Populacijska dinamika autohtone i invazivne vrste deseteronožnih rakova u rijeci Korani

Šimunić, Bernarda

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:247648

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet – Biološki odsjek

Bernarda Šimunić

Populacijska dinamika autohtone i invazivne vrste deseteronožnih rakova u rijeci Korani

Diplomski rad

Zagreb, 2016.

Ovaj rad je izrađen u Laboratoriju za biologiju i ekologiju mekušaca i rakova na Zoologijskom zavodu Prirodoslovno - matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Ivane Maguire i neposrednim vodstvom dr. sc. Sandre Hudine. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno - matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra struke znanosti o okolišu.

ZAHVALA

Zahvaljujem se izv. prof. dr. sc. Ivani Maguire na mentorstvu, entuzijazmu, neizmjernoj pomoći i brojnim savjetima koji su mi bili potrebni prilikom izrade i pisanja rada. Hvala dr. sc. Sandri Hudini na potpori i optimizmu, što me je usmjerila, a time i potaknula na ovo istraživanje.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek Diplomski rad

Populacijska dinamika autohtone i invazivne vrste deseteronožnih rakova u rijeci Korani

Bernarda Šimunić

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Dosadašnjim istraživanjima utvrđeno je da su u rijeci Korani i pritokama prisutne tri autohtone vrste rakova: *Astacus astacus* (riječni rak), *Astacus leptodactylus* (uskoškari rak) i *Austropotamobius torrentium* (potočni rak). Osim autohtonih vrsta, u rijeci Korani je nedavnim istraživanjima utvrđena prisutnost alohtone invazivne vrste signalnog raka (*Pacifastacus leniusculus*). Od 2011. godine na rijeci Korani kontinuirano se prati rasprostranjenost, širenje i stanje populacija alohtone i autohtone vrste te je utvrđeno da se gustoća autohtone vrste smanjena zbog kompeticije s invazivnim signalnim rakom. Kao nadopuna dosad provedenim istraživanjima, cilj ovog rada je procijeniti relativnu gustoću i značajke populacije signalnog raka u rijeci Korani duž areala širenja. Navedene ciljeve ostvarili smo istraživanjem potencijalnih razlika u morfometrijskim parametrima i indeksima kondicije između spolova, ispitanih lokacija (Varoš i Ladvenjak), te između istraživanih godina (2012. i 2014. godina). Tijekom istraživanja 2014. nije ulovljena niti jedna jedinka autohtonog uskoškarog raka, zabilježena je razlika u relativnoj gustoći između populacija signalnog raka duž fronte širenja kao i razlike u indeksima kondicije jedinki, kako između istraživanih postaja, tako i između uspoređivanih godina.

(45 stranica, 18 slika, 16 tablica, 63 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: strane invazivne vrste, širenje, uskoškari rak, signalni rak, Hrvatska

Voditelj: Dr. sc. Ivana Maguire, izv.prof.

Neposredni voditelj: Dr.sc. Sandra Hudina

Ocjenitelji: Dr.sc. Božena Mitić, prof., Dr.sc. Jasenka Sremac, izv.prof., Dr.sc. Neven Bočić, doc.

Rad prihvaćen: 07.01.2016.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Division of Biology

Graduation Thesis

Population dynamics of native and invasive crayfish species in the Korana River

Bernarda Šimunić

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Recent studies established the presence of three native crayfish species in the Korana River drainage: *Astacus astacus*, *Astacus leptodactylus* and *Austropotamobius torrentium*. In addition to native species in the Korana River, recent studies also recorded the presence of invasive alien species, the signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*). Since 2011, the Korana River has been continuously monitored, especially the distribution, expansion and population status of the mentioned alien and native species. The signal crayfish is gradually displacing the native species in the Korana River. To complement the research conducted so far, the goal of this study was to assess relative population abundance and characteristics of the signal crayfish population in the Korana River. We explored the issues by analysing potential differences in the morphometric parameters and body condition between genders, locations, and two periods (2012 and 2014). In the year 2014 native narrow-clawed crayfish were not recorded. Further, differences in relative density of invasive signal crayfish along the invasion areal, as well as differences in body condition between studied localities and compared years were established.

(45 pages, 18 figures, 16 tables, 63 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: crayfish species, freshwater invasion, range expansion, signal crayfish, Croatia

Supervisor: Dr. Ivana Maguire, Assoc. Prof.

Assistant Supervisor: Dr. Sandra Hudina

Reviewers: Dr. Božena Mitić, Prof., Dr. Jasenka Sremec, Assoc. Prof., Dr. Neven Bočić, Doc.

Thesis accepted: 07/01/2016

SADRŽAJ

1. UVOD 1
1.1. Slatkovodni ekosustavi 1
1.2 Strane invazivne vrste i proces invazije 2
1.3. Negativni utjecaj invazivnih vrsta 4
1.4. Strane invazivne vrste u Hrvatskoj 5
1.5. Autohtone i strane invazivne vrste deseteronožnih rakova u slatkovodnim ekosustavima 6
1.6. Autohtona vrsta uskoškari rak (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) 7
1.7. Strana invazivna vrsta signalni rak (*Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852)) 8
2. CILJ ISTRAŽIVANJA 10
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA 11
4. MATERIJAL I METODE 13
4.1. Uzorkovanje jedinki 13
4.2. Laboratorijske analize 15
4.3. Statistička obrada podataka 17
5. REZULTATI 18
5.1. Procjena relativne brojnosti populacija signalnog raka u rijeci Korani 18
5.2. Deskriptivna statistika mjerenih parametara 19
5.3. Omjer spolova 21
5.4. Usporedba mjerenih parametara između spolova 21
5.5. Usporedba mjerenih parametara između postaja Varoš i Ladvenjak 2014. godine 25
5.6. Usporedba mjerenih parametara 2012. i 2014. godine 27
6. RASPRAVA 32
7. ZAKLJUČAK 37
8. LITERATURA 38
9. ŽIVOTOPIS 44

1. UVOD

1.1. Slatkovodni ekosustavi

Slatkovodni ekosustavi jedni su od najbogatijih, ali ujedno i najugroženijih svjetskih ekosustava. Iako prekrivaju vrlo mali dio površine Zemlje od oko 0,01 % (Giller i Malmqvist, 1998) imaju vrlo bitnu ulogu u održavanju života. Do danas je procijenjeno da oko 126 000 životinjskih vrsta živi ili ovisi o slatkovodnim ekosustavima, što predstavlja oko 9,5 % do danas poznatih vrsta, što je znatno manji broj vrsta nego je opisano u kopnenim i morskim ekosustavima (Balian i sur., 2008). Iako slatkovodni ekosustavi predstavljaju mali dio biosfere, u njima se nalazi najveći broj vrsta po jedinici površine (DZZP, 2015).

Danas je sve više staništa pod utjecajem ljudi, što rezultira negativnim posljedicama na ekosustave i biocenoze. Globalni porast broja stanovnika uzrokovao je i porast potrebe za korištenjem i upravljanjem slatkovodnim ekosustavima, te je tako većina tih ekosustava značajno izmijenjena antropogenim utjecajem. Slatkovodni ekosustavi su vrlo raznoliki, ali ujedno i vrlo osjetljivi na promjene, što dovodi do drastičnog smanjenja broja vrsta i staništa na njima (Dudgeon i sur., 2006). Uz globalno zagađenje, pretjerano crpljenje voda, fragmentaciju i uništavanje staništa te klimatske promjene, sve veću prijetnju močvarama, rijekama, jezerima i ostalim vodenim staništima predstavljaju i strane invazivne vrste. Strane invazivne vrste smatraju se drugim vodećim uzrokom gubitka biološke raznolikosti u svijetu, odmah nakon direktnog uništavanja staništa (IUCN, 2015). To posebice predstavlja problem u slatkovodnim staništima koji zbog svoje izoliranosti i ograničene veličine sadrže veliki broj endemičnih vrsta i specijalista, odnosno vrsta s uskom ekološkom valencijom koje su izrazito osjetljive na promjene u okolišu (Dudgeon i sur., 2006). U njima se invazivne vrste mogu vrlo brzo širiti, često ih je teško zapaziti, a kad se napokon i otkriju, gotovo ih je nemoguće u potpunosti ukloniti. Invazivne vrste koje dospiju u vodotoke istiskuju zavičajne vrste u borbi za hranu i sklonište, ili prenošenjem bolesti (Gherardi, 2007), a osobitu štetu mogu uzrokovati u krškim vodotocima, gdje obitavaju brojne rijetke i endemične vrste.

1.2. Strane invazivne vrste i proces invazije

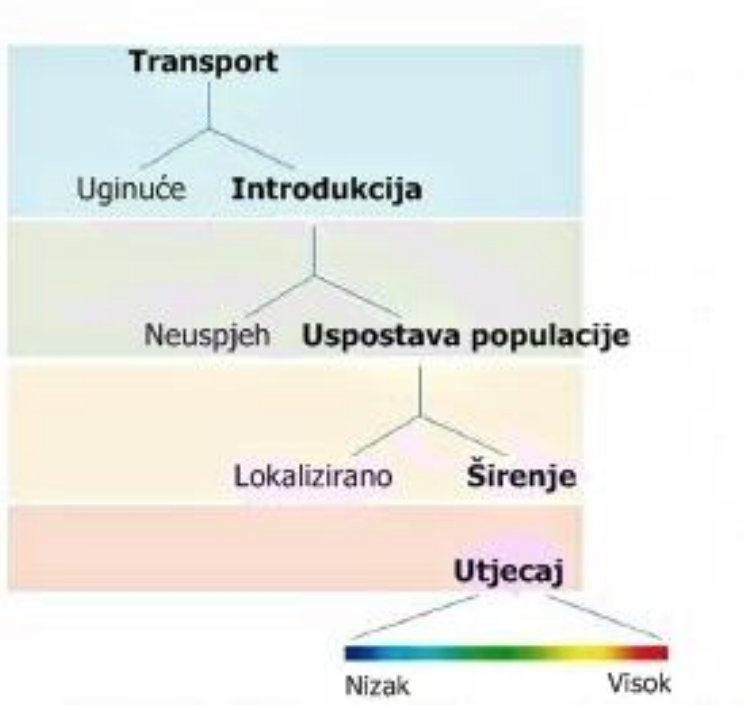
Prema Zakonu o zaštiti prirode, strane invazivne vrste (engl. „*invasive alien species*“, IAS) su alohtone (strane) vrste unesene na novo stanište izvan svog prirodnog područja rasprostranjenosti, te se tamo uspijevaju nesmetano razmnožavati i širiti, a uzrokuju značajne ekološke i ekonomske štete na tom području (NN 70/05 i 57/11).

Porast ljudske populacije i ekonomski razvoj uzrokovali su sve češću i bržu distribuciju organizama diljem svijeta (DZZP, 2015). Ubrzani rast transporta i trgovine u dvadesetom stoljeću imao je za posljedicu širenje mnogih vrsta izvan njihovih prirodnih areala i snažan kontinuiran rast broja vrsta unesenih na nova područja. Procjenjuje se da je do danas diljem svijeta preko 480 000 stranih vrsta uneseno u različite ekosustave (Pimentel i sur., 2002).

Međutim, unošenje stranih invazivnih svojti, odnosno biološka invazija nije pojava modernog vremena. Od otkrića i kolonizacije Novog svijeta ovaj problem ubrzano raste, da bi u dvadesetom stoljeću postao jedna od glavnih prijetnji u očuvanju biološke raznolikosti. Proučavanje stranih invazivnih vrsta intenzivirano je zadnjih desetljeća. Kroz veliki europski međudržavni projekt DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe) na području Europe je zabilježeno više od 11 000 stranih vrsta od kojih je izdvojeno „100 najgorih” invazivnih, među kojima su mnoge prisutne i u Hrvatskoj. Većina tih vrsta unesena je iz Sjeverne Amerike ili Azije (DAISIE, 2015).

Proces invazije stranih vrsta odvija se u nekoliko stadija (Slika 1.) koji uključuju savladavanje ekoloških barijera i osvajanje novog područja (Lockwood i sur., 2007). Najprije dolazi do introdukcije, odnosno stadija unošenja strane vrste na novo stanište čiji uspjeh ovisi o broju unesenih jedinki, te ekologiji vrste i značajkama staništa (Alpert i sur., 2000). Sljedeći stadij invazije je uspostava populacija, kada je strana vrsta sposobna uspostaviti stabilnu populaciju. U ovom stadiju vrsta mora proći niz barijera i prilagodbi kako bi savladala nove uvjete u staništu. Naposljetku, ako se novo osnovana populacija na novom staništu brzo i agresivno širi te utječe na biološku raznolikost, mijenja okoliš, narušava stabilnost ekosustava, nanosi štetu poljoprivrednim, šumskim i vodenim staništima, ireverzibilno utječe na sastav zajednica i uzrokuju velike štete proglašavamo ju invazivnom. Williamson (1996) navodi pravilo desetine, što znači da od ukupnog broja unesenih stranih vrsta samo manji broj (10 %)

uspješno prelazi svaki stadij u procesu invazije. No, zbog značajki ekosustava i vrsta koje ih nastanjuju, u slatkovodnim ekosustavima postoji odstupanje od navedenog pravila 10 % jer znatno veći postotak unesenih stranih vrsta uspije uspostaviti uspješne populacije (Ruesink, 2005).



