomidae stupanj njihovog razvoja ovisan o temperaturi te se ubrzava sa njezinim povećanjem. Zabilježen je i mali broj porodice Chironomidae tijekom zimskih mjeseci, zbog tolerancije na niske temperature (Danks 1978, Armitage 1995, Soszyńska 2004). Prema Masteller (1993) emergencija porodice Simuliidae uglavnom svoj vrhunac doseže u lipnju kad se temperature vode povise, no u slučaju Plitvičkih jezera, vrhunac emergencije porodice Simuliidae bi ipak bio vezan za srpanj (Ivković i sur. 2014). Porodica Dixidae ima najveću brojnost u ljetnom periodu što dokazuje da temperatura ima utjecaj na njihovu emergenciju (Wagner 1980). Kao kod Ivanković i sur. (2019), vrhunci emergencije zabilježeni su u proljeće i ljeto, ali jedinke porodice Dixidae emergiraju tijekom cijele godine te su jedinke porodice Dixidae zabilježene čak i u zimskom periodu. Porodica Dixidae ima, ovisno o vrsti ima jednu, dvije ili tri generacije u istoj godini, navedeno se mjenja ovisno o godini i lokaciji istraživanja (Ivanković i sur. 2019). Kod porodica Empididae emergencija započinje najčešće u 5. mjesecu, a traje do 9. ili 10. mjeseca. U godinama koje su toplije emergencija započinje ranije i traje dulje, dok u hladnijim godinama započinje kasnije (6. mjesec) i traje kraće (Ivković i sur. 2012). Prema Samietz (1986) najveći broj jedinki porodice Athericidae emergira u srpnju te je vrijeme njihove emergencije kraće u usporedbi s nekim drugim porodicama. Slično rezultatima Ivković i Pont (2016) emergencija porodice Muscidae započinje od 5. do 8. mjeseca dok završava najčešće u 9. i 10. mjesecu. Slično kao kod Ivković i sur. (2015) emergencija porodice Psychodidae započinje najčešće u 5. mjesecu, a završava u 9. mjesecu. Generalno gledano emergencija počinje i završava kasnije u onim godinama kad je temperatura vode niža dok traje dulje kad je temperatura vode viša (Ivković i Pont 2016, Ivanković i sur. 2019). Najveći broj jedinki zabilježen je 2007. i 2008. za vrijeme više temperature vode, ali ujedno ekstremno visoka temperatura 2017. godine uzrokuje najmanju brojnost jedinki na istraživanim lokacijama.

5.3. Utjecaj protoka vode na emergenciju porodica vodenih dvokrilaca na istraživanim područjima

Brojnost porodica vodenih dvokrilaca u ovom istraživanju uglavnom je veća s nižim protokom vode. Razina protoka vode može utjecati na sastav i brojnost vodenih dvokrilaca (Drake 1985, Wagner i Gathmann 1996). Brojnost porodice Chironomidae je povezano sa brzinom vode, preferiraju veće brzine struje vode jer se tako povećava dostupnost hrane (Berg 1995, Lindegaard 1997, Habdija i sur. 2004, Hamerlík i sur. 2006). Kod porodice Simuliidae brojnost također ovisi o brzini vode, što je ona veća brojnost jedinki raste, jer su ličinke pasivni filtratori i ne mogu se hraniti ako ne postoji struja vode (Bass 1998, Adler i sur. 2004). Pri većem protoku vode dolazi do veće ablacije supstrata i ti uvjeti najviše odgovaraju jedinkama iz porodice Empididae koja je najbrojnija na takvim staništima (Wagner i Gathmann 1996, Ivković i sur. 2007, 2012). Porodica Dixidae se nalaze u lentičkim i lotičnim vodama, u ovom istraživanju povećale su svoju brojnost većim protokom vode, jer njihove ličinke žive u dodiru s vodenom površinom (Wagner 1997). Kao kod Ivković i sur. (2019) zabilježen je pad broja jedinki porodice Dixidae na sedrenoj barijeri Labudovac i Kozjak-Milanovac 2011. i 2012. godine za vrijeme ekstremnog niskog protoka vode, ali i porast u broju jedinki 2014. godine za vrijeme izrazito povišenog protoka vode tijekom istraživanog razdoblja. Emergencija je općenito izraženija u toplim mjesecima kad je protok vode niži, ali je više jedinki emergiralo u godinama kad je protok vode bio viši. Tijekom nižeg protoka je manji drift koji tada ne utječe toliko na otplavlivanje organskog materijala i samih ličinki porodice vodenih dvokrilaca na sedrenim barijerama. Na sedrenoj barijeri Labudovac dolazi do pada broja jedinki 2011. i 2012. godini, kad je protok vode bio niži od prosječnog, a najveća je brojnost u 2007. i 2008. godini kad je protok umjereno visok te 2015. godine kad je došlo do skoka u broju jedinki, osobito porodice Chironomidae, za vrijeme umjereno povećanog protoka vode. Sedrena barijera Labudovac je razgranata barijera, što smanjuje udar vodenog vala koji omogućuje da hranjive čestice i dalje budu dostupne (Ivković i sur. 2014). Zbog toga na barijeri Labudovac veći protok može imati pozitivan utjecaj na emergenciju kao primjerice 2014. godine kad je temperatura vode nešto niža, ali je protok viši. Na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac emergencija je također manja u 2011. i 2012. godini kad je protok bio izrazito nizak, ali i u 2014. godini kad je protok bio jako visok. S druge strane, nema skoka u broju jedinki 2015. godini kad je protok vode također bio nešto viši kao što je to slučaj na sedrenoj barijeri Labudovac. Kod porodice

