

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
ODJEL ZA AKVAKULTURU
DIPLOMSKI STUDIJ MARIKULTURA

Ivan Ban

Gammaridae pritoka rijeke Neretve i obalnih izvora do Konavoske Ljute

DIPLOMSKI RAD

Dubrovnik, 2012. godina

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU
ODJEL ZA AKVAKULTURU
DIPLOMSKI STUDIJ MARIKULTURA

Ivan Ban

Gammaridae pritoka rijeke Neretve i obalnih izvora do Konavoske Ljute

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

prof. dr. sc. Boško Skaramuca

Dubrovnik, 2012. godina

Ovaj diplomski rad izrađen je pod stručnim vodstvom prof. dr. sc. Boška Skaramuce, u sklopu diplomskog studija Marikultura na Odjelu za akvakulturu Sveučilišta u Dubrovniku.

Najiskrenije se zahvaljujem voditelju rada prof. dr. sc. Bošku Skaramuci na ukazanom povjerenju, pruženoj pomoći i vrijednim stručnim savjetima tijekom izrade rada.

Osobitu zahvalnost dugujem akademiku dr. sc. Gordani Karamanu, profesoru biologije na Prirodno-matematičkome fakultetu u Podgorici, na pruženoj pomoći pri determinaciji vrsta, kao i na savjetima pri pisanju rada.

Nadalje, želim se zahvaliti mr. sc. Ivoni Milić-Beran na pomoći oko statističke obrade podataka.

Posebno se zahvaljujem dr. sc. Ani Gavrilović i prof. dr. sc. Branku Glamuzini na pregledu rada i pružanju korisnih savjeta, koji su značajno pridonijeli konačnom izgledu rada.

SADRŽAJ

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. Rasprostranjenost, morfologija i reproduktivne značajke | 2 |
| 1.2. Ciljevi rada | 7 |
| 2. MATERIJAL I METODE | 8 |
| 2.1. Područje prikupljanja materijala..... | 8 |
| 2.2. Prikupljanje materijala | 9 |
| 2.3. Pokus preživljavanja pri različitim salinitetima | 10 |
| 2.4. Uzgoj u kontroliranim uvjetima | 11 |
| 2.5.Određivanje broja jaja u odnosu na veličinu ženki vrste <i>Gammarus balcanicus</i> | 12 |
| 3. REZULTATI..... | 14 |
| 3.1. Rezultati uzorkovanja | 14 |
| 3.2. Preživljavanje pri različitim slanostima | 15 |
| 3.3. Uzgoj rakušaca <i>Gammarus balcanicus</i> u kontroliranim uvjetima | 26 |
| 3.3.1. Utjecaj temperature na predkopulacijski ampleksus..... | 27 |
| 3.3.2. Utjecaj veličine na predkopulatorni ampleksus..... | 27 |
| 3.3.3. Višestruko parenje | 28 |
| 3.3.4. Broj jaja u odnosu na veličinu ženke rakušca <i>Gammarus balcanicus</i> | 28 |
| 4. RASPRAVA | 29 |
| 5. ZAKLJUČAK..... | 32 |
| 6. LITERATURA..... | 33 |

Gammaridae pritoka rijeke Neretve i obalnih izvora do Konavoske Ljute

SAŽETAK

U ovom radu su istraživane vrste gamaridnih rakušaca zastupljene u toku rijeke Neretve i njezinih pritoka te priobalnim izvorima dubrovačkog primorja.

Na cijelom području istraživanja determinirane su dvije vrste gamaridnih rakušaca, *Gammarus balcanicus* (Schaf. 1922) u pritocima i izvorima gornje Neretve i *Echinogammarus veneris* (Heller, 1865) u uzobalnim izvorima od ušća Neretve do Cavtata.

S obzirom na nisku zastupljenost vrste *Echinogammarus veneris*, laboratorijska istraživanja provedena su na vrsti *Gammarus balcanicus*. Uzorci su sakupljeni u svibnju 2011. godine i uzbajani u laboratorijskim uvjetima u cilju dobivanja podataka koji bi pomogli pri uvođenju ovog amfipodnog rakušca u akvakulturu, kao prva živa hrana paraličinki glavonožaca i prvih razvojnih stadija salmonidnih vrsta riba.

Istražen je utjecaj temperature i veličine organizma na predkopulacijski ampleksus te višestruko parenje i broj jaja. Dobiveni rezultati ukazuju da je vrsta *Gammarus balcanicus* odličan kandidat za komercijalani akvakulturni uzgoj kao kvalitetna živa hrana. Rezultati srednjeg vremena preživljavanje rakušca do 8 minuta pri najvišoj slanosti od 37 psu, relativno brza reprodukcija u periodu od 8 dana opravdavaju daljnja istraživanja u svrhu mogućnosti uvođenja podreda Gammaridea u komercijalni uzgoj za ishranu slatkvodnih, bočatih i morskih organizama.

Ključne riječi: gamaridni rakušci/ *Gammarus balcanicus*/ akvakulturni uzgoj

Gammaridea of the Neretva River tributary and coastal springs up to Konavoska Ljuta

We investigated which gammarid species are present in the the Neretva River flow and its tributaries, and coastal springs of the Dubrovnik. In this area we found two gammarid species, *Gammarus balcanicus* (Schaf. 1922) in the tributaries above the Neretva, and *Echinogammarus veneris* (Heller, 1865) in coastal springs from the Neretva estuary to Cavtat. We investigated the survival of amphipod crustacean *Gammarus balcanicus* at different salinity.

Amphipod *Gammarus balcanicus* was collected in May 2011 and rear under laboratory conditions to obtain data that would assist in introducing of gammarid amphipod in aquaculture, as the first live food of cephalopod paralarvae and early developmental stages of salmonid fish.

The best biotic and abiotic requirements for growth and reproduction were determined. We investigated the effect of temperature and size of the organism to precopulatory amplexus, multiple mating and number of eggs. These results indicate that the amphipod *Gammarus balcanicus* is an excellent candidate for commercial aquaculture farming as a high-quality live food.

Survival of the crustaceans up to 8 minutes at the highest salinity of 37 psu, relatively rapid reproduction for a period of 8 days justifies further investigation for the possibility of introducing suborders Gammaridea in commercial production for feeding freshwater, brackish and marine organisms.

Key words: gammarid crustaceans/ *Gammarus balcanicus*/ aquaculture farming

1. UVOD

Rakušci Amphipoda su sa 7000 do sada opisanih vrsta najbrojnija skupina bezkralježnjaka na svijetu. Žive u svim vodama, podzemnim, morskim i kopnenim.

Red Amphipoda podijeljen je na 4 podreda:

- Ingolfiellidea (podzemni, u morima i u kopnenim vodama),
- Hiperidea (planktonski, isključivo morski),
- Caprellidea (isključivo morski, na algama i morskim travama),
- Gammaridea (morski i u kopnenim vodama, kako površinskim, tako i podzemnim vodama) (Anthony i sur. 1986).

Najbrojniji podred predstavljaju Gamaridae sa oko 6000 vrsta. Unutar ovog reda najmalobrojniji je podred Ingolfiellidea koji čine 40 vrsta podijeljenih u dvije porodice. Identifikacija amfipodnih rakušaca je jako komplikirana. Kod određivanja vrste većina autora se služe seciranjem organizama. Klasifikacija Amphipoda još nije uređena do kraja, posebno u podredu Gammaridea gdje vlada najveća konfuzija (Karaman, 1977).

Raznolikost vrsta je najveća u protočnim vodama (Vainola i sur. 2008). Limitirajući faktori kod distribucije rakušaca Gammaridea su otopljeni kisik, nitriti i reaktivni fosfor (Pavlescu i sur. 2010). Pavlescu i sur. (2010) su u planinama Anine (Rumunjska) utvrdili visoku potrošnju otopljenog kisika kod vrste *Gammarus balcanicus* od $6.29 - 10.13 \text{ mg l}^{-1}$ O, što pokazuje da vole čistu i kisikom zasićenu vodu. Ovi su autori također utvrdili da u područjima s koncentracijama reaktivnog fosfora u rasponu $0.32 - 0.48 \text{ mg l}^{-1}$ jedinke ove vrste uopće nisu bile prisutne. Preferiraju čiste i kisikom zasićene vode te imaju nisku toleranciju prema nitritima.

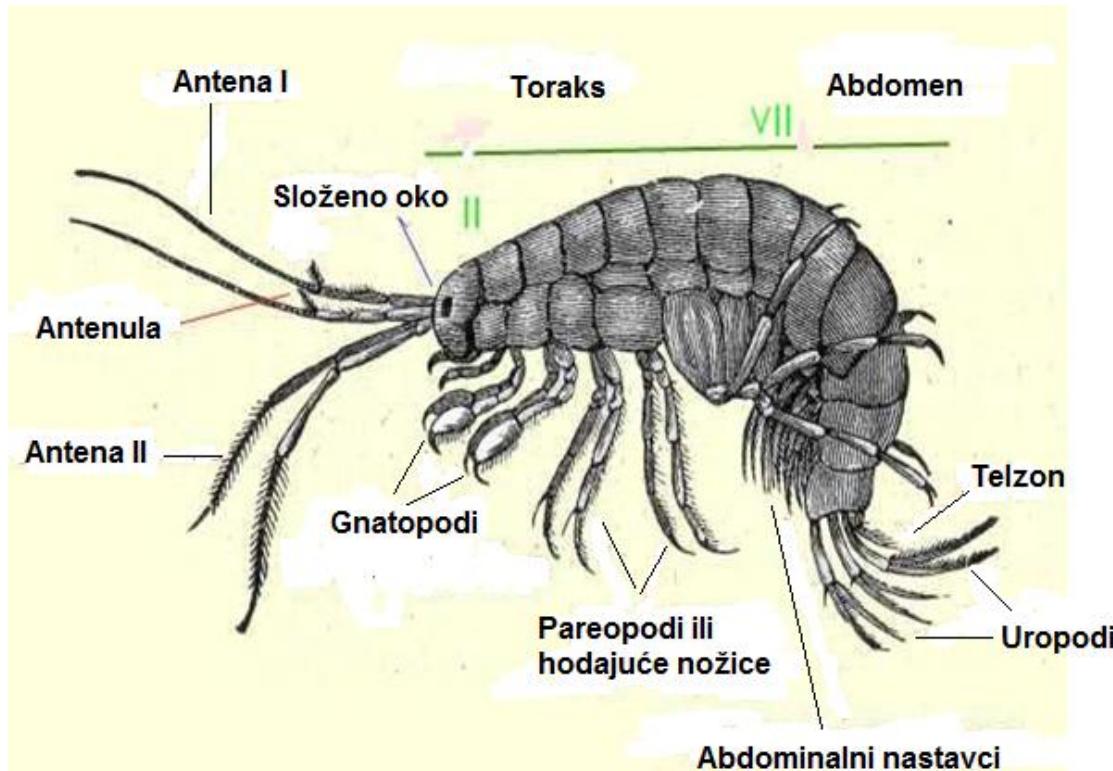
Vrstu *Gammarus balcanicus* koja je pronađena na nekoliko lokaliteta na Balkanskem poluotoku je opisao Schaferna (1922), dok je Karaman (1977) odredio lokalitet Kolašin kao *loco typo*. Rakušac *G. balcanicus* je vrlo varijabilna

