

UNIVERZA NA PRIMORSKEM  
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN  
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

ZAKLJUČNA NALOGA

VPLIV SLANOSTI NA KONDICIJO SOLINARKE  
(*Aphanius fasciatus*) IN GAMBUZIJE (*Gambusia  
holbrooki*) V ŠKOCJANSKEM ZATOKU IN NJUNE  
INTERAKCIJE V LABORATORIJSKIH POGOJIH

LUKA PRELOŽNIK

UNIVERZA NA PRIMORSKEM  
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN  
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Zaključna naloga

**Vpliv slanosti na kondicijo solinarke (*Aphanius fasciatus*) in  
gambuzije (*Gambusia holbrooki*) v Škocjanskem zatoku in  
njune interakcije v  
laboratorijskih pogojih**

(Influence of salinity on condition of Mediterranean killifish (*Aphanius fasciatus*) and eastern mosquitofish (*Gambusia holbrooki*) in Škocjanski zatok and their interactions in laboratory conditions)

Ime in priimek: Luka Preložnik  
Študijski program: Varstvena biologija  
Mentor: prof. dr. Lovrenc Lipej  
Somentor: dr. Manja Rogelja

Koper, september 2022

## Ključna dokumentacijska informacija

Ime in PRIIMEK: Luka PRELOŽNIK

Naslov zaključne naloge: Vpliv slanosti na kondicijo solinarke (*Aphanius fasciatus*) in gambuzije (*Gambusia holbrooki*) v Škocjanskem zatoku in njune interakcije v laboratorijskih pogojih

Kraj: Koper

Leto: 2022

Število listov: 55

Število slik: 27

Število tabel: 5

Število referenc: 80

Mentor: prof. dr. Lovrenc Lipej

Somentor: dr. Manja Rogelja

Ključne besede: solinarke, gambuzija, Fultonov kondicijski indeks, kompeticija, slanost

Izvleček:

Gambuzija je zaradi izjemne prilagodljivosti in agresije zelo uspešna invazivna vrsta. Čeprav je sladkovodna vrsta, je sposobna tolerirati visoke slanosti. Iz sladkih vod se je razširila v brakične, kjer prihaja do interakcij in kompeticije z avtohtonimi vrstami kot je solinarke. Zaradi podobnih velikosti prihaja med vrstama do kompeticije za hrano in prostor, kar se odraža v neposrednih agresivnih dejanjih. Raziskave kažejo, da prisotnost gambuzije negativno vpliva na domorodne zobate krapovce. Ti so se začeli umikati v vode z višjo slanostjo, kjer je gambuzija manj kompetitivna.

Prvi del raziskave temelji na biometričnih podatkih 647 solinark in 672 gambuzij ujetih na šestih različnih lokacijah v Škocjanskem zatoku. Iz podatkov sem izračunal Fultonov kondicijski indeks, ki je pokazatelj splošnega fizičnega stanja rib. V drugem delu sem z laboratorijskimi poskusi primerjal stopnjo agresivnosti in kompeticije za hrano obeh vrst pri različnih slanostih. Ugotovil sem da ima gambuzija pri slanosti 30 do 40 nižji kondicijski indeks kot solinarke. Pri višji slanosti je manj agresivna in kompetitivna. Vpliv slanosti na vedenje solinarke ni bil opažen.

### Key document information

Name and SURNAME: Luka PRELOŽNIK

Title of the final project paper: Title of the final project paper: Effect of salinity on condition of Mediterranean killifish (*Aphanius fasciatus*) and eastern mosquitofish (*Gambusia holbrooki*) in Škocjanski zatok and their interactions in laboratory conditions

Place: Koper

Year: 2022

Number of pages: 55

Number of figures: 27

Number of tables: 5

Number of references: 80

Mentor: Prof. Lovrenc Lipej, PhD

Co-Mentor: Manja Rogelja, PhD

Keywords: mediterranean killifish, eastern mosquitofish, Fulton's condition factor, competition, salinity

Abstract: Eastern moquitofish is considered very successful invasive species due to its high adaptability and agresiveness. Despite being a freshwater species, it is capable of tolerating high levels of salinity. It has spread from freshwater bodies to brackish ones, where it interacts and competes with native species, such as Mediterranean killifish. Because of the similar size between species, they compete for food and space which is also evident in direct aggressive interactions. Research shows that the presence of mosquitofish has negative impact on the survival rate of native toothed carps. The latter have started to withdraw to waters with higher salinity, where mosquitofish is less competitive.

The first part of this research is dealing with biometrical data of 647 speciments of the Mediterranean killifish and 672 sepcimens of eastern mosquitofish, which were caught in six different location in Škocjanski zatok. Based on this data I have calculated Fulton's condition factor, which shows general wellbeing of fish. In second part I have compared level of aggression and food competition at different salinities in laboratory, I have confirmed that mosquitofish has a lower condition factor than mediterranean killifish at salinity 30 to 40. Higher salinity also lowers its aggressive behaviour and competitivnes. Effects of salinity on behaviour of mediterranean killifish were not observed.

## ZAHVALA

Najlepša mojemu mentorju, prof. dr. Lovrencu Lipeju, ki je privolil, da bo moj mentor. Usmerjal me je pri terenskih vzorčenjih in ustvarjanju zaključne naloge ter si našel čas zame tudi med svojim dopustom. Z njegovim mentorstvom mi je omogočil prve korake na področju znanstvenih raziskav v ihtiologiji, ki me zanima že od majhnega in je razlog, da sem se odločil za študij varstvene biologije. Z nasveti mi je veliko pomagal dr. Domen Trkov, za kar se mu najlepše zahvaljujem. Rad bi izrazil zahvalo tudi Leonu Zamudi, ki je z Domnom tudi sodeloval pri nekaterih vzorčenjih.

Prisrčna hvala moji somentorici, dr. Manji Rogelja za pomoč pri načrtovanju in izvedbi eksperimentalnega dela naloge. Kot strokovni vodja Akvarija Piran mi je omogočila uporabo vsega potrebnega materiala za izvedbo poskusov. Pri delu mi je pomagal tudi akvarijski delavec Gorazd Lazar, za kar se mu prav tako zahvaljujem.

Poleg pomoči pri zaključni nalogi bi se rad zahvalil tudi za številne potope, ki sta mi jih omogočila, ko sem v Akvariju opravljal študijsko prakso in tudi kasneje. S tem sta mi omogočila neprecenljive izkušnje na terenu, ki so me še dodatno navdušile za morsko biologijo.

Hvala vodji Škocjanskega zatoka Borutu Mozetiču, za dovoljenje za vzorčenje in uporabo njihove infrastrukture, kjer sem opravil meritve. Hvala tudi ostalim zaposlenim, ki so mi bili pripravljeni pomagati.

Hvala dr. Martini Orlando Bonaca in Ani Lokovšek za pomoč pri določanju vzorcev alg.

Hvala družini in vsem prijateljem, ki so mi stali ob strani in me spodbujali, ko so bili trenutki najtežji. Posebej bi se zahvalil staršem, ki so me podpirali moralno in finančno in so mi bili vedno pripravljeni priskočiti na pomoč.

**KAZALO VSEBINE**

1	UVOD.....	1
1.1	Problem invazivnih vrst in kompeticije .....	1
1.2	Biološke značilnosti gambuzije .....	1
1.2.1	Invazivnost gambuzije .....	2
1.3	Biološke značilnosti solinarke .....	3
1.3.1	Ogroženost solinarke .....	3
1.4	Vpliv slanosti na interakcije med gambuzijo in solinarko .....	4
1.5	Cilji raziskovalne naloge .....	4
2	MATERIALI IN METODE DELA .....	5
2.1	Opis lokacije vzorčenja .....	5
2.2	Vzorčenje .....	5
2.3	Laboratorijski poskus .....	7
2.4	Obdelava podatkov .....	9
3	REZULTATI .....	10
3.1	Opredelitve lokacij vzorčenja.....	10
3.2	Biometrija gambuzije.....	15
3.2.1	Telesna dolžina.....	15
3.2.2	Telesna teža.....	16
3.2.3	Kondicijski indeks .....	18
3.2.4	Razmerje med spoli .....	19
3.2.5	Razmerje med telesno dolžino in težo .....	20
3.3	Biometrija solinarke.....	21
3.3.1	Telesna dolžina.....	21
3.3.2	Telesna teža.....	23
3.3.3	Kondicijski indeks .....	25
3.3.4	Razmerje med spoloma.....	26
3.3.5	Razmerje med telesno dolžino in težo .....	27
3.4	Interakcije med gambuzijo in solinarko.....	28
3.4.1	Opazovanje na terenu .....	28
3.4.2	Interakcije v laboratoriju.....	29
4	DISKUSIJA .....	32
4.1	Kritika izbrane metodologije.....	32
4.1.1	Metoda vzorčenja .....	32
4.1.2	Laboratorijski poskus.....	32
4.2	Kondicijski indeks .....	33
4.3.1	Kondicijski indeks gambuzij.....	33
4.3.2	Kondicijski indeks solinark.....	34

---

4.3	Biometrija.....	35
4.3.1	Gambuzija .....	35
4.3.2	Biometrija solinark .....	36
4.4	Interakcije v laboratoriju .....	37
4.5	Naravovarstvene smernice .....	37
5	ZAKLJUČEK .....	39
6	LITERATURA IN VIRI.....	40

## **KAZALO PREGLEDNIC**

Tabela 1: Opredelitev lokacij z vidika nekaterih fizikalno-kemijskih parametrov. ....	10
Tabela 2: Opredelitev lokalitet z vidika nekaterih ekoloških parametrov. ....	10
Tabela 3: : Telesna dolžina (mm) in teža (g) gambuzij, uporabljenih v eksperimentu. ....	30
Tabela 4: Telesna dolžina (mm) in teža (g) solinark, uporabljenih v eksperimentu. ....	31
Tabela 5: Povprečni kondicijski indeksi gambuzij in solinark.....	35



## KAZALO SLIK IN GRAFIKONOV

Slika 1: Obravnavano območje Škocjanskega zatoka, z označenim sladkovodnim delom (I), osrednjo laguno (II) in položji ter kanali med njimi (III). Vir: <a href="https://www.skocjanski-zatok.org/">https://www.skocjanski-zatok.org/</a> .....	5
Slika 2: Prikaz lokacij vzorčenja na zemljevidu. Vir: <a href="https://earth.google.com/web/">https://earth.google.com/web/</a> .....	7
Slika 3: Postavitev akvarijev, od leve proti desni si sledijo akvariji slanosti 10, 20, 30 in 40. Foto: Luka Preložnik.....	9
Slika 4: Lokacija 1, bazen z dotokom. Foto: Luka Preložnik .....	11
Slika 5: Dotok vode v lokacijo 1. Foto: Luka Preložnik.....	12
Slika 6: Lokacija 2, kanal s slabo pretočnostjo. Foto: Luka Preložnik.....	12
Slika 7: Lokacija 3, kanal s srednje dobro pretočnostjo. Foto: Luka Preložnik.....	13
Slika 8: Lokacija 4, kanal s slabo pretočnostjo. Foto: Luka Preložnik.....	13
Slika 9: Lokacija 5, kanal z zelo dobro pretočnostjo. Foto: Luka Preložnik .....	14
Slika 10: Lokacija 6, kanal s slabo pretočnostjo. Foto: Luka Preložnik.....	14
Slika 11: Velikostni razredi telesne dolžine (v mm) primerkov gambuzij na šestih vzorčenih lokacijah. ....	16
Slika 12: Povprečne vrednosti telesne dolžine samic (modro) in samcev (oranžno) gambuzij na šestih vzorčenih lokacijah.....	16
Slika 13: Velikostni razredi telesne teže (v g) primerkov gambuzij na šestih vzorčenih lokacijah. ....	17
Slika 14: Velikostni razredi telesne teže (v g) primerkov gambuzij na šestih vzorčenih lokacijah. ....	18
Slika 15: Povprečne vrednosti kondicijskega indeksa samic (modro) in samcev (oranžno) gambuzij na šestih vzorčevalnih lokacijah.....	19
Slika 16: Število samic (modra), samcev (rdeča) in juvenilnih osebkov (siva) gambuzij na posameznih vzorčenih lokacijah.....	20
Slika 17: Razmerje med telesno dolžino (mm) in telesno težo (g) primerkov gambuzij na šestih vzorčenih lokacijah. ....	21
Slika 18: Velikostni razredi telesne dolžine (v mm) primerkov solinark na šestih vzorčenih lokacijah .....	22
Slika 19: Povprečne vrednosti telesne dolžine samic (modro) in samcev (oranžno) solinark na šestih vzorčenih lokacijah.....	23
Slika 20: Velikostni razredi telesne teže (v g) primerkov solinark na šestih vzorčenih lokacijah. ....	24
Slika 21: Povprečne vrednosti telesnih tež samic (modro) in samcev (oranžno) solinark na šestih vzorčenih lokacijah. ....	25
Slika 22: Povprečne vrednosti kondicijskega indeksa samic (modro) in samcev (oranžno) solinark na šestih vzorčenih lokacijah. ....	26

---

Slika 23: Število samic (modra), samcev (rdeča) in juvenilnih osebkov (siva) solinarke na posameznih vzorčenih lokacijah.....	27
Slika 24: Razmerje med telesno dolžino (mm) in telesno težo (g) primerkov solinarke na šestih vzorčenih lokacijah. ....	28
Slika 25: Interakcije med solinarke in gambuzije, ločene tudi po spolu. Pred pomišljajem so napadalci, za pomišljajem pa napadeni. Legenda: S(F) - solinarke (samice), S(M) solinarke (sameci), G(F) gambuzija (samice) in G(M) gambuzija (sameci).....	29
Slika 26: Primerjava plenilske uspešnosti obeh raziskanih vrst v različnih slanostnih razmerah. ....	30
Slika 27: Povprečne vrednosti kondicijskega indeksa za gambuzije (modro) in solinarke (rdeča). ....	35

## 1 UVOD

### 1.1 Problem invazivnih vrst in kompeticije

Invazivne vrste so tujerodne vrste, katerih prisotnost povzroča ali je verjetno da bo povzročila ekonomsko ali ekološko škodo v določenem ekosistemu, ali pa so nevarne za človeško zdravje (National Invasive Species Council, 2022). Biotska homogenizacija in izumiranje domorodnih vrst zaradi vnosa tujerodnih vrst sta danes prepoznana kot pomembni dejavniki za upad biodiverzitete, predvsem v sladkovodnih ekosistemih (Mack in sod. 2000; Holway in Suarez, 2006; Marchetti in sod. 2006). Vnos tujerodnih vrst ima velik vpliv na ekosistemske procese, kar lahko povzroči tudi ekonomsko škodo (Mack in sod. 2000; Lake in Leishman 2004). Ob prihodu tujerodnih vrst pride do medvrstne kompeticije z domorodnimi vrstami za omejene vire, npr. hrano, mesto za gnezdenje in prostor (Ward in sod. 2006; Borcharding in sod. 2019). Takšna kompeticija je omejujoč dejavnik, saj privede do sprememb v gonilu naravne selekcije s tem, da vpliva na obnašanje osebkov, njihovo zdravje in kondicijo, razmnoževalni uspeh in sposobnost preživetja (Munday 2001; Ward in sod. 2006). Tujerodne vrste lahko izpodrinejo eno ali več domorodnih vrst, kar vpliva na ekosistemske procese. Takšne spremembe v ekosistemski dinamiki lahko imajo kaskadni vpliv na druge vrste in povzročijo izumiranje vrst (Ehrenfeld in Scott 2001).

Invazivne vrste so problematične predvsem v sladkovodnih in brakičnih ekosistemih (Dudgeon in sod. 2006; Miqueleiz in sod. 2020). Mokrišča, kot so začasna močvirja, ribniki, jarki, počasi tekoči potoki in kanali, so ekosistemi z občutljivim in kompleksnim ravnotežjem. Zanje je značilno, da pritok vode sezonsko močno niha in je pogosto nepredvidljiv (Gardner in sod. 2015).

### 1.2 Biološke značilnosti gambuzije

V Novem svetu živita dve ozko sorodni vrsti gambuzije in sicer vzhodnoameriška gambuzija *Gambusia holbrooki* (Girard, 1859) in zahodnoameriška gambuzija *Gambusia affinis* (Baird in Girard, 1853). Vzhodnoameriška gambuzija, ki je predmet te naloge, je majhna riba z izrazito spolno dvoličnostjo. Samci imajo zunanji spolni organ gonopodij. To je v cevast organ modificirana analna plavut, ki služi za prenos sperme v urogenitalno odprtino samice (Constantz 1989). Samci so manjši in zrastejo do 35 mm, samice pa do 80 mm (Doadrio 2002). V naravi je razmerje med spoloma zamaknjeno v prid samic zaradi različne stopnje preživelosti med spoloma (Snelson 1989; Vargas in De Sostoa 1996). Je živородna, z notranjo oploditvijo. Zarodki se razvijajo znotraj materinega telesa in se rodijo kot majhne, prosto plavajoče ribe (Wourms 1981). Oba spola sta podvržena letnim razmnoževalnim ciklom z izrazito sezono parjenja. Ta večinoma traja od sredine pomladi do sredine jeseni, z viškom v poletju (Pyke 2005). Obdobje brejosti je 21 do 28 dni, samice pa imajo od 30 do

50 potomcev, včasih tudi 100 (Meffe & Snelson 1989). Je kratko živeča vrsta in redko dočaka več kot 2 leti (Alcaraz 2006). V ugodnih pogojih lahko spolno zrelost dosežejo že pri dveh mesecih starosti (Doadrio 2002).

So omnivorne, vendar imajo raje živalsko hrano (Meffe in Snelson 1989). Hranijo se z žuželkami in pajki, ki pristanejo na vodni gladini ali padejo v vodo, raki (Crustacea), mnogoščetinci (Polychaeta), mehkužci (Mollusca), larvami in bubami vodnih žuželk, algami, diatomejami in drugimi rastlinami ter manjšimi ribami, tako lastne kot drugih vrst. (Crivelli in Boy 1987; Arthington 1989a; Arthington in Marshall 1999; Garcia-Berthou 1999).

Gambuzije naseljujejo širok spekter različnih habitatov. Lahko uspevajo v zelo različnih fizičnih, kemičnih in bioloških pogojih (Rees 1958; Lloyd in sod. 1986; Hubbs 2000). Tolerirajo lahko velike spremembe okoljskih parametrov, kot so temperature med 5 in 38° C in slanost med 0 in 41 ‰ (Pyke 2005; Kottelat in Freyhof 2007). Opazovali so prezimitveno obnašanje, kot na primer umik v globljo vodo in zakopavanje v mulj (Pyke 2005). Na ta način lahko preživijo zamrzovanje bazenov in druge neugodne okoliščine (Lloyd 1984).

V Sloveniji je razširjena v njenem obmorskem delu in sicer v jezeru v Fiesi pri Piranu, v kanalih Bertoške bonifike in Škocjanskem zatoku (Povž in sod. 2015).

