

Miocenske naslage sa skafopodima južno od spilje Veternice (Medvednica)

Šeparović, Antonia

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:488652>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-26**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Antonia Šeparović

**Miocenske naslage sa skafopodima južno od spilje
Veternice (Medvednica)**

Diplomski rad

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU PRIRODOSLOVNO-
MATEMATIČKI FAKULTET GEOLOŠKI ODSJEK

ANTONIA ŠEPAROVIĆ

**MIOCENSKE NASLAGE SA SKAFOPODIMA JUŽNO OD SPILJE
VETERNICE (MEDVEDNICA)**

Diplomski rad predložen Geološkom odsjeku

Prirodoslovno-matematičkog fakulteta

Sveučilišta u Zagrebu

radi stjecanja akademskog zvanja

magistra geologije

Zagreb, 2019.

Ovaj je diplomski rad izrađen u Zagrebu pod vodstvom prof. dr. sc. Jasenke Sremac, u sklopu
Diplomskog studija geologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

ZAHVALA

Najprije, zahvalila bih se svojoj mentorici, prof. dr. sc. Jasenki Sremac, koja me vodila kroz ovaj rad, pomagala mi i olakšala svojim stručnim savjetima i komentarima te na velikom iskazanom strpljenju i podršci.

Također, zahvaljujem se dr. sc. Mariji Bošnjak na zajedničkom terenskom radu, na velikoj volji i ažurnosti te na dodatnim stručnim komentarima, koji su uvelike doprinijeli kvaliteti ovoga rada.

Zahvaljujem se dr. sc. Valentini – Hajek Tadesse na pomoći oko odredbe rodova ostrakoda za ovo istraživanje.

Zahvaljujem se magistri geologije Anji Jarić, koja je pomoću alpinističke opreme prikupljala uzorke za daljnje istraživanje.

Na kraju, zahvaljujem se svojoj obitelji i prijateljima, koji su mi uvijek bili potpora tijekom cijeloga studiranja.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

MIOCENSKE NASLAGE SA SKAFOPODIMA JUŽNO OD SPILJE VETERNICE (MEDVEDNICA)

ANTONIA ŠEPAROVIĆ

Rad je izrađen u Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka PMF-a, Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb.

Sažetak: Nedaleko spilje Veternice na jugozapadnim padinama Medvednice nalazi se proučavano područje za koje se uspostavilo da je fosilno vrlo bogato i zanimljivo. Zabilježena je velika prisutnost koponožaca, osobito roda *Cadulus*, koji je na području Centralnog Paratetisa u dostupnoj literaturi zabilježen samo jednom. Postavlja se pitanje kojim putem su kadulusi migrirali da bi došli na područje današnje Medvednice. Uz najzastupljenije koponošce, nađene su i foraminifere, ostrakodi, koralji, školjkaši, mahovnjaci, serpulidi, ježinci i ribe. Analizirano je devet uzorakalopora metodom mokrog prosijavanja, kalcimetrije te mikroskopskom paleontološkom analizom. Na temelju analizirane faune i rezultata kalcimetrije dana je pretpostavka o paleookolišu istraživanih područja. Radi se o plitkomorskom taloženju sa čestim utjecajem kopna (povećani terigeni donos te unos slatke vode). Starost naslaga je određena kao srednjobadenska.

Ključne riječi: miocen, Paratethys, fosili, koponošci, paleookoliš, Medvednica

Rad sadrži: 66+ VII stranica, 42 slike, 8 tablice, 63 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen u Središnjoj geološkoj knjižnici PMF-a, Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb.

Mentor: prof. dr. sc. Jasenka Sremac

Ocjenjivači: Jasenka Sremac, prof. dr. sc.
Marijan Kovačić, izv. prof. dr. sc.
Katarina Gobo, doc. dr. sc.

Datum završnog ispita: 18. veljača, 2019.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Geology

Thesis

MIOCENE DEPOSITS WITH SCAPHOPODS SOUTH FROM VETERNICA CAVE (MEDVEDNICA)

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

Abstract: The study area is situated on the southwestern slopes of Mount Medvednica, nearby the Veternica cave. This area is rich in interesting fossils. Many scaphopods were found, along with the genus *Cadulus*, which has only been identified once before in the area previously occupied by the Central Paratethys. A question is then posed: how did the *Cadulus* migrate to Medvednica and more specifically, through which path? Alongside the aforementioned scaphopods, other fossils were found – including foraminifera, ostracods, corals, molluscs, bryozoa, serpulids, urchins and fish. Nine samples of marl were analyzed using wet sieving, calcimetry and palaeontological microscopy methods. Based on the fauna analysis and calcimetry results, a paleoenvironmental reconstruction of the study area is proposed. It is suggested that the study deposits were subject to shallow water sedimentation with terrigenous sediment and fresh water influx. The samples were determined to be of middle Badenian age.

Key words: Miocene, Paratethys, fossils, scaphopods, paleoenvironment, Medvednica Mt.

Thesis contains: 66 + VII pages, 42 figures, 8 tables, 63 references

Original in: Croatian

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

Supervisor: Professor Jasenka Sremac

Reviewers: Jasenka Sremac, full professor
Marijan Kovačić, associate professor
Katarina Gobo, assistant professor

Date of the final exam: February 18, 2019

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Povijest dosadašnjih istraživanja	1
2.1. Povijest dosadašnjih istraživanja miocenskih naslaga Medvednice	1
2.2. Povijest dosadašnjih istraživanja Scaphopoda	3
3. Geološki razvoj istraživnog područja	4
4. Metode istraživanja	7
4.1. Terenski rad	7
4.2. Laboratorijski rad	8
4.2.1. Kalcimetrija	9
4.3. Kabinetski rad	9
5. Rezultati	10
5.1. Opis uzoraka	11
5.2. Kalcimetrija	21
5.3. Paleontološka analiza	22
6. Rasprava	48
6.1. Starost istraživanih naslaga	48
6.2. Okoliš	50
6.2.1. Korelacija količine karbonata sa zastupljenosti skafo-poda u istraživanim uzorcima i rastom/padom saliniteta	54
6.2.2. Poteškoće u razlikovanju rodova <i>Cadulus</i> i <i>Ditrupa</i>	55
6.3. Paleogeografija i mogući smjer migracije roda <i>Cadulus</i>	56
7. Zaključak	58
8. Literatura	59

1. Uvod

Tema ovog diplomskog rada vezana je uz istraživanje morske faune miocenskih naslaga na Medvednici južno od spilje Veternice. Glavni ciljevi ovoga rada bili su određivanje starosti proučavanih naslaga na temelju zabilježenih rodova i vrsta, interpretacija taložnog okoliša te migracijskih puteva prisutne faune. Istraživani lokalitet nalazi se na jugozapadnim padinama Medvednice, na početku planinarske staze prema spilji Veternici. Posebna je pažnja dana fosilnoj skupini iz razreda koponožaca (Scaphopoda) radi njihove velike zastupljenosti. Skafopodi nisu zabilježeni u miocenskim naslagama u velikom broju na području sjeverne Hrvatske. U zbirkama Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja nalaze se ponajviše primjerci miocenskih skafopoda s predstavnicima roda *Dentalium* i *Fissidentalium* pronađenih na području Medvednice, Samobora i Glinskog Pokuplja. U ovom istraživanju određen je i drugi rod, *Cadulus*, koji u miocenskim naslagama sjeverne Hrvatske nije do sada u dostupnoj literaturi zabilježen. Kroz povijest dosadašnjih istraživanja, geološki razvoj istraživnog područja, metode istraživanja, rezultate s detaljnim opisima uzoraka te paleontološkim dijelom, raspravu o starosti, paleookolišu i paleogeografiji te naposljetku zaključak, ovaj diplomski rad doprinosi upotpunjavanju dosadašnjih spoznaja o miocenskim morskim naslagama na istraživanom području jugozapadnih padina Medvednice.

2. Povijest dosadašnjih istraživanja

2.1. Povijest dosadašnjih istraživanja miocenskih naslaga Medvednice

Autor prve pregledne geološke karte Hrvatske i Slavonije bio je **Gorjanović – Kramberger**, (1907, 1908). U svojim radovima bavio se geološkom građom i tektonikom Medvednice, opisao fosile te krške fenomene.

Kochansky (1944) objavila je doktorsku disertaciju pod nazivom „Marinska fauna miocena južnog pobočja Medvednice (Zagrebačke gore)“. Na temelju opsežne paleontološke analize, Kochansky je područje Medvednice podijelila na tri razvoja. „Doljanski ili jugozapadni“ razvoj, koji se proteže od Gornjeg Ivanca u Zagorju preko Jarka, Dolja, Bizeka, Gornjeg Stenjevca, Vrapča, Krvarića, Šestina, Gračana do Blizneca. Slijedi „Čučerski ili središnji“ razvoj koji zauzima područja između sela Čučerje, Goranci, Donja Planina, Sopnica, Gornja Kašina, Gornja Glavnica, Moravče i Nespeš. Posljednji, „Zelinski ili sjeveroistočni“ razvoj obuhvaća područje od Nespeša preko Psarjeva, Kalinja do Orešja te sjevernu stranu Medvednice prema Marija Bistrici. Lokalitet koji je istražen za potrebu ovoga rada pripada „Doljanskom“ razvoju miocenskih morskih naslaga Medvednice prema Kochansky (1944), a njegov razvoj autorica je podijelila u šest facijesa: badenski lapor, obalni konglomerat, litavac u užem smislu, „nuliporni vapnenac“, pješčenjak i pjeskoviti lapor.

Pavlovsky (1958) u radu opisuje naslage s foraminiferama roda *Heterostegina* rasprostranjenih na području Hrvatske, većim dijelom na Medvednici. Na području Dolja odredila je podvrstu *Heterostegina costata politatesta* (Papp i Küpper, 1954) koja pripada buliminsko – bolivinskoj zoni gornjega „tortona“ odnosno badena. Uz nju, odredila je i podvrstu *Heterostegina* sp. cf. *Heterostegina papyracea gigantea* (Seguenza, 1880) koja također pripada „tortonu“, odnosno badenu.

Šikić (1968) na temelju proučavane foraminiferske zajednice na području jugozapadne i sjeveroistočne Medvednice predlaže biostratigrafsku zonaciju badenskih i sarmatskih naslaga.

Šikić i sur. (1979) u Osnovnoj geološkoj karti SFRJ, list Zagreb 1:100 000, Tumač za list Zagreb, L 33 - 80 prikazuju opću geološku građu terena i tektoniku Medvednice.

Kochansky-Devidé i Bajraktarević (1981) opisuju fosilnu faunu (makrofosile, foraminifere, vapnenački nanoplankton i silikoflagelate) badenskih i sarmatskih naslaga na području od Susedgrada do Jareka.

Bajraktarević i Pavelić (2003) navode popis važnih foraminifera i vrsta mekušaca karakterističnih za početni stadij taloženja Sjevernohrvatskog bazena za vrijeme karpata.

Pezelj (2005, 2015) i **Pezelj i sur.** (2007, 2016) prikazuju srednjomiocenske foraminiferske zajednice na Medvednici.

Vrsaljko i sur. (2006) opisuju okoliše srednjeg miocena Medvednice te razlikuju četiri vrste facijesa: karbonatnu platformu, otvoreno more, bliskoobalne naslage smanjenog saliniteta i lagune. Prema autorima, od spomenuta četiri facijesa, unutar „Doljanskog“ razvoja Medvednice jedino se ne može pronaći facijes otvorenog mora.

Bošnjak i sur. (2014) objavljuju sažetak s opisom srednjomiocenskih fosilnih naslaga te paleookolišem u široj okolini spilje Veternice.

Pavelić i Kovačić (2018) opisuju detaljan sedimentološki i stratigrafski razvoj Sjevernohrvatskog bazena kroz cijeli neogen.

2.2. Povijest dosadašnjih istraživanja Scaphopoda

Gorjanović – Kramberger (1908) prvi je puta zabilježio pojavu Scaphopoda na Medvednici.

Kochansky (1944) u fosilnom popisu i detaljnim opisima navodi prisutnost Scaphopoda (rod *Dentalium*) na Medvednici.

Báldi (1973) jedini je odredio rod *Cadulus* u miocenskim naslagama Centralnog Paratethysa na teritoriju današnje Mađarske.

Goddeeris (1976) opisuje dvije vrste roda *Cadulus* koje su pronađene u neogenskim naslagama bazena Sjevernog mora.

Janssen (1987) piše o oligocenskim i miocenskim skafofodima u Sjevernom moru. Daje prikaz kako su koponošci evoluirali, koje vrste su kada bile zastupljene te njihovu rasprostranjenost na tom području. Određeni su rodovi: *Antalis*, *Fissidentalium*, *Pseudantalis*, *Gadila*, *Dischides*, *Dentalium*, *Polyschides*, *Pulsellum*.

Jovanović i Jovanović u radovima od 1992. do 1998. opisuju zbirku skaforoda iz paleogenskih i neogenskih sedimenata Srbije i Makedonije. Veći dio zbirke pripada badenskim sedimentima, a najzastupljeniji rod je *Dentalium*.

Steiner i Kabat (2001) sastavili su katalog vrsta Scaphopoda koji sadrži 15 razreda i redova, 33 familije, 114 rodova te 12 vrsta organizama koji su pogrešno svrstani u razred Scaphopoda.

Harzhauser i sur. (2011) pišu o dubokomorskoj fauni mekušaca u Bečkom bazenu za vrijeme kasnog burdigala. Među skaforodima određeni su rodovi *Fissidentalium*, *Gadila* i *Gadilina*.

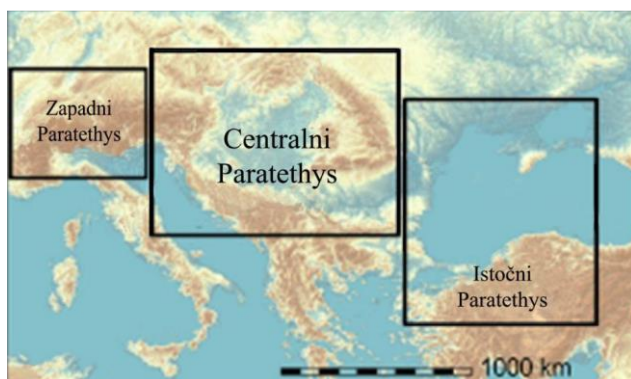
Wysocka i sur. (2016) određuju srednjomiocenske skaforode u karpatskom bazenu na području današnje Poljske, Ukrajine i Moldavije. Najzastupljeniji rodovi su *Fustiaria* i *Dentalium*.

Jovanović i Bošnjak (2016) opisuju primjerke vrste *Fissidentalium badense* s područja Srbije (Višnjica i Loznica), BiH (Bogutovo Selo) i Hrvatske (Čučerje, Vrhovčak i Glinsko Pokuplje) koji se čuvaju u Prirodnačkom muzeju u Beogradu i u Hrvatskom prirodoslovnom muzeju u Zagrebu.

3. Geološki razvoj istraživanog područja

Medvednica je tijekom miocena pripadala području Paratethys mora, koje je nastalo uslijed kretanja Afričke ploče prema Euroazijskoj u smjeru obrnutom kretanju kazaljke na satu na prijelazu iz eocena u oligocen (Rögl, 1998; Popov i sur., 2004; Harzhauser i sur., 2007, Piller i sur., 2007). Tada se na mjestu nekadašnjeg Tethys oceana na njegovom sjevernom dijelu formiralo Paratethys more, a južni krak je činilo Mediteransko more. Ta su dva mora bila odijeljena arhipelagom kojeg su činile Alpe, Dinaridi, Helenidi, Pontidi i Anatolijski masiv, a tijekom miocena je povremeno otvorenim morskim prolazima bila omogućena izmjena faune između tih prostora (Rögl, 1998; Popov i sur., 2004; Piller i sur., 2007). Paratethys more dijelio se na Istočni, Zapadni i Centralni Paratethys (Rögl, 1998; Harzhauser i sur., 2007; Piller i sur., 2007; Kováč i sur., 2017) (slika 1). Istočni Paratethys površinski je bio najveći te je uključivao Crno, Kaspijsko i Aralsko more, dok je Zapadni Paratethys obuhvaćao područje Alpa u

Francuskoj, Švicarskoj, Njemačkoj i Gornjoj Austriji. Centralnom Paratetisu pripadale su istočne Alpe (Karpati), područje od donje Austrije do Moldavije te Panonski bazenski sustav (PBS). PBS (nastao u ranom miocenu) bio je okružen Alpama, Karpatima i Dinaridima (Rögl, 1998; Rögl i sur. 2007; Harzhauser i sur., 2007; Piller i sur., 2007). Miocenske naslage istraživanog područja paleogeografski pripadaju jugozapadnom rubu Centralnog Paratetisa geotektonski Panonskom bazenskom sustavu (Rögl, 1998; Pavelić, 2001, 2002; Vrsaljko i sur., 2006; Pavelić i Kovačić, 2018). Razvoj Panonskog bazenskog sustava odvijao se u dvije faze, sinriftna i postriftna (Pavelić, 2001; Pavelić i Kovačić, 2018). Sinrift je trajao od otnanga do srednjeg badena, a postrift od kasnog badena do kvartara. Sinriftna faza označava period kada se astenosfera uzdizala pa se i kora stanjivala što je dovodilo do subsidencije. Bila je popraćena vulkanizmom te marinskim transgresijama i regresijama kao posljedicom eustatičkih promjena morske razine. Postriftna faza označava spuštanje bazena uslijed hlađenja litosfere praćeno smanjenjem vulkanske aktivnosti te promjenom u kontinentalni režim taloženja. Sjeverni dio Hrvatske pripadao je Panonskom bazenskom sustavu, a tijekom miocena na prostoru sjeverne Hrvatske razlikuju se dva bazena. Bazen Hrvatskog zagorja (predstavljen starijim naslagama donjeg miocena) i Sjevernohrvatski bazen (Pavelić, 2001; Pavelić i Kovačić, 2018). Bazen Hrvatskoga zagorja je obuhvaćao manje područje. Prostor većeg dijela sjeverne Hrvatske, od oko 32 000 km² pripadao je Sjevernohrvatskom bazenu (slika 2). Istraživano područje, kao dio Medvednice pripadalo je Sjevernohrvatskom bazenu.



