

# Stratigrafija i porijeklo detritusa u kvartarnim sedimentima kanjona Velike Paklenice i deltnim konglomeratima Selina

---

Adžić, Josipa

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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:217:262652>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-24**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
GEOLOŠKI ODSJEK

Josipa Adžić

**Stratigrafija i porijeklo detritusa u kvartarnim sedimentima  
kanjona Velike Paklenice i deltnim konglomeratima Selina**

Diplomski rad

Zagreb, 2016.

Ovaj diplomski rad napisan je pod vodstvom prof. dr. sc. Tihomira Marjanca i predložen je Geološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja akademskog stupnja magistra geologije, znanstveno polje Geologija, grana Geologija i paleontologija.

## Zahvale

Zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Tihomiru Marjancu na posvećenom vremenu i uloženom trudu tijekom izrade mog diplomskog rada. Zahvaljujem i dr. sc. Ljerki Marjanac na pomoći u terenskom radu. Hvala prof. dr. sc. Jasenki Sremac i prof. dr. sc. Marijanu Kovačiću na uloženom vremenu i prijedlozima za poboljšanje diplomskog rada. Hvala dipl. ing. Željku Ištuku na pomoći pri izradi stijenjskih izbrusaka.

Hvala mojim roditeljima na podršci i na svemu što su mi omogućili. Hvala svim prijateljima na lijepim i nezaboravnim trenucima studentskih dana. Hvala Ivani na sestrinskoj podršci i pomoći. Hvala Tinu zato što je uspio učiniti ovo razdoblje posebnim.



# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Diplomski rad

## **Stratigrafija i porijeklo detritusa u kvartarnim sedimentima kanjona Velike Paklenice i deltnim konglomeratima Selina**

Josipa Adžić

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

**Sažetak:** Moja zadaća je bila istražiti pleistocenske sedimente na padini Južnog Velebita, a cilj ovog rada bio je utvrditi porijeklo detritusa u pleistocenskim sedimentima usporedbom s litologijom naslaga prisutnih u području NP Paklenica. Na lokalitetu u zaseoku Marasovići u kanjonu Velike Paklenice prikupljeni su uzorci detritusa za kabinetsku analizu granulometrijskog sastava, morfologije i mikrofacijesa. Na deltnim konglomeratima u Selinama provedena je terenska granulometrijska analiza i brojanje valutica različitih litologija. Na uzorcima iz aluvijalnog konglomerata u Selinama provedena je kabinetska analiza mikrofacijesa. Svojstva sedimenta u Velikoj Paklenici pokazala su da je detritus bio istaložen subglacijalno kao podinska morena ledenjaka, a potječe od naslaga pretpostavljene gornjepermske, donje, srednje i gornjetrijaske te donjejurske starosti. Aluvijalni i deltni sedimenti u Selinama sadrže detritus iste geološke starosti koji potječe od naslaga pretpostavljene gornjepermske, donje, srednje i gornjetrijaske, donje i srednejurske, donjekredne i paleogenske starosti. Deltni i aluvijalni konglomerati u Selinama istaloženi su iz ledenjačke vode glaciofluvijalnim transportom.

Ključne riječi: til, Paklenica, pleistocen, glaciofluvijalni sedimenti

Rad sadrži: 61 stranicu, 51 sliku, 5 tablica, 36 literaturna navoda, 1 dodatak

Rad je pohranjen u Središnjoj geološkoj knjižnici, Horvatovac 102a, Zagreb.

Jezik izvornika: hrvatski

Mentor: Tihomir Marjanac, izv. prof. dr. sc.

Ocjenjivači: Jasenka Sremac, izv. prof. dr. sc.

Marijan Kovačić, izv. prof. dr. sc.

Tihomir Marjanac, izv. prof. dr. sc.

Rad je prihvaćen 26. veljače 2016.

# BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Geology

Graduation Thesis

## **Stratigraphy and origin of debris in quaternary deposits of Velika Paklenica Canyon and delta conglomerates in Seline**

Josipa Adžić

Thesis completed in Department of Geology, Faculty of Science, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb.

