Taksonomija i distribucija recentnih bentičkih foraminifera na sjevernojadranskom šelfu (jezgra F53)

Janjetić, Marina

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:217:819673

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET

GEOLOŠKI ODSJEK

MARINA JANJETIĆ

TAKSONOMIJA I DISTRIBUCIJA RECENTNIH BENTIČKIH FORAMINIFERA NA SJEVERNOJADRANSKOM ŠELFU (JEZGRA F53)

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

Zagreb, 2017.

Ovaj je diplomski rad izrađen u Zagrebu pod vodstvom prof. dr. sc. Vlaste Ćosović, u sklopu Diplomskog studija geologije i paleontologoije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu sveučilišta u Zagrebu.

ZAHVALE

Zahvaljujem se prvenstveno mentorici prof. dr. sc. Vlasti Ćosović na stručnom vodstvu, savjetima i pomoći pruženoj prilikom obrade uzoraka i izrade diplomskog rada, kao i na iznimnoj strpljivosti i moralnoj potpori tijekom cjelokupnog postupka.

Zahvaljujem se asistentu dipl. ing. Igoru Felji i izv. prof. dr. sc. Alanu Mori na moralnoj potpori i pruženoj pomoći prilikom obrade uzoraka i njihovog slikanja.

Zahvaljujem se svim djelatnicima Geološkog odsjeka na prenesenom znanju i vještinama tijekom cjelokupnog studija.

Zahvaljujem se također i svim kolegama i kolegicama te dragim prijateljima koji su lijepim trenutcima upotpunili vrijeme provedeno na studiju i van njega.

Naposljetku, najveća zahvala svojoj obitelji koja mi je pružala najveću potporu tijekom cijelog života te bez čije pomoći i savjeta ne bih uspjela.

Sadržaj

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA V
BASIC DOCUMENTATION CARD VI
1. Uvod 1
2. Geološke i geografske karakteristike Jadranskog mora 2
2.1. Geološke karakteristike Jadranskog mora 2
2.1.1. Postanak Jadranskog mora 2
2.2. Geografske i klimatološke karakteristike sjevernog Jadranskog mora 5
2.2.1. Dubina 5
2.2.2. Salinitet 5
2.2.3.Temperatura 5
2.2.4. Morske struje 6
2.3. Geografski smještaj lokaliteta (Piranski zaljev) 7
2.4. Sedimenti Piranskog zaljeva 8
3. Laboratorijske metode 9
3.1. Postupak i kriteriji za određivanje foraminifera 9
3.2. Taksonomija ili razlike između rodova i vrsta 11
3. 3. Indeksi bioraznolikosti 14
3.3.1 Indeksi dominacije 14
3.3.2. Informacijsko – statistički indeksi 15
3.4. Transfer funkcija za salinitet 17
3.5. Jaccardov indeks 18
3.6. Foraminiferski stres indeks 19
4. Rezultati 21
4.1. Opis i ekološki zahtjevi najzastupljenijih vrsta 35
5. Rasprava 39
6. Zaključak 43
7. Literatura 44
8. Dodatak vii

Popis korištenih oznaka, kratica i simbola:

% - postotak

‰ – promil

μm (μ), cm, m – mjerne jedinice za duljinu, mikrometar, centimetar, metar

sp. – lat. species (vrsta)

cf. – lat. confer (poput)

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno – matematički fakultet

Geološki odsjek

Diplomski rad

TAKSONOMIJA I DISTRIBUCIJA RECENTNIH BENTIČKIH FORAMINIFERA NA SJEVERNOJADRANSKOM ŠELFU (JEZGRA F53)

MARINA JANJETIĆ

Rad je izrađen u: Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a.

Sažetak: Sedimentnoj jezgri izvađenoj na području Piranskog zaljeva (N 45°32'55,68"; E 13°33'1,59", dubina 44m) istražena je foraminiferska zajednica. Uzorci odgovaraju dubini sedimenta 10 – 25cm podijeljenih u 6 pod-uzoraka. Za mikropaleontološku analizu korišten je FOBIMO standard prema Schönfeld (2012), a za određivanje rodova i vrsta bentičkih foraminifera klasifikacija prema Loeblich & Tappan (1988). Uzorcima su određeni statistički indeksi, indeksi bioraznolikosti, Jaccardov indeks s obzirom na referalni sloj 0 – 2cm, foraminiferski stres indeks te salinitet primjenom metode transfera funkcija, a abundantne vrste i rodovi su opisani. Uzorcima su dominirale epifaunalne vrste te predstavnici podreda Rotaliina, posebice rodovi *Elphidium*, *Ammonia* i *Asterigerinata*. Rezultati analiza pokazali su da se radi o oligotrofičnom okolišu normalnog saliniteta i neznatnog zagađenja. Indeksi bioraznolikosti pokazali su da su zajednice raznolike i ujednačene bez preferiranog trenda povećanja ili smanjenja nekog od indeksa s obzirom na starost uzoraka.

Ključne riječi: bentičke foraminifere, indeksi bioraznolikosti, Jadransko more, salinitet

Rad sadrži: 53 stranice, 18 slika, 5 tablica, 25 literaturnih navoda, 6 tabli

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen u: Središnjoj geološkoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu

Mentor: prof. dr. sc. Vlasta Ćosović

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Geology

Graduated Engineer Thesis

TAXONOMY AND DISTRIBUTION OF RECENT BENTHIC FORAMINIFERA IN THE NORTHERN ADRIATIC SEA (CORE F53)

MARINA JANJETIĆ

Thesis completed in: Laboratory of Geology and Paleontology, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a.

Abstract: The sediment core taken in the Gulf of Piran (N 45°32'55,68"; E 13°33'1,59", 44m depth) was the subject of foraminiferal assemblages research. Samples used correspond to sediment at the depth of 10 – 25cm, divided into 6 sub-samples. Micropaleontological analysis was done following the FOBIMO standard by Schönfeld (2012) while the benthic foraminifera species and genera have been identified following Loeblich & Tappan (1988) criteria. A variety of statistical and biodiversity indices have been calculated, aswell as the Jaccard index in comparison to the referral layer (0 – 2cm), the foraminifera stress index and salinity using the transfer function method, while several abundant species and genera have been described. Samples were dominated by epifaunal species and taxa belonging to Rotaliina suborder, especially *Elphidium*, *Ammonia* and *Asterigerinata* genera. The analysis indicates that the environments are oligotrophic with normal salinity and slightly polluted. Biodiversity indices have shown that the assemblages are diverse and even while showing no trend of their decrease or increase in relation to the age.

Keywords: Adriatic sea, benthic foraminifera, biodiversity indices, salinity

Thesis contains: 53 pages, 18 figures, 5 tables, 25 references, 6 plates

Original in: Croatian

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

Supervisor: prof. dr. sc. Vlasta Ćosović

1. Uvod

Foraminifere su skupina jednostaničnih, eukariotskih organizama koji pripadaju razredu Rhizopoda te koljenu Protista. Pojavile su se u razdoblju kambrija, a žive i danas. Nastanjuju sve morske okoliše, kao i bočate i slatke vode gdje žive kao bentos ili plankton. Imaju veliki prezervacijski potencijal, zahvaljujući širokoj rasprostranjenosti i kućici koja je najčešće anorganska, građena od kalcita, magnezijskog kalcita ili aragonita.

Foraminifere imaju primjenu u paleoekologiji, paleooceanografiji, biostratigrafiji, kao proksiji („mjere“) prirodnih promjena u okolišu te kao indikator promjena u okolišu nastalih uslijed aktivnosti čovjeka (biondikatori, MURRAY, 2006).

U ovom radu istraživana je zajednica recentnih bentičkih iz sedimenta koji su izvađeni u odobalju Piranskog zaljeva kako bi se upoznao sastav zajednice, raznolikost, a moguće promjene kroz kratki vremenski period ekološki interpretirale. Uzorci obuhvaćaju sediment dubine 10 – 25 centimetara koji je podijeljen u 6 segmenata. Za mikropaleontološku analizu, korišten je standard za obradu uzoraka bentičkih foraminifera, FOBIMO (SCHÖNFELD, 2012). Foraminifere su određene na nivou vrsta, a ukoliko to nije bilo moguće, na nivou roda. Statistička analiza obuhvatila je indekse bioraznolikosti, transfer funkcija, Jaccardov indeks za usporedbu s referalnim slojem (0 – 2cm) te foraminiferski stres indeks.

2. Geološke i geografske karakteristike Jadranskog mora

2.1. Geološke karakteristike Jadranskog mora

2.1.1. Postanak Jadranskog mora

Prekursor Jadranskog mora je Jadranski bazen (*Dinaric foreland basin*) nastao tijekom izdizanja Dinarida uslijed kolizije Jadranske mikroploče s Euro-Azijskom pločom u eocenu. Jadransko je more nastalo u miocenu, a svoj današnji oblik približno je poprimilo nakon tzv. flandrijske transgresije (koja je započela prije 17 000 godina, MALVIĆ *et al.*, 2015). Danas se smatra predgorskim bazenom omeđenim Alpama, Dinaridima i Apeninima te prekriva dio Jadranskog bazena koji još uključuje i kopneni dio Padske depresije.

Sjeverni dio Jadranskog mora nastao je tek u razdoblju holocena, također tijekom flandrijske transgresije koja traje još i danas (VELIĆ & MALVIĆ, 2011). Tada je, nakon posljednjeg glacijalnog doba, uslijed otapanja ledenjaka te ledenih i sniježnih pokrivača diljem Zemlje, došlo do promjene globalne razine morske vode.

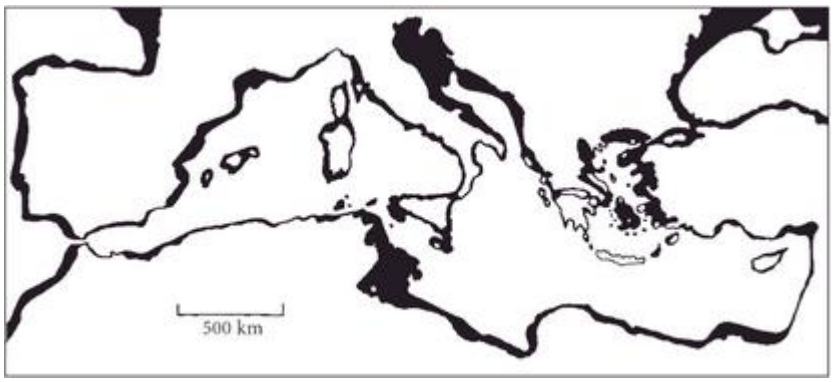
Pleistocen je, naime, bilo razdoblje intenzivnih izmjena glacijalnih i interglacijalnih perioda. Stvaranje ledenih kapa i otapanje povezujemo s promjenama u Zemljinoj orbiti opisanim kao Milankovićevi ciklusi. Otapanje ledenog i snježnog pokrivača u razdobljima interglacijala te širenje ledenog pokrivača u razdobljima glacijala imali su najveći utjecaj na promjenu tadašnje globalne morske razine. Do prije 17 000 godina, tijekom posljednjeg glacijalnog doba, koje se na području Europe naziva Würm, snježni i ledeni pokrivač pokrivali su Europu od područja Skandinavije prema jugu do Velike Britanije, središnje Njemačke i Rusije te posebice uključivali sve planine i ostala uzvišenja diljem kontinenta (JOHNSON HILTON, 1998; Slika 1.).



Slika 1
Sjeverna Europa tijekom posljednjeg glacijalnog maksimuma (prije 21 000 godina).

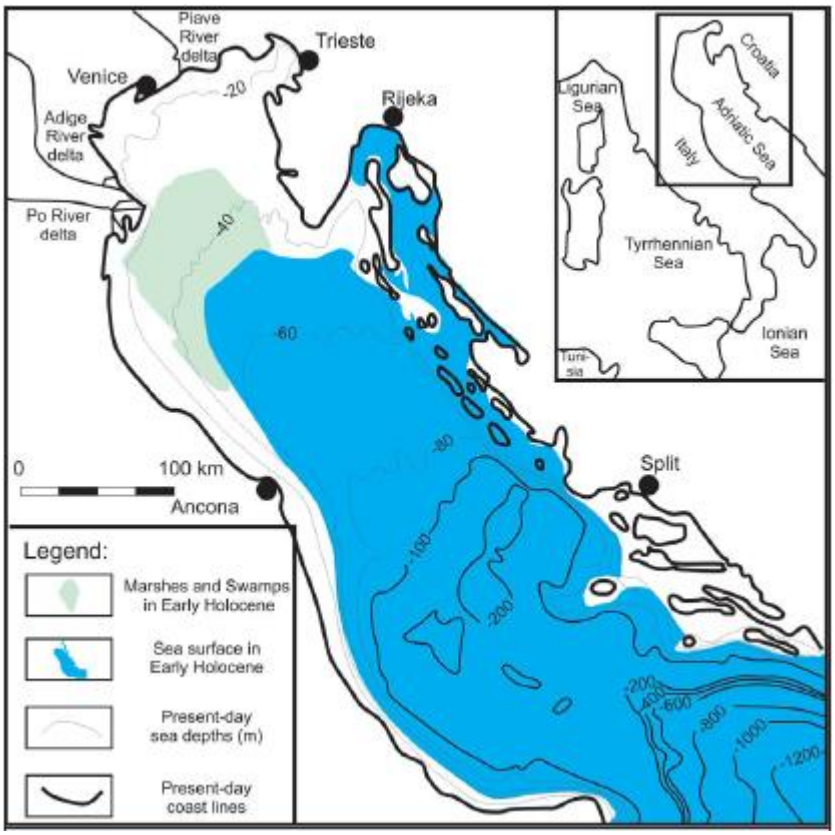
Preuzeto iz: Becker *et al.* (2015)

Ta globalna oledba utjecala je na globalnu razinu morske vode za koju se smatra se da je krajem Würma bila barem 120 metara niža (MALVIĆ & VELIĆ, 2011, Slika 2), a možda čak i do 175 metara niža nego danas (prema VEEH & VEEVERS, 1970; preuzeto iz ANDERSON et al., 2007). Nakon toga, uslijedila je takozvana flandrijska transgresija koja se od kraja pleistocena nastavila i u razdoblje holocena. Sadašnja razina mora uspostavljena je prije otprilike 5000 godina, kada je došlo do podizanja morske razine u području Jadranskog bazena te konačnog formiranja sjevernog dijela Jadranskog mora (Slika 3). Smatra se da u zadnje 2000 godina nije bilo eustatičke



Slika 2.
Rekonstrukcija Mediterana krajem Würma (prije oko 18 000 godina). Crnom bojom označeno je područje kontinentalnog šelfa da je morska razina bila 120 m niža nego danas.
Preuzeto i prilagođeno prema: ANDERSON *et al.*, 2007

promjene morske razine na području Sredozemnog (prema FLEMMING, 1969; preuzeto iz ANDERSON et al., 2007).



Slika 3.

Morska razina Jadranskog mora tijekom holocena.

Plavom bojom označena je morska razina početkom holocena (prije 11 000 godina).

Crnom linijom označena je recentna obalna linija.

Preuzeto iz VELIĆ, 2011 (prilagođeno prema CORREGGIARI *et al.*, 1996).

2.2. Geografske i klimatološke karakteristike sjevernog Jadranskog mora

2.2.1. Dubina

Prosječna dubina Jadranskog mora iznosi 173 metara, što ga čini relativno plitkim morem. Najveću dubinu nalazimo na području Južnojadranske podmorske kotline koja iznosi 1228 metara (mrežni izvor). Prema sjeveru, dubina se smanjuje. Na području slovenskog dijela Jadranskog mora, koji obuhvaća trećinu Tršćanskog zaljeva, dubina većinom ne prelazi dvadesetpet metara, a u prosjeku iznosi osamnaest metara. Najveća izmjerena dubina iznosi tridesetosam metara u blizini rta Madona (BREČKO GRUBAR, 2009).

