

Utjecaj uzgoja mediteranske dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) na sastav i strukturu zajednica meiofaune u Novigradskom moru

Mikulić, Antonia

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:162:386987>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**



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

Antonia Mikulić

**Utjecaj uzgoja mediteranske dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) na
sastav i strukturu zajednica meiofaune u Novigradskom moru**

Diplomski rad

Zadar, 2024.

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

Utjecaj uzgoja mediteranske dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) na
sastav i strukturu zajednica meiofaune u Novigradskom moru

Diplomski rad

Student/ica:
Antonia Mikulić

Mentor/ica:
doc.dr.sc. Bruna Petani

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

Zadar, 2024.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Antonia Mikulić**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Utjecaj uzgoja mediteranske dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) na sastav i strukturu zajednica meiofaune u Novigradskom moru** 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, 21. veljače 2024.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE	4
3. CILJEVI I SVRHA RADA	6
4. MATERIJALI I METODE	7
5. REZULTATI.....	10
6. RASPRAVA.....	17
7. ZAKLJUČAK	19
8. POPIS LITERATURE	20

Utjecaj uzgoja mediteranske dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) na sastav i strukturu zajednica meiofaune u Novigradskom moru

SAŽETAK

Progresivno širenje intenzivnih aktivnosti akvakulture podiglo je zabrinutost zbog utjecaja na morski okoliš. Utjecaj uzgoja školjkaša, koji se uglavnom sastoji od uzgajališta dagnji i kamenica, povezan je sa intenzivnim biotaloženjem izmeta i pseudofecesa u sedimentima na dnu koje mijenjaju fizikalne i kemijske karakteristike okoliša te posljedično utječu na bentos. Cilj ovog rada je bio utvrditi utjecaj uzgajališta dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) smještenog u srednjem dijelu istočnog Jadranskog mora na morski okoliš kroz promjene brojnosti i sastava strukture zajednica meiofaune u sedimentu. Uzorci sedimenta prikupljeni su na dubini od 17 m, u triplikatnim uzorcima autonomnim ronjenjem na tri postaje: na rubu uzgajališta (i.e., P1), neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2) te na referentnoj postaji (i.e., REF) koja se nalazi na udaljenosti oko 700 m od uzgajališta dagnji. Prilikom uzorkovanja prikupljeni su i popratni fizikalno-kemijski parametri, poput temperature, saliniteta, zasićenog kisika, otopljenog kisika, klorofila a, prozirnosti i pH vrijednosti mora.

Obradom rezultata ustanovljeno je da je ukupna brojnost meiofaune najveća na postaji P2. Najveću brojnost čini skupina nematoda sa preko 93% i samim tim pokazuju svoju otpornost na potencijalne promjene u okolišu. Najveća bioraznolikost zabilježena je na REF postaji dok nisu zabilježene razlike u bioraznolikosti između postaja P1 i REF. Na sve tri postaje su pronađene skupine nematoda, copepoda te nauplii koje su ujedno i najbrojnije svojte, dok su rijetke svojte cladocera i isopoda pronađene samo na REF postaji. Rezultati ovog rada su pokazali da je prisutnost uzgajališta dagnji rezultirala povećanom ukupnom brojnošću meiofaune ispod samog uzgajališta, dok je ukupan broj svojti meiofaune bio manji ispod uzgajališta dagnji. Zapravo, ovi rezultati su pokazali manje razlike u strukturi zajednice meiofaune između istraživanih postaja, kao što je značajna dominacija nematoda u sedimentima pod utjecajem uzgoja školjkaša te potpuno izostajanje rijetkih svojti ispod samog uzgajališta u usporedbi sa kontrolnom postajom te postajom na rubu uzgajališta.

Ključne riječi: akvakultura, meiofauna, uzgoj dagnje, utjecaj uzgoja dagnje, Jadransko more, Meka Draga

Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*)- farm impact on meiofauna community structure in Novigrad Sea

ABSTRACT

The progressive expansion of intensive marine aquaculture activities has raised growing concerns about the impact of the marine environment. The impact of bivalve farming, which is mostly due to mussel and oyster farms, is related to the intensive biodeposition of the faeces and pseudo-faeces in the bottom sediments that modify the physical and chemical characteristics of the benthic environment and consequently affect the environment. The goal of the study was to determine the impact of a mussel farm situated in the middle Eastern Adriatic Sea on the marine environment through changes in the meiofaunal abundance and community structure in the sediment. Sediment samples were taken at the depth of 17 m, in three replicate corers by SCUBA diving at three stations: one located at the edge of the mussel farm (i.e., ST 1) and the other directly below the farm (i.e., ST 2) and at one control station (i.e., CTRL ST) situated at the distance of cca 700 m from the mussel farm. During the sampling, physical-chemical parameters were also recorded such as temperature, salinity, saturated oxygen, dissolved oxygen, chlorophyll-a, turbidity and pH values.

These results showed that the total abundance of meiofauna is the highest at P2. Nematoda prevailed and was the most abundant with over 93% of the total that showed their resistance to potential disturbances in the environment. The highest biodiversity was recorded at CTRL ST, while there were no differences found in biodiversity between P1 and CTRL ST. Nematoda, copepoda and nauplii were found at all three stations and were also the most abundant taxa, while cladocera and isopoda were found only at CTRL ST in terms of rare taxa. These results showed that the presence of the mussel farm resulted in increased total meiofaunal abundance under the farm, but caused a reduction in meiofaunal diversity. In fact, these preliminary results revealed minor differences in meiofaunal community structure between research stations, as the significant dominance of nematodes in sediments under the shellfish-farm impact and the gradual disappearance of rare taxa below the farm in comparison with CTRL ST and P1.

Keywords: aquaculture, meiofauna, mussel farming, impact of mussel farming, Adriatic Sea, Meka Draga

1. UVOD

Akvakultura predstavlja jedan od najbrže rastućih sektora po pitanju proizvodnje hrane koja se intenzivno razvija i širi u gotovo svim regijama svijeta (Subasinghe i sur., 2009.). Sektor akvakulture i ribarstva su sve više prepoznati zbog svog ključnog doprinosa u globalnoj sigurnosti hrane u 21. stoljeću (FAO, 2022.). Akvakultura predstavlja uzgoj vodenih organizama, uključujući ribe, rakove, mekušce te vodene biljke od kojih vodeće mjesto zauzimaju ribe (Ackefors i sur., 1994.). Takav oblik uzgoja podrazumijeva intervencije u procesu hranjenja, manipulacija staništima te zaštite od predatora (Ackefors i sur., 1994.). Akvakulturu pratimo kao gospodarsku djelatnost koja proizvodi proizvode visoke nutritivističke vrijednosti te kvalitetno nadomješćuje manjak proizvoda ribarstva koji se nudi iz direktnog izlova (NPRA, 2022.). Primarni cilj je da se osigura visokokvalitetna i konkurentna hrana te se uz to smanji ribolovni pritisak nad prelovom ugrožena riblja naselja te pridonese održivosti i zaštita bioraznolikosti (Katavić, 2003.).

Akvakultura se smatra ključnim alatom za uravnoteženi odnos između ponude i potražnje vodene hrane u većini regija svijeta (Subasinghe i sur., 2009.). U pogledu globalne proizvodnje, akvakultura je zadržala svoj trend rasta i usred svjetskog širenja pandemije COVID-19 (FAO, 2022.). Ukupna proizvodnja je u 2022. godini obuhvaćala 87.5 milijuna tona vodenih životinja koje su se koristile uglavnom za prehranu ljudi, 35.1 milijuna tona algi u svrhu prehrambene i neprehrambene uporabe, 700 tona školjki i bisera za ukrasne svrhe pri čemu je sve navedeno doseglo ukupno do 122.6 milijuna tona u 2020. godini (FAO, 2022.). Ipak, udio akvakulture EU-a na svjetskoj razini je vrlo malen te je ukupna proizvodnja akvakulture u EU-u 2020. činila tek 1% ukupne svjetske proizvodnje (ECA, 2023.). Prateći akvakulturu u Hrvatskoj, ona uključuje uzgoj vodenih organizama u moru koja ima dugogodišnju tradiciju i dominantan utjecaj (95% u vrijednosti i 87% u količini) te uzgoj u kopnenim vodama (NPRA, 2022.). Tradicija uzgoja ribe u Hrvatskoj je duga te je uzgoj započeo prije više od 110 godina i to uzgojem šarana dok su se stoljećima unazad uzgajali kamenice i dagnje (Dragaš, 2015.). Ukupna proizvodnja proizvoda akvakulture u Hrvatskoj je u 2022. iznosila 27 265 tona što je porast u odnosu na 2018. za preko 38 % (MPS, 2022.).