**Summary:** My task was to study Pleistocene deposits at the foothills of the South Velebit Mt. and the aim of this thesis was to determine the origin of debris in Pleistocene deposits from Velika Paklenica and Seline by comparing them to lithologies present in Paklenica National Park area. In village Marasovići in Velika Paklenica Canyon, samples of detritus were collected for granulometry, morphology and microfacies cabinet analyses. In Seline locality, method of field granulometry and counting of different lithologies were used on delta conglomerates, but cabinet microfacies analyses were used on alluvial conglomerate samples. The characteristics of Velika Paklenica samples show that debris was subglacially deposited as ground moraine. Debris belongs to lithologies of possible Upper Permian, Lower, Middle and Late Triassic and Lower Jurassic age. Debris in Seline alluvial and delta deposits belongs to the same lithologies of possible Upper Permian, Lower, Middle and Late Triassic, Lower and Middle Jurassic, Lower Cretaceous and Paleogene age. The Seline alluvial and delta conglomerates were deposited by glacial meltwaters.

Keywords: till, Paklenica, Pleistocene, glaciofluvial deposits

Thesis content: 61 pages, 51 picture, 5 tables, 36 references, 1 appendix, in Croatian

Thesis deposited in Central Geological Library, Horvatovac 102a, Zagreb.

Supervisor: Prof. dr. Tihomir Marjanac

Reviewers: Prof. dr. Jasenka Sremac

Prof. dr. Marijan Kovačić

Prof. dr. Tihomir Marjanac

Thesis accepted: February 26<sup>th</sup> 2016

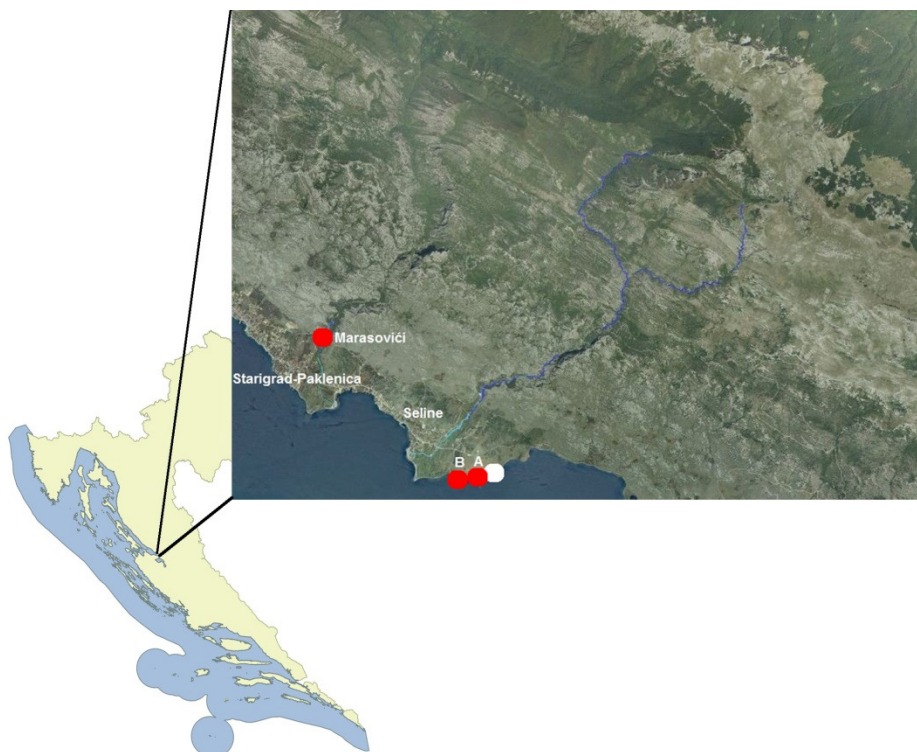
# SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| 1. Uvod .....  | 1  |
| 2. Povijest istraživanja oledbe Velebita .....         | 3  |
| 3. Glacijalni okoliši .....                            | 5  |
| 3.1. Glacijalni transport .....                        | 6  |
| 3.2. Taložni procesi i oblici .....                    | 6  |
| 4.1. PERM.....   | 10 |
| 4.1.1. Srednji i gornji perm.....                      | 10 |
| 4.2. TRIJAS.....                                       | 10 |
| 4.2.1. Donji trijas.....                               | 10 |
| 4.2.2. Srednji trijas.....                             | 11 |
| 4.2.3. Gornji trijas .....                             | 12 |
| 4.3. JURA.....   | 12 |
| 4.3.1. Donja jura .....                                | 12 |
| 4.3.2. Srednja jura .....                              | 13 |
| 4.3.3. Gornja jura.....                                | 13 |
| 4.4. KREDA.....  | 14 |
| 4.4.1. Donja kreda .....                               | 14 |
| 4.5. PALEOGEN .....                                    | 15 |
| 4.6. KVARTAR .....                                     | 15 |
| 5. Metode istraživanja.....                            | 16 |
| 5.1. Terenske metode .....                             | 16 |
| 5.2.1. Granulometrijska analiza .....                  | 17 |
| 5.2.2. Petrografska i mikropaleontološka analiza ..... | 18 |
| 6.1. Marasovići.....                                   | 19 |
| 6.2. Seline.....                                       | 21 |

