

Prof. dr. Isat SKENDEROVIĆ

Lejla MUJAKIĆ, bachelor biologije

Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Tuzli

isat.skenderovic@untz.ba

POPULACIJSKE ODLIKE RIJEČNOG RAKA *ASTACUS ASTACUS* (LINAEUS, 1758.) IZ NEKIH HIDROEKOSISTEMA ZAŠTIĆENOG PEJZAŽA „KONJUH“

Apstrakt: Rakovi pripadaju carstvu *Animalia* i filumu *Arthropoda*. Riječni rakovi su monofiletska skupina unutar reda *Decapoda* koji obuhvata dvije nadfamilije: *Astacoidea* i *Parastacoidea*. 1879. godine započeto je temeljno istraživanje ove skupine životinja i do danas teče period intenzivnog istraživanja, koji je rezultirao formiranjem Internacionalne Astakološke Asocijacije (*International Association of Astacology* - IAA).

Riječni rak (*Astacus astacus* L) jedna je od četiri autohtone vrste slatkovodnih deseteronožnih rakova iz porodice *Astacidae* koje naseljavaju rijeke i jezera Bosne i Hercegovine. Osim u domaćim vodama, ova vrsta je široko rasprostranjena u velikom dijelu Europe. Slatkovodni rakovi igraju ključnu ulogu u održavanju funkcionalnosti ekosistema i hranidbenih mreža, zbog čega je očuvanje njihovih populacija od iznimne važnosti. Nažalost, te populacije trenutno su ugrožene zbog zagađenja slatkovodnih staništa i unošenja stranih i invazivnih vrsta. Poznato je da se organizmi prilagođavaju specifičnim okolišnim uvjetima na različite načine, a neke od tih adaptacija mogu se odraziti i na morfološke karakteristike populacija.

Cilj ovog istraživanja je analizirati morfološke karakteristike ove vrste u hidroekosistemima jedinog zaštićenog područja Tuzlanskog kantona. U svrhu ovog istraživanja prikupljeno je 37 jedinki plemenitog raka i izmjereni su im dijelovi tijela od interesa nakon čega su dobijeni podaci analizirani opisnom i inferencijalnom statistikom i metodama geometrijske morfometrije. Rezultati su pokazali da postoje vidljive razlike između strukture populacija tri istraživana

lokaliteta ali i razlike između fizičko-hemijskih karakteristika voda koje naseljava riječni rak. Morfometrijske karakteristike riječnih rakova se u Bosni i Hercegovini odnedavno upotrebljavaju u naučno-istraživačkim radovima, te će ovaj rad poslužiti kao osnova za dalje istraživanje genetičkih, ekoloških, evolucijskih i taksonomskih obilježja vrste.

Ključne riječi: *Astacus astacus*, riječni rak, morfometrijske karakteristike, slatkovodni ekosistem, Konjuh, Bosna i Hercegovina.

POPULATION CHARACTERISTICS OF RIVER CRAB *ASTACUS ASTACUS* (LINAEUS, 1758) FROM SOME HYDROECOSYSTEMS OF THE PROTECTED LANDSCAPE "KONJUH"

Abstract: Crustaceans belong to the kingdom Animalia and the phylum Arthropoda. River crayfish are a monophyletic group within the order Decapoda, which includes two superfamilies: Astacoidea and Parastacoidea. In 1879, a fundamental study of this group of animals began, and a period of intensive research continues to this day, which resulted in the formation of the International Association of Astacology (IAA).

River crayfish (*Astacus astacus* L.) is one of the four autochthonous species of freshwater decapod crustaceans from the Astacidae family that inhabit the rivers and lakes of Bosnia and Herzegovina. Apart from domestic waters, this species is widely distributed in a large part of Europe. Freshwater crabs play a key role in maintaining the functionality of ecosystems and food webs, which is why the preservation of their populations is of utmost importance. Unfortunately, these populations are currently threatened due to the pollution of freshwater habitats and the introduction of foreign and invasive species. It is known that organisms adapt to specific environmental conditions in different ways, and some of these adaptations can be reflected in the morphological characteristics of populations.

The aim of this research is to analyze the morphological characteristics of this species in the hydroecosystems of the only protected area of the Tuzla Canton. For the purpose of this research, 37 noble crab individuals were collected and their body parts of interest were measured, after which the obtained data were analyzed using descriptive and inferential statistics and geometric morphometric methods. The results showed that there are visible differences between the structure of the populations of the three investigated localities, but also

differences between the physical and chemical characteristics of the waters inhabited by the river crab. The morphometric characteristics of river crayfish have recently been used in scientific-research works in Bosnia and Herzegovina, and this work will serve as a basis for further research into the genetic, ecological, evolutionary and taxonomic characteristics of the species.

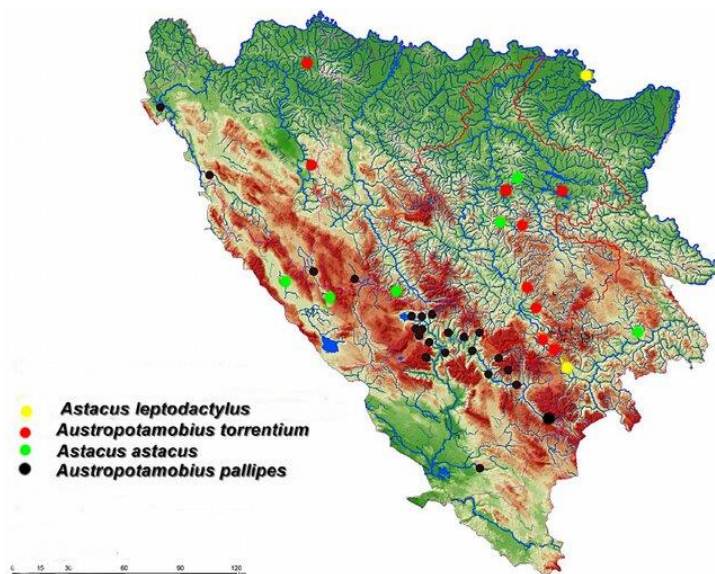
Keywords: *Astacus astacus, river crab, morphometric characteristics, freshwater ecosystem, Konjuh, Bosnia and Herzegovina.*

