

Marinske miocenske naslage na lokalitetu Dubravica okretište (jugozapadna Medvednica)

Gjirlić, Marta

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:910074>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-29**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Marta Gjirlić

**Marinske miocenske naslage na lokalitetu Dubravica
okretište (jugozapadna Medvednica)**

Diplomski rad

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

MARTA GJIRLIĆ

**MARINSKE MIOCENSKE NASLAGE NA LOKALITETU DUBRAVICA
OKRETIŠTE (JUGOZAPADNA MEDVEDNICA)**

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

Zagreb, 2020.

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

„You get a strange feeling when you're about to leave a place. Like you'll not only miss the people you love but you'll miss the person you are now at this time and this place, because you'll never be this way ever again.“

Azar Nafisi

Prvenstveno se zahvaljujem svojoj mentorici, prof. dr. sc. Jasenki Sremac, od koje sam naučila tolike stvari kroz godine studiranja, bilo o životu, strpljenju ili ljubavi prema izabranoj profesiji, bez koje ovaj rad nikada ne bi bio napisan do kraja, a nikada mi ne bi bilo ni ovakvo zadovoljstvo ga pisati.

Također se zahvaljujem dr. sc. Valentini – Hajek Tadesse pri odredbi vrsta ostrakoda, prof. geol. i geogr. Šimunu Aščiću koji je proveo analizu nanofosila te svim djelatnicima fakulteta koji su mi bili vodilja kroz sve godine studiranja.

Zahvaljujem se svojoj obitelji koja mi je bila velika podrška i motivacija do samoga kraja studiranja iako sam poprilično sigurna da moji roditelji i dalje nisu sasvim sigurni za što sam se točno ja sve ove godine izučavala. Najveća hvala ide mojoj sestri Dori koja se sa mnom borila protiv svijeta stojeći rame uz rame. Hvala Palpatini na svim zagrijanim papirima i hvala Edi na savršenoj distrakciji.

Na koncu se zahvaljum mojim prijateljima koji su istrpjeli sve živčane slomove zajedno sa mnom i odlučili ostati u mome životu. Posebno se zahvaljujem kolegicama Ajni i Ani koje do zadnjega trenutka prolaze kroz iste muke kao i ja, kolegici Matei koja je moja stijena i Lei koja me neiscrpno motivirala kada mi je bilo najteže.

Čestitam Marta, život te sada čeka...

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Geološki odsjek

Diplomski rad

MARINSKE MIOCENSKE NASLAGE NA LOKALITETU DUBRAVICA OKRETIŠTE (JUGOZAPADNA MEDVEDNICA)

MARTA GJIRLIĆ

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

Sažetak: Na jugozapadnom obodu Medvednice, pokraj okretišta Dubravica, istraživani su glinoviti vapnenci. U njima je nađena bogata morska mikrofauna, među kojom se ističu foraminifere, ostrakodi, školjkaši, puževi, skaforodi, spikule spužvi, bodlje ježinaca, mahovnjaci, otoliti i drugi riblji ostaci. Okoliš taloženja određen je kao srednji šelf, najvjerojatnije oko 50-ak m dubine. Gledajući očuvanost fosilnih jedinki utvrđeno je da je došlo do miješanja plitkomorske i dubokomorske faune, moguće za vrijeme jačih oluja. Starost naslaga ustanovljena je kao baden.

Ključne riječi: glinoviti vapnenac, mikrofosili, paleoekologija, baden, Medvednica,

Centralni Paratethys

Rad sadrži: 66 + VII stranica, 49 slika, 8 tablica, 86 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.

Đurđica Pezelj, izv. prof. dr. sc.

Dražan Kurtanjek, v. pred. mr. sc.

Zamjenski ocjenjivač: Katarina Gobo, doc. dr. sc.

Datum završnog ispita: 25. veljače 2020.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Thesis

MARINE MIOCENE DEPOSITS AT THE LOCALITY DUBRAVICA BUS STOP (SOUTHWESTERN MEDVEDNICA)

MARTA GJRLIĆ

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

Abstract: At the southwestern slopes of Mt. Medvednica, near the bus terminal Dubravica, argillaceous limestones occur. They comprise rich marine microfossil assemblage, including foraminifers, ostracods, bivalves, gastropods, scaphopods, sponges, echinoids, bryozoans and fish remains. Depositional environment is presumed as the middle shelf, around 50 m deep. Considering the mode of preservation, shallow- marine and open sea fauna was mixed, probably during some severe storms. Age is estimated as the Badenian.

Key words: argillaceous limestone, microfossils, palaeoecology, Badenian, Medvednica,
Central Paratethys

Thesis contains: 66 + VII pages, 49 figures, 8 tables, 86 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

Đurđica Pezelj, associate professor

Dražen Kurtanjek, senior lecturer

Substitute reviewer: Katarina Gobo, assistant professor

Date of the final exam: 25th February 2020

SADRŽAJ:

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | UVOD | 1 |
| 2 | PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA | 3 |
| 3 | GEOLOŠKI RAZVOJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA | 6 |
| 3.1 | „Jugozapadni ili Doljanski“ razvoj | 10 |
| 4 | METODE ISTRAŽIVANJA | 11 |
| 4.1 | Terenski rad | 11 |
| 4.2 | Laboratorijski rad | 12 |
| 4.2.1 | Kalcimetrija | 14 |
| 4.3 | Kabinetski rad | 15 |
| 5 | REZULTATI | 16 |
| 5.1 | Opis uzorka | 16 |
| 5.2 | Kalcimetrija | 20 |
| 5.3 | Paleontološka analiza | 20 |
| 6 | RASPRAVA | 44 |
| 6.1 | Starost lokaliteta | 44 |
| 6.2 | Ekološke niše i način života najčešćih organizama | 45 |
| 6.3 | Paleookoliš | 48 |
| 6.4 | Komparacija izdanka | 52 |
| 6.5 | Paleogeografija i migracije | 54 |
| 7 | ZAKLJUČAK | 57 |
| 8 | LITERATURA | 58 |

1 UVOD

Miocenske naslage Medvednice jedna su od češćih tema geoloških znanstvenih i stručnih radova.

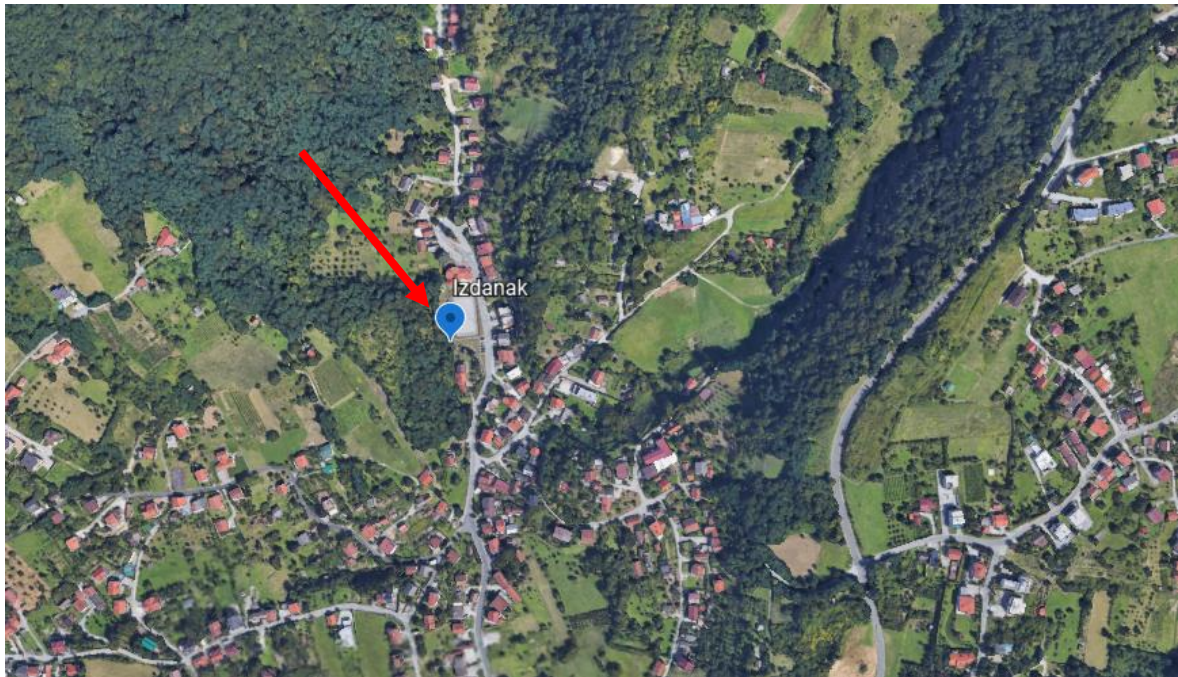
Područje Medvednice tijekom miocena geotektonski pripada jugozapadnom rubu Panonskoga bazenskog sustava, a paleogeografski Centralnom Paratethysu (Rögl, 1999; Pavelić, 2002; Harzhauser i Piller, 2007; Kováč i sur., 2007; Piller i sur., 2007). Sedimentni zapis odražava paleogeografsku promjenu obilježenu ciklusima transgresije i regresije koja je nastupila na prijelazu iz donjeg u srednji miocen. Te badenske, odnosno srednjomiocenske naslage sadrže tragove morskih transgresija koje su preplavile ovaj prostor u geološkoj povijesti te omogućile taloženje raznih fosilima bogatih sedimenata (Rögl, 1999; Harzhauser i Piller, 2007; Kováč i sur., 2007; Piller i sur., 2007;). Za vrijeme srednjomiocenske morske transgresije zabilježen je i miocenski klimatski optimum koji je rezultirao vrhuncem paleobioraznolikosti među puževima i školjkašima. Oni su otvorene morske prolaze koristili kao migracijske puteve iz susjednih morskih područja (Harzhauser i Piller, 2007). Fosiliferne badenske morske naslage rasprostranjene su duž padina cijele Medvednice.

Glavna tema ovoga diplomskog rada je istraživanje morske faune miocenskih naslaga na jugozapadnom obodu Medvednice, iza općine Dubravice (u blizini špilje Veternice, neposredno pored okretišta autobusa Dubravica) (slike 1, 2). U naslagama žućkastih lapora, koji po starosti odgovaraju gornjemu badenu, pronađena je bogata morska fauna koja uključuje spikule spužvi, foraminifere, bodlje ježinaca, mahovnjake, otolite i druge riblje ostatke, školjkaše, puževe i skafopode.

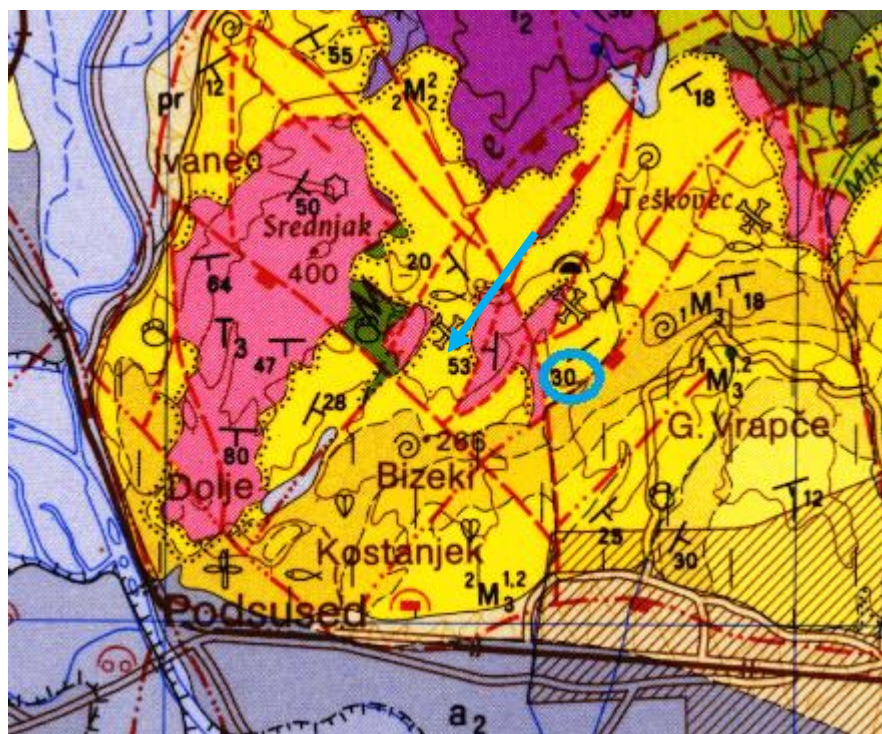
Ispočetka se posebna pažnja posvetila nalazima mekušaca (s naglaskom na školjkaše i puževe), ali su se fosilni nalazi pokazali preoskudnima za daljnu determinaciju fosilne vrste i roda pa je ta uloga dana fosilnoj skupini foraminifera i ostrakoda koji su bili najzastupljeniji u uzorku. Foraminiferske i ostrakodne zajednice odličan su izvor paleoekoloških podataka, te se na temelju njihove rasprostranjenosti mogu donijeti zaključci o tipovima okoliša i uvjetima u kojima je došlo do taloženja, a daljnjom analizom se mogu dobiti podaci o dubini, temperaturi, salinitetu i tipu podloge okoliša u kojima su živjeli.

Temeljni ciljevi ovoga rada bili su određivanje starosti proučavanih naslaga na temelju zabilježenih rodova i vrsta, interpretacija taložnog okoliša i migracijskih puteva

prisutne faune. Proučavani miocenski lapori po starosti odgovaraju badenu, a taloženi su u okolišu središnjeg šelfa.



Slika 1. Mjesto istraživanja; općina Dubravica (na karti označeno kao Izdanak) (preuzeto s *Google Earth* 16.12.2019.)



Slika 2. Isječak iz Osnovne geološke karte (OGK list Zagreb; Šikić i sur., 1979). Miocenske naslage su označene žutom bojom, a transgresivno leže na gornjotrijaskim dolomitima (ljubičasto). Položaj izdanka označen je plavim kružićem.

2 PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Velik broj znanstvenih radova, doktorskih disertacija te članaka objavljen je na temu badenskih naslaga Medvednice, a ovaj diplomski rad predstavlja samo jedan u nizu objavljenih upravo na tu temu koja ostaje jednako aktualna danas kao i na samim začecima istraživanja.

Već u drugoj polovici 19. stoljeća austrougarski geolozi započinju istraživanje hrvatskih krajeva, a paralelno njima hrvatski prirodoslovci započinju geološko-paleontološka istraživanja Medvednice.

Prvi zapisi geoloških istraživanja područja Medvednice potječu od **Vukotinovića** (1855) koji opisuje „tercijarne“ naslage između Zagreba i Podsuseda te **Foetterle** (1861/1862).

Prva geološka karta cijelog područja Medvednice dolazi iz otiska Vukotinovićevooga teksta (1860).

Pilar (1881) opisuje stijene Zagrebačke gore i „tercijarne“ naslage.

Dragutin Gorjanović – Kramberger se prvi bavio fosilnim nalazima te tektonikom Medvednice i ujedno bio autor prve pregledne geološke karte Hrvatske i Slavonije (1904). Godine 1882. objavljuje rad u kojemu izdaje listu foraminifera pronađenih na području Vrapča. To je ujedno i prvi objavljeni popis „tortonkih“ foraminifera Zagrebačke gore. U tumaču geološke karte Zagreb, Gorjanović-Kramberger (1908a,b) Zagrebačku goru opisuje kao „stari razlomljeni otok sa svih strana okružen tercijarnim tvorevinama koje transgrediraju preko starijih naslaga“. Među „tercijarnim“ naslagama opisuje eocenske, oligocenske, miocenske („stariji mediteran“, „mlađi mediteran“ i sarmat) i pliocenske naslage.

Kochansky (1944) je detaljno opisala marinsku miocensku faunu južnog dijela Medvednice u svojoj doktorskoj disertaciji pod nazivom „Fauna marinskog miocena južnog pobočja Medvednice (Zagrebačke gore)“. Na temelju paleontološke analize, tj. po sastavu faune i stupnju očuvanja fosila te po petrografskoj osnovi, Kochansky je „torton“ podijelila na tri razvoja: 1.) „Doljanski razvoj tortona“ koji se proteže od Gornjeg Ivanca u Zagorju, preko Jarka, Dolja, Bizeka, Gornjeg Stenjeva, Vrapča, Krvarića, Šestina,

Gračana do Blizneca; 2.) „Čučerski razvoj“ koji zauzima veliki prostor između sela Čučerje, Goranci, Donja Planina, Sopnica, Gornja Kašina, Gornja Glavnica, Moravče i Nespeš; 3.) „Zelinski razvoj“ koji se proteže od Nespeša preko Psarjeva, Kalinja do Orešja i na sjevernoj strani Medvednice prema Mariji Bistrici. „Doljanski razvoj“ jest onaj jugozapadni te se tu nalazi istraživani izdanak. Područje je karakterizirano debelim naslagama litavca ispod kojeg mjestimično proviruju izdanci tamnosivog lapora, a spomenuti su još i facijesi: badenski lapor, obalni konglomerat, litavac u užem smislu, „nuliporni vapnenac“, pješčenjak, pjeskoviti lapori.

Pavlovsky (1959) se bavi velikim foraminiferama roda *Heterostegina*, od kojih određuje vrste i rodove na Medvednici. O tome piše u radu „O heterosteginama i njihovim nalazištima u Hrvatskoj“. Na području Dolja odredila je podvrstu *Heterostegina costata politatesta* (Papp i Küpper, 1954) koja pripada buliminsko – bolivinskoj zoni gornjega badena.

Kranjec (1964) kartira „tercijarne“ naslage jugozapadne Medvednice te opisuje „tortonske“ facijese. Naslage definira kao dubokomorske, plitkovodne, obalne, slatkovodne i bočate.

Šikić, L. (1968) predlaže biostratigrafsku zonaciju badenskih i sarmatskih naslaga na području sjeveroistočne i jugozapadne Medvednice prema istraživanoj foraminiferskoj zajednici.

Šikić, K. i sur. (1972) autori su karte i tumača za list Zagreb (Osnovna geološka karta SFRJ, list Zagreb 1:100 000; Tumač za list Zagreb, L 33 – 80).

Kochansky-Devidé & Bajraktarević (1981) opisuju miocen (baden i sarmat) najzapadnijeg ruba Medvednice, točnije makrofosile, foraminifere, vapnenački nanoplankton i silikoflagelate.

Bajraktarević & Pavelić (2003) sastavljaju popis važnih foraminifera i 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. Posebna pažnja se pridaje bentičkim foraminiferskim zajednicama i njihovim prilagodbama na paleookolišne promjene na Medvednici (2016).

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 kratkim opisom srednjomiocenskih fosilifernih naslaga u široj okolini spilje Veternice.

Bošnjak (2017) se u svojoj doktorskoj disertaciji bavi biostratigrafijom badenskih naslaga Medvednice na temelju mekušaca i pratećih fosilnih organizama.

Gjirlić (2017) u završnome radu obrađuje susjedni izdanak, a istraživanje fosila usmjereno je na skafopode.

Husain (2018) u diplomskom radu detaljno obrađuje zajednicu riba na temelju otolita koji potječu iz izdanka u bliskom susjedstvu.

Pavelić i Kovačić (2018) daju pregled sedimentološkog i stratigrafskog razvoja Sjevernohrvatskog bazena kroz cijeli neogen.

Gjirlić i sur. (2019) izlažu poster sa opisom metoda rada koje su korištene u diplomskom radu.

Jeftinić (2019) u diplomskom radu detaljno proučava mikrofosilne zajednice s bliskog lokaliteta koji su prvi puta prikazali Bošnjak i sur. (2014).

Šeparović (2019) u diplomskom radu istražuje skafopode iz izdanka smještenog nešto sjevernije od istraživanog.

3 GEOLOŠKI RAZVOJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Na granici eocena i oligocena dolazi do zatvaranja nekadašnjeg Tethys oceana zbog tektonike ploča. Naime, dolazi do kretanja Australije i Indije prema sjeveru, kolizije Indijske tektonske ploče s Azijom, pomicanja Afrike prema sjeveru i rotacije u smjeru suprotnom od smjera kretanja kazaljki na satu, te na koncu do izdizanja alpskog otočnog lanca. Rezultat ovakvih događaja je nastanak interkontinentalnog mora Paratethys (slika 3) koje se tijekom miocena prostiralo na području današnje Europe i Azije, točnije rečeno, istočno i sjeverno od arhipelaga kojeg su činile Alpe, Dinaridi, Helenidi, Pontidi i Anatolijski masiv. Uz more Paratethys od zapadnog dijela oceana Tethys još nastaje i Sredozemno more, a od istočnog dijela nastaje zapadni Indijski ocean (Rögl, 1998, 1999; Steininger & Wessely, 2000; Popov i sur., 2004; Harzhauser & Piller, 2007; Piller i sur., 2007; Kováč et al., 2017).

