

# Struktura populacija i dinamika razmnožavanja vrste *Niphargus dalmatinus* (Crustacea, Amphipoda) duž toka rijeke Cetine

---

Jandrić, Nina

Master's thesis / Diplomski rad

2009

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:217:403846>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-11**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Nina Jandri

STRUKTURA POPULACIJA I DINAMIKA RAZMNOŽAVANJA  
VRSTE *Niphargus dalmatinus* (Crustacea, Amphipoda) DUŽ TOKA  
RIJEKE CETINE

Diplomski rad

Zagreb, 2009.

Ovaj diplomski rad je izrađen u Zoologijskom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu pod vodstvom doc. dr. sc. Sanje Gottstein u okviru projekta «Ispitivanje bioindikatorskih i ekoloških obilježja te rasprostranjenosti i gustoće faune tulara duž toka rijeke Cetine» kojeg su financirale Hrvatske vode. Diplomski rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja diplomirani inženjer biologije - ekologije.

## ZAHVALA

Veliku zahvalnost dugujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Sanje Gottstein koja mi je pružila mogućnost da sudjelujem u ovom projektu i koja mi je uvelike pomogla svojim savjetima i sugestijama da napravim što bolji diplomski rad. Svoje veliko iskustvo nesebično je dijelila tijekom raznih diskusija vezanih za izradu radnje. Također veliko joj hvala na strpljenju i ohrabrivanju tijekom svih ovih mjeseci rada.

Veliko hvala dugujem i mr. sc. Krešimiru Žganecu koji mi je uvijek pomagao prilikom laboratorijske obrade u trenutku raznih nedoumica, te prilikom odabira adekvatnog naslova za ovaj diplomski rad.

Iskreno se zahvaljujem dr. sc. Aleksandru Popija u i svim ostalim kolegama koji su sudjelovali u prikupljanju uzoraka na terenu.

Na poslijetku veliko hvala mojim roditeljima na podršci i ljubavi koju sam imala tijekom cijelog života pa tako i ovog školovanja i izrade ove radnje. Bez njih bilo bi puno teže sve ovo "izgurati". Zbog toga ova radnja posvećena je njima. Hvala.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveu ilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matemati ki fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

### STRUKTURA POPULACIJA I DINAMIKA RAZMNOŽAVANJA VRSTE *Niphargus dalmatinus* (Crustacea, Amphipoda) DUŽ TOKA RIJEKE CETINE

Nina Jandri

Biološki odsjek Prirodoslovno-matemati kog fakulteta  
Sveu ilišta u Zagrebu  
Roosevelto trg 6, Zagreb

Zakovitosti razmnožavanja vrste *Niphargus dalmatinus* je istraživana na 8 postaja gornjeg, srednjeg i donjeg toka rijeke Cetine te na jednoj od pritoka, rijeci Rudi, u razdoblju od kolovoza 2004. do kolovoza 2005. godine. Iako pripada podzemnom rodu rakušaca, vrsta uglavnom nastanjuje nadzemne vodotoke Srednje Dalmacije. Budu i je do sada nepoznata ekologija vrsta istraživanog roda u nadzemnim staništima, cilj ovog rada je prvenstveno bio ustanoviti ekologiju i reproduktivnu biologiju vrste *Niphargus dalmatinus*, dok je posebni naglasak bio na utjecaju abioti kih imbenika okoliša na pojavljivanje ovigernih ženki. Dobiveni rezultati ukazuju na jasnu povezanost longitudinalne rasprostranjenosti, promjene gusto e populacija i pojavljivanja ovigernih ženki s vrijednostima temperature vode. Gusto a populacija je najve a u podru ju eukrenala rijeke Cetine, pri vrijednostima temperature vode manjim od 10°C. Ovigerne ženke su zabilježene samo na postajama gornjeg i donjeg toka rijeke tijekom itave godine, ali s ve om brojnoš u tijekom jeseni (u studenom) i proljetnih mjeseci (ožujka, travnja i svibnja). Rezultati provedenog istraživanja upu uju na zaklju ak da je vrsta bivoltna tj. da spolno aktivne ženke produciraju dva legla godišnje. Jedinke s obilježjima interseksa i jedinke u amplexusu kod istraživane vrste nisu zabilježene tijekom ovog istraživanja.

(stranica 48, slika 28, tablica 4, literaturna navoda 13, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: Niphargidae, gusto a populacija, odnos spolova, ovigerne ženke, ciklus razmnožavanja, izvori.

Voditelj: Doc. dr. sc. Sanja Gottstein

Pomo ni voditelj: Mr. sc. Krešimir Žganec, asistent

Ocjenitelji:

Rad prihva en:

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Biology

Graduation Thesis

### POPULATION DENSITY AND REPRODUCTION OF *Niphargus dalmatinus* (Crustacea, Amphipoda) ALONG THE RIVER CETINA

Nina Jandri

Department of Biology, Faculty of Science

University of Zagreb

Rooseveltova trg 6, Zagreb

The reproductive traits of *Niphargus dalmatinus* were examined from August 2007 to August 2008 at eight study sites located in the upper, middle and lower reaches of the Cetina River and its tributary the Ruda River. Although the species belongs to the subterranean genus, it inhabits epigeal streams in the Middle Dalmatia. Whereas the ecology of the species in the epigeal habitats remains unknown, the primary goal was to establish the ecology and reproductive biology of the species. Influence of abiotic factors on appearance of ovigerous females was the main focus of the research. The obtained results pointed out a strong relationship between longitudinal variation in population density, appearance of ovigerous females and water temperature. The highest population density of the species was recorded in the eucrenal zone of the Cetina River, with the water temperature below 10°C. The ovigerous females were recorded year-round in the upper and lower reaches only, with high density during the autumn (October) and spring (March, April, May). The populations studied in this work appear to be bivoltine, but the data are not sufficiently consistent to confirm the hypothesis. Amplexus and intersex individuals of *N. dalmatinus* were not observed in our study.

( 48 pages, 28 figures, 4 tables, 13 references, original in Croatian)

Thesis deposited in Central biological library

Key words: Niphargidae, population density, sex ratio, ovigerous females, reproductive cycle, springs.

Supervisor: Sanja Gottstein, PhD in Sciences, Assistant Professor

Assistant Supervisor: Krešimir Žganec, MSc, Research Assistant

Reviewers:

Thesis accepted:

# 1. UVOD

## SADRŽAJ

1. UVOD	4
1.1. Pregled općih značajki reda Amphipoda i roda <i>Niphargus</i>	4
1.2. Sistematika istraživane vrste	7
1.3. Povijesni pregled istraživanja vrste <i>Niphargus dalmatinus</i>	7
1.3.1 Opća obilježja vanjske morfologije vrste <i>Niphargus dalmatinus</i>	9
1.4. Životni ciklus rakušaca roda <i>Niphargus</i>	11
1.5. Područje istraživanja	12
1.6. Ciljevi istraživanja	25
2. MATERIJALI I METODE RADA	21
2.1. Terenska istraživanja	21
2.1.1. Određivanje fizikalno-kemijskih parametara vode	22
2.2. Laboratorijska istraživanja	23
2.3. Primijenjeni programski paketi i aplikacije	24
3. REZULTATI	25
3.1. Abiotički čimbenici okoliša	25
3.2. Longitudinalna rasprostranjenost vrste <i>Niphargus dalmatinus</i> u rijeci Cetini	31
3.3. Gustoća populacija vrste <i>Niphargus dalmatinus</i> duž toka rijeke Cetine	33
3.4. Dinamika i ciklus razmnožavanja vrste <i>Niphargus dalmatinus</i>	35
3.4.1. Odnos spolova	35
3.4.2. Odnos fizikalno-kemijskih parametara vode i pojavljivanje ovigernih ženki	40
4. RASPRAVA	41
5. ZAKLJUČAK	44
6. LITERATURA	45
7. PRILOZI	47

## 1. UVOD



## 1. UVOD

# 1. UVOD

## 1.UVOD

### 1.1. Pregled op ih zna ajki reda Amphipoda i roda Niphargus

Red Amphipoda obuhvaća skupinu makroskopskih rakova, koju ubrajamo u razred Malacostraca. Zajedno s redovima Isopoda, Cumacea, Mysida i Tanaidacea ini nadred Peracarida, čiji je životni ciklus okarakteriziran direktnim razvojem i bez neovisnih li ina kih stadija (Väinölä i sur. 2008). Ve ina rakušaca (Amphipoda) su morski organizmi, iako postoji i zna ajan broj slatkovodnih vrsta. Slatkovodnih svojti najviše ima u hladnim tekucama i podzemnim staništima (Väinölä i sur. 2008). U najraznovrsniju skupinu podzemnih životinja uopće ubrajamo rakušce (Sket 1999), gdje podzemne svojte ine otprilike udio od oko 45% slatkovodnih vrsta rakušaca (Väinölä i sur. 2008). Od svih opisanih slatkovodnih svojti 70% ih je palearkti ih, 13% nearktiki ih, 7% neotropskih, 6% australazijskih i 3% afrotropskih. Raznolikost podzemnih rakušaca je najveća na krškom području srednje i južne Europe (Niphargidae), Južne Amerike (Crangonyctidae) i Australije (Paramelitidae) (Väinölä i sur. 2008). Sket i suradnici (2004) su ustanovili da svaka istraživana regija na području Balkana, koja broji 20 ili više obligatnih podzemnih vrsta (pri tome se broje i vodeni i kopnjeni organizmi), njih barem 40% do 60% su endemi ni za tu regiju (Trontelj i sur. 2007).

Tijelo rakušaca je segmentirano, bo no spljošteno i više-manje u obliku zareza (Väinölä i sur. 2008). Generalno gledaju i rakušci imaju par složenih oiju, ali ve ina podzemnih vrsta i vrste koje naseljavaju ve e dubine imaju degeneraciju osjetila za vid (Väinölä i sur. 2008). Duljina tijela odraslih jedinki je 2-40 mm, naj eš e izme u 5 i 15 mm (Väinölä i sur. 2008). Na in ishrane im je raznovrstan: mogu biti herbivori, detritivori, karnivori i omnivori (Väinölä i sur. 2008). Ve ina podzemnih vrsta su omnivori, a oni koji su predatori ipak su indirektno ovisni o organskoj materiji s površine vode i okolnog prostora (Väinölä i sur. 2008). Mogu biti izuzetno važni u prehrani riba i esto služe kao posredni domaćin njihovim parazitima (Väinölä i sur. 2008). Igraju važnu ulogu u hranidbenom lancu kao karike koje prenose nutrijente i energiju na više trofi ke razine (Väinölä i sur. 2008).

Rodovi *Niphargus*, *Niphargopsis*, *Microniphargus*, *Niphargellus*, *Haploglymus*, *Pontoniphargus*, *Carinruella* i *Niphargobates*, predstavljaju skupinu rakušaca sa homogenim morfološkim (izuzev *Microniphargus*), ekološkim i zoogeografskim karakteristikama (Karaman i Ruffo 1986). Donedavno ova skupina rodova ubrajala se u porodicu Gammaridae (Karaman i Ruffo 1986). Ve 1962. god., G. Karaman je prepoznao porodicu Niphargidae

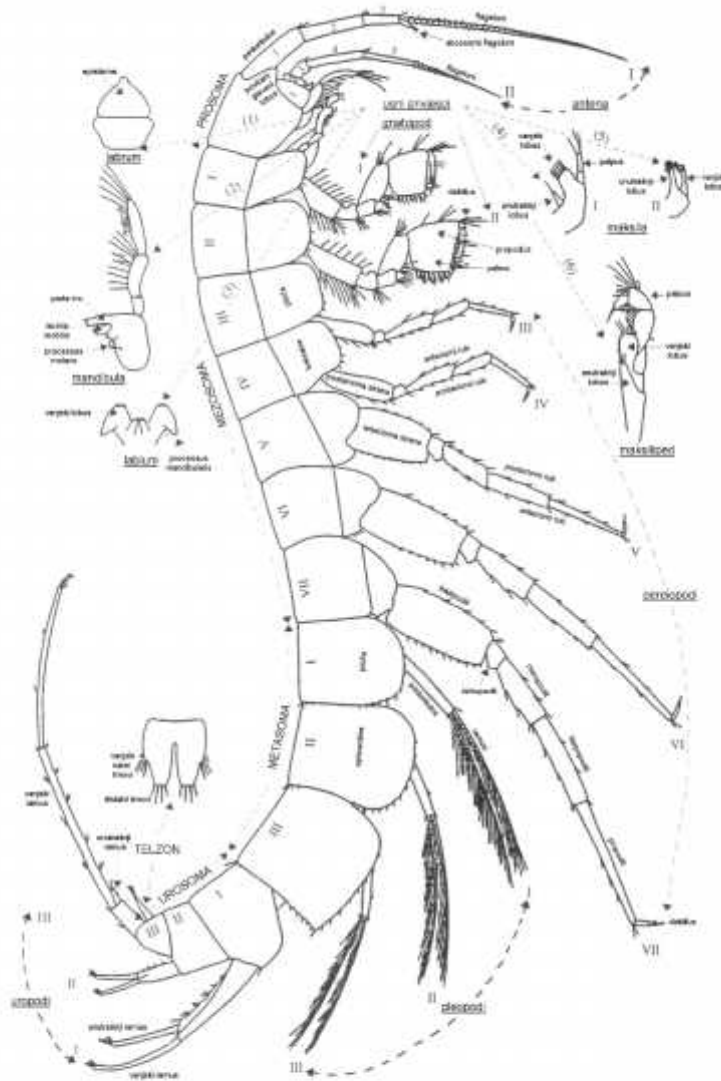
## 1. UVOD

kao zasebnu, ali postoje i noviji pokušaji uzdizanja ove skupine rodova na razinu porodice unutar nadporodice Crangonyctoidae (Karaman i Ruffo 1986). Porodica Niphargidae je vrlo srodna porodici Neoniphargidae i skoro u potpunosti vezana za podzemne vode (izuzev nekoliko vrsta roda *Niphargus*): rasprostranjeni su duž središnje Europe (Karaman i Ruffo 1986).

Rod *Niphargus* najveći je rod među europskim slatkovodnim rakušcima, kojeg čini preko 300 različitih vrsta i podvrsta, rasprostranjenih od Iberskog poluotoka do Irana (Fišer i sur. 2002, 2006a). Smatra se i najraznolikijim palearktičkim rodom podzemnih rakušaca, u koji ubrajamo i nekoliko nadzemnih vrsta i podvrsta (Fišer i sur. 2002). Većina vrsta naseljava podzemne vode, te ima vrlo važan udio u raznolikosti europske podzemne faune (Fišer i sur. 2006). Stupanj endemizma je jako velik, što se može ustanoviti iz činjenice da je gotovo 30% vrsta poznato samo s tipskog lokaliteta (Fišer i sur. 2006). Rod *Niphargus* pokazuje izuzetno raznoliku morfologiju s nekoliko jasno prepoznatljivih morfoloških tipova. Predloženo je nekoliko klasifikacija koje uključuju morfološke tipove, podrodove ili skupine vrsta, ali niti jedna nije bila prihvaćena nakon filogenetskih analiza (Fišer i sur. 2006). Morfološke razlike pojedinih svojiti roda *Niphargus* su jako male, dok varijabilnost taksonomskih obilježja može biti jako velika kod različitih primjeraka pojedine vrste na različitim lokalitetima (Karaman i Ruffo 1986).

Predstavnici roda *Niphargus* su najvećim dijelom vezani za podzemne vode, 52% svojiti je poznato samo iz podzemnih biotopa (26% iz spilja, 12% iz izvora, 6% iz hiporeičkih voda, 8% sa više od jednog od ovih staništa). Oko 24% svojiti je poznato samo s izvora, međutim njihova prisutnost u izvorima je samo sekundarna, jer pravo stanište su im krški vodeni sustavi ili freatički vodonosnici, tj. voda pojavljuje se na izvorima (Karaman i Ruffo 1986). Ekologija i biologija vrsta roda *Niphargus* još je relativno slabo poznata. Prema prehranbenim navikama rod se svrstava u omnivore, budući da jedu biljni i životinjski detritus (uključujući i guano), ali također mogu jesti i uginule životinje, pa su stoga uglavnom saprofagi. Kod nekih vrsta roda *Niphargus* je ustanovljeno da je mulj vrlo bitan u prehrani tijekom određenog razdoblja i da bez prisutnosti mulja biološki ciklus tih vrsta ne bi mogao biti potpun (Karaman i Ruffo 1986).

# 1. UVOD



Slika 1.1. Lateralni prikaz podzemnog rakušca roda *Niphargus* s označenim morfološkim obilježjima vanjske građe (prevedeno iz Ginet 1996).

## 1. UVOD

### 1.2. Sistematika istraživane vrste

Sistematika istraživane vrste preuzeta je iz recentnog pregleda sistematike i klasifikacije podkoljena Crustacea (Martin i Davis 2001):

- RAZRED - Malacostraca Latreille, 1802
- PODRAZRED - Eumalacostraca Grobben, 1892
- NADRED - Peracarida Calman, 1904
- RED - Amphipoda Latreille, 1816
- PODRED - Gammaridea Latreille, 1802
- PORODICA - Niphargidae Bousfield, 1977
- VRSTA – **Niphargus dalmatinus** Schäferna, 1922

Sinonimi: *Niphargus elegans* (part.) Schäferna 1920

*Niphargus ilidzensis dalmatinus* Schäferna, 1922

*Niphargus* (*Supraniphargus*) *ilidžensis dalmatinus* S. Karaman, 1950

### 1.3. Povijesni pregled istraživanja vrste **Niphargus dalmatinus**

Vrsta *Niphargus dalmatinus*, na kojoj su provedena istraživanja ovog rada, izuzetno je zanimljiva jer se ubraja u ekološki i evolucijski zanimljivu skupinu podzemnih rakušaca koji se pojavljuju u nadzemnim vodama na području Srednje Dalmacije (Fišer i sur. 2006b), iako postoje nalazi i u podzemlju. Kao takva ubraja se u skupinu polupodzemnih vrsta (Sket 1981b).

