

Utvrđivanje optimalnih uvjeta za rast juvenilnih riječnih rakova

Basta, Jelena

Master's thesis / Diplomski rad

2014

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:500708>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Jelena Basta

Utvrdjivanje optimalnih uvjeta za rast juvenilnih riječnih rakova

Diplomski rad

Zagreb, 2014.

Ovaj rad je izrađen u uzgajalištu Hrvatskog centra za autohtone vrste riba i rakova krških voda u Otočcu te u Zoologijskom zavodu, Biološki odsjek, Prirodoslovno - matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Ivane Maguire i neposrednim vodstvom dr. sc. Andreje Lucić. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra eksperimentalne biologije.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Diplomski rad

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

UTVRĐIVANJE OPTIMALNIH UVJETA ZA RAST JUVENILNIH RIJEČNIH RAKOVA

Jelena Basta

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Akvakultura predstavlja biomanipulaciju životnog ciklusa uzgajanih organizama i uvjeta okoliša. Ona uključuje kontrolu reprodukcije i rasta, te eliminaciju uzroka prirodnog mortaliteta. U ovom istraživanju manipuliralo se temperaturom, gustoćom juvenilnih jedinki i vrstom hrane kako bi se utvrdilo koji su temperaturni i prehrambeni uvjeti te gustoća jedinki najpovoljniji za rast juvenilnih rakova vrste *Astacus astacus*. U razdoblju od pet mjeseci prikupljeni su podaci o masi, dužini i spolu jedinki te temperaturi vode. Uz to su utvrđeni fiziološki parametri uvjetovani zadanim tretmanima, a u tu svrhu su primijenjeni hepatosomatski i mišićni indeksi kondicije. Utvrđeno je da je najveći prirast u ukupnoj dužini i masi tijela postignut u tretmanu: plastenik, hrana životinjskog podrijetla, 25 jedinki / 0,6 m² te je utvrđena statistički značajna pozitivna korelacija između ukupnog prirasta u dužini tijela i temperature vode. Ustanovljene su statistički značajne razlike među tretmanima u kondicijskim indeksima, a pokazalo se da su za energetske status juvenilnih jedinki najznačajniji čimbenici temperatura i hrana.

(49 stranica, 39 slika, 19 tablica, 66 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: porodica Astacidae, *Astacus astacus*, prirast mase, prirast dužine, indeksi kondicije, hepatosomatski indeks, mišićni indeks

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

Neposredni voditelj: Dr. sc. Andreja Lucić, stručni savjetnik u znanosti i visokom obrazovanju

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

Dr. sc. Duje Lisičić, doc.

Dr. sc. Božena Mitić, prof.

Dr. sc. Petar Kružić, doc.

Rad prihvaćen: 12. 09. 2014

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Graduation Thesis

Faculty of Science

Division of Biology

IDENTIFICATION OF OPTIMAL CONDITIONS FOR JUVENILE NOBLE CRAYFISH GROWTH

Jelena Basta

Rooseveltovo trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Aquaculture represents biomanipulation of life cycle of cultured organisms and environmental conditions. It includes the control of reproduction and growth and the elimination of the causes of natural mortality. In this study it was manipulated with the water temperature, density layout of juvenile specimens and type of food to determine which temperature and food conditions are the most favourable for the growth of juvenile crayfish *Astacus astacus*. In a period of five months, data on weight, length and sex of individuals were collected, as well as water temperature data. In addition, physiological parameters conditioned with default treatments were identified and for this purpose hepatosomatic and muscle indices have been applied. It was found that the largest increase in the total length and body mass was achieved in the following treatment: greenhouse, meat, 25 specimens / 0.6 m². A statistically significant positive correlation was established between the total increase in body length and water temperature. Also, some statistically significant differences in body indices between treatments were found and it turned out that the most significant factors in the energy status of juvenile specimens were food and temperature.

(49 pages, 33 figures, 19 tables, 66 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: Astacidae, *Astacus astacus*, juvenile crayfish growth, condition indices, hepatosomatic indices, muscle indices

Supervisor: Dr. sc. Ivana Maguire, Assoc. prof.

Associate supervisor: Dr. sc. Andreja Lucić, Expert Associate in Science and Higher Education

Reviewers: Dr. sc. Ivana Maguire, Associate prof.

Dr. sc. Duje Lisičić, Assistant prof.

Dr. sc. Božena Mitić, Full prof.

Dr. sc. Petar Kružić, Assistant prof.

Thesis accepted: September 12th, 2014

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojim mentoricama prof. dr. sc. Ivani Maguire te dr. sc. Andreji Lucić na strpljenju, stručnoj pomoći i konstruktivnim savjetima koje su mi pružile tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Također bih htjela zahvaliti i prof. dr. sc. Goranu Klobučaru što mi je omogućio rad na ovom projektu i dr. sc. Sandri Hudini na velikoj pomoći tijekom izvođenja terenskog dijela ovog rada.

Veliko hvala svim djelatnicima uzgajališta Hrvatskog centra za autohtone vrste riba i rakova krških voda u Otočcu na svakodnevnoj brizi o rakovima.

Hvala mojoj obitelji na podršci i potpori koju su mi pružili tijekom cijeloga studija.

Hvala i svima drugima koji su posredno ili neposredno pomogli u ostvarivanju ovog rada.

SADRŽAJ:

1. UVOD

| | |
|--|----|
| 1.1. Porodica Astacidae..... | 1 |
| 1.2. Sistematika riječnog raka..... | 2 |
| 1.3. Biologija i ekologija riječnog raka..... | 3 |
| 1.3.1. Životni ciklus vrste <i>A. astacus</i> | 4 |
| 1.4. Rasprostranjenost vrste <i>A. astacus</i> | 5 |
| 1.5. Akvakultura i njen gospodarski značaj..... | 5 |
| 1.6. Akvakultura slatkovodnih rakova..... | 6 |
| 1.6.1. Postupak uzgoja slatkovodnih rakova..... | 8 |
| 1.7. Kondicijski indeksi..... | 10 |
| 1.8. Cilj istraživanja..... | 11 |

2. MATERIJAL I METODE

| | |
|---|----|
| 2.1. Odabir riječnih rakova za uzgoj i transport u uzgajalište..... | 12 |
| 2.2. Pokusni uzgoj rakova..... | 12 |
| 2.3. Utvrđivanje kondicijskih indeksa..... | 14 |
| 2.4. Statistička obrada podataka..... | 16 |

3. REZULTATI

| | |
|--|----|
| 3.1. Prirast dužine i mase..... | 18 |
| 3.2. Korelacija prosječne temperature vode i prirasta dužine i mase..... | 27 |
| 3.5. Indeksi kondicije..... | 28 |
| 3.5.1. Hepatosomatski indeksi..... | 28 |
| 3.5.2. Mišićni indeksi..... | 35 |

| | |
|--|----|
| 4. RASPRAVA | |
| 4.1. Utjecaj tretmana na ukupni prirast dužine i mase..... | 40 |
| 4.2. Indeksi kondicije..... | 41 |
| 5. ZAKLJUČAK..... | 44 |
| 6. LITERATURA..... | 45 |
| 7. PRILOZI..... | i |
| 8. ŽIVOTOPIS..... | ix |

1. UVOD

1.1. Porodica Astacidae

Porodica Astacidae prirodno je rasprostranjena u slatkovodnim ekosustavima Europe. Predstavnici porodice Astacidae naseljavaju tekućice i stajaćice, podzemne i bočate vode (Maguire, 2010). U Europi je ova porodica zastupljena s dva roda: *Astacus* i *Austropotamobius*. Na području Europe, zapadno od Urala, danas živi pet autohtonih vrsta slatkovodnih rakova iz porodice Astacidae (Holdich, 2002): *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858) - bjelonogi ili primorski rak, *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) - potočni rak ili rak kamenjar, *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) - riječni ili plemeniti rak, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 - uskoškari, turski ili barski rak i *Astacus pachypus* Rathke, 1837. Danas je vrsta *A. astacus* rasprostranjena u istočnim, središnjim i sjevernim dijelovima Europe, vrsta *A. leptodactylus* uglavnom u Aziji i istočnoj Europi iako je unesena i u druge europske zemlje i širi se prirodnim vodenim putovima na zapad, vrsta *A. pachypus* se zadržava oko Kaspijskog jezera, Crnog i Azovskog mora, vrsta *A. torrentium* u središnjoj i jugoistočnoj Europi, a vrsta *A. pallipes* se pojavljuje u južnoj i zapadnoj Europi, uključujući i Britansko otočje (Holdich i Lowery, 1988; Maguire, 2010).

Osim autohtonih vrsta rakova, europske slatkovodne ekosustave danas nastanjuju i alohtone vrste. To su ponajprije američke vrste *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) (porodica Astacidae), *Oroconectes limosus* (Rafinesque, 1817) i *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (obje vrste pripadaju porodici Cambaridae) te neke vrste australskog roda *Cherax* (Maguire, 2010).

U Hrvatskoj su dosadašnjim istraživanjima utvrđene četiri autohtone europske vrste: *Austropotamobius pallipes*, *Austropotamobius torrentium*, *Astacus astacus*, *Astacus leptodactylus* (Maguire i Gottstein-Matočec, 2004) i dvije alohtone invazivne vrste: *Pacifastacus leniusculus* - signalni rak i *Oroconectes limosus* - bodljobrađi rak podrijetlom iz Sjeverne Amerike (Maguire i Klobučar, 2003; Maguire i sur., 2008).

1.2. Sistematika riječnog raka

Podred Astacida je vrlo raznolika skupina unutar reda Decapoda koji čini oko 640 dosad opisanih vrsta (Crandall i Buhay, 2008). Sistematska pripadnost riječnog raka je slijedeća:

Koljeno: Arthropoda - člankonošci

Potkoljeno: Crustacea - rakovi

Razred: Malacostraca – viši rakovi

Red: Decapoda - deseteronošci

Podred: Astacida

Nadporodica: Astacoidea

Porodica: Astacidae

Rod: *Astacus*

Vrsta: *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) - riječni rak



Slika 1.

Vanjski izgled juvenilnih jedinki riječnog raka, *Astacus astacus* L.

1.3. Biologija i ekologija riječnog raka

Vrsta *Astacus astacus* (Slika 1) najčešće naraste do ukupne duljine tijela od 15 cm (ukupna duljina od vrha rostruma do kraja telzona), ali zabilježene su i jedinke duge 18 cm i teške 270 g (Westman i sur., 1992). Procijenjeno je da mogu živjeti i duže od 20 godina. Životinje su dorzalno obično tamnosmeđe boje (maslinasto zelena do crna, ponekad plavičasta ili crvenkasta), dok im je ventralna strana zeleno-smeđe boje (Klobučar i Maguire, 2011). Vrsta *A. astacus* živi samo u slatkim, hladnijim vodama s dovoljno kisika (Skurdal i Taugbøl, 2002). Budući da je noćna životinja, preko dana se zadržava u skloništima pod kamenjem, korijenjem ili rupama koje izbuši u obalama potoka, rijeka, jezera. U skloništu se postavlja glavom prema izlazu, a kliješta drži ispružena prema naprijed. Tijekom noći izlazi iz skloništa i traži hranu. Noćna je aktivnost, prema nekim autorima (Cukerzis, 1988), prilagodba životinja da izbjegnu predatore koji se oslanjaju na vid, premda nije isključena mogućnost da rakovi love noću jer je tada aktivan i njihov plijen (Gherardi, 2002).

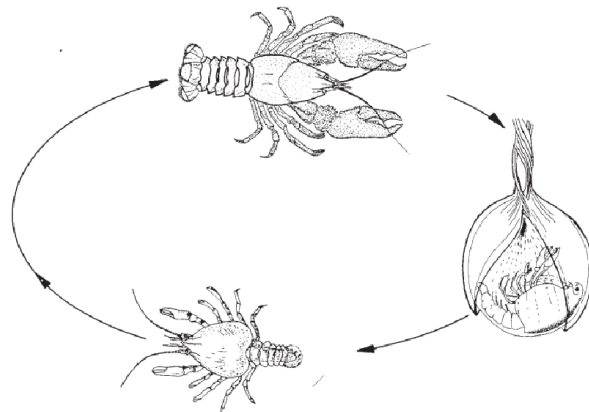
Ova vrsta je važan konzument u mnogim prehrambenim lancima i može dominirati biomasom životnih zajednica dna u jezerima i potocima. Oni su predatori, herbivori i detritivori, ali i sami mogu biti plijen mnogih vodenih (jegulja, štuka), kopnenih životinja (vidra, kuna) te ptica močvarica, posebice neposredno nakon izvaljivanja i presvlačenja. Upravo su zato često ključni organizmi mnogih hranidbenih lanaca i važan katalizator obrta organske tvari (imaju sposobnost jake asimilacije dušika biljnog i životinjskog podrijetla) (Maguire, 2010).

Rast rakova nije kontinuiran, već rakovi rastu tijekom toplijeg dijela godine kroz presvlačenje. Rast može biti izometrijski (obično kod juvenilnih jedinki) ili alometrijski, pri čemu dijelovi tijela rastu disproporcionalno u odnosu na druge dijelove tijela. Vanjski spolni dimorfizam postaje vidljiv tek pri dostizanju spolne zrelosti – kliješta mužjaka i abdomen ženke rastu brže od ostalih dijelova tijela (Rhodes i Holdich, 1979).

Ženke dostižu spolnu zrelost pri ukupnoj dužini tijela koja varira od 62 mm (na lokalitetima s ranim sazrijevanjem ili sporim rastom) do 85 mm ukupne dužine tijela (na lokalitetima s kasnim sazrijevanjem ili brzim rastom) što odgovara dobi od 3 – 5 godina. Veličina pri spolnom sazrijevanju varira između populacija te je srednja vrijednost ukupne dužine tijela spolno zrele ženke 60–70 mm. Mužjaci postaju spolno zreli pri ukupnoj dužini tijela od 60–70 mm (Abrahamsson, 1966).

1.3.1. Životni ciklus vrste *A. astacus*

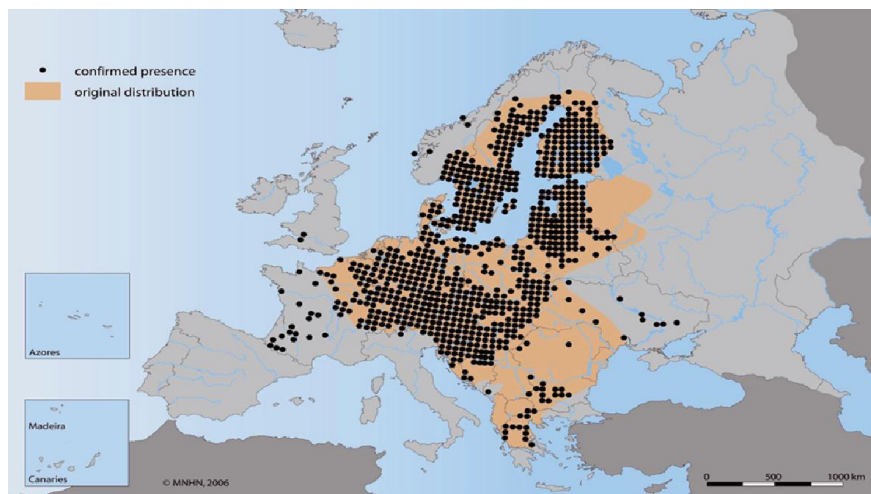
Razmnožavanje ove vrste odvija se u jesen, a reproduksijski ciklus ovisi o klimatskim uvjetima i uvjetima staništa. Parenje započinje s padom temperature u jesen. Mužjaci i ženke su u to doba aktivniji, a čak je zabilježena i dnevna aktivnost (Skurdal i Taugbøl, 2002). Parenje i oplodnja nisu povezani s točnim datumom niti određenom temperaturom vode, ali je primijećeno da povišena temperatura odgađa početak parenja. Sezona parenja obično traje 2 do 3 tjedna, a izbacivanje i oplodnja jaja uslijedi od nekoliko sati do 6 tjedana nakon toga. Ženka nosi oplodjena jaja pričvršćena na pleopodne noge do sljedećeg ljeta, a razvoj jaja ovisi o temperaturi (skraćuje se na višoj temperaturi). Broj jaja ovisi o veličini ženke - veće ženke nose više jaja (Taugbøl i sur., 1988). Juvenilni rakovi izlegu se iz jaja, pri čemu jajna opna pukne na dva dijela. Polovice ljuski zajedno s juvenilnim rakom vise na dršku nekoliko dana (2-3), a zatim se juvenilni rakovi drže kliještima (koja završavaju šiljastim kukicama) za jajnu ljusku (Slika 2). Svježe izvaljeni račići (juvenilni rakovi) prehranjuju se žumanjkom iz jaja i ostaju nepokretni nekoliko dana, a zatim se nakon prvog presvlačenja počinju slobodno kretati u blizini majke. Postupno su sve više samostalni dok na kraju ne počnu samostalan život. Izlijeganje je, kako je već rečeno, pod utjecajem temperature i hladna proljeća ga odgađaju do ljeta, što znači da će sezona rasta biti skraćena i da je mala vjerojatnost da će juvenilni rakovi preživjeti iduću zimu (Pursiainen i Erkamo, 1991). Životni ciklus rakova nastavlja se kroz periodična presvlačenja u toplijem dobu godine, kroz koja životinje rastu, a broj presvlačenja i prirast u veličini po presvlačenju ovise opet o temperaturi, odnosno količini dostupne hrane. Starije životinje i ženke koje nose jaja presvlače se manji broj puta godišnje. Mužjaci postaju spolno zreli prije nego ženke (mlađi i manji). Općenito, udio spolno zrelih ženki u populaciji raste s povećanjem njihove veličine (Maguire, 2010).



Slika 2. Životni ciklus vrste *A. astacus* (Wickins i Lee, 2002).

1.4. Rasprostranjenost vrste *A. astacus*

Ova vrsta je autohtona europska vrsta i smatra je najčešćom autohtonom vrstom u Europi. U Hrvatskoj je riječni rak rasprostranjen u vodama savskog i dravskog slijeva, a unesen je i u pojedine rijeke jadranskog slijeva. U Europi ga se može naći od Francuske preko središnje Europe do Balkanskog poluotoka, na sjeveru do Skandinavije i zapadnih dijelova Rusije odnosno u vodama Austrije, Bugarske, Crne Gore, Češke, Danske, Estonije, Finske, Francuske, Grčke, Latvije, Litve, Mađarske, Makedonije, Moldavije, Norveške, Njemačke, Poljske, Rumunjske, Rusije, Slovenije, Srbije, Švedske, Švicarske (u koju je introducirana) te Ukrajine što se može i vidjeti na Slici 3 (Souty-Grosset i sur., 2006).



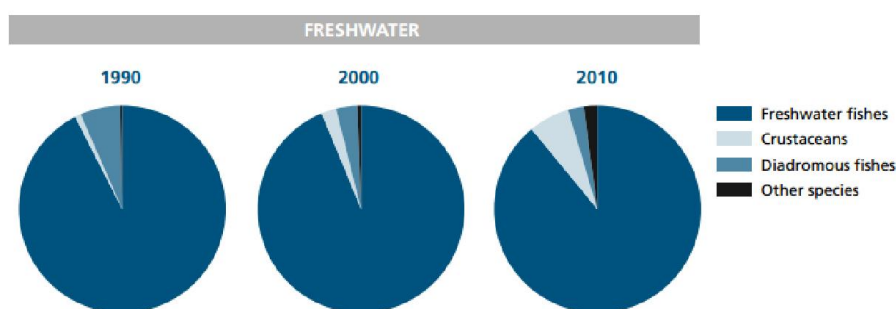
Slika 3. Točke označavaju potvrđenu prisutnost riječnih rakova u kvadrantima 50x50 km, narančasto područje pokazuje najvjerojatniju prirodnu rasprostranjenost (Souty-Grosset i sur., 2006).

1.5. Akvakultura i njen gospodarski značaj

Prema definiciji organizacije UN-a za hranu i poljoprivredu (FAO) pojam akvakultura podrazumijeva uzgajanje riba, rakova, školjkaša i morskih algi u svim tipovima vodenih tijela uključujući bare, jezera, rijeke i oceane (Nacionalna Oceanska i Atmosferska služba - NOAA). Akvakultura predstavlja biomanipulaciju životnog ciklusa uzgajanih organizama i uvjeta okoliša. Ona uključuje kontrolu reprodukcije i rasta te eliminaciju uzroka prirodnog mortaliteta (Katavić, 2006).

U slatkovodnoj akvakulturi uzgajaju se vrste koje obitavaju u rijekama, jezerima i potocima. Vrste se primarno uzgajaju u ribnjacima i umjetnim bazenima (NOAA).

Akvakultura je sve značajnija gospodarska grana u svijetu koja nadomješta umanjene potencijale hrane iz prirodnih izvora. Akvakultura bilježi rast od 1979. g. u iznosu 7,9 % godišnje (tijekom istog razdoblja ulov ribe rastao je 1,2 % godišnje, a uzgoj kopnenih organizama 2,9 % godišnje). Akvakulturom se godišnje proizvodi 6,4 kg konzumnih vodenih organizama po stanovniku (0,7 kg u 1970. godini). Slatkovodna akvakultura važna je gospodarska aktivnost i najzastupljenija je na dva kontinenta: 65 % akvakulture odvija se u Aziji i 24 % u Africi (Katavić, 2006).



Slika 4. Razvoj slatkovodne akvakulturne proizvodnje u Europi u razdoblju od 1990. - 2010. prema grupama organizama; tamnoplavo- slatkovodne ribe, blijedoplavo- rakovi, svijetloplavo- diadromne ribe, crno- ostale vrste (FAO, 2014).

1.6. Akvakultura slatkovodnih rakova

Slatkovodni rakovi su već jako dugo predmet komercijalnih i zooloških istraživanja u Europi. Već 300. godine pr. n. e. Aristotel spominje slatkovodne rakove te ostavlja brojne navode o njima u svojim prvim knjigama u kojima je opisivao prirodu i iskorištavanje prirodnih resursa. Zbog komercijalnih interesa, slatkovodni rakovi su gotovo svugdje u svijetu ostavili kulturološke tragove - spominje ih se u izrekama, imenima sela i rijeka, mitologiji i bajkama, a često su korišteni i kao subjekti u slikarstvu. Sve do 19. stoljeća slatkovodni rakovi korišteni su kao lijek protiv mnogih bolesti, uključujući i rak (Skurdal i Taugbøl, 2002).

