Utjecaj temperature na rast i razmnožavanje vrste Gammarus balcanicus Schaferna, 1922 (Crustacea, Amphipoda) u rijeci Cetini

Banjeglav, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2014

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:997903

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

SVEUČILŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

IVANA BANJEGLAV

Utjecaj temperature na rast i razmnožavanje vrste *Gammarus balcanicus* Schaferna, 1922 (Crustacea, Amphipoda) u rijeci Cetini

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2014.

Ovaj rad, izrađen na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Sanje Gottstein, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja profesor biologije i kemije.

ZAHVALA

Ovim putem htjela bih zahvaliti mentorici izv. prof. dr. sc. Sanji Gottstein na ukazanom povjerenju, pruženoj pomoći i vrijednim stručnim savjetima tijekom izrade rada i statističke obrade podataka.

Zahvaljujem se i asistentu dr. sc. Krešimiru Žganecu koji mi je svojim stručnim savjetima i iskustvom uvelike olakšao obradu prikupljenih uzoraka.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek Diplomski rad

Utjecaj temperature na rast i razmnožavanje vrste *Gammarus balcanicus* Schaferna, 1922 (Crustacea, Amphipoda) u rijeci Cetini

Ivana Banjeglav

Rooseveltov trg 6, Zagreb

Dinamika populacija i zakonitosti reprodukcije vrste *Gammarus balcanicus* istraživana je od kolovoza 2004 do rujna 2005 na dva istraživana lokaliteta u gornjem i donjem toku rijeke Cetine koji su pod utjecajem različitih temperatura. Najveća gustoća populacija utvrđena je u fitalu eukrenala rijeke Cetine s temperaturom vode ispod 10°C. Dobiveni rezultati ukazuju na snažnu povezanost između mikrostaništa i gustoće populacija, kao i između gustoće ovigernih ženki i temperature vode. Ovigerne ženke utvrđene su tijekom cijele godine i u gornjem i u donjem dijelu toka rijeke Cetine, s najvećom gustoćom tijekom ljeta (kolovoz) u gornjem dijelu toka a tijekom zime (veljača) u donjem dijelu toka rijeke. Populacije istraživane u ovom radu ukazuju da imaju multivoltini ciklus, s optimumom reproduktivnih uvjeta i najvećim brojem ovigernih ženki u fitalu eukrenala gornjeg dijela toka rijeke. Vrsta je prisutna s najmanjom gustoćom populacije u donjem dijelu toka rijeke koja je s najvećim oscilacijama temperature vode usijed utjecaja brana. Terenska istraživanja ukazuju da temperatura od 20°C i više u donjem dijelu toka rijeke ima negativan učinak na razmnožavanje i rast istraživane vrste.

(54 stranice, 25 slika, 2 tablice, 39 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: dinamika populacija, ontogenetska struktura, odnos spolova, temperatura

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

Ocjenitelji: Izv. prof. dr. sc. Sanja Gottstein
Izv. prof. dr. sc. Ines Radanović
Doc. dr. sc. Vesna Petrović Peroković
Zamjena: Prof. dr. sc. Zora Popović

Rad prihvaćen: 10. listopada 2014.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

Effects of temperature on growth and reproduction of *Gammarus balcanicus* Schaferna, 1922 (Crustacea, Amphipoda) in the Cetina River

Ivana Banjeglav

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb

The reproductive traits of *Gammarus balcanicus* were examined from August 2004 to September 2005 at two study sites located in the upper and lower reaches of the Cetina River influenced by different water temperature. The highest population density of the species was recorded in fital of the eucrenal zone of the Cetina River, with the water temperature below 10°C. The obtained results pointed out a strong relationship between longitudinal microhabitat distribution and population density, as well as density of ovigerous females and water temperature. The ovigerous females were recorded year-round in the upper and lower reaches of the Cetina River, with the high density during the summer (August) and winter (February) in the upper and lower reaches of the River, respectivelly. The populations studied in this work appears to be multivoltine with the optimal reproductive conditions and highest number of ovigerous female in fital of the eucrenal zone in the upper reaches of the River. The species was represented with the low population density at the lower reaches of the River with high oscilations of water temperature as a consequence of dam influences. Field observations showed that a temperature of 20°C or higher at the lower reaches of the River has a negativ effect on reproduction and growth of the species.

(54 pages, 25 figures, 2 tables, 39 references, original in: Croatian language)

Key words: population dynamic, ontogeny structure, sex-ratio, temperature

Supervisor: Dr.sc. Sanja Gottstein, Assoc. Prof.

Reviewers: Dr.sc. Sanja Gottstein, Assoc. Prof.

Dr.sc. Ines Radanović, Assoc. Prof.

Dr.sc. Vesna Petrović Peroković, Assist. Prof.

Replacement: Dr. sc. Zora Popović, Full. Prof.

Thesis accepted: 10th October 2014

SADRŽAJ

1. Uvod **1**

1.1. Opće značajke rakušca iz porodice Gammaridae (red Amphipoda) 1

1.2. Spolni sustav i razmnožavanje rakušaca 3

1.3. Životni ciklus rakušaca 5

1.4. Utjecaj okolišnih čimbenika na rasprostranjenost rakušaca 7

1.5. Krenal vs. rhitral 8

1.6. Ugroženost riječnih sustava 11

1.7. Biologija vrste *Gammarus balcanicus* Schaferna, 1922 14

1.8. Ciljevi istraživanja 16

2. Područje istraživanja **17**

3. Materijali i metode **22**

3.1. Terenska istraživanja 22

3.2. Laboratorijska istraživanja 25

3.3. Obrada i analiza podataka 26

4. Rezultati **27**

4.1. Fizikalno-kemijski parametri vode 27

4.1.1. Temperatura vode 27

4.1.2. Koncentracija otopljenog kisika 28

4.1.3. Zasićenje vode kisikom 28

4.1.4. pH 29

4.1.5. Električna provodnost 30

4.1.6 Alkalinitet 31

4.2. Ontogenetska i spolna struktura populacija na različitim mikrostaništima 33

4.2.1. Brojnost jedinki na mikrostaništima izvora Cetine 33

4.2.2. Brojnost jedinki na mikrostaništima postaje Čikotina Lađa 35

4.2.3. Relativna zastupljenost jedinki na različitim mikrostaništima 38

4.3. Odnos spolova 40

4.4. Veličinska struktura rakušaca 41

5. Rasprava 44

6. Zaključci 48

7. Literatura 50

ŽIVOTOPIS 54

1.UVOD

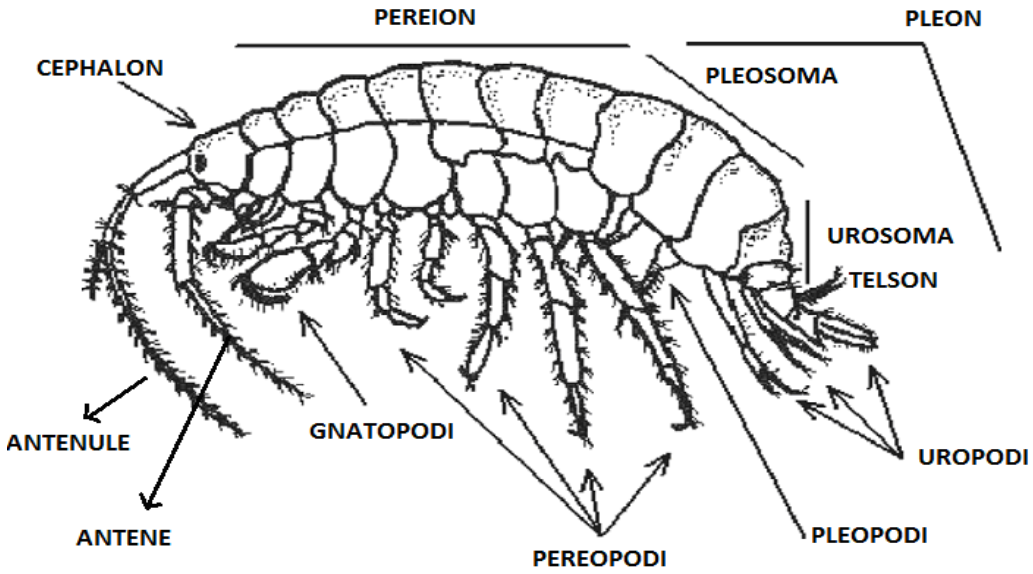
1.1. Opće značajke rakušaca iz porodice Gammaridae (red Amphipoda)

Amphipoda predstavljaju red rakova usko srodnog s redom Isopoda. Jako su raznolika skupina beskralježnjaka. Opisano ih je oko 7 900 vrsta u svijetu, a većina pripada morskim rakovima. Unutar podreda Gammaridea, koji su iznimno heterogena skupina, je najveća većina porodica rakušaca, ukupno njih 67 (Martin i Davis 2001). Zbog njihove raznolikosti ih nazivaju "morski kukci". Ime su dobili po različitim vrstama nogu koje posjeduju, a nalaze se na završetcima tijela. Slatkovodnih rakušaca opisano je oko 1800 vrsta, a gotovo polovica pripada najvećoj porodici Gammaridae (Glazier 2009). Raznolikost vrsta je najveća u tekućicama (Vainola i sur. 2008 cit. iz Ban 2012). Limitirajući faktori kod distribucije rakušaca podreda Gammaridea su otopljeni kisik, nitriti i reaktivni fosfor (Pavlescu i sur. 2010 cit. iz Ban 2012).

Porodica Gammaridae je rasprostranjena u slatkim vodama srednje i sjeveroistočne Europe, Male Azije te bivšeg SSSR-a. Nastanjuje čiste kontinentalne planinske i subplaninske površinske vode (rijeke, potoke, izvore i jezera) s brzim strujanjem i dovoljno kisika, na nadmorskoj visini između 600 i 1000 m (Micherdziński 1959; Jażdżewski 1975; Karaman 1977 cit. iz Zieliński 1995).

Tijelo rakušca iz porodice Gammaridae je bočno spljošteno, građeno je od 20 kolutića smještenih između akrona i telzona te je prekrivano hitin-proteinskom kutikulom (Matoničkin i sur. 1999). Dužina tijela odrasle jedinke iznosi 4-20 mm, a u ekstremnim uvjetima može varirati i iznositi 2-90 mm. Smatra se da je ključni čimbenik koji određuje duljinu tijela odrasle jedinke količina otopljenog kiska u vodi (Glazier 2009). Tijelo im je podijeljeno na glavu (cephalon), prsa (pereion) i zadak (pleon), koji je podijeljen na pleosomu i urosomu (Slika 1). Na glavi se nalaze dva para ticala: na 2. kolutiću (antenule) i na 3. kolutiću (antene). Ticala su obično duža kod mužjaka. Sa svake strane glave nalazi se po jedno složeno oko, a s donje strane nalaze se usni organi. Na 4. kolutiću glave nalazi se gornja čeljust (maxilla), a na 5. i 6. kolutiću dva para donjih čeljusti. Na 1. prsnom kolutiću nalazi se par čeljusnih nožica (maxilipedi) (Matonički i sur. 1999), koje služe za struganje obraštaja (biofilma) ili pridržavanje hrane, dok čeljusti služe za pridržavanje i žvakanje hrane (Glazier 2009). Budući da su rakušci usitnjivači krupnog organskog

detritusa, usni organi su im jako hitinizirani i čvrsti. Na sljedećih sedam prsnih kolutića rakušci imaju sjedeće noge, od kojih su prva četiri para okrenuta prema naprijed, a zadnja tri para prema natrag. Od 1. do 3. kolutića zatka smještena su tri para uočljivih pleopoda. Preobraženi su u noge za plivanje. Na urosomi tj. 4. do 6. kolutiću zatka, smještene su noge za skakutanje tj. uropodi (Karaman 1993). Predstavnici porodice Gammaridae zbog njihove motorike nalik brzoj jurnjavi, koriste noge za odgurivanje od različitih predmeta i plivanje postrance, pa ih ponekad nazivaju "scuds" ili "sideswimmers" (Glazier 2009). Na završetku tijela nalazi se telson koji završava jako reduciranom vilicom (Matoničkin i sur. 1999).



Slika 1. Građa tijela predstavnika porodice Gammaridae (preuzeto iz Glazier 2009 i izmijenjeno).

1.2. Spolni sustav i razmnožavanje rakušaca

Rakovi su razdvojena spola. Slatkovodni rakušci iz porodice Gammaridae obično su razdvojenog spola, pri čemu su mužjaci veći od ženki. Kao i kod drugih rakova uočljiva je razlika u građi spolnog sustava mužjaka i ženke (Glazier 2009). Gonade su parni cjevasti organi položeni neposredno iznad i ispod crijeva u blizini srca u pereionu (2.-7. kolutić) (Cussans 1904; LeRoux 1933; Clemens 1950; Schmitz 1967 cit. iz Sutcliffe 1992). Gonade i jajašca često su jarko obojeni zbog karotenoidnih pigmenata koje posjeduju (Sutcliffe 1992).

Sjemenici (**testisi**) su smješteni u pereionu (6. kolutić). Svaki sjemenik se proširuje u sjemeni mjehurić (**vesicula seminalis)** koji se proširuje u male kanale sjemenovoda (vas **deferens)**, a obloženi su endotelnim stanicama. Te stanice izlučuju viskoznu tvar koja se izbacuje sa spermijima tijekom kopulacije u dvije genitalne papile koje su smještene na trbušnoj strani 7. kolutića pereiona.

Jajnici (**ovaria)** variraju u duljini, ovisno o stanju i sazrijevanju. Uski jajovodi (oviductus) smješteni su u pereionu (5. kolutić). Predstavljaju zavojnicu oko srednjeg crijeva i cerka, te se otvaraju na trbušnoj strani na bazi 5. para pleopoda. Unutar svakog jajnika samo jedna nit velikih jajnih stanica (oocita) razvija se iz sloja duguljastih stanica o**gonia**. Promjer jajnih stanica nekoliko je puta veći od jajovoda. Odmah nakon presvlačenja dolazi do istezanja zida jajovoda, koji je fleksibilan, kako bi omogućilo izbacivanje jaja u ležni prostor (**marsupium**). Pomoću ove anatomske činjenice može se utvrditi vrlo precizno trenutak ovulacije i vrijeme kada može doći do oplodnje. U rakušaca primarni folikuli stanica jajnika luče "stalni hormon jajnika". Hormon kontrolira razvoj oosteogita koji tvore ležni prostor. Oosteogiti su stalno sekundarno spolno obilježje ženki. Privremeni hormon jajnika koji vjerojatno izlučuju sekundarne folikularne stanice, kontrolira razvoj privremenih spolnih obilježja kao što su duge ovigerne sete na oosteogitima (Fingerman 1987 cit. iz Sutcliffe 1992).

U urinu ženki nalaze se kemijski spojevi (feromoni) koji ih čine privlačnima za mužjake, a pretpostavlja se da je to hormon presvlačenja, ekdison (Hammoud i dr. 1975; Ducruet 1982 cit. iz Sutcliffe 1992), ili neka druga tvar koja se proizvodi u isto vrijeme. Nakon presvlačenja dolazi do sekundarne vitelogeneze tijekom koje ženke akumuliraju rezervne materijale (proteine, ugljikohidrate i masti) u razvojnu jajnu stanicu, te se ženka sprema za parenje. Feromoni se otpuštaju u ženkinu vanjsku kutikulu i mužjaci počinju s udvaranjem. Feromone detektiraju kemijski receptori koji se nalaze na drugom paru antena mužjaka. Stimulacija mužjaka

ekdisonom (krustekdisonom) vjerojatno se razvila zato što hormon kontrolira predstojeće presvlačenje ženke, a to je jedino vrijeme kada jajašca mogu proći kroz jajavod te potom može doći do vanjske oplodnje (Sutcliffe 1992).

Nakon što je ženka spremna za parenje, mužjaci se proširenim pereiopodima (gnathopodi) s panđicama uhvate za ženku iza glave tvoreći tzv. **amplexus** te započinje **perikopulatorno čuvanje** (Slika 2). Mužjak ženku tijekom tog vremena nosi s trbušne strane, dok ženka ne pohrani svoja oplođena jajašca u ležni prostor. Ovaj period perikopulatornog čuvanja traje 2-15 dana, ovisno o vrsti i temperaturi vode (Glazier 2009). Predkopulatorni ampleksus završava nakon što se ženka presvuče, pri čemu je mužjak okrene prema sebi te držeći ju položi spermu po ventralnoj strani tijela (Ward 1985 cit. iz Sutcliffe 1992). Nakon parenja, mužjak-čuvar napušta ženku. Ona kratko vrijeme ostaje seksualno atraktivna, i tijekom tog vremena može se pariti s drugim mužjacima. Međutim, u eksperimentima s vrstom *Gammarus pulex* (L.), mužjak-čuvar koji je prvi bio s ženkom, oplodio je oko 90% jajašaca koje su poslije proizvela potomstvo (Birkhead i Pringle 1986 cit. iz Sutcliffe 1992). Jajašca pojedinačno prolaze kroz svaki jajovod te ulaze u ležni prostor gdje se odvija vanjska oplodnja. Svaka grupa jajašaca se tada zatvara u ležni prostor unutar kojeg se jajašca slobodno kreću i šire, poprimajući ovalni oblik. Nova kutikula svježe presvučene ženke se stvrdnjava, a duge sete koje obrubljuju oosteogite produljuju se i međusobno zapliću da bi spriječile ispadanje jajašaca iz ležnog prostora (Embody 1911; Sexton, 1928, 1935; Heinze 1932; LeRoux 1933; Clemens 1950; Weygoldt 1958; Kinne 1959; Sheader i Chia 1970 cit. iz Sutcliffe 1992).

Rakušci se razlikuju od mnogih drugih rakova, uključujući jednakonožne rakove (npr. rod *Asellus*), po tome što imaju holoblastično cijepanje tijekom ranog razvoja embrija. Nakon fertilizacije u ležnom prostoru, rastuće jajašce prima vodu i povećava volumen, a njegov oblik se mijenja iz okruglog u ovalni. Jajašce mijenja boju kako mu veličina raste, i prolazi kroz niz embrionalnih razvojnih etapa (Weygoldt 1958; Sheader i Chia 1970 cit. iz Sutcliffe 1992).

Kod slatkovodnih vrsta rakušaca fekunditet je u rasponu od 15 – 30 jaja po ležnom prostoru (Sutcliffe 1992).



Slika 2. Ampleksus ili perikopulatorno čuvanje ženke kod vrste *Gammarus balcanicus.*

1.3. Životni ciklus rakušaca

Prema klasifikaciji životnog ciklusa, koju je za podred Gammaridea dao Sainte-Marie (1991), vrsta *G. balcanicus* pripada kategoriji vrsta s više ciklusa razmnožavanja godišnje (**multivoltina vrsta**; eng. multivoltine), odnosno kategoriji vrsta čije jedinke daju potomstvo više puta tijekom svog životnog vijeka (**iteroparna vrsta**; eng. iteroparous; lat. iterum = ponovno; lat. parus = nošenje) (Zieliński 1995).

Osobine životnog ciklusa rakušaca variraju sezonski, ovise o staništu odnosno dostupnosti hrane, temperature i drugim okolišnim čimbenicima (Glaizer 2009).