2.2.2. Salinitet

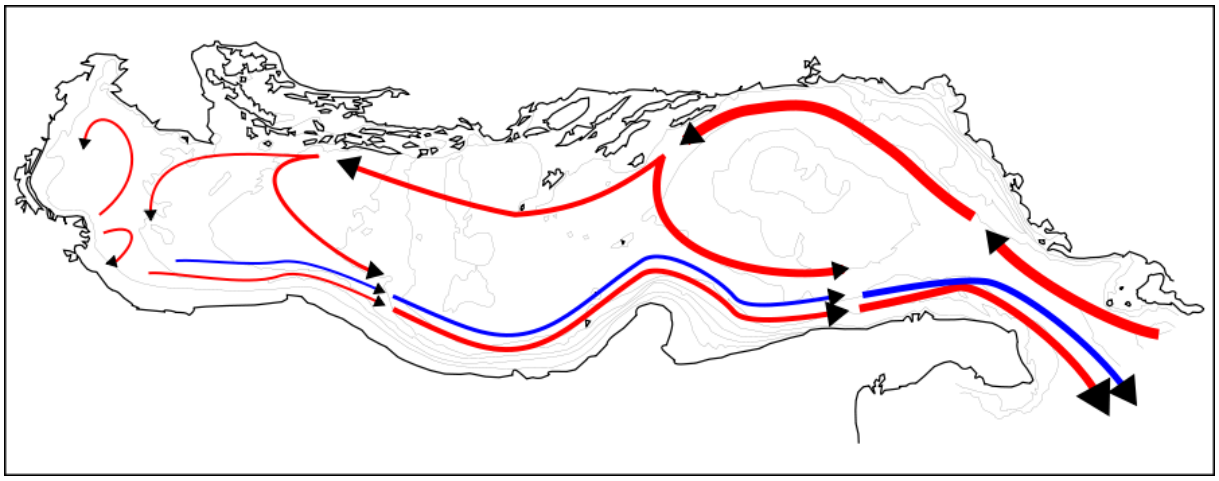
Salinitet je mjera koja opisuje količinu otopljenih soli u gramima po kilogramu morske vode, izražena u promilima (‰). Prosječni salinitet Jadranskog mora iznosi 38,3 ‰ te se smanjuje na mjestu riječnih ušća. Ono je najjače izraženo na ušću rijeke Po čiji dotok slatke vode čini jednu trećinu ukupnog dotoka slatke vode na području cijelog Jadranskog mora (SOLIDARI *et al.*, 2009).

2.2.3.Temperatura

Prosječna temperatura Jadranskog mora u razdoblju ljetnih mjeseci iznosi 22 – 27° C. Najniža površinska temperatura mora u razdoblju zimskih mjeseci je 7° C uz obalu (Jadransko more, mrežni izvor http://www.braneweb.net/more.html). Prosječna godišnja temperatura iznosi 11° C. U slovenskom dijelu Jadranskog mora, ona je nešto viša te iznosi 16.1° C. Na temperaturu bitno utječe bura koja za vrijeme ljetnih i zimskih mjeseci istiskuje dubinsku vodu, koja je hladnija, na površinu (BREČKO GRUBAR, 2009.).

2.2.4. Morske struje

Morske struje horizontalna su kretanja morske vode. Radi plitkosti sjevernog dijela Jadranskog mora, pod velikim su utjecajem trenutnih vremenskih prilika, ponajviše jačine vjetrova od kojih utjecaj bure značajno prevladava. Na hrvatskoj strani obale kreću se od smjera juga prema sjeveru, a kod Savudrijskog poluotoka dijeli se u dva kraka. Jedan krak nastavlja se kretati prema talijanskoj obali te nastavlja uz njenu obalu prema zapadu. Drugi krak kreće se prema sjeveroistoku gdje ulazi u Tršćanski kanal (BREČKO GRUBAR, 2009) (Slika 4.).



Slika 4.
Shematski prikaz kretanja morskih struja na području Jadranskog mora.

Mrežni izvor:
https://hr.wikipedia.org/wiki/Jadransko_more#/media/File:Adriatic_Sea_Currents_2.svg

2.3. Geografski smještaj lokaliteta (Piranski zaljev)

Piranski zaljev nalazi se na području Sjevernog Jadrana, a predstavlja južni dio Tršćanskog zaljeva. Na jugu se proteže do rta Savudrija, a na sjeveru do rta Madona. Ukupna površina Piranskog zaljeva iznosi devetnaest kvadratnih kilometara. Uz Koparski zaljev, jedino je mjesto na kojemu Jadransko more ulazi u slovenski dio obale. Lokalitet na kojem su prikupljeni uzorci, nalazi se na koordinatama N 45°32'55,68"; E 13°33'1,59" (Slika 5.) i dubini od 44 metara.



Slika 5.
Položaj lokaliteta s kojega su uzeti uzorci (koordinate N 45°32'55,68"; E 13°33'1,59")

Preuzeto i prilagođeno prema mrežnom izvoru Google Maps



Slika 6.

Uzorkovanja sedimenta tehnikom piston corer-a s izvađenom jezgrom, srpanj 2014.

2.4. Sedimenti Piranskog zaljeva

Obala Piranskog zaljeva sastoji se od pješčenjaka u izmjeni s laporom i srednjeeocenskih klastičnih stijena s fragmentima breča ili konglomerata. Morsko dno Piranskog zaljeva sastavljeno je od pleistocenskih pijesaka i holocenskog mulja koji su većinom nastali uslijed abrazije stjenovitih obala i akumulacijom sedimenta donešenog riječnim tokovima (BREČKO – GRUBAR, 2009). Sediment je najviše donešen rijekom Po, a također je i bitan utjecaj rijeka Adige, Livenza, Tagliamento (Tilment) i Isonzo (Soča) sa sjeverne i sjeverozapadne strane te rijeke Grižane i Dragonja sa zapadne strane. Navedene rijeke u more također donose i slatku vodu i nutrijente.

3. Laboratorijske metode

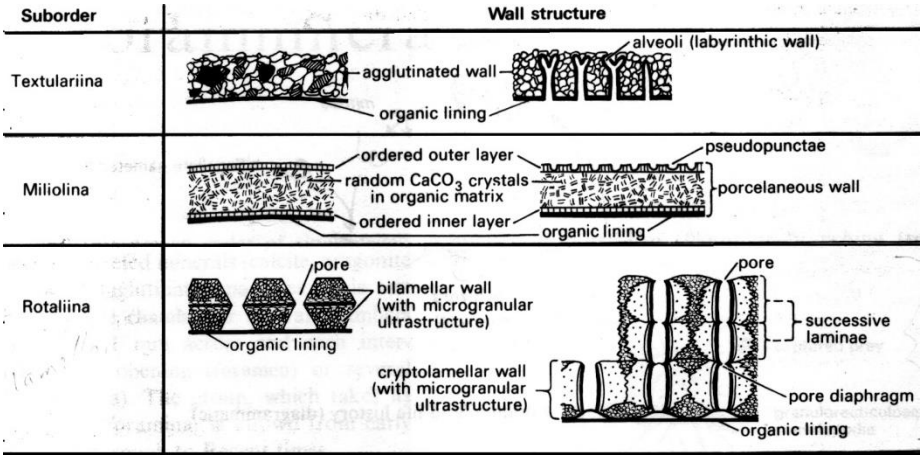
Uzorci korišteni prilikom istraživanja dobiveni su jezgrovanjem metodom piston corer-a. Jezgrovanjem (uz korištenje motora brodice), izvađena je sedimentna jezgra promjera 90mm i duljine 1,5m.

Rad u laboratoriju sastojao se od analize 6 pod-uzoraka rastresitog marinskog sedimenta frakcije 125 μm koja predstavlja standard za ekološka istraživanja (FOBIMO, FOraminiferal BIo-Monitoring, SCHÖNFELD *et al.*, 2012). Analizirani pod-uzorci odgovaraju dubini sedimenta od 10 do 25 centimetara, a podijeljeni su u sljedeće intervale: 10 – 12 centimetara, 12 – 14 centimetara, 14 – 16 centimetara, 16 – 18 centimetara te 20 – 25 centimetara. Svaki pod-uzorak standardiziran je putem mikrosplitera (pačetvorenja) kako bi se osigurala slučajnost odabira te dobio čim autentičniji sastav zajednice. Iz svakog je pod-uzorka izdvojeno približno tristo jedinki bentičkih foraminifera. Pod-uzorci su promatrani pod stereoskopskom lupom, a rodovi i vrste pronađenih foraminifera određeni su uz pomoć odgovarajuće literature, prema kriterijima Loeblich & Tappan (1988). Pri određivanju vrsta i rodova, korištena je sljedeća literatura: Cimerman & Langer, 1991 te Meriç et al., 2014 te internetski portal www.foraminifera.eu. Daljnja analiza odnosila se na određivanje nekoliko indeksa koji su poslužili kao pomoć za interpretaciju okoliša te statistička obrada podataka.

3.1. Postupak i kriteriji za određivanje foraminifera

Foraminifere su određivane na nivou vrste ili, ako to nije bilo moguće, na nivou roda. Kriteriji za njihovo određivanje bili su:

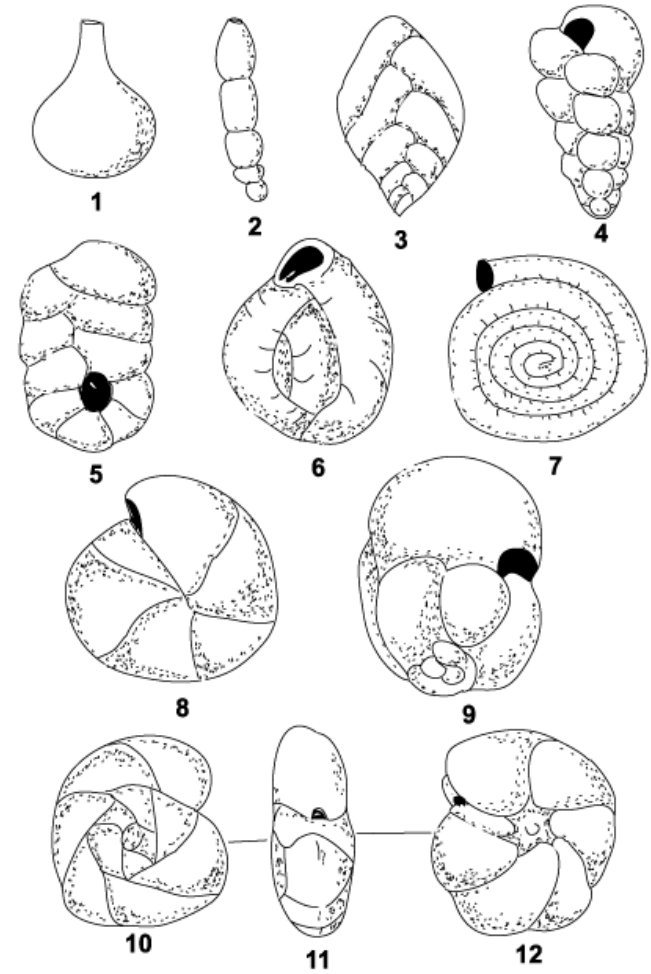
a. tip stijenke – grubo svrstane u tri tipa: aglutinirana (imaju je predstavnici podreda Textulariina), vapnenačka imperforatna (podred Miliolina), vapnenačka perforatna (podred Rotaliina) (Slika 7.).



Slika 7.
Tipovi stijenki

Preuzeto i prilagođeno prema mrežnom izvoru Acadia University 3213 geology course.

b. morfologija kućice – oblik kućice (Slika 8.), broj i oblik klijetki, smjer rasta sepata, oblik ušća (Slika 9.)

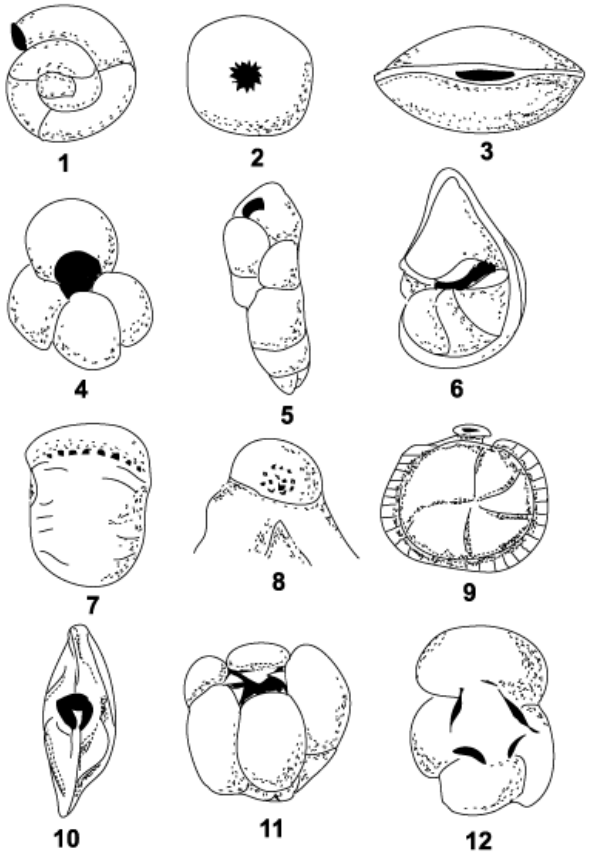


Principle types of chamber arrangement. 1, single chambered; 2, uniserial; 3,biserial; 4, triserial; 5, planispiral to biserial; 6, milioline; 7, planispiral evolute; 8, planispiral involute; 9, streptospiral; 10-11-12, trochospiral (10, dorsal view; 11, edge view; 12, ventral view). Redrawn from Loeblich and Tappan 1964.

Slika 8.

Razni oblici kućica foraminifera i njihovi nazivi.

Mrežni izvor Foraminifera, University College London.



Principle types of aperture. 1, open end of tube; 2, terminal radiate; 3, terminal slit; 4, umbilical; 5, loop shaped; 6, interiomarginal; 7, interiomarginal multiple; 8, areal crbrate; 9, with phialine lip; 10, with bifid tooth; 11, with umbilical teeth; 12, with umbilical bulla. Redrawn from Loeblich and Tappan 1964.

Slika 9.

Razni tipovi ušća foraminifera.

Mrežni izvor Foraminifera, University College London.

c. prisutstvo morfoloških oblika karakterističnih za pojedini rod ili vrstu – npr. kobilica (keel), bodlje na kobilici, „umbo“ (središnje ispupčenje), zubi, vrat, rebra (*costae*) i slično

3.2. Taksonomija ili razlike između rodova i vrsta

Istraživane foraminifere pripadaju bentičkim foraminiferama svrstanim u podredove Rotaliina, Textulariina i Miliolina.

