

# Biološke i ekološke značajke školjkaša *Glycymeris nummaria* (Linnaeus, 1758) u istočnom Jadranu

---

Crnčević, Marija

Doctoral thesis / Disertacija

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:226:699546>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository of University Department of Marine Studies](#)

**SVEUČILIŠTE U SPLITU, SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA  
SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
INSTITUT ZA OCEANOGRAFIJU I RIBARSTVO, SPLIT**

---

**Poslijediplomski sveučilišni studij Primijenjene znanosti o moru**

**Marija Crnčević**

**BIOLOŠKE I EKOLOŠKE ZNAČAJKE ŠKOLJKAŠA  
*GLYCYMERIS NUMMARIA* (LINNAEUS, 1758)  
U ISTOČNOM JADRANU**

**Doktorski rad**

**Split, srpanj 2014.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU, SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA  
SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
INSTITUT ZA OCEANOGRAFIJU I RIBARSTVO, SPLIT**

---

**Poslijediplomski sveučilišni studij Primijenjene znanosti o moru**

**Marija Crnčević**

**BIOLOŠKE I EKOLOŠKE ZNAČAJKE ŠKOLJKAŠA  
*GLYCYMERIS NUMMARIA* (LINNAEUS, 1758)  
U ISTOČNOM JADRANU**

**Doktorski rad**

**Split, lipanj 2014.**

Ovaj doktorski rad izrađen je u Institutu za oceanografiju i ribarstvo u Splitu pod vodstvom mentorice prof.dr.sc. Melite Peharda Uljević, u sklopu Međusveučilišnoga poslijediplomskog doktorskog studija „Primijenjene znanosti o moru“ pri Sveučilištu u Splitu i Sveučilištu u Dubrovniku.

## Zahvale

Zahvaljujem voditeljici rada prof.dr.sc. Meliti Peharda Uljević na predloženoj temi, prijenosu znanja i brojnim savjetima tijekom osmišljavanja istraživanja i pisanja ovog rada. Posebno hvala na znanstvenom i stručnom usmjeravanju te prijateljskom razumijevanju.

Također zahvaljujem članovima Povjerenstva za obranu doktorskog rada doc.dr.sc. Mireli Petrić, prof.dr.sc. Ivani Bočina i dr.sc. Vanji Čikeš Keč na pregledu rada i korisnim savjetima.

Velika hvala kolegici dr.sc. Dariji Ezgeta Balić za pomoć tijekom terenskog i laboratorijskog rada, a posebno za savjete pri obradi podataka i iskazanoj podršci.

Hvala dr.sc. Mirjani Najdek i dr.sc. Mariji Blažina za obradu uzoraka masnih kiselina i pomoć tijekom interpretacije podataka.

Hvala dr.sc. Barbari Calcina i za izradu SEM fotografija ljuštura s endolitima.

Hvala kolegicama Margiti Radman i Neli Sinjkević za pomoć tijekom terenskog rada i laboratorijskog rada te Ivani Bušelić i Ivani Jurić za pomoć tijekom laboratorijskog rada.

Zahvaljujem djelatnicima Instituta za oceanografiju i ribarstvo u Splitu na iskazanoj podršci.

Velika hvala obitelji i prijateljima na razumijevanju i podršci.

# SADRŽAJ

|  |            |
|--|------------|
| <b>TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA .....</b>  | <b>VI</b>  |
| <b>BASIC DOCUMENTATION CARD.....</b>   | <b>VII</b> |
| <b>1. Uvod.....</b>  | <b>1</b>   |
| 1.1. Ciljevi i svrha istraživanja .....  | 2          |
| <b>2. Dosadašnje spoznaje .....</b>  | <b>4</b>   |
| 2.1. Dosadašnja istraživanja starosti i rasta školjkaša u istočnom Jadranu .....             | 4          |
| 2.2. Dosadašnja istraživanja razmnožavanja školjkaša u istočnom Jadranu .....                | 8          |
| 2.3. Dosadašnja istraživanja masnih kiselina školjkaša u istočnom Jadranu .....              | 9          |
| 2.4. Dosadašnja istraživanja endolita na školjkašima u istočnom Jadranu .....                | 11         |
| 2.5. Dosadašnja istraživanja školjkaša iz roda <i>Glycymeris</i> Da Costa, 1778 .....        | 12         |
| 2.5.1. Arheološka i paleontološka istraživanja školjkaša iz roda <i>Glycymeris</i> .....     | 12         |
| 2.5.2. Istraživanja bioloških i ekoloških značajki školjkaša iz roda <i>Glycymeris</i> ..... | 14         |
| 2.5.3. Dosadašnje spoznaje o vrstama iz roda <i>Glycymeris</i> u istočnom Jadranu .....      | 16         |
| <b>3. Materijali i Metode.....</b>   | <b>18</b>  |
| 3.1. Područje istraživanja .....   | 18         |
| 3.2. Metode uzorkovanja.....   | 19         |
| 3.3. Određivanje starosti i rasta vrste <i>Glycymeris nummaria</i> .....                     | 20         |
| 3.4. Analiza razmnožavanja vrste <i>Glycymeris nummaria</i> .....                            | 22         |
| 3.5. Analiza indeksa kondicije vrste <i>Glycymeris nummaria</i> .....                        | 24         |
| 3.6. Analiza lipida i masnih kiselina u tkivima vrste <i>Glycymeris nummaria</i> .....       | 24         |
| 3.7. Analiza endolita u ljušturama vrste <i>Glycymeris nummaria</i> .....                    | 26         |
| 3.8. Analiza prisutnosti vrste <i>Glycymeris nummaria</i> u Jadranu.....                     | 28         |
| 3.9. Statistička obrada podataka.....  | 30         |
| <b>4. Rezultati .....</b>  | <b>31</b>  |
| 4.1. Hidrografski parametri.....   | 31         |
| 4.2. Starost i rast vrste <i>Glycymeris nummaria</i> .....                                   | 32         |

|   |            |
|---|------------|
| 4.2.1. Vrednovanje formiranja linija rasta.....                                     | 32         |
| 4.2.2. Analiza starosti i rasta.....  | 33         |
| 4.3. Histološka analiza gonada vrste <i>Glycymeris nummaria</i> .....               | 39         |
| 4.4. Indeks kondicije vrste <i>Glycymeris nummaria</i> .....                        | 48         |
| 4.5. Sastav masnih kiselina u tkivima vrste <i>Glycymeris nummaria</i> .....        | 52         |
| 4.6. Endoliti u ljušturama vrste <i>Glycymeris nummaria</i> .....                   | 58         |
| 4.7. Prisutnost i sastav populacija vrste <i>Glycymeris nummaria</i> u Jadranu..... | 63         |
| <b>5. Rasprava.....</b>   | <b>69</b>  |
| <b>6. Zaključci .....</b>   | <b>83</b>  |
| <b>7. Literatura .....</b>  | <b>85</b>  |
| <b>Životopis.....</b>   | <b>102</b> |

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Splitu, Sveučilišni Odjel za studije mora  
Sveučilište u Dubrovniku  
Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split  
Poslijediplomski sveučilišni studij: Primijenjene znanosti o moru

Doktorski rad

Znanstveno područje: Prirodne znanosti  
Znanstveno polje: Interdisciplinarne prirodne znanosti

### BIOLOŠKE I EKOLOŠKE ZNAČAJKE ŠKOLJKAŠA *GLYCYMERIS NUMMARIA* (LINNAEUS, 1758) U ISTOČNOM JADRANU

Marija Crnčević

Rad je izrađen u Institutu za oceanografiju i ribarstvo, Split

#### Sažetak

Vrsta *Glycymeris nummaria* jedna je od tri vrste iz porodice Glycymerididae koje nastanjuju Jadransko more. Osim podataka o rasprostranjenosti i gustoći, vrlo je malo podataka objavljeno o biologiji i ekologiji ove vrste. Cilj ovog rada je bio istražiti rast i starost, ciklus razmnožavanja i razvoj gonada, sastav masnih kiselina u probavnoj žlijezdi i mišiću te djelovanje endolita kod vrste *G. nummaria*. Istraživanje je provedeno u Malostonskom zaljevu u razdoblju od siječnja do prosinca 2010. godine. Zabilježeno je da ova vrsta formira jedan prsten rasta godišnje od ožujka do lipnja, a maksimalna dugovječnost je 20 godina. Prema rezultatima von Bertalanffy jednadžbe rasta je  $L_{\infty}=71$  mm,  $K=0,11$  g<sup>-1</sup> te  $t_0=3,736$  ( $r^2=0,919$ ). Vrijednost indeksa rasta je 2,74. Vrsta *G. nummaria* je razdvojenog spola s jednakim brojem jedinki mužjaka i ženki. Mrijest je zabilježen u srpnju i kolovozu. Ishrana se temelji na detritusu tijekom jeseni i zime, dok tijekom proljeća i ljeta dodatni izvor hrane čine fitoplankton i zooplankton. Vrsta *G. nummaria* pokazuje visoke vrijednosti zaraze endolitima, obzirom da su sve analizirane jedinke imale makroskopski vidljive promjene boje na unutarnjoj strani ljuštore. Ipak, kod najvećeg broja jedinki (55,38 %) zabilježena zaraženost je opisana kao stupanj 1 - slabo zaražene te nisu zabilježene promjene ljuštore s površinom većom od 69,3 %. Određivanje rasprostranjenosti vrste *G. nummaria*, uključujući brojnost, biomasu i sastav populacija, provedeno je na 7 lokacija u istočnom Jadranu. Uzorci su prikupljeni pomoću hidraulične dredže vongolare i metodom autonomnog ronjenja. Određene su relativno visoke vrijednosti biomase i brojnosti na području Ninskog zaljeva, dok su na ostalim lokalitetima vrijednosti biomase bile značajno manje.

(105 stranica, 47 slika, 7 tablica, 215 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Nacionalnoj sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu i Sveučilišnoj knjižnici u Splitu

Ključne riječi: endoliti, *Glycymeris nummaria*, masne kiseline, prisutnost, rast, razmnožavanje, starost

Mentor: Prof.dr.sc. Melita Peharda Uljević, znanstveni savjetnik

Ocjenjivači: 1. Doc.dr.sc. Mirela Petrić, docent  
2. Prof.dr.sc. Ivana Bočina, izvanredni profesor  
3. Dr.sc. Vanja Čikeš Keč, znanstveni suradnik

Rad prihvaćen: 07. srpnja 2014.



## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Split, University Department of Marine Studies  
University of Dubrovnik  
Institute of Oceanography and Fisheries, Split

Ph.D. thesis

Ph.D. in Natural sciences, research field Interdisciplinary Natural Sciences

### **BIOLOGICAL AND ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF BIVALVE *GLYCYMERIS NUMMARIA* (LINNAEUS, 1758) IN THE EASTERN ADRIATIC SEA**

Marija Crnčević

Thesis performed at the Institute of Oceanography and Fisheries, Split

#### Abstract

*Glycymeris nummaria* is one of three species from family Glycymerididae that lives in the Adriatic Sea. Besides its distribution and abundance, very little information has been published on biology and ecology of this species. The aim of this study was to investigate the age and growth, reproductive cycle and gonadal development, fatty acid composition of digestive gland and adductor muscle tissue and endolith infestation. Sampling was conducted in the Mali Ston Bay in the period from January to December 2010. Results of this study showed that *G. nummaria* forms annual growth lines from March to June and maximum longevity was estimated at 20 y. According to the von Bertalanffy growth equation values were  $L_{\infty}=71$  mm, growth parameter,  $K=0,11 \text{ year}^{-1}$  and  $t_0=3,736$  ( $r^2=0,919$ ). The value of the index growth is 2,74. *Glycymeris nummaria* is gonochoristic with equal numbers of adult male and female individuals. Spawning was recorded in July and August. Diet is based on detritus during the fall and winter, while phytoplankton and zooplankton were additional food source during the spring and summer. *Glycymeris nummaria* shows high endolith infection, considering that all the analyzed specimens had macroscopically visible changes of color at the inside of the shell. However, in the majority of individuals (55,38 %) recorded infection is described as level 1 - poor infection. There were no changes to the shell surface area greater than 69,3 %. Determining the distribution of *G. nummaria* including abundance, biomass and composition of the population was conducted at 7 locations in the Eastern Adriatic. Samples were collected with hydraulic dredge vongolara and SCUBA diving. *Glycymeris nummaria* was recorded with relatively high biomass and abundance values in Nin bay, while at other sites biomass and abundance values were significantly lower.

(105 pages, 47 figures, 7 tables, 215 references, original in Croatian)

Thesis deposited in National and University Library in Zagreb, Split University Library

Keywords: age, distribution, endoliths, fatty acid, *Glycymeris nummaria*, growth, reproduction

Supervisor: Melita Peharda Uljević, Ph.D. / Senior Scientist

Reviewers: 1. Mirela Petrić, Ph.D. Assistant Professor  
2. Ivana Bočina, Ph.D. / Associate Professor  
3. Vanja Čikeš Keč, Ph.D. / Scientific Associate

Thesis accepted: 7<sup>th</sup> July 2014

# 1. Uvod

Školjkaši (Bivalvia) pripadaju koljenu mekušaca (Mollusca) te čine brojnu skupinu organizama u moru. Premda se prethodno smatralo da je poznato više od 20.000 vrsta školjkaša (Matoničkin i sur. 1998, Poppe & Goto 2000), Huber (2010) procjenjuje da je ukupni broj recentnih vrsta školjkaša 9.200, od kojih je 8.000 vrsta morskih. Školjkaši nastanjuju različite morske ekosustave kao što su umjerena, tropska i polarna mora, estuariji te ostala brojna staništa (Gosling, 2003). U moru su se pojavili u ranom kambriju (paleozoik), tj. prije oko 620 milijuna godina, a mnoge vrste se nisu značajno mijenjale više stotina milijuna godina (Morton, 1991). Danas školjkaši predstavljaju predmet brojnih bioloških i ekoloških, ali i paleontoloških i arheoloških istraživanja.

Na području Sredozemnog mora zabilježeno je oko 360 vrsta školjkaša (Sabelli i sur. 1990a, b). Na istočnom dijelu Jadrana poznate su 224 vrste školjkaša (Zavodnik, 1999), a lokalno stanovništvo upotrebljava u prehrani 66 vrsta. Na tržištu se može naći 16 vrsta (Zavodnik, 1997), od čega se uzgajaju samo dvije vrste – dagnja *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 i kamenica *Ostrea edulis* Linnaeus, 1758.

Premda su školjkaši ekološki i gospodarski važna skupina morskih organizama relativno je malo poznato o njihovoj rasprostranjenosti i strukturi zajednica u istočnom dijelu Jadranskog mora. Predmet dosadašnjih istraživanja najčešće je bila izrada popisa vrsta u pojedinim područjima (Hrs-Brenko i sur. 1998; Šiletić, 2006) ili biologija i ekologija pojedinih vrsta (Mladineo i sur. 2007; Peharda i sur. 2007a).

Iako je porodica Glycymerididae široko rasprostranjena i relativno raznolika s oko 110 opisanih vrsta (World Register of Marine Species, <http://www.marinespecies.org/>), podaci o pojedinim vrstama su nedostatni. Vrste roda *Glycymeris* koje nastanjuju Sredozemno more i Jadransko more u literaturi se spominju s više sinonima. Vrsta *G. nummaria* često se navodi i kao *G. violacescens* (Lamarck, 1819) i *G. insumbrica* (Brocchi, 1814). U ovom radu koristi se naziv *G. nummaria* sukladno važećem nazivlju prema World Register of Marine Species (<http://www.marinespecies.org/>).

Zavodnik (1997) na popisu jestivih školjkaša navodi sve tri vrste školjkaša iz roda *Glycymeris* koje nastanjuju Jadransko more: *Glycymeris bimaculata* (Poli, 1795), *Glycymeris glycymeris* (Linnaeus, 1758) i *Glycymeris nummaria* (Linnaeus, 1758)

(Legac & Hrs Brenko 1999). Tijekom dosadašnjih istraživanja objavljeni su podaci o njihovoj rasprostranjenosti i gustoći u Jadranskom moru (Legac & Hrs-Brenko 1999, Zavodnik & Kovačić 2000, Šiletić, 2006), dok su podaci o biologiji i ekologiji ovih vrsta oskudni.

Duž istočne obale Jadrana Malostonski zaljev najvažnije je područje za uzgoj školjkaša, kao i područje velike bioraznolikosti školjkaša (Peharda, 2003). Ovaj zaljev predstavlja i područje iznimno duge povijesti uzgoja školjkaša te je predmet brojnih istraživanja, najčešće uzgojnih populacija školjkaša s ciljem boljeg poznavanja biologije i ekologije vrsta u svrhu unaprjeđenja uzgoja. Ipak, još uvijek su nedostatni podaci o pojedinim vrstama školjkaša kao što je *G. nummaria*.

U Hrvatskoj vrste roda *Glycymeris* za sada imaju zanemarivo gospodarsko značenje, obzirom da se koriste jedino povremeno kao mamac u ribolovu, suvenir te rijetko za konzumaciju (Legac & Fabijanić 1994; Zavodnik, 1997). Vrsta *G. nummaria* se rijetko može naći na ribarnicama te ne postoje statistički podatci o njezinom sakupljanju u istočnom dijelu Jadrana. Međutim, u drugim dijelovima Sredozemlja, kao što je Francuska, vrste ovog roda imaju veće gospodarsko značenje i smatraju se delicijom (Le Bouteux, 1992; Poppe & Goto 2000). Obzirom da se potrebe za hranom iz mora mijenjaju, odnosno rastu, nužna su istraživanja akvakulturnog i ribarstvenog potencijala školjkaša. Uz spomenuto, važno je i poznavanje biologije i ekologije pojedinih vrsta školjkaša kao model organizama za praćenje promjena u okolišu (Royer i sur. 2013).

## 1.1. Ciljevi i svrha istraživanja

Svrha ovog istraživanja je pridonijeti razumijevanju bioloških i ekoloških značajki vrste *Glycymeris nummaria*, pri čemu dobiveni rezultati mogu poslužiti kao osnova za određivanje mjera gospodarenja i zaštite prirodnih populacija. Obzirom da je Malostonski zaljev zaštićen sukladno Zakonu o zaštiti prirode (Narodne novine 80/13) te je dio europske ekološke mreže Natura 2000 sukladno Uredbi o ekološkoj mreži (Narodne novine 124/2013), rezultati istraživanja će se moći koristiti u svrhu upravljanja zaštićenim dijelovima prirode.

Tijekom istraživanja vrste *G. nummaria* u Malostonskom zaljevu cilj je bio odrediti:

- dinamiku rasta i maksimalnu starost jedinki,

- razvojne stadije gonada mužjaka i ženki tijekom jednogodišnjeg ciklusa razmnožavanja,
- promjer oocita ženki i njihovu mjesečnu distribuciju tijekom jednogodišnjeg ciklusa razmnožavanja,
- razdoblje mrijesta vrste,
- sastav masnih kiselina u probavnoj žlijezdi i mišiću,
- stupanj zaraze ljuštura endolitskim vrstama.

Korištenjem uzoraka *G. nummaria* prikupljenih u okviru projekta PHARE „Assessment of demersal fish and shellfish stocks commercially exploited in Croatia“ cilj je bio odrediti prisutnost, brojnost, biomasu i sastav populacija vrste u istočnom Jadranu.

## 2. Dosadašnje spoznaje

Na području istočnog Jadrana, školjkaši predstavljaju važan predmet prirodoslovnih istraživanja koja uključuju opisivanje pojedinih vrsta, njihove rasprostranjenosti te evidentiranje u muzejskim zbirka (Brusina, 1866, 1891; Vatova, 1928). Premda postoji kontinuitet istraživanja školjkaša, na istočnoj obali Jadrana ova skupina prvenstveno je izvor hrane, pa su stoga od posebnog značaja istraživanja gospodarski važnih vrsta uključujući vrste koje se uzgajaju i one koje se prikupljaju iz prirodnih populacija. Također su od važnosti i istraživanja zakonom zaštićenih vrsta, kao i staništa školjkaša definiranih kao sastavni dio Ekološke mreže sukladno Uredbi o ekološkoj mreži (Narodne novine 124/13).

### 2.1. Dosadašnja istraživanja starosti i rasta školjkaša u istočnom Jadranu

U svrhu određivanja starosti i rasta školjkaša primjenjuje se nekoliko različitih metoda, a njihov odabir ovisi o značajkama istraživanih vrsta. Analiza dužinskih frekvencija omogućuje procjenu rasta školjkaša u populaciji, ali ne i starosti jedinke (Gosling, 2003). Točnost ove metode ovisi o ukupnim podacima koji moraju što bolje predstavljati veličinsku strukturu populacije u prirodi. Podaci dužina određeni mjerenjem prikupljenih uzoraka razdijele se u veličinske razrede te se izrađuju histogrami dužinskih frekvencija. Ova je metoda pogodna za vrste koje brzo rastu i imaju relativno kratak životni vijek, kod kojih se individualni godišnji razredi mogu jasno odvojiti kao kohorti (Gosling, 2003).

Analize vanjskih prstena rasta i unutrašnjih godišnjih prstena rasta (Richardson, 2001) primjenjuju se za određivanje starosti kod mnogih vrsta školjkaša, a temelje se na činjenici da se prsteni rasta obično formiraju jednom godišnje, a najčešće su povezani s hladnijim (Jones, 1979; Bachelet, 1980; Moura i sur. 2009) ili toplijim razdobljima (Ezgeta-Balić i sur. 2011, Peharda i sur. 2013a). Metoda analize unutrašnjih linija rasta omogućuje lakše razlikovanje godišnjih prstena rasta i prstena poremećaja. Unutarnje linije rasta različito su vidljive kod različitih vrsta. Za procjenu starosti najčešće se očitavaju linije nastale na području umba ili u prizmatičnom dijelu ljuštare. Metoda analize unutrašnjih prstena rasta je pouzdana, ali istovremeno složenija od samog brojanja vanjskih prstena rasta (Gosling, 2003).

Jedna od metoda određivanja dinamike rasta je markiranje ljuštura školjkaša, koja se obavlja *in situ* ili u eksperimentalnim uvjetima pričvršćivanjem markacija na jedinke ili pomoću kemikalija (Gosling, 2003). Nakon označavanja markacijama i mjerenja, jedinke se vraćaju u more te se mjerenjem markiranih školjkaša nakon određenog vremena određuje prirast (Peharda i sur. 2007a). Markiranje kemikalijama temelji se na ugradnji kemikalije kao npr. kalceina u ljušturu te se pomoću mikroskopa određuju promjene u rastu ljušture (Peharda i sur. 2007b).

Tijekom dosadašnjih istraživanja starosti i rasta školjkaša u istočnom Jadranu predmet istraživanja su najčešće bile gospodarski važne vrste školjkaša, dok su istraživanja gospodarski manje važnih vrsta novijeg datuma. Od važnosti su i istraživanja zaštićenih vrsta. Obzirom na gospodarsko značenje kamenice *Ostrea edulis* i dagnje *Mytilus galloprovincialis*, objavljen je veći broj radova o rastu i starosti ovih vrsta. Tako Morović (1958) navodi podatke o rastu kamenice u Mljetskim jezerima, dok Marinković i Nikolić (1963), Marinković-Roje i Nikolić (1967) te Marinković-Roje (1968) opisuju rast, mortalitet i kemijski sastav kamenica i dagnji u Lirskom kanalu. Rast kamenice i dagnje u uzgoju u Malostonskom istražuju Morović i Šimunović (1969). U kasnijim istraživanjima određen je rast na različitim dubinama (Šimunović, 1981). Dužinski prirast kamenice u Malostonskom zaljevu se određivao tijekom istraživanja Marčelja (2006). Također u Malostonskom zaljevu, tijekom jednogodišnjeg istraživanja (Jasprica i sur. 1997) analiziran je rast dagnje u odnosu na dubinu mora. Prikazani su podaci prirasta dagnje te podaci o odnosu rasta i maksimuma klorofila *a*, odnosno koncentracije fitoplanktona. Rast dagnje na istočnoj obali Istre, mjerenjem dužine jedinki su istraživali Marušić i sur. (2010). U kontekstu integralnog uzgoja dagnji i ribe na uzgajalištu ribe na otoku Pašmanu, istraživan je rast dagnje tijekom 16-mjesečnog razdoblja primjenom metode markiranja pomoću oznaka i mjerenja školjkaša (Peharda i sur. 2007b).

Starost i rast gospodarski važne vrste, kunjke *Arca noae* Linnaeus, 1758 istraživani su na uzorcima prikupljenim na više lokacija duž obale Jadrana, u Marini kraj Trogira, Malostonskom zaljevu i Malom jezeru na otoku Mljetu, metodama vanjskih površinskih prstena rasta, palijalnih ožiljaka na unutrašnjoj strani ljušture te prstena rasta u acetatnim preslikama umba i prizmatičnog sloja ljušture (Peharda i sur. 2002). Istraživanje ove vrste nastavljeno je u Malostonskom zaljevu (Peharda i sur. 2003a) te je primjenom metode dužinskih frekvencija opisana struktura populacije.

U uvjetima komercijalnog uzgajališta kamenice u Malostonskom zaljevu Kožul i sur. (2011a) istražuju rast kunjke i dlakave dagnje *Modiolus barbatus* (Linnaeus, 1758) također komercijalno značajne vrste u Jadranu. Tijekom istraživanja mogućnosti uzgoja kunjke i dlakave dagnje, također u Malostonskom zaljevu, Peharda i sur. (2013b) određuju prirast markiranjem i mjerenjem jedinki u eksperimentalnim uvjetima u stupcu vode i na morskom dnu. U kontekstu integralnog uzgoja dagnje i kunjke na uzgajalištima ribe, istraživani je rast kunjke na različitim udaljenostima od uzgajališta ribe i u prirodnom staništu na otoku Pašmanu (Župan, 2012). Tijekom jednogodišnjeg istraživanja prirast je određivan primjenom metode markiranja lijepljenjem oznaka na ljušturu i mjerenja jedinki. U svrhu određivanja starosti i rasta dlakave dagnje u Malostonskom zaljevu (Peharda i sur. 2007a) primijenjene su metode analize dužinskih frekvencija, palijalnih ožiljaka na unutarnjoj površini ljušture, unutarnjih godišnjih linija rasta u srednjem sedefastom sloju te analiza prirasta.

Rast i starost brbavice *Venus verrucosa* Linnaeus, 1758 istražuju Stagličić i sur. (2012) u sjevernom Jadranu, u blizini Pule. Starost se određivala analizom unutrašnjih godišnjih linija rasta. Analizom prirasta dodatno su procijenjeni starost i rast. Utvrđen je mali udio starijih jedinki u ukupnom ulovu, odnosno većina analiziranih jedinki (80%) je bila mlađa od 9 godina. U svrhu ispitivanja mogućnosti pronalaženja odgovarajuće tehnologije komercijalnog uzgoja brbavice *V. verrucosa* u Malostonskom zaljevu obavljen je eksperiment praćenja stope rasta i smrtnosti (Bolotin i sur. 2011). Istraživanje Peharda i sur. (2013a) daje podatke o rastu i starosti vrste *V. verrucosa* na 5 lokaliteta u istočnom Jadranu od Istre do Malostonskog zaljeva. Korištena je metoda unutrašnjih linija rasta, a zabilježena je starost jedinki od 1 do 14 godina.

Vrsta *Ruditapes decussatus* (Linnaeus, 1758) jedna je od komercijalno važnijih vrsta u Sredozemlju. Istraživanje starosti i rasta metodom analize unutrašnjih godišnjih linija rasta obavljeno je na području Paškog zaljeva, jednog od najznačajnijih područja izlovljavanja ove vrste (Jurić i sur. 2012). Zabilježena je starost jedinki u rasponu od 1 do 6 godina.

Starost, rast i struktura populacije vrste *Callista chione* Linnaeus, 1758 na četiri lokacije u Jadranu uključujući otok Rab, otok Pag, ušće Cetine i Kaštelanski zaljev predmet je istraživanja Ezgeta-Balić i sur. (2011). Korištene su dvije metode određivanja starosti: vanjski prsteni rasta i unutarnje linije rasta u acetatnim preslikama umba i prizmatičnom dijelu ljušture. Procijenjena starost jedinki prikupljenih u Kaštelanskom zaljevu je od 4 do 19 godina, dok je zabilježen veći raspon vrijednosti

na ostalim lokacijama, odnosno od 4 do 44 godine na Rabu, od 4 do 42 godine na Pagu te od 3 do 37 godina na ušću Cetine.

Istraživanja starosti, rasta i strukture populacije vrste *Acanthocardia tuberculata* (Linnaeus, 1758), provedena su na području ušća Cetine, otoka Raba i Paškog zaljeva (Peharda i sur. 2012). Starost i rast istraživani su analizom linija na vanjskoj strani ljuštare te prstena rasta u acetatnim preslikama umba i prizmatičnog dijela ljuštare. Rezultati ukazuju da je starost jedinki iz podmorja otoka Raba u rasponu od 1 godine i 5 mjeseci do 6 godina i 5 mjeseci, na području Paškog zaljeva od 5 mjeseci do 7 godina i 5 mjeseci te na ušću Cetine od 1 do 11 godina.

Starost jakopske kapice *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) se određivala prema broju prstena na konkavnoj ljušturi jedinki prikupljenih u Velikom jezeru na Mljetu (Onofri & Marguš 1995). Podaci istraživanja Peharda i sur. (2003b) jedinki vrste *P. jacobaeus* sakupljenih iz komercijalnog ulova uz zapadnu obalu Istarskog poluotoka potvrdili su da se starost ove vrste može procijeniti na temelju ožiljaka na ligamentu kao i na temelju prstena rasta na vanjskoj strani ljuštare. Tijekom istraživanja Marguš & Teskeredžić (2005) na ušću rijeke Krke promatrao se prihvat ličinki, preživljavanje i rast juvenilnih jedinki *P. jacobaeus* radi mogućnosti kontroliranog uzgoja i uvođenja ove vrste u akvakulturu.

Starost prstaca *Lithophaga lithophaga* (Linnaeus, 1758), zakonom zaštićene vrste, se određivala praćenjem brzine rasta i načina naseljavanja u podlogu na području lučica Split i Zenta, građenih 1952. godine, odnosno 1979. godine (Šimunović, 2001). S ciljem određivanja stope naseljavanja prstaca u marini Rovinj, analizom dužinskih frekvencija prikazan je rast ovog školjkaša (Devescovi & Iveša 2008). Sastav populacije, starost i rast, također zaštićene periske *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758, istraživani su na području Nacionalnog parka Mljet u Malom i Velikom jezeru primjenom *in situ* mjerenja i markiranja (Šiletić & Peharda 2003). Daljnje istraživanje starosti i rasta ove vrste u Jadranu obavili su Richardson i sur. (2004) na području Malostonskog zaljeva te Velikog i Malog jezera na otoku Mljetu primjenom metode stabilnih izotopa kisika te omjera Mg/Ca i Sr/Ca. U uvjetima komercijalnog uzgajališta u Malostonskom zaljevu istraživan je rast periske mjerenjem jedinki mjesečno tijekom jednogodišnjeg eksperimenta (Kožul i sur. 2011b, 2012).



## 2.2. Dosadašnja istraživanja razmnožavanja školjkaša u istočnom Jadranu

Tijekom dosadašnjih istraživanja razmnožavanja školjkaša u Jadranu, uglavnom su istraživane gospodarski važne vrste školjkaša. U istočnom dijelu Jadrana uzgajaju se samo dvije vrste – dagnja *Mytilus galloprovincialis* i kamenica *Ostrea edulis*, pa su stoga i najviše istraživane. Premda postoje podaci istraživanja koji posredno ukazuju na značajke ciklusa razmnožavanja ovih vrsta, kao što je određivanje indeksa kondicije dagnje (Hrs-Brenko, 1973; Peharda i sur. 2007b; Marušić i sur. 2009; Župan, 2012) ipak je relativno malo ciljanih istraživanja ciklusa razmnožavanja primjenom histoloških metoda.

Reproduktivne značajke kamenice *O. edulis* u Malostonskom zaljevu bile su predmet istraživanja Marčelja (2009). Ciklus razmnožavanja kamenice, značajke gonada i tip hermafroditizma, razdoblje mrijesta i odnos spolova tijekom godine dana određeni su histološkom analizom. Zaključeno je da se kamenica mrijesti od ožujka do rujna s dva vrhunca, izraženijim u proljeće od ožujka do svibnja, te manjim u razdoblju od kolovoza do rujna.

Kunjka *Arca noae* jedna je od gospodarski najznačajnijih vrsta školjkaša na Jadranu (Benović, 1997). Ipak, reproduktivni ciklus ove vrste je bio slabo istražen sve do početka 2000. Tijekom istraživanja Peharda i sur. (2003a) određen je indeks kondicije, kao posredni pokazatelj razdoblja mrijesta ove vrste. Histološke analize gonada vrste *A. noae*, tijekom razdoblja od 2 godine, bile su predmetom istraživanja Peharda i sur. (2006). U spomenutom radu prikazani su kvalitativni podaci o stadiju gonada, kvantitativni podaci o promjenama veličine oocita tijekom godine, podaci o veličini pri spolnom sazrijevanju, kao i rezultati analize omjera spolova s obzirom na dužinu. U spomenutom istraživanju, mrijest vrste *A. noae* zabilježen je u razdoblju od lipnja do srpnja.

Vrsta *Venus verrucosa* također je jedna od komercijalno najvažnijih vrsta školjkaša u Jadranu (Benović, 1997). Ipak, detaljnija istraživanja ciklusa razmnožavanja ove vrste su novijeg datuma. Tako su Popović i sur. (2013) tijekom jednogodišnjeg istraživanja na području Kaštelanskog zaljeva analizirali jedinke primjenom histološke analize te su prikazali podatke razvojnih stadija gonada, promjene veličine oocita, omjer spolova i dužina kod spolne zrelosti. Rezultati ukazuju na kontinuiranu godišnju gametogenetsku aktivnost bez razdoblja mirovanja. Kod ženki, mrijest je zabilježen u razdoblju od lipnja do studenoga s najvećim otpuštanjem

oocita od kolovoza do listopada, dok je kod mužjaka najintenzivniji mrijest zabilježen od listopada do studenoga.

Dlakava dagnja *Modiolus barbatus* komercijalno je važna vrsta u Jadranu koja se izlovljava tijekom cijele godine, prvenstveno od strane lokalnog stanovništva (Benović, 1997). Ciklus razmnožavanja, indeks kondicije i biokemijski sastav dlakave dagnje su istraživali Mladineo i sur. (2007) na području Malostonskog zaljeva tijekom godine dana. Metodom histološke analize gonada određeni su razvojni stadiji gonada, promjene veličine oocita, vrijeme mrijesta i omjer spolova. Vrhunac mrijesta određen je u razdoblju od lipnja do kolovoza. Prikazani su i podaci o indeksu kondicije, sve u svrhu procjene održivog korištenja te procjene mogućnosti akvakulture. Tijekom ranijeg istraživanja Mladineo & Peharda (2005) opisan je usporeni razvoj gonada kod *M. barbatus* kao posljedica učinka parazita – sporocista trematoda *Gymnophallus* sp.

Ciklus razmnožavanja male kapice *Mimachlamys varia* (u tekstu *Chlamys varia* L.) na ušću Rijeke Krke istraživan je posredno određivanjem indeksa kondicije (Marguš i sur. 1993a). Također na ušću Krke, određivanjem gonadnog indeksa posredno se zaključuje o ciklusu razmnožavanja jakopske kapice *Pecten jacobaeus* (Marguš i sur. 1993b). Antolović i sur. (2012) istražuju inducirani mrijest male kapice *M. varia* u laboratorijskim uvjetima.

Kućica *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) na ušću Neretve predmet je istraživanja Bratoš Cetinić i sur. (2007). Metodom histološke analize gonada određen je ciklus sazrijevanja gonada, spolni sastav i razdoblje razmnožavanja koje je zabilježeno od siječnja do kraja kolovoza, a najizraženije je od travnja do srpnja. Ciklus razmnožavanja i biometrija zakonom zaštićene vrste prstaca *Lithophaga lithophaga* predmet su istraživanja Šimunović i sur. (1990).

### **2.3. Dosadašnja istraživanja masnih kiselina školjkaša u istočnom Jadranu**

S ciljem istraživanja ishrane školjkaša danas se primjenjuje nekoliko metoda. Masne kiseline se koriste kao kvalitativni markeri za određivanje trofičkih odnosa u moru (Dalsgaard i sur. 2003), a jedan od primjera primjene podataka o izvorima hrane školjkaša je akvakultura. Sastav masnih kiselina lipida školjkaša obično je rezultat sastava hrane koju školjkaš konzumira tijekom dužeg vremenskog razdoblja, tj. tijekom nekoliko tjedana ili mjeseci. Naime, primarni proizvođači u moru imaju karakteristične

masne kiseline, koje se prevode u masti viših trofičkih organizama u nepromijenjenom i prepoznatljivom obliku te stoga mogu biti i prepoznate u tkivu viših organizama (Dalsgaard i sur. 2003; Bergé & Barnathan 2005). Na ovoj činjenici se temelji koncept masnih kiselina kao trofičkih markera (eng. „FATM – Fatty Acid Trophic Marker“) (Tablica 2.3.1).

Ezgeta-Balić i sur. (2012) istražuju izvore hrane četiriju gospodarski važnih vrsta školjkaša koji nastanjuju Malostonski zaljev. Izvori hrane su istraživani određivanjem masnih kiselina probavne žlijezde i mišićnog tkiva vrsta *Ostrea edulis* i *Mytilus galloprovincialis*, uzgajanih u stupcu vode te *Modiolus barbatus* i *Arca noae* iz prirodnih populacija. Rezultati ukazuju da su se ove vrste hranile pretežno fitoplanktonom, a zatim zooplanktonom i detritusom tijekom proljetnih i ljetnih mjeseci. U jesensko-zimskom razdoblju manje gustoće planktona, zooplankton i / ili detritus postaju značajniji u prehrani školjkaša. Dupčić Radić i sur. (u tisku) također analiziraju sastav masnih kiselina kod *A. noae* u Malostonskom zaljevu u kontekstu čimbenika okoliša.

Periska *Pinna nobilis* predmet je istraživanja Najdek i sur. (2013) u Malostonskom zaljevu. Masnokiselinski sastav lipida mišića zatvarača i probavne žlijezde analiziran je kod tri veličinske skupine te su zabilježene razlike unosa hrane obzirom na veličinu jedinki.

Biokemijski sastav kućice *Chamelea gallina* istraživana je u razdoblju od 2003. do 2005. godine na ušću Neretve ovisno o fizikalno-kemijskim parametrima i dostupnoj hrani u okolišu (Dupčić Radić, 2012). Masnokiselinski sastav lipida ukazuje na prehranu vrste *C. gallina* ponajviše fitoplanktonom kao primarnom hranom, a zatim mikrozooplanktonom i detritusom.

**Tablica 2.3.1.** Pregled masnih kiselina koje predstavljaju trofičke markere za odgovarajuće izvore hrane

| trofički marker   | izvor hrane        | literatura   |
|---|--------------------|--|
| 20:5(n-3)–EPA<br>16:1<br>16:1(n-7)/16:0>1<br>22:6(n-3)/20:5(n-3)<1        | dijatomeje         | Budge & Parrish (1998),<br>Dalsgaard i sur. (2003),<br>Dunstan i sur. (1994) |
| 22:6(n-3)/20:5(n-3)>1<br>16:0<br>18:5(n-3)<br>18:4(n-3)<br>22:6 (n-3)–DHA | dinoflagelati      | Budge & Parrish (1998),<br>Mansour i sur. (1999),<br>Dalsgaard i sur. (2003) |
| 18:1 (n-9)<br>18:2 (n-6)<br>20:4 (n-6)–ARA<br>22:6 (n-3)–DHA              | zooplankton        | Kharlamenko i sur. (2001),<br>Zhukova & Kharlamenko (1999)                   |
| ΣIso- and anteiso-C15 and C17<br>18:1(n-7)                                | detritus/bakterije | Mayzaud i sur. (1989),<br>Najdek i sur. (2002)                               |
| 18:2(n-6)+18:3(n-3)>2,5   | kopnene biljke     | Budge & Parrish (1998)   |

EPA – eikozapentaenska kiselina; DHA – dokozaheksaenska kiselina; ARA – arahidonska kiselina

#### 2.4. Dosadašnja istraživanja endolita na školjkašima u istočnom Jadranu

Ljuštura školjkaša pogodna je za naseljavanje endolita koji mogu pripadati skupini zelenih i modrozelenih algi (Mao Che i sur. 1996; Kaehler, 1999), gljiva (Golubić i sur. 2005), spužvi (Rosell & Uriz 2002) i školjkaša (Schiaparelli i sur. 2005). Endoliti imaju negativan učinak te degradiraju strukturu ljuštore povećavajući broj tunela, galerija i šupljina (Trigui El-Menif i sur. 2005). Slabljenje ljuštore školjkaša traži dodatno ulaganje materijala za njeno jačanje (Dunphy & Wells 2001), a moguće posljedice su smanjeni indeks kondicije, tržišna vrijednost i kakvoća jedinki (Riascos i

sur. 2008), oslabljena reproduktivna sposobnost (Trigui El-Menif i sur. 2005), povećana stopa mortaliteta (Kaehler & McQuaid 1999) te povećani rizik od predacije kod zaraženih školjkaša (Stefaniak i sur. 2005).

U Jadranu postoji veći broj istraživanja parazita školjkaša. Ipak, podaci o endolitima i njihovom djelovanju na ljušturu školjkaša su oskudni. Prema podacima istraživanja Peharda i sur. (2007a) kod jedinki dlakave dagnje *Modiolus barbatus* iz prirodne populacije u Malostonskom zaljevu postoji česta zaraza endolitima. Također u Malostonskom zaljevu, Gavrilović i sur. (2008) istražuju utjecaj indeksa kondicije i stupnja infestacije ljušturu polihetom *Polydora* spp. na kvalitetu kamenice *Ostrea edulis*. Određen je postotak infestiranih kamenica s vidnim oštećenjima na unutarnjoj površini ljušturu.

*Rocellaria dubia* (Pennant, 1777) uobičajena je vrsta školjkaša u istočnom Jadranu te je zabilježena tijekom različitih istraživanja (Hrs-Brenko i sur. 1998; Šiletić, 2006; Peharda, 2003). Pojavljivanje i djelovanje *R. dubia* opisano je na vrstama *Pinna nobilis*, *Glycymeris nummaria*, *Ostrea edulis* i *Venus verrucosa* (Morton i sur. 2011). Tijekom istog istraživanja *P. nobilis* je uzorkovana u Malom jezeru na otoku Mljetu, *V. verrucosa* u Resniku, Kaštelanski zaljev, a *G. nummaria* i *O. edulis* u Malostonskom zaljevu.

Tijekom nedavnog istraživanja (Ćurin i sur. 2014) dlakave dagnje *Modiolus barbatus* u Malostonskom zaljevu opisano je pojavljivanje i rasprostranjenost oštećenja školjkaša, u odnosu na dužinu školjkaša i indeks kondicije. Rezultati ukazuju na značajan postotak od više od 93% ljuštura zaraženih endolitima koji pripadaju skupini cijanobakterija i zelenih algi. Također su kod više od 40% jedinki zabilježena oštećenja nastala djelovanjem školjkaša *R. dubia*.

## **2.5. Dosadašnja istraživanja školjkaša iz roda *Glycymeris* Da Costa, 1778**

### **2.5.1. Arheološka i paleontološka istraživanja školjkaša iz roda *Glycymeris***

*Glycymeris nummaria* nekoć je bila uobičajena vrsta Sredozemnog mora. Danas se smatra rijetkom te se u istočnom Sredozemnom moru sakuplja samo povremeno (Mienis i sur. 2006). Velike količine praznih ljuštura roda *Glycymeris* pronađene su uz obale Izraela, u morskim sedimentima, ali i u arheološkim nalazištima, a ova je vrsta bila najbrojnija prije 5000-5500 godina (Sivan i sur. 2006).