### 1.2.1 Invazivnost gambuzije

Gambuzija je domorodna vrsta v Severni Ameriki in Mehiki, vendar pa je bila v začetku 20. stoletja vnesena v več kot 50 držav po svetu (García-Berthou in sod. 2005) z namenom uravnavanja populacij komarjev in z njimi povezane malarije (Krumholz 1948). Na prostor današnje Slovenije je bila s tem namenom vnesena leta 1927. Danes je gambuzija uvrščena na seznam 100 najbolj invazivnih vrst na svetu po GISP (Global Invasive Species Programme, 2022).

Ugotovili so, da lahko gambuzija povzroča upad populacij ali celo lokalno izumrtje avtohtonih dvoživk (Hamer in sod. 2002; Kats in Ferrer 2003) in majhnih domorodnih rib (Courtenay in Meffe 1989; Mills in sod. 2004). Vzroki za to so plenilski pritisk gambuzij na jajca in ličinke, tekmovalno obnašanje za hrano in motenje obnašanja domorodnih vrst (Arthington in Lloyd 1989; Rincón in sod. 2002; Mills in sod. 2004). Z laboratorijskimi raziskavami so dokazali, da prisotnost gambuzije negativno vpliva na preživelost dveh vrst domorodnih zobatih krapovcev in sicer *Aphanius iberus* in *Valencia hispanica*. Kot glavni vzrok so navedli izključevalne motnje, ki se kažejo v zmanjšanju ali odsotnosti hranjenja obeh vrst (Caiola in Sostoa 2005).

Vedejo se zelo agresivno, tako do drugih vrst kot do osebkov lastne vrste (Courtenay in Meffe 1989). Takšno vedenje vključuje grizenje, fizično odiranje in zaletavanje (Caldwell

in Caldwell 1962; Meffe in sod. 1983; Meffe 1985; Lloyd in sod. 1986). V naravi so opazovali, da gambuzije napadajo ribe, tudi večje od sebe. Grizejo in trgajo kose plavuti in drugih telesnih delov (Lloyd in sod. 1986; Arthington, 1989b).

### 1.3 Biološke značilnosti solinarke

Solinarka (*Aphanius fasciatus*) je majhna riba iz družine zobatih krapovcev (Cyprinodontidae). Zanj je značilna izrazita spolna dvoličnost, še posebej v času parjenja, ko so samci močno obarvani (Kiener in Shachter 1974). Samci imajo navpične zlate črte, med katerimi so ozke srebrne črte. Hrbtna in repna plavut imata na zgornji strani črno obrobo. Obarvanost samic je manj izrazita, z 10-14 navpičnimi črnimi progami in majhnimi črnimi pegami na korenu repne plavuti. Druge plavuti so prozorne. Samice so večje, zrastejo do 70 mm, samci pa do 60 mm. Razmerje med spoloma je v prid samic (Leonardos in Sinis 1998; 1999; Maitland 2000; Doadrio 2002).

So oviparne, z zunanjo oploditvijo. Sezona drsti traja od aprila do septembra. Pri vsakem razmnoževanju odložijo do 500 jajčec, spolno zrelost pa dosežejo v nekaj mesecih, pri dolžini manj kot 2 cm. (Leonardos 2008).

So omnivorne, prehranjujejo se z raki kot so postrance (Amphipoda), deseteronožci (Decapoda), ceponožci (Copepoda), enakonožci (Isopoda), dvoklopniki (Ostracoda), solinskimi rakci (rod *Artemia*), polži (Gastropoda), školjkami (Bivalvia), jajčeci in ličinkami raznih nevretenčarjev ter kremenastimi algami (Leonardos, 2008).

Pogoste so v lagunah, slanih mokriščih in plitvih brakičnih vodah, poraščenih z vegetacijo (Maitland 2000). Naseljevale naj bi tudi sladke vodotoke, a je njena prisotnost danes omejena na brakična in hipersalina območja. Je endemit Sredozemskega morja, razširjena po celotnem Sredozemskem bazenu, razen na skrajnem vzhodnem in zahodnem delu, kjer jo nadomeščata sorodni vrsti *Aphanius iberus* (Valenciennes 1846) in *Aphanius dispar* (Rüppell 1829) (Leonardos in Sinis 1997). Spada med najbolj evritermne in evrihaline vrste Sredozemskega morja. Lahko tolerira temperaturni razpon od 4 do 40° C in slanost med 10 in 80 (Leonardos. 1996).

V Sloveniji jo najdemo v Sečoveljskih solinah, Strunjanskih solinah in laguni Stjuži ter Škocjanskem zatoku (Lipej in sod. 2006).

#### 1.3.1 Ogroženost solinarke

Solinarka je opredeljena kot manj ogrožena vrsta (least concern) na seznamu Mednarodne zveze za Varstvo narave (International Union for Conservation of Nature). Omenjena je v Bernski konvenciji (konvencija o ohranjanju rastlinstva in živalstva ter naravnih območij Evrope; Aneks II in III) in Habitatni direktivi (direktiva o ohranjanju naravnih habitatov in divjih rastlin ter živali v Evropski uniji; Aneks II).

V Sloveniji so za njeno varstvo določena območja znotraj omrežja Natura 2000, kamor spadajo Sečoveljske soline in estuarij reke Dragonje, Strunjanske soline z laguno Stjuža in Škocjanski zatok (Lipej in sod. 2015).

Kot glavni vzrok za njeno ogroženost navajajo degradacijo in onesnaženje, uničevanje in krčenje solin in drugih habitatov ter vnos tujerodnih vrst. Med slednjimi so najbolj pomembne gambuzije, ki nadomeščajo domorodne krapovce v sladkih in oligosalinih vodah (García-Berthou in Moreno-Amich 1992; Bianco 1995).

#### **1.4 Vpliv slanosti na interakcije med gambuzijo in solinarko**

Slanost pogosto omenjajo kot omejitveni dejavnik vpliva in razširjenosti gambuzije (Bianco 1995; Nordlie in Mirandi 1996; Kandl 2001), območja s povišano slanostjo pa delujejo kot refugij za domorodne vrste (Monti in sod. 2021). Opazovali so, da se sredozemski domorodni zobati krapovci večinoma nahajajo v polihalinih, evhalinih in hipersalinih vodah, medtem ko gambuzije zasedajo praktično vsa življenjska okolja z znižano slanostjo, kjer so nadomestile domorodne zobate krapovce. Ker je solinarke bolj evrihalina od gambuzije, je vpliv povišane slanosti na aktivnost slednje večji. V primerjavi s solinarko se njena aktivnost močno zmanjša, kar privede do manj agresivnega obnašanja in količine ujetega plena (Alcaraz in sod. 2008).

#### **1.5 Cilji raziskovalne naloge**

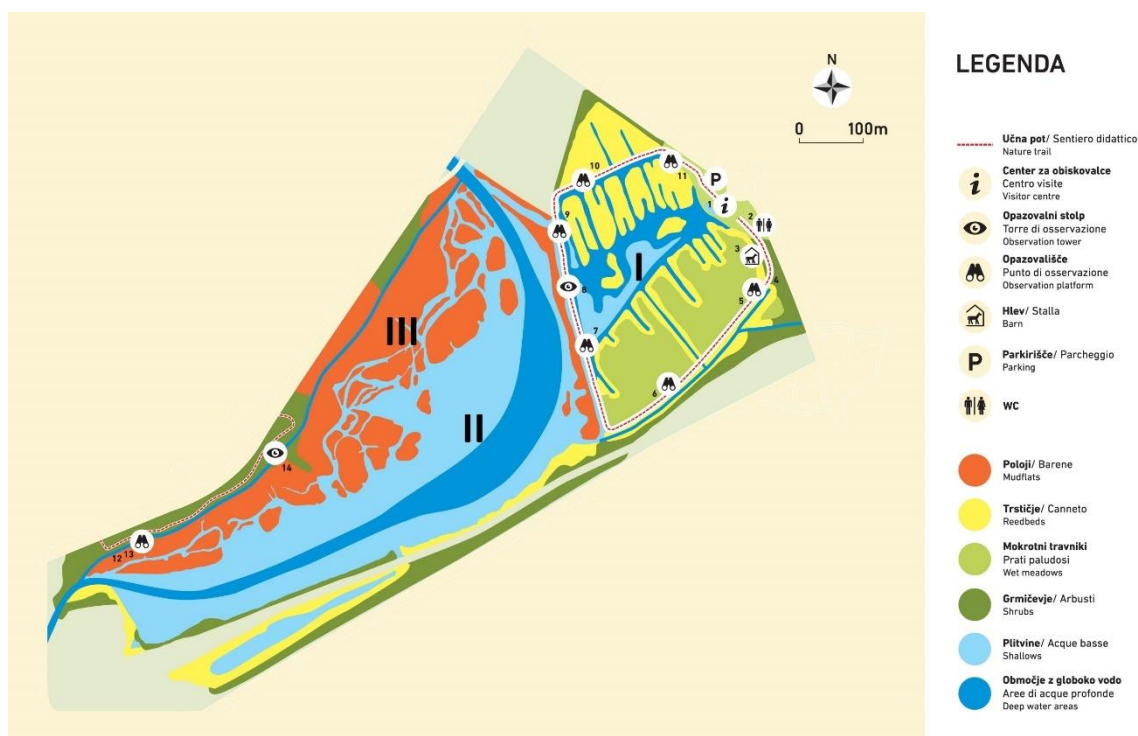
Cilji raziskovalne naloge so ugotoviti, kako slanost vpliva na kondicijo gambuzije in solinarke na območju Škocjanskega zatoka in ju s tega vidika primerjati med seboj. Postavili smo hipotezo, da bo imela gambuzija na lokacijah z nižjo slanostjo boljši kondicijski indeks od solinarke. Obratno bo na lokacijah z višjo slanostjo solinarke kompetitivno uspešnejša pri izrabi okoljskih virov.

Dodatno sem opravil laboratorijski poskus, ki je potekal v prostorih Akvarija Piran. Cilj je bil pokazati, kako slanost vpliva na interakcije med gambuzijo in solinarko ter uspešnost plenjenja v izbranih okoljskih razmerah. Postavili smo hipotezo, da bo gambuzija pri nižji slanosti bolj agresivna do solinarke in bo ujela več plena. Obratno bo pri višji slanosti solinarke kompetitivno bolj uspešna.

## 2 MATERIALI IN METODE DELA

### 2.1 Opis lokacije vzorčenja

Škocjanski zatok je 122 ha veliko območje, zaščiteno kot naravni rezervat (Uredba o Naravnem rezervatu Škocjanski zatok), obenem pa ima tudi status ekološko pomembnega območja (Uredba o ekološko pomembnih območjih), območja Natura 2000 (Uredba o posebnih varstvenih območjih) in naravne vrednote (Pravilnik o določitvi in varstvu naravnih vrednot). Čeprav je najbolj znan kot življenjsko okolje za številne vrste ptic, je pomemben tudi z vidika območja, bogatega z ribjimi populacijami. Sestavljata ga sladkovodni in brakični del, s slanostjo od 10 do 27,5 (ZZRS, 2014). Gambuzija naseljuje sladkovodni del, v brakičnem pa se pojavlja skupaj s solinariko. Tu prihaja do interakcij med vrstama.



Slika 1: Obravnavano območje Škocjanskega zatoka, z označenim sladkovodnim delom (I), osrednjo laguno (II) in poloji ter kanali med njimi (III). Vir: <https://www.skocjanski-zatok.org/>

### 2.2 Vzorčenje

Vzorčenje je potekalo na 6 lokacijah v Škocjanskem zatoku od 14. avgusta do 22. septembra 2021. Lokacije so prikazane na sliki 2. Na vsaki lokaciji sem vzel vzorec vode za analizo slanosti, izmeril temperaturo in globino. Vsako lokacijo sem fotografiral. Na lokacijah vzorčenja sem popisal določene parametre. Na ta način sem poskusil oceniti kvaliteto habitata za solinarke in gambuzije. Uporabil sem podobne parametre in kriterije kot so jih

uporabili Lipej in sod. (2015) v poročilu o monitoringu solinarke. Slanost sem izmeril z refraktometrom po končanem vzorčenju. Globino sem izmeril s palico in nato z metrom odčital vrednost. Temperaturo sem izmeril z elektronskim termometrom. Vzel sem tudi vzorce vegetacije, ki sta jih določili specialistki za morsko floro iz Morske biološke postaje. Na vsaki lokaciji sem ujel približno 100 primerkov solinarke in gambuzije. Skupno sem ujel in analiziral 647 primerkov solinark in 672 primerkov gambuzij. Podatki o lokacijah in številu vzorčenih primerkov so prikazani v Tabeli 1. Za lov sem uporabil mrežo za površinski lov in mrežo za izlov rib v vegetaciji. Ujete ribe sem shranil v vedru in jih odnesel do centra za obiskovalce Škocjanskega zatoka. Izmeril sem celotno dolžino (TL) na 0,01 cm natančno in stehtal telesno težo na 0,01 g natančno. Ribe sem izmeril z digitalnim kljunastim merilom ( in stehtal z digitalno tehtnico ter jim določil spol glede na obarvanost telesa (solinarke) ali prisotnost gonopodija (gambuzija). Ker pri manjših primerkih nisem uspel določiti spola, sem izbral arbitrarno velikostno mejo 18 mm. Ribe, ki so bile manjše od 18 mm, sem označil kot nedorasle (juvenilne). Pri gambuzijah sem označil samice, ki so imele mladiče, saj so bili njihovi trebuh močno napihnjani. Delal sem karseda nedestruktivno. Gambuzije sem shranjeval v sladki vodi, solinarke pa v morski. V času meritev sem v posode z ribami vpihoval zrak z zračno črpalko. Po končanih meritvah sem ribe izpustil na isti lokaciji, kjer sem jih ujel. Na podlagi telesne dolžine in teže sem izračunal Fultonov kondicijski indeks:

$$KI = (W / L^3) \times 100000$$

pri čemer je K je kondicijski indeks, W teža osebka (g) in L dolžina osebka (mm) (Fulton, 1904).

Kondicijski faktor določajo parametri kot so stres, količina hrane, spol, letni čas in kvaliteta vode (Unlu in sod. 2000). Fultonov kondicijski indeks upošteva razmerje med telesno dolžino in težo in tako omogoča razumevanje kondicije rib.





Slika 2: Prikaz lokacij vzorčenja na zemljevidu. Vir: <https://earth.google.com/web/>

## 2.3 Laboratorijski poskus

V laboratoriju sem poskusil ugotoviti, kako slanost vpliva na interakcije med gambuzijo in solinarke. V ta namen sem pripravil 4 akvarije z različno slanostjo vode in sicer 10, 20, 30 in 40. Prostornina posameznega akvarija je bila 12 litrov. Njihova postavitev je prikazana na sliki 14. Željene slanosti sem dosegel z redčenjem morske vode s sladko iz vodovoda. Vsak drugi dan pa sem zamenjal polovico vode v vseh akvarijih. To sem naredil, da bi ohranil kvaliteto vode, saj v akvarijih ni bilo filtrirnih naprav, le zračni kamen za dovajanje zraka. Vodo sem vedno pripravil en dan pred menjavo, tako da je bila njena temperatura konstantnih 24°C. Preverjal sem jo z alkoholnim termometrom.

Akvarije sem oblepil z belim papirjem, da rib ne bi motilo zunanje okolje. Na sredini akvarija sem postavil neprozorno pregrado, ob kateri sem postavil simulacijo vodne vegetacije, izdelane iz bambusovih listov in kamnov. Uporabil sem šest primerkov solinarke in šest gambuzij, po tri samce in tri samice. Razporedil sem jih tako, da so bile solinarke na eni strani pregrade, gambuzije pa na drugi. Tako do interakcij ni prišlo, razen v času snemanja, ko sem pregrado umaknil. Po končanem snemanju sem ribe premestil vsako na svojo stran pregrade.

Pri izbiri rib v akvarijih sem skrbno izbral osebk, ki so si bili po velikosti karseda podobni. Ves čas poskusa sem uporabljal iste osebk. Obe vrsti sta bili ujeti pri slanosti 31. Aklimatizacija na slanost je trajala 48 ur, v tem času so bile vrste ločene. V slanost 20, 30 in 40 so bile prestavljene direktno. Po 24 urni aklimatizaciji na slanosti 20 sem jih prestavil še na slanost 10. Ob tem sem osebk prestavil v akvarije, da so se prilagodili na fizično okolje

v akvariju. Na slanosti 10 so bile še 24 ur, preden sem začel poskus. Slanost vode sem izmeril enkrat dnevno, da sem zagotovil konstantno slanost.

Interakcije sem spremljal s snemanjem z mobilnim telefonom, zato da ne bi motil rib in bi se obnašale čimbolj naravno. Kot interakcije sem upošteval agresivne vedenjske vzorce gambuzij in solinark. Za agresivni vedenjski vzorec sem smatral napad ene ribe na drugo (kadar se je ena riba zapodila za drugo). Interakcij znotraj vrste nisem upošteval. Snemal sem neprekinjeno 45 minut, vsak dan ob istem času med 9:15 in 10:45 zjutraj, 8 dni zapored. Med poskusom so imele ribe konstanten svetlobni režim. Luči so bile prižgane od 8:30 do 16:00. Med snemanjem sem jih dodatno osvetlil s pomočjo led luči za akvarije, da je bila vidljivost v akvarijih boljša.

Posnel sem tudi hranjenje z živo hrano. Uporabil sem ličinke komarja kosca (*Chironomus plumosus*), kupljene v trgovini za male živali. Ličinke komarjev se pojavljajo v prehrani obeh vrst. Njihova zastopanost v prehrani pa je odvisna od njihove abundance, zato se močno razlikuje od lokacije do lokacije. (Harrington in Harrington, 1988; Morton in sod. 1988; Leonardos, 2008;). Cilj je bil videti, katera vrsta bo bolj uspešna pri ulovu plena pri določeni slanosti. V vsak akvarij sem dal po 12 ličink, eno za vsako ribo. Uspešnost plenjenja sem ocenil glede na to, katera vrsta je ujela več ličink.

Po snemanju hranjenja sem ribe nahranil do sitosti z liofiliziranimi solinskimi rakci.



Slika 3: Postavitev akvarijev, od leve proti desni si sledijo akvariji slanosti 10, 20, 30 in 40. Foto: Luka Preložnik

## 2.4 Obdelava podatkov

S programskim orodjem Microsoft Excel sem izračunal Fultonov kondicijski indeks. Za posamezne lokacije sem izračunal tudi povprečni kondicijski indeks in povprečno telesno dolžino ter težo. Iz podatkov sem v istem programu izrisal grafe. Grafom, ki prikazujejo razmerje med dolžino telesa in težo, sem določil trendno črto in koeficient  $R^2$ .

