

Univerza v Mariboru
Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Oddelek za biologijo

MAGISTRSKO DELO

Nola OBERSNEL

Maribor, 2019

Univerza v Mariboru
Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Oddelek za biologijo

Nola OBERSNEL

**Prispevek k poznavanju ekologije solinarke (*Aphanius fasciatus*) v
slovenskih obrežnih mokriščih**

MAGISTRSKO DELO

**Contribution to the knowledge of the Mediterranean killifish (*Aphanius
fasciatus*) ecology in Slovene coastal wetlands**

M. Sc. Thesis

Mentor: prof. dr. Lovrenc LIPEJ
Somentor: doc. dr. Danijel IVAJNŠIČ

Maribor, 2019

Obersnel, N.: Prispevek k poznavanju ekologije solinarke (*Aphanius fasciatus*) v slovenskih obrežnih mokriščih. Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru, 2019.

Izjava o avtorstvu

Obersnel N.: Prispevek k poznavanju ekologije solinarke (*Aphanius fasciatus*) v slovenskih obrežnih mokriščih. Magistrsko delo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo, 2019.

POVZETEK

Solinarika *Aphanius fasciatus* je majhna vsejeda riba iz družine drstečih živorodnih krapovcev (Cyprinodontidae). V Sloveniji je prisotna na več obmorskih mokriščih. Naša raziskava je potekala v Sečoveljskih in Strunjanskih solinah od jeseni 2014 do decembra 2016. Opravili smo 24 vzorčenj. V pionirski raziskavi (2014 in 2015) smo ugotavljali vpliv ekoloških dejavnikov na kondicijski indeks rib solinark. Namen je bil nadgraditi pionirsko raziskavo z novimi dejstvi in znatno večjim vzorcem ter ugotoviti ali se ugotovljeni vzorec (kondicijski indeks in biometrija) iz predhodne raziskave ohranja. Metoda vzorčenja je temeljila na lovu osebkov z veliko mrežo za lov planktona, vršami ter srednje veliko mrežo za lov manjših morskih organizmov. Za ugotavljanje fizičnega stanja osebkov smo za vsak osebek (2379 osebkov) na podlagi dolžine in mase izračunali Fultonov kondicijski faktor. Ugotovili smo, da imajo solinarke boljši kondicijski indeks in biometrične lastnosti v večjih habitatih, kot so solinski bazeni ter lagune in nekoliko slabši v manjših habitatih (kotanje in kanali). Prisotnost vegetacije ni ključna za preživetje. Najmanj primerna območja zanje so naravne majhne kotanje brez dotoka vode. V slednjih je večja možnost infestacij s paraziti, kot v lagunah, kanalih in solinskih bazenih. V populacijah so samice v primerjavi s samci številčnejše in imajo boljši kondicijski indeks ter biometrične lastnosti. Starostno razmerje populacij je v prid mlajšim osebkom. V nadaljnjih raziskavah bi bilo smotno vzorčiti v poletnih mesecih ter v večjih habitatih.

Ključne besede: solinarika, Fultonov kondicijski faktor, biometrične lastnosti, solinski bazen, kanal, kotanja, laguna

Obersnel N.: Contribution to the knowledge of the Mediterranean killifish (*Aphanius fasciatus*) ecology in Slovene coastal wetlands. M. Sc. Thesis, University of Maribor, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Department of Biology, 2019.

ABSTRACT

Mediterranean killifish *Aphanius fasciatus* is a small omnivorous fish from the family of Cyprinodontidae. In Slovenia, it is present in several coastal wetlands. Our research was conducted in the Sečovlje and Strunjan salt pans from autumn of 2014 to December 2016. We arranged 24 samples. In the course of the founding research (2014 and 2015) we determined the influence of ecological factors on the coefficient of condition of *Aphanius fasciatus*. The purpose of this research was to upgrade the pioneering research with new facts and a significantly larger sample, and to determine whether the identified pattern (condition factor and biometrics) from the prior research is retained. The sampling method was solely based on the hunting of specimens with a large net for plankton hunting, peaks and a medium-sized net for catching small marine organisms.

To determine the physical condition of specimens, Fulton's condition factor was calculated for each specimen (2379 specimens) based on length and mass. Specimens were found to have better condition factor and biometric properties in larger habitats, such as salt basins and lagoons, and slightly worse in smaller habitats (corries and canals). The presence of vegetation is not crucial for survival. The least suitable areas for them are natural small corries without the flow of fresh water. The latter are more likely to be infested with parasites than in lagoons, canals and salt basins. Females are more abundant in populations than males and have a better condition factor and biometric properties. The age ratio of the populations is in favor of the younger specimens. It would be beneficial to sample in further research during the summer months and also in larger habitats.

Key words: Mediterranean killifish, Fulton's condition factor, biometric properties, salt basins, canals, corries, lagoons

Kazalo vsebine

1.UVOD	1
1.1 Biologija solinarke <i>Aphanius fasciatus</i> (Nardo, 1827)	1
1.2 Varstveni status	3
1.3 Namen raziskave	3
1.4 Cilj raziskave	3
2.DELOVNE HIPOTEZE	4
3.MATERIALI IN METODE	5
3.1 Območje raziskave	5
3.2 Pridobivanje podatkov.....	7
3.3 Obdelava pridobljenih podatkov	8
4.REZULTATI.....	9
4.1 Vpliv ekoloških dejavnikov na kondicijski indeks solinark.....	13
4.1.1 Spol in starost osebka	13
4.1.2 Vegetacija, tip in površina habitata	17
4.1.3 Slanost in povezanost z drugimi vodnimi območji	22
4.2 Vpliv ekoloških dejavnikov na biometrične značilnosti solinark.....	25
4.2.1 Dolžina osebkov v odvisnosti od spola in starosti osebkov ter tipa habitata	25
4.2.2 Masa osebkov v odvisnosti od spola in starosti osebkov ter tipa habitata	31
4.3 Okuženost s paraziti v populacijah solinark	36
4.4 Prehranjevalne navade solinark	38
5.RAZPRAVA	40
5.1 Ekološki dejavniki in kondicijski indeks solinark.....	40
5.1.1 Spol osebkov	40
5.1.2 Tip habitata.....	40
5.1.3 Slanost	41
5.1.4 Vpliv vegetacije.....	41
5.1.5 Povezanost z drugimi vodnimi telesi (dotok vode).....	41
5.1.6 Starost osebkov.....	42
5.2 Ekološki dejavniki in biometrične lastnosti solinark.....	43
5.2.1 Habitatni tip ter dolžina in masa osebkov	43
5.2.2 Vpliv spola na dolžino in maso osebkov	43
5.2.3 Vpliv starosti na dolžino in maso osebkov	43

5.2.4 Primerjava značilnih bioloških lastnosti za različna območja.....	44
5.3 Okuženost s paraziti pri solinarkah	45
5.4 Prehranski oportunizem solinark.....	46
6.ZAKLJUČEK.....	47
7.ZAHVALA.....	49
8.VIRI.....	50
9.PRILOGE.....	53

Kazalo slik

Slika 1: Samec <i>Aphanius fasciatus</i> Foto: Nola Obersnel	2
Slika 2: Samica <i>Aphanius fasciatus</i> Foto: Nola Obersnel	2
Slika 3: Označena mesta vzorčenj v Sečoveljskih solinah.....	6
Slika 4: Označena mesta vzorčenj v Strunjanskih solinah.....	6
Slika 5: Priprava vrš in velike mreže za lov planktona. Foto: Nola Obersnel	7
Slika 6: Zemljevid z označenimi območji vzorčenja v Sečoveljskih solinah; območje Lera (2014–2016).	9
Slika 7: Zemljevid z označenimi območji vzorčenja v Sečoveljskih solinah; desno območje v bližini uprave ter levo Fontanigge (2014–2016).	10
Slika 8: Zemljevid z označenimi lokacijami v Sečoveljskih solinah; območje Fontanigge (2014–2015).	10
Slika 9: Zemljevid z označenimi lokacijami v Strunjanskih solinah (2016).....	11
Slika 10: Solinski bazen v Sečoveljskih solinah, območje Lera. Foto: Nola Obersnel	11
Slika 11: Kotanja v Sečoveljskih solinah, območje Fontanigge. Foto: Nola Obersnel	12
Slika 12: Kanal v Sečoveljskih solinah, območje Lera. Foto: Nola Obersnel	12
Slika 13: Kondicijski indeks osebkov po spolu (0= samci, 1= samice) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).	13
Slika 14: Kondicijski indeks osebkov v odvisnosti od starosti (0= 0+, 1= 1+, 2= 2+, 3= 3+, 4= 4+) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).....	15
Slika 15: Kondicijski indeks osebkov v odvisnosti od vegetacije habitata (0= neznatna, 1= zmerna, 2= bogata) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).	17
Slika 16: Kondicijski indeks osebkov v odvisnosti od tipa habitata (1= solinski bazen, 2= kanal, 3= kotanja, 4= laguna) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).	19
Slika 17: Kondicijski indeks osebkov v odvisnosti od površine vzorčenega območja v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).....	21
Slika 18: Kondicijski indeks osebkov v odvisnosti od slanosti za leta 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).	22
Slika 19: Kondicijski indeks osebkov v odvisnosti od povezanosti vzorčenega območja z drugimi vodnimi telesi v solinah (0= je ni, 1= slaba, 2= dobra) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).	23

Slika 20: Dolžina osebkov v odvisnosti od spola (0= samci, 1= samice) za vzorce pridobljene v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).	25
Slika 21: Dolžina osebkov v odvisnosti od njihove starosti (0= 0+, 1= 1+, 2= 2+, 3= 3+, 4= 4+) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).	27
Slika 22: Dolžina osebkov v odvisnosti od tipa habitata (1= solinski bazen, 2= kanal, 3= kotanja. 4= laguna) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).	29
Slika 23: Masa osebkov glede na spol (0= samci, 1= samice) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).	31
Slika 24: Masa osebkov v odvisnosti od starosti (0= 0+, 1= 1+, 2= 2+, 3= 3+, 4= 4+) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).	32
Slika 25: Masa osebkov v odvisnosti od tipa habitata (1= solinski bazen, 2= kanal, 3= kotanja. 4= laguna) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).	34
Slika 26: Parazitska obolenja osebkov v odvisnosti od površine in tipa habitata (1= solinski bazen, 2= kanal, 3= kotanja) ter povezanosti z drugimi vodnimi telesi (0= brez dotoka, 1= z dotokom).	36
Slika 27: Gliste, ki so parazitirale solinarke, 2014. Foto: Domen Trkov.....	37
Slika 28: Jajčeca glist v solinarkah, 2014. Foto: Domen Trkov	37
Slika 29: Prehrana solinark - alge, 2014. Foto: Domen Trkov	39
Slika 30: Prehrana solinark - polži in alge, 2014. Foto: Domen Trkov	39

Kazalo tabel

Tabela 1: Časovnica vzorčenj v različnih habitatih (prazno okence pomeni brez vzorčenja). ..	9
Tabela 2: Prikaz povzetka podatkov za sliko 13.	14
Tabela 3: Prikaz povzetka podatkov za sliko 14.	16
Tabela 4: Prikaz povzetka podatkov za sliko 15.	18
Tabela 5: Prikaz povzetka podatkov za sliko 16.	20
Tabela 6: Prikaz povzetka podatkov za sliko 19.	23
Tabela 7: Prikaz povzetka podatkov za sliko 20.	26
Tabela 8: Prikaz povzetka podatkov za sliko 21.	28
Tabela 9: Prikaz povzetka podatkov za sliko 22.	29
Tabela 10: Prikaz povzetka podatkov za sliko 23.	31
Tabela 11: Prikaz povzetka podatkov za sliko 24.	33
Tabela 12: Prikaz povzetka podatkov za sliko 25.	34
Tabela 13: Prikaz podatkov o prehrani osebkov v različnih tipih habitatov.	38
Tabela 14: Matrika podobnosti tipa habitatov glede na plen solinark.	39
Tabela 15: Primerjava bioloških značilnosti za različna območja (Slovenija, Hrvaška, Italija in Grčija).	44

1. UVOD

1.1 Biologija solinarke *Aphanius fasciatus* (Nardo, 1827)

Solinarke je majhna vsejeda riba iz družine drstečih živorodnih krapovcev (Cyprinodontidae) (Leonardos, 2008). V Sredozemskem morju je endemična vrsta (Ghazi in sod., 2018) in naseljuje slane ter brakične vode (Trkov in sod., 2015). Razširjena je po celotnem osrednjem in vzhodnem Sredozemlju, vključno s Korziko, Italijo, Hrvaško, Slovenijo, Bosno in Hercegovino, Grčijo, Ciprom, Turčijo, Izraelom, Egiptom; prav tako vključno s Sueškim kanalom, Alžirijo ter Tunizijo (Leonardos & Sinis, 1999). V Sloveniji je prisotna na obmorskih mokriščih in sicer v Sečoveljskih in Strunjanskih solinah, v Škocjanskem zatoku ter v laguni Stjuži (Kolar-Planinšič, 2003; Trkov in sod., 2015).

Solinarke drstijo v skupinah od aprila do julija, v posameznem uspešnem drstu odložijo do 500 jajčec, mladi osebki dosežejo spolno zrelost v nekaj mesecih (Leonardos, 2008). Planktonske faze ličinke nimajo (Deidun in sod., 2002; Poljanič, 2014; Trkov in sod., 2015).

V njihovi prehrani prevladujejo raki (postranice, enakonožci, deseteronožci, ceponožci, dvoklopniki, Branchiopoda), mehkužci (školjke, polži), jajčeca nevretenčarjev, komarji (odrasli in ličinke) ter alge (kremenaste alge). Pri vrsti je znan ontogenetski preskok v prehrani, saj večji osebki plenijo večji plen (bentoške nevretenčarje – postranice, školjke), manjše ribe pa se hranijo predvsem s planktonskimi nevretenčarji (dvoklopniki, ceponožci, navpliji solinskih rakcev). Vrsta hrane je močno odvisna od sezonskih variacij, torej od plena, ki je na voljo v življenjskem prostoru v danem času. Solinarke so se zmožne specializirati le za eno vrsto plena, običajno je to plen, ki ga je največ na voljo. Posledica tega je zelo majhna stopnja prekrivanja v vrsti plena z drugimi primerki (Leonardos, 2008). Ob pomanjkanju hrane v okolju lahko pride tudi do kanibalizma (Trkov in sod., 2015).

Solinarke so majhne ribe z opaznim spolnim dimorfizmom (sliki 1 in 2) in razmeroma kratko življenjsko dobo (do 7 let) (Leonardos, 2008). So ena izmed najbolj evritermalnih in evrihalinih vrst v Sredozemskem morju, tolerirajo temperaturni razpon od 4 do 40°C in so se sposobne razmnoževati v vodah s slanostjo od 10 do 80 promilov (Leonardos, 2008). Njihove izjemne zmožnosti jim omogočajo preživetje v nestabilnih in nepredvidljivih življenjskih prostorih (Leonardos & Sinis, 1999).

Čeprav vrsta nima komercialne vrednosti, ima pomemben položaj v prehranjevalnem sistemu obalnih ekosistemov (Leonardos & Sinis, 1999), saj je zaradi porazdelitve in abundance pomembna v prehranjevalnem spletu tovrstnih habitatov (Leonardos & Sinis, 1999; Trkov in sod., 2015).



Slika 1: Samec *Aphanius fasciatus* Foto: Nola Obersnel



Slika 2: Samica *Aphanius fasciatus* Foto: Nola Obersnel

1.2 Varstveni status

Z vidika ohranjanja vrste lahko opazimo viden upad njihovih populacij, ponekod tudi izumrtje. Do slednjega lahko pride zaradi degradacije habitatov, onesnaženja kopenskih in obalnih voda, uničenja in zmanjšanja površine solin ter uvoza eksotičnih vrst (Maltagliati, 2002). Zato je vrsta navedena v aneksih (II in III) Bernske konvencije in prilogi direktive o ohranjanju favne, flore in habitatov. Na seznamu zavarovanih območij Svetovne zveze za varstvo narave (IUCN) je navedena kot manj ogrožena, kajti v skladu s pravili ni kritično ogrožena, ogrožena ali ranljiva vrsta (Leonardos, 2008).

Pri nas so za solinarke znotraj omrežja Natura 2000 določena posebna ohranitvena območja, med katera spadajo Sečoveljske soline in estuarij reke Dragonje, Strunjanske soline z laguno Stjužo in Škocjanski zatok (Trkov in sod., 2015).

1.3 Namen raziskave

O solinarkah je bilo opravljenih veliko raziskav, saj so te ribe primerne za študij morfologije, raziskave genetske diverzitete, evolucije fizioloških prilagoditev, razmnoževalnega vedenja in spolne selekcije (Leonardos & Sinis, 1998, 1999; Cimmaruta in sod., 2002; Leonardos, 2008; Valdesalici in sod., 2015).

Leta 2015 smo izvedli pionirsko raziskavo v kateri smo ugotavljali vpliv ekoloških dejavnikov na kondicijski indeks rib solinark *Aphanius fasciatus* v Sečoveljskih solinah (glej Obersnel, 2015; Trkov in sod., 2015).

Namen te raziskave je nadgraditi pionirsko raziskavo z novimi dejstvi in znatno večjim vzorcem ter ugotoviti ali se ugotovljeni vzorec (kondicijski indeks) iz predhodne raziskave ohranja.

1.4 Cilj raziskave

V pionirski raziskavi o vplivu ekoloških dejavnikov na kondicijski indeks solinark smo ugotovili, da imajo največji vpliv naslednji dejavniki: tip habitata, povezanost z drugimi vodnimi sistemi, velikost habitata ter okužbe s paraziti. Globina habitata, slanost vode, tip prehrane ter vodna vegetacija vplivajo na fitnes osebkov v manjši meri.

V novejši raziskavi želimo ugotoviti ali lahko tudi tokrat izpostavimo zgoraj navedene ekološke dejavnike, kot bolj oziroma manj odločilne. Cilj raziskave je posodobiti pionirsko raziskavo z novimi dejstvi in večjim vzorcem, ki bo vključeval večje število lokalitet ter različne habitatne tipe.

2. DELOVNE HIPOTEZE

Preverili bomo naslednje zastavljene hipoteze:

- I. Večje število vzorcev in vzorčenje na znatno večjem in raznolikem izboru lokalitet bo pokazalo identični vzorec vpliva ekoloških dejavnikov na kondicijski indeks osebkov kot smo ugotovili v predhodni raziskavi z znatno manjšim vzorcem.
- II. Biometrične značilnosti in kondicijski indeks na večjem številu lokalitet se ne bodo razlikovale od podatkov v pionirski raziskavi.
- III. Delež parazitskih obolenj v populacijah na različnih lokalitetah in v različnih habitatih bo odvisen od stopnje izoliranosti, površine ter prostornine habitatnega tipa.
- IV. Prehranjevalne navade solinark bodo pokazale prehranski oportunistem. Prehrana osebkov glede na življenjski prostor bo odvisna od naključnega plena.