Na temelju istraživanja vrste *G. balcanicus* na području planina Bieszczady (Poljska) utvrđeno je da se populacija te vrste koja nastanjuje rijeku Dwernik razmnožava od početka travnja do kraja listopada (parovi u prekopulaciji su zabilježeni između travnja i rujna), dakle razdoblje razmnožavanja traje sedam mjeseci. Udio zrelih ženki ima maksimum ljeti, a prethodi mu otprilike jednako povećanje u udjelu spolno nezrelih ženki s malim oostegitima. One potiču od prošlogodišnje reprodukcije, prezime kao juvenilni oblici, spolno sazrijevaju u proljeće i onda se počinju pariti (u tom trenutku su duge oko 7.5 mm). Od studenog

do veljače dolazi do značajnog pada u ukupnom broju ženki, što je posljedica ugibanja stare generacije, koja je s parenjem završila prošle jeseni, a koja će u potpunosti nestati iz populacije otprilike do ožujka. Prve godine kada se izlegnu mladi rastu, ali spolno ne sazrijevaju. Počinju se pariti iduće godine u travnju i razdoblje parenja traje sve do listopada kada ženke gube sete na oostegitima. Stara generacija prezimi i ugiba na prijelazu između zime i proljeća, a zamjenjuju je mladi koji su se prošle godine izlegli. Iz navedenog proizlazi da je maksimalan životni vijek vrste gotovo dvije godine. Tijekom gotovo cijele godine mužjaci su brojniji od ženki što se objašnjava njihovim bržim rastom i ranijim dostizanjem spolne zrelosti. U travnju i svibnju, kada u populaciji preostanu samo jedinke koje su se izlegle za prošlogodišnjeg razdoblja razmnožavanja, broj mužjaka i ženki je otprilike jednak. Prezimljavaju svi oblici tj. juvenilne jedinke, te mužjaci i ženke različitih veličina (Micherdziński 1959 cit. iz Zieliński 1995). Postoji veza između duljine trajanja razdoblja razmnožavanja i broja izlijeganja tijekom tog razdoblja te nadmorske visine. U velikim riječnim dolinama vrsta *G. balcanicus* se počinje pariti 15-20 dana ranije i polaže 1-2 legla više nego na lokalitetima iznad 1000-1500 m nadmorske visine (gdje imaju do dva legla tijekom razdoblja razmnožavanja) (Dedju 1980 cit. iz Zieliński 1995). Ženke polože sveukupno 20-75 jaja tijekom perioda u kojem se pare (Dedju 1967 cit. iz Zieliński 1995). Na lokalitetima sa stalnom temperaturom vode vrsta *G. balcanicus* može imati acikličko razmnožavanje bez zimske pauze. Tako je Žganec (2005) u izvorima Bijele i Crne rijeke (Plitvička jezera) zabilježio sve razvojne stadije ove vrste tijekom čitavog istraživanog razdoblja, što ukazuje na kontinuirano razmnožavanje ove vrste u tim izvorima, s preklapanjem generacija. Kod niskih temperatura, ispod 7ºC, vrsta *G. balcanicus* se prestaje razmnožavati, dok više temperature stimuliraju reprodukciju u skladu s Van't Hoffovim pravilom (Dedju 1980 cit. iz Zieliński 1995). Tijekom razdoblja razmnožavanja svaka ženka može položiti nekoliko sukcesivnih legala, a intervali između njih se smanjuju s povećanjem temperature (Hynes 1955; Steel i Steel 1973 cit. iz Zieliński 1995). Inkubacija jaja u marsupiju traje dva mjeseca. Juvenilne jedinke napuštaju marsupij 1-2 dana nakon izlijeganja (Hynes 1955 cit. iz Zieliński 1995).

1.4. Utjecaj okolišnih čimbenika na rasprostranjenost rakušaca

U najvećem broju istraživanja ustanovljeno je znatno manje bogatstvo vrsta beskralješnjaka u izvorima nego u nizvodnim područjima, ali zabilježeni su i slučajevi s obrnutom situacijom, npr. za izvore na Novom Zelandu (Death i Winterbourn 1995 cit. iz Žganec 2005).

Okolišni čimbenici koji utječu na rasprostranjenost rakušaca su temperatura vode, kemijske karakteristike vode, fizikalne karakteristike staništa. Temperatura vode ima prevladavajući učinak na razne fiziološke, razvojne i reproduktivne procese. Temperatura vode u izvorima obično odgovara prosječnoj godišnjoj temperaturi zraka, zbog čega se ona mijenja s promjenom geografske širine i nadmorske visine. Povećanjem udaljenosti od izvora rastu dnevne i godišnje fluktuacije temperature (Žganec 2005). Srednja godišnja temperatura vode, odnosno raspon temperature vode utječe na raspored i gustoću beskralješnjaka. Za rijeke općenito vrijedi da temperatura postepeno raste od izvora prema ušću (Minckley 1963 cit. iz Thorp i Covich 2001). Bogatstvo vrsta i druga obilježja faune beskralješnjaka također variraju longitudinalno od izvora prema ušću. Rakovima, mekušcima i ribama se gustoća i raznolikost vrsta povećavaju nizvodno. Temperatura može utjecati na organizme direktno ili indirektno preko promjene u stupnju zasićenja vode kisikom (s povišenjem temperature količina kisika se smanjuje) (Hynes 1970 cit. iz Thorp i Covich 2001). Povišena temperatura ubrzava razvoj i reprodukciju rakušaca, uključujući brzinu embriogeneze u ranoj dobi te manju veličinu spolne zrelosti (kraći period presvlačenja ampleksusa) (Gleizer 2009).

Sainte-Marie (1991) ispitivao je učinke temperature na reproduktivnu aktivnost rakušaca, a zaključak je da rakušci koji žive na visokim geografskim širinama uglavnom karakterizirani dvogodišnjim ili višegodišnjim životnim ciklusima, velikim tijelom, odgođenom zrelošću i pojedinačnim ili rijetkim leglima koja sadrže mnogo relativno velikih embrija, dok vrste koje žive na niskim geografskim širinama imaju suprotne karakteristike.

Kemijske karakteristike vode također utječu na gustoću i raznolikost faune beskralješnjaka, jer utječu na kvalitetu staništa. Od svih kemijskih čimbenika za to su vjerojatno najvažniji otopljeni kisik, salinitet i tvrdoća vode. U prirodnim sustavima povremeno je važan i pH. Općenito vrijedi da se količina otopljenog kisika smanjuje od izvora prema ušću zato što je u gornjem dijelu toka turbulencija vode veća pa je omjer površine i volumena povoljniji za difuziju,

a i temperatura vode je niža nego u srednjem i donjem dijelu toka pa se može otopiti veća količina kisika. Globalni srednji salinitet riječne vode je 120 mg/L. Općenito se salinitet povećava nizvodno zbog erozije riječnog korita (Hynes 1970 cit. iz Thorp i Covich 2001). Za nekoliko vrsta rakušaca prikazan je optimalni salinitet ili raspon saliniteta kod kojega nema oštećenja fizioloških sposobnosti (Steele i Steele 1991; Bulnheim 1979, 1984; Meadows i Ruagh, 1981 cit. iz Neupartheal i sur. 2002). Za fiziološku prilagodbu na sub-optimalne uvjete okoliša, npr. osmoregulacijsku adaptaciju, potrebna je potrošnja energije koja može ugroziti druge fiziološke potrebe, npr. rast i reprodukciju. Energetski kompromis između tih fizioloških potreba može imati posljedice na životni vijek svake vrste.

Fizikalne i biološke karakteristike se jasno mijenjaju duž rijeke od izvora prema ušću. Rijeka postaje šira, dublja i mutnija kako se ide nizvodno. U istom se smjeru smanjuje zasjenjenost toka riparijskom vegetacijom s odgovaraju im porastom površine koja je direktno osvijetljena, pa se mijenja i važnost vrijednosti alohtonog i autohtonog ugljika za energetski budžet kao i omjer produkcije i respiracije. Kako se duž rijeke mijenjaju karakteristike staništa, tako se mijenja i sastav vrsta, relativna gustoća i funkcionalne grupe beskralješnjaka (Thorp i Covich 2001).

1.5. Krenal vs. rhitral

Izvori su mjesta na kojima podzemne vode izlaze na površinu Zemlje, često tvoreći potok, ribnjak ili močvaru (Glazier 2009). Izvori su brojniji i izdašniji u brdskim i planinskim područjima, iako su prisutni i u nizinskim područjima, u blizini mora, ali i ispod morske površine (vrulje). Veličina izvora razlikuje se od vrlo malih povremenih izvora koji se pojavljuju samo nakon obilnijih kiša i topljenja snijega do vrlo velikih stalnih izvora planinskih rijeka, ali općenito izvori se protežu na malom prostoru zbog čega su izuzetno osjetljivi na utjecaje koje na njih vrše ljudi i životinje ili koji su posljedica klimatskih promjena (Smith i sur. 2001).

Izvor (krenal) je širi pojam koji obuhvaća izvorište - **eukrenal** ili mjesto gdje voda izlazi na površinu i izvorski tok - **hipokrenal**, tok nizvodno od eukrenala sa zajednicom organizama koja nastanjuje to područje (krenon). Područje eukrenala određuje se kao dio toka u kojem godišnje temperaturne oscilacije ne prelaze 2°C (Erman i Erman 1995 cit. iz Smith i sur. 2001), ili prema nekim autorima 5°C (Illies 1952 cit. iz Smith i sur. 2001). Ovisno o veličini i izdašnosti

izvora zona hipokrenala prostire se od nekoliko metara do nekoliko stotina metara nizvodno od izvora i predstavlja dio toka u kojem godišnje oscilacije temperature prelaze vrijednost od 2°C , nakon čega slijedi zona epiritrala (Smith i sur. 2003 Žganec 2005). U kretanju vode kroz vodonosnik izvori predstavljaju mjesto gdje dio podzemnih voda napušta podzemlje i izlazi na površinu. Zbog toga ih treba shvatiti kao dinamičke sustave na granici vodonosnika i nadzemnog toka. Ovakve prijelazne sustave nazivamo ekotoni. Ekotoni imaju veliku važnost jer pridonose bioraznolikosti na regionalnoj i globalnoj razini, a iz toga proizlazi i potreba njihove zaštite (Gibert i Fournier 1997 cit. iz Žganec 2005). Izvori kao ekotoni reguliraju interakcije podzemnih voda i površinskih sustava kao i protok tvari, energije, informacija i organizama između ovih kontrastnih sustava (Mallard i sur. 1997 cit. iz Žganec 2005).

Izvori su izuzetno raznolika i specifična staništa i javljaju se u velikom spektru prijelaznih oblika koje je vrlo teško klasificirati. Geolozi izvore klasificiraju prvenstveno prema načinu kretanja vode kroz vodonosnike a biolozi ih obično dijele prema prevladavajućem abiotičkom čimbeniku. I jedni i drugi u svojim podjelama, zbog specifičnosti krške hidrologije, posebno izdvajaju krške izvore (Žganec 2005). Krški izvori mogu biti stalni - koji ne presušuju i povremeni izvori ili potajnice - koji su aktivni tijekom određenog razdoblja ili nakon jakih kiša. Stalni izvori prikupljaju vodu s velikog slijevnog područja koje može biti vrlo udaljeno od samog izvora (Božičević 1992 cit. iz Žganec 2005).

Tijekom ranih hidrobioloških istraživanja Steinmann (1915) je klasificirao izvore na temelju načina istjecanja vode i strukturalnih značajki izvora koje su s tim povezane (Zollhöfer i sur. 2000 cit. iz Kranjčević 2009). On razlikuje tri glavna tipa izvora: 1) **reokreni izvori** - sva voda izlazi na jednom mjestu, tako da odmah formira turbulenti izvorski tok. Ovi izvori jako sliče na ogranke prvog reda, a vegetacija u njima često je nalik onoj u zoni ritrala gdje prevladavaju mahovine; 2) **limnokreni izvori** ili oka - voda izlazi na dnu veće i dublje udubine formirajući ujezerenje koje podsjeća na planinsko jezero; 3) **helokreni izvori** - su specifični manji izvori gdje mala količina vode difuzno izlazi kroz slojeve mulja i organskog detritusa, a obično su prekriveni bogatom vodenom i higrofitskom vegetacijom (Žganec 2005). Tu klasičnu tripartitnu podjelu izvora, koja se zbog svoje jednostavnosti zadržala u upotrebi tijekom generacija limnologa, Gerecke i sur. (1998) i Zollhöfer i sur. (2000) proširuju s još jednim tipom izvora, a to su **linearni izvori**. To su izvori gdje voda izlazi duž većeg segmenta korita, a mjesto izlaženja vode mijenja se ovisno o hidrološkim prilikama i količini oborina. Povećanjem protoka izvor se

pomiče uzvodno, a zatim se smanjivanjem dotoka podzemnih, podpovršinskih i površinskih voda spušta nizvodno. Od helokrenog tipa izvora razlikuje se po nestabilnom hidrološkom režimu (Žganec 2005). Noviju tipologiju nakon istraživanja izvora u Švicarskoj dali su Zollhöfer i sur. (2000). Na temelju sastava zajednica i strukturalnih obilježja razlikuju čest tipova izvora: krški reokreni, sedrotvorni reokreni, nesedrotvorni reokreni, aluvijalni reokreni, limnokreni i linearni. Krške reokrene izvore razlikuju od ostalih prema velikom protoku vode, krupnom supstratu i podzemnoj fauni kao što su predstavnici roda *Niphargus* (Amphipoda). Općenito gledano, usporedimo li izvore s nizvodnim dijelovima toka, izvore obilježavaju znatno manje dnevne i godišnje fluktuacije fizikalno-kemijskih čimbenika i značajno niža koncentracija suspendiranih čestica u vodi. Zbog toga prevladava slika o izvorima kao o vrlo stabilnim sustavima. Međutim, to nije obilježje svih izvora, jer temperatura vode, kemijske značajke, količina suspendiranih tvari i protok mogu pokazivati postupne (sezonske), ali i brze promjene povezane s količinom i rasporedom oborina. Takve promjene su naročito izražene u povremenim izvorima (Smith i Wood 2002 cit. iz Kranjčević 2009). Hidrogeologija vodonosnika, koja uključuje geološke značajke, veličinu i poroznost vodonosnika, kao i brzinu strujanja i dužinu zadržavanja vode u njemu najviše utječe na fizikalno-kemijske značajke vode u izvorima. Osim toga na fizikalno-kemijske značajke vode u izvorima utječe odnos tzv. alogene i autogene vode. Alogena voda se brzim površinskim ili podpovršinskim tokom slijeva u izvore, dok autogena voda potječe iz vodonosnih slojeva na većoj dubini. Izvori s većim utjecajem autohtone vode su znatno stabilniji tijekom godine. Općenito se može reći da je za velike stalne izvore svojstvena ujednačenost fizikalno-kemijskih čimbenika vode, dok manji, naročito povremeni izvori pokazuju veću promjenjivost abiotičkih čimbenika (Žganec 2005). Tvrdoća vode i pH ovise prvenstveno o geološkoj građi vodonosnika. Na silikatnoj podlozi izvorske vode su meke, s pH vrijednošću ispod 7, a na vapnenačkoj podlozi voda je tvrda i pH je veći od 7. Uglavnom je pH vrijednost vode u izvorima u rasponu između 6 i 8 (Žganec 2005). Izdašnost izvora određuje veličinu izvora kao i strukturu i sastav supstrata. Geomorfološke značajke područja, način kako voda izlazi na površinu i supstrat određuju brzinu strujanja vode na izvoru i u nizvodnim dijelovima izvorskog toka (hipokrenala). Kod strukturno heterogenijih izvora nalazimo veću raznolikost mikrostaništa, koja se razlikuju prema brzini strujanja vode, supstratu i količini alohtnog organskog materijala. Reokrene izvore zbog jačeg strujanja vode obilježava krupniji

supstrat (stijene i valutice) najčešće prekriven mahovinama, a količina alohtonog organskog materijala je mala. Limnokreni izvori uglavnom imaju sitniji supstrat i veće količine organskog materijala, dok helokreni i linearni izvori mogu imati vrlo raznolik supstrat s povećanim količinama organskog materijala (Žganec 2005).

Bogatstvo vrsta beskralješnjaka koje nastanjuju izvore ovisi kako o značajkama samog izvora, tako i o lokalnoj i regionalnoj raznolikosti, jer o njoj ovisi broj vrsta koje potencijalno mogu kolonizirati izvore. Lokalna i regionalna raznolikost vrsta određene su promjenama koje su se dogodile tijekom geološke prošlosti i koje su uvjetovale rasprostanjenost i diverzifikaciju različitih skupina u kopnenim vodama. Promjene tijekom geološke prošlosti, a naročito utjecaj glacijacije predstavljaju najvažnije odrednice današnje rasprostranjenosti izvorske faune. Tako npr. stalni hladni izvori koji nisu prije bili pod utjecajem glacijacije imaju najveće bogatstvo vrsta (Žganec 2005). Brojnim istraživanjima stvorena je predodžba o malom bogatstvu vrsta u izvorima, ali neki autori ističu veliku raznolikost izvorskih zajednica s obzirom na njihovu malu veličinu (Smith i sur. 2001 cit. iz Žganec 2005).

