Sarmatski paleookoliši lokaliteta Vranović (kamenolom Našicecement) na osnovu foraminifera

Trogrlić, Ana Marija

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:283928

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

ANA MARIJA TROGRLIĆ

SARMATSKI PALEOOKOLIŠI LOKALITETA VRANOVIĆ (KAMENOLOM NAŠICECEMENT) NA OSNOVU FORAMINIFERA

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

ANA MARIJA TROGRLIĆ

SARMATSKI PALEOOKOLIŠI LOKALITETA VRANOVIĆ (KAMENOLOM NAŠICECEMENT) NA OSNOVU FORAMINIFERA

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

Mentor:
Doc. dr. sc. Đurđica Pezelj

Zagreb, 2018.

Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog studija na smjeru geologija-paleontologija, pod vodstvom doc. dr. sc. Đurđice Pezelj, na Geološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

ZAHVALE

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. sc. Đurđici Pezelj na velikoj pomoći, brojnim savjetima te uloženom vremenu, trudu i strpljenju tijekom izrade ovog rada.

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Vlasti Ćosović na ustupljenom mikroskopu i pomoći prilikom fotografiranja analiziranih uzoraka.

Hvala svim mojim kolegama, a posebno kolegici i prijateljici Ivani na druženju tijekom mikroskopiranja i međusobnoj potpori i savjetima tijekom pisanja rada.

Najveća hvala mojim roditeljima Nadi i Vlatku, sestrama Dragani i Dajani i nećakinji Sari na podršci tijekom cijelog studija.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirorodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad

SARMATSKI PALEOOKOLIŠI LOKALITETA VRANOVIĆ (KAMENOLOM NAŠICECEMENT) NA OSNOVU FORAMINIFERA

ANA MARIJA TROGRLIĆ

Rad je izrađen na Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska.

Sažetak: Profil Vranović smješten je unutar kamenoloma Našicecement, na sjeverozapadnom dijelu planine Krndija. Tijekom miocena on je pripadao prostoru Centralnog Paratethysa. Uzorci su obrađeni metodom šlemanja, a zatim mikroskopski analizirani. Mikrofosilna zajednica je detaljno proučena, te su određene vrste bentičkih foraminifera. Na osnovu stratigrafskih raspona prisutnih vrsta određena je starost naslaga kao sarmat. Određen je udio planktonskih i bentičkih foraminifera, izražunati su indeksi raznolikosti, indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI), te je izračunat salinitet transfer metodom za salinitet. Izdvojene su dvije zajednice bentičkih foraminifera, a to su *Elphidium* zajednica tipična za uzorke iz svijetlih lamina lapora, te *Bolivina* zajednica tipična za uzorak tamne lamine lapora. *Elphidium* zajednica karakteristična je za plitkovodni okoliš, određeni su visoko oksični uvjeti i hipersalini okoliš. U *Bolivina* zajednici uz znatan pad broja vrsta, dolazi do smanjenja oksičnosti i porasta broja infaune, a vrijednost saliniteta je prema transfer funkciji smanjena te ukazuje na normalan marinski okoliš.

Ključne riječi: Bentičke foraminifere, Centralni Paratethys, sarmat, Vranović

Rad sadrži: V + 41 stranica, 12 slika, 4 tablice, 5 tabli, 45 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen u: Središnjoj geološkoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska.

Mentor: Doc. dr. sc. Đurđica Pezelj

Ocjenjivači: Doc. dr. sc. Đurđica Pezelj

Prof. dr. sc. Vlasta Ćosović

Izv. prof. dr. sc. Marijan Kovačić

Rad prihvaćen: 9.2.2018.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Gradueted Engineer Thesis

SARMATIAN PALEOENVIRONMENTS OF THE VRANOVIĆ AREA (QUARRY NAŠICECEMENT) BASED ON FORAMINIFERA

ANA MARIJA TROGRLIĆ

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

Abstract: Vranović section is situated in Našicecement quarry, on the NW part of Mt. Krndija. During the Miocene, this locality was part of Central Paratethys Sea. Samples were soaked, treated with hydrogen peroxide and washed over 0,063 mm sieve and then micropalaeontologically analysed. Microfossil assemlages were studied and benthic foraminifera species were identified. Stratigrafhic ranges of benthic foraminiferal species indicate age of deposits as Sarmatian. Plankton/benthos (P/B) ratio, diversity indices, Benthic Foraminiferal Oxygen Index (BFOI) and salinity were calculated. Two different assemblages of benthic foraminifera were determinated; *Elphidium* assemblage in light marl laminae and *Bolivina* assemblage in dark marl lamina. *Elphidium* assemblages indicate shallow marine and high-oxic environment. Also, salinity value calculated by transfer function indicates hypersaline conditions. In *Bolivina* assemblage number of species decreases, oxic conditions are lower and salinity indicates normal marine environment.

Keywords: Benthic foraminifera, Central Paratethys, Sarmatian, Vranović

Thesis contains: V + 41 pages, 12 figures, 4 tables, 5 plates, 45 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Central Geological Library, Faculty of Science University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia

Supervisor: Assistant Professor Đurđica Pezelj

Reviewers: Assistant Professor Đurđica Pezelj

Professor Vlasta Ćosović

Associate Professor Marijan Kovačić

Thesis accepted: February 9, 2018.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA 2
3. GEOLOGIJA PODRUČJA 4
3.1. Geološka građa Krndije 4
3.2. Geološki stup lokaliteta Vranović 7
3.3. Srednjemiocenske naslage lokaliteta Vranović 9
4. BIOSTRATIGRAFIJA CENTRALNOG PARATETHYSA 11
5. METODE ISTRAŽIVANJA 14
5.1. Laboratorijska obrada i standardizacija uzorka 14
5.2. Određivanje vrsta bentičkih foraminifera i ekološki zahtjevi rodova 14
5.3. Odnos plankton/bentos 16
5.4. Indeksi raznolikosti bentičkih foraminifera 17
5.4.1. Simpsonov indeks 17
5.4.2. Berger-Parkerov indeks 18
5.4.3. Shannon-Wienerov indeks 18
5.4.4. Indeks ekvitabilnosti 19
5.4.5. Fisher α indeks 19
5.5. Transfer funkcija za salinitet 20
5.6. Indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI) 21
5.7. Podjela bentičkih foraminifera prema tipu stijenke 22
6. SISTEMATIKA ODREĐENIH VRSTA BENTIČKIH FORAMINIFERA 23
7. REZULTATI 27
7.1. Mikroplaeontološka analiza uzoraka 27
7.1.1. Uzorak Vr-4 28
7.1.2. Uzorak Vr-8/1 30
7.1.3. Uzorak Vr-8/3 30
7.2. Biostratigrafski položaj 31
8. RASPRAVA 33
9. ZAKLJUČAK 36
10. LITERATURA 37

1. UVOD

Bentičke foraminifere su zbog svoje osjetljivosti pouzdani pokazatelji promjena uvjeta u okolišu, stoga imaju veliku primjenu u paleoekologiji, paleooceanografiji i biostratigrafiji. Pomažu pri rekonstrukciji paleookolišnih uvjeta te daju podatke o vrsti podloge na kojima su živjele, vrsti i količini raspoložive hrane, količini kisika na morskom dnu, temperaturi i salinitetu morske vode. U paleoekološnim interpretacijama koristi se princip aktualizma, odnosno ekološki zahtjevi recentnih foraminifera primjenjuju se na njihove fosilne srodnike (MURRAY, 2006).

Uzorci analizirani u ovom diplomskom radu su uzeti s profila Vranović koji je smješten u kamenolomu Našicecement, a nalazi se na sjeverozapadnom dijelu Krndije. Područje Krndije je tijekom miocena pripadalo Panonskom bazenskom sustavu. Cilj ovog rada je bio odrediti vrste bentičkih foraminifera, te pomoću njih odrediti starost naslaga i interpretirati paleookoliš. U tu svrhu određena je raznolikost bentičke zajednice, izračunata je količina kisika pri morskom dnu te promjene u salinitetu. Na osnovu tih podataka načinjena je rekonstrukcija paleookoliša i utvrđene su promjene paleookolišnih uvjeta tijekom taloženja analiziranih naslaga.

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Najstariji geološki podaci sa područja Našica potječu iz druge polovice prošlog stoljeća. Geološke karte iz tog perioda prikazuju uglavnom starije stijene Papuka i Krndije. Prve podatke za ovo područje iznosi STUR (1861, 1862) koji je vršio istraživanja u svrhu izrade pregledne geološke karte Austro-Ugarske monarhije.

KIŠPATIĆ (1912, 1916) među prvima istražuje metamorfne i magmatske stijene Krndije.

Nešto više o stratigrafiji i tektonici Krndije piše GORJANOVIĆ (1897), a zatim isti autor (1899) obrađuje donjopontske naslage šireg područja Londžice iz kojih navodi bogatu makrofosilnu zajednicu.

Priloge geološkom i morfološkom poznavanju Krndije daje POLJAK (1923, 1934). Nalazom graptolita iz roda *Monograptus*, u dolini potoka Radlovac, Poljak je za filite u izmjeni s kvarcitima odredio gornjosilursku starost. Na području Krndije izdvojio je anizičke, ladiničke i noričko vapneno dolomitne naslage. U neogenskim naslagama izdvaja miocen, donji panon, dok kvartarne sedimente izdvaja kao diluvij i aluvij.

Reviziju neogenskih sedimenata za potrebe naftne geologije napravile su MAGDALENIĆ i BLAĆE (1958). U dijelu terena kojeg zahvaća list Našice utvrđen je sarmat, provalencienezijeski slojevi, banatica i abichi slojevi, romboidea naslage, te pleistocen i holocen.

Istražujući mineralne sirovine TOLIĆ (1960) detaljno analizira vapnovite lapore i lapore sarmata, kao osnovu sirovinsku bazu buduće našičke cementare.

Naslage lesa okolice Našica detaljno analizira MUTIĆ (1975). Prikazuje kvalitativni i kvantitativni mineralni sastav, te upućuje na porijeklo i eolski transport erodiranog materijala.

RADIĆ (1982) u svom radu o istraživanjima ugljikovodika istočne Slavonije opisuje sva naftna i plinska polja s lista Našice te daje detaljnije podatke o strukturnom položaju ležišta, kolektorskim stijenama i kvaliteti ugljikovodika.

U području jugoistočnog dijela Krndije, NOVOSEL-ŠKORIĆ i dr. (1986) detaljno su sedimentološki obradili pliokvartarne sedimente uz litostratigrafski prikaz njegove neposredne podloge.

PAVELIĆ i dr. (2003) obrađuju razvoj miocena na području Papuka, Psunja, Požeške, Dilj gore i Krndije sa obradom lokaliteta Bukova glava i Vranović-I i Vranović-II.

KOVAČIĆ (2004) se bavi sedimentologijom gornjomiocenskih naslaga jugozapadnog dijela Panonskog bazena te utvrđuje podrijetlo klastičnog materijala.

VASILIEV i dr. (2007) daju paleomagnentske rezultate naslaga za granicu panona i sarmata na profilu Vranović u kamenolomu Našicecement.

ZEČEVIĆ i dr. (2010) obrađuje naslage Bukove glave i određuje starost naslaga kao gornji baden i sarmat.

3. GEOLOGIJA PODRUČJA

3.1. Geološka građa Krndije

Lokalitet Vranović je aktivni kamenolom i površinski kop tvornice cementa Našicecement. Nalazi se na sjeveroistočnim padinama Krndije oko 5 km jugozapadno od grada Našice. Planina Krndija zajedno sa planinama Papukom, Psunjom, Dilj gorom i Požeškom gorom čini Slavonske planine (Slike 1 i 2).

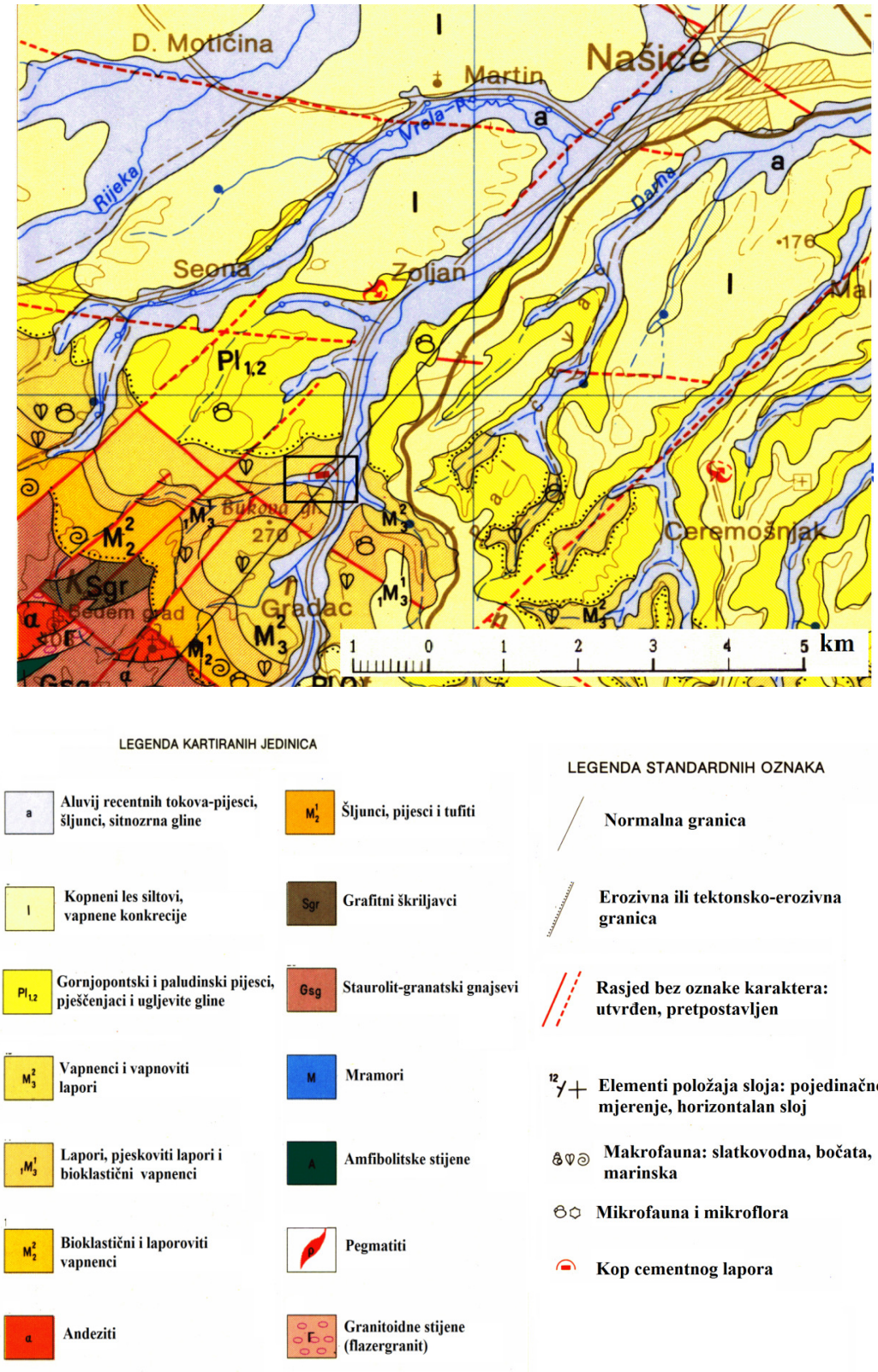


Slika 1. Geografski smještaj kamenola Našicecement kod Našica (preuzeto iz https://www.google.hr/maps).

