

# Usporedba indeksa kondicije kamenica, *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758), iz Limskog kanala i Malostonskog zaljeva

---

Kaštelan, Noa

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:246747>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-22**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Fakultet prirodnih znanosti  
Sveučilišni preddiplomski studij Znanost o moru

**NOA KAŠTELAN**

**USPOREDBA INDEKSA KONDICIJE KAMENICA, *Ostrea edulis*  
(LINNAEUS, 1758.), IZ LIMSKOG KANALA I MALOSTONSKOG  
ZALJEVA**

Završni rad

Pula, rujan 2021.

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Fakultet prirodnih znanosti  
Sveučilišni preddiplomski studij Znanost o moru

**NOA KAŠTELAN**

**USPOREDBA INDEKSA KONDICIJE KAMENICA, *Ostrea edulis*  
(LINNAEUS, 1758.), IZ LIMSKOG KANALA I MALOSTONSKOG  
ZALJEVA**

Završni rad

**JMBAG: 0303084115**

**Studijski smjer: Znanost o moru**

**Predmet: Marikultura**

**Mentor: izv. prof. doc. dr. sc. Ana Gavrilović**

**Izravni voditelj : dr. sc. Lorena Perić, viša znanstvena suradnica, IRB**

Pula, rujan 2021.



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisana NOA KAŠTELAN , kandidatkinja za prvostupnicu ZNANOSTI O MORU ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Studentica: Noa Kaštelan

---

U Puli, \_\_\_\_\_2021. godine



**IZJAVA**  
**o korištenju autorskog djela**

Ja, NOA KAŠTELAN dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj Završni rad pod nazivom „Usporedba indeka kondicij kamenica, *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758.), iz Linskog kanala i Malostonskog zaljeva“ koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu sa Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, \_\_\_\_\_ 2021. godine

Potpis

---

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem Centru za istraživanje mora Rovinj na ustupljenom prostoru te Institutu Ruđer Bošković na laboratorijskoj opremi.

Ovim putem zahvaljujem mentorici izv. prof. dr. sc. Ani Gavrilovićna ostvarenju svih uvjeta potrebnih za izvedbu ovog završnog rada te na posvećenom vremenu i strpljenju prilikom ispravljanja rada.

Zahvaljujem dr. sc. Loreni Perić i njezinom timu na predloženoj temi završnog rada, na pomoći i savjetima, na posvećenom vremenu i strpljenju tijekom laboratorijskog rada te dobrom društvu u kojem je bilo zadovoljstvo raditi. Zahvaljujem se također doc. dr.sc. Vedrani Nerlović, za podršku i pomoć tijekom obrade uzoraka.

Zahvaljujem se svojoj kolegici Margareti Kljun na potpori, povjerenju, pomoći i savjetima koji su mi uvelike olakšali tijekom izrade ovog rada te veliko hvala na novoj najboljoj prijateljici.

Zahvaljujem svim profesorima Znanosti o moru na prenesenom znanju te kolegama na složnosti i lijepim uspomenama.

Također od srca zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na stalnoj potpori.

Ovaj rad je u potpunosti financiran od strane Hrvatske zaklade za znanost u sklopu istraživačkog projekta HRZZ IP-2019-04-1956 "Osjetljivost komercijalno važnih školjkaša u akvakulturi istočnog dijela Jadrana na promjene okolišnih uvjeta - BEST ADRIA."

# SADRŽAJ

UVOD .....	1
1.1. Školjkaši .....	1
1.2. <i>Ostrea edulis</i> .....	2
1.2.1. Rasprostranjenost .....	2
1.2.2. Osnovne morfološke i fiziološke značajke .....	3
1.2.3. Uzgoj <i>O. edulis</i> .....	5
1.2.4. Tehnologija uzgoja <i>O. edulis</i> .....	6
1.3. Indeks kondicije .....	8
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	11
3. MATERIJALI I METODE .....	12
3.1. Područja istraživanja .....	12
3.1.1. Malostonski zaljev.....	12
3.1.2. Limski kanal .....	14
3.3. Uzrokovanje kamenica <i>O. edulis</i> .....	16
3.4. Obrada uzorka kamenice .....	17
3.5. Statistička obrada podataka .....	18
4. REZULTATI.....	19
4.1. Fizikalno kemijski parametri .....	19
4.1.1. Temperatura.....	19
4.1.2. Salinitet.....	19
4.1.3. pH .....	20
4.1.4. Postotak otopljenog kisika.....	21
4.1.5. Ukupni dušik .....	21
4.1.6. Ukupni fosfor .....	22
4.2. Indeks kondicije .....	23
4.3. Korelacija između fizikalno-kemijskih parametara i indeksa kondicije.....	24
5. RASPRAVA.....	26
6. ZAKLJUČAK .....	29
7. LITERATURA.....	30
8. SAŽETAK.....	34
9. ABSTRACT .....	34
11. LITERATURA SLIKA .....	35





# UVOD

## 1.1. Školjkaši

Školjkaši su raznolika skupina unutar koljena mekušci (Mollusca). Zbog dvodjelne ljuštore nazivaju se Bivalvia (Matoničkin isur., 1998). Razred školjkaši (Bivalvia) obuhvaća oko 25.000 vrsta (Habdija i sur., 2011). Razlikujemo dvije skupine školjkaša: Protobranchia i Autobranchia. Autobranchia obuhvaća znatan dio poznatih školjkašakoji pripadaju dvjema glavnim skupinama: Pteriomorphia (kamenice, dagnje, češljače itd.) i Heteroconchia (slatkovodni školjkaši) (Ponder i sur., 2019). Vodene su, pretežito morske životinje spljoštenog bilateralnog simetričnog tijela zatvorenog unutar dvodijelne vapnenačke ljuštore (Matoničkin i sur.,1998).U osnovi su specijalizirani za život u mekanom sedimentu pri čemu im stopalo služi za ukopavanje, a plašt je prilagođen zaunos vode iznad sedimenta u kojem žive u organizmi te njeno vraćanje iz organizma u okolnu sredinu (Habdija i sur., 2011). Tjelesna temperatura školjkaša kontrolirana je vanjskim okruženjem što znači da su ektotermni organizmi (Ponder i sur., 2019).

Ljuštura školjkaša sastoji se od dva dijela te je građena od tri sloja: tankog proteinskog vanjskog sloja - periostrakum, srednjeg vapnenačkog sloja - ostrakum te unutarnjeg sedefastog sloja – hipostrakum(Matoničkin i sur.,1998).

Najstariji (ispupčeni) dio školjaša, prepoznatljiv kao mala uzvisina naziva se umbo. Oko njega su koncentrično raspoređene zone prirasta (Habdija i sur., 2011). Većina školjkaša na rubu ljuštore, ispod ligamenata, ima bravu. Brava se sastoji od sustava zubića (izbočina) i udubina koji se međusobno uklapaju jedni u druge (Habdija i sur., 2011). Brava ima ulogu čvršćeg prijanjanja ljuštura i onemogućava njihovo klizanje (Habdija i sur., 2011). Neki školjkaši na unutarnjem leđnom rubu imaju takozvane zube ljuštore; upadljive ploče ili grebene. Postoje dvije podjele zubiju: lateralni (bočni) i kardinalni (glavni) zubi. Lateralni zubi protežu se uz rubnu liniju školjke, dok se kardinalni nalaze uz umbo (Wallace i Taylor, 1996).

Ljušturu izlučuje plašt te su ljuštore bočno spojene svojim rubnim dijelovima i nazivamo ih školjkom, a životinju unutar nje školjkašem. Unutrašnjost ljuštore prekirvena je plaštom. Sve životne funkcije školjkaša zasnivaju se na strujanju vode kroz plaštanu šupljinu (Habdija i sur., 2011). Plaštana šupljina nalazi se s unutarnje strane plašta, a sastoji se od škrga koje služe za disanje i filtriranje hrane, usnih lapova (palpa) i stopala za zakopavanje iznad kojeg se nalazi utroba, odnosno svi ostali organi (Matoničkin i sur.,1998). Vrlo važna pojava koja se odvija kroz plaštanu šupljinu je protok vode. Školjkaši iz vode (ulazne struje) uzimaju hranu i kisik, a izlaznom stujom izbacuju ugljikov diokid, ekskrecijske i izmetne produkte i gamete (Habdija i sur., 2011). Na rubu plašta nalazi se većina osjetila, dok stopalo kod vrsta koje ga imaju sadrži statociste (ravnotežni organi). Neke vrste posjeduju bisusnu žlijezdu (Matoničkin i sur.,1998).

Većina školjkaša ima dva mišića zatvarača (prednji i stražnji) koji skupa s ligamentom imaju ulogu otvaranja i zatvaranja ljušture. Za razliku od većine vrsta, kamenice imaju samo jedan (Gavrilović, 2010). Između ta dva mišića zatvarača nalazi se po jedan manji mišić kod vrsta koje imaju stopalo. On omogućuje povlačenje stopala što omogućava njegovo pomicanje (Wallace i Taylor, 1996). Školjkaši su sjedilački ili polusjedilački organizmi, a neki povremeno mogu i plivati. Najčešće naseljavaju mekani sediment, a neke vrste su razvile mehanizme kojima se ukopavaju u mekanu i rahlu podlogu, a druge buše hodnike u kamenu ili drvetu (Habdija i sur., 2011).

Kod školjkaša se razlikuju unutarstanična i izvanstanična probava. Unutarstanična probava se odvija u probavnoj žlijezdi i hemocitima, dok se izvanstanična probava odvija u želucu i crijevima (Matoničkin i sur., 1998). Svi mekušci, pa tako i školjakši imaju otvoren optjecajni sustav i srce sastavljeno od dvije pretkljetke i jedne kljetke. Tjelesna tekućina koja teče kroz tijelo prenoseći kisik do svih stanica naziva se hemolimfa. Krvnožilni sustav školjkaša također služi za transport tvari te ima funkciju hidroskeleta (Matoničkin i sur., 1998).

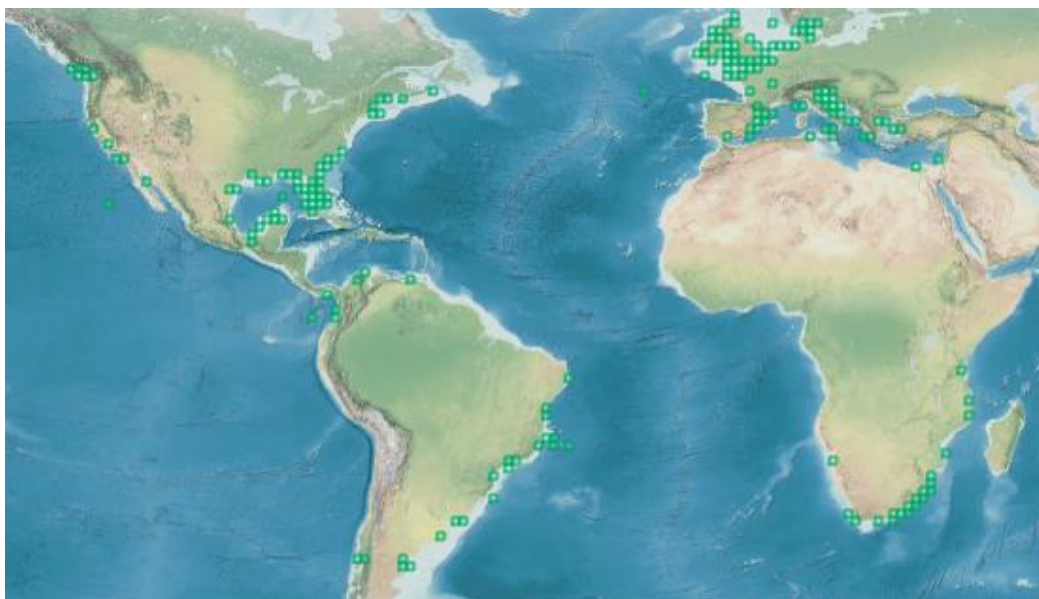
Živčani sustav školjkaša jednostavne je građe. Sadržava tri para ganglija. Cerebralni ganglij koji inervira prednji dio tijela, prednji mišić zatvarač, prednji dio plašta i usni otvor. Pedalni ganglij inervira stopalo, a viscelarni ganglij inervira stražnji mišić zatvarač, škrge i stražnji dio plašta (Marguš, 1998).

Školjkaši su većinom gonohoristi. Hermafroditni školjkaši mogu biti simultani dvospolci ili sukcesivni gdje su malo mužjaci, a malo ženke. Takav sukcesivni hermafrodit je *O. edulis* (Gavrilović, 2011). Oplodnja je vanjska, a razvoj teče preko trohofore i veliger ličinke (Matoničkin i sur., 1998). Ključna uloga školjkaša je u protoku energije u okolišu i u održavanju kvalitete vode filtriranjem te za vrste poput kamenica, u pružanju supstrata i staništa za druge vrste. Školjkaši također, s obzirom da se hrane filtracijom, u svom organizmu mogu koncentrirati patogene i morske toksine, te često koriste i kao bioindikatorski organizmi (Gerdol i sur., 2018).