1.6. Ugroženost riječnih sustava

Iako slatke vode čine samo 0,01% ukupnih vodnih zaliha Zemlje u njima dolazi ili o njim ovisi oko 126 000 životinjskih vrsta, odnosno oko 9,5% od ukupno opisanih vrsta životinja (Balian i sur. 2008). No kako su ljudske aktivnosti uglavnom vezane uz dostupnost vode, te se i većina najvećih svjetskih gradova smjestila upravo na poplavnim ravnicama i jezerskim platoima, globalni ljudski utjecaj na slatkovodne ekosustave je dosegao takve razmjere da oni danas gube biološku raznolikost većom brzinom od najugroženijih kopnenih staništa (Dudgeon i sur. 2006). Već oko 10 000 vrsta slatkovodnih beskralješnjaka u svijetu se smatra izumrlima ili ugroženima (Strayer 2006). Glavni uzroci nestajanja biološke raznolikosti i prijetnji za slatkovodne ekosustave su: prekomjerno iskorištavanje, direktan izlov pojedinih vrsta, onečišćenje vode, promjene protoka, uništavanje i degradacija staništa, globalne klimatske promjene te invazivne vrste (Dudgeon i sur. 2006; Strayer 2006). Umjetne brane su u početku uglavnom bile relativno malih dimenzija s lokalnim utjecajima no kada su se počele koristiti za dobivanje električne

energije s vremenom su poprimale sve veće razmjere (Sternberg 2006). Branom se smatra bilo kakva barijera na riječnom toku koja je trajna i služi za akumulaciju vode (Sternberg 2006), a velikom branom ona viša od 15 m ili visine 5-15 m s volumenom većim od 3 000 000 m^3 (World Commission on Dams 2000; Nilsson i sur. 2005). Tijekom 20. stoljeća velike brane su predstavljale simbol razvoja, modernizacije, ekonomskog rasta i ljudske sposobnosti kontroliranja prirodnih sila. Izgradnja velikih brana povlači niz kompleksnih i opsežnih, uglavnom negativnih, utjecaja na pripadajuće rijeke, slivove i vodene ekosustave te često uzrokuje nepovratni gubitak ekosustava i populacija pojedinih vrsta. (World Commission on Dams 2000). Jačina utjecaja ovisi o nizu događaja poput veličine, tipa i starosti akumulacije, eventualne odvodnje dijela vode za potrošnju (vodoopskrbu, navodnjavanja i sl.), posljedica unosa alohtonih vrsta, promijenjene kvalitete vode (temperatura, sadržaja kisika i hranjivih tvari), promijenjenog prirodnog režima protoka, gubitka dinamike riječnog sustava, modifikacijama korita nizvodno od brane i sl. (World Commission on Dams 2000; Horsák i sur. 2009). Sama akumulacija utječe na kopnene ekosustave i pripadajuću biološku raznolikost pošto prilikom punjenja akumulacije nepovratno nestaju pojedina staništa, dolazi do pomora kopnenih biljaka i šumskih zajednica te pomora ili izmještanja životinja. Kao posljedica truljenja potopljene vegetacije i nakupljanja organskog ugljika iz slivnog područja dolazi do povećane emisije stakleničkih plinova iz akumulacija (ugljični dioksid, metan, ponekad oboje). Prema prvim procjenama ukupna emisija iz akumulacija doprinosi ukupnom potencijalu globalnog zatopljenja između 1% i 28%, što je u suprotnosti uobičajenom shvaćanju hidroenergije kao izvora energije s pozitivnim učincima na atmosferu (World Commission on Dams 2000). Pošto brane presijecaju prirodni protok rijeke nakon izgradnje dolazi do promjena hidromorfologije toka rijeke uzvodno i nizvodno od brane. Prirodne rijeke s pripadajućim staništima i vrstama su u velikoj mjeri funkcija protoka vode i sedimenta koji oblikuju supstrat dna i riječnog korita (Graf 2006). Nakon izgradnje brane uzvodno je zbog zarobljavanje sedimenta u akumulaciji izražena sedimentacija, dok je voda nizvodno od brane relativno siromašna sedimentom što uzrokuje degradaciju i ukopavanje riječnog kanala, ispiranje sitne frakcije sedimenta, eroziju i nestanak sprudova, minimalnu depoziciju sedimenta u poplavnoj nizini i degradaciju riječnog ušća (World Commission on Dams 2000; Sternberg 2006; Graf 2006). Izgradnjom brana direktno se mijenja hidrološki režim tekućica (Malmqvist i Rundle 2002), kako je i jedna od osnovnih namjera njihove izgradnje upravo promjena prirodne raspodjele i vremenskog rasporeda protoka vode

(Graf 2006). Nizvodno u pravilu dolazi do promjena u rasporedu pojave visokih i niskih voda, smanjeni su maksimumi poplavnih voda dok istovremeno dolazi do porasta minimalnih vodostaja pa kroz veći dio godine nizvodno od brane imamo reguliranu tekućicu bez pojave redovitih godišnjih poplava (Graf 2006; Sternberg 2006). Nažalost, upravo su tempiranje, trajanje i učestalost poplavnih i sušnih razdoblja kritični za preživljavanje nizvodnih biljnih i životinjskih zajednica i očuvanje biološke raznolikosti tekućica (Davies i sur. 1995; Ward 1998 cit. iz Malmqvist i Rundle 2002; Sternberg 2006). Male poplave predstavljaju biološke okidače koji iniciraju migracije riba i beskralješnjaka, a velike poplave stvaraju i održavaju pojedine tipove staništa erozijom, transportom i/ili taloženjem sedimenta (Sternberg 2006). Učestale nagle izmjene protoka negativno utječu na razvoj algi i makrofita te uzrokuju ispiranje detritusa i često nestajanja vrsta koje nastanjuju ujezerene dijelove tekućica ili zahtijevaju brzu struju vode, kao i vrsta koje zahtijevaju relativno konstantne uvjete protoka ili brzine vode za učinkovito hranjenje (Ward i Stanford 1979). Sporotekući uvjeti u akumulaciji utječu na kvalitetu vode ovisno o volumenu vodotoka i frekvenciju obnavljanja vode u akumulaciji. Utjecaj na kvalitetu vode posebice je izražen tijekom prve godine nakon zatvaranja brane (Sternberg 2006). Kod novih akumulacija često se javljaju anoksični uvjeti pri dnu akumulacije kao posljedica razgradnje potopljenog tla i vegetacije, pri čemu dolazi do emisije metana i ugljikovog dioksida. Do anoksije može doći i zbog većeg taloženja organske tvari uslijed mirnijeg toka i pojave temperaturne stratifikacije u akumulaciji koja onemogućuje izmjenu vode i tvari (Friedl i Wüest 2002). U anoksičnim uvjetima zbog djelovanja metanogenih i denitrifikacijskih bakterija dolazi do produkcije i emisije metana i dušikovog dioksida (Friedl i Wüest 2002). Camargo i Voelz (1998) su utvrdili da nizvodno od brane dolazi do smanjene godišnje varijabilnosti temperature vode, otopljenog kisika u vodi i pH vrijednosti. Zbog sedimentacije detritusa u akumulaciji, moguće je nizvodno smanjenje količine krupnijih čestica organske tvari uz povećanje udjela fitoplanktona, kome za razvoj pogoduju uvjeti u akumulacijama (Ward i Stanford 1979; Camargo i Voelz 1998). Glavni čimbenici koji vjerojatno utječu na sastav zajednica makrozoobentosa nizvodno od brana su promjene temperaturnog režima vode, nagle i česte promjene protoka vode i niske koncentracije otopljenog kisika u vodi (Camargo i Voelz 1998). Izgradnjom brana u velikoj mjeri se mijenja prirodni temperaturni režim tekućica, na način koji prvenstveno ovisi o načinu rada i dubini na kojoj se ispušta voda iz brane. Hidroelektrane s velikim akumulacijama obično ispuštaju hladnu hipolimnijsku vodu, dok manje brane često ispuštaju površinsku vodu čime se

ljeti podiže temperatura vode nizvodno od brane. Kod velikih akumulacija velika količina vode u akumulaciji se sporo zagrijava i hladi u usporedbi s temperaturnim režimom prirodnih tekućica, čime se smanjuje godišnji raspon temperature vode. U slučaju kada se iz brana ispušta hipolimnijska voda iz dubljih slojeva akumulacije dolazi do ublažavanje godišnjih raspona temperature vode te se nizvodno opažaju niže temperature vode u proljetnim i ljetnim mjesecima te više temperature u zimskim mjesecima, smanjena sezonska varijabilnost temperature vode i odgođeni temperaturni maksimum u usporedbi sa prirodnim stanjem (Olden i Naiman 2010). Umjetni temperaturni režim s relativno hladnim temperaturama vode ljeti i relativno toplim temperaturama zimi je vjerojatno jedan od glavnih čimbenika koji negativno utječe na životne cikluse osjetljivih vrsta makrozoobentosa, dok ovakvi uvjeti potiču razvoj manje osjetljivih vrsta npr. iz porodica Chironomidae, Simuliidae i Baetidae, iako su tu vjerojatno prisutni i drugi utjecaji osim promijenjenog temperaturnog režima (Camargo i Voelz 1998). Brane također predstavljaju fizičku barijeru kojom se prekida kretanje organizama što dovodi do promjena u sastavu vrsta uzvodno i nizvodno od brane, te može dovesti i do nestanka pojedinih vrsta (World Commission on Dams 2000; Sternberg 2006; Graf 2006).

1.7. Biologija vrste *Gammarus balcanicus* Schaferna, 1922

Vrstu je opisao Schäferna 1922. godine s nekoliko lokaliteta na Balkanskom poluotoku (Crna Gora, Hercegovina i Bugarska), a G. Karaman (1966) je odredio izvore u Kolašinu (Crna Gora) kao tipski lokalitet. Vrsta *G. balcanicus* je vrlo varijabilna vrsta i u svakom slijevu formira različite populacije, a ponekad se i u istom izvoru ili vodotoku mogu naći 2-3 različite populacije iste vrste. To je zbunjivalo dosadašnje istraživanje i navodilo ih na pogrešan zaključak da se radi o različitim vrstama. Zbog toga su mnoge populacije ove vrste iz raznih dijelova bivše Jugoslavije bile opisivane kao zasebne vrste ili podvrste. Čak je i sam Schäferna (1922), u radu gdje opisuje novu vrstu *G. balcanicus,* istovremeno opisao druge dvije populacije te vrste kao zasebne vrste (*G.konjicensis* i *G. spinicaudatus*) (G. Karaman 1977). Vrsta *G. balcanicus* je do danas u Hrvatskoj zabilježena na 91 nalazištu, od kojih je 8 na rijeci Cetini. Na izvore se odnosi 16 nalazišta, uključujući i izvor Cetine. Prva dva nalaza vrste u rijeci Cetini navodi S. Karaman (1931a), a tijekom kasnijih istraživanja G. Karaman (1977)

potvrđuje te nalaze i navodi još čest novih. Osim na Cetini, vrsta je zabilježena i u nekim drugim krškim rijekama Hrvatske (cit. iz Kranjčević 2009).

Gammarus balcanicus je najraširenija vrsta iz tzv. *Gammarus balcanicus* grupe, jedne od tri slatkovodne grupe koje Karaman i Pinkster (1977) razlikuju unutar roda *Gammarus* Fabricius,1775 (Zielinski 1995). Rasprostranjena je u slatkim vodama središnje i sjeveroistočne Europe, Male Azije te bivšeg SSSR-a. Nastanjuje čiste kontinentalne montane i submontane površinske vode (rijeke, potoke, izvore i jezera) s brzim strujanjem i dovoljno kisika, na nadmorskoj visini između 600 i 1000 m (Micherdziński 1959; Jażdżewski 1975; Karaman 1977; cit. iz Zieliński 1995). Što se izvora tiče, na temelju istraživanja na Plitvičkim jezerima, ustanovljeno je da vrsta *G. balcanicus* nastanjuje stalne reokrene izvore i da je njezina prisutnost vjerojatno najbolji pokazatelj stalnosti izvora (Žganec 2005). Ima veliku važnost u kruženju tvari u vodotocima koje nastanjuje. Uobičajeno dolazi uz obale na zaklonjenim mjestima ispod kamenja. Kad se u vodotoku nagomila velika količina listinca s okolnog područja, pronalazi zaklon u njemu (Zieliński 1995). Jalinskaia(1969) navodi da vrsta *G. balcanicus* ima neke posebne ekološke zahtjeve koji ograničavaju rasprostranjenost te vrste u čistim tekućim vodama. To je prije svega pH vrijednost vode, koja mora biti u rasponu od 2.5-5.5, te koncentracija kalcijevih iona u rasponu od 2.5 i 11.7 mg l^{-1}. To su uvjeti koji se mogu naći u izvorima, potocima te nizinskim rijekama i vodotocima planinskih područja (Petrescu 1994). U nekim vodotocima Rumunjske vrsta *G. balcanicus* zabilježena je u vodama s pH vrijednosti vode između 7 i 8.5. U lužnatoj vodi vrstu je zabilježio i Žganec (2005) na Plitvičkim jezerima u izvoru lijevog pritoka potoka Sartuk, gdje je izmjerena pH vrijednost vode iznosila 8.43. U eutroficiranim vodama vrsta je prisutna u mnogo manjem broju, a u vodama sa slabim organskim onečišćenjem potpuno izostaje. Ukoliko detritusa na nekom staništu ima u dovoljnoj količini, koristit e ga za ishranu (Petrescu 1998 cit. iz Šantić 2000). U mnogim vodenim tokovima vrsta je pronađena u mješovitim populacijama s drugim vrstama rodova *Gammarus* (*roeselii, dulensis, bosniacus, fossarum, ochridensis, parechiniformis, halilicae, rambouseki*) i *Echinogammarus* (*veneris, acarinatus, scutarensis, thoni*), pri čemu vrsta *G.balcanicus* naseljava izvore, dok u donjim dijelovima tih vodotoka vrsta *G. balcanicus* dolazi u suživotu s drugim vrstama rakušaca (G. Karaman 1977). Vrsta je vrlo varijabilna i u svakom vodenom bazenu formira različite populacije, a ponekad se i u istom izvoru ili vodotoku mogu naći 2-3 različite populacije iste vrste. Razlozi postojanja različitih populacija vrste *G. balcanicus* u

istom vodotoku su nepoznati, iako je pitanje da li su morfološke karakteristike uvijek dovoljne da bi se prepoznala nova vrsta. Zbog toga su potrebna daljnja istraživanja koja bi bila usredotočena na ekologiju vrste i probleme razmnožavanja tih mikropopulacija unutar jedne mješovite populacije koja dolazi u nekom izvoru ili vodotoku (G. Karaman 1977). Na temelju istraživanja vrste *G. balcanicus* na području planina Bieszczady (Poljska) utvrđeno je da se populacija te vrste koja nastanjuje rijeku Dwernik razmnožava od početka travnja do kraja listopada (parovi u prekopulaciji su zabilježeni između travnja i rujna), dakle razdoblje razmnožavanja traje sedam mjeseci. Udio zrelih ženki ima maksimum ljeti, a prethodi mu otprilike jednako povećanje u udjelu spolno nezrelih ženki s malim oostegitima.

1.8. Ciljevi istraživanja

Cilj rada bio je istražiti kako na razlike ukupne dužine tijela pojedinog spola i ontogenetske kategorije utječu temperaturne vrijednosti vode u rijeci Cetini. Utjecaj temperature na rast i razmnožavanje vrste *Gammarus balcanicus* Schaferna,1922 u rijeci Cetini do sada nije ciljano istraživan, unatoč tome što je vrsta široko rasprostranjena i ima veliku važnost u kruženju tvari u vodotocima. Ovim radom se željelo istražiti kako na dužinu tijela i reproduktivna biologija vrste *Gammarus balcanicus* utječu abiotički čimbenici okoliša (temperatura vode), te u okviru ekoloških istraživanja navedene vrste cilj je bio:

•istražiti strukturu populacija vrste *G. balcanicus* krenala i ritrala rijeke Cetine;

•utvrditi utjecaj abiotičkih čimbenika okoliša (temperature vode) na rast i razmnožavanje vrste.

Poseban naglasak stavlja se na istraživanje reproduktivne biologije ove vrste, budući da do sada postoji mali broj radova koji se temelji na istraživanju njezinog reproduktivnog ciklusa.

Istraživanje reproduktivne biologije vrste uključuje:

•utvrđivanje ontogenetskog sastava populacija;

•utvrđivanje odnosa među spolovima;

•utvrđivanje vremena pojavljivanja ovigernih ženki;

•određivanje trajanja prisutnosti ovigernih ženki u populaciji;

•utvrđivanje razlika ukupne dužine tijela pojedinog spola.

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Rijeka Cetina se nalazi u srednjem krškom obalnom području Hrvatske. Svojom ukupnom dužinom od oko 105 km, rijeka protječe kroz dvije županije (Splitsko-dalmatinsku i Šibensko-kninsku) i više administrativno - teritorijalnih jedinica lokalne samouprave, tj. kroz gradove Vrliku, Sinj, Trilj i Omiš te općine Kijevo, Cviljane, Hrvace, Otok, Šestanovac i Zadvarje. Izvor Cetine se nalazi na jugozapadnim obroncima Dinare, u krajnjem sjeverozapadnom dijelu Cetinskog polja. Od izvora na koti 382 m n.m. kod istoimenog sela, rijeka teče prema jugoistoku Cetinskim poljem i utječe u akumulaciju Peruča. Nizvodno od brane Peruča Cetina protječe kroz Hrvatačko polje do Hana, a dalje Sinjskim poljem do Trilja, gdje se ulijeva u akumulaciju Đale i nastavlja nizvodno u akumulaciju Prančevići. Od brane Prančevići dio voda Cetine skreće dovodnim tunelom do HE Zakučac, a dio voda nastavlja teći prirodnim kanjonskim koritom do Zadvarja. Tu Cetina naglo mijenja smjer tečenja prema zapadu do Omiša, gdje se ulijeva u Jadransko more .

Na području riječnog bazena i pripadajućeg obalnog područja razlikuju se dva glavna tipa klime: mediteranski i kontinentalni. Mediteransku klimu na obalnom području karakteriziraju duga, topla i suha ljeta te blage i vlažne zime, a kontinentalnu klimu unutrašnjosti oštre i duge zime, topla i kratka ljeta te vlažna proljeća i jeseni. Slijev Cetine ima poseban položaj u prostoru jer se nalazi u neposrednoj blizini Jadranskog mora od kojeg je odvojen planinskim lancima visine i do 1500 m n.m., a to ima vrlo snažan utjecaj na klimatska svojstva slijeva. Sa zapada, a posebno jugozapada, na područje slijeva često prodiru vlažne zračne mase što ima za posljedicu obilne oborine. Kako je slijev smješten uglavnom u kontinentalnom dijelu dinarskog krškog masiva, upravo se nad njim sukobljavaju utjecaji mediteranske i kontinentalne klime. Rezultat su česte izmjene vlažnih i suhih, tj. toplih i hladnih zračnih masa, što uzrokuje složenost klimatskih svojstava tijekom godine na tom ne tako velikom prostoru. Prosječna godišnja temperatura zapadnog dijela, koji je pod utjecajem mediteranske klime, iznosi 12.4°C, dok u sjeveroistočnom dijelu slijeva, gdje je značajan utjecaj kontinentalne klime, prosječna temperatura iznosi 6,9°C. Planinski lanci koji pripadaju dinarskom masivu i pružaju se u smjeru sjeverozapad - jugoistok značajno utječu na smanjenje izravnog djelovanja mediteranske klime na dio rijeke i pripadajuća polja koja se nalaze sa istočne strane planinskih lanaca. Prosječna godišnja količina oborina na slijevu Cetine iznosi 1380 mm. Topli dio godine u pravilu je sušan.