Prema podacima istog istraživanja zabilježen je pad brojnosti *G. nummaria* u razdoblju prije 1500-2000 godina.

Prema podacima Colonese i sur. (2011) vrsta *G. nummaria* smatra se jednom od glavnih vrsta školjkaša korištenih kao hrana na Sredozemlju tijekom paleolitika i mezolitika. Premda su vrste roda *Glycymeris* primarno činile izvor hrane (Stiner, 1999), također su se dosta koristile i kao nakit (Inizan, 1978; Serrano i sur. 1997, Zilhão i sur. 2010) te postoje pretpostavke da su korištene i kao sredstvo robne razmjene za hranu (Bar-Yosef, 2005). Podaci istraživanja Bar-Yosef & Heller (1987) ukazuju da su vrste roda *Glycymeris* imale i simboličko značenje, jer su pronađene kao sastavni dio statua na kojima su predstavljale oči. Na pojedinim istraživanim arheološkim područjima Sredozemlja kao što je obala Levantskog mora vrsta *G. nummaria* čini 25% ukupnog broja pronađenih školjkaša (Bar-Yosef, 2005).

Podaci istraživanja lokaliteta Vela Spila u Vela luci na Korčuli potvrđuju slične prehrambene navike stanovništva tijekom paleolitika i mezolitika. Bilježe se promjene u neolitikumu, odnosno daljnje redovito korištenje školjkaša, ali kvantitativno manje (Radić, 2005). U istraživanim gornjopaleolitičkim naslagama najčešći su nalazi školjkaša *Chamelea gallina* i *G. nummaria* (Radić i sur. 2008).

Prema istraživanju Voultziadou i sur. (2010), tijekom kojeg je uspoređena prehrana i zdravstvene navike Grka i Rimljana s onim današnjim, može se zaključiti da je ondašnja prehrana uključivala iste vrste školjkaša koje se i danas sakupljaju i konzumiraju na području Sredozemlja. Deset vrsta školjkaša koji se navode uključuju vrste *Arca noae*, *Callista chione*, *Cerastoderma glaucum* (Bruguiere, 1789), *Flexopecten glaber* (Linnaeus, 1758), *Donax trunculus* Linnaeus, 1758; *Modiolus barbatus*, *Mytilus galloprovincialis*, *Ostrea edulis*, *Pecten jacobaeus* te *Venus verrucosa*. Sve gore navedene vrste i danas su od gospodarskog značaja. Zabilježeno je i korištenje vrsta roda *Glycymeris*, čije porijeklo naziva analiziraju Stenzel i sur. (1957) i zaključuju da potječe od grčke riječi "glikimaris", odnosno da se naziv *Glycymeris* sastoji od dvije grčke riječi „glikis“ – slatko i „meris“ – dio. Tijekom istog razdoblja ljuštore vrste *Glycymeris pilosa* (Linnaeus, 1767) koristile su se kao posuđe (Reese, 2008).

### 2.5.2. Istraživanja bioloških i ekoloških značajki školjkaša iz roda *Glycymeris*

Vrste porodice Glycymerididae nastanjuju većinu mora, ali ne i polarna i dubokomorska područja (Oliver & Holmes 2006). Najstariji nalazi ove porodice su iz razdoblja krede. Tijekom svoje povijesti stare oko 130 milijuna godina morfologija ove skupine se vrlo malo mijenjala, a razlike između vrsta odnose se na veličinu i vanjski izgled (Thomas, 1975). Vrste roda *Glycymeris* naseljavaju sličan tip staništa kao i u prijašnja vremena, tj. plitka mora s pomičnim pijescima i šljuncima (Thomas, 1975). Karakteristično je da se mogu naći i u područjima jakih struja, a od djelovanja valova i predatora štite se jakom ljušturom (Oliver & Holmes 2006). Glycymerididae imaju bogate fosilne nalaze čija je glavna značajka dugovječnost (Oliver & Holmes 2006).

Poznato je da Sredozemno more nastanjuju 4 vrste: *Glycymeris bimaculata*, *Glycymeris nummaria*, *Glycymeris glycymeris* i *Glycymeris pilosa* (Poppe & Goto 2000). Iako postoje objavljeni podaci o njihovoj rasprostranjenosti i brojnosti u Sredozemnom moru (Rinaldi, 2002; Zenetos i sur. 2005; Dhora, 2009; Manousis i sur. 2010), podaci o njihovoj biologiji i ekologiji su oskudni.

Pojavljivanje vrste *Glycymeris arabica* (Adams H., 1871) 1966. godine u Sredozemnom moru uz obale Izraela opisuju Barash & Danin (1977). Prema podacima Zenetos i sur. (2010) pojavljivanje ove vrste porijeklom iz zapadnog Pacifika i Crvenog mora, zabilježeno je u znanstvenoj literaturi samo jednom za istočno Sredozemno more.

Vrsta *G. glycymeris* ima široku biogeografsku rasprostanjenost; naseljava područja od Norveške do Maroka, Baltičko i Sredozemno more (Poppe & Goto 2000) na dubinama do 100 m u područjima s jakim pridnednim strujama (Savina & Pouvreau 2004). Premda je malo dostupnih podataka o vrsti *G. glycymeris*, ovo je vjerojatno najistraživanija vrsta roda *Glycymeris* u različitom kontekstu. Tako postoje podaci istraživanja rasprostranjenosti (Noël i sur. 1995, De Casamajor i sur. 2010), razmnožavanja (Lucas, 1965 u Beninger & Le Pennec 1998; Steingrimsson, 1989; Galap i sur. 1997, 1999), fiziologije (Gilles, 1972; Savina, 2004; Savina & Pouvreau 2004), rasta (Menesguen & Dreves 1987) i ekologije ishrane (Galap i sur. 1999, Nerot i sur. 2012). Također je istraživani i ribarstveni potencijal ove vrste (Berthou, 1987; Noël i sur. 1995; Caill-Milly, 2006) te mogućnosti obrade mesa školjkaša u svrhu stavljanja na tržište kao konzerviranog proizvoda (Pineau, 1988; Kouadio Kouakou, 1989; Batista i sur. 1999).

Podaci istraživanja rasta i starosti ukazuju da je ovo iznimno dugoživuća vrsta. Tako postoje podaci o starosti od 107 godina (Steingrimsson, 1989), 101 godine (Ramsay i sur. 2000) i 192 godine u sjevernom Atlantiku (Reynolds, 2011), što ovu vrstu čini model organizmom određivanja promjena u ekosustavu. Ljuštire školjkaša sadrže zapis ontogenetskog rasta u obliku unutarnjih linija rasta u prizmatičnom sloju, koje najčešće nastaju jednom godišnje kao rezultat sezonskih promjena (Richardson, 2001). Rezultati istraživanja ljuštire *G. glycymeris* primjenom metode analize stabilnog izotopa kisika (Berthou i sur. 1986) ukazuju da se linije rasta stvaraju jednom godišnje, a rubovi linija odgovaraju zimskom prestanku rasta. Sklerokronološka istraživanja linija rasta omogućuju otkrivanje promjena u okolišu kao što su sezonske promjene temperature (Richardson i sur. 1990), ali i antropogeni učinak npr. ribolov (Kaiser i sur. 2000, Ramsay i sur. 2001) te onečišćenje (Richardson i sur. 2001).

Royer i sur. (2013) analizom stabilnih izotopa kisika određuju formiranje linija rasta *G. glycymeris* u svrhu praćenja klimatskih promjena i temperature mora u Atlantskom oceanu zadnjih 50-tak godina. Jedinke su prikupljene na području sjeverozapadne Francuske, a njihova starost iznosi maksimalno 46 godina. Rezultati ovog istraživanja potvrđuju da vrsta *G. glycymeris* ima izniman potencijal kao model organizam tijekom paleoloških istraživanja okoliša te ju se može smatrati jednako važnom vrstom kao što je dugoživuća *Arctica islandica* (Linnaeus 1767) (Scourse i sur. 2006). Rezultati istraživanja *G. glycymeris* na području otoka Mana (Brocas i sur. 2013) također potvrđuju da godišnji prirasti ove vrste imaju značajan potencijal kao izvor skleroklimatoloških podataka.

Vrsta *G. nummaria* nastanjuje pješčana dna i smatra se pretežno sredozemnom vrstom, ali je također zabilježena i u Atlantskom oceanu, prvenstveno oko područja Gibraltara (Poppe & Goto 2000). *Glycymeris nummaria* obično doseže dužinu do 70 mm (Poppe & Goto 2000), ali tijekom istraživanja u Tunisu (Charef i sur. 2012) pronađene su jedinke ove vrste dužine 91 mm. U Europi i Sredozemnom moru vrste *G. glycymeris* i *G. nummaria* se izlovljavaju komercijalno (Oliver & Holmes 2006). Premda postoje podaci o rasprostranjenosti *G. nummaria*, kao i podaci o bogatim arheološkim i paleontološkim nalazima, biologija i ekologija vrste je slabo istraživana.



### 2.5.3. Dosadašnje spoznaje o vrstama iz roda *Glycymeris* u istočnom Jadranu

U Jadranskom moru žive tri vrste školjkaša iz roda *Glycymeris*: *Glycymeris bimaculata*, *Glycymeris glycymeris* i *Glycymeris nummaria* (Legac & Hrs Brenko 1999) (Slika 2.5.3.1).



**Slika 2.5.3.1.** Ljušture vrsta *Glycymeris nummaria*, *Glycymeris glycymeris*, *Glycymeris bimaculata*. Mjerilo 1 cm.

Prvi podaci o rodu *Glycymeris* u istočnom Jadranu navode se u radovima Danilo & Sandri (1855) i Brusina (1866, 1891). Brusina (1907) navodi mogućnost da su školjkaši roda *Glycymeris* po prvi puta opisani (*locus classicus*) u sjevernom dijelu Paške uvale. U istom zaljevu zabilježene su sve tri vrste roda *Glycymeris* koje nastanjuju istočno Jadransko more (Legac & Fabijanić 1994). Relativno složena determinacija školjkaša razlog je različitih podataka o rasprostranjenosti vrsta ovog roda (Legac & Hrs Brenko 1999). Vrste *G. glycymeris* i *G. bimaculata* uobičajene su vrste na istočnoj obali Jadranskog mora te naseljavaju slična dna – razna pomična dna od pješčano–muljevitih do fino šljunkovitih, dok se *G. nummaria* rjeđe nalazi, obzirom da nastanjuje sitne pijeske koji su rijetki na istočnoj obali (Legac & Hrs Brenko 1999). Isti autori zaključuju da su podaci o pojedinim vrstama roda *Glycymeris* u istočnom Jadranu nedostatni, posebno o njihovoj rasprostranjenosti i gustoći. Obzirom na podatke istraživanja na prijelazu iz 19. u 20. st. (Danilo & Sandri 1855; Brusina, 1866, 1891) vrsta *G. bimaculata* bila je znatno brojnija u Paškoj uvali. Nekontrolirano korištenje pijeska i pojačana aktivnost ribolova dredžom na području otoka Paga i

Raba značajno su izmijenile brojnost jedinki te se predlažu zakonske mjere reguliranja aktivnosti u svrhu zaštite vrsta *G. bimaculata* i *G. glycymeris* (Legac & Hrs Brenko 1999). U pregledu morske faune otoka Paga, među najznačajnije vrste ubrojene su vrste roda *Glycymeris* te je za isti rod predložena zaštita (Zavodnik i sur. 2006).

Vrsta *G. glycymeris* je karakteristična za biocenozu krupnog pijeska i sitnog šljunka pod utjecajem pridnenih struja (Pérès & Picard 1964), koja je česta u uskim kanalima između otoka, na dubinama od 3 do 4 m pa do dubina od 20 do 25 m, ponegdje i dublje (Bakran-Petricioli, 2007). Biocenoza krupnog pijeska i sitnog šljunka pod utjecajem pridnenih struja posebno je osjetljiva na povećanu sedimentaciju. Moguće ugroze su i ribolov, posebno kočarenje koje može oštetiti organizme u toj zajednici te širenje invazivnih vrsta. U Jadranu obuhvaća manje površine u infralitoralu i cirkalitoralu, pa se i stoga može smatrati ugroženom.

Marguš i Teskeredžić (2004) navode da se na ušću Krke vrlo rijetko može naći zdjelica ili čaška *G. glycymeris*. U podmorju Nacionalnog parka Mljet, *G. bimaculata* je zabilježena u pijesku livada posidonije, a *G. glycymeris* na pjeskovitom dnu ili zamuljenom pijesku i *Osmunadria volubilis* facijesom (Šiletić, 2006).

Dosad nije bilo istraživanja razmnožavanja, rasta i starosti vrsta roda *Glycymeris* u Jadranu. Novijeg datuma je istraživanje o djelovanju endolitske vrste *R. dubia* na *G. nummaria* iz Malostonskog zaljeva (Morton i sur. 2011) te sklerokronološko istraživanje *Glycymeris bimaculata* (Bušelić, 2012).

## 3. Materijali i Metode

### 3.1. Područje istraživanja

Malostonski zaljev je zaklonjen, duboko uvučen između kopna i poluotoka Pelješca, a pruža se u smjeru sjeverozapad-jugoistok. Malostonski zaljev i Malo more obuhvaća cjelokupni morski ambijent jugoistočno od crte Sreser-Duba te okolni obalni pojas ukupne površine od 17.300 ha. Sukladno Zakonu o zaštiti prirode i odlukama nadležnih tijela (Službeni glasnik 4/83, 4/98, 9/02) ovo područje zaštićeno je u kategoriji posebnog rezervata u moru. Sukladno Uredbi o Ekološkoj mreži (Narodne novine 124/2013) područje Malostonskog zaljeva proglašeno je područjem očuvanja značajnim za vrste i stanišne tipove (POVS) za stanišni tip 1160 – velike plitke uvale i zaljevi te 1170 – grebeni, za koje su definirane smjernice očuvanja sukladno Pravilniku o vrstama stanišnih tipova, karti staništa, ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima te o mjerama za očuvanje stanišnih tipova (Narodne novine 7/2006, 119/2009).

Zaljev je razveden s mnogo manjih uvala, a osnovne značajke su jake morske struje, podmorski izvori slatke vode (vrulje) te obilna i kontinuirana sedimentacija (Šimunović, 1981). Izražen je jak utjecaj rijeke Neretve, posebno u vanjskom dijelu zaljeva. Slivno područje zaljeva građeno je od vodopropusnog vapnenca pa oborine poniru u podzemlje, ulijevaju se u zaljev te uzrokuju pojavu vrulja, koja je izraženija tijekom zimskog i proljetnog razdoblja. Sedimenti u zaljevu većinom su muljeviti ili pješćani. Prosječna dubina zaljeva je od 10 do 26 m. Vrijednosti temperature sezonski fluktuiraju u rasponu od 6,29 do 25,00°C (Benović, 1997; Mladineo i sur. 2007, Čalić i sur. 2013), a posebno su izražene razlike temperature na površini. Premda ne postoje kontinuirani povijesni podaci, Oceanografska stanica Ston od 1947. do 1955. zabilježila je tad najniže temperature od siječnja do ožujka 1949; na dubini od 0,5 m izmjereno je 4°C, a na 2 m od 4,5 do 5°C. (IOR, 2004). Vrijednosti saliniteta u Malostonskom zaljevu također fluktuiraju u rasponu od 24,00 do 38,62 (Benović, 1997; Čalić i sur. 2013). U područjima zaljeva pod većim utjecajem slatke vode vrijednosti saliniteta mogu biti znatno manje, zbog velikog utjecaja rijeke Neretva zabilježene su vrijednosti saliniteta od samo 10,90. Niske vrijednosti saliniteta na površini također ukazuju na utjecaj vrulja i pojačan dotok oborinskih voda. U ovom području koncentracija hranjivih tvari je visoka zbog dotoka slatke vode (Vukadin, 1981; Carić i sur. 1992; Viličić i sur. 1998; Kljaković-Gašpić i sur. 2007). Prema podacima ranijih

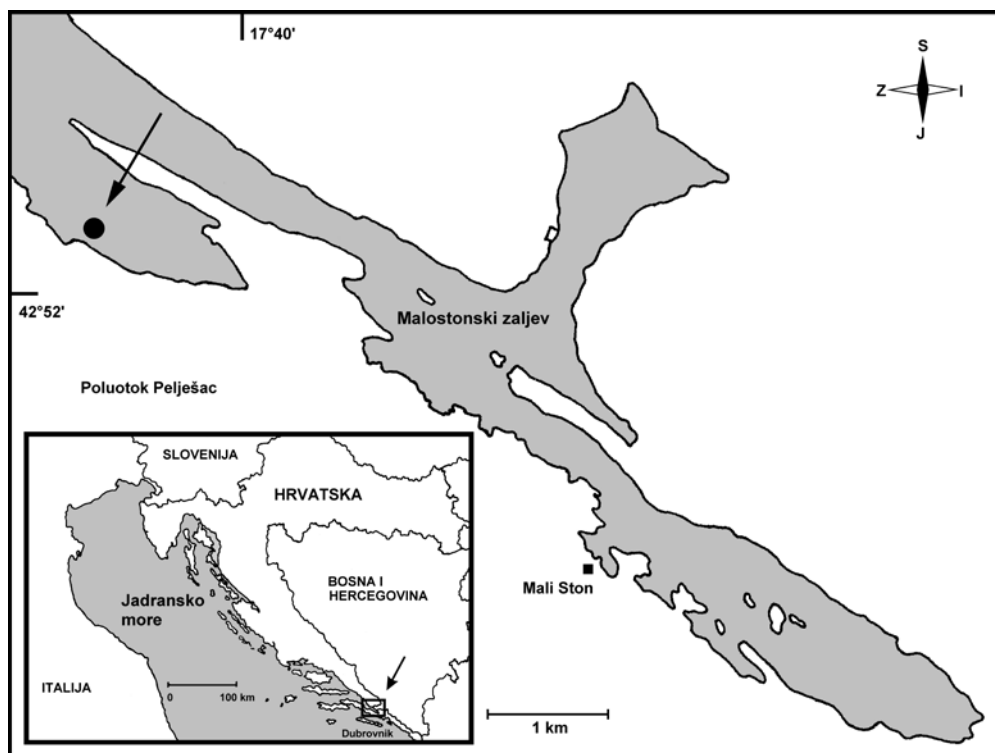
istraživanja analize brojnosti fitoplanktona i zooplanktona zaljev je bio klasificiran kao umjereno eutroficiran ekosustav (Viličić, 1989; Lučić & Kršinić 1998). Podaci istraživanja provedenog tijekom 2002. godine (Čalić i sur. 2013) ukazuju na razlike u zajednici fitoplanktona u usporedbi s prethodnim istraživanjima te je Malostonski zaljev opisan kao oligotrofan sustav. Pretpostavlja se da su promjene u okolišu tijekom zadnjih desetljeća imale utjecaj na trofički status zaljeva.

Prethodno navedene geomorfološke i ekološke značajke Malostonskog zaljeva, razlog su da je ovaj zaljev najvažnije područje za uzgoj školjkaša na istočnom Jadranu. Uzgoj kamenice *Ostrea edulis* na ovom području poznat je od rimskog doba (Basioli, 1968). Danas se u Malostonskom zaljevu osim kamenice uzgaja i dagnja *Mytilus galloprovincialis* (Benović, 1997) koja je i prethodno postojala u prirodnim populacijama u istom zaljevu. Na ovom području također postoje guste prirodne populacije drugih gospodarski važnih vrsta školjkaša od kojih su najvažnije kunjka *Arca noae* i dlakava dagnja *Modiolus barbatus* (Peharda, 2003).

### 3.2. Metode uzorkovanja

Uzorkovanje školjkaša *Glycymeris nummaria* obavljano je jednom mjesečno u razdoblju od siječnja do prosinca 2010. u Malostonskom zaljevu (42°52'17 N, 17°39'08 E; Slika 3.2.1). Lokacija uzorkovanja odabrana je u suradnji s lokalnim ronionicima, na temelju njihovih saznanja o rasprostranjenosti vrste. Uzorci školjkaša su prikupljeni iz komercijalnog ulova metodom autonomnog ronjenja na dubini od 4 do 7 m.

Tijekom nekoliko sati od prikupljanja, obavljeno je uzorkovanje tkiva te su tkivo i ljuštire odvojeni i pohranjeni za sljedeće laboratorijske analize: analiza starosti i dinamike rasta, histološka analiza gonada, analiza indeksa kondicije, analiza sastava masnih kiselina te analiza endolita. U laboratoriju je svaka jedinka izmjerena pomoću pomične mjerke točnosti 0,1 mm duž triju osi rasta uključujući dužinu (L – anteriorno–posteriorna os), visinu (H – dorzalno–ventralna os) te širinu (W – os najveće udaljenosti između lijeve i desne ljuštire). Podaci o temperaturi preuzeti su iz istraživanja Ezgeta Balić (2013) koje se istovremeno provodilo na obližnjoj lokaciji te je ovaj parametar mjeren na dubini od 7 m (42°51'45" N, 17°40'59" E) pomoću hidrografske sonde (YSI Professional Plus).



**Slika 3.2.1.** Područje uzorkovanja u Malostonskom zaljevu. Lokacija uzorkovanja vrste *Glycymeris nummaria* označena je crnom točkom.

### 3.3. Određivanje starosti i rasta vrste *Glycymeris nummaria*

Rast i starost školjkaša određivali su se metodom analize unutarnjih prstenova rasta primjenom acetatnih preslika izrađenih rezanjem ljuštura. Određivale su se linije rasta u području umba i linije rasta u prizmatičnom dijelu ljušture vidljive na acetatnom presliku (Richardson, 2001).

S ciljem određivanja godišnjeg stvaranja linija rasta primijenjena je metoda analize rubnog prirasta. U tu svrhu analizirano je 100 manjih jedinki (<50 mm) s višom stopom rasta, prikupljane mjesečno tijekom godine dana. Za analizu rasta i starosti, korišteno je 76 školjkaša različite veličine prikupljenih tijekom veljače i ožujka 2010. godine. Odabrani dijelovi svake lijeve ljušture (rubni dio i područje umba) prerezani su pilom (Struers Labotom-3) i uklopljeni u dvokomponentnu epoksidnu smolu. Tako pripremljeni uzorci su prerezani duž linije maksimalnog rasta, od umba do posteriornog ruba ljušture, izbrušeni pomoću kalcij–karbid papira za mokro brušenje različitih gradacija (200, 500 i 1200  $\mu\text{m}$ ) i polirani korištenjem brusca s 3  $\mu\text{m}$  dijamantnom pastom (Slika 3.3.1.). Polirani uzorci (Slika 3.3.2.) uronjeni su u 0,1 M HCl tijekom

2 min, nakon čega su izrađeni acetatni preslici. U svrhu analize rubnog prirasta, korišten je rubni dio ljuštore te je mjerena udaljenost između zadnjeg prstena rasta i ruba ljuštore (Slika 3.3.3.) (Ezgeta-Balić i sur. 2011), dok je za analizu rasta i starosti korišten dio ljuštore oko umba.

Broj linija rasta na acetatnim preslicima područja umba 76 jedinki analiziran je pomoću lupe model Zeis Stemi DV4 korištenjem povećanja od 25 do 50x.

U svrhu izračuna krivulje rasta, svi podaci starosti pri određenoj dužini uvršteni su u von Bertalanffy jednadžbu  $L_t = L_\infty(1 - e^{-k(t-t_0)})$  u kojoj je:

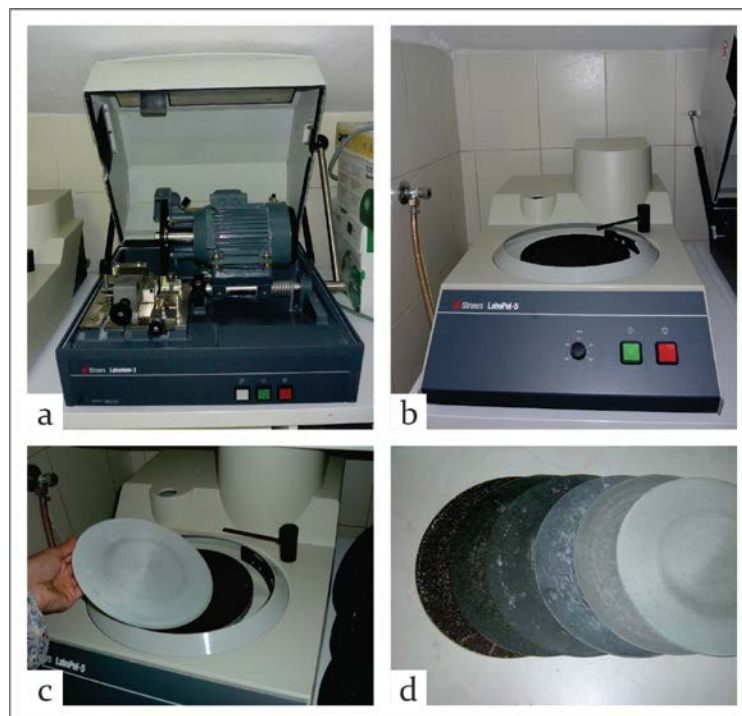
$L_t$  – dužina ljuštore u trenutku  $t$ ,

$L_\infty$  – asimptotski maksimalna dužina,

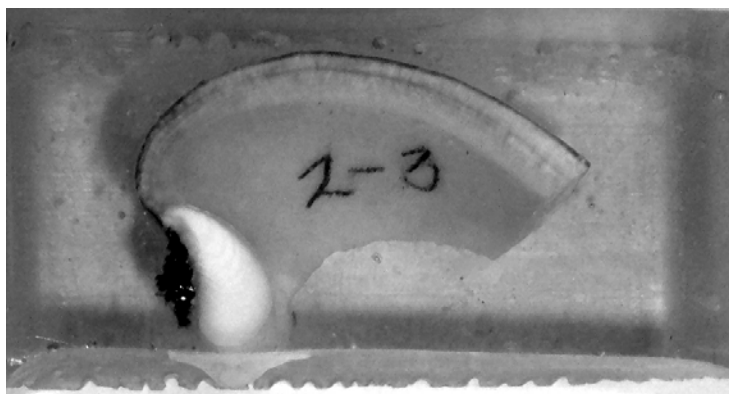
$K$  – koeficijent rasta

$t_0$  – teorijska starost školjkaša pri dužini  $L_0$

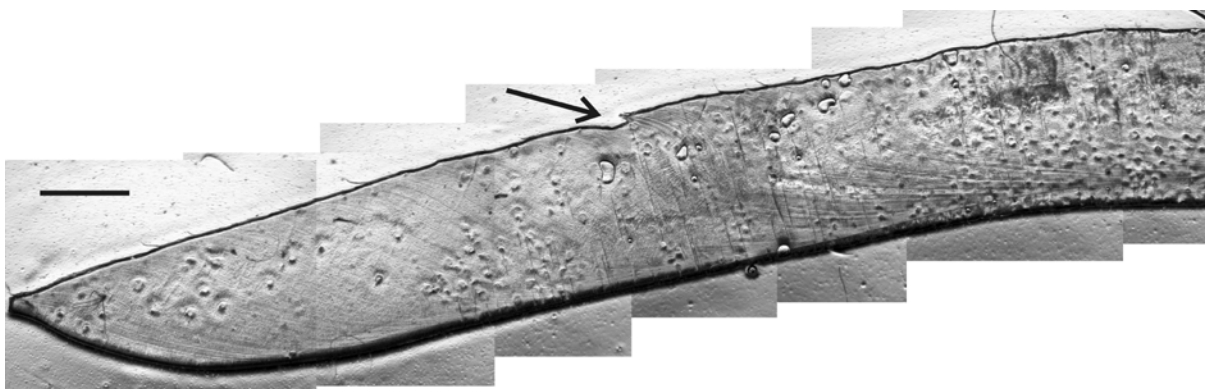
Indeks rasta ( $\phi' = \log k + 2 \log L_\infty$ ) primijenjen je za usporedbu parametara rasta s drugim vrstama (Sparre & Venema 1998). Izračun je napravljen pomoću statističkog paketa FiSAT (Food and Agriculture Organisation-The International Center for Living Aquatic Resources Management (FAO-ICLARM)).



**Slika 3.3.1.** Laboratorijska oprema korištena za izradu acetatnih preslika jedinki *Glycymeris nummaria*: a) pila (Struers Labotom-3) za rezanje ljuštore školjkaša, b) i c) brusilica (Struers LaboPol-5) za poliranje linije prereza ljuštore školjkaša, d) kalcij-karbid papir za mokro brušenje različitih gradacija i podloga za poliranje.



**Slika 3.3.2.** Uzorak ljušture *Glycymeris nummaria* uklopljen u epoksidnu smolu, prerezan pilom i pripremljen za izradu acetatnog preslika.



**Slika 3.3.3.** Kompozitna fotografija acetatnog preslika prizmatičnog dijela ljušture jedinke *Glycymeris nummaria* starosti 2 godine prikupljene u veljači 2010. godine. Zadnja linija rasta označena je strelicom. Mjerilo 1 mm.

#### **3.4. Analiza razmnožavanja vrste *Glycymeris nummaria***

Za analizu razmnožavanja, mjesečno je prikupljano 30 jedinki *Glycymeris nummaria* slične veličine, osim u siječnju 2010. godine kad je zbog logističkih poteškoća na terenu prikupljeno 25 jedinki. Nekoliko sati nakon prikupljanja, školjkaši su otvoreni rezom kroz mišić zatvarač te je uzorak gonadnog tkiva fiksiran u modificiranoj Davidsonovoj otopini. U laboratoriju je tkivo obrađeno standardnom metodom koja obuhvaća dehidriranje etanolom, uklapanje u parafin (Histowax, Leica), rezanje na 5  $\mu\text{m}$  te bojanje hematoksilin–eozin metodom.



Histološki preparati analizirani su pod povećanjem od 50 i 100x (mikroskop Olympus C4040®) te je za svaku jedinku određen spol i razvojni stadij prema Walker & Power (2004): neaktivan (0), rani razvoj (3), kasni razvoj (4), zreli (5), djelomično izmriješteni (2) i izmriješteni (1). Opis pojedinih razvojnih stadija gonada prikazan je u Tablici 3.4.1.

Vrijednosti srednjeg gonadnog indeksa (SGI) dobivene su množenjem broja jedinki iz svakog razvojnog stadija njihovim numeričkim brojem i dijeljenjem rezultata brojem jedinki (Gosling, 2003). Istraživan je odnos između srednjeg gonadnog indeksa mužjaka i ženki i temperature.

Za kvantitativnu analizu koja je uključivala mjerenje broja, opsega i promjera oocita svih ženki, tri vidna polja svakog histološkog preparata gonada ženki fotografirana su Zeiss AxioCam ERc 5s korištenjem mikroskopa Axio Lab A1 pri povećanju od 100x (~0,60 mm<sup>2</sup>). Promjer oocita izmjeren je korištenjem računalnog programa AxioVision Rel 4.8. Na temelju dobivenih podataka određeni su histogrami veličinskih frekvencija promjera oocita.

**Tablica 3.4.1.** Razvojni stadiji gonada *Glycymeris nummaria* u histološkim presjecima (prema Walker & Power 2004).

|                                    | <b>mužjaci</b>   | <b>ženke</b>  |
|------------------------------------|--|---|
| <b>neaktivan (0)</b>               | određivanje spola nije moguće  | određivanje spola nije moguće   |
| <b>rani razvoj (3)</b>             | folikuli rahli, s raspršenim zametnim stanicama i spermatogonijama                                       | oogonije pričvršćene bazalno na stijenku folikula između rijetkih nediferenciranih zametnih stanica                                       |
| <b>kasni razvoj (4)</b>            | veći znatno kompaktniji folikuli; spermatogonije, spermatocite i spermatide u razvoju                    | oogonije u manjem broju pričvršćene na stijenku folikula; velike previtelogene i nekoliko vitelogenih oocita smještene u sredini folikula |
| <b>zreli (5)</b>                   | spermatocite i spermatide smještene na rubu folikula; lumen ispunjen zrelim spermatozoidima              | folikuli kružni i veliki s pričvršćenim i slobodnim, pretežno zrelim oocitama koje nisu gusto složene                                     |
| <b>djelomično izmriješteni (2)</b> | rahlo i obilno vezivno tkivo oko djelomično praznog folikula, uglavnom ispunjenog zrelim spermatozoidima | gonadna regresija s rahlim i djelomično ispražnjenim folikulima; zrele oocite slobodne  |
| <b>izmriješteni (1)</b>            | urušeni i prazni folikuli; vidljivi ostaci spermatozoida   | prazni folikuli s nekoliko degenerativnih oocita  |



### 3.5. Analiza indeksa kondicije vrste *Glycymeris nummaria*

Za analizu indeksa kondicije uzorkovano je 25 jedinki mjesečno, osim u siječnju (N=23) i lipnju (N=22) kada je prikupljen manji broj jedinki. Tijekom jednogodišnjeg istraživanja ukupno je analizirano 295 jedinki. Neposredno nakon terenskog rada, jedinke su smrznute. U laboratoriju, jedinke *G. nummaria* su odmrznute i kuhane u kipućoj vodi 5 minuta. Meko tkivo je odstranjeno od ljuštura i oboje, tkivo i ljuštura, su ostavljeni sušiti se na zraku 1 h. Masa tkiva i ljuštura svake jedinke izmjereni su pomoću analitičke vage točnosti 0,01 g. Indeks kondicije određen je kao omjer između mase kuhanog tkiva i sume mase kuhanog tkiva i mase ljuštura prema Davenport & Chen (1987):

$$\text{Indeks kondicije (IK)} = (\text{masa mesa} / \text{masa mesa} + \text{masa ljuštura}) \times 100.$$

Razlike vrijednosti dužinske raspodjele u odnosu na spol i mjesečne razlike vrijednosti indeksa kondicije testirani su pomoću ANOVA testa. Prije analize, podaci su testirani za homogenost varijance i ako je bilo potrebe bili su logaritamski transformirani. Analiza Pearsonove korelacije primijenjena je u svrhu određivanja odnosa srednjega gonadnog indeksa, indeksa kondicije i temperature mora.

### 3.6. Analiza lipida i masnih kiselina u tkivima vrste *Glycymeris nummaria*

U svrhu određivanja ukupnih lipida i masnih kiselina u tkivu uzorkovano je po 12 jedinki svaka 2 mjeseca. Određivanje masnih kiselina obavljeno je na dvije vrste tkiva – probavnoj žlijezdi i mišiću zatvaraču. Nekoliko sati nakon uzorkovanja, obavljeno je seciranje prikupljenih jedinki te su izdvojene probavna žlijezda i mišić zatvarač. Za oba uzorkovana tkiva, pripremljene su po 4 replike koje su sadržavale tkivo od 3 jedinke za oba analizirana tkiva. Pripremljeni uzorci su smrznuti na temperaturi od –20°C do daljnje laboratorijske analize koja je obavljena u Centru za istraživanje mora, Instituta Ruđer Bošković.

Odmrznuti uzorci su izvagani, homogenizirani i ekstrahirani prema Bligh & Dyer (1959). Dobiveni ekstrakt je pročišćen dodatkom otopine soli najmanje 3 puta i zatim isparen do suhoga. Ukupni ekstrakt se saponificiralo dodatkom 1,2M NaOH u otopini metanola, zatim zakiselilo s 6M HCl te se dodalo 14% BF<sub>3</sub> u otopini metanola i ekstrahiralo diklorometanom (Morrison & Smith 1964). Metilni esteri masnih kiselina

(FAMES) analizirani su plinsko-tekućinskom kromatografijom (GLC – Gas Liquid Chromatography) 6890N GC System opremljenim s 5973 mrežnim selektivnim detektorom masa, kapilarnom kolonom (30 mm x 0,25 mm x 0,25 $\mu$ m; stacionarna faza 5% fenilmetilsiloksan) i čistim helijem kao plinom nositeljom.

GLC postavke su sljedeće: programirana temperatura kolone podiže se zagrijavanjem od 145°C do 270 °C brzinom od 4°C/min uz konstantni tlak kolone od 2,17 kPa. Vrijeme zadržavanja, integrirane površine pikova i maseni spektri zabilježeni su pomoću programa ChemStation. Masne kiseline su određene pomoću „obiteljskog dijagrama ekvivalentnih dužina lanaca (EDL)“ za korištene plinsko-kromatografske standarde (Miller, 1984).

Kao standardi korišteni su standardi višestrukonezasićenih masnih kiselina (PUFA1 i PUFA3, Supelco, SAD) ulje haringe i različiti pojedinačni standardi metilnih estera masnih kiselina:

- × B.A.M.E. mix, prirodna smjesa masnih kiselina izoliranih iz bakterija, Supelco;
- × F.A.M.E. mix, C18-C20, Supelco;
- × Cod Liver Oil, prirodni izvor masnih kiselina iz ulja jetre haringe, Sigma;
- × PUFA 1, Marine Source, smjesa višestruko nezasićenih masnih kiselina morskih organizama, Supelco;
- × PUFA 3, menhaden Oil, smjesa polinezasićenih masnih kiselina ulja haringe, Supelco;
- × metil ester 13-metilmiristinske kiseline (C16H32O2), Sigma;
- × metil ester palmitoleinske kiseline (C17H32O2), Sigma;
- × metil ester arahidonske kiseline (C21H34O2), Sigma;
- × metil ester cis-5,8,11,14,17-eikozapentaenoičke kiseline (C21H32O2), Sigma;
- × metil ester cis-4,7,10,13,16,19-dokozaheksaenoičke kiseline (C23H34O2), Sigma;
- × metil ester DL- $\beta$ -hidroksimiristinske kiseline (C15H30O3), Sigma.

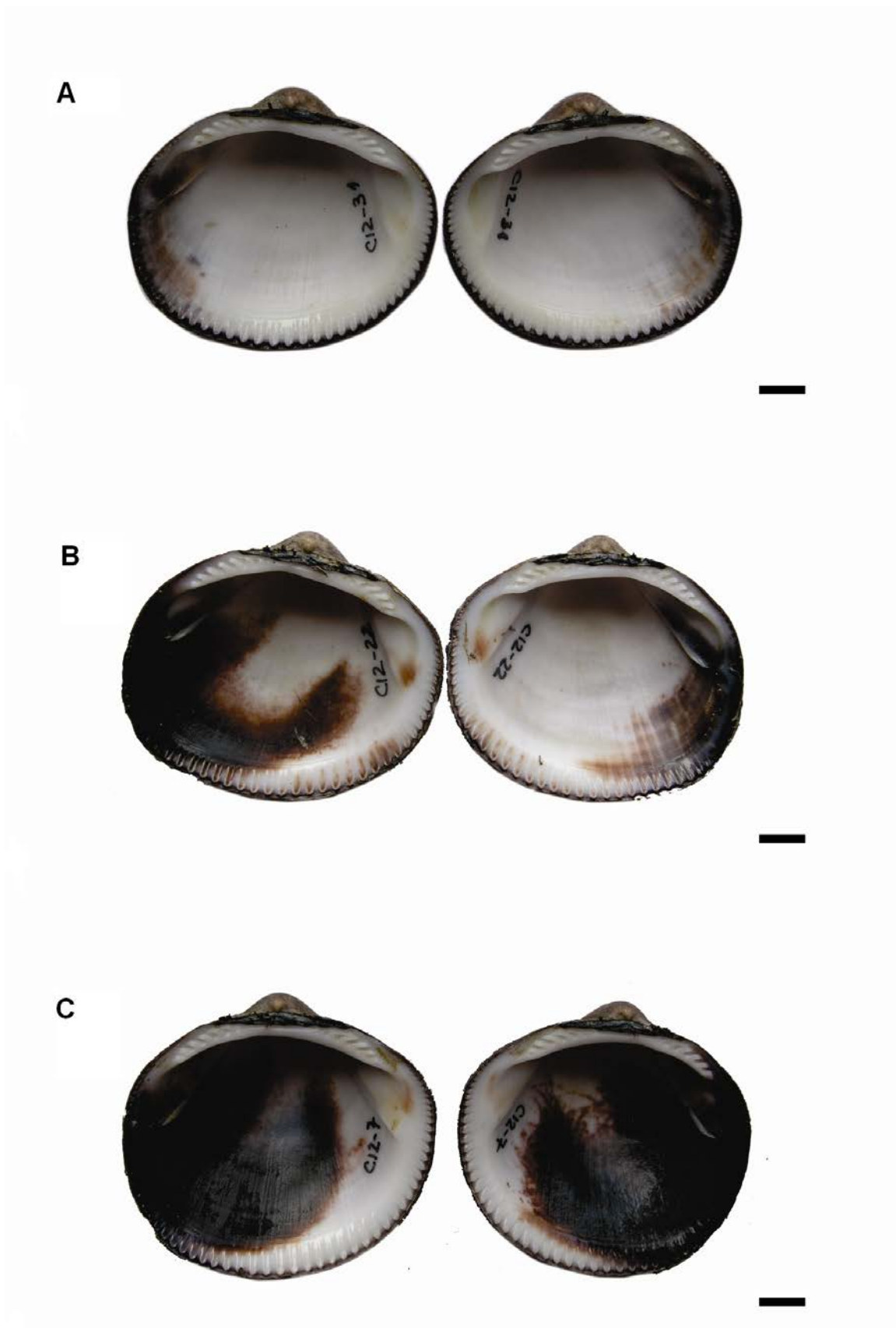
### 3.7. Analiza endolita u ljušturama vrste *Glycymeris nummaria*

Određivanje endolita obavljeno je na ljušturama ukupno 64 školjkaša korištenih za analizu indeksa kondicije, a prikupljenih tijekom veljače i lipnja 2010. godine. Postojanje zaraze endolitima definirano je kao svaka promjena boje unutarnje površine ljušture. U svrhu određivanja stupnja zaraze ljušture osmišljena je skala vrijednosti u rasponu od 0 do 4 (Tablica 3.7.1.) u kojoj se brojem 0 opisuju nezaražene jedinke, a brojem 4 jako zaražene jedinke (Slika 3.7.1.). Svakoj ljušturi je dodijeljena identifikacijska oznaka te su sve ljušture fotografirane s unutarnje strane. Stupanj zaraze ljušture određen je zasebno za lijevu i desnu stranu ljušture te ukupno.

Određivanje zaraženih površina obavljeno je mjerenjem površina na fotografijama korištenjem računalnog programa AxioVision Rel 4.8.

**Tablica 3.7.1.** Stupnjevi zaraze ljušture *Glycymeris nummaria* endolitima

| stupanj zaraze               | izgled unutarnje strane ljušture   |
|------------------------------|--|
| <b>0 – nezaražene</b>        | endoliti nisu vidljivi, ljuštura bijele boje   |
| <b>1 – slabo zaražene</b>    | endoliti prisutni do 25% površine ljušture, boja ljušture svijetlo do tamno smeđa ili endoliti prisutni od 25 do 55% površine ljušture, boja ljušture žuta do svijetlo smeđa |
| <b>2 – umjereno zaražene</b> | endoliti prisutni od 25 do 55% površine ljušture, boja ljušture svijetlo do tamno smeđa ili endoliti prisutni od 55 do 80% površine ljušture, boja ljušture svijetlo smeđa   |
| <b>3 – vrlo zaražene</b>     | endoliti prisutni od 55 do 80% površine ljušture, boja ljušture svijetlo do tamno smeđa ili endoliti prisutni više od 80 % površine ljušture, boja svijetlo smeđa            |
| <b>4 – jako zaražene</b>     | endoliti prisutni više od 80% površine ljušture, boja ljušture tamno smeđa   |



**Slika 3.7.1.** Stupnjevi zaraze ljušture jedinki *Glycymeris nummaria* endolitima: a) 1 – slabo zaražene, b) 2 – umjereno zaražene, c) 3 – vrlo zaražene (mjerilo 1 cm).

