

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

---

**Kralj, Dora**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2025**

*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:162:704037>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-13**



**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

**Dora Kralj**

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

**Diplomski rad**

Zadar, 2025.

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:

Dora Kralj

Mentor/ica:

Doc. dr. sc. Bruna Petani

Komentor/ica:

Izv. prof. dr. sc. Ivan Župan

Zadar, 2025.



## Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Dora Kralj**, 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, 11. veljače 2025.

## 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.....	20
8.	POPIS LITERATURE.....	21

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

### SAŽETAK

Sve veća potražnja za morskim proizvodima stvara sve veći pritisak na sektor akvakulture, a time i morski okoliš. Iako uzgoj školjkaša ne zahtijeva dohranu, mijenja karakteristike vodenog stupca i utječe na morski sediment te pridnene organizme procesom biotaloženja organskog materijala. Meiofauna zajednica nastanjena u morskom sedimentu, pouzdan je bioindikator stanja okoliša i antropogenog utjecaja na morski ekosustav. Cilj rada bio je utvrditi promjene u raznolikosti i brojnosti organizama u meiofauni pod utjecajem uzgajališta školjkaša (*Mytilus galloprovincialis*). Sa uzgajališta dagnji u Novigradskom moru uzorkovani su uzorci sedimenta na tri postaje u ljetnom periodu godine: rubni dio uzgajališta (P1), ispod samog uzgajališta (P2) te referentna postaja (REF) na oko 700 m udaljenosti od uzgajališta. Autonomnim ronjenjem sakupljeni su triplikatni uzorci a pomoću multiparametarske sonde evidentirani fizikalno-kemijski parametri vodenog stupca. Rezultati ovog istraživanja pokazali su kako ukupna brojnost organizama u meiofauni značajno varira između istraživanih postaja. Najmanje vrijednosti brojnosti zabilježene su na postaji REF, dok je najveća brojnost na postaji P2, što se povezuje sa taloženjem organske tvari. Bioraznolikost svojti bila je najveća na REF postaji sa evidentiranim razlikama samo između P1 i REF. Najzastupljenije svojte na sve tri postaje su Nematoda, Copepoda i Nauplii od kojih svojta Nematoda dominira i čija se zastupljenost povećava od REF prema P2, dok se brojnost Copepoda smanjuje. Međutim, nisu pronađene razlike u broju rijetkih svojti na istraživanom području. Rezultati ovog istraživanja pokazali su manji, lokaliziran utjecaj na brojnost i sastav zajednice meiofaune time što je ukupna brojnost zajednice meiofaune povećana na području pod direktnim utjecajem uzgajališta dagnji, dok je manja razlika u bioraznolikosti zabilježena samo između referentne postaje i postaje na rubnom dijelu uzgajališta.

**Ključne riječi:** uzgoj dagnje, meiofauna, utjecaj uzgoja dagnje, akvakultura, Jadransko more, Novigradsko more

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

## **ABSTRACT**

The increasing demand for marine products enhance the pressure on the aquaculture sector and, consequently, on the marine environment. Although shellfish farming does not require additional feeding, it alters the characteristics of the water column and affects marine sediment and benthic organisms through the process of biodeposition of organic material. Meiofauna, a microscopic community inhabiting sediment, serves as a reliable bioindicator of environmental conditions and anthropogenic impact on the marine ecosystem. The aim of this study was to determine the changes in meiofaunal community structure under the influence of mussel farm (*Mytilus galloprovincialis*). Sediment samples were taken at three stations during the summer period in Novigrad Sea: on the farm's edge (i.e., P1), directly beneath the farm (i.e., P2), and control station (i.e., CTRL) located approximately 700 meters away from the farm. Triplicate samples were collected through autonomous diving, and a multiparametric sonde was used to record physico-chemical parameters of the water column. The results of our study showed significant variation in total meiofaunal abundance among the sampled stations. The lowest values were recorded at the CTRL station, while the highest abundance was observed at P2, which is associated with the deposition of organic matter. Biodiversity was the highest at the CTRL station, with differences observed only between P1 and CTRL ST. The most abundant taxa at all three stations were Nematodes, Copepods, and Nauplii, with Nematodes dominating and increasing in abundance toward P2, whereas Copepod numbers decreased. However, no differences were found in the number of rare taxa within the study area. These findings indicate a minor, localized impact on meiofauna abundance and community composition. While the total meiofauna abundance increased in area directly beneath the mussel farm, a slight difference in biodiversity was recorded only between the control station and the station on the farm's edge installation.

**Keywords:** mussel farming, meiofauna, impact of mussel farming, aquaculture, Adriatic Sea, Novigrad Sea

## 1. UVOD

Zbog kontinuirane i često neodržive eksploatacije morskih organizama u ribarstvu, koje se temelji na ulovu i rastuće svjetske potražnje za takvim proizvodima, sektor akvakulture smatra se najboljim rješenjem (AskarySary i sur., 2012). Uzgoj morskih organizama poput riba, školjkaša i algi, svrstava se među najbrže rastuće grane u prehrambenoj industriji na globalnoj razini (FAO, 2022). Cilj akvakulture je osigurati kontinuiranu opskrbu kvalitetnim prehrambenim proizvodima bez trajnog narušavanja vodenih ekosustava (Boyd i sur., 2020). U budućnosti se predviđa povećanje akvakulturne proizvodnje, gdje bi se ista mogla gotovo udvostručiti do 2050. godine (FAO, 2022). Dugoročni rast zahtijeva ekološki prihvatljive prakse i održivo upravljanje resursima (Naylor i sur., 2000). Unatoč brojnim prednostima, ovaj sektor suočen je s izazovima poput negativnog utjecaja na okoliš, uključujući degradaciju vodenih ekosustava i povećane potrošnje resursa (Boyd i sur., 2020). Negativni učinci manifestiraju se povećanim organskim opterećenjem što dovodi do nastanka anoksičnog sedimenta i posljedično promjena sastava bentoskih zajednica (Soto i sur., 2007). Međutim, neke vrste organizama, poput školjkaša, koje se hrane filtriranjem morske vode pa time zahtijevaju manje resursa u usporedbi s organizmima viših trofičkih razina, kojima treba dodatna dohrana, donose povoljne učinke na kvalitetu vode (Boyd i sur., 2020). No, uzgoj školjkaša također ima utjecaj na odnose u vodenom stupcu i bentosu zbog obogaćivanja organskom tvari (Lavoie i sur., 2024).

Akvakultura ima značajnu ulogu u hrvatskom gospodarstvu, posebice u obalnim područjima, što je vidljivo prema podacima Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i ribarstva koji pokazuju da je ukupna proizvodnja u marikulturi Republike Hrvatske u 2022. godini iznosila 23.101 tonu, dok je u 2023. godini proizvodnja ostala gotovo nepromijenjena dosegnuvši 23.182.990 kg. Vrijednost proizvodnje u morskoj akvakulturi porasla je za 14% u 2023. godini, dosegnuvši 190,4 milijuna eura u usporedbi sa 167,3 milijuna eura u 2022. godini (Anonymous, 2024). Uzgoj ribe negativno utječe na bentoski okoliš zbog povećanog opterećenja organskim materijalom u što se ubraja nepojedena hrana, feces i uginule jedinice (Ape i sur., 2019.), a utjecaj je posebno izražen u područjima gdje je hidrodinamička cirkulacija ograničena, poput zaljeva i poluzatvorenih uvala (Vezzulli i sur., 2008). Najveći porast vrijednosti proizvodnje u Hrvatskoj marikulturi zabilježen je kod uzgoja kamenica (39%), međutim pad od 7% zabilježen je kod uzgoja dagnji, te je iznosio 68.018 kg u 2023. godini (Anonymous, 2024). Uzgoj



školjkaša za komercijalnu proizvodnju ovisan je o dovoljnim količinama primarne proizvodnje, što je teško kontrolirati (Soto i sur. 2007).