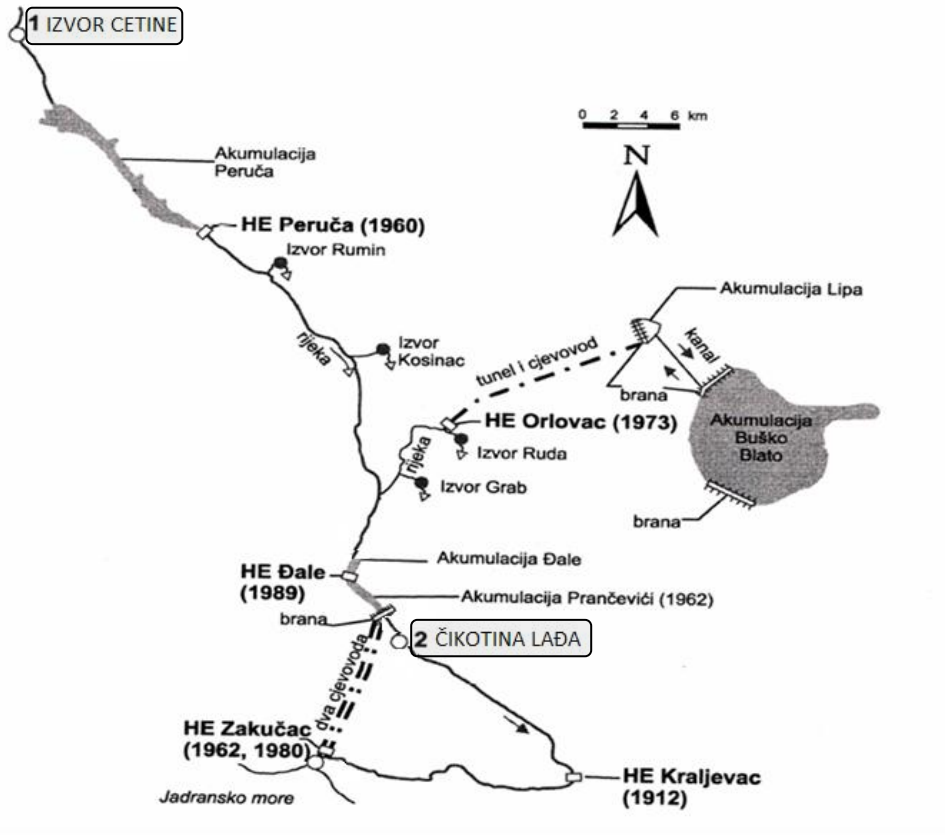
U razdoblju od lipnja do kolovoza padne prosječno 17% godišnjih oborina, dok u najvlažnijem razdoblju od listopada do prosinca prosječno padne 34% godišnjih oborina. Od listopada do prosinca vrlo često dolazi do poplava u krškim poljima koje, u zavisnosti o oborinskom režimu, traju od siječnja do travnja. Oborinski režim na slijevu Cetine je pod utjecajem česte pojave i zadržavanja snijega na nadmorskim visinama višim od 500 odnosno 1000 m n.m.

Osnovne konture u reljefu slijeva nastale su u tercijaru kada se formirao dinarski planinski sustav. Ovaj planinski sustav dijeli slijev na dva osnovna visinska prostora, niži kojim protječe rijeka Cetina (250-550 m n.m.) i koji čini topografski - izravni dio slijeva, te viši, istočno od rijeke, koji obuhvaća 2/3 slijeva (800-1200 m n.m.), a koji čini pretežiti dio podzemnog - neizravnog dijela slijeva. Ova dva područja presječena i dijela Dinara svojim planinskim vrhovima Dinarom (1836 m n.m.), Slimenom (1830 m n.m.), Triglavom (1913 m n.m.) i Kamešnicom (1856 m n.m.). Izravni slijev (slijev površinskih voda) rijeke je sa zapada ograničen planinom Svilajom (1580 m n.m.), a sa istoka Dinarom. Korozijom atmosferske vode i geološkim boranjem u vapnencima su nastali brojni krški oblici rasprostranjeni po cijelom području. Najznačajnija su krška polja. Najveća krška polja u izravnom dijelu slijeva su Cetinsko-pa.ko (450-550 m n.m.), Hrvatačko (300-350 m n.m.) i Sinjsko (290-320m n.m.) a u neizravnom dijelu slijeva, koji je uglavnom na području BiH, Kupreško (1000-1200 mn.m.), Glamočko (850-1100 m. n.m), Livanjsko (700 m n.m.) i Duvanjsko polje (860 m n.m.). Ova
polja su međusobno odjeljenja manjim ili većim planinama. Reljef visinski stalno raste od obale prema kraju slijeva, i to vrlo strmo i brzo neposredno od obale do prvog platoa u zaleđu, potom stepenasto preko krških polja do kraja slijeva. Od Sinjskog polja kao zadnjeg polja u slijevu, rijeka se kroz kanjon Cetine naglo, s visine od oko 300 m n.m., spušta prema moru. Reljef je u cijelom slijevu izrazito razvijen, s brojnim planinama, poljima, prijevojima i slično. To uvjetuje i stvara posebne hidrološke značajke koje tvore hidrološki sustav rijeke (CRA/PPA 2000).

Slijev Cetine je drugi slijev po veličini koji s dinarskog krškog područja pritječe u Jadransko more (Popijač 2007; Štambuk-Giljanović 2002). Slijevno područje se sastoji od slijeva u BiH i slijeva dalmatinskog dijela u RH. Područje slijeva na teritoriju BiH obuhvaća veliki dio Hercegbosanske županije, tj. područje općina Livno, Tomislav Grad, Kupres, Glamoč i Grahovo, ukupne površine oko 2440 km², kao i pripadajuće planinske masive. Dalmatinski dio slijeva na području RH ukupne je površine oko 1200 km². Obuhvaća uže područje određeno

topografskom vododijelnicom i dijeli se na gornji dio toka do brane Peruča, središnji dio doline Cetine do Trilja i donji dio toka Cetine do ušće u more.

Na području središnjeg pojasa dinarskog krša površinski tokovi oblikuju se isključivo u područjima pokrivenim nepropusnim slojevima stijena. Kako polja završavaju na dodiru nepropusnih i propusnih (karbonatnih) stijena vodotoci većinom završavaju u ponorima. Jedini potpuni površinski vodotok koji ima ušće u more je rijeka Cetina (Slika 3) (CRA/PPA 2000).



Slika 3. Hidrološki sustav rijeke Cetine (preuzeto iz CRA/PPA (2000)) s označenim položajem istraživanih lokaliteta: 1) izvor Cetine i 2) Čikotina lađa.

Rijeka Cetina je tipičan krški vodotok, čiji se slijev i korito oblikovalo u prostoru izrazito razvijenog dinarskog krša. Za krške terene karakteristično je da se podzemna razvodnica u najvećoj mjeri ne poklapa s površinskom (orografskom ili topografskom) i da je promjenjiva jer se tijekom vremena mijenja u zavisnosti od razine podzemnih voda. Na topografski slijev otpada oko 1300 km², a na podzemni oko 2700 km². Dužina rijeke Cetine od izvora do ušća iznosi 105

km. Izvor rijeke na koti od 382 m n.m. što daje prosječan pad korita rijeke od 0.3638 promila. Sama rijeka je slabo razvedena i vrlo siromašna riječnom mrežom pa je uz glavno korito Cetine značajniji pritok jedino rijeka Ruda. Slijev Cetine najčešće se razmatra u dva neovisna dijela. Prvi, uzvodni dio, obuhvaća područje od izvora Cetine do brane Prančevići. Nizvodno od brane Prančevići do ušća Cetine u Jadransko more hidrološki režim rijeke zavisi prvenstveno o propuštanju vode kroz dva cjevovoda HE Zakučac te o propuštanju biološkog minimuma (ekološki prihvatljivog protoka) kroz temeljni ispust brane Prančevići. Unutar slijeva Cetine možemo razlikovati i dva podslijeva. Desni, zapadni dio uz rijeku Cetinu nazvan je "izravnim" podslijevom. Često ga se naziva i "topografskim" dijelom slijeva zbog činjenice da je određen na osnovi površinskih morfoloških oblika, tj. spajanjem vrhova planinskih lanaca čije visine se kreću preko 1200 m n.m., a najviši vrh iznosi 1869 m n.m. Lijevi, istočni dio slijeva se naziva "neizravnim" zbog toga što vode iz njega dotječu u izravni dio slijeva ili u Cetinu podzemnim putem kroz brojne ispodpovršinske krške kanale, jame, kaverne, špilje itd. Prirodni dotok i u ovom je dijelu naru.en izgradnjom akumulacije Buško Blato i kompenzacijeskog bazena Lipa.

Rijeka Cetina predstavlja značajni energetski i vodni potencijal. Ukupan pad od izvora do ušća iznosi 382 m zbog čega je odavno privukla pa.nju kao povoljan energetski potencijal. Izgradnjom hidroelektrana na rijeci riješen je i čitav niz drugih vodoprivrednih problema. Osigurana je vodoopskrba šireg područja, voda za navodnjavanje poljoprivrednih površina i obrana od poplava.

Osim toga rijeka sa svojim pritocima služi i kao recipijent svih otpadnih voda koje se stvaraju u slijevu. U razvoju je i turizam vezan za prirodne značajke rijeke.

Na Cetini je izgrađeno pet hidroelektrana: HE Kraljevac, HE Peruča, HE Zakučac, HE Orlovac i HE Đale, a planira se gradnja još njih devet na samoj Cetini i još tri na teritoriju BiH. Izgradnja tih hidroelektrana potpuno je izmijenila prirodno otjecanje voda i uzrokovala višemjesečno do višegodišnje izravnavanje protoka, odnosno smanjenje zimskih a povećanje ljetnih protoka.

Sadašnje hidrološko stanje rijeke daleko je od prirodnog, a posljedica takvih promjena na šire područje i ekosustave u slijevu rijeke i priobalju zasad su neistražene. Promjena uvjeta staništa dovela je do promjene cijelog ekosustava i biološke raznolikosti (CRA/PPA 2000).

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

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 izviru na vrelima u dolini Cetine. Vode s Dinare te Livanjskog, Glamočkog, Duvanjskog polja i Buškog blata odvodnjavaju se Cetinom u more (CRA/PPA 2000). Orografski slivovi polja u kršu jugozapadne Bosne i orografski sliv Cetine čine jedinstveni hidrološki sliv (Štambuk-Giljanović 2002). Izvorište Cetine leži u pojasu nepropusnih mezozojskih karbonatnih stijena ispod kojih na površinu izbijaju škriljavci starije podloge. Ispod izvorišnog područja izgrađena je Peruča, najveća akumulacija u Hrvatskoj. Nakon brane akumulacije Cetina protječe Sinjskim poljem koje je izgrađeno iz finijih jezerskih naslaga lapora i pješčenjaka. Rijeka Cetina ima izrazito kompozitnu dolinu, pa se dolinska suženja (sutjeske) izmijenjaju s dolinskim proširenjima i poljima praktički od izvora do ušća. Rijeka Cetina je tipičan krški vodotok čiji 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 (CRA/PPA 2000).

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Terenska istraživanja

Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara na istraživanim postajama i sakupljanje uzoraka makrozoobentosa obavljano je jednom mjesečno od 25. kolovoza 2004. do 27. kolovoza 2005. godine na dvije postaje duž toka rijeke Cetine. Postaje su bile (od izvora prema ušću): Izvor Cetine i Čikotina Lađa:

1. **Izvor Cetine (= izvor Glavaš)**
   koordinate: N 43° 58' 36.1" E 16° 25' 48.6" ; nadmorska visina: 386 m
   Uzorak je prikupljen u izvorskom toku tj. u rubnoj zoni limnokrenog izvora u makrofitskoj vegetaciji među kojom dominira vrsta *Nasturtium officinale* koja razvija guste sastojine među kamenitim supstratom.

2. **Čikotina Lađa**
   koordinate: N 43° 31' 58.4" E 16° 44' 42.3"; nadmorska visina: 236 m
   Nalazi se neposredno nizvodno od starog mosta u zaselku Čikotina Lađa. Dno se sastoji od stijena i većih valutica, 5-15 cm, obraslih algama, a ponekad i mahovinom.

Na navedenim postajama uzorci makrozoobentosa su sakupljani na tri različita mikrostaništa:

S1 fini sediment, šljunak ili manje valutice (akal i mikrolital);

S2 veće valutice (mezolital);

S3 je u makrovegetaciji (gornji tok Cetine) ili obraštaju algi (na postaji Čikotina Lađa) tzv. fitalu razvijenom na stijenama i velikim valuticama.



Slika 4. Glavni izvor Cetine (izvor Glavaš) u lipnju 2005. godine (foto. A. Popijač).



Slika 5. Rijeka Cetina kod Čikotine Lađe u studenom 2004. godine (foto. A. Popijač).

MATERIJALI I METODE

Na terenu su mjerena sljedeća fizikalno-kemijska obilježja vode:

•**pH** vrijednost vode (pomoću pH-metra WTW ph 330);

•**koncentracija otopljenog kisika** u vodi, **zasićenje vode kisikom** te **temperatura vode** (pomoću oksimetra WTW Oxi 330/SET);

•**električna provodnost** vode (pomoću konduktometra WTW LF 330);

•**količina vezanog CO_2 u vodi** (alkalinitet) titracijom s 0,1 M kloridnom kiselinom uz metil-orange kao indikator do završne točke titracije kod pH = 4,3, a izražavana je u mg $CaCO_3$ L^{-1}.

Uzorci makrozoobentosa sakupljani su **Surberovom mrežom** zahvatne površine 0,1 m² (Tablica 1). Uzorkovanje Surberovom mrežom minimalno narušava stanište u odnosu na druge , biološke metode prikupljanja uzoraka (Smith i sur. 2001). Makrofauna je odvajana od sedimenta dekantiranjem i prosijavanjem kroz bentos mrežu promjera oka 0,5 mm te konzervirana u 96%-tnom etanolu.

Tablica 1. Dinamika uzorkovanja makrozoobentosa u izvorišnom toku rijeke Cetine i na području Čikotine Lađe.

LOKALITET	DATUMI
izvor rijeke Cetine	18.9.2004., 15.10.2004, 12.11.2004., 18.12.2004., 15.1.2005., 15.2.2005., 12.3.2005., 16.4.2005., 7.-9.5.2005., 20.6.2005., 18.7.2005., 24.8.2005.
Čikotina Lađa	27.8.2004., 20.9.2004., 17.10.2004., 14.11.2004., 20.12.2004., 16.1.2005., 16.2.2005., 13.3.2005., 17.4.2005., 18.5.2005., 21.6.2005., 19.7.2005., 25.8.2005.

3.2. Laboratorijska istraživanja

U laboratoriju su jedinke vrste *Gammarus balcanicus* izolirane te je određena struktura i gustoća populacija. Za svaku postaju i datum uzorkovanja jedinke navedene vrste su prebrojavane i razvrstavane u sljedeće starosne (ontogenetske) i razvojne kategorije:

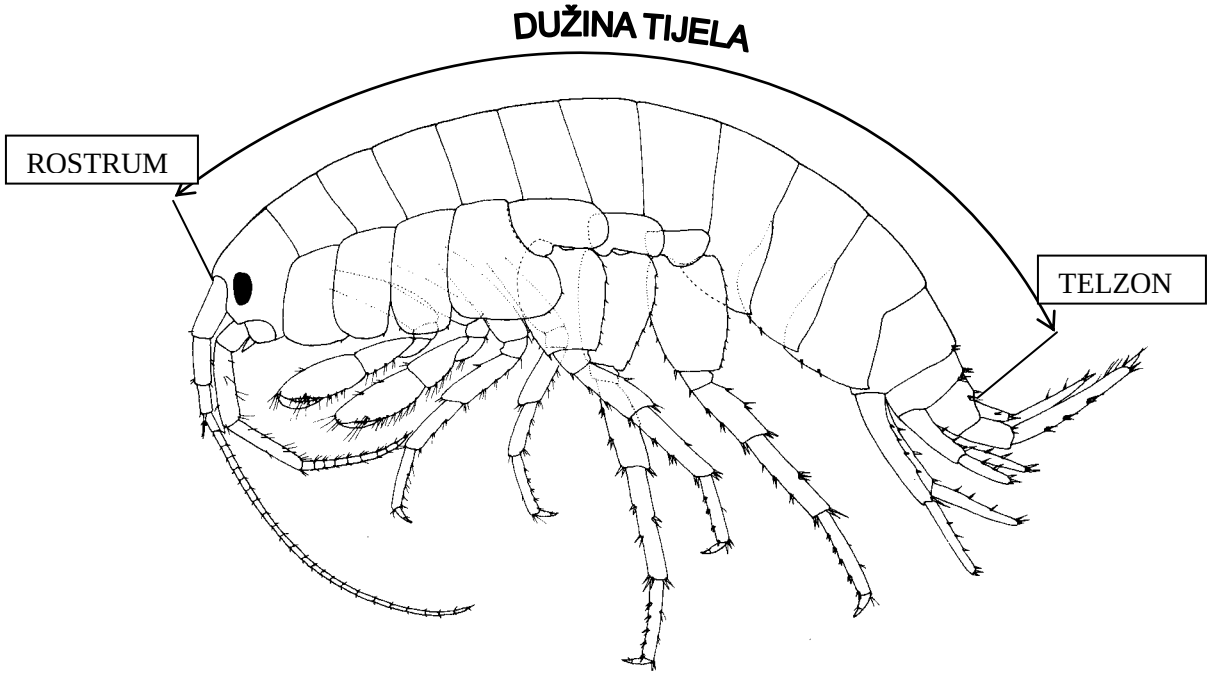
•**odrasli mužjaci**: jedinke sa dobro razvijenim genitalnim papilama;

•**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 ili juvenilne jedinke;

•**juvenilne jedinke**: male jedinke kod kojih se nisu mogli utvrditi začeci niti genitalnih papila, niti oostegita.

Okularnim mikrometrom je određena ukupna dužina tijela svake jedinke od vrha rostruma do početka telzona tj. od vrha rostruma do kraja urosome (modificirano prema Wilhelm i Lasenby 1998) (Slika 6). Izmjerena je ukupna dužina tijela svih ontogenetskih i spolnih kategorija životinja s obje istraživane postaje (Tablica 2).



Slika 6. Prikaz ukupne dužine tijela vrste *Gammarus balcanicus* koja je mjerena tako što su jedinke potpuno leđno-trbušno spljoštene.

Tablica 2. Broj jedinki vrste *Gammarus balcanicus* kojima je izmjerena ukupna dužina tijela na istraživanim lokalitetima u rijeci Cetini.

POSTAJA	BROJ MUŽJAKA	BROJ OVIGERNIH ŽENKI	BROJ JUVENILNIH JEDINKI
IZVOR GLAVAŠ	892	385	1607
ČIKOTINA LAĐA	337	62	1829
UKUPNO	1229	447	3436

3.3. Obrada i analiza podataka

Na temelju dobivenih podataka obrađenih u programu Microsoft Excell 2010, uspoređena je ontogenetska struktura i dinamika populacija istraživane vrste u rijeci Cetini na temperaturno stabilnom izvorišnom lokalitetu (izvor Glavaš) i na hidromorfološki i temperaturno značajno utjecajnom lokalitetu akumulacijama Peruča, Đale i Prančevići (Čikotina Lađa).

