

UNIVERZA V MARIBORU
FAKULTETA ZA NARAVOSLOVJE IN MATEMATIKO
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

MAGISTRSKO DELO

Jernej Košir

Maribor, 2020

UNIVERZA V MARIBORU
FAKULTETA ZA NARAVOSLOVJE IN MATEMATIKO
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Jernej KOŠIR

Popis in ocena velikosti populacije signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae, Decapoda) v reki Dravi med HE Vuhred in HE Ožbalt

Survey and population size estimation of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae, Decapoda) in river Drava between Vuhred and Ožbalt hydroelectric power plants

MAGISTRSKO DELO

Mentor: prof. dr. Franc Janžekovič

Maribor, 2020

UNIVERZA V MARIBORU
FAKULTETA ZA NARAVOSLOVJE IN MATEMATIKO

IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE OBLIKE
ZAKLJUČNEGA DELA

Ime in priimek študenta: Jernej Košir

Študijski program: Biologija in ekologija z naravovarstvom

Naslov zaključnega dela: Popis in ocena velikosti populacije signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae, Decapoda) v reki Dravi med HE Vuhred in HE Ožbalt

Mentor: prof. dr. Franc Janžekovič

Podpisani študent Jernej Košir:

- izjavljam, da je zaključno delo rezultat mojega samostojnega dela, ki sem ga izdelal ob pomoči mentorja;
- izjavljam, da sem pridobil vsa potrebna soglasja za uporabo podatkov in avtorskih del v zaključnem delu in jih v zaključnem delu jasno in ustrezno označil;
- na Univerzo v Mariboru neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico ponuditi zaključno delo javnosti na svetovnem spletu preko DKUM; sem seznanjen, da bodo dela deponirana/objavljena v DKUM dostopna široki javnosti pod pogoji licence Creative Commons BY-NC-ND, kar vključuje tudi avtomatizirano indeksiranje preko spleta in obdelavo besedil za potrebe tekstovnega in podatkovnega rudarjenja in ekstrakcije znanja iz vsebin; uporabnikom se dovoli reproduciranje brez predelave avtorskega dela, distribuiranje, dajanje v najem in priobčitev javnosti samega izvirnega avtorskega dela, in sicer pod pogojem, da navedejo avtorja in da ne gre za komercialno uporabo;
- dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v zaključnem delu in tej izjavi, skupaj z objavo zaključnega dela;
- izjavljam, da je tiskana oblika zaključnega dela istovetna elektronski obliki zaključnega dela, ki sem jo oddal za objavo v DKUM.

Košir, J.: Popis in ocena velikosti populacije signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae, Decapoda) v reki Dravi med HE Vuhred in HE Ožbalt. Magistrsko delo. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo, 2020.

Košir, J.: Popis in ocena velikosti populacije signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae, Decapoda) v reki Dravi med HE Vuhred in HE Ožbalt. Magistrsko delo. Univerza v Mariboru. Fakulteta za naravoslovje in matematiko, 2020.

IZVLEČEK

V magistrski nalogi smo proučili populacijo signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) v reki Dravi na območju med hidroelektrarnama Vuhred in Ožbalt. Na tem območju smo preverili prisotnost signalnega raka ocenili relativno gostoto populacije.

Uporabili smo 355 osebkov signalnega raka, ki smo jih odlovili z vršami v štirih zaporednih nočeh. Za odlov smo pridobili dovoljenje Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano št. 3420-12/2018/5 in dopolnilno dovoljenje št. 3420-12/2018/7. Analizirali smo razlike med spoloma (spolni dimorfizem), poškodovanost in prisotnost (relativno gostoto) glede na substrat in hitrost vodnega toka. Morfometrične meritve smo izvedli s kljunastim merilom, statistične analize pa smo izvedli z ustreznimi statističnimi testi.

Ugotovili smo, da je signalni rak prisoten na celotnem odseku reke Drave med hidroelektrarno Vuhred in hidroelektrarno Ožbalt, saj smo ga odlovili na vseh mikrolokacijah. Povprečna relativna gostota, določena z ulovom na enoto ribolovnega napora, je 4,7 signalnih rakov/ribolovno noč in je močno povezana s hitrostjo vodnega toka in substratom. Relativna gostota signalnih rakov upada z manjšanjem hitrosti vodnega toka in z oddaljevanjem od hidroelektrarne Vuhred, z naraščanjem velikosti substrata se relativna gostota populacije zvišuje. Populacije dosegajo najvišje relativne gostote na substratu kamnometa, najnižje pa na substratu peska.

Zaznali smo statistično značilen spolni dimorfizem v velikosti in širini glavoprsja in levih ter desnih škarij. V povprečju je poškodovanih 45,6 % vseh rakov. Največkrat poškodovani deli telesa so noge, sledijo škarije. Razlik pri vrstah poškodovanosti med spoloma nismo zaznali, prav tako ni razlik pri vrstah poškodovanosti glede na mikrolokacije, razlikuje se delež poškodovanih med mikrolokacijami. Vpliva številčnosti oziroma relativne gostote na poškodovanost rakov nismo potrdili.

Ključne besede: *Pacifastacus leniusculus*, invazivne tujerodne vrste, reka Drava, relativna gostota

Košir, J.: Survey and population size estimation of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae, Decapoda) in river Drava between Vuhred and Ožbalt hydroelectric power plants. Master thesis. University of Maribor, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Department of Biology, 2020.

ABSTRACT

In the master's thesis, we studied the population of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in the Drava River, between the hydroelectric power plants Vuhred and Ožbalt. In this area, we checked the occurrence of signal crayfish and estimated the relative population density.

We used 355 specimens of signal crayfish, which we trapped with crayfish traps during four consecutive nights. We obtained a permit No. 3420-12/2018/5 from the Ministry of Agriculture, Forestry and Food and a supplementary permit No. 3420-12/2018/7. Gender differences (sexual dimorphism), injuries and presence (relative density) were analyzed. The presence was analyzed in terms of substrate and water flow velocity. Biometric measurements were carried out with a digital calliper, and statistical analyzes were performed with appropriate statistical tests.

We found out that signal crayfish are present on the whole section of the Drava River between hydroelectric power plants Vuhred and Ožbalt, as they were trapped at all micro-sites. The average relative density, which is determined by catch per unit effort, is 4.7 signal crayfish/trapping night and depends strongly on the flow velocity of water and substrate. The relative density decreases with decreasing water flow velocity and with the distance from the hydroelectric power plant Vuhred, the relative density of population increases with increasing substrate size. The highest relative densities of populations are on the stone substrate and the lowest on the sand substrate.

We found a statistically significant sexual dimorphism in the size and width of the cephalothorax and the left and right chelipeds. On an average 45.6% of all crayfish are injured. The most frequently injured body parts are the legs, followed by the chelipeds. There were no differences in the types of injuries between the sexes, nor were there differences in the types of injuries by micro locations, but the proportion of injuries between micro locations differs. The influence of frequency or relative density on crayfish injury is not confirmed.

Keywords: *Pacifastacus leniusculus*, invasive alien species, Drava river, relative density

KAZALO VSEBINE

IZVLEČEK	III
ABSTRACT	IV
1 UVOD.....	1
1.1 Klasifikacija	2
1.2 Biologija in ekologija vrste.....	2
1.3 Izvor in razširjenost	3
1.3.1 Razširjenost signalnega raka v Sloveniji	5
1.4 Varstveni status in invazivnost.....	6
1.5 Morfometrija	8
1.6 Populacijska gostota	8
1.7 Poškodovanost.....	9
1.8 Namen dela.....	10
1.9 Hipoteze	10
2 MATERIALI IN METODE	11
2.1 Območje raziskave.....	11
2.1.1 Mikrolokacije odlova	13
2.2 Material	14
2.3 Metode	14
2.3.1 Izvajanje morfometričnih meritev, določanje spola in poškodb.....	16
2.3.2 Statistične analize	18
2.3.3 Izračun relativne gostote	19
3 REZULTATI	20
3.1 Morfometrija rakov	20
3.1.1 Sekundarni spolni dimorfizem	23
3.1.2 Razlike med mikrolokacijami	35
3.1.3 Razlike med tipi substrata	42
3.1.4 Razlike glede na hitrost vodnega toka	45
3.1.5 Razlika med dolžino levih in desnih škarij.....	45
3.2 Poškodbe	45
3.2.1 Vrsta poškodb.....	47
3.2.2 Analiza poškodovanosti glede na število ujetih rakov v prostoru.....	53
3.2.3 Analiza poškodovanosti glede na relativno gostoto	53
3.2.4 Analiza poškodovanosti glede na spol	53
3.3 Habitat	54
3.4 Populacijska dinamika	55
3.4.1 Populacijska dinamika in vodni tok	56
3.4.2 Populacijska dinamika in substrat	57
4 RAZPRAVA	59

4.1 Sekundarni spolni dimorfizem.....	59
4.2 Razlike med mikrolokacijami in med tipi substrata	59
4.3 Poškodbe	61
4.4 Habitat.....	63
4.5 Populacijska dinamika	64
4.6 Sklepi	65
5 POVZETEK	66
6 ZAHVALA	67
7 LITERATURA	68
8 PRILOGA.....	76

KAZALO SLIK

Slika 1: Signalni rak (<i>Pacifastacus leniusculus</i>).....	2
Slika 2: Razširjenost signalnega raka po svetu.....	3
Slika 3: Razširjenost signalnega raka v Evropi.....	5
Slika 4: Razširjenost signalnega raka v Sloveniji.....	6
Slika 5: Primer različnih meritev signalnega raka. CL – dolžina glavoprsja, AL – dolžina zadka, CfL – dolžina glavoprsja do vratnega žleba, ChL – dolžina škarij, CW – širina glavoprsja, AW – širina zadka, ChW – širina škarij, ChT – debelina škarij.....	8
Slika 6: Ribiška območja Republike Slovenije.....	11
Slika 7: Popolna zamuljenost reke Drave na območju akumulacijskega jezera Mariborski otok.....	12
Slika 8: Mikrolokacija »Pred HE Ožbalt«.....	13
Slika 9: Mikrolokacije odlovov signalnega raka.....	14
Slika 10: Tip substrata pesek s kamenjem.....	15
Slika 11: Merjeni deli telesa: dolžina in širina glavoprsja ter dolžina levih in desnih škarij.....	16
Slika 12: Samica (levo) in samec (desno) signalnega raka. Pri samcu je viden paritveni organ – preoblikovan prvi par zadkovih nožic, pri samici je zakrnel.....	17

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Okvir z ročaji za dolžino glavoprsja glede na spol (M-samci, Ž-samice).....	24
Graf 2: Okvir z ročaji za dolžino glavoprsja glede na spol, mikrolokacija »Pod HE Vuhred« (M-samci, Ž-samice).....	25
Graf 3: Okvir z ročaji za dolžino glavoprsja glede na spol, mikrolokacija »Podvelka« (M-samci, Ž-samice).....	26
Graf 4: Okvir z ročaji za širino glavoprsja glede na spol (M-samci, Ž-samice).....	26
Graf 5: Okvir z ročaji za širino glavoprsja glede na spol, mikrolokacija »Pod HE Vuhred« (M-samci, Ž-samice).....	27
Graf 6: Okvir z ročaji za širino glavoprsja glede na spol, mikrolokacija »Podvelka« (M-samci, Ž-samice).....	28
Graf 7: Okvir z ročaji za širino glavoprsja glede na spol, mikrolokacija »Potočnik« (M-samci, Ž-samice).....	28
Graf 8: Okvir z ročaji za dolžino levih škarij glede na spol (M-samci, Ž-samice).....	29
Graf 9: Okvir z ročaji za dolžino levih škarij glede na spol, mikrolokacija »Brezno« (M-samci, Ž-samice).....	29
Graf 10: Okvir z ročaji za dolžino levih škarij glede na spol, mikrolokacija »Pod HE Vuhred« (M-samci, Ž-samice).....	30
Graf 11: Okvir z ročaji za dolžino levih škarij glede na spol, mikrolokacija »Podvelka« (M-samci, Ž-samice).....	31
Graf 12: Okvir z ročaji za dolžino levih škarij glede na spol, mikrolokacija »Potočnik« (M-samci, Ž-samice).....	31
Graf 13: Okvir z ročaji za dolžino desnih škarij glede na spol (M-samci, Ž-samice).....	32
Graf 14: Okvir z ročaji za dolžino desnih škarij glede na spol, mikrolokacija »Brezno« (M-samci, Ž-samice).....	33
Graf 15: Okvir z ročaji za dolžino desnih škarij glede na spol, mikrolokacija »Kozji Vrh« (M-samci, Ž-samice).....	33
Graf 16: Okvir z ročaji za dolžino desnih škarij glede na spol, mikrolokacija »Pod HE Vuhred« (M-samci, Ž-samice).....	34
Graf 17: Okvir z ročaji za dolžino desnih škarij glede na spol, mikrolokacija »Podvelka« (M-samci, Ž-samice).....	34
Graf 18: Okvir z ročaji za dolžino desnih škarij glede na spol, mikrolokacija »Potočnik« (M-samci, Ž-samice).....	35
Graf 19: Dolžina glavoprsja pri samcih.....	37
Graf 20: Dolžina glavoprsja pri samicah.....	40
Graf 21: Poškodovanost glede na spolno strukturo.....	46
Graf 22: Delež poškodb glede na združene kategorije.....	48
Graf 23: Hitrost vodnega toka glede na oddaljenost od HE Vuhred.....	55
Graf 24: Število ujetih rakov in relativna gostota po mikrolokacijah.....	56
Graf 25: Spreminjanje relativne gostote signalnih rakov v odvisnosti od hitrosti vodnega toka.....	56
Graf 26: Relativna gostota signalnih rakov glede na substrat.....	57

KAZALO TABEL

Tabela 1: Mikrolokacije na reki Dravi, lokalitete odlova signalnega raka s pripadajočimi koordinatami in tipom substrata.	13
Tabela 2: Seznam poškodb.	18
Tabela 3: Morfometrični podatki (število ujetih rakov, število izmerjenih rakov (za dolžino glavoprsja, levih in desnih škarij), dolžina glavoprsja, dolžina levih in desnih škarij, širina glavoprsja) in opisne statistike: aritmetična sredina, standardna deviacija, minimalne in maksimalne vrednosti, ločeno po mikrolokacijah in spolu.	21
Tabela 4: Morfometrični podatki (število ujetih rakov, število izmerjenih rakov (za dolžino glavoprsja, levih in desnih škarij), dolžina glavoprsja, dolžina levih in desnih škarij, širina glavoprsja) in opisne statistike: aritmetična sredina, standardna deviacija, minimalne in maksimalne vrednosti, ločeno po substratu in spolu.	23
Tabela 5: T in p-vrednosti po posameznih mikrolokacijah za spremenljivko dolžina glavoprsja.	25
Tabela 6: T in p-vrednosti po posameznih mikrolokacijah za spremenljivko širina glavoprsja.	27
Tabela 7: T in p-vrednosti po posameznih mikrolokacijah za spremenljivko dolžina levih škarij.	32
Tabela 8: T in p-vrednosti po posameznih mikrolokacijah za spremenljivko dolžina desnih škarij.	35
Tabela 9: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine glavoprsja med mikrolokacijami. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo so p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.	37
Tabela 10: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo širine glavoprsja med mikrolokacijami. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo so p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.	38
Tabela 11: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine levih škarij med mikrolokacijami. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo pa p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.	38
Tabela 12: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine desnih škarij med mikrolokacijami. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo pa p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.	39
Tabela 13: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine glavoprsja med mikrolokacijami. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo so p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.	40
Tabela 14: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo širine glavoprsja med mikrolokacijami. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo so p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.	41
Tabela 15: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine levih škarij med mikrolokacijami. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo pa p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.	41

Tabela 16: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine desnih škarij med mikrolokacijami. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo pa p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.....	42
Tabela 17: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine glavoprsja med tipi substrata. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo pa p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.....	43
Tabela 18: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine glavoprsja med tipi substrata. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo pa p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.....	43
Tabela 19: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine glavoprsja med tipi substrata. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo pa p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.....	44
Tabela 20: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine glavoprsja med tipi substrata. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo pa p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.....	44
Tabela 21: Število in delež ujetih rakov s številom in deležem poškodovanih rakov na mikrolokacijo.	45
Tabela 22: Poškodovanost rakov glede na spol.	46
Tabela 23: Poškodovanost rakov glede na vrsto poškodb, ločeno po spolu.	47
Tabela 24: Poškodovanost rakov glede na kategorije poškodb, ločeno po spolu na mikrolokaciji »Pod HE Vuhred«.....	49
Tabela 25: Poškodovanost rakov glede na kategorije poškodb, ločeno po spolu na mikrolokaciji »Kozji Vrh«.....	49
Tabela 26: Poškodovanost rakov glede na kategorije poškodb, ločeno po spolu na mikrolokaciji »Brezno«.....	50
Tabela 27: Poškodovanost rakov glede na kategorije poškodb, ločeno po spolu na mikrolokaciji »Podvelka«.....	50
Tabela 28: Poškodovanost rakov glede na kategorije poškodb, ločeno po spolu na mikrolokaciji »Potočnik«.....	51
Tabela 29: Poškodovanost rakov glede na kategorije poškodb, ločeno po spolu na mikrolokaciji »Gotjenk«.....	51
Tabela 30: Poškodovanost rakov glede na kategorije poškodb, ločeno po spolu na mikrolokaciji »Ožbalt«.....	52
Tabela 31: Poškodovanost rakov glede na kategorije poškodb, ločeno po spolu na mikrolokaciji »Pred HE Ožbalt«.....	52
Tabela 32: Razlika v poškodovanosti med samci in samicami, H_i^2 test.....	53
Tabela 33: Tip substrata in povprečna hitrost vodnega toka po mikrolokacijah ter oddaljenost mikrolokacij od HE Vuhred.....	54
Tabela 34: Število ujetih signalnih rakov in populacijska gostota.....	55
Tabela 35: Substrat in povprečna populacijska relativna gostota glede na substrat.....	58

1 UVOD

Signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*) je ena izmed najbolj invazivnih vrst sladkovodnih rakov na svetu (ISC, 2020). Zaradi hitrega širjenja po vodotokih in prenašanja boleznih račje kuge predstavlja resno grožnjo domorodnim vrstam rakov (Johnsen in Taugbøl, 2010). Iz domorodnega območja severozahoda ZDA in jugozahoda Kanade je razširjen po skoraj celotnem območju Evrope in delu Japonske (Usio in sod., 2016). V Sloveniji živi na območju reke Drave in Mure, širi se v nekatere pritoke reke Mure (Govedič in sod., 2007, Govedič in sod., 2015, Govedič in Vrezec, 2018), za ostale regije v Sloveniji pa prisotnost signalnega raka ni znana.

V magistrski nalogi smo proučili populacijo signalnega raka v reki Dravi na območju med hidroelektrarno Vuhred in hidroelektrarno Ožbalt, kjer populacijsko stanje signalnega raka še ni bilo znano. V uvodu je podana predstavitev omenjene vrste (klasifikacija, biologija, ekologija vrste, izvor in razširjenost, varstveni status ter invazivnost), morfometrija, populacijska gostota in poškodbe rakov, sledi opis materiala in metod, osrednji del magistrske naloge pa je sestavljen iz analize rezultatov in diskusije.

1.1 Klasifikacija

Kraljestvo (regnum): živali (Animalia)

Deblo (phylum): členonožci (Arthropoda)

Poddeblo (subphylum): raki (Crustacea)

Razred (classis): višji raki (Malacostraca)

Red (ordo): deseteronožci (Decapoda)

Družina (familia): dolgorepi škarjevci oziroma košarji (Astacidae)

Rod (genus): *Pacifastacus*

Vrsta (species): signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*), (Dana, 1852)
(ITIS, 2020).

1.2 Biologija in ekologija vrste

Signalni rak (slika 1) je velik sladkovodni rak, ki v dolžino zraste od 15 do 17 cm. Je svetlo do temno rjave barve, včasih tudi opečnate in olivne barve. Spodnja stran škarij je rdečkasta, na pregibu pa je bela do svetlo modra lisa. Pri odraslih osebkih je zgornja stran škarij temno rdečerjava (Govedič, 2006, Bravničar in sod., 2009). Ima gladke škarje in nima bodic na košu (Johnsen in Taugbøl, 2010). Samice imajo manjše škarje kot samci (Bravničar in sod., 2009). Velikost škarij je pogosto povezana z agresivnim obnašanjem in posledično uspehom invazije (Usio in sod., 2016).



Slika 1: Signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*). Foto: J. Košir, 2019.

Signalni rak je močno prilagodljiva vrsta, ki živi v različnih habitatih, od gorskih do nižinskih potokov, jezer, rek (tudi slanih vodah v rečnih deltah). Primarno živi v hladni vodi, na kamniti podlagi, preko katere teče tok (Schuster in sod., 2010). Aktiven je predvsem ponoči, podnevi pa najde zatočišča med kamni oziroma v rovih, ki jih skoplje v brežinah (račine), pod koreninami in naplavinami (Bravničar in sod., 2009, Govedič in Vrezec, 2018). Je oportunist, vsejed, prehranjuje se z nevretenčarji, vodnimi rastlinami,

algami, polži, ostanki večjih živali in tudi z osebki svoje vrste (Bravničar in sod., 2009, Stenroth in Nyström, 2003). Prehranjuje se tudi z ikrami salmonidnih in ciprinidnih vrst (Govedič, 2006). Optimalni temperaturni razpon za življenje odraslih osebkov je od 15 do 23 °C. Preživi lahko temperature več kot 33 °C in slanost več kot 20 ppt, kar omogoča širjenje v različna okolja. Živi lahko več kot 20 let. S signalnim rakom se prehranjujejo tako ribe (potočna postrv (*Salmo trutta*), som (*Silurus glanis*), navadni ostriž (*Perca fluviatilis*)), kot tudi ptice (siva čaplja (*Ardea cinerea*)) in sesalci (vidra (*Lutra lutra*)) (ISC, 2020).

Parjenje in izleganje jajc poteka v jeseni, pretežno v mesecu oktobru. Število jajc, ki jih nosi samica, je med 200 in 400. Samica nosi jajca pod zadkom, dokler se ne izvalijo mladi osebki. Ti se izvalijo med koncem marca in julijem. Čas izvalitve je odvisen od temperature. Mladi osebki ostanejo z materjo do druge levitve. V tretji fazi postajajo mladi osebki vse bolj neodvisni od matere, nato jo zapustijo. Osebki postanejo spolno zreli pri velikosti od 6 do 9 cm in starosti od dveh do treh let. Ocenjeno je, da do drugega leta preživi med 10 in 52 % osebkov. Kompeticija in kanibalizem lahko pomembno vplivata na preživetje v gosto naseljeni populaciji (Johnsen in Taugbøl, 2010).

1.3 Izvor in razširjenost

Domorodno območje signalnega raka je severozahodni del ZDA in jugozahodni del Kanade. Naseljuje reko Kolumbijo, njene pritoke ter sosednje celinske reke. Signalni rak velja za invazivno tujerodno vrsto znotraj zahodne Amerike, saj je bil prenesen v Kalifornijo in Nevado. Raznešen je bil na številna območja Evrope in Japonske (Usio in sod., 2016), kar prikazuje slika 2.



Slika 2: Razširjenost signalnega raka po svetu. Vir: ISC, 2020.

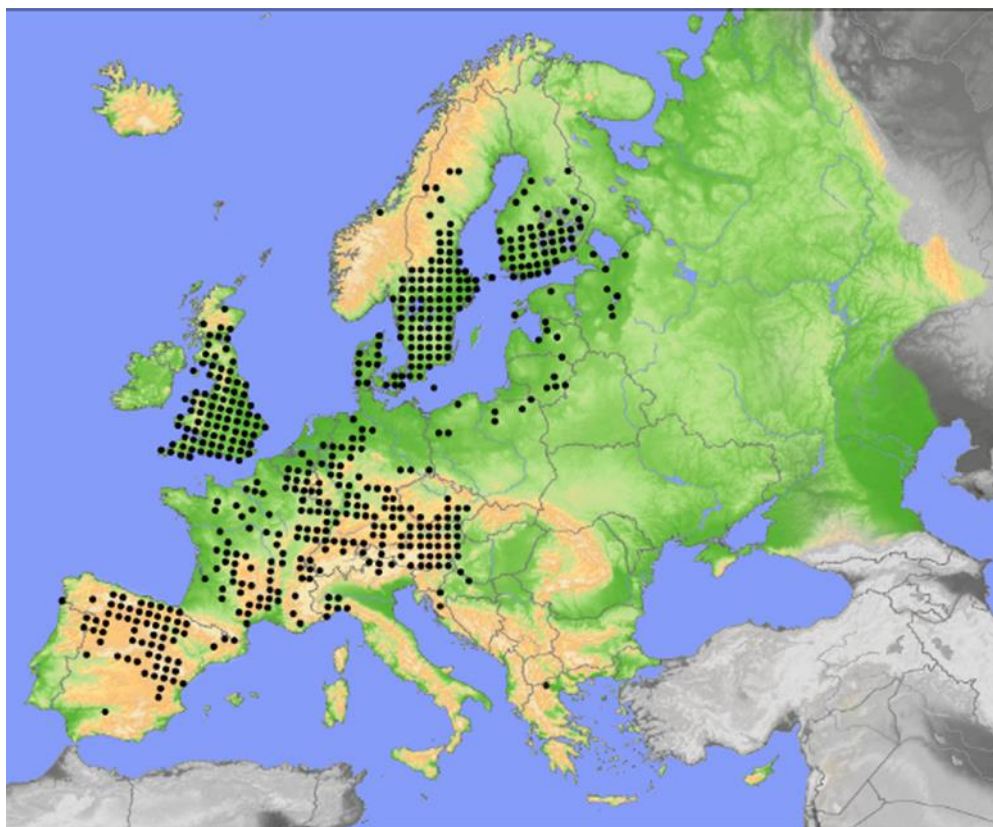
Glavni vir za prvotne naselitve signalnega raka v Evropi so bila jezera v Kaliforniji. Prva naselitev signalnega raka v Evropo je bila leta 1959, ko je bilo v švedsko jezero Träsksjön naseljenih 60 signalnih rakov. Ker je bila naselitev uspešna, so nadaljevali z naseljevanjem iz Kalifornije (Petrušek in sod., 2017). Sledile so ponovne naselitve, tudi iz domačih obratov, kjer so te rake gojili in spuščali v vode. Signalne rake so naseljevali tudi po drugih evropskih državah, še posebej pogoste so bile naselitve

mladih osebkov iz Švedske (Johnsen in Taugbøl, 2010). Po Vrezec in Jaklič, 2013, pa je bil signalni rak prvotno naseljen v Evropo že okoli leta 1850, ko so ga iz Severne Amerike naselili v Italijo.

Na Švedskem, Finskem in v Angliji je splošno razširjen (Kouba in sod., 2014), še vedno pa na Škotskem in v Angliji naseljuje nove predele (Roger in Watson, 2011a, Roger in Watson 2011b, Holdich in sod., 2014). V evropskih državah gre v večini za nelegalne vnose v naravne vode, med tem ko je v Skandinaviji močno razširjeno naravno razširjanje. Posebej zaskrbljujoče je, da se signalni rak pojavlja na nekaterih izoliranih območjih (tudi otokih), npr. otoku Bornholm, Funan in Zealand (Kouba in sod., 2014). V Avstrijo je bil signalni rak prinesen iz Kalifornije leta 1970 (Johnsen in Taugbøl, 2010). Leta 2008 se je pojavil v hrvaškem delu reke Mure (Maguire in sod., 2008), leta 2012 pa še v reki Korani, kamor je bil namerno naseljen (Hudina in sod., 2013). Do leta 2008 je bila Estonija ena izmed redkih evropskih držav, kjer vrsta signalnega raka še ni bila odkrita. V naravi so ga prvič opazili leta 2008, nato pa še na različnih lokacijah v letih 2010, 2012 in 2016. Pojavljanje je posledica nelegalnih naselitev, saj območja med sabo niso povezana (Kaldre in sod., 2017). Signalni rak je prisoten tudi v Rusiji, kar glede na to, da je na Finskem prisoten že več desetletij in da med sosednjima državama ni veliko naravnih pregrad, ki bi preprečevale prehajanje, ni presenetljivo (Kouba in sod., 2014).