U srednjem vijeku povećao se interes za slatkovodne rakove te je objavljen veliki broj recepata i opisa načina lova rakova. Slatkovodni rakovi bili su korišteni kao hrana tijekom

posta. Samo u bavarskom samostanu Tegernsee konzumirano je između 1500 i 31 200 rakova, što odgovara masi od jedne tone (Westman i sur., 1992). U europskoj povijesti postoje primjeri konzumacije vrlo velike količine rakova. Godine 1392. na vjenčanju poljske princeze Jadvice i princa Jerzya konzumirano je 75 000 rakova u razdoblju od 8 dana (Kulesh i sur., 1999). Iako su ljudi u kontinentalnoj Europi jeli slatkovodne rakove od 1200.-tih godina, Nordijci slatkovodne rakove nisu smatrali primjerenima za ljudsku prehranu sve do 1500.-tih godina, štoviše smatrali su ih otrovnima (Westman, 1991). Carl von Linné (17. stoljeće) smatrao je da su rakovi kukci te ih stoga nije smatrao pogodnima za hranu što je i napisao u svojoj knjizi *Diaeta Naturalis* objavljenoj 1733. g. Međutim, takvo razmišljanje nije prevladavalo u Švedskoj koja je poznata po račjim festivalima i u kojoj se slatkovodne rakove smatra vrhunskom delikatesom i kulturnom ikonom (Skurdal i Taugbøl, 2002).

Komercijalni lov vrste *Astacus astacus* najvjerojatnije je započeo u srednjem vijeku kada se zanimanje za slatkovodne rakove kao hrane polako pojavilo među srednjim slojevima društva. Ipak, trebala su gotovo dva stoljeća kako bi se hrana bogataša i aristokrata počela pojavljivati na stolovima ljudi srednje klase (Skurdal i Taugbøl, 2002).

Potražnja za slatkovodnim rakovima se povećala te je komercijalni lov rakova postao velika industrijska grana u 19. stoljeću. Do tada su rakovi postali popularna hrana među pariškim bogatašima i srednjim slojem društva drugih većih europskih gradova. U razdoblju između 1853. i 1879. g. samo u Parizu konzumirano je više od 5 milijuna rakova (Ackefors i Lindqvist, 1994). Potražnja za slatkovodnim rakovima se povećala te su, zbog krivolova i širenja račje kuge, prirodne populacije počele naglo opadati. Popularnost rakova kao hrane je najvjerojatnije i razlog povećanom znanstvenom zanimanju za rakove tijekom 19. stoljeća. Klasičan rad o biologiji rakova autora Huxleya te ranija proučavanja tkiva rakova koja je proveo Ernst Haeckel samo su dva primjera znanstvenog proučavanja rakova (Skurdal i Taugbøl, 2002).

Današnji se ukupni godišnji ulov slatkovodnih rakova u Europi procjenjuje na 7000 do 8000 tona (Westman i sur., 1990). Od ove količine, vrsta *A. astacus* čini samo 220 tona ili oko 2 - 3 % ukupnog europskog ulova. Međutim, zbog visoke cijene, samo vrsta *A. astacus* daje 10 – 20 % ukupnog prihoda od ulova rakova (Skurdal i Taugbøl, 2002).

Najraniji pokušaji uzgoja slatkovodnih rakova zabilježeni su u istočnoj Europi, Njemačkoj i Francuskoj i bili su prvenstveno usmjereni na uzgoj juvenilnih rakova za repopulaciju jezera iz kojih su bili izlovljeni (Ackefors i Lindqvist, 1994).

Vrsta *A. astacus* je poznata kao vrsta koja relativno sporo raste, ali je unatoč tome, unutar jedne godine u kontroliranim uvjetima akvakulture uspješno postignuta stopa rasta koju jedinke u prirodi dosegnu za 4-8 godina (Hessen i sur., 1987).

Rast rakova je reguliran raznim biotičkim i abiotičkim čimbenicima (Reynolds, 2002) s time da se temperatura pokazala kao ključni abiotički čimbenik rasta (Lowery, 1988).

Najveći problem pri uzgoju riječnog raka je njegovo moguće agonističko ponašanje i kanibalizam koji su najčešće povezani s presvlačenjem. Nadalje, kao što je već spomenuto, ova vrsta ima nisku stopu prirasta i relativno niski fekunditet (100 – 300 jaja po ženki), što je u kombinaciji s visokom stopom smrtnosti juvenilnih jedinki otežavajuća okolnost uzgoja. Također, vrsta *A. astacus* je bentički organizam koji ne koristi cijeli stupac vode te je stoga, za komercijalnu proizvodnju, potrebno osigurati područja s velikom površinom dna što u konačnici poskupljuje proizvodnju zbog dodatnih troškova održavanja (Taugbøl, 1987).

1.6.1. Postupak uzgoja slatkovodnih rakova

Postoje različite metode uzgoja slatkovodnih rakova; ekstenzivna, poluintenzivna i intenzivna.

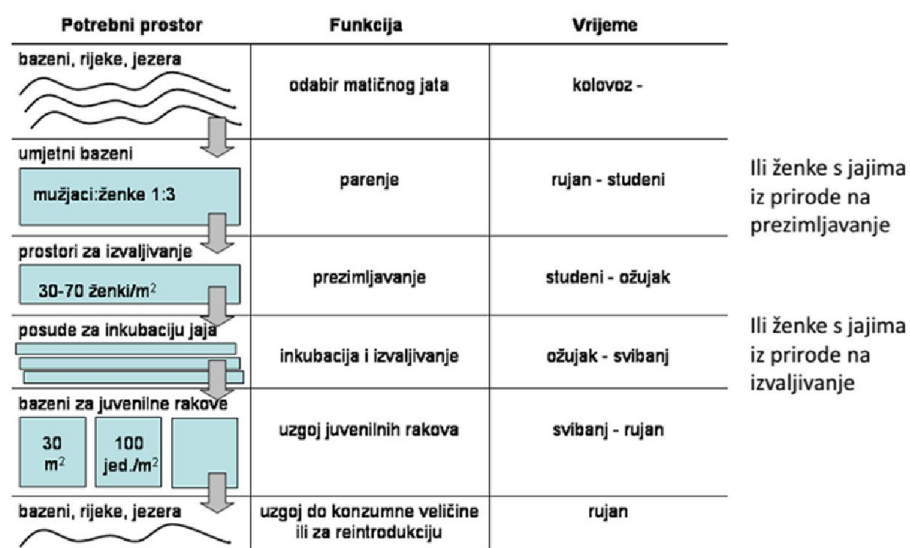
Ekstenzivan uzgoj se odvija u prirodnim ili umjetnim zemljanim bazenima ili kanalima. Hrana se dodaje samo kao dodatak prirodnim izvorima hrane. Razmnožavanje se odvija u bazenima u kojima je prisutna prirodna struktura populacije. Takva vrsta uzgoja zahtjeva minimalna ulaganja i brigu. Gotovo cjelokupni svjetski uzgoj slatkovodnih rakova danas je ekstenzivnog tipa. Uspostava samoodržive populacije rakova u nekom vodenom ekosustavu gdje prije nije bilo rakova traje između 5 i 10 godina (Huner i Lundqvist, 1986).

Poluintenzivan uzgoj se također provodi na otvorenome u nešto specijaliziranijim bazenima ili kanalima. Oni su obično konstruirani tako da se voda iz njih može ispustiti kako bi se olakšalo upravljanje uzgojem i skupljanje (izlov) rakova. Kada ne postoji mogućnost ispuštanja vode iz bazena stvaraju se mješovite populacije različite starosne strukture što smanjuje produkciju (veliki mužjaci mogu kontrolirati brojnost mlađih jedinki, odnosno usporiti njihov rast). Rakove se u poluintenzivnom uzgoju hrani, odnosno dohranjuje. Razmnožavanje se može odvijati pod nadzorom i kontrolom uzgajivača. Ako se izvaljivanje juvenilnih rakova odvija u zatvorenim prostorima, stadiji 2 i 3 juvenilnih rakova prenašaju se u vanjske bazene ili kanale gdje se uzgajaju do konzumne veličine. Poluintenzivan način

uzgoja zahtijeva veća ulaganja i više radne snage u usporedbi s ekstenzivnim uzgojem, ali je bolji nadzor nad uzgojem i u pravilu daje više prinose (Klobučar i Maguire, 2011).

Intenzivan uzgoj podrazumijeva da se cjelokupan životni ciklus rakova odvija u kontroliranim uvjetima u zatvorenom prostoru. Ova metoda zahtijeva visoka ulaganja i veći broj zaposlenika. Do danas nije razvijen cjeloviti intenzivni uzgojni sustav koji bi bio pouzdan i isplativ (Klobučar i Maguire, 2011).

Juvenilni stadiji rakova (2. i 3. stadij) i jednoljetnici (engl. „summerlings“) dobivaju se kombinacijom intenzivne i poluintenzivne metode uzgoja (Klobučar i Maguire, 2011). Shematski prikaz uzgoja rakova prikazan je na Slici 5.



Slika 5. Shematski prikaz uzgoja rakova od uzimanja jedinki iz prirode do krajnje točke uzgoja (Klobučar i Maguire, 2011).

Najpraktičniji i najjeftiniji način uzgoja uključuje donošenje ženki s jajima iz prirodne populacije te njihovo stavljanje u izolirane (kontrolirane) prostore do izvaljivanja juvenilnih rakova. Trideset do 50 ženki riječnog raka s jajima može dati otprilike 6000-10 000 juvenilnih rakova. Ženke se mogu držati na dva načina:

1. U odvojenim posudama/prostorima na mrežastoj podlozi kroz koju juvenilni rakovi mogu proći i izbjeći moguću predaciju od strane majke
2. U pojedinačnim odvojenim posudama iz kojih se one maknu nakon što se juvenilni rakovi odvoje (Klobučar i Maguire, 2011).

Ako se pak u uzgajalište donose i mužjaci i ženke, idealan omjer je 1M : 3Ž. Iz prirode ih se donese u zatvorene prostore mrjestilišta gdje se odvija parenje. U tu svrhu služe veći (10 - 20 m²) betonski, kao i manji, plastični bazeni iz kojih se mužjaci uklanjaju nakon parenja. Vrlo je bitno da temperatura vode za vrijeme parenja i tijekom slijedeća dva mjeseca bude ispod 8-10 °C. Za to vrijeme ženke treba čuvati od bilo kakvog stresa koji za posljedicu može imati gubitak jaja (Klobučar i Maguire, 2011).

Temperatura vode zimi treba biti što niža što ima za posljedicu smanjeno hranjenje i slabiju aktivnost ženki što također smanjuje gubitak jaja.

Juvenilni rakovi se nakon izlijevanja prebacuju u posude sa zaklonima. Gustoća od 100 - 200 izvaljenih rakova po m² daje dobre rezultate preživljavanja (do 80 % preživljavanja tijekom ljeta). Porastom gustoće raste i postotak smrtnosti juvenilnih rakova.

Jednoljetnici se prebacuju u prirodne ili veće bazene – rakogojilišta za daljnji uzgoj. Prehrana jednoljetnika se sastoji od 6 – 29 % hrane životinjskog podrijetla (suha hrana - peleti za ribe + povremeno riba), 80 % biljnog podrijetla - sirovo povrće (krumpir, mrkva, repa, kukuruz, suhi grašak) i 7 – 18 % detritusa (Klobučar i Maguire, 2011).

1.7. Kondicijski indeksi

Kondicija tijela životinje odnosi se na njeno energetske stanje. Za životinju koja je u dobroj kondiciji smatra se da ima više energetske zaliha nego životinja koja je u lošijoj kondiciji. Primjerice, jedinke s većim energetske zalihama imaju veću izdržljivost i veću stopu preživljavanja od jedinki s manjim energetske zalihama (Millar i Hickling, 1990). Uvjeti koji pozitivno utječu na kondiciju životinja mogu ubrzati rast populacije (Burton i sur., 2010; Phillips i sur., 2010), ubrzati stopu rasta jedinki (Gutowsky i Fox, 2012) ili povećati njihov reproduktivni uspjeh (Bøhn i sur., 2004; Lopez i sur., 2012). Stoga je jedan od ciljeva akvakulture postići uvjete kojima se poboljšava kondicija životinja u uzgoju. Kondicija rakova ovisi o sezonskoj dinamici, odnosno o fazi godišnjeg ciklusa vrste (Yamaguchi, 2001). Pri određivanju kondicije rakova, učinaka stresa u okolišu i procjeni nutritivnog statusa i energetske zaliha rakova koriste se organosomatski indeksi (Huner i sur., 1990; Mannonen i Henttonen, 1995; Jussila, 1997; Mackevicienė i sur., 1999; Yamaguchi, 2001; Carmona-Osalde i sur., 2004). Organosomatski indeksi nam pokazuju kondiciju vrste, odnosno njezinu energetske učinkovitost, a ona ovisi i o fiziologiji promatranog organizma i o njegovoj

sposobnosti prilagodbe određenom staništu (Parsons, 2005). S obzirom da je probavna žlijezda (hepatopankreas) glavni organ za pohranu energije kod rakova (Lucić i sur., 2012) udio probavne žlijezde u ukupnoj masi tijela te sadržaj vlage u žlijezdi koristi se kao pokazatelj kondicije prirodnih populacija i populacija rakova u uzgoju (Mackevicienė, 1993; Mannonen i Henttonen, 1995; Viikinkoski i sur., 1995; Jussila i Mannonen, 1997; Tsvetnenko i sur., 1999). Dobar pokazatelj kondicije rakova je i udio mase mišića zatka (repa) u ukupnoj masi tijela, odnosno mišićni indeks koji se često koristi kao pokazatelj kondicije rakova koji se uzgajaju u konzumne svrhe (Huner i sur., 1988; Harlioğlu, 2004) s obzirom da je mišić repa, uz mišić kliješta, jedini konzumni dio raka.

1.8. Cilj istraživanja

Svrha ovog istraživanja bila je utvrditi najoptimalniju gustoću jedinki, temperaturu vode i vrstu hrane u uzgoju juvenilnih rakova kako bi se pronašli najpovoljniji uvjeti u kojima juvenilni rakovi postižu najveći prirast. Dobiveni rezultati se mogu primijeniti u uzgoju rakova za konzumne svrhe, kao i u uzgoju u svrhu kasnije reintrodukcije ove ugrožene vrste u prirodna staništa.

Također, cilj istraživanja je bio utvrditi prikladnost organosomatskih indeksa kao pokazatelja kondicije juvenilnih rakova te odrediti njihove vrijednosti u različitim pokusnim uvjetima. Namjera je istraživača odrediti koji uvjeti uzgoja optimalno poboljšavaju kondiciju juvenilnih jedinki te time potencijalno povećavaju stopu prirasta i preživljavanje jedinki, kako u uzgojnim uvjetima, tako i prilikom planirane reintrodukcije u prirodna staništa.

2. MATERIJAL I METODE

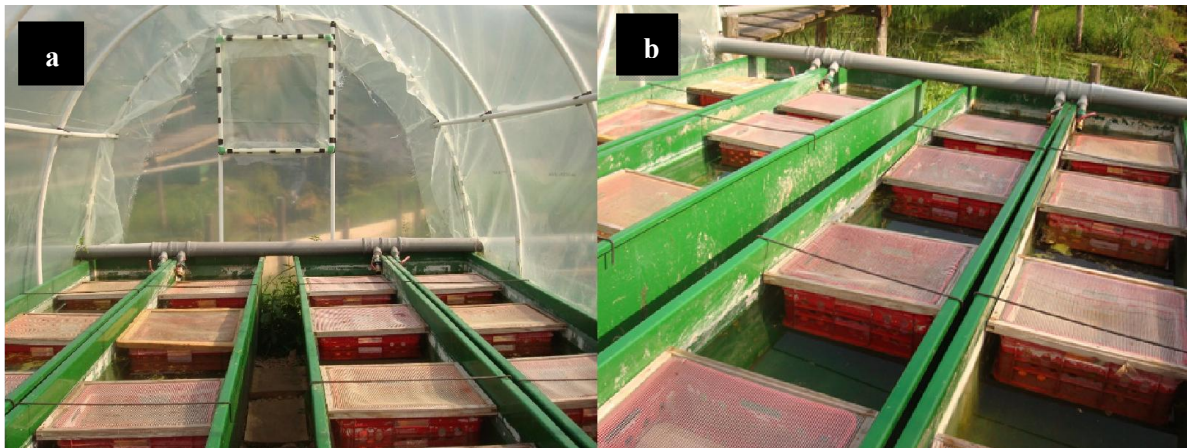
2.1. Odabir riječnih rakova za uzgoj i transport u uzgajalište

Prvi dio istraživanja proveden je u uzgajalištu Hrvatskog centra za autohtone vrste riba i rakova krških voda u Otočcu.

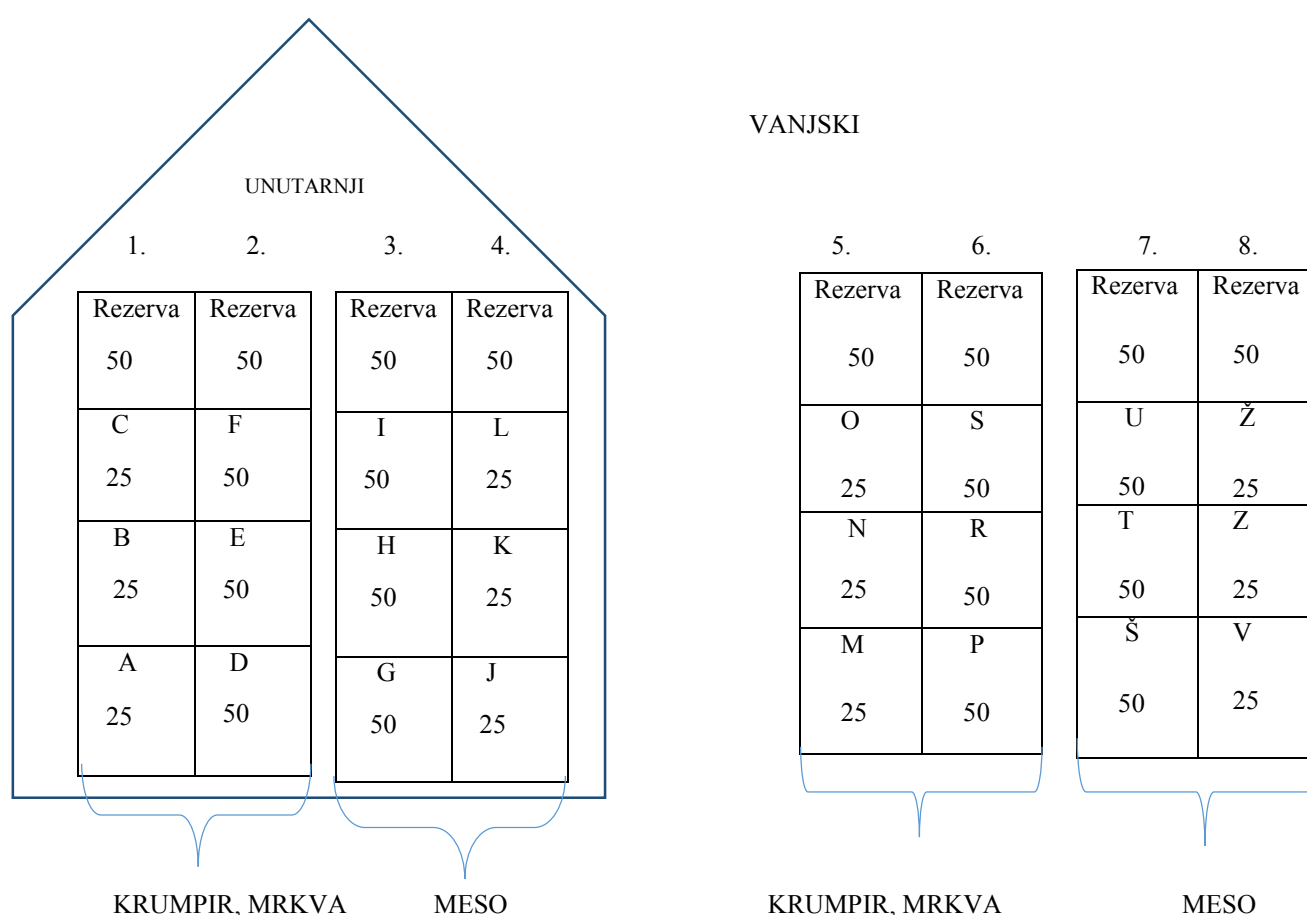
Ženke s jajima su donesene iz rijeke Jaruge (Stajničko polje) tijekom lipnja 2012. g. Svaka zasebno stavljena je u svoju posudu sa šupljim dnom, kako bi juvenilni rakovi nakon izvaljivanja bili odvojeni od „majki“ te se na taj način izbjegao kanibalizam (Slika 6). Nakon što su se juvenilni rakovi izlegli, ženke su vraćene natrag u rijeku Jarugu.

2.2. Pokusni uzgoj rakova

Juvenilni rakovi su bili smješteni u osam bazena, od kojih su četiri bila smještena u plasteniku, a četiri na otvorenom. Svaki je bazen bio podijeljen na četiri odjeljka (replike). Tri odjeljka su služila za pokus, a u četvrtom su se nalazili juvenilni rakovi koji su služili za eventualno nadomještanje uginulih jedinki u pokusnim odjeljcima (Slika 7). Dimenzije svakog odjeljka bile su: dužina 1 m; širina 0,6 m, a visina 0,55 m, što znači da je površina jednog odjeljka je bila 0,6 m².



Slika 6. Bazeni u plasteniku (a) i bazeni izvan plastenika (b).



Slika 7. Plan uzgoja u pokusnim uvjetima i raspored rakova po bazenima u uvjetima različite temperature, gustoće i prehrane.

Rakovi koji su bili smješteni u plasteniku bili su izloženi nešto višoj temperaturi od onih koji su bili u vanjskim bazenima. Temperatura nije bila regulirana mehaničkim uređajima već je plastenik poslužio za održavanje više temperature vode odnosno kao zaštita unutarnjih bazena od vanjskih vremenskih uvjeta.

Unutar svakog temperaturnog režima korištene su dvije vrste hrane; jedna skupina rakova hranjena je isključivo hranom biljnog podrijetla (krumpir i mrkva), a druga skupina hranom životinjskog podrijetla (jetra). Pored toga, rakovi su u svakom temperaturnom i

prehrambenom režimu bili raspoređeni u dvije različite gustoće; veća gustoća rakova podrazumijevala je 50 jedinki / 0,6 m², a rjeđa gustoća 25 jedinki / 0,6 m² (Slika 7). Svakih mjesec dana, tijekom razdoblja od pet mjeseci, svaki rak iz svakog tretmana je pojedinačno izvagan (digitalna vaga, preciznost 0,001 g), izmjerena mu je ukupna duljina te određen spol.

