

Usporedba biometrijskih karakteristika dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) iz integriranog uzgoja i tradicionalnih uzgojnih područja

Perović, Nino

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:923538>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-17**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu

Sveučilišni diplomski studij

Održivo upravljanje vodenim ekosustavima



Nino Perović

**Usporedba biometrijskih karakteristika dagnji
(*Mytilus galloprovincialis*) iz integriranog uzgoja i
tradicionalnih uzgojnih područja**

Diplomski rad

Zadar, 2024.

Sveučilište u Zadru
Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu
Sveučilišni diplomski studij
Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

Usporedba biometrijskih karakteristika dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) iz integriranog uzgoja i tradicionalnih uzgojnih područja

Diplomski rad

Student/ica:
Nino Perović

Mentor/ica:
izv. prof. dr. sc. Tomislav Šarić

Komentor/ica:
izv. prof. dr. sc. Ivan Župan

Zadar, 2024.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Nino Perović**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Usporedba biometrijskih karakteristika dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) iz integriranog uzgoja i tradicionalnih uzgojnih područja** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 20. veljače 2024.

Zahvala

Zahvaljujem gospodinu Vatroslavu Karamarku i tvrtki Kornat ittica d.o.o. koji su omogućili da se istraživanje provede na njihovim uzgajalištima.

Veliko hvala mentoru Izv.prof.dr.sc. Tomislavu Šariću i komentoru Izv. prof. dr. sc. Ivanu Županu na pomoći, strpljenju, i savjetima kroz proces izrade diplomskog rada.

Također zahvalio bih Doc. dr. sc. Slavici Čolak i Izv. prof. dr. sc. Lavu Bavčeviću na pomoći pri pisanju diplomskog rada.

Najveće hvala mojoj supruzi Matei na ljubavi i podršci koju mi je pružala sve ovo vrijeme.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	3
2.1. Mediteranska dagnja (<i>M. galloprovincialis</i>)	3
2.2. Razmnožavanje dagnje	3
2.3. Prirast dagnje	4
2.4. Sastav stabilnih izotopa dušika	5
2.5. Indeks kondicije dagnje	5
2.6. Tradicionalni uzgoj dagnje	6
2.7. Uzgoj školjkaša u Novigradskom moru	8
2.8. Integrirana akvakultura riba i školjkaša	11
3. CILJ I SVRHA RADA	14
4. MATERIJALI I METODE	15
4.1. Lokalitet 1. - Novigradsko more	15
4.2. Lokalitet 2. – Integrirani uzgoj kod otoka Vrgade	16
4.3. Prirast dagnji	18
4.4. Indeks kondicije	18
4.5. Sastav stabilnih izotopa dušika	19
4.6. Statistička analiza podataka	20
5. REZULTATI I RASPRAVA	21
5.1. Salinitet i temperatura	21
5.2. Klorofil <i>a</i>	22
5.3. Prirast dagnji	23
5.4. Indeks kondicije dagnje	24
5.5. Analiza stabilnih izotopa dušika	26
6. ZAKLJUČAK	28
7. POPIS LITERATURE	30

SAŽETAK

Usporedba biometrijskih karakteristika dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) iz integriranog uzgoja i tradicionalnih uzgojnih područja

Proizvodnja u marikulturi u Republici Hrvatskoj u naglom je porastu, te je od 2017. godine gotovo udvostručena. Uzgoj bijele ribe i tune bilježe velike pomake u rastu proizvodnje, dok je uzgoj dagnji i kamenica količinski opao. Proizvodni kapacitet školjkaša daleko je od zadanog cilja od 5.000 tona prema Strategiji za razvoj akvakulture (2014.-2020.). Značajnije povećanje proizvodnje se neće moći ostvariti bez uključivanja novih uzgojnih područja te iskorištavanja potencijala integriranog uzgoja školjkaša i riba. Istraživanje se u ovom radu provodilo na komercijalnom uzgajalištu školjkaša u Novigradskom moru i u uvjetima integrirane akvakulture na uzgajalištu riba kod otoka Vrgade. Pritom su se pratile biometrijske karakteristike dagnji na mjesečnoj bazi. Cilj je rada bio utvrditi da li dagnje proizvedene u uvjetima integriranog uzgoja imaju jednak potencijal za komercijalnu proizvodnju poput onih proizvedenih u tradicionalnim područjima za uzgoj. Svrha rada je da se dobiveni podaci iskoriste za bolje planiranje povećanja uzgoja školjkaša na Jadranu. Prema dobivenim rezultatima, rast dagnji u uvjetima integrirane akvakulture kod otoka Vrgade bio je brži u odnosu na dagnje uzgajane u Novigradskom moru. Suprotno tome, usporedba indeksa kondicije pokazuje da su dagnje iz Novigradskog mora kroz duži vremenski period bolje popunjene s mesom u odnosu na dagnje iz integrirane akvakulture na Vrgadi. Statistički značajno viša vrijednost $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$ u tkivu dagnje zabilježena je na lokaciji sa tradicionalnim uzgojem u Novigradskom moru u odnosu na integrirani uzgoj ribe i dagnji pored Vrgade ($P < 0,001$). Novigradsko more pokazuje se kao područje s većom produktivnosti u odnosu na lokaciju kod Vrgade, unatoč dotoku nutrijenata s uzgajališta riba, što se očituje u većim udjelima stabilnih izotopa dušika, a reflektira se i kroz povećani indeks kondicije u većem dijelu godine.

Ključne riječi: *Mytilus galloprovincialis*, dagnja, indeks kondicije, prirast, stabilni izotopi dušika

ABSTRACT

Comparison of biometric characteristics of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from integrated farming and traditional farming areas

Aquaculture production in Croatia has experienced rapid growth, nearly doubling since 2017. White fish and tuna farming have seen significant increases, while mussel and oyster cultivation has declined. The production capacity of shellfish falls far short of the target of 5,000 tons set by the Aquaculture Development Strategy (2014-2020). Significant production increases cannot be achieved without incorporating new farming areas and leveraging the potential of integrated shellfish and fish farming. This research was conducted at a commercial shellfish farm in the Novigrad Sea and under the conditions of integrated aquaculture on a fish farm near the island of Vrgada. Biometric characteristics of mussels were monitored on a monthly basis. The aim of the study was to determine whether mussels produced under integrated farming conditions have the same potential for commercial production as those produced in traditional farming areas. The purpose of the study is to use the obtained data for better planning of increasing shellfish farming in the Adriatic. According to the results, the growth of mussels under integrated aquaculture conditions near the island of Vrgada was faster compared to mussels cultivated in the Novigrad Sea. Conversely, a comparison of the condition index indicates that mussels from the Novigrad Sea were better filled with meat over a longer period compared to mussels from integrated aquaculture on Vrgada. The statistically significantly higher value of $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$ in mussel tissue was observed at the location with traditional cultivation in the Novigrad Sea compared to the integrated cultivation of fish and mussels near the island of Vrgada ($P < 0.001$). The Novigrad Sea emerges as an area with higher productivity compared to the location near Vrgada, despite the influx of nutrients from the fish farming site, as evidenced by higher nitrogen stable isotope ratios and reflected in an increased condition index for a significant part of the year.

Key words: *Mytilus galloprovincialis*, mussel, condition index, growth, stable isotopes of nitrogen

1. UVOD

U posljednja tri desetljeća akvakultura predstavlja najbrže rastuće prehrambenu granu na svijetu. Prema trenutnim statističkim podacima, rast akvakulture u prethodnom desetljeću iznosi 4,5 % godišnje, dok je tijekom globalne COVID-19 pandemije, kroz 2020. i 2021. godinu, usporen na 2,7 % (FAO, 2022.). Trenutna proizvodnja akvatičnih organizama (bez proizvodnje algi) u akvakulturi iznosi 87 milijuna tona. Prema FAO (2022.), predviđanja sugeriraju da će se porast proizvodnje u akvakulturi nastaviti i u idućim godinama, što će dodatno ojačati važnost akvakulture u zadovoljenju rastuće potražnje za vodenim organizmima. Akvakultura je jedinstvena u odnosu na druge grane animalne proizvodnje u svojoj raznolikosti vrsta. U svijetu se trenutno uzgajaju 652 vrste u akvakulturi od gotovo 3.000 vrsta koje se iskorištavaju za prehranu iz prirode (FAO, 2022.).

Na Sredozemlju je proizvodnja u morskoj akvakulturi slabije diverzificirana te već duži period dominiraju vrste poput: komarče (*Sparus aurata*), lubina (*Dicentrarchus labrax*), plavoperajne tune (*Thunnus thynnus*), cipla (*Mugil cephalus*), dagnje (*Mytilus galloprovincialis*), japanske kamenice (*Magallana gigas*) i europske kamenice (*Ostrea edulis*). Slična diverzifikacija je prisutna i Hrvatskoj, ali uz puno nižu razinu produkcije. U zadnjih nekoliko godina povećala se i proizvodnja hame (*Argyrosomus regius*), dok se pojavljuju i nove vrste poput zubaca (*Dentex dentex*) i gofa (*Seriola dumerili*), ali za sada u manjim količinama (Ministarstvo poljoprivrede, 2023.). Ukupna proizvodnja u 2022. godini se sastojala od oko 17.500 tona lubina i komarče zajedno, 3.200 tona tune, 1.000 tona hame, 1.000 tona dagnje i oko 93 tona kamenice. Podaci su prikazani na slici 1. Generalno je proizvodnja u marikulturi u Hrvatskoj u naglom porastu, te je samo u periodu od 2017. godine ukupna količina proizvodnje gotovo udvostručena. Uzgoj bijele ribe, ali i tune ostvario je velike pomake u rastu proizvodnje. Nasuprot tome, segment uzgoja školjkaša je po statističkim podacima, koji se službeno prikazuju, dodatno iskazao pad proizvodnje, poglavito tijekom pandemije 2020. godine. Trenutni kapacitet proizvodnje školjkaša je daleko od zadanog cilja od 5.000 tona kroz Strategiju za razvoj akvakulture (2014. – 2020.). S obzirom na dostupnost školjkaša iz vodećih zemalja poput Španjolske, Italije i Čilea, s trenutnom proizvodnjom teško je očekivati konkurentnost na zahtjevnom europskom tržištu. Porast potrošnje akvatičnih proizvoda (uključujući i školjkaše) je globalni trend (FAO, 2022.), te zajedno s turističkim potencijalom Hrvatske, otvara mogućnosti za povećanje kapaciteta proizvodnje školjkaša na Jadranu, prvenstveno za plasman na domaćem ili bližem inozemnom tržištu.

Vrsta	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.
Lubin	5.616	6.220	6.089	6.754	9.083	10.034
Komarča	4.838	5.591	6.774	7.780	7.599	7.462
Hama	pod ostalo	pod ostalo	pod ostalo	pod ostalo	999	1.086
Tuna	2.162	3.227	2.747	3.323	5.104	3.270
Dagnja	920	882	947	503	854	1.020
Kamenica	62	54	61	14	56	93
Ostale vrste	253	808	725	618	81	74
UKUPNO (t)	13.843	16.782	17.343	18.992	23.777	23.039

Slika 1. Glavne vrste u marikulturi u Hrvatskoj u periodu od 2017. – 2022. godine (Izvor: Perović N. prema <https://ribarstvo.mps.hr>)

Razlozi slabijeg razvoja uzgoja školjkaša u odnosu na uzgoj ribe su brojni. Proizvodnja je ograničena na specifična područja s dotokom slatke vode gdje dolazi do povećanja raspoloživih hranjivih tvari za školjkaše (Župan i Šarić, 2014.). Navedena proizvodna područja većinom se nalaze u zonama s određenim režimom upravljanja, poput posebnih rezervata prirode (Limski kanal, Malostonski zaljev), Natura 2000 područja (ušće rijeke Krke, Novigradsko more) što stavlja proizvodnju u otežani položaj u smislu izdavanja koncesijskih odobrenja na pomorskom dobru i upravljanja uzgajalištima. Nasuprot tome, otvoreni Jadran je presiromašan hranjivim tvarima kako bi se omogućila intenzivna proizvodnja školjkaša (Sara i sur., 1998.), što nije slučaj na suprotnoj talijanskoj obali.