V avgustu 2006 je bila potrjena prisotnost signalnega raka na meji med Avstrijo in Slovaško v reki Moravi, od takrat naprej se širi po njenih pritokih (Kouba in sod., 2014). V oktobru 2006 je bil opažen tudi na Norveškem (Johnsen in sod., 2007), vendar je bila populacija zatrta z uporabo pesticida (Sandodden in Johnsen, 2010). Signalni rak je prisoten tudi v Nemčiji in Franciji, kjer je pričakovano nadaljnje širjenje. Prisoten je tudi v Latviji, od koder se lahko potencialno širi v Belorusijo. Populacije signalnega raka se povečujejo tudi na Češkem, v Avstriji in Latviji (Kouba in sod., 2014). Populacije signalnega raka so kot posledica vlaganj prisotne tudi na Poljskem (Ulikowski in Chybowski, 2018). V Italiji se zmanjšujejo avtohtone populacije rakov, povečujejo pa se populacije tujerodnih vrst, med drugim tudi populacije signalnega raka (Aquiloni in sod., 2010). Ta je prisoten tudi v Grčiji (Kouba in sod., 2014), na Cipru, Danski, v Litvi, Luksemburgu, na Nizozemskem, v Portugalski, Španiji, in Švici (Johnsen in Taugbøl, 2010), Belgiji, na Madžarskem (Kouba in sod., 2014) in v Romuniji (Pârvulescu, 2012).

Poleg Evrope (slika 3) se signalni rak pojavlja še na Japonskem. Na Japonsko so med letoma 1926 in 1930 iz zahodnega dela Severne Amerike za namene gojenja petkrat naselili signalne rake (Usio in sod., 2007 v Usio in sod., 2016). Zaradi namernih naselitev ali pobegov iz gojitvenih objektov je signalni rak trenutno razširjen po severni in osrednji Japonski (Usio in sod., 2016).

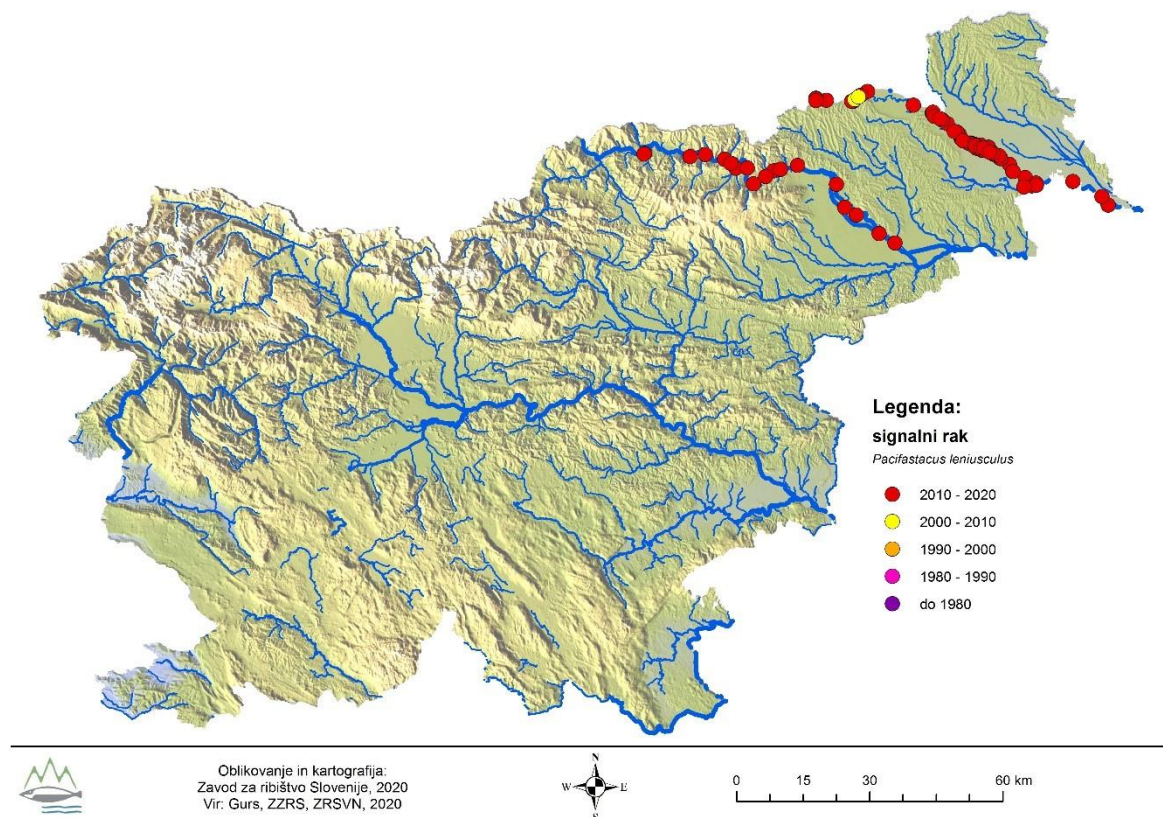


Slika 3: Razširjenost signalnega raka v Evropi. Vir: Kouba in sod., 2014.

1.3.1 Razširjenost signalnega raka v Sloveniji

V Sloveniji je bil signalni rak prvič odkrit leta 2003 v reki Muri (Govedič, 2006). V letu 2007 je bil odkrit v reki Dravi pri Dravogradu. Trenutno je prisoten na območju med Dravogradom in Ptujem, od Ptuja do Središča ob Dravi ga niso ulovili (Govedič in sod., 2007, Govedič in sod., 2015, Govedič in Vrezec, 2018). Na razširjanje signalnega raka dolvodno so verjetno vplivale tudi poplave v letu 2012, saj so signalne rake pri Zrkovcih našli celo na poljih (Govedič in Vrezec, 2018). Signalni rak se aktivno širi po nekaterih pritokih reke Mure (Govedič in Vrezec, 2018), medtem ko v pritokih Drave na območju Pohorja in Kozjaka še ni bil odkrit (Govedič in sod., 2015). Tudi v Sloveniji gre za invazijsko populacijo signalnega raka (Govedič in Vrezec, 2018). Za ostale regije v Sloveniji prisotnost signalnega raka ni znana.

Razširjenost signalnega raka v Sloveniji prikazuje slika 4.



Slika 4: Razširjenost signalnega raka v Sloveniji. Vir: ZZRS, 2020.

1.4 Varstveni status in invazivnost

Signalni rak je po kategorizaciji IUCN ohranitvenega stanja vrst določen kot najmanj ogrožen (Schuster in sod., 2010). Na ravni Evropske unije je z Izvedbeno Uredbo Komisije (EU) 2016/1141 z dne 13. julija 2016 o sprejetju seznama invazivnih tujerodnih vrst, ki zadevajo Unijo, v skladu z Uredbo (EU) št. 1143/2014 Evropskega parlamenta in Sveta (UL L 189/4) opredeljen kot invazivna tujerodna vrsta. Velja za eno izmed treh najbolj invazivnih vrst rakov na svetu in najbolj razširjeno tujerodno vrsto raka v Evropi (ISC, 2020).

Signalni rak je zaradi svojih lastnosti zelo uspešen pri invaziji ekosistemov in izpodrivanju domorodnih vrst rakov. Zaradi svoje agresivnosti (Pintor in sod., 2008 v Hudina in sod., 2011), hitre rasti, plodnosti, visoke spolne zrelosti (Souty-Grosset in sod., 2006 v Hudina in sod., 2011) in prenašanjem račje kuge (Dieguez-Uribeondo, 2006 v Hudina in sod., 2011) lahko popolnoma izpodrine domorodne vrste rakov (Hudina in sod., 2011). V primerjavi z domorodnim rakom koščakom (*Austropotamobius torrentium*) raste hitreje, ima večjo reproduktivno sposobnost in hitrejše izleganje rakov (Huber in Schubart, 2005 v Govedič in sod., 2007).

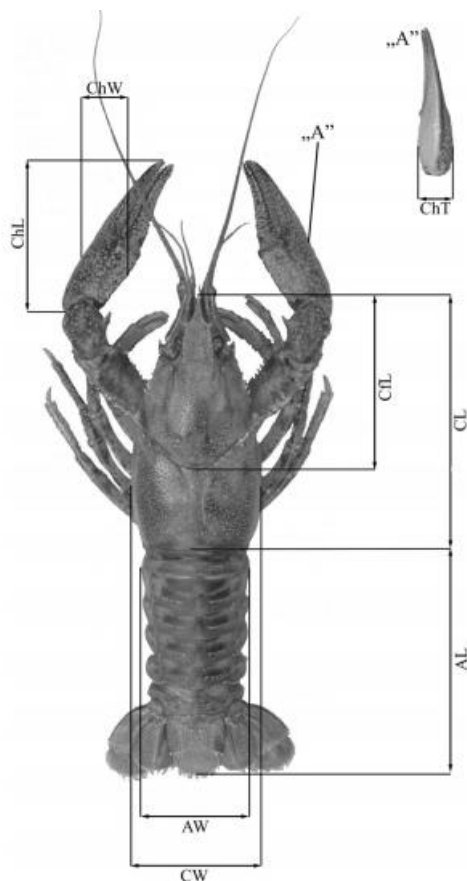
Račja kuga je bolezen, ki jo povzroča gliva *Aphanomyces astaci*. Bolezen je smrtna za vse domorodne vrste potočnih rakov v Evropi, medtem ko so tujerodne, severnoameriške vrste, prenašalke te bolezni

in so nanjo odporne (Govedič, 2006). Večina vseh signalnih rakov je okuženih z račjo kugo in kjer so prisotni, je prisotna tudi račja kuga, zaradi česar sobivanje jelševca s signalnim rakom ni možno (Johnsen in Taugbøl, 2010). Zato signalni rak predstavlja veliko nevarnost za domorodne vrste rakov. Čeprav so ugotovili, da poginjajo tudi signalni raki, okuženi z račjo kugo (Aydin in sod., 2014), so celotne populacije domorodnih rakov, kjer se je pojavila račja kuga v Evropi, izginile v nekaj tednih. To je bilo v drugi polovici 19. stoletja in na začetku 20. stoletja, danes pa grožnja za širitev račje kuge predstavlja signalni rak (Govedič, 2006). Signalni rak je bil v Evropo naseljen zaradi nadomestitve domorodnega potočnega raka, katerega populacije so bile zdesetkane zaradi račje kuge. Takrat še ni bilo znano, da je signalni rak prenašalec te bolezni (Johnsen in Taugbøl, 2010).

V primerjavi z evropskimi vrstami je signalni rak uspešnejši pri pridobivanju življenjskega prostora in hrane ter potrebuje podobne življenjske pogoje kot avtohtoni jelševci (*Astacus astacus*) (Govedič, 2006) in zaseda podobne ekološke niše (Johnsen in Taugbøl, 2010). Gostota signalnih rakov lahko preseže 20 osebkov na kvadratni meter (Stenroth in Nyström, 2003). Kjer se pojavljajo v velikih gostotah, se lahko na ribjih drstičih prehranjujejo tako s salmonidnimi kot ciprinidnimi ikrami (Govedič, 2006), povzročijo lahko tudi spremembe habitata, saj pojedjo vse alge in vodne rastline. Posledično lahko pride do povečane kalnosti vode, zaradi sprememb habitata pa tudi do vpliva na vodne organizme in zmanjšanje ribjih populacij (Bravničar in sod., 2009). Signalni rak ima večji vpliv na prehranjevalne spletke kot avtohtoni jelševci, saj negativno vpliva na makrofite, polže, vodne žuželke, ličinke dvoživk in bentoške ribe. Ogroža tudi sladkovodno školjko *Margaritifera margaritifera* (Soussa in sod., 2019). Lahko se pari z jelševcem, vendar jajca niso oplojena. Največji negativni učinek invazivnega signalnega raka je izpodrivanje avtohtonega jelševca zaradi hitrega poseljevanja novih vodnih virov (Johnsen in Taugbøl, 2010).

1.5 Morfometrija

Morfometrija je veja biologije, ki se ukvarja s proučevanjem zunanje in notranje zgradbe organizmov, njihove strukture ter oblike. Raziskuje in primerja tudi variabilnost med organizmi in njihovimi deli (Zelditch in sod., 2004 v Klenovšek, 2014). Morfometrija rakov zajema meritve različnih delov telesa, npr. dolžino glavoprsja, dolžino glavoprsja do vratnega žleba, dolžino zadka, dolžino škarij, širino glavoprsja, širino zadka, širino in debelino škarij (Chybowski, 2014), kar prikazuje slika 5.



Slika 5: Primer različnih meritev signalnega raka. CL – dolžina glavoprsja, AL – dolžina zadka, Cfl – dolžina glavoprsja do vratnega žleba, ChL – dolžina škarij, CW – širina glavoprsja, AW – širina zadka, ChW – širina škarij, ChT – debelina škarij. Vir: Chybowski, 2014.

1.6 Populacijska gostota

Populacijska gostota signalnega raka je povezana predvsem z velikostjo substrata, saj vodotoki s kamnito obalo zagotavljajo večje gostote kot vodotoki z glineno obalo (Shimizu in Goldman, 1983). Substrat z grobo granulacijo namreč zagotavlja več zatočišč, kamor se lahko raki skrijejo pred plenilci in močnim vodnim tokom (Flint, 1975, Lodge in Hill, 1994, Capelli in Magnuson 1983 v Wooster in sod., 2012). Večje gostote signalnih rakov so na območjih z večjo granulacijo substrata (Wooster in sod., 2012). V raziskavi Wooster in sod., 2012, so ugotovili, da je velikost substrata eden izmed najpomembnejših dejavnikov porazdelitve in gostote signalnega raka v porečju reke Umatilla.

Gostoto populacije lahko določimo na dva načina. Absolutna populacijska gostota je število organizmov znotraj določene površine ali volumna (Rye, 2017). Relativna populacijska gostota je gostota v določenem prostoru in/ali časovnem obdobju glede na gostoto v drugem prostoru in/ali časovnem obdobju (Nova, J. S., 2012).

1.7 Poškodovanost

Raki imajo telesno zgradbo s specializiranimi strukturami tipično za višje rake (Holdich, 2002 v Kouba in sod., 2011). Te strukture so pomemben vir senzoričnih informacij, vendar so pogosto poškodovane (Koch in sod., 2006). Pri rakih se pogosto pojavlja agresivno obnašanje, zaradi česar pride do poškodb telesnih struktur (Kouba in sod., 2011).

Škarje imajo številne funkcije in so zelo pomemben del telesa (Kouba in sod., 2011). Škarje samcev imajo senzorične strukture, namenjene iskanju samic (Belanger in More, 2006, Belanger in More, 2009, Belanger in sod., 2008 v Kouba in sod., 2011). Uporabljajo jih pri parjenju (Snedden, 1990, Reynolds, 2002 v Kouba in sod., 2011) obrambi proti plenilcem (Roth in Kitchell, 2005 v Kouba in sod., 2011) in ulovu ter obvladovanjem plena (Keller in Hazlett, 1996 v Kouba in sod., 2011). Prav tako so škarje uporabljene v medvrstnih in znotrajvrstnih interakcijah (Garvey in Stein, 1993, Bergman in Moore, 2003, Kozák in sod., 2007 v Kouba in sod., 2011).

Odsotnost škarij je največkrat povezana z boji in razmnoževanjem (Kawai in sod., 1994 v Kouba in sod., 2011), dodatni dejavniki, ki vplivajo na odsotnost škarij, pa so gostota živali (Savolainen in sod., 2004, Ramalho in sod., 2008 v Kouba in sod., 2011), sestava substrata (Savolainen in sod., 2003 v Kouba in sod., 2011) in razpoložljivost zavetja ter hrane (Capelli in Hamilton, 1984, Bergman in Moore, 2003 v Kouba in sod., 2011).

Agresivne interakcije so zmanjšane v razgibanih habitatih (Corkum in Cronin, 2004, Baird in sod., 2006 v Kouba in sod., 2011), kar se odraža v manjšem obsegu poškodovanosti rakov (Kouba in sod., 2011).

Antene so pomembne za zaznavanje okolice (Basil in Sandeman, 2000, Koch in sod., 2006 v Kouba in sod., 2011), iskanje hrane in zaznavanje osebkov iste vrste (Giri in Dunham, 1999, Giri in Dunham, 2000 v Kouba in sod., 2011) ter služijo pri vzpostavljanju hierarhije (Bruski in Dunham, 1987, Cook in Moore, 2009 v Kouba in sod., 2011). Agresivno obnašanje in procesi v ribogojstvu sta pogost vzrok za poškodbe anten (Ahvenharju in Ruohonen, 2007, Patullo in sod., 2009 v Kouba in sod., 2011).

Hodilne noge imajo pomembno vlogo pri premikanju, zaznavanju in pobiranju hrane, čiščenju površine telesa in parjenju ter valjenju jajčec (Pond, 1975, Holdich, 2002 v Kouba in sod., 2011).

Raki imajo sposobnost nadomeščanja izgubljenih telesnih struktur. Proces regeneracije je dobro razvit in relativno hiter (McCall in Mead, 2008, Burič in sod., 2009 v Kouba in sod., 2011). Kljub temu lahko poškodbe in regeneracije pomembno vplivajo na rast, preživetje in razmnoževalne sposobnosti (Kouba in sod., 2011).

1.8 Namen dela

Namen raziskave je ugotoviti prisotnost signalnega raka v reki Dravi na območju med HE Vuhred in HE Ožbalt. Na mestih, kjer bomo potrdili njegovo prisotnost, bomo ocenili velikost populacije. Namen je tudi izmeriti in ovrednotiti določene morfometrične parametre, povezane s populacijsko dinamiko vrste.

1.9 Hipoteze

Hipoteza 1: Na podlagi preliminarnih informacij domnevamo, da je signalni rak splošno prisoten na območju med hidroelektrarno Vuhred in hidroelektrarno Ožbalt.

Hipoteza 2: Domnevamo, da je prisotnost signalnega raka definirana s tipom substrata in hitrostjo vode.

Hipoteza 3: Domnevamo, da gostota signalnih rakov upada dolvodno z oddaljenostjo od hidroelektrarne.

Hipoteza 4: Poškodovanost rakov bo večja pri večjem številu ujetih rakov oziroma večji relativni gostoti na posamezni mikrolokaciji.

2 MATERIALI IN METODE

2.1 Območje raziskave

V Republiki Sloveniji so z Uredbo o določitvi meja ribiških območij in ribiških okolišev v Republiki Sloveniji (Ur. L. RS, št. 52/2007) določena ribiška območja (slika 6) in ribiški okoliši. Raziskavo smo izvedli v severovzhodni Sloveniji (občini Podvelka in Lovrenc na Pohorju), in sicer v Zgornjedravskem ribiškem območju in Radeljskem ribiškem okolišu v reki Dravi med hidroelektrarno Vuhred in hidroelektrarno Ožbalt. Površina omenjenega območja znaša 1,3 km².



Slika 6: Ribiška območja Republike Slovenije. Vir: ZZRS, 2017.

Reka Drava izvira na Toblaškem polju v Italiji in teče preko Avstrije v Slovenijo, nato pa naprej na Hrvaško, kjer se izliva v Donavo. Skupna dolžina reke je 719 km, od tega 142 km v Sloveniji. Površina reke znaša 40087 km², v Sloveniji pa 3259 km². Rečni režim je fluvio-glacialni (snežni), kjer je največji pretok junija (zaradi taljenja snega v Alpah) in novembra (deževje v alpskem zaledju). Najmanjši pretok je januarja in februarja. Povprečni pretok je 541 m³, v Sloveniji pa 297 m³ (Božič in Denac, 2014).

Z izgradnjo osmih elektrarn na slovenskem delu Drave med letoma 1913 in 1978 (Božič in Denac, 2014) je prišlo do močnega preoblikovanja hidromorfološkega režima reke Drave. Zaradi upočasnitve vodnega toka, skoraj v celoti preprečenega premeščanja proda in povečane globine, je reka Drava s prodišči postala reka s spremenjenim vodnim režimom in substratom (bistveno se je povečal delež mulja (slika 7)) s preoblikovanimi življenjskimi združbami.



Slika 7: Popolna zamuljenost reke Drave na območju akumulacijskega jezera Mariborski otok. Foto: S. Prijatelj, 2017.

Na območju reke Drave sta v Sloveniji po Direktivi o habitatih (Direktiva Sveta 92/43/EGS z dne 21. maja 1992 o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst) razglašeni dve območji Natura 2000. Za Natura 2000 območje je razglašena Zgornja Drava s pritoki, ki je posebno ohranitveno območje in se razteza od državne meje z Avstrijo do hidroelektrarne Fala. V njej je kvalifikacijska vrsta tudi rak koščak (*Austropotamobius torrentium*), ki ga ogroža signalni rak. Drugo Natura 2000 območje je Drava, ki sega od Maribora do državne meje s Hrvaško (Naravovarstveni atlas, 2020, Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000), Ur. l. RS, št. 49/04, 110/04, 59/07, 43/08, 8/12, 33/13, 35/13 – popr., 39/13 – odl. US, 3/14, 21/16 in 47/18).

2.1.1 Mikrolokacije odlova

Raziskava signalnega raka je potekala na reki Dravi, odlov smo izvajali na osmih mikrolokacijah, razporejenih med HE Vuhred in HE Ožbalt (tabela 1, slika 8). Substrat smo razdelili v tri kategorije: kamnomet, pesek s kamenjem in pesek. Po klasifikaciji SIST EN ISO 14688-1:2018 lahko glede na velikost zrn kategorijo kamnometa razvrstimo v razred skale (od 200 do 600 mm) in velike skale (600 do 2000 mm), kategorijo peska s kamenjem v razred drobnega (0,06 do 0,2 mm), srednjega (0,2 do 0,6 mm) in debelega (0,6 do 2 mm) peska ter kamenja (60 do 200 mm), kategorijo peska pa v droben, srednji in debeli pesek (Maček in sod., 2018).

Tabela 1: Mikrolokacije na reki Dravi, lokalitete odlova signalnega raka s pripadajočimi koordinatami in tipom substrata.

Mikrolokacija	Tip substrata	Koordinate
»Pod HE Vuhred«	kamnomet	46°35'14.3"S 15°16'57.0"V
»Kozji Vrh«	kamnomet	46°35'23.1"S 15°17'37.8"V
»Brezno«	pesek s kamenjem	46°35'31.2"S 15°19'02.7"V
»Podvelka«	pesek s kamenjem	46°35'21.0"S 15°19'35.3"V
»Potočnik«	pesek s kamenjem	46°35'36.7"S 15°20'09.3"V
»Gotjenk«	pesek s kamenjem	46°34'47.3"S 15°21'38.8"V
»Ožbalt«	pesek s kamenjem	46°35'06.7"S 15°22'39.5"V
»Pred HE Ožbalt«	pesek	46°34'49.4"S 15°24'08.2"V



Slika 8: Mikrolokacija »Pred HE Ožbalt«. Foto: J. Košir, 2019.

Mikrolokacije (slika 9) so bile izbrane na podlagi tipa substrata in hitrosti vodnega toka, štiri na levem bregu in štiri na desnem bregu reke. Vodni tok je najhitrejši pod hidroelektrarno, najpočasnejši pa pred njo. Prav tako je tudi velikost substrata največja pod elektrarno, najmanjša pa pred njo, saj se fini delci usedajo tam, kjer je vodni tok najpočasnejši. Različna velikost substrata in hitrost vodnega toka na posameznih mikrolokacijah sta zagotovila uspešno ugotavljanje prisotnosti signalnega raka na različnih gradientih.



Slika 9: Mikrolokacije odlovov signalnega raka. Vir: Atlas okolja, 2020.

2.2 Material

Za izvedbo naloge smo uporabili 355 osebkov signalnega raka, ki smo jih odlovili iz reke Drave na osmih mikrolokacijah na območju med hidroelektrarno Vuhred in hidroelektrarno Ožbalt. Analizirani so bili vsi osebki, ki smo jih odlovili, od tega je bilo 164 samcev in 191 samic (priloga 1). Drugih živali nismo ujeli. Osebki invazivne tujerodne vrste signalnega raka so bili odstranjeni iz vode.

2.3 Metode

Za ugotavljanje prisotnosti signalnega raka smo uporabili eksperimentalno metodo odlova signalnega raka z vršami, za kar smo pridobili dovoljenje št. 3420-12/2018/5 in dopolnilno dovoljenje št. 3420-12/2018/7 Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

Uporabili smo metodo, povzeto po Govedič in sod., 2015. Metoda odlova rakov z vršami je primerna za spremljanje velikostne strukture populacij in populacijski monitoring in zahteva najmanj dva obiska lokacije. V večjih rekah poteka vzorčenje le na enem bregu, v manjših rekah in potokih pa na obeh bregovih in sredini (Govedič in Vrezec, 2018). Uporabljene so bile vrše pravokotne oblike, mer 40 x 25 x 35 cm z vhodom skozi zgornji del. Vbočena plastična cev dolžine 10 cm je onemogočala, da bi raki

zapustili vršo. Vrše so bile obtežene s ploščatim kamnom, da so bile fiksirane na dnu. Na trasi, dolgi 100 m, smo nastavili 5 vrš istega tipa v medsebojni razdalji 20 m, da so bile vrše v približni enakomerni razdalji. Vsaka trasa je bila izbrana tako, da je pokrivala le en tip substrata. Vrše so bile nastavljene od 11. 8. 2019 do 15. 8. 2019. Za vabo smo uporabili svinjska jetra, ki smo jih tretjo noč zamenjali. Vsako jutro smo opravili pregled vrš. Vse ujete signalne rake smo izmerili, jim določili spol in jih usmrtili z mehanskim uničenjem možganov. Rake smo predali veterinarsko higienski službi.

Vzporedno z odlovom rakov smo merili oziroma določali ekološka dejavnika v okolju: tip substrata (kamnomet, pesek s kamenjem (slika 10), pesek) in hitrost vodnega toka (v). Tip substrata smo določili vizualno v zimskem času, ko je vidljivost v vodo bistveno večja kot v poletnem času, uporabili pa smo tudi podvodno kamero. Hitrost vodnega toka smo merili ob postavljanju vrš in nadalje ob pobiranju rakov. Meritve smo izvedli tako, da smo na vsaki mikrolokaciji določili točko 1 in točko 2 v medsebojni razdalji 10 m (s), nato pa smo na razdalji postavitve vrš od brega v vodo ob točki 1 vrgli plutovinast zamašek in izmerili čas potovanja (t) do točke 2. Meritev smo izvedli trikrat po formuli $v = s/t$ in izračunali povprečno vrednost (v m/s) za posamezen dan.



Slika 10: Tip substrata pesek s kamenjem. Foto: J. Košir, 2019.

2.3.1 Izvajanje morfometričnih meritev, določanje spola in poškodb

Morfometrične meritve smo izvedli na način, da smo z digitalnim kljunastim merilom na 0,1 mm natančno izvedli naslednje meritve: dolžino glavoprsja, širino glavoprsja in dolžino levih ter desnih škarij. Merjene dele telesa prikazuje slika 11.



