

# Emergencija rosana i šušaka (Coleoptera: Scirtidae) izvora i sedrenih barijera

---

Klarin, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:217:652720>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-12**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Ana Klarin

**Emergencija rosana i šušaka (Insecta: Coleoptera:  
Scirtidae) izvora i sedrenih barijera**

Diplomski rad

Zagreb, 2023.

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Ana Klarin

**Emergence of scirtids (Insecta: Coleoptera:  
Scirtidae) in spring and tufa barriers**

Master thesis

Zagreb, 2023

Ovaj rad je izrađen u Laboratoriju za ekologiju životinja i biogeografiju na Zoologijskom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Hrvatskom prirodoslovnom muzeju, pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Marije Ivković, te komentorstvom doc. dr. sc. Vlatke Mičetić Stanković. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra ekologije i zaštite prirode.

*Zahvaljujem se mentorici, doc. dr. sc. Vlatki Mičetić Stanković na strpljenju i potpori tijekom izrade diplomskog rada. Hvala Vam na neprocjenjivim savjetima i prenesenom znanju koji će me pratiti kroz život. Vaša vedrina i iskreno oduševljenje prema svemu što radite stvorilo je ugodno i poticajno okruženje u kojem su svi ciljevi ostvarivi.*

*Zahvaljujem se izv. prof. dr. sc. Mariji Ivković na potpori pri procesu odabira teme i pisanja diplomskog rada. Hvala Vam što ste mi omogućili provedbu istraživanja na Vašim uzorcima i što ste uvijek bili otvoreni za pitanja i savjete. Vaša pristupačnost i dosljednost potaknule su me na izradu rada pod Vašim mentorstvom, a iste su učinile to iskustvo ugodnim i poučnim.*

*Veliko hvala svima koji su sudjelovali u procesu sakupljanja i pohrane uzoraka sa klopki u Nacionalnom parku Plitvička jezera.*

*Hvala svima koji su me podržavali tijekom studija!*



# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

## Emergencija rosana i šušaka (Insecta: Coleoptera: Scirtidae) izvora i sedrenih barijera

Ana Klarin

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Vodeni kornjaši ekološka su grupa kukaca koja je, uz ostalo, pokazatelj kvalitete staništa. U Hrvatskoj je još uvijek nedovoljno podataka o mnogim porodicama. Porodica Scirtidae svojom brojnošću često dominira u bentičkim zajednicama tekućica. Ličinka živi u vodi dok odrasli stadij emergira na kopno. Preferiraju lotička staništa sa čistom vodom. Emergencija ove porodice do danas nije nikada sustavno istraživana. Na području Plitvičkih jezera odrasle jedinke su prikupljane mjesečno na tri lokacije u razdoblju od 14 godina. Postavljene su emergencijske klopke na različitim tipovima mikrostaništa. Cilj istraživanja je utvrditi sastav faune porodice Scirtidae, populacijske, fenološke i emergencijske značajke te utjecaj okolišnih čimbenika. Zabilježene su tri svoje: *Hydrocyphon novaki*, *H. deflexicollis* i *Elodes* sp. Rod *Hydrocyphon* utvrđen je na barijerama, dok je rod *Elodes* sakupljen na izvoru. Emergencija je sezonalna i traje ljeti. Kod roda *Hydrocyphon* mužjaci su dominantniji, a omjer se smanjuje u korist ženki prema kraju emergencije. Porodica Scirtidae pozitivno korelira s brzinom strujanja vode i preferira supstrate s mahovinom. Brojnost ovisi o temperaturi vode koja utječe i na obrasce emergencije. Dokazana je povezanost bioloških i ekoloških značajki porodice o okolišnim uvjetima kroz dugo vremensko razdoblje, što ima osobit značaj u vrijeme klimatskih promjena i kao takvo temelj je budućim istraživanjima.

Ključne riječi: vodeni kornjaši, NP Plitvička jezera, ekologija, fenologija, mikrostanište (56 stranica, 45 slika, 10 tablica, 104 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Marija Ivković  
Komentor: Doc. dr. sc. Vlatka Mičetić Stanković

Ocjenitelji:

Izv. prof. dr. sc. Marija Ivković

Prof. dr. sc. Ivana Maguire

Prof. dr. sc. Ivančica Ternjej

Rad prihvaćen: 9. 2. 2023.

# BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Master thesis

## Emergence of scirtids (Insecta: Coleoptera: Scirtidae) in spring and tufa barriers

Ana Klarin

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Water beetles are an ecological group of insects often used as bioindicators. Nevertheless, they have been poorly studied, especially the family Scirtidae. Scirtids are often dominant in benthic communities because the larval stages are aquatic, while the adults emerge into land. They prefer lotic habitats with clear water. Their emergence has never been studied before. Therefore, in Plitvice Lakes NP, emergence traps were placed at three sites with different microhabitats and sampled monthly for 14 years. The aim was to determine taxonomic, population, phenological, and emergence characteristics of the family and the influence of environmental conditions. Three taxa were identified: *Hydrocyphon novaki*, *H. deflexicollis* and *Elodes* sp. The genus *Hydrocyphon* is recorded at barriers, while the genus *Elodes* inhabits spring area. The emergence of the family is seasonal and occurs in summer. The sex ratio of the genus *Hydrocyphon* is biased to males, but it turns toward to females by the end of the season. Abundance is positively correlated with water velocity and the presence of bryophytes. Water temperature plays a key role in determining emergence patterns. Scirtids are closely related to environmental conditions over a long period of time, which is particularly important in light of serious climate changes.

Keywords: water beetles, Plitvice lakes NP, ecology, phenology, microhabitat  
(56 pages, 45 figures, 10 tables, 104 references, original in: Croatian)

Thesis is deposited in Central Biological Library.

Mentor: Assoc. Prof. Marija Ivković, PhD

Co-mentor: Asst. Prof. Vlatka Mičetić Stanković, PhD

Reviewers:

Assoc. Prof. Marija Ivković, PhD

Prof. Ivana Maguire, PhD

Prof. Ivančica Ternjej, PhD

Thesis accepted: 9. 2. 2023.

# Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1. Vodeni kornjaši .....	1
1.2. Porodica Scirtidae.....	2
1.3. Istraživanja emergencije i vodenih kornjaša krških tekućica .....	5
<b>2. CILJ ISTRAŽIVANJA</b> .....	<b>8</b>
<b>3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA</b> .....	<b>9</b>
3.1. Nacionalni park Plitvička jezera.....	9
3.2. Istraživane postaje .....	11
<b>4. MATERIJALI I METODE</b> .....	<b>13</b>
4.1. Metode prikupljanja.....	13
4.2. Laboratorijska obrada uzoraka .....	14
4.3. Mjerenje fizikalno-kemijskih obilježja vode.....	15
4.4. Statistička obrada podataka .....	15
4.4.1. Populacijske i fenološke značajke svojte.....	15
4.4.2. Odnos faune i okolišnih čimbenika .....	16
4.4.3. Programi korišteni za obradu podataka .....	16
<b>5. REZULTATI</b> .....	<b>17</b>
5.1. Brojnost porodice Scirtidae .....	17
5.1.1. Odnos brojnosti porodice Scirtidae i tipa supstrata .....	22
5.1.2. Odnos brojnosti porodice Scirtidae i brzine strujanja toka.....	25
5.1.3. Odnos spolova vrsta <i>Hydrocyphon novaki</i> i <i>Hydrocyphon deflexicolis</i> na istraživanim lokacijama.....	27
5.2. Fenološke značajke porodice Scirtidae na istraživanim lokacijama u razdoblju od 2007. do 2021. godine .....	32
5.2.1. Fenološke značajke porodice Scirtidae na lokaciji Izvor Bijele rijeke u razdoblju od 2007. do 2021. godine .....	32
5.2.2. Fenološke značajke porodice Scirtidae na lokaciji Barijera Labudovac u istraživanom razdoblju od 2007. do 2021. godine.....	32
5.2.3. Fenološke značajke porodice Scirtidae na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac u istraživanom razdoblju od 2007. do 2021. godine.....	34
5.3. Utjecaj fizikalno-kemijskih pokazatelja vode na porodicu Scirtidae .....	35
5.3.1. Fizikalno-kemijski pokazatelji vode na istraživanim lokacijama u razdoblju od 2007. do 2021. godine .....	35
5.3.2. Analiza odnosa fizikalno-kemijskih obilježja vode i brojnosti porodice Scirtidae .....	39
<b>6. RASPRAVA</b> .....	<b>44</b>
6.1. Sastav i struktura porodice Scirtidae .....	44



6.2. Brojnost porodice Scirtidae na istraživanim lokacijama .....	44
6.3. Omjer spolova roda vrsta <i>Hydrocyphon novaki</i> i <i>Hydrocyphon deflexicollis</i> na istraživanim lokacijama.....	45
6.4. Fenološke značajke porodice Scirtidae.....	45
6.5. Fizikalno kemijski pokazatelji na istraživanim lokacijama .....	46
6.6. Utjecaj fizikalno-kemijskih čimbenika na porodicu Scirtidae.....	46
<b>7. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>48</b>
<b>8. LITERATURA .....</b>	<b>49</b>

# 1. UVOD

## 1.1. Vodeni kornjaši

Kornjaši (Insecta: Coleoptera) su po broju do sada opisanih vrsta među najbrojnijim redovima kukaca s procijenjenih više od 360 000 vrsta (Forbes i sur. 2018). Osim po brojnosti vrsta red je značajan i zbog velike morfološke i ekološke raznolikosti unutar njega. Tako se raspon veličine tijela kornjaša proteže od 0,25 do 150 mm (Krinsky 2019), a među vrstama nalazimo grabežljivce, biljojede, fungivore, detritivore i strvinare (Crowson 1981; New 2010). Predstavnike kornjaša moguće je naći u praktički svim tipovima kopnenih staništa pa i onih vodenih poput izvora, lokvi, jezera ili podzemnih vodotokova (Crowson 1981).

Vodeni su kornjaši ekološka, a ne taksonomska grupa koju karakterizira povezanost s vodenim staništem u barem jednom stadiju životnog ciklusa (Jäch i Balke 2008). Sam kontakt i povezanost s vodenim okolišem značajno se razlikuje između pripadnika ove grupe stoga je Jäch (1998) iskoristio upravo tu značajku kako bi odredio šest ekoloških grupa vodenih kornjaša: pravi vodeni kornjaši (eng. *true water beetles*), lažni vodeni kornjaši (eng. *false water beetles*), fitofilni vodeni kornjaši (eng. *phytophilous water beetles*), parazitski vodeni kornjaši (eng. *parasitic water beetles*), fakultativni vodeni kornjaši (eng. *facultative water beetles*) i obalni vodeni kornjaši (eng. *shore beetles*).

Do sada je opisano više od 13 000 vrsta vodenih kornjaša koji, zbog polifiletskog porijekla grupe, pokazuju širok spektar morfoloških, fizioloških i bihevioralnih prilagodbi na život u vodenom staništu (Jäch i Balke 2008; Short 2017). Prilagodbe za disanje i kretanje u vodi osnovne su značajke vodenih kornjaša koje nalazimo kod ličinačkog i odraslog stadija. Modificirane noge za plivanje, kratka ticala i hidrodinamički oblik tijela samo su neke od prilagodbi koje olakšavaju kretanje kroz vodeni medij. Načini disanja pod vodom se uvelike razlikuju među predstavnicima, od zračnog mjehura iznad trahealnih otvora ispod pokrila (porodica Dytiscidae) ili ventralno ispod kukova (porodica Haliplidae (Slika 1)) do, zračnog filma (plastron) oko cijelog tijela koji omogućava direktnu izmjenu plinova (Jäch i Balke 2008).



Slika 1 Odrasli stadij porodice Haliplidae sa morfološkim prilagodbama na život u vodi (preuzeto: <https://bugguide.net/>).

Vodne kornjaše možemo naći u svim biogeografskim regijama, a najveća raznolikost je zabilježena u tropima. Generalno, kozmopolitska rasprostranjenost pojedinih vrsta je rijetka, a stupanj endemizma je visok, posebno kod vrsta koje nastanjuju tekućice i područja tople klime (Jäch i Balke 2008). Zbog navedenog, slabe istraženosti grupe i činjenice da je većina vrsta malena, brojni znanstvenici očekuju veliki broj još neopisanih vrsta (Jäch i Balke 2008; Mičetić Stanković i sur. 2012, 2022; Trizzino i sur. 2013).

Sastav zajednice i rasprostranjenost kornjaša u tekućicama (lotički sustav) uvjetovana je prostorno-vremenskim djelovanjima abiotičkih i biotičkih čimbenika. Tako su brzina strujanja toka vode i tip supstrata jedni od najznačajnijih fizikalnih svojstava vodenih staništa koji uvjetuju sastav zajednice vodenih kornjaša ovisno o njihovim prilagodabama i potrebama životnog ciklusa (Bournaud i sur. 1992; Eyre i sur. 1993). Kemijska obilježja vode kao što su pH vode, električna provodljivost i alkalinitet, a uz njih i koncentracija otopljenih tvari u vodi, također dokazano utječu na zajednicu i njezin sastav (Miserendino i Archalgenky 2006). Nadalje, vodena vegetacija i njena prisutnost duž tekućica značajna je za vodene kornjaše, a posebice za predstavnike koji su uz nju vezani putem prehrane ili nastanjanja (Verberk i sur. 2005; Jäch i Balke 2008).

Za tekućice je ustanovljen longitudinalni gradijent abiotičkih čimbenika (Giller i Malmqvist 2000), što rezultira pojavljivanjem različitih mikrostaništa duž sustava, a samim time i promjene u pojavnosti vrsta kornjaša duž toka. Postoji jasna ovisnost udaljenosti od izvora i pojavljivanja vodenih kornjaša, a raznolikost vrsta se povećava sa udaljenošću od izvora (Eyre i sur. 1993; Moss i sur. 1987; Elliott 2008).

Iako je sam utjecaj biotičkih čimbenika, kao što su prisutnost predatora i nametnika, na strukturu zajednice vodenih kornjaša nedovoljno istražen, pretpostavlja se da je on jako značajan (Verberk i sur. 2005; Elliott 2008). Svakako je potrebno spomenuti i utjecaj čovjeka koji izmjenom i narušavanjem prirodnih staništa također uzrokuje promjene u strukturi i sastavu zajednice vodenih kornjaša (Eyre 2006).

## **1.2. Porodica Scirtidae**

Porodica Scirtidae (Insecta: Coleoptera: Polyphaga) jedna je od vrstama najbrojnijih porodica vodenih kornjaša (Jäch i Balke 2008) koja do sad broji više od 1800 opisanih vrsta smještenih u 69 rodova (Libonatti i Ruta 2018). Jäch i Balke (2008) su, uz komentar da su Scirtidae jedna od najmanje istraženih porodica vodenih kornjaša, pretpostavili da će se poznati broj od 700 opisanih vrsta u budućnosti udvostručiti, što se i događa obzirom na stalni povećani interes za tu porodicu.

Porodica je zastupljena u svim zoogeografskim regijama dok je najveća raznolikost prisutna u tropskoj i umjerenoj zoni sjeverne polutke (Ruta i sur. 2017). Također je dokazano da ovi kukci često

dominiraju u ukupnoj brojnosti zajednice makroskopskih beskralježnjaka vodenih staništa koje naseljavaju (Cuppen 1993; Klečka 2008; Mičetić Stanković i sur. 2019).

Jäch (1998) ih svrstava u grupu lažnih vodenih kornjaša, jer ličinka kod većine vrsta živi u vodi, dok odrasla jedinka primarno nastanjuje kopno. Zanimljivo je zapažanje tzv. amfibijskog (eng. *amphibious*) načina života odraslih jedinki roda *Hydrocyphon* koje zbog gustih dlačica po tijelu nesmetano zaranjaju u vodu kako bi izlegle jaja (Johnson i Halbert 1902). Njihove ličinke nastanjuju raznolika vodena i vlažna staništa kao što su bare, rijeke, potoci, močvare, poplavne livade i šupljine biljnog podrijetla ispunjene vodom (*phytotelmata*) (Kitching 2000; Lawrence 2016). Postoje i predstavnici sa ličinkama koje žive na kopnu, ali te vrste su za sada još slabo istražene (Ruta i sur. 2017). Ličinka ove porodice (Slika 2) lako se razlikuje od ličinki drugih kukaca zbog prepoznatljivih segmentiranih antena i dobro razvijenih usnih organa. Građu usnih organa je potrebno posebno izdvojiti jer je jedinstvena u svijetu kornjaša. Gornja i donja čeljust i podždrijelni žlijeb modificirani su u složeni sustav čekinja koji služi kao aparat za filtriranje detritusa i mikroorganizama kojima se hrane (Klausnitzer 2009; Lawrence 2016). Kukuljica se kod većine vrsta nalazi u vlažnom tlu iznad površine vode dok se kod roda *Hydrocyphon* kukuljica nalazi u vodi u komoricama sa zrakom ispod kamenja (Lawrence 2016). Također je zanimljivo da se kod roda *Scirtes* kukuljica nalazi pričvršćena na vodenim biljkama čije zračno tkivo koristi kao dotok zraka (Zwick i Zwick 2008).



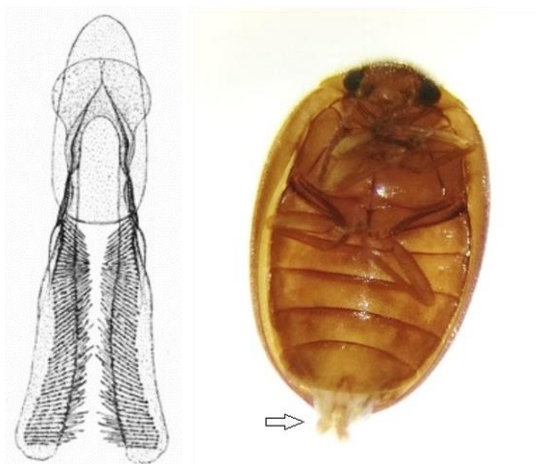
Slika 2 Ličinka porodice Scirtidae (autor fotografije: Stephen Moore, preuzeto: <https://www.landcareresearch.co.nz/>).

Porodica je specifična i po tome što njeni predstavnici imaju najširi spektar načina kretanja. Aktivni su letači te mogu plivati, hodati, trčati, kopati i skakati. Mehanizam skakanja kod roda *Scirtes* (Slika 3), koji za skakanje koriste povećana bedra (metafemur), nedavno je detaljno istražen i predstavlja novo biomehaničko evolucijsko rješenje za prilagodbu na skakanje (Nadein i sur. 2022).



Slika 3 *Scirtes haemisphaericus* (Linnaeus, 1767) (preuzeto: <https://www.ukbeetles.co.uk/scirtidae>).

Još jedna morfološka značajka koja potvrđuje zanimljivost porodice Scirtidae jest tzv. *prehensor* (Klausnitzer 2009) (Slika 4). *Prehensor* je struktura koju nalazimo kod ženki roda *Hydrocyphon* i *Cyphon*. Ženka ga tijekom kopulaciju ubacuje u tijelo mužjaka i koristi ga za dohvaćanje spermatofora (Nyholm 1972). Ovakav primjer zamjene uloga u kopulaciji jedinstven je u redu kornjaša, a izrazito je rijedak u životinjskom svijetu (Jolivet 2004).



Slika 4 Shema *prehensora* roda *Hydrocyphon* (slika lijevo, preuzeto iz Klausnitzer (2009)); ženka roda *Hydrocyphon* sa vidljivim *prehensorom* (označen strelicom) (slika desno).

U Hrvatskoj je do danas zabilježeno 7 rodova i 15 vrsta porodice Scirtidae (Koča 1905; Novak 1952; Klausnitzer 2006; Mičetić Stanković i sur. 2012, 2019). Porodica je prvi puta zabilježena u Hrvatskoj u 19. stoljeću zahvaljujući akademiku Josipu Kalasanciju Schlosseru vitezu Klekovskom koji je u svom dijelu „Fauna kornjašah Trojedne Kraljevine“ predstavio popis zabilježenih vrsta, njihove opise te identifikacijski ključ. Također, u svojem opsežnom dijelu svakoj vrsti je dao prikladna hrvatska imena koja sam rado iskoristila u naslovu ovog rada. Rodu *Hydrocyphon* nadjenuo je ime rosani, a rodu *Elodes* (tada *Helodes*) ime šušci (Schlosser 1877-79) (Slika 5).



Slika 5 Rosan (lijevo) i šušak (desno) (preuzeto: <https://www.ukbeetles.co.uk/scirtidae>).

### 1.3. Istraživanja emergencije i vodenih kornjaša krških tekućica

Emergencija je proces preobrazbe kukuljice (kukaca sa potpunom preobrazbom) ili nimfe (kukaca sa nepotpunom preobrazbom) u odrasli stadij (Slika 6). Nakon nje slijedi rasprostranjivanje jedinki i osvajanje novih staništa u potrazi za hranom i partnerom, što kod vodenih kukaca označava prelazak iz života u vodenom na život u kopnenom staništu (Davies 1984; Malmqvist 2002). Za praćenje emergencije koriste se emergencijske klopke koje se postavljaju iznad istraživane podloge, koja može biti vodeno tijelo, tlo ili biljni materijal i služe za hvatanje tek preobraženih jedinki koje emergiraju iz nje (Illies 1971). Koriste se u ekološkim istraživanjima kukaca, istraživanjima njihove raznolikosti i fenologije. Glavne prednosti njihove upotrebe su da je pravilnom upotrebom klopki podrijetlo sakupljenih jedinki neosporno, a redovitim obilaskom klopki moguće je odrediti točno vrijeme (doba dana, dan, mjesec...) emergencije pojedinih jedinki (DeWalt 2015). Ustanovljeno je da na početak emergencije vodenih kukaca i na njen tijek utječu abiotički čimbenici od kojih su najvažniji temperatura vode i fotoperiod (Ivković i sur. 2012, 2013; Ivković i Pont 2016). Na staništima s relativno stalnom temperaturom vode, kao što su izvori, važnu ulogu ima zasjenjenost područja odnosno izloženost svjetlosti (Ivković i sur. 2015). Neke emergencijske značajke su vrsno ili čak populacijski specifične i njihovo poznavanje i praćenje može ukazati na promjene u okolišnim uvjetima. Tako se raniji i kasniji početak emegencije može pripisati promjeni temperature vode u odnosu na prijašnje godine (Sweeney i Vannote 1981; Sweeney 1984).