U pogledu povijesnog pregleda istraživanja navedene vrste, prije svega je važno istaknuti da je istraživana vrsta prvi puta opisana 1922. godine kao podvrsta *Niphargus ilidžensis dalmatinus* Schäferna, 1922. Nakon opisa podvrste, postoji relativno mali broj radova iz prošlog stoljeća. Većinom su to faunistički radovi, premda je u većini tih radova obrađena i taksonomska problematika ove vrste (Tablica 1). Tek u posljednje vrijeme znanstvenici su se ponovno intenzivnije bavili istraživanjem, premda nije još uvijek točno riješeno pitanje statusa svojte. Izvjestan broj autora ipak smatra validnim podizanje podvrste u rang vrste (*Niphargus dalmatinus*). Opća rasprostranjenost ove vrste je na području Dalmacije (G. Karaman 1973a), a **tipički lokalitet** (*locus typicus*) je **izvor Biba uz Vransko jezero kod Biograda**. Do sada je ukupno poznato 14 nalazišta vrste *Niphargus dalmatinus* na temelju do sada

## 1. UVOD

poznatih literaturnih navoda (Tablica 1). Iz pregleda je vidljivo da je vrsta rasprostranjena samo u Hrvatskoj i da se ubraja ne samo u endeme Dinarida, već i u endeme Hrvatske, što je bilo vidljivo i u zadnjem pregledu Amphipoda bivše Jugoslavije (G. Karaman 1974), koji se ne navodi u tablici 1, jer su korišteni samo originalni navodi nalazišta.

Tablica 1. Popis svih do sada poznatih nalazišta vrste *Niphargus dalmatinus* Schäferna, 1922.

Nalazište	UTM (10 ×10 km)	Izvor navoda nalazišta
Han, Sinj	XJ34	G. Karaman 1973a, S. Karaman 1932
izvor Gorušica, Sinj	XJ34	S. Karaman 1950
izvor Kamenovac, Gornji Islam, Zadar	WJ39	G. Karaman 1973a, S. Karaman 1932
izvor Karišnice, Karin	WJ58	G. Karaman 1973a, S. Karaman 1932
izvor Kosinac, Han, Sinj	XJ34	G. Karaman 1973a
izvor Pešina, Zadar	WJ18	G. Karaman 1973a
Karin, Zadar	WJ58	G. Karaman 1973a, S. Karaman 1950
Omiš	XJ31	G. Karaman 1973a
Otok Pag	VK74, VK84, VK83, VK93, VK92, WK02, WK01, WK11, WK12, WK00	Sket 1988
Ravni Kotari, Zadar	WJ29, WJ28, WJ39, WJ38, WJ37, WJ48, WJ47, WJ57, WJ46, WJ56, WJ66	Sket 1981b
Rijeka Cetina, Split	XJ31	Sket 1981b
špilja Gorušica, Sinj	XJ34	G. Karaman 1973a
izvor Biba, Vransko Jezero, Biograd n.m.	WJ55	Fišer i sur. 2006a, G. Karaman 1973a, S. Karaman 1932
Vransko Jezero, otok Cres	VK56	G. Karaman 1972c

## 1. UVOD

### 1.3.1. Op a obilježja vanjske morfologije vrste *Niphargus dalmatinus*

Prema veli ini tijela *Niphargus dalmatinus* se ubraja u velike rakušce (odrasla jedinka je ve a od 15 mm), a oblik tijela je izdužen (*stygius-hvarensis* tip). Oblik posteriornog ruba na epimeralnim plo ama II i III je sinusoidan (*croaticus* tip). Telzon je širok (omjer širine i dužine je ve i od 1), dok su vršne bodlje telzona kratke (manje od 0.45 duljine telzona). Rascijep telzona je plitak (< 0.6 duljine telzona). Zabilježena je prisutnost dorzalnih i lateralnih bodlji, te bodlji na rubu rascijepa telzona. Ima svega nekoliko vršnih bodlji telzona na oba krila (manje od 9). Broj dlaka na distalno-posteriornom rubu pereomere VII je 3 ili više. Nije zabilježena prisutnost dorzalnih zubi a na pereonitu VII. Zabilježeno je najviše 5 dlaka/zubi a duž posteriorno-dorzalnog ruba pleonita I-III s 5 dlaka, dok je na svakoj strani urosomita I zabilježeno nekoliko dorzalno-posteriornih dlaka. Dorzalno-posteriorne dlake na urosomitu II su brojnije nego dorzalno-posteriorne bodlje na urosomitu II. Nije zabilježena prisutnost zubi a na urosomitu III. Na bazi uropoda I zabilježena su najmanje 2 zubi a. Antena I je dosta kratka (0.4 veli ine tijela ili manje). Duljina antena unutar populacije varira sa veli inom tijela (npr. ovisno o starosti). Duljina lanka (pedunkulusa) I antene ima omjer (0.9-1.15):(<0.55). Ustanovljena je jedna osjetilna dla ica po lanku flageluma antene I. Na anteni II lanak 4 jasno izrazito kra i od 5 lanka (<<0.95). Flagelum antene II je jako dobro razvijen. Zabilježeno je da I koksalna plo a ima oblik paralelograma. lanak 3 gnatopoda I ima svega jedan red dlaka posteriorno distalno, dok je na lanku 5 gnatopoda I zabilježena prisutnost dodatnih anteriornih dlaka. Sam lanak 5 gnatopoda I je dosta kratak (0.65-0.9 duljine lanka 6) dok oblik lanka 6 gnatopoda I je poznat pod nazivom *dalmatinus* tip ( $a > b < c$ ,  $a \ll c$ ). Nagib dlana lanka 6 na gnatopodu I je normalna (46-53°). Prema obliku koksa II je donekle duboka (visina:duljina 0.8-1). Zabilježena je prisutnost dodatnih anteriornih dlaka na 5. lanku gnatopoda II. Isti takav slu aj zabilježen je i kod lanka 5 gnatopoda I. Duž anteriornog ruba je uvijek prisutna distalna grupa dlaka, dok dodatne dlake ili grupa dlaka može biti prisutna subapikalno. Duljina 5. lanka gnatopoda II je dosta kratka (0.7-0.9 %) dok je oblik 6. lanka gnatopoda II poznat pod nazivom *hebereri* tip. Nagib dlana 6. lanka gnatopoda I je normalan (66-57°). Pilasti zubi i u kutu dlana 6. lanka gnatopoda II nalaze se iza zubi a dlana. Oblik 5. lanka gnatopoda I-II je je jako proširen u stražnjem proksimalnom dijelu. Na 7. lanku gnatopod I-II dlake su formirane u nekoliko grupa. Na temelju usporedbe veli ine 6. lanka gnatopoda I i II može se zaklju iti da je gnatopod II jasno ve i nego što je u gnatopoda I, a veli ina mu je manja od 0.16 % veli ine

## 1. UVOD

tijela. Koksa III je prema obliku prosje no duboka (visina:duljina = 0.8-1.0). Posteriorno krilo kokse IV nije razvijeno (< 0.1 % širine kokse). Na lanku 7 (daktilus) na pereopodu III-IV je zabilježena prisutnost dodatnih zubi a. Kod kokse V i VI je vidljivo dobro razvijeno anteriorno krilo, dok posteriorno krilo nije uop e razvijeno. Duž posteriornog ruba kokse V-VI zabilježeno je nekoliko zubi a/dlaka. Na temelju lanka 2 može se ustanoviti srednja vrijednost širine pereopoda V-VI (širina:duljina = 0.55-0.73). Nakon prouavanja lanka 2 može se ustvrditi da distalno-posteriorno krilo pereopoda V-VII je malo, ali jasno vidljivo. Prouavajući i lanak 7 ustanovljeni su dodatni zubi i na pereopodu V i VI. Duž posteriornog ruba kokse VII zabilježeni su pojedina ni dlake/zubi i. Na temelju lanka 2 može se primjetiti odsutnost proksimalnog posteriornog krila i prisutnost posteriornih zubi a i dlaka na pereopodu VII. Na anteriornom/vanjskom rubu pereopoda VII postoji svega jedna perasta dlaka. Dodatni zubi i prisutni su na pereopodu VII. Pereopodi VI i VII, prema duljini, približno su jednake veličine, dok je pereopod VII dosta kratak (0.35 % duljine tijela). Kod pleopoda III zabilježena je dlaka iza retinakula. Zabilježene su 2 kukice na retinakulu te dlake (ne peraste) i zubi i (pojedina ni i grupirani) na granama uropoda I. Prilikom diferencijacije uropoda I omjer duljina endopodit:egzopodit ve i je od 1.5, dok je kod uropoda II omjer ve i od 1.15. Kod mužjaka nije zabilježena prisutnost distalnog izbočenja na protopoditu uropoda I. Uropod III ima ve i broj dlaka na unutarnjem rubu proksimalnog lanka egzopodita nego na vanjskom rubu, a na distalnom lanku egzopodita ima grupe lateralnih dlaka duž oba ruba. Duljina uropoda III iznosi 0.25-0.35 % duljine tijela i izduženog je oblika. Duljina endopodita uropoda III iznosi više od 0.65 % duljine protopodita. Distalni lanak na egzopoditu uropoda III je nešto produljeniji kod odraslih mužjaka (0.2-0.55 % duljine proksimalnog lanka). Postoji svega nekoliko zubi a na vanjskoj plohi maksile I, dok je broj dlaka na unutarnjoj plohi maksile I 5 i više. Na unutarnjoj plohi maksilipeda zabilježeno je najmanje 3 zubi a. Na nohtima maksilipeda segmentirane dlake se isključivo nalaze na bazi (Fišer i sur. 2006a). Povećan broj zubi a u bazi protopodita na uropodu I je karakteristika koja se rijetko pronalazi kod porodice Niphargidae, jer inače ima samo jedan zub u bazi. Upravo takva karakteristika zabilježena je kod vrste *N. dalmatinus*. Međutim pojavljivanje dodatnih zubi a je nepravilno i uglavnom prisutno kod odraslih mužjaka. Do sada je jedino kod vrste *N. vinodolensis* Fišer, Sket et Stoch, 2006 pojavnost većeg broja zubi a stabilno morfološko obilježje. Na temelju molekularnih i morfoloških analiza utvrđena je najvažnija sličnost i srodnost vrste *N. dalmatinus* s vrstama *N. elegans* Garbini, 1894 i *N. vinodolensis* (Fišer i sur. 2006b).



### 1.4. Životni ciklus rakušaca roda *Niphargus*

Razmnožavanje podzemnih i nadzemnih vrsta rakušaca se uvelike razlikuje. Nadzemni rakušci roda *Gammarus* se razmnožavaju tijekom cijele godine, iako tijekom proljeća i ranog ljeta nešto intenzivnije nego tijekom jeseni. Za razliku od nešto većih predstavnika beskraljnjaka, posebno kukaca, kontinuirani ulazak novih jedinki u postojeću populaciju rezultira sa nekoliko preklapajućih generacija. Životni vijek im je 1-2 godine, imaju 6 do 10 legla juvenilnih jedinki, te 3 generacije se istovremeno mogu razmnožavati tijekom ljeta. Laboratorijski pokusi su ukazali da temperatura vode ima dominantan utjecaj na reprodukciju, strategiju životnog razvoja i rast jedinki u vrsta *Gammarus fossarum* i *G. roeseli*. Pri temperaturi od 12 °C i višoj *G. roeseli* brže postiže spolnu zrelost, sa kraćim vremenom razvoja legla i višim reproduktivnim uspjehom u odnosu na vrstu *G. fossarum*. Pri konstantnoj temperaturi od 20°C *G. roeseli* postiže spolnu zrelost u roku od 85 dana, 11 dana prije nego *G. fossarum*. Upravo je tih 11 dana potrebno ženki *G. roeseli* da otpusti svoje prvo leglo (Pöckl i sur. 2003).

Kod nadzemnih vrsta rakušaca zabilježena je pojava amplexusa. To je jedan važan segment u etologiji nadzemnih rakušaca koji kod podzemnih vrsta rakušaca do sada nije zabilježen. Podzemni rakušci, općenito, imaju vrijeme sazrijevanja produženo u odnosu na svoje nadzemne srodnike, broj jaja je smanjen, ali je njihova veličina povećana, a dužina razvoja produljena (Pöckl i sur. 2003).

Vrste roda *Niphargus* imaju reduciran broj jajašaca koji varira u broju od vrste do vrste, od malog broja vrlo velikih jajašaca kod specijaliziranih intersticijskih vrsta, do velikog broja malih jajašaca (preko 20) kod vrsta koje žive u nadzemnim vodama. Smatra se da je životni vijek dosta dug. Npr. kod vrste *Niphargus virei* Chevreux, 1896 jedinka postaje odrasla nakon 13 presvlačenja tijekom 3 godine, na temelju čega je procijenjeno da mogu živjeti do 10 godina. One vrste koje žive u spiljskim bazenima kopaju kanale u mulju gdje mogu provesti duže razdoblje bez ikakve aktivnosti. Ustanovljeno je da neke vrste mogu preživjeti nekoliko mjeseci u mulju unutar špilja bez vode (Karaman i Ruffo 1986).

Spolni dimorfizam ili nije prisutan ili je rijetko zabilježen kod primitivnih vrsta roda *Niphargus* (podrod *Protoniphargopsis*) dok kod specijaliziranih vrsta roda *Niphargus* je jasno zabilježen (*N. longicaudatus*, *N. stygius*, itd.). Karakteristike spolnog dimorfizma kod mužjaka su: duže i izduženije tijelo, veći gnatopodi, produljen unutarnji članak uropoda I-II,

## 1. UVOD

produljen unutarnji lanak uropoda III, oblik epimeralnih ploha i kokse, itd. (Karaman i Ruffo 1986).

Kod vrste *Niphargus aquilex* Schiodte, 1855 zabilježen je rast zimske populacije tijekom proljeća. Jedinke koje su u tom razdoblju spolno aktivne otpuštaju mlade sredinom ljeta. Smanjeni broj odraslih u tom razdoblju je najvjerojatnije posljedica njihovog veće mortalitete, što je usko povezano s pojačanim otpuštanjem mladih jedinki. Manji primjerci, najvjerojatnije otpušteni od jedinki koje su spolno sazrele nešto kasnije tijekom proljeća, su bili prisutni tijekom ljeta. Jedinke "ljetne" generacije su rasle postupno u dužinu. Povećani broj jedinki tijekom listopada upućuje na otpuštanje mladih od strane "ljetne" generacije. Na temelju dobivenih rezultata Gledhill i Ladle (1969) su pretpostaviti da vrsta *Niphargus aquilex* ima dvije generacije tijekom jedne godine (Gledhill i Ladle 1969), što navodi na zaključak da vrsta pripada kategoriji bivoltne vrste.

### 1.5. Područje istraživanja

Rijeka Cetina krški je biser Hrvatske. To je najdulja srednjodalmatinska rijeka s ukupnom duljinom toka od 105 km. Pripada Jadranskom slivu, a protječe kroz dvije županije (Splitsko-dalmatinsku i Šibensko-kninsku) te više administrativno-teritorijalnih jedinica lokalne samouprave tj. kroz gradove Vrliku, Sinj, Trilj i Omiš i općine Kijevo, Cijljane, Hrvace, Otok, Šestanovac i Zadvarje (Popija 2007).

Izvor Cetine nalazi se na 382 m n. m. kod sela Cetina. Rijeka teče prema jugoistoku Cetinskim i Paškim poljem te utječe u akumulaciju Peruća (smještenu u Koljanskom i Ribarnikom polju). Nizvodno od brane Peruća Cetina dalje prolazi kroz Hrvatsko polje do Hana, a dalje Sinjskim poljem do Trilja, gdje se ulijeva u akumulaciju Čale i nastavlja nizvodno u akumulaciju Pranjevići. Od brane Pranjevići dio voda Cetine skreće dovodnim tunelom do HE Zakućac, a dio voda nastavlja teći prirodnom kanjonom do Zadvarja, gdje Cetina mijenja smjer toka prema zapadu do Omiša, gdje se ulijeva u Jadransko more (Popija 2007).

Sliv Cetine je drugi po veličini sliv koji s dinarskog krškog područja pritječe u Jadransko more (Štambuk-Goljanovi 2002). Cijeli je sliv ovalnog oblika i izdužen u smjeru sjeverozapada-jugoistoka.