3. MATERIALI IN METODE

3.1 Območje raziskave

Raziskovali smo v Sečoveljskih in Strunjanskih solinah (sliki 3 in 4), v letih od 2014 do 2016 v različnih obdobjih tj. letnih časih (Tabela 1). Vzorčili smo v štirih različnih tipih habitatov, v solinskih bazenih (Slika 10), kotanjah (Slika 11), kanalih (Slika 12) in pretočni laguni. Solinarke iz omenjene lagune v Strunjanskih solinah smo ulovili iz dostopnih postaj. Končni vzorec je obsegal 2379 osebkov.

Sečoveljske soline

Sečoveljske soline ležijo na jugozahodu Slovenije, ob meji z Republiko Hrvaško in so zaščitene kot krajinski park od leta 1989. Cilj krajinskega parka je varstvo tamkajšnjih ogroženih, redkih ter avtohtonih rastlinskih in živalskih vrst ter ekosistemov, kakor tudi ohranjanje kulturne krajine ter tradicionalnega solinarstva (KPSS, 2019).

Od leta 1993 naprej so soline uvrščene na Seznam mokrišč mednarodnega pomena (Ramsarska konvencija) in s tem dolžne varovati močvirja, ki so prebivališča več vrstam ptic na tem območju. Nekaj teh mokrišč oziroma obalnih močvirij je tudi del naravovarstvenega omrežja Natura 2000 (KPSS, 2019).

Sečoveljske soline se delijo na 4 območja: del ob morju, letališče, Lera in Fontanigge. Slednje predstavljajo neaktiven del solin z opuščenimi solinarskimi hišami, ki pa je zanimiv za sprehajalce in ornitologe. Na območju Lera so razporejeni solinarski bazeni, na katerih še danes poteka tradicionalna pridelava soli (KPSS, 2019). Celotne soline predstavljajo kanali, solinarski bazeni, manjše kotanje in večje lagune. Vsa našeta območja naseljujejo ribe solinarke.



Slika 3: Označena mesta vzorčenj v Sečoveljskih solinah.

Strunjanske soline

Strunjanske soline so zaščitene kot varstveno območje znotraj Krajinskega parka Strunjan od leta 1990. So najsevernejše aktivne soline v Sredozemlju. Soline naj bi nastale predvidoma v 13. stoletju, do danes pa so se ohranile kot območje tradicionalne pridelave soli, ter življenjski prostor mnogim rastlinskim in živalskim vrstam (KPSS, 2019). Del Strunjanskih solin z laguno Stjužo spada v omrežje naravovarstvenih območij Natura 2000 (www.parkstrunjan.si, 2019). Podobno kot v Sečoveljskih solinah, tudi v Strunjanskih, solinarske bazene, kanale, kotanje ter lagune naseljujejo solinarke.



Slika 4: Označena mesta vzorčenj v Strunjanskih solinah.

3.2 Pridobivanje podatkov

Vzorčili smo z veliko mrežo za lov planktona, vršami ter srednje veliko mrežo za lov manjših morskih organizmov (Slika 5). Temperaturo vode in zraka smo izmerili na mestu vzorčenja. Na mestu vzorčenja smo ocenili še velikost habitata (kjer ni bilo možno, smo pridobili oceno velikosti s pomočjo aplikacije Google Earth) in globino vodnega območja. Vse lokacije smo tudi fotografirali.



Slika 5: Priprava vrš in velike mreže za lov planktona. Foto: Nola Obersnel

Prav tako smo med vzorčenjem na terenu odvzeli vzorec vode za analizo slanosti. Analizo smo opravili kasneje, še isti dan, v laboratoriju. Slanost smo izmerili z refraktometrom in jo zapisali v promilih (‰). »Slanost je merilo za vsebnost soli v gramih, raztopljenih v 1kg slanice. Navadno je izražena v odstotkih ali promilih.« Povprečna slanost morske vode je 35 ‰ (KPSS).

V laboratoriju smo vse osebke (2379) izmerili z digitalnim pomičnim kljunastim merilom in stehali z digitalno tehtnico. Dolžino smo zapisali v milimetrih, maso pa v gramih. Dolžinsko-masno razmerje je metoda, ki se redno uporablja pri bioloških analizah rib (Neumann in sod., 2013; Poljanić 2014). Z dolžino in podatkom o teži lahko ocenimo rast in razvoj rib v naravnih območjih, kakor tudi v ribogojnicah in laboratorijih (Neumann in sod., 2013). Analiza podatkov dolžine in mase solinark nam omogoča vpogled v biologijo vrste ter dinamiko raziskovane populacije (Poljanić, 2014).

Podatke o dolžini in masi osebkov smo uporabili za izračun Fultonovega kondicijskega indeksa. S slednjim opisujemo fizično telesno stanje rib, ki je posledica dolžinsko-masnega razmerja. Sprememba koeficienta pojasnjuje določena fiziološka stanja in nakazuje na spremembe abiotičnih in biotičnih dejavnikov v okolju (Poljanić, 2014).

Fultonov indeks omogoča kvantitativno primerjavo fitnesa posameznih rib znotraj populacije, posameznih rib iz različnih populacij in primerjavo dveh populacij iz različnih lokacij. Kondicijski indeks (KI) kaže stanje dobrega počutja oziroma zdravja osebka. Na KI vplivajo starost in spol osebka, sezona, faza dozorevanja, polnost črevesja, tip konzumirane prehrane, delež maščob in stopnja mišične razvitosti. Spolne gonade lahko prispevajo kar 15% celotne telesne teže (Barnham & Baxter, 2003).

Fultonov kondicijski faktor: $K=(W/L^3) \times 100000$,

kjer je K= kondicijski faktor, W= teža osebka (g), L= dolžina osebka (mm)

(Neumann in sod., 2013).

Na podlagi vidnih, zunanjih karakteristik smo določili spol osebka. Za vrsto je namreč značilna izrazita spolna dvoličnost (Leonardos, 2008; Trkov in sod., 2015). Celoten vzorec je obsegal 1498 samic in 881 samcev. Starostno strukturo smo določili s pomočjo starostno-dolžinske tabele za solinarke (Leonardos in sod., 1999).

V letih 2014 in 2015 smo pri nekaj oslabljenih osebkih opravili analizo prebavnega trakta z namenom ugotavljanja prehrane. Na enak način smo analizirali tudi osebke, ki so kazali znake okužbe z bakterijami ali prisotnost parazitov.

3.3 Obdelava pridobljenih podatkov

Da bi lahko odgovorili na zadana raziskovalna vprašanja, smo pridobljene podatke statistično obdelali. Za podatke, ki niso izpolnjevali kriterijev normalne porazdelitve (kljub transformaciji) smo uporabili neparametrične preizkuse (Kruskal-Wallis) s faktorji spol, starost in habitatni tip. Podatke, ki so po log transformaciji kazali značilnosti normalne porazdelitve smo obravnavali s parametričnimi statističnimi preizkusi (ANOVA) pri čemer smo upoštevali enake faktorje. Rezultate smo prikazali z diagrami, katerim smo dodali tabele s statističnimi povzetki podatkov. Za potrebe hipoteze 3 smo s pomočjo programske opreme R (R Development Core, 2016) in paketa GLM pripravili posplošeni linearni model ($družina=(\text{sqrt})\text{poisson}$) z odvisno spremenljivko število okužb s paraziti in neodvisnimi spremenljivkami dotok vode, habitatni tip in površina habitatnega tipa. Za potrebe hipoteze 4, ki obravnava prehranske navade, smo se naslonili na metode matrik podobnosti. Z razpoložljivimi podatki smo izračunali Bray-Curtis indeks podobnosti in oblikovali matriko podobnosti habitatov glede na plen. Za izračun indeksa smo v programskem paketu R uporabili spodnjo kodo.

```
> ht1(Solinarski bazen) <- c(2,2,3,3,0)
> ht2(Kanal) <- c(2,1,3,0,2)
> ht3(Kotanja) <- c(2,3,2,0,0)
> dat1 <- rbind(ht1,ht2,ht3)
> vegdist(dat1, method = "bray", binary = FALSE)
```

4. REZULTATI

Raziskava temelji na vzorcih solinark iz Sečoveljskih in Strunjanskih solin, ki smo jih pridobili v času od jeseni 2014 do zime 2016 (slike od 6 do 9).

Tabela 1: Časovnica vzorčenj v različnih habitatih (prazno okence pomeni brez vzorčenja).

	Sept.–okt. 2014	Apr. 2015	Okt. 2016	Nov. 2016	Dec. 2016
Število vzorcev	5	9	3	3	4
Solinski bazeni	2	2			
Kanal	2	5	2	3	2
Kotanja	1	2			1
Laguna			1		1



Slika 6: Zemljevid z označenimi območji vzorčenja v Sečoveljskih solinah; območje Lera (2014–2016).



Slika 7: Zemljevid z označenimi območji vzorčenja v Sečovljskih solinah; desno območje v bližini uprave ter levo Fontanigge (2014–2016).



Slika 8: Zemljevid z označenimi lokacijami v Sečovljskih solinah; območje Fontanigge (2014–2015).



Slika 9: Zemljevid z označenimi lokacijami v Strunjanskih solinah (2016).



Slika 10: Solinski bazen v Sečoveljskih solinah, območje Lera. Foto: Nola Obersnel



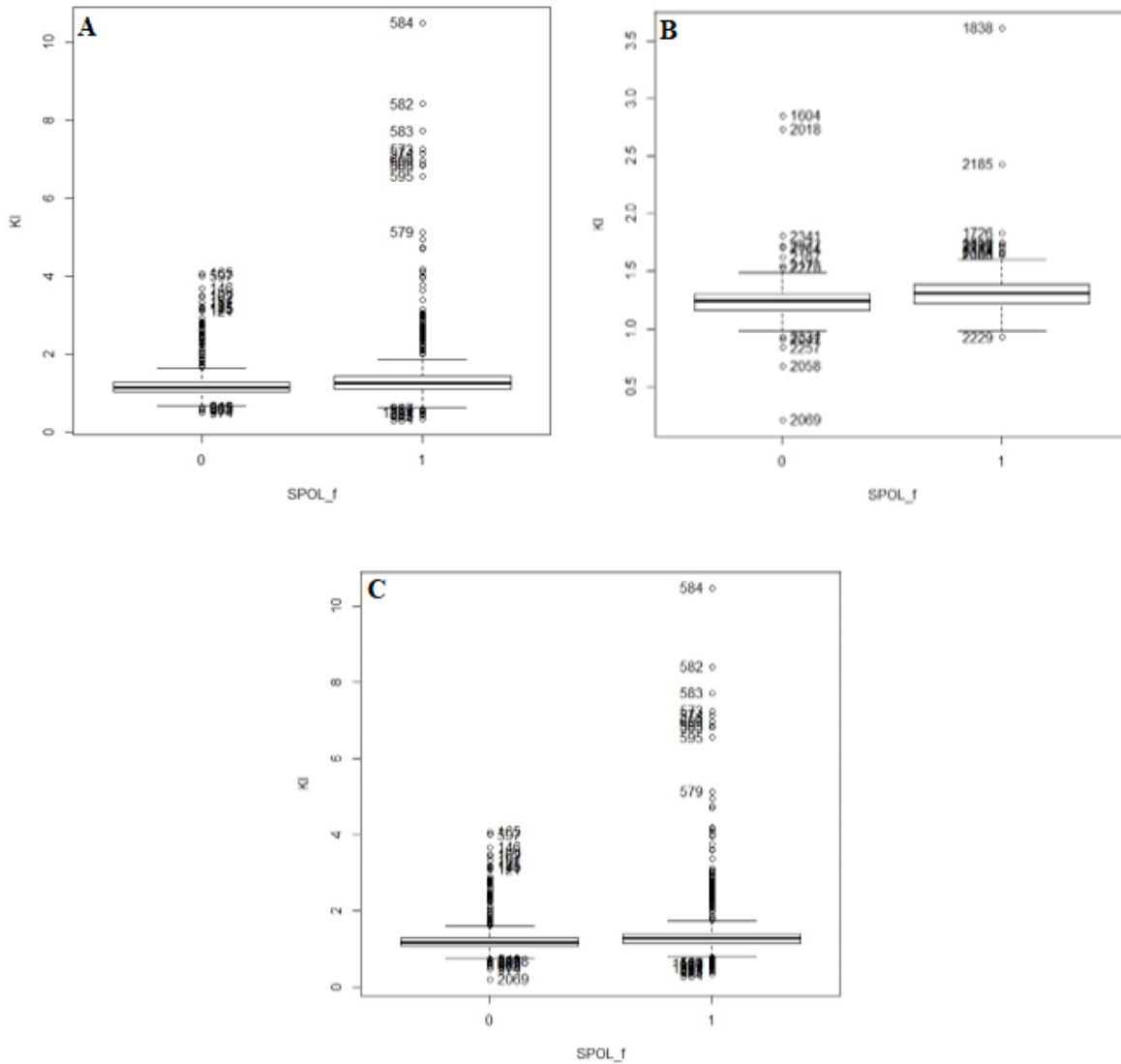
Slika 11: Kotanja v Sečoveljskih solinah, območje Fontanigge. Foto: Nola Obersnel



Slika 12: Kanal v Sečoveljskih solinah, območje Lera. Foto: Nola Obersnel

4.1 Vpliv ekoloških dejavnikov na kondicijski indeks solinark

4.1.1 Spol in starost osebka



Slika 13: Kondicijski indeks osebkov po spolu (0= samci, 1= samice) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).

Tabela 2: Prikaz povzetka podatkov za sliko 13.

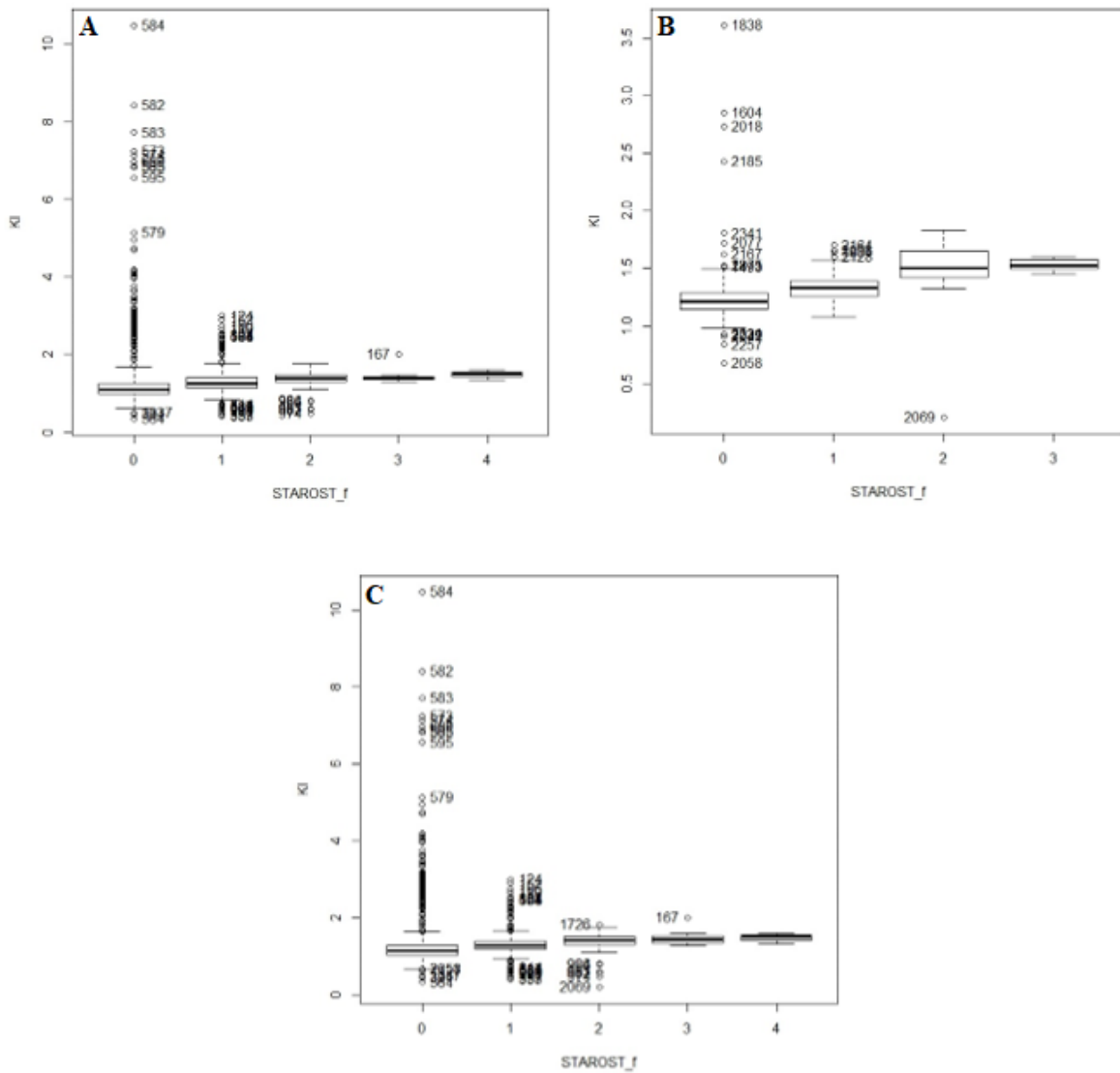
2014–2015									
SPOL	Ar. sredina	SD	IQR	Min.	Q1	Q2	Q3	Maks.	N
0: samci	1.257	0.488	0.250	0.490	1.020	1.140	1.270	4.070	548
1: samice	1.428	0.849	0.337	0.340	1.090	1.250	1.428	10.490	838
2016									
0: samci	1.247	0.178	0.137	0.206	1.164	1.244	1.301	2.849	333
1: samice	1.311	0.158	0.165	0.927	1.220	1.306	1.386	3.612	660
2014–2016									
0: samci	1.253	0.400	0.212	0.206	1.080	1.188	1.292	4.07	881
1: samice	1.376	0.646	0.237	0.340	1.162	1.284	1.399	10.49	1498

Legenda: Ar. sredina-Aritmetična sredina, SD-Standardna deviacija, IQR-interkvartilni razmak, Q1-prvi kvartil, Q2-drugi kvartil, Q3-tretji kvartil, N-število osebkov.

Kondicijski indeks solinark je v letih 2014–2015 značilno različen glede na spol osebkov (hi-kvadrat = 58.083, df = 1, p-vrednost = 2.513e-14). Le-ta je bil pri samicah višji (v povprečju 1,43) in je imel večji razpon (Slika 13A). Povprečen KI samcev je bil 1,26. Na zgornji tabeli (Tabela 2, 2014–2015) opazimo, da je bila abundanca samic večja.

Kondicijski indeks solinark je v letu 2016 značilno različen glede na spol osebkov (hi-kvadrat = 65.433, df = 1, p-vrednost = 6.012e-16). Samice so ponovno imele povprečen KI (1,31) višji kot samci (1,25). Prav tako so njihove vrednosti vseh kvartilov na diagramu (Slika 13B) višje.