Slika 6 Emergencija pripadnika reda Odonata (vretence) (autor fotografije: A. Walmsley, preuzeto: <http://www.newforestexplorersguide.co.uk/>).

Emergencijske značajke vodenih kukaca, posebice reda dvokrilaca (Diptera), vodencvjetova (Ephemeroptera), obalčara (Plecoptera) i tulara (Trichoptera), dugogodišnje su praćene i istražene na oligotrofnom jezerskom sustavu Plitvičkih jezera koja pripadaju području Dinarskog krša. Provedena istraživanja značajno su dopunila znanje o utjecaju različitih abiotičkih i biotički čimbenika na emergenciju vodenih kukaca (npr. Ivković i sur. 2014, 2013; Čmrlec i sur. 2013; Šemnički i sur 2011; Ridl i sur. 2018.; Vilenica i Ivković 2020) te su upotpunili znanje o fauni kukaca ovog područja (npr. Ivković i sur. 2012; Kvifte i sur. 2013).

Vodeni kornjaši Dinarskog krša istraživani su sporadično i sa naglaskom na pripadnike Adephaga (npr. Schlosser 1877-79; Apfelbeck 1894; Novak 1952, 1970). Porodica Scirtidae do sada nije sustavno istraživana na području Hrvatske, a u istraživanjima koja su obuhvaćala njezine pripadnike oni su uglavnom bili proučavani kao dio zajednice makroskopskih beskralješnjaka ili faune vodenih kornjaša nekog vodenog sustava (Matonićkin i Pavletić 1967; Habdija i sur. 1994, 2004; Mičetić Stanković i sur. 2018, 2019). Posebno se treba naglasiti rad Mičetić Stanković i sur. (2019) koji su predstavili rezultate istraživanja ekologije, značajki populacija i uzdužne pojavnosti svojiti vodenih kornjaša što je obuhvaćalo i pripadnike porodice Scirtidae na području Plitvičkih jezera. Emergencijske značajke porodice nisu istraživane na području Hrvatske, a tako ni u Svijetu.

Krška područja značajna su zbog jedinstvene i raznolike faune zbog čega nije čudno da je upravo područje Dinarskog krša prepoznato kao vruća točka biološke raznolikosti (Myers i sur. 2000; Ivković i Plant 2015) sa velikim brojem endemskih vrsta (Pont i Ivković 2012; Giška i sur. 2013; Kvifte i Ivković 2018; Andersen i sur. 2016 ). Bitno je napomenuti kako je krš teren s posebnom hidrologijom gdje su podzemna i nadzemna vodena staništa direktno vezana te je zbog takve kompleksnosti sustava teško pratiti promjene i narušavanje staništa (Bonacci i sur. 2013). Danas je poznato da eutrofikacija potaknuta klimatskim promjenama i povećano korištenje pesticida u agrokulturi postaju sve veća prijetnja za

jedinstvenu bioraznolikost Dinarskog krša (Mihaljević i sur. 2013). Stoga je jasno da saznanja o utjecaju okolišnih čimbenika na ekološke značajke vodenih kukaca mogu uvelike pridonijeti prepoznavanju negativnih promjena u tom osjetljivom ekosustavu.



## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Ciljevi istraživanja emergencijskih i ekoloških značajki rosana i šušaka u razdoblju od 14 godina u Nacionalnom parku Plitvička jezera su:

- nadopuniti znanje o fauni vodenih kornjaša NP Plitvičkih jezera i Hrvatske uopće
- utvrditi emergencijske značajke populacija vrsta rosana i šušaka
- utvrditi povezanost emergencijskih značajki rosana i šušaka s okolišnim čimbenicima

### 3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. Nacionalni park Plitvička jezera

Plitvička jezera su proglašena nacionalnim parkom 8. travnja 1946. godine, a 1997. godine granice Parka proširene su kako bi se obuhvatilo cijelo slivno područje. Danas površina Parka iznosi 296 km<sup>2</sup> (Nacionalni park Plitvička jezera 2019) što ga čini najvećim nacionalnim parkom u Hrvatskoj. Ulaskom Hrvatske u Europsku uniju (EU) i usvajanjem Direktive o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore (Council Directive 92/43/EEC) cijelo područje Parka proglašeno je Natura 2000 područjem pod kodom HR5000020. Također, 26. listopada 1979. godine Plitvička jezera su uvrštena na Popis svjetske i kulturne baštine Organizacije Ujedinjenih naroda za obrazovanje, znanost i kulturu (UNESCO).

Nacionalni park Plitvička jezera smješten je u krškom području Dinarskog gorskog sustava između masiva Male Kapele (1 280 m. n. v.) na sjeverozapadu i Ličke Plješivice (1 640 m. n. v.) na jugoistoku. Najveću površinu Parka pokriva mješovita šumska vegetacija, čak 81 %, travnjaci zauzimaju 15 %, 3 % otpada na ljudskim djelovanjem izmijenjene površine, dok površinske vode zauzimaju samo oko 1 % površine Parka s ukupnim volumenom od 22,95 milijuna m<sup>3</sup> vode (Nacionalni park Plitvička jezera 2019; Babinka 2008)

Ovo istraživanje provedeno je na vodenom sustavu Plitvičkih jezera te je nadalje važno opisati geološke i klimatske značajke, hidrologiju i dinamične procese koji ga stvaraju i osiguravaju njegov opstanak. Prevladavajući oblik vode u NP Plitvička jezera su kaskadno formirana jezera nastala procesom rasta sedrenih barijera. Sustav jezera proteže se okvirno u smjeru jug-sjever na potezu od 9 km i čine ga 16 većih jezera koje dijelimo na Gornja (Prošće, Ciginovac, Okrugljak, Batinovac, Veliko, Malo, Vir, Galovac, Milino, Gradinsko jezero, Veliki burget i Kozjak) i Donja jezera (Milanovac, Gavanovac, Kaluđerovac, Novakovića Brod).

Najznačajniji stalni krški izvori koji formiraju površinske tokove na području Nacionalnog parka su izvor Crne rijeke, izvor Bijele rijeke te izvor potoka Plitvica. Crna i Bijela rijeka tvore Maticu koja se ulijeva u Prošćansko jezero i predstavlja najveći dotok vode za Gornja jezera (Božićević 1998). Nakon zadnjeg jezera u sustavu voda se prelijeva preko barijere Novakovića Brod i s potokom Plitvica tvori rijeku Koranu koja se kod Karlovca ulijeva u Kupu. Time Plitvička jezera pripadaju slivu rijeke Dunav odnosno crnomorskom slivu.

Ovaj sustav jezera nastaje u holocenu, a geološka podloga izgrađena od karbonata mezozojske starosti uvjetuje njegovo oblikovanje. Tako su Gornja jezera koja leže na nepropusnoj dolomitnoj podlozi (trijas) prostorno i volumno veća i imaju razvedenije i blaže obale dok Donja jezera i kanjon Korane na vapnenačkoj podlozi (kreda) formiraju kanjonsko urezivanje sa strmim obalama. Upravo zbog navedenih hidrogeoloških značajki, gdje se donja jezera urezuju u podlogu, a gornja jezera izdižu

sedrenim barijerama, ovaj sustav postaje tako zvani kaskadni sustav gdje se voda prelijeva preko barijera od najvišeg Prošćanskog jezera, na 636 m. n. v., do jezera Novakovića Brod na 503 m. n. v. s razlikom u nadmorskoj visini od 134 m (Riđanović 1994).

Stvaranje sedre (osedravanje) na Plitvičkim jezerima je rezultat međudjelovanja fizikalno-kemijskih i biogenih procesa u vodi i samih svojstava geološke podloge (Srdoč i sur. 1985). Mehanizam ovog biodinamičkog i neprekinutog procesa je kompleksan i ovisi o tri glavna i postojeća kemijska uvjeta: prezasićenost vode kalcijevim karbonatom (indeks zasićenosti  $>3$ ), pH vrijednost vode iznad 8,0 i koncentracija otopljene organske tvari u vodi niža od  $10 \text{ mg L}^{-1}$  ugljika (Srdoč i sur. 1985). Kemijski dio mehanizma osedravanja jednostavno se može opisati kao izlučivanje i taloženje sitnih kristala kalcijevog karbonata (kalcita) na brzacima iz mineralizirane vode prezasićene otopljenim kalcijevim bikarbonatom.

Sedrotvorne mahovine su glavni biogeni čimbenik koji posreduje u stvaranju sedre, a uz njih tu su i modrozeleno alge (Cyanobacteria), alge kremenjašice (Diatomeae) i drugi organizmi koji zajedno pospješuju taloženje karbonata i utječu na makrostrukturu i oblik sedre (Emeis i sur. 1987; Matonićkin Kepčija i sur. 2005).

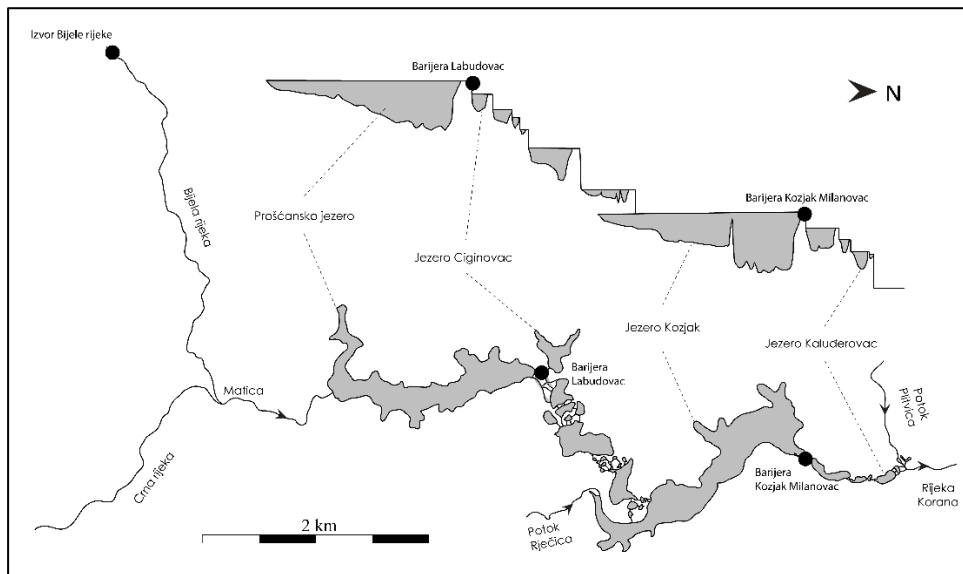
Rast sedre i oblikovanje barijera, osim stvaranja jezera, povoljno djeluje u pogledu pročišćivanja vode od organskog i naplavnog materijala što rezultira boljim uvjetima za rast i razvoj nizvodnih barijera, a na kraju i održavanje samog sustava (Nacionalni park Plitvička jezera 2019).

Klimatski uvjeti u Parku danas pogoduju stvaranju sedre upravo zbog svog položaja u središnje-planinskom području Hrvatske gdje prevladava umjereno topla vlažna klima s toplim ljetima, dok samo područja iznad 700 m. n. v imaju vlažnu snježno-šumsku klimu (Makjanić 1971-1972).

Padaline su najobilnije u jesenskim i zimskim mjesecima, dok su maksimalni protoci na Plitvičkim jezerima zabilježeni tijekom proljetnih mjeseci, što se povezuje s otapanjem snijega. Minimalni su protoci zabilježeni tijekom kasnog ljeta (kolovoz, rujan) i kasne jeseni (listopad, studeni) (Riđanović 1994).

Visoke temperature ljeti uvjetuju pojavu termokline i stratifikacije u jezerima, dok u kasnu jesen i rano proljeće dolazi do izotermije koja potiče mješanje vode u jezerima. Zato Plitvička jezera ubrajamo u dimiktička jezera (Babinka 2007; Špoljar i sur. 2007).

### 3.2. Istraživane postaje



Slika 7 Karta istraživanih postaja na području Nacionalnog parka Plitvička jezera. Crnom točkom su označene postaje istraživanja: Izvor Bijele rijeke, Barijera Labudovac i Barijera Kozjak Milanovac.

**Postaja Izvor Bijele rijeke (IBR)** (N 44°50'05" E 15°33'43") (Slika 8) je smještena na samom izvoru Bijele rijeke (Slika 7), nadmorske visine od 720 m. Izvor predstavlja otvoreno limnokreno vrelo koje u svojem izvorišnom dijelu zadržava vodu u malim bazenima. Lotički je tip staništa sa supstratom kojeg čine šljunak, mahovina, pijesak i makrovegetacija.

Izvor Bijele rijeke nalazi se na području Končarevog Kraja (Čudin klanac), gdje voda izvire uz rubu doline na više mjesta, dosta raspršeno i bez velike snage, a u izuzetno sušnim uvjetima dio toka presušuje (2011./2012.).



Slika 8 Izvor Bijele rijeke (autor fotografije: M. Ivković).

**Postaja Labudovac (LB)** (N 44°52'17" E 15°35'59") (Slika 9) je sedrena barijera između Prošćanskog jezera i jezera Okrugljak (Slika 7), nadmorske visine 630 m. Lotički je tip staništa sa supstratom kojeg čine šljunak, mahovina na sedri te usitnjena sedra s detritusom.



Slika 9 Barijera Labudovac (autor fotografije: A. Previšić).

**Postaja Kozjak Milanovac (KM)** (N 44°53'39" E 15°36'32") (Slika 10) je sedrena barijera između jezera Kozjak i jezera Milanovac (Slika 7), nadmorske visine 546 m. Lotički je tip staništa sa supstratom kojeg čine šljunak, mahovina na sedri, usitnjena sedra s detritusom i mulj.



Slika 10 Barijera Kozjak Milanovac (autor fotografije: M. Ivković).

## 4. MATERIJALI I METODE

### 4.1. Metode prikupljanja

U razdoblju od veljače 2007. do prosinca 2021. godine na tri lokacije u Plitvičkim jezerima postavljene su emergencijske klopke za prikupljanje uzoraka odraslih jedinki vodenih kukaca. U navedenom razdoblju postavljeno je šest klopki na lokacije barijera Kozjak Milanovac (BKM) i Izvor Bijele rijeke (IBR) dok je na lokaciji barijera Labudovac (BL) u razdoblju od 2007. do 2011. bilo postavljeno njih šest, a 2012. godine dodana je još jedna klopka (ukupno sedam). Klopke su postavljene na različitim mikrostaništima definiranim prema tipu supstrata i brzini strujanja vode (Tablica 1). Tip supstrata je definiran prema AQEM metodi (Aqem 2002).

Tablica 1 Podatci o istraživanim lokacijama i tipu supstrata na istraživanim mikrostaništima (P# - šifra istraživanog mikrostaništa). Skraćenice: IBR: Izvor Bijele rijeke, BL: Barijera Labudovac, BKM: Barijera Kozjak Milanovac.

Postaja		IBR	BL	BKM
Geografska širina		44° 50" 05'	44° 52" 17'	44° 53" 39'
Geografska dužina		15° 33" 43'	15° 35" 59'	15° 36" 32'
Nadmorska visina (m)		720	630	504
Tip supstrata	P1	šljunak	šljunak	šljunak
	P2	šljunak	šljunak	makrofiti na pijesku
	P3	mahovina	mahovina	šljunak
	P4	makrofiti na pijesku	šljunak	mahovina
	P5	mahovina	mahovina	mahovina
	P6	makrofiti na pijesku	mahovina	makrofiti na pijesku
	P7	-	mahovina	-

Emergencijske klopke su piramidalnog oblika, visine 50 cm i baze površine 45 cm x 45 cm (Slika 11). Okvir klopke prekriven je mrežom veličine oka 1 mm<sup>2</sup> koja se proteže do malo iznad dna piramide kako bi bio omogućen nesmetani ulazak i izlazak životinja. Na vrhu klopke uklopljena je plastična posuda visine i širine 10 cm s otvorom promjera 3 cm u sredini. Otvor, valjkastog oblika, služi za ulazak odraslih jedinki u posudu. Na posudi se nalazi poklopac pričvršćen žicom. Kao konzervans u posudi korišten je 2%-tni formaldehid pomiješan s deterdžentom koji smanjuje površinsku napetost. Uzorkovanje se obavljalo jednom mjesečno (na kraju ili početku mjeseca), a prikupljeni materijal se konzervirao i tretirao s 80%-tnim etanolom.



Slika 11 Emergencijska klopka korištena u ovom istraživanju (autor fotografije: M. Ivković).

#### 4.2. Laboratorijska obrada uzoraka

Prikupljeni materijal izoliran je do redova. Ja sam do redova izolirala uzorke s Izvora Bijele rijeke te lokacije Barijera Labudovac i Barijera Kozjak Milanovac iz 2020. i 2021. godine. Potom sam sve predstavnike reda kornjaša od 2007. godine do 2021. godine odredila do najniže taksonomske razine, pomoću ključeva za porodice vodenih kornjaša (Bouchard 2004) i ključa za porodicu Scirtidae (Klausnitzer 2009). Identifikaciju sam odrađivala pomoću stereo lupe Zeiss Stemi 2000-C. Uzorci kornjaša sakupljeni 2015. godine nažalost nisu korišteni u ovome radu jer su izgubljeni ljudskom pogreškom i stoga ta godina nije uzeta u obzir kod obrade podataka.

Rodovi porodice Scirtidae lako se određuju prema vanjskim morfološkim značajkama kao što su oblik i građa ticala, nogu, pokrivanja (elitre) i pronotuma. Određivanje do razine vrste moguće je jedino uz pomoć spolnih organa. Kod većine predstavnika porodice Scirtidae, kao i kod ostalih kornjaša, određivanje je temeljeno na morfologiji spolnih organa mužjaka. S druge strane, predstavnici roda *Hydrocyphon* se određuju do razina vrste i na osnovu građe spolnog sustava ženke, točnije specijalizirane strukture tzv. *prehensor* (Klausnitzer 2009). U svrhu determinacije prikupljenim jedinkama sam izdvojila spolne organe pomoću tankih entomoloških iglica i pincete. Determinirane jedinke sam spremala i konzervirala u 80%-tnom alkoholu u epice s oznakama (lokacija, oznaka klopke, mjesec i godina, vrsta i spol).

Kako bi stvorila referentnu zbirku ovih do sada slabo istraženih kornjaša određeni broj jedinki sam preparirala. Naime, nakon provedene determinacije jedinke sam pomoću entomološkog ljepila i mekog kista lijepila na karton zajedno sa spolnim organom u donju trećinu kartončića. Muški spolni

organ (*aedeagus*) lijepila sam na desnu stranu kartončića, ženski u njegovu sredinu, a *prehensor* uz njegov desni rub. Uz svaku prepariranu jedinku sam ispisala neizostavne podatke o predmetu: mjesto i datum sakupljanja, sakupljača te ime vrste. Preparirani kornjaši su uklopljeni u Zbirku vodenih kornjaša Hrvatskog prirodoslovnog muzeja.

### 4.3. Mjerenje fizikalno-kemijskih obilježja vode

Fizikalno-kemijski čimbenici mjereni su svaki mjesec u razdoblju od 2007. do 2021. godine. Mjerenja su odrađena WTW sondama: sonda WTW Oxi 330 (temperatura vode (°C) i zasićenje vode kisikom (%)), sonda WTW pH 340i (pH vode) i sonda WTW Cond 340i (elektroprovodljivost ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )).

Alkalitet vode određen je titriranjem 100 mL uzorka vode s kloridnom kiselinom (HCl) uz indikator kiselosti (metiloranž).

Brzina strujanja vode izmjerena je strujomjerom Dostmann P-670-M, a temperatura vode je izmjerena data logerom HOBO Pendant Temperature Data Logger (#Part UA-001-XX).

### 4.4. Statistička obrada podataka

#### 4.4.1. Populacijske i fenološke značajke svojte

Podatke o brojnosti pripadnika porodice Scirtidae sam tablično uredila u programu Excel. Za uspoređivanje brojnosti vrsta i zajednica na određenim lokacijama izračunala sam prosječne vrijednost (aritmetičku sredinu) i median brojnosti po lokacijama. Podatke sam također prikazala prikladnim grafičkim prikazima.

Odnos spolova ( $\text{♂}:\text{♀}$ ) sam izračunala na podacima brojnosti u godini i u mjesecima. Izračunat je prema Tabashnik (1980):

$$CRS = \frac{nM}{nF}$$

Pri čemu je: CSR = stvaran odnos ulovljenih jedinki prema spolu

$nM$  = broj ukupno ulovljenih mužjaka

$nF$  = broj ukupni ulovljenih ženki

Fenološke značajke pojedine svojte određivala sam na podacima sa tri lokacije u cijelom razdoblju istraživanja. Podatke o brojnosti emergiranih jedinki po mjesecima u godini sam uredila tablično i prikazala prikladnim grafičkim prikazima.



#### 4.4.2. Odnos faune i okolišnih čimbenika

Prije daljnje statističke obrade provela sam D'Agostino-Pearson-ov test i Kolmogorov-Smirnov test za testiranje raspodjele podataka. Obzirom da su testovi ukazali na nenormalnu raspodjelu podataka faunističke podatke (brojnost) sam logaritmirala, a okolišne podatke (vrijednosti fizikalno – kemijskih pokazatelja) normalizirala.

Uspoređivanje istraživanih postaja prema sastavu zajednice vodenih kornjaša provela sam klaster analizom i analizom nemetrijskog multidimenzionalnog skaliranja (NMDS - engl. *non-metric multidimensional scaling analysis*). Za NMDS analizu koristila sam matricu sličnosti koja je dobivena pomoću Bray-Curtis indeksa kojim se izražava sličnost zajednica na temelju faunističkih značajki (brojnost svojiti po mjesecima) (Dytham 2003; Zuur i sur. 2007).