Centralne i istočne dijelove Krndije izgrađuju stijene prekambrijske starosti koje pripadaju Psunjsko-Krndijskom metamorfnom kompleksu. Prekambrijski kompleks metamorfnih stijena u području Slavonskih planina zastupljen je kristalastim škriljavcima amfibolitskog facijesa i facijesa zelenih škriljavaca. Amfibolitskom facijesu pripadaju varijateti gnajseva, granita, amfibolita, amfibolitskih škriljavaca i mramora (KOROLIJA i JAMIČIĆ, 1988).

Kristalinsku jezgru Krndije na padinama okružuju neogenski sedimenti. Najstariji neogenski sedimenti donjeg miocena leže transgresivno preko kristalizirane podloge. Sastoje se od nesortiranih konglomerata, pijesaka i glina. Pojava tufova ukazuje na intenzivnu vulkansku aktivnost, koja započinje u donjem i traje uz povremene prekide tijekom srednjeg miocena.

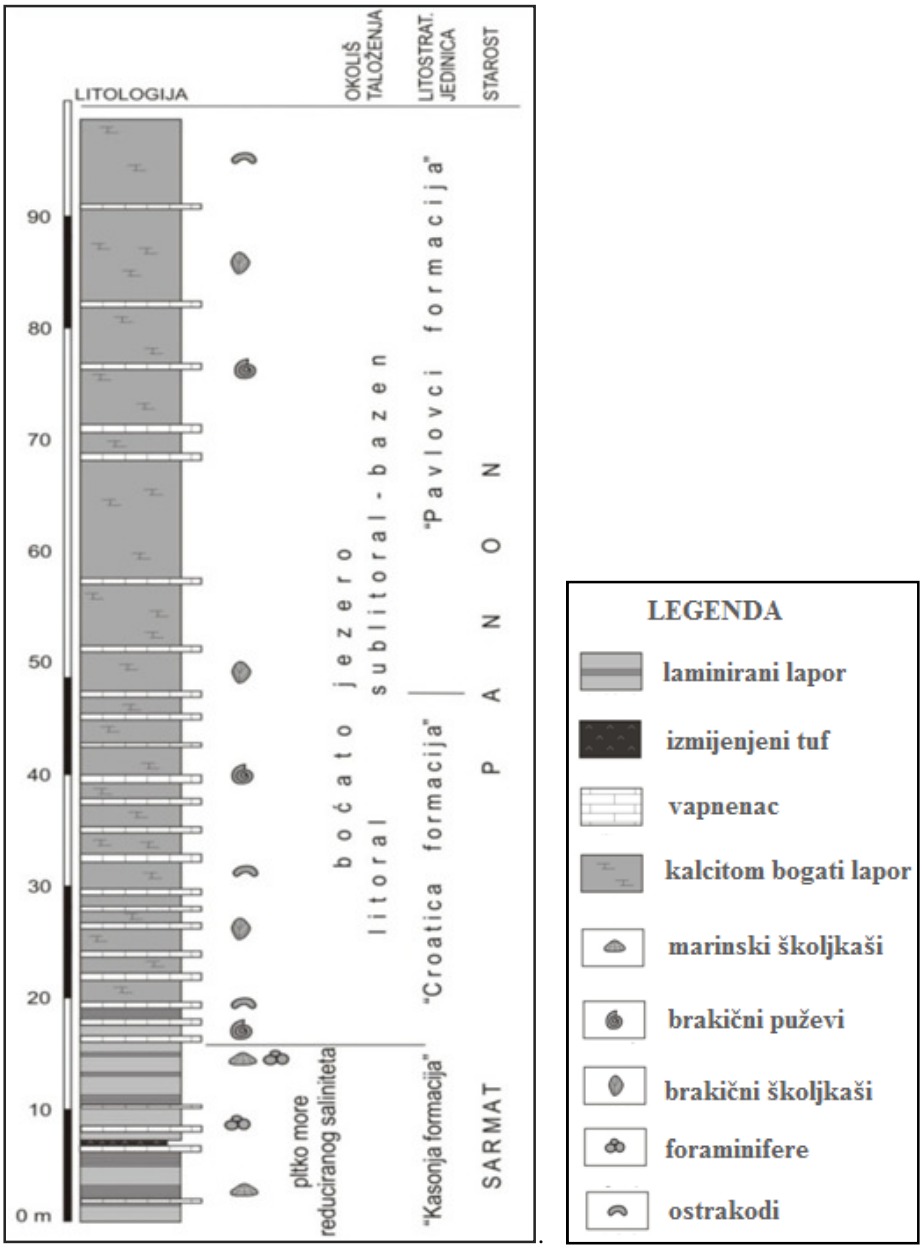
Tijekom karpata i donjeg badena dolazi do transgresije regionalnog karaktera u kojem je more preplavilo veliki dio sjeverne Hrvatske. Naslage započinju bazalnim polimiktnim konglomeratima, a nakon toga se u promijenjenim uvjetima sedimentacije formiraju okoliši u kojima se stvaraju bioklastični vapnenci, a u najmlađim dijelovima pjeskovito laporoviti facijesi. Starost je određena pomoću rodova školjkaša *Pecten*, *Chlamys*, *Ammusium*, kao i učestalih bentičkih foraminifera rodova *Uvigerina*, *Elphidium* i *Bulimina* (KOROLIJA i JAMIČIĆ, 1988). Na prijelazu u sarmat pojavljuju se pjeskoviti ili vapnoviti lapori taloženi u zaštićenoj sredini i dalje od obale. Sarmat karakterizira oslađivanje i smanjenje sedimentacijskog bazena uzrokovanog odvajanjem Panonskog bazena od Paratethysa. U donjem sarmatu talože se brakični sedimenti predstavljeni dobro uslojenim laporima i laporovitim vapnencima. Lokalno su vrlo lijepo razvijeni, a naročito u području Našičke cementare. Odgovaraju pretežno mirnoj sedimentaciji, dok vapnenci sa brojnim nesortiranim kamenim jezgrama makrofosila, ukazuju na procese akumulacije u nemirnijem dijelu bazena sa većom energijom vode. U tom tipu vapnenaca ističu se rodovi školjkaša *Ervilia* i *Cerastoderma*, dok je od mikrofosila značajan rod *Elphidium* pomoću kojeg je definirana baza sarmata. Izravno iz sarmata sa gotovo nepromijenjenim uvjetima sedimentacije se nastavljaju vapnenci i lapori panona. Naslage iz donjeg dijela panona sastoje se od pločasto laporovitog vapnenca i vapnenog lapora u kojima se nalaze otisci puževa i školjkaša polubrakičnog do slatkovodnog tipa. Ističu se provodne vrste puževa *Radix croatica* i *Gyraulus praeponticus*. Slijede naslage predstavljene žutosmeđim i sivim vapnovitim laporima sa učestalim primjercima vrste školjkaša *Congeria banatica*. U gornjem panonu vlada postupno oplićavanje što rezultira prisustvom povećane količine terigenog materijala, uglavnom kao prodeltni okoliš. Tijekom pliocena došlo je do jakog izdizanja i akumulacije nesortiranih šljunaka, pijesaka i glina u izoliranim slatkovodnim bazenima. Izdizanje se nastavlja i tijekom pleistocena pa se u završnim fazama taloži les, a završno oblikovanje reljefa odvijalo se u holocenu pod utjecajem fluvijalne erozije (KOROLIJA i JAMIČIĆ, 1988).



Slika 2. Isječak iz Osnovne geološke karte s naznačenim položajem lokaliteta, list Našice 1:100 000, KOROLIJA i JAMIČIĆ, 1989.

3.2. Geološki stup lokaliteta Vranović

Slijed naslaga lokaliteta Vranović opisali su PAVELIĆ i dr. (2003), KOVAČIĆ (2004), VASILIEV i dr. (2007) te KOVAČIĆ i dr. (2015a, b). Detaljni geološki stup debljine stotinjak metara snimljen je u najstarijem dijelu naslaga (Slike 3 i 4). Donjih 15 metara pripada srednjem miocenu, dok preostali dio slijeda čine gornjomiocenske naslage.



Slika 3. Geološki stup lokaliteta Vranović (preuzeto i preuređeno iz KOVAČIĆ i dr., 2015b).

Naslage donjeg dijela stupa se sastoje od lapora, vapnenaca i sloja bentonitne gline i izdvojene su kao "Kasonja formacija". Pripadaju srednjem miocenu, odnosno sarmatu. Dominiraju lapori koji su horizontalno laminirani i čine 90% slijeda, dok ostatak čine vapnenci koji se pojavljuju u obliku centimetarsko-decimetarskih slojeva mikrita ili mikrosparita. Oko osam metara ispod granice sarmat-panon nalazi se desetak centimetara debeli sloj izmijenjenog tufa. Rendgenske analize pokazale su da se radi se o bentonitu u čijem sastavu dominira smektit koji je nastao izmjenom vulkanskog stakla. Sadržaj mikroelemenata ukazuje da je vulkanski materijal bio neutralnog karaktera i spada u tefrifonolit (KOVAČIĆ i dr., 2015a).

Prijelaz iz srednjeg u gornji miocen je kontinuiran, a karakterizira ga postupna promjena litologije i nagla promjena fosilne zajednice. Unutar pet metara stupa laminirani lapori, karakteristični za sarmatske naslage, izmjenjuju se s pločasto uslojenim glinovitim vapnencima, sedimentima tipičnim za donjopanonske Croatica naslage.

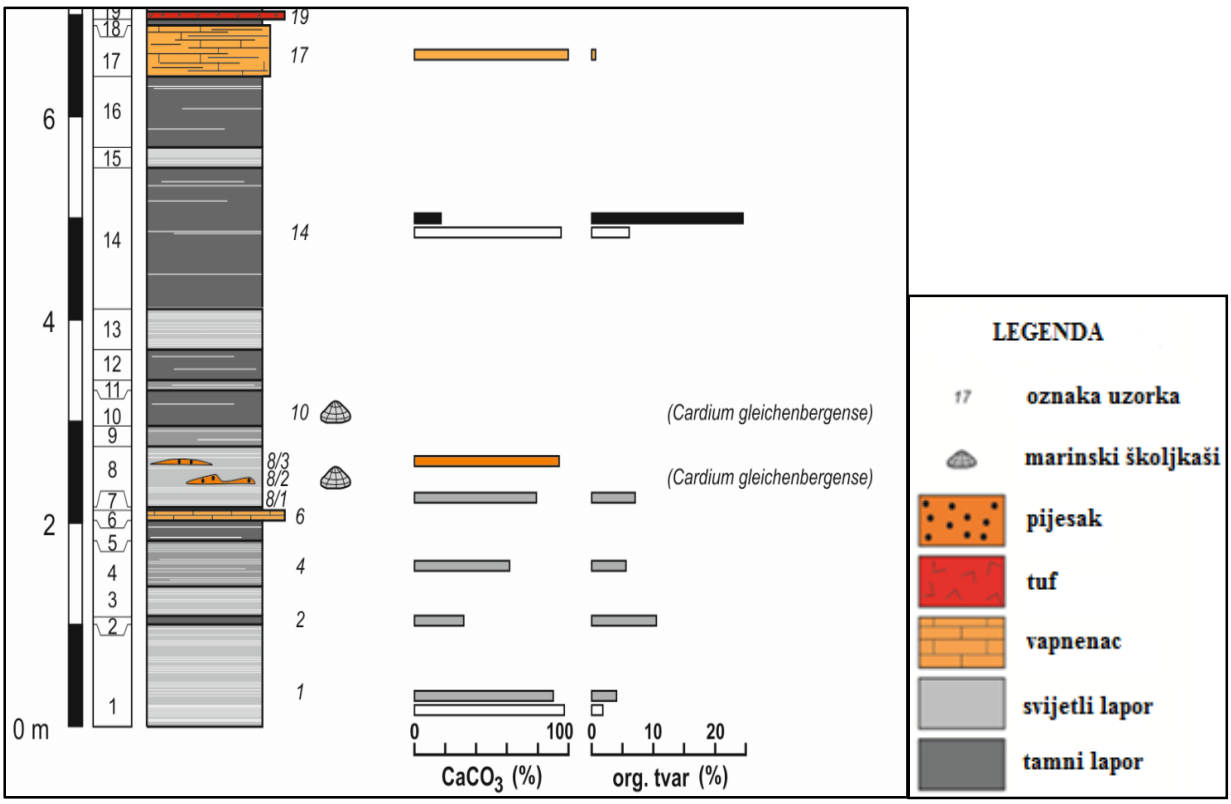
Naslage gornjeg miocena izgrađene su od vapnenaca i lapora debljine 80 m. Donjih tridesetak metara tih naslaga pripada Croatica naslagama, odnosno „Croatica formaciji", dok ostatak slijeda pripada Banatica naslagama, odnosno „Pavlovci formaciji". „Croatica formacija" se sastoji od izmjena slojeva horizontalno uslojenih vapnenca debljine do 30 cm i paketa lapora decimetarsko-metarskih debljina. Vapnenci su bijele ili svjetlosive boje, često su bioturbirani i sadrže brojne ostatke mekušaca, dok je mikrofauna zastupljena ostrakodima.Vapnenci i lapori sadrže ostatke biljaka i zajednicu endemičnih mekušaca, ostrakoda, vapnenačkog nanoplanktona i palinomorfa što ukazuje na litoralnu-sublitoralnu dubinu Panonskog jezera sa jako malim salinitetom vode. "Pavlovci formacija" se u donjem dijelu sastoji od izmjene glinovitih vapnenaca i kalcitom bogatih lapora, a u središnjem i gornjem dijelu samo od lapora. Fosilna zajednica mekušaca poput školjkaša *Congeria banatica* i dinociste *Spiniferites bentori pannonicus* ukazuje da se taloženje odvijalo tijekom panona u dubljem brakičnom jezerskom okolišu (KOVAČIĆ i dr., 2015b). Najmlađe miocenske naslage su Rhomboidea naslage. U središnjem dijelu nalaze se tanko uslojeni pijesci, siltovi i siltozni lapori koji čine cikluse positnjavanja naviše, a nastali su taloženjem iz mutnih struja. Najmlađi dio slijeda čine debelo uslojeni pijesci s proslojcima gline. Njihovo taloženje odvijalo se u plitkom jezeru, a izostanak brakične faune mogao bi biti pokazatelj da stratigrafski već pripadaju pliocenu (KOVAČIĆ i dr., 2015b).



Slika 4. Izdanak na lokalitetu Vranović na kojemu je snimljen detaljan geološki stup (preuzeto iz KOVAČIĆ i dr., 2017).