Proizvodnja školjkaša u akvakulturi na području Hrvatske je tradicionalna s vrlo velikim udjelom ljudskog rada i izostankom moderne tehnologije koja se uobičajeno koristi u Svijetu u uzgoju školjkaša (Dujmušić, 2000.). Problem predstavljaju i brojni obraštajni organizmi na ljušturama školjkaša (Prpić, 2018.), kao i porast predacije od strane predatora poput komarče (Šegvić Bubić i sur., 2011.). U Nacionalnom strateškom planu razvoja akvakulture za razdoblje 2014-2020 bio je planiran rast uzgoja školjkaša od početnih 2.000 tona na 5.000 tona. Pored toga planirana je izgradnja popratne infrastrukture poput mrjestilišta, purifikacijskih i otpremnih centara. Međutim, i danas je proizvodnja ostala na tadašnjoj razini i nije izgrađena planirana prateća infrastruktura.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Mediteranska dagnja (*M. galloprovincialis*)

Mediteranska dagnja (*M. galloprovincialis*) (Slika 2.) je morski mekušac koji pripada razredu Bivalvia, redu Filibranchia, podredu Anisomyaria, porodici Mytilidae i rodu *Mytilus*. Ova vrsta je široko rasprostranjena i naseljava toplija mora umjerenih geografskih širina, uključujući obale Sredozemlja i Crnog mora sjeverni dio europske obale Atlantika do obala Velike Britanije. Dagnje se obično pričvršćuju za tvrde podloge pomoću bisusnih niti, najčešće u zoni plime i oseke, ali ih može pronaći i na većim dubinama od 20 m. U Hrvatskoj se nalaze duž cijele Jadranske obale. Njihova ljuštura može biti lepezastog, trokutastog ili izduženo jajolikog oblika, a tijelo je zatvoreno i zaštićeno ljuštura koje nemaju zube na bravi. Vanjski dio ljuštura je tamne, gotovo crno boje, dok su iznutra svijetle na dijelovima sedefaste boje. Dagnjama pogoduju područja s umjerenim dotokom slatke vode, obogaćena planktonom i organskim detritusom, što im omogućuje brži rast i razvoj (Gosling, 1992; Marušić i sur., 2010.). Dagnje mogu narasti do 15 cm duljine i postići masu od 0,2 kg (Grubišić, 1982; Milišić, 1991.).



Slika 2. Dagnja (*Mytilus galloprovincialis*) (Izvor: Perović N.)

2.2. Razmnožavanje dagnje

Mediteranska dagnja je gonohorist, tj. mužjaci i ženke su odvojenih spolova. Možemo ih razlikovati prema boji gonada, gdje su mužjaci krem ili bež boje, a ženke narančasto - crvenkaste boje. Oba spola imaju spolnu žlijezdu smještenu u plaštu (Zavodnik i Šimunović,

1997.). Prema Dardignac-Corbelu (1990.) dagnje započinju reprodukciju vrlo rano, gdje one koje potječu iz povoljnih uvjeta mrijesta u proljeće ispuštaju svoje gamete već iste godine u jesen. Kod dagnje koje potječu iz jesenskog mrijesta to se odvija krajem zime, odnosno početkom proljeća naredne godine. Ženke dagnje duljine 33 mm mogu proizvesti oko milijun jaja veličine 60 – 70 μm . Odrasle su jedinke izrazito plodne, ispuštajući između 10 i 25 milijuna jajašaca. Temperatura ima utjecaj na početak gametogeneze, te se odražava i na trajanje perioda reprodukcije, koji se produžuje pri većim godišnjim srednjim temperaturama, a sam mrijest se događa iznad 15 °C (Dujmušić, 1992.). Ishrana dagnji također utječe na početak gametogeneze. Izgladnjivanje može uzrokovati kašnjenje u postizanju spolne zrelosti i smanjenje količine ispuštenih gameta. Mrijeste se tijekom cijele godine u Mediteranu, a vrhunac je u jesen i proljeće (Dardignac-Corbel, 1990.). Oplodnja se odvija u moru, potaknuta promjenama u okolišu poput temperature, saliniteta, hidrostatskog tlaka ili mehaničkih utjecaja. Larvalni stadij traje 2 - 4 tjedna, nakon čega dolazi do metamorfoze kada larve dosegnu veličinu od 250 - 300 μm . Larve imaju dlakavu ljušturu koja im omogućuje prihvaćanje za podlogu putem bisusnih niti, nakon čega završava njihov planktonski način života i započinje metamorfoza koja uključuje različite kompleksne promjene u građi školjkaša (Hrs-Brenko, 1990.).

2.3. Prirast dagnje

Dagnja se hrani filtracijom morske vode. Njen rast ovisi o različitim faktorima, uključujući veličinu, dob, genotip i okolišne uvjete. Kod dagnji koje su iste veličine i dobi, a koje su uzgajane pod jednakim okolnostima, primijećena je varijabilnost u dinamici rasta. Ova pojava se objašnjava djelomičnim utjecajem genotipa na prirast dagnji (Gosling , 1992.). Ključni okolišni čimbenici u prirastu dagnje su temperatura, te sastav i dostupnost hrane. U zimskim uvjetima s niskim količinama hranjivih tvari, dagnje ne mogu dovoljno unositi hranu za održavanje konstantnog prirasta, što može rezultirati izostankom rasta ili negativnim rastom. U ljetnim uvjetima, kada je dostupna viša količina hrane, dagnje koriste višak za pozitivan rast i reprodukciju (Dardignac-Corbel , 1990.). Salinitet i količina hranjivih soli također igraju ulogu u rastu dagnji (Sudarević, 1992.). Dagnje pokazuju ubrzan rast na lokalitetima s konstantnim unosom slatke vode, no značajan pad saliniteta ima nepovoljan učinak na njihov rast (Marušić i sur., 2010.). Idealni uvjeti za rast dagnji obuhvaćaju salinitet između 25 i 28 ‰, iako ova vrsta može preživjeti i u područjima gdje je salinitet manji od 18 ‰. Gusti nasadi mogu ograničiti dostupnost hrane za pojedine jedinke, posebno manje primjerke smještene među bisusnim

nitima drugih jedinki. Svi ovi čimbenici međusobno djeluju, stvarajući kompleksnu sezonsku dinamiku rasta, a procjena izravnog utjecaja pojedinog faktora na rast dagnji često je otežana zbog njihove sinergističke interakcije i čestih varijacija (Gosling, 1992.).

2.4. Sastav stabilnih izotopa dušika

Stabilni izotopi dušika mogu pružiti vrijedne uvide u hranjenje školjkaša. Analizom omjera stabilnih izotopa dušika u tkivima školjkaša može se razumjeti njihov trofički stupanj, prehrambene navike te interakcije unutar ekosustava. Promjene u omjerima stabilnih izotopa dušika mogu ukazivati na promjene u izvorima hrane, dostupnosti hranjivih tvari i uvjetima u okolišu, što sve može utjecati na stope rasta školjkaša. Istraživanja u ovom području sugeriraju da stabilni izotopi dušika mogu biti pokazatelji rasta i produktivnosti školjkaša. Na primjer, viši omjeri stabilnih izotopa dušika mogu ukazivati na povećanu ovisnost o organskoj tvari koja potječe od fitoplanktona ili drugih primarnih proizvođača, što može dovesti do poboljšanih stopa rasta školjkaša. Suprotno tome, fluktuacije u omjerima stabilnih izotopa dušika mogu signalizirati promjene u dostupnosti hranjivih tvari, što će u konačnici utjecati na njihov rast i razvoj. (Michener i sur. 2007; Vander Zanden i sur. 2001.) Udio stabilnih dušikovih izotopa ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) se određuje masenom spektrometrijom (Isotope Ratio Mass Spectrometry, IRMS), a njihov se sastav izražava kao delta (δ) ^{15}N u promilima (‰).

2.5. Indeks kondicije dagnje

Indeks kondicije (I.K.) predstavlja količinski odnos mesa školjkaša i ljušture. Vrijednost indeksa kondicije varira s godišnjim dobom mriještenja te ovisi o količini planktona i ekološkim faktorima poput koncentracije otopljenog kisika, temperature i slanosti (Marušić i sur., 2009.). Izračunavanje indeksa kondicije ima široku primjenu u znanstvene i komercijalne svrhe. Veći postotak mesa u ukupnoj masi školjkaša predstavlja bolju kvalitetu i ključan je pri njihovom plasiranju na tržište. Kod dagnji, indeks kondicije varira ovisno o različitim čimbenicima kao što su veličina jedinke, godišnje doba, lokalni uvjeti, te posebno o reproduktivnom ciklusu i dostupnosti hrane (Gosling, 1992.). Sezonske promjene okolišnih uvjeta stvaraju kompleksne interakcije između hrane, temperature i saliniteta, što izravno utječe na rast i spolni razvoj, posredno utječući na indeks kondicije. U jadranskim vodama, najniže vrijednosti indeksa

obično se bilježe zimi, dok dosežu najviše vrijednosti u proljetnom razdoblju prije mrijesta. Indeks kondicije ukazuje na prikladnost određenog područja za uzgoj školjkaša (Župan i Šarić, 2014.). Prema Davenport i Chen (1987.) za izračunavanje indeksa kondicije sedam je metoda, a kao najpouzdanije se izdvajaju slijedeće tri metode:

- 1) I. K. = masa prokuhanog mesa / masa prokuhanog mesa + masa ljuštura × 100
- 2) I. K. = masa prokuhanog mesa / ukupni volumen – volumen ljuštura × 100
- 3) I. K. = masa sušenog mesa / masa ljuštura × 100