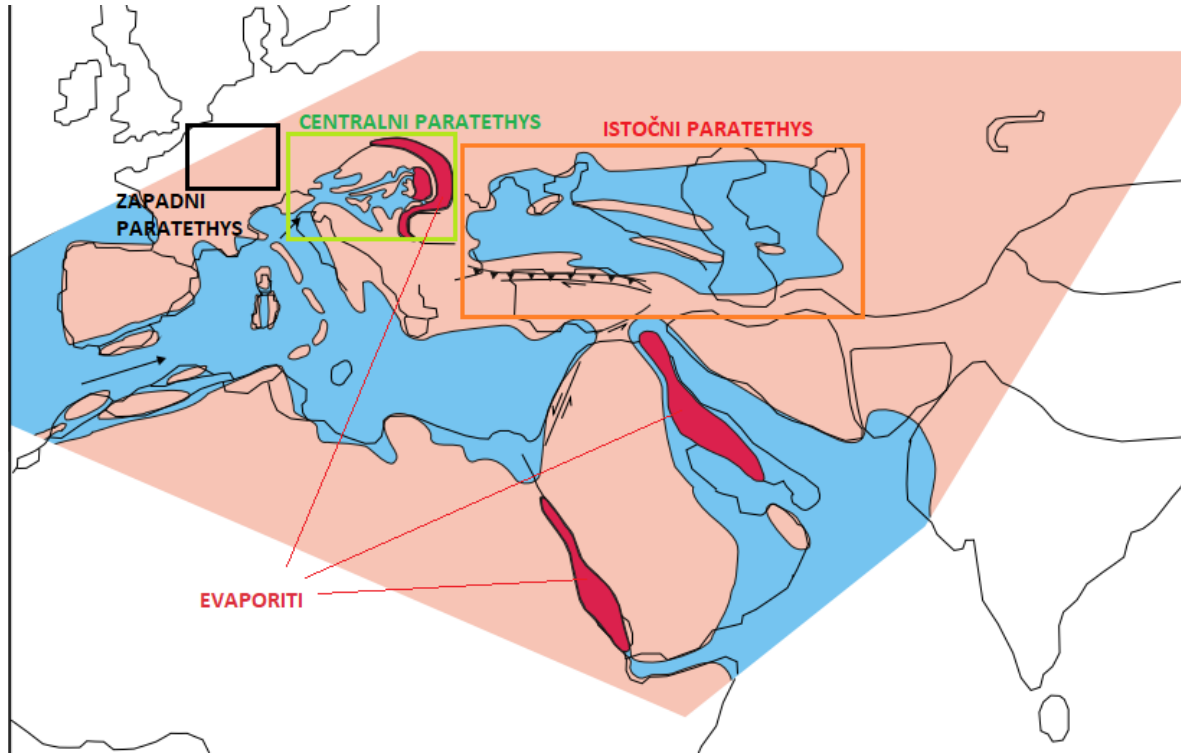


Slika 3. Geotektonske jedinice nastale raspdom Tethys oceana (Paratethys, Mediteran i Indijski ocean) (prilagođeno iz Karami i sur., 2010)

Paratethys se dijeli na tri paleogeografske i geotektonske jedinice (slika 4):

- 1.) **Zapadni Paratethys** – sadrži alpske predhorske bazene Francuske, Švicarske, Južne Njemačke i Gornje Austrije,
- 2.) **Centralni Paratethys** – uključuje istočnoalpsko-karpatске predhorske bazene od Donje Austrije do dijela istočnog predobalja Karpata i unutaralpske bazene: Bečki, Štajerski, Panonski bazenski sustav (PBS) i dr.,

3.) **Istočni Paratethys** – površinski najveći, obuhvaća Euksinski (Crno more) i Kaspijski bazen te Aralsko more (Rögl, 1998; Steininger & Wessely, 2000; Popov i sur., 2004; Piller i sur., 2007; Kováč i sur., 2017).



Slika 4. Podjela Paratethysa u srednjem badenu (prilagođeno iz Rögl, 1998)

Istraživane naslage jugozapadne Medvednice pripadaju Sjevernohrvatskom bazenu, koji (zajedno sa Sjevernom Bosnom) paleogeografski predstavlja jugozapadni rub Centralnog Paratethysa te je dio geotektonske jedinice Panonskog bazenskog sustava (PBS) (Pavelić, 2002).

Panonski bazenski sustav sastoji se od nekoliko bazena te je smješten između Alpa, Karpata i Dinarida. PBS je definiran kao zalučni ekstenzijski bazen u blizini karpatskog navlačnog pojasa, a razvoj započinje tijekom donjeg miocena (kontinentalna kolizija i subdukcija Europske ploče pod Afričku) (Royden, 1988; Pavelić, 2001). Obilježen je sinriftnim rasjedanjem i subsidencijom (Pavelić, 2001; Kováč i sur., 2007, 2017). Najdublje dijelove bazena predstavljaju starije naslage taložene u jarcima tijekom aktivnog rasjedanja. Na njima se nalaze mlađe, posttektonske naslage.

Tijekom donjeg miocena na prostoru sjeverne Hrvatske dolazi do razvoja dva bazena (slika 5):

- 1.) **Bazen Hrvatskog zagorja** – obuhvaća sjeverozapadni dio, predstavljen starijim naslagama donjeg miocena, zauzima manje područje, te
- 2.) **Sjevernohrvatski bazen** – prekriva područje jugoistočno od Hrvatskog zagorja, obuhvaća veći dio sjeverne Hrvatske (približno 32 000 km²) (Pavelić, 2001; Pavelić & Kovačić, 2018).



Slika 5. Sjevernohrvatski bazen i bazen Hrvatskog zagorja unutar Centralnog Paratethysa (prilagođeno iz Ćorić i sur., 2009)

Razvoj Sjevernohrvatskog bazena, gdje spada i istraživano područje, obilježavaju sinriftna i postriftna faza (Pavelić, 2001).

Sinriftnu fazu predstavljaju polurovovi s debelim sedimentima na koje uvelike utječu tektonika i vulkanizam. U toj fazi dolazi do izdizanja rasjednih blokova iznad morske razine te njihove erozije i pretaloživanja u plitkom moru u obliku krupnozrnatog sinriftnog sedimenta, a klimaks je obilježen intenzivnom vulkanskom aktivnošću (Pavelić,

2001; Kováč i sur., 2007; Marković, 2017). Za to je vrijeme prostor sjeverne Hrvatske prekriven morskim okolišima (Rögl, 1998; Pavelić, 2001, 2002; Kováč i sur., 2007; Ćorić i sur., 2009), a razlike u morskim dubinama su uvjetovane nepravilnim paleoreljefom. Ona traje od donjeg miocena do srednjeg miocena (srednjeg badena).

U postriftnoj fazi razvoj okoliša je pod utjecajem paleoreljefa, erozije i lokalne tektonike (Malvić & Velić, 2011). Tijekom ove faze dolazi do postupnog prijelaza iz morskih okoliša u kopnene, smanjen je utjecaj tektonike i vulkanizma te dolazi do slijeganja bazena zbog hlađenja litosfere. Talože se karbonati i lapori, turbiditi i pješčenjaci, opada salinitet, stvaraju se bočati bazeni te se pojavljuju endemske vrste. Ona traje od srednjeg miocena (gornjeg badena) do kvartara.

U Sjevernohrvatskom bazenu se za vrijeme otnanga i karpata talože aluvijalne naslage, od krupnozrnatih do sitnozrnatih s brzim promjenama facijesa (Pavelić i Kovačić, 2018). U starijem badenu talože se slatkovodne naslage u jezerskom okolišu. U tim su naslagama pronađeni tufovi i tufiti kao dokaz vulkanske aktivnosti tijekom toga razdoblja. Srednji baden obilježava početak morskog taloženja, a izmjenjuju se i dva transgresivno - regresivna ciklusa. Prvi ciklus se prepoznaje po plitkomorskim biokalkarenitima i konglomeratima (u sebi sadrže predneogenske klastite) te ukazuje na pad morske razine. Drugi ciklus ima slične naslage, ali veći postotak kalcitne komponente u laporima. Sedimenti srednjeg badena su krupnozrnati klastiti, algalni vapnenci, lapori s velikim udjelom gline, a česti su tufovi i vulkanske stijene (Pamić, 1997). Gornji baden karakterizira regionalni porast morske razine. Naslage se sastoje od konglomerata, algalnih slojeva i grebenskih vapnenaca te piroklastičnih vapnenaca i lapora. Kraj badena obilježava oplićavanje. Do izolacije bazena dolazi na granici badena i sarmata što uzrokuje izumiranje stenohalinih organizama. Na početku sarmata ponovno dolazi do transgresije, a naslage su uglavnom lapor. Kasni sarmat čini fazu oplićavanja, a zastupljeni sedimenti su konglomerati i pješčenjaci. Tijekom sarmata postoje dokazi o slaboj vulkanskoj aktivnosti u obliku bentonita (hidrotermalno izmijenjeno vulkansko staklo). U panonu dolazi do potpune izolacije Panonskog bazena, režim taloženja se mijenja i postaje slatkovodni. Prepoznatljivi sedimenti panona su *Croatica* – slojevi (to su obalni, jezerski vapnenci nazvani prema pužu *Radix croatica*), *Banatica* – lapori (ime dobili po školjkašu *Congeria banatica*) i *Abichi* – lapori (imenovani prema školjkašu *Paradacna abichi*). Lapori *Banatica* i *Abichi* naslaga su se taložili za vrijeme produbljivanja jezera. Sedimenti gornjeg

panona su *Rhomboidea* – naslage, one su pjeskovito-glinovite te šljunčane, nazvane prema školjkašu *Congerina rhomboidea* (Pavelić i Kovačić, 2018).

3.1 „Jugozapadni ili Doljanski“ razvoj

Kochansky (1944) opisuje razvoj miocenskih, odnosno badenskih naslaga u jugozapadnom dijelu Medvednice. Naziva ga „Doljanski“ razvoj te navodi da je zastupljen „tortonским“ (badenskim) naslagama među kojima prevladavaju litavci, litotamnijski vapnenci i lapor.

Litavci sadrže sljedeće facijese: 1.) badenski lapor, 2.) obalni konglomerat, 3.) litavac u užem smislu, 4.) litotamnijski vapnenac (Kochansky (1944) ga naziva „nuliporni“), 5.) pješčenjak i 6.) pjeskoviti lapor („gainfarenski“, heterosteginski, briozojski i lapor s litotamnijskim kršjem) (Kochansky, 1944).

Istraživane naslage sadrže mnoštvo fosila, a Kochansky (1944) ih dijeli u tri grupe:

- 1.) mikrofauna – u koju spadaju foraminifere, spužve, brizozi i ostrakodi,
- 2.) makrofauna – školjkaši, puževi, skafopodi, ježinci i koralji te
- 3.) vertebrata – otoliti i drugi razni riblji ostaci.

Ovakav fosilni zapis odgovara fauni obalnih do srednje dubokih morskih okoliša. Neobičan je pronalazak velikog broja fosilnih ostataka školjkaša u odnosu na puževe te Kochansky (1944) to pridodaje kao značajku badenskog lapora Medvednice.

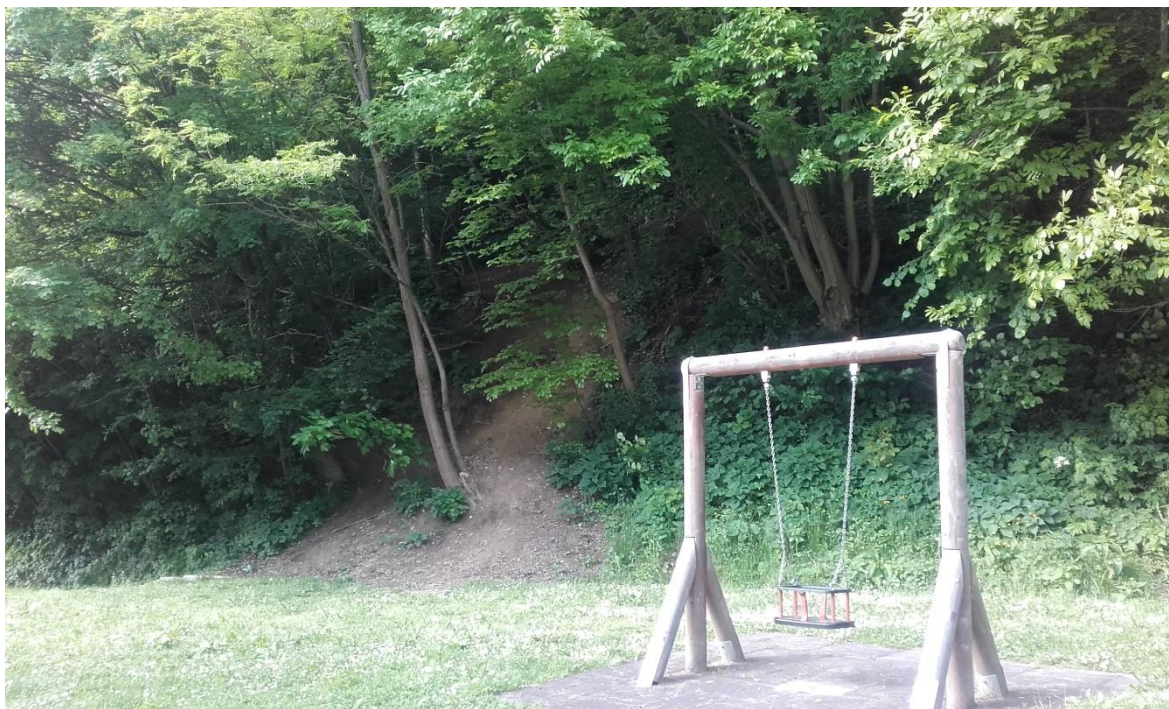
Jugozapadne padine Medvednice prekrivene su naslagama srednjeg i gornjeg miocena. Podloga je mezozojske starosti, a čine ju dolomiti trijaske starosti. Na njima transgresivno leže gornjobadenske breče i konglomerati, kontakt je tektonsko-erozijski (Kranjec, 1964; Kranjec i sur., 1973; Šikić K. i sur., 1979; Avanić i sur., 2000; Vrsaljko i sur., 2006). Dalje u slijedu se nalaze pješčenjaci, vapnenci, litotamnijski vapnenci, litavci i lapori (u području Bizeka i Gornjeg Vrapča se nalaze zajednice grebensko-prigrebenskih okoliša, kod Gornjeg Vrapča i Krvarića male karbonatne platforme (Vrsaljko i sur., 2006) te u području Podsusedskog Dolja i Vrapča laguna i zaštićeni okoliši (Vrsaljko i sur., 2006)).

Medvednica tijekom gornjobadenskog morskog transgresivnog ciklusa jače tone u jugozapadnom i krajnjem sjeveroistočnom dijelu pa je i sama transgresija u tim dijelovima jače izražena (Kranjec i sur., 1973).

4 METODE ISTRAŽIVANJA

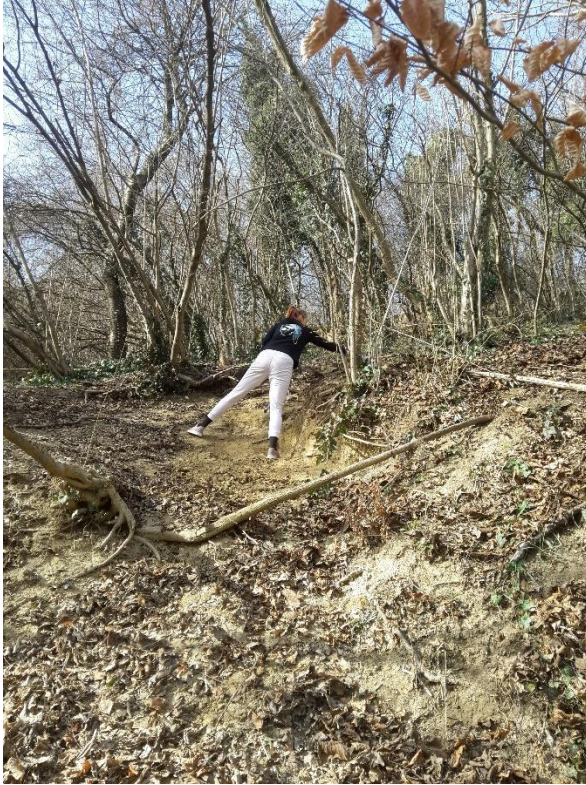
4.1 Terenski rad

Terenski rad uključuje odlazak na lokaciju gdje su prikupljeni materijali za daljnje obrade i analize. Lokacija uzorkovanja smještena je na koordinatama: 45°49'56" N i 15°52'12" E; područje Dubravice u blizini špilje Veternice. Izdanak (slika 6) sadrži slabo vezane sedimentne stijene sive do žućkaste boje, ali je lateralno vidljiv i tvrdi vapnenački lapor. Put do izdanka je lako pristupačan, nalazi se u blizini autobusne stanice (okretište Dubravica), pored dječjeg igrališta.



Slika 6. Izdanak slikan sa pozicije igrališta

Odlazak na teren nije previše zahtjevan (slika 7), od alata je potrebna lopatica i geološki čekić, vrećice za uzorkovanje, GPS te fotoaparata za slikanje izdanka. Budući da je izdanak smješten na strmoj padini obrasloj vegetacijom (slika 6), te se dijelom osipa, nije bilo moguće izmjeriti položaj sloja uz pomoć geološkog kompasa.



Slika 7. Terensko prikupljanje materijala sa
izdanka



Slika 8. Fosilni otisak školjkaša u laporu

Tijekom uzorkovanja bilo je moguće uočiti golim okom fosilne otiske školjkaša i puževa (slika 8), rijetko i same fragmente ljušturica i kućica, ali zbog slabe konsolidiranosti i velike mekoće materijala nije ih bilo moguće sačuvati i pohraniti.

Uzeta je povećana količina lapora koja je zatim odnesena u prostorije Prirodoslovno-matematičkog fakulteta na daljnju analizu. Manji dio materijala je laboratorijski obrađen, a preostali dio je pohranjen .

4.2 Laboratorijski rad

Laboratorijski rad započinje fizičkim usitnjavanjem donešenog materijala. Kako je već ranije navedeno, uzorak je sam po sebi bio dovoljno mekan i minimalno konsolidiran da je bilo dovoljno samo upotrijebiti ručnu silu. Tako usitnjen materijal je stavljen u kantu u koju je dodana samo voda (bez dodatnih kiselina) i ostavljen preko noći.

Nakon što se materijal dodatno dezintegrirao uz pomoć vode, odvojene su približno 2/3 uzorka, razdvojene na dva jednaka dijela (cca 10 g svaki) i postavljene u dvije jednake plastične posudice koje su zatim ostavljene u zamrzivaču kako bi se uzorci preko noći zamrznuli (uzorak B i C).

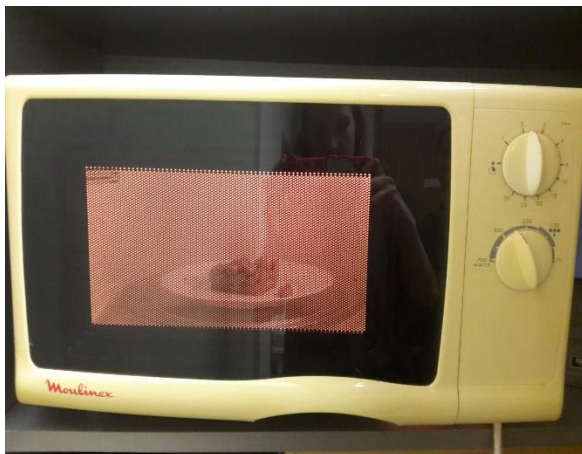
Ostatak materijala iz kante (uzorak A) obrađen je klasičnom metodom muljenja u laboratoriju Geološko-paleontološkog odsjeka PMF-a. Korištena su četiri sita veličina 63 μm , 125 μm , 250 μm i 500 μm . Ona su postavljena tako da je ono najmanjeg promjera na dnu (63 μm) te idući prema vrhu se dolazi do onoga najvećeg promjera (500 μm). Kroz tako postavljena sita su prosijavani namočeni uzorci uz pomoć mlaza vode. Nakon što su se uzorci osušili, premješteni su u posudice na kojima piše naziv uzorka te njegova frakcija (četiri ukupno).



Slika 9. Smrznuti uzorak B spreman za odmrzavanje pomoću mikrovalne pećnice

Nakon 24 sata izvađeni su uzorci iz zamrzivača (slika 9). Uzorak B odmrznut je tako da je stavljen u mikrovalnu pećnicu na 350°C u trajanju od tri minute (Slika 10). Taj postupak zamrzavanja preko noći i odmrzavanja u mikrovalnoj pećnici ponovljen je tri puta. Nakon trećega puta uzorak se dosta razišao te se tek sada primijenila metoda klasičnog muljenja, ali ovoga puta uz pomoć tri sita veličina 63 μm , 125 μm i 250 μm .

Odmrzavanje uzorka C se odvijalo njegovim stavljanjem u lončić koji se zatim postavio u drugi lončić. Tako složeni su stavljeni na vatru gdje se čekalo da voda prokuha i tako odmrzne uzorak (slika 11). Taj postupak zamrzavanja i odmrzavanja kuhanjem je ponovljen tri puta nakon čega i taj uzorak prolazi obradu metodom muljenja (pomoću tri sита veličina 63 μm , 125 μm i 250 μm).



Slika 10. Uzorak B u mikrovalnoj pećnici



Slika 11. Uzorak C na prokuhavanju

4.2.1 Kalcimetrija

Određivanje količine karbonata u uzorku izvedeno je procesom koji se naziva kalcimetrija. Mala količina svježeg, neobrađenog uzorka (~10 g) se treba u potpunosti usitniti pomoću tučka i mužara (slika 12). Tako usitnjeni uzorak se nosi na precizno vaganje pomoću analitičke vage. Prije nego se važe sam uzorak, važe se standard CaCO_3 kako bi daljna mjerenja bila što preciznija.

Količina karbonata određena je volumetrijskim mjerenjem Scheiblerovim kalcimetrom. Taj instrument sastoji se 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 CO_2 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 uzorku.

Karbonatni udio u uzorku se izračunava pomoću formule:

$$(V(\text{CO}_2) [\text{mL}] \times \text{tablična vrijednost} \times 2,274 \times 100) / m [\text{mg}] = \% \text{CaCO}_3.$$

4.3 Kabinetski rad

Nakon što su se prosijani uzorci osušili slijedilo je njihovo pregledavanje pomoću mikroskopa u kabinetu. Za takav rad korišten je svjetlosni mikroskop. Pronađeni fosili su se izdvajali iz cjelokupnog uzorka i stavljali u Franckove ćelije. Od svih frakcija većina fosila dolazi iz one od 250 μm .

Nakon što je veći dio fosila izdvojen iz uzorka slijedilo je njihovo fotografiranje pomoću stereo-mikroskopa Olympus SZX10 prilagođenim fotoaparatom Canon EOS 1100D (slika 13). Dalje je uslijedila paleontološka analiza fotografiranih fosila, točnije određivanje njihovih rodova i vrsta, ako se to ispostavilo moguće. Determinaciju ostrakoda napravila je dr. sc. Valentina Hajek Tadesse (HGI), a nanoplanktona prof. geol. i geogr. Šimun Aščić. Osim određivanja rodova gledale su se i druge karakteristike poput učestalosti i očuvanosti pojedinih fosila kako bi se moglo doći do zaključka o kakvom se okolišu radilo na mjestu taloženja proučavanog lapora.