3.3. Srednjemiocenske naslage lokaliteta Vranović

Naslage najstarijih petnaestak metara stupa Vranović pripadaju srednjem miocenu, odnosno sarmatu. U ovom diplomskom radu bit će razmotreno donjih 7 metara koji se nalaze ispod naslaga sloja tufa (Slika 5). U slijedu naslaga dominiraju lapori koji čine 90% slijeda i sastoje se od izmjene svijetlih i tamnih lamina. Svijetlije lamine sadrže preko 95% $CaCO_3$, dok tamne lamine uz $CaCO_3$ i glinu sadrže preko 20% organske tvari (KOVAČIĆ i dr., 2015a). Lapori su taloženi iz suspenzije, dok izmjena lamina upućuje na sezonske promjene u sedimentaciji. Vapnenci čine oko 10% slijeda, a pojavljuju se u obliku slojeva mikrita ili mikrosparita centimetarsko decimetarske debljine. Fosilna zajednica mekušaca, bentičkih foraminifera, ostrakoda, vapnenačkog nanoplanktona i palinozajednica ukazuje na sarmatsku starost naslaga i plitki okoliš taloženja (KOVAČIĆ i dr., 2017). U ovom dijelu stupa se pojavljuje sarmatski školjkaš *Cardium gleichenbergense*. U ovom radu su laboratorijski obrađena i analizirana tri uzorka lapora sa stupa Vranović, a to su uzorci Vr-4, Vr-8/1 i Vr-8/3. Uzorci Vr-4 i Vr-8/3 su uzorci iz svijetlih lamina, dok je uzorak Vr-8/1 iz tamne lamine lapora.



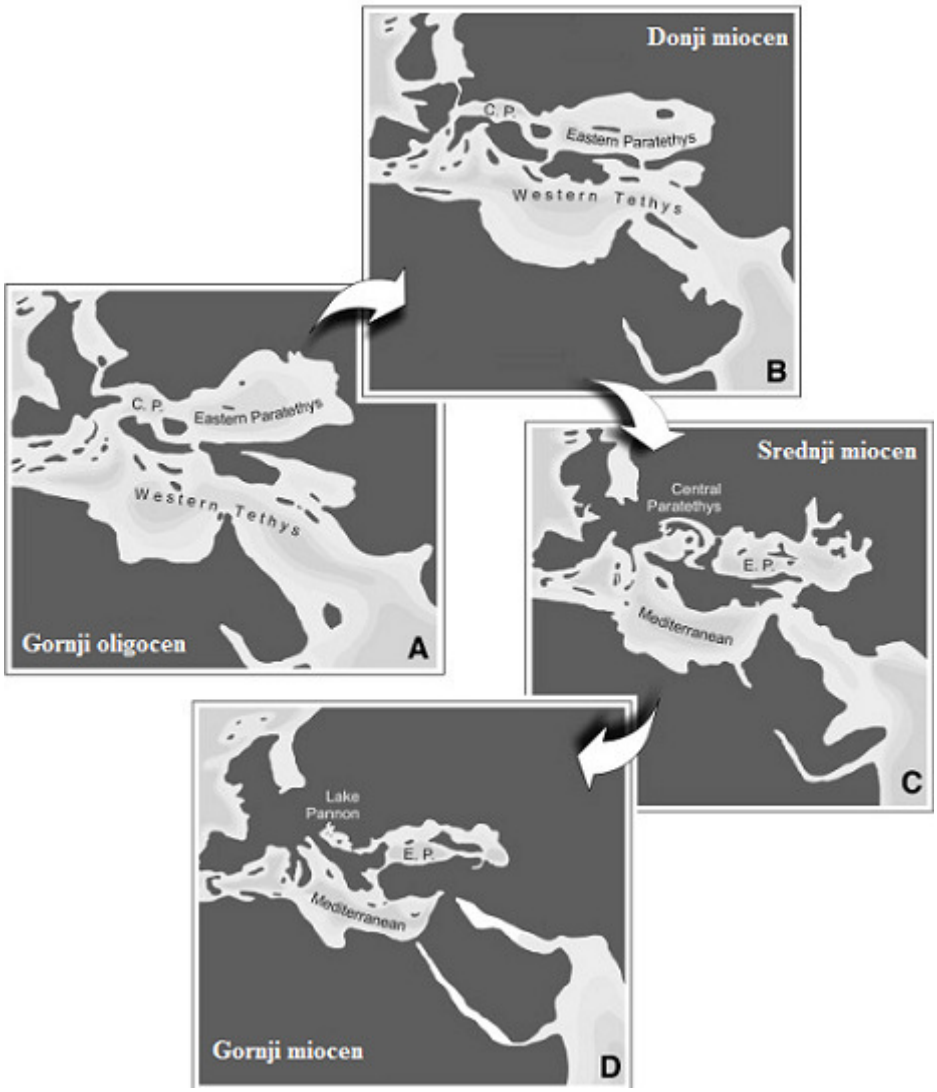
Slika 5. Donji dio stupa Vranović s naznačenim položajem uzoraka (preuzeto i preuređeno iz KOVAČIĆ i dr., 2015b).

4. BIOSTRATIGRAFIJA CENTRALNOG PARATETHYSA

Neogenske marinske naslage na prostoru sjeverozapadne i istočne Hrvatske pripadaju prostoru Centralnog Paratethysa. Paratethys je epikontinentalno more koje je nastalo od nekadašnjeg Tethys oceana (Slika 6). Postojao je od donjeg oligocena do gornjeg miocena (KOUBAKOVÁ i HUDÁČKOVÁ, 2010). Kolizijom Afričke i Euroazijske ploče početkom miocena izdižu se planinski lanci Alpa, Dinarida i Helenida prilikom čega se istočni dio Tethysa dijeli na južni i sjeverni, koji se naziva Paratethys. Paratethys je bio razdvojen na tri paleogeografske i geotektonske jedinice u kojima su vladali različiti paleoekološki uvjeti, a to su veći Istočni Paratethys i manji zapadni dio koji je bio podijeljen na Centralni i Zapadni Paratethys (PILLER i dr. 2007). Centralni Paratethys je uključivao Alpsko-Karpatsku depresiju i Panonski bazenski sustav. Najveći dio Centralnog Paratethysa čini upravo Panonski bazenski sustav na čijem se rubnom jugozapadnom dijelu nalazi Sjevernohrvatski bazen. Sredinom miocena, prije oko 15 milijuna godina puca veza južnog kraka Tethysa i Paratethysa u području Alpa, čime Paratethys postaje ogromno jezero koje se zbog dotoka slatkih voda sa euroazijskog kopna postupno oslađuje.

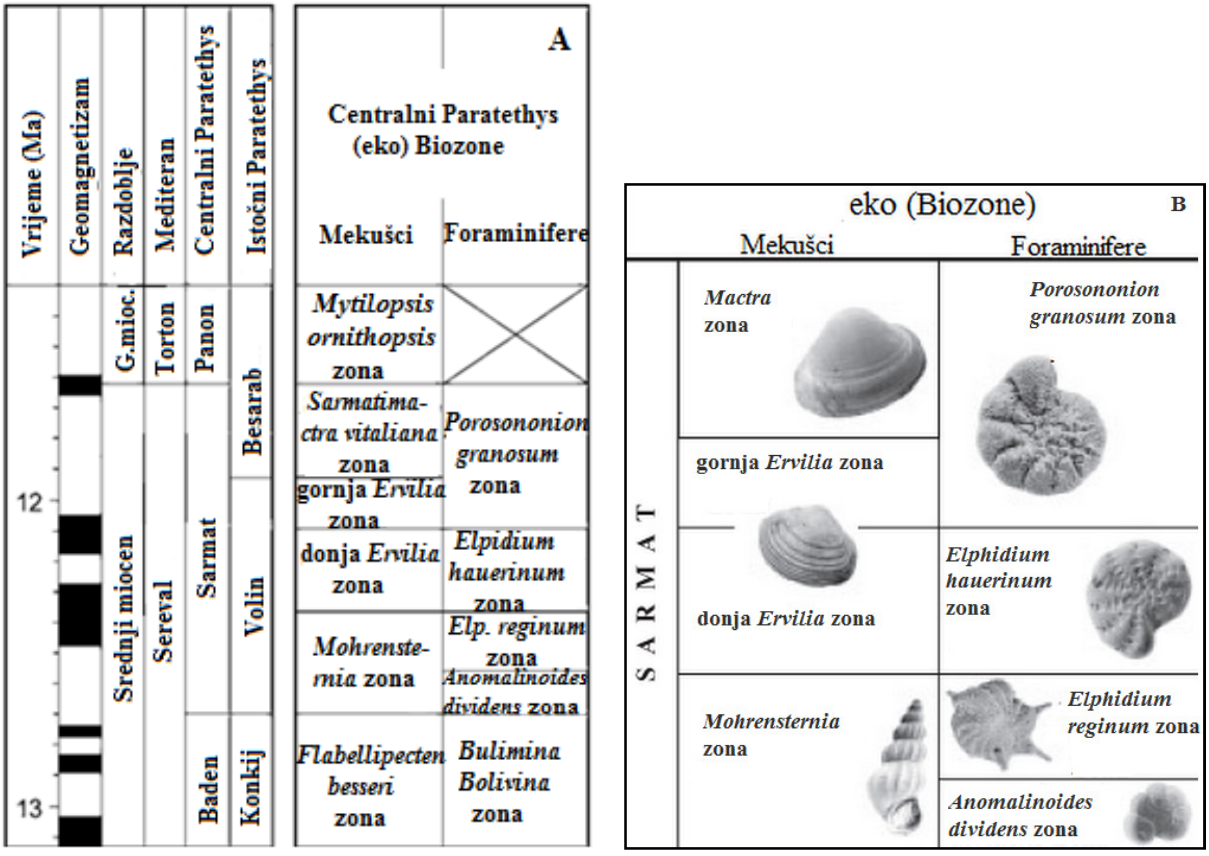
Početak gornjeg badena označen je transgresijom regionalnog karaktera. Transgresija je vjerojatno posljedica ponovnog otvaranja prolaza između Mediterana i Indijskog oceana tijekom donjeg badena i karpata (PILLER i dr., 2007). Donji baden je karakteriziran pojavom planktonske foraminifere *Praeorbulina* pomoću kojeg je utvrđena baza badena (PAPP i CICHA, 1978). Biostratigrafska podjela je bazirana na planktonskim foraminiferama (*Orbulina*, *Velapertina*, *Globigerinoides*, *Globorotalita*, *Globorotalia*, *Globoquadrina*), kao i na malim (*Uvigerina*, *Pappina*) i velikim bentičkim foraminiferama (*Borelis*, *Planostegina*, *Amphistegina*) (PILLER i dr., 2007). Tijekom srednjeg badena dolazi do prekida veze između Mediterana i Indijskog oceana. Cijeli Centralni Paratethys je postao ovisan o povezanosti s Istočnim Paratethysom na području današnjeg Crnog mora. Samo mali dio Panonskog bazena je zadržalo vezu s Mediteranom preko tzv. Transtetijskog prolaza kroz Sloveniju. Ovaj prolaz je konačno zatvoren u gornjem badenu (PILLER i dr., 2007), kada završava marinsko razdoblje Paratethysa i razvija se sustav neovisnih bazena.

Tijekom sarmata Centralni Paratethys je ostao skoro potpuno odsječen od Mediterana, dok je sa Istočnim Paratethysom ostao dobro povezan (RÖGL, 1988), što je rezultiralo sličnim fosilnim zapisom karakteriziran pojavom endema i izumiranjem stenohalinih organizama. U Centralnom Paratethysu se tijekom sarmata salinitet postupno smanjuje, prisutne su uglavnom eurihaline bentičke foraminifere, dok većina planktonskih foraminifera izumire. Zbog ograničene veze Paratethysa prema Mediteranu i nedostatka stenohalinih organizama korelacija Centralnog Paratethysa je problematična. Korelaciju ipak omogućuje zajednica vapnenačkog nanoplanktona kojeg karakterizira mala ranolikost i pojava endemičnih vrsta (PILLER i dr., 2007).



Slika 6. Paleogeografska situacija na području Mediterana i Paratethysa tijekom gornjeg oligocena i miocena (preuzeto iz HARZHAUSER i PILLER, 2007).

Sarmat je kao regionalno doba definirao Eduard Suess 1866. godine u Bečkom bazenu. Kao stratigrafska cjelina odgovara gornjem seravalu prema podjeli Mediterana (Slika 7A) i obuhvaća vremenski raspon između 12,7 i 11,6 milijuna godina (HARZHAUSER i PILLER, 2004), te se dijeli na donji i gornji. Donji sarmat je karakteriziran taloženjem silicilklastičnih sedimenata, dok je gornji sarmat odraz karbonatno-siliciklastičnog režima Centralnog Paratethysa (HARZHAUSER i PILLER, 2007). Početak sarmata je određen pojavom endemičnih vrsta mekušaca i foraminifera, a obje skupine organizama omogućuju stratigrafsku podjelu. Na temelju bentičkih foraminifera donji sarmat je podijeljen na *Anomalinoides dividens*, *Elphidium reginum* i *Elphidium hauerinum* zonu, a gornji sarmat sadrži *Porosononion granosum* zonu. Među mekušcima u donjem sarmatu je određena *Mohrensternia* i *Ervilia* zona, a u gornjem *Ervilia* i *Sarmatimactra vitaliana* zona (Slika 7B).



Slika 7. 7A - Biostratigrafska zonacija Centralnog Paratethysa sa korelacijom Istočnog Paratethysa i Mediterana (preuzeto i preuređeno iz NEUBAUER i dr., 2013), 7B - Ekobiozone sarmata (preuzeto i preuređeno iz PILLER i HARZHAUSER, 2005).

5. METODE ISTRAŽIVANJA

5.1. Laboratorijska obrada i standardizacija uzorka

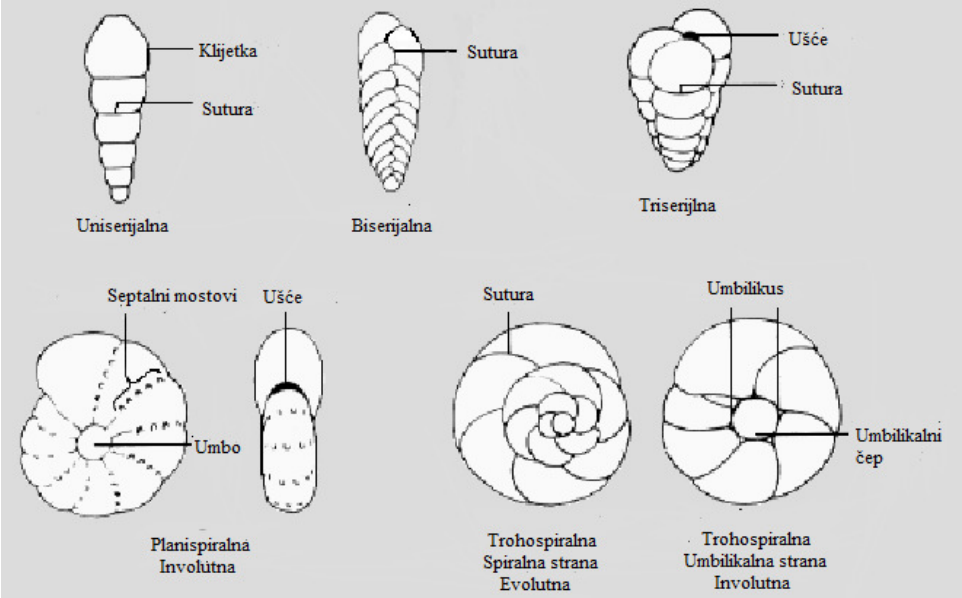
Uzorci su obrađeni laboratorijskom metodom šlemanja ili muljenja. Uzorci lapora su najprije usitnjeni geološkim čekićem, a zatim natopljeni vrelom vodom uz dodatak vodikovog peroksida. Tako natopljen uzorak je ostavljen te je nakon dva do tri dana bio spreman za šlemanje. Uzorak je prosijavan kroz četiri sita promjera 63, 125, 250 i 500 μm. Ostaci koji su ostali na pojedinim sitima su prebačeni u zdjelice i zatim ostavljeni na sušenje. Nakon što se uzorak osušio, frakcije su prebačene u zasebne papirnate vrećice, a uzorak je spreman za mikroskopsku analizu. Svaki uzorak je najprije pregledan po frakcijama, kako bi se odredila njihova očuvanost i prisutni mikrofosilni sadržaj. Uzorci su standardizirani pomoću mikrosplitera, uređaja koji razdvaja uzorak na po dva jednaka dijela, pri čemu se postupak ponavlja dok se ne dobije potrebna količina koja bi trebala sadržavati oko 300 jedinki foraminifera. Prilikom izrade standarda izuzete su frakcije koje su sadržavale samo zrna sedimenata, sa vrlo rijetkim jedinkama foraminifera.