Aktivnosti akvakulture u Sredozemnom moru značajno su se proširile tijekom nekoliko desetljeća zbog čega postoji sve veća zabrinutost i interes za njihov potencijalni utjecaj na morsko okruženje i sediment (Rana, 1998.). Jedni od glavnih rizika akvakulture su

hipoksija/anoksija sedimenta, obogaćivanje vodenog stupca i bentosa ugljikom, smanjenje razine otopljenog kisika u vodenom stupcu, ostaci od hrane te uvođenje genetski modificiranih organizama (Frankić i Hershner, 2003.). Najočitiiji učinci akvakulture su akumulacija organske tvari i transformacija pridnenih sedimenata u anoksičnu površinu (Holmer, 1991.). Također, kada govorimo o uzgoju dagnji, biotaloženje fekalija i pseudofecesa može uzrokovati modifikacije te fizičke i kemijske značajke u sedimentu uključujući promjenu strukture zajednica te kruženju i sastavu organske tvari (Dahlback i Gunnarson, 1981.). Naime, aktivnosti uzgajališta najčešće dovode do organskog opterećenja u vidu visoke eutrofikacije, smanjenja gustoće i bioraznolikosti zajednica različitih organizama te povećanja važnosti manjih komponenti hranidbene mreže, primjerice bakterija (La Rosa i sur., 2001.).

Meiofauna označava mikroskopski male, vagilne vodene organizme koji se mogu pronaći u svim dubinama, uglavnom na mekim supstratima u morskim i slatkovodnim područjima (Giere, 2009.). Meiofauna predstavlja metazoansku komponentu bentosa, uključujući i velike protozoe (primjerice foraminifera). Definirani su veličinom tijela koja varira od 20-1000 μm te su jedna od najzastupljenijih bentoskih skupina (Balsamo i sur., 2010.). Prema Schwinghameru (1981.), trajnoj meiofauni pripadaju organizmi poput nematoda (oblića), copepoda (veslonožaca), gastropoda (puževa), oligochaeta (mnogočetinaša) te rotifera (kolnjaka). S druge strane, privremenoj meiofauni pripadaju ličinke organizama koji će se kroz određeni vremenski period svrstati u makrofaunu. Takvi mali organizmi su najčešće juvenilni stadiji mollusca (mekušaca) te annelida (kolutićavaca) i pritom im je teško odrediti koliko treba proći gornja granica da bi se svrstali u makrofaunu (Warwick, 1984.). Ova skupina organizama provodi niz bioloških aktivnosti kao što su kretanje duž sedimenta, aktivna prerada čestica sedimenta, gutanje defekacija čestica te izlučivanje metaboličkog otpada (Moreno i sur., 2008.). U sastavu zajednica meiofaune pronalazimo više skupina životinja čija se brojnost i biomasa može mijenjati sukladno sezoni, stabilnosti staništa, stupnju zasićenosti vode kisikom, dubini, količini organske tvari te zagađenjima i onečišćenjima (Bužleta, 2020.). Aktivnosti uzgajališta mogu uvelike negativno utjecati na betonske skupine na način da može doći do promjene u veličini organizama (Mirto i sur., 2014.). Jedan od negativnih utjecaja uzgajališta na morski sediment je akumulacija organske tvari koja naposljetku izaziva dugoročne promjene u strukturi zajednica cjelokupnog bentosa (Danovaro i sur., 2000.). Isto tako, akumulacija organske tvari u blizini uzgajališta može dovesti do smanjenja sadržaja otopljenog kisika u sedimentu što naposljetku dovodi do anoksičnih uvjeta (Holmer i sur., 2003.). Živi bentoski organizmi, poput meiofaune, prepoznati su kao jedno od najprikladnijih alata za mjerenje onečišćenja okoliša jer

kroz adaptaciju na okoliš integriraju biotičke i abiotičke komponente ekosustava (Mirto i sur., 2012.). Za potrebe praćenja promjena na morskome dnu koristi se analiza makro i meiofaune (Mirto i sur., 2014.). Praćenje meiofaune prednjači nad makrofaunom zbog njene široke rasprostranjenosti, sposobnosti bržeg reagiranja na različite promjene u okolišu, lake dostupnosti, stalnog kontakta sa onečišćenim sedimentom, kratkog generacijskog ciklusa koji omogućuje testiranje osjetljivijih reproduktivnih faza i slično (Widbom i Frithsen, 1995.).

Skupina nematoda su najbrojnija svojta unutar zajednica meiofaune koje se koriste kao pokazatelji stanja okoliša zbog njihove sveprisutnosti, taksonomske raznolikosti i visoke biomase (Mirto i sur., 2014.). Druga najzastupljenija svojta su copepoda koje su izuzetno osjetljive na promjene u okolišu u kojem se nalaze i imaju vrlo važnu ulogu u prijenosu energije od primarnih proizvođača sve do viših trofičkih razina (Huang i sur., 2019). Glavna razlika između ove dvije svojte je ta što su nematode dosta otporne na poremećaje koje se pojavljuju zbog povećanog organskog unosa i samim tim dolazi do povećanja njihove brojnosti u usporedbi s ostalim svojtama meiofaune (Bouwman i sur., 1984.). S druge strane, skupina copepoda reagira drugačije na poremećaje i pokazuje povećanu osjetljivost na bilo kakvu vrstu poremećaja (Sutherland i sur., 2007.). U sedimentima neposredno ispod uzgajališta zabilježen je drastičan pad brojnosti amphipoda (rakušaca) i isopoda (jednakonošca) dok kinorhyncha (bodljoglavci) gotovo ili u potpunosti nestaju radi prevelikog porasta organske tvari u okolišu (Vezzulli i sur., 2003.).

Ovo istraživanje se provodilo s ciljem utvrđivanja utjecaja uzgoja mediteranske dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) na sastav i strukturu zajednice meiofaune u Novigradskom moru. Prema dosadašnjim istraživanjima, utjecaj uzgoja ribe na bentoski okoliš veći je od uzgoja dagnji zbog činjenice da se dagnje hrane samo prirodnim resursima i ne održavaju se nikakvim dodatnim intenzivnim hranjenjem (Danovaro i sur., 2004.). Međutim, neka su prethodna istraživanja izvijestila kako i uzgoj dagnji može imati ozbiljne utjecaje na sedimente uzgajališta koje izazivaju promjene u strukturi i brojnosti meiofaune te mikrobnih zajednica (Mirto i sur., 2000.).

2. PREGLED LITERATURE

Mazzola i suradnici (1999.) su proučavali utjecaj organskog taloženja zbog novih uzgajališta riba u obalnom području Tirenskog mora (zapadni Mediteran). Istraživanje je trajalo u razdoblju od srpnja 1997. do veljače 1998. te se istraživanje provelo na dvije postaje: neposredno ispod uzgajališta te referentnoj postaji udaljenoj jedan kilometar od uzgajališta. Dobiveni rezultati su pokazali da je brojnost meiofaune značajno smanjena u sedimentima ispod uzgajališta i to u prosjeku za 70%.

Mirto i suradnici (2000.) su proučavali utjecaj uzgajališta dagnji na području Tirenskog mora (zapadni Mediteran). Istraživanje se provodilo u periodu od ožujka 1997. do veljače 1998. na dvije postaje: prva ispod uzgajališta dagnji i druga kao referentna postaja na udaljenosti od oko jedan kilometar od samog uzgajališta. Rezultati su pokazali kako je došlo do nakupljanja značajnih količina organske tvari u vidu proteina i lipida ispod uzgajališta. Također, zabilježeno je kako je došlo do značajnog smanjenja brojnosti meiofaune ispod uzgajališta.

Danovaro i suradnici (2004.) su istraživali utjecaj velikog uzgajališta dagnji na bentoski okoliš koristeći niz bentoskih indikatora kvalitete okoliša uključujući brojnost i strukturu sastava zajednica meiofaune, mikrobne te biokemijske parametre. Istraživanje je provedeno od lipnja 2001. do veljače 2002. na uzgajalištu dagnji udaljenom cca 1,5-2,0 milje od obale prema gradu Cattolica (srednje Sredozemlje). Uzorci sedimenta su se prikupili na tri postaje unutar uzgajališta i na tri postaje izvan uzgajališta, na cca 600 m udaljenosti. Istraživanje je pokazalo kako nema razlike u brojnosti meiofaune, strukturi zajednica te bogatstvu taksona između sedimenta samog uzgajališta i referentne postaje. Rezultati su uputili na to kako je uzgoj dagnji u ispitivanom području ekološki održiv te nije značajno mijenjao morski ekosustav.

Najdek i suradnici (2007.) proveli su analizu utjecaja kaveznog uzgoja lubina (*Dicentrarchus labrax*) i komarče (*Sparus aurata*) na sastav sedimenta i brojnost te strukturu zajednica meiofaune u Lirskom kanalu. Obavilo se pet uzorkovanja u periodu od lipnja 2002. do veljače 2005. Tri uzorka su uzorkovana ispod uzgajališta i dva kao referentne postaje (na udaljenosti od oko 20 m i 1 km od uzgajališta). Dobiveni rezultati su sugerirali kako je uzgoj lubina i komarče ekološki održiv te ne mijenja značajno poluzatvoreni morski ekosustav.

Vezzuli i suradnici (2008.) napravili su istraživanje u marini Vibo smještenoj u jugozapadnoj Italiji koji je za cilj imao ispitati utjecaj tova atlantske plavoperajne tune (*Thunnus thynnus*) na vodeno okruženje i sediment. Za istraživanje su korištene dvije postaje: ispod uzgajališta i 700 m od obale na dubini od 45 m. Za većinu parametara nema bitnih razlika između uzgajališta i

referentnih mjesta ili su mala pa ne pokazuju značajan utjecaj uzgajališta. Jedino su mala odstupanja bila vidljiva u nižim vrijednostima redoks potencijala, u promjeni sastava zajednice nematoda te u većoj stopi sekundarne proizvodnje prokariota.