Slika 12. Lapor usitnjen s tučkom u mužaru za potrebe kalcimetrije



Slika 13. Mikroskop Olympus SZX10 korišten pri kabinetskom radu

5 REZULTATI

U nastavku teksta opisan je uzorak koji je obrađen sa tri različite metode u laboratoriju (uzorak A, B i C). Sva tri uzorka sadrže istu fosilnu zajednicu s razlikom u kakvoći očišćenosti fosila. Prikupljeni uzorci pokazali su se iznimno fosiliferim pa tako sadrže mnogobrojne fosilne rodove i vrste koji uključuju otolite i ostale riblje ostatke, mekušce (školjkaše, puževe i skafofode), bodljikaše (radiole ježinaca), mahovnjake, ostrakode, foraminifere i nanofosile. Pomoću tih fosila određena je starost i paleookoliš istraživanog lokaliteta.

5.1 Opis uzorka

Uzorci su bili mekani i slabo konsolidirani te samim time laki za obradu, ali su makrofosili ipak uglavnom fragmentirani. U pitanju je glinoviti vapnenac (točni postotak vapnenačke komponente u poglavlju kalcimetrija). Izdanak obiluje marinskim fosilima. Najčešći fosili su foraminifere i odmah iza njih ostrakodi.

Od foraminifera prevladavaju bentičke u odnosu na planktonske. Bentičke foraminifere predstavljaju daleko najzastupljeniju zajednicu u uzorku. Od njih se posebno često javljaju *Globulina gibba* (d'Orbigny, 1846), *Elphidium crispum* (Linnaeus, 1758), *Elphidium fichtelianum* (d'Orbigny, 1846) te *Cibicidoides lobatulus* (Walker & Jacob, 1798). Osim njih, pronađen je i veliki broj vrsta *Uvigerina semiornata* (d'Orbigny, 1846), *Bulimina elongata* (d'Orbigny, 1846), *Nonion commune* (d'Orbigny, 1846), *Heterolepa dutemplei* (d'Orbigny, 1846), *Asterigerinata planorbis* (d'Orbigny, 1846). Pronađene su još i *Spiroloculina canaliculata* (d'Orbigny, 1846), *Pseudotriloculina consobrina* (d'Orbigny, 1846), *Glandulina ovula* (d'Orbigny, 1846) i *Pseudonodosaria brevis* (d'Orbigny, 1846).

Planktonske foraminifere zastupljene su rodovima *Globigerina* i *Orbulina*.

Ostrakodi su također očuvani i brojni, uključuju rodove *Aurila* cf. *cicatricosa* (Reuss, 1850), *Aurila angulata* (Reuss, 1850), *Aurila punctata* (Muenster, 1830), *Aurila* sp., *Pokornyyella* cf. *deformis* (Reuss, 1850), *Xestoleberis glabrescens* (Reuss, 1850), *Callistocythere canaliculata* (Reuss, 1850), *Tenedocythere sulcatopunctata* (Reuss, 1850) te *Loxocorniculum hastatum* (Reuss, 1850).

Fosilni mekušci su fragmentirani, a sastoje se od školjkaša, puževa i skaforoda. Vrste nađenih školjkaša nisu određivane, kod puževa je određen jedan rod *Rissoa* (Desmarest, 1814), ali ostali nisu određivani. Fosili su u odnosu na prethodne rijetki. Nalazi skaforoda uključuju rodove *Gadila* (Gray, 1847) i *Dentalium* (Linnaeus, 1758) (Gjirlić, 2017).

U uzorku su prisutni još ostaci mahovnjaka roda *Tervia* (Jullien, 1882), zatim radiole plitkomorskih i dubokomorskih ježinaca.

Od riba su pronađeni zubi te već određeni otoliti kod kojih prevladavaju rodovi: *Gadiculus* (Guichenot, 1850), *Physiculus* (Kaup, 1858), *Diaphus* (Eigenmann & Eigenmann, 1890), *Valenciennellus* (Jordan & Evermann, 1896), *Maurolicus* (Cocco, 1838) (Husain, 2018; Sremac i sur., 2019).

Sitnije frakcije obiluju raznovrsnim i mnogobrojnim spikulama spužvi. Prema Kaltak (2017) određene su dvije vrste: *Anullostrella ornata/sollas/Vulcanella* i *Antarctotetilla leptoderma* (Sollas, 1886).

Uzorak – A

Uzorak A obrađivan je prvi, metodom klasičnog mokrog muljenja. U odnosu na druge dvije metode proces muljenja trajao je znatno dulje. Jedini uzorak koji sadrži frakciju od 500 µm uz ostale (250 µm, 125 µm i 63 µm).

Frakcija 500 µm sadrži fragmente mekušaca i još neke neidentificirane fosilne ostatke, radule bodljikaša te neke od većih bentičkih foraminifera poput *Globulina gibba* (d'Orbigny, 1826), *Cibicidoides lobatulus* (Walker & Jacob, 1798), *Elphidium* sp.

Frakcija 250 µm je ona od interesa u sva tri uzorka. Uglavnom svi fosili potječu iz nje. Ovdje se nalaze sve gore navedene foraminifere (bentičke (slika 14) i planktonske) i ostrakodi. Osim njih bilo je par nalaza fragmentiranih mekušaca te radula bodljikaša.

Frakcija 125 µm uvelike je slična onoj od 250 µm, osim što su fosili zastupljeni u manjoj količini (foraminifere i ostrakodi). Nađene su i spikule spužvi.

Frakcijom 63 µm dominiraju spikule spužvi.

Ispostavilo se da je očišćenost fosila iz ovoga uzorka manja u odnosu na preostala dva.



Slika 14. Zajednica bentičkih foraminifera iz uzorka A (najslabija očišćenost)

Uzorak – B

Gledajući fosilnu zajednicu, sve navedeno za uzorak A vrijedi i za uzorak B (slika 15) izuzev nepostojanja frakcije 500 μm . Očišćenost fosila bolja je u odnosu na uzorak A, puno je manje zaostalog sedimenta na pojedinim fosilima. Nakon zamrzavanja i odmrzavanja, proces muljenja bio je kratak i pojednostavljen jer se sam uzorak već bio razišao pa je trebalo još samo isprati glinovitu komponentu.



Slika 15. Zajednica bentičkih foraminifera iz uzorka B (očišćenost za nijansu bolja nego u uzorku A)

Uzorak – C

Gledajući fosilnu zajednicu, sve napisano za uzorke A i B vrijedi i za uzorak C (slika 16). Očišćenost fosila bolja je u odnosu na uzorak A, ali se ne razlikuje od uzorka B. Metoda muljenja je nakon zamrzavanja i odmrzavanja bila kao kod uzorka B.



Slika 16. Zajednica bentičkih foraminifera iz uzorka C (očišćenost kao kod uzorka B)

5.2 Kalcimetrija

Metodom kalcimetrije određena je količina karbonata u uzorku. Osim što je analiziran žućkasti "lapor" iz kojeg potječu obrađeni uzorci, karbonatni postotak je određen i za sivkasti, nešto tvrdi uzorak, koji se nalazi lateralno na izdanku.

Količina karbonata je veća u žućkastome laporu i iznosi 77,71 %. Sivi lapor je zastupljen s 63,76 % karbonata.

Lapori su stijene koje sadrže 20 – 80 % kalcita i gline, a razlikuju se vapnenačke gline, lapori i glinoviti vapnenci (Tišljarić, 1994). Prema ovim rezultatima izdanak se klasificira kao marinski glinoviti vapnenac.

5.3 Paleontološka analiza

Foraminifere

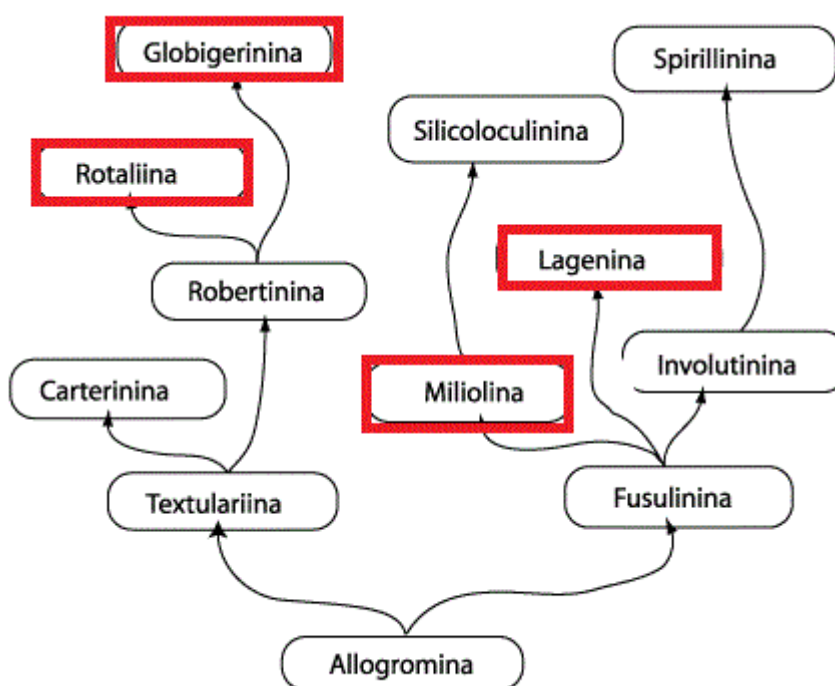
Foraminifere ili korjenonošci su jednostanični organizmi pronađeni u svim marinskim okolišima. Prema načinu života mogu biti bentos ili plankton. Pripadaju razredu Rhizopoda te su organizmi koji posjeduju kućicu koja se naziva teka. Jedinka se kreće i/ili pričvršćuje za podlogu lažnim nožicama koje se nazivaju pseudopodiji. Kućica je građena od klijetki koje su međusobno odijeljene septima. Septi na sebi sadrže otvore kroz koje prolazi foramen (po čemu i dobivaju ime) i tako povezuje klijetke. Ako je kućica građena samo od jedne klijetke, foraminifera je monotalamična, a ako sadrži više od jedne klijetke onda je politalamična. Veličina kućice varira od vrlo sitnih (0,02 mm – 2 mm) mikroforaminifera pa sve do krupnijih makroforaminifera (2 mm – 190 mm). Početna klijetka naziva se prolokulus. Na njoj se nalazi otvor koji se zove ušće. Morfologija kućice, poput debljine stijenki, ornamentacije, te oblika i površine, kazuje o načinu života jedinke (Armstrong i Brasier, 2005).

Foraminifere su klasificirane primarno prema kompoziciji i morfologiji kućice. Razlikuju se tri osnovne kompozicije stijenke: organska, aglutinirana i vapnenačka (vrlo rijetko kременa). Organska kućica ne biva geološki sačuvana. Aglutinirane forme (npr. Textulariina) građene su od nasumično akumuliranih zrna ili onih selektiranih na bazi oblika, veličine ili gravitacije. Vapnenačke kućice su podijeljene u tri grupe: sitnozrnate

(Fusulinina) koje su najčešće u kasnom paleozoiku, vapnenačke imperforatne ili porculanske (Miliolina) te vapnenačke perforatne ili staklaste (Globigerinina, Rotaliina). Morfologija kućice varira u jako širokom rangu pa se uglavnom gledaju dvije ključne karakteristike kod klasifikacije: raspored klijetki te izgled ušća. Priznata klasifikacija jest prema Loeblich i Tappan (1964) (slika 17).

Geološki raspon foraminifera datira od najranijeg kambrija pa do recentnog razdoblja. Prve forme koje se javljaju su one organskih kućica ili jednostavnih aglutiniranih. Do devona su vapnenačke foraminifere rijetke, od devona do kraja perma prevladavaju fuzulidne foraminifere do svoga izumiranja. Miliolide se javljaju početkom karbona, rotaline tijekom mezozoika te textularide u juri. Sve ranije jedinke su bentičke, planktonske se javljaju tek tijekom srednje jure.

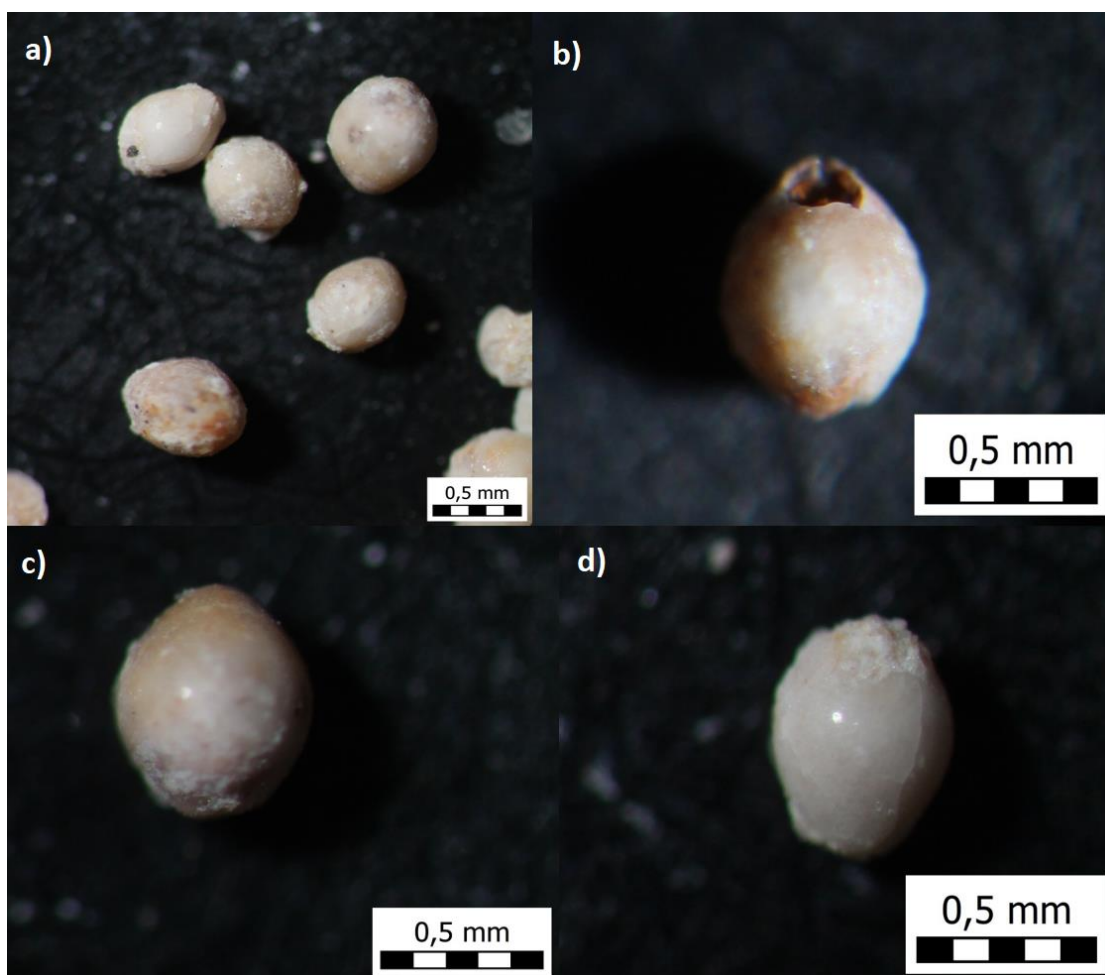
Foraminifere se koriste za biostratigrafiju, rekonstrukciju paleookoliša te u paleoceanografske i paleoklimatološke svrhe. Bentičke foraminifere se koriste i za paleobatimetriju i rekonstrukciju paleodubine (<https://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/foram.html#intro>, siječanj, 2020).



Slika 17. Filogenija foraminifera (podredovi) prema Loeblich i Tappan (1964) (crveno su označeni podredovi koji se javljaju u istraživanom uzorku)

U uzorku prevladavaju staklaste, odnosno vapnenačke perforatne foraminifere, uz vrlo mali broj porculanskih jedinki. Aglutinirane i vapnenačke sitnozrnate nisu pronađene.

Jedna od najzastupljenijih vrsta je *Globulina gibba* (slika 19), a ujedno je i jedna od najkrupnijih primjeraka. U velikoj količini je bila zastupljena u frakciji od 500 μm , jednako tako i u onoj od 250 μm . U sitnijim frakcijama je nije bilo. Pripada porodici Polymorphinidae i redu Lagenida te je jedna od mnogobrojnih staklastih foraminifera. Fosilne jedinke su ispunjene sedimentom, neke su sačuvane u boljem stanju, neke u lošijem; uglavnom su napuknute i prekrivene sedimentom. Ovakva očuvanost ukazuje na to da najvjerojatnije nisu taložene *in situ*, već su premještene sa nekog drugog mjesta.

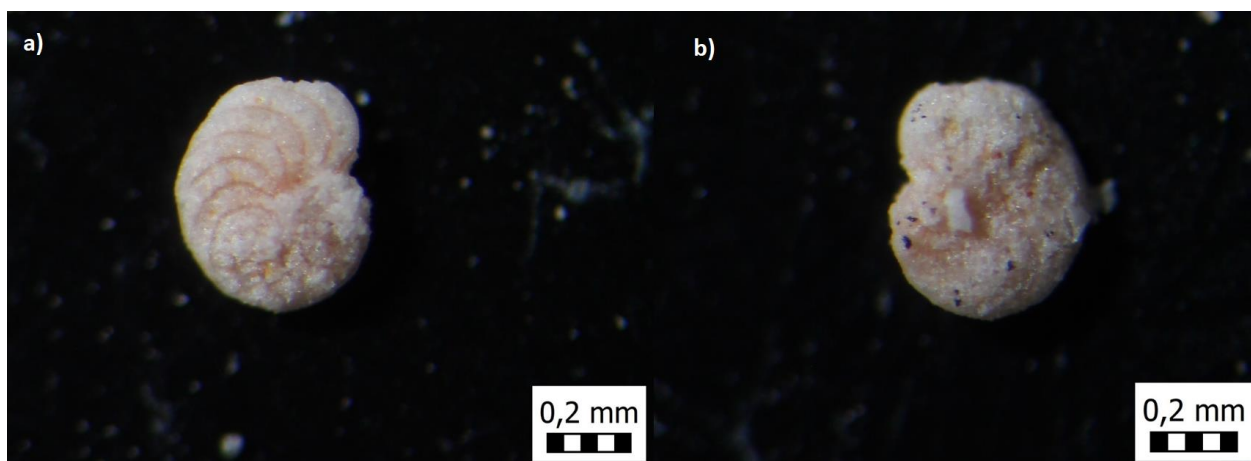


Slika 18. *Globulina gibba* a) više jedinki iz uzorka B, frakcija 250 μm , b) uzorak A, frakcija 500 μm , c) uzorak B, frakcija 250 μm , d) uzorak C, frakcija 250 μm

U jednakoj mjeri je zastupljen rod *Elphidium* (vrste: *Elphidium crispum* (slika 19) i *Elphidium fichtelianum* (slika 20)). Veličinom dosta variraju, ali uglavnom se nalaze u frakciji od 250 μm , ima i sitnijih jedinki u frakciji 125 μm . Jedinke u uzorku su lošije očuvane, što upućuje na njihovo premještanje.



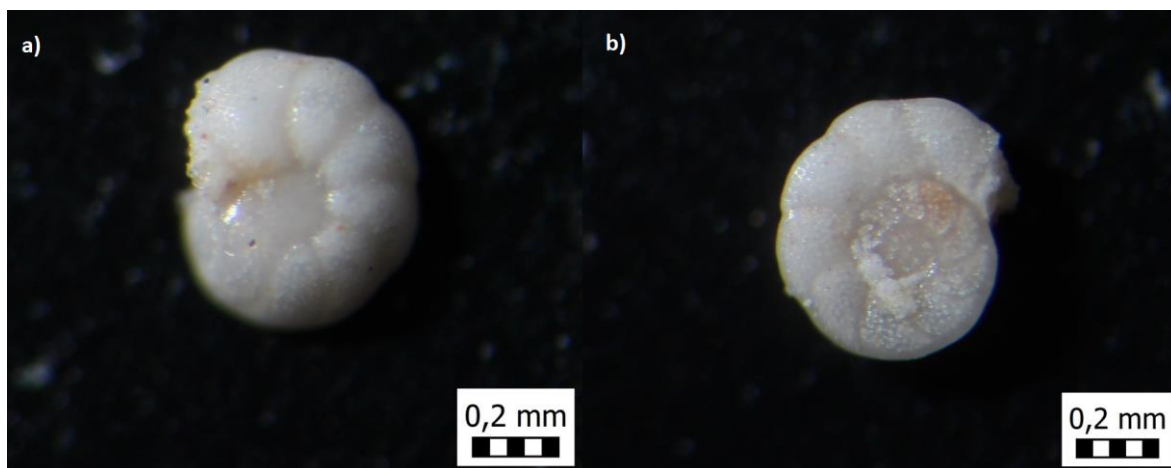
Slika 19. a), b) *Elphidium crispum*, uzorak B, frakcija 250 μm



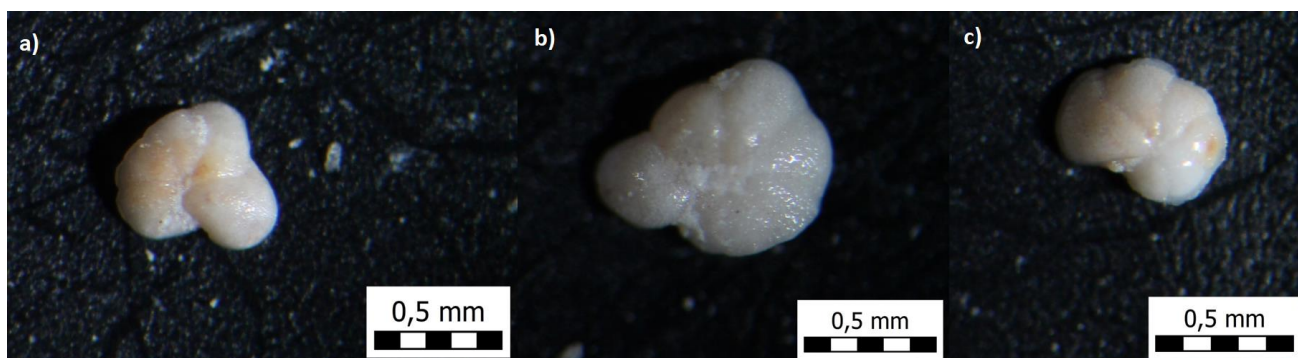
Slika 20. a), b) *Elphidium fichtelianum*, uzorak B, frakcija 250 μm

Zadnji od tri najzastupljenija roda jest *Cibicides*. On je također vapnenačka perforatna foraminifera te spada u red Rotaliida. Determinirana je bentička kozmopolitska vrsta *Cibicides lobatulus* (slike 21, 22). Jedinke u uzorku su jako dobro očuvane,

uglavnom čiste od sedimenta što upućuje da su taložene *in situ*. Veličinom variraju, najviše ih dolazi iz frakcije 250 μm , ali bilo je i većih u frakciji 500 μm i manjih u frakciji 125 μm . Osim što su raznoliki veličinom kućice, varira i morfologija kućice.