UVOD

Ekosistemi slatkovodnih sredina igraju ključnu ulogu u održavanju biološke raznovrsnosti i stabilnosti okoliša. Među njima, vrste poput plemenitog raka (*Astacus astacus*) imaju poseban značaj, ne samo zbog svoje ekološke uloge kao predatori i plijen, već i zbog svoje osjetljivosti na promjene u okolišu. *Astacus astacus*, poznat i kao slatkovodni rak, predstavlja važan indikator zdravstvenog stanja vodenih ekosistema i kvalitete staništa. Ova vrsta se suočava s brojnim prijetnjama, uključujući gubitak staništa, zagađenje, i klimatske promjene, što je dovelo do njegovog uključivanja u Crvenu listu Međunarodne unije za zaštitu prirode (IUCN) kao ranjive (vulnerable, VU) vrste. Zaštićeni pejzaž "Konjuh" u Bosni i Hercegovini predstavlja jedinstveno područje u kojem se istražuju populacije *Astacus astacus*. Ovaj prostor, s bogatom florom i faunom, pruža ključne informacije za razumijevanje utjecaja okolišnih faktora na populacije plemenitog raka. U ovom radu, fokusirala sam se na analizu populacijskih karakteristika *Astacus astacus* u tri različita vodena lokaliteta unutar ovog zaštićenog područja: rijeka Velika Zlaća, potok Mala Zlaća i rijeka Kasalovača. Ovaj rad koristi podatke iz terenskih istraživanja provedenih u periodu od marta do juna 2024. godine, kao i prethodne literaturne izvore, kako bi se pružila detaljnija slika o stanju populacija *Astacus astacus*. Kroz analizu dobijenih rezultata, nastojala sam doprinijeti očuvanju ove ugrožene vrste i zaštititi njenih staništa u zaštićenom pejzažu "Konjuh".

Prva bilježenja o slatkovodnim rakovima u Bosni i Hercegovini potiču iz 1914. godine s bilježenjem prisustva vrsta *Astacus leptodactylus* u rijeci Bosni i *Astacus astacus* na području Livna, Donje Tuzle i dijelu toka Bosne kroz Visoko (Entz, 1914.). Karaman u svome radu „*Die Potamobiiden Jugoslaviens*“ iz 1929. godine radi detaljnije istraživanje rijeka Bosne, Drine i Save u kojima opisuje značajno prisustvo vrsta *Astacus astacus* (opisanog kao *Potamobius fluviatilis fluviatilis* i *Potamobius fluviatilis balcanicus*), *Astacus leptodactylus* i

Austropotamobius torrentium (opisanog kao *Potamobius torrentium*). Nakon inicijalnih opisa, zabilježena su prisustva *Astacus leptodactylus* u rijeci Krivaji, *Astacus astacus* u rijeci Cetini i *Austropotamobius papilles* u rijeci Bregavi, Fatničkom i Nevesinskom polju, Mostarskom blatu i nenaznačenim potocima Hercegovine (Trožić-Borovac, 2011.) Istraživanja riječnih rakova u Bosni i Hercegovini nakon 1980. godine značajno stagniraju i nastavljaju se tek 2007. godine na Nahorevskom potoku (Trožić-Borovac 2007.). Zahvaljujući zapisima o prisustvu riječnih rakova iz prve polovice 1900. godine i istraživanjima sa početka 21. stoljeća, 2011. godine napravljena je prva karta sa distribucijom vrsta u Bosni i Hercegovini (Trožić-Borovac 2011.).



Slika 1 - karta rasprostranjenja vrsta porodice Astacidae u Bosni i Hercegovini (Trožić-Borovac, 2011.)

OPIS VRSTE

Astacus astacus (L., 1758.) naseljava slatke i hladne vode s dovoljno kisika, preferira lokalitete sa mnogo potencijalnih skloništa za individuu. Optimalna temperatura za rast i razvoj plemenitog raka je između 16°C i 22°C. Ova vrsta može preživjeti u vodi koja ima temperature u rasponu od oko 1°C do 25°C ali prekomjerno visoke temperature (iznad 25°C) mogu uzrokovati stres, smanjenje rasta i uginuće. Optimalna koncentracija rastvorenog kisika (O₂) u vodi za plemenitog raka je između 7 i 10 mg/L. Riječni rakovi su osjetljivi na niske koncentracije kisika, vrijednosti ispod 5 mg/L mogu izazvati stres, a ispod

3 mg/L mogu uzrokovati uginuće (Holdich, 2002.). Tokom dana se nalaze u svojim skloništima – ispod kamenja, korijenja ili rupama u obalama staništa. Pozicionirani su tako da je glava otvorena ka glavnom izlazu iz skloništa i kliješta su ispružena naprijed. Nokturalne su životinje, što se smatra prilagodbom na izbjegavanje predatora koji love danju kao i na činjenicu da je plijen koji love sami riječni rakovi aktivan noću. Prosječna dužina cijelog tijela, od vrha rostruma do kraja telozona, riječnog raka je oko 15cm, rjeđe do 18cm i prosječne tjelesne težine do 270 g (Westman i sur., 1992). Tijelo je maslinasto zelene i tamnosmeđe do crne boje, rjeđe crvenkaste ili plavkaste sa dorzalne, leđne, strane. Ventralna, trbušna, strana je najčešće zelenosmeđa. Karapaks ove vrste je gladak i bez trnova, s malim bradavičastim izbočinama na bočnim stranama (Skurdal i Taugbøl, 2002). Vrh rostruma je izražen i dug, a rostralna rebra su položena paralelno ili trapezoidno i glatka su. Rostralni trnovi su izraženi, dok je rostralna krijesta prekrivena trnovima. Postoje dva para postorbitalnih grebena, pri čemu je drugi par ponekad manje vidljiv. Hepatički trnovi nisu prisutni kod ove vrste, iza cervikalne brazde nalaze sitna izbočenja. Abdominalne pleure su zaobljenih rubova i bez trnova. Kliješta su velika, široka i granulirane površine, s udubljenjem na unutrašnjem rubu nepokretnog prsta omeđenim dvama zubima, što kod regenerisanih kliješta može izostati (Füreder i Machino, 2002). Poput ostalih pripadnika porodice Astacidae, riječni rakovi su odvojenih spolova sa unutrašnjim reproduktivnim organima koji se uvećavaju tokom sezone parenja. Sezona parenja je kontrolisana hormonski i uslovljena je vanjskim stimulusima – padom temperature vode i kratkim fotoperiodizmom, traje dvije do tri sedmice i obično se dešava u jesen. Vas deferens se kod mužjaka otvaraju u osnovama petog para pereopoda i spuštaju se niz nju čineći gonopode. Ženke nemaju gonopode i njihovi ovidukti se otvaraju u osnovi treće pereopode. Oplodnja je vanjska, mužjak hvata ženku kliještima i okreće je na leđa kako bi prenio spermatofore na njen abdomen pomoću svojih gonopoda. Spermatofori se pričvršćuju na ženkinu tijelo, gdje će ostati dok ne dođe do oplodnje. Nakon toga, ženka nosi oplođena jaja na svojim pleopodijama, sve do izlijezanja mladih. Čini se da je period hladne vode (< 5-6°C). neophodan za osiguranje opstanka jajašaca i mladih jedinki (Birkenbeil i Gersch, 1979.). Nakon parenja, ženke nose oplođena jaja pričvršćena ispod repa (pleopodija). Jaja ostaju tamo tokom zime i proljeća, a razvoj traje oko 6–9 mjeseci, zavisno o temperaturi vode. Kada se jaja izlegu, larve ostaju pričvršćene za majčino tijelo, koristeći pleopodije.