## 1.2. *Ostrea edulis*

### 1.2.1. Rasprostranjenost

Kamenica *Ostrea edulis* je morski školjkaš iz porodice kamenica (Ostreidae). Najpoznatiji je europski školjkaš. Populacije europske plosnate kamenice protežu se od obale Norveške do voda u blizini Maroka, te kroz Sredozemno more i Crno more. Također se mogu naći u istočnom dijelu Sjeverne Amerike od Mainea do Rhode Islanda (Slika 1). Ova vrsta može narasti preko 20 cm te doživjeti starost veću od 20 godina (FAO, 1989).



Slika 1. Rasprostranjenost *Ostrea edulis* u svijetu (Worms, 2021).(preuzeto sa <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=138298#distributions>)

### 1.2.2. Osnovne morfološke i fiziološke značajke

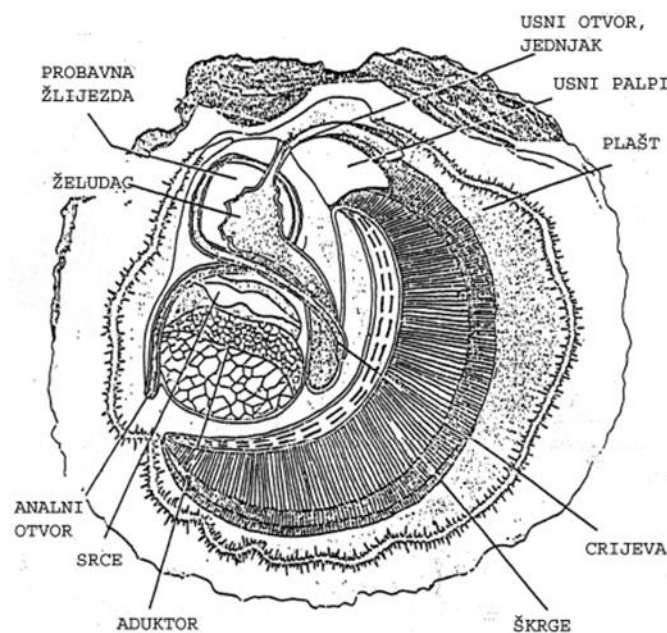
Tijelo *O. edulis* je smješteno unutar dviju asimetrične ljuštore, ovalnog do kruškastog oblika grube, ljuskave površine. Boja ljuštore je bijele, kremaste do sive boje pa ju je teško uočiti na kamenoj podlozi, dok je unutrašnjost ljuštura biserno bijele boje (FAO, 1989). Unutar ljuštore nalazi se meso koje se može razlikovati u boji od kremasto bež do blijedo sive u razdoblju nakupljanja energetskih rezervi za gametogenezu i tijekom gametogeneze, te tamnosmeđe ili zelene boje neposredno nakon mrijesta (Younge, 1926; Gavrilović, 2010).

Za ovu je vrstu karakteristična viviparnost. Tako do oplodnje dolazi od sperme unesene u plaštanu šuljinu ulaznom vodenom strujom, a oplđeni embrio se razvija do veliger ličinke u plaštanoj šupljini majke. U toj fazi, razdoblju inkubacije, započinje stvaranje ljuštore. Umbo ili vrh školjke nalazi se iznad ligamentarnog spoja kapaka. Lijeva (donja) udubljena ljuštura je ispupčena i služi za prihvaćanje za podlogu, a desna (vanjska) ljuštura je ravna i manja te ulazi pod lijevu ljušturu. Ljuštore spaja jaki mišić. Ljuštura školjkaša se zatvara kada je elastičan ligament maksimalno zategnut to jest kada je aduktor kontrahiran. Otvaranje ljuštura započinje opuštanjem mišića kada ligament olabavi, što omogućuje razdvajanje ljuštura (Gavrilović, 2010).

Zbog nedostatka prednjeg aduktora kod ove vrste kamenica, stražnji aduktor zauzima središnji položaj. Nalazi se pričvršćen za unutarju površinu obje ljuštore te kako bi se moglo vidjeti tijelo školjke, potrebno ga je prerezati (Slika 2). Ispod ljuštore školjke nalazi se plašt, koji kao i ljuštura obavlja cijelo tijelo. Plašt je sastavljen od dva nabora, lijevog i desnog. Nabori su međusobno srasli u području ispodzgloba do regije usta, pokrivajući tijelo, svaki sa svoje strane te na taj način zatvaraju plaštanu šuplinu. Uz aduktor i mjesto na kojem

završavaju škrge, unutarnje se površine dvaju plaštanih nabora spajaju, čineći inhalantni (ulazni) i ekshalantni (izlazni) otvor plaštane šupljine (Gavrilović, 2010).

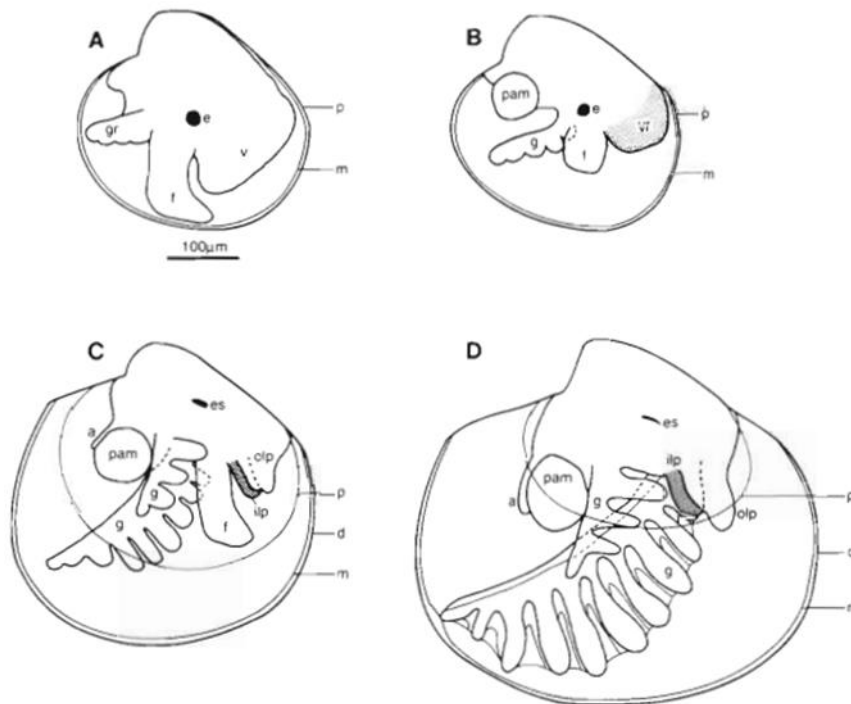
Usni otvor smješten je na zglobovnom dijelu tijela, na čijim se rubovima nalaze dva para usnih palpa, na koje se nadovezuju par rešetkastih škrge. Škrge se protežu prema stražnjem dijelu tijela do mjesta spajanja unutarnjih površina plaštanih nabora. Slobodni rubovi škrge povezani su s unutarnjom površinom plašta, dok su obje škrge u srednjoj liniji međusobno spojene, stvarajući na taj način kompletnu pregradu kroz plaštanu šupljinu i dijeleći je na veću inhalantnu i manju ekshalantnu komoru (Younge, 1926; Gavrilović, 2010).



Slika 2. Prikaz europske plosnata kamenice *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) nakon uklanjanja gornje ljuštore (izvor: Gavrilović 2010).

*Ostrea edulis* je protandrični hermafrodit, koji mijenja spol uglavnom dva puta tijekom jedne sezone. Kamenice djeluju kao mužjaci rano u sezoni mrijesta, a kasnije se mijenjaju u ženke i obrnuto. Sukcesivno mijenjanje spola u istih jedinki događa se kroz cijeli život kamenice (FAO, 1989). Mrijesti se tijekom cijele godine, izuzev zime, pri čemu svaka jedinka ispusti od pola do nekoliko milijuna jajašca. U Jadranu se kamenice mrijeste od jeseni do kraja proljeća. Kada ličinke kamenica dostignu veličinu od 300  $\mu\text{m}$  (Slika 3), započinje najdelikatnija faza u životnom ciklusu kamenice tijekom koje ona pronalazi podlogu za prihvat i naseljavanje, a tijekom ovog procesa dolazi i do metamorfoze ličinke u odraslu kamenicu (Viličić, 2017). Ličinka spremna za prihvat (prelazak na sjedilački način života) izlučuje tvar sličnu cementu kojom se prihvaća na podlogu, a organizam prolazi kroz niz anatomskih i fizioloških promjena. Ova faza je vrlo osjetljiva te je uobičajeno popraćena velikim ugibanjima u mrjestilištima. Prihvaćanje ličinke na podlogu traje 4-5 dana i za to vrijeme jedinka razvija stopalo za prihvaćanje za podlogu i hrani se značajno manjim

intenzitetom (Glamuzina, 2006). Temperatura mora tijekom ljeta mora iznositi najmanje 18 °C kako bi se gametogeneza mogla neometano nastaviti (FAO, 1989).



Slika 3. Razvitak ličinki kamenice koje lebde u planktonu do stadija veliger razvijenog za prihvat tj. prelazak na sesilni način života (a. – d.). Najvažniji anatomske detalji: d - ljušturica ličinke, e - očna pjega, f - stopalo, g - škrge, m - rub plašta (Baker i Mann, 1994).

Kamenice se, kao i ostali školjkaši, hrane filtriranjem hranjivih tvari iz morske vode. Hrane se suspendiranim česticama u moru, poput fitoplanktona, zooplanktona, bakterija i detritusa (Gavrilović, 2010). Predatori *O. edulis* su ribe, rakovi, morske zvijezde, puž volak (Basioli, 1968).

### 1.2.3. Uzgoj *O. edulis*

Kamenica *O. edulis* se uzgaja od davnina. Uzgoj vuče korijene još iz doba Rimljana, koje potvrđuju spomenici i pisane izjave različitih autora iz tog perioda. Uzgoj europske plosnate kamenice prostorno je prilično ograničen zbog njezinih specifičnih zahtjeva u pogledu okoliša i njezine velike osjetljivosti (Šimunović, 2004). No unatoč tome, ona se uzgaja na relativno dosta velikom prostoru u različitim krajevima svijeta, na različite načine, pod raznoraznim okolnostima i s različitim uspjehom (Šimunović, 2004). U Republici Hrvatskoj su veoma povoljni uvjeti za uzgoj *O. edulis*, za razliku od drugih zemalja koji nose titulu najvećih proizvođača kamenica. Osim zbog prelova ili bolesti, te zemlje su suočene i sa nedostatkom sjemena, stoga ga moraju umjetno uzgajati u mrještilištima ili uvoziti, dok ga

kod nas još uvijek ima u dovoljnim količinama, iako bi za povećanje i pravilno planiranje proizvodnje bilo potrebno osigurati veću količinu mlađi, što je moguće izgradnjom mrijestilišta (Gavrilović, 2003; 2010).

U Republici Hrvatskoj (RH) marikultura uključuje uzgoj bijele ribe (lubin, komarča), plave ribe (tuna) i školjkaša (dagnje i kamenice) (Ministarstvo poljoprivrede, 2019). Iako se Nacionalnom strategijom razvoja marikulture predviđao rast proizvodnje školjkaša do 20 000 tona u prvih deset godina 21. stoljeća, u prvoj polovici tog razdoblja količina uzgojenih školjkaša jedva da je dostizala četvrtinu. Hrvatska proizvodnja u marikulturi u 2019. godini iznosi 17.343 tone, od toga na kamenicu otpada 61 tona. Prema Državnom zavodu za statistiku Republike Hrvatske (2020) ukupan ulov i uzgoj (proizvodnja) morske ribe i drugih morskih organizama u 2019. manji je u odnosu na godinu prije za 5 387 tona, odnosno 6,2%, točnije ulov i uzgoj školjkaša smanjen je za 67 tona (5,0%). Proizvodnja kamenica (u tonama) za razdoblje 2008. - 2019. prikazana je u tablici (Morska akvakultura u Hrvatskoj, 2019).

Tablica 1. Proizvodnja kamenica *O. edulis* u RH (u tonama) za razdoblje 2008.- 2019.

(preuzeto sa: <https://poljoprivreda2020.hr/wp-content/uploads/2019/04/>)

Vrsta	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.
Kamenica	50	50	55	150	150	50	32	52	64	62	54	61

#### 1.2.4. Tehnologija uzgoja *O. edulis*

Uzgoj školjkaša predstavlja jedan od najranijih oblika marikulture, kojeg spominju Aristotel 350. godine prije Krista i Plinije oko 100. godine prije Krista. Zbog sesilnog načina života i niske trofičke razine mogu se razmjerno jednostavno i jeftino uzgajati (Bratoš Cetinić i Bolotin, 2016). U hrvatskom priobalju europska plosnata kamenica *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) je, uz dagnju (*Mytilus galloprovincialis*), najvažnija komercijalno uzgajana vrsta školjkaša (Gavrilović i sur., 2015). U svijetu se na dva načina uzgajaju kamenice. Prvi od njih, uzgoj na morskom dnu, primjenjuje se u sjevernim morima s velikim oscilacijama plime i oseke (Šimunović, 2004). Kamenice se polože na dno prekriveno pijeskom te uzgajaju se do tržišne veličine bez ikakvih dodatnih materijalnih ulaganja (Šimunović, 2004).