Uzorci su mikroskopski analizirani na stereoskopskoj lupi Nikon, a fotografirani kamerom Olympus U-TV1XC.

5.2. Određivanje vrsta bentičkih foraminifera i ekološki zahtjevi rodova

Za određivanje vrsta primijenjeni su sljedeći kriteriji: tip stijenke, oblik kućice i klijetki, položaj i oblik ušća, prisutnost umba i umbilikusa, izgled sutura te dodatni ukrasi na kućici kao što su rebra i strije (Slika 8). Kućice foraminifera se sastoje od klijetki koje su odvojene septima. Klijetke su šupljine u kućicama okružene stijenkama čiji raspored određuje oblik kućice. S obzirom na način namatanja kućice mogu biti planispiralne i trohospiralne, te izdužene uniserijalne, biserijalne ili triserijalne. Kod uniserijalnog tipa kućice klijetke se nižu u jednom redu, dok se kod biserijalnih klijetke naizmjenično nižu u dva, a kod triserijanih u tri smjera. Planispiralne kućice predstavljaju namatanje klijetki u istoj ravnini oko jedne osi namatanja. One mogu biti involutne, evolutne ili djelomično evolutne. Kod involutnih kućica zadnji zavoj potpuno preklapa sve prethodne zavoje, dok su kod evolutnih kućica jasno vidljivi i svi prethodni zavoji. Trohospiralne kućice predstavljaju spiralno nizanje klijetki oko helikoidalne osi

namatanja. Kod trohospiralnih kućica se razlikuju spiralna i umbilikalna strana koje mogu biti involutne ili evolutne.



Slika 8. Morfologija i dijelovi kućice (preuzeto i preuređeno iz BOARDMAN i dr., 1987).

Suture nastaju na mjestima gdje se septi dodiruju s površinom kućice. One mogu biti udubljene, izbočene ili zaravnjene sa površinom kućice, oblikom ravne ili zakrivljene. Ušće ili apertura predstavlja otvor na najmlađoj klijetki kućice kroz koji foraminifera komunicira sa okolišem. Može biti jednostavno ili sa više otvora, različitih veličina i oblika. Vanjska površina najmlađe klijetke se naziva aperturno lice. Pupak ili umbilicus je središnje udubljenje na površini kućice gdje se sve klijetke dodiruju oko osi namatanja. Može biti otvoren ili prekriven umbilikalnim čepom. Umbilikalni čep je nakupina čvrstih lamela koje oblikuju čep u središtu pupka. Umbo predstavlja zadebljanje lamela na aksijalnom prostoru involutnih foraminifera. Pore su sitne rupice na stijenki kućice koje su iznutra obložene organskim slojem. Ornamentacija predstavlja izmjene debljine i/ili strukture stijenke kućice, npr. strije-tanka rebra i pustule-čvrsta izbočenja na stijenkama kućica foraminifera. Kobilica ili keel predstavlja periferno zadebljanje kućice, tipičan je za neke vrste roda *Elphidium*.

Određivanje rodova i vrsta bentičkih foraminifera izvršeno je prema LOEBLICH i TAPPAN, 1988a, b, CICHA i dr., 1998 te PAPP i SCHMIDT, 1985. Za klasifikaciju viših taksonomskih kategorija korištena je internetska stranica WoRMS (World Register of Marine Species).

Ekološki (paleoekološki) zahtjevi rodova (Tablica 1) su preuzeti iz MURRAY, 2006 i PEZELJ i dr., 2016.

Tablica 1. Ekološki zahtjevi određenih rodova bentičkih foraminifera (prema Murray, 2006).

ROD	Način života	Kisik	Podloga	Ishrana	Salinitet (‰)
Textularia	epifauna	oksična	čvrsta, sediment	muljojed	32-37
Asterigerinata	epifauna	oksična	sediment	biljojed	32-37
Bolivina	infauna	disoksična	muljni sedimenti	muljojed	32-37
Cassidulina	infauna	suboksična	mulj, pijesak	muljojed	32-37
Globocassidulina	infauna	oksična	mulj	muljojed	32-37
Nonion	infauna	suboksična	mulj, silt	biljojed	30-35
Rosalina	epifauna	oksična	čvrsta	biljojed	32-37
Cibicides	epifauna	oksična	čvrsta	suspenzojed	32-37
Cibicidoides	epifauna	oksična	čvrsta	suspenzojed	32-37
Ammonia	epifauna	oksična	muljeviti pijesak	biljojed	0-70
Elphidiella	infauna	oksična	pijesak	muljojed	30-35
Elphidium (s keelom)	epifauna	oksična	pijesak	biljojed	30-70
Porosononion	epifauna	oksična	pijesak	biljojed	0-70

5.3. Odnos plankton/bentos

Postotak planktonskih foraminifera u uzorku se računa prema formuli (MURRAY, 1991):

$$P/B = P/(P+B) \times 100\%$$

Utvrđena je podjela mogućih okoliša za interpretaciju dobivenih podataka (MURRAY 1991):

Plankton/bentos (<20:>80) – unutrašnji šelf
Plankton/bentos (10-60:90-40) – srednji šelf
Plankton/benos (40-70:60-30) – vanjski šelf
Plankton/bentos (>70:<30) – gornja kontinentalna padina

Budući da je raspon vrijednosti odnosa plankton/bentos vrlo varijabilan, zbog što boljeg definiranja analiziranih paleookoliša koristi se sljedeća modificirana podjela: unutrašnji šelf (<20% planktona), srednji šelf (20-50%), vanjski šelf (50- 70%) i gornji batijal (>70%).

5.4. Indeksi raznolikosti bentičkih foraminifera

Kako bi odredili raznolikost zajednice bentičkih foraminifera određene u uzorcima izračunati su indeksi bioraznolikosti – Simpsonov, Berger-Parkerov, Shannon-Wiennerov, indeks ekvitabilnosti i Fisher α indeks. Indeksi ranzolikosti pokazuju koliko je neke vrsta česta ili rijetka u standardnom uzorku. Uzimaju u obzir koliko ima vrsta u uzorku i distribuciju jedinki pojednih vrsta. Indeksi raznolikosti izračunati su pomoću kompjuterskog programa PAST (Palaeontology Statistic) programa (HAMMER i dr., 2001).

5.4.1. Simpsonov indeks

Simpsonov indeks (D) ili indeks dominacije opisuje kolika je vjerojatnost da će dvije, slučajno odabrane jedinke biti iz iste kategorije. Izračunava se na sljedeći način:

$$D = \sum \frac{n_1(\, n_1 - 1)}{N(N-1)}$$

gdje je:

D - Simpsonov indeks

n_1 - broj jedinki vrste

N - ukupan broj jedinki u zajednici

Prema formuli kako raznolikost raste tako vrijednost indeksa postaje sve manja. Radi jednostavnijeg čitanja, da bi vrijednost indeksa rasla kako raste raznolikost, indeks se iskazuje kao reciprocitetna vrijednost $1/D_s$ ili komplementarna forma $1\text{-}D_s$. Simpsonov indeks S varira od 1 do 30+, a vrijednosti 1-D od 0.0 do 1.0 i 1/D od 0.0 do 10+.

5.4.2. Berger-Parkerov indeks

Berger-Parkerov indeks dominacije izračunava proporcionalnu važnost najzastupljenije vrste. Ne ovisi o bogatstvu vrsta, a ovisi o veličini uzorka. Njegova vrijednost se smanjuje porastom raznolikosti. Izračunava se:

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

gdje je:

N_{max} - broj jedinki najzastupljenije vrste

N - ukupan broj jedinki u uzorku

5.4.3. Shannon-Wienerov indeks

Shannon-Wienerov indeks (H) je indeks omjera broja vrsta prema njihovom udjelu i važnosti u zajednici. Koristi se radi usporedbe raznolikosti različitih zajednica i okoliša. Izračunava se prema:

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

gdje je:

S - ukupni broj vrsta u uzorku

i - ukupan broj jedinki jedne vrste

p - broj jedinki jedne vrste prema broju jedinki u uzorku

Ovaj indeks ima najveću vrijednost kad zajednica sadrži vrste koje su zastupljene jednakim brojem jedinki. Vrijednost H(S)<0.6 ukazuje na brakičnu sredinu. Vrijednost H(S) od 0,6 do 2,1 ukazuje na priobalni okoliš s varijacijama u salinitetu, dok H(S)>2,1 karakterizira normalne marinske okoliše. Moderne zajednice imaju vrijednost indeksa 1,5-3,5.

5.4.4. Indeks ekvitabilnosti

Indeks ekvitabilnosti ili ujednačenosti (E) je indeks sličnosti udjela vrsta. Pokazuje bogatstvo vrsta i ujednačenost njihovih abundacija. Vrijednost indeksa ujednačenosti se kreće od 0 do 1. Izračunava se prema:

$$E(S) = \frac{e^{H(S)}}{S}$$

gdje je:

H(S) - Shannon-Wienerov indeks

S - ukupan broj vrsta u uzorku

5.4.5. Fisher α indeks

Fisher (α) indeks je koristan pokazatelj raznolikosti zajednice. Pokazuje odnos broja vrsta prema broju jedinki. Određuje se pomoću standardnog grafikona (Slika 9), a izračunava se na sljedeći način:

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

gdje je :
S - broj vrsta
n - broj jedinki
α - Fisher indeks

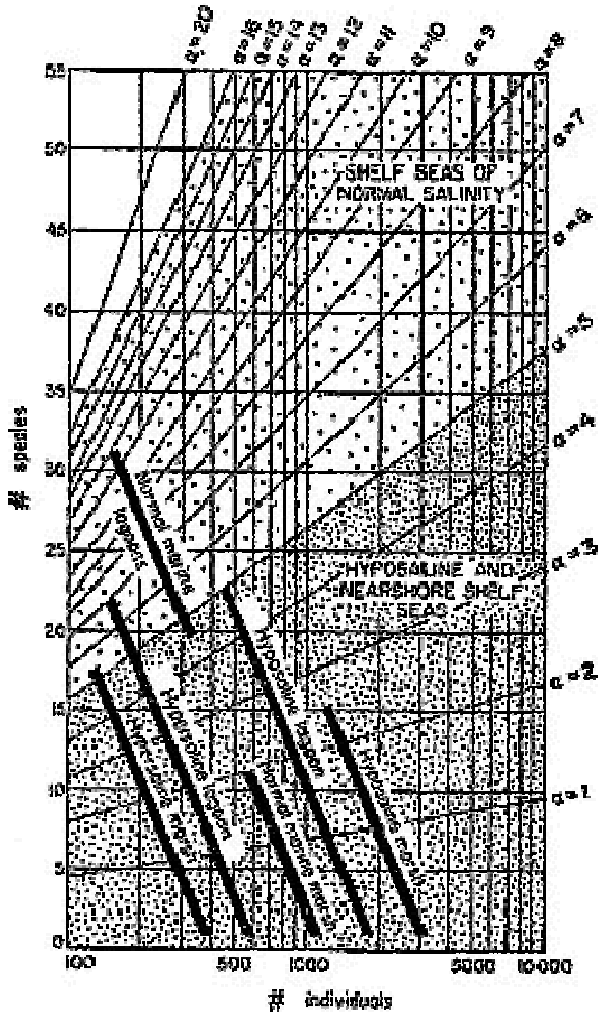
Određeni rasponi α indeksa upućuju na pojedine okoliše (MURRAY, 1991):

- α = < 1 - 2 ► marinske močvare
- α = < 1 - 3 ► brakične mangrove
- α = < 1 - 5 ► brakične močvare i lagune
- α = < 1 - 6 ► hipersaline lagune
- α = < 1 - 7 ► hipersaline močvare
- α = 1 - 22 ► gornji i donji batijal

α = 3 - 12 ► marinske lagune

α = 3 - 19 ► unutrašnji šelf

α = 5 - 19 ► vanjski šelf



Slika 9. Graf s naznačenim vrijednostima Fisher α indeksa (preuzeto iz MURRAY, 1974).