Muscidae uočen je porast broja jedinki s nižim protokom vode. (Ivković i Pont 2016). Većina porodica na obje barijere ima vrhunac emergencije za vrijeme nižih protoka (Ivković i sur. 2012, 2014, Čmrlec i sur. 2013, Ivković i Pont 2016), a iznimka je porodica Dixidae 2014. i 2015. godine koja bilježi skok baš u vrijeme većeg protoka vode (Ivanković i sur. 2019). U godinama s većim brojem porodica Simuliidae i Chironomidae uočen je porast broja jedinki porodica Muscidae (Ivković i Pont 2016).

5.4. Utjecaj mikrostaništa na porodice vodenih dvokrilaca na istraživanim područjima

Na sedrenim barijerama Plitvičkih jezera dolazi do neravnomjernog taloženje kalcita te dolazi do stvaranja različitih mikrostaništa, što u konačnici rezultira velikom raznolikošću i specifičnim porodicama vodenih dvokrilaca (Čmrlec i sur. 2013). Prema Bass (1998) potvrđeno je da Simuliidae ne preferiraju mulj, jer su za njihove ličinke potrebni čvrsti i čisti supstrati, kao što su kamenja i biljaka na koji nisu prevučeni bakterijskim i algalnim prevlakama (Adler i sur. 2004). Ličinke porodice Empididae preferiraju supstrate poput mahovine i makrovegetacije jer im pružaju utočište i hranu (Watson i Rose 1985, Nolte 1991, Linhart i sur. 1998, 2002, Ivković i sur. 2007, 2012). Athericidae više preferiraju mahovinu na sedri jer se zna da pupaju uglavnom na podlozi s mahovinom (Thomas 1997), a to je još ustanovljeno za sedrene barijere u radu Čmrlec i sur. (2013). U ovom istraživanju porodica Chironomidae je pokazala pozitivnu sklonost prema mahovini na sedri i šljunku s razmrvljenom sedrom, iako se tu radi o velikoj porodici u kojoj su zastupljeni svi tipovi prehrane pa se mogu naći na svim supstratima (Berg 1995, Lindegaard 1997), ipak na sedrenim barijerama dolaze vrste koje ne preferiraju pijesak s muljem. Dixidae također nisu pokazale sklonosti prema određenom supstratu, one su se pojavile na svim tipovima supstrata što potvrđuje Poepperl (1999) i Čmrlec i sur. (2013), iako u radu od Ivanković i sur. (2019) vrsta *Dixa puberula* Loew, 1849 je preferirala mahovinu na sedri. Kao kod Ivković i Pont (2016) porodica Muscidae pokazuje sklonost mahovini na sedri dok je u ovom istraživanju istu sklonost tom mikrostaništu pokazala i porodica Psychodidae. Slično kao kod Čmrlec i sur. (2013) zbog malog broja zabilježenih jedinki porodica Ceratopogonidae, Ephydriidae, Sciomyzidae i Tipulidae, ne možemo govoriti o preferencijama prema mikrostaništu. U ovom istraživanju zabilježen je i mali broj jedinki porodica Culicidae, Limoniidae, Scatophagidae, Stratiomyidae i Syrphidae, ali također zbog malog broja jedinki ne