Slika 11: Merjeni deli telesa: dolžina in širina glavoprsja ter dolžina levih in desnih škarij. Foto: J. Košir, 2019.

Spol smo določili takoj po odlovu na način, da smo pregledali spolne organe ulovljenih signalnih rakov. Pri samcih je prvi par zadkovih nožic preoblikovan v paritveni organ, pri samicah pa je zakrnel (slika 12).



Slika 12: Samica (levo) in samec (desno) signalnega raka. Pri samcu je viden paritveni organ – preoblikovan prvi par zadkovih nožic, pri samici je zakrnel. Foto: J. Košir, 2019.

Popisali smo tudi poškodbe in morebitno odsotnost delov telesa. Poškodbe smo določili na podlagi vizualnega pregleda osebkov. Osredotočili smo se predvsem na poškodbe škarij, tipalnic in nog. Izdelali smo tabelo z legendo (tabela 2), kamor smo vnašali opis poškodb za vsakega posameznega raka.

Tabela 2: Seznam poškodb.

Oznaka	Opis poškodbe
1 do 6	Št. manjkajočih nog
7	Brez levih škarij
8	Brez desnih škarij
9	Brez leve antene
10	Brez desne antene
11	Brez rostruma
12	Poškodovan rep
13	Manjka pol noge
14	Manjše leve škarje
15	Manjše desne škarje
16	Manjka večina noge
17	Manjša poškodba desnih škarij
18	Manjša poškodba levih škarij
19	Manjka pol leve antene
20	Manjka pol desne antene
21	Poškodovano glavoprsje
22	Manjka oko

2.3.2 Statistične analize

Statistične analize smo uporabili pri analizi morfometričnih podatkov in poškodovanosti rakov ter pri analizi ekoloških dejavnikov.

Za ugotavljanje razlik med spoloma (sekundarni spolni dimorfizem) smo uporabili t-test, ki poda povprečno vrednost za določeno spremenljivko pri obeh skupinah, nato pa med njima izvede primerjavo. Vrednosti spremenljivke morajo biti normalno porazdeljene. Če je razlika med spoloma statistično značilna ($p < 0,05$) sprejmemo alternativno hipotezo, ki predvideva razlike med spoloma in ovržemo ničelno hipotezo, ki ne predvideva razlik med spoloma (Kovačič, 2020).

Za primerjavo merjenih spremenljivk med mikrolokacijami in substrati smo uporabili test ANOVA in Tukeyev posteriorni test. Analize lahko uporabimo, če predpostavimo, da so variance v vzorcih homogene, zvezne spremenljivke pa normalno porazdeljene (Klenovšek, 2014). Test ANOVA nam pove, ali se tri ali več skupin med seboj statistično pomembno razlikujejo v določeni lastnosti (Glen, 2020).

Povezavo med poškodovanostjo rakov in njihovo številčnost smo preverili s korelacijsko analizo.

Preverjanje, ali je število poškodovanosti rakov odvisno od spola, smo izvedli s Hi kvadrat testom, s katerim smo izvedli test neodvisnosti dveh spremenljivk. Test preverja ujemanje dejanskih in pričakovanih frekvenc oz. odvisnost/povezanost med spremenljivkama (Oman, 2020).

Povezavo med hitrostjo toka in relativno gostoto smo ugotavljali s korelacijsko in regresijsko analizo. Razliko v relativni gostoti rakov glede na tip substrata smo preverili z ANOVA testom.

2.3.3 Izračun relativne gostote

Ocenili smo relativno velikost populacije, saj metoda ocene absolutne gostote populacije zahteva znano površino odlova in odlov na obeh bregovih ter sredini, kar pa je v večjih rekah z visoko hitrostjo vodnega toka težko izvedljivo. Relativno velikost populacije smo določili kot ulov na enoto ribolovnega napora, pri čemer je bil ribolovni napor konstanten (5 vrš, 1 noč). Ulov na enoto napora smo izračunali za prvo noč, in sicer tako, da smo število rakov, ki smo jih ujeli prvo noč, delili z zmnožkom števila nastavljenih vrš in števila ribolovnih noči.

3 REZULTATI

Rezultate raziskave smo razdelili na štiri sklope. V prvem sklopu smo predstavili morfometrijo rakov. Rezultate smo razčlenili glede na spol, mikrolokacije in substrat, analizirali pa smo tudi sekundarni spolni dimorfizem. V drugem sklopu smo prav tako glede na spol ugotavljali poškodovanost rakov. V tretjem sklopu smo predstavili habitat, vključujoč spremenljivki substrat in vodni tok. Četrty sklop je zajemal populacijsko dinamiko glede na vodni tok in substrat.

3.1 Morfometrija rakov

V analizo smo vključili 355 osebkov signalnega raka, ki smo jih odlovili na osmih mikrolokacijah v reki Dravi med HE Vuhred in HE Ožbalt. Namen opisne statistike je analiza izbranih morfometričnih parametrov, ki so lahko povezani s populacijsko dinamiko vrste in poškodovanostjo. V analizo smo vključili spremenljivke: dolžina glavoprsja, dolžina levih in desnih škarij ter širina glavoprsja.

Vrednosti statističnih parametrov so podane v tabeli 3, ločeno za samce in samice ter po posameznih mikrolokacijah, na koncu pa še vrednosti za celoten vzorec.

Tabela 3: Morfometrični podatki (število ujetih rakov, število izmerjenih rakov (za dolžino glavoprsja, levih in desnih škarij), dolžina glavoprsja, dolžina levih in desnih škarij, širina glavoprsja) in opisne statistike: aritmetična sredina, standardna deviacija, minimalne in maksimalne vrednosti, ločeno po mikrolokacijah in spolu.

Mikrolokacija	SAMCI					SAMICE				
	Št.	D gp. (mm) Std Min Max	Š gp. (mm) Std Min Max	D škarij (L) Std Min Max	D škarij (D) Std Min Max	Št.	D gp. (mm) Std Min Max	Š gp. (mm) Std Min Max	D škarij (L) Std Min Max	D škarij (D) Std Min Max
»Pod HE Vuhred«	36	57,4	28,5	55,0	54,9	33	52,9	26,2	43,8	43,8
	34	4,2	2,2	5,6	5,7	31	4,0	1,9	5,1	5,0
	32	49,0	25,0	47,0	47,0	33	45,0	23,0	35,0	34,0
	30	68,0	34,0	69,0	70,0	29	61,0	31,0	62,0	62,0
»Kozji Vrh«	37	51,5	25,1	44,6	43,7	48	50,3	24,4	37,4	37,4
	35	7,8	4,5	11,5	11,0	46	5,9	3,3	6,7	7,2
	33	38,0	18,0	28,0	30,0	47	39,0	19,0	26,0	26,0
	33	67,0	33,0	68,0	65,0	47	61,0	34,0	60,0	59,0
»Brezno«	14	60,2	29,9	52,6	52,3	21	57,3	27,9	41,8	41,5
	14	7,2	4,2	12,0	16,3	21	6,8	3,7	8,1	8,4
	14	45,0	21,0	31,0	10,0	17	45,0	21,0	27,0	17,0
	12	68,0	35,0	67,0	70,0	21	68,0	33,0	55,0	55,0
»Podvelka«	16	56,9	28,4	53,3	51,2	19	51,3	25,4	41,1	41,9

	16	4,4	2,1	7,5	6,3	18	4,2	2,0	4,3	4,6
	16	51,0	26,0	41,0	43,0	18	43,0	21,0	31,0	32,0
	12	66,0	33,0	66,0	61,0	18	59,0	28,0	48,0	50,0
»Potočnik«	31	58,2	29,0	50,8	52,1	29	54,9	26,5	41,0	40,4
	31	9,4	5,7	13,9	13,8	28	5,8	2,8	6,5	4,4
	26	40,0	19,0	32,0	32,0	25	45,0	21,0	20,0	32,0
	29	73,0	39,0	83,0	83,0	28	71,0	34,0	52,0	49,0
»Gotjenk«	1	59,0	29,0	57,0	58,0	2	51,0	23,0	35,0	36,0
	1	0,0	0,0	0,0	0,0	2	8,5	2,8	5,7	7,1
	1	59,0	29,0	57,0	58,0	2	45,0	21,0	31,0	31,0
	1	59,0	29,0	57,0	58,0	2	57,0	25,0	39,0	41,0
»Ožbalt«	21	53,0	26,0	45,8	45,4	22	53,7	26,5	38,6	39,8
	21	9,9	5,6	14,2	14,2	22	6,2	3,6	11,7	9,1
	21	37,0	18,0	17,0	27,0	20	42,0	19,0	16,0	20,0
	21	70,0	36,0	72,0	73,0	21	65,0	32,0	57,0	57,0
»Pred HE Ožbalt«	8	48,4	24,1	42,8	39,8	17	52,1	26,4	40,3	39,4
	8	7,7	5,0	13,4	11,3	17	5,0	2,3	4,4	5,0
	8	42,0	20,0	31,0	27,0	16	44,0	23,0	33,0	29,0
	8	61,0	33,0	68,0	58,0	17	60,0	30,0	47,0	47,0
SKUPAJ	164	55,4	27,4	49,7	49,1	191	52,9	25,9	40,3	40,2
	160					185				
	151	37,0	18,0	17,0	10,0	178	39,0	19,0	16,0	17,0
	146	73,0	39,0	83,0	83,0	183	71,0	34,0	62,0	62,0

V tabeli 4 so prikazane vrednosti statističnih parametrov, ločeno za samce in samice, glede na substrat.

Tabela 4: Morfometrični podatki (število ujetih rakov, število izmerjenih rakov (za dolžino glavoprsja, levih in desnih škarij), dolžina glavoprsja, dolžina levih in desnih škarij, širina glavoprsja) in opisne statistike: aritmetična sredina, standardna deviacija, minimalne in maksimalne vrednosti, ločeno po substratu in spolu.

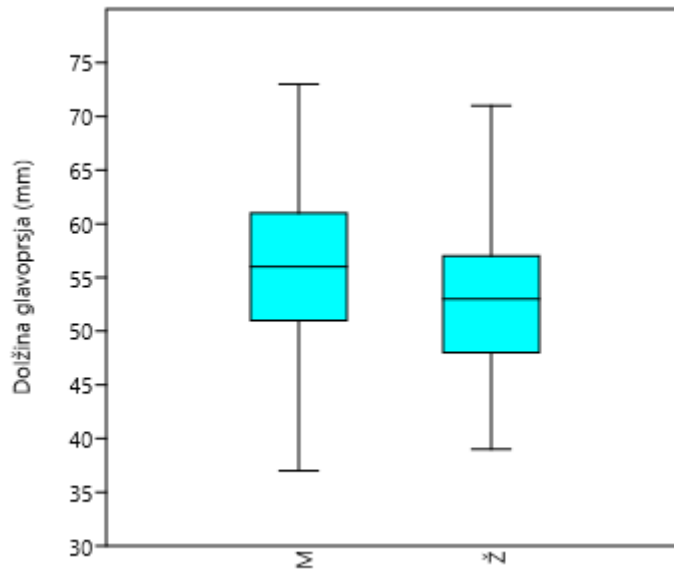
Substrat	SAMCI					SAMICE				
	Št.	D gp. (mm) Std Min Max	Š gp. (mm) Std Min Max	D škarij (L) Std Min Max	D škarij (D) Std Min Max	Št.	D gp. (mm) Std Min Max	Š gp. (mm) Std Min Max	D škarij (L) Std Min Max	D škarij (D) Std Min Max
Kamnomet	73	54,4	26,8	49,7	49,0	81	51,4	25,1	40,1	39,9
	69	6,9	3,9	10,4	10,5	77	5,3	3,0	6,8	7,1
	65	38	18	28	30	80	39	19	26	26
	63	68	34	69	70	76	61	34	62	62
Pesek s kamenjem	83	57,0	28,3	50,4	50,2	93	54,4	26,5	40,5	40,7
	83	8,6,0	5,0	12,6	13,5	91	6,2	3,2	8,0	6,8
	78	37,0	18,0	17,0	10,0	82	42,0	19,0	16,0	17,0
	75	73,0	39,0	83,0	83,0	90	71,0	34,0	57,0	57,0
Pesek	8	48,4	24,1	42,8	39,8	17	52,1	26,4	40,3	39,4
	8	7,7	5,0	13,4	11,3	17	5,0	2,3	4,4	5,0
	8	42,0	20,0	31,0	27,0	16	44,0	23,0	33,0	29,0
	8	61,0	33,0	68,0	58,0	17	60,0	30,0	47,0	47,0

3.1.1 Sekundarni spolni dimorfizem

Preverjanje statistično značilnih razlik med spoloma (sekundarni spolni dimorfizem) smo izvedli s t-testom. Ugotovili smo, da obstaja statistično značilen sekundarni spolni dimorfizem, ki je najbolj značilen za dolžine levih in desnih škarij, s šibko p-vrednostjo pa tudi za dolžino in širino glavoprsja.

Dolžina glavoprsja

Povprečna dolžina glavoprsja pri samcih je 55,4 mm, pri samicah pa 52,9 mm. Razlika je statistično značilna ($p = 0,0009$), prav tako je večja variabilnost v dolžini glavoprsja pri samcih, kar prikazuje graf 1.

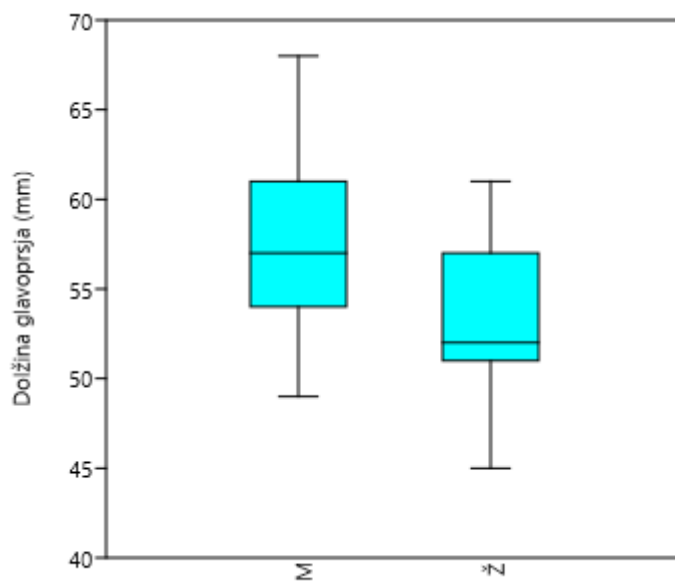


Graf 1: Okvir z ročaji za dolžino glavoprsja glede na spol (M-samci, Ž-samice).

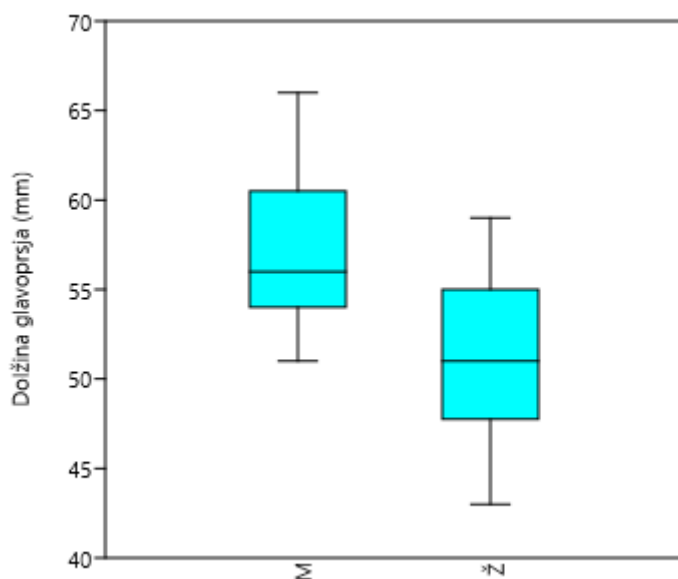
Glede na posamezne mikrolokacije je razlika v dolžini glavoprsja statistično značilna le pri mikrolokaciji »Pod HE Vuhred«, kjer je povprečna velikost glavoprsja pri samcih 57,4 mm in 52,9 mm pri samicah (graf 2) ter je $p < 0,0001$ in pri mikrolokaciji »Podvelka«, kjer je povprečna velikost glavoprsja 56,9 mm pri samcih in 51,3 mm pri samicah (graf 3) ter p-vrednost 0,0006. T in p-vrednosti po posameznih mikrolokacijah so prikazane v tabeli 5:

Tabela 5: T in p-vrednosti po posameznih mikrolokacijah za spremenljivko dolžina glavoprsja.

Mikrolokacija	t-vrednost	p-vrednost
»Pod HE Vuhred«	4,4277	<0,0001
»Kozji Vrh«	0,7329	0,4658
»Brezno«	1,2018	0,2380
»Podvelka«	3,8344	0,0006
»Potočnik«	1,5729	0,1213
»Gotjenk«		
»Ožbalt«	0,7866	0,2725
»Pred HE Ožbalt«	1,4471	0,1614



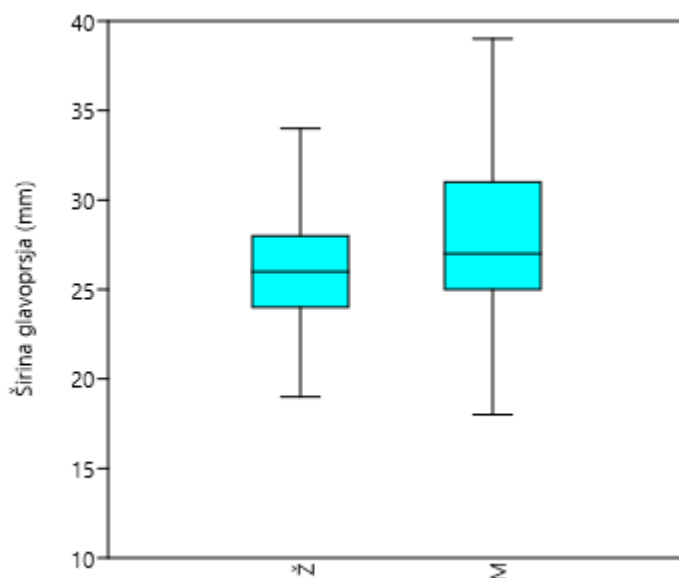
Graf 2: Okvir z ročaji za dolžino glavoprsja glede na spol, mikrolokacija »Pod HE Vuhred« (M-samci, Ž-samice).



Graf 3: Okvir z ročaji za dolžino glavoprsja glede na spol, mikrolokacija »Podvelka« (M-samci, Ž-samice).

Širina glavoprsja

Povprečna širina glavoprsja pri samcih je 27,4 mm, pri samicah pa 25,9 mm. Razlika je statistično značilna ($p = 0,0004$), večja variabilnost širine glavoprsja je pri samcih, kar prikazuje graf 4.

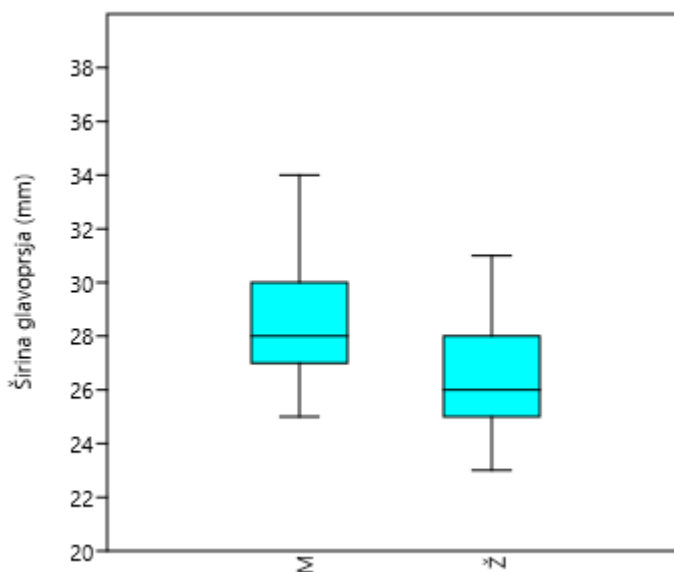


Graf 4: Okvir z ročaji za širino glavoprsja glede na spol (M-samci, Ž-samice).

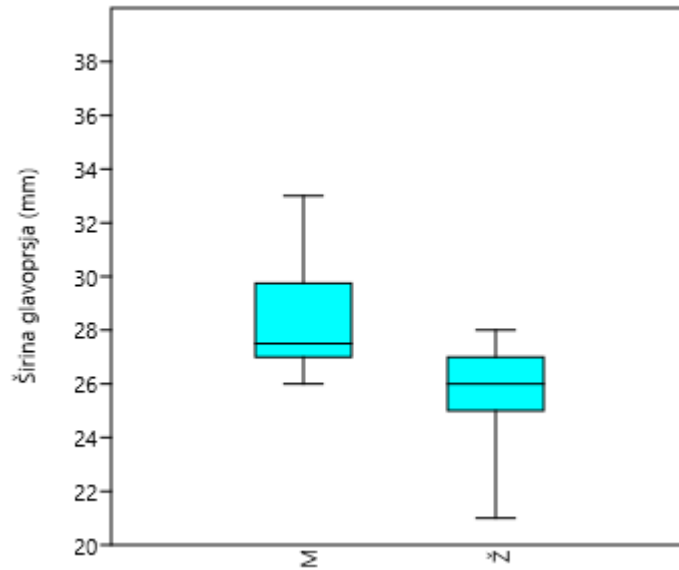
Statistično značilna razlika v širini glavoprsja med samci in samicami je na mikrolokaciji »Pod HE Vuhred« (povprečna širina glavoprsja pri samcih je 28,5 mm in 26,2 mm pri samicah (graf 5), $p < 0,0001$), mikrolokaciji »Podvelka« (povprečna širina glavoprsja pri samcih je 28,4 mm in pri samicah 25,4 mm (graf 6), $p = 0,0002$) in mikrolokaciji »Potočnik« (povprečna širina glavoprsja pri samcih je 29,0 mm in 26,5 mm pri samicah (graf 7), $p = 0,0370$). T in p-vrednosti po posameznih mikrolokacijah so prikazane v tabeli 6.

Tabela 6: T in p-vrednosti po posameznih mikrolokacijah za spremenljivko širina glavoprsja.

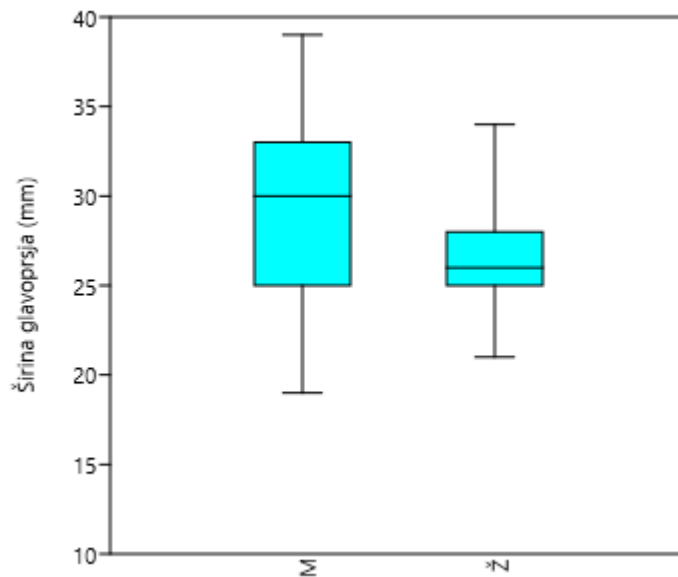
Mikrolokacija	t-vrednost	p-vrednost
»Pod HE Vuhred«	4,4732	<0,0001
»Kozji Vrh«	0,8517	0,3968
»Brezno«	1,4573	0,1545
»Podvelka«	4,2513	0,0002
»Potočnik«	2,1350	0,0370
»Gotjenk«		
»Ožbalt«	0,3843	0,7027
»Pred HE Ožbalt«	1,5553	0,1335



Graf 5: Okvir z ročaji za širino glavoprsja glede na spol, mikrolokacija »Pod HE Vuhred« (M-samci, Ž-samice).



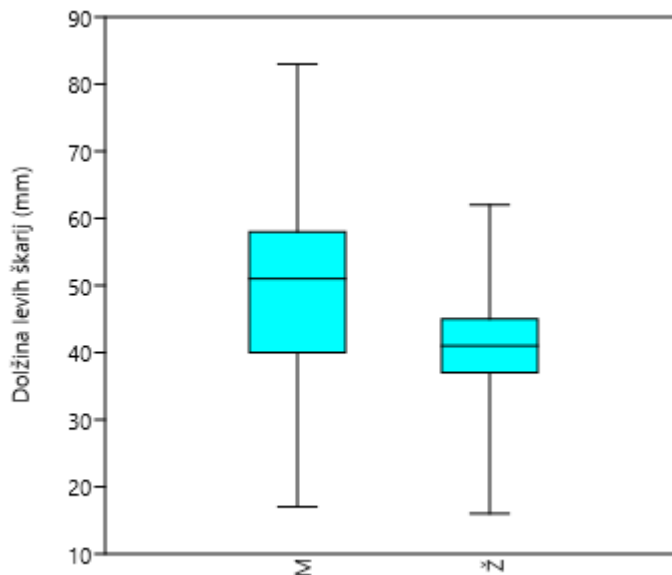
Graf 6: Okvir z ročaji za širino glavoprsja glede na spol, mikrolokacija »Podvelka« (M-samci, Ž-samice).



Graf 7: Okvir z ročaji za širino glavoprsja glede na spol, mikrolokacija »Potočnik« (M-samci, Ž-samice).

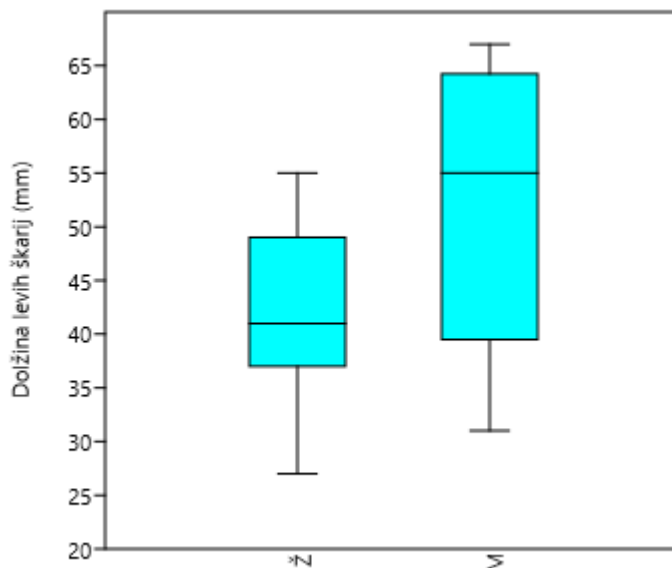
Dolžina levih škarij

Povprečna dolžina levih škarij pri samcih je 49,7 mm in 40,3 mm pri samicah. Razlika je statistično značilna ($p < 0,0001$), večja variabilnost v dolžini levih škarij je pri samcih, kar prikazuje graf 8.



