

Distribucija i tafonomske karakteristike bentičkih foraminifera u međuplmskoj zoni (muljna ravnica) Kraljičine plaže u Ninu

Čančar, Marina

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:665501>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-03**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Marina Čančar

**Distribucija i tafonomske karakteristike bentičkih
foraminifera u međuplmskoj zoni (muljna
ravnic) Kraljičine plaže u Ninu**

Diplomski rad

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

Marina Čančar

**Distribucija i tafonomske karakteristike bentičkih
foraminifera u međuplinskoj zoni (muljna
ravnica) Kraljičine plaže u Ninu**

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

Mentori:
Prof. dr. sc. Vlasta Čosović
Dr. sc. Igor Felja

Zagreb, 2020.

Zahvale

prof. dr. sc. Vlasti Čosović na izuzetnom mentorstvu, na uloženom vremenu, trudu i iznimnoj strpljivosti, te brojnim savjetima i pomoći pruženoj ne samo pri izradi ovog diplomskog rada, već i tijekom cijelog studija. Također, za sve što sam naučila od Vas, za svaku lijepu riječ, podršku i razumijevanje koje ste mi pružili;

dr. sc. Igoru Felji na komentorstvu i velikoj pomoći pri terenskom i laboratorijskom radu kao i na korisnim prijedlozima i savjetima tijekom pisanja rada. Uz to, za moralnu potporu i susretljivost tijekom cjelokupnog studiranja;

svim djelatnicima Geološkog odsjeka na podučenom znanju i vještinama i svim kolegama i kolegicama uz koje je studiranje bilo još ljepše i zanimljivije;

mojim dragim kolegicama i prijateljicama Natali i Kristini na nezaboravnim trenucima, druženju, savjetima i međusobnoj potpori tijekom izrade ovog rada, ali i za vrijeme cijelog studija;

obitelji, prijateljima i dečku na razumijevanju i potpori za vrijeme studija i na svim lijepim trenucima provedenim zajedno, a osobito roditeljima na bezuvjetnoj ljubavi i podršci tijekom cijelog života!

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

DISTRIBUCIJA I TAFONOMSKE KARAKTERISTIKE BENTIČKIH FORAMINIFERA U MEĐUPLIMSKOJ ZONI (MULJNA RAVNICA) KRALJIČINE PLAŽE U NINU

Marina Čančar

Rad je izrađen na: Geološko-paleontološki zavod, Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska.

Sažetak: Mikropaleontološka i granulometrijska analiza provedena je na uzorcima sedimenta iz rubnih morskih okoliša: močvare, plimne ravnice te lagune i plitkog mora u Ninskom zaljevu, neposredno uz Kraljičinu plažu. Praktični dio obuhvatio je terenske, laboratorijske i kabinetske metode. Obradeni su površinski (0-2 cm), a iz četiri jezgre i najdublji (8-10 cm) intervali sedimenta. U svim (pod-)uzorcima određena je apsolutna i relativna brojnost foraminifera, sastav i tafonomske karakteristike foraminiferske zajednice te ekološki indeksi, što je povezano s određenim granulometrijskim karakteristikama sedimenta. Određeno je ukupno 30 rodova i 44 vrste bentičkih foraminifera, najzastupljenije su one s perforatnom stijenkama iz reda Rotaliida, najbrojniji rod je *Ammonia*, a najbrojnija vrsta *Ammonia beccarii* (Linnaeus). Vrijednosti ekoloških indeksa prilično su ujednačene i upućuju na relativno visoku raznolikost zajednica, te na marinski okoliš normalnog do promjenjivog saliniteta. Sastav sedimenta odgovara pijesku, a najzastupljenije tafonomske promjene povezane su s transportom čestica, što je vidljivo po mehaničkom oštećenju i abradiranosti kućica foraminifera.

Ključne riječi: rubni morski okoliši, *Ammonia beccarii*, tafonomske karakteristike, pijesak

Rad sadrži: 55+XVII stranica, 23 slike, 8 tablica, 49 literaturnih navoda, 7 mrežnih izvora i 4 table

Jezik izvornika: hrvatski

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

Mentor: prof. dr. sc. Vlasta Čosović
dr. sc. Igor Felja

Ocjenjivači: prof. dr. sc. Vlasta Čosović
dr. sc. Igor Felja
prof. dr. sc. Nenad Tomašić

Datum završnog ispita: 13. studenog, 2020.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Master's Thesis

DISTRIBUTION AND TAPHONOMY OF BENTHIC FORAMINIFERA FROM INTERTIDAL ZONE (MUD PLAIN) NEAR QUEEN'S BEACH (NIN)

Marina Čančar

Thesis completed in: Division of Geology and Paleontology, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia.

Abstract: Micropaleontological and granulometric analyses were performed on sediment samples from the marginal marine environments: salt marsh, intertidal zone, lagoon and shallow water at Nin Bay, next to Queen's Beach. The practical part included field, laboratory and cabinet methods. Surface (0-2 cm) sediments of all (sub-)samples and the deepest (8-10 cm) sediment intervals of the four cores were analysed. In all (sub-)samples, the absolute and relative abundance, taxonomy and taphonomy of the foraminiferal assemblage were determined and ecological (biodiversity) indices were calculated. These were correlated with certain granulometric characteristics of the sediment. A total of 30 genera and 44 species of benthic foraminifera were identified. The most common are those with perforated wall from the order Rotaliida, with *Ammonia beccarii* (Linnaeus) being the most common species. The values of the ecological indices are fairly uniform, indicating a relatively high diversity of the assemblage and suggesting a marine environment with normal to variable salinity. The sediments are sands, and the most common taphonomic changes are associated with the transport of particles, as evidenced by the mechanical damages and abrasion marks of the foraminiferal tests.

Keywords: marginal marine environments, *Ammonia beccarii*, taphonomy, sand

Thesis contains: 55+XVII pages, 23 figures, 8 tables, 49 references, 7 € sources and 4 plates

Original in: Croatian

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

Supervisor: Ph.D, Vlasta Čosović, Full Professor
Ph.D, Igor Felja

Reviewers: Ph.D, Vlasta Čosović, Full Professor
Ph.D, Igor Felja
Ph.D, Nenad Tomašić, Full Professor

Date of the final exam: November 13, 2020

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	GEOGRAFSKE I GEOLOŠKE OSOBINE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA	2
2.1.	Istočna obala Jadranskog mora.....	2
2.2.	Geografske karakteristike područja Nina.....	3
2.3.	Geološke karakteristike područja Nina	6
3.	MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA	8
3.1.	Terenski rad.....	8
3.2.	Laboratorijski rad	9
3.2.1.	Priprema uzoraka za mikropaleontološku analizu.....	9
3.2.2.	Priprema uzoraka za granulometrijske analize.....	10
3.3.	Kabinetski rad	12
3.3.1.	Mikropaleontološka obrada uzoraka	12
3.3.2.	Kriteriji za identifikaciju foraminifera	13
3.3.3.	Tafonomske promjene.....	15
3.4.	Statističke metode	16
3.4.1.	Statistička obrada foraminiferske zajednice.....	16
3.4.2.	Statistička obrada granulometrijskih podataka.....	20
4.	REZULTATI.....	21
4.1.	Rezultati analize foraminiferske zajednice.....	21
4.1.1.	Područje močvare	21
4.1.2.	Područje međuplinske ravnice	26
4.1.3.	Područje lagune i plitkog mora	31
4.1.4.	Analiza tafonomskih promjena na foraminiferskim zajednicama	35
4.2.	Rezultati granulometrijske analize	38
5.	RASPRAVA	41
6.	ZAKLJUČAK	47
7.	LITERATURA.....	48
8.	POPIS SLIKA U TEKSTU	53
9.	POPIS TABLICA U TEKSTU	55
10.	TABLE	VI
11.	PRILOZI.....	XV

1. UVOD

Okoliši koji tvore granicu između kopna i mora, a ujedno ih i povezuju, nazivaju se rubnim morskim okolišima (npr. lagune, ušća). Međuplimska zona s kopnene strane može biti omeđena vegetacijskim pokrivačem, tvoreći tako slanu močvaru u umjerenim geografskim širinama. Svi su ovi ekosustavi osjetljivi na promjene u okolišu (npr. na temperaturu, salinitet, razinu mora, zagađenja). Zbog njihove pristupačnosti i niskih troškova istraživanja, istraživani su više nego bilo koji drugi okoliši (Murray, 2006). Međutim, u tom pogledu, o istočnoj obali Jadrana ne postoji puno podataka (Ćosović *et al.*, 2011; Shaw *et al.*, 2016) i stoga će rezultati ovog istraživanja doprinijeti poznavanju recentnih prijelaznih okoliša.

Organizmi koji su česti i nastanjuju sve navedene podokoliše su foraminifere. To su jednostanični, heterotrofni mikroorganizmi prisutni u morskim okolišima od supralitorala do abisala, od tropskih do polarnih zona, no također se mogu naći i u brakičnim i slatkovodnim sredinama. Prepoznatljivi su po skeletu, kućici koja može biti sastavljena od zrna međusobno povezanih vezivom (aglutinirana), kalcitna ili aragonitna pa se može sačuvati u sedimentu i fosilizirati. Zbog velike raznolikosti, široke rasprostranjenosti i velikog prezervacijskog potencijala foraminifere imaju široku primjenu u biostratigrafiji i (paleo)ekološkim interpretacijama okoliša. Također mogu dati podatke o vrsti podloge na kojoj su živjele, temperaturi i salinitetu te količini kisika i raspoložive hrane. Zbog svega navedenog, ubrajaju se među najbrojnije i znanstveno najvažnije skupine organizama (Hayward *et al.*, 2020).

Cilj ovog rada opisati je distribuciju i sastav foraminiferske zajednice, s naglaskom na definiranje očuvanja kućica foraminifera, iz sedimenata uzorkovanih iz močvarnog područja, međuplimske (muljne) ravnice te lagune i plitkog mora s područja Ninskog zaljeva uz Kraljičinu plažu. Uzorci sedimenta prikupljeni su sa četiri točke plitkim jezgrovanjem (sedimente jezgre), a na tri, zbog osobina sedimenta (rasipanja materijala) uzorkovano je površinskih 2 cm. Uz mikropaleontološku analizu sedimenta (sa šest točaka) određene su i granulometrijske karakteristike sedimenta (sa sedam točaka) kako bi se utvrdila povezanost i utjecaj tipa podloge na foraminifersku zajednicu. Primjenom statističkih metoda (ekoloških indeksa), sastava i sačuvanosti kućica napravljena je ekološka interpretacija okoliša. Područje je odabrano za istraživanje jer je u raspoloživoj literaturi opisano kao muljna ravnica, ali istraživanja koja su provedena rezultirala su s nešto drugačijom interpretacijom. Ova istraživanja dio su istraživanja promjena sastava foraminiferskih zajednica u sjevernom Jadrana u okviru HRZZ projekta IP-2019-04-5775 BREEMECO.

2. GEOGRAFSKE I GEOLOŠKE OSOBINE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

2.1. Istočna obala Jadranskog mora

Istočna obala Jadrana uglavnom je visoka i stjenovita, te pretežno izgrađena od okršanih karbonatnih stijena, što ju čini karakterističnom po različitim potopljenim krškim oblicima. U karbonatnim obalama plaže su obično male, uske, fragmentirane i šljunčane. U manje zastupljenim flišnim obalama plaže su nešto duže, pješćane ili šljunčane. Pretpostavlja se da ukupna duljina plaža duž istočne obale Jadranskog mora ne prelazi 5%. Zbog razlika u geomorfologiji, različitoj orijentaciji, duljini, fragmentiranosti, te kapacitetu i sastavu sedimenta postoji potreba za proučavanjem svake plaže duž istočne obale Jadrana zasebno, na lokalnoj razini. Detaljni podaci o mnogim plažama još uvijek nisu poznati ili su nedovoljni, segmentirani ili pogrešno protumačeni (Pikelj *et al.*, 2013). Krška, istočna obala Jadrana nedovoljno je zastupljena u relevantnoj literaturi iako je dio „klasičnog“ Dinarskog krša: kolijevke krške terminologije u svjetskoj literaturi i „locus typicus“ dalmatinskog tipa obala (Von Richthofen, 1901, preuzeto iz Pikelj *et al.*, 2013). Baza za današnji reljef nastala je prije oko 240 milijuna godina, tijekom srednjeg trijasa, kada je zbog riftovanja došlo do odvajanja fragmenta Gondvanske ploče i nastanka Jadransko Dinaridske karbonatne platforme na izoliranoj Jadranskoj mikroploči, gdje je započelo taloženje plitkomorskih karbonatnih naslaga (Vlahović *et al.*, 2005).

Na izgled recentne obale i na stvaranje i oblikovanje različitih rubnih morskih okoliša značajno su utjecale promjene razine mora u razdoblju pleistocena i holocena. Glavni uzrok tih promjena izmjene su razdoblja glacijala i interglacijala. Nakon zadnjeg glacijalnog maksimuma (prije 29 000 – 19 000 godina), otapanjem velike količine leda morska razina je ubrzano rasla što je dovelo do poplavljanja velikih područja, uključujući i Jadran (Felja, 2017). Ubrzana transgresija trajala je do oko 7 000 – 6 000 godina kada se porast razine mora usporio, a donos sedimenta povećao što je dovelo do postupnog formiranja današnje obalne linije i prijelaznih morskih okoliša. Današnja razina mora veća je za oko 120 m od vremena zadnjeg glacijalnog maksimuma (Clark *et al.*, 2009) i stoga su današnji prijelazni okoliši u geološkom pogledu izrazito mladi i skloni promjenama.

2.2. Geografske karakteristike područja Nina

Područje Grada Nina (Slika 1a, b) administrativno pripada Zadarskoj županiji, a sam grad Nin nalazi se oko 15 km sjeverozapadno od Zadra. Smješten je u plitkoj laguni i okružen pješčanim plažama, a centar staroga grada smješten je na otočiću, promjera oko 500 m, koji predstavlja pješčani sprud nekadašnjeg ušća rječice Miljašić Jaruge u more (<https://www.ninskalaguna.hr/>). Noviji dio mjesta nalazi se na zapadnoj i južnoj strani, istočno je solana, a sa sjeverne strane prostire se pješčani sprud i naselje Ždrijac. Nin obuhvaća nekoliko zona: povijesni otok, vikend naselje Ždrijac, novi dio Nina, Bilotinjak i Ninske Vodice (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Nin>).



Slika 1. (a) Područje grada Nina, (b) Položaj grada Nina na karti Hrvatske, (c) Ninska laguna, lokalitet ljekovitog blata [(a) Google Maps, (b) <https://www.seovalley.nl/karta-nin.html>, (c) <https://www.nin.hr/hr>].

Područje Grada Nina najravniji je i najniži dio Ravnih kotara. Apsolutne visine ne prelaze 100 metara (<https://grad-nin.hr/>). Sjevernije od Ninskog zaljeva prostiru se strme padine Velebita, najdužeg planinskog masiva u Dinarskom gorju. Velebit dijeli ninsku zaravan i ravnicu u zaleđu Zadra, Ravne kotare od Ličkog bazena (Viličić, 2016). Jugozapadna primorska padina Velebita uglavnom je kameni goli krš, a unutarnje ličke padine su većinom pošumljene. Obale Ninskog zaljeva uglavnom su pokrivene vegetacijom koju najčešće čine biljke travnjaka. Na relativno malom području prisutan je velik broj podokoliša i vrlo rijetka staništa kao što su niske pjeskovite i muljevite obale s močvarnim dijelovima, na kojima obitava jedinstvena flora i fauna, te pješćane dine s rijetkim biljkama u Ninskoj laguni. Prepoznata je ekološka vrijednost tih staništa te su stoga strogo zaštićena i uvrštena u nacionalnu ekološku mrežu.

Ukupna duljina plaža u Ninu iznosi čak 8 000 metara, a najdulja i najpoznatija od njih je tri kilometara duga Kraljičina plaža. Na putu do nje potrebno je prijeći desetak metara dug plićeak (muljnu ravnicu), a u njezinoj se blizini, usred Ninske lagune, nalazi najveći poznati lokalitet ljekovitog blata (peloida) u Hrvatskoj (Slika 1c) (<https://www.nin.hr/hr>). Procjenjuje se da mu je volumen oko 120 000 m³. Nekoliko puta (1968. i 1988.) su provedena ispitivanja peloida da bi se odredili sastav i svojstva radi njegove upotrebe u medicinske svrhe (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Nin>).

Cjelokupno područje Nina jedinstven je i rijedak krajolik. Morska staništa su karakteristična jer se razlikuju od tipičnih obala istočnog Jadrana koje su stjenovite ili prekrivene žalima. Morski okoliš je izoliran od otvorenog mora kao i od izvora slatke vode u Velebitskom kanalu, a zaslađivanje je većinom uzrokovano bujicama koje ispiru flišne obale. Salinitet se kreće između 36,50 i 38,10 ‰. Dubina mora je relativno plitka, maksimalno 10 m, što uzrokuje jače hlađenje mora zimi, a temperatura varira od 7,9 u zimskim do 24,7 °C u ljetnim mjesecima. Ekološki odnosi u zaljevu su uglavnom uravnoteženi na što ukazuju koncentracija kisika, hranjivih tvari i produkcija karakteristični za čiste obalne vode Jadrana (Viličić & Stojanoski 1987). Dno mora bogatije je pijeskom nego muljem (Peharda *et al.*, 2010). Na pješćanim žalima Ninskog zaljeva prisutne su ljušturre školjkaša koji žive na plitkim pješćanim dnima, a trošne stijene uz njegovu obalu staništa su brojnih ptica pčelarica (Viličić, 2016).

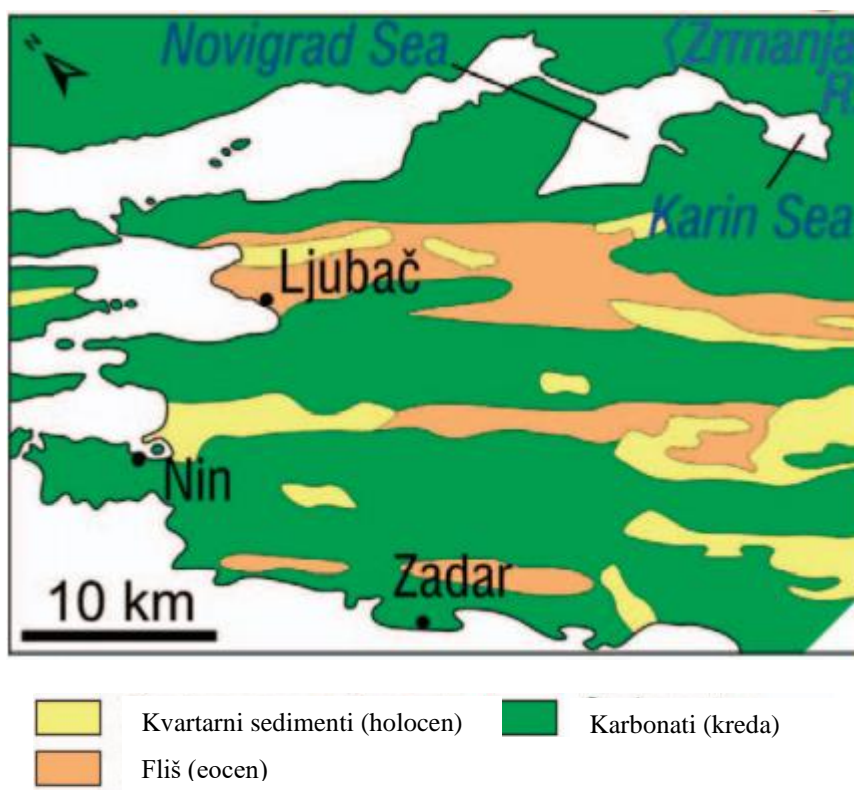
Uzorkovano područje nalazi se u Ninskom zaljevu (Slika 2), u blizini Kraljičine plaže, a obuhvaća četiri različita podokoliša: (a) močvarno područje, (b) međuplinsku ravnicu, (c) lagunu i (d) plitko more.



Slika 2. Prikaz uzorkovanog područja Ninskog zaljeva (<https://www.nin.hr/hr/>):
(a) močvara, (b) međuplimska ravnica, (c) laguna, (d) plitko more.

2.3. Geološke karakteristike područja Nina

U pogledu geologije, područje Nina pripada geotektonskoj jedinici Vanjski Dinaridi. Naslage koje izgrađuju područje uglavnom su okršene karbonatne stijene, a u manjoj mjeri prisutne su naslage fliša i kvartarni sedimenti (Slika 3). Za sadašnji izgled reljefa zaslužna je složena geološka povijest i djelovanje raznih egzogenih i endogenih sila na ovo područje, od čega se najviše ističe alpska orogeneza tijekom starijeg paleogena. Paralelno s izdizanjem Alpa i Dinarida događalo se i mehaničko i kemijsko trošenje debelih slojeva vapnenaca i dolomita od kojih su građeni. To je dovelo do taloženja sedimenata i pokrivanja karbonatne baze oko današnjeg Nina i Ravnih kotara (Viličić, 2016).



Slika 3. Geološka karta područja Nina (preuzeto iz Pikelj *et al*, 2013, modificirana legenda).

U dinaridskom predgorskom bazenu postojalo je više taložnih prostora pa se tako događalo istovremeno taloženje fliša u dubokovodnim jarcima, zatim ispred njih, na karbonatnim rampama, taloženje foraminiferskih vapnenaca, te taloženje molase erodirane sa već izdignutih dijelova dinaridskog orogena poznate kao Prominske naslage (Bucković, 2006; Mrinjek *et al.*, 2012). Fliš se sastoji od lapora, pješčenjaka, uložaka konglomerata i breča, dok Prominske naslage čine klastiti sa širokim rasponom veličine zrna predstavljeni

laporima, kalkarenitima i čestim vapnenačkim konglomeratima. Paleogenske Prominske naslage dobro su opisane u radovima (Babić & Zupanič, 2007, 2012; Zupanič & Babić, 2011). Krupniji i sitniji sedimenti fliša izmjenjuju se ovisno o ciklusima – klimatskim promjenama i popratnim procesima (bujice, vjetrovi, promjene razine mora) pri nejednolikom taloženju (Marjanac & Ćosović, 2000). U većini slučajeva fliš transgredira na eocenske, odnosno na gornjokredne vapnence (Marinčić, 1981). Zbog velikog pritiska nastajale su bore koje su često nalegle jedna na drugu, uz pojavu rasjeda, što je dovelo do mjestimično značajnih gibanja određenih dijelova kopna.

Naslage koje prevladavaju u građi terena su pijesci akumulirani na SI dijelu područja grada Nina, aluvij u donjem toku i ušću Miljašić jaruge, foraminiferski vapnenci od Zatona i od Miljašić jaruge, te gornjokredni dobro uslojeni vapnenci od Ninskih Stanova prema Bokanjačkom blatu (<https://grad-nin.hr/>). Na obalama Ninskog zaljeva prisutni su uslojeni sedimenti s različitom veličinom zrna. Obale su s koprne strane podložne abraziji i eroziji, a vidi se i utjecaj valova na taloženje sitnozrnatog materijala u plićaku (Slika 4).