Netto i Valgas (2009.) bavili su se istraživanjem utjecaja uzgoja dagnji na bentos pri čemu su koristili skupinu Nematoda kao pokazatelje stanja okoliša na području Enseada do Brito (plitki zaljev u južnom Brazilu). Uzorkovanje se obavljalo svaka tri mjeseca od srpnja 2004. do svibnja 2005. Uzorkovanje je obavljeno na tri mjesta ispod uzgajališta te na tri odabrana mjesta na udaljenosti od oko 300 m od uzgajališta. Rezultati su sugerirali kako je uzgoj dagnji promijenio bentoski okoliš u kontekstu brojnosti nematoda koji su dominirali u sedimentu ispod samog uzgajališta u odnosu na referentne postaje.

Fabi i suradnici (2009.) istraživali su utjecaj uzgoja dagnji na zajednicu makrofaune na uzgajalištu smještenom na oko 2,5 km od obale zapadnog Jadrana. Istraživanje se provodilo od lipnja 2001. do veljače 2002. pri čemu su odabrane devet lokacija unutar i oko uzgajališta (referentna postaja na udaljenosti od oko 600 m od uzgajališta). Ukupni rezultati sugeriraju kako je uzgoj školjkaša na otvorenom moru imao minimalne negativne učinke na zoobentoske zajednice zapadnog Jadrana u odnosu na područje ispod samog uzgajališta.

Mirto i suradnici (2012.) proveli su istraživanje čiji je cilj bio otkriti koliki je utjecaj organskog opterećenja zbog biotaloženja iz uzgajališta brancina (*D. labrax*). Istraživanje je provedeno od prosinca 2006. do listopada 2007. na uzgajalištu na području Sicilijanskog tjesnaca (Sredozemno more). Uzorci sedimenta prikupljeni su na četiri postaje: dvije postaje ispod uzgajališta te dvije smještene na oko 1,5 km do 2 km od uzgajališta. Rezultati su pokazali kako je prisutnost kaveza izazvala značajno nakupljanje proteina, ugljika i lipida što je rezultiralo znatnim smanjenjem gustoće meiofaune u sedimentu ispod uzgajališta nego što je to slučaj na referentnim postajama.

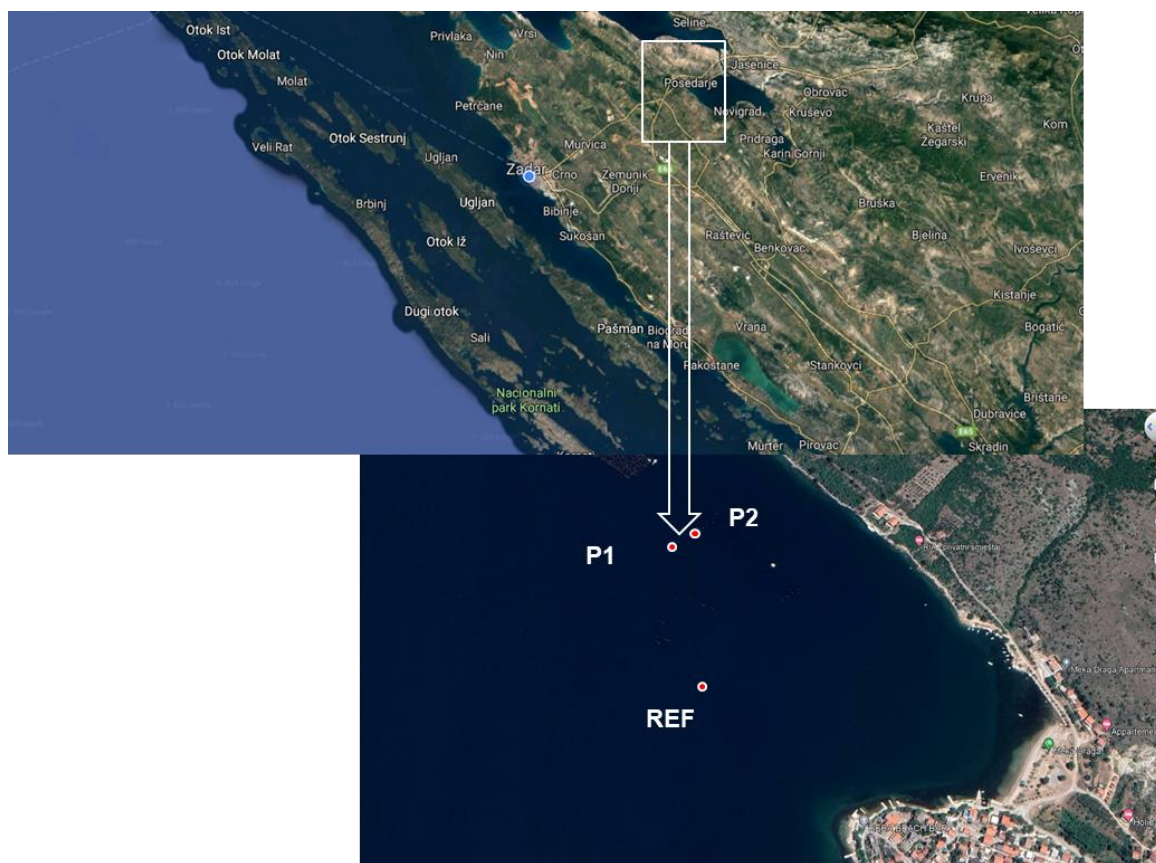
Baričević (2019.) je provela istraživanje utjecaja uzgoja bijele ribe na strukturu zajednica meiofaune kod otoka Vrgade. Istraživanje je provedeno na uzgajalištu lubina (*D. labrax*) i komarče (*S. aurata*) 2019. godine. Uzorci su prikupljeni na tri postaje: na rubu kaveza, ispod kaveza te na udaljenosti od oko 700 m od uzgajališta. Rezultati su ukazali na promjene u strukturi i brojnosti zajednica meiofaune uzrokovane taloženjem organske tvari u sedimentu ispod kaveza uzgajališta.

3. CILJEVI I SVRHA RADA

U novije vrijeme akvakultura je u sve većem porastu te predstavlja značajnu prijetnju morskim ekosustavima diljem svijeta. Slijedom navedenog dolazi do sve veće potrebe praćenja utjecaja akvakulture na morski okoliš (Sopina, 2016.). Uzgoj školjkaša se smatra jednom od najodrživijih praksi u akvakulturi, no postoje potencijalni negativni utjecaji njihovog uzgoja u pogledu promjena sastava i strukture zajednica meiofaune koja je vrlo osjetljiva na poremećaje okoliša (Mirto i sur., 2012.). Stoga se redovito praćenje sastava i brojnosti zajednica meiofaune kao indikatora stanja i promjena u okolišu koriste u svrhu odgovornog upravljanja procesima u akvakulturi. Cilj ovoga rada je utvrđivanje utjecaja uzgoja dagnji (*M. galloprovincialis*) na brojnost, sastav i strukturu zajednica meiofaune u sedimentu. Svrha rada je evidentirati intenzitet i udaljenost na kojoj uzgoj dagnji utječe na sastav bentoskih zajednica te mogućnost primjene meiofaune kao biološkog indikatora za praćenje utjecaja uzgajališta na morski okoliš u području istočnog Jadrana.

4. MATERIJALI I METODE

Terensko uzorkovanje provedeno je 24.03.2022. na uzgajalištu dagnji u Novigradu, Mekoju Dragi. Uzgajalište Škrapa se bavi uzgojem mediteranske dagnje, s ukupnim godišnjim kapacitetom proizvodnje od 50 t godišnje. Tehnologija uzgoja je klasična, na plutajućim linijama s nasadom dagnji u pergolarima duljine 6 m. Dagnje se uzgajaju na dubini od 1 do 7 m, osim u zimskom periodu kada se povremeno spuštaju na 12 m dubine zbog povećane količine slatke vode. Nasad mlađi dagnje prikuplja se na istoj lokaciji, najvećim dijelom u proljetnim mjesecima postavljanjem kolektora na manjim dubinama gdje je bolji prihvat mlađi. Uzorkovanje se provodilo na tri postaje: na rubnom dijelu uzgajališta (i.e., P1) ($44^{\circ}11'13.56''S$, $15^{\circ}36'2.57''I$), na postaji neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2) ($44^{\circ}11'14.51''S$, $15^{\circ}36'3.50''I$) te na referentnoj postaji (i.e., REF) ($44^{\circ}11'0.45''S$, $15^{\circ}35'55.05''I$) (Google Earth, WGS-84) na udaljenosti od oko 700 m od uzgajališta (slika 1).



Slika 1. Područje uzorkovanja (Izvor: Google Earth, WGS-84)

Uzorci sedimenta su prikupljeni u tri replike autonomnim ronjenjem uz pomoć pleksiglas korera promjera 3,6 cm do dubine od 10 cm sedimenta na sve tri postaje. Svi koreri su smrznuti na -20°C do laboratorijske analize (Danovaro, 2010.). Prilikom uzorkovanja također su prikupljeni i popratni fizikalno-kemijski parametri multiparametarskom sondom poput temperature, zasićenog kisika, otopljenog kisika, saliniteta, klorofila *a*, prozirnosti te pH vrijednosti mora. Pozicije svih postaja, kao i dubine uzorkovanja, prikazani su u tablici 1.