Slika 1. Podjela područja Paratethys mora (Kováč i sur. 2017)

U području Sjevernohrvatskog bazena za vrijeme otnanga i karpata karakteristične su aluvijalne naslage; grubozrnate do fino-zrnate naslage s brzim facijesnim promjenama (Pavelić i Kovačić, 2108). Tijekom starijeg badena taložene su slatkovodne naslage u jezerskom okolišu, u kojima su nađeni tufovi i tufiti kao tragovi vulkanske aktivnosti. U srednjem badenu izmjenjuju se dva transgresivno – regresivna ciklusa te započinje morsko taloženje. Prvi ciklus je prepoznat po plitkomorskim biokalkarenitima i konglomeratima, koji u sebi sadrže predneogenske klastite te ukazuje na pad morske razine. Drugi ciklus ima slične naslage, no veći postotak kalcitne komponente u laporima. Srednjobadenski sedimenti su grubozrnati klastiti, algalni vapnenci, lapori s puno glinovite komponente. Česti su i tufovi te vulkanske stijene (Pamić, 1997). Gornji baden karakteriziran je porastom morske razine, koja je, za razliku od srednjobadenskih transgresija, bila regionalnog karaktera, a nastala je uslijed mirovanja na početku postriftna faze. Naslage su predstavljene konglomeratima, algalnim slojevima i grebenskim vapnencima, piroklastičnim vapnencima i laporima. Na kraju badena nastupa oplićavanje. Na granici badena i sarmata dolazi do izolacije bazena, pri čemu izumiru stenohalini organizmi. Početkom sarmata opet dolazi do transgresije, a od naslaga dominiraju lapori. U naslagama kasnog sarmata nalaze se konglomerati i pješčenjaci, koji predstavljaju fazu oplićavanja. U sarmatu se nalazi i bentonit (hidrotermalno izmijenjeno vulkansko staklo), koji ukazuje na slabu vulkansku aktivnost tijekom sarmata. U vrijeme panona nastupa potpuna izolacija Panonskog bazena kada se režim taloženja mijenja u slatkovodni. U panonu se prepoznaju Croatica - slojevi, nazvani po pužu *Radix croatica* (obalni, jezerski vapnenci), zatim Banatica - lapori, nazvani prema školjkašu *Congeria banatica* te Abichi - lapori, koji su dobili ime prema školjkašu *Paradacna abichi*. Banatica - i Abichi - lapori taložili su se za vrijeme produbljavanja jezera. Gornji dio panona izgrađuju Rhomboidea - naslage, koje su dobile naziv prema školjkašu *Congeria rhomboidea* (glinovito – pjeskovite naslage i šljunci).



Slika 2. Smještaj Centralnog Paratetisa i Sjevernohrvatskog bazena (izmijenjeno prema Ćorić i sur. 2009)

4. Metode istraživanja

4.1. Terenski rad

Prvi korak u prikupljanju uzoraka te njihovoj analizi jest terenski rad. Izdanak s kojeg su se uzimali uzorci nije lako pristupačan jer je vrlo strm te visok pet do šest metara pa je bilo potrebno koristiti uže, pomoću kojega su prikupljeni uzorci. Uzorke je na užetu prikupljala mag. geologije Anja Jarić (slika 3). Izdanak se nalazi na početku planinarske staze koja vodi do spilje

Veternice. Nakon što su se odredile litološke granice, uzimali su se uzorci obilježeni brojevima od 1 do 9. Prije uzimanja uzoraka, bilo je potrebno maknuti površinski sloj. U plastične vrećice uzeto je oko 0,5 kg svakog uzorka za paleontološke analize.



Slika 3. Izdanak s kojeg su uzeti uzorci za analizu uz pomoć alpinističke opreme. Visina izdanka na najvišem dijelu je 6 m.

4.2. Laboratorijski rad

Prvi korak laboratorijskog rada obuhvatio je metodu muljenja ili „šlemanja“ prikupljenih uzoraka u kojoj se uzorci prosijavaju, tj. razdvajaju se čestice pomoću sita na temelju njihove veličine. Prije muljenja materijal je bio pripremljen na način da se uzelo po 30 dag svakog uzorka. Uzorci su s usitnili, stavili u posudu i prelili vodom koja prekriva uzorak te se dodalo nekoliko kapi vodikova peroksida (H_2O_2). Tako pripremljeni uzorci stajali su najmanje jedan dan. Za ovaj rad koristila su se tri sita veličina 63 μm , 125 μm te 250 μm . Kroz postavljena sita (na dnu je sito 63 μm , u sredini 125 μm te na vrhu 250 μm) prosijavani su namočeni uzorci pod mlazom vode. Tako su uzorci bili prosijani te spremni za sušenje. Suhi materijal stavljen je u papirnate vrećice na kojima je zabilježen broj uzorka te veličina sita.

Drugi korak laboratorijskog rada obuhvatio je izdvajanje fosila iz prosijanih osušenih uzoraka. Sav materijal iz svih papirnatih vrećica bio je pregledan pod svjetlosnim mikroskopom. Najveća pozornost dana je frakciji 250 μm gdje su fosili najčešći i najbolje očuvani. Iz svakog

uzorka uglavnom su uzeti fosili koji su premješteni u Franckovu ćeliju. Na taj način je svaka ćelija predstavljala zajednicu fosila određenog uzorka i određene frakcije. Izdvojeni fosili fotografirani su pomoću stereo-mikroskopa Olympus SZX10 prilagođenim fotoaparatom Canon EOS 1100D. Da bi fotografija bila kvalitetnija, bilo je potrebno izoštriti sliku te prilagoditi količinu svjetla. Uz svaku fotografiju priloženo je mjerilo.

4.2.1. Kalcimetrija

Kalcimetrija je proces određivanja količine karbonata u uzorku. U ovom istraživanju, bila su uzeta tri uzorka za analizu. Količina karbonata određena je volumetrijskim mjerenjem Scheiblerovim kalcimetrom. Kalcimetar se sastoji od tri staklene cijevi koje su spojene gumenim cijevima te posude (Erlenmeyerova tikvica) u kojoj se nalazi uzorak, magnet i HCl (u epruvetici) te ventil V koji regulira komunikaciju s fiksnom cijevi i okolinom. Cilj kalcimetrije je izmjeriti koliko se CO₂ oslobodilo pri određenoj temperaturi i tlaku u trenutku kada je analizirani uzorak reagirao s HCl-om. Na temelju tog volumena, pomoću formule, izračunata je količina karbonata u sva tri uzorka (Kampiće, usmeno priopćenje).

4.3. Kabinetski rad

Kabinetski rad obuhvatio je paleontološku analizu te određivanje rodova izdvojenih fosila. Nakon fotografiranja slijedi analiza fosila te određivanje njihovih rodova i vrsta (ukoliko je to moguće). Vlastite analize nadopunjene su determinacijama nanoplanktona, koje je odredio prof. geol. i geogr. Šimun Aščić i ostrakoda, koje je odredila dr. sc. Valentina Hajek Tadesse (HGI). Uz sve određene rodove te njihove ostale karakteristike (cementacija, očuvanost i sl.) moglo se zaključiti o kakvom se okolišu radi u pojedinom uzorku.

5. Rezultati

U nadolazećem tekstu dan je pregled određenih fosila u pojedinom uzorku. Analizirano je devet uzoraka, a prvi opisani je najstariji uzorak obilježen brojem jedan (slika 4). U istraživanim miocenskim naslagama nađeni su nanofosili, foraminifere, ostrakodi, koralji, skafopodi, školjkaši, mahovnjaci, serpulidi, ježinci (radiole) i ribe (ljuske, zubi i otoliti). Koralji su jedini fosili koji su zabilježeni samo na terenu, njih se nije moglo vidjeti pod mikroskopom pa njihova odredba nije bila moguća. Na temelju ovih fosila, njihovom stupnju očuvanosti, fragmenata koji su se nalazili u njihovoj zajednici interpretiran je paleookoliš istraživanog lokaliteta. Na slici 4 prikazan je izdanak s brojevima od jedan do devet prema kojima se može vidjeti kako su analizirani uzoci raspoređeni na izdanku.



Slika 4. Raspodjela analiziranih uzoraka na izdanku miocenskih naslaga u okolici Veternice

5.1. Opis uzoraka

Uzorak –1

Uzorak broj jedan (slike 4 i 5) najstariji je uzorak ovog istraživanja. Ovaj uzorak je na samom terenu bio najtvrdi što se moglo zaključiti udarcem čekića o njega. Najčešći fosil u ovom uzorku je foraminifera *Planostegina* sp. (Banner i Hodgkinson, 1991). Osim nje, vrlo česta je i *Heterostegina* sp. (d'Orbigny, 1826), a zastupljeni su i *Amphistegina* sp. (d'Orbigny, 1826), *Cibicides* sp. (Montfort, 1808), *Cibicidoides lobatulus* (Walker i Jacob, 1798), *Heterolepa dutemplei* (d'Orbigny, 1846), *Nonion* sp. div. (Montfort, 1808), *Elphidium* sp. (Montfort, 1808) i *Spirorutilus carinatus* (d'Orbigny, 1846). Ostrakodi su dobro očuvani te su određena tri roda: *Aurila haueri* (Reuss, 1850), *Aurila* cf. *punctata* (Muenster, 1830) i *Cytheridea acuminata* (Bosquet, 1852). Od viših rakova pronađena su njihova kliješta. Ovaj uzorak sadrži koponošce, uglavnom fragmente. Zabilježeni su koponošci *Cadulus* sp. (Phillipi, 1844) i *Dentalium* sp. (Linnaeus, 1758), koji je zastupljeniji. Od mahovnjaka određen je rod *Cellaria* sp. (Ellis i Solander, 1786). Pronađene su i radiole plitkomorskih i dubokomorskih ježinaca te radiola s lopatičastim završetkom. Od ribljih ostataka nađene su riblje ljuske. U ovom uzorku nađeno je i puno terigenih zrna, potpuno zaobljenih kvarcnih zrna, zelenih litoklasta koji bi mogli potjecati od serpentinita ili zelenog škrljavca, crnih zrna sa crvenom površinom. Uzorak je cementiran i fragmentiranost nije prevelika.



Slika 5. Najčešći fosili iz uzorka broj 1, izdvojeni tehnikom muljenja (mokrog prosijavanja)

Uzorak – 2

U ovom uzorku također je velika prisutnost foraminifera *Heterostegina* sp. i *Planostegina* sp., koje su ovdje većih dimenzija nego u uzorku 1. Veća je zastupljenost foraminifere roda *Heterostegina* sp. Iz foraminiferske zajednice određene su i sljedeće vrste: *Heterolepa dutemplei*, *Nonion* sp. div., *Elphidium* sp., *Ammonia tepida* (Cushman, 1926) i *Spirorutilus carinatus*. Bentičke foraminifere su u ovoj zajednici brojnije nego u prošlom uzorku. Ostrakodi su zastupljeni s vrstama *Cytheridea acuminata* i *Aurila mehesi* (Zalányi), a pronađeni su i fosilni ostaci viših rakova. Koralji su prepoznati na terenu. Određen je rod *Flabellum* (Lesson, 1831). Za razliku od prethodnog uzorka, u ovom uzorku nalazi se puno koponožaca te ima više primjeraka roda *Caudulus* nego roda *Dentalium*. Od školjkaša nađene su krhotine ljuštura s radijalnim rebrima, a od mahovnjaka je prepoznata vrsta *Cellaria* sp. Predstavnik serpulida u ovoj zajednici je rod *Ditrupa* (Berkeley, 1835). Pronađene su i bodlje plitkomorskih i dubokomorskih ježinaca, koje su pripadale cidaroidnim i diadematoidnim ježincima. Od ribljih ostataka nađene su ljuske i otoliti koji su pripadali vrstama rodova *Gobius* (Linnaeus, 1758), *Phycis* (Walbaum, 1792) i *Bregmaceros* (Thompson, 1840). Od terigenih zrna nađena su

zaobljena kvarcna zrna i zrna zelene boje. Ovaj uzorak sadrži cementirane fragmente fosila, a fragmentiranost je srednja. Prikaz ćelije uzorka broja dva nalazi se na slici 6.

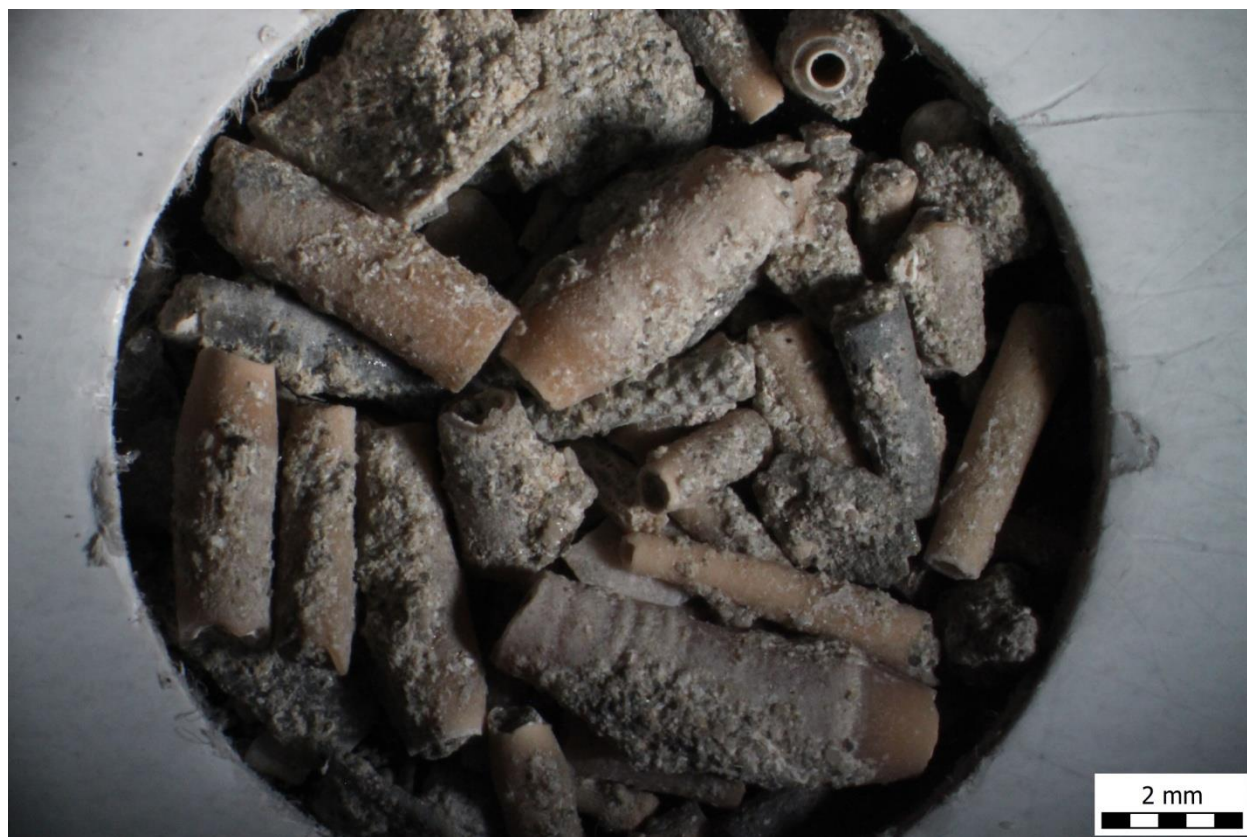


Slika 6. Najčešći fosili iz uzorka broj 2, izdvojeni tehnikom muljenja (mokrog prosijavanja)

Uzorak – 3

U ovom uzorku i dalje je najčešći foraminiferski rod *Heterostegina* (iako je u uzorku broj 2 bila brojnija). Od foraminifera prisutni su još i *Nonion* sp. div. te *Ammonia tepida*. Ostrakodi nisu toliko brojni kao u prošla dva uzorka. Određena je jedna vrsta i jedan rod, *Cytheridea acuminata* i *Phlyctenophora* (Brady, 1880). Od viših rakova ostala su njihova klijesta. Koralji su prepoznati na terenu. Što se skaforoda tiče, i ovdje su brojni rodovi *Dentalium* i *Cadulus*. Zabilježeni su fragmenti školjkaša s koncentričnim rebrima te školjkaši iz familije Pectinidae. Isto kao u prošlom uzorku, ovdje je prisutan mahovnjak samo roda *Cellaria*. Od serpulida, nađen je rod *Ditrupa*. Prisutne su radiole dubokomorskih i plitkomorskih ježinaca nešto drugačijeg izgleda, jer imaju završetak u obliku lopatice. Od ribljih ostataka nađene su ljuske te sedam otolita ribe roda *Gobius*. U ovom se uzorku uz crvene alge, nalaze i zaobljena terestička zrna.

Cementacija je u ovom uzorku zastupljena, a fragmentiranost je srednja. Prikaz ćelije ovog uzorka nalazi se na slici 7.



Slika 7. Najčešći fosili iz uzorka broj 3, izdvojeni tehnikom muljenja (mokrog prosijavanja)

Uzorak – 4

Foraminifere su u ovom uzorku bile raznolike, ali treba napomenuti da je *Heterostegina* ovdje rijetka. Osim nje prisutni su sljedeći rodovi i vrste: *Planostegina* sp., *Cibicides* sp., *Cibicidoides lobatulus*, *Heterolepa dutemplei*, *Nonion* sp. div., *Elphidium* sp., *Ammonia tepida* i *Spirorutilus carinatus*. Ostrakodi nisu česti, ali zabilježeni su primjerci *Aurila haueri* i *Aurila* cf. *punctata*. Koralji su na terenu zabilježeni kao veliki primjerci. Ovo je uzorak gdje su koponošci dosta fragmentirani, ali se primjećuje da su primjerci roda *Cadulus* veći od roda *Dentalium* i da su općenito u ovom uzorku koponošci krupniji. Također, ostaci školjakaša, npr. pektinida dosta su

veliki. Od školjkaša, zabilježena je i dubokomorska oštriga. Od mahovnjaka se pojavljuje rod *Reteporella* (Busk, 1884). Zabilježena je prisutnost plitkomorskih bodlji ježinaca. Nađen je i otolit najčešćega roda, *Gobius*. Zrna s kopna su uglatog i zaobljenoga oblika zelene i crne boje. Prepoznate su i nakupine rodolita. Cementacija i fragmentiranost je slična kao u prošlom uzorku. Prikaz ćelije nalazi se na slici 8.