Razlike između predstavnika podreda Rotaliina najuočljivije su u obliku kućice. Kućica može biti visoko trohospiralna (*Asterigerinata* sp.), nisko trohospiralna

(*Neoconorbina* sp., *Rosalina* sp.), planspiralna (*Elphidium* sp., *Porosononion* sp., *Haynesina* sp.), biserijalna (*Bolivina* sp. i *Brizalina* sp.). Morfološki slični rodovi i vrste determinirani su na temelju ostalih, specifičnih karakteristika koje se nalaze na kućicama. Kod foraminifera s nisko trohospiralnim kućicama, ključni faktori za određivanje bili su položaj i izgled ušća, stupanj perforiranosti stijenke te izgled klijetki. Tako je primjerice, za razlikovanje između vrste *Neoconorbina terquemi* i kućica roda *Rosalina* poslužile sljedeće karakteristike: ušće kod *N. terquemi* izduženo je oko trokutastog produžetka bočnog dijela stijenke najmlađe klijetke (*folium*), dok je kod roda *Rosalina* ono blago zakrivljeno i proteže se od ruba do bočnog dijela stijenke zadnje klijetke. Nadalje, razlika između vrsta *Rosalina floridensis* i *R. macropora* mikroskopski gledano su septi na spiralnoj strani koji su kod *R. macropore* deblji i izraženiji te jače perforirani. Istraživane foraminifere s planspiralnom kućicom zahtijevale su veću pozornost i preciznost prilikom određivanja radi njihove sličnosti. To su u prvom redu vrste *Elphidium*, vrste *Haynesina* te *Porosononion* sp. Kod razlikovanja vrsta *Elphidium*, prvi kriterij za klasifikaciju bio je izgled ruba. Razlikuju se kućice sa zaobljenim te one s izraženim, oštrim rubom (kobilica, *keel*). Sljedeći kriteriji bili su izgled i broj klijetki u zadnjem, najmlađem zavoju odraslog (adultnog) stadija, položaj i izgled zadnje klijetke i ušća, izgled kućice u bočnom položaju i orijentirane tako da se ušće vidi te izgled (savijenost, debljina) sepata i struktura koje ih povezuju (*fossete*, mostići). Najprepoznatljivije vrste su bile *E. aculeatum* s bodljama na vanjskom rubu te *E. translucens* s bikonveksnim, kružnim obrisom i gledajući sa strane kućicu i jako izraženu perforiranost stijenke. Predstavnici *E. jenseni* se ističu od ostalih vrsta po plosnatom obliku gledajući kućicu bočno orijentiranu (ušće okrenuto prema nama). *E. macellum* od ostalih foraminifera je izdvojen prema nepravilnom obliku kućice (oštri kutevi između klijetki) te zakrivljenim, ponegdje oštro zakrenutim rebrima. Predstavnici vrsta *E. margaritaceum* i *E. charlottense* slični su radi zadebljalih rebra te malih mostića, ali se razlikuju prema jače izraženoj kobilici kod *E. charlottense* te povećanoj zadnjoj klijetki kod vrste *E. margaritaceum*. Njima slična je i vrsta *E. striatopunctatum* koju obilježava puno veći broj klijetki i slabo izražen središnji dio (*umbo*). Najveći broj klijetki u zadnjem zavoju adultnog stadija (22 – 28, prema

CIMERMAN & LANGER, 1991) imaju predstavnici vrste *E. crispum* i taj broj klijetki je glavna razlika u odnosu na ostale vrste. Postepeno povećanje klijetki idući od starijih prema mlađim jedna je od glavnih značajki koju posjeduju pripadnici vrste *E. advenum*. *E. gerthi* ima jako izražen umbilikalni „čep", glatku površinu i kružni vanjski. Jedinke vrsta *E. granosum*, *Haynesina* sp. te *Porosononion* sp. imaju vrlo slične kućice. Različiti izgled klijetki i sepata omogućuje razlikovanje vrsta *Haynesina* sp., *E. granosum* i *Porosononion* sp. Klijetke su kod vrsta *Haynesina* izdužene, nisu napuhnute, a septi su gotovo ravni, nemaju umbilikalni „čep" te imaju manje perforiranu stijenku od *E. granosum* i *Porosononion* sp. Kućica vrste *Porosononion* sp. je bez umbilikalnog „čep", međutim, na nekim primjercima primijećene su litične čestice na mjestu na kojem se on kod drugih vrsta nalazi, radi čega je bila potrebna veća pažnja prilikom razlikovanja vrsta, posebice od vrste *E. granosum*. Foraminifere s biserijalnim kućicama bile su malobrojne, a razlika između njih napravljena je na temelju izgleda ušća.

Predstavnici podreda Textulariina su *Reophax* i *Textularia* sp. koji se međusobno veoma razlikuju. U odnosu na kućice roda *Textularia*, *Reophax* na kućicu lijepi puno veće litične čestice te ima ušće smješteno na produžetku („vratu"). Unutar roda *Textularia*, određivanje vrsta temeljeno je na izgledu kućice (*T. bocki* ima klinastu, *T. conica* subtriangularnu, *T. truncata* trokutastu vanjsku formu), izgledu sutura (suture *T. bocki* su zakrivljene i udubljene, *T. conica* udubljene, *T. truncata* blago udubljene) te ušća (ušća kod vrsta *T. bocki* i *T. truncata* su u obliku niskog luka, a kod vrste *T. conica* su to prorezi s uskom „usnom" – savijenim dijelom vanjske stijenke).

Prisutne foraminifere podreda Miliolina većinom su vrlo različite te je njihovo određivanje na nivou roda bilo donekle jednostavno. Nesigurnosti su se javljale kod pojedinih primjeraka, posebice prilikom razlikovanja predstavnika rodova *Quinqueloculina* i *Siphonoaperta*. Kao kriterij za razlikovanje poslužila je porcelanasta stijenka. Vrste *Quinqueloculina* koje su slične vrstama *Siphonoaperta* imaju više glatku površinu stijenke te malo drukčijih ušća. Na prvi pogled, i neke vrste roda *Pseudotriloculina* slične su kvinkelokulinama te predstavnicima roda *Miliolinella*. Međutim, kućice *Pseudotriloculina* sp. imaju tri klijetke vidljive izvana, dok kućice

Quinqueloculina imaju pet, *Milionella* tri do četiri klijetke. Također, za razliku od *Milionella*, *Pseudotriloculina* na ušću imaju i zub koji je bio razlikovni faktor na onim primjercima gdje je bio sačuvan. *Triloculina adriatica* i *T. marioni* razlikovane su na temelju ušća koje je kod *T. marioni* više ovalno.

3. 3. Indeksi bioraznolikosti

Bioraznolikost je ukupnost vrsta u nekoj zajednici koju kvantitativno opisujemo indeksima. Najjednostavniji indeks je indeks bogatstva vrsta koji se dobije brojanjem vrsta u nekom uzorku ili području. Međutim, takav indeks nam daje informacije samo o brojnosti, ali ne i o odnosima između vrsta. Za detaljnija istraživanja korišteno je nekoliko drugih indeksa koji se svrstavaju u dvije skupine, indekse dominacije te informacijsko – statističke indekse.

3.3.1 Indeksi dominacije

Indeksi dominacije pri računanju koriste podatke o bogatstvu vrsta i ujednačenosti. Daju nam podatke o dominantnim vrstama u uzorku ili zajednici. Ovisni su o brojnosti vrsta, što predstavlja i njihov glavni nedostatak. U ovom radu korišteni su Simpsonov (indeks dominacije) i Berger – Parkerov indeks.

Simpsonov indeks računa se prema formuli:

$$D_S = \sum \left(\frac{n_1 \, (n_1 - 1)}{N \, (N - 1)} \right)$$

Gdje su:

D_S = Simpsonov indeks (indeks dominacije)

n_1 = broj jedinki svake vrste

N = ukupan broj jedinki u zajednici

Pokazuje nam vjerojatnost da će bilo koje dvije jedinke slučajno odabrane iz beskonačno velike zajednice pripadati različitim vrstama. Vrijednosti su u rasponu 0 – 1 gdje manja vrijednost označava veću raznolikost zajednice. Rezultati mogu biti prikazani kao komplementarna formula $1 - D_S$ ili kao recipročna vrijednost $\frac{1}{D_S}$. Ukoliko se koristi komplementarna formula u prikazu rezultata, dobivena vrijednost je u rasponu 0 – 1 gdje manja vrijednost označava manju raznolikost zajednice. Ukoliko se koristi recipročna vrijednost u prikazu rezultata, dobivena vrijednost iznosi minimalno 1, a maksimalno onoliko koliko je prisutnih vrsta u uzorku ili zajednici, stoga veći broj ukazuje i na veći broj vrsta.

Berger – Parkerov indeks računa se prema formuli:

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

Gdje su:

d = Berger – Parkerov indeks

N_{max} = broj jedinki najzastupljenije vrste

N = ukupan broj jedinki u uzorku

Jedan je od najjednostavnijih indeksa dominacije, a izražava proporcionalnu važnost najzastupljenije vrste. Ovisan je o ujednačenosti vrsta.

3.3.2. Informacijsko – statistički indeksi

Informacijsko – statistički indeksi ne ovise o brojnosti vrsta već uključuju i vrste koje su rijeđe zastupljene u uzorku ili zajednici. Temelje se na logičkoj pretpostavci da se različitost može mjeriti na način na koji se mjere kodirane informacije. Mjere koja je

vjerojatnost da će se neka vrsta pojaviti u zajednici. U ovom radu, korišteni su Shannon Wienerov indeks, indeks ujednačenosti (ekvitabilnosti) te Fisherov indeks.

Shannon – Wienerov indeks računa se prema formuli:

$$H' = -\sum_{i=1}^{1} (p_i \, x \, \ln(p_i))$$

Gdje su:

H' = Shannon – Wienerov indeks

p = broj jedinki jedne vrste prema broju jedinki u zajednici

i = ukupan broj jedinki jedne vrste

Koristi se radi usporedbe raznolikosti različitih zajednica i okoliša, a vrijednost indeksa predstavlja omjer broja vrsta prema njihovom udjelu i važnosti u zajednici. Vrijednost indeksa raste s brojem vrsta, a u modernim zajednicama kreće se većinom u rasponu 1,5 – 3,5 te u pravilu ne prelazi preko 4. Radi lakše interpretacije i usporedbe uzoraka, u nekim istraživanjima koristi se i funkcija e^H koja daje informaciju koliko vrsta bi bilo prisutno kada bi one bilo jednako raspoređene.

Indeks ujednačenosti (ekvitabilnosti) računa se prema sljedećoj formuli:

$$E = \frac{H'}{\log(S)}$$

Gdje su:

E = indeks ujednačenosti

H' = Shannon – Wienerov indeks

S = ukupan broj vrsta u zajednici

Vrijednost indeksa nam govori o tome kolika je raznolikost neke zajednice u odnosu na maksimalnu moguću raznolikost. Kada su sve vrste u zajednici jednako brojne, vrijednost indeksa je maksimalna te iznosi 1.

Fisherov indeks računa se prema formuli:

$$S = \alpha \, x \ln\left(\frac{n+1}{\alpha}\right)$$

Gdje su:

S = broj vrsta

α = Fisherov indeks

n = broj jedinki

Fisherov indeks nije ovisan o veličini uzorka. U obzir uzima i vrste koje su rijetko zastupljene u zajednici što ga čini korisnim pokazateljem bioraznolikosti.

Navedeni indeksi izračunati su preko računalnog programa PAST (Paleontological Statistics) verzije 3.14, rujan 2016.

3.4. Transfer funkcija za salinitet

Uz indekse bioraznolikosti, na uzorke je primijenjena metoda transfer funkcija za salinitet. Općenito, radi se o matematičkom algoritmu koji u svojoj izvedbi u vezu dovodi sastav zajednice i fizikalno – kemijske faktore (KUČERA, 2007). Osim na salinitet, transfer funkcija može se primijeniti i na količinu kisika, morsku razinu, temperaturu i dubinu vode (MURRAY, 2006).

Metoda transfer funkcija je u ovom radu primijenjena kako bi se izračunale promjene saliniteta kroz pod-uzorke na temelju bentičkih foraminifera. Podaci o rasponu saliniteta koje pojedina vrsta tolerira preuzeti su iz Murray (2006) i raznih internetskih

izvora. Za one vrste za koje podaci o rasponu vrijednosti saliniteta nisu bili dostupni, korišteni su podaci za raspone njihovih rodova. Formula koja je korištena za izračun saliniteta, modifikacija je formule za izračun temperature Lommerzheim (1991) koja glasi:

$$T = \frac{1}{N}\, x \sum_{ni} x \left[\frac{Tmin + Tmax}{2}\right]$$

Gdje su:

N = ukupan broj jedinki u zajednici

n_i = broj jedinki jedne vrste

T_{min}, T_{max} = najniža, odnosno najviša temperatura koju vrsta tolerira

Uvrštavanjem parametara za salinitet, dobiva se sljedeća formula:

$$S = \frac{1}{N}\, x \sum_{ni} x \left[\frac{Smin + Smax}{2}\right]$$

Gdje su:

N = ukupan broj jedinki u zajednici

n_i = broj jedinki jedne vrste

S_{min}, S_{max} = minimalna, odnosno maksimalna vrijednost saliniteta koje pojedina vrsta tolerira

3.5. Jaccardov indeks

Jaccardovim indeksom izračunava se sličnost varijabli u nekom skupu. U ovom radu, napravljena je usporedba vrsta iz pod-uzoraka A – F s referalnim slojem (0 – 2cm, veličina uzorka 125μ). Korištena je formula koja glasi:

$$S_j = \frac{a}{a + b + c}$$

Gdje su:

S_j = Jaccardov index

a = broj vrsta koje su zajedničke

b = broj vrsta koje su karakteristične za jedan pod-uzorak

c = broj vrsta koje su karakteristične za referalni sloj

Jaccardov indeks u obzir uzima samo bogatstvo vrsta te nam daje informaciju koliki postotak vrsta je jednak s referalnim slojem. Dobivena vrijednost množi se sa 100 kako bi se rezultat izrazio u %.

3.6. Foraminiferski stres indeks

Foraminiferski stres indeks (FSI) izračunat je prema formuli Dimiza et al. (2015) koja glasi:

$$FSI = (10\ x\ Sen) + Str$$

Gdje su:

FSI = foraminiferski stres indeks

Sen = relativni postotak jedinki osjetljivih na obogaćenje organskom materijom

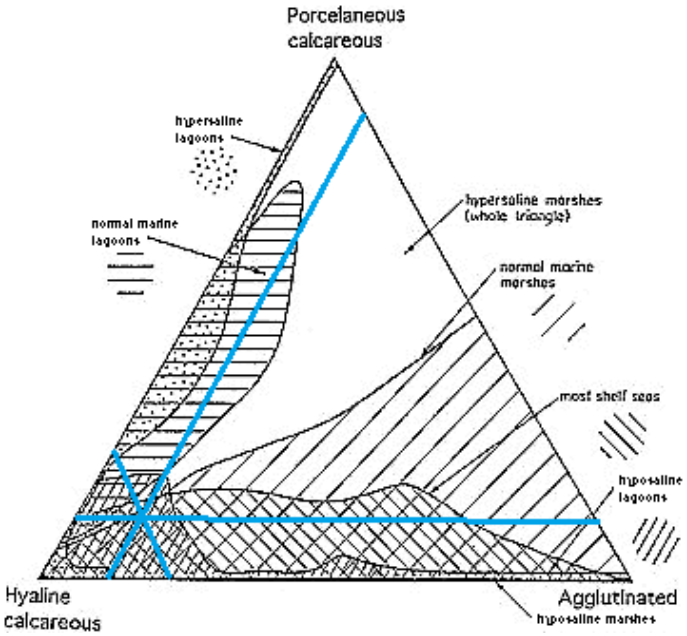
Str = relativni postotak jedinki tolerantnih na obogaćenje organskom materijom (oportunističke vrste)

FSI razvijen je u svrhu procjene kvalitete ekosistema u Mediteranu, a predstavlja modifikaciju FORAM indeksa (FI) koji je razvijen prema Hallock et al. (2003) kako bi se vidjelo je li kvaliteta vodenih okoliša prikladna za rast organizama s kalcitnim skeletom koje ovise o algalnim simbiontima. Za razliku od FI, FSI nije ovisan o drugim ekološkim čimbenicima u okolišu, poput dubine ili količine nutrijeneta, što ga čini pogodnim za istraživanja stresnih okoliša (npr. lagune). Vrijednost indeksa FSI u rasponu je od 1 do 10. Veća vrijednost označava i bolju kvalitetu ekosistema, a vrijednost 0 označava sediment u

kojemu nema organizama. Vrijednosti indeksa grupirane su u pet razreda s obzirom na zagađenje, od azoičnog (vrijednost manja od 1) do ekološki normalnog, odn. čistog i nezagađenog okoliša (vrijednost veća od 9; DIMIZA *et al.*, 2015). Podaci o toleranciji vrsta bentičkih foraminifera na količinu organskog materijala preuzeti su iz Murray (2006), Carnahan *et al.* (2009) i Dimiza *et al.* (2015).