***Astacus astacus* u vodama planine Konjuh**

Prema Zakonu o proglašenju dijela područja planine Konjuh Zaštićenim pejzažom „Konjuh“ iz 2009. godine, Prostornom planu područja posebnih obilježja – Zaštićeni pejzaž „Konjuh“ 2010-2030 iz 2013. godine i Pravilnikom o Unutrašnjem redu unutar područja Zaštićenog pejzaža „Konjuh“ iz 2018. godine navodi se prisustvo riječnog raka u svim zonama zaštite, međutim bez navođenja vodenih ekosistema u kojima je vrsta prisuna.

Podaci M. Capurro (2018.) predstavljaju preeliminatorsku observaciju distribucije autohtonih slatkovodnih rakova, prema čijim podacima je potvrđeno prisustvo *Astacus astacus* u rijekama Velika Zlaća, i Oskova, i potocima Mala Zlaća i Mačkovac na osnovu istraživačkog projekta „Biodiversity for local development: Innovative model of participated governance for the Protected Landscape of Konjuh“ iz 2017.godine. Intenzivnije se proučavaju populacije *Astacus astacus* od 2021. godine (Roljić i sur. 2021.) u rijekama Oskova i Mala Zlaća (Skenderović i Mujakić, 2024.).

Dolina rijeke Oskove je najznačajnija za Zaštićeni pejzaž, kako navode u svome Prostornom planu, a prvi podaci o populacijama *A. astacus* u ovoj rijeci potiču iz 2021. godine u radu „*Ekologija, morfometrija, polni dimorfizam i indeksi kondicije riječnog raka Astacus astacus (Linnaeus, 1758) iz rijeke Oskove*“. Istraživanje je vršeno na 13 jedinki, od čega je bilo 7 mužjaka i 6 ženki, no međutim dalo je izuzetan uvid u kondiciono stanje populacije, intrapopulacijske varijabilnosti i njenog okoliša u vidu popisa makrozoobentosa rijeke Oskove. Prosječna ukupna dužina tijela mužjaka iznosi 88,27mm, dok su ženke nešto manje sa 81,91mm prosječne ukupne dužine tijela (Roljić i sur., 2021.).

Rasprostranjenje populacija se nastavlja istraživati 2023. godine u rijekama Velika Zlaća, Kasalovača i potoku Mala Zlaća. Prisustvo *A. astacus* je potvrđeno na ovim lokalitetima ulovom 36 jedinki, od čega 21 mužjak i 15 ženki. Najviše jedinki je zabilježeno u Velikoj Zlaći – ukupno 22. Prosječna ukupna dužina tijela za sve ulovljene jedinke iznosila je 60,9mm (Skenderović i Mujakić, 2024.). Sve tri tekućice ovog istraživanja se ulijevaju u rijeku Oskovu, a populacije riječnih rakova ovih vodenih ekosistema su predmet istraživanja ovog rada kako bi se dobila potpunija slika o populacijama pritoka najznačajnije rijeke jedinog zaštićenog područja Tuzlanskog kantona. Zaštićeni pejzaž „Konjuh“ obiluje vodenim ekosistemima, najmarkantnije su rijeke Oskova i Drinjača.

Vodotokovi u kojima su istraživane populacije *A. astacus* se nalaze u području prostorne cjeline A1 i čine granicu sa zonom B1. Prostorna cjelina A1

predstavlja prostor najviših vrijednosti i najveća je od pet -A zona. Ima površinu od 1.654,71 ha i najvećim svojim dijelom prostire se na slivna područja vodotoka Velika Zlaća i Mala Zlaća, a manjim dijelom u području potoka Skakavac. Granicu sa B1 zonom čini rijeka Kasalovača, koja protiče neposredno pored lokaliteta Zobik, sa istoimenom planinskom kućom, smještenog u zoni B1.

Mala Zlaća je potok koji izvire na usponu Varda (44°18'42.5"N 18°32'09.1"E), na nadmorskoj visini od oko 370 metara, duga je oko 3,15 km a ulijeva se u Oskovu (44°20'13.2"N 18°33'15.4"E). Teče na nižoj razini kroz kanal na zemlji, supstrat dominantno kameniti i djelimično pjeskovit. Tokom ljetnih mjeseci zabilježeno povremeno presušivanje potoka. Ovaj hidroekosistem pruža povoljne uslove za opstanak *Astacus astacus*, zahvaljujući optimalnim karakteristikama vode koje podržavaju zdrav razvoj ove vrste. Niski nivo zagađenja i stabilni parametri vode ukazuju na kvalitetnu ekološku ravnotežu, karakterističnu za čiste vodene tokove ovog područja.

Rijeka Kasalovača izvire na oko 1100 metara nadmorske visine u blizini vrha Zidine i duga je prosječno 4 km kada se ulijeva u rijeku Oskovu. Supstrat rijeke je kameniti sa pijeskom i uz njen tok se pruža planinarska staza „Kasalovača“. Kasalovača nije presušila tokom ljetnih mjeseci. Na lokalitetu koordinata 44°19'34.8"N 18°31'57.2"E , vršen je lov rakova i mjerenja kvaliteta vode.

Rijeka Velika Zlaća neizostavni je dio rijeke Oskove jer ona nastaje spajanjem dvaju manjih rijeka Velike Zlaće i Krabanje. Izvire duboko u šumama na planini Konjuh, a pristupačno mjesto za prilaz ovoj rijeci se nalazi na lokalitetu 44°20'05.3"N 18°30'16.5"E , uzvodno od vodopada Velika Zlaća sa heterogenim supstratom u kome dominira muljeviti, pjeskoviti i kameniti od velikog kamenja, neposredno u blizini planinske kuće.

MATERIJALI I METODE

Sa ciljem dobijanja boljeg uvida u rasprostranjenje slatkovodnih rakova na području Zaštićenog pejzaža *Konjuh*, ovaj rad obradio je dosadašnje literaturne podatke o rasprostranjenosti riječnog raka na području planine (Entz 1914; Karaman 1929; Capurro, 2018; Trožić-Borovac 2011; Roljić, 2021, 2022), kao i rezultate vlastitih istraživanja (Skenderović i Mujakić, 2024.) o ustanovljenoj vrsti plemenitog raka planine Konjuh. Lokaliteti obrađeni ovim istraživanjem odabrani su na osnovu dostupnosti dosadašnjih podataka i

fizičkoj pristupačnosti vodenom ekosistemu. Pretrage su rađene na licu mjesta i materijal konzerviran u 96% etanolu je nošen u laboratoriju Prirodno-matematičkog fakulteta pri Univerzitetu u Tuzli, gdje se čuva u vidu mokrih preparata kao dokaz samostalne izrade ovog rada. Jedinke su lovljene ručno i pomoću vršne mreže Fil-Fishing cast&catch® sa sardinama ili pilećom jetrom kao mamcem. Lovljenje je rađeno najčešće u noćnim satima za vrijeme aktivnosti jedinki u periodu od polovine mjeseca marta do kraja mjeseca maja 2024. godine.