2.3. Određivanje kondicijskih indeksa

Drugi dio istraživanja proveden je u laboratoriju Zoologijskog zavoda Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu. Kako bi se izbjegla varijabilnost organosomatskih indeksa ovisna o sezonskoj dinamici, odnosno o fazi godišnjeg ciklusa vrste (Yamaguchi, 2001) juvenilni rakovi za određivanje organosomatskih indeksa su nasumično odabrani iz svakog od pokusnih uvjeta jednokratno, nakon isteka petog mjeseca istraživanja, u listopadu 2013. g. Po 12 jedinki svakog spola iz svakog tretmana (ukupno 24 jedinke iz svakog tretmana) prevezeno je u laboratorij, gdje su označene i žrtvovane smrzavanjem na – 80 °C. Potom su jedinke iz svakog od pokusnih uvjeta odmrznute do stupnja na kojem unutarnji organi zadržavaju određenu razinu konzistencije (oko 15 – 30 minuta odmrzavanja) koja omogućuje uspješno provođenje potrebnih analiza. Zatim je na digitalnoj vagi (preciznost 0,001 g) izmjerena ukupna mokra tjelesna masa svake jedinke te je pomičnom mjerkom izmjerena ukupna dužina tijela (preciznost 0,01 mm) (Slika 8). Nakon toga svaka je jedinka secirana i u prethodno označene i izvagane aluminijske lađice izdvojena je zasebno probavna žlijezda (hepatopankreas) i začani (abdominalni ili repni) mišić (Slika 9). Svaka je lađica potom ponovno izvagana kako bi se utvrdila mokra masa pojedinog organa i prebačena u termostat na 80 °C tijekom 24 sata (Slika 10). Nakon sušenja, lađice su ponovno izvagane kako bi se utvrdila suha masa pojedinog organa. Dobiveni podaci uvršteni su u jednadžbe i izraženi kao mokri organosomatski indeks ($O_{i_{wet}}$) i indeks vlažnosti organa (OM):

$$O_{i_{wet}} = W_{wo} \times 100 / W_t,$$

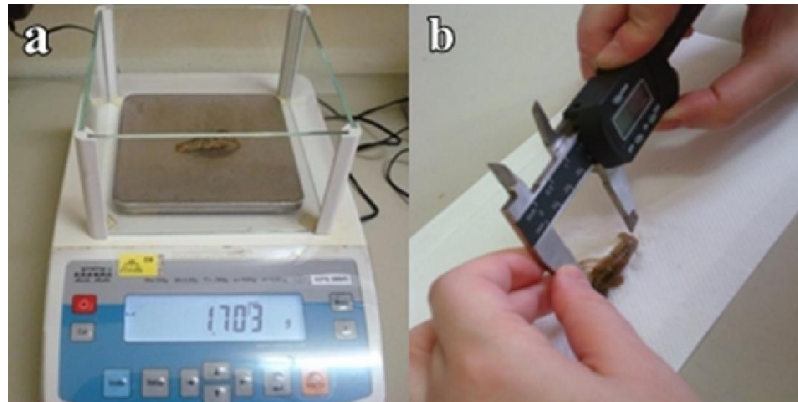
gdje je W_{wo} masa mokrog organa (g), a W_t ukupna tjelesna masa jedinke (g) i

$$OM = (W_{wo} - W_{do}) \times 100 / W_{wo}$$

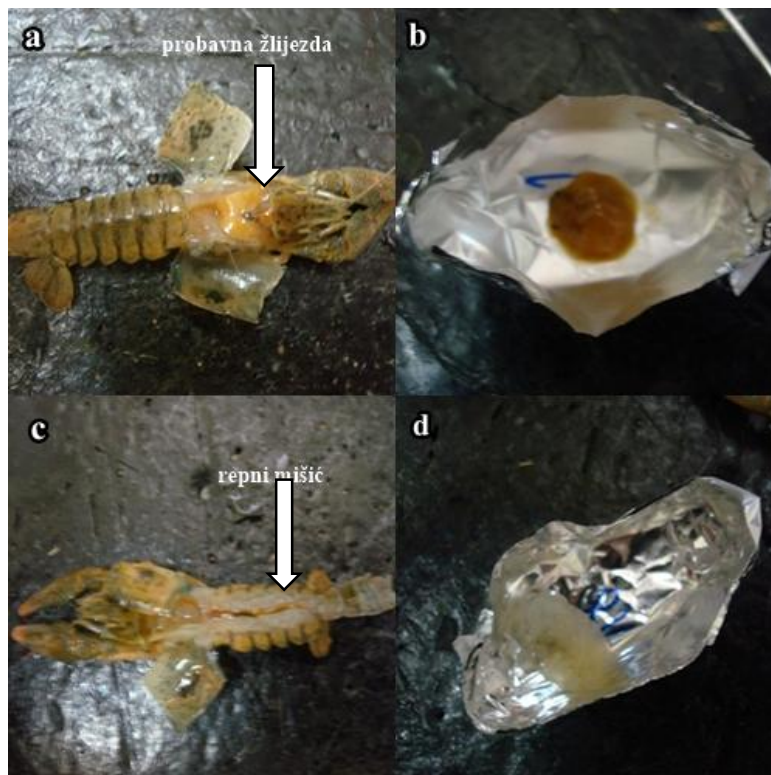
gdje je W_{wo} masa mokrog, a W_{do} masa suhog organa (Lucić i sur., 2012).

Dobivene vrijednosti vlažnosti organa obrnuto su proporcionalne njihovom energetskom statusu što znači da manje vrijednosti indeksa vlažnosti ukazuju na bolji energetski status organa, odnosno bolju kondiciju. Kako se smatra da indeksi vlažnosti organa

najtočnije ukazuju na energetske zalihe životinja, tj. njihov energetski status (Jussila i Mannonen, 1997; Lucić i sur., 2012), indeksi vlažnosti organa (HM za probavnu žlijezdu i MM za repni mišić) korišteni su u procjeni i usporedbi energetskog statusa rakova u različitim uzgojnim uvjetima. Mokri organosomatski indeksi kao pokazatelji kondicije juvenilnih rakova također su uspoređeni između svih uzgojnih bazena.



Slika 8. Vaganje (a) i mjerenje raka digitalnom pomičnom mjerkom (b).



Slika 9. a) sekcija raka; probavna žlijezda; b) lađica s probavnom žlijezdom; c) sekcija raka; repni mišić; d) lađica s repnim mišićem.



Slika 10. Termostat s lađicama u kojima se na 80 °C suše izolirani organi juvenilnih rakova.

2.4. Statistička obrada podataka

Prikupljeni podaci o prirastu mase i duljine tijela te organosomatskim indeksima su zatim obrađeni deskriptivnim statističkim metodama kako bi se utvrdio prosječan prirast mase i dužine tijela rakova po mjesecima u pojedinom tretmanu te prosječne vrijednosti organosomatskih indeksa u svakom od uzgojnih uvjeta. Zatim su podaci statistički obrađeni kako bi se utvrdilo postoje li statistički značajne razlike u prirastu i indeksima između spolova i različitih tretmana, odnosno kako bi se utvrdilo pri kojoj temperaturi, gustoći i vrsti hrane juvenilni rakovi najbrže rastu i imaju bolju kondiciju. Zbog pravilnog odabira metoda analize podataka, ispitano je odgovara li raspodjela podataka u uzorku normalnoj raspodjeli i u tu svrhu primijenjen je Shapiro-Wilk's W test normalnosti raspodjele. Analize organosomatskih indeksa kondicije, koji se izračunavaju u odnosu na ukupnu masu tijela, su napravljene odvojeno za mužjake i ženke kako bi se utvrdilo postoje li razlike u juvenilnih mužjaka i ženki. Postotak ukupnog prirasta po svakom tretmanu je izračunat po sljedećim formulama:

a) % prirasta ukupne dužine tijela od 6. do 10. mjeseca = srednja vrijednost dužine u 10. mjesecu – srednja vrijednost dužine u 6. mjesecu / srednja vrijednost dužine u 6. mjesecu x 100

b) % prirasta ukupne mase tijela od 6. do 10. mjeseca = srednja vrijednost mase u 10. mjesecu – srednja vrijednost težine u 6. mjesecu / srednja vrijednost težine u 6. mjesecu x 100

Statistička obrada podataka izvedena je pomoću programa Microsoft Excel 2013 (deskriptivna statistika) i Statistica 12.0. (analiza varijanci-ANOVA, korelacije). U svim statističkim analizama korištena je razina značajnosti od 5 % ($p < 0,05$).

Za analizu organosomatskih kondicijskih indeksa korišten je Microsoft Excel 2013 (deskriptivna statistika) te Statistica 12.0 pomoću koje je, nakon što je utvrđena normalna raspodjela podataka, napravljena parametrijska faktorijalna analiza varijanci (ANOVA) kako bi istovremeno analizirali učinak više čimbenika (spol, hrana, gustoća, temperatura vode) na energetske status jedinki. U svim statističkim analizama korištena je razina značajnosti od 5 % ($p < 0,05$).

3. REZULTATI

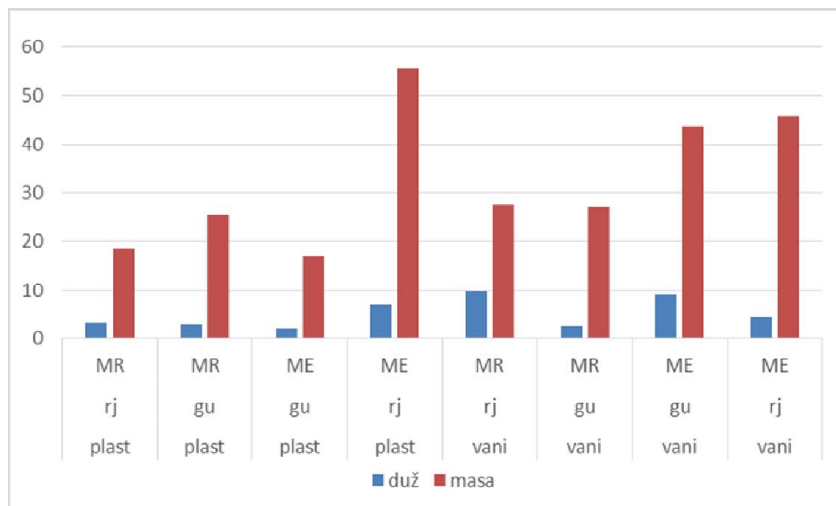
3.1. Prirast dužine i mase

Svi prirasti mase i dužine izraženi su kao prosječne vrijednosti mase i dužine svih izmjerenih jedinki oba spola u tri replike pojedinog pokusnog tretmana za svako pojedino razdoblje. Na kraju je izračunat ukupni prirast mase i dužine tijela za cijelo istraživano razdoblje (lipanj - listopad 2013. godine).

Između lipnja i srpnja najveći prirast u dužini postignut je u tretmanu: na otvorenom, uz hranu biljnog podrijetla i gustoći od 25 jedinki / 0,6 m², dok je najveći prirast mase zabilježen u plasteniku uz hranu životinjskog podrijetla i gustoći od 25 jedinki / 0,6 m² (Tablica 1; Slika 11).

Tablica 1. Ukupan prirast u dužini (mm) i masi (g) po svakom tretmanu između lipnja i srpnja (MR-mrkva; ME-meso; rj-manja gustoća; gu- veća gustoća, plast-plastenik).

| temperatura | gustoća | hrana | duž | masa |
|-------------|---------|-------|----------|----------|
| plast | rj | MR | 3,027575 | 18,63378 |
| plast | gu | MR | 2,881266 | 25,50284 |
| plast | gu | ME | 2,050783 | 16,87974 |
| plast | rj | ME | 7,043138 | 55,82776 |
| vani | rj | MR | 9,915935 | 27,64371 |
| vani | gu | MR | 2,386563 | 27,09605 |
| vani | gu | ME | 9,15354 | 43,66312 |
| vani | rj | ME | 4,48543 | 45,72609 |

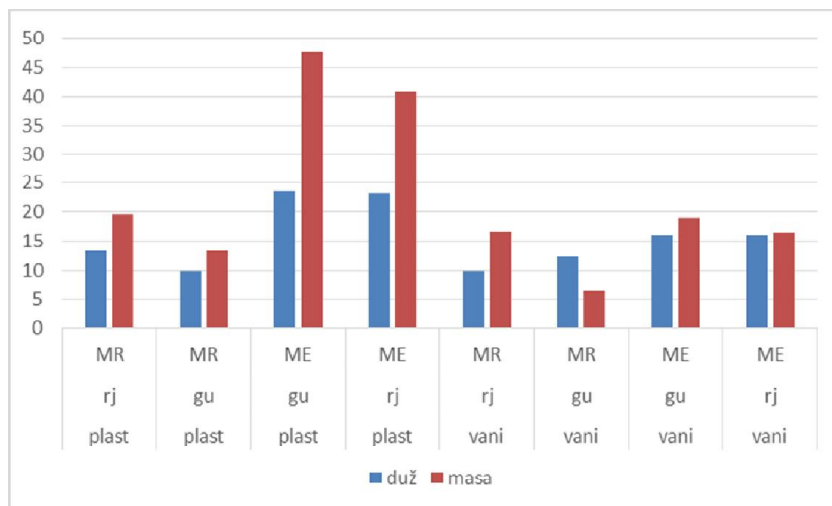


Slika 11. Ukupan prirast u dužini (mm) i masi (g) po svakom tretmanu između lipnja i srpnja (MR-mrkva; ME-meso; rj-rjeđi; gu-gušći, plast- plastenik).

Između srpnja i kolovoza najveći prirast u dužini i masi postignut je u tretmanu: plastenik, hrana životinjskog podrijetla, 50 jedinki / 0,6 m² (Tablica 2; Slika 12).

Tablica 2. Ukupan prirast u dužini (mm) i masi (g) po svakom tretmanu između srpnja i kolovoza (MR-mrkva; ME-meso; rj-rjeđi; gu- gušći, plast-plastenik).

| temperatura | gustoća | hrana | duž | masa |
|-------------|---------|-------|----------|----------|
| plast | rj | MR | 13,31375 | 19,468 |
| plast | gu | MR | 9,913831 | 13,37102 |
| plast | gu | ME | 23,57456 | 47,49634 |
| plast | rj | ME | 23,16159 | 40,79345 |
| vani | rj | MR | 9,975559 | 16,60642 |
| vani | gu | MR | 12,42416 | 6,349323 |
| vani | gu | ME | 15,96464 | 18,86672 |
| vani | rj | ME | 16,01483 | 16,36383 |

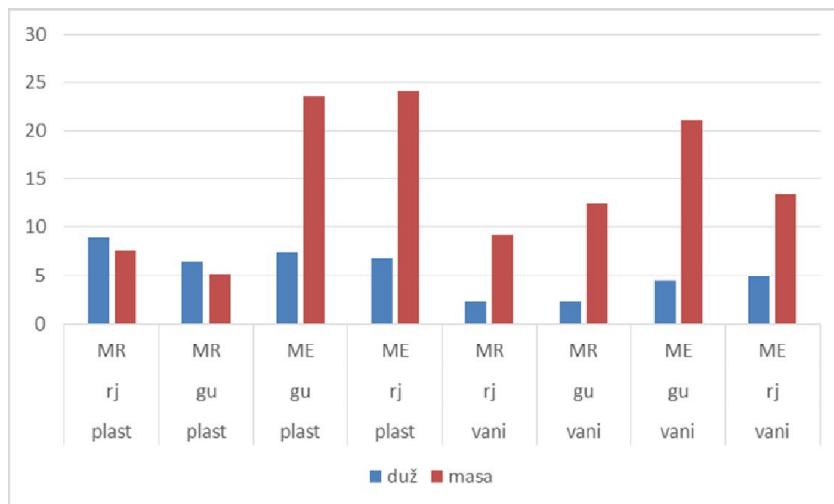


Slika 12. Ukupan prirast u dužini (mm) i masi (g) po svakom tretmanu između srpnja i kolovoza (MR-mrkva; ME-meso; rj-rjeđi; gu-gušći, plast-plastenič).

U razdoblju između kolovoza i rujna najveći prirast u dužini postignut je u tretmanu: plastenič, hrana biljnog podrijetla, 25 jedinki / 0,6 m², a prirast mase u tretmanu: plastenič, hrana životinjskog podrijetla, 25 jedinki / 0,6 m² (Tablica 3; Slika 13).

Tablica 3. Ukupan prirast u dužini (mm) i masi (g) po svakom tretmanu između kolovoza i rujna (MR-mrkva; ME-meso; rj-rjeđi; gu-gušći, plast-plastenič).

| temperatura | gustoća | hrana | duž | masa |
|-------------|---------|-------|----------|----------|
| plast | rj | MR | 8,952414 | 7,558575 |
| plast | gu | MR | 6,41738 | 5,117309 |
| plast | gu | ME | 7,326713 | 23,55798 |
| plast | rj | ME | 6,792022 | 24,17565 |
| vani | rj | MR | 2,366062 | 9,208516 |
| vani | gu | MR | 2,299738 | 12,49674 |
| vani | gu | ME | 4,390799 | 21,07965 |
| vani | rj | ME | 4,843544 | 13,47402 |

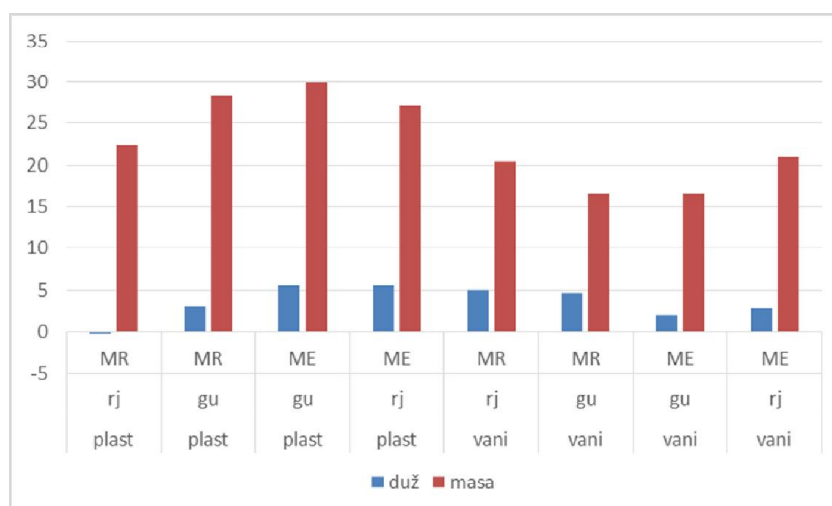


Slika 13. Ukupan prirast u dužini (mm) i masi (g) po svakom tretmanu između kolovoza i rujna (MR-mrkva; ME-meso; rj- rjeđi; gu-gušći, plast-plastenič).

Između rujna i listopada najveći prirast u dužini i masi postignut je u tretmanu: plastenič, hrana životinjskog podrijetla, 50 jedinki / 0,6 m² (Tablica 4; Slika 14).

Tablica 4. Ukupan prirast u dužini (mm) i masi (g) po svakom tretmanu između rujna i listopada (MR-mrkva; ME-meso; rj-rjeđi; gu-gušći, plast-plastenič).

| temperatura | gustoća | hrana | duž | masa |
|-------------|---------|-------|----------|----------|
| plast | rj | MR | -0,09711 | 22,47887 |
| plast | gu | MR | 3,221825 | 28,25991 |
| plast | gu | ME | 5,601436 | 29,86775 |
| plast | rj | ME | 5,567163 | 27,12026 |
| vani | rj | MR | 4,985711 | 20,41001 |
| vani | gu | MR | 4,593535 | 16,55755 |
| vani | gu | ME | 2,059703 | 16,52538 |
| vani | rj | ME | 2,945875 | 20,90381 |

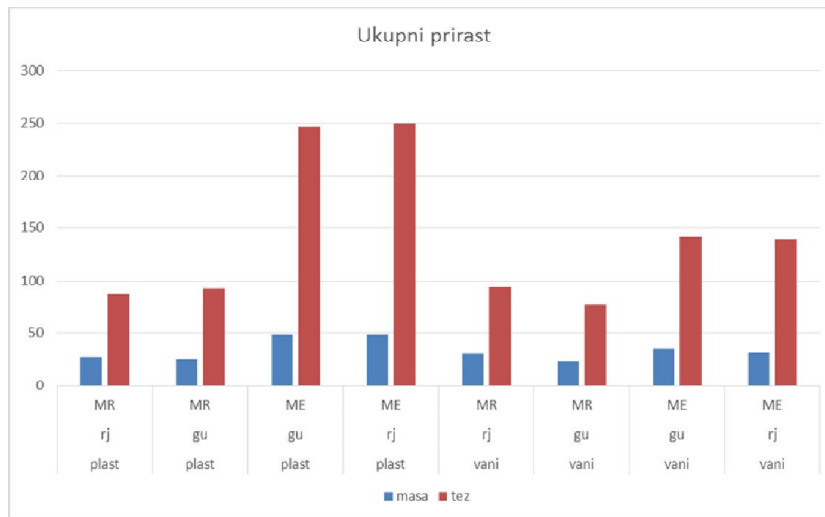


Slika 14. Ukupan prirast u dužini (mm) i masi (g) po svakom tretmanu između rujna i listopada (MR-mrkva; ME-meso; rj-rjeđi; gu- gušći, plast-plastenik).

Iz Tablice 5. i Slike 16. vidljivo je kako je najveći ukupni prirast u dužini i masi tijela postignut u tretmanu: plastenik, hrana životinjskog podrijetla, 25 jedinki / 0,6 m², a najmanji prirast ukupne dužine i mase tijela postignut je u tretmanu: na otvorenom, hrana biljnog podrijetla, 50 jedinki / 0,6 m² (Tablica 5 i Slika 15).

Tablica 5. Ukupni prirast u dužini (mm) i masi (g) po svakom tretmanu (MR-mrkva; ME-meso; rj-rjeđi; gu-gušći, plast-plastenik).