Utjecaj fizikalno-kemijskih obilježja vode na emergenciju vodenih kornjaša odredila sam pomoću Spearman-ovog koeficijenta korelacije:

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

Pri čemu je:  $d$  = razlika vrijednosti rangova dvije promatrane serije

$n$  = broj različitih serija

Analizom glavnih komponenti s dopunskim varijablama (PCA, eng. *Principal component analysis*) analizirala sam odnos vodenih kornjaša prema fizikalno-kemijskim obilježjima vode te njihova međusobna sličnost u preferiranju određenih okolišnih uvjeta. Analiza je provedena za svaku od istraživanih lokacija, ali isto tako i za mikrostaništa kada je uzeta u obzir mjerena brzina strujanja vode. Također sam provela i zasebnu RDA analizu (eng. *redundancy analysis*) na podacima brojnosti vodenih kornjaša i vrijednosti fizikalno-kemijskih pokazatelja vode sa svih lokacija zajedno. Prije provedbe navedenih analiza provedena je *full draftman's plot* analiza.

#### 4.4.3. Programi korišteni za obradu podataka

Tablične i grafičke prikaze izradila sam u programu Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corporation, 2007), Primer 5.2.9 (Primer-E Ltd, 2002) i CANOCO 5.00 (ter Braak i Smilauer, 2012). Statističke analize provela sam u programu SPSS 17.0 (SPSS Statistics, 2008) (Spearmanov indeks korelacije), Primer 5.2.9 (Primer-E Ltd, 2002) (priprema podataka (normalizacija i transformacija), D'Agostino-Pearson-ov test, Kolmogorov-Smirnov test, klaster analiza i analiza nemetrijskog multidimenzionalnog skaliranja (NMDS)) i CANOCO 5.00 (ter Braak i Smilauer, 2012) (PCA i RDA analize). Analize brojnosti, omjera spolova i fenologije provela sam u programu Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corporation 2007). Za obradu slika i grafova koristila sam Adobe® Illustrator® CS6.

## 5. REZULTATI

U sklopu istraživanja od veljače 2007. do prosinca 2021. godine sakupljeno je i obrađeno ukupno 5668 jedinki pripadnika porodice Scirtidae. Utvrđeno je prisustvo dva roda (*Hydrocyphon* i *Elodes*) i tri svojite na istraživanom području Nacionalnog parka Plitvička jezera (Slika 12). Na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac i lokaciji Barijera Labudovac *Hydrocyphon deflexicollis* (Mueller, 1821) i *Hydrocyphon novaki* Nyholm, 1967, a na lokaciji Izvor Bijele rijeke samo ženke roda *Elodes*. Analizom sakupljenih jedinki roda *Elodes* pretpostavlja se da se radi o jednoj vrsti.

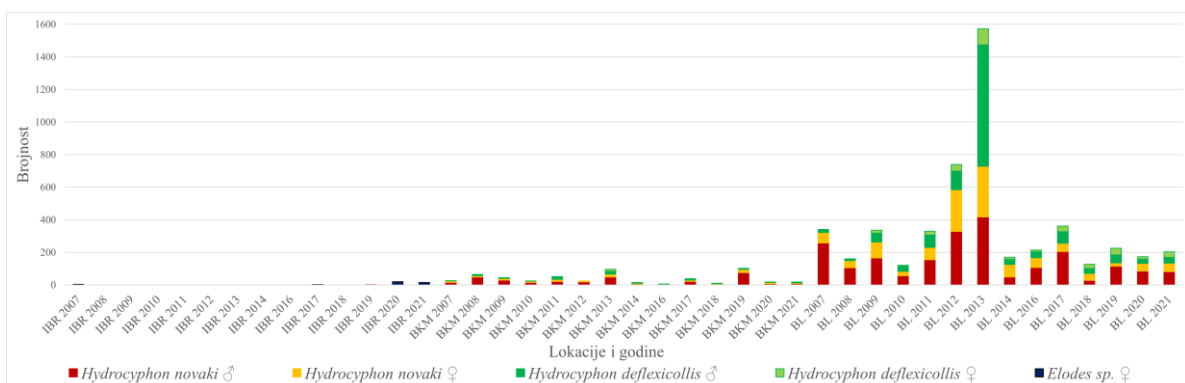


Slika 12 Zabilježeni predstavnici porodice Scirtidae na području NP Plitvička jezera od 2007. do 2021. godine: *Hydrocyphon* sp. (slika lijevo) i *Elodes* sp. (slika desno).

### 5.1. Brojnost porodice Scirtidae

Tijekom razdoblja istraživanja ukupno je uhvaćeno 5080 jedinki porodice Scirtidae na lokaciji Barijera Labudovac, 545 jedinki na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac i 42 jedinke na lokaciji Izvor Bijele rijeke (Tablica 2).

Najveća brojnost porodice Scirtidae u godini zabilježena je na lokaciji Barijera Labudovac 2013. godine (1573 jedinki) dok je najmanja brojnost zabilježena na lokaciji Izvor Bijele rijeke u razdoblju od 2008. do 2016. godine (0 jedinki). Također je i ukupna brojnost porodice na sve tri istraživane lokacije bila najveća u 2013. godine (1669 jedinki), a najmanja je bila 2018. godine (137 jedinki) (Slika 13, Tablica 2).

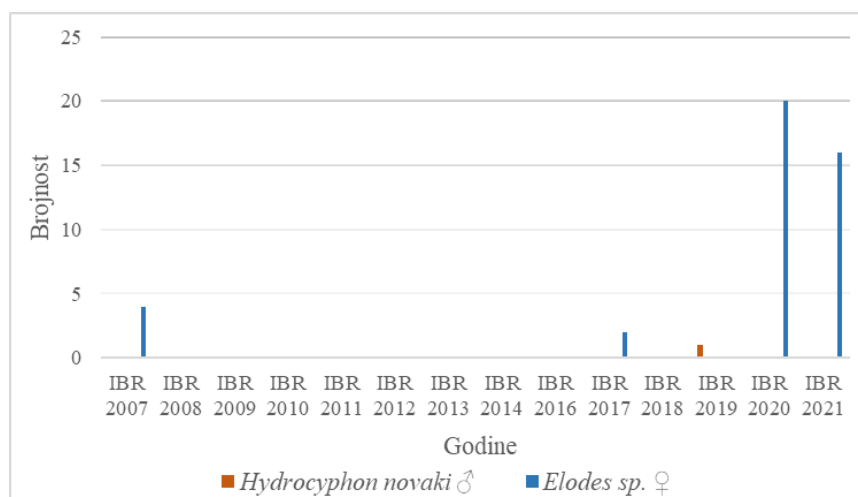


Slika 13 Brojnost porodice Scirtidae na tri lokacije u razdoblju od 2007. do 2021. Skraćenice lokacija: IBR: Izvor Bijele rijeke, BKM: Barijera Kozjak Milanovac, BL: Barijera Labudovac.

Tablica 2 Podatci o brojnosti svojti na lokacijama kroz godine i ukupna brojnost porodice po godinama. Skraćenice: IBR: Izvor Bijele rijeke, BL: Barijera Labudovac, BKM: Barijera Kozjak Milanovac.

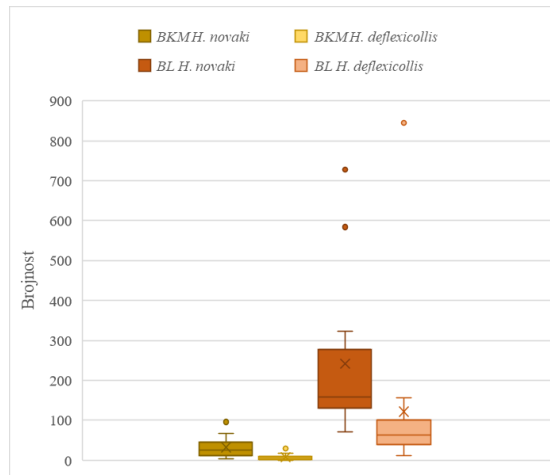
Lokacija	Svojta	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021	suma
IBR	<i>Elodes</i> sp.	4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	20	16	42
BL	<i>H. novaki</i>	322	150	263	84	230	584	728	126	167	256	70	136	133	134	3383
	<i>H. deflexicollis</i>	19	11	73	38	100	156	845	45	48	106	57	89	40	70	1697
	suma	341	161	336	122	330	740	1573	171	215	362	127	225	173	204	5080
BKM	<i>H. novaki</i>	25	56	41	24	34	25	67	11	3	29	8	96	15	12	446
	<i>H. deflexicollis</i>	1	9	5	1	17	0	29	5	3	10	2	7	3	7	99
	suma	26	65	46	25	51	25	96	16	6	39	10	103	18	19	545
suma		371	226	382	147	381	765	1669	187	221	403	137	328	211	239	5667

Na lokaciji Izvor Bijele rijeke zabilježen je mali broj jedinki roda *Elodes* za vrijeme istraživanja (42 jedinke). Najveća brojnost bila je 2020. godine (20 jedinki), dok u razdoblju od 2008. do 2016. nije bila zabilježena ni jedna jedinka (Slika 14, Tablica 2).



Slika 14 Brojnosti porodice Scirtidae po godinama istraživanja na Izvoru Bijele rijeke (IBR).

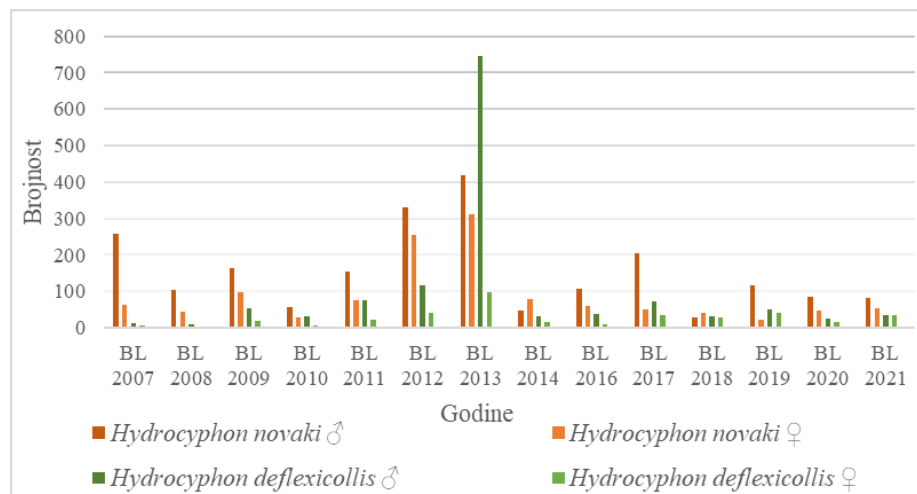
Tijekom cijelog razdoblja istraživanja utvrđena je veća brojnost roda *Hydrocyphon* po godini za lokaciju Barijera Labudovac (median brojnosti porodice iznosi 220 jedinki/godini; prosječna brojnost porodice 362,9 jedinki/godini) u odnosu na lokaciju Barijera Kozjak Milanovac (median brojnosti porodice iznosi 25 jedinki/godini; prosječna brojnost porodice 38,9 jedinki/godini) (Slika 15, Tablica 2).



Slika 15 Odnos brojnosti vrsta *Hydrocyphon novaki* i *H. deflexicollis* na lokacijama Barijera Labudovac (BL) i Barijera Kozjak Milanovac (BKM).

Također, na lokaciji Barijera Labudovac i Barijera Kozjak Milanovac u gotovo svim godinama utvrđena je veća brojnost vrste *Hydrocyphon novaki* u odnosu na brojnost vrste *H. deflexicollis* uz iznimku 2013. godine kada je na lokaciji Barijera Labudovac brojnost vrste *H. deflexicollis* bila veća (Slika 15, Tablica 2).

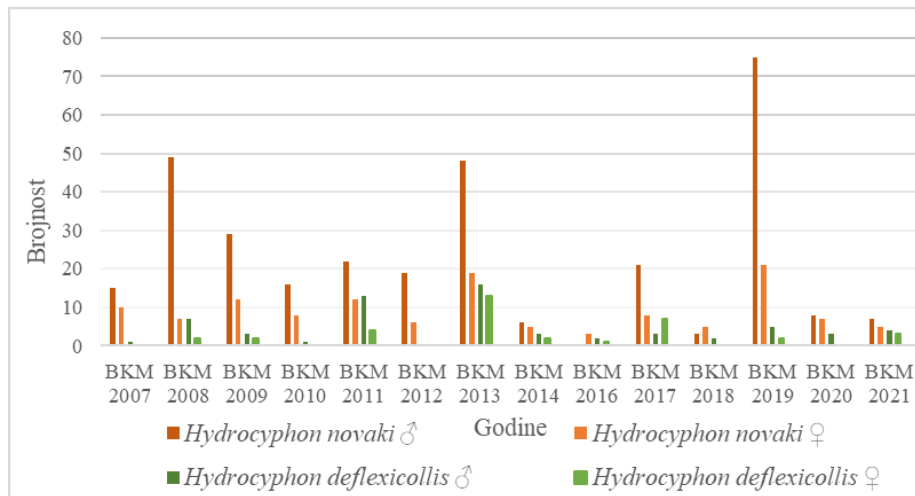
Na lokaciji Barijera Labudovac najveća brojnost vrste *Hydrocyphon novaki* zabilježena je 2013. godine (728 jedinki), a iste godine je zabilježena i najveća brojnost vrste *H. deflexicollis* (845 jedinki). Na istoj lokaciji najmanja brojnost vrste *H. novaki* zabilježena je 2018. godine (70 jedinki), dok je najmanja brojnost vrste *H. deflexicollis* zabilježena 2008. godine (11 jedinki) (Slika 16, Tablica 2).



Slika 16 Brojnosti vrsta porodice Scirtidae po godinama istraživanja na Barijeri Labudovac (BL).

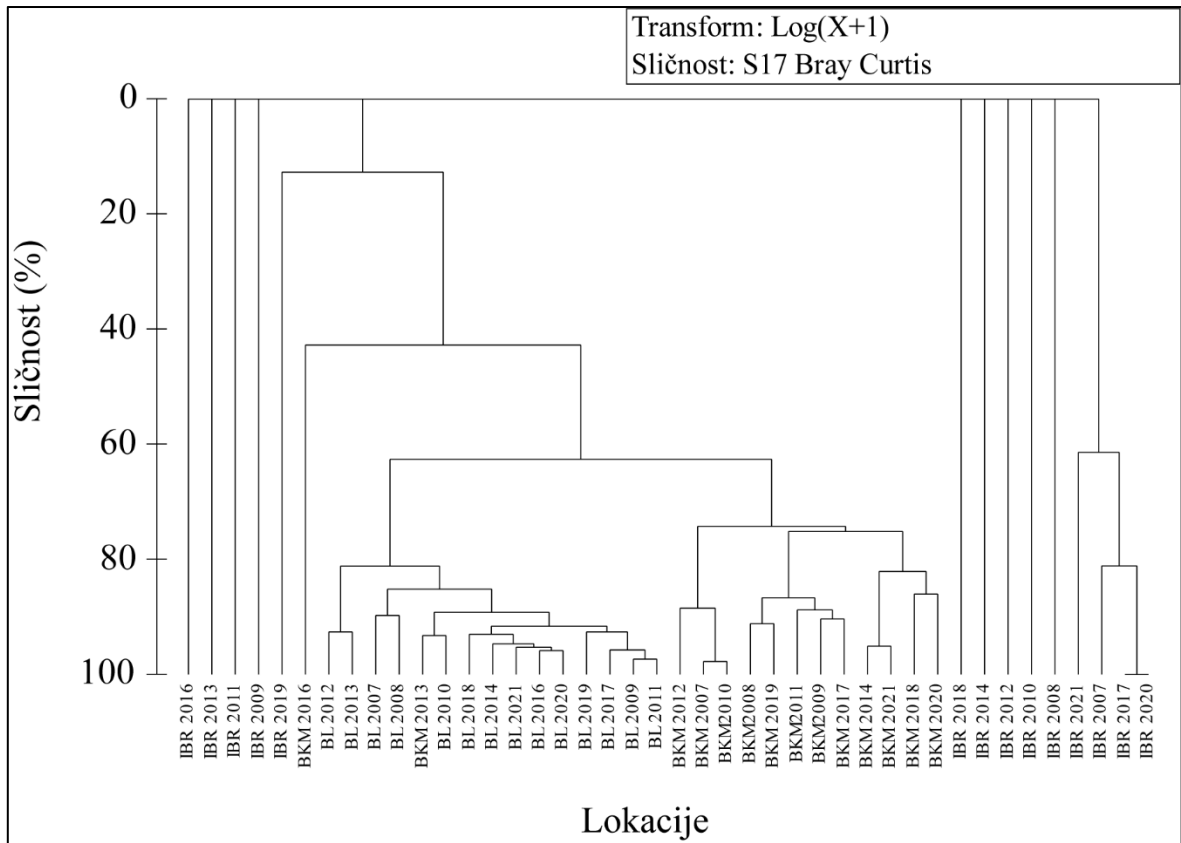
Najveća brojnost porodice Scirtidae na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac bila je 2019. godine (103 jedinke). Iste godine zabilježena je i najveća brojnost vrste *Hydrocyphon novaki* (96 jedinki), dok je najviše jedinki *H. deflexicollis* (29 jedinki) emergiralo 2013. godine. Najmanja brojnost porodice

zabilježena je 2016. godine (6 jedinki), također je tada zabilježena najmanja brojnost vrste *H. novaki* (3 jedinke), dok 2012. nije zabilježena ni jedna jedinka vrste *H. deflexicollis* (Slika 17, Tablica 2).

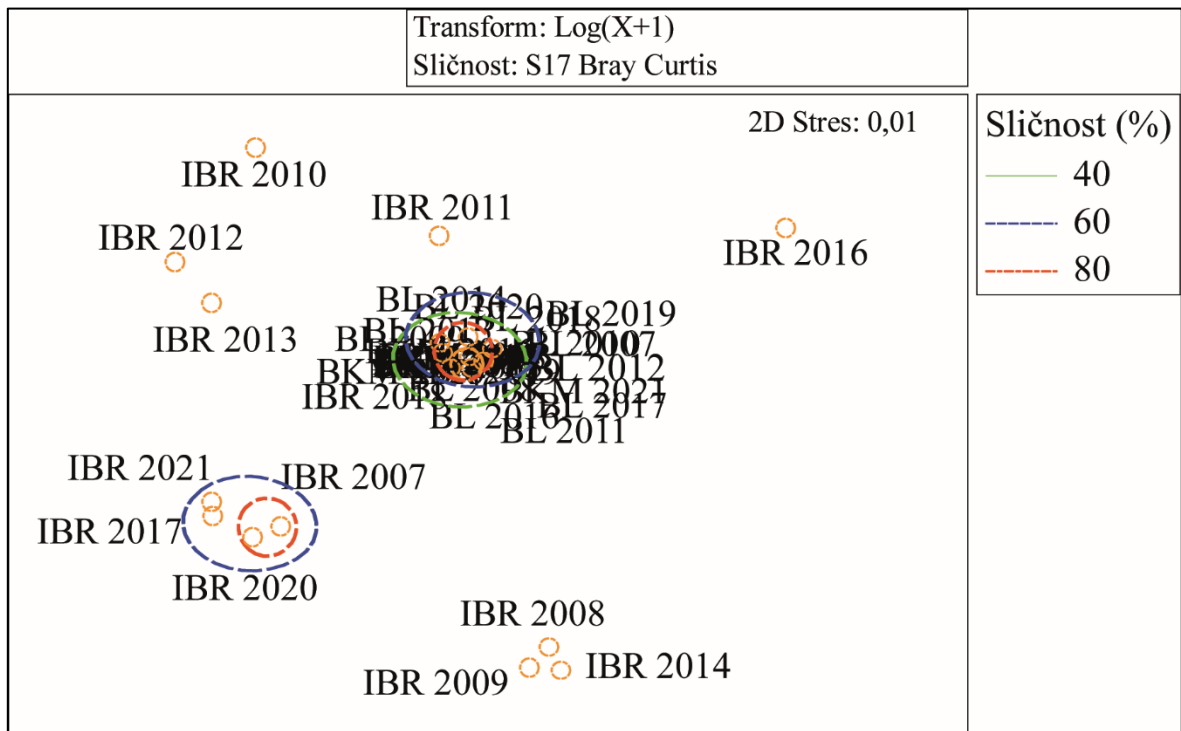


Slika 17 Brojnosti porodice Scirtidae po godinama istraživanja na Barijeri Kozjak Milanovac (BKM).

U klaster analizu i analizu nemetrijskog multidimenzionalnog skaliranja (NMDS) uključeno je ukupno 42 seta podataka koji predstavljaju brojnost vrsta porodice Scirtidae na pojedinim lokacijama (3 lokacije) svake godine u razdoblju od 2007. do 2021. godine (14 godina). Prema Bray-Curtis indeksu sličnosti jasno su se grupirale lokacije Barijera Kozjak Milanovac i Barijera Labudovac, dok se lokacija Izvor Bijele rijeke odvojila (Slike 18 i 19). Zajednice sa lokacije Izvor Bijele rijeke iz godina 2008., 2010., 2011., 2012., 2013. i 2016. u potpunosti su se izdvojile. Zajednice sa lokacije Izvor Bijele rijeke iz godina 2007., 2017. i 2020. grupirale su se zajedno uz sličnost od 80 %, a uz njih se grupirala i zajednica sa lokacije Izvor Bijele rijeke iz godine 2021. uz sličnost od 60 % (Slika 19). Zajednice sa lokacije Izvor Bijele rijeke iz godina 2009. i 2014. grupirale su se uz nešto manju sličnost. Sve zajednice sa lokacija Barijera Labudovac i Barijera Kozjak Milanovac iz razdoblja od 2007. do 2021. godine grupirale su se zajedno sa sličnosti od 40 %, a uz njih su se na grafičkom prikazu grupirale zajednice sa lokacije Izvor Bijele rijeke iz godina 2018. i 2019. Sve zajednice izuzev zajednice sa lokacije Barijera Kozjak Milanovac iz 2016. godine, su se također grupirale sa sličnošću od 60 %. Sa sličnošću od 40 % formirale su se 4 grupe zajednica. Prvu grupu čine se zajednice sa lokacije Barijera Labudovac i zajednica sa lokacije Barijera Kozjak Milanovac iz 2013. godine. Drugu grupu čine zajednice sa lokacije Barijera Kozjak Milanovac iz 2007., 2010. i 2012. godine. Treću grupu čine zajednice sa lokacije Barijera Kozjak Milanovac iz godina 2008., 2009., 2011., 2017. i 2019. Četvrtu grupu čine zajednice sa lokacije Barijera Kozjak Milanovac iz 2014., 2018., 2020. i 2021. godine (Slike 6 i 7).