Uzorkovanje je provedeno vertikalnim utiskivanjem korera u sediment na prethodno određenim postajama na dubinama od 17-18 m za svaku postaju. Nakon utiskivanja u sediment, koreri su zatvoreni gumenim čepovima, pri čemu se pazilo da uzorak ostane čitav unutar korera te da se sediment unutar korera ne izmiješa prije daljnje analize i obrade u laboratoriju, kako bi se dobio vjerni prikaz vertikalne distribucije organizama.

Tablica 1. Geografska dužina i širina te dubina postaja P1, P2 i REF na kojima su prikupljeni analizirani uzorci

Postaja	Φ	Λ	Dubina uzorkovanja (m)
P1	44°11'13.56"S	15°36'2.57"I	17m
P2	44°11'14.51"S	15°36'3.50"I	18m
REF	44°11'0.45"S	15°35'55.05"I	17m

Kako bi željene organizme odvojili od sedimenta, laboratorijska obrada uzoraka provodila se pomoću niza prosijavanja i centrifugiranja uzoraka. Ekstrakcija se provodila na način da su se uzorci vadili iz korera te rezali na određene slojeve sedimenta (i.e., 0-1, 1-3, 3-5 i 5-10 cm) te se naknadno fiksiralo sa 4% formalinom. Uzorci sedimenta najprije su stavljani u ultrazvučnu kadu zbog boljeg odvajanja organizama od čestica sedimenta, nakon čega su prosijani kroz sita veličine pora 1 mm i finalno kroz 20 μm. Talog sedimenta koji se zadržao na situ veličine pora 20 μm unesen je u epruvetu uz dodavanje silikatnog gela Ludox HS 40 (gustoće 1,18 gcm⁻³) te je zatim centrifugiran (100 min, 800 × g) tri puta kako bi se 90% organizama izdvojilo iz sedimenta (Heip i sur., 1985.). Odvojeni organizmi su zatim isprani vodom te ponovno pohranjeni u 4% formalinu i obojani Rosa Bengalom (0,5 gl⁻¹), na sobnoj temperaturi do prebrojavanja i određivanja svojti meiofaune pod lupom i mikroskopom.

Za brojanje organizama izdvojenih centrifugom korištene su posudice (kivete) podijeljene na 200 polja veličine 5 × 5 mm. Pod lupom povećanja 40 × su zatim organizmi izbrojani te su

pomoću ključeva identificirani i podijeljeni u taksonomske skupine. U slučajevima kada povećanje lupe nije bilo dovoljno, pojedini organizmi su izolirani i promatrani pod mikroskopom povećanja od 400 – 1000× kako bi se obavila detaljnija identifikacija. Uz to, naknadno su se određivale i rijetke svojte u koje spadaju sve one svojte meiofaune zastupljene sa ukupnom brojnosti manjom od 1% u svim analiziranim uzorcima sedimenta (Bianchelli i sur., 2010.).

Za statističku obradu podataka koristila se permutacijska analiza varijance (PERMANOVA; Anderson, 2008.) pomoću koje su se ispitivale razlike istraživanih varijabli (univarijantni test) i njihovih kombinacija (multivarijantni test) uzorkovanih duž postaja nakon testiranja homogenosti varijance korištenjem Cochran`s testa. Naš eksperimentalni dizajn je uključivao period (fiksirani faktor, 1 razina) i postaju (fiksirani faktor, 3 razine). Analize su provedene na matricama sličnosti Bray-Curtis (podaci za faunu) prethodno transformiranih podataka četvrtim korijenom koristeći 999 permutacija. Uz to, provedeni su parni testovi za različite relevantne faktore. Zbog ograničenog broja jedinstvenih permutacija u parnim testovima, p vrijednosti su dobivene korištenjem Monte Carlo testa (Anderson i Robinson, 2003.). Nadalje, SIMPER analize su provedene kako bi se procijenio postotak različitosti u sastavu zajednice meiofaune među različitim postajama, posebno za cijenu zajednicu, a posebno za rijetke svojte.

5. REZULTATI

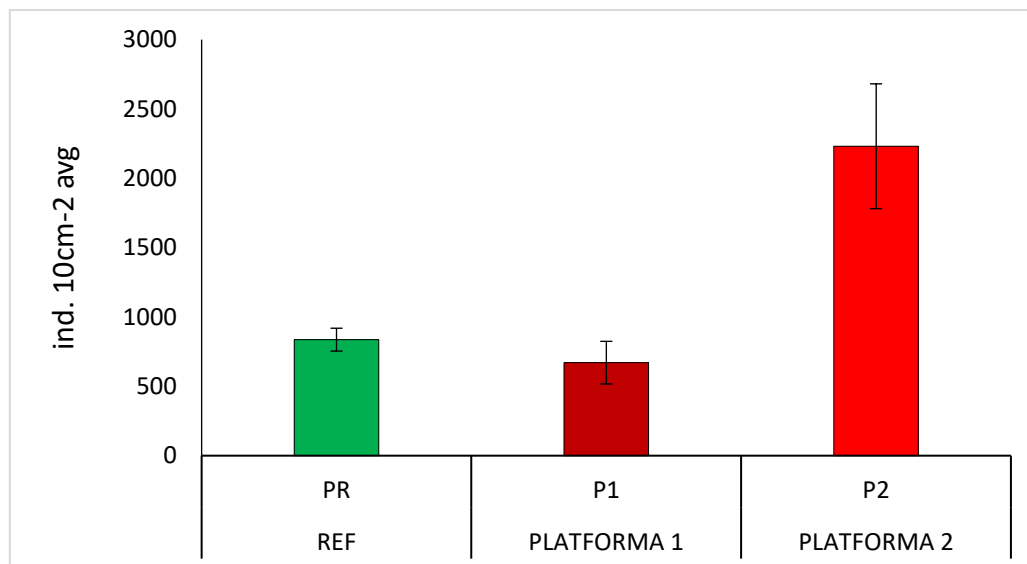
Podaci o fizikalno-kemijskim parametrima uzgajališta u Mekoj Dragi prikazani su u tablici 2. Navedeni parametri izmjereni su u površinskom, srednjem i pridnenom sloju vodenog stupca na postaji na rubnom dijelu uzgajališta (i.e., P1), na postoji neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2) te na referentnoj postaji (i.e., REF). Zabilježena dubina se kretala u rasponu od 0,097 m do 17,65 m. Temperatura se kretala u rasponu od 18,191 °C do najviše izmjerene 22,72 °C. Izmjerena vrijednost pH bila je od 8,70 do 9,28. Vrijednosti saliniteta su se bile u rasponu od 35,39 ppt do 37,728 ppt pri čemu je najniži zabilježen na površinskim slojevima postaja zbog dotoka slatke vode iz obližnjih rijeka. Također, izvršena su i mjerenja zasićenosti vodenog stupca kisikom kao i stupanj otopljenog kisika u vodenom stupcu. Zasićenost kisikom se kretala između 63,56% i 109,878% pri čemu su najmanje vrijednosti izmjerene u pridnenim slojevima postaja dok je stupanj otopljenog kisika zabilježen u rasponu od 4,80 mg/L do 7,86 mg/L. Mjerenjem klorofila *a* utvrđeno je kako su najmanje vrijednosti u površinskim slojevima postaja između 0,62 µg/L i 0,72 µg/L dok se raspon kod srednjeg i pridnenog sloja kretao od 4,80 µg/L do 7,86 µg/L.

Tablica 2. Fizikalno-kemijski parametri analizirani na postajama P1, P2 i REF u površinskom, srednjem i pridnenom sloju

		Dubina (m)	Temperatura (°C)	pH	Salinitet (ppt)	Zasićenje kisikom (ODO % sat)	Otopljeni kisik (ODO mg/L)	Klorofil <i>a</i> µg/L
	Površinski sloj	0,05	22,72	9,07	35,39	108,31	7,60	0,72
P1	Srednji sloj	9,13	20,17	8,87	37,10	108,01	7,86	2,42
	Pridneni sloj	17,22	18,14	8,70	37,70	63,56	4,80	3,20
	Površinski sloj	0,02	22,68	9,28	35,56	107,44	7,55	0,64
P2	Srednji sloj	9,56	19,62	9,00	37,29	104,71	7,70	2,77
	Pridneni sloj	17,65	18,13	8,76	37,70	63,96	4,82	2,27

	Površinski sloj	0,097	22,650	9,198	35,670	109,878	7,700	0,642
REF	Srednji sloj	9,527	19,273	9,043	37,475	102,625	7,567	2,712
	Pridneni sloj	17,395	18,191	8,865	37,728	80,520	6,063	3,388