Kondicijski indeks solinark je v združenem vzorcu (2014–2016) prav tako značilno različen glede na spol osebkov (hi-kvadrat = 126.35, df = 1, p-vrednost < 2.2e-16). Slika 13C prikazuje podatke vseh vzorčenja, opazimo, da so razlike med razponoma KI vzorcev minimalne. Kljub temu imajo samice v povprečju večji KI (1,38) kot samci (1,25). Na dobljene rezultate vpliva tudi nesorazmerje v velikosti vzorca za posamezen spol, saj smo obravnavali bistveno več samic kot samcev (Tabela 2, 2014–2016).



Slika 14: Kondicijski indeks osebkov v odvisnosti od starosti (0= 0+, 1= 1+, 2= 2+, 3= 3+, 4= 4+) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).

Tabela 3: Prikaz povzetka podatkov za sliko 14.

2014–2015									
Starost	Ar. sr.	SD	IQR	Min.	Q1	Q2	Q3	Maks.	N
0: 0+	1.407	1.013	0.280	0.340	0.980	1.090	1.260	10.490	663
1: 1+	1.312	0.298	0.250	0.420	1.150	1.260	1.400	3.000	646
2: 2+	1.344	0.243	0.190	0.490	1.290	1.390	1.480	1.760	65
3: 3+	1.456	0.221	0.080	1.295	1.360	1.400	1.440	2.020	9
4: 4+	1.482	0.132	0.130	1.340	1.423	1.507	1.553	1.600	3
2016									
0: 0+	1.233	0.197	0.138	0.677	1.148	1.215	1.286	3.612	457
1: 1+	1.330	0.098	0.135	1.076	1.259	1.331	1.394	1.700	509
2: 2+	1.476	0.317	0.230	0.206	1.420	1.499	1.650	1.830	22
3: 3+	1.532	0.060	0.080	1.454	1.498	1.528	1.579	1.602	5
2014–2016									
0: 0+	1.336	0.794	0.240	0.340	1.040	1.164	1.280	10.490	1120
1: 1+	1.320	0.232	0.187	0.420	1.210	1.300	1.397	3.000	1155
2: 2+	1.377	0.268	0.196	0.206	1.310	1.420	1.506	1.830	87
3: 3+	1.483	0.180	0.151	1.295	1.370	1.447	1.521	2.020	14
4: 4+	1.482	0.132	0.130	1.340	1.423	1.507	1.553	1.600	3

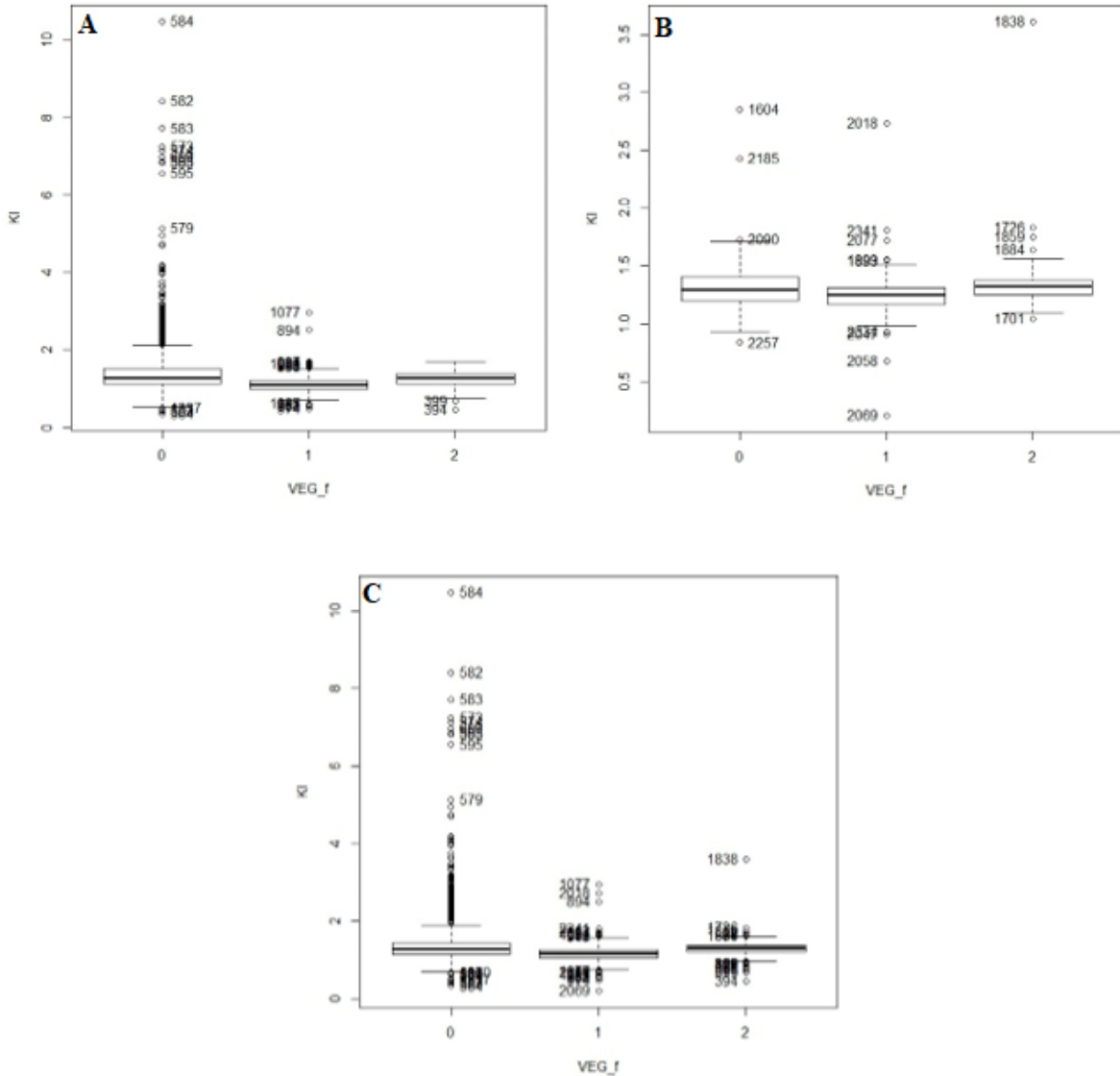
Legenda: Ar. sr.-Aritmetična sredina, SD-Standardna deviacija, IQR-interkvartilni razmak, Q1-prvi kvartil, Q2-drugi kvartil, Q3-tretji kvartil, N-število osebkov.

Kondicijski indeks solinarke je v letih 2014–2015 značilno različen glede na starost osebkov (hi-kvadrat = 173.26, df = 4, p-vrednost < 2.2e-16). Na sliki 14A opazimo naraščanje vrednosti KI, od najmlajših proti najstarejšim osebkom. Mladi osebki v starostnih kategorijah 0+ in 1+ imajo širši razpon KI kot tisti v starejših kategorijah 3+ in 4+. Velikosti vzorcev v posamezni starostni skupini so različne. Vidimo, da številčno prevladujejo mladi osebki, starejših od treh let je le nekaj (Tabela 3, 2014–2015).

V letu 2016 je KI prav tako značilno različen glede na starost osebkov (hi-kvadrat = 273.37, df = 3, p-vrednost < 2.2e-16). Podobno, kot pri podatkih pionirske raziskave, opazimo rast KI premo sorazmerno s starostjo osebkov (Slika 14B). Osebki v starostni skupini 2+ imajo največji razpon KI (IQR:0,32) v primerjavi z ostalimi starostnimi skupinami. V starostni strukturi ponovno prevladujejo mladi osebki starostnih skupin 0+ ter 1+. V najstarejši skupini 3+ je le 5 primerkov, ki pa imajo najboljši povprečen KI (1,53) (Tabela 3, 2016).

Če upoštevamo celoten vzorec, je KI značilno različen glede na starost osebkov (hi-kvadrat = 357.21, df = 4, p-vrednost < 2.2e-16). Le-ta se veča premo sorazmerno s starostjo (Slika 14C). Najstarejši osebki iz skupin 3+ in 4+ imajo v povprečju najvišji KI, hkrati pa je teh osebkov številčno najmanj (Tabela 3, 2014–2016). Od 2379 izmerjenih osebkov jih je bilo kar 2275 iz starostnih skupin 0+ in 1+, kar pomeni, da v populacijah prevladujejo mlade solinarke.

4.1.2 Vegetacija, tip in površina habitata



Slika 15: Kondicijski indeks osebkov v odvisnosti od vegetacije habitata (0= neznatna, 1= zmerna, 2= bogata) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).

Tabela 4: Prikaz povzetka podatkov za sliko 15.

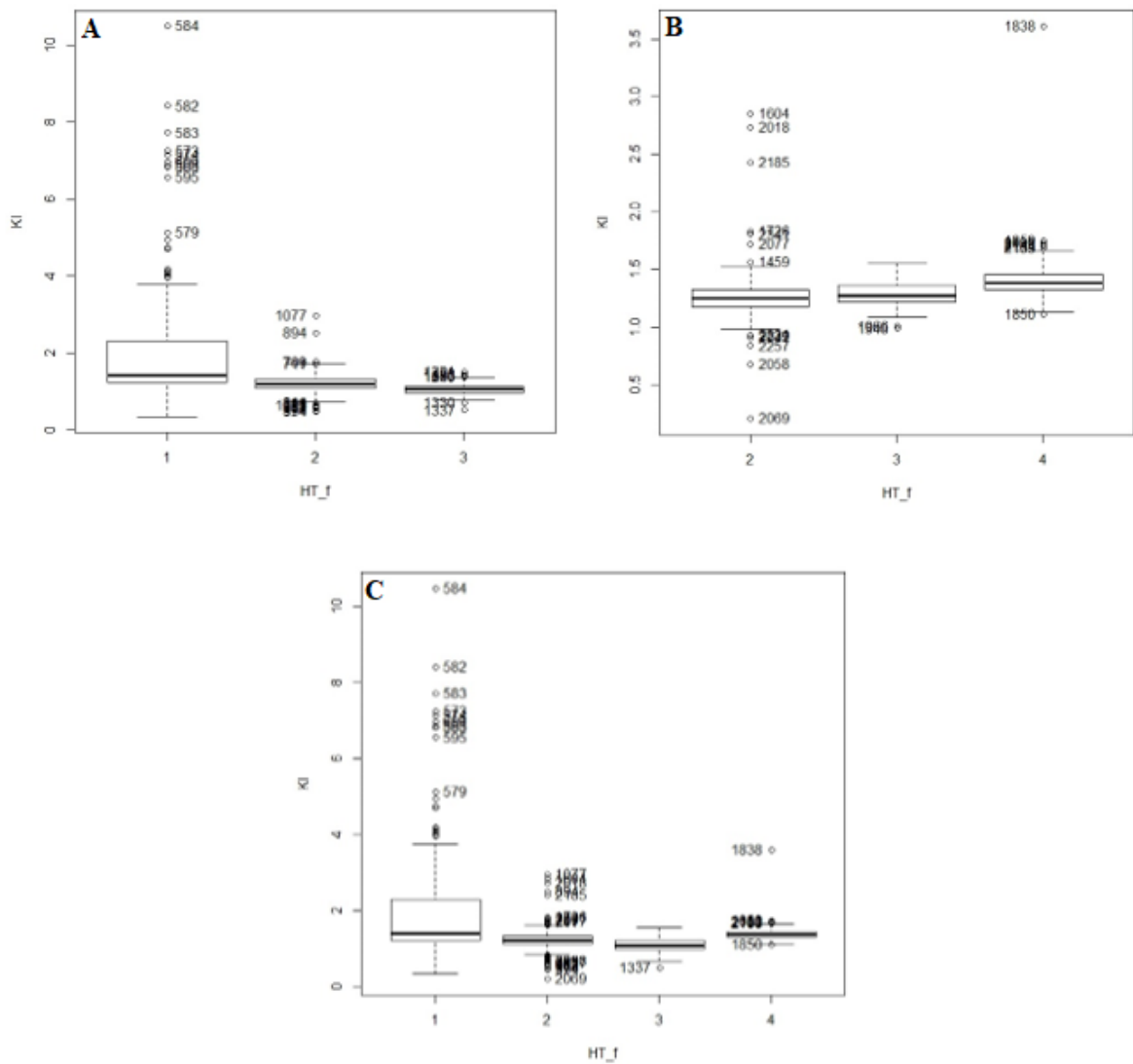
2014–2015									
Vegetacija	Ar. sr.	SD	IQR	Min.	Q1	Q2	Q3	Maks.	N
0: neznatna	1.562	0.974	0.403	0.34	1.120	1.27	1.523	10.490	692
1: zmerna	1.121	0.206	0.219	0.49	1.001	1.11	1.220	2.962	494
2: bogata	1.253	0.201	0.265	0.46	1.118	1.28	1.383	1.700	200
2016									
0: neznatna	1.311	0.179	0.208	0.837	1.195	1.294	1.403	2.849	300
1: zmerna	1.246	0.148	0.140	0.206	1.168	1.250	1.308	2.729	393
2: bogata	1.325	0.169	0.127	1.043	1.251	1.323	1.378	3.612	300
2014–2016									
0: neznatna	1.486	0.827	0.300	0.340	1.150	1.280	1.450	10.490	992
1: zmerna	1.176	0.193	0.208	0.206	1.069	1.177	1.277	2.962	887
2: bogata	1.296	0.185	0.161	0.460	1.219	1.308	1.380	3.612	500

Legenda: Ar. sr.-Aritmetična sredina, SD-Standardna deviacija, IQR-interkvartilni razmak, Q1-prvi kvartil, Q2-drugi kvartil, Q3-tretji kvartil, N-število osebkov.

Kondicijski indeks solinarke je v letih 2014–2015 značilno različen glede na vegetacijo obravnavanih habitatov (hi-kvadrat = 175.92, df = 2, p-vrednost < 2.2e-16). Osebkovi iz območij brez vegetacije imajo največji razpon KI ter najvišji povprečen KI (Tabela 4, 2014–2015). Sledijo jim območja z bogato vegetacijo in nazadnje območja z zmerno vegetacijo (Slika 15A). Največ izmerjenih osebkov je bilo iz habitatov brez vegetacije.

Kondicijski indeks osebkov v letu 2016 je značilno različen glede na vegetacijo obravnavanih habitatov (hi-kvadrat = 71.988, df = 2, p-vrednost = 2.334e-16) in je prikazan na sliki 15B. Najboljši povprečen KI imajo solinarke iz območij z bogato vegetacijo (1,33), tesno za njimi so tiste iz območij brez vegetacije (1,31). Pri slednjih opazimo tudi največji razpon vrednosti KI (Tabela 4, 2016).

Na sliki 15C je prikazan kondicijski indeks osebkov v letih 2014–2016 in je značilno različen glede na vegetacijo obravnavanih habitatov (hi-kvadrat = 228.89, df = 2, p-vrednost < 2.2e-16). Najboljši povprečen KI imajo osebki iz območij z neznatno vegetacijo (1,486), je pa pri le-teh variabilnost KI tudi največja. Na dobljene rezultate vpliva tudi nesorazmerje v velikosti vzorca v posamezni kategoriji vegetacije habitata. Največ obravnavanih osebkov je bilo iz območij brez vegetacije ter najmanj iz območij z bogato vegetacijo (Tabela 4, 2014–2016).



Slika 16: Kondicijski indeks osebkov v odvisnosti od tipa habitata (1= solinski bazen, 2= kanal, 3= kotanja, 4= laguna) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).

Tabela 5: Prikaz povzetka podatkov za sliko 16.

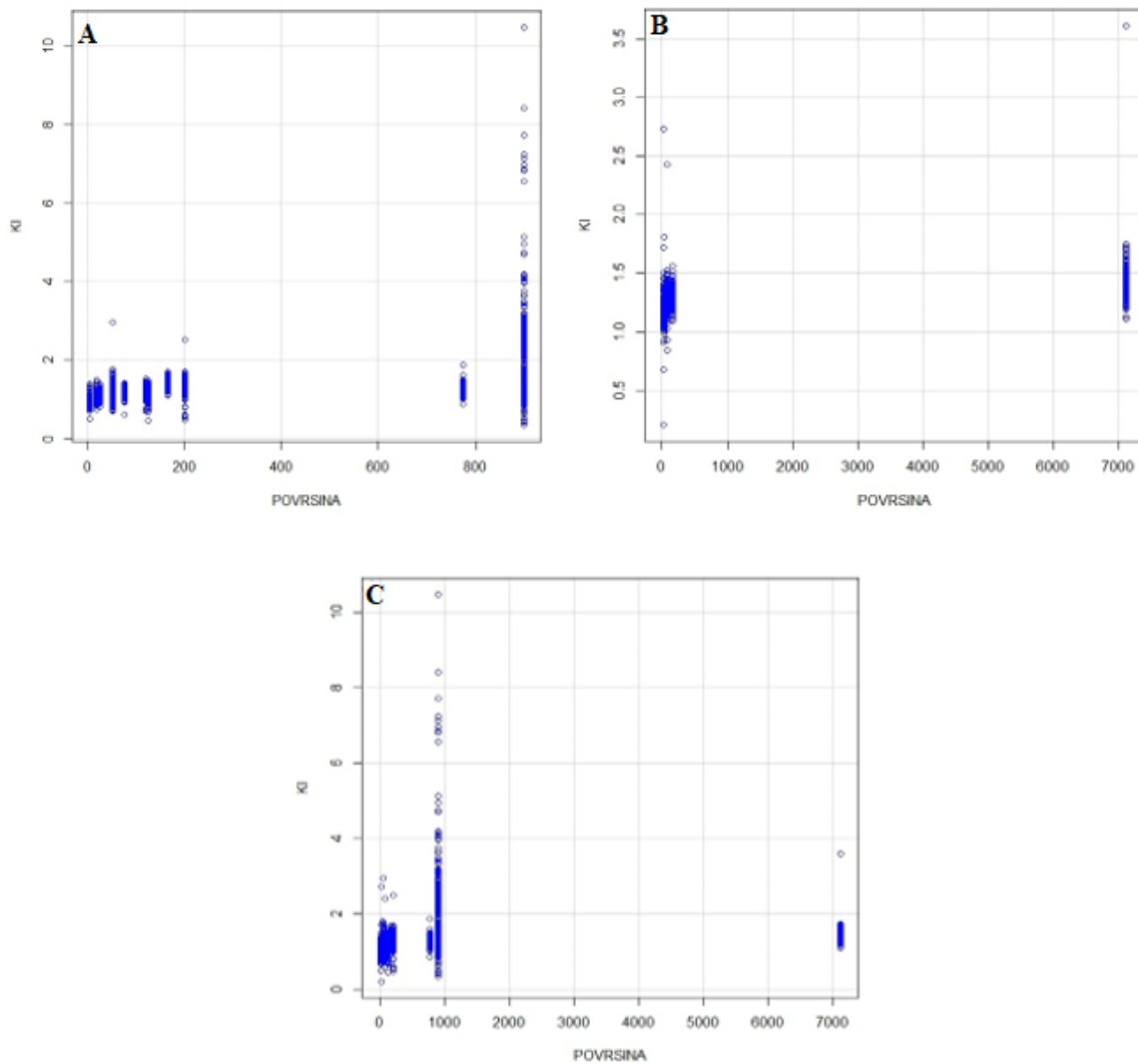
2014–2015									
Habitat	Ar. sr.	SD	IQR	Min.	Q1	Q2	Q3	Maks.	N
1: solinski bazen	1.861	1.185	1.083	0.340	1.228	1.40	2.310	10.490	400
2: kanal	1.205	0.215	0.250	0.460	1.080	1.19	1.330	2.962	686
3: kotanja	1.048	0.137	0.159	0.501	0.963	1.04	1.122	1.507	300
2016									
2: kanal	1.257	0.152	0.151	0.206	1.176	1.251	1.327	2.849	693
3: kotanja	1.282	0.106	0.140	0.986	1.222	1.273	1.362	1.551	100
4: laguna	1.408	0.192	0.134	1.109	1.324	1.387	1.458	3.612	200
2014–2016									
1: solinski bazen	1.861	1.185	1.083	0.340	1.228	1.400	2.310	10.490	400
2: kanal	1.231	0.188	0.196	0.206	1.133	1.231	1.329	2.962	1379
3: kotanja	1.106	0.165	0.241	0.501	0.990	1.089	1.231	1.551	400
4: laguna	1.408	0.192	0.134	1.109	1.324	1.387	1.458	3.612	200

Legenda: Ar. sr.-Aritmetična sredina, SD-Standardna deviacija, IQR-interkvartilni razmak, Q1-prvi kvartil, Q2-drugi kvartil, Q3-tretji kvartil, N-število osebkov.