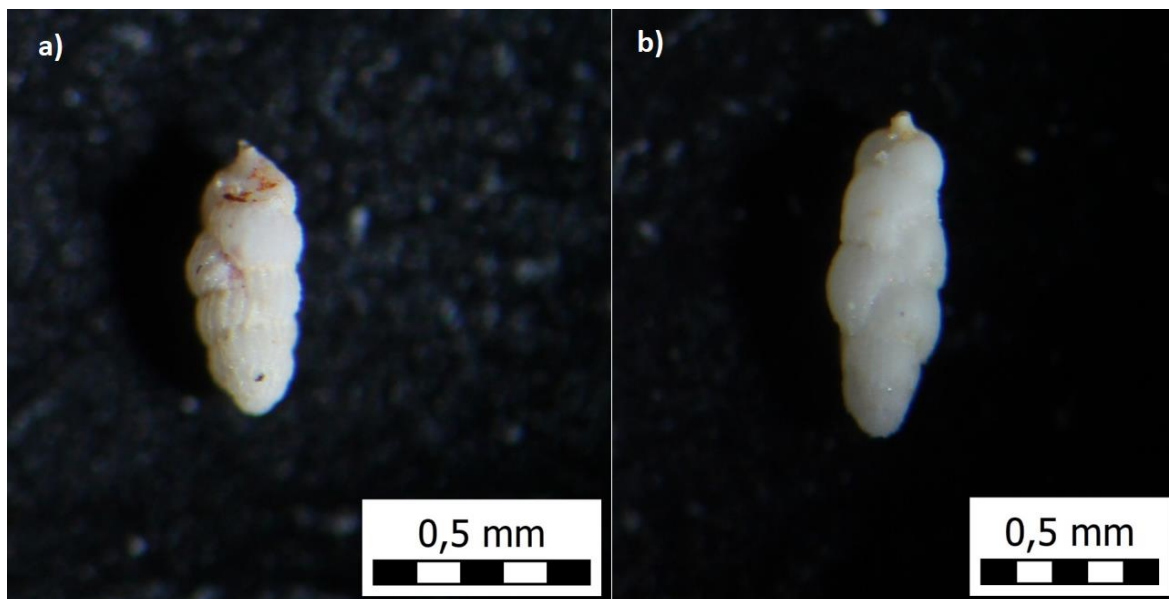


Slika 21. a),b) *Cibicidoides lobatulus*, uzorak B, frakcija 250 μm



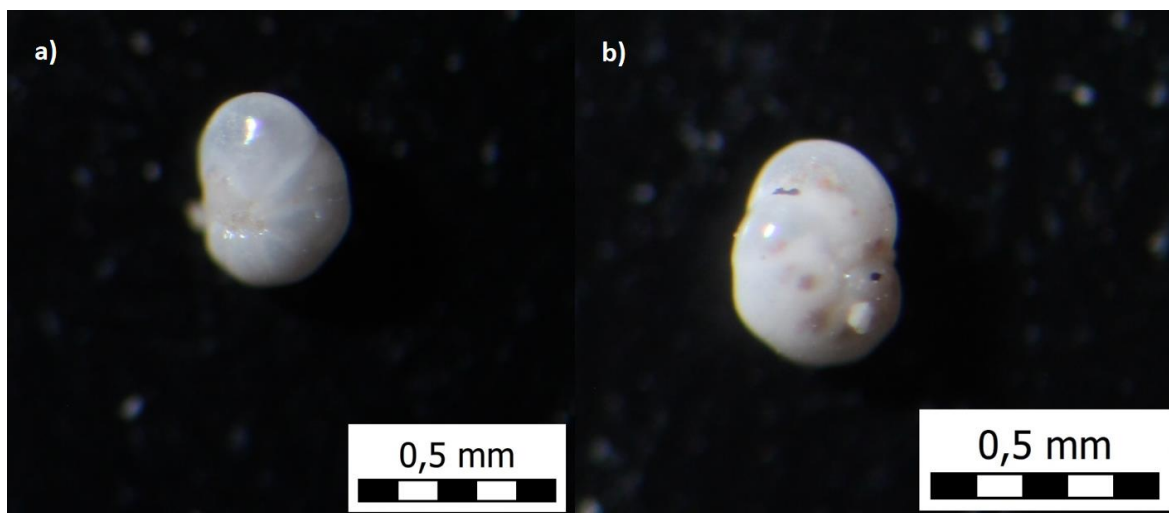
Slika 22. *Cibicidoides lobatulus* a) iz uzorka A, b) iz uzorka B, c) iz uzorka C

Od češćih foraminifera u uzorku javlja se rod *Uvigerina* (slika 23). Također vapnenačka imperforatna, pripada redu Rotaliida. Nalaze se u frakcijama 250 i 125 μm . Očuvanost im je srednjeg stupnja.



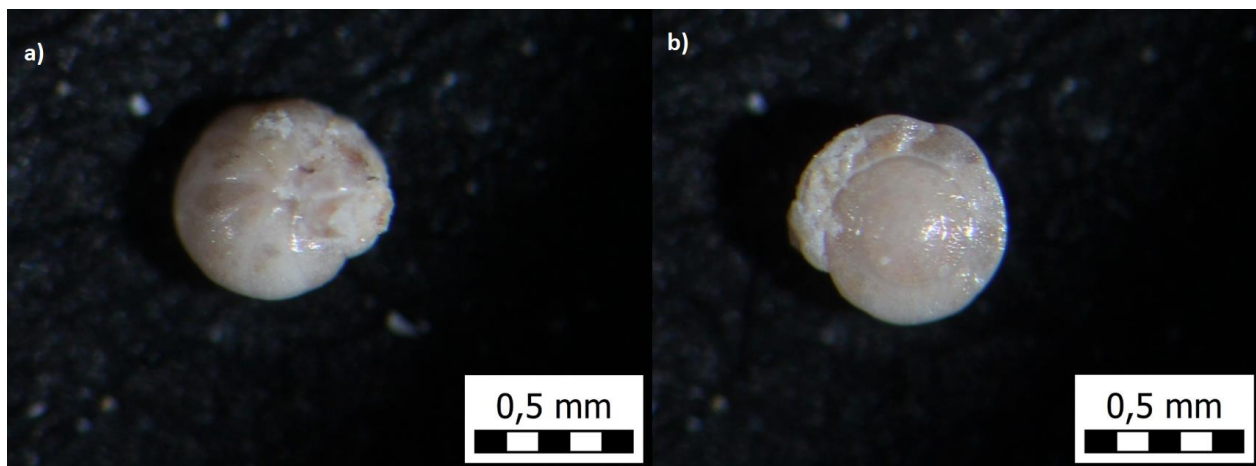
Slika 23. *Uvigerina semiornata* a) iz uzorka A, b) iz uzorka B

Nonion commune (slika 24) je relativno čest u uzorku, jedinke su jako dobro očuvane i čiste od sedimenta. Pripadaju vapnenačkim perforatnim foraminiferama skupine Rotaliida.



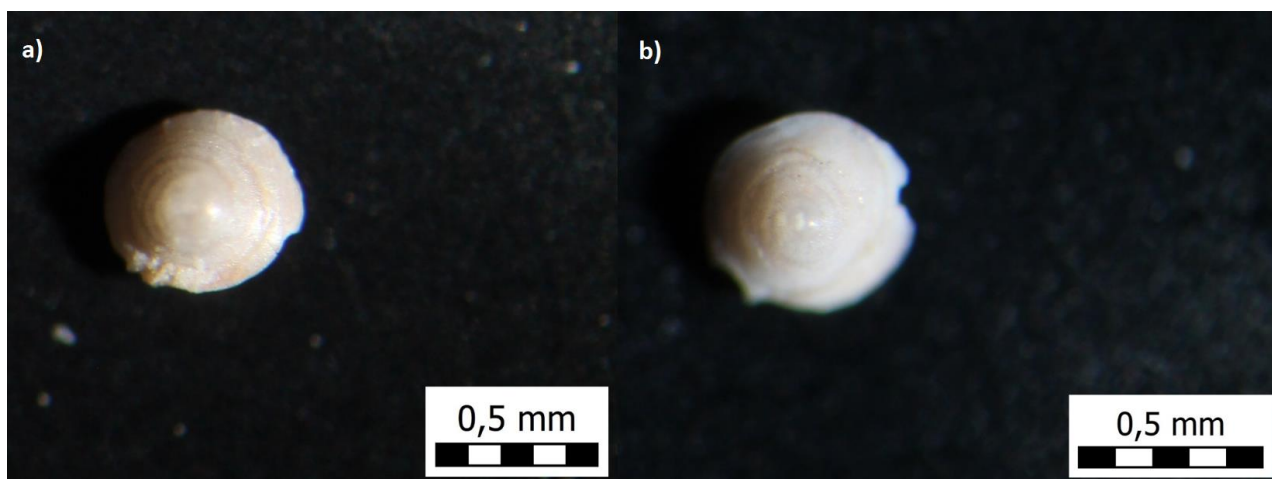
Slika 24. a),b) *Nonion commune*, uzorak B, frakcija 250 μm

Prisutna je i *Heterolepa dutemplei* (slika 25), vapnenačka perforatna foraminifera, skupine Rotaliida. Jedinke su srednje očuvanosti i učestalosti.



Slika 25. a), b) *Heterolepa dutemplei*, uzorak B, frakcija 250 μm

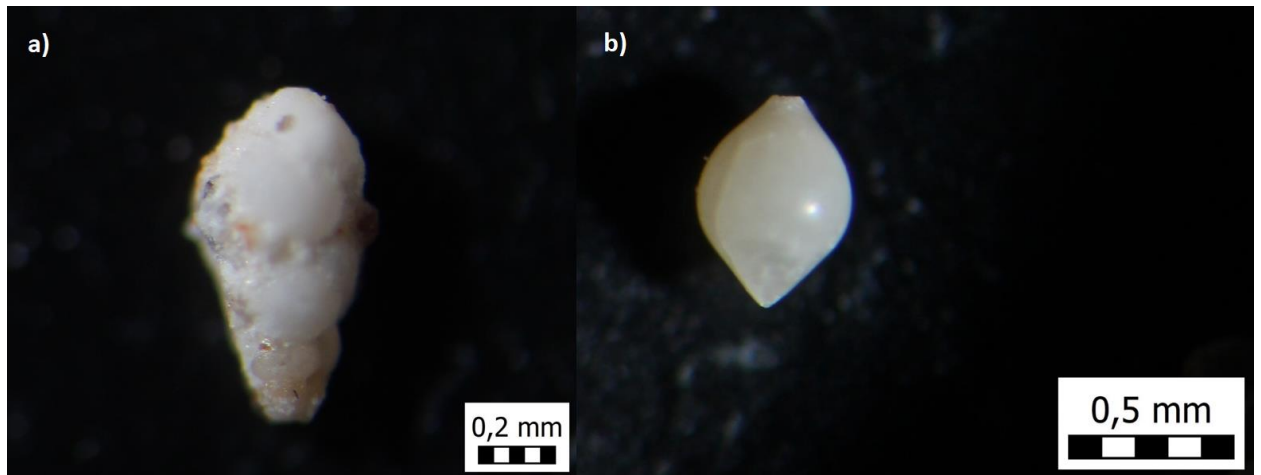
Asterigerinata planorbis (slika 26) se javlja rjeđe. Dobre je očuvanosti. Kućica je vapnenačka perforatna, stožastog oblika.



Slika 26. *Asterigerinata planorbis*; a) iz uzorka B, b) iz uzorka C

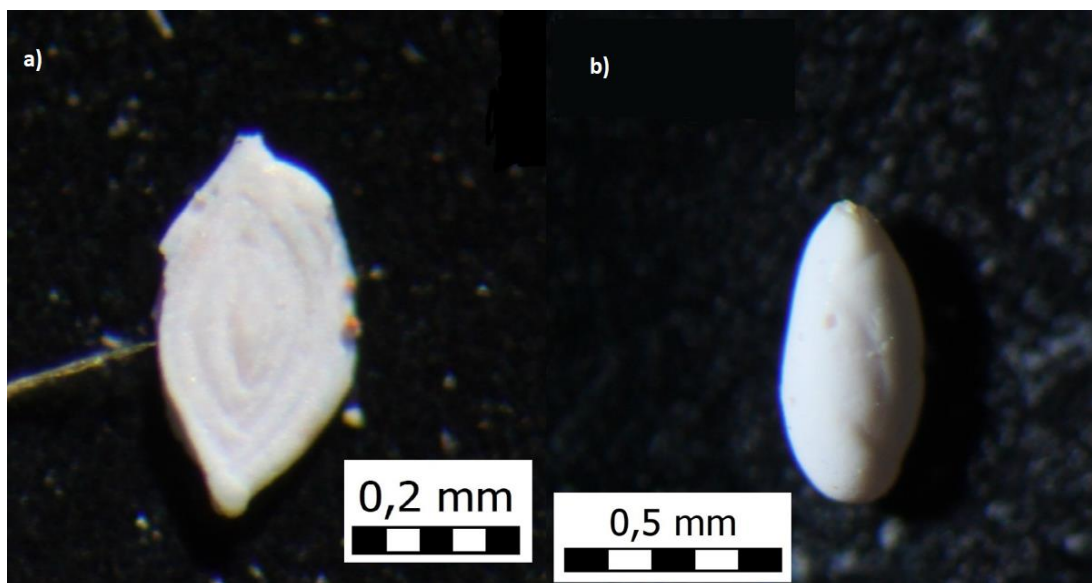
Bulimina elongata (slika 27a) srednje je očuvanosti i učestalosti u uzorku. Kućica je vapnenačka perforatna i izdužena.

Glandulina ovula (slika 27b) dobre je očuvanosti, ali rjeđe pojave unutar uzorka. Kućica je vapnenačka perforatna, spada u red Lagenida.



Slika 27. a) *Bulimina elongata* iz uzorka B, b) *Glandulina ovula* iz uzorka A

Vapnenačke imperforatne tj. porculanske su iznimno rijetke u uzorku te su nađene samo dvije vrste: *Spiroloculina canaliculata* (slika 28a) i *Pseudotriloculina consobrina* (slika 28b). Očuvanost im je srednjeg stupnja. Pripadaju redu Miliolida.



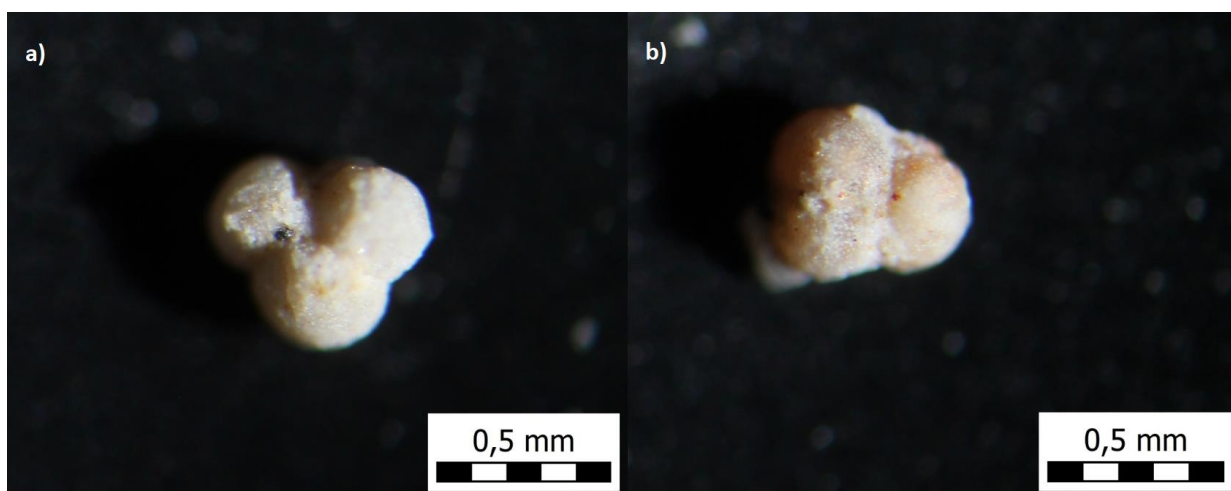
Slika 28. iz uzorka A: a) *Spiroloculina canaliculata*, b) *Pseudotriloculina consobrina*

Prisutne su i nodosaridne foraminifere, iako u veoma maloj količini i uglavnom fragmentirane. Ustanovljena je vrsta *Pseudonodosaria brevis* (slika 29). Zbog njihove loše očuvanosti pretpostavlja se da su premještene sa nekoga drugog područja stanovanja.



Slika 29. *Pseudonodosaria brevis*, fragment. Uzorak A, frakcija 250 μm

Planktonske foraminifere su u većoj mjeri zastupljene vrstom *Globigerina bulloides* (slika 30). Dosta su česta pojava u uzorku, očuvanost im je slabija. Osim *Globigerina* javlja se i rod *Orbulina*.



Slika 30. *Globigerina bulloides* a) iz uzorka B, b) iz uzorka C

Foraminifere su mnogobrojne u uzorku, ali nisu sve u istome stanju očuvanosti niti istog inteziteta zastupljenosti. Najbitnije za daljnje analize su upravo one najbrojnije i najbolje očuvane. Detaljan prikaz učestalosti i očuvanosti svake vrste opisan je u tablici 1:

Tablica 1. Foraminifere zastupljene u uzorku, njihova učestalost i očuvanost, način života

| Rod / Vrsta | | Učestalost u uzorku | Očuvanost u uzorku |
|---|---|---------------------|--------------------|
| BENTIČKE FORAMINIFERE: | | | |
| 1. | <i>Globulina gibba</i> (d'Orbigny u Deshayes, 1832) | ● | □ |
| 2. | <i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus, 1758) | ● | □ |
| 3. | <i>Elphidium fichtelianum</i> (d'Orbigny, 1846) | ● | □ |
| 4. | <i>Cibicidoides lobatulus</i> (Walker i Jacob, 1798) | ● | ■ |
| 5. | <i>Nonion commune</i> (d'Orbigny, 1846) | ◐ | ■ |
| 6. | <i>Heterolepa dutemplei</i> (d'Orbigny, 1846) | ◐ | ■ |
| 7. | <i>Asterigerinata planorbis</i> (d'Orbigny, 1846) | ◐ | ■ |
| 8. | <i>Bulimina elongata</i> (d'Orbigny, 1846) | ● | ◐ |
| 9. | <i>Uvigerina semiornata</i> (d'Orbigny, 1846) | ● | ◐ |
| 10. | <i>Glandulina ovula</i> (d'Orbigny, 1846) | ○ | ■ |
| 11. | <i>Spiroloculina canaliculata</i> (d'Orbigny, 1846) | ○ | ■ |
| 12. | <i>Pseudotriloculina consobrina</i> (d'Orbigny, 1846) | ○ | ■ |
| 13. | <i>Pseudonodosaria brevis</i> (d'Orbigny, 1846) | ○ | □ |
| PLANKTONSKE FORAMINIFERE: | | | |
| 14. | <i>Globigerina bulloides</i> (d'Orbigny, 1826) | ◐ | □ |
| 15. | <i>Orbulina sp.</i> (d'Orbigny, 1839) | ○ | □ |
| Legenda: ● velika učestalost ■ dobra očuvanost ◐ srednja učestalost ◐ srednja očuvanost ○ mala učestalost □ loša očuvanost | | | |

Osim što su mnogobrojne, foraminifere pokazuju i veliku bioraznolikost. Pri determinaciji vrsta najviše je korišten rad Papp & Schmid (1985).

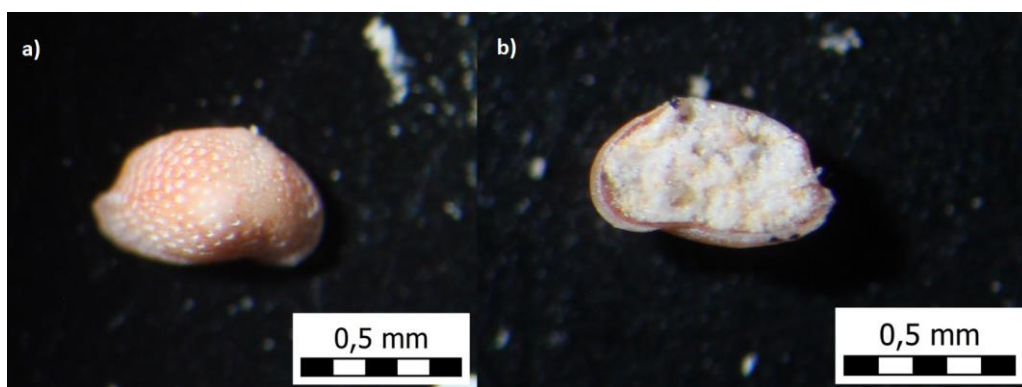
Ostrakodi

Ostrakodi su podrazred koji pripada koljenu Arthropoda (člankonožaca) te podkoljenu Crustacea (rakova). Ono što dijele sa drugim člankonožcima je bilateralna simetrija tijela. Ljuštura im se sastoji od dva dijela unutar koje se nalazi tijelo raka. Ovalnog su oblika (podsjećaju na bubreg) te su vrlo malih dimenzija: od 0,15 mm – 2 mm. Njihovo tijelo nije segmentirano, a 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. Danas žive gotovo u svim vodenim okolišima uključujući vruće izvore, špilje, polu kopnene okoliše, slatkovodne i morske okoliše, na i unutar podloge. Recentnih ima približno 70 000 vrsta. Ornamentacija i robustnost ljuštura ostrakoda govori o okolišnim uvjetima, tj. dubini i razini energije na tom području (Armstrong i Brasier, 2005; <https://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/ostracod.html>, siječanj, 2020).