Slika 8. Najčešći fosili iz uzorka broj 4, izdvojeni tehnikom muljenja (mokrog prosijavanja)

Uzorak – 5

U ovom uzorku određene su foraminifere *Heterostegina* sp. (rijetka i mala), *Heterolepa dutemplei*, *Nonion* sp. div., *Elphidium* sp., *Ammonia tepida* i *Spirorutilus carinatus*. Od ostrakoda su prepoznati *Aurila haueri*, *Aurila* cf. *punctata*, *Cytheridea* cf. *acuminata* (Bosquet, 1852) i *Cytherella compressa* (Muenster, 1830). Pronađena su i kliješta kao ostatak viših rakova. U ovom uzorku su koponošci roda *Dentalium* brojniji od roda *Cadulus*. Primjerci roda *Cadulus* su deblji, manji i tamniji u odnosu na prošle uzorke, dok su primjerci roda *Dentalium* blago narančasti. Koponošci dolaze kao fragmenti, rijetko se nalaze dobro očuvani. Velika je

raznolikost školjkaša; dominiraju oštrige te je prepoznata vrsta *Neopycnodonte* sp. (Stenzel, 1971). Od mahovnjaka zabilježeni su rodovi *Cellaria* i *Reteporella*. Fosilni ostatak serpulida zabilježen je pojavom roda *Ditrupa*. Što se tiče bodlji ježinaca, njih nema puno, pronađeni su poneki fragmenti radiola dubljemorskih ježinaca s lopatičastim završetcima. Kao predstavnik ribljih ostataka određen je otolit ribe *Gobius* sp. (glavoča). Identificiran je kalcedon kao kriptokristalni agregat kvarca. Cementiranost u ovom uzorku je dosta izražena, dok fragmentiranost nije velika. Prikaz ćelije nalazi se na slici 9.



Slika 9. Najčešći fosili iz uzorka broj 5, izdvojeni tehnikom muljenja (mokrog prosijavanja)

Uzorak – 6

U ovom uzorku, od foraminiferske zajednice dominira vrsta *Spirorutilus carinatus*. Zabilježena je pojava vrste *Heterostegina* sp. i *Planostegina* sp. slične brojnosti, koje su

najzastupljenije u sitnim dimenzijama. Prisutne su i vrste *Amphistegina* sp., *Nonion* sp. div. i *Biasterigerina planorbis* (d'Orbigny, 1846). Što se ostrakoda tiče, određena je samo vrsta *Cytheridea* cf. *acuminata*. U ovom uzorku koponošci roda *Cadulus* su veći i brojniji od roda *Dentalium*, iako je većina koponožaca fragmentirana. Određene su i krhotine velikih školjaka, npr. krhotine roda *Neopycnodonte* sp. te mali fragmenti pektinida. Što se mahovnjaka tiče, ima ih razgranatih i pločastih. Prisutna je *Cellaria* sp., a prepoznata je i vrsta *Cellaria fistulosa* (Linnaeus, 1758). *Ditrupa* sp. je i dalje prisutan predstavnik serpulida. Od ostataka bodljikaša pronađene su bodlje dubokomorskih i plićih vrsta (npr. diadematoidne bodlje). Uz otolit koji je pripadao ribi *Gobius*, pronađena su i tri primjerka ribljih zubi. Terestički materijal je prepoznat u zrnima kvarca te zelenim zrnima. Pronađeni su i oštri crni fragmenti rožnjaka. U ovom uzorku cementacija je velika, a fragmentiranost srednja. Prikaz ćelije ovog uzorka nalazi se na slici 10.



Slika 10. Najčešći fosili iz uzorka broj 6, izdvojeni tehnikom muljenja (mokrog prosijavanja)

Uzorak – 7

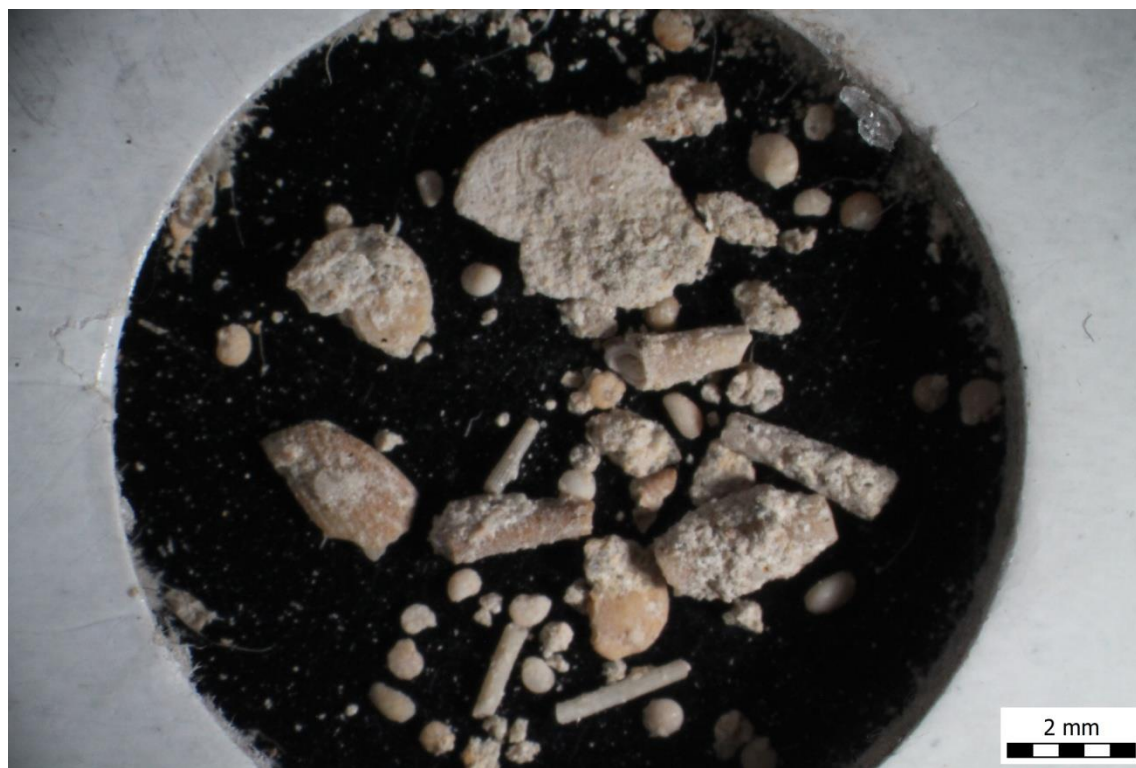
Foraminifere su u ovom uzorku vrlo brojne, a zabilježeni su sljedeći primjeri: *Cibicides* sp., *Heterostegina* sp. (veće u odnosu na prošli uzorak, iako nisu brojne), *Planostegina* sp. (također nisu brojne), *Nonion* sp. div., *Ammonia tepida* i *Spirorutilus carinatus*. Uz spomenute foraminifere, mogla se uočiti i prisutnost miliolidnih foraminifera te bolivinsko – buliminskog tipa. Vrste ostrakoda pronađene u ovoj fosilnoj zajednici su *Aurila haueri*, *Aurila* sp. (Pokorny, 1955) i *Costa edwardsii* (Roemer, 1838). Zastupljeni su koponošci roda *Dentalium* i *Cadulus*, koji su nešto veći nego u prošla dva uzorka. Za ovaj je uzorak važno napomenuti da je primijećena velika brojnost i raznolikost školjkaša. Školjkaši roda *Neopycnodonte* su češći i veći, a ima i manjih ostataka pektinida, koji nisu toliko brojni. *Cellaria* sp. je ovdje ponovno predstavnik mahovnjaka. Uočena je i *Ditrupa* sp. kao predstavnik serpulida. Što se ježinaca tiče, zabilježene su radiole plitkomorskih i dubokomorskih vrsta, te diadematoidni tip bodlje. Od fosilnih ostataka riba, nađene su njihove ljuske i otoliti roda *Gobius*. Pronađene su i crvene alge. Fragmentiranost fosila u ovoj zajednici je velika. Prikaz ćelije nalazi se na slici 11.



Slika 11. Najčešći fosili iz uzorka broj 7, izdvojeni tehnikom muljenja (mokrog prosijavanja)

Uzorak – 8

Uzorak broj 8 i uzorak broj 9 različiti su od dosadašnjih. Ovaj uzorak nije bogat primjercima fosila, ali su oni raznoliki. Od foraminifera prisutne su *Planostegina* sp., *Cibicides* sp., *Cibicidoides lobatulus*, *Heterolepa dutemplei* i *Spirorutilus carinatus*. Ostrakodi su zabilježeni pojavom vrsta *Aurila* cf. *haueri*, *Cytheridea* cf. *acuminata*, *Cytheridea* sp. (Bosquet, 1852) i *Neocyprideis* sp. (Apostolescu, 1957). Prisutnost koralja vidljiva je na terenu. Skafopodi su u ovom uzorku dosta fragmentirani. Osim fragmenata skafopoda, mogu se pronaći i fragmenti ljuštura školjkaša. Kao trag ježincima nađene su bodlje plitkomorskih i dubokomorskih vrsta. U ovom uzorku identificirani su otoliti ribljih rodova *Gobius* sp., *Bregmaceros* sp. i *Diaphus* sp. (Eigenmann i Eigenmann, 1890). Mogu se naći i ostaci krhotine pločastih crvenih algi. Uzorak je dosta cementiran. Prikaz uzorka nalazi se na slici 12.



Slika 12. Najčešći fosili iz uzorka broj 8, izdvojeni tehnikom muljenja (mokrog prosijavanja)

Uzorak – 9

Ovaj uzorak je daleko najbogatiji fosilima (slika 13). Najbrojniji su koponošci i foraminifere roda *Planostegina* (uz rod *Heterostegina*). Foraminifere roda *Planostegina* i *Heterostegina* mogu se naći kao juvenilne pa sve do srednjih veličina. Brojniji su primjerci roda *Heterostegina*. Na njima se mogu naći i tragovi bušača. Određene su jos i vrste *Amphistegina* sp., *Biasterigerina planorbis*, *Spirorutilus carinatus* (koji je ovdje dosta povijen), *Textularia gramen* (d'Orbigny, 1846), *Rhabdammina* sp. (Sars, 1869), *Amphistegina* sp., *Heterolepa dutemplei* i *Elphidium* sp. Ostrakodi su predstavljeni rodom *Aurila* i vrstom *Costa edwardsii*. U ovom uzorku prepoznat je rod *Palinurus* (Weber, 1795) koji pripada višim rakovima. Koralji su bili vidljivi i zabilježeni na terenu. Koponošci su većinom dosta fragmentirani, iako su određeni primjerci rodova *Dentalium* i *Cadulus*. Što se školjkaša tiče, i njihovi su fragmenti mnogobrojni. Zabilježen je i rod *Neopycnodonte* te školjkaši s radijalnim i koncentričnim rebrima. Ustanovljeno je da su predstavnici kardiida bolje očuvani nego predstavnici pektinida. Od mahovnjaka dominiraju granaste forme, a zabilježena je vrsta *Cellaria fistulosa*. Određen je rod *Vermiliopsis* (Saint – Joseph, 1894) koji pripada serpulidima te je on jedini predstavnik te skupine u ovom uzorku. Kao ostaci bodljikaša tu su bodlje koje pripadaju vrstama koje su obitavale na srednjim dubinama. Nađene su i radiole s lopaticom koje su mogle pripadati rodu *Spatangus* (Gray, 1825). Ostaci riba su česti, nađen je zub, nekoliko otolita ribe roda *Gobius* te fragmentirani otoliti. U uzorku su zabilježeni fragmenti crvenih algi. Što se tiče ostalih fragmenata, zabilježena su zelena zrna te oštrobrižni klasti rožnjaka. U ovom uzorku cementacija i fragmentiranost nije velika pa je i očuvanost fosila dobra.



Slika 13. Najčešći fosili iz uzorka broj 9, izdvojeni tehnikom muljenja (mokrog prosijavanja)

5. 2. Kalcimetrija

Metodom kalcimetrije određena je količina karbonata u tri uzorka. Analizirani su uzorci 2, 5 i 9 (slika 3). U uzorku 2 količina karbonata je najveća i iznosi 62,18 %. U uzorku broj 5 karbonati su prisutni s 53,7 %, dok je u najmlađem uzorku, 9, zastupljeno 74,83 % karbonata. Svi uzorci pripadaju laporima. Laporima su stijene koje sadrže 20 – 80 % kalcita i gline (Tišljarić, 1994).

5.3. Paleontološka analiza

Scaphopoda

U ovom istraživanju najveća pozornost dana je skaforodima radi njihove velike učestalosti u istraživanim miocenskim naslagama. Zabilježena su dva roda; *Dentalium* i *Cadulus*. U Tablici 1. prikazani su nalazi rodova prema istraživanim uzorcima. Može se vidjeti kako su oba roda prisutna u svim uzorcima osim u uzorku broj osam.

Tablica 1. Učestalost nađenih skaforoda u istraživanim uzorcima, ○ - rijetko, ◐ - srednje često, ● - često

razred	familija	rod	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Scaphopoda	Dentaliidae	<i>Dentalium</i> sp.	●	◐	●	◐	●	◐	●		○
	Gadilidae	<i>Cadulus</i> sp.	◐	●	●	●	◐	●	●		○

Razred: Scaphopoda Bronn, 1862

Red: Gadilida Starobogatov, 1974

Familija: Gadilidae Stoliczka, 1868

Rod: *Cadulus* Philippi, 1844

Razred: Scaphopoda Bronn, 1862

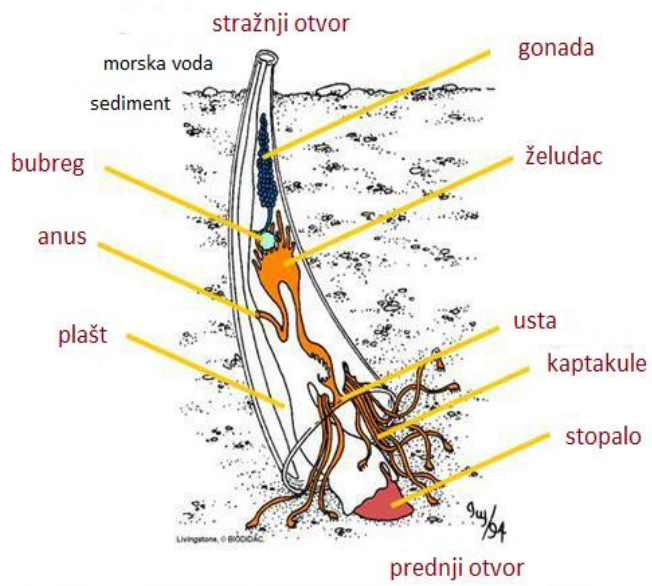
Red: Dentaliida Starobogatov, 1974

Familija: Dentaliidae Children, 1834

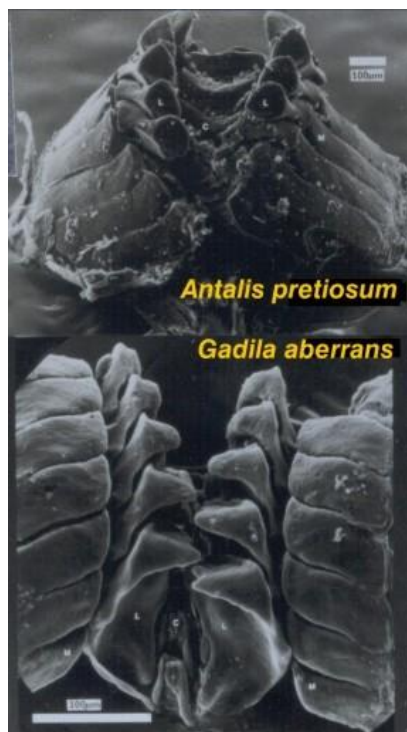
Rod: *Dentalium* Linnaeus, 1758

Razred Scaphopoda pripada koljenu mekušaca, organizmima čije se tijelo sastoji od mekog organskog dijela i tvrdog, anorganskog dijela. Fosilno se očuvaju mineralni skeleti. Poznato je 900 vrsta Scaphopoda. Poznati su od ordovicija, a širom svijeta (Indijski ocean,

Pacifički ocean, Atlantski ocean i Mediteransko more) žive i danas. Skelet Scaphopoda je kućica koja je izgrađena od kalcijevog karbonata (CaCO_3). Njihova kućica je bilateralno simetrična te ima oblik cijevi (slika 14). Podsjeća na slonovu kljovu, pa su u svijetu poznati i pod nazivom “tusk shells” (kljova ljuska). Kućica je otvorena na oba kraja te je blago savijena na dorzalnoj strani tijela. Konveksna je s ventralne strane, a konkavna s dorzalne. Veličina kućice varira od 1,5 mm do 15 cm. Scaphopoda su mekušci koji žive ukopani u sedimentu koji varira od mulja pa sve do srednje grubog šljunka. Ukopani su svojim prednjim otvorom koji je ujedno i većeg promjera. Ondje se nalaze kaptakuli koji izlučuju sluz kako bi njome hvatali hranu koja se na nju prilijepila. Scaphopodi se hrane mikroorganizmima, foraminiferama, dijatomejama, zakopanim školjkašima i organskim detritusom. Za usitnjavanje hrane služi im radula gdje se nalaze zubi. Zubi su različiti kod Dentaliida i Gadilida (slika 15). Stopalo je prilagođeno kopanju u sedimentu na način da se ubušavaju njegovim širenjem. Još jedna razlika između Dentaliida i Gadilida je da se Dentalidii ukopavaju odmah ispod supstrata, dok se pojedini rodovi Gadilida znaju ukopati i do 30 cm. Skafopodi su odvojenih spolova, a oplodnja im je vanjska. Ženka otpušta jajašca u more te nastaju ličinke koje slobodno plivaju. Slijedi faza veligera, gdje se počinje razvijati bilateralna simetrija koja je tipična za koponošce te traje pet do šest dana. Nakon toga, odrasli se koponošci pomoću stopala ubušavaju u sediment glavom prema dolje. Skafopodi nemaju oči, na glavi im se nalaze sitni organi nazvani statocisti pomoću koji traže hranu u sedimentu. Osim očiju, nemaju ni srce ni škrge. Dišu preko cilindara koji se nalaze u plašnoj šupljini, a hrana im se probavlja izvanstanično u trbuhu, a zatim putuje od želuca do crijeva. Mogu živjeti u vrlo plitkom moru, ali i sve do 4570 metara. Scaphopodi su najčešća hrana ribama i rakovima (<https://animaldiversity.org/site/accounts/information/Scaphopoda.html>). Najstariji nalazi Scaphopoda datiraju iz naslaga devona u kojima su zabilježeni rodovi *Plagiogypta* i *Prodentalium*. Razred Scaphopoda dijeli se u dva reda: Dentaliida i Gadilida. Red Dentaliida se dijeli na sedam porodica (Calliodentaliidae, Dentaliidae, Fustiariidae, Gadilinae, Laevidentaliidae, Omniglyptidae i Rhabdidae), dok se red Gadilida dijeli na četiri porodice (Entalinidae, Gadilidae, Pulsellidae i Siphonodentaliidae).



