

# Sastav i raznolikost foraminiferske zajednice iz sedimenta uz podmorske izvore (Savudrijska vala)

---

**Rakarić, Mihovil**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:797149>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-05**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Mihovil Rakarić

**SASTAV I RAZNOLIKOST FORAMINIFERSKE  
ZAJEDNICE IZ SEDIMENTA UZ PODMORSKE  
IZVORE (SAVUDRIJSKA VALA)**

Seminar III  
Preddiplomski studij geologije

Mentor:  
Prof.dr.sc. Vlasta Čosović

Zagreb, 2022. godine

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Seminar III

### SASTAV I RAZNOLIKOST FORAMINIFERSKE ZAJEDNICE IZ SEDIMENTA UZ PODMORSKE IZVORE (SAVUDRIJSKA VALA)

Mihovil Rakarić

**Rad je izrađen:** Rad je izrađen na Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, adresa Horvatovac 102b.

**Sažetak:** U ovom završnom radu opisano je do koje mjere odabir frakcije sita utječe na rezultate istraživanja sastava zajednice malih bentičkih foraminifera. U tu svrhu površinski uzorak sedimenta prikupljen u Koparskom zaljevu (Savudrijska vala) na dubini od 24.6 m je analiziran. Uzorak je obojen organskim bojilom Rose Bengal i ostavljen 14 dana, kako bi se živuće jedinke foraminifera mogle razlikovati od praznih kućica. Nakon mokrog i suhog sijanja, analiziran je udio obojenih kućica u ukupnoj zajednici, kao i zastupljenost predstavnika tri tipa stijenki kućica (tri podreda) u frakcijama  $>63 \mu\text{m}$  i  $>125 \mu\text{m}$ . Udio predstavnika tri podreda kao i udio obojenih jedinki rezultirao je jako sličnim vrijednostima. Ova istraživanja sugeriraju frakciju  $>125 \mu\text{m}$  kao zadovoljavajuću kod praćenja promjena sastava organizama u okolišima plitkog šelfa Jadranskog mora.

**Ključne riječi:** male bentičke foraminifere, Jadransko more, biomonitoring, veličina foraminifera

**Rad sadrži:** 16 stranica, 10 slika

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je pohranjen u:** Središnja geološka knjižnica, Geološki odsjek, PMF

**Mentor:** Prof.dr.sc. Vlasta Čosović

**Ocjenjivači:** Prof. dr. sc. Vlasta Čosović

Prof dr. sc. Đurđica Pezelj

Prof. dr. sc. Nenad Tomašić

**Datum završnog ispita:** 19. 09. 2022.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geology

### Seminar III

#### COMPOSITION AND DIVERSITY OF FORAMINIFERAL ASSEMBLAGES FROM SEDIMENTS NEAR A SUBMARINE SPRING (SAVUDRIA BAY)

Mihovil Rakarić

**Thesis completed in:** Division of Geology and Paleontology, Department of Geology, Faculty of Science, address Horvatovac 102b.

**Abstract:** In this thesis, it is described how the selection of the sieve fraction affects the results of the study of the composition of the smaller benthic foraminifera assemblages. For this purpose, a surface sample of sediment collected in the Bay of Kopar (Savudria Bay) at a depth of 24.6 m was analyzed. The sample was stained with Rose Bengal and left for 14 days, so that living individuals of foraminifera could be distinguished from empty shells. After wet and dry sieving, the proportion of stained tests in the total assemblage was analysed, as well as the proportion of representatives of three types of walls (three suborders) in fractions  $>63\ \mu\text{m}$  and  $>125\ \mu\text{m}$ . The proportion of representatives of the three suborders as well as the proportion of stained individuals resulted in very similar values. These studies suggest the  $>125\ \mu\text{m}$  fraction as satisfactory for monitoring changes in the composition of organisms in the environment of the shallow shelf of the Adriatic Sea.

**Keywords:** smaller benthic foraminifera, Adriatic Sea, biomonitoring, foraminifera size

**Seminar contains:** 16 pages, 10 figures

**Original in:** Croatian

**Thesis deposited in:** Central Geological Library, Department of Geology, Faculty of Science

**Supervisor:** Professor. Vlasta Ćosović, PhD

**Reviewers:** Professor Vlasta Ćosović, PhD

Associate Professor Đurđica Pezelj, PhD

Professor Nenad Tomašić, PhD

**Date of the final exam:** September 19. 2022.

## Sadržaj

1.	Uvod	1
2.	Geografski položaj mjesta uzorkovanja	2
3.	Materijali i metode istraživanja	3
3.1.	Priprema uzoraka	3
3.2.	Određivanje udjela obojenih i neobojenih kućica - Prepoznavanje živih jedinki	5
3.3.	Određivanje tipa bentičkih foraminifera prema tipu stijenke	6
4.	Rezultati	8
4.1.	Zastupljenost tipova stijenki	8
4.2.	Zastupljenost obojenih i neobojenih kućica	8
5.	Rasprava	12
6.	Zaključak	14
7.	Literatura	15

## 1. Uvod

Ovaj završni rad je rađen u sklopu HRZZ znanstvenog projekta „Dinaridski predgorski bazen između dva eocenska termalna optimuma: mogući scenarij za sjevernojadranski bazen“ (BREEMECO).

U radu je opisana zajednica malih bentičkih foraminifera iz sedimenta u Savudrijskoj vali (sjeverni dio Jadranskog mora). Male bentičke foraminifere se uvelike koriste za rekonstrukciju recentnih i fosilnih ekoloških uvjeta, tako što se opisuju ekološki indeksi, primjenjuju multivarijatne analize ili transfer funkcije. Problem s malim bentičkim foraminiferama što teško možemo imati pravu sliku o zajednici u nekom okolišu jer mlade jedinke su tako sitne (u slučaju propagula, to je samo početna klijetka ili još 1-2 klijetke, u pravilu  $<32 \mu\text{m}$ ) da je određivanje vrsta gotovo nemoguće, te se postavlja pitanje koja je najmanja frakcija koja se koristi za istraživanja.