vrsta koja u svakom vodenom bazenu formira različite populacije. Zbog toga su brojne populacije ove vrste iz raznih dijelova Jugoslavije bile opisane kao zasebne vrste ili podvrste. Čak je i sam Schaferna (1922) u radu gdje opisuje novu vrstu *G. balcanicus*, istovremeno opisao dvije druge populacije iste vrste kao zasebne vrste (*G. konjicensis* i *G. spinicaudatus*). Nakon višegodišnjeg sakupljanja materijala vrste *Gammarus balcanicus* iz cijele Jugoslavije i detaljne obrade istog, Karaman (1977) utvrđuje da 12 različitih vrsta i podvrsta koje su do sada opisane (*Gammarus spinicaudatus*, *Gammarus konjicensis*, *Gammarus pavlovici*, *Gammarus pavlovici montanus*, *Gammarus konjicensis plancici*, *Rivulogammarus neretvanus*, *Gammarus klisanus*, *Gammarus konjicensis istrianus*, *Rivulogammarus dacicus*, *Rivulogammarus spinicaudatus*, *Gammarus bilecanus*, *Rivulogammarus pannonicus*) pripadaju ustvari jednoj istoj vrsti i to vrsti *Gammarus balcanicus* (Schaf, 1922).

1.1. Rasprostranjenost, morfologija i reproduktivne značajke

Vrste reda Amphipoda su rakušci lateralno spljoštenog tijela, koji ne posjeduju karapaks sa. Veličina tijela Amphipoda je u rasponu od 1 do 340 mm. Tijelo je podijeljeno na 13 segmenata koji su grupirani u glavu, toraks i abdomen. Sa toraksom je spojena glava na kojoj se nalaze dva para antenula, par sesilnih složenih očiju i čeljust (Slika 1). Toraks i abdomen su dosta izraziti te sadrže različite tipove nožica. Na toraksu se nalazi osam pari nožica od kojih prednje služe kao dodatak čeljusti, sljedeća četiri para su okrenuta prema naprijed dok su zadnja tri para okrenuta straga. Škrge su prisutne na segmentima toraksa. Abdomen je podijeljen na dva dijela: pleosom na kojem se nalaze plivajuće nožice i urosom koji obuhvaća telson i tri para uropoda (Anthony i sur. 1986).

Glavne odlike vrste *Gammarus balcanicus* su slijedeće: tijelo je srednje dužine, dok urozomit I. ima srednju leđnu i dvije bočne grupe dlaka ili pak dlake mogu nedostajati. Bočne glavene ploče su zaobljene, rijeđe uglaste dok su oči okruglaste ili bubrežaste (Karaman, 1977).



Slika 1. Anatomija amfipodnog rakušca (Izvor: <http://www.waterwereld.nu/vlokreefteng.php>)

Vrste *Gammarus* spp. su široko rasprostranjene vrste koje naseljavaju različit raspon slatkovodnih staništa i mogu biti dominantan dio makroskopskih beskralježnjaka bentičkog sastava, bilo po broju ili biomasi (Macneil i sur., 1999). Fauna Amphipoda Hrvatske se sastoji od podzemnih slatkovodnih vrsta (*Gammarus fossarum*, *Gammarus balcanicus*), površinskih vrsta iz bočatih voda (*Echinogammarus veneris*, *Hadzia fragilis*), podzemnih vrsta (neke vrste roda *Niphargus*, *Pseudoniphargus adriaticus*, *Salentinella* rod, *Psammogammarus caecus*), te najmnogobrojnijih morskih vrsta. U Jadranu je utvrđeno oko 50 obitelji s preko 250 vrsta, koje žive od obale do najvećih dubina mora. Jadran je još nedovoljno istražen, posebno dubokomorski oblici (Karaman i sur., 1977).

U riječnim je tokovima Hrvatske utvrđen niz vrsta koji pripadaju rodovima *Gammarus* (*Gammarus balcanicus* (Schaf. 1922)) (Slika 2), *Gammarus fossarum* (Koch, 1835), roda *Echinogammarus* (*Echinogammarus veneris* (Heller, 1865), *Echinogammarus acarinatus* (Karaman, 1931)), roda *Orchetia* (*Orchestia*

cavimana (Heller, 1865), roda *Fontogammarus* (*Fontogammarus dalmatinus* (Karaman, 1931), roda *Hadzia* (*Hadzia fragilis*) (Karaman, 1932).

Vrste reda Amphipoda su odlični indikatori zagađenja voda, i uglavnom se nalaze u prvoj A klasi voda, a samo neki mogu se naći u drugoj klasi voda; u trećoj i četvrtoj klasi voda ih nema (Karaman, 1977).



Slika 2. Rakušac *Gammarus balcanicus* (Schaf. 1922) (Izvor: dr. Gordan Karaman)

Vrste podreda Gammaridea koji borave u površinskim vodama imaju 5 do 7 generacija godišnje, i žive 2 do 3 godine, dok podzemne vrste istoga podreda imaju samo jednu generaciju i mogu živjeti preko 10 godina (Mohammadi i sur., 2010).

Kad mužjak ostvari tjelesni kontakt sa seksualno privlačnom ženkicom pokušava je uhvatiti, te je sa prvim parom gnatopoda prislanja ispod sebe po dužini uz svoj abdomen. Ovakav položaj naziva se predkopulatorni ampleksus

(Slika 3), u kojem mužjak pliva noseći ženku 8 do 12 dana što ovisi o vrsti i ekološkim čimbenicima (Ward, 1985; Ward 1986). Predkopulatorni ampleksus završava kad se ženka presvuče te je mužjak okrene prema sebi i položi spermu po ventralnoj strani držeći ju (Ward, 1985).



Slika 3. Predkopulatorni ampleksus (Izvor: http://www.jcsites.juniata.edu/faculty/g_lazier/researchlink/r12kpage3.html)

Oplodnja je vanjska i odvija se u ženkinoj vrećici sa jajima. Kod slatkovodnih vrsta fekunditet je u rasponu od 15 – 30 jaja po vrećici (Sutcliffe, 1992). Janković (1983) iznosi da je za vrstu *Gammarus balcanicus* maksimalni broj jaja 21-30 po vrećici kod populacije koju je istraživao. Ukupni mortalitet za vrstu *Gammarus fossarum* iznosi 20% - 30% pri temperaturi od 12 °C u uzgojnem tanku (Sutcliffe, 1992). Ličinačkih stadij kod ove skupine ne postoji, već se direktno izlegu u mladu jedinku, a spolnu zrelost dostižu nakon šestog presvlačenja.

Kod vrste *Gammarus pulex* ženke su asinkrono osjetljive za kopulaciju kroz vrlo kratko vrijeme, dok su mužjaci spremni za parenje tokom cijelog ciklusa presvlačenja. Zbog toga je operativni spolni omjer jako pristran u smjeru mužjaka koji su u kompeticiji za pristup „kvalitetnim“ ženkama (Ward, 1986).

Predkopulativno ponašanje čuvanja partnera (ampleksus), Parker (1974) smatra evoluiranom kompetitivnom strategijom mužjaka kao odgovor na kratko vrijeme ženkine spremnosti na kopulaciju. Empirijske studije su dokazale da se predkopulatorni parovi odabiru na temelju veličine, gdje veliki mužjaci biraju velike ženke a manji mužjaci manje ženke (Birkhead i Clarkson, 1980).

Rakušci Gammaridae se u vodenim tokovima hrane lišćem koje upada u potoke, kao i detritusom ili živim i uginulim organizmima (Kelly i sur., 2002). Amfipodni rakušci se smatraju najvećim riječnim sakupljačima velikih količina grubih čestica organskih tvari kao što su raspadnuto lišće. Mnogi autori poput Stocka, (1977) smatraju da je kod roda *Amphipoda* herbivorna ishrana samo jedan od niza različitih modela hranjenja u rasponu od ektoparazitizma, filtriranja, karnivorne ishrane pa čak i koprofagije. Ova svojstva se također mogu pronaći i kod vrsta podreda Gammaridea (Macneil i sur., 1999).

Većina studija naglašava herbivornu prirodu gamaridnih rakušaca dok Macneil i sur., (1999) navode da imaju mnogo širu bazu ishrane što im omogućava kolonizaciju i naseljavanje različitih ekosustava. Dokaza o herbivornoj ishrani slatkovodnih rakušaca Gammaridae ima mnogo iz različitih izvora, naprimjer vrsta *Gammarus pulex* se može održati hraneći se raspadnutim lišćem (Petersen i sur., 1974). Vrsta *Gammarus balcanicus* se u prirodnim uvjetima hrani otpalim lišćem lipe, ljeske, košćele i bukve (Ljubanov, 1970).