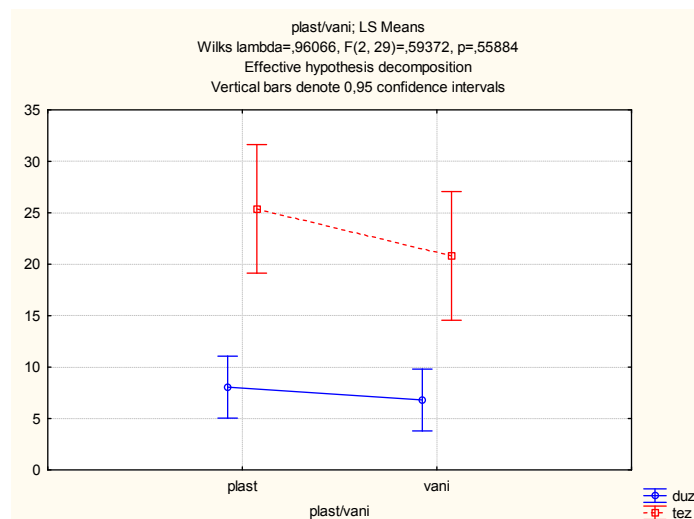
| temperatura | gustoća | hrana | duž | tež |
|-------------|---------|-------|----------|----------|
| plast | rj | MR | 26,99947 | 87,27716 |
| plast | gu | MR | 24,21194 | 92,54277 |
| plast | gu | ME | 47,92521 | 246,2329 |
| plast | rj | ME | 48,40256 | 249,2899 |
| vani | rj | MR | 29,93848 | 94,5938 |
| vani | gu | MR | 23,16674 | 77,18825 |
| vani | gu | ME | 34,86623 | 141,0625 |
| vani | rj | ME | 30,76094 | 138,4888 |



Slika 15. Ukupni prirast u dužini (mm) i masi (g) po svakom tretmanu (MR-mrkva; ME-meso; rj-rjeđi; gu-gušći, plast-plastenik).

Kako bi se utvrdilo postoji li statistički značajna razlika u prirastu dužine, odnosno mase, između različitih tretmana, provedena je analiza varijanci (ANOVA).

Dobiveni rezultati pokazali su da niti temperatura vode, niti gustoća jedinki ne utječe značajno na prirast mase, odnosno dužine juvenilnih rakova (Slika 16, Slika 17, Tablice 6 do 11).



Slika 16. Grafički prikaz ukupnog prirasta dužine (mm) i mase (g) pri različitoj temperaturi vode (plast – plastenik; viša temperatura vode; vani – niža temperatura vode; duz- dužina; tez- masa).

Tablica 6. Vrijednosti dobivene analizom varijance (ANOVA) - razlike u prirastu mase i dužine rakova pri različitim temperaturama vode.

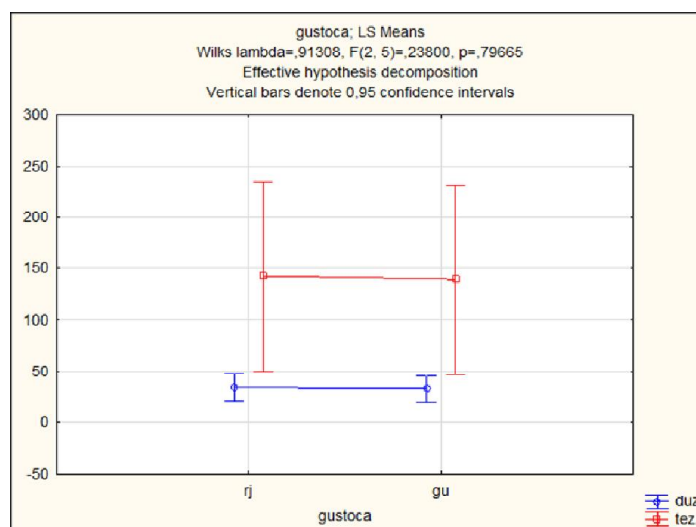
| Multivariate Tests of Significance, Effect Sizes, and Powers Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition | | | | | | | | | |
|---|-------|----------|----------|-------------|------------|----------|---------------------|----------------|-----------------------------|
| | Test | Value | F | Effect - df | Error - df | p | Partial eta-squared | Non-centrality | Observed power (alpha=0,05) |
| Intercept | Wilks | 0,182597 | 64,90992 | 2 | 29 | 0,000000 | 0,817403 | 129,8198 | 1,00000 |
| plast/vani | Wilks | 0,960664 | 0,59372 | 2 | 29 | 0,558843 | 0,039336 | 1,1874 | 0,139147 |

Tablica 7. Vrijednosti Bonferroni post-hoc testa za prirast dužine pri različitim temperaturama vode.

| Bonferroni test; variable duz Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 34,755, df = 30,000 | | | |
|--|------------|--------------|--------------|
| | plast/vani | {1} - 8,0468 | {2} - 6,8004 |
| 1 | plast | | 0,554331 |
| 2 | vani | 0,554331 | |

Tablica 8. Vrijednosti Bonferroni post-hoc testa za prirast mase pri različitim temperaturama vode.

| Bonferroni test; variable masa Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 149,91, df = 30,000 | | | |
|---|------------|--------------|--------------|
| | plast/vani | {1} - 25,382 | {2} - 20,811 |
| 1 | plast | | 0,299413 |
| 2 | vani | 0,299413 | |



Slika 17. Grafički prikaz ukupnog prirasta dužine (mm) i mase (g) pri različitoj gustoći rakova (rj- rjeđi; gu- gušći; duz- dužina; tez- masa).

Tablica 9. Vrijednosti dobivene analizom varijance (ANOVA) za razlike u prirastu mase i dužine pri različitim gustoćama jediniki.

| Multivariate Tests of Significance, Effect Sizes, and Powers Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition | | | | | | | | | |
|---|-------|----------|----------|-------------|------------|----------|---------------------|----------------|-----------------------------|
| | Test | Value | F | Effect - df | Error - df | p | Partial eta-squared | Non-centrality | Observed power (alpha=0,05) |
| Intercept | Wilks | 0,18735 | 62,89515 | 2 | 29 | 0,000000 | 0,812650 | 125,7903 | 1,00000 |
| gustoća | Wilks | 0,991694 | 0,12145 | 2 | 29 | 0,886085 | 0,008306 | 0,2429 | 0,066865 |

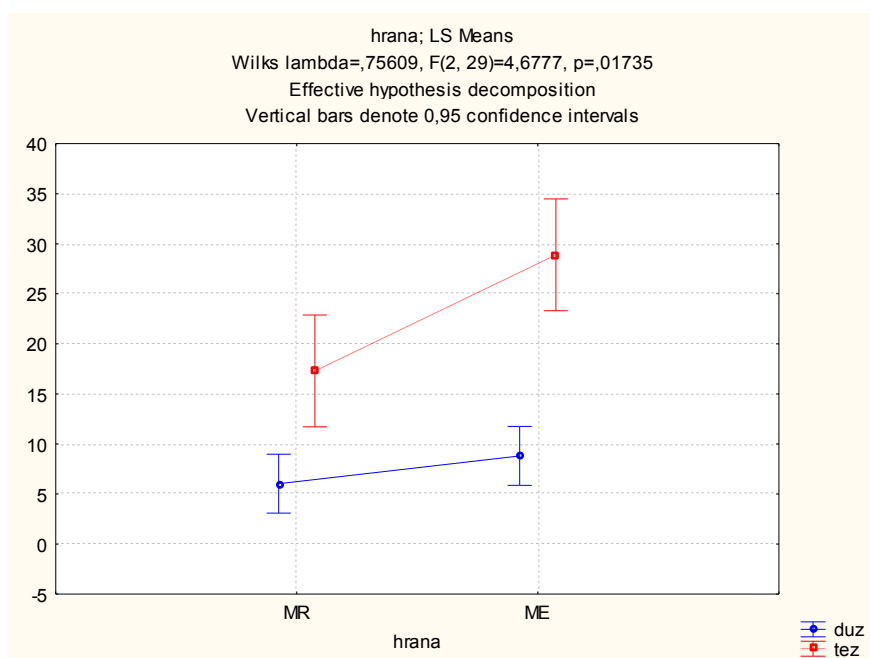
Tablica 10. Vrijednosti Bonferroni post-hoc testa za prirast dužine pri različitim gustoćama.

| Bonferroni test; variable duz Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 35,085, df = 30,000 | | | |
|--|---------|--------------|--------------|
| | gustoća | {1} - 7,7058 | {2} - 7,1413 |
| 1 | rjeđi | | 0,789324 |
| 2 | gušći | 0,789324 | |

Tablica 11. Vrijednosti Bonferroni post-hoc testa
za prirast mase pri različitim gustoćama.

| Bonferroni test; variable masa Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 35,085, df = 30,000 | | | |
|---|---------|--------------|--------------|
| | gustoća | {1} - 24,150 | {2} - 22,043 |
| 1 | rjeđi | | 0,634943 |
| 2 | gušći | 0,634943 | |

Isto tako je ustanovljeno da vrsta hrane ne utječe značajno na prirast dužine juvenilnih rakova, međutim, ona značajno utječe na porast njihove mase, odnosno porast mase značajno je veći kod jedinki hranjenih mesom (Slika 18 i Tablice 12, 13 i 14).



Slika 18. Grafički prikaz ukupnog prirasta dužine (mm) i mase (g) pri različitim vrstama hrane (MR- povrće, ME- meso, duz- dužina, tez- masa).

Tablica 12. Vrijednosti dobivene analizom varijance (ANOVA) razlike u prirastu mase i dužine rakova pri različitim vrstama hrane (zvjezdicom su označene statistički značajne vrijednosti).

| | Multivariate Tests of Significance Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition | | | | | |
|------------------|--|-----------|-----------|-------------|------------|-----------|
| | Test | Value | F | Effect - df | Error - df | p |
| Intercept | Wilks* | 0,150291* | 81,97931* | 2* | 29* | 0,000000* |
| hrana | Wilks* | 0,756088* | 4,67766* | 2* | 29* | 0,01735* |

Tablica 13. Vrijednosti Bonferroni post-hoc testa za prirast dužine pri različitoj vrsti hrane.

| Bonferroni test; variable duz Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 33,116, df = 30,000 | | | |
|--|--------|--------------|--------------|
| | hrana | {1} - 6,0361 | {2} - 8,8110 |
| 1 | povrće | | 0,182765 |
| 2 | meso | 0,182765 | |

Tablica 14. Vrijednosti Bonferroni post-hoc testa za prirast mase pri različitoj vrsti hrane (zvjezdicom su označene statistički značajne vrijednosti).

| Bonferroni test; variable masa Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 119,62, df = 30,000 | | | |
|---|--------|--------------|--------------|
| | hrana | {1} - 17,297 | {2} - 28,895 |
| 1 | povrće | | 0,005399* |
| 2 | meso | 0,005399* | |

3.2. Korelacija prosječne temperature vode i prirasta dužine i mase tijela

Najniža zabilježena temperatura za tretmane unutar plastenika bila je 7,6 °C (10. mjesec), a najviša 22,3 °C (6. mjesec). Najniža temperatura za tretmane izvan plastenika bila je 6,6 °C (10. mjesec), a najviša 19,8 °C (6. mjesec).

Vrijednosti prirasta dužine i mase stavljeni su u korelaciju s temperaturom vode. Utvrđena je statistički značajna pozitivna korelacija između ukupnog prirasta u dužini tijela i

temperature vode ($p < 0,05$; $r = 0,53$), dok nije utvrđena statistički značajna korelacija između prirasta u masi i temperaturi vode (Tablica 15, Slika 45).

Tablica 15. Vrijednosti korelacija između temperature i dužine, odnosno mase (zvjezdicom je označena statistički značajna vrijednost).

| Variable | Correlations. Marked correlations are significant at $p < 0,0500$; $N = 32$ |
|----------|--|
| | temperatura |
| dužina | 0,529929* |
| masa | 0,214224 |

3.5. Organosomatski indeksi kondicije

Srednje vrijednosti, standardne devijacije i raspon vrijednosti svih organosomatski indeksa kondicija mužjaka i ženki prikazani su u Tablicama 26 i 27 (Prilozi). Sve vrijednosti izražene su u postocima.

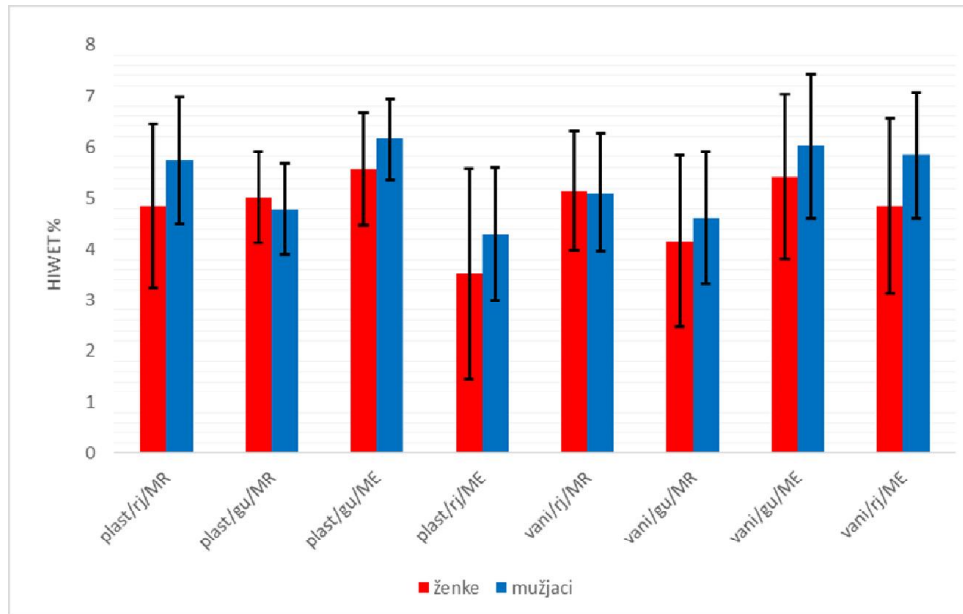
3.5.1. Hepatosomatski indeksi

U Tablicama 26 i 27 (Prilozi) i na Slikama 19 i 20 prikazane su srednje vrijednosti, standardna devijacija i raspon vrijednosti mokre mase probavne žlijezde ($H_{i\text{wet}}$) te udjela vlage u probavnoj žlijezdi (HM) u mužjaka i ženki u svih osam tretmana.

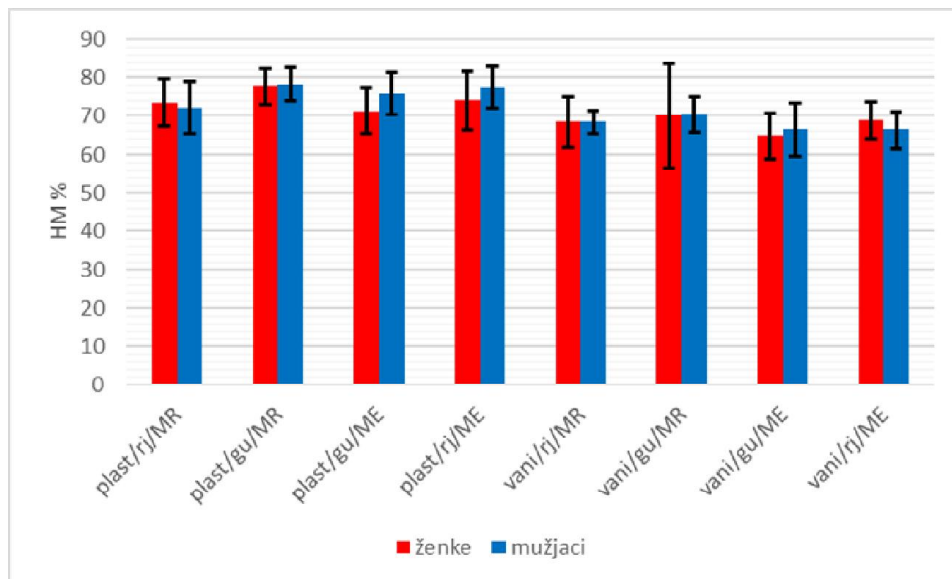
U mužjaka je najviša vrijednost mokre mase probavne žlijezde ($H_{i\text{wet}}$) zabilježena u tretmanu: plastenik, veća gustoća, meso (6,16 %), dok su u ženki zabilježene uglavnom prosječno niže vrijednosti $H_{i\text{wet}}$ u većini tretmana u odnosu na mužjake. Najviše vrijednosti $H_{i\text{wet}}$ u ženki zabilježene su u tretmanu: plastenik, manja gustoća, meso (3,52 %) a najviše vrijednosti $H_{i\text{wet}}$ u ženki zabilježene su u tretmanu: plastenik, veća gustoća, meso (5,58 %) (Slika 19).

U mužjaka je najviša vrijednost udjela vlage u probavnoj žlijezdi (HM), odnosno najniži energetska status žlijezde zabilježen u tretmanu: plastenik, veća gustoća, povrće (78,2 %), dok su u ženki zabilježene uglavnom prosječno niže vrijednosti HM u većini tretmana u odnosu na mužjake. Najviše vrijednosti HM u ženki i stoga najniži energetska status zabilježene su u tretmanu: plastenik, veća gustoća, povrće (77,61 %), a najniža vrijednost

HM u ženki te stoga najviši energetski status zabilježena je u tretmanu: vani, veća gustoća, meso (64,69 %) (Slika 20).



Slika 19. Srednje vrijednosti i standardne devijacije mokre mase probavne žlijezde (HI_{wet} %) u ženki i mužjaka vrste *A. astacus* po tretmanima (rj-manja gustoća, gu-veća gustoća, MR-povrće, ME-meso).



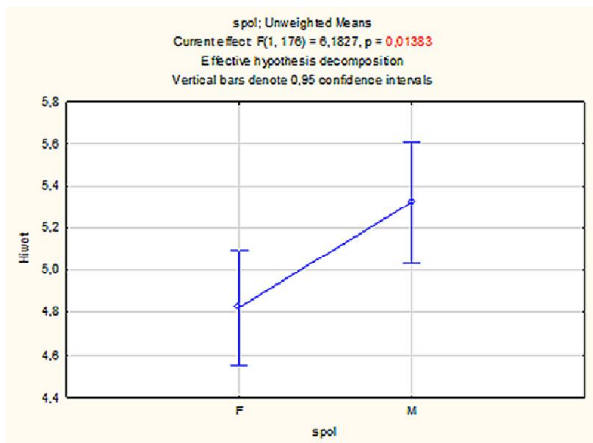
Slika 20. Srednje vrijednosti i standardne devijacije udjela vlage u probavnoj žlijezdi (HM %) u ženki i mužjaka vrste *A. astacus* po tretmanima (rj-manja gustoća, gu-veća gustoća, MR-povrće, ME-meso).

Udio mokre mase probavne žlijezde statistički se značajno razlikuje između ženki i mužjaka te među tretmanima različitih kombinacija čimbenika (Tablica 16, Slika 21). Udio mokre mase probavne žlijezde veći je pri prehrani mesom nego pri prehrani mrkvom, iako ta razlika nije statistički značajna (Tablica 16, Slika 22).

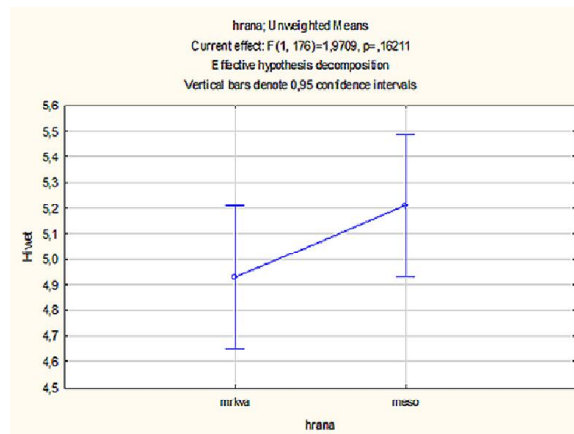
Tablica 16. Rezultati faktorijalne ANOVA-e između svih čimbenika (crvenom bojom su označene statistički značajne vrijednosti).

| Effect | Univariate Results for Each DV Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition | | | | |
|--------------------------------|---|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | Degr. of Freedom | Hi _{wet} SS | Hi _{wet} MS | Hi _{wet} F | Hi _{wet} p |
| spol | 1 | 11,736 | 11,736 | 6,183 | 0,013833 |
| hrana | 1 | 3,741 | 3,741 | 1,971 | 0,162113 |
| gustoća | 1 | 4,547 | 4,547 | 2,396 | 0,12348 |
| temperatura | 1 | 0,97 | 0,97 | 0,511 | 0,475741 |
| spol*hrana | 1 | 2,618 | 2,618 | 1,379 | 0,24181 |
| spol*gustoća | 1 | 1,176 | 1,176 | 0,619 | 0,432311 |
| hrana*gustoća | 1 | 35,164 | 35,164 | 18,524 | 0,000028 |
| spol*temperatura | 1 | 0 | 0 | 0 | 0,992393 |
| hrana*temperatura | 1 | 12,058 | 12,058 | 6,352 | 0,012613 |
| gustoća*temperatura | 1 | 11,304 | 11,304 | 5,955 | 0,015668 |
| spol*hrana*gustoća | 1 | 0,007 | 0,007 | 0,004 | 0,952116 |
| spol*hrana*temperatura | 1 | 0,136 | 0,136 | 0,071 | 0,789568 |
| spol*gustoća*temperatura | 1 | 1,546 | 1,546 | 0,815 | 0,368026 |
| hrana*gustoća*temperatura | 1 | 4,39 | 4,39 | 2,312 | 0,130143 |
| spol*hrana*gustoća*temperatura | 1 | 2,562 | 2,562 | 1,35 | 0,246895 |
| Error | 176 | 334,099 | 1,898 | | |
| Total | 191 | 427,495 | | | |

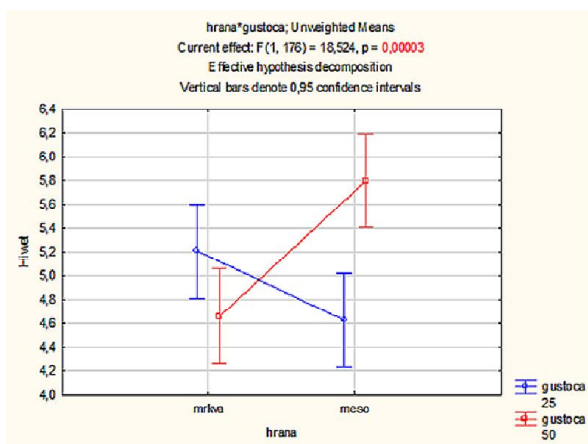
Najveći udio mase probavne žlijezde zabilježen je pri većoj gustoći (50 jedinki/0,6 m²) i prehrani mesom, a najmanji udio je zabilježen pri prehrani mrkvom i većoj gustoći (Slika 23). Razlika u udjelu probavne žlijezde (Hi_{wet}) između tretmana različite gustoće i prehrane statistički je značajna, kao i razlike među tretmanima različite hrane i temperature i različite gustoće i temperature (Tablica 16). U plasteniku gdje je viša temperatura vode, prirast mokre mase probavne žlijezde je uz prehranu mesom manji nego vani gdje je temperatura vode niža (Slika 24). Pri većoj gustoći jedinki i višoj temperaturi vode udio mokre mase probavne žlijezde je veći nego pri nižoj temperaturi i većoj i/ili manjoj gustoći jedinki (Slika 25).