Slika 4. Valni riplovi na dnu međuplinske ravnice.

3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje se sastojalo od uzorkovanja sedimenta na odabranim lokacijama, laboratorijske obrade uzoraka, mikropaleontološke i granulometrijske analize, te statističke obrade dobivenih podataka i interpretacije rezultata.

3.1. Terenski rad

Odlazak na teren u području Ninskog zaljeva, u blizini Kraljičine plaže i prikupljanje uzoraka bili su početkom prosinca 2019. godine. Sedimentne jezgre su uzorkovane na 7 točaka (lokacija), koje uključuju četiri različita podokoliša: močvaru, međuplinsku ravnicu, lagunu te plitko more (Slika 5a, b).



Slika 5. Prostorni raspored točaka uzorkovanja od N1 do N7 (a) na terenu (vidi se jezgri), (b) na satelitskom snimku (Google Earth).

Na svakoj točki, čije su koordinate određene pomoću aplikacije *GPS essentials*, prikupljena su po dva uzorka, jedan za mikropaleontološku (Slika 6a), a drugi za granulometrijsku analizu (Slika 6b). Metodom plitkog jezgrovanja, ručnim jezgrišom, tvrtke Eijkelkamp s Edelman glavom, (Slika 6c) sakupljena su četiri uzorka sedimenta, dva s područja močvare (oznake N1 i N2), jedan na granici močvare i međuplinske ravnice (N3), te jedan u međuplinskoj ravnici (N4). Sedimentne jezgre su promjera 3 cm, dugačke su nekih 10 cm, dok je ručnim uzorkovanjem prikupljeno površinskih 2 cm sedimenta. Ručnim uzorkovanjem sakupljeni su uzorci u međuplinskoj ravnici s plitkim slojem morske vode (N5) (zbog čega je bilo onemogućeno plitko jezgrovanje), u laguni (N6) i u plitkom moru (N7). Navedeni uzorci prikupljeni su u svrhu mikropaleontološke analize, dok je za

granulometrijsku analizu sediment sakupljen isključivo ručnim uzorkovanjem. Odmah nakon uzorkovanja, jezgre su vizualno pregledane da bi se uočile eventualne promjene u sastavu, boji i veličini čestica sedimenta duž jezgre (Slika 6d). Svaka se jezgra omotala aluminijskom folijom (Slika 6a) i pakirala u zasebnu PVC vrećicu, a ručno uzorkovani sediment pohranio se u plastične čaše s poklopcem (Slika 6b), te je zatim sve stavljeno u prijenosni hladnjak i tako dopremljeno u laboratorij.



Slika 6. (a) Zamatanje sedimentne jezgre, uzorak za mikropaleontološku analizu, (b) pohranjeni uzorak za granulometrijsku analizu, (c) uzorkovanje metodom plitkog jezgrovanja (Fotografija: K. Križnjak), (d) pogled na izvađenu jezgru sedimenta.

3.2. Laboratorijski rad

Uzorci su pripremani u laboratoriju na Geološko-paleontološkom zavodu, Geološkog odsjeka, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu.

3.2.1. Priprema uzoraka za mikropaleontološku analizu

Svi prikupljeni uzorci najprije su fotografirani, a zatim je svaka jezgra sedimenta podijeljena u pet intervala svaki dva centimetra debeo. Za svaki interval određivala se boja sedimenta pomoću Munsell-ovih kartica za određivanje boje. S obzirom na karakteristike sedimenta u laboratoriju se koristila tehnika muljenja ili šlemanja. Svaki uzorak prosijan je pod mlazom vode kroz sito promjera otvora 63 μm . Prije svakog prosijavanja sito se stavljalo u ultrazvučnu kadu kako bi se uklonili eventualni ostaci prethodno prosijavanog uzorka sedimenta i samim time spriječilo onečišćenje idućeg. Talozi sa sita prebačeni su u plastične posude i zatim tretirani Rose Bengal otopinom, koja je napravljena tako što je Rose Bengal

u koncentraciji od 2 g pomiješan s litrom vode (Schönfeld, 2012) (Slika 7a). Rose Bengal koristi se za razlikovanje živih od uginulih jedinki foraminifera (Murray, 1991; Scott & Medioli, 1980, preuzeto iz Strachan *et al.*, 2017) jer će se citoplazma jedinki koje su bile žive u vrijeme prikupljanja obojiti ružičasto. Tako tretirani uzorci ostavljeni su mjesec dana na zraku (Slika 7b). Minimalno vrijeme bojenja je 14 dana, ali pregledom uzoraka zaključeno je da se boja ostavi duže, te je nakon toga otopina dekantirana, a talog ostavljen na sobnoj temperaturi kako bi se osušio. Kada su frakcije bile u potpunosti suhe, prebačene su u papirnate vrećice s oznakom pripadajuće jezgre i odgovarajućim intervalom te su bile spremne za daljnju, mikroskopsku analizu.



Slika 7. (a) Priprema otopine Rose Bengal za odvajanje živih od uginulih jedinki: 2 g Rose Bengal otapa se u 1 l destilirane vode, (b) tretirani uzorci sedimenta s Rose Bengal otopinom.

3.2.2. Priprema uzoraka za granulometrijske analize

Određivanje granulometrijskih osobina sedimenta obuhvatilo je kombiniranu metodu mokrog sisanja i primjenu sedigrafa. Mokro sisanje primjenjivo je za čestice veće od 63 μm , dok se za sve manje čestice upotrebljava sedigraf. Od svakog uzorka izvagano je 50 grama suhog sedimenta koji je metodom mokrog sisanja prosijan kroz 7 standardnih Retsch®ASTM sita (promjera otvora 4000 μm , 2000 μm , 1000 μm , 500 μm , 250 μm , 125 μm i 63 μm) pomoću Fritsch Analysette® tresilice (Slika 8a). Promjer otvora sita kretao se

od sitnog šljunka do vrlo sitnog pijeska čije su granice određene Wentworth-ovom (1922) klasifikacijom. Sa svakog pojedinog sita frakcija je prebačena u plastičnu posudu, osušena i izvagana. Prilikom sijanja, čestice koje su prošle kroz zadnje sito u setu ($<63 \mu\text{m}$) sakupljene su u staklenim posudama zajedno s destiliranom vodom kojom se ispirao sediment. S obzirom da su čestice ostale u suspenziji, posude su spremljene na nekoliko dana kako bi se frakcija istaložila na dno, nakon čega se dio vode dekantirao. Preostali talog analiziran je na sedigrafu (SediGraph 5100) (Slika 8b) koji radi uz pomoć računalnog programa SediGraphWin 5100 (Micromeritics, 2002).



Slika 8. (a) Mokro sijanje uz pomoć tresilice i (b) sedigraf za analizu veličine zrna.

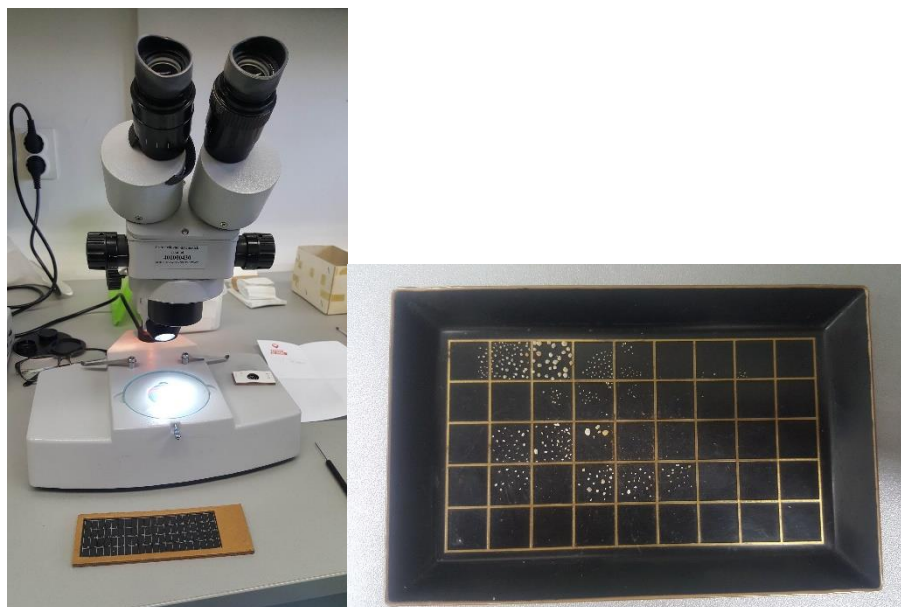
Temelj ove analize je sedimentacija pod utjecajem gravitacije i apsorpcija nisko-energetskih rendgenskih zraka. U suspenziju uzorka potrebno je dodati sredstvo za disperziju kako bi se spriječilo sljepljivanje čestica i dobivanje krivog rezultata. Određivanje veličine zrna gravitacijskom sedimentacijom temelji se na Stokes-ovom zakonu koji kaže da je brzina taloženja čestice funkcija njenog promjera, odnosno da se promjer određuje kao funkcija vremena potrebnog za njezino taloženje na poznatoj udaljenosti. Za izračunavanje masenih koncentracija čestica u suspenziji koristi se snop paralelnih rendgenskih zraka. Kada je u suspenziji prisutno puno čestica apsorpcija energije je velika. Čestice se razdvajaju po veličini od krupnijih do sitnijih, prema Stokes-ovom zakonu, a maseni udjeli prikazuju

se na računalu za svaku pojedinu frakciju (32 μm , 16 μm , 8 μm , 4 μm , 2 μm , 1 μm , 0,5 μm) (Pikelj, 2010). Kombinacijom rezultata dobivenih metodom sijanja i sedigrafa dobiven je kontinuirani raspon veličine čestica, čime su stvoreni uvjeti za daljnju statističku obradu.

3.3. Kabinetski rad

3.3.1. Mikropaleontološka obrada uzoraka

Mikropaleontološki su analizirani površinski (0-2 cm) i najdublji (najstariji, 8-10 cm) interval svake jezgre (N1 – N4) i površinski 2 cm s točaka N6 i N7. Svaki je uzorak preliminarno pregledan da bi se utvrdila zastupljenost foraminiferskih kućica kako bi se odlučilo da li će se pregledavati cijeli uzorak ili će se provesti proces standardizacije, što znači izdvajanje približni 300 jedinki slučajnim odabirom. U slučaju standardizacije, uzorak se pomoću mikrosplitera dijeli na dva jednaka dijela, pri čemu se postupak ponavlja dok u preostalom pod-uzorku ne bude oko 300 kućica foraminifera, a sve kako bi se osigurala slučajnost odabira i izbjegla subjektivnost. Uzorci N1, N2 i N3 (0-2 cm) nisu pačetrovani, uzorci N1 i N3 (8-10 cm) te N4 i N7 (0-2 cm) su jednom, uzorci N2 i N4 (0-2 cm) dvaput, a uzorak N6 (0-2 cm) je četiri puta dijeljen. Iz uzoraka ili pod-uzoraka su se pod stereoskopskom lupom (Stereo Zoom Microscope XTL) (Slika 9a) izdvajali svi ostaci organizama (npr. školjkaši, puževi, ostrakodi), no za daljnju analizu korištene su samo kućice foraminifera. Zbog lakše obrade (preglednosti), svaki je uzorak bilo potrebno više puta istresati u mikropaleontološku pliticu. Nakon što su iz svih uzoraka, uz pomoć iglice uronjene u vosak, sve kućice foraminifera prenesene u Frankove ćelije, uslijedilo je određivanje rodova i vrsta te njihovo brojanje pod stereoskopskom lupom Nikon (Slika 9b). Odabrane jedinice fotografirane su pomoću mikroskopa Olympus SZX7, kamerom Olympus U-TV1XC. Zbog fragmentiranosti i različitih oštećenja određenih kućica nije uvijek bila moguća odredba na nivou vrste već se odredio samo rod, dok kod nekih ni to nije bilo moguće. Iako su sedimenti neposredno nakon uzorkovanja bili tretirani Rose Bengal otopinom radi bojanja živućih jedinki foraminifera, analizirana je ukupna zajednica zbog malog broja obojenih kućica.



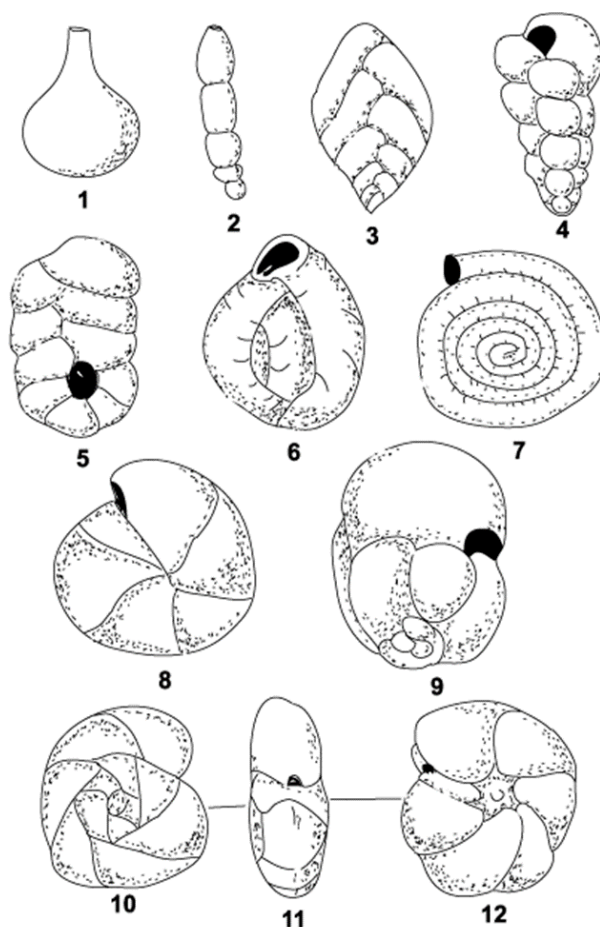
Slika 9. (a) Stereo Zoom Microscope XTL, (b) „Plitica“ s izdvojenim i posloženim kućicama foraminifera radi lakše identifikacije i brojanja.

3.3.2. Kriteriji za identifikaciju foraminifera

Rodovi i vrste izoliranih jedinki određene su prema kriterijima Loeblich & Tappan (1987) uz korištenje odgovarajućih priručnika: Cimerman & Langer (1991), Alfirević (1998) i Merič *et al.* (2014). Imena rodova i vrsta usklađena su sa standardiziranom nomenklaturom Word Register of Marine Species (WoRMS Editorial Board, 2020).

Foraminifere su se klasificirale prema tipu stijenke, obliku kućice i klijetki, broju, raspodjeli i načinu namatanja klijetki, položaju i obliku ušća, izraženosti sutura, prisustvu umbilikusa, različitih ukrasa na površini kućice i morfoloških oblika poput koblice, bodlji, umba i slično. Stijenke foraminifera grubo su podijeljene u tri tipa: aglutinirana, prisutna kod predstavnika reda Textulariida, kalcitna imperforatna (porcelanasta) kod Miliolida i kalcitna perforatna (staklasta) kod Rotaliida. Oblik kućice prvenstveno ovisi o broju, rasporedu i načinu nizanja klijetki, a može biti kuglast, stožast, lećast, fuziforman. Početna klijetka naziva se prolokulus ili embrionalna klijetka, a oblik klijetki najčešće je sferičan ili cjevast. S obzirom na broj klijetki kućica može biti izgrađena od samo jedne klijetke (monotalamična) i od više njih (politalamična). Kod foraminifera s politalamičnom kućicom broj klijetki povećava se tijekom cijelog života jer se na svaku manju, staru dodaje nova, malo veća klijetka. Nizanje klijetki (Slika 10), odnosno rast kućice može biti pravocrtan (uniserijalan, biserijalan, triserijalan), planispiralan (evolutno i involutno), trohospiralan (evolutno i involutno), miliolidan (klijetke su savijene poput banana, raspoređene u ciklusu

5, 3 ili 1 klijetke) i ciklično-koncentričan (klijetke su raspoređene u koncentričnim prstenovima).



Slika 10. Način nizanja klijetki: 1, monotalamična kućica; 2, uniserijalna; 3, biserijalna; 4, triserijalna; 5, planispiralna do biserijalna; 6, miliolidna; 7, planispiralna evolutna; 8, planispiralna involutna i 9-12, trohospiralna (Modificirano prema Loeblich & Tappan, 1964, <https://www.slideserve.com/leigh/foraminifere>).

Kod involutnih kućica zadnji zavoj potpuno prekriva sve prethodne zavoje, a kod evolutnih su jasno vidljivi i svi prethodni zavoji. Najmlađa klijetka na sebi ima otvore ili otvor koji se naziva ušće. Može biti jednostavno ili složeno, različitih oblika i veličina, kružno, granasto, zrakasto ili samo kao prorez, a otvor može biti zaštićen zubom, bulom. Suture su površinske linije na mjestima gdje septi dodiruju površinu kućice. Mogu biti ravne ili zakrivljene, te udubljene, izbočene ili zaravnjene u odnosu na površinu kućice. Umbilikus ili pupak je središnje udubljenje na površini kućice na mjestu gdje se sve klijetke dodiruju oko osi namatanja. Može biti otvoren ili prekriven umbikalnim čepom. Pri određivanju rodova i vrsta pomaže i prisutnost različitih ukrasa na površini kućice kao što su kvržice, strije, rebra, čvorići, kobilica (*keel*), umbo (središnje ispupčenje) i slično.

3.3.3. Tafonomske promjene

Tafonomske promjene procijenjene su opažanjem stupnja očuvanosti foraminiferskih kućica. S obzirom na promjene na ostatku definirala sam sljedeće kategorije:

1. dobro očuvana kućica,
2. oštećena (razlomljena) kućica,
3. razbijena kućica,
4. uništena kućica,
5. abradirana kućica,
6. obojena kućica,
7. bioerodirana kućica,
8. piritizirana kućica,
9. deformirana kućica.

Dobro očuvana kućica je neoštećena, a svi strukturni elementi i ukrasi su sačuvani. Oštećenoj (razlomljenoj) kućici nedostaje jedna ili više klijetki odnosno 1/3 kućice, razbijena je kućica koja ima sačuvano pola vanjske forme, a u uništene kućice svrstali su se samo fragmenti (1/3 kućice očuvana). Na abradiranim kućicama površina je glatka, „ispolirana“, a ukrasi su reducirani ili ih nema (recimo ako je kućica imala rebra, ona su „izbrisana“). Obojene kućice bile su crne, sivkaste (piritizacija) i žućkasto-crvene (limonitizacija) boje. Bioerodirane kućice na sebi su imale tragove ubušivanja (rupice na skeletu). Pod piritizirane kućice uvrštavane su sve one koje su na sebi imale, bilo puno ili malo, minerala pirita (sitne sjajne crne točkice, zrnca ili prevlake). U deformirane kućice ubrajale su se one koje su imale neuobičajeno malu ili veliku klijetku (ponegdje i više njih), ali najčešće je to bio slučaj povećane zadnje klijetke kod vrste *Ammonia tepida* (Cushman, 1926). U pregledanim uzorcima, svakoj se kućici foraminifera moglo dodijeliti više kategorija što znači da, ako je kućica bila i oštećena i abradirana, ubrajala se zasebno i pod kategoriju oštećeno i pod kategoriju abradirano.

3.4. Statističke metode

3.4.1. Statistička obrada foraminiferske zajednice

Nakon određivanja taksonomije foraminifera, dobiveni podaci su kvantitativno obrađeni korištenjem različitih ekoloških indeksa kako bi se opisale i usporedile zajednice i ekološki interpretirao okoliš. Za potrebe ovog istraživanja određeni su: bogatstvo (broj) vrsta, Simpsonov indeks i iz njega izražen indeks dominacije, Shannon-Wienerov indeks raznolikosti, indeks ujednačenosti (ekvitabilnosti), Fisherov α indeks i Berger-Parkerov indeks. Indeksi su izračunati u računalnom programu PAST (Paleontological Statistics, Hammer *et al.*, 2001) verzije 4.03. Ukupan broj svake vrste izražen je u apsolutnoj i relativnoj vrijednosti te je određena njihova relativna zastupljenost u zajednici.

3.4.1.1. Broj jedinki i bogatstvo vrsta

Broj jedinki (n) je zbroj jedinki svih vrsta u uzorku. Bogatstvo (broj) vrsta (S) je najjednostavniji indeks raznolikosti i predstavlja broj vrsta prisutnih u uzorku. S obzirom da svaki uzorak ima različit broj jedinki, a veći broj jedinki daje vjerojatnost za veći broj vrsta, indeks nije najpouzdaniji. Uz to, ne uzima u obzir ni obilje jedinki po pojedinoj vrsti. Iz tog razloga koriste se brojni drugi indeksi koji obuhvaćaju i brojnost i obilje jedinki.

3.4.1.2. Simpsonov indeks raznolikosti

Jedan je od indeksa dominacije, a pokazuje nam vjerojatnost da će dvije jedinice slučajno odabrane iz beskonačno velike zajednice pripadati različitim vrstama (Simpson, 1949). Izračunava se prema formuli:

$$D_s = \sum (n_1(n_1-1)/N(N-1))$$

gdje su:

D_s = Simpsonov indeks

n_1 = broj jedinki svake vrste

N = ukupan broj jedinki u zajednici

Kako raznolikost raste, vrijednost indeksa se smanjuje pa se radi jednostavnosti, da bi veća vrijednost indeksa označavala i veću raznolikost, rezultati prikazuju kao komplementarna forma $1-D_s$ ili kao recipročna vrijednost $1/D_s$. Ukoliko se prikazuje recipročno, dobivena vrijednost iznositi će minimalno 1, a maksimalno onoliko koliko je prisutnih vrsta u uzorku

ili zajednici, a ukoliko se iskazuje kao komplementarna forma dobivena vrijednost biti će u rasponu od 0 do 1, gdje manja vrijednost pokazuje i manju raznolikost. Indeks dominacije je Simpsonov indeks u komplementarnoj formi. U PAST programu, prvo je izračunat indeks dominacije (D), pa je iz njega, u komplementarnoj formi, izražen Simpsonov indeks (1-D).

3.4.1.3. Shannon-Wienerov indeks

Jedan je od informatičko-statističkih indeksa, a koristi se pri usporedbi raznolikosti različitih zajednica i okoliša. Osjetljiv je na promjene broja rijetkih vrsta i predstavlja omjer broja vrsta prema njihovom udjelu i važnosti u zajednici i računa se prema formuli:

$$H' = -\sum p_i \ln(p_i)$$

gdje su:

H' = Shannon-Wienerov indeks

p = broj jedinki jedne vrste prema broju jedinki u uzorku ili zajednici

i = ukupan broj jedinki jedne vrste

Indeks ima najveću vrijednost kad su sve vrste u zajednici jednako zastupljene, a najmanju, odnosno 0, kada je u zajednici prisutna samo jedna vrsta. Vrijednosti $<0,6$ upućuju na brakične okoliše, dok su vrijednosti $>2,1$ karakteristične za okoliše normalnog saliniteta. Moderne zajednice imaju indekse u rasponu vrijednosti od 1,5 do 3,5 (Murray, 2006).