Slika 18 Klaster analiza sličnosti lokacija prema utvrđenoj fauni porodice Scirtidae na području NP Plitvička jezera. Skraćenice: IBR: Izvor Bijele rijeke, BL: Barijera Labudovac, BKM: Barijera Kozjak Milanovac.



Slika 19 NMDS analiza sličnosti lokacija prema utvrđenoj fauni porodice Scirtidae na području NP Plitvička jezera. Skraćenice: IBR: Izvor Bijele rijeke, BL: Barijera Labudovac, BKM: Barijera Kozjak Milanovac.

### 5.1.1. Odnos brojnosti porodice Scirtidae i tipa supstrata

Istraživanje emergencije vodenih kornjaša provedeno je na tri tipa supstrata na šest do sedam mikrostaništa po lokaciji. Na lokaciji Barijera Labudovac prisutna su dva tipa supstrata (mahovina i šljunak) dok je na lokacijama Barijera Kozjak Milanovac i Izvor Bijele rijeke prisutan i treći (makrofiti s pijeskom).

#### Lokacija Barijera Labudovac

U razdoblju od 2007. do 2021. godine na supstratu kojeg čine mahovine ukupno je uhvaćeno 3902 jedinke porodice Scirtidae, od kojih je 2558 jedinki vrste *Hydrocyphon novaki* i 1344 jedinki vrste *H. deflexicollis*. U istom razdoblju na supstratu kojeg čini šljunak sakupljeno je ukupno 1168 jedinki porodice Scirtidae: 825 jedinki vrste *H. novaki* i 343 jedinki vrste *H. deflexicollis* (Tablica 3).

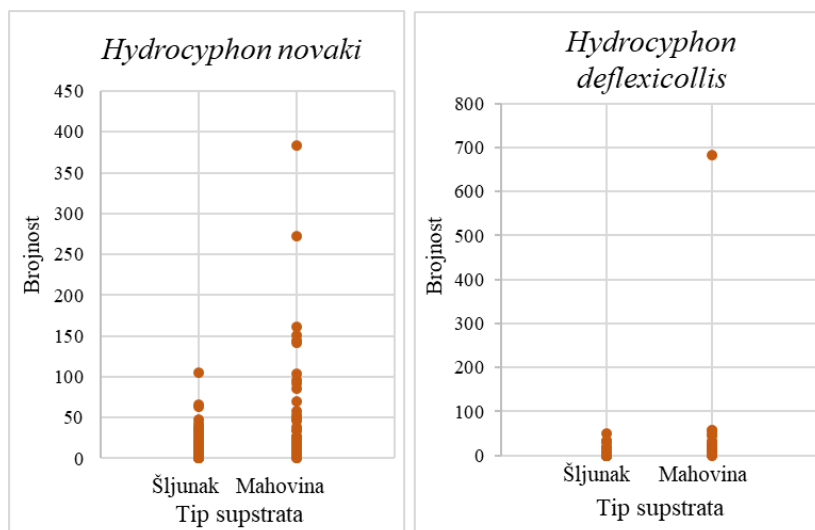
Na postaji Barijera Labudovac najveća brojnost porodice Scirtidae po godini zabilježena je na supstratu kojeg čine mahovine u 2013. godini (1332 jedinke), a najmanja brojnost zabilježena je 2014. godine (33 jedinke) na šljunku (Tablica 3).

Tablica 3 Brojnost vrsta *Hydrocyphon novaki* i *H. deflexicollis* na dva tipa supstrata na lokaciji Barijera Labudovac od 2007. do 2021. godine.

Tip supstrata	Vrsta	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021	suma
šljunak	<i>H. novaki</i>	73	33	63	51	98	109	155	26	50	47	41	12	32	35	825
	<i>H. deflexicollis</i>	4	2	8	9	67	35	86	7	10	35	35	25	7	13	343
	suma	77	35	71	60	165	144	241	33	60	82	76	37	39	48	1168
mahovina	<i>H. novaki</i>	249	117	200	33	132	475	573	100	117	209	29	124	101	99	2558
	<i>H. deflexicollis</i>	15	9	65	29	21	121	759	38	38	71	22	66	33	57	1344
	suma	264	126	265	62	153	596	1332	138	155	280	51	190	134	156	3902

Najveća brojnost vrste *Hydrocyphon novaki* na supstratu kojeg čini šljunak bila je 2013. godine (155 jedinki), a iste godine zabilježena je i najveća brojnost iste vrste na supstratu kojeg čine mahovine (573 jedinki). Najmanja brojnost *H. novaki* na supstratu kojeg čine mahovine zabilježena je 2018. (29 jedinki) dok je na šljunku najmanja brojnost bila 2019. godine (12 jedinki) (Tablica 3).

Brojnost vrste *Hydrocyphon deflexicollis* na supstratu kojeg čini šljunak bila je najveća 2013. godine (86 jedinki), a najmanja 2008. godine (2 jedinke). Na supstratu mahovine najveća brojnost *H. deflexicollis* bila je 2013. godine (759 jedinki), a značajno najmanja brojnost zabilježena je 2008. godine (samo 9 jedinki) (Tablica 3, Slika 20).



Slika 20 Godišnje brojnosti utvrđenih vrsta na dva tipa supstrata na lokaciji Barijera Labudovac.

### Lokacija Barijera Kozjak Milanovac

U razdoblju od 2007. do 2021. godine na supstratu kojeg čine mahovine ukupno su uhvaćene 382 jedinke porodice Scirtidae (319 jedinki vrste *Hydrocyphon novaki* i 62 jedinki vrste *H. deflexicollis*), a na supstratu kojeg čini šljunak uhvaćene su ukupno 134 jedinke (96 jedinki vrste *H. novaki* i 38 jedinki vrste *H. deflexicollis*). Najmanje jedinki uhvaćeno je na supstratu kojeg čine makrofiti na pijesku, ukupno 39 jedinki (30 jedinki *H. novaki* i 9 jedinki *H. deflexicollis*).

Najmanja brojnost po godini zabilježena je na supstratu kojeg čine makrofiti na pijesku u godinama 2008., 2010., 2011., 2012. i 2018. kada nije ulovljena niti jedna jedinka. Također, na supstratu kojeg čini šljunak 2021. godine nije bila ulovljena ni jedna jedinka. Najveća brojnost porodice na ovoj lokaciji bila je 2019. godine na supstratu kojeg čine mahovine (89 jedinki) (Tablica 4).

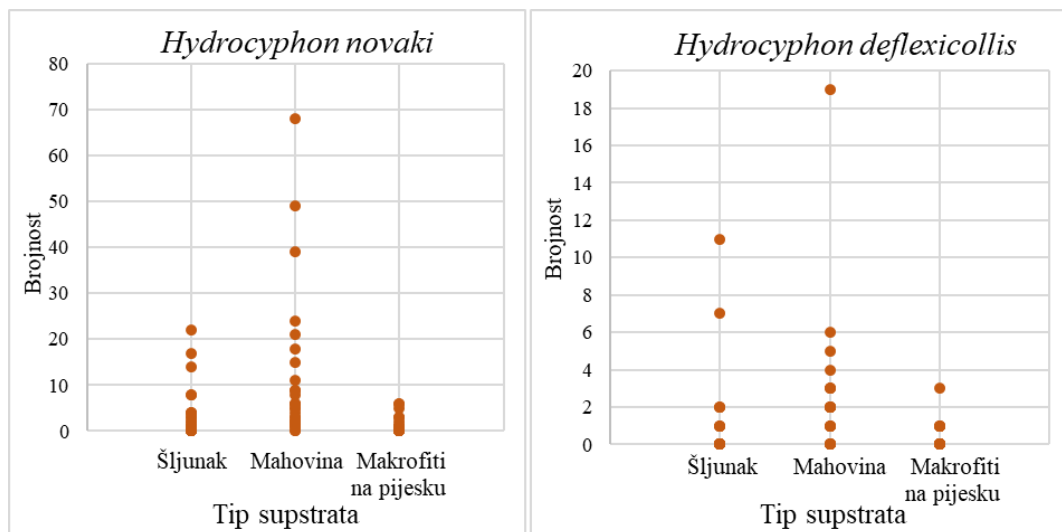
Tablica 4 Brojnosti vrsta *Hydrocyphon novaki* i *H. deflexicollis* na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac na tri tipa supstrata od 2007. do 2021. godine.

Tip supstrata	Vrsta	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021	suma
šljunak	<i>H. novaki</i>	7	3	10	1	22	17	14	1	1	8	3	4	5	0	96
	<i>H. deflexicollis</i>	1	2	2	0	22	0	7	2	0	0	1	1	0	0	38
	suma	8	5	12	1	44	17	21	3	1	8	4	5	5	0	134
mahovina	<i>H. novaki</i>	14	53	25	22	12	8	50	10	1	20	5	86	7	6	319
	<i>H. deflexicollis</i>	0	7	2	1	5	0	22	2	2	9	1	3	2	6	62
	suma	14	60	27	23	17	8	72	12	3	29	6	89	9	12	381
makrofiti na pijesku	<i>H. novaki</i>	4	0	6	0	0	0	3	0	1	1	0	6	3	6	30
	<i>H. deflexicollis</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	3	1	1	9
	suma	4	0	7	0	0	0	3	1	2	2	0	9	4	7	39

Najveća brojnost vrste *Hydrocyphon novaki* na supstratu kojeg čini mahovine zabilježen je u 2019. godini (86 jedinki), a najmanja 2016. godine (1 jedinka). Na šljunku je najveća brojnost iste vrste zabilježena 2011. godine (22 jedinke), a najmanja 2021. godine (0 jedinki). Najveća brojnost na supstratu kojeg čine makrofiti na pijesku bila je 6 jedinki u 2009., 2019. i 2021. godini, dok ni jedna jedinka nije bila uhvaćena 2008., 2010., 2011., 2012., 2014. i 2018. godine (Tablica 4, Slika 21).



Najveća brojnost vrste *Hydrocyphon deflexicollis* na supstratu kojeg čine mahovine bila je 2013. godine (22 jedinke), a najmanja brojnost bila je 2007. i 2012. godine (0 jedinki). Na supstratu kojeg čini šljunak najveća brojnost zabilježena je 2011. (22 jedinke), a 2010., 2012., 2016., 2017., 2020. i 2021. nije uhvaćena ni jedna jedinka vrste *H. deflexicollis*. Na supstratu od makrofita na pijesku najveća brojnost bila je 3 jedinke u 2019. godini, a ni jedna jedinka nije bila uhvaćena 2007., 2008., u periodu od 2010. do 2013. te u 2018. godini (Tablica 4).



Slika 21 Godišnje brojnosti utvrđenih vrsta na dva tipa supstrata na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac.

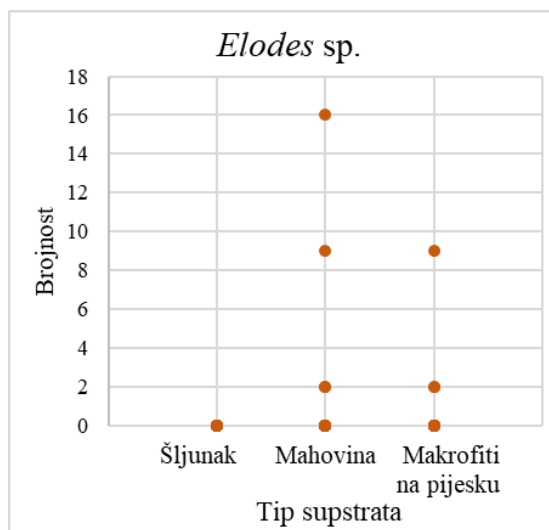
### Lokacija Izvor Bijele rijeke

Na postaji Izvor Bijele rijeke u razdoblju od 2007. do 2021. godine na supstratu kojeg čine mahovine ukupno je uhvaćeno 29 jedinki roda *Elodes*, na supstratu kojeg čine makrofiti na pijesku uhvaćeno je 13 jedinki, a ni jedna jedinka nije uhvaćena na supstratu kojeg čini šljunak tijekom cijelog istraživanja (Tablica 5).

Tablica 5 Brojnost roda *Elodes* na lokaciji Izvor Bijele rijeke na tri tipa supstrata od 2007. do 2021. godine.

Tip supstrata	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021	suma
šljunak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mahovina	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	16	29
makrofiti na pijesku	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	11	0	13

Na supstratu kojeg čine mahovine najveća brojnost zabilježena je 2021. godine (16 jedinki), a u razdoblju od 2008. do 2019. godine na navedenom supstratu nije bila uhvaćena ni jedna jedinka. Na makrofitima je najveća zabilježena brojnost bila 2020. godine (11 jedinki), a u periodu od 2007. do 2016., te 2018., 2019. i 2021. nije ulovljena ni jedna jedinka (Tablica 5, Slika 22).



Slika 22 Godišnje brojnosti roda *Elodes* na dva tipa supstrata na lokaciji Barijera Labudovac.

### 5.1.2. Odnos brojnosti porodice Scirtidae i brzine strujanja toka

Podatci o brojnosti porodice na sedam mikrostaništa na lokaciji Barijera Labudovac i šest mikrostaništa na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac uspoređeni su sa podacima srednje godišnje brzine strujanja toka na istim mikrostaništima.

Brojnost porodice razlikuje se ovisno o brzini strujanja vode i tipu supstrata. Prema grafičkom prikazu (Slika 23) može se primijetiti kako je brojnost jedinki na mikrostaništima sa supstratom kojeg čini šljunak značajno manja kada je srednja godišnja brzina toka veća. Isti obrazac je uočljiv, ali manje zastupljen na mikrostaništima čiji supstrat čine mahovine. Tako je najveća brojnost jedinki porodice Scirtidae na Barijeri Labudovac zabilježeno na mikrostaništu P7 2013. godine kada je zabilježena najmanja srednja godišnja brzina toka vode u razdoblju istraživanja (Slika 23 a) i b))



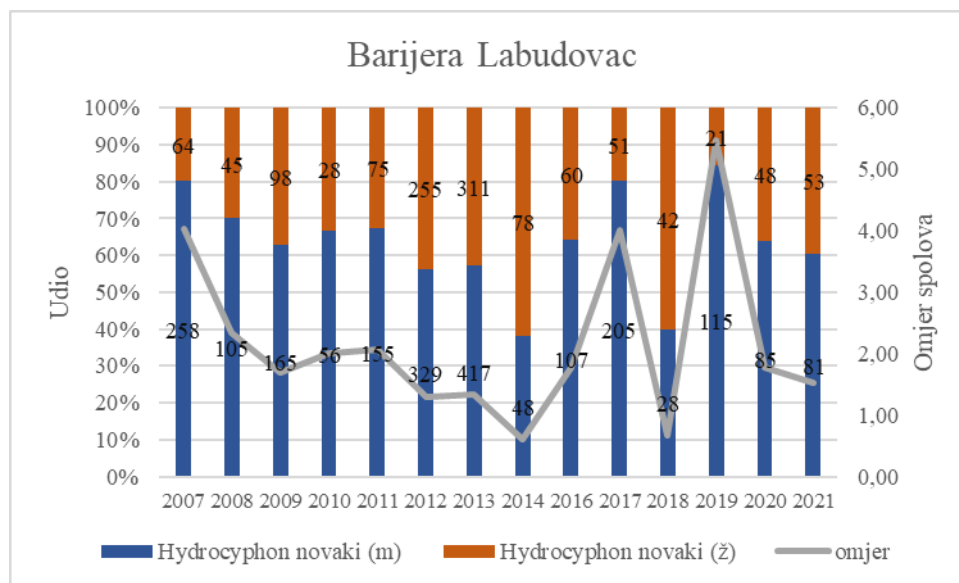
Slika 23 Brojnost roda *Hydrocyphon* i godišnja srednja vrijednost brzine toka na istraživanim mikrostaništima na lokacijama Barijera Labudovac i Barijera Kozjak Milanovac. Skraćenice: BL – Barijera Labudovac, BKM – Barijera Kozjak Milanovac.

### 5.1.3. Odnos spolova vrsta *Hydrocyphon novaki* i *Hydrocyphon deflexicollis* na istraživanim lokacijama

U analizu omjera spolova uključeni su godišnji podaci brojnosti spolova sa tri istraživane lokacije u razdoblju od 2007. do 2021. godine. Analiza varijance (ANOVA) je ukazala da se značajno razlikuje brojnost mužjaka i ženki vrsta *Hydrocyphon novaki* i *H. deflexicollis* prema lokacijama i zabilježenoj temperaturi vode ( $p < 0,001$ ,  $p < 0,05$ ,  $df = 2$ ,  $F = 6,075$ ). Također, istom je analizom utvrđeno da se međusobno razlikuje brojnost mužjaka i ženki obje vrste obzirom na mjesto i vrijeme sakupljanja (*Hydrocyphon novaki*, mužjak:  $p < 0,05$ ,  $df = 2$ ,  $F = 83,791$ . *H. novaki* ženke:  $p < 0,05$ ,  $df = 2$ ,  $F = 131,926$ ; *H. deflexicollis*, mužjaci:  $p < 0,05$ ,  $df = 2$ ,  $F = 86,995$ , *H. deflexicollis* ženke:  $p < 0,05$ ,  $df = 2$ ,  $F = 62,214$ , *Elodes sp.* -  $p < 0,05$ ,  $df = 2$ ,  $F = 4,143$ ).

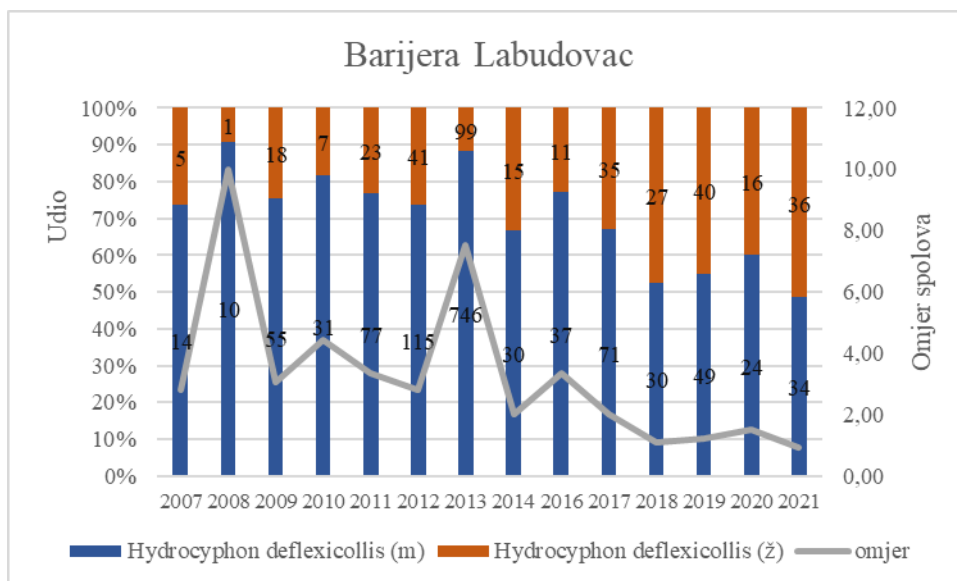
U ovom istraživanju na postaji Izvor Bijeke rijeke samo su ženke ustanovljene za rod *Elodes*, a za vrste *Hydrocyphon novaki* i *H. deflexicollis* prikupljeni su i određeni i mužjaci i ženke te je ustanovljen omjer spolova.

Omjer spolova za vrstu *H. novaki* na postaji Barijera Labudovac varira od 2007. do 2021. godine. Tijekom istraživanja uglavnom su mužjaci brojniji od ženki, ali su iznimno 2014. i 2018. godine ženke vrste *H. novaki* bile brojnije od mužjaka (Slika 24).



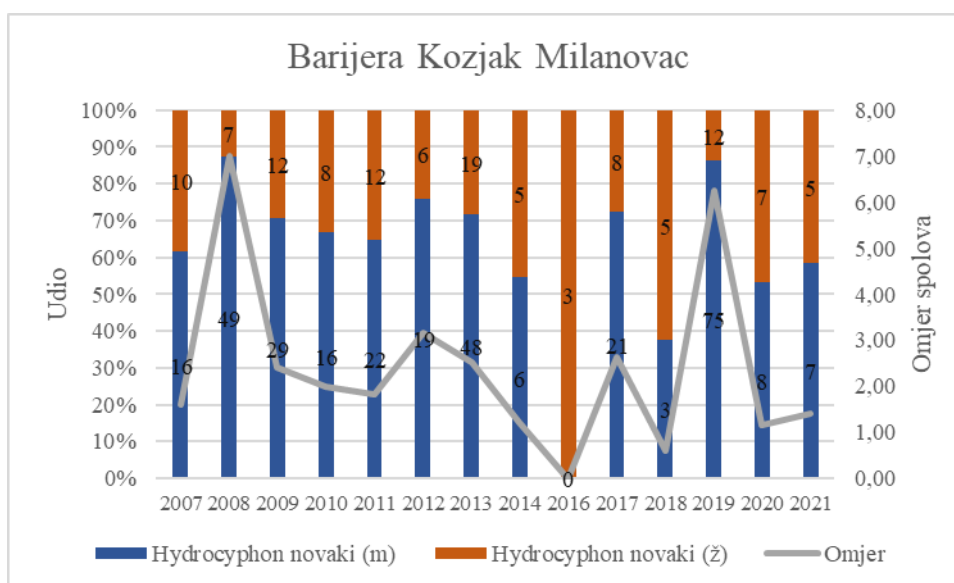
Slika 24 Udio, brojnost i omjer spolova vrste *Hydrocyphon novaki* na lokaciji Barijera Labudovac od 2007. do 2021. godine.

Također i kod vrste *H. deflexicollis* na lokaciji Barijera Labudovac mužjaci su brojniji od ženki uz jednu iznimku kada su 2021. godine ženke bile brojnije od mužjaka (Slika 25).