Slika 1. Shematski prikaz stadija invazije (prema Lockwood i sur., 2007)

Putovi prijenosa i širenja invazivnih vrsta mogu biti različiti. Mnoge strane vrste su namjerno unesene na novo stanište (za potrebe akvakulture, prehrane, kao rezultat trgovine kućnim ljubimcima, u biološkim istraživanjima, te kao biokontrola drugih invazivnih vrsti). Suprotno tome, brojne su vrste unesene nenamjerno, prijenosom preko balastnih voda, pričvršćivanjem za brodove, povezivanjem slivova velikih rijeka, preko ribarskih mreža, i slično.

1.3. Negativni utjecaj invazivnih vrsta

Pored negativnog utjecaja na biološku raznolikost, invazivne vrste mogu negativno utjecati na život i zdravlje ljudi te nanijeti velike štete gospodarskom i ekonomskom razvitku (Lockwood i sur., 2007). Vrste s negativnim ekološkim učincima mogu biti prijetnja autohtonim vrstama i zajednicama na nekom staništu jer kroz biološke mehanizme kompeticije za hranu i prostor, parazitizam i indirektno uništavanje staništa, često uzrokuju smanjenje i/ili nestanak autohtonih vrsta, te utječu na promjene sastava zajednica nekog ekosustava (Baiser i Lockwood, 2011). Osim toga mogu utjecati na genetičku strukturu autohtonih vrsta kroz proces hibridizacije (Gherardi, 2007). Ekonomska šteta uzrokovana invazivnim vrstama može biti vrlo velika i u pravilu se mjeri troškovima potrebnima za povratak na izvorno stanje ekosustava i troškovima istraživanja, monitoringa i upravljanja populacijama stranih invazivnih vrsta (ISSG, 2015; DAISIE, 2015).

Osim ekološke i ekonomske štete, invazivne vrste mogu biti štetne po ljudsko zdravlje ako su prijenosnici zaraznih bolesti, primjerice azijski tigrasti komarac (*Aedes albopictus*) koji je prijenosnik virusa zapadnog Nila (Klobučar i sur., 2006), ili ako na bilo koji način ugrožavaju ljudsko zdravlje (npr. polen ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia)* koji izaziva alergijske reakcije) (Peternel i sur., 2002). Posredno na čovjeka negativno utječu i pojedine metode uklanjanja invazivnih vrsta (npr. herbicidi). Invazivne vrste mogu nanijeti goleme štete pojedinim granama gospodarstva. Pojavljuju se kao agresivni korovi na poljoprivrednim površinama i smanjuju prinose, ugrožavaju pašnjake i šumska staništa, prenose razne biljne i životinjske bolesti, pojavljuju se kao neželjeni obraštaj obala i nasipa. Posredno ili neposredno, invazivne vrste nanose milijunske štete (ISSG, 2015).

1.4. Strane invazivne vrste u Hrvatskoj

Strane invazivne vrste pojavile su se u Hrvatskoj još davno, naime najstariji poznati primjer datira iz 1910. godine, kada je 11 jedinki indijskog mungosa (*Herpestes javanicus auropunctatus*) uneseno na otok Mljet kako bi se smanjila populacija zmija otrovnica na otoku (Barun i sur., 2010). Ubrzo se populacija mungosa toliko proširila da je u potpunosti narušila biološku ravnotežu na otoku, uništavajući populacije mnogih životinjskih vrsta (Barun i sur., 2010). Postoji niz drugih stranih invazivnih vrsta koje imaju veliki negativni utjecaj na biološku raznolikost Hrvatske. To su prije svega alohtone zelene alge u Jadranu, *Caulerpa taxifolia* i *Caulerpa racemosa* (Agardh, 1817). Pretpostavlja se da su u Hrvatsku dospjele nenamjernim putem balastnim vodama i iz akvarija, te danas stvaraju velike ekološke i ekonomske probleme (Jousson i sur., 1998). Osim toga, u rijeke dunavskog i jadranskog slijeva uneseno je 16 alohtonih vrsta riba, od kojih su najpoznatije kalifornijska pastrva, babuška, sunčanica, te gambuzija. Ove vrste nanose veliku štetu autohtonoj ihtiofauni, a naročito su ugrožene rijeke jadranskog slijeva, bogate endemičnim vrstama riba (Bomford i sur., 2010).

Uz ribe, strane invazivne vrste beskralježnjaka predstavljaju veliku opasnost za slatkovodne ekosustave (Gherardi, 2007). Najpoznatiji invazivni slatkovodni beskralježnjaci do sada zabilježeni u slatkovodnim ekosustavima Hrvatske su školjkaš raznolika trokutnjača (*Dreisenna polymorpha*), tzv. „račić ubojica“ (*Dikerogammarus villosus*) te signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*) (IUCN, 2012).

1.5. Autohtone i strane invazivne vrste deseteronožnih rakova u slatkovodnim ekosustavima

Rakovi su prema broju i raznolikosti vrsta jedna od najbrojnijih skupina beskralježnjaka u vodenom okolišu (Gherardi, 2007). Do danas je opisano više od 52 000 vrsta rakova potkoljena Crustacea Brünnich, 1772 (Martin i Davis, 2001). Slatkovodni rakovi su najveći i najpokretniji beskralježnjaci slatkovodnih ekosustava. Sjeverna Amerika je središte biološke raznolikosti za slatkovodnih rakova iz podreda Astacidea (porodice Astacidae i Cambaridae) (Gherardi, 2007), s više od 600 opisanih vrsta (Mathews i sur., 2008), no danas su mnoge vrste s tog područja proširene u Europu. Na području Hrvatske žive četiri autohtone vrste slatkovodnih deseteronožnih rakova iz porodice Astacidae: riječni rak (*Astacus astacus*), uskoškari rak (*Astacus leptodactylus*), bjelonogi rak (*Austropotamobius pallipes*) i potočni rak (*Austropotamobius torrentium*), te tri strane invazivne vrste rakova: signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*), bodljobradi rak (*Orconectes limosus*) i mramorni rak (*Procambarus fallax* f. *virginalis*) (Maguire i Gottstein-Matočec, 2004; Maguire i sur., 2008; Samardžić i sur., 2015). Strane vrste deseteronožnih rakova mogu znatno utjecati na vodene ekosustave u koje su uneseni zbog relativno brzog rasta i velike biomase koju postižu, dugog životnog vijeka, raznolikog načina prehrane, agresivnog ponašanja i visokog fekunditeta, te na taj način lako osvajaju nova staništa (Hudina i sur., 2011). Također pokazuju široku ekološku valenciju, odnosno lako se prilagođavaju raznolikim uvjetima staništa (Gherardi, 2007). Osim toga, deseteronožni rakovi su važan izvor hrane za više članove hranidbenih lanaca (Garvey i sur., 1994). Iako sve vrste deseteronožnih rakova zbog svojih karakteristika utječu na sastav i strukturu zajednica slatkovodnih ekosustava, invazivne strane vrste imaju još izraženiji utjecaj zbog brzog širenja i velikih gustoća populacija koje mogu postići i u pravilu su agresivniji od autohtonih vrsta rakova (Gherardi, 2007).

Uz puževe i školjkaše, rakovi su jedna od skupina koja se potpomognuta ljudskim djelovanjem najuspješnije proširila slatkim i bočatim vodama diljem svijeta prvenstveno zbog svoje komercijalne značajnosti, što je u većini slučajeva rezultiralo osiromašivanjem autohtone faune slatkovodnih ekosustava (Gherardi, 2007).

1.6. Autohtona vrsta uskoškari rak (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823)

Uskoškari, turski ili barski rak (Slika 2.) je autohtona slatkovodna vrsta raka u Hrvatskoj, a relativno je česta i u europskim vodama (Maguire i Gottstein-Matočec, 2004). Vrsta je u Hrvatskoj otkrivena relativno nedavno. Jedinke ove vrste mogu narasti do 30 cm ukupne duljine, ali prosječnih su duljina do 15 cm (Alekhnovich i sur., 1999). Variraju u obliku i boji tijela, ali najčešće su žuto-smeđe do maslinasto-zelene boje, dok im je trbušna strana bijela. Imaju dva para dobro izraženih postorbitalnih grebena s trnovima (posebno prvi par). Rostrum im je vrlo dugačak, a rostralni trnovi su veliki i šiljati. Kliješta su jako uska s produljenim prstima, pa su po tome i dobili naziv. Na nepokretnom prstu kliješta nema udubljenja, iako postoje relativno slabo razvijeni granični trnovi. Postoji spolni dimorfizam između jedinki, kod mužjaka su prsti kliješta produljeni, te su mnogo duži nego kod ženki (Alekhnovich i sur., 1999).

Mužjaci i ženke postaju spolno zreli u trećoj godini života, kada im je ukupna duljina tijela od 7,5 do 8,5 cm. Broj jaja varira ovisno o veličini ženke, u rasponu od 200 do 800 jaja. Sezona parenja je u listopadu i studenom kad temperatura vode padne na 7-12°C. Ženke nose jaja od 5 do 8 mjeseci (ovisno o temperaturi). Za razliku od drugih vrsta porodice Astacidae aktivni su i danju i noću pa je i unos hrane u organizam veći što uzrokuje i brži rast. Kao i sve vrste deseteronožnih rakova, uskoškari rakovi su svejedi, što znači da se hrane vodenom vegetacijom, beskralješnjacima i detritusom. U Hrvatskoj je vrsta zabilježena u rijekama savskog i dravskog slijeva (Maguire i Gottstein-Matočec, 2004).



Slika 2. *Astacus leptodactylus* (izvor: www.dzzp.hr)

1.7. Strana invazivna vrsta signalni rak *(Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852))

Signalni rak (Slika 3.) porijeklom je iz Sjeverne Amerike, a u Europu je unesen sredinom 20. stoljeća s namjerom nadomještanja autohtonih populacija riječnog raka (*Astacus astacus*) (Lewis, 2002). Vrsta se vrlo brzo prilagodila novim uvjetima staništa, a danas je proširena u vodotocima 27 europskih država (Holdich i sur., 2009) što ovu vrstu čini najrasprostranjenijom invazivnom vrstom slatkovodnih rakova u Europi. Signalni rak je dobio ime prema intenzivnim plavim mrljama na kliještima po čemu se najlakše razlikuje od naših autohtonih vrsta rakova. Boja tijela je smeđe-plavkasta do crveno-smeđa, a ponekad svjetlije do tamnije smeđa. Površina kliješta je glatka te je s donje strane crvene boje. Signalnom raku nedostaje niz tupih izbočenja uz rub cervikalne brazde, dok je oklop glavopršnjaka gladak i bez bočne granulacije, a srednji greben rostruma je vidljiv i nema trnove (Govedič, 2006). Životni ciklus vrste karakterističan je za sve rakove iz porodice Astacidae (Lewis, 2002), spolnu zrelost postiže u razdoblju od 1. do 3. godine života (Holdich, 2002), najčešće tijekom 2. godine, pri ukupnoj dužini jedinke od 6 do 9 cm (Souty-Grosset i sur., 2006). Tijekom jeseni (najčešće u listopadu) dolazi do parenja i polaganja jaja. Ženka nosi jaja pričvršćena na pleopodnim nogama zatka. Broj jaja varira između 200 i 400 (Souty-Grosset i sur., 2006), a ponekad i do 600 jaja. Iz jaja se izlegnu juvenilni rakovi koji ostaju s majkom tijekom tri stadija, odnosno tijekom dva presvlačenja, i tek tada mlade jedinke postaju samostalne. Tijekom prve godine života presvlače se do 11 puta, a od četvrte godine života presvlače se jednom godišnje. Mužjaci signalnog raka narastu do 16 cm, a ženke do 12 cm ukupne duljine tijela (Holdich, 2002). Maksimalna starost jedinki iznosi do 20 godina i maksimalna dužina je od 16 do 18 cm.

Danas je signalni rak jedna od najvećih prijetnji opstanku autohtonih vrsta rakova. Uz izravnu kompeticiju za hranu i stanište, signalni rak je i prijenosnik gljivice (*Aphanomyces astaci*), uzročnika bolesti račje kuge, koja je svrstana među 100 najopasnijih invazivnih vrsta svijeta, a na koju je sam otporan (DAISIE, 2015).



Slika 3. Signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*)

Širenje signalnog raka u rijeci Korani predstavlja veliku ekološku opasnost, budući da je Korana područje Ekološke mreže Republike Hrvatske važno za očuvanje naših autohtonih vrsta rakova (*Astacus astacus* i *Austropotamobius torrentium*), za koje se može pretpostaviti, na temelju iskustva iz drugih dijelova Europe, ali i iz rijeke Mure, da će zbog širenja signalnog raka nestati iz ove rijeke i pritoka (Hudina i sur., 2009). Daljnjim širenjem u krške vodotoke, signalni rak imao bi snažan negativan utjecaj na ugrožene i strogo zaštićene vrste autohtonih riječnih rakova, ali i na cijeli slatkovodni ekosustav. Osim izrazito štetnog ekološkog utjecaja, signalni rak može imati i geomorfološki utjecaj na stanište, jer gradnjom skloništa u obalama vodotoka može narušiti stabilnost obala i izazvati njihovo urušavanje (Dudgeon i sur., 2006; Strayer, 2006).

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Signalni rak u rijeci Korani predstavlja direktnu opasnost za tri autohtone vrste rakova zabilježene u Korani i pritokama: *Astacus astacus* (Linné), *Astacus leptodactylus* Eschscholtz i *Austropotamobius torrentium* (Schrank), od kojih su *A. astacus* i *A. torrentium* zaštićene vrste (Narodne novine 80/13, Narodne novine 144/13).