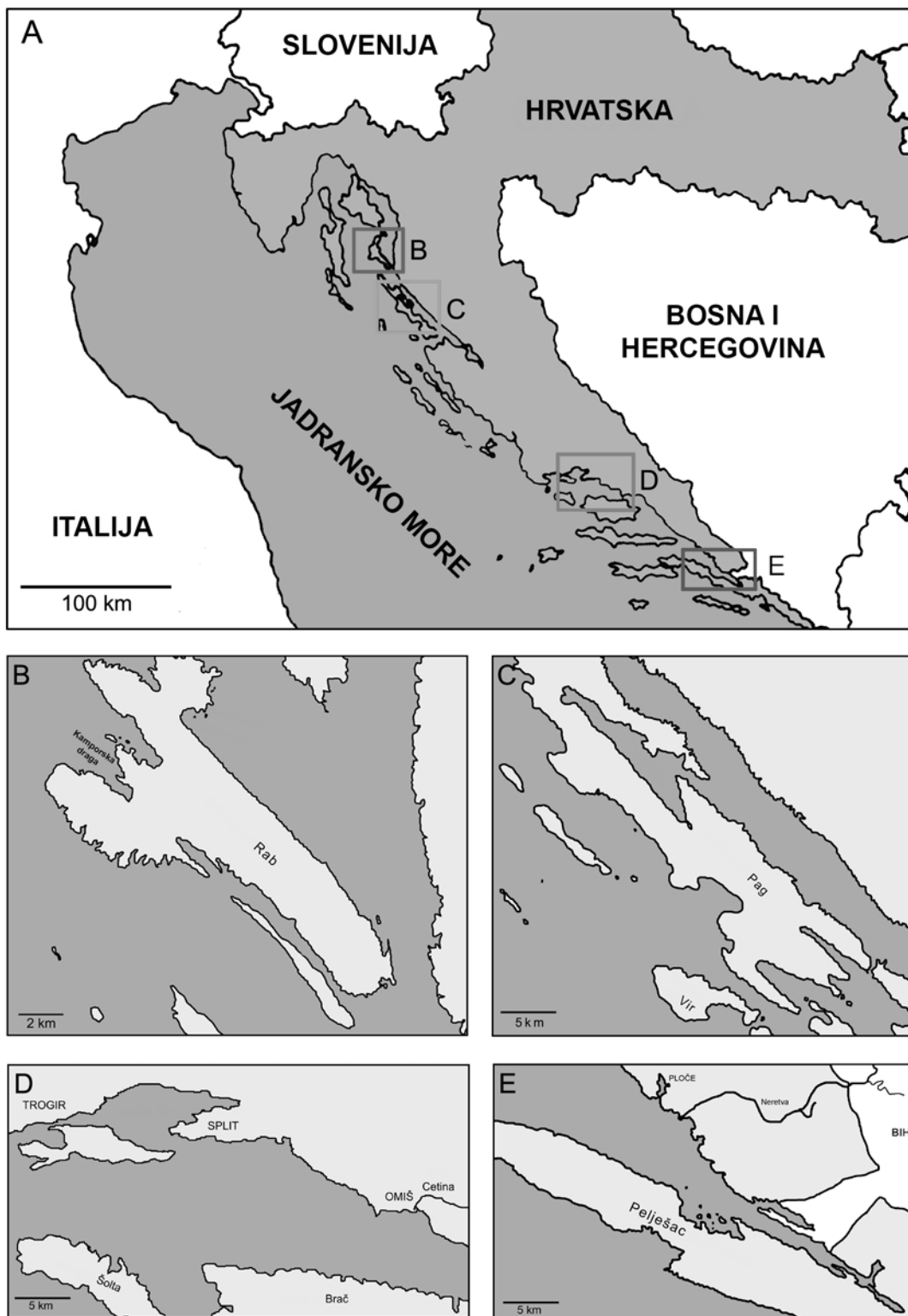
### 3.8. Analiza prisutnosti vrste *Glycymeris nummaria* u Jadranu

Ovaj dio istraživanja obavljen je korištenjem uzoraka školjkaša *Glycymeris nummaria* prikupljenih u okviru projekta PHARE „Assessment of demersal fish and shellfish stocks commercially exploited in Croatia“. Tijekom 2007. i 2008. godine obavljeno je istraživanje zajednica školjkaša duž istočne obale Jadrana, od otoka Raba na sjeveru do ušća rijeke Neretve na jugu. Školjkaši su prikupljeni korištenjem hidraulične dredže “vongolare”, horizontalnog otvora 2,2 m, oštrice koja se zakopava 15 cm i rešetke promjera 20 mm (Slika 3.8.1.). Dužina potega je varirala od 25 do 40 m, trajanja u prosjeku 5 minuta.

U Malostonskom zaljevu tijekom 2008. godine dodatno su metodom autonomnog ronjenja prikupljeni uzorci *G. nummaria* (Slika 3.8.2.). Prikupljene jedinke školjkaša su analizirane u laboratoriju uključujući brojnost, biomasu te sastav populacija.



**Slika 3.8.1.** Hidraulična dredža (Izvor fotografija: Igor Isajlović).



**Slika 3.8.2.** Karta s označenim područjima uzorkovanja školjkaša *Glycymeris nummaria*: A) Jadransko more, B) otok Rab, C) otok Pag, D) ušće Cetine, E) ušće Neretve i Malostonski zaljev.

### 3.9. Statistička obrada podataka

Svi prikupljeni podaci uneseni su u bazu podataka koristeći računalni program Microsoft Excel 2003. U istom programu obavljena je deskriptivna statistička analiza, što uključuje srednje vrijednosti, standardne devijacije te minimalne i maksimalne vrijednosti. U tekstu, podaci srednje vrijednosti i standardne devijacije, prikazani su kao  $\bar{x} \pm sd$ . U svrhu daljnje statističke obrade podataka korišten je statistički paket Statistica ver.10.

Kod univarijatne analize prikupljeni podaci su prvo testirani na homogenost varijanci primjenom Levenovog testa. Ovisno o rezultatima testa podaci su dalje analizirani korištenjem parametrijskih (t-test i ANOVA) ili neparametrijskih testova (Mann–Whitney U i Kruskal–Wallis).

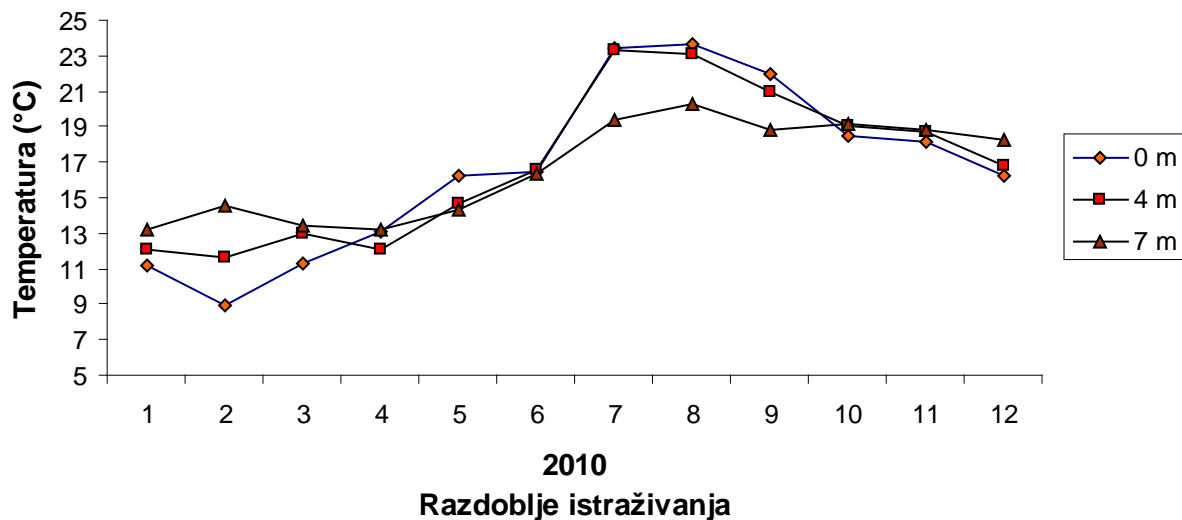
Za analizu odnosa između srednjeg gonadnog indeksa mužjaka i ženki i temperature mora primijenjena je Pearsonova korelacija.

Analiza glavnih komponenti – PCA, Primer (eng. „Principal Component Analysis“) korištena je s ciljem određivanja prevladavajućih izvora hrane, na temelju podataka o masnim kiselinama.

## 4. Rezultati

### 4.1. Hidrografski parametri

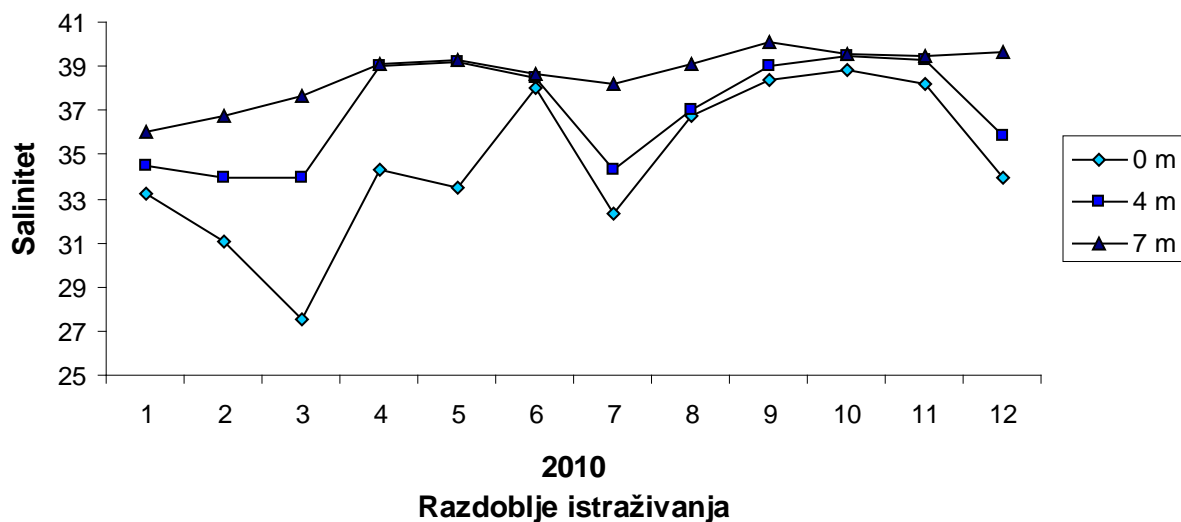
Na površini vrijednosti temperature iznosile su od 8,9°C (veljača) do 23,6°C (kolovoz). Pri dnu, tj. na 7 m dubine, zabilježene su manje varijacije vrijednosti temperature, od 13,2°C (siječanj) do 20,3°C (kolovoz). Na dubini od 4 m, vrijednosti temperature su bile u rasponu od 11,6°C (veljača) do 23,3°C (srpanj). Vodeni stupac je bio izoterman tijekom gotovo cijelog razdoblja istraživanja, osim tijekom ljeta kad je zabilježena temperaturna stratifikacija (Ezgeta Balić, 2013) (Slika 4.1.1.).



**Slika 4.1.1** Vrijednosti temperature na 0 m, 4 m i 7 m dubine u razdoblju siječanj (1) – prosinac (12) 2010. godine u Malostonskom zaljevu.

Vrijednosti saliniteta na površini iznosile su od 27,5 (ožujak) do 38,8 (listopad) te su pokazivale najveće oscilacije. Vrijednosti saliniteta rastle su s dubinom te su na dubini od 4 m iznosile od 33,9 (veljača i ožujak) do 39,4 (listopad). Na dnu, zabilježene su najmanje oscilacije vrijednosti od 36,0 (siječanj) do 40,1 (rujan). Stratifikacija vodenog stupca s obzirom na salinitet zabilježena je u zimsko–proljetnom razdoblju te u srpnju kad su vrijednosti saliniteta na površini iznosile 27,6 i 32,3 zbog veće količine padalina ([http://klima.hr/ocjene\\_arhiva.php](http://klima.hr/ocjene_arhiva.php)) (Ezgeta Balić, 2013) (Slika 4.1.2).



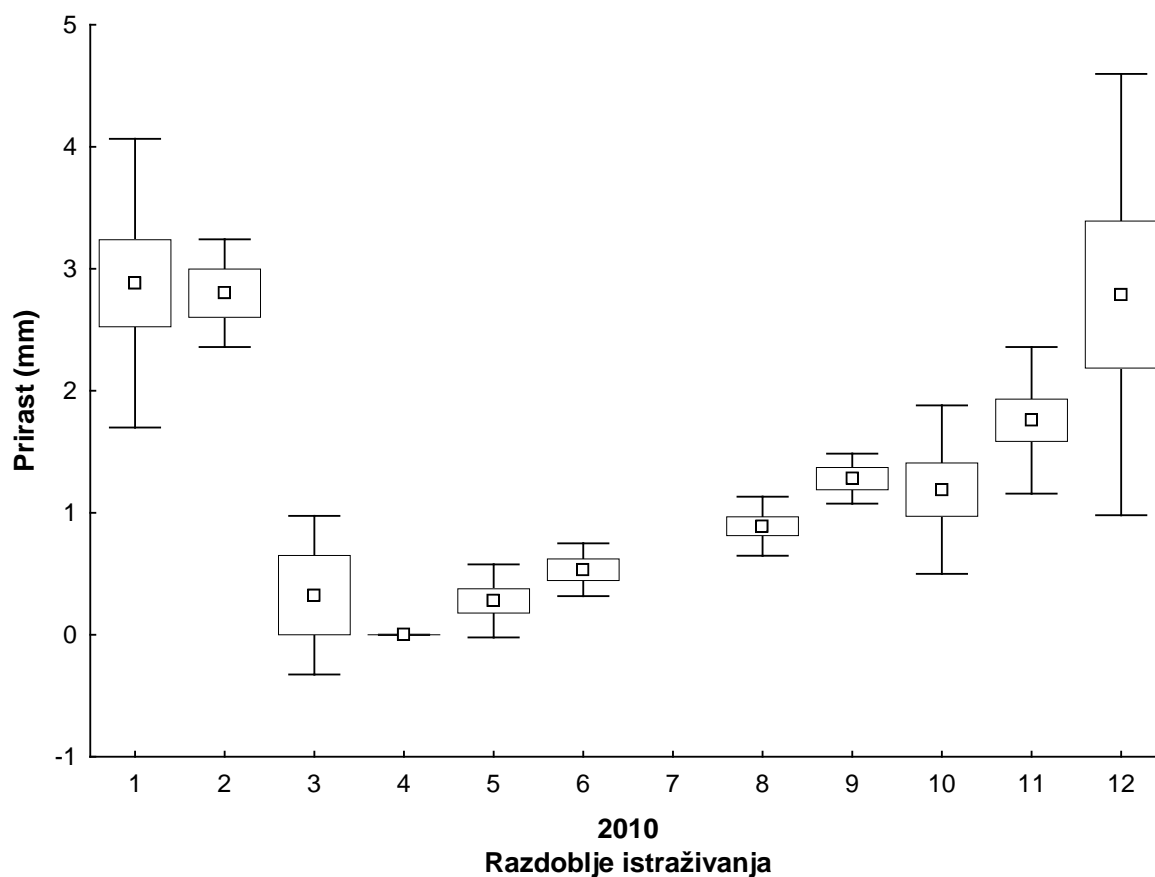


**Slika 4.1.2** Vrijednosti saliniteta na 0 m, 4 m i 7 m dubine u razdoblju siječanj (1) – prosinac (12) 2010. godine u Malostonskom zaljevu.

## 4.2. Starost i rast vrste *Glycymeris nummaria*

### 4.2.1. Vrednovanje formiranja linija rasta

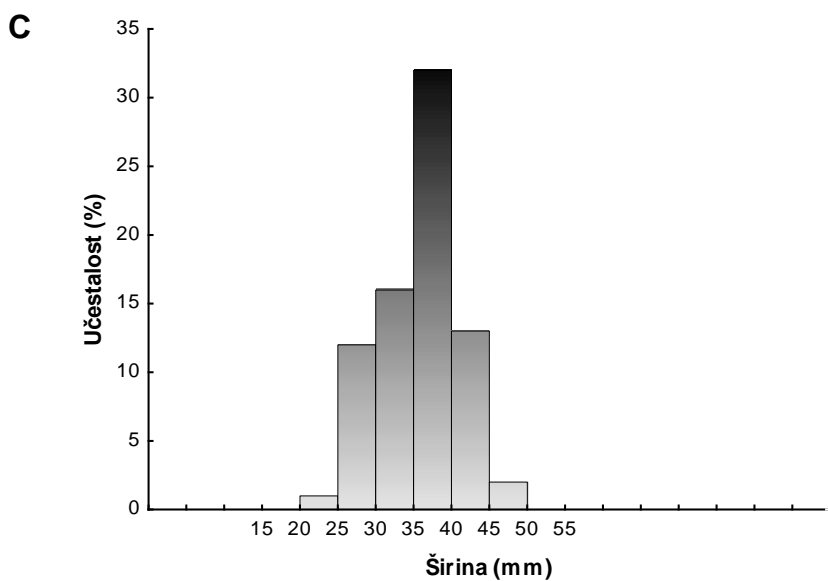
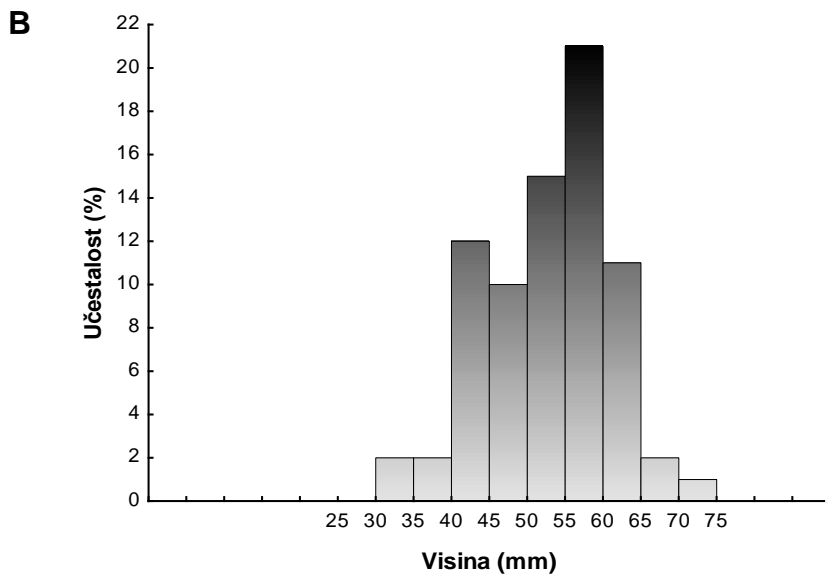
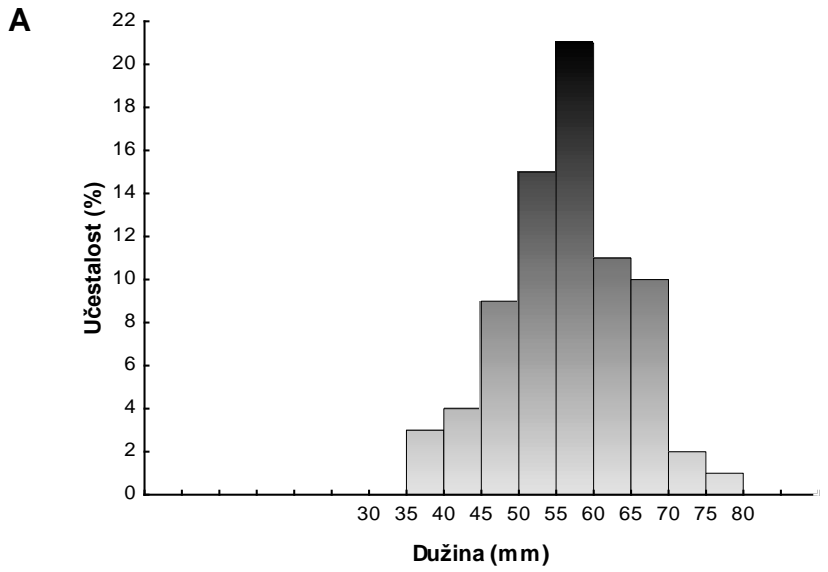
Vrednovanje formiranja linija rasta provedeno je pomoću analize rubnog prirasta čime je potvrđeno godišnje stvaranje linija rasta te je procijenjena starost analiziranih jedinki u rasponu od 2 do 5 godina. Korišteno je ukupno 100 jedinki u rasponu dužine od 32,0 do 49,7 mm sa srednjom vrijednošću  $42,12 \pm 4,08$  mm. Svakog mjeseca za analizu je korišteno od 4 do 15 školjkaša, osim tijekom srpnja kad male jedinke školjkaša nisu pronađene na lokaciji uzorkovanja. Dobiveni podaci ukazuju da u Malostonskom zaljevu *Glycymeris nummaria* formira linije rasta u razdoblju od ožujka do lipnja, obzirom da su linije rasta bile vidljive na ili vrlo blizu ruba ljuštura sakupljenih tijekom istog razdoblja (Slika 4.2.1.1.). Budući da je ovim istraživanjem utvrđeno da se *G. nummaria* mrijesti u srpnju i kolovozu, datum rođenja određen je kao 1. kolovoza. Na temelju istih podataka zaključeno je da prva linija rasta predstavlja devet mjeseci umjesto jedne cijele godine.



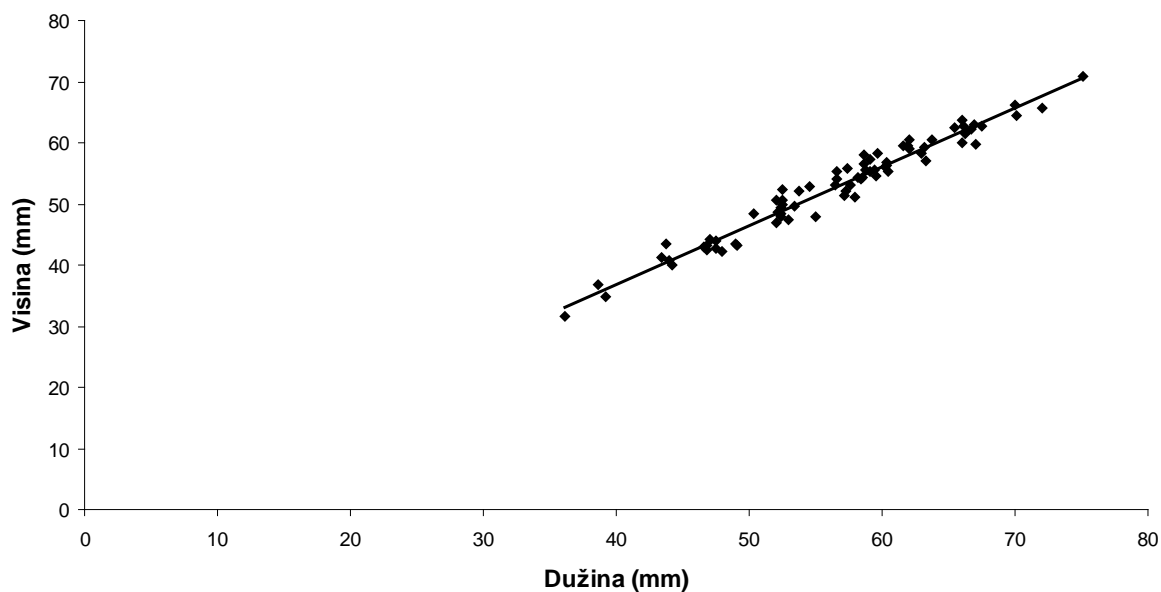
**Slika 4.2.1.1.** Sezonske varijacije udaljenosti između zadnje linije rasta i ruba ljušture (rubni prirast) kod jedinki *Glycymeris nummaria* prikupljenih mjesečno u razdoblju siječanj (1) – prosinac (12) 2010. godine u Malostonskom zaljevu.

#### 4.2.2. Analiza starosti i rasta

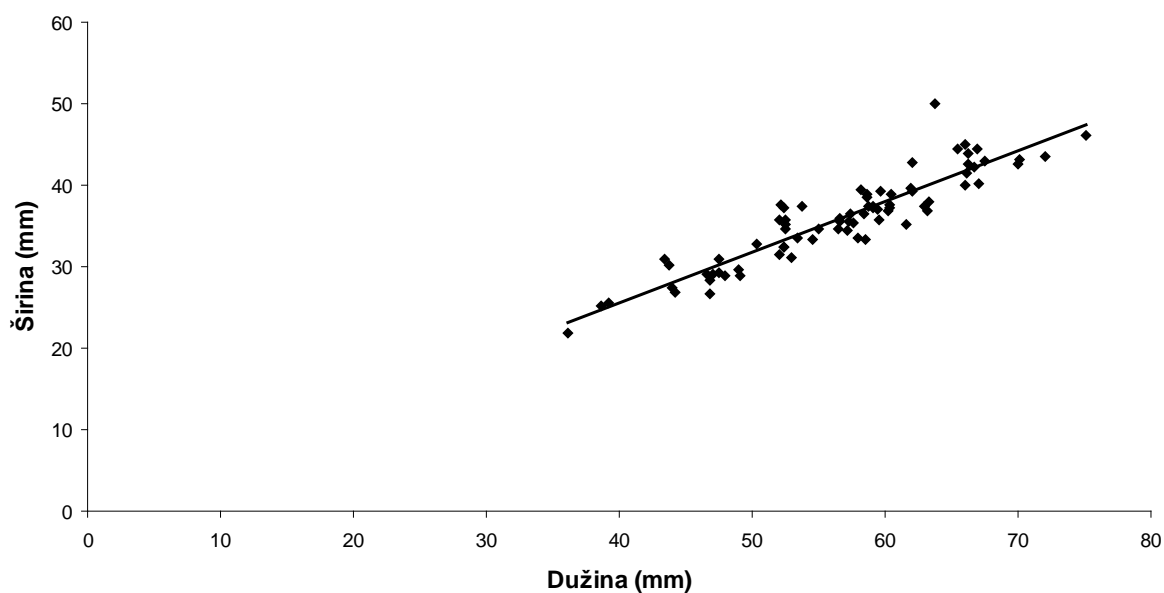
Analiza starosti i rasta obavljena je na 76 ljuštura prikupljenih tijekom veljače i ožujka 2010. godine u rasponu dužine od 36,1 do 75,1 mm sa srednjom vrijednošću  $56,55 \pm 8,07$  mm. Učestalost jedinki dužine  $>50$  mm iznosila je 67,7%, dok je samo 5,26% jedinki bilo duže od 70 mm. Raspon visine istih ljuštura bio je od 31,6 do 70,8 mm sa srednjom vrijednošću  $52,92 \pm 7,97$  mm, a raspon širine od 21,8 do 50,0 mm sa srednjom vrijednošću  $35,90 \pm 5,52$  mm (Slika 4.2.2.1). Učestalost jedinki visine  $<55$  mm iznosila je 46,05 %, dok je učestalost jedinki visine  $>65$  mm iznosila samo 3,94%. Učestalost jedinki širine  $>35$  mm iznosila je 61,84%. Ipak, učestalost jedinki najvećih vrijednosti širine u rasponu od 45 do 50 mm iznosila je 3,94%. Odnosi između dužine i visine te dužine i širine ljuštura prikazani su na Slikama 4.2.2.2 i 4.2.2.3.



**Slika 4.2.2.1.** Prikaz učestalosti: A) dužina, B) visina, C) širina jedinki vrste *Glycymeris nummaria* korištenih za određivanje starosti i rasta.



**Slika 4.2.2.2.** Odnos između dužina (SL) i visina (SH) jedinki *Glycymeris nummaria* korištenih za analizu starosti i rasta prikazan jednačbom:  $SH = -1,472 + 0,960SL$ ,  $r^2 = 0,961$ .



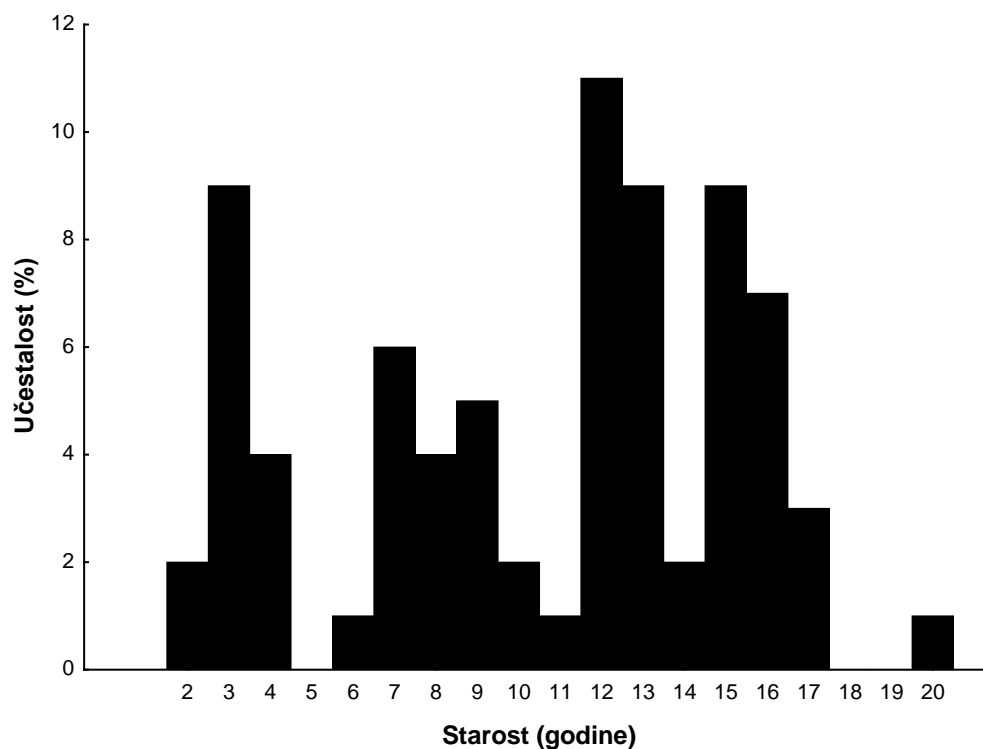
**Slika 4.2.2.3.** Odnos između dužina (SL) i širina (SW) jedinki *Glycymeris. nummaria* korištenih za analizu starosti i rasta prikazan jednačbom:  $SW = 0,744 + 0,620SL$ ,  $r^2 = 0,842$ .

Linije rasta (uske tamne linije) i prsteni (široka područja između dvije susjedne linije) su bili jasno vidljivi u području umba svih analiziranih ljuštura (Slika 4.2.2.4.). Izgled prstena rasta mijenja se s ontogenezom, tj. prsteni prirasta postaju uži s povećanjem starosti jedinke. Premda je prvi prsten rasta bio vidljiv u području umba svih analiziranih ljuštura, nije bilo moguće precizno odrediti položaj odgovarajuće linije rasta koja čini kraj prvog prstena rasta. Nadalje, prvih 4–6 prstena rasta sastoje se od gustog tamnog i prozračnijeg svjetlijeg područja. Sljedeći prsteni sastoje se od svijetlih i tamnih područja koja su približno jednake gustoće ili imaju gušća svjetlija područja. Procijenjena starost 76 analiziranih jedinki *G. nummaria* bila je u rasponu od 2 do 20 godina (Slika 4.2.2.5.). Zabilježena je najveća brojnost jedinki starosti u rasponu od 13 do 14 godina (26%). Također je značajan udio i jedinki starosti od 15 do 16 godina (21%). Ipak, zabilježena je samo jedna jedinka starosti od 20 godina dužine 75,1 mm.

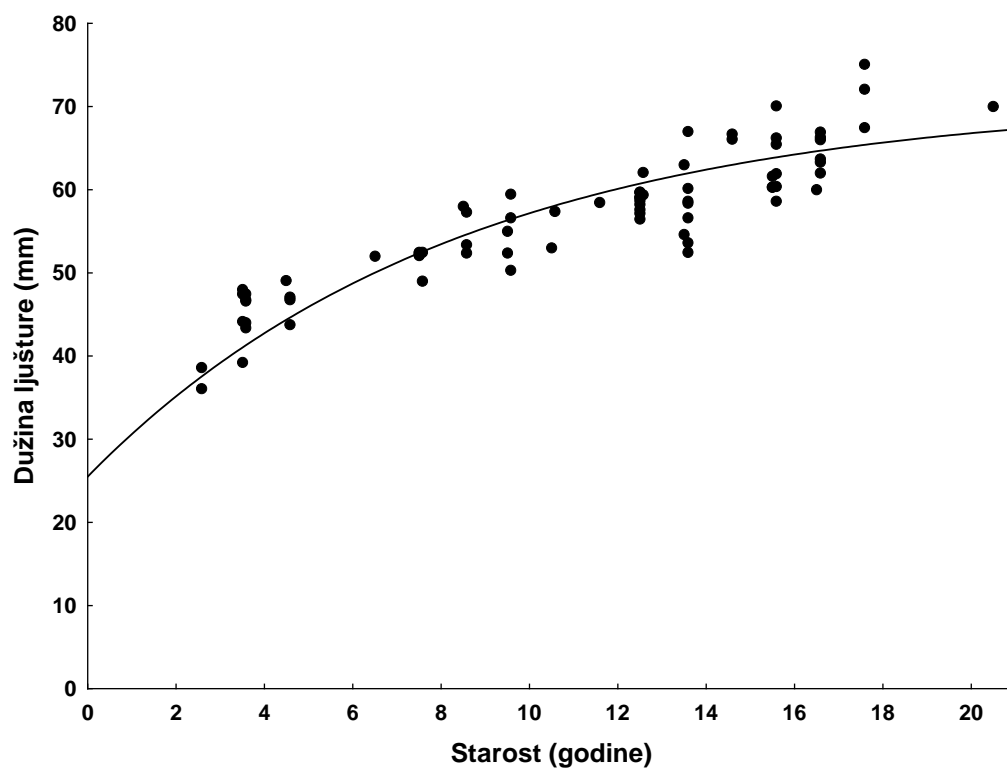
Prema rezultatima von Bertalanffy jednadžbe rasta, na temelju podataka o starosti pri određenoj dužini, dobiveno je da je asimptotska dužina rasta  $L_{\infty}=71$  mm, vrijednost koeficijenta rasta  $K=0,11 \text{ g}^{-1}$ , a  $t_0=3,736$  ( $r^2=0,919$ ; Slika 4.2.2.6.). Vrijednost indeksa rasta iznosi 2,74. Rast vrste *G. nummaria* bio je najintenzivniji tijekom prve četiri godine života kada jedinke postižu dužinu od ~40 mm.



**Slika 4.2.2.4.** Kompozitna fotografija acetatnog preslika uzorka ljuštore u zoni umba jedinke *Glycymeris nummaria* (GN-03-26) starosti 20 godina uzorkovane u Malostonskom zaljevu. Nekoliko linija rasta označeno je strelicama. Mjerilo 500  $\mu\text{m}$ .



**Slika 4.2.2.5.** Učestalost starosti uzoraka jedinki *Glycymeris nummaria* prikupljenih u Malostonskom zaljevu tijekom 2010. godine.

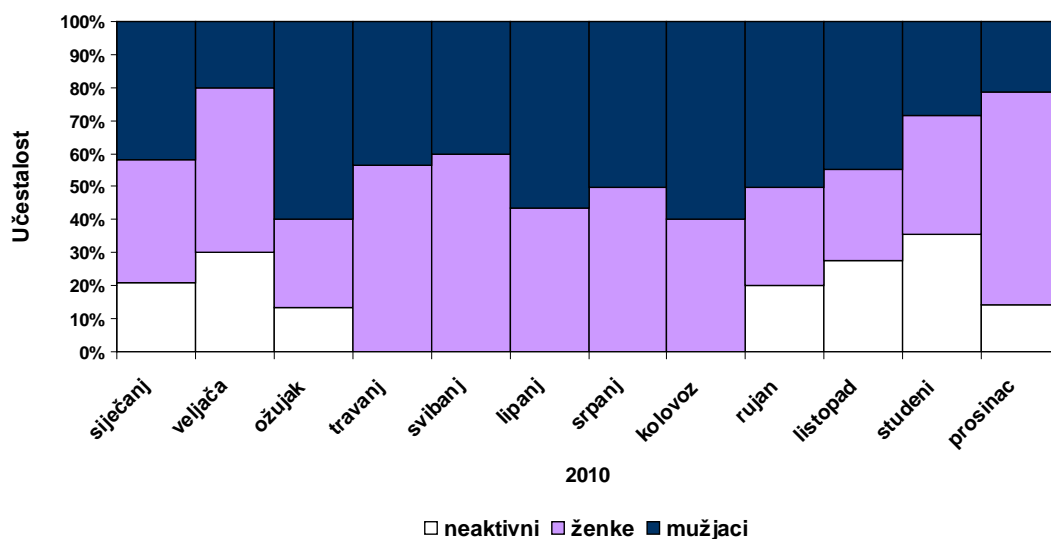


**Slika 4.2.2.6.** Von Bertalanffyeva krivulja rasta dobivena analizom dužina ljuštura vrste *Glycymeris nummaria*  $L_t = 71 \times (1 - e^{-0,11(t+3,74)})$ .

### 4.3. Histološka analiza gonada vrste *Glycymeris nummaria*

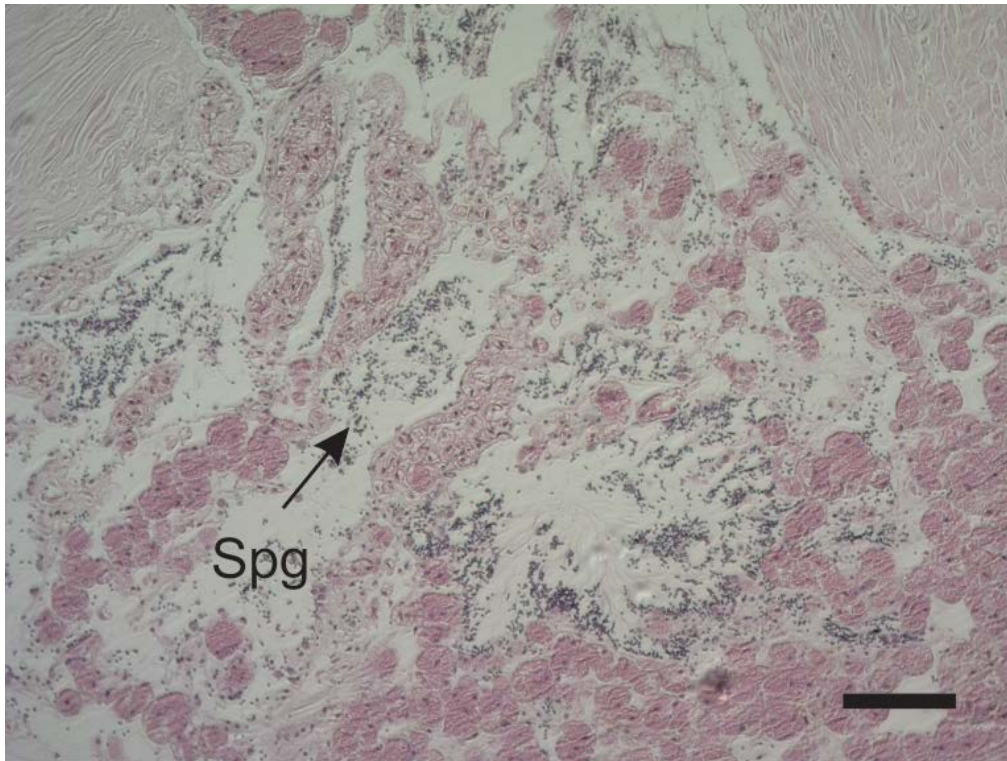
Na izrađenim histološkim presjecima gonada vidljive su promjene tijekom reproduktivnog ciklusa. Ipak za 52 jedinke prikupljene od siječnja do ožujka i od rujna do prosinca 2010. godine nije bilo moguće odrediti spol (Slika 4.3.1.). Srednja dužina ovih jedinki je bila  $59,5 \pm 3,8$  mm. Statistička razlika u omjeru spolova nije utvrđena ( $\chi^2=0,003$ ,  $p=0,954$ ) budući je histološkom analizom određen ukupno 151 mužjak i 152 ženke. Srednja dužina analiziranih mužjaka je bila  $60,91 \pm 3,97$  mm, dok je srednja dužina ženki bila  $60,2 \pm 4,1$  mm. Samo su tri jedinke bile duže od 70 mm i sve su bile muškog spola. Nije postojala statistički značajna razlika u dužini ljuštura mužjaka, ženki te jedinki kojima nije bio određen spol (ANOVA  $F=1,54$ ;  $p=0,207$ ).

Kvalitativnom analizom određeni su razvojni stadiji tijekom spermatogeneze (Slika 4.3.2.–4.3.6.) i oogeneze (Slika 4.3.7.–4.3.11.). Analiza stadija sazrijevanja gonada pokazuje jedan reproduktivni vrhunac tijekom 2010. godine od svibnja do srpnja i za mužjake i ženke (Slika 4.3.12.). Zreli mužjaci su prisutni s 33%, 82% i 67% u svibnju, odnosno u lipnju i srpnju. Zrele ženke također su zabilježene u istom razdoblju i čine najveći dio ženki (80%) tijekom srpnja, dok je u svibnju i lipnju samo 22% i 39% jedinki bilo zrelo. Mrijest se zbivao u srpnju i kolovozu, obzirom da su jedinke prikupljene tijekom sljedećih mjeseci bile ili djelomično izmriještene ili izmriještene. Tijekom razdoblja do svibnja, analizirane jedinke su bile u stadiju ranog ili kasnog razvoja. U značajnom udjelu uzorkovane populacije (95%) gametogeneza je započela već u listopadu i nastavljena tijekom zimskih i proljetnih mjeseci.

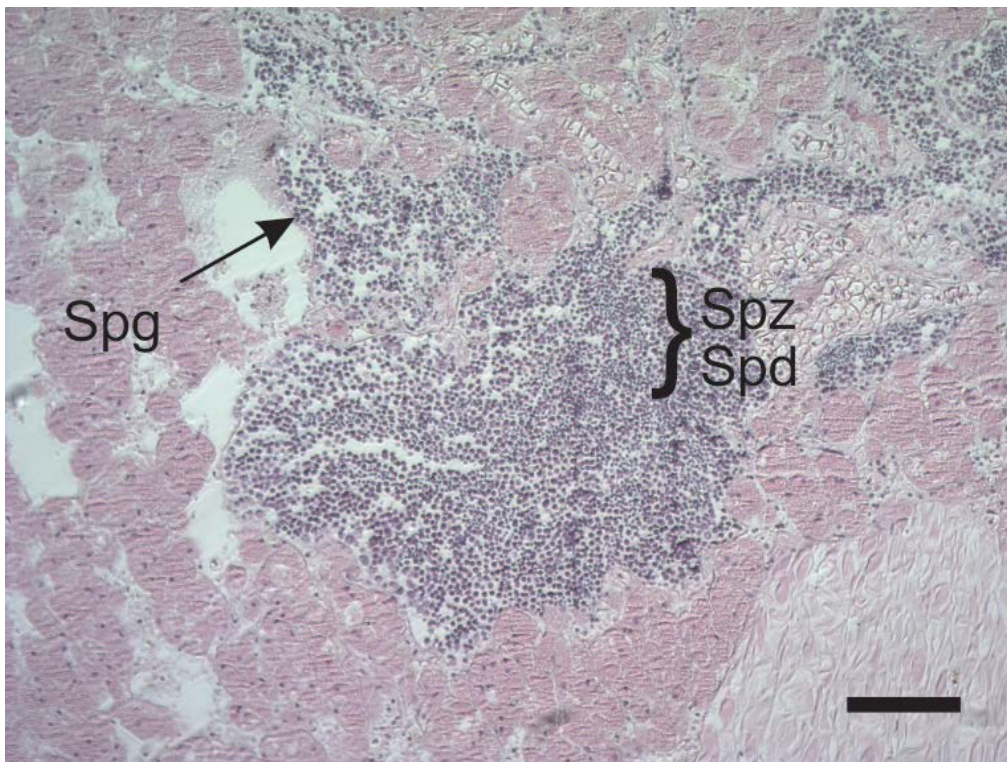


**Slika 4.3.1.** Učestalost mužjaka, ženki i jedinki za koje nije bilo moguće odrediti spol (neaktivni) kod jedinki *Glycymeris nummaria* prema mjesecu uzorkovanja.