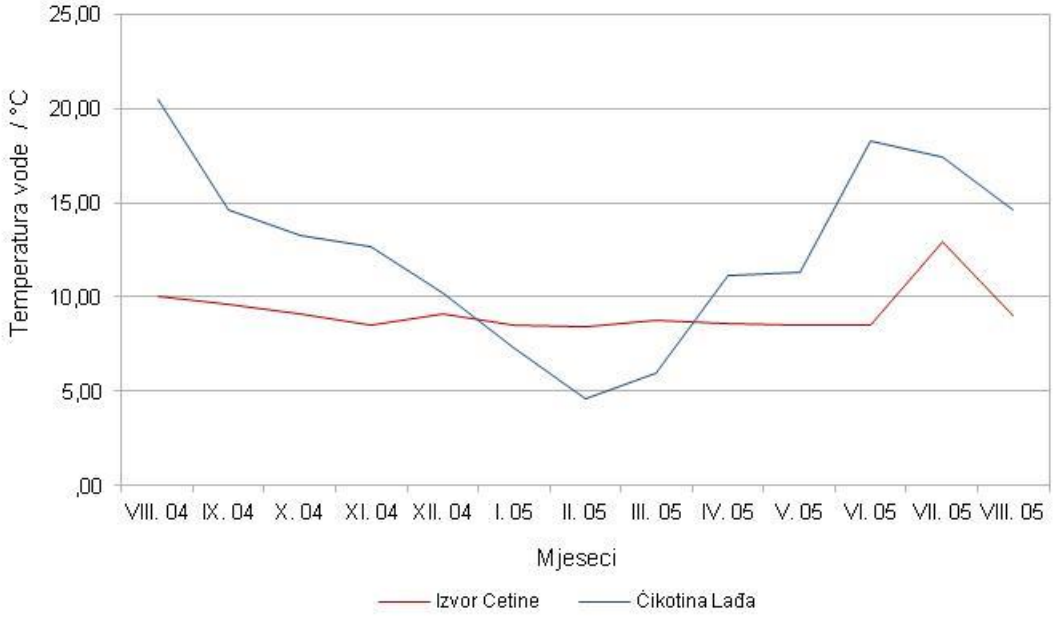
Primjenom deskriptivne statistike određena je aritmetička sredina ukupne dužine tijela ovigernih ženki, mužjaka i juvenilnih jedinki.

4. REZULTATI

4.1. Fizikalno-kemijski parametri vode

4.1.1. Temperatura vode

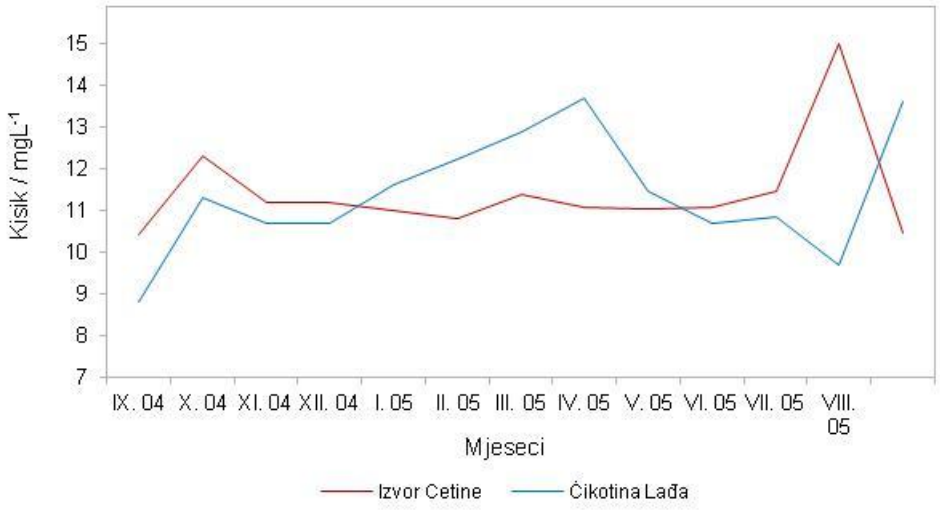
Temperatura vode na postaji izvor Cetine bila je ujednačena tijekom čitavog istraživanog razdoblja, osim u srpnju 2005. godine kada je izmjerena najviša temperatura vode od 12.9 ºC. Najniža temperatura vode je izmjerena u veljači 2005. godine i iznosila je 8.4ºC. Na postaji Čikotina Lađa temperatura vode je bila u rasponu od 4.6ºC u veljači 2005. godine do 20.5ºC u kolovozu 2004. godine. Najmanja godišnja kolebanja temperature zabilježena su na postaji izvor Cetine, u rasponu od 9,19 do 9.79ºC. Na postaji Čikotina Lađa izmjerene vrijednosti temperature vode su u rasponu od 4,6 do 20,5ºC. Uočljivo je da duž rijeke, od postaje izvor Cetine pa nizvodno, sve do postaje Čikotina Lađa, raste godišnje kolebanje temperature i dolazi do povećanja prosječne vrijednosti temperature vode (Slika 7).



Slika 7. Temperatura vode (Cº) na istraživanim postajama izvor Cetine i Čikotina Lađa tijekom 2004. i 2005. Godine.

4.1.2. Koncentracija otopljenog kisika

Na postaji izvor Cetine najviša izmjerena koncentracija otopljenog kisika bila je 15 mg L^{-1} u srpnju 2005. godine, a najniža 10.4 mg L^{-1} u kolovozu 2004. godine. Na postaji Čikotina Lađa najviša izmjerena koncentracija otopljenog kisika iznosila je 13.68 mg L^{-1} u ožujku 2005. godine, a najniža 8.80 mg L^{-1} u kolovozu 2004. godine. Koncentracija otopljenog kisika na postaji izvor Cetine bila je tijekom godine ujednačena, značajnija kolebanja zabilježena su u srpnji 2005. godine kada je koncentracija otopljenog kisika iznosila 15 mg L^{-1}. Veća godišnja kolebanja u koncentraciji otopljenog kisika tijekom cijele godine izmjerena su na postaji Čikotina Lađa . Izmjerene prosječne vrijednosti iznosile su 11.41mg L^{-1} na postaji izvor Cetine i 11.39 mg L^{-1} na postaji Čikotina Lađa (Slika 8).

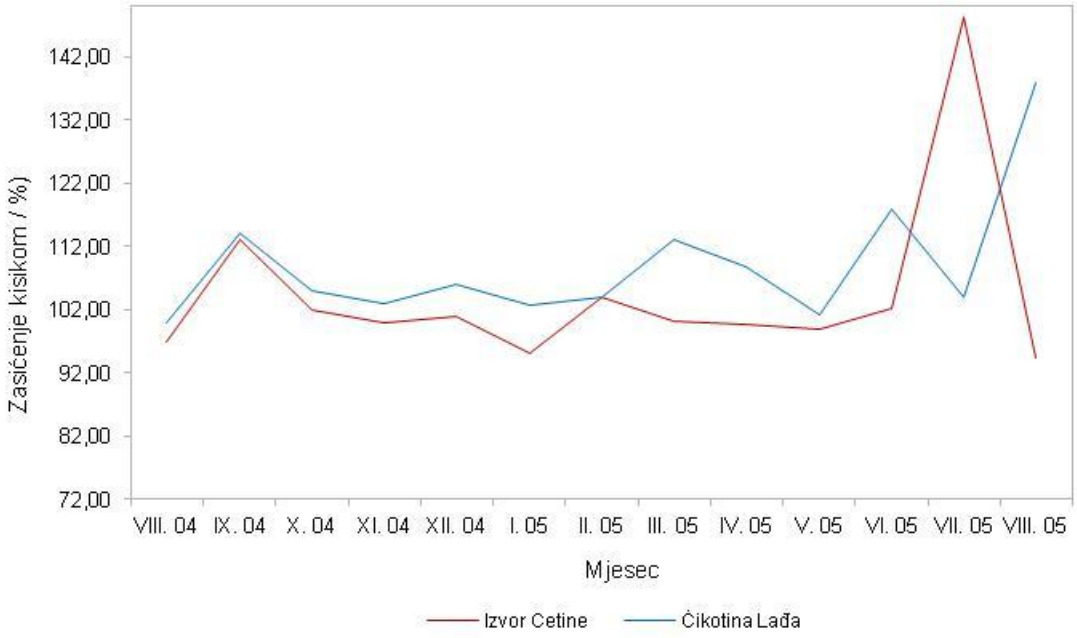


Slika 8. Koncentracija otopljenog kisika u vodi (mg L^{-1}) na istraživanim postajama izvor Cetine i Čikotina Lađa tijekom 2004. i 2005. Godine.

4.1.3. Zasićenje vode kisikom

Na postaji izvor Cetine maksimalna vrijednost zasićenja vode kisikom iznosila je 148.4% u srpnju 2005. godine, a minimalna 94.4% u kolovozu 2005. godine. Dok je na postaji Čikotina Lađa maksimalna vrijednost zasićenja vode kisikom iznosila je 138% u

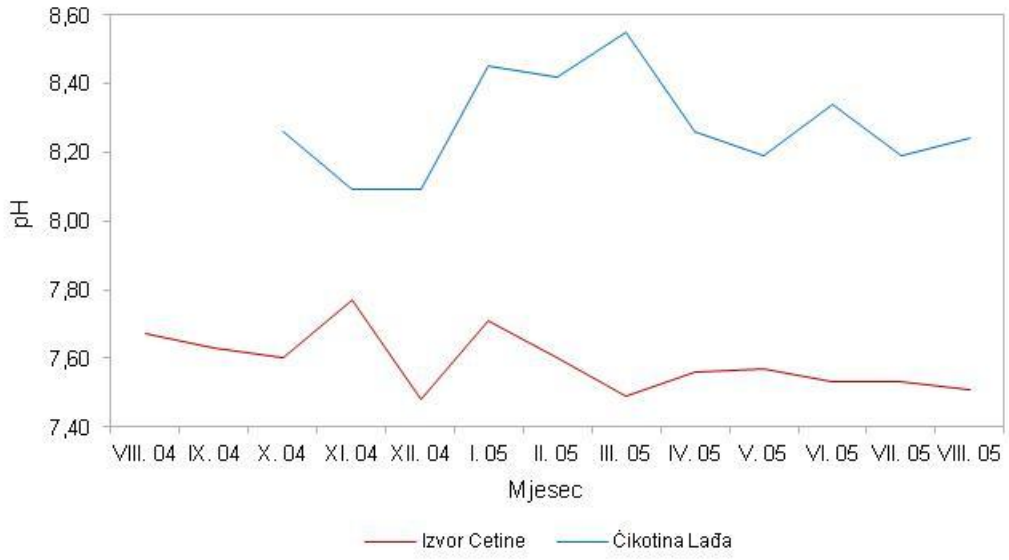
kolovozu 2005. godine, a minimalna 100% u kolovozu 2004. godine. Zabilježene vrijednosti zasićenja vode kisikom na postajama su visoke uglavnom oko 100% (Slika 9).



Slika 9. Zasićenje vode kisikom (%) na istraživanim postajama izvor Cetine i Čikotina Lađa tijekom 2004. i 2005. godine

4.1.4. pH vrijednost

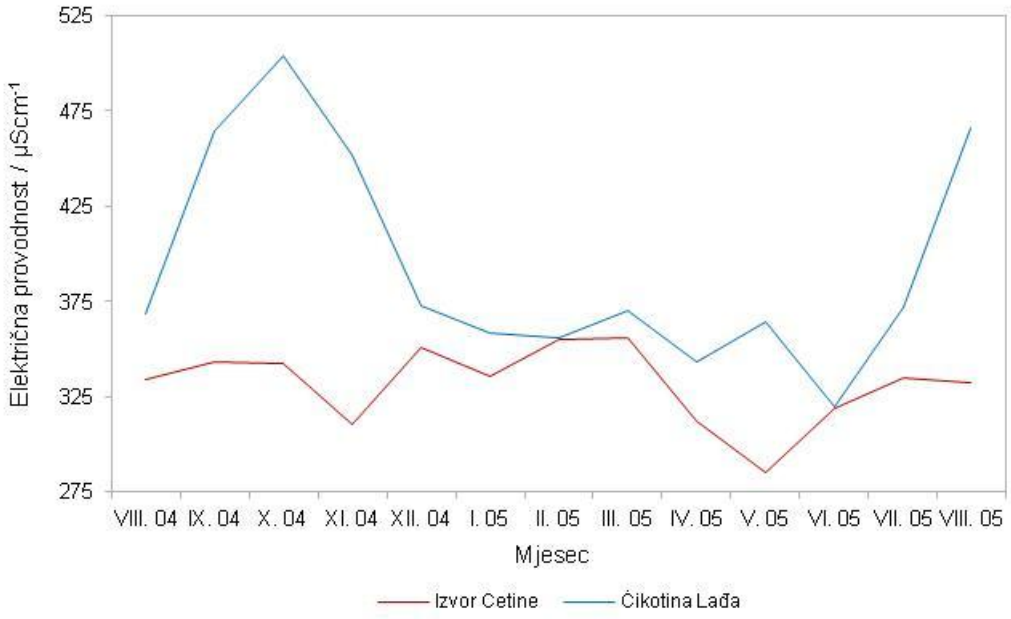
Izmjerene pH vrijednosti na postaji izvor Cetine bile su u rasponu od najniže 7.48 u prosincu 2004. godine do najviše 7.77 u studenom 2004. godine. Raspon zabilježenih pH vrijednosti na postaji Čikotina Lađa bio je od najniže 8.09 u prosincu 2004. godine do najviše 8.55 u ožujku 2005. godine. Vidljivo je da su na postaji izvor Cetine vrijednosti pH niže od vrijednosti izmjerenih na postaji Čikotina Lađa (Slika 10).



Slika 10. pH vode na istraživanim postajama izvor Cetine i Čikotina Lađa tijekom 2004. i 2005. godine.

4.1.5. Električna provodnost

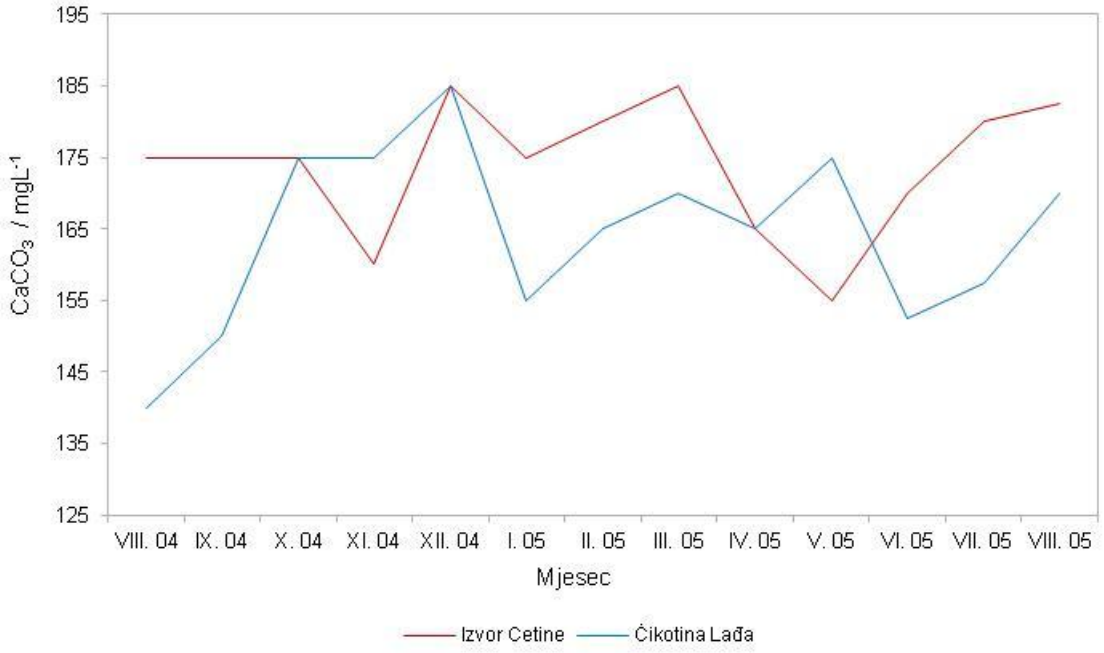
Najniže zabilježene vrijednosti električne provodnosti na postaji izvor Cetine iznosila je 285 µS cm^{-1} u svibnju 2005. godine, a najviša 356 µS cm^{-1} u ožujku 2005. godine. Na toj postaji su tijekom istraživanog razdoblja mjerene su niske vrijednosti električne provodnosti uz vrlo mala kolebanja tijekom godine. Na postaji Čikotina Lađa izmjerene vrijednosti električne provodnosti vode bile su više uz znatno veća godišnja kolebanja. Najviša izmjerena vrijednost električke provodnosti na postaji Čikotina Lađa iznosila je 504 µS cm^{-1} u listopadu 2004. godine dok je najniža vrijednost iznosila 320 µS cm^{-1} u lipnju 2005. godine (Slika 11).



Slika 11. Električna provodnost vode (µS cm^{-1}) na istraživanim postajama izvor Cetine i Čikotina Lađa tijekom 2004. i 2005. godine

4.1.6. Alkalinitet

Na postaji izvor Cetine alkalinitet vode kretao se u rasponu od 155 mg $CaCO_3$ L^{-1} u svibnju 2005. godine do 185 mg $CaCO_3$ L^{-1} u ožujku 2005. godine. Dok je na postaji Čikotina Lađa od 140 mg $CaCO_3$ L^{-1} u kolovozu 2004. godine do 185 mg $CaCO_3$ L^{-1} u prosincu 2004. godine. Najviše prosječne vrijednosti alkaliniteta vode za postaju izvor Cetine iznose 174,04 mg $CaCO_3$ L^{-1}, dok za postaju Čikotina Lađa iznose 164,32 mg $CaCO_3$ L^{-1} (Slika 12).

