

## **MIKRODISTRIBUCIJA *Gammarus bosniacus* Schäferna, 1923 (Amphipoda: Gammaridae) U RIJECI BOSNI NA PODRUČJU ZAŠTIĆENOG PODRUČJA VRELO BOSNE**

Mahir Gajević<sup>1</sup>, Selma Pilić<sup>1</sup>

Originalni naučni rad - *Original scientific paper*

### **Rezime**

*Gammarus bosniacus* Schäferna, 1923 je stenoendemična vrsta rakušca sa distribucijom u krenonu rijeke Bosne, na prostoru Zaštićenog područja Vrelo Bosne, te, prema novijim podacima, u nekim od vodotoka na planini Bjelašnici. Na mikrodistribuciju rakušaca u bentoskim zajednicama vodenih ekosistema utiču dostupnost resursa, gustina populacije predatora i simbionata, varijabilnost i struktura staništa te sezonska dinamika vrste. Najbitniji ekološki faktori koji određuju mikrodistribuciju vrsta makrozoobentosa su brzina toka, tip supstrata i temperatura vode. Cilj studije je bio utvrditi gustinu populacija bosanskog rakušca na različitim tipovima supstrata u istraživanom području. Uzorkovanje je realizirano kroz četiri sezone u toku 2013. i 2014. godine. Odabrana su tri lokaliteta za uzorkovanje i tri tipa mikrostaništa: fital, argilal i mezolital. ANOVA testom su konstatovane statistički značajne razlike u brojnosti jedinki na različitim mikrostaništima. Korištenjem t-testa utvrđene su statističke značajne razlike u brojnosti jedinki na fitalu u odnosu na argilal i mezolital. Utvrđeno je da se jedinke ove stenoendemične vrste agregiraju na biljnom supstratu.

Ključne riječi: *Gammarus bosniacus*, *Vrelo Bosne*, *rijeka Bosna*, *mikrodistribucija*

### **UVOD**

Diferencijacija staništa se smatra važnim procesom u formiranju i održavanju biodiverziteta na nekom području (Leibold & McPeck, 2006). Na diverzifikaciju habitata utiče više faktora, kao što su dostupnost resursa, gustina populacija kompetitora i simbionata, varijabilnost i struktura staništa, a posljedično i vremenski i prostorni obrasci vrsta (Chase & Leibold, 2003; Chesson, 2000). Antagonističke interakcije između vrsta koje pripadaju istim funkcionalnim gildama općenito se temelje na predatorstvu i kompeticiji (Berezina, 2009; Dick & Platvoet, 1996). Korištenje istih resursa, poput hrane ili staništa, mogu povećati vjerovatnost kompeticije među sličnim vrstama (Schoener, 1983). Vrste koje dijele slične ekološke niše često se razlikuju u jednoj ili nekoliko osobina (Korpinen & Westerbom, 2009). Međuspecifična kompeticija može uticati na obrasce korištenja staništa, kao što je slučaj da neke

---

<sup>1</sup>University of Sarajevo, Faculty of natural and mathematical sciences, Zmaja od Bosne 33-35, Sarajevo  
Correspondence: Mahir Gajević, mahirgajevic@gmail.com

gamaride povećavaju aktivnost plivanja i provode više vremena tražeći sklonište u prisustvu kompetitora (van Riel i sar., 2007).