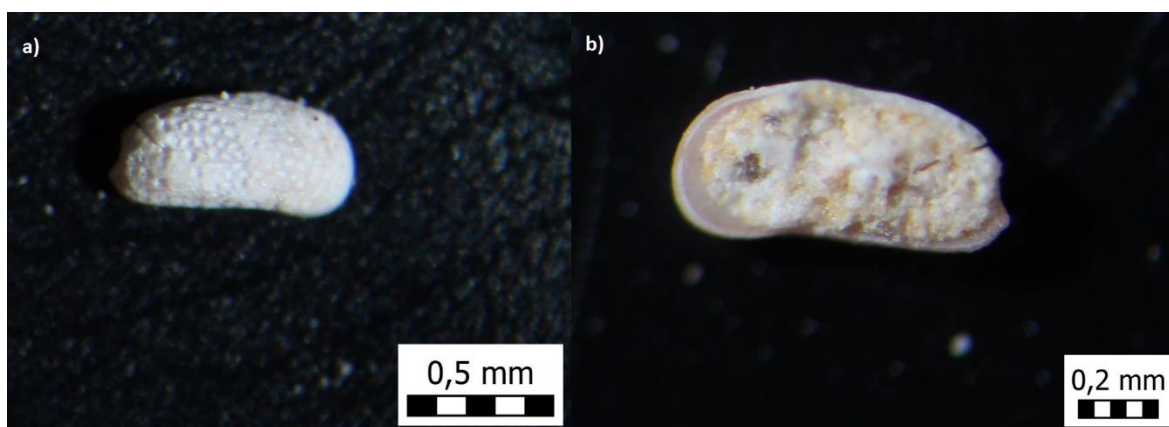
Organizmi nalik ostrakodima (člankonošci sa dvije ljušturice) se javljaju od kambrija, ali nije sigurno da su u pitanju pravi ostrakodi. Prvi pravi ostrakodi su zabilježeni od ordovicija. Sve prve jedinice su bile marinske. Prvi slatkovodni oblici se javljaju u karbonu.

Ljušturice ostrakoda u uzorku su većim dijelom otvorene i ispunjene sedimentom, manji je broj nađen sa zatvorenim ljušturicama. Većina ostrakoda potječe iz frakcije 250 μm . Neki manji primjerci se mogu naći u frakciji 125 μm , a neki veći u frakciji 500 μm koji su bili najviše oštećeni i onečišćeni.

Rod *Aurila* je zastupljen sa većim brojem jedinki u uzorku. Vrste koje su česte su: *Aurila angulata* (slika 31) i *Aurila punctata* (slika 32). Osim njih pronađene su još i *Aurila* cf. *cicatricosa* i *Aurila* sp.



Slika 31. a), b) *Aurila angulata*, uzorak B, frakcija 250 μm

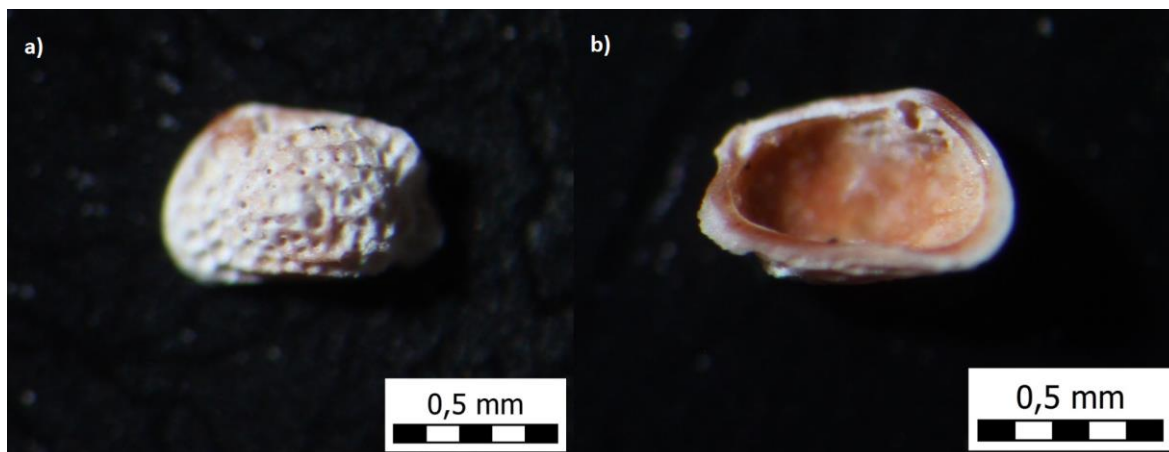


Slika 32. a), b) *Aurila punctata*, uzorak B, frakcija 250 μm

U velikom broju je zastupljena i vrsta *Pokornyella* cf. *deformis* (slika 33). Česta je i vrsta *Tenedocythere sulcatopunctata* (slika 34).

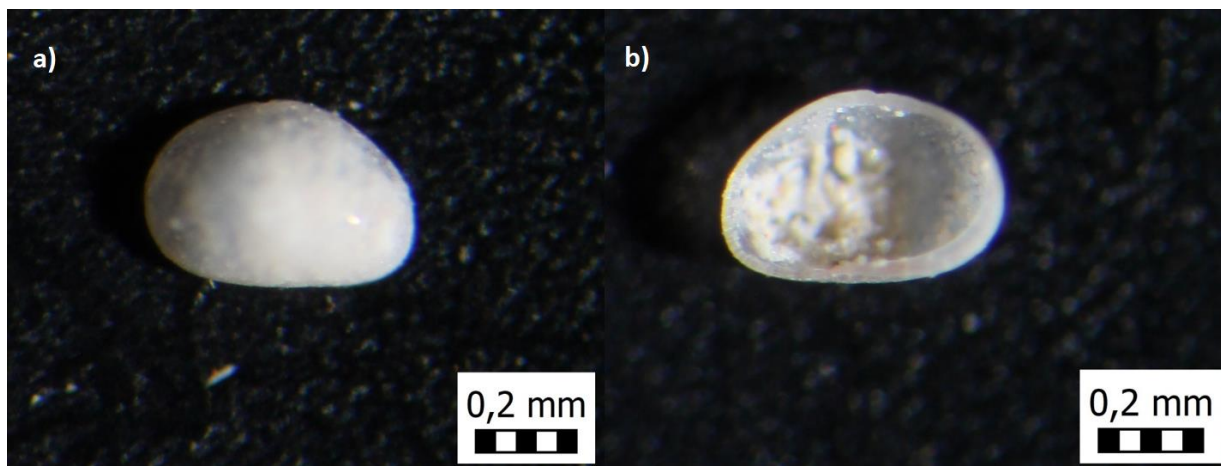


Slika 33. *Pokornyella* cf. *deformis* sa zatvorenim ljušturicama iz uzorka A, frakcija 250 μm



Slika 34. a), b) *Tenedocythere sulcatopuncata*, uzorak A, frakcija 250 μm

Uglavnom su prisutne vrste sa više ili manje ornamentiranim ljušturicama. Među njih spadaju još i *Callistocythere canaliculata* i *Loxocorniculum hastatum*. Jedini prisutni ostrakod glatke površine ljušturica je *Xestoleberis glabrescens* (slika 35) te je najrjeđi među prisutnima.



Slika 35. a), b) *Xestoleberis glabrescens*, uzorak C, frakcija 250 μm

Većina ostrakodnih ljušturica iz uzorka su otvorene. Manji broj jedinki, iako ni toliko rijedak, je pronađen sa zatvorenim, cjelovitim ljušturicama. Sve ostrakodne vrste su podjednake, srednje očuvanosti.

Mekušci

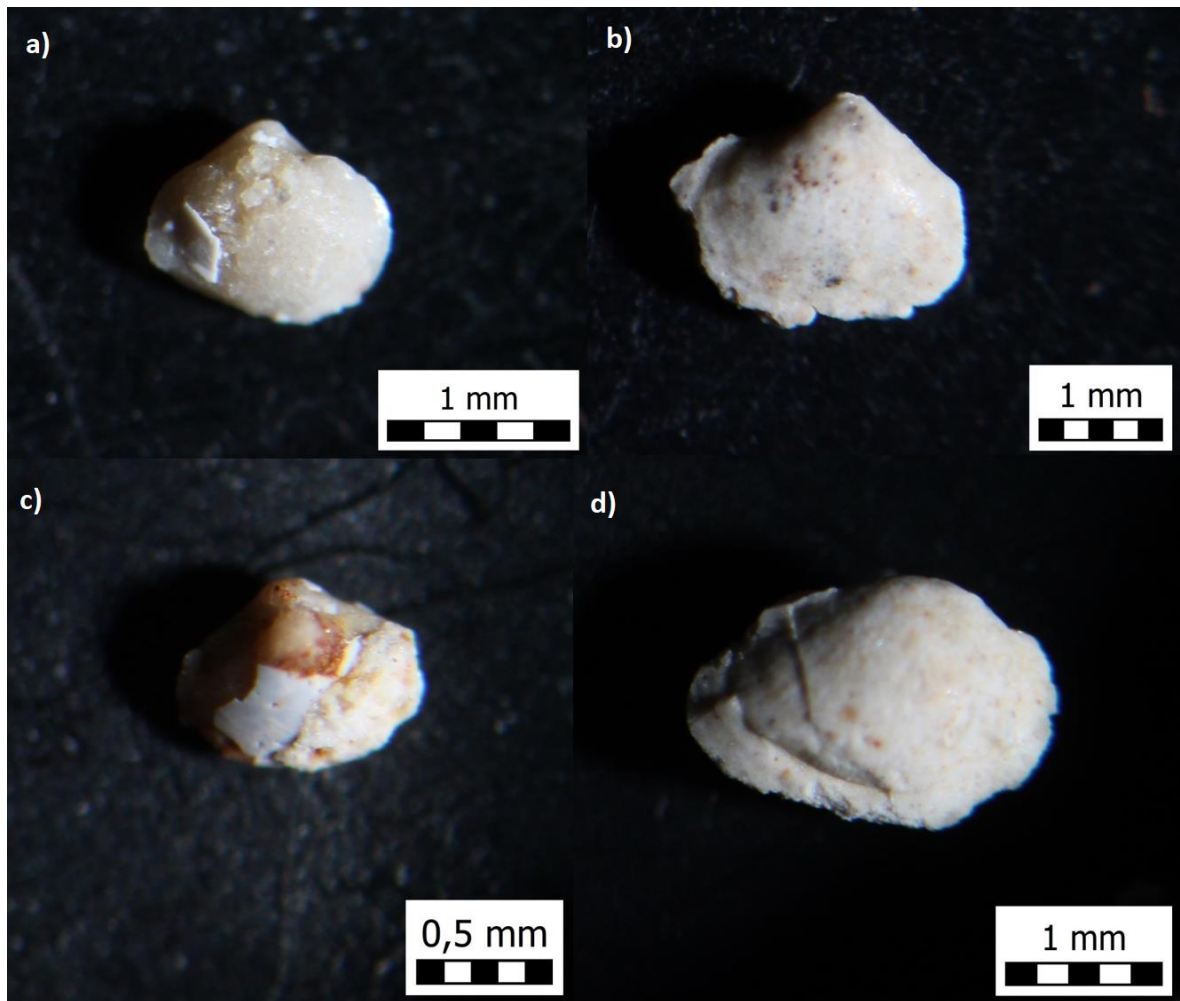
Nalazi mekušaca sastoje se od školjkaša, puževa i skafofoda. Većinski potječu iz frakcije 500 μm , iako ima fragmenata (pogotovo od skafofoda) u frakciji 250 μm . Na terenu su bili vidljivi golim okom ostaci većih školjkaša i puževa.

Mekušci su drugo najzastupljenije koljeno bezkralježnjaka, odmah nakon člankonožaca. Žive u svim sredinama, od mora, preko bočatih i slatkih voda, do kopna. Tijelo im je građeno tako da je na ventralnoj strani smješteno stopalo, mišićavi organ koji može imati različite funkcije i oblik, a na dorzalnoj je smještena utrobna vreća s unutarnjim organima. Cijelo tijelo osim glave ovija plašt koji ujedno i izlučuje zaštitni skelet od aragonita, kalcita ili hitina. Imaju visoko razvijeni živčani sustav koji može uključivati i oči. Krvožilni sustav ima srce sa dvije ili tri klijetke. Dišni sustav uključuje škrge ili pluća, a probavni probavnu žlijezdu. Unutar koljena postoji 8 razreda (Caudofoveata, Solenogastres, Monoplacophora, Polyplacophora, Bivalvia, Gastropoda, Cephalopoda, Scaphopoda).

Danas je procijenjeno približno 150 000 živućih vrsta, a fosilno je poznato oko 40 000. Fosilni zapis im je veoma kompletan. Javlja se tijekom donjeg kambrija, a dominiraju tijekom mezozoika i kenozoika (<https://kansasgeology.weebly.com/phylum-mollusca.html>, siječanj, 2020).

Skelet školjkaša građen je od lijeve i desne ljuštore koje zajedno drži ligament. Ljuštore su građene od kalcita ili kalcita i aragonita.

U uzorku su prisutne jedino kamene jezgre školjkaša (slika 36), ljušturice su se otopile osim pokojeg fragmenta. Zbog takvog stanja fosilnih ostataka nije bilo moguće odrediti o kojim rodovima i vrstama se radi. Na terenu su bile vidljive skeletne ljušturice, ali zbog iznimne krhkosti ih je bilo nemoguće ekstrahirati i donijeti u laboratorij.



Slika 36. Kamene jezgre školjkaša: a),b) iz uzorka A, frakcija 500 μm ; c),d) iz uzorka C, frakcija 250 μm

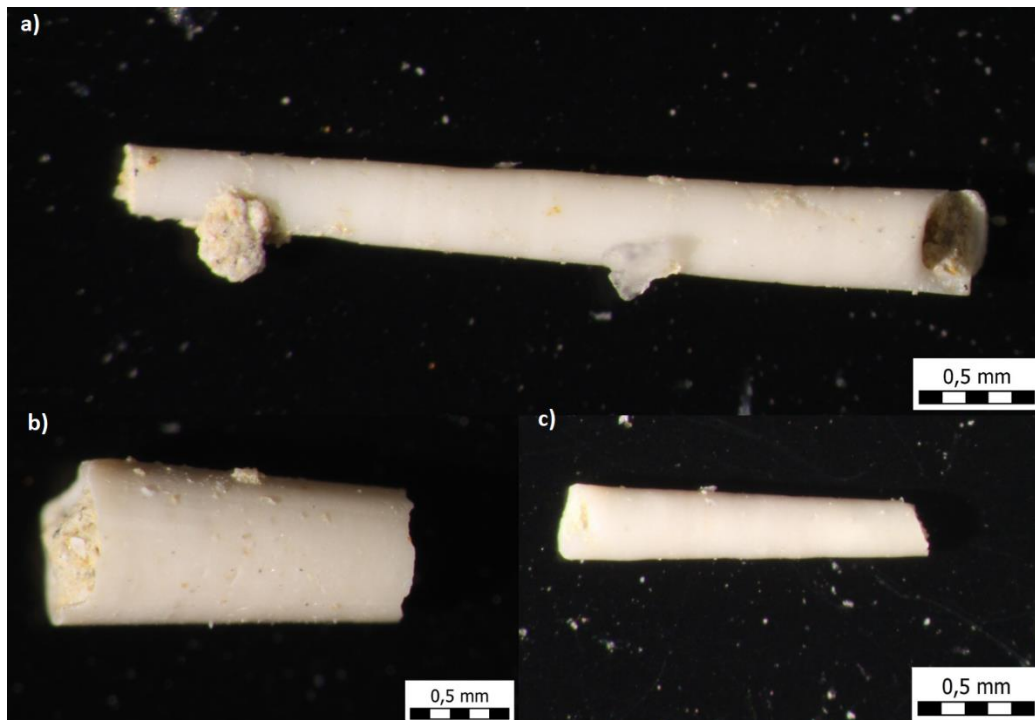
Skelet puževa čini jednodijelna kućica uglavnom građena od aragonita, iznimno od kalcita, koja je u najčešćem slučaju zavožita ili zakrivljena.

Uzorak sadrži nekoliko fragmentiranih nalaza puževih kućica. Određen je samo jedan rod, *Rissoa* (Desmarest, 1814) (Kowalke i Harzhauser, 2004) (slika 37).



Slika 37. *Rissoa* sp., uzorak C, frakcija 250 μ m

Skafofodi su isključivo marinski mekušci te žive samo kao infauna u mekoj podlozi u blizini obale. Kućica im je jednodijelna, otvorena na obje strane i nalikuje slonovoj kljovi. Fragmentirani ostaci roda *Dentalium* (slika 38) su prisutni u uzorku. Na izdanku je pronađen povelik broj fosilnih ostataka skafofoda, ali su uglavnom fragmentirani bez prepoznatljivih obilježja kućice pa su time teški za određivanje vrsta (Gjirlić, 2017).



Slika 38.a),b),c) *Dentalium* sp. iz Gjirlić, 2017., pripadaju istraživanom izdanku

Mahovnjaci

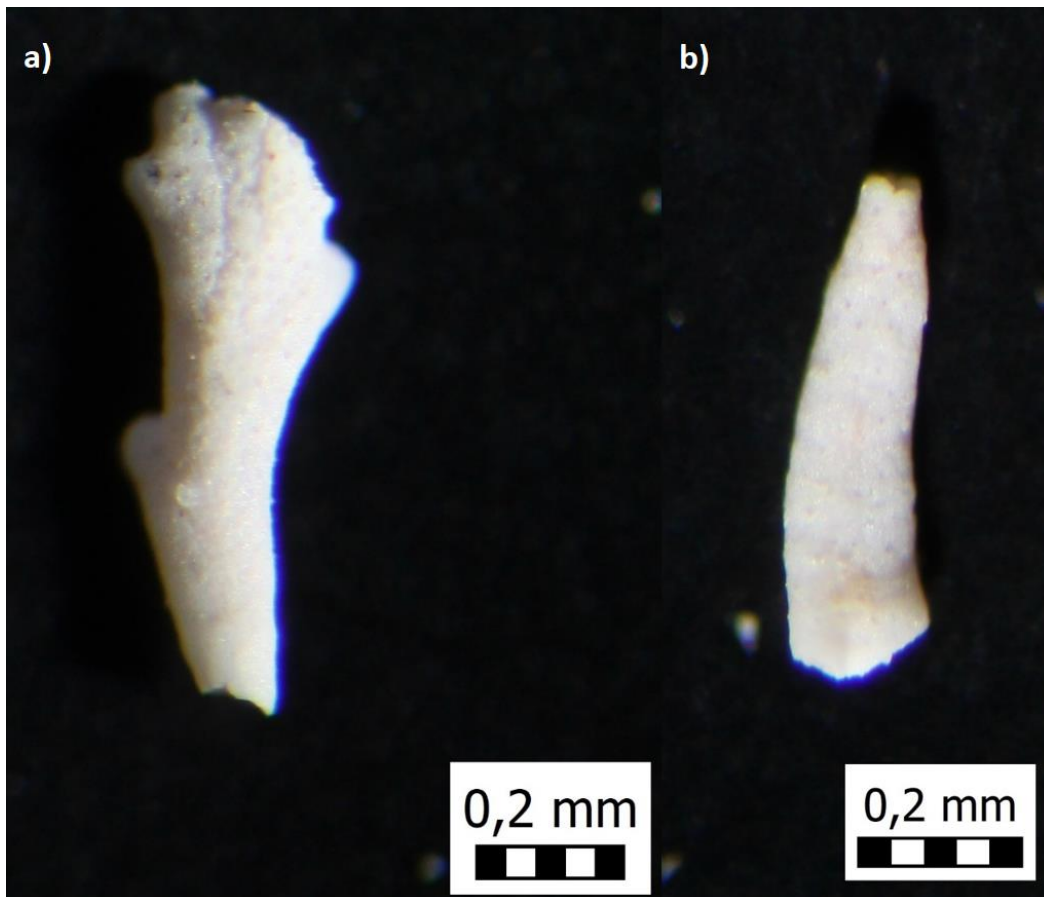
Bryozoa, odnosno mahovnjaci, koljeno su vodenih beskralježnjaka koji žive kao kolonijalni organizmi. Kolonija se naziva zoarij, a građena je od mnogobrojnih povezanih jedinica zooida. Zooidi su cilindričnog oblika i ne prelaze dužinu od jednog milimetra dok kolonije mogu narasti i do pola metra u širinu. Skelet mahovnjaka naziva se theca ili čaška te je izgrađen od kalcijevog karbonata. Posjeduju lanac pipaka, lofofora, kojima hvataju čestice hrane iz suspenzije, što bi značilo da su po načinu prehrane suspenzojedi. Zooidi su međusobno spojeni porama, a unutar zoarija postoji i podjela rada. Mahovnjaci uglavnom žive na tvrdim supstratima. Bitni su i kao graditelji grebena. Žive i u slatkoj i u slanoj vodi. Morske vrste obitavaju od obale do dubljeg mora, ali su najbrojnije u plitkim vodama kontinentalnog šelfa. Rastu na morskoj travi, formiraju kore na stijenama i ljušturama te kućicama drugih jedinki, vise sa stijena ili se uzdižu sa morskoga dna.