4. Rezultati

U pod-uzorku A (10 – 12cm) izbrojano je ukupno 230 jedinki, koje su klasificirane u 26 rodova i minimalno 37 vrsta. Dominantan rod je rod *Elphidium* koji broji 71 jedinki, odnosno čini 30% zajednice uzorka. Dominantnih vrsta nema, ali je najzastupljenija vrsta *E. depressulum* koji broji 14 jedinki, odnosno čini 6% uzorka. U gotovo istom broju su zastupljene i vrste *Asterigerinata mamilla*, *E. granossum* te *Ammonia beccarii* (Tablica 1). Prema tome, zajednicu možemo smatrati *E. depressulum* – *A. mamilla* zajednicom (Tabla 1). Foraminifera s imperforatnom stijenkom ima 13,91%, onih s perforatnom stijenkom 73,48% te jedinki s aglutiniranim stijenkama 12,61% (Slika 10.). Indeks dominacije (D) iznosi 0,04053, Simpsonov indeks (1 – D) 0,96, Shannon – Wienerov indeks 3,54, indeks ekvitabilnosti (E) 0,88, Fisherov indeks 22,9 te Berger – Parkerov (d) 0,091. Odnos epifaune i infaune je 56:44.

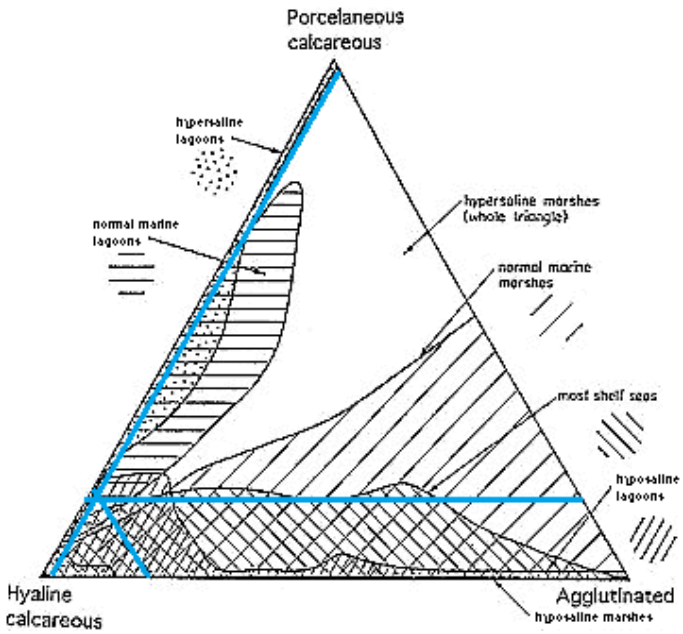


Slika 10.

Trokomponentni dijagram foraminifera prema tipu stijenke za uzorak A

Preuzeto i prilagođeno prema MURRAY, 1974.

U pod-uzorku B (12 – 14cm) analizirano je ukupno 219 jedinki, prepoznato je 29 rodova i minimalno 38 vrsta. Dominantan rod je rod *Elphidium* koji broji 60 jedinki, odnosno čini 27.4% uzorka). Dominantne vrste su *E. granossum* s 26 jedinki, odnosno udjelom od 11,9% uzorka te *A. mamilla* koja broji ukupno 22 jedinke, odnosno čini 10,05% uzorka (Tablica 1). Prema dominatnim vrstama, zajednica je nazvana *E. granossum – A. mamilla* zajednica (Tabla 2). Foraminifera s imperforatnom kućicom ima 14,15%, perforatnih 83,56% te aglutiniranih 1.72% (Slika 11.). Indeks dominacije (D) iznosi 0.061, Simpsonov indeks (1 – D) 0,94, Shannon – Wienerov 3,27, indeks ekvitabilnosti (E) 0,84, Fisherov indeks 20,25 te Berger – Parkerov (d) 0,12. Odnos epifaune i infaune je 57:43.



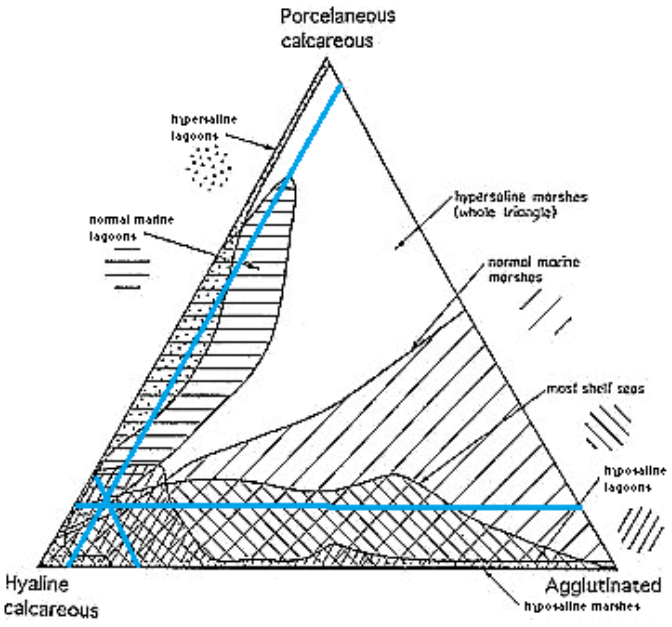
Slika 11.

Trokomponentni dijagram foraminifera prema tipu stijenke za uzorak B

Preuzeto i prilagođeno prema MURRAY, 1974

U pod-uzorku C (14 – 16cm) izbrojano je ukupno 289 jedinki, od čega je indentificirano 28 rodova i minimalno 46 vrsta. Dominantan rod je rod *Elphidium* s ukupno 63 jedinki, što je 21,79% uzorka. Dominantna vrsta je *A. mamilla* s udjelom od 11,11% uzorka (Tablica 1), a zajednica nosi naziv *A. mamilla* zajednica (Tabla 3). Imperforatnih foraminifera ima 14,87%, perforatnih 79,93% te aglutiniranih 5,19% (Slika 12.). Indeks dominacije (D) iznosi 0,041, Simpsonov indeks (1 – D) 0,96, Shannon –

Wienerov 3,62, indeks ekvitabilnosti (E) 0,87, Fisherov indeks 25,46 te Berger – Parkerov (d) 0,1211. Odnos epifaune i infaune je 60:40.

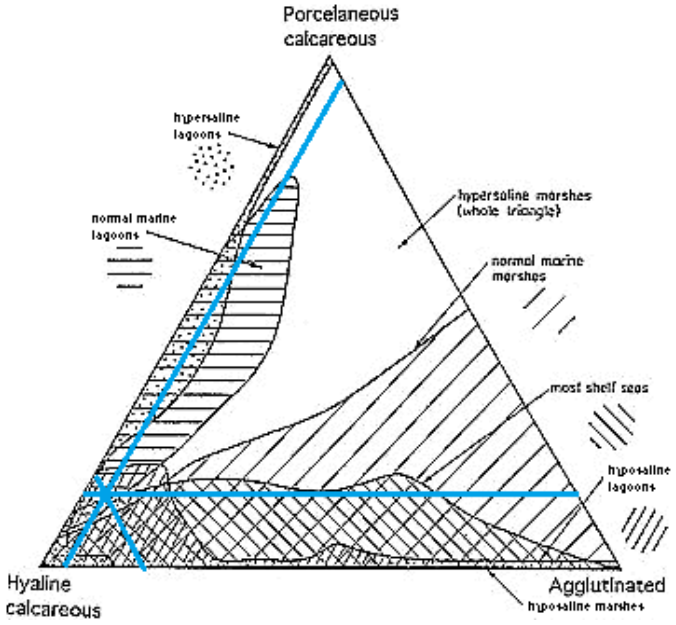


Slika 12.

Trokomponentni dijagram foraminifera prema tipu stijenke za uzorak C

Preuzeto i prilagođeno prema MURRAY, 1974

U pod-uzorku D (16 – 18cm) izbrojane i identifirane su 292 jedinke, koje su prepoznate kao 26 rodova i 47 vrsta. Dominantan rod je rod *Elphidium* s ukupno 77 jedinki, odnosno 26,37% zajednice uzorka. Dominantne vrste su *A. mamilla* koja broji 47 jedinki, odnosno predstavlja 16,09% uzorka te *E. granossum* koji broji 32 jedinke, odnosno 10,95% uzorka (Tablica 1). Prema njima, zajednica je nazvana *A. mamilla – E. granosum* zajednica (Tabla 4). Imperforatne foraminifere zastupljene su sa 17,81% uzorka, perforatne sa 77,39% te aglutinirane sa 4,79% (Slika 13.). Indeks dominacije (D) iznosi 0,06, Simpsonov indeks (1 – D) 0,94, Shannon – Wienerov 3,42, indeks ekvitabilnosti (E) 0,85, Fisherov indeks 20,59 te Berger – Parkerov (d) 0,161. Odnos epifaune i infaune je 70:30.

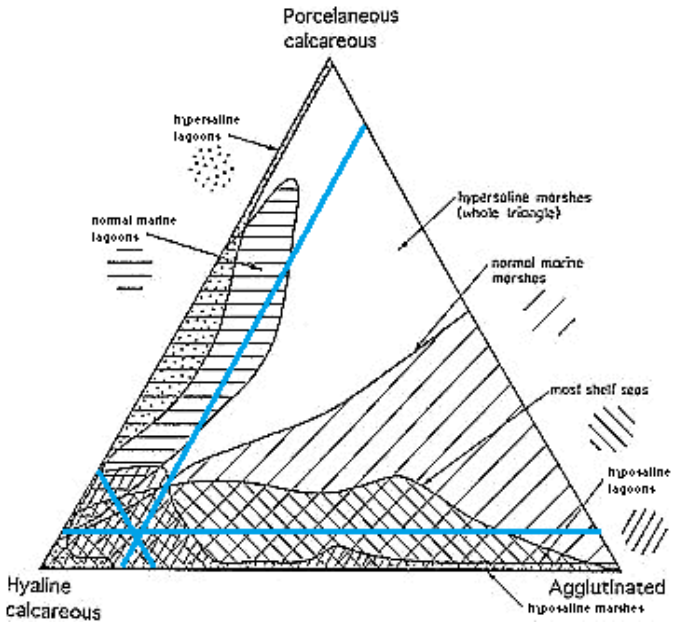


Slika 13.

Trokomponentni dijagram foraminifera prema tipu stijenke za uzorak D

Preuzeto i prilagođeno prema MURRAY, 1974

U pod – uzorku E (18 – 20cm) izbrojano je ukupno 276 jedinki, 19 rodova i 30 vrsta. Dominantan rod je rod *Elphidium* koji broji ukupno 76 jedinki, s 27,53% udjela u zajednici uzorka. Dominantne vrste s *E. granossum* koji broji ukupno 32 jedinke, odnosno predstavlja 11,59% udjela uzorka te *A. mamilla* koja broji ukupno 30 jedinki, odnosno 10,87% uzorka (Tablica 1). Zajednica nosi naziv kao i ona u uzorku B (12 – 14cm), *E. granos*sum – *A. mamilla* zajednica (Tabla 5). Imperforatnih foraminifera ima 8,69%, perforatnih 77,89%, a aglutiniranih 13,41% (Slika 14.). Indeks dominacije (D) iznosi 0,06, Simpsonov indeks (1 – D) 0,94, Shannon – Wienerov 3,20, indeks ekvitabilnosti (E) 0,85, Fisherov indeks 14,27 te Berger – Parkerov (d) 0,12. Odnos epifaune i infaune je 54:46.

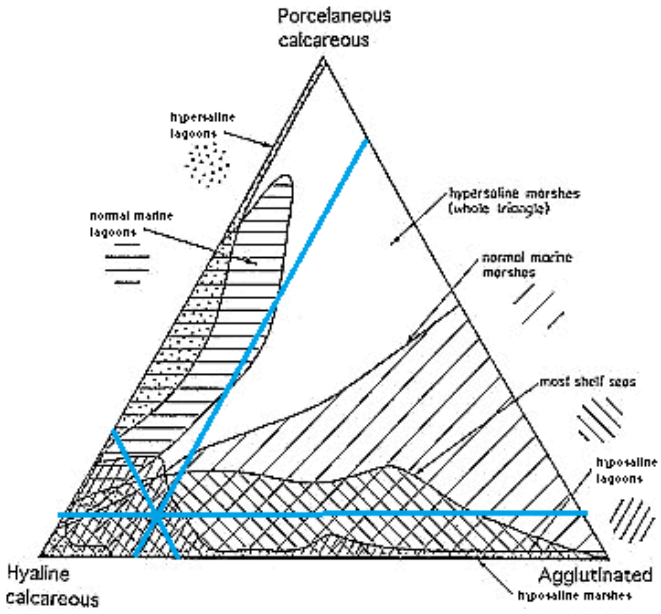


Slika 14.

Trokomponentni dijagram foraminifera prema tipu stijenke za uzorak E

Preuzeto i prilagođeno prema MURRAY, 1974

U pod – uzorku F (20 – 25cm) izbrojane su 294 jedinke među kojima je identificirano 28 rodova te minimalno 45 vrsta. Dominantni rodovi su *Elphidium*, koji čini 20,75% zajednice uzorka sa 61 jedinkom te *Ammonia* koja čini 19,04% zajednice uzorka s ukupno 56 jedinki. Dominante vrste su *A. mamilla* s s udjelom od 9.86% u zajednici uzorka, *E. granosum* s 9,52% te nešto manje prisutna *A. beccarii* s 6,8% (Tablica 1). Jednake su kao i u uzorku D (16 – 18 cm), stoga je i ova zajednica dobila naziv *A. mamilla* – *E. granosum* (Tabla 6). 8,84% uzorka čine foraminifere s imperforatnom stijenkom, 75,85% foraminifere s perforatnom te 15,31% foraminifere s aglutiniranom stijenkom (Slika 15.). Indeks dominacije (D) iznosi 0,04, Simpsonov indeks (1 – D) 0,96, Shannon – Wienerov 3,53, indeks ekvitabilnosti (E) 0,8696, Fisherov indeks 21.64 te Berger – Parkerov (d) 0,10. Odnos epifaune i infaune je 51:49.



Slika 15.

Trokomponentni dijagram foraminifera prema tipu stijenke za uzorak F

Preuzeto i prilagođeno prema MURRAY, 1974

Zajednicom svih šest pod-uzoraka dominiraju predstavnici roda *Elphidium* koji se u uzorcima pojavio s minimalno 60, odnosno maksimalno 77 jedinki te s četiri do devet vrsta u pod-uzorcima. Najviše različitih vrsta (bogatstvo vrsta) pronađeno je u pod-uzorku C gdje je određeno devet vrsta: *E. aculeatum*, *E. advenum*, *E. depressulum*, *E. gerthi*, *E. granosum*, *E. jenseni*, *E. macellum*, *E. striatopunctatum*, *E. translucens*. S obzirom na tip stijenke, perforatne foraminifere kojih u pod-uzorcima ima 73,48% – 83,56% dominiraju zajednicama. Kućice gotovo svih jedinki bile su vrlo dobro sačuvane (cjelovite klijetke i ušće, vidljive ornamentacije). Pojedine jedinke imperforatnih foraminifera na kućicama su pokazale blage znakove djelomičnog kemijskog otapanja te na nekim primjercima nije bio sačuvan zub.