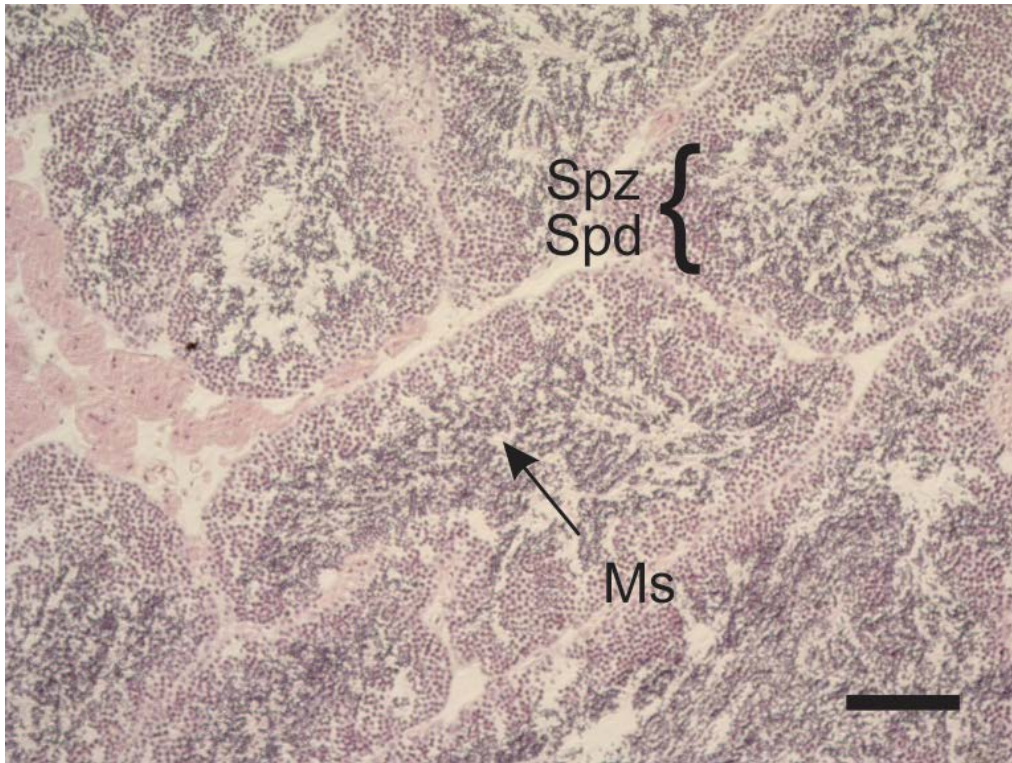


**Slika 4.3.2.** Histološki presjek gonade mužjaka *Glycymeris nummaria*: stadij – rani razvoj, Spg – spermatogonija. Mjerilo 100  $\mu$ m.

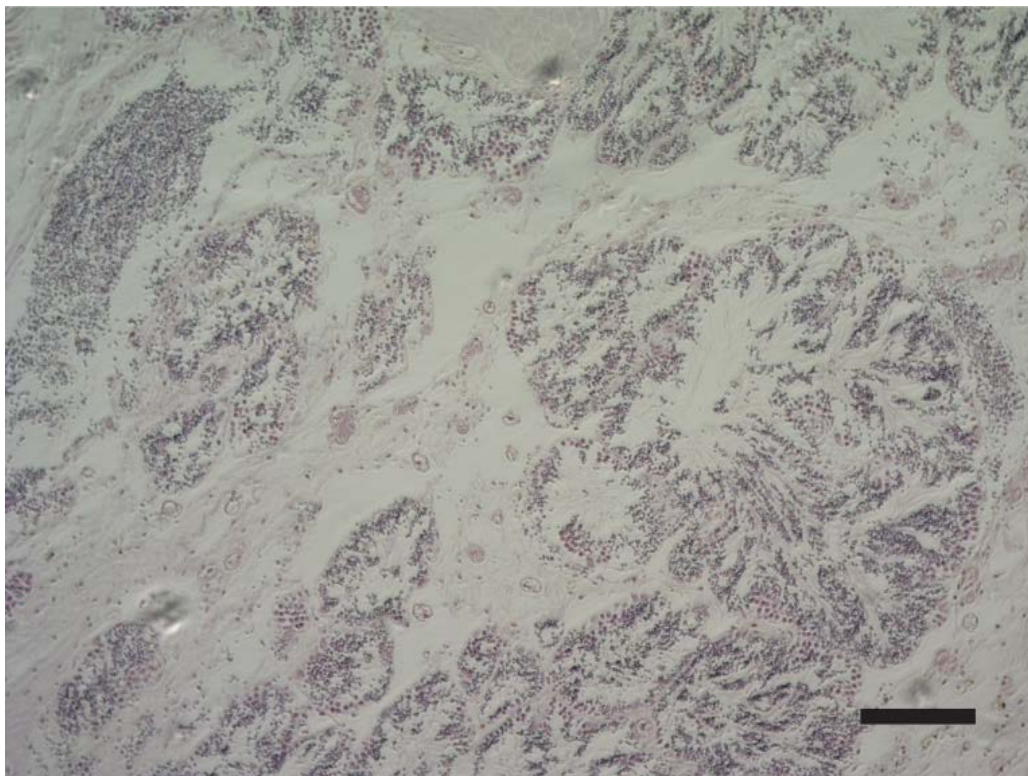


**Slika 4.3.3.** Histološki presjek gonade mužjaka *Glycymeris nummaria*: stadij – kasni razvoj, Spg – spermatogonija, Spz – spermatocita, Spd – spermatida. Mjerilo 100  $\mu$ m.



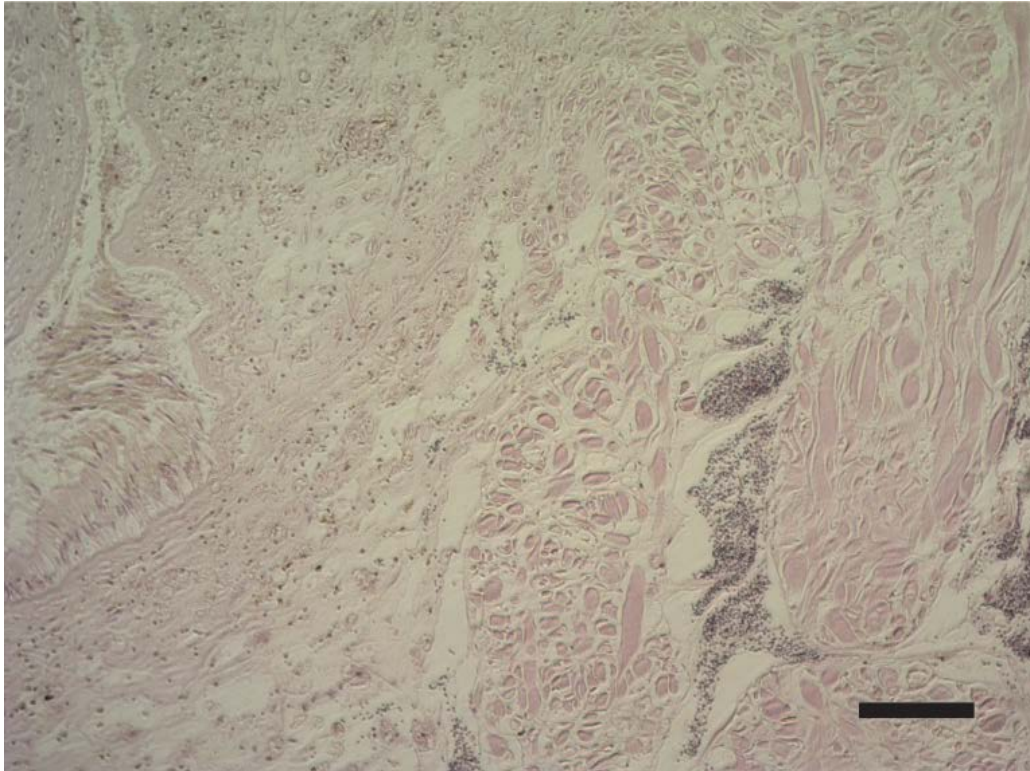


**Slika 4.3.4.** Histološki presjek gonade mužjaka *Glycymeris nummaria*: stadij – zreli, MS – zreli spermatozoid, Spz – spermatocita, Spd – spermatida. Mjerilo 100  $\mu$ m.

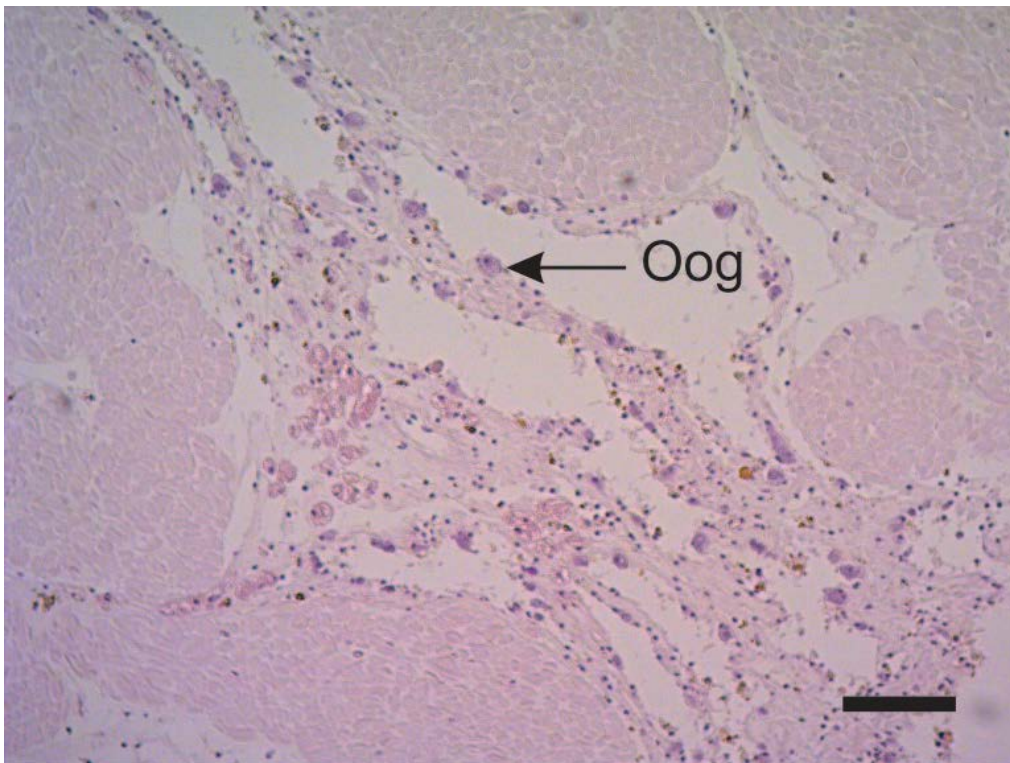


**Slika 4.3.5.** Histološki presjek gonade mužjaka *Glycymeris nummaria*: stadij – djelomično izmriješteni. Mjerilo 100  $\mu$ m.

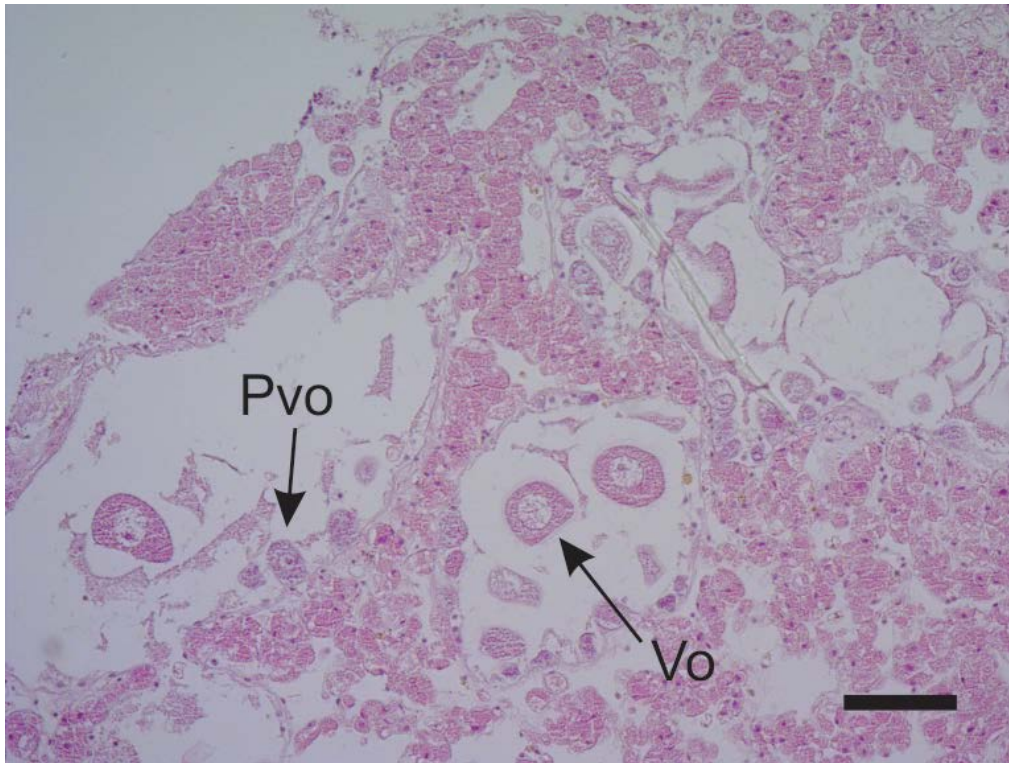




**Slika 4.3.6.** Histološki presjek gonade mužjaka *Glycymeris nummaria*: stadij – izmriješteni. Mjerilo 100  $\mu$ m.



**Slika 4.3.7.** Histološki presjek gonade ženke *Glycymeris nummaria*: stadij – rani razvoj, Oog – oogonija. Mjerilo 100  $\mu$ m.

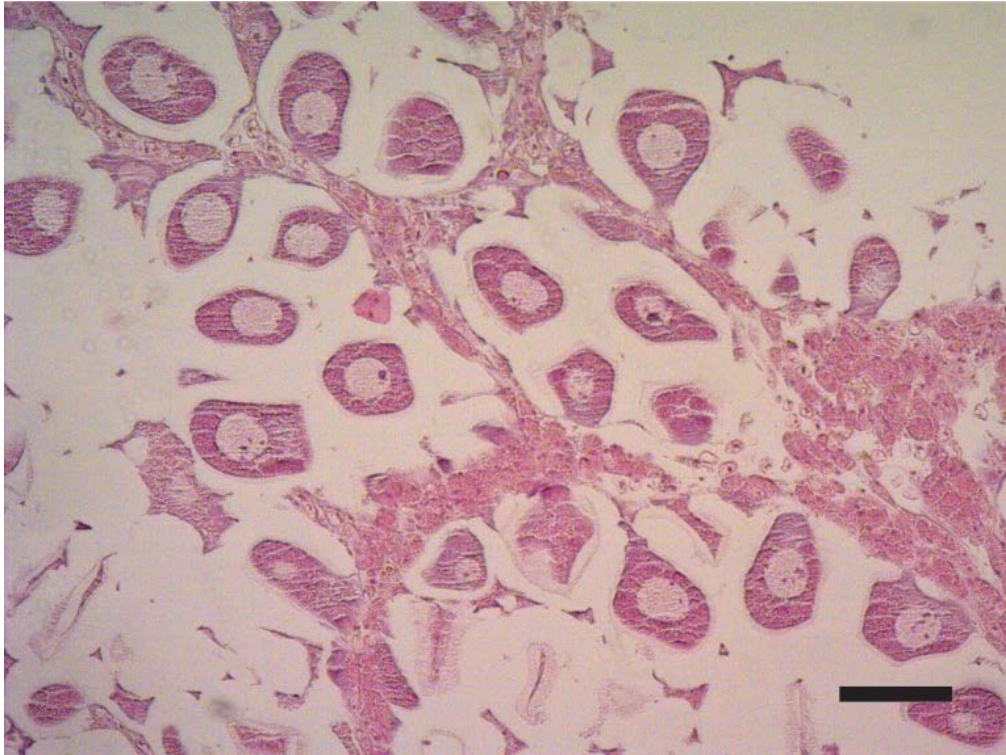


**Slika 4.3.8.** Histološki presjek gonade ženke *Glycymeris nummaria*: stadij – kasni razvoj, Pvo – previtelogene oocite, Vo – vitelogene oocite. Mjerilo 100  $\mu$ m.



**Slika 4.3.9.** Histološki presjek gonade ženke *Glycymeris nummaria*: stadij – zreli, Mo – zrele oocite. Mjerilo 100  $\mu$ m.

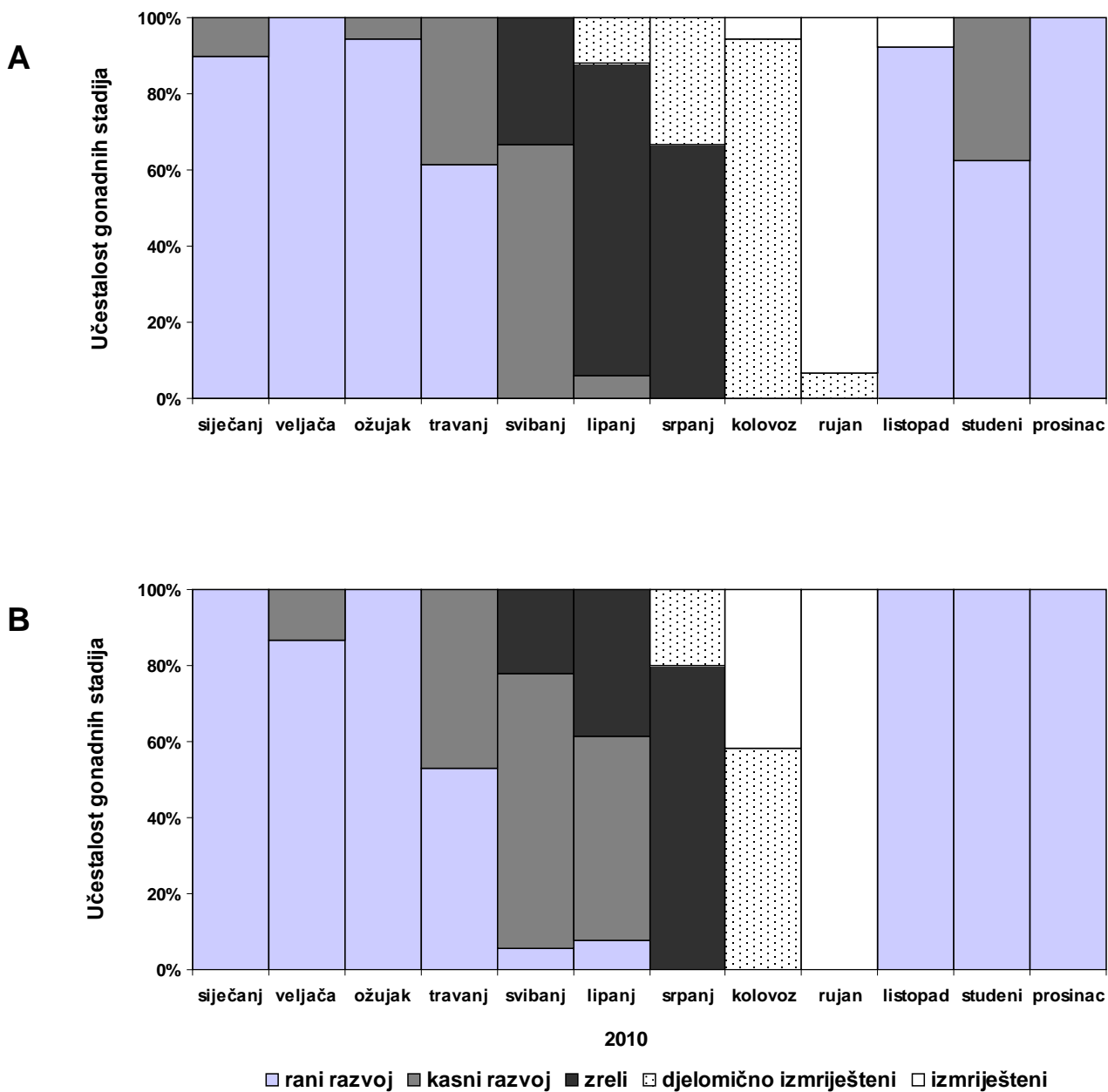




**Slika 4.3.10.** Histološki presjek gonade ženke *Glycymeris nummaria*: stadij – djelomično izmriješteni. Mjerilo 100  $\mu\text{m}$ .

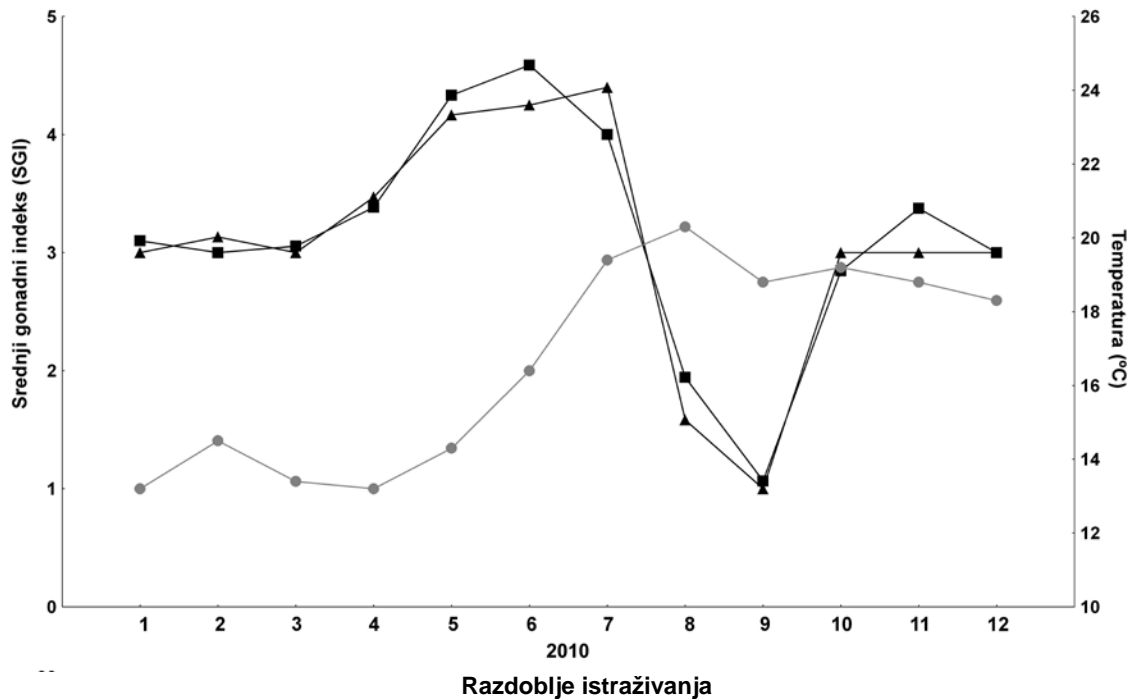


**Slika 4.3.11.** Histološki presjek gonade ženke *Glycymeris nummaria*: stadij – izmriješteni, Do – degenerativne oocite. Mjerilo 100  $\mu\text{m}$ .



**Slika 4.3.12.** Relativna učestalost razvojnih stadija gonada vrste *Glycymeris nummaria*: (A) mužjaci, (B) ženke.

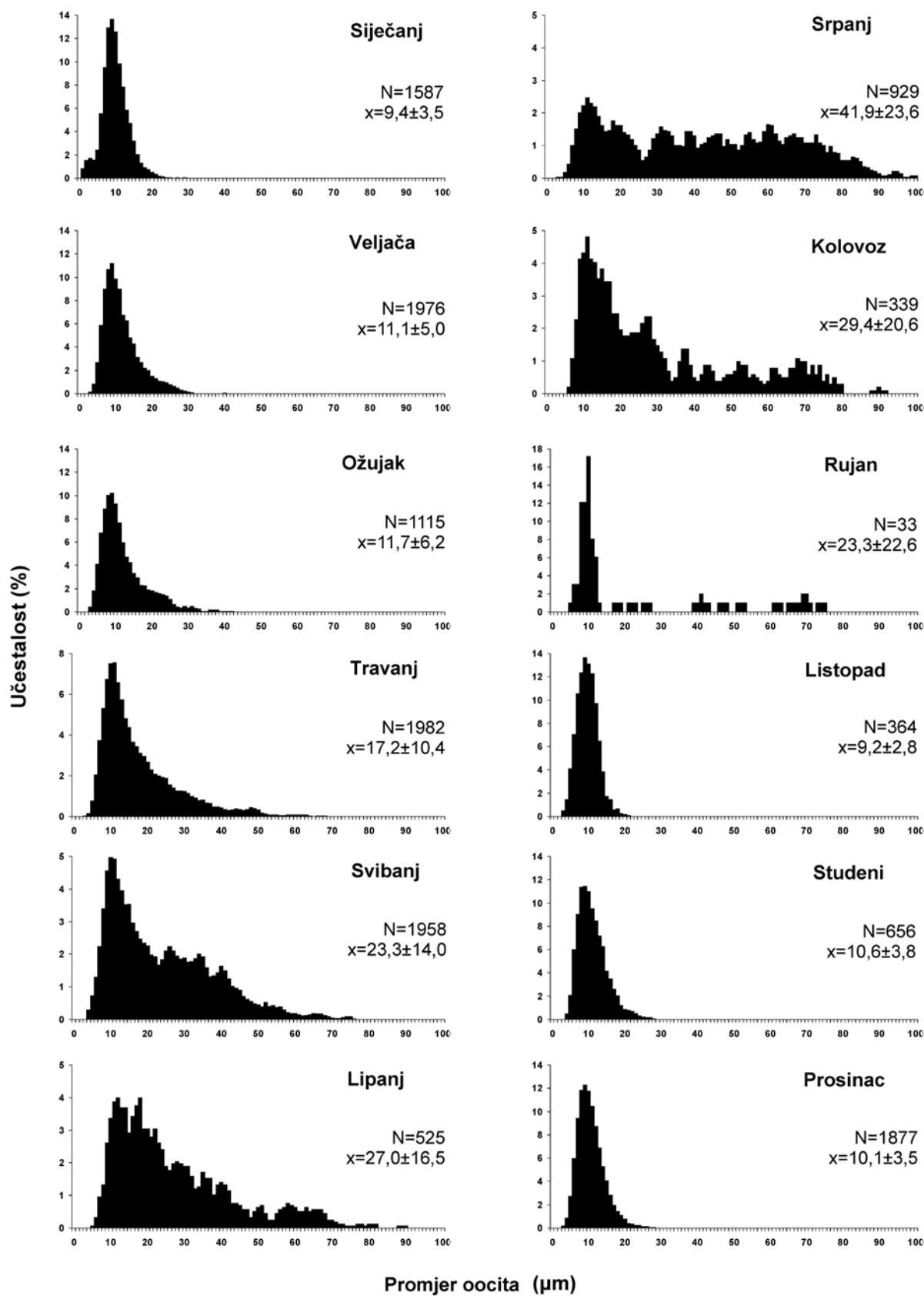
Najveće vrijednosti srednjeg gonadnog indeksa (SGI) zabilježene su u razdoblju od travnja do srpnja za oba spola. Povećanje SGI u razdoblju od svibnja do srpnja odgovara povećanju temperature mora, dok mrijest koji se događa od srpnja do kolovoza odgovara najvišim godišnjim vrijednostima temperature (Slika 4.3.13.)



**Slika 4.3.13.** Vrijednosti srednjeg mjesečnog gonadnog indeksa mužjaka (kvadrat) i ženki (trokut) vrste *Glycymeris nummaria* i temperature (krug) u razdoblju od siječnja (1) do prosinca (12) 2010. godine.

Kvantitativni rezultati mjerenja promjera oocita ovisno o mjesecu uzorkovanja prikazani su na Slici 4.3.14. Mjesečni srednji promjer oocita bio je u rasponu od  $9,20 \pm 2,75 \mu\text{m}$  (listopad) do  $41,93 \pm 23,65 \mu\text{m}$  (srpanj). Najveće povećanje srednjih mjesečnih vrijednosti promjera oocita zabilježeno je u razdoblju od lipnja ( $27,0 \pm 16,49 \mu\text{m}$ ) do srpnja ( $41,93 \pm 23,65 \mu\text{m}$ ). U razdoblju od svibnja do kolovoza, promjer oocita pokazuje značajnu heterogenost. Male oocite ( $<15 \mu\text{m}$ ) bile su prisutne tijekom svih mjeseci ukazujući na kontinuirani proces gametogeneze.

Od svibnja do kolovoza, učestalost veličine promjera oocita bila je polimodalna i asimetrična, ukazujući da su ženske gamete u različitim razvojnim stadijima. Najveća učestalost jajnih stanica  $>80 \mu\text{m}$  zabilježena je u srpnju (5,8%), dok je u lipnju i kolovozu njihova učestalost bila  $<0,6\%$ . Zabilježeno je da već u kolovozu počinje rasti učestalost jajnih stanica  $<20 \mu\text{m}$ .



Slika 4.3.14. Učestalost veličine promjera oocita kod ženki *Glycymeris nummaria* uzorkovanih od siječnja do prosinca 2010. godine.



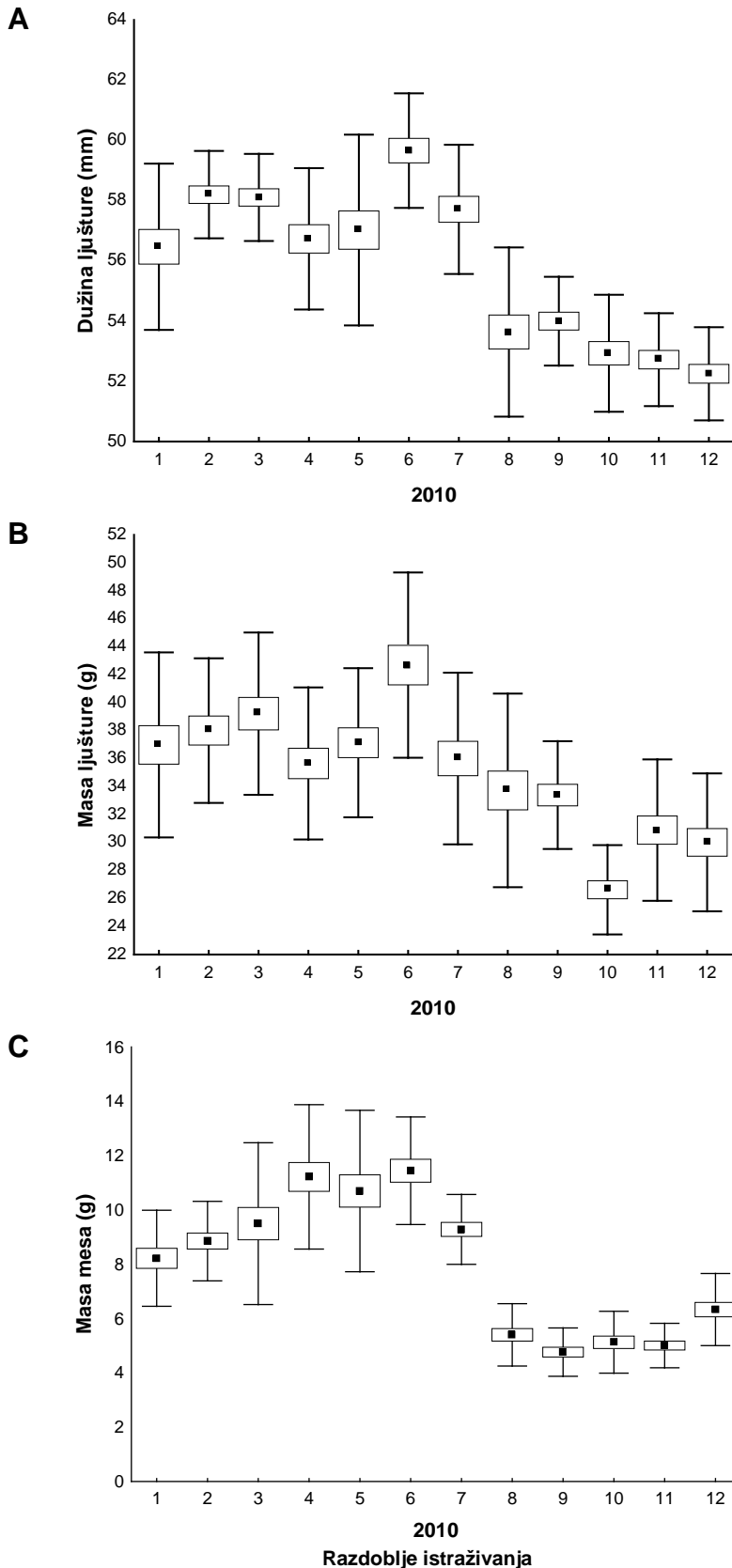
#### 4.4. Indeks kondicije vrste *Glycymeris nummaria*

Podaci o vrijednostima dužina ljušture, mase ljušture i kuhanog mesa jedinki *Glycymeris nummaria* korištenih za analizu indeksa kondicije prikazani su u Tablici 4.4.1. i na Slici 4.4.1. Analiza indeksa kondicije obavljena je tijekom 12 mjeseci na ukupno 295 jedinki raspona dužine od 48,0 do 63,5 mm. Srednja dužina školjkaša bila je  $55,74 \pm 3,19$  mm. Vrijednosti mase ljuštura iznosile su od 19,11 do 56,08 g sa srednjom vrijednošću od  $34,95 \pm 6,82$  g. Vrijednosti mase kuhanog mesa bile su u rasponu od 2,68 do 19,52 g, sa srednjom vrijednošću  $7,95 \pm 3,04$  g.

Srednje mjesečne vrijednosti indeksa kondicije  $>20$  zabilježene su u razdoblju od travnja do srpnja, dok su u razdoblju od kolovoza do studenoga vrijednosti bile  $<17$  (Tablica 4.4.2., Slika 4.4.2.). Najveće srednje mjesečne vrijednosti indeksa kondicije zabilježene su u travnju ( $23,83 \pm 3,72$ ), dok su najnižu srednju mjesečnu vrijednost imale jedinke uzorkovane u rujnu ( $12,48 \pm 1,84$ ) što čini smanjenje ovog parametra za 48% u odnosu na najveću vrijednost. Statistički značajna razlika zabilježena je u vrijednostima indeksa kondicije s obzirom na mjesec uzorkovanja (ANOVA  $F=42,57$ ;  $p<0,001$ ). Vrijednosti indeksa kondicije pratile su vrijednosti srednjeg gonadnog indeksa. Utvrđena je statistički značajna korelacija između srednjeg mjesečnog indeksa kondicije i SGI mužjaka (Pearson  $r=0,774$ ;  $p=0,003$ ) i SGI ženki (Pearson  $r=0,824$ ;  $p=0,001$ ). Nadalje, zabilježena je i značajna negativna korelacija između indeksa kondicije i temperature mora (Pearson  $r=-0,665$ ;  $p=0,018$ ).

**Tablica 4.4.1.** Broj jedinki (N), srednja vrijednost (x), standardna devijacija (sd) i raspon vrijednosti (min–max) dužina ljušture, mase ljušture i kuhanog mesa jedinki *Glycymeris nummaria* korištenih za analizu indeksa kondicije tijekom 2010. godine.

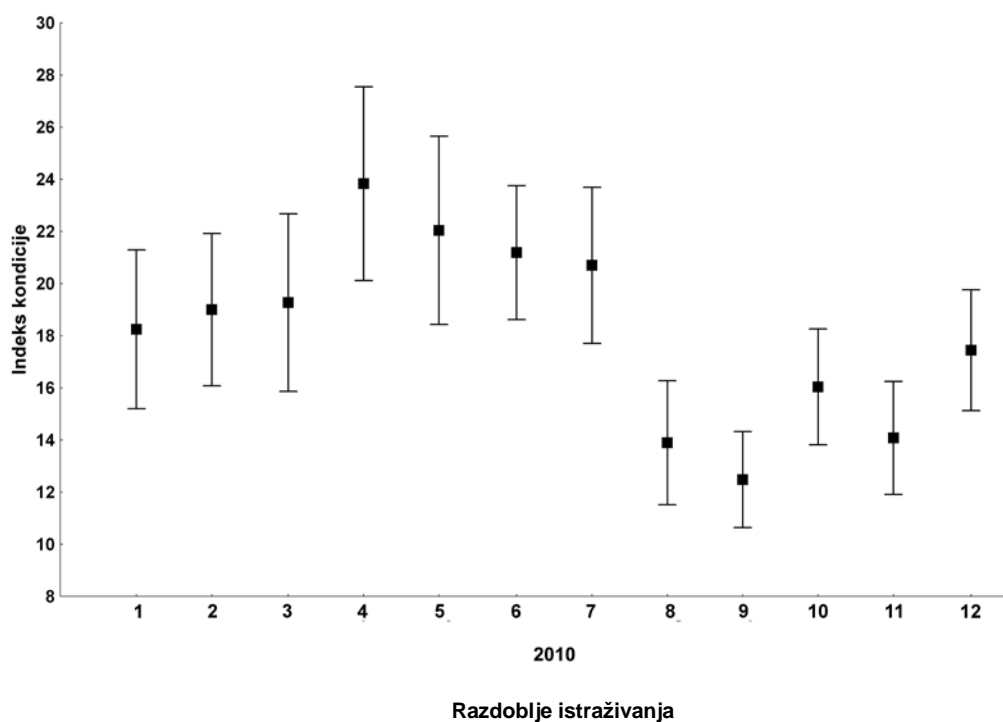
|                 | <b>N</b> | <b>Dužina (mm)</b><br><b>x ± sd</b><br><b>min – max</b> | <b>Masa ljušture (g)</b><br><b>x ± sd</b><br><b>min – max</b> | <b>Masa mesa (g)</b><br><b>x ± sd</b><br><b>min – max</b> |
|-----------------|----------|---|---|---|
| <b>Siječanj</b> | 23       | 56,47 ± 2,76<br>(51,00 – 62,90)                         | 36,99 ± 6,61<br>(25,90 – 54,58)                               | 8,22 ± 1,77<br>(5,51 – 11,23)                             |
| <b>Veljača</b>  | 25       | 58,20 ± 1,45<br>(55,00 – 60,30)                         | 38,01 ± 5,17<br>(29,47 – 48,11)                               | 8,85 ± 1,46<br>(6,53 – 12,19)                             |
| <b>Ožujak</b>   | 25       | 58,11 ± 1,45<br>(54,30 – 60,80)                         | 39,22 ± 5,80<br>(29,23 – 48,83)                               | 9,50 ± 2,98<br>(6,00 – 19,52)                             |
| <b>Travanj</b>  | 25       | 56,73 ± 2,35<br>(54,30 – 60,80)                         | 35,66 ± 5,44<br>(26,64 – 44,64)                               | 11,22 ± 2,67<br>(6,39 – 17,33)                            |
| <b>Svibanj</b>  | 25       | 57,02 ± 3,17<br>(51,20 – 62,30)                         | 37,14 ± 5,33<br>(27,12 – 47,63)                               | 10,70 ± 2,97<br>(4,50 – 15,24)                            |
| <b>Lipanj</b>   | 22       | 59,67 ± 1,90<br>(55,70 – 63,50)                         | 42,70 ± 6,62<br>(32,52 – 56,08)                               | 11,44 ± 1,98<br>(7,15 – 14,50)                            |
| <b>Srpanj</b>   | 25       | 57,71 ± 2,15<br>(53,40 – 60,80)                         | 36,02 ± 6,14<br>(26,02 – 51,79)                               | 9,28 ± 1,28<br>(7,15 – 14,50)                             |
| <b>Kolovoz</b>  | 25       | 53,64 ± 2,81<br>(48,00 – 57,40)                         | 33,74 ± 6,93<br>(25,13 – 49,16)                               | 5,40 ± 1,15<br>(2,68 – 6,97)                              |
| <b>Rujan</b>    | 25       | 54,00 ± 1,47<br>(51,00 – 57,00)                         | 33,40 ± 3,85<br>(26,01 – 41,36)                               | 4,77 ± 0,89<br>(3,07 – 6,68)                              |
| <b>Listopad</b> | 25       | 52,93 ± 1,94<br>(50,00 – 56,40)                         | 26,63 ± 3,19<br>(19,96 – 33,27)                               | 5,13 ± 1,14<br>(3,03 – 7,55)                              |
| <b>Studeni</b>  | 25       | 52,72 ± 1,54<br>(51,00 – 56,00)                         | 30,89 ± 5,05<br>(20,80 – 44,77)                               | 5,01 ± 0,82<br>(3,20 – 7,41)                              |
| <b>Prosinac</b> | 25       | 52,25 ± 1,55<br>(49,50 – 55,00)                         | 30,03 ± 4,93<br>(19,11 – 37,78)                               | 6,33 ± 1,33<br>(4,24 – 9,45)                              |



**Slika 4.4.1.** Srednja vrijednost (centralni crni kvadrat), standardna greška (kvadratni okvir) i standardna devijacija (bočne crte) A) dužine ljuštura B) mase ljuštura i C) mase kuhanog mesa jedinki *Glycymeris nummaria* korištenih za analizu indeksa kondicije u razdoblju od siječnja (1) do prosinca (12) 2010. godine.

**Tablica 4.4.2.** Vrijednosti srednjeg mjesečnog indeksa kondicije (CI) i gonadnog indeksa (SGI) mužjaka i ženki *Glycymeris nummaria* tijekom 2010. godine.