Signalni rak prvi je puta utvrđen u Hrvatskoj, u rijeci Muri, 2008. godine (Maguire i sur., 2008). Do 2011. godine rasprostranjenost ove vrste bila je ograničena na rijeku Muru, no vrsta se vrlo brzo proširila i u rijeku Dravu, a unesena je i u rijeku Koranu (Hudina i sur., 2013). Stoga je neophodno pratiti širenje i značajke populacije signalnog raka kako bi se pravovremeno mogle poduzeti adekvatne mjere za upravljanje ovom invazivnom vrstom.

Cilj ovog istraživanja je:

1. Procijeniti relativnu zastupljenost signalnih rakova na određenim točkama duž invazivnog areala (centar i nizvodna fronta invazije) te ju usporediti sa stanjem 2012. godine
2. Odrediti prisutnost/relativnu zastupljenost autohtone vrste uskoškarog raka u miješanim populacijama na frontama širenja signalnog raka i usporediti ju sa stanjem 2012. godine
3. Ustanoviti promjene kondicije jedinki signalnog raka duž areala i kroz vrijeme.

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Rijeka Korana je krška rijeka smještena u samom središtu Hrvatske, ukupne dužine toka 134 km. Korana ima slivno područje od 2297 km^2, te prosječni protok od 29 m^3s^{-1} što predstavlja najznačajniji pritok rijeke Kupe u Crnomorskom slivu (Hudina i sur., 2013). Izvor same rijeke nalazi se u Nacionalnom parku Plitvička jezera, poznatom po jedinstvenim prirodnim karakteristikama poput niza krških jezera odijeljenih sedrenim barijerama, s brojnim slapovima i kaskadama (Roglić, 1974).

Hidrološki režim Korane ovisi o razdobljima kiše i otapanja snijega, te se povišeni vodostaji javljaju u proljeće i jesen, a niži tijekom ljeta i zime (Gajić-Čapka i Zaninović, 2004). Klima na području Korane je blaga kontinentalna i djelomično vlažna s prosječnom godišnjom temperaturom 11.1°C, dok je prosječna količina padalina 700-1100 mm godišnje. Kao i druge krške rijeke u Hrvatskoj, i Koranu karakterizira vrlo visoka bioraznolikost i veliki broj endemičnih vrsta (DZZP, 2009), te predstavlja vrlo važno stanište za autohtone vrste rakova u Hrvatskoj.

Istraživanje je provedeno 22. srpnja 2014. godine u donjem dijelu toka rijeke Korane, oko 15-20 km uzvodno od ušća rijeke Korane u Mrežnicu. Ovaj dio toka rijeke blagog je nagiba i prevladavaju lentička staništa (sporiji riječni tok) s gustom makrofitskom vegetacijom, dok je okolica obrasla šumskom vegetacijom. (Slika 4. i Slika 5.)

Prethodnim je istraživanjima rasprostranjenost signalnog raka u rijeci Korani utvrđena u donjem toku rijeke (Hudina i sur., 2013). Također, utvrđena je i fronta invazije (Hudina i sur., 2013). Na fronti invazije zabilježena je prisutnost autohtone vrste uskoškarog raka (*Astacus leptodactylus*), čija je gustoća populacije smanjena zbog prisutnosti invazivne vrste signalnog raka (Hudina i sur., 2013).



Slika 4. Donji tok rijeke Korane, postaja Ladvenjak, nizvodna fronta širenja signalnog raka



Slika 5. Rijeka Korana, postaja Varoš, središte distribucije signalnog raka

4. MATERIJAL I METODE

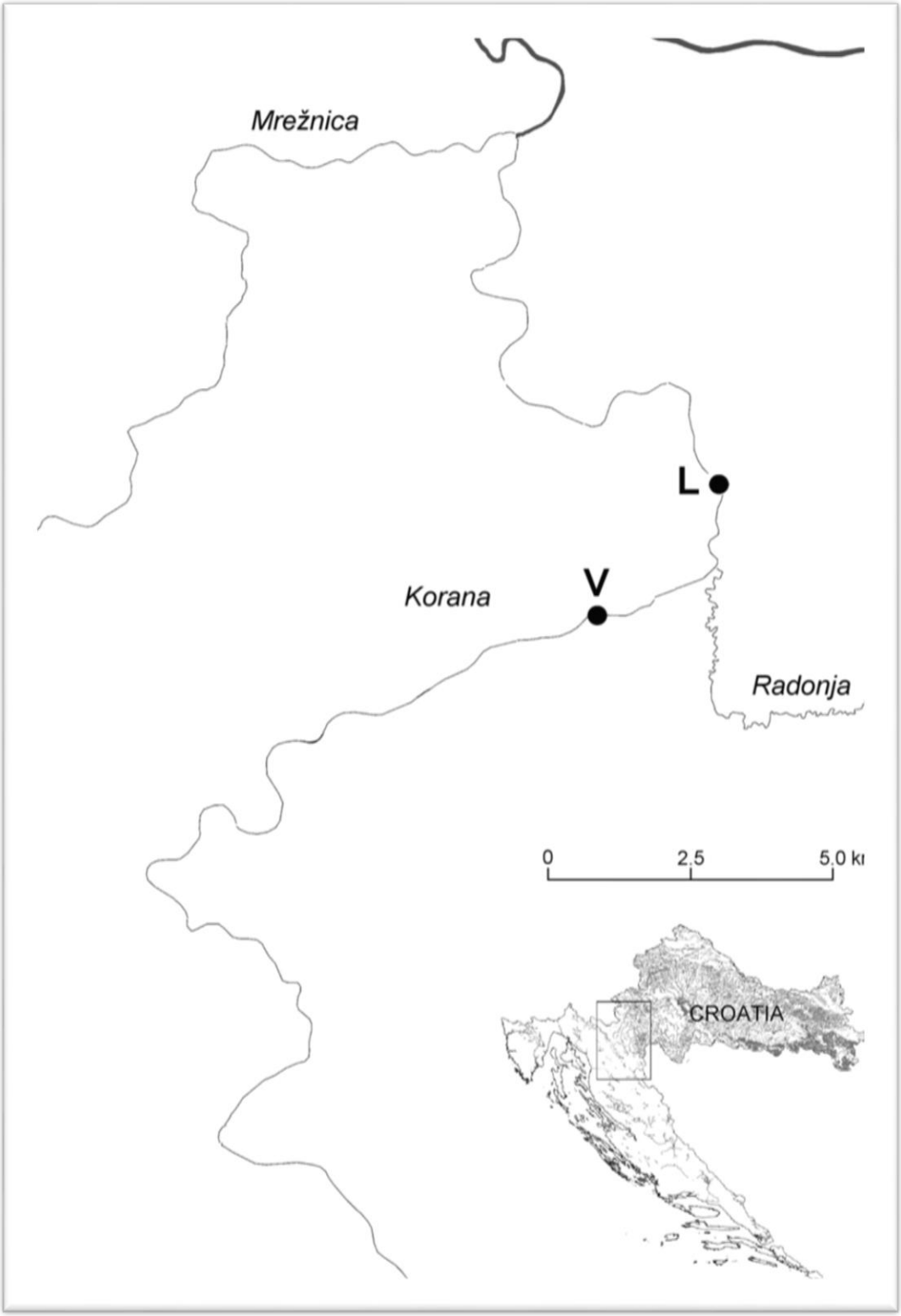
4.1. Uzorkovanje jedinki

Za sakupljanje jedinki signalnog raka korištene su LiNi vrše s mamcem (Westman i sur., 1978; Slika 6.) postavljene na dvije postaje (ostavljane u rijeci tijekom jedne noći), Varoš i Ladvenjak (Slika 7.). Na postaji Varoš (Slika 5.) je postavljeno 9 vrša, dok je na lokaciji Ladvenjak (Slika 4.) postavljeno 10 vrša. S obzirom da su vrše za lov rakova selektivne za veličinu jedinki (Hogger, 1988), gotovo sve ulovljene jedinke signalnog raka bile su veće od 6 cm (Souty-Grosset i sur., 2006). Sakupljanje jedinki provedeno je tijekom srpnja zbog toga što je ova vrsta tada najaktivnija. Jedna postaja (L - Ladvenjak) nalazi se na fronti invazije (Hudina i sur., 2013; Slika 4. i 7.). Dok je druga postaja (V – Varoš) smještena u središtu distribucije signalnog raka i predstavlja ishodište od kuda se invazivna vrsta širi uzvodno i nizvodno (Slika 5 i 7.).

Za svaku lokaciju je određeno da li su rakovi prisutni ili ne, zabilježene su koordinate, te identificirana vrsta. Ukoliko je ulovljena autohtona vrsta, ona je vraćena na mjesto nalaska, dok su jedinke invazivne vrste uzete te prenesene na Zoologijski zavod Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu za potrebe laboratorijskih istraživanja. Sve jedinke signalnog raka odvojene su s obzirom na mjesto nalaska, te zamrznute na temperaturi od -20 °C.



Slika 6. LiNi vrša



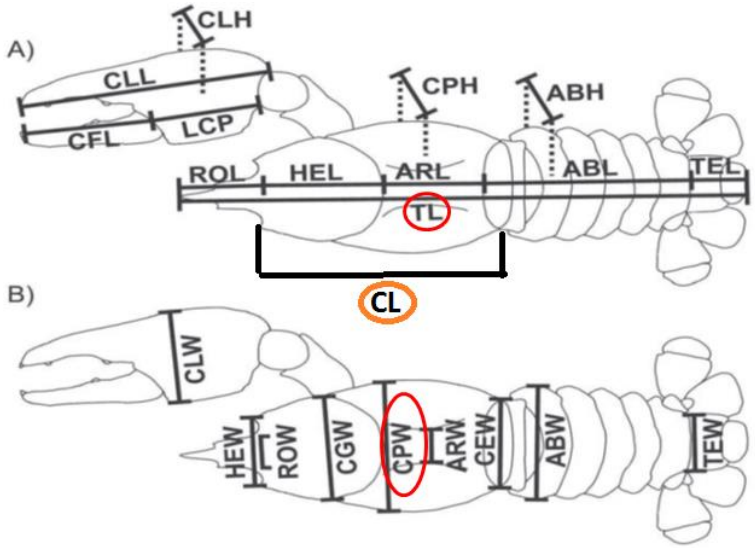
Slika 7. Uzorkovane postaje: V = Varoš, L = Ladvenjak (izvor prema: Hudina i sur., 2013)

4.2. Laboratorijske analize

U laboratorijskim istraživanjima provedenim u laboratoriju Zoologijskog zavoda Prirodoslovno-matematičkog fakulteta korištene su sve jedinke signalnog raka ulovljene 2014. godine. Jedinkama je u laboratoriju određen spol, te pomoću vage izmjerena masa u gramima (W), zatim su pomoću digitalnog pomičnog mjerila (Slika 8.) izmjerene neke morfometrijske značajke (TL-ukupna dužina; CL-dužina karapaksa i CPW (CW)-širina karapaksa) (Sint i sur., 2006) (Slika 9.).



Slika 8. Digitalno pomoćno mjerilo (raspona 0 do 15 cm, preciznosti 0,05 mm)



Slika 9. Mjereni morfometrijski parametri (izvor prema: Sint i sur., 2006) (Crveno zaokruženo su mjere korištene u analizama)

Ukupna duljina (TL, mm) izmjerena je od vrha rostruma do kraja telzona na način da je jedinka polegnuta na čvrstu podlogu. **Duljina karapaksa (CL, mm)** je mjerena od iza oka do posteriornog ruba karapaksa, a **širina karapaksa (CPW ili CW, mm)** u najširem dijelu karapaksa iza cervikalne brazde (Slika 9). Osim ovih mjera, zabilježen je i broj ozljeda, kao i ozljede i/ili regeneracija kliješta, pereopoda i ticala. Uz navedene parametre populacija izračunat je **omjer spolova (mužjaci : ženke)**, **CPUE (engl. *catch per unit effort*)**, odnosno broj ulovljenih jedinki po vrši i po lovnoj noći, koji se koristi kao pokazatelj relativne gustoće, te dva indeksa kondicije rakova (Streissl i Hödl, 2002; Maguire i Klobučar, 2011):

Fultonov kondicijski faktor (engl. *Fulton's condition factor*): $FCF = W / TL^3$

FCF = Fultonov kondicijski faktor (g mm^{-3})

W = masa raka (g)

TL = (total lenght) ukupna duljina raka (mm)

Konstanta deseteronožnih rakova (engl. *Crayfish constant*): $CC = W / (TL \times CL \times CW)$

CC = konstanta deseteronožnih rakova (g mm^{-3})

W = masa raka (g)

TL = ukupna duljina raka (mm)

CL = duljina karapaksa (mm)

CW = širina karapaksa (mm)

Niže vrijednosti indeksa FCF i CC označavaju lošiju tjelesnu kondiciju, dok veća vrijednost indeksa označava bolju kondiciju jedinki. Prilikom računanja indeksa kondicije rakova nisu korištene oštećene i asimetrične jedinke (jedinke kod kojih su zabilježene ozljede, ali je započeo proces regeneracije), već se rezultat odnosi samo na zdrave jedinke u populaciji. Dosadašnjim istraživanjima dokazano je kako razlike u morfometriji rakova nisu samo rezultat razlika između vrsta ili njihove starosti, već postoje morfometrijske razlike između populacija koje su rezultat adaptacija na ekološke čimbenike staništa (Grandjean i Souty-Grosset, 2000; Sint i sur., 2006). Osim toga, morfometrijske značajke ovisne su i o spolu (Streissl i Hödl, 2002) odnosno spolnom dimorfizmu, pri čemu su, nakon postizanja spolne zrelosti, mužjaci u prosjeku veći i teži od ženki iste starosti (Streissl i Hödl, 2002). Stoga su dobiveni indeksi uspoređeni posebno za ženke i mužjake između različitih populacija i godina.