5.5. Transfer funkcija za salinitet

Ekološki zahtjevi rodova, odnosno podaci o rasponima saliniteta koji pojedina vrsta tolerira preuzeti su iz MURRAY, 2006 (Tablica 1). Vrijednosti saliniteta za brakične okoliše iznosi 0-32‰, marinske 32-37‰, i hipersaline >37‰. Formula koja je korištena za izračun saliniteta, modifikacija je formule za izračun temperature (LOMMERZHEIM, 1991) koja glasi:

$$T = \frac{1}{N}\, x \sum n_i\, x \left[\frac{\mathrm{T_{min}} + \mathrm{T_{max}}}{2}\right]$$

Uvrštavanjem parametara za salinitet dobiva se sljedeća formula:

$$S = \frac{1}{N} x \sum n_i\, x \left[\frac{S_{min} + S_{max}}{2}\right]$$

gdje je:

N - ukupan broj jedinki u zajednici

n_i - broj jedinki jedne vrste

S_{min}, S_{max} - najmanja i najveća vrijednost saliniteta koju tolerira pojedina vrsta

5.6. Indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI)

Količina kisika na morskome dnu određena je prema KAIHO (1994, 1999). Rodovi bentičkih vapnenačkih foraminifera podjeljeni su na oksične, suboksične i disoksične pokazatelje. Kod oksičnih pokazatelja količina kisika je veća od 1,5 ml/l, kod suboksičnih od 0,3 do 1,5 ml/l, a kod disoksičnih pokazatelja od 0,1 do 0,3 ml/l. Indeks kisika bentičkih foraminifera izračunat je prema:

$$\mathrm{BFOI}=[O/(O+D)]\times 100$$

pri čemu je:

O - broj oksičnih pokazatelja

D - broj disoksičnih pokazatelja

U ovisnosti o vrijednostima indeksa kisika bentičkih foraminifera postoji šest različitih uvjeta oksičnosti pri morskome dnu:

Vrlo oksični uvjeti ► BFOI = 50 – 100

Srednje oksični uvjeti ►BFOI= 15 – 50

Nisko oksični uvjeti ►BFOI= 0 – 15

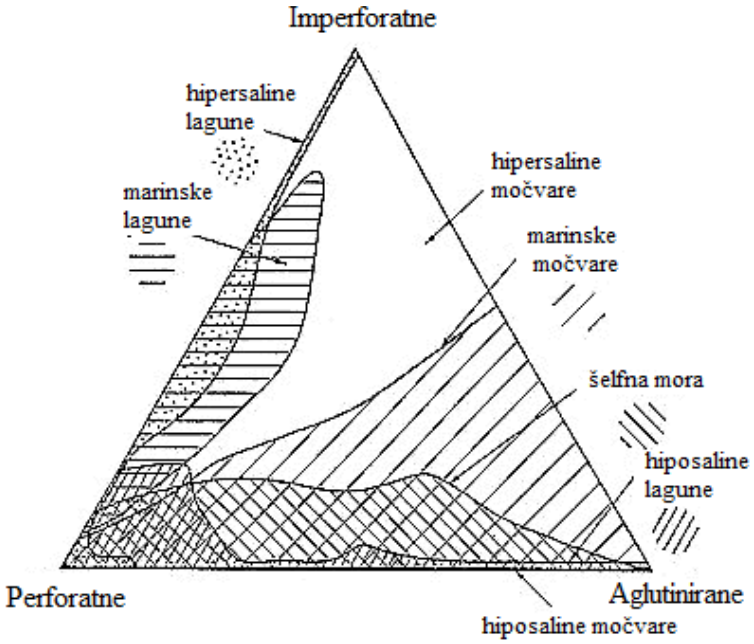
Suboksični uvjeti ►BFOI= -40 – 0

Disoksični uvjeti ► BFOI= -55 - 40

Anoksični uvjeti ►BFOI= < -55

5.7. Podjela bentičkih foraminifera prema tipu stijenke

Bentičke foraminifere se prema tipu stijene dijele na tri skupine: perforatne, imperforatne i aglutinirane. Dobiveni podaci o udjelu pojedinih tipova stijenki foraminifera se mogu uvrstiti u trokomponentni dijagram (Slika 10) koji služi za interpretaciju plitkovodnog okoliša (MURRAY, 1974). Svaki vrh trokuta pokazuje da zajednica broji 100% jedinki tog tipa stijenke, a nasuprotni vrh ima vrijednost 0% jedinki tog tipa stijenke. Za najpliće okoliše karakteristične su imperforatne foraminifere, dok perforatne dolaze u nešto dubljim okolišima. U najdubljim okolišima dominantne su foraminifere s aglutiniranom stijenkom.



Slika 10. Trokomponentni dijagram tipova stijenki sa poljima tipičnim za određene okoliše (preuzeto i preuređeno iz MURRAY, 1974).

6. SISTEMATIKA ODREĐENIH VRSTA BENTIČKIH FORAMINIFERA

Carstvo: **CHROMISTA**

Podcarstvo: **HAROSA**

Stablo: **FORAMINIFERA**

Razred: **GLOBOTHALAMEA** PAWLOWSKI, HOLZMAN & TYSZKA, 2013
Podrazred: **TEXTULARIIA** MIKHALEVICH, 1980
Red: **TEXTULARIIDA** DELAGE & HÉROUARD, 1896
Podred: **TEXTULARIINA** DELAGE & HÉROUARD, 1896

Superfamilija: **Textularioidea** EHRENBERG, 1838

Familija: **Textulariidae** EHRENBERG, 1838

Subfamilija: **Textulariinae** EHRENBERG, 1838

Rod: ***Textularia*** DEFRANCE, 1824

Razred: **TUBOTHALAMEA** PAWLOWSKI, HOLZMAN & TYSZKA, 2013
Red: **SPIRILLINIDA** HOHENEGGER & PILLER, 1975
Podred: **AMMODISCINA** MIKHALEVICH, 1980

Superfamilija: **Ammodiscoidea** REUSS, 1862

Famliija: **Ammodiscidae** REUSS, 1862

Subfamilija: **Ammodiscinae** REUSS, 1862

Rod: ***Ammodiscus*** REUSS , 1862

Razred: **GLOBOTHALAMEA** HOLZMANN & TYSSZKA, 2013

Red: **ROTALIIDA** DELAGE & HÉROUARD, 1896

Podred: **ROTALIINA** DELAGE & HÉROUARD, 1896

Superfamilija: **Asterigerinoidea** D'ORBIGNY, 1839

Familija: **Asterigerinatidae** D'ORBIGNY, 1839

Rod: ***Asterigerinata*** BERMÚDEZ, 1949

Vrsta: ***Asterigerinata planorbis*** D'ORBIGNY, 1846

Superfamilija: **Serioidea** HOLZMANN & PAWLOWSKI, 2017

Familija: **Bolivinitidae** CUSHMANN, 1927

Subfamilija: **Bolivinitinae** CUSHMANN, 1927

Rod: ***Bolivina*** D'ORBIGNY, 1839

Vrsta: ***Bolivina antiqua*** D'ORBIGNY, 1846

Bolivina dilatata REUSS, 1850

Bolvina sarmatica DIDKOVSKIY, 1959

Bolivina pseudoplicata HERON-ALLEN & EARLAND, 1930

Superfamilija: **Buliminoidea** JONES, 1875

Familija: **Reussellidae** CUSHMANN, 1933

Rod: ***Reusella*** GALLOWAY, 1933

Vrsta: ***Reusella spinulosa*** REUSS, 1850

Superfamilija: **Serioidea** HOLZMANN & PAWLOWSKI, 2017

Familija: **Cassidulinidae** D'ORBIGNY, 1839

Subfamilija: **Cassidulininae** D'ORBIGNY, 1839

Rod: ***Cassidulina*** D'ORBIGNY, 1826

Vrsta: ***Cassidulina leavigata*** D'ORBIGNY, 1826

Rod: ***Globocassidulina*** VOLOSHINOVA, 1960

Vrsta: ***Globocassidulina crassa*** D'ORBIGNY, 1839

Superfamilija: **Nonionidea** SCHULTZE, 1854

Familija: **Nonionidae** SCHULTZE, 1854

Subfamilija: **Nonioninae** SCHULTZE, 1854

Rod: ***Nonion*** MONTFORT, 1808

Vrsta: ***Nonion bogdanowiczi*** VOLOSHINOVA, 1952

Superfamilija: **Discorboidea** EHRENBERG, 1838

Familija: **Rosalinidae** REISS, 1963

Rod: ***Rosalina*** D'ORBIGNY, 1826

Vrsta: ***Rosalina obtusa*** D'ORBIGNY, 1846

Superfamilija: **Planorbulinoidea** SCHWAGER, 1877

Familija: **Cibicididae** CUSHMAN, 1927

Subfamilija: **Cibicidinae** CUSHMAN, 1927

Rod: ***Cibicides*** MONTFORT, 1808

Rod: ***Cibicidoides*** THALMANN, 1939

Vrsta: ***Cibicidoides ungerianus*** D'ORBIGNY, 1846

Cibicidoides lobatulus WALKER & JACOB,1878

Superfamilija: **Rotalioidea** EHRENBERG, 1839

Familija: **Ammoniidae** SAIDOVA, 1981

Subfamilija: **Ammoniinae** SAIDOVA, 1981

Rod: ***Ammonia*** BRÜNNICH, 1772

Vrsta: ***Ammonia viennensis*** D'ORBIGNY, 1846

Familija: **Elphidiellidae** HOLZMANN & PAWLOWSKI, 2017

Rod: ***Elphidiella*** CUSHMAN, 1936

Familija: **Elphidiidae** GALLOWAY, 1933

Subfamilija: **Elphidiinae** GALLOWAY, 1933

Rod: ***Elphidium*** MONTFORT, 1808

Vrsta: ***Elphidium aculeatum*** D'ORBIGNY, 1846

Elphidium crispum LINNAEUS, 1758

Elphidium fichtelianum D'ORBIGNY, 1846

Elphidium flexuosum D'ORBIGNY, 1846

Elphidium macellum FICHTEL & MOLL, 1798

Rod: ***Porosononion*** PUTRYA IN VOLOSHINOVA, 1958

Vrsta: ***Porosononion granosum*** D'ORBIGNY, 1846

Porosononion martkobi BOGDANOWICZI, 1947

7. REZULTATI

7.1. Mikroplaeontološka analiza uzoraka

Ukupno su obrađena i analizirana tri uzorka s lokaliteta Vranović, Vr-4, Vr-8/1 i Vr-8/3. Unutar njih utvrđena je prisutnost ukupno 15 rodova i 24 vrste foraminifera (Tablica 2).

Tablica 2. Apsolutna i relativna zastupljenost određenih vrsta bentičkih foraminifera.

VRSTE	Uzorak Vr-4	Uzorak Vr- 8/1	Uzorak Vr-8/3	Uzorak Vr-4 (%)	Uzorak Vr-8/1 (%)	Uzorak Vr 8/3 (%)
Textularia sp.	0	0	1	0	0	0,37
Ammodiscus sp.	1	0	3	0,34	0	1,10
Asterigerinata planorbis D'ORBIGNY 1846	3	0	13	1,05	0	4,76
Bolivina antiqua D'ORBIGNY 1846	1	0	4	0,34	0	1,46
Bolivina dilatata REUSS 1850	0	0	2	0	0	0,73
Bolivina sarmatica DIDKOVSKIY 1959	0	139	14	0	48,77	5,13
Bolivina pseudoplicata HERON-ALLEN & EARLAND 1930	0	0	8	0	0	2,93
Cassidulina leavigata D'ORBIGNY 1826	0	8	1	0	2,80	0,37
Globocassidulina crassa D'ORBIGNY 1839	0	21	1	0	7,37	0,37
Reussella spinulosa REUSS 1850	2	0	6	0,70	0	2,20
Nonion bogdnowiczi VOLOSHINOVA 1952	0	0	4	0	0	1,47
Rosalina obtusa D'ORBIGNY 1846	5	0	14	1,74	0	5,13
Cibicides sp.	3	29	6	1,05	10,18	2,20
Cibicidoides ungerianus D'ORBIGNY 1846	0	0	11	0	0	4,03
Cibicidoides lobatulus WALKER & JACOB 1878	0	0	16	0	0	5,86
Ammonia viennensis D'ORBIGNY 1846	0	6	7	0	2,10	2,56
Elphidiella sp.	6	2	7	2,10	0,71	2,56
Elphidium aculeatum D'ORBIGNY 1846	72	26	51	25,10	9,12	18,68
Elphidium crispum LINNAEUS 1758	16	0	11	5,60	0	4,03
Elphidium fichtelianum D'ORBIGNY 1846	0	0	10	0	0	3,66
Elphidium flexuosum D'ORBIGNY 1846	13	0	6	4,53	0	2,20
Elphidium macellum FICHTEL & MOLL 1798	117	5	62	40,80	1,75	22,71
Porosononion granosum D'ORBIGNY 1846	3	0	7	1,05	0	2,56
Porosononion martkobi BOGDANOWICZ 1947	45	49	8	15,60	17,20	2,93
UKUPNO	287	286	280			

Mikrofosilna zajednica lokaliteta Vranović je relativno bogata brojem vrsta, a kućice foraminifera su jako dobro očuvane. Od 24 vrste ukupno 22 pripadaju podredu Rotaliina, 1 vrsta podredu Textulariina i 1 vrsta podredu Ammodiscina. Za analizu uzorka Vr-8/3 korištene su sve frakcije, a za uzorke Vr-4 i Vr-8/1 frakcije 63 i 125 μm, budući da su veće frakcije bile sterilne, odnosno sadržavale su vrlo mali broj foraminifera.

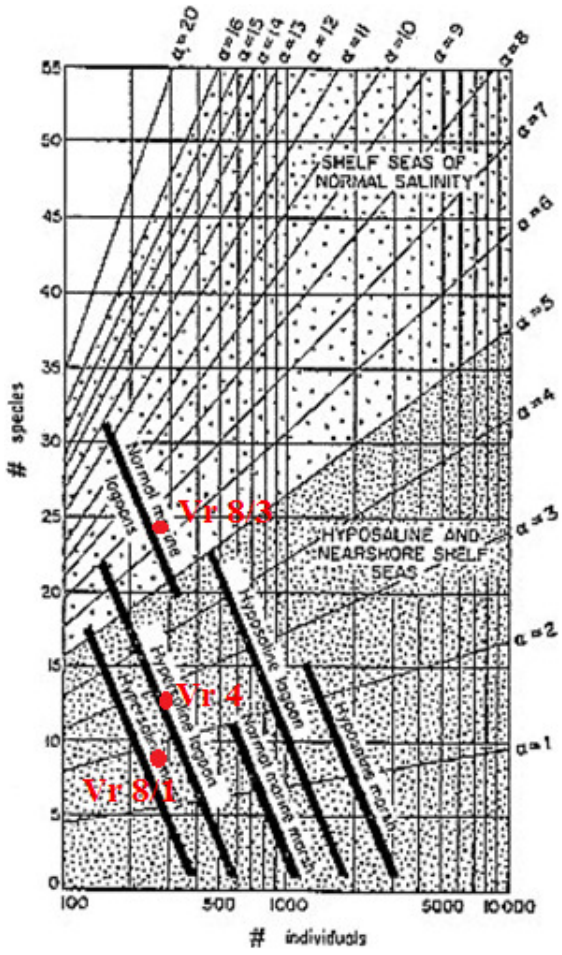
7.1.1. Uzorak Vr-4

U uzorku su uz foraminifere u manjem broju nalaze i fragmenti bodlji ježinaca, zubi riba te ostrakodi. U uzorku Vr 4 ukupno je određeno 9 rodova i 13 vrsta bentičkih foraminifera. Dominiraju bentičke foraminifere sa perforatnom stijenkom (99,7%), dok aglutinirane čine 0,3% uzorka. Dominantne vrste su *Elphidium macellum* (40,80%), *Elphidium aculeatum* (25,10%) i *Porosononion martkobi* (15,60%), dok su srednje zastupljene vrste *Elphidium crispum* (5,60%) i *Elphidium flexuosum* (4,53%) (Tablica 2).

Tablica 3. Broj vrsta, izračunati odnos P/B, indeksi raznolikosti, salinitet izračunat metodom transfer funkcije, BFOI, udio oksičnih, suboksičnih i disoksičnh pokazatelja, udio infaune i epifaune, udio aglutiniranih, imperforatnih i perforatnih bentičkih foraminifera.