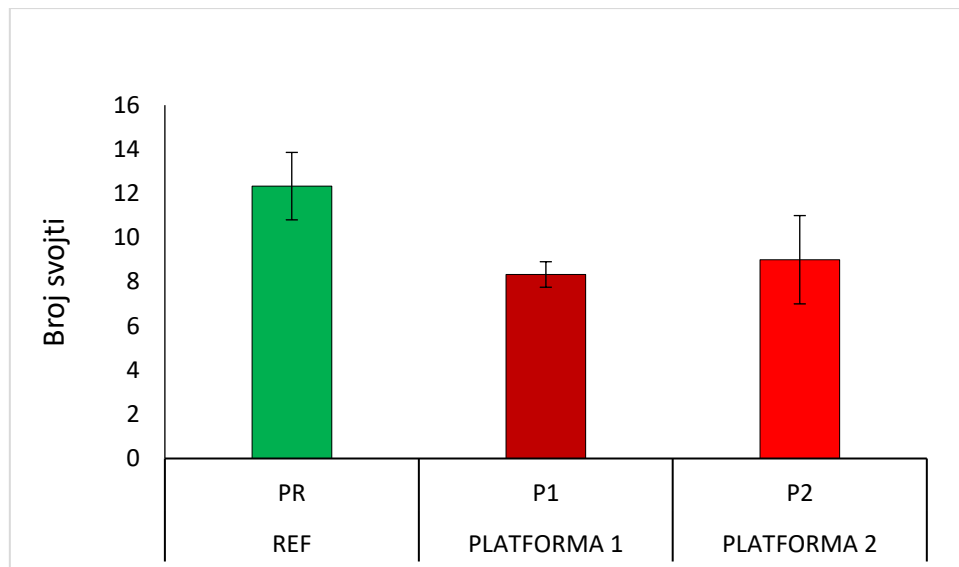
Na slici 2. prikazana je ukupna brojnost meiofaune u prvih 10 cm sedimenta uzorkovanog na tri postaje: na referentnoj postaji (i.e., REF), na rubnom dijelu uzgajališta (i.e., P1) te na postaji neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2). Uspoređujući REF i P1, nešto veći ukupan broj organizama je zabilježen na REF ($836,7 \pm 82,3$ jedinki 10 cm^{-2}) u odnosu na P1 ($670,7 \pm 153,8$ jedinki 10 cm^{-2}) (PERMANOVA, $p < 0.01$). Najveća ukupna brojnost meiofaune zabilježena je na postaji P2 ($2231,1 \pm 450,1$ jedinki 10 cm^{-2}) te je značajno veća u odnosu na postaju na rubnom dijelu uzgajališta (i.e., P1) (PERMANOVA, $p < 0.01$), ali i u odnosu na referentnu postaju (PERMANOVA, $p < 0.002$). Nisu pronađene statistički značajne razlike između postaje na rubnom dijelu uzgajališta i referentne postaje (PERMANOVA, $p > 0.05$).



Slika 2. Ukupna brojnost meiofaune u sedimentu na referentnoj postaji (i.e., REF), na postaji na rubnom dijelu uzgajališta (i.e., P1) i neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2)

Analizirajući sliku 3., vidljiva je veća ukupna bioraznolikost meiofaune na referentnoj postaji (i.e., REF) u odnosu na postaju na rubnom dijelu uzgajališta (i.e., P1) (PERMANOVA, $p < 0.01$). Nisu pronađene značajne razlike u odnosu na postaju neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2)

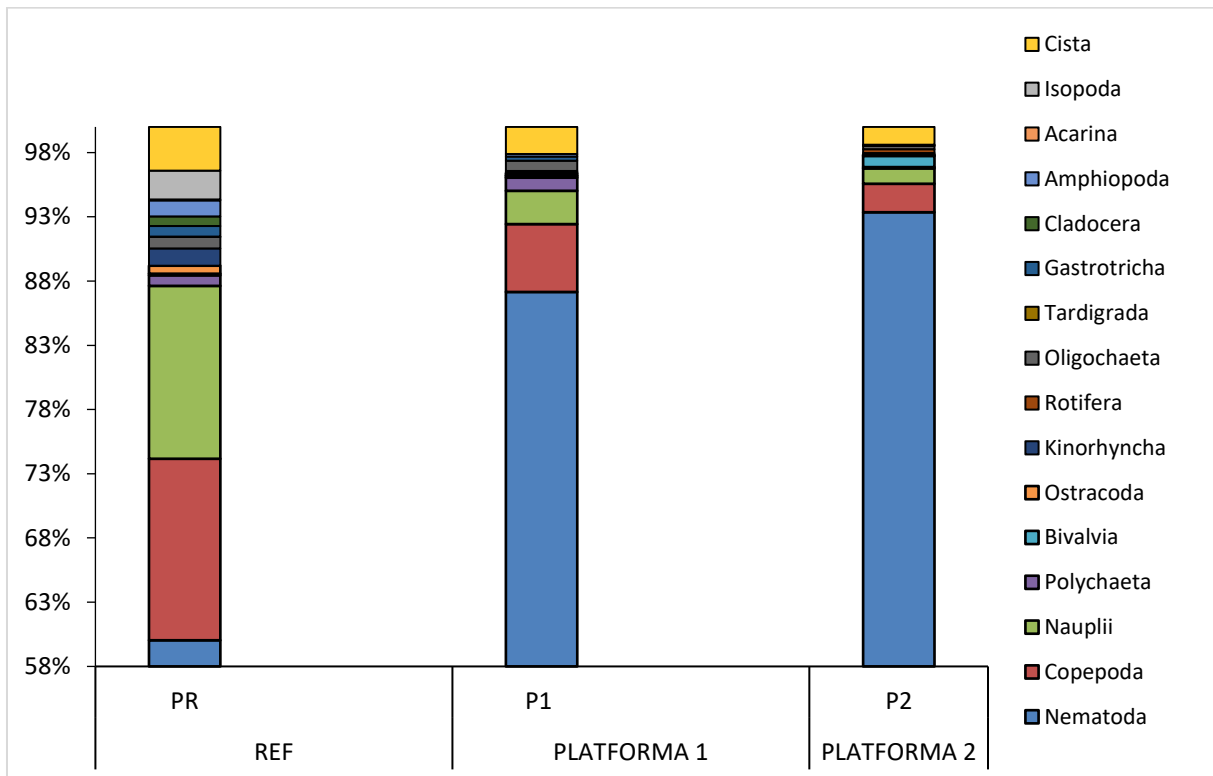
(PERMANOVA, $p > 0.05$) Na referentnoj postaji broj svojti iznosi $12.3 \pm 1,5$ svojti, na postaji na rubnome dijelu uzgajališta $8.3 \pm 0,6$ svojti te na postaji ispod uzgajališta $9.0 \pm 2,0$ svojti. Nisu zabilježene razlike bioraznolikosti meiofaune između postaja P1 i P2 (PERMANOVA, $p > 0.05$)



Slika 3. Bioraznolikost meiofaune na referentnoj postaji (i.e., REF), na postaji na rubnom dijelu uzgajališta (i.e., P1) i neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2)

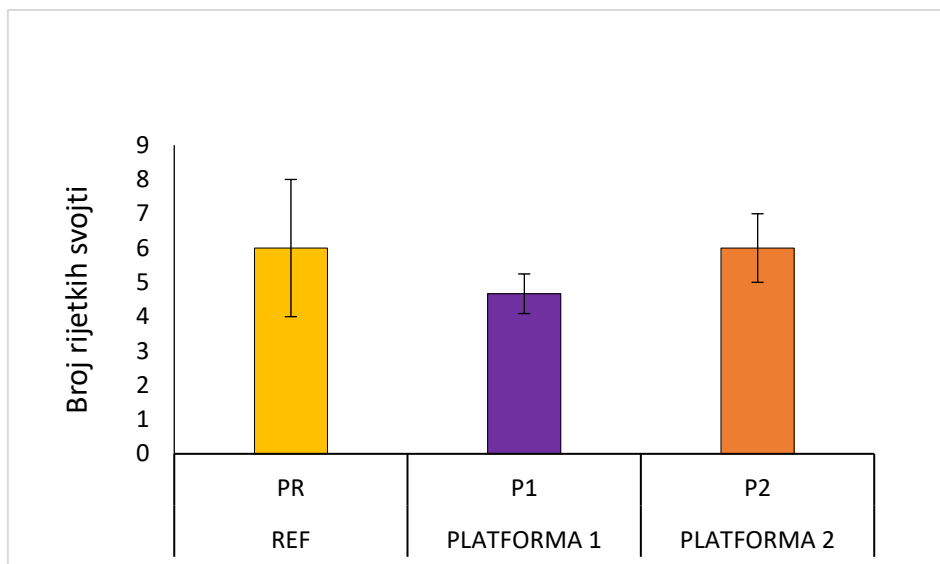
Analizirane postaje značajno se razlikuju prema strukturi zajednice meiofaune što je vidljivo na slici 4. Prema tome, nematoda su najzastupljenija skupina na postaji neposredno ispod uzgajališta (93,35 %). Nešto manji, ali također značajan postotak prisutnosti nematoda je i na postaji na rubnom dijelu uzgajališta (87,16 %) dok je najmanja prisutnost na referentnoj postaji (60,04 %). Nakon nematoda koje su najzastupljenije na dvije postaje (P1 i P2), u sve tri postaje prisutni su copepoda, nauplii te ciste. Nabrojane skupine su najzastupljenije na referentnoj postaji (14,13 %, 13,46 % i 3,41 %), zatim slijedi postaja na rubnom dijelu uzgajališta (5,27 %, 2,59 % i 2,10 %) i najmanja zastupljenost je na postaji neposredno ispod uzgajališta (2,23%, 1,19 % i 1,39 %). Na REF, P1 i P2 prisutne su i sljedeće skupine: polychaeta (0,82 %, 1,03 % i 0,11 %), bivalvia (0,12 %, 0,15 %, 0,87 %), ostracoda (0,63 %, 0,20 %, 0,10 %), kinorhyncha (1,33 %, 0,10 %, 0,11 %), oligochaeta (0,90 %, 0,87 %, 0,27 %), amphipoda (1,25 %, 0,20 %, 0,05 %). Rotifera je pronađena u P1 i P2 (0,10 %, 0,30 %). Tardigrada su pronađeni u REF i P2 (0,04 %, 0,02 %) te acarina također prisutna u REF i P2 (0,08 %, 0,02 %). Na referentnoj postaji

zastupljene su cladocera (0,74 %) te isopoda (2,23 %) dok na preostalim dvjema postajama nisu pronađene.