Dijele se u tri razreda: Phylactolaemata, koji su slatkovodni, i broje red Plumatellida ; Stenolaemata, koji obitavaju u morskoj vodi sa redom Cyclostomatida; Gymnolaemata, koji su uglavnom marinski sa redovima Ctenostomata i Cheilostomata. Najuspješniji je red Cheilostomata koji sadrži približno 600 rodova.

Fosilno su poznati od ordovicija (<https://www.britannica.com/animal/moss-animal>, siječanj, 2020).

Forme su im mnogobrojne, od uspravnih fleksibilnih i nefleksibilnih do korastih i onih slobodnog tipa (Smith i Gordon, 2011). Uspravne fleksibilne forme žive u okolišu srednje do visoke energije vode, a uspravne nefleksibilne obitavaju u okolišima niže energije vode, u dubljem šelfu (Amini i sur., 2004). Mahovnjaci se koriste u rekonstrukciji paleookoliša, za određivanje dubine mora koriste se varijacije u morfologiji, a temperatura se određuje prema dimenzijama zooida.

Nalazi mahovnjaka u uzorku su relativno rijetki i očuvani u lošijem stanju. Nađeni primjerci potječu iz sitnije frakcije od 125 µm te su fragmentirani. Najvjerojatnije je došlo do njihovog premještanja sa mjesta taloženja. Određeni su na razini roda *Tervia* (Jullien, 1882) (Martinuš i sur., 2013) (slika 39).



Slika 39. a), b) *Tervia* sp. iz uzorka A, frakcije 125 μ m

Bodljikaši

Svi bodljikaši su marinski organizmi. Tijelo im je zrakaste simetrije i prekriveno kalcitnim bodljama. Bodlje im služe za obranu te kretanje po morskom dnu. Jedan od razreda jest Echinoidea (ježinci) kojima i pripadaju fosilne bodlje iz uzorka. 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. Razlikuju se dva podrazreda: Cidaroida i Euechinoidea. Cidaroidni ježinci imaju peterozrakastu simetriju te spadaju među pravilne ježince. Ježinci iz podrazreda Echinoidea su bilateralno simetrični te predstavljaju nepravilne ježince. Geološki se prvo javljaju pravilni ježinci iz kojih se tijekom jure razvijaju nepravilni ježinci

(<https://ucmp.berkeley.edu/echinodermata/echinoidea.html>,
<https://animaldiversity.org/accounts/Echinoidea/>, siječanj, 2020).

Nalazi radiola ježinaca su zastupljeni u relativno velikom broju unutar uzorka, u frakcijama 500 μm i 250 μm . Uglavnom su fragmentirani iako se može naći i pokoji cijeloviti primjerak. Prevladavaju bodlje plitkomorskih ježinaca (slika 40a) koje u odnosu na dubljevodne (slika 40b) imaju izraženije uzdužne linije. Dubokomorski ježinci pokazuju puno tanje i manje izražene uzdužne linije koje često izgledaju prozirno.



Slika 40. a) bodlja plitkomorskog ježinca, uzorak A, frakcija 500 μm ; b) bodlja dubokomorskog ježinca (Gjirlić, 2017)

Ribe

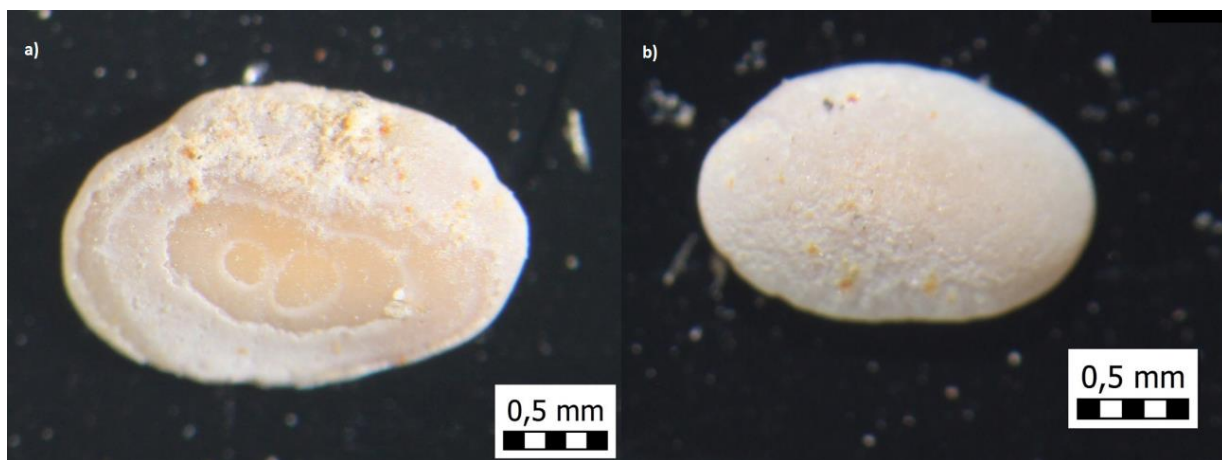
Jedini fosilni ostaci kralježnjaka u analiziranim uzorcima pripadaju nadrazredu riba, točnije razredu koštunjača i podrazredu zrakoperki. Ribe iz ovog razreda imaju skelet koji je djelomično ili potpuno okoštao (ima nakupine kalcija). Predstavljaju dominantnu skupinu kralježnjaka, zauzimajući čak 99 % od 30 000 postojećih vrsta riba. Sveprisutne su u vodenim staništima, kroz slatkovodne i marinske okoliše, od velikih morskih dubina do potoka koji se nalaze na velikim nadmorskim visinama. Marinske vrste su uglavnom pelagičke i nalaze se na velikim dubinama. Spadaju među najmanje živuće kralježnjake.

Od ribljih ostataka uzorak obiluje otolitima i, nešto u manjem broju, su prisutni nalazi zuba. Otoliti su jedinstveni među fosilima kralježnjaka u smislu da oni nisu dio skeleta, ali su sastavni i specijalizirani dijelovi akustično-lateralnog sistema. Prisutni su od jure. U starijim naslagama taloženi su *in situ*, ali od devona nadalje pronađeni su samo izolirani otoliti. Dok su cjeloviti kosturi riba rijetki, otolite nalazimo često u marinskim sedimentima i oni nam omogućuju rekonstrukciju riblje faune (Nolf, 1985).

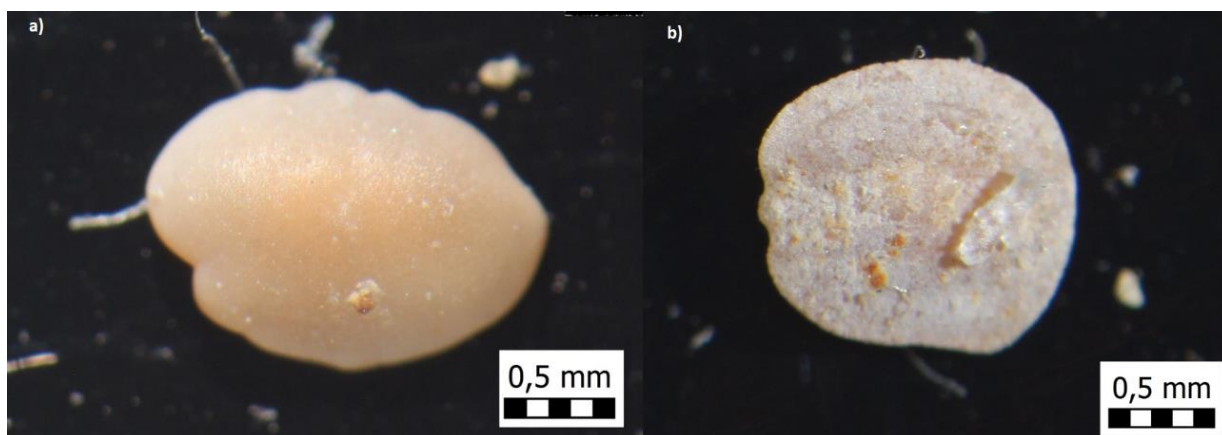
Razlikuju se tri vrste otolita: urtikularni, sakularni i lagenarni. Sakularni otolit je najčešći element za određivanje taksonomije i za rekonstrukciju fosilne faune riba. Urtikularni i lagenarni se nalaze kod veoma malog broja vrsta koštunjača (Nolf, 1985). Morfološki elementi sakularnih otolita koriste se za prepoznavanje riba zrakoperki, iz reda riba koštunjača (Actinopterygii), posebno pravih koštunjača. Prave koštunjače (Ostariophysi) imaju jako modificirane sakularne otolite, te se njihova komplicirana morfologija vrlo teško može objasniti (Husain, 2018 i literatura citirana u tom radu).

Kod istraživanja otolita se mjeri njegova duljina i visina.

Svi nalazi otolita pripadaju koštunjačama (razred: Osteichthyes (Huxley, 1880)), točnije zrakoperkama (podrazred: Actinopterygii (Klein, 1885)). Određeni su sljedeći riblji rodovi prema Husain (2018) i Sremac i sur.(2019): *Gadiculus*, *Physiculus*, *Diaphus* (slika 42), *Valenciennellus* i *Maurolicus* (slika 41).



Slika 41. a), b) otoliti pučinske ribe trbobroščića (*Maurolicus* sp.) (preuzeto iz Gjirlić, 2017)



Slika 42. a) otolit pučinske ribe gušterana (*Diaphus* sp.), b) otolit glavoča (Gobiidae) (preuzeto iz Gjirlić, 2017)

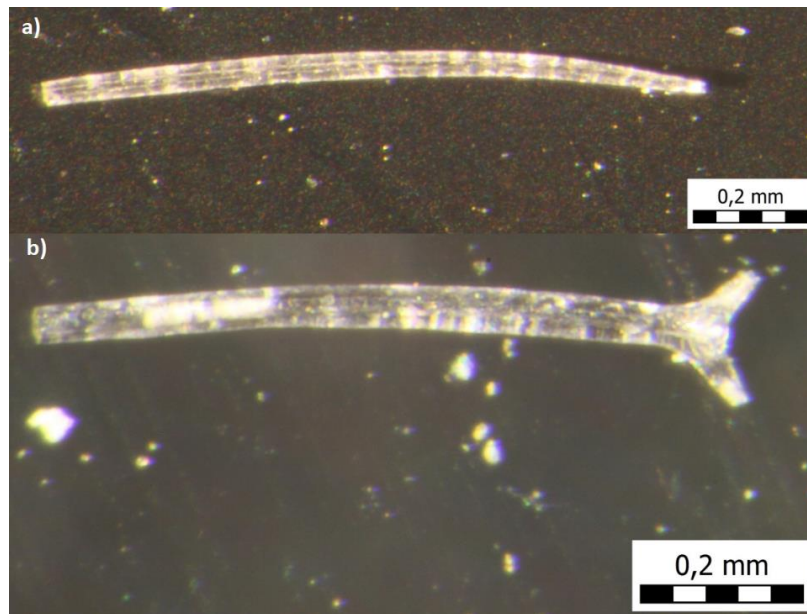
Spužve

Spužve (Porifera) su vrlo jednostavno građene mnogostanične životinje. Nemaju pravog tkiva i organa, ali im stanice posjeduju znatan stupanj nezavisnosti. Najprimjetljivija osobina im je postojanje mnogobrojnih pora na tijelu (po čemu i dobivaju ime). Postoje dvije vrste otvora: pore, odnosno ostije koje su sitne i mnogobrojne, te oskulumi koji su veći i rjeđi. Po načinu prehrane su suspenzojedi, hrane se tako da čestice suspendirane u vodi ulaze u tijelo kroz pore, prolaze kroz mnogobrojne cjevčice i proširenja unutar tijela i na kraju voda izlazi kroz oskulum.

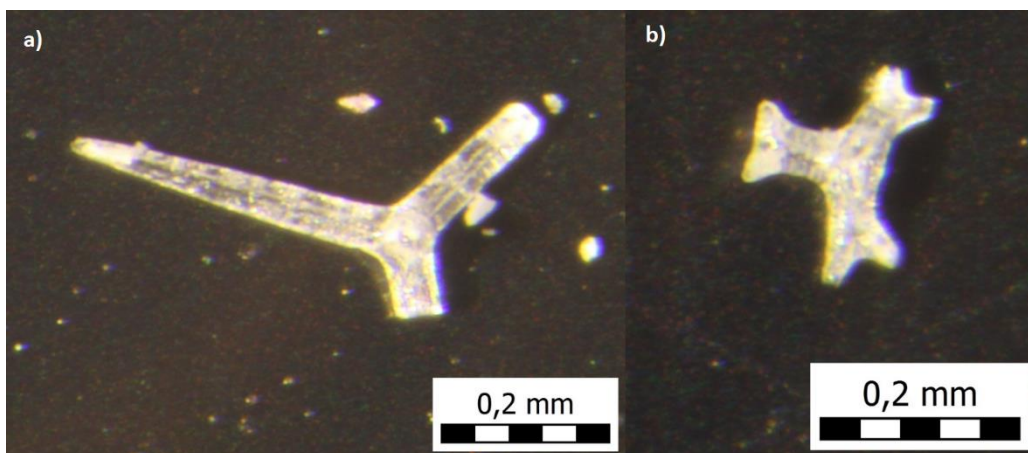
Veličinom variraju, kreću se od onih veličine zrna graška pa do visine od jednoga metra. Skelet može biti izgrađen od spikula različitog oblika i mineralnog sastava (silicija, kalcijeva karbonata) ili od bjelančevinastih vlakana (spongina). Razlikuju se dva osnovna tipa iglica, mikrosklere i megasklere. Mikrosklere su raspršene i rijetko izgrađuju snopove, a megasklere grade mrežasti skelet. Po obliku se razlikuju monoaksone, triaksone i poliaksone iglice i sklere.

Klasifikacija im je kompleksna, ali je uglavnom bazirana prema građi skeleta. Dijele se u tri razreda: Calcarea ili Calcispongiae, odnosno vapnenjače, čije spikule su vapnene, te su monoaksone, triaksone ili tetraksone, ne razlikuju se mikrosklere i megasklere; Hexactinellida (=Triaxonida ili Hyalospongiae), odnosno staklače, koje se razlikuju od ostalih spužava heksaksonim silicijevim spikulama, spikule su pravilno raspoređene i podijeljene u megasklere i mikrosklere, tijelo im je često peharasto, cjevasto i ljevasto; Demospongiae, odnosno kremenorožnjače čiji skelet je izgrađen od silicijevih iglica koje su povezane sponginom ili je pak od samoga spongina (Matoničkin, Habdija i Primc-Habdija, 1998).

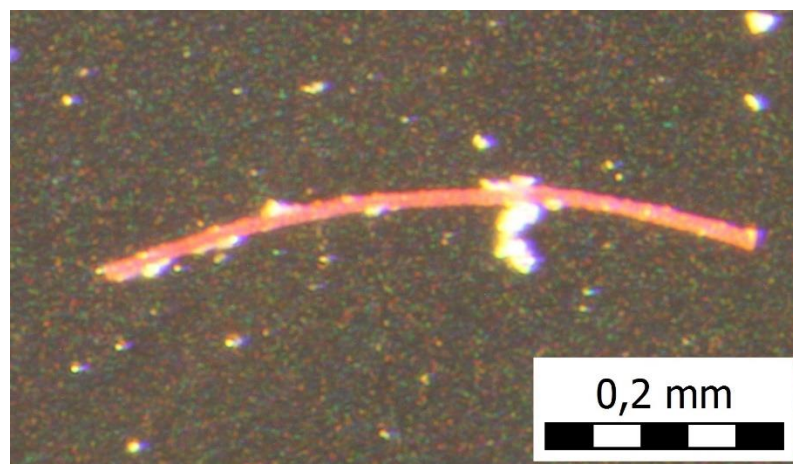
Uzorak obiluje raznolikim nalazima spikula (slika 43, 44, 45), uglavnom iz sitnijih frakcija (63 μm i 125 μm). Prisutne su spužve iz tri familije (Calthropellidae Lendenfeld, Pachastrellidae Carter, Euretidae, Zittel, 1877) i tri reda (Poecilosclerida, Astrophorida, Amphidiscosida). Određene su dvije vrste: *Anullostrella ornata/sollas/Vulcanella* i *Antarctotetilla leptoderma* (Kaltak, 2017).



Slika 43. Spikule: a) monoaksona, b) tetraksona (Gjirlić, 2017)



Slika 44. Spikule: a), b) različite tetraksone (Gjirlić, 2017)



Slika 45. Obojena monoaksona (Gjirlić, 2017)

Nanofosili

Vapnenački nanoplankton sastoji se od kokolitoforida, jednostaničnih, eukariotskih fitoplanktona. Kućica im je sferična i sastavljena od kalcitnih pločica, kokolita. Njihovo određivanje ključno je u određivanju starosti uzorka.

Kokolitoforide je odredio prof. geol. i geogr. Šimun Aščić (tablica 2).

Tablica 2. Rezultati analize nanofosila (Gjirlić, 2017)

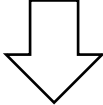
| |
|---|
| Kokolitoforidi vrste: |
| <i>Braarudosphaera bigelowii</i> (Gran & Braarud 1935) Deflandre, 1947 |
| <i>Calcidiscus premacintyreii</i> Theodoridis, 1984 |
| <i>Calcidiscus tropicus</i> (Kamptner, 1956) Varol 1989 sensu Gartner, 1992 |
| <i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich 1877) Schiller, 1930 |
| <i>Helicosphaera carteri</i> (Wallich 1877) Kamptner, 1954 |
| <i>Micrantholithus breviradiatus</i> Bown, 2005 |
| <i>Pontosphaera multipora</i> (Kamptner, 1948 ex Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Roth, 1970 |
| <i>Pontosphaera plana</i> (Bramlette & Sullivan, 1961) Haq, 1971 |
| <i>Reticulofenestra haqii</i> Backman (1978) |
| <i>Reticulofenestra minutula</i> (Gartner, 1967) Haq & Berggren (1978) emend. Young (1990) |
| <i>Reticulofenestra pseudoumbilicus</i> (Gartner, 1967) Gartner, 1969 |
| <i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman, 1898 |

6 RASPRAVA

6.1 Starost lokaliteta

Starost naslaga određena je preklapanjem stratigrafskih raspona određenih vrsta. Prvi način bilo je utvrditi starost pomoću vapnenačkog nanoplanktona (tablica 3).

Tablica 3. Stratigrafski raspon vrsta kokolitoforida i starost utvrđena pomoću njih

| VRSTE VAPNENAČKOG NANOPLANKTONA  | PERIOD | NEOGEN | | | | | | | | |
|---|--|------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------|-----|---------|----------------------------|-----------------------|
| | EPOHE | MIOCEN | | | | | | | | |
| | DOBA NA PODRUČJU MEDITERANA | AKVITAN | BURDIGAL | | | LANGIJAN | | SERAVAL | TORTON | |
| | DOBA NA PODRUČJU CENTRALNOG PARATETHYSA | E G E R | E G E N B U R G | O T N A N G | K A R P A T | BADEN | | | S A R M A T | P A N O N |
| | ZONE | NN1 | NN2 | NN3 | NN4 | NN5 | NN6 | NN7 | NN8 | NN9 |
| <i>Braarudosphaera bigelowii</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Calcidiscus premacintyreii</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Calcidiscus tropicus</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Coccolithus pelagicus</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Helicosphaera carteri</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Pontosphaera multipora</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Reticulofenestra haqii</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Reticulofenestra pseudoumbilicus</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Rhabdosphaera clavigera</i> | | | | | | | | | | |

Uzorak nije pokazivao veliku količinu nanofosila, ali ipak sadrži dovoljno podataka da se može zaključiti približno o kojoj starosti je riječ. Prisutni su nanofosili koji započinju s NN4 zonom kao i oni koji završavaju s NN6 zonom, dakle starost treba odgovarati tom intervalu, NN4 – NN6 nanozone (od sredine otnanga do kraja sarmata).

Točnija starost glasi od 16,3 do 12,2 milijuna godina. Gledajući i druge fosile uz kokolitoforide taj raspon bi se mogao suziti na baden.

Tablica 4. Stratigrafska distribucija dokazanih vrsta ostrakoda u Centralnom Paratethysu (prilagođeno prema: Gross, 2006)

| OSTRAKODI VRSTE: | CIJELI | BADEN | | | SARMAT | | |
|--|--------|-------|---------|--------|--------|---------|--------|
| | MIOCEN | DONJI | SREDNJI | GORNJI | DONJI | SREDNJI | GORNJI |
| <i>Aurila cf. cicatricosa</i> | | | | | | | |
| <i>Aurila angulata</i> | | | | | | | |
| <i>Aurila punctata</i> | | | | | | | |
| <i>Pokornyella cf. deformis</i> | | | | | | | |
| <i>Xestoleberis glabrescens</i> | | | | | | | |
| <i>Callistocythere canaliculata</i> | | | | | | | |
| <i>Tenedocythere sulcatopunctata</i> | | | | | | | |
| <i>Loxocorniculum hastatum</i> | | | | | | | |

Starost se još može odrediti gledajući fosilnu zajednicu. Ona je sastavljena od tipičnih badenskih vrsta Centralnog Paratethysa (tablica 4). Pomoću njih se starost može utvrditi kao baden, ali ne i preciznije od toga.

6.2 Ekološke niše i način života najčešćih organizama

Bentičke foraminifere su daleko najzastupljenije jedinke u uzorku. Njihova rasprostranjenost i raznolikost uvelike ovisi o koncentraciji kisika i organskom toku u vodi, ali ne smiju se isključiti niti utjecaj temperature, dubine i saliniteta (Gebhardt, 1999; Drinia i sur., 2003; Kaiho, 1994; Pippèrr i Reichenbacher, 2010). Visok udio kisika i nutrijenata upućuje na eutrofične uvjete, a u takvom okolišu bentičke foraminifere pokazuju nisku raznolikost i obilnost jedinki koja dovodi do konzumacije kisika pri dnu vodenog stupca. Veliki postotak bentičkih foraminifera ukazuje na visoku produktivnost u plitkome bazenu

ili na nižu brzinu sedimentacije (Tyszka, 2001). Bitno je promotriti i očuvanost jedinki jer njihovu raznolikost i obilje na jednome mjestu mogu prouzročiti i određeni događaji poput oluja.

