Foraminiferska zajednica srednjeg šelfa Sredozemnog mora (odobalje Sicilije)

Damjanović, Tamara

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:071957

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Tamara Damjanović

Foraminiferska zajednica srednjeg šelfa Sredozemnog mora (odobalje Sicilije)

Diplomski rad

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

Tamara Damjanović

Foraminiferska zajednica srednjeg šelfa Sredozemnog mora (odobalje Sicilije)

Diplomski rad
predložen Geološkom odsjeku
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu
radi stjecanja akademskog stupnja
magistra geologije

Mentori:
prof. dr. sc. Vlasta Ćosović
dr. sc. Igor Felja

Zagreb, 2020

Zahvale:

prof. dr. sc. Vlasti Ćosović na mentorstvu i velikoj pomoći pri izradi ovog rada, ljubaznosti i strpljenju

dr. sc. Igoru Felji na mentorstvu i pomoći pri izradi ovog rada kao i pripremi uzoraka i izradi analiza te na susretljovosti i ljubaznosti

mag. geol. Lei Beloši na ustupljenoj jezgri za izradu ovog rada koji je uzorkovala u sklopu projekta Ichnussa 2017 research cruise; vehicle RV Minerva Uno National Research Council of Italy (CNR)

Kolegama i kolegicama koji su uljepšali vrijeme provedeno na studiju te prijateljima koje sam stekla tijekom ovih godina

Obitelji i prijateljima koji su uvijek imali strpljenja i pružali mi podršku tijekom svih godina studiranja

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

Foraminiferska zajednica srednjeg šelfa Sredozemnog mora (odobalje Sicilije)

Tamara Damjanović

Rad je izrađen: Geološko-paleontološki zavod, Geološki odsjek, PMF, Zagreb, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska

Sažetak:

U Sicilijanskom kanalu, na dubini od 69 m uzorkovana je plitka sedimentna jezgra. Sedimentna jezgra podijeljena je svakih 5 cm (s izuzetkom najmlađih 5 cm jezgre) u 2 cm debele poduzorke koji su bili mikropaleontološki i granulometrijski analizirani. U sklopu mikropaleontološke analize određeno je ukupno 12 rodova i 20 vrsta foraminifera. Izračunati su indeksi bioraznolikosti, te indeks kisika i akumulacije bentičkih foraminifera, a bentičke foraminifere grupirane su prema ekološkim zahtjevima. Na temelju ekoloških zahtjeva i zastupljenosti vrsta u zajednici, definiran je samo jedan biofacijes, biofacijes *Brizalina spathulata*, *Valvulineria bradyana* i *Bulimina marginata*. Brojčano najzastupljenije vrste toleriraju manje količine otopljenog kisika, a prema indeksu otopljenog kisika uvjeti u okolišu su nisko do srednje oksični. Broj planktonskih foraminifera u zajednici smanjuje kako su intervali stariji, dok zastupljenost vrsta tolerantnih na obogaćenje organskom tvari raste. Granulometrijska analiza pokazala je sastav sedimenta koji odgovara mulju, pretežito sastavljen od praha te je kroz intervale ujednačen, a veličina čestica odgovara području šelfa.

Ključne riječi: šelf, mulj, bentičke foraminifere, indeksi bioraznolikosti

Rad sadrži: 37 + XII stranica, 14 slika, 9 tablica, 2 table, 1 prilog, 32 literaturna navoda, 3 internetska izvora

Jezik izvornika: hrvatski

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

Mentori: prof. dr. sc. Vlasta Ćosović

dr. sc. Igor Felja

Ocjenjivači: prof. dr. sc. Vlasta Ćosović

dr. sc. Igor Felja

prof. dr. sc. Nenad Tomašić

Datum završnog ispita: 20.02.2020.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Master's Thesis

Foraminiferal assemblage from the middle shelf of the Mediterranean sSea

(Sicily offshore)

Tamara Damjanović

Thesis completed in: Division of Geology and Paleontology, Department of Geology, Faculty of Science University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb, Croatia

Abstract:

At the offshore of Sicily (Mediterranean Sea), a short (35 cm) sediment core from a depth of 69 m was recovered. Chosen 2 cm thick intervals were micropaleontologically and granulometrically analyzed. Altogether, 12 genera and 20 species were determined from eight studied samples. Biodiversity indexes, indexes of oxygen concentration (BFOI) and accumulation rate of benthic foraminifera (BFAR) were calculated, whereas the benthic foraminifera were grouped according to ecological preferences. The biofacies named as *Brizalina spathulata*, *Valvulineria bradyana* and *Bulimina marginata* has been recognized based on abundances of species according to the environmental requirements. The dominant species in the assemblage tolerate dysoxic condition, thus the BFOI index, point to low to medium-oxygenation. The number of planktonic foraminifera in the assemblage decreases with the core depth, while the number of species tolerant to organic matter increases. The granulometric analysis showed mud sediment mainly composed of silt prevails throughout the whole core.

Keywords: shelf, mud, benthic foraminifera, indexes of biodiversity

Thesis contains: 37 + XII pages, 14 figures, 9 tables, 2 plates, 1 appendix, 32 references and 3 internet sources

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Central Geological Library, Faculty of Science University of Zagreb

Supervisor: Ph.D, Vlasta Ćosović, full professor

Ph.D, Igor Felja

Reviewers: Ph.D, Vlasta Ćosović, full professor

Ph.D, Igor Felja

Ph.D, Nenad Tomašić, full professor

Date of the final exam: February 20th , 2020

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Pregled dosadašnjih istraživanja 2
2.1. Geološka i geografska obilježja istraživanog područja 2
2.1.1. Geološka prošlost Sredozemnog mora 2
2.1.2. Geografska obilježja 3
3. Materijali i metode istraživanja 5
3.1. Mikropaleontološka obrada uzoraka 6
3.1.1. Laboratorijska obrada 6
3.1.2. Kriteriji za klasifikaciju foraminiferskih vrsta i rodova 7
3.1.3. Statistička obrada poduzoraka 8
3.2. Granulometrijske analize 14
3.2.1. Određivanje veličine čestica u sedimentu 14
3.2.2. Statistička obrada granulometrijske analize 16
4. Rezultati 17
4.1. Rezultati istraživanja foraminiferske zajednice 17
4.2. Rezultati granulometrijske analize 25
5. Rasprava 28
6. Zaključak 32
7. Literatura 33
8. Popis slika u tekstu 36
9. Popis tablica u tekstu 37
10. Table VI
11. Prilozi XI

1. Uvod

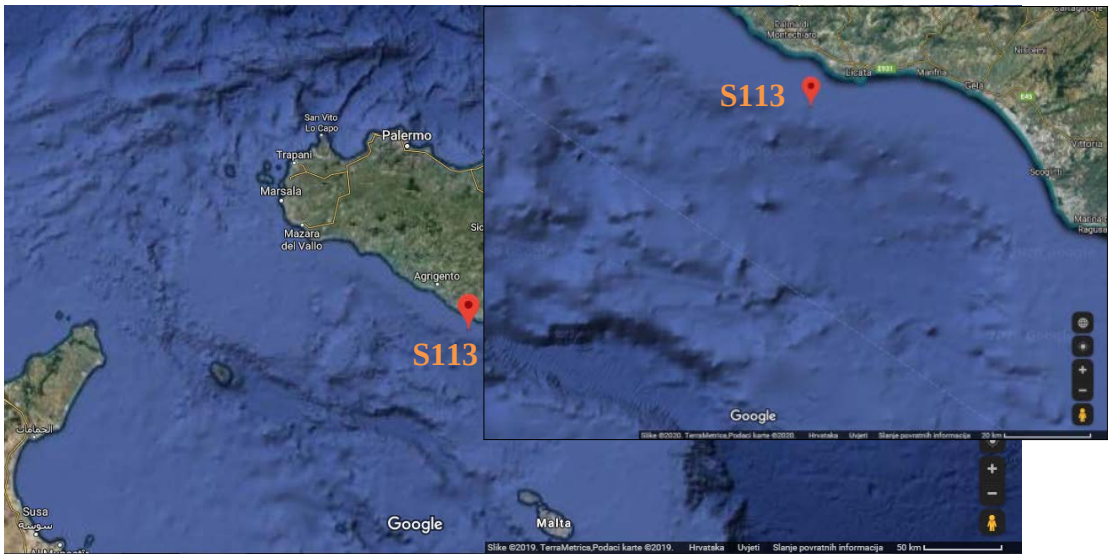
Foraminifere su skupina jednostaničnih, eukariotskih organizama. Od njihove pojave u kambriju do danas nastanjuju morske okoliše te slatke i bočate vode. Žive kao organizmi dna (bentos) ili plutaju (plankton). Bentičke su foraminifere najbrojnija skupina preživih u morskim okolišima, a najraznovrsnija je zajednica koja živi na šelfu. Sastav zajednica (brojnost jedinki, raznolikost vrsta) ovisi o fizikalno-kemijskim uvjetima pridnenih voda i sedimenta, odnosno vodenog stupca. Žive od nekoliko dana do nekoliko mjeseci i nakon uginuća kućica ostaje u sedimentu. Kućice foraminifera bilježe ekološke promjene jer mogu reagirati na promjene koje su nastale u okolišu. Tu je i tajna njihove primjene u ekološkim rekonstrukcijama morskih okoliša. Specifičnost ovih organizama je kućica koju izgrađuju od kalcita ili aragonita, ili je pak kućica aglutinirana, odnosno skelet je izgrađen od zrna okolnog sedimenta. Kućica-skelet omogućuje laku identifikaciju i sistematsku klasifikaciju, lako prikupljanje, a kako ih nalazimo u velikom broju koji je adekvatan statističkim standardima čak i u malom uzorku, one su važno oruđe u (paleo)ekološkim istraživanjima i rekonstrukcijama. Zahvaljujući čvrstom skeletu, foraminifere imaju veliki prezervacijski potencijal, stoga su važan alat u interpretaciji paleookoliša.

Cilj ovog diplomskog rada bio je proučiti recentnu i sub-recentnu zajednicu foraminifera u odobalju uz južnu obalu Sicilije. Uzorci plitkih jezgara izvađeni su sa 69 m dubine. Određeni su rodovi i vrste, prema njihovoj brojnosti i zastupljenosti određena su obilježja same zajednice (indeksi bioraznolikosti) kao i okoliša u kojem obitavaju te je napravljena interpretacija ekoloških uvjeta tijekom nakupljanja sedimenta (prema podacima iz rada Hassen et al., 2019). Uz analizu foraminiferske zajednice određena su i granulometrijska svojstva sedimenta kako bi se upotpunila interpretacija o karakteristikama šelfa.

2. Pregled dosadašnjih istraživanja

2.1. Geološka i geografska obilježja istraživanog područja

Deset kilometara južno od obale Sicilije, u Sicilijanskom prolazu na dubini od 69 m, uzorkovana je jezgra S113 (Slika 1). Područje uzorkovanja odgovara kontinentskom šelfu.



Slika 1. Mjesto uzorkovanja s detaljnim slikom koja otkriva i morfologiju dna (Google Maps ©2019).

2.1.1. Geološka prošlost Sredozemnog mora

Nastanak Sredozemnog mora rezultat je složenih procesa vezanih uz tektoniku ploča, globalne promjene razine mora i klime. Nastajanje Sredozemnog mora počinje još u kredi kada na sjevernom rubu Neotethys oceana dolazi do subdukcijskih procesa uzrokovanih kretanjima Afričke ploče prema sjeveroistoku i Euroazijske ploče prema jugu. Ta kretanja uzrokovala su tektonske poremećaje, rasjedanje, formiranje oceanskih jaraka i uzvišenja, a time i proces zatvaranja tadašnjeg oceana Neotethys. Na granici eocena i oligocena, Alpskom orogenezom, Afrička, Indijska i Euroazijska ploča su kolidirale i rezultat toga je zatvaranje istočnog dijela oceana, stvaranje Paratethys mora na sjevernim rubovima (područje današnje istočne Europe, Rogl, 1999), formiranje Sredozemnog mora na južnom dijelu, a preostali dio postaje Indijski ocean. Kako je novonastalo more Paratethys još uvijek bilo povezano s južnim dijelom Neotethys-a preko područja Alpa i rijeke Rhone, postanak Sredozemnog mora odvijao se sredinom miocena, prije otprilike 15 milijuna