Slika 14. Građa skaforoda (preuzeto s <http://www.ucmp.berkeley.edu/taxa/inverts/mollusca/scaphopoda.php>)



Slika 15. Prikaz zubi kod Denataliida i Gadilida (preuzeto s <http://www.ronshimek.com/scaphopod.html>)

U ovom istraživanju određena su dva roda Scaphopoda, *Cadulus* (slika 16a i b) i *Dentalium* (slika 16c). Rod *Dentalium* pripada familiji Dentaliidae, dok *Cadulus* familiji Gadilidae. Osim već spomenutih razlika ovih rodova, najočitija razlika je u obliku kućice. Primjerci roda *Cadulus* su bačvastog oblika, a oni roda *Dentalium* više podsjećaju na slonovu kljovu. Bitno je spomenuti da nije jednaka zastupljenost oba roda u svim uzorcima. Kod većine uzoraka kadulus je zastupljeniji od dentaliuma. Rod *Cadulus* je, inače, najzastupljeniji rod s obzirom na cijelu faunu ovog istraživanja. To se najviše može primijetiti od uzorka broj jedan do uzorka broj pet. U Tablici 2. prikazane su veličine kadulusa i dentaliuma, tj. njihova duljina te veći i manji promjer. Uzeti su samo primjerci fosila koji su dobro očuvani, jer ima dosta fragmentiranih primjeraka. Prema Tablici 2 prvo se može vidjeti kako je veća zastupljenost roda *Cadulus*. Osim toga, kadulusi imaju puno veći raspon duljina pa najveći primjerak dentaliuma ima 3,5 mm, a kadulusa 6,36 mm. U zadnjem stupcu tablice označen je broj uzoraka iz kojeg je skafo pod izmjeran pa se može zaključiti da su u uzorku 4 najveći primjerci kadulusa i

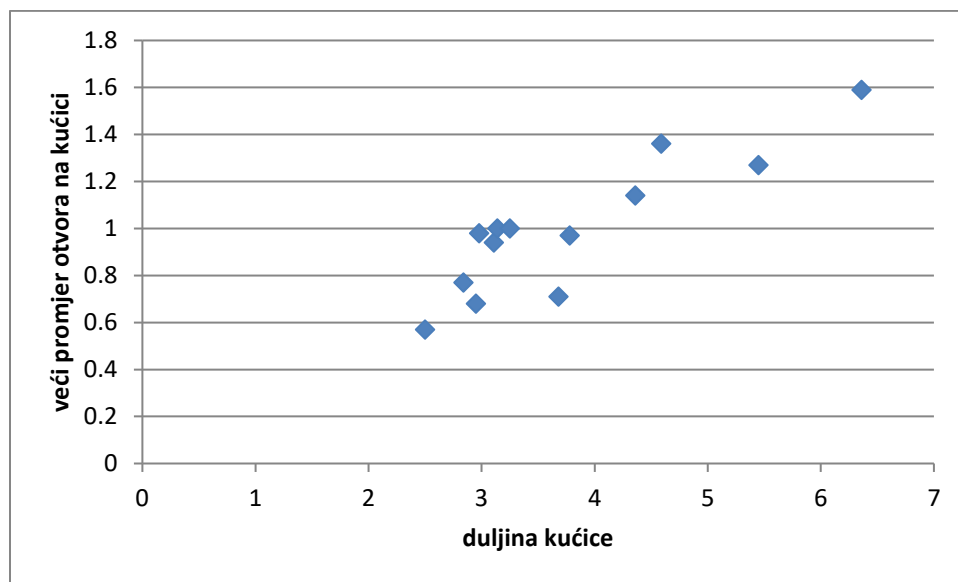
dentaliuma. Širine promjera otvora izmjerene su kako bi se moglo zaključiti mijenjaju li se one s povećanjem duljine kućice. Na slici 17 prikazan je odnos duljine kućice i većeg promjera kadulusa, na slici 18 odnos duljine kućice i manjeg promjera kadulusa, dok su na slikama 19 i 20 prikazani isti odnosi kod dentaliuma. Jedino što se može vidjeti je da širine manjih i većih promjera kod roda *Cadulus* vrlo malo rastu s porastom duljine kućice. Može se reći da je njihov porast zanemariv u odnosu na rast duljine kućice. Kod dentaliuma nema promjene u širini promjera s obzirom na rast duljine kućice, iako je broj uzoraka premalen da bi se mogli donositi zaključci. Na slici 21 prikazane su duljine kućica kod rodova *Cadulus* i *Dentalium*. Može se vidjeti kako kadulusi dosežu veću duljinu od dentaliuma.



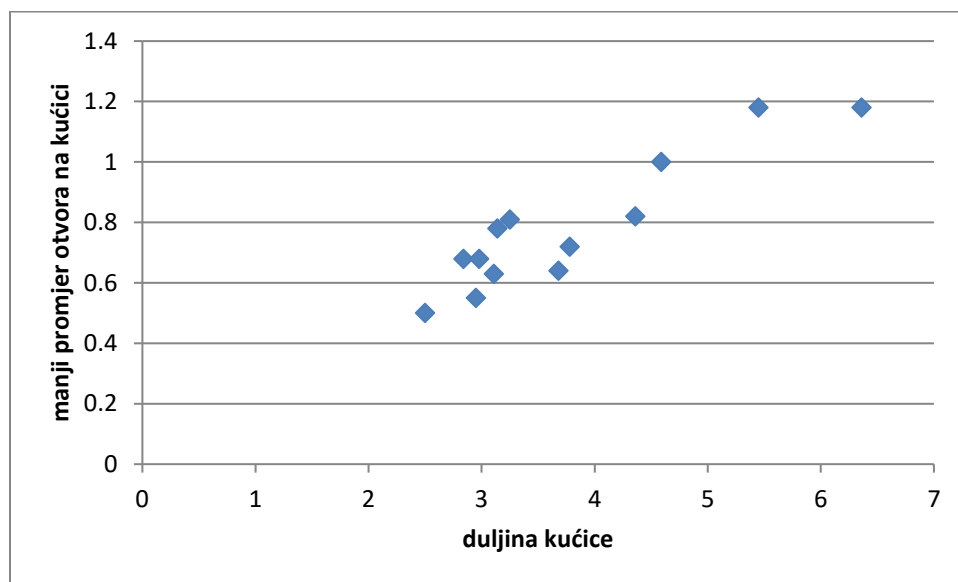
Slika 16. a) *Cadulus* sp. (uzorak 4), b) *Cadulus* sp. (uzorak 1), c) *Dentalium* sp. (uzorak 3)

Tablica 2. Dimenzije nađenih dentaliuma i kadulusa

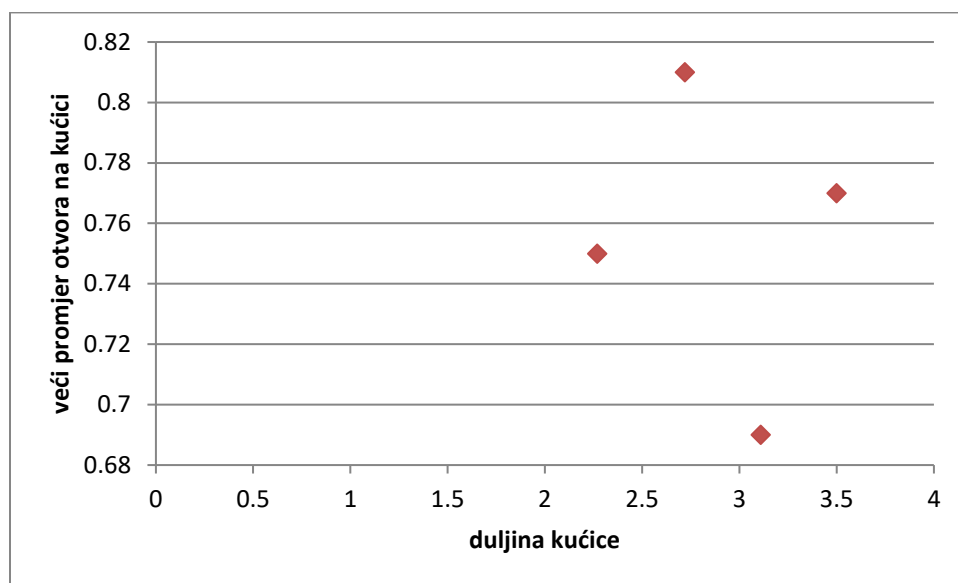
Naziv roda	Duljina (mm)	Veći promjer (mm)	Manji promjer (mm)	Uzorak
<i>Cadulus</i>	2,5	0,57	0,5	1
	2,84	0,77	0,68	6
	2,95	0,68	0,55	9
	2,98	0,98	0,68	1
	3,11	0,94	0,63	5
	3,14	1	0,78	2
	3,25	1	0,81	7
	3,68	0,71	0,64	1
	3,78	0,97	0,72	3
	4,36	1,14	0,82	4
	4,59	1,36	1	3
	5,45	1,27	1,18	4
	6,36	1,59	1,18	3
	Duljina (mm)	Veći promjer (mm)	Manji promjer (mm)	
<i>Dentalium</i>	2,27	0,75	0,57	6
	2,72	0,81	0,61	4
	3,11	0,69	0,56	3
	3,5	0,77	0,68	6



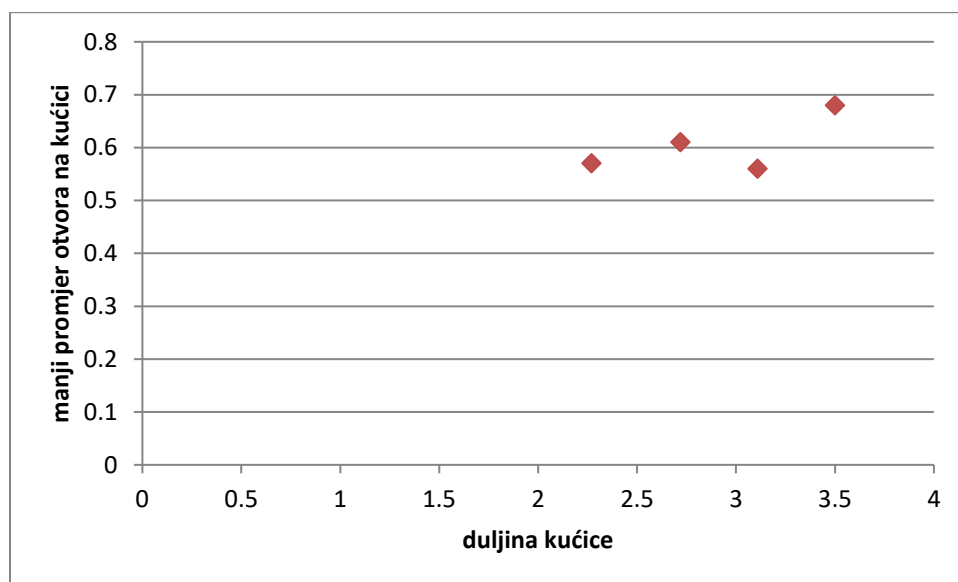
Slika 17. Odnos duljine kućice i većeg promjera kadulusa



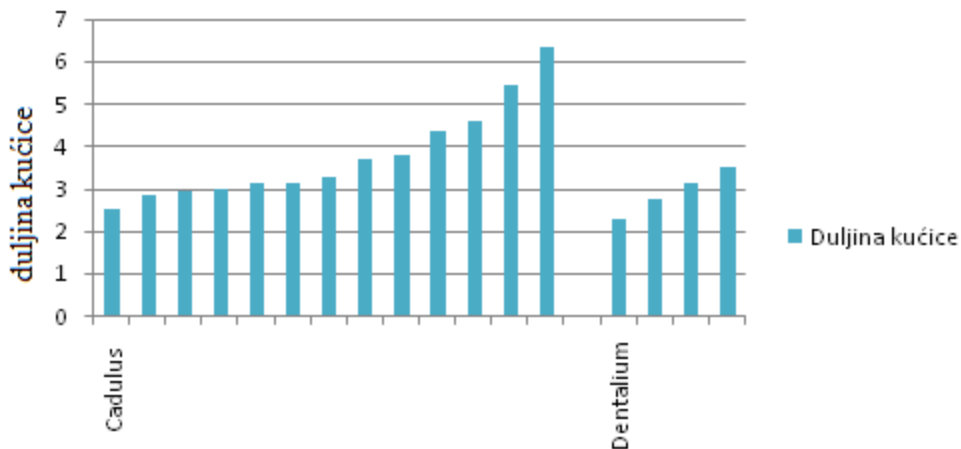
Slika 18. Odnos duljine kućice i manjeg promjera kadulusa



Slika 19. Odnos duljine kućice i većeg promjera dentaliuma



Slika 20. Odnos duljine kućice i manjeg promjera dentaliuma



Slika 21. Odnos duljina kućica kadulusa i dentaliuma

Vapnenački nanoplankton

Nanoplankton je često ključan kod određivanja starosti naslaga. Najčešće vrste u istraživanim naslagama su *Cocolithus pelagicus* (paleocen – danas) i *Helicosphaera carteri* (NN1 – danas).

Foraminifere

U ovom istraživanju određeno je mnoštvo foraminifera. Većina pripada vapnenačkim perforatnim foraminiferama, dok tri vrste pripadaju aglutiniranim. Vapnenačke perforatne foraminifere zovu se još i staklaste ili hijaline te pripadaju redu Rotaliina. Najzastupljenije su *Heterostegina* i *Planostegina*. Sljedeća najzastupljenija foraminifera je *Spirorutilus carinatus*. U Tablici 3. prikazano je u kojim su uzorcima određeni rodovi ili vrste.

Tablica 3. Popis foraminifera nađenih uistraživanim uzorcima

red	familija	rod/vrsta	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rotaliina	Cibicididae	<i>Cibicidoides lobatulus</i>	x			x				x	
		<i>Heterolepa dutemplei</i>	x	x		x	x			x	x
		<i>Cibicides</i> sp.	x			x			x	x	x
	Nummulitidae	<i>Heterostegina</i> sp.	x	x	x	x	x	x	x		x
		<i>Planostegina</i> sp.	x	x		x		x	x	x	x
	Amphisteginidae	<i>Amphistegina</i> sp.	x								x
	Nonionidae	<i>Nonion</i> sp.	x	x	x	x	x	x			
	Discorbidae	<i>Biasterigerina planorbis</i>						x			x
	Elphidiidae	<i>Elphidium</i> sp.	x	x		x	x				x
	Ammoniidae	<i>Ammonia tepida</i>		x	x	x	x		x		
Textulariida	Kaminskiidae	<i>Spirorutilus carinatus</i>	x	x		x	x	x	x	x	x
	Textulariidae	<i>Textularia gramen</i>									x

Astrorhizida	Rhabdamminidae	<i>Rhabdammina</i> sp.									X
--------------	----------------	---------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	---

Foraminifere ili korjenonošci su jednostanični organizmi koji pripadaju razredu Rhizopoda. Prema veličini kućice dijele se na mikroforaminifere (0,02 mm – 2 mm) i makroforaminifere (2 mm – 190 mm). Kućica ili stijenska se naziva teka, a ona je odijeljena septima koji odjeljuju klijetke. Septi imaju otvore kroz koje prolazi foramen i na taj način povezuje klijetke. Početna klijetka se zove prolokulus, a ondje se nalazi i otvor – ušće. Foraminifere mogu biti monotalamične ako se sastoje od jedne klijetke te politalamične ako je u pitanju više klijetki. Životinja se može kretati i pričvrstiti se za podlogu pseudopodijima (lažne nožice). Morfologija kućice puno govori o načinu života foraminifere. Debljina stijenske, ornamentacija te oblik i površina kućice samo su neki pokazatelji. S obzirom na tip stijenske dijele se na aglutinirane, vapnenačke sitnozrnate, vapnenačke imperforatne i vapnenačke perforatne (Armstrong i Brasier, 2005).

U ovom istraživanju najzastupljenija foraminifera je *Heterostegina* (Tablica 3.) (slika 22a i b), koja je u istraživanim uzorcima najčešće uočena kao vrlo veliki primjerak foraminifere. *Heterostegina* je široko rasprostranjena foraminifera, a najstariji nalazi datiraju iz eocena. Miocenski fosili *Heterostegina* nalazili su se na južnom rubu Centralnog Paratetisa, najčešće u litotamnijskim vapnencima (Presečki, 2014 i reference u radu). Na slici 22b prikazan je embrionalni razvoj foraminifere roda *Heterostegina*. Njoj vrlo slična i srodna foraminifera je *Planostegina*. *Heterostegina* i *Planostegina* (slika 22c) su numulitidne foraminifere koje pripadaju velikim bentičkim foraminiferama (engl. LBF – larger benthic foraminifera) koje se povezuju uz morske i grebenske okoliše, tj. koraljne sagove ili u miocenu češće, biokonstrukcije crvenih algi. Pojava LBF skupine veže se uz periode globalnog zatopljenja, suše, podizanje razina mora (Kopecka i sur., 2018). *Heterostegina* i *Planostegina* prepoznaju se po njihovoj plosnatoj kućici. *Heterostegina* ima malo izbočenje na sredini, dok *Planostegina* to izbočenje nema ili je slabo izraženo te je općenito planostegina plosnatija od heterostegine. *Planostegina* obitava u dubljem i mirnijem okolišu u odnosu na heterosteginu.

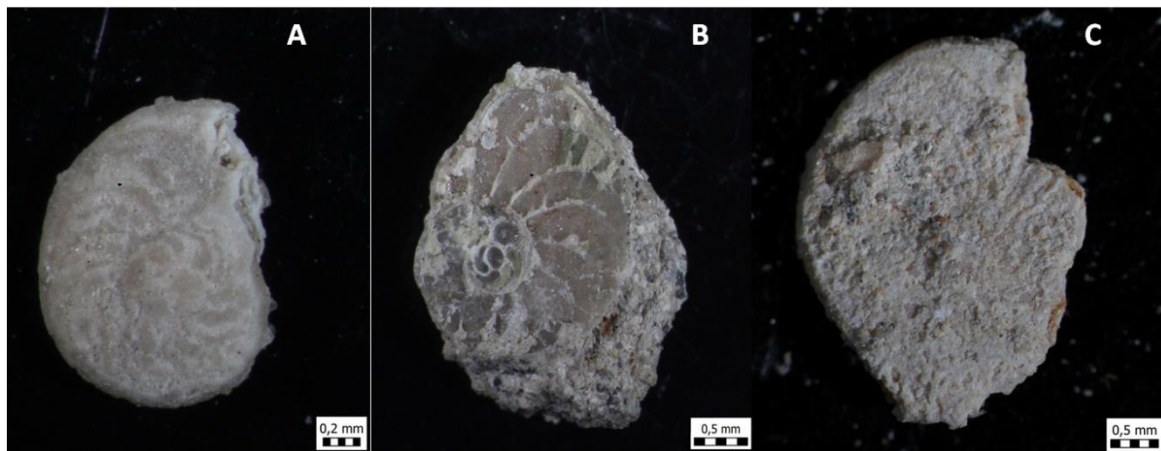
Manja, ali i dalje jako česta foraminifera je *Spirorutilus* (Tablica 3.). *Spirorutilus* sp. je oportunistička vrsta, koja može živjeti u različitim okolišnim uvjetima. Pripada aglutiniranim foraminiferama te redu Textulariida. Morfološki se najviše razlikuje pa samim time i najlakše prepoznaje od ostale foraminiferske faune radi svoje pleteničaste, tj. biserijalne kućice. Aglutiniranim foraminiferama, pa i spirorutilusu, odgovara donos pijeska, jer one od toga grade svoju kućicu. *Spirorutilus* živi u nešto dubljem moru, ne predubokom, ali se ne nalazi u blizini obale. U ovom istraživanju određena je vrsta *Spirorutilus carinatus* (slika 23a i b).