Za bilo koju vrstu uzgoja, mlađ je prvo potrebno kolektirati, odnosno prikupiti iz prirode. Postoji nekoliko vrsta kolektora, od kojih najstariju vrstu kolektora predstavljaju veće hrastove grane i snopovi grana različitog grmlja, takozvani "fašini", dužine 1,5 do 2 metra (Bratoš Cetinić i Bolotin, 2016). Najčešće se spoje dva snopa zajedno na dugačak konop i bacaju na dno, vežući i kamen za snopove kako bi ih držao potopljene. Kraj konopa se veže za plovak koji pluta morskom površinom. Stare plastične mreže za uzgoj dagnji spadaju u drugu vrstu kolektora. Mreže se vežu s obju strana na metalne šipke, a potom se polažu što bliže morskom dnu, na 0,5 do 1 metra iznad morskog dna (Gavrilović i Petrincec, 2003). Mlađ

prikupljena na snopovima, skuplja se tako da se grane sijeku i upliću u pergolare. S druge strane, mlađ prikupljena na mrežama, razrjeđuje se i ostavlja u moru dok kamenica ne dostignu tržišnu veličinu (Bratoš Cetinić i Bolotin, 2016). Mlade jedinice koje otpadnu prilikom prerade, uglavnom se cementiraju na pergolare i to po dvije svakih 20-tak cm, a mogu se staviti i u plastične korpe, kašete ili lanterne (Slika 4) (Bratoš Cetinić i Bolotin, 2016; Gavrilović, 2015). Mlađ kamenica nasađuje se u kašete s početnom nasadnom gustoćom od 70 komada dimenzija (48,5x30,5x16 cm). Nizovi se sastoje od 6 kašeta koje se vežu na plutajuće linije u razmaku od 1m na dubini 6-8 m (Radetić, 2010). Kašete se vade iz mora te se školjkaši razređuju na gustoću od 35 kamenica po kašeti nakon 8 mjeseci uzgoja. Time se može završiti uzgojni ciklus koji traje dvije godine od dana postavljanja kolektora za prihvaćenje mlađi a uzgajani školjkaši postignu veličinu od 90 mm i težinu od oko 80 (Radetić, 2010). Ipak je najcjenjenija kamenica s pergolara, jer raste slobodno u stupcu morske vode pa je pravilnog oblika i visokog indeksa kondicije (Bratoš Cetinić i Bolotin, 2016). Tradicionalno, uzgajivači prvo polaganje kolektora obavljaju u razdoblju od 20. svibnja do prve polovice lipanja, a drugo polaganje u razdoblju od 20. rujna do prve polovice listopada (Gavrilović i Petrincec, 2003). Ovaj način je nemjerljivo jeftiniji od drugoga, tzv. Mediteranskog načina.

Za razliku od ranije opisanog uzgoja na dnu, mediteranski način uzgoja primjenjuje se u Sredozemlju, a odvija se između dna i morske površine na parkovima koji mogu biti stabilni (nepokretni) ili plutajući (Šimunović, 2004). Stabilni se parkovi sastoje od vertikalnih drvenih ili željeznih stupova postavljenih u obliku pravokutnika. Dugački su 6-10 m ovisno o dubini, a usađuju se u morsko dno na udaljenosti od 5 do 6 metara. Međusobno su povezani horizontalno položenim stupovima i čeličnim konopima. Plutajući parkovi dugački su od 50 do 100 metara. Sastoje se od plastičnih plutača koje imaju sa svake strane po jednu željeznu plastificiranu kuku za koju se veže konop. Na jedan metar dužine parka sastavljaju se 3 do 4 pergolara što ovisi o volumenu plutača. Park se sidri velikim betonskim blokovima (300-400 kg) (Gavrilović i Petrincec, 2003).



Slika 4. Lanterne za uzgoj kamenica (Fotografija: Lorena Perić).

### 1.3. Indeks kondicije

Indeks kondicije školjkaša predstavlja postotak količine mesa unutar ljuštura. Praćenjem ovog parametra moguće je utvrditi dinamiku promjene količine mesa školjkaša koja se ciklički mijenja tijekom godine ovisno o brojnim biotičkim i abiotičkim čimbenicima kao što su: razdoblje spolne aktivnosti, zdravstveno stanje školjkaša, dostupnost hrane, temperatura, salinitet, pH, koncentracija otopljenog kisika i onečišćenje okoliša (Gavrilović i sur., 2012). Uz navedeno, indeks kondicije je čimbenik koji može upozoriti na rentabilnost nekog područja za uzgoj školjkaša. Analizom indeksa kondicije školjkaša na raznim lokalitetima dobiva se orijentacijska slika o vrijednosti tih lokaliteta za uzgoj i o razdoblju u kojem su najpovoljniji za konzumaciju tijekom godine (Marušić i sur., 2009). Postoji nekoliko metoda za izračunavanje indeksa kondicije koje se s obzirom na varijable koje se koriste za izračunavanje, mogu podijeliti u tri osnovne skupine: volumetrijska, gravimetrijska i kombinirana (Marguš, 1985).

U 20- tom stoljeću indeks kondicije se najčešće izračunavao kao odnos između mase mokrog ili suhog mesa i volumena međuljuštornog prostora. Zadnjih nekoliko godina koriste se sve jednostavnije i brže metode, a kao varijable koriste se sljedeći parametri: masa cijelog školjkaša, masa mokrog mesa, masa suhog mesa, masa mokre ljušture, masa suhe ljušture i dužina ljušture školjkaša (Gavrilović i sur., 2012).

Razni autori izračunavali su indeks kondicije na različite načine. Marguš (1985) izračunava indeks kondicije ( $CI_1$ ) iz mase suhog mesa i mase cijelog školjkaša. S druge strane



Fleury i sur. (2003) te Almeida i sur. (1999) određuju indeks kondicije ( $CI_2$ ) kao kvocijent mase mokrog mesa i mase cijelog školjakaša (g). Park i sur. (2006) koriste u formuli za indeks ( $CI_3$ ) masu suhog mesa (g) i dužinu ljuštore (mm)<sup>3</sup>, dok Phernambucq i Vroonland (1983) za izračun indeksa kondicije ( $CI_4$ ) koriste masu suhog mesa te masu cijelog školjakaša i masu mokre ljuštore.

$$CI_1 = \frac{\text{masa suhog mesa (g)}}{\text{masa cijelog školjakaša (g)}} \times 100 \text{ (Marguš, 1985)}$$

$$CI_2 = \frac{\text{masa mokrog mesa (g)}}{\text{masa cijelog školjakaša (g)}} \times 100 \text{ (Almeida i sur., 1999, Fleury i sur., 2003)}$$

$$CI_3 = \frac{\text{masa suhog mesa (g)}}{\text{dužina ljuštore (mm)}} \times 1000 \text{ ( Park i sur., 2006)}$$

$$CI_4 = \frac{\text{masa suhog mesa (g)}}{\text{masa cijelog školjaka (g) - masa mokre ljuštore}} \times 1000 \text{ (Phernambucq i Vroonland, 1983)}$$

Prema Davenportu i Chen (1987) postoji čak 7 metoda izračunavanja indeksa kondicije (CI):

1.  $CI = \frac{\text{masa prokuhanog mesa}}{\text{ukupna mokra masa}} \times 100$
2.  $CI = \frac{\text{masa prokuhanog mesa}}{\text{masa prokuhanog mesa + masa ljuštore}} \times 100$
3.  $CI = \frac{\text{masa mokrog mesa}}{\text{ukupni volumen - volumen ljuštore}} \times 100$
4.  $CI = \frac{\text{masa sušenog mesa}}{\text{ukupni volumen - volumen ljuštore}} \times 100$
5.  $CI = \frac{\text{masa sušenog mesa}}{\text{masa ljuštore}} \times 100$
6.  $CI = \frac{\text{masa mokrog mesa}}{\text{masa ljuštore}} \times 100$
7.  $CI = \frac{\text{volumen mokrog mesa}}{\text{ukupni volumen - volumen ljuštore}} \times 100$

Prema Davenportu i Chenu (1987) najbolja metoda za izračunavanje indeksa kondicije je metoda broj dva zbog korištenja najlakše mjerljivih parametara. Uz metodu broj dva (masu ljuštore i masu prokuhanog mesa) izdvajaju se i metoda broj četiri (masa sušenog mesa / ukupni volumen – volumen ljuštore) te metoda broj pet (masa sušenog mesa / masa ljuštore).

Kao indikator fiziološkog stanja i rasta kamenica koristi se indeks kondicije te prirast kamenica. Postoje više metoda mjerenja prirasta, najpraktičnije i najjednostavnije za uzgajivače jest mjerenje maksimalne dužine ljuštore uporabom pomične mjerke. Mjerenjem prirasta kamenica na različitim lokacijama i dubinama, uzgajivač može bolje upoznati utjecaj pojedinih faktora na prirast dagnji te uzgojno područje iskoristiti za postizanje maksimalnog prirasta kamenica.

Također, indeks kondicije je i pokazatelj tržišne kvalitete kamenica, te nam njegova vrijednost može ukazati na tržišnu kvalitetu (Gavrilović, 2010). Na Jadranu najniže vrijednosti indeksa javljaju se u zimskom, a najviše u proljetnom periodu, neposredno prije razdoblja mrijesta (Župan i sur., 2014).

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog rada bio je istražiti promjene kvalitete mesa, odnosno kondicije školjkaša *Ostrea edulis* na dvije uzgojne lokacije u različitim razdobljima godine tijekom jedanaest mjeseci. Uzorci su prikupljeni šest puta u intervalima od dva mjeseca na dvije istraživane postaje: Limski kanal i Malostonski zaljev. Uz navedeno, istraženi su i ekološki čimbenici (salinitet, temperatura, pH, koncentracija otopljenog kisika, koncentracije nutrijenata: ukupnog dušika i ukupnog fosfora) na svakoj postaji, te njihov odnos s mjerenim indeksima kondicije kamenica.

## 3. MATERIJALI I METODE

### 3.1. Područja istraživanja

Dva najpoznatija mjesta uzgoja školjkaša, a ujedno i prirodna rastilišta školjkaša su Limski zaljev koji pripada sjevernom dijelu Jadrana te Malostonski zaljev na južnom dijelu Jadrana. Ova dva područja odabrana su za istraživanje.

#### 3.1.1. Malostonski zaljev

Malostonski zaljev pruža se između kopna i poluotoka Pelješca u smjeru sjeverozapad-jugoistok i prirodni je nastavak Neretvanskog kanala. Izduženog je oblika. Račva se u nekoliko manjih zaljeva i uvala, jednako tako dobro uvučenih u kopno, kao što su uvala Kuta, Miševac, Sige, Bistrina itd (Šimunović, 2004). Objedinjuje područje od uvale Kuta do spojnice rta Rat na Pelješcu i rta Rivine na kopnu. Kao prirodno eutrofizirani ekosustav s visokom koncentracijom hranjivih soli, izvrsno je stanište za organizme filtratore (Viličić, 1981). Malostonski zaljev veoma je prikladan za uzgoj kamenica i svrstava se u najvišu zonu produktivnosti u Jadranskom moru. Uzgoj školjkaša u ovom području potječe još iz davnine. Pretpostavlja se da je baš uvala Bistrina bila poznato uzgajalište kamenica još u doba Rimskog Carstva, na što upućuju pronađene ljuštire kamenica u rimskim iskopinama (Tomišić i Lovrić, 2004). Na početku prvo se na ovom području uzgajala samo kamenica *Ostrea edulis*, ali početkom 20. stoljeća započeo je i uzgoj dagnje *Mytilus galloprovincialis* (Marinović, 2010).

Duljina zaljeva je 28 km, a na najširem dijelu 6.1 km. Morsko dno je hridinasto i postupno prelazi u muljevito. Zbog velike razvedenosti vanjskog i unutrašnjeg dijela zaljeva ukupna dužina obalne linije iznosi oko 100 km (NN 31/09). Zaljev je poprilično plitak, sa najvećom dubinom od 29 m (NN 31/09). Obale Malostonskog zaljeva su izgrađene od vodopropusnog vapnenca i sadrži mnogobrojne vrulje, izvore slatke vode. Cirkulacija oborinske vode se odvija podzemno, te se zajedno s vodom iz zaleđa uljeva u zaljev u obliku podvodnih izvora-vrulja (Bahun, 1981). Vode podzemnih izvora bitno utječu na ekološke prilike u zaljevu i to posebice na temperaturu i salinitet (Meštrović i Požar-Domac, 1981). Zbog utjecaja slatke vode zabilježena je prilično visoka koncentracija hranjivih tvari, što je rezultiralo velikom proizvodnjom fitoplanktona i zooplanktona. Naime, nigdje u zaljevu ne dolazi do nakupljanja mineralnih soli što bi inače ukazivalo na eutrofikaciju (Buljan i sur., 1973). Rijeka Neretva ostavlja veliki utjecaj na vanjski dio zaljeva, osobito za vrijeme njenog visokog vodostaja te jačih zapadnih vjetrova ljeti (IOR, 2003).