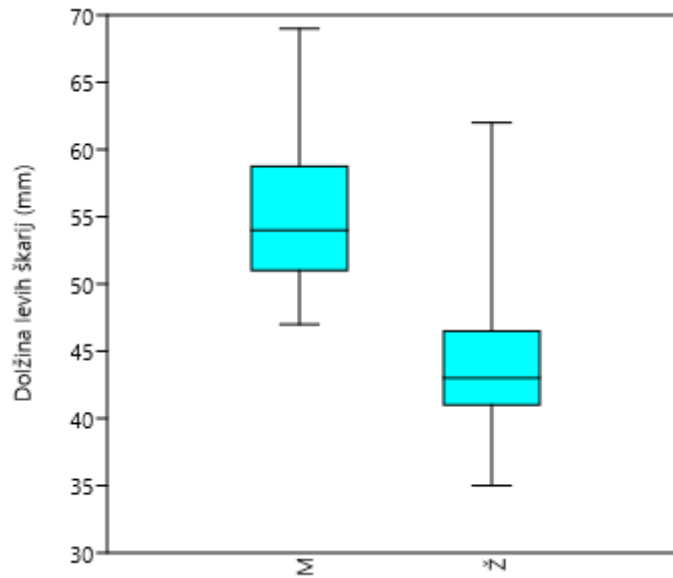
Graf 8: Okvir z ročaji za dolžino levih škarij glede na spol (M-samci, Ž-samice).

Statistično značilne razlike v dolžini levih škarij med spoloma so na mikrolokacijah »Brezno«, »Pod HE Vuhred«, »Podvelka« in »Potočnik«. Na mikrolokaciji »Brezno« je povprečna dolžina levih škarij pri samcih 52,6 mm in 41,8 mm pri samicah (graf 9), $p = 0,0056$.



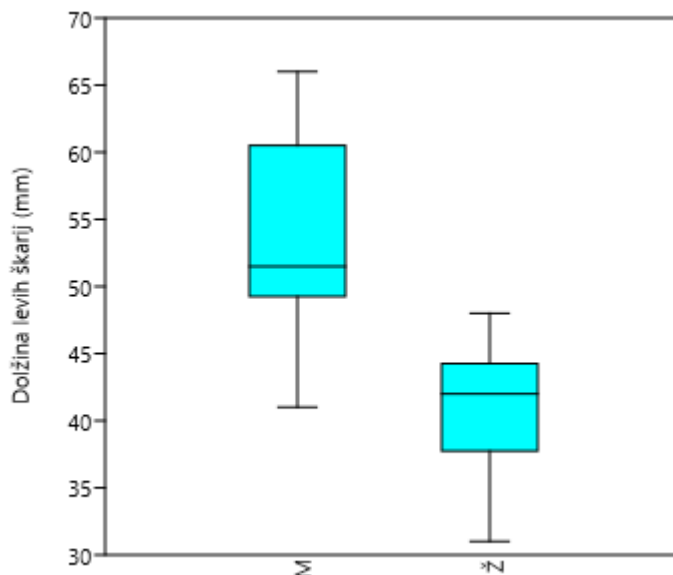
Graf 9: Okvir z ročaji za dolžino levih škarij glede na spol, mikrolokacija »Brezno« (M-samci, Ž-samice).

Na mikrolokaciji »Pod HE Vuhred« je povprečna dolžina levih škarij pri samcih 55,0 mm, pri samicah pa 43,8 mm (graf 10), $p < 0,0001$.

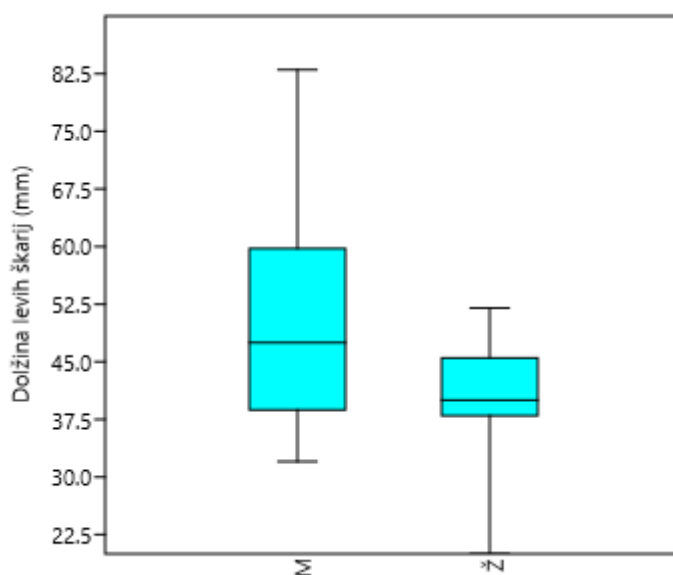


Graf 10: Okvir z ročaji za dolžino levih škarij glede na spol, mikrolokacija »Pod HE Vuhred« (M-samci, Ž-samice).

Na mikrolokaciji »Podvelka« je povprečna dolžina levih škarij pri samcih 53,3 mm, pri samicah pa 41,1 mm (graf 11), $p < 0,0001$. Na mikrolokaciji »Potočnik« je povprečna dolžina levih škarij pri samcih 50,8 mm, pri samicah pa 41,0 mm (graf 12), $p = 0,0025$.



Graf 11: Okvir z ročaji za dolžino levih škarij glede na spol, mikrolokacija »Podvelka« (M-samci, Ž-samice).



Graf 12: Okvir z ročaji za dolžino levih škarij glede na spol, mikrolokacija »Potočnik« (M-samci, Ž-samice).

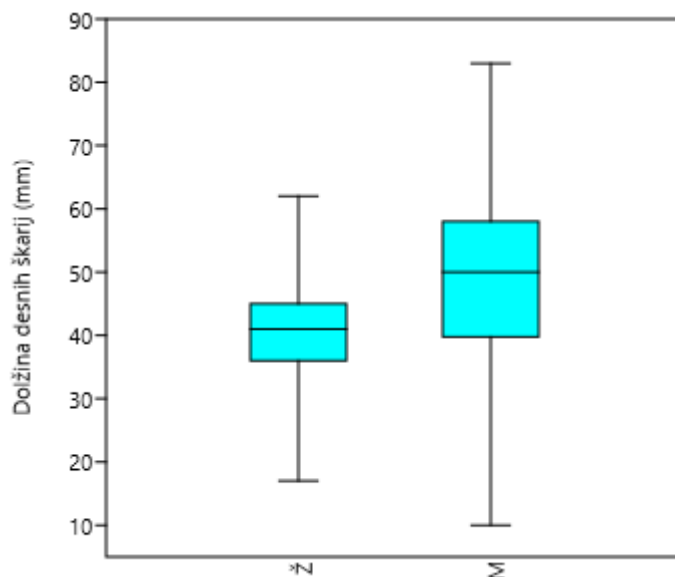
T in p-vrednosti po posameznih mikrolokacijah so prikazane v tabeli 7.

Tabela 7: T in p-vrednosti po posameznih mikrolokacijah za spremenljivko dolžina levih škarij.

Mikrolokacija	t-vrednost	p-vrednost
»Pod HE Vuhred«	8,3640	<0,0001
»Kozji Vrh«	1,5686	0,1208
»Brezno«	2,9990	0,0055
»Podvelka«	5,9101	<0,0001
»Potočnik«	3,1861	0,0025
»Gotjenk«		
»Ožbalt«	0,6147	0,5424
»Pred HE Ožbalt«	0,6691	0,5104

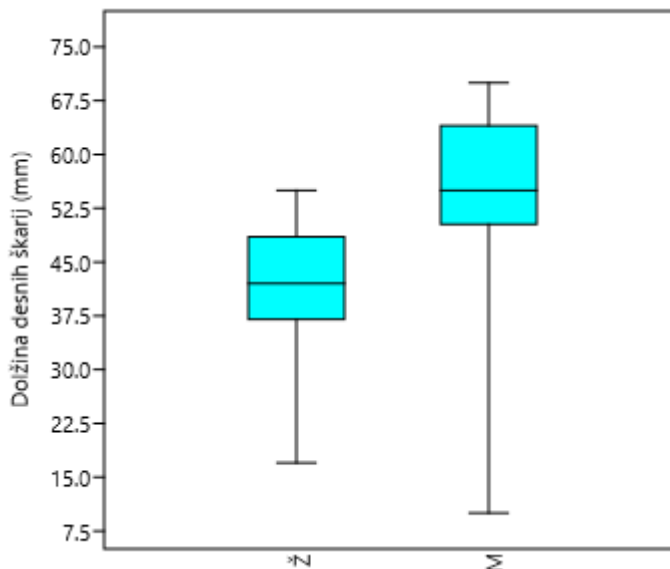
Dolžina desnih škarij

Povprečna dolžina desnih škarij pri samcih je 49,1 mm in 40,2 mm pri samicah. Razlika je statistično značilna, večja variabilnost v dolžini desnih škarij je pri samcih (graf 13), $p < 0,0001$.



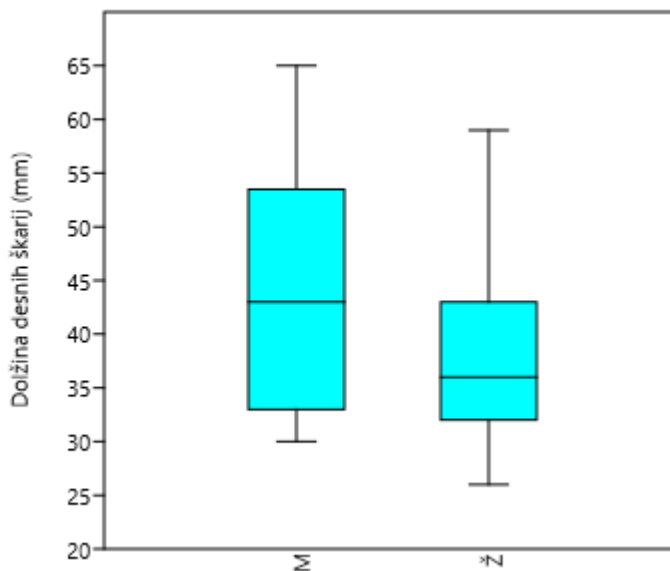
Graf 13: Okvir z ročaji za dolžino desnih škarij glede na spol (M-samci, Ž-samice).

Razlika med spoloma je statistično značilna za večino mikrolokacij, razen za mikrolokaciji »Ožbalt« in »Pred HE Ožbalt«. Na mikrolokaciji »Brezno« je povprečna velikost desnih škarij pri samcih 52,3 mm in pri samicah 41,5 mm (graf 14), $p = 0,0169$.



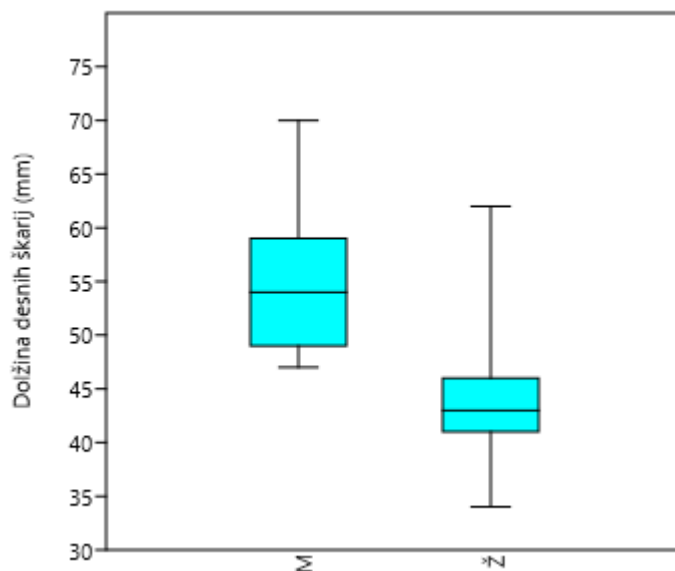
Graf 14: Okvir z ročaji za dolžino desnih škarij glede na spol, mikrolokacija »Brezno« (M-samci, Ž-samice).

Povprečna velikost desnih škarij samcev iz mikrolokacije »Kozji Vrh« je 43,7 mm in samic 37,4 mm (graf 15), $p = 0,0017$.



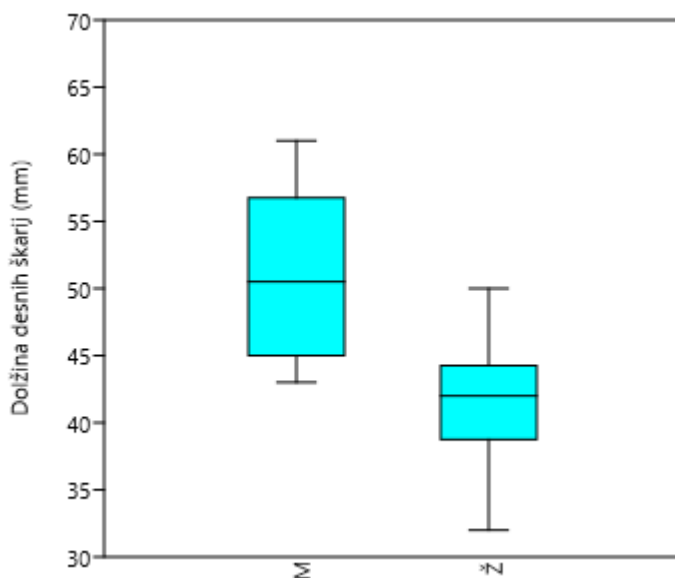
Graf 15: Okvir z ročaji za dolžino desnih škarij glede na spol, mikrolokacija »Kozji Vrh« (M-samci, Ž-samice).

Na mikrolokaciji »Pod HE Vuhred« je povprečna velikost desnih škarij pri samcih 54,9 mm in pri samicah 43,8 mm (graf 16), $p < 0,0001$.



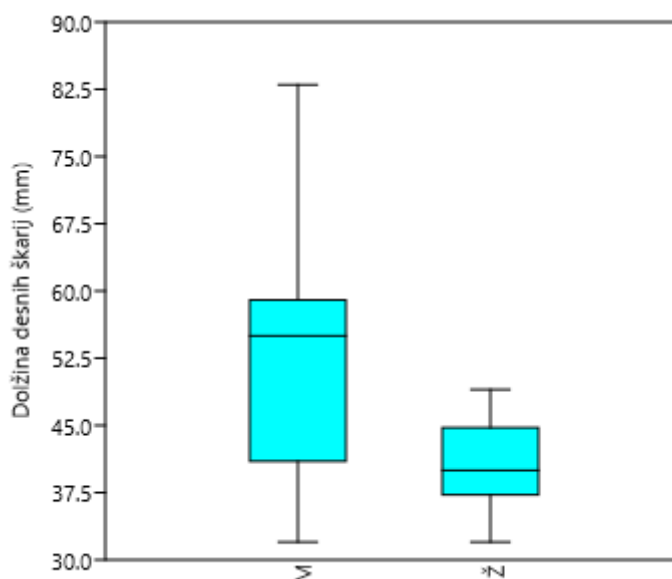
Graf 16: Okvir z ročaji za dolžino desnih škarij glede na spol, mikrolokacija »Pod HE Vuhred« (M-samci, Ž-samice).

Na mikrolokaciji »Podvelka« je povprečna velikost desnih škarij pri samcih 51,2 mm in pri samicah 41,9 mm (graf 17) $p < 0,0001$.



Graf 17: Okvir z ročaji za dolžino desnih škarij glede na spol, mikrolokacija »Podvelka« (M-samci, Ž-samice).

Povprečna velikost desnih škarij samcev iz mikrolokacije »Potočnik« je 52,1 mm in samic 40,4 mm (graf 18), $p < 0,0001$.



Graf 18: Okvir z ročaji za dolžino desnih škarij glede na spol, mikrolokacija »Potočnik« (M-samci, Ž-samice).

T in p-vrednosti po posameznih mikrolokacijah so prikazane v tabeli 8.

Tabela 8: T in p-vrednosti po posameznih mikrolokacijah za spremenljivko dolžina desnih škarij.

Mikrolokacija	t-vrednost	p-vrednost
»Pod HE Vuhred«	7,9221	0,0001
»Kozji Vrh«	3,0689	0,0030
»Brezno«	2,5258	0,0169
»Podvelka«	4,6335	0,0001
»Potočnik«	4,2961	0,0001
»Gotjenk«		
»Ožbalt«	1,5137	0,1380
»Pred HE Ožbalt«	0,1231	0,9031

Na splošno so samci v primerjavi s samicami daljši, širši in imajo daljše škarje kot samice, prav tako obstaja za vse štiri spremenljivke večja variabilnost pri samcih kot samicah.

3.1.2 Razlike med mikrolokacijami

Preverili smo razlike v morfometričnih spremenljivkah med mikrolokacijami, testiranje smo izvedli z ANOVA testom in Tukeyevim posteriornim testom. Primerjavo med mikrolokacijami smo izvedli ločeno po spolu, saj smo v predhodnem poglavju potrdili značilen spolni dimorfizem. Mikrolokacijo »Gotjenk« zaradi premalo vzorcev nismo vključili v analizo.

SAMCI

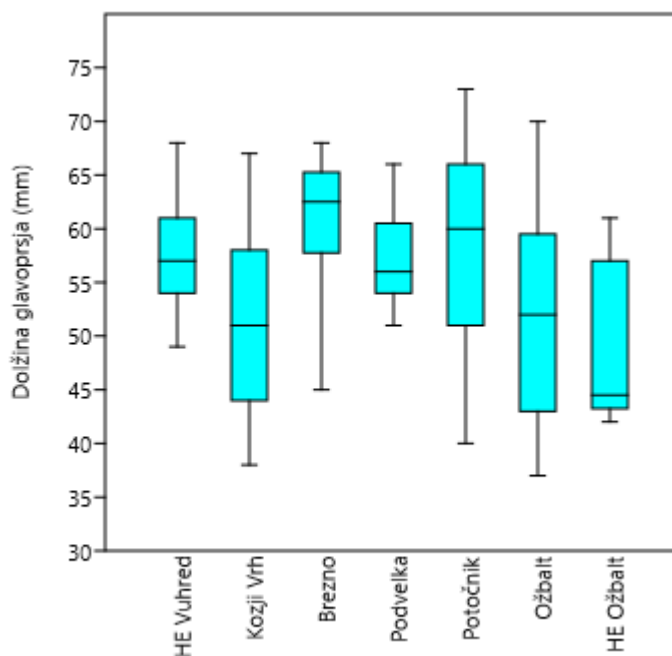
Statistično značilne razlike med mikrolokacijami so najpogostejše pri dolžini glavoprsja, sledi širina glavoprsja, dolžina desnih in levih škarij. Pri dolžini levih škarij je statistično značilna razlika le med dvema mikrolokacijama, pri dolžini desnih škarij pa med štirimi mikrolokacijami. Pri širini glavoprsja je statistično značilna razlika med 6 mikrolokacijami, pri dolžini glavoprsja pa je razlika statistično značilna med 12 mikrolokacijami.

Dolžina glavoprsja

Raki iz mikrolokacije »Pod HE Vuhred« se po dolžini glavoprsja (graf 19) statistično razlikujejo od rakov iz lokacije »Kozji Vrh«, in »Pred HE Ožbalt«. Raki iz mikrolokacije »Kozji Vrh« se statistično značilno razlikujejo od rakov iz mikrolokacij »Brezno« in »Potočnik«. Raki iz mikrolokacije »Brezno« se statistično značilno razlikujejo od rakov iz mikrolokacije »Pred HE Ožbalt«. Raki iz mikrolokacije »Potočnik« se statistično značilno razlikujejo od rakov iz mikrolokacije »Pred HE Ožbalt«. Rezultate prikazuje tabela 9.

Tabela 9: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine glavoprsja med mikrolokacijami. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo so p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.

	»Pod HE Vuhred«	»Kozji Vrh«	»Brezno«	»Podvelka«	»Potočnik«	»Ožbalt«	»Pred HE Ožbalt«
»Pod HE Vuhred«		0,01994	0,9075	1	0,9997	0,3421	0,04011
»Kozji Vrh«	4,672		0,00583	0,1999	0,007342	0,9896	0,9424
»Brezno«	1,642	5,206		0,8969	0,9794	0,08653	0,009044
»Podvelka«	0,3124	3,414	1,683		0,9984	0,6969	0,1247
»Potočnik«	0,5452	5,11	1,199	0,7474		0,1943	0,0214
»Ožbalt«	3,008	1,051	3,931	2,231	3,433		0,7563
»Pred HE Ožbalt«	4,338	1,479	5,022	3,718	4,64	2,093	



Graf 19: Dolžina glavoprsja pri samcih.

Širina glavoprsja

Raki iz mikrolokacije »Pod HE Vuhred« se statistično razlikujejo od rakov iz mikrolokacije »Kozji Vrh«. Raki iz mikrolokacije »Kozji Vrh« se statistično razlikujejo od rakov iz mikrolokacije »Brezno« in »Potočnik«. Rezultate prikazuje tabela 10.

Tabela 10: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo širine glavoprsja med mikrolokacijami. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo so p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.

	»Pod HE Vuhred«	»Kozji Vrh«	»Brezno«	»Podvelka«	»Potočnik«	»Ožbalt«	»Pred HE Ožbalt«
»Pod HE Vuhred«		0,02114	0,9504	1	0,9989	0,3499	0,1452
»Kozji Vrh«	4,643		0,01188	0,1687	0,006318	0,9931	0,9968
»Brezno«	1,432	4,902		0,9667	0,9963	0,1311	0,05115
»Podvelka«	0,1054	3,527	1,319		0,9992	0,6294	0,27
»Potočnik«	0,7016	5,17	0,8671	0,6614		0,1725	0,07569
»Ožbalt«	2,989	0,9743	3,686	2,378	3,512		0,9504
»Pred HE Ožbalt«	3,623	0,8439	4,213	3,197	4,004	1,433	

Dolžina levih škarij

Statistično značilne razlike v dolžini levih škarij so med mikrolokacijama »Pod HE Vuhred« in »Kozji Vrh«, kar prikazuje tabela 11.

Tabela 11: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine levih škarij med mikrolokacijami. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo pa p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.

	»Pod HE Vuhred«	»Kozji Vrh«	»Brezno«	»Podvelka«	»Potočnik«	»Ožbalt«	»Pred HE Ožbalt«
»Pod HE Vuhred«		0,005466	0,9951	0,9988	0,7929	0,06352	0,09354
»Kozji Vrh«	5,24		0,2845	0,1615	0,3697	0,9998	0,9995
»Brezno«	0,9133	3,159		1	0,9988	0,5757	0,4281
»Podvelka«	0,7063	3,558	0,2088		0,9927	0,4224	0,3254
»Potočnik«	2,001	2,943	0,7112	0,9824		0,742	0,5739
»Ožbalt«	4,104	0,5288	2,492	2,821	2,127		0,9947
»Pred HE Ožbalt«	3,889	0,6023	2,809	3,051	2,496	0,9266	

Dolžina desnih škarij

Statistično značilne razlike v dolžini desnih škarij so med raki iz mikrolokacije »Pod HE Vuhred« in raki iz mikrolokacij »Kozji Vrh« ter »Pred HE Ožbalt«, kar prikazuje tabela 12.

Tabela 12: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine desnih škarij med mikrolokacijami. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo pa p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.

	»Pod HE Vuhred«	»Kozji Vrh«	»Brezno«	»Podvelka«	»Potočnik«	»Ožbalt«	»Pred HE Ožbalt«
»Pod HE Vuhred«		0,003667	0,9953	0,9661	0,9713	0,06769	0,02178
»Kozji Vrh«	5,407		0,2958	0,475	0,07042	0,9985	0,9771
»Brezno«	0,9058	3,129		1	1	0,6443	0,2148
»Podvelka«	1,323	2,706	0,349		1	0,8112	0,3243
»Potočnik«	1,28	4,05	0,06952	0,3456		0,3968	0,1116
»Ožbalt«	4,071	0,7367	2,346	1,952	2,88		0,9041
»Pred HE Ožbalt«	4,639	1,223	3,367	3,055	3,788	1,655	

SAMICE

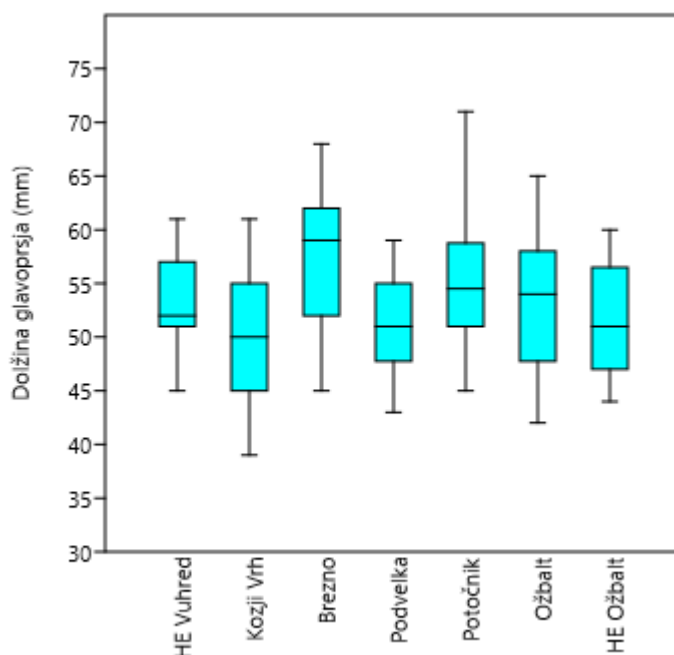
Statistično značilne razlike med mikrolokacijami so najpogostejše pri dolžini glavoprsja, sledi širina glavoprsja nato pa dolžina desnih in levih škarij. Največ statistično značilnih razlik med mikrolokacijami je v dolžini glavoprsja (šest mikrolokacij), sledi širina glavoprsja (štiri mikrolokacije), nato pa dolžina levih in desnih škarij (dve mikrolokaciji).

Dolžina glavoprsja

Statistično značilne razlike v dolžini glavoprsja (graf 20) so prisotne med raki iz mikrolokacije »Kozji Vrh« in mikrolokacij »Brezno« ter »Potočnik« in med raki iz mikrolokacij »Brezno« in »Podvelka«, kar prikazuje tabela 13.

Tabela 13: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine glavoprsja med mikrolokacijami. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo so p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.

	»Pod HE Vuhred«	»Kozji Vrh«	»Brezno«	»Podvelka«	»Potočnik«	»Ožbalt«	»Pred HE Ožbalt«
»Pod HE Vuhred«		0,4236	0,07351	0,9549	0,7975	0,9988	0,9987
»Kozji Vrh«	2,817		6,717E-05	0,9966	0,01179	0,2359	0,9298
»Brezno«	4,015	6,794		0,01371	0,7393	0,3184	0,05804
»Podvelka«	1,405	0,8568	4,829		0,3069	0,817	0,9996
»Potočnik«	1,99	4,895	2,134	3,095		0,9854	0,6233
»Ožbalt«	0,7154	3,294	3,066	1,938	1,121		0,9705
»Pred HE Ožbalt«	0,7167	1,544	4,141	0,5915	2,391	1,287	



Graf 20: Dolžina glavoprsja pri samicah.

Širina glavoprsja

Statistično značilne razlike v širini glavoprsja so prisotne med raki iz mikrolokacije »Kozji Vrh« in mikrolokacij »Brezno« ter »Potočnik«, kar prikazuje tabela 14.

Tabela 14: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo širine glavoprsja med mikrolokacijami. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo so p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.

	»Pod HE Vuhred«	»Kozji Vrh«	»Brezno«	»Podvelka«	»Potočnik«	»Ožbalt«	»Pred HE Ožbalt«
»Pod HE Vuhred«		0,09903	0,3704	0,9653	0,9996	0,9998	1
»Kozji Vrh«	3,847		0,001814	0,8649	0,04009	0,08697	0,2261
»Brezno«	2,938	6,46		0,1073	0,644	0,6967	0,6633
»Podvelka«	1,331	1,796	3,801		0,8636	0,9007	0,9625
»Potočnik«	0,5809	4,328	2,346	1,8		1	1
»Ožbalt«	0,5068	3,921	2,231	1,669	0,02955		1
»Pred HE Ožbalt«	0,2286	3,324	2,305	1,353	0,2606	0,2207	

Dolžina levih škarij

Statistično značilne razlike v dolžini levih škarij so prisotne med mikrolokacijama »Pod HE Vuhred« in »Kozji Vrh«, kar prikazuje tabela 15.