	Uzorak Vr-4	**Uzorak Vr-8/1**	**Uzorak Vr-8/3**
Broj vrsta	13	9	24
P/B odnos (%)	2,7	0,4	2,5
Dominacija D	0,26	0,29	0,11
Simpson 1-D	0,74	0,71	0,89
Shannon-Wiener H	1,67	1,58	2,66
Ekvitabilnost	0,65	0,72	0,84
Fisher α	2,80	1,77	6,34
Berger-Parker	0,41	0,49	0,23
Salinitet (‰)	45,9	36,3	41,3
BFOI (%)	99,6	49,8	89,5
Oksični (%)	99,6	48,4	87,9
Suboksični (%)	0	2,8	1,8
Disoksični (%)	0,4	48,8	10,3
Epifauna (%)	80,8	23,2	79,5
Infauna (%)	19,2	76,8	20,5
Aglutinirane (%)	0,3	0	1,5
Imperforatne (%)	0	0	0
Perforatne (%)	99,7	100	98,5

Odnos P/B iznosi 2,7% što upućuje na područje unutrašnjeg šelfa. Vrijednosti indeksa ekvitabilnosti iznosi E=0,65 i dominacije D=0,26. Vrijednost Fisher indeksa iznosi α=2,80 i upućuje na okoliše brakične mangrove, brakične močvare i lagune, hipersaline lagune, hipersaline močvare te gornjeg i donjeg batijala (Slika 11). Vrijednost Berger-Parkerovog indeksa iznosi 0,41, a Shannon Wienerovog H=1,67 i upućuje na okoliš s varijacijama u salinitetu. Vrijednost saliniteta izračunat metodom transfer funkcije za salinitet upućuje na hipersalini okoliš i iznosi 45,9‰ (Tablica 3). Indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI) iznosi 99,6% i ukazuje na vrlo oksičan okoliš. Vrste koje su pokazatelji oksičnih uvjeta čine 99,6% foraminiferske zajednice. Prema načinu života dominiraju epifaunalni oblici bentičkih foraminifera sa 80,8% (Tablica 3).



Slika 11. Vrijednosti Fisher α indeksa za analizirane uzorke (MURRAY, 1974).

7.1.2. Uzorak Vr-8/1

Mikrofosilna zajednica je dobro sačuvana, dominiraju bentičke foraminifere sa rijetkim primjerima ostrakoda, bodlji ježinaca i zubića riba. Određeno je ukupno 8 rodova i 9 vrsti bentičkih foraminifera. Sve vrste su bentičke foraminifere sa perforatnom stijenkom, a u zajednici u potpunosti dominira vrsta *Bolivina sarmatica* (48,77%), uz koju su dominantne i vrste *Porosononion martkobi* (17,20%) te *Cibicides* sp. (10,18%). Srednje zastupljene vrste su *Elphidium aculeatum* (9,12%) i *Globocassidulina crassa* (7,37%) (Tablica 2).

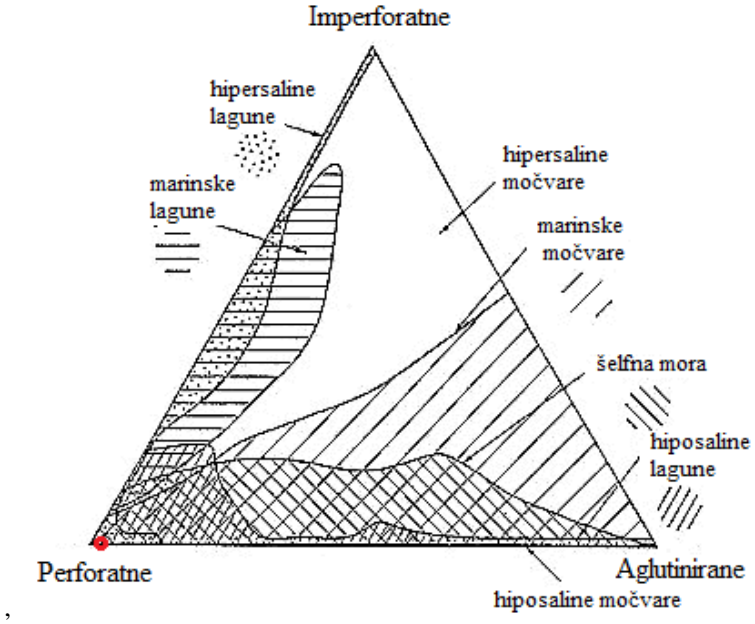
Udio planktonskih foraminifera je jako nizak, a odnos P/B iznosi 0,4%. Vrijednosti indeksa dominacije iznosi D=0,29 i ekvitabilnosti E=0,72. Vrijednost Shannon Wienner indeksa iznosi H=1,58 što je tipično za okoliše s varijacijama u salinitetu. Berger-Parkerov indeks iznosi 0,49, vrijednost Fisher indeksa (α=1,77) je dosta nizak i upućuje okoliše marinske močvare, brakične mangrove, brakične močvare i lagune, hipersaline lagune, hipersaline močvare te gornji i donji batijal (Slika 11). Salinitet izračunat transfer funkcijom iznosi 36,3‰ što je vrijednost tipična za normalni marinski okoliš. Indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI) iznosi 49,8% što upućuje na srednje oksične uvjete u okolišu. Broj oksičnih pokazatelja (48,4%) u ovom uzorku je podjednak broju disoksičnih pokazatelja (48,8%). U zajednici bentičkih foraminifera dominiraju infaunalni oblici i čine 76,8% zajednice (Tablica 3).

7.1.3. Uzorak Vr-8/3

U uzorku su osim foraminifera u malom broju prisutni i ostrakodi, puževi, školjke, te zubi riba, fragmenti bodlji ježinaca i razlomljene kolonije mahovnjaka. U uzorku Vr-8/3 dominiraju bentičke foraminifere sa perforatnog stijenkom (98,5%), udio foraminifera sa aglutiniranom stijenkom je vrlo nizak (1,5%), dok porculanaste foraminifere nisu prisutne. U uzorku je određeno 15 rodova i 24 vrste foraminifera. Dominantno zastupljene vrste su *Elphidium macellum* (22,71%) i *Elphidium aculeatum* (18,68%), dok su srednje zastupljene vrste *Cibicidoides lobatulus* (5,86%), *Bolivina sarmatica* (5,13%), *Rosalina obtusa* (5,13%), *Asterigerinata planorbis* (4,76%) i *Cibicidodes ungerianus* (4,03%) (Tablica 2).

Udio planktonskih foraminifera je jako nizak, te odnos P/B iznosi 2,5 % što upućuje na područje unutrašnjeg šelfa. Indeks dominacije iznosi D=0,78%, ekvitabilnosti E=0,84, a Berger Parkerov

indeks iznosi 0,23. Vrijednost Shannon-Wiener indeksa je visoka (H=2,66) što upućuje na okoliš normalnog saliniteta. Vrijednost Fisher α indeksa (α=6,34) upućuje na okoliše hipersaline močvare, gornjeg i donjeg batijala, marinske lagune, unutrašnjeg i vanjskog šelfa (Slika 11). Salinitet izračunat transfer funkcijom iznosi 41,27‰, te ta vrijednost ukazuje na hipersalini okoliš. Indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI) iznosi 89,5% što govori da se radi o vrlo oksičnom okolišu, a udio oksičnih pokazatelja iznosi 87,9%. U foraminiferskoj zajednici dominiraju epifaunalni oblici bentičkih foraminifera sa 79,5% zastupljenosti u zajednici (Tablica 3). Sva tri uzorka su prema trokomponentnom dijagramu (MURRAY, 1974) prema tipu stijenke foraminifera pokazala moguća četiri okoliša, a to su šelfna mora, marinske močvare, hiperaline lagune i hipersaline močvare (Slika 12).



Slika 12. Trokomponentni dijagram (MURRAY, 1974) s naznačenim rezulatom za analizane uzorke.

7.2. Biostratigrafski položaj

Biostratigrafska analiza proučavanog profila je temeljena na standardnim biozonacijama za područje Centralnog Paratethysa (PAPP i SCHMID, 1985, CICHA i dr., 1998). Proučavanjem stratigrafskih raspona prisutnih vrsta bentičkih foraminifera starost profila je određena kao sarmat (Tablica 4). Za određivanje starosti odlučujuće su bile provodne vrste *Bolivina sarmatica*, *Nonion bogdanowiczi* te *Porosononion martkobi* provodne za sarmat.

Tablica 4. Stratigrafski rasponi određenih vrsta bentičkih foraminifera.

	EGER	EGENBURG	OTNANG	KARPAT	BADEN			SARMAT	
					B1	B2	B3	S1	S2
Asterigerinata planorbis									
Bolivina antiqua									
Bolivina dilatata									
Bolivina sarmatica									
Bolivina pseudoplicata									
Cassidulina leavigata									
Globocassidulina oblonga									
Reusella spinulosa									
Nonion bogdanowiczi									
Rosalina obtusa									
Cibicidoides ungerianus									
Cibicidoides lobatulus									
Ammonia viennensis									
Elphidium aculeatum									
Elphidium crispum									
Elphidium fichtelianum									
Elphidium flexuosum									
Elphidium macellum									
Porosononion granosum									
Porosononion martkobi									

8. RASPRAVA

Donji dio stupa Vranović sastoji se od izmjene svijetlih i tamnih lamina lapora koje pripadaju srednjem miocenu, odnosno sarmatu. U analiziranim uzorcima određeno je ukupno 15 rodova i 24 vrste bentičkih foraminifera. U uzorku Vr-4 određeno je 13 vrsta, u uzorku Vr-8/1 je određeno 9 vrsta, dok je uzorak Vr-8/3 najbogatiji sa 24 vrste. Mala zastupljenost planktonskih foraminifera u sva 3 uzorka upućuje na plitkovodni okoliš, odnosno područje unutrašnjeg šelfa.

U uzorku Vr-4 iz svijetle lamine lapora potpuno dominira rod *Elphidium*, a najzastupljenije su vrste *Elphidium aculeatum* i *Elphidium macellum*. Sve vrste roda *Elphidum* koje su određene u analiziranoj zajednici imaju kobilicu, što znači da su prema načinu života epifauna. Žive na pijesku ili vlatima morskih trava i talusima algi, a prema ishrani su biljojedi. Nastanjuju područje unutrašnjeg šelfa do 50 metara dubine i dobro ozračene okoliše (MURRAY, 2006). U uzorku prevladava epifauna s 80,8% udjela u foraminiferskoj zajednici. Indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI) iznosi 99,65% što govori da je okoliš taloženja visoko oksičan. Salinitet izračunat metodom transfer funkcije iznosi 45,9‰ što je vrijednost tipična za hipersalini okoliš. Prema vrijednosti Fisher α indeksa moguće je više okoliša taloženja, a to su brakične mangrove, brakične močvare i lagune, hipersaline lagune, hipersaline močvare te okoliši gornjeg i donjeg batijala. Vrijednost Shannon Wienerovog indeksa (H=1,673) ukazuje na priobalni okoliš s varijacijama u salinitetu.

U uzorku Vr-8/1 (tamna lamina) dolazi do promjene u zajednici bentičkih foraminifera u odnosu na uzorak Vr-4. Dominaciju je prema broju jedinki preuzela vrsta *Bolivina sarmatica*, dok je udio roda *Elphidium* bitno smanjen. Predstavnici roda *Bolivina* su prema načinu života infauna, prema ishrani suspenzojedi, te žive u muljevitom sedimentu u području od unutrašnjeg šelfa do batijala (MURRAY, 2006). Udio epifaune i infaune u uzorku Vr-8/1 je podjednak, indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI) iznosi 49,8% što ukazuje na srednje oksičan okoliš. Salinitet izračunat metodom transfer funkcije iznosi 36,3‰ što odgovara normalnom marinskom okolišu. Vrijednost Fisher α indeksa upućuje na okoliše marinske močvare, brakične mangrove, brakične močvare i lagune, hipersaline lagune, hipersaline močvare te gornjeg i donjeg batijala. Vrijednost Shannon Wienerovog indeksa (H=1,583) pokazuje na priobalni okoliš s varijacijama u salinitetu.

Uzorak Vr-8/3 (svijetla lamina) je sličan uzorku Vr-4, ponovno dominiraju jedinke roda *Elphidium*, epifaunalni oblici, indeks kisika bentičkih foraminifera (BFOI) iznosi 89,6% te su uvjeti u okolišu ponovno visoko oksični. Izračunati salinitet iznosi 41,3‰ što je hipersalini okoliš, dok su prema Fisherovom indeksu mogući okoliši taloženja hipersalina močvara, gornji i donji batijal, marinska laguna, unutrašnji i vanjski šelf. Vrijednost Shannon Wienerovog indeksa je veća nego u prethodna dva uzorka (H=2,657) te je najvjerojatnije okoliš taloženja normalni marinski.

S obzirom da su u svim uzorcima gotovo sve bentičke formaminifere perforatne, odnosno imaju staklastu stijenku, prema trokomponentnom dijagramu (MURRAY, 1974) mogući okoliši taloženja su šelfna mora, marinske močvare, hipersaline lagune i hipersaline močvare.

Izračunati indeksi bioraznolikosti pokazali su najmanju dominaciju (D=0,11; E=0,84) i najveću raznolikost (α=6,34, H=2,66) u uzorku svjetle lamine Vr-8/3. U uzorcima Vr-4 i Vr-8/1 je dominacija podjednaka i veća nego u uzorku Vr-8/3. Najmanje vrijednosti Shannon Wienerovog i Fisher α indeksa (α=1,77, H=1,58), a time i najmanju raznolikost zajednice ima uzorak tamne lamine Vr-8/1 (Tablica 3).

U uzorcima Vr-4 i Vr-8/3 iz svijetlih lamina dominiraju velike kućice *Elphidium* zajednice (frakcije 0,125-0,5 mm). Tijekom taloženja tih lamina na morskom dnu su vladali visoko oksični uvjeti te su brojni epifaunalni oblici. Uzorak Vr-8/1 je uzorak iz tamne lamine koja se na geološkom stupu nalazi između uzoraka Vr-4 i Vr-8/3. Uzorak Vr-8/1 sadrži sitniju *Bolivina* zajednicu (frakcije 0,063-0,125 mm) u kojoj je smanjena količina kisika na srednje oksične uvjete te je povećan udio infaune. Izmjena tamnih i svijetlih lamina te mikrofosilnih zajednica bentičkih foraminifera kroz geološki stup može ukazivati na promjenu u količini kisika i nutrijenata na morskom dnu. Te promjene mogu biti izazvane oscilacijom morske razine ili mogu biti odraz sezonalnosti. S oscilacijom morske razine mijenja se donos nutrijenata s kopna. Porastom nutrijenata talože se tamne lamine, dolazi do smanjenja količine kisika i povećanja broja infaunalnih oblika foraminifera (PEZELJ i dr., 2016). Organizmi koji profitiraju od više hrane su brojniji, a s njihovom brojnošću smanjuje se količina kisika na morskom dnu (disanje, raspadanje organske tvari). Druga mogućnost je utjecaj sezonalnosti, tijekom koje dolazi do smanjivanja količine kisika u pridnenoj vodi. Tijekom ljeta, zbog cvjetanja fitoplanktona i

visokih temperatura dolazi do ubrzanog raspadanja organske tvari prilikom čega dolazi do smanjenja kisika ili anoksije.

9. ZAKLJUČAK

Analizirana su tri uzorka lapora sa donjeg dijela profila Vranović, od kojih dva uzorka pripadaju svijetlim (uzorci Vr-4 i Vr-8/3), a jedan tamnoj lamini lapora (uzorak Vr-8/1). Ukupno je određeno 15 rodova i 24 vrste bentičkih foraminifera. Na osnovu stratigrafskih raspona određenih vrsta bentičkih foraminifera određena je sarmatska starost naslaga. Utvrđeno je plitkovodno područje taloženja, odnosno okoliš unutrašnjeg šelfa, što je pokazao vrlo mali broj planktona u standardiziranim uzorcima.