možemo govoriti o preferencijama prema mikrostanjima također ne možemo govoriti o točnim obrascima nastajanja ovih porodica. Uočena je pozitivna korelacija između brzine strujanja vode i emergencije porodice Empididae (Čmrlec i sur. 2013, Ivković i sur. 2012). Kao kod Čmrlec i sur. (2013) i Ivković i sur. (2014) porodica Simuliidae je također pokazala pozitivnu korelaciju između brojnosti jedinki i brzine strujanja vode. Kod porodice Muscidae brojnost jedinki raste s brzinom strujanja vode (Ivković i Pont 2016). Ivković i sur. (2019) uočilo se povećanje brojnosti jedinki porodice Dixidae s brzinom strujanja vode.

6 ZAKLJUČAK

Iz podataka prikupljenih kroz trinaest godina od veljače 2007. godine do kraja 2019. godine na sedrenim barijerama Labudovac i Kozjak-Milanovac zaključujemo:

- Na sedrenoj barijeri Labudovac utvrđeno je 13 porodica dok je na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac 16 porodica vodenih dvokrilaca.
- Najveću raznolikost imala je barijera Kozjak-Milanovac 2010. godine, a najviše je zabilježenih jedinki na istoj barijeri 2007. godine.
- Najbrojnije porodice tijekom istraživanja su: Simuliidae i Chironomidae, a nakon njih Empididae, Dixidae, Psychodidae i Muscidae.
- Najbrojnija porodica vodenih dvokrilaca na sedrenoj barijeri Kozjak-Milanovac tijekom cijelog istraživanja te 2007. i 2008. godine na sedrenoj barijeri Labudovac je porodica Simuliidae.
- Na sedrenoj barijeri Labudovac dominira porodica Chironomidae, osim 2007. i 2008. godine.
- Kod istraživanih porodica temperatura vode ima značajan utjecaj na početak i trajanje emergencije, u toplijim godinama emergencija započinje ranije i završava kasnije.
- Vrhunca emergencije na obje barijere zabilježeni su uglavnom za vrijeme viših temperatura i kod nižeg protoka vode.
- Varijacije u protoku znatno utječu na sastav zajednica vodenih dvokrilaca. Kod godina s izrazito visokim protokom vode dolazi do smanjenja brojnosti većine porodica (Chironomidae, Simuliidae, Psychodidae, Muscidae, Empididae), a samo do povećanja brojnosti porodice Dixidae, dok kod vrlo niskih protoka vode dolazi do smanjenja brojnosti svih porodica vodenih dvokrilaca.
- Klaster analizom i NMDS analizom utvrđena je sličnost između lokacija i godina na temelju porodica vodenih dvokrilaca, s iznimkama sedrene barijere Labudovac 2009. i 2015. godine.
- Porodice Empididae, Dixidae, Simuliidae i Muscidae pokazale su statistički značajnu korelaciju između brojnosti i brzine strujanja vode i preferiraju bržu struju vode.
- Statistički značajnu sklonost prema određenom mikrostaništu pokazale su porodice Athericidae, Chironomidae, Dixidae koje preferiraju mahovinu na sedri i šljunak sa smrvljenom sedrom te Empididae, Muscidae, Psychodidae i Simuliidae koje preferiraju mahovinu na sedri u odnosu na pijesak s muljem.

7 LITERATURA

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

Alder P.H., Courtney, G.W. (2019): Ecological and Societal Services of Aquatic Diptera. *Insects* **10**: 70.

Allegrucci G, Carchini G, Todisco V, Convey P, Sbordoni V (2006): A molecular phylogeny of Antarctic Chironomidae and its implications for biogeographical history. *Polar Biology* **29**: 320–326.

Andersson H. (1997): Diptera, Introduction to Adults. U Nilsson, A. N. (ur): *Aquatic Insects of North Europe: A Taxonomic Handbook, Volume 2, Odonata-Diptera*. Apollo Books, Stenstrup, 67-78.

Armitage P.D. (1995): Behaviour and ecology of adults (In: *The Chironomidae The biology and ecology of non-biting midges*, Eds: P.D. Armitage, P.S. Cranston, L.C.V. Pinder). Chapman & Hall, London, UK, str. 194-224.