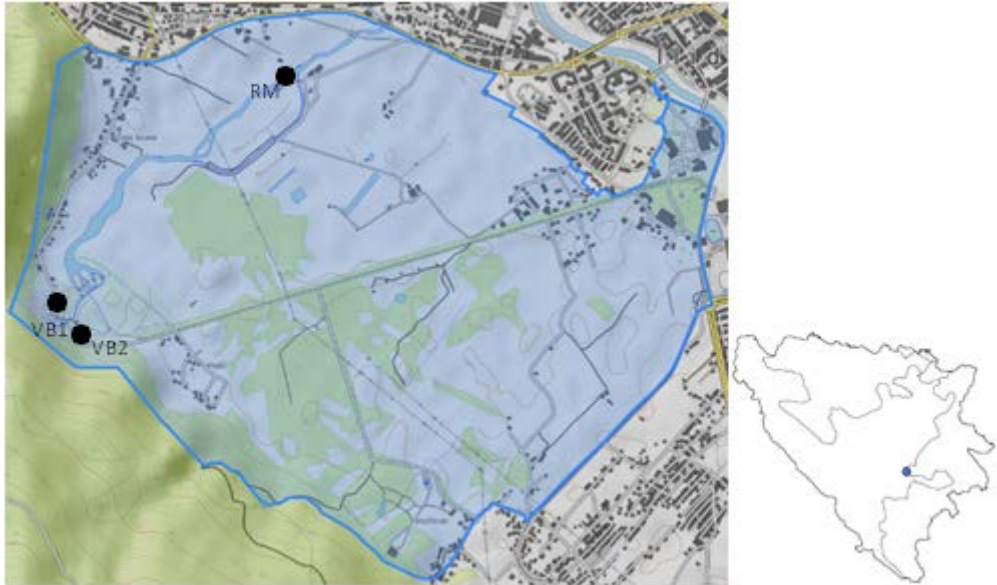
Prostorni raspored mikrostaništa je jedan od važnijih segmenata ekologije vodenih organizama. Mikrostaništa su određena tipom supstrata, brzinom toka, temperaturom vode, količinom organske materije, prisutnošću makrofita i algi. Makrostaništa obuhvataju nekoliko tipova mikrostaništa, a u tekućicama razlikujemo brzake i bazene. Mozaičan raspored mikro- i makrostaništa u vodenom tijelu određuje mikrodistribuciju vrsta. Mikrodistribucija različitih vrsta rakušaca zavisi od ekoloških faktora, količine i kvaliteta hrane, prisutnosti makrofita i prisustva alohtonih vrsta (Allan, 1996; Žganec, 2009).

Vrsta *Gammarus bosniacus* Schäferna, 1923 predstavlja stenoendemsku vrstu rakušca za Bosnu i Hercegovinu koja je u dosadašnjim istraživanjima opisana i zabilježena u rijeci Bosni, na longitudinalnom transektu od Vrela Bosne do Rimskog mosta. Prema nekim podacima, *G. bosniacus* naseljava isključivo izvorište rijeke Bosne (Schäferna, 1922; Karaman, 1975), dok neki autori bilježe njenu distribuciju u vodotoku Bosne do ušća Miljacke (Šenk, 1956). *G. bosniacus* je zabilježen u vodotocima Bjelašnice i Bijele koje dreniraju plato planine Bjelašnice. Postoje indicije da se centar endemogeneze vrste nalazi upravo na ovom području odakle je putem podzemnih voda dospjela u izvorište rijeke Bosne (Gajević i sar., 2022).

S obzirom da u dosadašnjim ekološkim studijama nije istraživana mikrodistribucija vrste *G. bosniacus* cilj rada je određivanje relativne brojnosti i gustine njene populacije na različitim tipovima supstrata (mikrostaništima), kao i definisanje prostorne distribucije jedinki.

## MATERIJAL I METODE

Područje istraživanja obuhvata Vrelo Bosne, koje se nalazi na teritoriji Općine Ilidža, ispod planina Igmana i Bjelašnice sa površinom od 631 ha (Sl. 1). Ovo područje je pod III kategorijom zaštite - Spomenik prirode (IUCN), a njegov konzervacijski status i prostorni obuhvat definisani su Zakonom o proglašenju Spomenika prirode "Vrelo Bosne" (Službene novine Kantona Sarajevo 16/06). Spomenik prirode Vrelo Bosne se sastoji iz dvije zone: prve zone ili nukleusa površine 54,5 ha koja obuhvata izvorišni prostor od sela Vrutci do prvih vrela rijeke Bosne, uključujući neposredni tok rijeke Bosne do infiltracionog kanala, te druge (buffer) zone na kojoj se prvenstveno ostvaruje očuvanje i zaštita postojećeg, odnosno izvornog stanja (Đug i sar., 2008).



Slika 1. Kartografski prikaz istraživanog područja. Crne tačke označavaju lokalitete uzorkovanja: VB1 – Vrelo Bosne 1, VB2 – Vrelo Bosne 2 i RM – Rimski Most.

Figure 1. Location of study area. Black dots represent sampling sites: VB1 – Vrelo Bosne 1, VB2 – Vrelo Bosne 2 i RM – Rimski Most.

Uzimanje uzoraka makrozoobentosa u cilju prikupljanja jedinki vrste *Gammarus bosniacus* u izvorišnom dijelu toka rijeke Bosne obavljeno je dva puta 2013. godine u ljeto (15. juli) i jesen (11. oktobar) i dva puta 2014. godine u zimu (10. januara) i proljeće (14. aprila). U ovom dijelu rijeke Bosne odabrana su tri lokaliteta za praćenje stanja populacije bosanskog rakušca, i to dva lokaliteta na samom izvorištu (Vrelo Bosne I i Vrelo Bosne II), te nizvodno na lokalitetu Rimski Most (Sl. 1, Tab. 1).