Tabela 15: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine levih škarij med mikrolokacijami. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo pa p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.

	»Pod HE Vuhred«	»Kozji Vrh«	»Brezno«	»Podvelka«	»Potočnik«	»Ožbalt«	»Pred HE Ožbalt«
»Pod HE Vuhred«		0,001284	0,9582	0,815	0,7285	0,1126	0,635
»Kozji Vrh«	5,783		0,2747	0,4842	0,3476	0,9951	0,7747
»Brezno«	1,382	3,183		0,9999	0,9998	0,7967	0,9959
»Podvelka«	1,943	2,685	0,4628		1	0,9305	0,9999
»Potočnik«	2,159	2,994	0,508	0,01026		0,9036	0,9999
»Ožbalt«	3,775	0,9129	1,992	1,54	1,658		0,9901
»Pred HE Ožbalt«	2,366	2,048	0,8842	0,4408	0,4631	1,041	

Dolžina desnih škarij

Statistično značilne razlike v dolžini desnih škarij so prisotne med raki iz mikrolokacije »Pod HE Vuhred« in raki iz mikrolokacije »Kozji Vrh« kar prikazuje tabela 16.

Tabela 16: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine desnih škarij med mikrolokacijami. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo pa p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.

	»Pod HE Vuhred«	»Kozji Vrh«	»Brezno«	»Podvelka«	»Potočnik«	»Ožbalt«	»Pred HE Ožbalt«
»Pod HE Vuhred«		0,001156	0,8886	0,9649	0,4279	0,341	0,2876
»Kozji Vrh«	5,818		0,2144	0,1717	0,5056	0,8129	0,9462
»Brezno«	1,714	3,362		1	0,9961	0,9791	0,9492
»Podvelka«	1,334	3,513	0,2835		0,9843	0,9494	0,9034
»Potočnik«	2,807	2,639	0,8749	1,137		0,9999	0,9988
»Ožbalt«	3,01	1,949	1,203	1,439	0,4107		1
»Pred HE Ožbalt«	3,147	1,458	1,44	1,659	0,707	0,3029	

Primerjava med spoloma

Razlike med spoloma načeloma niso prisotne. Izstopa le mikrolokacija »Pred HE Ožbalt«, kjer so statistično značilne razlike pri samcih s tremi mikrolokacijami, medtem ko pri samicah ni statistično značilnih razlik. Tako pri samcih kot samicah so najpogostejše statistično značilne razlike med mikrolokacijami v dolžini glavoprsja, sledi širina glavoprsja, nato dolžina desnih in levih škarij. Največ statistično značilnih razlik je med mikrolokacijama »Pod HE Vuhred« in »Kozji Vrh«.

3.1.3 Razlike med tipi substrata

Razlike v morfometričnih spremenljivkah med tipi substrata smo testirali z ANOVA testom in Tukeyevim posteriornim testom. Primerjavo med tipi substrata smo izvedli ločeno po spolu, saj smo v predhodnem poglavju potrdili značilen spolni dimorfizem. Mikrolokacije »Gotjenk« zaradi premalo vzorcev nismo vključili v analizo.

SAMCI

Dolžina glavoprsja

Statistično značilne razlike v dolžini glavoprsja pri samcih so med tipom substrata »pesek« in »pesek s kamenjem«, kar prikazuje tabela 17.

Tabela 17: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine glavoprsja med tipi substrata. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo pa p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.

	Pesek s kamenjem	Kamnomet	Pesek
Pesek s kamenjem		0,1226	0,01082
Kamnomet	2,789		0,1053
Pesek	4,144	2,89	

Širina glavoprsja

Statistično značilne razlike v širini glavoprsja pri samcih so med tipom substrata »pesek« in »pesek s kamenjem«, kar prikazuje tabela 18.

Tabela 18: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine glavoprsja med tipi substrata. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo pa p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.

	Pesek s kamenjem	Kamnomet	Pesek
Pesek s kamenjem		0,1156	0,04097
Kamnomet	2,828		0,2624
Pesek	3,458	2,218	

Dolžina levih in desnih škarij

Statistično značilne razlike v dolžini levih in desnih škarij pri samcih med tipi substrata ne obstajajo.

SAMICE

Dolžina glavoprsja

Statistično značilne razlike v dolžini glavoprsja pri samicah so med tipom substrata »kamnomet« in »pesek s kamenjem«, kar prikazuje tabela 19.

Tabela 19: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine glavoprsja med tipi substrata. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo pa p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.

	Pesek s kamenjem	Kamnomet	Pesek
Pesek s kamenjem		0,001942	0,2557
Kamnomet	4,893		0,8962
Pesek	2,238	0,6309	

Širina glavoprsja

Statistično značilne razlike v širini glavoprsja pri samicah so med tipom substrata »kamnomet« in »pesek s kamenjem«, kar prikazuje tabela 20.

Tabela 20: Rezultati testa ANOVA, Tukeyevega posteriornega testa za primerjavo dolžine glavoprsja med tipi substrata. Pod diagonalo so Tukeyeve Q-vrednosti, nad diagonalo pa p-vrednosti, p-vrednosti, manjše od 0,05, so zapisane s krepkim tiskom.

	Pesek s kamenjem	Kamnomet	Pesek
Pesek s kamenjem		0,004954	0,9461
Kamnomet	4,491		0,2911
Pesek	0,4484	2,128	

Dolžina levih in desnih škarij

Statistično značilne razlike v dolžini levih in desnih škarij pri samicah med tipi substrata ne obstajajo.

Primerjava med spoloma

Statistično značilne razlike med tipi substrata smo pri obeh spolih ugotovili pri dolžini in širini glavoprsja. Statistično značilno se razlikujejo samci med tipom substrata »pesek« in »pesek s kamenjem«, samice pa med tipom substrata »kamnomet« in »pesek s kamenjem«. V dolžini levih in desnih škarij ni statistično značilnih razlik med tipi substrata.

3.1.4 Razlike glede na hitrost vodnega toka

Izvedli smo korelacijsko analizo med povprečno hitrostjo vodnega toka in morfometričnimi meritvami ločeno po spolu. Ugotovili smo, da korelacija ne obstaja za nobeno spremenljivko ne pri samcih ne pri samicah, zato zaključimo, da ni povezave med hitrostjo vodnega toka in morfometričnimi spremenljivkami.

3.1.5 Razlika med dolžino levih in desnih škarij

Razlike med dolžino levih in desnih škarij smo izvedli s t-testom, ločeno po spolu. Dolžina levih in desnih škarij se pri samcih in samicah ne razlikuje (samci, $t = 0,4042$, $p = 0,6864$, samice, $t = 0,0397$, $p = 0,9683$).

3.2 Poškodbe

Poškodbe rakov smo določili glede na manjkajoče dele telesa oziroma poškodovane dele telesa. V tabeli 21 so za posamezno mikrolokacijo in substrat podani podatki za število ujetih rakov, delež ujetih rakov glede na celoto, število poškodovanih rakov in delež poškodovanih rakov.

Tabela 21: Število in delež ujetih rakov s številom in deležem poškodovanih rakov na mikrolokacijo.

Mikrolokacija	Substrat	Število	Delež rakov (%)	Št. poškodovanih rakov	Delež poškodovanih rakov (%)	Delež poškodovanih rakov (%)
»Pod HE Vuhred«	Kamnomet	69	19,4	23	33,3	41,4
»Kozji Vrh«		85	23,9	42	49,4	
»Brezno«	Pesek s kamenjem	35	9,9	15	42,9	46,8
»Podvelka«		35	9,9	13	37,1	
»Potočnik«		60	16,9	34	56,7	
»Gotjenk«		3	0,9	2	66,7	
»Ožbalt«		43	12,1	20	46,5	
»Pred HE Ožbalt«	Pesek	25	7,0	13	52,0	52,0
SKUPAJ		355	100	162 160	45,6 (45,1)	

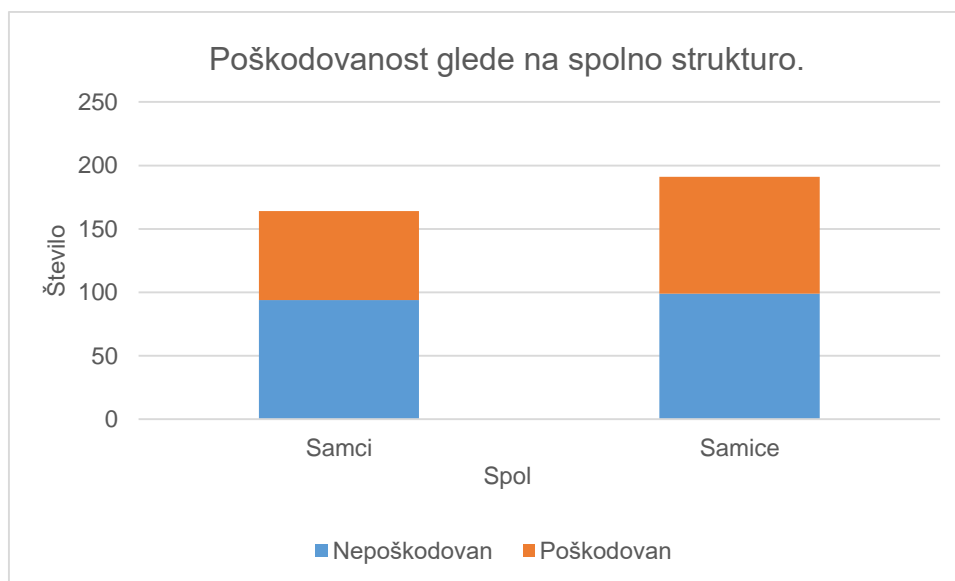
Iz tabele je razvidno, da smo ujeli 355 osebkov, od tega je poškodovanih 162 osebkov (45,6 %). Glede na to, da sta bila na mikrolokaciji »Gotjenk« ujeta zgolj dva osebka, ki predstavljata nizek delež ujetih rakov (0,85 %), vendar visok delež poškodb (66,7 %), smo slednjo mikrolokacijo izključili iz nadaljnjih analiz. Tako je skupen delež poškodovanih rakov 45,1 %. Najmanjši delež poškodovanih je na mikrolokaciji »Pod HE Vuhred« (33,3 %) in »Podvelka« (37,1 %), najvišji pa na mikrolokaciji »Potočnik« (56,7 %). Glede na substrat je največ poškodovanih rakov na substratu peska, sledi substrat peska s kamenjem, najmanjše število rakov s poškodbami pa je na substratu kamnometu.

Nadalje smo razčlenili poškodovanost rakov glede na spol, kar prikazuje tabela 22.

Tabela 22: Poškodovanost rakov glede na spol.

Mikrolokacija	Št. rakov s poškod.	Delež rakov (%)	Št. samcev	Delež samcev (%)	Št. samic	Delež samic (%)	SKUPAJ Delež samcev (%)	SKUPAJ Delež samic (%)
»Pod HE Vuhred«	23	19,4	14	20	9	9,8	60,9	39,1
»Kozji Vrh«	42	23,9	19	27,1	23	25	45,2	54,8
»Brezno«	15	9,9	4	5,7	11	12	26,7	73,3
»Podvelka«	13	9,9	7	10	6	6,5	53,8	46,2
»Potočnik«	34	16,9	16	22,9	18	19,6	47,1	52,9
»Gotjenk«	2	0,9	0	0	2	2,2	0,0	100,0
»Ožbalt«	20	12,1	8	11,4	12	13	40,0	60,0
»Pred HE Ožbalt«	13	7,0	2	2,9	11	12	15,4	84,6
SKUPAJ	162	100	70	100	90 (92)	100	43,2	55,6 (56,8)

Od 162 poškodovanih rakov je 70 samcev in 92 samic (graf 21). Delež poškodovanih samcev glede na skupno število rakov s poškodbami je 43,2 %, delež poškodovanih samic pa 56,8 %. Izstopata mikrolokaciji »Pod HE Vuhred« in »Podvelka«, kjer je poškodovanih nekoliko manj samic kot samcev, pri vseh ostalih mikrolokacijah pa je več poškodovanih samic, kot samcev.



Graf 21: Poškodovanost glede na spolno strukturo.

Na splošno je delež poškodovanih samcev glede na skupno število ujetih rakov 42,7 %, delež poškodovanih samic pa 47,1 %.

3.2.1 Vrsta poškodb

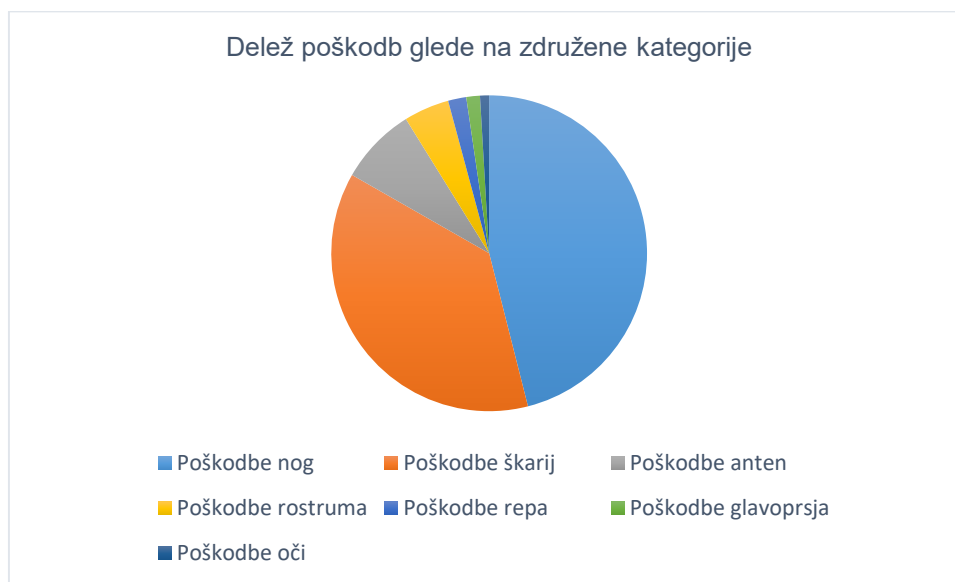
Poškodbe smo opredelili v 22 različnih vrst, kot smo prikazali v tabeli 2.

Nadalje smo izvedli analizo posameznih vrst poškodb skupaj za vse mikrolokacije, glede na spol in skupaj, kar prikazuje tabela 23.

Tabela 23: Poškodovanost rakov glede na vrsto poškodb, ločeno po spolu.

Vrsta poškodbe	SAMCI		SAMICE		SKUPAJ	
	Število poškodb	Delež poškodb (%)	Število poškodb	Delež poškodb (%)	Število poškodb	Delež poškodb (%)
1	18	18,8	30	25,2	48	22,3
2	4	4,2	3	2,5	7	3,3
3		0,0	1	0,8	1	0,5
7	13	13,5	12	10,1	25	11,6
8	18	18,8	9	7,6	27	12,6
9	3	3,1	5	4,2	8	3,7
10	1	1,0	2	1,7	3	1,4
11	4	4,2	6	5,0	10	4,7
12	2	2,1	2	1,7	4	1,9
13	20	20,8	22	18,5	42	19,5
14	2	2,1	4	3,4	6	2,8
15	1	1,0	4	3,4	5	2,3
16		0,0	1	0,8	1	0,5
17	2	2,1	6	5,0	8	3,7
18	3	3,1	6	5,0	9	4,2
19	3	3,1	1	0,8	4	1,9
20		0,0	2	1,7	2	0,9
21	1	1,0	2	1,7	3	1,4
22	1	1,0	1	0,8	2	0,9
SKUPAJ	96	100,0	119	100,0	215	100,0

Skupno število poškodb je 215. Samci imajo 96 poškodb, samice pa 119. Pri samcih je največ poškodb nog, sledijo poškodbe škarij, ostale poškodbe predstavljajo zelo nizek delež poškodb. Pri samicah je prav tako največ poškodb nog, sledijo poškodbe škarij, delež ostalih poškodb je nizek. Skupen trend je podoben. Največ je poškodb nog, sledijo poškodbe škarij, nato poškodbe anten in rostruma, ostalih poškodb je malo. Delež poškodb prikazuje graf 22.



Graf 22: Delež poškodb glede na združene kategorije.

Analizo posameznih vrst poškodb smo izvedli tudi glede na mikrolokacije, kar prikazujejo tabele 24 do 31.

Mikrolokacija »Pod HE Vuhred«

Na tej mikrolokaciji prevladujejo poškodbe škarij in nog, prav tako je veliko poškodb rostruma, kar prikazuje tabela 24.

Tabela 24: Poškodovanost rakov glede na kategorije poškodb, ločeno po spolu na mikrolokaciji »Pod HE Vuhred«.

Vrsta poškodb	SAMCI		SAMICE		SKUPAJ	
	Število poškodb	% poškodb	Število poškodb	% poškodb	Število poškodb	% poškodb
1	2	11,8	1	9,1	3	10,7
7	4	23,5		0,0	4	14,3
8	6	35,3	4	36,4	10	35,7
9		0,0	1	9,1	1	3,6
11	2	11,8	2	18,2	4	14,3
13	1	5,9	2	18,2	3	10,7
14		0,0	1	9,1	1	3,6
17	1	5,9		0,0	1	3,6
22	1	5,9		0,0	1	3,6
SKUPAJ	17	100,0	11	100,0	28	100,0

Mikrolokacija »Kozji Vrh«

Na mikrolokaciji »Kozji Vrh« je raznovrstnost poškodb zelo velika. Prevladujejo poškodbe nog, sledijo poškodbe škarij. Bistveno več poškodb škarij je pri samcih kot pri samicah, kar prikazuje tabela 25.

Tabela 25: Poškodovanost rakov glede na kategorije poškodb, ločeno po spolu na mikrolokaciji »Kozji Vrh«.

Vrsta poškodb	SAMCI		SAMICE		SKUPAJ	
	Število poškodb	% poškodb	Število poškodb	% poškodb	Število poškodb	% poškodb
1	6	19,4	9	30,0	15	24,6
2	1	3,2	1	3,3	2	3,3
7	4	12,9	1	3,3	5	8,2
8	4	12,9	1	3,3	5	8,2
9	1	3,2	1	3,3	2	3,3
10		0,0	1	3,3	1	1,6
11	2	6,5	2	6,7	4	6,6
12		0,0	1	3,3	1	1,6
13	10	32,3	5	16,7	15	24,6
14	1	3,2	1	3,3	2	3,3
15		0,0	2	6,7	2	3,3
17		0,0	2	6,7	2	3,3
18	1	3,2	2	6,7	3	4,9
19	1	3,2		0,0	1	1,6
20		0,0	1	3,3	1	1,6
21		0,0		0,0		0,0
SKUPAJ	31	100,0	30	100,0	61	100,0

Mikrolokacija »Brezno«

Največji delež poškodb predstavljajo poškodbe nog, sledijo poškodbe škarij, nato poškodbe anten. Večji delež poškodovanih škarij je pri samicah, kar prikazuje tabela 26.

Tabela 26: Poškodovanost rakov glede na kategorije poškodb, ločeno po spolu na mikrolokaciji »Brezno«.

Vrsta poškodb	SAMCI		SAMICE		SKUPAJ	
	Število poškodb	% poškodb	Število poškodb	% poškodb	Število poškodb	% poškodb
1	1	25,0	3	17,6	4	19,0
2		0,0	2	11,8	2	9,5
7		0,0	3	17,6	3	14,3
8	2	50,0	1	5,9	3	14,3
9		0,0	2	11,8	2	9,5
13	1	25,0	1	5,9	2	9,5
18		0,0	2	11,8	2	9,5
20		0,0	1	5,9	1	4,8
21		0,0	1	5,9	1	4,8
22		0,0	1	5,9	1	4,8
SKUPAJ	4	100,0	17	100,0	21	100,0

Mikrolokacija »Podvelka«

Prevladujejo poškodbe škarij, sledijo poškodbe nog in anten, kar prikazuje tabela 27.

Tabela 27: Poškodovanost rakov glede na kategorije poškodb, ločeno po spolu na mikrolokaciji »Podvelka«.

Vrsta poškodb	SAMCI		SAMICE		SKUPAJ	
	Število poškodb	% poškodb	Število poškodb	% poškodb	Število poškodb	% poškodb
2	1	12,5		0,0	1	6,7
7		0,0	1	14,3	1	6,7
8	4	50,0	1	14,3	5	33,3
9		0,0	1	14,3	1	6,7
10	1	12,5		0,0	1	6,7
11		0,0	1	14,3	1	6,7
13	2	25,0		0,0	2	13,3
17		0,0	1	14,3	1	6,7
18		0,0	1	14,3	1	6,7
19		0,0	1	14,3	1	6,7
SKUPAJ	8	100,0	7	100,0	15	100,0

Mikrolokacija »Potočnik«

Prevladujejo poškodbe nog, sledijo poškodbe škarij. Med samci in samicami ni bistvenih razlik. Rezultate prikazuje tabela 28.

Tabela 28: Poškodovanost rakov glede na kategorije poškodb, ločeno po spolu na mikrolokaciji »Potočnik«.

Vrsta poškodb	SAMCI		SAMICE		SKUPAJ	
	Število poškodb	% poškodb	Število poškodb	% poškodb	Število poškodb	% poškodb
1	7	33,3	8	38,1	15	35,7
2	1	4,8		0,0	1	2,4
7	3	14,3	4	19,0	7	16,7
8	2	9,5	1	4,8	3	7,1
11		0,0	1	4,8	1	2,4
12	2	9,5		0,0	2	4,8
13	5	23,8	2	9,5	7	16,7
14		0,0	1	4,8	1	2,4
15		0,0	1	4,8	1	2,4
17		0,0	2	9,5	2	4,8
18	1	4,8		0,0	1	2,4
21		0,0	1	4,8	1	2,4
SKUPAJ	21	100,0	21	100,0	42	100,0

Mikrolokacija »Gotjenk«

Na tej mikrolokaciji so bili ujeti samo 3 raki, vsem je manjkala ena noga, kar prikazuje tabela 29.

Tabela 29: Poškodovanost rakov glede na kategorije poškodb, ločeno po spolu na mikrolokaciji »Gotjenk«.

Vrsta poškodb	SAMCI		SAMICE		SKUPAJ	
	Število poškodb	% poškodb	Število poškodb	% poškodb	Število poškodb	% poškodb
1	0	0,0	2	100,0	2	100,0
SKUPAJ	0	0,0	2	100,0	2	100,0

Mikrolokacija »Ožbalt«

Prevladujejo poškodbe nog, sledijo poškodbe škarij. Na splošno je poškodb škarij bolj malo. Rezultate prikazuje prikazuje tabela 30.

Tabela 30: Poškodovanost rakov glede na kategorije poškodb, ločeno po spolu na mikrolokaciji »Ožbalt«.

Vrsta poškodbe	SAMCI		SAMICE		SKUPAJ	
	Število poškodb	% poškodb	Število poškodb	% poškodb	Število poškodb	% poškodb
1	4	30,8	4	22,2	8	25,8
2	1	7,7		0,0	1	3,2
3		0,0	1	5,6	1	3,2
7		0,0	2	11,1	2	6,5
8		0,0	1	5,6	1	3,2
9	1	7,7		0,0	1	3,2
12		0,0	1	5,6	1	3,2
13		0,0	6	33,3	6	19,4
14	1	7,7	1	5,6	2	6,5
15	1	7,7		0,0	1	3,2
16		0,0	1	5,6	1	3,2
17	1	7,7	1	5,6	2	6,5
18	1	7,7		0,0	1	3,2
19	2	15,4		0,0	2	6,5
21	1	7,7		0,0	1	3,2
SKUPAJ	13	100,0	18	100,0	31	100,0

Mikrolokacija »Pred HE Ožbalt«

Prevladujejo poškodbe nog, ostalih poškodb je zelo malo, kar prikazuje tabela 31.

Tabela 31: Poškodovanost rakov glede na kategorije poškodb, ločeno po spolu na mikrolokaciji »Pred HE Ožbalt«.

Vrsta poškodbe	SAMCI		SAMICE		SKUPAJ	
	Število poškodb	% poškodb	Število poškodb	% poškodb	Število poškodb	% poškodb
1		0,0	3	23,1	3	20,0
7		0,0	1	7,7	1	6,7
8		0,0		0,0		0,0
9	1	50,0		0,0	1	6,7
10		0,0	1	7,7	1	6,7
11		0,0		0,0		0,0
13	1	50,0	6	46,2	7	46,7
15		0,0	1	7,7	1	6,7
18		0,0	1	7,7	1	6,7
SKUPAJ	2	100,0	13	100,0	15	100,0

3.2.2 Analiza poškodovanosti glede na število ujetih rakov v prostoru

Zaradi velikega števila poškodovanih rakov nas je zanimalo, ali število rakov v prostoru vpliva na poškodovanost rakov. Izvedli smo korelacijsko analizo med deležem ujetih rakov na posamezno mikrolokacijo in deležem poškodovanih rakov glede na vse ujete rake (znotraj mikrolokacije). Zaradi majhnega vzorca (3 osebki) smo izločili mikrolokacijo »Gotjenk«. Delež poškodovanih rakov glede na vse ujete rake znaša 45,1 % (vključno z mikrolokacijo »Gotjenk« pa 45,6 %). Koeficient korelacije je 0,01, $p = 0,98$, zato sklenemo, da število rakov v prostoru ne vpliva na poškodovanost rakov in ni povezave med številčnostjo ter deležem poškodovanih.

3.2.3 Analiza poškodovanosti glede na relativno gostoto

Za analizo poškodovanosti glede na relativno gostoto smo izvedli korelacijsko analizo. Zaradi majhnega vzorca (3 osebki) smo izločili mikrolokacijo »Gotjenk«. Primerjali smo povprečno relativno gostoto posamezne mikrolokacije z deležem poškodovanih rakov glede na vse ujete rake (znotraj mikrolokacije). Koeficient korelacije $r = -0,12$, $p = 0,80$, zato sklenemo, da relativna gostota ne vpliva na poškodovanost rakov in ni povezave med relativno gostoto in deležem poškodovanih.

3.2.4 Analiza poškodovanosti glede na spol

Nadalje smo izvedli analizo poškodovanosti rakov glede na spol. Rezultati kažejo, da je delež poškodovanih samcev od vseh samcev 42,7 % in delež poškodovanih samic od vseh samic 47,1 %.

Zanimalo nas je, ali obstaja razlika v poškodovanosti rakov glede na spol. Izvedli smo Hi kvadrat test, katerega rezultati ($Hi^2 = 0,15$, $p = 0,70$) kažejo, da med spoloma sicer obstaja razlika v poškodovanosti, vendar ni statistično značilna.

Analizo poškodovanosti glede na spol smo izvedli ločeno za posamezno mikrolokacijo, kar prikazuje tabela 32.

Tabela 32: Razlika v poškodovanosti med samci in samicami, Hi^2 test.

Mikrolokacija	Delež rakov (%)	Poškodbe (%)	Hi^2	P-vrednost
»Pod HE Vuhred«	19,4	33,3	1,13	0,28
»Kozji Vrh«	23,9	48,2	0,19	0,66
»Brezno«	9,9	42,9	4,07	0,04
»Podvelka«	9,9	34,4	2,50	0,11
»Potočnik«	16,9	56,7	0,50	0,48
»Ožbalt«	12,1	46,5	1,37	0,24
»Pred HE Ožbalt«	7,0	52	11,96	0,0005

Za mikrolokaciji »Brezno« in »Pred HE Ožbalt« obstaja statistično značilna razlika v poškodovanosti med samci in samicami, pri drugih lokacijah pa razlika ni statistično značilna.