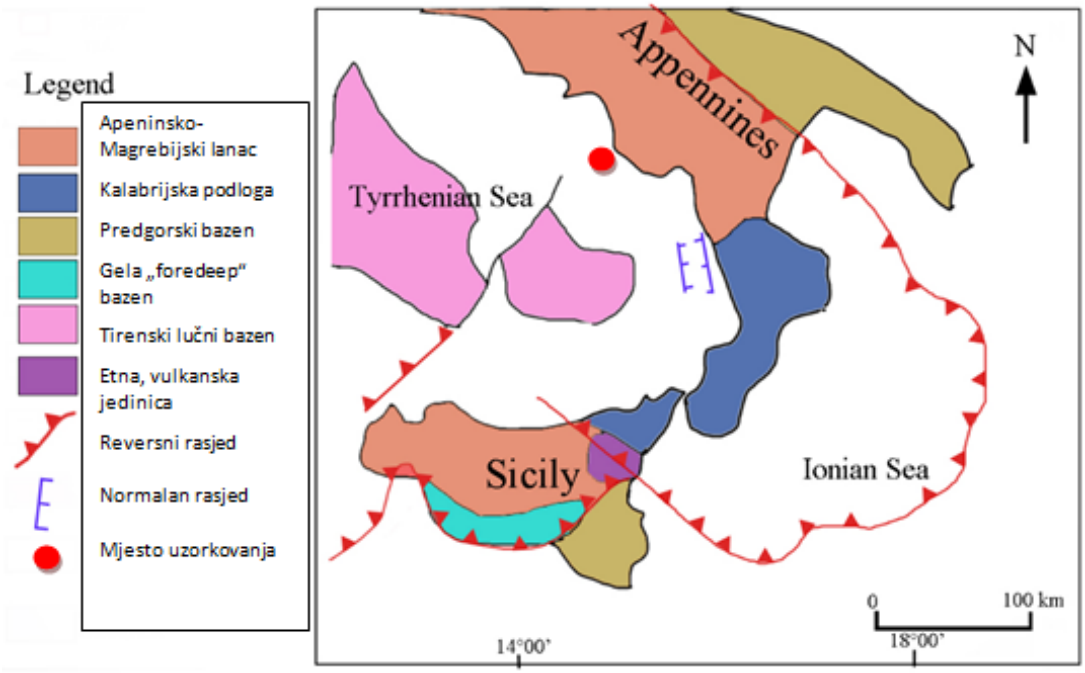
godina. Tada se veza Neotethysa i Paratethysa prekida u području Alpa, a na području današnje Sirije i Iraka zbog kolizije ploča zatvara se veza s Indopacifičkim prostorom, odnosno sada Indijskim oceanom, a preostali „zatvoreni“ dio Neotethysa ostaje kao Sredozemno more (Bucković, 2006). Specifičan događaj u geološkoj prošlosti Sredozemnog mora je razdoblje „mesinske solne krize“. Prije otprilike 6 milijuna godina globalna morska razina je znatno pala (posljedica oledbi u antarktičkom prostoru) te u prostoru Sredozemnog mora dolazi do znatnog oplićavanja. Oplićavanje krajem miocena uzrokovalo je taloženje debelih naslaga evaporita, upravo iz tog razloga razdoblje je dobilo naziv „solna kriza“. Prema nalazima pliocenskih sedimenata na prostorima dubokih kanjona Sredozemnog mora pretpostavlja se da je velik dio područja u to doba bio izložen kopnenim uvjetima. U dubljim dijelovima nalazili su se plitkovodni bazeni gdje su se taložili evaporiti, a u „kopnenim“ dijelovima rijeke Rhone, Po i Nil stvarali su aluvijalne naslage. Početkom pliocena globalna morska razina raste te se prije oko 5,5 milijuna godina podiže i razina mora u Sredozemnom moru, a izloženi dijelovi ponovo se poplavljuju morem. Na to ukazuje marinska mikrofosilna zajednica nađena u naslagama koje leže na naslagama evaporita. U pliocenu globalna morska razina počinje rasti, Sredozemno more je bilo plitko i toplo epikontinentalno more. Veza s Atlantskim oceanom se tada otvara te se u taložnom prostoru akumuliraju lapori, pjeci (pješčenjaci) i silt (siltiti), a ponegdje i šljunak (konglomerati). Nakon ovog toplijeg razdoblja, krajem pliocena, otprilike prije tri milijuna godina, klima se mijenja, dolazi do zahlađenja koje nazivamo „ledenim dobom“. To je razdoblje koje traje i danas, a obilježavaju ga izmjene toplijih i hladnijih perioda, odnosno razdoblja u kojima postoje kontinentalne oledbe (glacijali) i onih u kojima nema kontinentalnih oledbi (interglacijali) što posljedično utječe i na razinu mora. Prije otprilike 8000 godina otopili su se ledeni pokrovi iz posljednjeg glacijala te je polako razina mora dostigla razine koje ima i danas (Bucković, 2006).

2.1.2. Geografska obilježja

Sredozemno more danas zauzima površinu od 2 510 000 km^2 te kao rubno more Atlantskog oceana sačinjava 2,8% ukupne površine oceana (mrežni izvor, http://www.marinespecies.org/foraminifera/). Prosječna dubina je 1500 m. Sa zapadne strane Gibraltarskim vratima povezano je s Atlantskim oceanom, a s istočne strane preko Sueskog kanala s Crvenim morem. Dijeli se na zapadni i istočni bazen, granica je plitki

podmorski greben koji se naziva Sicilijski prolaz između jugoistočne obale Sicilije i Tunisa.

Područje istraživanja nalazi se u odobalju Sicilije, dijelu kojim se proteže Sicilijanski prolaz. Salinitet se povećava u istočnom dijelu Sredozemlja gdje je velika razina evaporacije. Prosječna slanost u Sredozemnom moru je 38‰, a najveću ima more oko Cipra gdje iznosi i do 39,5‰. Na slanost utječe i donos slatke vode s kopna, no i donos ove vode manji je od iznosa vode koja se gubi putem evaporacije (Lozić, 2012). Istraživano područje pripada centralnom slijevnom području gdje je i najmanji dotok slatke vode u Sredozemlju. Hladnija voda koja dolazi iz oceana se zagrijava i zaslanjuje kako se pomiče prema istoku te se zadržava u površinskom dijelu vodenog stupca, dok već gušća i hladnija voda cirkulira prema zapadu u dubljim dijelovima stupca. Prosječna temperatura vode je u površinskom dijelu oko 25 °C, a u dubinskom dijelu oko 13 °C. Uzorkovane naslage deset su km udaljene od obala Sicilije (Slika 2) gdje kasno miocenski – pliocenski platformski vapnenci i evaporitne stijene nastale tijekom „Slane krize“ i pjeskovitih gline izdanjuju (Pipanl i Prizzon, 2005). Kako u širem prostoru nema većih riječnih tokova donos materijala s kopna je ograničen (Lozić, 2012).



Slika 2. Pojednostavljena tektonsko-formacijska karta Sicilije (Pipanl i Prizzon, 2005).

3. Materijali i metode istraživanja

Za potrebe izrade diplomskog rada analizirana je sedimentna jezgra označena kao S133, uzorkovana sa 69 metara dubine gravitacijskim korerom u odobalju Sicilije, na poziciji 37°01'31,8"N, 13°48'45,0" E.

Sedimentna jezgra dobivena je tako što je plastična cijev promjera 8 cm utisnuta 35 cm duboko u sediment dna (Slika 3). Osam poduzoraka, debljine 2 cm su izdvojeni iz



Slika 3. Pogled na uzdužno presječenu sedimentnu jezgru S113

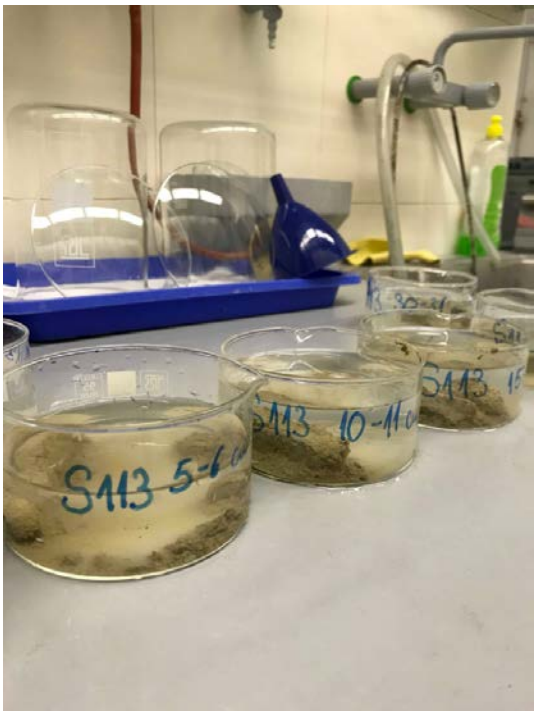
sedimentne jezgre svakih 5 cm idući od vrha jezgre (najmlađeg dijela) prema dnu (najstariji dio). Istraživani su sljedeći intervali: 0-2 cm, 5-7 cm, 10-12 cm, 15-17 cm, 20-22 cm, 25-27 cm, 30-32 cm, 33-35 cm). Treba spomenuti kako na primjer interval 10-12 cm je dva centimetra sedimentne jezgre od 10tog cm do 12og cm, ali ne i 12ti cm. Poduzorci su osušeni na sobnoj temperaturi i izvagani.

Izabrani poduzorci analizirani su mikropaleontološki i granulometrijski.

3.1. Mikropaleontološka obrada uzoraka

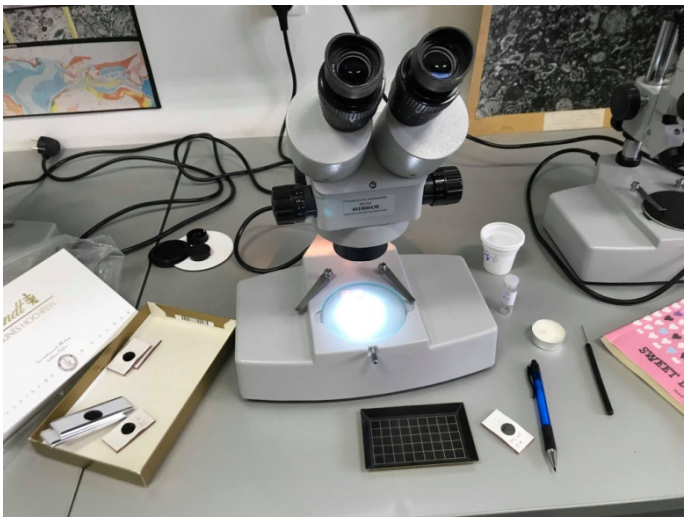
3.1.1. Laboratorijska obrada

Osušeni poduzorci ostavljeni su 24 sata u otopini destilirane vode i 33% vodikovog peroksida (mješavine 2 l vode i 0,5 dl 33% otopine vodikovog peroksida, Slika 4) . Nakon što su eliminirane organske tvari iz svakog poduzorka djelovanjem snažnog okidansa,



Slika 4. Uzorci ostavljeni u otopini destilirane vode i 33% vodikovog peroksida radi eliminacije organske tvari.

dekantirana je otopina i talog je ispran kroz sito promjera otvora 0,063 mm. Zaostala frakcija ostavljena je da se suši na sobnoj temperaturi. Nakon što se frakcija osušila, suho je prosijana kroz sito promjera rupica 0,125 mm. Na taj način protokol FOMIBO je primijenjen (Schonfeld et al., 2012). Frakcije > 0,125 mm analizirane su na stereoskopskom mikroskopu (Stereo Zoom Microscope XTL, Slika 5). Na fotografiji se može vidjeti i korišteni pribor (mikroskopska plitica, iglice i odgovarajuće mikroskopske „kutijice“). Iz ukupne zajednice svakog poduzorka odabrano je 300-tinjak foraminiferskih kućica za daljnju analizu.



Slika 5. Stereo Zoom Microscope XTL i pribor za mikroskopiranje

Jedinke su klasificirane u vrste i rodove prema kriterijima klasifikacije Loeblich & Tappan (1987) i imena rodova i vrsta su korigirana prema standardiziranoj nomenklaturi *Word Register of Marine Species* (WoRMS, 2014). Vrste su određene prema objavljenim radovima o foraminiferama iz Sredozemnog mora (Cimeran i Langer, 1991; Donnici i Serandrei Barbero, 2002; Musco, 2011).

3.1.2. Kriteriji za klasifikaciju foraminiferskih vrsta i rodova

Budući da se analizirana zajednica foraminifera sastojala od bentičkih i planktonskih foraminifera, kriteriji za određivanje bili su tip stijenke, oblik kućice, što uključuje način namatanja (trohospiralno, planispiralno, biserijalno, uniserijalno), oblik i položaj ušća, reljef sutura, postojanje dodataka na kućici u obliku bodlji, perforacija stijenke, položaj i morfologija pupka, razni ukrasi (njihov oblik i distribucija). Stijenka može biti aglutinirana, kalcitna perforatna i imperforatna. Tipovi namatanja veoma se razlikuju, oni diktiraju oblik kućica (kuglast, fuziformni, stožast), stoga su korišteni kao prvi kriterij za odjeljivanje jedinki u morfološki slične skupine i daljnju klasifikaciju. Spomenuti kriteriji za određivanje jedinki kao što su prisutnost bodlji ili perforacija na stijenci bili su od velike važnosti kod uočavanja manjih morfoloških razlika među jedinkama istih rodova. Tako je, primjerice, prisutnost bodlji bio važan kriterij za razlikovanje vrste *Brizalina alata*

(Seguenza) od vrste *Brizalina spathulata* (Williamson), koje su na prvi pogled morfološki veoma slične.

3.1.3. Statistička obrada poduzoraka

Ukupna foraminiferska zajednica je analizirana u ovom radu, što uključuje žive jedinke u trenutku uzorkovanja kao i prazne kućice. Naime, sedimentna jezgra nije bila tretirana Rose Bengal bojom, koja bi omogućila razlikovanje živućih od uginulih jedinki. To znači da opisana zajednica ne odgovara stvarnoj distribuciji vrsta u zajednici na dubini od 69 m u sezoni uzorkovanja već odražava više generacija jedinke koje su se nakupljale na dnu ili koje su čak *post-mortem* transportirane na mjesto uzorkovanja (Murray, 2006).

U znanstvenim krugovima već se godinama vodi rasprava o tome treba li pri istraživanjima foraminifera koristiti živuće ili uginule jedinke (Murray, 2000). Prema Langer i Lipps (2003) u bilo kojem uzorku, svega mali postotak zajednice otpada na živuće foraminifere. Stoga i analizirane zajednice možemo tretirati kao zajednice koje predstavljaju stvarne odnose. Kako bi se bolje interpretirala zajednica foraminifera, promjene koje se zbivaju vezano uz promjene ekoloških parametara na dnu i u vodenom stupcu, izračunat je niz indeksa biološke raznolikosti. Za potrebe statističke obrade određeni su: bogatstvo vrsta (S) kao broj vrsta u svakom poduzorku, Fisher α indeks, Shannon-Wiener-ov indeks raznolikosti, indeksi dominacije (Simpsonov indeks i Berger-Parker-ov indeks). Indeksi su izračunati upotrebom Past 3.05 računalnog programa (Hammer et al., 2001). Uz to, sastav svake zajednice izražen je u relativnim vrijednostima s istaknutim zastupljenim , odnosno rijetko zastupljenim vrstama. Obzirom na abundanciju pojedinih vrsta i rodova, prepoznate su dominantne, srednje zastupljene te rijetko i vrlo rijetko zastupljene vrste/rodovi. Dominantne vrste su sve one koje su u zajednici zastupljene u postotku većem od 10%, srednje zastupljene one koje nalazimo u postotcima od 4% do 10%, rijetko zastupljene od 1% do 4% te one koje su vrlo rijetko zastupljene te ih nalazimo u postotku manjem od 1% (Murray, 2006).