Godišnje temperaturne vrijednosti se jako mijenjaju, a ekstremne vrijednosti su zabilježene u površinskom sloju. S porastom dubine godišnji raspon vrijednosti se smanjuje (Radetić, 2010). Termička stratifikacija vodenog stupca jače je izražena od lipnja do rujna. Hlađenje površinskog sloja započinje u listopadu, a izotermija se uspostavlja u studenom. U vanjskom dijelu Zaljeva površinska temperatura je rijetko ispod 10°C, no za vrijeme jakih zima u plitkim dijelovima unutrašnjeg dijela, površinska temperatura može se približiti

vrijednosti od 0°C. Najniža izmjerena temperatura mora je 5.8°C, a najviša 26.8°C (IOR, 2003). Isto tako prisutno je veliko kolebanje saliniteta kroz godinu. Niske površinske vrijednosti indirektno ukazuju na pojačan dotok oborinskih voda i slatke vode vruljama i rijekom Neretvom (Marinović, 2010). Salinitet u površinskom sloju zna pasti i do 15 psu u područjima koja su pod većim učinkom dotoka slatke vode, npr. u uvali Brijesta. U ljetnim mjesecima površinske vrijednosti ovog parametra rastu, dok su najniže zabilježene u hladnijem razdoblju godine, pri čemu je u uvali Brijesta zabilježen najniža vrijednost od 22,23 psu, a u uvali Kuta 10,90 psu. Najviši salinitet s malim godišnjim kolebanjem je ispod 10 m dubine. U vanjskom dijelu zaljeva pridnene vrijednosti saliniteta dosežu i do 38,83 psu (IOR, 2003).

Zaljev Bistrina je uvučena u kopno 3 kilometara prema sjeveru, a široka je oko kilometar, na nekim mjestima i više (Slika 5 i 6) (Tomišić i Lovrić, 2004). Uvalu okružuju zelena obrasla brda, a od vjetra i valova štiti je otok takozvan "Otok života" (Tomišić i Lovrić, 2004). Najveća joj je dubina između 8 i 9 m. U Bistrini vladaju umjerene struje, vrlo pogodne zaraznošenje sjemena i ličinka (Tomišić i Lovrić, 2004). Prva evidentirana proizvodnja je iz 1911. godine, kada je u Bistrini uzgojeno 150 000, a u uvali Bjejevica 110.000 komada kamenice (Tomišić i Lovrić, 2004).



Slika 5. Prikaz lokacije uzgajališta kamenica u zaljevu Bistrina (Bioportal, 2021).



Slika 6. Uzgajalište kamenica u zaljevu Bistrina (Fotografija: Lorena Perić).

### 3.1.2. Limski kanal

Limski kanal je najduža uvala Istre, smještena na granici Poreča i Rovinja. Naziv mu potiče od riječi „limes“, što je latinska riječ za granicu, a Limski je zaljev bio granica između pulskog i porečkoj agera (danas između Rovinja i Vrsara). Nastao je prije nekoliko milijuna godina, za vrijeme miocena kada je razina mora bila znatno niža od sadašnjeg, a miocenske obilne kiše rijeku su radile snažnom tako da je voda i dalje ispirala vapnenac i dodatno produbila riječno korito (Usich, 2014). Dizanjem razine mora, potopilo se riječno ušće (rijas) rijeke Pazinčice koja danas ponire u Pazinskoj jami kod Pazina, a u prošlosti se je ulijevala u more u Limskom zaljevu (Božičević, 2009). Obale su mu na sjevernoj strani prekrivene zimzelenom vegetacijom, a na južnoj listopadnom. Limski kanal je dug 9,5 km, s prosječnom širinom 600 m. U prednjem, vanjskom dijelu dubina iznosi oko 30 m, a prema obalama naglo pada (Hajder, 2020). U unutrašnjem dijelu kanala, gdje su postrojenja za uzgoj školjkaša dubina se kreće od 12 do 30 m. Dno je u kanalu pretežito muljevito. Podmorski izvori slatke vode u obliku vrulja, potpomažu strujanju mora i na nekim predjelima more je u određenoj mjeri smanjenog saliniteta što pogoduje uzgoju školjkaša (Basioli, 1968). Unutrašnjost kanala rezervirana je za uzgajališta školjaka (Slika 7), što potvrđuje i izjava o zabrani ulaska u uzgojno područje i zabrani ulaska bilo kojeg plovila u park, kupanja ili ronjenja do udaljenosti od 50 m (Basioli, 1968).



Slika 7. Uzgajalište kamenica u Limskom kanalu (Fotografija: Lorena Perić).

Limski zaljevima status zaštićenog područja te kao takav ima nisku razinu antropogenog zagađenja. Također, od 1964. zakonom je zaštićen geomorfološko hidrogeološki lokalitet u kategoriji značajnih krajolika, a od 1980. godine ima status posebnog rezervata u moru (Božičević, 2009). Do 1990-tih godina marikultura, prvenstveno uzgoj školjkaša imao je vrlo uspješnu proizvodnju. Danas se uspješna proizvodnja odvija u manjim količinama u ekstenzivnom uzgoju, na početnom i središnjem dijelu kanala (Hajder, 2020). Razvojem turizma Limski kanal bilježi sve veću posvećenost i time uvjetuje povećanje broja turističkih usluga što dovodi do povećanja antropogenih pritisaka na ovom području (Nedeljković, 2020).

Uvala Malenica (Slika 8), u kojoj je ovo istraživanje provedeno, nalazi se u Limskom zaljevu u blizini je kaveza sa ribom gdje je značajan utjecaj povećanog unosa organske tvari zbog blizine kaveznog uzgoja riba.



Slika 8. Postaja Malenica (Usich, 2014).

### 3.3. Uzrokovanje kamenica *O. edulis*

Školjkaši korišteni za istraživanje skupljani su na dvije lokacije; Limski kanal u uvali Malenica ( $45^{\circ} 07' 50''$  N i  $13^{\circ} 41' 20''$  E) i Malostonski zaljev unutar zaljeva Bistrina (Slika 9) ( $42^{\circ} 52' 16''$  N i  $17^{\circ} 42' 12''$  E) u vremenskom intervalu od srpnja 2020. do svibnja 2021. godine. Kamenice za ovo istraživanje nabavljene su od lokalnih proizvođača, presložene u lanterne i postavljene na daljnji uzgoj u svibnju 2020. Uzroci su se prikupljali šest puta u intervalima od dva mjeseca, odnosno: 9. srpnja 2020., 18. rujna 2020., 12. studenog 2020., 15. siječnja 2021., 17. ožujka 2021. i 6. svibnja 2021. godine.





Slika 9. Kamenice *O. edulis* prikupljene su iz uzgajališta Bistrina (Fotografija: Lorena Perić).

Kamenice *Ostrea edulis* prikupljene su iz uzgojnih parkova u suradnji sa lokalnim uzgajivačima. Sa svake lokacije uzorkovano je po 30 jedinki srednje veličine. Dubina uzorkovanja u Lirskom kanalu iznosila je osam metara, a u Malostonskom zaljevu pet metara.

Tijekom prikupljanja kamenica iz uzgajališta, određivani su i osnovni fizikalno-kemijski parametri vodenog stupca (temperatura, pH, salinitet, postotak otopljenjenog kisika, ukupni dušik i fosfor). Za mjerenje temperature, pH, saliniteta i postotak otopljenog kisika (%) korištena je digitalna multiparameterska sonda (SevenGo pro/Ion Mettler Toledo). Uzorci vode za analizu koncentracije dušika i fosfora prikupljeni su Niskinovim crpcem volumena pet litara. Ukupni dušik analiziran je metodom oksidativne razgradnje peroksidisulfatom (ISO 11905-1:1997). Ukupni fosfor je određen prema Hach 8178 metodom reakcijom s amonij molibdatom. Uzorkovanje vode i mjerenje ostalih parametara multiparameterskom sondom obavljano je na istoj dubini s koje su uzorkovani školjkaši.

### 3.4. Obrada uzorka kamenice

Uzorci su transportirani u pothlađenom kontejneru i dopremljeni u laboratorij odmah nakon prikupljanja na terenu. Za određivanje indeksa kondicije izdvojeno je trideset školjkaša. Prije prvog mjerenja morfoloških obilježja, ljušturama kamenica dodjeljen je redni broj u svrhu raspoznavanja, tj. identifikacije jedinki. Svaka jedinka kamenice izvagana je na analitičkoj vagi preciznosti 0,01 g. Potom su školjkaši otvoreni i skalpelom je odvojeno tkivo

od ljuštura. Na digitalnoj vagi izmjerena je masa mokre ljušture i masa mokrog tkiva (Slika 10).



Slika 10. Prikaz mjerenja mase mokrog tkiva pomoću analitičke vage ( Fotografija: Margareta Kljun).

Iz dobivenih podataka, prema sljedećoj formuli: masa mokrog mesa (g) / ukupna mokra masa (g) x 100; izračunati su indeksi kondicije prema Fleury i sur. (2003) i uneseni u program MS Excel radi dalje obrade.

### 3.5. Statistička obrada podataka

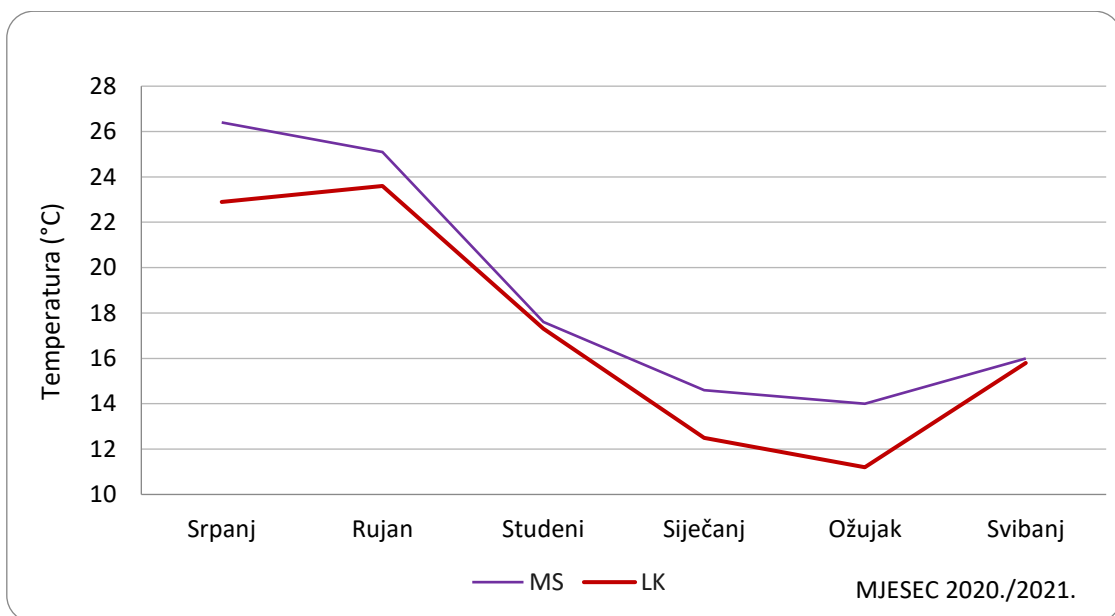
Za statističku analizu i obradu podataka korišten je program Microsoft Office Excel, a za utvrđivanje statističke značajnosti razlika srednjih vrijednosti indeksa kondicije između postaja i između sezona na istoj postaji upotrijebljeni su t-test i ANOVA, zajedno s Tukey HSD testom u programskom paketu SPSS, uz statističku značajnost na razini  $p < 0.05$ . Korelacije između indeksa kondicije i fizikalno kemijskih parametara određena je također u programu MS Office Excel

## 4. REZULTATI

### 4.1. Fizikalno kemijski parametri

#### 4.1.1. Temperatura

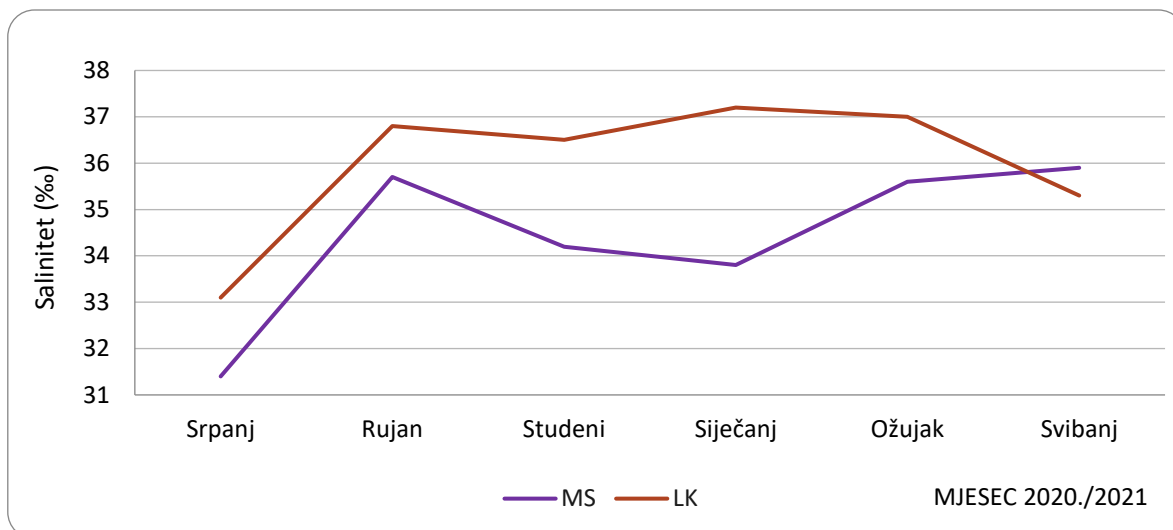
Raspon temperature u Malostonskom zaljevu se kretao od najniže koja iznosi 14,0 °C u ožujku 2021. godine do najviše od 26,4 °C u srpnju 2020. godine što je vidljivo na Slici 11. Srednja vrijednost temperature iznosi 18,9 °C. Najviša zabilježena temperatura u Limskom kanalu iznosila je 23,6 °C u rujnu 2020. godine, a najmanja 11,2 °C u ožujku 2021. godine. Srednja vrijednost temperature u Limskom kanalu iznosila je 17,2 °C.