4.3. Statistička obrada podataka

Za statističku obradu svih podataka korišteni su programi Statistica 7.0 (Statsoft Inc., 2000) i Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation, 2010).

Prikupljeni podaci za 2014. godinu o morfometrijskim karakteristikama jedinki signalnog raka opisani su pomoću standardne deskriptivne statistike. Zbog pravilnog odabira metoda za statističku analizu podataka, testirano je odgovara li raspodjela podataka u uzorku normalnoj raspodjeli. Parametri koji su odgovarali normalnoj raspodjeli analizirani su parametrijskim metodama (t-test), dok su parametri koji nakon logaritamske transformacije nisu odgovarali normalnoj raspodjeli, analizirani korištenjem neparametrijskih metoda (Kruskal–Wallis, Mann–Whitney U test; Zar, 1996). Omjer spolova analiziran je Hi-kvadrat testom.

Prvo smo provjerili razlikuju li se mužjaci i ženke u morfometrijskim parametrima. Ukoliko je ustanovljena statistički značajna razlika između spolova u mjerenim morfometrijskim značajkama, daljnje su analize obavljene odvojeno za mužjake i ženke. Nakon toga, analizirali smo postoje li razlike u mjerenim parametrima duž areala invazije, odnosno na dvije postaje (Ladvenjak i Varoš, korišteni su podaci iz 2014. godine). I naposljetku, analizirali smo postoji li razlika u mjerenim parametrima u periodu od dvije godine (2012. i 2014. godina). U svim statističkim testovima korištena je razina značajnosti od 5 %.

5. REZULTATI

5.1. Procjena relativne brojnosti populacija signalnog raka u rijeci Korani

Tijekom provedenih istraživanja 2014. godine ulovljene su ukupno 64 jedinke signalnog raka: 17 jedinki ulovljeno je na postaji Varoš, dok je na lokaciji Ladvenjak ulovljeno 47 jedinki signalnog raka. U 2014. godini na istraživanim postajama nije ulovljena niti jedna jedinka autohtone vrste *A. leptodactylus*, već su sve jedinke pripadale stranoj invazivnoj vrsti signalnog raka (Tablica 1.)

Tablica 1. Broj ulovljenih jedinki na svakoj postaji 2014. godine i 2012. godine

	2014.		2012.	
vrsta	Ladvenjak	Varoš	Ladvenjak	Varoš
P. leniusculus	47	17	1104	92
A. leptodactylus	0	0	30	0

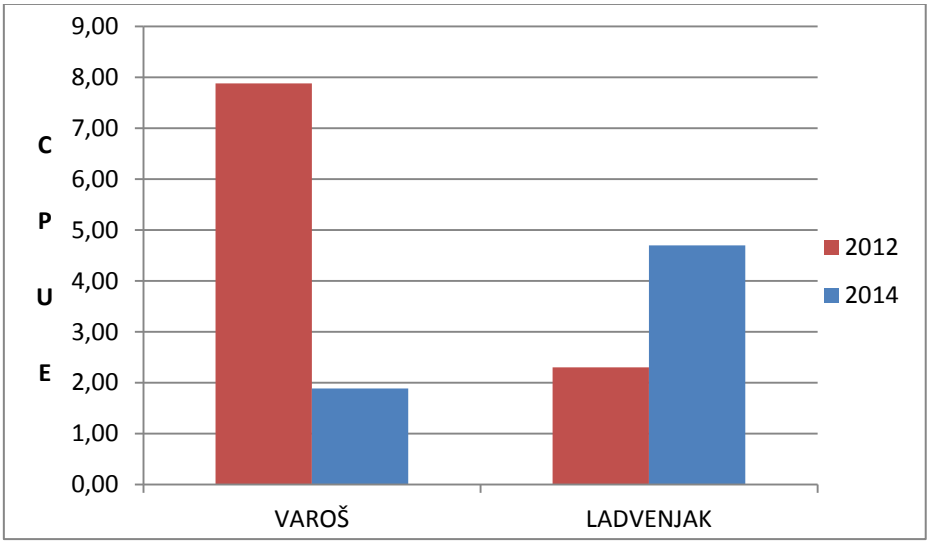
Izračunate vrijednosti CPUE korištene su kao mjera relativne brojnosti jedinki signalnog raka na svakoj pojedinoj postaji tijekom 2012. i 2014. godine (Tablica 2., Slika 10.). U Tablici 3. prikazan je izračun CPUE za autohtonu vrstu *A. leptodactylus*.

Tablica 2. Vrijednosti ulova po jedinici lovnog napora (engl. *catch per unit effort*; CPUE) na svakoj postaji, signalni rak

Postaja	Broj svih rakova	Broj vrša	Broj lovnih noći	CPUE
VAROŠ 2012	1104	20	7	7,89
LADVENJAK 2012	92	10	4	2,30
VAROŠ 2014	17	9	1	1,89
LADVENJAK 2014	47	10	1	4,70

Tablica 3. Vrijednosti ulova po jedinici lovnog napora (engl. *catch per unit effort*; CPUE) na svakoj postaji, uskoškari rak

Postaja	Broj rakova	Broj vrša	Broj lovnih noći	CPUE
VAROŠ 2012	0	20	7	-
LADVENJAK 2012	30	10	4	0,75
VAROŠ 2014	0	9	1	-
LADVENJAK 2014	0	10	1	-



Slika 10. Grafički prikaz CPUE za signalnog raka na svakoj postaji, za dvije istraživane godine

5.2. Deskriptivna statistika mjerenih parametara

Rezultati deskriptivne statistike mjerenih parametara prikupljenih 2014. godine za postaju Ladvenjak prikazani su odvojeno po spolovima u Tablici 4. (ženke) i Tablici 5. (mužjaci). Isti rezultati, ali za postaju Varoš prikazani su u Tablici 6. (ženke) i Tablici 7. (mužjaci). Na postaji Ladvenjak najmanja ulovljena ženka bila je ukupno duga 81,74 mm, a mužjak je bio 85,11 mm ukupne dužine dok je na postaji Varoš najmanja zabilježena ukupna dužina mužjaka iznosila 26,02 mm, a ženke 84,50 mm.

Tablica 4. Rezultati deskriptivne statistike mjerenih parametara, **Ladvenjak, ženke**

Varijabla	N	Srednja vrijednost	Minimum	Maksimum	Std. Dev
Dužina karapaksa/mm	20	42,37	32,81	56,36	6,40
Širina karapaksa/mm	20	26,66	19,84	35,81	4,45
Ukupna dužina/mm	20	105,56	81,74	134,76	15,17
Težina/g	20	36,15	15,00	76,00	16,04

Tablica 5. Rezultati deskriptivne statistike mjerenih parametara, **Ladvenjak, mužjaci**

Varijabla	N	Srednja vrijednost	Minimum	Maksimum	Std. Dev
Dužina karapaksa/mm	27	45,95	35,34	58,76	7,32
Širina karapaksa/mm	27	29,61	21,86	37,96	5,26
Ukupna dužina/mm	27	109,55	85,11	162,64	18,26
Težina/g	27	52,81	20,00	103,00	26,60

Tablica 6. Rezultati deskriptivne statistike mjerenih parametara, **Varoš, ženke**

Varijabla	N	Srednja vrijednost	Minimum	Maksimum	Std. Dev
Dužina karapaksa/mm	10	41,75	34,11	54,86	7,06
Širina karapaksa/mm	10	25,07	19,47	33,41	4,65
Ukupna dužina/mm	10	103,31	84,50	129,16	15,34
Težina/g	10	32,00	18,00	63,00	14,91

Tablica 7. Rezultati deskriptivne statistike mjerenih parametara, **Varoš, mužjaci**

Varijabla	N	Srednja vrijednost	Minimum	Maksimum	Std. Dev
Dužina karapaksa/mm	7	40,48	26,95	58,95	8,30
Širina karapaksa/mm	7	24,96	15,64	34,73	6,24
Ukupna dužina/mm	7	88,53	26,02	124,01	33,34
Težina/g	7	33,53	8,00	72,00	21,15

5.3. Omjer spolova

U ovom istraživanju odredili smo omjer spolova (mužjaci : ženke) na svakoj lokaciji, te dobivene rezultate uspoređivali sa rezultatima istraživanja iz 2012. godine. Broj ulovljenih mužjaka i ženki signalnog raka na svakoj postaji prikazan je u Tablici 8. Omjer spolova (M:Ž) 2012. godine na lokaciji Varoš iznosio je 448 M : 653 Ž = 1 : 1,46, te 7 M : 10 Ž = 1: 0,7 2014. godine. Na lokaciji Ladvenjak omjer spolova 2012. bio je 45 M : 17 Ž = 1 : 0,4, te 27 M : 20 Ž = 1 : 0,7 2014. godine. Statističkom analizom (Hi-kvadrat test) utvrđeno je kako ne postoji statistički značajna razlika u omjeru spolova između godina na ispitanim lokacijama.

Tablica 8. Broj mužjaka i ženki signalnog raka

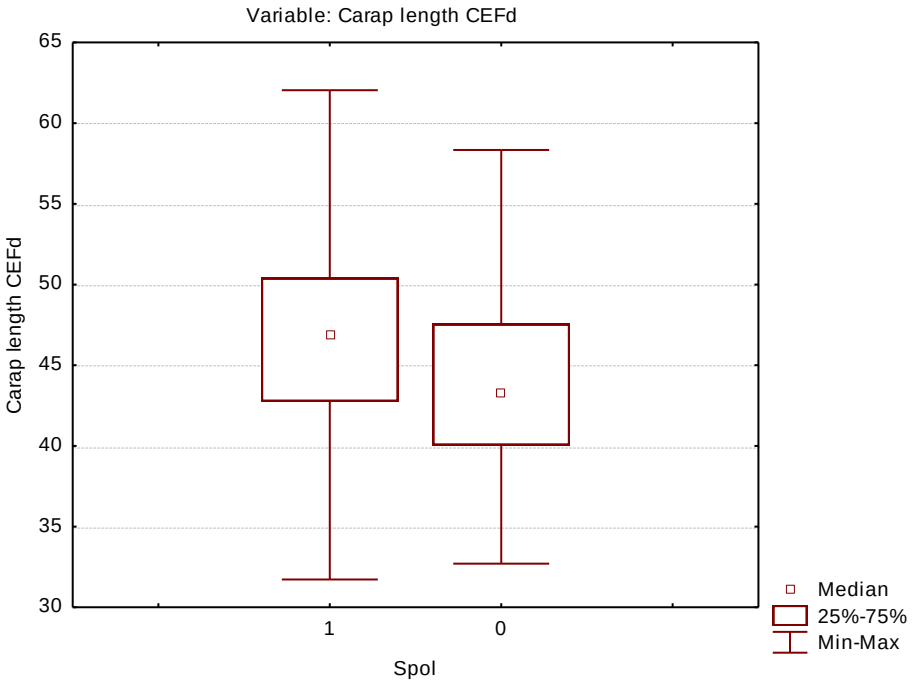
Godina	Ladvenjak	Varoš
2012.	45 mužjaka, 17 ženki	448 mužjaka, 653 ženki
2014.	27 mužjaka, 20 ženki	7 mužjaka, 10 ženki

5.4. Usporedba mjerenih parametara između spolova

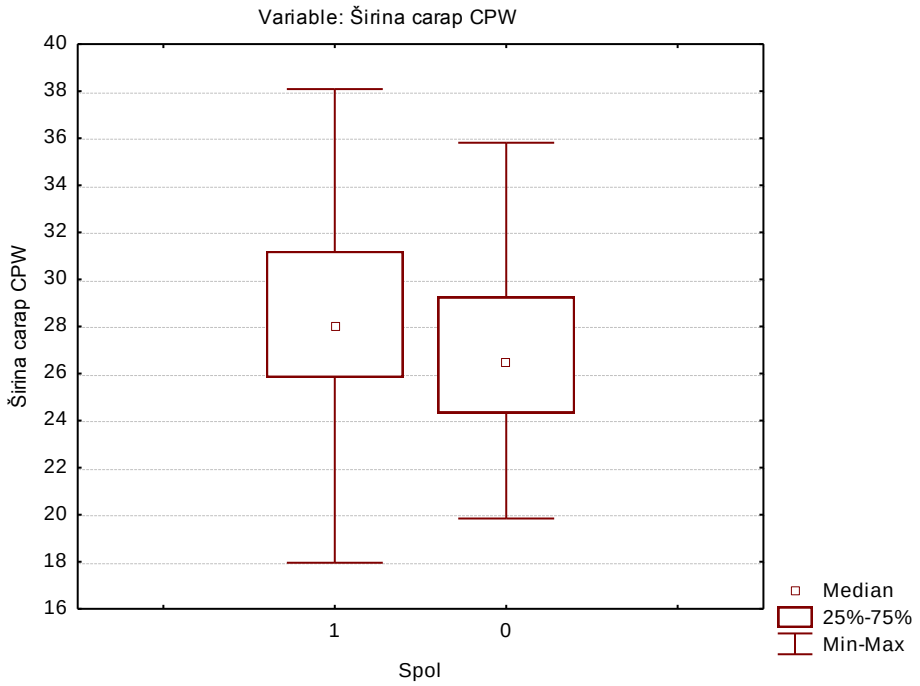
Najprije smo ispitali razlikuju li se mužjaci i ženke u ukupnoj dužini (TL), masi (W), te dužini karapaksa (CL) i širini karapaksa (CPW) na svakoj postaji. Podaci su analizirani korištenjem neparametrijskog Mann–Whitney U testa zbog toga što nisu bili normalno distribuirani. Rezultati pokazuju da se mužjaci i ženke statistički značajno razlikuju u dužini i širini karapaksa i težini (Tablica 9.) na postaji Ladvenjak, mužjaci su bili većih dimenzija u širini karapaksa (Slika 11.), u dužini karapaksa (Slika 12.) i težini (Slika 13.) u odnosu na ženke. Na postaji Varoš utvrđena je samo značajna razliku u ukupnoj dužini tijela između spolova ($p < 0,05$; Tablica 10.), pri čemu su mužjaci u prosjeku bili manji od ženki (Slika 14.). S obzirom da je utvrđena značajna razlika između mužjaka i ženki na obje istraživane lokacije, daljnje su analize rađene zasebno za svaki spol.