Uzorci makrozoobentosa su prikupljeni prema metodologiji Integrisanog sistema procjene ekološkog kvaliteta vodotoka Evrope koristeći se protokolom uzorkovanja bentoskih makrobescičmenjaka (AQEM Consortium, 2000). Navedeni protokol podrazumijeva shemu uzorkovanja zoobentosa s više različitih staništa proporcionalno njihovoj prisutnosti u dužini vodotoka od 100 m. Jedinice uzorkovanja su raspoređene prema udjelu svih mikrostaništa koja čine  $\geq 5\%$  korita vodotoka. Iako ovaj protokol uzorkovanja predviđa uzorkovanje 20 poduzoraka u ovom istraživanju je uzeto po devet poduzoraka sa površine  $0,25 \times 0,25 \text{ m}^2$  „kick sampling“ metodom koristeći standardnu mrežu za zoobentos (veličina oka  $0,5 \mu\text{m}$ ), tako da je uzorkovano ukupno  $0,5 \text{ m}^2$  na svakoj lokaciji. Za svako uzorkovano mikrostanište, zabilježen je poveznici atribut makrostaništa kao brzak ili bazen. Sve prikupljene jedinke gamarida identifikovane su na osnovu ključa za determinaciju Karaman & Pinkster (1987).

Tabela 1. Broj poduzoraka sa različitih supstrata na istraživanim lokalitetima  
 Table 1. Number of sub-samples from different substrates at the investigated sites

| Lokalitet      | Broj poduzoraka |           |         |
|----------------|-----------------|-----------|---------|
|                | Fital           | Mezolital | Argilal |
| Vrelo Bosne I  | 3               | 4         | 2       |
| Vrelo Bosne II | 4               | 2         | 3       |
| Rimski Most    | 4               | 3         | 2       |

Analizirana je agregacija jedinki na različitim tipovima sedimenta u svim sezonama. Za testiranje razlika u preferenciji istraživanih mikrostaništa korištena je ANOVA single factor analiza s nivoom pouzdanosti od 0,05. Uočene razlike u brojnosti jedinki na različitim mikrostaništima testirane su t-testom. Podaci o brojnosti jedinki su transformisani kao  $\log_{10}(x + 1)$  kako bi grafička prezentacija podataka sa različitih tipova staništa bila reprezentativnija.

Utvrđivanje prostornog rasporeda, odnosno disperzije jedinki na lokalnom nivou vršeno je kvadratnim uzorkovanjem i određivanjem indeksa disperzije. Korišten je aglomeracijski indeks prema Krebsu (1999) koji se temelji na komparaciji varijanse sa srednjom vrijednošću za broj jedinki u uzorcima.

Za određivanje rasporeda jedinki u prostoru korišten je i Morisita indeks disperzije (Morisita, 1959) koji se računa prema formuli:

$$MI = \frac{S * (\sum n^2 - N)}{N * (N - 1)}$$

gdje je: MI - indeks disperzije, S - broj uzoraka, n - broj individua u svakom uzorku, N - ukupan broj individua.

Vrijednost  $MI = 1$  ili veoma blizu jedinice ukazuje na slučajni raspored, u slučaju kada je vrijednost  $MI > 1$  ukazuje na grupni raspored, a kada je  $MI < 1$  ukazuje na homogeni raspored jedinki populacije u prostoru.

Statističke analize i grafički prikazi rezultata su urađeni u Microsoft Excel 2016.

