

# Populacijska dinamika i preferencija mikrostanjšta podzemnih rakušaca u poplavnoj šumi Crni jarki

---

**Balala, Marina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

*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:217:215700>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-10**



*Repository / Repozitorij:*

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno – matematički fakultet  
Biološki odsjek

Marina Balala

Populacijska dinamika i preferencija mikrostaništa podzemnih rakušaca u poplavnoj šumi  
Crni jarki

Diplomski rad

Zagreb, 2016.

Ovaj rad je izrađen u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno – matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Sanje Gottstein. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno – matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra struke znanosti o okolišu.

## **ZAHVALA:**

Veliku zahvalnost, u prvom redu, dugujem svojoj mentorici, izv. prof. dr. sc. Sanji Gottstein koja mi je omogućila svu potrebnu opremu, pomogla mi svojim savjetima pri izradi ovog diplomskog rada te što je uvijek imala strpljenja i vremena za moje brojne upite.

Također, zahvaljujem se svim svojim prijateljima i prijateljicama koji su uvijek bili uz mene i bez kojih cijeli ovaj tijek mog studiranja ne bi prošao tako lako i zabavno.

Hvala i cijeloj mojoj obitelji koja me uvijek podržavala i upućivala na pravi put.

I na kraju, najveću zaslugu za ono što sam postigla upućujem svojim roditeljima koji su uvijek bili tu, uz mene, bez obzira da li se radilo o sretnim ili teškim trenucima i bez kojih sve ovo što sam do sad postigla ne bi bilo moguće.

Velika HVALA svima!

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno – matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

Populacijska dinamika i preferencija mikrostaništa podzemnih rakušaca u poplavnoj šumi  
Crni jarki

Marina Balala

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Ekološka ograničenja, dinamika veličinsko-dobne i spolne strukture populacije, te reprodukcijska obilježja i značajke životnog ciklusa stigofilnih rakušaca proučavane su u poplavnoj šumi Crni jarki pokraj Đurđevca. Triplikativni uzorci rakova prikupljeni su sezonski godinu dana u tri različita vodena mikrostaništa (protočni ksilal s argilalom, stajaći ksilal s argilalom i protočni fital) pomoću bentos mreže (promjera 21 cm i veličine oka 500 um) tijekom razdoblja povišene razine vodonosnika (ožujak, travanj, svibanj i prosinac). Većina rakušaca je prikupljena u protočnom ksilalu s argilalom. Eudominantna vrsta rakušca u svim mikrostaništima je *Synurella ambulans* (> 73 %), dok je *Niphargus valachicus* subrecedentna vrsta (< 8 %). Udio ženki bio je maksimalan na kraju sezone parenja u protočnom fitalu (100 %), dok je udio mužjaka bio maksimalan na početku sezone parenja u stajaćem ksilalu s argilalom (70 %). Juvenilne jedinke su prevladavale tijekom proljeća na kraju sezone parenja u svibnju, dok su odrasle jedinke nestale iz populacije u istom mjesecu. Tijekom istraživanja, žive ovigerne ženke vrste *Synurella ambulans* su uzorkovane kako bi se utvrdili koeficijenti korelacije između broja jaja i duljine tijela te tjelesne mase. Fekunditet je pozitivno koreliran s veličinom tijela i negativno koreliran s tjelesnom masom. Broj jaja je u rasponu od 11 do 38. Močvarna populacija roda *Synurella* čini se da ima jednogodišnji životni ciklus.

(64 stranice, 45 slike, 3 tablice, 44 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: *Synurella ambulans*, životni ciklus, Drava, podzemna voda

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Sanja Gottstein

Ocjenitelji: izv. prof. dr. sc. Sanja Gottstein

prof. dr. sc. Zlatko Liber

izv. prof. dr. sc. Alan Moro

doc. dr. sc. Neven Bočić

Zamjena: izv.prof.dr.sc. Blanka Cvetko Tešović

Rad prihvaćen: 1.9.2016.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Division of Biology

Graduation Thesis

Population dynamics and microhabitat preferences of subterranean amphipods in the flooded forest Crni jarki

Marina Balala

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Ecological constraints, dynamics of the size-age structure and sexual structure of the population, and characteristics of reproduction and life history traits of the stigophilic amphipods were investigated in the flooded forest Crni jarki near Đurđevac. The triplicate samples of crustaceans were collected seasonally for one year in three distinct aquatic microhabitats (flowing xylal with argylal, standing xylal with argylal and flowing phytal) using a benthos net (diameter 21 cm, and 500  $\mu\text{m}$  mesh size) during the periods of elevated aquifer levels (March, April, May, and December). The majority of amphipods were collected in flowing xylal with argylal. The eudominant amphipod species (> 73 %) in all microhabitats was *Synurella ambulans*, while the *Niphargus valachicus* was subrecedent species (< 8 %). The percentage of females reached its peak (100 %) at the end of breeding season in flowing phytal, while the percentage of males peaked (70 %) at the beginning of breeding season in standing xylal with argylal. Juveniles prevailed during the spring at the end of the breeding season in May, while adult specimens were disappeared from the population in the same month. During the study, live ovigerous females of *Synurella ambulans* were sampled in order to determine correlation coefficients of the number of eggs with the body length and body mass. Fecundity was positively correlated with body size and negatively correlated with body mass. The egg counts ranged from 11 to 38. The wetland population of *Synurella* appears to have a one-year life cycle.

(64 pages, 45 figures, 3 tables, 44 references, original in: croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: *Synurella ambulans*, life cycle, Drava, groundwater

Supervisor: Dr. Sanja Gottstein, Assoc. Prof.

Reviewers: Dr. Sanja Gottstein, Assoc. Prof.

Dr. Zlatko Liber, Prof.

Dr. Alan Moro, Assoc. Prof.

Dr. Neven Bočić, Assist. Prof.

Replacement: Dr. Blanka Cvetko Tešović, Assoc. Prof.

Thesis accepted: 1st September 2016

## SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
1.1. Ekološka obilježja poplavnih šuma.....	1
1.2. Dosadašnja istraživanja rakušaca u poplavnim šumama Hrvatske .....	2
1.3. Biologija vrste <i>Synurella ambulans</i> .....	3
1.3.1. Opis vrste <i>Synurella ambulans</i> .....	4
1.4. Ciljevi istraživanja.....	7
2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA .....	8
2.1. Povijesni podaci.....	8
2.2. Položaj, reljef i površina.....	9
2.3. Geološka i hidrološka obilježja.....	10
2.4. Klimatska obilježja .....	10
2.5. Biološka obilježja.....	11
2.5.1. Šuma crne johe i poljskog jasena sa sremzom .....	12
2.5.2. Način gospodarenja područjem .....	13
2.6. Opis istraživanih postaja.....	13
2.6.1. Protočni ksilal s argilalom .....	13
2.6.2. Protočni fital.....	14
2.6.3. Stajaći ksilal s argilalom .....	15
2.6.4. Pijezometri.....	16
3. MATERIJALI I METODE.....	18
3.1. Terenska istraživanja .....	18
3.2. Laboratorijska istraživanja .....	19
3.2.1. Laboratorijska obrada prikupljene vodene faune .....	19
3.3. Analiza podataka.....	21
3.3.1. Analiza fizikalno – kemijskih parametara vode .....	21
3.3.2. Sinekološke analize faune rakušaca.....	21
3.3.3. Analize biologije i morfologije vrste <i>Synurella ambulans</i> .....	23
3.3.3. Ostale statističke analize .....	24
4. REZULTATI.....	26
4.1. Fizikalno-kemijska obilježja vode .....	26
4.1.1. Temperatura .....	28

4.1.2. Koncentracija otopljenog kisika .....	29
4.1.3. Zasićenje vode kisikom .....	31
4.1.4. pH .....	33
4.1.5. Električna provodnost .....	35
4.1.6. Alkalinitet.....	37
4.2. Kvalitativni sastav faune rakušaca i zastupljenost vrsta .....	40
4.3. Sezonska dinamika gustoće populacija rakušaca u mikrostanjima .....	42
4.4. Ontogenetska struktura populacije.....	45
4.5. Spolna struktura populacije .....	48
4.5.1. Odnos spolova .....	49
4.6. Fekunditet .....	52
5. RASPRAVA .....	54
6. ZAKLJUČAK.....	58
7. LITERATURA .....	59
8. ŽIVOTOPIS.....	63



# 1. UVOD

## 1.1. Ekološka obilježja poplavnih šuma

Poplavne šume su ekosustavi značajno ovisni o neposrednoj blizini vodenih tijela. Hidrološke prilike u njima prvenstveno su uvjetovane interakcijom reljefa i vode koja je podrijetlom od podzemne, oborinske i poplavne vode te ima bitan utjecaj na sastav životnih zajednica poplavnih šuma.

Postojanje širokog pojasa poplavnih šuma ima važnu ulogu u dinamičnom funkcioniranju riječnog sustava (Šafarek, 2012). Pojas predstavlja trodimenzionalnu zonu s direktnom interakcijom kopnenih i vodenih ekosustava (Gregory i sur., 1991) u određenoj prostornoj i vremenskoj skali. Takvi pojasevi nisu oštro razgraničena područja, nego se sastoje od mozaika staništa, životnih zajednica i okoliša unutar većeg krajolika.

Kao ekotoni, pojasevi poplavnih šuma predstavljaju područja s oštrim gradijentom okolišnih čimbenika, ekoloških procesa i biljnih zajednica (Gregory i sur., 1991). Interakcija kopnenih i vodenih ekosustava putem vode, tla, zraka, kruženja otopljene tvari i organizama ima utjecaj na mikroklimu (temperatura, svjetlost i vlažnost) (Gregory i sur., 1991), a samim time i na obilježja mikrostaništa te na sastav vrsta koje ih nastanjuju.

Osim što su to područja karakteristična po velikoj bioraznolikosti, veliku ulogu imaju i u prirodnoj retenciji visokih voda (Šafarek, 2012), smanjujući rizik od poplava te sprečavajući eroziju. Poplavne šume putem vegetacije uzimaju dušik, fosfor i ostale nutrijente iz vodotoka koji kroz njih prolaze te ih koriste za vlastiti rast i razvoj. Ti vodotoci su najčešće slivne vode s okolnih poljoprivrednih površina koje se na taj način pročišćuju i cijede u podzemlje (Šafarek, 2012).

Uloga poplavnih šuma je i u očuvanju visoke kvalitete fizikalno – kemijskih parametara podzemne vode (URL 1), podizanju pH vode kroz vezanje protona za korijenje vegetacije, smanjenje eutrofikacije, turbiditeta i odlaganja sedimenta u donje dijelove toka. Važnost se očituje i u velikoj produkciji biomase (Jordan i sur., 1993).

Međutim, sve veća ljudska potreba za melioracijskim zahvatima u poljoprivredi bez prethodnog razumijevanja procesa prilagodbe i uređivanja prirodnih tokova vode dovodi do značajnih problema. Dolazi do smanjenja produktivnosti šuma i opadanja ekoloških usluga, smanjuje se prirast drveća te se pospješuje njihovo odumiranje zbog nedostatka nutrijenata i smanjenja razine podzemne vode (URL 2). Također, smanjuje se intenzitet fotosinteze i produkcija biomase (URL 2). Zbog navedenih, a i mnogih drugih razloga, očuvanje i zaštita ovakvih područja je vrlo važna i to posebno iz razloga povećane potrebe za dobrima i uslugama ekosustava uzrokovanim velikim porastom stanovništva.

Europska unija 2000. godine donijela je Okvirnu direktivu o vodama (Water Framework Directive) u svrhu očuvanja zdravlja ljudi, biološke raznolikosti i očuvanja

okoliša na području Europske unije. Njen cilj je ublažavanje posljedica suša i poplava te zaustavljanje uništavanja i onečišćenja vodenih ekosustava kroz poboljšanje načina njihova upravljanja. Dobro stanje vode podrazumijeva dobro kemijsko i ekološko stanje za površinske vode te kemijsko i količinsko stanje za podzemne vode (URL 3). Zbog toga je istaknuta velika važnost poplavnih šuma u okviru WFD.

Jedna od takvih šuma je i Posebni rezervat šumske vegetacije Crni jarki kod Đurđevca (Slika 1) u kojem je provedeno ovo istraživanje.



**Slika 1.** Poplavna šuma: Posebni rezervat šumske vegetacije Crni jarki (fotografija: Goran Švaco, 27.04.2007.)

## **1.2. Dosadašnja istraživanja rakušaca u poplavnim šumama Hrvatske**

Dinamika populacija u odnosu na životni ciklus stigofilnih vrsta rakušaca, do sada je u Hrvatskoj istraživana samo u okviru dva diplomska rada (Škalec, 2012; Babić, 2013). Postoje tek sporadična saznanja o dinamici razmnožavanja vrsta koje dio svog životnog ciklusa zalaze u podzemne vode, a dio provode u nadzemnim vodenim staništima (Konopačka i Bazewicz-Paszko, 2000; Fišer i sur., 2007; Sidorov i Palatov, 2012).

Nekolicina podzemnih rakušaca (Crustacea, Amphipoda) Hrvatske nastanjuje različite tipove površinskih vodenih staništa u poplavnim riječnim dolinama slivova Kupe, Save i

Drave. Površinska poplavna močvarna područja uz riječne doline Drave i Mure na sjeverozapadnom području Hrvatske nastanjuju dvije vrste vezane uz podzemne vode, stigoofilne vrste *Synurella ambulans* (F. Müller, 1846) i *Niphargus valachicus* (Dobreaanu i Manolache, 1933), a istraživanja o rasprostranjenosti i ekologiji spomenutih vrsta na navedenom području proveli su Gottstein i sur. (2000).

Rod *Synurella* na području bivše Jugoslavije proučavao je Karaman (1974). Za istraživano područje utvrđeni su nalazi vrste *Synurella ambulans* na izvorištima hrvatskih rijeka Like, Gacke i Mrežnice.

### 1.3. Biologija vrste *Synurella ambulans*

Beskralježnjaci su skupina životinja čija se brojnost prati radi procjene biološke kakvoće vode (Boets i sur., 2010). Za ovaj rad, značajne su populacije rakušaca kao indikatora promjena u tekućicama (potrošnja kisika ili povećanje količine organske tvari). U prostornom rasporedu rakušaca, veliku ulogu imaju fizikalno – kemijski parametri vode, ali i neki drugi čimbenici. To su: temperatura, pH, sadržaj kisika, tip prehrane, kompeticija i tip matičnog supstrata (Gottstein i sur., 2000).

Holarктиčki rod *Synurella* iz porodice Crangonyctidae je tipični stigofilni rod. Opisao ga je Wrzesniowski 1877., a prva opisana vrsta bila je *Synurella ambulans* (F. Müller, 1846) (Karaman, 1974). Rod je zastupljen s ukupno 19 vrsta (Sidorov i Palatov, 2012), od kojih se 12 može naći u Europi i Maloj Aziji (Arbačiauskas, 2008). U Europi je vrsta rasprostranjena od Balkana na jugu, Njemačke na sjeverozapadu do Rusije na istoku i sjeveru (Arbačiauskas, 2008). Vrsta koja se najintenzivnije istraživala u ovom radu je *Synurella ambulans* (Slika 2).



**Slika 2.** *Synurella ambulans* (F Müller, 1846) (fotografija: Marina Balala, 30.03.2015.)



Vrsta *Synurella ambulans* spada u stigofilnu vrstu rakušaca, što znači da je njen životni ciklus vezan uz površinske vode, ali se povremeno pojavljuje i u podzemnim vodama (Copilas – Ciocianu i sur., 2014). *Synurella ambulans* je stigofilna vrsta, ali joj nedostaju neke karakteristične stigomorfne značajke poput depigmentacije i anoftalmije (Sidorov i Palatov, 2012).

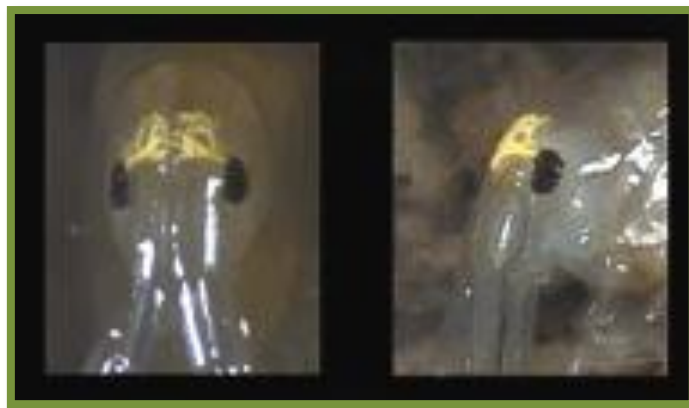
### 1.3.1. Opis vrste *Synurella ambulans*

*Synurella ambulans* je srednje velika vrsta, lateralno spljoštenog tijela. Kod vrste je prisutan spolni dimorfizam. Spol se određuje na temelju prisutnosti genitalnih papila na 7. segmentu pereonita u mužjaka (Slika 3) te prisutnosti 4 oostegita u ženki (Boets i sur., 2010). Oostegiti su smješteni na 2. do 5. segmentu pereonita (Sidorov i Kovtun, 2015). Prema Karamanu (1974), tijelo ženki je glatko, duljine do 10 mm, a segmenti urosome su srasli. Mužjaci su manji od ženki, a ticala su im dulja.



**Slika 3.** Genitalne papile po kojima se prepoznaju mužjaci vrste *Synurella ambulans* (fotografija: Marina Balala, 17.05.2016.)

Oči su im sastavljene od različitog broja omatidija. Prvi par ticala je dulji od drugog para, a usni aparat je dobro razvijen. Sastoji se od gornje i donje usne (labrum i labium), dvije gornje čeljusti (maxilla) i donje čeljusti (mandibula) (Karaman, 1974). Na gornjim čeljustima nalaze se sete (Karaman, 1974), osjetni organi za opip. Na gornjoj čeljusti 1 nalazi se između 1 i 5 zubića, a na gornjoj čeljusti 2 su čeljusne noge (maxillipedi) (Karaman, 1974). Čeljusne noge su dio usnog aparata, a stvaraju struju vode te tako pomažu u prehrani rakušaca. Za vrstu je karakteristična pojava žute pjega na dorzalnom dijelu glave između očiju (Sidorov i Palatov, 2012). Prema Sidorovu i Palatovu (2012) žuta pjega je hipertrofična probavna žlijezda koja je prisutna i kod nekih dubokomorskih rakušaca gdje ima ulogu u metabolizmu antioksidansa (Slika 4).



**Slika 4.** Žuta pjega na dorzalnoj strani glave u vrste *Synurella ambulans* (Sidorov i Palatov, 2012)

*Synurella ambulans* je ekotonalna vrsta (Gottstein i sur., 2000). Nastanjuje povremene tokove. Vrsta može živjeti u različitim staništima od jezera i rijeka, do povremenih bazena, močvarnih područja i podzemnih voda (Arbačiauskas, 2008). U svom radu Arbačiauskas (2008) navodi kako je *Synurella ambulans* sposobna na određeni oblik dijapauze, što bi vrsti omogućilo da preživi suha razdoblja koja se javljaju u njihovim povremenim staništima. Međutim, Boets i sur. (2010) su zabilježili i podzemne populacije vrste *Synurella ambulans*, što znači da vrsti nije potrebno razdoblje dijapauze, jer svaki površinski tok ima i svoj podzemni dio u koji *Synurella* može migrirati u sušnom razdoblju. To je moguće zbog toga što podzemni rakušci imaju fiziološku sposobnost da se vrlo brzo oporave od anaerobnog stresa zahvaljujući brzom resintezi zaliha glikogena (Malard i sur., 1999). Rod *Synurella* je također pronađen u hiporeičkoj zoni, a pretpostavlja se da je to povoljno stanište za vrstu zbog toga što u toj zoni postoje male dnevne i sezonske amplitude okolišnih čimbenika (Orghidan, 2010).

Prostorni raspored vrste je sličan kao i vrste *Niphargus valachicus* pa se navedene vrste često pojavljuju u istim staništima i na istim nadmorskim visinama (Copilas – Ciocianu i sur., 2014), odnosno u nizinskim područjima.

*Synurella* je polifagna vrsta, što znači da se hrani detritusom (Lantos, 1986) i algama. Potencijalni izvor hrane za rakušce predstavlja i perifiton (npr. dijatomeje) (Gottstein i sur., 2000). Zbog toga, *Synurella* ima veliku ulogu u procesima razlaganja organske tvari te predstavlja značajnu kariku u hranidbenim lancima za određene skupine životinja poput žaba i karnivornih insekata.

Vrsta ima univoltini životni ciklus (Arbačiauskas, 2008), odnosno ima jednu generaciju godišnje. Reproductivni vrhunac ima od kraja ožujka do sredine svibnja, a nova generacija spolno dozrijeva u ožujku sljedeće godine. Proljetna populacija se najvećim dijelom sastoji od odraslih jedinki koje predstavljaju roditeljsku generaciju. Ovigernu ženku (Slika 5) nose jaja u marsupiju. Nakon razdoblja razmnožavanja, većina odraslih jedinki ugiba i nestaje iz populacije (Konopacka i Blazewicz – Paszkowycz, 2000).



**Slika 5.** Ovigerna ženka vrste *Synurella ambulans* (fotografija: Marina Balala, 17.05.2016.)

#### 1.4. Ciljevi istraživanja

Na temelju prikupljenih uzoraka, cilj ovog rada bio je odrediti neke aspekte biologije i ekologije podzemnih predstavnika reda Amphipoda u različitim tipovima mikrostaništa poplavne šume crne johe u Crnim jarkima, kao što je dinamika i gustoća populacija te reproduktivna strategija.

Analize su obuhvatile slijedeće:

- utvrditi sastav vrsta;
- utvrditi prostorne i vremenske razlike populacijske dinamike pojedinih vrsta rakušaca kako bi se dobio uvid u gustoću i ontogenetsku strukturu njihovih populacija;
- utvrditi prostorne i vremenske razlike reproduktivne strategije (broj kohorti, odnos spolova, veličinu i masu ženki te fekunditet);
- usporedbu fizikalno-kemijskih parametara vode s pojavom ovigernih ženki.

## 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

### 2.1. Povijesni podaci

Dijelovi Posebnog rezervata Crni jarki od 1959. godine su sastavni dio gospodarske jedinice Crni jarci – Kupinje – Mekiš što danas spada u gospodarsku jedinicu Đurđevačke nizinske šume. Godine 1965. je po prvi puta zakonski zaštićena sastojina crne johe (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn) u Crnim jarkima. Tada je na površini od 132,71 ha rješenjem Zavoda za zaštitu prirode br. 16/3 proglašen Rezervat šumske vegetacije Crni jarki (Štorga, 2008).