Izračunal sem povprečje števila interakcij za obe vrsti in spola tekom osmih dni za vse štiri slanosti. Iz podatkov sem nato izrisal graf števila interakcij pri različnih slanostih. Pri uspešnosti lova sem izračunal povprečje ujetih ličink za obe vrsti, spola nisem upošteval. Iz podatkov sem izrisal graf uspešnosti plenjenja pri različnih slanostih.

### 3 REZULTATI

#### 3.1 Opredelitve lokacij vzorčenja

V Tabeli 1 so podatki o kemijskih parametrih in števila ujetih rib na posamezni lokaciji. Vsa območja so bila hiperhalina z visoko slanostjo med 30 in 40.

Tabela 1: Opredelitev lokacij z vidika nekaterih fizikalno-kemijskih parametrov.

Lokacija	GPS koordinate	Datum vzorčenja	Solinarka	Gambuzija	Slanost	Temperatura (°C)
1	45°33'0.66"N 13°45'16.54"E	16. 8. 2021	123	125	34	28
2	45°32'48.92"N 13°45'19.73"E	30. 8. 2021	115	118	31	26
3	45°32'58.47"N 13°45'2.86"E	6. 9. 2021	100	103	33	26
4	45°32'32.86"N 13°44'32.48"E	14. 9. 2021	101	103	40	26
5	45°32'25.24"N 13°44'16.84"E	16. 9. 2021	96	102	40	24
6	45°32'31.01"N 13°44'22.83"E	22. 9. 2021	112	121	32	23

V Tabeli 2 so podatki o pomembnih ekoloških parametrih lokacij. Habitati so bili večinoma kanali, razen lokacije 1, ki je bila bazen. Lokacija 5 je označena kot zelo širok kanal. Pretočnost je bila slaba v bazenu (lokacija 1) in slaba na lokacijah 2, 4 in 6. Na lokaciji 3 je bila srednje dobra zaradi povezave s širokim kanalom. Lokacija 5 je imela dobro pretočnost zaradi širine kanala. Globina je bila največja na lokaciji 1 in najnižja na lokaciji 6. Temperatura je povezana z datumi vzorčenja, saj je le-to potekalo med avgustom in septembrom, ko se je voda počasi ohlajala. Zato je razlika v temperaturi med prvo in zadnjo lokacijo 5°C. Vegetacija je bila na vseh lokacijah sestavljena iz istih vrst: morske trave *Rupia cirrhosa* in alg *Chaetomorpha ligustica*, *Chaetomorpha aerea*, in *Cladophora aegagropila*. Gostota vegetacije je bila podobna na vseh lokacijah.

Tabela 2: Opredelitev lokalitet z vidika nekaterih ekoloških parametrov.

Lokacija	Tip habitata	Pretočnost	Globina (cm)	Vegetacija
1	bazen	slaba	49	gosta
2	kanal	slaba	38	gosta
3	kanal	srednja	28	gosta
4	kanal	slaba	34	gosta
5	širok kanal	zelo dobra	26	gosta

6	kanal	slaba	17	gosta
---	-------	-------	----	-------

Na slikah od 7 do 13 so prikazane fotografije lokacij, na katerih je potekalo vzorčenje.



Slika 4: Lokacija 1, bazen z dotokom. Foto: Luka Preložnik



Slika 5: Dotok vode v lokacijo 1. Foto: Luka Preložnik



Slika 6: Lokacija 2, kanal s slabo pretočnostjo. Foto: Luka Preložnik



Slika 7: Lokacija 3, kanal s srednje dobro pretočnostjo. Foto: Luka Preložnik



Slika 8: Lokacija 4, kanal s slabo pretočnostjo. Foto: Luka Preložnik



Slika 9: Lokacija 5, kanal z zelo dobro pretočnostjo. Foto: Luka Preložnik



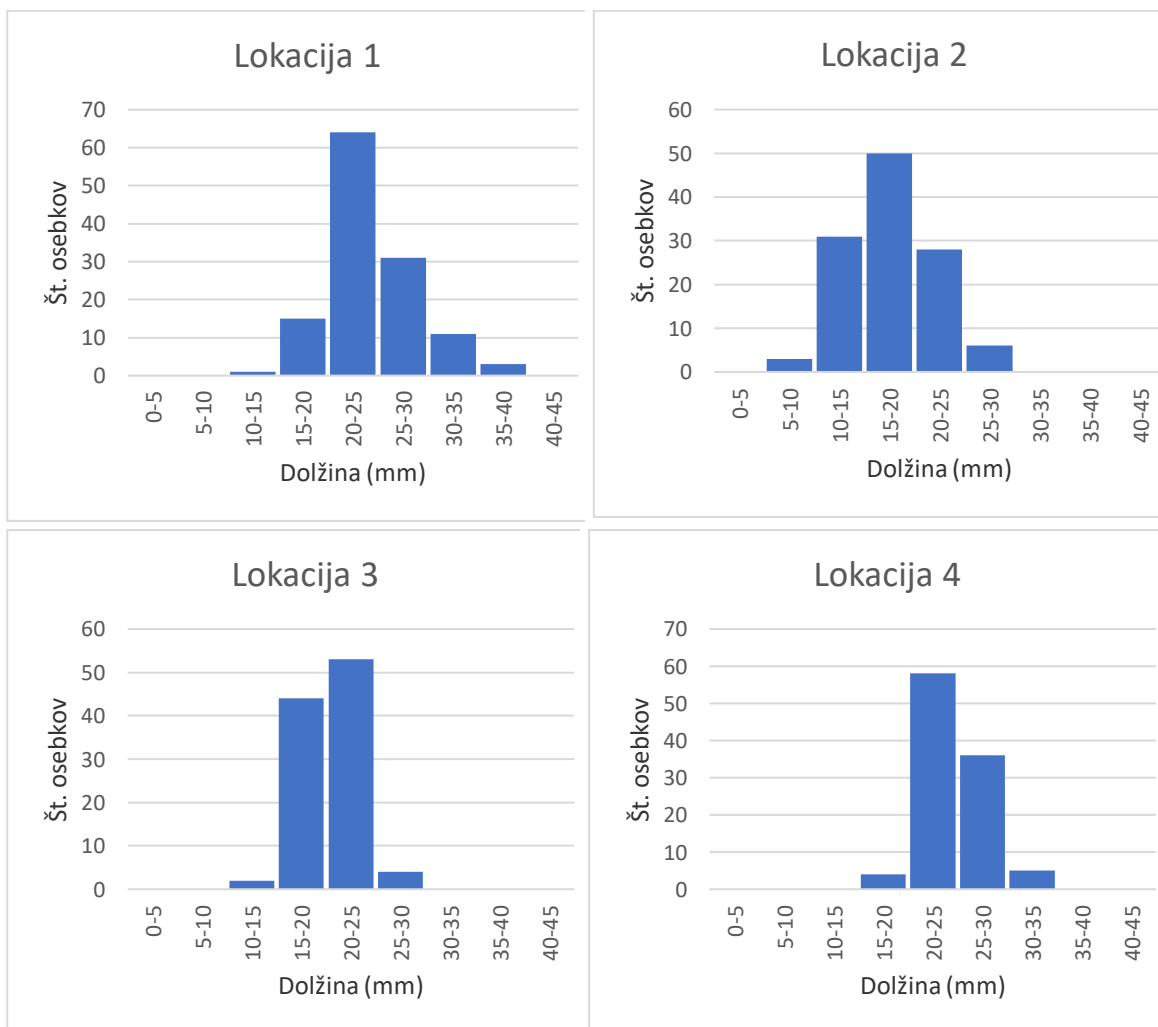
Slika 10: Lokacija 6, kanal s slabo pretočnostjo. Foto: Luka Preložnik

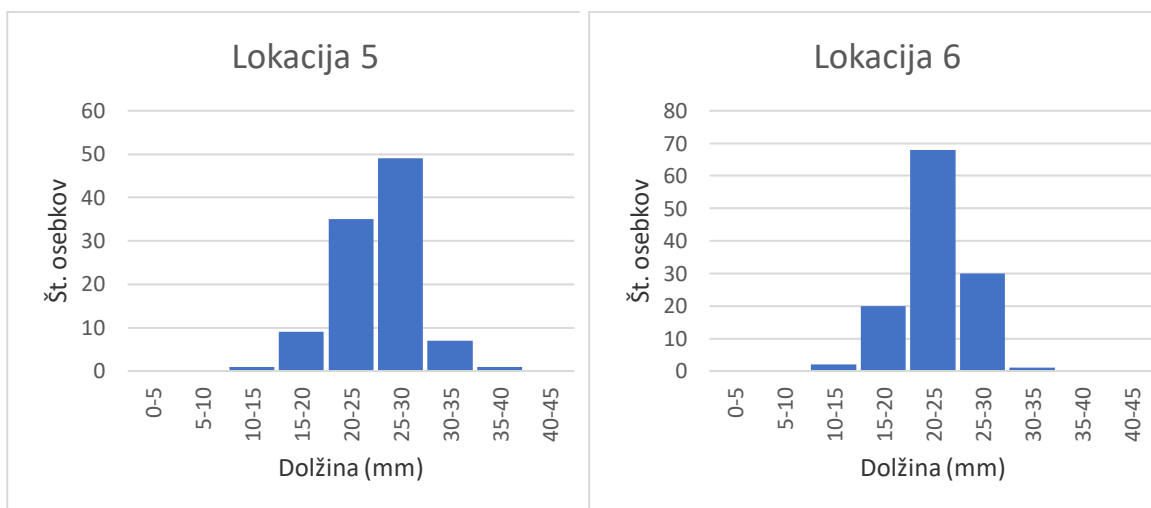


## 3.2 Biometrija gambuzije

### 3.2.1 Telesna dolžina

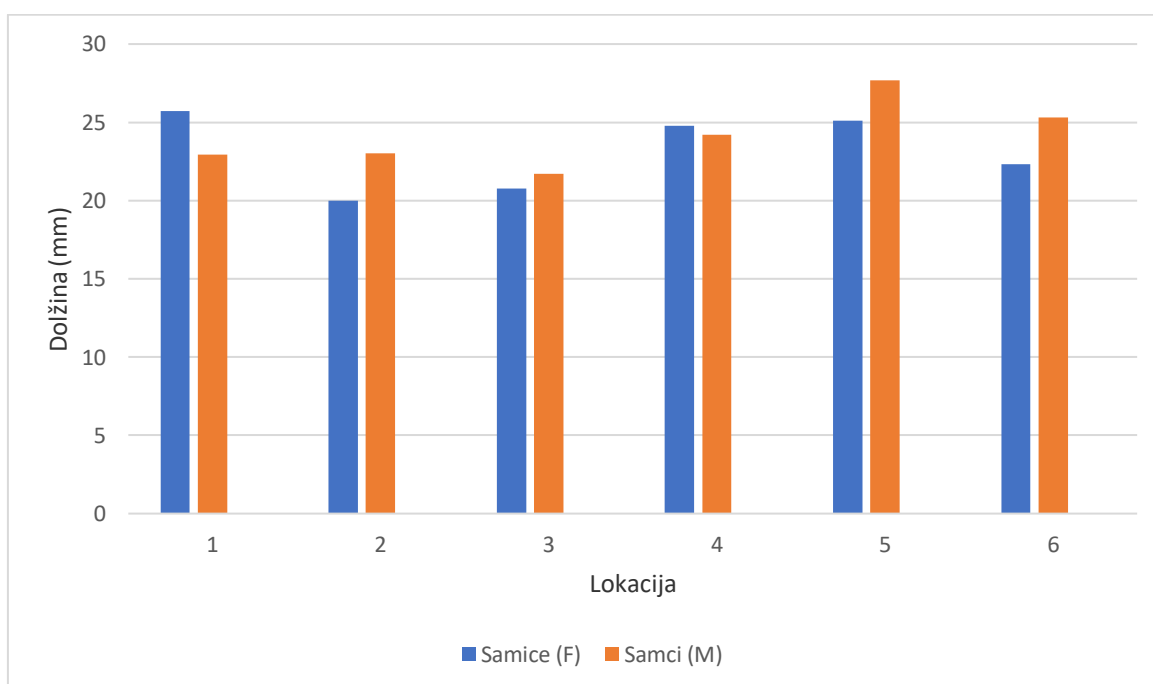
Na sliki 11 so prikazani velikostni razredi gambuzije na šestih obravnavanih vzorčevalnih lokacijah. Podatki so prikazani za vsako lokacijo posebej, vključeni so vsi osebki. Na lokacijah 1, 3, 4 in 6 prevladujejo osebki v velikostnem razredu 20-25 milimetrov. Na lokaciji 2 so najštevilčnejši osebki med 15 in 20 mm, na lokaciji 5 pa osebki med 25 in 30 milimetri. Večina osebkov je velikih med 15 in 30 mm.





Slika 11: Velikostni razredi telesne dolžine (v mm) primerkov gambuzij na šestih vzorčenih lokacijah.

Na sliki 12 so prikazane primerjave povprečne telesne dolžine med spoloma gambuzij in med lokacijami. Juvenilni osebki niso vključeni. Na lokacijah 1 in 4 so samice večje od samcev, na ostalih pa so večji samci. Razlike so dokaj majhne in ne presegajo 5 mm.

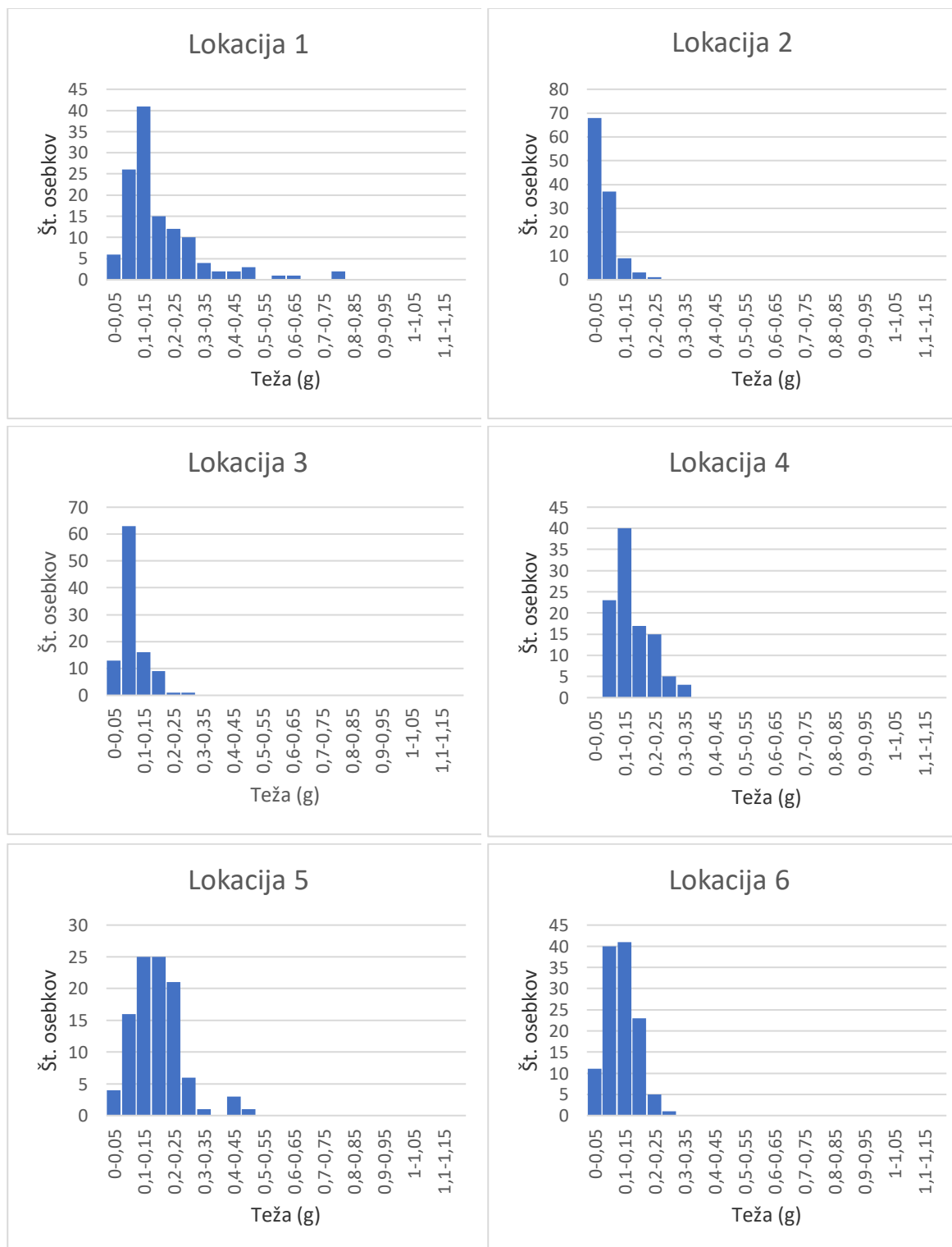


Slika 12: Povprečne vrednosti telesne dolžine samic (modro) in samcev (oranžno) gambuzij na šestih vzorčenih lokacijah.

### 3.2.2 Telesna teža

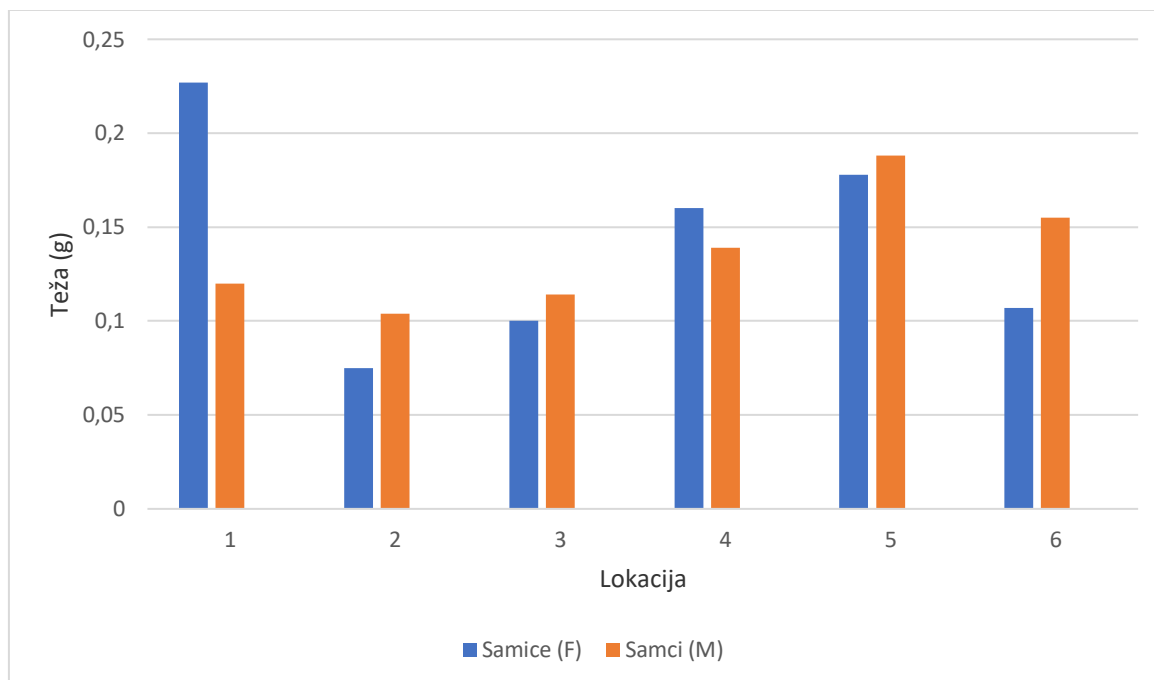
Na sliki 13 so prikazani velikostni razredi telesne teže z 0,05 gramskim intervalom. Podatki so prikazani za vsako lokacijo posebej, vključeni so vsi osebki. Na lokacijah 1, 4 in 6 prevladujejo osebki v velikostnem razredu 0,1 do 0,15 g. Na lokaciji 5 je enako število

osebkov v kategoriji od 0,1 do 0,15 kot od 0,15 do 0,20 g. Na lokaciji 2 so najštevilčnejši osebki med 0 in 0,05 g, na lokaciji 3 pa osebki med 0,05 in 0,1 g. Večina osebkov je težkih med 0 in 0,15 g.