3.4.1.4. Indeks ujednačenosti (ekvitabilnosti)

Vrijednost indeksa računa se iz Shannon-Wienerovog indeksa i odražava raspodjelu jedinki među zabilježenim vrstama. Govori kolika je raznolikost neke zajednice u odnosu na maksimalnu moguću raznolikost. Minimalna vrijednost indeksa je 0 (kada zajednica sadrži samo jednu vrstu) dok je maksimalna vrijednost 1 (kada su sve vrste u zajednici jednako brojne). Dominacija pojedine vrste snižava vrijednosti indeksa. Formula glasi:

$$E = H/\log(S)$$

gdje su:

E = indeks ujednačenosti

H = Shannon-Wienerov indeks

S = ukupan broj vrsta u uzorku ili zajednici

3.4.1.5. Fisherov α indeks

Fisherov α indeks u obzir uzima i rijetko zastupljene vrste u zajednici što ga čini korisnim pokazateljem raznolikosti zajednice. Određuje se pomoću formule ili standardnog grafikona iz kojeg se može odrediti i salinitet (Murray, 2006). Računa se prema formuli:

$$S = \alpha \ln (1+n / \alpha)$$

gdje su:

S = broj vrsta

n = broj jedinki

α = Fisherov indeks

Određeni rasponi Fisherovog α indeksa karakteristični su za pojedine okoliše: <1 – 5 brakične močvare, <1 – 2 marinske močvare, <1 – 7 hipersaline močvare, <1 – 3 brakične mangrove, <1 – 5 brakične lagune, 3 – 12 marinske lagune, <1 – 6 hipersaline lagune, 3 – 19 unutarnji šelf, 5 – 19 vanjski šelf, 1 – 22 gornji i donji batijal.

Općenito, vrijednosti indeksa <5 ukazuju na brakični okoliš ili hipersalinu sredinu, ali mogu biti pokazatelj normalnih uvjeta gdje je prisutna samo jedna vrsta. Ako je indeks >7, a maksimalno do 25 radi se o morskom okolišu na padini i šelfu. Najniže vrijednosti karakteristične su za stresne okoliše.

3.4.1.6. Berger-Parkerov indeks dominacije

Jedan je od najjednostavnijih indeksa dominacije, a izražava proporcionalnu važnost najzastupljenije vrste (Berger & Parker, 1970). Računa se prema formuli:

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

gdje su:

d = Berger-Parkerov indeks

N_{\max} = broj jedinki najzastupljenije (dominantne) vrste

N = ukupan broj jedinki u uzorku

Zajednica nije raznolika ako njome dominira jedna vrsta. Kako raznolikost raste vrijednost indeksa se smanjuje. Iz tog razloga, jednako kao kod Simpsonovog indeksa raznolikosti, preporučuje se korištenje komplementarnog oblika ili recipročne vrijednosti. Ovaj indeks ovisan je o veličini uzorka, ali ne i o bogatstvu vrsta.

3.4.1.7. Zastupljenost vrsta

Zajednice foraminifera obično se nazivaju prema jednoj ili dvije najdominantnije vrste, te je stoga bilo potrebno utvrditi relativnu zastupljenost pojedinih vrsta. Dominantne vrste određene su prema Murray (1991), a razlikuju se:

dominantne vrste: >10%;

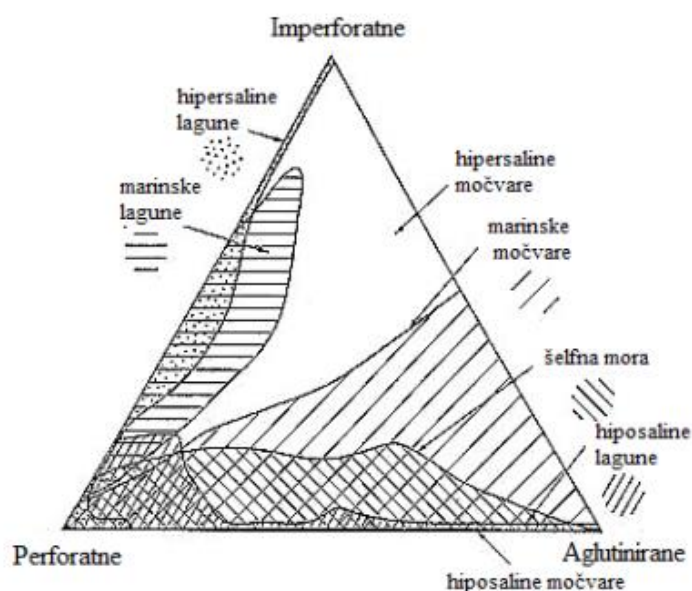
česte (srednje zastupljene) vrste: 4 – 10%;

sporedne (rijetko zastupljene) vrste: 1 – 4%;

slučajne (vrlo rijetko zastupljene) vrste: <1%.

3.4.1.8. Omjer tipova stijenki

Kao što je već navedeno, stijenske foraminifere mogu biti aglutinirane (red Textulariida), kalcitne imperforatne (red Miliolida) i kalcitne perforatne (red Rotaliida), a njihovi omjeri mogu poslužiti za interpretaciju plitkovodnih okoliša (Murray, 1974). Postotci pojedinih tipova stijenki uvrštavaju se u trokomponentni dijagram (Slika 11) s različitim tipovima okoliša da bi se utvrdilo za koji okoliš je karakteristična analizirana zajednica. Imperforatne foraminifere tipične su za najpliće okoliše, slane lagune i šelfna mora normalnog saliniteta, perforatne za nešto dublje okoliše, a aglutinirane za brakične i abisalne okoliše.



Slika 11. Trokomponentni dijagram za identifikaciju plitkovodnih okoliša na temelju stijenske kućica foraminifera (perforatne-imperforatne-aglutinirane) (preuzeto iz Murray, 1974, modificiran prijevod).

3.4.2. Statistička obrada granulometrijskih podataka

Laboratorijskom obradom uzoraka metodom mokrog sisanja i sedigrafa dobili su se podaci o raspodjeli veličina čestica čime se omogućila klasifikacija sedimenta prema Folk (1954) dijagramima na temelju omjera šljunka ($>2000 \mu\text{m}$), pijeska ($63 - 2000 \mu\text{m}$), praha ($2 - 63 \mu\text{m}$) i gline ($<2 \mu\text{m}$). Statistička analiza napravljena je u računalnom programu Microsoft® Office Excel u kojem se koristio program GRADISTAT Ver. 6.0. (Blott & Pye, 2001). U program se upisuje početna masa izvaganog sedimenta (u ovom slučaju 50 g) i maseni udio svake frakcije, nakon čega program izračunava koeficijent sortiranosti, srednju i prosječnu veličinu čestica, daje fizički opis teksturne skupine kojoj uzorak pripada i naziv sedimenta, te prikazuje podatke pomoću raznih grafova i dijagrama. Za ovo istraživanje korišten je trokomponentni dijagram pijesak-prah-glina, a za uzorke koji su sadržavali $>0,50\%$ šljunka prikazan je i dijagram šljunak-pijesak-mulj. Pri navođenju rezultata gledali su se granulometrijski parametri izračunati prema Folk & Ward (1957).

4. REZULTATI

4.1. Rezultati analize foraminiferske zajednice

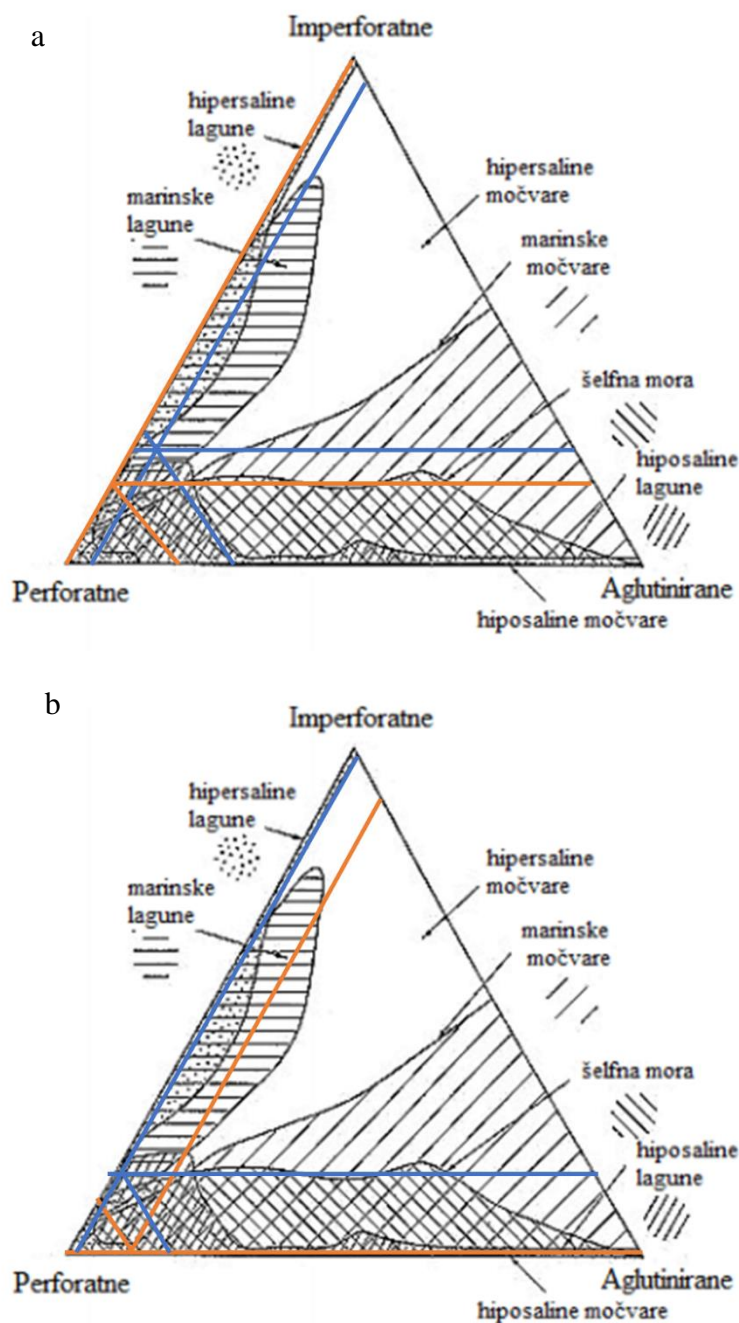
Analizom svih (pod-)uzoraka određeno je ukupno 44 vrsta iz 30 rodova bentičkih foraminifera (Tablica 2, 4 i 6). Rod *Ammonia* prevladava u svim uzorcima pa sukladno tome, foraminifere sa perforatnom (staklastom) stijenkom dominiraju zajednicom. Zastupljenost rodova i vrsta prema dominaciji po uzorcima prikazana je u Prilogu I. Predstavnici dominantnih i srednje zastupljenih vrsta prikazani su u Tabli I, a neki od predstavnika rijetko i vrlo rijetko zastupljenih u Tabli II. Iz svakog uzorka izdvojene su i planktonske foraminifere, ali s obzirom da im udio nije značajan, određene su samo na nivou skupine, a brojnost im je iskazana relativnim brojem u odnosu na cjelokupnu zajednicu. Planktonske foraminifere su pretaložene, trošenjem stijena u zaleđu istraživanog područja su oslobođene i donesene. To je drugi razlog zbog čega nisu bile predmetom interpretacija. Ostali izolirani ostaci organizama, kao što su dijelovi puževa, školjkaša ili karapaksi ostrakoda pronađeni su u manjem broju i nisu analizirani u sklopu ovog rada. Zbog različitog očuvanja kućica napravljena je i tafonomska analiza zajednice foraminifera prema određenim kriterijima (Tablica 7, Slika 16). S obzirom da su uzorci prikupljeni iz četiri već spomenuta podokoliša, rezultati analize su radi bolje preglednosti podijeljeni u odgovarajuće pododjeljke.

4.1.1. Područje močvare

Iz dvije uzorkovane sedimentne jezgre s područja močvare (N1 i N2), mikropaleontološki su analizirani njihovi najplići (0-2 cm) i najdublji intervali (8-10 cm).

Iz oba intervala N1 jezgre određeno je ukupno 17 rodova i 23 vrste bentičkih foraminifera (Tablica 2). U uzorku plićeg intervala N1 (0-2 cm) planktonskih foraminifera je 1,23%, velikih miliolida 0,61%, neodredivih miliolida 3,68%, te ostalih neodredivih foraminifera 19,02%, dok je u dubljem intervalu (8-10 cm) neodredivih miliolida više (7,85%), a planktonskih i ostalih neodredivih foraminifera manje (0,83% i 3,31%). Predstavnici rodova *Ammonia* i *Elphidium* dominiraju zajednicom oba uzorka s udjelom od 39,26% i 11,04% u plićem, te 49,59% i 20,25% u dubljem intervalu. Prisutna je samo jedna dominantna vrsta u oba uzorka, *Ammonia beccarii* (Linnaeus) (31,29% u plićem i 38,43% u dubljem intervalu) dok su srednje zastupljene u plićem intervalu dvije: *Siphonaperta aspera* (d'Orbigny) i *Ammonia parkinsoniana* (d'Orbigny), a u dubljem tri: *Elphidium crispum* (Linnaeus), *A. parkinsoniana* i *Peneroplis pertusus* (Forsskål in Niebuhr). S obzirom na

izrazitu dominaciju jedne vrste u oba uzorka, zajednice se mogu nazvati *A. beccarii* zajednicama. Najveći udio foraminifera ima perforatnu stijenkku, 72,36% u plićem te 82,63% zajednice u dubljem intervalu. Znatno je manji udio onih s imperforatnom (23,58% i 16,19%), dok je onih s aglutiniranom stijenkkom najmanje (4,07% i 0,47%) (Slika 12a). Broj vrsta i jedinki za oba uzorka, kao i vrijednosti indeksa prikazani su u Tablici 1 zajedno s uzorcima jezgre N2.



Slika 12. Trokomponentni dijagram prema tipu stijenci foraminifera za (a) jezgru N1, (b) jezgru N2. Plavom bojom označeni su udjeli stijenci u plićem (0-2 cm), a narančastom u dubljem (8-10 cm) intervalu.

U uzorcima plićeg i dubljeg intervala N2 jezgre, foraminifere su klasificirane u 15 rodova i 21 vrstu (Tablica 2). Udio planktonskih foraminifera približno je isti kao u jezgri N1, neodredivih miliolida ima samo u plićem intervalu (9,75%), a ostale neodredive foraminifere čine 4,24% plićeg i 0,87% zajednice dubljeg intervala. Kao i u prethodnoj jezgri i u ovim uzorcima prevladavaju rodovi *Ammonia* i *Elphidium*, ali je samo *Ammonia* dominantna, predstavljajući 59,75% zajednice u plićem te čak 85,17% u dubljem intervalu. Po dvije dominantne i jedna srednje zastupljena vrsta prisutne su u svakom uzorku. U oba uzorka dominantni su predstavnici roda *Ammonia*: *A. tepida* i *A. beccarii* s tim da *A. beccarii* prevladava u plićem dijelu s udjelom od 32,63% (udio *A. tepida* 20,76%), a *A. tepida* u dubljem s 57,56% (udio *A. beccarii* 13,37%). Određeni dio jedinki *A. tepida* iz dubljeg intervala nije obuhvaćen analizom zbog vrlo malih dimenzija jedinki i nemogućnosti njihovog izdvajanja. Srednje zastupljena vrsta u plićem intervalu je *A. parkinsoniana*, a u dubljem *Trochamina inflata* (Montagu). S obzirom na dominaciju jedinki roda *Ammonia*, zajednice se mogu nazvati *A. beccarii* – *A. tepida* u plićem te *A. tepida* – *A. beccarii* u dubljem intervalu. I u ovim uzorcima najviše je foraminifera s perforatnom stijenkom (83,5% u plićem i 88,17% u dubljem intervalu). U plićem intervalu imperforatne prevladavaju nad aglutiniranim (15% u odnosu na 1,5%), dok je u dubljem obrnuto (11,54% aglutiniranih na 0,30% imperforatnih) (Slika 12b).

Tablica 1. Broj vrsta i jedinki te vrijednosti indeksa raznolikosti za intervale jezgri N1 i N2

Jezgre i intervali u cm	Broj vrsta	Broj jedinki	Indeks dominacije D	Simpsonov indeks $1-D$	Shanon-Wienerov indeks H	Indeks ujednačenosti J	Fisherov α indeks	Berger-Parkerov indeks d
N1 (0-2)	26	161	0,16	0,84	2,42	0,74	8,78	0,32
N1 (8-10)	25	237	0,18	0,82	2,33	0,72	7,06	0,39
N2 (0-2)	24	233	0,17	0,83	2,29	0,72	6,71	0,33
N2 (8-10)	21	341	0,37	0,63	1,62	0,53	4,94	0,58

broj vrsta u tablici obuhvaća i sve neodređene odnosno sp. vrste; broj jedinki obuhvaća sve foraminifere osim pretaloženih roda *Nummulites* i planktonskih koje se nisu uzimale u obzir pri računanju indeksa

Najveća raznolikost vrsta bentičkih foraminifera prisutna je u površinskom uzorku jezgre N1 koja sadrži 26 vrsta, dok je najmanje, njih 21 određeno u dubljem uzorku jezgre N2. Uzorak s najvećim brojem jedinki ima najmanji broj vrsta, a onaj s najmanjim brojem

jedinki najviše vrsta. Sukladno tome indeks dominacije D kreće se od 0,16 u uzorku N1 (0-2 cm) do 0,37 u N2 (8-10 cm) odnosno njegova komplementarna forma, Simpsonov indeks (1-D) u rasponu je od 0,84 do 0,63. Shanon-Wienerov indeks H, indeks ujednačenosti J i Fisherov α indeks imaju najveću vrijednost u uzorku N1 (0-2 cm) i iznose redom 2,42, 0,74 i 8,78, dok su najmanje vrijednosti u uzorku N2 (8-10 cm) i to redom 1,62, 0,53 i 4,94. Berger-Parkerov indeks u rasponu je od 0,32 u N1 (0-2 cm) do 0,58 u N2 (8-10 cm).

Tablica 2. Apsolutna i relativna zastupljenost identificiranih vrsta i rodova u intervalima 0-2 cm i 8-10 cm iz jezgri N1 i N2 te način života prema Murray (2006), osim za rodove s oznakom * Langer (1993, preuzeto iz Weinmann *et al.*, 2019). Foraminifere podcrtane punom crtom imaju aglutiniranu, isprekidanom crtom imperforatnu, a nepodcrtane perforatnu stijenkku. Vrste sp. 1; 2; 4 određene su prema Cimerman & Langer (1991)

Rodovi i vrste	N1 (0-2 cm)		N1 (8-10 cm)		N2 (0-2 cm)		N2 (8-10 cm)		Način života
	Broj	%	Broj	%	Broj	%	Broj	%	
<u><i>Haplophragmoides sp.</i></u>	-	-	-	-	-	-	10	2,91	epi-infauna
<u><i>Trochammina inflata</i> (Montagu)</u>	5	3,07	1	0,41	3	1,27	29	8,43	epi-infauna
<u><i>Adelosina cliarensis</i> (Heron-Allen i Earland)</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna*
<u><i>Adelosina mediterraneensis</i> (Le Calvez, J. i Y.)</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna*
<u><i>Adelosina partschii</i> (d'Orbigny)</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna*
<u><i>Adelosina sp.</i></u>	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna*
<u><i>Spiroloculina sp.</i></u>	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<u><i>Siphonaperta aspera</i> (d'Orbigny)</u>	12	7,36	7	2,89	6	2,54	-	-	epifauna*
<u><i>Siphonaperta sp. 2</i></u>	-	-	-	-	1	0,42	-	-	epifauna*
<u><i>Siphonaperta sp.</i></u>	4	2,45	-	-	-	-	-	-	epifauna*
<u><i>Quinqueloculina agglutinans</i> (d'Orbigny)</u>	1	0,61	-	-	3	1,27	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina annectens</i> (Schlumberger)</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina berthelotiana</i> (d'Orbigny)</u>	1	0,61	-	-	3	1,27	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina bidentata</i> (d'Orbigny)</u>	1	0,61	2	0,83	-	-	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina irregularis</i> (d'Orbigny in Terquem)</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina laevigata</i> (d'Orbigny)</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina parvula</i> (Schlumberger)</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina seminula</i> (Linnaeus)</u>	-	-	9	3,72	7	2,97	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina schlumbergeri</i> (Wiesner)</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna

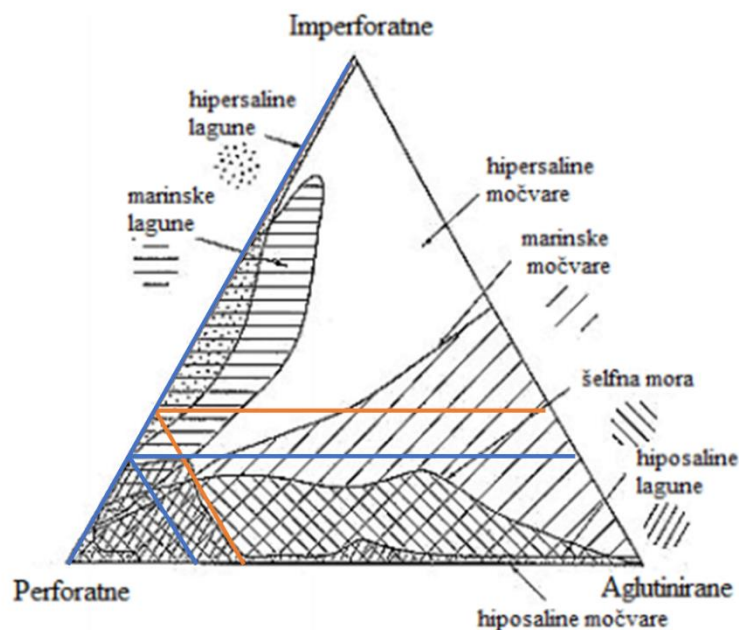
<i>Quinqueloculina</i> sp.	1	0,61	5	2,07	-	-	1	0,29	epifauna
<i>Pseudotriloculina limbata</i> (d'Orbigny in Fornasini)	-	-	1	0,41	-	-	-	-	epifauna*
<i>Pseudotriloculina</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna*
<i>Triloculina adriatica</i> (Le Calvez i Le Calvez)	-	-	2	0,83	-	-	-	-	epifauna
<i>Triloculina marioni</i> (Schlamberger)	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Triloculina oblonga</i> (Montagu)	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Triloculina schreiberiana</i> (d'Orbigny)	-	-	-	-	2	0,85	-	-	epifauna
<i>Triloculina</i> sp.	3	1,84	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Peneroplis pertusus</i> (Forsskal in Niebuhr)	6	3,68	10	4,13	8	3,39	-	-	epifauna
<i>Peneroplis planatus</i> (Fichtel i Moll)	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Peneroplis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Laevidentalina</i> sp.	-	-	1	0,41	-	-	-	-	infauna*
<i>Polymorphina</i> sp.	1	0,61	-	-	-	-	-	-	infauna*
<i>Bolivina spathulata</i> (Williamson)	-	-	-	-	-	-	-	-	infauna*
<i>Uvigerina</i> sp.	-	-	1	0,41	-	-	-	-	infauna
<i>Fursenkoina subacuta</i> (d'Orbigny)	-	-	-	-	-	-	-	-	infauna
<i>Eponides concameratus</i> (Montagu)	1	0,61	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Eponides</i> sp.	-	-	1	0,41	1	0,42	2	0,58	epifauna
<i>Neonorbina terquemi</i> (Rzehak)	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Rosalina bradyi</i> (Cushman)	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Rosalina</i> sp.	-	-	-	-	1	0,42	1	0,29	epifauna
<i>Cibicides</i> sp.	1	0,61	-	-	1	0,42	-	-	epi-infauna
<i>Cibicides advenum</i> (d'Orbigny)	-	-	1	0,41	-	-	-	-	epifauna
<i>Cibicides</i> sp.	-	-	2	0,83	-	-	-	-	epifauna
<i>Haynesina depressula</i> (Walker i Jacob)	-	-	-	-	-	-	-	-	epi-infauna*
<i>Haynesina</i> sp.	-	-	-	-	-	-	1	0,29	Infauna
<i>Porosonion granosum</i> (d'Orbigny)	3	1,84	-	-	-	-	1	0,29	epifauna*
<i>Porosonion</i> sp.	-	-	-	-	-	-	2	0,58	epifauna*
<i>Melonis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	infauna
<i>Discorbis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Buccella granulata</i> (di Napoli Alliata)	-	-	1	0,41	-	-	1	0,29	infauna
<i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus)	51	31,29	93	38,43	77	32,63	46	13,37	infauna
<i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny)	9	5,52	19	7,85	10	4,24	12	3,49	infauna
<i>Ammonia tepida</i> (Cushman)	-	-	2	0,83	49	20,76	198	57,56	infauna
<i>Ammonia</i> sp.	4	2,45	6	2,48	5	2,12	7	2,03	infauna
<i>Elphidium aculeatum</i> (d'Orbigny)	-	-	2	0,83	1	0,42	-	-	epifauna*
<i>Elphidium</i> cf. <i>E. Advenum</i> (Cushman)	1	0,61	-	-	3	1,27	-	-	epifauna*
<i>Elphidium</i> sp. 1	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna*