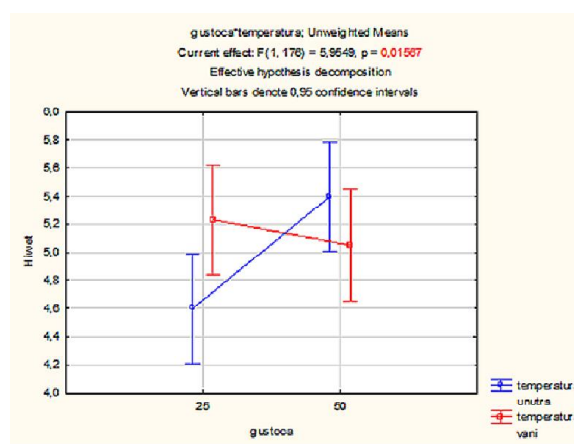
Slika 21. Udio mokre mase probavne žlijezde u mužjaka i ženki u svim tretmanima.



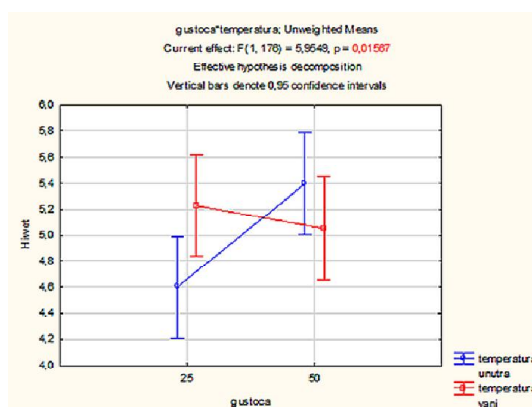
Slika 22. Udio mokre mase probavne žlijezde pri različitoj prehrani.



Slika 23. Udio mokre mase probavne žlijezde pri kombinaciji različite hrane i gustoće jedinki.

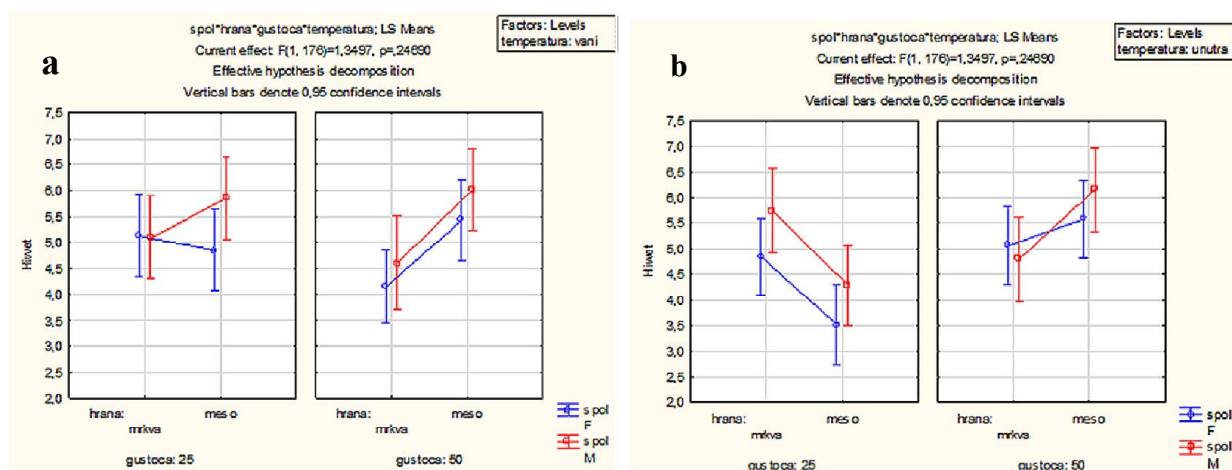


Slika 24. Udio mokre mase probavne žlijezde pri kombinaciji različite hrane i temperature vode.



Slika 25. Udio mokre mase probavne žlijezde pri različitoj gustoći jedinki i temperaturi vode.

Pri većoj gustoći jedinki (50 jedinki/0,6 m²) i vanjskoj (nižoj) temperaturi, udio mokre mase probavne žlijezde veći je u oba spola pri prehrani mesom, a pri manjoj gustoći (25 jedinki/0,6 m²) ženke imaju veći $H_{i\text{wet}}$ pri prehrani mrkvom, međutim te razlike nisu statistički značajne (Tablica 16, Slika 26a). U plastenicima je pri većoj gustoći jedinki u oba spola veći udio mokre mase probavne žlijezde pri prehrani mesom, dok pri manjoj gustoći prehrana mesom dovodi do smanjenja udjela mokre mase probavne žlijezde (Tablica 16, Slika 26b) iako ni te razlike nisu statistički značajne.



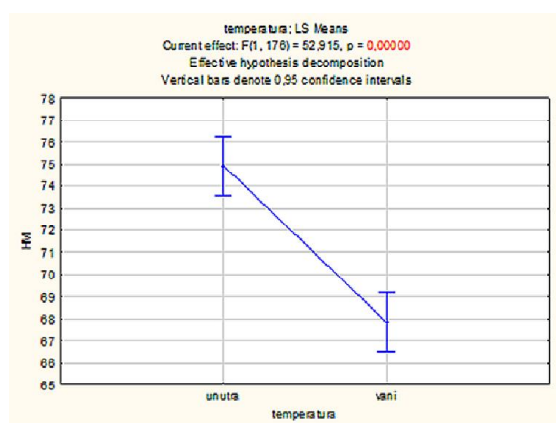
Slika 26. Udio mokre mase probavne žlijezde pri kombinaciji čimbenika spol, hrana i gustoća pri nižoj temperaturi (a) i višoj temperaturi vode (b).

Temperatura vode statistički značajno utječe na energetske rezerve probavne žlijezde. Udio vlage u probavnoj žlijezdi statistički je značajno veći (što ukazuje na niže energetske rezerve) pri višoj temperaturi (u plasteniku) nego pri nižoj temperaturi (Tablica 17, Slika 27). Iako razlika nije statistički značajna, prehrana mesom ipak utječe na veći energetski udio probavne žlijezde (manji udio vlage u probavnoj žlijezdi) nego prehrana povrćem u svim tretmanima, neovisno o temperaturi, gustoći i spolu. (Tablica 17, Slika 28).

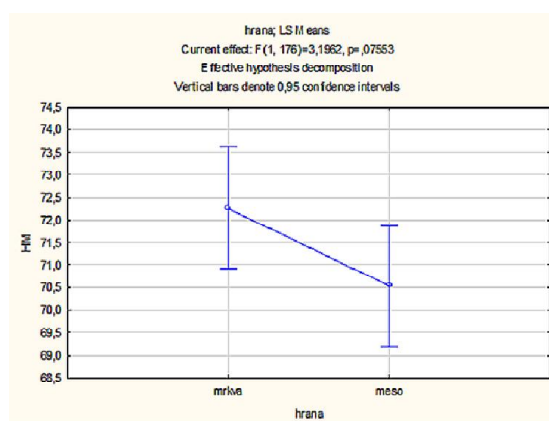
Kombinacija različite hrane i gustoće jedinki također statistički značajno utječe na vrijednost HM (udio vlage u probavnoj žlijezdi), pri većoj gustoći veći je energetski udio probavne žlijezde (manji HM) nego pri manjoj gustoći (Tablica 17, Slika 29).

Tablica 17. Rezultati faktorijalne ANOVA-e između svih čimbenika (crvenom bojom su označene statistički značajne vrijednosti).

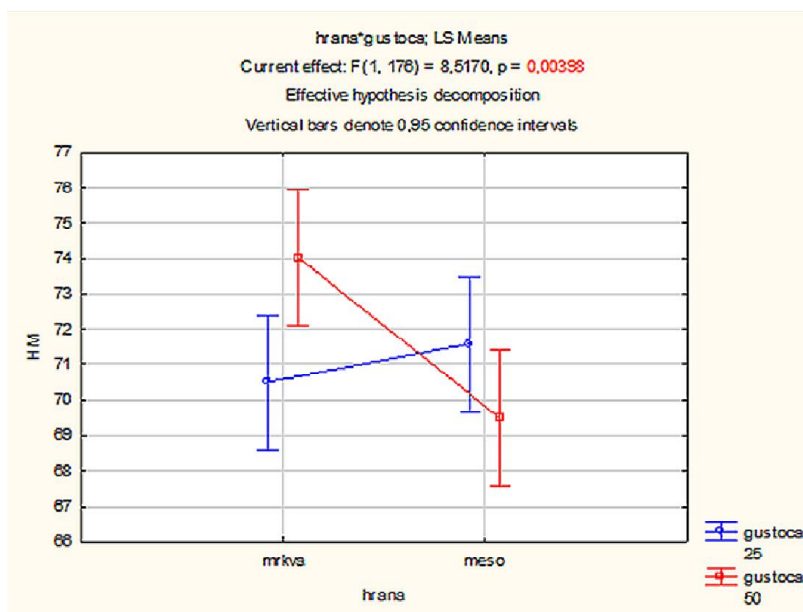
| Effect | Univariate Results for Each DV Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition | | | | |
|--------------------------------|---|------|-------|-------|--------|
| | HM Degr. of Freedom | HMSS | HM MS | HM F | HM p |
| spol | | 32 | 32 | 0,71 | 0,399 |
| hrana | 1 | 142 | 142 | 3,2 | 0,076 |
| gustoca | 1 | 24 | 24 | 0,54 | 0,461 |
| temperatura | 1 | 2357 | 2357 | 52,92 | 0,000* |
| spol*hrana | 1 | 43 | 43 | 0,96 | 0,329 |
| spol*gustoca | 1 | 42 | 42 | 0,94 | 0,333 |
| hrana*gustoca | 1 | 379 | 379 | 8,52 | 0,004* |
| spol*temperatura | 1 | 45 | 45 | 1 | 0,318 |
| hrana*temperatura | 1 | 49 | 49 | 1,1 | 0,296 |
| gustoca*temperatura | 1 | 32 | 32 | 0,71 | 0,4 |
| spol*hrana*gustoca | 1 | 5 | 5 | 0,1 | 0,749 |
| spol*hrana*temperatura | 1 | 70 | 70 | 1,58 | 0,211 |
| spol*gustoca*temperatura | 1 | 2 | 2 | 0,05 | 0,824 |
| hrana*gustoca*temperatura | 1 | 39 | 39 | 0,88 | 0,349 |
| spol*hrana*gustoca*temperatura | 1 | 15 | 15 | 0,33 | 0,568 |



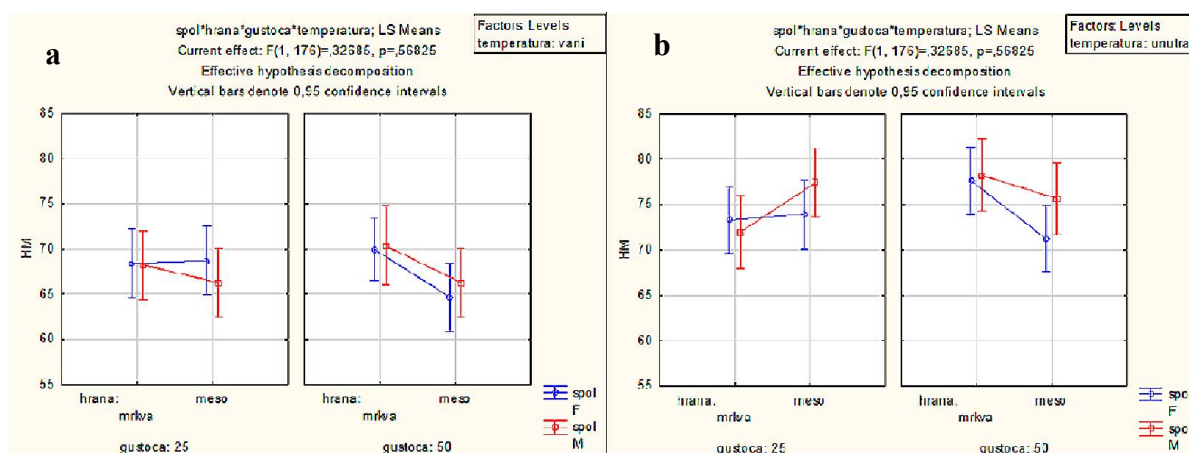
Slika 27. Udio vlage u probavnoj žlijezdi pri nižoj (vani) i višoj temperaturi vode (plastenik).



Slika 28. Udio vlage u probavnoj žlijezdi ovisno o vrsti hrane.



Slika 29. Udio vlage u probavnoj žlijezdi (HM) pri kombinaciji različite hrane i gustoće.



Slika 30. Udio vlage u probavnoj žlijezdi (HM) pri nižoj temperaturi (a) i višoj temperaturi (b) i u ovisnosti o različitoj hrani, gustoći i temperaturi.

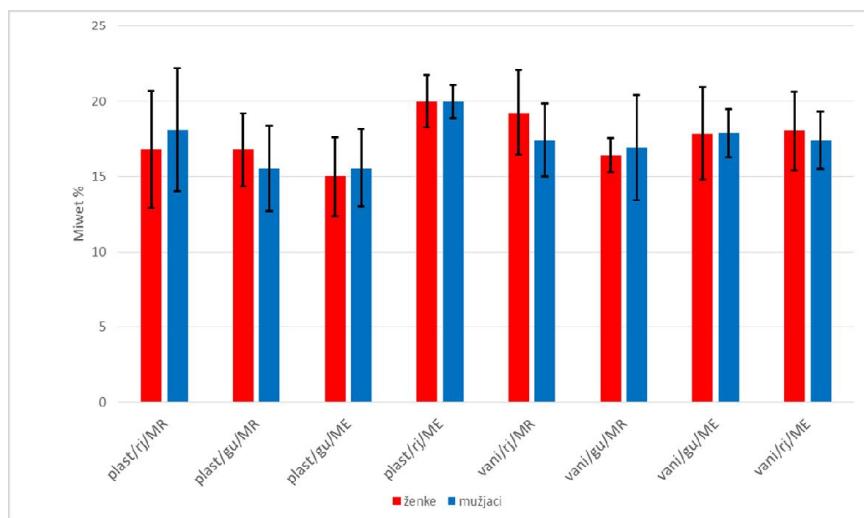
Iz Slike 30 vidljivo je da je udio vlage u probavnoj žlijezdi uglavnom manji, odnosno energetski udio veći pri nižoj temperaturi, prehrani mesom i većoj gustoći jedinki.

3.5.2. Mišićni indeksi

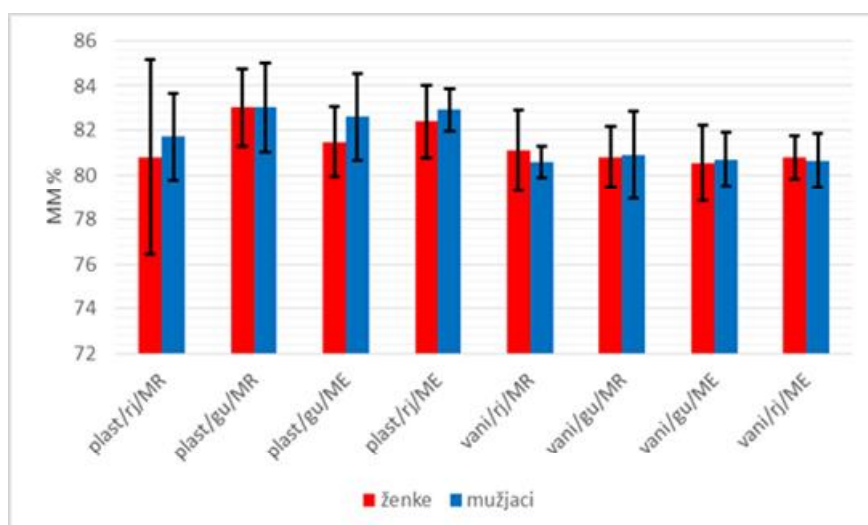
U Tablicama 26 i 27 (Prilozi) i na Slici 31 prikazane su srednje vrijednosti, standardna devijacija i raspon vrijednosti udjela mokre mase repnog mišića u ukupnoj mokroj masi tijela (mokri mišićni indeks, Mi_{wet}) i udjela vlage u repnom mišiću (MM) u ženki i mužjaka (Tablica 26 i Tablica 27, Slika 32). Sve vrijednosti izražene su u postocima.

U mužjaka je najviša vrijednost mokre mase repnog mišića (Mi_{wet}) zabilježena u tretmanu: platenik, rjeđi raspored, meso (19,99 %), a najniža u tretmanu: platenik, gušći raspored, povrće (15,52 %). Najviše vrijednosti Mi_{wet} u ženki zabilježene su u tretmanu: platenik, rjeđi raspored, meso (19,99 %), a najniže vrijednosti Mi_{wet} u ženki zabilježene su u tretmanu: platenik, gušći raspored, meso (14,99 %) (Slika 31).

U mužjaka je najviša vrijednost udjela vlage u repnom mišiću (MM), odnosno najniži energetske status repnog mišića zabilježen u tretmanu: platenik, gušći raspored, povrće (83,03 %). Najviše vrijednosti MM u ženki i stoga najniži energetske status zabilježene su u tretmanu: platenik, gušći raspored, povrće (83,04 %) dok ostale vrijednosti MM u ženki nisu značajno varirale (Slika 32).



Slika 31. Srednje vrijednosti i standardne devijacije mokre mase repnog mišića (Mi_{wet} %) u ženki i mužjaka vrste *A. astacus* po tretmanima (rj-manja gustoća, gu-veća gustoća, MR-povrće, ME-meso).

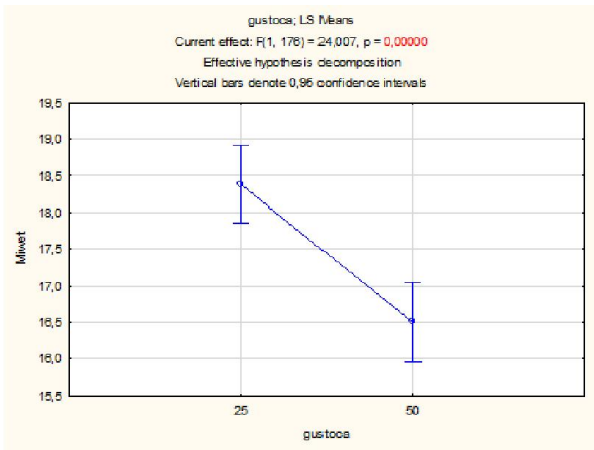


Slika 32. Srednje vrijednosti udjela vlage u repnom mišiću (MM %) sa standardnim devijacijama u ženki i mužjaka vrste *A. astacus* po tretmanima (rj-manja gustoća, gu-veća gustoća, MR-povrće, ME-meso).

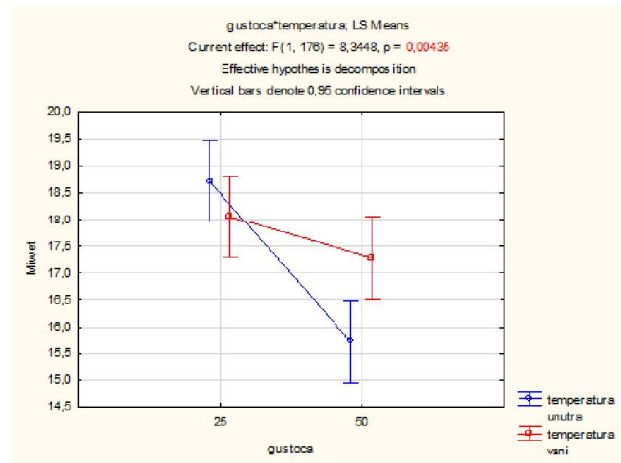
Različita gustoća jedinki u pokusnim uvjetima statistički značajno utječe na udio mokre mase mišića u masi tijela – pri većoj gustoći jedinke imaju manji udio mokre mase repnog mišića (Slika 31) nego pri manjoj gustoći. Na vanjskoj (nižoj) temperaturi statistički je značajno veći udio mokre mase repnog mišića pri različitim gustoćama jedinki (Tablica 18, Slika 33).