3.3 Habitat

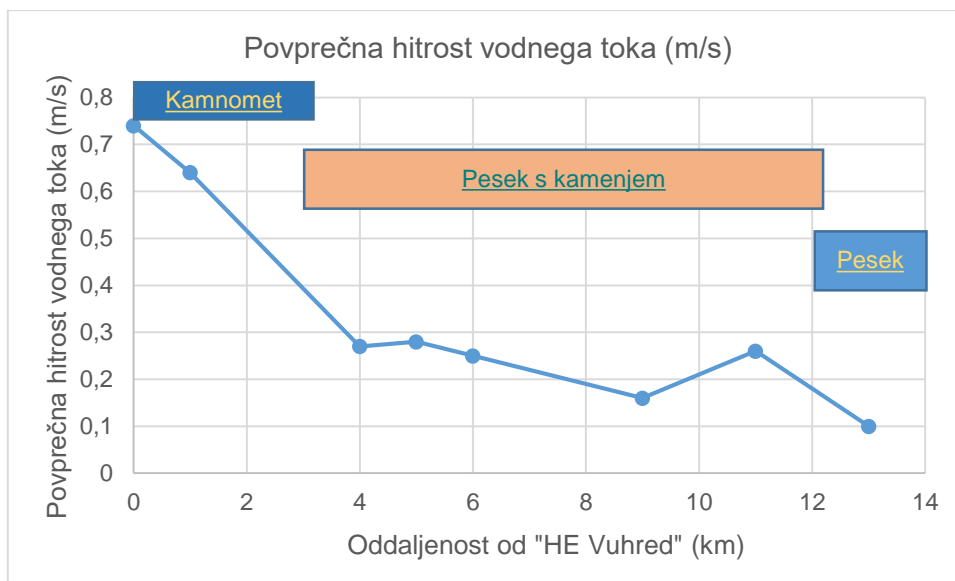
Na osmih mikrolokacijah, kjer smo izvajali odlov, smo popisali dva ekološka dejavnika: rečni substrat in hitrost vodnega toka, oba lahko pomembno vplivata na prisotnost signalnega raka. Substrat smo razdelili v tri kategorije: kamnomet, pesek s kamenjem in pesek (tabela 33). Hitrost toka je bila od relativno počasnega (0,1 m/s) do hitrega (0,7 m/s) (tabela 33). Rečni substrat in hitrost vodnega toka sta med sabo negativno povezana, kar pomeni, da se z večanjem hitrosti vodnega toka zmanjšuje delež substrata z majhnim granulatom (pesek) in obratno.

Tabela 33: Tip substrata in povprečna hitrost vodnega toka po mikrolokacijah ter oddaljenost mikrolokacij od HE Vuhred.

Mikrolokacija	Oddaljenost od HE Vuhred (km)	Substrat	Povprečna hitrost vodnega toka (m/s)	Povprečna hitrost vodnega toka (m/s) glede na substrat
»Pod HE Vuhred«	0	kamnomet	0,74	0,69
»Kozji Vrh«	1	kamnomet	0,64	
»Brezno«	4	pesek s kamenjem	0,27	0,24
»Podvelka«	5	pesek s kamenjem	0,28	
»Potočnik«	6	pesek s kamenjem	0,25	
»Gotjenk«	9	pesek s kamenjem	0,16	
»Ožbalt«	11	pesek s kamenjem	0,26	
»Pred HE Ožbalt«	13	pesek	0,10	0,10

Granulacija substrata se po mikrolokacijah z oddaljevanjem od HE Vuhred zmanjšuje. Prvi dve mikrolokaciji vključujeta le kamnomet, naslednjih pet vključujejo kombinacijo kamenja in peska, zadnja mikrolokacija pa samo pesek (graf 23).

Največja hitrost vodnega toka je »Pod HE Vuhred« (prva mikrolokacija), najnižja pa »Pred HE Ožbalt« (zadnja mikrolokacija). Glede na substrat so največje hitrosti vodnega toka na substratu kamnometu (0,69 m/s), sledi substrat peska s kamenjem (0,24 m/s) in substrat peska (0,10 m/s), kar prikazuje graf 23.



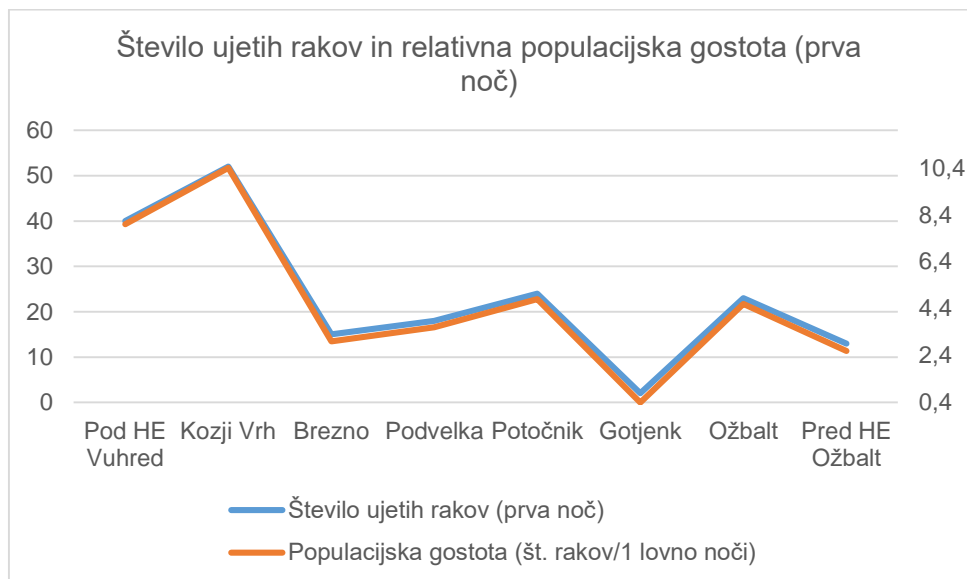
Graf 23: Hitrost vodnega toka glede na oddaljenost od HE Vuhred.

3.4 Populacijska dinamika

Velikost populacije signalnega raka smo določili z relativno gostoto, izraženo z ribolovnim naporom, kar prikazuje tabela 34 in graf 24. Ribolovni napor je v našem primeru pomenil 1 ribolovno noč in 5 pasti. Relativna gostota je izračunana kot količnik med številom rakov in ribolovnim naporom.

Tabela 34: Število ujetih signalnih rakov in populacijska gostota.

Mikrolokacija	Število ujetih rakov (prva noč)	Populacijska gostota (št. rakov/1 ribolovno noč)
»Pod HE Vuhred«	40	8
»Kozji Vrh«	52	10,4
»Brezno«	15	3
»Podvelka«	18	3,6
»Potočnik«	24	4,8
»Gotjenk«	2	0,4
»Ožbalt«	23	4,6
»Pred HE Ožbalt«	13	2,6

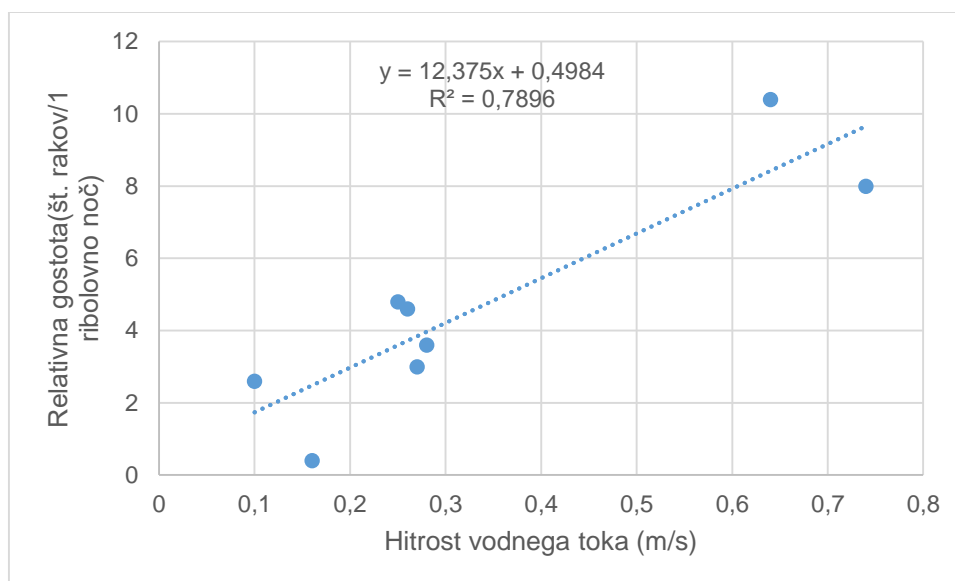


Graf 24: Število ujetih rakov in relativna gostota po mikrolokacijah.

Signalne rake smo ujeli na vseh mikrolokacijah, kar pomeni, da so prisotni na celotnem območju reke Drave med HE Vuhred in HE Ožbalt. Gostote so bistveno višje v kamnometih kot v pesku s kamenjem. V substratu s samim peskom pa so vrednosti gostote najmanjše.

3.4.1 Populacijska dinamika in vodni tok

Povezanost relativne gostote in hitrost vodnega toka smo preverili s korelacijsko in regresijsko analizo (graf 25).

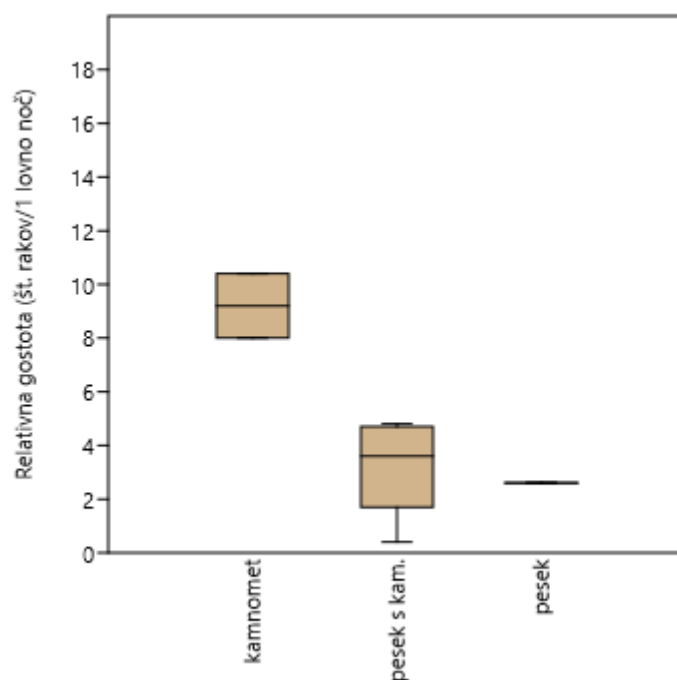


Graf 25: Spreminjanje relativne gostote signalnih rakov v odvisnosti od hitrosti vodnega toka.

Ugotovili smo, da sta hitrost vodnega toka in relativna gostota signalnih rakov močno povezani. Hitrejši, kot je vodni tok, večja je relativna populacijska gostota rakov, korelacijski koeficient ima vrednost $r = 0,8$ in je statistično značilen pri $p = 0,003$. Razmerje med hitrostjo toka in relativnim številom rakov smo analizirali z regresijsko analizo. Delež pojasnjene variance je visok $R^2 = 0,7896$, kar pomeni, da lahko s hitrostjo toka napovemo 78 % variabilnost v številu rakov, regresijska enačba ima vrednost $y = 12,375 * x + 0,4984$. Z drugimi besedami, za vsako 0,1 m/s povečanja hitrosti vodnega toka v povprečju naraste število rakov za 1,2 osebka.

3.4.2 Populacijska dinamika in substrat

Vpliv substrata na relativno gostoto rakov smo preverili z ANOVA testom. Test je pokazal, da se relativna gostota signalnih rakov razlikuje glede na substrat, saj je $p < 0,05$ ($F = 8,92$, $p = 0,0224$), kar prikazuje graf 26.



Graf 26: Relativna gostota signalnih rakov glede na substrat.

Relativna gostota signalnih rakov se je manjšala z manjšanjem granulacije substrata. Največje relativne gostote smo zabeležili na substratu kamnometu (9,2 raka na ribolovno noč), na substratu peska s kamenjem je povprečna relativna gostota 3,3 rakov/ribolovno noč, najmanjša relativna gostota pa je na substratu peska (2,6 rakov/ribolovno noč), kar prikazuje tabela 35.

Tabela 35: Substrat in povprečna populacijska relativna gostota glede na substrat.

Mikrolokacija	Substrat	Populacijska relativna gostota (št. rakov/1 ribolovno noči)	Povprečna populacijska relativna gostota (št. rakov/1 ribolovno noč) glede na substrat
»Pod HE Vuhred«	kamnomet	8	9,2
»Kozji Vrh«	kamnomet	10,4	
»Brezno«	pesek s kamenjem	3	3,3
»Podvelka«	pesek s kamenjem	3,6	
»Potočnik«	pesek s kamenjem	4,8	
»Gotjenk«	pesek s kamenjem	0,4	
»Ožbalt«	pesek s kamenjem	4,6	
»Pred HE Ožbalt«	pesek	2,6	2,6

4 RAZPRAVA

Raziskavo smo izvedli z namenom popisa populacije signalnega raka v reki Dravi med HE Vuhred in HE Ožbalt. Odlovili smo 355 osebkov signalnega raka, na katerih smo izmerili določene morfometrične parametre, povezane s populacijsko dinamiko vrste in poškodovanostjo. S popisom poškodb smo ugotavljali povezanost med številom poškodovanih rakov, številom ujetih rakov in relativno gostoto. Relativne gostote smo povezali z dvema medsebojno povezanima dejavnikoma, substratom in hitrostjo vodnega toka, ki pomembno vplivata na relativno gostoto signalnih rakov.

4.1 Sekundarni spolni dimorfizem

Pričakovali smo, da se bodo samci in samice razlikovali v velikosti merjenih spremenljivk, saj je za signalne rake značilna alometrična rast (Grandjean in sod. 1997, Grandjean in Souty-Grosset 2000, Streissl in Hödl 2002 v Mijošek in sod., 2017), prav tako so škarje samcev običajno večje kot škarje samic (Stein, 1976). Spolno zrelost signalni raki dosežejo pri 6 cm celotne dolžine (Holdich in sod., 2006), v naši raziskavi pa je bila najmanjša dolžina glavoprsja 3,7 cm, zato sklepamo, da so bili vsi odlovljeni osebki spolno zreli. Škarje predstavljajo enega izmed glavnih vitalnih znakov pri odraslih samcih. Ne predstavljajo samo prednosti pri lovu, agonističnih interakcijah in obrambi proti plenilcem, ampak imajo pomembno vlogo tudi pri tekmovanju za samice, kar prinaša večji reproduktivni uspeh (Garvey in Stein, 1993, Lee, 1995, Debuse in sod., 2001, Streissl in Hödl, 2002 v Hudina in sod., 2012).

Statistično značilne razlike med samci in samicami glede dolžine glavoprsja, levih, desnih škarij in širine glavoprsja smo izvedli s t-testom. Ugotovili smo, da obstaja statistično značilen sekundarni spolni dimorfizem, ki je najbolj značilen za dolžino levih in desnih škarij, s šibko p-vrednostjo pa tudi za dolžino in širino glavoprsja. Statistično značilne razlike (s šibko p-vrednostjo) za dolžino in širino glavoprsja so bile sicer samo na dveh od sedmih mikrolokacijah – »Pod HE Vuhred« in »Podvelka«. Statistično značilne razlike v dolžini levih škarij smo ugotovili v štirih od sedmih mikrolokacij (»Pod HE Vuhred«, »Brezno«, »Podvelka« in »Potočnik«). Statistično značilne razlike v dolžini desnih škarij smo ugotovili v petih od sedmih mikrolokacij, poleg omenjenih še na mikrolokaciji »Kozji Vrh«. Na splošno so samci v primerjavi s samicami daljši, širši in imajo daljše škarje kot samice.

Druge raziskave potrjujejo, da med spoloma obstaja sekundarni spolni dimorfizem. Mijošek in sod., 2017, so v študiji, kjer so izvedli številne morfometrične analize signalnih rakov, ugotovili, da obstajajo statistično značilne razlike v dolžini, širini glavoprsja in dolžini škarij med samci in samicami. Capurro in sod., 2015, so v raziskavi, kjer so proučevali reproduktivno biologijo signalnega raka, ugotovili izraziti sekundarni spolni dimorfizem. Samci so imeli večjo težo in večje škarje kot samice, samice pa so imele večjo celotno dolžino in širši zadek.

4.2 Razlike med mikrolokacijami in med tipi substrata

Za primerjavo morfometričnih spremenljivk med mikrolokacijami smo izvedli test ANOVA, Tukeyjev posteriorni test. Primerjavo med mikrolokacijami smo izvedli ločeno po spolu. Mikrolokacijo »Gotjenk« zaradi premalo vzorcev nismo vključili v analizo. Med mikrolokacijami smo pričakovali razlike v telesnih

dimenzijah. Prav tako smo pričakovali razlike v telesnih dimenzijah glede na tip substrata. Savolainen in sod. (2003) so ugotovili, da lastnosti substrata in prisotnost zavetišč vplivajo na rast signalnega raka pri juvenilnih osebkih. Najhitrejšo rast (dolžina glavoprsja) so zaznali na največji granulaciji substrata.

Glede na substrat smo največje rake ujeli na substratu peska s kamenjem, kjer je bila povprečna dolžina glavoprsja pri samcih 57,0 mm, pri samicah pa 54,4 mm. Najmanjše samce smo ujeli na substratu peska (povprečna dolžina glavoprsja 48,4 mm), najmanjše samice pa na substratu kamnometa (povprečna dolžina glavoprsja 51,4 mm). Enako velja tudi za širino glavoprsja. Največje dolžine levih škarij smo izmerili na substratu peska s kamenjem (povprečna dolžina pri samcih 50,4 mm in pri samicah 40,5 mm), najmanjše pa na substratu kamnometa (samice, povprečna dolžina 40,1 mm) in peska (samci, 42,8 mm). Največje dolžine desnih škarij smo izmerili na substratu peska s kamenjem (povprečna dolžina pri samcih 50,2 mm in samicah 40,7 mm), najmanjše pa na substratu peska (povprečna dolžina 39,8 mm za samce in 39,4 za samice).

Statistično značilne razlike med merjenimi morfološki spremenljivkami glede na substrat smo ugotovili za dolžino in širino glavoprsja, tako za samce, kot samice. Samci se v dolžini in širini statistično značilno razlikujejo med tipom substrata »pesek« in »pesek s kamenjem«, samice pa med tipom substrata »kamnomet« in »pesek s kamenjem«.

Glede na mikrolokacije smo največje rake ujeli na mikrolokaciji »Brezno«, kjer je bila povprečna dolžina glavoprsja pri samcih 60,2 mm in pri samicah 57,3 mm. Najmanjše rake (samice) pa smo ujeli na mikrolokaciji »Kozji Vrh«, kjer je bilo povprečna dolžina glavoprsja pri samicah 50,3 mm. Najmanjše samce smo ujeli na mikrolokaciji »Pred HE Ožbalt«, kjer je bila povprečna dolžina glavoprsja 48,4 mm, najmanjša dolžina glavoprsja pa 42,0 mm. Tudi povprečna širina glavoprsja je bila najširša na mikrolokaciji »Brezno«, najmanjša pri samcih na mikrolokaciji »Pred HE Ožbalt«, pri samicah pa na mikrolokaciji »Kozji Vrh«. Največja povprečna dolžina levih škarij pri samcih in samicah je na mikrolokaciji »Pod HE Vuhred« – 55 mm za samce in 43,8 mm za samice, najmanjša pa na mikrolokaciji »Pred HE Ožbalt« – 42,8 mm za samce in mikrolokaciji »Kozji Vrh« – 37,4 mm za samice. Največja povprečna dolžina desnih škarij pri samcih in samicah je prav tako na mikrolokaciji »Pod HE Vuhred« – 54,9 mm za samce in 43,8 mm za samice, najmanjša povprečna dolžina pa je na mikrolokaciji »Pred HE Ožbalt« – 39,8 mm za samce in za samice na mikrolokaciji »Kozji Vrh« – 37,4 mm. Ugotovili smo, da se raki med mikrolokacijami razlikujejo predvsem v dolžini in širini glavoprsja, razlike v dolžini škarij pa smo zabeležili le med dvema oziroma štirimi mikrolokacijami. V dolžini glavoprsja pri obeh spolih izstopata mikrolokaciji »Pred HE Ožbalt« in »Kozji Vrh«, kjer smo zaznali statistično značilne razlike z mikrolokacijami »Pod HE Vuhred«, »Brezno« in »Potočnik«. Dodatno smo pri samicah ugotovili še statistično značilno razliko med mikrolokacijama »Brezno« in »Podvelka«.

Za širino glavoprsja prav tako pri obeh spolih izstopa mikrolokacija »Kozji Vrh«, kjer so statistično značilne razlike pri obeh spolih za mikrolokaciji »Brezno« in »Potočnik«, pri samcih pa dodatno »Pod HE Vuhred«.

V dolžini levih škarij so statistično značilne razlike za oba spola med mikrolokacijama »Kozji Vrh« in »Pod HE Vuhred«, prav tako pri dolžini desnih škarij, le da je pri tej spremenljivki še dodatna statistično značilna razlika med mikrolokacijama »Pod HE Vuhred« in »Pred HE Ožbalt«.

Izmed vseh mikrolokacij najbolj izstopa mikrolokacija »Kozji Vrh«, kjer smo ulovili najmanjše rake. To je precej nepričakovano, saj bi glede na substrat – kamnomet, ki rakom najbolj ustreza, pričakovali večje velikosti, kot na primer na mikrolokaciji »Pod HE Vuhred«. Po drugi strani lahko manjše velikosti povežemo z velikostjo populacije – na tej mikrolokaciji smo zabeležili najvišje relativne gostote signalnih rakov. Nasprotno smo na mikrolokaciji »Brezno«, kjer smo ulovili največje rake, zabeležili druge najnižje relativne gostote.

Prav tako izstopa mikrolokacija »Pred HE Ožbalt«, kjer smo ujeli najmanjše samce (ne pa tudi samice), zato so bile zaznane statistično značilne razlike z raki iz mikrolokacij, kjer so bili samci v povprečju precej večji. Velikost telesa je pri rakah posebej pomembna pri uspehu v agresivnem obnašanju (Vorburger in Ribi, 1999, Gherardi in Cioni, 2004, Davis in Huber, 2007 v Hudina in sod., 2012). Samci rakov so agresivnejši kot samice (Berry in Breithaupt, 2010 v Hudina in sod., 2012) in bolj tekmujejo za hrano, prostor in spolne partnerje (Fero in sod., 2007 v Hudina in sod., 2012). Posledično lahko znotraj vrstnih odnosov vplivajo na prostorsko razporeditev samcev (Fero in Moore, 2008 v Hudina in sod., 2012), saj se podrejeni samci najprej širijo v nenaseljene predele (Hudina in sod., 2012). Iz tega sledi, da je lahko najmanjša povprečna velikost samcev na substratu peska, ki je za rake manj ugoden od kamnometov, posledica medvrstne agresije, ki podrejene (manjše) samce sili v iskanje manj primernih habitatov.

Velikost rakov na določeni mikrolokaciji lahko (poleg ekoloških dejavnikov) povežemo tudi z morebitnim individualnim lovom domačinov. Znano je, da se v pasti najprej ujamejo večji raki (ki imajo selekcijsko prednost in posledično prvi pridejo do hrane), zato lahko na velikost odlovljenih rakov vpliva tudi morebiten individualen lov domačinov. Pasti (ki so sicer nedovoljen način ribolova) sicer v času nastavljanja vrš nismo zasledili, obstajajo pa informacije, da lov signalnih rakov z vršami v reki Dravi ni redek pojav.

Razlike med spoloma načeloma niso prisotne. Izstopa le mikrolokacija »Pred HE Ožbalt«, kjer so statistično značilne razlike pri samcih s tremi mikrolokacijami, medtem ko pri samicah ni statistično značilnih razlik. Tako pri samcih kot samicah so najpogostejše statistično značilne razlike med mikrolokacijami v dolžini glavoprsja, sledi širina glavoprsja, nato dolžina desnih in levih škarij. Največ statistično značilnih razlik je med mikrolokacijama »Pod HE Vuhred« in »Kozji Vrh«, kar je precej nenavadno, saj imata mikrolokaciji enak substrat (kamnomet) in sta tudi sosednji mikrolokaciji.

4.3 Poškodbe

Skupaj smo odlovili 355 rakov, od tega je poškodovanih 162 osebkov (45,6 %). Brez mikrolokacije »Gotjenk« je skupen delež poškodovanih rakov 45,1 %. Najmanjši delež poškodovanih rakov je na mikrolokaciji »Pod HE Vuhred« (33,3 %) najvišji pa na mikrolokaciji »Potočnik« (56,7 %).

Od 162 poškodovanih rakov je 70 samcev in 92 (90) samic. Delež poškodovanih samcev glede na skupno število rakov s poškodbami je 43,2 %, delež poškodovanih poškodovanih samic pa 55,6 % (56,8 %). Izstopata mikrolokaciji »Pod HE Vuhred« in »Podvelka«, kjer je poškodovanih nekoliko manj samic kot samcev, pri vseh ostalih mikrolokacijah pa je več poškodovanih samic. Na splošno je delež poškodovanih samcev glede na skupno število ujetih samcev 42,7 %, delež poškodovanih samic pa 47,1 %. Ugotovili smo, da med spoloma obstaja razlika v poškodovanosti, vendar ni statistično značilna. Po posameznih mikrolokacijah je razlika statistično značilna na mikrolokacijah »Brezno« in »Pred HE Ožbalt«, kjer imajo samice večje število poškodb, kot samci.

Pri samcih je največ poškodb nog, sledijo poškodbe škarij, ostale poškodbe predstavljajo zelo nizek delež poškodb. Pri samicah je prav tako največ poškodb nog, sledijo poškodbe škarij, delež ostalih poškodb je nizek. Skupen trend je podoben. Največ je poškodb nog, sledijo poškodbe škarij, nato poškodbe anten in rostruma, ostalih poškodb je malo.

Glede na to, da so škarje pri samcih pomembne tudi v medsebojnih bojih za samice (Garvey in Stein, 1993, Lee, 1995, Debuse in sod., 2001, Streissl and Hödl, 2002 v Hudina in sod., 2012), smo preverili, ali imajo samci več poškodb škarij, kot samice. Ugotovili smo, da samci nimajo več poškodb (samci 39, samice 41), prav tako glede na poškodovanost škarij ne izstopa katera od mikrolokacij.

Sklenemo, da glede na posamezne mikrolokacije ni bistvenih razlik v vrsti poškodovanosti, obstajajo pa razlike v deležu poškodovanosti. Največji delež poškodovanih rakov je na mikrolokaciji »Potočnik« (56,7 %), najmanjši pa na mikrolokaciji »Pod HE Vuhred« (33,3 %). Med spoloma ni statistično značilnih razlik v poškodovanosti.

Poškodovanost oziroma odsotnost delov telesa je pri rakah normalen pojav, ki se prvenstveno pojavlja zaradi njihove agresivnosti (Kouba in sod., 2011), dodatni dejavniki, ki vplivajo na poškodovanost (škarij), pa so gostota živali (Savolainen in sod., 2004, Ramalho in sod., 2008 v Kouba in sod., 2011), sestava substrata (Savolainen in sod., 2003 v Kouba in sod., 2011) in razpoložljivost zavetja ter hrane (Capelli in Hamilton, 1984, Bergman in Moore, 2003 v Kouba in sod., 2011). Poškodovanost, ki smo jo ugotovili v raziskavi, je posledica različnih dejavnikov. Glede na substrat število poškodovanih rakov pada z večjo razpoložljivostjo zavetja, kar pomeni, da je na substratu kamnometa najmanj rakov s poškodbami, na substratu peska pa največ rakov s poškodbami, kar se sklada z ugotovitvami Kouba in sod., 2011, da so agresivne interakcije zmanjšane v razgibanih habitatih (Corkum in Cronin, 2004, Baird in sod., 2006 v Kouba in sod., 2011), kar se odraža v manjšem obsegu poškodovanosti rakov (Kouba in sod., 2011). Med številčnostjo oziroma relativno gostoto in poškodovanostjo povezave nismo ugotovili.