Slika 13: Velikostni razredi telesne teže (v g) primerkov gambuzij na šestih vzorčenih lokacijah.

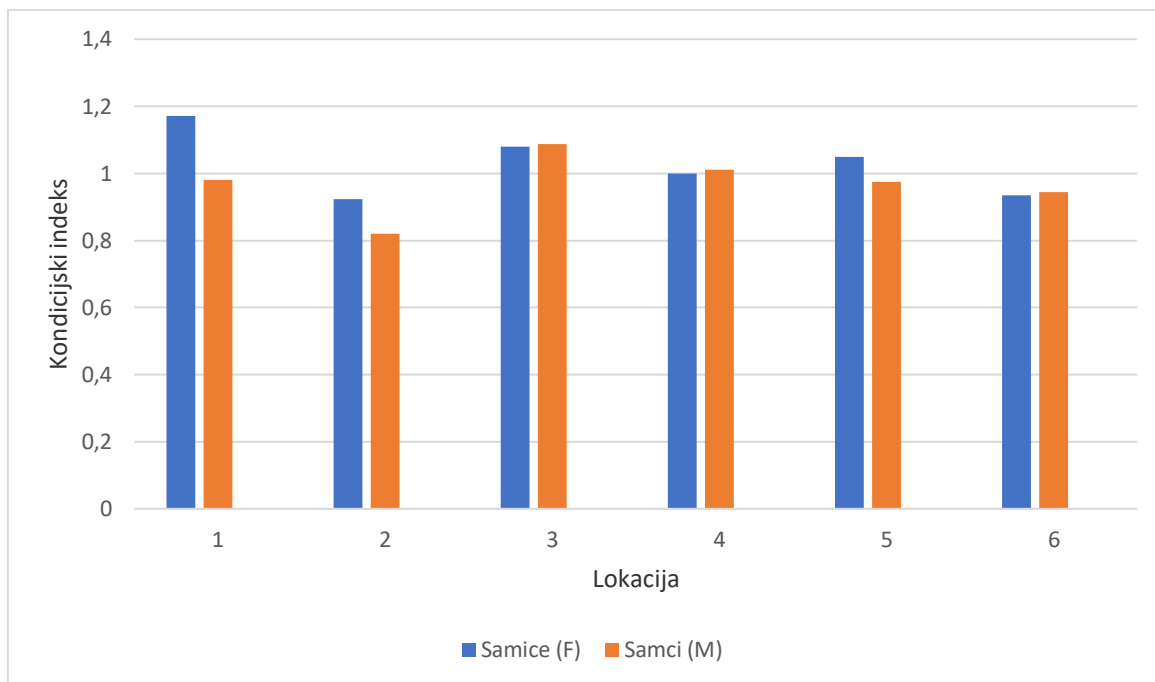
Na sliki 14 so prikazane primerjave povprečne telesnih teže med spoloma in med lokacijami. Juvenilni osebki niso vključeni. Na lokacijah 1 in 4 so samice težje od samcev, na ostalih pa so težji samci. Razlika je na lokaciji 1 zelo velike, saj presegajo 0,1 grama. Razlika je velika tudi na lokacijah 2 in 6, 0,03 in 0,05 g. Na ostalih lokacijah so razlike bolj zanemarljive, a še vedno bolj opazne kot pri telesni dolžini.



Slika 14: Velikostni razredi telesne teže (v g) primerkov gambuzij na šestih vzorčenih lokacijah.

### 3.2.3 Kondicijski indeks

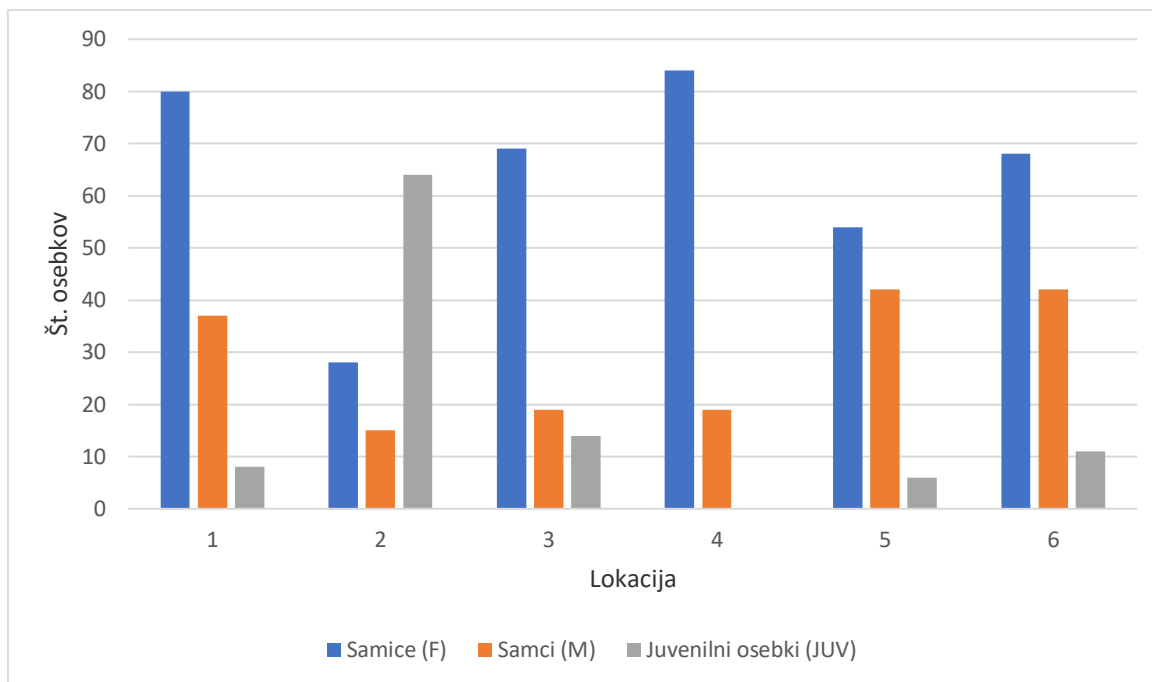
Na sliki 15 je prikazana primerjava kondicijskega indeksa med spoloma in lokacijami. Juvenilni osebki niso vključeni. Indeksi so si med seboj podobni. Večja razlika je le na lokaciji 1, manjša pa na 2 in 5, kjer je kondicija samic boljše od samcev. Na drugih lokacijah imata oba spola podobno kondicijo.



Slika 15: Povprečne vrednosti kondicijskega indeksa samic (modro) in samcev (oranžno) gambuzij na šestih vzorčevalnih lokacijah.

### 3.2.4 Razmerje med spoli

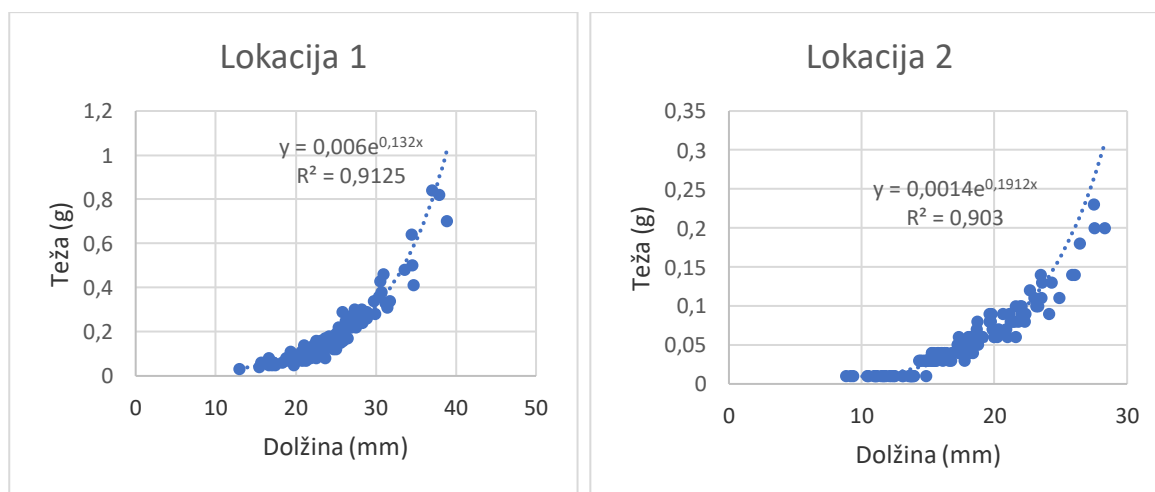
Na sliki 16 lahko vidimo, kakšno je razmerje med samicami, samci in juvenilnimi osebki gambuzij na posameznih lokacijah. Na vseh lokacijah so samice številčnejše od samcev, število juvenilnih osebkov pa je spremenljivo.

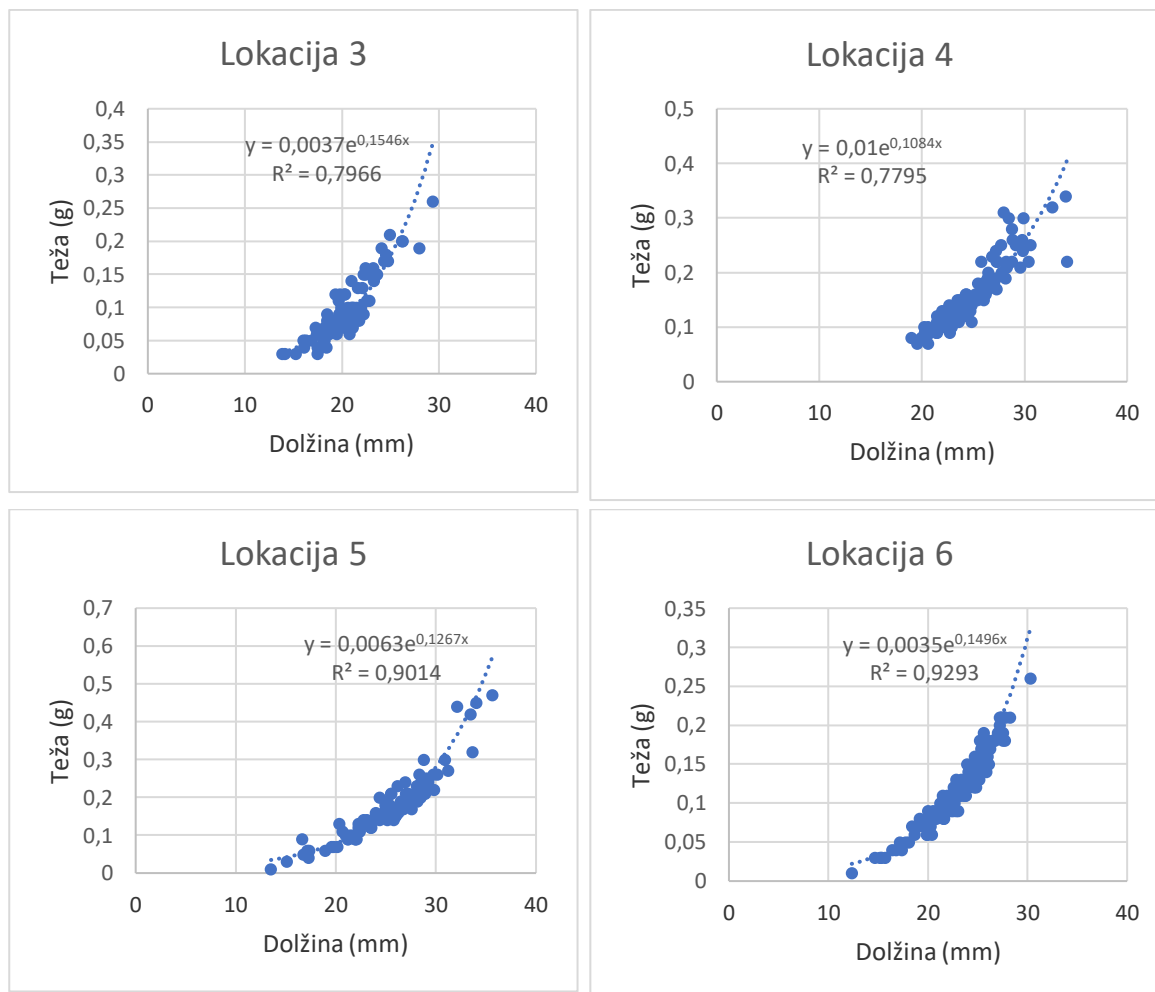


Slika 16: Število samic (modra), samcev (rdeča) in juvenilnih osebkov (siva) gambuzij na posameznih vzorčenih lokacijah.

### 3.2.5 Razmerje med telesno dolžino in težo

Slika 17 prikazuje razmerje med telesno dolžino in težo. Vključeni so vsi osebki.  $R^2$  je na lokacijah 1, 2, 5 in 6 večji od 0,9, na lokacijah 3 in 4 pa je manjši.



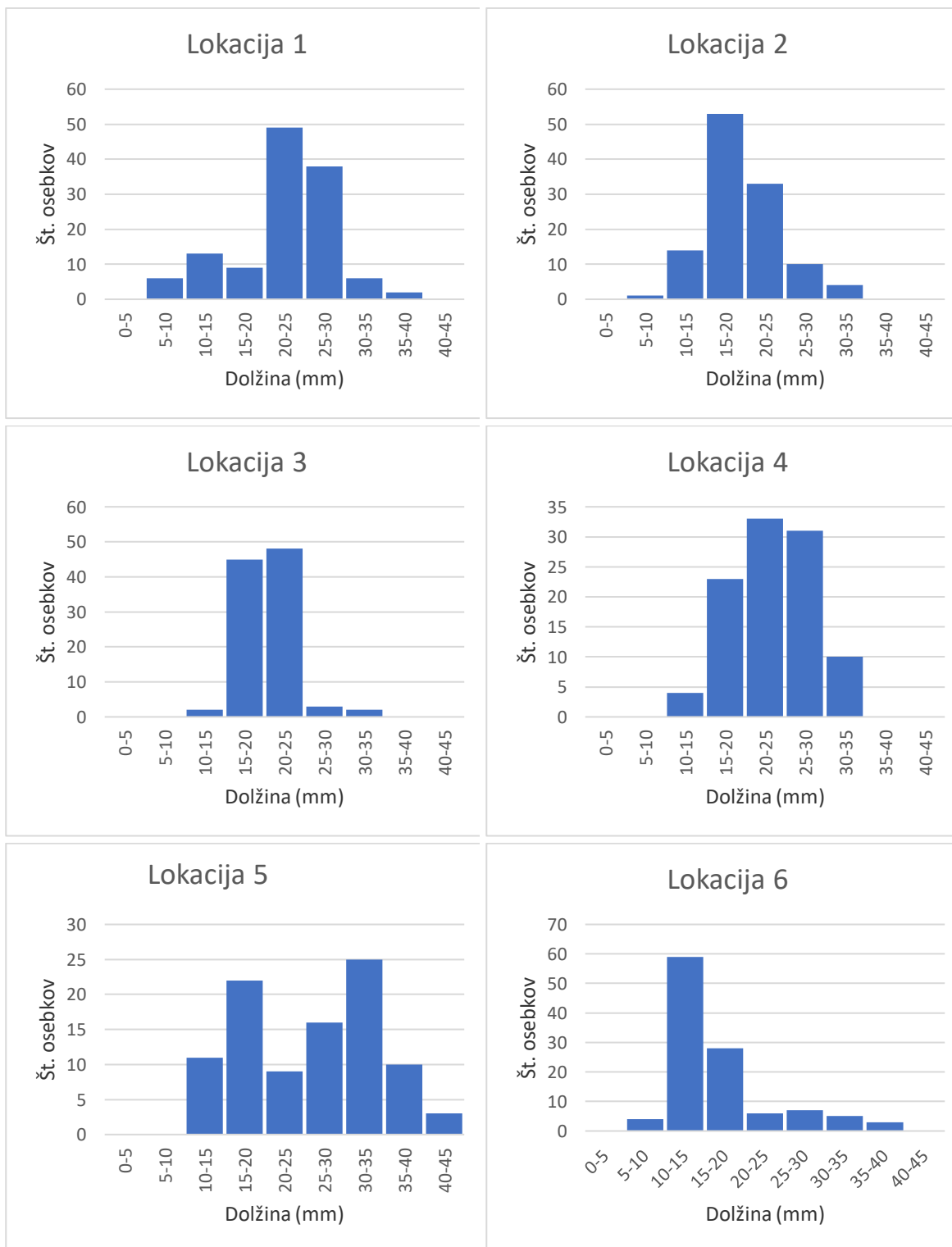


Slika 17: Razmerje med telesno dolžino (mm) in telesno težo (g) primerkov gambuzij na šestih vzorčenih lokacijah.

### 3.3 Biometrija solinarke

#### 3.3.1 Telesna dolžina

Slika 18 prikazuje velikostne razrede telesne dolžine. Podatki so prikazani za vsako lokacijo posebej, vključeni so vsi osebki. Na lokacijah 1, 3 in 4 prevladujejo osebki v velikostnem razredu 20-25 mm. Na lokaciji 2 so najštevilčnejši osebki med 15 in 20 mm, na lokaciji 5 osebki med 30 in 35 mm, na lokaciji 6 pa osebki med 10 in 15 mm. Večina osebkov je velikih med 15 in 30 mm.