3.1.3.1. Indeksi bioraznolikosti

Foraminiferska je zajednica definirana primjenom niza indeksa raznolikosti:

Bogatstvo vrsta (S) prvi je indeks koji se određuje kad se želi interpretirati bioraznolikost. Indeks označava broj vrsta prisutnih u pojedinom uzorku, odnosno poduzorku u ovom radu. Za svaki poduzorak izbrojane su jedinke (N) koje su prisutne nakon postupka standardizacije ili u pojedinim istraživanim intervalima. Broj jedinki uključuje jedinke svih vrsta prisutnih u poduzorku, dakle ukupan zbroj svih bentičkih i planktonskih foraminifera, dok su kod određivanja bogatstva vrsta (S) uključene vrste bentičkih foraminifera, odnosno jedinki koje su određene na nivou roda i/ili vrste.

Sljedeći određeni indeks je **Simpsonov indeks raznolikosti (1 – D)**. Ovaj indeks pokazuje zastupljenost vrsta u foraminiferskoj zajednici, (Murray, 2006). Vrijednosti indeksa bliže 0 ukazuju na dominaciju pojedine vrsti u zajednici, dok vrijednosti bliže 1 ukazuju na ujednačeniju zastupljenost vrsta u zajednici. U slučaju da su sve vrste podjednako zastupljene, vrijednost indeksa iznosi 1. Indeks se izračunava pomoću jednadžbe:

$$1 - D = 1 - \sum (n_i / n)^2 ,$$

gdje je n_i = broj jedinki zastupljenih u vrsti *i*

n = ukupan broj jedinki

Shannon-Wiener-ov indeks raznolikosti H(S) daje informaciju o relativnoj zastupljenosti vrsta u odnosu na broj vrsta. Vrste koje su brojčano zastupljenije utjecat će na vrijednost indeksa te će vrijednost indeksa biti najveća kada su sve vrste jednako zastupljene (H_{max} = lnS) (Murray 2006). Izračunava se pomoću jednadžbe:

$$H(S) = -\sum_{i=1}^{S} p_i \ln p_i$$

gdje je p_i = udio jedinki jedne vrste u ukupnom broju jedinki

Fisherov α indeks prikazuje raznolikost zajednice uzimajući u obzir i one vrste koje su rjeđe zastupljene. Tako će vrijednosti ovog indeksa biti specifične za određene okoliše (Murray 2006). Formula glasi:

$$\alpha = \frac{N(1-x)}{x}$$

Vrijednosti Fisherovog indeksa u određenim okolišima

<1 – 5 brakične močvare
<1 – 2 morske močvare

<1 – 7 hiperslane močvare
<1 – 3 brakične mangrove
<1 – 5 brakične lagune
3 – 12 marinske lagune
<1 – 6 hiperslane lagune
3 – 19 unutarnji šelf, H(S) 0,6-2,75
5 – 19 vanjski šelf, H(S) 0,6-2,75
1 – 22 gornji i donji batijal, H(S) 0,75-4,1.

Indeks ujednačenosti E (ekvitabilnosti) dobiva se dijeljenjem Shannon-Wienerovog indeksa prirodnim logaritmom ukupnog broja vrsta u uzorku te na taj način daje informaciju o raspodjeli jedinki među vrstama. Dominacija jedne vrste snizit će vrijednost ujednačenosti koja se kreće od 0 do 1 (Murray, 2006). Računa se prema formuli:

$$E = \frac{H(S)}{\ln(S)},$$

E = indeks ujednačenosti, H(S) = Shannon-Wienerov indeks, S = ukupan broj vrsta

Indeks dominacije D ili Bergev-Parkerov indeks pokazuje kolika je raznolikost zajednice te u kojem omjeru su zastupljene vrste. Izražava se u rasponu vrijednosti od 0 do 1 pa u slučaju da je raznolikost velika i vrste su jednako zastupljene iznos indeksa je 0. Ako je raznolikost mala i jedna vrsta je dominanta vrijednost indeksa će iznositi 1. Računa se prema formuli:

$$D = \frac{N}{N_{max}}$$

N = broj jedinki najbrojnije vrste, N_{max} = broj jedinki svih vrsta u zajednici

Osim navedenih indeksa napravljena je i procjena količine otopljenog kisika prema Kaiho (1994) kao jedan od pokazatelja ekoloških parametara te procjena primarne produkcije prema Herguera i Berger (1991).

1) Indeks kisika pokazuje količinu kisika koja je prisutna na morskome dnu. Kaiho (1994) dijeli rodove bentičkih foraminifera na morfotipove koji su prilagođeni oksičnim, suboksičnim i disoksičnim uvjetima u okolišu. Tako su oksične vrste one velikih kućica i debelih stijenki te epifaunalne, a količina otopljenog kisika koju trebaju za funkcioniranje je veća od 1,5 ml/l. Disoksični morfotipovi imaju tanku stijenku te izduženu i spljoštenu

kućicu i infaunalne su, dok je količina otopljenog kisika u rasponu od 0,1 do 0,3 ml/l (Southward et al., 2003).

Indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI) određuje se prema broju oksičnih odnosno disoksičnih pokazatelja prema formuli:

BFOI=[O/(O+D)]x100

gdje je O broj oksičnih pokazatelja, a D broj disoksičnih pokazatelja. (O mora biti > 0)

Prema vrijednostima BFOI mogu se razlikovati različiti uvjeti oksičnosti:

Tablica 1. Različiti uvjeti oksičnosti prema vrijednostima indeksa te količina otopljenog kisika u tim uvjetima

Okolišni uvjeti	BFOI	Količina kisika (mL/L)
vrlo oksični uvjeti	50 - 100	3,0 - 6,0
nisko do srednje oksični uvjeti	0 - 50	1,5 - 3,0
suboksični uvjeti	-40 - 0	0,3 - 1,5
disoksični uvjeti	-55 - -40	0,1 - 0,3
anoksični uvjeti	-55	0,0 - 0,1

2) BFAR (indeks akumulacije bentičkih foraminifera) mjera je akumulacije kućica foraminifera na dnu mora na kvadratnom centimetru u određenom vremenskom periodu. Izražava se kao broj kućica na $cm^2/10^3$ god; što je ustvari broj jedinki bentičkih foraminifera u gramu suhog $sedimenta^{-1}$ pomnoženo s gustoćom suhog sedimenta [g/cm^3]. Prema Herguera i Berger (1991) količina akumulacije pokazatelj je primarne produkcije u površinskom sloju vode, odnosno količina organske tvari koja će pasti na dno. Za izračunavanje indeksa potrebno je znati brzinu nakupljanja sedimenta. Za ovu priliku korišteni su podaci sedimentne plitke jezgre koja je izvađena u Sicilijankom kanalu (Hassen et al., 2019).

Ovaj je indeks koreliran s TROX modelom (Jorissen et al., 1995), koji koristi količinu nutrijenta i otopljenog kisika kao granične ekološke parametre za distribuciju bentičkih foraminifera. Naime, prema modelu povećanu eutrofikacijom morskog dna prati i dominacija infaunalnih jedinki i to kako se povećava količina nutrijenata i smanjuje koncentracija kisika tako udio duboke infaune (one koja živi do 10 cm dubine sedimenta) raste.

3.1.3.2. Ekološki zahtjevi vrsta

Za interpretaciju ekoloških uvjeta uz navedene indekse jako su važni ekološki zahtjevi pojedinih rodova i vrsta koji su opisani prema Murray (2006). Izbor rodova je napravljen prema zastupljenosti rodova u istraživanim poduzorcima:

Ammonia sp. jedinke žive kao infauna u muljevitom sedimentu, preferiraju brakične i marinske okoliše, mogu podnijeti visok salinitet te visoke (tropske) temperature, žive na dubinama do 50 m (okoliši unutarnjeg šelfa) te u brakičnim i hipersalinim lagunama.

Asrononion sp. jedinke žive i kao epifauna i kao infauna u muljevitom sedimentu te se pretpostavlja da su prema prehrani muljojedi, a rasprostranjeni su u hladnijim marinskim okolišima od šelfa do batijala.

Brizalina sp. jedinke žive kao infauna u mulju, neke vrste mogu tolerirati disoksične okoliše, rasprostranjene su u morima nižih temperatura do batijalnih prostranstava, a prema prehrani su muljojedi.

Bulimina marginata (d'Orbigny), predstavnici ove vrste žive kao infauna (do 4 cm dubine), preferiraju okoliše s velikom primarnom produkcijom, a u anoksičnim okolišima žive kao infauna duboko ubušeni u sedimentu.

Elphidium sp. jedinke žive kao slobodna epifauna na pjeskovitoj podlozi, prema prehrani su biljojedi, rasprostranjene su u toplim morima, u područjima unutarnjeg šelfa. Pojedine su vrste slobodna infauna (u muljevitom sedimentu), biljojedi su te žive u brakičnim do hipersalinim močvarama i lagunama i u unutarnjem šelfu.

Fursenkoina sp. jedinke su u muljevitom sedimentu slobodna infauna, neke vrste mogu tolerirati disoksične uvjete, muljojedi su koji podnose salinitet od 30 do 35‰ te žive na područjima od šelfa do batijala.

Haynesina sp. jedinke su slobodna infauna u muljevitom/prahovitom sedimentu, neke vrste toleriraju disoksične uvjete, muljojedi su, područje u kojem žive obuhvaća prostore od šelfa do batijala te podnose salinitet od 30 do 35‰.

Melonis sp. jedinke su slobodna infauna u muljevitom sedimentu, neke vrste toleriraju disoksične uvjete, muljojedi su koji nastanjuju područja od šelfa do batijala.

Textularia sp. jedinke žive kao slobodna epifauna, prema prehrani se pretpostavlja da su muljojedi, distribuirani su i u hladnijim i u toplim morima, od 0 do 500 metara dubine, u lagunama te u okolišima od šelfa do batijala.

Uvigerina sp. jedinke su pretežito infauna u hladnijim morima, od 100 do 4500 m dubine, od šelfa do abisala, žive u muljevitom sedimentu, prema prehrani su biljojedi.

Valvulineria bradyana (Fornasini) je plitka infauna, tolerira disoksične okoliše.

3.2. Granulometrijske analize

3.2.1. Određivanje veličine čestica u sedimentu

Za potrebe granulometrijske analize korištena je kombinirana metoda mokrog sijanja i sedigrafa. Deset grama svakog poduzorka prosijano je metodom mokrog sijanja kroz standardna Retsch®ASTM sita (Slika 6) od nehrđajućeg čelika promjera otvora 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,250 mm, 0,125 mm te 0,063 mm. Kako bi se sijanje provelo brže i efikasnije korištena je tresilica Fritcsh Analysette® (Slika 7).



Slika 6. Standardna Retsch®ASTM sita

Frakcije manje od 0,063 mm ostale su u suspenziji u posudi u kojoj su ostavljene nekoliko tjedana kako bi se sve čestice istaložile iz suspenzije na dno posude. Frakcije su analizirane na sedigrafu (SediGraph 5100) (Slika 7) uz pomoć računalnog programa SediGraphWin 5100 (Micromeritics, 2002).

Sedigraf prema brzini sedimentacije čestica određuje veličine određenih čestice te daje podatak o masenim udjelima svake izmjerene frakcije. Rad uređaja temelji se na principu procesa gravitacijske sedimentacije i apsorpcije nisko-energetskih rendgenskih zraka. Sedimentaciju čestica objašnjava Stokes-ov zakon koji glasi:

$$V= (\rho-\rho 0)d^2g/18\mu,$$

pri čemu je brzina sedimentacije čestica V, $\rho-\rho 0$ razlika u gustoći čestica i fuida, d promjer zrna te μ, dinamički viskozitet. Uređaj za mjerenje masene koncentracije čestica

koristi snop paralelnih rendgenskih zraka. Kako bi mogao izmjeriti koncentraciju čestica potrebno je prvo izmjeriti intenzitet rendgenskih zraka koje su prošle kroz čistu suspenzijsku tekućinu (otopina demineralizirane i deionizirane vode kojoj je dodan antikoagulans natrij heksametafosfat $(NaPO_3)_6$). Zatim se u tekućinu dodaju uzorak te se miješanjem postiže homogena suspenzija. Prisutnost uzorka, odnosno čestica koje se nalaze u suspenziji uzrokuje smanjenje intenziteta propuštenih rendgenskih zraka zato što se dio zraka apsorbirao na čestice. Promjenom količine čestica u suspenziji, mijenja se i intenzitet tj. apsorpcija zraka. Homogenost suspenzije (postiže se stalnim miješanjem) održava konstantnu vrijednost izmjerenog intenziteta rendgenskih zraka. Jednom kada miješanje prestane, čestice iz suspenzije počinju se taložiti te se prolaznost zraka mjeri na određenoj dubini s. Čestice se tada razdvajanju prema brzini taloženja na koju utječe veličina čestica(veće čestice brže se talože, manje čestice duže ostaju u suspenziji) prema Stokes-ovom zakonu. Čestice se razdvajaju po veličini od krupnih do sitnih čestica, a uređaj pokazuje podatke masenih udjela frakcija (Pikelj, 2010).



Slika 7. Prikaz tresilice Fritcsh Analysette® sa setom sita na lijevoj strani te sedigraf SediGraph 5100 korišten za analizu frakcija manjih od 0,063 mm na desnoj strani

3.2.2. Statistička obrada granulometrijske analize

Podaci dobiveni na sedigrafu zatim su nakon unošenja u Microsoft Excel obrađeni koristeći program GRADISTAT Ver. 6.0. (Blott i Pye, 2001). Time su dobiveni podaci o količini pojedine frakcije u uzorku, sortiranost uzorka, prosječna i srednja veličina čestica. Rezultati analize prikazani su u trokomponentnom dijagramu te je prema Folku (1954) određen tip sedimenta.

Granulometrijski parametri dobiveni su očitavanjem veličine čestica koja je izražena u Φ jedinicama na osi x kumulativne krivulje, dok je na osi y prikazana masa uzorka u postotcima. Tako su za računanje niže opisanih parametara očitane vrijednosti Φ za kumulativne postotke 5, 16, 15, 25, 50, 75, 84 te 95.