Tablica 1 – Apsolutna zastupljenost određenih rodova i vrsta u uzorcima A – F te način života i tolerancija na količinu organskog materijala

	A 10 – 12cm	B 12 – 14cm	C 14 – 16cm	D 16 – 18cm	E 18 – 20cm	F 20 – 25cm	način života	tolerancija na količinu organskog materijala
Adelosina sp.	0	0	1	4	0	0	E[1]	Sen[2]
A. carinata – striata Wiesner	0	1	0	0	0	0	E	Sen
A. cliarensis (Heron – Allen & Earland)	4	2	3	8	5	2	E	Sen
A. dubia (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	1	E	Sen
A. mediterranensis (Le Calvez, J. & Y.)	0	0	0	0	3	0	E	Sen
Articulina sp.	0	1	0	0	0	0	E	Sen
A. carinata Wiesner	0	1	0	0	0	0	E	Sen
Cycloforina sp.	0	0	1	0	1	0	E	Sen
C. contorta d'Orbigny	6	5	5	5	1	3	E	Sen
C. sp. cf. *contorta* d'Orbigny	0	2	0	0	0	0	E	Sen
C. rugosa (d'Orbigny)	2	0	0	0	0	0	E	Sen
C. teunicolis (Wiesner)	0	2	1	2	0	0	E	Sen
C. villafranca (Le Calvez,	1	0	0	0	0	0	E	Sen

[1] Epifauna
[2] Osjetljiva

J. & Y.)								
Cribromiliolinella sp.	0	0	0	1	0	0	E	Sen
Miliolinella sp.	0	0	1	1	0	2	E	Sen
M. dilatata (d'Orbigny)	2	0	0	0	0	0	E	Sen
M. elongata Kruit	0	0	1	0	0	0	E	Sen
M. semicostata (Wiesner)	0	0	0	1	0	1	E	Sen
M. subrotunda (Montagu)	2	0	6	4	3	1	E	Sen
Pyrgo sp.	0	0	1	0	0	0	E	Sen
P. lucernula (Schwager)	0	0	0	1	0	0	E	Sen
Pseudotriloculina sp.	0	0	2	2	0	0	E	Sen
P. laevigata (d'Orbigny)	0	0	1	0	0	0	E	Sen
P. oblonga (Montagu)	0	0	0	1	0	0	E	Sen
P. rotunda (d'Orbigny)	0	0	0	1	0	0	E	Sen
Quinqueloculina sp.	4	0	1	0	0	1	E	Sen
Q. annectens (Schlumberger)	0	1	0	0	0	0	E	Sen
Q. berthelotiana d'Orbigny	0	1	0	0	0	0	E	Sen
Q. sp. cf. *berthelotiana* d'Orbingy	0	0	2	0	0	0	E	Sen
Q. bidentata d'Orbigny	0	0	0	0	1	0	E	Sen
Q. laevigata d'Orbigny	0	0	1	0	0	0	E	Sen
Q. limbata d'Orbigny	1	0	0	0	0	0	E	Sen

Q. parvula Schlumberger	0	0	1	1	0	2	E	Sen
Q. seminula (Linnaeus)	0	1	2	2	0	0	E	Sen
Sigmoilinita sp.	0	2	4	2	1	1	E	Sen
S. costata (Schlumberger)	0	1	4	5	0	3	E	Sen
Siphonoaperta sp.	1	3	0	2	4	0	E	Sen
S. agglutians d'Orbigny	1	0	0	0	0	0	E	Sen
S. aspera (d'Orbigny)	0	0	0	0	1	3	E	Sen
S. irregularis (d'Orbigny)	1	1	1	0	0	0	E	Sen
Spiroloculina angulosa Terquem	0	1	0	0	0	0	E	Str[3]
S. excavata d'Orbigny	0	0	0	1	0	0	E	Str
S. irregularis (d'Orbigny)	0	1	0	0	0	0	E	Str
S. ornata d'Orbigny	0	0	0	1	0	0	E	Str
Triloculina sp.	1	1	1	3	1	3	E	Sen
T. adriatica Le Calvez, J. & Y.	3	1	2	0	1	0	E	Sen
T. marioni Schlumberger	2	1	1	4	2	2	E	Sen
T. tricarinata d'Orbigny	1	0	0	0	0	1	I[4]	Sen
Ammonia sp.	20	20	15	8	22	24	I	Str
A. beccarii (Linnaeus)	10	7	12	7	11	20	I	Str
A. compacta Cushman	0	0	0	1	0	0	I	Str

[3] Tolerantnta
[4] Infauna

A. inflata Cushman	3	2	0	3	1	3	I	Str
A. parkinsoniana (d'Orbigny)	0	0	2	1	0	1	I	Str
A. sp. cf. *parkinsoniana* (d'Orbigny)	0	0	1	0	0	0	I	Str
A. tepida Cushman	8	5	2	5	9	8	I	Str
A. sp. cf. *tepida* Cushman	0	0	1	0	0	0	I	Str
Asterigerinata sp.	3	1	0	0	0	1	E	Sen
A. mamilla (Williamson)	12	22	35	47	30	29	E	Sen
A. marie Sgarrella	2	0	4	6	0	4	E	Sen
Astrononion sp.	0	0	0	0	0	3	E	Str
A. stelligerum (d'Orbigny)	0	0	3	1	0	3	E	Str
Bolivina pseudoplicata Heron – Allen & Earland	0	0	1	2	0	0	I	Str
B. variabilis (Williamson)	0	0	2	1	0	0	I	Str
Brizalina sp.	0	0	0	0	0	1	I	Str
B. dilatata (Reuss)	0	1	0	0	0	1	I	Str
Bucella sp.	2	2	3	0	0	7	I	Str
Bulimina sp.	2	0	0	0	0	0	I	Str
B. elongata d'Orbigny	0	1	2	0	0	0	I	Str
Cibicides advenum (d'Orbigny)	2	0	0	1	0	0	E	Sen

Cribroelphidium sp.	1	0	0	0	0	0	I	Str
Elphidium sp.	21	26	12	20	29	14	E	Sen
E. aculeatum d'Orbigny	1	0	1	0	2	0	E	Sen
E. advenum (Cushman)	1	0	2	6	0	3	I	Sen
E. sp. cf. *advenum* (Cushman)	0	0	0	0	1	1	I	Sen
E. charlottense Vella	2	0	0	0	0	3	E	Sen
E. crispum (Linnaeus)	0	0	0	1	2	0	E	Sen
E. sp. cf. *crispum* (Linnaeus)	0	0	0	0	2	0	E	Sen
E. depressulum Cushman	14	4	6	4	1	6	I	Sen
E. gerthi van Voorthuysen	0	0	1	0	1	1	I	Sen
E. granosum d'Orbigny	11	26	19	32	32	28	I	Sen
E. jenseni (Cushman)	0	1	1	1	3	0	E	Sen
E. macellum (Ficthel & Moll)	6	3	6	12	2	4	E	Sen
E. margaritaceum (Cushman)	0	0	0	0	0	1	I	Sen
E. pulvereum Todd	0	0	0	1	0	0	E	Sen
E. striatopunctatum (Ficthell & Moll)	1	0	2	0	0	0	I	Sen
E. sp. cf. *striatopunctatum* (Fichtell & Moll)	1	0	0	0	0	0	I	Sen
E. translucens Natland	1	0	1	0	1	0	I	Sen

Eponides sp.	10	3	10	13	12	4	E	Str
E. concerametus (Williamson)	2	0	2	2	0	0	E	Str
Fissurina sp.	1	2	4	3	2	2	I	Sen
Fursenkoina acuta (d'Orbigny)	0	0	0	0	0	1	I	Str
Globigerina sp.	0	6	0	0	0	0	P[5]	/
Globigerinoides sp.	1	0	0	0	0	0	P	/
Haynesina sp.	2	7	16	4	7	5	I	Str
H. depressula (Walker & Jacob)	2	1	8	3	15	3	I	Str
H. sp. cf. *orbiculare* (Brady)	0	1	3	0	4	0	I	Str
Hyalinea balthica (Schröter)	0	1	1	0	0	1	E	Str
Lenticulina sp.	0	1	0	0	0	0	E	Str
Lobatula lobatula (Walker & Jacob)	1	0	0	0	0	0	E	/
Neoconorbina terquemi (Rzehak)	3	5	10	6	5	6	E	Sen
Nonion sp.	1	0	0	0	0	0	I	Str
N. commune (d'Orbigny)	0	2	0	0	0	0	I	Str
N. depressulum (Walker & Jacob)	0	0	0	0	0	4	I	Str

[5] Plankton

Nonionella sp.	0	0	0	0	0	1	I	Str
N. turgida (Williamson)	0	0	1	0	0	2	I	Str
Porosononion sp.	7	17	14	10	5	9	E	Str
Reussela spinulosa Reuss	8	4	5	8	5	7	I	Sen
Rosalina sp.	1	0	0	3	0	1	E	Sen
R. floridensis (Cushman)	0	3	10	9	6	4	E	Sen
R. macropora (Hofker)	4	5	5	5	5	4	E	Sen
Stomatorbina sp.	2	4	8	0	0	1	I	Sen
Tretomphalus sp.	0	0	0	0	0	2	E	Sen
Textularia sp.	7	0	5	4	6	8	E	Str
T. bocki Höglund	8	2	5	2	8	9	E	Str
T. conica d'Orbigny	2	1	2	2	6	9	E	Str
T. truncata Höglund	1	0	1	0	2	7	E	Str
Reophax sp.	11	2	2	6	15	12	I	Str

Indeks dominacije (D) u pod-uzorcima je u rasponu 0,04053 – 0,06078. Simpsonov indeks (1 – D) je u rasponu 0,94. – 0,96. Vrijednosti Shannon – Wienerov indeksa su srednje visoke, u rasponu 3,20 – 3,62. Indeks ekvitabilnosti (E) je u rasponu 0,84 – 0,88. Fisherov indeks varira od 14,27 – 25,46. Berger – Parkerov indeks (d) je između 0,09 – 0,16 (Tablica 2).

Tablica 2 – prikaz indeksa bioraznolikosti kroz pod-uzorke

INDEKS	A	B	C	D	E	F
i. dominacije (D)	0,041	0,061	0,041	0,056	0,059	0,044
Simpsonov i. (1 – D)	0,96	0,94	0,96	0,94	0,94	0,96
Shannon – Wienerov (H)	3,54	3,27	3,62	3,43	3,20	3,53
i. ekvitabilnosti (E)	0,88	0,84	0,87	0,85	0,85	0,87
Fisherov i. (α)	22,9	20,25	25,46	21,15	14,27	21,64
Berger – Parkerov (d)	0,09	0,12	0,12	0,16	0,12	0,10

Salinitet izračunat metodom transfer funkcija dao je vrijednosti između 32,413‰ i 33,427‰ (Tablica 3).

Tablica 3 – Vrijednosti saliniteta u pod-uzorcima A – F dobiveni metodom transfer funkcija

	A	B	C	D	E	F
S (‰)	33,43	32,82	32,41	32,79	33,27	32,57

Jaccardov indeks pokazao je sličnosti s referalnim slojem u rasponu od 14,4% i 40,8% (Tablica 4).

Tablica 4 – Vrijednosti Jaccardovog indeksa pod-uzoraka A – F u odnosu na referalni sloj (0 – 2cm)

	A	B	C	D	E	F
S_j (%)	20,3	14,4	17,3	18,3	40,8	17,5

Izračunati foraminiferski stres indeks (FSI) dao je vrijednosti između 5,53 i 7,66.

Tablica 5 – FSI

	A	B	C	D	E	F
FSI	6,13	6,76	6,49	7,66	5,95	5,53

4.1. Opis i ekološki zahtjevi najzastupljenijih vrsta

Elphidium

Rod *Elphidium* taksonomski pripada familiji Elphidiidae, višoj kategoriji, podredu Rotaliina. Predstavnici roda žive i danas, a rod se razvio u eocenu. Stijenka je vapnenačka perforatna, izgrađena od kristalića kalcita i niskomagnezijskog kalcita. Žive kao bentos u morskim okolišima od unutarnjeg šelfa pa sve do gornjeg batijala, uključujući i brakične do hipersaline lagune. Najčešća je foraminiferska skupina plitkovodnih okoliša. Jedinke žive kao epifauna ili kao infauna, a prema morfološkim karakteristikama kućice, jasno razlikujemo stil života, prilikom čega epifaunalne vrste posjeduju *keel*, a infaunalne nemaju (rubovi su obli). Po načinu ishrane su herbivori/biljožderi (MURRAY, 2006). S bozirom na složenu građu stijenke (kanalni sistem nalazimo u stijenci), smatramo ih velikim bentičkim foraminiferama (BOUDAGHER – FADEL, 2008).

Svi pripadnici roda *Elphidium* imaju planspiralnu, involutnu kućicu s ušćem na zadnjoj klijetki.

Od ukupno trinaest vrsta *Elphidiuma* prepoznatih u istraživanim zajednicama, tri vrste bile su zastupljena u svim istraživanim uzorcima, *E. granosum*, *E. depressulum* i *E. macellum*, dok je vrsta *E. advenum* bila prisutna u pet uzoraka.

Elphidium granosum

Elphidium granosum (D'Orbigny, 1846)

Tab. 1, sl. 6; Tab. 2, sl. 2; Tab. 3, sl. 5; Tab. 4, sl. 5; Tab. 5, sl. 2

Kućica odraslih jedinki broji šest do dvanaest klijetki, ovisno o veličini. Klijetke su blago napuhnute te imaju zadebljale stijenke, zbog čega u sredini kućice tvore vapnenačko zadebljanje koje se zove *umbo*.

Elphdium depressulum

Elphidium depressulum Cushman, 1933

Tab. 1, sl. 5

E. depressulum epifaunalna je vrsta. Ima udubljene septe blago zakrivljene unazad i izraženi *umbo*. Zadnji zavoj adultnog stadija sastoji se od 11 – 13 klijetki. Vanjski rub je izražen, ima kobilicu (*keel*). Stijenka je izrazito perforirana.

Elphidium macellum

Elphidium macellum (Fichtell and Moll, 1798)

Tab. 3, sl. 2

Vanjski oblik kućice je nepravilan, neke jedinke imaju septe koji zatvaraju oštre kuteve između sukcesivnih klijetki. Septi su izrazito zakrivljeni unazad i malo zadebljali. Ono što obilježava ovu vrstu je veliki broj klijetki u zadnjem, adultnom, stadiju (između 21 i 24). Ušće je interiomarginalno (skriveno).

Elphidium advenum

Elphidium advenum (Cushman)

Tab. 1, sl. 1, Tab. 3, sl. 1

Kućice vrsta *E. advenum* imaju izraženi vanjski rub. Stijenka je glatka i perforirana. *Umbo* je slabo izražen. Septi su blago zakrivljeni unazad.

Asterigerinata

Rod *Asterigerinata* taksonomski pripada familiji Astergerinatidae te podredu Rotaliida. Epifaunalna je vrsta koja živi u unutarnjem dijelu šelfa srednjeg saliniteta (32 – 37‰), do maksimalne dubine od 100 metara (MURRAY, 2006). Stijenka je vapnenačka perforirana, izgrađena od kristalića kalcita i niskomagnezijskog kalcita. Vrsta *A. mamilla* brojna je u svim pod-uzorcima, a u pod-uzorcima B, C, D i E predstavlja dominantnu vrstu.

Asterigerinata mamilla

Asterigerinata mamilla (Williamson, 1858)

Tab. 1, sl. 2; Tab. 2, sl. 6; Tab. 3, sl. 4; Tab. 4, sl. 2; Tab. 5, sl. 1, Tab. 6, sl. 2

Kućica je visokotrohospiralna te blago udubljena na umbilikalnoj strani. Na umbilikalnoj strani je involutna, a na spiralnoj strani evolutna. Septi su malo zadebljali, blago zakrivljeni te izrazito perforirani na spiralnoj strani. Klijetke se idući od starijih prema mlađima povećavaju. Vanjski rub je izražen, ima kobilicu (*keel*). Ušće je interiomarginalno, u obliku luka.

Ammonia

Rod *Ammonia* pripada familiji Rotaliidae te podredu Rotaliina. Najstariji predstavnici roda poznati su od donjeg miocena. Tipična je foraminifera plitkovodnog okoliša (unutarnji šelf do 50 metara dubine), a tolerancija na smanjeni ili povišeni salinitet (10 – 50‰), omogućuje predstavnicima roda da nastanjuju i brakične okoliše i hipersaline lagune. Sve vrste su po načinu života infauna, a po načinu prehrane herbivori. Jedinke roda rasprostranjene su u toplim do tropskim morima (MURRAY, 2006).

Ammonia becarii

1991 *Ammonia becarii* (Linneause, 1758)

Tab. 1, sl. 4a, 4b; Tab. 5, sl. 3a, 3b; Tab. 6, sl. 3a, 3b

Kućica je bikonveksna, evolutna na spiralnoj strani te involutna na umbilikalnoj strani. Na kućici su vidljivi ukrasi u obliku slabo izraženih rebara i na spiralnoj i na umbilikalnoj strani. Ti ukrasi često pokrivaju ušće. Stijenka je perforirana, što je osobito vidljivo na suturama.