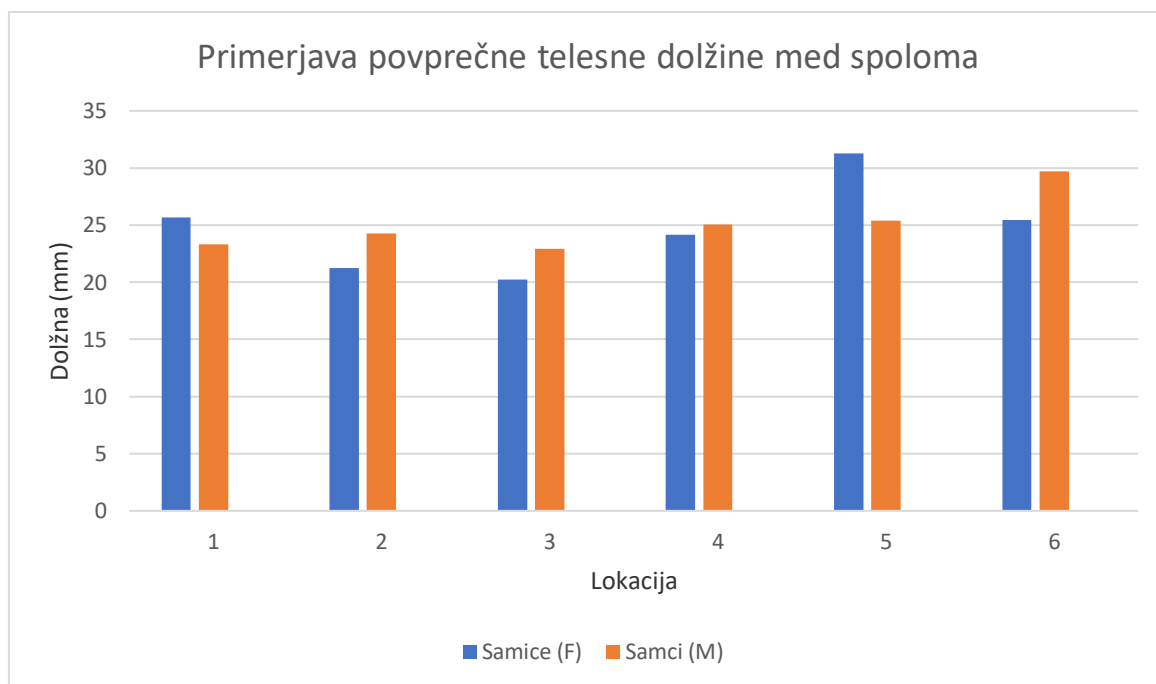


Slika 18: Velikostni razredi telesne dolžine (v mm) primerkov solinarok na šestih vzorčenih lokacijah

Slika 19 prikazuje primerjave povprečne telesne dolžine med spoloma in med lokacijami. Juvenilni osebki niso vključeni. Na lokacijah 1 in 5 so samice večje od samcev, na ostalih



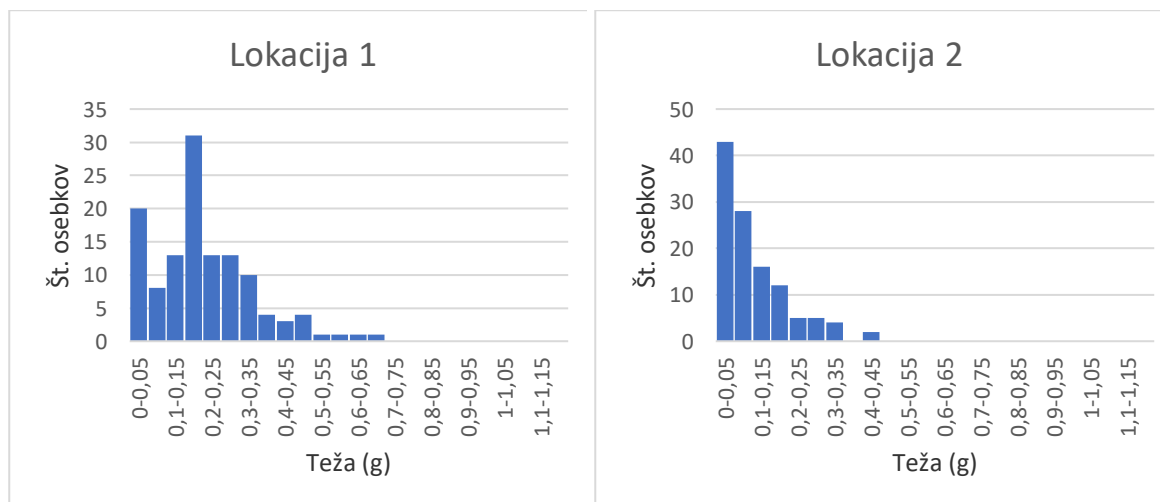
pa so večji samci. Največja razlika je na lokaciji 5, kjer razlika presega 5 mm. Na ostalih lokacijah je razlika manjša od 5 mm.

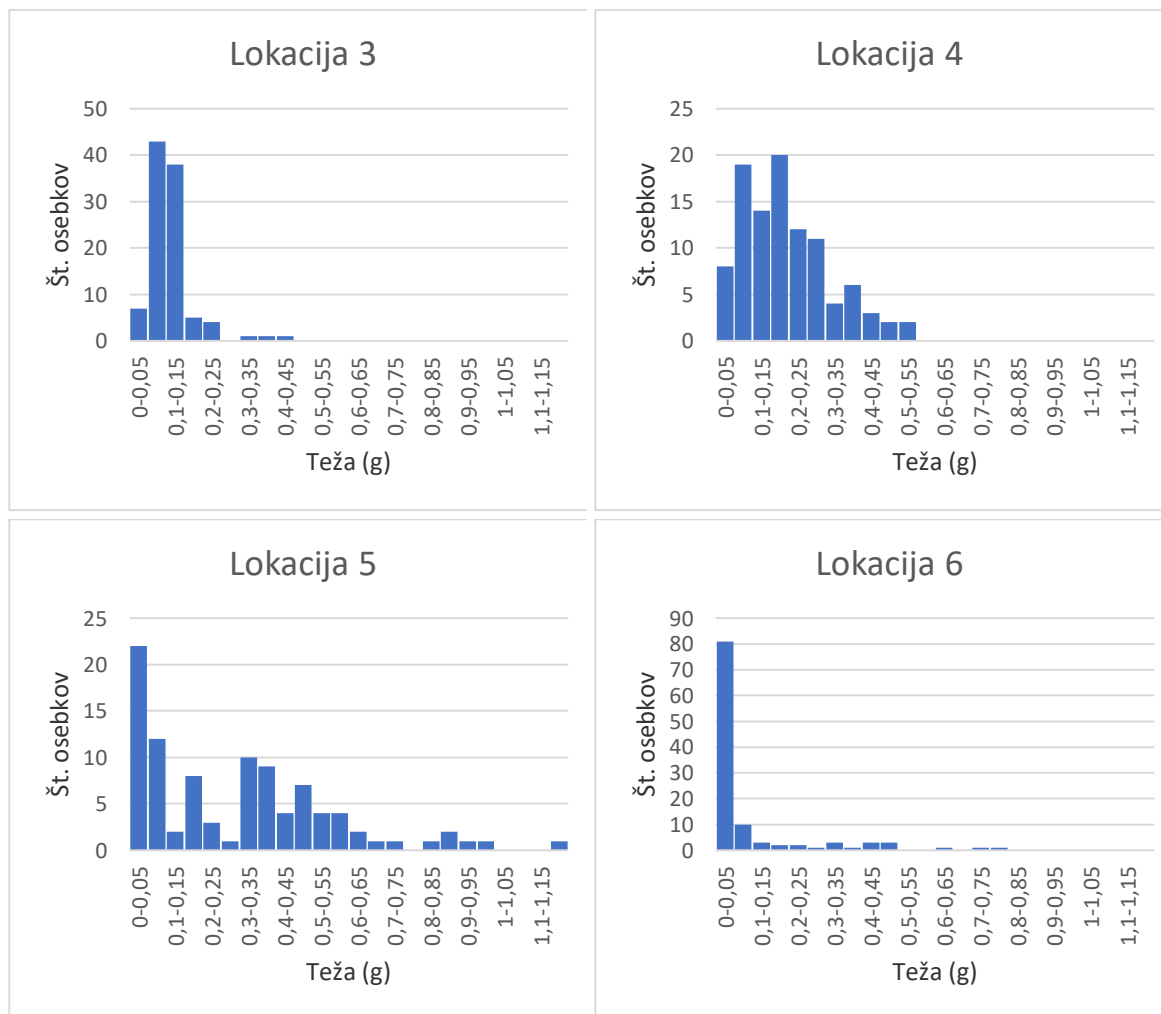


Slika 19: Povprečne vrednosti telesne dolžine samic (modro) in samcev (oranžno) solinarke na šestih vzorčenih lokacijah.

### 3.3.2 Telesna teža

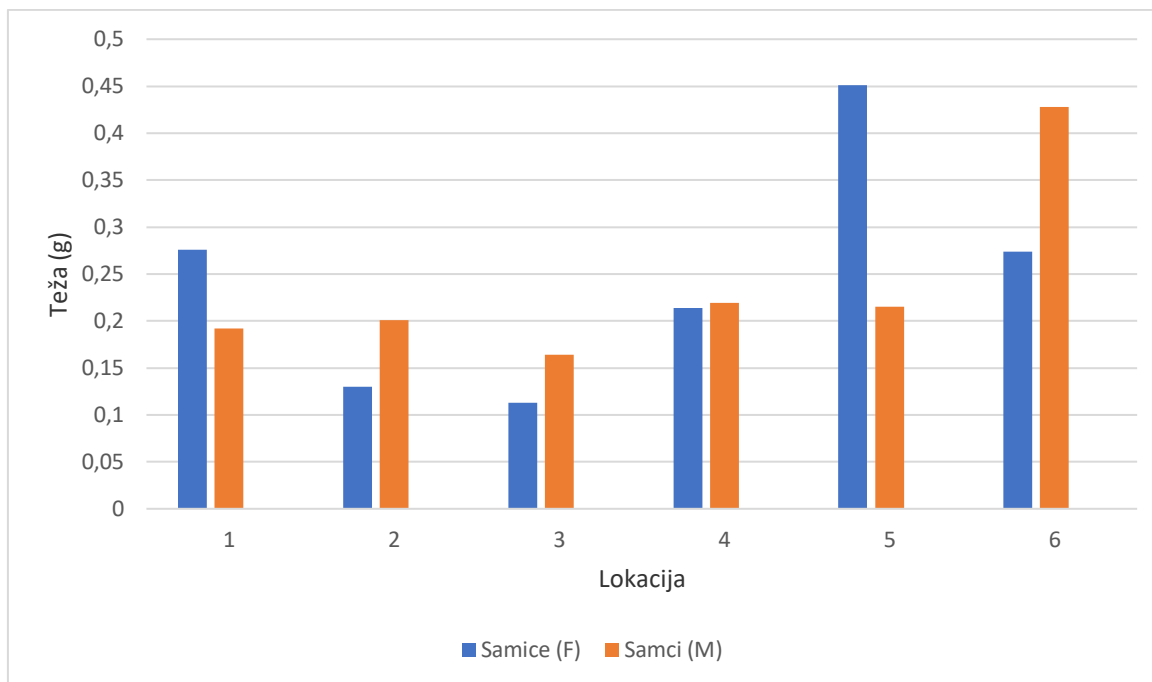
Slika 20 prikazuje velikostne razrede telesne teže z 0,05 gramskim intervalom. Podatki so prikazani za vsako lokacijo posebej, vključeni so vsi osebki. Na lokacijah 1 in 4 prevladujejo osebki v velikostnem razredu 0,2 do 0,25 g. Na lokacijah 2, 5 in 6 je največ osebkov med 0 in 0,05 g. Na lokaciji 3 je največ osebkov med 0,05 in 0,1 g. Večina osebkov je težkih med 0 in 0,15 g.





Slika 20: Velikostni razredi telesne teže (v g) primerkov solinarke na šestih vzorčenih lokacijah.

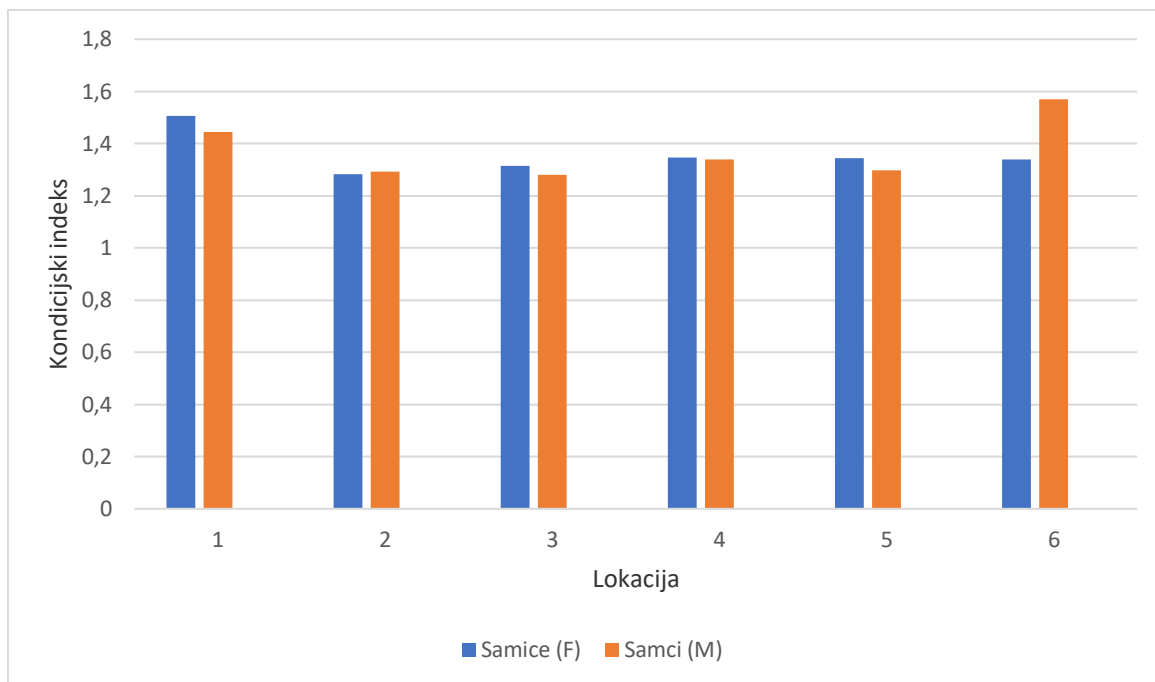
Slika 21 prikazuje primerjave povprečne telesnih teže med spoloma in med lokacijami. Juvenilni osebki niso vključeni. Na lokacijah 1 in 5 so samice težje od samcev, na ostalih pa so težji samci. Razlike med lokacijama 5 in 6 so zelo velike. Primerki z veliko telesno težo so tudi na lokacijah 1, 2 in 3.



Slika 21: Povprečne vrednosti telesnih tež samic (modro) in samcev (oranžno) solinarke na šestih vzorčenih lokacijah.

### 3.3.3 Kondicijski indeks

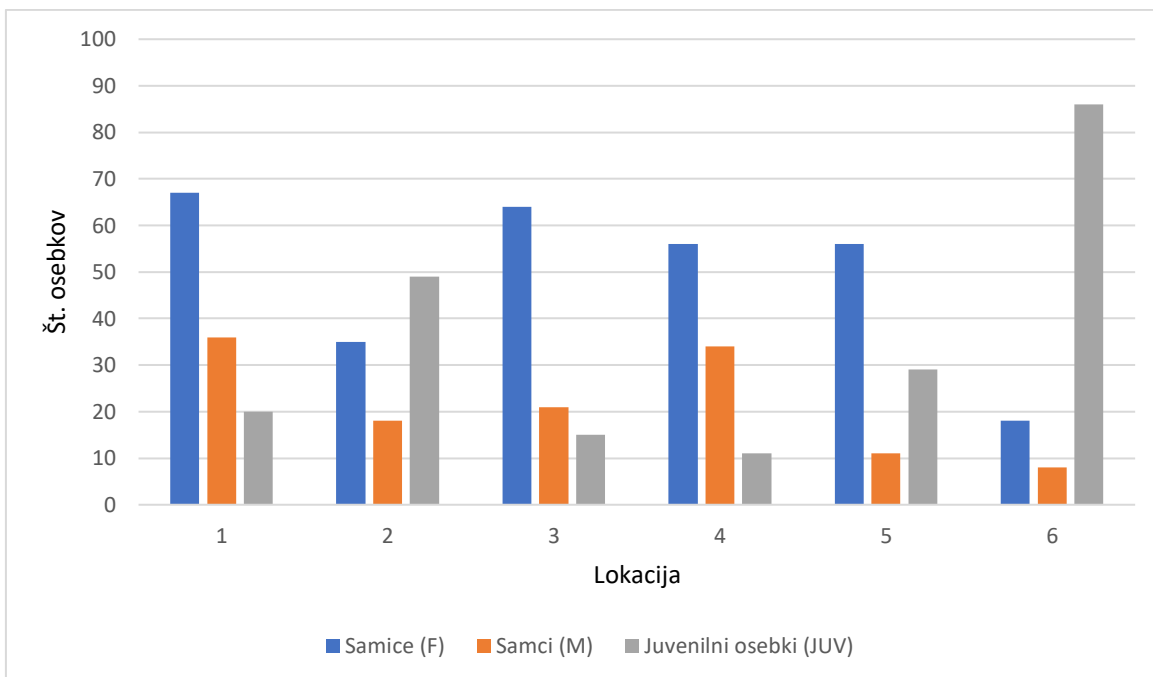
Slika 22 prikazuje primerjavo kondicijskega indeksa med spoloma in lokacijami. Juvenilni osebk niso vključeni. Indeksi so si med seboj podobni. Večja razlika je le na lokaciji 6, kjer imajo samci boljši kondicijski indeks. Na ostalih lokacijah imata oba spola zelo podobno kondicijo.



Slika 22: Povprečne vrednosti kondicijskega indeksa samic (modro) in samcev (oranžno) solinarke na šestih vzorčenih lokacijah.

### 3.3.4 Razmerje med spoloma

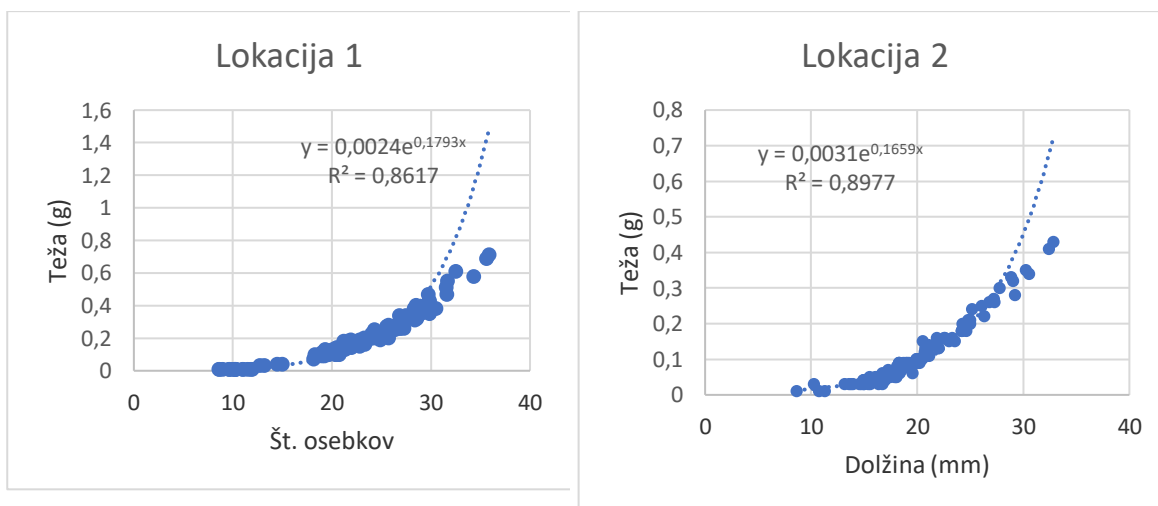
Na sliki 23 lahko vidimo, kakšno je razmerje med samicami, samci tein juvenilnimi osebki solinarke na posameznih lokacijah. Na vseh lokacijah so samice številčnejše od samcev, število juvenilnih osebkov pa je spremenljivo.