Određene su dvije različite zajednice bentičkih foraminifera, a to su *Elphidium* zajednica u svijetlim laminama (uzorci Vr-4 i Vr-8/3), te *Bolivina* zajednica u tamnoj lamini lapora (uzorak Vr-8/1). U uzorcima svijetlih lamina dominira rod *Elphidium*, prema načinu života prevladava epifauna i vrste koji su oksični pokazatelji. Indeks kisika bentičkih foraminifera je visok i pokazuje visoko oksične uvjete pri morskom dnu. U uzorku iz tamne lamine, koja se na profilu nalazi između ostala dva uzorka, određena je *Bolivina* zajednica, povećan je udio infaune, te je bitno smanjena količina kisika u zajednici.

Uočene su i varijacije u salinitetu. Vrijednost saliniteta prema transfer funkciji je najveća u prvom uzorku Vr-4 (45,9‰) i upućuje na hipersalini okoliš. U uzorku iz tamne lamine Vr-8/1 dolazi do smanjenja vrijednosti saliniteta (36,3‰) i uvjeti su normalni marinski, dok u uzorku Vr-8/3 ponovno dolazi do povećanja saliniteta (41,3‰) na hipersalini.

Izmjena lamina lapora, kao i izmjena zajednice bentičkih foraminifera je nastala postepenim oplićavanjem i produbljavanjem taložnog prostora ili kao posljedica sezonalnosti.

10. LITERATURA

BOARDMAN, R.S., CHEETHAM & A.H., ROWELL, A.J. (1987): Fossil invertebrates. Blackwell scientific, Cambridge, 1-728.

CICHA, I., RÖGL F., RUPP, C. & CTYROKA, J. (1998): Oligocene-Miocene foraminifera of the Central Paratethys. Verlag Waldemar Kramer, Frankfurt am Mein, 1-325.

GORJANOVIĆ, D. (1897): Die Fauna der unterpontischen Bildungen um Londjica in Slavonien. Jahrb. geol. Reichsanst., 49, 1, Wien.

GORJANOVIĆ, D. (1899): Geologija okolice Kutjeva. Rad JAZU 131, 10-29, Zagreb.

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

HARZHAUSER, M. & PILLER, W. E. (2007): Benchmark data of changing sea – Paleogeography, Paleobiogeography and events in the Central Paratethys during the Miocene. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 253, 8-31.

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

KAIHO, K. (1999): Effect of organic carbon flux and dissolved oxygen on the benthic foraminiferal oxygen index (BFOI). *Mar. Micropaleontol.*, 37, 67-76.

KIŠPATIĆ, M. (1912): Disthen, Sillimanit und Staurolit führende Schiefer aus dem Krndija-Gebirge in Croatien. Centrabal. Min., 19, Stuttgart.

KIŠPATIĆ, M. (1916): Eruptivgesteine des Krndija Gebirges. Glasnik Hrv. prirod. dr., 28, Zagreb.

KOROLIJA, B. & JAMIČIĆ, D. (1988): Tumač za list Našice, L34-85. Geološki zavod, Beograd.

KOROLIJA, B. & JAMIČIĆ, D. (1989): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Našice, L 34-85, Savezni geološki zavod, Beograd.

KOUBOVÁ, I. & HUDÁČKOVÁ, N. (2010): Foraminiferal successions in the shallow water Sarmatian sediments from the MZ 93 borehole (Vienna Basin, Slovak part). Acta Geologica Slovaca, Bratislava, 47-58.

KOVAČIĆ, M. (2004): Sedimentologija gornjomiocenskih naslaga jugozapadnog dijela Panonskog bazena. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1-203.

KOVAČIĆ, M., ĆORIĆ, S., MARKOVIĆ, F., PEZELJ, Đ.,BAKRAČ, K., HAJEK-TADESSE, V., VRSALJKO, D., BOŠNJAK MAKOVEC, M., KAMPIĆ, Š., RITOSSA, A. & BORTEK, Ž, (2015a): Granica srednjeg i gornjeg miocena (sarmat/panon) u Središnjem Paratetisu (lokalitet Vranović, Slavonija). U: HORVAT, M. i WACHA, L. (ured.): Knjiga Sažetaka, V Hrvatski geološki kongres, Osijek, 23-25.09.2015., Hrvatski geološki institut, 136-137.

KOVAČIĆ, M., ĆORIĆ, S., MARKOVIĆ, F., PEZELJ, Đ., VRSALJKO, D., BAKRAČ, K., HAJED-TADESSE, V., BOŠNJAK MAKOVEC, M., RITOSSA, A. & BORTEK, Ž. (2015b): Karbontno klastični sedimenti srednjeg i gornjeg miocena (kamenolom tvornice cementa kod Našica). U: HORVAT, M. & GALOVIĆ, L. (ured.): Excursion Guide-book, 5th Croatian Geological Congress, Osijek 23-25.09.2015., Hrvatski geološki institut, 82-85.

KOVAČIĆ, M., MARKOVIĆ, F., ĆORIĆ, S., PEZELJ, Đ., VRSALJKO, D., BAKRAČ, K., HAJEK-TADESSE, V., RITOSSA, A. & TARNAJ, I. (2017): Disintegration of the Central Paratethys and origin of the lake Pannon. Neogene of Central and South-Eastern Europe, 7th international workshop, 28-31 May 2017-Velika, Field trip guidebook, 22-23.

LOEBLICH, A.R. & TAPPAN, H. (1988a): Foraminiferal genera and their classification. Van Nostrand Reinhold, New York, 1-847.

LOEBLICH, A.R. & TAPPAN, H., (1988b): Foraminiferal genera and their classification-plates. Van Nostrand Reinhold, New York, 1-970.

LOMMERZHEIM, A. (1991): Mikropaläontologische Indikatoren für Paläoklima und Paläobathymetrie in der borealen Oberkreide: Bohrung Metelen 1001. Facies 24: 183-254.

MAGDALENIĆ, Z. & BLAĆE, Z. (1958): Geološko kartiranje područja Orahovica-Seona-Borovika. Fond. Str. dok. IGI, 2956, Zagreb.

MURRAY, J.W. (1974): Distribution and ecology of living benthic foraminiferids. Heinemann educational books, London, 1-274.

MURRAY, J.W. (2006): Ecology and applications of Benthic Foraminfera. Cambridge University Press, New York, 1-424.

MUTIĆ, R. (1975): Sedimentološka ispitivanja naslaga lesa iz okolice Vinkovaca, Našica i Valpova. Geol. vjesnik 28, Zagreb, 269-286.

NEUBAUER, T.A., HARZHAUSER, M. & MANDIĆ, O. (2013): Phenotypic evolution in a venerid bivalve species lineage from the late Middle Miocene Central Paratethys Sea: a multi-approach morphometric analysis. U: Biological Journal of the Linnean Society. 110, 2, Oxford University Press, 320-334.

NOVOSEL-ŠKORIĆ, S., MAGDALENIĆ, Z. & KOROLIJA, B. (1986): Pliokvartarni sedimenti jugoistočnog dijela Krndije (sjeverna Hrvatska). Geol. vjesnik 39, Zagreb, 11-18.

PAPP, A. & CICHA, I. (1978): Definition der Zeiteinheit M [4] - Badenian. U: PAPP, A., CICHA, I., SENEŠ, J. & STEININGER, F., Eds., M4 – Badenian (Moravien, Wielicien, Kosovien). *Chronostratigraphie und Neostratotypen*, *Miozän der Zentralen Parartethys*, 6, 47-48.

PAPP, A. & SCHMID, M.E. (1985): The Fossil Foraminifera of the Tertiary Basin of Vienna. *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, Band 37, Wien, 1-311.

PAVELIĆ, D., KOVAČIĆ, M., MIKNIĆ, M., AVANIĆ, R., VRSALJKO, D., BAKRAČ, K. & TIŠLJAR, J. (2003): Environments in the Slavonian Mts. Area (northern Croatia). U: VLAHOVIĆ, I. & TIŠLJAR, J. (ured.): Evolution of Depositional Environments from the Palaeozoic to the Quaternary in the Karst Dinarides and the Pannonian Basin. 22nd IAS Meeting of Sedimentology. Opatia – September 17-19, 2003, Field Trip Guidebook, Zagreb, 173-181.

PEARCE, J. A. (1996): A user's guide to basalt discrimination diagrams. U: WYMAN, D. A. (ur.) Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration. Geological Association of Canada, Short Course Notes 12, 79 – 113.

PEZELJ, Đ. (2006): Paleoekološki odnosi badena i sarmata područja Medvednice. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematiči fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1-137.

PEZELJ, Đ., SREMAC, J. & 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). *Geol. Carpath.* 67,4, 329-345.

PILLER, W. E. & HARZHAUSER, M. (2005): The myth of the brackish Sarmatian Sea. Terra Nova, 17, 5, 450-455.

PILLER, W. E., HARZHAUSER, M. & MANDIĆ, O. (2007): Miocene Central Paratethys stratigraphy – current status and future directions. Stratigraphy, 4, 151-168.

POLJAK, J. (1923): Prinos geološkom i morfološkom poznavanju Krndije. Glasnik Hrv. prirod. dr. Sv. 1 i 2. Zagreb.

POLJAK, J. (1934): Tumač za geološku kartu Orahovica-Beničanci 1:75.000. Povremena izdanja geol. instituta Kraljevine Jugoslavije, Beograd.

RADIĆ, J. (1982): Istraživanja ležišta ugljikovodika u istočnoj Slavoniji. Stručni časopis DIT, 11, Zagreb, 7-20.

RÖGL, F. (1998): Paleogeographic consideration for Mediterranean and Paratethys seaways (Oligocene to Miocene). *Ann. Naturhist. Mus.*, 99/A, Wien, 279-310.

STUR, D. (1861): Erste Mitteilung über die geologische Überischtsaufnahme von West Slavonien. Jahrb. geol. Reichsanst. 12, H. 1, Verhandl., 115.

STUR, D. (1862): Zweite Mitteilung über die geologische Überischtsaufnahme von West

Slavonien. Jahrb. geol. Reichsanst. 12, H. ä, Verhandl., 220.

TOLIĆ, LJ. (1960): Analiza sirovinske baze tvornice cementa Našice. Arhiv rudišta Geol. zavoda br. 3301, Zagreb.

VASILIEV, I., BAKRAČ, K., KOVAČIĆ, M., ABDUL AZIZ, H. & KRIJGSMAN, W. (2007): Palaeomagnetic Results from the Sarmatian/Pannonian Boundary in North-Eastern Croatia (Vranović Section, našice Quarry). *Geologia Croatica*, 60, 151-163.

ZEČEVIĆ, M., VELIĆ, J., SREMAC, J., TROSKOT-ČORBIĆ, T. & GARAŠIĆ, V. (2010): Significance of the Badennian petroleum source rocks from the Krndija Mt. (Pannonian Basin, Croatia). *Geologia Croatica*, 63, 225-239.

Mrežni izvori:

Google mape. URL: https://www.google.hr/maps (2018)

World Register of Marine Species. URL: http://www.marinespecies.org/ (2017)

TABLE I-V

TABLA I

Slika 1. *Elphidium aculeatum* D'ORBIGNY, pogled sa strane, uzorak Vr 8/3

Slika 2. *Elphidium aculeatum* D'ORBIGNY, bočno, uzorak Vr 8/3

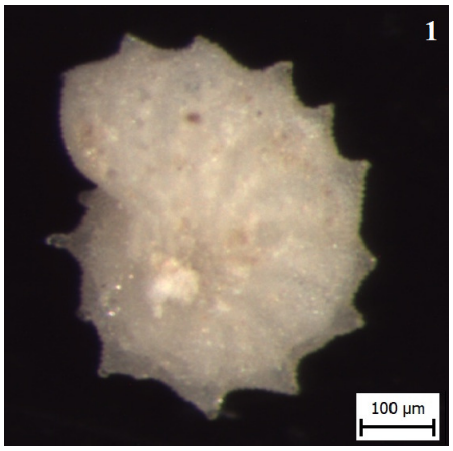
Slika 3. *Elphidium crispum* LINNAEUS, pogled sa strane, uzorak Vr 8/3

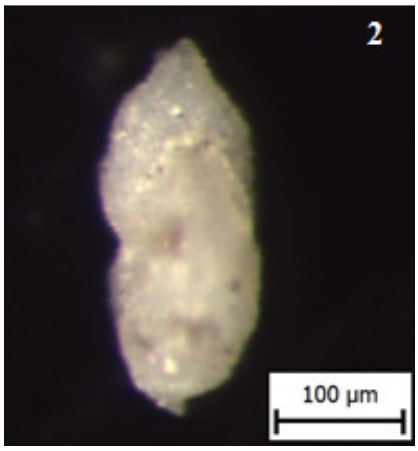
Slika 4. *Elphidium crispum* LINNAEUS, bočno, uzorak Vr 8/3

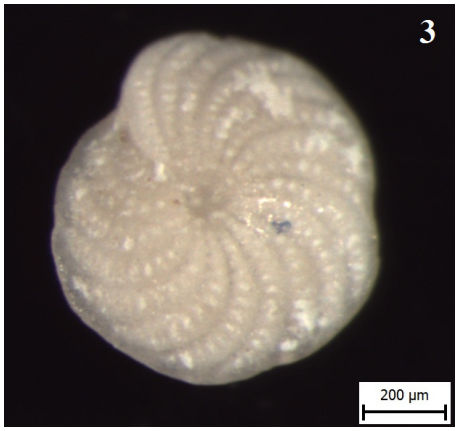
Slika 5. *Elphidium fichtelianum* D'ORBIGNY, pogled sa strane, uzorak Vr 8/3

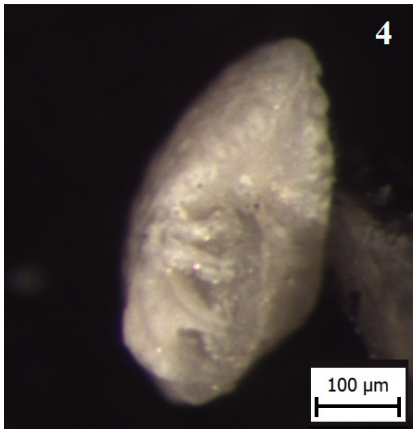
Slika 6. *Elphidium fichtelianum* D'ORBIGNY, bočno, uzorak Vr 8/3