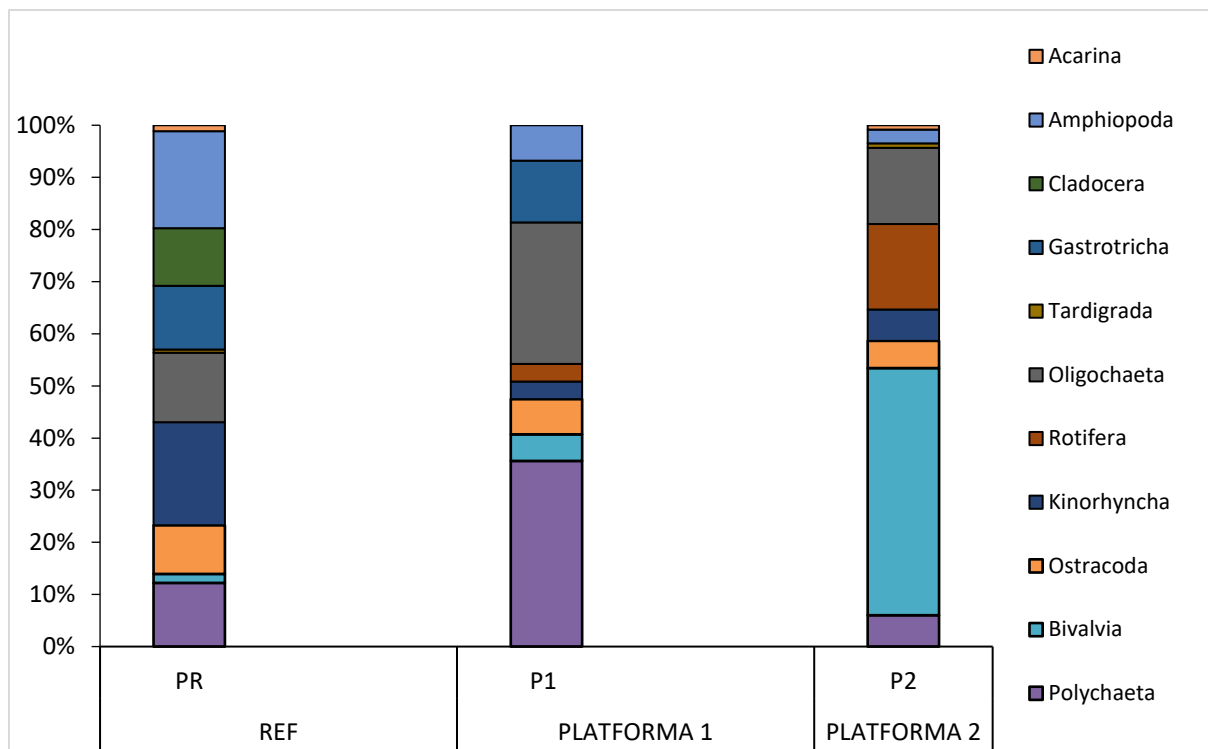
Slika 4. Struktura prisutne zajednice meiofaune na referentnoj postaji (i.e., REF), na postaji na rubnom dijelu uzgajališta (i.e., P1) i neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2)

Bioraznolikost rijetkih svojti meiofaune na sve tri postaje je prikazana na slici 5. Možemo vidjeti kako je bioraznolikost rijetkih svojti zabilježena na referentnoj postaji (i.e., REF) iznosila $6,00 \pm 2,00$ svojti i na postaji neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2) $6,00 \pm 1,00$ svojti. Bioraznolikost na postaji na rubnom dijelu uzgajališta (i.e., P1) je nešto manja te ona iznosi $4,67 \pm 0,58$ svojti. Nisu pronađene značajne razlike između analiziranih postaja za rijetke svojte (PERMANOVA, $p > 0.05$).



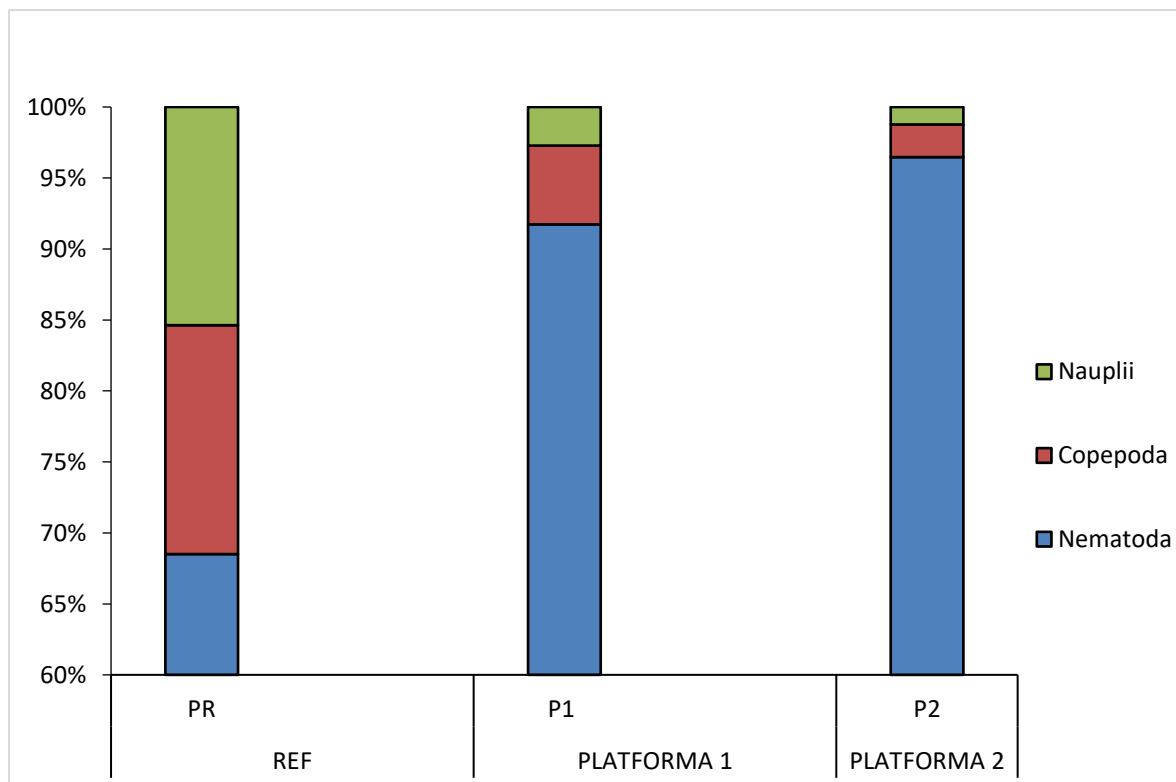
Slika 5. Bioraznolikost rijetkih svojti meiofaune na referentnoj postaji (i.e., REF), na postaji na rubnom dijelu uzgajališta (i.e. P1) i neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2)

Na slici 6. je prikazana struktura zajednice meiofaune rijetkih svojti. Na referentnoj postaji u najvećem postotku pronalazimo kinorhynche (1,33 %) te amphipode (1,25 %). Redom slijede oligochaeta (0,90%), polychaeta (0,82 %), gastrotricha (0,82 %), cladocera (0,74 %), ostracoda (0,63 %), bivalvia (0,12 %) te najmanji postotak acarina (0,08 %). Na postaji na rubnom dijelu uzgajališta najveći postotak zauzima polychaeta (1,03 %) te oligochaeta (0,73 %). Nakon njih slijedi gastrotricha (0,34 %), amphipoda (0,20 %), ostracoda (0,20 %), bivalvia (0,15 %), kinorhyncha (0,10 %) te rotifera (0,10 %). Na postaji neposredno ispod uzgajališta u najvećem dijelu pronalazimo bivalviu (0,81 %). Zatim slijede rotifera (0,28 %), oligochaeta (0,25 %), polychaeta (0,10 %), kinorhyncha (0,10 %), ostracoda (0,09 %), amphipoda (0,04 %) te najmanji postotak zauzimaju acarina (0,01 %) te skupina tardigrada (0,01 %). Prema ovome se vidi kako su cladocera te isopoda svojte koje su jedino pronađene na referentnoj postaji.