Tablica 18. Rezultati faktorijalne ANOVA-e između svih čimbenika (crvenom bojom su označene statistički značajne vrijednosti)

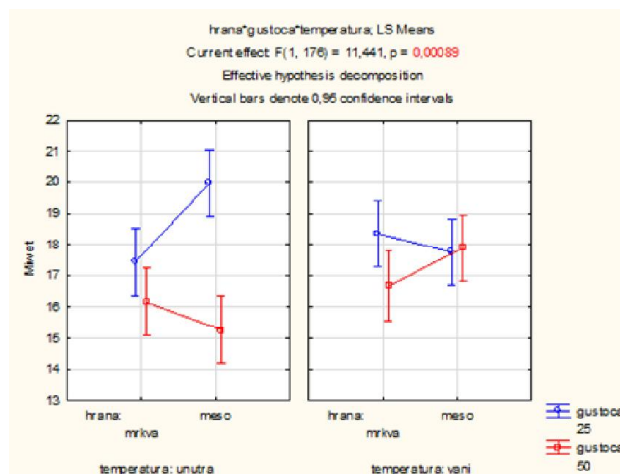
| Effect | Univariate Results for Each DV Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition | | | | |
|--------------------------------|---|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | Mi _{wet} Degr. of Freedom | Mi _{wet} SS | Mi _{wet} MS | Mi _{wet} F | Mi _{wet} p |
| spol | 1 | 1,2 | 1,2 | 0,17 | 0,678 |
| hrana | 1 | 15,2 | 15,2 | 2,15 | 0,144 |
| gustoća | 1 | 169,3 | 169,3 | 24,01 | 0,000* |
| temperatura | 1 | 9,4 | 9,4 | 1,34 | 0,249 |
| spol*hrana | 1 | 1,3 | 1,3 | 0,18 | 0,668 |
| spol*gustoća | 1 | 0,7 | 0,7 | 0,1 | 0,748 |
| hrana*gustoća | 1 | 7,9 | 7,9 | 1,12 | 0,292 |
| spol*temperatura | 1 | 4,6 | 4,6 | 0,65 | 0,42 |
| hrana*temperatura | 1 | 3,3 | 3,3 | 0,46 | 0,497 |
| gustoća*temperatura | 1 | 58,9 | 58,9 | 8,34 | 0,004* |
| spol*hrana*gustoća | 1 | 1,5 | 1,5 | 0,21 | 0,649 |
| spol*hrana*temperatura | 1 | 0 | 0 | 0,01 | 0,941 |
| spol*gustoća*temperatura | 1 | 18,3 | 18,3 | 2,59 | 0,109 |
| hrana*gustoća*temperatura | 1 | 80,7 | 80,7 | 11,44 | 0,001* |
| spol*hrana*gustoća*temperatura | 1 | 17,7 | 17,7 | 2,5 | 0,115 |



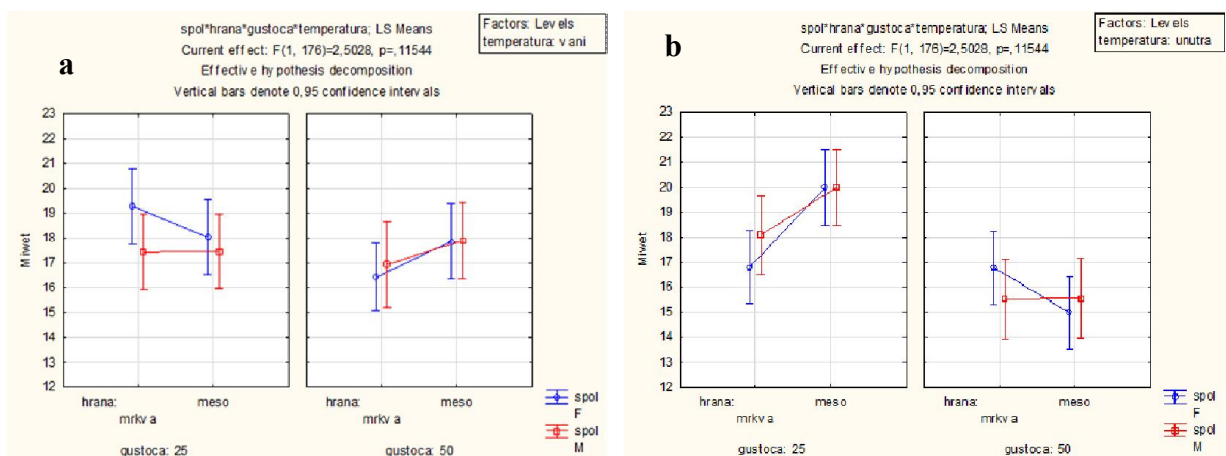
Slika 33. Udio mokre mase repnog mišića (Mi_{wet}) različitoj gustoći.



Slika 34. Udio mokre mase repnog pri mišića (Mi_{wet}) pri različitoj gustoći i temperaturi vode.



Slika 35. Udio mokre mase repnog mišića (Mi_{wet}) pri različitoj prehrani, gustoći i temperaturi vode.



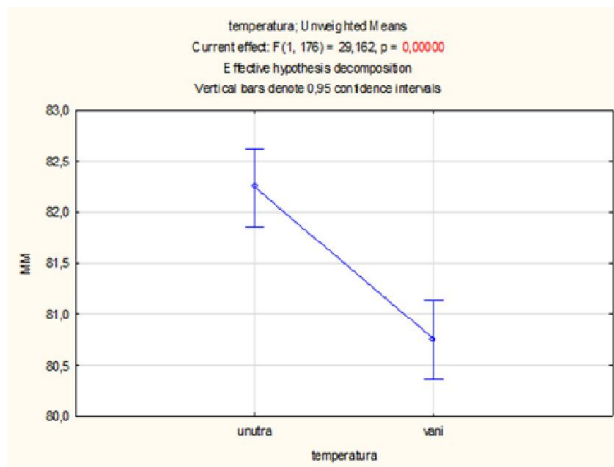
Slika 36. Udio mase repnog mišića (Mi_{wet}) pri nižoj temperaturi (a) i višoj temperaturi (b) i u ovisnosti o različitoj hrani, gustoći i temperaturi.

Slika 36 prikazuje vrijednosti $M_{i_{wet}}$ u različitim pokusnim uvjetima, pri višoj temperaturi, manjoj gustoći i prehrani mesom u oba je spola udio repnog mišića najveći. Pri većoj gustoći jedinki vrijednosti $M_{i_{wet}}$ vrijednosti su veće pri nižoj temperaturi i prehrani mesom, a niže pri višoj temperaturi i prehrani mrkvom (Slika 36 a i b).

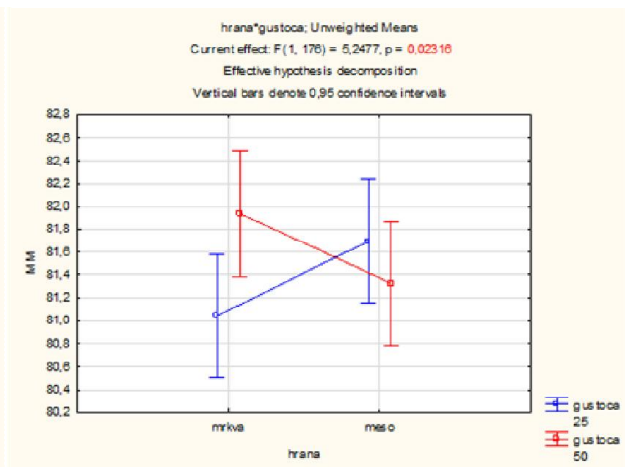
Temperatura je čimbenik koji statistički značajno utječe na energetske status mišića, pri nižoj temperaturi manji je udio vlage repnog mišića, odnosno repni mišić ima viši energetske status (Tablica 19, Slika 37) nego pri višoj temperaturi. Pri većoj gustoći jedinki (50 jedinki/0,6 m²) statistički je značajno niži udio vlage u repnom mišiću (bolji energetske status) jedinki koje su hranjene mesom nego u jedinki hranjenih mrkvom. Pri manjoj gustoći (25 jedinki/0,6 m²) bolji energetske status ima repni mišić jedinki hranjenih mrkvom (Tablica 19, Slika 38).

Tablica 19. Rezultati faktorijalne ANOVA-e između svih čimbenika (crvenom bojom su označene statistički značajne vrijednosti).

| Effect | Univariate Results for Each DV Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition | | | | |
|--------------------------------|---|-------|-------|-------|--------|
| | MM Degr. of Freedom | MM SS | MM MS | MM F | MM p |
| spol | 1 | 3,3 | 3,3 | 0,92 | 0,339 |
| hrana | 1 | 0 | 0 | 0 | 0,948 |
| gustoća | 1 | 3,3 | 3,3 | 0,92 | 0,338 |
| temperatura | 1 | 105,5 | 105,5 | 29,16 | 0,000* |
| spol*hrana | 1 | 1,1 | 1,1 | 0,29 | 0,588 |
| spol*gustoća | 1 | 0,2 | 0,2 | 0,07 | 0,795 |
| hrana*gustoća | 1 | 19 | 19 | 5,25 | 0,023* |
| spol*temperatura | 1 | 6,6 | 6,6 | 1,83 | 0,177 |
| hrana*temperatura | 1 | 1,7 | 1,7 | 0,47 | 0,494 |
| gustoća*temperatura | 1 | 4,6 | 4,6 | 1,27 | 0,262 |
| spol*hrana*gustoća | 1 | 1,1 | 1,1 | 0,3 | 0,587 |
| spol*hrana*temperatura | 1 | 0 | 0 | 0,01 | 0,916 |
| spol*gustoća*temperatura | 1 | 1,3 | 1,3 | 0,35 | 0,557 |
| hrana*gustoća*temperatura | 1 | 15,6 | 15,6 | 4,31 | 0,039* |
| spol*hrana*gustoća*temperatura | 1 | 2,5 | 2,5 | 0,69 | 0,408 |

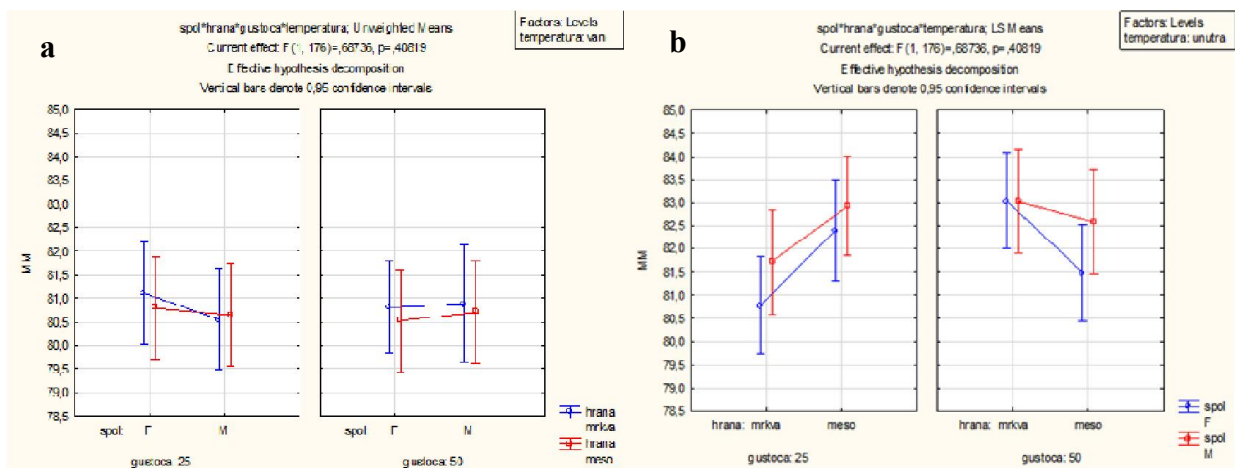


Slika 37. Udio vlage u repnom mišiću (MM) pri različitoj temperaturi vode.



Slika 38. Udio vlage u repnom mišiću (MM) pri različitoj prehrani i gustoći.

Iz Slike 39 vidljivo je da je energetski status repnog mišića uglavnom viši (MM manji) pri prehrani mesom, vanjskoj temperaturi i manjoj gustoći jedinki.



Slika 39. Udio vlage u repnom mišiću (MM) pri nižoj temperaturi (a) i višoj temperaturi (b) i u ovisnosti o različitoj hrani, gustoći i temperaturi.

4. RASPRAVA

4.1. Utjecaj tretmana na ukupni prirast dužine i mase

Analize ukupnog prirasta dužine i mase juvenilnih jedinki vrste *Astacus astacus* pokazale su da je najveći prirast postignut u tretmanima u kojima su jedinke hranjene mesom te u kojima su bili izložene višoj temperaturi vode neovisno o gustoći jedinki u tretmanu. Prirast povezan s mesnom prehranom bio je očekivan jer je hrana životinjskog podrijetla energetske bogatija te kao takva doprinosi rastu i razvoju juvenilnih rakova koji se tijekom juvenilnog razdoblja često presvlače što je energetske vrlo zahtjevno. Rezultate dobivene ovim istraživanjem podupiru i brojna istraživanja uključujući i istraživanje koje su proveli Ackefors i sur. (1989) u kojem su ustanovili da su najveći prirast imale juvenilne jedinke koje su bile hranjene mesom. Nadalje, iako su dob i spol najvažniji biotički faktori, (Gydemo, 1989; Skurdal i Taugbol, 1994), gustoća (Abrahamsson, 1966; Gydemo i Westim, 1989) te izvor hrane (Ackefors i sur., 1992) su se isto tako pokazali bitnima; izrazito bolji rezultati postignuti su kada su rakovi bili hranjeni zooplanktonom (González i sur., 2008).

Prema Cukerzisu (1973) optimalna temperatura za rast juvenilnih jedinki vrste *A. astacus* je u rasponu od 15- 25 °C dok je Jussila (1997) utvrdio da je optimalni temperaturni raspon za rast rakova 17- 21 °C (Kouba i sur., 2010). Kouba i sur. (2010) su u svom istraživanju utvrdili da juvenilne jedinke vrste *A. astacus* imaju veću stopu rasta u hladnijoj vodi (14,31 °C) nego u toplijoj vodi (20,49 °C). Najniža zabilježena temperatura vode pri kojoj jedinke *A. astacus* rastu bila je 10 °C (Söderbäck i sur., 1988) dok je srednja vrijednost letalne (visoke) temperature vode 26 °C kod jedinki aklimatiziranih na hladniju vodu (Kivivuori, 1977).

Rezultati ovog istraživanja u kojem je veći prirast bio u plasteniku (viša temperatura vode) bili su u suprotnosti s gore navedenim istraživanjima, no ovaj rezultat može se objasniti činjenicom da temperatura vode, tijekom cijelog perioda istraživanja, nije prešla 22,3 °C, a između dva tretmana nije postojala velika razlika u temperaturi vode (prosječna temperatura vode u plasteniku bila je 13,61 °C, a vani 11,91 °C).

Ustanovljena je pozitivna statistički značajna korelacija temperature vode i prirasta u dužini. Ono što je bilo očekivano je to da je najmanji prirast, kako u dužini tako i u masi, bio postignut u tretmanima u kojima su jedinke bile hranjene povrćem, odnosno energetske siromašnijom hranom.

Gustoća u ovom istraživanju nije imala utjecaja na prirast iako su Ackefors i sur. (1989) ustanovili da je dobitak na masi 40-90 mg veći kod juvenilnih jedinki koje su bile rjeđe raspoređene u usporedbi s juvenilnim jedinkama koje su bile gušće raspoređene. Ovakav rezultat može se objasniti time što su sve jedinke imale dovoljno velik izvor hrane i mjesta za sakrivanje te nije bilo kompeticije za prostor i hranu unutar gušćeg tretmana.

4.2. Indeksi kondicije

Probavna žlijezda zauzima najveći dio torakalne šupljine rakova i predstavlja glavni energetski izvor za rast i presvlačenje (Vogt, 2002). Ona ima različite uloge koje u kraljevnjaka obavljaju jetra, gušterača i tanko crijevo. Pohranjuje niz metabolita i minerala, luči sve potrebne probavne enzime te je primarno mjesto apsorpcije hranjivih tvari (Vonk, 1960; Hohnke i Scheer, 1970). S obzirom na te uloge probavna žlijezda je dobar pokazatelj kondicije prirodnih populacija i populacija rakova u uzgoju (Mackeviciene, 1993; Mannonen i Henttonen, 1995; Viikinkoski i sur., 1995; Jussila i Mannonen, 1997; Tsvetnenko i sur., 1999)

U odraslih jedinki vrste *A. astacus* udio mokre mase probavne žlijezde ($H_{i_{wet}}$) kreće se između 5 i 7 % (Lucić, 2004) dok su najviše izmjerene vrijednosti $H_{i_{wet}}$ u našem istraživanju bile nešto niže i iznosile su najviše 5,5 %. Udio probavne žlijezde u ukupnoj masi tijela ($H_{i_{wet}}$) pokazatelj je uhranjenosti jedinki i bio je u svim tretmanima statistički značajno veći u ženki nego u mužjaka. Spolno zrele ženke rakova, osim što troše energiju tijekom presvlačenja kao i mužjaci, mnogo energije troše i na proizvodnju jaja te nošenje oplodjenih jaja tijekom njihove inkubacije i stoga je obično $H_{i_{wet}}$ u njih viši nego u mužjaka (Lucić, 2004). Iako se u našem slučaju radilo o juvenilnim jedinkama moguće je da postoje genetički uvjetovane razlike u metaboličkoj aktivnosti mužjaka i ženki. Statistički značajne razlike u $H_{i_{wet}}$ utvrđene su među tretmanima s različitim kombinacijama hrane i gustoće te je ustanovljeno da pri većoj gustoći jedinki meso doprinosi porastu udjela mokre mase probavne žlijezde, a pri manjoj gustoći jedinki udio mokre mase probavne žlijezde veći je pri prehrani mrkvom što je bilo u suprotnosti s očekivanjima. U prethodnim istraživanjima (Ackefors i sur., 1989) manja gustoća jedinki dovela je do većeg porasta mase, kao i prehrana mesom (Ackefors i sur., 1992), a kako je masa probavne žlijezde u pozitivnoj korelaciji s ukupnom masom tijela (Lucić, 2004) očekivano je da će manja gustoća jedinki i prehrana mesom najviše doprinositi porastu mase tijela, a time i masi probavne žlijezde. U plateniku je prirast mase probavne žlijezde uz prehranu mesom manji nego vani što bi se moglo objasniti boljom prilagođenošću rakova iz tog podneblja nižim temperaturama staništa. Kao što je već

spomenuto, Kouba i sur. (2010) su u svom istraživanju utvrdili da juvenilne jedinke vrste *A. astacus* imaju veću stopu rasta u hladnijoj nego u toplijoj vodi pa je moguće da je i nutritivni status rakova bolji u hladnijoj vodi, iako je temperaturna razlika vode u bazenima pod plastenicima i vanjskih bazena bila vrlo mala (oko 2 °C). U plastenicima je pri većoj gustoći jedinki u oba spola veći prirast udjela probavne žlijezde pri prehrani mesom dok pri manjoj gustoći prehrana mesom ne dovodi do daljnjeg povećanja udjela probavne žlijezde. Moguće je da količina hrane koja je dnevno davana rakovima u uzgoju optimalna za uzgojne uvjete veće gustoće (50 jedinki / 0,6 m²), te da rakovi vjerojatno ne uzimaju hranu mimo svojih prirodnih potreba i kapaciteta ukoliko su u manjoj gustoći. Kako su Jussila i Mannonen (1997) utvrdili visoku i statistički značajnu negativnu korelaciju između udjela vlage u probavnoj žlijezdi (HM) i energije određene kalorimetrom smatra se da HM vrijednosti upućuju na energetske sadržaj probavne žlijezde. Niži udio vlage upućuje na veće energetske zalihe (Mannonen i Henttonen, 1995). Temperatura statistički značajno utječe na energetske rezerve probavne žlijezde – veći je energetske udio u rakova uzgajanih vani što također govori u prilog boljoj prilagođenosti ovih jedinki na niže temperature okoliša. Ovaj rezultat u suprotnosti je s rezultatom koji su zabilježili Viikinkoski i sur. (1995), a koji ukazuje na to da je HM niži u toplijim vodama nego u hladnijima. Iako razlika u HM između jedinki u tretmanima različite prehrane nije statistički značajna, prehrana mesom ipak doprinosi boljem energetske statusu probavne žlijezde nego prehrana mrkvom, neovisno o temperaturi, gustoći i spolu. Kombinacija hrane i gustoće, osim na $H_{i,wet}$, statistički značajno utječe i na vrijednost HM, ponovno je pri većoj gustoći energetske status probavne žlijezde bolji (nego pri manjoj gustoći), kao i u slučaju $H_{i,wet}$. To također potvrđuje pretpostavku da u našem istraživanju manja gustoća bitno ne doprinosi boljem energetske statusu žlijezde niti boljoj iskoristivosti hrane.

U mužjaka i ženki vrste *A. astacus* udio mase mišića repa u ukupnoj masi tijela kreće se oko 15 % (Lucić, 2004) dok je u juvenilnih jedinki u našem istraživanju u mužjaka taj udio bio nešto viši (između 17 i 18 %). Kako je korelacija između $M_{i,wet}$ i ukupne mase tijela negativna (Huner i sur., 1988; Obradović i sur., 1988) za očekivati je da će juvenilne jedinke imati veći $M_{i,wet}$ nego odrasle jedinke u kojih se s porastom mase tijela $M_{i,wet}$ smanjuje. Vrijednosti udjela mišića u ukupnoj masi tijela ($M_{i,wet}$) izmjerene u našem istraživanju statistički značajno ovise o gustoći jedinki u pokusnim uvjetima te kombinaciji gustoće, temperature i hrane. Pri većoj gustoći jedinki izmjeren je manji udio repnog mišića što se može objasniti povećanom kompeticijom za hranu i zaklon koja iziskuje više kretanja, a to rezultira manjim udjelom repnog mišića. Udio repnog mišića u rakova koji se u akvakulturi

uzgajaju za konzumne svrhe važan je jer je repni mišić dio raka koji se jede (Huner i sur., 1988; Harlioğlu, 2004). U akvakulturi rakova za reintrodukciju važnije su energetske rezerve probavne žlijezde iz koje se povlači energija za sve životne procese. Kao i u slučaju hepatosomatskih indeksa, na vanjskoj (nižoj) temperaturi izmjerene su više vrijednosti $M_{i_{wet}}$ nego na višoj temperaturi. Temperatura statistički značajno utječe i na energetske status repnog mišića - manji MM, odnosno viši energetske status imaju repni mišići rakova uzgajanih pri nižoj temperaturi što ponovno govori u prilog pretpostavci o boljoj prilagođenosti ovih jedinki na nižu temperaturu okoliša. U različitim kombinacijama svih testiranih čimbenika meso je bila hrana koja je najviše utjecala na energetske status repnog mišića. Organosomatski indeksi kao pokazatelji kondicije korišteni su u istraživanju juvenilnih morskih rakova vrste *Penaeus monodon* u različitim uzgojnim uvjetima (Tantulo i Fotedar, 2006), ali razlike među tim indeksima nisu bile statistički značajne. Takav rezultat, zajedno s našim rezultatima koji pokazuju relativnu nekonzistentnost vrijednosti pojedinih parametara ovisno o različitim čimbenicima, ukazuju na moguću neprikladnost korištenja organosomatskih indeksa u procjeni kondicije juvenilnih jedinki.

5. ZAKLJUČAK

Vrsta *Astacus astacus* najveći prirast je postigla u tretmanima u kojima su jedinke hranjene mesom te u tretmanima u kojima su rakovi bili izloženi višoj temperaturi vode, neovisno o gustoći jedinki u tretmanu.

Veći prirast duljine i mase tijela postignut je u plasteniku (viša temperatura vode), no zbog male razlike između unutarnje i vanjske temperature vode preporučuje se ponoviti istraživanje u kojem bi razlika temperature u plasteniku i vani bila veća.

Gustoća jedinki nije imala statistički značajan učinak na prirast jedinki.