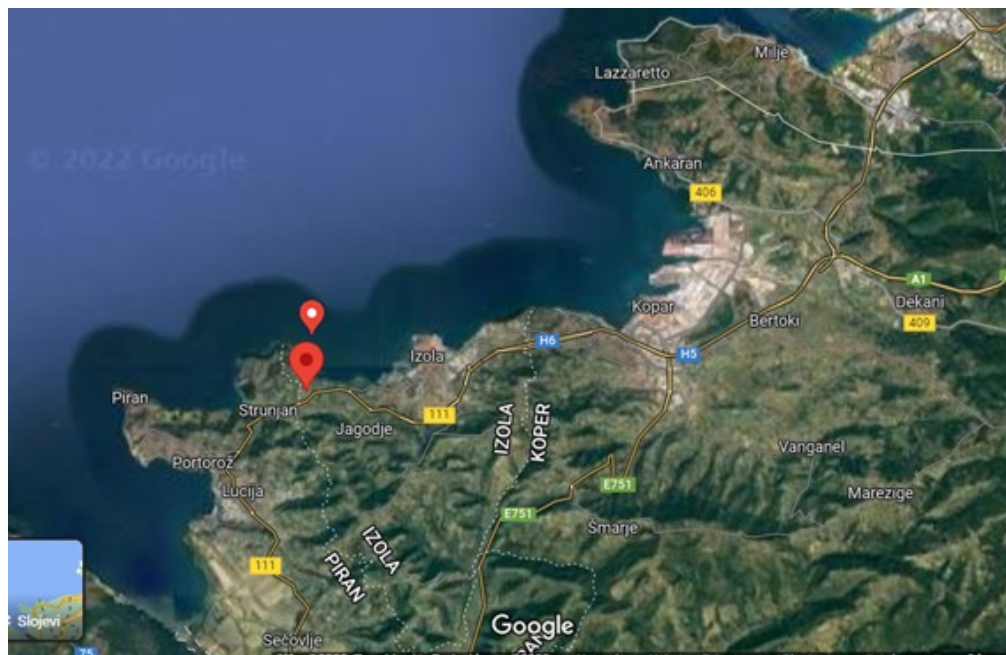
Cilj istraživanja je utvrditi do koje mjere odabir frakcije ( $63 \mu\text{m}$  i  $125 \mu\text{m}$ ) koja se analizira utječe na udio živućih jedinki bentičkih foraminifera u ukupnoj zajednici, kao i udio predstavnika podredova. Unatoč postojanju *FOraminiferal Bio-Monitoring* (FOBIMO; SCHOENFIELD i sur., 2012) protokola uzorkovanja i laboratorijske obrade uzoraka s bentičkim foraminiferama, postoje dvojbe o odabiru frakcije koja će pružiti najvjernije podatke za analizu i interpretaciju (LO GIUDICE CAPPELLI i AUSTIN, 2019). Brojni su radovi koji polemiziraju do koje mjere veličina analizirane frakcije bentičkih foraminifera utječe na ekološki status i interpretaciju ekoloških uvjeta (KLOOTWIJK i ALVE, 2022 i reference u tom radu) budući da se zna kako te foraminifere reagiraju brzo na ekološke promjene i stoga su korisni alat za promatranje. Specifičnosti mjesta uzorkovanja, kvalitete i raspoložive količine uzoraka, natjerala je istraživače da i nakon objave protokola, traže učinkovitije metode.

U ovom istraživanju opisano je na koji način izbor sita kod ručnog prosijavanja uzorka utječe na omjer brojnosti zajednice živućih jedinki i zajednice praznih kućica u plitkomorskoj zajednici u sjevernom dijelu Jadranskog mora. Uzorci su prikupljeni tijekom travnja 2021. godine (autonomnim ronjenjem i ručnim utiskivanjem plastičnog korera) u Koparskom zaljevu (odobalje Izole, slika 1). Praktični dio rada je bio napravljen u proljeće 2022. godine na Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta pod vodstvom prof.dr.sc Vlaste Čosović.

## 2. Geografski položaj mjesta uzorkovanja

Uzorci prikupljeni za potrebe znanstvenog projekta te ovog završnog rada su uzeti na lokaciji Koparskog zaljeva (Tršćanski zaljev, sjeverni dio Jadranskog mora), točnije u blizini grada Izole (koordinate 45.5344 N, 13.6563 E). Jadransko more kao takvo predstavlja recentno epikontinentalno more i mladi marinski ekosistem te je istraživanje sjevernog dijela veoma zanimljivo za proučavanje utjecaja čovjeka na okoliš. Jak utjecaj na okoliš pogotovo ima luka Kopar koja uvelike pridonosi onečišćenju morskog dna.

Uzorci su prikupljeni na dubini od 24,6 metara u blizini aktivnog podvodnog izvora metana Bele Skale. Koparski zaljev je južni dio većeg Tršćanskog zaljeva. Tršćanski zaljev se nalazi na sjeveroistočnom dijelu Jadranskog mora. Površine je od 550 km<sup>2</sup> s najvećom dubinom od 37 m. Morske struje u zaljevu se kreću u smjeru kazaljke na satu te na taj način dovode zagađivače iz sjevernih urbaniziranih dijelova zaljeva koji ugrožavaju obalni okoliš. Rijeke smještene uz slovensku obalu također uvelike doprinose onečišćenju okoliša. Obalni dijelovi zaljeva izgrađeni su od srednjeeocenskih fliških naslaga. Vapnenci starosti kreda – donji eocen izdanjuju uz južne obale zaljeva uzduž Istarskog poluotoka, te u jezgri antiklinale Izola i sjeverno od Trsta. Naslage koje grade zaljev su fluvijalne naslage (pliocen – pleistocen), a tek lokalno nalazimo i marinske i brakične sedimenta (ŽVAB ROŽIĆ i sur., 2022).