Heterolepa dutemplei (slika 24a i b) je sljedeća česta forminifera u ovom istraživanju (Tablica 3.). Ona pripada familiji Cibicididae. Njihova najvažnija karakteristika je asimetričnost kućice. Cibicididne foraminifere su svojom zaravnjenom stranom prilijepljene za supstrat, iako se znaju nastanjivati i na epifitnim biljkama (Avnaim-Katav, 2013). *Heterolepa dutemplei* jednu stranu ima zaobljenu, dok s druge strane ima zaravnjen rub i izbočenje u sredini. Obitava u plitkomorskim okolišima, obično do 40-ak metara dubine.

Mnogobrojna i česta foraminifera u istraživanim uzorcima bila je i *Nonion* (slika 25a) koja pripada rotalidnim foraminiferama. U Tablici 3. može se vidjeti učestalost roda *Nonion* u istraživanim uzorcima. Spicifične je morfologije radi svoje trubaste i izražene posljednje klijetke. *Nonion* je foraminifera koja može živjeti u različitim okolišima pa tako i u područjima niskog saliniteta s puno nutrijenata (Kopecka i sur., 2018).

Uz spomenute najčešće rodove, u ovom istraživanju određeni su i *Cibicides* sp., *Cibicidoides lobatulus* (slika 24c i d), koji su svojim karakteristikama slični vrsti *Heterolepa dutemplei*, jer pripadaju istoj familiji. Zatim slijedi *Ammonia tepida* (slika 25b), česta plitkomorska foraminifera jer može živjeti od močvarnih, bočatih sve do supersalinih okoliša. *Elphidium* sp. (slika 25c) u ovom istraživanju nije čest, ali je zabilježen kao sitan i često u fragmentima. *Elphidium* živi do 50 metara, hrani se mikroalgama i bakterijama koje rastu na morskim travama pa se veže uz plitkomorske travnate okoliše (Kopecka i sur., 2018). *Biasterigerina planorbis* (slika 26a i b) je pronađena u samo dva uzorka. LBF skupini foraminifera pripada i *Amphistegina* (slika 26c), koja je također zabilježena u dva uzorka. *Textularia gramen* (slika 23c) i *Rhabdammina* sp. (uz *Spirorutilus carinatus*) pripadaju aglutiniranim foraminiferama te su ta dva roda nađena samo u najmlađem uzorku. *Rhabdammina*

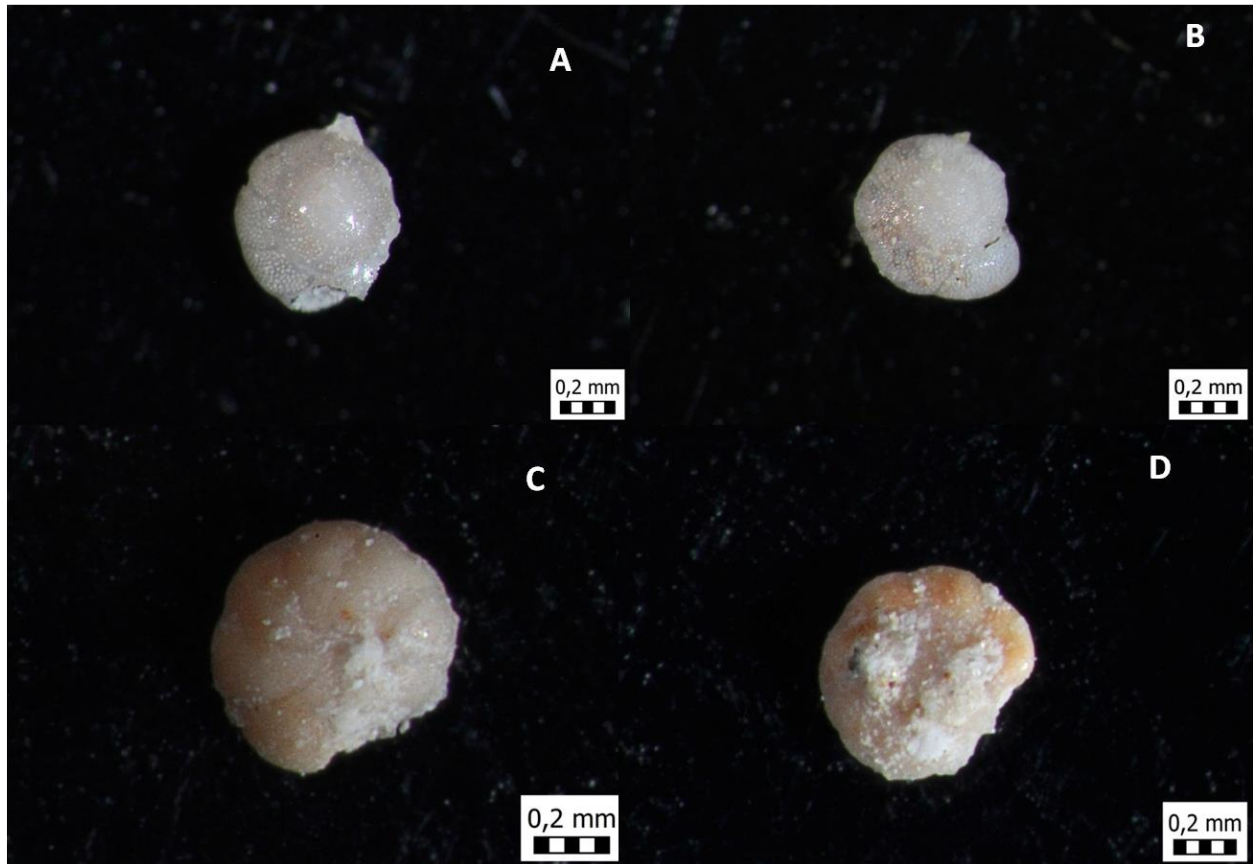
je karakteristična za mirne dubljemorske okoliše. Učestalost pojavljivanja spomenutih rodova i vrsta vidi se u Tablici 3.



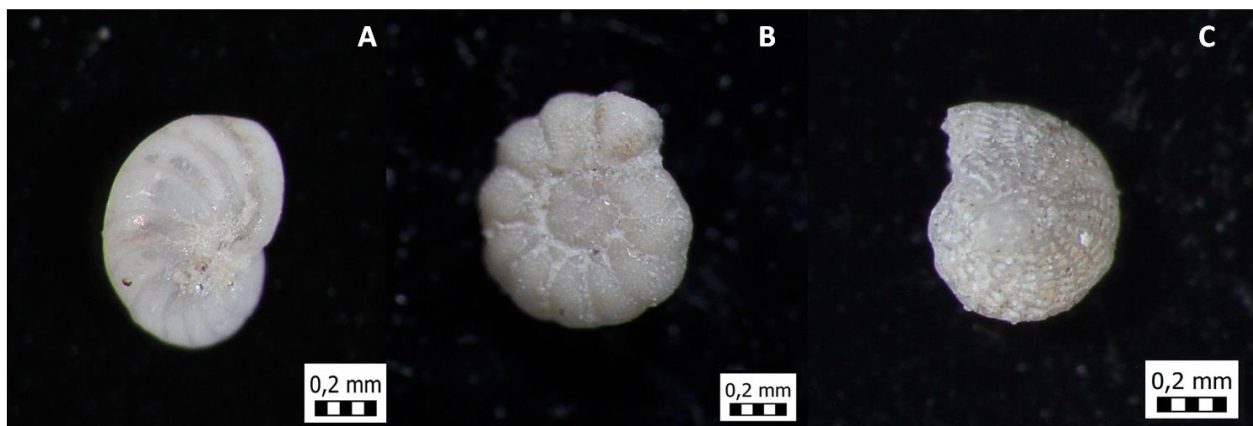
Slika 22. a) *Heterostegina* sp. (uzorak 2), b) juvenilni stadij vidljiv na presjeku roda *Heterostegina* (uzorak 1), c) *Planostegina* sp. (uzorak 8)



Slika 23. a) *Spirorutilus* sp. (uzorak 6), b) *Spirorutilus carinatus* (uzorak 7), c) *Textularia gramen* (uzorak 9)



Slika 24. a), b) *Heterolepa dutemplei* (uzorak 5); c), d) *Cibicidoides lobatulus* (uzorak 8)



Slika 25. a) *Nonion* sp. (uzorak 5), b) *Ammonia tepida* (uzorak 7), c) *Elphidium* sp. (uzorak 5)



Slika 26. a), b) *Biasterigerina planorbis* (uzorak 6); c) *Amphistegina* sp. (uzorak 1)

Ostrakodi

Podrazred ostrakoda pripada podkoljenu Crustacea (raci) te koljenu Arthropoda (člankonošci). To su raci malih dimenzija (0,15 mm do 2 mm) bilateralne simetrije. Sastoje se od dvije ljušture unutar kojih se nalazi tijelo raka. Ovalnoga su oblika, najbolje se mogu usporediti s oblikom bubrega. Postoji 70 000 vrsta ostrakoda. Njihovo tijelo nije segmentirano, sastoji se od glave i oprsja. Glava je najveći organ na kojem se nalazi pet pari člankovitih nožica, a na oprsju pet do sedam pari člankovitih nožica koje raku služe za kretanje i hranjenje. Ornamentacija i robustnost ljuštura ostrakoda govori o okolišnim uvjetima, tj. dubini i razini energije na tom području (Armstrong i Brasier, 2005).

Iz Tablice 4. se može vidjeti da je najzastupljenija vrsta *Cytheridea acuminata* (slika 27). Potom slijede *Aurila haueri* i *Aurila* cf. *punctata*. Svi nađeni rodovi i vrste karakteristični su za plitkomorski marinski okoliš badenske starosti (Hajek–Tadesse i Prtoljan, 2011).

Tablica 4. Popis ostrakoda nađenih u istraživanim uzorcima

red	familija	rod/vrsta	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Podocopida	Hemicytheridae	<i>Aurila mehessi</i>		x							

		<i>Aurila haueri</i>				x	x		x		
		<i>Aurila cf. haueri</i>	x							x	
		<i>Aurila cf. punctata</i>	x			x	x				
		<i>Aurila sp.</i>							x		x
	Cytherideidae	<i>Cytheridea acuminata</i>	x	x	x					x	
		<i>Cytheridea cf. acuminata</i>					x	x			
		<i>Neocyprideis sp.</i>								x	
	Candonidae	<i>Phlyctenophora sp.</i>			x						
	Trachyleberididae	<i>Costa edwardsii</i>									x
Platycopina	Cytherellidae	<i>Cytherella compressa</i>					x				



Slika 27. *Cytheridea acuminata* (uzorak 3)

Osim ostrakoda iz podkoljena Crustacea, nađena su (uzorci 1, 2, 3,5 i 9) i rakova kliješta (slika 28 te ostaci skeleta (slika 29), koji se prepoznaju po kružnim kvržicama, a pripadaju razredu viših rakova (Malacostraca).



Slika 28. Kliješta dekapodnog raka (uzorak 3) **Slika 29.** Fragment oklopa dekapodnog raka (uzorak 9)

Koralji, školjkaši, serpulidi i ježinci

Prisutnost koralja, školjkaša, serpulida i ježinaca u istraživanim uzorcima prikazana je u Tablici 5.

Tablica 5. Nalazi koralja, školjkaša, serpulida i ježinaca u istraživanim uzorcima

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
koralji			x	x	x				x	x
školjkaši	<i>Neopynodonte</i> sp.					x	x	x		x
	ostali školjkaši		x	x	x		x	x	x	x
serpulidi	<i>Ditrupa</i> sp.		x	x		x	x			
	<i>Vermiliopsis</i>									x
ježinci	Bodlje koje pripadaju dubokomorskim ježincima	x	x	x		x	x	x	x	
	Bodlje koje pripadaju plitkomorskim ježincima	x	x	x	x			x	x	x

Koralji su jedini organizmi koji su u ovom istraživanju bili zabilježeni samo na terenu. Bitno je napomenuti da su koralji u miocenu bili sekundarni grebenotvorci i da se oni pojavljuju samo kao solitarni oblici, njima je temperatura mora tada bila pretopla za razvitak (Sremac, usmeno priopćenje). Na slici 30 je prikazan primjerak s terena gdje se mogu raspoznati septi kao dijelovi koraljnog skeleta.



Slika 30. Nalaz solitarnog koralja *Flabellum* sp. na izdanku

U ovom istraživanju nađeno je dosta fragmenata školjkaša. Školjkaši se dijele na pet podrazreda: Protobranchia, Pteriomorpha, Heterodonta, Paleoheteromorpha i Anomalodesmata. Registrirani su fragmenti školjkaša iz familije Pectinidae, koji se prepoznaju po ušima koji okružuju vrh ili umbo te oštrige (određena je i vrsta *Neopycnodonte cochlear* (slika 31)). Školjkaši iz familije pektinida obitavaju samo u morskoj vodi, dok oštrige mogu obitavati i u okolišima s donosom slatke vode (Sremac i sur., 2018) jer ona donosi puno nutrijenata. Oni pripadaju podrazredu Pteriomorpha. Školjkaši iz familije Cardiidae, koji su također zabilježeni na izdanku, pripadaju podrazredu Heterodonta. Kardiidi su tolerantni i na bočatu vodu.



Slika 31. *Neopycnodonte* sp. (uzorak 9)

Serpulidi (slika 32) (koljeno kolutićavaca, razred mnogočetinaša) često su zastupljeni u istraživanim uzorcima. Najčešći rod je *Ditrupa*, a pojavljuje se i rod *Vermiliopsis*.



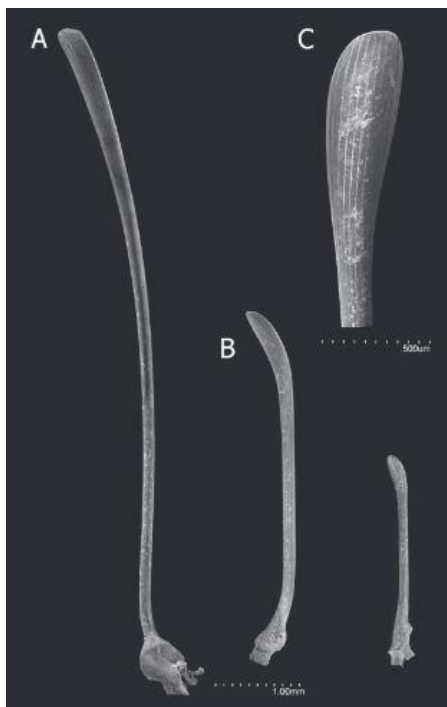
Slika 32. Serpulid (uzorak 9)

Razred ježinaca (Echinoidea) pripada koljenu bodljikaša (Echinodermata). Poznato je 800 vrsta ježinaca. Dijelev se u dva podrazreda: Cidaroida i Euechinoidea. Ježinci imaju jednodijelni skelet koji se naziva čahura ili theca. Na njoj se nalaze ambulakralna polja iz kojih izlaze nožice koje ježinac koristi za kretanje i prikupljanje hrane te interambulakralna polja iz kojih izlaze bodlje ili radiole. U sebi imaju vodožilni sustav koji je zadužen za procese hranjenja, disanja i kretanja. Hrane se algama ili sitnim sesilnim organizmima. Ježinci se dijele na pravilne i nepravilne. Pravilni ježinci imaju peterozrakastu simetriju te predstavljaju Cidaroidne ježince, dok su nepravilni ježinci bilateralno simetrični i nalaze su unutar podrazreda Euechinoidea (<https://animaldiversity.org/accounts/Echinoidea/>). Nepravilni ježinci su se razvili iz pravilnih i prisutni su od rane jure. Nepravilni ježinci žive dubljem moru te se vole ukopavati u sediment. Najčešći miocenski nepravilni ježinac (čak 75% primjeraka) je rod *Clypeaster* (Poljak, 1938). Bitno je napomenuti da se preko ježinaca može određivati temperatura mora pa je Kroh (2007) odredio da je u ranom miocenu minimalna središnja godišnja površinska temperatura mora u Centralnom Paratetisu bila 18°C. U ovom istraživanju pronađene su bodlje plitkomorskih i dubokomorskih ježinaca. Bodlje plitkomorskih ježinaca (slika 33a) imaju izraženije uzdužne

linije nego bodlje dubokomorskih ježinaca, koje često izgledaju i prozirno te su uzdužne linije puno tanje i manje izražene (slika 33b). Nađeno je i nekoliko primjeraka bodlji sa završetkom u obliku lopatice (slika 33c) koje su najvjerojatnije pripadale izumrlom spatangoidnom ježincu *Rhynobrisus* sp. (slika 34). U ovom istraživanju najveći broj bodlji pripadao je spatangoidnim ježincima, koji spadaju u nepravilne ježince. Nadalje, prepoznate su duge i šuplje bodlje iz familije Diadematoidea. Ti ježinci imaju peterozrakastu simetriju, ali pripadaju podrazredu Euechinoidea te u dubokomorskom okolišu (gdje su oni i zastupljeniji) tvore bodlje koje podsjećaju na dlake.