2.6. Tradicionalni uzgoj dagnje

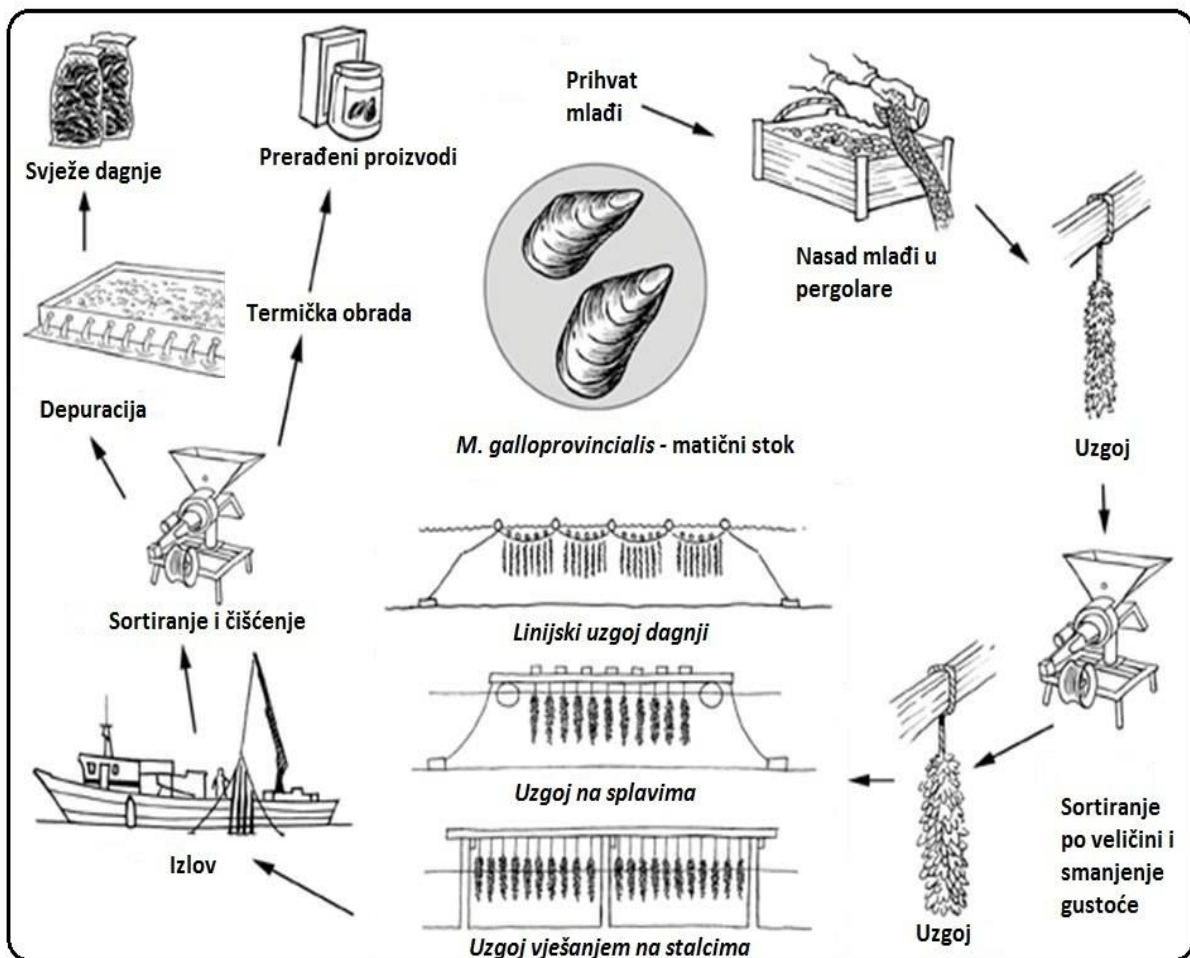
Za uspješan uzgoj školjkaša potrebne su specifične biotske, abiotske i geomorfološke karakteristike područja, a lokacije se određuju prostornim planiranjem. Uz kamenicu *O. edulis*, dagnja *M. galloprovincialis* je komercijalno najvažnija vrsta školjkaša na Jadranu s procijenjenom proizvodnjom od oko 3.000 tona godišnje (Mišura i sur., 2008.). Službena količina proizvodnje od 1.020 tona prijavljenih u 2022. godini je daleko manja od stvarno proizvedene količine, zbog plasmana velikog dijela proizvodnje na crnom tržištu. Prirodne populacije dagnji obično se nalaze u priobalnoj zoni na kamenitom tlu, ali ih možemo pronaći i na drugim podlogama poput plutača, usidrenih brodova, sidara, konopa te kaveza na uzgajalištima, gdje se pričvršćuju bisusnim nitima i formiraju guste kolonije. Najveće gustoće prirodnih populacija na Jadranu nalazimo u Malostonskom zaljevu, Novigradskom i Karinskom moru, Pulskom zaljevu, Liskom kanalu te Šibenskom zaljevu i kanalu. (Dujmušić, 2000.).

Uzgoj dagnje na cijelom Mediteranu je sličan i relativno jednostavan, a možemo ga podijeliti u dva osnovna koraka. Prvi korak se temelji na skupljanju mlađi korištenjem različitih tipova kolektora koji se postavljaju na određenu dubinu (najčešće konopci). Skidanje mlađi s kolektora uglavnom se provodi nakon šest mjeseci, kada postigne veličinu oko 2 - 4 cm, čime započinje drugi korak uzgoja dagnji, gdje se sakupljena mlađ nasađuje u duguljaste plastične mrežice (pergolare) koji se polažu u more obješeni na pontone ili plutajuće linije. Već u drugoj godini života, uz povoljne životne uvjete, dagnja postiže konzumnju veličinu od 6 - 8 cm, te se otprema na tržište (Teskeredžić i sur., 2004.).

Dagnje u Novigradskom moru postižu visok indeks kondicije, posebno tijekom ljetne sezone kada je potražnja na tržištu najveća. Problem predstavlja povećana infestacija ljuštura mnogočetinašem *Pomatoceros triqueter* (Linnaeus, 1758.), što otežava čišćenje ljuštura dagnji. Prijetnju uzgoju na ovom području predstavlja naglo snižavanje saliniteta mora u rano proljeće,

uzrokovano visokim pritokom rijeke Zrmanje, što uzrokuje povećana uginuća dagnji i gubitak prihoda za uzgajivače. Ranija zabilježena ugibanja školjkaša u Novigradskom moru, poput onih 1872., 1877., 1948. i 1949. godine, povezana su s iznenadnim padom saliniteta. Čak i nakon tih događaja, populacije školjki su se tijekom nekoliko godina vratile u uobičajene okvire (Basioli, 1956.).

Na Sredozemlju se približno 80% količine uzgojene dagnje na tržište plasira svježe, a preostali dio se sterilizira i prerađuje (Župan i Šarić 2014.). Osnovne faze uzgoja dagnji prikazane su na slici 3.



Slika 3. Prikaz uzgojnog ciklusa dagnje (Izvor: Župan 2012. prema FAO)

Strateški razvoja školjkarstva u Hrvatskoj postavljao je za cilj rast proizvodnje školjkaša na 5.000 tona, koji ne može bit ostvariv bez proširenja uzgoja na dosad neiskorištene, nove lokacije Novigradskog mora i Velebitskog kanala, Malostonskog zaljeva prema rijeci Neretvi, ušća rijeke Krke, kao i kroz suvremeni mehanizirani uzgoj na otvorenom moru. Također, integrirani

uzgoj dagnji na već postojećim uzgajalištima riba predstavlja jedan od načina za povećanje ukupne proizvodnje. (Slika 4.).



Slika 4. Integrirani uzgoj ribe i školjkaša u Limskom kanalu

(Izvor: Perović N.; snimljeno 2019.)

Istraživanja koja se bave integriranom akvakulturom školjkaša i riba u Mediteranu (Peharda i sur., 2007; Sarà i sur., 2009; Župan, 2012.) sugeriraju da dagnje koje se nalaze u blizini uzgajališta riba imaju isti ili sličan uzgojni ciklus kao i one u tradicionalnim proizvodnim područjima i time potvrđuju pretpostavku da bi se primjenom jednostavnih tehnika prikupljanja mlađi i njihovog prebacivanja na uzgojna područja, ili kroz integrirani uzgoj s ribama, mogla značajno povećati proizvodnja dagnji na Jadranu u relativno kratkom vrijeme. Paralelno s tim, potrebno je riješiti i druge probleme, posebice one vezane uz zdravstvenu ispravnost, promidžbu i distribuciju dagnji.

2.7. Uzgoj školjkaša u Novigradskom moru

U današnje vrijeme glavna uzgojna područja školjkaša u Hrvatskoj su područje ušća rijeke Krke kao i Novigradskog mora koji se odlikuju uzgojem dagnje (*M. galloprovincialis*), te

Malostonski zaljev i Linski kanal kao glavna područja uzgoja kamenica (*O. edulis*) (Basioli, 1984; Dujmušić, 2000.).

Područje Novigradskog mora se smatra izvrsnom lokacijom za intenzivnu akvakulturu školjkaša. Godinama je izlov školjkaša u ovom zaljevu prvenstveno bio poznat po kamenicama i dagnjama. Novigradsko more je duboko u kopno uvučeni morski zaljev, površine od 28,65 km². Novsko ždrilo ga povezuje s Velebitskim kanalom, a Karinsko ždrilo s Karinskim morem na jugoistočnoj strani. (Magaš, 1999.). Novsko ždrilo je, kao i Novigradsko more, vrlo pogodno za uzgoj školjkaša zbog svojih ekoloških karakteristika. Najveća dubina Novigradskog mora zabilježena je na samom ulazu u Novsko ždrilo te iznosi 38 m, dok je prosječna dubina u središnjem dijelu zaljeva 28 m.

U Novigradskom moru prevladava muljevito dno, a uz obalu hridinasto. Pješčano dno nalazi se na ušćima rijeka, a šljunčano ispred nekoliko uvala. Krške površinske i podzemne vode kao i vrulje imaju snažan utjecaj na fizikalna, kemijska, biološka te hidrogeološka svojstva Novigradskog mora. Najvažniji vodotok čini rijeka Zrmanja sa svojim 69 km te slivom od 554 km². Osim Zrmanje, tu se nalaze vodotoci Karišnica i Bijela koji se ulijevaju u Karinsko more te preko Karinskog ždrila dopijevaju u Novigradsko more. Svi vodotoci koji se ulijevaju u zaljev, smanjuju salinitet Novigradskog mora. Salinitet u Novigradskom moru je u prosjeku niži nego u Jadranskom moru i dubinom se povećava. Specifično lakša voda manjeg saliniteta u površinskom sloju otječe u Velebitski kanal, dok pridnenim slojem iz istog mjesta dotječe voda većeg saliniteta. U površinskom sloju salinitet se kreće od 1,46 ‰ do 35,77 ‰, dok se u dubljim slojevima kreće od 35 ‰ do 38 ‰ (Magaš, 1999.). Kroz godinu se temperatura mora kreće od 6,7 – 26,6 °C što je u prosjeku 16,4 °C. (Anonymous, 2021.).

Kroz povijest se izlov školjkaša u prvom redu odnosio na kamenice i dagnje, ali su se izlovljavale i druge vrste. Članak objavljen na talijanskom jeziku u Zadarskim novinama „Zemljak“ u izdanju od 20. ožujka 1875. godine pod naslovom „Razmatranja o ribolovu duž dalmatinske obale i prirodnim ljepotama Karinskog i Novigradskog mora“ ističe obilje dagnji u Karinskom moru te se naglašava iznimno povoljne lokalne uvjeti za razvoj dagnji. Preporuke za povećanje uzgojnih površina uključuju postavljanje konopa na stupovima na mjestima koja ne smetaju ribolovu, kako bi se dobilo više prostora. U članku se citira i razgovor s profesorom Molinom, koji je istaknuo da su novigradske dagnje, u potpuno prirodnim uvjetima, veće od francuskih dagnji iz Rochelle-a (Anonymous, 2021.). U svom putopisu hrvatski prirodoslovac Spiridon Brusina ističe: „Fauna novigradskog mora vrlo je bogata i korisna cijelomu ondašnjemu pučanstvu, koje se njenimi proizvodi hrani i novaca zaslužuje, zato neće bit suviše

ako ovu u kratkih crtah proučimo. Glavni proizvod su klapavice, tamo dagnje nazvane (*M. galloprovincialis*); najbolje su one, koje se love u Zrmanji, od Obrovca počam pa sve do utoka ove rieke u more novigradsko; a osobito su velike one, koje se hvataju po stupovih obrovačkog mosta. Jasan je ovo dokaz, kako bi liepo moglo uspjevati umjetno gojenje te vrsti.” (Brusina, 1874.).

Trenutno na području Novigradskog mora djeluje ukupno sedam uzgajivača dagnji: obrt Dagnja i morska akvakultura iz Posedarja, obrt Bonaca iz Jasenica, obrt Dagnje Knežević iz Poljica-Briga, obrt Porat iz Kruševa, Pecten d.o.o. iz Novigrada, te obrt Seasun i obrt Škrapa iz Zadra na čijem se uzgajalištu odvijalo istraživanje iz ovog rada (Slika 5.). Ukupni maksimalni kapacitet navedenih uzgajivača iznosi tek 350 t, odnosno do 50 t dagnji po uzgajivaču godišnje.