Zajednice meiofaune mogu se pronaći u morskim i slatkovodnim sedimentima te spadaju u najrasprostranjenije vodene organizme (Majdi i sur. 2020). Nadalje, meiofauna obuhvaća skupinu morskih bentoskih metazoa koje su prema dimenzijama veće od zajednica mikrofaune, ali manje od zajednica makrofaune (Kennedy i Jacoby, 1999.) s donjom granicom veličine od 30-45 µm i gornjom granicom od 500-1000 µm, koje se službeno određuju promjerom oka sita (Giere, 2009). Disanjem i ekskrecijom otpuštaju metaboličke produkte koji sadrže dušik i fosfor (Schratzberger i Ingels, 2018.) te na taj način, poticanjem mineralizacije, igraju ključnu ulogu u održavanju zdravog ekosustava u kruženju hranjivih tvari (Giere, 2019). Rasprostranjeni su od najdubljih dijelova oceana do područja gornje linije plime, obuhvaćajući estuarije, slatkovodna staništa i hiperslane obalne tropske lagune (Kennedy i Jacoby, 1999). Filogenetski su najraznovrsnija skupina organizama na Zemlji, a evoluirali su kako bi za svoje stanište iskoristili razne kopnene i vodene okoliše, pojavljujući u velikom broju (Schratzberger i Ingels, 2018). Njihova ukupna gustoća po četvornom metru površine sedimenta može premašiti  $1,29 \times 10^7$  jedinki (Warwick i sur., 1989). Brojnost zajednica meiofaune i njihova biomasa varira ovisno o sezonskim promjenama, dubini sedimenta, stabilnosti staništa, organskom opterećenju, utjecaju zagađenja i onečišćenja te stupnju zasićenja vode kisikom (Danovaro i sur., 2004a). Zbog svoje iznimne osjetljivosti na okolišne promjene zajednica meiofaune poznata je kao bioindikator (Giere, 2019). Promjene na morskome dnu prate se analizom zajednica mikro i makrofaune (Mirto i sur., 2014.), no zajednice meiofaune prednjače nad spomenutim zajednicama makrofaune, kada se radi o prikupljanju podataka o njihovoj strukturi i sastavu (Kennedy i Jacoby, 1999). Također, prednosti te zajednice kao bioindikatora uključuju njihovu sjedilačku prirodu, veliku raznolikost vrsta, brzu izmjena generacija i široku rasprostranjenost (Kennedy i Jacoby, 1999). Dodatno su važan izvor hrane za više trofičke razine, uključujući juvenilne oblike mnogih komercijalno važnih vrsta riba (Schratzberger i Ingels, 2018). Negativan utjecaj na morske sedimente ima povećani unos organske tvari, koji uzrokuje promjene u strukturi bentoskih zajednica i dovodi do smanjenja koncentracije kisika, a posljedično do anoksičnih sedimenata zbog razgradnje viška organske tvari na morskome dnu (Mirto i sur., 2012). Zahvaljujući brojnosti i širokoj rasprostranjenosti meiofaune, može se smatrati idealnom strategijom monitoringa stanja morskog okoliša (Moore i sur., 1987).

Uzgoj školjkaša ne zahtjeva dohranu i unos dodatne organske tvari u morski ekosustav (Tičina i sur., 2020.), no utjecaj uzgajališta na dinamiku hranjivih tvari nastaje izravno zbog

biotaloženja fecesa i pseudofecesa (Dählback i Gunnarson, 1981.) te neizravno putem remineralizacije njihovih organskih naslaga na sediment (McKindsey i sur., 2006). Dosadašnja istraživanja o utjecaju uzgajališta školjkaša na bentoske zajednice i sediment provedena u Jadranskom moru koncentrirana su na zapadnu obalu (Danovaro i sur., 2004b; Fabi i sur., 2009.), dok je na istočnojadranskoj obali istraživanje istovjetno ovom radu provedeno u zimskom periodu godine (Mikulić, 2024). Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj uzgoja mediteranske dagnje (*Mytilus galloprovincialis*) u Novigradskom moru na sastav i strukturu zajednice meiofaune u ljetnom periodu godine.

## 2. PREGLED LITERATURE

Mirto i sur. (2000.) proveli su istraživanje na uzgajalištu dagnji u Tirenskom moru (zapadni dio Sredozemnog mora), gdje su analizirani učinci uzgajališta na sastav i strukturu zajednica meiofaune. Uzorci su uzorkovani sa dvije postaje: jedna neposredno ispod uzgajališta te jedna referentna postaja na 1000m udaljenosti u periodu od ožujka 1997. do veljače 1998. Rezultati su pokazali smanjenje brojnosti zajednice meiofaune te povećanu količinu organske tvari ispod samog uzgajališta.

Istraživanje Danovara i suradnika (2004b) o utjecaju uzgajališta dagnji na bentoski ekosustav provedeno je nedaleko od talijanskog grada Cattolica, u Jadranskom moru. Uzorkovan je sediment u četiri navrata u periodu od lipnja 2001. do veljače 2002. godine. Dubina uzorkovanja bila je 11 m na postajama ispod uzgajališta dagnji te na referentnim postajama, udaljenim do 600 m od istog. Koristeći niz biokemijskih parametara za indikaciju kvalitete okoliša te analizu brojnosti i strukture zajednica meiofaune ustanovljeno je kako nema razlike između uzorkovanih postaja te da uzgajalište dagnji nije značajno utjecalo na morski ekosustav istraživanog područja.

Mahmoudi i sur. (2008.) istraživali su utjecaj organskog opterećenja koje nastaje zbog uzgajališta dagnji u laguni Bizerta koja se nalazi u Sredozemnom moru. Uzorci meiofaune prikupljeni su u prosincu 2004. godine na pet postaja, od kojih su dvije referentne postaje. Svaka je postaja uzorkovana sa četiri korera za analizu zajednice meiofaune te dvanaest dodatnih korera po postaji za analizu fotosintetskih pigmenata (klorofil *a* i feopigmenti), ukupne organske tvari i granulometrijsku analizu. Rezultati istraživanja pokazali su povećanu brojnost svojte nematoda na svim postajama unutar uzgajališta dagnji te smanjenu brojnost i bioraznolikost meiofaune prema postaji neposredno ispod samog uzgajališta. Također smanjenje prodora kisika u pridneni sediment i veliku akumulaciju klorofila *a* i ukupne organske tvari.

Istraživanje koje su Fabi i suradnici (2009.) proveli uz zapadnu obalu Jadrana analiziralo je utjecaj uzgoja dagnji na zajednicu makrofaune. Od lipnja 2001. do veljače 2002. odrađeno je četiri uzorkovanja, s time da je zadnje uzorkovanje prilagođeno periodu kada školjkaši dosegnu najveću biomasu. Uzorci su sakupljeni na devet lokacija s referentnim postajama udaljenima

oko 600 metara od uzgajališta. Rezultati su pokazali kako su izraženije sezonalne promjene od utjecaja uzgajališta na zajednicu makrofaune.

Neofitou i suradnici (2014.) proveli su istraživanje utjecaja uzgajališta dagnji, smještenog u zaljevu Maliakos u Sredozemnom moru, na strukturu bentoske zajednice i koncentraciju hranjivih tvari u vodenom stupcu. Uzorkovane su tri postaje kroz sva četiri godišnja doba: postaja ispod uzgajališta te dvije kontrolne postaje na 500 i 1000 metara od uzgajališta. Rezultati istraživanja nisu pokazali promjenu u koncentraciji organske tvari između istraživanih postaja s time da je utjecaj uzgajališta na strukturu bentoske zajednice bio neprimjetan, dok je uočena promjena u brojnosti zajednice makrofaune ovisila o sezonalnim promjenama.

Lacoste i sur. (2022.) proveli su istraživanje u francuskoj laguni u Sredozemnom moru, Thau laguni, poznatoj po dugoj povijesti uzgoja kamenica. Istraživali su utjecaj uzgoja juvenilnih kamenica na bentoski ekosustav i pripadajući vodeni stupac. Istraživanje je provedeno od listopada do prosinca 2015. godine u tri perioda, kako bi se obuhvatio svaki stadij juvenilnog uzrasta kamenica. Uzorci su uzeti sa dvije lokacije unutar uzgojnog područja i dvije referentne lokacije na 200 metara od uzgajališta. Dubina uzorkovanja bila je 3,6 do 4,2 metra. Rezultati su pokazali veću koncentraciju amonijaka u vodenom stupcu na uzgajalištu te značajno veću biomasu meiofaune na referentnim postajama u odnosu na postaje ispod uzgajališta.