5. Rasprava

Kako bi se definirala raznolikost vrsta u istraživanim zajednicama, uzorcima je napravljena statistička analiza kojom su dobivene vrijednosti pojedinih indeksa.

Broj vrsta se u pod-uzorcima kreće u rasponu od 30 u pod-uzorku E, do 46 u pod-uzorku C. U svim pod-uzorcima, osim na pod-uzorku E, potvrđena je glavna premisa indeksa bogatstva vrsta prema kojoj broj vrsta ovisi o veličini uzorka ili područja, odnosno, da će u većem uzorku s većim brojem jedinki, i broj vrsta biti veći. U pod-uzorku E je prepoznato 30 vrsta na 276 jedinki, što je puno manji broj vrsta u odnosu na broj jedinki u usporedbi s ostalim pod-uzorcima.

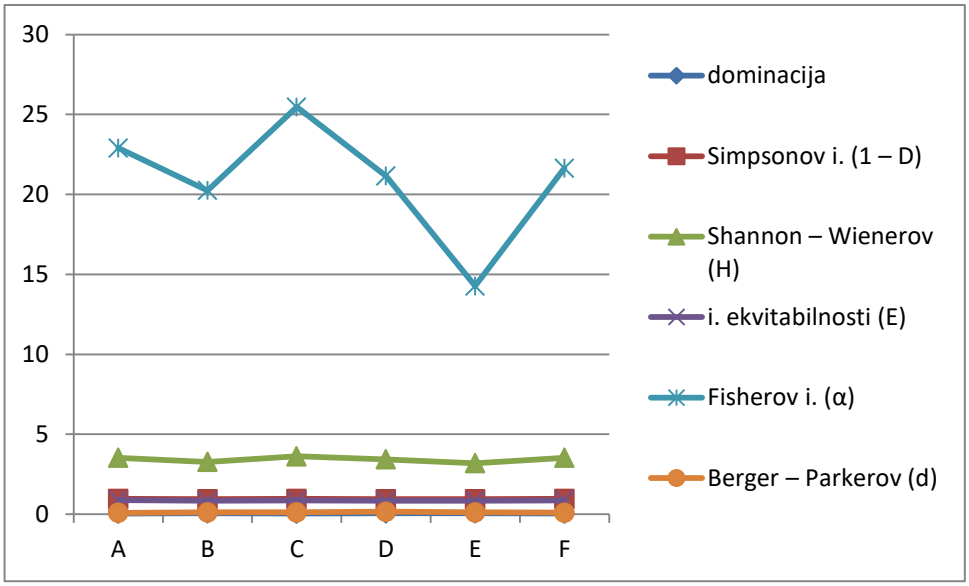
Indeksi dominacije (D), odnosno Simpsonovi indeksi (1 – D) pokazali su da su istraživane zajednice raznolike, a relativno male promjene ukazuju i na njihovu ujednačenost. Najraznolikija je zajednica u pod-uzorku A gdje se indeks najviše približio 0 za vrijednost D (0,041), odnosno 1 za vrijednost 1 – D (0,96).

Vrijednosti Berger – Parkerovog indeksa teže 0 (u rasponu su od 0,09 – 0,16), što ukazuje na raznoliku zajednicu. Vrijednosti indeksa ujednačenosti koji su u rasponu 0,84 – 0,88 pokazuju istu tendenciju. Pod-uzorak A predstavlja najujednačeniji pod-uzorak, što se može vidjeti i iz Shannon – Wienerovog indeksa ukoliko njegove vrijednosti prikažemo kao funkciju e^H.

Shannon – Wienerov indeks podjednak je u svim uzorcima. Raspon od 3,20 – 3,62 odgovara srednjem do visokom indeksu, ali ostaje unutar tipičnih vrijednosti za moderne zajednice. Predstavlja raznoliku zajednicu s ujednačenim brojem vrsta prema rodovima.

Fisherov indeks koji se kreće u rasponu od 14,27 do 25,46 ukazuje na normalne morske okoliše karakteristične za šelf.

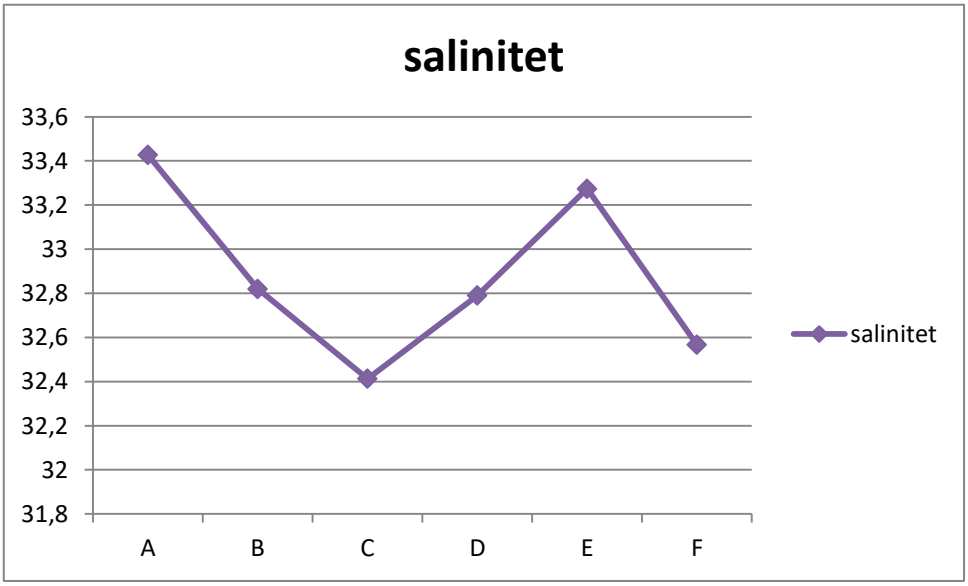
Navedeni indeksi osciliraju kroz dubinu te ne postoji preferirani trend pada ili rasta neke vrijednosti (Slika 16.).



Slika 16.
Grafički prikaz indeksa dominacije i informacijsko - statistčkih indeksa kroz pod-uzorke.

Vrijednosti saliniteta izračunate metodom transfera funkcija u rasponu su od 32,41‰ (pod-uzorak C) do 33,43‰ (pod-uzorak A). Vrijednosti osciliraju kroz uzorke, najveće su u pod-uzorku A, padaju do pod-uzorka C, zatim rastu do pod-uzorka E, nakon čega padaju do pod-uzorka F (Slika 17.). Karakteristične su za morske okoliše normalnog saliniteta čiji je raspon 32‰ - 35‰ (MURRAY, 2006). I sam sastav zajednice, odnosno dominacija foraminifera s perforatnom stijenkom, ukazuje na isti tip okoliša. Iako se trend oscilacija ne podudara s trendom Fisherovog indeksa, obje statističke analize dale su vrijednosti za okoliš normalnog saliniteta.

Izračunate vrijednosti saliniteta niže su od prosjeka za Jadransko more, što nam govori o donosu slatke vode u područje s kojeg su uzeti uzorci ili smanjenu evaporaciju.

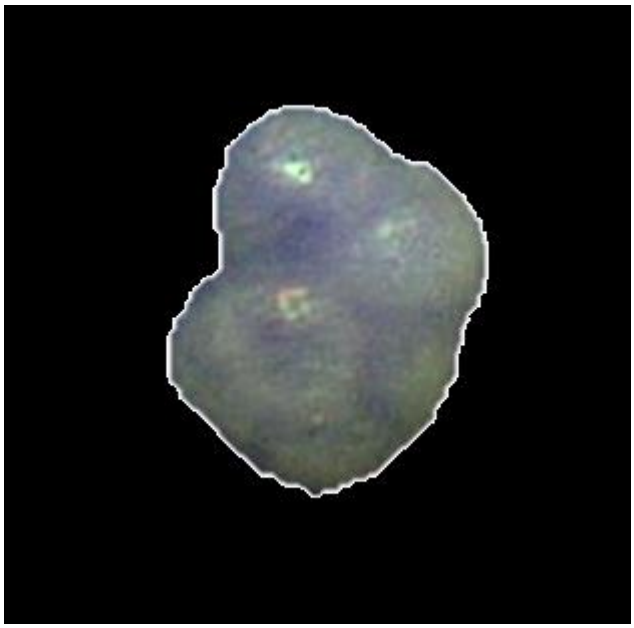


Slika 17.
Grafički prikaz saliniteta kroz pod-uzorke.

Odnosi zastupljenosti jedinki koje žive kao epifauna i infauna variraju od 51% do 70% epifaune u odnosu na 30% do 49% infaune. Omjeri su podjednaki kroz sve pod-uzorke, a jedino u pod-uzorku D taj omjer je veći, 70% epifaunalnih jedinki je. Faktori koji utječu na broj epifaunalnih i infaunalnih vrsta su nutrijenti i količina otopljenog kisika, čiji su međusobni odnosi konceptualizirani TROX modelom (JORRISEN *et al.*, 1995, preuzeto iz MURRAY, 2006). Dominacija epifaunalnih vrsta nad infaunalnim vrstama ukazuje na oligotrofične uvjete na morskom dnu. Među epibentosom, postoje rodovi i vrste koje žive na „fitalnom" pokrivaču (vlati morskih trava, talusima ili uz rizoide i korijenje), poput većine miliolidnih foraminifera, perforatnih foraminifera, *A. mamilla* i *Rosalina* sp., epifaunalnih vrsta *Elphidium* te vrste *Textularia bocki* (MURRAY, 2006).

Foraminiferski stres indeks u rasponu od 5,53 do 7,66 pripada razredu neznatno zagađenih okoliša (granične vrijednosti za taj razred su 5,5 – 9).

Uzorci se odlikuju velikom abundancijom jedinki roda *Ammonia*. *Ammonia* je kozmopolitski rod. Postoje dvije teorije o taksonomiji samog roda, ona o postojanju jednog morfotipa s više ekofenotipova koji se javljaju kao funkcija prilagodbe na uvjete u okolišu (za Jadran, smatra se da su ti morfotipovi *Ammonia beccarii* za dubljevodne okoliše te *A. parkinsoniana* za plitkomorske okoliše, JORRISEN 1988) te ona koja tvrdi da različiti morfotipovi pripadaju različitim vrstama (HOLZMAN, 2000; MURRAY, 2006). U svrhu ovog rada, primijenjena je druga teorija, a prisutne vrste bile su *A. beccarii*, A. compacta, *A. inflata*, A*. parkinsoniana* te *A. tepida*. Sami predstavnici roda prisutni su u okolišima širokih raspona vrijednosti saliniteta, temperature i oksičnosti, a mogu i kratko vrijeme preživjeti u anoksičnim uvjetima. Ukoliko žive u manje povoljnim uvjetima, blizu gornje ili donje granice ekoloških faktora, na kućicama se pojavljuju abnormalnosti, u obliku većeg ili manjeg broja klijetki, zavinutih klijetki i slično (MURRAY, 2006). Takvi oblici pojavili su se u pod-uzorku D (18 – 20cm), zastupljeni s tri jedinke (Slika 19.). Po načinu prehrane su herbivori, a najčešće se hrane modrozelenim algama i nekim vrstama dijatomeja (MURRAY, 2006).



Slika 19.

Primjer abnormalne kućice vrste *Ammonia* sp. iz pod-uzorka D (povećanje 2,2x).

6. Zaključak

U ovom radu opisana je zajednica foraminifera s područja odobalja Piranskog zaljeva. Uzorci koji su korišteni u ovom istraživanju, predstavljaju sediment dubine 10 – 25cm izvađen jezgrovanjem piston – corer metodom. Iz 6 pod-uzoraka u laboratoriju, određeno je 40 rodova i 86 vrsta. Mikropaleontološka obrada napravljena je prema FOBIMO standardu. Zajednicama su određeni biološki indeksi te je primjenom transfer funkcija određen salinitet, a pojedini rodovi i vrste taksonomski su opisani. S obzirom na tip stijenke, u uzorcima dominiraju predstavnici podreda Rotaliina, a najčešće vrste su *Elphidium granosum*, *E. depressulum*, *Asterigerinata mamilla* te *Ammonia beccarii*. Najzastupljeniji rod je *Elphidium* čije su se jedinke pojavile u svim pod-uzorcima s četiri do devet vrsta. Zajednice u svim pod-uzorcima dominantno su epifaunalne, što ukazuje na oligotrofične uvjete na morskom dnu. Brojne su i vrste koje žive u simbiozi s endokloroplastima (neki predstavnici roda *Elphidium*) ili na fitalnim površinama (većina miliolida, *Rosalina* spp., *Asterigerinata* spp. i slično) te na taj način dolaze do potrebnih nutrijenata. Biološki indeksi te vrijednosti saliniteta ukazali su na plitkovodni okoliš normalnog saliniteta, a foraminiferski stresni indeks da je taj okoliš neznatno zagađen. Biološki indeksi također su pokazali da su zajednice raznolike te relativno ujednačene. Te vrijednosti, s malim odstupanjima osciliraju kroz pod-uzorke i ne postoji trend kontinuiranog smanjenja ili povećanja vrijednosti nekog indeksa u odnosu na starost pod-uzoraka.

7. Literatura

ANDERSON, D. E., GOUDIE, A. S. & PARKER, A. G. (2007): Global Environments through the Quarternary. 225 – 227, 241 – 249. Oxford University Press Inc. New York.

BECKER, D., VERHEUL, J., ZICKEL, M. & WILLMES, C. (2015): LGM paleoenvironment of Europe – Map. CRC806-Database, DOI: http://dx.doi.org/10.5880/SFB806.15

BOUDAHGHER – FADEL, M. K. (2008): Evolution and geological significance of larger benthic foraminifera. Developments in Palaentology & Stratigraphy 21. Elsevier B.V., Amsterdam.

BREČKO GRUBAR, V. (2009): Stanje okoliša slovenskog dijela Jadranskog mora. Geoadria 15/1 (2010) 31 – 47.

BRICELJ, M. (2002): See the Sea; The Slovenian Mediterranean and Sustainable Development. The Ministry of The Environment and Spatial Planning of the Republic of Slovenia, Ljubljana, 4 – 15.

BRIGUGLIO, A., HOHENEGGER, J., PERVESLER, P., SAMS, B & ZUSCHIN, M. (2008): Introduction to the Northern Adriatic and Gulf of Trieste. U Palaeocology & Fossilization (ed. A. Briguglio). Actuopalaeontology course, 1. – 8. July 2008. 2 – 8.

BUCKOVIĆ, D. (2006): Historijska geologija 2: Mezozoik i Kenozoik. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu – Manualia universitatis studiorum Zagrabiensis. 12 – 16.

BUSETTI, M., VOLPI, V., BARISON, E., GIUSTINIANI, M., MARCHI, M. RAMELLA, R., WARDELL, N. & ZANOLLA, G. (2010): Meso-Cenozoic seismic stratigraphy and the tectonic setting of the Gulf of Trieste (northern Adriatic). GeoActa Special Publication 3, 9430, 1 – 14.

CARNAHAN, E. A., HOARE, A. M., HALLOCK, P., LIDZ, B. H., REICH, C. D. (2009): Foraminiferal assemblages in Biscayne Bay, Florida, USA: Responses to urban and

agricultural influence in a subtropical estuary. Marine Pollution Bulletin 59 (2009) 221 – 233.

CIMERMAN, F. & LANGER, M. R. (1991): Mediterranean Foraminifera. Paleontološki Institut Ivana Rakovca 2, Ljubljana.

DIMIZA, M. D., TRIANTAPHYLLOU, M. V., KOUKOUSIOURA, O., HALLOCK, P., SIMBOURA, N., KARAGEORGIS, A. P., PAPATHANASIOU, E. (2015): The Foram Stress Index: A new tool for environmental assesstment of soft-bottom environments using benthic foraminifera. A case study from the Saronikos Gulf, Greece, Eastern Mediterranean. Ecological Indicators 60 (2016), 611 – 621.