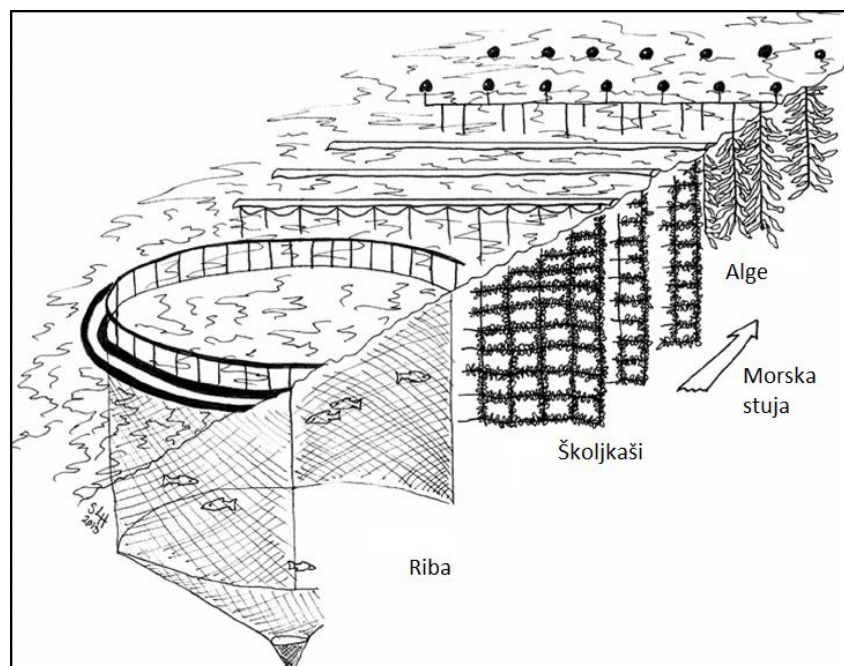
Slika 5. Lokacija istraživanja na uzgajalištu dagnji u Novigradskom moru
(Izvor: Perović N.)

Tehnologija uzgoja slična je onima na ostalim područjima za uzgoj dagnji na Jadranu. Dagnje se uzgajaju u mrežastim crijevima (pergolorima) postavljenim na linije s konopima i bovama. Zbog malih uzgojnih kapaciteta, udio tehnike u uzgoju ograničen je te se uzgoj bazira na velikom udjelu ljudskog rada, čime se teško može povećati proizvodnja i konkurirati na tržištu. Na uzgojne procese također jako utječe činjenica da je randman mesa daganja u spomenutom

području izrazito sezonalan, ali se, srećom, poklapa s vrhuncem potražnje na lokalnom tržištu (Anonymous, 2021.)

2.8. Integrirana akvakultura riba i školjkaša

Predmet ovog rada jest usporedba podataka prikupljenih na lokalitetu u Novigradskom moru, koje je ujedno i komercijalno uzgajalište dagnja, sa onima prikupljenim na uzgajalištu lubina (*D. labrax*) i komarče (*S. aurata*). Posljednje spomenuto uzgajalište u blizini otoka Vrgade poslužit će nam kao primjer integrirane multitrofičke akvakulture. Naime integrirana multitrofička akvakultura (eng. Integrated Multi-trophic Aquaculture – IMTA) predstavlja uzgoj akvatičkih organizama različitih trofičkih razina istog uzgojnog područja ili njegove blizine (Slika 6). Ovakvim načinom uzgoja ostaci nepojedene hrane i metabolički nusprodukti organizama više trofičke razine (u ovom slučaju ribe) postaju izvor hrane organizmima na nižim trofičkim razinama koji je filtracijom ili ekstrakcijom koriste za svoj rast i razvoj poput školjkaša i algi, povećavajući ukupnu produktivnost pod kontrolom uzgajivača (Neori i sur., 2004; FAO, 2009; Troell i sur., 2009; Angel i Freeman, 2009.).



Slika 6. Shematski prikaz integrirane multitrofičke akvakulture (IMTA)

(Izvor: www.researchgate.net)

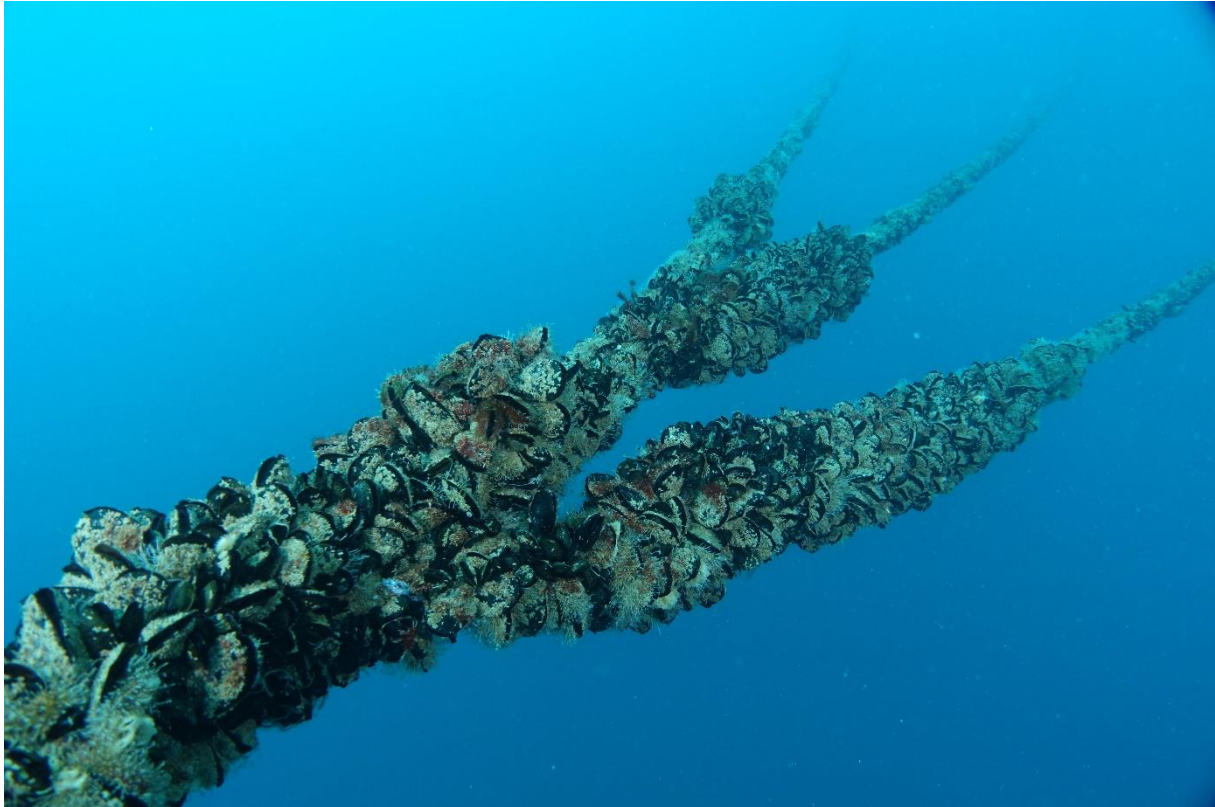
Prema FAO (2004.), industrija akvakulture usmjerava se prema smanjenju negativnih utjecaja na okoliš s težnjom ka dugoročnoj održivosti. Kao strategija za smanjenje negativnih utjecaja i

povećanje produktivnosti, ističe se uzgoj organizama poput riba i rakova uzgajanih uz pomoć dodatnih izvora hrane, zajedno sa filtracijskim organizmima kao što su školjkaši i onima koji koriste anorganske čestice poput akvatičnog bilja (Neori i sur., 2004; Troell i sur., 2009; FAO, 2009; Nobre i sur., 2010.).

Integrirani multitrofički uzgoj (IMTA) školjkaša i riba predstavlja inovativan pristup akvakulturi koji istražuje sinergiju između uzgoja različitih trofičkih razina unutar jednog sustava. Ovaj pristup teži postizanju ekonomske održivosti, smanjenja ekološkog otiska te stvaranja održivog i uravnoteženog ekosustava. Integrirani uzgoj školjkaša, kao što su dagnje, s uzgojem riba u zajedničkom sustavu koristi resurse i otpad iz jedne komponente za podršku rastu i zdravlju drugih, stvarajući održiv ciklus (Troell i sur., 2009.). Ovaj pristup omogućava raznolikost vrsta koje se uzgajaju unutar jednog sustava, čime se smanjuje rizik od gubitaka i povećava prilagodljivost tržišnim uvjetima (Neori i sur., 2004.).

Integrirani uzgoj riba i školjkaša pridonosi očuvanju morskih ekosustava i bioraznolikosti, potiče lokalni ekonomski razvoj kroz stvaranje radnih mjesta i poticanje lokalnih zajednica (Chopin i sur., 2019.). Edukacija lokalnog stanovništva o principima integriranog uzgoja školjkaša i riba jača svijest o održivom korištenju morskih resursa (Buschmann i sur., 2019.). Iako integrirana akvakultura dobiva na značaju u kopnenim sustavima, u otvorenim morima još nije potpuno zaživjela. Unatoč izazovima, postoji potencijal za integraciju različitih organizama u otvorenim akvakulturnim sustavima, uz prilagođenu tehnologiju. Studije sugeriraju da uzgoj filtracijskih organizama blizu kaveza sa ribom može smanjiti količinu otopljenih organskih tvari, dušika i fosfora, te spriječiti toksično cvjetanje algi (Troell i Norberg, 1998.). Razvoju integrirane akvakulture ide u prilog prisutnost prirodnih populacija školjkaša, morskih puževa i drugih organizama u blizini uzgajališta (Frankić, 2003; Chopin i sur., 2010.).

Integrirani uzgoj omogućuje racionalizaciju i optimalno korištenje vrijednog obalnog prostora, povišuje produktivnost po jedinici površine odnosno hrane, te smanjuje negativni utjecaj uzgoja na okoliš. Diversifikacijom proizvodnje, proizvođači ostvaruju veću sigurnost na tržištu, smanjujući rizik od većih ekonomskih gubitaka u slučaju bolesti ili pada cijena proizvoda. Na Jadranu je do sada relativno mali broj studija objavljen o integriranoj akvakulturi riba i školjkaša. Ipak prema, Župan i sur. (2012), postoji veliki potencijal za razvoj integrirane akvakulture na Jadranu, s obzirom da su školjkaši (pretežito dagnje) dominantni obraštajni organizmi na instalacijama uzgajališta riba (Slika 7.).



Slika 7. Dagnja kao dominantni obraštaj na priveznim konopima na uzgajalištu riba
(Izvor: Perović N.)

Tako su Peharda i sur. (2007.) ranije utvrdili brži rast dagnje i povećani indeks kondicije kroz duži period godine u blizini uzgajališta bijele ribe kod otoka Pašmana. Nadalje, Župan i sur. (2014.) utvrdili su povećani indeks kondicije kod komercijalno vrijednog školjkaša kunjke *Arca noae* u blizini kaveza s bijelom ribom.

3. CILJ I SVRHA RADA

Cilj rada je utvrditi da li dagnje proizvedene u uvjetima integriranog uzgoja imaju jednak potencijal za komercijalnu proizvodnju poput onih proizvedenih u tradicionalnim područjima za uzgoj. Svrha rada je da se dobiveni podaci iskoriste za bolje planiranje povećanja uzgoja školjkaša na Jadranu.

4. MATERIJALI I METODE

Istraživanje se provodilo u periodu od listopada 2015. do veljače 2016. godine na komercijalnim uzgajalištima školjkaša u Novigradskom moru, i u uvjetima integrirane akvakulture na uzgajalištu bijele ribe kod otoka Vrgade (Slika 8.). Iznimno se zbog vjerodostojnijih rezultata indeksa kondicije, period mjerenja istog produljio, te se provodio od listopada 2015. do kolovoza 2016. godine.



Slika 8. Uzgajalište bijele ribe tvrtke Kornat ittica na Vrgadi (Izvor: Perović N.)

4.1. Lokalitet 1. - Novigradsko more

Istraživanje je provedeno na uzgajalištu dagnji obrta Škrapa – morska akvakultura na lokaciji Meka Draga (Slika 9.). Uzgajalište je kapaciteta oko 50 tona dagnji godišnje, koje se uzgajaju klasičnom tehnologijom uzgoja u pergolarima na linijskim konopima.