Slika 6. Struktura zajednice rijetki svojti meiofaune na referentnoj postaji (i.e., REF), na postaji na rubnom dijelu uzgajališta (i.e., P1) i neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2)

Na slici 7. je prikazana struktura zajednica nematoda i copepoda. Najveći omjer u pogledu navedenih zajednica je na postaji ispod ruba uzgajališta koji iznosi 93,35 % : 2,23 %. Gledajući brojnost, taj omjer iznosi $2093,58 \pm 389,1$: $70,7 \pm 40,2$ jedinki 10 cm^{-2} . Na postaji na rubnom dijelu uzgajališta omjer između nematoda i copepoda iznosi 87,16 % : 5,27 % ili prema brojnosti $584,6 \pm 147,6$: $52,7 \pm 22,8$ jedinki 10 cm^{-2} . Na referentnoj postaji omjer iznosi 60,04 % : 14,13 % ili u prijevodu $502,35 \pm 46,19$: $230,9 \pm 44,8$ jedinki 10 cm^{-2} .



Slika 7. Struktura zajednice: nematoda i copepoda na referentnoj postaji (i.e. REF), na postaji na rubnom dijelu uzgajališta (i.e., P1) i neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2)

6. RASPRAVA

Zajednice meiofaune služe kao vrlo osjetljivi pokazatelji onečišćenja okoliša ponajprije zbog njihove veličine, velike zastupljenosti, intersticijalnog postojanja, kratkog generacijskog perioda i reprodukcije (Higgins i Thiel, 1988.). U određenim situacijama uzgajalište školjkaša, u ovome slučaju dagnji, može utjecati na strukturu i sastav pripadajuće bentoske zajednice (Castel i sur., 1989.). Dobiveni rezultati ukupne brojnosti meiofaune u prvih 10 cm sedimenta iz našega istraživanja pokazuju kako je najveća izračunata brojnost na postaji neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2). Od toga, najveću brojnost na P2 čine nematoda (preko 90%) koje su vrlo otporne na poremećaje u okolišu, uglavnom izazvane pretjeranim unosom organske tvari od strane kaveznog uzgoja organizama (Bouwman i sur., 1984.), što su i naši rezultati potvrdili. Također, brojnost nematoda je bila veća na postaji neposredno ispod uzgajališta nego na referentnoj postaji što potvrđuje i rezultate istraživanja Netta i Valgasa (2010.). Ono što također upućuje na otpornost skupine nematoda je činjenica da je prema fizikalno-kemijskim parametrima zasićenje kisikom padalo prema većoj dubini, no i dalje su nematode bili dominantni u brojnosti u odnosu na druge svojte. Uspoređujući postotke zasićenja kisikom na sve tri postaje, nisu primijećene značajne razlike u prodoru kisika između postaja. Do takvog rezultata su svojim prijašnjim istraživanjem došli i Danovaro i suradnici (2004.).

Naši rezultati su pokazali kako je bioraznolikost meiofaune najveća na referentnoj postaji (i.e., REF) gdje nema utjecaja uzgajališta školjkaša. Na sve tri postaje dominiraju skupine nematoda, copepoda i nauplii što je u skladu sa prijašnjim istraživanjima Vezzullija i suradnika (2008.) te Baričević (2019.). Prateći omjer skupina nematoda i copepoda, može se zaključiti kako je najveći omjer između njih na postaji neposredno ispod uzgajališta (93,35 % : 2,23 %). Analizom taksonomske strukture zajednica meiofaune u sedimentu je utvrđeno kako skupine nematoda i copepoda daju različit odgovor na poremećaje koji nastaju uslijed organskog obogaćivanja i pomanjka kisika. Kako je već spomenuto, nematoda su dobri pokazatelji promjena koje uzrokuju određeni poremećaji u okolišu i dominiraju svojom brojnošću, dok su copepoda značajne po svojoj preosjetljivosti na iste poremećaje (Sutherland i sur., 2007.). Iako su jako osjetljive, copepoda su pronađeni u sve tri postaje. Takav odgovor vjerojatno je posljedica njihove sposobnosti iskorištavanja obogaćene mikrofitobentoske biomase (izražene kao klorofil a) povezane s bionaslagama dagnji (Mirto i sur., 2000.). Najveći broj copepoda je utvrđen na referentnoj postaji. Mirto i suradnici (2000.) su svojim istraživanjem utvrdili kako

su copepoda slobodni plivači koji pokazuju oportunističko ponašanje pa su samim tim pronađeni i u sedimentu neposredno ispod uzgajališta.

Prema dosadašnjim istraživanjima, intenzivni uzgoj ribe ima veći utjecaj na bentoski okoliš nego uzgoj dagnje (Mazzola i sur., 1999.). Glavni razlog tomu je što se dagnje hrane samo prirodnim resursima, odnosno suspendiranim česticama i nisu izloženi nikakvim dodatnim intenzivnim hranjenjem (Mirto i sur., 2000.). Primjerice, Baričević (2019.) se bavila istraživanjem utjecaja uzgajališta bijele ribe na meiofaunu i njeni rezultati su otkrili značajne razlike u pogledu bioraznolikosti i strukturi zajednica meiofaune između P REF i P2 zbog taloženja organske tvari u sediment, dok naši rezultati sugeriraju na značajno manje razlike između te dvije postaje što potvrđuje prijašnje rezultate istraživanje Mirta i suradnika (2000.). Nadalje, najmanja bioraznolikost rijetkih svojti bila je na postaji na rubnom dijelu uzgajališta (i.e., P1) dok je na referentnoj postaji (i.e., REF) i na postaji neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2) bioraznolikost jednaka. Nisu pronađene značajne razlike među istraživanim postajama u Novigradskom moru. Prema dosadašnjim istraživanjima, bioraznolikost rijetkih svojti je bila značajno manja na P2 u odnosu na bioraznolikost na REF (Baričević, 2019.). Kinorhyncha, jednu od osjetljivijih skupina rijetkih svojti i dobar indikator za negativne utjecaje kaveznog uzgoja na sediment (Grego i sur., 2009.), možemo pronaći na sve tri postaje, ali manje gustoće na postajama P1 i P2 nego u odnosu na REF. Ovaj podatak je u skladu sa dosadašnjim istraživanjima gdje je dokazana manja brojnost na postajama neposredno ispod uzgajališta (Vezzulli i sur., 2009.). Svojte koje jedino možemo naći na referentnoj postaji i koje su izostale na preostale dvije postaje bile su cladocera i isopoda.

Rezultati ovog istraživanja upućuju na blage promjene u sastavu i strukturi zajednica meiofaune uzrokovane taloženjem organske tvari u sedimentu neposredno ispod uzgajališta. Međutim, uspoređujući dosadašnje rezultate istraživanja utjecaja kaveznog uzgoja riba na zajednice meiofaune i utjecaj školjkaša, može se zaključiti kako je veći utjecaj uzgoja riba na promjene u strukturi i brojnosti zajednica meiofaune. Također, važno je redovito provođenje monitoringa i korištenje meiofaune kao biološkog indikatora za praćenje promjena u okolišu i procjene utjecaja kaveznog uzgajališta morskih organizama na bentos.

7. ZAKLJUČAK

Akvakultura se bavi uzgojem vodenih organizama i jedan je od najbrže rastućih sektora u proizvodnji hrane. Na aktivnosti akvakulture se općenito gleda kao na one koje imaju velike i brojne utjecaje na okoliš te kao takve mogu modificirati ravnotežu ekosustava.

Meiofauna predstavlja male, ali značajno bitne skupine organizama koji su dobar biološki indikator za promjene u morskom okolišu i dobra su metoda za procjenu istih. Najveći utjecaj na promjenu u brojnosti i strukturi meiofaune ima preveliki unos organske tvari u okoliš koji je povezan sa aktivnostima akvakulture.

Naše istraživanje na uzgajalištu dagnji u Mekoj Dragi je pokazalo kako je najveća brojnost na postaji neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2) zbog velike količine nematoda koje zauzimaju preko 93% ukupne brojnosti meiofaune i svojom velikom brojnošću pokazuju otpornost na potencijalne poremećaje u okolišu. Najveća bioraznolikost meiofaune se nalazi na referentnoj postaji (i.e., REF) gdje ne postoji izravan kontakt sa uzgajalištem dagnji. Nadalje, rezultati ovog istraživanja su utvrdili kako je bioraznolikost rijetkih svojti jednaka na istraživanim postajama te na referentnoj postaji.

Skupina kinorhyncha je izuzetno osjetljiva na promjene u okolišu, a naši rezultati istraživanja su pokazali kako ih se moglo pronaći u sve tri postaje što upućuje na činjenicu da uzgajalište dagnji ne stvara prevelike promjene u okolišu.