|   |    |
|---|----|
| 7. Rezultati petrografske analize detritusa.....        | 23 |
| 7.1. Marasovići.....                                    | 23 |
| 7.1.1. Granulometrijska analiza uzorka Marasovići ..... | 23 |
| 7.1.2. Analiza morfologije klasta.....                  | 26 |
| 7.2. Seline .....                                       | 31 |
| 7.2.1. Terenska granulometrija.....                     | 31 |
| 8. Rezultati analize mikrofacijesa.....                 | 37 |
| 8.1. Marasovići.....                                    | 37 |
| 8.2. Seline .....                                       | 44 |
| 9. Rasprava .....                                       | 51 |
| 10. Zaključak .....                                     | 55 |
| 11. Literatura .....                                    | 56 |
| 11. Summary .....                                       | 60 |
| DODATAK.....  | 61 |

## 1. Uvod

Tema ovog diplomskog rada su pleistocenski glacijalni i glaciofluvijalni sedimenti na dvama lokalitetima na području naselja Starigrad-Paklenica i Seline (Slika 1.). Cilj mog rada bio je napraviti paleontološku i granulometrijsku analizu sedimenta te odrediti stratigrafski raspon i porijeklo detritusa na ovim lokalitetima. Pretpostavka je da su valutice na lokalitetu Marasovići u Velikoj Paklenici istaložene iz pleistocenskog ledenjaka. Stijene iz područja Male Paklenice su glaciofluvijalnim transportom istaložene u aluvijalnim konglomeratima i konglomeratima delte na rubu proglacijalnog jezera, na sadašnjoj obali naselja Seline. Zadatak mi je bio odrediti koliko se daleko u zaleđu nalazi izvorište materijala za ova dva lokaliteta. Porijeklo krupnozrnatog detritusa u sedimentima procijenila sam usporedbom sa stijenama stratigrafskog raspona od perma do paleogena koje se u određenim zonama na području Nacionalnog parka Paklenica i izvan njega pružaju kao dio strukture antiklinale.



Slika 1. Područje istraživanja na Južnom Velebitu označeno na preglednoj karti. Položaj lokaliteta Marasovići i Seline A i B (crvene točke) i položaj uzorkovanja na lokalitetu Seline (bijela točka) označeni su na digitalnoj karti.

Na ulazu u kanjon Velike Paklenice, u zaseoku Marasovići, 2014. godine građevinskim radovima otvoren je zanimljiv profil vezan uz cikluse izmjene glacijalnog i glaciofluvijalnog sedimenta. Opis profila i uzorkovanje sedimenta napravila sam na donjoj razini raskopa koji je napredovanjem građevinskih radova sad zatvoren. Drugi lokalitet nalazi se na jugoistočnoj obali naselja Seline gdje su ranije opisani sedimenti proglacijalnog jezera i paleodelte koji su nastali glaciofluvijalnim donosom materijala iz područja Male Paklenice. Terenski rad je napravljen na dva horizonta paleodelte koji se izmjenjuju s jezerskim sedimentom. Uzorkovala sam stijene iz pleistocenskog aluvijalnog konglomerata koji se nalazi u istom taložnom slijedu i u kontaktu je s krednim vapnencima. Terenski rad napravila sam u proljeće 2014. godine te proljeće i ljeto 2015. godine.