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**: 101

Berg M.B. (1995): Larval food and feeding behavior (In: *The Chironomidae The biology and ecology of non-biting midges*, Eds: P.D. Armitage, P.S. Cranston, L.C.V. Pinder). Chapman & Hall, London, UK, str. 136-168.

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

Cheng L. (2009): Marine insects. In *Encyclopedia of Insects*, 2nd ed., Resh, V.H., Cardé, R.T., Eds., Academic Press: Amsterdam, Nizozemska, str. 600–604.

Clarke K. R., Gorley R. N. (2006): *PRIMER V6: User Manual/Tutorial*. Primer-E, Plymouth.

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

- Coffman W.P. (1995): Conclusions (In: *The Chironomidae: Biology and ecology of nonbiting midges*, Eds: P.D. Armitage, P.S. Cranston, L.C.V. Pinder). Chapman & Hall, London, UK, str. 436-447.
- Corbet, P. S. (1964): Temporal Patterns of Emergence in Aquatic Insects. *The Canadian Entomologist* **96**: 264-279.
- Courtney G. W. Discovery of the immature stages of *Parasimulium crosskeyi* Peterson (Diptera: Simuliidae), with a discussion of a unique black fly habitat. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* **88**: 280–286.
- Culver D. C., Pipan T. (2018): Insects in caves. In *Insect Biodiversity: Science and Society*; Foottit, R.G., Adler, P.H., Eds.; John Wiley & Sons: Chichester, UK, Volume II, str. 123–152.
- Čmrlec K., Ivković M., Šemnički P., Mihaljević Z. (2013): Emergence phenology and microhabitat distribution of aquatic Diptera community at the outlets of barrage lakes: effect of temperature, substrate and current velocity. *Polish Journal of Ecology* **61**: 135-144.
- Danks H.V. (1978): Some effects of photoperiod, temperature, and food on emergence in three species of Chironomidae (Diptera). *Can. Entomol.* **110**: 289-300.
- Darvas B., Fónagy A. (2000): Postembryonic and imaginal development of Diptera. U: Papp, L., Darvas, B. (ur.): *Contributions to a manual of Palearctic Diptera*. Science Herald, Budapest, str. 283-363.
- Davies, I. J. (1984): Sampling aquatic insect emergence. U: Downing, J.A., Rigler F.H. (ur.): *A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters*. Blackwell scientific publications, Oxford, str. 161-227.
- Drake C.M. (1985): Emergence patterns of Diptera in a chalk stream. *Aquat. Insects* **7**: 97-109.
- Dudley T., Anderson N. H. A (1982): Survey of invertebrates associated with wood debris in aquatic habitats. *Melandria* **39**: 1–21.
- Đurek Z. (2000): Plitvička jezera: nacionalni park: vodič. *Ekološki glasnik, Donja Lomnica*.
- Ferrington LC, Berg Jr. MB, Coffman WP (2008): Chironomidae. In: Merritt RW, Cummins KW, Berg MB (Eds) *An Introduction to the Aquatic Insects of North America* (4th ed.). Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque: 847-989.

- Freitag H. (2005): Aquatic insect emergence collections of rivers in the St. Paul National park, Palawan, Philippines and methodological implications for ecological and biodiversity studies. *J. Aquat. Sci.* **2**: 66–78.
- Frisbie M. P., Lee R. E. Jr. (1997): Inoculative freezing and the problem of winter survival for freshwater macroinvertebrates. *J. N. Am. Benthol. Soc.* **16**: 635–650.
<https://doi.org/10.2307/1468150>
- Füreder L., Wallinger M., Burger R. (2005): Longitudinal and seasonal pattern of insect emergence in alpine streams. *Aquat. Ecol.* **39**: 67–78.
- Habdija I., Primc-Habdija B., Matoničkin R., Kučinić M., Radanović I., Miliša M., Mihaljević Z. (2004): Current velocity and food supply as factors affecting the composition of macroinvertebrates in bryophyte habitats in karst running water. *Biologia* **59**: 577-593.
- Hamerlík L., Šporka F., Zat'ovičová Z. (2006): Macroinvertebrates of inlets and outlets of the Tatra Mountain lakes (Slovakia). *Biologia, Bratislava*, 61 (Supplement 18): 167-179.
- Illies J. (1971): Emergenz 1969 im Breitenbach. *Archiv für Hydrobiologie* **69**: 14-59.
- Ivković L., Ivković. M., Stanković I. (2019): Perennial phenology patterns and ecological traits of Dixidae (Insecta, Diptera) in lotic habitats of a barrage lake system. *Limnologica* **76**: 11-18.
- Ivković M., Matoničkin Kepčija R., Mihaljević Z., Horvat B. (2007): Assemblage composition and ecological features of aquatic dance flies (Diptera, Empididae) in the Cetina River system, Croatia. *Fundam. Appl. Limnol.* **170**: 223-232.
- Ivković M., Mičetić Stanković V., Mihaljević Z. (2012): 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., Miliša M., Previšić A., Popijač A., Mihaljević, Z. (2013): Environmental factors and emergence patterns: case study of changes in hourly and daily emergence of aquatic insects at constant and variable water temperatures. *International Review of Hydrobiology* **98**: 104-115.