1) **Srednja veličina zrna** (*median*) prikazuje vrijednost od koje je 50% čestica veće, a ujedno i 50% čestica manje, označava se kao M_d = Φ50

2) **Prosječna veličina zrna** (*mean*) prikazuje aritmetičku sredinu veličina čestica te se računa :

$$M_z = \frac{(\phi 16 + \phi 50 + \phi 84)}{3}$$

3) **Koeficijent sortiranosti** (*sorting***)** prikazuje jednoličnost distribucije te se računa kao

$$S_o = \frac{(\phi 84 - \phi 16)}{4} + \frac{(\phi 95 - \phi 5)}{6.6}$$

Kategorije sortiranosti sedimenta:

< 0,35 - vrlo dobro sortirano

0,35-0,50 - dobro sortirano

0,5-0,70 – umjereno dobro sortirano

0,70 – 1,00 – umjereno sortirano

1,00 – 2,00 – loše sortirano

2,00 – 4,00 – vrlo loše sortirano

> 4,00 – izrazito loše sortirano

4. Rezultati

4.1. Rezultati istraživanja foraminiferske zajednice

Analizom osam poduzoraka jezgre S113 određeno je 12 rodova i 20 vrsta bentičkih foraminifera (Tablica 2, 3). U svim poduzorcima prevladavaju foraminifere staklastih stijenki (predstavnici podreda Rotaliina). Predstavnici podreda Miliolina i podred Textulariina zastupljeni su samo s jednim rodom. Planktonske foraminifere su identificirane samo na nivou skupine (Tablica 2, 3) te je njihov broj u svakom poduzorku prikazan i kao postotak u odnosu na ukupan broj jedinki (Slika 10). Relativna zastupljenost određenih rodova i vrsta po intervalima također je prikazana u prilogu I.

Kućice su većinom dobro očuvane, tek sporadično se nalaze kućice čija je stijenka obojena. Tako se pojavljuju nijanse ružičaste i crvene boje u slučaju planktonskih foraminifera. Poznato je da se vrsta *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny) pojavljuje u dvije kromovarijante: rozo-crvena i bijela kućica. Richey et al. (2012) sugeriraju kako se brojnost tipova sezonski mijenja. Bentičke foraminifere sporadično su tamno smeđe do crne boje, što je posljedica trošenja.

Broj vrsta bentičkih foraminifera (Tablica 2 i 3) je od 13 (poduzorak 0-2 cm) do najviše 19 (poduzorak 15-17 cm). U intervalu od 15 do 17 cm foraminiferska zajednica ima najveći broj planktonskih kućica (5,34%). U tom intervalu dominantna je vrsta *B. marginata (*27,40% zajednice). Najmanji broj planktonskih foraminifera nađeno je u intervalu od 33 do 35 cm, dok je u istom intervalu broj vrsta bentičkih foraminifera 18 (Tablica 2) s jedinkama *B. marginata* koje dominiraju. Distribucija dominantnih vrsta u pojedinim intervalima je sljedeća: *B. spathulata* (intervali od 0 do 12 cm dubine), *B. marginata* (intervali 15-17 cm, te od 25 do 35 cm) te *V. bradyana* (20-22 cm) (Tablica 4). Srednje zastupljene vrste i rodovi su *Ammonia sp., B. alata, B. elongata, Cibides refulgens, Melonis sp.,* te *V. bradyana* u svim intervalima osim u intervalu od 0 do2 cm) te od 20 do 22 cm. Abundacija svih rodova i vrsta u svakom intervalu prikazana je u tablici 4. Vrijednost Simpsonovog indeksa (Tablica 5) najniža je u intervalu 0-2 cm i iznosi 0,79, dok je najviša u intervalu 10-12 cm, te iznose 0,90. Vrijednosti Shannon-Wiener-ovog indeksa najniže su u površinskom intervalu (0-2 cm) i iznose 1,92, a u najdubljem intervalu (33-35 cm) iznos ovog indeksa je 2,37 te se vrijednosti indeksa povećaju s dubinom. Vrijednosti indeksa ujednačenosti E su u rasponu od 0,48 (interval 5-7 cm) do 0,7 (interval

10-12 cm). Fisherov α indeks ima vrijednosti od 3,28 do 5 koje odgovaraju okolišima marinskih laguna i unutarnjeg šelfa. Berger-Parkerov indeks ima vrijednosti u rasponu od 0,20 do 0,36.

Tablica 2. Određeni rodovi i vrste foraminifera u uzorku po dubini te apsolutna brojnost prema intervalima 0-2 cm, 5-7 cm, 10-12 cm te 15-17 cm, način života prema Murray, 2006, osim za rodove s oznakama ([1]) Sweethmann et al., 2009; ([2]) Pezelj et al. 2013, te ([3]) Carboni i Di Bella, 1996; rodovi označeni s oznakom ([4]) imaju porculanastu, s oznakom ([5]) aglutiniranu, a svi ostali staklastu stijenku

Rodovi i vrste	0-2		5-7		10-12		15-17		**Način života**
Ammonia sp.	2	1,44%	8	4,26%	17	8,25%	10	4,57%	Infauna
Amphicoryna scalaris, Batsch, 1791	0	0,00%	2	1,06%	4	1,94%	2	0,91%	infauna[2]
Astrononion stelligerum, d'Orbigny, 1839	6	4,32%	7	3,72%	16	7,77%	9	4,11%	epi - infauna
Brizalina alata, Seguenza, 1862	7	5,04%	13	6,91%	5	2,43%	7	3,20%	infauna
Brizalina spathulata, Williamson, 1858	46	33,09%	68	36,17%	41	19,90%	31	14,16%	infauna
Bulimina elongata, d'Orbigny, 1826	0	0,00%	2	1,06%	15	7,28%	7	3,20%	infauna
Bulimina marginata, d'Orbigny, 1826	33	23,74%	40	21,28%	30	14,56%	60	27,40%	infauna
Cassidella sp.	0	0,00%	1	0,53%	0	0,00%	0	0,00%	infauna
Cassidulina sp.	9	6,47%	4	2,13%	7	3,40%	13	5,94%	infauna
Cibides refulgens, Montfort, 1808	10	7,19%	11	5,85%	20	9,71%	8	3,65%	epifauna
Elphidium crispum, Linnaeus, 1758	1	0,72%	2	1,06%	6	2,91%	5	2,28%	epifauna
Euuvigerina sp.	0	0,00%	1	0,53%	9	4,37%	9	4,11%	
Favulina hexagona, Williamson, 1848	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	Infauna[2]
Fissurina sp.	1	0,72%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	infauna
Fursenkoina sp.	4	2,88%	1	0,53%	0	0,00%	0	0,00%	infauna
Triloculina sp.[4]	1	0,72%	0	0,00%	1	0,49%	5	2,28%	epifauna
Gyroidinoides lamarckiana, d'Orbigny, 1839	3	2,16%	0	0,00%	0	0,00%	1	0,46%	epifauna
Haynesina sp.	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	3	1,37%	infauna
Hyalinea balthica, Schröter in Gmelin, 1791	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	epi-infauna[1]
Hyalinonetrion gracillimum, Seguenza, 1862	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	infauna
Laevidentalina inflexa, Reuss, 1866	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	infauna
Lagena semistriata, Williamson, 1848	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	infauna
Lagena striata, d'Orbigny, 1839	0	0,00%	3	1,60%	3	1,46%	2	0,91%	infauna
Lagena strumosa, Reuss, 1858	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	infauna
Cibicidoides lobatulus, Walker & Jacob, 1798	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	epifauna
Melonis sp.	11	7,91%	13	6,91%	17	8,25%	8	3,65%	infauna
Peneroplis sp.[4]	0	0,00%	0	0,00%	1	0,49%	1	0,46%	epifauna
Rectuvigerina sp.	3	2,16%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	infauna[3]
Rosalina floridensis, Cushman, 1930	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	epifauna
Textularia sp.[5]	0	0,00%	0	0,00%	2	0,97%	9	4,11%	epifauna
Uvigerina mediterranea, Hofker, 1932	2	1,44%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	infauna
Valvulineria bradyana, Fornasini, 1900	0	0,00%	12	6,38%	12	5,83%	29	13,24%	infauna
Planktonske foraminifere	32		35		36		41		
Ukupno bentičkih:	139		188		206		219		

Tablica 3. Određeni rodovi i vrste foraminifera u uzorku po dubini te apsolutna brojnost prema intervalima 20-22 cm, 25-27 cm, 30-32 cm te 33-35 cm, način života prema Murray, 2006, osim za rodove s oznakama ([1]) Sweethmann et al., 2009; ([2]) Pezelj et al. 2013, te ([3]) Carboni i Di Bella, 1996; rodovi označeni s oznakom ([4]) imaju porculanastu, s oznakom ([5]) aglutiniranu, a svi ostali staklastu stijenku

Rodovi i vrste	0-2		5-7		10-12		15-17		**Način života**
Ammonia sp.	2	1,44%	8	4,26%	17	8,25%	10	4,57%	Infauna
Amphicoryna scalaris, Batsch, 1791	0	0,00%	2	1,06%	4	1,94%	2	0,91%	infauna[2]
Astrononion stelligerum, d'Orbigny, 1839	6	4,32%	7	3,72%	16	7,77%	9	4,11%	epi - infauna
Brizalina alata, Seguenza, 1862	7	5,04%	13	6,91%	5	2,43%	7	3,20%	infauna
Brizalina spathulata, Williamson, 1858	46	33,09%	68	36,17%	41	19,90%	31	14,16%	infauna
Bulimina elongata, d'Orbigny, 1826	0	0,00%	2	1,06%	15	7,28%	7	3,20%	infauna
Bulimina marginata, d'Orbigny, 1826	33	23,74%	40	21,28%	30	14,56%	60	27,40%	infauna
Cassidella sp.	0	0,00%	1	0,53%	0	0,00%	0	0,00%	infauna
Cassidulina sp.	9	6,47%	4	2,13%	7	3,40%	13	5,94%	infauna
Cibides refulgens, Montfort, 1808	10	7,19%	11	5,85%	20	9,71%	8	3,65%	epifauna
Elphidium crispum, Linnaeus, 1758	1	0,72%	2	1,06%	6	2,91%	5	2,28%	epifauna
Euuvigerina sp.	0	0,00%	1	0,53%	9	4,37%	9	4,11%	
Favulina hexagona, Williamson, 1848	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	Infauna[2]
Fissurina sp.	1	0,72%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	infauna
Fursenkoina sp.	4	2,88%	1	0,53%	0	0,00%	0	0,00%	infauna
Triloculina sp.[4]	1	0,72%	0	0,00%	1	0,49%	5	2,28%	epifauna
Gyroidinoides lamarckiana, d'Orbigny, 1839	3	2,16%	0	0,00%	0	0,00%	1	0,46%	epifauna
Haynesina sp.	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	3	1,37%	infauna
Hyalinea balthica, Schröter in Gmelin, 1791	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	epi-infauna[1]
Hyalinonetrion gracillimum, Seguenza, 1862	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	infauna
Laevidentalina inflexa, Reuss, 1866	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	infauna
Lagena semistriata, Williamson, 1848	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	infauna
Lagena striata, d'Orbigny, 1839	0	0,00%	3	1,60%	3	1,46%	2	0,91%	infauna
Lagena strumosa, Reuss, 1858	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	infauna
Cibicidoides lobatulus, Walker & Jacob, 1798	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	epifauna
Melonis sp.	11	7,91%	13	6,91%	17	8,25%	8	3,65%	infauna
Peneroplis sp.[4]	0	0,00%	0	0,00%	1	0,49%	1	0,46%	epifauna
Rectuvigerina sp.	3	2,16%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	infauna[3]
Rosalina floridensis, Cushman, 1930	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	epifauna
Textularia sp.[5]	0	0,00%	0	0,00%	2	0,97%	9	4,11%	epifauna
Uvigerina mediterranea, Hofker, 1932	2	1,44%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	infauna
Valvulineria bradyana, Fornasini, 1900	0	0,00%	12	6,38%	12	5,83%	29	13,24%	infauna
Planktonske foraminifere	32		35		36		41		
Ukupno bentičkih:	139		188		206		219		

Tablica 4. Zastupljenost (od dominacije do vrlo rijetkih) pojedinih vrsta i rodova

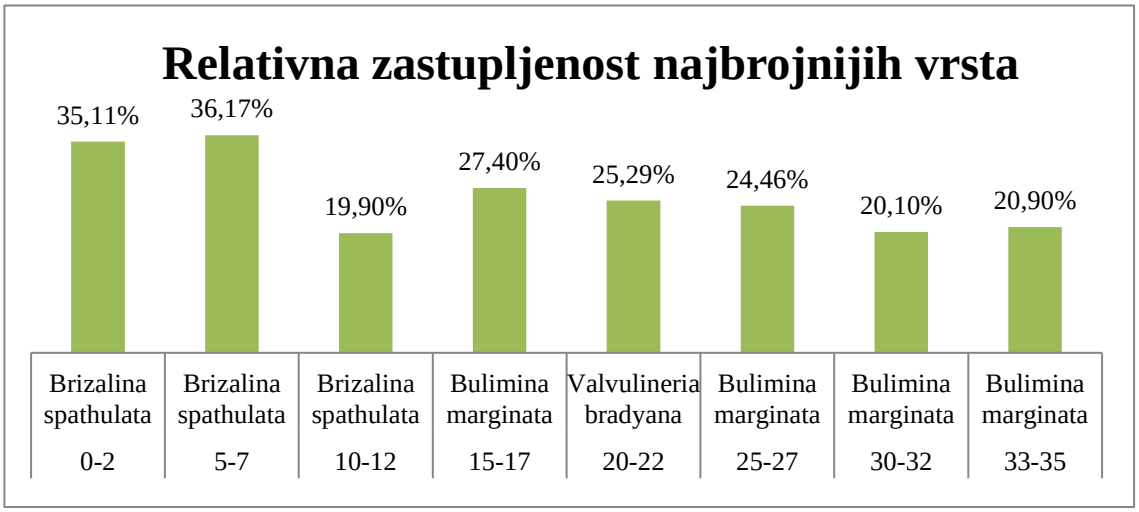
	Dominantne vrste	**Srednje zastupljene vrste**	**Rijetko zastupljene vrste**	**Vrlo rijetko zastupljene vrste**
0-2	*B. spathulata* *B. marginata*	*A. stelligerum* *B. alata* *Cassidulina* sp. *C. refulgens* *Melonis* sp.	*Ammonia* sp. *E. crispum* *Fissurina* sp. *Triloculina* sp.	*Triloculina* sp.
5-7	*B. spathulata* *B. marginata*	*Ammonia* sp. *B. alata* *C. refulgens* *Melonis* sp. *V. bradyana*	*A. scalaris* *A. stelligerum* *B. elongata* *Cassidulina* sp. *E. crispum* *L. striata*	*Cassidella* sp. *Euuvigerina* sp. *Fursenkoina* sp.
10-12	*B. spathulata* *B. marginata*	*Ammonia* sp. *A. stelligerum* *B. elongata* *C. refulgens* *Euuvigerina* sp. *Melonis* sp. *V. bradyana*	*A. scalaris* *B. alata* *Cassidulina* sp. *E. crispum* *L. striata*	*Triloculina* sp. *Peneroplis* sp. *Textularia* sp.
15-17	*B. spathulata* *B. marginata* *V. bradyana*	*Ammonia* sp. *A. stelligerum* *Cassidulina* sp. *Euuvigerina* sp. *Textularia* sp.	*B. alata* *B. elongata* *C. refulgens* *E. crispum* *Triloculina* sp. *Haynesina* sp. *Melonis* sp.	*A. scalaris* *G. lamarckiana* *L. striata* *Peneroplis* sp.
20-22	*B. spathulata* *B. marginata* *V. bradyana*	*Ammonia* sp. *B. elongata* *C. refulgens* *Melonis* sp.	*B. alata* *Cassidulina* sp. *E. crispum* *Textularia* sp.	*Triloculina* sp. *H. balthica*
25-27	*B. spathulata* *B. marginata* *V. bradyana*	*Ammonia* sp. *B. alata* *B. elongata* *Melonis* sp.	*Cassidulina* sp. *C. refulgens* *E. crispum* *Haynesina* sp. *Textularia* sp.	*A. scalaris* *L. inflexa* *L. striata* *C. lobatulus* *R. floridensis* *U. mediterranea*
30-32	*B. spathulata* *B. marginata* *Melonis* sp. *V. bradyana*	*Ammonia* sp. *E. crispum*	*B. spathulata* *B. elongata* *Cassidulina* sp. *C. refulgens* *Triloculina* sp. *Textularia* sp. *U. mediterranea*	*F. hexagona* *H. balthica* *L. striata*
33-35	*Ammonia* sp. *B. spathulata* *B. marginata*	*B. alata* *C. refulgens* *E. crispum* *Haynesina* sp. *Melonis* sp. *V. bradyana*	*A. scalaris* *B. elongata* *Cassidulina* sp. *Textularia* sp.	*A. stelligerum* *H. balthica* *H. gracilimum* *L. semistriata* *L. strumosa*