## 2. Povijest istraživanja oledbe Velebita

Prva organizirana geološka istraživanja Velebita izveli su austrijski geolozi za potrebe izrade geološke karte Austro-ugarske monarhije na početku druge polovice 19. stoljeća. Sljedeća istraživanja prilikom izrade Osnovne geološke karte SFRJ, konkretno na području Južnog Velebita, provedena su 1960-ih godina. Geološka karta Republike Hrvatske 1: 300.000 izdana je 2009. godine.

Pleistocenska oledba na području Velebita spominje se na samom početku 20. stoljeća, počevši s radovima Hranilovića (1901), Gavazzija (1903) i Schuberta (1909). Opisom glacijalnih sedimenata u kanjonu Velike Paklenice pridružuje se i Milojević (1922). Tridesetih godina 20. stoljeća glacijalne sedimente Srednjeg Velebita opisuje Bauer (1935), a ideju oledbe prihvaća i biolog Degen (1936). Međutim, Gorjanović (1902) i Poljak (1947) su smatrali da Velebit nikada nije bio zahvaćen oledbom. Nikler (1973) u svom radu prvi opisuje morenu između Ribničkih vrata i Velikog Rujna kao završnu i time iznosi jasne dokaze oledbe Južnog Velebita. Desetljeće kasnije, Belij (1985) rekonstruirao pravac kojim se taj ledenjak kretao preko Ribničkih vrata. Marjanac & Marjanac (2004a) morenu na Velikom Rujnu opisuju kao središnju koja je nastala spajanjem bočnih morena ledenjaka iz smjera Buljme preko Stražbenice i ledenjaka s Ribničkih vrata. Dokaze o glacijaciji Sjevernog i Srednjeg Velebita iznijeli su Bognar et al. (1991, 1997).

U zadnjih 20 godina, o oledbi južnog dijela Velebita pisali su Bognar & Prugovečki (1997), Marjanac & Marjanac (1990, 2006) te Bognar & Faivre (2006). Marjanac & Marjanac (1999) prvi opisuju sedimentnu stijenu s uklopljenim megablokovima podno Anića kuka kao završnu morenu ledenjaka. Suprotno tome, Perica (1993) navodi da je taj sediment nastao padinskim procesima, a Velić et al. (2011) su ga interpretirali kao potočne bujične breče. Uz mega-dijamikt facijes ispod Anića kuka, Marjanac & Marjanac (1999) opisali su cikluse izmjene glaciofluvijalnog sedimenta i tilita na srednjem dijelu kanjona Velike Paklenice.

Adžić, I. (2012) je obradila fosilnu floru proglacijalnog jezera na području naselja Seline i Ždrilo na čijem je temelju interpretirala hladniju umjerenu pleistocensku paleoklimu sjeverne Dalmacije.

Marjanac, Lj. (2012) iznosi skup svih dosadašnjih istraživanja pleistocenskih glacijalnih i periglacialnih sedimenata duž obale Jadranskog mora i na Velebitu i navodi njihovu starost veću od 350.000 godina (srednji pleistocen) koja je određena datiranjem kalcita iz međuzrnskog prostora morena u Velikoj Paklenici.

Šunjerga (2015) je napravila granulometrijsku analizu i odredila porijeklo valutica u morenskim naslagama šljunčare u mjestu Raduč koji se nalazi na ličkoj padini Velebita.