## REZULTATI

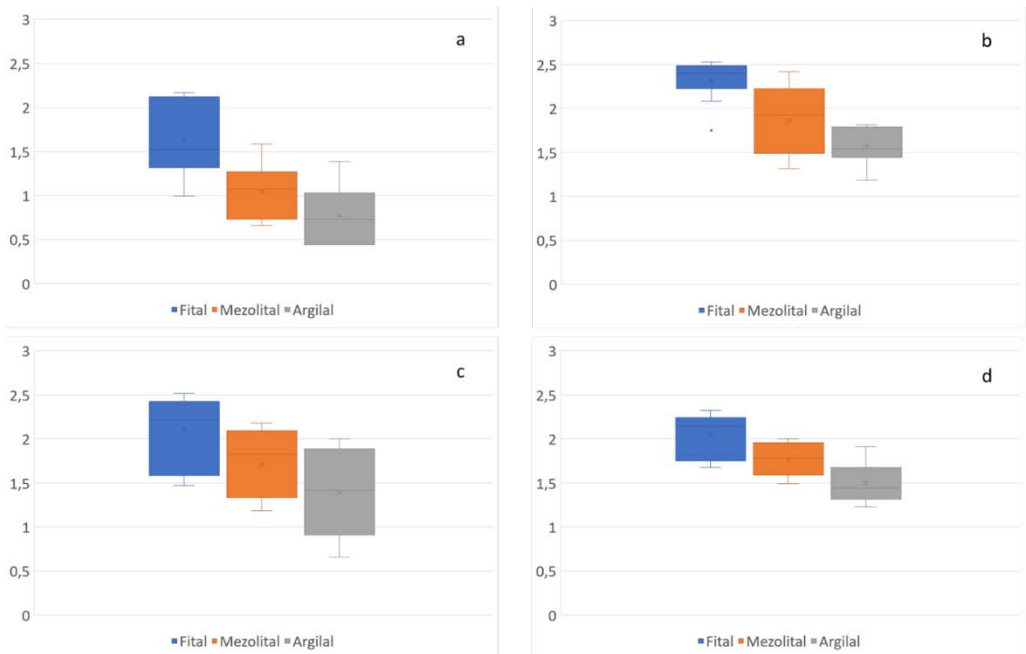
Gustina populacije vrste *G. bosniacus* određivana je na fitalu, mezolitalu i argilalu u julu i oktobru 2013. godine, te januaru i aprilu 2014. godine na lokalitetima Rimski Most, Vrelo Bosne I i Vrelo Bosne II. Vodeći računa o zastupljenosti supstrata na istraživanim lokalitetima uzet je različit broj poduzoraka sa fitala, mezolitala i argilala (Tab. 1).

Tokom zimske sezone na lokalitetima Rimski Most i Vrelo Bosne II zabilježene su znatno veće gustine populacije bosanskog rakušca na fitalu i mezolitalu u odnosu na argilal, dok je ta razlika nešto manja na lokalitetu Vrelo Bosne I. Na sva tri ispitivana lokaliteta najveća gustina populacije *G. bosniacus* zabilježena je na fitalu, a najmanja na argilalu (Sl. 2).

Za vrijeme proljetnog uzorkovanja evidentirane su manje razlike u gustini populacija na mezolitalu i argilalu na svim istraživanim lokalitetima. Najveća gustina populacije bosanskog rakušca je zabilježena na biljnom supstratu, pri čemu u poređenju sa mezolitalom i argilalom ta razlika nije toliko izražena kao u uzorcima iz januara iste godine. Najmanja gustina populacije bosanskog rakušca ustanovljena je na sitnom kamenom supstratu na svim lokalitetima (Sl. 2). Najveći raspon brojnosti jedinki na biljnom supstratu u odnosu na aritmetičku sredinu zabilježen je na Rimskom Mostu, a najmanji na lokalitetu Vrelo Bosne II. Najveći i najmanji raspon gustine populacije na mezolitalu i argilalu se poklapaju sa vrijednostima za lokalitet Rimski most.

U ljetnom periodu istraživanja zabilježene su najmanje gustine populacija bosanskog rakušca na sva tri istraživana lokaliteta u izvorišnom dijelu toka rijeke Bosne. Tokom ovog perioda prisutna je agregacija jedinki *G. bosniacus* na biljnom supstratu, dok su na kamenj podlozi evidentirane jedinke u malom broju (Sl. 2). Najveći raspon variranja brojnosti jedinki, u odnosu na aritmetičku sredinu, na fitalu konstatiran je na Rimskom Mostu, a najmanji na Vrelu Bosne II. Najmanje variranje gustine populacije na kamenim supstratima zabilježeno je na Vrelu Bosne II, a najveće na Rimskom Mostu.

U uzorcima makrozoobentosa iz jesenje sezone uzorkovanja uočeno je agregiranje jedinki bosanskog rakušca koje je najizraženije na fitalu (Sl. 2). Najveće gustine populacije ovog rakušca zabilježene na fitalu su također na spomenutom lokalitetu. Smanjenje razlike u gustini populacije na biljnom i kamenom supstratu vidljivo je na lokalitetu Vrelo Bosne II.



Slika 2. Grafički prikaz transformiranih vrijednosti abundance ( $\log_{10}(x+1)$ ) vrste *G. bosniacus* na istraživanim mikrostanjima u različitim sezonama; a-ljeto, b-jesen, c-zima, d-proljeće.

Figure 2. Transformed abundance values ( $\log_{10}(x+1)$ ) of the species *G. bosniacus* in the investigated microhabitats in different seasons; a-summer, b-autumn, c-winter, d-spring.