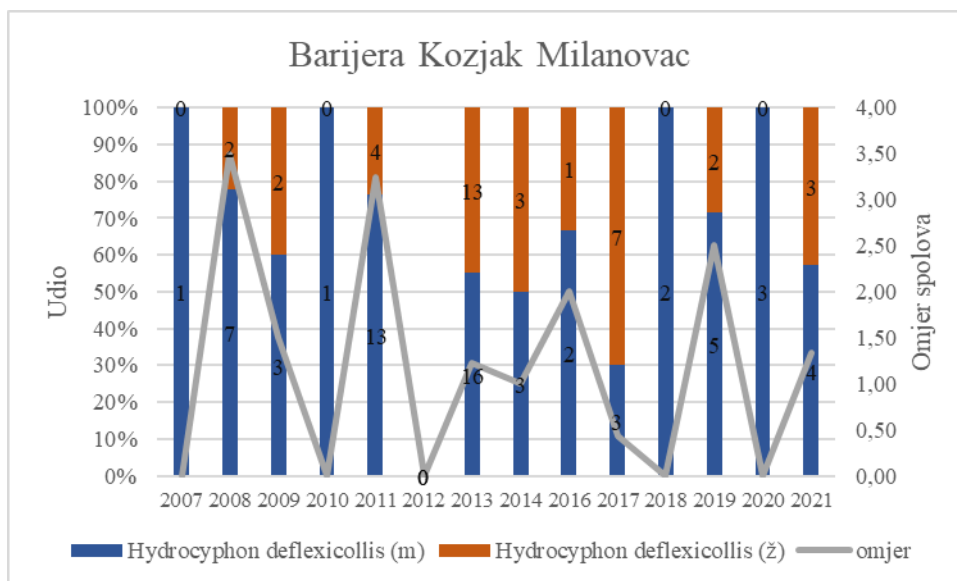
Slika 25 Udio, brojnosti i omjer spolova vrste *Hydrocyphon deflexicollis* na lokaciji Barijera Labudovac od 2007. do 2021. godine.

Na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac omjer spolova kod vrste *H. novaki* većinom je u korist mužjaka. Ženke su bile brojnije 2018. godine, a 2016. godine zabilježene su samo ženke (Slika 26).



Slika 26 Udio, brojnost i omjer spolova vrste *Hydrocyphon novaki* na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac od 2007. do 2021. godine.

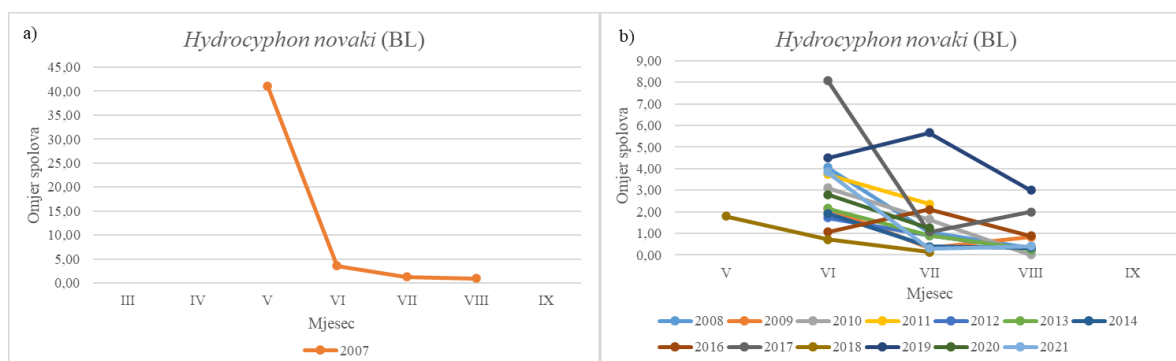
Za vrstu *Hydrocyphon deflexicollis* zabilježeni su samo mužjaci u 2007., 2010., 2018. i 2020. godini te omjer nije bilo moguće izračunati. Također, za 2012. godinu nije izračunat omjer spolova pošto nije uhvaćena ni jedna jedinka ove vrste. Ženke *H. deflexicollis* su bile brojnije od mužjaka u 2017. godini, a 2014. godine je bio jednak broj mužjaka i ženki. U ostalim godinama (2008., 2009., 2011., 2013., 2016., 2019. i 2021.) mužjaci su bili brojniji od ženki (Slika 27).



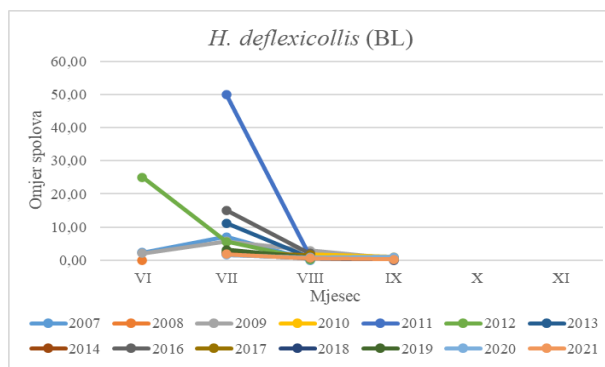
Slika 27 Udio, brojnost i omjer spolova vrste *Hydrocyphon deflexicollis* na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac od 2007. do 2021. godine.

### Fenologija pojavnosti spolova

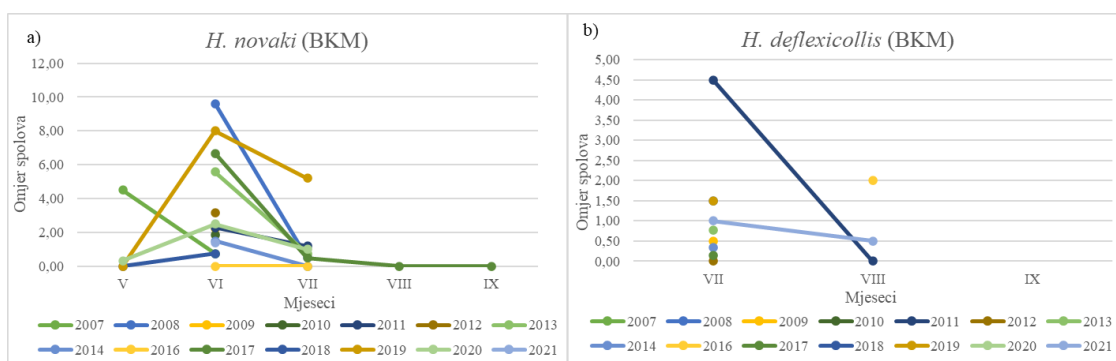
Omjeri spolova dobiveni od podataka o brojnosti mužjaka i ženki vrsta *Hydrocyphon novaki* i *H. deflexicollis* ukazali su na određeni obrazac te su prikazani grafički. Obzirom da nije moguće izračunati omjer kada su prisutni samo mužjaci, ti podatci nisu prikazani na grafovima pa su priložene i tablice. Na grafičkim prikazima (Slike 28, 29 i 30) se jasno vidi pad u vrijednost omjera od početka emergencije do njenog kraja. Vrijednost omjera za vrstu *Hydrocyphon novaki* na obje lokacije je najveća tijekom lipnja kada su mužjaci puno brojniji od ženki (Slike 28 i 30a)). U poseban grafički prikaz su izdvojeni podatci omjera spolova vrste *H. novaki* u 2007. godini na lokaciji Barijera Labudovac kako bi se jasno prikazao značajan pad u vrijednosti omjera te godine (Slika 28a)). Pad vrijednosti omjera u srpnju i kolovozu ukazuje na povećanje u broju ženki kasnije tijekom emergencije. Isti obrazac je pokazala i vrsta *H. deflexicollis* (Slike 29 i 30b)). Kod ove vrste mužjaci su brojniji u lipnju i srpnju, a omjer spolova značajno se smanjuje u kolovozu.



Slika 28 Omjer spolova vrste *Hydrocyphon novaki* na lokaciji Barijera Labudovac u 2007. godini (lijevo) i u razdoblju od 2008. do 2021. godine.



Slika 29 Omjer spolova vrste *Hydrocyphon deflexicollis* na lokaciji Barijera Labudovac u razdoblju od 2007. do 2021. godine.



Slika 30 Omjer spolova dvije vrste porodice Scirtidae prema mjesecima na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac u razdoblju od 2007. do 2021. godine.

Tablica 6 Omjeri spolova vrsta *Hydrocyphon novaki* i *H. deflexicollis* na postaji Barijera Labudovac od 2007. do 2021. godine.

<i>Hydrocyphon novaki</i>														
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021
III										samo ♂				
IV														
V	41,00	samo ♂	samo ♂		samo ♂		samo ♂		samo ♂		1,80	samo ♂	samo ♂	
VI	3,57	4,06	2,15	3,11	3,73	1,72	2,15	1,92	1,06	8,10	0,73	4,50	2,80	3,83
VII	1,32	1,04	0,33	1,65	2,35	0,89	0,90	0,38	2,11	1,07	0,13	5,67	1,24	0,30
VII I	1,00	0,33	0,83	samo ♀	samo ♂	0,25	0,25	0,33	0,88	2,00	samo ♂	3,00	samo ♂	0,40
IX				samo ♂		samo ♂								
<i>Hydrocyphon deflexicollis</i>														
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021
IV														
V														
VI	2,33	0,04	2,00			25,00	samo ♂		samo ♂	samo ♂	samo ♂	samo ♂	samo ♂	samo ♂
VII	7,00	samo ♂	5,67	samo ♂	50,00	5,53	11,16	2,10	15,00	2,28	1,78	3,14	1,60	1,80
VII I	samo ♀	1,00	2,92	1,80	1,23	0,28	0,81	1,60	2,10	1,53	0,56	0,81	0,80	0,63
IX		samo ♂	0,50	1,00			0,67	samo ♂			samo ♀	0,50	1,00	0,25
X										samo ♂	samo ♂			
XI														samo ♂

Tablica 7 Omjeri spolova vrsta *Hydrocyphon novaki* i *H. deflexicollis* na postaji Barijera Kozjak Milanovac od 2007. do 2021. godine.

<i>Hydrocyphon novaki</i>														
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021
V	4,50		samo ♂								samo ♀	0,00	0,33	
VI	0,75	9,60	2,25	1,88	2,29	3,17	5,57	1,50	samo ♀	6,67	0,75	8,00	2,50	1,40
VII	samo ♂	0,50		samo ♂	1,20		0,75	0,00	samo ♀	0,50		5,20	1,00	
VII I										samo ♀				
IX										samo ♀		samo ♂		
<i>Hydrocyphon deflexicollis</i>														
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021
V														
VI		samo ♂	samo ♂		samo ♂		samo ♂	samo ♂		samo ♂	samo ♂	samo ♂		samo ♂
VII	samo ♂	1,50	0,50	samo ♂	4,50	samo ♀	0,77	0,33		0,14	samo ♂	1,50	samo ♂	1,00
VII I					samo ♂				2,00					0,50
IX												samo ♂		

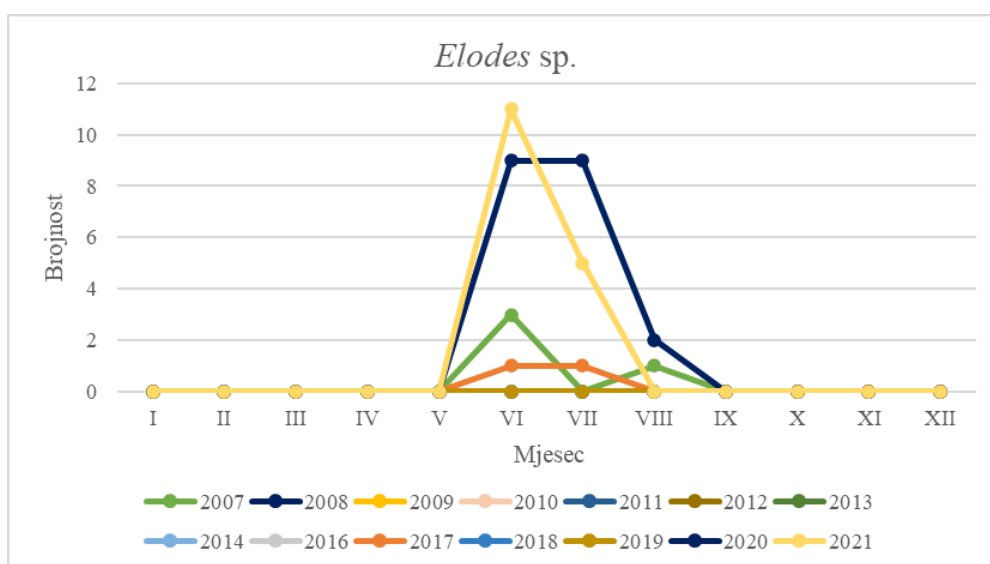


## 5.2. Fenološke značajke porodice Scirtidae na istraživanim lokacijama u razdoblju od 2007. do 2021. godine

Obrazac emergencije porodice Scirtidae praćen je na tri lokacije u razdoblju od 15 godina, od 2007. do 2021. godine. Najveća emergencija na sve tri postaje (BKM, BL i IBR) zabilježena je u ljetnim mjesecima (lipanj, srpanj i kolovoz).

### 5.2.1. Fenološke značajke porodice Scirtidae na lokaciji Izvor Bijele rijeke u razdoblju od 2007. do 2021. godine

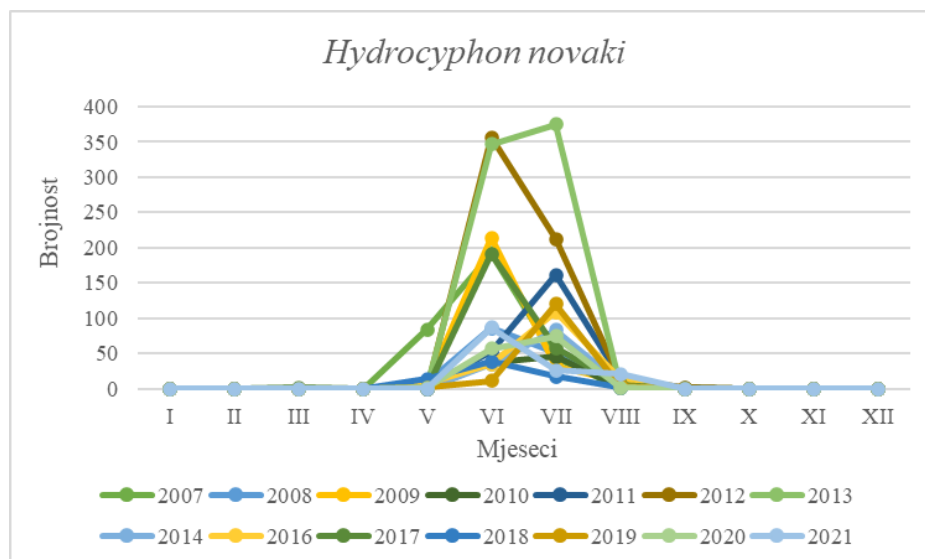
Na lokaciji Izvor Bijele rijeke prve jedinke roda *Elodes* u godini sakupljene su u lipnju i to u godinama 2007., 2017., 2020. i 2021. Najveći broj sakupljenih jedinki bio je u lipnju 2021., dok je u lipnju i srpnju 2017. i 2020. godine sakupljen jednak broj jedinki. Jedinke sakupljene u kolovozu 2007. i 2020. predstavljaju najkasniju emergenciju u godini na ovoj lokaciji tijekom istraživanja, a 2017. i 2021. godine kraj emergencije je zabilježen već u srpnju (Slika 31).



Slika 31 Brojnost roda *Elodes* na lokaciji Izvor Bijele rijeke po mjesecima od 2007. do 2021. godine.

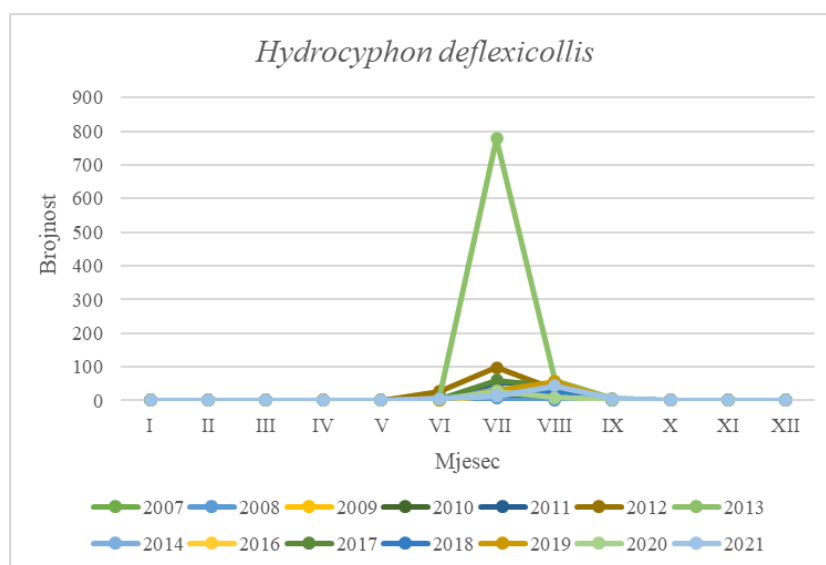
### 5.2.2. Fenološke značajke porodice Scirtidae na lokaciji Barijera Labudovac u istraživanom razdoblju od 2007. do 2021. godine

Na lokaciji Barijera Labudovac, a tako i lokaciji Barijera Kozjak Milanovac, praćeni su obrasci emergencije za vrste *Hydrocyphon novaki* i *H. deflexicollis*. Na lokaciji barijera Labudovac vrsta *H. novaki* u godini je prvi puta zabilježena u svibnju 2007., 2008., 2009., 2011., 2013., 2015., 2018., 2019. i 2020. godine. U ostalim godinama prvo pojavljivanje vrste bilo je u lipnju. Najveća brojnost na ovoj lokaciji tijekom istraživanja zabilježena je u lipnju (za godine: 2007., 2008., 2009., 2012., 2017., 2018. i 2021.) i srpnju (za godine: 2010., 2011., 2013., 2014., 2016., 2019. i 2020.). Posljednje pojavljivanje vrste u godini zabilježeno je u kolovozu, uz iznimku 2010. i 2012. godine kada su još u rujnu uhvaćene po jedna jedinka (Slika 32).



Slika 32 Brojnost vrste *Hydrocyphon novaki* na lokaciji Barijera Labudovac po mjesecima od 2007. do 2021. godine.

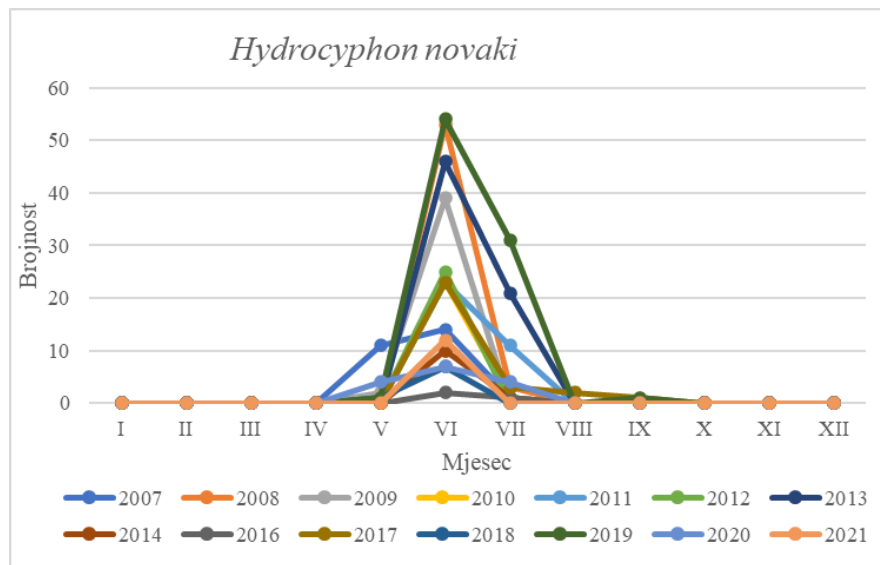
Odrasle jedinke vrste *Hydrocyphon deflexicollis* se počinju pojavljivati u lipnju svake godine uz iznimku 2010., 2011. i 2014. kada je početak emergencije zabilježen tek u srpnju. Najveća brojnost emergiranih jedinki zabilježena je u lipnju 2007. godine, u srpnju 2008., 2010., 2011., 2012., 2013., 2014., 2017., i 2020. godine i u kolovozu 2009., 2016., 2019. i 2021. godine. U srpnju i kolovozu 2018. godine zabilježen je najveći broj jedinki (25 jedinki). Kraj emergencije većinom je zabilježen u rujnu (2008., 2009., 2010., 2013., 2014., 2019. i 2020. godine) dok je raniji završetak emergencije u kolovozu zabilježen u 2007., 2011., 2012. i 2016. godini. Po jedna jedinka je iznimno uhvaćena u listopadu 2017. i 2018. te u studenom 2021. godine (Slika 33).



Slika 33 Brojnost vrste *Hydrocyphon deflexicollis* na lokaciji Barijera Labudovac po mjesecima od 2007. do 2021. godine.