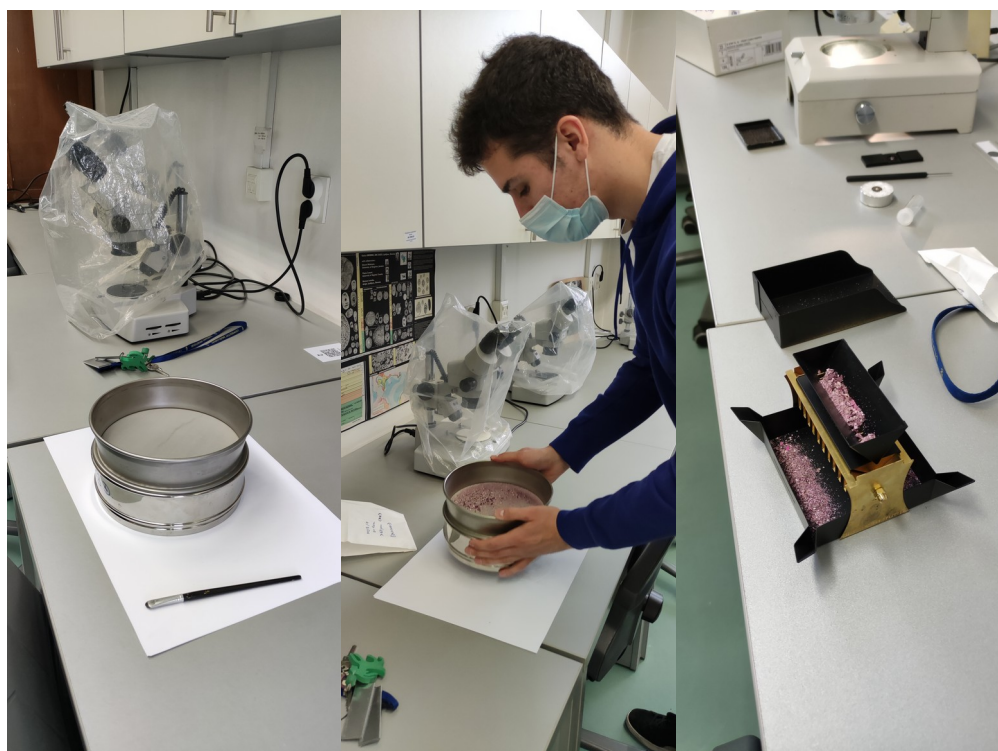


Slika 1. Google karta s označenom lokacija uzorkovanja  
(<https://www.google.com/maps/place/Dobrava>)

### 3. Materijali i metode istraživanja

#### 3.1. Priprema uzoraka

Uzorak je skupljen ručno, utiskivanjem plastične cijevi promjera 10 cm (plastični korer) u sediment. Uzorkovanjem dobivene su 10 cm duge sedimentne jezgre. Sedimentne su jezgre podijeljen u 2 cm debele poduzorke u laboratoriju Oddelka za geologiju Naravoslovnotehniška fakulteta u Ljubljani. U ovom radu obrađen je površinski sloj jezgre (0-2 cm).



Slika 2. Potreban pribor za suho prosijavanje (dva sita, promjera rupica(63 i 125  $\mu\text{m}$ )), prosijavanje i standardizacija uzorka uz korištenje mikrosplitera (Izvor: vlastita fotografija)

Prikupljeni uzorak bio je tretiran u otopinom 70% etonala kojem je dodano Rose Bengal bojilo ( $2\text{g/L}^{-1}$ ). Uzorak je ostavljen 14 dana kako bi se žive jedinice foraminifera obojile i time razlikovale od praznih kućica. Nakon 14 dana, uzorak je ispran i osušen te prosijan na situ promjera rupica 63  $\mu\text{m}$ . Prema nekim mišljenjima tako dobiveni uzorak se standardizira i analizira. Za ovaj rad, uzorak je suho prosijan na dva sita, jedno sito promjera otvora 63  $\mu\text{m}$  dok je drugo veličine 125  $\mu\text{m}$  (Slika 2). Dobivena su dva poduzorka. Nakon prosijavanja, zaostale taloge je trebalo skupiti i standardizirati.



Standardizacija je umanjivanje uzorka na veličinu od nekih 300tinjak kućica koje su metodom slučajnog odabira izdvojene. Tako se postiže da mjesto uzorkovanja, tehnika uzorkovanja ili laboratorij u kojem se obrađuju ne utječe na veličinu uzorka koji se analizira, pa se dobiveni rezultati mogu komparirati. Da nema tog procesa, usporedba bi bila nemoguća. Metoda se naziva pačetrovrenje i za to se koristi mikrospliter (slika 2). Koristeći mikrospliter frakcija  $>63 \mu\text{m}$  je bila razdijeljena 8 puta (1/256) dok je frakcija  $>125 \mu\text{m}$  bila razdijeljena 6 puta (1/64). Podijeljeni su uzorci bili istreseni pojedinačno na pliticu. Na plitici je bilo potrebno uz pomoć stereoskopskog mikroskopa koristeći iglice izdvojiti bentičke foraminifere (slika 3), te ih prebaciti u odgovarajuće („Franckove ćelije“). U poduzorku koji je sadržavao frakciju  $>125 \mu\text{m}$  izdvojeno je 300 jedinki, dok je u poduzorku sa frakcijom  $>63 \mu\text{m}$  odvojeno 241 jedinki.