Morfometrijski karakteri su odabrani na osnovu dosadašnjih preporuka u radovima (Streissl i Hödl, 2002; Njegovan, 2016; Huremović, 2018; Livaić, 2019; Roljić, 2021), njih 22 geometrijska, težina i određivanje spola na osnovu prisustva, odnosno odsustva, prvih parova zračnih nogu koje su kod mužjaka pretvorene u gonopode. Determinacija spola i sistematske pripadnosti do sistematske kategorije vrste je vršena pomoću ilustrovanog ključa za identifikaciju slatkovodnih rakova napisanog od strane Maguire, 2010. godine.

Morfometrijske karakteristike analizirane sa ciljem dobijanja potpunije slike o kondicionom stanju riječnih rakova su: totalna dužine tijela (TBL), težina (W), dužina dlana kliješta (CPL), dužina prsta kliješta (CFL), širina kliješta (CLW), debljina kliješta (CLH), dužina karapaksa (CL), dužina rostruma (ROL), širina rostruma (ROW), dužina i širina glave (HEL, HEW), širina glave na vrhu (CGW), širina karapaksa (CPW), debljina karapaksa (CPH), dužina prsa (ARL), širina brazde (ARW), širina karapaksa na zadebljanju (CEW), dužina, širina i debljina abdomena (ABL, ABW, ABH), dužina i širina telozona (TEL, TEW). Za procjenu tjelesnog stanja i zdravlja jedinki računata su konstanta dekapodnog raka (Adegboye, 1981) i Fultonov kondicijski indeks (Ricker, 1975).

Formula korištena za konstantu dekapodnog raka je:

$$CC=W/(TBL\times CPL\times CPW)$$

Gdje je: CC – konstanta dekapodnog raka (g/mm³),

W – ukupna težina (g),

TBL – ukupna dužina (mm),

CPL – dužina karapaksa (mm) i

CPW – širina karapaksa (mm).

Formula korištena za Flutonov kondicioni indeks je: $FCF = W/TBL^3$

Gdje je: FCF – Fultonov kondicijski faktor (g/mm³),

vW – težina raka (g) i

TBL – ukupna dužina jedinke (mm).

Morfometrijska mjerenja vršena su noniusom (marke Somafix) s preciznošću 0.02mm i mjerenjem težine pomoću digitalne precizne vage (marka Maxhof) sa minimalnom mogućnošću mjerenja 0,05g i maksimalnom mogućnošću mjerenja do 5kg. Izmjerene vrijednosti morfometrijskih karakteristika su statistički obrađene (srednja vrijednost, minimum i maksimum) u programu Microsoft Office Excel 2019. Osim morfometrijskih karakteristika, upotrebom pH oksimetra (marke SI Analytics®) vršena su mjerenja pH vrijednosti vode, količina rastvorenog kiseonika i elektroprovodljivost vode na tri odabrana lokaliteta na licu mjesta. Sa ciljem praćenja brojnosti populacije na tri lokaliteta obrađivana u Skenderović i Mujakić (2024) vršeno je računanje porasta ili pada broj jedinki u procentima pomoću formule (Triola, 2018):

$$\text{Razlika} = A - B$$

$$\text{Procenat porasta} = \frac{\text{razlika}}{B}$$

$$\text{Porast (\%)} = \text{Procenat porasta} \times 100$$

Gdje su:

A – Broj jedinki iz 2023.

B – Broj jedinki iz 2024.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Obrada dosadašnjih literaturnih podataka potvrdila je prisustvo riječnog raka na području sjeveroistočne Bosne i Hercegovine i utvrdila nedostatak podataka konkretno za planinu Konjuh. Podaci o riječnim rakovima Konjuha uključuju podatke sa rijeke Oskove (Roljić, 2021, 2022), Velike Zlaće, Kasalovače i Male Zlaće (Skenderović i Mujakić, 2024). Prosječna dužina tijela iznosila je 43 mm ($\pm SD = 13,47$; min 23 mm; max 85 mm) za sve zabilježene jedinke, dok je prosječna težina kod zabilježenih jedinki 4,95 g ($\pm SD = 6,18$; min 0,5 g; max 32 g). Prosječna dužina tijela mužjaka iznosila je 43 mm, kao i ženki. Prosječna masa mužjaka je 5,28 g, najteži mužjak imao je 32 g, a najlakši 1 g. Prosječna

tjelesna masa ženki je nešto manja i iznosi 4, 56 g, sa najvećom zabilježenom masom 14 g i najmanjom 0, 5g.

Na području rijeke Velika Zlača ulovljeno je ukupno 9 jedinki riječnog raka, od čega su bila 3 mužjaka i 6 ženki. Prosječna totalna dužina tijela (TBL) za sve ulovljene jedinke iznosi 42,11mm ($\pm$ SD = 7,6; min 34 mm; max 60 mm) dok prosječna težina iznosi 3,88 g ($\pm$ SD = 3,69; min 1 g; max 14 g). Prosječna TBL ulovljenih ženki iznosi 43,33 mm ($\pm$ SD = 8,91; min 34 mm; max 60 mm), prosječna težina 4,5 g ($\pm$ SD = 4,38; min 1 g; max 14 g). Za tri ulovljena mužjaka prosječna TBL iznosi 39, 66 mm ($\pm$ SD = 2,35; min 38 mm; max 43 mm) i prosječna težina iznosi 2,67 g ($\pm$ SD = 0, 47; min 2 g; max 3 g). Omjer spolova u ovom uzorku je 1:2 (33,33% mužjaci; 66,67% ženki) što ne odstupa od pretpostavljenih vrijednosti 1:1. FCF za ženke iz populacije iznosi prosječno 0, 0055, dok je za mužjake nešto niži i iznosi 0, 0043. Najniži zabilježeni indeks iznosi 0, 00254 (ženka), a najviši 0, 00648 (ženka). Srednja CC za ženke ove populacije iznosi 0,104 i 0, 625 za mužjake. Najmanja CC je 0, 041 (ženka), najveća je 0, 263 (mužjak). Voda u posmatranom hidroekosistemu je u trenutku mjerenja temperaturu od 24,8°C, s prosječnom pH vrijednošću od 7,75, te visokim nivoom rastvorenog kiseonika od 8,79 mg/l. Elektroprovodljivost iznosi prosječno 225,67 μ S/cm, što ukazuje na umjerenu koncentraciju otopljenih soli. Ovi parametri sugeriraju da voda pruža odgovarajuće uslove za opstanak *Astacus astacus*, ali nešto viša temperatura može uticati na aktivnost i ponašanje rakova. Mjerenje je vršeno 19.5.2024. godine.