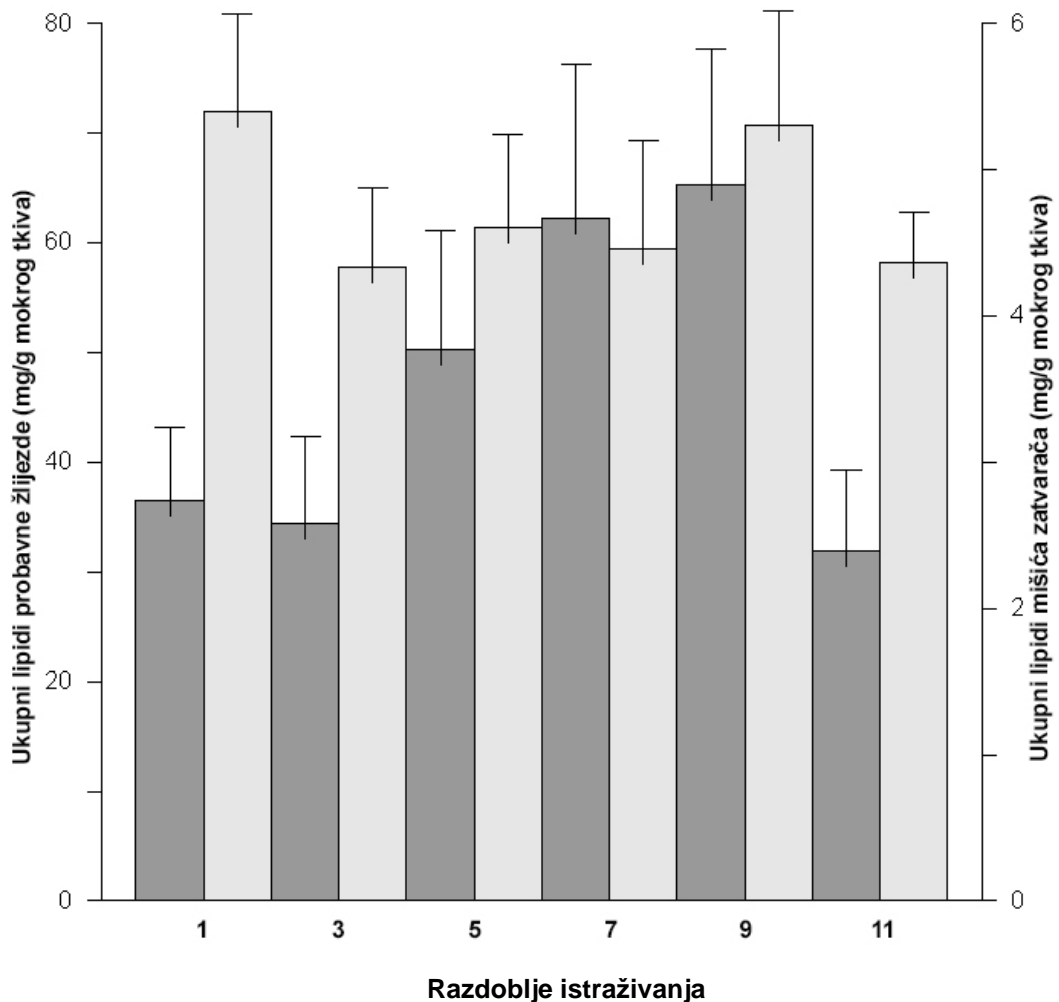
|                 | CI    | SGI mužjaci | SGI ženke |
|-----------------|-------|-------------|-----------|
| <b>Siječanj</b> | 18,24 | 3,10        | 3,00      |
| <b>Veljača</b>  | 19,00 | 3,00        | 3,13      |
| <b>Ožujak</b>   | 19,27 | 3,06        | 3,00      |
| <b>Travanj</b>  | 23,83 | 3,38        | 3,47      |
| <b>Svibanj</b>  | 22,04 | 4,33        | 4,17      |
| <b>Lipanj</b>   | 21,19 | 4,59        | 3,25      |
| <b>Srpanj</b>   | 20,70 | 4,00        | 3,13      |
| <b>Kolovoz</b>  | 13,90 | 1,94        | 1,25      |
| <b>Rujan</b>    | 12,48 | 1,07        | 1,00      |
| <b>Listopad</b> | 16,04 | 2,85        | 3,00      |
| <b>Studeni</b>  | 14,08 | 3,38        | 3,00      |
| <b>Prosinac</b> | 17,45 | 3,00        | 3,00      |



**Slika 4.4.2.** Vrijednosti srednjeg mjesečnog indeksa kondicije i odgovarajuće standardne devijacije za jedinke vrste *Glycymeris nummaria* prikupljene u razdoblju od siječnja (1) do prosinca (12) 2010. godine.

#### 4.5. Sastav masnih kiselina u tkivima vrste *Glycymeris nummaria*

Analiza masnih kiselina obavljena je na uzorcima dviju vrsta tkiva, probavne žlijezde i mišića zatvarača, prikupljenih svaka dva mjeseca tijekom 2010. godine. Koncentracija ukupnih lipida ( $\text{mg g}^{-1}$ ) probavne žlijezde *Glycymeris nummaria* bila je slična u siječnju ( $36,4 \pm 6,3$ ) i ožujku ( $34,42 \pm 7,4$ ), zatim je vrijednost rasla do rujna ( $65,3 \pm 7,9$ ) te je minimalna vrijednost zabilježena u studenome ( $31,9 \pm 5,2$ ). Nasuprot tome, vrijednosti ukupnih lipida mišića zatvarača varirale su u manjem rasponu od  $4,3 \pm 1,2$  do  $5,4 \pm 1,5$  tijekom godine (Slika 4.5.1.).



**Slika 4.5.1.** Sezonske promjene u sadržaju lipida probavne žlijezde i mišića zatvarača vrste *Glycymeris nummaria* od siječnja (1) do studenoga (11) 2010. godine.

Sastav masnih kiselina probavne žlijezde i mišića zatvarača vrste *G. nummaria* prikazan je u Tablici 4.5.1. i Tablici 4.5.2. U masnokiselinskom sastavu lipida mišićnog tkiva najveći dio pripada višestruko nezasićenim masnim kiselinama (PUFA, engl. polyunsaturated fatty acid) čije su vrijednosti bile u rasponu od  $28,80 \pm 3,06$  do  $60,47 \pm 6,41$ ; dok je u tkivu probavne žlijezde zabilježen najveći udio zasićenih masnih kiselina (SAT, engl. saturated fatty acid) s vrijednostima od  $49,39 \pm 3,16$  do  $81,98 \pm 9,02$  (Slika 4.5.2). U oba tkiva, zabilježen je najveći udio zasićene palmitinske kiseline (C16:0). Palmitoleinska kiselina [C16:1(n-7)], oleinska kiselina [C18:1(n-9)] i eikozenka kiselina (C20:1) dominirale su među jednostruko nezasićenim masnim kiselinama (MUFA, engl. monounsaturated fatty acid). Između višestruko nezasićenih masnih kiselina (PUFA) prevladavale su ekozapentaenska kiselina [EPA C20:5(n-3)] ili dokozaheksaenska kiselina [DHA C22:6(n-3)]. SAT su dominirale u probavnoj žlijezdi i stoga je stupanj nezasićenosti (UND, engl. unsaturation degree) bio vrlo nizak (0,25–2,49) (Slika 4.5.3.). U mišiću, sukladno predominaciji PUFA, vrijednosti UND (1,38–11,06) su bile od 3 do 23 puta više nego u probavnoj žlijezdi. U oba tkiva, minimalne vrijednosti UND zabilježene su u rujnu.

Promjene arahidonske kiseline [ARA C20:4(n-6)], EPA i DHA u probavnoj žlijezdi bile su slične tijekom vremena istraživanja; rastući od siječnja do svibnja i zatim opadajući do rujna (Tablica 4.5.1.). ARA, EPA i DHA akumulirane su u mišićnom tkivu tijekom cijele godine (Tablica 4.5.2.). Općenito, DHA/EPA omjer probavne žlijezde bio je niži u jesensko-zimskom razdoblju (0,5–0,8) i viši tijekom proljetno-ljetnog razdoblja (1,1–1,3). U mišićnom tkivu dominirala je DHA u donosu na EPA tijekom većeg dijela godine (2,3–4,2) ili je bila prisutna u sličnom udjelu kao EPA u rujnu (1,0). Omjer ARA/EPA u probavnoj žlijezdi ukazuje na porast vrijednosti od siječnja do studenog. U mišiću zatvaraču omjer ARA/EPA je opadao od siječnja do svibnja i zatim rastao u srpnju i ostao manje više konstantan do studenog.

NMID masne kiseline (C22:2) (engl. non-methylene interrupted dienoic fatty acids) značajno su doprinosile ukupnoj PUFA u mišiću zatvaraču tijekom godine, za razliku od probavne žlijezde. NMID su negativno korelirale s udjelom palmitoleinske kiseline u probavnoj žlijezdi. Za razliku od toga, detritusni metilni esteri masnih kiselina FAME (engl. fatty acid methyl esters) imali su veće vrijednosti u probavnoj žlijezdi nego u mišiću. Raspon godišnjih vrijednosti detritusnog FAME u oba tkiva se podudarao.

**Tablica 4.5.1.** Udio masnih kiselina (%) u tkivu probavne žlijezde vrste *Glycymeris nummaria*:

<sup>1</sup> UND - stupanj nezasićenosti = [% monoenoic+2·(% dienoic)+3·(% trienoic)+4·(% tetraenoic)+5·(% pentaenoic)+6·(% hexaenoic)/% total SAT] (Pirini i sur. 2007);

<sup>2</sup> Detritusne masne kiseline = [C15:0+C15iso+C15anteiso+C17:0+C17iso+C17anteiso+C18:1(n-7)] (Mayzaud i sur. 1989, Najdek i sur. 2002).

| Probavna žlijezda       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                         | siječanj 2010     | ožujak 2010       | svibanj 2010      | srpanj 2010       | rujan 2010        | studen 2010       |
| C14:0                   | 6,65±0,36         | 6,35±0,44         | 10,07±0,64        | 10,01±0,72        | 9,87±1,09         | 4,81±0,39         |
| C16:0                   | 40,70±3,59        | 36,13±2,53        | 27,08±1,73        | 31,00±2,23        | 46,70±5,14        | 55,90±4,58        |
| C18:0                   | 12,15±2,82        | 11,41±0,80        | 7,32±0,47         | 10,40±0,75        | 14,77±1,62        | 8,62±0,71         |
| <b>SAT</b>              | <b>70,26±3,30</b> | <b>63,13±4,42</b> | <b>49,39±3,16</b> | <b>58,47±4,21</b> | <b>81,98±9,02</b> | <b>78,54±6,44</b> |
| C16:1 cis               | 3,47±0,96         | 4,11±0,29         | 10,61±0,68        | 8,38±0,60         | 3,69±0,41         | 4,02±0,33         |
| C18:1 (n-9)             | 4,05±1,12         | 6,65±0,47         | 7,26±0,46         | 8,79±0,63         | 4,03±0,44         | 4,51±0,37         |
| C18:1 (n-7)             | 2,95±0,83         | 0,39±0,03         | 0,26±0,02         | 0,36±0,03         | 0,64±0,07         | 0,00±0,00         |
| C20:1                   | 2,39±0,62         | 3,70±0,26         | 3,50±0,22         | 3,84±0,28         | 2,29±0,25         | 1,93±0,16         |
| C22:1                   | 0,11±0,11         | 0,26±0,02         | 0,58±0,04         | 0,44±0,03         | 0,35±0,04         | 1,14±0,09         |
| <b>MUFA</b>             | <b>12,20±1,81</b> | <b>16,50±1,16</b> | <b>23,14±1,48</b> | <b>24,16±1,74</b> | <b>11,28±1,24</b> | <b>11,60±0,95</b> |
| C18:2 (n-6)             | 2,80±0,89         | 3,09±0,22         | 3,13±0,20         | 3,25±0,23         | 0,65±0,07         | 2,53±0,21         |
| C18:3(n-6)              | 0,46±0,25         | 1,04±0,07         | 1,58±0,10         | 0,74±0,05         | 0,22±0,02         | 0,88±0,07         |
| C18:3 (n-3)             | 1,03±0,32         | 1,81±0,13         | 1,99±0,13         | 1,68±0,12         | 0,73±0,08         | 1,06±0,09         |
| C20:4(n-6)              | 0,29±0,11         | 0,89±0,06         | 0,83±0,05         | 0,59±0,04         | 0,15±0,02         | 0,44±0,04         |
| C20:5(n-3)              | 2,73±0,62         | 3,31±0,23         | 5,28±0,34         | 2,87±0,21         | 0,42±0,05         | 0,94±0,08         |
| C22:6(n-3)              | 1,37±0,82         | 4,33±0,30         | 6,89±0,44         | 3,16±0,23         | 0,55±0,06         | 0,78±0,06         |
| C22:2 NMID              | 3,02±1,12         | 3,17±0,22         | 2,87±0,18         | 3,11±0,22         | 1,11±0,12         | 2,13±0,17         |
| <b>PUFA</b>             | <b>14,20±2,29</b> | <b>20,13±1,41</b> | <b>25,68±1,64</b> | <b>16,95±1,22</b> | <b>3,93±0,43</b>  | <b>9,40±0,77</b>  |
| UND <sup>1</sup>        | 0,37±0,12         | 1,32±0,09         | 2,49±0,16         | 1,29±0,09         | 0,25±0,03         | 0,47±0,04         |
| 16:1/16:0               | 0,09±0,02         | 0,11±0,01         | 0,39±0,03         | 0,27±0,02         | 0,08±0,01         | 0,07±0,01         |
| DHA/EPA                 | 0,50±0,03         | 1,31±0,09         | 1,30±0,08         | 1,10±0,08         | 1,32±0,15         | 0,83±0,07         |
| ARA/EPA                 | 0,11±0,01         | 0,27±0,02         | 0,16±0,01         | 0,21±0,01         | 0,35±0,04         | 0,47±0,04         |
| Detritusne <sup>2</sup> | 8,79±2,36         | 7,67±0,54         | 4,22±0,27         | 5,97±0,43         | 8,83±0,97         | 6,26±0,51         |

**Tablica 4.5.2.** Udio masnih kiselina (%) u tkivu mišića zatvarača vrste *Glycymeris nummaria*:

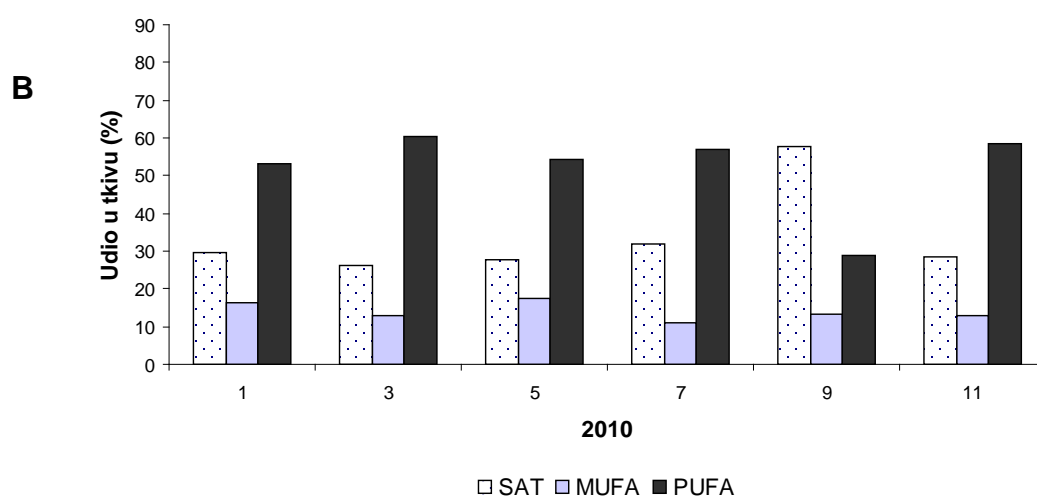
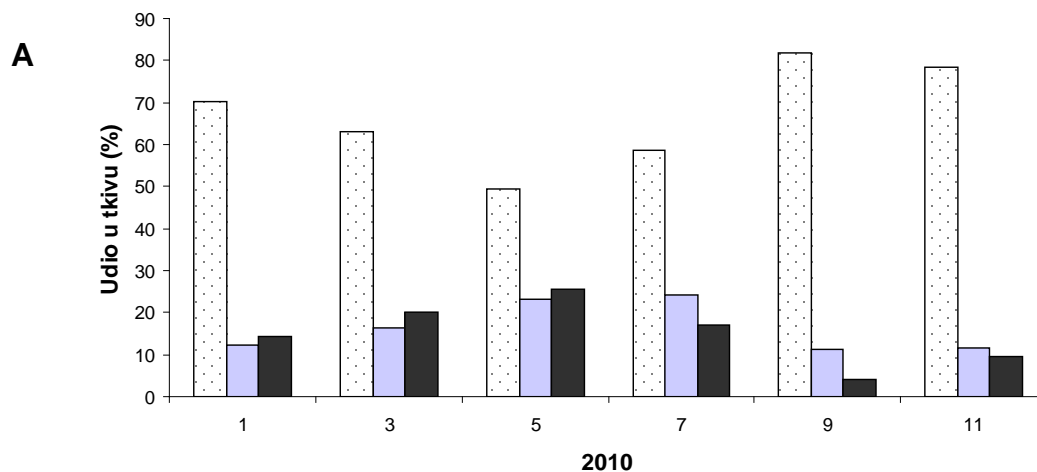
<sup>1</sup> UND - stupanj nezasićenosti = [% monoenoic+2·(% dienoic)+3·(% trienoic)+4·(% tetraenoic)+5·(% pentaenoic)+6·(% hexaenoic)/% total SAT] (Pirini i sur. 2007),

<sup>2</sup> Detritusne masne kiseline =

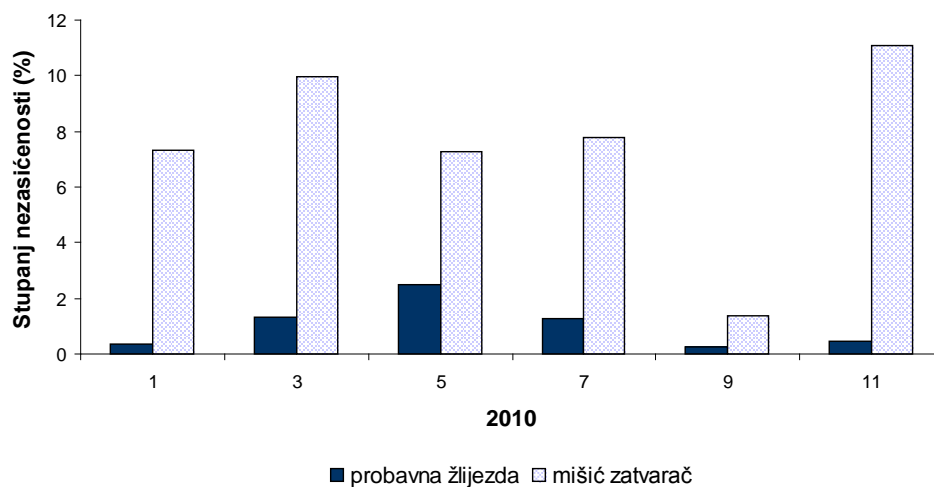
[C15:0+C15iso+C15anteiso+C17:0+C17iso+C17anteiso+C18:1(n-7)] (Mayzaud i sur. 1989, Najdek i sur. 2002).

| Mišić zatvarač          |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                         | siječanj 2010     | ožujak 2010       | svibanj 2010      | srpanj 2010       | rujan 2010        | studenj 2010      |
| C14:0                   | 1,65±0,09         | 2,08±0,14         | 3,58±0,33         | 2,36±0,22         | 1,95±0,18         | 2,57±0,13         |
| C16:0                   | 23,72±2,06        | 20,57±1,48        | 20,61±1,92        | 20,15±1,85        | 27,81±2,59        | 20,73±1,93        |
| C18:0                   | 0,78±0,07         | 1,44±0,07         | 1,13±0,08         | 1,82±0,13         | 21,37±1,97        | 2,40±0,23         |
| <b>SAT</b>              | <b>29,59±2,57</b> | <b>26,04±3,15</b> | <b>27,72±4,20</b> | <b>31,77±7,43</b> | <b>57,69±7,85</b> | <b>28,37±4,77</b> |
| C16:1 cis               | 5,43±0,47         | 1,42±0,10         | 3,47±0,23         | 0,83±0,06         | 2,19±0,20         | 3,13±0,27         |
| C18:1 (n-9)             | 3,45±0,30         | 5,21±0,38         | 6,35±0,43         | 3,69±0,27         | 4,54±0,42         | 4,83±0,45         |
| C18:1 (n-7)             | 0,94±0,08         | 1,00±0,07         | 0,00±0,00         | 0,00±0,00         | 0,42±0,02         | 0,00±0,00         |
| C20:1                   | 3,15±0,27         | 3,86±0,26         | 5,28±0,49         | 5,23±0,35         | 5,76±0,41         | 2,45±0,16         |
| C22:1                   | 1,14±0,10         | 0,52±0,03         | 0,35±0,03         | 1,19±0,08         | 0,68±0,05         | 2,39±0,17         |
| <b>MUFA</b>             | <b>16,17±1,33</b> | <b>12,73±4,09</b> | <b>17,57±1,85</b> | <b>10,95±1,71</b> | <b>13,18±1,29</b> | <b>12,80±1,64</b> |
| C18:2 (n-6)             | 2,77±0,24         | 3,87±0,26         | 3,66±0,34         | 3,72±0,25         | 2,60±0,19         | 3,08±0,28         |
| C18:3(n-6)              | 0,98±0,09         | 1,30±0,09         | 1,28±0,12         | 1,89±0,10         | 0,53±0,04         | 1,23±0,11         |
| C18:3 (n-3)             | 1,63±0,14         | 1,75±0,12         | 1,68±0,12         | 1,65±0,15         | 1,72±0,12         | 1,38±0,13         |
| C20:4(n-6)              | 5,32±0,46         | 5,72±0,42         | 4,51±0,32         | 5,17±0,48         | 3,03±0,20         | 4,74±0,44         |
| C20:5(n-3)              | 4,64±0,40         | 7,74±0,56         | 7,94±0,57         | 5,14±0,47         | 4,56±0,31         | 5,26±0,38         |
| C22:6(n-3)              | 19,93±1,73        | 20,27±1,48        | 18,65±1,34        | 20,98±1,93        | 4,55±0,30         | 19,22±1,79        |
| C22:2 NMID              | 14,84±1,29        | 12,04±0,88        | 11,43±0,82        | 13,55±1,25        | 8,45±0,57         | 12,46±1,16        |
| <b>PUFA</b>             | <b>53,34±4,64</b> | <b>60,47±6,41</b> | <b>54,18±8,66</b> | <b>56,96±1,53</b> | <b>28,80±3,06</b> | <b>58,50±6,86</b> |
| UND <sup>1</sup>        | 7,30±0,64         | 9,96±2,62         | 7,25±0,52         | 7,79±0,98         | 1,38±0,15         | 11,06±1,53        |
| 16:1/16:0               | 0,23±0,02         | 0,07±0,04         | 0,17±0,05         | 0,04±0,01         | 0,08±0,01         | 0,15±0,03         |
| DHA/EPA                 | 4,29±0,37         | 2,62±0,86         | 2,35±0,98         | 4,08±1,03         | 1,00±0,11         | 3,65±0,61         |
| ARA/EPA                 | 1,14±0,10         | 0,74±0,19         | 0,57±0,52         | 1,01±0,33         | 0,66±0,07         | 0,90±0,15         |
| Detritusne <sup>2</sup> | 4,38±0,29         | 2,95±1,10         | 2,39±0,65         | 4,92±1,71         | 4,75±0,51         | 3,67±0,62         |





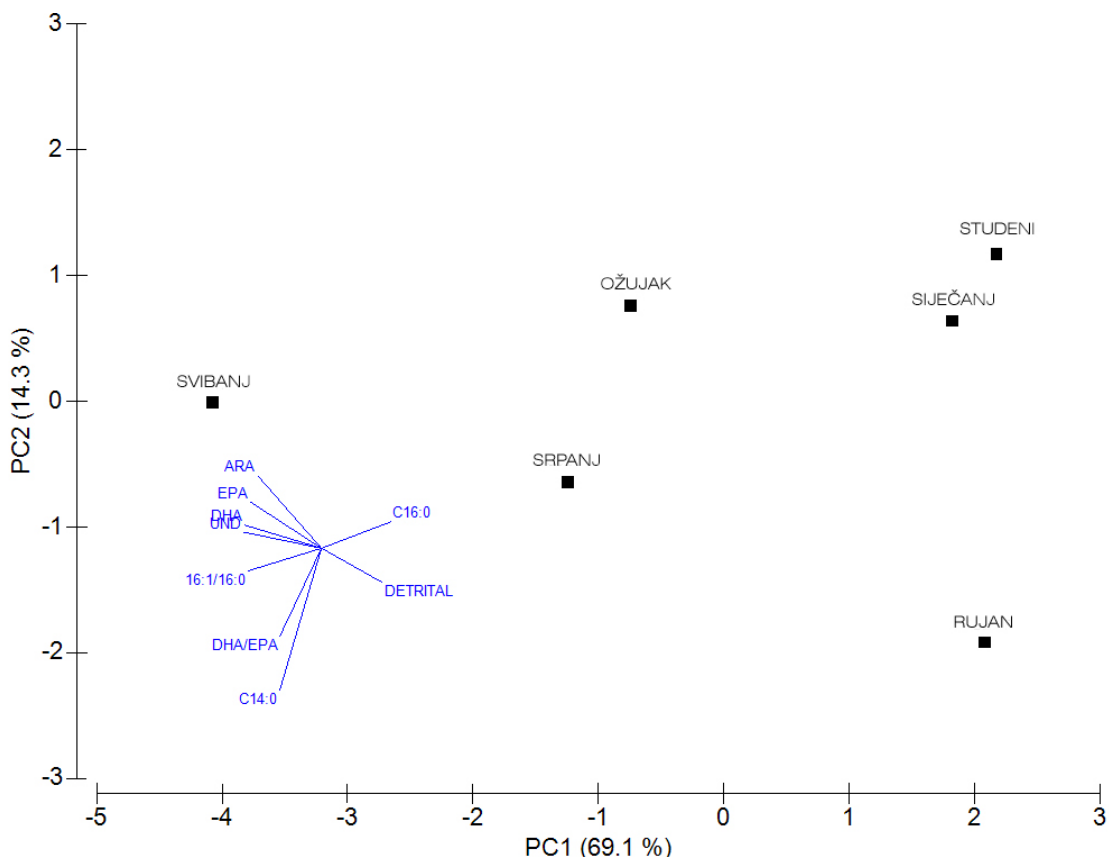
**Slika 4.5.2.** Udio SAT, MUFA i PUFA u tkivu vrste *Glycymeris nummaria* u razdoblju od siječnja do studenoga (1-11) 2010. godine. (A) probavna žlijezda (B) mišić zatvarač.



**Slika 4.5.3.** Stupanj nezasićenosti u probavnoj žlijezdi i mišiću zatvaraču *Glycymeris nummaria* u razdoblju od siječnja do studenoga (1-11) 2010. godine.

S ciljem određivanja relativnog doprinosa različitih izvora hrane kod vrste *G. nummaria* tijekom godine, obavljena je PC analiza na doprinos pojedinih masnih kiselina koje predstavljaju trofičke markere (C14:0, C16:0, ARA, EPA, DHA, detritusne masne kiseline), njihovih omjera (DHA/EPA, ARA/EPA, C16:1/16:0) i stupnja nezasićenosti (UND) probavne žlijezde (Slika 4.5.4.). PC1 i PC2 (eigenvalues>1), objasnile su 69,1% i 14,3% varijabilnosti kod vrste *G. nummaria*. Kod pozitivne relacije, C16:0 i detritusne masne kiseline su bile usmjerene prema PC1, a EPA i ARA prema PC2. Kod negativne relacije EPA, DHA, UND i 16:1/16:0 bili su jednako usmjereni na PC1, dok su C14:0 i DHA/EPA usmjerni na PC2.

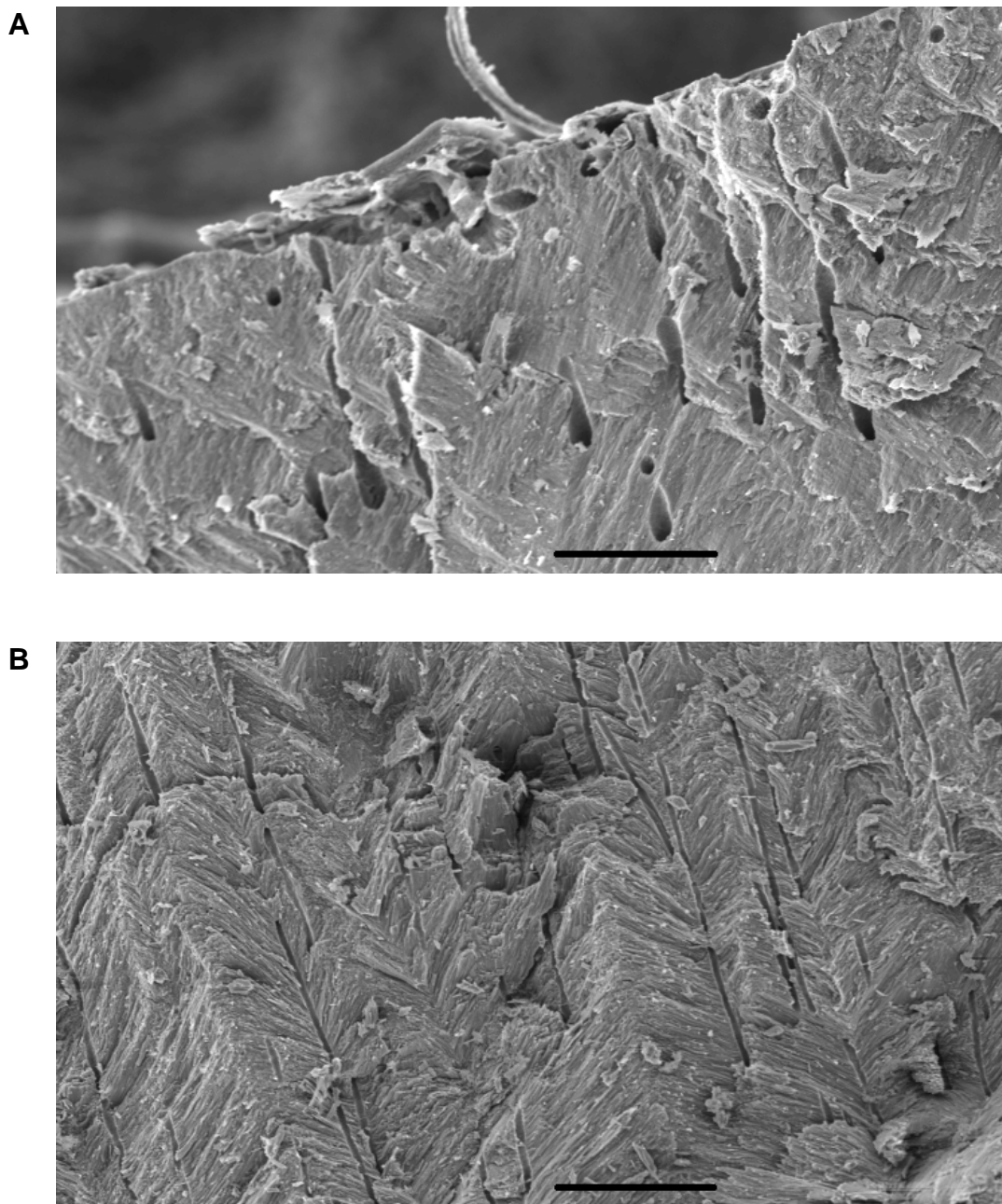
Tijekom svibnja, ožujka i srpnja uzorci probavne žlijezde bili su negativno usmjereni prema PC1 zbog jake i umjerene važnosti PUFA, odnosno UND. Nasuprot tome, tijekom rujna, studenoga i siječnja u skladu s prevladavajućim utjecajem detritusnih masnih kiselina i C16:0, uzorci probavne žlijezde bili su slično pozitivno usmjereni prema PC1. Međutim, u skladu s jakim negativnim odnosom DHA/EPA prema PC2, rujna je bio odvojen od studenoga i siječnja.



**Slika 4.5.4.** Statistička analiza sastava masnih kiselina u probavnoj žlijezdi vrste *Glycymeris nummaria* dobivena metodom glavnih komponentata (PCA) u razdoblju od siječnja do studenoga 2010. godine.

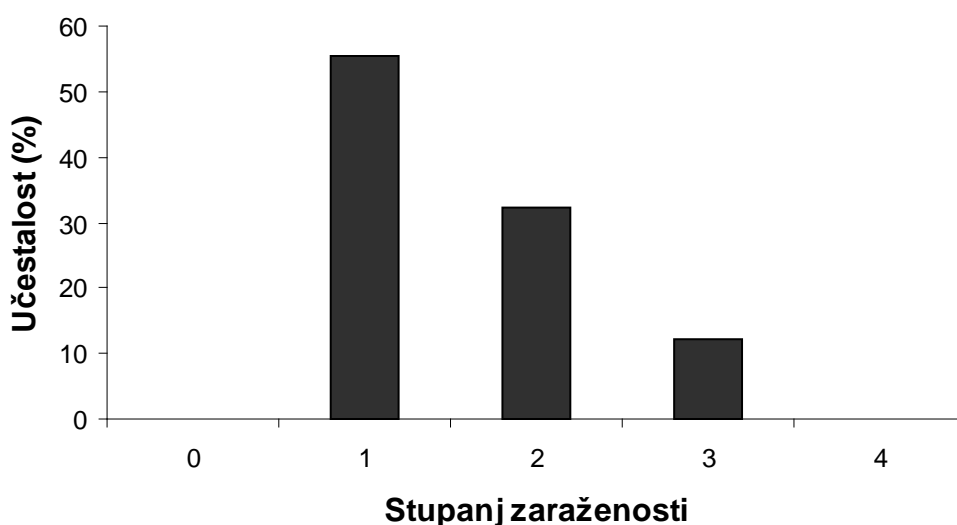
#### 4.6. Endoliti u ljušturama vrste *Glycymeris nummaria*

Tijekom makroskopskog promatranja, na unutarnjoj strani ljuštura svih analiziranih jedinki *Glycymeris nummaria* (N=65) zabilježene su promjene izgleda, odnosno boje ljušture, ali nisu zabilježene neke druge promjene ljušture kao ispuščenja i oštećenja uslijed djelovanja endolita. Pomoću elektronskog mikroskopa potvrđene su značajne promjene strukture ljuštura djelovanjem endolita (Slika 4.6.1.).

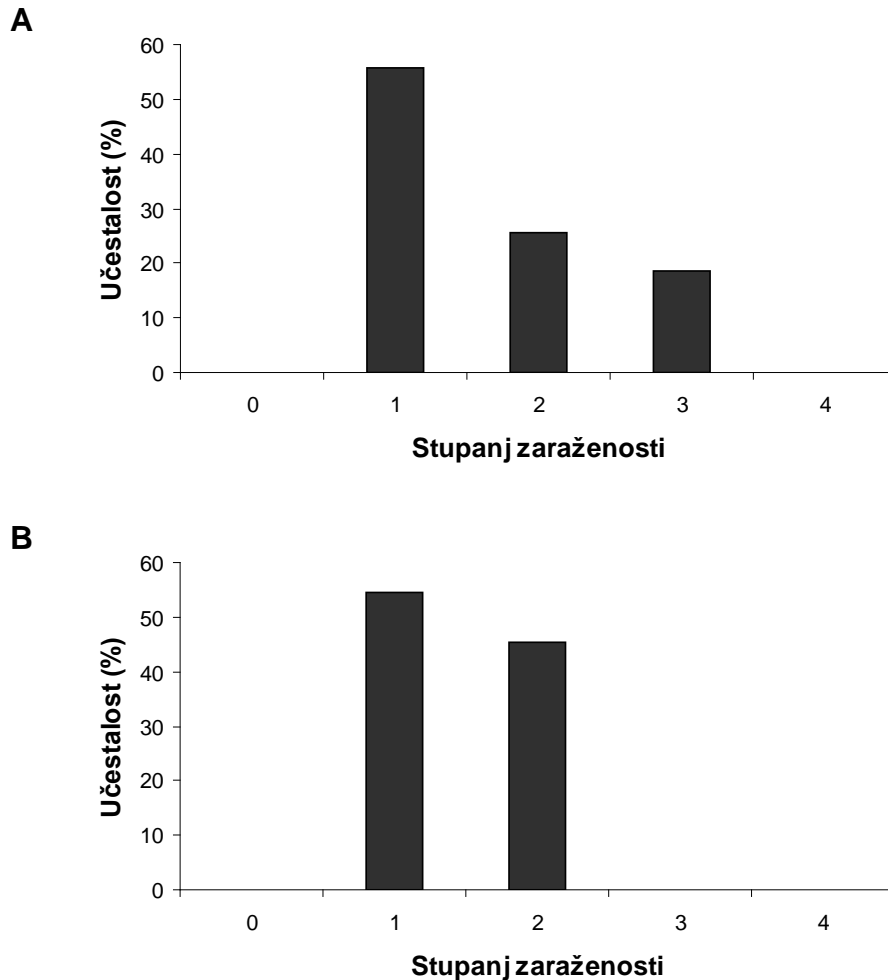


**Slika 4.6.1.** SEM fotografija ljušture vrste *Glycymeris nummaria* s endolitima A) mjerilo 50 µm, B) mjerilo 100 µm.

Prema osmišljenoj skali vrijednosti u rasponu od 0 do 4 (Tablica 3.6.1.), većina analiziranih jedinki imala je stupanj zaraženosti 1 – slabo zaražene kod kojih su endoliti prisutni do 25% površine ljušture, a boja ljušture je svijetlo do tamno smeđa ili su endoliti prisutni od 25 do 55% površine ljušture, a boja ljušture je žuta do svijetlo smeđa. Nisu zabilježene jedinke sa stupnjem 0 – nezaražene i stupnjem 4 – jako zaražene. Premda su zabilježene jedinke sa stupnjem 3 – vrlo zaražne kod kojih su endoliti prisutni od 55 do 80% površine ljušture, a boja ljušture je svijetlo do tamno smeđa, nisu zabilježene jedinke sa stupnjem 3 opisanim kao – endoliti prisutni više od 80% površine ljušture, boja svijetlo smeđa (Slika 4.6.2.). Vrijednosti zaraženih površina ljuštura bile su u rasponu od 1,58 do 69,63%. Kod jedinki prikupljenih tijekom veljače zabilježena je zaraženost stupnja 1, 2 i 3, a kod onih prikupljenih tijekom lipnja zaraženost stupnja 1 i 2 (Slika 4.6.3.).



**Slika 4.6.2.** Prikaz učestalosti stupnja zaraženosti endolitima (0–4) jedinki *Glycymeris nummaria* ukupno prikupljenih tijekom veljače i lipnja 2010. godine.

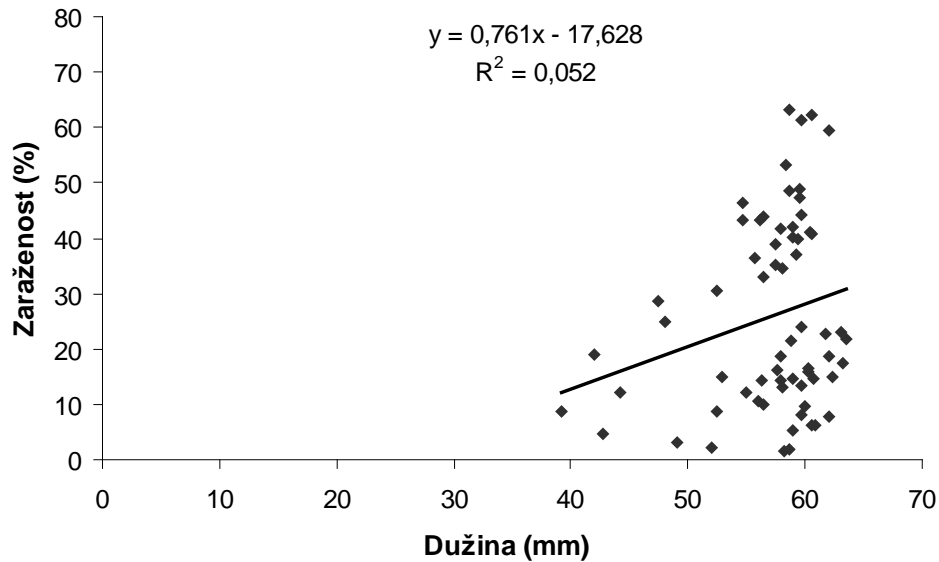


**Slika 4.6.3.** Prikaz učestalosti stupnja zaraženosti endolitima (0–4) jedinki *Glycymeris nummaria* prikupljenih tijekom: A) veljače 2010, B) lipnja 2010. godine.

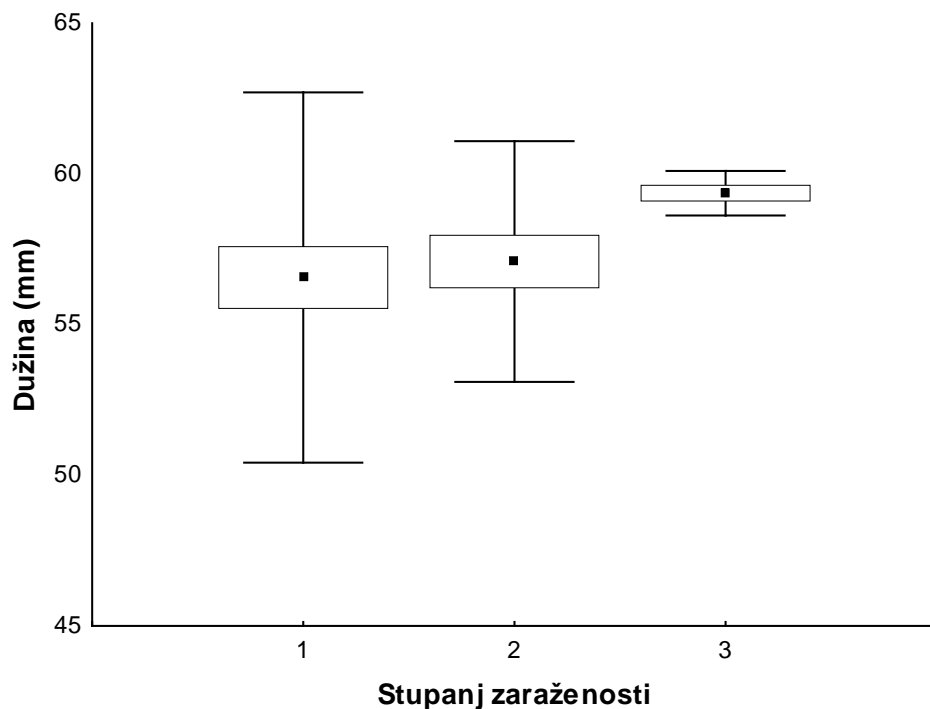
Stupanj zaraženosti određen je zasebno za lijevu i desnu ljušturu. Veći dio jedinki je imao isti stupanj zaraženosti na obje ljušture (63,07%). Kod jedinki s različitim stupnjem zaraze na lijevoj i desnoj ljušturi izračunata je ukupna vrijednost zaraze na način da je suma vrijednosti za lijevu i desnu ljušturu podijeljena s 2 i zatim je odgovarajući broj zaokružen na cijeli broj.

Analizirane jedinke imale su raspon dužina od 39,2 do 63,5 mm, a srednja vrijednost dužina iznosila je  $57,08 \pm 5,15$  mm. Odnos vrijednosti dužina ljuštura i površine zaraženosti jedinki *Glycymeris nummaria* ukupno prikupljenih tijekom veljače i lipnja 2010. godine ukazuje da je površina zaraženosti nešto veća kod jedinki veće dužine (Slika 4.6.4.). U istom uzorku, zaraženost stupnja 1 zabilježena je kod jedinki većeg raspona dužina, dok je zaraženost stupnja 3 zabilježena samo kod većih jedinki (Slika 4.6.5.). Međutim, nije bilo statistički značajne razlike u dužinama jedinki s obzirom na stupanj zaraženosti (ANOVA  $F=0,97$ ,  $p=0,386$ ).