Ovaj rad nastavlja se na prethodno istraživanje provedeno na istoj lokaciji u zimskom periodu godine (Mikulić, 2024), što omogućuje usporedbu sezonskih varijacija u sastavu i strukturi meiofaune u području uzgajališta dagnji u istočnom Jadranskom moru. U zimskom periodu 2022. godine Mikulić (2024.) je provela istraživanje utjecaja uzgoja mediteranske dagnje (*M. galloprovincialis*) na sastav i strukturu zajednica meiofaune. Uzorci su triplikatno prikupljeni na tri postaje: referentnoj na oko 700 m od uzgajališta, na rubnom dijelu te neposredno ispod uzgajališta dagnji. Dobiveni rezultati ukazuju na manje promjene u istraživanim postajama, gdje se struktura i sastav zajednice razlikovala dominacijom Nematoda ispod samog uzgajališta i izostajanjem nekih rijetkih svojti poput Cladocera i Isopoda. Nisu pronađene razlike u bioraznolikosti rijetkih svojti dok su manje razlike pronađene u ukupnoj bioraznolikosti između referentne postaje i postaje na rubu uzgajališta.

### 3. CILJEVI I SVRHA RADA

Bentoske zajednice pod utjecajem različitih oblika uzgoja morskih organizama pokazuju strukturne promjene, što može imati posljedično smanjenje ukupne bioraznolikosti te može dodatno utjecati na dinamiku cjelokupne hranidbene mreže (Karakassis i sur., 2000).

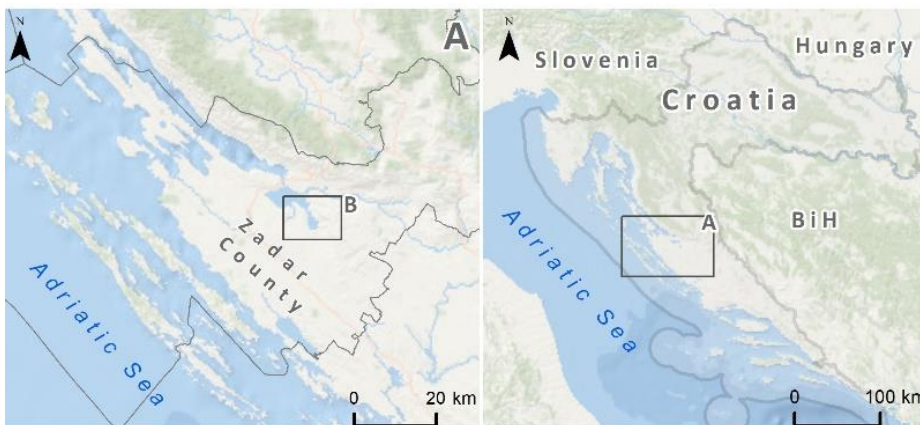
Cilj ovog rada bio je utvrditi potencijalne promjene u raznolikosti i brojnosti meiofaune pod utjecajem uzgajališta školjkaša (*M. galloprovincialis*).

Svrha rada bila je istražiti koliki utjecaj u istraživanom području ima dodatno organsko opterećenje od strane uzgojnih instalacija školjkaša na dinamiku postojećih bentoskih zajednica te potencijalno korištenje meiofaune kao indikatora utjecaja akvakulture na morski okoliš.

## 4. MATERIJALI I METODE

### 4.1. Područje istraživanja

Područje istraživanja je bilo mjesto Meka Draga, odnosno uzgajalište dagnji Škrapa, koje se nalazi u Novigradskom moru (Slika 1), u srednjem dijelu Jadranskog mora. Uzgoj školjkaša u Novigradskom moru ima dugu tradiciju, a vađenje dagnji i kamenica (*Ostrya edulis*) spominje se još od 16. stoljeća. Veći uzgoj dagnji započeo 1949. godine propao je desetak godina kasnije zbog nepovoljnih vremenskih uvjeta i loše infrastrukture (Magaš, 2016). Danas se na uzgajalištu Škrapa uzgaja mediteranska dagnja (*M. galloprovincialis*), a godišnja proizvodna količina iznosi oko 50 tona. Uzgajalište je konstruirano od pergolara duljine 6 m sa linijskim nasadom koji zimi seže i do 12 metara dubine, zbog veće količine slatke vode iz okolnih rijeka. Tijekom ostatka godine nasad dagnji uobičajeno ide od 1 do 7 metara u dubinu.



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

### 4.2. Uzorkovanje i analiza

Uzorkovanje na terenu odrađeno je 22. rujna 2023. godine autonomnim ronjenjem. Ovo istraživanje, predstavlja drugo po redu uzorkovanje u sklopu istraživanja utjecaja uzgajališta dagnji na sastav i strukturu bentoskih zajednica meiofaune, te mu prethodi uzorkovanje u zimskom periodu, ožujku 2022. godine (Mikulić, 2024).

Pleksiglas korerima uzorkovane su tri postaje: uz sami rub uzgajališta (i.e., P1) ( $44^{\circ}11'13.56''S$ ,  $15^{\circ}36'2.57''E$ ), neposredno ispod (i.e., P2) ( $44^{\circ}11'14.51''S$ ,  $15^{\circ}36'3.50''E$ ) te kontrolna postaja (i.e. REF) ( $44^{\circ}11'0.45''S$ ,  $15^{\circ}35'55.05''E$ ) (Google Earth, WGS-84) koja je od uzgajališta udaljena oko 700 m (Slika 2), služeći se istom metodologijom te područjem istraživanja.



**Slika 2.** Lokacija uzorkovanja (Izvor: Google Earth, WGS-84).

Postaje su unaprijed određene u sklopu zimskog uzorkovanja, te je svaka postaja uzorkovana u tri replike na dubini od 17 metara. Uz ručno prikupljanje sedimenta evidentirani su i fizikalno-kemijski parametri vodenog stupca kao što su temperatura, salinitet, otopljeni kisik, zasićeni kisik, klorofil *a*, te pH morske vode pomoću multiparametarske sonde. Okomitim utiskivanjem korera uzorkovan je sadržaj sedimenta od 10 cm, s time da je promjer korera korištenog u uzorkovanju 3,6 cm. Velika mobilnost organizama te kratak životni ciklus mogli su utjecati na konačne rezultate istraživanja te su stoga zaustavljeni fiziološki procesi do analize u laboratoriju skladištenjem uzoraka na  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Danovaro, 2010).

Daljnja obrada uzoraka za mikroskopsku analizu sastojala se od različitih postupaka prosijavanja i centrifugiranja kako bi zadržali samo ciljane organizme. Prethodno odmrznuti korer sa sedimentom podijeljen je na četiri dijela (i.e. 0-1, 1-3, 3-5, 5-10 cm) te je svaki pojedini sloj sedimenta fiksiran 4%-tnom formalinom. Uzorak je prvo prosijavan kroz sito pora veličine 1 mm te naknadno kroz sito pora veličine  $20\text{ }\mu\text{m}$ . Ekstrahirani sediment je ubačen u epruvetu sa dodatkom reagensa Ludox HS 40 (gustoće  $1,18\text{ gcm}^{-3}$ ). Proces centrifugiranja (10 min, 3000 rpm) ponovljen je tri puta po uzorku kako bi bilo prikupljeno 90% organizama iz istog (Heip i sur., 1985). Ti su organizmi prije vraćanja u epruvetu isprani vodom te ponovno pohranjeni sa 4%-tnom formalinom i Rosa Bengalom ( $0,5\text{ gl}^{-1}$ ). Do prebrojavanja pod lupom i određivanja svojti meiofaune pod mikroskopom uzorci su skladišteni na sobnoj temperaturi.

Centrifugiranjem dobiveni uzorak organizama prebrojavan je pomoću posudica sa 200 polja dimenzija  $5 \times 5\text{ mm}$ . Za utvrđivanje brojnosti pojedine taksonomske svojte korištena je lupa povećanja  $40 \times$  te je za identifikaciju pojedinih organizama korišten identifikacijski ključ. Kada je bilo potrebno promotriti pojedini organizam sa većim povećanjem korišten je mikroskop od

400 – 1000× povećanja. Na taj način se obavila detaljnija identifikacija izoliranog organizma. Nakon prebrojavanja svih uzoraka su određene rijetke svojte, a to su one sa brojnosti ispod 1% od ukupnog postotka svih analiziranih uzoraka (Bianchelli i sur., 2010).