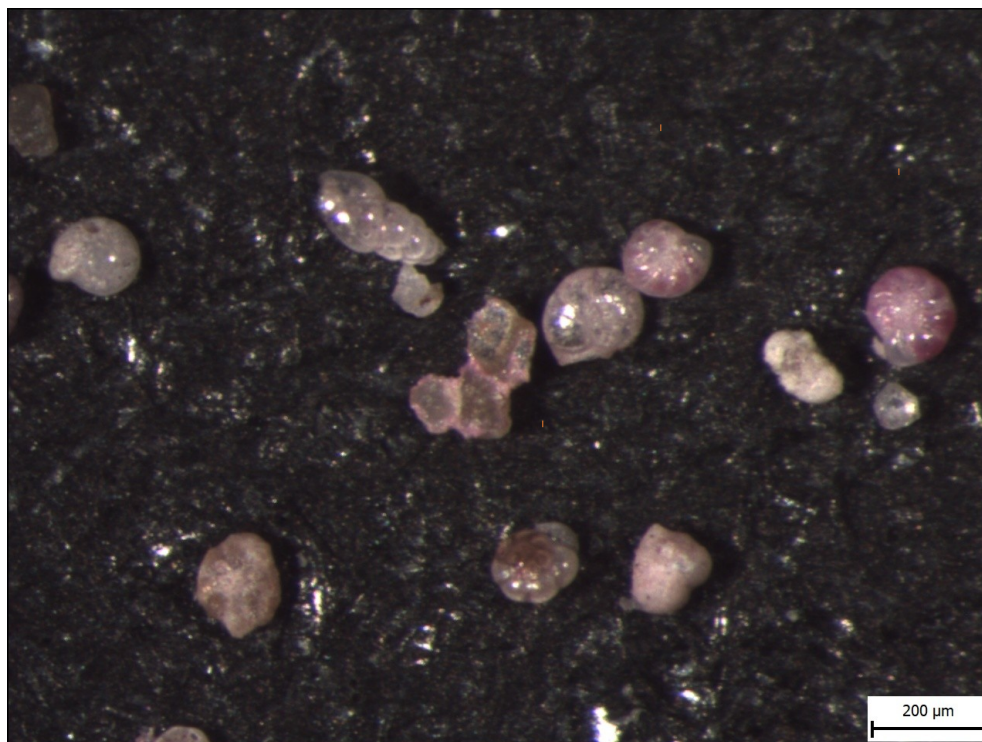


Slika 3. Izdvajanje foraminifera pomoću stereoskopskog mikroskopa Nikon u Franckove ćelije u Geološko-paleontološkom zavodu (Izvor: vlastita fotografija)

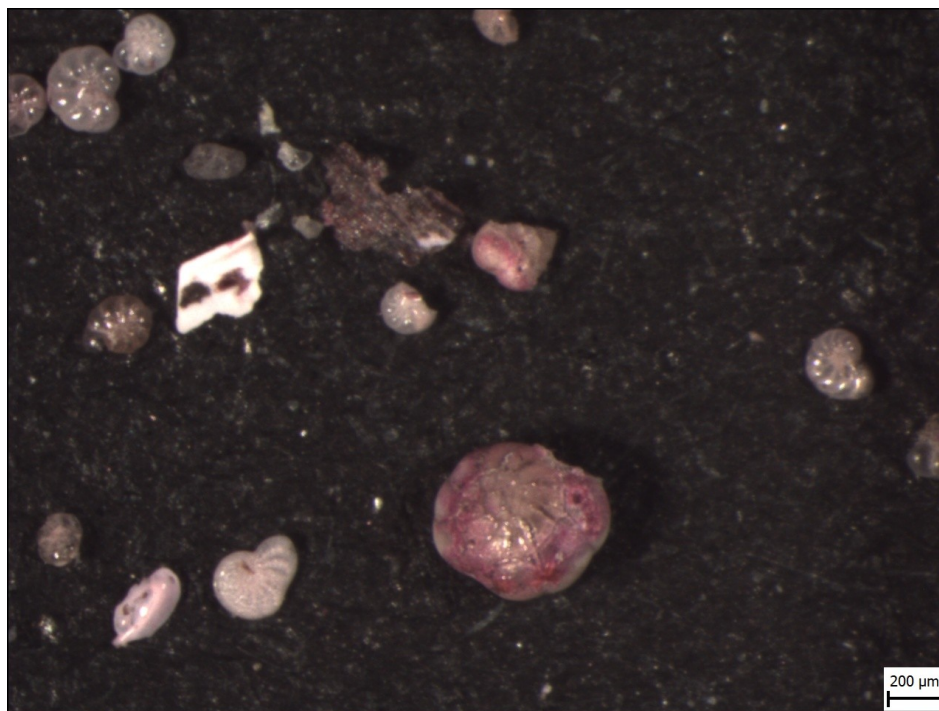
Odabrane kućice foraminifera fotografirane su na stereoskopskom mikroskopu Olympus SZX7 s kamerom Olympus UTV1XC.

### 3.2. Određivanje udjela obojenih i neobojenih kućica - Prepoznavanje živih jedinki

Zajednica bentičkih foraminifera svake frakcije je zatim promatrana na stereoskopskom mikroskopu (slika 3). Foraminifere su grupirane prema tome da li su prilikom uzorkovanja bile žive (te su kućice obojene rozo-crveno) ili su već bile prazne (one nakon tretiranja s organskim bojilom ostaju neobojene). Za razlikovanje stvarno obojenih od praznih kućica važno je bilo prepoznati na koji način će se kućica jedinke obojati u slučaju kad je jedinka bila živa. Primjena Rose Bengal bojila je jednostavna metoda koja ima neke nedostatke. Dokazano je kako u okolišima gdje postoji nedostatak otopljenog kisika bojilo oboji i uginulu jedinku. Da bi se izbjeglo postavljeni su kriteriji: stvarno obojana jedinka tretirana Rose Bengalom će izgledati tako da će svi dijelovi kućice osim posljednje ili pretposljednje klijetke biti obojane specifičnom crvenom do ružičastom bojom (slika 4; CAULLE i sur., 2014). Dodatno, kad postoje dvojbe da li je kućica obojena ili ne, potrebno ju je usporediti s pravilno obojenom kućicom iste vrste. Posebno je teško odrediti obojanost aglutiniranih i imperforatnih kućica, pa pravila nalažu da se kućice razbiju kako bi se vidjelo da li sadrže citoplazmu. U istraživanim uzorcima primijenjeno je pravilo ako je kućica bila obojana na bilo koji drugi način onda se jedinka smatrala uginulom (slika 5, potpuno obojane kućice).



Slika 4. Primjer tri stvarno obojanih kućica foraminifera u usporedbi sa prozirnim neobojanim kućicama. (Izvor: vlastita fotografija)



Slika 5. Primjer praznih kućica u trenutku uzorkovanja koje su se kompletno obojile nakon tretiranja s bojom Rose bengal. (Izvor: vlastita fotografija)

### 3.3. Određivanje tipa bentičkih foraminifera prema tipu stijenke

Tijekom prepoznavanja bilo je važno prepoznati bentičke foraminifere prema tipu stijenke. Foraminifere su jednostanični organizmi, eukariote koji imaju ljušturicu-skeletkućicu čija stijenka može biti organska, sastavljena od zrna različitog mineralnog sastava koja su povezana vezivom ili stijenka može biti kalcitna ili aragonitna.