Tabela 2. Rezultati testiranja razlika u brojnosti bosanskog rakušca na istraživanim mikrostanjima ANOVA single factor analizom s nivoom pouzdanosti od 0,05

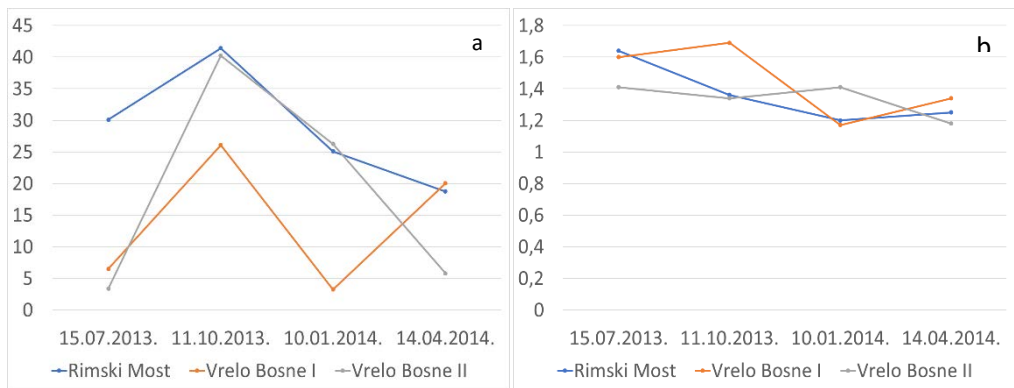
Table 2. Results of testing the differences in the abundance of the bosnian amphipod on the investigated microhabitats by ANOVA single factor analysis with a confidence level of 0.05

| Sezona   | Source Variation | of SS    | df | MS      | F      | P-value  | F crit |
|----------|------------------|----------|----|---------|--------|----------|--------|
| Ljeto    | Između grupa     | 18891,5  | 2  | 9445,75 | 6,524  | 0,005    | 3,402  |
|          | Unutar grupa     | 34744,6  | 4  | 1447,69 |        |          |        |
| Jesen    | Između grupa     | 2,55311  | 2  | 1,2765  | 14,814 | 6,45E-05 | 3,402  |
|          | Unutar grupa     | 2,06802  | 4  | 0,0861  |        |          |        |
| Zima     | Između grupa     | 2,29072  | 2  | 1,1453  | 6,530  | 0,005    | 3,402  |
|          | Unutar grupa     | 4,20933  | 4  | 0,1753  |        |          |        |
| Proljeće | Između grupa     | 1,332883 | 2  | 0,6664  | 13,550 | 0,0001   | 3,402  |
|          | Unutar grupa     | 1,180334 | 4  | 0,0491  |        |          |        |

Testiranjem razlika aritmetičke sredine brojnosti bosanskog rakušca ANOVA analizom utvrđene su statističke značajne razlike među istraživanim staništima (Tab. 2). Na svim ispitivanim lokalitetima F vrijednosti su bile veće od vrijednosti F crit. S obzirom na navedeno analizirane su i razlike između pojedinih tipova staništa korištenjem t-testa. Ovom analizom utvrđene su statističke značajne razlike u brojnosti bosanskog rakušca na fitalu u odnosu na argilal i mezolital. Razlike u brojnosti individua na mezolitalu i argilalu nisu bile statistički značajne.

Dobivene vrijednosti indeksa aglomeracije jedinki u populaciji na lokalitetu Rimski Most u svim istraživanim periodima iznosile su preko 1, što ukazuje na nehomogen, odnosno grupni raspored jedinki u prostoru. Korištenjem Morisita indeksa disperzije dobivene su vrijednosti od 1,64 u julu 2013. godine do 1,20 u januaru 2014. godine, što kao i u prvom slučaju ukazuje na agregaciju jedinki bosanskog rakušca na navedenom

lokalitetu. Vrijednosti indeksa aglomeracije na lokalitetu Vrelo Bosne I su se kretali u rasponu od 26,09 u oktobru 2013. godine do 3,28 u prvom mjesecu 2014. godine. I na ovom lokalitetu vrijednosti indeksa aglomeracije pokazuju grupni raspored jedinki u prostoru. Morisita indeks disperzije se kretao od 1,17 u januaru do 1,69 u oktobru mjesecu, što potvrđuje da je najveća agregiranost jedinki bila tokom zime, a najmanja u jesenjem periodu. Najniže vrijednosti indeksa aglomeracije bile su u julu 2013. godine (3,42) i aprilu 2014. godine (5,82), dok su najviše vrijednosti zabilježene u jesen 2013. godine (40,23) i zimu 2014. godine (26,28), što ukazuje na veću agregiranost jedinki tokom jeseni i zime. Prema vrijednostima Morisita indeksa disperzije najveća agregiranost je bila tokom zimskog i ljetnjeg perioda, a najmanja u proljeće (Sl. 3). Na svim lokalitetima je potvrđen nehomogen, odnosno grupni raspored jedinki u prostoru uz oscilacije koje su primjećene tokom različitih sezona uzorkovanja.