### **4.3. Statistička obrada podataka**

Pomoću permutacijske analize varijance (Anderson, 2008.) radila se statistička obrada podataka gdje su ispitivane razlike istraživanih varijabli (univarijantni test) i njihovih kombinacija (multivarijantni test) uzorkovanih po postajama nakon testiranja homogenosti varijance korištenjem Cochran`s testa.

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).



## 5. REZULTATI

### 5.1. Fizikalno-kemijski parametri vodenog okoliša

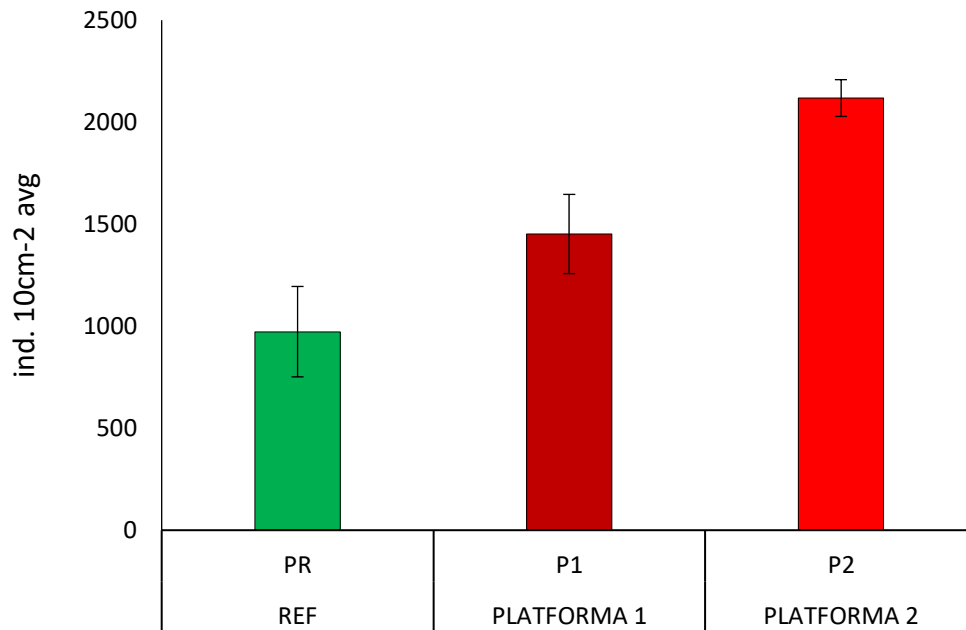
Podaci koji se nalaze u tablici 1. predstavljaju fizikalno-kemijske parametre prikupljene u vodenom stupcu istraživanih postaja P1, P2 i REF na uzgajalištu Meka Draga. Zabilježeni podaci pokazuju stanje na površini vodenog stupca, njegovom srednjem dijelu te pridnom sloju vodenog stupca. Podaci o prisutnosti klorofila *a* pokazuju da je na površini vodenog stupca najmanja prisutnost koja se na postajama kreće od 0.641 µg/L do 0.72 µg/L. Međutim, njegova vrijednost u srednjem i pridnom sloju iznosi od 2.42 µg/L do 3.387 µg/L. Izmjerena pH vrijednost u rasponu je od 8.701 do 9.275. Najniža izmjerena temperatura iznosi 18.13 °C, dok je najviša 22.677 °C. Podaci o salinitetu su u rasponu od 37.727 ppt na dnu do 35.385 ppt na površini vodenog stupca, radi obližnjih riječnih dotoka. Zasićenje kisikom najmanje je u pridnim slojevima 63.564%, dok je na površini zabilježena zasićenost od 109.878%. Količina otopljenog kisika u vodenom stupcu iznosi od 4.8 mg/L do 7.857 mg/L. Dubine na kojima su podaci prikupljeni u rasponu su od 0.015 do 17.648 metara.

**Tablica 1.** Fizikalno-kemijski parametri izmjereni u površinskom, srednjem i pridnom sloju vodenog stupca na postajama P1, P2 i REF.

		Klorofil <i>a</i> µg/L	pH	Temp (°C)	Salinitet (ppt)	Zasićenje kisikom (ODO % sat)	Otopljeni kisik (ODO mg/L)	Dubina (m)
P1	Površinski sloj	0.72	9.067	22.72	35.385	108.312	7.6	0.05
	Srednji sloj	2.42	8.871	20.172	37.098	108.014	7.857	9.128
	Pridneni sloj	3.195	8.701	18.14	37.695	63.564	4.8	17.221
P2	Površinski sloj	0.642	9.275	22.677	35.557	107.437	7.55	0.015
	Srednji sloj	2.765	9	19.621	37.285	104.713	7.7	9.555
	Pridneni sloj	2.274	8.762	18.13	37.7	63.958	4.82	17.648
REF	Površinski sloj	0.641	9.198	22.65	35.67	109.878	7.7	0.096
	Srednji sloj	2.711	9.043	19.273	37.475	102.625	7.566	9.526
	Pridneni sloj	3.387	8.865	18.191	37.727	80.52	6.0625	17.395

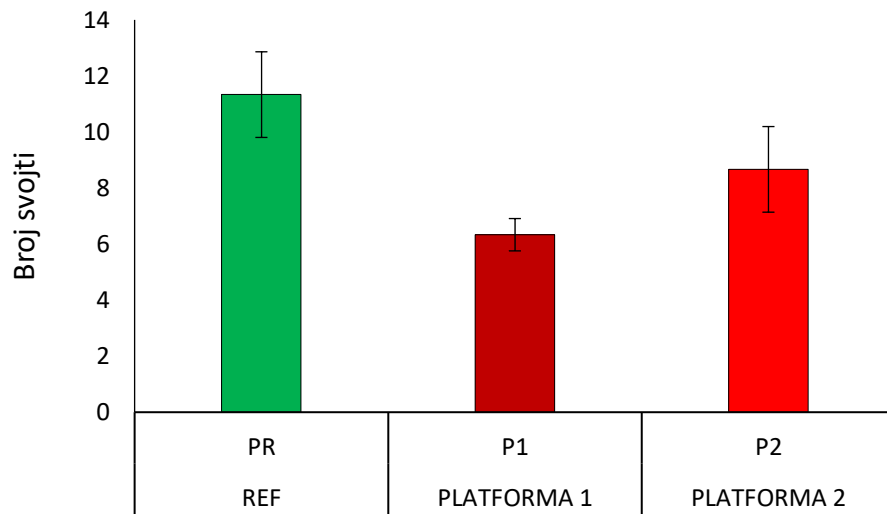
## 5.2. Brojnost i bioraznolikost zajednice meiofaune

Ukupna brojnost zajednice meiofaune u uzorkovanom sedimentu na kontrolnoj postaji (i.e., REF), uz sami rub uzgajališta (i.e., P1) i neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2) prikazana je na Slici 3. Značajno veće abundancije meiofaune pronađene su na postaji P2 u odnosu na P1 i REF (PERMANOVA,  $p < 0.01$ ). Nisu pronađene statistički značajne razlike između postaje P1 i REF (PERMANOVA,  $p > 0.05$ ).