Tablica 9. Usporedba težine, ukupne dužine, dužine i širine karapaksa na postaji **Ladvenjak** između spolova (crveno=statistički značajne razlike)

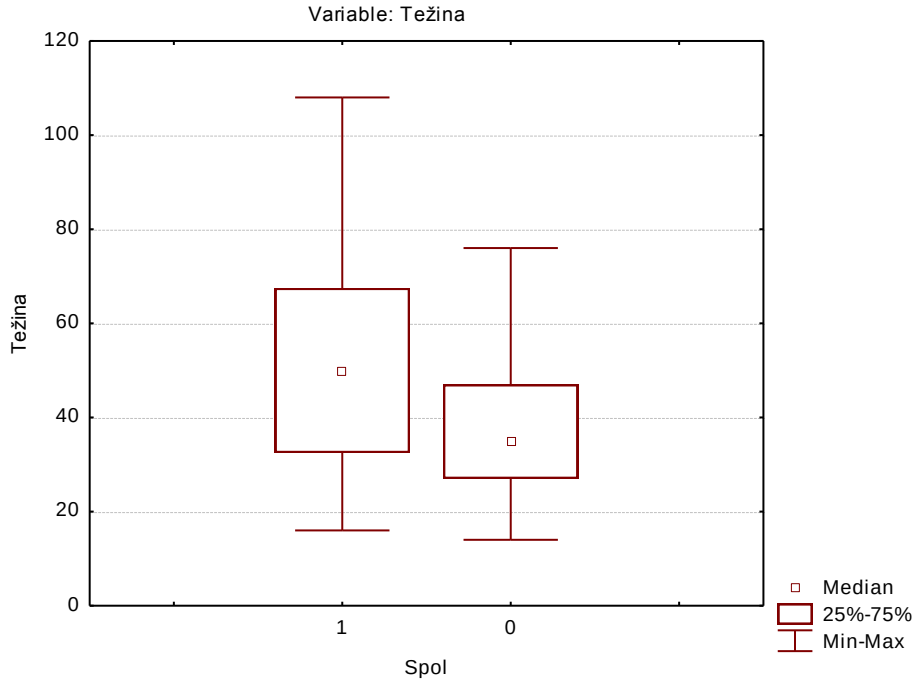
Mann – Whitney U test, varijabla: spol, p < 0,05 , Ladvenjak					
Varijabla	**U**	**Z**	**p-vrijednost**	**N Grupa 1**	**N Grupa 2**
Dužina karapaksa	1672,50	2,74	**0,01**	84	55
Širina karapaksa	1711,00	2,49	**0,01**	83	55
Ukupna dužina	2036,00	1,18	**0,24**	84	55
Težina	1456,50	3,67	**0,01**	84	55



Slika 11. Rezultat Mann-Whitney U testa prikaz dužine karapaksa za populaciju **Ladvenjak**, 1- mužjaci, 0 – ženke



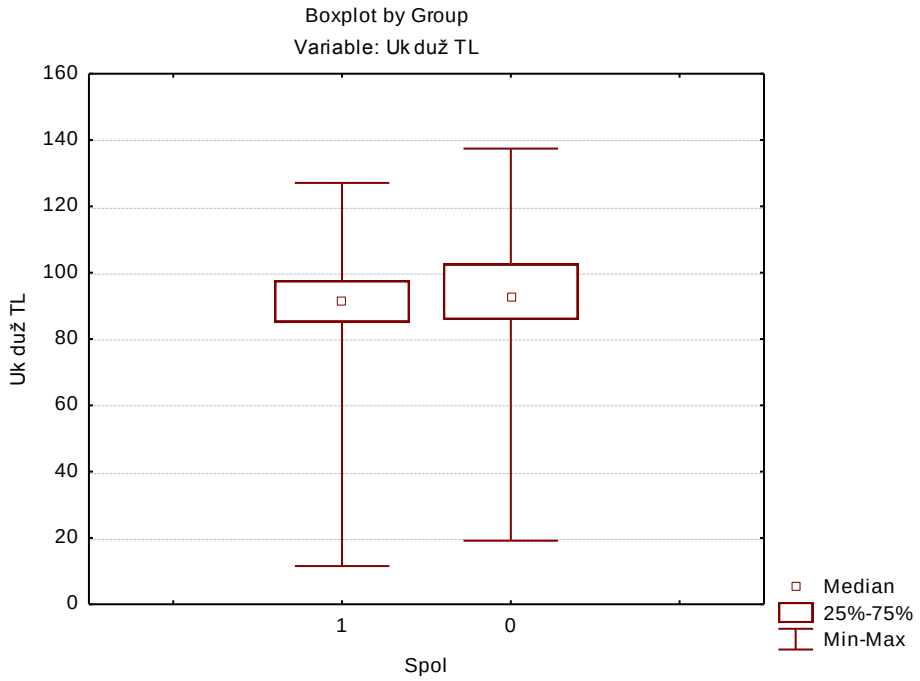
Slika 12. Rezultat Mann-Whitney U testa prikaz širine karapaksa za populaciju **Ladvenjak**, 1- mužjaci, 0 – ženke



Slika 13. Rezultat Mann-Whitney U testa prikaz težine za populaciju **Ladvenjak**, 1- mužjaci, 0 – ženke

Tablica 10. Usporedba težine, ukupne dužine, dužine i širine karapaksa na postaji **Varoš** između spolova (crveno=statistički značajne razlike)

Mann – Whitney U test, varijabla: spol, p < 0,05 , Varoš					
Varijabla	**U**	**Z**	**p-vrijednost**	**N Grupa 1**	**N Grupa 2**
Dužina karapaksa	149097,00	-0,49	**0,62**	457	664
Širina karapaksa	141404,50	-1,94	**0,06**	457	664
Ukupna dužina	135290,50	-2,93	**0,01**	455	663
Težina	149981,00	0,07	**0,94**	455	661



Slika 14. Rezultat Mann-Whitney U testa prikaz ukupne dužine za populaciju **Varoš**, 1- mužjaci, 0 – ženke

5.5. Usporedba mjerenih parametara između postaja Varoš i Ladvenjak 2014. godine

Nakon usporedbe mjerenih morfometrijskih parametara između spolova, analizirali smo postoji li razlika u parametrima između postaja Varoš i Ladvenjak. Uspoređivali smo da li se razlikuje populacija na fronti od populacije u ishodištu u težini, ukupnoj dužini, dužini i širini karapaksa te kondicijskim indeksima FCF **(**Fultonov kondicijski faktor) i CC (*Crayfish Constant*).

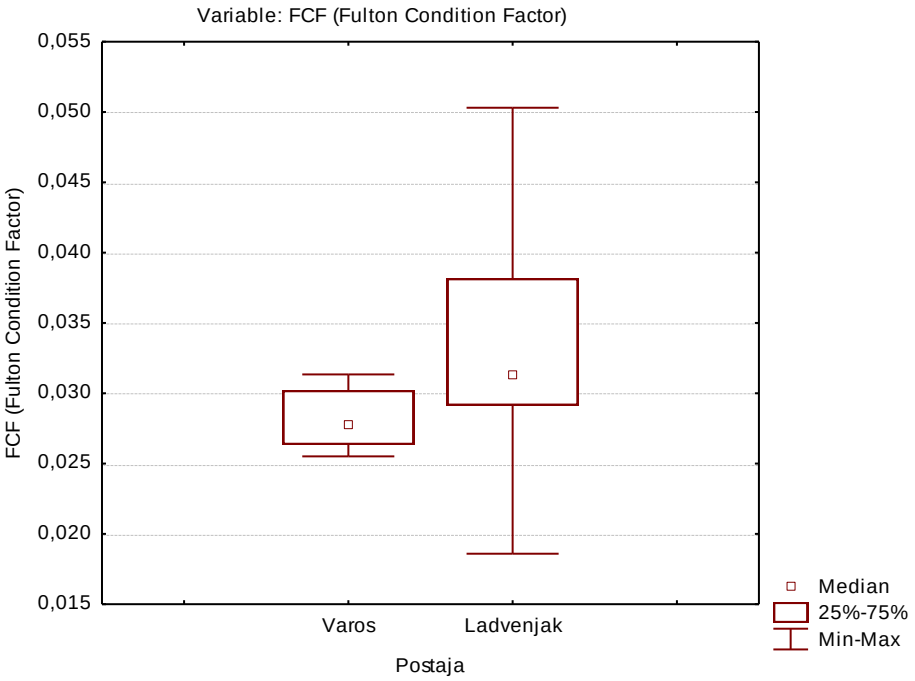
Rezultati prikupljeni 2014. godine pokazuju kako prilikom usporedbe postaja (Varoš – Ladvenjak) nema statistički značajnih razlika u ukupnoj dužini, dužini i širini karapaksa i težini niti za ženke, niti za mužjake (Tablica 11.; Tablica 12.). Isto tako nije utvrđena statistički značajna razlika u kondicijama između mužjaka na postajama Varoš i Ladvenjak, ali je analiza pokazala da se ženke između ovih dviju postaja razlikuju u Fultonovom kondicijskom indeksu. Ženke na fronti invazije (postaja Ladvenjak) su bile u boljoj tjelesnoj kondiciji od ženki u ishodišnoj populaciji ($p < 0,05$; Tablica 12.; Slika 15.).

Tablica 11. Rezultati Mann-Whitney U testa usporedba Varoš – Ladvenjak, 2014., **mužjaci**

Mann – Whitney U test, varijabla: POSTAJA, p < 0,05 , 2014., m					
Varijabla	**U**	**Z**	**p-vrijednost**	**N – Ladvenjak**	**N – Varoš**
Ukupna dužina	93,00	-0,35	**0,76**	10	20
Dužina karapaksa	92,00	-0,81	**0,72**	10	20
Širina karapaksa	81,50	-0,31	**0,42**	10	20
Težina	82,00	-1,08	**0,43**	10	20
FCF	37,00	-0,04	**0,97**	5	15
CC	21,00	1,44	**0,15**	5	15

Tablica 12. Rezultati Mann-Whitney U testa usporedba Varoš – Ladvenjak, 2014., **ženke** (crveno=statistički značajne razlike)

Mann – Whitney U test, varijabla: POSTAJA, p < 0,05 , 2014., ž					
Varijabla	**U**	**Z**	**p-vrijednost**	**N – Ladvenjak**	**N – Varoš**
Ukupna dužina	58,00	-1,55	**0,12**	7	27
Dužina karapaksa	62,50	-1,36	**0,17**	7	27
Širina karapaksa	51,50	-1,83	**0,07**	7	27
Težina	54,50	-1,70	**0,09**	7	27
FCF	36,00	-2,27	**0,02**	7	24
CC	80,00	0,19	**0,85**	7	24



Slika 15. Rezultat Mann-Whitney U testa usporedba Varoš – Ladvenjak, 2014., **ženke**, prikaz FCF (engl. *Fulton's condition factor*)

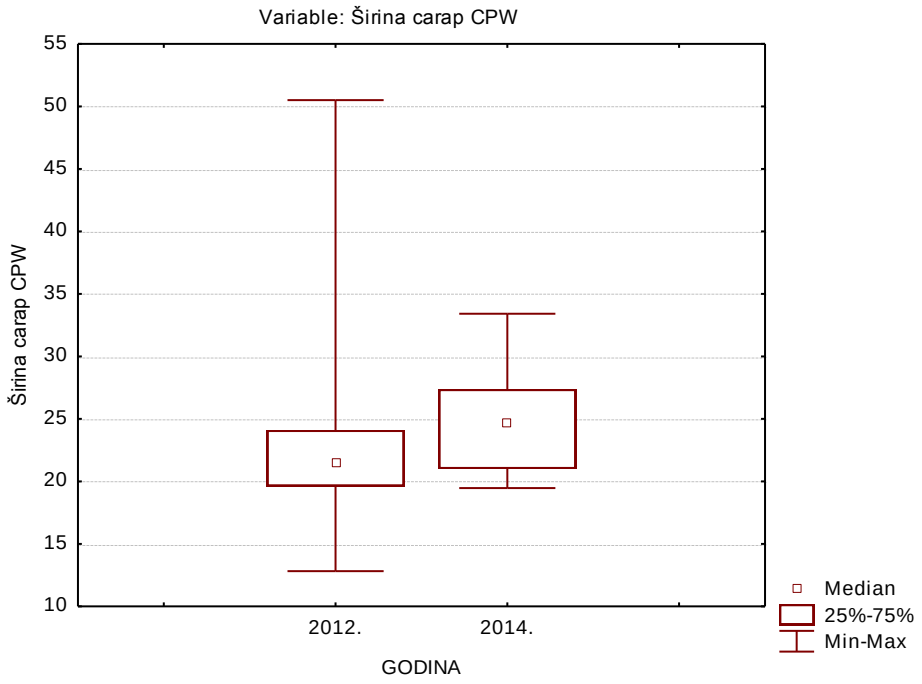
5.6. Usporedba mjerenih parametara 2012. i 2014. godine

Nadalje, analizirali smo postoji li značajna razlika u težini, morfometrijskim značajkama (ukupna dužina, dužina i širina karapaksa), te indeksima kondicije deseteronožnih rakova (FCF i CC) između dvije istraživane godine (2012. i 2014.), odvojeno za mužjake i ženke unutar svake populacije/ lokacije.