Slika 3. Grafički prikaz vrijednosti indeksa aglomeracije (a) i Morisita indeksa (b) na istraživanim lokalitetima.

Figure 3. Values of the agglomeration index (a) and the Morisita index (b) at the investigated sites.

## DISKUSIJA

Analiza brojnosti jedinki vrste *G. bosniacus* na različitim supstratima pokazala je da je agregacija individua najveća na fitalu, a najmanja na argilalu. Vrijednosti Indeksa aglomeracije i Morisita indeksa ukazuju na neravnomjeran grupni raspored populacija, pri čemu je u periodima jačeg protoka vode veća agregiranost konstatovana na fitalu, dok je za vrijeme smanjenog protoka dominantna agregiranost na kamenitom supstratu (Žganec, 2009). Određene vrste rakušaca preferiraju staništa koja im pružaju izvor hrane i zaštitu (Parker i sar., 2007). Odabir mikrostaništa se može promijeniti i pod utjecajem predatora (MacNeil & Platvoet, 2005). Mikrodistribucija rakušaca pokazuje vremenske i prostorne promjene u odnosu na djelovanje kompleksnih odnosa različitih ekoloških faktora. Većina vrsta rakušaca nije specijalizirana za određeni tip mikrostaništa, iako, za neke vrste, postoje podaci o preferenciji određenih mikrostaništa

(van Overdijk i sar., 2003). Odabir mikrostaništa se temelji na zastupljenosti izvora hrane (Gee, 1982), skloništa u vodenoj struji (Gregg & Rose, 1982), predatorskih interakcija (Holomuziki & Hoyle, 1990), i zastupljenosti drugih vrsta rakušaca (MacNeil & Prenter, 2000).

Jedinke vrste *G. pulex* duže od 6 mm nakupljaju se u nanosima lišća u vodotoku, dok mikrodistribucija manjih jedinki nije povezana sa količinom organske materije (Gee, 1982). Ustanovljena je i korelacija između veličine jedinki navedene vrste i tipa supstrata. Sve jedinke izuzev spolno aktivnih mužjaka preferiraju supstrat većih dimenzija (Pringle, 1982). Povećanje brzine vode dovodi do smanjenja srednje veličine jedinki na sitnijem supstratu, dok na krupnijem supstratu jače strujanje vode dovodi do povećanja srednje veličine jedinki (Adams i sar., 1987). U eksperimentu koji su proveli Dahl i Greenberg (1996) jedinke vrste *G. pulex* odabirale su bazene, a korištenje brzaka se povećavalo smanjivanjem brzine strujanja, povećanjem supstrata i količine organske materije. Gustina rakušaca u brzacima bila je veća u prisustvu predatorske vrste *Cottus gobio* (Linnaeus, 1758), što se objašnjava time da u brzacima, zbog kompleksne strukture istih, rakušci lakše nalaze sklonište. Za vrstu *G. minus* ustanovljeno je da je gustina populacija veća u brzacima zbog prisutnosti krupnijeg supstrata i veće količine organske materije. Prisutnost riba nije uticala na mikrodistribuciju rakušaca, te se smatra da u prirodnim uslovima nema većeg uticaja na odabir mikrostaništa (Holomuzki & Hoyle, 1990). Ustanovljeno je da postoje razlike između dnevne i noćne mikrodistribucije rakušaca (Elliott, 2005). Jedinke vrste *G. pulex*, tokom dana, su sve zajedno agrerirane, dok se tokom noći povećava agregiranost juvenilnih jedinki i nezrelih mužjaka i ženki. Također, distribucija u odnosu na sediment se mijenja, a što se ogleda u tome da juvenilne jedinke tokom dana preferiraju sitni supstrat, a ostale krupniji. Za vrijeme noći ne postoje neke veće razlike u distribuciju u odnosu na supstrat. Dnevno uzorkovanje ne pruža pravu sliku mikrodistribucije vrsta, jer tokom dana rakušci odabiru mikrostaništa koja im služe kao zaklon (Elliott, 2005). U slatkovodnim ekosistemima mahovine predstavljaju široko rasprostranjenu grupu makrofita u kojima mnoge vrste zoobentosa traže sklonište (Baattrup-Pedersen i sar., 2006; Parker i sar., 2007). Populacije vrste *Crangonyx gracilis* Smith, 1871 imaju veću gustinu na mahovini *Fontinalis novae-angliae* Sull. u odnosu na druge makrofite (Parker i sar., 2007). Rakušci ove vrste se hrane listićima navedene mahovine, koji sadrže C<sub>18</sub> acetilensku kiselinu, toksičnu za ostale herbivore. Preferiranje ovog tipa mikrostaništa objašnjava se izvorom hrane i postojanjem hemijske zaštite (Parker i sar., 2007).