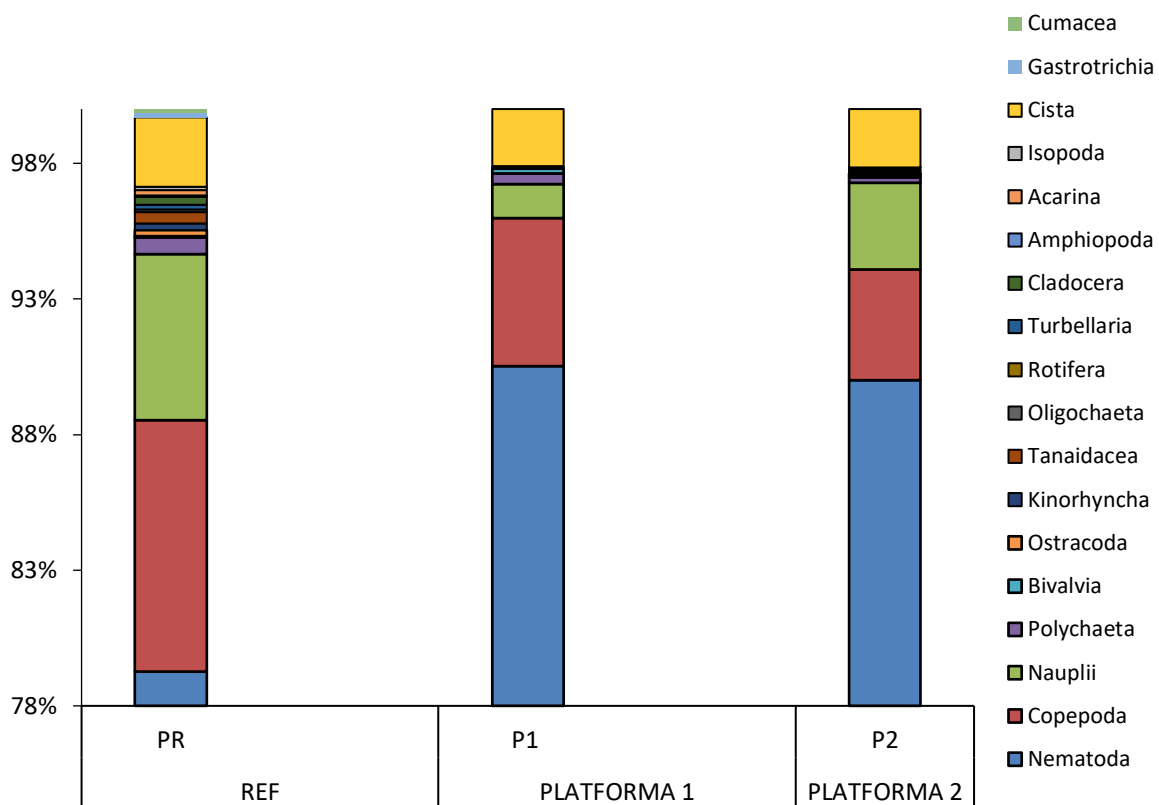
**Slika 3.** Ukupna brojnost meiofaune u sedimentu na kontrolnoj postaji (i.e., REF), postaji uz sami rub uzgajališta (i.e., P1) te postaji neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2).

Na temelju prikazanih podataka na Slici 4. zabilježena je razlika u prosječnom broju svojiti između istraživanih postaja (PERMANOVA,  $p < 0.01$ ). REF postaja ima najveću bioraznolikost ( $11,3 \pm 1,5$ ) te je značajno više svojiti pronađeno u odnosu na postaju P1 ( $6,3 \pm 0,6$ ) (PERMANOVA,  $p < 0.01$ ). Nisu pronađene statistički značajne razlike u ukupnoj brojnosti između postaje P2 ( $8,7 \pm 1,5$ ) i REF (PERMANOVA,  $p > 0.05$ ).



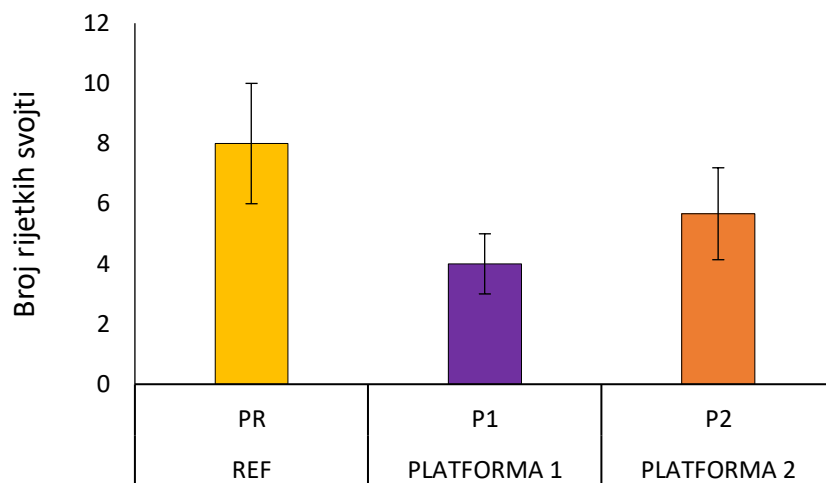
**Slika 4.** Bioraznolikost meiofaune na kontrolnoj postaji (i.e., REF), postaji uz sami rub uzgajališta (i.e., P1) i postaji neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2)

Slika 5. prikazuje strukturu zajednice meiofaune na istraživanom području. Najzastupljenija svojta na postaji P1 je svojta Nematoda (90.53%). Svojta Nematoda također dominira na P2 (90.01%), dok je njena zastupljenost na REF nešto niža (79.27%). Dominaciju svojte Nematoda na svakoj postaji prati prisutnost svojti Copepoda i njihovog larvalnog stadija Naupliia. Brojnost obiju zajednica smanjuje se od REF (9.25%, 6.12%) prema postajama P1 (5.46%, 1.24%) i P2 (4.07%, 3.20%). Ciste su prisutne na svim postajama sa skoro nepromijenjenom brojnosti REF (2.56%), P1 (2.10%) i P2 (2.15%). Zajednice sve tri postaje REF, P1 i P2 uključuju svojtu Polychaeta (0.606%, 0.406%, 0.201%) i Acarina (0.202%, 0.045%, 0.015%) čija prisutnost pada od referentne prema postaji neposredno ispod uzgajališta te svojtu Bivalvia (0.067%, 0.158%, 0.108%) i Turbellaria (0.168%, 0.023%, 0.062%). Na REF i P2 postaji prisutne su Ostracoda (0.202%, 0.031%), Kinorhyncha (0.269%, 0.062%), Oligochaeta (0.101%, 0.062%) i Cladocera (0.303%, 0.031%), koje su odsutne na P1. S druge strane, na P1 postaji prisutna je svojta Rotifera (0.045%), koja je odsutna na REF i P2. Svojte prisutne samo na REF postaji Tanaidacea (0.404%), Amphipoda (0.034%), Gastrotricha (0.202%), Cumacea (0.101%) i Isopoda (0.135%) ukazuju na veću bioraznolikost u usporedbi s P1 i P2.



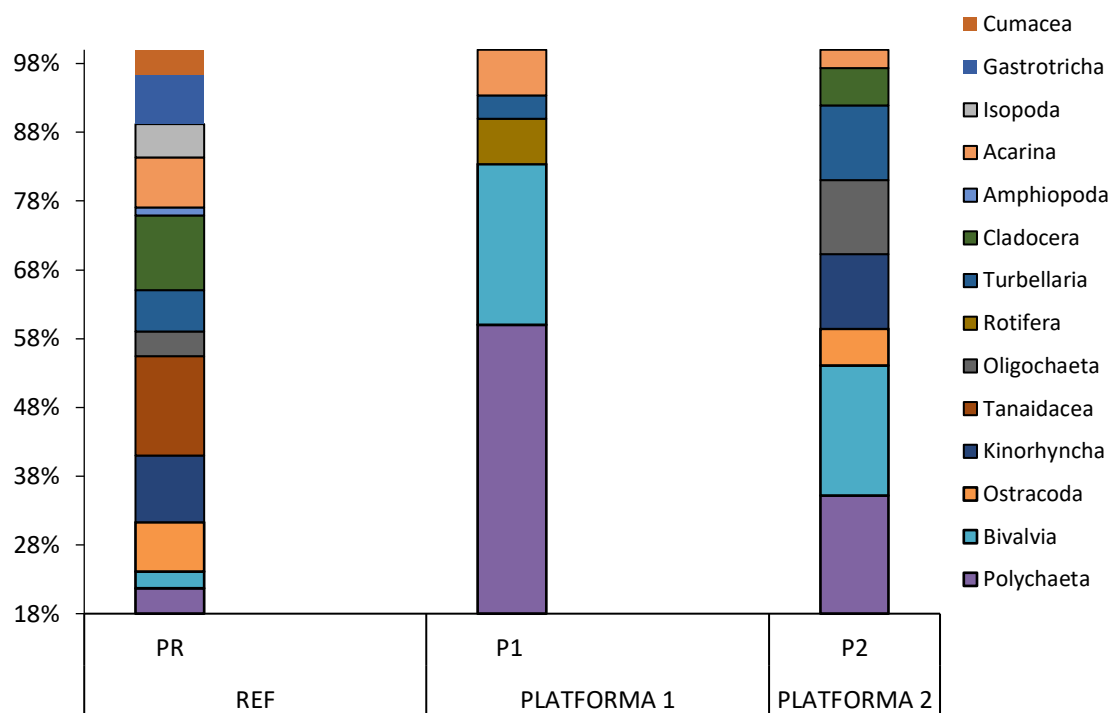
**Slika 5.** Struktura zajednice meiofaune prisutne na kontrolnoj postaji (i.e., REF), postaji uz sami rub uzgajališta (i.e., P1)F i postaji neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2)

Bioraznolikost rijetkih svojti meiofaune prikazana je za sve tri postaje na Slici 6. Na REF postaji zabilježena je bioraznolikost rijetkih svojti  $8.00 \pm 2.00$ . Postaja P1 ima bioraznolikost  $4.00 \pm 1.00$  svojti, dok ona na P2 postaji iznosi  $5.67 \pm 1.53$  svojti. Nisu pronađene statistički značajne razlike u istraživanom području (PERMANOVA,  $p > 0.05$ ) za bioraznolikost rijetkih svojti.