Slika 11. Grafički prikaz kretanja temperature na lokacijama Malostonski zaljev (MS) i Limski kanal (LK) od srpnja 2020. godine do svibnja 2021. godine.

#### 4.1.2. Salinitet

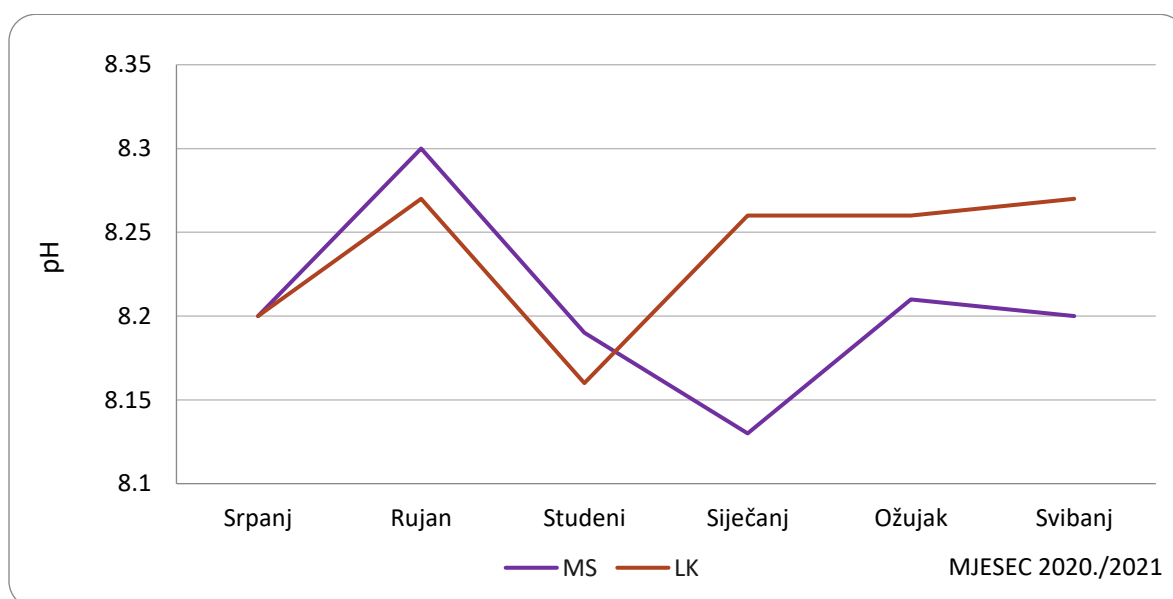
Najviši izmjereni salinitet u Malostonskom zaljevu iznosio je 35,9 ‰ u svibnju, a najniži 31,4 ‰ u srpnju (Slika 12). Srednja vrijednost saliniteta iznosila je 34,4 ‰. Najviši zabilježen salinitet u Limskom kanalu iznosio je 37,2 ‰ u siječnju, a najniži 33,1 ‰ u srpnju. Srednja vrijednost saliniteta bila je 36,0 ‰.



Slika 12. Grafički prikaz kretanja salinitetana lokacijama Malostonski zaljev (MS) i Limski kanal (LK) od srpnja 2020. godine do svibnja 2021. godine.

#### 4.1.3. pH

Izmjerene vrijednosti pH u Malostonskom zaljevu bile su u rasponu od 8,12 do 8,3. Najniža vrijednost izmjerena je u siječnju, dok je najviša izmjerena u rujnu. Najviši zabilježen pH u Limskom kanalu iznosio je 8,27 izmjeren 6. svibnja, dok je najniži izmjeren 12. studenog te iznosio je 8,16. Srednje mjesečne vrijednosti pH tijekom cijele su godine bile relativno ujednačene na obje lokacije (Slika 13). Srednja vrijednost pH Malog Stona iznosila je 8,21, a u Limskom kanalu iznosila je 8,24.

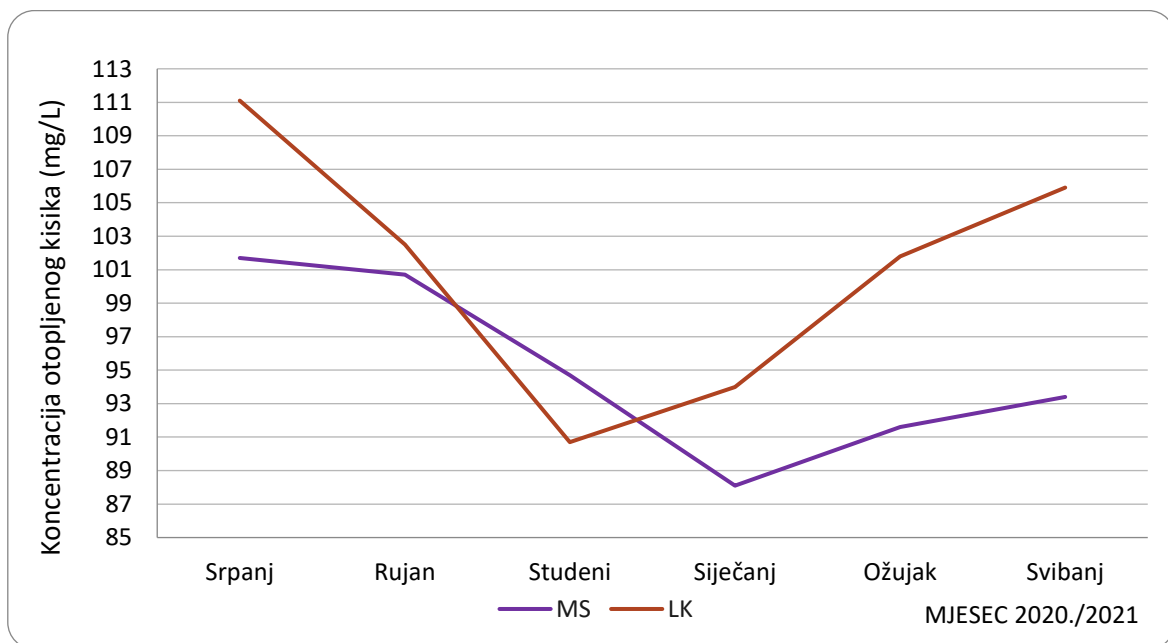


Slika 13. Grafički prikaz kretanja pH na lokacijama Malostonski zaljev (MS) i Limski kanal (LK) od srpnja 2020. godine do svibnja 2021. godine.

#### 4.1.4. Postotak otopljenog kisika

Srednji mjesečni postotak otopljenog kisika u Malostonskom zaljevu bio je najveći u srpnju (101,7 %), a zatim se postupno smanjio do siječnja, kada je izmjerena najniža vrijednost od 88,1% (Slika 14). Srednja vrijednost postotka otopljenog kisika u istraživanom razdoblju iznosila je 95,0 %.

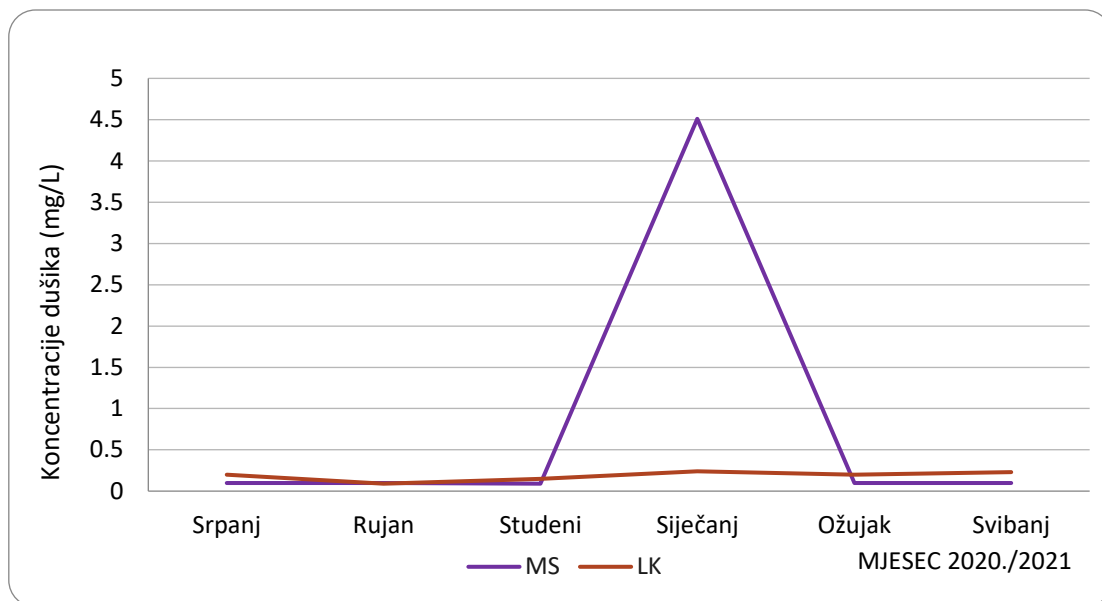
Najviše zabilježena zasićenost kisikom u Limskom kanalu iznosila je 111,1 % u srpnju, a najniža 90,7 % u studenom (Slika 14). Srednja vrijednost u istraživanom razdoblju iznosila je 101,0 %.



Slika 14. Grafički prikaz kretanja postotka otopljenog kisika na lokacijama Malostonski zaljev (MS) i Limski kanal (LK) od srpnja 2020. godine do svibnja 2021. godine.

#### 4.1.5. Ukupni dušik

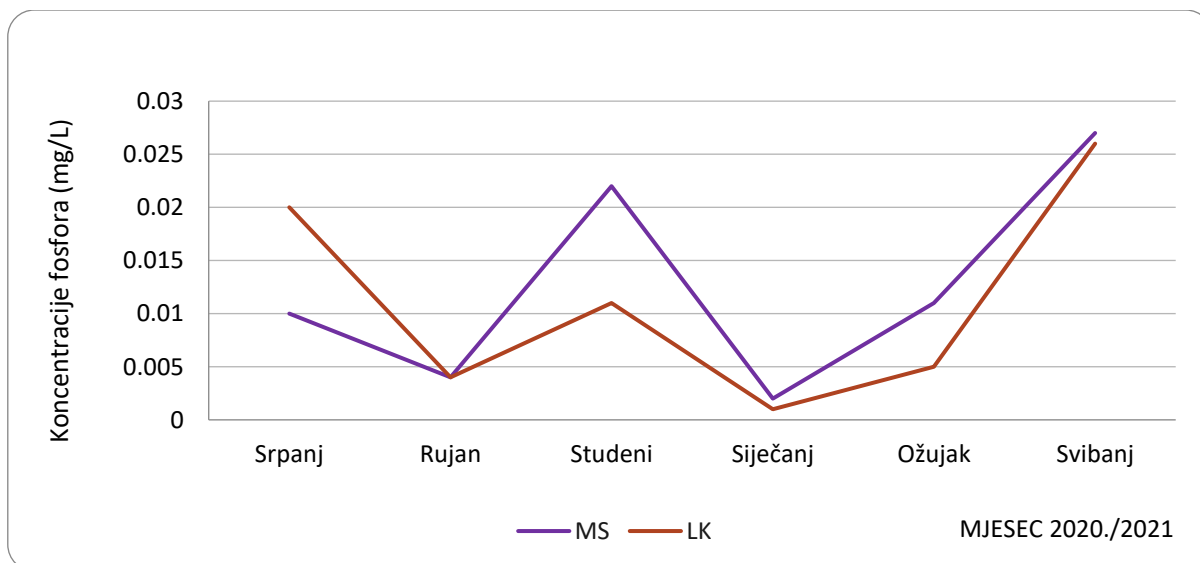
Najviša zabilježena koncentracija dušika u Malostonskom zaljevu iznosila je 4,51 mg/L u siječnju, a najniža 0,09 mg/L u studenom, što je vidljivo na Slici 15. Srednja vrijednost koncentracije dušika u istraživanom razdoblju iznosila je 0,83 mg/L. Najviša zabilježena koncentracija dušika u Limskom kanalu iznosila je 0,24 mg/L u siječnju, a najniža 0,09 mg/L u rujnu. Srednja vrijednost koncentracije dušika iznosila je 0,185 mg/L.



Slika 15. Grafički prikaz kretanja koncentracije dušika na lokacijama Malostonski zaljev (MS) i Limski kanal (LK) od srpnja 2020. godine do svibnja 2021. godine.