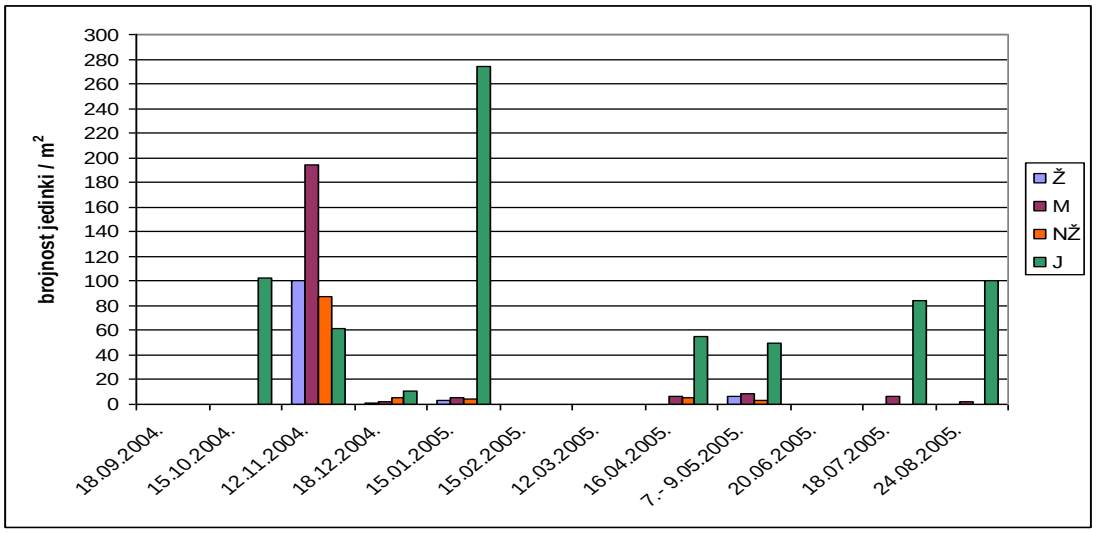


Slika 12. Alkalinitet vode (mg $CaCO_3$ L^{-1}) na istraživanim postajama izvor Cetine i Čikotina Lađa tijekom 2004. i 2005. godine

4.2. Ontogenetska i spolna struktura populacija na različitim mikrostaništima

4.2.1. Brojnost jedinki na mikrostaništima izvora Cetine

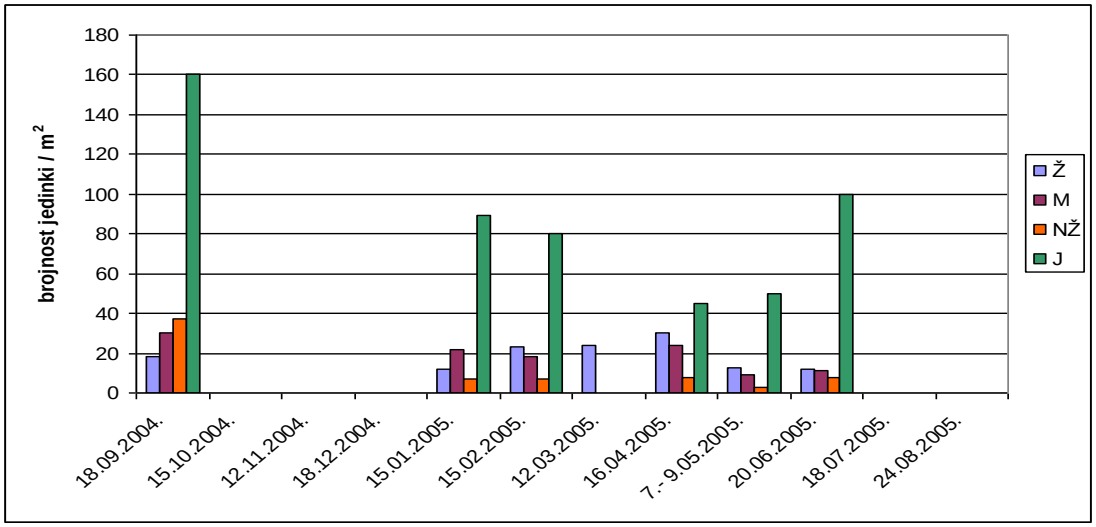
Na postaji izvor Cetine najviše juvenilnih jedinki u uzorku S1 (finom sedimentu, šljunku ili manjim valuticama - akal i mikrolital) pojavljuje se u siječnju 2005. godine kada je brojnost jedinki iznosila 275 jedinki /m^2 , dok se najveća brojnost mužjaka, ovigernih ženki i neovigernih ženki pojavljuje u studenom 2004. godine kada je brojnost mužjaka iznosila 194 jedinki /m^2, brojnost ovigernih ženki 100 jedinki /m^2, a brojnost neovigernih ženki iznosi je 87 jedinki /m^2. Najmanje juvenilnih jedinki u uzorku S1 pojavljuje se u prosincu 2004. godine i iznosi 11 jedinki /m^2, dok se za isti uzorak najmanje mužjaka pojavljuje u prosincu 2004. i kolovozu 2005. godine u iznosu od 2 jedinke /m^2. Najmanje ovigernih ženki pojavljuje se u prosincu 2004. godine u iznosu od 1 jedinke /m^2, a najmanje neovigernih ženki zabilježeno je u svibnju 2005.godine u iznosu od 3 jedinke /m^2 (Slika 13).



Slika 13. Ontogenetska struktura populacija na postaji izvor Cetine u vremenskom razdoblju od rujna 2004. do kolovoza 2005. godine u uzorku S1.

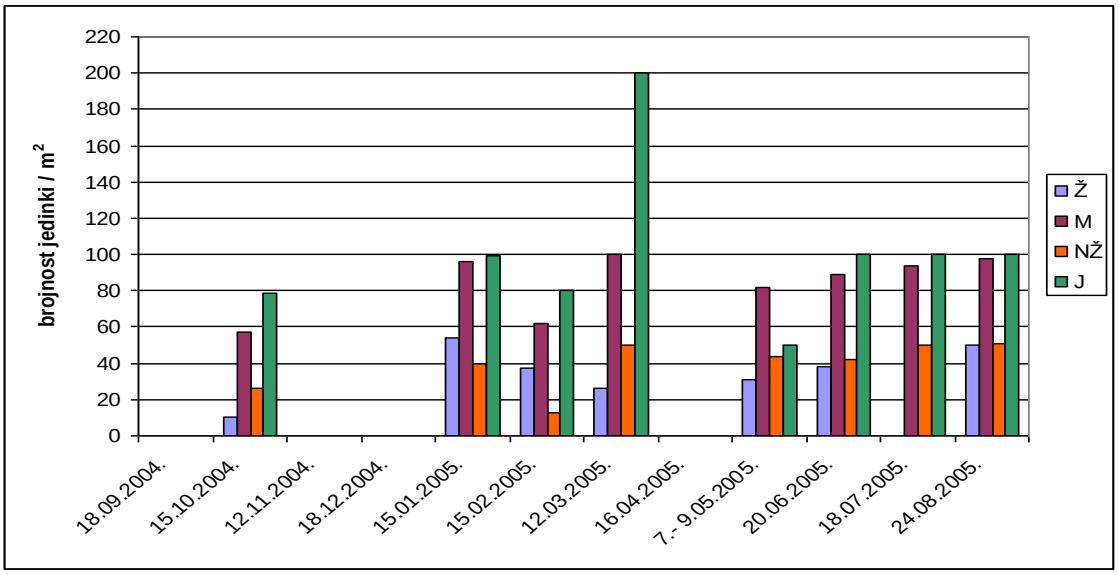
Najviše juvenilnih jedinki, mužjaka i neovigernih ženki na postaji izvor Cetine u uzorku S2 (na većim valuticama – mezolitalu) pojavljuje se u rujnu 2004. godine. Brojnost juvenilnih jedinki iznosi 160 jedinki /m^2, mužjaka 30 jedinki /m^2, a neovigernih ženki 37 jedinki /m^2. Najviše ovigernih ženki u istom uzorku zabilježeno je u travnju 2005. godine u iznosu od 30 jedinki /m^2. Najmanje juvenilnih jedinki u uzorku S2 pojavljuje se u travnju 2005. godine u iznosu od 45 jedinki /m^2, dok najmanje ovigernih ženki u istom uzorku pojavljuje se u siječnju i

lipnju 2005. godine u iznosu od 12 jedinki /m^2 u siječnju i isto toliko u lipnju. Najmanje mužjaka i neovigernih ženki zabilježeno je u svibnju 2005. godine kada brojnost jedinki mužjaka iznosi 9 jedinki /m^2, a neovigernih ženki 3 jedinke /m^2 (Slika 14).



Slika 14. Ontogenetska struktura populacija na postaji izvor Cetine u vremenskom razdoblju od rujna 2004. do rujna 2005. godine u uzorku S2.

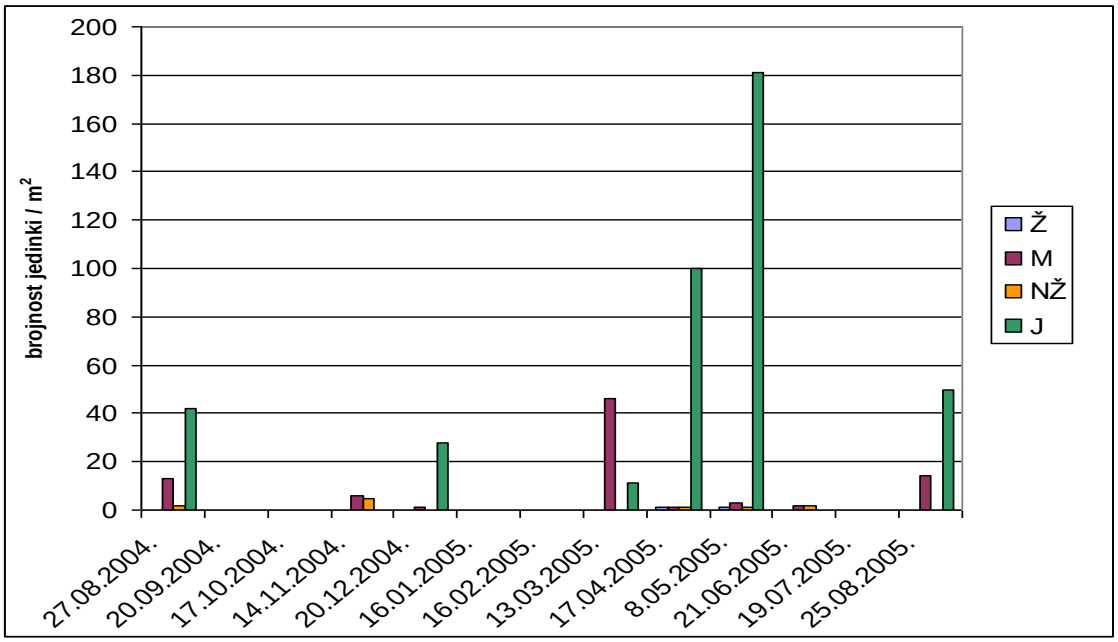
Najviše juvenilnih jedinki, mužjaka na postaji izvor Cetine u uzorku S3 (u makrovegetaciji (gornji tok Cetine) ili obraštaju algi (na postaji Čikotina Lađa) – fital na stijenama i velikim valuticama) pojavljuje se u ožujku 2005. godine. Brojnost juvenilnih jedinki iznosi 200 jedinki /m^2, mužjaka 30 jedinki /m^2. Najviše ovigernih ženki u istom uzorku zabilježeno je u siječnju 2005. godine 54 jedinke /m^2, dok najviše neovigernih ženki pojavljuje se u kolovozu 2005. godine kada brojnost iznosi 51 jedinka /m^2. Najmanje juvenilnih jedinki u uzorku (SIII) pojavljuje se u svibnju 2005. godine 50 jedinki /m^2, dok najmanje neovigernih ženki u istom uzorku pojavljuje se u veljači 2005. godine 13 jedinki /m^2. Najmanje mužjaka i ovigernih ženki zabilježeno je u listopadu 2004. godine kada brojnost jedinki mužjaka iznosi 57 jedinki /m^2 , a ovigernih ženki 10 jedinke /m^2 (Slika 15).



Slika 15. Ontogenetska struktura populacije na postaji izvor Cetine u vremenskom razdoblju od rujna 2004. do kolovoza 2005. godine u uzorku S3.

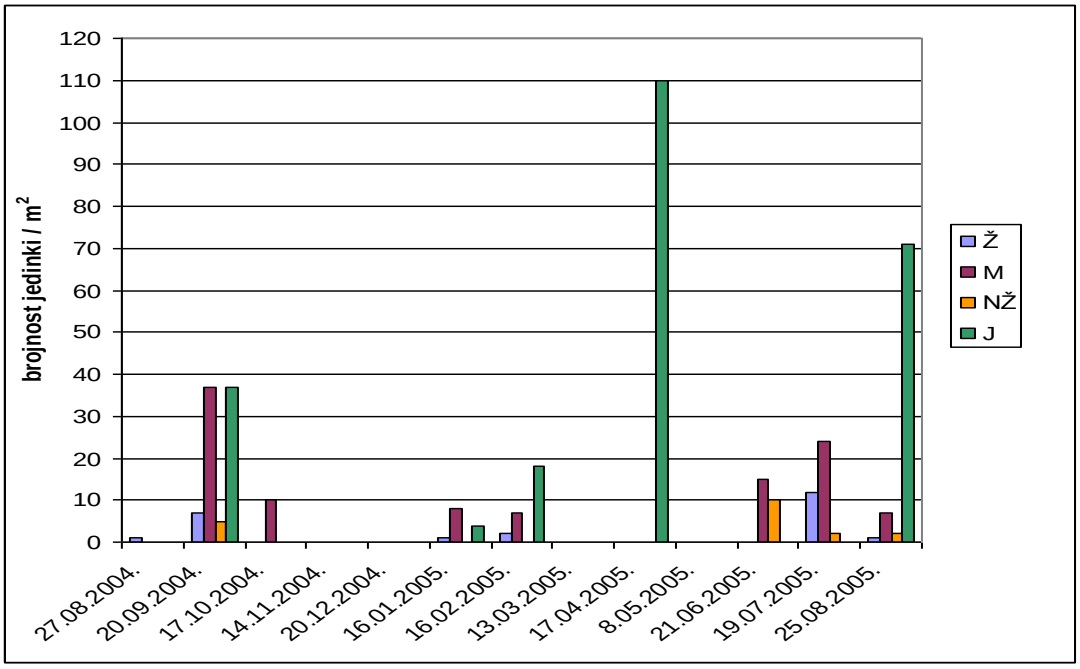
4.2.2. Brojnost jedinki na mikrostaništima postaje Čikotina Lađa

Najviše juvenilnih jedinki u rijeci Cetini na postaji Čikotina Lađa u uzorku S1 pojavljuje se u svibnju 2005.godine kada brojnost jedinki iznosi 181 jedinka /m^2. Najviše ovigernih ženki u istom uzorku zabilježeno je u travnju i svibnju 2005. godine u iznosu od 1 jedinke /m^2 u svakom mjesecu dok sve ostale mjesece nije zabilježena niti jedna ovigerna ženka. Najviše neovigernih ženki pojavljuje se u listopadu 2004. godine kada brojnost iznosi 5 jedinki /m^2, a najviše mužjaka zabilježeno je u ožujku 2005. godine 46 jedinki/m^2. Najmanje juvenilnih jedinki u uzorku S1 pojavljuje se u ožujku 2005. godine u iznosu od 11 jedinki /m^2, dok najmanje neovigernih ženki u istom uzorku pojavljuje se u travnju i svibnju 2005. godine po 1 jedinka /m^2 u svakom mjesecu. Najmanje mužjaka zabilježeno je u prosincu 2004. godine po 1 jedinka /m^2 i travnju 2005. godine po 1 jedinka /m^2 (Slika 16).



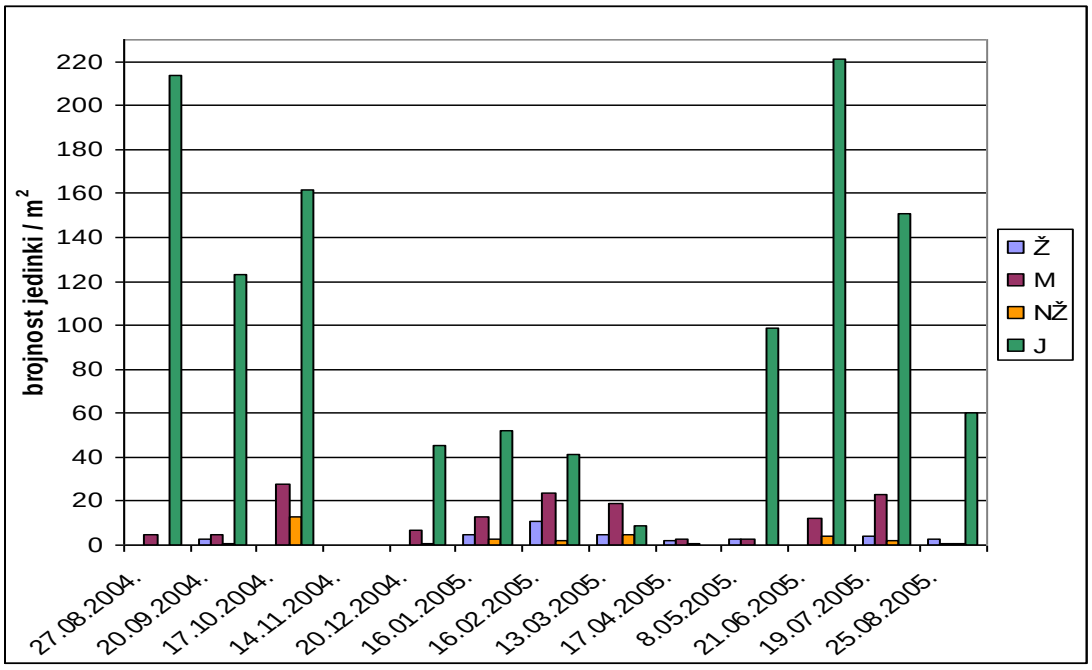
Slika 16. Ontogenetska struktura populacije na postaji Čikotina Lađa u vremenskom razdoblju od kolovoza 2004. do kolovoza 2005.godine u uzorku S1.

Najviše juvenilnih jedinki na postaji Čikotina Lađa u uzorku S2 pojavljuje se u travnju 2005. godine kada brojnost jedinki iznosi 110 jedinki/m^2. Najviše ovigernih ženki u istom uzorku zabilježeno je u srpnju 2005. godine u iznosu od 12 jedinki /m^2, dok je najviše mužjaka zabilježeno u rujnu 2004. godine u iznosu od 37 jedinki/m^2. Najviše neovigernih ženki pojavljuje se u lipnju 2005. godine kada brojnost iznosi 10 jedinki/m^2, a najmanje neovigernih ženki u istom uzorku zabilježeno je u srpnju i kolovozu 2005. godine po 2 jedinke/m^2 u svakom mjesecu. Najmanje juvenilnih jedinki u uzorku S2 pojavljuje se u siječnju 2005. godine u iznosu od 4 jedinke /m^2, najmanje ovigernih ženki u istom uzorku zabilježeno je u kolovozu 2004. godine po 1 jedinka/m^2, siječnju i kolovozu 2005. godine po 1 jedinka /m^2 u svakom mjesecu. Najmanje mužjaka zabilježeno je u veljači i kolovozu 2005. godine po 7 jedinki /m^2 u svakom mjesecu (Slika 17).



Slika 17. Ontogenetska struktura populacije na postaji Čikotina Lađa u vremenskom razdoblju od kolovoza 2004. do kolovoza 2005.godine u uzorku S2.

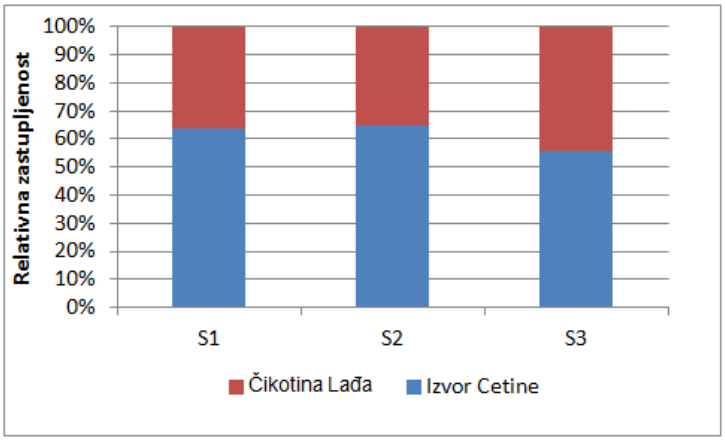
Najviše juvenilnih jedinki na postaji Čikotina Lađa u uzorku S3 pojavljuje se u kolovozu 2004. godine kada brojnost jedinki iznosi 214 jedinke/m^2. Najviše ovigernih ženki u istom uzorku zabilježeno je u veljači 2005. godine po 11 jedinki /m^2, dok je najviše mužjaka zabilježeno u listopadu 2004. godine u iznosu od 28 jedinki/m^2. Najviše neovigernih ženki pojavljuje se u listopadu 2004. godine kada brojnost iznosi 13 jedinki/m^2, a najmanje neovigernih ženki u istom uzorku zabilježeno je u rujnu i prosincu 2005. godine po 1 jedinka/m^2 u svakom mjesec te u travnju i kolovozu 2005. godine po 1 jedinka/m^2 u svakom mjesecu. Najmanje juvenilnih jedinki u uzorku S3 pojavljuje se u ožujku 2005. godine u iznosu od 9 jedinki/m^2, najmanje ovigernih ženki u istom uzorku zabilježeno je u travnju 2005. godine u iznosu od 2 jedinke/m^2. Najmanje mužjaka zabilježeno je u kolovozu 2005. godine u iznosu od 1 jedinke/m^2 (Slika 18).