<i>Elphidium macellum</i> (Fichtel i Moll)	4	2,45	7	2,89	2	0,85	3	0,87	epifauna*
<i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus)	5	3,07	20	8,26	6	2,54	1	0,29	epifauna*
<i>Elphidium</i> sp. 4	1	0,61	-	-	-	-	2	0,58	epifauna
<i>Elphidium maioricense</i> (Colom)	-	-	-	-	2	0,85	-	-	epifauna
<i>Elphidium charlottense</i> (Vella)	-	-	-	-	-	-	1	0,29	epifauna
<i>Elphidium complanatum</i> (d'Orbigny)	-	-	4	1,65	2	0,85	4	1,16	epifauna
<i>Elphidium decipiens</i> (O. P.G. Costa)	1	0,61	-	-	-	-	-	-	infauna
<i>Elphidium</i> sp.	6	3,68	16	6,61	7	2,97	11	3,20	epi-infauna
<i>Criboelphidium</i> sp.	1	0,61	-	-	-	-	5	1,45	infauna
<i>Operculina</i> sp. (d'Orbigny)	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna

4.1.2. Područje međuplimske ravnice

I s područja međuplimske ravnice analizirane su dvije jezgre, N3 i N4, od kojih je jedna (N3) uzorkovana na granici s močvarom. Analiza foraminiferske zajednice obuhvatila je također najplići (0-2 cm) i najdublji interval (8-10 cm) svake jezgre.

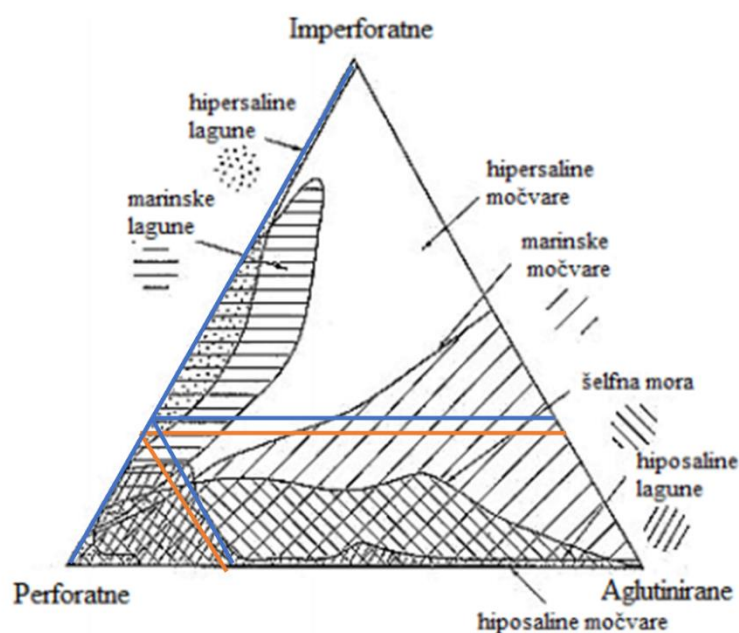
U obrađenim intervalima jezgre N3 prepoznato je i klasificirano 17 rodova i 29 foraminiferskih vrsta (Tablica 4). Udio planktonskih foraminifera kreće se od 6,33% u dubljem do 10,27% u plićem intervalu. U dubljem intervalu veći je broj neodredivih foraminifera, od čega 11,31% potpada pod miliolide, a 13,57% na ostale foraminifere. U ovom intervalu pronađene su i pretaložene kućice roda *Nummulites* s udjelom od 1,18%. Neodredivih miliolida u plićem intervalu ima 6,70%, a ostalih neodredivih 10,27%. Plići interval dominantno je zastupljen rodovima *Ammonia* i *Elphidium* s udjelima od 40,63% i 11,16%, dok je u dubljem, uz jedinke *Ammonia* koje čine 35,75% zajednice dominantan i rod *Peneroplis* s udjelom od 10,40%. Dominantna vrsta je, kao i u prethodnim jezgrama, *A. beccarii* s podjednakim udjelom u plićem i dubljem intervalu (23,66% i 23,53%). Po dvije srednje zastupljene vrste prisutne su u uzorcima i to *A. tepida* i *A. parkinsoniana* u plićem te *P. pertusus* i *A. parkinsoniana* u dubljem. Zajednice oba intervala mogu se nazvati *A. beccarii* zajednicom, jednako kao u oba intervala jezgre N1. I u ovoj jezgri najzastupljenije su foraminifere s perforatnom stijenkom (77,30% u plićem i 68,24% u dubljem intervalu). Sljedeće po zastupljenosti su imperforatne s udjelima od 22,06% i 31,08%, dok aglutinirane predstavljaju tek neznatni dio zajednice (0,61% i 0,68%) (Slika 13). Broj vrsta i jedinki za oba intervala, kao i vrijednosti indeksa prikazani su u Tablici 3 zajedno s uzorcima jezgre N4.



Slika 13. Trokomponentni dijagram prema tipu stijenke foraminifera za jezgru N3. Plavom bojom označeni su udjeli stijenke u uzorku N3 (0-2 cm), a narančastom u N3 (8-10 cm).

U pod-uzorcima jezgre N4 određeno je ukupno 12 rodova i 14 vrsta foraminifera (Tablica 4). Udio planktonski foraminifera približno je jednak u oba intervala (3,87% u plićem i 3,70% u dubljem). Neodredivih miliolida također ima podjednako (1,10% i 1,85%), dok ostalih neodredivih foraminifera ima više u plićem intervalu (16,02% u odnosu na 6,48% u dubljem). Pretaložene kućice roda *Nummulites* nađene su ovaj put u oba pod-uzorka s relativnom zastupljenošću od 2,21% u plićem i 4,63% u dubljem intervalu. Rod koji dominira zajednicom i ovih uzoraka je *Ammonia* s udjelom od 44,20% u plićem i 45,37% u dubljem intervalu, s tim da su u dubljem dominantni i rodovi *Elphidium* s 12,96% te *Quinqueloculina* s 10,19%. Dominantna vrsta je, u oba slučaja, ponovno *A. beccarii* s relativnom zastupljenošću od 20,44% u plićem i 36,11% u dubljem pod-uzorku, ali je u plićem uz nju i *A. tepida* koja zauzima 12,71% zajednice. Srednje zastupljene vrste u plićem intervalu su *Quinqueloculina seminula* (Linnaeus) pa *P. pertusus* i *S. aspera* s jednakim udjelom te *A. parkinsoniana*. Od njih, u dubljem intervalu, najzastupljenija je vrsta *P. pertusus*, nakon čega slijedi *Q. seminula* pa *A. parkinsoniana*. *A. beccarii* – *A. tepida* naziv je zajednice foraminifera plićeg intervala, a zajednica dubljeg nosi naziv *A. beccarii*. Najveći udio u zajednici pripada i u ovom slučaju jedinkama s perforatnom stijenkom (69,78% zajednice plićeg i 72,22% zajednice dubljeg intervala). Imperforatne kućice zauzimaju

30,22% u plićem, odnosno 27,22% u dubljem intervalu. Foraminifere s aglutiniranom stijenkom nisu pronađene niti u jednom pod-uzorku (Slika 14).



Slika 14. Trokomponentni dijagram prema tipu stijenki foraminifera za jezgru N4. Plavom bojom označeni su udjeli stijenki u plićem (0-2 cm), a narančastom u dubljem (8-10 cm) intervalu.

Tablica 3. Broj vrsta i jedinki te vrijednosti indeksa raznolikosti za intervale jezgri N3 i N4

Jezgre i intervali u cm	Broj vrsta	Broj jedinki	Indeks dominacije \bar{D}	Simpsonov indeks $\frac{1}{1-D}$	Shanon-Wienerov indeks H	Indeks ujednačenosti J	Fisherov α indeks	Berger-Parkerov indeks d
N3 (0-2)	32	201	0,11	0,89	2,76	0,80	10,73	0,26
N3 (8-10)	30	203	0,13	0,87	2,51	0,74	9,72	0,26
N4 (0-2)	24	170	0,11	0,89	2,54	0,80	7,62	0,22
N4 (8-10)	19	99	0,19	0,81	2,25	0,77	6,99	0,39

broj vrsta u tablici obuhvaća i sve neodređene odnosno sp. vrste; broj jedinki obuhvaća sve foraminifere osim pretaloženih roda *Nummulites* i planktonskih koje se nisu uzimale u obzir pri računanju indeksa

Najveći broj vrsta bentičkih foraminifera, njih 32, određen je u površinskom intervalu N3 jezgre, a najmanji, njih 19, u dubinskom N4 jezgre koji ujedno ima i najmanji broj izoliranih jedinki. U dubljem intervalu jezgre N3 prisutan je najveći broj jedinki. Vrijednosti indeksa dominacije i Simpsonovog indeksa jednaki su u oba plića intervala jezgri

gdje iznose 0,11 i 0,89, a najveću vrijednost dominacije odnosno najmanju Simpsonovog indeksa, u iznosu od 0,19 i 0,81, ima zajednica dubljeg intervala N4 jezgre. Shannon-Wienerov indeks kreće se u rasponu od 2,76 u N3 (0-2 cm) do 2,25 u N4 (8-10 cm). Indeks ujednačenosti iznosi 0,80 za oba površinska intervala, dok najmanju vrijednosti ima dublji interval N3 jezgre (0,74). Fisherov α indeks smanjuje se idući od plićeg intervala N3 jezgre do dubljeg intervala N4 jezgre s 10,73 do 6,99. Berger-Parkerov indeks najmanji je u plićem intervalu N4 jezgre (0,22), najveći u dubljem (0,39), dok je u oba intervala N3 jezgre jednak (0,26).

Tablica 4. Apsolutna i relativna zastupljenost identificiranih vrsta i rodova u intervalima 0-2 cm i 8-10 cm iz jezgri N3 i N4 te način života prema Murray (2006), osim za rodove s oznakom * Langer (1993, preuzeto iz Weinmann *et al.*, 2019). Foraminifere podcrtane punom crtom imaju aglutiniranu, isprekidanom crtom imperforatnu, a nepodcrtane perforatnu stijenu. Vrste sp. 1; 2; 4 određene su prema Cimerman & Langer (1991)

Rodovi i vrste	N3 (0-2 cm)		N3 (8-10 cm)		N4 (0-2 cm)		N4 (8-10 cm)		Način života
	Broj	%	Broj	%	Broj	%	Broj	%	
<u><i>Haplophragmoides</i> sp.</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	epi-infauna
<u><i>Trochammina inflata</i> (Montagu)</u>	1	0,45	1	0,45	-	-	-	-	epi-infauna
<u><i>Adelosina cliarensis</i> (Heron-Allen i Earland)</u>	-	-	2	0,90	-	-	-	-	epifauna*
<u><i>Adelosina mediterraneensis</i> (Le Calvez, J. i Y.)</u>	-	-	1	0,45	-	-	-	-	epifauna*
<u><i>Adelosina partschii</i> (d'Orbigny)</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna*
<u><i>Adelosina</i> sp.</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna*
<u><i>Spiroloculina</i> sp.</u>	-	-	-	-	1	0,55	-	-	epifauna
<u><i>Siphonaperta aspera</i> (d'Orbigny)</u>	5	2,23	8	3,62	9	4,97	-	-	epifauna*
<u><i>Siphonaperta</i> sp. 2</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna*
<u><i>Siphonaperta</i> sp.</u>	6	2,68	-	-	2	1,10	1	0,93	epifauna*
<u><i>Quinqueloculina agglutinans</i> (d'Orbigny)</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina annectens</i> (Schlumberger)</u>	-	-	2	0,90	-	-	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina berthelotiana</i> (d'Orbigny)</u>	3	1,34	-	-	-	-	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina bidentata</i> (d'Orbigny)</u>	3	1,34	-	-	-	-	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina irregularis</i> (d'Orbigny in Terquem)</u>	1	0,45	-	-	-	-	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina laevigata</i> (d'Orbigny)</u>	2	0,89	2	0,90	3	1,66	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina parvula</i> (Schlumberger)</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina seminula</i> (Linnaeus)</u>	7	3,13	4	1,81	11	6,08	7	6,48	epifauna

<i>Quinqueloculina schlumbergeri</i> (Wiesner)	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Quinqueloculina</i> sp.	2	0,89	-	-	3	1,66	4	3,70	epifauna
<i>Pseudotriloculina limbata</i> (d'Orbigny in Fornasini)	-	-	2	0,90	1	0,55	1	0,93	epifauna*
<i>Pseudotriloculina</i> sp.	-	-	-	-	1	0,55	1	0,93	epifauna*
<i>Triloculina adriatica</i> (Le Calvez i Le Calvez)	1	0,45	-	-	-	-	1	0,93	epifauna
<i>Triloculina marioni</i> (Schlumberger)	2	0,89	1	0,45	-	-	1	0,93	epifauna
<i>Triloculina oblonga</i> (Montagu)	-	-	-	-	1	0,55	-	-	epifauna
<i>Triloculina schreiberiana</i> (d'Orbigny)	-	-	1	0,45	-	-	-	-	epifauna
<i>Triloculina</i> sp.	-	-	-	-	1	0,55	-	-	epifauna
<i>Peneroplis pertusus</i> (Forsskal in Niebuhr)	2	0,89	21	9,50	9	4,97	8	7,41	epifauna
<i>Peneroplis planatus</i> (Fichtel i Moll)	-	-	2	0,90	-	-	-	-	epifauna
<i>Peneroplis</i> sp.	2	0,89	-	-	-	-	1	0,93	epifauna
<i>Laevidentalina</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	Infaua*
<i>Polymorphina</i> sp.	-	-	-	-	1	0,55	-	-	infaua*
<i>Bolivina spathulata</i> (Williamson)	-	-	-	-	-	-	-	-	infaua*
<i>Uvigerina</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	infaua
<i>Fursenkoina subacuta</i> (d'Orbigny)	-	-	1	0,45	-	-	-	-	infaua
<i>Eponides concameratus</i> (Montagu)	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Eponides</i> sp.	2	0,89	1	0,45	2	1,10	2	1,85	epifauna
<i>Neoconorbina terquemi</i> (Rzehak)	1	0,45	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Rosalina bradyi</i> (Cushman)	-	-	1	0,45	-	-	-	-	epifauna
<i>Rosalina</i> sp.	1	0,45	1	0,45	-	-	-	-	epifauna
<i>Cibicidoides</i> sp.	-	-	1	0,45	-	-	-	-	epi-infaua
<i>Cibicides advenum</i> (d'Orbigny)	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Cibicides</i> sp.	3	1,34	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Haynesina depressula</i> (Walker i Jacob)	-	-	-	-	-	-	-	-	epi-infaua*
<i>Haynesina</i> sp.	-	-	-	-	2	1,10	-	-	Infaua
<i>Porosonion granosum</i> (d'Orbigny)	1	0,45	1	0,45	-	-	-	-	epifauna*
<i>Porosonion</i> sp.	1	0,45	-	-	2	1,10	-	-	epifauna*
<i>Melonis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	infaua
<i>Discorbis</i> sp.	1	0,45	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Buccella granulata</i> (di Napoli Alliata)	-	-	-	-	-	-	-	-	infaua
<i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus)	53	23,66	52	23,53	37	20,44	39	36,11	infaua
<i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny)	13	5,80	19	8,60	8	4,42	6	5,56	infaua
<i>Ammonia tepida</i> (Cushman)	15	6,70	3	1,36	23	12,71	4	3,70	infaua
<i>Ammonia</i> sp.	10	4,46	5	2,26	12	6,63	-	-	infaua
<i>Elphidium aculeatum</i> (d'Orbigny)	2	0,89	1	0,45	-	-	-	-	epifauna*
<i>Elphidium</i> cf. <i>E. Advenum</i> (Cushman)	1	0,45	-	-	5	2,76	2	1,85	epifauna*

<i>Elphidium</i> sp. 1	3	1,34	2	0,90	-	-	-	-	epifauna*
<i>Elphidium macellum</i> (Fichtel i Moll)	4	1,79	1	0,45	-	-	-	-	epifauna*
<i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus)	6	2,68	4	1,81	2	1,10	4	3,70	epifauna*
<i>Elphidium</i> sp. 4	-	-	1	0,45	-	-	-	-	epifauna
<i>Elphidium maioricense</i> (Colom)	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Elphidium charlottense</i> (Vella)	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Elphidium complanatum</i> (d'Orbigny)	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna
<i>Elphidium decipiens</i> (O. G. Costa)	-	-	-	-	-	-	1	0,93	infauna
<i>Elphidium</i> sp.	9	4,02	7	3,17	3	1,66	7	6,48	epi-infauna
<i>Criboelphidium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	infauna
<i>Operculina</i> sp. (d'Orbigny)	-	-	-	-	-	-	-	-	epifauna

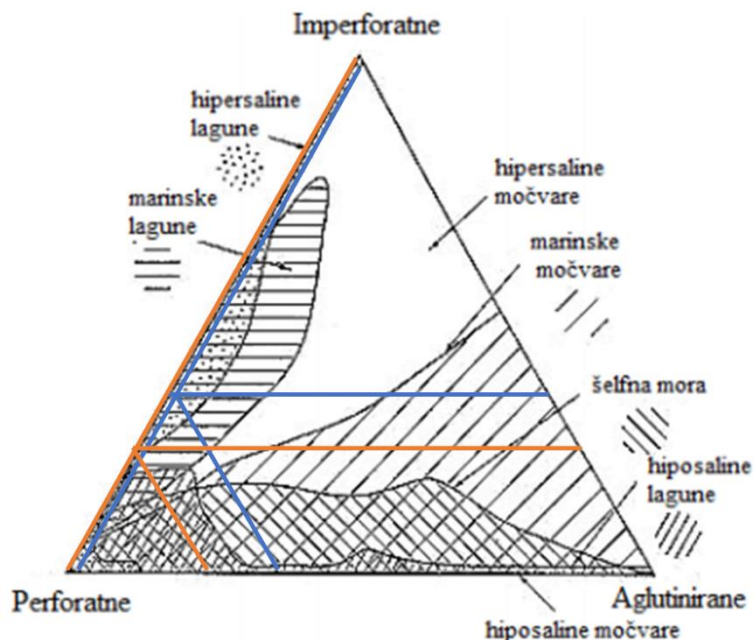
4.1.3. Područje lagune i plitkog mora

S obzirom da s korištenom opremom nije bilo moguće uzorkovati sedimentne jezgre iz područja lagune i plitkog mora, uzorci N6 (laguna) i N7 (more) samo su površinski interval od 0 do 2 cm.

Iz pod-uzorka N6 izolirano je i prepoznato 11 rodova bentičkih foraminifera te 14 vrsta (Tablica 6). Relativna zastupljenost planktonskih foraminifera u ukupnoj zajednici iznosi 6,34%. Jednak je broj neodredivih miliolida i ostalih neodredivih foraminifera koje zajedno čine 19,72% zajednice. Dominantni rodovi su *Ammonia* s udjelom od 33,80% i *Quinqueloculina* s udjelom od 17,61%. *A. tepida* i *Q. seminula* jednako su zastupljene (12,68%) i pripadaju dominantnim vrstama zajedno s *A. beccarii* (11,97%), dok je *A. parkinsoniana* srednje zastupljena vrsta. Prema tome, zajednica nosi naziv *A. tepida* – *Q. seminula*. Većina jedinki u zajednici ima perforatnu stijenku (62,86%), zatim imperforatnu (35,24%), a najmanje je onih s aglutiniranom stijenkom (1,90%) (Slika 15). Broj vrsta i jedinki kao i vrijednosti indeksa prikazani su u Tablici 5 zajedno s pod-uzorkom N7.

U zadnjem analiziranom pod-uzorku N7 određeno je 19 rodova i 19 foraminiferskih vrsta (Tablica 6). Planktonske foraminifere prisutne su s udjelom od 2,19%. Zastupljenost neodredivih miliolida i ostalih neodredivih foraminifera je podjednaka i iznosi 7,95% odnosno 7,67%. Za razliku od lagune u ovom pod-uzorku prisutne su i pretaložene kućice roda *Nummulites*, ali u malom broju (1,64%). Kao i u svim dosadašnjim uzorcima i pod-uzorcima, najdominantniji rod je *Ammonia*, koji je u ovom pod-uzorku prisutan s 46,30%. Dvije vrste ovog roda, *A. beccarii* i *A. parkinsoniana* svrstavaju se u kategoriju dominantnih vrsta. Srednje zastupljenih vrsta nema, a rijetko i vrlo rijetko zastupljenih ima podjednako

(Prilog 1). I u ovom pod-uzorku izrazita je dominacija foraminifera s perforatnom stijenkom koje čine 75,17% zajednice u odnosu na 24,49% jedinki s imperforatnom i 0,34% s aglutiniranom stijenkom (Slika 15).



Slika 15. Trokomponentni dijagram prema tipu stijenki foraminifera za pod-uzorke N6 i N7. Plavom bojom označeni su udjele stijenki u pod-uzorku N6, a narančastom u N7.