Kondicijski indeks solinark je v letih 2014–2015 značilno različen glede na obravnavane habitatne tipe (hi-kvadrat = 408.28, df = 2, p-vrednost < 2.2e-16). Opazno višji povprečen KI imajo osebki iz solinskih bazenov (1,86), sledijo jim osebki iz kanalov (1,21) ter iz kotanj (1,05). Na sliki 16A opazimo najširši razpon vrednosti KI pri solinarkah iz solinskih bazenov, pravzaprav celo nekoliko večji zamik k višjim vrednostim KI. Največ izmerjenih osebkov je bilo iz kanalov in najmanj iz kotanj (Tabela 5, 2014–2015).

Na sliki 16B so prikazani kondicijski indeksi solinark v letu 2016 in so značilno različni glede na obravnavane habitatne tipe (hi-kvadrat = 205.86, df = 2, p-vrednost < 2.2e-16). Največkrat smo vzorčili v kanalih, nikoli v solinskih bazenih in dvakrat v laguni (Tabela 5, 2016). Največji povprečen KI imajo osebki iz lagun (1,41). Največji razpon vrednosti KI pa smo zaznali pri osebkih iz kanalov.

Kondicijski indeks je v celotnem vzorcu (Slika 16C) prav tako značilno različen glede na obravnavane habitatne tipe (hi-kvadrat = 556.63, df = 3, p-vrednost < 2.2e-16). Najvišji KI imajo osebki iz solinskih bazenov (1,86), najslabši pa tisti iz kotanj (1,11). Pri solinarkah iz solinskih bazenov opazimo večje število osebkov z nadpovprečnim KI (zamik proti večjim vrednostim KI). Največkrat smo vzorčili v kanalih ter najmanj v lagunah (Tabela 5, 2014–2016), kar lahko pripišemo temu, da je vzorčenje po naši metodi v kanalu lažje izvedljivo kot v laguni.



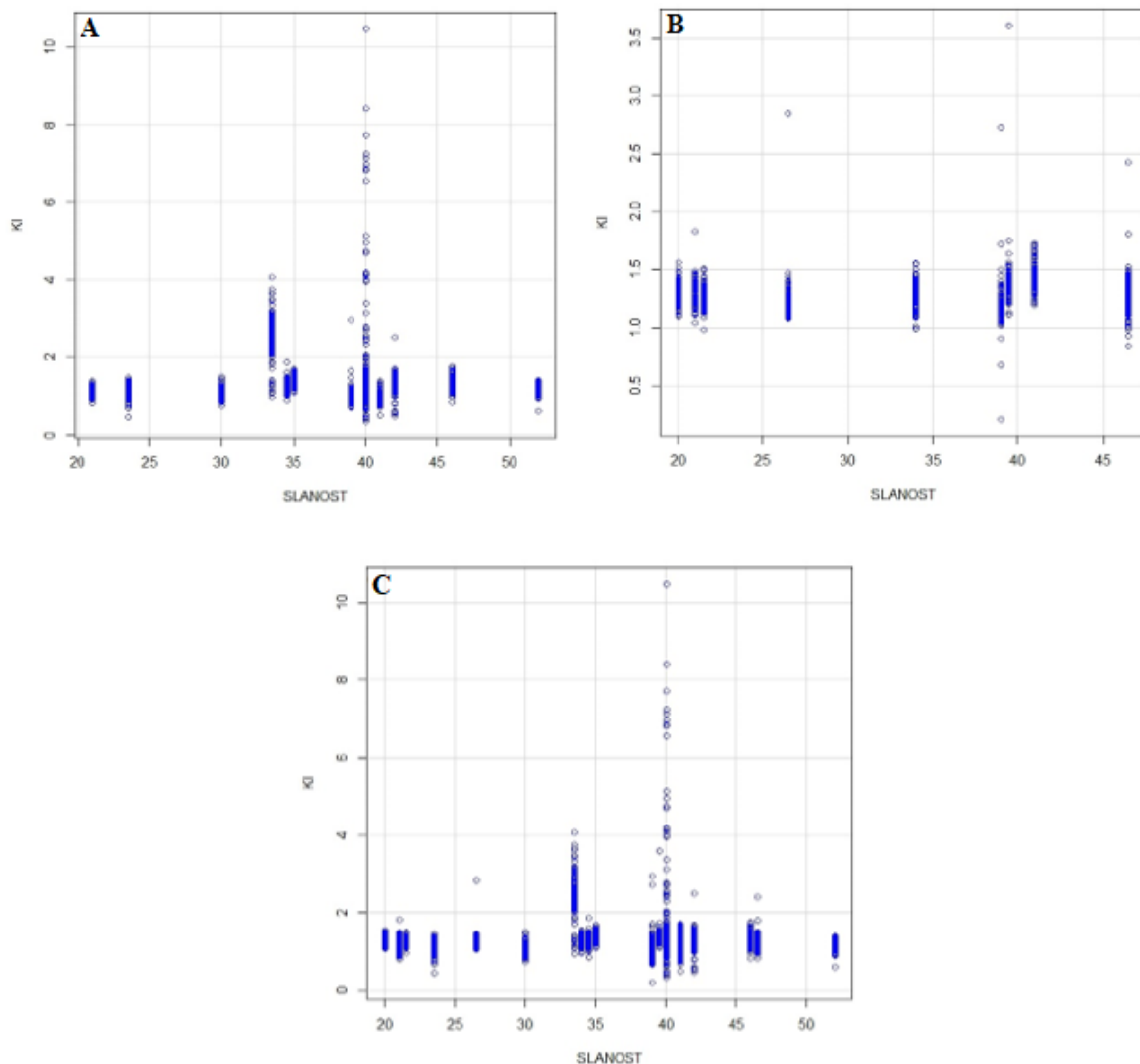
Slika 17: Kondicijski indeks osebkov v odvisnosti od površine vzorčenega območja v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).

Na sliki 17A opazimo, da imajo solinarke v območjih z večjo površino boljši kondicijski indeks. Ta območja so solinski bazeni, ki merijo približno 900 m². Med manjšimi območji so kanali ter kotanje, ki v našem primeru merijo od nekaj do največ 200 m².

V letu 2016 smo vzorčili v kanalih, kotanjah in lagunah. Slednje so največje in sodeč po vrednostih KI na diagramu (Slika 17B) najprimernejše, saj so imele tamkajšnje solinarke najboljše povprečen indeks kondicije.

Na sliki 17C, ki prikazuje združene podatke vseh let, vidimo nekoliko višje vrednosti KI pri solinarkah iz solinskih bazenov. Slednji veljajo za večja območja v solinah, vendar ne največja (lagune). Med najmanjšimi so kanali in kotanje, katerih imajo osebki najnižji KI v primerjavi z ostalimi.

4.1.3 Slanost in povezanost z drugimi vodnimi območji

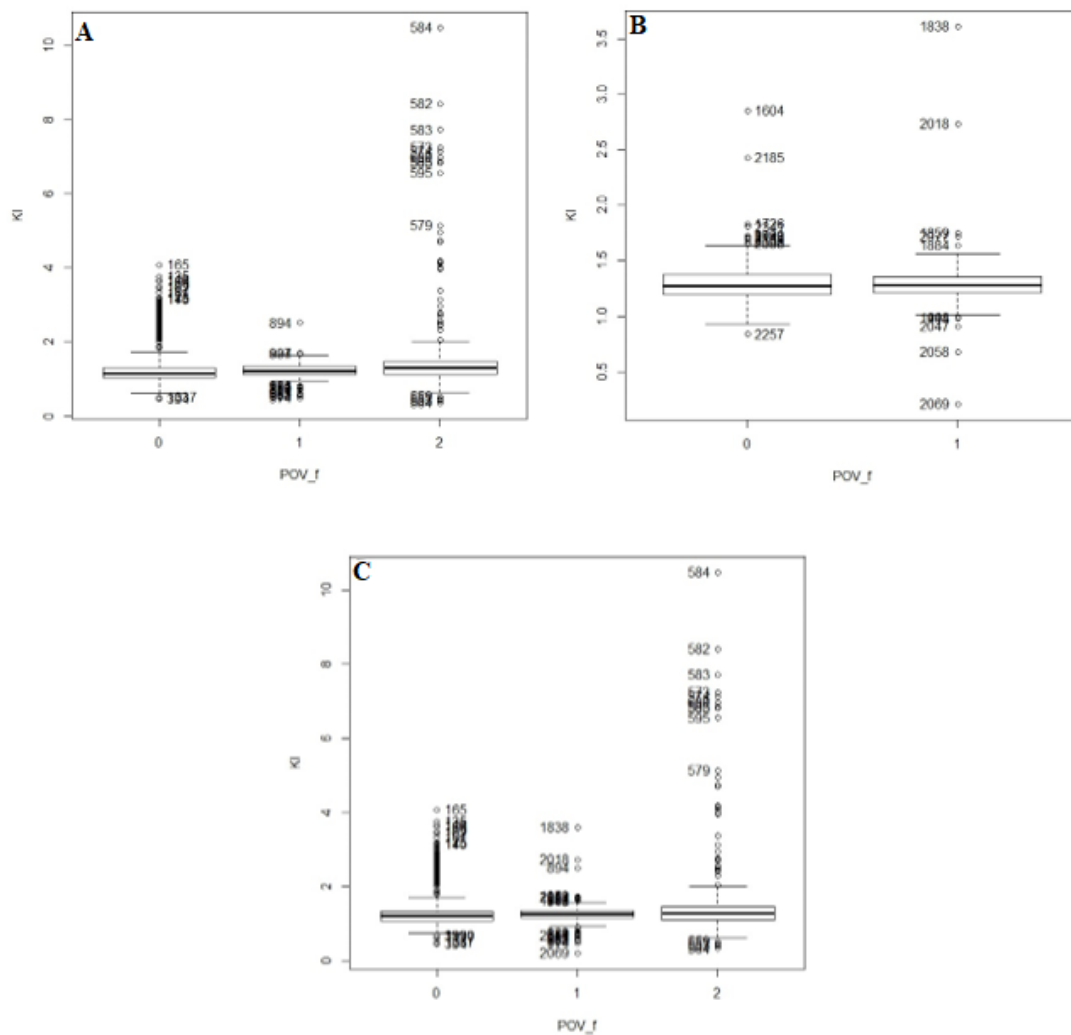


Slika 18: Kondicijski indeks osebkov v odvisnosti od slanosti za leta 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).

Slika 18A prikazuje podatke pionirske raziskave. Opazimo, da imajo solinarke najvišji KI na območjih s slanostjo 40 %. Višji indeks kondicije opazimo tudi na območjih s slanostjo med 32 in 35 %.

Na sliki 18B so nanizani podatki za leto 2016. Vrednosti KI se gibljejo približno med 1,0 in 1,7 pri slanostih od 20 do 47 %. Podobno kot na prvem diagramu, opazimo nekoliko višji KI pri slanosti vode približno 40 %.

Slika 18C prikazuje rezultate vseh vzorčenj. Opazimo, da med vrednostmi KI glede na slanost, ni večjih odstopanj. Solinarke dobro prenašajo nižje, srednje in višje slanosti.



Slika 19: Kondicijski indeks osebkov v odvisnosti od povezanosti vzorčenega območja z drugimi vodnimi telesi v solinah (0= je ni, 1= slaba, 2= dobra) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).

Tabela 6: Prikaz povzetka podatkov za sliko 19.

2014–2015									
Povezanost	Ar. sredina	SD	IQR	Min.	Q1	Q2	Q3	Maks.	N
0: je ni	1.316	0.558	0.275	0.460	1.026	1.140	1.300	4.070	700
1: slaba	1.225	0.217	0.203	0.490	1.130	1.220	1.333	2.510	200
2: dobra	1.479	1.020	0.360	0.340	1.120	1.290	1.480	10.490	486
2016									
0: je ni	1.292	0.158	0.180	0.837	1.194	1.274	1.374	2.849	500
1: slaba	1.287	0.177	0.146	0.206	1.211	1.280	1.357	3.612	493
2014–2016									
0: je ni	1.306	0.438	0.255	0.460	1.090	1.218	1.345	4.070	1200
1: slaba	1.269	0.192	0.173	0.206	1.180	1.270	1.353	3.612	693
2: dobra	1.479	1.020	0.360	0.340	1.120	1.290	1.480	10.490	486

Legenda: Ar. sredina-Aritmetična sredina, SD-Standardna deviacija, IQR-interkvartilni razmak, Q1-prvi kvartil, Q2-drugi kvartil, Q3-tretji kvartil, N-število osebkov.

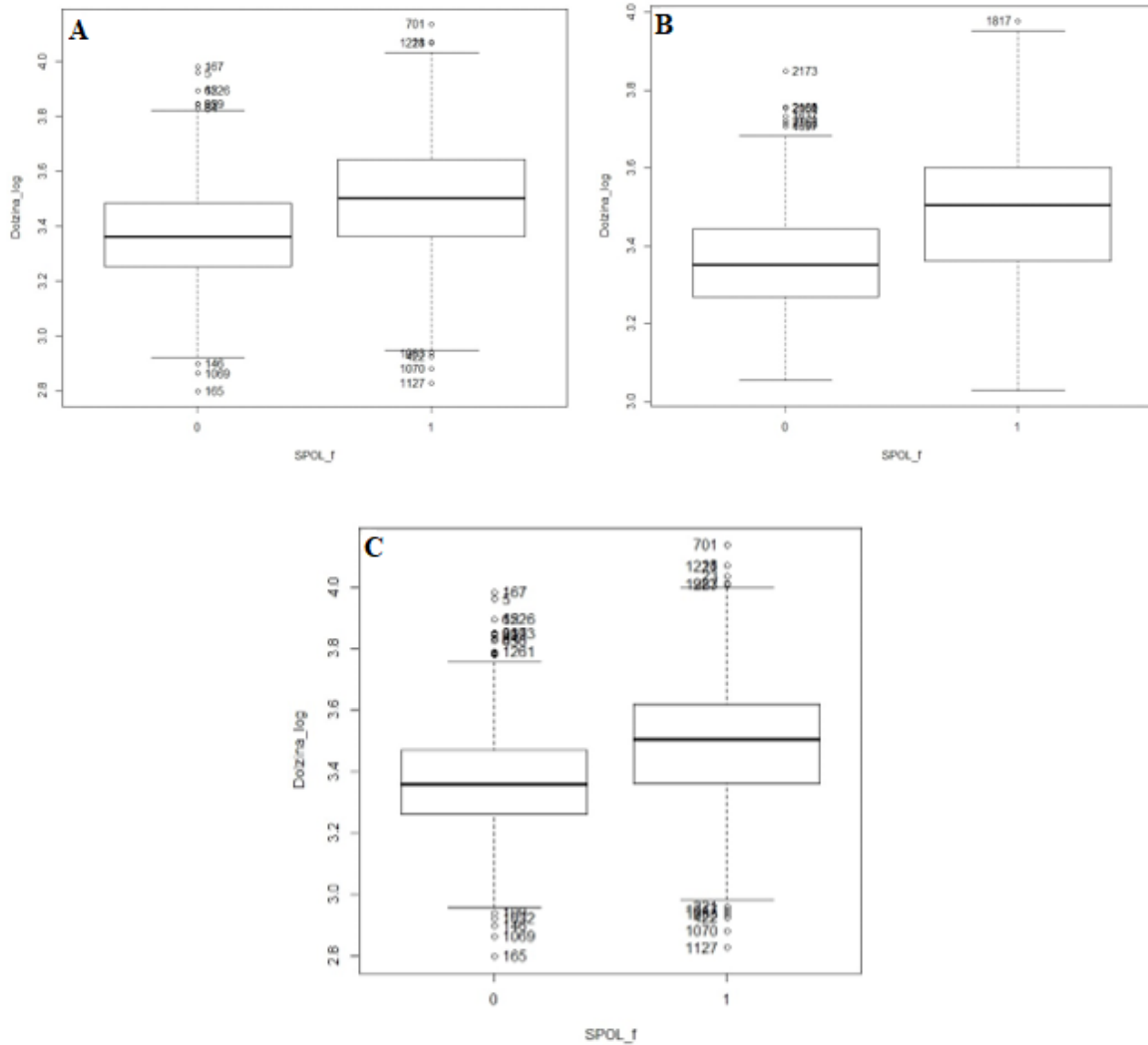
Kondicijski indeks solinark je v letih 2014–2015 značilno različen glede na povezanost habitata z drugimi vodnimi telesi (hi-kvadrat = 60.777, df = 2, p-vrednost = 6.346e-14). Le-ta je najvišji pri osebkih iz območij z dobro povezanostjo oziroma dotokom vode. Sledijo mu osebki iz območij brez povezanosti z drugimi vodnimi telesi. Solinarke teh dveh kategorij imajo tudi najširši razpon vrednosti KI (Slika 19A). Največ izmerjenih osebkov je bilo iz območij brez povezanosti oziroma dotoka vode (Tabela 6, 2014–2015). V prvi kategoriji smo obravnavali 500 in v drugi 493 osebkov.

Slika 19B prikazuje kondicijski indeks solinark v letu 2016, ki se glede na povezanost habitata z drugimi vodnimi telesi značilno ne razlikuje (hi-kvadrat = 0.011807, df = 1, p-vrednost = 0.9135). Na diagramu sta nanizani le dve kategoriji, območja brez povezanosti ter območja s slabo povezanostjo. Povprečni vrednosti KI omenjenih kategorij se skoraj ne razlikujeta, razlika je minimalna (Tabela 6, 2016).