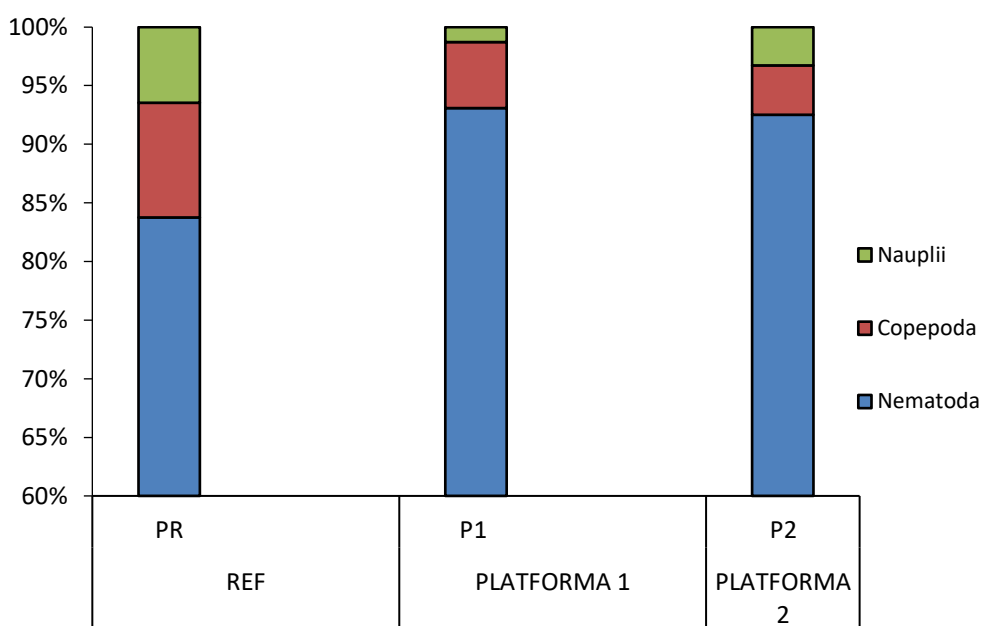
**Slika 6.** Bioraznolikost rijetkih svojti na kontrolnoj postaji (i.e., REF), postaji uz sami rub uzgajališta (i.e., P1) i postaji neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2)

Struktura zajednice rijetkih svojti prikazana je na Slici 7. Najzastupljenija svojta REF postaje je Tanaidacea (0.404%), dok je Amphipoda (0.034%) najmanje zastupljena. Također prisutne rijetke svojte su Polychaeta (0.606%), Bivalvia (0.067%), Ostracoda (0.202%), Kinorhyncha (0.269%), Oligochaeta (0.101%), Turbellaria (0.168%), Cladocera (0.303%), Acarina (0.202%), Gastrotricha (0.202%), Cumacea (0.101%) i Isopoda (0.135%). Najzastupljenija rijetka svojta P1 postaje je Polychaeta (0.406%), pa slijede Bivalvia (0.158%), Rotifera (0.045%), Acarina (0.045%) i Turbellaria (0.023%) kao najmanje zastupljena rijetka svojta. Na P2 postaji u najvećem dijelu nalazimo Polychaeta (0.201%), dok ja Acarina (0.015%) najmanje zastupljena. Ostale svojte prisutne na postaji su Bivalvia (0.108%), Ostracoda (0.031%), Kinorhyncha (0.062%), Oligochaeta (0.062%), Turbellaria (0.062%) i Cladocera (0.031%). Prema tome rijetka svojta Rotifera pronađena je samo na P1, dok su svojte prisutne samo na REF: Tanaidacea, Amphipoda, Gastrotricha, Cumacea i Isopoda.



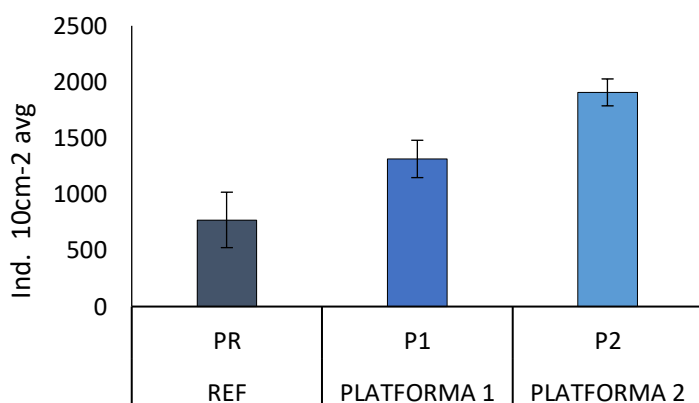
**Slika 7.** Struktura zajednice rijetkih svojti na kontrolnoj postaji (i.e., REF), postaji uz sami rub uzgajališta (i.e., P1) i postaji neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2)

Slika 8. prikazuje strukturu zajednice Nematoda i Copepoda. Najveći udio Nematoda u odnosu na Copepode zabilježen je na P2, gdje Nematode čine 90,19%, dok je udio Copepoda 7,28%. Brojčano to odgovara omjeru od  $1906,9 \pm 119,7 : 153,9 \pm 60,7$  jedinki  $10 \text{ cm}^{-2}$ . Udio Nematoda na P1 iznosi 88,24%, dok je udio Copepoda 6,53%, gledajući brojnost omjer iznosi  $1314,5 \pm 166,3 : 97,3 \pm 36,9$  jedinki  $10 \text{ cm}^{-2}$ . Omjer na REF iznosi 83,73% : 16,26%, što je  $771,54 \pm 246,93 : 149,7 \pm 89,9$  jedinki  $10 \text{ cm}^{-2}$ .



**Slika 8.** Struktura zajednice: Nematoda i Copepoda na kontrolnoj postaji (i.e., REF), na postaji uz sami rub uzgajališta (i.e., P1) i postaji neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2).

Ukupna brojnost Nematoda u uzorkovanom sedimentu na kontrolnoj postaji (i.e., REF), uz sami rub uzgajališta (i.e., P1) i neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2) prikazana je na Slici 9. Značajno veće abundancije Nematoda pronađene su na postaji P2 u odnosu na REF (PERMANOVA,  $p < 0.01$ ). Nisu pronađene statistički značajne razlike između postaje P1 i REF (PERMANOVA,  $p > 0.05$ ).



**Slika 9.** Ukupna brojnost Nematoda u sedimentu na kontrolnoj postaji (i.e., REF), postaji uz sami rub uzgajališta (i.e., P1) te postaji neposredno ispod uzgajališta (i.e., P2).