HILTON JOHNSON, W. (1998): Pleistocene Epoch Geochronology. Encyclopaedia Britannica. Preuzeto na dan 13.01.2017. iz https://www.britannica.com/science/Pleistocene-Epoch.

HOLZMANN, M. (2000): Species concept in foraminifera: *Ammonia* as a case study. U: Micropalentology, Vol. 46, Supplement 1: Advances in the Biology of Foraminifera. The Micropaleontology Project, Inc.

JORRISEN, F. J. (1998): Utrecht Micropaleontological Bulletins. Benthic foraminifera from the Adriatic sea; principles of phenotypic variation 37. Loonzetterij Abé, Hoogeveen and OMI-GB, Utrecht, 176.

LOEBLICH, A.R. & TAPPAN, H. (1988*).* Foraminiferal Genera and Their Classification. Van Nostrand Reinhold Company, New York. 970 str.

MAGURRAN, A.E. (2004): Measuring Biological Diversity. Blackwell Science Ltd. 256.

MALVIĆ, T., VELIĆ, J., CVETKOVIĆ, M., VELIĆ, I. (2015): Stratigraphy and petroleum geology of the Croatian part of the Adriatic basin. Journal of Petroleum Geology, Vol. 38, 3. izdanje. 281 – 300.

MCKINNEY, F. K. (2007.): The Northern Adriatic Ecosystem: Deep Time in a Shallow Sea. 35 – 58. Columbia University Press. New York.

MERIÇ, E., AVŞAR, N., YOKEŞ, M. B. & DINÇER, F. (2014): Atlas Of Recent Benthic foraminifera from Turkey. micropaleontology 60, 3-4. The Micropaleontology Project. New York.

MURRAY, J. W. (1974): Distribution and Ecology of Living benthic foraminiferids. Heinemann Educational Books, London. 274.

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

SCHÖNFELD, J., ALVE, E., GESLIN, E., JORISSEN, F. KORSUN, 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 Mivropaleontology 94-95, 1 – 13.

SOLIDORO, C., BASTIANINI, M., BANDELJ, V., CODERMATZ, R. COSSARINI, G, MELAKU CANU, D., RAVAGNAN, E., SALON, S. & TREVISANI, S. (2009): Current state, scales of variability, and trends of biogeochemical properties in the northern Adriatic Sea. Journal of Geophysical Research, vol. 114, C07S91, DOI: 10.1029/2008JC004838, 2009. 1 – 21. 11.01.2017.

VELIĆ, J. & MALVIĆ, T. (2011): Depositional conditions during Pliocene and Pleistocene in Northern Adriatic and possible lithostratigraphic division of these rocks. Nafta 62 (1 – 2) 25 – 32.

VELIĆ, I., TIŠLJAR, J., VLAHOVIĆ, I., MATIČEC, D. & BERGANT, S. (2003): Evolution of the Istrian Part of the Adriatic Carbonate Platform from the Middle Jurassic to the Santonian and Formation of the Flysch Basin During the Eocene: Main Events and Regional Comparison. U: Field Trip A1 – Evolution of the Istrian Part of the Adriatic

Carbonate Platform from the Late Jurassic to the Platform Disintegration in the Palaeogene. 22nd IAS Meeting of Sedimentology – Opatija 2003. 3 – 5.

MREŽNI IZVORI (kronološkim redoslijedom pristupanja stranici)

http://www.foraminifera.eu/, 2016.

http://eol.org/ , 2016.

http://www.croatia.eu/article.php?lang=1&id=11, 11.01.2017.

https://3dparks.wr.usgs.gov/nyc/moraines/flandrian.htm, 12.01. 2017.

http://www.croatia.eu/article.php?lang=1&id=11, 13.01.2017.

http://www.braneweb.net/more.html, 13.01.2017.

http://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/foram.html, 15.01.2017.

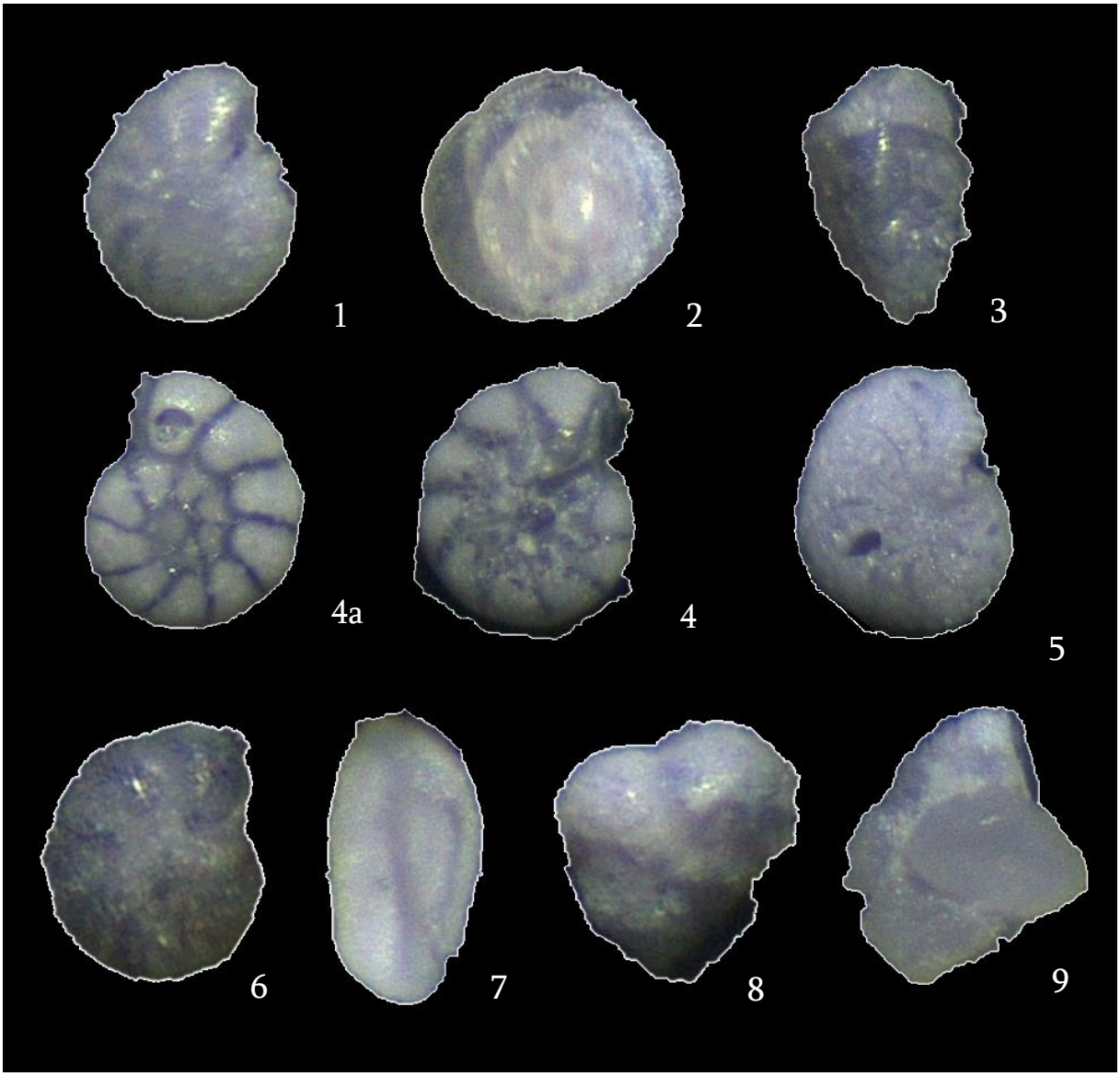
https://hr.wikipedia.org/wiki/Jadransko_more#/media/File:Adriatic_Sea_Currents_2.svg, 16.01.2017.

https://hr.wikipedia.org/wiki/Jadransko_more#/media/File:Adriatic_Sea_Currents_2.svg, 17.01.2017.

https://www.google.hr/maps/place/45%C2%B032'55.7%22N+13%C2%B033'01.6%22E/@45.5488027,13.4804032,12z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d45.548799!4d13.550441?hl=hr, 18.01.2017.

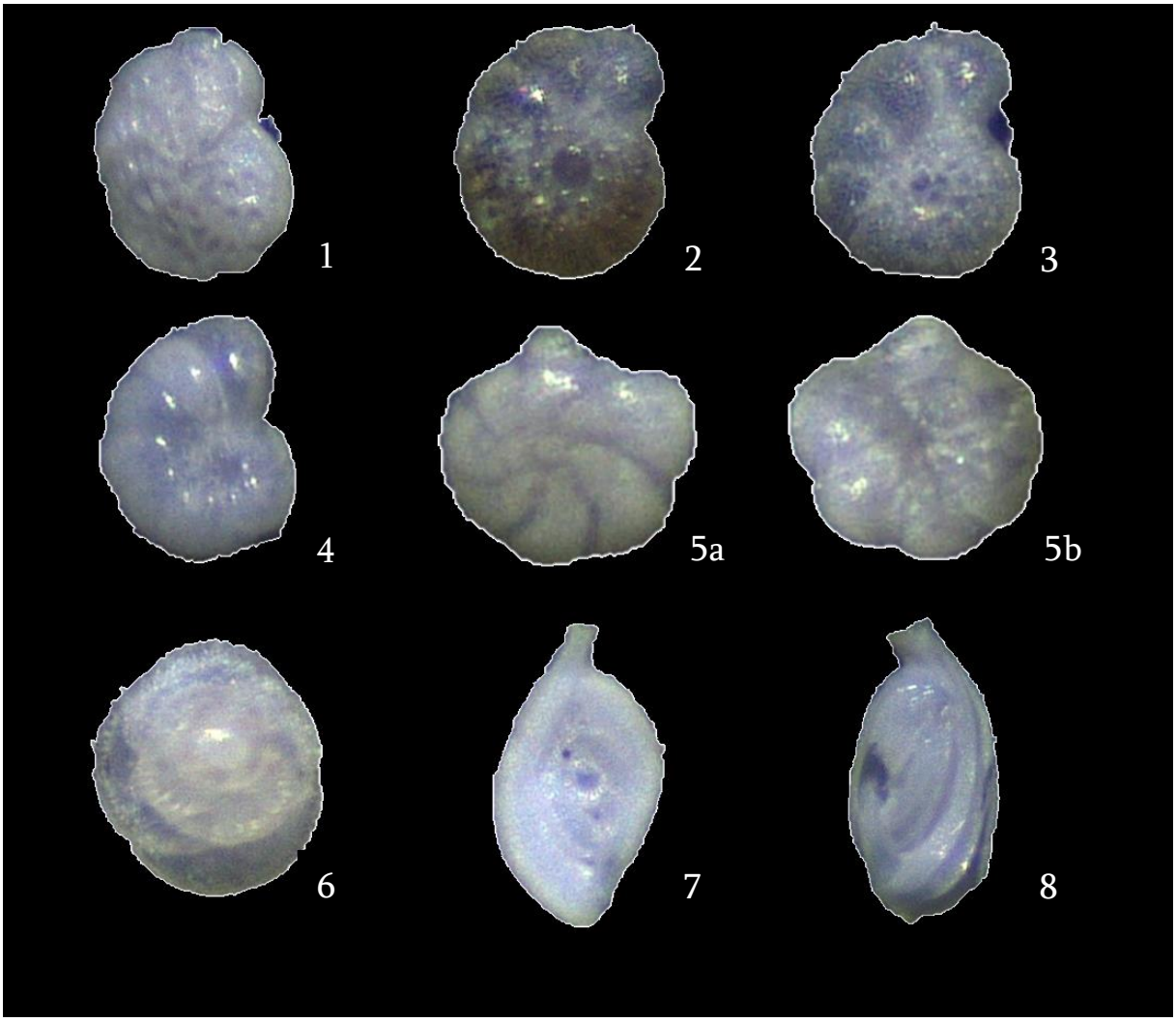
8. Dodatak

Tabla 1



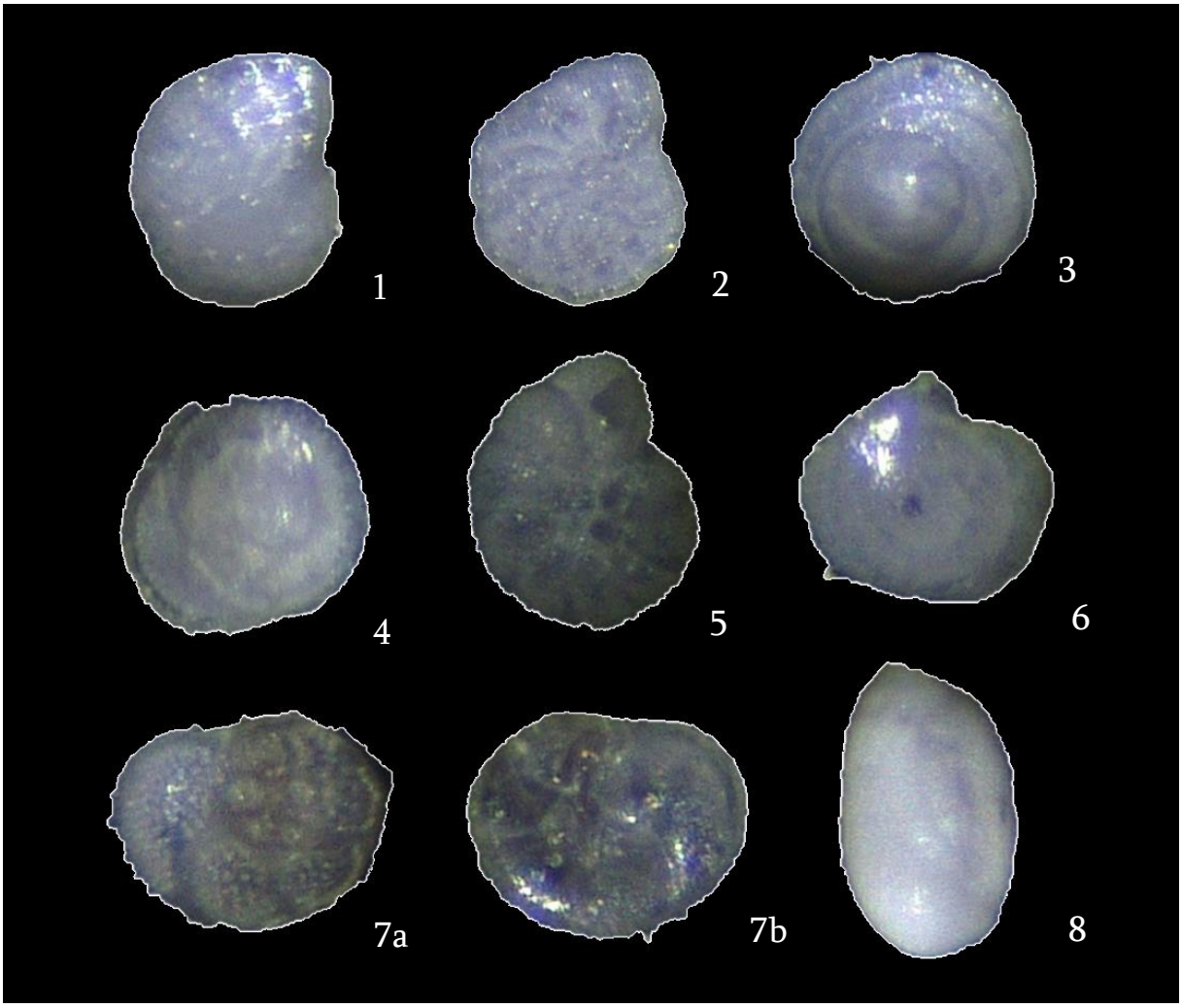
<u>*E. granosum – A. mamilla*</u> <u>zajednica</u> (pod-uzorak A): 1. *Elphidium* sp. bočna strana (povećanje 67x), 2. *Asterigerinata mamilla* (Williamson) spiralna strana (povećanje 65x), 3. *Reussela spinulosa* Reuss bočna strana (povećanje 66x), 4a. *Ammonia beccarii* (Linnaeus) spiralna strana (povećanje 66,7x), 4b. *A. beccarii* umbilikalna strana, 5. *Elphidium depressulum* bočna strana (povećanje 67x), 6. *Elphidium granosum* d'Orbigny bočna strana (povećanje 66,35x), 7. *Cycloforina contorta* d'Orbigny bočna strana (povećanje 67,5x) 8. *Textularia bocki* Höglund bočna strana (povećanje 68x), 9. *Reophax* sp. bočna strana (povećanje 64x).