Na sliki 19C so prikazani podatki vseh vzorčenj. Kondicijski indeks solinark je v letih 2014–2016 značilno različen glede na povezanost habitata z drugimi vodnimi območji (hi-kvadrat = 46.375, df = 2, p-vrednost = 8.508e-11). Najboljši KI imajo solinarke iz območij z dobro povezanostjo z drugimi vodnimi telesi (1,48). Takoj za temi so osebki iz območij, ki nimajo povezave oziroma dotoka vode (1,31). Najšibkejši osebek ima vrednost KI 0,21 in je bil ulovljen na lokaciji s slabim dotokom vode.

4.2 Vpliv ekoloških dejavnikov na biometrične značilnosti solinark

4.2.1 Dolžina osebkov v odvisnosti od spola in starosti osebkov ter tipa habitata



Slika 20: Dolžina osebkov v odvisnosti od spola (0= samci, 1= samice) za vzorce pridobljene v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).

Tabela 7: Prikaz povzetka podatkov za sliko 20.

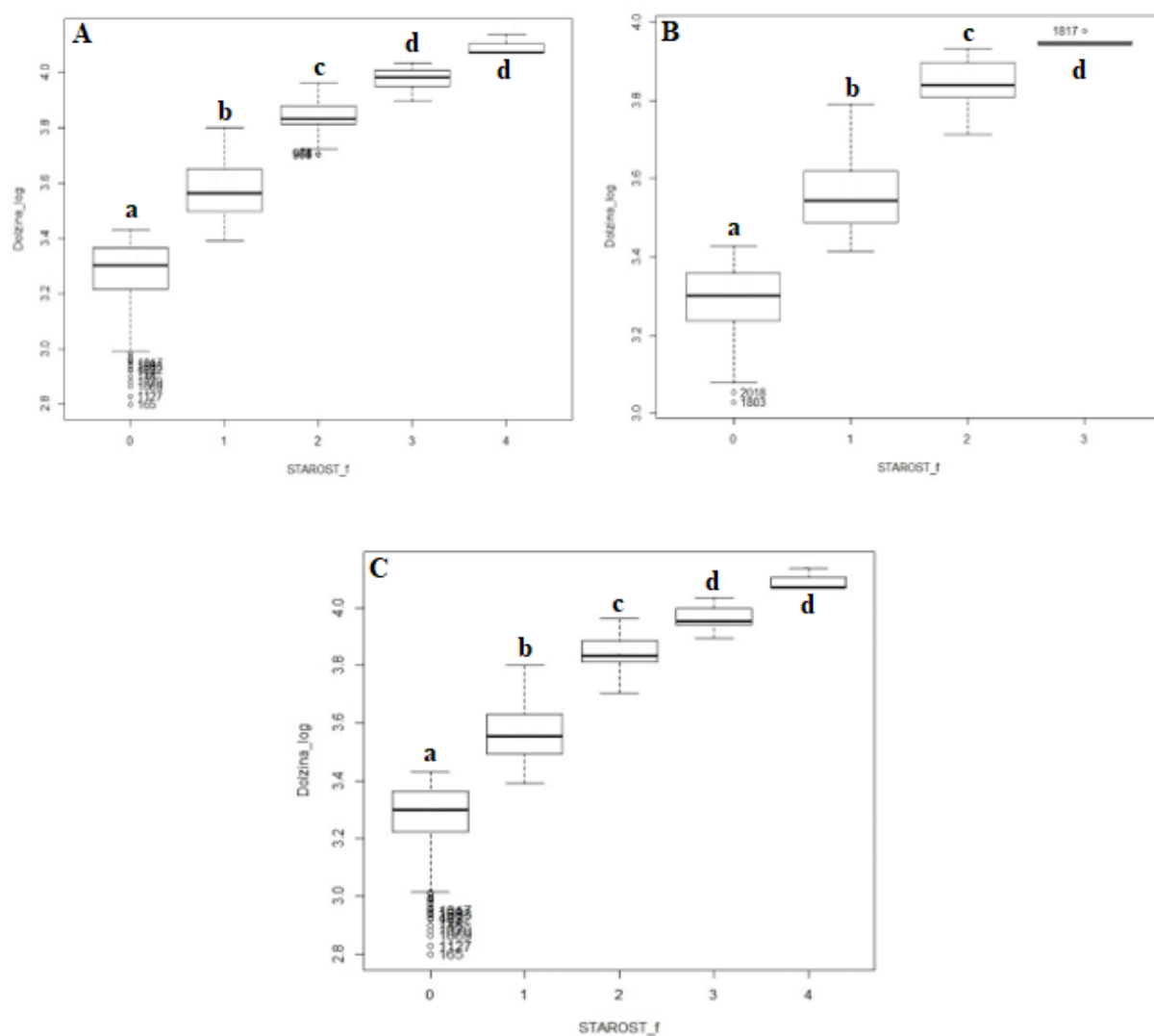
2014–2015			
Spol	Aritmetična sredina	SD	N
0: samci	29.684	5.479	548
1: samice	33.851	7.011	838
2016			
0: samci	29.152	4.025	333
1: samice	33.116	5.747	660
2014–2016			
0: samci	29.483	4.984	881
1: samice	33.527	6.492	1498

Legenda: SD-Standardna deviacija, N-število osebkov.

Slika 20A prikazuje dolžino osebkov glede na spol v času od 2014 do 2015. Vidimo, da so samice (33,85 mm) daljše kot samci (29,68 mm). Poleg tega so tudi številčnejše (Tabela 7, 2014–2015).

Slika 20B prikazuje podobno situacijo. Samice so daljše in številčnejše (Tabela 7, 2016). Variabilnost dolžine pri samicah je v vzorcu iz leta 2016 nekoliko večja. Povprečna dolžina samcev v letu 2016 je bila 29,15 mm, medtem ko so samice, podobno kot v letih 2014 in 2015, merile nekaj več kot 33 mm.

Iz slike 20C lahko razberemo, da so v celotnem vzorcu samci manjši od samic. Poleg tega je njihova abundanca v primerjavi s samicami nižja (Tabela 7, 2014–2016).



Slika 21: Dolžina osebkov v odvisnosti od njihove starosti (0= 0+, 1= 1+, 2= 2+, 3= 3+, 4= 4+) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).

Tabela 8: Prikaz povzetka podatkov za sliko 21.

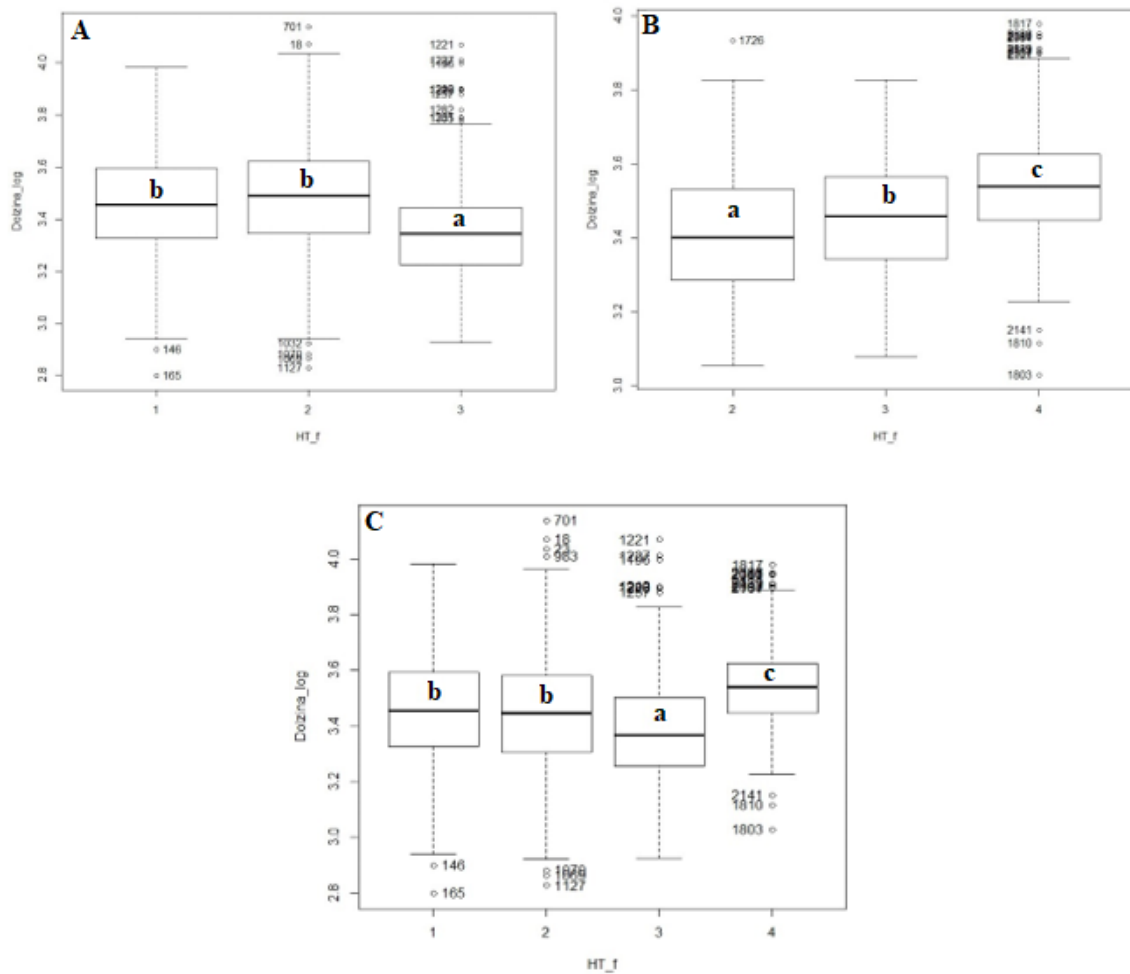
2014–2015			
Starost	Aritmetična sredina	SD	N
0: 0+	26.704	2.814	663
1: 1+	35.994	3.693	646
2: 2+	46.449	2.729	65
3: 3+	53.023	2.634	9
4: 4+	59.907	2.419	3
2016			
0: 0+	27.042	2.219	457
1: 1+	35.214	2.180	509
2: 2+	46.474	3.022	22
3: 3+	51.987	0.811	5
2014–2016			
0: 0+	26.842	2.592	1120
1: 1+	35.651	3.497	1155
2: 2+	46.456	2.788	87
3: 3+	52.650	2.178	14
4: 4+	59.907	2.419	3

Legenda: SD-Standardna deviacija, N-število osebkov.

Slika 21A prikazuje dolžine osebkov v odvisnosti od njihove starosti, vidimo, da se dolžina osebkov premo sorazmerno veča s starostjo. Torej, najmlajši osebki so najmanjši in starejši osebki so največji, oziroma najdaljši. Po dolžini se starostne skupine med seboj značilno razlikujejo, razen zadnjih dveh. Med osebki v tretji in četrti starostni skupini ni signifikantnih razlik glede dolžine v letih 2014 in 2015. Najmlajši osebki so v povprečju merili 26,70 mm, najstarejši pa 59,91 mm (Tabela 8, 2014–2015).

Slika 21B prikazuje podatke o dolžini osebkov in starostnih skupinah za leto 2016. Ponovno vidimo rahlo naraščanje dolžin premo sorazmerno s starostjo osebkov. Statistično se vsi pari med seboj razlikujejo. V populacijah prevladujejo mlajši osebki, starejših je le nekaj (Tabela 8, 2016). Pri najmlajših starostnih skupinah, 0+ in 1+, opazimo večjo variabilnost v dolžini. Najstarejši izmerjeni osebki v letu 2016 so v starostni skupini 3+ in so v povprečju merili 51,99 mm.

Na sliki 21C, kjer so združeni podatki vseh vzorčenj, je pričakovano situacija podobna kot na prvi sliki (21A). Posamezne starostne skupine so si med seboj glede na dolžino značilno različne, razen zadnjih, najstarejših skupin 3+ in 4+. Najstarejše solinarke so najdaljše in jih je le nekaj (Tabela 8, 2014–2016). V populacijah prevladujejo mlajši osebki, ki imajo širok razpon vrednosti dolžin.



Slika 22: Dolžina osebkov v odvisnosti od tipa habitata (1= solinski bazen, 2= kanal, 3= kotanja, 4= laguna) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).

Tabela 9: Prikaz povzetka podatkov za sliko 22.

2014–2015			
Tip habitata	Aritmetična sredina	SD	N
1: solinski bazen	32.473	6.665	400
2: kanal	33.301	6.807	686
3: kotanja	29.334	6.180	300
2016			
2: kanal	30.774	5.172	693
3: kotanja	32.151	4.936	100
4: laguna	35.117	5.829	200
2014–2016			
1: solinski bazen	32.473	6.655	400
2: kanal	32.031	6.169	1379
3: kotanja	30.038	5.834	400
4: laguna	35.117	5.829	200

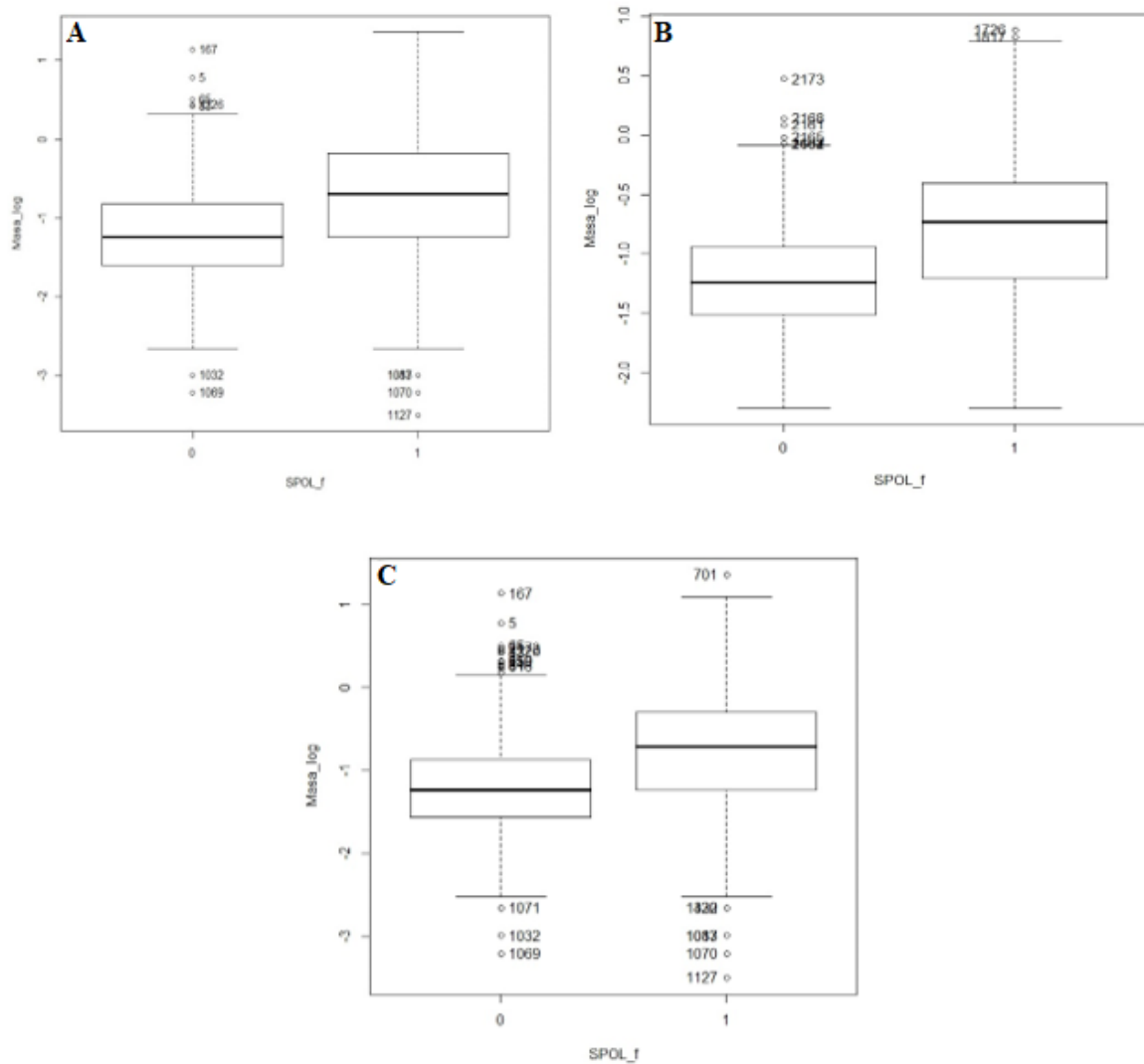
Legenda: SD-Standardna deviacija, N-število osebkov.

Slika 22A prikazuje dolžine osebkov glede na obravnavan tip habitata v letih 2014 in 2015. Opazimo, da imajo največjo dolžino telesa solinarke iz kanalov, takoj za temi so tiste iz solinskih bazenov ter nazadnje solinarke iz kotanj. Osebk iz kanalov in solinskih bazenov imajo nekoliko širši razpon vrednosti dolžin. Na rezultate seveda vplivajo velikosti vzorca posamezne kategorije, največkrat smo vzorčili v kanalih ter najmanjkrat v kotanjah (Tabela 9, 2014–2015).

V letu 2016 smo vzorčili v kanalih, kotanjah in laguni (Slika 22B). Slednja se je izkazala kot območje, v katerem so solinarke največje (35,12 mm). Za temi so osebk iz kotanj in nazadnje iz kanalov. Ti rezultati so v nasprotju z rezultati pionirske raziskave, kjer se je izkazalo, da so kotanje najmanj primeren habitat za solinarke. Vzorci vseh treh kategorij habitatov se med seboj značilno razlikujejo. Največ vzorčenj smo opravili v kanalih (Tabela 9, 2016).

Slika 22C prikazuje združene podatke vseh vzorčenj. Upoštevajoč aritmetične sredine vzorcev (Tabela 9, 2014–2016), vidimo, da so bili osebk iz lagune najdaljši. Tem sledijo osebk iz solinskih bazenov, kanalov ter nazadnje osebk iz kotanj. Signifikantnih razlik glede na dolžino med prvima kategorijama (solinski bazen, kanal) ni. Osebk iz solinskih bazenov so v povprečju merili 32,47 mm, medtem ko tisti iz kanalov pa 32,03 mm. Na dobljene rezultate seveda vpliva nesorazmerje v velikosti vzorcev posameznih kategorij (1379 osebkov iz kanalov in le 200 osebkov iz lagun).

4.2.2 Masa osebkov v odvisnosti od spola in starosti osebkov ter tipa habitata



Slika 23: Masa osebkov glede na spol (0= samci, 1= samice) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).

Tabela 10: Prikaz povzetka podatkov za sliko 23.