Kućice izgrađene od organske tvari su tanke i fleksibilne, karakteristične za monotalamične forme. Aglutinirane kućice su građene na način da su zrna pijeska ili silta međusobno povezana kalcitnim, tektinskim (organskim) ili silikatnim cementom (slika 6). Kalcitnih ljušturice su rezultat metabolizma jedinke. Od kalcitnih kućica razlikujemo sitnozrnatu–vapnenačku (predstavnicu podreda Fusulinina; iako nije potpuno objašnjeno mehanizam nastanka ove stijenke), imperforatnu koja je homogena i porculanaste teksture (predstavnicu podreda Miliolina), perforatnu (predstavnicu podreda Rotaliina) sa staklastom i prozirnou teksturom koja uz to može biti sastavljena od jednog sloja kristala, te višeslojnom (bilamelarnom do lamelarna kada se sa svakom novom klijetkom dodaje nova lamina do određenog maksimuma).

S obzirom na tipove mineralnih skeleta foraminifere, (LOEBLICH I TAPPAN, 1988) razlikuju podred Rotaliina (foraminifere s perforatnom stijenkom), podred Textulariina (foraminifere s aglutiniranom stijenkom) i podred Miliolina (foraminifere s imperforatnom stijenkom).

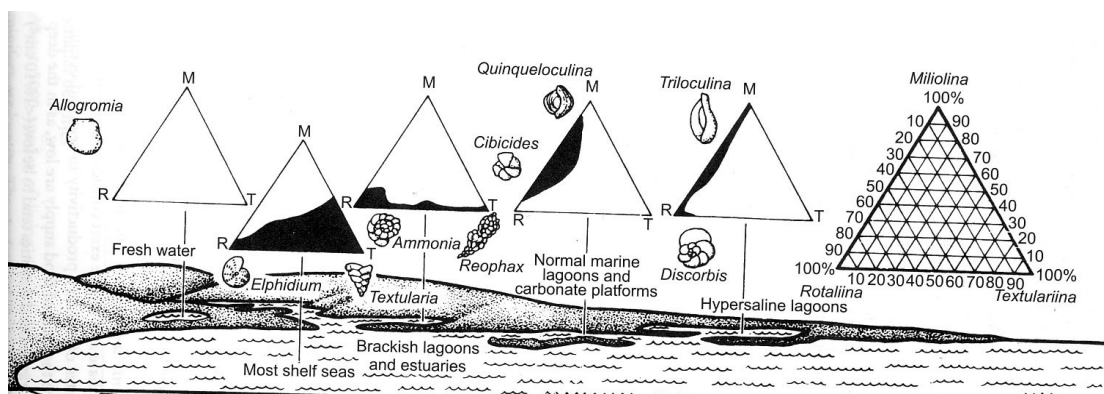


Slika 6. Crteži građe aglutinirane, sitnozrnate-kalcitne, imperforatne i perforatne stijenke kućica foraminifera. (Izvor: V.Ćosović: Predavanja i vježbe Mikropalaeontologija)

## 4. Rezultati

### 4.1. Zastupljenost tipova stijenki

Udio predstavnika pojedinih tipova stijenki malih bentičkih foraminifera može poslužiti i kao mjera definiranja određenih okoliša u oceanima i morima. Najjednostavnija metoda je primjena trokomponentnog grafa (slika 7) u kojem su pojedini okoliši definirani dominacijom foraminifera s određenim tipom stijenke.



Slika 7. Korelacija zastupljenosti predstavnika podreda Rotaliina, Miliolina i Textulariina u pojedinim okolišima (AMSTRONG i BRASIER, 2005)

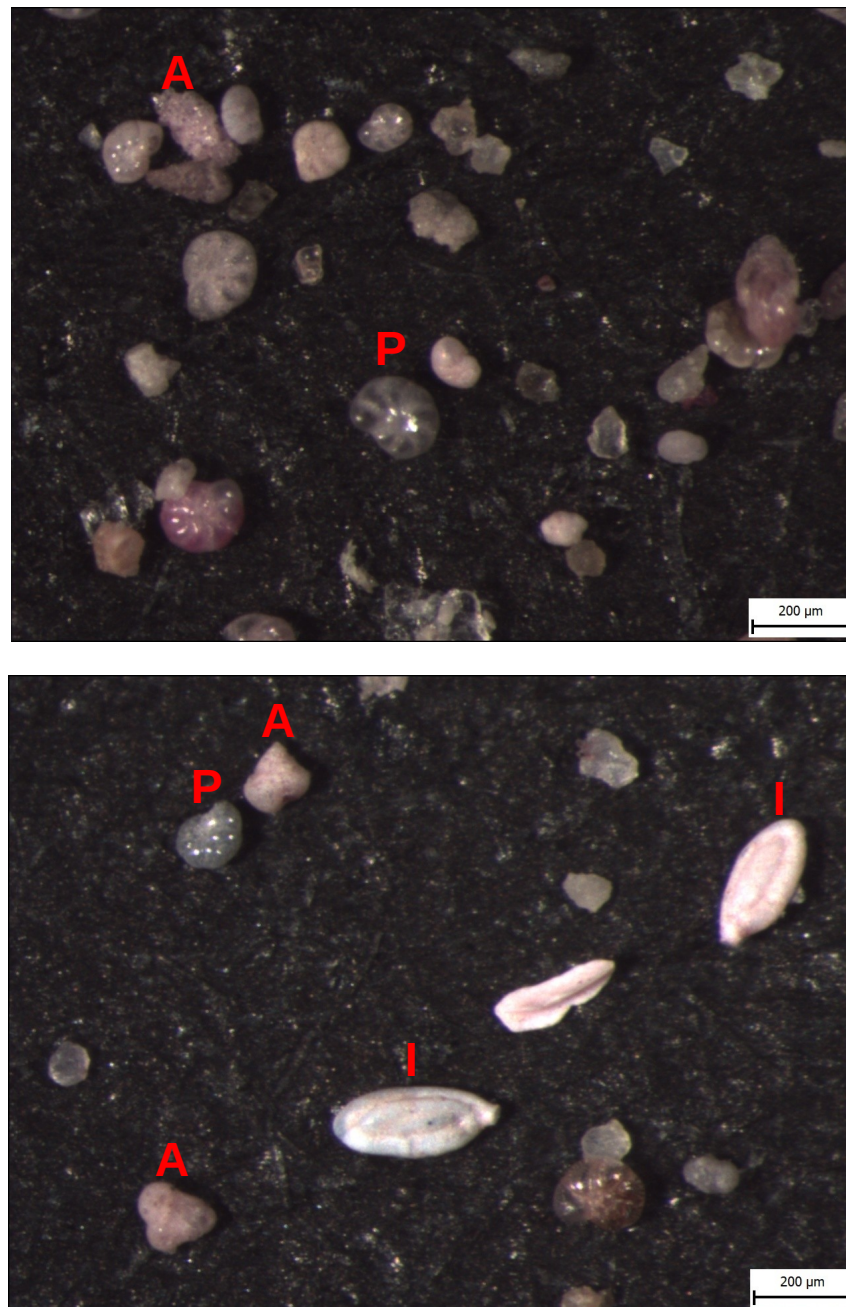
U istraživanim uzorcima i to obje frakcije pronađene su foraminifere sa aglutiniranim stijenkama poput predstavnika roda *Textularia* koju odlikuju biserijalna kućica i vidljivim suturama na površini kućice. Od rodova koje imaju porculanaste kućice možemo izdvojiti rod *Quinqueloculina* te *Triloculina*. Njihove stijenske su porculanaste, mliječno bijele, glatke i ukrašene rebrima te se krajevi dviju sukcesivnih klijetki dodiruju na polovima. U uzorku su najrasprostranjenije bile jedinice sa perforatnom stijenkama. Predstavljene su rodovima *Haynesina*, *Ammonia*, *Bolivina*, *Lagena*, *Bulimina* te *Rosalina*.