Temperatura utječe na energetski status jedinki, niža (vanjska) temperatura doprinosi boljoj kondiciji juvenilnih jedinki što potvrđuju i indeksi probavne žlijezde i indeksi mišića.

Prehrana mesom utječe na bolji energetski status probavne žlijezde, a u kombinaciji s temperaturom statistički značajno poboljšava kondiciju juvenilnih rakova.

Gustoća jedinki nema utjecaja na hepatosomatske indekse, ali statistički značajno utječe na udio repnog mišića u ukupnoj masi tijela pri čemu rjeđi raspored jedinki doprinosi povećanom udjelu mase repnog mišića što je važno u konzumnom uzgoju rakova.

Temeljem hepatosomatskih kondicijskih indeksa možemo zaključiti da jedinke u većoj gustoći bolje iskorištavaju hranu (bolji kondicijski indeksi) nego pri manjoj gustoći što je vjerojatno rezultat optimalno izabrane količine hrane s obzirom na broj juvenilnih jedinki po jedinici površine.

6. LITERATURA

- ABRAHAMSSON S. A. A. (1966) Dynamics of an isolated population of the crayfish *Astacus astacus* Linne. *Oikos* 17: 96–107.
- ACKEFORS H., GYDEMO R., WESTIN L. (1989). Growth and survival of juvenile crayfish, *Astacus astacus* in relation to food and density, U: De Pauw N. et al. (Eds) (1989). *Aquaculture: a biotechnology in progress*. European Aquaculture Society, Bredene, Belgium; 1: 365-373.
- ACKEFORS H., CASTELL J.D., BOSTON L.D., RÄTY P., SVENSSON M. (1992) Standard experimental diets for crustacean nutrition research. II. Growth and survival of juvenile crayfish *Astacus astacus* (Linné) fed diets containing various amounts of protein carbohydrate and lipid. *Aquaculture* 104: 341-356.
- ACKEFORS H., LINDQVIST O.V. (1994) Cultivation of freshwater crayfishes in Europe. U: *Freshwater Crayfish Aquaculture* (ed. J.V. Huner). Food Products Press, The Haworth Press, New York; 157–216.
- BØHN T, TERJE SANDLUND O, AMUNDSEN P.A., PRIMICERIO R. (2004) Rapidly changing life history during invasion. *Oikos* 106: 138–150.
- BURTON O.J., PHILLIPS B.L., TRAVIS J.M.J. (2010) Trade-offs and the evolution of life-histories during range expansion. *Ecology letters* 13: 1210–1220.
- CARMONA-OSALDE C., RODRÍGUEZ-SERNA M., OLVERA-NOVOA M.A., GUTIÉRREZ-YURRITA P.J. (2004) Gonadal development, spawning, growth and survival of the crayfish *Procambarus llamas* at three different water temperature. *Aquaculture* 232: 305-316.
- CRANDALL K.A., BUHAY J.E. (2008) Global diversity of crayfish (Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae - Decapoda) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 295-301.
- CUKERZIS, J. (1973) Biologische grundlagen der methode der kunstlichen aufzucht der brut des *Astacus astacus* L. *Freshwater Crayfish* 2: 188-201.
- CUKERZIS J. M. (1988) *Astacus astacus* in Europe. U: Holdich D. M. i Lowery R. S. (eds.) *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation*. Croom Helm, London; 309-340.
- FAO (2014) *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Rome. 223 str.
- GHERARDI F. (2002) Behaviour. U: Holdich D. M. (ed.) *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Science, Oxford; 258-291.

- GONZÁLEZ Á., CELADA J.D., GONZÁLEZ R., GARCÍA V., CARRAL J.M., SÁEZ-ROYUELA M. (2008) *Artemia* nauplii and two commercial replacements as dietary supplement for juvenile signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Astacidae), from the onset of exogenous feeding under controlled conditions. *Aquaculture* 281: 83-86.
- GUTOWSKY L.F.G., FOX M.G. (2012) Intra-population variability of life-history traits and growth during range expansion of the invasive round goby, *Neogobius melanostomus*. *Fisheries Management and Ecology* 19: 78–88.
- GYDEMO R. (1989) Reproduction and growth in the noble crayfish *Astacus astacus* L. PhD thesis, University of Stockholm, Sweden.
- GYDEMO R., WESTIN L. (1989) Growth and survival of juvenile *Astacus astacus* L. at optimized water temperature, U: De Pauw N. et al. (Ed.) (1989). *Aquaculture: a biotechnology in progress* 1: 383-391.
- HARLIOĞLU M.M. (2004) The present situation of freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz,1823) in Turkey. *Aquaculture* 230: 181-187.
- HOHNKE L., SCHEER B. T. (1970) Carbohydrate metabolism in crustaceans. U: *Chemical Zoology*. (Florkin M., Scheer B. T., eds), Academic Press, New York. 5: 147-164.
- HOLDICH D. M. (2002): *Biology of freshwater crayfish*, Blackwell Science, Oxford.
- HOLDICH D. M., LOWERY R. S. (1988) *Freshwater crayfish - biology, management and exploitation*. University Press, Cambridge.
- HESSEN D.O., TAUGBØL T., FJELD E. & SKURDAL J. (1987) Egg development and lifecycle timing in the noble crayfish (*Astacus astacus*). *Aquaculture* 64: 77–82.
- HUNER J. V., LINDQVIST O.V. (1986) A stunted crayfish *Astacus astacus* population in Central Finland. *Freshwater Crayfish* 6:156-165.
- HUNER J. V., LINDQVIST O.V., KÖNÖNEN H. (1988) Comparison of morphology and edible tissues of two important crayfishes, the noble crayfish, *Astacus astacus* Linné, and the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard) (Decapoda, Astacidae and Cambaridae). *Aquaculture* 68: 45-57.
- JUSSILA J. (1997) Physiological responses of Astacid and Parastacid crayfishes (Crustacea: Decapoda) to conditions of intensive culture. Doctoral Dissertation, University of Kuopio, Finland; 17-137.
- JUSSILA J., MANNONEN A. (1997) Marron (*Cherax tenuimanus*) and noble crayfish (*Astacus astacus*) hepatopancreas energy and its relationship to moisture content. *Aquaculture* 149: 157-161.
- KATAVIĆ I. (2006) Akvakultura u svijetu. *Drypis* 2(6): 1.

- KIVIVUORI L. (1977) Temperature acclimation of the motor activity in the crayfish *Astacus astacus*. *Freshwater Crayfish* 4: 265-274.
- KLOBUČAR G., MAGUIRE I. (2011): Studija izvodivosti uzgajališta slatkovodnih rakova vrste *Astacus astacus* i *Austropotamobius pallipes*. Zagreb.
- KOUBA A. (2011). Intesification of juvenile crayfish culture, Ph.D. thesis, University of South Bohemia in České Budějovice, Czech Republic.
- KULESH V, ALEKHNOVICH A., ABLOV S. (1999) Distribution and size structure of noble crayfish, *Astacus astacus* (L.), populations in Belarus. *Freshwater Crayfish* 12: 835–45.
- LOPEZ D.P., JUNGMAN A.A., REHAGE J.S. (2012) Nonnative African jewelfish are more fit but not bolder at the invasion front: a trait comparison across an Everglades range expansion. *Biological Invasions* 14: 2159–2174.
- LOWERY R. S. (1988) Growth, moulting and reproduction. In: *Freshwater crayfish: biology, management and exploitation* (Holdich D. M., Lowery R. S. eds). Chapman & Hall, London; 83-113.
- LUCIĆ A. (2004) Fiziološke osobitosti triju vrsta slatkovodnih rakova iz porodice Astacidae, doktorska disertacija, Prirodoslovno matematički fakultet, Zagreb.
- LUCIĆ A., HUDINA S., FALLER M., CERJANEC D. (2012) A comparative study of the physiological condition of native and invasive crayfish in Croatian rivers. *Biologia Section Zoology* 67(1): 1-8.
- MACKEVICIENĖ G. (1993) Physiological and biochemical fundamentals of ecological characteristics of crayfish in Lithuanian water bodies. *Proceedings of the 31st meeting of the International working group on the project "Species and its productivity in the distribution area"*. Vilnius: 21-24
- MACKEVICIENĖ G., MICKĖNIENĖ L., BURBA A., MAŽEIKA V. (1999) Reproduction of Noble Crayfish *Astacus astacus* (L.) in Semi-Intensive Culture. *Freshwater Crayfish* 12: 462-470.
- MAGUIRE I. (2010) *Biološka raznolikost Hrvatske - Priručnici za inventarizaciju i praćenje stanja: Slatkovodni rakovi*; DZZP Zagreb.
- MAGUIRE I., KLOBUČAR G. (2003) Appearance of *Orconectes limosus* in Croatia. *Crayfish News* 3(25): 7.
- MAGUIRE I., GOTTSTEIN-MATOČEC S. (2004): The distribution pattern of freshwater crayfish in Croatia. *Crustaceana* 77(1): 25-49.
- MAGUIRE I., KLOBUČAR G., MARČIĆ Z., ZANELLA D. (2008) The first record of *Pacifastacus leniusculus* in Croatia. *Crayfish News* 30(4): 4.
- MANNONEN A., HENTTONEN P., (1995) Some observations on the condition of crayfish

- (*Astacus astacus* L.) in a river affected by peat mining in central Finland. *Freshwater Crayfish* 10: 274-281.
- MILLAR J. S., HICKLING G.J. (1990) Fasting endurance and the evolution of mammalian body size. *Functional Ecology* 4:5–12.
- OBRADOVIĆ J., SEKULIĆ B., RAC M. (1988) Muscle and hepatopancreas participation in the body weight of the crayfish *Austropotamobius torrentium*. *Aquaculture* 72(3-4): 329-339.
- PARSONS P.A. (2005) Environments and evolution: interactions between stress, resource inadequacy and energetic efficiency. *Biol. Rev.* 80: 589–610.
- PHILLIPS B., BROWN G., SHINE R. (2010) Life-history evolution in range-shifting populations. *Ecology* 91: 1617–1627.
- PURSIAINEN M., ERKAMO E. (1991) Low temperature as limiting factor for the noble crayfish (*Astacus astacus*) populations. *Finnish Fisheries Research* 12: 179-185.
- REYNOLDS J. D. (2002) Growth and reproduction. U: Holdich D. M. (ed.): *Biology of Freshwater Crayfish*. Oxford: Blackwell Science; 152-191.
- RHODES C.R., HOLDICH D.M. (1979) On size and sexual dimorphism in *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). A step in assessing the commercial exploitation potential of the native British freshwater crayfish. *Aquaculture* 17: 345–358.
- SKURDAL J. TAUGBØL T. (1994) Do we need harvest regulations for European crayfish? *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 4:461–485.
- SKURDAL J., TAUGBØL T. (2002): *Astacus* U: Holdich, D. M. (ed.), *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Science, Oxford; 467-510.
- SÖDERBÄCK B., APPELBERG M., ODELSTRÖM T., LINDQVIST O. (1988) Food consumption and growth of the crayfish *Astacus astacus* L. in laboratory experiments. *Freshwater Crayfish* 8: 145-153.
- SOUTY-GROSSET C., HOLDICH D.M., NOËL P.Y., REYNOLDS J.D., HAFFNER P. (eds) (2006) *Atlas of Crayfish in Europe*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.
- TAUGBØL T. (1987) Crayfish culture in Norway. U: Skurdal J., Westman K., Bergan P. I. (eds) 1989. *Crayfish culture in Europe. Report from the Workshop on Crayfish Culture, 16-19 Nov. 1987*, Trondheim, Norway; 101-107.
- TAUGBØL T., SKURDAL J., FJELD E. (1988) Maturity and fecundity of *Astacus astacus* females in Norway. *Freshwater crayfish* 7: 107-114.
- TANTULO U., FOTEDAR R. (2006) Comparison of growth, osmoregulatory capacity, ionic regulation and organosomatic indices of black tiger prawn (*Penaeus monodon* Fabricius,

- 1798) juveniles reared in potassium fortified inland saline water and ocean water at different salinities. *Aquaculture* 258(1-4): 594-605.
- TSVETNENKO E., BROWN J., GLENCROSS B.D., EVANS L.H. (1999) Measures of condition in dietary studies on western rock lobster post-juv. *Proceedings, International Symposium on Lobster Health Management, Adelaide*; 100-109.
- VOGT G. (2002) Functional anatomy. U: *Biology of Freshwater Crayfish* (ed. D. M. Holdich). Oxford: Blackwell Science; 53-146.
- VONK H. J. (1960) Digestion and metabolism U: *The physiology of crustacea*. (Waterman T. H. ed.). Academic Press, New York; 291-316.
- VIIKINKOSKI T., HENTONNEN P., MATINVESI J., KÖNÖNEN H., SUNTIOINEN (1995) The physiological condition and edibility of noble crayfish (*Astacus astacus* L.) in warm waste waters of a steel works in northwest Finland. *Freshwater crayfish* 10: 304-321.
- WESTMAN K. (1991) The crayfish fishery in Finland – its past, present and future. *Finnish Fisheries Research* 12: 187–216.
- WESTMAN K., PURSIAINEN M., WESTMAN P. (1990) Status of crayfish stocks, fisheries, diseases and culture in Europe. Finnish Game and Fisheries Research Institute, Report No 3, Helsinki, Finland.
- WESTMAN K., ACKEFORS H., NYLUND C. (1992) *Crayfish Biology, Aquaculture and Harvest*. Kiviksgården, Stockholm, Sweden.
- WICKINS J. F., LEE D. O’C. (2002) *Crustacean Farming Ranching and Culture*. Oxford (United Kingdom), Blackwell Science, 2002, 2. ed.
- YAMAGUCHI T. (2001) Seasonal change of the hepatopancreas index in the males of the fiddler crab, *Uca lactea*. *Crustaceana* 74(7): 627-634.

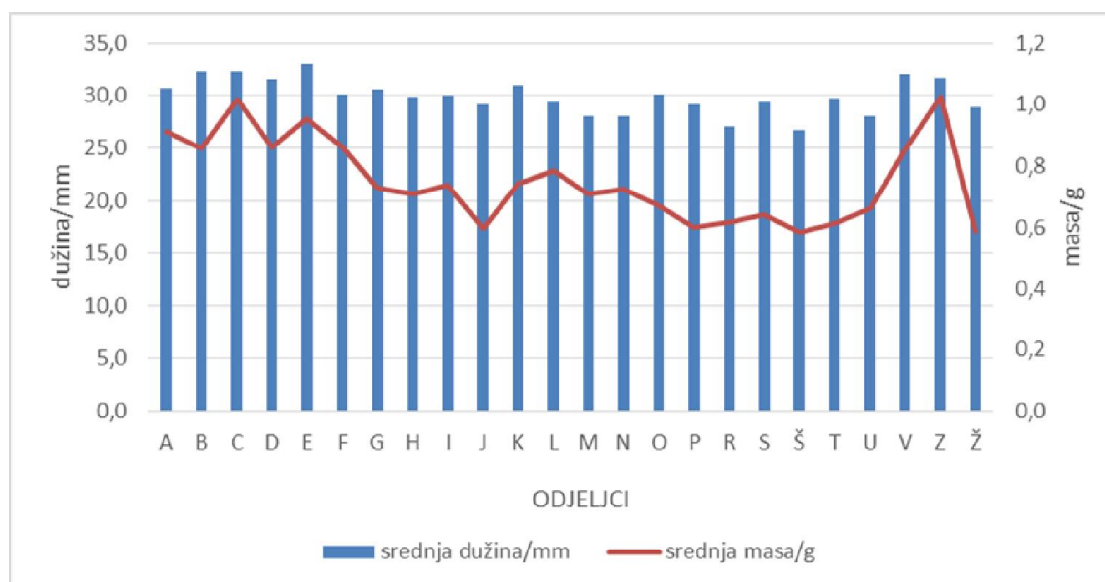
<http://www.fao.org/aquaculture/en/>

http://www.nmfs.noaa.gov/aquaculture/what_is_aquaculture.html

7. PRILOZI

Tablica I. Srednje vrijednosti dužine i mase u 6. mjesecu u svakom odjeljku

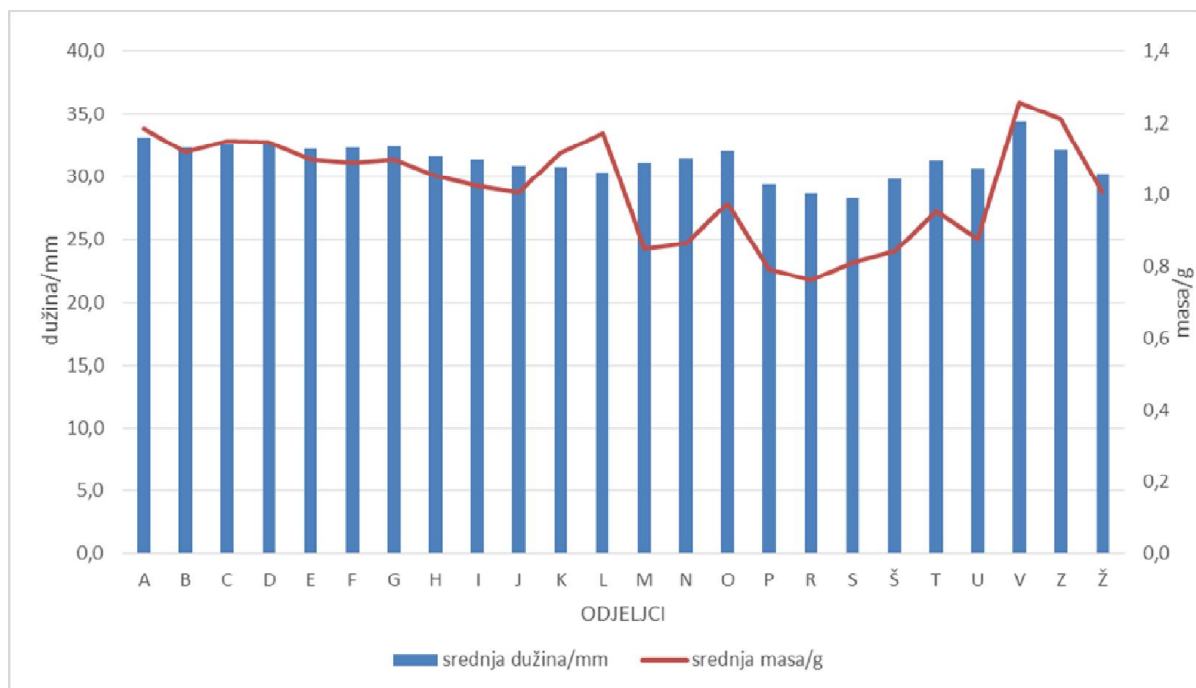
| bazen | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| srednja dužina/mm | 30,8 | 32,2 | 32,3 | 31,5 | 33,0 | 30,1 | 30,6 | 29,9 | 29,9 | 29,2 | 31,0 | 29,4 |
| srednja masa/g | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| bazen | M | N | O | P | R | S | Š | T | U | V | Z | Ž |
| srednja dužina/mm | 28,0 | 28,0 | 30,1 | 29,1 | 27,0 | 29,3 | 26,6 | 29,8 | 28,0 | 32,0 | 31,6 | 28,9 |
| srednja masa/g | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,9 | 1,0 | 0,6 |



Slika I. Grafički prikaz srednjih vrijednosti dužine i mase u 6. mjesecu po svim odjeljcima

Tablica II. Srednje vrijednosti dužine i mase u 7. mjesecu u svakom odjeljku

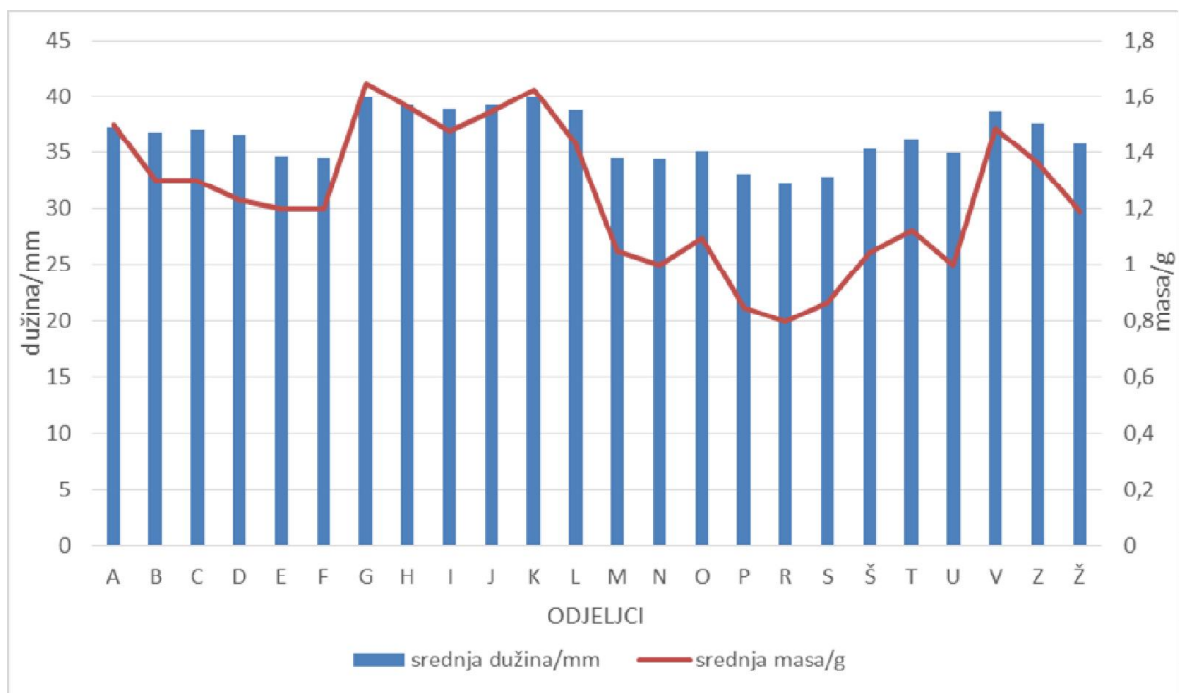
| bazen | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| srednja dužina/mm | 33,1 | 32,3 | 32,6 | 32,6 | 32,3 | 32,3 | 32,4 | 31,7 | 31,3 | 30,9 | 30,7 | 30,3 |
| srednja masa/g | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,2 |
| bazen | M | N | O | P | R | S | Š | T | U | V | Z | Ž |
| srednja dužina/mm | 31,1 | 31,5 | 32,1 | 29,3 | 28,6 | 28,2 | 29,8 | 31,3 | 30,6 | 34,4 | 32,2 | 30,2 |
| srednja masa/g | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 1,0 | 0,9 | 1,3 | 1,2 | 1,0 |