## ZAKLJUČAK

Vrijednosti Morisita indeksa i Krebsovog indeksa aglomeracije pokazuju da u prirodnim uslovima jedinke *G. bosniacus* u populaciji imaju neravnomjeran grupni raspored, a najveću brojnost na biljnom supstratu (fital). Grupisanje jedinki bosanskog rakušca na fitalu najizraženije je u periodu jeseni što je uslovljeno načinom prehrane

(detritus) i promjenom stanišnih uslova. Dalja istraživanja mikrodistribucije ove stenoendemične vrste bi trebala obuhvatiti vodotoke u kojima je nedavno konstatirana.

## REFERENCE

- Adams, J., Gee, J., Greenwood, P., McKelvey, S., Perry, R. (1987): Factors affecting the microdistribution of *Gammarus pulex* (Amphipoda): an experimental study. *Freshwater Biology*, 17:307-316.
- Allan, J. D. (1996): *Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters*. Chapman & Hall, London.
- AQEM Consortium (2002): Manual for the application of the AQEM method. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0.
- Baatrup-Pedersen, A., Szoszkiewicz, K., Nijboer, R., O'Hare, M., Ferreira, T. (2006): *The Ecological Status of European Rivers: Evaluation and Intercalibration of Assessment Methods*. Springer Netherlands.
- Berezina, N. A. (2009): Interspecific interactions of amphipods *Gammarus lacustris* and *Gmelinoides fasciatus*. *Russian Journal of Ecology*, 40: 81–85.
- Chase, J. M., & Leibold, M. A. (2003): *Ecological Niches: Linking Classical and Contemporary Approaches* (p. 221). Chicago, Illinois: University of Chicago Press.
- Chesson, P. (2000): Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 31: 343–366.
- Dahl, J., Greenberg, L. (1996): Effects of habitat structure on habitat use by *Gammarus pulex* in artificial streams. *Freshwater Biology*, 36:487-495.
- Dick, J. T. A., & Platvoet, D. (1996): Intraguild predation and species exclusions in amphipods: The interaction of behaviour, physiology and environment. *Freshwater Biology*, 36: 375–383.
- Đug, S., Drešković, N., Hamzić, A. (2008): *Prirodna baština Kantona Sarajevo*. Kantonalni zavod za zaštitu kulturno-historijskog i prirodnog naslijeđa. pp.191.
- Elliott, J. M. (2005): Day-night changes in the spatial distribution and habitat preferences of freshwater shrimps, *Gammarus pulex*, in a stony stream. *Freshwater Biology*, 50:552-566.
- Gajević, M., Trožić-Borovac, S., Mušović, A., Vesnić, A., Đug, S. (2022): Biogeographic differentiation of epigeal freshwater amphipods (Amphipoda: Crustacea) in Bosnia and Herzegovina. *Radovi Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta Univerziteta u Sarajevu*, 72(2): 40-51.
- Gee, J. H. R. (1982): Resource utilization by *Gammarus pulex* (Amphipoda) in a Cotswold Stream: A microdistribution study. *Journal of Animal Ecology*, 51:817-831.
- Gregg, W. W., Rose, F. L. (1982): The effects of aquatic macrophytes on the stream microenvironment. *Aquatic Botany*, 14:309-324.