Usporedbe morfometrijskih karakteristika kroz vrijeme (dvije godine) kod mužjaka i ženki zasebno pokazale su kako na postaji Varoš nema statistički značajnih razlika u ukupnoj dužini, dužini karapaksa i težini za ženke, ali uočene su statistički značajne razlike u širini karapaksa (Mann-Whitney U test; $p < 0,05$) koje su pokazale da su ženke iz 2014. godine imale veću širinu karapaksa (Tablica 13.; Slika 16.). Kod mužjaka nisu zabilježene statistički značajne razlike u ukupnoj dužini, širini i dužini karapaksa i težini (Tablica 14.). Usporedbe indeksa tjelesne kondicije (FCF i CC) pokazale su kako kod ženki signalnog raka na postaji Varoš (ishodišna populacija) nema statistički značajne razlike između dviju godina (Mann-Whitney U test; $p < 0,05$; Tablica 13.), dok je kod mužjaka uočena statistički značajna razlika u Fultonovom kondicijskom faktoru (FCF) koji je bio niži 2014. godine (Tablica 14.; Slika 17.).

Tablica 13. Rezultati Mann-Whitney U testa usporedbe 2012. i 2014. za **ženke** na postaji **Varoš** (crveno=statistički značajne razlike)

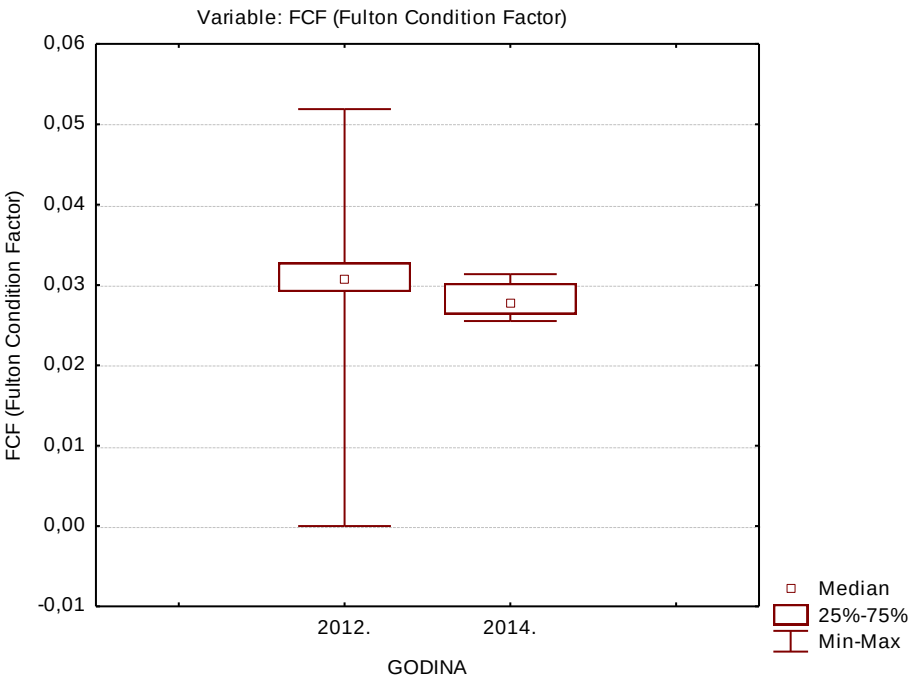
Mann – Whitney U test, varijabla: GODINA, p < 0,05 , Varoš, ž					
Varijabla	**U**	**Z**	**p-vrijednost**	**N – 2012.**	**N – 2014.**
Dužina karapaksa	2378,50	-1,48	**0,14**	654	10
Ukupna dužina	2183,00	-1,80	**0,07**	653	10
Širina karapaksa	1992,50	-2,12	**0,03**	654	10
Težina	2605,00	-1,08	**0,28**	651	10
FCF	1153,00	0,05	**0,96**	467	5
CC	1073,00	-0,35	**0,72**	473	5



Slika 16. Rezultati Mann-Whitney U testa usporedbe 2012. i 2014, **ženke, Varoš**, širina karapaksa

Tablica 14. Rezultati Mann-Whitney U testa usporedbe 2012. i 2014. za **mužjake** na postaji **Varoš** (crveno=statistički značajne razlike)

Mann – Whitney U test, varijabla: GODINA, p < 0,05 , Varoš, m					
Varijabla	**U**	**Z**	**p-vrijednost**	**N – 2012.**	**N – 2014.**
Dužina karapaksa	1171,00	-1,16	**0,24**	450	7
Ukupna dužina	1362,00	-0,59	**0,50**	448	7
Širina karapaksa	940,50	-1,83	**0,07**	450	7
Težina	1245,50	-0,93	**0,35**	448	7
FCF	526,50	2,52	**0,01**	339	7
CC	1009,00	0,72	**0,47**	343	7



Slika 17. Rezultati Mann-Whitney U testa usporedbe 2012. i 2014, **mužjaci, Varoš**, prikaz indeksa tjelesne kondicije FCF (engl. *Fulton's condition factor*)

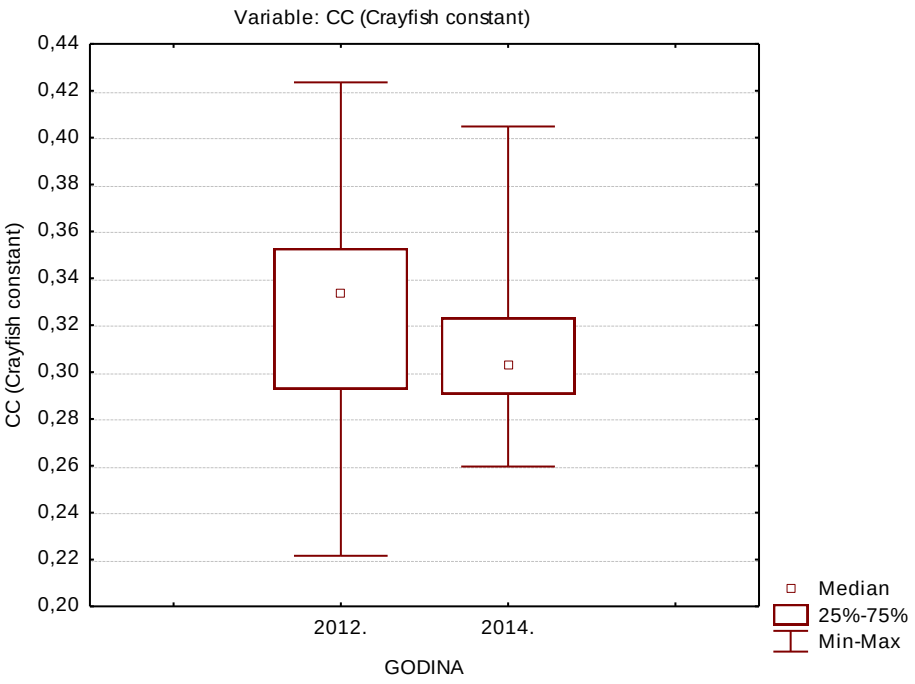
Usporedbe morfometrijskih karakteristika 2012. i 2014. godine na postaji Ladvenjak (zasebno za mužjake i ženke) pokazale su kako nema statistički značajnih razlika u ukupnoj dužini, dužini karapaksa i težini za ženke (t-test; $p < 0,05$ za sve parametre) niti u širini karapaksa i indeksima kondicije (Mann-Whitney U test; $p < 0,05$; Tablica 15.). Kod mužjaka nije uočena statistički značajna razlika u morfometrijskim parametrima (t-test; $p < 0,05$), ali u 2014. godini vrijednost CC indeksa rakova je bila statistički značajno manja, što znači da su mužjaci u lošijoj kondiciji 2014. godine (Mann-Whitney U test; $p < 0,05$; Tablica 16., Slika 18.).

Tablica 15. Rezultati t - testa i Mann-Whitney U testa usporedbe 2012. i 2014. za **ženke** na postaji **Ladvenjak**

t – test i Mann – Whitney U test, varijabla: GODINA, p < 0,05 , Ladvenjak, ž					
Varijabla	**t-vrijednost**	**U**	**p-vrijednost**	**N – 2012.**	**N – 2014.**
Dužina karapaksa	1,21	-	**0,23**	35	20
Ukupna dužina	0,73	-	**0,47**	35	20
Težina	0,63	-	**0,53**	35	20
Širina karapaksa	-	344,50	**0,92**	35	20
FCF	-	262,00	**1,00**	35	15
CC	-	231,00	**0,72**	33	15

Tablica 16. Rezultati t – testa i Mann-Whitney U testa usporedbe 2012. i 2014. za **mužjake** na postaji **Ladvenjak** (crveno=statistički značajne razlike)

t – test i Mann – Whitney U test varijabla: GODINA, p < 0,05 , Ladvenjak, m					
Varijabla	**t-vrijednost**	**U**	**p-vrijednost**	**N – 2012.**	**N – 2014.**
Dužina karapaksa	0,66	-	**0,09**	57	27
Ukupna dužina	-0,01	-	**0,10**	57	27
Težina	-0,22	-	**0,13**	57	27
Širina karapaksa	-	627,00	**0,20**	56	27
FCF	-	617,00	**0,49**	57	24
CC	-	429,00	**0,05**	50	24



Slika 18. Rezultati Mann-Whitney U testa usporedbe 2012. i 2014, **mužjaci, Ladvenjak**, prikaz indeksa tjelesne kondicije CC (engl. *Crayfish constant*)

6. RASPRAVA

Tijekom istraživanja u rijeci Korani 2014. godine ulovljene su isključivo jedinke strane invazivne vrste signalnog raka u relativno velikom broju. Dosadašnjim istraživanjima u rijeci Korani utvrđeno je kako postoje miješane populacije invazivne vrste signalnog raka i autohtone vrste uskoškarog raka, koje su prisutne na uzvodnoj i nizvodnoj fronti širenja signalnog raka rijekom Koranom (Hudina i sur., 2013). No, u ovom istraživanju nije ulovljena niti jedna jedinka uskoškarog raka, čak niti na lokaciji gdje su 2012. godine autohtoni rakovi bili prisutni (nizvodna fronta- postaja Ladvenjak). Možemo zaključiti kako je populacija agresivnije invazivne vrste u razdoblju od dvije godine potisnula populaciju autohtone vrste. Ovaj rezultat ukazuje (potvrđuje) na veliku opasnost koju predstavljaju invazivne strane vrste rakova (u ovom slučaju signalni rak) za autohtone vrste (u ovom slučaju uskoškari rak) koja je vjerojatno istisnuta iz ovog područja. Ovakvo stanje može biti posljedica kompeticije za hranu i ostale limitirane resurse poput skloništa (Westman i sur., 2002; Garvey i sur., 1994), te činjenice da je signalni rak prijenosnik gljivice koja uzrokuje račju kugu, na koju autohtona vrsta nije otporna (Kozubíkova i sur., 2009). Pretpostavlja se da su to ključni čimbenici koji su doveli do nestanka autohtone vrste uskoškarog raka s istraživanog područja rijeke Korane. Također, moguće je kako su na istraženim lokacijama uskoškari rakovi prisutni, ali u vrlo malom broju, te zbog male gustoće nisu ulovljeni prilikom uzorkovanja. Stoga bi bilo potrebno provesti daljnja istraživanja autohtone vrste uskoškarog raka, ali uz primjenu većeg lovnog napora, što bi pružilo potpuniju sliku njihove trenutne rasprostranjenosti.