### 3. Glacijalni okoliši

Ledenjaci nastaju na područjima gdje je tijekom niza godina akumulacija snijega veća od ablacije. Gomilanjem snijega, donji slojevi se pretvaraju u zrnati led – firn. Slijedi kompakcija uslijed težine snijega i leda, istiskivanje zraka i rast kristala leda. Osim snijega, u ukupni prinos oborina spadaju tuča, mraz, lavine te kiša. Procesi zaslužni za gubitak volumena leda (ablaciju) su taljenje leda, odlamanje ledenih blokova i sublimacija. Otapanje može biti površinsko ili unutar ledene mase.

Masa leda se pokreće prema dijelu ledenjaka gdje se brže odvija proces ablacije kako bi rasteretila gornji dio ledenjaka na kojem se led akumulira. Stvara se nagib u tijelu ledenjaka prema njegovom završnom dijelu pa na led djeluje gravitacijska sila. Glavni pokretač klizanja ledenjaka je skup procesa kojima se uspostavlja ravnoteža između akumulacije i ablacije.

Količina taljenog leda ovisi o temperaturi u bazi leda pa razlikujemo polarne i umjerene ledenjake. Polarni su zaleđeni do baze, a umjereni se stalno tope na kontaktu s podlogom. Led kliže preko podloge na tankom filmu vode, odnosno taljenog leda, pa tako može postići veću brzinu kretanja i erodirati podlogu.

Načini glacijalne erozije su abrazija podloge mješavinom leda i stijena, otkidanje podinskih stijena te mehanička i kemijska erozija glacijalnom vodom. Abrazijom na stijenama podloge nastaju strije, brazde i polirane površine.

Glacijalni tokovi se prema položaju toka u ledenjaku dijele na supraglacijalne, englacijalne i subglacijalne. U umjerenim ledenjacima pojavljuju se sve tri vrste toka. Glacijalni tok prenosi i taloži sediment u područje ispred čela ledenjaka.

U opisu ću se više posvetiti taložnim nego erozijskim oblicima pošto erozijske oblike u ovom radu nisam obrađivala. Osvrnut ću se na cirkove jer su opisani na području južnog Velebita i prema tome važni u rekonstrukciji kretanja leda i otkrivanju izvorišta stijena u sedimentu.

Cirkovi su veliki kružni oblici zatvoreni liticama s gornje strane, a otvoreni s donje strane. Tu se akumulira snijeg i led i glavna su izvorišta ledenjaka. Litice cirka

troše se smrzavanjem i erodiraju otkidanjem stijena. Visina na kojoj se cirk nalazi može biti mjera za određivanje nekadašnje lokalne snježne granice.

### **3.1. Glacijalni transport**

Stijene na površinu ledenjaka dopijevaju lavinskim procesima s okolnih vrhova, a u dno ledenjaka odlamanjem i uklapanjem stijena iz podine. Supraglacijalni i englacijalni transport podrazumijeva prijenos stijena na površini ili unutar tijela ledenjaka, ali bez kontakta sa stijenama podloge. Takav transport naziva se pasivni jer se stijene ne modificiraju. Aktivni transport zbiva se u bazi ledenjaka gdje uklopljene stijene dolaze u kontakt sa stijenama podine i međusobno.

Na stijenama podloge često nastaju strije, brazde i velike uglačane površine. Orijentacija strija i brazda ukazuje na pravac kretanja leda. Strije i brazde mogu se naći i na stijenama iz baze ledenjaka, ovisno o litologiji i mogućnosti njihova očuvanja. Dulja os klasta se orijentira u smjeru kretanja ledenjaka kako bi smanjio otpor pri kretanju. Klasti se oblikuju poliranjem ploha pa nastaju zaobljeni, fasetirani, klasti kopljastog oblika i "*bullet*" klasti. Raspodjela veličine zrna u aktivno transportiranom sedimentu je bimodalna ili polimodalna, što znači da su podjednako zastupljene dvije ili više veličina čestica u rasponu od sitnih do krupnih. Pasivnim transportom čestice se slabo oblikuju i uništavaju pa izostaje sitnija frakcija.