Globulina je bentička, kozmopolitska vrsta vapnenačke perforatne kućice, a obitava u dubinama od dva pa do 3270 m, znači područje šelfa i duboko more. Spada u red Lagenida. Živi kao infaunalni muljojed. Prisutna je od jure. Kućica je jajolika sa rasporedom klijetki kao kod *Quinqueloculina* (Milker, 2012). Stijenka je glatka i providna. Duljina kućice varira od 0,45 – 1,10 mm i širine od 0,40 – 0,90 mm (Israelsky, 1951). Za ovaj bi se rod moglo reći da je široko rasprostranjen te da preferira toplije vode normalnog saliniteta (Murray, 2013).

Elphidium spada u red Rotaliida te mu je kućica vapnenačka perforatna, staklasta. Široko je rasprostranjen, obitava od obalnih regija sve do kontinentalne padine. Prve jedinke datiraju iz eocena. Živi kao semi-infaunalni svejed te preferira mjesta obilne podvodne vegetacije. *Elphidium crispum* ima kućicu koja je planispiralno savijena i involutna. Klijetke su mnogobrojne i uske. Stijenke su glatke, pustule se nalaze jedino oko ušća (Milker, 2012). *Elphidium fichtelianum* ukazuje na okoliš unutarnjeg do srednjeg neritika (Nouradini i sur., 2015).

Cibicidoides također spada u red Rotaliida. U modernom oceanu živi u unutarnjem neritiku, od 50 do 70 m dubine u okolišu relativno visoke energije vode, normalnog saliniteta i toplijih temperatura (Holcová i Zágoršek, 2008; Pippèrr i Reichenbacher, 2010). Tolerira uvjete sa visokim udjelom kisika. Način života mu je kao semi infauna. Svejed je. *Cibicidoides lobatulus* se javlja u paleocenu, a čest je i danas. Kućica je trohospiralna, a klijetke su veće što su novije. Površina stijenki je glatka (Nouradini i sur., 2015).

Od staklastih češćih foraminifera prisutna je *Uvigerina*. Kućica joj je produžena i ukrašena longitudinalnim rebrima. Pokazatelj je anoksičnog okoliša. Živi kao sjedilački semi-infaunalni detritivor. Rasprostranjena je od plitkomorskog do dubokomorskog okoliša, na području šelfa na dubinama od 0 – 180 m, živi na muljevitim i siltoznim podlogama kao slobodna infauna, a hrani se biljkama (fossilworks.org). Specifične je morfologije radi svoje trubaste i izražene posljednje klijetke. Prisutna je od eocena.

Nonion je foraminifera koja može živjeti u različitim okolišima pa tako i u područjima niskog saliniteta s puno nutrijenata (Kopecka i sur., 2018).

Heterolepa dutemplei živi kao sjedilačka epifauna u plitkomorskim okolišima dubine do 40-ak metara. Kućica joj je asimetrična, jedna strana je zaobljena dok je druga zaravnjena sa izbočenjem u sredini (Nouradini i sur., 2015; fossilworks.org).

Asterigerinata živi kao sjedilački semi-infaunalni svejed, *Bulimina* kao stacionarni semi-infaunalni svejed u rasponu okoliša od plitkomorskog do dubokomorskog, *Glandulina* kao sjedilački infaunalni muljojed, a okoliš u kojem obitava se kreće od plićeg subtajdala do dubokomorskog (fossilworks.org).

Od porculanskih foraminifera su utvrđene samo dvije jedinke. *Spiroloculina canaliculata* je sjedilački epifaunalni biljojed. Živi od plićeg do dubljeg subtajdala. *Sinuloculina consobrina* je sjedilački epifaunalni muljojed koji obitava u plićem subtajdalu (fossilworks.org)

Mnogobrojne planktonske foraminifere potječu iz otvorenog mora. Na njihovu brojnost, raznolikost i kompoziciju u velikoj mjeri utječe temperatura. U uzorku *Globigerina* dominira u odnosu na *Orbulina* što bi moglo uputiti na nižu temperaturu vode, budući se ona uzima kao indikator hladnijih voda za razliku od *Orbulina* koja bi bila indikator toplijih voda.

Ostrakodi su također brojni i raznoliki u uzorku. Jedan od rodova zastupljen u većem broju je *Aurila*. Marinska je vrsta i živi kao epifaunalni detritivor ili pašač. Okoliši u kojima živi se kreću od obale do plitkog subtajdala, a nalazi se još i u lagunama, deltama, estuarijima i grebenima. Cijela ostrakodna zajednica uzorka pripada tipičnoj zajednici badena Centralnog Paratethysa. Ujedno upućuje na plitkomorski marinski okoliš.

Jedinke vrste *Aurila* cf. *cicatricosa* nađene su u sjevernoj Italiji i Siciliji (gornji miocen) i badenu istočne Austrije, južne Poljske, Rumunjske, Češke i Slovačke. Pojavljuje se na dubini od 70 – 80 m (Gross, 2006).

Aurila punctata je zabilježena u badenu Rumunjske, Poljske, Češke i Slovačke. Obitava na dubinama od 50 – 60 m (Gross, 2006).

Vrsta *Loxocorniculum hastatum* pronađena je u badenu Rumunjske, Poljske, Češke, Slovačke, sjevernoistočne Bosne, sjeverozapadne Bugarske i istočne Austrije (Gross, 2006).

Rissoidae su morski puževi koji preferiraju stanište plitkog litorala gdje žive ili na tvrdoj podlozi kao mikro-algalni pasači, ili na mekšoj podlozi kao detritivori (Bandel & Kowalke, 1999).

Zajednica riba također daje zanimljive podatke. Rod *Diaphus* (gušteran) jako je mala riba koja živi na dubinama do 700 m. Hrani se zooplanktonom, najviše kopepodima i ostrakodima, a sam je hrana brojnim grabežljivcima (https://hr.wikipedia.org/wiki/Gu%C5%A1teran_obi%C4%8Dni, siječanj, 2020).

Porodica Sternoptychida (u koje spadaju rodovi *Maurolicus* i *Valenciennellus*) se satoji od malih riba koje danas žive u dubokom moru na dubinama od 200 – 600 m. Obitavaju u tropskim, subtropskim i umjerenim vodama Atlantika, Pacifika i Indijskog oceana. Imaju sposobnost bioluminiscencije koja im pomaže kod zaštite od grabežljivaca (<https://en.wikipedia.org/wiki/Sternoptychidae>, siječanj, 2020).

Rod *Gadiculus* je rasprostranjen u obalnim vodama sjeveroistočnog Atlantika i Mediterana. Vrlo su male ribe koje ne narastu više od 15 cm duljine (<https://en.wikipedia.org/wiki/Gadiculus>, siječanj, 2020)

6.3 Paleookoliš

Na temelju usporedbe nađenih taksona foraminifera, ostrakoda i ostalih vrsta s njihovim današnjim živućim predstavnicima određen je paleookoliš. Fosilna zajednica se pokazala kao dobar indikator okoliša. Mnogobrojna zajednica različitih rodova i vrsta preferira različite uvjete stanovanja, dubinu vode, temperaturu, salinitet, stupanj energije vode, donos sedimenata s kopna, količina nutrijenata itd. Nije dovoljno donositi zaključke gledajući preference samo jedne vrste jer nisu svi fosili u zajednici autohtoni. Gledajući stanje skeleta nekih vrsta očito je da je u prošlosti došlo do nekog većeg događaja poput oluje ili vala koji je doveo do miješanja plitkomorske i dubokomorske fosilne zajednice.

Sigurno je da je u pitanju marinski okoliš. Gledajući cjelokupnu fosilnu zajednicu vidljivo je da su sve vrste i rodovi marinski (razredi Scaphopoda i Echinoidea su isključivo

marinski). Neke od nađenih vrsta se pojavljuju i u bočatim okolišima (ostrakodi i ribe), ali gledajući cjelokupnu sliku, o takvome okolišu se ne radi.

Uzorak je klasificiran kao glinoviti vapnenac, što ukazuje da se okoliš ne nalazi neposredno uz obalu. Gledajući fosilnu zajednicu vidi se da je dubljemorska fauna slabije očuvanosti (spikule spužvi, otoliti, skafopodi, planktonske foraminifere, radiole dubljemorskih ježinaca) sa spikulama i skafopodima koji su velikim dijelom u krhotinama, u odnosu na plitkomorsku koja je u bolje sačuvana (bentičke foraminifere tipa *Cibicidoides*, *Nonion*, *Heterolepa*, ostrakodi). Takvi podaci govore o taložnom okolišu smještenom na srednjem šelfu sa povremenim donosom dubokomorskog sedimenta i onog koji se nalazi još pliće (olujama ili strujama) i miješanjem biote. Najvjerojatniji okoliš je srednji šelf, a zbog miješanja faune pretpostavljena je dobra komunikacija s otvorenim morem.

Podloga je muljevita, što govori o nižoj energiji vode, i najvjerojatnije bujnije podvodne vegetacije (npr. jedinke roda *Elphidium* obitavaju na podvodnim livadama, a u uzorku su jedni od najčešćih fosila).

Dubina i salinitet

Tablica 5. Dubina i salinitet utvrđeni prema najčešćim foraminiferama u uzorku

| VRSTA | DUBINA (m) | | | | | SALINITET | | |
|-------------------------------|------------|-------|-------|-------|------|-----------|----------|-------|
| | 0-10 | 10-20 | 20-50 | 50-70 | 70 + | nizak | normalan | visok |
| <i>Globulina gibba</i> | ————— | | | | | | ————— | |
| <i>Elphidium crispum</i> | ————— | | | | | | ————— | |
| <i>Elphidium fichtelianum</i> | ————— | | | | | | ————— | |
| <i>Cibicidoides lobatulus</i> | | | | ————— | | | ————— | |
| <i>Uvigerina</i> | ————— | | | | | | ————— | |
| <i>Nonion commune</i> | ————— | | | | | ————— | ————— | |

Točnu dubinu teže je odrediti zbog uglavnom tolerantnih vrsta širokog raspona dubina na kojima obitavaju. Otoliti pučinskih riba, spikule, planktonske foraminifere i kućice skaforoda ostaci su organizama koje žive na većim dubinama. Bentičke foraminifere, ostrakodi, puževi i školjkaši zastupljeni su vrstama koje obitavaju na području šelfa. *Cibicidoides lobatulus* i *Nonion commune* su najbolje očuvane foraminifere te ujedno pokazuju i veliku obilnost u uzorku.

Cibicidoides živi na području od šelfa do batijala, najčešće na dubini od 50 – 70 m, a *Nonion* u području šelfa na dubini od 0 – 180 m. Uspoređujući zajednicu foraminifera (tablica 5) moglo bi se reći da se glinoviti vapnenac taložio na dubini od 50 – 70 m.

Tablica 6. Dubina utvrđena prema ostrakodnim vrstama (Gross, 2006)

| VRSTA | DUBINA (m) | | | | | |
|--------------------------------------|------------|---------|---------|---------|---------|------|
| | 0 - 30 | 30 - 50 | 50 - 60 | 60 - 70 | 70 - 80 | 80 + |
| <i>Aurila cf. cicatricosa</i> | | | | | — | |
| <i>Aurila punctata</i> | | | — | — | | |
| <i>Xestoleberis glabrescens</i> | | | — | | | |
| <i>Tenedocythere sulcatopunctata</i> | | — | — | — | — | — |

Ostrakodne vrste najbolje odgovaraju dubini od 50 – 60 (70) m (tablica 6). Gledajući ostrakodnu i foraminifersku zajednicu usporedno, može se zaključiti da je taložni okoliš na 50 – ak m dubine te da vjerojatno pripada srednjem šelfu.

Foraminifersku zajednicu (tablica 5) upućuje na normalni salinitet (~ 35 ‰). U prilog ovome ide česta pojava fosilnih mahovnjaka, školjkaša i ježinaca u uzorku koji svi preferiraju normalan salinitet (Nouradini i sur., 2015). Prisutne vrste iz ostrakodne zajednice su eurihaline, stoga nisu bile pogodne za određivanje saliniteta.

Temperatura

Tablica 7. Klima utvrđena prema foraminiferskim rodovima

| ROD | NAČIN ŽIVOTA | KLIMA | | | |
|---------------------|--------------|--------|----------|-------|---------|
| | | hladna | umjerena | topla | tropska |
| <i>Globulina</i> | Bentos | | | | |
| <i>Elphidium</i> | Bentos | | | | |
| <i>Cibicidoides</i> | Bentos | | | | |
| <i>Nonion</i> | Bentos | | | | |
| <i>Uvigerina</i> | Bentos | | | | |
| <i>Globulina</i> | Plankton | | | | |

Zajednica foraminifera ukazuje na to da je paleotemperatura bila relativno visoka, čineći klimu toplom do suptropskom (tablica 7). Riblja zajednica na lokalitetu jugozapadne Medvednice ukazuje da je u vrijeme badena na tom području vladala topla suptropska do tropska klima. Nađeni rodovi porodice Sternoptychidae žive u tropskim, suptropskim i umjerenim morima, dok rod *Diaphus* živi u svim morima svijeta, prilagođen na sve klimatske uvijete (Husain, 2018). Ostrakodna zajednica nađena u uzorcima također preferira topliju klimu.

Količina kisika

Tablica 8. Preferirani okoliš foraminifera s obzirom na količinu kisika

| VRSTA | OKOLIŠ | |
|-------------------------------|---------|-----------|
| | OKSIČAN | ANOKSIČAN |
| <i>Cibicidoides lobatulus</i> | + | |
| <i>Uvigerina</i> sp. | | + |
| <i>Heterolepa dutemplei</i> | + | |
| <i>Bulimina</i> sp. | | + |
| <i>Elphidium fichtelianum</i> | + | |
| <i>Elphidium</i> sp. | + | |

Uvigerina i *Bulimina* su rodovi koji su ujedno i pokazatelji anoksičnog okoliša. Obje skupine su zastupljene u uzorku u srednjoj količini, ali i srednjeg stanja očuvanosti. *Uvigerina* je foraminifera koja preferira dublji okoliš, uglavnom onaj dubine od 100 m nadalje. *Bulimina* je obilna na dubinama od 50 – 200 m. Uzevši u obzir njihovu preferencu na dublja područja i stupanj očuvanosti fosila, vrlo je vjerojatno da su anoksične vrste potekle iz dubljeg područja i pomješale se sa oksičnom biotom, ili su uvjeti unutar sedimenta bili anoksični.

Cibicidoides, *Elphidium* i *Heterolepa* su količinski zastupljeniji u uzorku te sve navedene vrste obitavaju u oksičnom okolišu, stoga proizlazi zaključak da je količina kisika bila dostatna i da se radilo o oksičnom okolišu (tablica 8).

Podaci iz tablica preuzeti iz: Gross, 2006; Murray, 2013; Nouradini i sur., 2015; <https://obis.org/>, siječanj, 2020)

6.4 Komparacija izdanka

Sjevernije od istraživanog izdanka (Dubravica okretište), na putu prema špilji Veternici, nalazi se subvertikalni izdanak s klastičnim i laporovitim naslagama, ukupne visine oko 16 m, istražen u diplomskom radu Jeftinić, 2019 (slika 46). Taj izdanak, osim sitnozrnate komponente sadrži i pjeskovitu te se vjerojatno nalazio pliće u odnosu na istraživani, na području unutarnjeg šelfa sa znatno manjim utjecajem iz otvorenog mora i većom energijom vode.

Fosilna zajednica im je relativno slična, ali je istraživana obilnija sa puno više bioraznolikosti. U oba slučaja prevladavaju bentičke foraminifere, zastupljene su i iste vrste poput *Cibicidoides lobatulus*, *Elphidium crispum*, *Heterolepa dutemplei*, *Nonion commune*. Brojnost planktonskih foraminifera je znatno manja na sjevernijem izdanku, što ide u prilog zaključka da se nalazio pliće, o čemu govori i nedostatak spikula, otolita i skafopoda.

Osim što dijele zajednicu foraminifera, slični su i po zajednici ostrakoda, koja je mnogobrojna u oba slučaja. Vrste koje su zajedničke su: *Aurila cicatricosa*, *Aurila angulata* i *Xestoleberis glabrescens*. U oba slučaja prevladava rod *Aurila*.

Oba lokaliteta sadržavaju zajednicu školjkaša i puževa, kod sjevernijeg izdanka je ona bolje sačuvana, pa i bolje istražena.

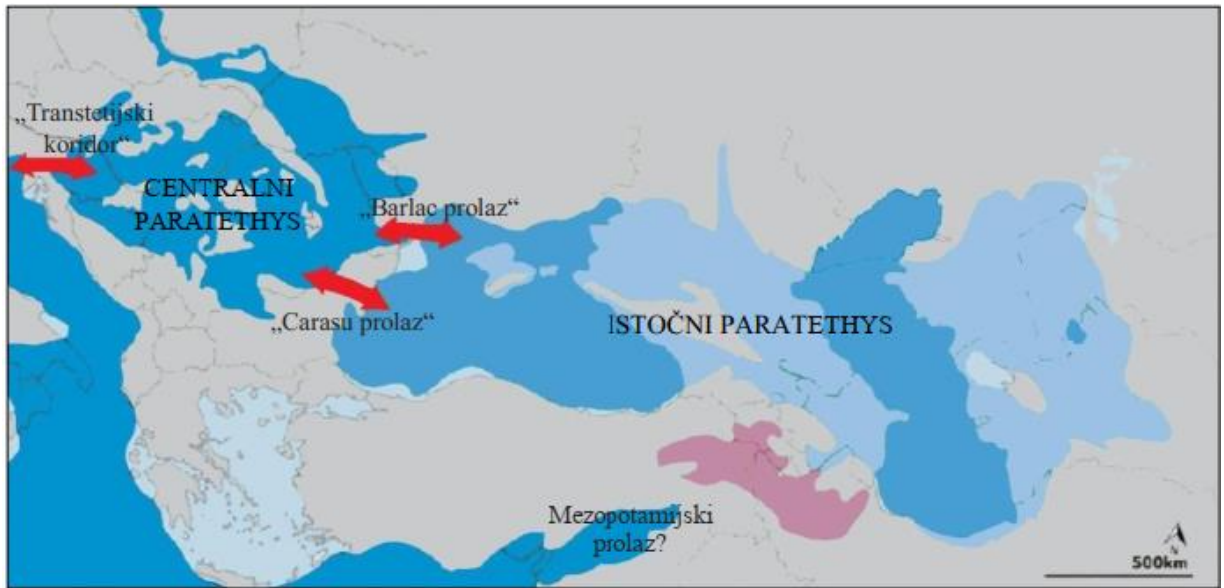
I na ovom je izdanku utvrđena badenska starost naslaga, kao i topli klimatski uvjeti.