S obzirom da je na dijelu površine rezervata bila postavljena trajna ploha međunarodnog projekta „Čovjek i biosfera“, Šumarski fakultet je dopisom br 135/92 od Javnog poduzeća Hrvatske šume, Uprava šuma Koprivnica, zatražio zaštitu odsjeka 93a u kojem se nalazi trajna ploha. Stoga je J.P. Hrvatske šume od Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i stambeno-komunalne djelatnosti tražilo ponovno uvođenje specijalnog rezervata šumske vegetacije Crni jarki u registar zaštite (dopis K1. 321-01/92-01/119, Ur. br. 34916-17-92-1). Dopisom Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i stambeno-komunalne djelatnosti predloženo je Skupštini općine Đurđevac da donese odluku o posebnoj zaštiti šumskog predjela Crni jarki (Štorga, 2008).

Skupština općine Đurđevac donijela je Rješenje o posebnoj zaštiti u listopadu 1992. godine. Time je dio šumskog predjela Crni jarki ponovno proglašen Posebnim rezervatom šumske vegetacije Crni jarki (Slika 6).



**Slika 6.** Ulaz u Posebni rezervat šumske vegetacije Crni jarki (fotografija: Mirko Balala, 20.07.2013.)



## 2.2. Položaj, reljef i površina

Posebni rezervat šumske vegetacije Crni jarki nalazi se u srcu Podravine, između Bilogore i Drave, u okviru šumsko gospodarske jedinice „Đurđevačke nizinske šume“. Podravska ravnica na tom prostoru ima obilježja reljefne depresije koja se nadovezuje na aluvijalnu terasu užeg porječja Drave. Kote terena na području Posebnog rezervata su oko 110 m nadmorske visine.

Rezervat se nalazi na području omeđenom  $17^{\circ} 09' 45''$  i  $17^{\circ} 10' 56''$  istočne geografske dužine i  $46^{\circ} 00' 05''$  i  $46^{\circ} 01' 50''$  sjeverne geografske širine. Čitavo područje nalazi se na teritoriju općine Kalinovac (Slika 7).



**Slika 7.** Položaj Posebnog rezervata Crni jarki (URL 4)

Na području rezervata postoji nekoliko potoka koji pripadaju slivu rijeke Drave. Oni su regulirani i ne plave područje šume. Međutim, postoji određen broj udolina u kojima se zbog karakterističnih reljefnih osobina veći dio godine zadržava voda.

Površina Posebnog rezervata šumske vegetacije Crni jarki danas iznosi 72,23 ha (URL 2).

### 2.3. Geološka i hidrološka obilježja

Posebni rezervat šumske vegetacije Crni jarki je tipično nizinsko stanište, smješteno u đurđevačkoj Podravini koja je ujedno i jedan od najdubljih dijelova tzv. Dravske potoline. Dravska potolina nastala je rasjedanjem i kretanjem geoloških blokova u Miocenu (prije 50 milijuna godina). Istaloženi riječni nanosi, pijesak i šljunak kvartarne starosti predstavljaju osnovnu geološku podlogu ovim staništima, a sama nizina i reljefni međuodnosi slični današnjima rezultat su procesa iz Pleistocena i Holocena (Štorga, 2008).

Tla staništa Posebnog rezervata Crni jarki pripadaju razdjelu hidromorfni tala. Dominantni tip tla na području rezervata je zasmeđeno humusno glejno tlo (Štorga, 2008).

Prisutnost podzemne vode je ekološki čimbenik koji uvjetuje bitna obilježja Posebnog rezervata Crni jarki. Područje je drenirano vodama rijeke Drave te vodotocima koji se slijevaju s obronaka Bilogore.

Voda temeljnica nalazi se na razini između 60 – 120 cm ispod površine tla te bitno utječe na pojavu i održavanje šumskih sastojina (Kranjčev, 1993). Budući da područje u najvećoj količini ovisi o rijeci Dravi, u proljeće kad se otapa snijeg te u jesen kad se poveća količina oborina, vodostaj rijeke naraste, te „višak“ vode otječe podzemljem u okolno područje. To uzrokuje porast razine podzemne vode, pa poplavljena područja nisu rijetkost.

Prema podacima Instituta za elektroprivredu i energetiku d.d. koji je u razdoblju od 1997. do 2000. godine prikupljao i obrađivao podatke s piezometara, razina podzemne vode ni u najsušim razdobljima ne spušta se niže od 115 cm ispod razine tla (Štorga, 2008).

### 2.4. Klimatska obilježja

Prema Köppenu, klima većeg dijela sjeverne Hrvatske pa tako i posebnog rezervata je klima Cfwbx" odnosno, „umjereno topla vlažna klima s toplim ljetom“ ili klima bukve (Slika 9). Srednja se temperatura srpnja kreće od 20 do 22 °C, a srednja temperatura siječnja iznosi od 0 do -3 °C (Šegota i Filipčić, 1996.). Oznake imaju sljedeće značenje:

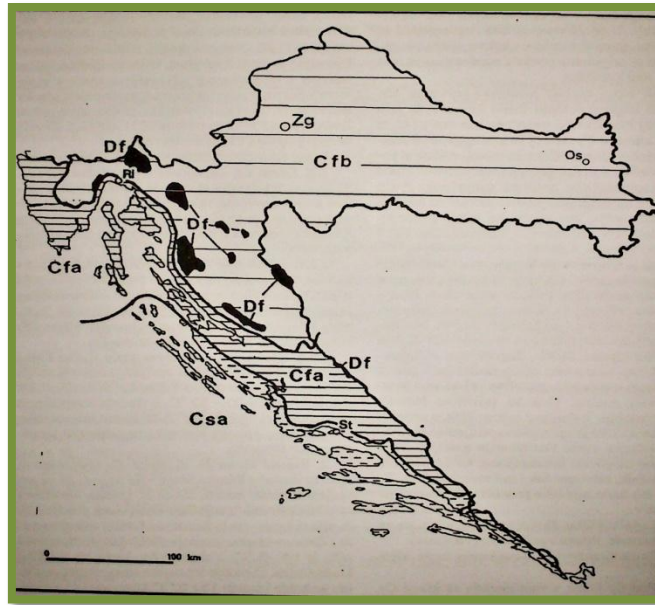
C – označava tip klime (umjereno topla vlažna klima)

f – oborine su podjednako raspoređene tijekom čitave godine

w – manje količine padnu u hladnom dijelu godine

b – srednja mjesečna temperatura najtoplijeg mjeseca je ispod 22 °C

x" – tijekom godine postoje dva maksimuma oborina – rano proljeće i kasna jesen



**Slika 8.** Klimatska karta Hrvatske (Šegota i Filipčić, 1996): Cfa – umjereno topla vlažna klima s vrućim ljetom; Cfb – umjereno topla vlažna klima s toplim ljetom; Csa – sredozemna klima sa suhim i vrućim ljetom; Df – vlažna borealna klima.

## 2.5. Biološka obilježja

Posebni rezervat šumske vegetacije Crni jarki prvenstveno je zaštićen zbog crne johe koja se u tom području nalazi u optimalnom razvitku. Crna joha je listopadno, do 30 m visoko stablo iz porodice *Betulaceae* koja nastanjuje zamočvarene terene s visokom razinom podzemne vode. Zbog specifičnih obilježja građevnih elemenata ubraja se među najkvalitetnije u Europi, a zbog reliktnih obilježja, područje je stavljeno pod posebnu zaštitu. U navedenom šumskom predjelu, ovisno o mikroreljefu, postoje sljedeće šumske biljne zajednice:

- Šuma crne johe s poljskim jasenom i sremzom
- Šuma crne johe s dugoklasim šašem
- Šuma hrasta lužnjaka i običnog graba

Crna joha na području Crnih jarki nalazi se u svom stanišnom optimumu. Zbog svog prirodnog i raznovrsnog flornog sastava te pravilnog i kvalitetnog uzrasta ove zajednice predstavljaju prirodnu rijetkost i imaju iznimno znanstveno značenje (Štorga, 2008).

### 2.5.1. Šuma crne johe i poljskog jasena sa sremzom

Šuma crne johe i poljskog jasena sa sremzom naseljava reljefne depresije koje su izvan dohvata poplavne vode gdje je razina podzemne vode visoka. Sloj drveća pokriva 70 do 80 % površine i u njemu prevladava crna joha (Slika 9). U pojedinim sastojinama je jače prisutan poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) Sloj grmlja pokriva prosječno 60 % površine. U njemu dolazi vrlo obilno plava kupina (*Rubus caesius* L.) (Štorga, 2008). Osim nje, značajna je i sremza (*Prunus padus* L.). U sloju prizemnog raslinja, koji pokriva 70 do 100 % površine, vrlo veliku pokrovnost ima obična vlasnjača (*Poa trivialis* L.) u proljetnome, a vodeni dvornik (*Polygonum hydropiper* L.) u jesenskom aspektu (Štorga, 2008).

Veliko biljno bogatstvo i bujnost vegetacije te različite i veoma specifične ekološke niše pružaju mogućnost udomljavanja velikog broja životinjskih vrsta: od visoke divljači do većeg broja vrsta ptica, gmazova, vodozemaca i različitih malih sisavaca te mnogobrojnih vrsta kukaca, rakušaca i drugih beskralješnjaka (Kranjčev, 1995).

*„Tih, sunčan i topao dan s mnoštvom neumornih pčela i drugih kukaca, kuckanje djetlića i žuna po natrulim deblima, miris proljeća i u najdubljim zakucima ovog zelenog raslinja – upotpunjuju dojam ljepote, bogatstva, veličine i relativne uščuvanosti ovog zaštićenog područja“* (Kranjčev, 1995).



**Slika 9.** Poplavna šuma crne johe – Crni jarki (URL 5)



## 2.5.2. Način gospodarenja područjem

Posebni rezervat šumske vegetacije Crni jarki nalazi se na području državnog lovišta VI/6 Peski. Površina rezervata je obuhvaćena Lovno-gospodarskom osnovom, te predstavlja stanište glavnim vrstama lovne divljači, kao i ostalim životinjskim vrstama (Štorga, 2008). Budući da na Posebni rezervat možemo gledati kao na sekundarnu prašumu, odnosno kao na područje u kojem su se nekad odvijale gospodarske djelatnosti, ali su kasnijim intervencijama šume izuzete od takvih djelatnosti i prepuštene samoregulaciji, u „Crnim jarkima“ je velika raznolikost faune, od kojih su mnoge vrste zaštićene.

## 2.6. Opis istraživanih postaja

U poplavnoj šumi Crni jarki nalazi se mnogo tipova mikrostaništa. Premda su povezana kao dio većeg krajolika, među njima postoje i značajne razlike uvjetovane mikroklimom. Preliminarnim pregledom terena, odabrane su tri lokacije unutar Posebnog rezervata šumske vegetacije Crni jarki kao reprezentativne za cijelo područje. Četvrta lokacija na kojoj su u par navrata mjereni samo fizikalno – kemijski parametri vode bili su pijezometri na pokusnoj plohi Čovjek i biosfera. Lokacije su odabrane s obzirom na tip mikrostaništa na sljedeće: protočni ksikal s argilalom, protočni fital i stajaći ksikal s argilalom. Ksikal predstavlja listinac pretežno crne johe, argilal je mulj pretežito razgrađenog listinca johe pomiješan s glinom (anorganski dio supstrata) veličinske frakcije < 6  $\mu\text{m}$ , a fital označava područje s makrofitskom vodenom vegetacijom i djelomično helofitima.

### 2.6.1. Protočni ksikal s argilalom

Protočni ksikal s argilalom obuhvaća kanalizirano stanište s čije jedne strane se nalazi rub šumske plohe, a s druge strane šumski put (Slika 10). Velik je antropogeni utjecaj na stanište zbog čestog uređenja i produbljivanja kanala, ali i vožnje po glavnom šumskom putu. Zbog toga što se u kanal skupljaju vode s okolnog područja, u njemu vode uvijek ima osim u jako sušnim godinama. Brzina protoka je veća nego u ostalim staništima, podvodne vegetacije ima jako malo, a alohtone organske tvari (listinac) ima mnogo. Dno se sastoji od mješavine čestica gline i mulja manjih od 6  $\mu\text{m}$  (argilal), a preko njih se taloži ksikal, odnosno neživa biljna organska tvar nataložena s okolnog područja.



**Slika 10.** Uzimanje uzoraka rakušaca s mikrostanista protočni ksilal s argilalom u šumi Crni jarki (fotografija: Patricija Balatinec, 30.05.2015.)

### 2.6.2. Protočni fital

Protočni fital nalazi se oko 300 m uzvodno od protočnog ksilala s argilalom. Također je omeđen šumskim rubom i šumskim putem, međutim, antropogeni utjecaj na stanište je ipak manji. Nema produbljivanja i uređenja kanala od strane čovjeka, pa je kanal podložan sukcesiji i zatrpavanju (Slika 11). Dubina mu je manja, a samim time i brzina protoka vode.



**Slika 11.** Mikrostanje protočni fital u šumi Crni jarki (fotografija: Marina Balala, 02.05.2016.)

Stanište je gusto obraslo submerznom, emerznom i obalnom vegetacijom. Ona je glavni izvor organske tvari u staništu, iako zbog blizine šume ima i dosta alohtone organske tvari (listinac). Dno je također građeno od mješavine čestica gline i mulja manjih od 6  $\mu\text{m}$ .

### 2.6.3. Stajaći ksial s argilalom

Uzorci su uzimani i s dijela Posebnog rezervata šumske vegetacije Crni jarki gdje je prisutna mikrodepresija pa se voda zadržava na površini zemlje kroz veći dio godine (Slika 12). Dubina je mala (10 - 20 cm), protoka vode nema, a prisutna je alohtona organska tvar pretežito od listinca i grančica koje padnu u vodu. Manja je i količina sunčeve svjetlosti u odnosu na prva dva staništa, jer je stanište zasjenjeno visokim drvećem. Antropogeni utjecaj na stanište nije prisutan. Prisutna je slabo razvijena vegetacija koja uglavnom pripada skupini higrofita. Zbog anoksije uslijed razgradnje velike količine listinca, ova vegetacija nije održiva na ovom staništu.





**Slika 12.** Stajaći ksikal s argilalom u Posebnom rezervatu šumske vegetacije Crni jarki (fotografija: Marina Balala, 30.05.2015.)

#### 2.6.4. Pijezometri

Na području Posebnog rezervata šumske vegetacije Crni jarki, 1992. godine uspostavljena je trajna ekološka ploha u okviru programa MAB (“Man and Biosphere” - Čovjek i biosfera) od strane Šumarskog fakulteta sveučilišta u Zagrebu i Hrvatskog ekološkog društva. Ploha ima ulogu u multidisciplinarnim istraživanjima promjena u ekosustavu crne johe. Ta ploha se prepušta spontanom razvoju i tretira se kao sekundarna prašuma u kojoj nikakvi čovjekovi zahvati osim istraživanja nisu dopušteni. U sklopu plohe postavljena su i tri pijezometra (Slika 13) na različitim dubinama: 1 m, 4 m te 9 m (Tajić, 2006). Na pijezometrima su sakupljani uzorci prvenstveno u svrhu utvrđivanja fizikalno – kemijskih parametara vode.





**Slika 13.** Pijezometri u sklopu trajne ekološke plohe Čovjek i biosfera u Posebnom rezervatu šumske vegetacije Crni jarki (fotografija: Marina Balala, 30.05.2015.)

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Terenska istraživanja

Terenska istraživanja (Tablica 1) u svrhu prikupljanja rakušaca u poplavnoj šumi Crni jarki kod Đurđevca te mjerenja fizikalno-kemijskih parametara vode provedena su tijekom 2015. i 2016. godine (Slika 14). Svi terenski podaci zapisani su na terenskom protokolu za istraživanje močvarnih staništa.

Tablica 1. Vremenska dinamika uzorkovanja rakušaca i mjerenja parametara vode (\*postaje na kojima su samo mjereni parametri) na pojedinim mikrostanjima poplavne šume Crni jarki.

DATUM	PROTOČNI KSILAL- ARGILAL	PROTOČNI FITAL	STAJAĆI KSILAL- ARGILAL	PIJEZOMETAR
28.03.2015.	+			
23.04.2015.	+	+		+*
29.05.2015.	+	+		+
05.12.2015.	+	+	+	+*
28.03.2016.	+	+		
02.05.2016.	+	+	+	

Prilikom uzorkovanja makrozoobentosa izmjereni su osnovni fizikalno – kemijski čimbenici vode: temperatura, pH, električna provodnost, količina otopljenog kisika i zasićenje vode kisikom uz pomoć WTW uređaja. Oxi 330/SET sondom mjerena je koncentracija otopljenog kisika, zasićenje vode kisikom i temperatura vode. Sondom WTW pH 330 mjerena je pH vrijednost vode, a električna provodnost pomoću konduktometra WTW LF 330. Količina vezanog CO<sub>2</sub> u vodi (alkalinitet) određena je metodom titracije 100 ml uzorka vode s 0,1 M kloridnom kiselinom uz metil-orange kao indikator, a izražavana je u mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>.



**Slika 14.** – Prikupljanje i sortiranje uzoraka u Crnim jarkima tijekom proljeća 2015. godine (fotografije: Mirko Balala, Sanja Gottstein)

## 3.2. Laboratorijska istraživanja

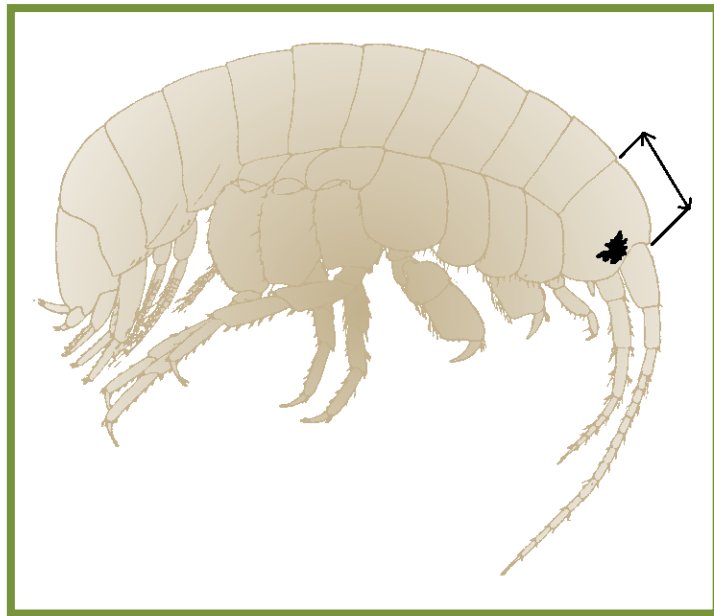
### 3.2.1. Laboratorijska obrada prikupljene vodene faune

Sakupljeni materijal izoliran je i pregledan u laboratoriju na lupi XTL – 3400D. Izdvojene su jedinke rakušaca (Amphipoda) te pohranjene u epruvete sa 75 %-tnim etanolom. U epruvete je uronjen paus papir s označenim nazivom lokaliteta, mikrostanista, datumom te nazivom roda rakušaca. U bilježnicu je zapisan broj jedinki svakog roda. Izolirane i konzervirane jedinke su zatim determinirane do razine vrste. Determinacija do razine vrste provedena je uz primjenu determinacijskih ključeva Karamana (1973, 1993) i Sketa (1981). Izolirani uzorci rakušaca pregledani su na lupi XTL – 3400D u cilju određivanja vrste, spola (mužjaci, ženke), ontogenetskih kategorija (juvenilne jedinke, odrasli) te statusa razmnožavanja (ovigerne ženke, ženke s juvenilnim jedinkama, neovigerne ženke).

Vrsta *Synurella ambulans* ima reniformni tip očiju, s oscilacijama u broju ocela (Ostrihon 2012), žutu točku na vrhu glave koja predstavlja hipertrofiju probavne žlijezde, spojenu urosomu, treći par uropoda koji je znatno kraći od ostalih i sastavljen od jedne grane te uski relativno duboko urezani telzon (Holsinger, 1972; Eggers i Martens, 2001 cit. iz Boets i sur., 2010; Sidorov i Palatov, 2012). Spol se određuje na temelju prisutnosti spolnih papila

na sedmom segmentu pereonita kod mužjaka i prisutnosti oostegita od drugog do petog pereonita kod ženki (Konopacka i Blazewicz-Paszkowycz, 2000).

Tako razdvojene jedinke pohranjene su u epruvete u koje je prethodno uronjen paus papir s označenim nazivom lokaliteta, mikrostaništa, datumom, definiranom ontogenetskom kategorijom te nazivom vrste, a potom je u obrazac zapisan broj jedinki svake kategorije. Žive ovigerne ženke su uspavane mineralnom vodom, iglicom su pažljivo izvađena jaja (embriji), koja su prebrojana radi utvrđivanja fekunditeta. Dužina glavene kapsule uspavanih ovigernih ženki (Slika 15), mjerena je u cilju određivanja veličinskih kategorija jedinki pomoću okularne skale na lupi XTL – 3400 D te su izmjere zapisane u obrazac i kasnije preračunate u milimetre. Potom je izvagana svježa masa svake jedinke na elektroničkoj vagi tipa ABS 220-4 proizvođača Kern & Sohn GmbH preciznosti 0,1 mg.



**Slika 15.** Prikaz dužine glavene kapsule kod vrste *Synurella ambulans* koja je mjerena kod ženki na lupi XTL – 3400 D.



### 3.3. Analiza podataka

#### 3.3.1. Analiza fizikalno – kemijskih parametara vode

Prikupljeni podaci o fizikalno-kemijskim parametrima vode uneseni su u program Microsoft Excel 2010 pomoću kojeg su za pojedine parametre izračunate vrijednosti opisne statistike: minimum (min), maksimum (max), raspon (R), srednja vrijednost (SV), standardna devijacija (s), standardna pogreška (SE) i koeficijent varijabilnosti (V). Vrijednosti medijana, kvartila (25 %-75 %), minimuma i maksimuma prikazane su „box-whiskers“ grafovima, pri čemu su uzorci svih analiziranih kategorija paralelno prikazani u rezultatima u svrhu brzog dijagnostičiranja njihovih relacija i obilježja uz prethodno testiranje mjera položaja i distribucije podataka.

#### 3.3.2. Sinekološke analize faune rakušaca

Kvalitativni sastav faune iskazan je popisom vrsta i njihovom sistematskom pripadnošću.

Kvantitativna obrada faune obavljena je po cenološkim obilježjima: broju vrsta, broju jedinki u populaciji, dominantnosti, konstantnosti i prezentnosti vrsta.

Za svaku postaju iskazan je broj svih vrsta koje su pronađene u uzorcima tijekom cijelog razdoblja istraživanja. Broj vrsta pokazatelj je raznolikosti faune. Pri tome od dvije zajednice s istim brojem vrsta raznolikija je ona u kojoj su vrste zastupljene svojim jedinkama podjednako obilno, a manje je raznolika ona u kojoj neke vrste dominiraju, a druge su nazočne s vrlo malom gustoćom populacija (Pielou 1978).