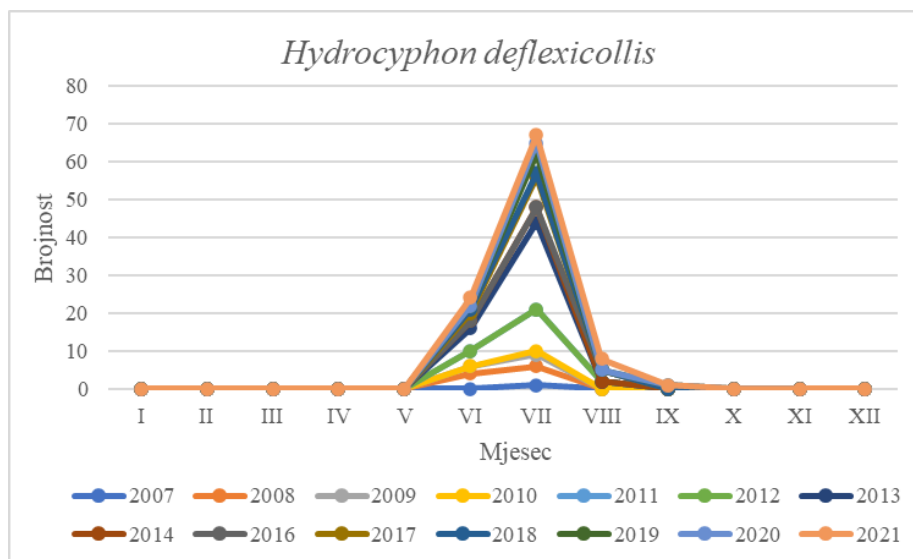
### 5.2.3. Fenološke značajke porodice Scirtidae na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac u istraživanom razdoblju od 2007. do 2021. godine

Na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac početak emergencije za vrstu *Hydrocyphon novaki* zabilježen je već u svibnju u 2007., 2009., 2018., 2019. i 2020. godini, a u ostalim godinama početak emergencije zabilježen je u lipnju. Najveća brojnost u godini zabilježena je u lipnju u svim godinama tijekom istraživanja. Kraj emergencije na ovoj lokaciji za vrstu *H. novaki* zabilježen je u lipnju 2009., 2012., 2018. i 2021. godine, u 2017. i 2019. godini po jedna jedinka je uhvaćena u rujnu, a u ostalim godinama (2007., 2008., 2010., 2013., 2014., 2016. i 2020.) kraj emergencije zabilježen je u srpnju (Slika 34).



Slika 34 Brojnost vrste *Hydrocyphon novaki* na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac po mjesecima od 2007. do 2021. godine.

Za vrstu *Hydrocyphon deflexicollis* na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac najraniji početak emergencije zabilježen je u lipnju u godinama 2008., 2009., 2011., 2013., 2014., 2017., 2018., 2019. i 2021. Početak emergencije u srpnju je zabilježen u 2007., 2010., i 2020. godini, dok 2012. godine emergencija nije zabilježena, a 2016. godine jedinke ove vrste zabilježene su samo u kolovozu. Kraj emergencije zabilježen je uglavnom u srpnju (2007., 2008., 2009., 2010., 2013., 2014., 2017., 2018., 2020.). U 2011., 2016. i 2021. godini *H. deflexicollis* zadnji put je zabilježen u kolovozu, a u 2019. godini jedna jedinka je uhvaćena u rujnu (Slika 35).



Slika 35 Brojnost vrste *Hydrocyphon deflexicollis* na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac po mjesecima od 2007. do 2021. godine.

### 5.3. Utjecaj fizikalno-kemijskih pokazatelja vode na porodicu Scirtidae

#### 5.3.1. Fizikalno-kemijski pokazatelji vode na istraživanim lokacijama u razdoblju od 2007. do 2021. godine

Mjereni su devet fizikalno-kemijskih pokazatelja vode: temperatura vode ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH vrijednost vode, elektroprovodljivost, zasićenost vode kisikom (%), alkalitet ( $\text{mg}(\text{CaCO}_3)\text{L}^{-1}$ ), koncentracija hranjivih tvari (nitrati, nitriti, amonij, ortofosfati) ( $\text{mg}\text{L}^{-1}$ ). Minimalne i maksimalne prosječne godišnje vrijednosti pokazatelja prikazane su tablično (Tablica 8, 9 i 10). Zabilježeni podatci pokazuju longitudinalni pad vrijednosti godišnjih minimuma i maksimuma alkaliteta vode i provodljivost od lokacije Izvor Bijele rijeke, preko lokacije Barijera Labudovac do lokacije Barijera Kozjak Milanovac. Obrnuti obrazac pokazuju pH vode i zasićenje vode kisikom za koje su najveće godišnje vrijednosti zabilježene na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac, a najmanje vrijednosti su zabilježene na Izvoru Bijele rijeke. Izmjerene su male koncentracije hranjivih tvari na sve tri lokacije u razdoblju istraživanja. Zabilježene su veće koncentracije nitrita na lokacijama Barijera Kozjak Milanovac i Barijera Labudovac u odnosu na Izvor Bijele rijeke, dok je za nitrata zabilježena obrnuta situacija. Koncentracije ostalih hranjivih tvari (ortofosfati i amonij) imaju slični raspon vrijednosti na sve tri lokacije. Mjereni fizikalno-kemijski pokazatelji vode korišteni su u detaljnoj analizi odnosa sa brojnošću porodice prema lokacijama.

Tablica 8 Minimalne i maksimalne godišnje vrijednosti devet fizikalno-kemijskih pokazatelja vode na lokaciji Izvor Bijele rijeke u razdoblju od 2007. do 2021.

IBR		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Temperatura vode	min	7,2	7,2	7,2	7,3	7,6	7,2	7,6	7,6	7,5	7,4	7,5	7,2	7,5	7,3
	max	7,8	8,2	8,4	8,3	8,4	8,4	8,2	8,2	7,9	8,3	8,2	8,2	8	8,2
Elektroprovodljivost ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	min	467	448	473	415	454	500	473	384	442	442	429	487	451	437
	max	502	488	493	479	507	528	505	505	451	448	492	500	484	475
pH	min	6,87	7,55	6,8	7,45	7,5	7,14	7,38	7,29	7,55	7,27	7,73	7,66	7,37	7,37
	max	8,3	8,9	8,7	7,87	7,85	7,67	7,49	7,99	7,79	7,98	7,9	7,91	8,13	8,02
O <sub>2</sub> (%)	min	65,21	83,6	86,7	87,5	89,5	88,7	90,4	89,2	90,5	90,5	86,1	87,7	87,1	90,5
	max	101,8	100,5	105,4	106,3	103,4	102,4	101,6	103,7	94,7	95,6	97,6	97,7	99,5	100,3
Nitrati ( $\text{mg L}^{-1}$ )	min	0,65	0,74	0,79	0,42	0,92	0,93	0,93	0,33	0,68	0,94	0,91	0,07	0	0
	max	1,24	1,58	1,36	1,24	1,28	1,22	1,25	1,53	1,39	1,14	1,12	1,13	0	0
Nitriti ( $\text{mg L}^{-1}$ )	min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	max	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0
Amonij ( $\text{mg L}^{-1}$ )	min	0	0	0	0	0	0,001	0	0	0,002	0,008	0,003	0	0	0
	max	0,048	0,07	0,2	0,05	0,031	0,017	0,006	0,011	0,014	0,029	0,029	0,009	0	0
Alkalitet ( $\text{mg (CaCO}_3\text{) L}^{-1}$ )	min	253,47	246,26	250,5	256	255,92	267,77	255,5	259,5	266,09	262	246,5	242,2	246,8	251,2
	max	273,68	268,45	268,1	271,12	287,29	292,74	282,5	277	302,3	282,5	278	287,53	288,4	290,3
Ortofosfati ( $\text{mg L}^{-1}$ )	min	0	0,002	0	0,009	0,005	0	0	0,005	0,003	0	0,002	0,002	0	0
	max	0,013	0,031	0,024	0,021	0,02	0,049	0,019	0,021	0,016	0,019	0,019	0,009	0	0

Tablica 9 Minimalne i maksimalne godišnje vrijednosti devet fizikalno-kemijskih pokazatelja vode na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac u razdoblju od 2007. do 2021.

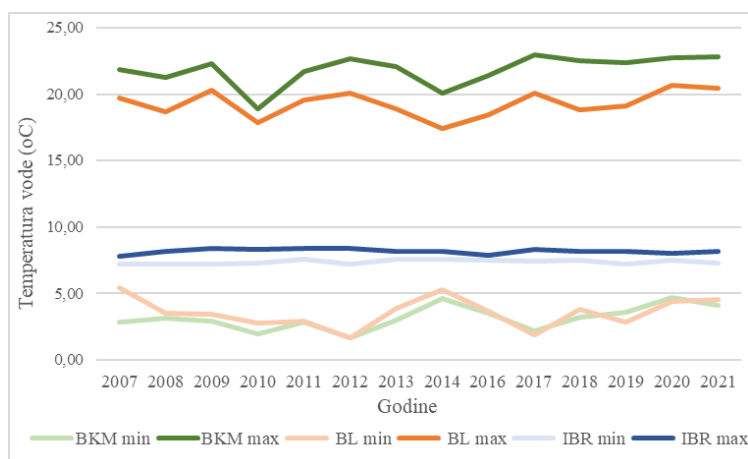
BKM		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Temperatura vode	min	2,85	3,16	2,93	1,92	2,81	1,67	2,98	4,62	3,51	2,21	3,21	3,54	4,65	4,10
	max	21,85	21,23	22,28	18,92	21,74	22,68	22,08	20,05	21,39	22,95	22,48	22,37	22,72	22,83
Elektroprovodljivost ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	min	364	368	375	329	354	373	372	349	323	330	343	378	371	372
	max	395	402	403	388	401	400	411	415	364	367	381	402	412	405
pH	min	8,15	8,08	8,08	8,15	8,17	8,11	8,09	8,15	8,15	7,98	8,13	8,19	8,16	8,01
	max	8,43	8,52	8,34	8,41	8,37	8,34	8,26	8,37	8,38	8,43	8,5	8,4	8,44	8,3
O <sub>2</sub> (%)	min	72,04	78,6	76,4	88,5	89,7	79,7	86,9	94,3	93	90,1	92,2	91,7	83,8	93,2
	max	113,6	109,9	109,8	106,7	108,9	110,2	108,4	105,6	101,2	107,4	130,5	107,7	107,3	108,6
Nitrati ( $\text{mg L}^{-1}$ )	min	0,18	0,25	0,18	0,45	0,35	0,01	0,36	0,42	0,29	0,36	0,3812	0,4123	0,35	0,29
	max	0,67	0,86	1,04	0,67	0,64	0,57	0,62	0,62	0,73	0,66	0,6962	0,65	0,73	1,14
Nitriti ( $\text{mg L}^{-1}$ )	min	0	0	0	0,001	0,001	0,002	0	0,001	0	0,002	0,001	0,0015	0	0
	max	0,004	0,005	0,004	0,005	0,004	0,005	0,004	0,004	0,005	0,01	0,004	0,006	0	0
Amonij ( $\text{mg L}^{-1}$ )	min	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0,003	0,0063	0,005	0	0
	max	0,09	0,103	0,06	0,08	0,057	0,03	0,017	0,028	0,018	0,034	0,0276	0,0289	0,03	0,02
Alkalitet ( $\text{mg (CaCO}_3\text{) L}^{-1}$ )	min	189,43	192,98	184	188,12	191,57	192,27	201	159,5	197,68	198	203,5	184,9	171,77	197,09
	max	202,77	209,37	212,5	208	216,32	216,72	217,5	226,5	221,82	223	218	212,82	212,78	221
Ortofosfati ( $\text{mg L}^{-1}$ )	min	0	0	0	0,004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	max	0,063	0,255	0,017	0,017	0,01	0,017	0,024	0,02	0,015	0,01	0,008	0,0069	0,01	0,01

Tablica 10 Minimalne i maksimalne godišnje vrijednosti devet fizikalno-kemijskih pokazatelja vode na lokaciji Barijera Labudovac u razdoblju od 2007. do 2021.

<b>BL</b>		<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
<b>Temperatura vode</b>	min	5,40	3,50	3,46	2,79	2,92	1,66	3,87	5,30	3,67	1,85	3,77	2,86	4,41	4,55
	max	19,70	18,70	20,33	17,83	19,59	20,06	18,87	17,43	18,44	20,07	18,84	19,08	20,63	20,43
<b>Elektroprovodljivost (<math>\mu\text{S cm}^{-1}</math>)</b>	min	375	392	402	362	384	400	396	378	348	354	366	399	379	385
	max	418	428	427	421	414	424	445	445	391	420	419	432	434	440
<b>pH</b>	min	7,95	8,06	8,13	8,17	8,23	8,07	8,03	8,03	8,09	8,09	8,19	8,18	8,11	8,21
	max	8,37	8,41	8,5	8,63	8,36	8,25	8,24	8,33	8,31	8,33	8,37	8,34	8,34	8,37
<b>O<sub>2</sub> (%)</b>	min	59,7	67,9	91,1	88,9	89,9	90,1	83,9	85,7	88,3	90,8	85,8	87,8	86,3	92,3
	max	139,2	124,5	129,8	124,5	123,7	128,7	119,8	118,6	118,5	127,5	126,4	139,1	122,4	119,5
<b>Nitrati (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>	min	0,39	0,19	0,44	0,53	0,32	0,01	0,01	0,48	0,36	0,39	0,4123	0,5056	0,34	0,37
	max	0,99	0,82	1,06	0,84	0,63	0,61	0,62	0,65	0,7	0,71	0,7195	0,7662	0,69	0,67
<b>Nitriti (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>	min	0	0	0,001	0,002	0,002	0,002	0	0,001	0	0,002	0,0005	0,002	0	0
	max	0,004	0,005	0,005	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	0,008	0,004	0,004	0	0
<b>Amonij (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>	min	0,01	0	0,01	0,02	0,025	0	0	0	0	0,009	0,0151	0	0	0
	max	0,21	0,07	0,22	0,18	0,084	0,046	0,047	0,017	0,026	0,035	0,027	0,0591	0,03	0,06
<b>Alkalitet (<math>\text{mg (CaCO}_3\text{) L}^{-1}</math>)</b>	min	193,83	203,1	198,5	191,14	194,19	209,61	221	214	222,33	212	212,5	194	204,82	180,94
	max	232,1	223,87	221,5	229,37	241,07	229,23	244	270,5	238,9	237,5	239	232,48	237	229,67
<b>Ortofosfati (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>	min	0	0	0,003	0	0	0	0,005	0,007	0,003	0,001	0	0	0	0
	max	0,07	0,014	0,019	0,012	0,012	0,033	0,022	0,03	0,02	0,014	0,009	0,008	0,01	0,001

## Temperatura vode

Kao najznačajniji okolišni čimbenik koji dokazano utječe na emergenciju vodenih kukaca maksimalne i minimalne vrijednosti temperature vode posebno su opisane u nastavku. Temperatura vode na lokaciji Izvor Bijele rijeke više-manje je konstantna s malom razlikom između minimalnih i maksimalnih vrijednosti (maksimalna razlika iznosi 1 °C, prosječna vrijednost razlika iznosi 0,8 °C). Godišnje minimalne vrijednosti temperature vode na lokacijama Barijera Labudovac i Barijera Kozjak Milanovac slične su i manje od vrijednosti na lokaciji Izvor Bijele rijeke. Maksimalne vrijednosti temperature vode na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac veće su od maksimalnih vrijednosti na lokaciji Barijera Labudovac. Najveća maksimalna vrijednost temperature vode na lokaciji Barijera Labudovac iznosila je 20,63 °C (2020. godine), a najmanja minimalna vrijednost iznosila je 1,66 °C (2012. godine) (Slika 36, Tablica 10). Najveća maksimalna vrijednost temperature vode na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac bila je 2017. godine (22,95 °C), a najmanja minimalna vrijednost bila je 2018. (1,67 °C) (Slika 36, Tablica 9).



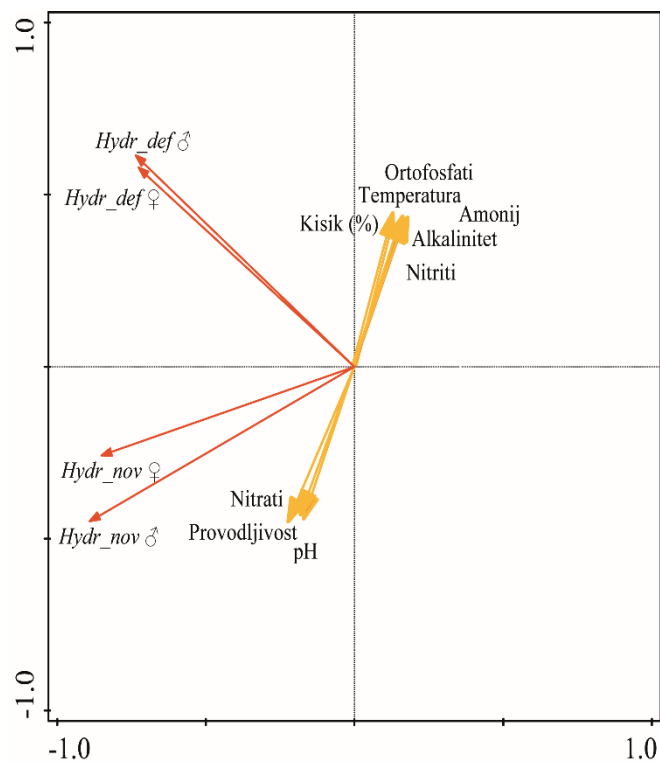
Slika 36 Najviše i najniže godišnje vrijednosti temperature vode na tri istraživane lokacije. Skraćenice: IBR: Izvor Bijele rijeke, BL: Barijera Labudovac, BKM: Barijera Kozjak Milanovac.

### 5.3.2. Analiza odnosa fizikalno-kemijskih obilježja vode i brojnosti porodice Scirtidae

Provedena je analiza korelacije zabilježenih vrsta kornjaša s fizikalno-kemijskim pokazateljima vode. Spearman koeficijent korelacije ukazao je na određene korelacije mužjaka i ženki prisutnih vrsta s mjerenim fizikalno-kemijskim pokazateljima. Tako su se hranjive tvari pokazale kao značajni faktor za mužjake i ženke vrsta *Hydrocyphon novaki* i *H. deflexicollis* (*H. novaki*  $\rho = -0,475$ ,  $\rho = -0,429$ ; *H. deflexicollis*  $\rho = -0,479$ ,  $\rho = -0,480$ ,  $p < 0,001$ ). Također utvrđena je pozitivna korelacija istih sa temperaturom vode (*H. novaki*:  $\rho = 0,421$ ,  $\rho = 0,358$ ; *H. deflexicollis*:  $\rho = 0,391$ ,  $\rho = 0,443$ ,  $p < 0,01$ ). Ženke *H. novaki* značajno su korelirale i s pH vrijednosti vode ( $\rho = 0,346$ ,  $p < 0,01$ ). Pripadnici roda *Elodes* nisu pokazali značajne korelacije s mjernim fizikalno-kemijskim pokazateljima.



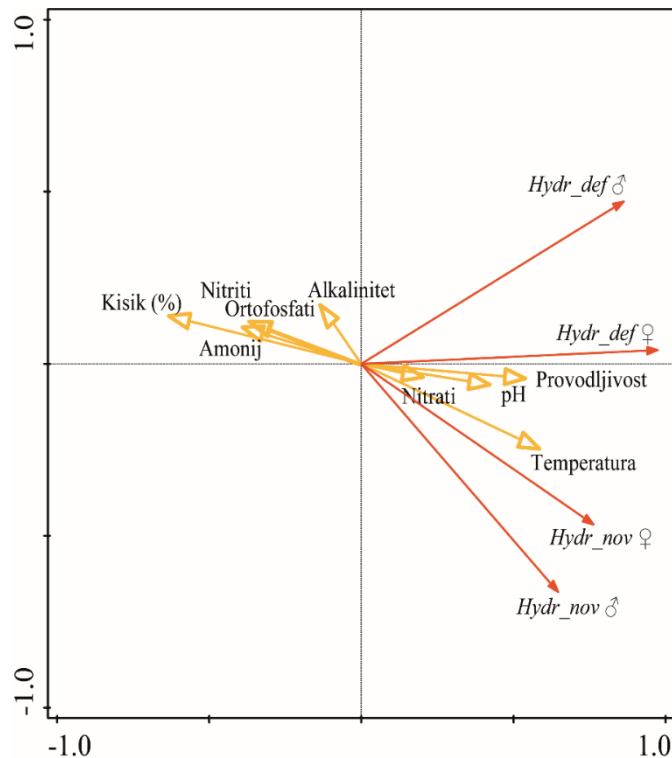
U analizi glavnih komponenti s dopunskim varijablama (PCA) provedenu na podacima sa lokacije Barijera Kozjak Milanovac uključene su 2 svojte, 9 mjerenih fizikalno-kemijskih pokazatelja vode i 6 mikrostaništa. Na F1xF2 ordinacijskom dijagramu (Slika 42) jedinične su vrijednosti iznosile za prve dvije osi 0,6691 i 0,2630 s objašnjenjem varijacije od 93,22 %. OS 1 i OS 2 najznačajnije su korelirale sa električnom vodljivošću vode ( $R = -0,2230$ ;  $R = -0,4508$ ) što ju čini najznačajnijim pokazateljem na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac. Na grafičkom prikazu se jasno može vidjeti da su se mužjaci i ženke iste vrste grupirali zajedno na lijevoj strani. Prema položaju pravaca mužjaka i ženki vrste *Hydrocyphon novaki* može se očitati pozitivna korelacija sa pH vrijednosti vode, provodljivosti vode i koncentracijom nitrata u vodi. Fizikalno-kemijski parametri smješteni na desnoj strani grafa, temperatura vode, zasićenost vode kisikom, alkalitet, koncentracija amonijaka, nitrata i ortofosfata u vodi, ukazali su na negativnu korelaciju i manji utjecaj na analizirane kornjaše. Za ženke i mužjake vrste *H. deflexicollis* nije utvrđen jasni utjecaj određenog fizikalno-kemijskog pokazatelja.



Slika 37 PCA analiza odnosa vodenih kornjaša i fizikalno-kemijskih pokazatelja vode na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac. Skraćenice: *Hydr\_nov*: *Hydrocyphon novaki*, *Hydr\_def*: *Hydrocyphon deflexicollis*.