Slika 9. Lokacija istraživanja na uzgajalištu dagnji u Novigradskom moru
(Izvor: Google Earth)

4.2. Lokalitet 2. – Integrirani uzgoj kod otoka Vrgade

Istraživanje je postavljeno u akvatoriju otoka Vrgade, gdje je uspostavljeno uzgajalište bijele ribe u vlasništvu tvrtke „Kornat ittica d.o.o.” iz Pakošтана (Slika 10.). Trenutno tvrtka proizvodi oko 2.000 tona lubina i komarče godišnje. Uzorci školjkaša postavljani su u plastične lanterne na dvije dubine (2 i 7 m) u blizini kaveza s lubinom (otprilike 2 m udaljenosti između 2 susjedna kaveza).



Slika 10. Lokacija istraživanja na uzgajalištu kod otoka Vrgade
(Izvor: Google Earth)

Pritom su se, na obje lokacije istraživanja, pratili sljedeći fizikalno kemijski parametri: salinitet, temperatura mora, koncentracija klorofila *a*, te sastav stabilnih izotopa dušika u mesu dagnje. S ciljem utvrđivanja prirasta dagnji u istraživanju je mjerenje provedeno na uzorcima koji su postavljeni na 2 različite dubine, a mjerila se najdulja os ljuštore. Salinitet je mjereno jednom mjesečno pomoću instrumenta Oxyguard Handy Salinity, a mjerenja su provedena na dubini od 7 m. Temperatura je mjerena svaki dan pomoću data loggera Tinytag Aquatic 2 (Slika 11.), također postavljenog na dubini od 7 m, a prikazana je kao prosjek za svaki mjesec kroz period istraživanja. S iste dubine uzeti su uzorci morske vode (oko 5 l) radi mjerenja koncentracije klorofila *a* koje je izvršeno u Zavodu za javno zdravstvo Zadar.



Slika 11. Data logger korišten za mjerenje temperature mora na lokacijama istraživanja
(Izvor: Perović N.)

4.3. Prirast dagnji

Za procjenu prirasta dagnji provedeno je mjerenje duljine označenih dagnji, prosječne duljine od 3 do 4 cm, koje su prikupljene iz istih obraštajnih zajednica. Tri uzorka su napravljena na svakoj lokaciji i dubini, koji su načinjeni od cca 80 jedinki. Uzorci su stavljeni u lanterne za uzgoj školjkaša, oka promjera 2 cm, koje su postavljene na udaljenost od oko 2 metra od kaveza s ribom na dvije različite dubine: 2 i 7 metara. Plastične markacije sa brojčanom oznakom su se koristile za markiranje, a ljepilom su se pričvršćivale direktno na ljušturu dagnje (Hall print, Australija). Pomoću pomičnog mjerila s preciznošću od 0,1 mm, provodilo se mjerenje prirasta dagnje te je mjerena najveća duljina ljušture. Početno mjerenje izvršeno je u rujnu 2015. godine a završno mjerenje u veljači 2016. godine.

4.4. Indeks kondicije

Za istraživanje su se koristile dagnje konzumne veličine prikupljene iz iste obraštajne zajednice sa sidrenih instalacija (konopa) uzgajališta. Mjerenja za potrebu procjene indeksa kondicije su se provodila jednom mjesečno, a upotrebljavao se uzorak od 40 jedinki. U integriranom uzgoju, na lokaciji Vrgada uzorci su prikupljeni na udaljenosti od oko 5 m od kaveza s ribom na dubini

od 3 do 5 m. Uzorak na obje lokacije se svakog mjeseca sastojao od jedinki dagnje približno iste veličine i starosti.

Prije početka mjerenja, ljuštore jedinki su pažljivo očišćene od obraštajnih organizama čime se eliminirao njihov utjecaj na masu ljuštore, što bi moglo utjecati na konačnu vrijednost indeksa kondicije. Meso svježe dagnje zatim se odvajalo od ljuštore i stavljalo na prethodno izvagan komad aluminijske folije. Očišćene ljuštore zajedno s odvojenim mesom suše se u sušioniku na 60°C tijekom 48 sati. Nakon toga, na digitalnoj vagi s preciznošću od 0,01 g mjerila se masa osušene ljuštore i masa osušenog mesa dagnje, dok pomoću pomičnog mjerila izmjerila duljina ljuštura. Nakon obrade uzoraka i provedenih mjerenja pristupilo se izračunavanju indeksa kondicije (IK) prema Davenportu i Chen (1987.):

$$\text{I.K.} = \text{masa sušenog mesa} / \text{masa ljuštore} \times 100$$

4.5. Sastav stabilnih izotopa dušika

Uzorci dagnji za analizu stabilnih izotopa dušika prikupljeni su na istim lokacijama i iz istih zajednica kao i uzorci za istraživanje indeksa kondicije. Svaki uzorak sastojao se od 5 – 7 jedinki dagnje prosječne duljine između 7 i 8 cm (komercijalna veličina), a prikupljeno je po 3 replike sa svake lokacije. Nakon izlova, školjkaši su odmah otvoreni presijecanjem mišića zatvarača i isprani destiliranom vodom kako bi se uklonili ostaci drugih organizama, te je uzeto cijelo tkivo dagnji. Tkiva pet jedinki izmiješana su u jedinstven uzorak i zamrznuta na –20 °C. Analize su provedene u laboratoriju Sveučilišta u Ljubljani. Uzorci pet jedinki prikupljenih u istom mjesecu su homogenizirani i osušeni do konstantne težine na temperaturi od 60 °C, nakon čega su čuvani na sobnoj temperaturi u liofilizatoru i poslani na završnu obradu u Institut "Jožef Stefan" u Ljubljani. Analize stabilnih izotopa dušika provedene su na izotopnom masenom spektrofotometru. Rezultati su prikazani kao δ vrijednosti $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$ u promilima (‰) prema sljedećoj jednadžbi:

$$\delta R = [R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}} - 1] \times 1000 (\text{‰}),$$

gdje R predstavlja atomski $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ udio u uzorku i standardu (atmosferski N_2 za dušik).

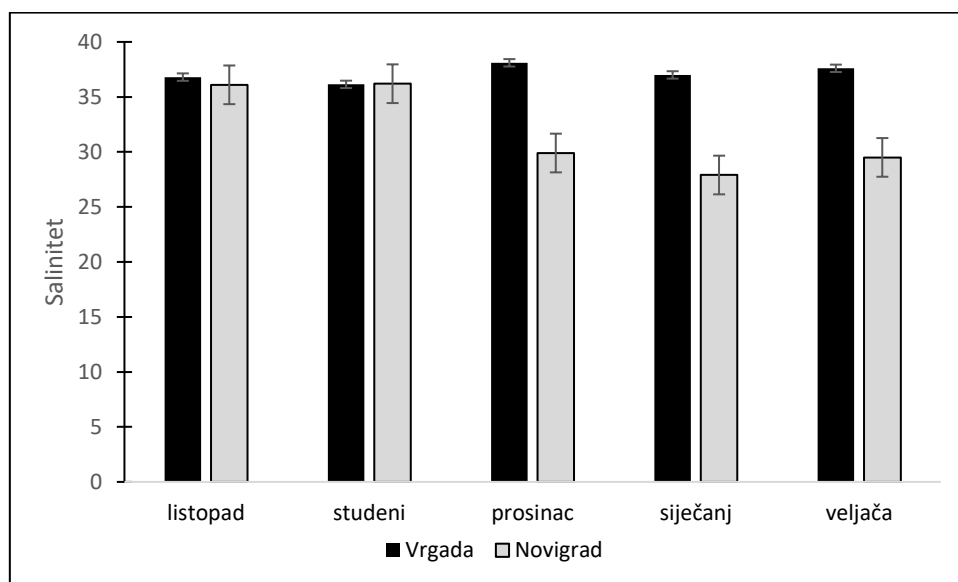
4.6. Statistička analiza podataka

Za unos svih dobivenih rezultata tijekom istraživanja koristio se program Microsoft Office Excel 2016, a isti se koristio i za provedbu deskriptivne statistike, uključujući minimalne i maksimalne vrijednosti, srednju vrijednost te standardnu devijaciju. Testiranje značajnosti razlika provedeno je uz statistički program SigmaPlot. Za analizu sastava stabilnih izotopa $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$ s obzirom na vrijeme i lokaciju uzorkovanja primijenjen je dvosmjerni ANOVA test. Grafički prikazi izrađeni su pomoću Microsoft Office Excel 2016 programa.

5. REZULTATI I RASPRAVA

5.1. Salinitet i temperatura

Na lokaciji istraživanja kod uzgajališta riba na Vrgadi zabilježene su relativno stabilne vrijednosti saliniteta, koje su se kretale u rasponu od 36,8 ‰ u listopadu do 38,1 ‰ u prosincu. Na lokaciji istraživanja u Novigradskom moru vrijednosti saliniteta su iskazale vrlo slične vrijednosti u periodu od listopada do studenog, nakon čega u prosincu dolazi do naglog pada vrijednosti saliniteta na 29,1 ‰, sa vrlo sličnim vrijednostima sve do veljače. Vrijednosti na obje lokacije tijekom perioda istraživanja su prikazane na slici 12.



Slika 12. Prosječne mjesečne vrijednosti saliniteta (‰) u periodu od listopada 2015. do veljače 2016. na istraživanim područjima

Vrijednosti saliniteta mogu značajno varirati u blizini ušća rijeka, zoni plime i oseke, podmorskih izvora slatke vode, te za vrijeme kišnih dana u zatvorenim lagunama (Hamer i sur. 2010.). S obzirom da je Novigradsko more pod velikim utjecajem rijeke Zrmanje i okolnih pritoka, navedene razlike su očekivane u ovom dijelu godine. Primjerice, prema Burić i sur. (1999.), Zrmanjom prosječno godišnje priteče 2,3 puta više vode na ukupnu zapremninu Novigradskog mora, imajući tako značajan utjecaj na fizikalna, kemijska, biološka te hidrogeološka svojstva Novigradskog mora. Dodatni značajan utjecaj dolazi od voda koje dotječu iz Karinskog mora, gdje utječu rijeka Karišnica i rijeka Bijela. Geografski položaj,

prirodna ograničenost i izolacija akvatorija, te značajan priljev površinskih i podzemnih voda, imaju utjecaj na salinitet Novigradskog i Karinskog mora. Prema Magaš (1999.) salinitet Novigradskog mora je niži od voda otvorenog Jadrana, te se u površinskom sloju kreće od 1,46 ‰ do 35,77 ‰, dok se u dubljim slojevima kreće od 35 ‰ do 38 ‰, odnosno povećava se s dubinom.

Tijekom ovog istraživanja, u siječnju i veljači u površinskom sloju do dubine od oko 1 m na lokaciji u Novigradskom moru uočen je period pojave vrlo niskog saliniteta od oko 1 ‰. Ipak, s obzirom na tehnologiju uzgoja dagnje, ova pojava nema utjecaja na rast i razvoj školjkaša koji se uzgajaju zimi na dubini od oko 3 do 7 m. Prema iskustvima uzgajivača (Karamarko, usmeno priopćenje) povremeno su zabilježeni i nagli padovi saliniteta do dubine od oko 10 m, ali obično u trajanju do nekoliko dana te nije zabilježen negativni utjecaj po zdravlje školjkaša, osim kod manjih jedinki (mlađi) u površinskom sloju.

Na lokaciji istraživanja kod uzgajališta riba kod otoka Vrgade nije zabilježeno značajnih promjena u salinitetu tijekom ovog istraživanja, što je očekivano u otvorenim vodama Jadrana, gdje je salinitet obično stalan, te se prema Hamer i sur. (2010.) kreće između $37,65 \text{ ‰} \pm 0,40$ za sjeverni i $38,37 \text{ ‰} \pm 0,19$ za južni dio Jadrana.