8. POPIS LITERATURE

1. Ackefors, H., Huner Jay J. V., Konikoff M. (1994.): Introduction to the General Principles of Aquaculture: 1-3.
2. Anderson, M. J., Robinson, J. (2003.): Generalised discriminant analysis based on distances. *Aust. New Zeal. J. Stat.* 45: 301-318.
3. Anderson, M. J., Gorley, R. N., Clarke, K. R. (2008.): PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods. PRIMER-E: Plymouth, UK.
4. Baričević, A. (2019.): Istraživanje utjecaja kaveznog uzgoja bijele ribe na strukturu zajednica meiofaune kod otoka Vrgade: 1-21.
5. Bianchelli, S., Gambi, C., Zeppilli, D., Danovaro, R. (2010.): Metazoan meiofauna in deep-sea canyons and adjacent open slopes: A large-scale comparison with focus on the rare taxa. *Deep-Sea Res. I* 57: 420-433.
6. Bouwman, L., A., Romeijn, K., Admiraal, W. (1984.): On the ecology of meiofauna in an organically polluted estuarine mudflat. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 19(6): 633-653.
7. Bužleta, F. (2020.): Meiofauna sedimenta u priobalju Nacionalnog parka Brijuni
8. Castel, J., Labourg, P. J., Escaravage, V., Auby, I., Garcia M. E. (1989.): Influence of Seagrass Beds and Oyster Parks on the Abundance and Biomass Patterns of Meio- and Macrobenthos in Tidal Flats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 28, 71-85.
9. Dählback, B., Gunnarson, L. A. H. (1981.): Sedimentation and sulfate reduction under a mussel culture. *Marine Biology*, 63: 269-275.
10. Danovaro, R. (2010.): Methods for the Study of Deep-Sea Sediments, Their Functioning and Biodiversity. CRC Press: 149-160.
11. Danovaro, R., Gambi, C., Manini, E., Fabiano, M. (2000.): Meiofauna response to a dynamic river plume front. *Marine Biology*, 137: 359-370.
12. Danovaro, R., Corinaldesi, C., La Rosa, T., Luna, G. M., Mazzola, A., Mirto, S., Vezzulli L., Fabiano, M. (2003.): Aquaculture impact on benthic microbes and organic matter cycling in coastal mediterranean sediments: A synthesis. *Chemistry and Ecology*. Vol. 19:1, 59-65.
13. Danovaro, R., Gambi, C., Luna, G. M., Mirto, S. (2004.): Sustainable impact of mussel farming in the Adriatic Sea (Mediterranean Sea): evidence from biochemical, microbial and meiofaunal indicators. *Marine Pollution Bulletin*, 49(4): 325-333.

14. Dragaš, T. (2015.): Strategija razvoja marikulture u Republici Hrvatskoj, 34-42.
15. Fabi, G., Manoukian, S., Spagnolo A. (2009.): Impact of an open-sea suspended mussel culture on macrobenthic community (Western Adriatic Sea). *Aquacultura*, 289: 54-63.
16. Frankic, A., Hershner, C. (2003.): Sustainable aquaculture: developing the promise of aquaculture. *Aquaculture International*, 11: 517-530.
17. Giere, O. (2009.): *Meiobenthology- The Microscopic Motile Fauna of Aquatic Sediments*. Springer- Verlag Berlin. Heidelberg: 527.
18. Grego, M., De Troch, M., Forte, J., Malej, A. (2009.) Main meiofauna taxa as an 26 indicator for assessing the spatial and seasonal impact of fish farming. *Marine Pollution Bulletin* 58: 1178–118.
19. Higgins, R.P., Thiel, H. (1988.): *Introduction to the Study of Meiofauna*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, p. 488
20. Heip, C., Vincx, M., Vranken, G. (1985.): The ecology of marine nematodes. *Oceanography and marine biology annual review*, 23: 399-489.
21. Holmer, M. (1991.): Impacts of aquaculture on surrounding sediments: Generation of organic- rich sediments. *Aquaculture and the Environment*, Vol.16. Aquaculture Society Special Publication, 155-175.
22. Holmer, M., Perez, M., Duarte, CM. (2003.): Benthic primary producers- a neglected environmental problem in Mediterranean maricultures?. *Marine Pollution Bulletin*, 46: 1372-1376.
23. Huang, Q., Olenin, S., Jiang, T., Sun, S., De Troch, M. (2019.): Assessing environmental effects of the bay scallop *Argopecten irradians* culture in China: Using abiotic and biotic indicators. *Aquaculture*, 499: 316-328.
24. Katavić, I. (2003.): Učinci kaveznih uzgajališta riba duž istočne obale Jadrana na morski okoliš. *Croatian Journal of Fisheries*, Vol. 6, 4: 175-194.
25. La Rosa, T., Mirto, S., Mazzola, A., Danovaro, R. (2001.): Differential responses of benthic microbes and meiofauna to fish-farm disturbance in coastal sediments. *Environmental Pollution*, 112: 427-434.
26. Mazzola, A., Mirto, S., Danovaro, R. (1999.): Initial Fish-Farm Impact on Meiofaunal Assemblages in Coastal Sediments of the Western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin* Vol.38, 1126-1133.

27. Mirto, S., Gambi, C., Cecchi, M., Manganaro, A. (1999.): Influences of biodeposition due to intensive mussel culture on a coastal meiofaunal assemblages: Preliminary results. *Atti 13 Congresso AIOL*, 13: 301-307.
28. Mirto, S., La Rosa, T., Danovaro R., Mazzola, A. (2000.): Microbial and Meiofaunal Response to Intensive Mussel-Farm Biodeposition in Coastal Sediments of the Western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin* Vol. 30, 3: 244-252.
29. Mirto, S., Gristina, M., Sinopoli, M., Maricchiolo, G., Genovese, L., Vizzini, S., Mazzola, A. (2012.): Meiofauna as an indicator for assessing the impact of fish farming at an exposed marine site. *Ecological Indicators*, 18: 468-476.
30. Mirto, S., Arigo, C., Genovese, L., Pusceddu, A., Gambi, C., Danovaro, R. (2014.): Nematode assemblage response to fish-farm impact in vegetated (*Posidonia oceanica*) and non-vegetated habitats. Vol. 5: 17-28.
31. Moreno, M., Vezzulli, L., Marin, V., Laconi, P., Albertelli, G., Fabiano, C. (2008.): The use of meiofauna diversity as an indicator of pollution in harbours. *ICES Journal of Marine Science*, 65: 1428-1435.
32. Najdek, M., Travizi, A., Bogner, D., Blazina M. (2007.): Low impact of marine fish farming on sediment and meiofauna in Limski channel (Northern Adriatic, Croatia). *Fresenius Environmental Bulletin*, 16(7): 784-791.
33. Netto, S. A., Valgas, I. (2010.): The response of nematode assemblages to intensive mussel farming in coastal sediments (Southern Brazil). *Environmental monitoring and assessment*, 162(1-4): 81-93.
34. Rana, K. J. (1998.): Global overview of production and production trends. *FAO Fisheries Circular*. 886: 163.
35. Schratzberger, M., Ingels, J. (2018.): Meiofauna matters: The role of meiofauna in benthic ecosystems. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 502: 12-25.
36. Schwinghamer, P. (1981.): Characteristic size distributions of integral benthic communities. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38: 1255-1263.
37. Sopina, B. (2016.): Negativni utjecaj akvakulture na morski okoliš, Sveučilište u Zagrebu, 1-3.
38. Subasinghe, R., Soto, D., Jia, J. (2009.): Global aquaculture and its role in sustainable development. *Reviews in Aquaculture*, 1: 2-9.

39. Sutherland, T. F., Levings, C.D., Petersen, S. A., Poon, P., Piercey, B. (2007.): The use of meiofauna as an indicator of benthic organic enrichment associated with salmonid aquaculture. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 1249-1261.
40. Vezzulli, L., Moreno, M., Marin, V., Pezzati, E., Bartoli, M., Fabiano, M. (2008.): Organic waste impact of capture-based Atlantic bluefin tuna aquaculture at an exposed site in the Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78: 369-384.
41. Vezzulli, L., Marrale, D., Moreno, M., Fabiano, M. (2003.): Sediment organic matter and meiofauna community response to long-term-fish-farm impact in the Ligurian sea (western Mediterranean). *Chemistry and Ecology*, 196: 431-440.
42. Warwick, R.M. (1984.): Species size distribution in marine benthic communities. *Oecologia*, 101: 156-168.
43. Widbom, B., Frithsen, J. B. (1995.): Structuring factors in a marine soft-bottom community during eutrophication- an experiment with radiolabeled phytodetritus. *Oecologia*, 101: 158-168.

Internet izvori:

1. Google Earth, WGS-84
<https://earth.google.com/web/@44.2385344,15.21051838> (pristupljeno: 12. siječanj, 2024.)
2. ECA- European Court of Auditors
<https://www.eca.europa.eu/hr/publications/SR-2023-25> (pristupljeno: 02. siječanj, 2024.)
3. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2022.): The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Rome. (pristupljeno: 10. siječanj, 2024.)
4. MPS- Ministarstvo poljoprivrede (2022.)
<https://ribarstvo.mps.hr/default.aspx?id=42> (pristupljeno: 13. ožujak, 2024.)
5. NPRA- Nacionalni plan razvoja akvakulture u Republici Hrvatskoj 2021.-2027.
https://ribarstvo.mps.hr/UserDocImages/akvakultura/NPRA/Strate%C5%A1ka%20studija_NPRA.pdf (pristupljeno: 05. siječanj, 2024.)