2014–2015			
Spol	Aritmetična sredina	SD	N
0: moški	0.362	0.276	548
1: ženski	0.615	0.446	838
2016			
0: moški	0.330	0.173	333
1: ženski	0.536	0.339	660
2014–2016			
0: moški	0.349	0.243	881
1: ženski	0.579	0.404	1498

Legenda: SD-Standardna deviacija, N-število osebkov.

Slika 23A prikazuje mase osebkov glede na spol v pionirski raziskavi. Opazimo, da imajo samice širši razpon vrednosti mas ter da imajo povprečno maso večjo kot samci (0,62 g). Povprečna masa samcev je bila 0,36 g. Stehtali smo 548 samcev in 838 samic (Tabela 10, 2014–2015).

Na sliki 23B opazimo podobno situacijo, kot v pionirski raziskavi. Samice so v povprečju težje in imajo širši razpon vrednosti mas, kot samci. Prav tako smo izmerili bistveno več samic (Tabela 10, 2016).

Na sliki 23C so združeni podatki vseh vzorčenj. V populacijah prevladujejo samice (Tabela 10, 2014–2016), ki imajo v povprečju večjo telesno maso kot samci.

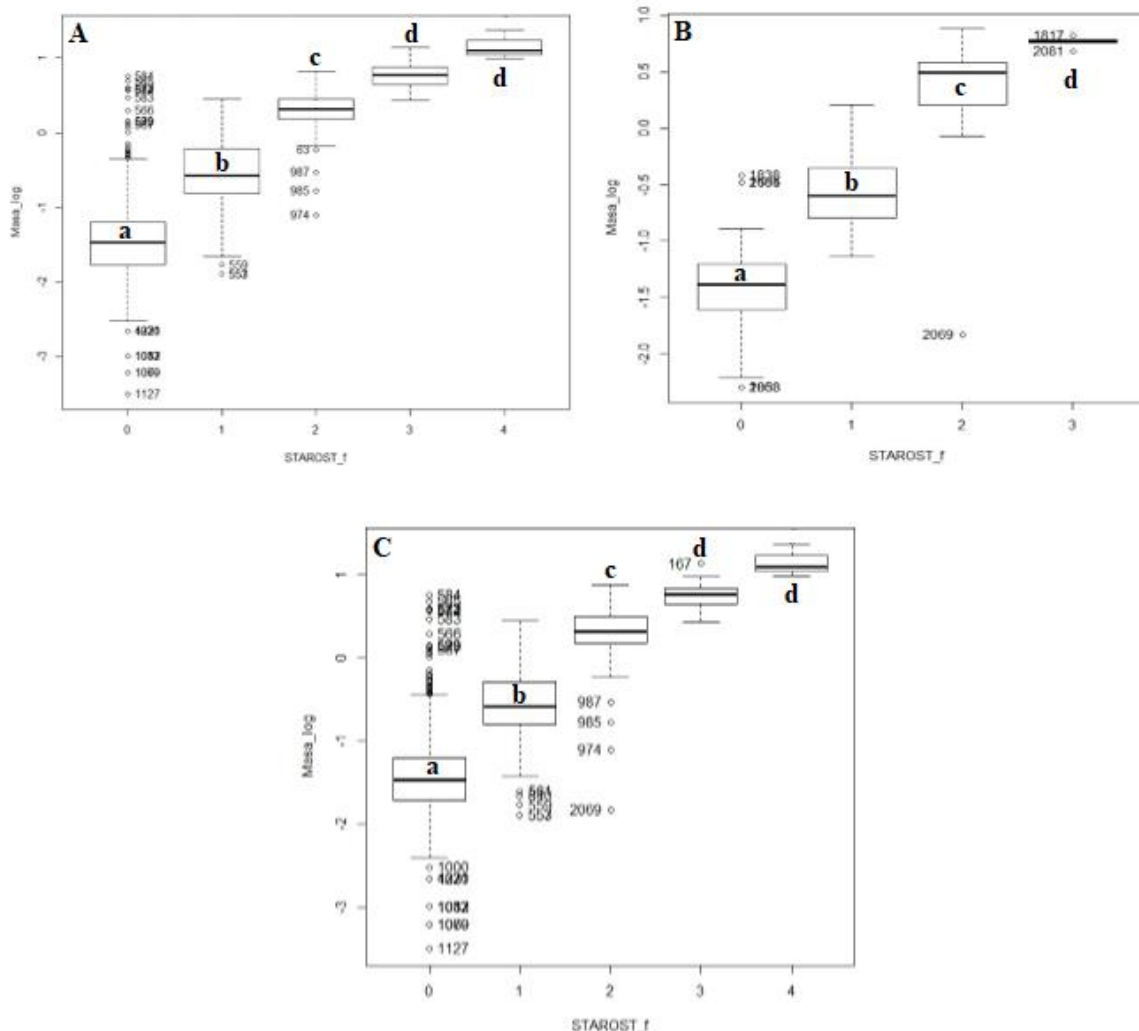


Tabela 11: Prikaz povzetka podatkov za sliko 24.

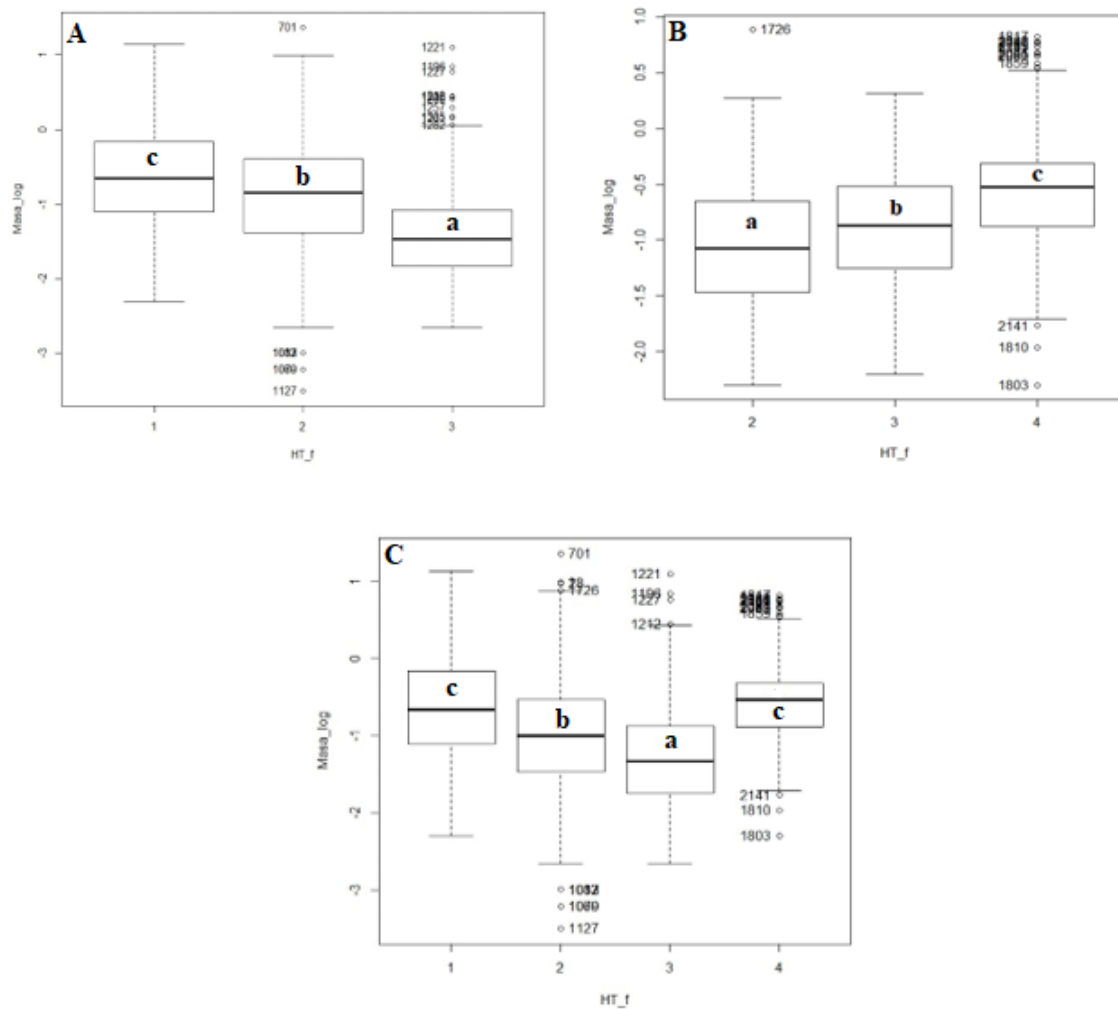
2014–2015			
Starost	Aritmetična sredina	SD	N
0: 0+	0.277	0.223	663
1: 1+	0.637	0.259	646
2: 2+	1.369	0.367	65
3: 3+	2.192	0.499	9
4: 4+	3.213	0.649	3
2016			
0: 0+	0.249	0.074	457
1: 1+	0.598	0.189	509
2: 2+	1.529	0.495	22
3: 3+	2.152	0.109	5
2014–2016			
0: 0+	0.266	0.178	1120
1: 1+	0.620	0.232	1155
2: 2+	1.409	0.406	87
3: 3+	2.177	0.397	14
4: 4+	3.213	0.649	3

Legenda: SD-Standardna deviacija, N-število osebkov.

Na sliki 24A vidimo naraščanje telesne mase solinark premo sorazmerno z njihovo starostjo. Pri prvih starostnih skupinah, 0+ in 1+, opazimo širok razpon vrednosti mas, kar pomeni, da so v populacijah lahki osebki, kakor tudi nekoliko težji. Najtežji osebki so osebki v starostni skupini 4+ (3,21 g). Med slednjo ter skupino 3+ ni signifikantnih razlik glede na maso osebkov. Največ izmerjenih osebkov je bilo iz prvih dveh starostnih skupin (Tabela 11, 2014-2015).

Podobno kakor na sliki 24A, tudi na sliki 24B opazimo naraščanje telesne mase osebkov premo sorazmerno s starostjo. Pri prvih starostnih skupinah, 0+ in 1+, opazimo zamike vrednosti v obe smeri. Slednjih osebkov je tudi številčno največ (Tabela 11, 2016). Najstarejši osebkov je le nekaj in imajo povprečno telesno maso 2,15 g.

Na sliki 24C so nanizani podatki vseh let. Vse starostne kategorije, razen zadnjih dveh, se med seboj značilno razlikujejo po masi osebkov. Masa solinark narašča s starostjo, najmlajši osebki imajo najnižjo telesno maso in so hkrati najštevilčnejši. Najstarejših osebkov je manj kot 5 (Tabela 11, 2014–2016).



Slika 25: Masa osebkov v odvisnosti od tipa habitata (1= solinski bazen, 2= kanal, 3= kotanja, 4= laguna) v letih 2014–2015 (A), 2016 (B) in 2014–2016 (C).

Tabela 12: Prikaz povzetka podatkov za sliko 25.

2014–2015			
Tip habitata	Aritmetična sredina	SD	N
1: solinski bazen	0.639	0.413	400
2: kanal	0.528	0.405	686
3: kotanja	0.317	0.322	300
2016			
2: kanal	0.406	0.245	693
3: kotanja	0.466	0.239	100
4: laguna	0.676	0.430	200
2014–2016			
1: solinski bazen	0.639	0.414	400
2: kanal	0.467	0.339	1379
3: kotanja	0.355	0.309	400
4: laguna	0.676	0.430	200

Legenda: SD-Standardna deviacija, N-število osebkov.

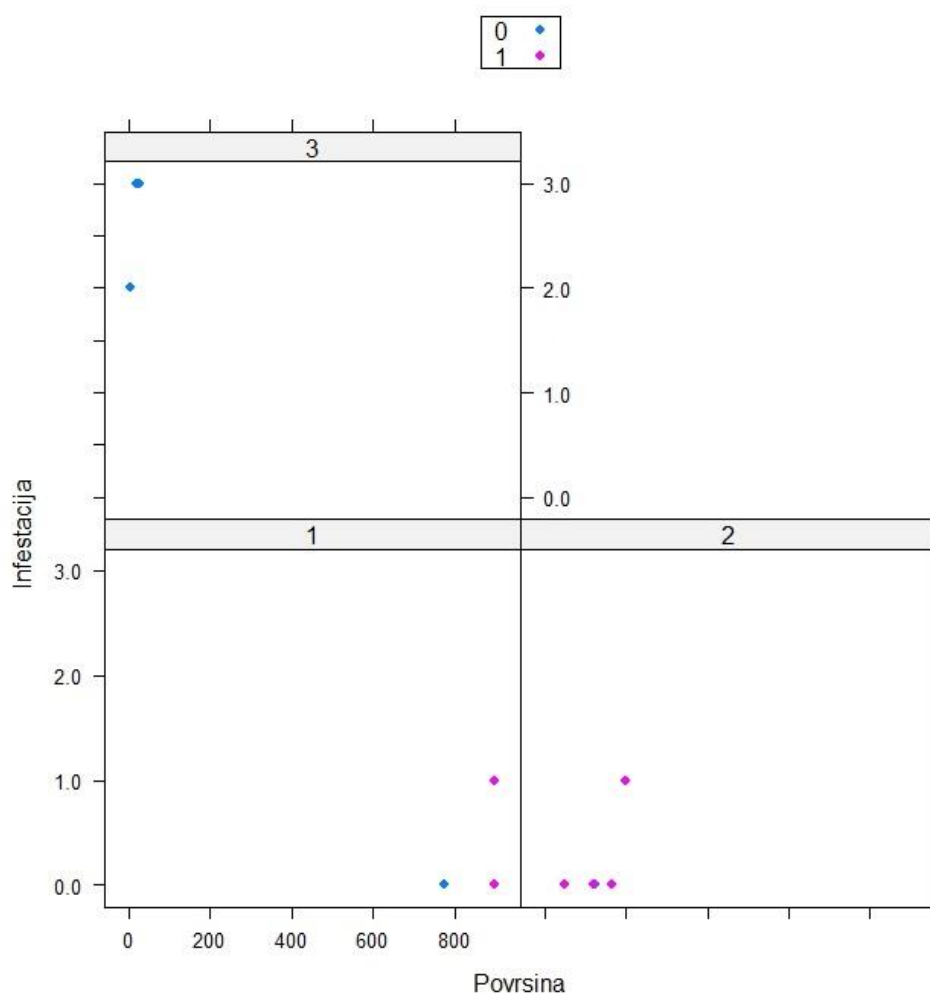
Slika 25A prikazuje mase osebkov glede na tip habitata v pionirski raziskavi. Največjo povprečno maso imajo osebki iz solinskih bazenov, tik za njimi so tisti iz kanalov in nazadnje iz kotanj. Pravzaprav, statistično med prvima tipoma ni significantnih razlik. Največ osebkov je bilo iz kanalov ter nekoliko manj iz solinskih bazenov in kotanj (Tabela 12, 2014–2015).

Na sliki 25B, ki prikazuje podatke za leto 2016, opazimo rahlo naraščanje vrednosti telesnih mas solinark od kanalov proti lagunam. Število osebkov v posameznih vzorcih je različno (Tabela 12, 2016), takšno nesorazmerje utegne vplivati na rezultate. Opazimo pa tudi, da v tem letu nismo vzorčili v solinskih bazenih.

Na sliki 25C so združeni podatki vseh vzorčenj. Najvišjo vrednost telesne mase so imeli osebki iz lagun (0,68 g), takoj za njimi pa solinarke iz solinskih bazenov (0,64 g), pravzaprav je razlika minimalna. Vzorca se statistično ne razlikujeta po telesni masi. Številčno je bilo največ osebkov iz kanalov ter najmanj iz kotanj (Tabela 12, 2014–2016). Slednji so imeli najnižjo telesno maso (0,36 g).

4.3 Okuženost s paraziti v populacijah solinark

V analizo podatkov smo vključili le podatke pionirske raziskave. Slika 26 prikazuje pogojni razsevni diagram. Na vodoravnih oseh (neodvisna spremenljivka) so nanizane površine habitata, na y oseh (odvisna spremenljivka) je navedena stopnja okuženosti (0-je ni, 1-šibka, 2-zmerna, 3-močna), vsak kvadrat predstavlja drug habitat (1-solinski bazen, 2-kanal, 3-kotanja) in barvi pik označujeta prisotnost dotoka morske vode (0 ali modra pika=brez dotoka, 1 ali vijolična pika=z dotokom).



Slika 26: Parazitska obolenja osebkov v odvisnosti od površine in tipa habitata (1= solinski bazen, 2= kanal, 3= kotanja) ter povezanosti z drugimi vodnimi telesi (0= brez dotoka, 1= z dotokom).

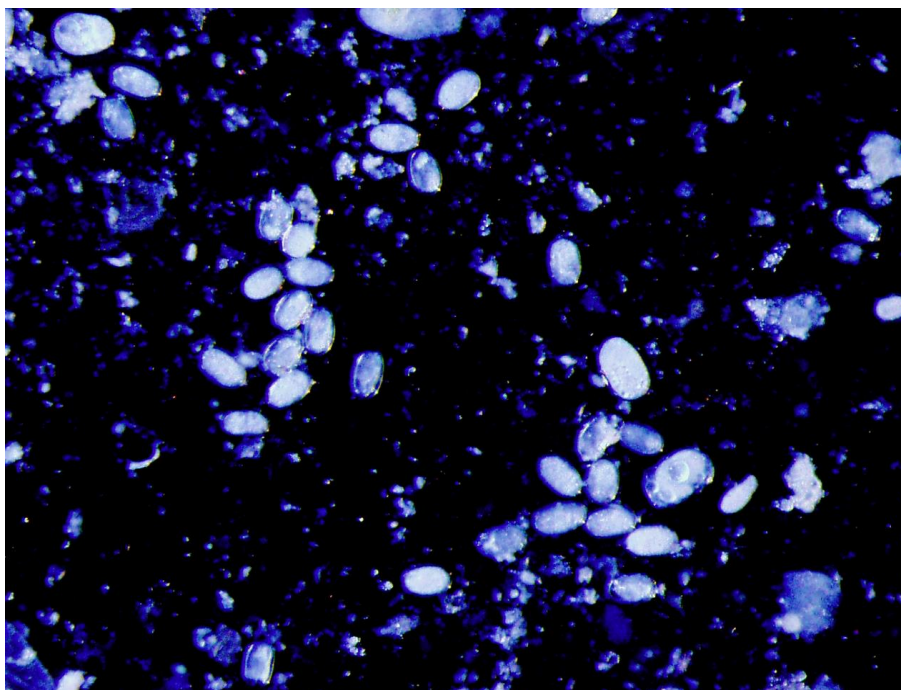
V prvem kvadratu, ki predstavlja solinske bazene (velika površina), imamo tri vzorce, od katerih je bila pri enem zabeležena šibka okužba. Slednja je bila na območju z dotokom vode.

V drugem kvadratu so predstavljeni kanali (površina do 200 m²). Pri eni vzorčeni populaciji iz območja z dotokom vode smo ocenili šibko okužbo.