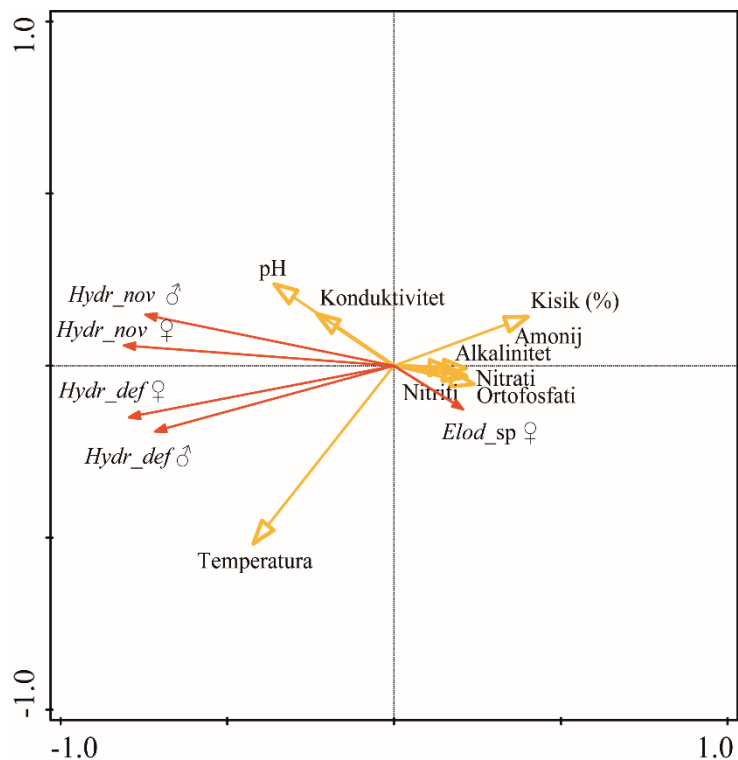
U analizi glavnih komponenti s dopunskim varijablama (PCA) sa lokacije barijera Labudovac uključene su 2 svojte, 9 mjerenih fizikalno kemijskih pokazatelja vode i 7 mikrostaništa. Na F1xF2 ordinacijskom dijagramu (Slika 43) jedinične su vrijednosti iznosile 0,7245 i 0,1875 s objašnjenjem od 91,20 % odnosa vodenih kornjaša i fizikalno-kemijskih pokazatelja vode. OS 1 je najviše korelirala s zasićenjem vode kisikom ( $R = -0,6329$ ) i nešto manje sa temperaturom vode ( $R = 0,5852$ ), a OS 2 je najviše korelirala s temperaturom vode ( $R = -0,2474$ ). Prema tome zasićenje vode kisikom je bio

najznačajniji fizikalno-kemijski pokazatelj vode na lokaciji barijera Labudovac. Na grafičkom prikazu istraživane svojte su se smjestile na desnoj strani grafa što ukazuje na pozitivnu korelaciju sa temperaturom vode, pH vrijednosti vode, provodljivošću i koncentracijom nitrata u vodi. Ženke obje vrste su pokazale jaču pozitivnu korelaciju prema navedenim pokazateljima u odnosu na mužjake svoje vrste. Mužjaci vrste *Hydrocyphon deflexicollis* nisu pokazali značajnu korelaciju s alkalitetom, dok su ženke vrste *H. deflexicollis* i mužjaci i ženke vrste *H. novaki* pokazali negativnu korelaciju s istim. Nadalje, sve svojte su pokazale negativnu korelaciju sa koncentracijom nitrita, amonijaka i ortofosfata.



Slika 38 PCA analiza odnosa vodenih kornjaša i fizikalno-kemijskih pokazatelja vode na lokaciji Barijera Labudovac. Skraćenice: *Hydr\_nov*: *Hydrocyphon novaki*, *Hydr\_def*: *Hydrocyphon deflexicollis*.

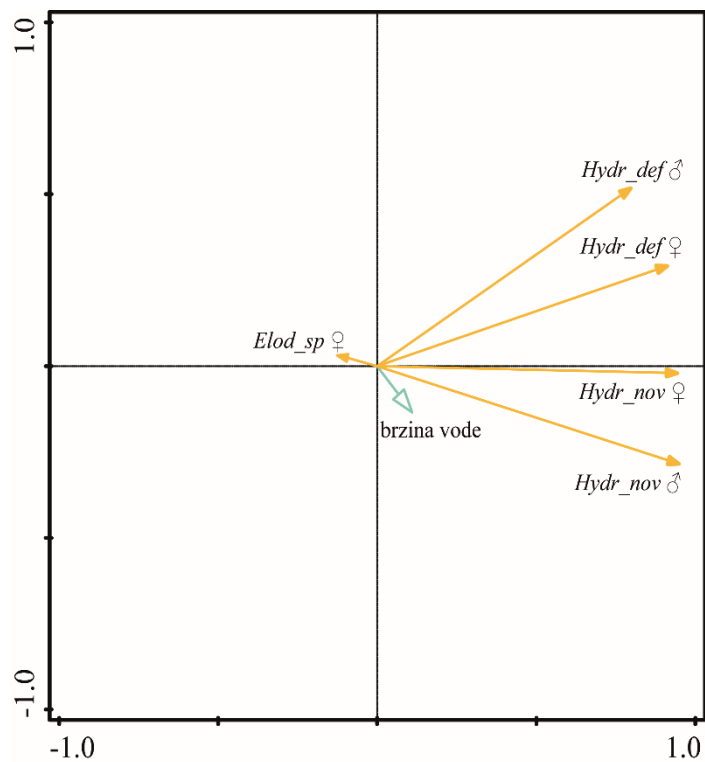
Podatci brojnosti porodice i podatci mjerenja fizikalno-kemijskih podataka vode sa svih istraživanih lokacija uključeni su u RDA analizu koja je uključivala 3 svojte, 9 fizikalno-kemijskih pokazatelja vode, 3 lokacije i 19 mikrostaništa. Na F1x2 ordinacijskom dijagramu (Slika 44) jedinične su vrijednosti za prve dvije osi iznosile 0,5807 i 0,0197 s varijacijom od 60,04%. OS 1 i OS 2 najviše su korelirale s temperaturom vode ( $R=-0,3355$ ;  $R=-0,3319$ ). Stoga, jasno je da je temperatura vode najznačajniji fizikalno-kemijski pokazatelj vode na cijelom istraživanom području. Na grafičkom prikazu navedene analize rod *Elodes* smjestio se na lijevoj strani grafa, dok se rod *Hydrocyphon* smjestio na desnoj strani. Uz rod *Elodes* smjestili su se alkalinitet, koncentracije hranjivih tvari (nitriti, nitrati, amonijak i ortofosfati) i zasićenje vode kisikom što ukazuje na pozitivnu korelaciju roda s navedenim pokazateljima. Mužjaci i ženke vrste *H. novaki* jako pozitivno koreliraju s provodljivošću i pH vrijednosti vode, a nešto manje s temperaturom vode. Dok je kod mužjaka i ženki vrste *H. deflexicollis* obrnuta situacija. Obje vrste roda *Hydrocyphon* negativno koreliraju s koncentracijom hranjivih tvari.



Slika 39 RDA analiza odnosa vodenih kornjaša i fizikalno-kemijskih pokazatelja na sve tri istraživane lokacije. Skraćenice: *Hydr\_nov*: *Hydrocyphon novaki*, *Hydr\_def*: *Hydrocyphon deflexicollis*, *Elod\_sp*: *Elodes sp.*

Za utvrđivanje korelacije pripadnika porodice Scirtidae s brzinom toka vode korišteni su podaci o brojnosti svojti i prosječne vrijednosti brzine toka vode na mikrostaništima. Spearman-ov koeficijent korelacije pokazao je snažnu pozitivnu korelaciju mužjaka i ženki vrste *Hydrocyphon novaki* sa brzinom toka vode ( $\rho = 0,228$ ,  $\rho = 0,197$ ,  $p < 0,001$ ). Isto je utvrđeno za mužjake vrste *H. deflexicollis* ( $\rho = 0,152$ ,  $p < 0,05$ ) dok je za ženke roda *Elodes* utvrđena preferencija prema manjim brzinama toka ( $\rho = -0,123$ ,  $p < 0,05$ ).

U PCA analizi odnosa vrsta porodice Scirtidae i brzine strujanja vode uključeni su podaci o brojnosti sve tri utvrđene svojte na 3 lokacije i 19 mikrostaništa te prosječne vrijednosti brzine toka na istraživanim mikrostaništima u razdoblju od 2007. do 2021. godine. Na F1xF2 ordinacijskom dijagramu (Slika 44) jedinične su vrijednosti za prve dvije osi iznosile 0,834 i 0,082 s objašnjenjem od 83,4 % odnosa vodenih kornjaša i brzine toka vode. Korelacija brzine toka vode s OS 1 iznosi 0,1098, a s OS 2 iznosi -0,1350. Na ordinacijskom dijagramu su mužjaci i ženke vrste *Hydrocyphon novaki* pokazali pozitivnu korelaciju s brzinom toka vode što potvrđuje rezultate Spearman-ovog koeficijenta korelacije. Na istom prikazu mužjaci *H. novaki* pokazali su manju pozitivnu korelaciju, a ženke nisu pokazale značajnu korelaciju s brzinom toka vode. Dok se rod *Elodes* smjestio na suprotnoj strani dijagrama i pokazala negativnu korelaciju s mjerenim parametrom.



Slika 40 PCA analiza odnosa vodenih kornjaša i brzine toka vode na istraživanom području. Skraćenice:  
*Hydr\_nov*: *Hydrocyphon novaki*, *Hydr\_def*: *Hydrocyphon deflexicollis*, *Elod\_sp\_*: *Elodes* sp.

## 6. RASPRAVA

### 6.1. Sastav i struktura porodice Scirtidae

Ovaj rad obuhvaća prvo dugogodišnje sustavno i detaljno istraživanje ekologije porodice Scirtidae na području Hrvatske i svijeta uopće. Do sad provedena istraživanja uglavnom su se bavila ili taksonomskim pitanjima (npr. Watts i sur. 2021; Cooper i sur. 2014) ili pojedinim ekološkim značajkama pripadnika porodice (npr. Cuppen 1993; Paradise i Kuhn 1999; Daugherty i Juliano 2001). Na području Hrvatske porodica je istraživana samo u sklopu istraživanja faune vodenih kornjaša (Matoničkin i Pavletić 1967; Habdija i sur. 1994, 2004; Mičetić Stanković i sur. 2018, 2019). Ovim istraživanjem odrađena je i pouzdana identifikacija sakupljenih svojiti te su preparirani primjerci adekvatno pohranjeni što daje neophodne temelje za daljnja taksonomska istraživanja ovih kornjaša. Također, utvrđene su emergencijske i ekološke značajke porodice. Na području Plitvičkih jezera potvrđeno je prisustvo dva roda koji su prethodno u više navrata bili zabilježeni: *Elodes* i *Hydrocyphon* (Matoničkin i sur. 1971; Mičetić Stanković i sur. 2012, 2019), a ujedno se utvrdila prisutnost vrste *Hydrocyphon novaki* koja do sada nije bila zabilježena na tom području. Poznato je da na sastav vodenih kornjaša najviše utječe tip supstrata i vrsta staništa (u lotičkim sustavima s obzirom na strujanje vode) (Eyre i sur. 1993). Uzorkovanjem na dva tipa lokacija, izvor i barijere, potvrđena je longitudinalna zonalnost za pripadnike ove porodice (Mičetić Stanković i sur. 2019), dok se rod *Hydrocyphon* nalazi na barijerama, rod *Elodes* nastanjuje izvorska staništa.

### 6.2. Brojnost porodice Scirtidae na istraživanim lokacijama

U odnosu na Barijeru Kozjak Milanovac, na Barijeri Labudovac zabilježena je značajno veća brojnost jedinki roda *Hydrocyphon*. Veliki broj jedinki na barijerama je očekivan uzimajući u obzir da su to područja velike raznolikosti mikrostaništa i izvora hrane (Habdija i sur 2004; Miliša i sur. 2006), a kao velika razlika u brojnosti na dvije lokacije na barijerama bi mogla biti rezultat činjenice da je Prošćansko jezero, smješteno iznad barijere Labudovac, bogatije organskom tvari (Obelić i sur. 2005; Horvatinčić i sur. 2006). Stoga, takvi uvjeti omogućavaju razvoj obraštaja, ali i nakupljanje detritusa koji je neizostavan segment prehrane porodice Scirtidae (Moog 2002; Klausnitzer i sur. 2009).

Najveća brojnost jedinki rodova *Hydrocyphon* i *Elodes* zabilježena je na mikrostaništima čiji supstrat čine mahovine. Ovaj rezultat je bio i očekivan uzimajući u obzir da se općenito najveća brojnost ličinki vodenih kukaca pa tako i kornjaša nalazi na supstratima poput mahovine i makrofita (Lillehammer 1966; Minshall i Minshall 1977; Minshall 1984), jer oni pružaju hranu, ali i zaklon (Jäch i Balke 2008). Također, Mičetić Stanković i sur. (2019) zabilježili su najveću brojnost ličinki Scirtidae na barijerama i to na mahovinama u NP Plitvička jezera, uz primijećenu zanimljivost kako su rodovi s ličinkama spljoštenog tijela (*Elodes* sp. i *Elmis* sp.) pokazali drugačiji obrazac u odnosu na ličinke cilindričnog tijela (*Hydrocyphon* sp. i *Riolus* sp.). Ličinke spljoštena tijela su preferirale staništa sa

bogatim obraštajem mahovine i čvrstim supstratom za razliku od onih cilindričnog tijela koji su preferirali sedrene barijere s mnogo odlomljene sedre i mahovine. Velika brojnost roda *Hydrocyphon* na supstratu kojeg čini sedra i šljunak može se objasniti i time da emergencijske značajke uglavnom odražavaju sklonost za područje kukuljenja ličinki (Ivković 2012), a poznato je da se kukuljice navedenog roda nalaze ispod supstrata u šupljinama sa zrakom (Klausnitzer 1996).

### **6.3. Omjer spolova roda vrsta *Hydrocyphon novaki* i *Hydrocyphon deflexicollis* na istraživanim lokacijama**

Dok su za obje vrste roda *Hydrocyphon* sakupljeni pripadnici oba spola, za rod *Elodes* to nije bio slučaj. Zbog puno manjeg broja sakupljenih jedinki roda *Elodes* i poznavajući činjenicu da se kukuljice roda *Elodes* nalaze iznad površine vode u obalnom dijelu (Klausnitzer 2009) nameće se zaključak da postavljene klopke iznad površine vode nije idealna metoda za praćenje emergencije ovog roda. Omjer spolova kod roda *Hydrocyphon* varira u razdoblju ovog istraživanja, ali prevladavajući rezultat upućuje na dominantnost mužjaka u brojnosti. Isti omjer prethodno je utvrđen u sklopu istraživanja perioda leta porodice u Nizozemskoj (Cuppen 1993). U istraživanju se emergencija porodice također pratila na razini spola što je ukazalo na određeni obrazac. Naime, omjer spolova roda *Hydrocyphon* ima padajući trend što ukazuje na povećanje broja ženki od početka perioda emergencije prema njenom kraju. Ovaj obrazac emergencije dobiva veći značaj ako se naglasi da su uglavnom na početku emergencije zabilježeni samo mužjaci. Ista zapažanja potvrđena su i kod drugih svojiti vodenih kornjaša kod kojih mužjaci emergiraju prvi kako bi osigurali parenje sa ženkama koje emergiraju kasnije, kako je slučaj npr. kod kozaka (Juliano 1992).

### **6.4. Fenološke značajke porodice Scirtidae**

Na vodenom sustavu Plitvičkih jezera provedena su brojna detaljna istraživanja fenologije redova vodenih kukaca (npr. Ivković i sur. 2014, 2015; Vilenica i sur. 2017; Ridl i sur. 2018; Ivanković i sur. 2019), ali ista nisu do sad provedena za porodicu Scirtidae. Ovim istraživanjem utvrđena je sezonalnost emergencije kod roda *Hydrocyphon* koja traje u ljetnim mjesecima. Cuppen (1993) u već spomenutom istraživanju perioda leta za neke pripadnike porodice navodi slične rezultate sezonalnosti leta. Corbert (1964) ograničenost sezonalne emergencije na toplije mjesece u godini pripisuje kukcima u umjerenom pojasu gdje je temperatura vode glavni ograničavajući čimbenik za navedeno. Dobiveni rezultati o periodu emergencije također potvrđuju navode da su pripadnici roda *Hydrocyphon* univoltini (Klausnitzer 2009), dok iz podataka za rod *Elodes* ne možemo sa sigurnošću komentirati isto. Važno je ovdje naglasiti da zbog nedostatka recentnih literaturnih navoda većina rezultata iz ovog istraživanja predstavljaju svojevrsan temelj za buduća istraživanja.

## 6.5. Fizikalno kemijski pokazatelji na istraživanim lokacijama

Glavne značajke vodenog sustava Plitvičkih jezera jesu niske koncentracije otopljenih organskih tvari (oligotrofni sustav), prezasićenost vode karbonatima, pH vrijednost vode veća od 8 i velika raznolikost mikrostaništa (Srdoč i sur. 1985; Stilinović i Božičević 1998). Mjereni fizikalno-kemijski pokazatelji u ovom istraživanju pokazali su razlike između istraživanih lokacija što također potvrđuje njihov longitudinalni gradijent u ovom lotičkom sustavu. Također su pokazali razlike u godišnjim najvišim i najnižim vrijednostima, što je već objavljeno u nizu publikacija (npr. Mičetić Stanković i sur. 2019; Ivković i sur. 2012, 2014; Ivković i Pont 2016; Ivanković i sur. 2019).

## 6.6. Utjecaj fizikalno-kemijskih čimbenika na porodicu Scirtidae

Analizama odnosa fizikalno-kemijskih čimbenika i porodice Scirtidae utvrđeni su određeni obrasci i preferencije. RDA analizom utvrđeno je da na emergenciju roda *Hydrocyphon* značajno utječe temperatura vode. Ovaj rezultat je očekivan uzimajući u obzir da je temperatura vode jedan od glavnih čimbenika koji utječe na emergenciju vodenih kukaca (Ivković i sur. 2012, 2013; Ivković i Pont 2016). Temperatura vode utječe na rast i rad endokrinog sustava koji dalje određuje konačnu veličinu i reproduktivni kapacitet odraslih jedinki, a također utječe i na metabolizam jedinke (Sweeney i Vannote 1981; Clifford 1991). Poznato je da već male promjene u temperaturi mogu uzrokovati velike promjene u stopi rasta jedinki i početka emergencije (Hogg i Williams 1996; Sweeney i Vannote 1981; Sweeney 1984). Uz temperaturu vode rezultati jasno ukazuju na veliki utjecaj zasićenja vode kisikom i to na Barijeri Labudovac, što je očekivano obzirom da su na toj lokaciji ustanovljena upravo najveća kolebanja tog parametra (Mičetić Stanković i sur. 2019).

PCA analiza odnosa brzine strujanja vode i porodice Scirtidae ukazala je da navedeni čimbenik značajno utječe na rod *Hydrocyphon*, ali nije utvrđen utjecaj istog na rod *Elodes*. Na istom području Mičetić Stanković i sur. (2019) utvrdili su da na ličinke porodice snažno utječu brzina strujanja vode, što se podudara sa rezultatima ovog istraživanja, a također su utvrdili i snažan utjecaj dubine vode. Druga istraživanja na porodici ukazala su na isto, poput onog provedenog u Hrvatskoj na sustavu rijeke Cetine (Mičetić Stanković i sur. 2018) ili drugdje u svijetu (Bornaud i sur. 1992; Cuppen 1993).

Prema određenim utjecajima fizikalno-kemijskih pokazatelja mogu se donekle objasniti godišnje brojnosti porodice na istraživanim lokacijama u razdoblju istraživanja. Značajno najveća godišnja brojnost porodice zabilježena je na lokaciji Barijera Labudovac u 2013. godini. Prethodna godina (2012.) predstavlja godinu s jednih od najvećih maksimalnih vrijednosti temperature vode, dok 2013. godine minimalna temperatura vode bila jedna od viših godišnjih minimuma u razdoblju istraživanja (Ivković i Pont 2016). Stoga se velika brojnost roda može objasniti uzimajući u obzir već spomenutu činjenicu da temperatura vode utječe na reproduktivni uspjeh i rast jedinki vodenih kukaca, te da je zabilježeno da ličinke roda *Hydrpocyphon* prezimljuju u ličinačkom stadiju (Klausnitzer 2009).

Također, treba naglasiti kako je na mikrostaništu na kojem je 2013. godine sakupljena većina jedinki zabilježena značajno manja brzina toka vode u odnosu na druga mikrostaništa i ostale godine. Isto tako, prema podacima brojnosti roda *Hydrocyphon* te podacima o brzini toka vode i tipu supstrata na istraživanim mikrostaništima možemo predložiti određeni utjecaj navedenih obilježja na brojnost jedinki. Naime, na mikrostaništima čiji supstrat čini šljunak često je u razdoblju istraživanja zabilježen manji broj jedinki kada je brzina toka veća u odnosu na godine kada je brzina toka manja na istim mikrostaništima. Isti utjecaj brzine strujanja vode može se uočiti i na supstratu kojeg čine mahovine, ali u puno manjoj mjeri. Strujanje vode često pozitivno utječe na *drift* odnosno nizvodno otplavlivanje organizama u tekućicama koje smanjuje gustoću populacije bentosa (Brooker i Hemsworth 1978). Taj utjecaj je puno veći na finom supstratu, dok se smanjuje na supstratu s većim brojem intersticijskih prostora (Suren i Jowett 2001). Navedeni obrazac potvrđuje i prethodno navedena PCA analiza brojnosti svojti i brzine strujanja vode koja je pokazala jasnu pozitivnu korelaciju. Rezultati utjecaja brzine strujanja toka i tipa supstrata u ovom istraživanju predstavljaju prva i jako detaljna zapažanja toga tipa zbog čega nedostaju literaturni podatci koji bi ih potkrijepili.

Ovaj diplomski rad predstavlja prvo dugogodišnje i sveobuhvatno istraživanje emergencijskih i ekoloških značajki porodice Scirtidae na specifičnom krškom staništu. Rezultati analiza provedenih na svim sakupljenim svojtima i na razini spola predstavljaju prve rezultate toga tipa. Također su dobar temelj za buduća istraživanja ove porodice koja je pokazala određenu osjetljivost na promjene i međudjelovanja okolišnih pokazatelja. Utvrđena uloga temperature u procesu emergencije i hidroloških značajki (brzina toka, dubina vode) na strukturu zajednice porodice Scirtidae nameću zaključak da promjene u navedenim okolišnim čimbenicima mogu imati negativan utjecaj na zajednicu ovih vodenih kornjaša. Stoga bi se daljnja istraživanja trebala usmjeriti na njihov životni ciklus kao i na njihov potencijal kao bioindikatora u krškim slatkovodnim staništima.