Kanibalizam je zabilježen u mnogim laboratorijskim studijama, a Jenio (1979) navodi da kada započne kanibalizam kod vrste *Gammarus minus Pinicollisi* (Say, 1818) tada ignoriraju listove briješta koji su im u normalnim uvjetima preferirana ishrana.

1.2. Ciljevi rada

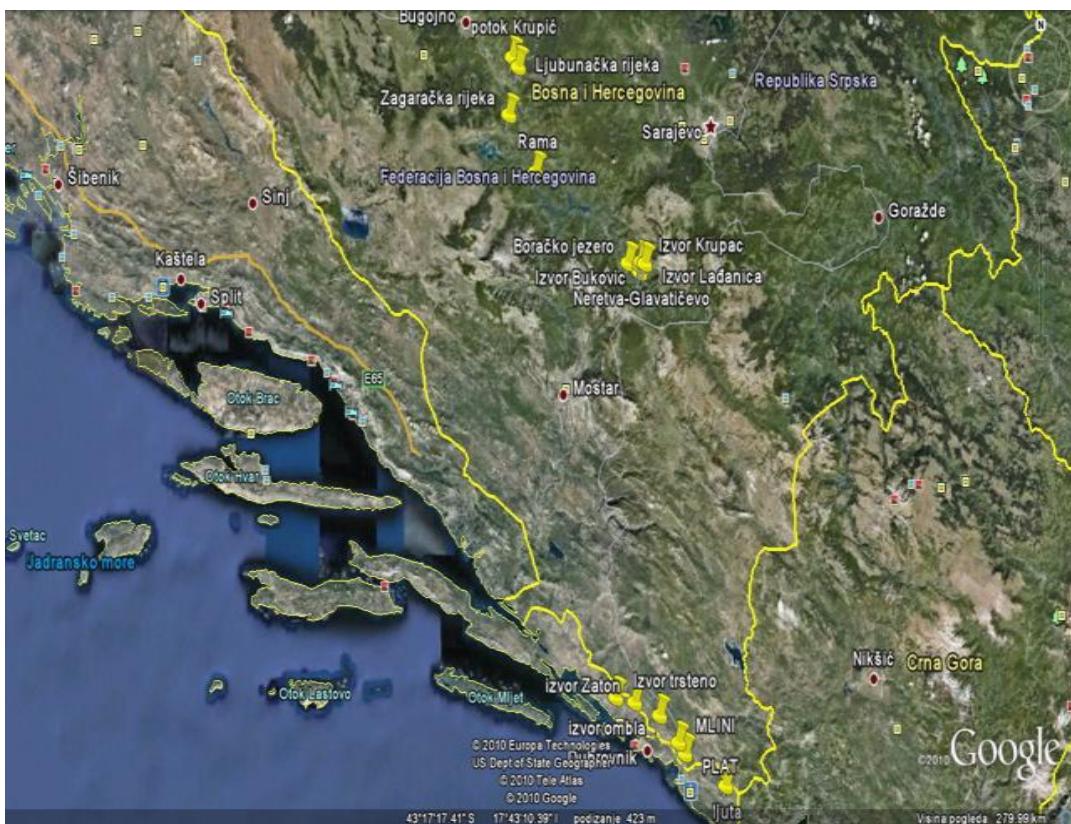
Ciljevi ovog istraživačkog rada su:

1. Odrediti koje su vrste Gammaridnih rakušaca zastupljene na 12 odabralih slatkovodnih izvora u Republici Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini
2. Utvrditi vrijeme preživljavanja najzastupljenije vrsta rakušca na istraživanim područjima pri različitim slanostima (25 psu, 30 psu, 35 psu i 37 psu) radi procjene eventualne primjene u marikulturi
3. Istražiti i opisati uzgoj najzastupljenije vrste rakušca na istraživanim područjima u kontroliranim uvjetima
4. Utvrditi utjecaj temperature na predkopulacijski ampleksus
5. Utvrditi broj jaja po jedinki u odnosu na veličinu

2. MATERIJAL I METODE

2.1. Područje prikupljanja materijala

Uzorkovanje je obavljeno u vremenskom razdoblju od lipnja 2010. godine do ožujka 2011. godine na području od južnog dijela Dubrovačko- neretvanske županije preko općine Mostar, Prozora (Rama) i Konjica u Bosni i Hercegovini. Odabrano je 12 slatkovodnih izvora od kojih se sedam nalazi na području Bosne i Hercegovine (1. Ladjanica, 2. Krupac, 3. Bukovica, 4. Krupić, 5. Ljubaunačka Rijeka, 6. Zagaračka Rijeka, 7. Galčići) i pet na području Republike Hrvatske (1. Konavoska Ljuta, 2. Trsteno, 3. Ombla, 4. Duboka Ljuta, 5. Mlini) (Slika 4).



Slika 4. Lokacije uzorkovanja materijala: RH (1. Konavoska Ljuta, 2. Trsteno, 3. Ombla, 4. Duboka Ljuta, 5. Mlini) i BiH (1. Ladjanica, 2. Krupac, 3. Bukovica, 4. Krupić, 5. Ljubaunačka Rijeka, 6. Zagaračka Rijeka, 7. Galčići) (Izvor: <http://www.google.com/earth/index.html>)

2.2. Prikupljanje materijala

Živi primjerci podreda Gammaridea lovljeni su pomoću ručne mreže, ispod vodenog bilja gdje su im populacije najgušće (Slika 5). Na svakom izvoru prikupljeno je pedeset rakušaca. Ulovljeni primjerci konzervirani su 96 %-tним alkoholom i pohranjeni u označene plastične posude te se po dolasku u laboratorij obavljala determinacija vrsta seciranjem organizama.



Slika 5. Prikupljanje rakušaca koji se nalaze ispod vodenog bilja (Izvor: Sveučilište Dubrovnik)

2.3. Pokus preživljavanja pri različitim salinitetima

S obzirom da je determinacijom vrsta utvrđeno da je vrsta *Gammarus balcanicus* najzastupljenija na istraživanom području, pokus preživljavanja pri različitim slanostima proveden je s ovom vrstom. Živi rakušci vrste *Gammarus balcanicus* ulovljeni su na izvoru Galčići u Blagaju (BiH), ručnom mrežom. Pokus je obavljen na licu mjesta kako bi rezultati bili što točniji.

Otopine različitih slanosti (25‰, 30‰, 35‰, 37‰) su unaprijed pripremljene kao i sav potreban pribor. Otopine su pripremljene neioniziranom morskom soli i čistom vodom te je slanost provjerena sondom.

U prozirnu staklenu posudu od 600 mL ulila se otopina određene slanosti te se pipetom ubacio živi rakušac, nakon čega se štopericom mjerilo vrijeme do ugibanja. Za svaku pojedinu slanost testiralo se trideset rakušaca. Pokus je proveden u triplikatu, a kontrolnu skupinu činilo je 30 jedinki koje su držane u izvorskoj vodi.



Slika 6. Pokus preživljavanja rakušca *Gammarus balcanicus* pri različitim slanostima (Izvor: Sveučilište Dubrovnik)

Rezultati pokusa su statistički obrađeni i to metodama deskriptivne i inferencijalne statistike. U deskriptivnoj analizi izračunata je aritmetička sredina i standardna devijacija te minimalne i maksimalne vrijednosti pojedinih skupova podataka. Koristeći inferencijalnu statističku metodu izvršili smo se testiranje varijabilnosti podataka, te testiranje jednakosti aritmetičkih sredina više nezavisnih skupova. S obzirom na homogenost varijance, razlike između skupina tretmana (tri skupine testirane na istoj slanosti) testirane su ANOVA testom, dok je razlika između različitih tretmana (preživljavanje skupine pri različitoj slanosti) testirana Kruskal-Wallisov-im testom.

2.4. Uzgoj u kontroliranim uvjetima

S obzirom na najveću zastupljenost na istraživanom području, rakušac vrste *Gammarus balcanicus* iz izvora Galčići odabrani je za uzgoj u kontroliranim uvjetima.

Rakušci su stavljeni su u dva plastična tanka dimenzija $42 \times 30 \times 15$ cm s izvorskom vodom. Tankovi su konstantno prozračivani. Temperatura prvog tanka održavana je na 12°C , a drugog tanka na 16°C pri režimu svjetlo: mrak= 12: 12 sati. Prostorija je bila klimatski kontrolirana.

U prvi tank stavljen je 80 rakušaca s biljem za ishranu koje je prikupljeno na istom izvoru gdje su prikupljeni i rakušci.

U drugi tank stavljen je 60 rakušaca i postavljena je mješavina otpalog lišća hrasta i košćelete kao hrana. Lišće i vodeno bilje te sediment su ujedno pružali sklonište te imitirali prirodne uvjete (Slika 7).