Tablica 5. Broj vrsta i jedinki prema intervalima u uzorku te indeksi raznolikosti

	Interval (cm)	Broj vrsta (S)	Broj jedinki (N)	Simpsonov indeks S (1-D)	Shannonov indeks H (S)	E = indeks ujednačenosti	Fisherov α indeks	Berger-Parker-ov indeks
Jezgra S113	0-2	13	131	0,79	1,92	0,52	3,59	0,35
	5-7	16	188	0,80	2,04	0,48	4,18	0,36
	10-12	17	206	0,90	2,45	0,70	4,39	0,20
	15-17	19	219	0,87	2,43	0,60	5,00	0,27
	20-22	13	170	0,84	2,06	0,61	3,28	0,25
	25-27	18	233	0,86	2,26	0,53	4,55	0,24
	30-32	16	229	0,87	2,28	0,61	3,92	0,20
	33-35	18	225	0,88	2,37	0,60	4,60	0,21

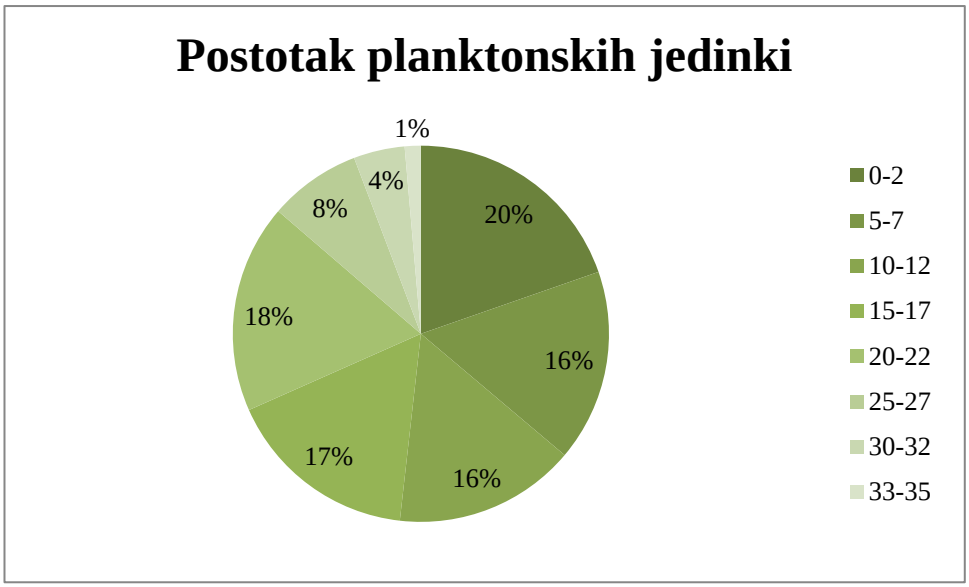
Tablica 6. Relativna zastupljenost infaune/epifaune prema intervalima

Interval (cm)	Infauna	Epifauna
0-2	84,89%	15,11%
5-7	88,83%	10,64%
10-12	73,30%	22,33%
15-17	78,54%	17,35%
20-22	91,16%	8,84%
25-27	92,29%	7,71%
30-32	88,65%	11,35%
33-35	85,77%	14,23%



Slika 8. Zastupljenost najbrojnijih vrsta prema intervalima.

Vrste koje su dominantno zastupljene u pojedinom intervalu također su srednje zastupljene u ostalim intervalima. Dakle, tri vrste foraminifera (Slika 9) većinski su zastupljene u zajednici svakog intervala u odnosu na preostale vrste.



Slika 9. Udio planktonskih jedinki u ukupnom broju foraminifera u pojedinim intervalima.

Udio planktonskih vrsta foraminifera u odnosu na bentičke vrste s odstupanjima od najviše 4% ujednačen je u najviša četiri intervala (Slika 10), dakle od 0 do 22 cm. U dubljim inervalima, od 25 do 35 cm dubine uočen je značajan pad u udjelu planktonskih foraminifera u odnosu na one bentičke u ukupnom broju jedinki.

Nadalje, izračunat je indeks kisika bentičkih foraminifera koji iznosi:

Tablica 7. BFOI (indeks kisika bentičkih foraminifera), vrijednosti indeksa po intervalima (izraženo u cm) uz broj pokazatelja oksičnosti/disoksičnosti (broj jedinki vrsta foraminifera)

	0-2	5-7	10-12	15-17	20-22	25-27	30-32	33-35
Broj oksičnih pokazatelja	14	21	47	38	28	34	50	57
Broj suboksičnih pokazatelja	14	11	20	15	0	8	1	15
Broj disoksičnih pokazatelja	111	156	139	166	142	191	178	153
BFOI	11,20	11,86	25,27	18,63	16,47	15,11	21,93	27,14

Uz indeks kisika bentičkih foraminifera izračunat je i indeks sedimentacije bentičkih foraminifera koji je prikazan u tablici 8. Vrijednosti kroz intervale donekle su ujednačene, s višim vrijednostima u intervalima od 0 do 2 cm te od 5 do 7 cm.

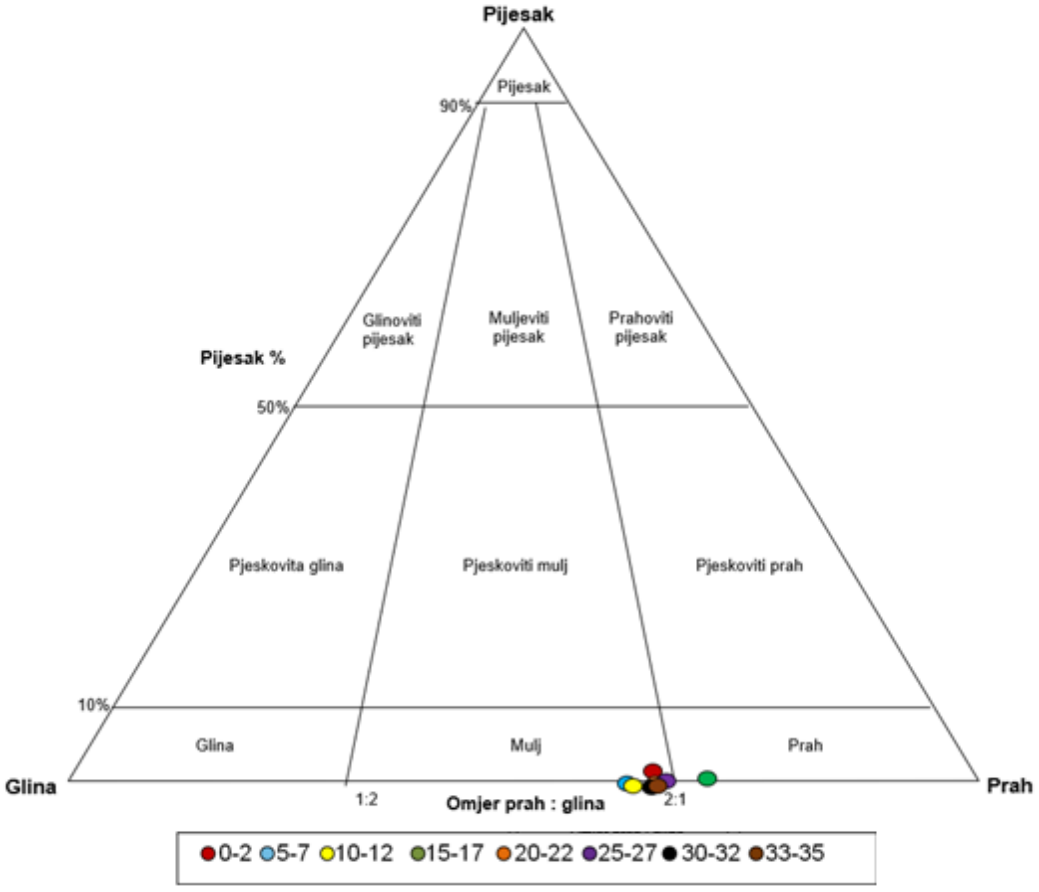
Tablica 8. Indeks akumulacije kućica bentičkih foraminifera prema intervalima te masi sedimenta iz svakog intervala kao i broju jedinki foraminifera

Interval (cm)	Masa (g)	Broj jedinki (N)	BFAR (N/cm^{2}kgod)
0-2	10,18	139	1365,42
5-7	14,56	188	1291,21
10-12	18,35	206	1122,62
15-17	21,89	219	1000,46
20-22	22,66	170	750,22
25-27	22,29	233	1045,31
30-32	19,77	229	1158,32
33-35	22,96	225	979,97

Opisane foraminiferske vrste i rodovi su grupirani zajedno prema ekološkim preferencijama. U grupu foraminifera koje toleriraju ili čak žive u uvjetima u kojima postoji manja količina otopljenog kisika (Kaiho, 1994; Murray, 2006; Musco, 2011) ubrojene su *Brizalina*, *Bulimin*a, *Cassidulin*a, *Uvigerina*, *Melonis*, *Valvulineria braydana*, *Fursekoin*a, *Hyalinea balthica*. Rodovi i vrste *Rosalina*, *Cibicidoides lobatulus*, *Gyroidinoides*, *Triloculina*, *Peneroplis* i *Textularia* predstavljaju grupu foraminifera koja je vezana za različite „vegetacijske“ pokrove na morskom dnu i to su epifiti, dok skupinu rodova tolerantnih na razna, prije svega ona s organskom tvari, onečišćenja predstavljaju *Elphidium*, *Ammonia* i *Haynesin*a.

4.2. Rezultati granulometrijske analize

U svim intervalima uzorka jezgre S113 analiza je pokazala kako je najviše zastupljena frakcija veličine čestice praha koje čine više od 60% masenog udjela u pojedinim frakcijama. Najmanje zastupljena frakcija je ona čestica veličine šljunka, u prva dva intervala (0-2 i 5-7), vrlo sitni šljunak se neznatno pojavljuje u iznosima od 0,1 te 0,3%, dok ostali intervali ne sadrže čestice šljunka. U nešto većim postocima od čestica veličine šljunka prisutne su čestice veličine pijeska u svim intervalima u iznosima od 0,4 do 1,9%. Čestice veličine šljunka i pijeska velikim dijelom su biogenog podrijetla, npr kućice foraminifera.

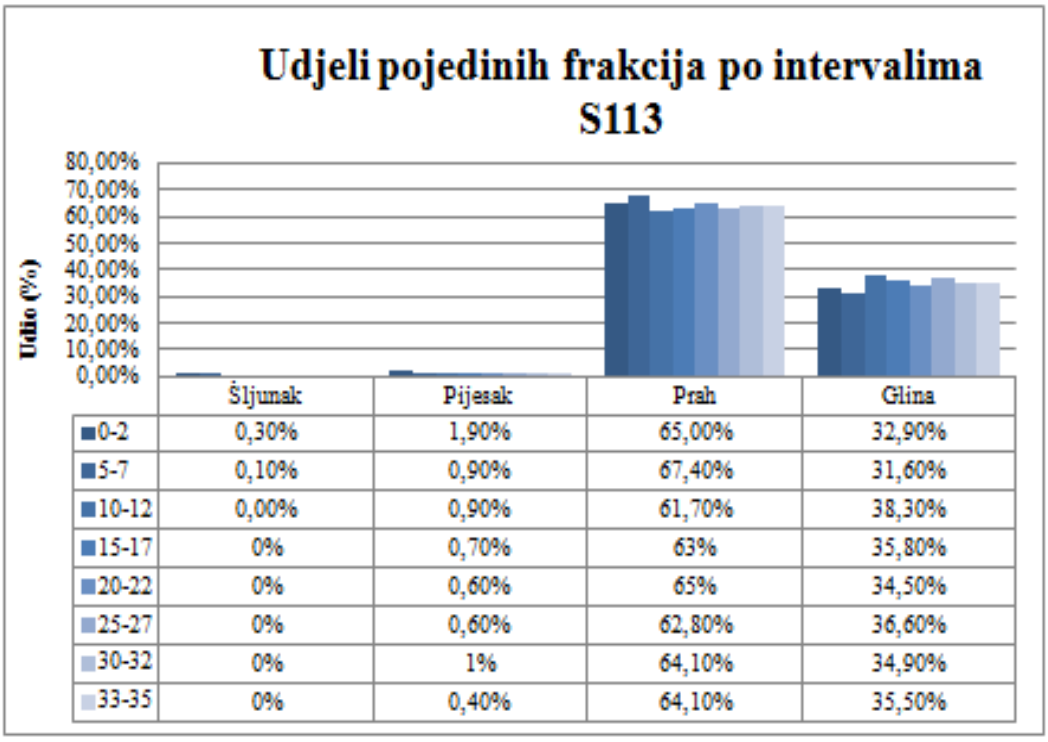


Slika 10. Prikaz rezultata granumetrijske analize putem trokomponentnog dijagrama, Folk, 1954; intervali u cm s lijeva na desno a najplićeg do najdubljeg

Ostatak sedimenta sačinjavaju čestice gline u iznosima od 31,6 do 38,3%. Čestice praha i gline zajedno čine mulj što bi značilo kako je više od 90% čestica u svakom intervalu uzorka mulj. Udjeli pojedinih frakcija po intervalima jezgre prikazani su na slici 12, a putem programa program GRADISTAT Ver. 6.0. (Blott i Pye, 2001) dobiveni rezultati prikazani su u trokomponentnom dijagramu (Slika 11) gdje je na prikazu u zbirnom dijagramu uočljiva velika sličnost sedimenta svih intervala, odnosno ujednačenost frakcija u sedimentu kroz cijelu analiziranu jezgru, kao i prevladavanje prahovite komponente. Obzirom da je jezgra uzorkovana u području šelfa (ispod valne baze lijepog vremena), ovakva raspodjela čestica je odgovarajuća.