Slivno područje rijeke Cetine dijeli se na:

sliv na području BiH ukupne površine oko 2440 km<sup>2</sup>;

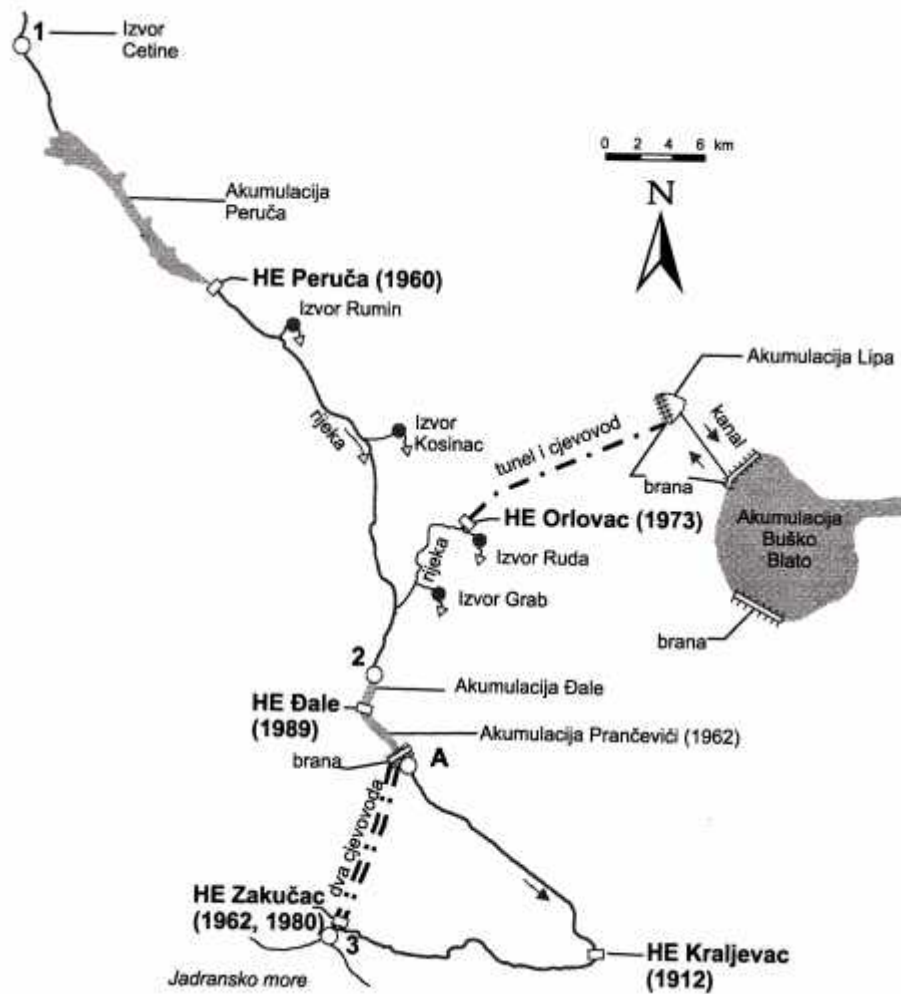
## 1. UVOD

sliv dalmatinskog dijela RH ukupne površine 1200 km<sup>2</sup> (CRA/PPA 2000).

Rijeka Cetina glavninu svojih voda dobiva podzemnim tokovima s polja u kršu jugozapadne Bosne. Vode koje poniru na rubu Livanjskog polja i Buškog Blata u BiH izvire na vrelima u dolini Cetine. Akumulacija Buško Blato izgrađena je za prihvatanje i regulaciju vode za potrebe rada HE Orlovac. Nalazi se kod sela Ruda u Hrvatskoj nizvodno od izvora Rude, koja je pritoka rijeke Cetine. Zbog krškog karaktera područja i velike površine jezera (800 milijuna m<sup>3</sup>), prisutni su i veliki gubici vode koji prihranjuju podzemne vode sliva rijeke Cetine (Popija 2007).

Rijeka Cetina je tipičan krški vodotok koji se sliv i korito oblikovalo u prostoru izrazito razvijenog dinarskog krša. Za takve terene je karakteristično da se podzemna razvodnica u najvećoj mjeri ne poklapa s površinskom (orografskom ili topografskom) razvodnicom koja je promjenjiva, jer se tijekom vremena mijenja u zavisnosti od razine podzemnih voda. Razni su autori korištenjem raznih metoda odredili da površina cjelokupnog sliva do ušća u Jadransko more iznosi između 3700 i 4300 km<sup>2</sup>. Od toga na topografski sliv otpada oko 1300 km<sup>2</sup>, a na podzemni oko 2700 km<sup>2</sup> (Popija 2007).

## 1. UVOD



Slika 1.2. Hidrološki sustav rijeke Cetine. Preuzeto iz CRA/PPA (2000).

S po etkom industrijalizacije na podru ju Cetine, ovjek prvi puta mijenja rijeku izgradnjom hidroelektrana koje mijenjaju njezin vodni režim, tok i pridonose dodatnom zaga enju. Do sada je izgra eno 5 hidroelektrana-Kraljevac, Peru a, ale, Zaku ec i Orlovac. Planira se gradnja još njih 9 na samoj Cetini i njih 3 na teritoriju Bosne i Hercegovine (Popija 2007).

Tablica 2. Popis istraživanih postaja s oznakama skra enica:

Skr.		Postaja	Visina (m n. m.)	GPS koordinate
CS	-	Izvor Cetine	386	N 43° 58' 36,1" E 16° 25' 48,6"
PB	-	Preo ki most	371	N 43° 57' 59" E 16° 25' 53"
RB	-	Crveni most	367	N 43° 57' 35,7" E 16° 25' 46,6"
PB	-	Obrovac Sinjski	301	N 43° 40' 01,4" E 16° 41' 04,7"
L	-	ikotina la a	236	N 43° 31' 58,4" E 16° 44' 42,3"
RM	-	Radmanove mlinice	15	N 43° 26' 16,2" E 16° 45' 11,3"
RS	-	Izvor Rude	320	N 43° 40' 07,1" E 16° 47' 56"
R2	-	Ruda 2	308	N 43° 40' 07,5" E 16° 47' 49,2"

## 1. UVOD

Uzorkovanje rakušaca se provelo na 8 postaja tako da su obuhvaćeni svi dijelovi toka rijeke Cetine. Uz rijeku Cetinu obuhvaćena je i rijeka Ruda na kojoj su istraživane 2 postaje.

Opis istraživanih postaja:

Postaja **CS - Izvor Cetine** (slika 1.3) nalazi se u izvorskom toku izvora Cetine. Na dnu je prisutan sitni šljunak i valutice, a iza bogato razvijene makrofitske vegetacije nalazi se i fini mulj.

Postaja **PB - Preo ki most** (slika 1.4) nalazi se odmah nizvodno Preo kog mosta. Dno karakterizira fini sediment uz lijevu obalu, a u sredini toka su prisutne valutice raznih veličina i bogato razvijena makrofitska vegetacija.

Postaja **RB - Crveni most** (slika 1.5) nalazi se 20-30ak metara nizvodno od Crvenog mosta. Na dnu se, uz stijene, sitni šljunak i valutice nalazi i fini sediment i mulj iza bogato razvijene makrofitske vegetacije.

Postaja **OS - Obrovac Sinjski** (slika 1.6) smještena je na području Obrovca Sinjskog, 30-50ak metara uzvodno velikog brzaka smještenog kraj dvije stare mlinice, na lijevoj i desnoj obali Cetine, a sve oko 1 km uzvodno starog kamenog mosta u mjestu Han. Sediment čine srednje valutice promjera 5-10 cm, obrasle zelenim algama s puno puževa, a uz obalu je prisutna makrovegetacije i među njom fini sediment.

Postaja **RS - Izvor Rude** (slika 1.7) smještena je malo nizvodno od izvora rijeke Rude, ispod prvog slapa na rubu izvora. Stijene i velike valutice na dnu su obrasle mahovinom, tok vode je brzi.

Postaja **R2 - Ruda 2** (slika 1.8) nalazi se nizvodnije od prethodne postaje. Karakteristika staništa su velike valutice i stijene obrasle mahovinom, a također i vrlo brzi tok vode.

Postaja **L - Ikotina lađa** (slika 1.9) nalazi se neposredno nizvodno starog mosta u zaselku Ikotina lađa. Dno se sastoji od stijena i većih valutica, 5-15 cm, obraslih algama, a ponekad i mahovinom.

## 1. UVOD

Postaja **RM - Radmanove Mlinice** (slika 1.10) smještena je kod Radmanovih mlinica. Ovdje sedimentine krupnije valutice, 5-15 cm, manje obrasle algama i puži ima, a veće obrasle mahovinom.

Na svim navedenim postajama uzorci makrozoobentosa su sakupljeni na tri ili četiri različita mikrostaništa. Uzorci su razdvajani prema sljedećem redoslijedu:

- uzorak S1 je makrofauna sakupljena na finom sedimentu, šljunku ili manjim valuticama;
- uzorak S2 je makrofauna sakupljena na većim valuticama;
- uzorak S3 je makrofauna sakupljena u makrovegetaciji (gornji i srednji tok Cetine) ili obraštaju mahovina (na postajama na Rudi i na postaji Radmanove Mlinice) ili obraštaju algi (na postaji Ikotina lađa) na stijenama i velikim valuticama;
- uzorak S4 je makrofauna sakupljena ponekad na postaji Ikotina lađa u nakupinama nanesenih mahovina i mulja na velikim valuticama uz obalu na kraju šljunane plažice (Popija 2007).



**Slika 1.3.** Postaja Izvor Cetine 20.06.2005.(foto. A. Popija ).

## 1. UVOD



**Slika 1.4.** Postaja Preo ki most 08.05.2005.(foto. A. Popija ).



**Slika 1.5.** Postaja Crveni most, kolovoz 2005. (foto.A.Popija ).

## 1. UVOD



**Slika 1.6.** Postaja Obrovac Sinjski, travanj 2005. (foto A.Popija ).



**Slika 1.7.** Izvor Rude, travanj 2005. (foto.A.Popija ).



## 1. UVOD



**Slika 1.8.** Postaja Ruda 2, travanj 2005. (foto. A.Popija ).



**Slika 1.9.** Postaja Ikotina laća, kolovoz 2004. (foto A.Popija ).

## 1. UVOD



**Slika 1.10.** Postaja Radmanove Mlinice, ožujak 2005. (foto A.Popija ).

### 1.6. Ciljevi istraživanja

Ciljevi istraživanja ovog diplomskog rada mogu se podijeliti na istraživanja ekologije i reproduktivne biologije vrste *Niphargus dalmatinus* Schäferna, 1922.

U okviru ekoloških istraživanja navedene vrste, cilj je bio utvrditi:

- raspon abiotičkih uvjeta okoliša kroz istraživanja fizikalno-kemijskih parametara vode na istraživanim lokalitetima duž toka rijeke Cetine;
- longitudinalni raspored vrste duž toka rijeke Cetine i Rude;
- utjecaj abiotičkih imbenika okoliša na životni ciklus vrste.

Poseban naglasak rada je na istraživanje reproduktivne biologije ove vrste, budući da do sada postoji samo jedan rad koji se temelji na istraživanju reproduktivnog ciklusa kod vrste roda *Niphargus* koja naseljava nadzemna staništa (Fišer i sur. 2007). Istraživanje reproduktivne biologije vrste uključuje:

- utvrđivanje ontogenetskog sastava populacija;
- utvrđivanje odnosa između spolovima;
- određivanje utjecaja abiotičkih imbenika na brojnost ovigernih ženki;
- utvrđivanje vremena pojavljivanja ovigernih ženki;
- određivanje trajanja prisutnosti ovigernih ženki u populaciji;
- utvrđivanje prisutnosti interseksa u istraživanim populacijama.

## 2. MATERIJALI I METODE RADA

### 2. MATERIJALI I METODE RADA

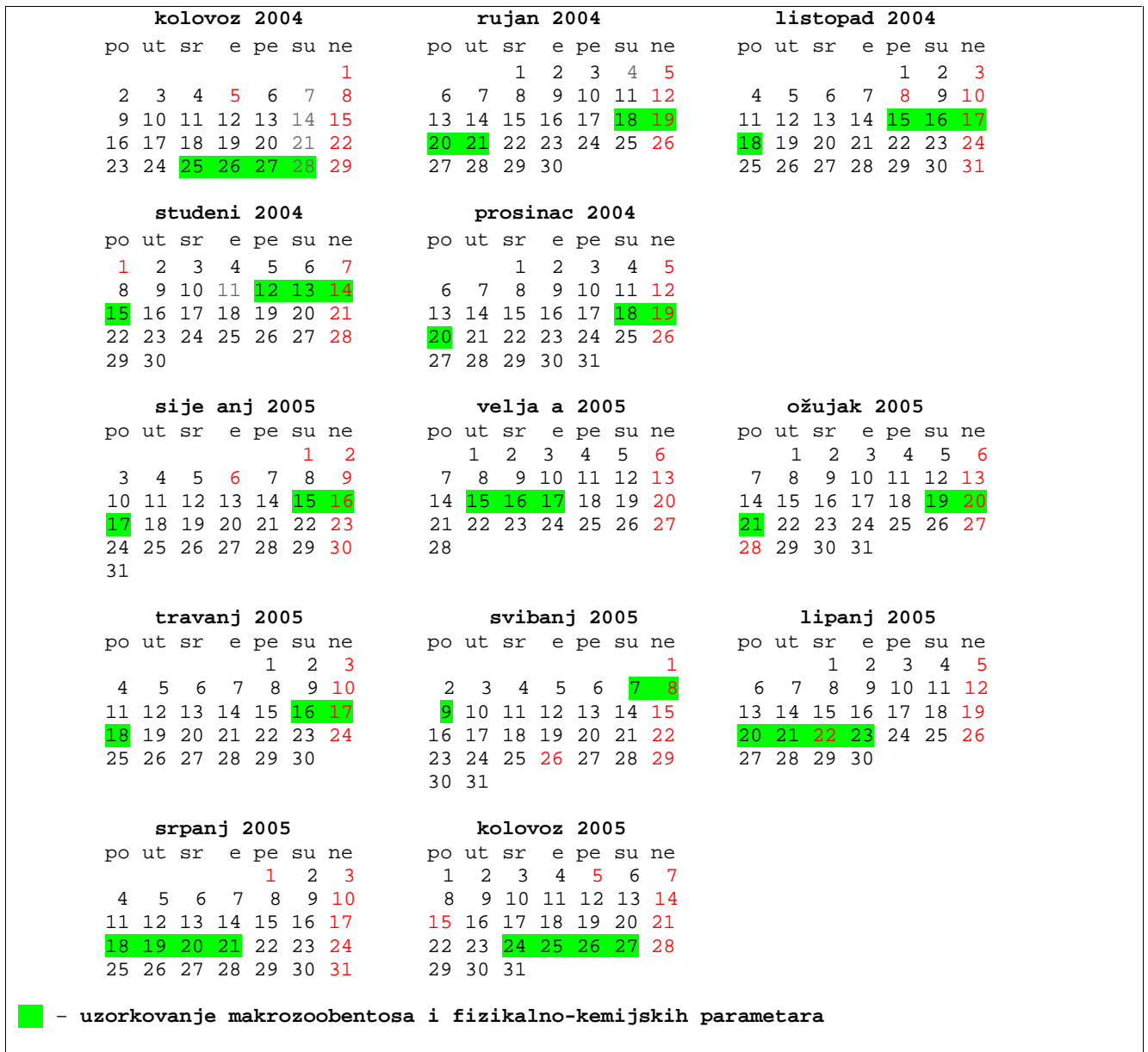
#### 2.1. Terenska istraživanja

Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara vode i sakupljanje uzoraka obavljano je jednom mjesečno od 24. kolovoza 2004. do 25. kolovoza 2005. godine na osam postaja duž toka rijeke Cetine i njene pritoke, rijeke Rude. Postaje su bile (od izvora prema ušću): Izvor Cetine, Preoki most, Crveni most, Obrovac Sinjski, Izvor Rude, Ruda 2, likotina Lađa te Radmanove Mlinice (Tablica 2).

**Tablica 3.** Raspored postaja duž toka rijeke Cetine i njene pritoke Rude, s prikazom metoda uzorkovanja i broja uzetih uzoraka.