Tretji kvadrat predstavlja kotanje z zelo majhno površino (nekaj m²) in brez dotoka vode. Pri dveh vzorcih smo ocenili močno in pri enem zmerno okuženost. V solinarkah so parazitirali metljaji in gliste s pripadajočimi jajci (sliki 27 in 28).



Slika 27: Gliste, ki so parazitirale solinarke, 2014. Foto: Domen Trkov



Slika 28: Jajčeca glist v solinarkah, 2014. Foto: Domen Trkov

4.4 Prehranjevalne navade solinark

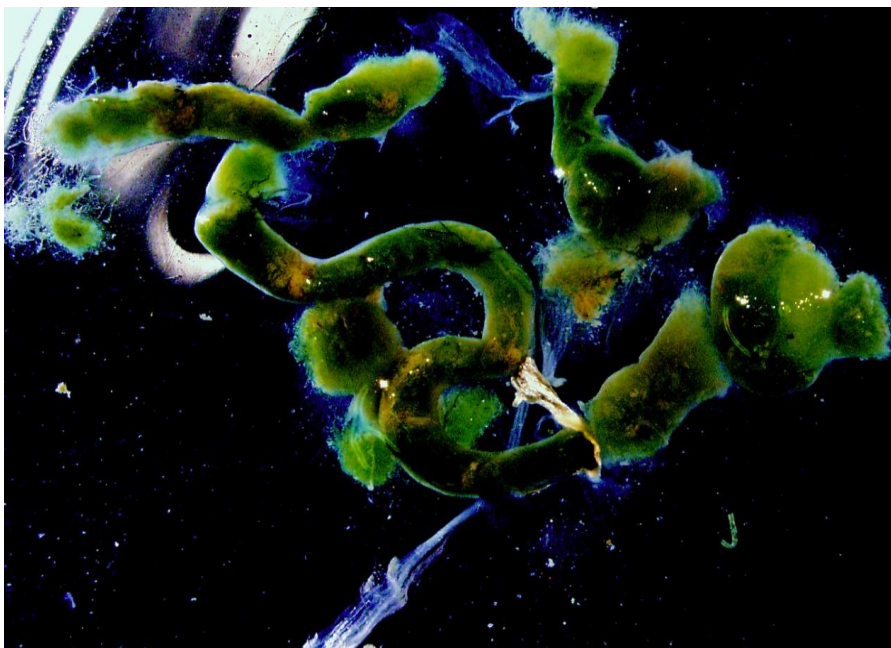
Tabela 13: Prikaz podatkov o prehrani osebkov v različnih tipih habitatov.

Tip habitata	Solinski bazen	Kanal	Kotanja
Vzorec			
1	2	2	2
2	2	1	3
3	3	3	3
4	3	0	0
5	0	2	0

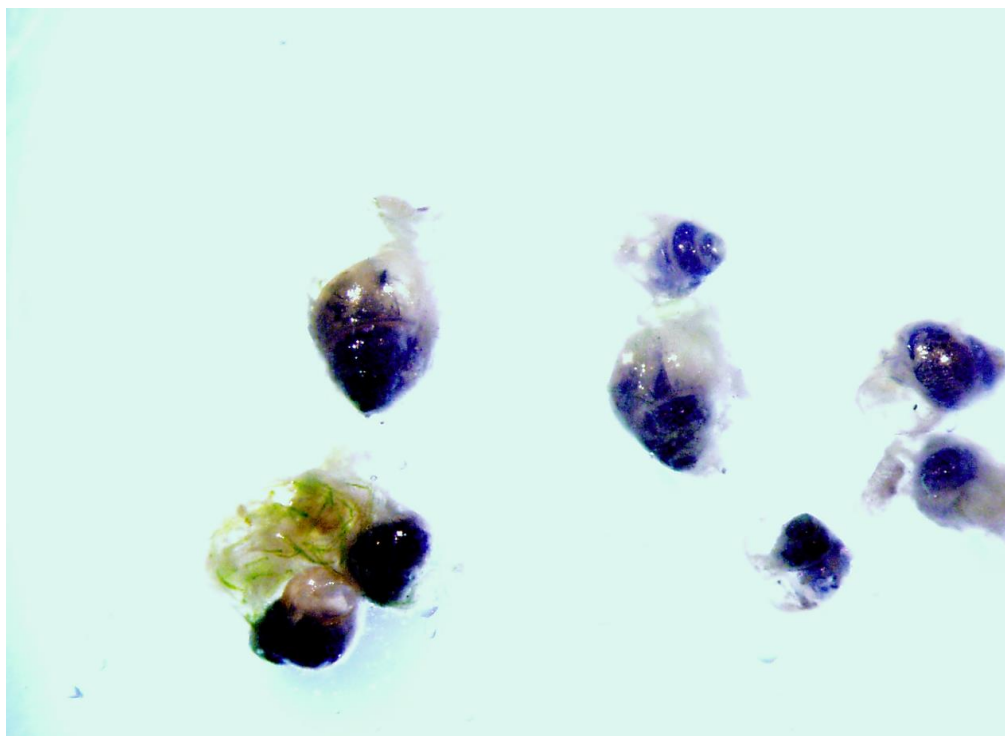
Legenda: 0: ni podatka/prazna prebavila, 1: pomanjkanje hrane, 2: brez posebnosti/prebavljena kaša, 3: več kot dve različni vrsti organizmov (vidni).

V analizo podatkov smo vključili vzorce iz treh različnih habitatov (solinski bazen: 4 vzorci, kanal: 5 vzorcev, kotanja: 3 vzorci) (Tabela 13). Vzorec iz posameznega habitata je obsegal manjši delež (5-20%) osebkov celotnega vzorca (100 osebkov). Na 130 osebkih smo opravili analizo prebavnega trakta.

Pri približno 60 osebkih je bila hrana dobro prebavljena, brez posebnosti. Pri 10 osebkih (vsi iz istega vzorca) smo našli le polžje hišice in nekaj alg (sliki 29 in 30), kar kaže na pomanjkanje hrane v okolju. 10 analiziranih primerkov je imelo prazna prebavila in pri 50 osebkih smo našli več kot dve različni vrsti organizmov (alge, členonožci, ličinke žuželk, luknjičarke, polži, rakci).



Slika 29: Prehrana solinark - alge, 2014. Foto: Domen Trkov



Slika 30: Prehrana solinarke - polži in alge, 2014. Foto: Domen Trkov

Tabela 14: Matrika podobnosti tipa habitatov glede na plen solinarke.

	HT 1	HT 2
HT 2	0.333	
HT 3	0.294	0.333

Legenda: HT 1= solinski bazen, HT 2= kanal, HT 3= kotanja.

Ugotovili smo, da sta si habitata solinski bazen in kotanja bolj podobna glede prehrane kot solinski bazen in kanal (Tabela 14). Ker je vzorec zelo majhen, bistvenih razlik med obravnavanimi habitatami glede prehrane solinarke nismo zaznali.

5. RAZPRAVA

5.1 Ekološki dejavniki in kondicijski indeks solinark

Povprečen kondicijski indeks osebkov v raziskavi je bil 1,31; z razponom od 0,21 do 10,49. Samice so imele v povprečju KI 1,38 (maksimum 10,49; minimum 0,34) in samci 1,25 (maksimum 4,07; minimum 0,21).

5.1.1 Spol osebkov

Ugotovili smo, da so v vzorčenih populacijah prevladovali samice. Izmerili in šteli smo 1498 samic in 881 samcev. Takšno spolno razmerje je pri solinarkah normalno. Abundanca samic v populaciji je večja, po navadi samice predstavljajo več kot 60% celotne populacije (Zammit-Mangion in sod., 2011).

Na podlagi našega vzorca smo potrdili, da med spoloma solinark obstajajo značilne razlike ($p < \alpha$; $\alpha = 0,05$) v kondicijskem indeksu. Samice so bile v boljšem kondicijskem stanju. Tudi drugi raziskovalci (Leonardos & Sinis, 1999; Mordenti in sod., 2012) so ugotovili, da so samice solinark večje in težje v vseh starostnih razredih. Poleg tega so tudi številčnejše v primerjavi s samci.

5.1.2 Tip habitata

V pionirski raziskavi smo predvideli, da so za solinarke najbolj optimalni solinski bazeni. V novejši raziskavi pa smo vzorčili tudi v lagunah. Rezultati so pokazali, da so imele solinarke ponovno najboljše indeks kondicije v solinskih bazenih. Drugi najboljše KI so imeli osebki iz lagune, nato iz kanalov ter nazadnje iz kotanj. Trkov in sod. (2015) so predvideli, da se solinarke v času drstenja umaknejo iz kanalov v mirnejše in plitvejša habitata kot so solinski bazeni. Slednje je glede na mnoge prilagoditvene lastnosti solinark verjetno. Sicer pa je za solinarke značilno, da preživijo celoten cikel v enem okolju, torej se ne premikajo (Triantafyllidis in sod., 2007).

Valdesalici in sodelavci (2015) so raziskovali v Italiji na 82 lokacijah, med drugim tudi v lagunah, kanalih in solinskih bazenih. Ob pregledu starejših znanstvenih zapisov ter lastnih rezultatov so zaključili, da solinarke najpogosteje poseljujejo lagune. Leonardos & Sinis (1999) sta raziskovala solinarke v grških lagunah (Mesolongi in Etolikon) in solinskih bazenih (Alykes). Ugotovila sta, da so bile solinarke v solinskih bazenih pod večjim vplivom stresorjev iz okolja in je bila posledično njihova plodnost nižja.

Največ vzorčenj smo opravili v kanalih in najmanj v lagunah. Smiselno bi bilo opraviti še nekaj vzorčenj v lagunah. Prav tako bi morali upoštevati globino habitata. Trkov in sod. (2015) navajajo, da je v habitatih z veliko površino, globina manj pomembna kot v majhnih habitatih. V majhnih vodnih telesih se solinarke zadržujejo v plitvih predelih, ob nevarnosti se hitro umaknejo v globlje predele (lastna opažanja).

Na podlagi podatkov te študije oziroma rezultatov kondicijskega indeksa osebkov iz različnih habitatov, ugotavljamo, da solinarkam bolje ustrezajo območja z večjo površino (lagune in solinski bazeni) kot pa tista z manjšo (kanali in kotanje).

5.1.3 Slanost

Za solinarke je značilno, da so izjemno evrihaline in tolerirajo razpon slanosti od 10 do 80 ‰. Izvorno so naseljevale veliko nizkih vodnih območij, kasneje pa so svoj obseg širjenja omejile na brakične ter izjemno slane vode v slanih močvirjih in obalnih lagunah (Leonardos, 2008).

Potrdili smo, da solinarke tolerirajo širok razpon slanosti, od nizkih (20 ‰) pa do visokih vrednosti (50 ‰ in več). Nekoliko višje KI so imeli osebki iz območij s slanostjo 40 ‰. V raziskavah je optimalna slanost solinark še vedno neznanka, zato ni smiselno sklepati, da je ta vrednost slanosti zanje optimalna.

Visoke slanosti, višje od povprečne slanosti morske vode (35 ‰), so solinarkam v prid, saj so takšna območja neprimerna za druge vrste (Leonardos & Sinis, 1999). Nižja slanost, ki je posledica večje količine padavin, hkrati s povečano kalnostjo ter znižano temperaturo vode, negativno vpliva na reprodukcijo solinark (Leonardos & Sinis, 1996). Cavraro in sod. (2013a) menijo, da je nižja slanost stresen dejavnik za osebke, ki so prilagojeni na visoke slanosti.

5.1.4 Vpliv vegetacije

V pionirski raziskavi smo ocenili, da vegetacija vpliva na kondicijski indeks osebkov v manjši meri. Podobno smo ugotovili tudi sedaj. Razlika med najboljšim indeksom kondicije pri osebkih z območij brez vegetacije ter kondicijskim indeksom osebkov iz območij z bogato vegetacijo, je bila zelo majhna. Vodne rastline običajno nudijo živalim skrivališče (lastna opažanja), počivališče in vir hrane. Kljub temu solinarke preživijo na območjih brez vegetacije.

Za vrsto je značilnih več prilagoditvenih lastnosti. Ena izmed teh je majhna telesna dolžina, ki solinarkam omogoča kolonizacijo in izkoristek majhnih območij (skrivanje v luknjah in špranjah) (Leonardos & Sinis, 1999). Kadar pa so življenjski pogoji v habitatu slabi (npr. naravna kotanja brez dotoka vode in vegetacije), se solinarke skrijejo v mulj v tleh (lastna opažanja).

5.1.5 Povezanost z drugimi vodnimi telesi (dotok vode)

V pionirski raziskavi smo ob kategoriziranju habitatov glede na dotok vode ugotovili, da je kondicijsko stanje osebkov najslabše v kotanjah brez dotoka vode, medtem ko imajo osebki iz solinskih bazenov s prisotnim dotokom vode, najboljši indeks kondicije. V sedanji raziskavi smo ugotovili, da med osebki iz lokacij brez dotoka vode ter osebki iz lokacij s slabim dotokom vode, ni bilo statističnih razlik ($p > \alpha$; $\alpha = 0,05$).

Morski tok prinaša v habitat hrano, vpliva na razmere kisika ter temperaturo in slanost (Trkov in sod., 2015), zato smo pričakovali večje statistične razlike med posameznimi kategorijami. V okoljih brez dotoka vode so večje verjetnosti za bolezni in okužbe s paraziti, ki negativno vplivajo na kondicijsko stanje osebkov v populaciji (Obersnel, 2015; Trkov in sod., 2015).

5.1.6 Starost osebkov

Kondicijski indeks solinark se s starostjo izboljšuje oziroma raste. Mlajši osebki so številčnejši in imajo veliko nižji indeks kondicije kot starejši osebki. Leonardos & Sinis (1999) sta že pred leti zapisala, da v populacijah solinark prevladujejo mladi osebki. Samice dominirajo v višjih starostnih razredih, imajo boljši kondicijski indeks ter večjo stopnjo preživetja. Samci na določeni točki prenehajo rasti in imajo višjo stopnjo smrtnosti. Strategija solinark temelji na vlaganju energije v samice, saj tako zagotovijo preživetje vrste v nestabilnih okoljih (Leonardos & Sinis, 1990).

5.2 Ekološki dejavniki in biometrične lastnosti solinark

5.2.1 Habitatni tip ter dolžina in masa osebkov

Ugotovili smo, da so bile solinarke iz lagun najdaljše ter najtežje (37,12 mm, 0,68 g). Sledijo jim osebki iz solinskih bazenov (32,47 mm, 0,64 g). Povprečne vrednosti dolžin osebkov iz kanalov ne zaostajajo veliko za tistimi iz solinskih bazenov. Pravzaprav smo z analizo variance ugotovili, da med vzorci iz solinskih bazenov ter kanalov (32,03 mm) v dolžini ni statističnih razlik. Prav tako ni statističnih razlik v masi solinark med vzorci solinskih bazenov in lagun.

Na podlagi teh rezultatov sklepamo, da solinarkam bolje ustrezajo habitati z večjo površino kot manjši. Predvidevamo, da so v večjih območjih daljši osebki, zaradi boljših kisikovih razmer ter večje količine hrane. Vsekakor pa bi bilo smiselno še upoštevati čas vzorčenja, saj sezona reprodukcije močno vpliva na dolžino osebkov. Leonardos & Sinis (1999) sta ugotovila, da je povprečna totalna dolžina osebkov najnižja poleti ter največja pozimi. Naša vzorčenja so potekala spomladi, jeseni in pozimi (Tabela 1).

5.2.2 Vpliv spola na dolžino in maso osebkov

Številne študije kažejo, da je spolno razmerje populacije solinark v prid samicam, ki so številčnejše, težje in daljše v vseh starostnih razredih ter sezonah (Leonardos & Sinis, 1999; Mordenti in sod., 2011). S slednjim se skladajo tudi rezultati naše raziskave. Samice so v povprečju merile 33,53 mm in tehtale 0,58 g ter so tako imele večjo telesno dolžino in maso v primerjavi s samci. Slednji so v povprečju merili 29,48 mm in tehtali 0,35 g. Poleg tega so bile samice številčnejše.

Samcev je po navadi manj zaradi njihove krajše življenjske dobe ter nižje stopnje preživetja v okolju s prisotnim stresom (ekstremne temperature, hipoksija, večja gostota osebkov, pomanjkanje hrane). Poleg tega nekateri raziskovalci menijo, da so samci dostopnejši plenilec zaradi svoje zunanosti, opazne obarvanosti (Leonardos & Sinis, 1999). V času razmnoževanja, kadar so telesne proge samcev zelo svetle, je njihova stopnja preživetja nižja (Cavraro in sod., 2013b).

5.2.3 Vpliv starosti na dolžino in maso osebkov

Pri obeh razmerjih (starost-dolžina & starost-masa) smo opazili postopno rast vrednosti v smeri od najmlajših osebkov do najstarejših. V isti smeri pa je postopoma upadala številčnost osebkov. Torej v najmlajših starostih skupinah je bilo veliko majhnih (povprečna dolžina: 26,84 mm) ter lahkih (povprečna masa: 0,27 g) osebkov, v višjih starostnih skupinah pa je bilo le nekaj velikih in težkih osebkov (večja umrljivost pri starejših osebkih). Najstarejši osebki so imeli povprečno dolžino 59,91 mm ter povprečno maso 3,21 g. V skupini z najstarejšimi osebki so skoraj vedno samice (Leonardos & Sinis, 1999). Ugotovili smo, da med zadnjima starostnima skupinama (3+ in 4+) ni statističnih razlik ($p < \alpha$, $\alpha = 0.05$) v masi in teži osebkov.

Naše ugotovitve se ujemajo z dognanji drugih. Leonardos in Sinis (1999) sta zapisala, da je solinarke majhna riba, v populaciji katere prevladujejo mladi osebki. Novorojeni osebki hitro zrastejo oziroma spolno dozori pri majhni telesni velikosti. Po izleganju imajo visoko stopnjo preživetja, ki pa upade po razmnoževanju.

5.2.4 Primerjava značilnih bioloških lastnosti za različna območja

Tabela 15: Primerjava bioloških značilnosti za različna območja (Slovenija, Hrvaška, Italija in Grčija).

	Slovenija (slovenska obrežna mokrišča)	Hrvaška (Pantanski zaliv)	Italija (Cervia; obrežna mokrišča)	Grčija (laguni Mesolongi in Etolikon)
Dolžina osebkov (mm)	16,41–62,7	16–76	42,82–53,63	18,52–69,39
Teža osebkov (g)	0,03–3,94	0,15–8,75	0,96–2,3	0,07–4,6
Starostna struktura	2+: 48,55 %; 95% mlajših od 3 let; 4+: 3 osebki	2+: 47%; 91% mlajših od 4 let; 5+: 1 samica	1+: 10% (le samci); 2+: 50%; 3+: 40%	1+: 41,7%; 70,16% mlajših od 3 let; 5+-6+: 1%
Spolna struktura	Prevladujejo samice, ki so večje in težje	Prevladujejo samice, ki so večje in težje (izjema 1 junijski vzorec)	Majhen vzorec, le 50 osebkov; 30 samic in 20 samcev	Prevladujejo samice, ki so večje in težje

Legenda: Slovenija (podatki naše raziskave), Hrvaška (Poljanić, 2014), Italija (Mordenti in sod., 2011) in Grčija (Leonardos & Sinis, 1999).