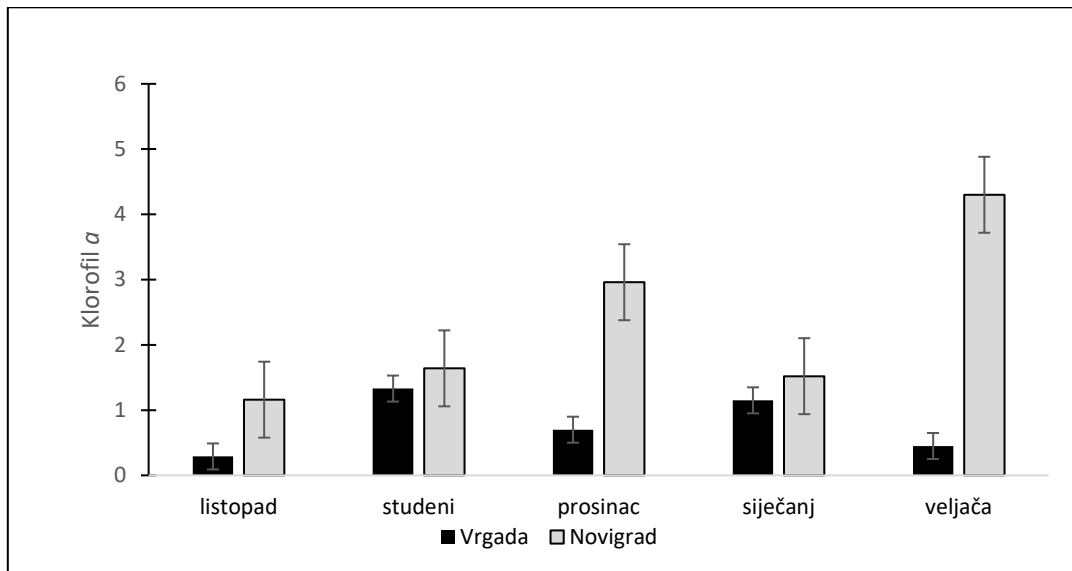
Tijekom istraživanja temperatura mora u Novigradskom moru se kretala od najviših $17,9 \text{ °C}$ u listopadu 2015. do najnižih $6,8 \text{ °C}$ u siječnju 2016. Na uzgajalištu pored Vrgade zabilježene vrijednosti su se kretale od najviših 21 °C u listopadu 2015. do najnižih 13 °C u veljači 2016.

5.2. Klorofil *a*

Koncentracija klorofila *a* na lokaciji Vrgada se kretala u rasponu od $0,29 \text{ µg/L}$ u listopadu do $1,33 \text{ µg/L}$ u studenom kada su bile najveće na ovoj lokaciji, gdje potom dolazi do pada vrijednosti u prosincu i ponovni rast u siječnju. Na Vrgadi su izmjerene koncentracije klorofila *a* bile slične onima koje je utvrdio Župan (2012.), kod otoka Žižnja, koji je relativno blizu otoka Vrgade. U navedenom istraživanju je zabilježen porast koncentracije klorofila *a* u listopadu i studenom, ali su najveće vrijednosti izmjerene u veljači, dok je u ovom istraživanju u veljači došlo do pada vrijednosti.

Na lokaciji u Novigradskom moru najniža vrijednosti je zabilježena u listopadu, nakon čega dolazi do porasta u prosincu te naglog porasta vrijednosti u veljači, kada iznosi vrlo visokih $4,33 \text{ µg/L}$. U svim mjesecima istraživanja zabilježene su značajno više vrijednosti klorofila *a* na lokaciji u Novigradu u odnosu na lokaciju kod otoka Vrgade. Navedene vrijednosti upućuju

na puno veću raspoloživost hranjivih tvari za rast i razvoj školjkaša u Novigradskom moru. Vrijednosti u ovom istraživanju puno su veće od onih zabilježenih u Novigradskom moru u ljetnim mjesecima tijekom ispitivanja kvalitete mora, kada je zabilježena koncentracija klorofila *a* iznosila 0,49 µg/L (ZZJZ Zadar, 2019.). Vrijednosti koncentracije klorofila *a* prikazane su na slici 13.

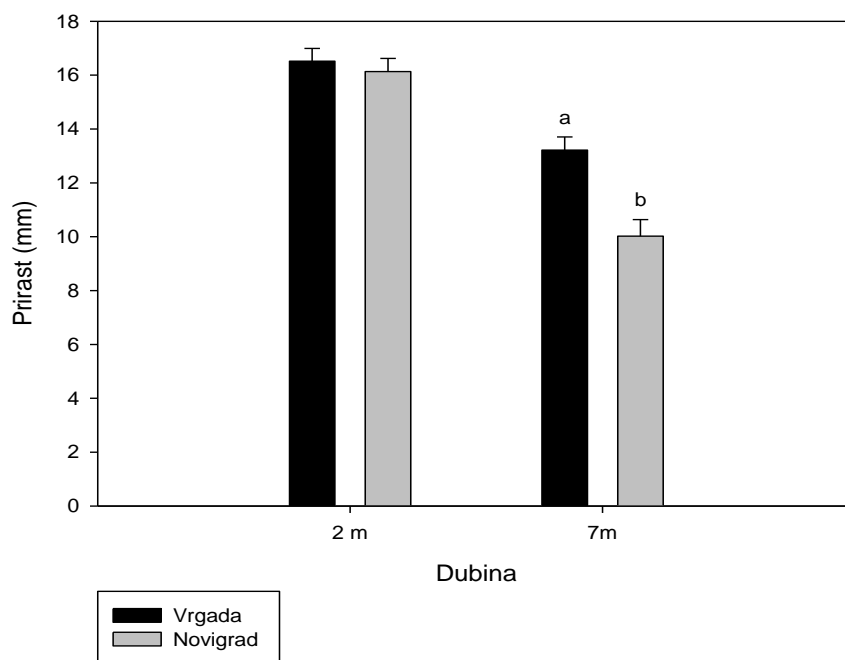


Slika 13. Mjesečne koncentracije klorofila *a* (µg/L) u periodu od listopada 2015. do veljače 2016. na istraživanim područjima

5.3. Prirast dagnji

Tijekom istraživanja zabilježen je brži prirast dagnji na dubini od 2 m na obje lokacije istraživanja. Na lokaciji Vrgada u uvjetima integrirane akvakulture na obje dubine uočen je brži prirast školjkaša u odnosu na one iz Novigrada, iako je statistički značajna razlika utvrđena samo na dubini od 7 m ($p < 0,05$). Općenito, rast je na obje lokacije bio sporiji na dubini od 7 m. Prema uputama proizvođača Novigradskog mora, tehnologija uzgoja u Novigradskom moru je uglavnom orijentirana na uzgoj na dubini od oko 3 m pa do 5 m dubine, jer se na taj način ostvaruje brz rast i dobra kvaliteta dagnje, te manji problemi s obraštajnim organizmima u odnosu na dublje slojeve (Karamarko, usm. priop. 2022.). S obzirom na dobivene rezultate u ovom istraživanju preporuka je da se dagnje uzgajaju na manjoj dubini jer je u odnosu na veću dubinu brži rast. Ipak, s obzirom na ranije spomenute probleme sa salinitetom u Novigradu, potrebno je prilagoditi tehnologiju kako u plićem sloju školjkaši ne bi bili izloženi naglim

padovima saliniteta, što u ekstremnim slučajevima može dovesti i do mortaliteta uzgajanih školjkaša (Župan i Šarić 2014.). U istraživanju koje je provodio Župan (2012.) u uvjetima integrirane akvakulture kod otoka Žižnja, dagnje su u istom periodu rasle oko 8 mm, što je znatno manje u odnosu na ovo istraživanje gdje dagnje na Vrgadi na dubini od 2 m su imale prirast iznad 16 mm te na dubini od 7 m gotovo 14 mm. Stoga, ovi rezultati upućuju na bolji rast školjkaša kod otoka Vrgade, iako je u ovom istraživanju korišten nasadni materijal nešto manje početne dužine (srednje vrijednosti od 28 mm) u odnosu na spomenuto istraživanje (srednje vrijednosti 39 mm), zbog čega postoji mogućnost objašnjenja razlike u brzini rasta između ove dvije lokacije. Podaci prikupljeni u ovom radu sugeriraju da se kroz integriranu akvakulturu riba i školjkaša može postići slično ili čak kraće vrijeme proizvodnog ciklusa u usporedbi s tradicionalnim uzgojnim područjima za školjkaše na Jadranu, kao što su zaključili i Peharda i sur. (2007.) te Župan (2012.). Brzina prirasta dagnje na obje lokacije prikazana je na slici 14.

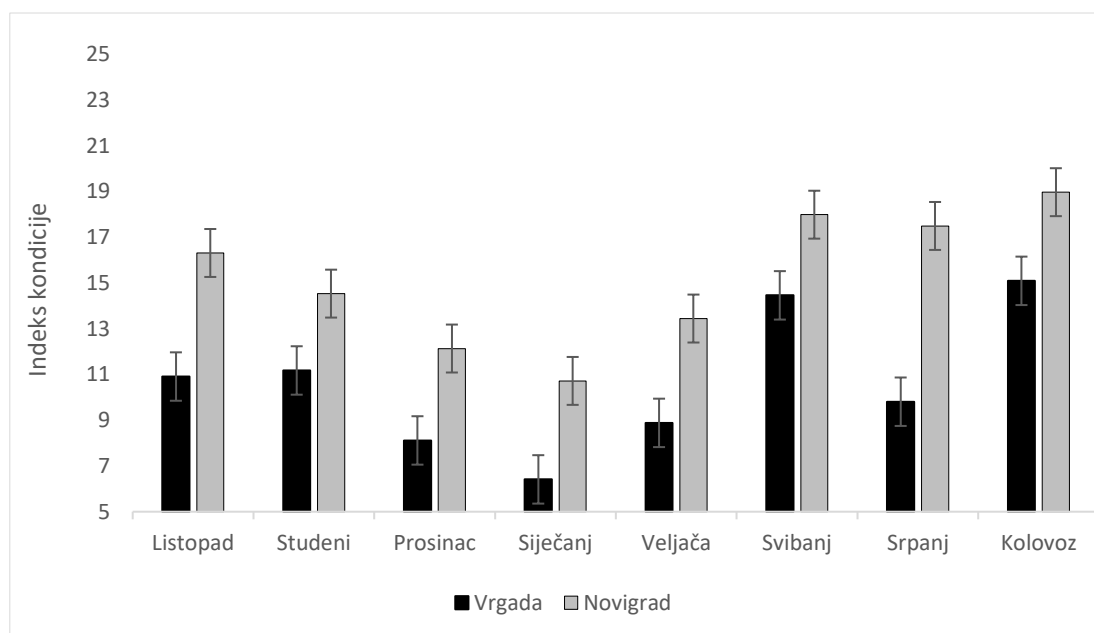


Slika 14. Prirast dagnji na lokacijama istraživanja na različitim dubinama

5.4. Indeks kondicije dagnje

Na obje lokacije najniža vrijednost indeksa kondicije je zabilježena tijekom siječnja, dok su najviše vrijednosti izmjerene tijekom srpnja, također na obje lokacije. U svim mjesecima istraživanja utvrđen je statistički značajno viši indeks kondicije kod dagnji uzgajanih u