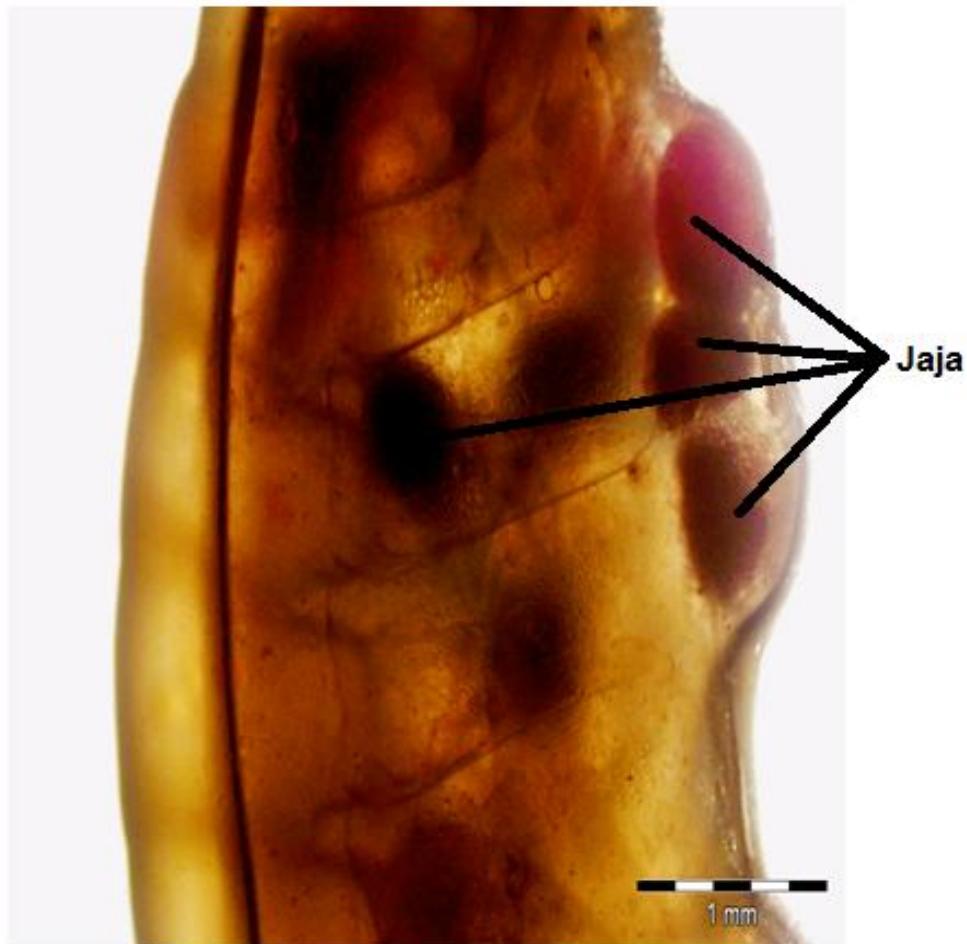
Uzgojni sustav je bio statičan sa 100% izmjenom vode dvaput tjedno. Svakodnevno se pratilo stanje rakušaca i prilagođavalo uvjete sredine u cilju što uspiješnijeg uzgoja.



Slika 7. Uzgoj rakušca *Gammarus balcanicus* u laboratoriju (Izvor: Sveučilište Dubrovnik)

2.5. Određivanje broja jaja u odnosu na veličinu ženki vrste *Gammarus balcanicus*

Odabrano je 30 ženki koje su fiksirane 96%-tним alkoholom. Jaja su odstranjena laganim mlazom vode iz pipete usmjerenom ka vrećici sa jajima (Slika 8). Nakon toga se mjerila veličina ženki i određivao broj jaja uz pomoć povećala i mikroskopa.



Slika 8. Jaja rakušca *Gammarus balcanicus* u razvojnoj kesici (Izvor: Sveučilište Dubrovnik)

3. REZULTATI

3.1. Rezultati uzorkovanja

U tablici 1 prikazani su datumi i postaje na kojima su prikupljeni uzorci rakušaca. Pri obradi uzoraka tj. determinaciji prevladavale su dvije vrste; *Gammarus balcanicus* (Schaf, 1922) i *Echinogammarus veneris* (Heller, 1865) (Slika 9).

Tablica 1. Rezultati determinacije

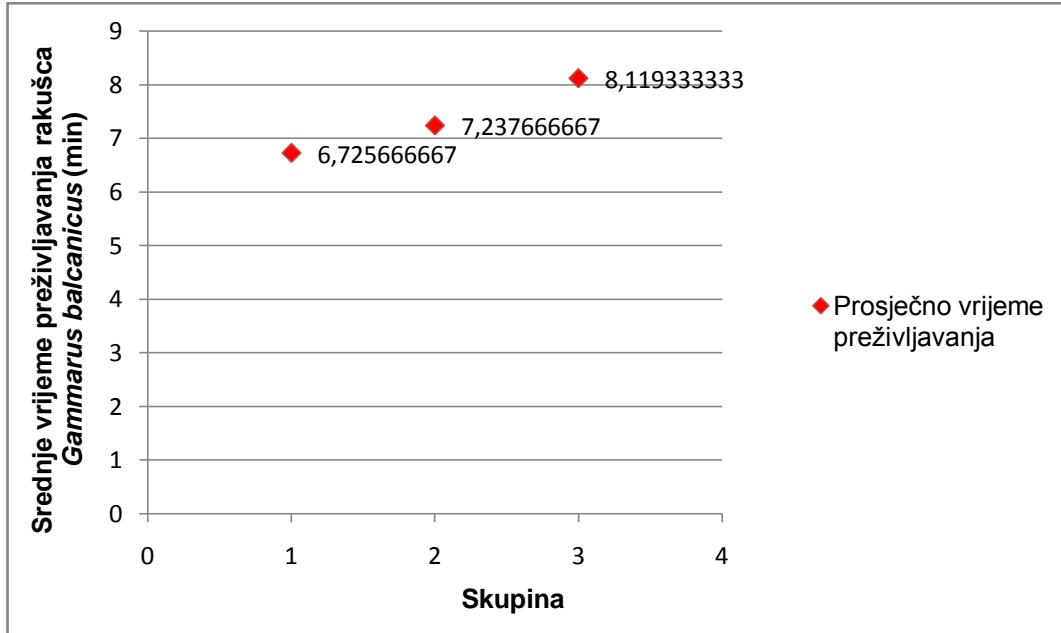
| DATUM UZORKOVANJA | POSTAJA | VRSTA |
|-------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 23.6. 2010. | Krupac, BiH | <i>Gammarus balcanicus</i> |
| 23.6. 2010. | Bukovica | <i>Gammarus balcanicus</i> |
| 24.6.2010. | Krupić, BiH | <i>Gammarus balcanicus</i> |
| 23.6. 2010. | Ladjanica, BiH | <i>Gammarus balcanicus</i> |
| 24.6.2010. | Ljubaunačka Rijeka, BiH | <i>Gammarus balcanicus</i> |
| 24.6.2010. | Zagaračka Rijeka, BiH | <i>Gammarus balcanicus</i> |
| 8.4.2011. | Galčići, BIH | <i>Gammarus balcanicus</i> |
| 11.6.2010. | Konavoska Ljuta, HR | <i>Echinogammarus veneris</i> |
| 11.10.2010. | Duboka Ljuta, HR | <i>Echinogammarus veneris</i> |
| 11.10.2010. | Mlini, HR | <i>Echinogammarus veneris</i> |
| 21.8.2010. | Ombla, HR | - |
| 24.7.2010. | Trsteno, HR | - |



Slika 9. Vrsta *Echinogammarus veneris* (Heller, 1865) (Izvor: Sveučilište Dubrovnik)

3.2. Preživljavanje pri različitim slanostima

Najmanje vrijeme preživljavanja u skupini 1 pri slanosti 37 psu je 2,08 min, a maksimalno 16,08 min. Prosječno vrijeme preživljavanja je 6,7257 min, dok standardna devijacija iznosi 3,76564. U skupini 2 pri slanosti 37 psu vrijeme preživljavanja nalazi se u intervalu od 2,08 min do 17,55 min, a standardna devijacija je 4,35358. Raspon vrijednosti u skupini 3 je od 1,19 do 16,42 min, dok standardna devijacija iznosi 3,73328. Prosječno vrijeme preživljavanja pri slanosti 37 psu po grupama grafički je prikazano linijskim grafikonom na slici 10.



Slika 10. Prosječno vrijeme preživljavanja rakušca *Gammarus balcanicus* po skupinama pri slanosti 37 psu

Na slici 10 može se uočiti da je najdulje vrijeme preživljavanja u skupini 3, a najkraće u skupini 1. Kako bi se došlo do zaključka jesu li te razlike značajne izvršili smo testiranje hipoteze:

Aritmetičke sredine vremena preživljavanja u skupinama 1, 2 i 3 pri slanost 37 psu su jednake. Rezultati provedenog testa prikazani su u tablici 2 i 3.

Tablica 2. Rezultati testa homogenosti varijance u skupinama pri slanosti 37 psu.

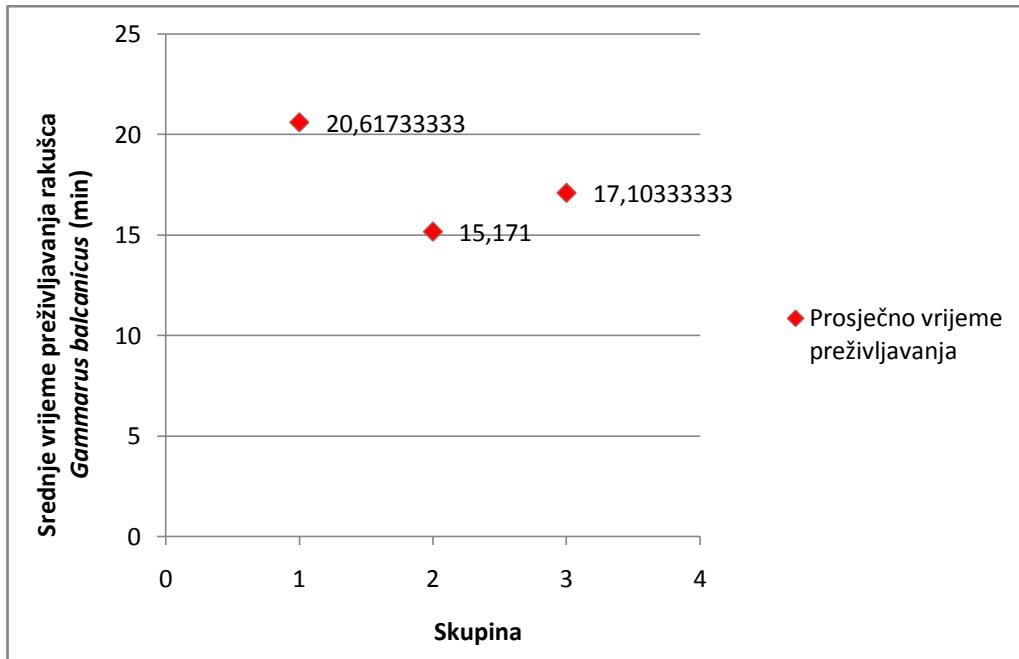
| Test of Homogeneity of Variances | | | |
|----------------------------------|-----|-----|------|
| GR37 | | | |
| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
| ,440 | 2 | 87 | ,645 |