Za ostale metode u sinekološkoj analizi uzoraka, a po njima i cenoza rakova pojedinih postaja odnosno biotopa, korištene su slijedeće veličine i simboli:

s - broj vrsta kao osnovna značajka cenoze rakova;

Ni - ukupan broj jedinki jedne vrste dobiven uzorkovanjem na jednoj postaji iz svih uzoraka uzimanih u više navrata;

N - ukupan broj jedinki svih vrsta dobiven uzorkovanjem na jednoj postaji iz svih uzoraka uzimanih u više navrata;

d - dominantnost jedne vrste po postajama, tj. postotni udio jedne vrste u ukupnom broju jedinki svih vrsta po postajama.

$$d = n_i/n * 100$$

$n_i$  = broj jedinki jedne vrste na postaji

$n$  = broj jedinki svih vrsta na istoj postaji

Što je veći broj vrsta u zajednici, to manji postotak otpada na pojedinu vrstu, pa je tada vjerojatnost dominacije mala čak i za vrstu s velikim brojem jedinki. Na istraživanim postajama je različito bogatstvo vrsta, pa istu kategoriju dominantnosti na raznim postajama određuje drugačiji postotak učestalosti. Zato nisu već unaprijed određene postotne skupine po kojima se određuje kategorija dominantnosti neke vrste (Schwerdtfeger 1975, Balogh 1958), nego su kao eudominantne, dominantne, subdominantne, recedentne i subrecedentne vrste označene redom one s najvećim, pa sve manjim postotkom učestalosti u ukupnom broju životinja sabranih tijekom istraživanja na jednoj postaji. S brojem vrsta, na nekoj postaji raste udio recedentnih i subrecedentnih vrsta, a smanjuje se postotak dominantnih i eudominantnih.

dominantnost iznad 70%	- eudominantna vrsta
od 50 do 69%	- dominantna vrsta
od 25 do 49%	- subdominantna vrsta
od 10 do 24%	- recedentna vrsta
od 0 do 9%	- subrecedentna vrsta

C konstantnost (stalnost), prezentnost (prisutnost), frekvencija (učestalost);

Prema učestalosti nalaza neke vrste u uzorcima faune Schwerdtfeger (1975) razlikuje tri pojave, ovisno o porijeklu uzorka i njegovoj veličini. Ako su uzorci uzeti na istoj postaji i jednako su veliki govori se o frekvenciji (prema postotku učešća određuju se nazivi: pojedinačna vrsta, raštrkana, gusta, vrlo gusta); ako su s raznih postaja, a jednako su veliki, radi se o konstantnosti (akcidentalne, akcesorne, konstantne i eukonstantne vrste); uzorci s raznih postaja i raznih veličina govore o prezentnosti vrste (rijetka, rasprostranjena, česta i vrlo česta vrsta).

$$C = b/a * 100$$

C = konstantnost (prezentnost, frekvencija);

b = broj lokaliteta (staništa, postaja) na kojima je određena vrsta zabilježena;

a = ukupan broj istraživanih lokaliteta.

Prema postotku lokaliteta na kojima se određena vrsta zabilježi, ona dobiva naziv za svoju konstantnost:

0 – 25%	akcidentalna
25,1 – 50%	akcesorna
50,1 – 75%	konstantna
75,1 – 100%	eukonstantna

Izraz konstantnost i pripadajuće nazivlje u ovom radu korišteno je za stalnost nalaza jedne vrste na jednoj istraživačkoj postaji, a izraz prezentnost i tome pripadajuća nazivlja korištena su u pregledu pojave jedne vrste na cijelom istraživanom području, tj. na svim istraživanim postajama.

### 3.3.3. Analize biologije i morfologije vrste *Synurella ambulans*

Analiza biologije i morfologije vrste *Synurella ambulans* provedena je u računalnim programima Microsoft Excel 2010, StatSoft Statistica 12, Primer 6 i R Studio. Podaci o sastavu populacije uneseni su u program Microsoft Excel 2010 te je izračunat broj jedinki po m<sup>2</sup> i učestalost (%) jedinki pojedinih ontogenetskih stadija, spola i reproduktivnog statusa. Dobivene vrijednosti prikazane su u grupiranim i 100 % složenim stupičastim grafovima. Na temelju prikupljenih uzoraka bentos mrežom promjera 20 cm i veličinom oka 500 μm na pojedinim tipovima mikrostaništa izračunata je gustoća jedinki po metru kvadratnom na sljedeći način:

$$\text{Broj jedinki m}^{-2} = (\text{ukupan broj jedinki/broj poduzoraka}) / 0,04 \text{ m}^2$$

Podaci o dužini glavene kapsule ženke, kao kvantitativne kontinuirane varijable, također su uneseni u program Microsoft Excel 2010 te preračunati u milimetre te potom analizirani u programu StatSoft Statistica 12. U njemu su iz dobivenih parametara također

izračunate vrijednosti opisne statistike: broj podataka (n), minimum (min), maksimum (max), raspon (R), srednja vrijednost (SV), medijan (M), standardna devijacija (s), standardna pogreška (SE) i koeficijent varijabilnosti (V). Vrijednosti medijana, kvartila (25 % - 75 %), minimuma i maksimuma prikazane su „box-whiskers“ grafovima, pri čemu su uzorci svih analiziranih kategorija paralelno prikazani u rezultatima u svrhu brzog dijagnosticiranja njihovih relacija i obilježja uz prethodno testiranje mjera položaja i distribucije podataka.

### 3.3.3. Ostale statističke analize

Međusobna sličnost ontogenetske i spolne strukture zajednice rakušaca na mikrostaništima vrste *Synurella ambulans* testirana je analizom hijerarhijskog klasteriranja (engl. *hierarchical clustering*) pri čemu se kao mjera sličnosti koristio Bray-Curtisov koeficijent sličnosti. Analize su rađene pomoću računalnog paketa Primer 6 (Clarke i Gorley, 2006; Clarke i Warwick, 2001).

U programu Stat.Soft Statistica 12 testirana je normalnost raspodjele podataka za 4 biometrijske varijable (ukupna dužina glavene kapsule i masa tijela ženki vrste *Synurella ambulans*) i 1 merističku varijablu (broj jaja u marsupiju svake ženke) Kolmogorov – Smirnov testom. Granica za prihvatanje nul-hipoteze (H0) da se raspodjela podataka unutar svake varijable ne razlikuje od teoretske normalne raspodjele postavljena je na razini značajnosti od  $p < 0.05$ . Provedena je multivarijatna analiza primjenom korelacije između nezavisnih biometrijskih i zavisne merističke varijable, utvrdivši tip odnosa i reprezentativnost linearne regresije koeficijentima korelacije i determinacije, kao mjerom zavisnosti između parova varijabli. Pritom je analiziran smjer i intenzitet povezanosti između varijabli, odnosno utvrđen je koeficijent povezanosti ili korelacije  $r$  i koeficijent determinacije ili reprezentativnosti modela  $R^2$ , uz prethodno testiranje distribucije podataka. Koeficijent  $R^2$  se iskazuje u rasponu između -1 i +1, a pri tomu model je reprezentativniji što je  $R^2$  bliži 1, a za Pearsonov i Spearmanov test vrijedi (Colton, 1974):  $r = 0$  do  $\pm 0,25$ : nema povezanosti,  $r = \pm 0,26$  do  $\pm 0,50$ : slaba povezanost;  $r = \pm 0,51$  do  $\pm 0,75$ : umjerena do dobra povezanost,  $r = \pm 0,76$  do  $\pm 1$ : vrlo dobra do izvrsna povezanost,  $r = \pm 1$ : matematička povezanost. Smjer i intenzitet povezanosti između parova varijabli prikazan je linijskim grafom i izraženim koeficijentom korelacije.

Na slici 16. prikazana je cjelovita shema provedenih terenskih istraživanja u poplavnoj šumi Crni jarki te laboratorijskih analiza.



# CRNI JARKI



## Terensko istraživanje

Uzorkovanje bentoskom mrežom  
20 cm / 500  $\mu$ m

Mjerenje fizikalno -  
kemijskih parametara  
vode

Beskralješnjaci:  
*Synurella ambulans*

**konzentracija otopljenog kisika, zasićenje vode  
kisikom, temperatura vode**

- sonda Oxi 330/SET

**pH**

- sonda WTW pH 330

**električna provodnost**

- konduktometar WTW LF 330

**alkalinitet**

- titracija (HCl + metil-orange)

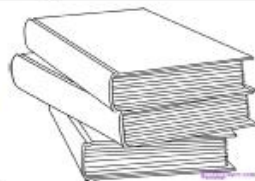
Konzerviranje  
uzoraka  
75% etanol

Transport živih  
ovigernih ženki u  
laboratorij

## Istraživanje u laboratoriju



Izolacija jedinki  
binokularnom lupom



Determinacija  
jedinki



Unos podataka  
u računalo



Analiza podataka



Microsoft Excell 2010

StatSoft Statistica 12

Primer 6

R Studio

**Slika 16.** Shema provedenih istraživanja u poplavnoj šumi Crni jarki te laboratorijskih istraživanja

## 4. REZULTATI

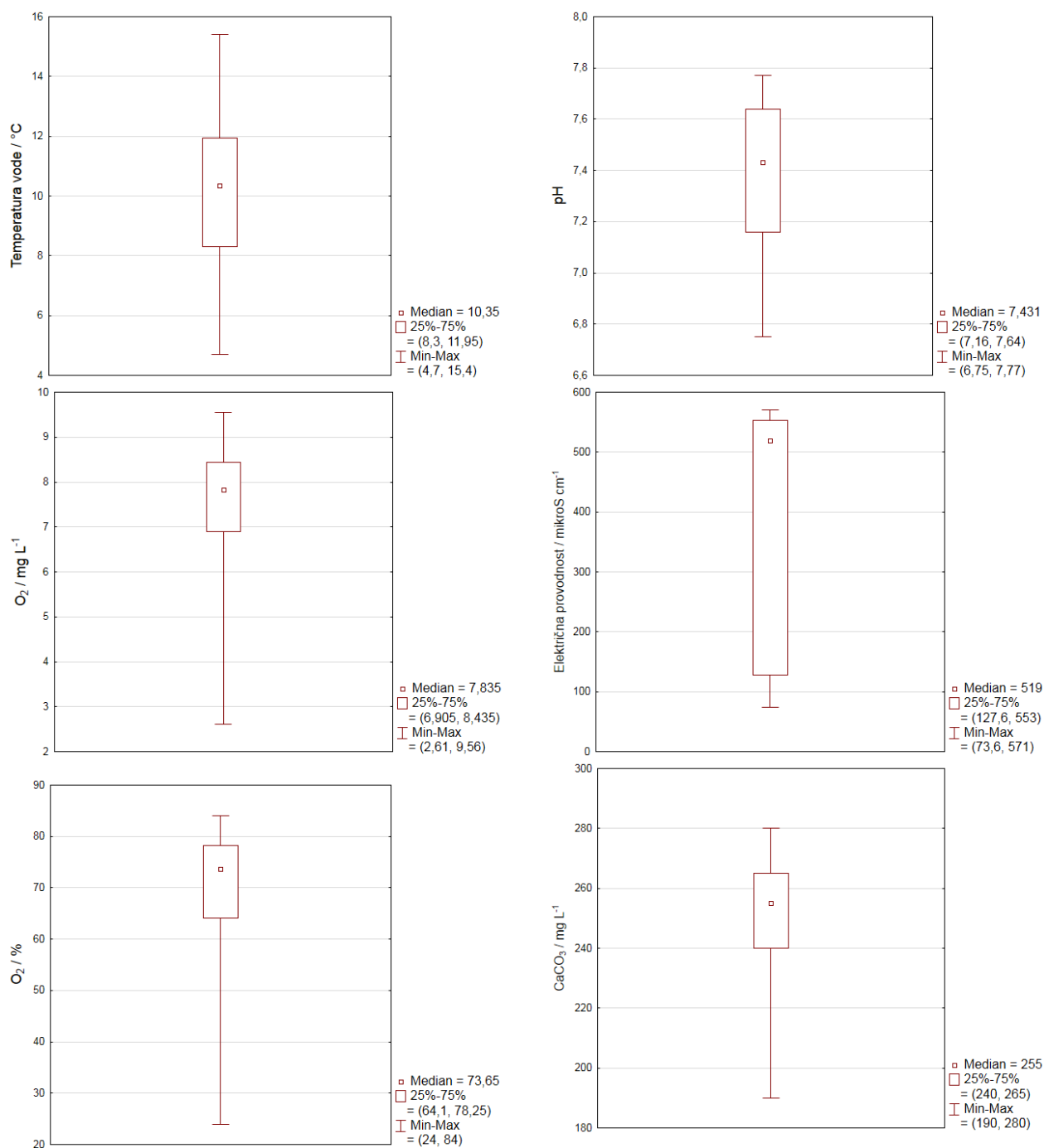
### 4.1. Fizikalno-kemijska obilježja vode

U ovom istraživanju podaci o fizikalno-kemijskim parametrima vode korišteni su u svrhu utvrđivanja optimalnih mikrostanišnih uvjeta rakušaca.

Tablica 2. Rezultati opisne statistike za analizirane parametre vode na pojedinim tipovima vodenih mikrostaništa u šumi Crni jarki: broj podataka (n), minimum (min), maksimum (max), raspon (R), srednja vrijednost (SV), medijan (M), standardna devijacija (s), standardna pogreška (SE) i koeficijent varijabilnosti (V).

		Temperatura (°C)	O <sub>2</sub> (mg/L)	O <sub>2</sub> (%)	pH	σ (μScm-1)	CaCO <sub>3</sub> (mgL <sup>-1</sup> )
protočni ksikal - argilal	n	6	6	6	6	6	5
	min	6,50	4,09	35,00	6,82	127,60	240,00
	max	11,60	9,18	84,00	7,74	571,00	280,00
	R	5,10	5,09	49,00	0,92	443,40	40,00
	SV	9,74	7,41	66,18	7,40	462,52	260,00
	SV	1,91	1,98	18,96	0,36	188,57	16,83
	SE	0,85	0,89	8,48	0,16	84,33	8,42
	V	3,65	3,92	359,31	1,03	35559,25	283,33
pijezometar	n	3	3	3	2	2	1
	min	4,70	3,00	24,00	7,16	73,60	
	max	10,50	8,32	74,00	7,16	73,60	
	R	5,80	5,32	50,00			
	SV	7,60	5,66	49,00			
	SV	4,10	3,76	35,36			
	SE	2,90	2,66	25,00			
	V	16,82	14,15	1250,00			
protočni fital	n	5	5	5	5	5	4
	min	7,00	6,58	65,20	6,78	123,60	190,00
	max	15,40	9,04	82,25	7,74	568,00	265,00
	R	8,40	2,46	17,05	0,96	444,40	75,00
	SV	12,02	7,72	72,97	7,38	454,52	240,63
	SV	3,41	0,92	6,72	0,36	186,07	34,54
	SE	1,52	0,41	3,00	0,16	83,21	17,27
	V	11,61	0,84	45,14	0,13	34620,95	1193,23
stajaći ksikal - argilal	n	2		2	2	2	2
	min	6,60	7,70	80,50	6,75	514,00	240,00
	max	14,20	9,56	83,00	7,77	553,00	255,00
	R	7,60	1,86	2,50	1,02	39,00	15,00
	SV	10,40	8,63	81,75	7,26	533,50	247,50
	SV	5,37	1,32	1,77	0,72	27,58	10,61
	SE	3,80	0,93	1,25	0,51	19,50	7,50
	V	28,88	1,73	3,13	0,52	760,50	112,50

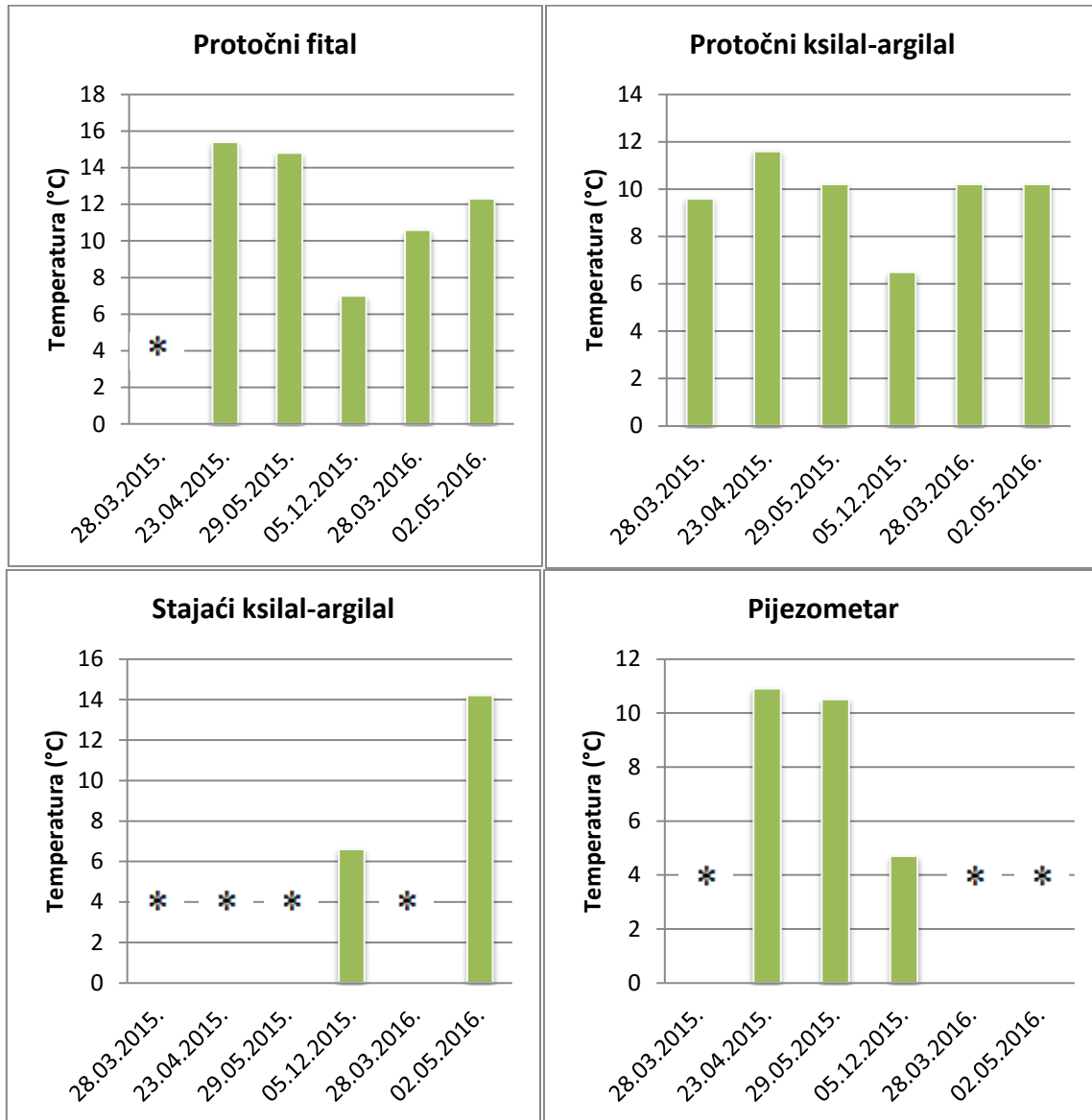
Vrijednosti medijana, kvartila (25 % - 75 %), minimuma i maksimuma za pojedine analizirane fizikalno-kemijske parametre vode prikazane su na Slici 17.



**Slika 17.** Prikaz vrijednosti medijana, kvartila (25 % - 75 %), minimuma i maksimuma za pojedine analizirane fizikalno-kemijske parametre vode u mikrostanjštima poplavne šume Crni jarki tijekom istraživanog razdoblja.

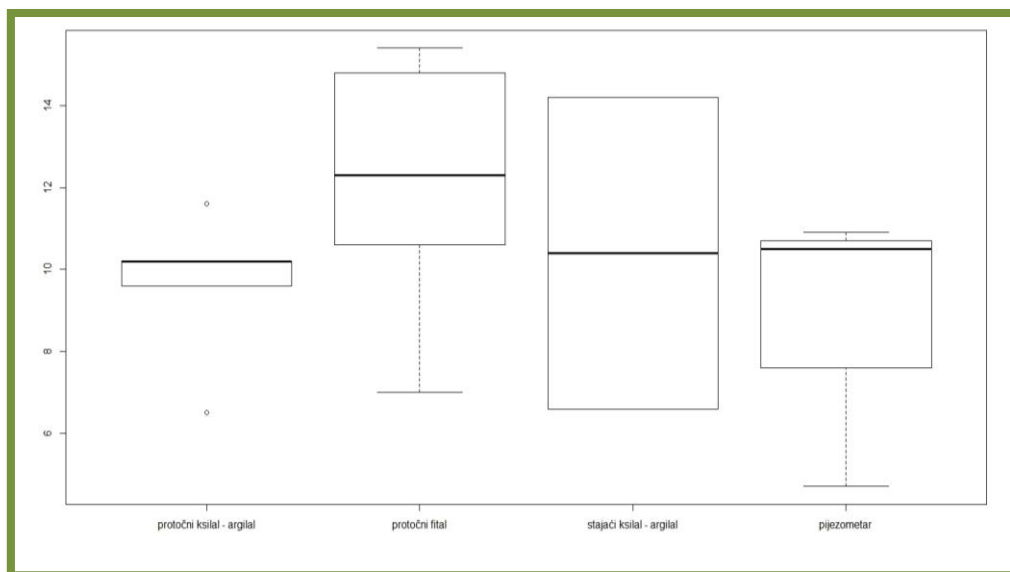
### 4.1.1. Temperatura

Prilikom svakog izlaska na teren, mjerena je temperatura vode, ako je na staništu voda bila prisutna (Slika 18).



**Slika 18.** Izmjerene temperature (°C) po datumima uzorkovanja i mikrostaništima poplavne šume Crni jarki (\*nije mjerena temperatura vode)

Analizom dobivenih rezultata i njihovih grafičkih prikaza vidimo da je temperatura veća u protočnom fitalu od protočnog ksilala s argilalom (Slika 19), a na protočnom fitalu kao mikrostaništu zabilježene su najveće vrijednosti temperature.