#### 4.1.6. Ukupni fosfor

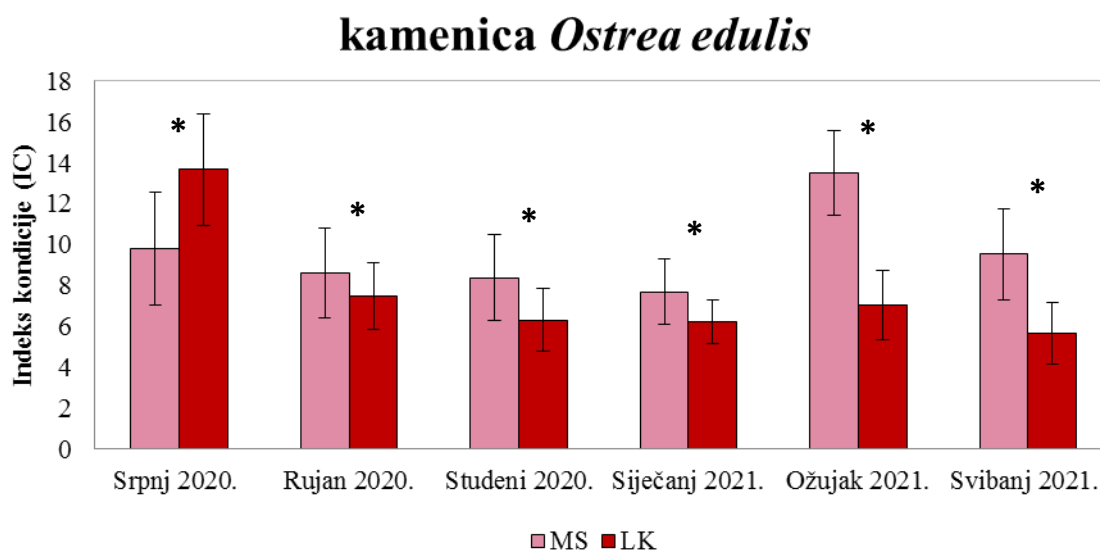
Najviša zabilježena koncentracija ukupnog fosfora u Malostonskom zaljevu iznosila je 0,027 mg/L u svibnju, a najmanja 0,002 mg/L u siječnju (Slika 16). Srednja vrijednost koncentracije fosfora u istraživanom razdoblju iznosila je 0,013 mg/L. Najviša zabilježena koncentracija fosfora u Limskom kanalu iznosila je 0,026 mg/L u svibnju, a najmanja 0,001 mg/L u siječnju. Srednja vrijednost koncentracije fosfora iznosila je 0,011 mg/L.



Slika 16. Grafički prikaz kretanja koncentracije fosfora na lokacijama Malostonski zaljev (MS) i Linski kanal (LK) od srpnja 2020. godine do svibnja 2021. godine.

#### 4.2. Indeks kondicije

Mjesečne promjene indeksa kondicije prikazane su na Slici 17. Najintenzivniji rast ovog parametra na lokaciji Malostonskog zaljeva zabilježen je u proljeće, tj. ožujak 2021. godine, a najmanji u siječnju 2021. godine s vrijednostima indeksa 13,526 i 7,684 respektivno. S druge strane indeks kondicije zabilježen u Linskom kanalu dosegao je maksimalnu vrijednost ljeti, tj. u srpnju 2020. godine (13,678), a najmanju vrijednost imao je u siječnju (6,205). Statistički značajne razlike u vrijednostima indeksa kondicije kamenica utvrđene su između nekih sezona na oba uzgajališta (Tablica 2). Mjesečna promjena kondicije u razdoblju od rujna 2020. godine do siječnja 2021. godine bila je vrlo slična na obje istraživane lokacije izuzev srpnja 2020. godine. Vrijednosti indeksa kondicije u uvali Bistrina u Malostonskom zaljevu su bile više u usporedbi sa onim iz uvale Malenica u Linskim kanalom. U svim sezonama uzorkovanja zabilježene su statistički značajne razlike ( $p < 0.05$ ) između dviju postaja.



Slika 17. Promjene srednjih vrijednosti kondicijskog indeksa (IC) *O. edulis* sa lokacija Malostonski zaljev (MS) i Linski kanal (LK) tijekom 2020./2021. godine. \* statistička značajnost razlika srednjih vrijednosti indeksa kondicije na razini  $p < 0.05$  (t-test).

Tablica 2. Sumarni prikaz statističkih značajnosti razlika srednjih vrijednosti indeksa kondicije kamenica između sezona uzorkovanja 07, 09 i 11 (2020) i 01, 03 i 05 (2021) na uzgajalištima a) Malostonski zaljev (MS) i b) Limski kanal (LK). \* statistička značajnost na razini  $p < 0.05$  (Tukey HSD test)

a)

MS	07_20	09_20	11_20	01_21	03_21
09_20					
11_20					
01_21	*				
03_21	*	*	*	*	
05_21				*	*

b)

LK	07_20	09_20	11_20	01_21	03_21
09_20	*				
11_20	*				
01_21	*				
03_21	*				
05_21	*	*			*

#### 4.3. Korelacija između fizikalno-kemijskih parametara i indeksa kondicije

Indeks kondicije pokazuje slabu pozitivnu korelaciju s salinitetom ( $r=0,23$ ) i pH( $r=0,15$ ) te fosforom koja se proteže od 0,09 do 0,22. Negativnu slabu korelaciju pokazuju nam parametri temperatura ( $r=-0,24$ ) i zasićenost kisikom ( $r=-0,07$ ). Parametar dušik pokazuje umjerenu negativnu korelaciju ( $r=-0,45$ ).

Temperatura pokazuje najveću korelaciju s postotkom otopljenog kisika, pri čemu je koeficijent korelacije 0,96, a najmanju s salinitetom od -0,47. Salinitet je drugi abiotički



čimbenik koji pokazuje najveću korelaciju s pH ( $r=0,39$ ), a najmanju s temperaturom ( $r=-0,47$ ). pH vrijednost pokazuje najveću korelaciju s zasićenosti mora kisikom ( $r=0,71$ ), a najmanju s dušikom ( $r=-0,67$ ). Postotak otopljenog kisika pokazuje najveću korelaciju sa temperaturom ( $r=0,96$ ), a najmanju korelaciju s dušikom ( $r=-0,64$ ). Dušik sa svim parametrima ima negativnu korelaciju. Dušik pokazuje najveću korelaciju sa salinitetom ( $r=-0,18$ ), a najmanju sa pH ( $r=-0,67$ ). Fosfor pokazuje najveću korelaciju sa salinitetom ( $r=0,24$ ), a najmanju s dušikom u ( $r=-0,51$ ). Navedene korelacije očitane su iz Tablice 3.

Tablica 3. Korelacija parametara iz Malostonskog zaljeva

	T	O2 (%)	S	pH	N	P
IK	-0,244112	-0,07087	0,226125	0,151019	-0,44824	0,092814
T		0,956437	-0,46822	0,595417	-0,3922	-0,27286
O2			-0,33027	0,707776	-0,6434	-0,05251
S				0,393651	-0,18027	0,243747
pH					-0,67133	-0,08486
N						-0,52795

Indeks kondicije temperaturom, postotkom otopljenog kisika i ukupnim fosforom prikazuje umjerenu do slabu pozitivnu korelaciju koja iznosi 0,60 za temperaturu, 0,66 za kisik te 0,3 za dušik. pH i salinitet pokazuju negativnu umjerenu do visoku negativnu korelaciju, dok je dušik u negativnoj korelaciji s indeksom kondicije ( $r=-0,03$ ). Najveću negativnu korelaciju ima salinitet ( $r=-0,82$ ).

Temperatura umjereno korelira s postotkom otopljenog kisika kisikom ( $r=0,45$ ), a najmanju s dušikom ( $r=-0,65$ ). Salinitet pokazuje najveću korelaciju s pH vrijednosti ( $r=0,34$ ), a najmanju s kisikom ( $r=-0,75$ ) i fosforom ( $r=-0,77$ ). pH vrijednost pokazuje najveću korelaciju sa salinitetom ( $r=0,34$ ), a najmanju s indeksom kondicije ( $r=-0,347$ ). Dušik pokazuje najveću pozitivnu korelaciju s fosforom ( $r=0,30$ ), a najveću negativnu s temperaturom ( $r=-0,65$ ). Fosfor pokazuje najveću pozitivnu korelaciju s kisikom ( $r=0,59$ ), a negativnu sa salinitetom ( $r=-0,78$ ). Navedene korelacije očitane su iz Tablice 4.

Tablica 4. Korelacija parametara iz Limskog kanala

	T	O2 (%)	S	pH	N	P
IK	0,60184855	0,660667	-0,82262	-0,34678	-0,03151	0,292993
T		0,448744	-0,54494	-0,2527	-0,64651	0,267525
O2			-0,75122	0,282148	0,102603	0,586835
S				0,341791	-0,19938	-0,77683
pH					0,163041	-0,19204
N						0,300316

## 5. RASPRAVA

Mjerenja indeksa kondicije koristi se već više od pola stoljeća u znanstvene ili komercijalne svrhe (Bratoš i sur., 2004). Varijacije indeksa kondicije zabilježene i u ovom radu, ovisе o veličini mekog tkiva školjkaša, spolnom ciklusu, lokalnim ekološkim čimbenicima, od kojih se najviše izdvajaju: dostupnost hrane, temperatura, salinitet, dostupnosti kisika, pH i prisutnosti zagađivala (Gavrilović i sur. 2012). U prirodnim uvjetima, indeks kondicije kamenica pokazatelj je međusobne interakcije svih gore navedenih čimbenika, no dokazano je da su najniže vrijednosti kod zdravih kamenica ustanovljene u razdoblju neposredno nakon mrijesta i to na svim geografskim područjima (Gavrilović, 2010). S druge strane spomenuti parametri kao što su dostupnost hrane, temperatura, salinitet i koncentracija otopljenog kisika razlikuju se na različitim geografskim područjima te će i sezonske varijacije ovog parametra ovisiti o području iz kojeg školjkaši potječu.

Uz navedeno, indeks kondicije je ujedno i pokazatelj tržišne kvalitete kamenica, te nam njegova vrijednost može ukazati na rentabilnost određenog područja za uzgoj (Gavrilović 2010). Kvalitetnim školjkašima za tržište smatraju se oni s visokim sadržajem suhe tvari i malo vode u mekanom dijelu tijela, odnosno mesu, koje pritom maksimalno ispunjava prostor između ljuštura (Gavrilović i Petrincec, 2003). Takve jedinice imaju visok indeks kondicije. Svi školjkaši neporedno nakon mrješćenja imaju lošu tržišnu kvalitetu mesa, pa tako i kamenice (Barbarro i sur., 2000; Bohač i sur., 1984; Hrs-Brenko, 1967, 1973; Marguš i Teskeredžić, 1984). Poznavanje promjena indeksa kondicije kamenica važno je kako bi uzgajivači svoje proizvode plasirali na tržište u najpovoljnije vrijeme (Gavrilović i Petrincec, 2003).

Indeks kondicije može se izračunavati na različite načine: iz suhe mase mesa i volumena plaštene šupljine, volumena mesa i volumena unutar ljuštura, mase mokrog tkiva i ukupne mase itd. (Marguš, 1985). U svrhu ovog istraživanja, korišten je indeks kondicije koji se temeljio na mokroj metodi, točnije iz mase mokrog tkiva i ukupne mokre mase tkiva prema Almedia i sur., 1999 i Fleury i sur. 2003. Kako bi se dobio bolji uvid u stanje uzgojnih populacija kamenica na ovim područjima, te dobila jasnija slika o tome kada je kamenice najbolje plasirati na tržište, u ovom radu provedeno istraživanje kroz period od 11 mjeseci u intervalima od dva mjeseca mjerili su se indeksi kondicije kamenice i osnovni ekološki parametri na dvije istraživane postaje u Limskom kanalu na dubini od osam metara i u Malostonskom zaljevu na dubini od pet metra. Indeks kondicije u Malostonskom zaljevu dosegnuo je maksimum sredinom ožujka pri temperaturi od 14 °C. U ovom su zaljevu, zbog povoljnih uvjeta sredine, zabilježena dva razdoblja prirodnog mrijesta ove vrste: prvo – kraj svibnja i početak lipnja, te drugo - kraj rujna i prva polovina listopada (Gavrilović i Petrincec, 2003). Nakon mrijesta količina mekog tkiva, a time i indeks kondicije imaju najniže vrijednosti u godini (Gavrilović i sur. 2008).

Isti rezultati su utvrđeni i za *O. edulis* u laguni Mar Menor (Cano i sur. 1997). Indeksi kondicije pokazuju najveće vrijednosti zimi (siječanj veljača) što se poklapa s minimalnim temperaturama u laguni (10-12°C) neposredno prije mrijesta, a najmanje vrijednosti pokazuju

na kraju ljetnog razdoblja. U diplomskom radu Radetić (2010) istražuje utjecaj ekoloških čimbenika na sezonske promjene indeksa kondicije uzgojnih populacija europske plosnate kamenice *O. edulis* u Malostonskom zaljevu na nekoliko postaja. Na postaji Bistrina, istoj lokaciji na kojoj je obavljeno i ovo istraživanje, vidljivo je da je u hladnijem djelu godine, točnije polovicom veljače indeks kondicije veći za razliku od toplijih mjeseci. Kako se temperatura povećavala tako je i indeks kondicije padao, te je krajem kolovoza zabilježena najniža vrijednost. Gavrilović i sur. (2008) su istražujući utjecaj indeksa kondicije i stupnja infestacije ljušture polihetom *Polydora* sp. na kvalitetu europske plosnate kamenice *O. edulis* iz Malostonskog zaljeva najveću vrijednost indeksa kondicije također su utvrdili u ožujku. Također, u njihovom istraživanju zabilježen je rast indeksa kondicije u rujnu. Herbert i sur. (1993) na nekim od istraživanih postaja zamjetili su sličnu pojavu u estuariju rijeke Rappahannock. Indeks kondicije kamenice *Crassostrea virginica* pokazao je lagani porast u vrijeme najviših temperatura. Iako to nije bio slučaj u Malostonskom zaljevu, u Limskom kanalu indeks kondicije *O. edulis* je tijekom ovog istraživanja dosegao najveću vrijednost u srpnju pri temperaturi od 22,8 °C. Ovi se pomaci mogu objasniti općenito nešto nižim temperaturama mora u dubljem Limskom kanalu, nego u plićem Malostonskom zaljevu, za proljetne sezone uzorkovanja, te bismo mogli pretpostaviti u Limskom kanalu gametogeneza nastupa kasnije, a posljedično i mrijest.