Slika 33. a) bodlja plitkomorskog ježinca (uzorak 9), b) bodlja dubokomorskog ježinca (uzorak 5), c) bodlja *Rhynobrisus* ježinca (uzorak 9)



Slika 34. Bodlja ježinca roda *Rhynobrisus*. Preuzeto: Martínez-Melo i sur. (2014)

Mahovnjaci

Mahovnjaci ili Bryozoa kolonijalni su organizmi sastavljeni od jedinki zooida spojenih u koloniju zoarij. Poznato je 16000 fosilnih vrsta te 4000 recentnih. Zooid ima cilindričan oblik te je veličine 0,5 do 3 mm. Skelet mahovnjaka naziva se čaška ili theca. Skelet je izgrađen od kalcijevog karbonata. Kroz čašku izlazi vijenac tentakula, koji se nalazi oko usnog otvora te njegovim treperenjem mahovnjak diše i prikuplja hranu. Po načinu prehrane pripadaju suspenzojedima. Zooidi su međusobno spojeni porama, a unutar zoarija postoji i podjela rada. Mahovnjaci uglavnom žive na tvrdim supstratima. Bitni su i kao graditelji grebena. Dijelev se u tri razreda: Phylactolaemata (red Plumatellida), Stenolaemata (red Cyclostomatida) i Gymnolaemata (redovi Ctenostomata i Cheilostomata). Mahovnjaci su uglavnom morski organizmi, rjeđe su slatkovodni (red Plumatellida) (Haq i Boersma, 1998). Mogu činiti supstrat za mnoge životinje poput mnogočetinaša, spužvi, morskih zvijezda, rakova te malih riba (Batson i Probert, 2000). Osim na grebenima, mahovnjaci mogu živjeti i na koralinacejskim vapnencima, na biokalkarenitima, na pijesku i pješčenjacima te na laporima (Moissette i sur., 2007). Mogu

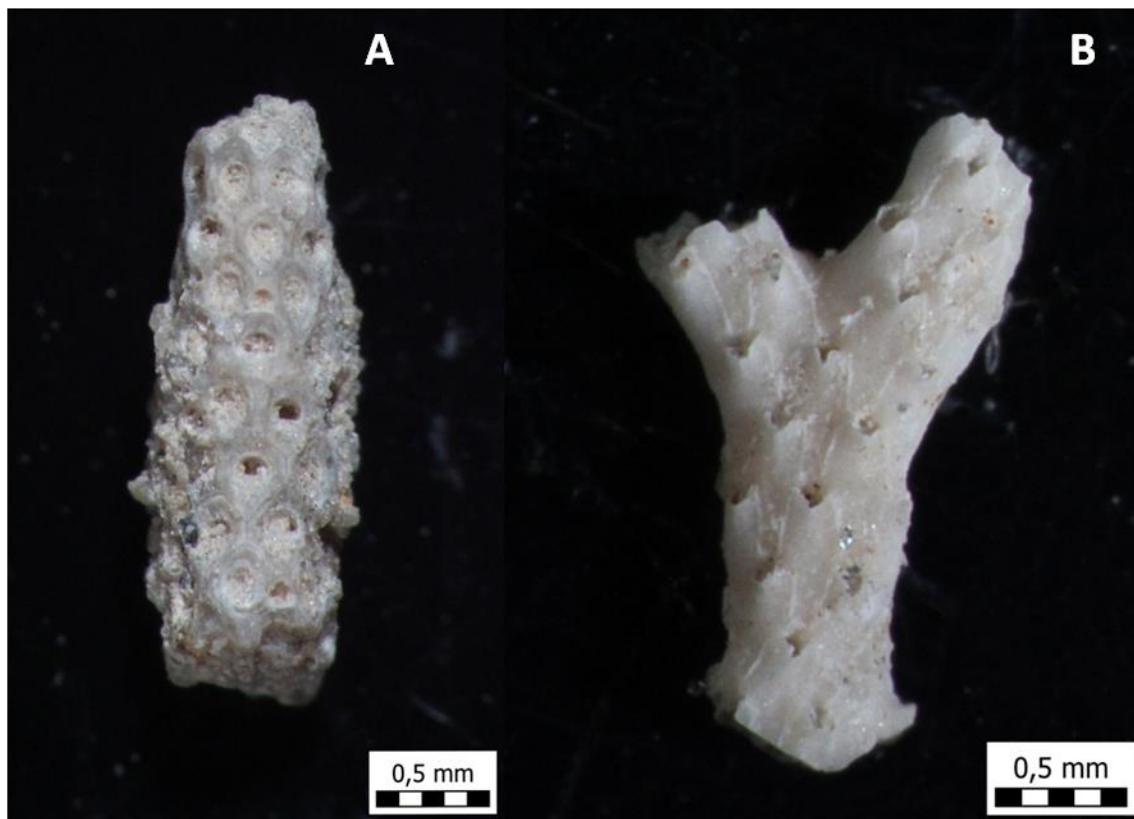
sačinjavati različite forme, uspravne fleksibilne, uspravne nefleksibilne, koraste te slobodnog tipa (Smith i Gordon, 2011). Forme u kojima mahovnjaci dolaze žive u različitim okolišima. Uspravne fleksibilne forme mahovnjaka žive u okolišu visoke do srednje energije, dok uspravne nefleksibilne žive u okolišu niže energije vode, dakle u dubljem šelfu (Amini i sur., 2004). Bitno je napomenuti da se mahovnjaci već dugo koriste u rekonstrukciji paleookoliša. Prema varijacijama u morfologiji se određuje dubina mora, dok se prema dimenzijama zooida određuju varijacije u temperaturi (Key i sur., 2012).

U Tablici 6. može se vidjeti u kojim uzorcima je pronađen rod *Cellaria* (ili vrsta *Cellaria fistulosa*), a u kojem rod *Reteporella*.

Tablica 6. Popis mahovnjaka nađenih u istraživanim uzorcima

razred	familija	rod/vrsta	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bryozoa	Cellariidae	<i>Cellaria fistulosa</i>						x			x
		<i>Cellaria</i> sp.	x	x	x		x	x	x		
	Phidoloporidae	<i>Reteporella</i>				x	x				

U ovom istraživanju nađena su dva roda mahovnjaka, *Cellaria* i *Reteporella*. *Cellaria* je određena i na nivou vrste kao *C. fistulosa*. *Cellaria fistulosa* (slika 35a) ima uspravnu fleksibilnu građu tijela, dok *Reteporella* (slika 35b) uspravnu nefleksibilnu. *Cellaria fistulosa* živi na dubini od 50-ak metara. S druge strane, *Reteporella* je raspostranjena i na dubinama do preko 500m. Ova dva roda pripadaju istom razredu (Gymnolaemata) i redu (Cheilostomata), ali različitim familijama. *Cellaria* sp. pripada familiji Cellariidae, dok *Reteporella* sp. familiji Phidoloporidae. Područja gdje je pronađeno najviše *Cellaria* sp. su Indopacifik, Antartik i sjeveroistočni Atlantik.



Slika 35. a) *Cellaria fistulosa* (uzorak 6), b) *Reteporella* sp. (uzorak 5)

Ribljí ostaci

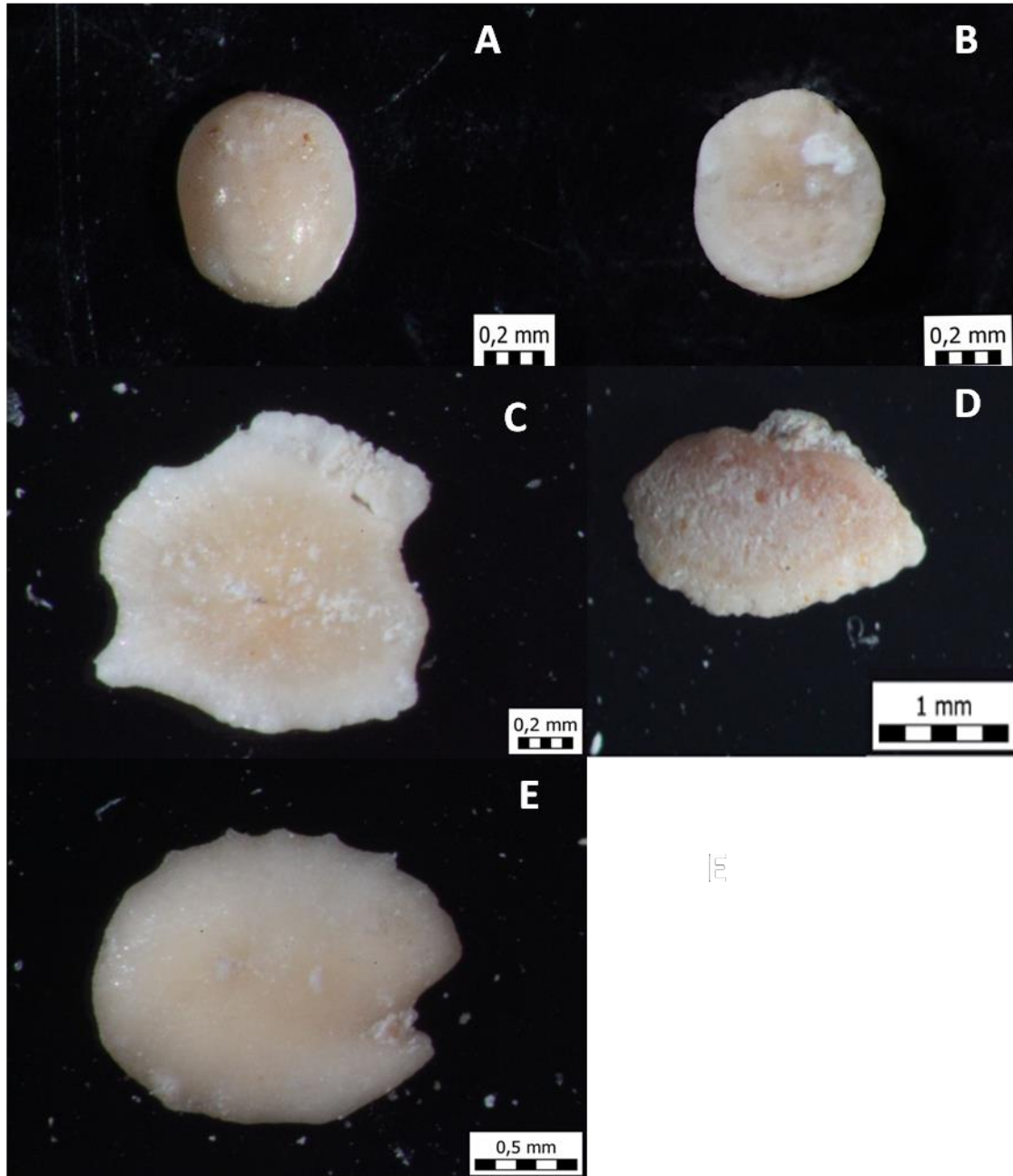
Ribe su mnogobrojna i raznolika skupina organizama koja živi u moru i slatkim vodama. Jedina su fosilna skupina koja u ovom istraživanju pripada kralješnjacima. U Tablici 7. nalazi se prikaz ribljih ostataka (zubi, ljuske i otoliti) te prisutnih rodova pa se može vidjeti koji su fosilni ostaci prisutni u kojim uzorcima.

Tablica 7. Prikaz prisutnosti ribljih ostataka u istraživanim uzorcima

	rod	1	2	3	4	5	6	7	8	9
riblji ostaci	zubi						x			x

	ljuske		x		x				x		
	otoliti	<i>Bregmaceros</i>		x						x	
		<i>Gobius</i>			x	x	x	x	x	x	x
		<i>Phycis</i>		x							
		<i>Diaphus</i>								x	

Među fosilnim ostacima riba pronađene su ljuske, zubi i otoliti. Na temelju otolita određeni su rodovi riba. Odredbu dijela nađenih otolita napravila je Petra Husain u sklopu svoga diplomskog rada (2018). Određena su četiri roda: *Gobius*, *Bregmaceros*, *Diaphus* i *Phycis*. Svi rodovi pripadaju razredu Actinopterygii (Klein, 1885), a najčešći rod je *Gobius*. Rod *Gobius* (glavoč) je plitkovodna riba koja podnosi razne okoliše. *Bregmaceros* je dubljevodni rod. Otoliti se pod mikroskopom prepoznaju kao blago narančasti fragmenti koji dolaze u raznim oblicima, od okruglog, eliptičnog do nepravilnog oblika. Neki otoliti imaju i nazubljene rubove. Otoliti imaju dorzalnu stranu, na kojoj se nalazi i dorzalna depresija, i ventralnu stranu, koja je kod nekih rodova nazubljena, ima i anteriornu, gdje se može nalaziti rostrum (oblik šiljka) i posteriornu stranu. Otolit roda *Gobius* (slika 36a i b) ima jednostavnu morfologiju, okrugloga je oblika glatkih površina. Dorzalna strana je zaravnjena, a ventralna konveksna. *Bregmaceros* (slika 36c) ima otolit nepravilnog oblika, rubovi su povijeni i isprekidani oštrim vrhovima. Dorzalna strana je ravna do konveksna, dok je ventralna strana konveksna te glatke površine. Otolit roda *Phycis* (tabinja) (slika 36d) je eliptičnoga oblika, ventralna strana je blago konveksna, dok je dorzalna izrazito konveksna. Posteriorni rub je blago povijen, dok je anteriorni blago šiljast (Husain, 2018). Rod *Diaphus* (svjetličica) (slika 37e) je okruglog oblika, glatke površine, a prepoznaje se po rubnim nazubljenjima s obje strane. Ventralna strana je konveksna, dok je dorzalna zaravnjena.



Slika 36. a) Otolit roda *Gobius* s ventralne strane (uzorak 7) b) Otolit roda *Gobius* s dorzalne strane (uzorak 7), c) Otolit roda *Bregmaceros* s dorzalne strane (uzorak 8), d) Otolit roda *Phycis* s ventralne strane (preuzeto: Husain, P., 2018), e) Otolit roda *Diaphus* s ventralne strane (uzorak 8)

6. Rasprava

6.1. Starost istraživanih naslaga

U Tablici 8. nalazi se prikaz prisutnih nanofosila u ovom istraživanju te njihova provodnost pomoću koje se može odrediti starost naslaga.

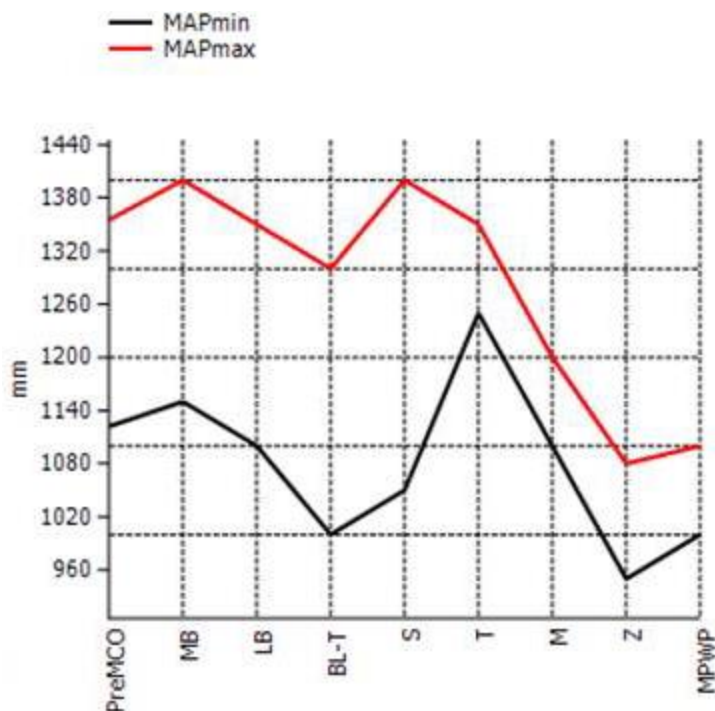
Tablica 8. Pregled nađenih vrsta nanofosila u istraživanim uzorcima te njihov stratigrafski raspon

Vapnenački nanoplankton	Paleocen	Eocen	Oligocen	NN1	NN2	NN3	NN4	NN5	mlađe
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich 1877), Schiller, 1930									
<i>Reticulofenestra pseudoumbilicus</i> (Gartner, 1967) Gartner, 1969									
<i>Reticulofenestra bisecta</i> (Hay, Mohler and Wade, 1966) Roth, 1970									
<i>Helicosphaera carteri</i> (Wallich 1877) Kamptner, 1954									

U ovom istraživanju fosilna zajednica najbolje može pokazati okolišne uvjete, dok je stratigrafski raspon fosila dosta velik, radi čega se na temelju njih ne može precizno odrediti starost naslaga. Nanofosili su najvažniji za određivanje starosti, no u ovom slučaju čak ni oni nisu puno pomogli. Određeno ih je četiri koji imaju velik stratigrafski raspon. Prema vrstama zabilježenima u istraživanim uzorcima može se zaključiti da naslage nisu starije od NN4 zone, koja pripada kraju ranog miocena, kako je prikazano u Tablici 8.

Budući da je u ovom istraživanju vrsta *Spirorutilus carinatus* jako zastupljena, postoji mogućnost da ove naslage pripadaju srednjem badenu, razdoblju kada aglutinirane foraminifere bujaju, a najzastupljenija vrsta je *Spirorutilus carinatus* po kojoj je i ova zona dobila ime.

Druga mogućnost je da se radi o starijem miocenu kada se dogodila klimatska promjena iz humidne u aridnu (slika 37), jer je u istraživanim uzorcima vidljiva promjena u zadnja dva, najmlađa uzorka. Ondje je puno manji terigeni donos što odgovara suhoj klimi te se boja čestica promijenila u žućkastu. Za potvrdu ove pretpostavke bile bi potrebne dodatne analize i daljnje istraživanje pa sam sklona u sklopu ovog diplomskog rada predložiti starost srednjega badena, jer istraživani uzorci obiluju vrstom *Spirorutilus carinatus*.



Slika 37. Prikaz količine padalina u miocenu. PreMCO – klimatski optimum prije miocena, MB – srednji burdigal, LB – kasni burdigal, BL-T – prijelaz iz burdigala u langij, S - seraval, T – torton, M - mesin, Z – zankilij, MPWP – toplo razdoblje u srednjem piacenziju (Prista i sur., 2015)

6.2. Okoliš

U ovom istraživanju fosilna zajednica je vrlo dobar pokazatelj okoliša. Svaki rod ili vrsta preferira određene uvjete u kojoj organizam obitava. Dubina vode, salinitet, stupanj energije vode, donos sedimenata s kopna, količina nutrijenata i temperatura samo su neki od čimbenika koji uvjetuju koji će organizmi nastanjivati koje područje. U svakom uzorku na temelju fosilne zajednice donosi se zaključak u kakvom su okolišu nastale te naslage. Nije dovoljno naići na jedan primjerak fosila koji je tipičan za određeni tip okoliša i donijeti zaključak o okolišu. Dovoljan je samo jedan veći val ili oluja da poremeti slojeve i “sliku” o okolišu. Dubljemorski organizmi se tada miješaju s plitkomorskim te čine zajedničku fosilnu zajednicu. Treba uzeti u obzir sve mogućnosti kod donošenja zaključaka. Za njih je potrebno sagledati cijelu sliku faune

te je potrebno preklapanje više čimbenika kako bi se donijela pretpostavka o okolišu. U ovom istraživanju, na temelju faune može se pretpostaviti da se radi o plitkomorskom okolišu, koji je u jednom trenutku bio vrlo blizu obali te bio pod snažnim utjecajem slatkih voda s kopna te u određenom periodu nešto dublje, ali također u plitkomorskom okruženju. Ovisno o količini padalina i klimatskim uvjetima, dubina mora te blizina ušća se mijenjala pa samim time i fauna. Analizirajući cjelokupnu faunu ovog istraživanja može se uočiti da nema velikih razlika među uzorcima, od rodova i vrsta do fragmentiranosti i cementacije. To može značiti da su se slojevi iz kojih potječu uzorci istaložili u vrlo kratkom vremenu ili su slični uvjeti na ovom području vladali kroz dulje vrijeme. U nastavku slijedi pregled mogućih okoliša kroz vrijeme, tj. kroz devet istraživanih uzoraka.