Ivković M., Kesić M., Mihaljević Z., Kudelá M. (2014): Emergence patterns and ecological associations of hematophagous black flies along oligotrophic hydrosystem. *Medical and Veterinary Entomology* **28**: 94-102.

Ivković M., Miliša M., Baranov V., Mihaljević Z. (2015): Environmental drivers of biotic traits and phenology patterns of Diptera assemblages in karst springs: The role of canopy uncovered. *Limnologia* **54**: 44-57.

Ivković M., Pont A.C. (2016): Long-time emergence patterns of *Limnophora* species (Diptera, Muscidae) in specific karst habitats: tufa barriers. *Limnologia* **61**: 29-35.

Ivković M., Dorić V., Baranov V., Mihaljević Z., Kolcsár L-P., Kvifte GM, Nerudova J., Pont AC (2020): Checklist of aquatic Diptera (Insecta) of Plitvice Lakes National Park, Croatia, a UNESCO world heritage site. *ZooKeys* **918**: 99-142.

<https://doi.org/10.3897/zookeys.918.49648>

Jonušaitė V., Būda V. (2002): Diurnal Rhythm of adult emergence in five black fly species (Diptera, Simuliidae). *Acta Zoologica Lituanica* **2**: 138-143.

Lindegaard C. (1997): Diptera Chironomidae, Non-biting Midges (In: Aquatic insects of North Europe, Volume 2, Odonata – Diptera, Ed. A. Nilsson). Apollo Books, Stenstrup, str. 265-294.

Linhart J., Uvíra V., Rulík M., Rulíková K. (1998): A study of the composition of phytomacrobenthos in *Batrachium aquatile* vegetation. *Biologia, Bratislava* **36**: 39-59.

Makjanić B. (1958): Prilog klimatografiji Plitvičkih jezera. Nacionalni parkovi Hrvatske - Plitvička jezera. Poljoprivredni nakladni zavod, Zagreb, Hrvatska, str. 357-390.

Marshall S. A. (2012): Flies. The Natural History and Diversity of Diptera. A Firefly Book, Richmond Hill, Ontario, str. 616.

Masteller E. C. (1993): Comparison of Tropical and Temperate Emergence Phenology of Aquatic Insects from Puerto Rico and Pennsylvania. *Journal of the Kansas Entomological Society* **66** (2): 192-199.

Matoničkin Kepčija R., Habdija I., Primc-Habdija B., Miliša M. (2005): The role of simuliid and trichopteran silk structures in tufa formation during Holocene of the Plitvice Lakes (Croatia) (In: Proceedings of 1st International Symposium on Travertine, Eds: M. Özkul, S. Yağiz, B. Jones). Kozan Ofset Matbaacilik San. ve Tic. Ankara, str. 96-101.

- 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.
- Nilsson A. (1997): *Aquatic Insects of North Europe: A Taxonomic Handbook, Vol. 2, Odonata - Diptera*. Apollo Books, Stenstrup, str. 399.
- Nolte U. (1991): Seasonal dynamics of mosswelling chironomid communities. *Hydrobiologia* **222**: 197-211.
- Poepperl R. (1999): Emergence pattern of Diptera in Various Sections of a Northern German Lowland Stream. *Limnologica* **29**: 128–136.
- Poje D. (1989): Pregled klimatskih karakteristika Nacionalnog parka Plitvička jezera. *Plitvički Bilten* **2**: 87-99.
- Rice WR (1989): Analyzing tables of statistical tests. *Evolution* **43**: 223-225
- 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, Hrvatska, str. 29-42.
- Rivosecchi L. (1984): Ditteri (Diptera) No.28. Guide per il Riconoscimento delle Specie Animali delle Acque Interne Italiane. Consiglio Nazionale delle Ricerche AQ/1/206, Verona, Valdonega, str. 177.
- Roglić, J. (1951): Unsko-koranska zaravan i Plitvička jezera geomorfološka promatranja. *Geografski glasnik* **13**: 49-68.
- Roglić J. (1974): Morfološke posebnosti Nacionalnog parka Plitvička jezera. U: Gušić B., Marković M. (ur.) *Plitvička jezera - čovjek i priroda*. Nacionalni park Plitvice, Zagreb, Hrvatska, str. 5-22.
- Samietz R. (1986): Die Rhagioniden-Emergenz der Vesser 1983 (Diptera, Brachycera)-Abh. *Ber. Mus. Nat. Gotha.* **13**: 27-31.
- Soszyńska A. (2004): The influence of environmental factors on the supranivean activity of flies (Diptera) in Central Poland. *Eur. J. Entomol.* **101**: 481-489.