<b>GORNJI TOK CETINE</b>	<b>Izvor Cetine</b>	<b>Preoki most</b>	<b>Crveni most</b>
	Surber 3x	Surber 3x	Surber 3x
<b>SREDNJI TOK CETINE</b>	<b>Obrovac Sinj.</b>		
	Surber 3x		
<b>DONJI TOK CETINE</b>	<b>ik. Lađa</b>	<b>Rad. Mlin.</b>	
	Surber 3-4x	Surber 3x	
<b>PRITOK RUDA</b>	<b>Izvor Rude</b>	<b>Ruda 2</b>	
	Surber 3x	Surber 3x	

## 2. MATERIJALI I METODE RADA



**Slika 2.1.** Dinamika terenskih istraživanja na rijeci Cetini i Rudi tijekom 2004. i 2005. godine.

### 2.1.1. Određivanje fizikalno-kemijskih parametara vode

Fizikalno-kemijski parametri vode koji su mjereni WTW sondama:

- pH vrijednost vode (pomoću pH-metra WTW ph 330);
- količina kisika u vodi, zasićenje kisikom te temperatura vode (pomoću oksimetra WTW Oxi 330/SET);
- elektroprovodljivost (pomoću konduktometra WTW LF 330);

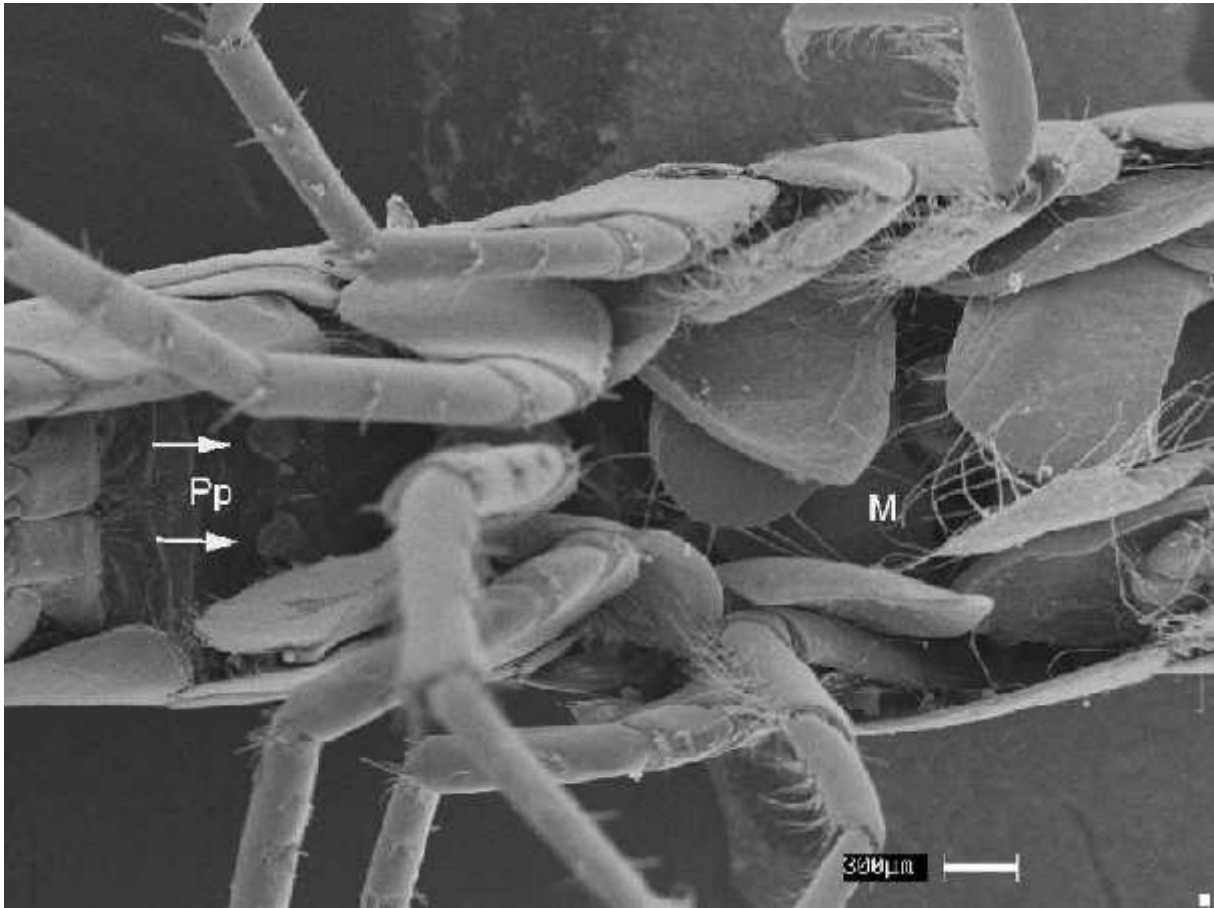
## 2. MATERIJALI I METODE RADA

Koli ina vezanog CO<sub>2</sub> u vodi (alkalinitet) odre ivan je titracijom s 0,1 M kloridnom kiselinom, a izražena je kao koli ina CaCO<sub>3</sub> (mg/l).

### 2.2. Laboratorijska istraživanja

U laboratoriju se prikupljena fauna makroskopskih vodenih beskralješnjaka razvrstala po skupinama te konzervirala u 80%-tnom etanolu za daljnje odre ivanje do najnižih mogu ih sistematskih kategorija. Rakušci (Amphipoda) su taksonomski odre ivani do razine vrste uz korištenje opisa i determinacijskih ključeva (Ginet, 1993, S. Karaman, 1950, G. Karaman 1993). Jedinke vrste *Niphargus dalmatinus* su izdvajane po postajama i datumima uzorkovanja pod binokularnom lupom Pro-luX XTL 3400D pod pove anjima od 7 do 90×, te su i za svaku postaju i datum uzorkovanja prebrojavane i razvrstavane po spolu i u sljede e starosne (ontogenetske) i razvojne kategorije, koje su proizvoljno odabrane za ovaj rad:

- odrasli mužjaci: jedinke sa dobro razvijenim genitalnim papilama;
- neovigerne ženke: ženke sa dobro razvijenim, velikim oostegitima i praznim ležnim prostorom (marsupijem);
- ovigerne ženke: ženke sa dobro razvijenim, velikim oostegitima, koje u ležnom prostoru sadrže jaja;
- ženke s leglom: ženke sa dobro razvijenim, velikim oostegitima, koje u ležnom prostoru sadrže juvenilne jedinke;
- adolescentni mužjaci: mali mužjaci s nepotpuno razvijenim, malim genitalnim papilama;
- adolescentne ženke: ženke s nepotpuno razvijenim, malim oostegitima;
- juvenilne jedinke: male jedinke kod kojih se nisu mogli utvrditi za eci niti genitalnih papila, niti oostegita.



Slika 2.2. Prikaz genitalnih papila (Pp) i oostegita (M) na primjeru interseksa u vrste *Gammarus fossarum* snimljenog SEM-om (Ladewig i sur. 2003).

### 2.3. Primijenjeni programski paketi i aplikacije

Statistička obrada podataka i tablični prikaz rezultata izrađeni su u programima Statistica 7.0 i Microsoft Excel XP Professional edition. Za grafičku obradu podataka korišteni su Paint Shop Pro 7 i ArcGIS 9.3. Obrada teksta je izvršena u programu Microsoft Word XP Professional edition.

## 3. REZULTATI

### 3. REZULTATI

#### 3.1. Abiotički i biotički faktori okoliša

Na svim postajama rijeke Cetine i njezine pritoke rijeke Rude mjereni su sljedeći i fizikalno-kemijski parametri vode: temperatura, količina otopljenog kisika, zasićenje vode kisikom, pH vrijednost, elektroprovodljivost i salinitet.

#### Temperatura vode

Temperatura vode izmjerena na postajama Izvor Cetine, Preočki most i Crveni most, zbog blizine istraživačkih postaja, je dosta ujednačena. Najniža temperatura izmjerena je na postaji Crveni most u veljači 2005., a iznosila je 7,3°C, dok je najviša temperatura izmjerena u srpnju 2005. godine na postaji Izvor Cetine a iznosila je 12,9°C.

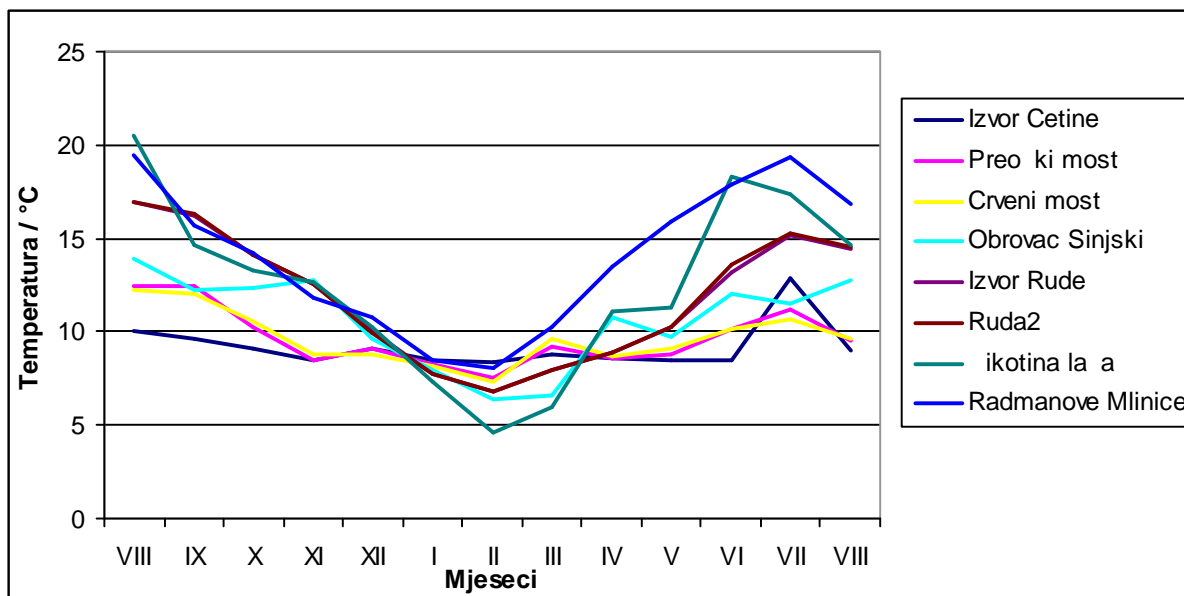
Na postaji Obrovac Sinjski, gdje Cetina ima obilježje široke i brze tekućice, raspon temperature je bio između 6,4°C i 13,9°C, izmjerene u veljači 2005. i kolovozu 2004.

Na postajama Ikićina lađa i Radmanove Mlinice, koje predstavljaju donji tok rijeke Cetine, zabilježene su najviše temperature tokom svih mjeseci mjerenja. Najniža izmjerena temperatura iznosila je 4,6°C na postaji Ikićina lađa u veljači 2005., dok je najviša izmjerena u kolovozu 2004. također na postaji Ikićina lađa, a iznosila je 20,5°C.

Na postajama Izvor Rude i Ruda 2 temperature su dosta ujednačene. Najniže zabilježene vrijednosti iznosile su 6,8°C izmjerene u veljači 2005. dok su najviše vrijednosti iznosile 16,9°C na obje postaje izmjerene u kolovozu 2004. godine.



### 3. REZULTATI



**Slika 3.1.** Temperatura vode (°C) na istraživanim postajama rijeke Cetine i rijeke Rude tijekom 2004./2005. godine.

#### **Koli ina otopljenog kisik**

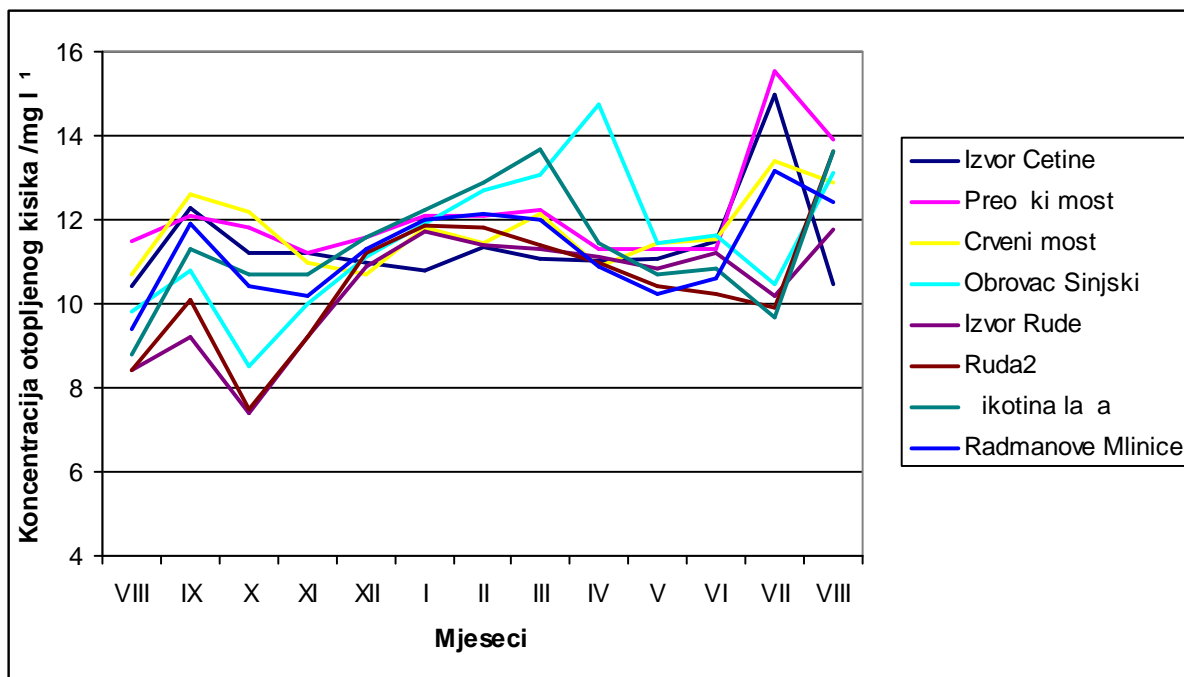
U području gornjeg toka rijeke Cetine (Izvor Cetine, Preo ki most i Crveni most) koli ina otopljenog kisika je varirala između 10,4 mg/l i 15,52 mg/l, sa srednjom vrijednošću od 11,885 mg/l.

Na postaji Obrovac Sinjski najniža zabilježena vrijednost koli ine otopljenog kisika je iznosila 8,5 mg/l, izmjerena u listopadu 2004., dok je najviša zabilježena iznosila 14,74 mg/l, izmjerena u travnju 2005. Upravo na ovoj postaji zabilježena je i najviša prosječna koli ina otopljenog kisika 12,38 mg/l.

Na postaji ikotina la a zabilježena je najmanja vrijednost izmjerena na svim postajama. Zabilježena je u kolovozu 2004. u vrijednosti od 8,8 mg/l, dok je najviša vrijednost 13,68 mg/l zabilježena u ožujku 2005. Na postaji Radmanove Mlinice koli ina otopljenog kisika je varirala između 9,4 mg/l izmjerenih u kolovozu 2004. godine i 13,5 mg/l izmjerenih u srpnju 2005. godine.

Rijeka Ruda, uz ikotinu la u, je postaja s najnižom izmjerenom vrijednošću otopljenog kisika u vodi u iznosu od 7,4 mg/l. Najviša vrijednost je 13,65 mg/l zabilježena u kolovozu 2005. na postaji Ruda 2.

### 3. REZULTATI



**Slika 3.2.** Koncentracija otopljenog kisika (mg/l) na istraživanim postajama rijeke Cetine i rijeke Rude tijekom 2004./2005.godine.

#### Zasi enje vode kisikom

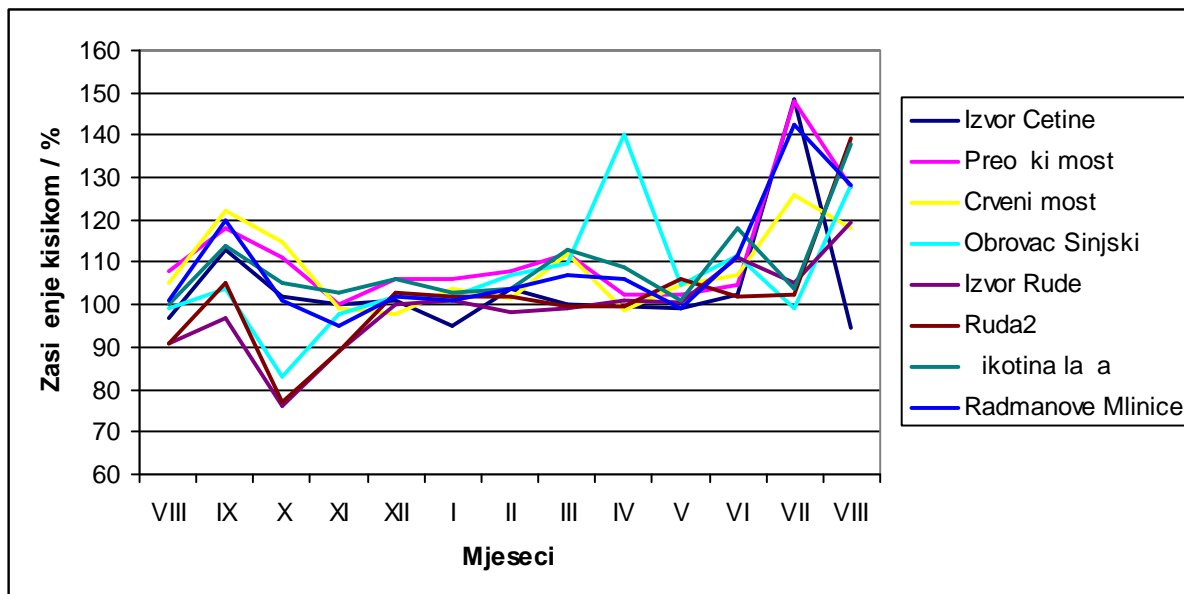
Na postaji Izvor Cetine minimalna vrijednost zasi enja vode kisikom zabilježena je u kolovozu 2005., a iznosila je 94,4%, dok je maksimalna zabilježena u srpnju 2005. u iznosu od 148,4%. Na postaji Preo ki most sve vrijednosti bile su više od 100%. Minimalna vrijednost zabilježena je u studenom 2004., dok je najviša vrijednost zabilježena u srpnju 2005. Najniža vrijednost zasi enja vode kisikom na postaji Crveni most zabilježena je u prosincu 2004. u iznosu od 98%, a najviša u srpnju 2005., u iznosu od 125,9%.

Na postaji Obrovac Sinjski zabilježene vrijednosti zasi enja vode kisikom su u rasponu od 83% do 128%.

Na postajama donjeg toka rijeke Cetine ( ikotina la a i Radmanove Mlinice) gotovo sve vrijednosti su iznad 100% izuzev onih izmjerenih u svibnju 2005., u iznosu od 99,3% i studenom 2004., u iznosu od 95% na postaji Radmanove Mlinice. Najviša vrijednost tako er je zabilježena na postaji Radmanove Mlinice, u iznosu od 142,5%.

Izvor Rude i Ruda 2 ima minimalne vrijednosti zasi enja vode kisikom tijekom svih mjeseci 2004. godine, a maksimalne u kolovozu 2005. godine, s vrijednostima od 119,5% i 139,1%.