4.4 Habitat

Analizirali smo dva ekološka dejavnika: rečni substrat in hitrost vodnega toka, ki lahko pomembno vplivata na prisotnost signalnega raka. Substrat smo razdelili v tri kategorije: kamnomet, pesek s kamenjem in pesek. Rečni substrat in hitrost vodnega toka sta med sabo negativno povezana, kar pomeni, da se z večanjem hitrosti vodnega toka zmanjšuje delež substrata z majhnim granulatom (pesek) in obratno. Ugotovili smo, da hitrost vodnega toka pada z večjo oddaljenostjo od HE Vuhred, s tem pa se vzdolž toka povečuje delež peska.

4.5 Populacijska dinamika

Signalne rake smo ujeli na vseh mikrolokacijah, kar pomeni, da so prisotni na celotnem odseku reke Drave med HE Vuhred in HE Ožbalt. Določili smo relativno populacijsko gostoto, ki v povprečju znaša 4,7 signalnih rakov/ribolovno noč.

Ugotovili smo, da sta relativna gostota in hitrost vodnega toka močno povezani. Hitrejši, kot je vodni tok, večja je relativna gostota rakov. V raziskavi smo tudi potrdili, da velikost substrata vpliva na relativne gostote signalnih rakov. Z večanjem granulacije substrata se poveča tudi relativna gostota. Na substratu kamnomete smo zabeležili največje relativne gostote, na substratu peska pa najmanjše, kar je skladno z literaturo, saj signalni rak primarno živi na kamniti podlagi, preko katere teče tok (Schuster in sod., 2010), zato vodotoki s kamnito obalo zagotavljajo večje gostote kot vodotoki z glineno obalo (Shimizu in Goldman, 1983). Raziskave (Flint, 1975, Lodge in Hill, 1994, Capelli in Magnuson 1983, Wooster in sod., 2012) kažejo, da so večje gostote signalnih rakov na območjih z večjo granulacijo substrata, saj jim ta omogoča zatočišča pred plenilci in močnim vodnim tokom.

Iz dosedanjih raziskav v reki Muri in Dravi (Govedič in Vrezec, 2018) izhaja, da so največje gostote rakov v kamnometih, kar smo potrdili tudi v naši raziskavi. V omenjeni raziskavi, kjer so na reki Dravi izvajali monitoring signalnih rakov na območju med Mariborom in Središčem ob Dravi, je bila povprečna relativna gostota signalnih rakov z večjim ribolovnim naporom (1 noč in 6 vrš) 1,9 rakov na ribolovno noč. Monitoring je potekal na odsekih s kamnometi. V naši raziskavi je povprečna relativna gostota 4,7 signalnih rakov/ribolovno noč. Na odsekih s kamnometi je povprečna relativna gostota 9,2 rakov/ribolovno noč. Iz rezultatov izhaja, da smo bistveno višje gostote signalnih rakov določili na območju med HE Vuhred in HE Ožbalt, kar je pričakovano, saj je signalni rak v Sloveniji začel kolonizirati reko Dravo na meji z Republiko Avstrijo in se kljub umetnim pregradam (hidroelektrarnam) širi dolvodno, k čemer so verjetno pripomogle poplave leta 2012, saj so signalne rake našli na poljih v Zrkovcih (Govedič in sod. 2018).

4.6 Sklepi

V magistrski nalogi smo postavili štiri hipoteze, vezane na populacijsko dinamiko vrste.

Hipoteza 1: Na podlagi preliminarnih informacij domnevamo, da je signalni rak splošno prisoten na območju med hidroelektrarno Vuhred in hidroelektrarno »Ožbalt«.

Ugotovili smo, da je signalni rak prisoten na vseh mikrolokacijah, kjer smo izvajali odlov, zato lahko potrdimo, da je signalni rak splošno prisoten na obravnavanem območju.

Hipoteza 2: Domnevamo, da je prisotnost signalnega raka definirana s tipom substrata in hitrostjo vode.

Na podlagi analiz smo ugotovili, da je relativna gostota signalnih rakov močno povezana s hitrostjo vodnega toka, prav tako obstajajo statistično značilne razlike v relativnih gostotah glede na substrat. Višje relativne gostote so na mikrolokacijah s hitrejšim vodnim tokom, prav tako so višje gostote signalnih rakov na substratu večje granulacije (kamnomet).

Hipoteza 3: Domnevamo, da gostota signalnih rakov upada dolvodno z oddaljenostjo od hidroelektrarne.

Ugotovili smo, da relativna gostota upada dolvodno z oddaljenostjo od hidroelektrarne, kar je povezano s hitrostjo vode in tipom substrata.

Hipoteza 4: Poškodovanost rakov bo večja pri večjem številu ujetih rakov oziroma večji relativni gostoti na posamezni mikrolokaciji.

Število rakov v prostoru oziroma relativna gostota ne vplivata na poškodovanost rakov in ni povezave med številčnostjo oziroma relativno gostoto ter deležem poškodovanih rakov.

Iz rezultatov raziskave lahko zaključimo, da je signalni rak prisoten na obravnavanem območju v razmeroma visokih relativnih gostotah. Glede na raziskavo Govedič in Vrezec, 2018, kjer so ocenili relativne gostote signalnega raka v reki Dravi med Mariborom in Središčem ob Dravi, ocenjujemo, da so rezultati naše raziskave smiselni, saj smo ugotovili višje relativne gostote kot v raziskavi, ki je potekala dolvodno. Višje relativne gostote med HE Vuhred in HE Ožbalt so posledica ustaljene populacije signalnega raka, ki je območje kolonizirala prej, populacija med Mariborom in Ptujem pa je v razširjanju, saj dolvodno od Ptuja (do Središča ob Dravi) signalnih rakov niso ujeli. Vrednosti relativnih gostot so odvisne od tipa substrata (in hitrosti vodnega toka) ter padajo dolvodno z oddaljenostjo od HE. Zaznali smo statistično značilen sekundarni spolni dimorfizem, kar se sklada z drugimi študijami.

Razlik v poškodovanosti med spoloma nismo ugotovili, prav tako je vrsta poškodb glede na mikrolokacije podobna, pojavljajo pa se razlike v deležu poškodovanosti, ki pa nima povezave s številčnostjo in relativno gostoto rakov.

5 POVZETEK

Signalni rak je invazivna tujerodna vrsta, domorodna na območju severozahodnega dela ZDA in jugozahodnega dela Kanade. Raznešen je bil na številna območja Evrope in Japonske. V Sloveniji je bil prvič odkrit leta 2003 v reki Muri in leta 2007 v reki Dravi. Za ostale regije v Sloveniji ni znano, da bi bil signalni rak prisoten. Velja za eno izmed treh najbolj invazivnih vrst rakov na svetu in najbolj razširjeno tujerodno vrsto raka v Evropi. Zaradi svojih lastnosti (hitro rastjo, agresivnosti, visoke plodnosti in spolne zrelosti ter sposobnosti prenašanja boleznih račje kuge) ogroža domorodne živalske vrste, predvsem rake.

Raki imajo telesno zgradbo s specializiranimi strukturami tipično za višje rake, ki pa so pogosto poškodovane, predvsem zaradi agresivnega vedenja. Odsotnost škarij je največkrat povezana z boji in razmnoževanjem, dodatni dejavnik pa je tudi gostota živali. Agresivno vedenje je pogost vzrok za poškodbe anten. Hodilne noge imajo pomembno vlogo pri premikanju, zaznavanju in pobiranju hrane, čiščenju površine telesa in parjenju ter valjenju jajčec. Raki imajo sposobnost nadomeščanja izgubljenih telesnih struktur. Proces regeneracije je dobro razvit in relativno hiter.

V magistrski nalogi smo proučili populacijo signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) v reki Dravi na območju med hidroelektrarno Vuhred in hidroelektrarno Ožbalt. Preverili smo prisotnost signalnega raka na tem območju in ocenili gostoto populacije.

Uporabili smo 355 osebkov signalnega raka, ki smo jih odlovili z vršami v 4 zaporednih nočeh. Za odlov smo pridobili dovoljenje Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano št. 3420-12/2018/5 in dopolnilno dovoljenje št. 3420-12/2018/7. Analizirali smo razlike med spoloma (spolni dimorfizem), poškodovanost in prisotnost (relativno gostoto) glede na substrat in hitrost vode. Proučili smo povezavo med velikostjo populacije in poškodovanostjo rakov.

Ugotovili smo, da je signalni rak v reki Dravi prisoten na celotnem območju med HE Vuhred in HE Ožbalt. Povprečna relativna gostota znaša 4,7 signalnih rakov/ribolovno noč. Relativna gostota je močno povezana s hitrostjo vodnega toka in tipom substrata. Najvišje relativne gostote so na substratu kamnometa, najnižje pa na substratu peska. Relativna gostota upada z manjšanjem hitrosti vodnega toka in z oddaljevanjem od HE Vuhred. Zaznali smo statistično značilen spolni dimorfizem v velikosti glavoprsja, levih in desnih škarij in širini glavoprsja. Poškodovanih je 45,6 % vseh rakov. Večji delež poškodovnosti je pri samicah (47,1 % vseh samic), kot pri samcih (42,7 % vseh samcev). Največkrat poškodovani deli telesa so noge, sledijo škarje. Razlik v poškodovanosti med spoloma nismo zaznali, prav tako ni razlik v vrsti poškodovanosti glede na mikrolokacije, so pa razlike med deležem poškodovanih rakov glede na mikrolokacije. Vpliva številčnosti oziroma relativne gostote na poškodovanost rakov nismo potrdili.

6 ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, prof. dr. Francu Janžekoviču, za strokovno vodenje pri izdelavi magistrske naloge. Prav tako se zahvaljujem g. Marijanu Govediču za strokovna navodila v zvezi s terenskim delom.

Posebej bi se zahvalil babici Ani za spodbudo, razumevanje in potrpežljivost pri nastajanju magistrskega dela. Hvala!

Iskrena hvala tebi, Zala, da me spodbujaš in verjameš vame!

Delo je posvečeno mami Darinki in stricu Branku, zagotovo bi bila ponosna name!

7 LITERATURA

Ahvenharju, T. in Ruohonen, K. (2007). Agonistic behaviour of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana) in different social environments: Effect of size heterogeneity on growth and food intake. *Aquaculture*, 271, 307–318.

Aquiloni, L., Tricarico, E., Gherardi, F. (2010). Crayfish in Italy: distribution, threats and management. *Aquat. Res.*, 2, 1-14.

Atlas okolja, 2020. Mikrolokacije odlovov signalnega raka. Dostop: http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (10. 4. 2020).

Aydin, H., Kokko, H., Makkonen, J., Kortet, R., Kukkonen, H., Jussila, J. (2014). The signal crayfish is vulnerable to both the As and the Psl-isolates of the crayfish plague. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 413, 3.

Baird, H. P., Patullo B. W., Macmillan D. L. (2006). Reducing aggression between freshwater crayfish (*Cherax destructor* Clark: Decapoda, Parastacidae) by increasing habitat complexity. *Aquac. Res.*, 37, 1419–1428.

Basil, J. in Sandeman, D. (2000). Crayfish (*Cherax destructor*) use tactile cues to detect and learn topographical changes in their environment. *Ethology*, 106, 247–259.

Belanger, R. M. in Moore, P. A. (2006). The use of the major chelae by reproductive male crayfish (*Orconectes rusticus*) for discrimination of female odours. *Behaviour*, 143, 713–731.

Belanger, R. M. in Moore, P. A. (2009). The role of the major chelae in the localization and sampling of female odours by male crayfish, *Orconectes rusticus* (Girard, 1852). *Crustaceana*, 82, 653–668.

Belanger, R. M., Ren, X., McDowell K. E., Chang S., Moore P. A., Zielinski B. S. (2008). Sensory setae on the major chelae of male crayfish, *Orconectes rusticus* (Decapoda, Astacidae): Impact of reproductive state on function and distribution. *J. Crust. Biol.*, 28, 27–36.

Bergman, D. A. in Moore, P. A. (2003). Field observations of intraspecific agonistic behavior of two crayfish species, *Orconectes rusticus* and *Orconectes virilis*, in different habitats. *Biol. Bull.*, 205, 26–35.

Berry, F. in Breithaupt, T. (2010). To signal or not to signal? Chemical communication by urine-borne signals mirrors sexual conflict in crayfish. *BMC Biol.*, 8, 25.

Božič, L. in Denac, D. (2014). Reka Drava: darilo narave za vse generacije. Maribor, Društvo za opazovanje in proučevanje ptic Slovenije.

Bravničar, D., Jogan, N., Knapič, V., Veenvliet Kus, J., Ogorelec, B., Skoberne, P., Tavzes, B., Bačič, T., Frajman, B., Vennvliet, P. (2009): Tujerodne vrste v Sloveniji. Zbornik s posveta. Ljubljana, Narodna in univerzitetna knjižnica.

Košir, J.: Popis in ocena velikosti populacije signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae, Decapoda) v reki Dravi med HE Vuhred in HE Ožbalt. Magistrsko delo. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo, 2020.

Bruski, C. A. in Dunham, D. W. (1987). The importance of vision in agonistic communication of the crayfish *Orconectes rusticus*. I. An analysis of bout dynamics. Behaviour, 103, 83–107.

Burič, M., Kouba A., Kozák, P. (2009). Chelae regeneration in European alien crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque 1817). Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst., 4, 394-395.

Cappelli, G. M. in Magnuson, J. J. (1983). Morphoedaphic and biogeographic analysis of crayfish distribution in northern Wisconsin. Journal of Crustacean Biology 3, 548-564.

Capelli, G. M. in Hamilton, P. A. (1984). Effects of food and shelter on aggressive activity in the crayfish *Orconectes rusticus* (Girard). J. Crustac. Biol., 4, 252–260.

Capurro, M., Galli, L., Mori, M., Salvidio, S., Arillo, A. (2015). Reproductive cycle of *Pacifastacus leniusculus* (Dana) (Crustacea: Decapoda) from the Brugneto Lake (Liguria, northwest Italy). Italian Journal of Zoology, 82 (3), 366-377.

Chybowski, L. (2014). Morphometric differentiation in four populations of signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana), in Poland. Arch. Pol. Fish., 22, 229-233.

Cook, M. E. in Moore, P. A. (2009). Communication networks and loser effects interact to influence the outcome of aggressive interactions in the crayfish *Orconectes rusticus*. Behaviour, 146, 263–281.

Corkum, L. D. in Cronin, D. J. (2004). Habitat complexity reduces aggression and enhances consumption in crayfish. J. Ethol., 22, 23–27.

Davis, K. in Huber, R. (2007). Activity patterns, behavioural repertoires, and agonistic interactions of crayfish: A non-manipulative field study. Behaviour, 144, 229–247.

Debuse, V. J., Addison, J. T., Reynolds J. D. (2001). Morphometric variability in UK populations of the European lobster. J. Mar. Biol. Assoc., 81, 469–474.

Dieguez-Uribeondo, J. (2006). The dispersion of the *Aphanomycesastaci*-carrier *Pacifastacus leniusculus* by humans represents the main cause of disappearance of the indigenous crayfish *Austropotamobius pallipes* in Navarra. Bull. Fr. Peche Piscic., 380–381, 1303–1312.

Fero, K. in Moore P. A. (2008). Social spacing of crayfish in natural habitats: what role does dominance play? Behav. Ecol. Sociobiol., 62, 1119–1125.

Fero, K., Simon J., Jourdie V., Moore P. A. (2007). Consequences of social dominance on crayfish resource use. Behaviour, 144, 61–82.

Flint, R. W. (1975). Growth in a population of crayfish *Pacifastacus leniusculus* from a subalpine lacustrine environment. Journal of the Fisheries Research, 32 (12), 2443-2440.

Garvey, J. E. in Stein, R. A. (1993). Evaluating how chela size influences the invasion potential of an introduced crayfish. Am. Midl. Nat., 129, 172–181.

Košir, J.: Popis in ocena velikosti populacije signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae, Decapoda) v reki Dravi med HE Vuhred in HE Ožbalt. Magistrsko delo. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo, 2020.

Gherardi, F. in Cioni, A. (2004). Agonism and interference competition in freshwater decapods. *Behaviour*, 141, 1297–1324.

Giri, T. in Dunham, D. W. (1999). Use of the inner antennule ramus in the localisation of distant food odours by *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana*, 72, 123–127.

Giri, T. in Dunham, D. W. (2000). Female crayfish (*Procambarus clarkii* (Girard, 1852)) use both antennular rami in the localization of male odour. *Crustaceana*, 73, 447–458.

Glen, S. (2020). ANOVA Test: Definition, Types, Examples. Dostop: <https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/hypothesis-testing/anova/> (4. 7. 2020).

Govedič, M. (2006). Potočni raki Slovenije. Razširjenost, ekologija, varstvo. Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografiranje favne in flore.

Govedič, M., Bedjanič, M., Grobelnik, V., Kapla, A., Kus Veenvliet, J., Šalamun, A., Veenvliet, P., Vrezec, A. (2007). Dodatne raziskave kvalifikacijskih vrst Natura 2000 s predlogom spremljanja stanja – raki (kočno poročilo). Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografijo favne in flore.

Govedič, M., Vrezec, A., Jaklič, M., Lešnik, A., Grobelnik, V., Šalamun, A., Amrožič, Š., Kapla, A. (2015). Vzpostavitev in izvajanje monitoringa koščaka (*Austropotamobius torrentium*) in koščenca (*Austropotamobius pallipes*) v letih 2014 in 2015. Končno poročilo. Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografijo favne in flore.

Govedič, M. in Vrezec, A. (2018). Raziskava razširjenosti signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) v letu 2018. Končno poročilo. Miklavž na Dravskem polju. Center za kartografijo favne in flore.

Grandjean, F., Souty-Grosset C. (2000). Genetic and morphological variation in the endangered crayfish species, *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet) (Crustacea, Astacidae) from the Poitou-Charentes region (France). *Aquatic Sciences* 62, 1–19.

Grandjean F., Souty-Grosset C., Raimond R., Holdich, D. (1997). Geographical variation of mitochondrial DNA between populations of the white-clawed crayfish *Austropotamobius pallipes*. *Freshwater Biology*, 37, 493–501.

Holdich, D. M. (2002). Background and functional morphology. V: Holdich D. M. (ur.), *Biology of freshwater crayfish*, Oxford, Blackwell Science, 3–29.

Holdich, D. M., Haffner P., Noël P. Y. (2006) Species files. V: Souty-Grosset C., Holdich D. M., Noël P. Y., Reynolds J. D., Haffner P. (ur.). *Atlas of crayfish in Europe*. Patrimoines naturels 64. Pariz, Muséum national d'Histoire naturelle, 49-129.

Holdich, D. M., James J., Jackson C., Peay S. (2014). The North American signal crayfish, with particular reference to its success as an invasive species in Great Britain. *Ecol. Ethol. Evol.*, 26, 2-3.

Košir, J.: Popis in ocena velikosti populacije signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae, Decapoda) v reki Dravi med HE Vuhred in HE Ožbalt. Magistrsko delo. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo, 2020.

Huber, M. G. J., Schubart C. D. (2005). Distribution and reproductive biology of *Austropotamobius torrentium* in Bavaria and documentation of a contact zone with the alien crayfish *Pacifastacus leniusculus*. Bull. Fr. Pêche Piscic., 376-377, 759-776.

Hudina, S., Hock, K., Žganec, K., Lucić, A. (2012). Changes in population characteristics and structure of the signal crayfish at the edge of its invasive range in a European river. Ann. Limnol. - Int. J. Lim., 48, 3–11.

Hudina S., Žganec K., Lucić A., Trgovčič K., Maguire I. (2013). Recent invasion of the karstic river systems in Croatia through illegal introductions of the signal crayfish. Freshw. Crayfish, 19, 21–27.

Integrated Taxonomic Information System (2020). Klasifikacija signalnega raka. Dostop: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=97326#null (22. 4. 2020).

ISC (Invasive Species Compendium) (2020). CAB International. Dostop: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/70581#tosummaryOfInvasiveness> (23. 4. 2020).

Izvedbena Uredba Komisije (EU) 2016/1141 z dne 13. julija 2016 o sprejetju seznama invazivnih tujerodnih vrst, ki zadevajo Unijo, v skladu z Uredbo (EU) št. 1143/2014 Evropskega parlamenta in Sveta (UL L 189/4).

Johnsen, S. I., Taugbøl T., Andersen O., Museth J., Vrålstad T. (2007). The first record of the nonindigenous signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in Norway. Biol. Invasions, 9, 939–941.

Johnsen, S. I. in Taugbøl, T. (2010). NOBANIS - Invasive Alien Species Fact Sheet - *Pacifastacus leniusculus*. Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS. Dostop: https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/p/pacifastacus-leniusculus/pacifastacus_leniusculus1.pdf (27. 4. 2020).

Kaldre, K., Paaver, T., Hurt, M., Grandjean, F. (2017). First records of the non-indigenous signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) and its threat to noble crayfish (*Astacus astacus*) populations in Estonia. Biol. Invasions, 19, 2771–2776.

Kawai, T., Hamano, T., Matsuura, S. (1994). Cheliped loss of the Japanese crayfish, *Cambaroides japonicus* in a stream and a lake in Hokkaido, Japan. Suisanzoshoku, 42, 215–220.

Keller, T. in Hazlett, B. A. (1996). Mechanical use of crayfish chelae. Mar. Fresh. Behav. Physiol., 28, 149–162.

Klenovšek, T. (2014). Variabilnost lobanje dinarske voluharice *Dinaromys bogdanovi* (Rodentia: Cricetidae): spolni dimorfizem, alometrija in filogenija. Doktorska disertacija. Maribor, Fakulteta za naravoslovje in matematiko.

Koch, L. M., Patullo B. W., Macmillan D. M. (2006). Exploring with damaged antennae: do crayfish compensate for injuries? J. Exp. Biol., 209, 3226–3233.

Košir, J.: Popis in ocena velikosti populacije signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae, Decapoda) v reki Dravi med HE Vuhred in HE Ožbalt. Magistrsko delo. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo, 2020.

Kouba, A., Burič, M., Policar, T., Kozak, P. (2011). Evaluation of body appendage injuries to juvenile signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*): relationships and consequences. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 401 (04).

Kouba, A., Petrusek, A., Kozak, P. (2014). Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems 413 (5).

Kovačič, M. (2020). On-line slovarček statističnih pojmov. Dostop: <http://www.ljudmila.org/matej/statistika/mva.html> (3.7.2020).

Kozák P., Burič, M., Policar T., Hamačková, J., Lepičova A. (2007). The effect of inter- and intra-specific competition on survival and growth rate of native juvenile noble crayfish *Astacus astacus* and alien spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus*. Hydrobiologia, 590, 85–94.

Lee, C. E. (2002). Evolutionary genetics of invasive species. Trends in Ecology & Evolution, 17 (08), 386–391.

Lodge, D. M. in Hill, A. M. (1994). Factors governing species composition, population size, and productivity of cool-water crayfishes. Nordic Journal of Freshwater Research, 69, 111-136.

Maček, M., Smolar, J., Petkovšek, A. (2018). Klasifikacija zemljin za inženirske namene v Sloveniji – kako naprej? Geologija, 61 (1), 33-48.

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

McCall, J. R. in Mead, K. S. (2008). Structural and functional changes in regenerating antennules in the crayfish *Orconectes sanborni*. Biol. Bull., 214, 99–110.

Mijošek, T., Jelić, M., Maguire, I. (2017). Molecular and morphometric characterisation of the invasive signal crayfish populations in Croatia. Limnologica, 63, 107-118.

Naravovarstveni atlas (2020). Območja Nature 2000. Dostop: <https://www.naravovarstveni-atlas.si/web/profile.aspx?id=N2K@ZRSVNJ> (1. 7. 2020).

Nova, J. S. ur., Pierce, L. B., Lopez, R. R. (2012). The wildlife techniques manual. Baltimore, The Johns Hopkins University.

Oman, Š. (2020). Hi kvadrat test. Dostop: <https://www.benstat.si/blog/hi-kvadrat-test/> (4. 7. 2020).

Patullo, B. W., Baird H. P., Macmillan D. L. (2009). Altered aggression in different sized groups of crayfish supports a dynamic social behaviour model. Appl. Anim. Behav. Sci., 120, 231–237.

Pârvulescu, L., Schrimpf, A., Kozubíková, E., Resino, S. C., Vráłstad, T., Petrusek, A., Schulz, R., (2012). Invasive crayfish and crayfish plague on the move: first detection of the plague agent *Aphanomyces astaci* in the Romanian Danube. Diseases of Aquatic Organisms, 98 (1), 85-94.

Košir, J.: Popis in ocena velikosti populacije signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae, Decapoda) v reki Dravi med HE Vuhred in HE Ožbalt. Magistrsko delo. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo, 2020.

Petrusek, A., Filipova, L., Balcarova-Kozubikova, E., Grandjean, F. (2017). High genetic variation of invasive signal crayfish in Europe reflects multiple introductions and secondary translocations. *Freshwater Science*, 36 (4), 838-850.

Pintor, L. M., Sih, A., Bauer, M. (2008). Differences in aggression, activity and boldness between native introduced populations of an invasive crayfish. *Oikos*, 117, 1629–1636.

Pond, C. M. (1975). The role of the “walking legs” in aquatic and terrestrial locomotion of the crayfish *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). *J. Exp. Biol.*, 62, 447–454.

Ramalho, R. O., Correia, A. M., Anastácio, P. M. (2008). Effects of density on growth and survival of juvenile red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard), reared under laboratory conditions. *Aquacult. Res.*, 39, 577–586.

Reynolds, J. D. (2002). Growth and reproduction. V: Holdich D. M. (ur.), *Biology of freshwater crayfish*, Blackwell Science, Oxford, 152–191.

Rogers, D. in Watson, E. (2011a). Distribution database for crayfish in England and Wales. V: Rees M., Nightingale J. and Holdich D.M. (ur.) *Species Survival: Securing white-clawed crayfish in a changing environment*. Proceedings of a conference held on 16th and 17th November 2010 in Bristol, UK, 14–22.

Rogers, D. in Watson, E. (2011b). Captive breeding and reintroduction of white-clawed crayfish on the River Lathkill, Derbyshire. V: Rees M., Nightingale J., Holdich D. M. (ur.), *Species Survival: Securing white-clawed crayfish in a changing environment*. Proceedings of a conference held on 16th and 17th November 2010 in Bristol, UK, 141–152.

Roth, B. M. in Kitchell, J. F. (2005). The role of size-selective predation in the displacement of *Orconectes* crayfishes following rusty crayfish invasion. *Crustaceana*, 78, 297–310.

Rye, C., Wise, R., Jurukovski, V., DeSaix, J., Choi, J., Avissar, Y. (2017). *Biology*, Huston, Rice University.

Sandodden, R. in Johnsen, S. I. (2010). Eradication of introduced signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* using the pharmaceutical BETAMAX VET. *Aquat. Invasions*, 5, 75–81.