Uzorci - 1 i 2

Prema fosilnoj zajednici u uzorku broj jedan nema donosa slatke vode s kopna, zbog velike zastupljenosti rodova *Heterostegina* i *Planostegina*, koji obitavaju isključivo u morskoj vodi, što također vrijedi i za ostale foraminifere (osim roda *Elphidium* koji može preživjeti i u slatkoj, ali i iznimno slanoj vodi) te mahovnjake. Dobra očuvanost ostrakoda upućuje da ne bi trebali biti donešeni. Budući da su planostegine zastupljenije od heterostegina, može se pretpostaviti da se radi o mirnijem okolišu u odnosu na druge uzorke, a samim time vjerojatno i dubljem. *Planostegina* ima vrlo tanke stijenske i u odnosu na *Heterosteginu* preferira nešto mirniji okoliš. Na slici 38 je prikazana bočna strana kućice planostegine. Da se radi o dubljem dijelu plitkomorskog okoliša te da je ušće u daljini mogu potvrditi i terigeni fragmenti koji su radi svojeg transporta postali zaobljeni.

U uzorku broj dva vrlo je slična situacija kao u prošlom uzorku. Ovdje su heterostegine vrlo krupne te dominiraju nad planosteginama, što znači da je more ipak malo uzburkanije. Također nema utjecaja slatke vode radi prisutnosti organizama koji ne podnose bočatu vodu (*Spirorutilus carinatus*, *Heterolepa dutemplei*, *Nonion* sp., *Cytheridea acuminata*, *Aurila mehesi*, *Celaria* sp...) Razgranjeni mahovnjaci koji su ovdje pronađeni češće žive na padini (Moissette i

sur., 2007) pa i to ide u prilog interpretaciji o nešto distalnijem plitkomorskom okolišu. Također i dobra očuvanost skaforoda (koji žive u morskoj vodi) može potvrditi isto.



Slika 38. Bočni prikaz roda *Planostegina*

Uzorci – 3, 4 i 5

U uzorku broj tri okoliš je bio nešto plići u usporedbi sprethodna dva uzorka. Uzorak sadrži samo organizme koji vole slanu vodu, pa je isključena mogućnost taloženja u blizini dotoka slatke vode. Nema planostegina, samo heterostegina, dakle i dalje je uzburkaniji okoliš u pitanju. Mnogobrojni skaforodi potvrđuju pravi morski okoliš. Za ovaj uzorak bitno je spomenuti da radi o srednjoj fragmentiranosti, fauna nije donešena, već se radi o *in situ* fosilizaciji. Vrlo česta pojava ostataka ribe *Gobius* sp. govori također o plitkomorskom okruženju.

Uzorak broj četiri razlikuje se od dosadašnjih uzoraka. Naime, heterostegine su ovdje rijetke, ostrakodi također nisu česti, skaforodi su fragmentirani, koralji zabilježeni samo na terenu, a terigena zrna znaju biti i oštrobriđna. To ukazuje na kratki transport detritusa. Pretpostavlja se da se radi o srednjoj do visokoj energiji vode budući da su nađeni i rodoliti kojima je za njihov rast i razvoj takva energija potrebna (Bassi i Nebelsick, 2010). Dakle radi se o plitkomorskom okolišu s mogućim daljim slatkovodnim dotokom s kopna koji nekim morskim organizmima smeta pa je njihova učestalost reducirana. Nadalje, uzorak broj pet svojom faunom ukazuje na boćatost vode, tj. blizinu ušća. Ima puno oštriga koje vole donos slatke vode jer im nutrijenti iz nje služe kao hrana, a heterostegina ima malo jer im ne odgovara slatka voda.

Elphidium je primjer foraminifere koji se voli nastanjivati na travnatim okolišima, koji su bili vjerojatno zastupljeni na tom području. Skafopodi su oštećeni i vjerojatno transportirani, a i bodlji ježinaca nema puno pa i to ukazuje da morski organizmi poput njih izbjegavaju blizinu ušća.

Uzorci – 6 i 7

U uzorku broj šest ušće više nije toliko blizu. Bočati utjecaj je puno manji i dubina je nešto veća. Sve je češća pojava faune koja ne voli slatku vodu. *Spirorutilus carinatus* je najzastupljeniji, a on ne obitava u preplitkom moru. Česta je pojava mahovnjaka, a oni žive u isključivo morskom okruženju. Bodlji ježinaca ima raznolikih, i dubljevodnih i plitkovodnih, koji također ne podnose donos slatke vode. Iako su heterostegine i planostegine sitnih dimenzija, one su puno zastupljenije nego u prošlom uzorku, jer im je okoliš odgovarao.

U uzorku broj sedam može se prepoznati oscilacija saliniteta. S jedne strane česte su pojave neopiknodonte, što znači da bi se u blizini moglo nalaziti oštrižište, dok s druge strane nailazimo na velike heterostegine i skafopode. Budući da je raznolikost faune velika, može se pretpostaviti da ima obilje hrane pa je moguće da se u blizini nalazi tok slatke vode koji u sebi sadrži nutrijente kojim se organizmi hrane.

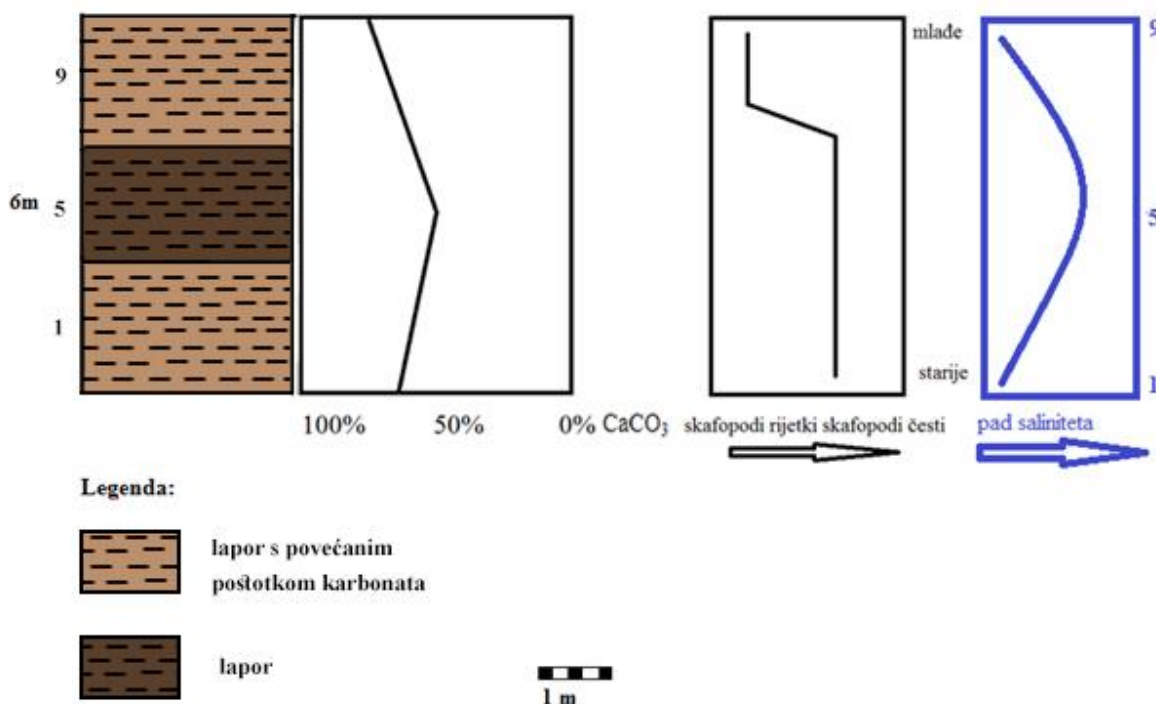
Uzorci – 8 i 9

Uzorak broj osam predstavlja prekretnicu nakon spomenutih sedam uzoraka. U ovom uzorku fosili nisu toliko brojni, ali su dosta raznoliki. Može se pretpostaviti da je okoliš nešto dublji, jer su planostegine brojnije od heterostegina te su nađeni ostaci dubokomorske ribe *Bregmaceros*.

Posljednji, najmlađi uzorak broj devet, fosilno je najbogatiji i najzanimljiviji. Na temelju njega je uočena promjena klime, prijelaz u sušno razdoblje. Terigeni donos je sve manji. Prepostavlja se da je taloženje u vrijeme nastanka ovog uzorka bilo u srednjoj morskoj dubini. Bodlje ježinaca pripadaju srednjim dubinama, planostegine su brojnije od heterostegina (što

govori da morsko dno nije preplitko). Prepoznata je i dubokomorska foraminifera *Rhabdammina*. S druge strane, nađen je i serpulid *Vermiliopsis*, koji živi u blizini obale te brojni ostali plitkomorski organizmi, koji su vjerojatno transportirani dublje na padinu.

6.2.1. Korelacija količine karbonata sa zastupljenosti skaforopoda u istraživanim uzorcima i rastom/padom saliniteta



Slika 39. Korelacija količine karbonata i učestalosti skaforopoda i padom saliniteta u istraživanim uzorcima.

Slika 39 prikazuje korelaciju između količine karbonata, saliniteta i zastupljenosti skaforopoda na istraživanom području. Može se vidjeti kako je u najmlađem uzorku, gdje je količina karbonata najveća (74,83 %) i količina skaforopoda smanjena. Padom količine karbonata, raste zastupljenost skaforopoda. Spomenuto je kako skaforopodi žive ukopani u sediment pa im odgovara povećani donos s kopna. Osim što karbonati nastaju in situ taloženjem, a terigeni detritus se transportira i dolazi u nanosima rijeka, velika razlika između taloženja terigenog

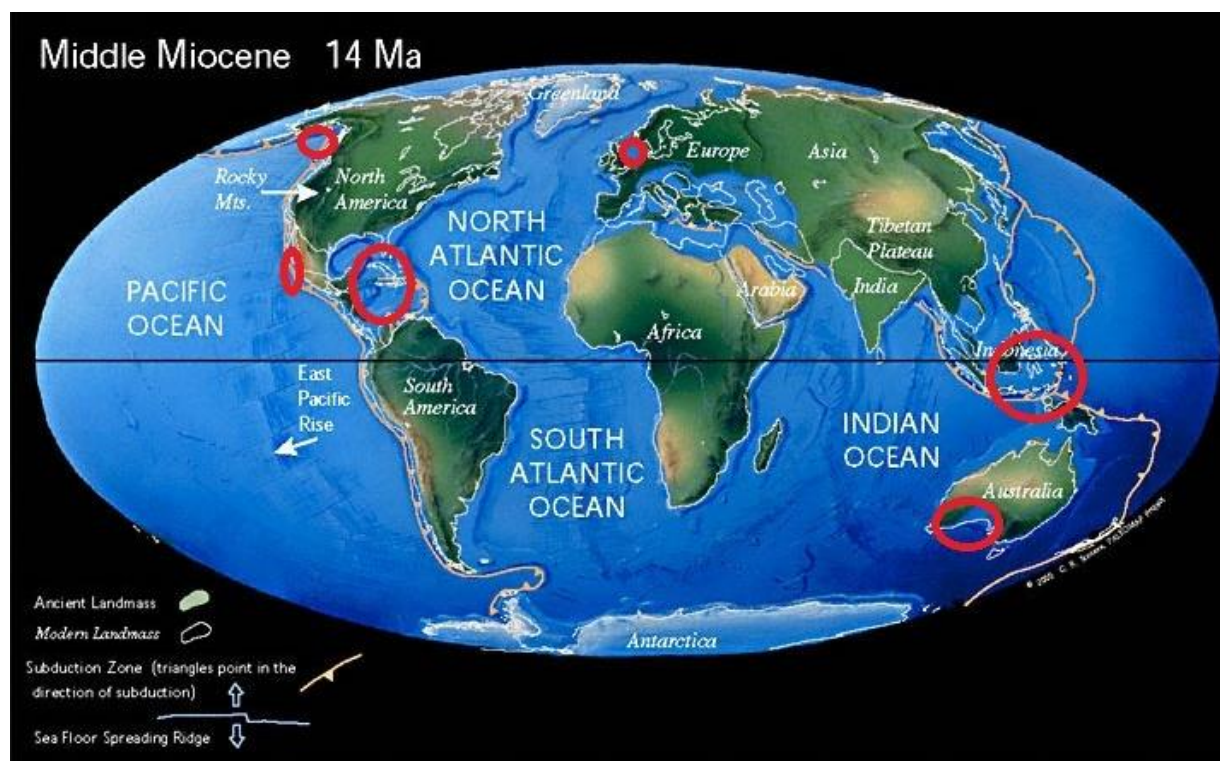
detritusa i karbonatnog mulja je i u brzini taloženja. Budući da se karbonati talože puno sporije od terigenih čestica, moglo bi se očekivati da će skafopodi preferirati pojačani donos terigenog materijala, kakav je vidljiv u sredini istraženog slijeda. S druge strane, u bazi istraženog slijeda nema velikog donosa s kopna, a skafopodi su ipak česti. Možemo zaključiti da na njihovu brojnost dodatno utječe donos slatke vode u more što skafopodima ne odgovara. Stoga se može pretpostaviti da bi umjereni donos s kopna bez velikog utjecaja slatke vode najviše odgovarao skafopodima.

6.2.2. Poteškoće u razlikovanju rodova *Cadulus* i *Ditrupa*

Postavlja se pitanje kako to da na cijelom području Centralnog Paratethysa nije određen niti jedan primjerak roda *Cadulus* (osim jednog istraživanja u Mađarskoj; Baldi, 1973), a u ovom istraživanju su oni dominantan rod. Jedna od hipoteza je da je *Cadulus* bio zamijenjen sa serpulidom roda *Ditrupa* radi njihove sličnosti. Druga je hipoteza da ih uistinu nije bilo u većem broju na ovom području, već da je nekolicina migrirala iz nekog drugog područja. Rod *Cadulus* pripada mekušcima, dok *Ditrupa* kolutićavcima. Oba organizma imaju dugačak i cilindričan vapnenački skelet. Skafopodi (*Cadulus*) imaju ravnomjerno zakrivljenu sužavajuću kućicu koja zajedno s mekim dijelom tijela živi kao infauna u moru. Serpulidi, kojoj pripada *Ditrupa*, imaju nepravilno položen cilindričan skelet tako što je pričvršćen za tvrdu podlogu. *Cadulus* može živjeti od plitkomorskih okoliša pa sve do 3500 m dubine. *Ditrupa* također živi od zone intertajdala pa sve do velikih dubina (Rouse i Pleijel, 2001). Osim taksonomije i načina života, *Cadulus* i *Ditrupa* se razlikuju po stijenci, što je presudno za njihovu odredbu. Skafopodi imaju troslojnu stijenku; vanjski sloj se fosilno ne sačuva jer je organskog porijekla, dok su srednji (prizmatski) i unutarnji (lamelozni) sloj anorganskog postanka te se vide pod mikroskopom. *Ditrupa* uopće nema slojevitost stijenke, ali zbog kolutićavosti ima segmentirani izgled te radi nabora na sebi ima poprečne linije. Stoga, pod mikroskopskim svjetlom, *Cadulus* bi trebao imati dvoslojnu stijenku, dok *Ditrupa* to nema, već samo nabore (Sremac, usmeno priopćenje).

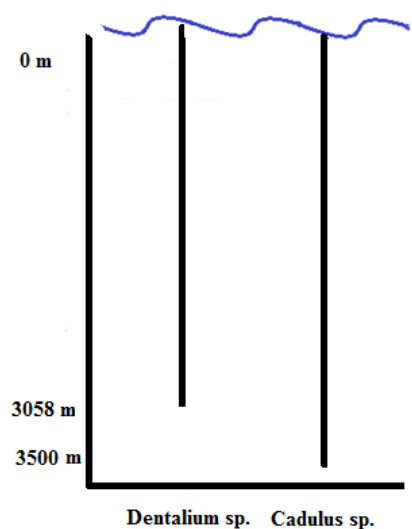
6.3. Paleogeografija i mogući smjer migracije roda *Cadulus*

Područje s kojega su uzeti uzorci za ovo istraživanje za vrijeme miocena pripadalo je Centralnom Paratetisu. Centralni Paratethys bio je pretpostavljeno povezan s Mediteranom preko „Transtetijskog prolaza“ (područje današnje Slovenije), s Istočnim Paratethysom preko današnjeg Crnog mora (koji je bio i najdugotrajniji) te sa Sjevernim morem preko doline rijeke Rhone te poljskih rijeka (Prista i sur., 2015). Neki se autori ne slažu oko postojanja „Transtetijskog prolaza“ tijekom kasnog badena (Rögli sur., 1978; Dumitrica, 1978; Rögli Steininger, 1983; Rögl, 1998). Budući da je na kraju srednjeg badena došlo do regresije, ti autori tvrde da je tada nestala poveznica Centralnog Paratetisa s Mediteranom. Oni iznose da poveznice nema na temelju jednog lokaliteta ili malog područja, koji nisu dovoljni za takve zaključke. Naime, Bartol i sur. (2014) dokazali su da je puž *Pereiraea gervaisi* migrirao preko „Transtetijskog prolaza“ jer je nađen samo na području Hrvatske, Slovenije i Mađarske u Centralnom Paratethysu, dok nije nađen na preostalim dijelovima Centralnog Paratetisa pa se pretpostavlja da je puž Transtetijskim prolazom migrirao u susjedne prostore Centralnog Paratetisa. Prema njihovim zaključcima veza s Mediteranom preko Transtetijskog prolaza postajala je sve do kraja badena. Budući da su kadulusi u Centralnom Paratetisu nađeni samo u Mađarskoj (Baldi, 1973), postavlja se pitanje kojim migracijskim putem su oni stigli na područje današnje Medvednice. Za vrijeme miocena skafofodi su zabilježeni u Sjevernom moru (Janssen, 1987). Rod *Cadulus* nije nađen, ali su određeni drugi skafofodi iz familije Gadilidae te *Dentalium* i još mnogo vrsta. No, treba napomenuti da je Goddeeris (1976) opisao vrstu *Cadulus gadus* (Montagu, 1803) na području Sjevernog mora. Osim na području Sjevernog mora, *Cadulus* je nađen i na području Indonezije, Australije, Novog Zelanda, Aljaske te Srednje i Sjeverne Amerike (slika 40). Vrsta *Dentalium badense* je određena u Bečkom bazenu (Harzhauser i sur., 2011), a *Dentalium fossile* u sjevernom dijelu Centralnog Paratetisa (Wysocka i sur., 2016). Skafofodi iz reda Dentaliida pronađeni su u okolici Zagreba, Bosne i Hercegovine i Beograda (Jovanović i Bošnjak, 2016). Navedeni su samo neki nalazi dentaliuma na području Centralnog Paratetisa, a već se može vidjeti da njihovi nalazi nisu toliko rijetki za razliku od kadulusa.