### 3. REZULTATI



**Slika 3.3.** Zasi enje vode kisikom (%) na istraživanim postajama rijeke Cetine i rijeke Rude tijekom 2004./2005. godine.

#### Vrijednosti pH

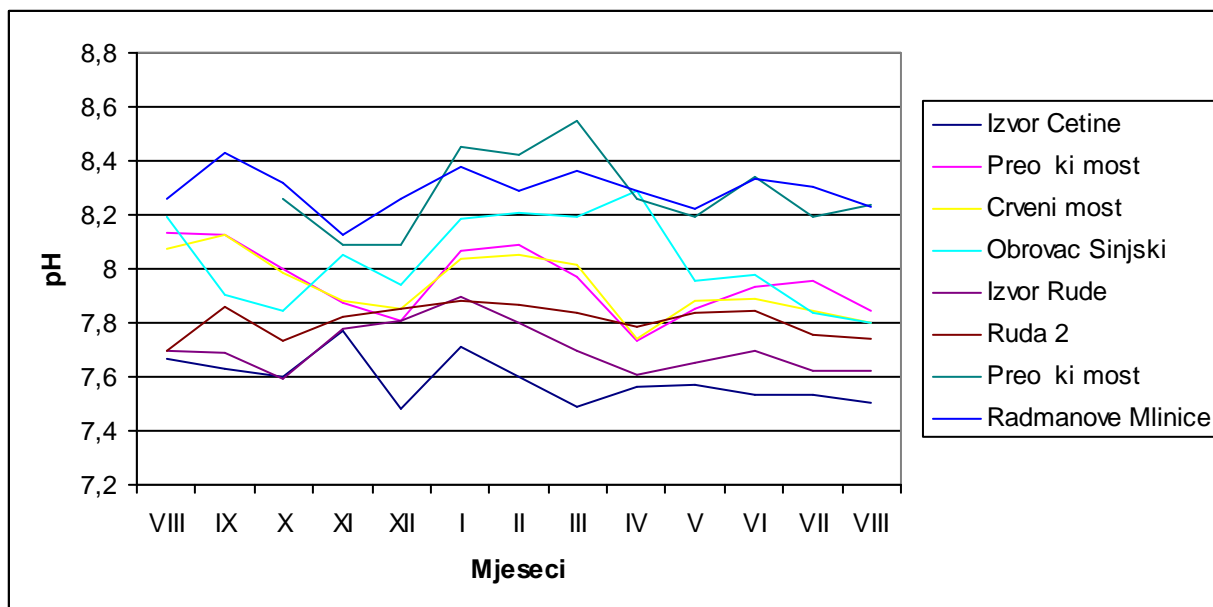
Na postajama Izvor Cetine, Preo ki most i Crveni most pH vrijednosti varirale su između najniže u iznosu od 7,48 izmjerene u prosincu 2004. na postaji Izvor Cetine i najviše izmjerene u kolovozu 2004. godine, u iznosu od 8,14.

Na području srednjeg toka rijeke Cetine (Obrovac Sinjski) tijekom kolovoza 2004.godine zabilježena je najviša vrijednost, dok je tijekom srpnja 2005. godine zabilježena najniža vrijednost.

Na postajama i kotina la a i Radmanove Mlinice tijekom svih mjeseci zabilježene su samo vrijednosti više od 8. Na postaji i kotina la a tijekom rujna 2004.godine nije izmjerena pH vrijednost.

Pritoka rijeke Cetine, rijeka Ruda ima minimalne vrijednosti od 7,59 zabilježenu u listopadu 2004. na postaji Izvor Rude te maksimalnu vrijednost od 7,89 zabilježenu u siječnju 2005. također na postaji Izvor Rude.

### 3. REZULTATI



**Slika 3.4.** Vrijednost pH izmjerena na istraživanim postajama rijeke Cetine i rijeke Rude tijekom 2004./2005. godine.

#### Elektroprovodljivost

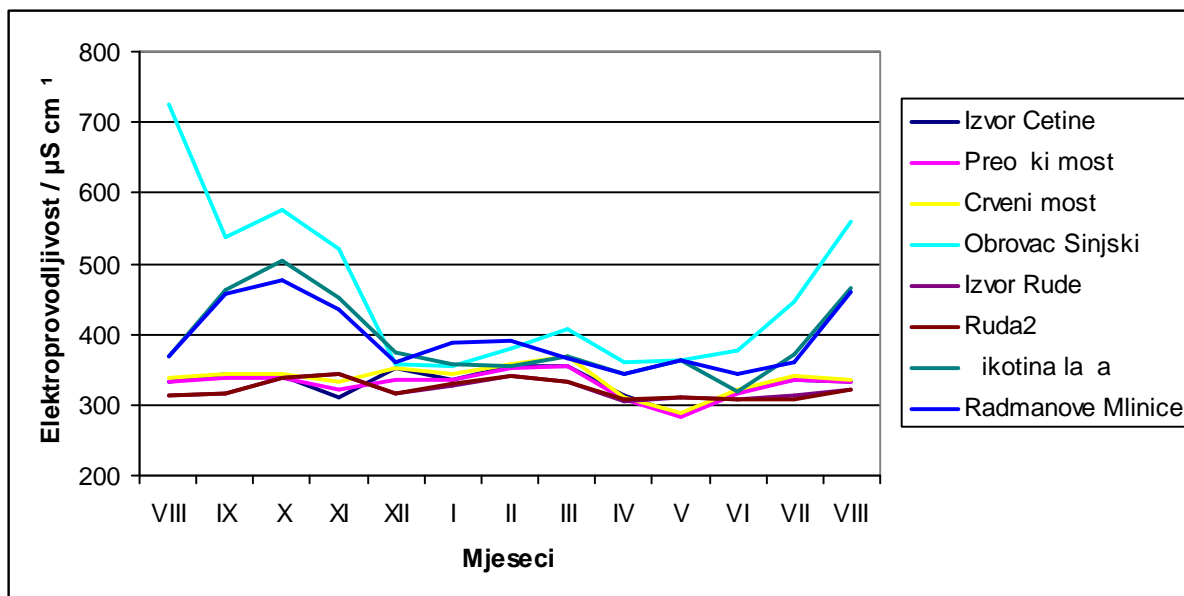
Na području gornjeg toka rijeke Cetine vrijednosti elektroprovodljivosti su u pravilu dosta ujednaene. Sve su u vrijednosti višoj od  $300 \mu\text{S/cm}$ , izuzev onih izmjerenih u svibnju 2005. godine koje su bile u rasponu od  $282 \mu\text{S/cm}$  do  $289 \mu\text{S/cm}$ . Maksimalna vrijednost iznosila je  $368 \mu\text{S/cm}$ , a zabilježena je u ožujku 2005. na postaji Crveni most.

Na postaji Obrovac Sinjski zabilježena je maksimalna vrijednost elektroprovodljivosti u kolovozu 2004., u iznosu od  $724 \mu\text{S/cm}$ , a minimalna u siječnju 2005., u iznosu od  $356 \mu\text{S/cm}$ .

U donjem toku Cetine najveće vrijednosti elektroprovodljivosti zabilježene su u listopadu 2004., u iznosu od  $504 \mu\text{S/cm}$  i  $459 \mu\text{S/cm}$ , a najniža vrijednost zabilježena je na postaji Ikotina u lipnju 2005. u iznosu od  $320 \mu\text{S/cm}$ .

Na rijeci Rudi su zabilježene vrijednosti dosta slične onima iz gornjeg toka, ali minimalne vrijednosti nisu ispod  $300 \mu\text{S/cm}$ .

### 3. REZULTATI



**Slika 3.5.** Elektroprovodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) izmjerena na istraživanim postajama duž toka rijeke Cetine i Rude tijekom 2004./2005. godine.

#### Alkalinitet

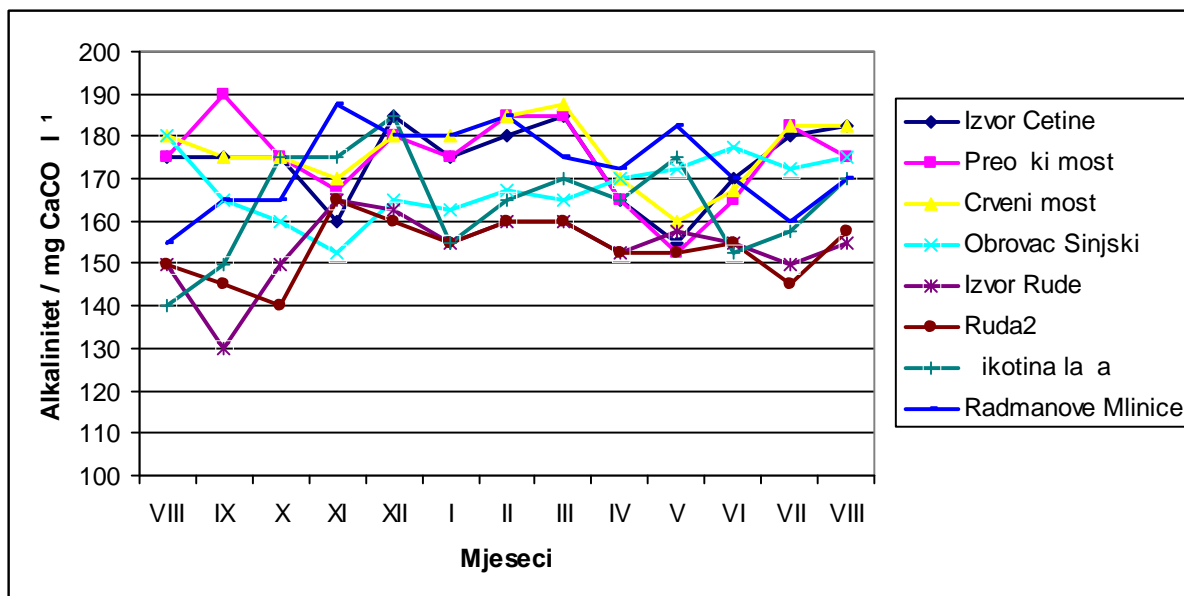
U gornjem toku rijeke Cetine najviša izmjerena vrijednost alkaliniteta bila je 190 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$  na postaji Preo ki most u rujnu 2004. godine. Najniža izmjerena vrijednost bila je na sve tri postaje tijekom svibnja 2005. godine u rasponu od 152.5 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$  do 160 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ .

Na postaji Obrovac Sinjski i minimalna i maksimalna vrijednost zabilježene su tijekom 2004. godine. Minimalna u studenom u vrijednosti od 152,5 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ , a maksimalna u kolovozu u iznosu od 180 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ .

Na donjem toku rijeke Cetine najniža vrijednost alkaliniteta zabilježena je u kolovozu 2004. godine u vrijednosti od 140 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$  na postaji ikotina la a, a najviša u studenom 2004. godine u vrijednosti od 187,5 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$  na postaji Radmanove Mlinice.

Na rijeci Rudi na postaji Izvor Rude zabilježen je najniži alkalinitet op enito. Izmjeren je u rujnu 2004. u vrijednosti od 130 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ . Maksimalna vrijednost izmjerena je tijekom studenog 2004. godine u vrijednosti od 165 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$  na obje postaje.

### 3. REZULTATI



**Slika 3.6.** Alkalinitet vode (mg CaCO<sub>3</sub>/l) izra unat za svaku istraživanu postaju duž toka rijeke Cetine i Rude tijekom 2004./2005.godine.

### 3.2. Longitudinalna rasprostranjenost vrste *Niphargus dalmatinus* u rijeci Cetini

Uzorci su prikupljeni na 8 različitih postaja, prilikom čega je obuhvaćen itav tok rijeke Cetine. Postaje Izvor Cetine, Preo ki most i Crveni most pripadaju gornjem toku rijeke Cetine. Obrovac Sinjski, te postaje na rijeci Rudi (Izvor Rude i Ruda 2) pripadaju srednjem toku rijeke Cetine, dok u donji tok rijeke Cetine ubrajamo postaje ikotina la a i Radmanove Mlinice. Sakupljene jedinice razvrstane su prema spolu i stadiju razvoja za svaku istraživanu postaju.

Tijekom provedenog istraživanja longitudinalne rasprostranjenosti istraživane vrste, najveći broj jedinki po m<sup>2</sup> je zabilježen u lipnju 2005. godine na postaji Preo ki most (402 jedinke / m<sup>2</sup>), što je vidljivo iz slike 3.8.

Gornji tok rijeke Cetine karakterizira veća brojnost jedinki u odnosu na ostale postaje na rijeci Cetini i pritoci Rudi. Najveća brojnost neovigernih ženki zabilježen je na postaji Preo ki most tijekom lipnja u iznosu od 114 jedinki / m<sup>2</sup>. Na postaji Crveni most je najveća brojnost neovigernih ženki tijekom studenog 2004. godine u iznosu od 34 jedinke / m<sup>2</sup> i svibnju 2005. godine u istom iznosu. Na ovim dvjema postajama također je zabilježena najveća brojnost adolescenata u travnju 2005. godine u iznosu od 100 jedinki / m<sup>2</sup> na postaji Preo ki most i 63 jedinki / m<sup>2</sup> na postaji Crveni most. Iz priložene slike jasno se može vidjeti veća brojnost

### 3. REZULTATI

ovigernih ženki na postajama gornjeg toka rijeke Cetine u odnosu na postaje donjeg toka. U ožujku 2005. godine na postaji Crveni most su zabilježene ovigerne ženke u iznosu od 30 jedinki / m<sup>2</sup>, a u travnju 2005. godine u iznosu od 21 jedinke / m<sup>2</sup>. Najveća brojnost mužjaka zabilježena je na postaji Crveni most u studenom 2004. godine u iznosu od 51 jedinke / m<sup>2</sup>. Ženke s ličinkama zabilježene su na sve tri postaje gornjeg toka rijeke Cetine tijekom ožujka, travnja i svibnja. Najveća brojnost ženki s ličinkama zabilježena je na postaji Crveni most u travnju 2005. godine u iznosu od 8 jedinki / m<sup>2</sup> (tablica 4).

U srednjem toku rijeke Cetine na postaji Obrovac Sinjski je zabilježena samo jedna jedinka, mužjak, u kolovozu 2005. godine (tablica 4).

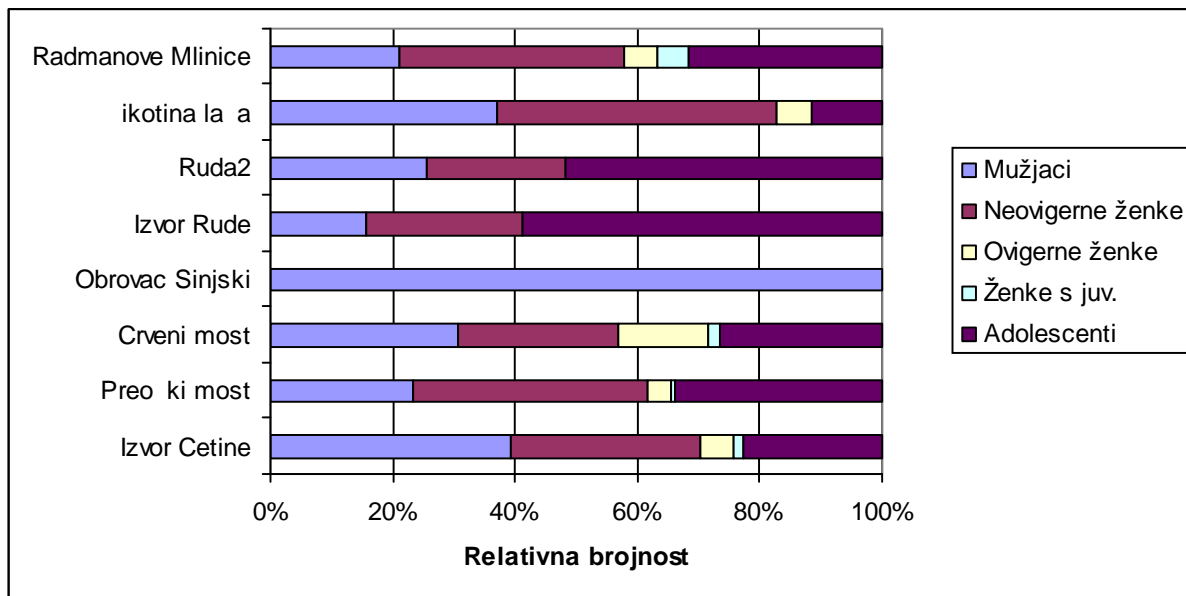
Postaje Ikotina lađa i Radmanove Mlinice imaju znatno manju brojnost jedinki u odnosu na brojnost jedinki na postajama gornjeg toka rijeke Cetine. Na obje postaje je zabilježena veća brojnost ženki u odnosu na brojnost mužjaka. Najveća brojnost neovigernih ženki zabilježena je na postaji Ikotina lađa u srpnju 2005. godine u iznosu od 12 jedinki / m<sup>2</sup>, a na postaji Radmanove Mlinice u svibnju 2005. godine u iznosu od 7 jedinki / m<sup>2</sup>. Najveća brojnost mužjaka je zabilježeno na postaji Ikotina lađa u srpnju 2005. u iznosu od 8 jedinki / m<sup>2</sup>. Za vrijeme studenog i prosinca 2004. godine, te siječnja, ožujka, travnja i lipnja 2005. godine na postaji Ikotina lađa nije zabilježena niti jedna jedinka ove vrste. Takvi rezultati su zabilježeni i na postaji Radmanove Mlinice tijekom listopada, studenog i prosinca 2004. godine, te siječnja, veljače i srpnja 2005. godine. Brojnost ovigernih ženki i ženki s ličinkama je u donjem toku rijeke Cetine jako mala. Na postaji Ikotina lađa je zabilježena jedna ovigerna ženka u srpnju 2005. godine, a na postaji Radmanove Mlinice je zabilježena jedna ovigerna ženka i jedna ženka s ličinkama u svibnju 2005. godine (tablica 4).