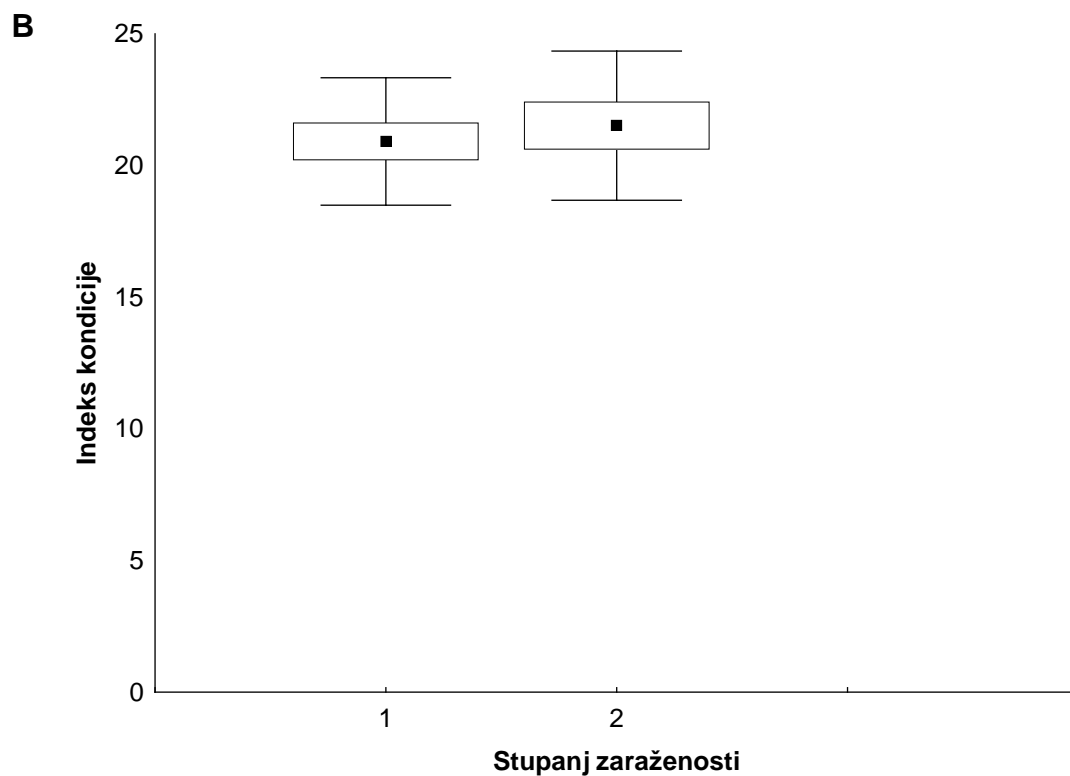
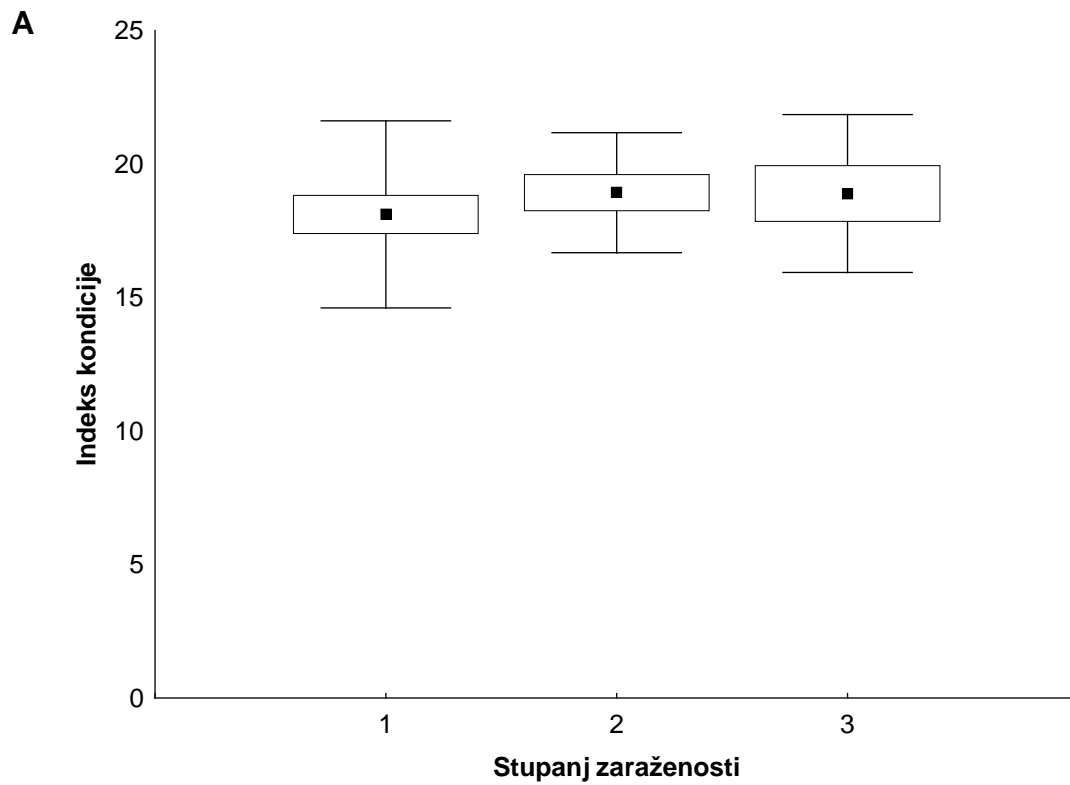
Usporedbom odnosa stupnja zaraženosti i indeksa kondicije tijekom veljače (ANOVA  $F=0,35$ ,  $p=0,710$ ) i lipnja (t-test= $-0,53$ ,  $p=0,604$ ), nije zabilježen negativan učinak endolita, odnosno nije utvrđen negativan utjecaj zaraze na indeks kondicije analiziranih jedinki (Slika 4.6.6.).



**Slika 4.6.4.** Prikaz odnosa vrijednosti dužina i površine zaraženosti kod jedinki *Glycymeris nummaria* ukupno prikupljenih tijekom veljače i lipnja 2010. godine.



**Slika 4.6.5.** Prikaz odnosa stupnja zaraženosti endolitima i dužine ljuštura kod jedinki *Glycymeris nummaria* prikupljenih tijekom veljače i lipnja 2010. godine (srednja vrijednost – centralni crni kvadrat, standardna greška – kvadratni okvir, standardna devijacija – bočne crte).



**Slika 4.6.6.** Prikaz odnosa stupnja zaraženosti endolitima i indeksa kondicije kod vrste *Glycymeris nummaria* (srednja vrijednost – centralni crni kvadrat, standardna greška – kvadratni okvir, standardna devijacija – bočne crte): A) veljača 2010, B) lipanj 2010. godine.

#### 4.7. Prisutnost i sastav populacija vrste *Glycymeris nummaria* u Jadranu

Vrsta *Glycymeris nummaria* zabilježena je na sedam od istraživanih osamnaest lokaliteta na području srednjeg i sjevernog dijela istočnog Jadrana. Utvrđene su relativno visoke vrijednosti biomase ( $62 \text{ g/m}^2$ ) i brojnosti ( $1,59 \text{ jed/m}^2$ ) za ovu vrstu u Ninskom zaljevu, dok su na ostalim lokalitetima vrijednosti biomase bile u rasponu od  $0,17 \text{ g/m}^2$  do  $3,92 \text{ g/m}^2$ , a vrijednosti brojnosti od  $0,013 \text{ jed/m}^2$  do  $0,109 \text{ jed/m}^2$  (Tablica 4.7.1., Slika 4.7.1.). Dužinski raspon ljuštura prikupljenih hidrauličnom dredžom 2008. godine na ukupno 6 lokaliteta je varirao od 18 do 79 mm. Srednja dužina analiziranih školjkaša bila je  $47,20 \pm 6,68 \text{ mm}$ . Najveći udio jedinki (41,7%) je bio u rasponu od 45 do 50 mm, dok je samo 3% jedinki imalo dužinu veću od 60 mm. Udio jedinki manjih dužina do 35 mm iznosio je 3,2%. Podaci o morfometrijskim značajkama analiziranih uzoraka prikazani su u Tablici 4.7.1. Dodatno su prikupljeni uzorci *G. nummaria* u Malostonskom zaljevu tijekom 2008. godine metodom autonomnog ronjenja ( $N=156$ ) u rasponu dužine od 53 do 75 mm sa srednjom vrijednošću od  $62,87 \pm 3,75 \text{ mm}$ .

U svrhu određivanja učestalosti dužina, na području Ninskog zaljeva analizirano je ukupno 927 jedinki, na području ušća Cetine 122 jedinke te u Malostonskom zaljevu 156 jedinki (Slika 4.7.2.). Učestalost dužina školjkaša uspoređena je između područja Ninskog zaljeva i ušća Cetine, obzirom da je u oba slučaja korištena ista metoda uzorkovanja dredžom. Obzirom da prema rezultatima Levenovog testa varijance nisu bile homogene ( $252,946$ ;  $p < 0,001$ ), korišten je neparametarski Mann–Whitney U test, prema kojem postoji statistički značajna razlika u dužinama školjkaša u ova dva područja ( $U=43550,0$ ;  $Z=-4,13129$ ;  $p < 0,001$ ). Uzorci u Ninskom zaljevu bili su u rasponu dužine od 21 do 62 mm sa srednjom vrijednošću od  $46,85 \pm 5,15 \text{ mm}$ , dok su uzorci na ušću Cetine bili u većem rasponu od 18 do 79 mm sa srednjom vrijednošću  $49,94 \pm 12,81 \text{ mm}$ . U Ninskom zaljevu zabilježena je najveća učestalost jedinki manje dužine, dok su na ušću Cetine učestalije bile jedinke veće dužine. Tako je u Ninskom zaljevu učestalost jedinki  $>50 \text{ mm}$  iznosila 35,06%. Na ušću Cetine, udio jedinki dužine  $>50 \text{ mm}$  iznosio je 55,74%, odnosno udio u rasponu dužine od 50 do 59 mm iznosio je 31,97%, a jedinki u rasponu dužine od 60 do 79 mm 23,77%.

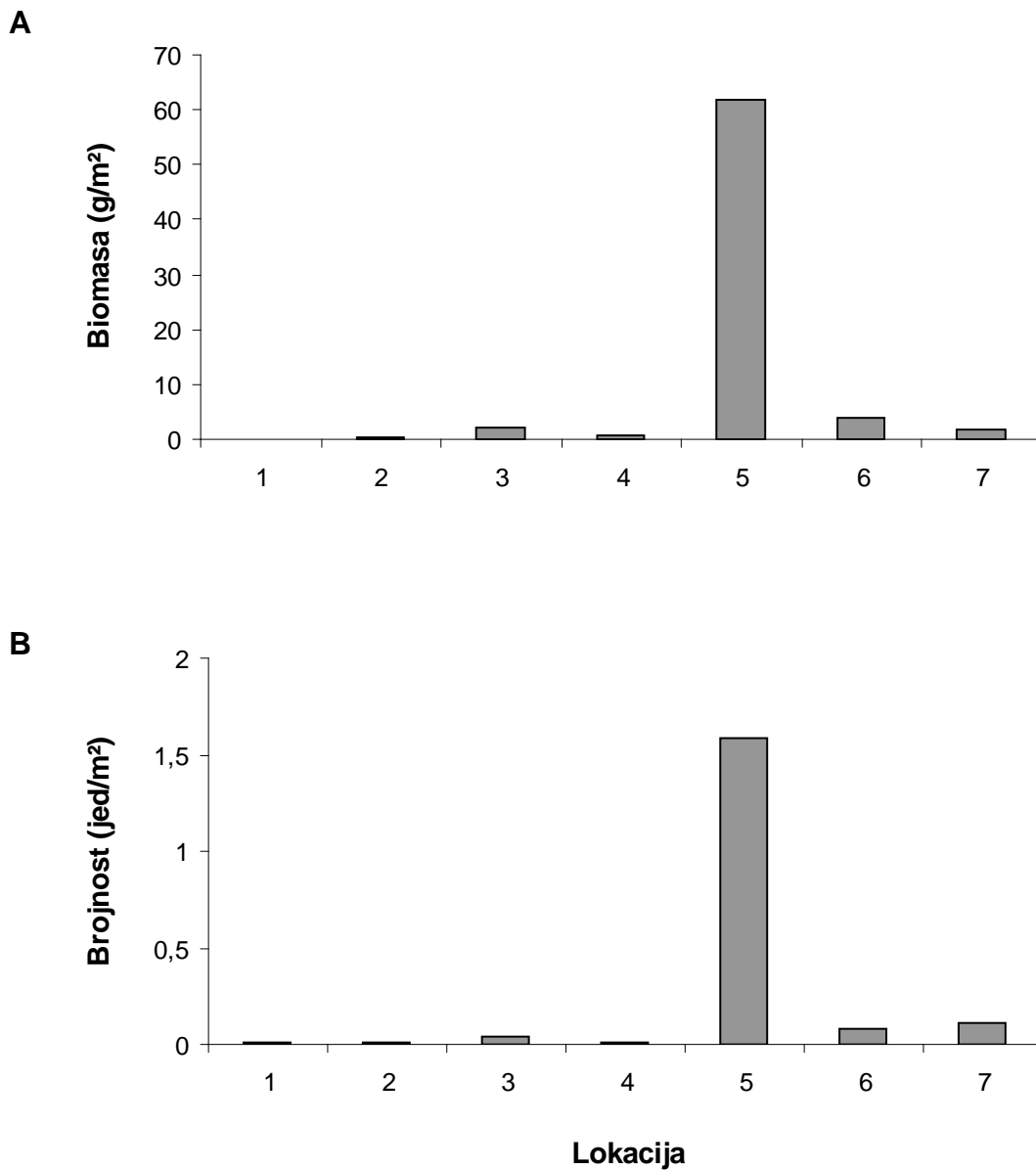
Odnos između dužine i mase jedinki *G. nummaria* prikupljenih na lokacijama Ninski zaljev, Ušće Cetine i Malostonski zaljev prikazan je na Slici 4.7.3. i 4.7.4. Odnos između dužine ( $L$ ) i mase ( $W$ ) prikazan je jednadžbom  $W=aL^b$ . Vrijednosti konstante  $b$  iznosile su 2,8357 za uzorke u Ninskom zaljevu, 2,9207 za uzorke na ušću Cetine i u



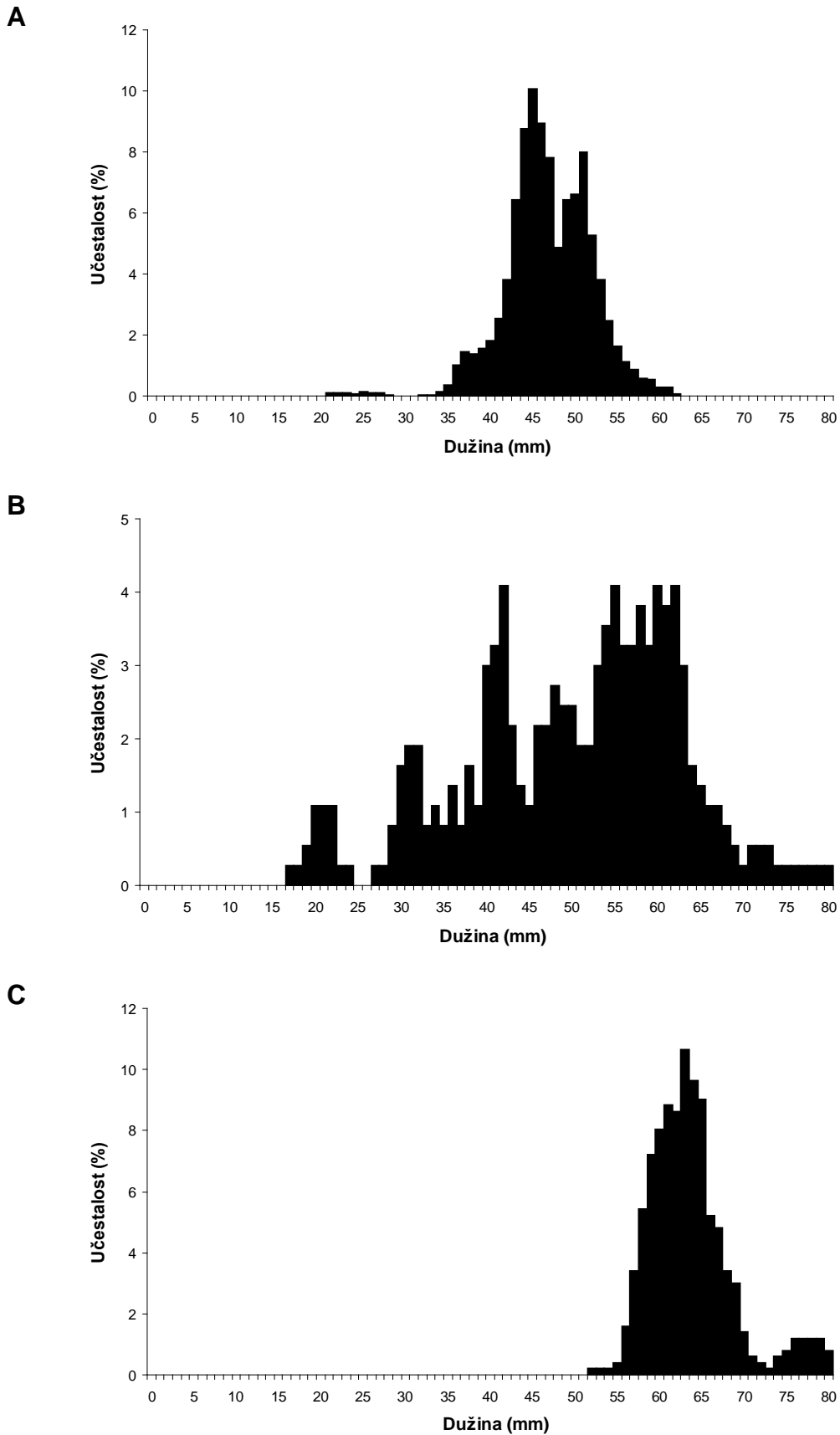
Malostonskom zaljevu te je stoga rast bio negativno alometrijski. Vrijednost konstante  $b$  za uzorke ukupno prikupljene na sve tri lokacije iznosila je 2,804.

**Tablica 4.7.1.** Biomasa, brojnost, srednja dužina (L) i srednja masa (W), srednja vrijednost ( $\bar{x}$ ), standardna devijacija (sd) i raspon vrijednosti (min–max) jedinki *Glycymeris nummaria*

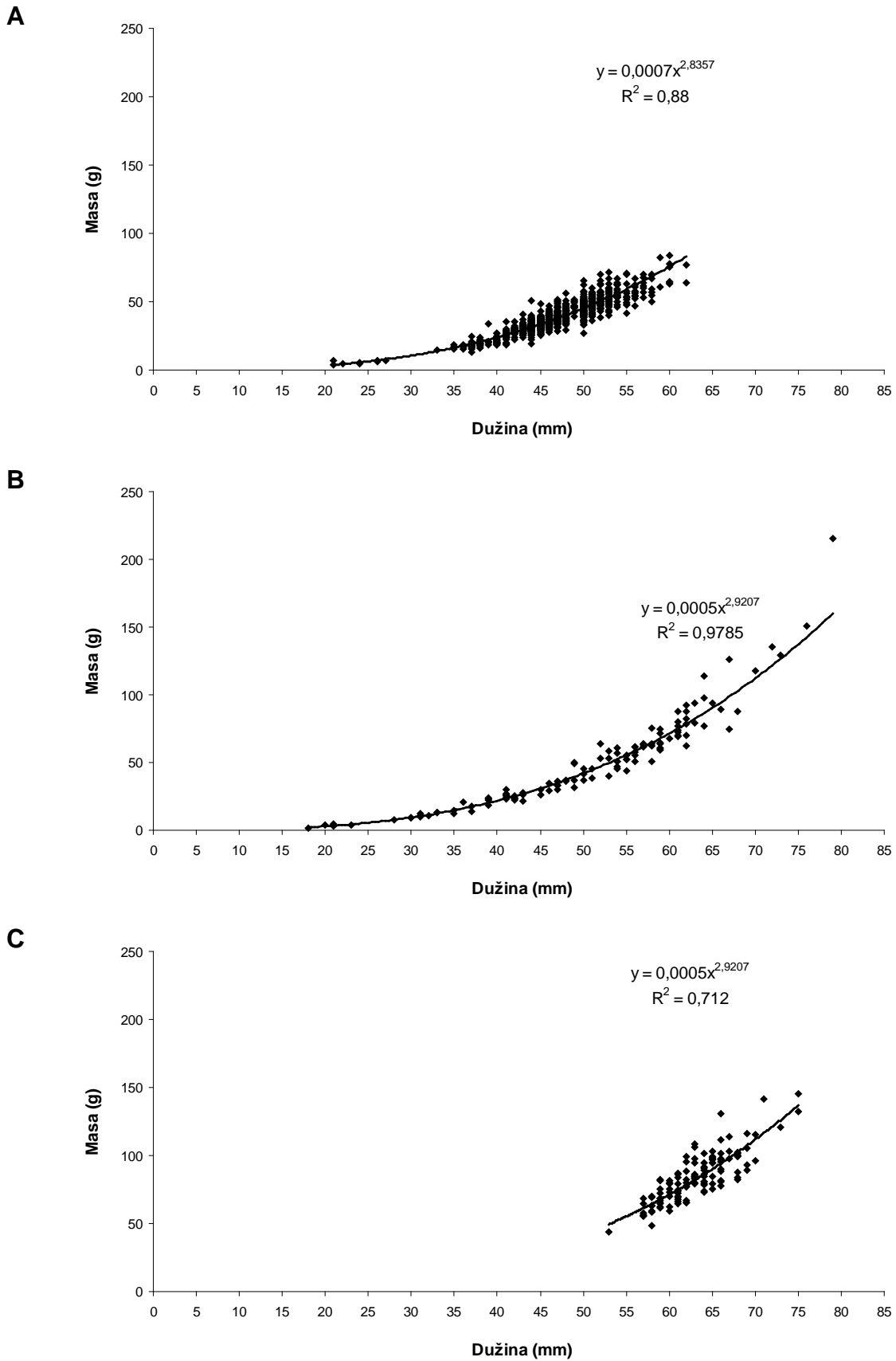
| lokacija               | biomasa<br>(g/m <sup>2</sup> ) | brojnost<br>(jed/m <sup>2</sup> ) | L ± sd<br>min – max<br>(mm)      | W ± sd<br>min – max<br>(g)       |
|------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <b>Kamporska draga</b> | 0,17                           | 0,013                             | 34,67 ± 4,04<br>(31,00 – 39,00)  | 13,19 ± 3,08<br>(10,08 – 16,24)  |
| <b>Vir</b>             | 0,29                           | 0,013                             | 39,00 ± 5,66<br>(35,00 – 43,00)  | 22,53 ± 7,45<br>(17,26 – 27,80)  |
| <b>Pag - Vir</b>       | 2,10                           | 0,039                             | 54,33 ± 7,94<br>(40,00 – 61,00)  | 54,01 ± 21,99<br>(16,46 – 78,26) |
| <b>Uvala Jasenovo</b>  | 0,66                           | 0,015                             | 47,00 ± 11,34<br>(31,00 – 61,00) | 45,88 ± 28,82<br>(18,54 – 95,12) |
| <b>Ninski zaljev</b>   | 62,00                          | 1,590                             | 46,85 ± 5,15<br>(21,00 – 62,00)  | 38,93 ± 11,99<br>(3,66 – 83,69)  |
| <b>Ušće Cetine</b>     | 3,92                           | 0,077                             | 49,94 ± 12,81<br>(18,00 – 79,00) | 49,91 ± 34,38<br>(1,44 ± 215,43) |
| <b>Ušće Neretve</b>    | 1,61                           | 0,109                             | ***                              | 14,82                            |



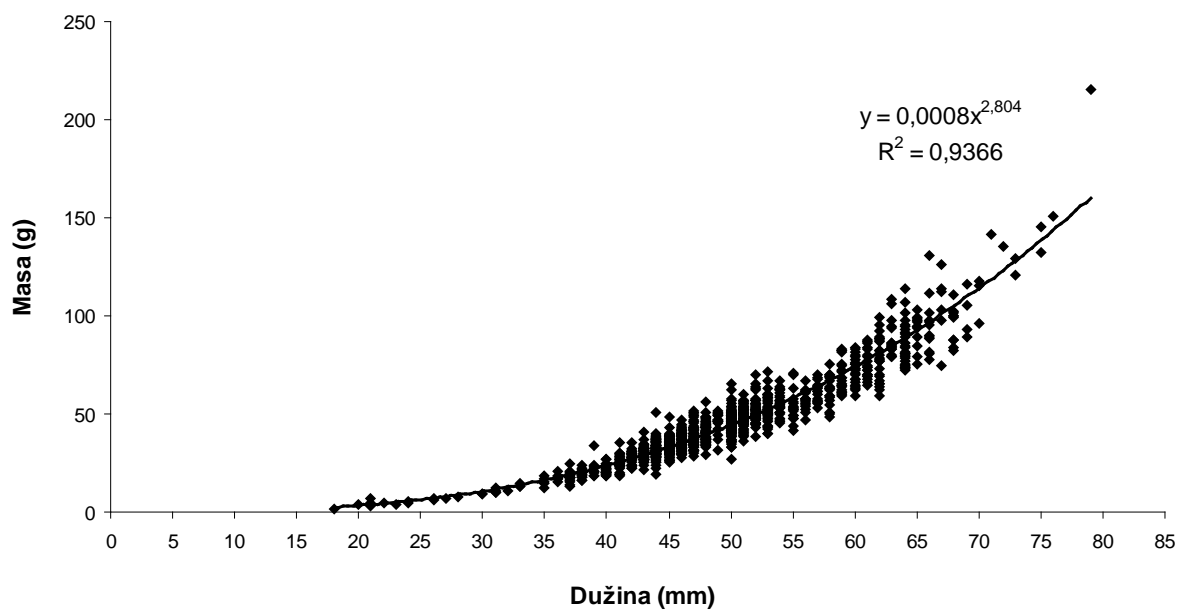
**Slika 4.7.1.** A) Biomasa i B) brojnost jedinki *Glycymeris nummaria* na lokacijama: 1 – Kamporska draga, 2 – Vir, 3 – Pag – Vir, 4 – Uvala Jasenov, 5 – Ninski zaljev, 6 – Ušće Cetine, 7 – Ušće Neretve.



**Slika 4.7.2.** Učestalost dužina školjkaša *Glycymeris nummaria* prikupljenih hidrauličnom dredžom na lokacijama A) Ninski zaljev, B) ušće Cetine i metodom autonomnog ronjenja na lokaciji C) Malostonski zaljev.



**Slika 4.7.3.** Odnos između dužina i mase vrste *Glycymeris nummaria* na lokacijama: A) Ninski zaljev, B) Ušće Cetine, C) Malostonski zaljev.



**Slika 4.7.4.** Odnos između dužina i mase jedinki vrste *Glycymeris nummaria* ukupno na lokacijama Ninski zaljev, Ušće Cetine i Malostonski zaljev.

## 5. Rasprava

### Starost i rast vrste *Glycymeris nummaria*

Prema podacima brojnih istraživanja, ljuštura je pouzdan izvor podataka o dinamici rasta školjkaša (za pregled vidjeti Richardson, 2001). Naime, mnoge vrste školjkaša imaju linije rasta u prizmatičnom sloju ljušture koje nastaju jednom godišnje kao rezultat sezonskih promjena u metabolizmu jedinki i polaganju ljušturog materijala (Richardson, 2001). Postoji nekoliko metoda koje se mogu koristiti za analizu unutarnje građe ljušture i linija rasta u svrhu određivanja rasta i starosti školjkaša te značaja čimbenika okoliša na polaganje ljušture. U ovom istraživanju korištena je metoda analize unutarnjih prstena rasta primjenom acetatnih preslika koja je uspješno primijenjena za istraživanja više vrsta školjkaša u Sredozemnom moru (Peharda i sur. 2002, Ezgeta-Balić i sur. 2011).

Premda je porodica Glycymerididae široko rasprostranjena relativno je malo objavljenih podataka o vrstama iste porodice, pa tako i o rastu i starosti. Prema Steingrímsson (1989) godišnje formiranje linija rasta kod vrste *Glycymeris glycymeris* u području otoka Mana zabilježeno je tijekom zimskog razdoblja te rast novog prstena započinje u proljeće (veljača – lipanj). Ovi su podaci u suglasju s rezultatima ostalih istraživanja u području otoka Mana kod kojih je formiranje linija rasta vrste *G. glycymeris* zabilježeno tijekom zimskog razdoblja od prosinca do ožujka kad su vrijednosti temperature mora najniže (Berthou i sur. 1986; Brocas i sur. 2013; Royer i sur. 2013). Rezultati ovog istraživanja ukazuju da se linije rasta kod *G. nummaria* u Malostonskom zaljevu stvaraju u razdoblju od veljače do lipnja, što također odgovara nižim vrijednostima temperature mora. Tijekom istraživanja vrste *Glycymeris bimaculata* u Paškom zaljevu, kao potencijalnog sklerokronološkog modela (Bušelić, 2012), metodom analize stabilnih izotopa kisika također je zabilježeno godišnje formiranje linija rasta u ljušturi u proljeće.

Tijekom analize starosti *G. nummaria* u Malostonskom zaljevu, linije rasta i prsteni su bili jasno vidljivi u području umba svih analiziranih ljuštura. Premda je prvi prsten rasta bio vidljiv kod svih analiziranih ljuštura, nije bilo moguće precizno odrediti položaj odgovarajuće linije rasta koja čini kraj prvog prstena. Ova činjenica je u skladu s istraživanjima Berthou i sur. (1986) i Steingrímsson (1989) koji navode da je otežano očitavanje prve linije rasta, odnosno da je prva linija manje izražena u odnosu na

sljedeće linije. Steingrímsson (1989) također navodi da je očitavanje godišnjih linija rasta složeno i kod starijih jedinki, posebno zbog trošenja ljušture onih jedinki koje naseljavaju grublju podlogu.

Rezultati dosadašnjih istraživanja ukazuju da različite vrste školjkaša u Jadranskom moru formiraju linije rasta tijekom različitih razdoblja godine. Tako je formiranje linija rasta kod vrste *Callista chione* u području sjevernog Jadrana zabilježeno tijekom ljeta od srpnja do listopada (Hall i sur. 1974) te u području Kaštelanskog zaljeva također tijekom ljetnog razdoblja (Ezgeta-Balić i sur. 2011). Formiranje linija rasta kod vrste *Venus verrucosa* u Jadranu također je zabilježeno u ljetnom razdoblju (Peharda i sur. 2013a), dok je sporiji zimski rast ključan za formiranje prstena rasta kod vrste *Modiolus barbatus* u Malostonskom zaljevu (Peharda i sur. 2007a).

Na temelju analize prstena rasta, tijekom ovog istraživanja određena je maksimalna starost od 20 godina za jedinku *G. nummaria* dužine 75,1 mm. Ukupno su zabilježene četiri jedinke čija je ljuštura bila duža od 70 mm, a starost u rasponu od 15 do 20 godina. Prema Poppe & Goto (2000) *G. nummaria* doseže veličinu od 70 mm. Ipak, tijekom nedavnog istraživanja u Tunisu (Charef i sur. 2012) pronađene su jedinke ove vrste dužine 91 mm; u njihovom istraživanju navedene pod sinonimom *G. violacescens*. Dakle, moguće je da je maksimalna starost vrste znatno veća od 20 godina. Stoga bi tijekom budućih istraživanja trebalo nastojati prikupiti i analizirati najveće jedinke iz različitih područja Sredozemlja u svrhu proučavanja starosti ove vrste.

Maksimalna starost vrste *G. glycymeris* procijenjena je u nekoliko istraživanja u obalnim vodama otoka Mana, a vrijednosti su 107 godina (Steingrímsson, 1989) i 101 godina (Ramsay i sur. 2000) te 192 godine u vodama Škotske (Reynolds, 2011). U usporedbi s vrstom *G. glycymeris*, vrsta *G. nummaria* je relativno kratko živuća. Međutim, kad se dostupni podaci o parametrima rasta usporede između ove dvije vrste, vrijednosti su relativno slične. Prema podacima istraživanja Savina (2004) tijekom kojeg su analizirane jedinke vrste *G. glycymeris* čija je starost bila do 30 godina, vrijednosti koeficijenta rasta za različite analizirane populacije su u rasponu od 0,11 do 0,13 g<sup>-1</sup>, procijenjenje maksimalne dužine ~47,5-55,0 mm, a indeks rasta od 2,42 do 2,52. Prema rezultatima von Bertalanffy jednadžbe rasta za jedinke *G. nummaria* u ovom istraživanju, vrijednost koeficijenta rasta iznosi 0,11 g<sup>-1</sup>, a vrijednost indeksa rasta 2,74. Tijekom istraživanja vrste *G. bimaculata* u Jadranu

(Bušelić, 2012) za najveću analiziranu jedinku dužine 109,5 mm određena je starost od 57 godina. Isti autori navode da je moguće da je dugovječnost veća, obzirom da je najveći dio analiziranog uzorka bio srednje veličinske kategorije, pa samim time i kraćeg životnog vijeka.

Rast je iznimno varijabilan ovisno o uvjetima okoliša (Grassé, 1960). Prema podacima Savina (2004) kod vrste *G. glycymeris* zabilježene su 3 faze rasta: faza sporog rasta do oko 5 godina, faza puno bržeg rasta maksimalno između 8 i 19 godina i zatim ponovno faza sporog rasta. Prema podacima Bušelić (2012) kod vrste *G. bimaculata* zabilježeno je značajno opadanje srednje vrijednosti rasta tijekom prvih 10 godina života kod svih analiziranih jedinki. Podaci analize linija rasta jedinki *G. nummaria* u ovom istraživanju ukazuju da je rast bio najintenzivniji tijekom prve četiri godine života kada jedinke postižu dužinu od ~40 mm.

Postoji više čimbenika koji imaju utjecaj na rast školjkaša, a značenje temperature i dostupnosti hrane dobro su opisani u literaturi (MacDonald & Thompson 1985 a,b; Schöne i sur. 2005, Hiebenthal i sur. 2012). Prema Savina (2004) za rast vrste *G. glycymeris* najvažniji čimbenik je gustoća populacije, a nakon toga pelagički izvori nutrijenata. Ovaj autor također navodi da su komparativna istraživanja rasta različitih vrsta, ovisno o područjima koja nastanjuju i čimbenicima okoliša složena. Isto objašnjava činjenicom da vrijednosti parametara okoliša ponekad nisu dovoljno precizne, a i teško procjenjivom mogućnošću sinergijskog djelovanja pojedinih parametara. Ovisno o različitim zemljopisnim širinama, mogu se pratiti promjene dugovječnosti vrste *G. glycymeris* koja postiže veće vrijednosti maksimalne starosti prema sjeveru. Naime, tijekom istraživanja na području Francuske zabilježene su maksimalne vrijednosti starosti ove vrste od oko 30 godina (Savina, 2004), a u vodama Škotske 192 godine (Reynolds, 2011).

Rezultati istraživanja Peharda i sur. (2013a) ukazuju da vrsta *Venus verrucosa* raste brže u područjima s visokom koncentracijom klorofila *a*, tijekom zimskog razdoblja i u područjima bogatima nutrijentima kao što je Kaštelanski zaljev i Malostonski zaljev. Prema Peharda i sur. (2013a) ovi podaci podupiru pretpostavke Arneri i sur. (1998) da dostupnost hrane ima značaj na brzinu rasta populacija školjkaša koji žive na različitim lokacijama, ali u području istog raspona vrijednosti temperature (Pratt & Campbell 1956; Ansel, 1968). Peharda i sur. (2002) su istraživali rast vrste *Arca noae* na tri lokaliteta u Jadranu te navode da ova vrsta u Malostonskom zaljevu ima veću stopu rasta od jedinki u Malom i Velikom jezeru na otoku Mljetu.



Međutim, potrebno je naglasiti da jedinke u Malostonskom zaljevu žive kao solitarni primjerci, za razliku od istraživanih na Mljetu što može predstavljati razlog navedene razlike stope rasta. Jednako tako je moguće da i vrsta *G. nummaria* raste različitom brzinom u drugim dijelovima Jadrana. Stoga bi tijekom budućih istraživanja bilo zanimljivo usporediti stopu rasta na različitim lokalitetima u Jadranu, posebno u područjima s različitom koncentracijom nutrijenata.

Podaci ovog istraživanja daju prve podatke o parametrima rasta vrste *G. nummaria*, relativno velike vrste školjkaša koja ima i ribarstveni potencijal u Hrvatskoj. Različita dugovječnost vrsta iste porodice otvara pitanja kao zašto jedna vrsta živi dulje od druge i koji čimbenici iz okoliša kontroliraju rast školjkaša. Cilj budućih radova trebao bi biti istraživanje čimbenika okoliša, kao što su temperatura morske vode i dostupnost hrane u kontroli i određivanju dugoročnih trendova rasta školjkaša u Jadranskom moru i Sredozemnom moru, sve u svrhu dobijanja uvida u sastav populacija i učinak čimbenika okoliša na dinamiku rasta i dugovječnost.

### **Razmnožavanje vrste *Glycymeris nummaria***

Školjkaši pokazuju široki raspon spolnosti od vrsta razdvojenog spola do onih koje su u potpunosti funkcionalno hermafroditi (Eversole, 2001). Rezultati ovog istraživanja ukazuju da je *Glycymeris nummaria* vrsta razdvojenog spola bez razlike u omjeru mužjaka i ženki. Obzirom da je glavni cilj ovog istraživanja bio odrediti ciklus sazrijevanja gonada, istraživanje je obavljeno korištenjem jedinki slične veličine >50 mm, pa se stoga ne mogu izvoditi konačni zaključci glede malih jedinki, kao što je pojava juvenilne spolnosti i hermafroditizma kod vrste *G. nummaria*. Naime, Lucas (1975) koji je istraživao spolnu diferencijaciju i juvenilnu spolnost kod jedinki *G. glycymeris* u rasponu veličine od 7 do 24 mm prikupljenih u Francuskoj, zaključuje da je ova vrsta sukcesivni hermafrodit. Zanimljivo je da tijekom kasnijih istraživanja Steingrimsson (1989) koristeći metodu histološke analize nije zabilježio hermafrodite kod jedinki *G. glycymeris* u rasponu veličine od 25 do 60 mm prikupljenih na otoku Manu. Pojava hermafroditizma, kao i razlike u omjeru spolova također su zabilježeni i za *Glycymeris longior* (G.B. Sowerby I, 1833) u Argentini (Ituarte, 1979) i *Glycymeris gigantea* (Reeve, 1843) u Meksiku (Villalejo-Fuerte i sur. 1995).

Za školjkaše je poznato da prolaze godišnji ciklus razmnožavanja koji uključuje gametogenezu s jednim ili s nekoliko događaja mrijesta, koji su pak praćeni razdobljem obnove gonada. Broj događaja mrijesta i trajanje razdoblja mrijesta može značajno

varirati ovisno o vrsti, geografskom području i uvjetima okoliša (Gosling, 2003). Vrsta *G. nummaria* istraživana u ovom radu imala je jedan izraženi vrhunac mrijesta, budući su zrele jedinke bile zabilježene samo u razdoblju od svibnja do srpnja. Nekoliko vrhunaca mrijesta zabilježeno je za populaciju *G. glycymeris* iz južne Bretanje u Francuskoj (Galap i sur. 1997). Kod ove vrste razdoblje vitelogeneze protezalo se od veljače/ožujka do travnja/svibnja te je prethodilo mrijestu u proljeće. Drugo razdoblje vitelogeneze trajalo je od svibnja/lipnja do rujna/listopada nakon čega nije uslijedio mrijest ili je zabilježen jedan, odnosno dva događaja mrijesta u ljetnoj ili jesenskoj sezoni. Treće razdoblje trajalo je od listopada /studenoga do veljače/ožujka, a osnovna značajka je bio visoki stupanj lizije oocita (Galap i sur. 1997). Isto tako, Steingrimsson (1989) je zabilježio kontinuiranu reproduktivnu aktivnost vrste *G. glycymeris* s oocitama u razvoju i zrelim oocitama prisutnima tijekom cijele godine. Prema Villalejo-Fuerte i sur. (1995) gametogenetska aktivnost vrste *G. gigantea* u Bahía Concepción (Mexico) se također zbiva tijekom cijele godine s primjetnim vrhuncem mrijesta u jesenskom razdoblju što odgovara nižim vrijednostima temperature.

Ljetni vrhunac mrijesta opisan kod *G. nummaria* također je bio zabilježen za dvije vrste školjkaša u Malostonskom zaljevu, uključujući kunjku *Arca noae* (Peharda i sur. 2006) i dlakavu dagnju *Modiolus barbatus* (Mladineo i sur. 2007). Naime, vrhunac mrijesta *A. noae* također se zbiva u razdoblju od svibnja do srpnja, dok su zrele jedinke *M. barbatus* bile sakupljene od lipnja do kolovoza. Tijekom navedenih istraživanja, nekoliko zrelih jedinki *A. noae* i *M. barbatus* pronađeno je također i u ostalim razdobljima godine ukazujući da, za razliku od *G. nummaria*, mogu imati više od jednog mrijesta godišnje.

U ovom istraživanju čak i kod zrelog razvojnog stadija vrste *G. nummaria*, prazni prostori su bili zabilježeni u reproduktivnom tkivu, a oocite nisu nikada bile gusto složene, kao kod nekih drugih vrsta kao što je vrsta *A. noae* (Peharda i sur. 2006). Sukladno rezultatima ovog istraživanja je i istraživanje Steingrimsson (1989) tijekom kojeg je utvrđeno da je najveći dio volumena folikula *G. glycymeris* bio prazan, a oocite nisu nikada zauzimale više od 30% reproduktivnog tkiva. Isti autor navodi dva moguća objašnjenja; prvo je da su zrele oocite ispuštene prije nego su folikuli ispunjeni gametama, a drugo je da su se folikuli rastegnuli s povećanjem proizvodnje gameta.

Kod školjkaša, veličina oocita ovisi o energiji i reproduktivnoj strategiji vrste, starosti, lokaciji i uvjetima okoliša, odnosno stresu iz okoliša (Giese, 1966, 1969; Honkoop & van der Meer 1998, Toro i sur. 2002, Maloy i sur. 2003, Meneghetti i sur.

2004). Beninger & Le Pennec (1997) navode pregled zabilježenih maksimalnih vrijednosti promjera oocita školjkaša u kojem su jasno vidljive razlike ovisno o vrsti. U svom radu pokazuju da vrsta školjkaša *Acharax alinae* Métivier & Cosel, 1993 ima iznimno velike i muške i ženske spolne stanice i da je veličina zrelih jajnih stanica ~600  $\mu\text{m}$ . Zrele jajne stanice vrste *G. nummaria* analizirane tijekom ovog istraživanja su manje od onih opisanih za *G. glycymeris* i *G. gigantea* te je zabilježen samo mali postotak jajnih stanica >80  $\mu\text{m}$ . Rezultati analize učestalosti promjera jajnih stanica *G. nummaria* odgovaraju rezultatima kvantitativnih stadija gonadnog razvoja. Prema Lucas (1965 u Beninger & Le Pennec 1997) maksimalni promjer jajnih stanica vrste *G. glycymeris* je ~170  $\mu\text{m}$ , čime se ubrajaju među najveće jajne stanice kod školjkaša. Ipak, ovo su vjerojatno ekstremne vrijednosti obzirom da su kasnija istraživanja pokazala da je promjer zrelih jajnih stanica *G. glycymeris* u rasponu od 100 do 130  $\mu\text{m}$  (Steingrimsson, 1989; Galap i sur. 1997). Villalejo-Fuerte i sur. (1995) zabilježili su jajne stanice *G. gigantea* promjera većeg od 150  $\mu\text{m}$ , dok su tijekom reproduktivnog maksimuma vrijednosti njihovog srednjeg mjesečnog promjera bile >120  $\mu\text{m}$ . Za usporedbu, srednji promjer zrelih jajnih stanica kod vrste *Crassostrea gigas* (Thunber, 1793) je 36  $\mu\text{m}$ , a zabilježen je samo mali broj stanica >50  $\mu\text{m}$  (Lango-Reynoso i sur. 2000). Maksimalni promjer jajnih stanica zabilježen kod *A. noae* je 116  $\mu\text{m}$ , dok je istovremeno srednji promjer jajnih stanica bio 54,3  $\mu\text{m}$  (Peharda i sur. 2006). Slični rezultati su zabilježeni i za vrstu *M. barbatus* kod koje je srednji promjer jajnih stanica tijekom reproduktivnog razdoblja bio 48,3  $\mu\text{m}$ , a samo mali broj stanica bio je veći od 80  $\mu\text{m}$  (Mladineo i sur. 2007).