Tablica 3. Rezultati testa jednakosti aritmetičkih sredina skupina 1, 2 i 3 pri slanosti 37 psu

| ANOVA | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|------|------|
| GR37 | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 29,818 | 2 | 14,909 | ,950 | ,391 |
| Within Groups | 1365,062 | 87 | 15,690 | | |
| Total | 1394,880 | 89 | | | |

Rezultati u tablici 2 pokazuju da je varijanca u skupinama homogena i da se može koristiti test ANOVA za testiranje hipoteze o jednakosti aritmetičkih sredina. Na temelju rezultata testiranja prikazanih u tablici 3 može se zaključiti da ne postoji razlika u prosječnom vremenu preživljavanja između skupina 1, 2 i 3 pri slanosti 37 psu.

U skupinama 1, 2 i 3 pri slanosti 35 psu izvršena je statistička analiza podataka i izračunate su aritmetičke sredine, standardna devijacija kao i minimalna i maksimalna vrijednost vremena preživljavanja. Raspon vremena preživljavanja u skupini 1 iznosi od 3,53 min do 52,14 min, a standardna devijacija iznosi 12,15300. U skupini 2 raspon se kreće između 2,35 min i 40,15 min, dok je minimalna vrijednost u skupini 3 5,28 min, a maksimalna 35,12 min. Standardne devijacije u skupinama 2 i 3 su 9,68232 i 9,44294. Aritmetičke sredine preživljavanja po skupinama prikazane su na slici 11.



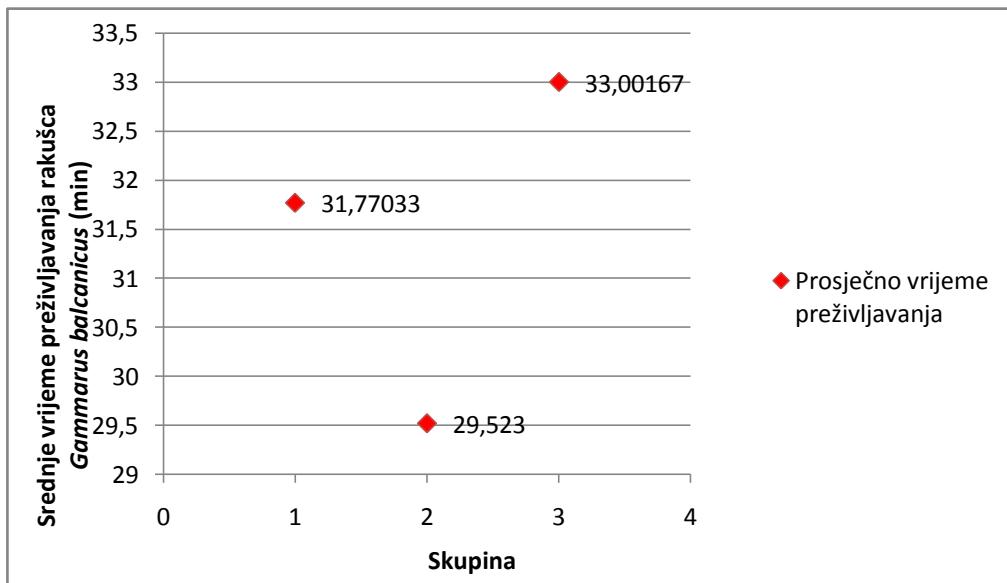
Slika 11. Prosječno vrijeme preživljavanja rakušca *Gammarus balcanicus* pri slanosti 35 psu

Na slici 11 može se uočiti da je najveće prosječno vrijeme preživljavanja u grupi 1, a najmanje u grupi 2. Test homogenosti varijance pokazao je da su aritmetičke sredine homogene. Testom hipoteza o jednakosti aritmetičkih sredina ovih skupina (tablici 4) utvrđeno je da ne postoji statistički značajne razlike, tj. da su aritmetičke sredine vremena preživljavanja u skupinama 1, 2 i 3 pri slanosti 35 psu jednake.

Tablica 4. Rezultati testa jednakosti aritmetičkih sredina grupa 1, 2 i 3 pri slanosti 35 psu

| ANOVA | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| GR35 | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 457,447 | 2 | 228,723 | 2,075 | ,132 |
| Within Groups | 9587,738 | 87 | 110,204 | | |
| Total | 10045,184 | 89 | | | |

Na slici 12 dan je grafički prikaz aritmetičkih sredina preživljavanja pri slanosti 30 psu grupa 1, 2 i 3.



Slika 12. Prosječno vrijeme preživljavanja rakušca *Gammarus balcanicus* pri slanosti 30 psu

Najmanje vrijeme preživljavanja u skupini 1 pri slanosti 30 psu je 13,17 min, a maksimalno 62,12 min, dok standardna devijacija iznosi 13,42040. U skupini 2 pri slanosti 30 psu vrijeme preživljavanja nalazi se u intervalu od 8,40 do 84,37 min, a standardna devijacija je 16,01813. Raspon vrijednosti u skupini 3 kreće se od 12,20 do 55,17 min, dok standardna devijacija iznosi 11,87848. Kao što se vidi iz grafa na slici 12 u skupini 3 je najdulje prosječno vrijeme preživljavanja, a najveću varijancu ima grupa 2, koja ima najmanje prosječno vrijeme preživljavanja.

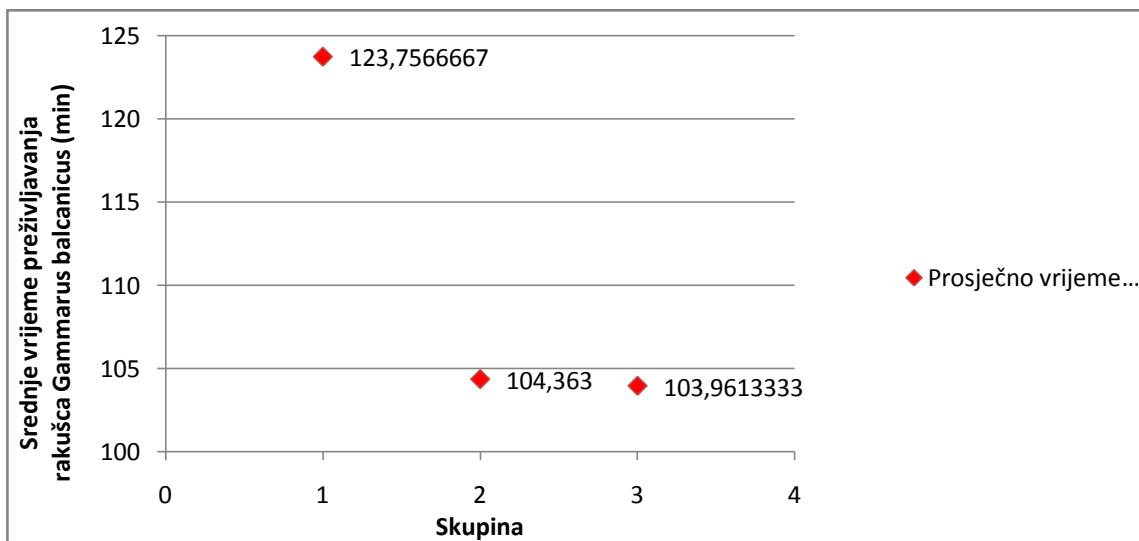
Nakon testiranja homogenosti varijance, testirana pretpostavka o jednakosti prosječnog vremena preživljavanja pri slanosti 30 psu u skupinama 1, 2 i 3 pokazala je da ne postoje statistički značajne razlike u prosječnom vremenu preživljavanja između ove tri skupine (tablica 5).

Tablica 5. Rezultati testa jednakosti aritmetičkih sredina skupina 1, 2 i 3 pri slanosti 30 psu

| ANOVA | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|------|------|
| GR30 | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 186,678 | 2 | 93,339 | ,485 | ,618 |
| Within Groups | 16755,792 | 87 | 192,595 | | |
| Total | 16942,470 | 89 | | | |

Pri slanosti 25 psu vrijeme preživljavanja po skupinama se nalazi u sljedećim intervalima: za skupinu 1 od 19,42 do 260,45 min, za skupinu 2 između 21,28 i 190 min, a za skupinu 3 između 19,42 i 175,34 min. Standardna devijacija je najveća u prvoj skupini i iznosi 72,68525, najmanja je u skupini 3 gdje iznosi 50,95674, a u grupi 2 standardna devijacija je 54,59107.

Na slici 13 prikazano je prosječno vrijeme preživljavanja po skupinama pri slanosti 25 psu.



Slika 13. Prosječno vrijeme preživljavanja rakušca *Gammarus balcanicus* pri slanosti 25 psu

Nakon testa homogenosti varijanci, rezultati ANOVA testa su pokazali da su aritmetičke sredine preživljavanja u grupama pri slanosti 25 psu jednake, tj. da ne postoje statistički značajne razlike (tablica 6).