Rijeka Ruda ima zabilježenu znatno veću brojnost adolescenata u odnosu na odrasle jedinke. Na postaji Izvor Rude je u lipnju 2005. godine zabilježeno adolescenata u iznosu od 32 jedinke / m<sup>2</sup>, a na postaji Ruda 2 u iznosu od 28 jedinki / m<sup>2</sup> u rujnu 2004. godine. Najveća brojnost neovigernih ženki zabilježena je na postaji Ruda 2 u srpnju 2005. godine u iznosu od 10 jedinki / m<sup>2</sup>. Mužjaci, također, imaju najveću brojnost na postaji Ruda 2 u srpnju 2005. godine u iznosu od 14 jedinki / m<sup>2</sup>. Na rijeci Rudi nije zabilježena niti jedna ovigerna ženka niti ženka s ličinkama (tablica 4).

Udio mužjaka i neovigernih ženki na svim postajama je podjednak izuzev postaje Obrovac Sinjski na kojoj je zabilježena samo jedna jedinka. Ovigerne ženke su zabilježene na svim postajama, izuzev postaja na rijeci Rudi i postaji Obrovac Sinjski dok ženke s ličinkama su zabilježene samo na postajama gornjeg toka rijeke Cetine i postaji Radmanove Mlinice. Udio adolescenata na svim

### 3. REZULTATI

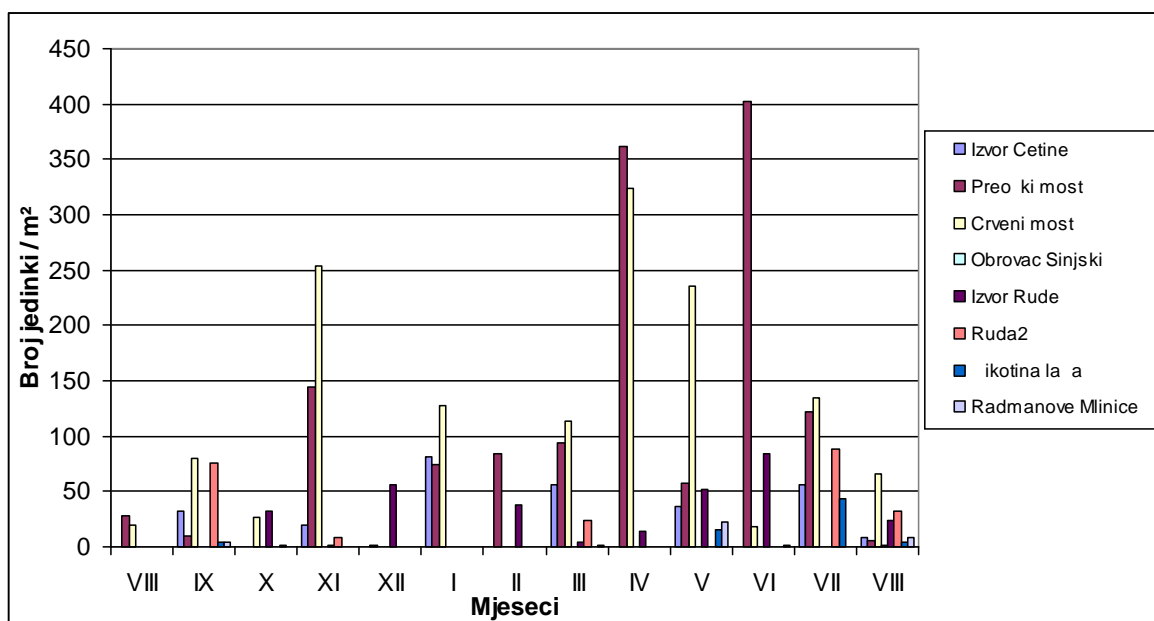
postajama je jako velik, ali ipak manji u odnosu na zbroj udjela mužjaka i neovigerne ženke (slika 3.7.).



**Slika 3.7.** Udio starosnih i razvojnih kategorija vrste *Niphargus dalmatinus* na istraživanim postajama rijeke Cetine i Rude tijekom 2004./2005. godine.

### 3.3. Gustoća populacija vrste *Niphargus dalmatinus* duž toka rijeke Cetine

Gustoća populacija vrste *Niphargus dalmatinus* dobivena je prilikom laboratorijske i ra unalne obrade prikupljenih uzoraka.



**Slika 3.8.** Gustoća populacija na istraživanim postajama tijekom 2004./2005. godine.



### 3. REZULTATI

Iz priložene slike jasno se može primijetiti razlika u gustoći i populaciji tijekom pojedinog mjeseca istraživanja. Tijekom 2005. godine gustoća i populacija je znatno veća u odnosu na 2004. godinu. U 2004. godini najveća gustoća i populacija zabilježena je tijekom studenog.

Na postajama gornjeg toka rijeke Cetine zabilježena je znatno veća brojnost jedinki u odnosu na postaje srednjeg i donjeg toka. Velika brojnost na tim postajama zabilježena je tijekom svih mjeseci istraživanja. Najmanje brojnost jedinki na području gornjeg toka rijeke Cetine zabilježena je u prosincu 2004. godine na postaji Preoki most u iznosu od 2 jedinke / m<sup>2</sup>. U studenom 2004. godine zabilježena je najveća brojnost jedinki tijekom te godine na postaji Crveni most u iznosu od 254 jedinke / m<sup>2</sup>. Tijekom 2005. godine najmanja zabilježena brojnost jedinki bila je na postaji Preoki most u kolovozu u iznosu od 6 jedinki / m<sup>2</sup>, a najveća u lipnju u iznosu od 402 jedinke / m<sup>2</sup>.

Postaja Obrovac Sinjski u srednjem toku rijeke Cetine bilježi malu gustoću i populaciju sa svega jednom jedinkom zabilježenom u kolovozu 2005. godine.

U donjem toku rijeke Cetine krajem 2004. godine i početkom 2005. godine nije zabilježena niti jedna jedinka. Najmanja brojnost zabilježena je na postaji Ikotina lađa u listopadu 2004. godine u iznosu od 2 jedinke / m<sup>2</sup>, a na postaji Radmanove Mlinice tijekom ožujka i lipnja 2005. godine u istom tom iznosu. Najveća brojnost jedinki zabilježena je na postaji Ikotina lađa u srpnju 2005. godine u iznosu od 44 jedinke / m<sup>2</sup>.

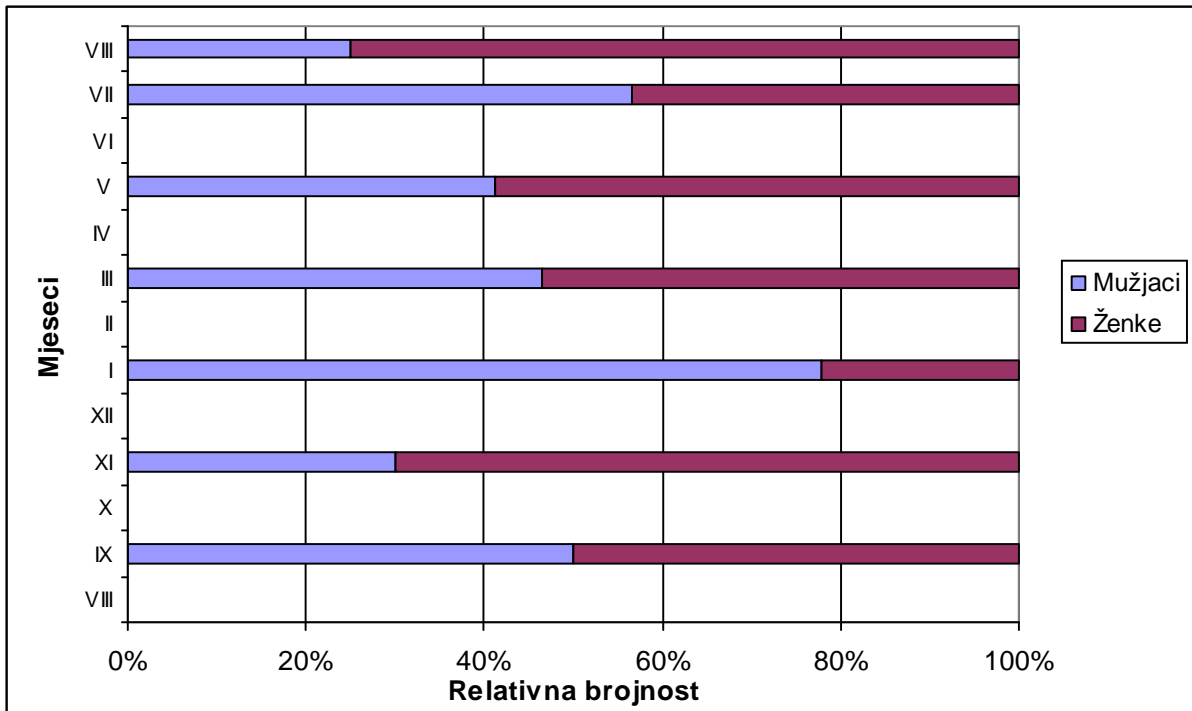
Izvor Rude i Ruda 2 imaju, kao i postaje gornjeg toka rijeke Cetine, veću gustoću i populaciju u odnosu na postaje srednjeg i donjeg toka. Najmanja brojnost jedinki zabilježena je u studenom 2004. godine na postaji Izvor Rude u iznosu od 2 jedinke / m<sup>2</sup>, a najveća u srpnju 2005. godine na postaji Ruda 2 u iznosu od 88 jedinki / m<sup>2</sup>.

#### **3.4. Dinamika i ciklus razmnožavanja vrste *Niphargus dalmatinus***

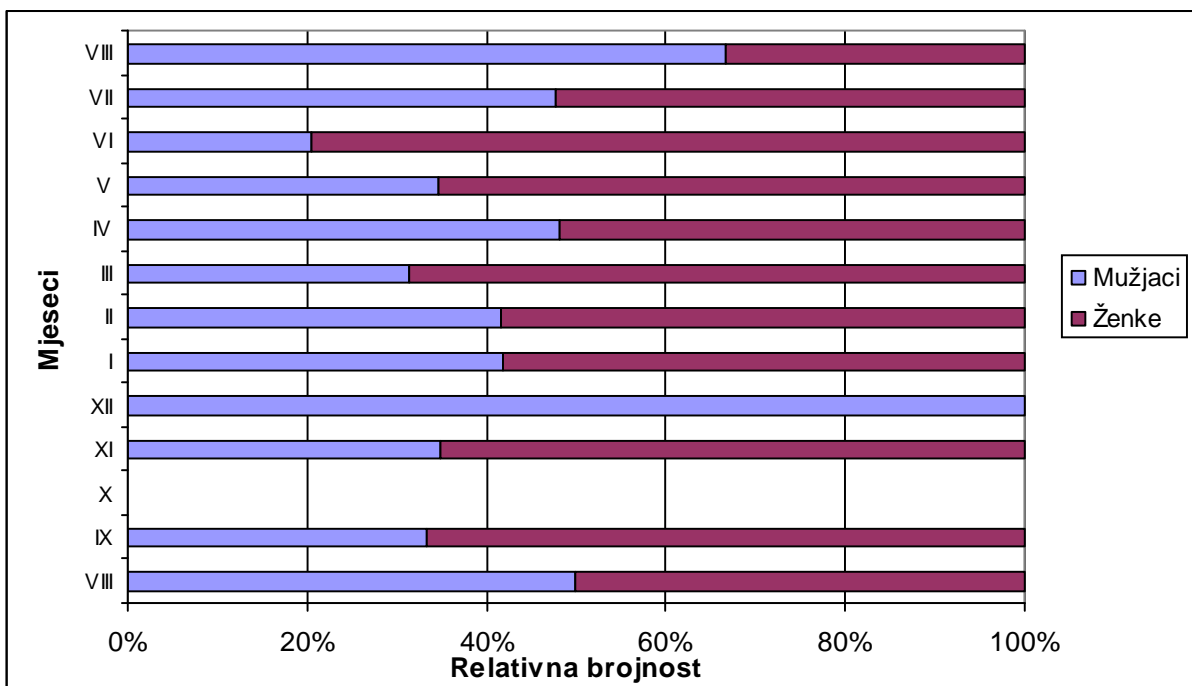
##### **3.4.1. Odnos spolova**

Na temelju usporedbe brojnosti mužjaka i ženki na svakoj istraživanoj postaji tijekom istraživanog razdoblja duž toka rijeke Cetine i Rude dobiven je uvid u odnos spolova.

### 3. REZULTATI

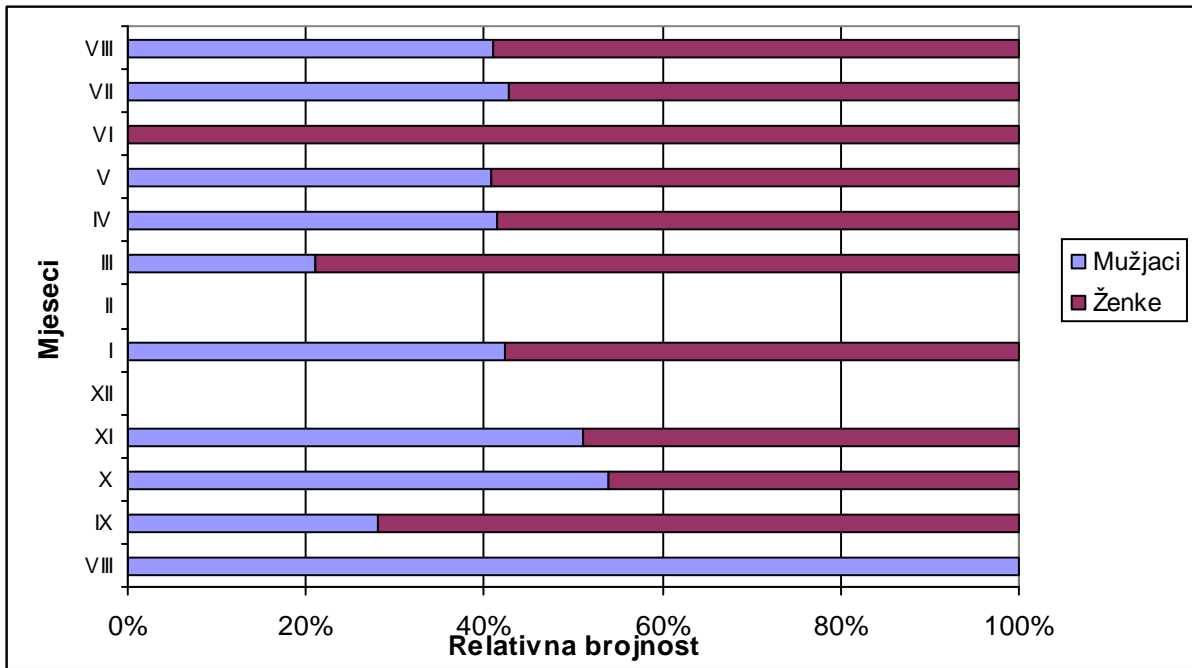


Slika 3.9. Odnos spolova vrste *Niphargus dalmatinus* na istraživanoj postaji Izvor Cetine tijekom 2004./2005. godine.

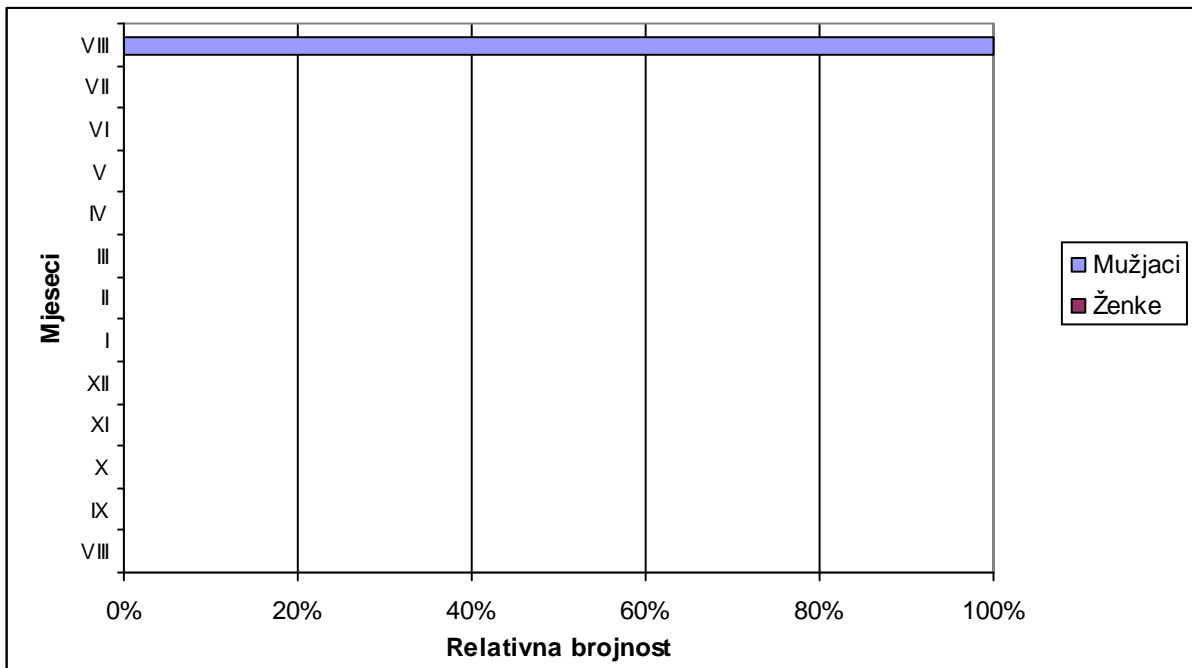


Slika 3.10. Odnos spolova vrste *Niphargus dalmatinus* na istraživanoj postaji Preo ki most tijekom 2004./2005. godine.