### 4.2. Zastupljenost obojenih i neobojenih kućica

U poduzorku >63  $\mu\text{m}$  izbrojano je 251 jedinki. Foraminifere s imperforatnom kućicom su malobrojne i one predstavljaju 4.6% zajednice (Tablica 1), slijede ih foraminifere s aglutiniranom stijenkama (6.2%), dok zajednicom dominiraju foraminifere s perforatnom kućicom (86.2%). Obojenih kućica je 10.4% u istraživanom poduzorku. Brojnost obojenih kućica prema tipu stijenki odgovara ukupnoj zastupljenosti podredova u poduzorku (Tablica 1), najbrojnije su kućice perforatnih foraminifera, slijede kućice s



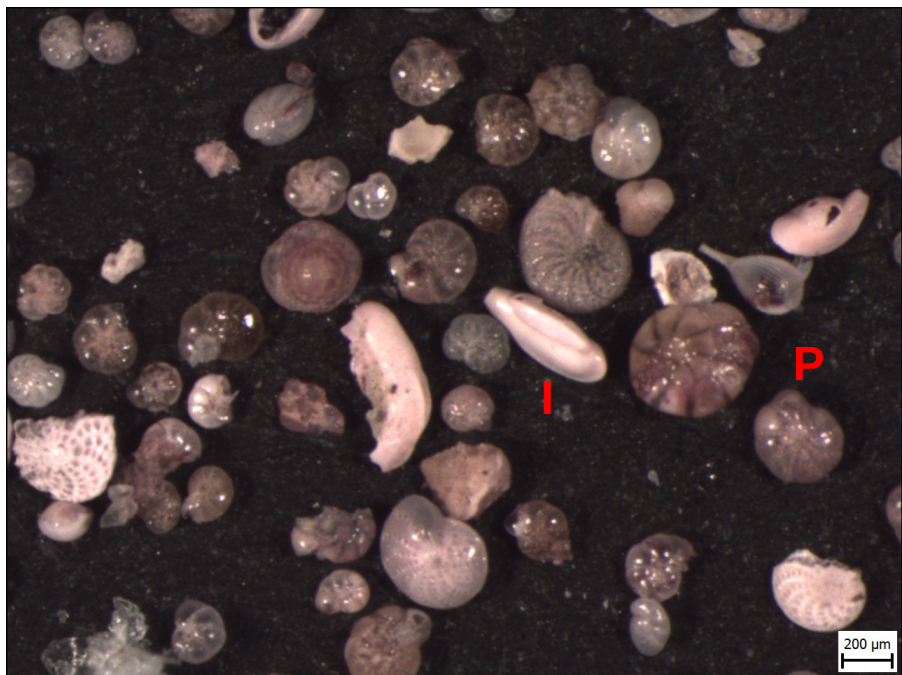
aglutiniranom stijjenkom, a najmanju zastupljenost imaju kućice s imperforatnom stijjenkom.



Slika 8. Zajednica foraminifera u poduzorku  $>63 \mu\text{m}$ , foraminifere a aglutiniranom (A), imperforatnom (I) i perforatnom stijjenkom (P).

Zastupljenost jedinki prema tome da li su bile žive ili ne u trenutku uzorkovanja, kao i udio foraminifera prema tipu stijjenke za poduzorak  $>125 \mu\text{m}$  prikazan je u Tablici 2. Od 300 izbrojanih jedinki koje predstavljaju ukupan broj, 10.33% foraminifera su bile

ojojane jedinice s perforatnom stijenkom, a 0.33% bile su jedinice sa aglutiniranim tipom stijenke dok niti jedna foraminifera sa imperforatnom stijenkom nije bila obojana. Gledajući zastupljenost jedinki prema tipu stijenke dobiveni su rezultati koji prikazuju da je 84.3% foraminifera sa perforatnom, 6.0% s aglutiniranom, a 9.6% foraminifera s imperforatnom stijenkom. Udio obojenih kućica se ne razlikuju previše u oba poduzorka, kao ni zastupljenost predstavnika podredova.



Slika 9. Zajednica foraminifera u poduzorku >125 µm, raznolikost foraminiferskih kućica s obzirom na tip stijenke (A= aglutinirana stijenka, I= imperforatna stijenka, P= perforatna stijenka).