Savolainen, R., Ruohonen, K., Railo, E. (2004). Effect of stocking density on growth, survival and cheliped injuries of stage 2 juvenile signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* Dana. *Aquaculture*, 231, 237–248.

Savolainen, R., Ruohonen, K., Tulonen, J., 2003. Effects of bottom substrate and presence of shelter in experimental tanks on growth and survival of signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana) juveniles. *Aquacult. Res.*, 34, 289–297.

Schuster, G. A., Taylor, C. A., Cordeiro, J. (2010). *Pacifastacus leniusculus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Dostop: <https://www.iucnredlist.org/species/153648/4526314> (5. 4. 2020).

Košir, J.: Popis in ocena velikosti populacije signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae, Decapoda) v reki Dravi med HE Vuhred in HE Ožbalt. Magistrsko delo. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo, 2020.

Shimizu, S. J., in Goldman, C. R. (1983). *Pacifastacus leniusculus* (Dana) production in the Sacramento River. *Freshwater Crayfish*, 5, 210-228.

Snedden, W. A. (1990). Determinants of male mating success in the temperate crayfish *Orconectes rusticus*: chela size and sperm competition. *Behaviour*, 115, 100–113.

Soussa, R., Nogueira, J., Ferreira, A., Carvalho, F., Lopes-Lima, M., Varandas, S., Teixeira, A. (2019). A tale of shells and claws: The signal crayfish as a threat to the pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in Europe. *Science of The Total Environment*, 665, 329-337.

Souty-Grosset, C., Holdich, D., Noel, P., Reynolds, J. D., Haffner, P. (2006). Atlas of crayfish in Europe, *Museum National d'Histoire Naturelle*, 64.

Stein, R. A. (1976). Sexual dimorphism in crayfish chelae: functional significance linked to reproductive activities. *Can. J. Zool.* 54, 220-227.

Stenroth, P. in Nyström, P. (2003). Exotic crayfish in a brown water stream: effects on juvenile trout, invertebrates and algae. *Freshwater Biology*, 48 (3), 466–475.

Streissl, F., Hodl, W. (2002). Growth, morphometrics, size at maturity, sexual dimorphism and condition index of *Austropotamobius torrentium* Shcrank. *Hydrobiologia*, 477, 201–208.

Ulikowski, D., Chybowski, L. (2018). Lake Hancza – a new site for signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana) occurrence in Poland. *Auat. Life*, 26, 141-147.

Uredba o določitvi meja ribiških območij in ribiških okolišev v Republiki Sloveniji. Uradni list RS, št. 52/2007.

Usio, N., Azuma, N., Larson, E. R., Abbott, C. L., Olden, J. D., Akanuma, H., Takamura, K., Takamura, N. (2016). Phylogeographic insights into the invasion history and secondary spread of the signal crayfish in Japan. *Ecology and Evolution*, 6 (15), 5366–5382.

Usio, N., Nakata, K., Kawai, T., Kitano, S. (2007). Distribution and control status of the invasive signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in Japan. *Jpn J. Limnol.*, 68, 471–482.

Vorburger, C. in Ribi, G. (1999). Aggression and competition for shelter between a native and an introduced crayfish in Europe. *Freshwat. Biol.*, 42, 111–119.

Vrezec, A. in Jaklič, M. (2013). Naši potočni raki – ogrožene vrste in tujerodne invazivke. *Svet ptic*, 19 (4), 12-13.

Wooster, D., Snyder, J. L., Madsen, A. (2012). Environmental correlates of signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852), density and size at two spatial scales in its native range. *Journal of crustacean biology*, 32 (5), 741-752.

Zelditch, M. L., Swiderski, D. L., Sheets, H. D., Fink, W. L. (2004). Geometric morphometrics for biologists: s primer. San Diego, Elsevier.

Košir, J.: Popis in ocena velikosti populacije signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae, Decapoda) v reki Dravi med HE Vuhred in HE Ožbalt. Magistrsko delo. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo, 2020.

ZZRS (2020). Signalni rak. Dostop: <https://www.zzrs.si/page/signalni-rak-pacifastacus-leniusculus/> (23. 4. 2020).

8 PRILOGA

Priloga 1: Seznam ujetih signalnih rakov s pripadajočimi podatki.

ID	DATUM	MIKROLOKACIJA	SPOL	D GLAVOPRSJA (mm)	Š GLAVOPRSJA (mm)	D ŠKARIJ leve	D ŠKARIJ desne	ODSOTNOST	POŠKODBA 1	POŠKODBA 2	POŠKODBA 3	POŠKODBA 4
1	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	68	34	69	70	NE				
2	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	60	30	66		DA	8			
3	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	63	31	64	62	NE				
4	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	61	30	65	64	NE				
5	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	58	28	44	43	NE				
6	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	61	31	62	62	DA	1			
7	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	55	27	58	58	NE				
8	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	56	28	42	41	DA	13	13		
9	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	59	30	59	59	NE				
10	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	47	23	43	44	NE				
11	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	48	24	47		DA	8			
12	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	55	27	46	45	NE				
13	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	64	33		62	DA	7			
14	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	61	30	58	58	NE				
15	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	57	28	48	48	NE				
16	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M		27	52	52	DA	11			
17	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	58	28	43	42	NE				
18	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	55	26	56		DA	8			
19	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	63	31	59	59	NE				
20	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	60	31	59	60	NE				
21	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	57	28	48	48	NE				
22	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž		27	45		DA	8	11		
23	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	59	29	51	50	DA	9			
24	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	52	26	43	44	NE				

25	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	55	28	37	46	DA	14		
26	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	61	31	54	54	NE			
27	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	61	30	60	58	NE			
28	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	62	31			DA	7	8	
29	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	52	27	41	42	NE			
30	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	57	28	49	49	NE			
31	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	56	28	54	54	DA	17		
32	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	49	25	41	40	NE			
33	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	57	29	57	57	DA	1	13	
34	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	60	30	57		DA	8		
35	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	53	26	45	44	NE			
36	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	55	28	53	53	NE			
37	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	59	29		59	DA	7		
38	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	49	25	41		DA	8		
39	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	51	26	42	41	NE			
40	12.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	51	25	49	49	NE			
41	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	41	19		30	DA	1	7	
42	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	59	31	55	53	NE			
43	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	59	29	44	45	NE			
44	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	45	20	33	32	NE			
45	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	47	24	42	43	DA	1		
46	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	47	22	33	34	NE			
47	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	49	23	39	26	DA	15		
48	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	53	26	40	40	DA	18		
49	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	53	26	41	42	NE			
50	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	54	27	47	50	NE			
51	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	38	18	28	30	NE			
52	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	47	24	35	35	DA	12		

53	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	59	28	45	45	NE				
54	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	53	26	54	54	DA	13	13		13
55	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	42	19	33	39	NE				
56	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	61	30	68	65	NE				
57	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	44	21	33	33	DA	1			
58	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	45	22		32	DA	7	13		
59	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	56	26	46	46	NE				
60	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	58	29	41	43	DA	1			
61	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	57	29	58	58	DA	13			
62	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	47	23	38	27	DA	15			
63	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	47	23	35	35	NE				
64	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	43	19	31	31	DA	1	13		17
65	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	61	34	60	59	DA	13			
66	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	41	19	30	28	NE				
67	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	52	25	38	36	DA	9	10		
68	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	55	29	58		DA	8			
69	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž		26	41	40	DA	11	17		
70	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	59	29	57	39	DA	18			
71	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	45	21	26	32	DA	14			
72	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	58	29	42	43	DA	1			
73	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	58	28	47	49	NE				
74	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	46	22	33	33	NE				
75	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	55	28	46	46	NE				
76	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	46	23	32	32	NE				
77	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	54	27	38	40	NE				
78	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	62	31	59	59	DA	13			
79	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	54	27	43	43	NE				
80	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	45	22	32	32	DA	13			
81	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	49	25	36	35	NE				

82	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	50	23	43	43	DA	13			
83	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	44	21	32	33	NE				
84	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	52	27	52	51	NE				
85	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	51	25	39	38	NE				
86	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	50	24	47	48	NE				
87	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	50	25	39	38	DA	20	13		
88	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	59	29	53		DA	2	8		
89	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	57	30	38	58	DA	1	13	13	14
90	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	48	21	29	32	DA	1			
91	12.08.2019	»Kozji Vrh«	M	45	22	34	35	NE				
92	12.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	39	19	29	29	NE				
93	12.08.2019	»Brezno«	Ž	61	32	49	42	NE				
94	12.08.2019	»Brezno«	Ž	56	27	39	41	NE				
95	12.08.2019	»Brezno«	M	46	22	36	35	NE				
96	12.08.2019	»Brezno«	Ž	61	30	27	39	DA	2			
97	12.08.2019	»Brezno«	M	68	35	66	65	NE				
98	12.08.2019	»Brezno«	Ž	62	30	49	17	DA	1	22		
99	12.08.2019	»Brezno«	Ž	68	33		50	DA	2	7		
100	12.08.2019	»Brezno«	Ž	56	26	41	40	DA	9			
101	12.08.2019	»Brezno«	Ž	61	28	46	47	DA	9	13		
102	12.08.2019	»Brezno«	Ž	61	29	46	45	NE				
103	12.08.2019	»Brezno«	M	62	32	59	51	DA	13			
104	12.08.2019	»Brezno«	Ž	65	33	55	55	NE				
105	12.08.2019	»Brezno«	M	57	27	40	10	NE				
106	12.08.2019	»Brezno«	Ž	49	24	37	37	NE				
107	12.08.2019	»Brezno«	Ž	45	24	37	35	NE				
108	12.08.2019	»Podvelka«	M	66	32	57	57	NE				
109	12.08.2019	»Podvelka«	Ž	47	23	40	41	NE				
110	12.08.2019	»Podvelka«	Ž	59	28	43	43	NE				

111	12.08.2019	»Podvelka«	Ž	43	21	31	32	NE				
112	12.08.2019	»Podvelka«	M	58	27	61		DA	8			
113	12.08.2019	»Podvelka«	Ž	52	26	35	36	NE				
114	12.08.2019	»Podvelka«	M	62	31	63		DA	8			
115	12.08.2019	»Podvelka«	M	64	33	61	61	NE				
116	12.08.2019	»Podvelka«	Ž	55	27		50	DA	7			
117	12.08.2019	»Podvelka«	Ž	51	25	48	49	DA	19			
118	12.08.2019	»Podvelka«	M	54	27	59	60	DA	2			
119	12.08.2019	»Podvelka«	Ž	55	27	47	49	NE				
120	12.08.2019	»Podvelka«	M	51	26	42	43	NE				
121	12.08.2019	»Podvelka«	M	52	26	41	43	NE				
122	12.08.2019	»Podvelka«	M	55	27	44	44	DA	13	13		
123	12.08.2019	»Podvelka«	Ž	57	28	42	42	DA	9			
124	12.08.2019	»Podvelka«	Ž		27	44		DA	8	11		
125	12.08.2019	»Podvelka«	Ž	55	27	45	45	NE				
126	12.08.2019	»Potočnik«	M	68	37	75	72	NE				
127	12.08.2019	»Potočnik«	M	70	36	68		DA	1	8		
128	12.08.2019	»Potočnik«	Ž	71	34	52	46	NE				
129	12.08.2019	»Potočnik«	Ž	55	28	39	38	NE				
130	12.08.2019	»Potočnik«	M	67	34	66	59	NE				
131	12.08.2019	»Potočnik«	M	63	31	59	59	NE				
132	12.08.2019	»Potočnik«	Ž	52	25	38	40	DA	1			
133	12.08.2019	»Potočnik«	M	73	39	83	83	NE				
134	12.08.2019	»Potočnik«	M	61	31	56	56	DA	2			
135	12.08.2019	»Potočnik«	Ž	58	28	45	45	NE				
136	12.08.2019	»Potočnik«	M	67	34	70	73	DA	12			
137	12.08.2019	»Potočnik«	M	51	25	48	49	DA	13			
138	12.08.2019	»Potočnik«	M	62	31	62	61	DA	1			
139	12.08.2019	»Potočnik«	M	63	32		55	DA	7	12		

140	12.08.2019	»Potočnik«	Ž	60	28	49	40	NE				
141	12.08.2019	»Potočnik«	M	53	26	43	43	NE				
142	12.08.2019	»Potočnik«	M	62	31		57	DA	7			
143	12.08.2019	»Potočnik«	Ž	57	28		45	DA	7			
144	12.08.2019	»Potočnik«	Ž	61	29	42	39	DA	1			
145	12.08.2019	»Potočnik«	M	73	37	47	73	NE				
146	12.08.2019	»Potočnik«	M	60	33	59	59	NE				
147	12.08.2019	»Potočnik«	Ž	56	27	42	32	DA	15			
148	12.08.2019	»Potočnik«	Ž	55	26	39	43	DA	1			
149	12.08.2019	»Potočnik«	M	50	24		41	DA	7			
150	12.08.2019	»Gotjenk«	Ž	57	25	39	41	DA	1			
151	12.08.2019	»Gotjenk«	Ž	45	21	31	31	DA	1			
152	12.08.2019	»Ožbalt«	Ž	57	29		46	DA	7	12		13
153	12.08.2019	»Ožbalt«	Ž	58	30		45	DA	7	13		13
154	12.08.2019	»Ožbalt«	M	45	23	35	36	NE				
155	12.08.2019	»Ožbalt«	M	60	31	54	53	DA	1			
156	12.08.2019	»Ožbalt«	M	53	27	48	47	NE				
157	12.08.2019	»Ožbalt«	Ž	56	28	48	48	NE				
158	12.08.2019	»Ožbalt«	Ž	52	26	38	38	NE				
159	12.08.2019	»Ožbalt«	M	52	25	47	45	NE				
160	12.08.2019	»Ožbalt«	Ž	54	27	44	42	NE				
161	12.08.2019	»Ožbalt«	M	62	32	55	54	NE				
162	12.08.2019	»Ožbalt«	Ž	63	32	52	52	DA	3			
163	12.08.2019	»Ožbalt«	Ž	46	24	35	35	NE				
164	12.08.2019	»Ožbalt«	M	70	35	71	68	NE				
165	12.08.2019	»Ožbalt«	Ž	45	22	33	32	NE				
166	12.08.2019	»Ožbalt«	Ž	53	27	38	39	DA	16			
167	12.08.2019	»Ožbalt«	Ž	60	30	46	46	DA	1			
168	12.08.2019	»Ožbalt«	M	59	27	55	54	NE				

Košir, J.: Popis in ocena velikosti populacije signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae, Decapoda) v reki Dravi med HE Vuhred in HE Ožbalt. Magistrsko delo. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo, 2020.

169	12.08.2019	»Ožbalt«	Ž	47	21	32	32	DA	13			
170	12.08.2019	»Ožbalt«	M	52	25	44	36	NE				
171	12.08.2019	»Ožbalt«	Ž	51	25	16	34	DA	17	14		
172	12.08.2019	»Ožbalt«	Ž	65	32	57	57	NE				
173	12.08.2019	»Ožbalt«	Ž	53	25	39	39	NE				
174	12.08.2019	»Ožbalt«	M	69	36	62	73	DA	18	1		19
175	12.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	Ž	50	25	40	40	NE				
176	12.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	Ž	45	24	34	36	DA	13			
177	12.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	Ž	50	25	39	29	DA	15			
178	12.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	Ž	47	24	35	37	NE				
179	12.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	M	43	21	32	30	NE				
180	12.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	Ž	57	28	44	41	DA	1	10		
181	12.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	Ž	56	29	47	46	DA	13			
182	12.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	M	45	22	37	37	NE				
183	12.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	Ž	55	29	45	40	DA	13			
184	12.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	Ž	58	30	44	44	NE				
185	12.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	M	42	20	31	27	NE				
186	12.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	Ž	55	27	41	42	DA	13			
187	12.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	Ž	60	29	44	45	NE				
188	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	56	27	53	53	NE				
189	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	53	26	40	41	NE				
190	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	51	25	39	40	NE				
191	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	57	28	54		DA	8			
192	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	49	23	41	43	NE				
193	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	59	29		58	DA	7			
194	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	55	26	46	46	NE				
195	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	53	26	43	43	NE				
196	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	58	29	51		DA	8			
197	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	51	24	41	41	NE				

Košir, J.: Popis in ocena velikosti populacije signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae, Decapoda) v reki Dravi med HE Vuhred in HE Ožbalt. Magistrsko delo. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo, 2020.

198	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	55	27	48	48	NE				
199	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	47	23	38	37	NE				
200	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M		27	51		DA	8	11		
201	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	58	28	54	55	NE				
202	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	54	27	52	51	NE				
203	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	45	23	35	34	NE				
204	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	49	25	47	47	NE				
205	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž		25	44	44	DA	11			
206	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	56	28	51	49	DA	1			
207	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	53	27	47	48	NE				
208	13.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	51	26	40	41	NE				
209	13.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	51	25	27	41	NE				
210	13.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	46	22	32	34	NE				
211	13.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	59	29	46	50	DA	2			
212	13.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	59	27	43	45	NE				
213	13.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	40	20	27	27	DA	1			
214	13.08.2019	»Kozji Vrh«	M	64	33	64	62	DA	1			
215	13.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	56	27	40	39	NE				
216	13.08.2019	»Kozji Vrh«	M	42	19	29	30	NE				
217	13.08.2019	»Kozji Vrh«	M	46	22	40	40	NE				
218	13.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	45	21	30	29	NE				
219	13.08.2019	»Kozji Vrh«	M	57	28	55	56	DA	1			
220	13.08.2019	»Kozji Vrh«	M		27		49	DA	7	11	9	
221	13.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	50	24	37	36	NE				
222	13.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	46	21	31	28	NE				
223	13.08.2019	»Kozji Vrh«	M	43	21	34	32	NE				
224	13.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	53	26	41	41	NE				
225	13.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	55	27	43	43	DA	1			
226	13.08.2019	»Kozji Vrh«	M	55	28	49	48	DA	1			

227	13.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž		23	34		DA	8	11		
228	13.08.2019	»Kozji Vrh«	M	43	21	33	31	NE				
229	13.08.2019	»Brezno«	Ž	48	22	31	33	NE				
230	13.08.2019	»Brezno«	M	64	33	64		DA	8			
231	13.08.2019	»Brezno«	Ž	51	25	37	37	DA	1			
232	13.08.2019	»Brezno«	Ž	59	28	46	45	NE				
233	13.08.2019	»Brezno«	Ž	66	33	50	50	NE				
234	13.08.2019	»Brezno«	Ž	54	26		42	DA	8			
235	13.08.2019	»Brezno«	Ž	53	24	40	40	DA	18			
236	13.08.2019	»Brezno«	M	63	30	57	56	NE				
237	13.08.2019	»Brezno«	M	66	31	38	50	NE				
238	13.08.2019	»Brezno«	M	65	32	52	61	NE				
239	13.08.2019	»Brezno«	Ž	62	30	51	49	DA	18			
240	13.08.2019	»Brezno«	Ž	45	21	30	31	NE				
241	13.08.2019	»Podvelka«	M	61	30	66		DA	8			
242	13.08.2019	»Podvelka«	Ž	55	27	45	44	NE				
243	13.08.2019	»Podvelka«	Ž	51	26	42	43	NE	17			
244	13.08.2019	»Podvelka«	M	59	29	50	50	NE				
245	13.08.2019	»Podvelka«	M	57	29	49	48	NE				
246	13.08.2019	»Podvelka«	Ž	47	23	37	38	NE				
247	13.08.2019	»Potočnik«	Ž	51	25	20	35	DA	14			
248	13.08.2019	»Potočnik«	Ž	51	25	39	40	DA	1			
249	13.08.2019	»Potočnik«	Ž	63	30	50		DA	8			
250	13.08.2019	»Potočnik«	M	51	25	43	42	NE				
251	13.08.2019	»Potočnik«	M	59	29	49	50	NE				
252	13.08.2019	»Potočnik«	Ž	53	25	37	41	NE				
253	13.08.2019	»Potočnik«	Ž	50	25	39	37	DA	17	21		
254	13.08.2019	»Potočnik«	M	51	24	36	40	DA	1			
255	13.08.2019	»Potočnik«	Ž	62	31	48	47	NE				

256	13.08.2019	»Potočnik«	M	52	26	41	41	NE				
257	13.08.2019	»Potočnik«	M	61	31	38	57	DA	13	18		
258	13.08.2019	»Potočnik«	Ž	50	26	38	37	DA	1			
259	13.08.2019	»Potočnik«	Ž		26	42	41	DA	11			
260	13.08.2019	»Potočnik«	M	73	39		72	DA	13	7		
261	13.08.2019	»Gotjenk«	M	59	29	57	58	NE				
262	13.08.2019	»Ožbalt«	M	56	26	46	46	DA	1	19		
263	13.08.2019	»Ožbalt«	M	54	27	47	46	NE				
264	13.08.2019	»Ožbalt«	M	37	18	17	28	DA	14			
265	13.08.2019	»Ožbalt«	M	70	34	72	72	DA	9	21		
266	13.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	Ž	51	26	43	41	DA	1			
267	13.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	M	61	33	59	58	DA	9			
268	14.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	52	26	49	49	NE				
269	14.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	52	25	49	48	NE				
270	14.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	54	27	53	52	NE				
271	14.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	51	26	41	41	NE				
272	14.08.2019	»Kozji Vrh«	M	58	28	60	59	DA	13			
273	14.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	53	26	42	43	DA	1			
274	14.08.2019	»Kozji Vrh«	M	67	33			DA	7	8		
275	14.08.2019	»Kozji Vrh«	M	62	30			DA	7	8		
276	14.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	55	27	42	42	NE				
277	14.08.2019	»Kozji Vrh«	M	49	24	39	36	DA	13			
278	14.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	43	20	29	29	DA	1			
279	14.08.2019	»Kozji Vrh«	M	49	23	44	44	NE				
280	14.08.2019	»Brezno«	Ž	57	29		48	DA	7	21		20
281	14.08.2019	»Brezno«	M	45	21	31		DA	8			
282	14.08.2019	»Brezno«	M	65	32	67	68	NE				
283	14.08.2019	»Brezno«	Ž	64	32		49	DA	7	1		
284	14.08.2019	»Brezno«	M	59	32	52	52	NE				

285	14.08.2019	»Brezno«	M	58	29	54	54	NE				
286	14.08.2019	»Brezno«	M	67	34	65	70	DA	1			
287	14.08.2019	»Podvelka«	Ž	51	25	42	42	NE				
288	14.08.2019	»Podvelka«	M	54	28	52		DA	8			
289	14.08.2019	»Podvelka«	M	53	27	50	49	DA	10			
290	14.08.2019	»Podvelka«	Ž	46	22	37	37	NE				
291	14.08.2019	»Podvelka«	M	57	28	55	56	NE				
292	14.08.2019	»Podvelka«	M	54	27	51	52	NE				
293	14.08.2019	»Podvelka«	Ž	51	26	41	42	DA	18			
294	14.08.2019	»Podvelka«	Ž	49	25	38	39	NE				
295	14.08.2019	»Potočnik«	M	40	19	32	32	DA	1			
296	14.08.2019	»Potočnik«	Ž	46	21	36	34	NE				
297	14.08.2019	»Potočnik«	M	45	21	36	33	NE				
298	14.08.2019	»Potočnik«	Ž	54	27	39	39	NE				
299	14.08.2019	»Potočnik«	Ž	50	24	40	40	NE				
300	14.08.2019	»Potočnik«	M	48	23	39		DA	8			
301	14.08.2019	»Potočnik«	Ž	52	25		38	DA	7	13		
302	14.08.2019	»Potočnik«	Ž	51	24	38	38	NE				
303	14.08.2019	»Potočnik«	M	60	30	55	33	DA	13			
304	14.08.2019	»Potočnik«	M	41	19	33	33	NE				
305	14.08.2019	»Potočnik«	Ž	58	28		44	DA	7			
306	14.08.2019	»Potočnik«	M	45	21	36	37	NE				
307	14.08.2019	»Ožbalt«	M	52	25	45	43	NE				
308	14.08.2019	»Ožbalt«	Ž	46	22	33	34	NE				
309	14.08.2019	»Ožbalt«	Ž	61	31	51		DA	1	8		
310	14.08.2019	»Ožbalt«	M	40	18	29	29	NE				
311	14.08.2019	»Ožbalt«	Ž	54	27	20	20	DA	13			
312	14.08.2019	»Ožbalt«	Ž	58	28	51	50	NE				
313	14.08.2019	»Ožbalt«	M	43	20	34	27	DA	2	15		

314	14.08.2019	»Ožbalt«	M	52	25	47	42	NE				
315	14.08.2019	»Ožbalt«	Ž	42	19	28	28	NE				
316	14.08.2019	»Ožbalt«	Ž	58	29	47	44	DA	13			
317	14.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	Ž	47	23	35	34	NE				
318	14.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	M	60	31	68	56	DA	13			
319	14.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	Ž	47	25	37	37	DA	13			
320	14.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	Ž	44	23	33	31	NE				
321	14.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	M	44	21	35	35	NE				
322	14.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	M	48	23	41	36	NE				
323	15.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	52	26	49	49	NE				
324	15.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	52	25	49	48	DA	22			
325	15.08.2019	»Pod HE Vuhred«	M	54	27	53	52	NE				
326	15.08.2019	»Pod HE Vuhred«	Ž	51	26	41	41	NE				
327	15.08.2019	»Kozji Vrh«	M	42	20	31	32	NE				
328	15.08.2019	»Kozji Vrh«	M		19	32	33	DA	11	19		
329	15.08.2019	»Kozji Vrh«	M	41	19	33	30	NE				
330	15.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	45	22	35	34	NE				
331	15.08.2019	»Kozji Vrh«	Ž	54	25	37	40	NE	18			
332	15.08.2019	»Brezno«	M	58	28	56	56	NE				
333	15.08.2019	»Podvelka«	M	54	27	51	51	NE				
334	15.08.2019	»Podvelka«	Ž	48	25	40	41	NE				
335	15.08.2019	»Podvelka«	Ž	51	25	42	42	NE				
336	15.08.2019	»Potočnik«	M	66	31	57	57	NE				
337	15.08.2019	»Potočnik«	Ž	54	26	45	45	DA	13			
338	15.08.2019	»Potočnik«	Ž	46	22		36	DA	7			
339	15.08.2019	»Potočnik«	M	52	25	44	45	NE				
340	15.08.2019	»Potočnik«	Ž	45	22	33	33	NE				
341	15.08.2019	»Potočnik«	Ž	58	29	47	49	DA	1	17		
342	15.08.2019	»Potočnik«	M	61	28		55	DA	13	7		

Košir, J.: Popis in ocena velikosti populacije signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae, Decapoda) v reki Dravi med HE Vuhred in HE Ožbalt. Magistrsko delo. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo, 2020.

343	15.08.2019	»Potočnik«	M	55	27	45	45	DA	1			
344	15.08.2019	»Potočnik«	Ž	60	27	46	46	DA	1			
345	15.08.2019	»Potočnik«	Ž	59	28	43	42	DA	1			
346	15.08.2019	»Ožbalt«	M	59	31	60	59	DA	17			
347	15.08.2019	»Ožbalt«	Ž	48	23	19	29	DA	1			
348	15.08.2019	»Ožbalt«	Ž	54	26	45	46	DA	1			
349	15.08.2019	»Ožbalt«	M	43	20	32	32	NE				
350	15.08.2019	»Ožbalt«	M	42	19	31	31	DA	1			
351	15.08.2019	»Ožbalt«	M	43	21	31	32	NE				
352	15.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	Ž	51	26		41	DA	13	7		
353	15.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	Ž	54	26	40	38	DA	1			
354	15.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	Ž	58	29	44	47	DA	18			
355	15.08.2019	»Pred HE Ožbalt«	M	44	22	39	39	NE				