Tablica 5. Broj vrsta i jedinki te vrijednosti indeksa raznolikosti za pod-uzorke N6 i N7

Pod-uzorci; intervali u cm	Broj vrsta	Broj jedinki	Indeks dominacije D	Simpsonov indeks $1-D$	Shanon-Wienerov indeks H	Indeks ujednačenosti J	Fisherov α indeks	Berger-Parkerov indeks d
N6 (0-2)	22	133	0,09	0,91	2,68	0,87	7,51	0,14
N7 (0-2)	38	349	0,13	0,88	2,73	0,75	10,85	0,30

broj vrsta u tablici obuhvaća i sve neodređene odnosno sp. vrste; broj jedinki obuhvaća sve foraminifere osim pretaloženih roda *Nummulites* i planktonskih koje se nisu uzimale u obzir pri računanju indeksa

U pod-uzorku N7 iz plitkog mora prepoznato je najviše vrsta foraminifera. Indeks dominacije manji je u laguni (0,09) u odnosu na plitko more (0,13), dok je Simpsonov sukladno tome veći. Shanon-Wienerov indeks je podjednak u oba pod-uzorka (2,68 i 2,73), dok je indeks ujednačenosti nešto veći u pod-uzorku N6 (0,87 u usporedbi s 0,75 u pod-uzorku N7). Fisherov α indeks i Berger-Parkerov indeks veći su u pod-uzorku N7 s vrijednostima 10,85 i 0,30 u odnosu na N6 gdje su 7,51 i 0,14.

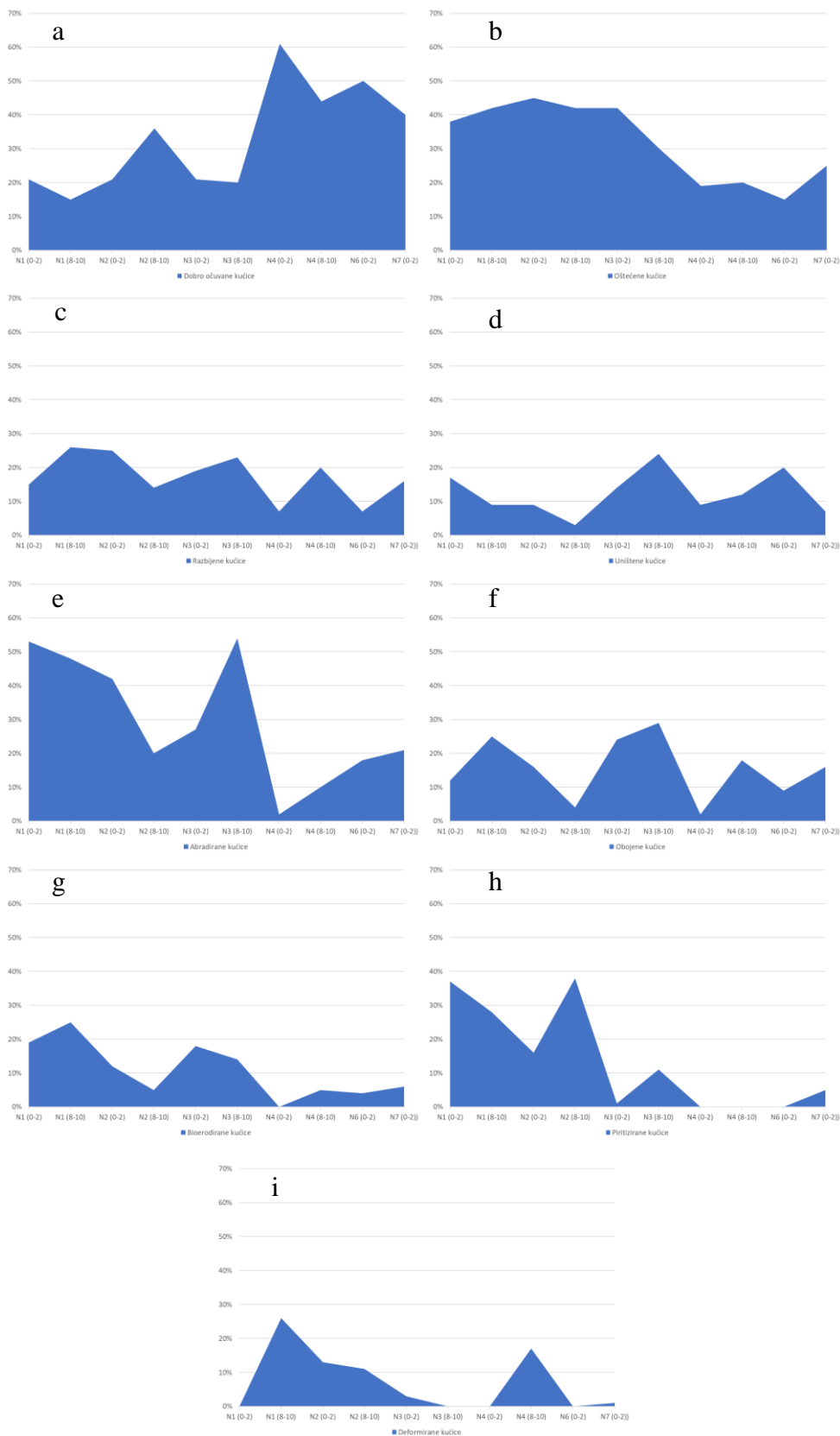
Tablica 6. Apsolutna i relativna zastupljenost identificiranih vrsta i rodova u intervalu 0-2 cm iz pod-uzoraka N6 i N7 te način života prema Murray (2006), osim za rodove s oznakom * Langer (1993, preuzeto iz Weinmann *et al.*, 2019). Foraminifere podcrtane punom crtom imaju aglutiniranu, isprekidanom crtom imperforatnu, a nepodcrtane perforatnu stijenu. Vrste sp. 1; 2; 4 određene su prema Cimerman & Langer (1991)

Rodovi i vrste	N6 (0-2 cm)		N7 (0-2 cm)		Način života
	Broj	%	Broj	%	
<u><i>Haplophragmoides</i> sp.</u>	-	-	1	0,27	epi-infauna
<u><i>Trochammina inflata</i> (Montagu)</u>	2	1,41	-	-	epi-infauna
<u><i>Adelosina cliarensis</i> (Heron-Allen i Earland)</u>	-	-	-	-	epifauna*
<u><i>Adelosina mediterraneis</i> (Le Calvez i J. i Y.)</u>	-	-	-	-	epifauna*
<u><i>Adelosina partschii</i> (d'Orbigny)</u>	2	1,41	-	-	epifauna*
<u><i>Adelosina</i> sp.</u>	-	-	1	0,27	epifauna*
<u><i>Spiroloculina</i> sp.</u>	-	-	1	0,27	epifauna
<u><i>Siphonaperta aspera</i> (d'Orbigny)</u>	4	2,82	13	3,56	epifauna*
<u><i>Siphonaperta</i> sp. 2.</u>	-	-	-	-	epifauna*
<u><i>Siphonaperta</i> sp.</u>	-	-	1	0,27	epifauna*
<u><i>Quinqueloculina agglutinans</i> (d'Orbigny)</u>	-	-	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina annectens</i> (Schlumberger)</u>	-	-	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina berthelotiana</i> (d'Orbigny)</u>	-	-	1	0,27	epifauna
<u><i>Quinqueloculina bidentata</i> (d'Orbigny)</u>	-	-	4	1,10	epifauna
<u><i>Quinqueloculina irregularis</i> (d'Orbigny in Terquem)</u>	-	-	6	1,64	epifauna
<u><i>Quinqueloculina laevigata</i> (d'Orbigny)</u>	2	1,41	-	-	epifauna
<u><i>Quinqueloculina parvula</i> (Schlumberger)</u>	-	-	1	0,27	epifauna
<u><i>Quinqueloculina seminula</i> (Linnaeus)</u>	18	12,68	6	1,64	epifauna
<u><i>Quinqueloculina schlumbergeri</i> (Wiesner)</u>	-	-	2	0,55	epifauna
<u><i>Quinqueloculina</i> sp.</u>	5	3,52	5	1,37	epifauna
<u><i>Pseudotriloculina limbata</i> (d'Orbigny in Fornasini)</u>	-	-	4	1,10	epifauna*
<u><i>Pseudotriloculina</i> sp.</u>	-	-	1	0,27	epifauna*
<u><i>Triloculina adriatica</i> (Le Calvez i Le Calvez)</u>	-	-	6	1,64	epifauna
<u><i>Triloculina marioni</i> (Schlumberger)</u>	1	0,70	-	-	epifauna
<u><i>Triloculina oblonga</i> (Montagu)</u>	-	-	-	-	epifauna
<u><i>Triloculina schreiberiana</i> (d'Orbigny)</u>	-	-	-	-	epifauna
<u><i>Triloculina</i> sp.</u>	-	-	-	-	epifauna
<u><i>Peneroplis pertusus</i> (Forsskål in Niebuhr)</u>	5	3,52	12	3,29	epifauna
<u><i>Peneroplis planatus</i> (Fichtel i Moll)</u>	-	-	3	0,82	epifauna
<u><i>Peneroplis</i> sp.</u>	-	-	5	1,37	epifauna

<i>Laevidentalina</i> sp.	-	-	-	-	infauna*
<i>Polymorphina</i> sp.	-	-	1	0,27	infauna*
<i>Bolivina spathulata</i> (Williamson)	-	-	1	0,27	infauna*
<i>Uvigerina</i> sp.	-	-	-	-	infauna
<i>Fursenkoina subacuta</i> (d'Orbigny)	-	-	-	-	infauna
<i>Eponides concameratus</i> (Montagu)	-	-	-	-	epifauna
<i>Eponides</i> sp.	1	0,70	2	0,55	epifauna
<i>Neoconorbina terquemi</i> (Rzehak)	-	-	-	-	epifauna
<i>Rosalina bradyi</i> (Cushman)	-	-	-	-	epifauna
<i>Rosalina</i> sp.	-	-	1	0,27	epifauna
<i>Cibicidoides</i> sp.	-	-	-	-	epi-infauna
<i>Cibicides advenum</i> (d'Orbigny)	-	-	-	-	epifauna
<i>Cibicides</i> sp.	-	-	-	-	epifauna
<i>Haynesina depressula</i> (Walker i Jacob)	5	3,52	-	-	epi-infauna*
<i>Haynesina</i> sp.	3	2,11	-	-	infauna
<i>Porosonion granosum</i> (d'Orbigny)	-	-	5	1,37	epifauna*
<i>Porosonion</i> sp.	-	-	1	0,27	epifauna*
<i>Melonis</i> sp.	1	0,70	1	0,27	infauna
<i>Discorbis</i> sp.	-	-	5	1,37	epifauna
<i>Buccella granulata</i> (di Napoli Alliata)	-	-	-	-	infauna
<i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus)	17	11,97	104	28,49	infauna
<i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny)	8	5,63	39	10,68	infauna
<i>Ammonia tepida</i> (Cushman)	18	12,68	13	3,56	infauna
<i>Ammonia</i> sp.	5	3,52	13	3,56	infauna
<i>Elphidium aculeatum</i> (d'Orbigny)	-	-	-	-	epifauna*
<i>Elphidium</i> cf. <i>E. Advenum</i> (Cushman)	-	-	2	0,55	epifauna*
<i>Elphidium</i> sp. 1	-	-	7	1,92	epifauna*
<i>Elphidium macellum</i> (Fichtel i Moll)	3	2,11	7	1,92	epifauna*
<i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus)	2	1,41	5	1,37	epifauna*
<i>Elphidium</i> sp. 4	-	-	-	-	epifauna
<i>Elphidium maioricense</i> (Colom)	-	-	-	-	epifauna
<i>Elphidium charlottense</i> (Vella)	-	-	-	-	epifauna
<i>Elphidium complanatum</i> (d'Orbigny)	-	-	-	-	infauna
<i>Elphidium decipiens</i> (O. G. Costa)	1	0,70	-	-	infauna
<i>Elphidium</i> sp.	2	1,41	10	2,74	epi-infauna
<i>Criboelphidium</i> sp.	-	-	2	0,55	infauna
<i>Operculina</i> sp. (d'Orbigny)	-	-	2	0,55	epifauna

4.1.4. Analiza tafonomskih promjena na foraminiferskim zajednicama

U svim uzorcima prisutne su dobro očuvane, oštećene, razbijene, uništene, abradirane i obojene kućice foraminiferskih jedinki (Slika 16, Tablica 7, Tabla III). Tafonomske promjene zajednice foraminifera najvećim dijelom uključuju oštećenje i abradiranost kućice. Imperforatne (porculanaste) kućice najosjetljivije su na otapanje, dok su svi tipovi stijenki kućica jednako podložni abraziji (Kotler *et al.*, 1992, preuzeto iz Ćosović *et al.*, 2016). Gledajući ukupnu zajednicu, očuvanost foraminifera bolja je u pod-uzorcima iz lagune (N6) i plitkog mora (N7), a uglavnom se smanjuje idući od međuplinske ravnice (N3 i N4) do močvare (N1 i N2). Dobro očuvanih kućica (61%) najviše je u pod-uzorku N4 (0-2 cm), dok je najviše oštećenih (45%) u N2 (0-2 cm). Ukupni udio oštećenih, razbijenih i uništenih kućica veći je u uzorcima iz močvare i granice s močvarom (59 – 77%), a manji u moru, laguni i međuplinskoj ravnici (35 – 48%). Gledajući po intervalima jezgri, njihov udio je približno jednak (do 7% više u dubljem intervalu), osim u jezgri N2 gdje je njihov udio veći u plićem intervalu za 20%. Udio abradiranih kućica najveći je u jezgrama N1 i N2 (močvara), te je veći u površinskom intervalu, dok je kod jezgri N3 i N4 (međuplinska ravnica) manji. Prisutna su dva tipa obojenja kućica, a to su limonitizacija (žuto-narančasto) i piritizacija (tamno sivo do crno). Tamno obojenje nalazi se u većini slučajeva duž sutura kućice, a najprisutnije je kod porculanastih stijenki (red Miliolida). Najviše obojenih kućica nalazi se u jezgri N3. Jedinke koje su na površini kućice imale crni materijal u obliku sitnih zrnaca ili malih prevlaka svrstane su u kategoriju piritiziranih kućica, a njihov udio najveći je u uzorcima iz močvare. Bioerodiranih kućica također ima najviše u močvari i u međuplinskoj ravnici na granici s močvarom (do 25%), dok im zatupljenost u ostalim pod-uzorcima ne prelazi 6%. U jezgri N2 i dubljem intervalu jezgre N4 prisutno je najviše deformiranih kućica i to uglavnom u vidu povećane zadnje klijetke vrste *A. tepida*.



Slika 16. Grafički prikaz relativne zastupljenosti kućica foraminifera prema tafonomskim kategorijama (N1 – N7): (a) dobro očuvana; (b) oštečena; (c) razbijena; (d) uništена; (e) abradirana; (f) obojena; (g) bioerodirana; (h) piritizirana; (i) deformirana kućica.

Tablica 7. Relativna zastupljenost (%) kućica foraminifera svakog uzorka prema kategorijama tafonomskih promjena

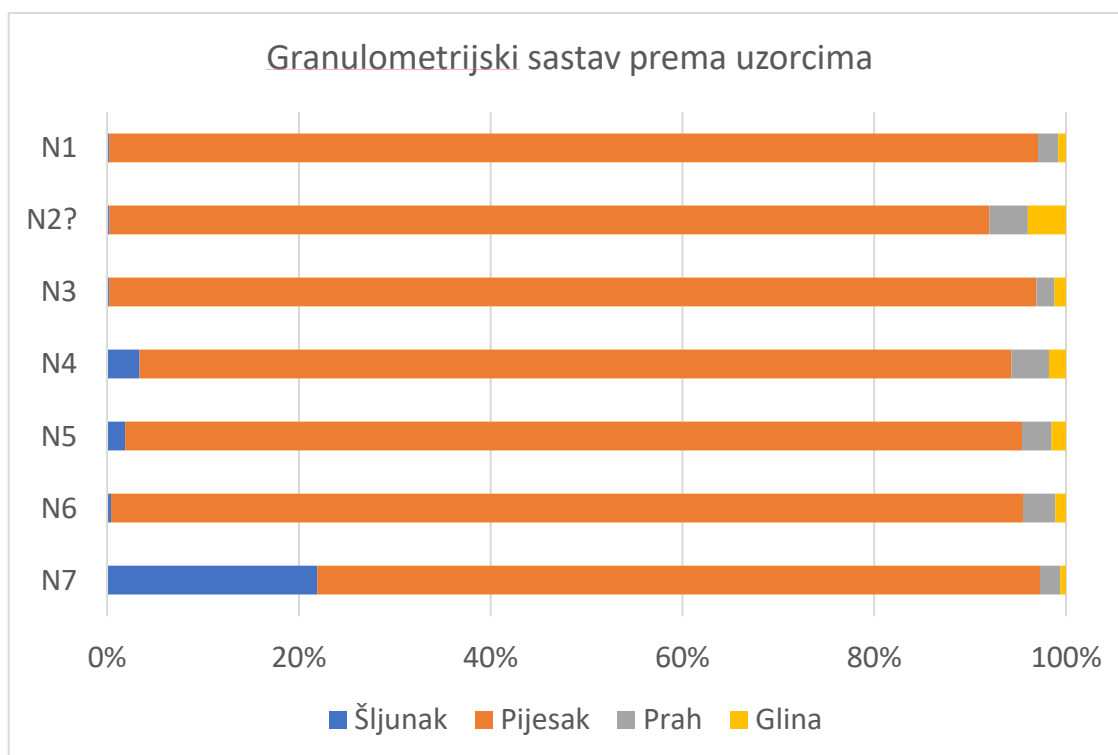
	N1 (0-2 cm)	N1 (8-10 cm)	N2 (0-2 cm)	N2 (8-10 cm)	N3 (0-2 cm)	N3 (8-10 cm)	N4 (0-2 cm)	N4 (8-10 cm)	N6 (0-2 cm)	N7 (0-2 cm)
Dobro očuvana	21	15	21	36	21	20	61	44	50	40
Oštećena	38	42	45	42	42	30	19	20	15	25
Razbijena	15	26	25	14	19	23	7	9	7	16
Uništena	17	9	9	3	14	24	9	12	20	7
Abradirana	53	48	42	20	27	54	2	10	18	21
Obojena	12	25	16	4	24	29	2	18	9	16
Bioerodirana	19	25	12	5	18	14	0	5	4	6
Piritizirana	37	28	16	38	1	11	0	0	0	5
Deformirana	0	0	13	11	3	0	0	17	0	1

pod-uzorci N4 (0-2 i 8-10 cm) i N6 nisu detaljno analizirani u svrhu tafonomskih karakteristika što treba imati u vidu prilikom interpretacije

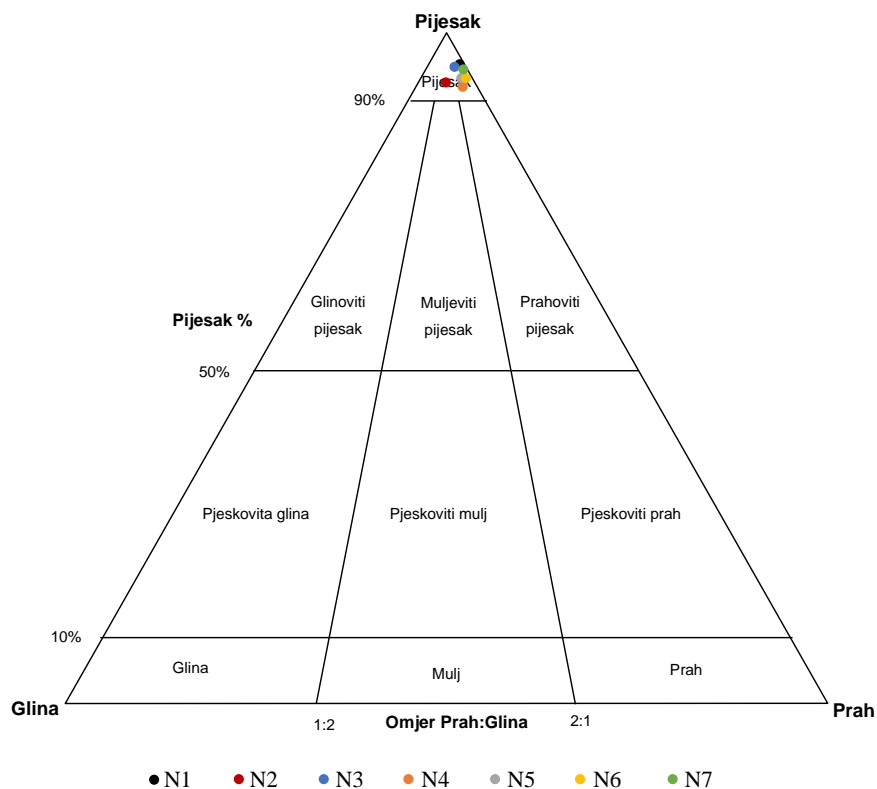
Obzirom da se *A. beccarii* pojavljuje u svim uzorcima kao dominantna vrsta, detaljno je tafonomski opisana s primjerima jedinki prikazanih u Tabli IV. Kućice su generalno prilično loše očuvane, prljavo bijele do smečkaste boje što je posljedica trošenja. Dimenzijom velikih jedinki najviše ima u površinskom intervalu jezgre N3, dok su najmanje prisutne u površinskom uzorku N2 jezgre. Srednje velike najzastupljenije su u pod-uzorcima jezgre N4, dok ih najmanje ima u uzorku N2 (0-2 cm). Najsitnije jedinice dominantne su u plićem intervalu jezgre N2 te u jezgri N7, a najmanje ih je u dubljem intervalu jezgre N1. Najveći postotak oštećenih, čak 72,97% je u pod-uzorku N4 (0-2 cm), a najmanje u pod-uzorku N7 (24,04%). Udio razbijenih kućica varira od 5,88% u pod-uzorku N6 do 50% u dubljem intervalu jezgre N3. Uništene jedinice prisutne su samo u jezgri N2 te u površinskom intervalu jezgre N3, a njihov udio ne prelazi 6%. Jedinice u jezgrama N1, N2 i dubljem intervalu jezgre N3 izrazito su abradirane (>70%). U većini uzoraka prisutne su i žuto-narančasto te tamno sivo do crno obojene kućice čija relativna zastupljenost niti u jednom (pod-)uzorku ne prelazi 30%. Bioerozija i blaga piritizacija uočene su na kućicama jedinki iz jezgri N1 – N3, s najvećim udjelima u jezgri N1. Piritizacija je vidljiva u obliku sitnih tamnih točkica ili prevlaka, većinom prisutnih na umbilikalnoj (pupčanoj) strani kućice. Deformacija kućica je odsutna ili je vrlo rijetka (<1%).