Tablica 6. Rezultati testa jednakosti aritmetičkih sredina skupina 1, 2 i 3 pri slanosti 25 psu

| ANOVA | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| GR25 | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 7681,309 | 2 | 3840,654 | 1,061 | ,351 |
| Within Groups | 314937,688 | 87 | 3619,973 | | |
| Total | 322618,997 | 89 | | | |

U radu je također izvršena analiza varijance i testiranje aritmetičke sredine preživljavanja svake skupine za različite slanosti. Numeričke vrijednosti aritmetičkih sredina, standardne devijacije kao i rasponi vrijednosti za svaku skupinu testiranu na različitoj slanosti prikazani su u tablici 7.

Tablica 7. Deskriptivna statistika za skupinu 1. testiranu na različitoj slanosti

| | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean | | Minimum | Maximum |
|-------|-----|----------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound | | |
| 25 | 30 | 123,7567 | 72,68525 | 13,27045 | 96,6155 | 150,8978 | 19,42 | 260,45 |
| 30 | 30 | 31,7703 | 13,42040 | 2,45022 | 26,7591 | 36,7816 | 13,17 | 62,12 |
| 35 | 30 | 20,6173 | 12,15300 | 2,21882 | 16,0793 | 25,1553 | 3,53 | 52,14 |
| 37 | 30 | 6,7257 | 3,76564 | ,68751 | 5,3196 | 8,1318 | 2,08 | 16,08 |
| Total | 120 | 45,7175 | 59,13801 | 5,39854 | 35,0279 | 56,4071 | 2,08 | 260,45 |

U tablici 8 prikazani su rezultati testa homogenosti varijanci u skupini 1, testirane pri slanosti od 25 psu do 37 psu. Na temelju rezultata testiranja hipoteze da su varijance između skupina 1 na različitim slanostima jednake dolazi se do zaključka da se hipoteza ne može prihvati.

Tablica 8. Rezultati testa homogenosti varijanci u grupi 1.

| GRUPA1 | | | |
|------------------|-----|-----|------|
| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
| 62,465 | 3 | 116 | ,000 |

Nakon što je utvrđeno da su varijance između svake skupine 1 testirane pri slanosti od 25 psu do 37 psu različite, izvršen je Kruskal-Wallis test za grupu 1, čiji su rezultati prikazani u tablici 9. Na temelju rezultata može se zaključiti da je prosječno vrijeme preživljavanja u skupinama 1 različito za slanosti od 25 psu do 37 psu i da je najduže vrijeme preživljavanja pri slanosti 25 psu.

Tablica 9. Kruskal-Wallis test za skupine 1. testirane pri različitim slanostima

| Test Statistics ^{a,b} | |
|--------------------------------|--------|
| | GRUPA1 |
| Chi-Square | 90,283 |
| Df | 3 |
| Asymp. Sig. | ,000 |

a. Kruskal Wallis Test
b. Grouping Variable: GR

Podaci o vremenu preživljavanja u skupinama 2 pri različitim slanostima prikazani su u tablici 10. Osim aritmetičke sredine i standardne devijacije,

prikazani su rasponi podataka i 95% intervali pouzdanosti za aritmetičku sredinu preživljavanja za pojedinu slanost.

Tablica 10. Deskriptivna statistika za skupine 2 pri različitim slanostima

| GRUPA2 | | | | | | | | |
|--------|-----|----------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|
| | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean | | Minimum | Maximum |
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound | | |
| 25 | 30 | 104,3630 | 54,59107 | 9,96692 | 83,9784 | 124,7476 | 21,28 | 190,00 |
| 30 | 30 | 29,5230 | 16,01813 | 2,92450 | 23,5417 | 35,5043 | 8,40 | 84,37 |
| 35 | 30 | 15,1710 | 9,68232 | 1,76774 | 11,5556 | 18,7864 | 2,35 | 40,15 |
| 37 | 30 | 7,2377 | 4,35358 | ,79485 | 5,6120 | 8,8633 | 2,08 | 17,55 |
| Total | 120 | 39,0737 | 48,09811 | 4,39074 | 30,3796 | 47,7678 | 2,08 | 190,00 |

U tablici 11 prikazani su rezultati testiranja pretpostavke da su varijance za skupine 2 jednake za različite slanosti.

Tablica 11. Rezultati testa homogenosti varijanci za skupine 2 pri različitim slanostima

| Test of Homogeneity of Variances | | | |
|----------------------------------|-----|-----|------|
| GRUPA2 | | | |
| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
| 84,588 | 3 | 116 | ,000 |

Na temelju prikazanih rezultata testiranja varijanci odbacuje se pretpostavka i zaključuje da su varijance između skupina 2 pri različitim slanostima različite, pa se za testiranje hipoteze o jednakosti prosječnog

preživljavanja mora koristiti neparametarski test (Kruskal-Wallis), čiji su rezultati prikazani u tablici 12.

Tablica 12. Kruskal-Wallis test za skupinu 2

| Test Statistics ^{a,b} | |
|--------------------------------|--------|
| | GRUPA2 |
| Chi-Square | 88,215 |
| Df | 3 |
| Asymp. Sig. | ,000 |
| a. Kruskal Wallis Test | |
| b. Grouping Variable: GR | |

Rezultati Kruskal-Wallis testa upućuju na zaključak da se prosječno vrijeme preživljavanja između skupina 2 pri različitim slanostima značajno razlikuje, te da je najdulje vrijeme preživljavanja za slanost 25 psu.

Kako bi se utvrdilo postoji li razlika u vremenu preživljavanja u grupi 3 za različite slanosti, potrebno je izračunati aritmetičku sredinu vremena preživljavanja i standardnu devijaciju za svaku pojedinu slanost. Navedeni podaci, kao i rasponi vrijednosti te intervali pouzdanosti za aritmetičke sredine preživljavanja prikazani su u tablici 13.

Tablica 13. Deskriptivna statistika za skupine 3 pri različitim slanostima

| GRUPA3 | | | | | | | | |
|--------|-----|----------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|
| | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean | | Minimum | Maximum |
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound | | |
| 25 | 30 | 103,9613 | 50,95674 | 9,30339 | 84,9338 | 122,9889 | 19,42 | 175,34 |
| 30 | 30 | 33,0017 | 11,87848 | 2,16870 | 28,5662 | 37,4372 | 12,20 | 55,17 |
| 35 | 30 | 17,1033 | 9,44294 | 1,72404 | 13,5773 | 20,6294 | 5,28 | 35,12 |
| 37 | 30 | 8,1193 | 3,73328 | ,68160 | 6,7253 | 9,5134 | 1,19 | 16,42 |
| Total | 120 | 40,5464 | 46,08789 | 4,20723 | 32,2157 | 48,8772 | 1,19 | 175,34 |

Nakon što je utvrđeno da prosječno vrijeme preživljavanja između skupina 3 opada s povećanjem slanosti, izvršeno je testiranje homogenosti varijanci kako bi se odabroo odgovarajući test za ispitivanje hipoteze o jednakosti prosječnog vremena preživljavanja za skupine 3 pri različitim slanostima. U tablici 14 prikazani su rezultati testiranja homogenosti varijanci i na temelju njih zaključuje se da su varijance pri različitim slanostima u skupinama 3 nehomogene.

Tablica 14. Rezultati testa homogenosti varijanci za skupine 3 pri različitim slanostima

| GRUPA3 | | | |
|------------------|-----|-----|------|
| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
| 54,556 | 3 | 116 | ,000 |

U tablici 15 prikazani su rezultati ispitivanja hipoteze o jednakosti vremena preživljavanja između skupina 3 za različite slanosti. Hipoteza se odbacuje i može se zaključiti da je aritmetička sredina preživljavanja najveća za slanost 25%, a najmanja za slanost 37%.

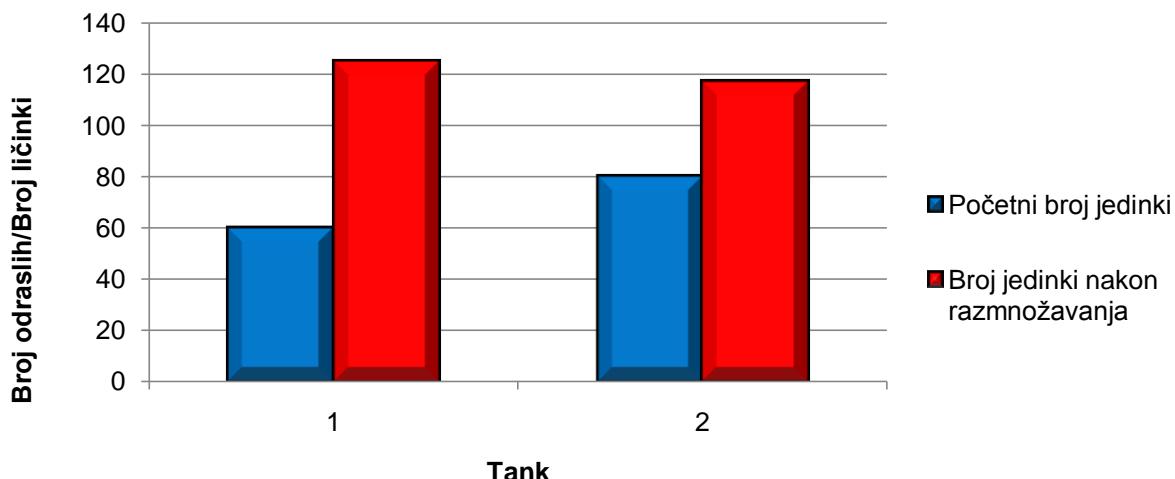
Tablica 15. Kruskal-Wallis test za skupine 3 pri različitim slanostima

| Test Statistics ^{a,b} | |
|--------------------------------|--------|
| | GRUPA3 |
| Chi-Square | 87,031 |
| Df | 3 |
| Asymp. Sig. | ,000 |
| a. Kruskal Wallis Test | |
| b. Grouping Variable: GR | |

Provđene statističke analize pokazale su postojanje statistički značajnih razlika između skupina testiranih na različitim slanostima, te da je najveće vrijeme preživljavanja u skupinama pri slanosti 25‰ i da ono opada s povećanjem slanosti.