Slika 40. Zastupljenost roda *Cadulus* u svijetu za vrijeme miocena (paleogeografska rekonstrukcija prema www.scotese.com)

Bitno je napomenuti da skafopodi rodova *Dentalium* i *Cadulus* mogu živjeti u šelfnoj zoni pa sve do velikih dubina, tako da što se dubine tiče, oni su vrlo rasprostranjeni (slika 41).



Slika 41. Prikaz rasprostranjenosti dentaliuma i kadulusa s obzirom na dubinu mora

Budući da je starost naslaga određena kao badenska (prije 15,97 mil. god. – 13 mil. god), može se pretpostaviti da su skafopodi migrirali preko istočnih prolaza, koji su povezivali Indopacifik s Paratetisom. Na slici 40 se vidi da je velika zastupljenost miocenskih skafopoda na području Australije i Indonezije, a za vrijeme miocena migracije faune bile se velike pa postoji mogućnost da su došle s istoka (slika 42). Druga je opcija da su došli iz Sjevernog mora (gdje su također bili zastupljeni), koje je s Centralnim Paratetisom bilo povezano u burdigalu pa su ostali te se nastavili razvijati i u langiju (srednji baden).



Slika 42. Paleogeografija Paratetisa tijekom langija (Pristai sur., 2015)

7. Zaključak

Proučavajući skafopode i popratnu faunu nađenu u miocenskim naslagama istraživanog područja Medvednice (okolica Veternice), iznesene su pretpostavke o starosti istraživanih naslaga i taložnih uvjeta u nekadašnjem okolišu, te je pretpostavljen migracijski put istraživane miocenske faune skafopoda. Prema opisima rezultata navedenih u radu okoliš je plitkomorski s povremenim donosom slatke vode. U vrijeme nastanka najstarijih naslaga bio je mirniji i nešto dublji okoliš bez donosa slatke vode. U uzorku broj tri naslage su nastale u plićem okolišu, no i

dalje bez donosa slatke vode. Sljedeći, uzorak broj četiri nije više potpuno morski, jer postoji dotok slatke vode s kopna. Kod uzorka broj pet najviše se vidi utjecaj slatke vode, tj. ondje su naslage bile najbliže ušću slatke vode. Zatim se taloženje opet odvija dalje od ušća, ali i dalje uzveliki donos nutrijenata (koji može biti i radi vulkanske aktivnosti). Najmlađi uzorak je fosilno najbogatiji, upućuje na promjenu klime, iz humidne u aridnu, manji terigeni donos, a pripada srednjim dubinama. Smanjeni donos s kopna mogao bi biti posljedica promjene klime iz humidne u aridnu, ali i smanjene erozije zbog zaravnjenog reljefa u zaleđu.

Starost ovih naslaga ne može se točno odrediti, jer naslage nisu bogate nanofosilima. Budući da je *Spirorutilus carinatus* vrlo česta foraminifera u istraženim uzorcima, pretpostavlja se da ove naslage pripadaju *Spirorutilus carinatus* zoni srednjega badena.

Što se migracije faune tiče, stavljen je naglasak na migraciju skaforoda. Postoji mogućnost da su došli iz Indopacifika preko istočnih prolaza ili preko dolina današnjih europskih rijeka iz Sjevernog mora, gdje su skaforodi u miocenu bili česti.

8. Literatura

Amini, Z.Z., Burrett, C.F., Quilty, P.G. i Adabi, M.H. (2004): Bryozoan distribution and growth form associations as a tool in environmental interpretation, Tasmania, Australia, *Sedimentary Geology* 167/1-2, 1–15.

Armstrong, H. i Brasier, M. (2005): Microfossils, Second Edition, Blackwell. 142–184, 219–246.

Avnaim-Katav, S., Sivan, D., Almogi-Labin, A. i Sandler, A. (2013): Benthic foraminifera as palaeoenvironmental indicators during the last million years in the eastern Mediterranean inner shelf. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* Vol. 386, 512–530.

Bajraktarević, Z. i Pavelić, D. (2003): The Karpatian in Croatia. In: Brzobohaty, R., Cicha, I., Kovač, M. i Rogl, F. (2003): The Karpatian. A Lower Miocene stage of the Central Paratethys. Masaryk University, Brno, 141–144.

Báldi T. (1973): Mollusc fauna of the Hungarian Upper Oligocene (Egerian). Studies in stratigraphy, palaeoecology, palaeogeography and systematics. *Akadémia Kiadó*, Budapest, 1–511.

Bartol, M., Mikuž, V. i Horvat, A. (2014): Palaeontological evidence of communication between the Central Paratethys and the Mediterranean in the late Badennian/early Serravallian. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 394, 144–157.

Bassi D., i Nebelsick, J.H. (2010): Components, facies and ramps: Redefining Upper Oligocene shallow water carbonates using coralline red algae and larger foraminifera (Venetian area, northeast Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 295, 258–280.

Batson, P.B. i Probert, P.K. (2000): Bryozoan thickets off Otago Peninsula. New Zealand Fisheries Assessment Report 2000/46, 1–31.

Bošnjak, M., Karaica, B., Sremac, J., Vrsaljko, D., Hajek-Tadesse, V., Gruber, A., Jeftinić, S. i Posedi, N. (2014): Middle Miocene fossil assemblages and environments in the wider area of Veternica cave (SW Medvednica Mt., NW Croatia). *Acta Mineralogica-Petographica*, Abstract series 5th International Students Geological Congress, 8, 11.

Ćorić, S., Pavelić, D., Rögl, F., Mandić, O., Vrabac, S., Avanić, R., Jerković, L. I Vranjković, A. (2009): Revised Middle Miocene datum for initial marine flooding of North Croatian Basins (Pannonian Basin System, Central Paratethys). *Geologia Croatica*, 62, 1, 31–43.

Dumitrica, P. (1978): Badenian Radiolaria from Central Paratethys. In: Brestenska, E. (Ed.), *Chronostratigraphie and Neostatotypen. Miozän der Zentralen Paratethys. MiozänM4-Badenien*. VEDA, Bratislava, 231–261.

Goddeeris, B (1976): *Cadulus gadila dingdenensis* sp. nov. And *Cadulus gadila benoist ihouthalenensis* subsp. nov. from neogene of the North Sea Basin. Bull. Soc. belge Geol., 85/4, 155–162, Bruxelles

Gorjanović-Kramberger, D. (1907): Die geotektonischen Verhältnisse des Agramer Gebirges und die mit denselben im Zusammenhang stehenden Erscheinungen. Anhang zu den Abhandl. Preuss. Akad. Wiss. vom J. 1907, 1–30.

Gorjanović-Kramberger, D. (1908): Geologische Übersichtskarte des Königreiches Kroatien-Slavonien. Erläuterungen zur geologischen Karte von Agram, Zone 22, Col XIV. Nakl. Kralj. zemalj. vlade, Odjelzaunut. poslove, Zagreb, 1–75.

Hajek-Tadesse, V. i Prtoljan, B. (2011): Badenian Ostracoda from the Pokupsko area (Banovina, Croatia), Geologica Carpathica 62, 5, 447–461.

Harzhauser, M., Piller, W.E. i Mandic, O. (2007): Miocene Central Paratethys stratigraphy – current status and future directions. Stratigraphy 2007, 4, 151–168.

Harzhauser, M., Mandić, O. i Schlogl, J. (2011): A late Burdigalian bathyal mollusc fauna from the Vienna Basin (Slovakia). Geologica Carpathica, 62/3, 211–231.

Haq, B.U. i Boersma, A. (1998): Introduction to marine micropaleontology. Elsevier, Amsterdam, 189–201.

Husain, P. (2018): Ostaci riba (otoliti) u badenskim naslagama jugozapadne Medvednice, Magistarski rad, Prirodoslovno – matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, VII + 60.

Janssen, R. (1987): Evolution and stratigraphical distribution of Oligocene and Miocene Scaphopoda in the North Sea Basin — a preliminary report, Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol, 171–180, Leiden.

Jovanović, G. i Jovanović, J. (1992 – 1998): Tertiary Scaphopods in Natural History Museum, Belgrade. – Bulletin of Natural History Museum, Belgrade, A 47–50, 199–204.

Jovanović, G. i Bošnjak, M. (2016): *Fissidentalium badense* (PARTSCH in HÖRNES, 1856) from the Badenian deposits of the south and southwestern margin of the Pannonian Basin System (Central Paratethys), *Geologia Croatica*, 69/2, 195–200.

Key, M.M.Jr., Zágöršek, K. i Patterson, W.P. (2012): Paleoenvironmental reconstruction of the Early to Middle Miocene Central Paratethys using stable isotopes from bryozoan skeletons. *Int J Earth Sci (GeolRundsch)*, DOI 10.1007/s00531-012-0786-z

Kochansky, V. (1944): Fauna marinskog miocena južnog pobočja Medvednice (Zagrebačke gore). – Hrv. Drž. Geol. zav. Hrv. Drž. Geol. muz., Vol. 2/3, 171–280, Zagreb.

Kochansky-Devidé, V. i Bajraktarević, Z. (1981): Miocen (baden i sarmat) najzapadnijeg ruba Medvednice. *Geološki vjesnik*, 33, 43–48.

Kopecka, J., Hladilova, Š., Holcova, K., Nehyba, S., Brzobohaty R. i Bitner, M.A. (2018): The earliest Badenian Planostegina bloom deposit: Reflection of an unusual environment in the westernmost Carpathian Foredeep (Czech Republic), *Geological Quarterly*, 62, 18–37.

Kováč, M., Hudáčková, N., Halásová, E., Kováčová, M., Holcová, K., Oszczypko-Clowes, M., Báldi, K., Less, G., Nagymarosy, A., † Ruman, A., Klučiar, T. i Jamrich, M. (2017): The Central Paratethys palaeoceanography: a water circulation model based on microfossil proxies, climate, and changes of depositional environment. *Acta Geologica Slovaca*, 9, 2, 75–114.

Kroh, A. (2007): Climate changes in the Early to Middle Miocene of the Central Paratethys and the origin of its echinoderm fauna. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 253, 169–207.

Martínez-Melo, A. Alonso Solís-Marín, F. i Laguarda-Figueras, A. (2014): New record of the irregular sea urchin *Rhynobrissus cuneus* (Echinoidea: Brissidae), *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85, 617–620.

Moissette, P., Escarguel, G., Dulai, A., Kazmer, M., Muller, P. i Saint – Martin, J.P. (2007): Mosaic of environments recorded by bryozoan faunas from the Middle Miocene of Hungary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 252, 530–536.

Pamić, J., (1997): Vulkanske stijene Savsko-dravskog međurječja i Baranje (Hrvatska). Nafta, posebno izdanje, Zagreb, posebno izdanje, 1–192.

Pavelić, D. (2001): Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin System. *Basin Research*, 12, 359–376.

Pavelić, D. (2002): The South-Western Boundary of Central Paratethys. *Geologia Croatica*, 55/1, 83–92.

Pavelić, D. i Kovačić, M. (2018): Sedimentology and stratigraphy of the Neogene rift-type North Croatian Basin (Pannonian Basin System, Croatia): A review. *Marine and petroleum geology*, 91, 455–469.

Pavlovsky, M. (1958): O heterosteginama i njihovim nalazištima u Hrvatskoj. *Geološki vjesnik* 100, Vol. XII, Zagreb, p. 23.

Pezelj, Đ. (2005): Late Badenian Deep-Water Microfossil Association from the locality St. Barbara in Medvednica Mt. (Croatia). U: Velić, I., Vlahović, I. & Biondić, R. (ur.): 3. hrvatski geološki kongres, Knjiga sažetaka Abstract Book, Opatija, Hrvatska, Hrvatsko geološko društvo, Hrvatski geološki institut, Prirodoslovno-matematički fakultet, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, INA-Industrija nafte d.d., 109–110.

Pezelj, Đ. (2015): Donjobadenske bentičke foraminifere lokaliteta Glavnica Gornja. U: Mauch Lenardić, J., Hernitz Kučenjak, M., Premec Fuček, V. & Sremac, J. (ur.): Međunarodni znanstveni skup 100-ta obljetnica rođenja Vande Kochansky-Devidé, Zagreb, Knjiga sažetaka, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 72–72.

Pezelj, Đ., Sremac, J. i Sokač, A. (2007): Palaeoecology of the Late Badenian foraminifera and ostracoda from the SW Central Paratethys (Medvednica Mt., Croatia). *Geologia Croatica*, 60/2, 139–150.

Pezelj, Đ, Sremac, J. i Bermanec, V. (2016): Shallow-water benthic foraminiferal assemblages and their response to the paleoenvironmental changes-example from the Middle Miocene of Medvednica Mt. (Croatia, Central Paratethys). *Geologica Carpathica*, 67, 4, 329–345.

Piller, W.E., Harzhauser, M. i Mandic, O. (2007): Miocene Central Paratethys stratigraphy – current status and future directions. *Stratigraphy*, 4, 2/3, 151–168.

Poljak, J. (1938): Prilog poznavanju miocenskih Echinoidea Hrvatske i Slavonije – in Croatian. *Vesnik Geološkog instituta kraljevine Jugoslavije* 7, 167–203.

Popov, S.V., Rögl, F., Rozanov, A.Y., Steininger, F.F., Shcherba, I.G. i Kovac, M. (2004): Lithological-Paleogeographical maps of Paratethys. 10 Maps Late Eocene to Pliocene. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 250, 1–46.

Presečki, M., (2014): Rod *Heterostegina* u miocenu Centralnog Paratethysa, Završni rad, Prirodoslovno – matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, p. 14.

Prista, A.G., Agostinho, R.J. i Cachão, M.A. (2015): Observing the past to better understand the future: a synthesis of the Neogene climate in Europe and its perspectives on present climate change, *Open Geosciences*, 7, 65–83.

Rouse, G.W. i Pleijel, F. (2001): *Polychaetes*. Oxford University Press; Oxford, UK: 2001, p. 354.

Rögl, F., Steininger, F.F. i Müller, C., (1978): Middle Miocene salinity crisis and paleogeography of the Paratethys (Middle and Eastern Europe). *Initial Rep. Deep Sea Drill. Proj.* 42 (1), 985–990.

Rögl, F. i Steininger, F.F. (1983): Vom Zerfall der Tethys zu Mediterran und Paratethys. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* 85, 135–163.

Rögl, F. (1998): Palaeogeographic Considerations for Mediterranean and Paratethys Seaways (Oligocene to Miocene). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 99 A, 279–310.

Rögl, F., Ćorić, S., Hohenegger, J., Pervesler, P., Roetzel, R., Scholger, R., Spezzaferri, S. i Stingl, K. (2007): Cyclostratigraphy and Transgressions at the Early/Middle Miocene (Karpatian/Badenian) Boundary in the Austrian Neogene Basins (Central Paratethys). U: Hladilová, Š., Doláková, N. & Tomanová-Petrová, P. (ur.): Scripta – Geology 36. 15th Conference on Upper Tertiary. May 31, 2007. Brno, Czech Republic. Proceedings and Extended Abstracts. 1. vyd. Masaryk University, Faculty of Science, 7–13.

Smith, A.M. i Gordon, D.P. (2011): Bryozoans of southern New Zealand: a field identification guide, New Zealand Aquatic Environment and Biodiversity Report No. 75, Wellington, p. 64.

Sremac, J., Tripalo, K., Repac, M., Bošnjak, M., Vrsaljko, D., Marjanac, T., Moro, A., Lužar – Oberiter, B., Fio – Firi K. i Aščić, Š. (2018): Middle Miocene drowned ramp in the vicinity of Marija Bistrica (Northern Croatia), The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin, 56:551.8, 23–43.

Steinter, G. i Kabat, A. R. (2011): Catalogue of supraspecific taxa of Scaphopoda (Mollusca). *Zoosystema* 23 (3): 433–460.

Šikić, K., Basch, O. i Šimunić, A. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ, list Zagreb 1:100 000. Tumačza list Zagreb, L 38-80. Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1972) Savezni geološki zavod, Beograd, 81.

Šikić, L. (1968): Stratigrafija miocena sjeveroistočnog dijela Medvednice na osnovu faune foraminifera. *Geološki vjesnik*, 21, (1967), 213–227.

Tišljar, J.(1994): Sedimentne stijene. Školska knjiga, Zagreb. XI + 417.

Vrsaljko, D., Pavelić, D., Miknić, M., Brkić, M., Kovačić, M., Hećimović, I., Hajek-Tadesse,V., Avanić, R. & Kurtanjek, N. (2006): Middle Miocene (Upper Badenian/Sarmatian) Palaeoecology and Evolution of the Environments in the area of Medvednica Mt. (North Croatia). *Geologia Croatica*, 59/1, 51–63.

Wysocka, A., Radwanski, A., Gorka, M., Babel, M., Radwanska, U. i Zlotnik, M. (2016): The Middle Miocene of the Fore-Carpathian Basin (Poland, Ukraine and Moldova), *Acta Geologica Polona*, vol. 66, 351–401.

Mrežni izvori

http://www.ronshimek.com/images/animals/mollusca/scaphopoda/Antalis_and_Gadila_radulae.jpg

<http://www.ronshimek.com/scaphopod.html>

<http://www.ucmp.berkeley.edu/taxa/inverts/mollusca/scaphopoda.php>

<https://animaldiversity.org/site/accounts/information/Scaphopoda.html>

<https://animaldiversity.org/accounts/Echinoidea/>

www.scotese.com