Tablica 1: Zastupljenost predstavnika podredova u poduzorku >63 µm, kao i udio živućih prema uginulim jedinkama za taj poduzorak.

Tip kućice	Imperforatne	Perforatne	Aglutinirane	Sveukupno
Broj jedinki	11	215	15	241
Broj obojanih jedinki	1	20	4	25
% obojanih jedinki u odnosu na ukupan broj jedinki	0.4%	8.3%	1.7%	10.4%
% jedinki prema tipu stijenke u zajednici	4.5%	89.2%	6.2%	100%

Tablica 2: Zastupljenost foraminifera prema tipu stijenke i prema tome da li su obojane ili ne za poduzorak >125 µm.

Tip kućice	Imperforatne	Perforatne	Aglutinirane	Sveukupno
Broj jedinki	29	253	18	300
Broj obojanih jedinki	0	31	1	32
% obojanih jedinki u odnosu na ukupan broj jedinki	0%	10.33%	0.33%	10.66%
% jedinki predstavnika	9.6%	84.3%	6%	100%



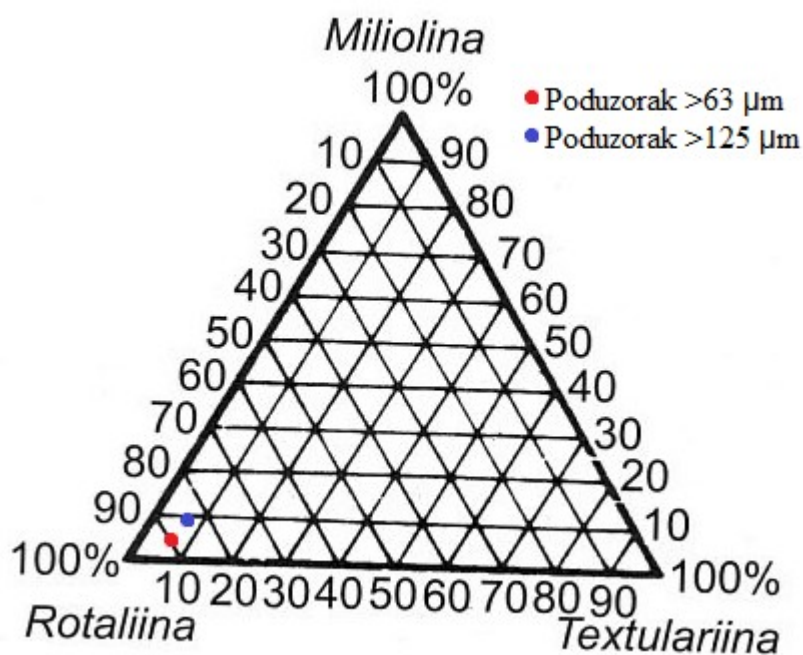
## 5. Rasprava

U ekološkim i mikropaleontološkim istraživanjima koriste se različite se frakcije ( $>63$ ,  $>125$  ili  $>250 \mu\text{m}$ ) za opisivanje zajednica bentičkih foraminifera. Poznato je kako sastav zajednice uvelike ovisi o frakciji (LO GIUDICE CAPPELLI i AUSTIN, 2019). Koliko ekološki uvjeti utječu na veličinu kućica foraminifera još uvijek nije poznato. Istraživanja su brojna, posebno u zadnjem desetljeću (KLOOTWIJK I ALVE, 2022 i reference u radu). U tom smislu istražuju se i zajednice iz Jadranskog mora (HLEBEC i sur., 2021; RAKARIĆ i sur., 2022). Ostaje pitanje u kojoj mjeri kućice malih dimenzija oslikava zajednicu mladih jedinki ili opisuje okolišne uvjete koji utječu na rast jedinki poput onečišćenja teškim metalima ili nedostatak kisika.

Istraživanje frakcije  $63 \mu\text{m}$  je zahtjevno s velikom nesigurnošću oko prepoznavanja vrsta. Mnogi ipak obrađuju tu frakciju jer sadrži vrste koje su dobri pokazatelji ekološke kvalitete okoliša. Istraživanja koja su napravljena na zajednicama iz dva norveška fjorda (KLOOTWIJK i ALVE, 2022) su pokazala jako sličan ekološki status dobiven analizom zajednica iz frakcije  $>63$  i  $>125 \mu\text{m}$  i time dala prednost korištenju krupnije frakcije

Ponovno pačtvorenje poduzoraka do standarda potvrdilo je kako zajednica bentičkih foraminifera  $>63 \mu\text{m}$  je brojnija (standard je  $1/256$  uzorka, dok kod poduzorka  $>125 \mu\text{m}$  je  $1/64$ ). U oba uzorka udio predstavnika podredova je podjednak (Slika 7). Ako bismo usporedili zastupljenost foraminifera u poduzorcima ovisno o tipu stijenke možemo uočiti da su rezultati koji pokazuju udio za foraminifere sa perforatnom i aglutiniranom kućicom bliski dok su rezultati za imperforatne foraminifere različiti u smislu da postotak jedinki imperforatnih kućica u frakciji  $<125 \mu\text{m}$  duplo veći nego u frakciji  $<63 \mu\text{m}$ . Za istraživanja praćenja promjena u okoliša koji koriste bentičke foraminifere jako je važno znati koje su jedinice bile žive, a koje ne kad je uzorkovanje provedeno (MURRAY, 2006). Poznato je da Rose Bengal bojilo veže molekule proteina i drugih makromolekula i u stvari ne može razlikovati živuće od netom uginulih jedinki. Jednostavna primjena i činjenice da najveći broj istraživanja koristi to bojilo te su korelacije rezultata jednostavnije, metoda se i dalje najviše koristi. U istraživanim uzorcima obojene-živuće jedinice u ukupnoj zajednici i sitnije i krupnije frakcije predstavlja jednake vrijednosti (10.4 i 10.66%). Razlike su tek vidljive u zastupljenosti prema podredovima. U okolišu smanjenja količine kisika, udio obojenih jedinki je veći u sitnijoj frakciji (CAULLE i sur., 2014). Tako naprimjer kod aglutiniranih jedinki postoji veća razlika u postotku obojanih-živućih jedinki gdje je taj