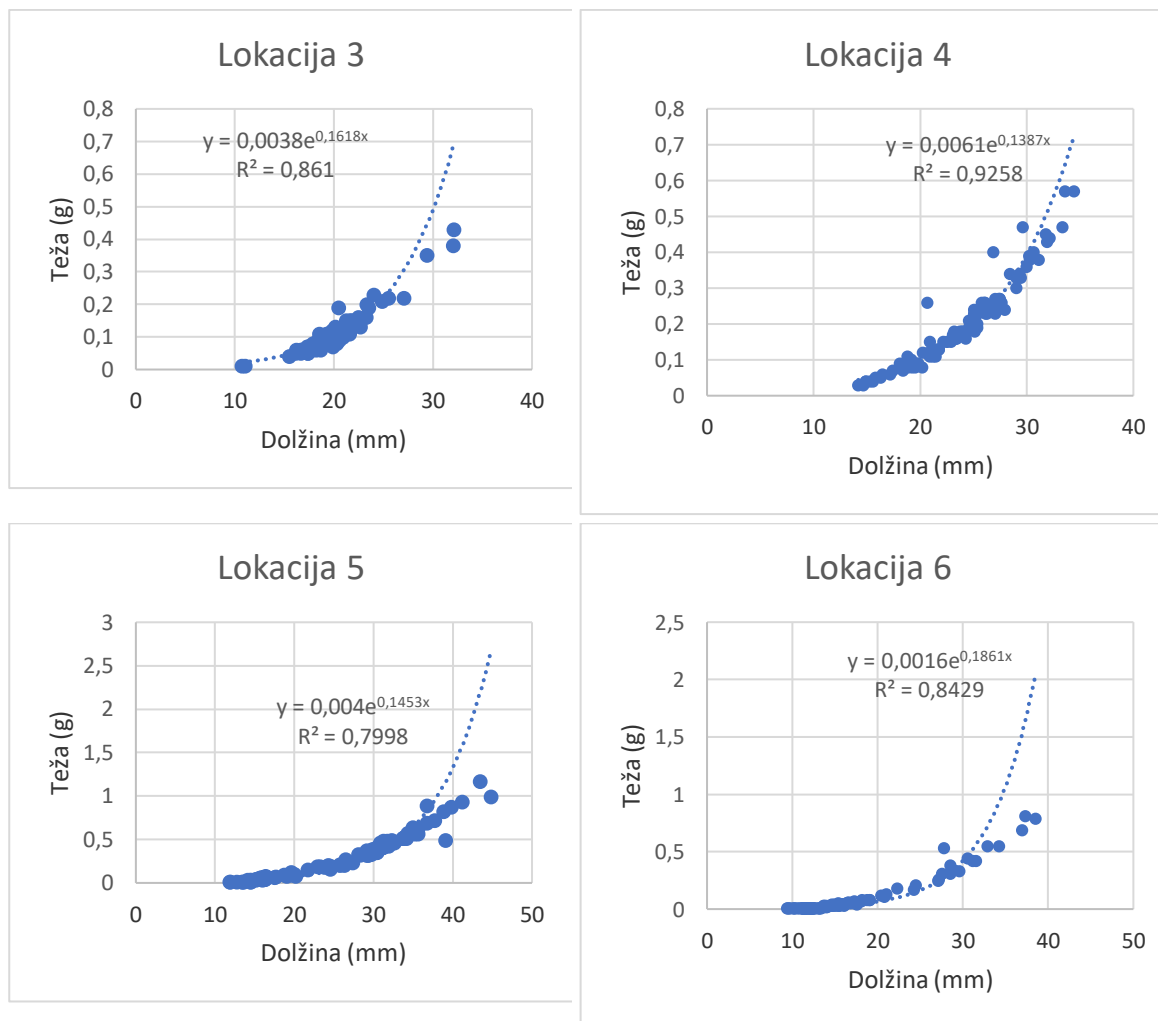


Slika 23: Število samic (modra), samcev (rdeča) in juvenilnih osebkov (siva) solinarke na posameznih vzorčenih lokacijah.

### 3.3.5 Razmerje med telesno dolžino in težo

Slika 24 prikazuje razmerje med telesno dolžino in težo. Vključeni so vsi osebki.  $R^2$  je večji od 0,9 le na lokaciji 4, na drugih lokacijah je manjši.





Slika 24: Razmerje med telesno dolžino (mm) in telesno težo (g) primerkov solinarke na šestih vzorčenih lokacijah.

### 3.4 Interakcije med gambuzijo in solinarke

#### 3.4.1 Opazovanje na terenu

Gambuzije in solinarke sobivajo na velikem delu Škocjanskega zatoka, predvsem na zahodnem delu, kjer je potekala večino vzorčenj. Med lovom sem opazil, da se gambuzije večinoma zadržujejo na vodni gladini, solinarke pa so na dnu in med vodno vegetacijo. Ob motnjah, na primer lovu z mrežo, se tudi gambuzije skrijejo med vegetacijo v globlji vodi. Vendar se zelo hitro, v nekaj minutah, vrnejo nazaj na površino. Vrsti zavzemata različno območje v vodnem stolpcu, ki pa se še vedno prekriva. Delno zaradi plitvih življenjskih okolij, saj globina redko presega pol metra, kar je vidno v Tabeli 2. Delno pa tudi zato, ker se včasih solinarke dvignejo proti površini ali pa gambuzije zaplavajo med vegetacijo.

Na terenu sem opazil, da so gambuzije napadale solinarke, a je kvantificiranje tovrstnih interakcij in njihovega vpliva zelo težavno. Nisem opazil, da bi solinarka napadla gambuzijo,

a je bilo solinarke tudi težje opazovati, ker so bile bolj skrite v vegetaciji. Veliko je bilo tudi znotraj vrstnih interakcij. Nekatere samice gambuzije, ki sem jih ujel, so imele v trebuhu mladiče, ena je tudi skotila v posodi, kamor sem jih shranjeval med lovom.

### 3.4.2 Interakcije v laboratoriju

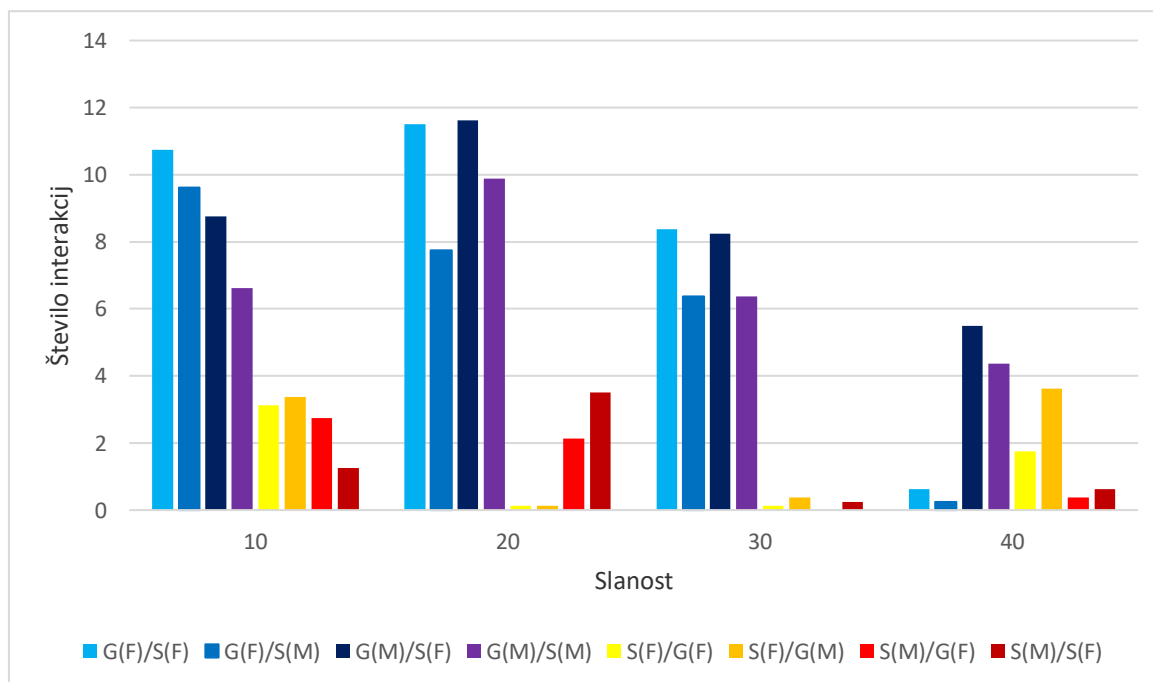
Prihajalo je do številnih medvrstnih in znotrajvrstnih interakcij. Pri gambuzijah so znotrajvrstne interakcije vključevale preganjanje in poskuse parjenja. Pri solinarkah je bilo takih interakcij veliko manj. Največ interakcij se je zgodilo, ko si je solinarke izbrala teritorij in ga branila pred drugimi ribami. V tem primeru je preganjala vse, tako gambuzije kot druge solinarke. Teritorialno obnašanje sem opazil pri samcih in samicah. Teritorialno obnašanje sem opazil tudi pri samcih gambuzij, a je bilo manj očitno in je trajalo manj časa.

Slika 25 prikazuje kako slanost vpliva na interakcije med gambuzijo in solinarko. Prikazano je povprečje interakcij v obdobju osem dnevnega opazovanja.

Razvidno je, da je gambuzija veliko bolj agresivna od solinarke, ne glede na spol. Tudi sicer so razlike med spoli majhne, vsaj v primerjavi z razlikami med vrstami.

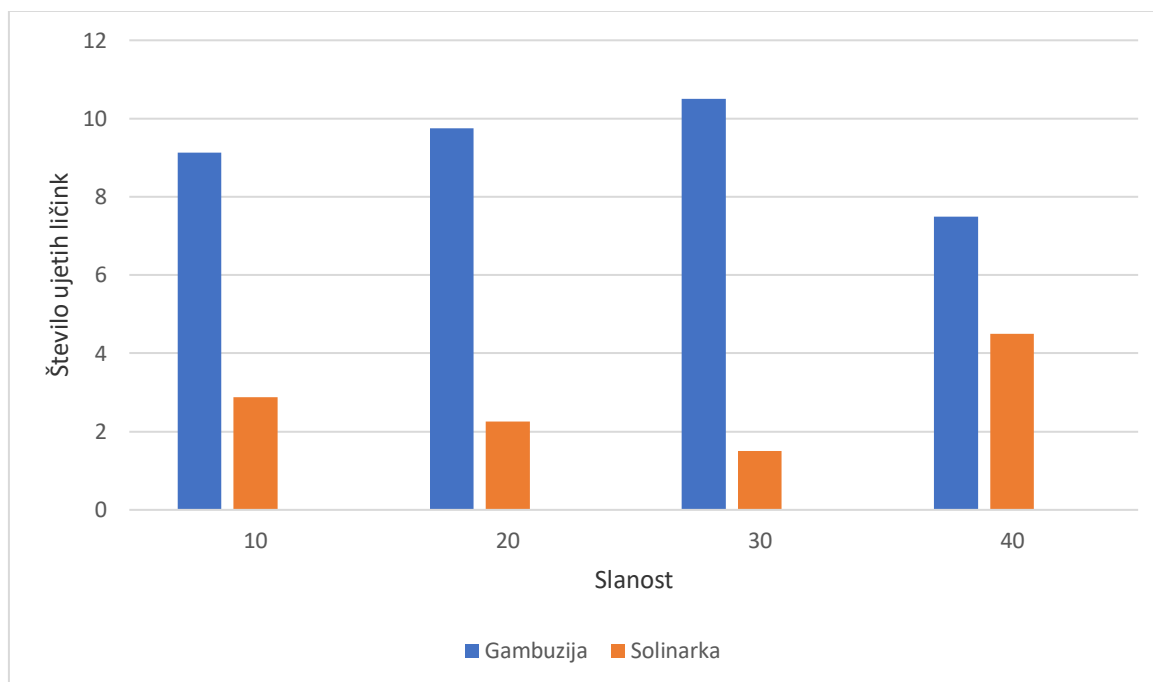
Pri gambuziji je vpliv slanosti bolj očitno. Najbolj so agresivne pri slanosti 10 in 20, nekoliko manj pri slanosti 30, pri slanosti 40 pa se vidi očitno upad agresivnih interakcij. Samci so bili še vedno precej agresivni, medtem ko so samice to vedenje skoraj povsem opustile.

Solarke so bile najmanj agresivne pri slanosti 30, sicer pa se njihova agresivnost ni dosti spreminjala s slanostjo.



Slika 25: Interakcije med solinarko in gambuzijo, ločene tudi po spolu. Pred pomišljajem so napadalci, za pomišljajem pa napadeni. Legenda: S(F) - solinarke (samice), S(M) solinarke (samec), G(F) gambuzija (samica) in G(M) gambuzija (samec).

Slika 26 prikazuje, kako slanost vpliva na uspešnost plenjenja obeh raziskanih vrst. Gambuzija je pri vseh slanostih bolj uspešen plenilec. Nekoliko se izenači le pri slanosti 40, vendar so gambuzije še vedno ujele tretjino več plena.



Slika 26: Primerjava plenilske uspešnosti obeh raziskanih vrst v različnih slanostnih razmerah.

Tabela 3 prikazuje telesno dolžino in težo gambuzij, uporabljenih v laboratorijskem eksperimentu. V tabeli sta prikazana telesna teža dolžina in masa posameznih osebkov. Tabela 4 prikazuje telesno dolžino in težo solinark, uporabljenih v laboratorijskem eksperimentu. V tabeli sta prikazana telesna teža dolžina in masa posameznih osebkov. Meritve so bile opravljene po eksperimentu. Pred eksperimentom jih nisem opravljal, da ne bi poškodoval rib, kar bi lahko vplivalo na kvaliteto eksperimenta.

Tabela 3: : Telesna dolžina (mm) in teža (g) gambuzij, uporabljenih v eksperimentu.

	Telesna dolžina samice (mm)	Telesna teža samic (g)	Telesna dolžina samcev (mm)	Telesna teža samcev (g)
Slanost 10	28,31	0,22	26,21	0,16
	31,81	0,23	28,91	0,23
	30,82	0,35	27,92	0,19
Slanost 20	30,86	0,38	31,16	0,26
	28,99	0,28	29,51	0,21
	28,24	0,25	29,88	0,25



Slanost 30	31,05	0,30	28,91	0,20
	28,71	0,27	30,05	0,24
	27,79	0,25	31,12	0,24
Slanost 40	31,72	0,33	26,51	0,18
	27,02	0,23	26,09	0,16
	28,15	0,25	27,33	0,17

Tabela 4: Telesna dolžina (mm) in teža (g) solinarke, uporabljenih v eksperimentu.

	Telesna dolžina samice (mm)	Telesna teža samic (g)	Telesna dolžina samcev (mm)	Telesna teža samcev (g)
Slanost 10	28,30	0,31	27,10	0,24
	29,61	0,36	26,79	0,20
	28,04	0,25	27,26	0,21
Slanost 20	30,57	0,36	28,25	0,26
	29,64	0,30	28,03	0,23
	28,20	0,24	27,55	0,22
Slanost 30	27,24	0,24	28,03	0,24
	28,05	0,27	27,47	0,23
	30,70	0,29	25,15	0,21
Slanost 40	27,80	0,26	26,47	0,23
	29,13	0,29	26,28	0,22
	26,11	0,23	28,51	0,25

## 4 DISKUSIJA

### 4.1 Kritika izbrane metodologije

#### 4.1.1 Metoda vzorčenja

Glede na poročilo o monitoringu solinark v Sečoveljskih solinah (Lipej in sod. 2015), je kvaliteta habitata tista, ki v največji meri določa kondicijo solinarke. V razmerah, ki so bolj ugodne, imajo solinarke višji kondicijski indeks kot v manj ugodnih. Smiselno je domnevati, da velja podobno tudi za gambuzijo. Pomanjkljivost pričujoče raziskave je, da so bila vsa vzorčenja opravljena na lokacijah, kjer vrsti sobivata. Številne raziskave dokazujejo (Alcaraz in García-Berthou 2007; Ruiz-Navarro in sod. 2011; 2013, Monti in sod. 2021) da je višja slanost glavni dejavnik, ki negativno vpliva na kondicijo gambuzij in da so drugi dejavniki kot so globina, temperatura in vegetacija sekundarnega pomena. Na vseh lokacijah vzorčenja so bile slanosti več kot 30. Smiselno bi bilo opraviti vzorčenja na lokacijah v sladkovodnem delu Škocjanskega zatoka, kjer je slanost nižja. Na ta način bi lahko naredil primerjavo med lokacijami, ki so bolj in manj ugodne za gambuzijo. Tako bi lahko videli, kako močno slanost vpliva na kondicijski indeks gambuzije.

Parametri, ki določajo dober habitat za solinarke, so dotok vode, večja površina in bolj gosta vegetacija (Lipej in sod. 2015). V razpoložljivi literaturi nisem zasledil podatkov o optimalni slanosti. Najboljši habitatni tip so bili bazeni z dotokom, sledijo kanali z in brez dotoka vode, kotanje pa so najslabše. Da bi lahko pokazali, kako močno gambuzija vpliva na kondicijski indeks solinarke, bi morali vzorčiti na lokacijah, kjer je prisotna le solinarke, habitatni tip pa bi bil primerljiv. Tako bi lahko izključil vpliv habitata in primerjali kondicijske indekse solinark na lokacijah, kjer je gambuzija prisotna in kjer je ni.

V Škocjanskem zatoku so habitatni tipi zelo homogeni. Razen lokacije 1, ki je opredeljena kot bazen, so bili vsi habitati tipa kanal z boljšim ali slabšim dotokom vode. Zato je težko opredeliti vpliv habitata na kondicijo solinarke.