Slika 18. Ontogenetska struktura populacije na postaji Čikotina Lađa u vremenskom razdoblju od kolovoza 2004. do kolovoza 2005.godine u uzorku S3.

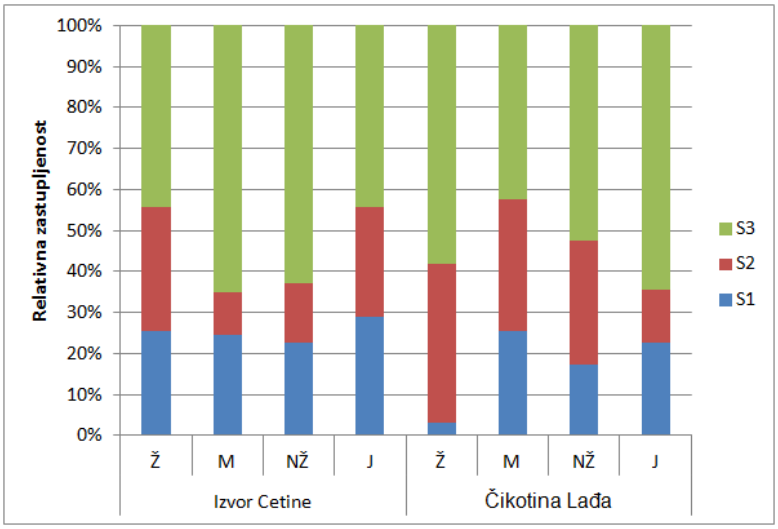
4.2.3. Relativna zastupljenost jedinki na različitim mikrostaništima

Usporedba relativne zastupljenost svih analiziranih jedinki na izvoru Cetine i u rijeci Cetini na postaji Čikotina Lađa na analiziranim mikrostaništima - S1(mikrolital), S2 (mezolital) i S3 (fital) pokazuje da su na izvoru rijeke Cetine jedinke zastupljenije na mikrostaništima S1 i S2 nego na postaji Čikotina Lađa, dok su na fitalu na obje istraživane postaje jedinke podjednako zastupljene zbog velikog broja juvenilnih jedinki na postaji Čikotina Lađa (Slika 19).



Slika 19. Relativna zastupljenost svih analiziranih jedinki na izvoru Cetine i u rijeci Cetini na postaji Čikotina Lađa na mikrostaništima S1(mikrolital), S2 (mezolital) i S3 (fital).

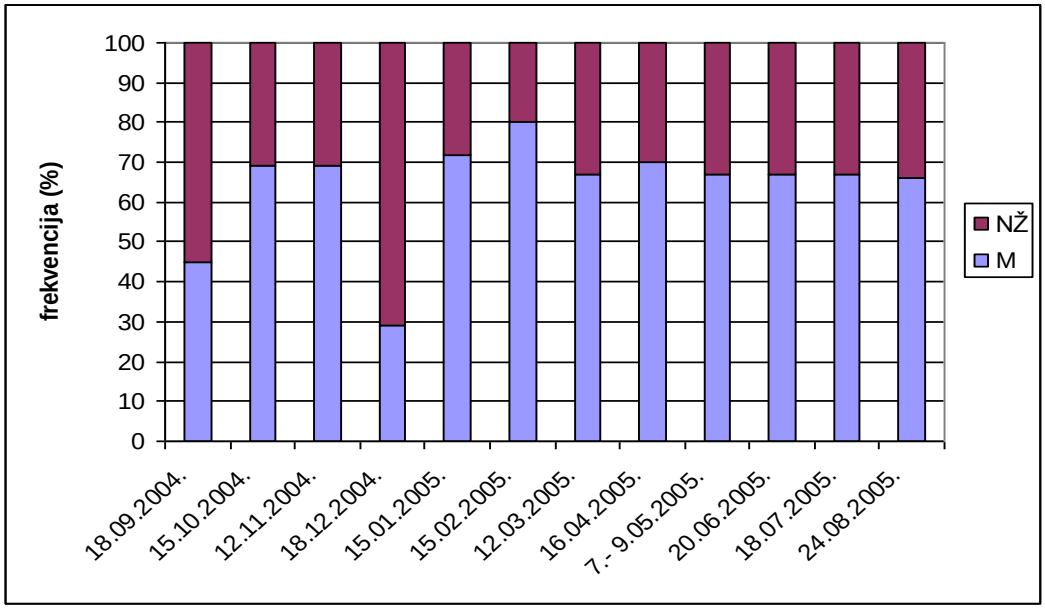
Usporedba relativne zastupljenosti ovigernih ženki (Ž), mužjaka (M), neovigernih ženki (NŽ) i juvenilnih jedinki (J) vrste *Gammarus balcanicus* na izvoru Cetine i u rijeci Cetini na postaji Čikotina Lađa na mikrostaništima S1(mikrolital), S2 (mezolital) i S3 (fital) pokazuje dominaciju vrste u fitalu (S3) na obje istraživane postaje s dominacijom mužjaka u izvoru Cetine te dominacijom juvenilnih jedinki na postaji Čikotina Lađa. Najmanje su zastupljene ovigerne ženke na mikrolitalu na postaji Čikotina Lađa (Slika 20).



Slika 20. Relativna zastupljenost ovigernih ženki (Ž), mužjaka (M), neovigernih ženki (NŽ) i juvenilnih jedinki (J) na izvoru Cetine i u rijeci Cetini na postaji Čikotina Lađa na mikrostaništima S1(mikrolital), S2 (mezolital) i S3 (fital).

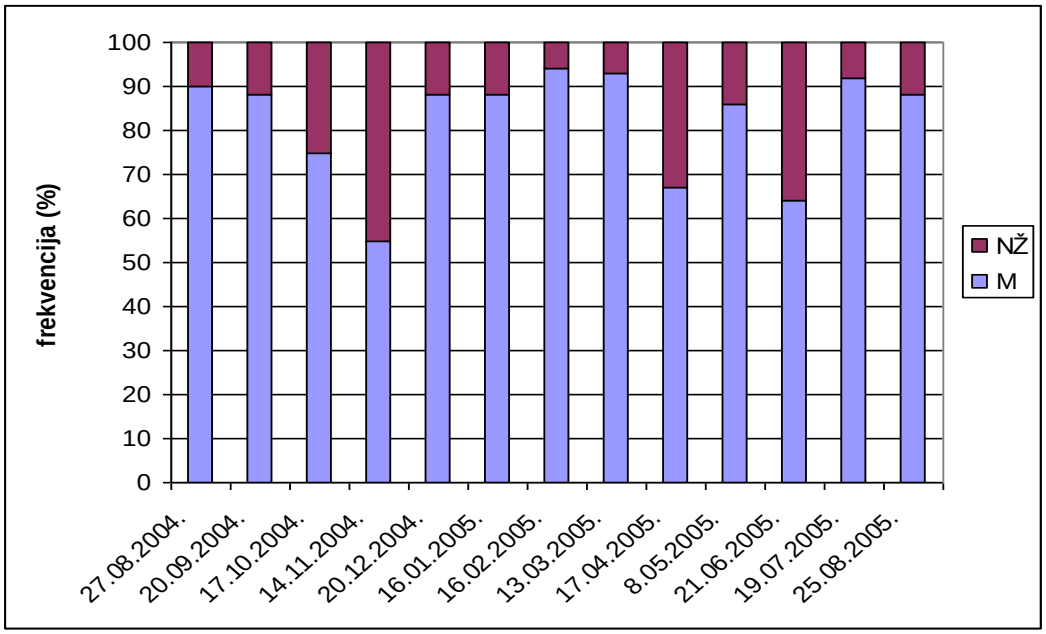
4.3. Odnos spolova

Na postaji izvor Cetine odnos broja mužjaka i neovigernih ženki (eng. operational sex ratio – OSR) je pretežito u korist mužjaka kojih je tijekom čitavog istraživanog razdoblja od rujna 2004. do kolovoza 2005. godine bilo više nego neovigernih ženki. Najveći udio mužjaka u odnosu na neovigerne ženke izmjeren je u veljači 2005. godine u iznosu od 80%, a najmanji u prosincu 2004. godine u iznosu od 29%. Najveći udio neovigernih ženki u odnosu na mužjake izmjeren je u prosincu 2004. godine u iznosu od 71%, a najmanji u veljači 2005. godine u iznosu od 20%. Iz slike se može jasno vidjeti da su tijekom cijelog istraživanog razdoblja mužjaci dominirali s oko 70% u odnosu na neovigerne ženke s oko 30% (Slika 21).



Slika 21. Odnos spolova (OSR) na postaji izvor Cetine u vremenskom razdoblju od rujna 2004. do kolovoza 2005. godine.

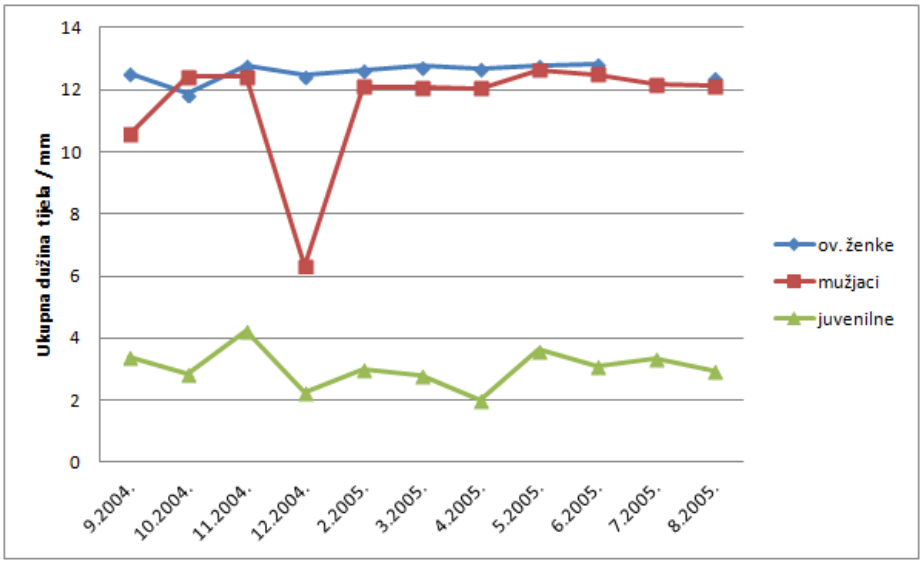
Na postaji Čikotina Lađa odnos broja mužjaka i neovigernih ženki tijekom cijelog istraživanog razdoblja od kolovoza 2004. do kolovoza 2005. godine je u korist mužjaka, čija brojnost tijekom istraživanog razdoblja ne pada ispod 55%. Najveći udio mužjaka u odnosu na neovigerne ženke izmjeren je u veljači 2005. godine 94%, a najmanji u studenom 2004. godine 55%. Najveći udio neovigernih ženki u odnosu na mužjake izmjeren je u studenom 2004. godine 45%, a najmanji u veljači 2005. godine 6% (Slika 22).



Slika 22. Odnos spolova (OSR) na postaji Čikotina Lađa u vremenskom razdoblju od rujna 2004. do kolovoza 2005. godine.

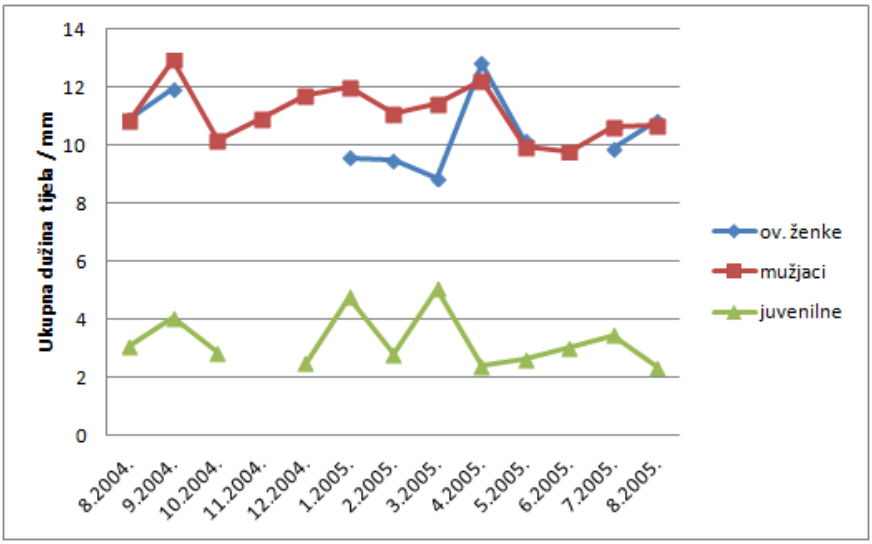
4.4. Veličinska struktura rakušaca

Trend prosječnih vrijednosti ukupne dužine tijela mužjaka i ovigernih ženki na izvoru Cetine je podjednak, osim u prosincu 2004. godine, kada su mužjaci značajno manji od ovigernih ženki. Juvenilne jedinke najveće su u studenom 2004. godine, a najmanje u travnju 2005. godine (Slika 23).



Slika 23. Prosječne vrijednosti ukupne dužine tijela ovigernih ženki, mužjaka i juvenilnih jedinki vrste *Gammarus balcanicus* u izvoru rijeke Cetine.

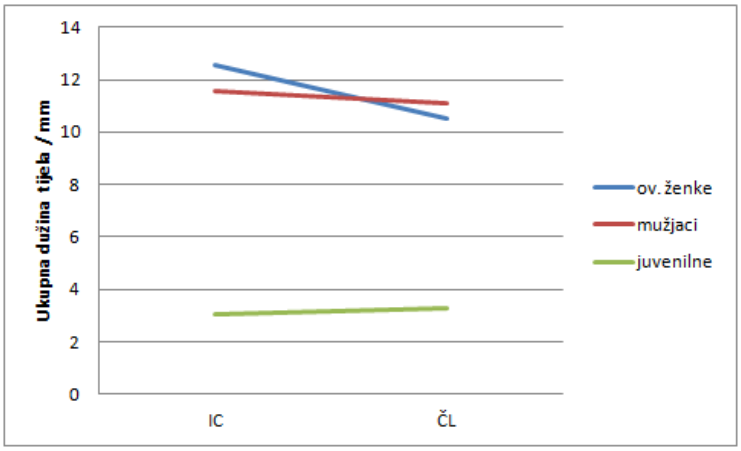
Trend prosječnih vrijednosti ukupne dužine tijela mužjaka i ovigernih ženki na postaji Čikotina Lađa je podjednak, osim u siječnju, veljači i ožujku 2005. godine, kada su ovigerne ženke značajno manje od mužjaka. Juvenilne jedinke najveće su u studenom 2004. godine, a najmanje u travnju 2005. godine (Slika 24).



Slika 24. Prosječne vrijednosti ukupne dužine tijela ovigernih ženki, mužjaka i juvenilnih jedinki vrste *Gammarus balcanicus* u rijeci Cetini na postaji Čikotina Lađa.

REZULTATI

Prosječne vrijednosti ukupne dužine pojedinih analiziranih ontogenetskih i spolnih kategorija jedinki na analiziranim postajama u rijeci Cetini pokazuju da su ovigerne ženke veće na izvoru Cetine a manje na postaji Čikotina Lađa, dok su mužjaci manji na izvoru Cetine a veći na postaji Čikotina Lađa. Juvenilne jedinke su u prosjeku veće na postaji Čikotina Lađa, a manji na izvoru Cetine (Slika 25).



Slika 25. Prosječne vrijednosti ukupne dužine ovigernih ženki, mužjaka i juvenilnih jedinki na izvoru Cetine i na postaji Čikotina Lađa.

5. RASPRAVA

Vrsta *Gammarus balcanicus* široko je rasprostranjena i ima veliku važnost u kruženju tvari u vodotocima koje nastanjuje. Do danas populacije te vrste na području Hrvatske nisu ciljano i sustavno istraživane, tako da podaci o biologiji ove vrste za populacije koje nastanjuju rijeku Cetinu nisu niti postojali. Na postaji izvor Cetine zabilježena su najmanja godišnja kolebanja temperature vode. Na toj postaji su također zabilježene i prosječno niže temperature vode nego na postaji Čikotina Lađa jer izvori pokazuju male fluktuacije u temperaturi na dnevnoj, sezonskoj ili godišnjoj skali, a osim toga voda u izvorima nadomješta se kontinuirano vodom iz temperaturno zaštićenih i stabilnih podzemnih spremnika (Glazier 2009). Uočljivo je da duž rijeke, od postaje izvor Cetine, pa nizvodno sve do postaje Čikotina Lađa, raste godišnje kolebanje temperature i dolazi do povećanja prosječne vrijednosti temperature vode, što je za tekućice uobičajena oscilacija tih parametara. Na postaji izvor Cetine zabilježeno je godišnje kolebanje temperature od 4.5ºC, koje prema nekim autorima (Illies 1952 cit. iz Smith i sur. 2001), koji područje eukrenala definiraju kao dio toka u kojem godišnje temperaturne oscilacije ne prelaze 5°C, možemo svrstati u eukrenal. Međutim neki drugi autori (Erman i Erman 1995 cit. iz Smith i sur. 2001) eukrenal definiraju kao dio toka u kojem godišnje temperaturne oscilacije ne prelaze 2°C i držeći se te definicije istraživana postaja izvor Cetine pripada hipokrenalu, odnosno dijelu toka u kojem godišnje oscilacije temperature prelaze vrijednost od 2°C (Smith i sur. 2003; Žganec 2005). Takvo za izvore veliko godišnje kolebanje temperature zabilježeno na ovoj postaji moglo bi se objasniti činjenicom da je izvor Cetine limnokreni izvor, a za taj tip izvora ustanovljeno je da su godišnje fluktuacije temperature vode veće nego kod reokrenog tipa, kao posljedica sporijeg istjecanja i duljeg zadržavanja vode u izvoru što povećava utjecaj površinskih geoloških slojeva i atmosfere na temperaturu vode (Zollhöfer i sur. 2000 cit. iz Kranjčević, 2009).