3.3. Uzgoj rakušaca *Gammarus balcanicus* u kontroliranim uvjetima

Tijekom pokusa provedenog u razdoblju od 25.7. do 16.9. 2011. dobiveno je 37 mladih jedinki u prvom tanku i 65 jedinki u drugom tanku (Slika 14). Reprodukcija se odvijala brže u drugom tanku gdje je temperatura bila 16 °C, a ishrana se sastojala od listova košćele i hrasta. Također je dobiven veći broj mladih jedinki u drugom tanku (65 jedinki) za razliku od prvog tanka (37 jedinki) gdje je temperatura iznosila 12 °C a hrana je bila vodeno bilje prikupljeno na izvoru. Uz navedeno, utvrđena je pojava kanibalizma u tanku sa vodenim biljem. U oba tanka veći mužjaci su birali veće ženke za parenje.



Slika 14. Broj jedinki vrste *Gammarus balcanicus* nakon razmnožavanja

3.3.1. Utjecaj temperature na predkopulacijski ampleksus

U laboratorijskom eksperimentalnom uzgoju predkopulacijsko ampleksno čuvanje jedinki ovisilo je o temperaturi vode. Ampleksus je trajao proporcionalno duže kod manjih temperatura. Prosječno vrijeme provedeno u predkopulatornom ampleksusu pri temperaturi od 12 °C bilo je 12 – 15 dana, a pri temperaturi od 16 °C trajalo je 8 -10 dana.

3.3.2. Utjecaj veličine jedinke na predkopulatorni ampleksus

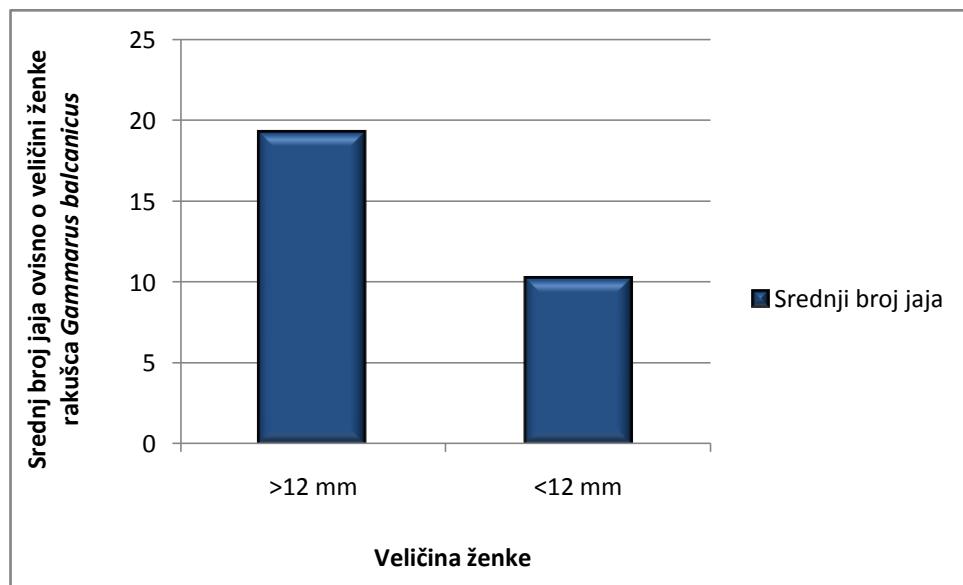
Tijekom pokusa pokazalo se da veći mužjaci (16 mm) duže vremena čuvaju ženku u ampleksnom položaju i to do 15 dana pri temperaturi od 12 °C dok su manji mužjaci (10 mm) čuvali ženke 10 do 12 dana. Isto je vrijedilo i za veće ženke. Veće ženke su u malom broju slučajeva naglim trzajem ispravljale svoje tijelo te bi zbacile mužjaka a on bi izgubio čvrsti zagrljaj te bi se oslobodile. Tada bi je hvatali drugi mužjaci pokušavajući je pridobiti u ampleksni položaj za čuvanje.

3.3.3. Višestruko parenje

Rezultati promatranja su pokazali nakon završetka parenja mužjak više ne čuva ženku nego je napušta. Izgleda da ženka ostaje seksualno atraktivna još neko vrijeme jer u nekolicini slučajeva nakon završetka parenja drugi bi mužjaci pokušali uhvatiti ženku i čuvati je u predkopulatornom ampleksusu do kopulacije.

3.3.4. Broj jaja u odnosu na veličinu ženke rakušca *Gammarus balcanicus*

Razvoj jaja po pojedinoj ženki je bio sinhron jer su se sva jaja mogla pripisati istom stadiju razvoja. Najmanji pronađeni broj po ženki je bio 5 jaja a najveći 27 jaja. Veće ženke ($>12\text{mm}$) su imale prosječno 19 jaja, a manje ($<12\text{mm}$) 10 (Slika 15).



Slika 15. Srednji broj jaja u odnosu na veličinu ženke rakušca *Gammarus balcanicus*

4. RASPRAVA

Red Amphipoda, posebno vrste iz roda *Gammarus* su jako važan elemenat prehrane u kopnenim vodotocima, posebno za ribe. Poznato je da su pripadnici porodice Gammaridae prirodna hrana mnogih akvatičnih organizama.

U oblasti Crnomorskog bazena, sakupljaju se velike količine gamaridnih amfipoda koje se suše i prodavaju za prehranu riba.

Pri analizi želuca 185 jedinki potočne pastrve iz rijeke Ceyhan (Turska) utvrđeno je da je glavni plijen bila vrsta *Gammarus* sp. sa 41.97% individualnih jedinki od ukupnog plijena te biomasom od 27.44% ukupnog sastava probavljenog plijena (Alp , 2003). Pinczon du Sel i sur., (2000) navode da su amfipodni rakušci glavni plijen za sipu *Sepia officinalis* tijekom prva tri mjeseca života. Gamaridni rakušci mogu biti alternativna ishrana ličinki sipa naspram mizidnih rakova s obzirom da ih je lakše sakupiti te je uzgoj jeftiniji jer se mogu hraniti suspendiranim organskom tvari, pri visokim gustoćama (Caine, 1974).

Istraživanje biokemijskog sastava amfipodnog rakušca *Gammarus pulex* sakupljenog na izvoru rijeke Lađenice (Glavatičevo-Konjic), pokazuje da utvrđeni udjeli bjelančevina (65%), ukupnih lipida (6.5%) te ugljikohidrata (2.5%) svrstavaju ovog amfipodnog rakušca u red najkvalitetnije žive hrane i opravdavaju nastojanja uvođenja vrsta podreda Gammaridea u komercijalni uzgoj akvatičnih organizama, posebno za ishranu paraličinki glavonožaca ali i prvih razvojnih stadija salmonidnih vrsta (Čustović i sur. 2010).

Na osnovu rezultata terenskih istraživanja te laboratorijskih pokusa koje smo proveli na determinacijom utvrđenoj najzastupljenijoj vrsti, rakušcu *Gammarus balcanicus*, naši rezultati pojašnjavaju neka gledišta o uzgoju ove vrste u zatočeništvu kao i o mogućnosti njezinog komercijalnog uzgoja.

Odabir problema i pristupa u ovom istraživanju potaknut je mogućnošću uvođenja još jedne vrste kao alternativne prve žive hrane kod komercijalnog uzgoja u akvakulturi. Osnovni je cilj bio istražiti gamaridne rakušce kao organizme koji bi zadovoljili prehrambene potrebe uzgajanih vrsta, posebno salmonidnih riba i sipe *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758). Drugi problem je bio

pronaći vrstu gamaridnog rakušca koji je dostupan i zastupljen u potrebnim količinama u prirodi te pristupiti eksperimentalnom uzgoju. Prema našim istraživanjima vrsta *Gammarus balcanicus* prevladava u toku rijeke Neretve i njenim pritocima gdje je zastupljena u odgovarajućim količinama i dostupna je kroz cijelu godinu.

Karaman (1977) je utvrdio tri različite populacije vrste *Gammarus balcanicus* na izvoru rijeke Bune i dvije populacije na izvoru rijeke Bijele pokraj Konjica što se podudara sa našim podacima te navodi da su primjerici roda *Gammarus* vrlo česti i brojni u rijekama Bosne i Hrvatske pa tako i vrste *Gammarus balcanicus*. U našim istraživanjima je također utvrđena i prisutnost vrste *Echinogammarus veneris*, ali je zbog veće zastupljenosti i dostupnosti što pogoduje potencijalnom komercijalnom uzgoju odabrana za daljnje istraživanje vrsta *Gammarus balcanicus*.

Tijekom ovog istraživanja ispitano je preživljavanje rakušca *Gammarus balcanicus* na slanostima 25 psu, 30 psu, 35 psu i 37 psu. Rezultati su pokazali da u rasponu slanosti od 30 psu do 37 psu rakušci žive 6 do 33 min, što je idealno za ishranu ličinki sipe čija jajašca Glavić (2007) nalazi i pri 27 psu slanosti. Tijekom pokusa koji je ovaj autor proveo, slanost medija u laboratorijskim bezenima s mladim sipama kretala se u rasponu od 32 psu do 38 psu te je pratila sezonski ritam i kolebanje mora u tom području. Navedeno bi moglo ići u prilog našim rezultatima, odnosno pretpostavci o mogućnosti hranjenja ličinki sipe gamaridnim rakušcima.

Vrlo je malo podataka u literaturi o uzgoju rakušca *Gammarus balcanicus* u zatočeništvu, ali imitirajući prirodne uvjete ove je rakušce bilo relativno lako održavati.