Prema Herbertu i sur. (1993), američka kamenica *C. virginica* počinje se hraniti nakon što temperatura mora dosegne približno 10 °C. Kao rezultat hranjenja i akumulacije glikogena i koji predstavlja osnovnu energetska rezervu za razvitak gonada (gametogenezu), hranidbenih rezervi indeks kondicije pokazuje postupno povećanje u razdoblju od svibnja do srpnja. Tijekom kolovoza i rujna u periodu visokih temperatura mora, vrijednost indeksa kondicije može, a i ne mora padati zbog gubitka mase suhog mesa povezane s iskoristivosti pričuva hrane i ispuštanju spermija i jaja za vrijeme procesa mrješćenja (Radetić, 2010). Znanstveni radovi Hopkinsa i sur. (1954) u Luisiani te Englea (1951) u gornjem dijelu Chesapeake zaljeva pokazuju sličnosti s istraživanjima Herberta (1993). U ljetnim mjesecima izmjerene su niske vrijednosti indeksa kondicije, dok su tijekom jeseni i zime vrijednosti bile visoke.

Pojedini znanstvenici tvrde da nizak salinitet (< 5 psu) značajno utječe na smanjenje vrijednosti indeksa kondicije, zbog toga što je ispod tog saliniteta aktivnost hranjenja kamenica minimalna (La Peyre i sur., 2009). Tijekom ovog istraživanja ovakav ekstremno nizak salinitet nije utvrđen niti na jednoj istraživanoj postaji. Zmeđu ostalog utjecaj poliheta *Polydora* sp. i ostalih parazita te onečišćenje mora utječu negativno na njegovu vrijednost kod kamenica (Lunz 1941; Butler 1949; Loosanoff 1953; Andrews i sur., 1959; Galtsoff 1964; Gavrilović i sur., 2008). Tijekom istraživanja u Malostonskom i Limskom kanalu nisu zabilježene ovako niske vrijednosti saliniteta. U istraživanju je uočeno da je indeks kondicije u Malostonskom zaljevu pri salinitetu od 35.6 – 35.9 bio najveći krajem ožujka, dok je u Limskom kanalu indeks kondicije bio najveći u mjesecu srpnju, a vrijednosti saliniteta su se kretale između 31.9 do 34.9 psu. Krajem srpnja u Malostonskom zaljevu je došlo do pada saliniteta na svim postajama (31- 31.6 psu) pri čemu je zabilježen i blagi pad indeksa kondicije. S time možemo zaključiti da i salinitet, uz temperaturu ima važnu funkciju u kretanju indeksa. Pored toga što ekstremno nizak salinitet nije utvrđen na našim istraživanim

lokacijama, u Malostonskom zaljevu se temperatura nije spustila ispod  $10^{\circ}\text{C}$  te možemo prepostaviti da su se kamenice hranile tijekom cijele godine. Očigledno su, u usporedbi s Limskim kanalom ekološki parametri doprinijeli osiguranju dovoljnih energetski rezervi za brže odvijanje gametogeneze, što je dovelo u konačnici do mriještenja u proljetnom razdoblju u Malostonskom zaljevu. Nasuprot ovome, u Limskom kanalu su niske zimske temperature vjerojatno utjecale na visinu filtracije i unos hrane te su i prikupljene energetske rezerve bile nedovoljne za završetak gametogeneze i mrijest u proljetnom razdoblju.

Pojedini autori naišli su na odstupanja i razlike indeksa kondicije proučavanog područja u odnosu na okolišne parametre. Stoga nam to potvrđuje da su i ostali čimbenici, uz temperaturu i salinitet odgovorni za dio odstupanja. Pretpostavlja se da je većina tih razlika povezana s kvalitativnom i kvantitativnom razlikom u nutritivnoj vrijednosti nanoplanktona, odnosno ukupnog fitoplanktona (Radetić, 2010). Pored osnovnih ekoloških parametara, i utjecaj polihete *Polydora* sp. i ostalih parazita te onečišćenje mora utječu negativno na vrijednost indeksa kondicije kod kamenica (Lunz 1941; Butler 1949; Loosanoff 1953; Andrews i sur., 1959; Galtsoff 1964; Gavrilović i sur., 2008).

Analizirane su korelacije ekoloških čimbenika sa srednjom vrijednošću indeksa kondicije na istraživanim područjima. Na lokaciji Malostonski zaljev najviša korelacija zabilježena je s salinitetom i bila je 0,23. S druge strane, na lokaciji Limski kanal najviša korelacija je zabilježena s otopljenim kisikom ( $r=0,6606$ ). Negativnu slabu korelaciju u Malostonskom zaljevu pokazuju nam parametri temperatura i postotak otopljenog kisika u iznosu od -0,24 i -0,07, dok parametri pH i salinitet pokazuju laganu pozitivnu korelaciju u rasponu od 0,15 do 0,23. Kako su rasli ti parametri tako je rastao i indeks kondicije. Salinitet i pH su pokazali veću negativnu korelaciju ( $r=-0,82$  i  $r=-0,35$ ) u Limskom kanalu, što upućuje na obrnutu proporcionalnu vrijednost, ali treba istaknuti da ekstremne vrijednosti ispod ili iznad optimuma za ovu vrstu nisu utvrđene. Vrijednosti korelacije dušika na obje lokacije iznosu -0,45 za Malostonski zaljev i -0,03 za Limski kanal. Parametar ukupni fosfor pokazuje laganu pozitivnu korelaciju na obje lokacije ( $r=0,09$  i  $r=0,29$ ). Obradom naših rezultata metodom jednostavne linearne regresije, vidljivo je da kod istraživanih ekoloških čimbenika kao što su: temperatura, salinitet, pH, dostupnost kisika, ukupni fosfora i ukupni dušik najveća razlika između Limskog kanala i Malostonskog zaljeva zabilježena je kod koncentracije dušika. Najviša zabilježena koncentracija dušika u Malostonskom zaljevu iznosi 4,51 mg/L u siječnju, dok u Limskom kanalu u istom mjesecu iznosi 0,24 mg/L. Moguće da je ova visoka vrijednost dušika pozitivno utjecala na primarnu produkciju, odnosno osiguranje dovoljne količine hrane kamenicama.

## 6. ZAKLJUČAK

Praćenjem indeksa kondicije kamenica *Ostrea edulis* u uvali Malenica u Limskom kanalu na dubini od osam metara te u zaljevu Bistrina u Malostonskom kanalu na dubini od pet metara od srpnja 2020. godine do svibnja 2021. godine, najviše vrijednosti indeksa kondicije su utvrđene u uvali Malenica u srpnju 2020. godine sa vrijednosti od 13,678. Skoro ista vrijednost ovog parametra (13,526) zabilježena je u proljeće, tj. u ožujak 2021. godine u uvali Bistrinau Malostonskom zaljevu. Ovi rezultati navode na zaključak da je proljetno razdoblje najbolja sezona za plasman kamenica iz Malostonskog zaljeva na tržište, a kamenica iz Limskog kanala u srpnju.

Iako je najviša vrijednost indeksa kondicije utvrđena u Limskom kanalu i to u srpnju, kamenice iz Malostonskog zaljeva su tijekom svih ostalih mjeseci imale veći indeks kondicije, odnosno bolju kvalitetu mesa te se čini da je Malostonski zaljev pogodnije područje za uzgoj kamenica.

Visoke vrijednosti indeksa kondicije kod zdravih kamenica ukazuju na visoku količinu nagomilanih energetske rezervi i/ili uznapredovalu gametogenezu te je tada i visoki udio mesa kamenice. Periodi kada kamenice dostižu najvišu vrijednost indeksa kondicije razlikuju se između dva uzgajališta. Tome su vjerojatno razlog različiti ekološki uvjeti na dva geografska područja (istraživane lokacije). U Limskom kanalu temperatura i kisik pokazuju jaču pozitivnu korelaciju na rast indeksa kondicije, dok salinitet, pH i ukupni dušik ukazuju na negativnu korelaciju. U Malostonskom zaljevu salinitet i pH pokazuju slabu pozitivnu korelaciju, dok temperatura i postotak otopljenog kisika s indeksom kondicije imaju slabu negativnu korelaciju. Treba naglasiti kako ekstremno nizak salinitet nije utvrđen na našim istraživanim lokacijama, a u Malostonskom zaljevu se temperatura nije spustila ispod 10°C te možemo prepostaviti da su se kamenice hranile tijekom cijele godine. Očigledno su, u usporedbi s Limskim kanalom, u Malostonskom zaljevu ekološki parametri doprinijeli osiguranju dovoljnih energetske rezervi za brže odvijanje gametogeneze, što je dovelo u konačnici do mriještenja u proljetnom razdoblju.

## 7. LITERATURA

- Andrews, J. D., Haven, D. S., Quale, D. B. (1959) Freshwater kill of oysters *Crassostrea virginica* in James River, Virginia, 1958. *Proceedings National Shellfisheries Association* 49: 29-49.
- Bahun, S. (1981) Pregledni prikaz hidrogeoloških odnosa područja Malostonskog zaljeva. Zbornik radova Savjetovanja „Malostonski zaljev prirodna podloga i društveno valoriziranje“, Dubrovnik, 22-26.
- Baker, S. M., Mann, R. (1994) Description of metamorphic phases in the oyster *Crassostrea virginica* and effects of hypoxia on metamorphosis. *Marine ecology progress series*, 104, 91-99.
- Basioli J. 1968. Uzgoj školjaka na istočnim obalama Jadrana. Pomorski zbornik 6,377.
- Buljan, M., Hure, J., Pucher-Petković, T., (1973) Hidrografske i produkcione prilike u Malostonskom zaljevu. *Acta. Adriat.*, 15(2): 1-60.
- Bohač, M., Hrs-Brenko, M., Labura, T., Filić, T. (1984) Rast i kvaliteta dagnji, *Mytilus galloprovincialis*, Lamarck u Limskom kanalu u 1983. godini. *Buletin Društva ekologa Bosne i Hercegovine*, B, (2) 321–325.
- Božičević, S. (2009) Limski zaljev (Limski kanal). Istrapedia. Intranet. Raspoloživo na: <https://www.istrapedia.hr/hr/natuknice/79/limski-zaljev-limski-kanal> (pristupljeno 10.8. 2021.)
- Bratoš Cetinić, A., Bolotin, J., (2016) Uzgoj školjaka u Malostonskom zaljevu, More hrvatsko blago; Word Press, str. 891- 894.
- Cano, J., Rosique M., J., Rocamora, J. (1997) Influence of enviromental parameters on reproduction of the european flat oyster (*Ostrea edulis*) in coastal lagoon (Mar Menor, southeastern Spain, *J. Moll Stu*, 63,187-196.
- Davenport, J., Chen., X. (1987). A comparison of methods for the assessment of condition in the mussel (*Mytilus galloprovincialis*). *J. Moll. Stud.*, 53:293–297.
- Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske (2020) Ribarstvo u 2019., dostupno na [https://www.dzs.hr/Hrv\\_Eng/publication/2020/01-04-02\\_01\\_2020.htm](https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2020/01-04-02_01_2020.htm) (pristupljeno 13.9.2021)
- Engle, J.B. (1951) The condition of oysters as measured by the carbohydrate cycle, the condition factor and the percent dry weight. *Proceedings National Shellfisheries Association*.41: 20-25.
- FAO (1989) Cultured Aquatic Species Information Programme, *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758), dostupno na: [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Ostrea\\_edulis/en#tcNA002B](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Ostrea_edulis/en#tcNA002B) (pristupljeno 25.7.2021)

Galtsoff, P. S. (1964) The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin, United States Fisher)' Bulletin.64: 369-480.

Gavrilović A. (2010) Utjecaj planktona na morfohistokemijske i biokemijske osobine probavnog sustava kamenice *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) Malostonskog zaljeva. Zagreb, : Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet, str. 3-9.

Gavrilović, A., Jug-Dujaković, J., Conides, A., Mikuš, J., Ljubičić, A. (2012) Praćenje i usporedba različitih metoda izračunavanja indeksa kondicije kod kućice *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) s ušća rijeke Neretve. Zbornik radova 47. hrvatskog i 7. međunarodnog simpozija agronoma. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, str. 586-590.

Gavrilović, A., Dujaković, J. Jug., Gjurčević, E., Ljubičić, A. (2008) Utjecaj indeksa kondicije i stupnja infestacije ljuštore polihetom *Polydora* spp. na kvalitetu europske plosnate kamenice *Ostrea edulis* Linnaeus, 1758) iz Malostonskog zaljeva. Zbornik radova, 43. hrvatskog i 3. međunarodnog simpozija agronoma, Opatija, Hrvatska. Pospišil, Milan (ur.). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb, Hrvatska, str. 742-746.