Slika 46. Lokacija i zračna udaljenost dvaju kompariranih izdanaka (preuzeto s *Google Earth 2.2.2020.g.*)

6.5 Paleogeografija i migracije

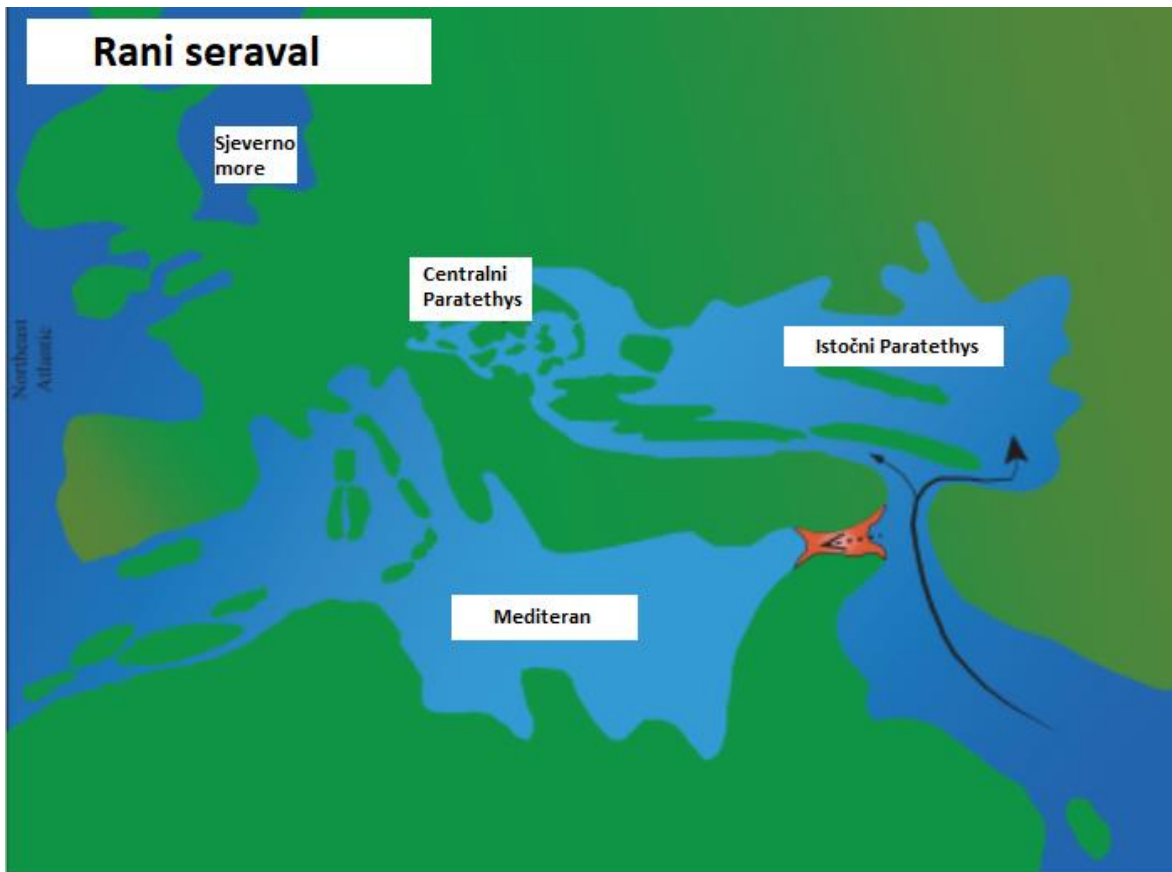
Paleogeografske promjene Centralnog Paratethysa vezane su za razdoblja otvaranja i zatvaranja morskih prolaza kojima je omogućena ili spriječena veza i izmjena faune između susjednih mora unutar Centralnog i Istočnog Paratethysa, Sredozemlja te Indijskog oceana (slika 48, 49). Kod dokazivanja postojanja nekadašnjih morskih prolaza važnu ulogu igra vapnenački nanoplankton (npr. Kovačić i sur., 2017). Planktonski puževi pteropodi imaju veliku primjenu u paleogeografskim istraživanjima. Pteropodi su nošeni morskim strujama, stoga njihova rasprostranjenost pruža mogućnost razmatranja mogućih „migracijskih prolaza“ tijekom badenskih transgresivno-regresivnih ciklusa na temelju njihove zabilježene geografske rasprostranjenosti u badenskim sedimentima Paratethysa, koja se podudara s razdobljima morskih transgresija (npr. Bošnjak, 2017 i reference u radu). Pretpostavlja se da je Centralni Paratethys za vrijeme miocena povezan s Mediteranom preko „Transtetijskog prolaza“ (današnja Slovenija) (slika 47), veza s Istočnim Paratethysom je preko današnjeg Crnog mora, a dolina rijeke Rhone i poljske rijeke ga vežu sa Sjevernim morem (Prista i sur., 2015). Zbog regresije na kraju srednjeg badena neki autori tvrde da je tada nestala veza između Centralnog Paratethysa i Mediterana te da „Transtetijski prolaz“ ne postoji (Rögl i sur., 1978; Dumitrica, 1978; Rögl i Steininger, 1983; Rögl, 1998). Prema današnjim saznanjima „Transtetijski prolaz“ smatra se otvorenim prolazom za izmjenu faune između Sredozemlja i Centralnog Paratethysa tijekom badenske NN4 i NN5 zone (Bošnjak, 2017). Fauna Centralnog Paratethysa migrira u smjeru sjeverozapad – jugoistok (Rögl, 1998; Harzhauser i Piller, 2007). Postoji mogućnost veze Istočnog Paratethysa s karpatskim predobaljem tijekom NN5 zone kroz „Carasu prolaz“ (današnja Rumunjska) (slika 47) (Palcu i sur., 2017). Tijekom gornjeg badena pretpostavljene veze Centralnog Paratethysa s istokom otvorene su kroz „Barlac prolaz“ (slika 47) (Palcu i sur., 2017). Za skafofode se pretpostavlja da su migrirali preko istočnih prolaza (veza Paratethys – Indopacifik) sa područja Australije i Indonezije ili su došli iz područja Sjevernog mora koje je s Centralnim Paratethysom bilo povezano u burdigalu pa su ostali, te se nastavili razvijati i u langiju (srednji baden) (Šeparović, 2019). Riblje vrste i rodovi su migrirali sa područja Sjevernog mora, Mediterana i Indijskog oceana. Osnovni smjer migracije im je od istoka prema zapadu i zatim jugozapadu, tj. iz Istočnog Paratethysa u Središnji i zatim prema Mediteranu (Husain, 2018).



Slika 47. Morski prolazi u Centralnom Paratethysu za vrijeme badena (Palcu i sur., 2017; preuzeto iz Bošnjak, 2017)



Slika 48. Paleogeografija Centralnog Paratethysa i okolnih mora tijekom langija (rani i srednji baden) (prilagođeno iz Prista i sur., 2015)



Slika 49. Paleogeografija Centralnog Paratethysa i okolnih mora tijekom ranog seravala (kasni baden) (prilagođeno iz Prista i sur., 2015)

7 ZAKLJUČAK

Sitnozrnate fosiliferne naslage na lokalitetu Dubravica–općina prema sadržaju kalcitne komponente klasificirane su kao glinoviti vapnenci.

Raznolikost fosilne zajednice u istraženim uzorcima je velika, a sastoji se od bentičkih i planktonskih foraminifera, plitkovodnih ostrakoda, školjkaša, puževa i skafopoda, plitkomorskih i dubokomorskih bodlji ježinaca, mahovnjaka, spikula spužvi, otolita i zubi riba te nanofosila.

Na temelju fosilne zajednice foraminifera i ostrakoda utvrđena je badenska starost naslaga, dok je nađeni nanoplankton šireg stratigrafskog raspona. Može se pretpostaviti da je zapravo riječ o gornjem dijelu srednjeg ili o gornjem badenu, no za točnu biostratigrafsku odredbu potrebna su dodatna istraživanja.

Paleookoliš je utvrđen kao marinski, oksični, srednji šelf, pretpostavljene dubine od 50 – ak metara, toplije klime, normalnog saliniteta te niže energije vode. Na temelju očuvanosti fosilne zajednice utvrđeno je postojanje olujnih događaja čija posljedica je miješanje plitkomorske i dubokomorske biote.

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.
- Avanić, R., Miknić, M. i Šimunić, A. (2000):** Carpathian-Badenian facies in the Mt. Medvednica area. U: Tomljenović, B., Balen, D. & Saftić, B. (ur.): Abstracts, *Pancardi* 2000, 1.3.10.2000., Dubrovnik, *Vijesti Hrvatskoga geološkog društva*, 37, 3, 14–14.
- 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.
- Bajraktarević, Z. i Pavelić, D. (2003):** The Karpatian in Croatia. U: Brzobohaty, R., Cicha, I., Kovač, M. i Rögl, F. (ur.) *The Karpatian. A lower Miocene stage of the Central Paratethys*. Brno, Masaryk University Brno, str. 141-144.
- Bandel, K. i Kowalke, T. (1999):** Gastropod fauna of the Cameroonian coasts. *Helgoland Marine Research* 53: 129–140.
- 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 Petrographica, Abstract series (5th International Students Geological Congress)*, University of Szeged, 8, 11–11.
- Bošnjak, M. (2017):** Paleoekologija i biostratigrafija badenskih (srednjomiocenskih) naslaga Medvednice na temelju mekušaca i pratećih fosilnih organizama. Doktorski rad, Prirodoslovno – matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 214 + XV.
- Drinia, H., Tsaparas, N., Antonarakou, A., Goumas, G. (2003):** Benthic foraminiferal associated With Middle to Early Late Miocene oxygen deficient conditions in the

Eastern Mediterranean: Eighth International Conference on Environmental Science and Technology, Lemnos Island, Greece, 8–10.

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.

Foetterle, F. (1861/1862a): Aufnahmen im nordwestlichen Croatien. Bericht aus Agram. Jahrb. Geol. Reichsanst., 12/1, Verh. 82-83.

Foetterle, F. (1861/1862b): Sitzung vom 17. December 1861. Geologische Karte von Croatien. Jahrb. Geol. Reichsanst., 12/1, Verh. 123–124.

Gebhardt, H. (1999): Middle to Upper Miocene benthonic foraminiferal palaeoecology of the Tap Marls (Alicante Province, SE Spain) and its palaeoceanographic implications: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 145, 141–156.

Gjirlić, M. (2017): Scaphopoda u miocenskim naslagama okolice Dubravice (jugozapadna Medvednica). Završni rad – preddiplomski studij, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 23 str.

Gjirlić, M., Franjičević, A., Kaltak, A. i Sremac, J. (2019): Modified Wet Sieving Preparation Technique in Palaeontology. 6th Croatian Geological Congress, Zagreb, 2019.

Gorjanović-Kramberger, D. (1904a): Geologische Übersichtskarte des Königreiches Kroatien-Slavonien Liefer. 2: Blatt Rohitsch-Drachenburg und Liefer. 3: Blatt Zlatar-Krapina (Prinos). Verh. Geol. Reichsanst., 15, 341-342.

Gorjanović Kramberger, D. (1904b): Geologijska prijedlogna karta Kraljevine Hrvatske i Slavonije. Tumač geologijske karte Zlatar-Krapina (Zone 21, Col. XIV) [Geologische Übersichtskarte des Königreiches Kroatien-Slavonien. Erläuterungen zur geologischen Karte von Zlatar-Krapina (Zone 21, Col. XIV)]. Naklada Kr. zemalj. vlade, Odjela za unutarnje poslove, Zagreb, 2 skice i 1 shematična tektonička karta, 42 str.

Gorjanović Kramberger, D. (1908a): Geologijska prijedlogna karta Kraljevine Hrvatske i Slavonije. Zagreb. Zone 22, col. XIV. Izd. Geol. povj. u Zagrebu, Zagreb.

- Gorjanović Kramberger, D. (1908b):** Geologijska prijedlogna karta Kraljevine Hrvatske i Slavonije. Tumač geologijskoj karti Zagreb (Zona 22, Col. XIV) (Geologische Übersichtskarte des Königsreiches Kroatien-Slavonien. Erläuterungen zur geologischen Karte von Agram Zone 22, Col. XIV). Nakl. kralj. zemalj.vlade, Odjel unutar. poslove, Zagreb, II + 75 str.
- Gross, M. (2006):** Mittelmiozäne Ostracoden aus dem Wiener Becken (Badenium/Sarmatium, Österreich). Wien, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 101 str + 6 Abbildungen, 4 Tabellen und 55 Tafeln.
- Harzhauser, M. i Piller, W.E. (2007):** Benchmark data of changing sea – Palaeogeography, Palaeobiogeography and events in the Central Paratethys during the Miocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 253 (2007) 8–31.
- Harzhauser, M., Piller, W.E. i Mandić, O. (2007):** Miocene Central Paratethys stratigraphy – current status and future directions. *Stratigraphy* 2007, 4, 151–168.
- Holcová, K. i Zágoršek, K. (2008):** Bryozoa, foraminifera and calcareous nannoplankton as environmental proxies of the “bryozoan event” in the Middle Miocene of the Central Paratethys (Czech Republic). 267, 216–234.
- Husain, P. (2018):** Ostaci riba (otoliti) u badenskim naslagama jugozapadnog dijela Medvednice, diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 60 + VI.
- Israelsky, M. C. (1951):** Foraminifera of the Lodo Formation, central California; General introduction and part 1, Arenaceous Foraminifera. *United States Geological Survey Professional Papers*. 240-A: 1–29.
- Jeftinić, S. (2019):** Mikrofosilne zajednice i paleookoliš srednjomiocenskih naslaga s mekušcima u okolini Veternice (JZ Medvednica). Diplomski rad, Prirodoslovno – matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 32 + X.
- Kaiho, K. (1994):** Benthic foraminiferal dissolved-oxygen index and dissolved-oxygen levels in the modern ocean: *Geology*, 22, 719–722.
- Kaltak, A. (2017):** Fosilne spikule spužvi u miocenskim laporima na lokalitetu Dubravica (JZ Medvednica). Završni rad – preddiplomski studij, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 36 str.

- Karami, M. P., Leeuw, A., Krijgsman, W., Meijer, P. Th. i Wortel, M. J. R. (2010):** The role of gateways in the evolution of temperature and salinity of semi-enclosed basins: An oceanic box model for the Miocene Mediterranean Sea and Paratethys. *Global and Planetary Change*, 79, 73–88.
- 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 [Miozän (Baden und Sarmat) des westlichen Randes von Medvednica Gebirge (Kroatien, Jugoslawien)]. *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., Andreyeva-Grigorovich, A., Bajraktarević, Z., Brzobohatý, R., Filipescu, S., Fodor, L., Harzhauser, M., Nagymarosy, A., Oszczypko, N., Pavelić, D., Rögl, F., Saftić, B., Sliva, L. i Studencka, B. (2007):** Badenian evolution of the Central Paratethys Sea: paleogeography, climate and eustatic sea-level changes. *Geologica Carpathica*, 58, 6, 579–606.
- 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.
- Kowalke, T. i Harzhauser, M. (2004):** Early ontogeny and palaeoecology of the Mid-Miocene rissoid gastropods of the Central Paratethys. *Acta Palaeontologica Polonica* 49 (1): 111–134.
- Kranjec, V. (1964):** O geologiji okolice Podsuseda s osobitim obzirom na Sutinska vrela [Über die Geologie der Umgebung von Podsused mit besonderer Rücksicht auf Quellen von Sutinsko-Sutinska vrela]. *Geološki vjesnik*, 17 (1963), 19-35.

- Kranjec, V., Hernitz, Z. & Prelogović, E. (1973):** Prilog poznavanju mlađih tercijarnih naslaga Medvecnice, sjeverozapadna Hrvatska [Ein Beitrag zur Kenntnis jüngerer Tertiärschichten des Medvednica-Gebirges, Nordwest Kroatien]. *Geološki vjesnik*, 25, 65-100.
- Loeblich, A. R. i Tappan, H. (1963):** Treatise on Invertebrate Paleontology, Part C: Protista 2, Sarcodina, Chiefly "Thecamoebians" and Foraminiferida. New York, The Geological Society of America.
- Malvić, T. i Jelić, J. (2011):** Neogene Tectonics in Croatian Part of the Pannonian Basin and Reflectance in Hydrocarbon Accumulations. *New Frontiers in Tectonic Research: at the Midst of Plate Convergence*. 2011.
- Marković, F. (2017):** Miocenski tufovi Sjevernohrvatskog bazena. Doktorski rad, Prirodoslovno – matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 174 + XI.
- Martinuš, M., Fio, K., Pikelj, K., Aščić, Š. (2013):** Middle Miocene warm-temperate carbonates of Central Paratethys (Mt. Zrinska Gora, Croatia): paleoenvironmental reconstruction based on bryozoans, coralline red algae, foraminifera, and calcareous nannoplankton. *Facies* (2013) 59:481–504, DOI 10.1007/s10347-012-0327-z.
- Matoničkin, I., Habdija, I. i Primc-Habdija, B. (1998):** Beskralješnjaci: biologija nižih avertebrata. Zagreb, Školska knjiga.
- Milker, Y. i Schmiedl, G. (2012):** A taxonomic guide to modern benthic shelf foraminifera of the western Mediterranean Sea. *Palaeontologia Electronica* Vol. 15, Issue 2; 16A, 134 str.
- Murray, J. W. (2013):** Living benthic foraminifera: biogeographical distributions and the significance of rare morphospecies. *Journal of Micropalaeontology*, 32: 1–58.
- Nolf, D. (1985):** Handbook of Paleoichthyology. vol 10. New York: Gustav Fischer Verlag
- Nouradini, M., Azami, S. H., Hamad, M., Yazdi, M. i Ashouri, A. R. (2015):** Foraminiferal paleoecology and paleoenvironmental reconstructions of the lower Miocene deposits of the Qom Formation in Northeastern Isfahan, Central Iran. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Vol. 67, 1, 59–73.

- Palcu, D., Tulbure, M., Bartol, M., Kouwenhoven, T. J. i Krijgsman, W. (2015):** The Badenian–Sarmatian Extinction Event in the Carpathian foredeep basin of Romania: Paleogeographic changes in the Paratethys domain. *Global Planet. Change* 133, 346–358.
- Pamić, J., (1997):** Vulkanske stijene Savsko-dravskog međurječja i Baranje (Hrvatska). Nafta, posebno izdanje, Zagreb, posebno izdanje, 1–192.
- Papp, A. i Schmid, M. E. (1985):** Die Fossilen Foraminiferen des tertiären Beckens von Wien; Revision der Monographie von ALCIDE d'ORBIGNY (1846). *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Band 37*, Wien, 1985.
- 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.
- 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, 29.9-1.10.2005., Opatija, Hrvatska, Hrvatsko geološko društvo, Hrvatski geološki institut, Prirodoslovnomatematički fakultet, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, INA-Industrija nafte d.d., 109–110.
- Pezelj, Đ. i Sremac, J. (2007a):** Badenian marginal marine environment in the Medvednica Mt. (Croatia). *Joanea Geologie und Paläontologie*, 9, 82–84.
- Pezelj, Đ., Sremac, J. i Sokač, A. (2007b):** Palaeoecology of the Late Badenian foraminifera and ostracoda from the SW Central Paratethys (Medvednica Mt., Croatia). *Geologia Croatica*, 60/2, 139-150.
- Pezelj, Đ. i Sremac, J. (2007c):** Middle Miocene Foraminifera from the Medvednica Mt. (NW Croatia) – a key to understand the palaeoenvironmental conditions in the Central Paratethys. U: Budd, G., Streng, M., Daley, A. & Willman, S. (ur.): 51st

Palaeontological Association Annual Meeting 16.19.12.2007. Uppsala, Švedska, Programme with abstracts, Department of Earth Sciences, Uppsala University, 86–87.

- Pezelj, Đ. (2015):** Donjobadenske bentičke foraminifere lokaliteta Glavnica Gornja [Lower Badenian benthic foraminifera from Glavnica Gornja locality]. U: Mauch Lenardić, J., Hernitz Kučenjak, M., Premec Fuček, V. & Sremac, J. (ur.): Međunarodni znanstveni skup 100-ta obljetnica rođenja Vande Kochansky-Devidé (International scientific meeting 100th birth anniversary of Vanda Kochansky-Devidé), 9.11. travnja, Zagreb, Knjiga sažetaka, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 72-72.
- Pezelj, Đ., Sremac, J. i Bermanec, V. (2016):** Shallow-water benthic foraminiferal assemblages and their response to the palaeoenvironmental changes - example from the Middle Miocene of Medvednica Mt. (Croatia, Central Paratethys). *Geologica Carpathica*, 67, 4, 329-345. doi: 10.1515/geoca-2016-0021
- Pilar, Gj. (1881):** Grundzüge der Abyssodynamik. Zugleich ein Beitrag zu der durch das Agramer Erdbeben vom 9. Nov. 1880. neu angeregten Erdbebenfrage. Comm. Verl. Univ. Buchhandl. Albrecht & Fiedler, XI + 220, Agram.
- Piller, W.E., Harzhauser, M. i Mandic, O. (2007):** Miocene Central Paratethys stratigraphy – current status and future directions. *Stratigraphy*, 4, 2/3, 151–168.
- Pippèrr, M. i Reichenbacher, B. (2010):** Foraminifera from the borehole Altdorf (SE Germany): Proxies for Otnangian (early Miocene) palaeoenvironments of the Central Paratethys: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 289, 62–80.
- 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.
- 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.
- Royden, L. H. (1988):** The Pannonian Basin. United States: N. p., 1988. Web.

- 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. (1999):** Mediterranean and Paratethys. Facts and hypothesis of an oligocene to miocene paleogeography (short overview). *Geologia Carpathica*, 50, 4, 339–349.
- 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., Husain, P., Japundžić, S., Šeparović, A., Bošnjak, M., Vrsaljko, D. i Jarić, A. (2019):** New findings of middle Miocene (Badenian) bony fish otoliths in Northern Croatia. 8th International Workshop on Neogene of Central and South-Eastern Europe, 27th-31st May, 2019, Chęciny, Poland.
- Steininger, F.,F. i Wessely, G. (2000):** From the Tethyan Ocean to the Paratethys Sea: Oligocene to Neogene Stratigraphy, Paleogeography and Paleobiogeography of the circum-Mediterranean region and the Oligocene to Neogene Basin evolution in Austria. *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 92, 95–116.
- Šeparović, A. (2019):** Miocenske naslage sa skaforodima južno od spilje Veternice (Medvednica). Diplomski rad, Prirodoslovno – matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 66 + VII.
- Šikić, L. (1968):** Stratigrafija miocena sjeveroistočnog dijela Medvednice na osnovu faune foraminifera [Über die Miozänstratigraphie des nordöstlichen Teiles des Medvednica Gebirges auf Grund der Foraminiferfaunen]. *Geološki vjesnik*, 21 (1967), 213-227.
- Šikić, K., Basch, O. i Šimunić, A. (1979):** Osnovna geološka karta SFRJ, list Zagreb 1:100 000. Tumač za list Zagreb, L 38-80. Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1972) Savezni geološki zavod, Beograd, 81.

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

Tyszka, J. (2001): Microfossil assemblages as bathymetric indicators of the Toarcian-Aalenian "Fleckenmergel"-facies in the Carpathian Pieniny Klippen belt: *Geologica Carpathica*, 52(3), 147–158.

Vrsaljko, D., Pavelić, D., Miknić, M., Brkić, M., Kovačić, M., Hećimović, I., HajekTadesse, 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.

Vukotinović (Farkaš), Lj. (1855): Sitzungen der k. k. Geologischen Reichsanstalt. Sitzung am 9. Jänner 1855. (Izvjestaj o tercijskim naslagama između Zagreba i Podsuseda u Hrvatskoj). *Jahrb. Geol. Reichsanst.*, 6/1, str. 173.

Vukotinović (Farkaš), Lj. (1860): Die Diorite, mit den übrigen geognostischen Verhältnissen des Agramer Gebirges in Croatien. *Sitzungsber. Akad. Wiss. Math. naturh. Classe, Wien*, 38, 333-334.

MREŽNI IZVORI:

<https://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/foram.html#intro>, siječanj, 2020

<https://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/ostracod.html>, siječanj, 2020

<https://kansasgeology.weebly.com/phylum-mollusca.html>, siječanj, 2020

<https://www.britannica.com/animal/moss-animal>, siječanj, 2020

<http://fossilworks.org/>, siječanj, 2020

<https://animaldiversity.org/accounts/Echinoidea/>, siječanj, 2020

<https://ucmp.berkeley.edu/echinodermata/echinoidea.html>, siječanj, 2020

https://hr.wikipedia.org/wiki/Gu%C5%A1teran_obi%C4%8Dni, siječanj, 2020

<https://en.wikipedia.org/wiki/Sternoptychidae>, siječanj, 2020

<https://en.wikipedia.org/wiki/Gadiculus>, siječanj, 2020

<https://obis.org/>, siječanj, 2020