#### 4.1.2 Laboratorijski poskus

V poskusu, ki so ga izvedli Alcaraz in sod. (2008) in je zelo podoben mojemu, je aklimatizacija poskusnih gambuzij trajala 10 dni. Ribe so najprej prilagodili na slanost 0, nato pa so jih na eksperimentalno slanost postopno pripravili z dodajanjem slane vode kapljico po kapljico. Poleg tega so jih na končni slanosti zadrževali še dva tedna pred začetkom eksperimenta. V mojem poskusu je aklimatizacija trajala znatno manj časa in sicer od 24 do 48 ur. Ribe so bile v vse slanosti, razen 10, predstavljene neposredno iz slanosti 31, v kateri so bile ujete. Hitra sprememba se mi ne zdi problematična, saj so je osebkovi vajeni. V Škocjanskem zatoku prihaja do močnih nihanj v slanosti. To sem potrdil, ko sem po

močnem dežju izmeril slanost na lokaciji 5. Od prejšnjega dneva, ko sem vzorčil, torej manj kot 24 urah, je padla iz 32 na 16. Daljša aklimatizacija je verjetno primernejša, saj bi bilo obnašanje rib še bolj izrazito. Vendar pa je to kompenzirano z dolžino poskusa, ki je trajal 8 dni. Tako so bile ribe na eksperimentalni slanosti vsaj 9 dni.

Vpliv akvarijskih pogojev na obnašanje obeh vrst je bil neznaten. Obe vrsti se takim razmeram dobro prilagajata in sta pogosti uporabljeni v akvaristiki, zlasti gambuzija. Znane so tudi raziskave o obeh vrstah, ki so potekale v laboratorijskih pogojih. Najbolj primerljiv je poskus Alcaraza in sodelavcev (2008). Pri poskusu so opazovali vpliv slanosti na interakcije med samicami solinark in gambuzij. Opazovali so tudi kako slanost vpliva na uspešnost plenjenja. Poleg mojega je to edini takšen poskus, ki sem ga našel v literaturi. Rezultati, ki so jih dobili, so podobni mojim. Omembe vredni sta tudi raziskavi Rincona in sod. (2002) ter Caiola in de Sostoa (2005), ki sta potekali v mezokozmih in akvarijskih pogojih na sorodnih vrstah *Aphanius iberus* in *Valencia hispanica*. Tudi ta poskusa spremljata interakcije v laboratorijskih pogojih. Pri prvem so primerjali stopnjo agresije ter prehranjevanje domorodnih vrst ob prisotnosti in odsotnosti gambuzije. Uporabili so tako odrasle kot juvenilne osebkke obeh vrst. Ugotovili so, da je ob prisotnosti gambuzije več agresivnih interakcij ter da odrasli in juvenilni osebki ujamejo manj plena. Opazili so motnje v reproduktivnem obnašanju samcev *V. hispanica*, primere predacije gambuzije na juvenilne osebkke obeh vrst. V drugem članku so spremljali agresivne interakcije in uspešnost plenjenja obeh domorodnih vrst ob prisotnosti gambuzije. Primerjali so, kako gostota populacij vpliva na obnašanje. Ugotovili so, da ni prišlo do agnostičnega obnašanja, ko je bila hrana prisotna, se je pa močno zmanjšala uspešnost plenjenja domorodnih vrst. Gambuzija ni bila nikoli izključena, tudi če je bila v manjšini in vsi primerki so imeli polne želodce. Obdukcija domorodnih vrste pa je pokazala, da so številni osebki imeli želodce prazne.

Pri hranjenju z živo hrano je bil nekoliko problematičen le način vnosa. Ličinke komarjev sem zlil v akvarije in so tonile zelo počasi. Ob tem so sta se obe vrsti splašili in umaknili na dno akvarija. Gambuzije so do ličink prišle prve, ker so manj plašne in bolj navajene hranjenja na površini (Pyke 2005). To je verjetno vplivalo na to, da so gambuzije ujele več plena tudi pri slanosti 40. Kljub temu je eksperiment dober pokazatelj vpliva slanosti, saj je bil vnos enak pri vseh slanostih. Zato lahko njegov vpliv do neke mere zanemarimo.

## 4.2 Kondicijski indeks

### 4.3.1 Kondicijski indeks gambuzij

Povprečni kondicijski indeks gambuzij (slika 27) je bil slabši kot kondicijski indeks solinark. Tu je očiten vpliv visoke slanosti, saj je le-ta eden najbolj stresnih faktorjev za gambuzije. Osmotski pritisk močno vpliva na njihov metabolizem (Nordlie in Mirandi 1996; Alcaraz in García-Berthou 2007). To se zgodi zaradi povečane porabe energije, ki ga porabijo za

osmoregulacijo, ki odstopa od izosmotičnega nivoja (Swanson 1998; Plaut 2000). Zaradi tega pride do znižanja hitrosti rutinskega metabolizma in povečanja osmotske koncentracije plazme (Nordlie 1987; Nordlie in sod. 1992; Haney in sod. 1999), kar so opazili pri več vrstah zobatih krapovcev. Znižanje metabolizma ima velik ekološki vpliv, saj se tako zmanjšata sposobnost plavanja in aktivnost. To vpliva na sposobnost ribe, da ujame plen, se izogne plenilcem in opravlja druge življenjsko pomembne funkcije (Plaut 2000).

Ruiz-Navarro in sod. (2013) so dokazali, da čeprav so bile gambuzije prisotne tudi pri višji slanosti (33-37), se je v obdobju znižane slanosti (10-28) njihova abundanca močno povečala. To kaže, da so življenjski pogoji bolj ugodni pri nižji slanosti. Pri nižji slanosti se je povečal tudi njihov kondicijski indeks. Alcaraz in García-Berthou (2007) sta pokazala, da indeks telesne kondicije gambuzij upada z višanjem slanosti.

Podatki za toleranco gambuzije se razlikujejo. Zapisi pojavljanja gambuzije v vodah z visoko slanostjo so redki, vendar so na Iberskem polotoku našli populacije, ki so uspevale v slanosti nad 30 (Alcaraz in García-Berthou 2007; Ruiz-Navarro in sod. 2011). V raziskavi Ruiz-Navarro in sodelavcev (2011) so potrdili prisotnost gambuzije v slanosti do 49,5. Zdi se verjetno, da so se bile populacije gambuzije, ki so bile dolgo izpostavljene neugodnim pogojem, sposobne prilagoditi na postopno poslabšanje pogojev (Hubbs 2000).

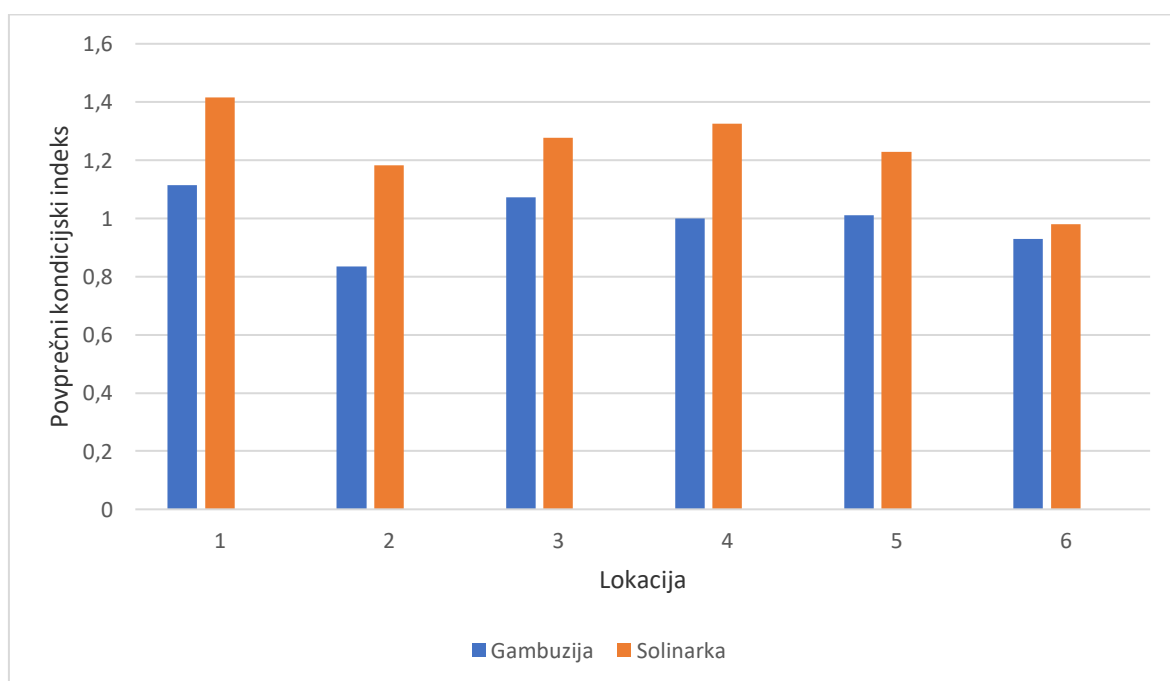
#### 4.3.2 Kondicijski indeks solinarke

Na podlagi razpoložljive strokovne literature je razvidno, da podatki za toleranco solinarke na slanost ne obstajajo, niti ni jasno, kakšna je zanjo optimalna slanost in kako močno vpliva na njen kondicijski indeks. Za sorodno vrsto *Aphanius dispar* so ugotovili, da zmanjša porabo kisika, kritično hitrost plavanja in rutinsko aktivnost pri slanostih nad 105 (Plaut, 2000). Leonardos in sod. (2015) so ugotovili, da se hitrost rasti upočasni pri ekstremnih temperaturah in slanostih.

Habitatni tip ima velik vpliv na indeks kondicije solinarke (Lipej in sod. 2015). Najvišji kondicijski indeks imajo osebki v bazenu z dotokom (KI=2,52) in bazenu brez dotoka (KI=2,32). To sovpada z lokacijo 1, kjer sem izračunal tudi najvišji kondicijski indeks (KI=1,42), a še vedno veliko nižji od tistih, ki jih navajajo Lipej in sod. (2015). Kondicijski indeksi osebkov iz kanala z dotokom so primerljivi s tistimi iz poročila, ki ga navajajo Lipej in sod. (2015) za podoben habitat. Gibljejo se med 0,979 (lokacija 6) in 1,325 (lokacija 4). Točni podatki, primerjani s kondicijskim indeksom gambuzij, so prikazani v tabeli 5. Čeprav se zdi indeks kondicije solinarke na lokaciji 6 nizek, je to posledica velikega števila juvenilnih osebkov v vzorcu. Najmanjši in najlažji primerki imajo nižji indeks kondicije kot večji in starejši primerki. Z naraščajočo velikostjo (in s tem povezano starostjo) se indeks kondicije povečuje (Poljanić 2014).

Tabela 5: Povprečni kondicijski indeksi gambuzij in solinarke.

Lokacija	Gambuzije	Solinarke
1	1,115	1,416
2	0,835	1,182
3	1,072	1,278
4	1	1,325
5	1,01	1,229
6	0,930	0,979



Slika 27: Povprečne vrednosti kondicijskega indeksa za gambuzijo (modro) in solinarko (rdeča).

## 4.3 Biometrija

### 4.3.1 Gambuzija

Med lokacijami vzorčenja je prihajalo do velikih razlik v telesni dolžini in teži med samci in samicami. Na lokaciji 1 in 4 so po pričakovanju samice daljše od samcev (slika 12). Na ostalih pa so daljši samci, kar je v nasprotju z razpoložljivimi potki iz strokovne literature, npr. Doadrio (2002). Po pričakovanjih so na lokacijah 1 in 4 samice težje, zaradi večje dolžine pa so na ostalih samci tudi težji (slika 14). Morda gre za vpliv habitata, saj nikjer v razpoložljivi literaturi nisem zasledil podobnega razmerja. Alcaraz in García-Berthou (2007) navajata, da je pri povišani slanosti razmerje med spoloma bolj uravnoteženo. Umrljivost

samic je večja, ker so večje, zato porabijo več energije za ozmoregulacijo, poleg tega pa vložijo veliko energije v razmnoževanje. Kot je razvidno iz slike 20, je bilo na vseh lokacijah vzorčenja več samic (slika 16).

V raziskavi Ruiz-Navarro in sod. (2011) navajajo podatke o telesni dolžini osebkov, razdeljene v šest velikostnih razredov. Podatkov o telesni teži ni. Ker je raziskava potekala v obdobju dveh let in so vzorčili v več letnih časih, je podatkov preveč, da bi lahko vse primerjal z mojimi, čeprav je število velikostnih razredov (do šest) enako številu mojih (slika 11). Lahko pa primerjam najmanjše in največje izmerjene osebkove iz celotnega nabora podatkov. V študiji Ruiz-Navarro in sod. (2011) je bil najmanjši velikostni razred 11,14 mm s standardno deviacijo  $\pm 1,51$ , največji pa  $54,71 \pm 1,47$  mm. Iz teh podatkov se vidi, da so bile gambuzije v najmanjših velikostnih razredih podobne mojim najmanjšim izmerjenim primerkom. Najmanjša izmerjen osebek je meril 8,83 mm (lokacija 2), največji pa 35,64 mm (lokacija 5). Največji velikostni razred močno presega največji velikostni razred, ki sem ga izmeril sam in je bil 35 do 40 mm (slika 11). Gambuzije v raziskavi Ruiz-Navarro in sod. (2011) so bile ujete na dveh lokacijah, prva je imela povprečno slanost 7,6, druga pa 46,5. Velikostni razredi med obema lokacijama se niso bistveno spreminjali. To pomeni, da so zrasle večje kljub izredno visoki slanosti.

#### 4.3.2 Biometrija solinark

Primerjava lokacij pokaže, da so samice daljše le na lokacijah 1 in 5 (slika 19), skladno s tem so tudi samice težje le na teh dveh lokacijah (slika 21). Raziskava, ki jo je opravil Poljančič (2014), je pokazala, da so bili v juniju samci daljši od samic. Morda se razmerja spreminjajo sezonsko, a se na podlagi mojih podatkov tega ne da dokazati. Razmerje med samicami in samci je na vseh lokacijah v prid samic (slika 23), kar je skladno z raziskavami Leonardos in sod. (2015). Primerjava velikostnih razredov telesne dolžine solinark z raziskavo, ki so jo opravili Leonardos in sod. (2015), pokaže veliko razliko v velikosti v primerjavi z osebkovi ki sem jih izmeril sam. Podatki so sicer razdeljeni v šest velikostnih razredov, kar je primerljivo z mojimi (slika 18). Na treh lokacijah, ki so jih vzorčili v raziskavi, se telesne dolžine gibljejo med 21,13 do 70,63 mm. Podatki o teži v tej raziskavi niso bili na voljo. Večina osebkov je večja od 30 mm. V moji raziskavi pa je bila večina primerkov manjša od 30 mm. Največji velikostni razred v moji raziskavi je bil 40 do 45 mm (slika 18). Najmanjši osebek je meril 8,6 mm (lokacija 2), največji pa 44,8 mm (lokacija 5). Iz te primerjave lahko vidimo, da so bile solinarke v moji raziskavi veliko manjše. Lokacije vzorčenja v raziskavi so imela različne slanosti, vendar se ni dalo vzpostaviti povezave med slanostjo in velikostjo solinark. Na vseh lokacijah so bile samice v povprečju daljše od samcev, kar odstopa od mojih podatkov (slika 19).

#### 4.4 Interakcije v laboratoriju

Raziskavi Rincona in sod. (2002) in Caiola in de Sostoa (2005) sta pokazali več negativnih vplivov gambuzij na domorodne zobate krapovce *Aphanius iberus* in *Valencia hispanica*. Posledice interakcij so bile zmanjšano hranjenje domorodnih vrst, povečano število preganjanja in ugrizov ter motnje v razmnoževalnem obnašanju. Za solinarke taki podatki niso razpoložljivi. Monti in sod. (2021) so primerjali abundanco solinark, ki so sobivale z gambuzijo v habitatih z različno slanostjo, temperaturo in gostoto vegetacije. Ugotovili so, da se abundanca solinark povečuje s slanostjo in da imata temperatura in globina na to manj vpliva kot slanost. Vendar ni jasno ali pri višji slanosti solinarke izpodrine gambuzijo ali gambuzija izbira habitate z nižjo slanostjo. Solinarke je bolj evrihalina od gambuzije, zato je vpliv povišane slanosti na aktivnost slednje večji. V primerjavi s solinarke se njena aktivnost močno zmanjša, kar privede do manj agresivnega obnašanja in manj ujetega plena (Alcaraz in sod. 2008). V isti raziskavi so tudi ugotovili, da pri višji slanosti solinarke ne povečuje agresivnega vedenja do gambuzije. Tako zmanjšanje agresivnega vedenja pri višji slanosti se ujema tudi z mojimi ugotovitvami. Tudi pri uspešnosti plenjenja se raziskavi ujemata. Gambuzija je sicer plenila bolj uspešno od solinarke pri vseh slanostih, vendar je to lahko povezano z načinom vnosa hrane. Opazimo pa lahko, da solinarke ujamejo znatno več plena pri slanosti 40. To kaže vpliv slanosti na gambuzijo in potrjuje teorijo, da višja slanost zmanjša njen kompeticijski pritisk na solinarke.

#### 4.5 Naravovarstvene smernice

Vprašanje je, do kakšne mere interakcije med gambuzijo in solinarke vplivajo na kondicijski indeks obeh vrst v Škocjanskem zatoku. Zdi se, da vrsti druga z drugo sobivata. Vsekakor prihaja do kompeticije, vendar pa se ta ne zdi tako močna, da bi eni ali drugi vrsti grozilo izginotje na tem območju. Solinarke pred agresijo gambuzije varuje visoka slanost. To dokazuje raziskava Alcaraza in sod. (2008), potrjujejo pa jo tudi izsledki moje naloge. Kondicijski indeks solinark je podoben kondicijskemu indeksu solinark na lokacijah z enakim habitatnim tipom v Strunjanskih solinah, kjer gambuzija ni prisotna.

Gambuzija je v Sloveniji že skoraj sto let in je danes ustaljena vrsta v Sloveniji. Postala je člen v prehranjevalni verigi skupaj s solinarke. Ob upoštevanju dejstva, da je njen vpliv na avtohtone vrste omejen zaradi slanosti, je njena prisotnost lahko celo koristna. Ker je zelo odporna na ekstremne življenjske pogoje, lahko prebiva na območjih, v katerih druge vrste rib ne morejo. V takih okoljih lahko gambuzija postane pomemben vir hrane. V sladkovodnih telesih, kjer že prebivajo domorodne vrste in je vzpostavljeno ravnovesje v ekosistemu, pa je lahko problematična. Zaradi svoje agresivne narave lahko povzroči izginotje domorodnih vrst in porušenje ekosistemskega ravnotežja.