Tabela 1 - vrijednosti fizičko-hemijskoh parametara vode rijeke Kaslovače

Temperatura vode (°C)	pH vrijednost	O ₂ vrijednost (mg/l)	Elektroprovodljivost (μ S/cm)
24,8	7,75	8,79	225,67

Ukupno je u potoku Mala Zlača pribilježeno 12 jedinki, od čega 8 mužjaka i 4 ženke, sa omjerom spolova 2:1 (mužjaci : ženke) imajući tako procentualnu zastupljenost od 66, 67% za mužjake i 33,33% za ženke, bez značajnog odstupanja ($\chi^2 = 1,33$ i df = 1, p-vrijednost je nešto veća od 0,2). Prosječna TBL za sve ulovljene jedinke iznosi 37, 916 mm ($\pm$ SD = 15,019; min 23 mm; max 85 mm) i prosječnom tjelesnom težinom 4, 54g ($\pm$ SD = 8,31; min 0,5 g; max 32 g). Prosječna TBL za mužjake, iznosi 40, 87mm ($\pm$ SD = 17,27; min 30 mm; max 85 mm), za ženke je to 32 mm ($\pm$ SD = 5,24; min 23 mm; max 36 mm). Prosječna težina mužjaka iznosi 5,93 g ($\pm$ SD = 9,88; min 1 g; max 32 g), kod ženki iznosi

1,75 g ($\pm$ SD = 0,75; min 0,5 g; max 2,5 g). Fultonov kondicijski indeks iznosi: za sveukupni uzorak lokaliteta 0,00833; 0,00869 za mužjake i 0,00534 za ženke. Najmanji zabilježeni FCF iznosi 0,00278 (mužjak), najveći 0,01111 (mužjak). Konstanta dekapodnog raka iznosi 0,891 za mužjake i 0,534 za ženke. Pomoću pH oksimetra je izmjerena temperatura vode, pH vrijednost, sadržaj O₂ i elektroprovodljivost potoka Mala Zlača na lokaciji sa koordinatama 44°19'22.7"N 18°32'27.6"E ; mjerenje je vršeno 18.5.2024., a tokom ljetnih mjeseci uočeno je presušivanje potoka. Voda u posmatranom hidroekosistemu ima optimalne uslove za *Astacus astacus*, s temperaturom od 14, 7°C, neutralno-alkalnim pH od 7,56, i visokim nivoom rastvorenog kiseonika od 8,84 mg/l. Elektroprovodljivost od 174,84 μ S/cm ukazuje na nisku do umjerenu koncentraciju otopljenih soli, što je karakteristično za čistije vodene tokove.

Tabela 2 - vrijednosti fizičko-hemijskih parametara vode potoka Mala Zlača

Temperatura vode (°C)	pH vrijednost	O ₂ vrijednost (mg/l)	Elektroprovodljivost (μ S/cm)
14,7	7,56	8,84	174,84

Omjer spolova uhvaćenih jedinki iz populacije koja obitava na području rijeke Kasalovače iznosi 1:1 sa 8 ulovljenih mužjaka i 8 ulovljenih ženki, od čega su zabilježene 2 ženke sa jajašcima. Prosječna TBL za sve ulovljene jedinke je 51, 625 mm ($\pm$ SD = 15, 483; min 29 mm; max 80 mm), a prosječna težina 7, 62 g ($\pm$ SD = 6, 213; min 2 g; max 20 g). Prosječna TBL za mužjake ulovljene na Kasalovači je 46, 37 mm ($\pm$ SD = 13, 388; min 29 mm; max 75 mm), za ženke je 56, 87 mm ($\pm$ SD = 15, 655; min 36 mm; max 80 mm). Prosječna težina za ženke je 9, 625 g ($\pm$ SD = 6, 854; min 2 g; max 20 g), za mužjake 5, 625 g ($\pm$ SD = 4, 715; min 2 g; max 17 g). Prosječan Fultonov kondicijski indeks za sveukupne jedinke populacije iznosi 0,00459, najmanji iznosi 0,00312 (ženka), najveći iznosi 0,0082 (mužjak). Prosječan Fultonov indeks kondicije ženki bez jajašaca je 0,0052, dok za prvu ženku sa jajašcima iznosi 0,004267 i za drugu iznosi 0,0039. FCF za mužjake iznosi prosječno 0,00564. Konstanta dekapodnog raka za sve mužjake iznosi prosječno 0, 505. Za ženke bez jajašaca je nešto viši, iznosi 0,534; za prvu ženku sa jajašcima CC je 0,417; za drugu je 0,387. Izmjerena je pH vrijednost od 7,80, što ukazuje na blago alkalnu vodu, dok je koncentracija rastvorenog kiseonika iznosila 9,35 mg/l, što ukazuje na visok sadržaj kiseonika u vodi. Elektroprovodljivost od 173,27 μ S/cm pokazuje nisku do umjerenu koncentraciju rastvorenih soli i minerala, što zajedno sa izmjerenom temperaturom od 15,2°C potvrđuje da voda u rijeci Kasalovači ima

odličan kvalitet, povoljan za raznovrsne akvatične organizme, uključujući i plemenitog raka.

Tabela 3 - vrijednosti fizičko-hemijskih parametara vode rijeke Velika Zlača

Temperatura vode (°C)	pH vrijednost	O ₂ vrijednost (mg/l)	Elektroprovodljivost (μS/cm)
15,2	7,8	9,35	173,27

DISKUSIJA

Tokom terenskih istraživanja ukupno je ulovljeno 37 jedinki, 19 mužjaka i 18 ženki, od čega su dvije ženke nosile jajašca i nije ih se detaljno mjerilo kako ih se ne bi uznemirilo. Najviše jedinki je ulovljeno na rijeci Kasalovači, njih 16 sa omjerom spolova 1:1; na potoku Mala Zlača ulovljeno je 12 jedinki – 8 mužjaka i 4 ženke; dok je najmanje jedinki je zabilježeno u rijeci Velika Zlača – 9 ukupno od čega su 3 mužjaka i 6 ženki. Većina ulovljenih jedinki nije dosegla adultni stadij ali samo prisustvo velikog broja juvenilnih jedinki obećava budući rast i obnovu populacije. Ovo je znak da se može očekivati stabilna i zdrava zajednica odabranih ekosistema u narednim godinama.