Indeks kondicije obično prati razvoj gonada. U ovom istraživanju, iznimka je veća srednja vrijednost indeksa kondicije dobivena za jedinke prikupljene u travnju, dok su najveće vrijednosti SGI zabilježene za mužjake i ženke u lipnju, odnosno srpnju. Slični podaci opisani su za vrstu *M. barbatus* kod koje je najveći srednji mjesečni indeks kondicije zabilježen u svibnju, a najveći SGI se javlja kasnije u kolovozu (Mladineo i sur. 2007). Villalejo-Fuerte i sur. (1995) zabilježili su da su varijacije indeksa kondicije vrste *G. gigantea* vjerojatno pod utjecajem razvoja gameta, što odgovara podacima ovog istraživanja.

Podaci o reproduktivnim značajkama vrste *G. nummaria* dobiveni u ovom istraživanju ukazuju da ova vrsta u Jadranskom moru ima jedan vrhunac mriješta, koji se zbiva tijekom ljetnih mjeseci i da su razvoj gonada ženki i mužjaka istovremeni. Buduća istraživanja trebala bi se usmjeriti na istraživanje veličine jedinki pri spolnoj

zrelosti, omjer spolova u odnosu na dužinu ljuštore, fekunditet i utjecaj čimbenika okoliša na gonadni ciklus.

### **Sastav masnih kiselina vrste *Glycymeris nummaria***

U ovom istraživanju koncentracija lipida kod vrste *Glycymeris nummaria* u mišiću zatvaraču bila je nekoliko puta niža nego koncentracija u probavnoj žlijezdi i ostala je relativno nepromijenjena tijekom cijele godine, osim zabilježenih viših vrijednosti tijekom siječnja i rujna. Slično je zabilježeno i kod srodne vrste *G. glycymeris* u području južne Bretanje, Francuska, kod koje je utvrđeno povećanje koncentracije lipida u mišićnom tkivu također tijekom zime i / ili tijekom razdoblja vitelogeneze s najvećim vrijednostima tijekom jesenskog razdoblja mrijesta (Galap i sur. 1997).

Sadržaj lipida probavne žlijezde kod vrste *G. nummaria* imao je izražene sezonske varijacije što je također zabilježeno i kod drugih vrsta (Galap i sur. 1997, Ezgeta-Balić i sur. 2014, Dupčić Radić i sur. u tisku). Koncentracija lipida u probavnoj žlijezdi kod jedinki *G. nummaria* bila je slična onoj zabilježenoj kod pridnenih jedinki *Modiolus barbatus* i *Arca noae* u Malostonskom zaljevu (Ezgeta-Balić i sur. 2014), za razliku od jedinki iz uzgoja, koje žive u stupcu morske vode, *Mytilus galloprovincialis* i *Ostrea edulis*, kod kojih su određene niže vrijednosti sadržaja lipida.

Kod vrste *G. nummaria* sadržaj lipida u probavnoj žlijezdi općenito je pratio sazrijevanje gonada i povećavao se u razdoblju od siječnja do srpnja. Najveća koncentracija lipida zabilježena je u rujnu kad su gotovo sve analizirane jedinke i mužjaka i ženki bile opisane kao izmriještene. Galap i sur. (1997) ukazuju da varijacije sadržaja lipida utrobe nisu jasno povezane sa stupnjem sazrijevanja gonada, povećavajući se i smanjujući nakon proljetnog, odnosno jesenskog mrijesta. Obzirom da su isti autori analizirali cijelu utrobu teško je interpretirati odgovarajuće podatke o varijaciji ukupnih lipida zasebno u gonadama, probavnoj žlijezdi i ostatku unutarnjih organa. Stoga, moguće je da jedinke *G. nummaria* nastavljaju akumulirati lipide i energiju u probavnoj žlijezdi nakon razdoblja mrijesta kako bi osigurale fiziološke procese tijekom zahtjevnog zimskog razdoblja (Beninger & Lucas 1984).

Sastav masnih kiselina lipida školjkaša odgovara masnokiselinskom sastavu hrane koju školjkaš konzumira tijekom dužeg vremenskog razdoblja, pa se stoga na osnovu masnokiselinskih trofičkih markera može procijeniti sastav hrane (Prato i sur. 2010, Ezgeta-Balić i sur. 2012). Tijekom analize uzoraka vrste *G. glycymeris*

zabilježen je najveći udio zasićenih masnih kiselina, posebno C20:0 u svim analiziranim tkivima što ukazuje da su bakterije iz detritusa doprinosile najviše kao izvor hrane (Galap i sur. 1999). Premda manje zastupljene, PUFA su također zabilježene u tkivu *G. glycymeris* što ukazuje da je i fitoplankton sastavni dio ishrane (Galap i sur. 1999). Slični rezultati su dobiveni u ovom istraživanju u kojem su zasićene masne kiseline u probavnoj žlijezdi vrste *G. nummaria* doprinosile u rasponu vrijednosti od 49,4 do 81,9%. Naime, kod vrste *G. nummaria*, palmitinska kiselina C16:0, zasićena masna kiselina je dominirala i činila najveći udio ukupnih masnih kiselina u oba istraživana tkiva, s razlikom da je koncentracija ove masne kiseline u probavnoj žlijezdi imala dvostruko veće vrijednosti od onih u mišiću. Tijekom istraživanja Perrat i sur. (2013), kod vrste *Scrobicularia plana* (Da Costa, 1778) zabilježeno je da zasićene masne kiseline čine najveći udio ukupnih masnih kiselina u dva tkiva, mišiću i gonadama na tri istraživane lokacije, a palmitinska kiselina C16:0 je dominantna masna kiselina. Kod školjkaša *Mytilus galloprovincialis* (Freites i sur. 2002) zabilježen je najveći udio palmitinske kiseline, premda su ukupno dominirale nezasićene masne kiseline. Freites i sur. (2010) također bilježe najveći udio palmitinske kiseline u gonadnom tkivu školjkaša *Nodipecten nodosus* (Linnaeus, 1758). Slično je zabilježeno i tijekom istraživanja masnokiselinskog sastava lipida mišića zatvarača i probavne žlijezde periske *Pinna nobilis* (Najdek i sur. 2013) u Malostonskom zaljevu, kad je od tri veličinske skupine, u želucu najmanjih jedinki zabilježena dominacija palmitinske kiseline.

Uspoređujući rezultate istraživanja Ezgeta-Balić i sur. (2012) na četiri komercijalno važne vrste; *Ostrea edulis* i *Mytilus galloprovincialis*, uzgajane u stupcu vode te *Modiolus barbatus* i *Arca noae* iz prirodne populacije, također u Malostonskom zaljevu i ovog istraživanja, očigledan je veći udio zasićenih masnih kiselina kod vrste *G. nummaria*. Ovakav sastav najvjerojatnije je prouzročen načinom života vrste *G. nummaria* i položajem u hranidbenom lancu. Naime, jedinke *G. nummaria* se dublje zakopavaju u sedimentu u odnosu na ostale pridnene vrste u Malostonskom zaljevu koje žive na supstratu, kao što su *M. barbatus* i *A. noae*, te stoga prvenstveno imaju dostupan detritus kao izvor hrane.

Tijekom rujna jedinke *G. nummaria* su kao hranu pretežno unosile čestice detritusa. Niski stupanj nezasićenosti lipida probavne žlijezde odgovara njihovom slabom indeksu kondicije, koji je posljedica razdoblja mrijesta. Detritus je činio glavni izvor hrane također u studenom i siječnju, iako je ishrana bila nešto bolje kakvoće.

Potreba za poboljšanjem kakvoće hrane u smislu desaturacije može biti povezana s održavanjem funkcija organizma u uvjetima niskih vrijednosti temperature. Rezultati pojedinih istraživanja ukazuju da povećanje desaturacije, kao odgovor na pad vrijednosti temperature može biti prikriveno utjecajem višestruko nezasićenih masnih kiselina PUFA iz izvora hrane (DeMoreno i sur. 1976). To je u suglasju sa zabilježenim povećanjem stupnja nezasićenosti tijekom razdoblja kasne jeseni i zime, tj. tijekom studenoga i siječnja, u odnosu na rujan. Od ožujka do srpnja, kod jedinki *G. nummaria* zabilježeno je sazrijevanje spolnih stanica i kod mužjaka i ženki. U tom razdoblju kakvoća probavljene hrane je poboljšana zbog povećanog unosa PUFA najvećim dijelom iz fitoplanktona što se zaključuje iz povećanog udjela EPA i omjera 16:1/16:0. Premda je sastav masnih kiselina školjkaša uglavnom odraz sastava masnih kiselina unesene hrane, poznata je pojava produljenja pojedinih masnih kiselina (Albentosa i sur. 1996, Delaporte i sur. 2005), te desaturacija nekih masnih kiselina (Albentosa i sur. 1996). Spomenuto je zabilježeno tijekom laboratorijskih istraživanja, tijekom kojih su školjkaši unosili hranu poznatog sastava masnih kiselina što je omogućilo praćenje biokonverzije masnih kiselina u tkivu. Obzirom da je ovo istraživanje vrste *G. nummaria* obavljeno analizom jedinki iz prirodne populacije, ne može se razmatrati pojava desaturacije. Ipak, tijekom budućih istraživanja bi bilo dobro usmjeriti se na predmetna laboratorijska istraživanja vrste *G. nummaria*.

Prisutnost animalne komponente u probavnoj žlijezdi jedinki *G. nummaria* je opisana omjerima DHA / EPA u korist DHA u odnosu na EPA. Ove dvije PUFA u kombinaciji s ARA mogu biti prenesene izravno ili putem detritusnog hranidbenog lanca u mikrozooplankton, a zatim na više razine hranidbenog lanca (Ventrella i sur. 2008). Njihova prisutnost u probavnoj žlijezdi u takvim omjerima vjerojatno odražava doprinos različitih izvora hrane, kao detritusa obogaćen fito- i zooplanktom.

Premda je detritus određen kao glavni izvor hrane kod vrste *G. nummaria*, postoje određene sličnosti u prehrani vrste *G. nummaria* i četiri vrste školjkaša u Malostonskom zaljevu (Ezgeta i sur. 2012), koji su redovito konzumirali fitoplankton tijekom proljeća i ljeta, dok je detritus i /ili zooplankton bio značajniji izvor hrane tijekom jeseni i zime. Slično je zaključeno i tijekom istraživanja ishrane vrste *A. noae* u Malostonskom zaljevu (Dupčić Radić i sur. u tisku), tj. da se ovaj školjkaš hrani različitim izvorima hrane, prvenstveno fitoplanktonom, a zatim zooplanktonom.

U usporedbi s rezultatima dobivenim za probavnu žlijezdu, masne kiseline mišića zatvarača su sadržavale veći udio PUFA i nižu razinu MUFA i SAT kod jedinki

*G. nummaria*. Akumulirane PUFA imaju značajnu ulogu u održavanju fluidnosti membrana, za osiguranje energije potrebne za različite metaboličke funkcije i također kao rezerva energije tijekom razdoblja nedostatka hrane (Freites i sur. 2002). Akumuliranje ARA, EPA i DHA bilo je zabilježeno u mišićnom tkivu tijekom cijele godine, s minimalnom vrijednosti u rujnu nakon razdoblja intenzivnog mrijesta jedinki *G. nummaria* što je u suglasju sa slabim indeksom kondicije. Ovi rezultati su slični s onim za ostale pridnene vrste u Malostonskom zaljevu (Ezgeta Balić i sur. 2012). Slično je zabilježeno i kod vrste *Ruditapes decussatus* kod koje su najveće vrijednosti PUFA odgovarale zrelim jedinkama, a najmanje izmriještenim (Ojea i sur. 2004). Opadanje razine DHA i EPA također je zabilježeno u neutralnoj lipidnoj frakciji školjkaša *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) nakon mrijesta (Trider & Castell 1980). ARA predstavljaju glavne prekursore eikozanoida uključujući prostaglandine koji stimuliraju kontrakciju mišića i otpuštanje jajnih stanica tijekom mrijesta (Soudant i sur. 1999, Palacios i sur. 2005) što se prema rezultatima istraživanja ciklusa razmnožavanja školjkaša *G. nummaria* događa u razdoblju od lipnja do rujna.

Uz ARA, EPA i DHA, mišić zatvarač kod jedinki *G. nummaria* također je bio bogat s NMID, čije su vrijednosti usporedive s onim kod vrste *A. noae* (Ezgeta-Balić i sur. 2012; Dupčić Radić i sur. u tisku). NMID i njihov prekursor palmitoleinska kiselina su negativno korelirali ukazujući da je sinteza također potaknuta prisutnošću C16:1(n-7) u ishrani (Zhukova, 1991). Uloga supstitucije kod ARA, EPA i DHA (esencijalne masne kiseline EFA), zabilježena kod drugih vrsta školjkaša (Ezgeta-Balić i sur. 2012), uslijed negativne korelacije NMID u mišiću zatvaraču s EFA u probavnoj žlijezdi, također je zabilježena i kod vrste *G. nummaria*.

### **Endoliti u ljušturama vrste *Glycymeris nummaria***

Vrsta *Glycymeris nummaria* u Malostonskom zaljevu pokazuje relativno visoke vrijednosti zaraze endolitima, obzirom da su sve analizirane jedinke bile zaražene, odnosno imale makroskopski vidljive promjene boje na unutarnjoj strani ljuštare. Ipak, najveći broja analiziranih jedinki *G. nummaria* (55,4%) opisan je kao slabo zaražen. Istovremeno nisu zabilježene jedinke s promjenama boje ljuštare površine veće od 69,3%. Također nisu zabilježene ni neke druge promjene ljuštare kao oštećenja uslijed djelovanja endolita. Ipak tijekom istraživanja Morton i sur. (2011), zabilježeno je djelovanje školjkaša *Rocelaria dubia* kod jedinki *G. nummaria* u Malostonskom zaljevu. Isti autori također opisuju pojavljivanje i djelovanje vrste *R. dubia* kod vrste *Ostrea*

*edulis* u Malostonskom zaljevu. Premda je analizirano svega nekoliko jedinki *G. nummaria*, opisano je djelovanje na strukturu ljuštore i odgovor školjkaša. Ipak ne postoje podaci o promjenama boje na unutarnjoj strani ljuštore kao rezultat djelovanja endolita, tako da se ne može uspoređivati odnos školjkaša *R. dubia* i drugih vrsta endolita. Naime, postoji mogućnost da ljuštura koja je već značajno zahvaćena endolitima postaje podložna za djelovanje i drugih vrsta. U literaturi je opisana pojava da naseljavanje obično započinje cijanobakterijama ili klorofitima, zatim gljivama (Golubić i sur. 2005, Radtke & Golubić 2005), spužvama (Rosell i sur. 1999, Stefaniak i sur. 2005), polihetima (Riascos i sur. 2008) te kasnije i mekušcima (Trigui El-Menif i sur. 2005). Slično je zabilježeno i tijekom istraživanja Ćurin i sur. (2014), kad je određen visoki stupanj zaraze endolitima kod vrste *Modiolus barbatus* također u Malostonskom zaljevu. Zabilježena je zaraza endolitima više od 93% analiziranih ljuštura te djelovanje vrste *R. dubia* kod više od 40% ljuštura.

Prema podacima istraživanja starosti i rasta, Peharda i sur. (2007a) navode da kod jedinki dlakave dagnje *M. barbatus* iz prirodne populacije u Malostonskom zaljevu, postoji česta zaraza endolitima. Neke od analiziranih jedinki su bile deformirane te je mikroskopskom analizom zabilježeno djelovanje endolitskih cijanobakterija. Autori zaključuju da razlike u rastu jedinki *M. barbatus* mogu biti dijelom prouzročene djelovanjem endolita. Tijekom istraživanja vrste *M. barbatus* također u Malostonskom zaljevu (Ćurin i sur. 2014) opisano je pojavljivanje i rasprostranjenost oštećenja u odnosu na dužinu školjkaša i indeks kondicije. Nije zabilježena značajna razlika u stupnju zaraze obzirom na sezonu uzorkovanja, što ukazuje na trajne posljedice uslijed prisutstva i djelovanja endolita. Ipak, zabilježeno je da jedinke s manjim stupnjem zaraze imaju viši indeks kondicije. Rezultati brojnih istraživanja također ukazuju da zaraženost endolitima može negativno utjecati na indeks kondicije (Kaehler & McQuaid 1999, Stefaniak i sur. 2005, Zardi i sur. 2009). Prema rezultatima ovog istraživanja kod vrste *G. nummaria* zabilježene su sezonske promjene vrijednosti indeksa kondicije koje su povezane s ciklusom razmnožavanja. Usporedbom stupnja zaraženosti i indeksa kondicije nije zabilježen negativan učinak endolita, tj. zaraženosti na indeks kondicije. Tijekom ostalih analiza u okviru ovog istraživanja i sekcije školjkaša, također nisu zabilježene makroskopske promjene na unutarnjim organima.

Odnos vrijednosti dužina ljuštura i površine zaraženosti jedinki *G. nummaria* ukupno prikupljenih tijekom veljače i lipnja 2010. godine ukazuje da je površina zaraženosti veća kod jedinki veće dužine. Zaraženost stupnja 1 zabilježena je kod



jedinki u većem rasponu dužina od 51 do 63 mm, dok je zaraženost stupnja 3 zabilježena samo kod većih jedinki čije su dužine u rasponu od 59 do 61 mm. Premda su analizirane jedinke srednje vrijednosti dužina  $57,08 \pm 5,15$  mm, odnosno jedinke veće dužine, a stoga vjerojatno i starosti, može se zaključiti da su jedinke manje dužine ljuštare, slabije zaražene endolitima. U prilog ovom obrazloženju je i podatak da su, tijekom prikupljanja uzoraka za ostale analize ovog istraživanja, zabilježene jedinke manje dužine u rasponu od 30 do 40 mm, koje nisu imale znakove promjene boje ljuštare, odnosno djelovanja endolitima, ili su imale naznake zaraženosti isključivo na području mišića zatvarača. Istraživanje pojave endolita kod vrste *Perna perna* (Linnaeus, 1758) u južnoj Africi i *M. galloprovincialis* u Portugalu i južnoj Africi, ukazuju da stupanj zaraze raste sa starošću koja je određena na temelju vrijednosti dužine školjkaša (Kaehler & McQuaid 1999, Marquet i sur. 2013). Manje jedinke su uglavnom bile nezaražene, dok su veće imale visoki stupanj zaraze endolitima te značajnija oštećenja. Kod vrste *M. barbatus* u Malostonskom zaljevu (Ćurin i sur. 2014) zabilježeno je slično, odnosno jedinke veće dužine pokazivale su viši stupanj zaraženosti.

Premda je pomoću elektronskog mikroskopa potvrđeno djelovanje endolita u ljušturi *G. nummaria* u Malostonskom zaljevu, nije obavljena analiza skupina endolitskih organizama, što bi trebalo planirati tijekom budućih istraživanja. Također bi bilo potrebno analizirati jedinke u većem rasponu dužina, posebno jedinke manjih dužina, odnosno starosti.

### **Prisutnost i sastav populacija vrste *Glycymeris nummaria* u Jadranu**

Premda se prvi podaci o rodu *Glycymeris* u istočnom Jadranu navode u radovima na prijelazu iz 19. u 20. st. (Danilo & Sandri 1855, Brusina, 1866; 1891; 1907), podaci o rasprostranjenosti su oskudni. Prema Legac & Hrs Brenko (1999) relativno složena determinacija školjkaša razlog je različitih podataka o rasprostranjenosti vrsta roda *Glycymeris*. Isti autori navode da su nalazi *G. nummaria* rjeđi u odnosu na druge vrste ovog roda, obzirom da nastanjuje sitne pijeske koji su rijetki na istočnoj obali Jadrana.

Tijekom istraživanja u okviru projekta PHARE prikupljeni su uzorci *G. nummaria* od otoka Raba na sjeveru do ušća rijeke Neretve na jugu, korištenjem hidraulične dredže "vongolare" te je ova vrsta zabilježena na sedam od istraživanih osamnaest lokacija. Ovo je u suprotnosti s podacima pethodnih istraživanja (Legac & Hrs Brenko

1999), prema kojima je ova vrsta opisana kao manje prisutna na istočnoj obali Jadrana. Prema podacima istraživanja Charef i sur. (2010) i uzorkovanja obavljenog pomoću grabila uz obalu Tunisa, zabilježena je brojnost 2 jed/m<sup>2</sup>, što je u istom istraživanju najniža vrijednost u odnosu na druge vrste školjkaša.

Tijekom analize učestalosti dužina jedinki *G. nummaria* zabilježena je razlika raspona dužina i srednje dužine školjkaša prikupljenih dredžom na ukupno šest lokacija i onih prikupljenih metodom autonomnog ronjenja u Malostonskom zaljevu. Obzirom da su uzorci prikupljeni različitim metodama, rezultati se ne mogu uspoređivati. Učestalost dužina školjkaša uspoređena je između područja Ninskog zaljeva i ušća Cetine, obzirom da je u oba slučaja korištena ista metoda uzorkovanja dredžom te je zabilježena statistički značajna razlika. Analizirane jedinice imale su veći raspon dužina u području ušća Cetine u odnosu na jedinice u Ninskom zaljevu. Premda je zabilježena relativno velika vrijednost biomase u Ninskom zaljevu, istovremeno je zabilježena najveća učestalost jedinki manje dužine, pa stoga vjerojatno i mlađih jedinki, dok su na ušću Cetine najučestalije jedinice veće dužine. Različiti čimbenici mogu imati učinak na spomenute razlike dužine jedinki i vrijednosti biomase, kao što je dostupnost hrane ili razlike predacije. Obzirom da ne postoje dostupni podaci o spomenutim čimbenicima, niti prethodni podaci o dužinskoj raspodjeli ove vrste, nije moguće razmatrati navedene razlike, odnosno mogućnost promjena u sastavu populacije. Vrsta *G. nummaria* nije komercijalno značajna u Jadranu, pa ne postoje ni odgovarajući podaci o izlovu. Stoga nije moguće razmatrati niti izlov vrste. Ipak, prema podacima Legac & Hrs Brenko (1999) o vrstama istog roda u Jadranu, nekontrolirano iskorištavanje pijeska i pojačana aktivnost ribolova dredžom na području otoka Paga i Raba značajno su izmijenile brojnost jedinki te se predlažu zakonske mjere reguliranja aktivnosti u svrhu zaštite vrsta *G. bimaculata* i *G. glycymeris*. Zavodnik i sur. (2006) za vrste roda *Glycymeris* predlažu zaštitu, obzirom na tadašnje podatke o fauni otoka Paga.

Analizom dužinsko-masениh odnosa, kod uzoraka *G. nummaria* prikupljenih dredžom u Ninskom zaljevu i na ušću Cetine te metodom autonomnog ronjenja u Malostonskom zaljevu, zabilježen je negativni alometrijski rast. Tijekom istraživanja Charef i sur. (2012) uz obalu Tunisa kod vrste *G. nummaria* zabilježen je također negativni alometrijski rast, što ukazuje da se tijekom rasta kod jedinki više povećavaju vrijednosti dužine nego mase. Alometrijski rast je opisan i za *G. glycymeris* u području sjeverozapadne Francuske (Savina 2004).

U Hrvatskoj se školjkaši najčešće prikupljaju metodom autonomnog ronjenja, dok se dredža koristi na području sjevernog Jadrana. Tijekom zadnjeg desetljeća iskorištavanje školjkaša iz prirodnih populacije je sve učestalije, pa se rezultati ovog istraživanja mogu primijeniti tijekom osmišljavanja monitoring programa, posebno u području Malostonskog zaljeva zaštićenog sukladno Zakonu o zaštiti prirode, ali i kao sastavnog dijela ekološke mreže za stanišni tip plitke uvale i zaljevi za koji su karakteristični školjkaši roda *Glycymeris*.

## 6. Zaključci

U Malostonskom zaljevu vrsta *Glycymeris nummaria* formira jedan prsten rasta godišnje u razdoblju od ožujka do lipnja.

U Malostonskom zaljevu vrsta *G. nummaria* raste relativno brzo i doseže dužinu od 75,1 mm te živi relativno kratko vrijeme u usporedbi s drugim vrstama iste porodice.

Maksimalna dugovječnost jedinki *G. nummaria* određena u Malostonskom zaljevu je 20 godina.

Prema rezultatima von Bertalanffy jednadžbe rasta, na temelju podataka o starosti pri određenoj dužini dobivene su vrijednosti  $L_{\infty}=71$  mm, vrijednost parametra rasta  $K=0,11 \text{ g}^{-1}$  te  $t_0=3,736$  ( $r^2=0,919$ ). Vrijednost indeksa rasta je 2,74.

Cilj budućih istraživanja trebao bi biti istraživanje čimbenika okoliša, prvenstveno temperature morske vode i dostupnosti hrane na dinamiku rasta i dugovječnost školjkaša *G. nummaria*.

Vrsta *G. nummaria* je razdvojenog spola s jednakim brojem jedinki mužjaka i ženki u istraživanom uzorku.

Analizom stadija sazrijevanja muških i ženskih gonada, mrijest je zabilježen u srpnju i kolovozu uz istovremeni razvoj mužjaka i ženki. Mrijest se odvija tijekom razdoblja s najvećim godišnjim vrijednostima temperature.

Buduća istraživanja trebala bi se usmjeriti na istraživanje veličine jedinki pri spolnoj zrelosti, omjer spolova u odnosu na dužinu ljušture, fekunditet i utjecaj čimbenika okoliša na sezonski gonadni ciklus.

Zasićene masne kiseline prevladavale su u probavnoj žlijezdi tijekom čitavog vremena istraživanja, dok su PUFA prevladavale u mišićnom tkivu tijekom svih istraživanih mjeseci osim u rujnu. Zabilježene su znatno niže vrijednosti PUFA i u probavnoj žlijezdi i u mišiću u rujnu, odnosno nakon mrijesta.

Minimalna vrijednost ARA u mišićnom tkivu zabilježena je u rujnu, što se može objasniti kao posljedica mrijesta školjkaša *G. nummaria* koji se zbivao tijekom srpnja i

kolovoza, obzirom da su ARA glavni prekursori eikozanoida uključujući prostaglandine koji stimuliraju mrijest.

Kod vrste *G. nummaria*, palmitinska kiselina C16:0 je dominirala i činila najveći udio ukupnih masnih kiselina u oba istraživana tkiva, s razlikom da je koncentracija ove masne kiseline u probavnoj žlijezdi imala dvostruko veću vrijednost od one u mišiću.

Ishrana vrste *G. nummaria* u Malostonskom zaljevu se temelji na detritusu tijekom jeseni i zime, dok tijekom proljeća i ljeta dodatni izvor hrane čine fitoplankton i zooplankton.

Vrsta *G. nummaria* u Malostonskom zaljevu pokazuje visoke vrijednosti zaraze endolitima, obzirom da su sve analizirane jedinke bile zaražene, odnosno imale makroskopski vidljive promjene boje na unutarnjoj strani ljušture.

Kod najvećeg broja jedinki *G. nummaria* (55,38 %) zabilježena zaraženost je opisana kao „slabo zaražene“ te nisu zabilježene promjene ljušture s površinom većom od 69,3 %, kao ni druga oštećenja ljušture nastala djelovanjem endolita.

Stupanj zaraze endolitima kod *G. nummaria* povećava se s dužinom jedinki. Usporedbom odnosa stupnja zaraze i indeksa kondicije nije zabilježen negativan učinak endolita, tj. zaraze na indeks kondicije.

Određene su relativno visoke vrijednosti biomase ( $62 \text{ g/m}^2$ ) i brojnosti ( $1,59 \text{ jed/m}^2$ ) za vrstu *G. nummaria* u Ninskom zaljevu, dok su na ostalim lokalitetima vrijednosti biomase bile u rasponu od  $0,17 \text{ g/m}^2$  do  $3,92 \text{ g/m}^2$ , a vrijednosti brojnosti od  $0,013 \text{ jed/m}^2$  do  $0,109 \text{ jed/m}^2$ .

Zabilježena je statistički značajna razlika dužina školjkaša *G. nummaria* između područja Ninskog zaljeva i ušća Cetine.

## 7. Literatura

- Albentosa, M., U. Labarta, M.J. Fernández-Reiriz & A. Pérez-Camacho. 1996. Fatty acid composition of *Ruditapes decussatus* spat fed on different microalgae diets. *Comp. Biochem. Physiol. A*, 113: 113-119.
- Ansell, A.D. 1968. The rate of growth of the hard clam *Mercenaria mercenaria* (L.) throughout the geographical range. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 31: 364-409.
- Antolović M., V. Kožul, N. Antolović, J. Bolotin & N. Glavić. 2012. Inducirani mrijest male kapice (*Chlamys varia* Linnaeus, 1758), In: Pospišil M. (ed.), Proceedings from 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture. Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Agriculture, pp. 573-576.
- Arneri, E., G. Giannetti & B. Antolini. 1998. Age determination and growth of *Venus verrucosa* L. (Bivalvia: Veneridae) in the southern Adriatic and the Aegean Sea. *Fish. Res.*, 38: 193-198.
- Bachelet, G. 1980. Growth and recruitment of the tellinid bivalve *Macoma balthica* at the southern limit of its geographical distribution, the Gironde estuary (SW France). *Mar. Biol.*, 59: 105-117.
- Bakran-Petricioli, T. 2007. Morska staništa – priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja. Državni zavod za zaštitu prirode. Zagreb. 56 pp.
- Barash, A. & Z. Danin. 1977. Additions to the knowledge of Indo-Pacific Mollusca in the Mediterranean. *Conchiglie*, 13(5-6): 85-116.
- Bar-Yosef, D.E. 2005. The exploitation of shells as beads in the palaeolithic and neolithic of the Levant. *Paléorient*, 31(1): 176-185.
- Bar-Yosef, D.E. & J. Heller. 1987. Mollusca from Yiftah'el, Lower Galilee, Israel. *Paléorient*, 13(1): 131-135.
- Basioli, J. 1968. Uzgoj školjkaša na istočnim obalama Jadrana. *Pomorski zbornik*, 6: 179-216.
- Batista, I., I. Vidal, H.M. Lourenço, I. Sousa & M.L. Nunes. 1999. Tenderisation of the dog cockle (*Glycymeris glycymeris*) meat by polyphosphates. *Eur. Food Res. Technol.*, 210(1): 31-33.
- Beninger, P.G. & M. Le Pennec. 1997. Reproductive characteristics of a primitive bivalve from deep-sea reducing environment: giant gametes and their significance in *Acharax alinae* (Cryptodonta: Solemydae). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 157: 195-206.
- Beninger, P.G. & A. Lucas 1984. Seasonal variations in condition, reproductive activity, and gross biochemic composition of two species of adult clam reared in a common habitat: *Tapes decussatus* L. (Jeffreys) and *Tapes philippinarum* (Adam & Reeves). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 79: 19-37.

- Benović, A. 1997. The history, present condition, and future of the molluscan fisheries of Croatia. In: MacKenzie C.L. Jr, Burrell V.G. Jr, Rosenfield A., Hobart W.L. (eds.), The history, present condition, and future of the molluscan fisheries of North and central America and Europe, vol 3. NOAA Tech. Rep. NMFS 129. U.S. Department of Commerce, Europe, pp. 217-226.
- Bergé, J.P. & G. Barnathan. 2005. Fatty acids from lipids of marine organisms: molecular biodiversity, roles as biomarkers, biologically active compounds, and economical aspects. *Adv. Biochem. Eng. Biotechnol.*, 96: 49-125.
- Berthou P. 1987. Perspectives d'exploitation des petits bivalves. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00000/2208/>
- Berthou, P., M. Blanchard, P. Noël & C. Vergnaud Grazzini. 1986. Stable isotope analysis of shells for age determination in four bivalve species from the Normand-Breton Gulf (western English Channel). Tech. Rep. K:16. International Council for the Exploration of the Sea.
- Bligh, E.G. & W.J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37: 911-917.
- Bolotin, J., N. Glavić, N. Antolović & V. Kožul. 2011. Preliminary results on the growth and mortality of warty venus *Venus verrucosa* (Linnaeus, 1758) in the suspension. In: Pospišil M. (ed.), Proceedings from 46<sup>th</sup> Croatian and 6<sup>th</sup> International Symposium on Agriculture. Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Agriculture, pp. 791-794.
- Bratoš Cetinić, A., A. Gavrilović, I. Dupčić Radić, M. Pećarević, S. Tomšić, E. Mrčelja & B. Glamuzina. 2007. Reproductive significance of the clam *Chamelea gallina* Linnaeus, 1758 (Bivalvia, Mollusca) from the Neretva river estuary. In: Pospišil M. (ed.), Proceedings from 42<sup>th</sup> Croatian and 2<sup>th</sup> International Symposium on Agriculture. Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Agriculture, pp. 192-193.
- Brocas, W.M., D.J. Reynolds, P.G. Butler, C.A. Richardson, J.D. Scourse, I.D. Ridgway & K. Ramsay. 2013. The dog cockle, *Glycymeris glycymeris* (L.), a new annually-resolved sclerochronological archive for the Irish Sea. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 373: 133-140.
- Brusina, S. 1866. Contribuzione pella fauna dei Molluschi Dalmati. *Verh. k. zool.-bot. Ges. Wien*, 16: 1-136.
- Brusina, S. 1891. Imenik morskih ljuštarnjaka okoline Zadarske Dr. F. Danila i g. B. Sandri-a. *Glasnik hrv. naravosl. društva*, 6: 82-108.
- Brusina, S. 1907. Naravoslovne crtice sa sjevero-istočne obale Jadranskog mora. - IV. *Rad Jugosl. Akad. zn. umjet.* 171: 66-91.
- Budge, S.M. & C.C. Parrish. 1998. Lipid biogeochemistry of plankton, settling matter and sediments in Trinity Bay, Newfoundland. II. Fatty acids. *Org. Geochem.* 29: 1547-1559.

- Bušelić, I. 2012. Sklerokronološko istraživanje školjkaša *Glycymeris bimaculata* (Poli, 1795) diplomski rad, Sveučilište u Splitu, 32 str.
- Caill-Milly, N., B. Duclercq, G. Morandea & M.N. De Casamajor. 2006. Étude prospective de l'exploitation des coquillages au large des côtes d'Aquitaine. Volet: Ressources et première approche économique, IFREMER, pp. 89.
- Carić, M., N. Jasprica & D. Viličić. 1992. Nutrient and chlorophyll *a* concentrations in Gruž and Mali Ston Bays (Southern Adriatic). Rapp. Comm. Int. Mer. Médit., 33: 367.
- Colonese, A.C., M.A. Mannino, D.E. Bar-Yosef Mayer, D.A. Fa, J.C. Finlayson, D. Lubell & M.C. Stiner. 2011. Marine mollusc exploitation in Mediterranean prehistory: An overview. Quatern. Int., 239: 86-103.
- Charef, A., N. Zamouri Langar & I. Houas Gharsallah. 2012. Stock size assessment and spatial distribution of bivalve species in the Gulf of Tunis. J. Mar. Biol. Ass. UK., 92(1): 179-186.
- Čalić, M., M. Carić, F. Kršinić, N. Jasprica & M. Pećarević. 2013. Controlling factors of phytoplankton seasonal succession in oligotrophic Mali Ston Bay (southeastern Adriatic). Environ. Monit. Assess. 185: 7543-7563.
- Ćurin M., M. Peharda, B. Calcinaï & S. Golubić 2014. Incidence of damaging endolith infestation of the edible mytilid bivalve *Modiolus barbatus*. Mar. Biol. Res., 10: 179-189.
- Dalsgaard, J., M.S. John, G. Kattner, D. Müller-Navarra & W. Hagen. 2003. Fatty acid trophic markers in the pelagic marine environment. Adv. Mar. Biol., 46: 225-340.
- Danilo, F. & B. Sandri. 1855. Elenco nominale dei molluschi lamellibranchiati marittimi raccolti nei contorni di Zara. Nel programma dell'i.r. Ginnasio di Zara, 1-20.
- Davenport, J. & X.G. Chen. 1987. A comparison of methods for the assessment of condition in the mussel (*Mytilus edulis* L.). J. Molluscan. Stud., 53: 293-297.
- De Casamajor, M.N., N. Caill-Milly, G. Morandea & M. Lissardy. 2010. Biodiversity and distribution of bivalves on the Aquitain coast (Bay of Biscay, France). Isobay 2012, Brest. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00066/17727/>
- Delaporte, M., P. Soudant, J. Moal, E. Kraffe, Y. Marty & J.F. Samain. 2005. Incorporation and modification of dietary fatty acids in gill polar lipids by two bivalve species *Crassostrea gigas* and *Ruditapes philippinarum*. Comp. Biochem. Phys. A, 140: 460-470.
- DeMoreno, J.E.A., V.J. Moreno & R.R. Brenner. 1976. Lipid metabolism of the yellow clam, *Mesodesma mactroides*: I. Composition of the lipids. Lipids, 11: 334-340.
- Devescovi, M. & Lj. Iveša. 2008. Colonization patterns of the date mussel *Lithophaga lithophaga* (L., 1758) on limestone breakwater boulders of a marina. Period. Biol., 110: 339-345.



- Dhora, D. 2009. Mollusks of Albania. Arch. Biol. Sci., 61(3): 537-553.
- Dunphy, B.J. & R.M.G. Wells. 2001. Endobiont infestation, shell strength and condition index in wild populations of New Zealand abalone, *Haliotis iris*. Mar. Freshw. Res., 52: 781-786.
- Dunstan, G.A., J.K. Volkman, S.M. Barrett, J.M. Leroi & S.W. Jeffrey. 1994. Essential polyunsaturated fatty acids from 14 species of diatom (Bacillariophyceae). Phytochemistry, 35: 155-161.
- Dupčić Radić, I. 2012. Biokemijski sastav prirodne populacije kućice *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) na ušću Neretve. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 119 pp.
- Dupčić Radić, I., M. Carić, M. Najdek, N. Jasprica, J. Bolotin, M. Peharda & A. Bratoš Cetinić. u tisku. Biochemical and fatty acid composition of *Arca noae* (Bivalvia: Arcidae) from the Mali Ston Bay, Adriatic Sea. Medit. Mar. Sc., Doi: <http://dx.doi.org/10.12681/mms.539>
- Eversole, A.G. 2001. Reproduction in *Mercenaria mercenaria*. Dev. Aquac. Fish. Sci., 31: 221-260.
- Ezgeta-Balić, D. 2013. Ishrana gospodarski važnih vrsta školjkaša u Malostonskom zaljevu. Doktorska disertacija, Sveučilište u Splitu i Sveučilište u Dubrovniku, 108 pp.
- Ezgeta-Balić, D., M. Peharda, C.A. Richardson, M. Kuzmanić, N. Vrgoč & I. Isajlović. 2011. Age, growth and population structure of the smooth clam *Callista chione* in the eastern Adriatic Sea. Helgol. Mar. Res., 65: 457-465.
- Ezgeta-Balić, D., M. Najdek, M. Peharda & M. Blažina. 2012. Seasonal fatty acid profile analysis to trace origin of food sources of four commercially important bivalves. Aquaculture, 334-337: 89-100.
- Ezgeta-Balić, D., S. Lojen, T. Dolenc, P. Žvab Rožić, M. Dolenc, M. Najdek & M. Peharda. 2014. Seasonal differences of stable isotope composition and lipid content in four bivalve species from the Adriatic Sea. Mar. Biol. Res., 10(6): 625-634.
- Freites L., M.J. Fernandez-Reiriz & U. Labarta. 2002. Fatty acid profiles of *Mytilus galloprovincialis* (Lmk) mussel of subtidal and rocky shore origin. Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol. 132: 453-461.
- Freites, L., N.Garcia, L. Troccoli, A.N. Maeda-Martinez & M.J. Fernandez-Reiriz. 2010. Influence of environmental variables and reproduction on the gonadal fatty acid profile of tropical scallop *Nodipecten nodosus*. Comp. Biochem. Physiol. 157: 408-414.
- Galap, C., F. Le Boulenger & J.P. Grillot. 1997. Seasonal variations in biochemical constituents during the reproductive cycle of the female dog cockle *Glycymeris glycymeris*. Mar. Biol., 129: 625-634.

- Galap, C., P. Netchitailo, F. Le Boulenger & J.P. Grillot. 1999. Variations of fatty acid contents in selected tissues of the female dog cockle (*Glycymeris glycymeris* L., Mollusca, Bivalvia) during the annual cycle. *Comp. Biochem. Physiol.*, 122A: 241-254.
- Gavrilović, A., J. Jug-Dujaković, E. Gjurčević & A. Ljubičić. 2008. Utjecaj indeksa kondicije i stupnja infestacije ljušture polihetom *Polydora* spp. na kvalitetu europske plosnate kamenice *Ostrea edulis* Linnaeus, 1758 iz Malostonskog zaljeva. In: Pospišil M. (ed.) Proceedings of the 43rd Croatian and 3rd International Symposium on Agriculture. University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Zagreb. pp. 742-746.
- Giese, A.C. 1966. Lipids in the economy of marine invertebrates. *Physiol. Rev.*, 46: 244-298.
- Giese, A.C. 1969. A new approach to the biochemical composition of the mollusc body. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 7: 175-229.
- Gilles, R. 1972. Osmoregulation in three molluscs: *Acanthochitona discrepans* (Brown), *Glycymeris glycymeris* (L.) and *Mytilus edulis* (L.). *Biol. Bull.*, 142: 25-35.
- Golubić, S., G. Radtke & T. Le Campion-Alsumard. 2005. Endolithic fungi in marine ecosystems. *Trends Microbiol.*, 13(5): 229-235.
- Gosling, E. 2003. Bivalve molluscs - biology, ecology and culture. Fishing News Books, Oxford.
- Grassé, P.P. 1960. Les mollusques bivalves. in *Traité de zoologie: Anatomie, systématique, biologie*. Tome V Fascicule II: 1846-2129.
- Hall Jr, C.A., W.A. Dollase & C.E. Corbató. 1974. Shell growth in *Tivela stultorum* (Mawe, 1823) and *Callista chione* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia): annual periodicity, latitudinal differences, and diminution with age. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 15: 33-61.
- Hiebenthal, C., E.E.R. Philipp, A. Eisenhauer & M. Wahl. 2012. Interactive effects of temperature and salinity on shell formation and general condition in Baltic Sea *Mytilus edulis* and *Arctica islandica*. *Aquat. Biol.*, 14: 289-298.
- Honkoop, P.J.C. & J. van der Meer. 1998. Experimentally induced effects of water temperature immersion time on reproductive output of bivalves in the Wadden Sea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 220: 227-246.
- Hrs-Brenko, M. 1973. The relationship between reproductive cycle and indeks of condition of the mussel, *Mytilus galloprovincialis*, in the northern Adriatic sea. *Stud. Rev. GFCM*, 52: 47-52.
- Hrs-Brenko, M., M. Legac & M. Arko-Pjevac. 1998. Contributions to the marine fauna of the Rijeka bay (Adriatic Sea). 3. Bivalvia. In: Arko-Pjevac M., Kovačić M., Crnković D. (eds). Natural history researches of the Rijeka region. Rijeka: Natural History Museum Rijeka, 583-598.