broj veći u uzorku >63  $\mu\text{m}$ . Isto tako u uzorku >125  $\mu\text{m}$  nisu nađene obojane jedinice sa imperforatnom stijenkom ali je zato postotak obojanih jedinki s perforatnom stijenkom veći u uzorku >125  $\mu\text{m}$ . Podatci iz Tablica 1 i 2 stavljeni u trokomponentni dijagram daju prikaz okoliša u kojem foraminifere žive. Podjednaka zastupljenost foraminifera prema tipu stijenki u obje frakcije rezultirala je sličnim položajima u trokomponentnom dijagramu (slika 10). Dominacija predstavnika podreda Rotaliina karakteristična je za šelfna mora, normalnog saliniteta, ali i za brakične lagune i estuarije (MURRAY, 2006). To je u skladu s mjestom uzorkovanja (slika 1).



Slika 10. Prikaz zastupljenosti foraminifera ovisno o tipu stijenki na trokomponentnom dijagramu (Murray, 2006)

Istraživanja napravljena na uzorku iz Koparskog zaljeva (blizina izvora metana) su pokazala da odabir frakcija nije imao utjecaj niti na zastupljenost podredova malih bentičkih foraminifera (imperforatne, perforatne i aglutinirane stijenske), ali niti na udio žive zajednice (obojene kućice) u ukupnoj zajednici. Rezultati istraživanja idu u prilog preporuci FOBIMO protokola o radu na frakciji >125  $\mu\text{m}$ , koji omogućuje sigurnije prepoznavanje vrsta i lakše je za raditi.

## 6. Zaključak

Male bentičke foraminifere iz Koperskog zaljeva (Savudrijska vala, dubina 24,6 m) neposredno uz podmorski izvor metana su uzorkovane i analizirane kako bi se utvrdilo da li postoji, i ako postoji kakav je utjecaj izbora frakcije na zastupljenost obojenih (živićih) i neobojenih (praznih kućica) jedinki u zajednici koja se istražuje.

Istraživanja provedena na istom uzorku, ali na frakcijama  $>63 \mu\text{m}$  i  $>125 \mu\text{m}$ , su pokazala podjednak udio obojenih (živićih jedinki) u ukupnoj zajednici (10.4 do 10.66%).

Nema ni znatne razlike u sastavu zajednice prema tipu stijenke u frakcijama. Zajednicom dominiraju predstavnici podreda Rotaliina (84.3 u frakciji  $>63 \mu\text{m}$  do 89. 2% u frakciji  $>125 \mu\text{m}$ ).

Iz toga proizlazi da za istraživanje zajednice malih bentičkih foraminifera iz sjevernog dijela Jadranskog mora, treba slijediti FOBIMO preporuke o primjeni frakcije  $>125 \mu\text{m}$ , koja je lakša za raditi i koja omogućuje sigurnije određivanje vrsta.

## 7. Literatura

- ARMSTRONG, H. A., BRASIER, M. D. (2005): *Microfossils*. 2nd edition, Blackwell Publishing, Oxford, United Kingdom, 1-304.
- CAULLE, C., KOHO, K.A., MOJTAHID, M., REICHART, G.J. JORISSEN, F.J., (2014): Live (Rose Bengal stained) foraminiferal faunas from the northern Arabian Sea: faunal succession within and below the OMZ. *Biogeosciences* 11, 1155-1175.
- HLEBEC, A., ŽVAB ROŽIČ, P., VIDOVIĆ, J., ČOSOVIĆ, V., (2021): Fidelity of (paleo) ecological interpretation based on studies of living and dead benthic foraminiferal assemblages: A case study from the northeastern Adriatic shelf (Koper bay, Slovenia). U: Jamšek Rupnik, P., Novak, A. (ur.), *Book of Abstracts, 6th Regional Scientific Meeting on Quaternary Geology: Seas, Lakes and Rivers*. Geološki zavod Ljubljana, 38-39, Ljubljana.
- KLOOTWIJK, A.T., ALVE, E. (2022): Does the analysed size fraction of benthic foraminifera influence the ecological quality status and the interpretation of environmental conditions? Indications from two northern Norwegian fjords. *Ecological Indicators* 135, 108423
- LO GIUDICE CAPPELLI, E., AUSTIN, W.E.N., (2019): Size matters: Analyses of benthic foraminiferal assemblages across differing size fraction. *Frontiers in Marine Sciences* 6, 1-8.
- MURRAY, J.W. (2006): *Ecology and Applications of Benthic Foraminifera*. Cambridge University Press, New York, 1-426.
- RAKARIĆ, M., HADŽIĆ, E., ŠANJEK, R., ŽVAB ROŽIČ, P., ČOSOVIĆ, V., (2022): Ecological quality status based on benthic foraminifera: total vs living assemblages, example from Northern Adriatic (offshore of Koper Bay). U: Faganeli, J., Ogrinc, N. (ur.) *Book of Abstracts, Ljubljana: National Institute of Biology, Piran; Jozef Stefan Institute, Ljubljana, str. 51*
- SCHONFELD, J., ALVE, E., GESLIN, E., JORISSEN, F., KORSUM, S., SPEZZAFERRI, S., MEMBERS OF THE FOBIMO GROUP, (2012): The FOBIMO (FORaminiferal Bio-Monitoring) initiative -Towards a standardised protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. *Marine Micropaleontology* 94-95, 1-13-

ŽVAB ROŽIČ, P.; VIDOVIĆ, j., ĆOSOVIĆ, V., HLEBEC, A., ROŽIČ, B., DOLENEC, M. (2022): A Multiparametric Approach to Unravelling the Geoenvironmental Conditions in Sediments of Bay of Koper (NE Adriatic Sea): Indicators of Benthic Foraminifera and Geochemistry. *Frontiers in marine science* 9, 812622, 18 doi:10.3389/fmars.2022.812622

Internetski izvori:

[1] V.Ćosović: Predavanja i vježbe Mikropalaeontologija, Metode paleontoloških istraživanja (pristupljeno 1.9.2022.)