Gavrilović A., Jug-Dujaković, J., Ljubičić, A., Conides, A. (2015) Testiranje efikasnosti različitih sustava za uzgoj mlađi europske plosnate kamenice, *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758), Zbornik radova 50. hrvatskog i 10. međunarodnog simpozija agronoma. Pospišil, Milan (ur.). Opatija, veljača, 16 -20. 2015, str. 379-383.

Gavrilović, A. i Petrincec, Z. (2003) Proizvodnja i tehnologija uzgoja kamenica *O. edulis* u Malostonskom zaljevu – perspektive razvoja. Veterinarska stanica : znanstveno-stručni veterinarski časopis, 34 (1): 5-11.

Gerdol, M., Gomez-Chiarri, M., Castillo, G., Figueras, A., Fiorito, G., Moreira, R., Novoa, B., Pallavicini, A., Ponte, G., Roubidakis, K., Venier, P., Vasta, R. (2018) Immunity in Molluscs: Recognition and Effector Mechanisms, with a focus on Bivalvia, Advances in Comparative Immunology, str. 231.

Glamuzina, B. (2006) Proizvodnja mlađi malostonske kamenice. Izvještaj VIP projekta Ministarstva poljoprivrede i šumarstva, 1-27.

Habdija I., Primc - Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin Kepčija, R., Vujčić Karlo, S., Miliša, M., Ostojić, A., Sertić Perkić, M. (2011) Protista- Protozoa, Metazoa- Invertebrata: Strukture i funkcije. Zagreb, Alfa d.d., str 261 – 279.

Hach Method 8178, Phosphorous, Reactive, Hach Chemical Company P.O. Box 389, Loveland, USA.

Hajder M. (2020) Uzgoj školjkaša uz istočnu obalu Jadrana. Split. Završni rad, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za studije mora, str 6-7.

Herbert, A., Dexter, S.H. (1993) The relationship between trends in a condition indeks of the American oyster *Crassostrea virginica*, and enviromental parameters in three Verginia estuaries. Virginia institute of Marine Science.16: 362-374.

Hopkins, S. H., Mackin J. G., Menzel, R. W. (1954)The annual cycle of reproduction growth, and fattening. Proceedings National Shellfisheries Association.44: 45-50.

IOR, 2003. 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, str 173.

Ivošević D. (2013) Histološka i morfometrijska analiza probavila dagnje *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) u Malostonskom zaljevu, Zagreb.Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, str. 1-3.

La Peyre, M. K., Gossman B., La Peyre, J. (2009) Defining Optimal Freshwater Flow for Oyster Production: Effects of Freshet Rate and Magnitude of Change and Duration on Eastern Oysters and Perkinsus marinus Infection. 32: 522-532.

Losanoff, V. L. (1953) Behavior of oysters in water of low salinity. Proceedings NationalShellfisheries Association,1952: 135-151.

Lunz, G. R. (1941) *Polydora*, a pest in South Carolina oysters. Journal of Elisah Mitchell Science Society,57: 273-283.

Matoničkin, I., Habdija, I., Prime- Habdija, B. (1998) Beskralješnjaci- biologija nižih avertebrata, III. prerađeno i dopunjeno izdanje. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Školska knjiga, Zagreb, str. 485-511.

Marguš, D., 1985. Komparativne metode izračunavanja indeksa kondicije dagnji (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.). Ichthyologia 17(1): 59-67.

Marguš D. 1998. Školjkaši ušća rijeke Krke. Javna ustanova „Nacionalni park Krka“, Šibenik, 168 str.

Marinović A. (2010) Utjecaj ekoloških čimbenika na sezonske promjene indeksa kondicije uzgojnih populacija dagnje *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) u Malostonskom zaljevu. Diplomski rad. Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik, Odjel za akvakulturu, str.25.

Marušić N., Vidaček S., Medić H., Petrak T. (2009) Indeks kondicije dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) u uvali Budva i zaljevu Raša., Ribarstvo, 67, 91—99.

Meštrov, M. i Požar-Domac, A., (1981) Bitna svojstva ekosistema Malostonskog zaljeva i zaštita. Zbornik radova Savjetovanja „Malostonski zaljev prirodna podloga i društveno valoriziranje“, Dubrovnik, 370-376.

Morska akvakultura u Hrvatskoj (2019) – pregled, dostupno na [https://poljoprivreda2020.hr/wp-content/uploads/2019/04/Morska\\_akvakultura\\_veljaca\\_2019.pdf](https://poljoprivreda2020.hr/wp-content/uploads/2019/04/Morska_akvakultura_veljaca_2019.pdf) (pristupljeno 13.9. 2021.)



Ministarstvo poljoprivrede (2019) Akvakultura, Uzgoj u moru, dostupno na <https://ribarstvo.mps.hr/default.aspx?id=14> (pristupljeno 13.9. 2021.)

Nedeljković, A. (2020) Preživljavanje na zraku i hepatosomatski indeks dagnji izloženi antropogenim pritiscima. Završni rad, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

NN (2009) Narodne novine - Plan praćenja kakvoće mora i školjkaša na proizvodnim područjima i područjima za ponovno polaganje živih školjkaša za 2009. godinu

Ponder, F., Lindberg, R., Ponder, J. (2019) Biology and Evolution of the Mollusca. CRC Press, Volume 1, 925.

Radetić A. (2010) Utjecaj nekih ekoloških čimbenika na sezonske promjene indeksa kondicije uzgojnih populacija europske plosnate kamenice *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) u Malostonskom zaljevu. Diplomski rad, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik, Odjel za akvakulturu, str. 14-15.

Šimunović, A. (2004) Malostonski zaljev – Biser Jadrana, Naše more, 51 (1-2), 12-16.

Usich M. (2014) Učinci organskog unosa kaveznim uzgojem ribe na kondiciju kamenica (*Ostrea edulis*) u Limskom kanalu. Diplomski rad, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik Odjel za akvakulturu, str 10-15.

Župan, I., Šarić, T. (2014) Prirast i indeks kondicije – dva važna čimbenika u uzgoju dagnji. U: Wallace RL, Taylor WK. 1996. Invertebrate Zoology: A Laboratory Manual. Prentice Hall College Div, str. 336.

Tomšić, S., Lovrić, J. (2004) Povijesni pregled uzgoja kamenica u Malostonskom zaljevu., Naše more, 51(1/2): 17-19.

Viličić D. (2017) Zaštita uzgajališta kamenica od antropogenog utjecaja u Malostonskog zaljevu, Hrvatske vode. 25 (99): 59-64.

Viličić, D. 1981. Fitoplankton Malostonskog zaljeva i Malog mora. Zbornik radova savjetovanja “Malostonski zaljev, prirodna podloga i društveno valoriziranje”, 12.-14. studenog, Dubrovnik, 77-88.

Vranjić E. (2020) Kvantifikacija i karakterizacija mikroplastike u uzgojnih i divljih kamenica (*Ostrea edulis*) uz hrvatsku obalu Jadrana. Diplomski rad, Sveučilište u Splitu, Split, str.7-8.

Yonge, C. M. (1926) Structure and Physiology of the Organs of Feeding and Digestion in *Ostrea edulis*. J. Mar. Biol. Assoc. UK. 14: 295-386.

## 8. SAŽETAK

U ovom radu su istraživane i uspoređivane promjene srednjih mjesečnih vrijednosti indeksa kondicije kamenice *Ostrea edulis*, na dvije različite lokacije u području Limskog kanala i Malostonskog zaljeva, te njihov odnos s promjenom srednjih mjesečnih vrijednosti ekoloških čimbenika (salinitet, temperatura, pH, dostupnost kisika, ukupni fosfor, ukupni dušik). Najniže i najviše vrijednosti indeksa kondicije (IC) izmjerene su u različitim razdobljima na različitim postajama i dubinama uzorkovanja. Najviše vrijednosti indeksa kondicije su utvrđene u uvali Malenica, u Limskom kanalu u srpnju 2020. godine sa vrijednosti od 13,678. Skoro ista vrijednost ovog parametra (13,526) zabilježena je u proljeće, tj. u ožujak 2021. godine u uvali Bistrina u Malostonskom zaljevu. Ovi rezultati navode na zaključak da je proljetno razdoblje najbolja sezona za plasman kamenica iz Malostonskog zaljeva na tržište, a kamenica iz Limskog kanala u srpnju. Iako je najviša vrijednost indeksa kondicije utvrđena u Limskom kanalu i to u srpnju, kamenice iz Malostonskog zaljeva su tijekom svih ostalih mjeseci imale veći indeks kondicije, odnosno bolju kvalitetu mesa te se čini da je Malostonski zaljev pogodnije područje za uzgoj kamenica.

## 9. ABSTRACT

This paper investigates and compares the changes in the monthly values of the oyster condition index *Ostrea edulis*, at two different locations in the Lim Channel and Mali Ston Bay, and their relationship with the change in monthly values of environmental factors (salinity, temperature, pH, oxygen availability, total phosphorus, total nitrogen). The lowest and highest values of the condition index (IC) were measured at different periods at different stations and sampling depths. The highest values of the condition index were determined in the Malenica, in the Lim Bay in July 2020 with a value of 13,678. Almost the same value of this parameter (13,526) was recorded in the spring, in March 2021 in Bistrina, the Mali Ston Bay. These results lead to the conclusion that the spring period is the best season for placing oysters from Mali Ston Bay on the market, and oysters from the Lim Bay in July. Although the highest value of the condition index was determined in the Lim Bay in July, oysters from Mali Ston Bay had a higher condition index during all other months, better meat quality, and it seems that Mali Ston Bay is a more suitable area for oyster farming.

## 11. LITERATURA SLIKA

Slika 1. Rasprostranjenost *Ostrea edulis* u svijetu (Worms, 2021). preuzeto sa <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=138298#distributions>

Slika 2. Prikaz europske plosnata kamenice *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) nakon uklanjanja gornje ljuštare (izvor: Gavrilović 2010).

Slika 3. Razvitak ličinki kamenice koje lebde u planktonu do stadija veliger razvijenog za prihvata tj. prelazak na sesilni način života (a. – d.). Najvažniji anatomske detalji: d - ljušturica ličinke, e - očna pjega, f - stopalo, g - škrge, m - rub plašta (Baker i Mann, 1994).

Slika 4. Lanterne za uzgoj kamenica (Fotografija: Lorena Perić).

Slika 5. Prikaz lokacije uzgajališta kamenica u zaljevu Bistrina (Bioportal, 2021).

Slika 6. Uzgajalište kamenica u zaljevu Bistrina (Fotografija: Lorena Perić).

Slika 7. Uzgajalište kamenica u Limskom kanalu (Fotografija: Lorena Perić).

Slika 8. Postaja Malenica (Bioportal, 2021).

Slika 9. Kamenice *O. edulis* prikupljene su iz uzgajališta Bistrina (Fotografija: Lorena Perić)

Slika 10. Prikaz mjerenja mase mokrog tkiva pomoću analitičke vage (Fotografija: Margareta Kljun).

Slika 11. Grafički prikaz kretanja temperature na lokacijama Malostonski zaljev (MS) i Limski kanal (LK) od srpnja 2020. godine do svibnja 2021. godine.

Slika 12. Grafički prikaz kretanja saliniteta na lokacijama Malostonski zaljev (MS) i Limski kanal (LK) od srpnja 2020. godine do svibnja 2021. godine.

Slika 13. Grafički prikaz kretanja pH na lokacijama Malostonski zaljev (MS) i Limski kanal (LK) od srpnja 2020. godine do svibnja 2021. godine.

Slika 14. Grafički prikaz kretanja postotka otopljenog kisika na lokacijama Malostonski zaljev (MS) i Limski kanal (LK) od srpnja 2020. godine do svibnja 2021. godine.

Slika 15. Grafički prikaz kretanja koncentracije dušika na lokacijama Malostonski zaljev (MS) i Limski kanal (LK) od srpnja 2020. godine do svibnja 2021. godine.

Slika 16. Grafički prikaz kretanja koncentracije fosfora na lokacijama Malostonski zaljev (MS) i Limski kanal (LK) od srpnja 2020. godine do svibnja 2021. godine.

Slika 17. Promjene srednjih vrijednosti kondicijskog indeksa (IC) *O. edulis* sa lokacija Malostonski zaljev (MS) i Limski kanal (LK) tijekom 2020./2021. godine. \* statistička značajnost razlika srednjih vrijednosti indeksa kondicije na razini  $p < 0.05$  (t-test).

## 12. LITERATURA TABLICA

Tablica 1. Proizvodnja kamenica *O. edulis* u RH (u tonama) za razdoblje 2008.- 2019.

Tablica 2. Sumarni prikaz statističkih značajnosti razlika srednjih vrijednosti indeksa kondicije kamenica između sezona uzorkovanja 07, 09 i 11 (2020) i 01, 03 i 05 (2021) na uzgajalištima a) Malostonski zaljev (MS) i b) Limski kanal (LK). \* statistička značajnost na razini  $p < 0.05$  (Tukey HSD test).

Tablica 3. Korelacija parametara iz Malostonskog zaljeva.

Tablica 4. Korelacija parametara iz Limskog kanala.