- Holomuzki, J. R., Hoyle, J. D. (1990): Effect of predatory fish presence on habitat use and diel movement of the stream amphipod, *Gammarus minus*. *Freshwater Biology*, 24:509-517.
- Karaman, G. (1975): Two very interesting species of *Gammarus* (fam. Gammaridae) from Euro-Asia, *Gammarus bosniacus* Schaf. 1922 and *G. brachyurus* Brist. 1935. Biological Institute, Titograd.
- Karaman, G. S. & Pinkster, S. (1987): Freshwater *Gammarus* species from Europe, North Africa and adjacent regions of Asia (Crustacea – Amphipoda). Part III. *Gammarus balcanicus*-group and related species. *Bijdragen tot de Dierkunde*, 57: 207–260.
- Korpinen, S., & Westerborn, M. (2009): Microhabitat segregation of the amphipod genus *Gammarus* (Crustacea: Amphipoda) in the northern Baltic sea. *Marine Biology*, 157: 361–370.
- Krebs, C. (1999): *Ecological Methodology* (Sec. Ed.). The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., Menio Park, CA, USA.
- Leibold, A.M., & McPeck, A.M. (2006): Coexistence of the niche and neutral perspectives in community ecology. *Ecology*, 87: 1399–1410.
- MacNeil, C., Platvoet, D. (2005): The predatory impact of the freshwater invader *Dikerogammarus villosus* on native *Gammarus pulex* (Crustacea: Amphipoda); influences of differential microdistribution and food resources. *Journal of Zoology*, 267:31-38.
- MacNeil, C., Prenter, J. (2000): Differential microdistributions and interspecific interactions in coexisting native and introduced *Gammarus spp.* (Crustacea: Amphipoda). *Journal of Zoology*, 251:377-384.
- Morisita, M. (1959): Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Mem. Fac. Sci. Kyushu. Univ. Ser E (Biology)*, 2:215-235.
- van Overdijk, C. D. A., Grigorovich, I. A., Mabee, T., Ray, W. J., Ciborowski, J. J. H., MacIsaac, H. J. (2003): Microhabitat selection by the invasive amphipod *Echinogammarus ischnus* and native *Gammarus fasciatus* in laboratory experiments and in Lake Erie. *Freshw. Biol.*, 48: 567–578.
- Parker, J. D., Burkepille, D. E., Collins, D. O., Kubanek, J., Hay, M. E. (2007): Stream mosses as chemically-defended refugia for freshwater macroinvertebrates. *Oikos*, 116:302-312.
- Pringle, S. (1982): Factors affecting the microdistribution of different sizes of the amphipod *Gammarus pulex*. *Oikos*, 38:369-373.
- van Riel, M. C., Healy, E. P., van der Velde, G., Bij de Vaate A. (2007): Interference competition among native and invader amphipods. *Acta Oecologica*, 31: 282–289.
- Schäferna, K. (1922): Amphipoda balcanica, with notes about other freshwater Amphipoda.- *Vestník Královské. české Společnosti nauk, trída matematicko-prirodovedecká, Praha, 1921-1922*, 2: 1-111, 31 figs., 2 pls.

- Schoener, T. W. (1983): Field experiments on interspecific competition. *The American Naturalist*, 122: 240–284.
- Skupština Kantona Sarajevo (2006): Zakon o proglašenju Spomenika prirode “Vrelo Bosne”. Službene novine Kantona Sarajevo.
- Šenk, F. O. (1956): Faunističko ekološka ispitivanja izvorskog dijela rijeka Bosne. *Acta ichthyologica* 9. Sarajevo.
- Žganec, K. (2009): Rasprostranjenost i ekologija nadzemnih rakušaca (Amphipoda: Gammaroidea) slatkih i bočatih voda Hrvatske. Doktorska disertacija. Prirodoslovno – matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, pp. 1-214.

**MICRODISTRIBUTION OF *Gammarus bosniacus* Schäferna, 1923  
(Amphipoda: Gammaridae) IN THE RIVER BOSNA AT PROTECTED AREA  
OF VRELO BOSNA**

**Summary**

The microdistribution of crustaceans in the benthic communities of aquatic ecosystems is influenced by a number of factors such as the availability of resources, the population density of predators and symbionts, the variability and structure of the habitat, and the seasonal dynamics of the species itself. The most important ecological factors that determine the type of habitat for the macrozoobenthos species are the speed of the flow, the type of substrate and the temperature of the water. The species *Gammarus bosniacus* Schäferna, 1923 is an endemic species of crustacean with a narrow distribution in the upper reaches of the Bosna River in the Vrelo Bosna Protected Area and, according to recent data, in some watercourses on Mt. Bjelašnica. The aim of the study was to determine the density of the Bosnian crustacean population on different types of substrates (microhabitats) in the river Bosna. Sampling of macrozoobenthos was realized four times during each season in 2013 and 2014 at three sites. Population density was monitored in three different microhabitats: phytal, argillal and mesolithic. ANOVA testing revealed statistically significant differences in the number of individuals of the Bosnian crustacean in the investigated microhabitats. Using the t-test, statistically significant differences in the abundance of phytal compared to argillal and mesolital were determined. On the basis of the conducted analyses, it was determined that individuals of this narrowly distributed species aggregate on the plant substrate.

**Key words:** *Gammarus bosniacus*, *Vrelo Bosne*, *River Bosna*, *microdistribution*