4.2. Rezultati granulometrijske analize

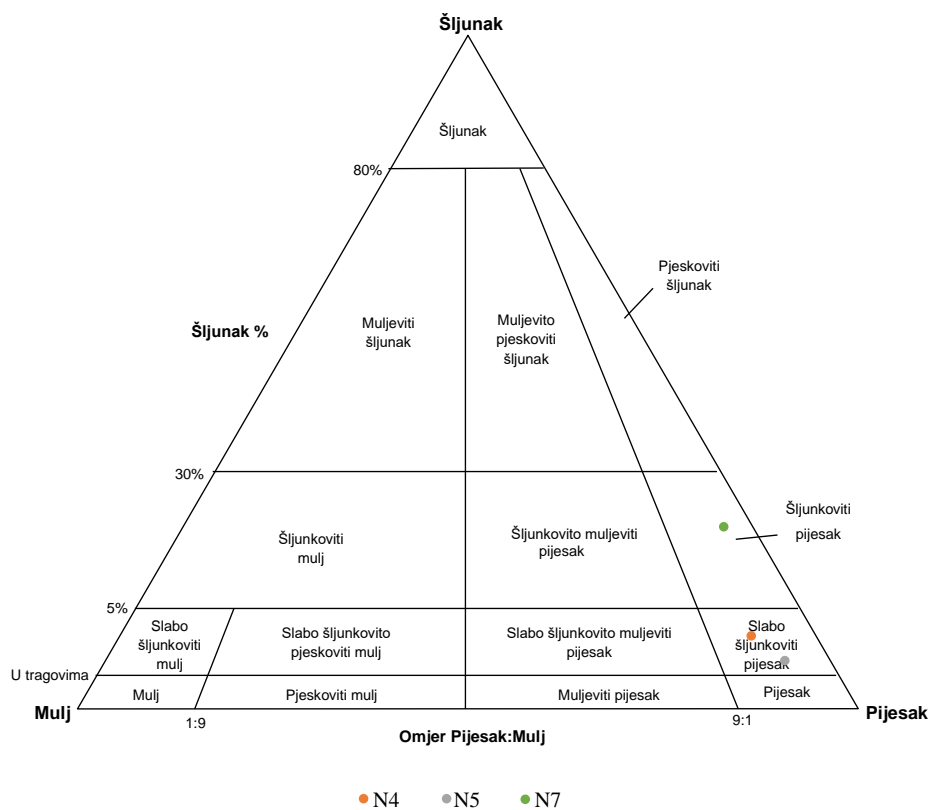
Granulometrijska analiza obuhvatila je uzorke sa svih točaka, od N1 do N7 uključujući i točku N5 koja je izostavljena prilikom mikropaleontološke analize. Za uzorak N2 analiza sedigrafom bila je neuspješna pa nije bilo moguće odrediti udio čestica praha i gline te su stoga promatrane zajedno kao čestice mulja. Raspodjela veličine zrna odnosno zastupljenost pojedinih frakcija u uzorcima prikazana je na Slici 17 (za uzorak N2 gledati zajednički udio praha i gline) i Tablici 8. U svim uzorcima prevladavaju čestice veličine pijeska, a udio im se kreće od 75,3% u uzorku N7 do 96,8% u uzorku N1. Sljedeće po zastupljenosti, u svim uzorcima osim N7, su čestice veličine mulja (čestice praha i gline) u iznosu od 2,7% (N7) do 5,7% (N4). Udio čestica praha (1,9 – 3,9%) veći je od udjela gline (0,6 – 1,8%) u svim uzorcima. Šljunkovite frakcije samo u jednom uzorku ima više od 4% (21,9% u uzorku N7). Napravljena je i klasifikacija sedimenta prema Folk (1954) trokomponentnim dijagramima i to dijagramu pijesak-prah-glina (Slika 18) za sve uzorke, te dodatno šljunak-pijesak-mulj (Slika 19) za one uzorke koji sadrže >0,50% šljunka. Na prvom dijagramu vidljivo je da su sedimenti svih uzoraka vrlo slični i da se sastoje većinom od čestica veličine pijeska. Prema drugom dijagramu, uzorci N4 i N5 svrstavaju se u slabo šljunkoviti pijesak, dok je sediment uzorka N7 opisan kao šljunkoviti pijesak.



Slika 17. Grafički prikaz udjela frakcije šljunka, pijeska, praha i gline u analiziranim uzorcima.



Slika 18. Granulometrijski sastav sedimenta prikazan pomoću trokomponentnog dijagrama pijesak-prah-glina (Folk, 1954) za uzorke N1 – N7.



Slika 19. Granulometrijski sastav sedimenta prikazan pomoću trokomponentnog dijagrama šljunak-pijesak-mulj (Folk, 1954) za uzorke N4, N5 i N7 s udjelom šljunka >0,50%.

U Tablici 8 prikazane su granulometrijske karakteristike sedimenta iz uzoraka izračunate prema Folk & Ward (1957). Prosječna veličina zrna (Mz) kreće se od 461,8 μm (čestice veličine srednjeg pijeska) u uzorku N6 do 1134,7 μm (čestice veličine vrlo krupnozrnatog pijeska) u uzorku N7. Vrijednosti srednje veličine zrna (Md) variraju od 452,7 μm (N6) do 956,2 μm (N7). Koeficijent sortiranosti u rasponu je od 0,778 ϕ do 1,418 ϕ , što bi značilo da je sortiranje sedimenta umjereno do loše. Sedimenti svih uzoraka prema tekstularnoj grupi spadaju u kategoriju slabo šljunkovitog pijeska, osim uzorka N7 koji je opisan kao šljunkoviti pijesak.

Tablica 8. Tablični prikaz udjela pojedinih frakcija te granulometrijske karakteristike uzoraka

	Šljunak (%)	Pijesak (%)	Prah (%)	Glina (%)	Mz (μm)	Md (μm)	So (ϕ)	So opis	Tekstularna grupa
N1	0,2	96,8	2,1	0,8	533,9	568,2	0,778	umjereno	sšP
N2	0,24	91,76	-	-	-	-	-	-	-
N3	0,2	96,7	1,9	1,2	532,0	566,2	0,802	umjereno	sšP
N4	3,4	90,9	3,9	1,8	547,3	583,1	1,377	loše	sšP
N5	1,9	93,5	3,1	1,5	504,6	525,0	1,007	loše	sšP
N6	0,4	95,1	3,4	1,1	461,8	452,7	0,941	umjereno	sšP
N7	21,9	75,3	2,1	0,6	1134,7	956,2	1,418	loše	šP

Mz=prosječna veličina zrna, Md=medijan (srednja veličina zrna), So=sortiranje; sšP=slabo šljunkoviti pijesak, šP=šljunkoviti pijesak

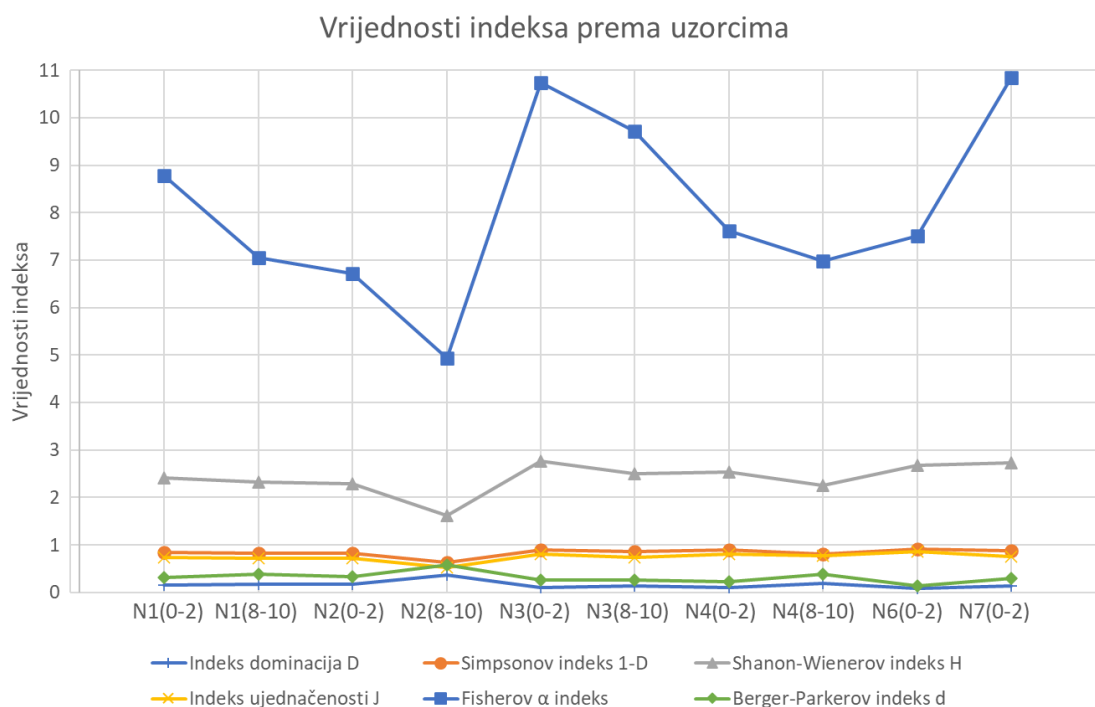
5. RASPRAVA

S obzirom da je analiza obuhvatila uzorke iz različitih podokoliša, dobiveni rezultati uspoređeni su prostorno prema točkama uzorkovanja, te vertikalno prema dubini za uzorke jezgri sedimenta. Uz to, korelirani su i s granulometrijskim karakteristikama prevladavajućeg sedimenta. Rezultatima analize ustanovljeno je da međuplimska ravnica nije muljna ravnica u uskom smislu riječi zbog prevladavanja pjeskovitog sedimenta.

Od svih morskih podokoliša močvare su najekstremniji okoliši, s velikim varijacijama temperature, saliniteta, i pH (Phleger & Bradshaw, 1966, preuzeto iz Scott *et al.*, 2001). Vrlo malo vrsta foraminifera uspijeva u ovom okruženju, a njihovu raspodjelu kontroliraju uglavnom fizikalno-kemijski parametri povezani s vremenom izlaganja. Vrste koje obitavaju u močvarama gotovo su isključivo aglutiniranih stijenki, a ostaci rijetkih kalcitnih vrsta teško se mogu sačuvati u kiselim i organskom tvari bogatim močvarnim sedimentima. U susjednim međuplinskim ravnicama, raspoloživost otopljenog kisika i salinitet uzrokuju značajne razlike u sastavu i zastupljenosti vrsta bentičkih zajednica (Gonzales-Oreja & Saiz-Salinas, 1998, preuzeto iz Scott *et al.*, 2001). S druge strane, lagune imaju mali ili nikakav unos slatke vode, te su to okoliši s normalnim morskim salinitetom ili hipersaline sredine. Za visok salinitet karakteristične su kalcitne foraminiferske vrste i veća raznolikost populacije, a dominiraju foraminifere s perforatnom i imperforatnom stijenkom, dok u plitkomorskim sredinama prevladavaju foraminifere s perforatnom stijenkom (Scott *et al.*, 2001). Na dubinama manjim od 100 m sastav faune pod velikim je utjecajem niza čimbenika okoliša koji nemaju izravnu vezu s batimetrijom; to uključuje sastav i izgled podloge (i prisutnost/odsutnost vegetacije), te postotak organske tvari, odnosno dostupnost hrane i kisika (Jorissen, 1987).

Ukupan broj određenih vrsta je između 19 u pod-uzorku N4 (8-10 cm) i 38 u N7 (0-2 cm). Većina (pod-)uzoraka ima sličnu, relativno visoku raznolikost, na što ukazuju vrijednosti indeksa dominacije (D), Simpsonovog indeksa (1-D) i Berger-Parkerovog indeksa (d). Iznimka je dublji interval jezgre N2 sa značajno manjim vrijednostima indeksa (Tablica 1). Vrijednosti ovih indeksa upućuju na blago povećanu raznolikost zajednice u plićim intervalima jezgara. Sve vrijednosti ukazuju na marinski okoliš normalnog saliniteta, osim pod-uzorka N2 (8-10 cm) gdje niža vrijednost odgovara priobalnom okolišu promjenjivog saliniteta. Najveća ujednačenost zajednice prisutna je u pod-uzorku N6 (0-2 cm) iz područja lagune, dok je najmanja ponovno u pod-uzorku N2 (8-10 cm) iz močvare

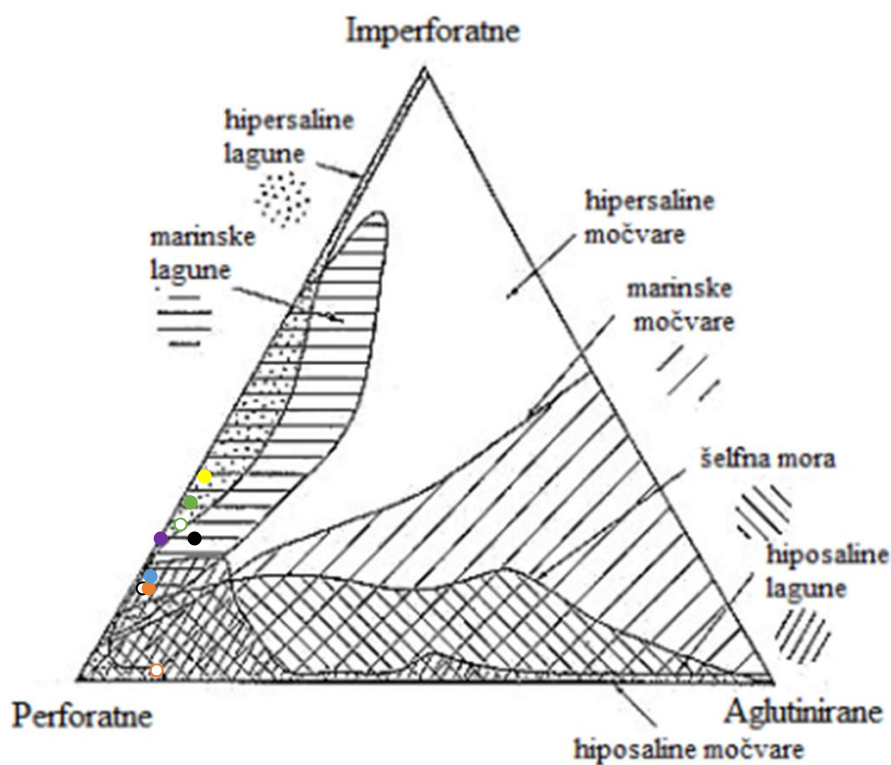
zbog velike dominacije vrste *A. tepida*. I Fisherov α indeks (Tablica 1; 3) ima najmanju vrijednost u pod-uzorku N2 (8-10 cm) dok je u području mora [pod-uzorak N7 (0-2 cm)] njegova vrijednost najveća. Indeks ujednačenosti nešto je veći u plićim intervalima, kao i vrijednosti Fisherovog α indeksa koje su u prosjeku veće za oko 1. Ukupno gledajući, vrijednosti ekoloških indeksa su prilično konstantne, uz iznimku Fisherovog α indeksa čije vrijednosti osciliraju (Slika 20). Razlog tome može biti broj rijetko zastupljenih vrsta, jer gdje ih je više, veće su i vrijednosti indeksa.



Slika 20. Grafički prikaz vrijednosti indeksa prema uzorcima.

Među foraminiferama, najviše je vrsta iz reda Rotaliida, koje su i najbrojnije, a slijedi red Miliolida te Textulariida. Pod-uzorci N2 (8-10 cm) i N6 (0-2 cm) ističu se svojim krajnjim vrijednostima. Najveći udio perforatnih stijenki je u pod-uzorku N2 (8-10 cm), a najmanji (ali i dalje dominantni tip stijenke) u N6 (0-2 cm). Kućica s aglutiniranom stijenkam jedino je u uzorku N2 (8-10 cm) više nego imperforatnih, a u jezgri N4 ih uopće nema. Razlog može biti u sljedećem, aglutinirane kućice sklonije su bržem raspadanju zbog prirode nastanka takvog tipa stijenki (zrnca povezana organskom tvari ili različitim mineralnim cementom, Čosović *et al.*, 2011). Prema trokomponentnom dijagramu tipova stijenki uzorci odgovaraju okolišu lagune normalnog saliniteta do hiposaline lagune [N1 (8-10 cm) i N2 (0-2 cm)] ili do hipersaline lagune [(pod-)uzorci iz međuplimske ravnice, lagune i mora]. Interpretacija okoliša pokazuje neke raznolikosti, međutim iz prostorne distribucije

točaka uzorkovanja, sastava zajednice i granulometrijskih svojstava sedimenta jasno je da se radi o okolišu u kojem promjenjivost saliniteta može biti posljedica lokalnih i sezonskih promjena. Pod-uzorak N2 (8-10 cm) odgovara hipersalinoj laguni ili marinskoj močvari (Slika 21), a vrijednost Fisherov α indeksa odstupa u odnosu na ostala mjesta uzorkovanja (Slika 20), moguće zbog izrazito velike brojnosti jedinki *Ammonia* i vrste *T. inflata*, koja je neznatno prisutna u ostalim (pod-)uzorcima. Poznato je kako vrijednosti Fisherov α indeksa <5 mogu biti pokazatelj normalnih uvjeta gdje je prisutna samo jedna vrsta (Murray, 2006).



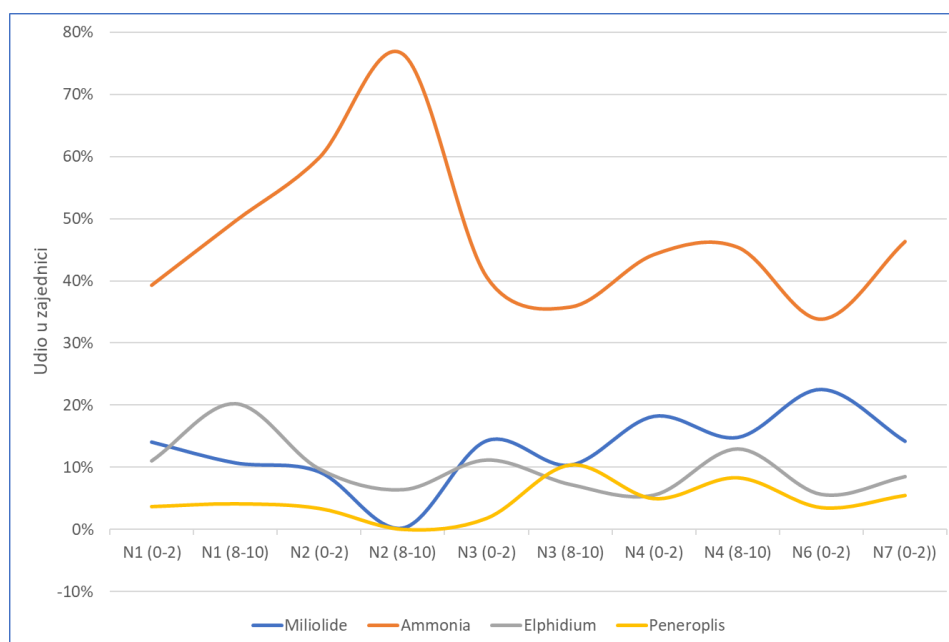
- N1(0-2) ○ N1(8-10) ● N2(0-2) ○ N2(8-10) ● N3(0-2) ○ N3(8-10) ● N4(0-2)
- N4(8-10) ● N6(0-2) ● N7(0-2)

Slika 21. Trokomponentni dijagram prema tipu stijenki foraminifera za sve (pod-)uzorke.

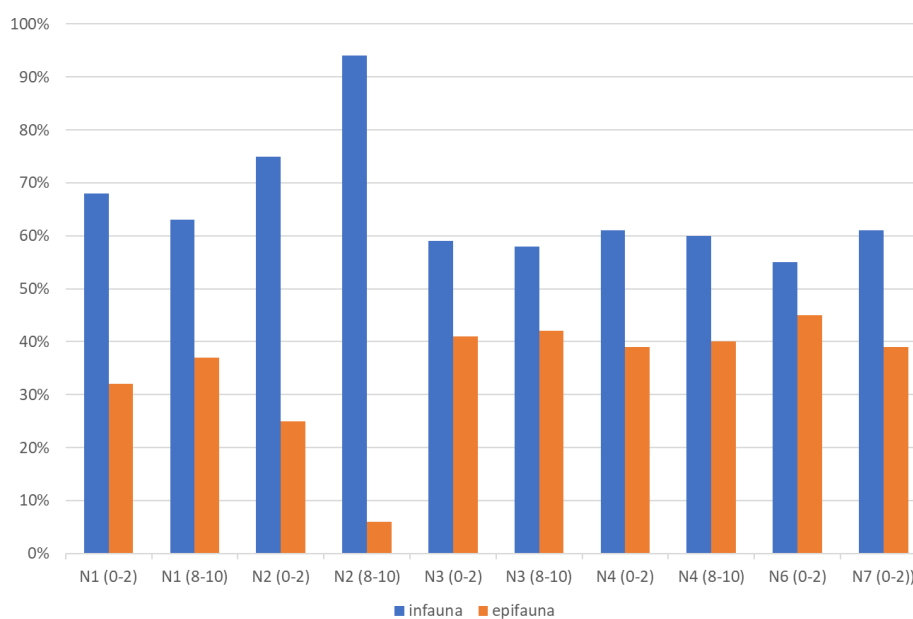
U svim uzorcima/podokolišima najbrojniji je rod *Ammonia*, a vrsta koja je dominantna u svim (pod-)uzorcima je *A. beccarii*. Rod *Ammonia* sveprisutan je u obalnim morskim sedimentima, a specifičan je po toleranciji na vrlo različite uvjete u okolišu i mogućnosti prilagodbe u slučaju pojave stresnih uvjeta. Mogu izdržati i niske i visoke temperature (0°C – 35°C) kao i smanjeni i povećani salinitet (10 – 50‰), što im omogućuje nastanjivanje i brakičnih okoliša i hipersalinih laguna, te stoga nije iznenađujuće njihovo obilje u svim analiziranim podokolišima. Pojedine vrste sposobne su preživjeti i uvjete sa

smanjenim udjelom kisika ($<0.1 \text{ ml l}^{-1}$) nekoliko dana (Moodley & Hess, 1992), a mogu biti i fakultativno anaerobni (Pawlowski *et al.*, 1995, preuzeto iz Murray, 2006). Jedinke vrste *A. tepida* se redovito nalaze žive u sedimentu od 4 do 26 cm, odnosno ispod dubine prodora kisika, kao rezultat bioturbacije (LeKieffre *et al.*, 2017). Sve vrste žive ukopane u sedimentu kao infauna (plitka do dublja), a hrane se modrozelenim algama i nekim vrstama dijatomeja pa su prema načinu prehrane herbivori (Murray, 2006). Vrsta *A. beccarii* vrlo je korisna jer je jedna od rijetkih za koju je poznat ekološki parametar koji se odnosi na reprodukciju, a za koju je potrebna temperatura od 15 do 20 °C (Bradshaw, 1959, 1960; Boltovskoy, 1963, preuzeto iz Scott *et al.*, 2001). Prema istraživanju Walton & Sloan, 1990 najveće populacije roda *Ammonia* javljaju se u srednjim geografskim širinama, gdje su uz *Elphidium* često dominantan rod. Također, često su zastupljene s aglutiniranim rodovima u brakičnim sredinama i s miliolidama u toplijim, slanijim vodama, što je vidljivo i u istraživanim uzorcima. Iako je aglutiniranih jedinki izrazito malo, najviše ih je u podokolišu močvare, a najviše predstavnika porodice Miliolidae je u pod-uzorku N6 (laguna; Slika 22). Zanimljivo je da populacije *Ammonia* pokazuju razlike u veličini i ornamentaciji koje su povezane s temperaturom i tipom podloge. U spomenutom istraživanju Walton & Sloan, 1990 zaključeno je da su veći, ukrašeni primjerci, koji su pronađeni i ovdje, karakterističniji za hladnije, stresne ili hipersaline uvjete u okolišu. Jorissen (1988) je primjetio i opisao da se na pjeskovitoj podlozi u sjevernom dijelu Jadranskog mora, dio populacije *A. beccarii* sastoji od upravo takvih primjeraka, koji se ne pojavljuju na glinovitom dnu. Analizirane populacije svih (pod-)uzoraka sadrže velike jedinke, što je u skladu s pjeskovitim sedimentom, a moglo bi biti povezano i s jačim hlađenjem mora zimi s obzirom na relativno plitko more.