Prema ovim izračunima sediment je imenovan kao **mulj** u intervalima 0-2 cm, 10-12 cm, 15-17 cm, 20-22 cm, 25-27 cm, 30-32 cm i 33-35 cm. U intervalu od 5 do 7 cm imenovan je kao **prah**.

U tablici 7 navedeni su izračunati granulometrijski parametri po intervalima uzorka. Vrijednosti srednje veličine zrna tako se kreću u rasponu od 2,914 do 3,919 μm. Prosječna veličina zrna u rasponu je od 2,743 do 3,391 μm. Koeficijent sortiranosti iznosi od 1,557 do 1,764 ϕ što govori da je sediment u svim intervalima loše sortiran.



	Šljunak	Pijesak	Prah	Glina
0-2	0,30%	1,90%	65,00%	32,90%
5-7	0,10%	0,90%	67,40%	31,60%
10-12	0,00%	0,90%	61,70%	38,30%
15-17	0%	0,70%	63%	35,80%
20-22	0%	0,60%	65%	34,50%
25-27	0%	0,60%	62,80%	36,60%
30-32	0%	1%	64,10%	34,90%
33-35	0%	0,40%	64,10%	35,50%

Slika 11. Grafički prikaz postotnih udjela frakcija u uzorku

Tablica 9. Granulometrijski parametri, srednja veličina zrna, prosječna veličina zrna te koeficijent sortiranosti

Uzorak	Interval (cm)	M_d (μm)	Mz (μm)	So (ϕ)
S113	0-2	3,752	3,316	1,764
	5-7	3,919	3,391	1,716
	10-12	2,914	2,762	1,649
	15-17	3,173	2,913	1,64
	20-22	3,315	3,002	1,609
	25-27	2,958	2,743	1,557
	30-32	3,243	3,023	1,665
	33-35	3,039	2,874	1,589

5. Rasprava

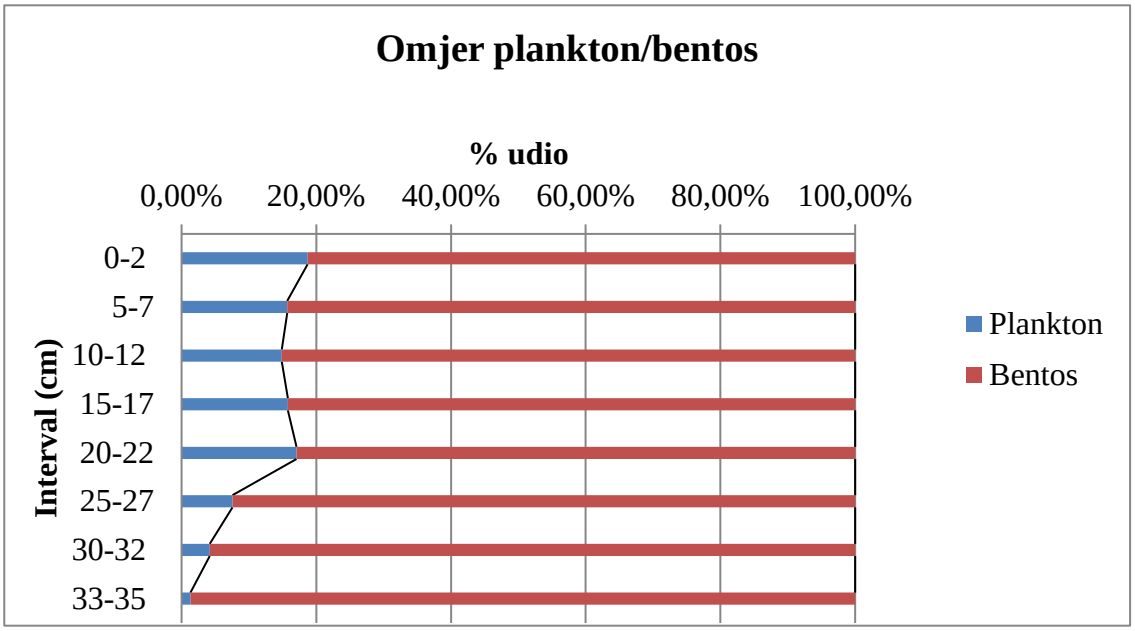
Sedimentna jezgra je obilježena velikim udjelom sitnozrnate frakcije (mulj). Ukupnom zajednicom dominiraju jedinke vrsta *B. spathulata*, *V. bradyana* i *B. marginata*. Samo jedan biofacijes (biofacijes *B. spathulata*, *V. bradyana* i *B. marginata*) je moguće definirati na temelju usporedbe ekoloških zahtjeva bentičkih foraminifera i njihove distribucije u istraživanoj jezgri prema opisanim biofacijesima u Sredozemnom moru. Zajedničko navedenim vrstama je to što zastupljenost jedinki raste s porastom udjela organske tvari u sedimentu, te da su predstavnici vrsta tolerantne na smanjenje količine otopljenog kisika (Murray, 1991, 2006; Bergamin et al., 1999).

Poznato je da su jedinke vrste *V. bradyana* česte u muljevima bogatim organskom tvari od litorala do gornjeg batijala, ali najbrojnije su na dubinama od 40 do 100 m (Blanc-Vernet, 1969), dok u Jadranskom moru najveću abundanciju imaju na dubinama od 40 do 80 m (Jorissen, 1987). Ostale vrste također imaju najveću distribuciju organskom tvari bogatim muljevima u rasponu od litorala do gornjeg batijala (Jorissen, 1987; Milker et al., 2009). Postojanje slabo ozračene pridnene vode je dokazano pomoću Indeksa kisika bentičkih foraminifera koji ima izrazito niske vrijednosti. Niske vrijednosti vjerojatno su zaslužne za dobru očuvanost zajednice jer u takvim uvjetima reduciran je broj organizama koji živi pri dnu te je utjecaj biološkog uništavanja ostataka umanjen. Vrijednosti tog indeksa su ujednačene**,** u rasponu su od 11,20 do 27,14, što znači da su uvjeti u okolišu nisko do srednje oksični. Veće vrijednosti indeksa u onim su intervalima gdje je manji udio planktonskih jedinki.

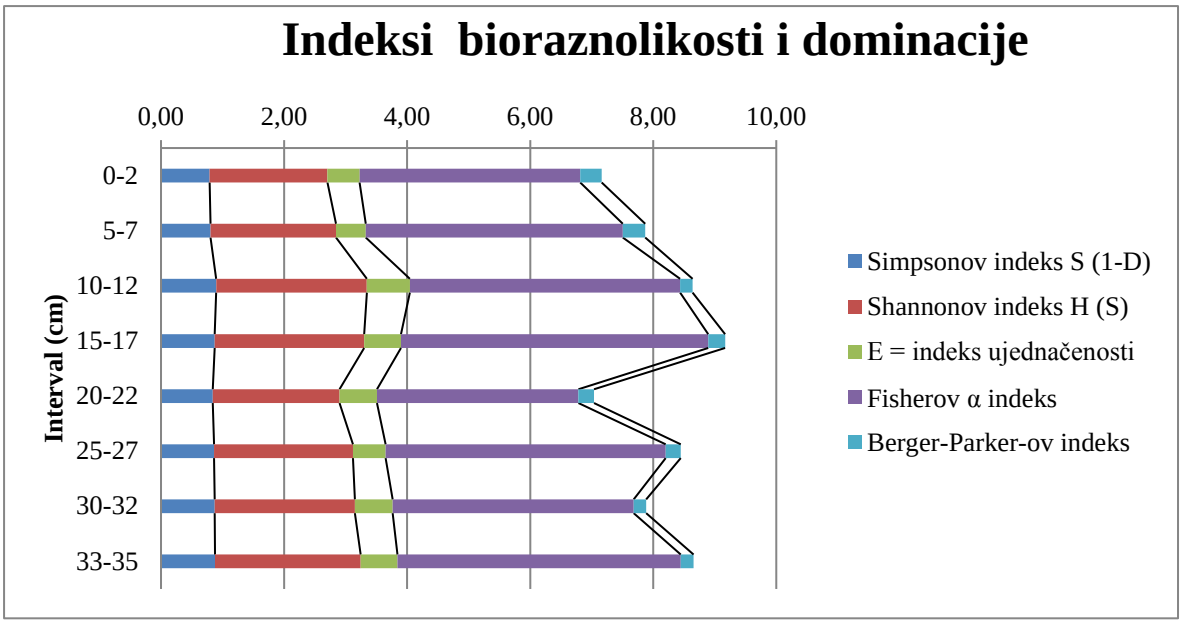
Grupiranje funkcionalnih foraminiferskih grupa (oblici tolerantni na smanjene količine otopljenog kisika, obogaćenje s organskom tvari i foraminifere vezane uz neku vrstu morske vegetacije, epifiti) ukazuju kako zajednicama dominiraju oblici prilagođeni nižim vrijednostima kisika, s trendom smanjenja udjela vrsta koje dobro podnose veće količine organske tvari (Slika 15). Foraminifere epifiti, su malobrojne, njihovo se prisustvo može objasniti ili kraćim transportom s područja gdje postoji morska vegetacija (*Posidonia* sp.) ili jako ograničenom distribucijom autotrofnog pokrova na toj dubini.

Udio planktonskih foraminifera u zajednici raste prema mlađim (Slika 13) intervalima. Prvi „skok“ u brojnosti planktonskih jedinki podudara se s najnižim vrijednostima Fisher α indeksa ali one su u skladu s vrijednosti za unutrašnji i srednji šelf, Murray 1991), kao i najvećom dominacijom foraminifera prilagođenih niskim

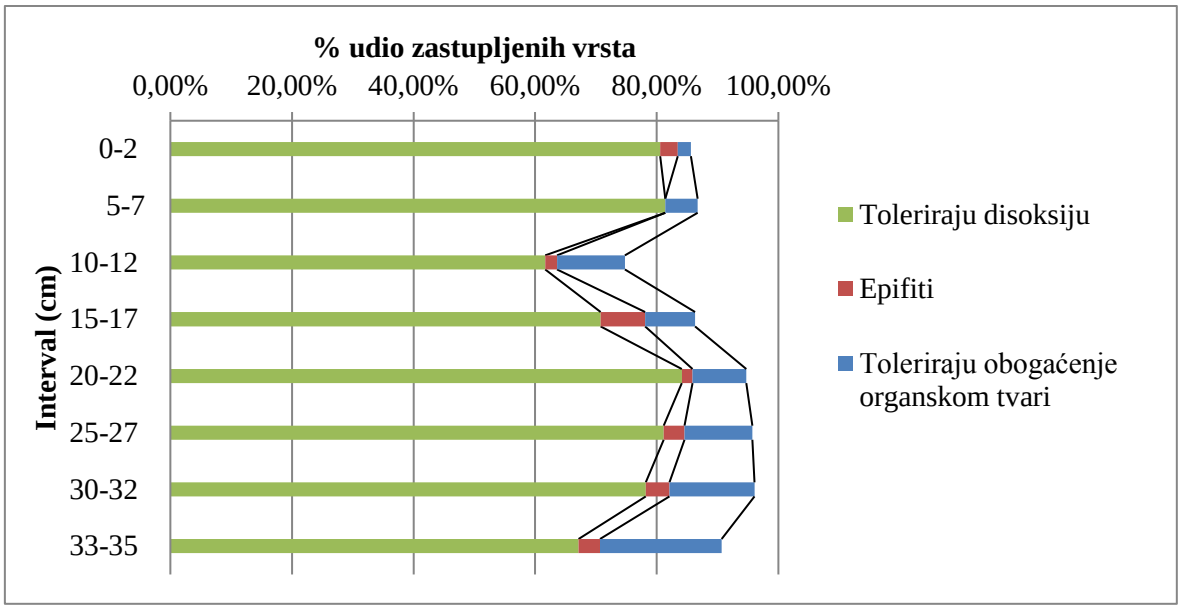
koncentracijama otopljenog kisika. Dok postoji veza između stresa izazvanog manjom količinom kisika u okolišu i niže vrijednosti indeksa, teško je povezati s relativnim bogatstvom planktona. Naime, obilje planktona tipično je za dublji dio šelfa gdje postoje „pravi“ morski uvjeti. Stoga jedno od mogućih objašnjenja je u činjenici da planktonske vrste nisu bile prepoznate i taj nedostatak analize postaje sve jače vidljiv kako ta kategorija foraminifera postaje brojnija. Mala koncentracija planktonskih foraminifera u najstarijim intervalima može sugerirati alohtonost zajednice, odnosno nepostojanje mehanizama koji bi prazne kućice transportirali u okoliš srednjeg šelfa. Stoga i koncentracije od 20% udjela planktonskih foraminifera u mlađim intervalima moguće je dijelom interpretirati kao rezultat transporta praznih kućica.