Provedenim istraživanjem zabilježene su razlike u relativnoj gustoći jedinki duž invazivnog areala signalnog raka, pri čemu je 2014. godine populacija na fronti širenja imala veću relativnu gustoću jedinki od ishodišne populacije iz središta areala rasprostranjenosti signalnog raka. Usporedbom rezultata dobivenih 2014. godine s rezultatima iz prijašnjih istraživanja (Hudina i sur., 2013) ustanovljeno je kako se gustoća populacije signalnog raka bitno promijenila. Naime, 2012. godine najveća relativna gustoća jedinki zabilježena je na lokaciji Varoš (ishodišna populacija), dok je populacija na fronti (Ladvenjak) imala manji CPUE, odnosno manju relativnu gustoću (Slika 10.). Možemo pretpostaviti kako je pad relativne gustoće jedinki u ishodišnoj populaciji zabilježen 2014. godine uzrokovan velikom kompeticijom za resurse u toj gustoj populaciji, a kako je povećanje relativne gustoće na bivšoj fronti invazije posljedica rasta populacije na području na kojem još uvijek ima dovoljno resursa. Međutim, treba uzeti u obzir da je sposobnost ulova rakova pod utjecajem i

drugih čimbenika, kao što su veličina, spol, reprodukcijski ciklus, zdravstveno stanje jedinki i temperatura vode (Abrahamsson, 1983). Naše istraživanje provedeno je u ljetnim mjesecima (u srpnju) i tada je povećana aktivnost jedinki signalnog raka, jer više temperature povisuju metabolizam životinja i povećavaju njihovu pokretljivost pa je i mogućnost ulova veća pri višim temperaturama (Ackefors, 1999). Osim navedenih čimbenika, ulov može ovisiti i o vremenu uzrokovanja, kvaliteti vode, dubini vode, vrsti i dizajnu zamke, te mamcu kojeg koristimo (Romaire, 1995). Osim toga, vrlo bitno je i kako postavljamo zamke, one ne bi trebale biti ni preblizu ni predaleko jedna od druge, te u podjednakim razmacima (Romaire, 1995), pa smo ih tako i postavljali. Potrebno je spomenuti kako su u istraživanju korištene LiNi vrše (Westman i sur., 1978) čiji je ulazni otvor promjera 6 cm, što znači da su selektivne za veličinu rakova (Hogger, 1988), jer veličina ulaza i veličina oka dozvoljava jedinkama manjim od 6 cm bijeg iz vrša (Skurdal i Taugbøl, 2002), stoga se procjena populacije odnosi na dio populacije veći od 6 cm. S obzirom da signalni rak dostiže spolnu zrelost pri veličini od 6 do 9 cm (Souty-Grosset i sur., 2006) to nam pokazuje kako smo provedenim istraživanjem obuhvatili dio spolno zrele populacije. U ovom istraživanju najmanja ukupna dužina (TL, *total length*) ženke na postaji Ladvenjak iznosila je 81,74 mm, a mužjak bio je 85,11 mm ukupne dužine dok je na postaji Varoš najmanja zabilježena ukupna dužina mužjaka iznosila 26,02 mm, a ženke 84,50 mm. Na postaji Varoš ulovljena je jedna jedinka od 26,02 mm, no to nije bilo očekivano jer su naše vrše bile selektivne, i s obzirom kako je riječ o samo jednoj jedinki koja je manja od 6 cm, možemo pretpostaviti kako je ona slučajno ostala u vrši. Kako bi se procijenio udio juvenilnih jedinki u populaciji, trebala bi se provesti dodatna istraživanja koja bi uključivala primjenu drugih metoda lova (posebno dizajniranim vršama), jer naši se rezultati odnose uglavnom na odrasle jedinke u populaciji.

Ukupni omjer spolova uravnotežen je ukoliko omjer mužjaci:ženke iznosi približno 1:1 (Lewis, 2002). U rezultatima prikupljenim 2014. godine i na postaji Ladvenjak i na postaji Varoš omjer spolova (M:Ž) iznosio je 1: 0,7, a upotrebom Hi-kvadrat testa ustanovili smo kako omjer M:Ž nije statistički značajno različit između godina. Iz toga možemo zaključiti kako je riječ o stabilnim populacijama na obje lokacije. Druga istraživanja širenja signalnog raka u rijeci Korani kao i drugim rijekama u Hrvatskoj pokazala su kako na frontama širenja često dominiraju mužjaci (Hudina i sur., 2012). Ustanovljeno je kako su mužjaci uglavnom prvi koji će se proširiti od ishodišta invazije i naseliti nova staništa zbog toga što su agresivniji od ženki, lakše će se izboriti za hranu i stanište na novom prostoru (Fero i sur., 2007; Berry i Breithaupt, 2010). Naši rezultati podupiru ovu teoriju, na lokaciji Ladvenjak

(populacija na fronti širenja 2012.) omjer spolova (M:Ž) 2012. bio je 1:0,4, dok je dvije godine kasnije (2014. godine), omjer spolova M:Ž iznosio je 1: 0,7. To ukazuje kako se udio ženki u populaciji povećao kroz vrijeme. Također, dosadašnjim istraživanjima utvrđeno je kako aktivnost mužjaka i ženki ovisi o godišnjem periodu, ustanovljeno je kako su ženke slabije aktivne od jeseni do proljeća kada nose jaja (Bubb i sur., 2004), dok su oba spola najaktivnija u jesen, odnosno u doba parenja i u potrazi za partnerom (Souty-Grosset i sur., 2006). Naše istraživanje je provedeno u ljetnim mjesecima, tako da su tada oba spola bila podjednako aktivna.

Našim smo istraživanjem također zabilježili značajne razlike između spolova u mjerenim morfometrijskim parametrima i težini i potvrdili teoriju o spolnom dimorfizmu kod rakova (Souty-Grosset, 2000). U prosjeku, ulovljeni mužjaci bili su veći i teži od ženki, što je u skladu s očekivanjima (pogotovo na postaji Ladvenjak; Slike 12. do 14.), jer lovljene su veće (odrasle) jedinke, a rastom tijela i postizanjem spolne zrelosti spolni dimorfizam u rakova postaje sve izraženiji kao posljedica alometrijskog rasta (Skurdal i Taugbøl, 2002). Zato smo sve parametre promatrali zasebno, odnosno sve analize radili posebno, za mužjake i za ženke. Razlike u morfologiji rakova ne moraju biti samo na razini vrste i spola, već i između populacija iste vrste na različitim staništima, koje su rezultat prilagodbi na uvjete u okolišu (Souty-Grosset, 2000; Sint i sur., 2006), stoga smo nakon usporedbe spolova radili usporedbu populacija između ispitanih lokacija. Naši rezultati pokazuju kako ne postoje statistički značajne razlike u morfometrijskim parametrima niti za mužjake niti za ženke između ispitanih lokacija (Ladvenjak – Varoš). Rezultate možemo objasniti time što su signalni rakovi uneseni iz istog izvora (slične ili zajedničke genetske značajke), a uvjeti staništa i hidromorfološke karakteristike, bilo da je riječ o fronti ili središtu invazije su gotovo jednake s obzirom da invazivni areal signalnog raka u rijeci Korani obuhvaća malo područje (10 kilometara), odnosno približno 7 % toka rijeke Korane. Također, većina morfometrijskih pokazatelja nije se bitno razlikovala u odnosu na godinu istraživanja (2012. i 2014. godina). Jedino je uočena značajna razlika u širini karapaksa kod ženki na postaji Varoš, naime ženke ulovljene 2014. godine imale su veću širinu karapaksa od ženki ulovljenih 2012. godine (Slika 16.).

Indeksi kondicije (CC i FCF) smatraju se dobrim pokazateljem stanja populacije slatkovodnih rakova u usporedbama između različitih staništa, uzrasnih struktura ili različitih godišnjih doba (Maguire i Klobučar, 2011). Treba napomenuti kako su indeksi kondicije tijela ovisni o spolu i veličini životinja (Streissl i Hödl, 2002), pa smo stoga indekse morali računati posebno

za svaki spol, te nisu korištene oštećene i asimetrične jedinke (jedinke kod kojih su zabilježene ozljede i započeo je proces regeneracije) kako bi dobili što točnije rezultate. Prilikom usporedbe kondicijskih indeksa između istraživanih postaja 2014. godine, zasebno za svaki spol, pokazali smo da se ženke između ovih dviju postaja razlikuju u Fultonovom kondicijskom indeksu (FCF), odnosno na postaji Ladvenjak (fronta invazije) su bile u boljoj tjelesnoj kondiciji (Tablica 12.; Slika 15.). Prilikom usporedbe kondicijskih indeksa između ispitanih godina (2012. i 2014.) zasebno za svaki spol, ustanovljeno je kako je kondicija mužjaka bila lošija (niži CC; Slika 18.) 2014. godine na Ladvenjaku (fronti širenja). Takvi rezultati u skladu su sa očekivanima jer je gustoća populacije na fronti porasla, što je rezultiralo manjkom resursa i većom kompeticijom među jedinkama te njihovom nižom kondicijom, a slični rezultati zabilježeni su i u drugim istraživanjima (Hudina i sur., 2013). Na postaji Varoš također je zabilježen značajno niži kondicijski indeks (FCF; Slika 17.) 2014. godine kod mužjaka, najvjerojatnije je isto razlog veća kompeticija unutar populacije (iako se gustoća populacije smanjila). Mužjaci su u našem istraživanju bili u lošijoj kondiciji vjerojatno zato što su agresivniji od ženki signalnog raka, te je kompeticija unutar populacije i borba za resurse izraženija.

Razumijevanje adaptacije i širenja tijekom invazije važno je za upravljanje invazivnim vrstama (Phillips i sur., 2010). Za same jedinke koje koloniziraju novi životni prostor, širenje donosi mnoge prednosti, ali i neke opasnosti. Glavne opasnosti su susreti s novim predatorima, te promijenjeni uvjeti u okolišu koji do određene mjere mogu biti nepovoljni za invazivnu vrstu (Lockwood i sur., 2010). U takvim situacijama jedinke će imati lošiju tjelesnu kondiciju. No, širenje donosi i brojne prednosti za vrstu kao što je oslobađanje od postojećih predatora i bolesti, te manja gustoća populacije, smanjena intraspecijska kompeticija i više resursa (Phillips i sur., 2010). Bolja tjelesna kondicija potencijalno može dovesti do ubrzanog rasta jedinki (Phillips i sur., 2010). Ubrzani rast jedinki također može uzrokovati ranije dostizanje veličine pri kojoj nastupa spolna zrelost (od 6 do 9 cm ukupne dužine kod signalnog raka; Souty-Grosset i sur., 2006), što bitno utječe i na stopu rasta same populacije.

Primjeri uspješne kontrole invazije signalnog raka su vrlo rijetki i ograničeni na manje vodotoke (Dana sur,. 2010) ili na izolirana vodna tijela (Peay i sur., 2006;. Freeman i sur., 2009). Korana je rijeka srednje veličine, ali za sada je opseg ove invazije lokaliziran na donji dio toka, stoga bi se trebale poduzetni aktivnosti uklanjanja invazivne vrste dok se vrsta nije još više proširila. Mjere zaštite naših autohtonih vrsta rakova postoje, ali ih hitno treba provesti. Ovo istraživanje može poslužiti kao podloga za daljnja istraživanja invazivnih vrsta

rakova, jer predstavlja klasični primjer kako invazivna vrsta može bitno smanjiti gustoću populacije autohtone vrste na nekom području. Signalni rak u rijeci Korani predstavlja direktnu opasnost za tri autohtone vrste rakova zabilježene u rijeci i pritocima: *Astacus astacus* (Linné), *Astacus leptodactylus* Eschscholtz i *Austropotamobius torrentium* (Schrank). Ove spoznaje mogu biti važne za procjenu i upravljanje invazivnim vrstama, osobito u osjetljivim ekosustavima, kao što su to slatkovodni ekosustavi (Dudgeon i sur., 2006; Strayer, 2010).

7. ZAKLJUČAK

Tijekom istraživanja u rijeci Korani, ulovljene su samo jedinke invazivne strane vrste signalnog raka (*Pacifastacus leniusculus*). S obzirom da nalaz autohtone vrste uskoškarog raka (*Astacus leptodactylus*) u rijeci nije potvrđen 2014. godine, možemo zaključiti da je kompetitivno jača, agresivnija i fertilnija invazivna strana vrsta potisnula populaciju autohtone vrste uskoškarog raka u rijeci na istraživanim lokalitetima, te da donjim dijelom rijeke Korane dominira invazivna vrsta signalni rak.

Zabilježene su razlike u relativnoj gustoći jedinki duž invazivnog areala signalnog raka, pri čemu je 2014. godine populacija na fronti širenja imala veću relativnu gustoću jedinki od ishodišne populacije iz središta areala rasprostranjenosti signalnog raka.

Istraživanjem smo utvrdili razlike u morfometrijskim parametrima između spolova, odnosno potvrdili kako i kod signalnog raka postoji spolni dimorfizam.

Rezultati iz 2014. godine ukazuju da je i na postaji Ladvenjak i na postaji Varoš omjer spolova bio ujednačen, iz čega možemo zaključiti kako je riječ o stabilnim populacijama na obje lokacije.

Naši rezultati pokazuju kako ne postoje statistički značajne razlike u morfometrijskim parametrima, niti za mužjake niti za ženke, niti između istraženih lokacija (Ladvenjak – Varoš), niti između godina (2012. i 2014.). Razlog je to što je populacija signalnog raka vjerojatno unesena iz istog izvora. Osim toga, s obzirom da je riječ o manjem invazivnom arealu, karakteristike staništa ne razlikuju se na dvije ispitane lokacije, a i nisu se bitno promijenile u razdoblju od dvije godine.

Zaključili smo kako su mužjaci u našem istraživanju 2014. godine bili u lošijoj tjelesnoj kondiciji (na obje ispitane lokacije) u odnosu na 2012. godinu, što je vjerojatno posljedica intraspecijskih (intrapopulacijskih) odnosa.

8. LITERATURA

1. Abrahamsson S. (1972): Fecundity and growth of some populations of *Astacus astacus* Linne in Sweden. Reports of the Institite of Fresh-water Research, Drottninholm, 52: 23-27.

2. Abrahamsson S. (1983): Trapability, locomotion, and diet pattern of activity of the crayfish *Astacus astacus* and *Pacifastacus lenusculus* Dana. Freshwater Crayfish, 5: 239-253.

3. Ackefors, H. (1999): Observations on the yearly life cycle of *Astacus astacus* in a small lake in Sweden. Freshwater crayfish, 12: 413-429.

4. Alekhnovich A., Kulesh V., Ablov S. (1999): Growth and size structure of narrow-clawed crayfish *Astacus leptodactylus* Esch. in its eastern area. Freshwater Crayfish, 12: 550–554.

5. Alpert P., Bone E., Holzapfel C. (2000): Invasiveness, invasibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants. Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics, 32: 159-181.

6. Baiser B., Lockwood J. L. (2011): The relationship between functional and taxonomic homogenization. Global Ecology and Biogeography, 20: 134–144.

7. Balian E.V., Segers H., Lévèque C., Martens K. (2008): The freshwater animal diversity assessment: an overview of the results. Hydrobiologia, 595: 627-637.