Iz naših se rezultata vidi da ishrana temeljena na mješavini suhog lišća košćele i hrasta pogoduje razvoju jedinki u zatočeništvu. Naši rezultati potvrdili su i navode Ljubanova (1970), prema kojima rakušci preferiraju ishranu baziranu na miješanom lišću košćele, hrasta i lipe te je dnevno povećanje težine jednog rakušca iznosilo 0.22 mg ili 0.88% cjelokupne težine rakušca.

S obzirom na naše rezultate istraživanja utjecaja temperature na reprodukciju može se pretpostaviti da je temperatura od 16 °C u drugom uzgojnom tanku odigrala značajnu ulogu u bržoj i boljoj reprodukciji u usporedbi s temperaturom od 12 °C. Slično našim rezultatima kod vrste *Gammarus pulex* je maksimalni fekunditet zabilježen u ljetnim mjesecima iako se reprodukcija odvija kroz cijelu godinu (Mohammadi i sur., 2010). U našem je pokusu vjerovatno temperatura utjecala i na predkopulatorno čuvanje (ampleksus) koje je trajalo do 5 dana kraće pri temperaturi od 16 °C u odnosu na 12 °C u prvom tanku.

Promatranjem smo zabilježili i višestruko parenje. Ženke su u malom broju slučajeva naglim trzajem ispravljale svoje tijelo te bi zbacile mužjaka a on bi izgubio čvrsti zagrljaj te bi se oslobostile. Tada bi je hvatali drugi mužjaci pokušavajući je pridobiti u ampleksni položaj za čuvanje. Ovo naše zapažanje potvrđuju i navodi Birkheada (1986), koji navodi da ženka ostaje seksualno atraktivna još neko vrijeme te se može pariti sa drugim mužjacima. Rezultati ovog autora sa vrstom *Gammarus pulex* pokazali su da prvi mužjak koji je čuvao ženku u predkopulatornom ampleksusu oplodi 90% jaja.

U našem eksperimentu veći mužjaci su birali veće ženke za čuvanje u dužem vremenskom razdoblju, i to do 15 dana pri temperaturi 12 °C, što potvrđuje i Ward (1984) u svom istraživanju. U našem istraživanju ovo vrijeme je skraćeno povišenjem temperature na 16 °C.

Razvoj jaja po pojedinoj ženki je bio sinhron jer su se sva jaja mogla pripisati istom stadiju razvoja. Najmanji pronađeni broj jaja po ženci bio je 5, a najveći 27. Također je ustanovljeno da su veće ženke (>12 mm) u pravilu imala veći broj jaja (19 jaja prosječno). Mohammadi i sur. (2010) utvrdili su maksimalni ljetni prosjek jaja po ženki 18.57 ± 8.5 , što se podudara s našim rezultatima.

S obzirom na navedeno, naši rezultati kontroliranog uzgoja vrste *G. balcanicus* potvrđuju hipotezu o mogućnosti njegovog komercijalnog uzgoja za primjenu u akvakulturi.

5. ZAKLJUČAK

1. Vrsta *Gammarus balcanicus* najzastupljeniji je amphipodni rakušac na istraživanom području i ujedno predstavlja odličnog kandidata za komercijalno uvođenje u akvakulturu kao prva živa hrana ličinačkih stadija različitih organizama poput pastrve i sipe.
2. Ovo je istraživanje pokazalo da rakušac *Gammarus balcanicus* može preživjeti raspon slanosti od 25‰ do 37‰ a najbolji rezultati su bili čak do 2 sata pri slanosti 25 psu. Ovakvi rezultati navode na zaključak da se ova vrsta može davati kao prva živa hrana paraličinkama glavonožaca.
3. Tijekom pokusa uzgoja vrste *Gammarus balcanicus* u kontroliranim uvjetima, hranidba jedinki kombinacijom listova košćele i hrasta pokazala se uspješnom. Reprodukcija se brže odvijala pri temperaturi od 16 °C u usporedbi sa temperaturom od 12°C. Predkopulatorno čuvanje jedinki pri temperaturi od 16 °C skraćeno je do pet dana u odnosu na temperaturu od 12°C, što u konačnici smanjuje cijenu potencijalnog uzgoja. Jedinke su brže rasle na ishrani sa kombiniranim lišćem a to je rezultiralo i većim brojem jaja jer je kod ženki većih od 12 mm utvrđen veći broj.
4. Buduća istraživanja trebala bi bolje istražiti nutritivnu vrijednost račića *Gammarus balcanicus* te općenito amfipodnih vrsta podreda Gammaridea jer predstavljaju kvalitetnu živu hranu te su opravdانا nastojanja njihovog uvođenja u komercijalni uzgoj akvatičnih organizama.

6. LITERATURA

- Alp, A., Kara, C., Buyukcapar, H., M. 2003. Age, Growth and Diet Composition of the Resident Brown Trout, *Salmo trutta macrostigma* Dumeril 1858, in FýrnÝz Stream of the River Ceyhan, Turkey Turk J Vet Anim Sci 29 (2005) 285-295.
- Anthony J. Friend & Alastair Richardson, M., M. 1986. Biology of terrestrial amphipods. Annual Review of Entomology, 31:25 – 48.
- Birkhead, T. R. & Pringle, E. S. 1986. Multiple mating and paternity in *Gammarus pulex*. Animal Behaviour, 34, 611-613.
- Birkhead, T.R. & Clarkson, K. 1980. Mate selection and precopulatory guarding in *Gammarus pulex*. Zeitschrift für Tierpsychologie, 52, 365-368.
- Caine, E., A. 1974. Comparative functional morphology of feeding in tree species of caprellids (Crustacea, Amphipoda) from the northwestern Florida gulf coast. Journal of Experimental Marine biology and Ecology. 15: 81-96.
- Čustović, S., Muhamedagić, S., Hamzić, A., Ban, I., Orhanović, S., Vrančić, P., M., Skaramuca, B. 2010. Biokemijski sastav amfipodnog račića *Gammarus pulex* (L.1758) i njegova primjena u akvakulturi. 1. međunarodni simpozij ribarstva i ribolovnog turizma (BH-FISH2010), zbornik radova. 101-103.
- Duran, M. 2007. Life Cycle of *Gammarus pulex* (L.) in the river Yesilirmak. Turk J. Zool, 31. 389 – 394.
- Glavić, N. 2007. Biologija i ekologija sipe (*Sepia officinalis*, L.) i mogućnost njenog uzgoja. Doktorska disertacija. Prirodoslovno-Matematički fakultet. Zagreb, 140p.

Jenio, F. 1979. Predation on freshwater gammarids (Crustacea:Amphipoda). *Proceedings of the West Virginia Academy of Sciences* 51, 67±73.

Karaman, G.S. 1977. Contribution to the Knowledge of the Amphipoda 90. Revision of *Gammarus balcanicus* Schaf. 1922 in Yugoslavia (fam. Gammaridae)."POLJOPRIVREDA I SUMARSTVO«, XXIII, 4, Titograd, 37-60.

Karaman, G.S., Pinkster, S. 1977. Freshwater *Gammarus* species from Europe, Nort Africa and adjecent regions of Asia (Crustacea: Amphipoda). *Bijdragen tot de Dierkunde*. 47: 1 – 97.

Kelly, D. W., Dick, J.T.A., Montgomery, W.I. 2002. The functional role of *Gammarus* (Crustacea, Amphipoda): shredders, predators, or both? *Hydrobiologia*. 485: 199 – 203.

Ljubanov I.P. & Zubchenko I.A. 1970 Fundamental aspects of the feeding of the amphipod *Gammarus balcanicus* Freshwater Biological Association FBA Translation No. 86.

Macneil, C., Dick, J.T., A., Elwood, R., W. 1999. The dynamics of predation on *Gammarus* spp. (Crustacea: Amphipoda). *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 74: 375-395.

Mohammadi,G., H., Khodadadi, M., Nasr, A., Safikhani, H. 2010. Fecundity reproductive cycle of a local population of *Gammarus Pulex* in Sepidan (Fars Province, Iran) *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 46, 29-36.

Parker, G.A. 1974. Courtship persistence and female-guarding as male time investment strategies. *Behaviour*, 58, 157-184.

Parvulescu, L., Hamcevici, C., 2010. The relation between water quality and distribution of *Gammarus balcanicus* (Schaferna 1922)(Amphipoda:Gammaridae) in the Anina mountains. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, October 2010, Vol. 5, No. 2, p. 161 – 168.

Petersen, R. C.&Cummins, K.W. 1974. Leaf processing in a woodland stream. *Freshwater Biology* 4, 343±368.

Pinczon du Sel, G., Blanc, A., Daguzan, J., 2000. The diet of the cuttlefish *Sepia officinalis*(Mollusca: Cephalopoda) during its life cycle in the Northen Bay Biscay (France). *Aquat. Sci.* 61, 167-178.

Stock, J.H. 1977. Whale-lice (Amphipoda, Cyamidae) on *Lagenorhynchus albirostris* in Dutch waters. *Crustaceana* 32, 206.

Sutcliffe, D.W. 1992. Reproduction in *Gammarus* (Crustacea, Amphipoda): basic processes , Freshwater ForumVol 2, No 2 (1992). 102-128.

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

Ward, P. I. 1984. The effects of size on the mating decisions of *Gammarus pulex* (Crustacea Amphipoda). *Zeitschrift fur Tierpsychologie*, 64, 174-184.

Ward, P. I. 1985. The breeding behaviour of *Gammarus duebeni*. *Hydrobiologia*, 21, 45-50.

Ward, P. I. 1986. A comparative field study of the breeding behaviour of a stream and pond population of *Gammarus pulex* (Amphipoda). 46, 29-36.

URL: <http://www.google.com/earth/index.html>

URL: <http://www.jcsites.juniata.edu/faculty/glazier/researchlink/r12kpage3.html>)

URL: <http://www.waterwereld.nu/vlokreefteng.php>