Uz vrstu *A. beccarii*, u pod-uzorku iz mora brojni su primjerci *A. parkinsoniana*, a u površinskim intervalima jezgri N2 i N4 *A. tepida*. Samo u dva pod-uzorka vrsta *A. beccarii* nije najbrojnija, a to su dublji interval jezgre N2 (jedinke *A. tepida* brojem nadmašuju ovu vrstu) i pod-uzorak iz lagune gdje su *A. tepida* i *Q. seminula* jednako brojne. U području močvare, u zajednici su uz rod *Ammonia* brojne jedinke roda *Elphidium*, u laguni *Quinqueloculina*, dok se u međuplinskoj ravnici izmjenjuju *Elphidium*, *Peneroplis* i *Quinqueloculina* (Slika 22). Iako je raznolikost epifaunalnih vrsta veća, zajednicama dominiraju infaunalne vrste zahvaljujući rodu *Ammonia*, što je izrazito vidljivo u dubljem intervalu jezgre N2 gdje je prisutan s udjelom od 85,17% od ukupno 94% infaunalnih jedinki (Slika 23).



Slika 22. Grafički prikaz relativne zastupljenosti miliolida i rodova *Ammonia*, *Elphidium* i *Peneroplis* prema (pod-)uzorcima.



Slika 23. Grafički prikaz zastupljenosti foraminifera koje žive kao infauna i epifauna.

Granulometrijskom analizom sedimenta utvrđeno je prevladavanje čestica veličine pijeska u svim uzorcima, što pokazuje ujednačen sastav u svim podokolišima. Samim time je hipoteza iz naslova o muljnim ravnica u istraživanom području odbačena. Uzorak iz mora odlikuje se povećanim udjelom šljunka, a više od 0,50% ima ga još samo u uzorcima N4 i N5 iz međuplinske ravnice. Loša do umjerena sortiranost može ukazivati na različito porijeklo istaloženog sedimenta kojeg dijelom sačinjava materijal nastao trošenjem okolnih

flišnih i karbonatnih naslaga. Čestice veličine šljunka i pijeska velikim su dijelom litogenog porijekla pa je bilo potrebno pregledavanje veće količine sedimenta da bi se pronašao odgovarajući broj kućica foraminifera za analizu. Udio čestica veličine praha i gline je malen, što se može povezati s djelovanjem valova i ispiranjem sitnih frakcija sedimenta.

Opažane tafonomske promjene najvećim dijelom povezane su s transportom čestica, kućice nose tragove mehaničkog oštećenja i/ili su abradirane. U zajednicama iz područja močvare udio abradiranih jedinki veći je u plićim, dok je u međuplinskoj ravnici veći u dubljim intervalima jezgri. Udio mehanički oštećenih jedinki ne mijenja se dubinom, ali se njihov udio, jednako kao i abradiranih uglavnom smanjuje idući od područja močvare, preko međuplinske ravnice do lagune i mora. Budući da se više od 90% sedimenta sastoji od čestica veličine pijeska, prevladava mehaničko trošenje pa nije iznenađujući i prilično veliki broj oštećenih, razbijenih, uništenih i abradiranih kućica. Valni riplovi uočeni u međuplinskoj ravnici ukazuju na djelovanje valova, što može objasniti povećanu abraziju i fragmentaciju jedinki uslijed sudaranja čestica pijeska. Rodovi *Quinqueloculina*, *Ammonia* i *Elphidium* imaju relativno velike i/ili kućice debelih stijenki, pa se pretpostavlja da je čvrstoća i otpornost njihovih kućica uzrok njihove sveprisutnosti u okolišu (Thomas, 1977, preuzeto iz Scott *et al.*, 2001) pa tako i u istraživanim zajednicama. Većina kućica *A. beccarii* jako je abradirana, a posljednja i/ili pretposljednja klijetka često nedostaju, što upućuje na intervale pridnenog transporta (Boltovskoy & Wright, 1976, preuzeto iz Scott *et al.*, 2001; Thomas & Schafer, 1982). S obzirom na topografiju područja istraživanja (blago položena obala), područje močvare nije isključeno od povremene izloženosti djelovanju valova. Kućice s drugim tafonomskim promjenama prisutne su sa značajno manjim udjelom.

Sastav istraživanih foraminiferskih zajednica odgovara sastavu zajednica iz obalnih okoliša uzduž istočne obale Jadrana (Ban, 2019; Felja, 2017; usmeno priopćenje Neral i Križnjak). Rod *Ammonia* zastupljen je velikim udjelom u svim područjima, dok su rodovi *Haynesina* i *Porosonion* prisutni u znatno manjem obilju za razliku od zajednica slanih močvara Lokunja - Pag (Ban, 2019), Čižići - Krk (Neral, usmeno priopćenje) i ušća rijeke Mirne (Felja, 2017; Felja *et al.*, 2015; Križnjak, usmeno priopćenje). Ono što razlikuje istraživane foraminiferske zajednice prema onim opisanim iz slanih močvara Jadrtovac i Blace (Shaw *et al.*, 2016) je jako mala zastupljenost aglutiniranih vrsta [npr. brojčano najzastupljenija vrsta *Jadammina macrescens* (Brady, 1870) ovdje nije nađena]. Razlog tome je najvjerojatnije u granulometrijskim osobinama sedimenta, odnosno prevladavajućoj pjeskovitoj podlozi u istraživanom području, kao i većoj promjenjivosti saliniteta.

6. ZAKLJUČAK

Zajednice bentičkih foraminifera u rubnim marinskim okolišima istočne obale Jadranskog mora nedovoljno su istražene. Ovim istraživanjem opisana je distribucija, sastav i tafonomske karakteristike ukupne foraminiferske zajednice (žive jedinke i kućice uginulih jedinki) iz sedimenata uzorkovanih s područja Ninskog zaljeva uz Kraljičinu plažu, što se povezalo s granulometrijskim osobinama sedimenta. Analiza je obuhvatila dvije sedimentne jezgre iz močvarnog područja, dvije iz područja međuplinske ravnice, te po jedan uzorak (površinskih 2 cm sedimenta) iz područja lagune i plitkog mora.

Određeno je ukupno 30 rodova i 44 vrste bentičkih foraminifera iz 10 (pod-)uzoraka. Najzastupljenije su foraminifere s perforatnom stijenkama iz reda Rotaliida, a najbrojnija vrsta je *Ammonia beccarii*. Udio jedinki imperforatnih stijenki veći je u području lagune i mora, dok je aglutiniranih više u močvarnom području.

Vrijednosti ekoloških indeksa prilično su ujednačene i upućuju na relativno visoku raznolikost zajednica, te na marinski okoliš normalnog saliniteta, osim u pod-uzorku N2 (8-10 cm) gdje ukazuju na područje hipersaline lagune ili marinske močvare. S obzirom na opažene raznolikosti jasno je da se radi o okolišu u kojem promjenjivost saliniteta može biti posljedica sezonskih i lokalnih promjena. Raznolikost epifaunalnih vrsta je veća, ali su prisutne u manjem obilju od infaunalnih vrsta, zbog izražene dominacije roda *Ammonia*, čije jedinke mogu tolerirati i prilagoditi se različitim uvjetima u okolišu.

Istraživanja su pokazala kako hipoteza da će se istraživati sastav zajednica iz muljne ravnice nije dobra, jer istraživanim područjem dominira pijesak, većinom litogenog porijekla, nastao trošenjem okolnih flišnih i karbonatnih naslaga. Opažane tafonomske promjene najvećim su dijelom povezane s transportom čestica pa kućice nose tragove mehaničkog oštećenja i/ili su abradirane. Udio oštećenih jedinki ne mijenja se dubinom, ali se njihov udio, jednako kao i abradiranih uglavnom smanjuje idući od područja močvare, preko međuplinske ravnice do lagune i mora, što može biti posljedica redistribucije valovima. Većina kućica jedinki *A. beccarii* jako je abradirana, a posljednja i/ili preposljednja klijetka često nedostaju, što upućuje na intervale pridnenog transporta, a prisustvo velikih jedinki odgovara pjeskovitom sedimentu i moglo bi biti povezano s jačim hlađenjem mora zimi. Osobitost istraživanih uzoraka je i mala zastupljenosti aglutiniranih jedinki i rodova *Haynesina* i *Porosonion*, što može biti povezano s dinamikom okoliša, odnosno nedostatkom i ispiranjem muljevitog sedimenta uslijed učestalog djelovanja valova.

7. LITERATURA

ALFIREVIĆ, S. (1998): The taxonomy, distribution and ecology of Adriatic Foraminifera: with Atlas (Plates I – XXXVI). *Acta Adriatica*, 39, 11–251.

BABIĆ, LJ. & ZUPANIĆ, J. (2007): Major events and stages in the sedimentary evolution of the Paleogene Promina basin (Dinarides, Croatia). *Natura Croatica*, 16/4, 215–232.

BABIĆ, LJ. & ZUPANIĆ, J. (2012): Laterally variable development of a basin-wide transgressive unit of the North Dalmatian foreland basin (Eocene, Dinarides, Croatia). *Geologia Croatica*, 65, 1–27.

BAN, A. (2019): Distribucija foraminifera i ostrakoda u slanoj močvari Lokunja (otok Pag), Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, 1–52, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:727911>

BERGER, W. H. & PARKER, F. L. (1970): Diversity of Planktonic Foraminifera in Deep-Sea Sediments. *Science*, 168/3937, 1345–1347.

BLOTT, S. J. & 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, 82–85.

CIMERMAN, F. & LANGER, R. (1991): Mediterranean Foraminifera. Slovenska Akademija Znanosti, Ljubljana, 30, 1–210.

CLARK, P. U., DYKE, A. S., SHAKUN, J. D., CARLSON, A. E., CLARK, J., WOHLFARTH, B., MITROVICA, J. X., HOSTETLER, S. W. & MCCABE, A. M. (2009): The last Glacial Maximum. *Science*, 324, 720–714.

ĆOSOVIĆ, V., ZAVODNIK, D., BORČIĆ, A., VIDOVIĆ, J., DEAK, S. & MORO, A. (2011): A checklist of Foraminifera of the Eastern Shelf of the Adriatic Sea. *Zootaxa*, 3035, 1–56.

ĆOSOVIĆ, V., GAJSKI, N., PTIČEK, A., VIDOVIĆ, J. & KRUŽIĆ, P. (2016): The distribution of benthic foraminifera in *Cladocora caespitosa* coral banks of the Veliko Jezero sediments (Mljet National Park, eastern Adriatic Sea). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, 279/3, 323–340.

- FELJA, I. (2017): Karstic estuaries along the eastern Adriatic coast: Late-Quaternary evolution of the Mirna and Neretva River mouths (Krški estuariji duž istočne jadranske obale: evolucija ušća rijeka Mirne i Neretve u mlađem kvartaru). Doktorska disertacija. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, 1–169.
- FELJA, I., FONTANA, A., FURLANI, S., BAJRAKTAREVIĆ, Z., PARADŽIK, A., TOPALLOVIĆ, E., ROSSATO, S., ĆOSOVIĆ, V. & JURAČIĆ, M. (2015): Environmental changes in the lower Mirna River valley (Istria, Croatia) during the Middle and Late Holocene. *Geologia Croatica*, 68/3, 209–224.
- FOLK, R. L. (1954): The Distinction between Grain Size and Mineral Composition in Sedimentary-Rock Nomenclature. *The Journal of Geology*, 62/4, 344–359.
- FOLK, R. L. & WARD, W.C. (1957): Brazos River Bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 3–26.
- HAMMER, O., HARPER, D. A. T. & RYAN, P. D. (2001): PAST: Paleontological Statistic Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electronica*, 4, 1-9.
- HAYWARD, B. W., LE COZE, F., VACHARD, D. & GROSS, O. (2020): World Foraminifera Database. Accessed at <http://www.marinespecies.org/foraminifera> on 2020-08-22. doi:10.14284/305
- JORISSEN, F. J. (1987): The distribution of benthic foraminifera in the Adriatic Sea. *Marine Micropaleontology*, 12, 21–48. doi:10.1016/0377-8398(87)90012-0
- JORISSEN, F. J. (1988): Benthic foraminifera from the Adriatic sea; principles of phenotypic variation. *Utrecht Micropaleontological Bulletins*. 37, 1–174.
- KRIŽNJAK, K. (2020): Mikropaleontološke i granulometrijske karakteristike sedimenta slane močvare na ušću rijeke Mirne, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet (neobjavljeno).
- LEKIEFFRE, C., SPANGENBERG, J. E., MABILLEAU, G., ESCRIG, S., MEIBOM, A. & GESLIN, E. (2017): Surviving anoxia in marine sediments: The metabolic response of ubiquitous benthic foraminifera (*Ammonia tepida*). *PLoS ONE* 12(5): e0177604, 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177604>
- LOEBLICH, A. R. & TAPPAN, H. (1987): Foraminiferal Genera and their Classification. Van Reinhold Company, New York, 1–970.

- MARINČIĆ, S. (1981): Eocenski fliš jadranskog pojasa. *Geološki vjesnik*, 34, 27–38.
- MARJANAC, T. & ČOSOVIĆ, V. (2000): Tertiary depositional history of eastern Adriatic realm. *Vijesti Hrvatskoga geološkog društva*, 37, 93–102.
- 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.
- MICROMERITICS (2002): SediGraph 5100 Particle size analysis system operator' manual. Micromeritics Instrument Corporation, Norcross, Georgia.
- MOODLEY, L. & HESS, C. (1992): Tolerance of infaunal benthic foraminifera for low and high oxygen conditions. *Biological Bulletin*, 183, 94–8.
- MRINJEK, E., NEMEC, W., PECINGER, V., MIKŠA, G., VLAHOVIĆ, I., ČOSOVIĆ, V., VELIĆ, I., BERGANT, S. & MATIČEC, D. (2012): The Eocene–Oligocene Promina Beds of the Dinaric Foreland Basin in northern Dalmatia. *Journal of Alpine Geology*, 54, 405–470.
- MURRAY, J.W. (1974): Distribution and ecology of living benthic foraminiferids. Heinemann educational books, London, 1–274.
- MURRAY, J.W. (1991) Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera. Logman Scientific & Technical, London, 1–397.
- MURRAY, J. (2006): Ecology and applications of benthic foraminifera. Cambridge University Press, 1–426.
- NERAL, N. (2020): Prostorna raspodjela i sastav bentičke foraminiferske zajednice u slanoj močvari Čižići (otok Krk), *Diplomski rad*, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet (neobjavljeno).
- PEHARDA, M., EZGETA-BALIĆ, D., VRGOČ, N., ISAJLOVIĆ, I. & BOGNER, D. (2010): Description of bivalve community structure in the Croatian part of the Adriatic Sea - hydraulic dredge survey. *Acta Adriatica*, 51, 141–158.
- PIKELJ, K. (2010): Sastav i porijeklo površinskih sedimenata dna istočne strane Jadranskog mora. *Doktorska disertacija*, Sveučilište u Zagrebu, 1–239.
- PIKELJ, K. & JURAČIĆ, M. (2013): Eastern Adriatic Coast (EAC): Geomorphology and Coastal Vulnerability of a Karstic Coast. *Journal of Coastal Research* 29(4), 944–957.

- SCHÖNFELD, J., ALVE, E., GESLIN, E. & JORISSEN, F. (2012): The FOBIMO (FORaminiferal BIO-MONitoring) initiative - Towards a standardised protocol for softbottom benthic foraminiferal monitoring studies. *Marine Micropaleontology*, 94–95, 1–13.
- SCOTT, D. B., MEDIOLI, F. S. & SCHAFER, C. T. (2004): *Monitoring in Coastal Environments Using Foraminifera and Thecamoebian Indicators*. Cambridge: Cambridge University Press, 1–193. doi:10.1017/CBO9780511546020
- SHAW, T. A., KIRBY, J. R., HOLGATE, S., TUTMAN, P. & PLATER, A. J. (2016): Contemporary salt-marsh foraminiferal distribution from the Adriatic coast of Croatia and its potential for sea-level studies. *Journal of Foraminiferal Research*, 46(3), 314–332. doi: <https://doi.org/10.2113/gsjfr.46.3.314>
- SIMPSON, E. H. (1949): Measurement of Diversity. *Nature*, 163, 688–688.
- STRACHAN, K. L., HILL, T. R., FINCH, J. M., BARNETT, R. L. & FRENZEL, P. (2017): Distribution of Salt-Marsh Foraminifera in Two South African Estuaries and the Application as Sea-Level Indicators. *Journal of Coastal Research*, 33(3), 619–631.
- THOMAS, F. C. & SCHAFER, C. T. (1982): Distribution and transport of some common foraminiferal species in the Minas Basin, Eastern Canada. *Journal of Foraminiferal Research*, 12, 24–38.
- VILIČIĆ, D. (2016): Hrvatsko botaničko društvo i udruga BIOM: Stručna ekskurzija u Ninski zaljev, 7. svibnja 2016. *Hrvatske vode. Popularan rad*, 97, 251–254.
- VILIČIĆ, D. & STOJANOSKI, L. (1987): Phytoplankton response to concentration of nutrients in the central and southern Adriatic Sea. *Acta Adriatica*, 28, 73–84.
- VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I. & MATIČEC, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Paleogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220, 333–360.
- WALTON, W. R. & SLOAN, B. J. (1990): The genus *Ammonia* Bruennich, 1772; its geographic distribution and morphologic variability. *The Journal of Foraminiferal Research*, 20(2), 128–156. doi:10.2113/gsjfr.20.2.128
- WEINMANN, A. E., GOLDSTEIN, S. T., TRIANTAPHYLLOU, M. V. & LANGER, M. R. (2019): Effects of sampling site, season, and substrate on foraminiferal assemblages

grown from propagule banks from lagoon sediments of Corfu Island (Greece, Ionian Sea). PLoS ONE, 14(6), 1–27, e0219015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219015>

WENTWORTH, C. K. (1922): A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. The Journal of Geology, 30/5, 377–392.

WoRMS Editorial Board (2020): World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2020-08-22. doi:10.14284/170

ZUPANIČ, J. & BABIĆ, LJ. (2011): Sedimentary evolution of an inner foreland basin margin: Palaeogene Promina Beds of the type area, Mt. Promina (Dinarides, Croatia).– Geologia Croatica, 64/2, 101–119.

Mrežni izvori:

Ninska laguna <https://www.ninskalaguna.hr/> (16.08.2020)

Wikipedija <https://hr.wikipedia.org/wiki/Nin> (16.08.2020)

Google Maps <https://www.google.com/maps/> (16.08.2020)

Seovalley.nl <https://www.seovalley.nl/karta-nin.html> (16.08.2020)

Službena web stranica Grada Nina <https://grad-nin.hr/> – Strategija razvoja Grada Nina 2016–2020 (16.08.2020)

Turistička zajednica grada Nina <https://www.nin.hr/hr> (16.08.2020)

SlideServe <https://www.slideserve.com/leigh/foraminifere> (17.08.2020)

8. POPIS SLIKA U TEKSTU

Slika 1. (a) Područje grada Nina, (b) Položaj grada Nina na karti Hrvatske, (c) Ninska laguna, lokalitet ljekovitog blata [(a) Google Maps, (b) <https://www.seovalley.nl/karta-nin.html>, (c) <https://www.nin.hr/hr>].

Slika 2. Prikaz uzorkovanog područja Ninskog zaljeva (<https://www.nin.hr/hr>): (a) močvara, (b) međuplimska ravnica, (c) laguna, (d) plitko more.

Slika 3. Geološka karta područja Nina (preuzeto iz Pikelj *et al*, 2013, modificirana legenda).

Slika 4. Valni riplovi na dnu međuplimske ravnice.

Slika 5. Prostorni raspored točaka uzorkovanja od N1 do N7 (a) na terenu (vidi se jezgrilo), (b) na satelitskom snimku (Google Earth).

Slika 6. (a) Zamatanje sedimentne jezgre, uzorak za mikropaleontološku analizu, (b) pohranjeni uzorak za granulometrijsku analizu, (c) uzorkovanje metodom plitkog jezgrovanja (Fotografija: K. Križnjak), (d) pogled na izvađenu jezgru sedimenta.

Slika 7. (a) Priprema otopine Rose Bengal za odvajanje živih od uginulih jedinki: 2 g Rose Bengal otapa se u 1 l destilirane vode, (b) tretirani uzorci sedimenta s Rose Bengal otopinom.

Slika 8. (a) Mokro sijanje uz pomoć tresilice i (b) sedigraf za analizu veličine zrna.

Slika 9. (a) Stereo Zoom Microscope XTL, (b) „Plitica“ s izdvojenim i posloženim kućicama foraminifera radi lakše identifikacije i brojanja.

Slika 10. Način nizanja klijetki: 1, monotalamična kućica; 2, uniserijalna; 3, biserijalna; 4, triserijalna; 5, planispiralna do biserijalna; 6, miliolidna; 7, planispiralna evolutna; 8, planispiralna involutna i 9-12, trohospiralna (Modificirano prema Loeblich & Tappan, 1964, <https://www.slideserve.com/leigh/foraminifere>).

Slika 11. Trokomponentni dijagram za identifikaciju plitkovodnih okoliša na temelju stijenke kućica foraminifera (perforatne-imperforatne-aglutinirane) (preuzeto iz Murray, 1974, modificiran prijevod).

Slika 12. Trokomponentni dijagram prema tipu stijenki foraminifera za (a) jezgru N1 (b) jezgru N2. Plavom bojom označeni su udjeli stijenki u plićem (0-2 cm), a narančastom u dubljem (8-10 cm) intervalu.

Slika 13. Trokomponentni dijagram prema tipu stijenki foraminifera za jezgru N3. Plavom bojom označeni su udjeli stijenki u uzorku N3 (0-2 cm), a narančastom u N3 (8-10 cm).

Slika 14. Trokomponentni dijagram prema tipu stijenki foraminifera za jezgru N4. Plavom bojom označeni su udjeli stijenki u plićem (0-2 cm), a narančastom u dubljem (8-10 cm) intervalu.

Slika 15. Trokomponentni dijagram prema tipu stijenki foraminifera za pod-uzorke N6 i N7. Plavom bojom označeni su udjeli stijenki u pod-uzorku N6, a narančastom u N7.