Podaci o populaciji riječnog raka iz rijeke Oskove (Roljić, 2021) ukazuju da je prosječna TBL 88,27 mm za mužjake i 81,91 mm za ženke, dok su prosječne veličine za rakove tri istraživane pritoke Oskove nešto manji sa prosječnim TBL 43 mm. Pri upoređivanju stanja riječnih rakova u ovim ekosistemima u obzir treba uzeti same vodene površine. Rijeka Oskova je značajno veća od rijeke Velika Zlača i Kasalovača, kao i potoka Mala Zlača, čime gustina populacije biva bolje raspoređena u većoj vodenoj površini, i svakoj jedinki se obezbjeđuje dovoljno prostora za sklonište, dovoljna količina hrane i površine, gdje se juvenilne jedinke mogu razvijati sa manjim rizikom od ugibanja prije ulaska u adultni stadij. Ako su u jednoj rijeci prisutni mlađi rakovi ili ako dolazi do učestalijeg mortaliteta starijih rakova, to može rezultirati manjim prosječnim veličinama, što jeste slučaj sa istraživanim vodenim ekosistemima. U poređenju s rijekom Oskova, gdje su prosječni FCF (0,0034 za mužjake i 0,003 za ženke) i CC (za mužjake 0,213 i 0,219 za ženke) jedinke značajno niži, populacija iz Kasalovače pokazuje znatno veće vrijednosti (prosječan FCF od 0,00459). Ova razlika ukazuje na to da su jedinke iz Kasalovače u boljoj fizičkoj kondiciji, s višim maksimumom FCF za mužjake (0,0082) u odnosu na Oskovu (0,0056). Rakovi iz Velike Zlače su u prosjeku manji (42,11 mm) u odnosu na one iz Oskove. U ovom slučaju, FCF za ženke iz

Velike Zlače je niži nego u Oskovi (0,003), dok su konstante dekapodnog raka (CC) također znatno niže za mužjake iz Velike Zlače (0,625). Ovo može ukazivati na nepovoljne ekološke uvjete koji utječu na rast i kondiciju rakova u Velikoj Zlači. Mala Zlača takođe pokazuje značajne razlike u usporedbi s Oskovom. Prosječna ukupna dužina tijela jedinki iz Male Zlače iznosi 37,916 mm, što je znatno manje nego u Oskovi. Iako je Flutonov kondicijski indeks veći nego u Oskovi, ukupne fiziološke karakteristike ukazuju na to da su uvjeti u Maloj Zlači manje povoljni. U ukupnom pregledu, rijeka Oskova pokazuje najbolje uvjete za rast i kondiciju jedinki *Astacus astacus*, dok su Kasalovača i Mala Zlača u boljoj kondiciji nego Velika Zlača. Ovi podaci sugeriraju da su ekološki uvjeti u Oskovi i Kasalovači povoljniji u odnosu na ostale rijeke, što može utjecati na očuvanje i biološku raznolikost ovih populacija.

Također, istraživanje rađeno na rijeci Oskovi obuhvatilo je ukupno 13 jedinki na kojima su mjereni morfometrijski parametri, dok je ovo istraživanje obuhvatilo ukupno 37 jedinki što može dovesti do statističkih varijacija između populacija. Neosporivo je da se Oskova ističe po svojoj blago alkalnoj pH vrijednosti (8,44), visokoj koncentraciji rastvorenog kisika (9,67 mg/l) i toplijoj temperaturi vode (21,6°C), što može podržavati bolje uslove za rast i razvoj rakova. Kasalovača ima nešto niže vrijednosti pH, rastvorenog kiseonika i temperaturni raspon, dok su Velika Zlača i Mala Zlača blizu u svojim fizičko-hemijskim karakteristikama, s neznatnim razlikama u elektroprovodljivosti i temperaturi vode.

Sječa šuma u blizini tri ekosistema predstavlja značajan ekološki problem koji može imati ozbiljne posljedice na lokalne ekosisteme, uključujući i populacije *Astacus astacus*. Ova aktivnost može imati izravan utjecaj na biološke karakteristike i dinamiku populacije riječnog raka. Sječa šuma može dovesti do povećane erozije tla, što rezultira većim unosom sedimenta u vodene tokove. Sedimentacija može uzrokovati smanjenje prozirnosti vode i povećati nivo suspendiranih čestica, što može smanjiti kvalitetu staništa za *Astacus astacus*. Povećani sediment može ometati respiraciju rakova i smanjiti dostupnost hrane, kao i negativno utjecati na njihove reproduktivne aktivnosti. Gubitak vegetacije uz obalu rijeke može dovesti do promjene u temperaturi vode. Šumska vegetacija doprinosi opskrbi vodenih ekosistema organskim materijalom, kao što su lišće i grančice, koje su ključne za prehrambeni lanac u vodama. Gubitak ovog organskog materijala može smanjiti dostupnost hrane za rakove i druge vodene organizme, što može dovesti do smanjenja broja jedinki i njihove kondicije. Komparacijom rezultata istraživanja Skenderović i Mujakić, 2024. i istraživanja za potrebe diplomskog rada, utvrđen je značajan pad broja

jedinki (60%) u odnosu na rezultate istraživanja navednih autora. Naime, u 2023. godine utvrđeno je prisustvo 22 jedinke, dok je u periodu 2024. godine utvrđeno prisustvo 9 jedinki. Broj zabilježenih jedinki u rijeci Kasalovači je porastao (za približno 45%) sa 11 (Skenderović i Mujakić, 2024) u 2023. godini na 16 u 2024. godini. Najveći porast broja jedinki, za čak 366%, je zabilježen u potoku Mala Zlača sa 3 jedinke (Skenderović i Mujakić, 2024) na njih čak 14.

Tabela 4 - uporedba morfometrijskih karakteristika jedinki iz rijeke Kasalovače zabilježenih u 2023. i 2024. godini

Morfometrijski karakter		2023. (Skenderović i Mujakić)	2024.
Ukupna dužina tijela (TBL); mm	Srednja vrijednost	54,3	61,6
	Minimalna vrijednost	34	29
	Maksimalna vrijednost	91	80
Dužina karapaksa (CPL); mm	Srednja vrijednost	29,5	24,6
	Minimalna vrijednost	18	15
	Maksimalna vrijednost	52	39
Dužina dlana kliješta (CPL); mm	Srednja vrijednost	19,1	13,2
	Minimalna vrijednost	6	8.5
	Maksimalna vrijednost	57	33

Prosječna ukupna dužina tijela se povećala sa 54,3 mm na 61,6 mm, što može ukazivati na poboljšanje uvjeta za rast, kao što su bolja kvaliteta staništa ili dostupnost hrane. Ovo povećanje može biti znak da su jedinke u dobrom zdravlju i da su imale dovoljno resursa za rast. Smanjenje prosječne dužine karapaksa i dužine dlana kliješta može sugerirati promjene u uvjetima staništa ili u strukturi populacije. Ovo smanjenje može biti rezultat selekcije ili promjena u dostupnim resursima, gdje su manji rakovi možda uspješniji u preživljavanju i reprodukciji. Smanjenje maksimalnih vrijednosti za karapaks i dlan kliješta može ukazivati na promjene u veličini i starosti populacije. Ako se maksimalna veličina smanjuje, to može značiti da u populaciji postoji manje velikih jedinki, što može biti rezultat povećane smrtnosti većih rakova ili promjena u uvjetima okoliša koji utječu na rast. Minimalne vrijednosti su pokazale manja odstupanja, što može ukazivati na stabilnost u veličinskoj strukturi mlađih jedinki. Ova stabilnost može ukazivati na dosljedan reproduktivni uspjeh ili konstantne uvjete za razvoj mladih rakova.