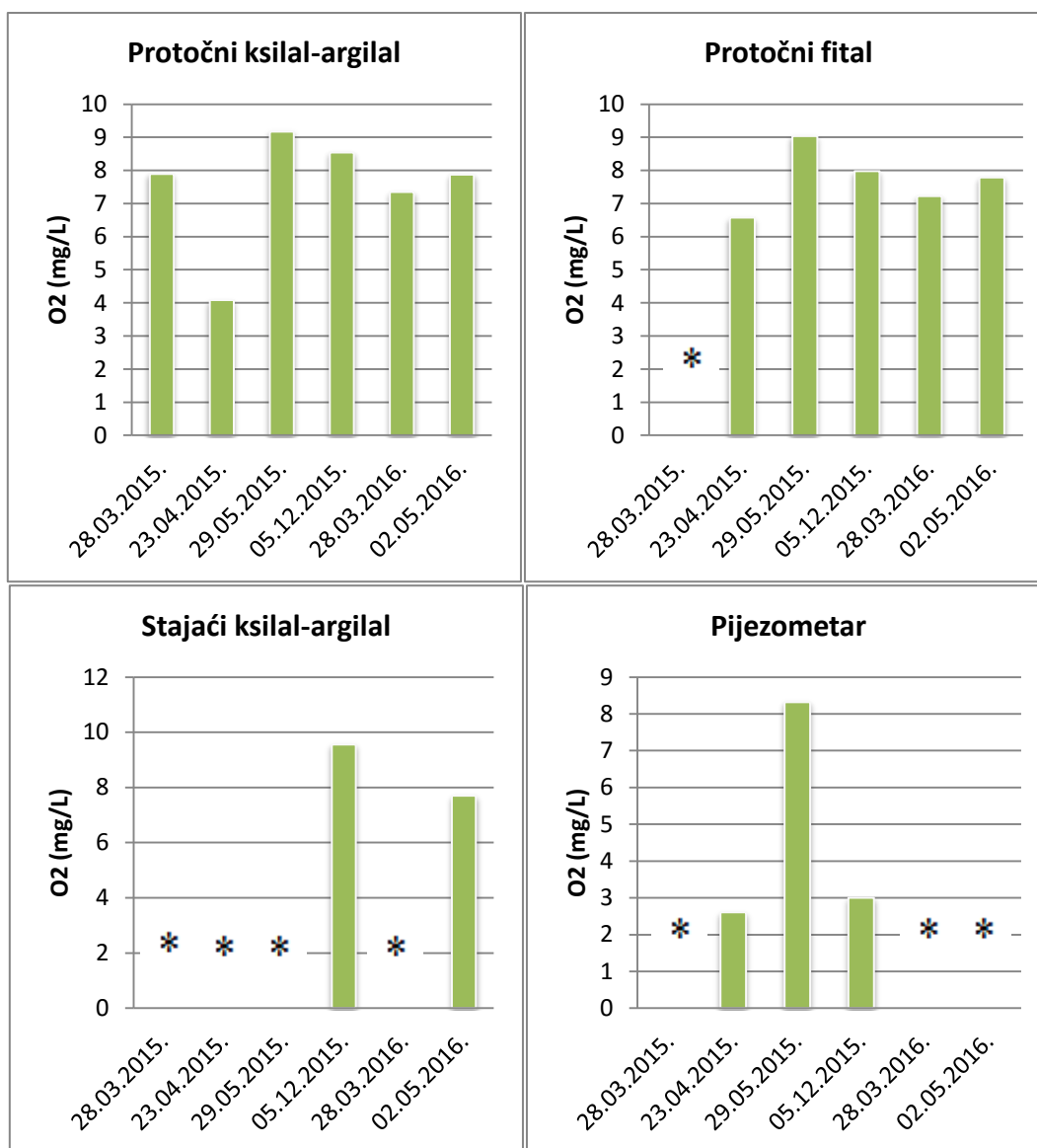


**Slika 19.** Prikaz vrijednosti temperature u °C po mikrostaništima poplavne šume Crni jarki (— predstavlja minimalne i maksimalne vrijednosti, — predstavlja medijan)

Na ostalim postajama su srednje vrijednosti temperature vode niže od 10,5 °C. Minimalna vrijednost temperature izmjerena je 05.12.2015. na piježometrima i iznosila je 4,7 °C, dok je najviša izmjerena vrijednost temperature iznosila 15,4 °C, a izmjerena je 23.04.2015. u protočnom fitalu. Prosječna vrijednost temperature protočnog ksilala s argilalom je 9,72 °C, protočnog fitala 12,02 °C, stajaceg ksilala s argilalom 10,4 °C, te u piježometrima 8,7 °C.

#### 4.1.2. Koncentracija otopljenog kisika

Najniže vrijednosti otopljenog kisika u vodi utvrđene su u piježometrima, a najviše vrijednosti tijekom svibnja u protočnom ksilalu s argilalom. Prostorna i vremenska dinamika koncentracije otopljenog kisika u vodi prikazana je na Slici 20.



**Slika 20.** Izmjerene koncentracije otopljenog kisika (mg/L) po datumima uzorkovanja i mikrostanjima poplavne šume Crni jarki (\*nisu izmjerene koncentracije otopljenog kisika).

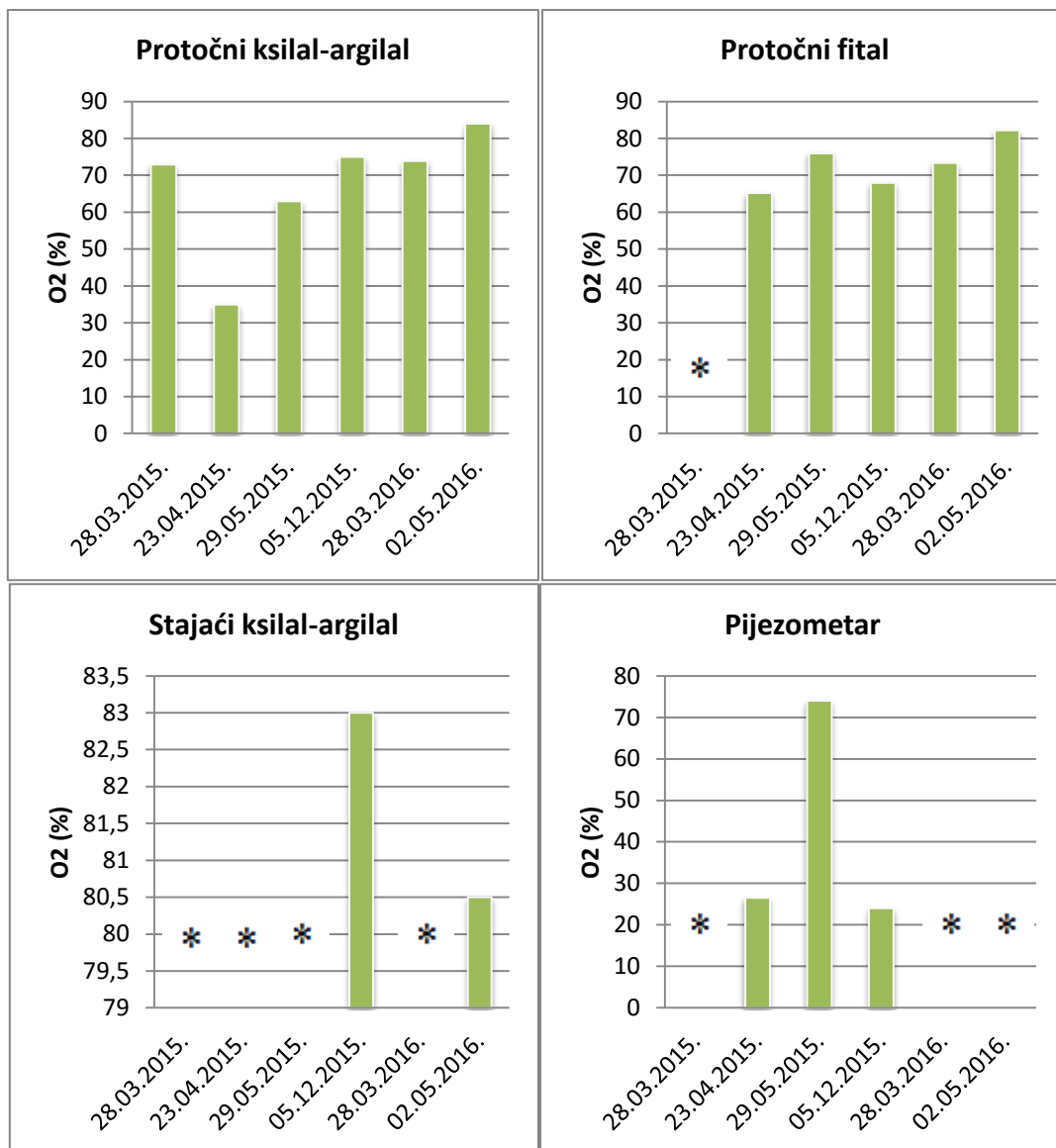
Najniža vrijednost zabilježena je 23.04.2015. u pijezometrima, a iznosila je 2,61 mg/L, dok je najveća vrijednost od 9,56 mg/L zabilježena u stajaćem ksilalu s argilalom 05.12.2015. 23.04.2015. su zabilježene najniže vrijednosti na svim uzorkovanim postajama. Najveći raspon izmjerenih vrijednosti prisutan je na pijezometrima (Slika 21), gdje je najniža vrijednost bila 2,61 mg/L, a najviša 8,32 mg/L. Najviša prosječna koncentracija otopljenog kisika zabilježena je u stajaćem ksilalu s argilalom i to u iznosu od 8,63 mg/L, zatim u protočnom fitalu 7,72 mg/L, protočnom ksilalu s argilalom 7,49 mg/L, a najniža koncentracija otopljenog kisika u vodi izmjerena je u pijezometrima, samo 4,64 mg/L.



**Slika 21.** Prikaz vrijednosti koncentracije otopljenog kisika u mg/L po mikrostaništima u poplavnoj šumi Crni jarki (— predstavlja minimalne i maksimalne vrijednosti, — predstavlja medijan).

#### 4.1.3. Zasićenje vode kisikom

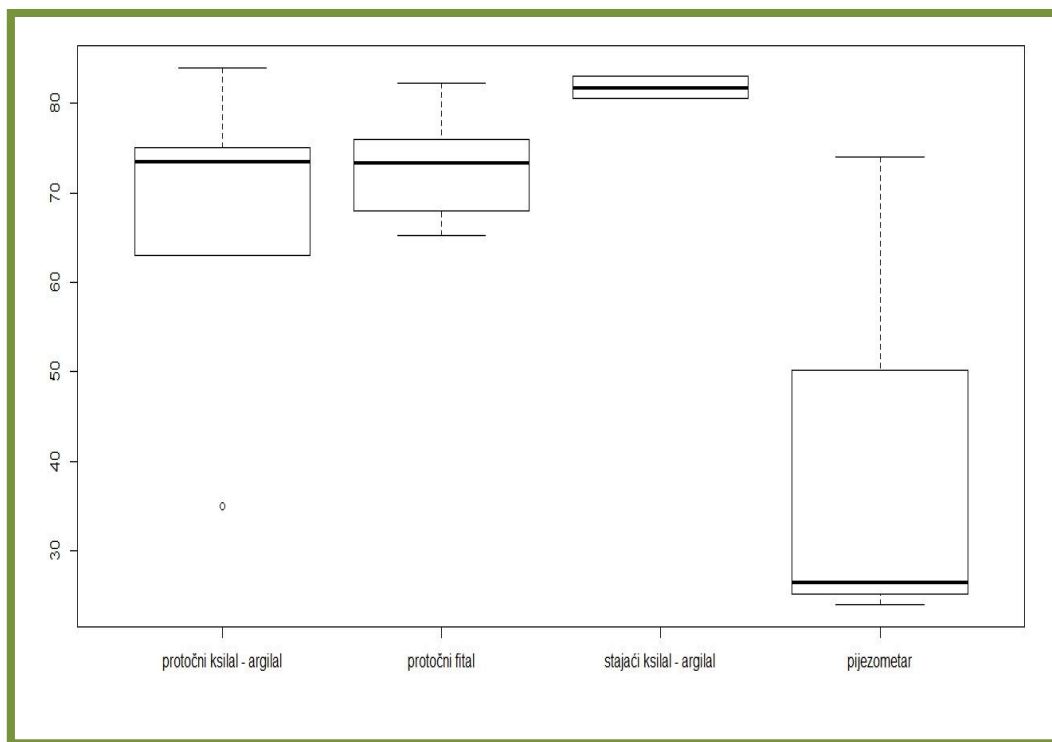
Najviše vrijednosti zasićenja kisika u vodi zabilježene su u svibnju u protočnom fitalu, a najniže vrijednosti u pijeziometrima. Vrijednosti zasićenja vode kisikom na pojedinim istraživanim mikrostaništima u šumi Crni jarki prikazane su na Slici 22.



**Slika 22.** Izmjerene vrijednosti zasićenja vode kisikom (%) po datumima uzorkovanja i uzorkovanim mikrostaništima poplavne šume Crni jarki (\*nije mjereno zasićenje vode kisikom)

Prosječne vrijednosti zasićenja vode kisikom u suglasju su s vrijednostima koncentracije kisika u vodi, a iznose 81,75 % u stajaćem ksilalu s argilalom, 72,97 % u protočnom fitalu, 67,31 % u protočnom ksilalu s argilalom te 41,5 % u pijezometrима. Najveća zabilježena vrijednost zasićenja vode kisikom zabilježena je 02.05.2016. u protočnom ksilalu s argilalom u vrijednosti od 84 %, dok je najmanja vrijednost bila u pijezometrима, samo 26,5 %. Također, u pijezometrима je prisutan najveći raspon izmjerenih vrijednosti zasićenja vode kisikom: od 26,5 % do 74 %, dok je najmanji raspon i ujedno najmanji koeficijent varijabilnosti utvrđen u stajaćem ksilalu s argilalom (Tablica 2, Slika 22).

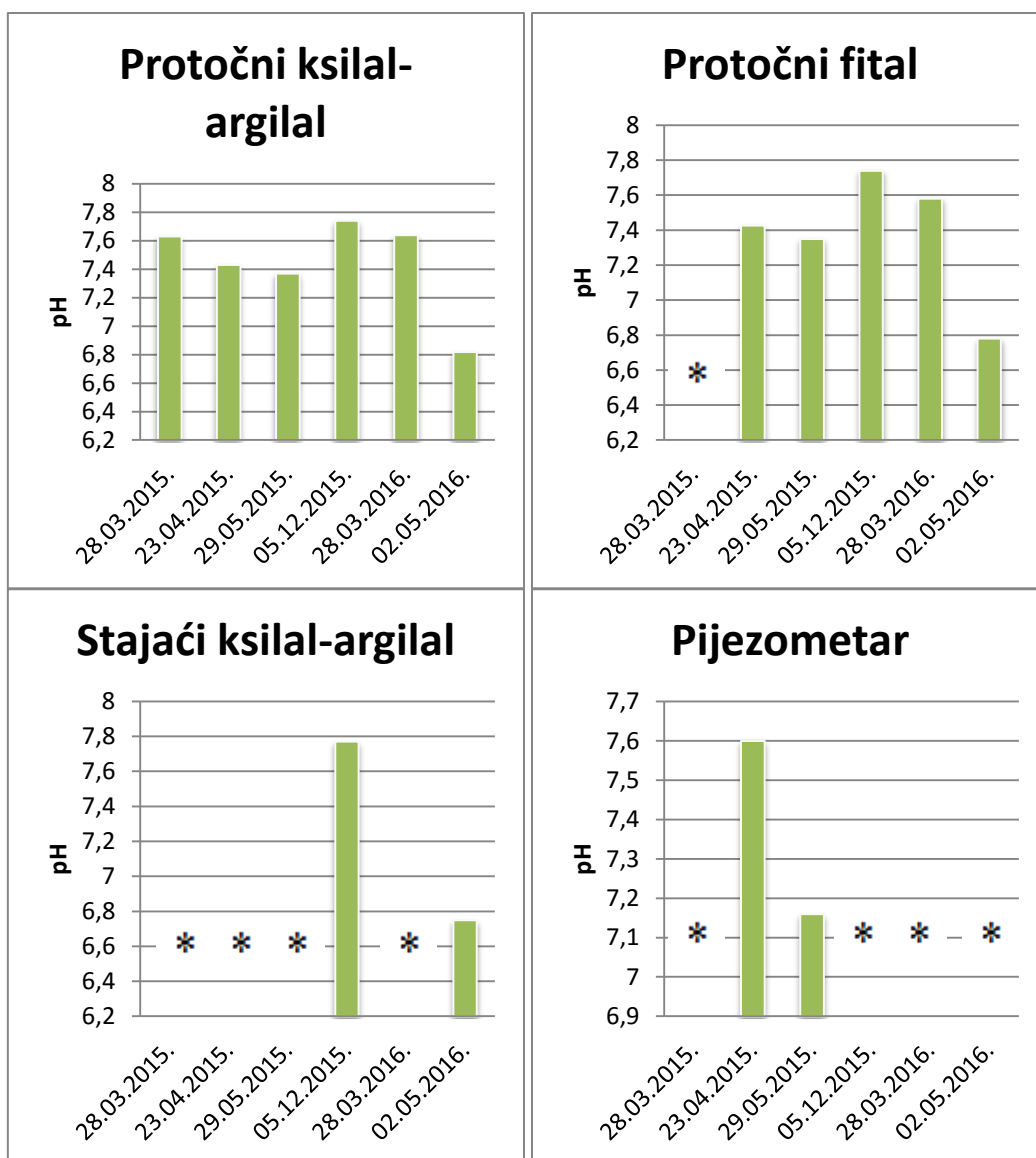




**Slika 23.** Prikaz zasićenja vode kisikom izražen u % po mikrostaništima u poplavnoj šumi Crni jarki (— predstavlja minimalne i maksimalne vrijednosti, — predstavlja medijan).

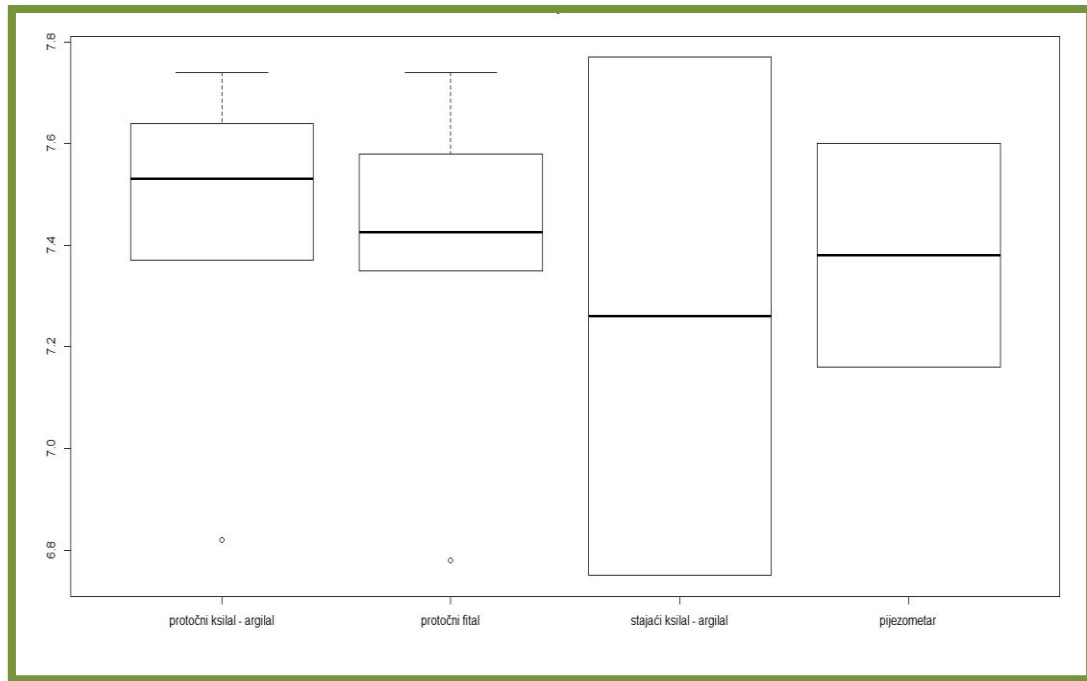
#### 4.1.4. pH

Najviše izmjerene vrijednosti pH vode zabilježene su u prosincu, a najniže vrijednosti u svibnju u stajaćem ksilalu s argilalom. Vrijednosti pH vode na pojedinim istraživanim mikrostaništima u šumi Crni jarki prikazane su na Slici 24.



**Slika 24.** Izmjerene vrijednosti pH vode po datumima uzorkovanja i uzorkovanim mikrostanjima poplavne šume Crni jarki (\*nije mjerena pH vrijednosti vode)

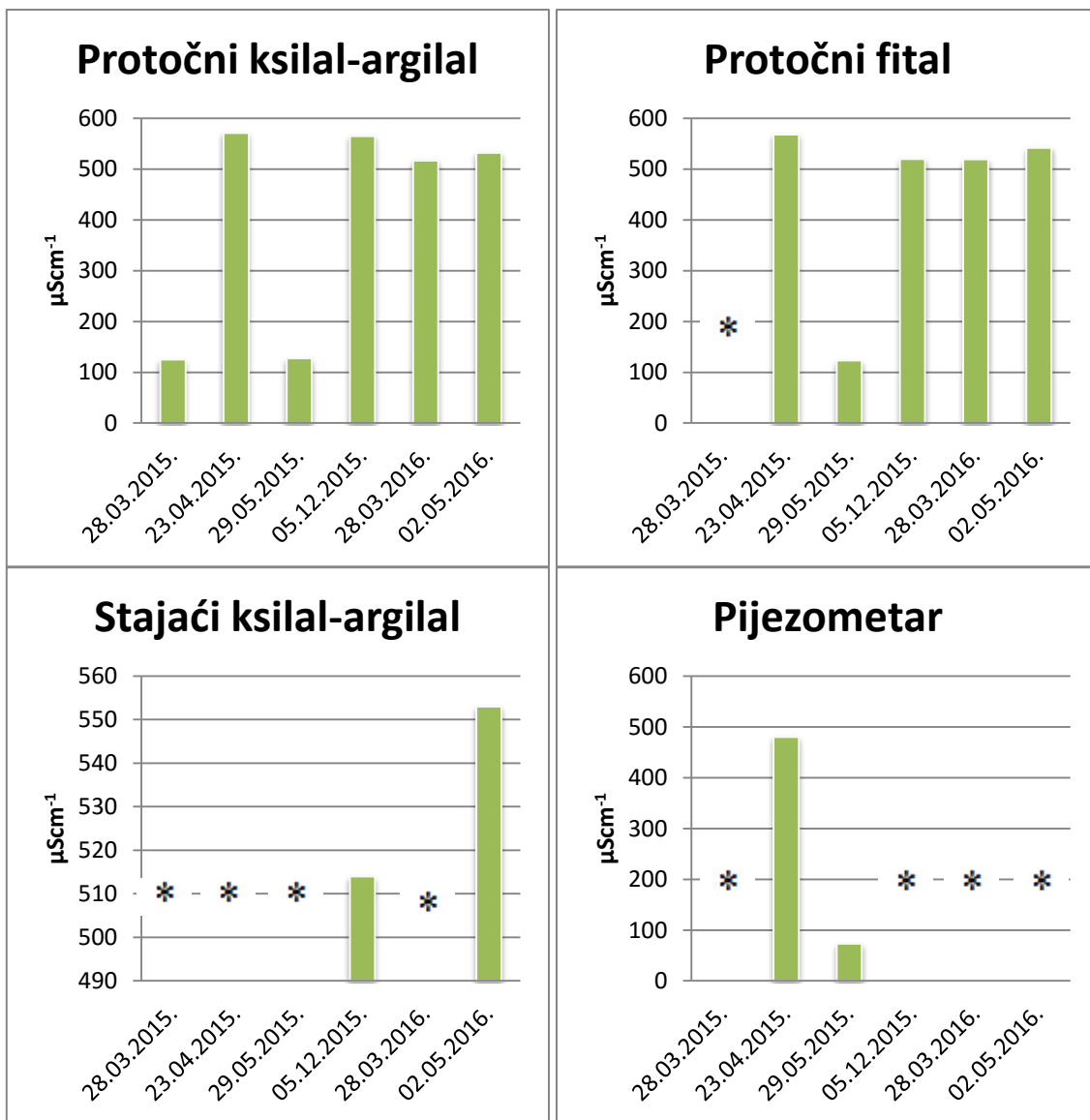
Prosječne izmjerene vrijednosti pH vode su bez značajnih odstupanja. pH vode izmjeren u protočnom ksilalu s argilalom iznosi 7,40, u protočnom fitalu 7,38, u stajaćem ksilalu s argilalom 7,26, a u pijezometrima 7,16. Također, u stajaćem ksilalu s argilalom rezultati mjerenja pH vode pokazuju najveću varijabilnost: najniža vrijednost iznosila je 6,75 i najviša 7,77 (Slika 25).