### 3. REZULTATI

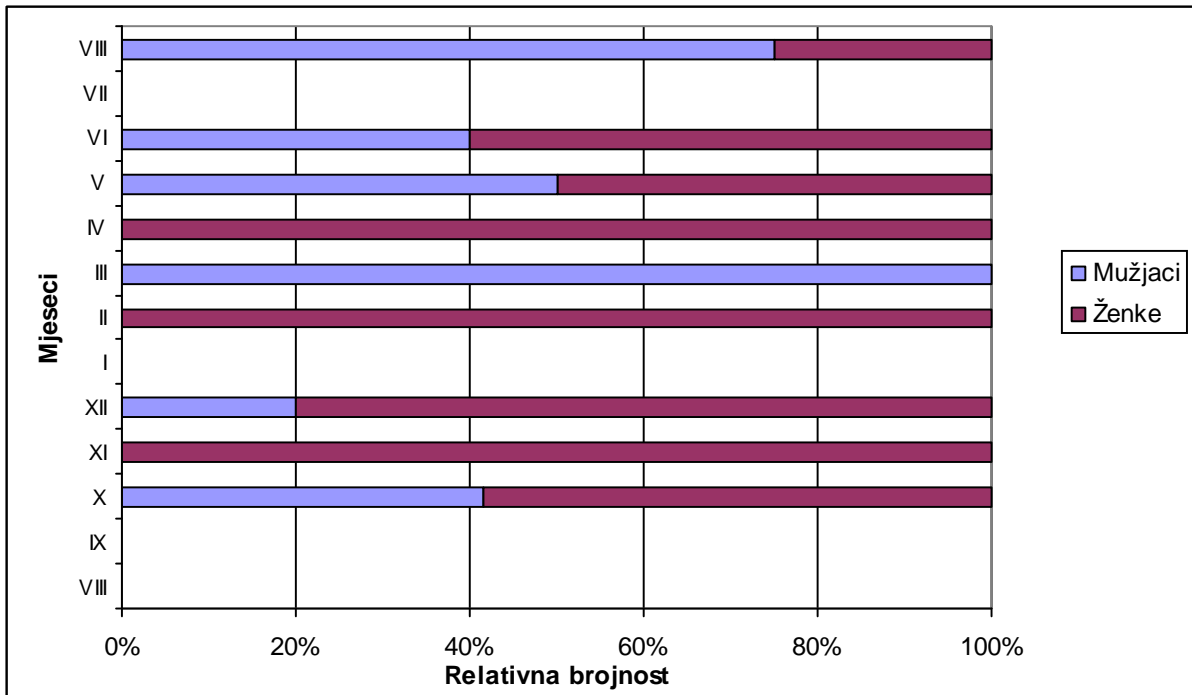


**Slika 3.11.** Odnos spolova vrste *Niphargus dalmatinus* na istraživanoj postaji Crveni most tijekom 2004./2005. godine.

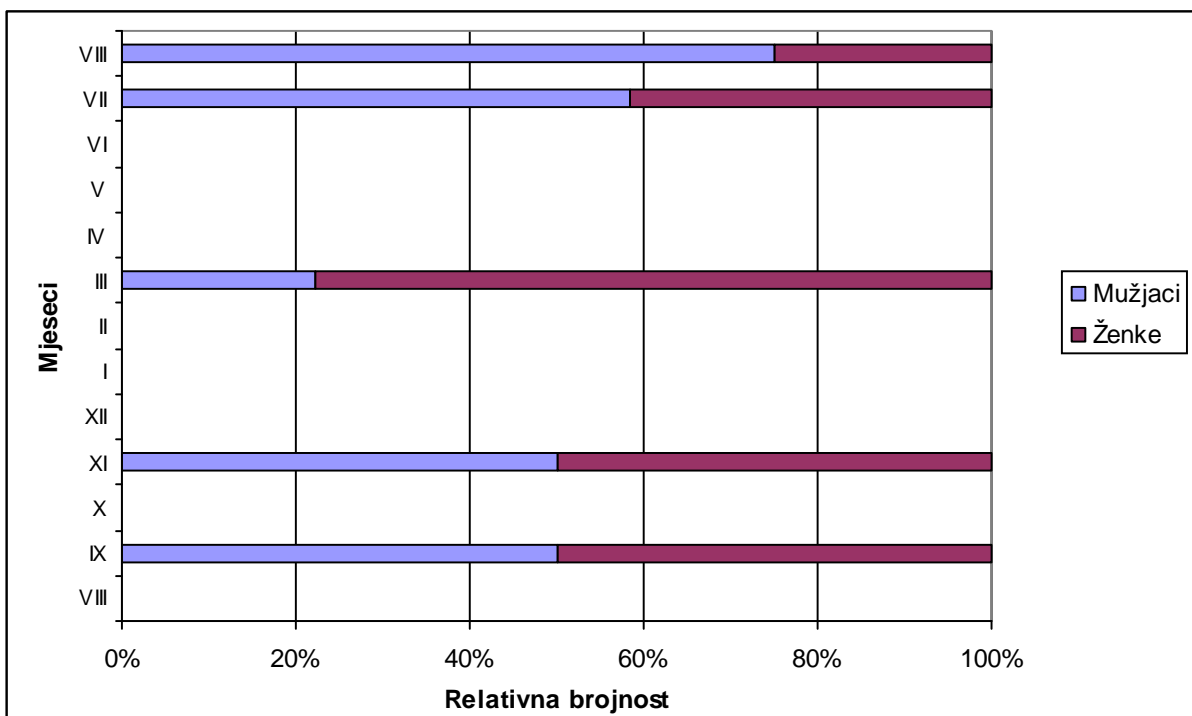


**Slika 3.12.** Odnos spolova vrste *Niphargus dalmatinus* na istraživanoj postaji Obrovac Sinjski tijekom 2004./2005. godine.

### 3. REZULTATI

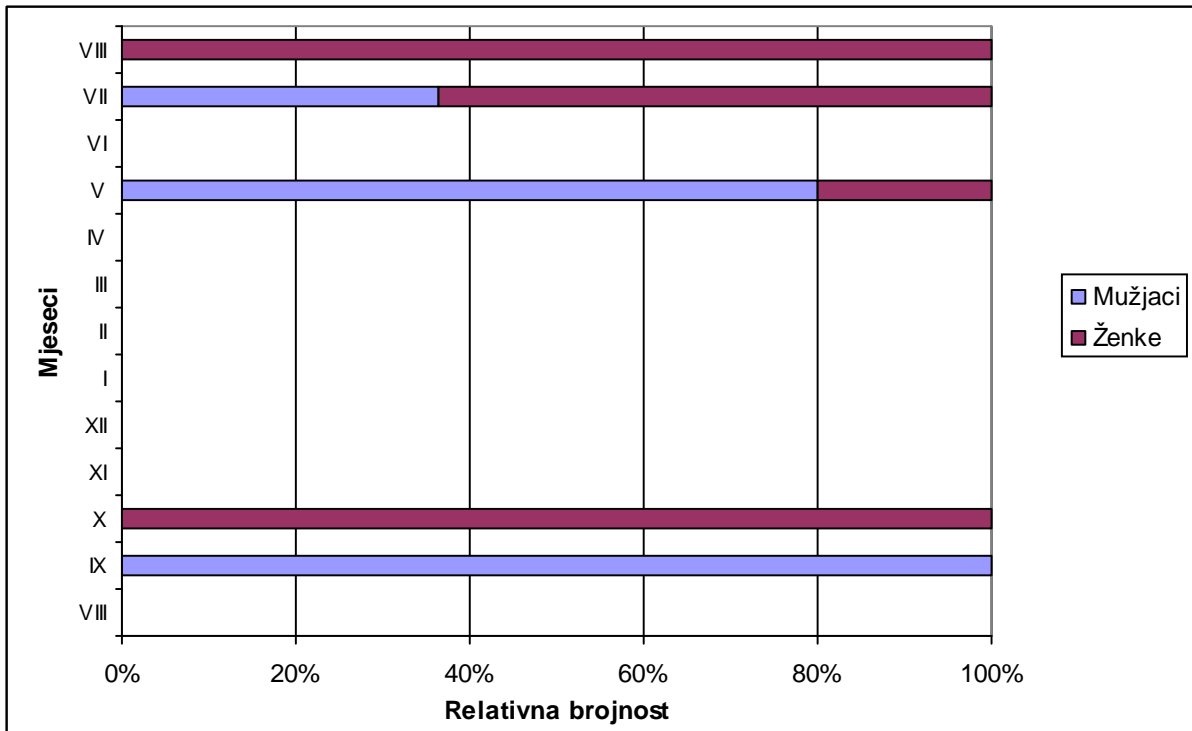


**Slika 3.13.** Odnos spolova vrste *Niphargus dalmatinus* na istraživanoj postaji Izvor Rude tijekom 2004./2005. godine.

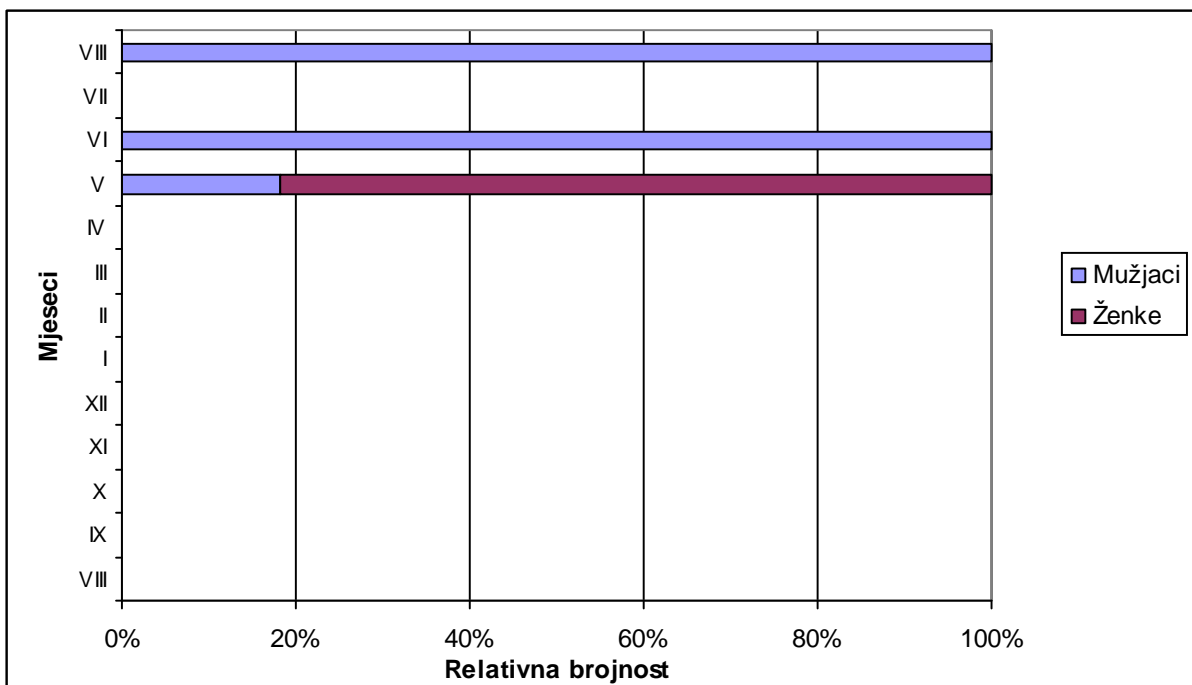


**Slika 3.14.** Odnos spolova vrste *Niphargus dalmatinus* na istraživanoj postaji Ruda 2 tijekom 2004./2005. godine.

### 3. REZULTATI



Slika 3.15. Odnos spolova vrste *Niphargus dalmatinus* na istraživanoj postaji Ikotina la a tijekom 2004./2005. godine.



Slika 3.16. Odnos spolova vrste *Niphargus dalmatinus* na istraživanoj postaji Radmanove Mlinice tijekom 2004./2005. godine.

### 3. REZULTATI

Na svakoj istraživanoj postaji je zabilježen ve i broj ženki od mužjaka. Na postaji Izvor Cetine od ženki najzastupljenije su neovigerne ženke (45 jedinki) zatim ovigerne ženke (8 jedinki) te ženke s li inkama (2 jedinke). Mužjaka ima sveukupno 57 jedinki, a najbrojniji su tijekom sije nja i ožujka 2005. godine. Na postaji Preo ki most su ženke znatno brojnije od mužjaka. Ova postaja, nakon postaje Crveni most, ima najviše ovigernih ženki (26 jedinki) i ženki s li inkama (4 jedinke). Mužjaci su bili najzastupljeniji tijekom travnja (39 jedinki) i lipnja (30 jedinki) 2005. godine. Postaja Crveni most ima nešto ve i broj mužjaka (214 jedinki) u odnosu na neovigerne ženke (185 jedinki). Najbrojniji su bili tijekom studenog 2004. godine i svibnja 2005. godine. Ova postaja ujedno ima i najviše ovigernih ženki, ukupno 103 jedinke. Obrovac Sinjski broji samo jednu jedinku, mužjaka, bez prisutnosti ženki. Postaje ikotina la a i Radmanove Mlinice, u odnosu na gornji tok, imaju malu brojnost mužjaka i ženki. U srpnju 2005. na postaji ikotina la a zabilježena je najve a brojnost mužjaka (8 jedinki) i neovigernih ženki (12 jedinki) u donjem toku rijeke Cetine. Dok na postaji ikotina la a nije zabilježena niti jedna ženka s li inkama, na postaji Radmanove Mlinice zabilježena je samo jedna ženka s li inkama tijekom svibnja 2005. godine. U rijeci Rudi, na postaji Izvor Rude ima više zabilježenih neovigernih ženki u odnosu na mužjake, dok je na postaji Ruda 2 odnos obrnut. U rijeci Rudi nije zabilježena niti jedna ovigerna ženka niti ženka s li inkama.

#### **3.4.2. Odnos fizikalno-kemijski parametara vode i pojavljivanja ovigernih ženki**

Na podru je gornjeg i donjeg toka rijeke Cetine su uglavnom zabilježene ovigerne ženke, osim na postajama Izvor Ruda, Ruda 2 i Obrovac Sinjski. Na postaji Izvor Cetine ovigerne ženke su utvr ene u listopadu 2004. godine (1 jedinka), u ožujku 2005. (5 jedinki) i svibnju 2005. godine (1 jedinka). Temperatura vode u razdoblju pojavljivanja ovigernih ženki je u rasponu od 8,5°C i 8,8°C, dok je koli ina otopljenog kisika u vodi iznosila od 11,2 mg/l do 11,6 mg/l.

Postaja Preo ki most sveukupno ima 26 ovigernih jedinki koje se javljaju tijekom studenog 2004. godine, te tijekom cijele 2005. godine, osim tijekom kolovoza. Najve a brojnost zabilježena je u travnju 2005. godine (7 jedinki), kada je temperatura vode iznosila 8,6°C, a koli ina otopljenog kisika 11,3 mg/l. Temperatura vode na ovoj postaji je bila u rasponu od

### 3. REZULTATI

7,5°C i 11,2°C, dok je količina otopljenog kisika u vodi bila u rasponu od 11,2 mg/l do 15,52 mg/l.

Postaja Crveni most ima daleko više ovigernih ženki u odnosu na ostale postaje. Temperatura vode je bila u rasponu od 8,2°C do 10,7°C, dok je količina otopljenog kisika u vodi bila u rasponu od 10,88 mg/l do 13,39 mg/l. Najviše ovigernih jedinki zabilježeno je tijekom ožujka 2005. godine (22 jedinke), kada je temperatura vode iznosila 9,6°C, a količina otopljenog kisika 12,16 mg/l. Najmanje ovigernih ženki zabilježeno je u ožujku 2005., travnju 2005., te kolovozu 2005. godine (1 jedinka).

Na postaji Ikotina la zabilježene su samo dvije ovigerne ženke i to u srpnju 2005. godine. Temperatura vode je tada iznosila 17,4°C (najviša izmjerena temperatura vode na svim istraživanim postajama), a količina otopljenog kisika u vodi je iznosila 9,69 mg/l.

Na postaji Radmanove Mlinice je u svibnju 2005. godine zabilježena prisutnost samo jedne ovigerne jedinke. Izmjerene temperatura vode iznosila je 15,9°C, a količina otopljenog kisika u vodi 10,21 mg/l.