Usporedba morfometrijskih karakteristika *Astacus astacus* u potoku Mala Zlaća između 2023. i 2024. godine pokazuje značajne promjene u veličini jedinki. Prosječna ukupna dužina tijela (TBL) opala je s 65 mm u 2023. godini na 37,92 mm u 2024. godini, dok su minimalne vrijednosti smanjene s 42 mm na 23 mm, a maksimalne su se gotovo nepromijenjene zadržale na 85 mm. Sličan trend smanjenja prosječne veličine vidljiv je i kod dužine karapaksa (CPL), koja je pala s 36,6 mm na 17,8 mm, s minimalnim vrijednostima koje su se smanjile s 21 mm na 10 mm, dok je maksimalna vrijednost pala s 57 mm na 42 mm. Dužina dlana kliješta (CPL) također je pokazala smanjenje, s prosječnih 23,6 mm u 2023. godini na 10,33 mm u 2024. godini, uz smanjenje minimalne vrijednosti s 13 mm na 2 mm, dok su maksimalne vrijednosti ostale gotovo iste, s 41 mm na 39, 5 mm. Ove promjene ukazuju na smanjenje veličine jedinki u ovom potoku, što može biti rezultat promjena u kvaliteti staništa, prehrambenim uvjetima ili drugim ekološkim faktorima. Ujedno, visoki raspon u maksimalnim vrijednostima sugerira da su u populaciji još uvijek prisutne veće jedinke, no u manjem broju.

Tabela 5 - uporedba morfometrijskih karakteristika jedinku uhvaćenih u potoku Mala Zlaća u 2023. i 2024. godini

Morfometrijski karakter		2023. (Skenderović i Mujakić)	2024.
Ukupna dužina tijela (TBL); mm	Srednja vrijednost	65	37.91
	Minimalna vrijednost	42	23
	Maksimalna vrijednost	88	85
Dužina karapaksa (CPL); mm	Srednja vrijednost	36,6	17,8
	Minimalna vrijednost	21	10
	Maksimalna vrijednost	57	42
Dužina dlana kliješta (CPL); mm	Srednja vrijednost	23,6	10,33
	Minimalna vrijednost	13	2
	Maksimalna vrijednost	41	39.5

Analizom morfometrijskih karakteristika *Astacus astacus* u rijeci Velika Zlaća između 2023. i 2024. godine uočene su značajne promjene. Prosječna ukupna dužina tijela (TBL) smanjila se s 63,59 mm na 42,1 mm, dok su minimalne vrijednosti ostale stabilne (34 mm), dok je maksimalna dužina pala s 101 mm na 60 mm. Sličan trend vidimo i kod dužine karapaksa (CPL), koja je

drastično opala s prosječnih 33,49 mm na 11,38 mm, uz smanjenje maksimalne i minimalne vrijednosti. Pad u prosječnoj dužini kliješta (CLL) također je primjetan, s 24,55 mm u 2023. godini na 7,61 mm u 2024. godini. Ove promjene sugeriraju da su se u istraživanom području dogodile značajne promjene u veličini jedinki, što može biti posljedica promjena u kvaliteti staništa, dostupnosti hrane ili drugih ekoloških stresora. Stabilnost minimalnih vrijednosti i pad maksimalnih vrijednosti ukazuju na mogućnost da su veće jedinke napustile područje ili su se suočile s nepovoljnim uvjetima. Ovi rezultati naglašavaju potrebu za daljnjim istraživanjima kako bi se razumjeli uzroci ovih fluktuacija i razvile strategije za očuvanje i upravljanje populacijom plemenitog raka.

U svjetlu ovih utjecaja, smanjenje broja *Astacus astacus* u rijeci Velika Zlaća može se povezati s ilegalnom sječom šuma koja narušava ekosistem. Promjene u morfometrijskim karakteristikama, smanjenje broja jedinki i lošije stanje populacije mogu biti odraz tih ekoloških promjena. Povećana sedimentacija, promjene u temperaturi vode, smanjenje organskog materijala i gubitak staništa doprinose degradaciji staništa, što može rezultirati smanjenjem broja i zdravlja rakova.

Tabela 6 - uporedba morfometrijskih karakteristika jedinki ulovljenih u rijeci Velika Zlaća iz 2023. i 2024. godine

Morfometrijski karakter		2023. (Skenderović i Mujakić)	2024.
Ukupna dužina tijela (TBL); mm	Srednja vrijednost	63,58	42,1
	Minimalna vrijednost	34	34
	Maksimalna vrijednost	101	60
Dužina karapaksa (CPL); mm	Srednja vrijednost	33,49	11,38
	Minimalna vrijednost	16	4
	Maksimalna vrijednost	65	21.5
Dužina dlana kliješta (CPL); mm	Srednja vrijednost	24,55	7,61
	Minimalna vrijednost	9	4
	Maksimalna vrijednost	52	11,5

ZAKLJUČAK

Na osnovu analize literaturnih podataka o distribuciji riječnog raka na području Bosne i Hercegovine i rezultata ovog rada mogu se iznijeti sljedeći zaključci:

- Najranije bilježenje *Astacus astacus* u Bosni i Hercegovini je iz 1914. godine (Entz, 1914) na području Livna, Donje Tuzle i dijelu toka Bosne kroz Visoko. Nadalje su istraživanja potvrdila prisustvo riječnog raka u pritokama rijeke Bosne, rijekama Rujnici, Prači, Ljesnici, Brci, Drini, Cetini, Oskovi, potocima prašume Žuč-Ribnica, Kukavičkom, Boračkom i Ramskom jezeru. Među istraživanim lokalitetima sada su zabilježene značajne populacije u rijekama Velika Zlača, Kasalovača i potoku Mala Zlača.

- Distribucija riječnog raka u rijeci Velika Zlača značajno je opala u odnosu na prethodna istraživanja.

- Smanjenje populacije riječnog raka u Velikoj Zlači posljedica je onečišćenja okoliša i sječe šume.

- Povećanje distribucije riječnih rakova na potoku Mala Zlača ukazuje na dobru očuvanost hidroekosistema i poboljšanje uvjeta za život.

- Intenzivno praćenje populacije u rijeci Kasalovači neophodno je za procjenu uspješnosti reproduktivnog ciklusa, uključujući stopu preživljavanja embrija i razvoj juvenilnih jedinki, kako bi se pravovremeno identificirale prijetnje i omogućilo očuvanje dugoročnog opstanka populacije.