**Slika 25.** Prikaz vrijednosti pH vode po mikrostaništima u poplavnoj šumi Crni jarki (— predstavlja minimalne i maksimalne vrijednosti, — predstavlja medijan)

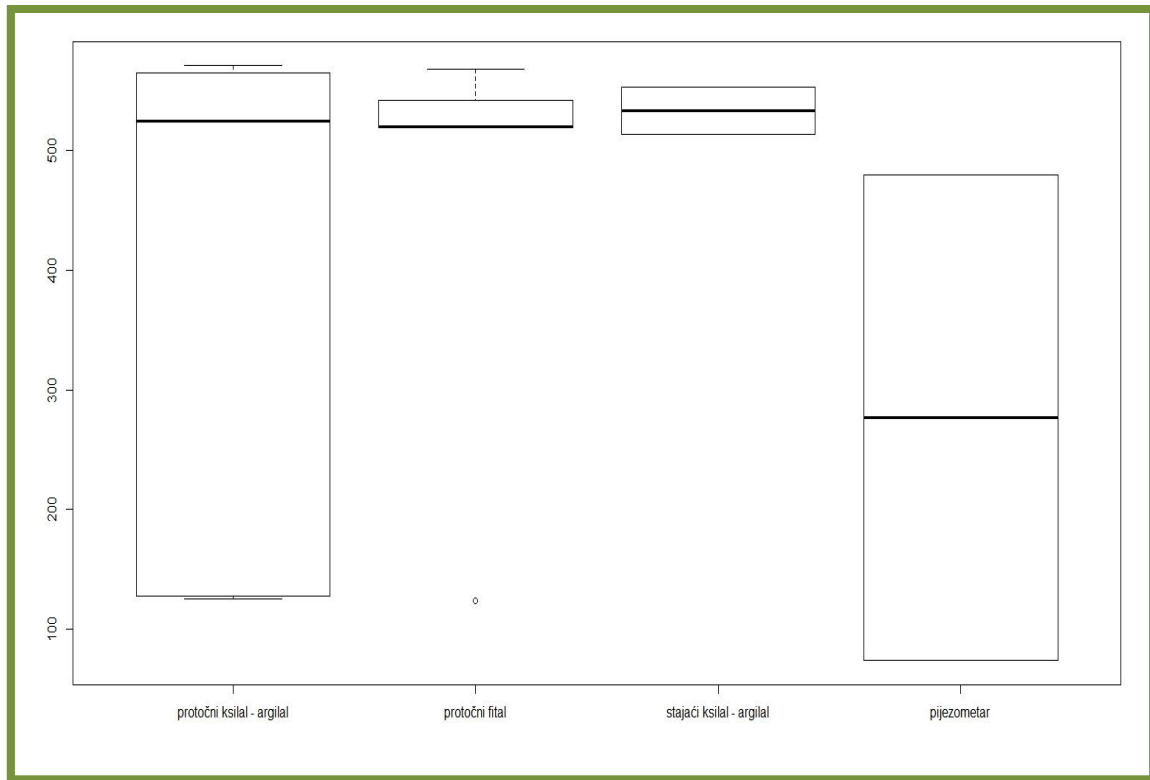
#### 4.1.5. Električna provodnost

Najviše izmjerene vrijednosti električne provodnosti vode zabilježene su u prosincu u protočnom ksilalu s argilalom, a najniže vrijednosti u svibnju u piježometrima. Vrijednosti električne provodnosti vode na pojedinim istraživanim mikrostaništima u šumi Crni jarki prikazane su na Slici 26.



**Slika 26.** Izmjerena vrijednost električne provodnosti vode po datumima uzorkovanja i uzorkovanim mikrostaništima poplavne šume Crni jarki (\*nije mjerena vrijednost električne provodnosti vode)

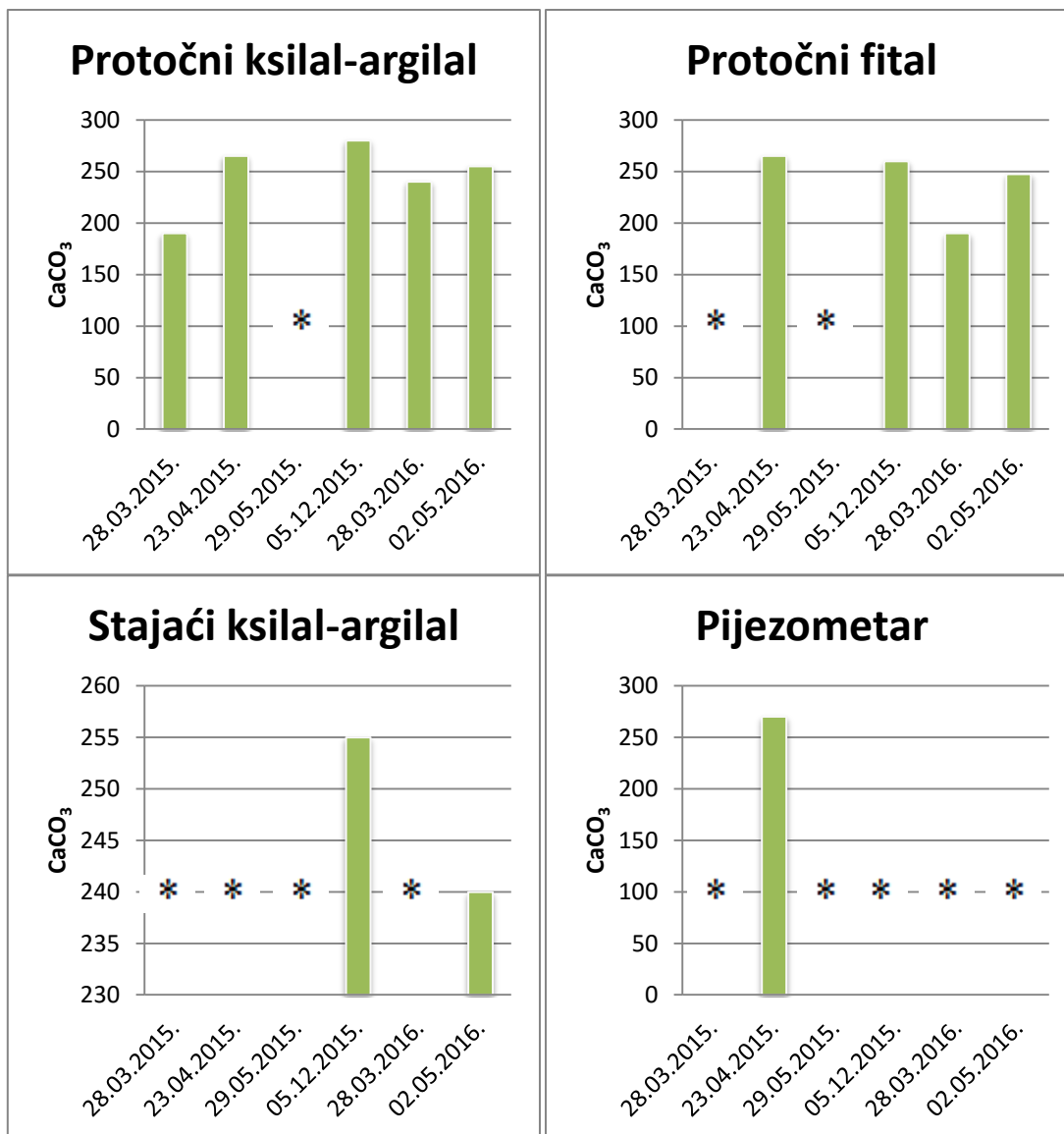
Izmjerene vrijednosti električne provodnosti vode su približno jednake u svim nadzemnim vodenim mikrostaništima šume Crni jarki, osim u pijezometrima, gdje su izmjerene najniže vrijednosti (Slika 27). Najniža vrijednost od  $73,6 \mu\text{Scm}^{-1}$  izmjerena je u pijezometrima 29.05.2015., a najviša 23.04.2015. u protočnom ksialu s argilalom, u iznosu od  $571 \mu\text{Scm}^{-1}$ . 29.05.2015. su vrijednosti električne provodnosti vode u svim mikrostaništima bile značajno niže od prosječnih vrijednosti (Tablica 2, Slika 27).



**Slika 27.** Prikaz električne provodnosti vode ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ ) po mikrostaništima poplavne šume Crni jarki (— predstavlja minimalne i maksimalne vrijednosti, — predstavlja medijan)

#### 4.1.6. Alkalinitet

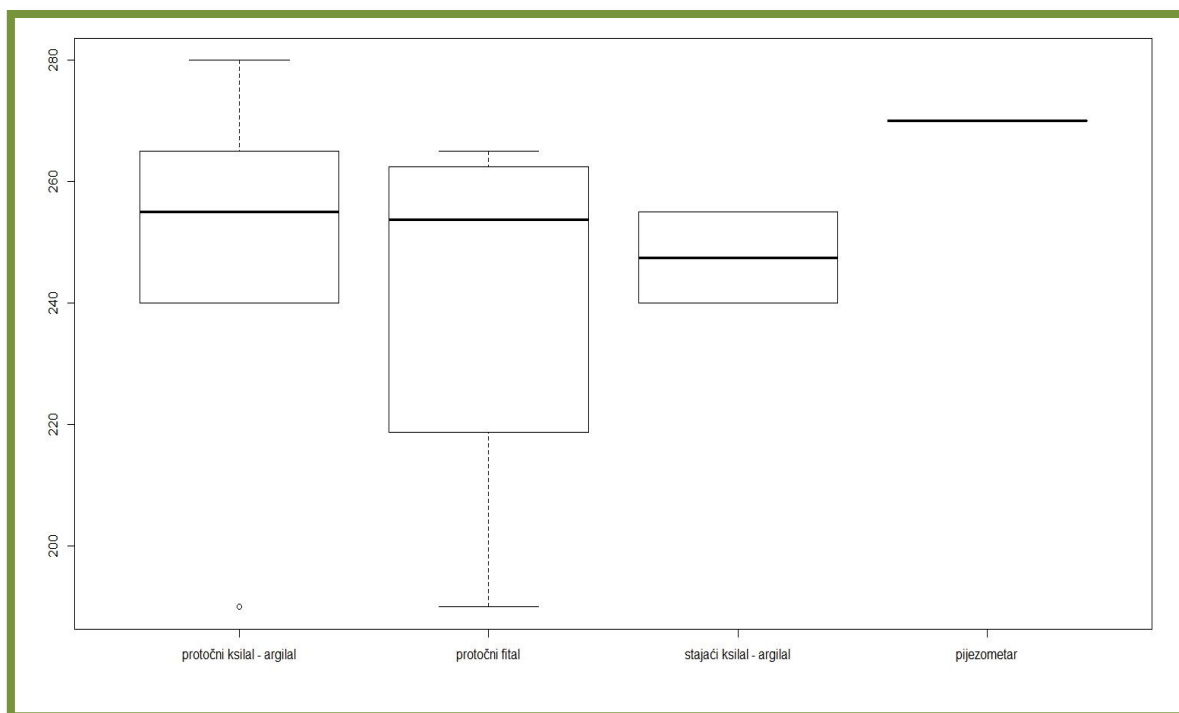
Najviše izmjerene vrijednosti alkaliniteta vode zabilježene su u prosincu u protočnom ksilalu s argilalom, a najniže vrijednosti u ožujku u protočnom ksilalu s argilalom i protočnom fitalu,. Vrijednosti alkaliniteta vode na pojedinim istraživanim mikrostaništima u šumi Crni jarki prikazane su na Slici 28.



**Slika 28.** Izmjerene vrijednosti alkaliniteta vode po datumima uzorkovanja i uzorkovanim mikrostanjima poplavne šume Crni jarki (\*nije mjereno alkalinitet)

Najviša vrijednost alkaliniteta izmjerena je 5.12.2015. u protočnom ksilalu s argilalom u vrijednosti od  $280 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$ , a najniža od  $190 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$  također u protočnom ksilalu s argilalom. Prosječne vrijednosti alkaliniteta vode u mikrostanjima ne razlikuju se značajno ( $240,63 - 247,5 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$ ), osim u pijezometrima ( $270 \text{ mgL}^{-1} \text{ CaCO}_3$ ) međutim zbog malog broja mjerenja utvrđena vrijednost ne pokazuje sezonsku dinamiku niti trend vrijednosti, pa ju ne možemo razmatrati kao značajan pokazatelj dugoročnog stanja (Slika 29).





**Slika 29.** Prikaz alkaliniteta vode (CaCO<sub>3</sub>) po mikrostanjima u poplavnoj šumi Crni jarki (— predstavlja minimalne i maksimalne vrijednosti, — predstavlja medijan)

## 4.2. Kvalitativni sastav faune rakušaca i zastupljenost vrsta

Provedenim istraživanjem u tri mikrostaništa poplavne šume Crni jarki kod Đurđevca utvrđene su dvije polupodzemne (stigofilne) vrste rakušaca. Sistematski pregled utvrđene faune rakušaca je prema Martinu i Davisu (2001), a nadopunjen je prema recentnoj klasifikaciji reda Amphipoda (Lowry i Mayers, 2013):

POTKOLJENO: CRUSTACEA Brünnich, 1772  
Razred: Malacostraca Latreille, 1802  
Red: Amphipoda Latreille, 1816  
Porodica: Crangonyctidae Bousfield, 1973  
Rod: *Synurella* Wrzesniowski, 1877  
Vrsta: *Synurella ambulans* (Müller, 1846)



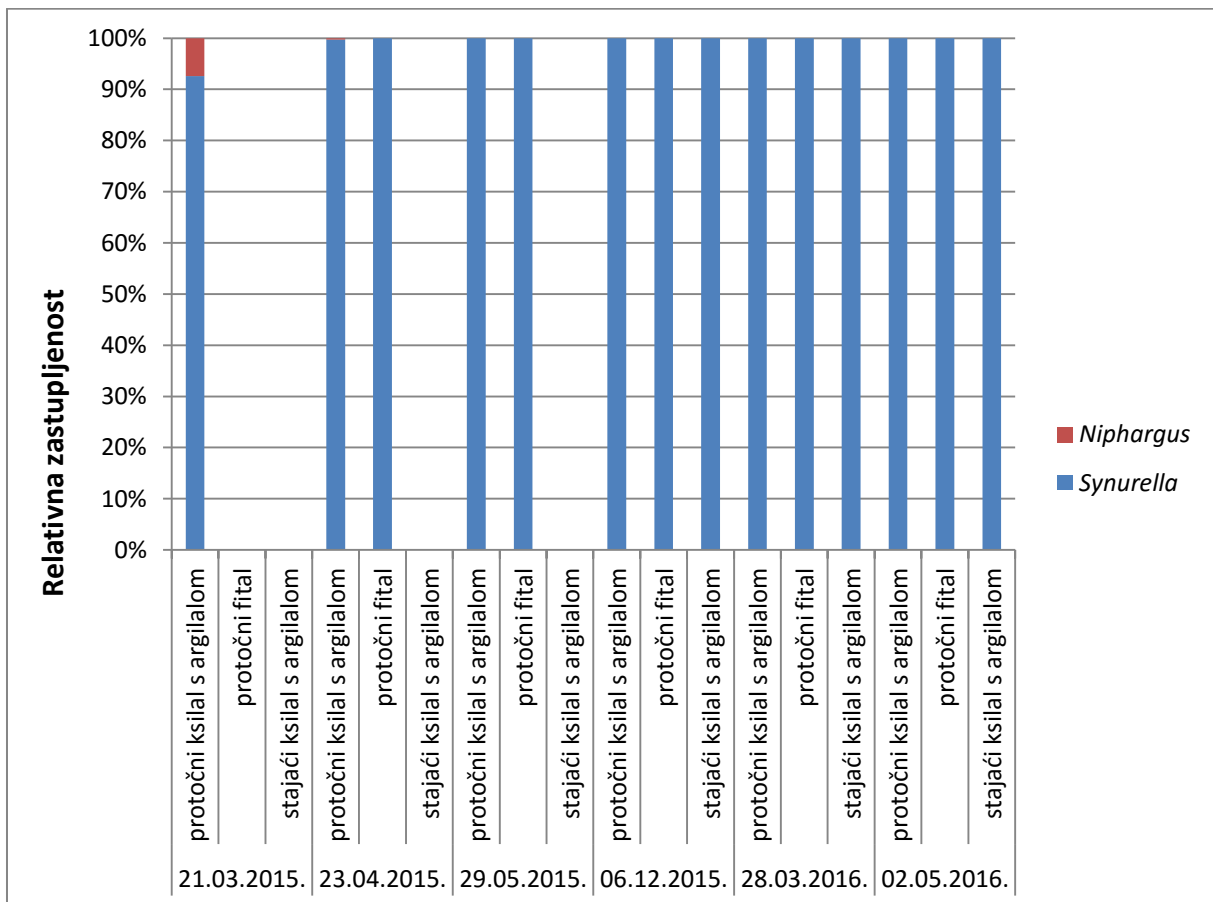
**Slika 30.** Ženka vrste *Synurella ambulans* iz poplavne šume Crni jarki (fotografija: Sanja Gottstein).

Porodica: Niphargidae Bousfield, 1977  
Vrsta: *Niphargus valachicus* Dobreanu et Manolache, 1933



**Slika 31.** Mužjak vrste *Niphargus valachicus* iz poplavne šume Crni jarki (fotografija: Sanja Gottstein)

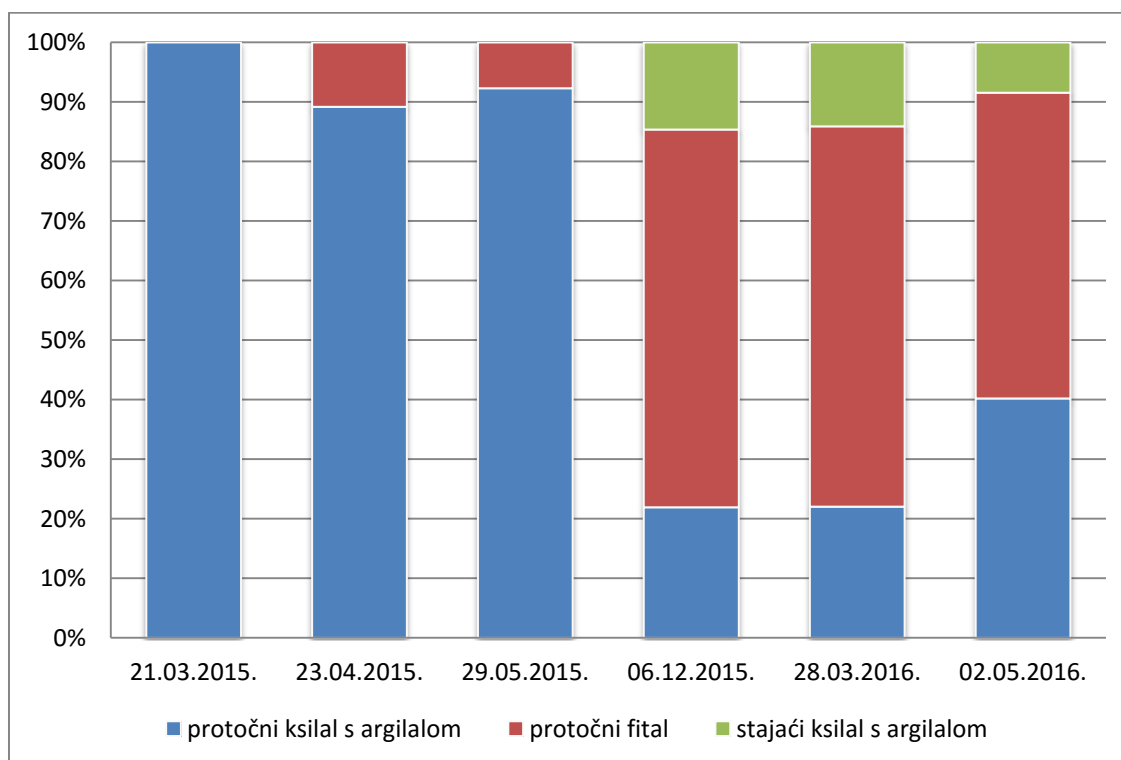
Analizom zastupljenosti pojedinih vrsta sezonski i po mikrostaništima, isključivši u analizi pijezometre u koje jedinice nisu mogle migrirati iz okolne podzemne vode zbog premalih promjera pora na pijezometru, utvrđeno je kako je vrsta *Synurella ambulans* eudominantna vrsta u prosjeku s najvećom stalnošću nalaza na svim mikrostaništima tijekom cijelog razdoblja istraživanja (dominantnost = 92-100 % ) te eukonstantna vrsta s obzirom na njezinu prezentnost tj. učestalost nalaza na cijelom istraživanom području (konstantnost tj. prezentnost 100 %). Vrsta *Niphargus valachicus* je zabilježena samo u protočnom ksilalu s argilalom, gdje je subrecedentna vrsta s dominantnošću od 0,3-7 %, a s obzirom na prezentnost je akcesorna (konstantnost je 33,3 %) (Slika 32).



**Slika 32.** Relativna zastupljenost pojedinih rodova rakušaca u istraživanim mikrostaništima poplavne šume Crni jarki tijekom razdoblja istraživanja.