### 4. RASPRAVA

Na temelju provedenih istraživanja i analize longitudinalne rasprostranjenosti istraživane vrste rakušca *Niphargus dalmatinus* duž toka rijeke Cetine, jasno se može zaključiti da brojnost jedinki značajno varira od postaje do postaje. U gornjem toku rijeke Cetine (Izvor Cetine, Preoki most, Crveni most, Obrovac Sinjski) je zabilježen znatno veći broj jedinki nego na postajama donjeg i srednjeg toka rijeke Cetine. Broj jedinki varira i u ovisnosti o vremenu istraživanja, pri čemu je najveći broj jedinki zabilježen tijekom proljetnih i ljetnih mjeseci. Prostorna dominacija jedinki istraživane vrste u gornjim dijelovima toka (Crveni most), a ne na samom izvoru Glavaš (glavni izvor Cetine) se temelji na činjenici da na nizvodno od izvora može postojati značajan dotok podzemne vode u vidu izvora u samom koritu rijeke, što daje određenu stabilnost u fizikalno-kemijskim parametrima. To je od osobitog značaja za predstavnike porodice Niphargidae koje naseljavaju nadzemne vodotoke, čak i kada su vrste uvrštene u nadzemne predstavnike, kao što je npr. slučaj s vrstom *Niphargus timavi* na području Slovenije (Fišer i sur. 2007).

Na temelju laboratorijskih istraživanja životnog ciklusa vrsta *Gammarus fossarum* i *G. roeseli* utvrđeno je da temperatura vode ima dominantan utjecaj na reprodukciju i rast jedinki (Pöckl i sur. 2003.). Prema tom saznanju pokušali smo uspostaviti i poveznicu između brojnosti jedinki istraživane vrste *Niphargus dalmatinus* i temperature vode. Jasno se vidi iz dobivenih rezultata da je temperatura vode na postajama gornjeg toka rijeke Cetine kroz sve mjesece nešto niža nego na postaji srednjeg i donjeg toka rijeke. Uspoređujući i temperaturne podatke s podacima o brojnosti jedinki vidljivo je (slika 3.7.) da je i brojnost jedinki veća u gornjem nego u donjem toku rijeke. Jasno se to može vidjeti na postajama Preoki most i Crveni most gdje temperatura vode nikad nije odstupala više od 0,5°C tijekom svakog mjeseca istraživanja, što ukazuje na činjenicu da na tim postajama razvoju vrste *Niphargus dalmatinus* najbolje pogoduje temperatura prosječne vrijednosti od 8,5°C. Specifično je da postaje donjeg toka ne bilježe prisutnost odraslih jedinki krajem zime kad je vrijednost temperature niža od 10°C, već samo prisutnost juvenilnih jedinki, dok su odrasle jedinke prisutne samo pri vrijednostima temperature većim od 10°C. Isto tako na postaji Obrovac Sinjski zabilježena je prisutnost samo jednog mužjaka također pri temperaturi višoj od 10°C. Na temelju ovih podataka može se zaključiti da je gustoća populacije u gornjem toku veća kada su vrijednosti temperature vode niže od 10°C, dok je u donjem toku gustoća veća kada su vrijednosti više od 10°C.



#### 4. RASPRAVA

Jedan od glavnih ciljeva ovog rada bio je ustanoviti razdoblje pojavljivanja ovigernih ženki, te da li postoji neka poveznica između temperature vode i njihovog pojavljivanja. U gornjem toku rijeke Cetine, posebno na postaji Crveni most, je zabilježena daleko veća brojnost ovigernih ženki nego na postajama donjeg toka (Ikotina i Radmanove Mlinice). Specifično je da na postajama Izvor Rude, Ruda 2 te Obrovac Sinjski nije zabilježena niti jedna ovigerna ženka. Razlog tome može stajati u činjenici da se populacija u razdoblju sakupljanja uzoraka na tim postajama nalazila u reproduktivnom mirovanju. Iz dobivenih podataka jasno se može vidjeti da se ovigerne ženke pojavljuju tijekom cijele godine, iako sa većom brojnošću u tijekom pojedinih mjeseci. Posebno je zanimljivo da imaju veću brojnost dva puta godišnje, tijekom studenog, te za vrijeme proljeća (ožujak, travanj i svibanj). To nam govori da je istraživana vrsta *Niphargus dalmatinus* u rijeci Cetini bivoltna vrsta, odnosno vrsta koja spolno aktivna ženka producira dva legla godišnje. Na temelju navedenih parametara vidljivo je da je povećana brojnost ovigernih ženki u gornjem toku rijeke pri prosječnoj temperaturi vode od 9°C. Postaje donjeg toka rijeke imaju zabilježeno svega dvije ovigerne ženke, i to na postaji Radmanove Mlinice tijekom svibnja, što je u suglasju s postajama gornjeg toka, dok su na postaji Ikotina i Radmanove Mlinice zabilježene u srpnju. Ovaj zadnji podatak govori nam da su se ovigerne ženke pojavile nešto kasnije u odnosu na prethodne podatke, što se može objasniti povišenom temperaturom (17,4°C), koja je pogodnija jedinkama donjeg toka. Jednako kao i promjena u gustoći populacije, tako i pojavljivanje ovigernih ženki je u uskoj vezi sa vrijednostima temperature vode i longitudinalnom rasprostranjenosti. Postaje gornjeg toka imaju gušću populaciju i veću brojnost ovigernih ženki pri temperaturi vode nižoj od 10°C, a donji tok pri temperaturi višoj od 10°C.

Zanimljiva je i činjenica da je u razdobljima pojavljivanja ovigernih ženki zabilježena povećana brojnost adolescenata. Ovaj podatak također može biti u prilog objašnjenju da je *Niphargus dalmatinus* bivoltna vrsta, jer povećana vrijednost adolescenata tijekom proljeća rezultira povećanom brojnošću u ovigernih ženki tijekom studenog. Kao što i povećan broj adolescenata tijekom studenog i početkom zime rezultira povećanim brojem ovigernih ženki tijekom proljeća. Što je vrlo slično s dinamikom razmnožavanja kod vrste *Niphargus aquilex* (Gledhill i Ladel 1969).

Do sada u literaturi nije zabilježen amplexus kod predstavnika porodice Niphargidae, kako niti prisutnost interseksa, što je kao pojava do sada zabilježena kod različitih vrsta porodice Gammaridae (Ladewig i sur. 2003, Kelly i sur. 2004). Na temelju provedene analize strukture spolova u vrste *Niphargus dalmatinus* nije zabilježena prisutnost jedinki s obilježjima

#### 4. RASPRAVA

interseksa, kao niti amplexus, kojeg je mogu e utvrditi u konzerviranom materijalu, pogotovo obzirom na broj mužjaka i ženki koji je ukupno prikupljen (1280 jedinki). Za pouzdanije rezultate o pojavi amplexusa potrebno je provesti laboratorijska istraživanja.

### 5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog diplomskog rada bio je istražiti ekologiju i reproduktivnu biologiju vrste *Niphargus dalmatinus* te vidjeti kakav utjecaj imaju abiotički čimbenici na pojavljivanje ovigernih ženki.

Na temelju dobivenih rezultata mogu se iznijeti sljedeći zaključci:

- Veća je gustoća populacija istraživane vrste na postajama gornjeg toka rijeke Cetine s prosječnom brojnošću u jedinki  $1025 \text{ jedinki/m}^2$  pri temperaturi nižoj od  $10^\circ\text{C}$ . Na postajama donjeg toka zabilježena je manja gustoća populacija, ali u odnosu na gornji tok, veći broj jedinki pojavljuje se pri temperaturi višoj od  $10^\circ\text{C}$ . Na temelju iznijetog može se zaključiti da temperatura vode ima bitan utjecaj na gustoću populacija.
- Ovigerne ženke su s većom brojnošću u zabilježene na postajama gornjeg toka, dok je na postajama donjeg toka rijeke Cetine njihova brojnost znatno manja. Zabilježene su tijekom cijele godine, ali s velikom brojnošću u tijekom studenog i proljetnih mjeseci (ožujka, travnja i svibnja). Iz toga se može zaključiti da se radi o bivoltnoj vrsti, odnosno vrsti čije spolno aktivne ženke produciraju dva legla godišnje. U prilog toj teoriji ide činjenica da je u navedenim razdobljima pojavljivanja ovigernih ženki zabilježena i povećana brojnost adolescenata. Na postajama srednjeg i donjeg toka te rijeke Rudi nije zabilježeno pojavljivanje ovigernih ženki, što se može objasniti mogućnošću da je u razdoblju sakupljanja uzoraka populacije bila u fazi reproduktivnog mirovanja.
- Generalno gledajući brojnost ženki je veća na svim postajama u odnosu na brojnost mužjaka. Od ženki najzastupljenije su bile neovigerne ženke, zatim ovigerne ženke te ženke s ličinkama. Mužjaci i neovigerne ženke pojavljuju se tijekom cijele godine, ali sa povećanom brojnošću u studenom, travnju, svibnju i srpnju.
- Promjena u gustoći populacija te pojavljivanje ovigernih ženki u uskoj su vezi s vrijednostima temperature vode i longitudinalnom rasprostranjenosti. Na postajama gornjeg toka rijeke Cetine (Izvor Cetine, Preoki most i Crveni most) zabilježen je puno veći broj ovigernih ženki i veća gustoća populacija pri temperaturi nižoj od  $10^\circ\text{C}$ , dok je na postajama donjeg toka povećana brojnost i pojavljivanje ovigernih ženki zabilježeno pri temperaturi višoj od  $10^\circ\text{C}$ .
- Jedinke s obilježjima interseksa nisu zabilježene u uzorcima ovog istraživanja, kao niti jedinke u amplexusu.

## 6. LITERATURA

### 6. LITERATURA

CRA/PPA 2000. Rije ni sliv i pripadaju e obalno podru je rijeke Cetine: Ekološki i socio-ekonomski profil. Centar za regionalne aktivnosti Programa prioriternih akcija, Split, str. 1-165.

Fišer, C., Sket, B., Stoch, F. 2006a. Distribution of four narrowly endemic *Niphargus* species (Crustacea; Amphipoda) in the western Dinaric region with description of a new species. *Zoologischer Anzeiger* 245: 77-94.

Fišer, C., Trontelj, P., Sket, B. 2006b. Phylogenetic analysis of the *Niphargus orcinus* species-aggregate (Crustacea: Amphipoda: Niphargidae) with description of new taxa. *Journal of Natural History* 40 (41-43): 2265-2315.

Ginet, R. (1996) Bilan systématique du genre *Niphargus* en France. Crustacés Amphipodes Gammaridea Niphargidae. Société Linnéenne de Lyon, Hydrobiologie et Écologie souterraines, Lyon, str. 1-242.

Gledhill, T., Ladel, M. 1969. Observations on the life-history of the subterranean amphipod *Niphargus aquilex aquilex* Schiödte. *Crustaceana* 16 (1): 51-56.

Karaman, G. S. 1973. 46. Contribution to the Knowledge of the Amphipoda. Two subterranean *Niphargus* species from Yugoslavia, *N. stankoi*, n. sp. and *N. ilidzensis* Schäferna (fam. Gammaridae). *Glasnik Republi kog Zavoda za zaštitu prirode* 6: 35-57.

Karaman, G. S. 1974. *Catalogus Faunae Jugoslaviae* III/3, Crustacea, Amphipoda. *Academia Scientiarum et artium slovenica*, Ljubljana, str. 1-42.

Karaman, G. S., Ruffo, S. 1986. Amphipoda: *Niphargus*-group (Niphargidae sensu Bousfield, 1982). U: Botosaneane, L. (ur.) *Stygofauna mundi. A faunistic, Distributional, and Ecological Synthesis of the World Fauna inhabiting Subterranean Waters (including the Marine Interstitial)*. E. J. Brill / Dr. W. Backhuys, Leiden, str. 514-517.

Kelly, A., Hatcher, M. J., Dunn, A. M. 2004. Intersexuality in the amphipod *Gammarus duebeni* results from incomplete feminisation by the vertically transmitted parasitic sex ratio distorter *Nosema granulosis*. *Evolutionary Ecology* 18: 121-132.

Ladewig, V., Jungmann, D., Koehler, A., Schirling, M., Triebkorn, B., Nagel, R. 2003. Intersexuality in *Gammarus fossarum* Koch, 1835 (Amphipoda). *Crustaceana* 75 (11): 1289-

## 6. LITERATURA

1299.

Martin, J. W., Davis, G. E. 2001. An Update Classification of the Recent Crustacea. Natural History Museum of Los Angeles County, Science series 39, str. 1-124.

Pöckle, M., Webb, W. B., Sutcliffe, W. D. 2003. Life history and reproductive capacity of *Gammarus fossarum* and *Gammarus roeseli* (Crustacea: Amphipoda) under naturally fluctuating water temperatures: a simulation study, *Freshwater Biology* (48): 53-66.

Popija, A. (2007) Raznolikost i ekologija obal ara (Insecta: Plecoptera) na području Nacionalnog parka Plitvička jezera i rijeke Cetine. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, str. 1-174.

Sket, B. 1981: Razširjenost, ekološki značaj in pomen Panonske slepe postranice *Niphargus valachicus* (Amphipoda, Gammaridae S. L.). *Biološki vestnik* 29 (1): 87-103.

Sket, B. 1999. High biodiversity in hypogean waters and its endangerment – the situation in Slovenia, the Dinaric karst, and Europe. *Crustaceana* 72: 767–779.

Trontelj, P., Douady, C. J., Fišer, C., Gibert, J., Gorički, Š., Lefèburne, T., Sket, B., Zakšek, V. 2007. A molecular test for cryptic diversity in ground water: how large are the ranges of macro-stygobionts? *Freshwater Biology*, doi:10.1111/j.1365-2427.2007.01877.x

Väinölä, R., Witt, J. D. S., Grabowski, M., Bradbury, J. H., Jazdzewski, K., Sket, B. 2008. Global diversity of amphipods (Amphipoda; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 241-255.

## 7. PRILOZI

## 7. PRILOZI

Tablica 4. Gusto a- br. jedinki / m<sup>2</sup> starosnih i razvojnih kategorija vrste *Niphargus dalmatinus* na istraživanim postajama tijekom 2004. i 2005. godine. \*- uzorci nisu analizirani.

		VIII. 04.	IX. 04.	X. 04.	XI. 04.	XII. 04.	I. 05.	II 05.	III 05.	IV. 05.	V. 05.	VI. 05.	VII. 05.	VIII. 05.
IZVOR CETINE	mužjaci	0	12	0	6	0	26	0	26	0	14	0	28	2
	neovigerne ženke	0	12	0	12	0	8	0	16	0	18	0	10	4
	ovigerne ženke	0	0	0	2	0	0	0	10	0	2	0	0	2
	ženke s juvenilcima	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
	adolescenti	0	8	0	0	0	46	0	0	0	2	0	10	0
	juvenilne jedinke	0	0	0	0	0	28	0	0	0	*	0	2	0
	ukupno	0	32	0	20	0	108	0	56	0	36	0	50	8
PREO KI MOST	mužjaci	6	2	0	32	2	26	30	22	78	18	60	42	4
	neovigerne ženke	6	4	0	154	0	28	32	40	66	28	228	42	2
	ovigerne ženke	0	0	0	6	0	8	6	4	14	6	4	4	0
	ženke s juvenilcima	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0
	adolescenti	16	4	0	52	0	12	12	24	200	3	110	34	0
	juvenilne jedinke	*	0	0	*	0	0	0	0	86	0	*	*	0
	ukupno	28	10	0	244	2	74	80	94	448	55	402	122	6
CRVENI MOST	mužjaci	16	18	14	102	0	22	0	22	82	80	0	54	34
	neovigerne ženke	0	40	12	68	0	24	0	18	56	68	4	56	24
	ovigerne ženke	0	6	0	30	0	6	0	60	44	42	0	16	2
	ženke s juvenilcima	0	0	0	0	0	0	0	4	16	6	0	0	0
	adolescenti	4	16	0	54	0	*	0	*	126	40	14	8	22
	juvenilne jedinke	2	*	0	42	0	*	0	*	728	0	16	*	34
	ukupno	22	80	26	296	0	52	0	104	1052	236	34	134	116
OBROVAC SINJSKI	mužjaci	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	neovigerne ženke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ovigerne ženke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ženke s juvenilcima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	adolescenti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	juvenilne jedinke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ukupno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
IZVOR RUDE	mužjaci	0	0	10	0	4	0	0	4	0	16	8	0	6
	neovigerne ženke	0	0	14	6	12	0	12	0	4	16	12	0	2
	ovigerne ženke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ženke s juvenilcima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	adolescenti	0	0	8	0	36	0	26	0	10	20	64	0	16
	juvenilne jedinke	0	0	*	0	8	*	8	*	2	0	*	0	*
	Ukupno	0	0	32	6	60	0	46	4	16	52	88	0	24
RUDA 2	mužjaci	0	10	0	4	0	0	0	4	0	0	0	28	12
	neovigerne ženke	0	10	0	4	0	0	0	14	0	0	0	20	4
	ovigerne ženke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ženke s juvenilcima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	adolescenti	0	56	0	0	0	0	0	6	0	0	0	40	16
	juvenilne jedinke	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*
	Ukupno	0	76	0	8	0	0	0	24	0	0	0	88	32
IKOTINA LA A	mužjaci	0	2	0	0	0	0	0	0	0	8	0	16	0
	neovigerne ženke	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	24	4
	ovigerne ženke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
	ženke s juvenilcima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	adolescenti	0	2	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
	juvenilne jedinke	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	ukupno	0	4	8	0	0	0	0	0	0	16	0	44	6
RADMANOVE MLINICE	mužjaci	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	2
	neovigerne ženke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0
	ovigerne ženke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
	ženke s juvenilcima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
	adolescenti	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	0	0	6
	juvenilne jedinke	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
	ukupno	0	0	0	0	0	0	0	4	8	22	2	0	8

## 7. PRILOZI

---