Za solinarke predstavlja gambuzija grožnjo predvsem na območjih z znižano slanostjo. Glede na moje rezultate je meja slanosti, kjer gambuzija ni konkurenčna solinarki, med 30 in 40, glede na rezultate Alcaraz in García-Berthou (2007) in Alcaraz in sod. (2008) pa je ta meja nižja, pri slanosti 25. Na podlagi obeh raziskav sklepam, da gambuzija trenutno ne predstavlja večje grožnje za populacijo solinarke na območju Škocjanskega zatoka. Zdi se, da ima slednja stabilno populacijo, kar potrjujejo številni juvenilni osebki, ki sem jih ujel pri vzorčenju. Prisotnost samic z mladiči in juvenilnih osebkov gambuzije pa kaže, da se tudi ta uspešno razmnožuje in ima stabilno populacijo. Njena prisotnost bi lahko na dolgi rok postala problem, če bi se prilagodila na visoko slanost in bi se njena kompetitivnost povečala. Zaradi zelo številčne populacije gambuzije v sladkovodnem delu Škocjanskega zatoka je malo verjetno, da bi jo bilo možno popolnoma izkoreniniti. Potreben je redni monitoring obeh vrst in ohranjanje življenjskih pogojev, ki dajejo prednost solinarki, zlasti višje slanosti.



## 5 ZAKLJUČEK

V zaključni nalogi sem obravnaval, kako ekološki parametri, predvsem slanost, vplivajo na kompeticijo med gambuzijo in solinarke. Poleg slanosti sem upošteval tudi druge parametre, kot so dotok vode (pretočnost) v habitat, globino in temperatura vode. Cilj je bil pokazati, da slanost omili vpliv, ki ga ima gambuzija na solinarke. Z vzorčenjem na terenu sem pokazal, da ima gambuzija pri povišani slanosti bistveno nižji kondicijski indeks kot solinarke. To kaže, da je gambuzija na teh lokacijah v slabšem fizičnem stanju. Čeprav nisem naredil primerjave s sladkovodnimi populacijami gambuzije, je ob upoštevanju njene agresije in prilagodljivosti najbolj logičen zaključek, da gre za vpliv slanosti. V laboratorijskem poskusu sem z opazovanjem poskušal določiti vpliv slanosti na interakcije med obema vrstama, kar na terenu zaradi prevelike površine, goste vegetacije in homogene slanosti ni bilo mogoče. Cilj je bil, da se pokaže, da nižja slanost, ki je bolj ugodna za gambuzijo, poveča njeno agresijo in kompetitivnost. To sem potrdil, saj je gambuzija bistveno zmanjšala agresijo pri slanosti 40, zmanjšal pa se je tudi njen lovni uspeh.

Zanimivi so predvsem podatki o razmerju dolžin in teže med spoloma. Na nekaterih lokacijah so samci obeh vrst v povprečju daljši od samic. To je v nasprotju z literaturo, ki brez izjeme navaja, da so samci obeh vrst manjši od solinark (Pyke 2005, Alcaraz 2006). Razloga za to nisem našel, saj nikjer v literaturi ni omenjen podoben pojav. Primerjava kondicijskega indeksa med spoloma pa pokaže, da je ta izenačen ali v prid samic. To kaže, da je razmerje med velikostjo in težo boljše ali enako pri samicah kot samcih., kar je bolj v skladu z literaturo. Razmerje med spoloma je v skladu z literaturo, ki navaja, da je v populaciji večje število samic kot samcev (Leonardos in Sinis 1998; 1999; Maitland 2000; Doadrio 2002 Snelson 1989; Vargas in De Sostoa 1996). Na vseh lokacijah je bilo samic veliko več, približno razmerje je bilo 1:2.

Raziskovalna naloga bo prispevali k boljšemu razumevanju obeh vrst in njihovemu odzivanju na okoljske parametre, kot je slanost. Hkrati je podlaga za nadaljnje raziskave, ki bodo odkrile, kar je o ekoloških dejavnikih, ki vplivajo dinamiko teh vrst še neznanega. Z uporabo nedestruktivne metode sem pokazal, da lahko do takih podatkov pridemo, ne da bi usmrtili preučevane osebkje in tako oslabili ribje populacije.

## 6 LITERATURA IN VIRI

- Alcaraz C. C. 2006. Ecological interactions between an invasive fish (*Gambusia holbrooki*) and native cyprinodonts: the role of salinity. Ph.D Thesis. University of Girona.
- Alcaraz C. C., García-Berthou. G. E. 2007. Life history variation of invasive mosquitofish (*Gambusia holbrooki*) along a salinity gradient. *Biological Conservation* 139: 83–92.
- Alcaraz C. C., Bisazza A., García-Berthou E. 2008. Salinity mediates the competitive interactions between invasive mosquitofish and an endangered fish. *Oecologia* 155: 205–213.
- Arthington, A. H. 1989a. Diet of *Gambusia affinis holbrooki*, *Xiphophorus helleri*, *X. maculatus* and *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae) in streams of southeastern Queensland, Australia. *Asian Fisheries Science* 2: 193–212.
- Arthington, A. H. 1989b. Impacts of introduced and translocated freshwater fishes in Australia. *Asian Fisheries Science* 3: 7–20.
- Arthington A. H., Lloyd L. N. 1989. Ecology and evolution of livebearing fishes (Poeciliidae). V: Meffe, G. K. in Snelson, F. F. Jr. (ur.) *Introduced poeciliids in Australia and New Zealand*. New Jersey, Prentice Hall: 333–348.
- Arthington A. H., Marshall, C. J. 1999. Diet of the exotic Mosquitofish, *Gambusia holbrooki*, in an Australian Lake and potential for competition with indigenous fish species. *Asian Fisheries Science* 12: 1–16.
- Bernska konvencija 82/72/EGS Aneks II in III
- Bianco P. G. 1995. Mediterranean endemic freshwater fishes of Italy. *Biological Conservation* 72: 159–170.
- Borcherding, J., Heubel, K., Storm, S. 2019. Competition fluctuates across years and seasons in a 6-species-fish community: Empirical evidence from the field. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 29: 589–604.
- Caiola N., Sostoa A. 2005. Possible reasons for the decline of two native toothcarps in the Iberian Peninsula: Evidence of competition with the introduced Eastern mosquitofish. *Journal of Applied Ichthyology* 21: 358 - 363.
- Caldwell, M. C., Caldwell, D. K. 1962. Monarchistic dominance in small groups of captive male mosquitofish, *Gambusia affinis patruelis*. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 61: 37–43.
- Constantz, G. D. 1989. Reproductive biology of Poeciliid fishes. V: Meffe, G. K. in Snelson F. F. (ur.). *Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae)*. New Jersey, Prentice Hall: 33–50.

- Courtenay W. R. Jr., Meffe G. K. 1989. Small fishes in strange places: a review of introduced poeciliids. V: Meffe, G. K. in Snelson, F. F. Jr. (ur.). Ecology and evolution of livebearing fishes (Poeciliidae). New Jersey, Prentice Hall: 319–331.
- Crivelli A.J., Boy V. 1987. The diet of the mosquitofish (*Gambusia affinis* (Baird and Girard) Poeciliidae) in Mediterranean France. *Revue d'Ecologie* 42: 421–435.
- Doadrio I. 2002. Atlas y libro rojo de los peces continentales de España. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Dudgeon D., Arthington A. H., Gessner M. O., Kawabata Z., Knowler D. J., Lévêque C., Naiman R. J., Prieur-Richard A. H., Soto D., Stiassny M. L., Sullivan C. A. 2006. Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81: 163–182.
- Dunson W. A., Travis J. 1991. The role of abiotic factors in community organization. *American Naturalist* 138: 1067–1091.
- Ehrenfeld J. G., Scott N. 2001. Invasive species and the soil: effects on organisms and ecosystem processes. *Ecological Applications* 11: 1259–1260.
- Freyhof J. 2010. *Aphanius fasciatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T1847A8316633 (datum dostopa: 18. 5. 2022)
- Fulton T. W. 1904. The rate of growth of fishes. Fisheries Board of Scotland, Annual Report 22: 141–241.
- Garcia-Berthou E. 1999. Food of introduced mosquitofish: ontogenetic diet shift and prey selection. *Journal of Fish Biology* 55: 135–147.
- García-Berthou E., Alcaraz C., Pou-Rovira Q., Zamora L., Coenders G., Feo C. 2005. Introduction pathways and establishment rates of invasive aquatic species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62: 453–463.
- García-Berthou E., Moreno-Amich R. 1992. Age and growth of an Iberian cyprinodont, *Aphanius iberus* (Cuv. & Val.), in its most northerly population. *Journal of Fish Biology* 40: 929–937.
- Gardner R., Barchiesi S., Beltrame C., Finlayson M., Galewski T., Harrison I., Paganini M., Perennou C., Pritchard D. E., Rosenqvist A., Walpole M. 2015. State of the World's Wetlands and Their Services to People: A Compilation of Recent Analyses. *SSRN Electronic Journal* 10: 21–39.
- Global Invasive Species Programme (GISP) <https://www.gisp.org/> (18. 5. 2022)
- Google Earth. <https://earth.google.com/web/> (datum dostopa: 30. 9. 2022)
- Habitatna direktiva Sklep 92/43/EGS Ankes II

- Hamer A. J., Lane S. J., Mahony M. J. 2002. The role of introduced mosquitofish (*Gambusia holbrooki*) in excluding the native green and golden bell frog (*Litoria aurea*) from original habitats insouth-eastern Australia. *Oecologia* 132: 445–452.
- Haney D. C., Nordlie F. G., Binell J. 1999. Influence of simulated tidal changes in ambient salinity on routine metabolic rate in *Cyprinodon variegatus*. *Copeia* 1999: 509–514.
- Harrington R. W., Harrington E. S. 1982. Effects on fishes and their forage organisms of impounding a Florida salt marsh to prevent breeding by salt marsh mosquitoes. *Bulletin of Marine Science* 32: 523–531.
- Holway D. A., Suarez A.V. 2006. Homogenization of ant communities inmediterranean California: the effects of urbanizationand invasion. *Biological Conservation* 319: 319–326.
- Hubbs C. 2000. Survival of *Gambusia affinis* in a hostile environment. *The Southwestern Naturalist* 45: 521–522.
- Kandl K. L. 2001. Effects of inbreeding and salinity stress on population dynamics of Eastern mosquitofish. *Transactions of the American Fisheries Society* 130: 1224–1232.
- Kats L. B., Ferrer R. P. 2003. Alien predators and amphibian declines: review of two decades of science and the transition to conservation. *Diversity and Distributions* 9: 99–110.
- Kiener A., Schachter D. 1974. Polymorphisme d'*Aphanius fasciatus* Nardo, 1827 (Poisson, Cyprinodontidae) des eaux saumâtres. (Populations de Corse et de la lagune italienne de Commacchio). *Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle Série 3 Zoologie* 142: 317-339.
- Kottelat M., Freyhof J. 2007. Handbook of European freshwater fishes. Cornol, Publications Kottelat.
- Krumholz L. A. 1948. Reproduction in the western mosquitofish, *Gambusia affinis affinis* (Baird & Girard), and its use in mosquito control. *Ecological Monographs* 18: 1–43.
- Lake J. C., Leishman M. R. 2004. Invasion success of exotic in natural ecosystems: the role of disturbance, plant attributes and freedom from herbivores. *Biological Conservation* 117: 215–226.
- Leonardos I. 1996. Population dynamics of *Aphanius fasciatus* (Nardo, 1827) in Messolongi and Etolikon Lagoons. PhD thesis. Aristotelian University of Thessaloniki.
- Leonardos I. (2008). The feeding ecology of *Aphanius fasciatus* (Valenciennes, 1821) in the lagoonal system of Messolongi (western Greece). *Scientia Marina* 72: 393–401.
- Leonardos I., A. Sinis. 1998. Reproductive strategy of *Aphanius fasciatus* Nardo, 1827 (Pisces: Cyprinodontidae) in the Messolongi and Etolikon lagoons (W. Greece). *Fisheries Research* 35: 171-181.

- Leonardos I., A. Sinis. 1999. Population age and sex structure of *Aphanius fasciatus* Nardo, 1827 (Pisces: Cyprinodontidae) in the Messolongi and Etolikon lagoons (W. Greece). *Fisheries Research* 40: 227-235.
- Leonardos I., Sinis A., Petridis B. 2013. Influence of environmental factors on the population dynamics of *Aphanius fasciatus* (Nardo, 1827) (Pisces: Cyprinodontidae) in the lagoons Messolongi and Etolikon (W. Greece). *Israel Journal of Zoology* 42: 231-249.
- Lipej L., Mavrič B., Trkov D., Obersnel N. (2015). Monitoring ribe solinarke *Aphanius fasciatus* v Sečoveljskih solinah. Projekt LIFE MANSALT. LIFE 09 NAT/SI/000376
- Lipej L., Turk R., Makovec T. 2006. Ogrožene vrste in habitatni tipi v slovenskem morju. Ljubljana, Zavod RS za varstvo narave.
- Lloyd L. 1984. Exotic fish – Useful additions or ‘animal weeds’? *Fishes of Sahul* 1: 31–34 in 39–42.
- Lloyd L. N., Arthington A. H., Milton D. A. 1986. The mosquitofish – a valuable mosquito-control agent or a pest?. V: Kitching R.L. (ur.). *The Ecology of Exotic Animals and Plants Some Australian Case Histories*. Brisbane, John Wiley & Sons: 6–25.
- Mack R. N., Simberloff D., Lonsdale W. M., Evans H., Clout M., Bazzaz F. A. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications* 10: 689–710.
- Maitland P. S. 2000. *The Hamlyn guide to freshwater fish of Britain and Europe*. London, Hamlyn.
- Marchetti M. P., Lockwood J. L., Light T., 2006. Effects of urbanization on California’s fish diversity: differentiation, homogenization and the influence of spatial scale. *Biological Conservation* 127: 310–318.
- Meffe G. K. 1985. Predation and species replacement in American Southwestern fishes: a case study. *Southwestern Naturalist* 30: 173–187.
- Meffe G. K., Hendrickson D. A., Minckley W. L., Rinne J. N. 1983. Factors resulting in decline of the endangered sonoran topminnow (*Atheriniformes: Poeciliidae*) in the United States. *Biological Conservation* 25: 135–159.
- Meffe, G. K. & Snelson, F. F. Jr. 1989. *Ecology and evolution of livebearing fishes (Poeciliidae)*. New Jersey, Prentice Hall.
- Mills M. D., Rader R. B., Belk M. C. 2004. Complex interactions between native and invasive fish: the simultaneous effects of multiple negative interactions. *Oecologia* 141: 713–721.
- Miqueleiz I., Bohm M., Ariño A. H., Miranda R. 2020. Assessment gaps and biases in knowledge of conservation status of fishes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 30: 225–236.

- Monti F., Marcelli M., Fastelli P., Fattorini N. 2021. Pushed to the edge: Environmental factors drive ecological responses of *Aphanius fasciatus* when in sympatry with invasive *Gambusia holbrooki*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 31: 1–13.
- Morton R. M., Beumer J. P., Pollock B. R. 1988. Fishes of a subtropical Australian saltmarsh and their predation upon mosquitoes. *Environmental Biology of Fishes* 21: 185–194.
- Munday P. L. 2001. Fitness consequences of habitat selection and competition among coral-dwelling fish. *Oecologia* 128: 585–593.
- Naravni rezervat Škocjanski zatok. <https://www.skocjanski-zatok.org/> (datum dostopa: 27. 7. 2022)
- National Invasive Species Council. 2022. <https://www.doi.gov/invasivespecies> (datum dostopa 8. 8. 2022)
- Nordlie F. G. 1987. Salinity tolerance and osmotic regulation in the diamond killifish, *Adinia xenica*. *Environmental Biology of Fishes* 20: 229–232.
- Nordlie F. G., Haney D. C., Walsh S. J. 1992. Comparisons of salinity tolerances and osmotic regulatory capabilities in populations of sailfin molly (*Poecilia latipinna*) from brackish and fresh waters. *Copeia* 1992: 741–746.
- Nordlie F. G., Mirandi A. 1996. Salinity relationships in a freshwater population of eastern mosquitofish. *Journal of Fish Biology* 49: 1226–1232.
- Plaut I. 2000. Resting metabolic rate, critical swimming speed, and routine activity of the euryhaline cyprinodontid, *Aphanius dispar*, acclimated to a wide range of salinities. *Physiological and Biochemical Zoology* 73: 590–596.
- Poljanić K. 2014. Biometrijske i neke biološke osobitosti obrvana, *Aphanius fasciatus* (Valenciennes, 1821) (Pisces), iz Pantanske lagune. Diplomski rad, Sveučilište U Dubrovniku.
- Povž. M., Gregori A., Gregori M. 2015. Sladkovodne ribe in piškurji v Sloveniji Ljubljana, Zavod Umbra
- Pyke, G. H. 2005. A review of the biology of *Gambusia affinis* and *G. holbrooki*. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 15: 339–365.
- Rees B.E. 1958. Attributes of the mosquito fish in relation to mosquito control. *California Mosquito Control Association* 26: 71–75.
- Rincón P. A., Correas A. M., Morcillo F., Risueño P., Lobón-Cerviá J. 2002. Interaction between the introduced eastern mosquitofish and two autochthonous Spanish toothcarps. *Journal of Fish Biology* 61: 1560–1585.
- Ruiz-Navarro A., Moreno-Valcárcel R., Torralva M., Oliva-Paterna F. J. 2011. Life-history traits of the invasive fish *Gambusia holbrooki* in saline streams (SE Iberian Peninsula): does salinity limit its invasive success? *Aquatic Biology* 13: 149–161.

- Ruiz-Navarro A., Verdiell-Cubedo D., Torralva M., Oliva-Paterna F. J. 2013. Dilution stress facilitates colonization of invasive mosquitofish in a saline Mediterranean stream: Population biology response. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 23: 77–87.
- Snelson F. F. Jr. 1989. Social and environmental control of life history traits in poeciliid fishes. V: Meffe G. K. in Snelson F. F. Jr. (ur.). *Ecology and evolution of livebearing fishes (Poeciliidae)*: 149–161. New Jersey, Prentice Hall.
- Sutton S., Bult T., Haedrich R. 2000. Relationships among Fat Weight, Body Weight, Water Weight, and Condition Factors in Wild Atlantic Salmon Parr. *Transactions of The American Fisheries Society* 129: 527-538.
- Swanson C. 1998. Interactive effects of salinity on metabolic rate, activity, growth and osmoregulation in the euryhaline milkfish (*Chanos chanos*). *Journal of Experimental Biology* 201: 3355–3366.
- Unlu E., Balci K., Meriç N., 2000. Aspects of Biology of *Liza abu* (Mugilidae) in the Tigris River (Turkey). *Cybium* 241: 27-43.
- Vargas M. J., De Sostoa A. 1996. Life history of *Gambusia holbrooki* (Pisces, Poeciliidae) in the Ebro delta (NE Iberian Peninsula). *Hydrobiologia* 341: 215–224.
- Ward A. J. W., Webster M. M., Hart, P. J. B. 2006. Intraspecific food competition in fishes. *Fish and Fisheries*: 7: 231–261.
- Wourms, J. P. 1981. Viviparity: the maternal-fetal relationship in fishes. *American Zoologist* 21: 473–515.