### 4.3. Sezonska dinamika gustoće populacija rakušaca u mikrostaništima

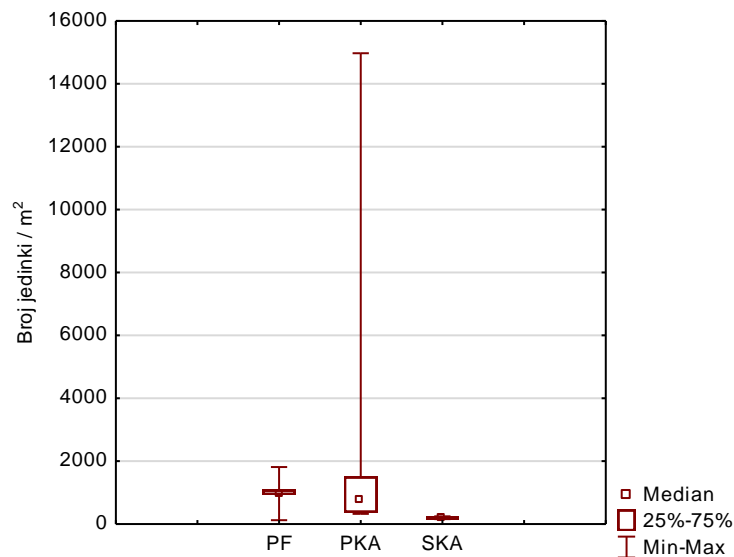
Sezonska dinamika gustoće populacija rakušaca detaljno je analizirana samo za dominantnu vrstu stigofilnih, polupodzemnih rakušaca *Synurella ambulans*, jer je tijekom cijelog istraživanog razdoblja utvrđeno samo 13 jedinki stigofilne vrste *Niphargus valachicus*, 8 jedinki u protočnom argilalu s ksikalom tijekom ožujka 2015. god. te 5 jedinki u protočnom argilalu s ksikalom tijekom travnja 2015. god. Iz rezultata je vidljivo da su jedinke tijekom proljeća 2015. godine od staništa preferirale protočni ksikal s argilalom, dok je tijekom zime 2015. godine i tijekom proljeća 2016. godine veća brojnost jedinki bila u protočnom fitalu (Slika 33). U stajaćem ksikalu s argilalom zabilježen je najmanji relativni udio jedinki vrste *Synurella ambulans*. Stajaći ksikal s argilalom je mikrostanište koje je najbrže presušilo tijekom spuštanja razine podzemnih voda, pa je na njemu prikupljen i najmanji broj uzoraka (3 uzorka – tijekom prosinca 2015. te ožujka i svibnja 2016. god.). Na stajaćem ksikalu s argilalom ukupno je prikupljena samo 74 jedinka tijekom cijelog istraživanog razdoblja, u protočnom fitalu zabilježena je ukupno 591 jedinka, dok je u protočnom ksikalu s argilalom prikupljena čak 2251 jedinka.



**Slika 33.** Relativna zastupljenost jedinki vrste *Synurella ambulans* u istraživanim mikrostaništima poplavne šume Crni jarki tijekom istraživanog razdoblja.

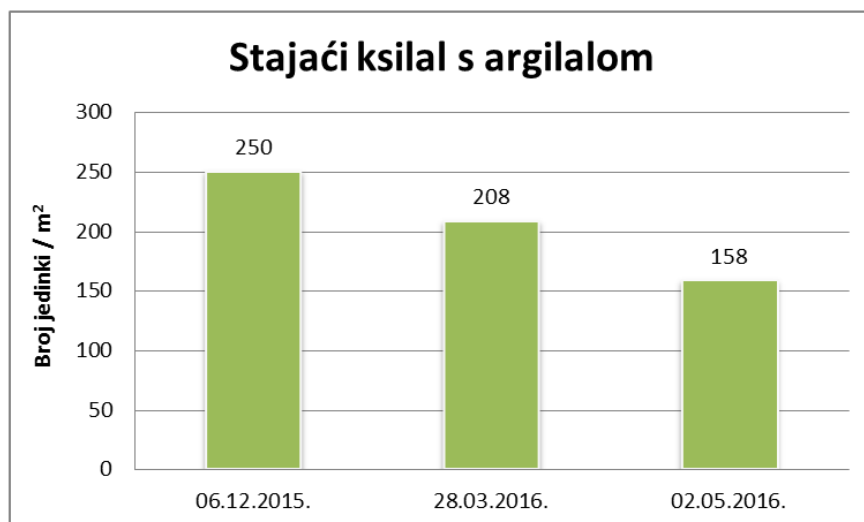
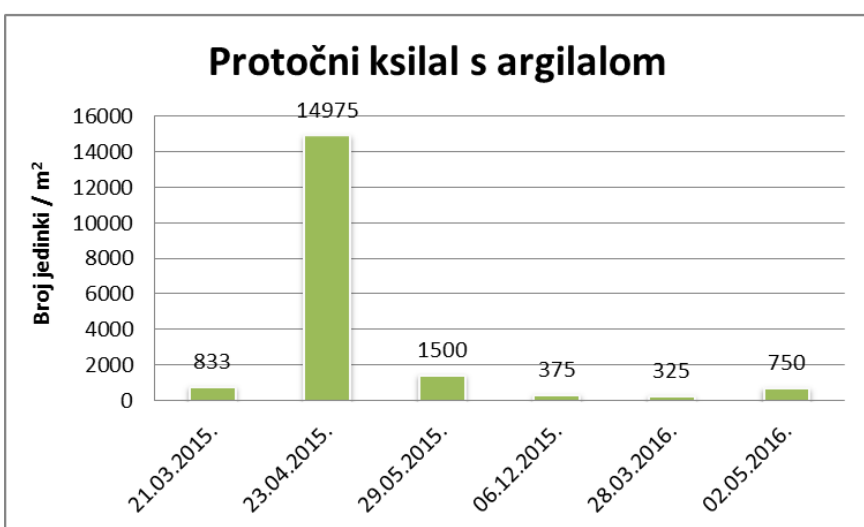
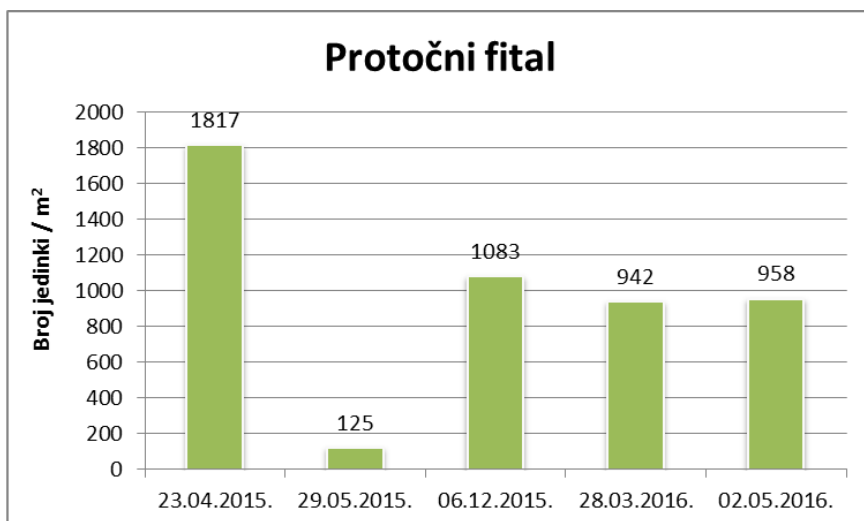
Brojnost jedinki vrste *Synurella ambulans* na pojedinim istraživanim mikrostaništima poplavne šume Crni jarki bila je ispod 2.000 jedinki po m<sup>2</sup> za sve ontogenetske kategorije

populacije tijekom cijelog istraživanog razdoblja i na svim mikrostanjima, osim u travnju 2015. godine kada je utvrđen iznimno značajan udio juvenilnih jedinki u protočnom ksilalu s argilalom, u iznosu od 12.625 jedinki po m<sup>2</sup>, što je značajno utjecalo na ukupnu brojnost jedinki na tom tipu mikrostanja. Prosječni broj jedinki najveći je u protočnom ksilalu s argilalom (3.126 jedinki po m<sup>2</sup>), dok je u stajaćem ksilalu s argilalom najmanji prosječni broj jedinki po m<sup>2</sup> (205 jedinki po m<sup>2</sup>). Medijan područja najviši je u protočnom fitalu (Slika 34).



**Slika 34.** „Box-whiskers“ prikaz vrijednosti medijana, kvartila (25 % - 75 %), minimuma i maksimuma za broj jedinki vrste *Synurella ambulans* po metru kvadratnom u istraživanim mikrostanjima poplavne šume Crni jarki: PF-protočni fital; PKA-protočni ksilal s argilalom i SKA-stajaći ksilal s argilalom.

Sezonska dinamika broja jedinki vrste *Synurella ambulans* po metru kvadratnom na različitim tipovima mikrostanja ukazuje na najveću brojnost jedinki u protočnom fitalu i protočnom ksilalu s argilalom tijekom proljetnih mjeseci (travanj 2015. god.), dok je u stajaćem ksilalu s argilalom najveća brojnost jedinki tijekom zime (prosinac 2015. god.). Najmanja brojnost u protočnom ksilalu s argilalom je u rano proljeće 2016. god., dok je u protočnom fitalu najmanja brojnost zabilježena u kasno proljeće 2015. god. Najmanja brojnost u stajaćem ksilalu s argilalom je zabilježena početkom svibnja 2015. god. (Slika 35).

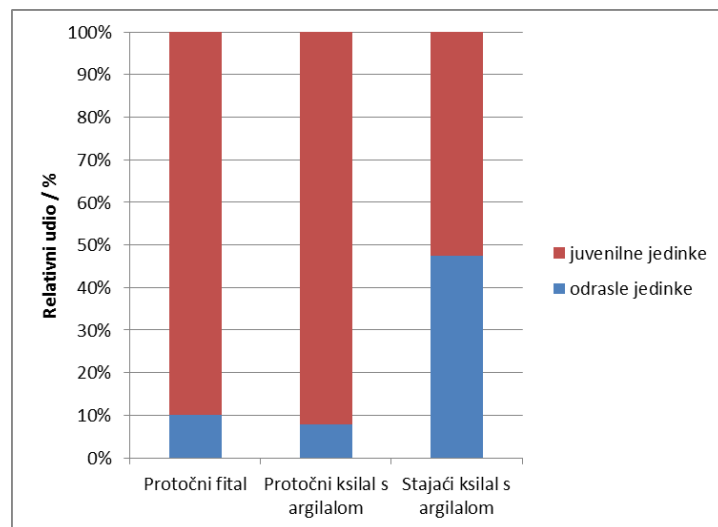


**Slika 35.** Sezonska brojnost jedinki vrste *Synurella ambulans* po metru kvadratnom na istraživanim mikrostaništima poplavne šume Crni jarki.

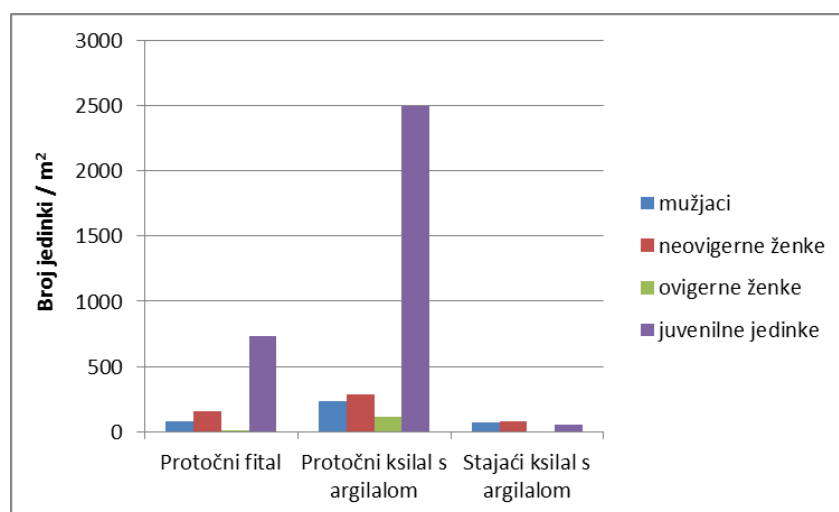


#### 4.4. Ontogenetska struktura populacije

Prosječni broj jedinki vrste *Synurella ambulans* po metru kvadratnom na pojedinim istraživanim mikrostaništima poplavne šume Crni jarki ukazuje na veću prosječnu brojnost juvenilnih jedinki u protočnim istraživanim mikrostaništima (protočnom fitalu i ksilalu s argilalom) u odnosu na odrasle jedinke (mužjake neovigerne ženke i ovigerne ženke), nego li na stajecom mikrostaništu (stajaci ksilal s argilalom), gdje je broj juvenilnih jedinki u prosjeku neznatno veći od broja odraslih jedinki (Slika 36 i 37).

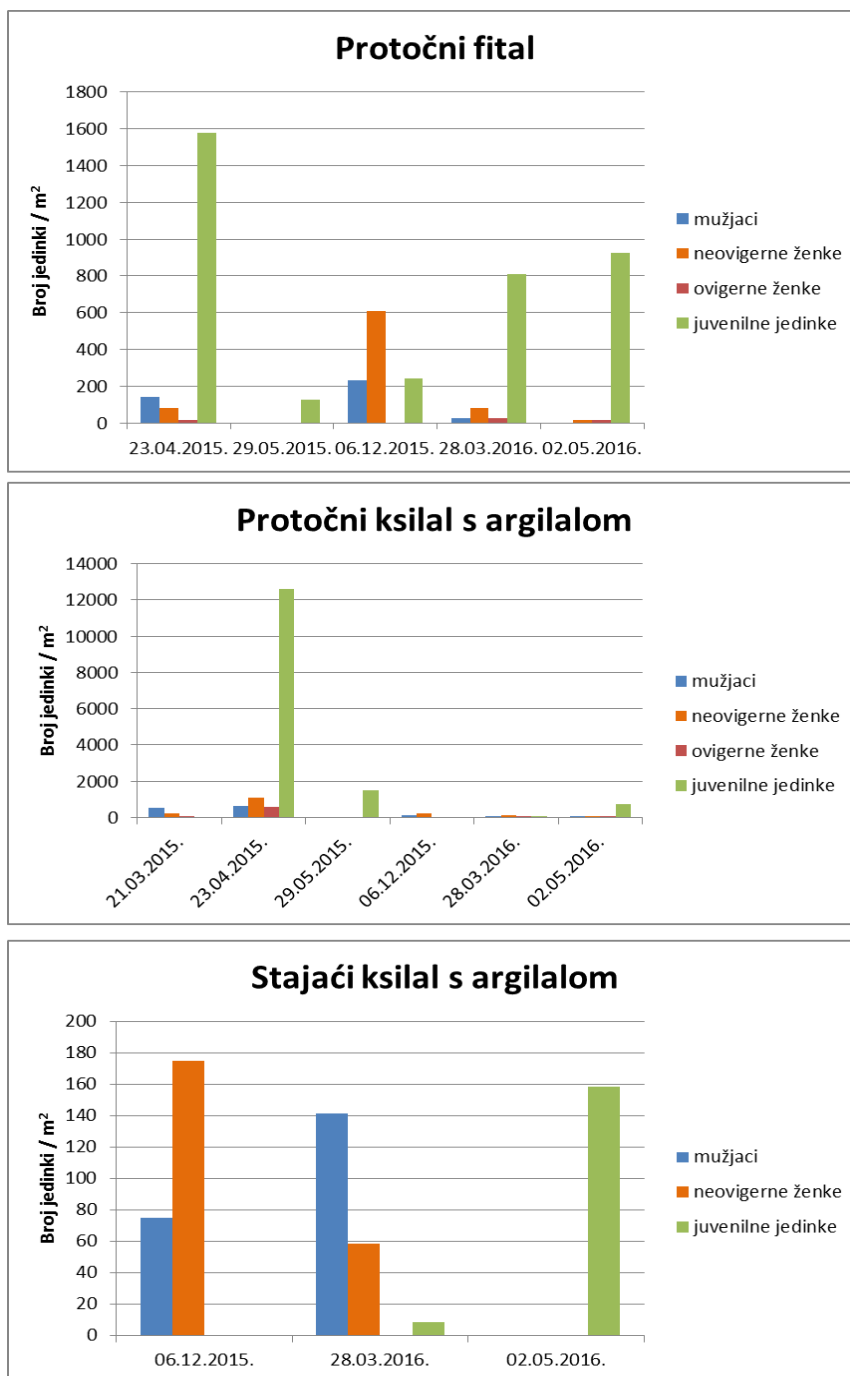


**Slika 36.** Relativni udio odraslih i juvenilnih jedinki vrste *Synurella ambulans* na istraživanim poplavne šume Crni jarki tijekom istraživanog razdoblja 2015. i 2016. godine.



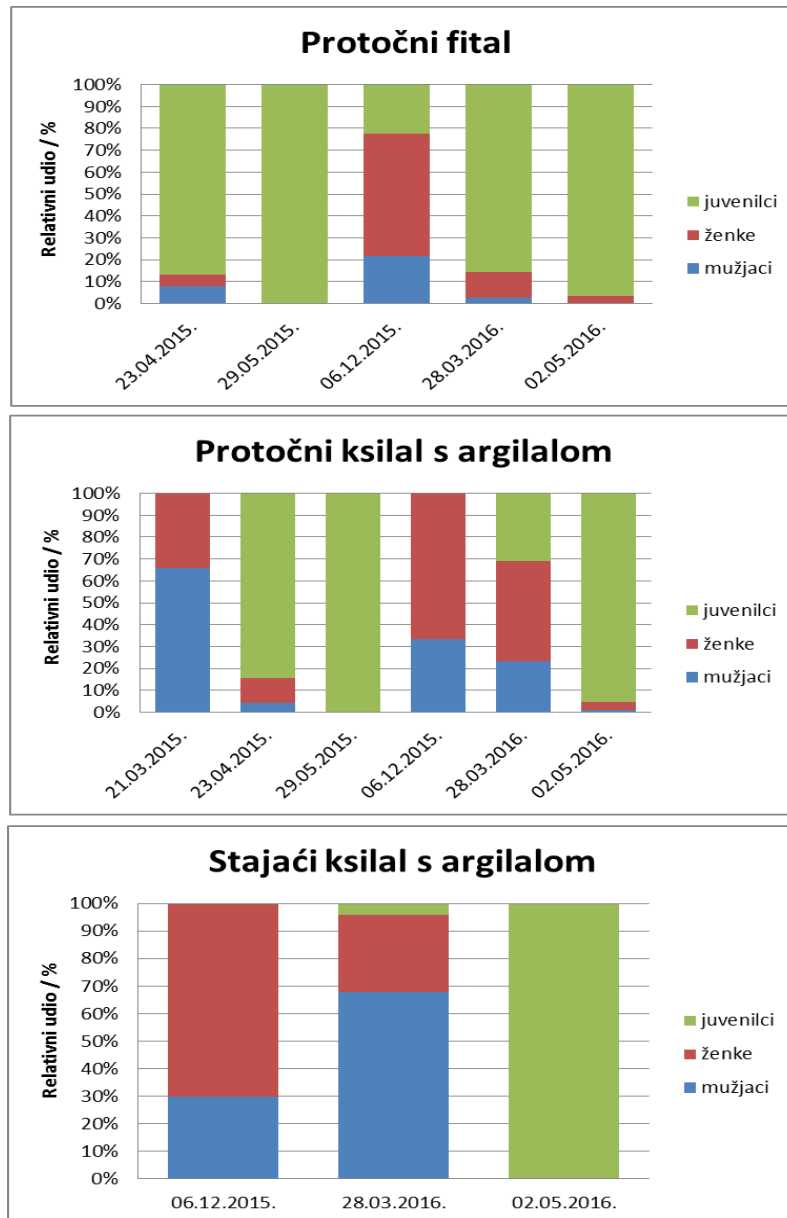
**Slika 37.** Prosječni broj jedinki po metru kvadratnom svih ontogenetskih kategorija vrste *Synurella ambulans* na istraživanim mikrostaništima poplavne šume Crni jarki.

Broj jedinki vrste *Synurella ambulans* po metru kvadratnom na pojedinim istraživanim mikrostaništima poplavne šume Crni jarki bila je ispod 2000 jedinki po m<sup>2</sup> za sve ontogenetske kategorije populacije tijekom cijelog istraživanog razdoblja i na svim mikrostaništima, osim u travnju 2015. godine kada je utvrđen iznimno značajan udio juvenilnih jedinki u protočnom ksilalu s argilalom u iznosu od 12.625 jedinki po m<sup>2</sup>. Na značajno povećanje broja jedinki po metru kvadratnom tijekom travnja 2015. godine u protočnom fitalu također je utjecalo povećanje broja juvenilnih jedinki (Slika 38).



**Slika 38.** Prikaz broja jedinki po metru kvadratnom pojedinih ontogenetskih i spolnih kategorija vrste *Synurella ambulans* na istraživanim mikrostaništima poplavne šume Crni jarki tijekom provedenog razdoblja istraživanja.

Analiza udjela jedinki u ontogenetskoj strukturi populacije vrste *Synurella ambulans* na istraživanim mikrostaništima tijekom istraživanog razdoblja u poplavnoj šumi Crni jarki, pokazala je kako su juvenilne jedinke u protočnom fitalu zastupljene tijekom svih istraživanih mjesec, s prevladavajućim udjelom u proljetnim mjesecima i manjim udjelom u zimskim mjesecima. U protočnom ksilalu s argilalom juvenilne jedinke izostaju ili su zastupljene s manjim udjelom od odraslih jedinki u ranoproljetnim mjesecima i zimskim mjesecima. U stajaćem ksilalu s argilalom juvenilne jedinke u potpunosti izostaju u zimskim mjesecima, s neznatnim su udjelom u populaciji u ranoproljetnim mjesecima, dok su prevladavajuće u populaciji u kasno proljetnim mjesecima (Slika 39).



**Slika 39.** Relativni udio ontogenetskih kategorija jedinki vrste *Synurella ambulans* na istraživanim mikrostaništima poplavne šume Crni jarki tijekom istraživanog razdoblja.

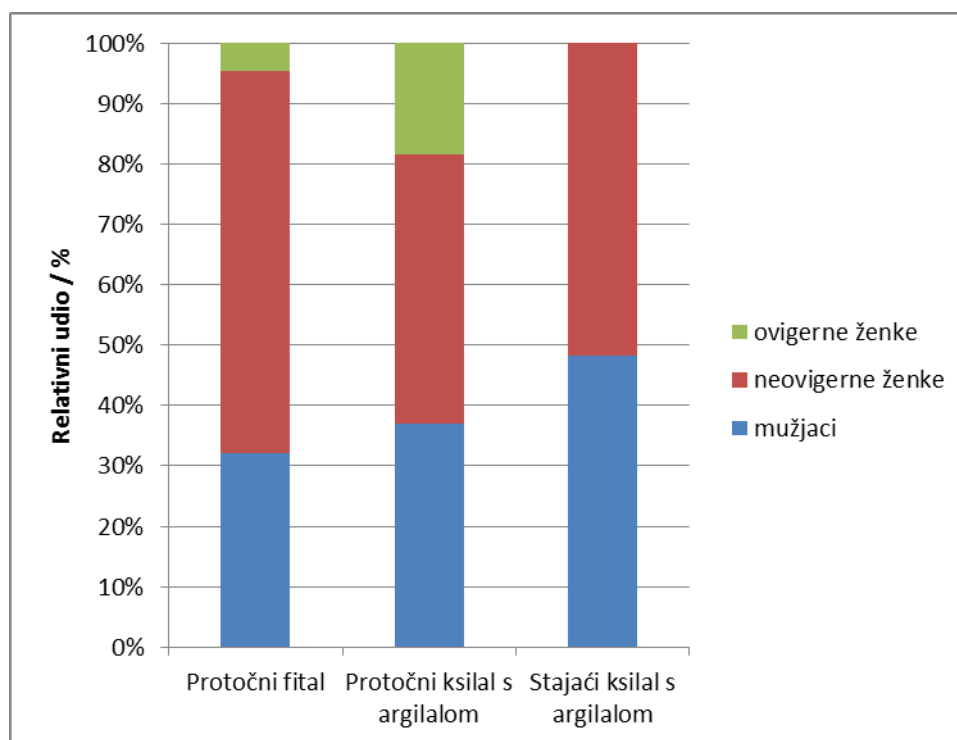
Na temelju analize Bray-Curtisovog indeksa sličnosti ontogenetske i spolne strukture populacije između mikrostaništa utvrđena je najveća sličnost između protočnih staništa (protočnog fitala i protočnog ksilala s argilalom), dok je najmanji stupanj sličnosti između protočnog ksilala s argilalom i stajaćeg ksilala s argilalom (Tablica 3).