- 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., Božičević S. (1998): The Plitvice Lakes. *European Water Management* **1**: 1524.
- Sweeney B. H. (1984): Factors influencing life-history patterns of aquatic insects. U: Resh V. H., Rosenberg D. M. (ur.) *The ecology of Aquatic insects*. Praeger Scientific, New York, USA, str. 56-100.
- 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.
- Šegota T., Filipčić A. (2003): Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje. *Geoadria* **8**: 17-23. <https://doi.org/10.15291/geoadria.93>
- Takagi S., Kikuchi E., Doi H., Shikano S. (2005): Swimming behaviour of Chironomus acerophilus larvae in Lake Katanuma. *Hydrobiologia* **548**: 153–165. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-5196-9>
- Thomas A. G. B. (1997): Rhagionidae and Athericidae, Snipe-flies. U: Nilsson A. (ur.) *Aquatic Insects of North Europe, Vol. 2, Odonata-Diptera*. Apollo Books, Stenstrup, Denmark, str. 311-320.
- Tomberlin J. K. (2019): Personal communication. Texas A & M University, College Station, TX, USA.
- Wagner 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. (1997): Diptera Dixidae, Meniscus flies. U: Nilsson A. (ur.) *Aquatic Insects of North Europe, A taxonomic Handbook, Vol. 2*. Apollo Books, Stenstrup, Denmark, str. 145-148.
- Walker I. R (1987) Chironomidae (Diptera) in paleoecology. *Quaternary Science Reviews* **6**: 29-40.

Ward C. M., Cummins K. W. (1979): Effect of food quality on growth of a stream detritivore, *Paratendipes albimanus* (Meigen) (Diptera: Chironomidae). *Ecology* **60**: 57-64.

Watson W.G., Rose F.L. (1985): Influences of aquatic macrophytes on invertebrate community structure, guild structure, and microdistribution in streams. *Hydrobiologia* **128**: 45-56.

Wiegmann B. M., Yeates, D. K. (2007): Diptera. U: Maddison, D. R, Schulz, K.S. (ur.): The tree of life Web project. [http://www..tolweb.org/Diptera](http://www.tolweb.org/Diptera); (pristupljeno 24.02.2020.)

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.

8 ŽIVOTOPIS

Josipa Vrčić rođena je u Šibeniku gdje je završila svoje osnovnoškolsko i srednjoškolsko obrazovanje. Maturirala je 2010. godine u Općoj gimnaziji Antuna Vrančića u Šibeniku, nakon toga upisuje integrirani preddiplomski i diplomski studij biologije i kemije na Prirodoslovnom-matematičkom fakultetu u Zagrebu. Za vrijeme studija drži instrukcije kolegama sa srodnih fakulteta te učenicima osnovne i srednje škole. 2014. godine sudjeluje na manifestaciji „Noć biologije“ na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu. Metodičku praksu nastave biologije održava i polaže 2019. godine u XV. gimnaziji (MIOC) dok metodičku praksu nastave kemije održava i polaže 2020. godine u Osnovnoj školi Rudeš u Zagrebu. Za vrijeme studija konstantno se samostalno financira i radi u mnogim firmama među kojim najduže od rujna 2015. godine do kolovoza 2020. godine u firmi Studio Moderna d.o.o. kao prodajni agent u pozivnom centru te je na taj način stekla velike komunikacijske i prodajne vještine. Od rujna 2020. godine zaposlena je u XIII. gimnaziji u Zagrebu kao nastavnica kemije.