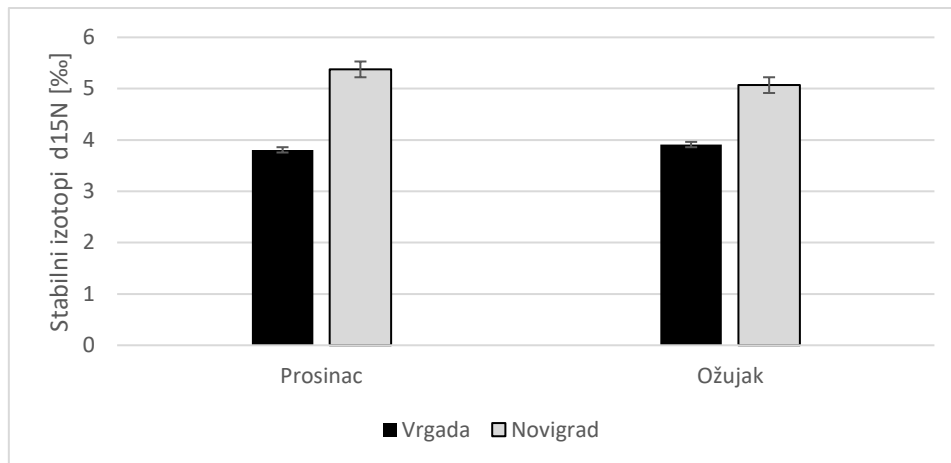
Novigradskom moru u odnosu na dagnje iz uvjeta integrirane akvakulture kod Vrgade ($p < 0,05$). Vidljivo je da na obje lokacije nakon zimskog perioda i sniženog indeksa kondicije, dolazi do porasta indeksa kondicije u svibnju. Ipak, na lokaciji kod Vrgade, u srpnju dolazi do pada vrijednosti indeksa kondicije koji se ponovno povećava u kolovožu. Nasuprot tome, na lokaciji u Novigradskom moru, indeks kondicije raste već u veljači i poglavito u svibnju, te visoke vrijednosti zadržava sve do kolovoza. Rezultati upućuje na različitosti u raspoloživosti hranjivih tvari za školjkaše na ove dvije lokacije. Iako se vrijeme uzorkovanja za indeks kondicije ne poklapa s onim za mjerenje količine klorofila *a*, vidljivo je iz rezultata da u Novigradu već u veljači dolazi do snažnog razvoja primarne produkcije koja se očitava i u porastu indeksa kondicije, odnosno potpunosti školjkaša s mesom, koja ostaje visoka do kraja istraživanja u kolovožu. U uvjetima integrirane akvakulture, ove promjene su manje izražene te porast indeksa kondicije nastupa dosta kasnije, tek s porastom temperature mora i razvojem primarne produkcije u otvorenom Jadranu. Rezultati upućuju da je Novigradsko more ipak pogodnije za akvakulturu školjkaša, s obzirom da je veliki udio jestivog mesa unutar ljušture jedan od najvažnijih pokazatelja kvalitete školjkaša za samog kupca (Župan i Šarić 2014.). Iako u ovom istraživanju nije praćen gonadosomatski indeks, s obzirom da je mrijest školjkaša jedan od glavnih faktora koji utječe na popunjenost mesom, može se pretpostaviti kako je na Vrgadi do mrijesta školjkaša vjerojatno došlo u proljeće, što se smatra općenito razdobljem vrhunca mrijesta dagnje na Jadranu. U Novigradskom moru, ipak ne dolazi do pada indeksa kondicije, što upućuje da reproduktivni period na ovom području zbog većih oscilacija ekoloških čimbenika (saliniteta i temperature) i veće količine dostupne hrane traje duže nego što je to slučaj u otvorenom Jadranu. Bez obzira na unos velike količine nutrijenata potrebna za uzgoj preko 2.000 tona ribe godišnje, podaci pokazuju kako oni vjerojatno uslijed brzog strujanja mora većim dijelom ostaju nedostupni za same školjkaše (Pitta i sur. 1999.). Slično pokazuju i druga istraživanja u kojima nisu primijećene razlike u koncentraciji klorofila *a* na različitim udaljenostima od kaveza sa lososom (*Salmo salar*) i referentnim lokacijama (Cheshuk i sur. 2003; MacDonald i sur. 2011.). Indeks kondicije dagnje na obje lokacije prikazana je na slici 15.



Slika 15. Razlike u indeksu kondicije dagnji u periodu od listopada 2015. do kolovoza 2016. na istraživanim područjima

5.5. Analiza stabilnih izotopa dušika

Provođenjem dvosmjerne analize varijance nisu uočene statistički značajne razlike u sastavu stabilnih izotopa $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$ u tkivu dagnje između mjeseci na uzgajalištu pored Vrgade ($p=0,628$) kao ni u Novigradskom moru ($p=0,159$). Najviše vrijednosti stabilnih izotopa $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$ u tkivu dagnje zabilježene su u prosincu u Novigradskom moru (5,38‰), dok su najniže vrijednosti uočene također u prosincu, ali na lokaciji integriranog uzgoja pored Vrgade (3,81‰). Statistički značajno viša vrijednost $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$ u tkivu dagnje zabilježena je na lokaciji sa tradicionalnim uzgojem u Novigradskom moru u odnosu na integrirani uzgoj ribe i dagnji pored Vrgade ($p<0,001$). Vrijednosti stabilnih izotopa dušika $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$ po mjesecima i lokacijama prikazane su na slici 16.



Slika 16. Vrijednosti stabilnih izotopa dušika $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$ po mjesecima i lokacijama

Analiza stabilnih izotopa je korisna metoda pri praćenju razlika u ishrani školjkaša (Kang i sur. 1999; Lorraine i sur. 2002.), ali potpuno oslanjanje na to nije uvijek pouzdano za donošenje konačnih zaključaka o prehranbenim navikama školjkaša u stvarnom okruženju jer je teško pratiti sve faktore koji utječu na njihovu prehranu, u ovom slučaju dotoka hranjivih tvari putem rijeka ili kao višak nutrijenata iz uzgajališta riba (Troell i sur. 2011.).

Rezultati analiza stabilnih izotopa mogu biti različiti ovisno o raznim faktorima kao što su vrsta uzorkovanog tkiva, kondicija ili razvojni stadij uzorka te vremensko razdoblje uzorkovanja (Tieszen i sur., 1983; Gannes i sur., 1997; Lorrain i sur., 2002; Caut i sur., 2008). Razlike između ovih lokacija mogu se također objasniti povećanim antropogenim utjecajem na okoliš, kao što su ispuštanje, dušikom bogatih, otpadnih voda u blizini istraživanih postaja u Novigradskom moru ili dotok hranjivih tvari rijekom Zrmanjom. Mnoge studije su potvrdile značajnu povezanost između viška organske tvari u uzgajalištima riba i trofičkog odgovora školjkaša. (Navarrete-Mier i sur. 2010; Vizzini i Mazzola 2004; Dolenc i sur. 2011.). Ipak, u ovom slučaju Novigradsko more pokazuje se kao područje s većom produktivnosti u odnosu na lokaciju kod Vrgade, unatoč dotoku nutrijenata s uzgajališta riba, što se očituje u većim udjelima stabilnih izotopa dušika, a reflektira se i kroz povećani indeks kondicije u većem dijelu godine. Općenito, vrijednosti stabilnih izotopa dušika $\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$ u ovom istraživanju su nešto niže u odnosu na istraživanja od Dolenc i sur. (2011.), kod kojih su se u tkivu dagnje vrijednosti kretale od 6,0 do 8,2 ‰ u području najvećeg unosa organske tvari, dok su na referentnim postajama zabilježene značajno niže vrijednosti, između 3,3 i 3,8 ‰. Fluktuacije u morskom okolišu mogu značajno utjecati na različite razine stabilnih izotopa u tkivima morskih organizama, što sugerira da je za potpuno razumijevanje prijenosa energije važno provesti kontrolirane laboratorijske eksperimente (Ezgeta Balić, 2013.).

6. ZAKLJUČAK

Uzgoj školjkaša na Jadranu ograničen je na uzgoj u područjima s dotokom slatke vode, poput Linskog kanala, Velebitskog kanala, Novigradskog mora, ušća Krke, Malostonskog zaljeva i sličnih lokacija, jer se na takvim lokacijama razvija dovoljno hranjivih tvari koji pogoduju rastu i dobroj kvaliteti školjkaša. Ipak, proizvodnja na ovim područjima unatoč dugoj tradiciji nije nikada kroz povijest bila niti blizu maksimalnog iskorištenja prirodnih potencijala (Dujmušić, 2000.). Razlozi su brojni, ali među najvažnije spadaju zastarjelost tehnologije, mali pojedinačni kapaciteti uzgajivača, problemi s koncesijama u zaštićenim područjima, a u novije vrijeme predacija od strane komarče te obraštaja na ljušturi koji je povećava stopu smrtnosti i smanjuje kvalitetu proizvoda (Šegvić Bubić i sur. 2011.). Nasuprot tome, otvoreni Jadran kao i glavina Mediterana smatra se oligotrofnim područjem s premalo hranjivih tvari koje bi omogućile intenzivnu akvakulturu školjkaša (Sara i sur. 1998.). Ipak, prema Peharda i sur. (2007.) i Župan i sur. (2012.), postoje dobre mogućnosti za razvoj akvakulture školjkaša u otvorenim vodama Jadrana u uvjetima integrirane akvakulture zajedno s uzgajanom ribom. Preliminarni podaci govore da bi se ukupna proizvodnja školjkaša u Hrvatskoj mogla udvostručiti samo s iskorištavanjem obraštajnih organizama s instalacijama kaveza (Župan i sur. 2012.). Rast dagnji u uvjetima integrirane akvakulture na Jadranu je jednak onome iz tradicionalnih uzgojnih područja, dok je indeks kondicije također relativno visok uslijed iskorištavanja viška nutrijenata kao posljedice hranjenja u kaveznom uzgoju ribe (Župan 2012.). U ovom istraživanju su također dobiveni slični podaci. Odnosno, rast dagnji u uvjetima integrirane akvakulture kod otoka Vrgade bio je brži u odnosu na dagnje uzgajane u Novigradskom moru. Podaci ukazuju na dobar potencijal za komercijalni uzgoj dagnji na ovom uzgajalištu riba, koje prema Studiji utjecaja na okoliš ima mogućnost proizvodnje 200 tona školjkaša godišnje. Razlike u rastu između dvije lokacije su vjerojatno posljedica bržeg strujanja mora kod otoka Vrgade (iako ono nije mjereno u ovom istraživanju) kao i činjenica da školjkaši s ovog područja manje energije ulažu u proizvodnju gonada, a više u rast ljuštura (Župan i sur. 2016.). Usporedba indeksa kondicije, kao jednog od najvažnijeg faktora u akvakulturi školjkaša, ipak pokazuje da su dagnje iz Novigradskog mora kroz duži vremenski period bolje popunjene s mesom u odnosu na dagnje iz integrirane akvakulture na Vrgadi. Pogotovo je to važno u ljetnim mjesecima, kada je potražnja za svježim visoko kvalitetnim morskim proizvodima na vrhuncu. S tog aspekta, Novigradsko more se potvrđuje kao jedno od područja s najboljim potencijalom za uzgoj školjkaša na Jadranu (uz Malostonski zaljev), kao što je to i poznato od davnina (Dujmušić 2000.). Ipak, ne treba zanemariti potencijal za razvoj integrirane akvakulture na Jadranu,

pogotovo s obzirom da je primijećeno da je dominantni obraštajni organizam na instalacijama kaveza upravo dagnja. Rezultati nameću i mogućnost ispitivanja potencijala proizvodnje u kombiniranju ova dva uzgojna područja, gdje bi se integrirana akvakultura mogla koristiti za prikupljanje nasadnog materijala školjkaša i početnu fazu uzgoja zbog brzog rasta dužine ljuštare, dok bi se završna uzgojna faza mogla provoditi u Novigradskom moru zbog povećanog indeksa kondicije, odnosno bolje popunjenosti mesom kroz duži vremenski period.

7. POPIS LITERATURE

Angel D., Freeman S. (2009.) Integrated aquaculture (INTAQ) as a tool for an ecosystem approach to the marine farming sector in the Mediterranean Sea. In D. Soto (ed.). Integrated mariculture: a global review. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 529. Rome, FAO: 133-183.

Anonymous, (2021.) Specifikacija proizvoda „Novigradska dagnja“ - oznaka izvornosti. <https://poljoprivreda.gov.hr> (pristupljeno: 14.11.2023.)