V tabeli 15 so navedene značilne biološke značilnosti solinark za različna območja v Sredozemlju. Opazimo, da je razpon dolžin podoben pri osebkih iz Slovenije, Hrvaške in Grčije. Osebki iz Italije so bili očitno daljši, najmanjši primerek je meril 42,82 mm.

Razpon teže osebkov iz naše raziskave je najbolj podoben z razponom primerkov iz Grčije. Največji razpon imajo osebki iz Hrvaške in najkrajši osebki iz Italije. Pri slednjih ponovno opazimo izstopanje, najlažji osebek je imel 0,96 g, kar je v primerjavi z ostalimi najlažjimi osebki, veliko.

Starostni strukturi osebkov iz Slovenije in Hrvaške sta si podobni, v populacijah prevladujejo osebki starostne skupine 2+. Vzorec osebkov iz Italije je bil nekoliko manjši (50 osebkov), v populacijah so bili mlajši samci in starejše samice (le v starostnih skupinah 2+ in 3+). Pri solinarkah iz Grčije vidimo, da prav tako prevladujejo mladi osebki. Najstarejši osebki dosegajo starosti 5+ in 6+, kar je najvišja starost v primerjavi z ostalimi območji.

Spolna struktura vseh si je med seboj podobna in je v prid samicam, ki so običajno daljše in težje.

5.3 Okuženost s paraziti pri solinarkah

Tekom laboratorijskih meritev smo na posameznih primerkih opazili zunanje telesne nepravilnosti, ki nakazujejo na bakterijska obolenja ali okuženost s paraziti. Nekateri osebki so imeli krvave oči in vdrt trebušni del telesa. Na teh osebkih smo opravili analizo prebavnega trakta. Med analizo smo našli gliste in pripadajoča jajca.

Na podlagi rezultatov statistične analize sklepamo, da je delež okuženosti odvisen od stopnje izoliranosti in velikosti habitata. V večjih habitatih je okuženost možna, vendar je ta šibka in nima znatnega vpliva na fitnes populacije. Če primerjamo rezultate pionirske raziskave, kjer imamo navedene vrednosti kondicijskih indeksov za posamezen tip habitata (Tabela 5), s temi rezultati lahko zagotovo trdimo, da so v kotanjah najslabše razmere za preživetje. Naravne kotanje so majhni ostanki večjih vodnih teles, v katerih običajno ni vegetacije ter dotoka morske vode in je večja možnost razširjanja bakterij in parazitov. Tamkajšnji osebki so majhni in imajo slabši kondicijski indeks.

Ghazi in sod. (2018) so prvi raziskovali dinamiko populacij parazitov na solinarkah. Ker so raziskovali ektoparazite, so osebkom pregledali kožo, plavuti in škrge. Ugotovili so, da so samice dovzetnejše za okuženost s paraziti, kar je verjetno v korelaciji z ugotovitvijo, da paraziti pogosteje gostujejo na večjih in starejših osebkih. Popolnoma vsi paraziti so parazitirali na/v škrгах. Slednje so pri večjih osebkih večje in ustrežnejše za ličinke ter odrasle osebke parazitov.

5.4 Prehranski oportunistem solinark

Prehrana solinark temelji na vsem, kar jim je na voljo v habitatu v danem času, zato pravimo, da so oportunisti. Leonardos (2008) je ugotovil, da je relativna pomembnost plena solinark močno odvisna od sezone, velikosti plenilca (solinarke) ter sprememb habitata. Poleg tega so ugotovili, da samice plenijo več kot samci.

Prehrana solinark je živalskega in rastlinskega izvora, vzorec prehranjevanja je določen s plenom samim. Kadar je nek plen razpoložljiv v okolju, se osebki specializirajo nanj (Leonardos, 2008).

Pomembna lastnosti prehranjevalne ekologije solinark je prehranjevanje z ribjimi jajčeci. Še posebej je v solinah kanibalizem opazen spomladi in poleti. V njihovem prehranjevalnem vedenju je kanibalizem nekaj povsem normalnega in nanj vplivajo faktorji iz okolja, npr. spremembe temperature in slanosti ter pomanjkanje hrane (Leonardos, 2008).

V pionirski raziskavi smo na 130 osebkih iz več vzorcev opravili analizo prebavnega trakta z namenom ugotavljanja prehrane. Našli smo prebavljeno kašo, alge, polžje hišice, ličinke žuželk, členonožce, rakce in luknjičarke. Deset solinark je imelo prebavila prazna. Pri približno 15% analiziranih osebkih smo opazili pogrizeno repno plavut, na podlagi česa sklepamo, da je prišlo znotraj populacije do kanibalizma, ki služi kot alternativa v primeru pomanjkanja hrane v okolju (Leonardos, 2008).

Zaradi majhnega nabora podatkov smo s statističnim indeksom Bray-Curtis analizirali neenakosti oziroma podobnosti med vzorci glede na prehrano v prebavilih. Ugotovili smo, da sta si habitata solinski bazen in kotanja bolj podobna v smislu prehrane kot solinski bazen in kanal. Bistvenih razlik med tipi habitatov glede prehrane solinark nismo zaznali.

6. ZAKLJUČEK

Tako kot drugje po svetu, je tudi pri nas, z vidika ohranjanja narave in vrst največji problem degradacija habitatov, ki v najslabšem primeru vodi do izgube habitata. Degradacije in izgube habitatov so posledica hitro naraščajoče industrializacije, urbanizacije, oziroma izrabljanja prostora v korist človeka. Na morske in obmorske habitate poleg navedenih negativno vplivata tudi ribištvo ter gojenje morskih organizmov (Lipej in sod., 2006). Pri vrstah opazimo upad njihovih populacij, ponekod tudi izumrtje. Ena izmed teh vrst je tudi solinarke iz družine Cyprinodontidae.

Splošne ugotovitev naše raziskave (nekatero se ujema z dognanji drugih raziskovalcev v Sredozemlju):

- v populacijah prevladujejo samice, ki so večje in težje ter imajo boljši kondicijski indeks v primerjavi s samci,
- osebki imajo boljši kondicijski indeks in biometrične lastnosti v večjih habitatih, kot so solinski bazeni ter lagune in slabši v kotanjah ter kanalih,
- solinarke tolerirajo vrednosti slanosti od 20 do 50 ali več promilov, kakšna bi bila optimalna slanost vode za to vrsto še ni znano,
- prisotnost vegetacije ni ključna za preživetje solinark,
- najmanj primerna območja zanje so majhne kotanje brez dotoka vode,
- v populacijah prevladujejo mladi osebki, ki so izjemno lahki ter majhni in imajo tako najnižji kondicijski indeks; visoke vrednosti indeksa kondicije dosegajo osebki starostnih skupin 3+ in več,
- v kotanjah je večja možnost okužbe s paraziti kot v kanalih in solinskih bazenih, kljub temu pri slednjih ne izključujemo možnosti parazitskih okužb ali bakterijskih obolenj,
- za solinarke je značilen prehranski oportunitizem, tip prehrane je odvisen od razmer v habitatu.

Prvo hipotezo, v kateri smo predvideli, da bo večje število vzorcev in vzorčenje na znatno večjem in raznolikem izboru lokalitet pokazalo identični vzorec vpliva ekoloških dejavnikov na kondicijski indeks osebkov kot smo ugotovili v predhodni raziskavi z znatno manjšim vzorcem, smo zavrnil. Do razhajanj med rezultati pionirske in novejši raziskave je prišlo pri tipu in velikosti habitata ter povezanosti z drugimi vodnimi telesi. Smiselno bi bilo opraviti dodatna vzorčenja v lagunah in solinskih bazenih ter na območjih z dobrim dotokom vode.

Drugo hipotezo, v kateri smo predvideli, da se biometrične značilnosti in kondicijski indeks na večjem številu lokalitet ne bodo razlikovale od podatkov v pionirski raziskavi, smo tudi zavrnil. Enako kot pri prvi hipotezi, je do razlik med raziskavama prišlo pri dolžinah ter masah osebkov v odvisnosti od tipa habitata.

Tretjo hipotezo, v kateri smo predvideli, do bo delež parazitskih obolenj v populacijah na različnih lokalitetah in v različnih habitatih odvisen od stopnje izoliranosti, površine ter prostornine habitatnega tipa, smo zavrnil, saj so bile okužbe z zajedalci prisotne v kotanjah brez dotoka vode kakor tudi v solinskem bazenu ter kanalu z dotokom vode.

Četrto hipotezo, v kateri smo predvideli, da bodo prehranjevalne navade solinark pokazale prehranski oportunistem; prehrana osebkov glede na življenjski prostor bo odvisna od naključnega plena, smo potrdili. Med obravnavanimi tipi habitatov glede prehrane solinark ni večjih razlik.

Med raziskovanjem lahko okoliščine vplivajo na raziskavo in rezultate. Vzorčili smo na aktivnih predelih solin, kjer tamkajšnji zaposleni kontrolirajo in regulirajo dotok vode v solinske bazene, kanale, lagune ter kotanje. V tem primeru človekove aktivnosti v habitatih solinark posredno vplivajo na rezultate naše raziskave. Sicer pa predstavljajo zanje dodaten stres poleg dnevnih in sezonskih variacij ekoloških parametrov. Hitre in velike spremembe fizično-kemičnih ter bioloških lastnosti okolja lahko utegnejo zmanjšati populacije, v kombinaciji z znotrajvrstnim razmnoževanjem pa vodijo v zmanjšanje genetske diverzitete (Triantafyllidis in sod., 2007).

Omejitve raziskave vidimo tudi v tem, da smo tekom laboratorijskega dela tehtali in merili celotne osebke. Leonardos in Sinis (1998, 1999; Leonardos, 2008) sta pred meritvami osebkom odstranila črevesje in spolne žleze, ki utegnejo prispevati kar 15% k teži osebka (Barnham & Baxter, 2003), kar pa vpliva na vrednost kondicijskega indeksa.

Poleg tega zaradi pomanjkanja podatkov v analizo nismo vključili nekaterih ekoloških dejavnikov (temperatura vode, globina habitata), ki bi nam omogočili lažje razumevanje in interpretacijo rezultatov.

V nadaljnjih raziskavah bi bilo smiselno opraviti vzorčenja tudi v poletnih mesecih, kadar je višja temperatura zraka in večje izparevanje vode, kar vpliva na velikost globine v habitatih, slanost in temperaturo vode ter razmere kisika (Zammit-Mangion & Deidun, 2010).

Zaradi metode vzorčenja smo lažje in največkrat vzorčili v habitatih z manjšo površino, smotrno bi bilo vzorčiti po principu kakšne druge metode tudi v večjih habitatih.

7. ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, prof. dr. Lovrencu Lipeju, za strokovno usmerjanje in nasvete. Zahvaljujem se somentorju, doc. dr. Danijelu Ivajnsiču, prav tako za strokovno usmerjanje in pomoč pri delu. Mag. Domnu Trkovu se zahvaljujem za pomoč pri delu na terenu in v laboratoriju.

Posebna zahvala ekipi Morske biološke postaje Piran za dovoljenje uporabe terenskih pripomočkov ter opravljanja raziskav v njihovih laboratorijih. Prav tako se zahvaljujem Krajinskemu parku Sečoveljske soline ter Krajinskemu parku Strunjan za dovoljenje opravljanja vzorčenja na vodnih območjih parkov.

Zahvaljujem se partnerju Žigi, prijateljici Žani ter družini za stalno spodbudo in strpno podporo.

8. VIRI

Barnham, C., Baxter, A. (2003): Fisheries notes Condition factor, K, for Salmonid Fish. State of Victoria, Departement of Primary Industries.

Cavraro, F., Torricelli, P., Franzoi, P., Malvasi, S. (2013a): Productivity in natural and artificial habitats in brackish water systems: an example from *Aphanius fasciatus* populations. Transitional Waters Bulletin, TWB, 7, n. 1, 23–31.

Cavraro, F., Zucchetta, M., Torricelli, P., Malvasi, S. (2013b): Sexual dimorphism of vertical bar patterning in the South European toothcarp *Aphanius fasciatus*. Journal of Fish Biology, 82, 1758–1764.

Cimmaruta, R., Scialanca, F., Luccioli, F., Nascetti, G. (2002): Genetic diversity and environmental stress in Italian populations of the cyprinodont fish *Aphanius fasciatus*. Oceanologica Acta 26 (2003): 101–110.

Deidun, A., Arcidiacono, I., Tigano, C., Schembri, P., J. (2002): Salpresent distribution of the threatened killfish *Aphanius fasciatus* (Actinopterygii, Cyprinodontidae) in the Maltese islands. Department of Biology, University of Malta. Msida MSD06, Malta.

Ghazi, C., Si Bachir, A., Santoul, F., Cereghino, R. (2018): Potential ectoparasites of the endemic Mediterranean banded killifish (*Aphanius fasciatus*, Valenciennes, 1821) of the northern Sahara (Algeria). Iranian Journal of Fisheries Sciences. 17(2), 435–442.

Kolar-Planinšič, V. (2003): Natura 2000 v luči pridruževanju Evropski uniji. Ministrstvo za okolje, prostor in energijo. Dunajska 47, Ljubljana.

Leonardos, I., Sinis, A., Petridis, D. (1996): 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. Vol. 42, pp. 231–249.

Leonardos, I., Sinis, A. (1998): Reproductive strategy of *Aphanius fasciatus* Nardo, 1827 (Pisces: Cyprinodontidae) in the Mesolongi and Etolikon lagoons (W.Greece). Fisheries Research 35(3): 171–181.

Leonardos, I. & A. Sinis (1999): Population age and sex structure of *Aphanius fasciatus* Nardo, 1827 (Pisces: Cyprinodontidae) in the Mesolongi and Etolikon lagoons (W. Greece). Fisheries Research 40, 227–235.

Leonardos, I. (2008): The feeding ecology of *Aphanius fasciatus* (Valenciennes, 1821) in the lagoonal system of Messolongi (western Greece). Scientia marina 72(2): 393–401.

Lipej, L., Turk, R., Makovec, T. (2006): Ogrožene vrste in habitatni tipi v slovenskem morju. Ljubljana: Zavod RS za varstvo narave.

Maltagliati, F. (2002): Genetic monitoring of brackish-water populations: the Mediterranean toothcarp *Aphanius fasciatus* (Cyprinodontidae) as a model. Marine Ecology Progress Series. Vol. 235: 257–262.

Mordenti, O., Di Biase, A., Zaccaroni, A., Bastone, G., Scaravelli, D. (2011): Induced Reproduction of *Aphanius fasciatus* by Ecophysiological Conditioning and Hormonal treatment in Fresh and Marine Water. The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh.

Neumann, M., R., Guy, S., C., Willis, W., D. (2013): Fisheries Techniques, Third Edition. Chapter 14, Length, Weight, and Associated Indices. American Fisheries Society.

Obersnel, N. (2015): Vpliv ekoloških dejavnikov na kondicijski indeks rib solinarke *Aphanius fasciatus*. Zaključna seminarska naloga. Univerza v Mariboru. Fakulteta za naravoslovje in matematiko. Oddelek za biologijo.

Poljanić, K. (2014): Biometrijske i neke biološke osobitosti obrvana, *Aphanius fasciatus* (Valenciennes, 1821) (Pisces), iz Pantanske lagune. Diplomski rad. Sveučilište u Dubrovniku. Odjel za akvakulturu.

Triantafyllidis, A., Leonardos, I., Bista, I., Kyriazis, I., D., Stoumboudi, M., T., Kappas, I., Amat, F., Abatzopoulos, T., J. (2007): Phylogeography and genetic structure of the Mediterranean killifish *Aphanius fasciatus* (Cyprinodontidae). Mar Biol 152: 1159–1167.

Trkov, D., Mavrič, B., Obersnel, N., Lipej, L. (2015): Monitoring ribe solinarke *Aphanius fasciatus* v Sečoveljskih solinah. Poročilo o izvedbi naloge v okviru Life Mansalt projekta LIFE 09 NAT/SI/00376.

Valdesalici, S., Langeneck, J., Barbieri, M., Castelli, A., Maltagliati, F. (2015): *Aphanius fasciatus* (Valenciennes, 1821) (Teleostei: Cyprinodontidae) in Italy: past and current status, and future trends. Dipartimento di Biologia, Universita di Pisa, Pisa, Italy.

Zammit-Mangion, M., Deidun, A. (2010): Management recommendations for the conservation of threatened *Aphanius fasciatus* Nardo populations from two wetlands in the Maltese islands. Biol. Mar. Mediterr., 17 (1): 356–357.

Zammit-Mangion, M., Deidun, A., Vassallo-Agius, R., Magri, M. (2011): Management of Threatened *Aphanius fasciatus* at Il-Maghluq, Malta. Proceedings of the Tenth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment. MEDCOAST 11, E. Ozhan, Rhodes, Greece.

Direktiva Sveta Evrope 92/43/EGS o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst (Direktiva o habitatih). Uradni list Evropske unije, L št. 206/1992.

IUCN (b. d.). Pridobljeno s <https://www.iucnredlist.org/species/1847/8316811>

KPSS (b. d.). Pridobljeno s <http://www.kpss.si/si/o-parku/narava/zivali>

Park Strunjan (b. d.) Pridobljeno s : <https://parkstrunjan.si/>

Slanost (b. d.) Pridobljeno s: http://www.kpss.si/o-parku/soline-in-solinarstvo/morje_2/slanost

9. PRILOGE

Priloga 1: Starostno-dolžinski ključ za solinarke (Leonardos in sod., 1999).

Size and age composition of females (F) and males (M) of *A. fasciatus* from the Mesolongi and Etolikon lagoon system

Total length (TL) (mm)	Number of fish per age and sex														Total
	0+		1+		2+		3+		4+		5+		6+		
	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	
20-22	4	3	1												8
22-24	12	8	1												21
24-26	2	13	1												16
26-28	25	22	5	6											58
28-30	18	18	6	33											75
30-32	2	21	19	27		2									71
32-34	16	9	37	68	2	9									141
34-36	4	7	47	75	9	12									154
36-38	2	3	44	87	1	11									148
38-40			42	71	2	18									133
40-42			44	62	33	31	2	1							173
42-44		1	34	4	36	48	5	6							134
44-46			19	29	42	41	8	7							146
46-48			12	14	47	38	1	11	1						124
48-50			5	6	39	2	25	14	1	1					93
50-52				3	3	18	4	15	5	4					52
52-54			1	1	33	9	57	9	1					1	112
54-56					15	3	3	5	12						38
56-58					6	2	22	1	12	1	2	1		1	48
58-60					1		12	4	13	1	3				34
60-62							2		7	1	5		2		17
62-64					1				2	1	1				5
64-66									2		6		2		10
66-68									1		2		1		5
68-70													1		1
70-72													1		1