Tablica 3. Bray-Curtis indeks sličnosti između mikrostaništa na temelju analize ontogenetske i spolne strukture populacije (gustoće jedinki mužjaka, ovigernih ženki, neovigernih ženki i i juvenilnih jedinki).

	Protočni fital	Protočni ksilal s argilalom	Stajaći ksilal s argilalom
Protočni fital			
Protočni ksilal s argilalom	47,91		
Stajaći ksilal s argilalom	34,59	12,36	

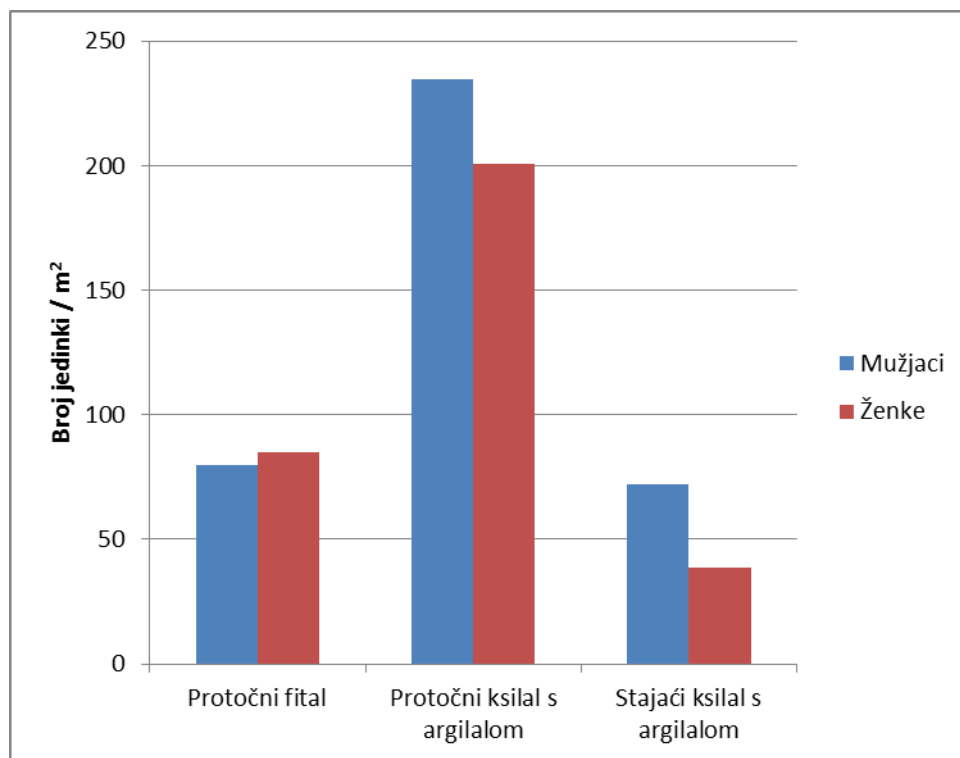
#### 4.5. Spolna struktura populacije

Prosječni relativni udjeli pojedinih kategorija odraslih jedinki vrste *Synurella ambulans* ukazuju na veću zastupljenost ženki u populaciji na svim istraživanim mikrostaništima. Relativni prosječni udio ovigernih ženki najveći je u protočnom ksilalu s argilalom, dok u stajaćem ksilalu s argilalom ovigerne ženke nisu zabilježene (Slika 40).



**Slika 40.** Prosječni relativni udio pojedinih kategorija odraslih jedinki vrste *Synurella ambulans* na istraživanim mikrostaništima poplavne šume Crni jarki.

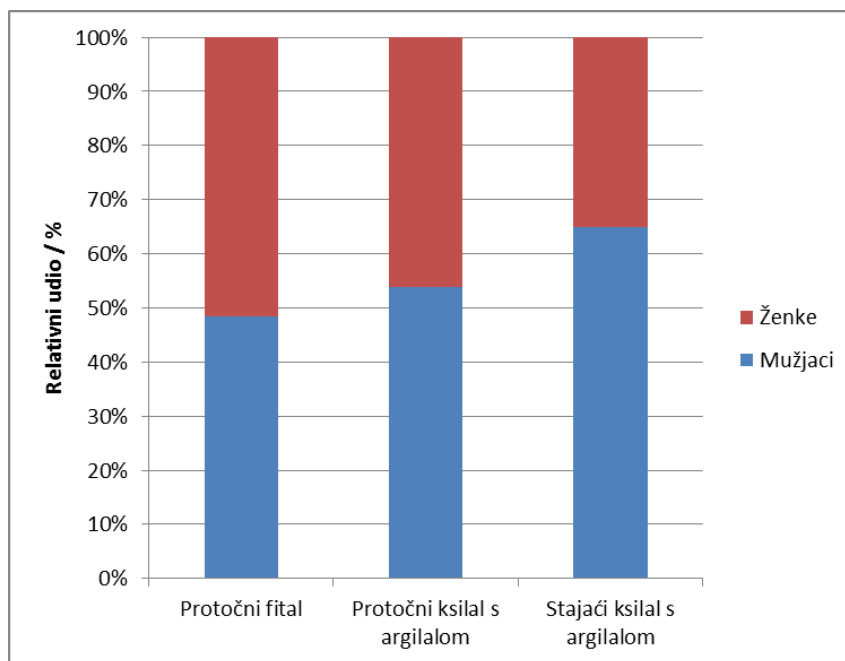
Prosječan broj jedinki pojedinog spola vrste *Synurella ambulans* po m<sup>2</sup> ukazuje na veću brojnost mužjaka na protočnom ksilalu s argilalom i u stajaćem ksilalu s argilalom, dok je u protočnom fitalu veća prosječna brojnost ženki. Najveća je prosječna brojnost mužjaka i ženki u protočnom ksilalu s argilalom (Slika 41).



**Slika 41.** Prosječni broj jedinki po metru kvadratnom pojedinih spolova vrste *Synurella ambulans* na istraživanim mikrostaništima poplavne šume Crni jarki tijekom istraživanog razdoblja.

#### 4.5.1. Odnos spolova

Na temelju analize prosječnog odnosa spolova vrste *Synurella ambulans* na istraživanim mikrostaništima poplavne šume Crni jarki vidljiv je prevladavajući udio mužjaka u populaciji u protočnom ksilalu s argilalom i stajaćem ksilalu s argilalom, dok je u fitalu prosječan relativni odnos spolova gotovo jednak tj. s neznatnim većim udjelom ženki (Slika 42).



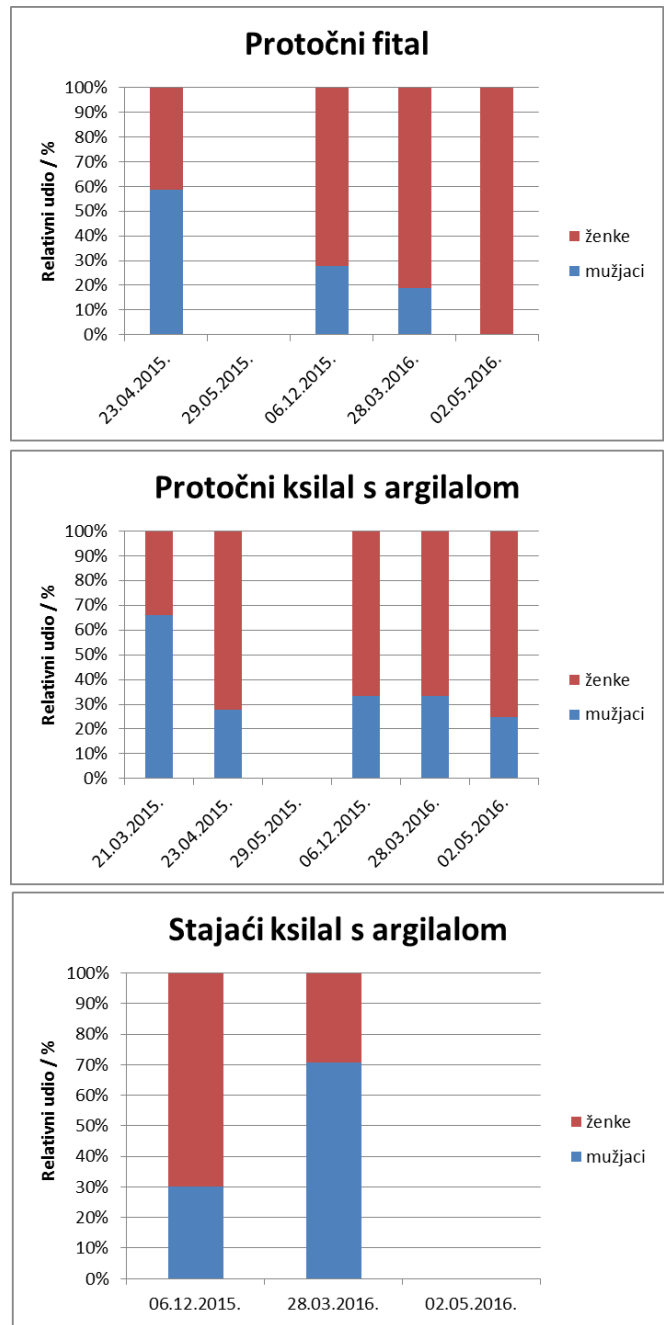
**Slika 42.** Prosječan relativni odnos spolova vrste *Synurella ambulans* na istraživanim mikrostaništima poplavne šume Crni jarki tijekom istraživanog razdoblja 2015. i 2016. god.

U protočnom fitalu prevladavaju mužjaci vrste *Synurella ambulans* samo tijekom travnja 2015. god., dok su ženke dominantne u populaciji tijekom prosinca 2015. god. te ožujka i svibnja 2016. god. Niti mužjaci niti ženke nisu zastupljene u protočnom fitalu tijekom svibnja 2015. god., kada u populaciji u potpunosti prevladavaju juvenilne jedinke.

U protočnom ksilalu s argilalom samo u ranoproljetnim mjesecima 2015. godine prevladavaju mužjaci, dok su ženke dominantne tijekom ostalog razdoblja istraživanja, osim u svibnju 2015. god. kada u populaciji u potpunosti prevladavaju juvenilne jedinke, kao i u protočnom fitalu.

U stajaćem ksilalu s argilalom tijekom zime prevladavaju ženke, u rano proljeće prevladavaju mužjaci, dok u kasno proljeće niti mužjaci niti ženke nisu zastupljene u površinskom dijelu tog mikrostaništa, već u potpunosti prevladavaju juvenilne jedinke (Slika 43).

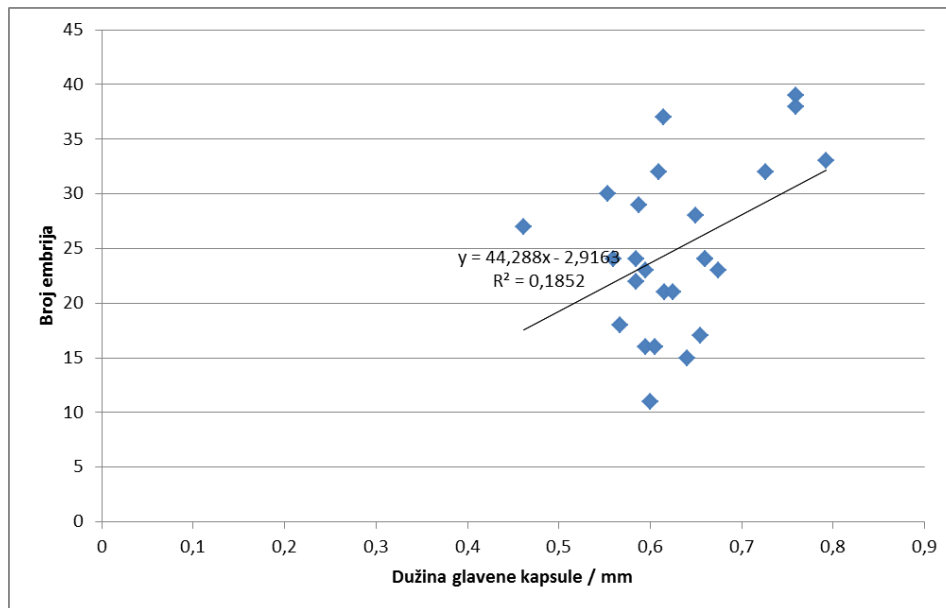




**Slika 43.** Odnos spolova vrste *Synurella ambulans* na istraživanim mikrostaništima poplavne šume Crni jarki tijekom provedenog razdoblja istraživanja.

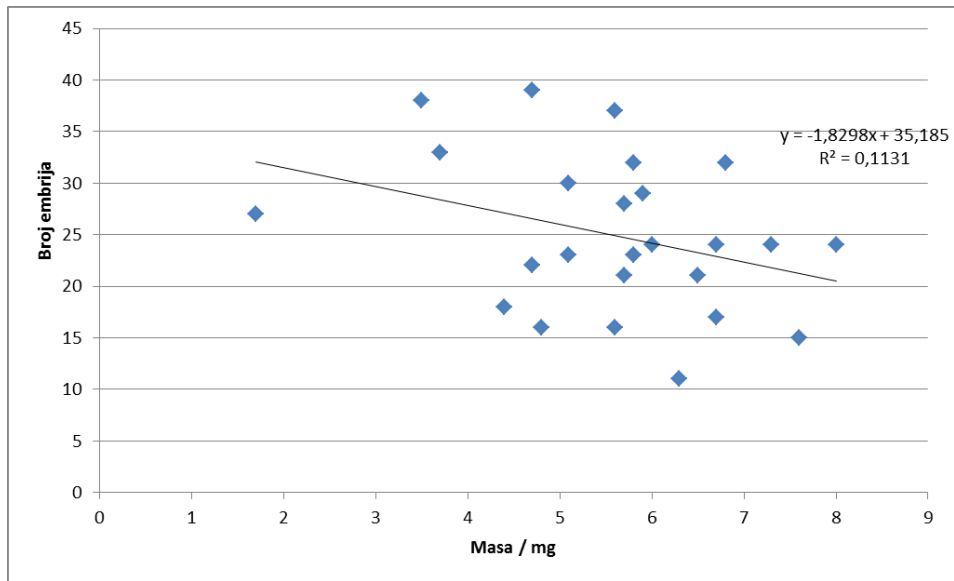
## 4.6. Fekunditet

Odnos veličine glavene kapsule ovigernih ženki i fekunditeta tj. ukupnog broja embrija (jaja različitih razvojnih stadija) ukazuje na pozitivnu linearnu korelaciju, pri čemu koeficijent determinacije  $R^2$  ukazuje na čvrstu povezanost analiziranih parametara (Slika 44). S povećanjem veličine tijela rakušaca povećava se fekunditet.



**Slika 44.** Usporedba veličine glavene kapsule ovigernih ženki vrste *Synurella ambulans* i fekunditeta (broja embrija) s prikazom pravca regresije i koeficijenta determinacije ( $R^2$ ).

Odnos mase ovigernih ženki i ukupnog fekunditeta tj. broja embrija (jaja različitih razvojnih stadija) kojeg nosi svaka pojedina ženka ukazuje na negativnu linearnu korelaciju, pri čemu koeficijent determinacije  $R^2$  ukazuje na čvrstu povezanost analiziranih parametara (Slika 45). S povećanjem mase rakušaca smanjuje se fekunditet.



**Slika 45.** Usporedba mase tijela ovigernih ženki vrste *Synurella ambulans* i fekunditeta (broja embrija) s prikazom pravca regresije i koeficijenta determinacije ( $R^2$ ).

## 5. RASPRAVA

Poplavne šume su ekosustavi značajno ovisni o neposrednoj blizini vodenih tijela. Hidrološke prilike u njima prvenstveno su uvjetovane interakcijom reljefa i vode koja je podrijetlom od podzemne, oborinske i poplavne vode te ima bitan utjecaj na sastav životnih zajednica poplavnih šuma.

Osim što su to područja specifična po velikoj bioraznolikosti, veliku ulogu imaju i u poboljšanju kvalitete vode, smanjenju opasnosti od poplava te sprečavanju erozije. Jedna od takvih šuma je i Posebni rezervat šumske vegetacije Crni jarki kod Đurđevca. Za Crne jarke karakteristična je visoka razina vode temeljnice koja povremeno plavi najniže dijelove rezervata (Pernar, 2012). Crni jarki predstavljaju iznimno vrijedan krajolik u kojem postoji mnogo tipova mikrostaništa uvjetovanih mikroklimom i mikroreljefom, a glavni čimbenik u oblikovanju krajolika predstavlja voda.

Fizikalno – kemijski parametri vode ne utječu značajno na dinamiku populacija ekotonskih vrsta iz porodice Crangonyctidae (Holsinger i Dickson, 1977; Dickson, 1982), dok specifična obilježja mikrostaništa iznimno značajno utječu na rasprostranjenost rakušaca iz navedene porodice koji naseljavaju ekotonska staništa (Dickson, 1982), a osobito pojavljivanje vrsta u povremenim površinskim vodenim staništima poput lokvi (DiSalvo, 2006).

U ovom istraživanju podaci o parametrima vode koristili su se u svrhu utvrđivanja optimalnih mikrostanišnih uvjeta rakušaca u poplavnoj šumi Crni jarci. Terenska istraživanja u svrhu prikupljanja rakušaca u poplavnoj šumi Crni jarki kod Đurđevca te mjerenja fizikalno-kemijskih parametara vode provedena su u razdoblju od ožujka 2015. do svibnja 2016. godine na četiri različita tipa mikrostaništa: protočni ksilal s argilalom, protočni fital, stajaći ksilal s argilalom te u pijezometrima. Temperatura vode najvećim dijelom ovisi o dubini vodenog tijela te prisutnosti Sunčeve svjetlosti. Najveće izmjerene vrijednosti temperature bile su u protočnom fitalu zbog toga što je dosta plići od protočnog ksilala s argilalom i manjeg protoka vode te time intenzivnijeg zagrijavanja. U usporedbi sa stajaćim ksilalom s argilalom, vrijednosti temperature vode je veća zbog toga što se protočni fital nalazi uz rub šume i uz šumski put, pa do njega dolazi više sunčeve svjetlosti nego do stajaćeg ksilala koji se nalazi unutar šume i više je zasjenjen. Budući da stajaći ksilal s argilalom ima vrijednosti temperature vode malo veće od protočnog ksilala s argilalom, dubina je ipak čimbenik koji najvećim dijelom utječe na temperaturu vodene površine. Minimalna vrijednost temperature zabilježena je na pijezometrima zbog toga što je tamo voda ispumpavana s većih dubina.

Koncentracija otopljenog kisika u vodi važna je za disanje mnogih biljaka i životinja. Slobodan kisik u vodi je otopljen iz zraka, a njegova količina ovisi o tlaku, temperaturi i potrošnji kisika. Koncentracija otopljenog kisika u vodi se smanjuje s povećanjem temperature i povećanjem količine organske tvari jer dolazi do biokemijske potrošnje kisika. Najniža vrijednost zabilježena je 23.04.2015. prilikom prvog uzorkovanja pijezometara, zbog

toga što je voda u njima dugo stajala pa vjerojatno nije bila dobro ispumpana. Tog datuma zabilježene su najniže vrijednosti otopljenog kisika na svim postajama. Krivulja vrijednosti koncentracija kisika slična je za protočni ksilal s argilalom i za protočni fital. Jedina razlika je u tome što su u protočnom ksilalu s argilalom vrijednosti veće, a to je zbog toga što je temperatura manja. U fitalu ima više biljaka koje proizvode kisik, međutim veći je i stupanj organske razgradnje.

Što se tiče zasićenosti vode kisikom, u proljeće 2015. zasićenje je najveće u protočnom fitalu zbog pozitivnog utjecaja primarne produkcije, u razdoblju godine kada je zasjenjenost okolnim drvećem niska, a razina osvjetljenosti makrofitske vodene vegetacije visoka. U protočnom ksilalu s argilalom su vrijednosti zasićenosti kisika u vodi u proljetnim mjesecima iznimno niske (35 %) jer je utjecaj podzemnih voda tada intenzivniji, pa usprkos povećanom protoku u istraživanom kanalu zasićenje vode kisikom opada. pH analizirane vode je u prosjeku blago lužnat na svim istraživanim mikrostaništima. Jedino odstupanje zabilježeno je 02.05.2016., kada su zabilježene blago kisele vrijednosti pH vode. Povećanje razine organske razgradnje i ubrzanje procesa mineralizacije s povišenjem temperature zraka može utjecati na zakiseljavanje okolne vode usljed povećanja broja mikroorganizama amonifikatora (Miletić i sur., 2012). Osim toga, spuštanjem razine podzemnih voda dolazi do smanjenja volumena vode na istraživanim mikrostaništima te se poveća koncentracija huminskih kiselina koje nastaju razgradnjom listinca.

Električna provodnost je svojstvo vode da provodi električnu energiju, a ovisi o ionima sadržanim u vodi te je povezana s prirodnim geološkim uvjetima, kao što su topljivost geološke podloge i dužina zadržavanja i kontakta s podlogom. Međutim veliki raspon i visoke vrijednosti električne provodnosti mogu biti posljedica različitih antropogenih utjecaja. Sniženje vrijednosti električne provodnosti vode u aluvijalnim šumama može biti posljedica povišenog utjecaja oborinskih voda (Lams i sur. 2003). Najniže vrijednosti električne provodnosti u poplavnoj šumi Crni jarki izmjerene su tijekom proljetnih mjeseci (28.3.2015. i 29.05.2015. god.), kada su na svim istraživanim mikrostaništima izmjerene u rasponu od 123 do 127  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , što može biti posljedica utjecaja povećane količine oborina u razdoblju neposredno prije provedenih terenskih istraživanja.

Što se tiče alkaliniteta, vrijednosti u svim mikrostaništima su približno jednake u iznosu oko 240  $\text{mg L}^{-1}$   $\text{CaCO}_3$ , bez značajnijih odstupanja, što je povezano s geološkom podlogom na kojoj je smještena poplavna šuma Crni jarki. Osnovna geološka podloga sastoji se od istaloženih riječnih nanosa, pijeska i šljunka kvartarne starosti (Štorga, 2008).