8. Barun A., Simberloff D., Budinski I. (2010): Impact of the small Indian mongoose on native amphibians and reptiles of the Adriatic islands. Croatia. Animal Conservation, 13: 549-555.

9. Bomford N., Barry S.C., Lawrence E. (2010): Predicting establishment success for introduced freshwater fishes: a role for climate matching. Biological Invasions, 12: 2559–2571.

10. Bubb D. H., Thom T. J., Lucas M. C. (2006): Movement, dispersal and refuge use of co-occurring introduced and native crayfish. Freshwater Biology, 51: 1359-1368.

11. DAISIE (2015): Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe: http://www.europe-aliens.org/aboutDAISIE.do# ; Pristupljeno 08.07.2015.

12. Dana E.D., López-Santiago J., García-De-Lomas J., Garcia-Ocaña D.M., Gámez V., Ortega F. (2010): Long-term management of the invasive *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) in a small mountain stream. Aquatic Invasions, 5(3): 317–322.

13. Dudgeon D., Arthington A.H., Gessner M.O., Kawabatam Z.I., Knowler D.J., Lévêque C., Naiman R.J., Prieur-Richard A.H., Soto D., Stiassny M.L.J., Sullivan C.A. (2006): Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. Biological Reviews, 81: 163-182.

14. DZZP (2015): http://www.dzzp.hr/ ; Pristupljeno: 20.08.2015.

15. Gajić-Čapka M., Zaninović K. (2004): Climate conditions in the Sava, Drava and the Danube River basins. Croatian Waters, 12(49): 297–312.

16. Garvey J., Stein R., Thomas H. (1994): Assessing how fish predation and interspecific prey competition influence a crayfish assemblage. Ecology, 75(2): 532-547.

17. Gherardi F. (2002): Behaviour. U: Holdich D. M. (ur.): Biology of freshwater crayfish. Bleckwell science, Oxford, str. 258-291.

18. Gherardi F. (2007): Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats. Springer, Dordrecht.

19. Giller S.P., Malmqvist B. (1998): The biology of streams and rivers, Oxford, New York, str. 1-154.

20. Govedič M. (2006): Potočni raki Slovenije: razširjenost, ekologija, varstvo. Center za kartografijo favne in flore, Miklavţ na Dravskem polju, str. 1-15.

21. Grandjean F., Cornuault B., Archambault S., Bramard M., Otresky G. (2000): Life history and population biology of the white-clawed crayfish, *Austropotamobius pallipes pallipes*, in a brook from the Poitou-Chrentes region (France). Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 356: 55-70.

22. Hein C.L., Vander Zanden M.J., Magnuson J.J. (2007): Intensive trapping and increasedn fish predation cause massive population decline of an invasive crayfish. Freshwater Biology, 52: 1134-1146.

23. Hudina S. (2012): Distribution and population characteristics of the invasive alien crayfish in Croatia. Doktorski rad. University of Zagreb, Croatia.

24. Hudina S., Faller M., Lucić A., Klobučar G., Maguire I. (2009): Distribution and dispersal of two invasive crayfish species in the Drava River basin, Croatia. Knowledge and management of aquatic ecosystems, 9: 394–395.

25. Hudina S., Galic N., Roessink I., Hock K. (2011): Competitive interactions between co-occurring invaders: Identifying asymmetries between two invasive crayfish species. Biological Invasions, 13(8): 1791–1803.

26. Hudina S., Žganec K., Lucić A., Trgovčević K., Maguire I. (2013): Recent Invasion of the Karstic River Systems in Croatia Through Illegal Introductions of the Signal Crayfish. Freshwater Crayfish, 19: 21-27.

27. Hogger J. B. (1988): Ecology, population biology and behaviour. U: Holdich D. M. i Lowery R. S. (ur.): Freshwater crayfish: Biology, Management and Exploitation. The University Press, Cambridge, str. 114–144.

28. Holdich D. (2002): General biology. U: Holdich D. M. (ur.): Biology of freshwaetr crayfish. Blackwell Science, Oxford, str. 1-27.

29. Holdich D., Reynolds J., Souty-Grosset C., Sibley P. (2009): A rewiev of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. Knowledge and management of aquatic ecosystems, 11: 394-395.

30. ISSG (2010): Invasive Species Specialist Group, http://www.issg.org/issg_map/europe.html ; Pristupljeno 20. 08. 2015.

31. ISSG (2015): Invasive Species Specialist Group, http://www.issg.org/issg_map/europe.html ; Pristupljeno 20.07.2015.

32. IUCN (2010): International Union for Conservation of Nature, http://www.iucn.org/about/union/secretariat/offices/iucnmed/iucn_med_programme/species/invasive_species/ ; Pristupljeno 07. 09. 2015.

33. IUCN (2015): The IUCN Red List of Threatened Species, http://www.iucnredlist.org Pristupljeno 20. 07. 2015.

34. Jousson O., Pawlowski J., Zaninetti L., Meinesz A., Boudouresque C-F. (1998): Molecular evidence for the aquarium origin of the green alga *Caulerpa taxifolia* introduced to the Mediterranean Sea. Marine Ecology Progress Series, 172: 275-280.

35. Klobučar A., Merdić E., Benić N., Baklaić Ž., Krčmar S. (2006): First record of *Aedes albopictus* in Croatia. American Mosquito Control Association, 22: 147–148.

36. Kozubíková E., Filipová L., Kozák P., Ďuriš Z., Martín MP., Diéguez-Uribeondo J., Oidtmann B., Petrusek A. (2009): Prevalence of the crayfish plague pathogen *Aphanomyces astaci* in invasive American crayfishes in the Czech Republic. Conservation Biology, 23(5): 1204–1213.

37. Lewis S. (2002): *Pacifastacus*. U: Holdich, D. (ur.) Biology of Freshwater Crayfish. Blackwell Science. London, str. 511-534.

38. Lockwood L., Hoopes J,. Martha F., Marchetti P. (2010): Invasion ecology. Blackwell publishing, Oxford, United Kingdom.

39. Martin J.W., Davis G.E. (2001): An updated classification of the recent Crustacea. No. 39 Science Series. Natural History Museum of Los Angeles County, CA.

40. Maguire I., Gottstein-Matočec S. (2004): The distribution pattern of freshwater crayfish in Croatia. Crustaceana, 77(1): 25–49.

41. Maguire I., Jelić M., Klobučar G. (2011): Update on the distribution of freshwater crayfish in Croatia. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 401: 31–40.

42. Maguire I., Klobučar G., Faller M., Machino Y., Kučinić M., Žužul M. (2006): Updates on the distribution of the white-clawed and the narrow-clawed crayfish in Croatia. Crayfish News, 28(1): 4–5.

43. Maguire I., Klobučar G., Marčić Z., Zanella D. (2008): The first record of *Pacifastacus leniusculus* in Croatia. Crayfish news, 30: 4.

44. NARODNE NOVINE 70/05 i 139/08. Zakon o zaštiti prirode (70/05) i Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o zaštiti prirode (139/08).

45. NARODNE NOVINE 99/09. Pravilnik o proglašavanju divljih svojti zaštićenim i strogo zaštićenim.

46. Nyström P., Brönmark C., Granéli W. (1996): Patterns in benthic food webs: a role for omnivorous crayfish? Freshwater Biology, 36: 631–646.

47. Peig J., Green AJ. (2010): The paradigm of body condition: a critical reappraisal of current methods based on mass and length. Functional Ecology, 24: 1323–1332.

48. Peternel R., Culig J., Srnec L., Mitić B., Vukusić I., Hrga I. (2002-2003): Variation in ragweed *(Ambrosia artemisiifolia L.)* pollen concentration in central Croatia. Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 12: 11–6.

49. Phillips B.L., Brown G.P., Shine R. (2010): Life-history evolution in range-shifting populations. Ecology, 91(6): 1617–1627.

50. Pimentel D., McNair S., Janecka J., Wightman J., Simmonds C., O'Connell C., Wong E., Russel L., Zern J., Aquino T., Tsomondo T. (2002): Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. Agriculture, Ecosystems and Environment, 84: 1–20.

51. Roglić J. (1974): Unique morphological features of Plitvice Lakes National Park. U: Gušić B., Mrakovičić M. (ur.), Plitvice Lakes – man and nature. Plitvice Lakes National Park, Croatia.

52. Romaire R.P. (1995): Harvesting methods and strategies used commercial procambarid crawfish aquaculture. Journal of Shellfish Research, 14: 545-551.

53. Ruesink J.L. (2005): Global analysis of factors affecting the outcome of freshwater fish introductions. Conservation Biology, 19: 1883–1893.

54. Sint D., Dalla Via J., Füreder L. (2007): Phenotypical characterization of indigenous freshwater crayfish populations. Bulletin français de la pêche et de la pisciculture, 273: 210–219.

55. Skurdal J., Taugbøl T. (2002): Astacus. U: Holdich D. M. (ur.): Biology of freshwater crayfish. Bleckwell science, Oxford, str. 467-510.

56. Souty-Grosset C., Holdich D.M., Noel P. Y., Reynolds J.D., Haffner P. (2006): Atlas of crayfish in Europe, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.

57. Strayer D. (2006): Challenges for freshwater invertebrate conservation. Journal of the North American Benthological Society, 25: 271-185.

58. Streissl F., Hödl W. (2002): Growth, morphometrics, size at maturity, sexual dimorphism and condition index of *Austropotamobius torrentium* Schrank. Hydrobiologia, 477: 201-208.

59. Taugbøl T., Johnsen S. I. (2006): NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Pacifastacus leniusculus*. Iz: Online Database of the North European and Baltic Network on Invasive Alien Species. – NOBANIS www.nobanis.or; Pristupljeno 20.8.2015.

60. Westman K., Pursiainen M., Vilkman R. (1978): A new folding trap model which prevents crayfish from escaping. Freshwater Crayfish, 4: 235–242.

61. Westman K., Savolainen R. (2002): Growth of the signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, in a small forest lake in Finland. Boreal Environment Research, 7(1): 53-61.

62. Williamson M. (1996): Biological invasions. Chapman & Hall, London.

63. Zar J. (1996): Biostatistical analyses. Prentice Hall, London.

9. ŽIVOTOPIS

OSOBNE INFORMACIJE Šimunić Bernarda

7. jazbinski odvojak br. 1, 10000 Zagreb (Hrvatska)

0917621710

wanderingfighter@msn.com

Spol Žensko | Datum rođenja 16/07/1989 | Državljanstvo hrvatsko

OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

2013–danas Magistar struke znanosti o okolišu

Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb (Hrvatska)

Biološki odsjek

Smjer: Znanosti o okolišu

2008–2013 Sveučilišni prvostupnik struke znanosti o okolišu (univ.bacc.oecol.)

Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb (Hrvatska)

Biološki odsjek

Smjer: Znanosti o okolišu

2004–2008 Maturant gimnazije

Gornjogradska gimnazija, Zagreb (Hrvatska)

OSOBNE VJEŠTINE

Materinski jezik: hrvatski

Ostali jezici

	RAZUMIJEVANJE		GOVOR		PISANJE
	Slušanje	Čitanje	Govorna interakcija	Govorna produkcija	
engleski	B2	B2	B2	B2	B2
španjolski	A1	A1	A1	A1	A1

Stupnjevi: A1 i A2: Početnik - B1 i B2: Samostalni korisnik - C1 i C2: Iskusni korisnik
Zajednički europski referentni okvir za jezike

Komunikacijske vještine: Stečene tijekom preddiplomskog i diplomskog studija na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu, prilikom izrade brojnih, uz kolege vezanih projekata i prezentacija. Timski rad na terenu prilikom manjih istraživanja vezanih uz kolegije, timski rad u laboratoriju. Odlično poznavanje i aktivno korištenje engleskog jezika. Izdrada brojnih seminara tijekom školovanja.

Organizacijske / rukovoditeljske vještine

Sposobnost obavljanja tehničkih i stručnih poslova vezanih uz istraživanja iz biologije, geologije, geografije i ostalih prirodoslovnih grana, te u državnim institucijama i tvrtkama koje djeluju u okviru zaštite prirode i okoliša. Sposobnost obavljanja poslova u industriji, poljoprivredi, biomedicini te sličnim područjima. Sposobnost rada u laboratoriju, rada na terenu, analize terenskih podataka te izrada zaključaka, seminara i radova.

Poslovne vještine

Sposobnost rada u laboratoriju, rada na terenu, vladanje posebnom vrstom opreme (laboratorijska i terenska oprema), prikupljanje podataka i uzoraka, analiziranje podataka i uzoraka. Stečeno znanje korištenja mikroskopa, osnovno znanje determinacije, te druge analize iz područja biologije, geologije i geografije.

Digitalna kompetencija

SAMOPROCJENA				
Obrada informacija	Komunikacija	Stvaranje sadržaja	Sigurnost	Rješavanje problema
Samostalni korisnik	Samostalni korisnik	Samostalni korisnik	Temeljni korisnik	Temeljni korisnik

Informacijsko-komunikacijske tehnologije - tablica za samoprocjenu

Vrlo dobro poznavanje rada na računalu. Dobro poznavanje Microsoft Office paketa, (posebice Word, Excel i Powerpoint). Poznavanje rada u grafičkom programu Adobe Photoshop (mogučnost uređivanja multimedijskog sadržaja). Osnovno znanje izrade web stranica, bloga, osnovno poznavanje HTML-a. Aktivno i svakodnevno korištenje internetskih pretraživača, te osnovnih programa na računalu. Poznavanje rada u ArcGIS programu, te poznavanje rada u statističkom programu Statsoft STATISTICA.