## 6. RASPRAVA

Bentoski ekosustavi su pod sve većim antropogenim pritiskom, a zajednice meiofaune u sedimentu imaju izravan ili neizravan utjecaj na biogeokemijske cikluse, stabilizaciju sedimenta, razgradnju organskog materijala te održavaju dinamiku hranidbene mreže (Schratzberger i Ingels 2018). Nekoliko je autora predložilo korištenje zajednice meiofaune kao alata za praćenje utjecaja organskog obogaćivanja nakon intenzivnih akvakulturnih aktivnosti (Mazzola i sur., 1999; Mirto i sur. 2000; Danovaro i sur., 2004b), koje su zbog velike brojnosti i raznolikosti vrsta, brze izmjene generacija i široke rasprostranjenosti dobar pokazatelj stanja okoliša (Kennedy i Jacoby, 1999). Povećani unos organskog materijala kroz biodepoziciju uzgajališta školjkaša utječe na sastav sedimenta i bentoske procese, potičući razgradnju organske tvari i kruženje hranjivih tvari u sedimentu (Lacoste i sur., 2020). Analizom podataka ovog istraživanja prikupljenih pomoću multiparametarske sonde u pridnenim slojevima je uočena viša koncentraciju klorofila *a* i niža koncentracija kisika. Koncentracija klorofila *a* na postajama pod utjecajem uzgajališta bila je niža od zabilježene koncentracije na kontrolnoj postaji prema kojoj se vrijednost povećavala, što je istovjetno rezultatima istraživanja Neofitoua i suradnika (2014). Zasićenje kisikom i koncentracija otopljenog kisika padaju sa dubinom, što je u skladu sa istraživanjem u zimskom periodu (Mikulić, 2024.) i drugim istraživanjima (Mirto i sur., 2000; Mahmoudi i sur., 2008). Tijekom ljetnih mjeseci, duž obala središnjeg i sjevernog Jadranskog mora, distrofični poremećaji postaju učestaliji. Oni su potaknuti visokom dostupnošću organske tvari iz riječnih pritoka, dok slab protok vode i povišene temperature dodatno pridonose smanjenju koncentracije otopljenog kisika u sedimentima (Schinner i sur., 1997; Crema i sur., 1991; Marini i sur., 2004). Danovaro i suradnici (2004b) nisu uočili razliku u zasićenosti sedimenta kisikom između postaja na uzgajalištu školjkaša, dok je istraživanje Mahmoudi i sur. (2008.) pokazalo značajno smanjenje prodora kisika u sediment ispod uzgajališta. Naši rezultati pokazuju da je brojnost meiofaune u sedimentu bila najveća na postaji neposredno ispod uzgajališta, što odgovara rezultatima iz zimskog perioda istraživanja (Mikulić, 2024). Danovaro i suradnici (2004b) nisu uočili razliku u brojnosti meiofaune između postaja, dok je gustoća zajednice meiofaune na postaji ispod uzgajališta značajno smanjena u odnosu na referentnu postaju u istraživanjima Mirto i suradnika (2000.) te Lacoste i suradnika (2022). U ovom istraživanju struktura zajednice meiofaune ukazuje na dominaciju Nematoda u ljetnom i u zimskom periodu istraživanja (Mikulić, 2024.), gdje su Nematode činile više od 90% zajednice na postaji ispod uzgajališta. Mahmoudi i



suradnici (2008.) su također zabilježili povećavanje brojnosti svojte Nematoda od postaja na rubnim dijelovima uzgajališta prema postaji ispod samog uzgajališta. Ova pojavnost pripisuje se otpornosti pojedinih svojti Nematoda na povećano organsko opterećenje, koje prema Bouwman i suradnici (1984.) može biti uzrokovano taloženjem organskog materijala ispod uzgajališta i na prilagodljivost ove svojte promjenama u okolišu, uključujući nisku razinu kisika u sedimentu (Danovaro i sur., 2004a). Mirto i suradnici (2000.) nisu uočili razliku u brojnosti svojte Nematoda između istraživanih postaja, čija je brojnost zauzimala oko 75% zajednice. No međutim, Lacoste i suradnici (2022.) su uočili manju ukupnu brojnost Nematoda ispod uzgajališta školjkaša s time da su u zajednici ispod uzgajališta dominirale detritivorne jedinke, čime ukazuju na ključnu ulogu u razgradnji organske tvari i održavanju osnovnih funkcija pridnenog ekosustava. U ovom istraživanju je najveća bioraznolikost meiofaune utvrđena na REF postaji, što je u skladu sa istraživanjem Mikulić (2024). Međutim, u istraživanju Danovara i suradnika (2004b) te Neofitoua i suradnika (2014.) nije utvrđena razlika u bioraznolikosti između istraživanih postaja pod utjecajem uzgajališta. Nadalje, na svim istraživanim postajama ovog rada bile su najviše zastupljene svojte: Nematoda, Copepoda i Nauplii što se podudara s postojećim sličnim istraživanjima (Danovaro i sur., 2004b; Mikulić, 2024). Prema Mirto i suradnicima (2000.) svojta Copepoda pomoću svoje izražene oportunističke prirode ponašanja mogu se pronaći u uvjetima povećanog organskog opterećenja. Međutim, zajednica Copepoda, poznata po svojoj osjetljivosti na promjene u okolišu (Sutherland i sur., 2007.), bila je najmanje zastupljena na postaji neposredno ispod uzgajališta u ljetnom i u zimskom periodu istraživanja (Mikulić, 2024). Bioraznolikost rijetkih svojti u našem je istraživanju bila najveća na referentnoj postaji, no nije utvrđena značajna razlika između istraživanih postaja što je u skladu sa zimskim rezultatima istraživanja (Mikulić, 2024). Postaja na rubnom dijelu uzgajališta dagnji jedina je sadržavala svojtu Rotifera, koja je prema Zeppilli i suradnicima (2018.) okarakterizirana kao vrlo otporna na promjenu okolišnih uvjeta. U istraživanju Mikulić (2024.) su na svim postajama pronađeni pripadnici zajednica Kinorhyncha, dok je u sklopu ovog rada Kinorhyncha odsutna bila samo na rubnom dijelu uzgajališta. U istraživanju Mirto i suradnika (2000.) brojnost svojte Kinorhyncha značajno je pala na postaji pod utjecajem uzgajališta te je na istima u periodu od srpnja do veljače bila u potpunosti odsutna. Nadalje, u ovom radu postaja sa najmanjom bioraznolikosti meiofaune je postaja na rubnom dijelu uzgajališta, što je vidljivo i u istraživanju Mikulić (2024.) u zimskom periodu godine. U zimskom periodu godine pronađene su četiri svojte na REF postaji koje nisu bile prisutne na preostale dvije istraživane postaje, dok su u ljetnom periodu pronađene dvije (Mikulić, 2024). Ovim istraživanjem utvrđen

je lokaliziran utjecaj na zajednice meiofaune, s najmanjom brojnošću i najvećom bioraznolikošću na postaji bez direktnog utjecaja uzgajališta, što je u skladu sa rezultatima istraživanja u zimskom periodu godine (Mikulić, 2024). U našem radu dominacija Nematoda na svim postajama ukazuje na moguću otpornost ove svojte na promjene u okolišu, no ostali rezultati istraživanja nisu pokazali značajniji utjecaj uzgajališta dagnji na ukupnu ravnotežu i funkcionalnost pridnenog ekosustava. Za daljnja istraživanja potrebno je provesti dugoročni monitoring utjecaja uzgajališta školjkaša na zajednice meiofaune, kako bi se bolje razumjele sezonske i okolišne promjene te njihov kumulativni učinak na cjelokupni morski ekosustav.

## 7. ZAKLJUČAK

Velika potražnja za akvakulturnim proizvodima zahtjeva veću produktivnost u tom sektoru, čime se posljedično povećava pritisak na morski okoliš. Ovaj rad je proveden kako bi se istražio utjecaj dodatnog organskog opterećenja od strane uzgajališta dagnji na dinamiku zajednice meiofaune.

Prema rezultatima istraživanja provedenog u Mekoju Dragi na uzgajalištu dagnji istaknute su razlike u brojnosti meiofaune među postajama, s najmanjom brojnošću i najvećom bioraznolikosti na postaji bez direktnog utjecaja uzgajališta (i.e., REF). Dominacija Nematoda kao najbrojnije svojte vidljiva je na svim postajama. Postaje na rubnom dijelu (i.e., P1) i neposredno ispod samog uzgajališta (i.e., P2) gotovo su podjednake sa 90.53% i 90.01% zastupljenosti, što je mogući pokazatelj otpornosti svojte na okolišne promjene. Analiza bioraznolikosti svojti ukazuje na manju razliku između P1 i REF, gdje je svojta otporna na promjene u okolišu, Rotifera, pronađena jedino na P1 postaji, a svojta Kinorhyncha, koja je osjetljiva na promjene, izostaje na ovoj postaji dok je prisutna na drugima. Između istraživanih postaja nisu pronađene razlike u bioraznolikosti rijetkih svojti.