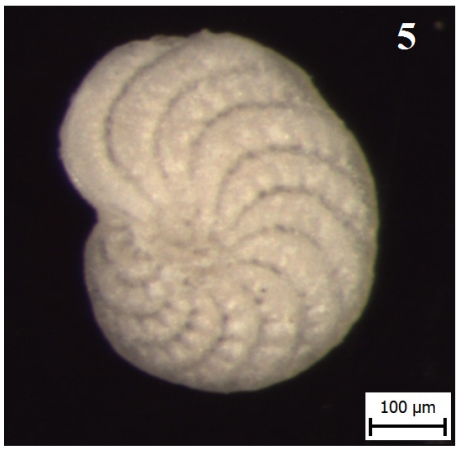
TABLA I











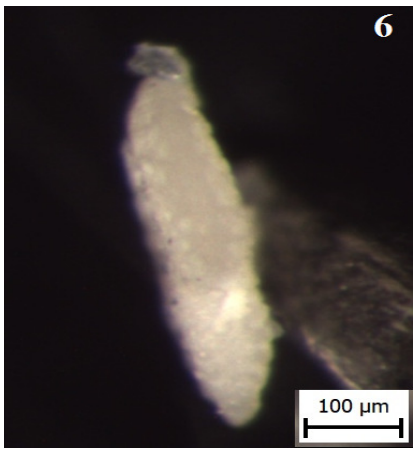


TABLA II

Slika 1. *Elphidium flexuosum* D'ORBIGNY, pogled sa strane, uzorak Vr 8/3

Slika 2. *Elphidium flexuosum* D'ORBIGNY, bočno, uzorak Vr 8/3

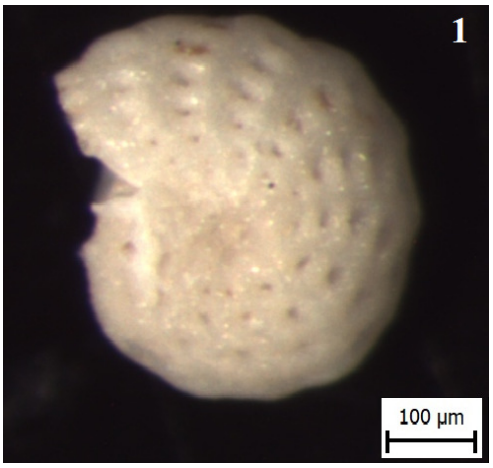
Slika 3. *Elphidium macellum* FICHTEL & MOLL, pogled sa strane, uzorak Vr 8/3

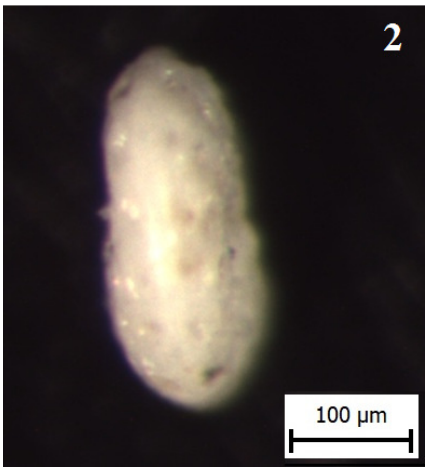
Slika 4. *Elphidium macellum* FICHTEL & MOLL, bočno, uzorak Vr 8/3

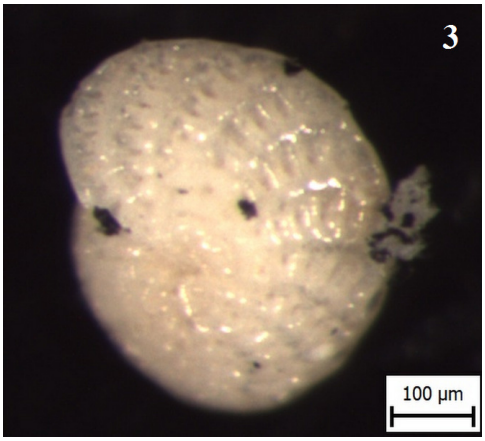
Slika 5. *Asterigerinata planorbis* D'ORBIGNY, ventralna strana, uzorak Vr 8/3

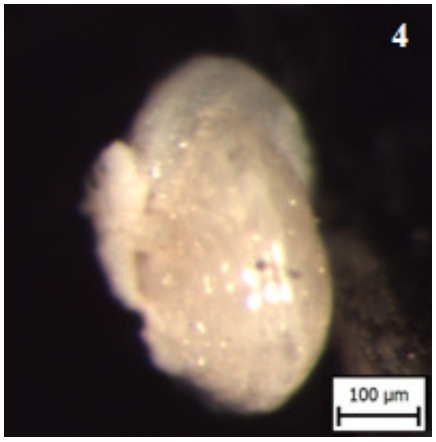
Slika 6. *Asterigerinata planorbis* D'ORBIGNY, dorzalna strana, uzorak Vr 8/3

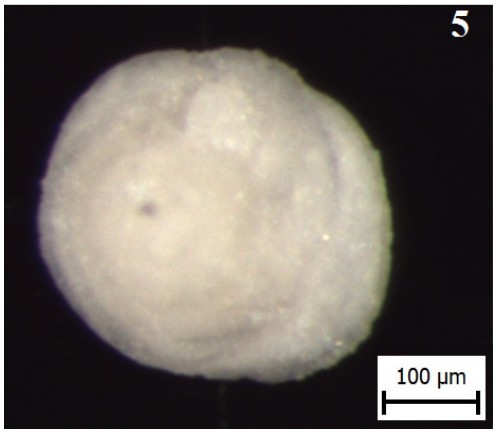
TABLA II











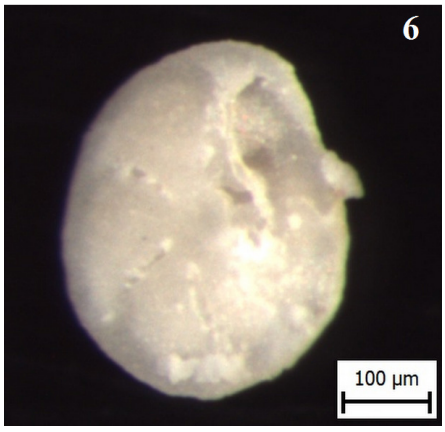


TABLA III

Slika 1. *Porosononion granosum* D'ORBIGNY, pogled sa strane, uzorak Vr 8/3

Slika 2. *Porosononion martkobi* BOGDANOWICZ, pogled sa strane, uzorak Vr 8/1

Slika 3. *Bolivina sarmatica* DIDKOVSKIY, pogled sa strane, uzorak Vr 8/1

Slika 4. *Reusella spinulosa* REUSS, pogled sa strane, uzorak Vr 8/3

Slika 5. *Ammonia viennensis* D'ORBIGNY, ventralna strana, uzorak Vr 8/3

Slika 6. *Ammonia viennensis* D'ORBIGNY, dorzalna strana, uzorak Vr 8/3

TABLA III

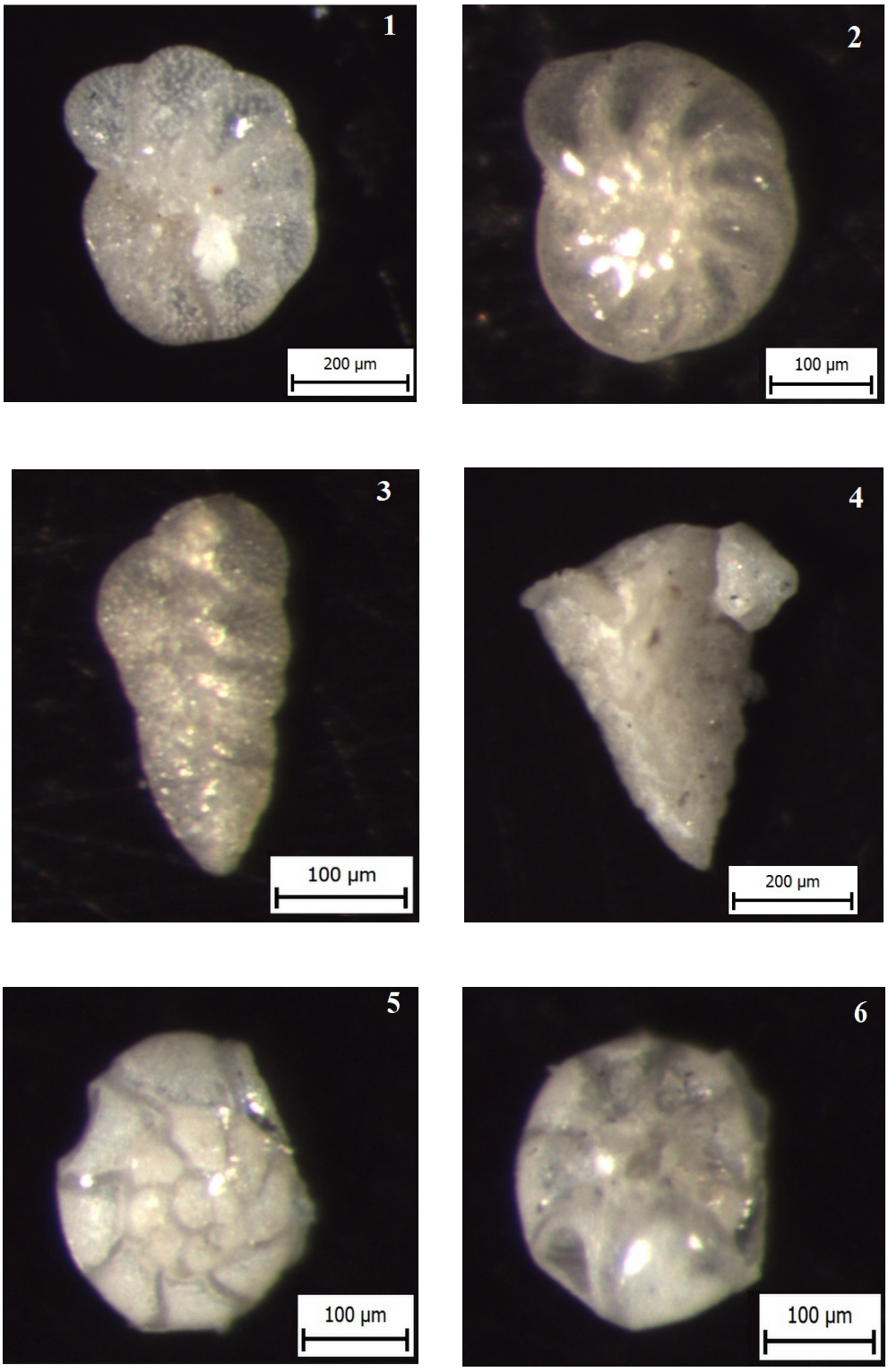


TABLA IV

Slika 1. *Globocassidulina crassa* D'ORBIGNY, ventralna strana, uzorak Vr 8/1

Slika 2. *Globocassidulina crassa* D'ORBIGNY, dorzalna strana, uzorak Vr 8/1

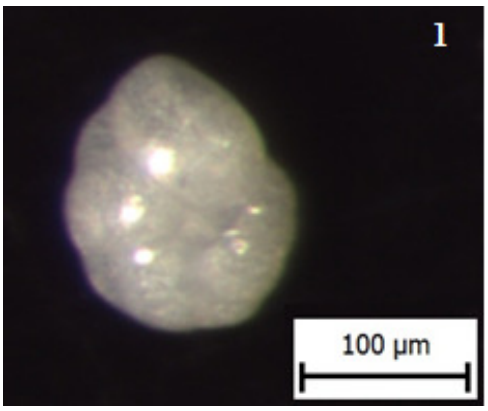
Slika 3. *Cibicidoides lobatulus* WALKER & JACOB, ventralna strana, uzorak Vr 8/3

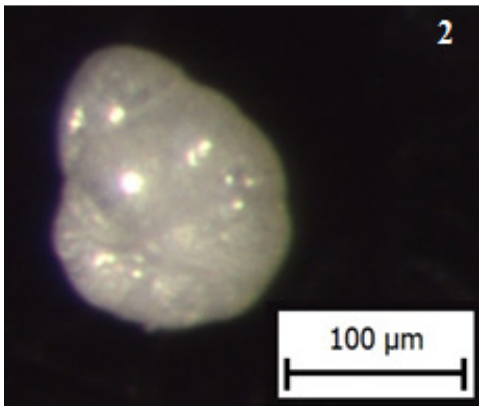
Slika 4. *Cibicidoides lobatulus* WALKER & JACOB, dorzalna strana, uzorak Vr 8/3

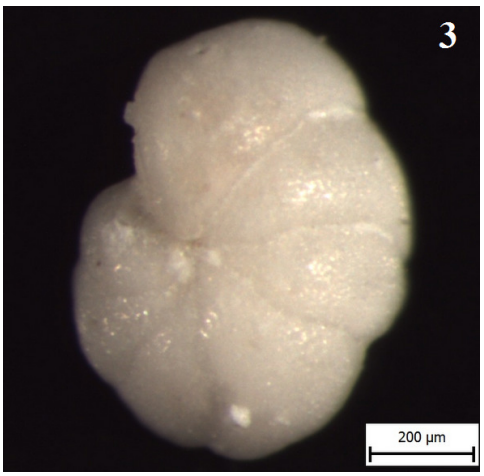
Slika 5. *Cibicidoides ungerainus* D'ORBIGNY, ventralna strana, uzorak Vr8/3

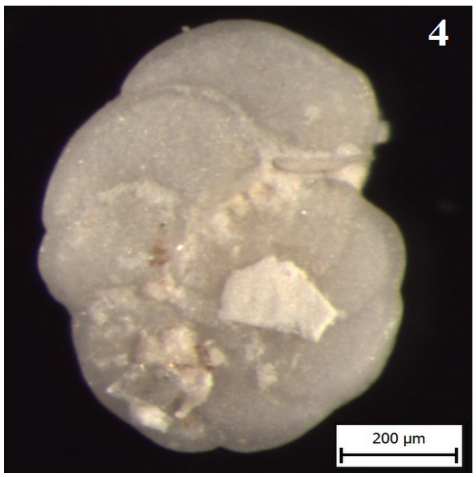
Slika 6. *Cibicidoides ungerainus* D'ORBIGNY, dorzalna strana, uzorak Vr 8/3

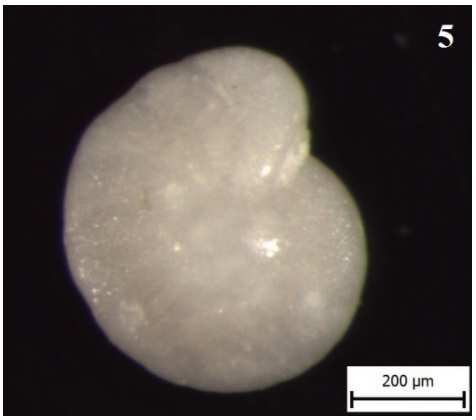
TABLA IV











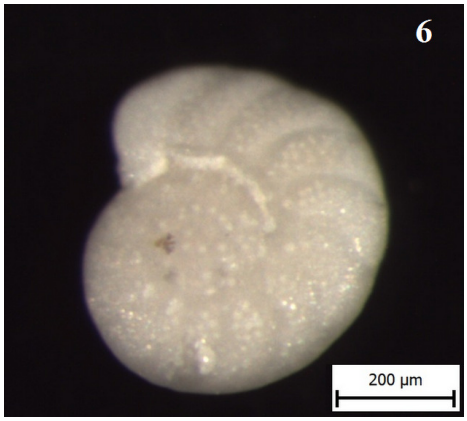


TABLA V

Slika 1. Fragment kolonije mahovnjaka, uzorak Vr 8/3

Slika 2. Bodlja ježinca, uzorak Vr 8/3

Slika 3. Ostrakod, vanjska strana ljušture, uzorak Vr 8/3

Slika 4. Ostrakod, unutarnja strana ljušture, uzorak Vr 8/3

Slika 5. Kamena jezgra puža, uzorak Vr 8/3

Slika 6. Zub ribe, uzorak Vr 8/3

TABLA V