Basioli, J. (1956.) Ribarstvo Novigradskog područja, *Morsko ribarstvo* 8/11: 371-376.

Basioli, J. (1984.) Ribarstvo na Jadranu. Nakladni zavod Znanje, Zagreb.

Brusina S. (1874.) Naravoslovne crtice sa sjevero-istočne obale Jadranskoga mora. *Putopis: godine 1873 – dio 2*, Zagreb:15-18.

Burić, Z., Viličić, D., Orlić, M., Smirčić, A., Kršinić, F., Gržetić, Z., Caput, K. (1999.) Termohal relations and distribution of plankton in the Zrmanja River estuary (October 1998). Croatian waters from the Adriatic to the Danube: proceedings / Gereš, Dragutin (ur.). - Dubrovnik: Hrvatske vode: 277-282.

Buschmann, A. H., Tomashpolsky, D., Chopin, T. (2019.) Perspectives of integrated multi-trophic aquaculture in the open ocean: results from a World Fisheries Congress workshop. *Reviews in Aquaculture*, 11(3): 665-677.

Caut, S., Angulo, E., Courchamp, F. (2008.) Caution on isotopic model use for analyses of consumer diet. *Can. J. Zool.*, 86: 438-445.

Cheshuk, B.W., Purser G.J., Quintana, R. (2003.) Integrated open-water mussel (*Mytilus planulatus*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) culture in Tasmania. *Australia. Aquaculture*, 218: 357-378.

Chopin, T., Troell, M., Reid, G., Knowler, D., Robinson, S.M.C., Neori, A., Buschmann, A.H., Pang, S. (2010.) Integrated Multi-Trophic Aquaculture – Part II. Increasing IMTA Adoption. *Glob. Aquacult. Advoc.*, 13(E3): 17-21.

Dardignac-Corbel, M.J. (1990.) Traditional mussel culture, In: *Aquaculture Vol. I*, , D. G. Barnabe, (Ed.), Ellis Horwood Chichester: 284-341.

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.

Dolenec, M., Žvab, P., Mihelčić, G., Lambaša Belak, Ž., Lojen, S., Kniewald, G., Dolenec, T., Rogan Šmuc, N. (2011.) Use of stable nitrogen isotope signatures of anthropogenic organic matter in coastal environment: A case study of the Kosorina Bay (Murter Island, Croatia). *Geol. Croat.*, 64(2): 143-152.

Dujmušić, A. (1992.) Uzgoj školjaka u Limskom kanalu, Diplomski rad, Zagreb.

Dujmušić, A. (2000.) Hrvatsko ribarstvo. Ispod površine, Rabusmedia d.o.o., Zagreb.

Ezgeta-Balić, D., Najdek, M., Peharda, M., Blažina, M. (2012.) Seasonal fatty acid profile analysis to trace origin of food sources of four commercially important bivalves. *Aquaculture*, 334-337: 89–100.

FAO. (2004.) The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy, FAO.

FAO. (2009.) Integrated mariculture – a global review. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy, FAO.

FAO. (2010.) The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy, FAO.

FAO. (2022.) The state of world fisheries and aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO.

Frankić, A. (2003.) Integrated Coastal Management & Sustainable Aquaculture Development in the Adriatic Sea. Republic of Croatia. Zagreb, Croatia, June 15-18, 2003. Report: 81pp.

Gannes, L.Z., O'Brien, D., Martínez del Rio, C. (1997.) Stable isotopes in animal ecology: assumptions, caveats, and a call for laboratory experiments. *Ecology*, 78: 1271-1276.

Gosling, E. (1992.) The mussel *Mytilus*: Ecology, Physiology, Genetics and Culture. *Developments in aquaculture and fisheries science*, Vol 25., Elsevier, Amsterdam, 589 pp.

Grubišić, F. (1982.) Ribe, rakovi i školjke Jadrana, Naprijed, Zagreb

Hamer, B., Medaković, D., Pavičić-Hamer, D., Jakšić, Ž., Štifanić, M., Nerlović, V., ... Kunduč, T. (2010.) Estimation of freshwater influx along the eastern Adriatic coast as a possible source of stress for marine organisms. *Acta Adriatica*, 51 (2), 181-194.

Hrs-Brenko, M. (1990.) Sakupljanje mlađi ekonomski važnih školjaka u Jadranu: Poseban otisak iz "Pomorskog zbornika", knjiga 28/1990: 643-653.

Kang, C.K., Sauriau, P.G., Richard, P., Blanchard, G.F. (1999.) Food sources of the infaunal suspension-feeding bivalve *Cerastoderma edule* in a muddy sand flat of Marennes–Oleron Bay,

as determined by analyses of carbon and nitrogen stable isotopes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 187:147-158.

Lorraine, A., Paulete, Y.M., Chauvaud, L., Savoye, N., Donval, A., Saout, C., (2002.) Differential $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ signatures among scallop tissues: implications for ecology and physiology. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 275: 47-61.

MacDonald, B.A., Robinson, S.M.C., Barrington, K.A., (2011.) Feeding activity of mussels (*Mytilus edulis*) held in the field at an integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) site (*Salmo salar*) and exposed to fish food in the laboratory. *Aquaculture*, 314: 244-251.

Magaš, D. (1999.) Zemljopisne značajke Novigradskog mora. *Novski litopis*, 1: 14-15.

Marušić, N., Vidaček, S., Medić, H., Petrak, T. (2009.) Indeks kondicije dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) u uvali Budava i u zaljevu Raša. *Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo*, 67 (3): 91-99.

Marušić, N., Vidaček, S., Medić, H., Petrak, T. (2010.) Rast dagnji (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819) na istočnoj obali Istre. *Ribarstvo*, 68 (1): 19-25.

Michener, R.H., Lajtha, K. (2007.) *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*. Blackwell Publishing.

Milišić, N. (1991.) *Školjke i puževi Jadrana*, Logos, Split

Ministarstvo poljoprivrede. Uprava ribarstva. Akvakultura.
<http://www.mps.hr/ribarstvo/default.aspx?id=14> (pristupljeno: 11.10.2023.).

Mišura, A., Jahutka, I., Skakelja, N., Suić, J., Franičević, V. (2008.) Hrvatsko ribarstvo u 2007. godini. *Ribarstvo*, 66(4).

Nacionalni strateški plan razvoja akvakulture za razdoblje 2014-2020. Nacrt. 2015.
<https://ribarstvo.mps.hr/default.aspx?id=5184> (pristupljeno: 11.10.2022.).

Navarrete-Mier, F., Sanz-Lázaro, C., Marin, A. (2010.) Does bivalve mollusc polyculture reduce marine fin fish farming environmental impact? *Aquaculture*, 306:101-107.

Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A.H., Kraemer, G.P., Halling, C., Shpigel, M., Yarish, C. (2004.) Integrated aquaculture: rationale, evolution, and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231: 361-391.

Nobre, A.M., Robertson-Andersson, D., Neori, A., Sankar, K. (2010.) Ecological–economic assessment of aquaculture options: Comparison between abalone monoculture and integrated multi-trophic aquaculture of abalone and seaweeds. *Aquaculture*, 306: 116-126.

- Peharda, M., Župan, I., Bavčević, L., Frankić A., Klanjšček, T. (2007.) Growth and condition index of mussel *Mytilus galloprovincialis* in experimental integrated aquaculture. *Aquacult. Res.*, 38 (16): 1714-1720.
- Pitta, P., Karakassis, I., Tsapakis, M., Živanović, S. (1999.) Natural vs. mariculture induced variability in nutrients and plankton in the Eastern Mediterranean. *Hydrobiologia*, 391: 181-194.
- Prpić A. M. (2018.) Obraštaj mnogočetinašem *Pomatoceros triqueter* na uzgajanoj dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) u Republici Hrvatskoj, Sveučilište u Zadru, završni rad.
- Sarà, G., Manganaro, A., Cortese, G., Pusceddu, A., Mazzola, A. (1998.) The relationship between food availability and growth in *Mytilus galloprovincialis* in the open sea (southern Mediterranean). *Aquaculture*, 167: 1-15.
- Sarà, G., Zenone, A., Tomaselo, A. (2009.) Growth of *Mytilus galloprovincialis* (mollusca, bivalvia) close to fish farms: a case of integrated multi-trophic aquaculture within the Tyrrhenian Sea. *Hydrobiologia*, 636(1): 129-136.
- Sudarević, J. (1992.) Analiza ekonomskih efekata uzgoja školjaka u Malostonskom zaljevu. Magistarski rad, Zagreb.
- Šegvić-Bubić, T., Grubišić, L., Karaman, N., Tičina, V., Mišlov-Jelavić, K., Katavić, I. (2011.) Damages on mussel farms potentially caused by fish predation—Self service on the ropes? *Aquaculture*, 319(3-4): 497-504.
- Teskeredžić E., Teskeredžić Z., Legović T., Branica M., Tomec M., Kwokal Ž., Picer M., Raspor B., Picer N., Klarić D., Ahel M., Terzić S., Čosović B. (2004.) Studija utjecaja na okoliš za objekte akvakulture u zoni ušća rijeke Krke., Zagreb.
- Tieszen, L.L., Boutton, T.W., Tesdahl, K.G., Slade, N.A. (1983.) Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: implications for $\delta^{13}\text{C}$ analysis of diet. *Oecologia* (Berlin), 57: 32-37.
- Troell, M., Norberg, J. (1998.) Modelling output and retention of suspended solids in an integrated salmon – mussel culture. *Ecol. Model.*, 110: 65-77.
- Troell, M, Joyce, A., Chopin, T., Neori, A., Buschmann, A.H., Fang, J.G. (2009.) Ecological engineering in aquaculture — Potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. *Aquaculture*, 297: 1-9.
- Troell, M., Chopin, T., Reid, T., Robinson, S., Sarà, G. (2011.) Letter to the Editor. *Aquaculture*, 313: 171-172.

Vander Zanden, M.J., Rasmussen, J.B. (2001). Variation in $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ trophic fractionation: Implications for aquatic food web studies. *Limnology and Oceanography*, 46(8), 2061-2066.

Vizzini, S., Mazzola, A. (2004.) Stable isotope evidence for environmental impact of a land-based fish farm in the western Mediterranean. *Mar. Pollut. Bull.* 49: 61-70.

Zavodnik, D., Šimunović, A. (1997.) *Beskralješnjaci morskog dna Jadrana*. Svjetlost, Sarajevo.

Župan, I. (2012.) Doktorska disertacija: Integralni uzgoj dagnje (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) i kunjke (*Arca noae* Linnaeus, 1758) na uzgajalištima riba.

Župan, I., Peharda, M., Bavčević, L., Šarić, T., Kanski, D. (2012.) Mogućnosti razvoja integralne multi-trofičke akvakulture na Jadranu. *Croatian Journal of Fisheries*, 70 (Supplement 1), 125-137

Župan, I., Šarić, T. (2014.) Prirast i indeks kondicije dva važna čimbenika u uzgoju dagnji. *Stručni rad. MESO: Prvi hrvatski časopis o mesu*, 16 (3): 255-259. <http://hrcak.srce.hr>, (pristupljeno: 14.11.2022.).

Župan, I., Peharda, M., Dolenc, T., Dolenc, M., Žvab Rožič, P., Lojen, S., Egzeta-Balić D., Arapov, J. (2014.) Aquaculture Assessment of Noah's Ark (*Arca noae* Linnaeus, 1758) in the Central Adriatic Sea (Croatia). *J. Shellfish Res.*, 33(2): 433-441.

Župan, I., Šarić, T., Lojen, S., Mokos, M., Cipriano, A., Gangemi, J., Peharda, M. (2016.) IMTA vs. Traditional mussel culture in the Mediterranean (Preliminary results of the project INOVaDA). *Aquaculture Europe 2016: Food for thought - Book of Abstracts*.