Tabla 2



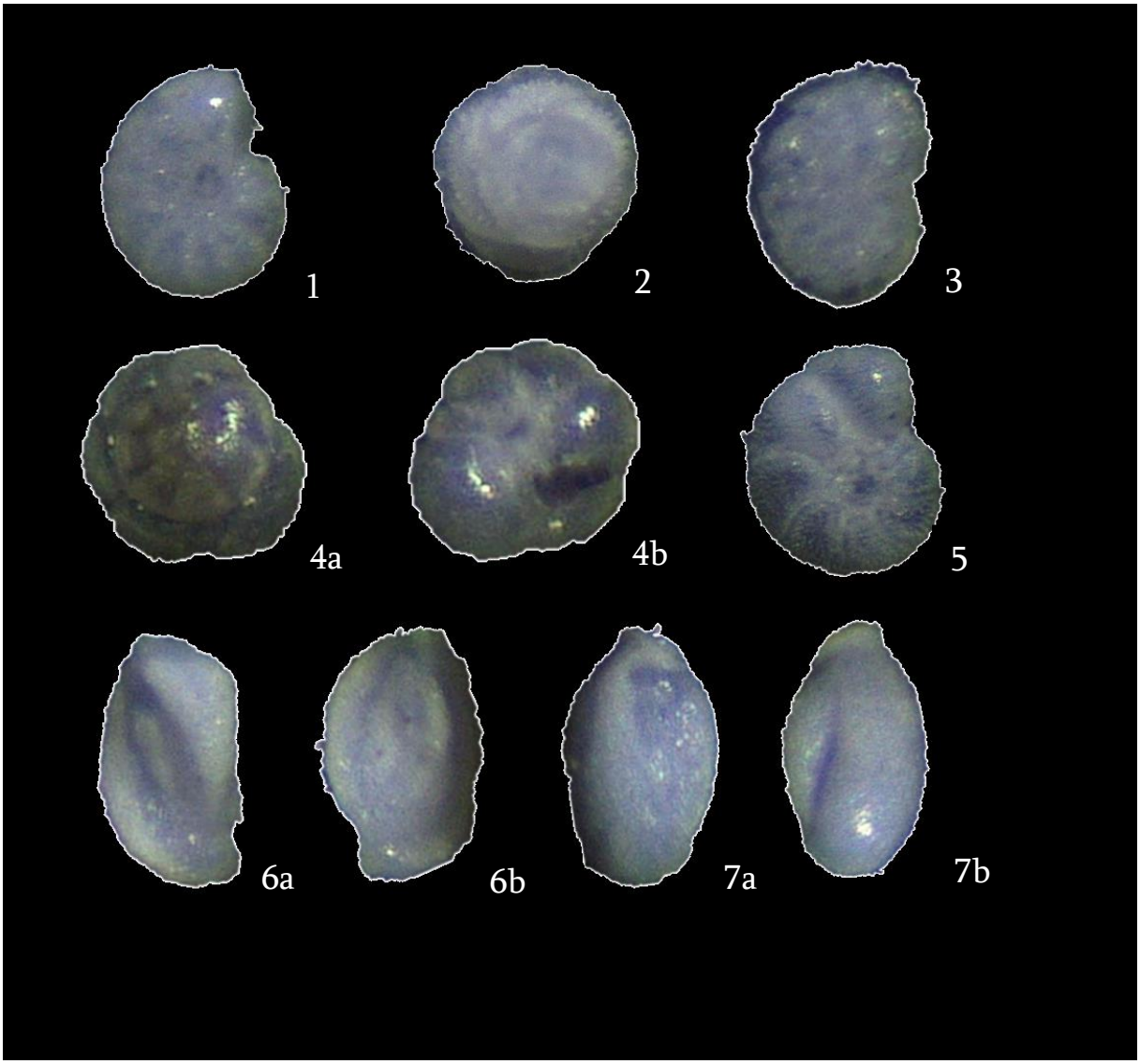
E. granosum – A. mamilla zajednica (pod-uzorak B): 1. *Elphidium* sp. bočna strana (povećanje 65x), 2. *Elphidium granosum* d'Orbigny bočna strana (povećanje 66,5x), 3. *Porosononion* sp. bočna strana (povećanje 67x), 4. *Haynesina depressula* (Walker & Jacob) bočna strana (povećanje 67x), 5a. *Ammonia* sp. spiralna strana (povećanje 68x), 5b. *Ammonia* sp. umbilikalna strana, 6. *Asterigerinata mamilla* (Williamson) spiralna strana (povećanje 65x), 7. *Spiroloculina angulosa* Terquem bočna strana (povećanje 67,4x), 8. *Adelosina carinata – striata* Wiesner bočna strana (povećanje 67,4x).

Tabla 3



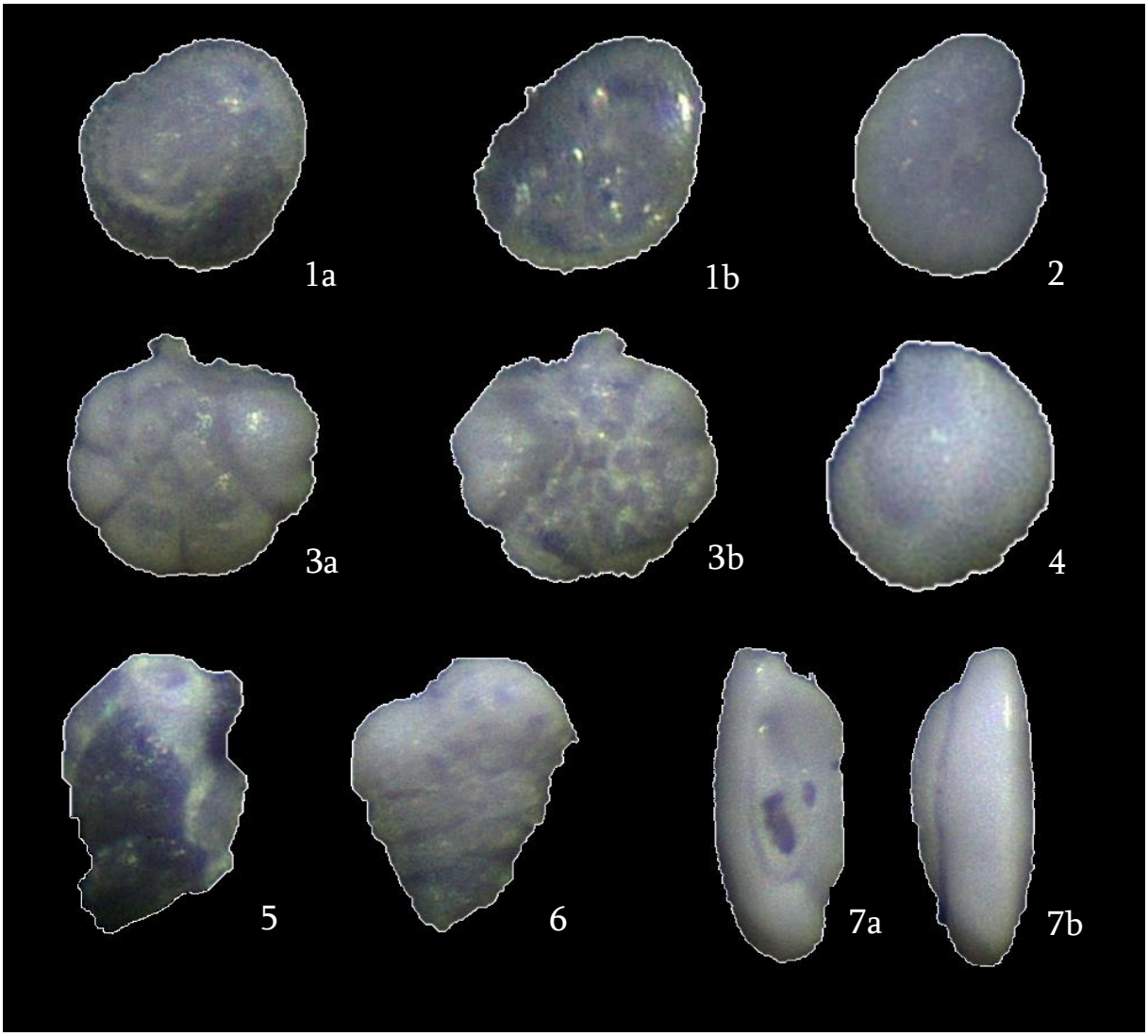
A. mamilla zajednica (pod-uzorak C): 1. *Elphidium advenum* (Cushman) bočna strana (povećanje 64,6x), 2. *Elphidium macellum* (Ficthel & Moll) bočna strana (povećanje 62,2x), 3. *Neoconorbina terquemi* Terquem spiralna strana (povećanje 64,7x), 4. *Asterigerinata mamilla* (Williamson) spiralna strana (65x), 5. *Elphidium granosum* bočna strana (povećanje 66x), 6. *Eponides* sp. spiralna strana (povećanje 62,9x), 7a. *Rosalina macropora* (Hofker) spiralna strana (povećanje 61,25x), 7b. *R. macropora* umbilikalna strana, 8. *Pseudotriloculina* sp. bočna strana (povećanje 62,3x).

Tabla 4



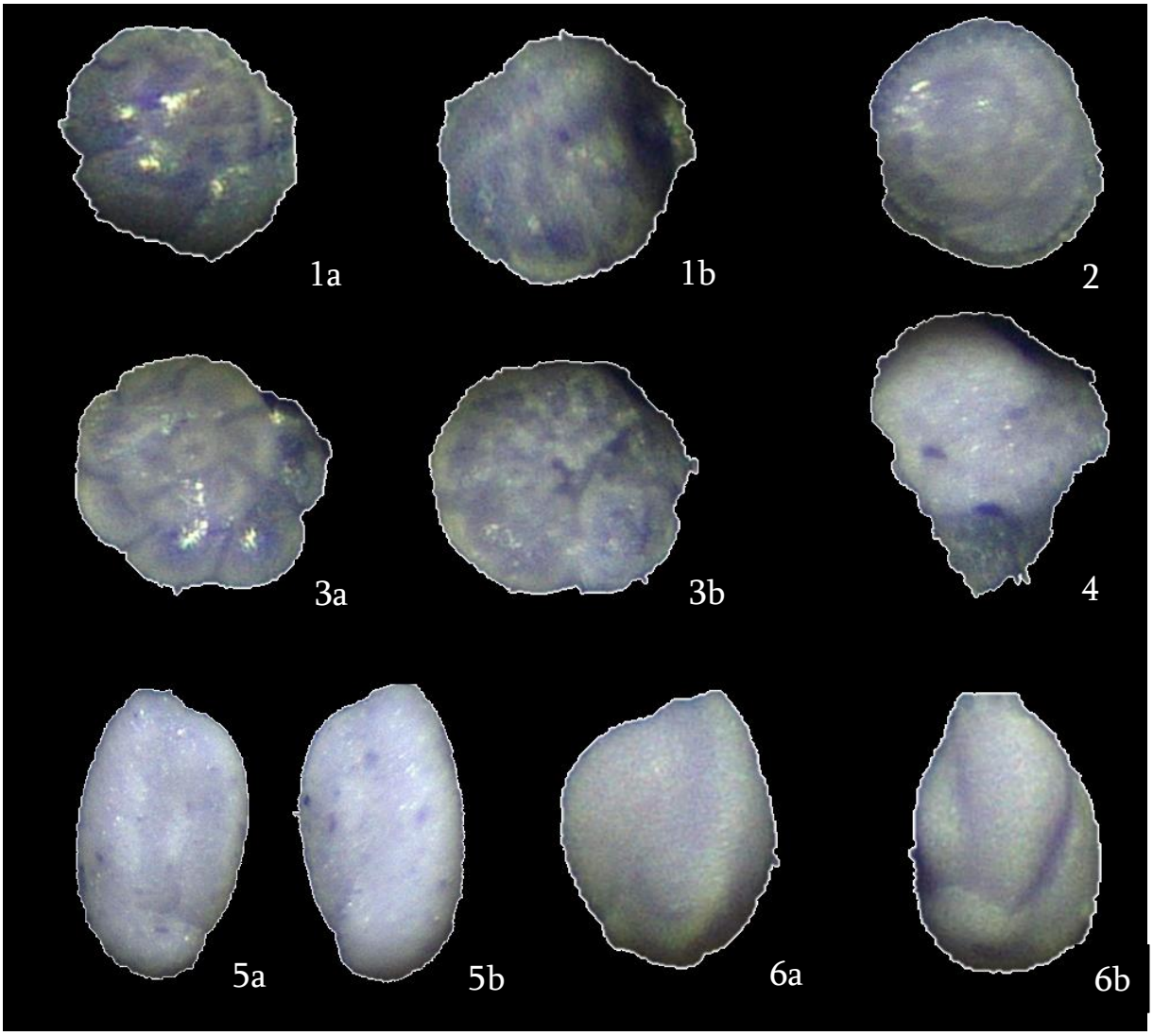
<u>*A. mamilla – E. granosum* zajednica</u> (pod-uzorak D): 1. *Haynesina* sp. bočna strana (povećanje 67,7x), 2. *Asterigerinata mamilla* (Williamson) spiralna strana (povećanje 67x), 3. *Elphidium* sp. bočna strana (povećanje 66x), 4a. *Ammonia tepida* Cushman spiralna strana (povećanje 66,25x), 4b. *A. tepida* Cushman umbilikalna strana, 5. *Elphidium granosum* d'Orbigny bočna strana (povećanje 65x), 6a. *Cycloforina contorta* d'Orbigny bočna strana (povećanje 69x), 6b. *C. contorta* bočna strana, 7a. *Adelosina* sp. bočna strana (povećanje 67x), 7b. *Adelosina* sp.bočna strana.

Tabla 5



E. granosum – A. mamilla zajednica (pod-uzorak E): 1a. *Asterigerinata mamilla* (Williamson) spiralna strana (povećanje 65,7x), 1b. *Asterigerinata mamilla* (Williamson) umbilikalna strana, 2. *Elphidium granosum* d'Orbigny bočna strana (povećanje 64,6x), 3a. *Ammonia beccarii* (Linnaeus) spiralna strana (povećanje 67,6x), 3b. *A. beccarii* umbilikalna strana, 4. *Miliolinella subrotunda* d'Orbigny bočna strana (povećanje 67,7x), 5. *Reophax* sp. bočna strana (povećanje 65,2x), 6. *Textularia bocki* Höglund bočna strana (povećanje 66,7x), 7a. *Adelosina cliarensis* (Heron – Allen & Earland) bočna strana (povećanje 68,3x), 7b. *A. cliarensis* bočna strana.

Tabla 6



A. mamilla – E. granosum zajednica (pod-uzorak F): 1a. *Ammonia* sp. spiralna strana (povećanje 68,3x), 1b. *Ammonia* sp. *umbilikalna strana*, 2. *Asterigerinata mamilla* (Williamson) spiralna strana (povećanje 64,4x), 3a. *Ammonia beccarii* (Linnaeus) spiralna strana (povećanje 66x), 3b. *A. beccarii* umbilikalna strana, 4. *Textularia bocki* Höglund (povećanje 67x), 5a. *Siphonoaperta aspera* (d'Orbigny) bočna strana (povećanje 65,5x), 5b. *S. aspera* bočna strana, 6a. *Triloculina* sp. bočna strana (povećanje 69x), 6b. *Triloculina* sp. pogled s ušća.