Predstavnici porodice Crangonyctidae imaju brojne morfološke adaptacije na dugotrajno zadržavanje u podzemnoj vodi s niskom koncentracijom kisika, kao što su prsne škrge, produženje 4. pereopoda, djelomična redukcija pleopoda te mogućnost sklupčanja na površini supstrata, u šupljinama supstrata ili se mogu zavući duboko u supstrat, nakon što se podzemna voda spusti (Bousfield, 1958; Holsinger i Dickson, 1977; Dickson, 1982; DiSalvo, 2006). U ovom radu smo pokušali analizom populacije vrste *Synurella ambulans* u poplavnoj šumi Crni jarki utvrditi prostornu i vremensku dinamiku vrste na ciljanim mikrostaništima

poplavne šume u ovisnosti o dinamici podzemnih voda, a time i o dinamici povezanosti cjelokupnog ekosustava s podzemnim vodama.

Najveća zastupljenost rakušaca vrste *Synurella ambulans* u protočnom ksilalu s argilalom rezultata je značajnog povećanja broja juvenilnih jedinki na tom mikrostaništu. Razlog tome može biti zaklon i zasjenjenost straništa prisutnim listincem, većim dijelom godine prisutan je stalni protok vode, osim za vrijeme velikih suša te brži i lakši izlazak jedinki iz argilala u otvorenu protočnu vodu kanala s povišenjem razine podzemnih voda. U protočnom fitalu je veća zastupljenost potencijalnih predatora, osobito među vodenim kornjašima (Coleoptera), dok je u stajaćem ksilalu s argilalom najveća oscilacija razine vode i brzo presušivanje staništa nakon povlačenja podzemnih voda, što to mikrostanište čini nepovoljnijim u odnosu na ostale. Konopacka i Blazewicz-Paszkowycz (2000) tvrde da su za vrstu *S. ambulans* tipična staništa plitka i zamočvarena jezerca s niskom koncentracijom kisika, u kojima je mulj pomiješan sa velikim količinama vegetacije koja trune.

Sve ontogenetske kategorije jedinki prisutne su na svim istraživanim mikrostaništima tijekom istraživanog razdoblja istraživanja, osim izostanka ovigernih ženki u stajaćem ksilalu s argilalom. S obzrom da su juvenilne jedinke prisutne u tom staništu, izostanak ovigernih ženki može se povezati s iznimno velikim oscilacijama razine vode u staništu i najvjerojatnije njihovog zadržavanja u dubljim slojevima tla zasićenim vodom s većim utjecajem podzemnih voda, što je utvrđeno i za neke druge vrste iz porodice Crangonyctidae koje naseljavaju slična povremena poplavna staništa na području Sjeverne Amerike, budući da jedinke mogu podnijeti vrlo ekstremne uvjete staništa s niskom koncentracijom kisika (DiSalvo, 2006).

Odnos spolova sa sezonskog aspekta ukazuje, u prosjeku, na veću zastupljenost mužjaka u proljetnim mjesecima, dok je tijekom zime veća zastupljenost ženki. Odnos spolova (mužjaci:ženke) iznosi u prosjeku 0,5:1, što je vrlo slično rezultatima istraživanja u Poljskoj, gdje je utvrđen prosječni odnos spolova 0,4:1 (Konopacka i Bazewicz-Paszkowycz, 2000) Izostanak odraslih jedinki tijekom svibnja povezan je s povećanjem broja jedinki nove generacije u populaciji te ugibanjem odraslih jedinki, što je utvrđeno za ekološki sličnu vrstu *Crangonyx pseudogracilis* na području Sjeverne Amerike (DiSalvo, 2006). Tijekom istraživanja vrste *Synurella ambulans* u Poljskoj ženke su bile dominantnije u populaciji (Konopacka i Bazewicz-Paszkowycz, 2000).

Ovigerne ženke zabilježene su samo tijekom proljeća, od ožujka do svibnja, što ukazuje na jednogodišnji ciklus, što je utvrdila i Konopacka i Bazewicz-Paszkowycz (2000) za istraživanu vrstu u Poljskoj. Međutim u Poljskoj vrsta *S. ambulans* ima reproduktivni vrhunac od svibnja do srpnja, razmnožavanje traje od travnja do srpnja, a u kolovozu i rujnu se pojavljuje nova generacija, što je kasnije u odnosu na istraživano područje. Vrsta *S. ambulans* ima iteroparni (univoltini) tip životnog ciklusa prema klasifikaciji Sainte-Marie (1991), što je u suglasju s provedenim istraživanjem. Arbačiauskas (2008) je pretpostavio da vrsta *S. ambulans* ima neki tip dijapauze u životnom ciklusu, koja omogućuje vrsti da preživi sezonske promjene protoka vode, dok druga istraživanja ukazuju kako dijapauza nije potrebna, jer mnogi potoci sa suhim razdobljima imaju podzemni tok cijele godine koji djeluju kao utočište (BOETS i sur., 2010).



Odnos veličine glavene kapsule ovigernih ženki i fekunditeta pokazuje pozitivan linearni odnos, dok odnos mase ovigernih ženki i fekunditeta pokazuje negativan linearni odnos. Međutim Konopacka i Bazewicz-Paszkowycz (2000) su utvrdili da nema značajne korelacije između veličine tijela ženki i broja jaja tj. da se s povećanjem dimenzija tijela ženki ne povećava fekunditet. Fekunditet je na istraživanom području bio u rasponu od 11 do 38, dok Konopacka i Bazewicz-Paszkowycz (2000) navode raspon veličine legla od 7 do 37, što je vrlo slično rezultatima dobivenim u okviru ovo rada. Rezultati ukazuju da je ova vrsta djelomično prilagođena na život u podzemnim vodama s obzrom na strategiju razmnožavanja tj. ima tzv. K strategiju razvoja u pogledu veličine legla (mali broj jaja) i relativno dugih intervala razmnožavanja, međutim s obzirom na relativno veliku gustoću jedinki pojedinci površine i iznimno velike oscilacije u gustoći populacije ukazuje na r strategiju.

Viša temperatura ubrzava razvoj i reprodukciju u rakušaca, ubrzava embriogenezu i starenje, utječe na veličinu spolno zrelih jedinki i vremenske intervale presvlačenja, koji postaju kraći (Glazier, 2009). Tijekom proljetnih mjeseci kada se razina podzemnih voda podigne i veći broj jedinki dospije u nadzemni okoliš, u kojem je obilje hrane, te temperatura vode koja je neznatno viša od prosječne godišnje temperature zraka i ujedno podzemne vode, nastupa razdoblje razmnožavanja. Povišenje temperature vode 1-5 °C u proljetnim mjesecima u poplavnoj šumi Crni jarki zasigurno je ključni okidač početka razmnožavanja i pojave ovigernih ženki. No iako se radi o polupodzemnoj vrsti, ključan čimbenik koji utječe na dinamiku presvlačenja, a time i razmnožavanja je dužina dana, što bi trebalo istražiti u eksperimentalnim uvjetima za vrstu *Synurella ambulans*.

Na temelju provedenih istraživanja nije utvrđena razlika u prosječnoj veličini glavene kapsule ovigernih ženki tijekom ranog proljeća i kasnog proljeća, međutim u kasno proljeće povećava se masa jedinki, ali se smanjuje fekunditet. U dosadašnjim istraživanjima spomenutog odnosa varijabli kod slatkovodnih rakušaca utvrđena je pozitivna linearna korelacija između mase tijela ženki i fekunditeta, međutim s obzirom na iznimno veliki utrošak energije tijekom reprodukcije i osobito odlaganja jaja u marsupij, pretpostavlja se da može doći do smanjenja mase tijela (Sutcliffe, 1993).

## 6. ZAKLJUČAK

- Fizikalno-kemijski parametri vode na istraživanim mikrostaništima ovisni su i pod utjecajem su dotoka podzemnih voda, dubini vode te zasjenjenosti mikrostaništa. Količina kisika u vodi pod utjecajem je primarnih producenata i razgradnje alohtone organske tvari, a posebno listinca crne johe. Vrlo rijetko sniženje vrijednosti pH vode i pomak prema kiselom uvjetovan je ubrzanjem procesa mineralizacije s povećanjem temperature zraka te povećanom razgradnjom alohtone organske tvari i povećanom koncentracijom huminskih kiselina. Povremene niske vrijednosti električne provodnosti u proljetnim mjesecima rezultat su utjecaja povećane količine oborina.
- Stigofilna vrste *Synurela ambulans* je eudominantna i eukonstantna vrsta, dok je stigofilna vrsta *Niphargus valachicus* subrecedentna i akcesorna vrsta u poplavnoj šumi Crni jarki.
- Optimalno mikrostanište polupodzemnog rakušca vrste *S. ambulans* u poplavnoj šumi Crni jarki je protočni ksilal s argilalom, gdje je utvrđena najveća ukupna brojnost jedinki te najveća zastupljenost i brojnost juvenilnih jedinki. Vrste *N. valachicus* zabilježena je iznimno rijetko jedino u protočnom ksilalu s argilalom.
- Izostanak odraslih jedinki tijekom kasnog proljeća povezano je s pojavom nove generacije jedinki vrste *S. ambulans* te ugibanjem odraslih jedinki u populaciji.
- Odnos spolova vrste *S. ambulans* sa sezonskog aspekta ukazuje, u prosjeku, na veću zastupljenost mužjaka u proljetnim mjesecima zbog povećanja intenziteta razmnožavanja, dok je tijekom zime veća zastupljenost ženki zbog veće osjetljivosti mužjaka na niže temperature te povlačenja u dublje podzemne vode sa stabilnijim uvjetima.
- U vrste *S. ambulans* povećanjem veličine tijela fekunditet raste, jer se povećava veličina ležnog prostora, dok se masa tijela smanjuje zbog iznimno velikog utroška energije tijekom reprodukcije.
- Fekunditet vrste *S. ambulans* ukazuje na K strategiju razvoja s rasponom legla od 11 do 38..
- Melioracijski kanali, koji odgovaraju mikrostaništima protočnom ksilalu s argilalom te protočnom fitalu, za potrebe poljoprivrede i lakšeg upravljanja pojedinim dijelovima šumskog kompleksa Crni jarki negativno utječu na potencijalna prirodna mikrostaništa istraživanih rakušaca u šumi crne johe, snižavajući razinu vode u staništima s povećanom količinom organske tvari, ključnom za razvoj nove generacije rakušaca.

## 7. LITERATURA

- Arbačiauskas, K., 2008. *Synurella ambulans* (F. Müller, 1846), a new native amphipod species of Lithuanian waters. *Acta Zoologica Lituanica*, 18 (1), 66-68.
- Babić, J., 2013. Dinamika populacija vrste *Synurella ambulans* (Müller, 1846) (Crustacea, Amphipoda) u povremenom izvoru Krčić. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, PMF, Zagreb, 1-64.
- Boets, P., Lock, K., Goethals, P., 2010. First record of *Synurella ambulans* (Müller, 1846) (Amphipoda: Crangonictidae) in Belgium. *Belgian journal of zoology*, 140 (2), 244-245.
- Bousfield, E. L., 1958. Fresh-water amphipod crustaceans of glaciated North America. *The Canadian Field Naturalist* 72, 55-113.
- Copilas – Ciocianu, D., Grabowski, M., Parvulescu, L., Petrussek, A., 2014. Zoogeography of epigeal freshwater Amphipoda (Crustacea) in Romania: fragmented distributions and wide altitudinal variability. *Zootaxa*, 3893 (2), 243-260.
- Dickson, G.W., 1977. Behavioral adaptation of the troglobitic amphipod crustacean *Crangonyx antennatus* to stream habitats. *Hydrobiologia* 56, 17-20.
- Dickson, G.W., 1982. Variation among populations of the troglobitic amphipod crustacean *Crangonyx antennatus* Packard (Crangonyctidae) living in different habitats II. Population distribution. *International Journal of Speleology* 12, 45-54.
- DiSalvo, B.C., 2006. Colonization and Persistence of the Freshwater Amphipod, *Crangonyx pseudogracilis*, in Temporary Ponds: Aspects of its Ecology, Resistance to Desiccation, and Dispersal Abilities. The College at Brockport: State University of New York, Environmental Science and Biology Theses, Brockport, 1-77.
- Fišer, C., Keber, R., Kereži, V., Moškrič, A., Palandačić, A., Petkovska, V., Potočnik, H., Sket, B., 2007. Coexistence of species of two amphipod genera: *Niphargus timavi* (Niphargidae) and *Gammarus fossarum* (Gammaridae). *Journal of Natural History*, 41, 2641-2651.
- Glazier, D.S., 2009. Amphipoda. *Encyclopedia of Inland Waters* 2, 89-115.
- Gottstein, S., Mihaljević, Z., Perović, G., Kerovec, M., 2000. The distribution of amphipods (Crustacea) in different habitats along the Mura and Drava river systems in Croatia. *Limnological reports, IAD, Osijek*, 33, 231-236.
- Gregory, S., V., Swanson, F., J., McKee, W., A., Cummins, K., W., 1991. An Ecosystem perspective of riparian zones. *Bioscience*, 41 (8), 540-551.

- Holsinger, J. R., 1972. Biota of Freshwater Ecosystems, Identification Manual 5. The freshwater amphipod crustaceans (Gammaridae) of North America. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, 1-89.
- Holsinger, J. R., Dickson, G. W., 1977. Burrowing as a means of survival in the troglobitic amphipod crustacean *Crangonyx antennatus* Packard (Crangonyctidae). *Hydrobiologia* 54, 195-199.
- Jordan, T. E., Correll, D., L., Weller, D., E., 1993. Nutrient interception by riparian forest receiving inputs from adjacent cropland. *Journal of Environmental Quality*, 22 (3), 467-473.
- Karaman, G., 1974. Contribution to the knowledge of the Amphipoda. Genus *Synurella* Wrzes. in Yugoslavia with remarks on its all world known species, their synonymy, bibliography and distribution (fam. Gammaridae). *Poljoprivreda i šumarstvo, Titograd*, 20, 83-133.
- Konopacka, A., Bazewicz-Paszkwycz M., 2000. Life history of *Synurella ambulans* (F. Müller, 1846) (Amphipoda, Crangonyctidae) from central Poland. *Polskie archiwum hydrobiologii*, 47, 597-605.
- Kozłowski, T. T., 2002. Physiological – ecological impacts of flooding on riparian forest ecosystems. *Wetlands*, 22 (3), 550-561.
- Kranjčev, R., 1993. Moja mala kap. Ekološka problematika đurđevačke Podravine. Zelena akcija, Zagreb, 57-58.
- Kranjčev, R., 1995. Priroda Podravine. Mali princ, Koprivnica
- Lamb, L., Loubiat, M., Richardson, W., 2003. The use of stable isotopes to evaluate water mixing and water use by flood plain trees along the Garonne valley. *Isot Environ Health Stud.* 39, 301-310.
- Lantos, G., 1986. Data to the Amphipoda and Isopoda fauna of Töserdő and its environs in the Tisza valley. *Tiscia, Szeged*, 21, 81-87.
- Lovno gospodarska osnova za lovište „Peski“ br. VI/6 za gospodarsko razdoblje 01.04.2006. do 31.03.2016., Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, Uprava šuma podružnica Koprivnica, Koprivnica, 2006.
- Malard, F., Hervant, F., 1999. Oxygen supply and the adaptations of animals in groundwater. *Freshwater Biology*, 41, 1-30.
- Mazija, M., 2006. Ekološka obilježja vodenih staništa u šumi Žutici. *Naftaplin*, 20, 25-57.
- Miletić, Z., Knežević, M., Stajić, S., Košanin, O., Đorđević, I., 2012. Effect of European Black Alder Monocultures on The Characteristics of Reclaimed Mine Soil. *Int. J. Environ. Res.* 6 (3), 703-710.

- Orghidan, T., 2010. A new habitat of subsurface waters: the hyporheic biotope. *Fundamental and applied limnology, Archiv für Hydrobiologie*, 176 (4), 291-302.
- Ostrihon, Ž., 2012. Varijabilnost broja omatidija vrste *Synurella ambulans* (Müller, 1846) (Crustacea, Amphipoda) na različitim staništima Hrvatske. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, PMF, Zagreb, 1-60.
- Pernar, N., Klimo, E., Bakšić, D., Perković, I., Rybniček, M., Vavrčik H., Gryc, V., 2012. Akumulacija ugljika i dušika u sastojini crne joha u Podravini. *Šumarski list*, 9 (10), 431- 444.
- Sainte-Marie, B., 1991. A review of the reproductive bionomics of aquatic gammaridean amphipods: variation of life history traits with latitude, depth, salinity and superfamily. *Hydrobiologia* 223, 189–227.
- Sidorov, D., Kovtun, O., 2015. *Synurella odessana* sp. n. (Crustacea, Amphipoda, Crangonyctidae), First report of a subterranean amphipod from the catacombs of Odessa and its zoogeographic importance. *Subterranean Biology*, 15, 11-27.
- Sidorov, D., Palatov, D., 2012. Taxonomy of the spring dwelling amphipod *Synurella ambulans* (Crustacea:Crangonyctidae) in West Russia: with notes on its distribution and ecology. *European Journal of Taxonomy*, 23, 1-19.
- Sket, B., 1981. Razširjenost, ekološki značaj in filogenetski pomen panonske slepe postranice *Niphargus valachicus* (Amphipoda, Gammaridae) (Distribution, ecological character, and phylogenetic importance of *Niphargus valachicus*). *Bioliološki Vestnik*, 29 (1), 87-103.
- Sutcliffe, D. W., 1993. Reproduction in *Gammarus* (Crustacea, Amphipoda): female strategies. *Freshwater Forum* 3, 26-64.
- Šafarek, G., 2012. Recentne hidromorfološke promjene na širem području ušća Mure u Dravu, *Ekonomika i ekohistorija*, 8 (8), 5-13.
- Šegota, T., Filipčić, A., 1996. *Klimatologija za geografe. Školska knjiga, Zagreb*
- Škalec, S., 2012. Životni ciklus vrsta *Niphargus likanus* Karaman, 1952 (Amphipoda, Niphargidae) i *Synurella ambulans* (Müller, 1846) (Amphipoda, Crangonyctidae) na izvorima uz Gojačku Dobru. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Diplomski rad, 1-68.
- Štorga, D., Posebni rezervat šumske vegetacije „Crni jarki“: Program zaštite šumskih ekoloških sustava (01.01.2007. – 31.12.2016.), Odjel za uređivanje šuma UŠP Koprivnica, 2008.
- Tajić, Z., 2006. Monitoring razina podzemne vode. Institut za elektroprivredu i energetiku d.d., Zagreb.

## Popis citiranih Internet stranica:

### URL 1:

[http://www.waldwissen.net/wald/naturschutz/gewaesser/fva\\_wasserhandb uch\\_wrrl\\_ziele\\_umsetzung\\_onf/index\\_EN](http://www.waldwissen.net/wald/naturschutz/gewaesser/fva_wasserhandb uch_wrrl_ziele_umsetzung_onf/index_EN), pristupljeno 24.03.2016.

### URL 2:

<http://www.savjetodavna.hr/vijesti/46/4642/okvirna-direktiva-o-vodama-odv-odrzivo-upravljanje-vodama-na-podrucju-republike-hrvatske/>, pristupljeno 17.07.2013.

### URL 3:

<http://www.zastita-prirode-kckzz.hr/zasticena-podrucja/posebni-rezervati/crni-jarki> pristupljeno 21.06.2016.

### URL 4:

[https://www.google.hr/search?q=crni+jarki&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjXxcDXt9\\_OAhVBChoKHTWxBwcQ\\_AUICCgB&biw=1538&bih=823#imgrc=mHBXwBHbAFrfMM%3A](https://www.google.hr/search?q=crni+jarki&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjXxcDXt9_OAhVBChoKHTWxBwcQ_AUICCgB&biw=1538&bih=823#imgrc=mHBXwBHbAFrfMM%3A) pristupljeno 22.08.2016.


### URL 5:

[https://www.google.hr/search?q=crni+jarki&tbm=isch&imgil=-cKdVPxTApubXM%253A%253BqjSYoKjFpcE-kM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fwww.najboljeuhrvatskoj.info%25252Fideje%25252Fcrni-jarki-1533.html&source=iu&pf=m&fir=-cKdVPxTApubXM%253A%252CqjSYoKjFpcE-kM%252C\\_&usg=\\_\\_yD-YkS9aRyemfGL8UV8Psp\\_dy5s%3D&biw=1538&bih=823&ved=0ahUKEwiqw-Gwu9\\_OAhVCWSwKHZc8CWYQyjcINQ&ei=QWnAV-qeMcKysQGX-aSwBg#imgrc=-cKdVPxTApubXM%3A](https://www.google.hr/search?q=crni+jarki&tbm=isch&imgil=-cKdVPxTApubXM%253A%253BqjSYoKjFpcE-kM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fwww.najboljeuhrvatskoj.info%25252Fideje%25252Fcrni-jarki-1533.html&source=iu&pf=m&fir=-cKdVPxTApubXM%253A%252CqjSYoKjFpcE-kM%252C_&usg=__yD-YkS9aRyemfGL8UV8Psp_dy5s%3D&biw=1538&bih=823&ved=0ahUKEwiqw-Gwu9_OAhVCWSwKHZc8CWYQyjcINQ&ei=QWnAV-qeMcKysQGX-aSwBg#imgrc=-cKdVPxTApubXM%3A) pristupljeno 22.08.2016.

## 8. ŽIVOTOPIS

### OSOBNJE INFORMACIJE **Marina Balala**

 Bana Jelačića 46, 48350 Đurđevac

 095 849 1959

 [marina.balala8@gmail.com](mailto:marina.balala8@gmail.com)

Spol **Ž** | Datum rođenja **24/03/1992** | Državljanstvo **Hrvatsko**

### OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

---

2010 – 2014: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno – matematički fakultet,  
Biološki odsjek, Znanosti o okolišu

Zanimanje: bacc. univ. oecol.

2006 – 2010: Gimnazija Dr. Ivana Kranjčeva Đurđevac

Materinski jezik **Hrvatski**

Ostali jezici **Engleski (aktivno)**  
**Njemački (pasivno)**

Specijalne vještine i  
kompetencije

- odlične komunikacijske vještine stečene tijekom sudjelovanja na raznim projektima i radionicama
- sklonost radu u timu

Računalne vještine

- vladanje alatima Microsoft Office™
- napredan rad na računalu
- napredno poznavanje mrežnih tehnologija



Vozačka dozvola

- B kategorije

Dodatne informacije

- Sudjelovanje u projektu „Noć biologije“ organiziranom od strane Prirodoslovno – matematičkog fakulteta
- Članica Kulturno – umjetničkog društva Petar Preradović, Đurđevac 2006. - 2014.
- Članica Vokalnog ansambla Đurđevčice 2007.-2015.
- Aktivno sudjelovanje na snimanju CD-a „Pozvale so dekle dečke“,2009.
- Članica Zagrebačkog folklornog ansambla Dr. Ivan Ivančan 2010.-2011.
- Članica kulturne udruge Tomislav Franjić, Kalinovac