Slika II. Grafički prikaz srednjih vrijednosti dužine i mase u 7. mjesecu po svim odjeljcima

Tablica III. Srednje vrijednosti dužine i mase u 8. mjesecu u svakom odjeljku

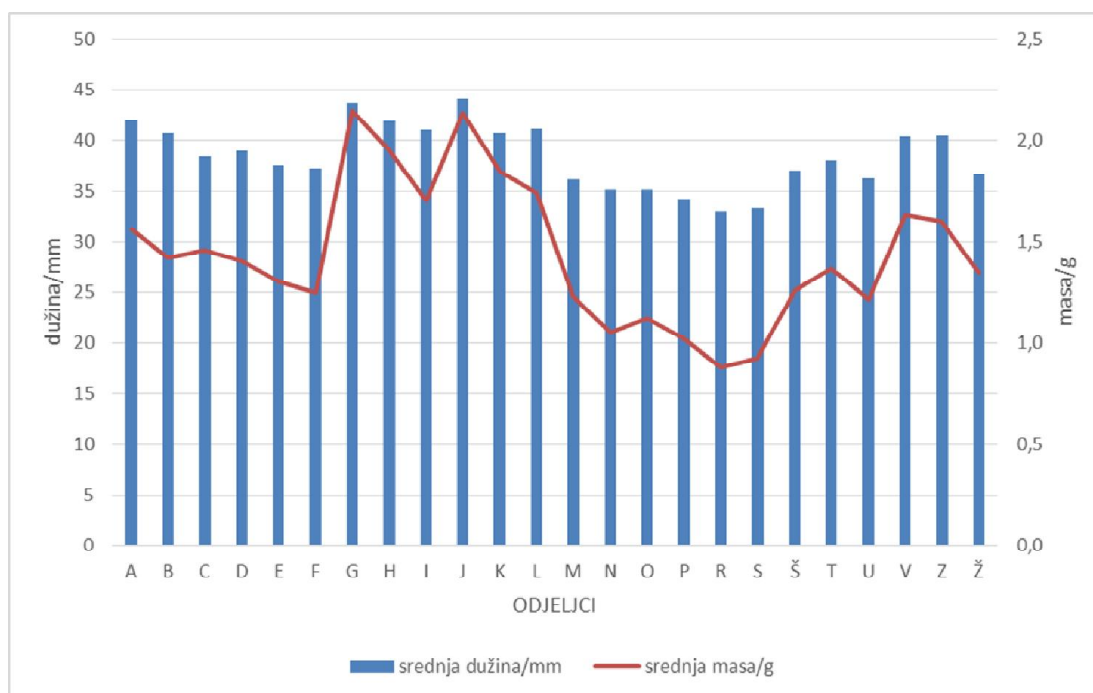
| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| bazen | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
| srednja dužina/mm | 37,3 | 36,8 | 37 | 36,6 | 34,6 | 34,5 | 39,9 | 39,2 | 38,9 | 39,2 | 39,9 | 38,8 |
| srednja masa/g | 1,5 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,4 |
| bazen | M | N | O | P | R | S | Š | T | U | V | Z | Ž |
| srednja dužina/mm | 34,6 | 34,4 | 35,1 | 33,1 | 32,3 | 32,9 | 35,3 | 36,3 | 35 | 38,7 | 37,6 | 35,8 |
| srednja masa/g | 1 | 1 | 1,1 | 0,9 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1,1 | 1 | 1,5 | 1,4 | 1,2 |



Slika III. Grafički prikaz srednjih vrijednosti dužine i mase u 8. mjesecu po svim odjeljcima

Tablica IV. Srednje vrijednosti dužine i mase u 9. mjesecu u svakom odjeljku

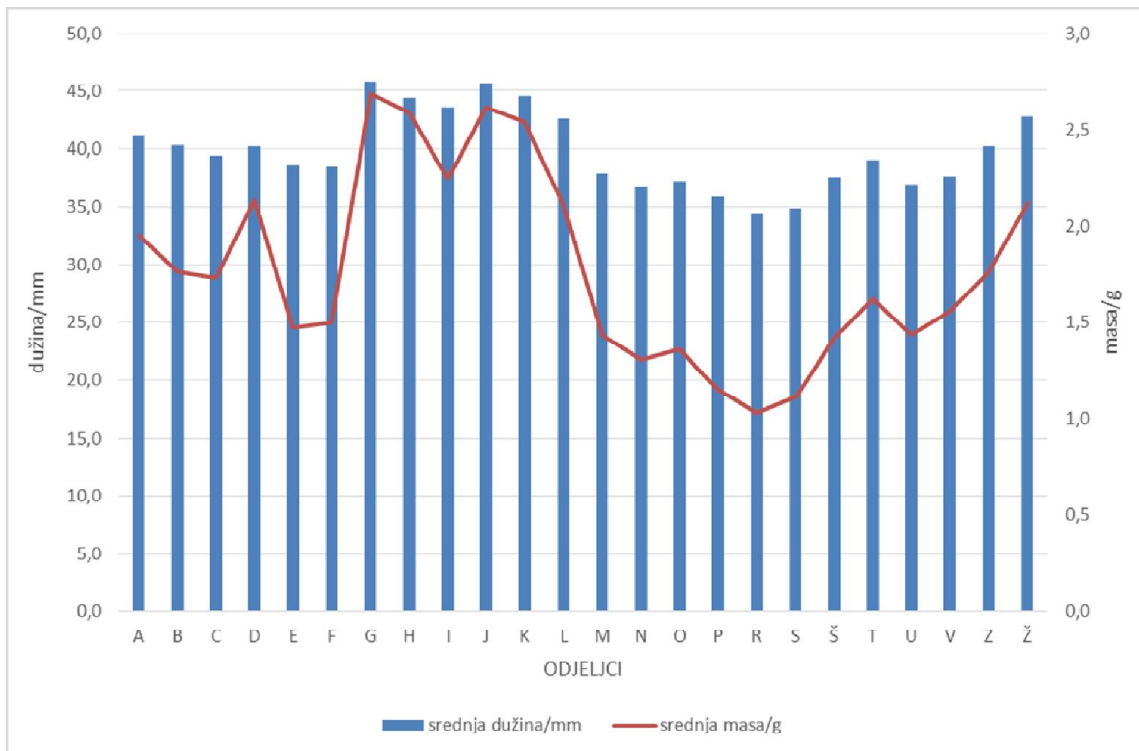
| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| bazen | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
| srednja dužina/mm | 42 | 40,7 | 38,4 | 39,0 | 37,6 | 37,2 | 43,7 | 41,9 | 41,0 | 44,0 | 40,7 | 41,1 |
| srednja masa/g | 1,6 | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 2,1 | 2,0 | 1,7 | 2,1 | 1,8 | 1,7 |
| bazen | M | N | O | P | R | S | Š | T | U | V | Z | Ž |
| srednja dužina/mm | 36,2 | 35,2 | 35,2 | 34,2 | 33,0 | 33,3 | 37,0 | 38,0 | 36,3 | 40,4 | 40,4 | 36,7 |
| srednja masa/g | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 1,3 | 1,4 | 1,2 | 1,6 | 1,6 | 1,3 |



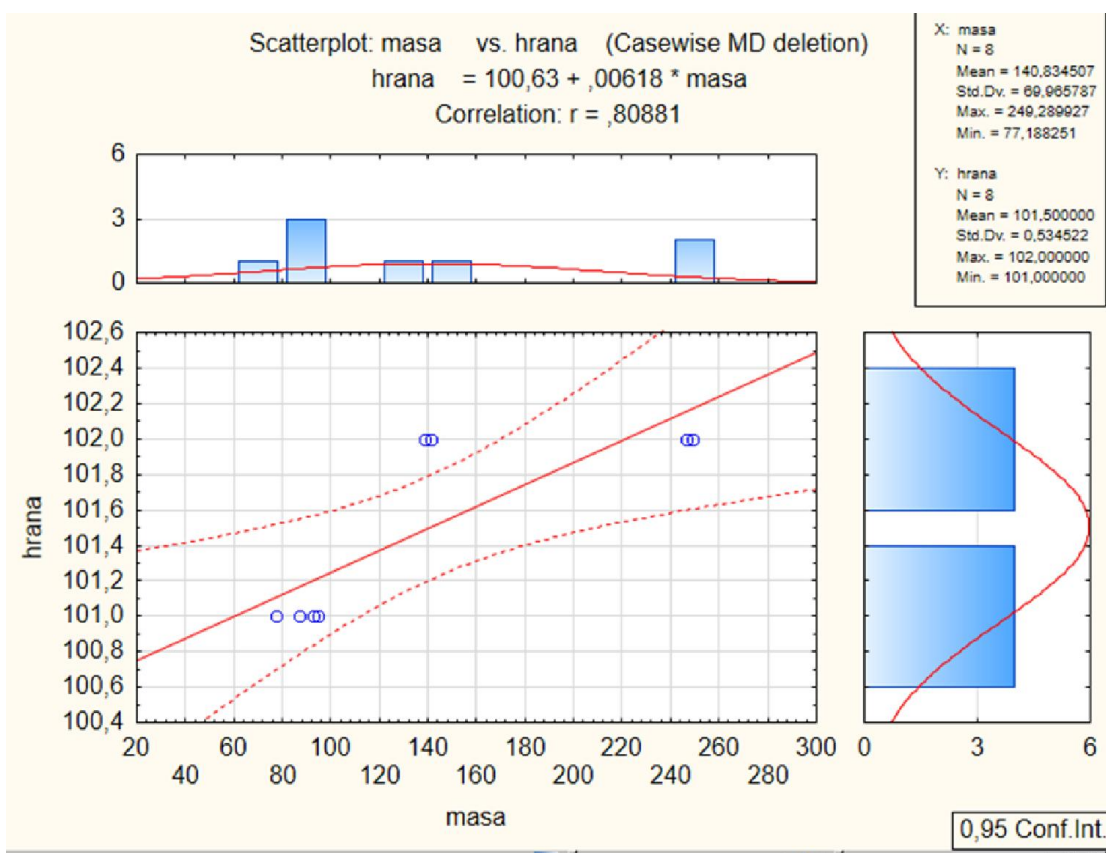
Slika IV. Grafički prikaz srednjih vrijednosti dužine i mase u 9. mjesecu po svim odjeljcima

Tablica V. Srednje vrijednosti dužine i mase u 10. mjesecu u svakom odjeljku

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| bazen | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
| srednja dužina/mm | 41,1 | 40,3 | 39,4 | 40,2 | 38,6 | 38,5 | 45,8 | 44,4 | 43,5 | 45,6 | 44,6 | 42,6 |
| srednja masa/g | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 2,1 | 1,5 | 1,5 | 2,7 | 2,6 | 2,3 | 2,6 | 2,5 | 2,1 |
| bazen | M | N | O | P | R | S | Š | T | U | V | Z | Ž |
| srednja dužina/mm | 37,9 | 36,7 | 37,2 | 35,9 | 34,4 | 34,9 | 37,6 | 39,1 | 37,0 | 37,6 | 40,2 | 42,7 |
| srednja masa/g | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 1,1 | 1,0 | 1,1 | 1,4 | 1,6 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,1 |



Slika V. Grafički prikaz srednjih vrijednosti dužine i mase u 10. mjesecu po svim odjeljcima



Slika VI. Grafički prikaz korelacije temperature i ukupnog prirasta u masi

Tablica VI. Prosječne temperature, zeleno- najviša i najniža plastenik; plavo- najviša i najniža vani

| | | | | | | | | | |
|--------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | average | 15,37222 | 14,78333 | 14,90926 | 14,35 | 13,79259 | 13,71852 | 13,84815 | 14,05926 |
| 6. mj | min | 10,4 | 10,2 | 9,7 | 9,6 | 9,9 | 9,4 | 9 | 9,4 |
| | max | 22,3 | 20,8 | 20,6 | 19 | 19,8 | 19,2 | 20,2 | 20,5 |
| | average | 16,025 | 15,66 | 16,2775 | 16,0325 | 13,22 | 13,2075 | 13,3125 | 13,425 |
| 7. mj | min | 10,5 | 10,4 | 10,4 | 10,5 | 9,4 | 8,5 | 8,5 | 8,2 |
| | max | 19,7 | 19,4 | 19,8 | 19,4 | 17,7 | 17,7 | 18,2 | 18,6 |
| | average | 14,85636 | 14,18364 | 14,68 | 14,51091 | 12,16545 | 12,09636 | 12,27455 | 12,17455 |
| 8. mj | min | 10,3 | 10,4 | 10,1 | 9,9 | 9,5 | 9,3 | 9,1 | 9 |
| | max | 20,9 | 20,6 | 19,9 | 18,9 | 16,5 | 16,4 | 16,8 | 18,1 |
| | average | 11,92373 | 11,91017 | 12,18644 | 11,69661 | 10,83898 | 10,51356 | 10,5678 | 10,58644 |
| 9. mj | min | 8,3 | 8,3 | 8,4 | 8,4 | 7,5 | 6,9 | 6,8 | 7,1 |
| | max | 15,5 | 14,9 | 15,4 | 15 | 14,2 | 13,3 | 13,8 | 13,7 |
| | average | 10,65152 | 10,71667 | 10,79545 | 10,70909 | 9,559091 | 9,666667 | 9,513636 | 9,625758 |
| 10. mj | min | 8,1 | 7,8 | 7,8 | 7,6 | 7,2 | 7,1 | 6,6 | 6,6 |
| | max | 12,1 | 12,3 | 12,6 | 12,7 | 10,7 | 10,8 | 10,9 | 11,1 |

Tablica VII. Srednje vrijednosti, standardne devijacije i raspon vrijednosti indeksa kondicija u ženki (izraženo u postocima); gu-gušći, rj-rjeđi, ME-meso, MR-povrće.

| Tretman | | Hiwet | HM | Miwet | MM |
|-----------------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | | | | | |
| gu/ME/plastenik | average | 4,845715 | 73,31124 | 16,80148 | 80,7861 |
| | sd | 1,606432 | 6,205616 | 3,911279 | 4,362824 |
| | min | 1,606432 | 6,205616 | 3,911279 | 4,362824 |
| | max | 7,177814 | 85,71429 | 24,04274 | 83,58974 |
| 2 | | | | | |
| rj/ME/plastenik | average | 5,018253 | 77,61239 | 16,79241 | 83,03698 |
| | sd | 0,889247 | 4,66366 | 2,433578 | 1,739412 |
| | min | 3,319502 | 68,83117 | 14,41441 | 79,7235 |
| | max | 5,973896 | 83,87097 | 21,31231 | 85,5042 |
| 3 | | | | | |
| gu/MR/plastenik | average | 5,576325 | 71,2384 | 14,98692 | 81,48076 |
| | sd | 1,095186 | 5,916546 | 2,64729 | 1,534677 |
| | min | 3,628349 | 62,22222 | 9,155518 | 78,80184 |
| | max | 7,228916 | 81,3253 | 18,84675 | 83,77823 |
| 4 | | | | | |
| rj/MR/plastenik | average | 3,520766 | 73,92234 | 19,98877 | 82,39922 |
| | sd | 2,060748 | 7,737001 | 1,753494 | 1,628861 |
| | min | 0,454775 | 60,86957 | 16,61428 | 80,46647 |
| | max | 6,842105 | 85,71429 | 22,36504 | 85,78199 |
| 5 | | | | | |
| gu/ME/vani | average | 5,132838 | 68,42281 | 19,27028 | 81,10491 |
| | sd | 1,157932 | 6,593322 | 2,818775 | 1,791438 |
| | min | 2,967033 | 60,75949 | 12,03566 | 78,49057 |
| | max | 6,594324 | 83,90805 | 22,57012 | 85,71429 |
| 6 | | | | | |
| rj/ME/vani | average | 4,154484 | 69,94562 | 16,41961 | 80,80532 |
| | sd | 1,675212 | 13,51595 | 1,157554 | 1,36561 |
| | min | 0,328947 | 36,36364 | 14,91499 | 79,17981 |
| | max | 6,027821 | 100 | 19,23077 | 83,40807 |
| 7 | | | | | |
| gu/MR/vani | average | 5,427686 | 64,68644 | 17,85939 | 80,53282 |
| | sd | 1,612031 | 5,87998 | 3,093137 | 1,68984 |
| | min | 3,113942 | 54,83871 | 13,25251 | 78,23834 |
| | max | 7,72846 | 71,95122 | 22,12087 | 85,1735 |
| 8 | | | | | |
| rj/Mr/vani | average | 4,85242 | 68,72545 | 18,0489 | 80,79319 |
| | sd | 1,72055 | 4,781947 | 2,620166 | 0,965051 |
| | min | 1,428571 | 60,7362 | 14,51672 | 78,50163 |
| | max | 7,239985 | 77,77778 | 23,17979 | 81,90045 |

Tablica VIII. Srednje vrijednosti, standardne devijacije i raspon vrijednosti indeksa kondicija u mužjaka (izraženo u postocima); gu-gušći, rj-rjeđi, ME-meso, MR-povrće.

| Tretman | | Hiwet | HM | Miwet | MM |
|-----------------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | | | | | |
| gu/ME/plastenik | average | 5,741755 | 71,96817 | 18,09779 | 81,71505 |
| | sd | 1,241596 | 6,781486 | 4,12049 | 1,928347 |
| | min | 3,222892 | 59,32203 | 10,21438 | 78,39506 |
| | max | 7,440101 | 84,09091 | 23,37571 | 84,71503 |
| 2 | | | | | |
| rj/ME/plastenik | average | 4,792363 | 78,20444 | 15,52461 | 83,02699 |
| | sd | 0,895032 | 4,313758 | 2,856478 | 1,992441 |
| | min | 3,280225 | 73,23944 | 10,02812 | 79,24528 |
| | max | 5,719163 | 83,95062 | 19,46144 | 85,98131 |
| 3 | | | | | |
| gu/MR/plastenik | average | 6,159481 | 75,67183 | 15,56388 | 82,58643 |
| | sd | 0,786517 | 5,563947 | 2,584594 | 1,945213 |
| | min | 4,611792 | 66,99029 | 11,85055 | 78,54406 |
| | max | 7,780143 | 81,86275 | 19,37294 | 84,91508 |
| 4 | | | | | |
| rj/MR/plastenik | average | 4,290927 | 77,39621 | 19,98765 | 82,92749 |
| | sd | 1,302722 | 5,602463 | 1,080156 | 0,956435 |
| | min | 1,096091 | 65,69767 | 17,37125 | 81,55515 |
| | max | 5,783457 | 85,71429 | 21,37377 | 84,46602 |
| 5 | | | | | |
| gu/ME/vani | average | 5,100293 | 68,24807 | 17,42511 | 80,56194 |
| | sd | 1,151234 | 3,122621 | 2,452395 | 0,706599 |
| | min | 3,244838 | 61,32075 | 13,06483 | 79,04412 |
| | max | 7,095047 | 72,72727 | 20,8463 | 81,48148 |
| 6 | | | | | |
| rj/ME/vani | average | 4,608662 | 70,35466 | 16,93241 | 80,88803 |
| | sd | 1,294285 | 4,671763 | 3,520933 | 1,942717 |
| | min | 2,28967 | 62,7451 | 10,20266 | 77,03704 |
| | max | 6,219427 | 79,06977 | 21,24464 | 83,33333 |
| 7 | | | | | |
| gu/MR/vani | average | 6,017855 | 66,28625 | 17,89294 | 80,69996 |
| | sd | 1,421372 | 6,85867 | 1,622864 | 1,190508 |
| | min | 3,041543 | 49,0566 | 15,55671 | 77,91667 |
| | max | 7,544225 | 74,60317 | 22,04969 | 82,39437 |
| 8 | | | | | |
| rj/Mr/vani | average | 5,836976 | 66,28684 | 17,46046 | 80,64894 |
| | sd | 1,235667 | 4,598262 | 1,939142 | 1,216039 |
| | min | 3,547297 | 59,91561 | 14,43149 | 78,39196 |
| | max | 7,436461 | 74,2515 | 21,02273 | 83,02583 |

8. ŽIVOTOPIS

Rođena sam 17. travnja 1986. godine u Zagrebu gdje sam završila osnovnu i srednju školu (opća gimnazija). Godine 2005. upisala sam preddiplomski studij Biologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu. Tijekom preddiplomskog studija bila sam aktivna članica Hrvatskog herpetološkog društva - Hyla s kojim sam surađivala na brojnim projektima. Godine 2012. upisala sam diplomski studij- Eksperimentalna biologija (modul Zoologija).

Rezultate dosadašnjih istraživanja objavila sam u četiri kongresna priopćenja prikazana na domaćim i međunarodnim znanstvenim skupovima.

SAŽECI U ZBORNICIMA SKUPOVA:

1. Jelić D.; Basta J., Marchand M. A., Szövényi G. (2009) Prilog poznavanju rasprostranjenosti ivanjskog rovaša (*Ablepharus kitaibelii* Bibron & Bory, 1833) u Hrvatskoj. Zbornik sažetaka, 10. Hrvatski biološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem, 14.-20. rujna 2009., Osijek. Besendorfer V., Kopjar N., Vidaković-Cifrek Ž., Tkalec M., Bauer N., Lukša Ž. (ur.). Zagreb: Četiri boje d.o.o. 171-172.
2. Jelić D., Kuljerić M., Janev-Hutinec B., Mekinić S., Treer D., Basta J., Koren T., Burić I. (2009) Biodiversity and conservation of Amphibians and Reptiles in Croatia. Book of abstracts 2nd European Congress of Conservation Biology. Prag, Czech University of Life Sciences. 132-132.
3. Jelić D., Kuljerić M., Janev-Hutinec B., Mekinić S., Treer D., Basta J., Koren T., Burić I. (2009) Distribution and species richness of Croatian herpetofauna with remarks on conservation status. Book of Abstracts from 15th European Congress of Herpetology, Kusadasi, Turkey; Olgun, K.; Türkozan, O. (ur.). Kuşadasi, Aydın. 181-181.
4. Šalamon D., Šilić T., Basta J., Burić I. (2009) Assessing anuran biodiversity in Baranja region (Croatia) using local volunteers trained in amphibian audio monitoring and road kill determination. 2nd European Congress of Conservation Biology Conservation biology and beyond: from science to practice Book of Abstracts Pullin, A.; Dieterich, M. (ur.). Prag: Czech University of Life Sciences Faculty of Environmental Sciences, Czech Republic. 215-215.