Slika 16. Grafički prikaz relativne zastupljenosti kućica foraminifera prema tafonomskim kategorijama (N1 – N7): (a) dobro očuvana; (b) oštećena; (c) razbijena; (d) uništena; (e) abradirana; (f) obojena; (g) bioerodirana; (h) piritizirana; (i) deformirana kućica.

Slika 17. Grafički prikaz udjela frakcije šljunka, pijeska, praha i gline u analiziranim uzorcima.

Slika 18. Granulometrijski sastav sedimenta prikazan pomoću trokomponentnog dijagrama pijesak-prah-glina (Folk, 1954) za uzorke N1 – N7.

Slika 19. Granulometrijski sastav sedimenta prikazan pomoću trokomponentnog dijagrama šljunak-pijesak-mulj (Folk, 1954) za uzorke N4, N5 i N7 s udjelom šljunka >0,5%.

Slika 20. Grafički prikaz vrijednosti indeksa prema uzorcima.

Slika 21. Trokomponentni dijagram prema tipu stijenki foraminifera za sve (pod-)uzorke.

Slika 22. Grafički prikaz relativne zastupljenosti miliolida i rodova *Ammonia*, *Elphidium* i *Peneroplis* prema (pod-)uzorcima.

Slika 23. Grafički prikaz zastupljenosti foraminifera koje žive kao infauna i epifauna.

9. POPIS TABLICA U TEKSTU

Tablica 1. Broj vrsta i jedinki te vrijednosti indeksa raznolikosti za intervale jezgri N1 i N2

Tablica 2. Apsolutna i relativna zastupljenost identificiranih vrsta i rodova u intervalima 0-2 cm i 8-10 cm iz jezgri N1 i N2 te način života prema Murray (2006), osim za rodove s oznakom * Langer (1993, preuzeto iz Weinmann *et al.*, 2019)

Tablica 3. Broj vrsta i jedinki te vrijednosti indeksa raznolikosti za intervale jezgri N3 i N4

Tablica 4. Apsolutna i relativna zastupljenost identificiranih vrsta i rodova u intervalima 0-2 cm i 8-10 cm iz jezgri N3 i N4 te način života prema Murray (2006), osim za rodove s oznakom * Langer (1993, preuzeto iz Weinmann *et al.*, 2019)

Tablica 5. Broj vrsta i jedinki te vrijednosti indeksa raznolikosti za pod-uzorke N6 i N7

Tablica 6. Apsolutna i relativna zastupljenost identificiranih vrsta i rodova u intervalu 0-2 cm iz pod-uzoraka N6 i N7 te način života prema Murray (2006), osim za rodove s oznakom * Langer (1993, preuzeto iz Weinmann *et al.*, 2019)

Tablica 7. Relativna zastupljenost (%) kućica foraminifera svakog uzorka prema kategorijama tafonomskih promjena

Tablica 8. Tablični prikaz udjela pojedinih frakcija te granulometrijske karakteristike uzoraka

10. TABLE I – IV

TABLA I

Dominantne i srednje zastupljene vrste

1. *Ammonia beccarii* (Linnaeus), pod-uzorak N4 (8-10 cm)
2. *Ammonia tepida* (Cushman), pod-uzorak N1 (8-10 cm)
3. *Ammonia parkinsoniana* (d'Orbigny), uzorak N2 (0-2 cm)
4. *Trochammina inflata* (Montagu), uzorak N1 (0-2 cm)
5. *Elphidium crispum* (Linnaeus), uzorak N1 (0-2 cm)
6. *Peneroplis pertusus* (Forsskål in Niebuhr), uzorak N1 (0-2 cm)
7. *Quinqueloculina seminula* (Linnaeus), pod-uzorak N6 (0-2 cm)
8. *Siphonaperta aspera* (d'Orbigny), uzorak N3 (0-2 cm)

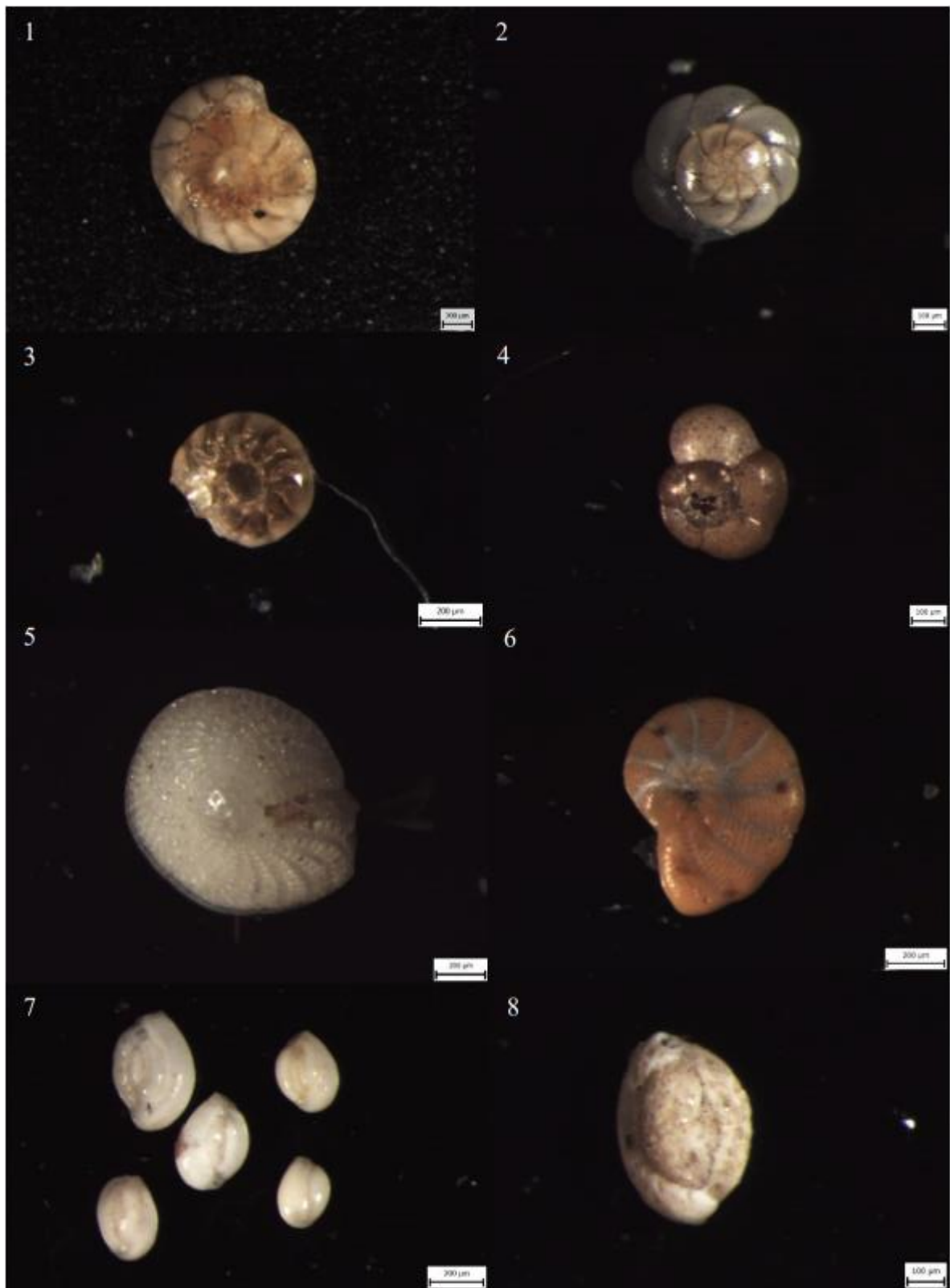


TABLA II

Rijetko i vrlo rijetko zastupljene vrste

1. *Haplophragmoides* sp., pod-uzorak N2 (8-10 cm)
2. *Elphidium macellum* (Fichtel i Moll), pod-uzorak N1 (8-10 cm)
3. *Elphidium aculeatum* (d'Orbigny), pod-uzorak N1 (8-10 cm)
4. *Elphidium* cf. *E. advenum* (Cushman), pod-uzorak N4 (0-2 cm)
5. *Porosononion granosum* (d'Orbigny), pod-uzorak N7 (0-2 cm)
6. *Haynesina depressula* (Walker i Jacob), pod-uzorak N6 (0-2 cm)
7. *Adelosina partschii* (d'Orbigny), pod-uzorak N6 (0-2 cm)
8. Foraminiferska zajednica iz pod-uzorka N3 (8-10 cm)



TABLA III

Foraminiferske jedinke s tafonomskim promjenama

1. *Peneroplis pertusus* (Forsskål in Niebuhr), a, b: oštećene kućice; a – e: obojene kućice; e: blago deformirana kućica, pod-uzorak N3 (8-10 cm)
2. *Quinqueloculina* sp., razbijena kućica, uzorak N2 (0-2 cm)
3. *Elphidium* sp., uništena i abradirana kućica, pod-uzorak N1 (8-10 cm)
4. *Ammonia parkinsoniana* (d'Orbigny), abradirana kućica, pod-uzorak N2 (8-10 cm)
5. *Quinqueloculina seminula* (Linnaeus), obojena kućica, pod-uzorak N3 (8-10 cm)
6. *Elphidium crispum* (Linnaeus), bioerodirana i neznatno oštećena kućica, pod-uzorak N4 (8-10 cm)
7. *Elphidium maioricense* (Colom), piritizirana kućica, uzorak N2 (0-2 cm)
8. *Ammonia tepida* (Cushman), deformirana kućica, pod-uzorak N2 (8-10 cm)

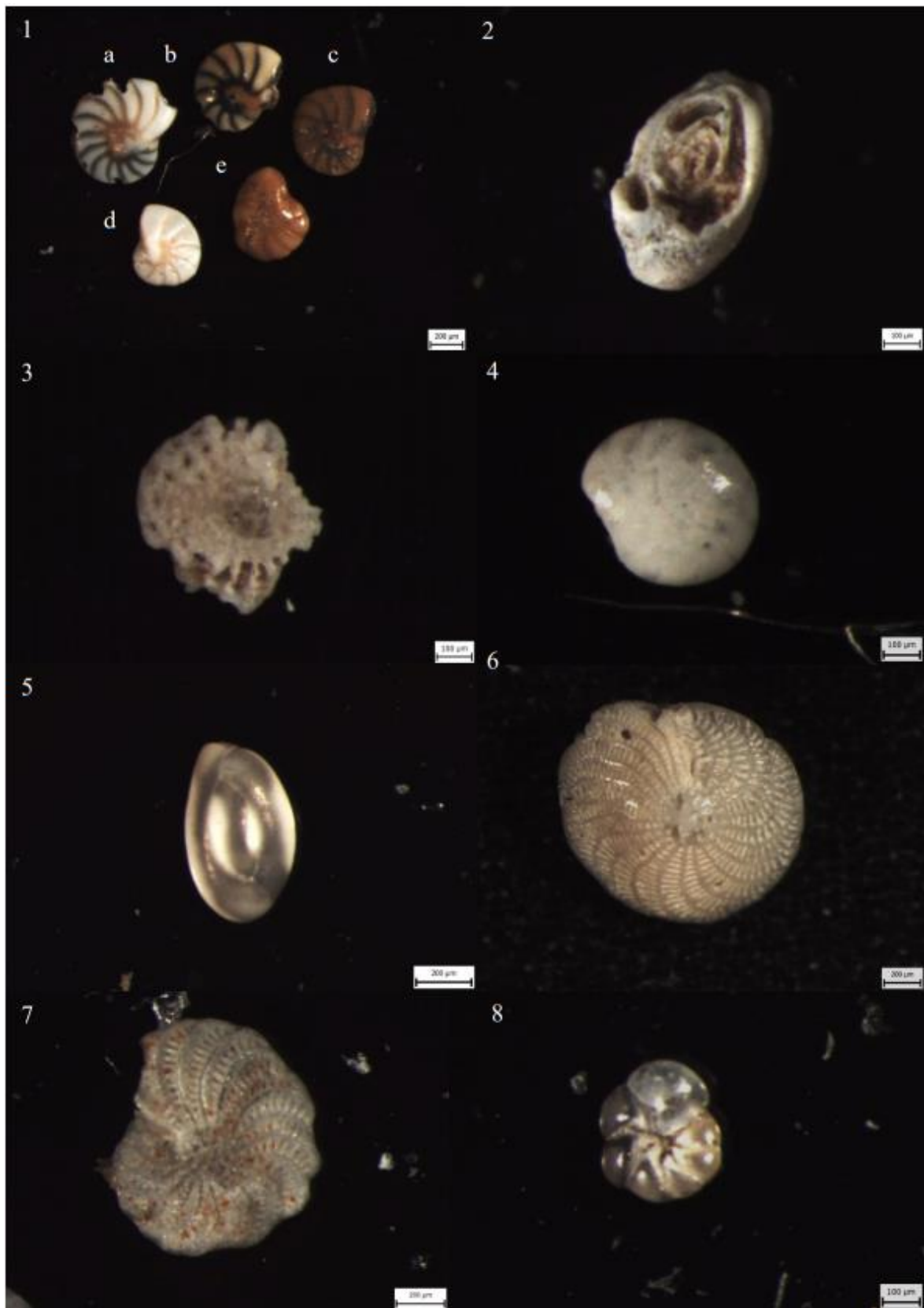
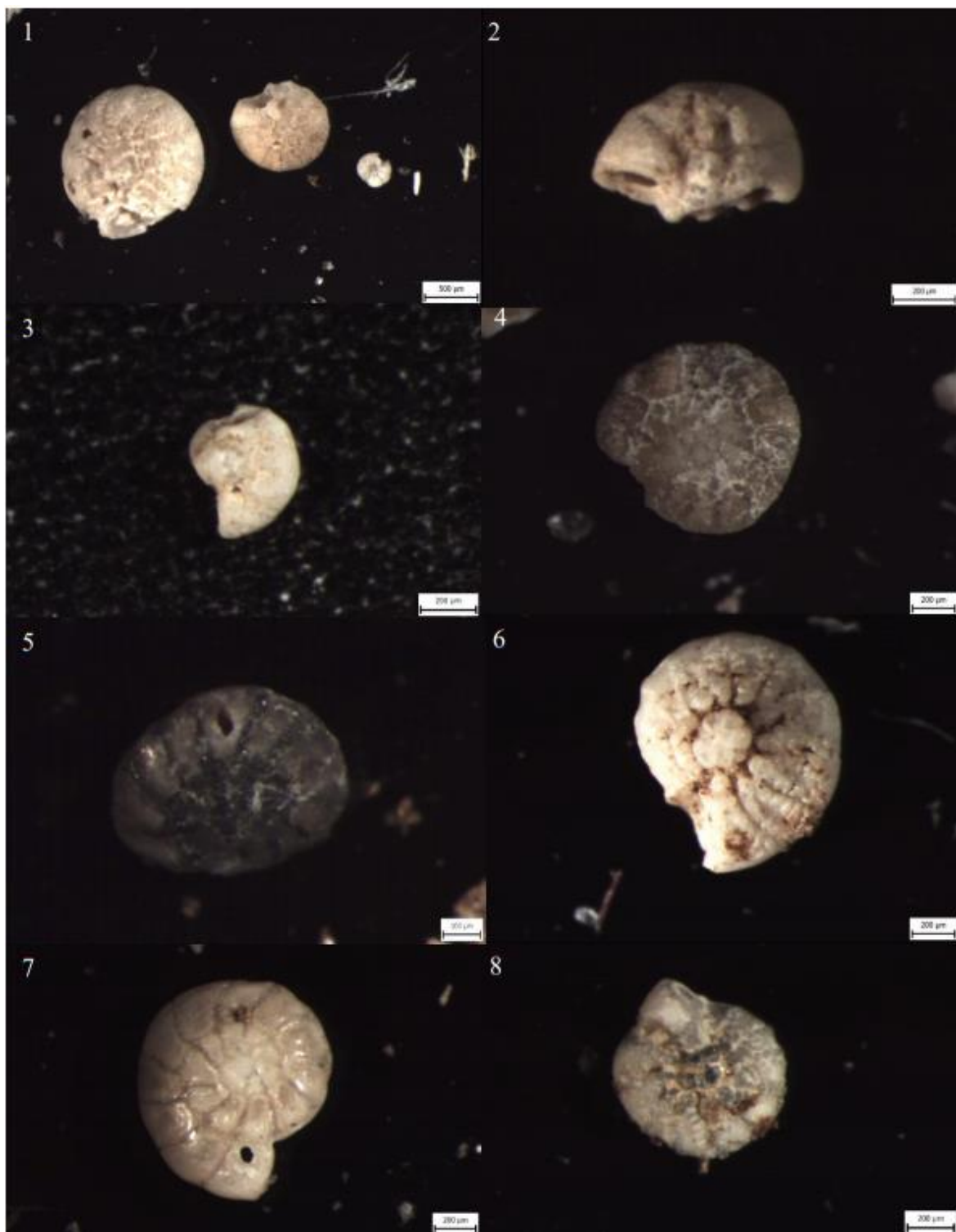


TABLA IV

Tafonomske promjene na kućicama jedinki vrste *Ammonia beccarii* (Linnaeus)

1. Oštećene i abradirane kućice jedinki različitih veličina (velika; srednje velika; mala), pod-uzorak N7 (0-2 cm)
2. Razbijena i abradirana kućica, uzorak N2 (0-2 cm)
3. Uništena i abradirana kućica, pod-uzorak N4 (8-10 cm)
4. Izrazito abradirana kućica, uzorak N3 (0-2 cm)
5. Obojena i bioerodirana kućica, pod-uzorak N1 (8-10 cm)
6. Piritizirana kućica, uzorak N1 (0-2 cm)
7. Bioerodirana kućica, pod-uzorak N1 (8-10 cm)
8. Deformirana i abradirana kućica, uzorak N2 (0-2 cm)



11. PRILOZI

PRILOG 1

Tablični prikaz zastupljenosti foraminifera prema dominaciji prema uzorcima, određene prema Murray (1991): vrste s relativnom zastupljenošću >10% označene su oznakom +++++, 4 – 10% +++, 1 – 4% ++ i <1% +.

	N1 (0-2)	N1 (8- 10)	N2 (0-2)	N2 (8- 10)	N3 (0-2)	N3 (8- 10)	N4 (0-2)	N4 (8- 10)	N6 (0-2)	N7 (0-2)
<i>Haplophragmoides</i> sp.				++						+
<i>Trochammina inflata</i> (Montagu)	++	+	++	+++	+	+			++	
<i>Adelosina cliarensis</i> (Heron- Allen i Earland)						+				
<i>Adelosina mediterranensis</i> (Le Calvez i Le Calvez)						+				
<i>Adelosina partschii</i> (d'Orbigny)									++	
<i>Adelosina</i> sp.										+
<i>Spiroloculina</i> sp.							+			+
<i>Siphonaperta aspera</i> (d'Orbigny)	+++	++	++		++	++	+++		++	++
<i>Siphonaperta</i> sp. 2										
<i>Siphonaperta</i> sp.	++				++		++	+		+
<i>Quinqueloculina agglutinans</i> (d'Orbigny)	+		++							
<i>Quinqueloculina annectens</i> (Schlumberger)						+				
<i>Quinqueloculina berthelotiana</i> (d'Orbigny)	+		++		++					+
<i>Quinqueloculina bidentata</i> (d'Orbigny)	+	+			++					++
<i>Quinqueloculina irregularis</i> (d'Orbigny in Terquem)					+					++
<i>Quinqueloculina laevigata</i> (d'Orbigny)					+	+	++		++	
<i>Quinqueloculina parvula</i> (Schlumberger)										+
<i>Quinqueloculina seminula</i> (Linnaeus)		++	++		++	++	+++	+++	++++	++
<i>Quinqueloculina schlumbergeri</i> (Wiesner)										+
<i>Quinqueloculina</i> sp.	+	++		+	+		++	++	++	++
<i>Pseudotriloculina limbata</i> (d'Orbigny in Fornasini)		+				+	+	+		++
<i>Pseudotriloculina</i> sp.							+	+		+

<i>Triloculina adriatica</i> (Le Calvez i Le Calvez)		+			+			+		++
<i>Triloculina marioni</i> (Schlamberger)					+	+		+	+	
<i>Triloculina oblonga</i> (Montagu)							+			
<i>Triloculina schreiberiana</i> (d'Orbigny)			+			+				
<i>Triloculina</i> sp.	++						+			
<i>Peneroplis pertusus</i> (Forsskål in Niebuhr)	++	+++	++		+	+++	+++	+++	++	++
<i>Peneroplis planatus</i> (Fichtel i Moll)						+				+
<i>Peneroplis</i> sp.					+			+		++
<i>Laeidentalina</i> sp.			+				+			
<i>Polymorphina</i> sp.	+									+
<i>Bolivina spathulata</i> (Williamson)										+
<i>Uvigerina</i> sp.		+								
<i>Fursenkoina subacuta</i> (d'Orbigny)						+				
<i>Eponides concameratus</i> (Montagu)	+									
<i>Eponides</i> sp.		+	+	+	+	+	++	++	+	+
<i>Neoconorbina terquemi</i> (Rzehak)					+					
<i>Rosalina bradyi</i> (Cushman)						+				
<i>Rosalina</i> sp.			+	+	+	+				+
<i>Cibicidoides</i> sp.	+		+			+				
<i>Cibicides advenum</i> (d'Orbigny)		+								
<i>Cibicides</i> sp.		+			++					
<i>Haynesina depressula</i> (Walker i Jacob)									++	
<i>Haynesina</i> sp.				+			++		++	
<i>Porosonion granosum</i> (d'Orbigny)	++			+	+	+				++
<i>Porosonion</i> sp.				+	+		++			+
<i>Melonis</i> sp.									+	+
<i>Discorbis</i> sp.					+					++
<i>Buccella granulata</i> (di Napoli Alliata)		+		+						

<i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus)	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++
<i>Ammonia parkinsoniana</i> (d'Orbigny)	+++	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	++++
<i>Ammonia tepida</i> (Cushman)		+	++++	++++	+++	++	++++	++	++++	++
<i>Ammonia</i> sp.	++	++	++	++	+++	++	+++		++	++
<i>Elphidium aculeatum</i> (d'Orbigny)		+	+		+	+				
<i>Elphidium</i> cf. <i>E. advenum</i> (Cushman)	+			++	+		++	++		+
<i>Elphidium</i> sp. 1					++	+				++
<i>Elphidium macellum</i> (Fichtel i Moll)	++	++	+	+	++	+			++	++
<i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus)	++	+++	++	+	++	++	++	++	++	++
<i>Elphidium</i> sp. 4	+			+		+				
<i>Elphidium maioricense</i> (Colom)			+							
<i>Elphidium charlottense</i> (Vella)				+						
<i>Elphidium complanatum</i> (d'Orbigny)		++	+	++						
<i>Elphidium decipiens</i> (O. G. Costa)	+							+	+	
<i>Elphidium</i> sp.	++	+++	++	++	+++	++	++	+++	++	++
<i>Cribroelphidium</i> sp.	+			++						+
<i>Operculina</i> sp. (d'Orbigny)										+