- Huber, M. 2010. Compendium of Bivalves. A full-color guide to 3'300 of the World's Marine Bivalves. A status on Bivalvia after 250 years of research. ConchBooks. Hackenheim, 901 pp.
- Inizan, M.L. 1978. Coquillages de Ksar - 'Aqil: éléments de parure? Paléorient, 4: 95-306.
- IOR. 2004. Studija utjecaja na okoliš zahvata marikulture na području Malostonskog zaljeva i Malog mora (strateška procjena utjecaja na okoliš). Voditelj: Benović, A. Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split-Dubrovnik, 2004, str. 111.
- Ituarte, C.F. 1979. Sobre la sexualidad de *Glycymeris longior* (Sowerby) (Mollusca Pelecypoda). Neotropica, 25: 161-165.
- Jasprica, N., M. Carić, J. Bolotin & M. Rudenjak-Lukenda. 1997. The Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis* LMK) growth rate response to phytoplankton and microzooplankton population densities in the Mali Ston Bay (south Adriatic). Period. Biol., 99: 255-264.
- Jones, D.S. 1979. Structure and growth of a high-level population of *Cerastoderma edule* (Lamellibranchiata). J. Mar. Biol. Ass. UK., 59: 277-287.
- Jurić I., I. Bušelić, D. Ezgeta-Balić, N. Vrgoč & M. Peharda. 2012. Age, growth and condition index of *Venerupis decussata* (Linnaeus, 1758) in the Eastern Adriatic Sea. Turk. J. Fish. Aquat. Sci., 12: 431-436.
- Kaehler, S. 1999. Incidence and distribution of phototrophic shell-degrading endoliths of the brown mussel *Perna perna*. Mar. Biol., 135: 505-514.
- Kaehler, S. & C.D. McQuaid 1999. Lethal and sub-lethal effects of phototrophic endoliths attacking the shell of the intertidal mussel *Perna perna*. Mar. Biol., 135: 497-503.
- Kaiser, M.J., K. Ramsay, C.A. Richardson, F.E. Spence & A.R. Brand. 2000. Chronic fishing disturbance has changed shelf sea benthic community structure. J. Anim. Ecol., 69: 494-503.
- Kharlamenko, V.I., S.I. Kiyashko, A.B. Imbs & D.I. Vyshkvartzev. 2001. Identification of food sources of invertebrates from the seagrass *Zostera marina* community using carbon and sulphur stable isotope ratio and fatty acid analyses. Mar. Ecol. Prog. Ser., 220: 103-117.
- Kljaković-Gašpić, Z., I. Ujević, T. Zvonarić & A. Barić. 2007. Biomonitoring of trace metals (Cu, Cd, Cr, Hg, Pb, Zn) in Mali Ston Bay (eastern Adriatic) using the Mediterranean blue mussel (1998-2005). Acta Adriat., 48(1): 73-88.
- Kouadio Kouakou, F. 1989. Attendrissement enzymatique de chair de mollusques. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00030/14134/>
- Kožul, V., N. Glavić, J. Bolotin & N. Antolović. 2011a. The experimental rearing of Noah's Ark, *Arca noae* (Linnaeus, 1758) and Bearded Horse Mussel, *Modiolus barbatus* (Linnaeus, 1758) in Mali Ston Bay. In: Pospišil M. (ed.), Proceedings

- from 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture. Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Agriculture, pp. 807-809.
- Kožul, V., N. Glavić, J. Bolotin & N. Antolović. 2011b. The experimental rearing of fan mussel *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758). In: Pospišil M. (ed.), Proceedings from 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture. Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Agriculture, pp. 803-806.
- Kožul, V., N. Glavić, J. Bolotin & N. Antolović. 2012. Growth of the fan mussel *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Bivalvia) in experimental cages in the South Adriatic Sea. *Aquac. Res.*, 44: 31-40.
- Lango-Reynoso, F., J. Chávez-Villalba, J.C. Cochard & M. Le Penec. 2000. Oocyte size, a means to evaluate the gametogenic development of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Aquaculture*, 190: 183-199.
- Le Bouteux, F. 1992. Peche maritime en Basse-Normandie: etude de 14 especes en vue de leur utilisation industrielle pretransformation des produits de la peche. Rapport Intechmer no. 9, 102 pp.
- Legac, M. & I. Fabijanić. 1994. Contribution to knowledge on the bivalve *Glycymeris bimaculata* (Poli, 1795) in Pag Bay. *Period. Biol.*, 96: 450-451.
- Legac, M. & M. Hrs-Brenko. 1999. A review of bivalve species in the eastern Adriatic sea. III. Pteriomorpha (Glycymerididae). *Nat. Croat.*, 8: 9-25.
- Lucas, A. 1965. Recherches sur la sexualité des Mollusques Bivalves. *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 99: 115-247.
- Lucas, A. 1975. Sex differentiation and juvenile sexuality in bivalves Molluscs. *PSZNI. Mar. Ecol.*, 39:532-541.
- Lučić, D. & F. Kršinić. 1998. Annual variability of mesozooplankton assemblages in Mali Ston Bay (southern Adriatic). *Period. Biol.*, 100(1): 43-52.
- MacDonald, B.A. & R.J. Thompson 1985a. The influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin). I. Growth rates of shell and somatic tissue. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 25: 279-294.
- MacDonald, B.A. & R.J. Thompson 1985b. The influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin). II. Reproductive output and total production. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 25: 295-303.
- Maloy, A.P., B.J. Barbera & P.D. Rawson 2003. Gametogenesis in a sympatric population of blue mussels, *Mytilus edulis* and *Mytilus trossulus*, from Cobscook Bay, (USA). *J. Shellfish Res.*, 22: 119-123.
- Manousis, T., G. Mpardakis, C. Paraskevopoulos & S. Galinou-Mitsoudi. 2010. The Bivalvia Mollusca of Thessaloniki & Thermaikos Gulfs (North Aegean Sea,

- Greece) with emphasis on new species for Hellenic waters. *J. Biol. Res-Thessalon.*, 14: 161-179.
- Mansour, M.P., J.K. Volkman, A.E. Jackson & S.I. Blackburn. 1999. The fatty acid and sterol composition of five marine dinoflagellates. *J. Phycol.*, 35: 710-720.
- Mao Che, L., T. Le Campion-Alsumard, N. Boury-Esnault, C. Payri, S. Golubic & C. Bézac. 1996. Biodegradation of shells of the black pearl oyster, *Pinctada margaritifera* var. *cumingii*, by microborers and sponges of French Polynesia. *Mar. Biol.*, 126: 509-519.
- Marčelja, E. 2006. Dužinski prirast Europske plosnate kamenice (*Ostrea edulis* L.) u Malostonskom zaljevu In: Jovanovac S., Kovačević V. (eds.), Proceedings from 41th Croatian and 1th International Symposium on Agriculture. Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Agriculture, pp. 525-526.
- Marčelja, E., 2009. Reproductivni ciklus kamenice (*Ostrea edulis* L.) u Malostonskom zaljevu. In: Besendorfer V., Kopjar N., Vidaković-Cifrek Ž., Tkalec M., Bauer N., Žaklin L. (eds.), Zbornik sažetaka 10. Hrvatskog biološkog kongresa s međunarodnim sudjelovanjem, Osijek. Hrvatsko biološko društvo 1885, Zagreb, pp. 247-248.
- Marguš, D., E. Teskeredžić, Z. Teskeredžić & M. Tomec. 1993a. Reproductivni ciklus male kapice (*Chlamys varia* L.) i monitoring ličinki češljača (*Pectinidae*) u planktonu ušća Rijeke Krke. *Ribarstvo*, 48(4): 115-124.
- Marguš, D., E. Teskeredžić, Z. Teskeredžić & M. Tomec. 1993b. Reproductivni ciklus i monitoring ličinki jakovske kapice (*Pecten jacobaeus* L.) u planktonu ušća rijeke Krke. *Ribarstvo*, 48(2): 43-54.
- Marguš, D. & E. Teskeredžić. 2004. Školjkaši ušća rijeke Krke - izlov i kontrolirani uzgoj. *Ribarstvo*, 62(1): 27-32.
- Marguš, D. & E. Teskeredžić. 2005. Prihvat ličinki, preživljavanje i rast juvenilnih jakovskih kapica (*Pecten jacobaeus* Linnaeus, 1758.) u kontroliranom uzgoju u uvali Šarina draga-ušće rijeke Krke. *Ribarstvo*, 63(1): 1-14.
- Marinković, M. & M. Nikolić. 1963. Rast kamenice *Ostrea edulis* L., prije i za vrijeme fertilizacije mora u Limskom kanalu, Istra, od 1957 do 1960. *Thalassia Jugosl.*, 2: 5-25.
- Marinković-Roje, M. 1968. Sezonske varijacije kemijskog sastava dagnji (*Mytilus galloprovincialis* Lmk) iz Limskog kanala. *Thalassia Jugosl.*, 4: 69-86.
- Marinković-Roje, M. & M. Nikolić. 1967. Sezonske varijacije kemijskog sastava kamenica (*Ostrea edulis* L.) iz Limskog kanala. *Thalassia Jugosl.*, 3: 61-77.
- Marušić, N., S. Vidaček, H. Medić & T. Petrak. 2009. Indeks kondicije dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) u uvali Budava i u zaljevu Raša. *Ribarstvo*, 67(3): 91-99.

- Marušić, N., S. Vidaček, H. Medić & T. Petrak. 2010. Rast dagnji (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819) na istočnoj obali Istre. *Ribarstvo*, 68(1): 19-25.
- Marquet, N., K.R. Nicastro, M. Gektidis, C.D. McQuaid, G.A. Pearson, E.A. Serrao & G.I. Zardi. 2013. Comparison of phototrophic shelldegrading endoliths in invasive and native populations of the intertidal mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Biological Invasions* 15: 1253-72.
- Matoničkin, I., I. Habdija & B. Primc-Habdija. 1998. Beskralješnjaci - biologija nižih avvertebrata. Školska knjiga. Zagreb, 691 pp.
- Mayzaud, P., J.P. Chanut & R.G. Ackman. 1989. Seasonal changes of the biochemical composition of marine particulate matter with special reference to fatty acids and sterols. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 56: 189-204.
- Meneghetti, F., V. Moschino & L. Da Ros. 2004. Gametogenic cycle and variations in oocyte size of *Tapes philippinarum* from the Lagoon of Venice. *Aquaculture*, 240:473-488.
- Menesguen, A. & L. Dreves. 1987. Sea-temperature anomalies and population dynamics variations: effects on growth and density of three bivalves. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 36: 11-21.
- Mienis, H.K., R. Ben-David Zaslou & D.E. Bar-Yosef Mayer. 2006. *Glycymeris* in the Levant Sea 1. Finds of Recent *Glycymeris insubrica* in the South East Corner of the Mediterranean Sea. *Triton*, 13: 5-9.
- Miller, L. 1984. Gas-liquid chromatography of cellular fatty acids as a bacterial identification aid (Gas-chromatography Hewlett-Packard Application Note). Hewlett-Packard, pp. 228-237.
- Mladineo, I. & M. Peharda. 2005. Histopathology of *Gymnophallus* sp. sporocysts in edible mytilid *Modiolus barbatus*. *J. Shellfish Res.*, 24(4): 1097-1100.
- Mladineo, I., M. Peharda, S. Orhanović, J. Bolotin, M. Pavela-Vrančić & B. Treursić. 2007. The reproductive cycle, condition index and biochemical composition of the horse-bearded mussel *Modiolus barbatus*. *Helgol. Mar. Res.*, 61(3): 183-92.
- Morrison, W.R. & L.M. Smith. 1964. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethyl acetals from lipids with boron fluoride-methanol. *J. Lipid. Res.* 5: 600-608.
- Morović, D. 1958. Rast kamenica (*Ostrea edulis* L.) u Mljetskim jezerima. *Acta Adriat.*, 6(7): 3-28.
- Morović, D. & A. Šimunović. 1969. Prilog poznavanju rasta kamenice (*Ostrea edulis* L.) i dagnje (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.) u Malostonskom zaljevu. *Thalassia Jugosl.*, 5: 237-247.

- Morton, B. 1991. Cockles and mussels - alive, alive O. Supplement to the Gazette University of Hong Kong, Hong Kong, 38(1): 1-20.
- Morton, B., M. Peharda & M. Petrić. 2011. Functional morphology of *Rocellaria dubia* (Bivalvia: Gastrochaenidae) with new interpretations of crypt formation and adventitious tube construction, and a discussion of evolution within the family. Biol. J. Linn. Soc., 104: 786-804.
- Moura, P., M. B. Gaspar & C.C. Monteiro. 2009. Age determination and growth rate of a *Callista chione* population from the southwestern coast of Portugal. Aquat. Biol. 5: 97-106.
- Najdek, M., D. Degobbi, D. Mioković & I. Ivančić. 2002. Fatty acid and phytoplankton composition of different types of mucilaginous aggregates in the northern Adriatic. J. Plankton Res., 24: 429-441.
- Najdek, N., M. Blažina, D. Ezgeta-Balić & M. Peharda. 2013. Diets of fan shells (*Pinna nobilis*) of different sizes: fatty acid profiling of digestive gland and adductor muscle. Mar. Biol., 160(4): 921-930.
- Narodne novine 7/2006. Pravilnik o vrstama stanišnih tipova, karti staništa, ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima te o mjerama za očuvanje stanišnih tipova.
- Narodne novine 119/2009. Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o vrstama stanišnih tipova, karti staništa, ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima te o mjerama za očuvanje stanišnih tipova.
- Narodne novine 80/2013. Zakon o zaštiti prirode.
- Narodne novine 124/2013. Uredba o ekološkoj mreži.
- Nerot, C., A. Lorrain, J. Grall, D.P. Gillikin, J.-M. Munaron, H. Le Bris & Y.M. Paulet. 2012. Stable isotope variation in benthic filter feeders across a large depth gradient on the continental shelf. Est. Coast. Shelf Sci., 96: 228-235.
- Noël, P., M. Blanchard & P. Berthou. 1995. Cartographie et évaluation des principaux mollusques filtreurs du Golfe Normano-Breton. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00000/3856/>
- Službeni glasnik, broj 4/83, Odluka Skupštine Općine Dubrovnik.
- Službeni glasnik, broj 4/98, Odluka Skupštine Općine Dubrovnik.
- Službeni glasnik, broj 9/02, Odluka Skupštine Dubrovačko-neretvanske županije.
- Ojea, J., A.J. Pazos, D. Martinez, S. Novoa, J.L. Sanchez & M. Abad. 2004. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of *Ruditapes decussates* in relation to the gametogenic cycle. Aquaculture, 238(1-4): 451-468.
- Oliver, P. G. & A. M. Holmes. 2006. The Arcoidea (Mollusca: Bivalvia): a review of the current phenetic-based systematics. Zool. J. Linn. Soc., 148: 237-251.



- Onofri, V. & D. Marguš. 1995. Biologija jakobske kapice (*Pecten jacobaeus* L.) i mogućnost njezinog uzgoja u području otoka Mljeta. In: Durbešić P., Benović A. (eds.) Simpozij: Prirodne značajke i društvena valorizacija otoka Mljeta. Ekološke monografije 6, Zagreb, 555-561.
- Palacios, E., I.S. Racotta, E. Kraffe, Y. Marty, J. Moal & J.F. Samain. 2005. Lipid composition of the giant lion's pawscallop (*Nodipecten subnodosus*) in relation to gametogenesis I. Fatty acids. *Aquaculture*, 250: 270-282.
- Peharda, M. 2003. Rasprostranjenost i sastav prirodnih populacija školjkaša (Mollusca, Bivalvia) u Malostonskom zaljevu, doktorska disertacija. Zagreb, Prirodoslovno matematički fakultet, 112 str.
- Peharda, M., C. A. Richardson, V. Onofri, A. Bratoš & M. Crnčević. 2002. Age and growth of the bivalve *Arca noae* L. in the Croatian Adriatic Sea. *J. Moll. Stud.*, 68: 307-310.
- Peharda, M., J. Bolotin, N. Vrgoč, N. Jasprica, A. Bratoš & B. Skaramuca. 2003a. A study of Noah's Ark shell (*Arca noae* Linnaeus 1758) in Mali Ston Bay, Adriatic Sea. *J. Shellfish Res.*, 22: 705-709.
- Peharda, M., A. Soldo, A. Pallaoro, S. Matić & P. Cetinić. 2003b. Age and growth of the Mediterranean scallop *Pecten jacobaeus* (Linnaeus 1758) in the Northern Adriatic Sea. *J. Shellfish Res.*, 22(3): 639-642.
- Peharda, M., I. Mladineo, J. Bolotin, L. Kekez & B. Skaramuca. 2006. The reproductive cycle and potential protandric development of the Noah's Ark shell, *Arca noae* L.: implications for aquaculture. *Aquaculture*, 252: 317-327.
- Peharda, M., C.A. Richardson, I. Mladineo, S. Šestanović, S., Popović, Z., Bolotin, J. & N. Vrgoč. 2007a. Age, growth and population structure of *Modiolus barbatus* from the Adriatic. *Mar. Biol.*, 151(2): 629-638.
- Peharda, M., I. Župan L. Bavčević, A. Frankić & T. Klanjšček. 2007b. Growth and condition indeks of mussel *Mytilus galloprovincialis* in experimental integrated aquaculture. *Aquac. Res.*, 38: 1714-1720.
- Peharda, M., D. Ezgeta-Balić, M. Radman, N. Sinjkević, N. Vrgoč & I. Isajlović. 2012. Age, growth and population structure of *Acanthocardia tuberculata* (Bivalvia: Cardiidae) in the eastern Adriatic. *Sea. Sci. Mar.*, 76(1): 59-66.
- Peharda, M., Z. Popović, D. Ezgeta-Balić, N. Vrgoč, S. Puljas & A. Frankić. 2013a. Age and growth of *Venus verrucosa* (Bivalvia: Veneridae) in the eastern Adriatic Sea. *Cah. Biol. Mar.*, 54: 281-286.
- Peharda M., D. Ezgeta-Balić, J. Davenport & N. Vrgoč. 2013b. The potential for aquaculture of the bearded horse mussel (*Modiolus barbatus*) and Noah's Ark shell (*Arca noae*) in southern Croatia. *Aquacult. Int.* 21: 639-653.
- Pérès, J.M. & J. Picard. 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recl. Trav. Stn. Mar. Endoume*, 31(47): 5-137.



- Perrat, E., A. Couzinet-Mossion, O. Fossi Tankoua, C. Amiard-Triquet & G. Wielgosz-Collin. 2013. Variation of content of lipid classes, sterols and fatty acids in gonads and digestive glands of *Scrobicularia plana* in relation to environment pollution levels. *Ecotox. Environ. Saf.* 90: 112-120.
- Pineau, Y. 1988. Recherche d'une méthode d'attendrissement de la chair d'amande de mer. IFREMER, 75 pp.
- Pirini, M., M.P. Manuzzi, A. Pagliarani, F. Trombetti, A.R. Borgatti & V. Ventrella. 2007. Changes in fatty acid composition of *Mytilus galloprovincialis* (Lmk) fed on microalgal and wheat germ diets. *Comp. Biochem. Phys. B*, 147: 616-626.
- Popović Z., I. Mladineo, D. Ezgeta-Balić, Ž. Trumbić, N. Vrgoč & M. Peharda. 2013. Reproductive cycle and gonad development of *Venus verrucosa* L. (Bivalvia: Veneridae) in Kaštela Bay, Adriatic Sea. *Mar. Biol. Res.*, 9(3):274-284.
- Poppe, G. T. & Y. Goto. 2000. European Seashells. Volume II. (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda). 2nd edn. Hackenheim, Germany: ConchBooks. 221 pp.
- Prato, E., A. Danieli, M. Maffia & F. Biandolino. 2010. Lipid and fatty acid compositions of *Mytilus galloprovincialis* cultured in the Mar Grande of Taranto (southern Italy): feeding strategies and trophic relationships. *Zool. Stud.* 49:211-219.
- Pratt, D.M. & D.A. Campbell. 1956. Environmental factors affecting growth in *Venus mercenaria*. *Limnol. Oceanogr.*, 1:2-17.
- Radić, D. 2005. Vela Spila: Preliminary analysis of early neolithic and mesolithic strata in test pit examined in 2004. *Opusc. Archaeol.*, 29: 323-348.
- Radić, D., B. Lugović & Lj. Marjanac. 2008. Neapolitan Yellow Tuff (NYT) from the Pleistocene sediments in Vela Spila on the island of Korčula: a valuable chronostratigraphic marker of the transition from the Palaeolithic to the Mesolithic. *Opusc. Archaeol.*, 31(1): 7-26.
- Radtke, G. & S. Golubić. 2005. Microborings in mollusk shells, Bay of Safaga, Egypt: Morphometry and ichnology. *Facies* 51:118-34.
- Ramsay, K., M.J. Kaiser, C.A. Richardson, L.O. Veale & A.R. Brand. 2000. Can shell scars on dog cockles (*Glycymeris glycymeris* L.) be used as an indicator of fishing disturbance? *J. Sea Res.*, 43:167-176.
- Ramsay, K., C.A. Richardson & M.J. Kaiser. 2001. Causes of shell scarring in dog cockles *Glycymeris glycymeris* L. *J. Sea Res.*, 45: 131-139.
- Reese, D. S. 2008. Shells from Sarepta (Lebanon) and east Mediterranean purple dye production. *MAA*, 10(1): 113-141.
- Reynolds, D.J. 2011. Establishing multi-bivalve species sclerochronology. PhD Thesis. Bangor University School of Ocean Science. 265 pp.

- Riascos, J.M., O. Heilmayer, M.E. Oliva, J. Laudien & W.E. Arntz. 2008. Infestation of the surf clam *Mesodesma donacium* by the spionid polychaete *Polydora biocipitalis*. *J. Sea Res.*, 59: 217-227.
- Richardson, C.A. 2001. Molluscs as archives of environmental change. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 39: 103-164.
- Richardson, C.A., R. Seed & E. Naylor. 1990. Use of internal growth bands for measuring individual and population growth rates in *Mytilus edulis* from offshore production platforms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 66:259-265.
- Richardson, C.A., S.R.N. Chenery & J.M. Cook 2001. Assessing the history of trace metal (Cu, Zn, Pb) contamination in the North Sea through laser ablation ICP-MS of horse mussel, *Modiolus modiolus* shells. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 211: 157-167.
- Richardson, C.A., M. Peharda, H. Kennedy, P. Kennedy & V. Onofri. 2004. Age, growth and season of recruitment of *Pinna nobilis* (L.) in the Croatia Adriatic determined from Mg:Ca and Sr:Ca shell profiles. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 299: 1-16.
- Rinaldi, E. 2002. *Glycymeris (glycymeris) insubrica* (Brocchi, 1874) nelle acque antisanti la costa Romagnola (Mollusca Bivalvia *Glycymerididae*). *Quad. Studi Nat. Romagna.*, 16: 15-20.
- Rosell, D., M.J. Uriz & D. Martin. 1999. Infestation by excavating sponges on the oyster (*Ostrea edulis*) populations of the Blanes littoral zone (north-western Mediterranean Sea). *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 79: 409-413.
- Rosell D. & M.J. Uriz. 2002. Excavating and endolithic sponge species (Porifera) from the Mediterranean: species descriptions and identification key. *Org. Divers. Evol.*, 2: 55-86.
- Royer, C., J. Thébault, L. Chauvaud & F. Olivier. 2013. Structural analysis and paleoenvironmental potential of dog cockle shells (*Glycymeris glycymeris*) in Brittany, northwest France. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 373: 123-132.
- Sabelli, B., R. Giannuzzi-Savelini & D. Bedulli. 1990a. Catalogo annotato dei molluschi marini del Mediterraneo. Vol. 1. Libreria Naturalistica Bolognese, Bologna, 348 pp.
- Sabelli, B., R. Giannuzzi-Savelini & D. Bedulli. 1990b. Catalogo annotato dei molluschi marini del Mediterraneo. Vol. 2. Libreria Naturalistica Bolognese, Bologna, 150 pp.
- Savina, M. 2004. Modélisation écologique des populations de palourdes roses (*Paphia rhomboides*) et d'amandes de mer (*Glycymeris glycymeris*) en Manche. PhD Thesis, Université d'Aix-Marseille II. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00000/1/>

- Savina, M. & S. Pouvreau. 2004. A comparative ecophysiological study of two infaunal filter-feeding bivalves: *Paphia rhomboides* and *Glycymeris glycymeris*. *Aquaculture*, 239: 289-306.
- Schiaparelli, S., G. Franci, G. Albertelli & R. Cattanco-Vietti. 2005. A nondestructive method to evaluate population structure and bioerosion activity of the boring bivalve *Gastrochaena dubia*. *J. Coast. Res.*, 21(2): 383-386.
- Schöne, B.R., J. Fiebig, M. Pfeiffer, R. Gleh, J. Hickson, A.L.A. Johnson, W. Dreyer & W. Oschmann. 2005. Climate records from a bivalved Methuselah (*Arctica islandica*, Mollusca; Iceland). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 228: 130-148.
- Scourse, J., C. Richardson, G. Forsythe, I. Harris, J. Heinemeier, N. Fraser, K. Briffa & P. Jones. 2006. First cross-matched floating chronology from the marine fossil record: data from growth lines of the long-lived bivalve mollusc *Arctica islandica*. *The Holocene*, 16: 967-974.
- Serrano, F., A. Guerra-Merchan, C. Lozano-Francisco & J.L. Vera-Pelaez. 1997. Multivariate Analysis of Remains of Molluscan Foods Consumed by Latest Pleistocene and Holocene Humans in Nerja Cave, Malaga, Spain. *Quat. Res.*, 48: 215-227.
- Sivan, D., M. Potasman, A. Almogi-Labin, D.E. Bar-Yosef Mayer, E. Spanier & E. Boaretto. 2006. The *Glycymeris* query along the coast and shallow shelf of Israel, southeast Mediterranean. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 233(1-2): 134-148.
- Soudant, P., K. Van Ryckeghem, Y. Marty, J. Moal, J.F. Samain & P. Sorgeloos. 1999. Comparison of the lipid class and fatty acid composition between a reproductive cycle in nature and a standard hatchery conditioning of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas*. *Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol.* 123(2): 209-222.
- Sparre, P. & S.C. Venema. 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1, Manual. FAO Fish Tech Pap (Revision 1). Rome.
- Stagličić, N., M. Hervat, L. Kekez, Z. Popović, M. Peharda & N. Vrgoč. 2012. Age and growth of *Venus verrucosa* L. (Bivalvia: Veneridae) in the northern Adriatic, Pula. In: Arko-Pijevac M., Surina B. (eds.), Proceedings from 2<sup>nd</sup> Scientific Symposium of National History research of Rijeka region, Natural History Museum Rijeka: Rijeka, Croatia, pp. 237-244.
- Stefaniak, L.M., J. McAtee & M.J. Shulman. 2005. The costs of being bored: Effects of a clionid sponge on the gastropod *Littorina littorea*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 327: 103-114.
- Steingrimsson, S.A. 1989. A comparative ecological study of two *Glycymeris glycymeris* (L.) populations off the Isle of Man. PhD Thesis, University of Liverpool, 265 pp.

- Stenzel, H.B., E.K. Krause & J.T. Twining. 1957. Pelecypoda from the Type Locality of the Stone City Beds (Middle Eocene) of Texas. University of Texas, Bureau of Economic Geology Publication 5704, 461 pp.
- Stiner, M.C. 1999. Palaeolithic mollusk exploitation at Riparo Mochi (Balzi Rossi, Italy): food and ornaments from the Aurignacian through Epigravettian. *Antiquity*, 73 (282): 735-754.
- Šiletić, T. 2006. Marine fauna of Mljet national park (Adriatic Sea), Croatia. 5. Mollusca: Bivalvia. *Nat. Croat.*, 15: 109-69.
- Šiletić, T. & M. Peharda. 2003. Population study of the fan shell *Pinna nobilis* L. in Malo and Veliko Jezero of the Mljet National Park (Adriatic Sea). *Sci. Mar.*, 67(1): 91-98.
- Šimunović, A. 1981. Biološko-ekološka istraživanja jestivih školjkaša Malostonskog zaljeva In: Roglić J., Meštrov M. (eds.). Zbornik Radova Savjetovanja "Malostonski Zaljev, Prirodna Podloga i Društveno Valoriziranje". JAZU, Znanstveni savjet za zaštitu prirode. Dubrovnik, pp. 252-267.
- Šimunović, A. 2001. Dosadašnja saznanja o vrsti *Lithophaga lithophaga* L. (prstac) u Jadranu. *Hrvatska vodoprivreda* 100: 85-89.
- Šimunović, A., I. Grubelić, M. Tudor & M. Hrs-Brenko. 1990. Sexual cycle and biometry of date shell, *Lithophaga lithophaga* Linnaeus (Mytilidae). *Acta Adriat.*, 31(1/2): 139-151.
- Thomas, R.D.K. 1975. Functional morphology, ecology, and evolutionary conservatism in the Glycymerididae (Bivalvia). *Palaeontology*, 18(2): 217-254.
- Toro, J.E., R.J. Thompson & D.J. Innes. 2002. Reproductive isolation and reproductive output in two sympatric mussel species (*Mytilus edulis*, *M. trossulus*) and their hybrids from Newfoundland. *Mar. Biol.*, 141: 897-90.
- Trider, D.J. & J.D. Castell. 1980. Influence of neutral lipid on seasonal variation of total lipid in oysters, *Crassostrea virginica*. *Proc. Natl. Shellfish. Assoc.*, 70: 112-118.
- Trigui el Menif, N., Y. Guezzi, M. Le Pennec, M. Boumaiza & G. Le Pennec. 2005. Infestation of the clam *Venus verrucosa* by Sipunculoidea and the lithophagus bivalve, *Gastrochaena dubia*. *Acta Adriat.*, 46(1): 83-90.
- Vatova, A. 1928. Compendio della Flora e Fauna del Mare Adriatico presso Rovigno. *Mem. R. Com. Talass. Ital.*, 143: 1-614.
- Ventrella, V., M. Pirini, A. Pagliarani, F. Trombetti, M.P. Manuzzi & A.R. Borgatti. 2008. Effect of temporal and geographic factors on fatty acid composition of *M. galloprovincialis* from the Adriatic Sea. *Comp. Biochem. Phys. B Biochem. Mol. Biol.*, 149 (2): 241-250.

- Viličić, D. 1989. Phytoplankton population density and volume as indicators of eutrophication in the eastern part of the Adriatic Sea. *Hydrobiologia*, 174(2): 117-132.
- Viličić, D., N. Jasprica, M. Carić & Z. Burić. 1998. Taxonomic composition and seasonal distribution of microphytoplankton in Mali Ston Bay (eastern Adriatic). *Acta Bot. Croat.*, 57: 29-48.
- Villalejo-Fuerte, M., F. García-Domínguez & R.I. Ochoa-Báez. 1995. Reproductive cycle of *Glycymeris gigantea* (Reeve, 1843) (Bivalvia: Glycymerididae) in Bahía concepción, Baja California Sur, Mexico. *Veliger*, 38(2): 126-132.
- Voultsiadou, E., D. Koutsoubas & M. Achparaki. 2010. Bivalve mollusc exploitation in Mediterranean coastal communities: an historical approach. *J. Biol. Res.-Thessalon.*, 13: 35-45.
- Vukadin, I. 1981. Hidrografska svojstva Malostonskog zaljeva i susjednog mora u periodu 1980.-1981. godine. In: Roglić J., Meštrov M. (eds). Zbornik Radova Savjetovanja „Malostonski zaljev. Prirodna podloga i društveno valoriziranje“. JAZU, Znanstveni savjet za zaštitu prirode, Dubrovnik, pp. 52-65.
- World Register of Marine Species, 2012, <http://www.marinespecies.org/>, accessed May 23rd 2014.
- Zardi, G.I., K.R. Nicastro, C.D. McQuaid & M. Gektidis. 2009. Effects of endolithic parasitism on invasive and indigenous mussels in a variable physical environment. *PLoS ONE* 4(8):e6560 1-10.
- Zavodnik, D. 1997. Nekonvencionalni izvori hrane iz mora na tržištu istočnog Jadrana. In: Finka B. (ed), Tisuću godina prvog spomena ribarstva u Hrvata. Zagreb: HAZU. pp. 637-56.
- Zavodnik, D. 1999. Beskralježnjaci Jadranskog mora. pp 63–65. In: Kutle A. (ed.): Pregled stanja biološke i krajobrazne raznolikosti Hrvatske sa strategijom i akcijskim planovima zaštite. DUZO, Zagreb, Hrvatska. 151pp.
- Zavodnik, D. & M. Kovačić 2000. Index of marine fauna in Rijeka Bay (Adriatic Sea, Croatia). *Nat. Croat.*, 9(4): 297-379.
- Zavodnik, D., M. Legac & T. Gluhak. 2006. An account of the marine fauna of Pag island (Adriatic Sea, Croatia). *Nat. Croat.*, 15(3): 65-107.
- Zenetos, A., E. Vardala-Theodorou & C. Alexandrakis. 2005. Update of the marine Bivalvia Mollusca checklist in Greek waters. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 85: 993-998.
- Zenetos, A., S. Gofas, M. Verlaque, M.E. Cinar, J.E. Garcia Raso, C.N. Bianchi, C. Morri, E. Azzurro, M. Bilecenoglu, C. Froglija, I. Siokou, D. Violanti, A. Sfriso, G. San Martin, A. Giangrande, T. Katagan, E. Ballesteros, A. Ramos-Espla, F. Mastrototaro, O. Ocana, A. Zingone, M.C. Gambi & N. Streftaris. 2010. Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of

European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution. *Medit. Mar. Sci.*, 11(2): 381-493.

Zilhão, J., D.E. Angelucci, E. Badal-García, F. d'Errico, F. Daniel, L. Dayet, K. Douka, T.F.G. Higham, M.J. Martínez-Sánchez, R. Montes-Bernárdez, S. Murcia-Mascarós, C. Pérez-Sirventh, C. Roldán-García, M. Vanhaerenk, V. Villaverde, R. Woods & J. Zapata. 2010. Symbolic use of marine shells and mineral pigments by Iberian Neandertals. *PNAS*, 107(3): 1023-1028.

Zhukova, N.V. 1991. The pathway of the biosynthesis of non-methylene-interrupted dienoic fatty acids in mollusks. *Comp. Biochem. Physiol. B*, 100: 801-804.

Zhukova, N.V. & V.I. Kharlamenko. 1999. Sources of essential fatty acids in the marine microbial loop. *Aquat. Microb. Ecol.*, 17:153-157.

Župan, I. 2012. Integralni uzgoj dagnje (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) i kunjke (*Arca noae* Linnaeus, 1758) na uzgajalištima riba. Doktorska disertacija, Sveučilište u Splitu i Sveučilište u Dubrovniku, 120 pp.

Walker, R.L. & A.J. Power. 2004. Growth and gametogenic cycle of the transverse ark, *Anadara transversa* (Say, 1822), in coastal Georgia. *Am. Malacol. Bull.*, 18: 55-60.

## Životopis

Marija Crnčević rođena je 1973. godine u Dubrovniku gdje završava osnovnu i srednju školu. Akademske godine 1991/92. upisuje studij biologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Diplomirala je 1997. godine s temom *Vertikalna raspodjela fitoplanktona u Rogozničkom jezeru*. Od lipnja 1998. do srpnja 2002. godine zaposlena je kao znanstveni novak na Veleučilištu u Dubrovniku, u okviru znanstveno – istraživačkog projekta Ministarstva znanosti i tehnologije *Balastne vode*. Godine 1999. upisala je poslijediplomski znanstveni studij Oceanologije na Prirodoslovno – matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Magistarski rad pod naslovom *Učinak UV zračenja i ozona na preživljavanje cista i nauplija račića Artemia (Crustacea, Branchiopoda)* obranila je u lipnju 2002. godine.

Od kolovoza 2002. do rujna 2010. godine zaposlena je u Gradu Dubrovniku, gdje je radila poslove zaštite okoliša te u razdoblju od studenoga 2008. do studenoga 2010. godine bila privremena ravnateljica Prirodoslovnog muzeja Dubrovnik. Tijekom istog razdoblja sudjelovala je kao konzultant u okviru znanstveno – istraživačkog projekta *Problematika unosa alohtonih organizama brodovima (0224001)* Sveučilišta u Dubrovniku uz potporu Ministarstva znanosti i tehnologije i kao suradnik na tehnološkom projektu *Konstrukcija pilot-uređaja za inaktivaciju organizama u brodskom vodenom balastu (TP-01/0275-01)* Sveučilišta u Dubrovniku i Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu uz potporu Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa. Godine 2009. stekla je muzejsko zvanje kustos pri Muzejskom dokumentacijskom centru u Zagrebu.

Od listopada 2010. godine zaposlena je kao ravnatelj u Javnoj ustanovi za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima na području Dubrovačko-neretvanske županije. Međusveučilišni poslijediplomski doktorski studij „Primijenjene znanosti o moru“ pri Sveučilištu u Splitu i Sveučilištu u Dubrovniku upisuje u akademskoj godini 2010/11. te pod vodstvom prof.dr.sc. Melite Peharda Uljević izrađuje ovu doktorsku disertaciju.

Koautor je 4 znanstvena rada u časopisima indeksiranim u Current Content bazi, 1 rada u časopisima s međunarodnom recenzijom, 6 radova u ostalim časopisima te je sudjelovala na nekoliko domaćih i međunarodnih skupova s ukupno 27 priopćenja.

## Popis radova

### Znanstveni radovi u CC časopisima

**Crnčević, M.**, M. Peharda, D. Ezgeta-Balić & M. Pećarević. 2013. Reproductive cycle of *Glycymeris nummaria* (Mollusca: Bivalvia) from Mali Ston Bay, Adriatic Sea, Croatia, *Sci. Mar.*, 77(2):293-300.

Peharda, M., **M. Crnčević**, I. Bušelić, C.A. Richardson & D. Ezgeta-Balić. 2012. Growth and longevity of *Glycymeris nummaria* (Linnaeus, 1758) from the eastern Adriatic, Croatia. *J. Shellfish Res.*, 31(4):947-950.

Juretić, H., S. Dobrović, N. Ružinski, J. Lovrić, M. Pećarević, J. Mikuš J, **M. Crnčević**, E.J. Marčelja, M. Marijanović Rajčić, S. Širac, W.J. Cooper, D. Grewell & J.H. van Leeuwen. 2011. Pilot Studies of Ozonation for Inactivation of *Artemia salina* Nauplii in Ballast Water. *Ozone: Sci. Eng.*, 33(1):3-13.

Peharda, M., C. Richardson, V. Onofri, A. Bratoš & **M. Crnčević**. 2002. Age and growth of Noah's Ark shell, *Arca noae* L., in the Croatian Adriatic Sea. *J. Molluscan. Stud.*, 68:297-300.

### Znanstveni radovi u časopisima s međunarodnom recenzijom

Gollasch, S., H. Rosenthal, H. Botnen, **M. Crnčević**, M. Gilbert, J. Hamer, N. Hülsmann, C. Mauro, L. McCann, D. Minchin, B. Öztürk, M. Robertson, C. Sutton & M.C. Villac. 2003. Species Richness and Invasion Vectors: Sampling Techniques and Biases. *Biol. Inv.*, 5(4): 365-377.

### Ostali radovi u drugim časopisima

Ivanišin Kardum, K., **M. Crnčević** & M. Cukrov. 2011. Priča o dijelu koji nedostaje. Kolika je bila tuna u našem Muzeju?, prirodoslovna didaktička izložba. *Informatica museologica*, 42(1-4): 193-196.

**Crnčević, M.** 2009. Znanstveni radovi Balda Kosića kao podloga pedagoškom radu Prirodoslovnog muzeja Dubrovnik. *Informatica museologica*, 40(3-4): 75-76.

Bratoš, A., M. Peharda & **M. Crnčević**. 2003. Bolesti školjkaša. *Naše more*, 50(1-2): 72-76.

**Crnčević, M.**, M. Peharda & A. Bratoš. 2001. Biocidna učinkovitost bakra i mogućnost njegove primjene za tretiranje balastne vode brodova. *Naše more*, 48(3-4): 93-98.



Radan, D., A. Bratoš, **M. Crnčević**. 2001. Pristup istraživanju optimalnog rješenja problema prijenosa morskih organizama balastnim vodama. *Naše more*, 48(1-2): 60-74.

**Crnčević, M.** & M. Peharda. 1999. Introductions of exotic species associated with shipping activities. *Naše more*, 46(1-2): 51-56.

### Znanstveni radovi u zbornicima skupova s međunarodnom recenzijom

**Crnčević, M.**, M. Cukrov & K. Ivanišin Kardum. 2010. Assessment of morphometric parameters of tuna *Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758.) based on museum exhibits, Dubrovnik Natural History Museum. In: Briand F. (ed.), Rapp. Comm. Int. Mer Medit., Venice, CIESM, 39: 482.

Juretić, H., S. Dobrović, N. Ružinski, J. Lovrić, M. Pećarević, J. Mikuš, **M. Crnčević**, E.J. Marčelja, M. Marijanović Rajčić & W.J. Cooper. 2008. Pilot study on ozonation as a possible treatment for ballast water, UNESCO UCI Groundwater Conference, Irvine, California, SAD.

**Crnčević, M.**, M. Peharda, J. Bolotin, S. Dobrović, A. Benović, A. Bratoš, V. Kožul, N. Glavić, P. Tutman, J. Lovrić & N. Ružinski. 2004. Effects of UVC radiation on survival of *Artemia* cysts and nauplii (Crustacea, Branchiopoda). In: Briand F. (ed.), Rapp. Comm. Int. Mer Medit., Barcelone, CIESM, 37: 338.

Bratoš, A., J. Bolotin, M. Peharda & **M. Crnčević**. 2004. Preliminary data on settlement of the fouling organisms at shellfish farm in Mali Ston Bay, south-eastern Adriatic, Croatia. In: Briand F. (ed.), Rapp. Comm. Int. Mer Medit., Barcelone, CIESM, 37: 497.

Mioković, D., D. Viličić, **M. Crnčević** & Z. Burić. 2001. Unusual occurrence of the microflagellate *Hermesinum adriaticum* in the northern Adriatic Sea in 1998 and 1999. In: Briand F. (ed.), Rapp. Comm. Int. Mer Medit., Monte Carlo, CIESM, 36: 302.

### Drugi radovi u zbornicima skupova s recenzijom

**Crnčević, M.**, A. Bratoš, A. Benović & J. Lovrić. 2003. Pristup istraživanju i osmišljavanju upravljanja brodskom balastnom vodom. Zbornik radova treće Hrvatske konferencije o vodama, Hrvatske vode, Zagreb, 235-239.

### Radovi u zbornicima skupova bez recenzije

Ivanišin Kardum, K., **M. Crnčević** & M. Cukrov. 2011. How big was the tuna in our Museum? – the first didactic exhibition of Dubrovnik Natural History Museum. In: Jelavić Ž. *et al.* (eds.), Proceedings, ICOM CECA 11 th Conference, Zagreb, 258-264.

- Gollasch, S., H. Rosenthal, H. Botnen, **M. Crnčević**, M. Gilbert, J. Hamer, N. Hulsmann, C. Mauro, L. McCann, D. Minchin, B. Ozturk, M. Robertson, C. Sutton & M.C. Villac. 2003. Comparison of ship sampling techniques. In: Raaymakers S. (ed), 1<sup>st</sup> International Workshop on Guidelines and Standards for Ballast Water sampling, Rio de Janeiro, Brazil, Workshop report. Globallast Monograph Series No.9. IMO London, 1-11.
- Jasprica, N., M. Carić, **M. Crnčević** & A. Car. 2001. Toksične ili potencijalno toksične vrste fitoplanktona u Južnom Jadranu. In: Petri N.M. *et al.* (eds.), Book of proceedings, 1 st Congress of the Alps-Adria Working Community on Maritime, Undersea and Hyperbaric Medicine, Croatian Maritime, Undersea and Hyperbaric Medical Society of Croatian Medical Association: Naval Medical Institute of the Croatian Navy, Split, 91-98.