## 7. ZAKLJUČAK

Iz podataka brojnosti porodice Scirtidae i okolišnih čimbenika prikupljenih u razdoblju od 2007. godine do 2021. godine na tri lokacije na području NP Plitvička jezera zaključujem:

- Utvrđena su 2 roda porodice Scirtidae: *Hydrocyphon* i *Elodes*, i tri svojte: *Hydrocyphon novaki*, *Hydrocyphon deflexicollis* i *Elodes* sp.
- Potvrđena je longitudinalna zonacija zabilježenih svojti: rod *Hydrocyphon* naseljava barijere, dok se rod *Elodes* nalazi na izvorskim staništima.
- Najveći broj jedinki sakupljen je na lokaciji Barijera Labudovac, a godina s najvećom brojnosti porodice bila je 2013.
- Na lokaciji Barijera Labudovac zabilježena je veća godišnja brojnost roda *Hydrocyphon* u odnosu na lokaciju Barijera Kozjak Milanovac.
- Najveća brojnost porodice zabilježena je na supstratu kojeg čine mahovine, a značajna sklonost roda *Hydrocyphon* utvrđena je i za supstrat kojeg čini šljunak.
- Na lokacijama Barijera Labudovac i Barijera Kozjak Milanovac utvrđena je dominantna godišnja brojnost mužjaka roda *Hydrocyphon* u odnosu na ženke, također je zabilježen smanjenje omjera u korist ženki od početka prema kraju perioda emergencija.
- Porodica Scirtidae pokazala je značajnu korelaciju između brojnosti jedinki i brzine strujanja vode te je utvrđeno smanjenje brojnosti roda *Hydrocyphon* uz pojavu veće brzine strujanja vode.
- Utvrđena je sezonalnost emergencije porodice Scirtidae na području Plitvičkih jezera koja traje za vrijeme ljetnih mjeseci (lipanj, srpanj, kolovoz). Raniji početak emergencije zabilježen je u godinama sa višim minimalnim i maksimalnim temperaturama vode.
- Utvrđena je značajna korelacija između temperature vode i brojnosti porodice Scirtidae.

## 8. LITERATURA

- Andersen T., Baranov V., Hagenlund L. K., Ivković M., Kvifte G. M., Pavlek M. (2016): Blind Flight? A New Troglobiotic Orthoclad (Diptera, Chironomidae) from the Lukina Jama – Trojama Cave in Croatia. *PLoS ONE* 11 (4), e0152884.
- Apfelbeck V. (1894): Fauna insectorum balcanica. Beiträge zur Kenntniss der Balkanfauna. *Wissenschaftliche Mittheilungen aus Bosnien und Hercegovina*.
- AQEM Consortium (2002): Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0, str. 202.
- Babinka S. (2007): Multi-Tracer Study of Karst Waters and Lake Sediments in Croatia and Bosnia Herzegovina: Plitvice Lakes National Park and Bihać Area. Doktorski rad, Universität Bonn, Bonn.
- Babinka S. (2008): Environmental isotopes as a tool for hydrological characterization of karst aquifer, groundwater protection and estimation of groundwater reserves. Case study: Plitvice Lakes and Bihać area. U: Ožanic, N. (ur.) Proceedings of the conference on measurements and data processing in hydrology. Plitvice Lakes National Park.
- Bonacci O., Željковиć I., Galić A. (2013): Karst rivers' particularity: an example from Dinaric karst (Croatia/Bosnia and Herzegovina). *Environmental Earth Sciences* 70: 963–974.
- Bouchard R.W. Jr. (2004): Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, Minnesota.
- Bournaud M., Richoux P., Usseglio-Polatera P. (1992): An approach to the synthesis of qualitative ecological information from aquatic Coleoptera communities. *Regulated Rivers-research & Management* 7: 165–180.
- 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.
- Brooker M. P., Hemsworth R. J. (1978): The effect of the release of the artificial discharge of water on invertebrate drift in the R. Wye, Wales. *Hydrobiologia* 59: 155–163.
- Cooper S. J. B., Watts C. H. S., Saint K. M., Leijds R. (2014): Phylogenetic relationships of Australian Scirtidae (Coleoptera) based on mitochondrial and nuclear sequences. *Invertebrate Systematics* 28: 628–642.

- Corbet P. S. (1964): Temporal Patterns of Emergence in Aquatic Insects. *The Canadian Entomologist* 96: 264–279.
- Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. *Official Journal of the European Union* 206: 7–50.
- Clifford H. F. (1991): Aquatic invertebrates of Alberta: An illustrated guide. University of Alberta Press, Edmonton, Alberta, Canada.
- Crowson R. A. (1981): The biology of the Coleoptera. Academic Press, London.
- Cuppen J. G. M. (1993): Flight periods of Scirtidae (Coleoptera) based on weekly samples from malaise trap. *Entomologische Berichten* 53: 137–142.
- 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(1): 135–144.
- Daugherty M. P., Juliano S. A. (2001): Factors affecting the abundance of scirtid beetles in container habitats. *Journal of the North American Benthological Society* 20(1): 109–117.
- 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, UK, str. 161–227.
- DeWalt R. E., Kondratieff B. C., Sandberg J. B. (2015): Order Plecoptera. U: Thorp J. H., Roger D. C. (ur.) Thorp and Covich's Freshwater invertebrates. Academic Press, London.
- Dytham C. (2003): Choosing and using statistics: a biologist's guide, 2nd edition. Blackwell Publishing, Oxford.
- Elliott J. M. (2008): The ecology of riffle beetles (Coleoptera: Elmidae). *Freshwater Biology* 1: 189–203.
- Emeis K. C., Richnow H. H., Kempe S. (1987): Travertine formation in Plitvice National Park, Yugoslavia: Chemical versus biological control. *Sedimentology* 34: 595–609.
- Eyre M. D. (2006): A strategic interpretation of beetle (Coleoptera) assemblages, biotopes, habitats and distribution, and the conservation implications. *Journal of Insect Conservation* 10: 151–160.
- Eyre M. D., Pilkington J. G., Carr R., McBlane R. P., Rushton S. P., Foster G. N. (1993): The running-water beetles (Coleoptera) of a river catchment in northern England. *Hydrobiologia* 264: 33–45.

- Forbes A. A., Bagley R. K., Beer M. A., Hippee A. C., Widmayer H. A. (2018): Quantifying the unquantifiable: why Hymenoptera, not Coleoptera, is the most speciose animal order. *BMC ecology* 18: 1–11.
- Giłka W., Zakrzewska M., Baranov V. A., Dominiak P. (2013): Diagnostic clues for identification of selected species of the *Micropsectra atrofasciata* group, with description of *M. uva* sp. nov. from Croatia (Diptera: Chironomidae: Tanytarsini). *Zootaxa* 3702: 288–294.
- Giller P.S., Malmqvist B. (2002): *The Biology of Streams and Rivers*. Oxford University Press, Oxford.
- Habdija I., Primc-Habdija B., Belinić I. (1994): Functional community organization of macroinvertebrates in lotic habitats of the Plitvice Lakes. *Acta Hydrochim Hydrobiol* 22: 85–92.
- Habdija I., Primc-Habdija B., Matoničkin R., Kučinić M., Radanovčić 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.
- Hogg I. D., Williams D. D. (1996): Response of stream invertebrates to a global-warming thermal regime: an ecosystem-level manipulation. *Ecology* 77: 395–407.
- Horvatinčić N., Brianso J. L., Obelić B., Barešić J., Krajcar Bronić I. (2006): Study of pollution of the Plitvice lakes by water and sediment analyses. *Water Air and Soil Pollution: Focus* 6: 475–485.
- 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., Plant A. (2015): Aquatic insects in the Dinarides: identifying hotspots of endemism and species richness shaped by geological and hydrological history using Empididae (Diptera). *Insect Conservation and Diversity* 8(4): 302–312.
- Ivković M., Pont A. C. (2016): Long-time emergence patterns of *Limnophora* species (Diptera, Muscidae) in specific karst habitats: tufa barriers. *Limnologica* 61: 29–35.
- 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., Kesić M., Mihaljević Z., Kúdela M. (2014): Emergence patterns and ecological associations of some haematophagous blackfly species along an oligotrophic hydrosystem. *Medical and Veterinary Entomology* 28(1): 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. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters* 54: 44–57.
- 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.
- Jäch M. A. (1998): Annotated check list of aquatic and riparian/littoral beetle families of the world. U: Jäch, M. A., Ji, L. (ur.): Water beetles of China, Zoologisch-Botanische Gesellschaft in Österreich and Wiener Coleopterologenverein, str. 25–42.
- Jäch M. A., Balke M. (2008): Global diversity of water beetles (Coleoptera) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 419–442.
- Johnson W. F., Halbert J. N. (1902): A list of the beetles of Ireland. *Proceedings of the Royal Irish Academy* 6(3): 741.
- Jolivet P. (2004): Inverted Copulation. U: Capinera, J. L. (ur.) Encyclopedia of Entomology. Springer, Dordrecht.
- Juliano S. A. (1992): Quantitative analysis of sexual dimorphism and sex ratio in *Hyphydrus ovatus* (Coleoptera: Dytiscidae). *Ecography* 15: 308–313.
- Kitching R. L. (2000): Food webs and container habitats: the natural history and ecology of phytotelmata. Cambridge University Press, Cambridge.
- Klausnitzer B. (2006): Scirtidae. U: Löbl, I., Smetana, A. (ur.): Catalogue of Palaearctic Coleoptera, Vol. 3: Scarabaeoidea, Scirtoidea, Dascilloidea, Buprestoidea and Byrrhoidea. Apollo Books, Stenstrup.
- Klausnitzer B. (2009): Insecta: Coleoptera: Scirtidae. Süßwasserfauna von Mitteleuropa Bd. 20/17. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Klečka, J. (2008): The structure and dynamics of a water beetle community in a semipermanent wetland (Vrbenské rybníky Nature Reserve, South Bohemia). Diplomski rad, The University of South Bohemia, České Budějovice.
- Koča G. (1905): Popis tvrdokrilaca (kornjaša) vinkovačke okolice. *Glasnik Hrvatskoga Naravoslovnoga Društva* 17: 119–212.
- Krinsky W. L. (2019): Beetles (Coleoptera). U: Mullen, G. R., Durden, L. A. (ur.) Medical and Veterinary Entomology (Third Edition). Academic Press, str. 129–143.

- Kvifte G. M., Ivković M. (2018): New species and records of the *Pericoma trifasciata* group from Croatia (Diptera: Psychodidae). *Zootaxa* 4486(1): 76.
- Kvifte G. M., Ivković M., Klarić A. (2013): New records of moth flies (Diptera: Psychodidae) from Croatia, with the description of *Berdeniella keroveci* sp.nov. *Zootaxa* 3737(1): 57.
- Lawrence J. F. (2016): 10.4 Scirtidae Fleming, 1821. U: Beutel, R. G., Leschen, R. A. B. (ur.) Handbook of Zoology Arthropoda: Insecta Coleoptera, Beetles Volume 1: Morphology and Systematics (Archostemata, Adephaga, Myxophaga, Polyphaga partim) 2nd edn. Walter de Gruyter GmbH & Co KG, Berlin.
- Libonatti M. L., Ruta R. (2018): Family Scirtidae. U: Thorp, J. H., Rogers, D. C. (ur.) Thorp and Covich's freshwater invertebrates: ecology and general biology (Vol. 1). Academic Press, Elsevier, Boston.
- Lillehammer A. (1966): Bottom fauna investigations in a Norwegian river: the influence of ecological factors. *Nytt Magasin for Zoologi* 13: 10–29.
- Makjanić B. (1971–1972): O klimi užeg područja Plitvičkih jezera. *Geografski glasnik* 33–34: 5-23.
- Malmqvist B. (2002): Aquatic invertebrates in riverine landscapes. *Freshwater biology*, 47(4): 679–694.
- Matoničkin I., Pavletić Z. (1967): Hidrologija potočnog sistema Plitvičkih jezera i njegove ekološkobiocenoške značajke. *Krš Jugoslavije* 5: 83–126.
- Matoničkin I., Pavletić Z., Tavčar V., Krkač N. (1971): Limnološka istraživanja reikotopa i fenomena protočne travertinizacije u Plitvičkim jezerima. Prirodoslovna istraživanja, *Acta Biologica* 7(1): 1–88.
- 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) U: Özkul, M., Yağiz, S., Jones, B. (ur.) Proceedings of 1st International Symposium on Travertine. Kozan Ofset Matbaacilik San. ve Tic. Ankara.
- Mičetić Stanković V. (2012): Vodeni kornjaši (Insecta: Coleoptera) u mikrostaništima krških izvora i tekućica. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- Mičetić Stanković V., Bruvo Mađarić B., Kučinić M. (2022): Ubiquitous but ignored? A case of water beetle in Southeastern Europe. *Diversity* 14(1): 26.
- Mičetić Stanković V., Jäch M. A., Vučković I., Popijač A., Kerovec M., Kučinić M. (2018): Ecological traits of water beetles in a karstic river from the Eastern Mediterranean region. *Limnologica* 71: 75–88.

- Mičetić Stanković V., Jäch M. A., Ivković M., Stanković I., Kružić P., Kučinić M. (2019): Spatio-temporal distribution and species traits of water beetles along an oligotrophic hydrosystem: a case study. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* 55(22): 16.
- Mihaljević Z., Plenković A., Kerovec M., Alegro A. (2013): Elaborat: Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja u jezerima Dinaridske ekoregije. Technical report: Testing of biological quality elements in the lakes of the Dinaric ecoregion (In Croatian). University of Zagreb, Faculty of Science, Zagreb.
- 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.
- Minshall G. W. (1984): Aquatic Insect-substratum relationship. U: Resh, V. H., Rosenberg, D. M. (ur.) *The ecology of Aquatic insects*. Praeger Scientific, New York, USA, str. 358–400.
- Minshall G. W., Minshall J. N. (1977): Microdistribution of benthic invertebrates in a Rocky Mountain (USA) stream. *Hydrobiologia* 55: 231–249.
- Miserendino M. L., Archangelsky M. (2006): Aquatic Coleoptera Distribution and Environmental Relationships in a Large Patagonian River. *International Review of Hydrobiology* 91(5): 423–437.
- Moog O. (2002): Fauna Aquatica Austriaca. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium fuer Land- und Forstwirtschaft. Umwelt und Wasserwirtschaft, Vienna.
- Moss B. (1998): Ecology of Fresh Waters. Blackwell Science, Oxford.
- Myers N., Mittermeier R. A., Mittermeier C. G., da Fonseca G. A. B., Kent J., (2000): Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–858.
- Nacionalni park Plitvička jezera (2019): Plan upravljanja Nacionalnim parkom Plitvička jezera 2019.-2028. Javna ustanova Nacionalni par Plitvička jezera, Plitvička jezera.
- Nadein K., Kovalev A., Gorb S. N. (2022): Jumping mechanism in the marsh beetles (Coleoptera: Scirtidae). *Scientific Reports* 12(1): 15834.
- New T. R. (2010): Beetles in conservation. Wiley-Blackwell, Chichester.
- Novak P. (1952): Kornjaši Jadranskog primorja (Coleoptera). Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Ljubljana.
- Novak P. (1970): Rezultati istraživanja kornjaša našeg otočja. U: Varičak, T. (ur.) *Prirodoslovna istraživanja*, Acta Biologica VI, Jugoslavenska akademija, Zagreb.

- Nyholm T. (1972): Zur Morphologie und Funktion des Helodiden-Aedoeagus. *Insect Systematics & Evolution* 3(2): 81–119.
- Obelić B., Horvatinčić N., Barešić J., Briansó J. L., Babinka S., Suckow A. (2005): Antropogenic pollution in karst lake sediments (Croatia). Proceedings of 1st International Symposium on Travertine, Denizli, Turkey, str. 188–195.
- Paradise C. J., Kuhn K. L. (1999): Interactive effects of pH and leaf litter on a shredder, the scirtid beetle, *Helodes pulchella*, inhabiting tree-holes. *Freshwater Biology* 41: 43–49.
- Pont A. C., Ivković M. (2012): The hunter-flies of Croatia (Diptera: Muscidae: genus *Limnophora* Robineau-Desvoidy). *Journal of Natural History* 47: 1069–1082.
- Ridl A., Vilenica M., Ivković M., Popijač A., Sivec I., Miliša M., Mihaljević Z. (2018): Environmental drivers influencing stonefly assemblages along a longitudinal gradient in karst lotic habitats. *Journal of Limnology* 77(3): 412–427.
- 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.
- Ruta R., Klausnitzer B., Prokin A. (2017): South American terrestrial larva of Scirtidae (Coleoptera: Scirtoidea): the adaptation of Scirtidae larvae to saproxylic habitat is more common than expected. *Austral Entomology* 57(1): 50–61.
- Schlosser J. K. (1877-79): Fauna kornjašah Trojedne Kraljevine. Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb.
- Short A. E. Z. (2017): Systematics of aquatic beetles (Coleoptera): current state and future directions. *Systematic Entomology* 43(1): 1–18.
- SPSS Inc. (2008): SPSS Statistics for Windows, Version 17.0. Chicago, SPSS Inc.
- Srdoč D., Horvatinčić N., Obelić B., Krajcar Bronić I., Sliepčević A. (1985): Procesi taloženja kalcita u krškim vodama s posebnim osvrtom na Plitvička jezera. *Krš Jugoslavije* 11(2-6): 101–204.
- Stilinović B., Božićević S. (1998): The Plitvice Lakes. *European Water Management* 1: 15–24.
- Suren A. M., Jowett I. G. (2001): Effects of deposited sediment on invertebrate drift: an experimental study. *New Zealand journal of marine and freshwater research* 35: 725–737.
- 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.
- Šemnički P., Previšić A., Ivković M., Čmrlec K., Mihaljević Z. (2011): Emergence of caddisflies (Trichoptera, Insecta) at tufa barriers in Plitvice lakes National park. *Entomologia Croatica* 15(1-4): 145-161.
- Špoljar M., Primc-Habdija B., Habdija I. (2006): Transport of seston in the karstic hydrosystem of the Plitvice Lakes (Croatia). *Hydrobiologia* 579(1): 199–209.
- Tabashnik B. E. (1980): Population structure of pierid butterflies: III. Pest populations of *Colias philodice* eriphyle. *Oecologia* 47: 175–183.
- Ter Braak, C.J.F., Šmilauer P. (2012): CANOCO reference manual and user's guide: software for ordination, version 5.0. Wageningen: Biometris.
- Trizzino M., Carnevali L., De Felici S., Audisio P. (2013): A revision of *Hydraena* species of the “Haenydra” lineage (Coleoptera, Hydraenidae). *Zootaxa* 3607(1): 1–173.
- Verberk W. C. E. P., Van Kleef H. H., Dijkman M., Van Hoek P., Spierenburg P., Esselink H. (2005): Seasonal changes on two different spatial scales: response of aquatic invertebrates to water body and microhabitat. *Insect Sci* 12: 263–280.
- Vilenica M., Ivković M. (2020): A decade-long study on mayfly emergence patterns. *Marine and Freshwater Research* 72(4): 507–519.
- Vilenica M., Ivković M., Sartori M., Mihaljević Z. (2017): Mayfly emergence along an oligotrophic Dinaric karst hydrosystem: Spatial and temporal patterns, and species–environment relationship. *Aquatic Ecology* 51: 417–433.
- Watts C. H. S., Bradford T. M., Cooper S. J. B. (2021): A new genus, *Perplexacara*, and new generic placements of species of Australian marsh beetles (Coleoptera: Scirtidae) based on morphology and molecular genetic data. *Zootaxa* 4927(4): 539–548.
- Zuur A. F., Ieno E. N., Smith G. M. (2007): *Analyzing Ecological Data*. Springer Science, New York.
- Zwick P., Zwick H. (2008): *Scirtes hemisphaericus* uses macrophyte snorkels to pupate under water. With notes on pupae of additional European genera of Scirtidae (Coleoptera), *Aquatic Insects* 30(2): 83–95.

## ŽIVOTOPIS

Rođena sam 7. travnja 1999. godine u Zagrebu, gdje sam završila osnovnu i srednju školu. Svoje strukovno usmjerenje započinjem u Prirodoslovnoj školi Vladimira Preloga gdje od 2013. godine pohađam smjer Ekološki tehničar. 2017. godine upisujem preddiplomski studij Biologija na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu. Po završetku preddiplomskog studija 2020. godine na istom fakultetu upisujem diplomski studij Ekologija i zaštita prirode, modul kopnene vode.

Kao članica Udruge studenata biologije, BIUS, 2020. godine organizirala sam istraživačko-edukacijski projekt *Žumberak 2020*. čime sam stekla vještine i znanja za organizaciju i provođenje projekata. Također, jedna sam od urednica zbornika radova koji je njegov glavni rezultat. Tijekom studija sudjelovala sam na brojnim terenima u sklopu istraživanja herpetofaune na području hrvatske te sam posterskim izlaganjem sa kolegama sudjelovala na Međunarodnoj konferenciji *Gradski prozori u prirodu* koja se održala 2021. godine u Zagrebu, a 2022. godine sam sa posterom sudjelovala na 14. *Hrvatskom biološkom kongresu* koji se održao u Puli. Iste godine odradila sam stručnu praksu u tvrtki *Geonatura d.o.o.* gdje sam sudjelovala na terenima te odrađivala uredske poslove u sklopu istraživanja ciljnih vrsta i obrade podataka.

**Klarin A.**, Mičetić Stanković V., Ivković M., (2022): Emergence of scirtids (Insecta: Coleoptera: Scirtidae) in karst waterbodies. 14. Hrvatski biološki kongres, Pula.

Zadravec M., Prpić P., **Klarin A.**, Smutni B. (2021): Reproduction of the agile frog, *Rana dalmatina* (Fitzinger, 1838) in eastern Prigorje – preliminary results (Amphibia: Anura: Ranidae). 34. Međunarodna konferencija Gradski prozori u prirodu, Zagreb. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11359.38565>

Zadravec M., Prpić P., Smutni B., **Klarin A.**, Zadravec M., Zadravec V., (2021): A contribution to the knowledge of the reptiles and amphibians in eastern Prigorje (Reptilia et Amphibia). Međunarodna konferencija Gradski prozori u prirodu, Zagreb. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18070.27209>