Slika 12. Grafički prikaz omjera planktonskih i bentičkih jedinki prema intervalima



Slika 13. Grafički prikaz vrijednosti indeksa bioraznolikosti i dominacije prema intervalima



Slika 14. Grafički prikaz omjera grupa foraminifera prema njihovim ekološkim preferencijama

Statistička obrada poduzoraka jezgre uključivala je izračune indeksa raznolikosti te grupiranje foraminifera prema njihovim ekološkim zahtjevima na temelju čega je interpretirana zajednica kroz promjene u vrijednostima u svakom od intervala (slika 14). Ujednačene su vrijednosti indeksa bioraznolikosti cijelom istraživanom jezgrom što

ukazuje na konstantne uvjete tijekom taloženja. Iako su zajednice obilježene relativno malim brojem vrsta (od 13 do 19) indeksi imaju umjerene do visoke vrijednosti. Tako indeksi dominacije imaju vrijednosti od 0,79 do 0,9, što pokazuje da su vrste zastupljene jednakim brojem jedinki, odnosno da nema ekološkog parametra koji mijenja vrijednosti bilo epizodno ili sezonski. Vrijednosti Shannon-Wiener-ovog indeksa su tipične za šelf (Murray, 1991). Tek manje odstupanje ima Fisherov α indeks u intervalu od 20 do 22 cm. Stabilnost ekoloških uvjeta (dubina, temperatura, količina nutrijenta, tip podloge i količina otopljenog kisika) je glavni razlog za ovakav sastav zajednica.

Grupiranje foraminifera prema načinu života (epifauna/infauna) potvrdilo je dominaciju infaune (do 92,3% zajednice bentosa u intervalu 25-27 cm, Tablica 6) i time prema TROX modelu (Jorissen et al., 1995) izraženu eutrofikaciju morskog dna. To u potpunosti odgovara BFAR vrijednostima (Tablica 8), koji su izrazito visoki. Kako je donos s kopna jako ograničen, kao izvor hrane ostaje bogata zajednica fitoplanktona.

Rezultati granulometrijske analize pokazali su ujednačen sastav u svim intervalima. Sediment karakterizira mulj s omjerima praha i gline otprilike 65:35 te u svim uzorcima prevladava frakcija sitnog i vrlo sitnog praha. Tek mali udio čestica u sedimentu veličine je pijeska i sitnog šljunka te se odnosi na dio sedimenta biogenog podrijetla, sastavljen od kućica foraminifera i ostataka ljuštura školjkaša i puževa. Muljeviti granulometrijski sastav sedimenta odgovara području srednjeg šelfa, prostoru taloženja ispod valne baze lijepo vremena čija je karakteristika taloženje sitnozrnatih čestica u okolipu slabe dinamike. Sastav zajednice foraminifera i preferencije određenih vrsta pokazuju da određeni rodovi poput *Brizalina* sp., *B. marginata, Melonis* sp., *V. bradyana* život provode unutar mulja te preživljavaju hraneći se njime, a druge pak vrste život provode na muljnoj podlozi. Stoga su ujednačenost sastava foraminiferske zajednice i sastava sedimenta unutar analizirane jezgre, odnosno kroz sve intervale, još jedan pokazatelj stalnih okolišnih uvjeta.

6. Zaključak

Granulometrijski i mikropaleontološki su analizirani poduzorci 35 cm dugačke sedimentne jezgre koja je izvađena s 69 m dubine more u Sicilijanskom kanalu.

Pri mikropalontološkoj analizi primijenjen je FOMIBO protokol. Određeno je ukupno 12 rodova i 20 vrsta bentičkih foraminifera.

1. Biofacijes s dominantnim vrstama *Brizalina spathulata*, *Bulimina Marginata* i *Valvulineria bradyana* je prepoznat u svim intervalima.

2. Planktonske foraminifere su prisutne, a njihov udio postaje sve veći u mlađim intervalima.

3. Prema ekološkim zahtjevima, bentičke su foraminifere grupirane u tri grupe; foraminifere koje toleriraju smanjene koncentracije kisika, foraminifere - epifiti, te one koje toleriraju obogaćenje organskom tvari. U svim intervalima prevladavaju rodovi i vrste koji toleriraju manje količine otopljenog kisika, a zastupljenost foraminifera tolerantnih na obogaćenje s organskom tvari, povećava se s dubinom jezgre. Indeks kisika bentičkih foraminifera sugerira nisko do srednje oksični okoliš.

4. Indeksi raznolikosti imaju ujednačene vrijednosti duž jezgre, s tim da su vrijednosti Fisher α i Shannon-Wienerovog indeksa tipične za srednji šelf, što odgovara dubini uzorkovanja.

5. Granulometrijskom obradom analiziran je sediment koji se prema rezultatima pretežito sastoji od mulja kojeg pretežito sačinjava sitni i vrlo sitni prah te se udjeli pojedinih frakcija neznatno mijenjaju po intervalima. Takav sastav sedimenta odgovara taloženju u mirnom okolišu kao što je šelf, a istodobno odgovara i načinu života određenih rodova i vrsta foraminifera.

7. Literatura

BERGAMIN, L., DI BELLA, L. i CARBONI, M.G. (1999): *Valvulineria bradyana* (Fornasini) in organic matter-enriched environment. Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences, 12, 51-56.

BLANC-VERNET, L. (1969): Contribution à l'étude des foraminifères de Méditerranée: relations entre la microfaune et le sédiment: biocoenoses actuelles, thanatocoenoses pliocènes et quaternaires, Récuell des Travaux de la Station Marine d'Endoume 64, 251 str.

BLOTT, S. J. i PYE, K. (2001): GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments, Earth Surface Processes and Landforms 26, 1237-1248.

BUCKOVIĆ, D. (2006): Historijska geologija 2: Mezozoik i Kenozoik. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu – Manualia universitatis studiorum Zagrabiensis, 95-98.

CARBONI, M.G. i DI BELLA, L. (1996): The Pleistocene section of Podere Palombaro (Umbria). Geologia Romana, 31, 97-108.

CIMERMAN, F. i LANGER, R. (1991): Mediterranean Foraminifera, Slovenska Akademija Znanosti, Ljubljana, 118 str.

DONNICI, S. i SERANDREI BARBERO, R. (2002): The benthic foraminiferal communities of the northern Adriatic continental shelf, Marine Micropaleontology, 44, 93-123.

FOLK, R. L. (1954): The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. Journal of Geology and Geophysics, 62/4, 344-356.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. i RYAN, P.D. (2001): PAST paleontological statistic software package for education and data analysic. Paleont. Electronica, 4, 1-9.

HASSEN, N. H., REGUIGUI, N., HELALI, M. A., MEJJAD, N., LAISSAOUI, A., BENKDAD, A. i BENMANSOUR, M. (2019): Evaluating the historical sedimentation patterns in two different Mediterranean deep environments (Sardinia and Sicily Channels), Mediterranean Maarine Science 20/3, 542-548.

HERGUERA, J. C. i BERGER, W. H. (1991): Paleoproductivity from benthic foraminifera abundance: glacial to post-glacial change in west-equatorial Pacific, Geology, 19, 1173-1176.

KAIHO, K. (1994): Benthic foraminiferal dissolved-oxygen indeks and dissolved-oxygen levels in the modern ocean. Geology, 22, 719-722.

JORISSEN, F. J. (1987): The distribution of benthic foraminifera int he Adriatic Sea, Mar. Micro-paleontol. 12/1, 21-48.

JORISSEN, F.J., DE STIGTER, H. C. i WIDMARK, J. G. V. (1995). A conceptual model explaining benthicforaminiferal microhabitats.Marine Micropaleontology, 22, 3–15.

LANGER, M.R. i J.H.LIPPS, J.H. (2003): Foraminiferal distribution and diversity, Madang Reef and Lagoon, Papua New Guinea, Coral Reefs 22 (2003), 143–154.

LOEBLICH, A.R. i TAPPAN, H. (1987): Foraminiferal Genera and their Classification. Van Reinhold Company, New York, 970 str.

LOZIĆ, S. (2012.): „Regionalna geografija Sredozemlja“- nastavni materijal odobren od strane Povjerenstva za izdavačku djelatnost Sveučilišta u Zadru i objavljen na web stranicama

MICROMERITICS (2002): SediGraph 5100 Particle size analysis system operator' manual. Micromeritics Instrument Corporation, Norcross, Georgia.

MILKER, Y., SCHMIEDL, G., BETZLER, C., RÖMER, M., JARAMILLO-VOGEL, D. i SICCHA, M. (2009): Distribution of recent benthiv foraminifera in shelf carbonate environments oft he Western Mediterranean Sea, Marine Micropaleontology, 73, 207-225.

MURRAY, J. W. (1991): Ecology and palaeoecology of benthic foraminifera. Longman Scientific and Technical, Harlow, 401 str.

MURRAY, J. W. (2000): The enigma of the continued use of total assemblages in ecological studies of benthic foraminifera, Foram. Res, 30,. 244-245.

MURRAY, J. W. (2006): Ecology and Applications of Benthic Foraminifera. Cambridge, 426 str.

MUSCO, M. (2011): Study of benthicforaminifera in the Sicilian Channel andtheir aplicability as bio-indicators, Doktorska disertacija, Sveučilište Ca' Foscari venezia, 192 str.

PEZELJ, Đ., MANDIC, O. i ĆORIĆ, S. (2013): Paleoenvironmental dynamics in the southern Pannonian Basin during initial Middle Miocene marine flooding. Geologica Carpathica, 64/1, 81-100.

PIKELJ, K. (2010): Sastav i porijeklo površinskih sedimenata dna istočne strane Jadranskog mora, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 239 str.

PIPANL, M. i PRIZZON, A. (2005): Geological outline of Sicily and lithospheric tectono-dynamics of its Tyrrhenian margin from new CROP seismic data. CROP PROJECT: Deep Seismic Exploration of the Central Mediterranean and Italy, 1, 319 str.

RICHEY, J. N., POORE, R. Z., FLOWER, B. P. i HOLLANDER, D. J. (2012): Ecological controls on the shell geochemistry of pink and white *Globigerinoides ruber* int he northern Gulf of Mexico: Implications for paleoceanographic reconstruction, Marine Micropaleontology, 82-83, 28-37.

RÖGL, F. (1999): Mediterian and Paratethys. Facts and hypotheses of an Oligocene to Miocene Paleogeography (short overview). Geol. Carpathica, 50, 339-349.

SCHÖNFELD, J., ALVE, E., GESLIN, E. i JORISSEN, F. (2012): The FOBIMO (FOraminiferal BIo-MOnitoring) initiative - Towards a standardised protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. Marine Micropaleontology, 94-95, 1-13.

SGARELLA, F. i MONCHARMONT ZEI, M. (1993): Benthic foraminifera of the Gulf of Naples (Italy): systematics and autoecology, Bolletino della Società Paleontologica Italiana, Department of Paleontology, Universiti of Naples, 145-264.

SOUTHWARD, A., HAWKINS, S. i BURROWS, M. (1995). Seventy years' observations of changes in distribution and abundance of zooplankton and intertidal organisms in the western English Channel in relation to rising sea temperature. J. Therm. Biol. 20, 127-155.

SWEETMANN, A., SOMMER, S., PFANNKUCHE, O. i WITTE, U. (2009): Retarded response by macrofauna-size foraminifera to phytodetristu in a deep Norwegian Fjord.Journal of Foraminiferal research, 39/1, 15-22.

Mrežni izvori:

https://www.google.com/maps/place/37%C2%B001'31.8%22N+13%C2%B048'45.0%22E/@37.0209914,13.3333828,113626m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d37.0255!4d13.8125

http://www.marinespecies.org/foraminifera/

http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=57614

8. Popis slika u tekstu

Slika 1. Mjesto uzorkovanja otkriva i morfologiju dna, preuzeto s Google Maps ©2019

Slika 2. Pojednostavljena tektonsko-formacijska karta Sicilije (Pipanl, & Prizzon, 2005)

Slika 3. Sedimenta jezgra S113, dužina 35 cm

Slika 4. Osušeni poduzorci ostavljeni 24 sata u otopini destilirane vode i 33% vodikovog peroksida (mješavine 2 l vode i 0,5 dl 33% otopine vodikovog peroksida)

Slika 5. Stereoskopski mikroskop (Stereo Zoom Microscope XTL)

Slika 6. Standardna Retsch®ASTM sita

Slika 7. Prikaz tresilice Fritcsh Analysette® sa setom sita na lijevoj strani te sedigraf SediGraph 5100 korišten za analizu frakcija manjih od 0,063 mm na desnoj strani

Slika 8. Zastupljenost najbrojnijih vrsta prema intervalima

Slika 9. Udio planktonskih jedinki u ukupnom broju foraminifera u pojedinim intervalima.