- Na osnovu morfometrijskih vrijednosti zaključeno je da je većina ulovljenih jedinki juvenilna i da je potrebno dalje proučavanje lokaliteta kada jedinke uđu u adultni stadij. • Analiza varijansi (ANOVA) kao statistički značajnu razliku navodi ukupnu dužinu tijela, dužinu karapaksa, debljinu karapaksa, debljinu abdomena i širinu telozona.

- Raznolika dobna struktura između populacija na tri različita lokaliteta ukazuje na varijacije u uvjetima staništa i dostupnosti resursa, što direktno utiče na zrelost i fizičko stanje jedinki. Dalji monitoring je potreban kako bi se osiguralo praćenje napretka mladih jedinki i održavanje zdrave populacije adultnih rakova.

- Indeksi kondicije (FCF, CC) su veći kod mužjaka nego ženki u svim istraživanim ekosistemima. Ta razlika je moguće uzrokovana većom prosječnom dužinom i širinom kliješta kod mužjaka.

CONCLUSION/SUMMARY

Based on the analysis of literature data on the distribution of river crayfish in Bosnia and Herzegovina and the results of this work, the following conclusions can be drawn:

- *The earliest record of *Astacus astacus* in Bosnia and Herzegovina dates back to 1914 (Entz, 1914) in the area of Livno, Donja Tuzla and part of the Bosna flow through Visoko. Research has also confirmed the presence of river crayfish in the tributaries of the Bosna River, the Rujnica, Praca, Ljesnica, Brca, Drina, Cetina, Oskova, streams of the Zuca-Ribnica rainforest, Kukavicka, Boracka and Ramska jezero. Among the investigated localities, significant populations have now been recorded in the rivers Velika Zlaca, Kasalovaca and the stream Mala Zlaca.*

- *The distribution of river crayfish in the Velika Zlaća River has significantly decreased compared to previous surveys.*

- *The decrease in the crayfish population in Velika Zlaca is a consequence of environmental pollution and forest cutting.*

- *The increase in the distribution of river crayfish in the Mala Zlaca stream indicates a well-preserved hydroecosystem and improved living conditions.*

- *Intensive monitoring of the population in the Kasalovaca River is necessary to assess the success of the reproductive cycle, including the survival rate of embryos and the development of juveniles, in order to identify threats in a timely manner and ensure the long-term survival of the population.*

- *Based on morphometric values, it was concluded that the majority of the caught individuals were juveniles and that further study of the site is necessary when the individuals enter the adult stage.*
- *Analysis of variance (ANOVA) indicates a statistically significant difference in total body length, carapace length, carapace thickness, abdominal thickness and telozone width.*

- *The diverse age structure between the populations at the three different sites indicates variations in habitat conditions and resource availability, which directly affects the maturity and physical condition of the individuals. Further monitoring is needed to ensure the monitoring of the progress of young individuals and the maintenance of a healthy adult crayfish population.*

- *Fitness indices (FCF, CC) are higher in males than in females in all studied ecosystems. This difference is possibly caused by the greater average length and width of the pincers in males.*

LITERATURA

1. Bernska konvencija o zaštiti evropskih divljih vrsta i prirodnih staništa. Službeni glasnik Bosne i Hercegovine, broj 8, 2008, stranica 67, Dodatak III;
2. Capurro M., Ciuffardi L., Duradoni D., Cottalasso R., Oneto F., Ottonello D., Modrić E., Ovcina J., Rezzoagli D. (2018). Preliminary Observation on Autochthonous Freshwater Crayfish Distribution in the Konjuh Protected Landscape (Tuzla, Bosnia and Herzegovina). ABSTRACT, VII Congresso Nazionale A.I.I.A.D., Roma, 7-10 novembre 2018, Monitoraggio e gestione responsabile della biodiversità degli ecosistemi acquatici continentali italiani: crostacei, ciclostomi e pesci;
3. Crandall K.A., De Grave S. (2017). An updated classification of the freshwater crayfishes (Decapoda: Astacidea) of the world, with a complete species list. *Journal of Crustacean Biology*, svezak 37, broj 5, stranice 615–653. <https://doi.org/10.1093/jcbiol/rux070>; dostupno online <https://academic.oup.com/jcb/article/37/5/615/4060680?login=false#96968919> (pristupljeno 11.6.2024.);
4. Dedić, M. (2005). Biosistematske karakteristike riječnog raka *Astacus astacus* Linnaeus, 1785 iz Boračkog jezera. Završni rad I ciklusa. Prirodno-matematički fakultet. Univerzitet u Sarajevu. Sarajevo.
5. Füreder, L., Machino, Y. (2002). A revised determination key of freshwater crayfish in Europe. *Berichte des naturwissenschaftlich-medizinischen vereins in Innsbruck*. svezak. 89. stranice 169-178;
6. Holdich, D. M. (2002). *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science Ltd.;
7. Karaman, C. (1929). Die Potamobiiden Jugoslvians. *Glasnik zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini* XLI: 147-150;
8. Karaman, M. S. (1961). Слатководни ракови Југославије. *Рибарство Југославије* 3 (61): 1-33;
9. Kouba A., Petrusek A., Kozák, P. (2014). Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: Update and maps. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 413. 051051/kmae/2014007;
10. Livić, A. E. (2019). Morfometrijske značajke riječnog raka (*Astacus astacus* (Linnaeus, 1758)). Završni rad II ciklusa studija. Prirodno-matematički fakultet. Sveučilište u Zagrebu;
11. Maguire, I. (2010). Slatkovodni rakovi, Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 44.14. of the Faculty of Forestry 1;

12. Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada 191:1-382;
13. Roljić, R., Hadžiahmetović Jurida, E., Šibarević M. (2022). Morfološka i fiziološka intrapopulaciona varijabilnost riječnog raka *Astacus astacus* L. iz jezera Trn. EDUCA, XV, 15 (45- 48). Časopis za obrazovanje, nauku i kulturu. Nastavnički fakultet Univerziteta „Džemal Bijedić“ u Mostaru;
14. Roljić, R., Skenderović, I., Adrović, A., Hadžiahmetović Jurida, E., Bajrić, A. (2021). Ekologija, morfometrija, polni dimorfizam i indeksi kondicije riječnog raka *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) iz rijeke Oskove. EDUCA, XIV, 14 (13–21). Časopis za obrazovanje, nauku i kulturu. Nastavnički fakultet Univerziteta „Džemal Bijedić“ u Mostaru;
15. Skenderović, I., Mujakić L. (2024). Rasprostranjenost riječnog raka *Astacus astacus* (Linnaeus) u vodama zaštićenog pejzaža „Konjuh“. Časopis Agencije za vodno područje rijeke Save Sarajevo. Voda i mi. Broj 112, stranice 52-60;
16. Souty-Grosset C., Holdich D.M., Noël P.Y., Reynolds J.D., Haffner P. (2006). Atlas of crayfish in Europe. Museum national d'Histoire naturelle. Pariz. Streissl, F., & Hödl, W;