Koncentracija otopljenog kisika na postaji izvor Cetine bila je tijekom godine ujednačena, budući da je riječ o izvorišnom području sa stabilnim vrijednostima temperature koja utječe na topivost kisika u vodi. Odnosno budući da koncentracija otopljenog kisika direktno ovisi o temperaturi vode, takvi podaci su u skladu s činjenicom da su na tim postajama mjerene niske temperature vode koje su tijekom godine neznatno oscilirale. Veća godišnja kolebanja u koncentraciji otopljenog kisika tijekom cijele godine izmjerena su na postaji Čikotina Lađa,

budući da je postaja u donjim dijelovima toka rijeke koji su pod utjecajem akumulacija i s drastičnim promjenama u protoku vode (Vučković i sur. 2009). Niža pH vrijednost izmjerena je na postaji izvor Cetine, zato što se radi o podzemnoj vodi povišenih vrijednosti slobodnog CO_2 koja snižava pH. Najviše vrijednosti pH zabilježene su na postaji Čikotina Lađa gdje je srednja pH vrijednost iznosila 8.92, budući da u tom dijelu toka uslijed viših temperatura dolazi do taloženja kalcita i vezanja slobodnog CO_2 što utječe na povišenje pH vrijednosti vode (Vučković i sur. 2009). Što se tiče utjecaja ovog parametra na istraživanu vrstu rakušca, Jalinskaia (1969) navodi da vrsta *G. balcanicus* ima neke ekološke zahtjeve koji ograničavaju rasprostranjenost te vrste u čistim tekućim vodama te da je pH vrijednost vode ključni ograničavajući čimbenik u rasprostranjenosti, pri čemu su zabilježene vrijednosti pH u rasponu od 2,5-5,5. Međutim rezultati ovog istraživanja se s tim ne slažu jer je u Cetini ova vrsta zabilježena u vodama pH vrijednosti između 7.48-8.55. To je u skladu s podacima zabilježenim u nekim vodotocima Rumunjske gdje je vrsta *G. balcanicus* zabilježena u vodama pH vrijednost između 7 i 8,5 (Petrescu 1998), kao i s tim da je vrstu u lužnatoj vodi zabilježio i Žganec (2005) na Plitvičkim jezerima, gdje je izmjerena pH vrijednost iznosila 8.43.

Na postaji izvor Cetine tijekom čitavog istraživanja izmjerene su niske vrijednosti električne provodnosti koje su vrlo malo oscilirale. Na postaji Čikotina Lađa mjerene su više vrijednosti električne provodnosti u odnosu na postaju izvor Cetine i postojala su veće godišnja kolebanja zbog veće količine otopljenih soli u vodi, što može biti povezano i s onečišćenjem rijeke Cetine u nizvodnim dijelovima toka.

Najviše prosječne vrijednosti alkaliniteta zabilježene su na postaji izvor Cetine (174,04 mg L^{-1} $CaCO_3$), koji pripada gornjem toku rijeke s rasponom vrijednosti od 155 do 185 mg L^{-1} $CaCO_3$, dok su na postaji Čikotina Lađa zabilježene niže prosječne vrijednosti alkaliniteta (164,32 mg L^{-1} $CaCO_3$), koja pripada donjem toku rijeke s rasponom vrijednosti od 140 do185 mg L^{-1} $CaCO_3$. Navedeni raspon vrijednosti alkaliniteta na obje istraživane postaje u suglasju je s ranije utvrđenim vrijednostima za rijeku Cetinu kao i za ostale krške rijeke Dalmacije, a ukazuju na umjereno tvrdu vodu s rasponom vrijednosti od 140 do 215 mg L^{-1} $CaCO_3$ (Štambuk-Giljanović 2002; 2005). Povišeni alkalinitet tj. koncentracija iona HCO_3^- u gornjim dijelovima toka rijeke Cetine povezan je s izostankom taloženja kalcita prije svega zbog nižih vrijednosti pH vode tj. u izvorišnim dijelovima toka nisu zadovoljeni fizikalno-kemijski uvjeti u vodi koji bi uvjetovali taloženje karbonata.

RASPRAVA

Na obje istraživane postaje najveća brojnost jedini utvrđena je na mikrostaništu S3 tj. u makrofitima na izvoru Cetine, odnosno algama i mahovinama na Čikotinoj Lađi. Razlog tome leži u činjenici da takav tip supstrata predstavlja zaklon od predacije i struje vode, a predstavlja i izvor hrane za rakušce, jer zarobljuje čestice detritusa (Glazier 2009). Na postaji izvor Cetine tijekom istraživanog razdoblja u svim uzorcima (S1, S2, S3) prikupljeno je najviše juvenilnih jedinki. Brojnost ovigernih i neovigernih ženki i mužjaka u uzorku S1 bila je podjednaka. U uzorku S2 brojnost ovigernih ženki i mužjaka je veća od brojnosti neovigernih ženki. Dok je u uzorku S3 brojnost ovigernih i neovigernih ženki podjednaka, a brojnost mužjaka je veća u odnosu na ženke.

Tijekom istraživanog razdoblja na postaji Čikotina Lađa u svim uzorcima (S1, S2, S3) također je prikupljeno najviše juvenilnih jedinki, koje su najviše zastupljene u mahovini, jer ondje pronalaze zaklon ne samo od predatora već i od velikih oscilacija u protoku vode koje su povezane s količinom vode u akumulacijama i s vezanim temeljnim ispustom vode. Zastupljenost ovigernih ženki najmanja je na mikrostaništu S1 (mikrolital) koje je najviše izloženo struji vode i time najnepovoljnije mikrostanište, dok su mužjaci podjednako zastupljeni na sva tri istraživana mikrostaništa. Brojnost jedinki svih analiziranih kategorija značajno je manji na ovoj postaji nego na izvoru Cetine zbog većih oscilacija u protoku vode zbog utjecaja akumulacija i većih oscilacija u temperaturi vode, koje ovdje tijekom ljeta dosežu kritične vrijednosti za razmnožavanje ove vrste, s preko 20°C. Iako fizikalno-kemijski čimbenici vode imaju značajan utjecaj na strukturu i brojnost zajednica makroskopskih beskralješnjaka, struktura staništa i sastav supstrata se smatraju dominantnim čimbenicima (Harper i sur. 1995 cit iz Smith i sur. 2003), a Smith (2003) predlaže da fluktuacije protoka imaju još i puno značajniji utjecaj na zajednicu makroskopskih beskralježnjaka i njezin sastav nego što ima struktura staništa u tekućicama te samim time naglašava važnost fluktuacije protoka na oblikovanje strukture staništa. Mahovina predstavlja najheterogenije stanište, omogućava zaklon od predacije ili pak struje vode (MacNeil i Prenter 2000), te je uz to izvor hrane jer zarobljuje sitne čestice organskih tvari (Welton 1979), pa su rezultati ovih istraživanja očekivani. Za vrste roda *Gammarus* je poznato da preferiraju staništa s vodenom vegetacijom u usporedbi sa šljunkom i golim pijeskom (MacNeil i Prenter 2000), što je u suglasju s dobivenim rezultatima.

Analiza ukupne dužine tijela jedinki vrste *Gammarus balcanicus* u rijeci Cetini pokazuje da su jedinke na izvoru Cetine s prosječnom vrijednosti ukupne dužine tijela ovigerne ženke u

iznosu od 12,5 mm u suglasju s rasponom ukupne dužine tijela vrste *G. balcanicus* za Slovačke populacije ženki ukupne dužine tijela 11-14 mm (Micherdziński 1959), dok su mužjaci u rijeci Cetini prosječne ukupne dužine tijela 11,3 mm manji od raspona ukupne dužine tijela mužjaka (13-17 mm) za istog autora. Zieliński (1995) navodi da su u Slovačkoj zabilježeni primjerci od 16 mm ukupne dužine tijela, a u Ukrajini od čak 21 mm za karpatsku populaciju, pri čemu su izmjerene srednje vrijednosti veličine tijela za mužjake u rasponu od 9,3-13,7 mm, a za ženke 8,2-11,6 mm, što je u suglasju s dobivenim rezultatima na ukupnu dužinu tijela vrste *G. balcanicus* u rijeci Cetini, međutim jedinke oba spola populacije iz rijeke Cetine nikada ne prelaze ukupnu dužinu tijela od 12,7 mm. Jedinke oba spola prosječno su manje ukupne dužine tijela na postaji Čikotina Lađa nego na izvoru Cetine, što može biti povezano s nepovoljnijim uvjetima staništa u donjem toku rijeke Cetine zbog utjecaja akumulacija. Naime, fizikalno-kemijski parametri vode osim što značajno utječu na prostornu i vremensku dinamiku populacija rakušaca u slatkim vodama, utječu i na brzinu rasta i ukupnu dužinu tijela jedinki (Chapelle i Peck 2004), pri čemu temperatura od 20°C predstavlja ključan ograničavajući čimbenik u dosizanju maksimalne dužine tijela, što pokazuju utvrđene manje ukupne dužine tijela jedinki na nizvodnoj postaji Čikotina Lađa.

6. ZAKLJUČAK

Ekologija vrste *Gammarus balcanicus* na području Hrvatske do sada je vrlo slabo istražena. Ovo ekološko istraživanje usmjereno na utvrđivanje utjecaja brana i promjena u vrijednostima temperature vode na postajama nizvodno od akumulacija duž toka Cetine na rast i razmnožavanje vrste *Gammarus balcanicus*. Na postaji izvor rijeke Cetine, koja nije s utjecajem i Čikotina Lađa, koja je s utjecajem, praćena je struktura i dinamika populacija koje nastanjuju stabilno područje krenala i utjecano područje ritrala rijeke Cetine. Na temelju iznijetih rezultata mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Izmjerene vrijednosti abiotičkih čimbenika pokazuju longitudinalni gradijent tipičan za tekućice. Od izvora prema ušću raste prosječna vrijednost temperature vode i sve su veće temperaturne oscilacije. U skladu s promjenama temperature koncentracija kisika idući nizvodno se smanjuje a oscilacije povećavaju. Najviše pH vrijednosti očekivano su mjerene na izvorskom postajom, s obzirom da se radi o podzemnoj vodi koja izbija na površinu.
- Najveća brojnost jedinki/m^2 (mužjaka, ovigernih i neovigernih ženki, juvenilnih jedinki) izmjerena je na postaji izvor Cetine, dok je brojnost jedinki na postaji Čikotina Lađa bila manja.
- Jedinke su najdominantnije na fitalu koji i na izvoru i u donjem dijelu toka rijeke istraživanoj vrsti osigurava optimalno stanište.
- Analiza odnosa spolova pokazuje da su mužjaci dominantniji od neovigernih ženki na oba istraživana lokaliteta tijekom cijelog razdoblja istraživanja kao rezultat potencijalnih razlika u dužini života, sazrijevanju, presvlačenju, aktivnosti ili ranijeg umiranja ženki.
- Analiza ukupne dužine tijela pokazuje da su ovigerne ženke veće na izvoru Cetine, a manje na postaji Čikotina Lađa, dok su mužjaci veći na postaji Čikotina Lađa, a manji na izvoru Cetine. Juvenilne jedinke su u prosjeku manje na izvoru Cetine nego na postaji Čikotina Lađa. Utvrđene vrijednosti ukupne dužine tijela mužjaka i ženki su u suglasju s litaraturnim podacima.

ZAKLJUČAK

Iako su na postaji Čikotina Lađa utvrđene više prosječne vrijednosti temperature vode nego na izvoru Cetine, reproduktivna aktivnost vrste *G. balcanicus* na obje postaje odvija se kontinuirano tijekom cijene godine. Međutim veće zabilježene vrijednosti temperature vode na postaji Čikotina Lađa uvjetuju prosječno manju ukupnu dužinu ovigernih ženki, što za posljedicu ima manji fekunditet te time manje zabilježene gustoće populacije u donjem dijelu toka rijeke Cetine. Možemo zaključiti da se očituje negativni utjecaj akumulacija u nizvodnim dijelovima rijeke Cetine na životni ciklus i općenito biologiju istraživane vrste.

7. LITERATURA

1. Balian EV, Segers H, Lévèque C, Martens K (2008) The freshwater animal diversity assessment: an overview of the results. Hydrobiologia 595: 627-637.
2. Ban I (2012) Gammaridae pritoka Neretve i obalnih izvora do Konavoske Ljute.Diplomski rad, Sveučilište u Dubrovniku, odjel za akvakulturu, Dubrovnik, str. 1-36.
3. Camargo JA, Voelz NJ (1998) Biotic and abiotic changes along the recovery gradient of two impounded rivers with different impoundment use. Environmental Monitoring and Assessment 50: 143–158.
4. Chapelle G, Peck LS (2004) Amphipod crustacean size spectra: new insights in the relationship between size and oxygen. Oikos 106 (1): 167-175.
5. CRA/PPA (2000) Riječni sliv i pripadajuće obalno područje rijeke Cetine: Ekološki i socio-ekonomski profil. Centar za regionalne aktivnosti Programa prioritetnih akcija, Split:1-165.
6. Dudgeon D, Arthington AH, Gessner MO, Kawabata Z-I, Knowler DJ, Lévêque C, Naiman RJ, Prieur-Richard A-H, Soto D, Stiassny MLJ, Sullivan CA (2006) Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. UK. Biol. Rev. 81: 163-182.
7. Friedl G, Wüest A (2002) Disrupting biogeochemical cycles – Consequences of damming. Aquat. Sci. 64: 55–65.
8. Glazier DS (2009) Amphipoda. U: Likens, G E (ed.) Encyclopedia of Inland Waters. Oxford, Elsevier, Vol. 2: 89-115.
9. Graf F (2006) Downstream hydrologic and geomorphic effects of large dams on American rivers. Geomorphology 79: 336–360.
10. Horsák M, Bojková J, Zahrádková S, Omesová M, Helešic J (2009) Impact of reservoirs and channelization on lowland river macroinvertebrates: A case study from Central Europe. Limnologica 39: 140–151.

LITERATURA

11. Karaman G (1977) Contribution to the knowledge of the Amphipoda 90. Revision of *Gammarus balcanicus* Schäf. 1922 in Yugoslavia (fam. Gammaridae). Poljoprivreda i šumarstvo 23 (4): 37-60.
12. Karaman G (1993) Crustacea Amphipoda di acqua dolce. Fauna d`Italia, Edizione Calderini, Bologna, vol. 31:1-337.
13. Kranjčević D (2009) Struktura i dinamika populacija vrste *Gammarus balcanicus* (Crustacea, Amphipoda) krenala i ritrala rijeke Cetine. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, str. 1-65.
14. MacNeil C, Prenter J (2000) Differential microdistributions and interspecific interactions in coexisting native and introduced *Gammarus* spp. (Crustacea: Amphipoda). J. Zool. 251: 377-384.
15. Malmqvist B, Rundle S (2002) Threats to the running water ecosystems of the world. Environmental Conservation 29 (2): 134–153.
16. Martin JW, Davis GE (2001) An updated Classification of the Recent Crustacea. Natural History Museum of Los Angeles County Science Series 39. Los Angeles, CA, str. 1-124.
17. Matoničkin I, Habdija I, Primc-Habdija B (1999) Beskralješnjaci: biologija viših Avertebrata. Školska knjiga, Zagreb, str. 1-609.
18. Micherdziński W (1959) Kiełże rodzaju *Gammarus* Fabricius (Amphipoda) w wodach Polski. Acta Zoologica Cracoviensia 4: 527-637.
19. Neuparthetal T, Costa FO i Costa MH (2002) Effects of Temperature and Salinity on Life History of the Marine Amphipod *Gammarus locusta*.Implications for Ecotoxicological Testing.Ecotoxicology 11:61-73.
20. Nilsson C, Reidy CA, Dynesius M, Revenga C (2005) Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. Science 308: 405-408.
21. Olden JD, Naiman RJ (2010) Incorporating thermal regimes into environmental flows assessments: modifying dam operations to restore freshwater ecosystem integrity. Freshwater Biology 55: 86–107.

LITERATURA

22. Petrescu I (1994) Contribution to the knowledge of amphipods (Crustacea) from Romania. II.*Gammarus aequicauda* (Martynov), *G. balcanicus* Schäferna and *Orchestia cavimana* Heller. Trav.Mus.Hist. nat."Grigore Antipa" 34: 303-324.

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

24. Smith H, Wood PJ, Gunn J (2001) The macroinvertebrate communities of limestone springs in the Wye Valley, Derbyshire Peak District, UK. Cave and Karst Sience 28 (2): 67- 78.

25. Smith H, Wood PJ, Gunn J (2003) The influence of habitat structure and flow permanence on invertebrate communities in karst spring systems. Hydrobiologia 510: 53-66.

26. Sternberg (2006) Damming the river: a changing perspective on altering nature. Renewable and sustainable Energy Rivers 10: 165-197.

27. Strayer DL (2006) Challenges for freshwater invertebrate conservation. J. N. Am. Benthol. Soc. 25 (2): 271-287.

28. Sutcliffe DW (1992) Reproduction in Gammarus (Crustacea, Amphipoda): basic processes. Freswater Forum 2: 102-128.

29. Šantić T (2000) Raznolikost faune Amphipoda delte Neretve. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, str. 1-43.

30. Štambuk-Giljanović N (2002) Vode Cetine i njezina porječja. Zavod za javno zdravstvo županije Splitsko-dalmatinske, Split, str. 1- 814.

31. Štambuk-Giljanović N (2005) The quality of water resources in Dalmatia. Environmental Monitoring and Assessment 104: 235–267.

32. Thorp JH, Covich AP (2001) An overwiev of freshwater habitats. U: Thorpe JH i Covich AP (ur.) Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. Academic Press, San Diego, str. 19-41.

33. Vučković I, Božak I, Ivković M, Jelenčić M, Kerovec M, Popijač A, Previšić A, Širac S, Zrinski I, Kučinić M. 2009. Composition and structure of benthic macroinvertebrate communities in the Mediterranean karst river the Cetina and its tributary the Ruda, Croatia. Natura Croatica 18 (1): 49–82.

LITERATURA

34. Ward JV i Stanford JA (1979) The Ecology of Regulated Streams. Proceedings of the First International Symposium on Regulated Streams held in erie, Pennsylvania, April 18-20, 1979. Plenum Press, New York.
35. Welton JS (1979) Life-history and production of the amphipod *Gammarus pulex* in Dorset chalk stream. Freshwater Biology. 9: 263-275.
36. Wilhelm FM, Lasenby DC (1998) Seasonal trends in the head capsule length and body lenght/weigth relationships of the amphipod species. Crustaceana 71 (4): 399-410.
37. World Commission on Dams (2000) Dams And Development - A New Framework for Decision-Making - The Report of The World Commission on Dams. Earthscan Publications Ltd, London and Sterling.
38. Zieliński D (1995) Life history of *Gammarus balcanicus* Schäferna, 1922 from the Bieszczady Mountains (eastern Carpathians, Poland). Crustaceana 68 (8): 61-72.
39. Žganec K (2005) Struktura i dinamika krenobiocenoza u Nacionalnom parku Plitvička jezera. Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, str. 1-165.

ŽIVOTOPIS

Rođena sam 23. svibnja 1986. godine u Bjelovaru kao Ivana Puzak. II. osnovnu školu Bjelovar pohađala sam od 1993. do 2001. godine, 1994. godine upisujem Glazbenu školu Vatroslava Lisinskog u Bjelovaru koju završavam 2001. godine. Tijekom glazbenog obrazovanja naučila sam svirati klavir. Nakon završene osnovne škole upisala sam Opću gimnaziju u Bjelovaru. Maturirala sam 2005. s odličnim uspjehom, a iste sam godine upisala dvopredmetni studij biologije i kemije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu. U svibnju 2014. godine radila sam na zamjeni u Medicinskoj školi Bjelovar kao nastavnik biologije i kemije.