Slika 10. Prikaz rezultata granumetrijske analize putem trokomponentnog dijagrama, Folk, 1954, rezultati svih intervala prikazani su zbirno te je vidljiva ujednačenost u sastavu sedimenta kao i prevlast prahovite komponente u mulju

Slika 11. Udjeli pojedinih granulometrijskih frakcija po intervalima

Slika 12. Omjer planktona i bentosa po intervalima

Slika 13. Indeksi raznolikosti i dominacije bentičkih foraminifera

Slika 14. Grupe bentičkih foraminifera svrstane prema ekoloških preferencijama

9. Popis tablica u tekstu

Tablica 1. Različiti uvjeti oksičnosti prema vrijednostima indeksa te količina otopljenog kisika u tim uvjetima

Tablica 2. Određeni rodovi i vrste bentičkih foraminifera, relativna i apsolutna zastupljenost po intervalima 0-2 cm, 5-7 cm, 10-12 cm te 15-17 cm

Tablica 3. Određeni rodovi i vrste bentičkih foraminifera, relativna i apsolutna zastupljenost po intervalima 20-22 cm, 25-27 cm, 30-32 cm, 33-35 cm

Tablica 4. Abundacija pojedinih vrsta i rodova (dominantne do vrlo rijetko zastupljene vrste)

Tablica 5. Broj vrsta i jedinki prema intervalima u uzorku te indeksi raznolikosti

Tablica 6. Relativna zastupljenost infaune/epifaune prema intervalima

Tablica 7. BFOI (indeks kisika bentičkih foraminifera), u tablici je prikazan broj oksičnih, suboksičnih i disoksičnih pokazatelja uz izračunate vrijednosti indeksa

Tablica 8. BFAR (indeks akumulacije bentičkih foraminifera), u tablici je prikazana masa poduzorka iz svakog intervala, broj jedinki bentičkih foraminifera te izračunate vrijednosti indeksa

Tablica 9. Granulometrijski parametri dobiveni analizom na sedigrafu te su u tablici prikazane srednja veličina zrna, prosječna veličina zrna i koeficijent sortiranosti

10. Table

TABLA 1

Mikrofotografije foraminiferske zajednice

1 *Ammonia* sp., interval 30 – 32 cm

2 *Amphicoryna scalaris* Batsch, 1791, interval 15 – 17 cm

3 *Astrononion stelligerum* d'Orbigny, 1839, interval 20 – 22 cm

4 *Brizalina spathulata* Williamson, 1858, *Brizalina alata* Seguenza, 1862, interval 15 – 17 cm

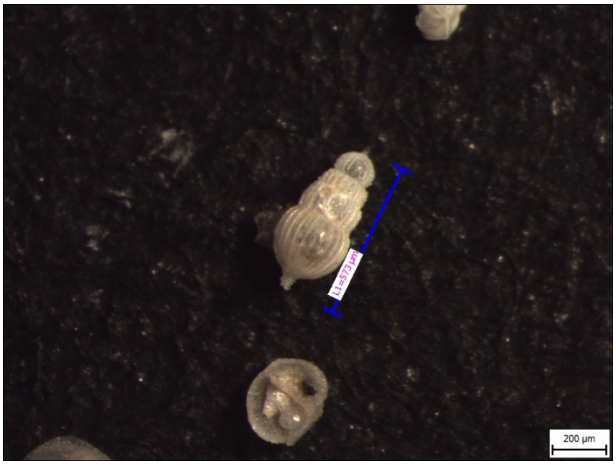
5 *Elphidium crispum* Linnaeus, 1758, interval 15 – 17 cm

6 *Valvulineria bradyana* Fornasini, 1900, interval 20 – 22 cm

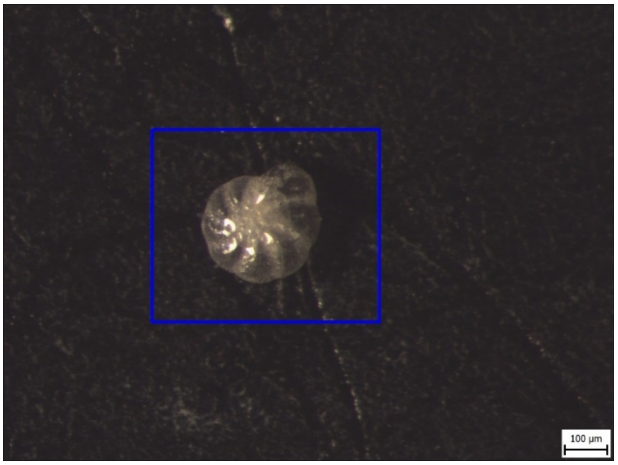
TABLA 1



Slika 1.



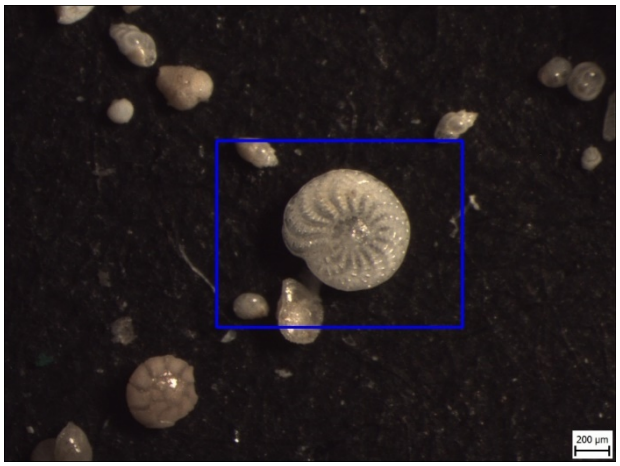
Slika 2.



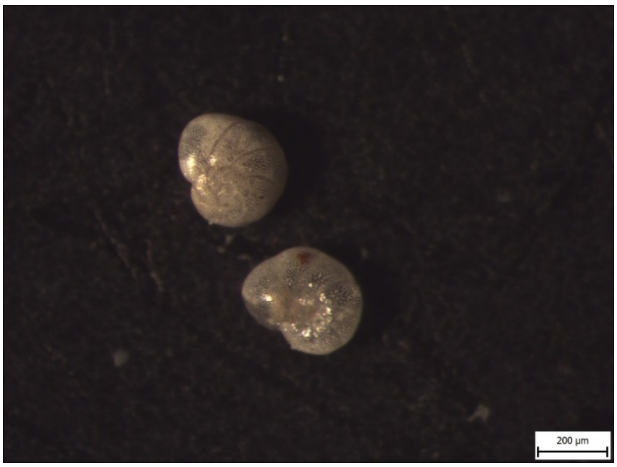
Slika 3.



Slika 4.



Slika 5.



Slika 6.

TABLA 2

1 *Globigerinoides ruber* d'Orbigny, 1839, s još uvijek pristunim obojanjem kućice, interval 10 – 12 cm

2 *Favulina hexagona* Williamson, 1848 i *Bulimina marginata* d'Orbigny, 1826, interval 30 – 32 cm

3 *Melonis* sp., interval 0 – 2 cm

4 Zajednica iz intervala 5 -7 cm, u pravokutniku *Lagena semistriata* Williamson, 1848 i *Brizalina spathulata* Williamson, 1858

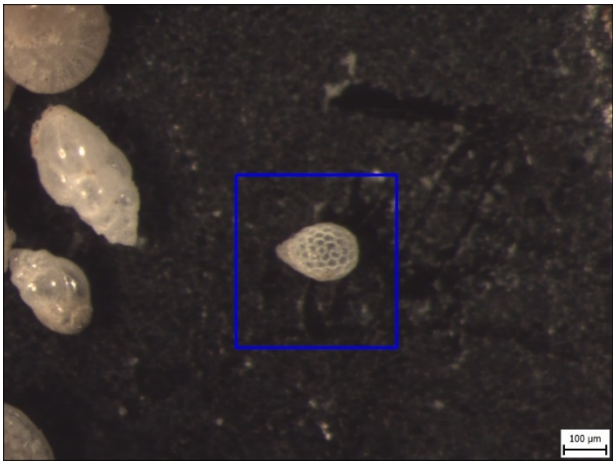
5 Zajednica iz intervala 10 – 12 cm

6 Foraminiferska zajednica iz intervala 30 – 32 cm s *Triloculina* sp.

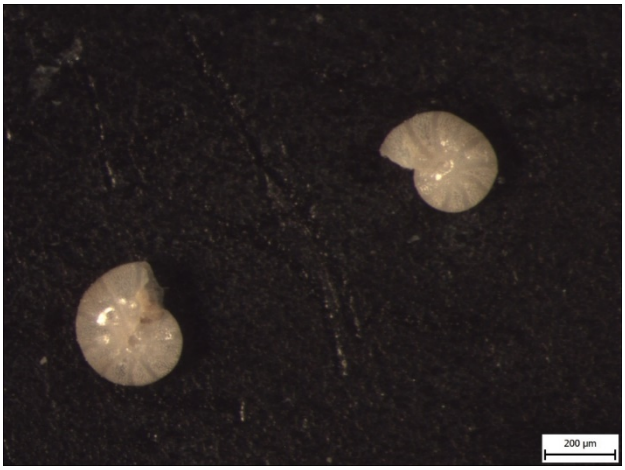
TABLA 2



Slika 1.



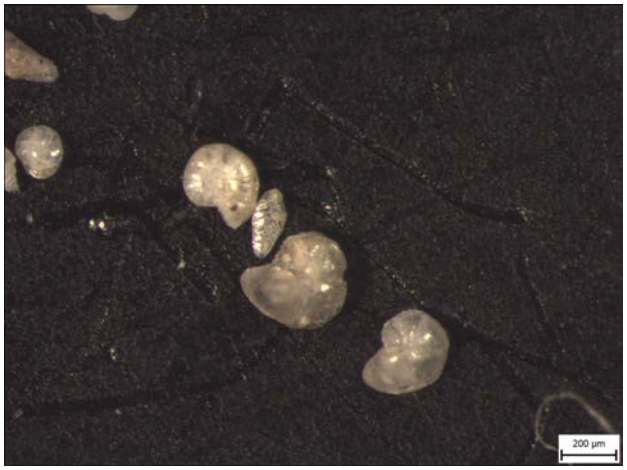
Slika 2.



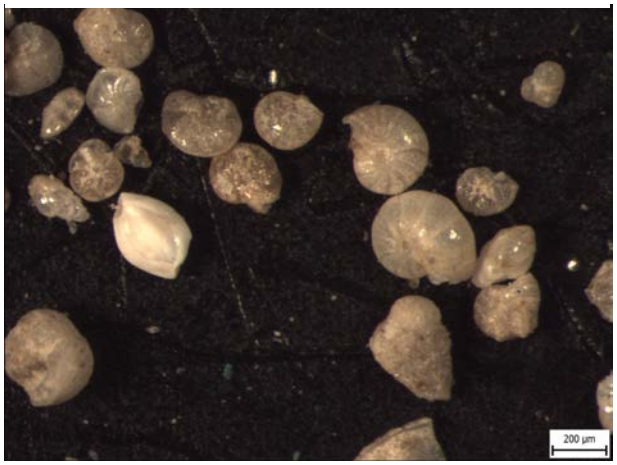
Slika 3.



Slika 4.



Slika 5.

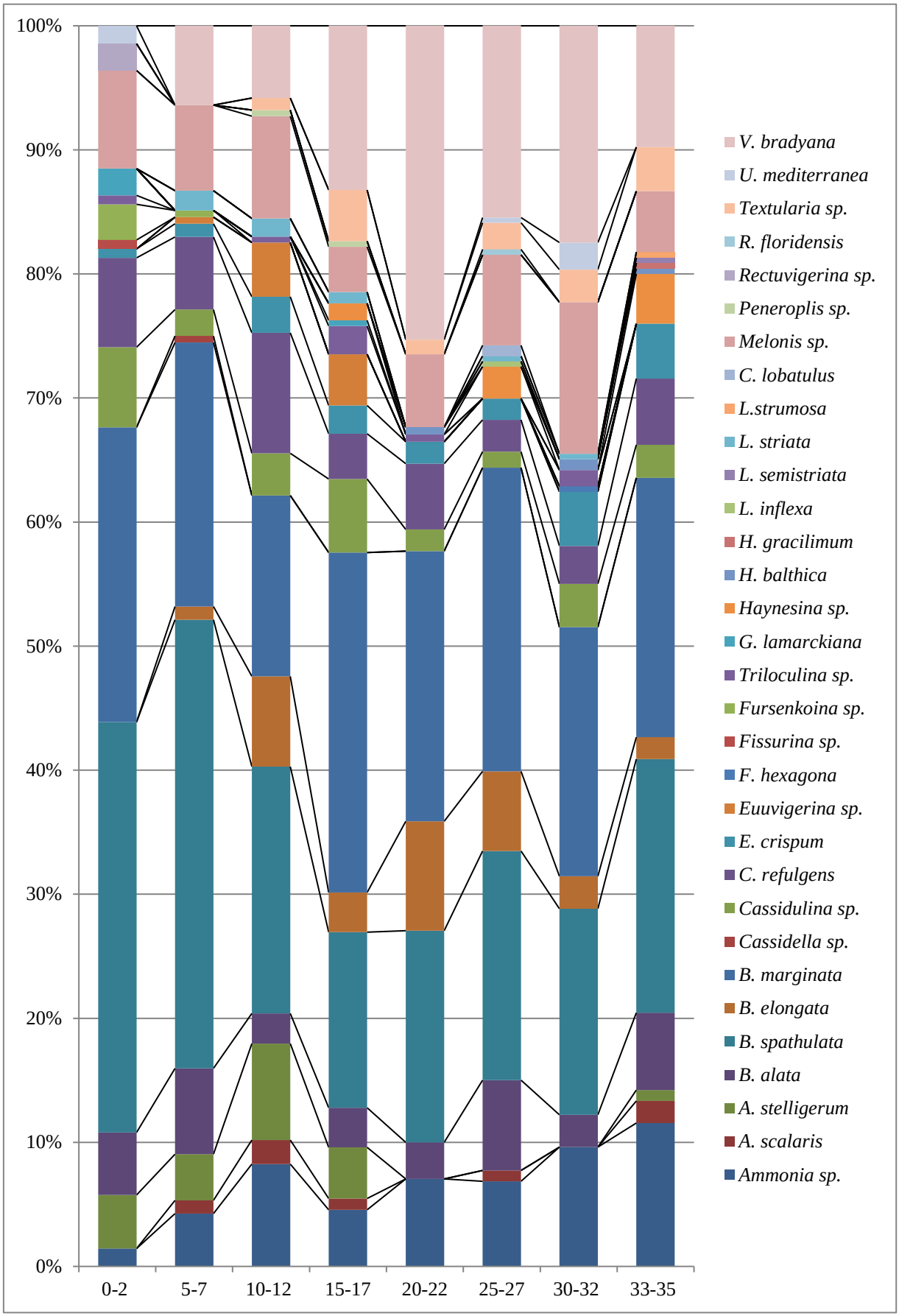


Slika 6.

11. Prilozi

Prilog 1. Grafički prikaz relativne zastupljenosti rodova i vrsta bentičkih foraminifera po intervalima izraženim u cm

PRILOG 1


100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
0-2
5-7
10-12
15-17
20-22
25-27
30-32
33-35
V. bradyana
U. mediterranea
Textularia sp.
R. floridensis
Rectuvigerina sp.
Peneroplis sp.
Melonis sp.
C. lobatulus
L.strumosa
L. striata
L. semistriata
L. inflexa
H. gracilimum
H. balthica
Haynesina sp.
G. lamarckiana
Triloculina sp.
Fursenkoina sp.
Fissurina sp.
F. hexagona
Euuvigerina sp.
E. crispum
C. refulgens
Cassidulina sp.
Cassidella sp.
B. marginata
B. elongata
B. spathulata
B. alata
A. stelligerum
A. scalaris
Ammonia sp.