Rezultati istraživanja pokazali su lokaliziran utjecaj uzgajališta dagnji na brojnost i sastav zajednica meiofaune, pri čemu su manje razlike zabilježene samo na postaji uz sami rub uzgajališta.

## 8. POPIS LITERATURE

1. Anderson, M. J., Robinson, J. (2003.): Generalised discriminant analysis based on distances. *Aust. New Zeal. J. Stat.* 45: 301-318.
2. Anderson, M. J., Gorley, R. N., Clarke, K. R. (2008.): PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods. PRIMER-E: Plymouth, UK.
3. Ape, F., Manini, E., Quero, G. M., Luna, G. M., Sara, G., Vecchio, P., ... & Mirto, S. (2019). Biostimulation of in situ microbial degradation processes in organically-enriched sediments mitigates the impact of aquaculture. *Chemosphere*, 226, 715-725.
4. AskarySary, A., Velayatzadeh, M., and KarimiSary, V. (2012). Proximate composition of farmed fish, *Oncorhynchus mykiss* and *Cyprinus carpio* from Iran. *Adv. Environ. Biol.* 6, 2841–2845.
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. Boyd, C. E., McNevin, A. A., Davis, R. P., & Godumala, R. (2020). Global assessment of aquaculture sustainability: Major trends and challenges. *Sustainability*, 12(21), 9071.
7. 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.
8. Crema, R., Castelli, A., Prevedelli, D., 1991. Long term eutrophication effects on macrofaunal communities in Northern Adriatic Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 22, 503–508
9. Dählback, B., Gunnarson, L. A. H. (1981.): Sedimentation and sulfate reduction under a mussel culture. *Marine Biology*, 63: 269-275
10. Danovaro R. , Gambi C. , Mirto S. , Sandulli R, Cecchereli V.U. (2004a). Chapter III Meiofauna. *Biol. Mar.Medit.*, 1 : 55-97.
11. Danovaro, R., Gambi, C., Luna, G. M., & Mirto, S. (2004b). 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.
12. Danovaro, R. (2010.): *Methods for the Study of Deep-Sea Sediments, Their Functioning and Biodiversity*. CRC Press: 149-160.
13. 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.

14. Giere, O. (2009.): *Meiobenthology- The Microscopic Motile Fauna of Aquatic Sediments*. Springer- Verlag Berlin. Heidelberg: 527.
15. Giere, O. (2019). *Perspectives in meiobenthology: reviews, reflections and conclusions* (pp. 37-49). Springer International Publishing.
16. Heip, C., Vincx, M., Vranken, G. (1985.): The ecology of marine nematodes. *Oceanography and marine biology annual review*, 23: 399-489.
17. Karakassis, I., Tsapakis, M., Hatziyanni, E., Papadopoulou, K. N., & Plaiti, W. (2000). Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. *ICES Journal of Marine Science*, 57(5), 1462-1471.
18. Kennedy, A. D., & Jacoby, C. A. (1999). Biological indicators of marine environmental health: Meiofauna – A neglected benthic component? *Environmental Monitoring and Assessment*, 54(1), 47-68.
19. Lacoste, É., Boufahja, F., Pelaprat, C., Le Gall, P., Berteaux, T., Messiaen, G., Mortreux, S., Oheix, J., Ouisse, V., Roque d'Orbcastel, E., Gaertner-Mazouni, N., & Richard, M. (2020). First simultaneous assessment of macro- and meiobenthic community response to juvenile shellfish culture in a Mediterranean coastal lagoon (Thau, France). *Ecological Indicators*, 115, 106462.
20. Lacoste, É., Bec, B., Le Gall, P., Boufahja, F., Raimbault, P., Messiaen, G., ... & Richard, M. (2022). Benthic-pelagic coupling under juvenile oyster influence in a French Mediterranean coastal lagoon (Thau Lagoon). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 267, 107779.
21. Lavoie, M. F., Lacoste, É., Weise, A. M., & McKindsey, C. W. (2024). Benthic responses to organic enrichment under a mussel (*Mytilus edulis*) farm. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1433365.
22. Naylor, R. L., Goldburg, R. J., Primavera, J. H., Kautsky, N., Beveridge, M. C., Clay, J., ... & Troell, M. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405(6790), 1017-1024.
23. Magaš, D. (2016). *Zemljopisna osnova razvitka općine Novigrad*.
24. Mahmoudi, E., Essid, N., Beyrem, H., Hedfi, A., Boufahja, F., Aïssa, P., & Vitiello, P. (2008). Mussel-farming effects on Mediterranean benthic nematode communities. *Nematology*, 10(3), 323-333.
25. Majdi, N., Schmid-Araya, J. M., & Traunspurger, W. (2020). Preface: Patterns and processes of meiofauna in freshwater ecosystems. *Hydrobiologia*, 847(12), 2587-2595.

26. Marini, M., Russo, A., Signell, R., Grilli, F., Campanelli, A., Artegiani, A., Bigazzi, D., 2004. Nitrogen and AOU: useful tools for short-term prediction of end summer hypoxic event in the North Adriatic Sea bottom layer. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 37, 220.
27. 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.
28. Mikulić, A. (2024). *Utjecaj uzgoja mediteranske dagnje (Mytilus galloprovincialis) na sastav i strukturu zajednica meiofaune u Novigradskom moru* (Diplomski rad). Zadar: Sveučilište u Zadru.
29. 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.
30. 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.
31. 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.
32. Moore, C. G., Murison, D. J., Mohd Long, S. and Mills, D. J. L.: (1987). 'The impact of oily discharges on the meiobenthos of the North Sea', *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 316, 525–544.
33. McKindsey CW, Thetmeyer H, Landry T, Silvert W (2006). Review of recent carrying capacity models for bivalve culture and recommendations for research and management. *Aquaculture*, 261(2): 451–462.
34. Neofitou, N., Charizopoulos, N., Vafidis, D., Skordas, K., Tziantziou, L., & Neofitou, C. (2014). Mussel farming impacts on trophic status and benthic community structure in Maliakos Gulf (Eastern Mediterranean). *Aquaculture international*, 22, 843-857.
35. Schratzberger, M., & Ingels, J. (2018). Meiofauna matters: the roles of meiofauna in benthic ecosystems. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 502, 12-25.
36. Schinner, F., Stachowitsch, M., Hilgers, H., 1997. Loss of benthic communities: warning signal for coastal ecosystem management. *Aquat. Conserv.: Mar. Freshw. Ecosys.* 6, 343–352.

37. Soto, D., Aguilar-Manjarrez, J., Brugère, C., Angel, D., Bailey, C., Black, K., ... & Wainberg, A. (2007, May). Applying an ecosystem-based approach to aquaculture: principles, scales and some management measures. In *Building an ecosystem approach to aquaculture. FAO/Universitat de les Illes Balears Expert Workshop* (Vol. 7, p. e11).
38. 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.
39. Tičina, V., Katavić, I., & Grubišić, L. (2020). Marine aquaculture impacts on marine biota in oligotrophic environments of the Mediterranean Sea—a review. *Frontiers in marine science*, 7, 217.
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. Warwick, R. M. (1989). The role of meiofauna in the marine ecosystem: evolutionary considerations. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 96(3), 229-241.
42. Zeppilli, D., Leduc, D., Fontanier, C., Fontaneto, D., Fuchs, S., Gooday, A. J., ... & Fernandes, D. (2018). Characteristics of meiofauna in extreme marine ecosystems: a review. *Marine Biodiversity*, 48, 35-71.

#### Internet izvori:

1. Google Earth, WGS-84  
Dostupno na: <https://earth.google.com/web/@44.2385344,15.21051838> (pristupljeno: 15. siječnja 2025.)
2. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2022.): The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Rome. Dostupno na: <https://openknowledge.fao.org/items/11a4abd8-4e09-4bef-9c12-900fb4605a02> (datum pristupanja: 15. siječnja 2025.)
3. Anonymous (2024.): Godišnji izvještaj o akvakulturi – konačni podaci za 2023. godinu, Dostupno na: <https://podaci.ribarstvo.hr/web-arhiva/2024/12/20/godisnji-izvjestaj-o-akvakulturi-preliminarni-podaci-za-2023-godinu/> (datum pristupanja: 19. siječnja 2025.)