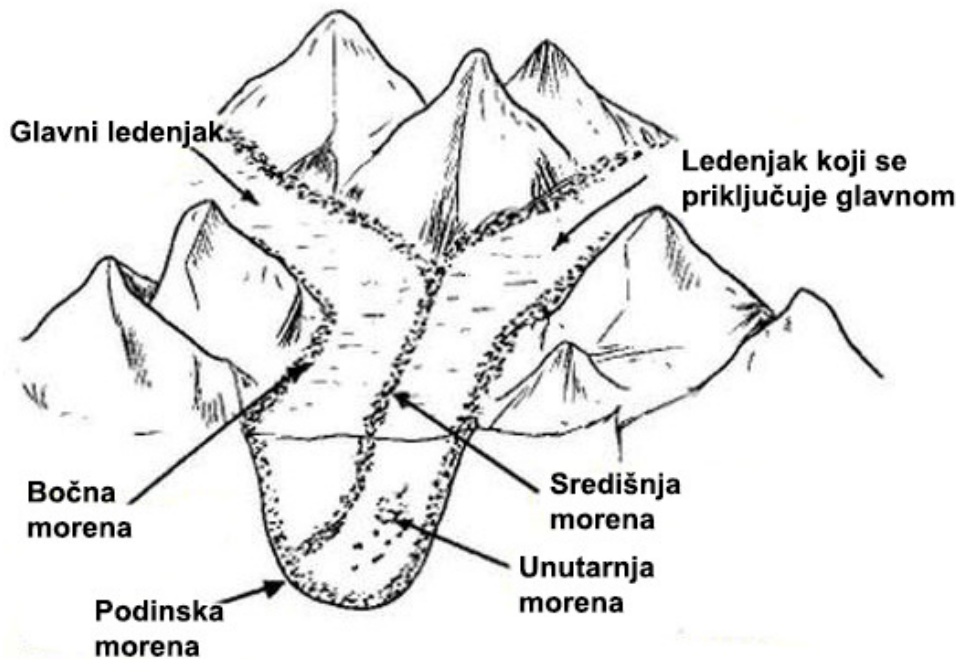
### **3.2. Taložni procesi i oblici**

Razlikujemo taloženje izravno iz ledenjaka ili glacijalnom vodom. Sediment istaložen iz leda sadrži čestice reda veličine od valutice do bloka uklopljene u sitnozrnati matriks reda veličine od gline do silta. Takav sediment je slabo sortirani i naziva se til. Općeniti naziv za takvu vrstu sedimenta je dijamikt i koristi se kada nismo sigurni da je istaložen iz ledenjaka.

Glacijalni sedimenti nastaju kombinacijom različitih procesa pa zbog njihova lakšeg razlikovanja postoji gruba podjela na subglacijalni i supraglacijalni til.

Ledenjačka voda taloži materijal unutar ili izvan ledenjaka. Materijal je dobro sortiran i s većom udaljenosti od ledenjaka talože se sve sitnije čestice.

Najpoznatija taložna tijela glacijalnih okoliša koja nastaju u zoni kontakta s ledom su morene (Slika 2.). Razlikuju se podinske, površinske, bočne, središnje, čeone i završne morene, te razne prijelazne vrste morena navedene u Bennet & Glasser (2009).



Slika 2. Vrste morena dolinskog ledenjaka (preuzeto iz [www.3dgeography.co.uk](http://www.3dgeography.co.uk))

Podinska morena sastoji se od detritusa koji ledenjak prenosi u svojoj bazi i u kontaktu je sa stijenama podloge. Detritus istaložen kao podinska morena razlikuje se od ostalih prema obliku klasta, veličini i sortiranosti klasta, površinskim svojstvima klasta i položaju koji zauzimaju unutar sedimenta. Svojstva sedimenta odgovaraju onima za aktivni transport. Klasti mogu pokazivati imbrikaciju a-osi pomoću koje se određuje približan smjer kretanja ledenjaka.

Površinska morena sastoji se od detritusa koji ledenjak prenosi na svojoj površini. To su stijene koje padaju s okolnih uzvišenja i često su većih dimenzija i uglate. Mogu zaostati nakon topljenja ledenjaka kao eratički blokovi.

Središnja morena nastaje kad se bočne morene dva ledenjaka spoje u jednu.

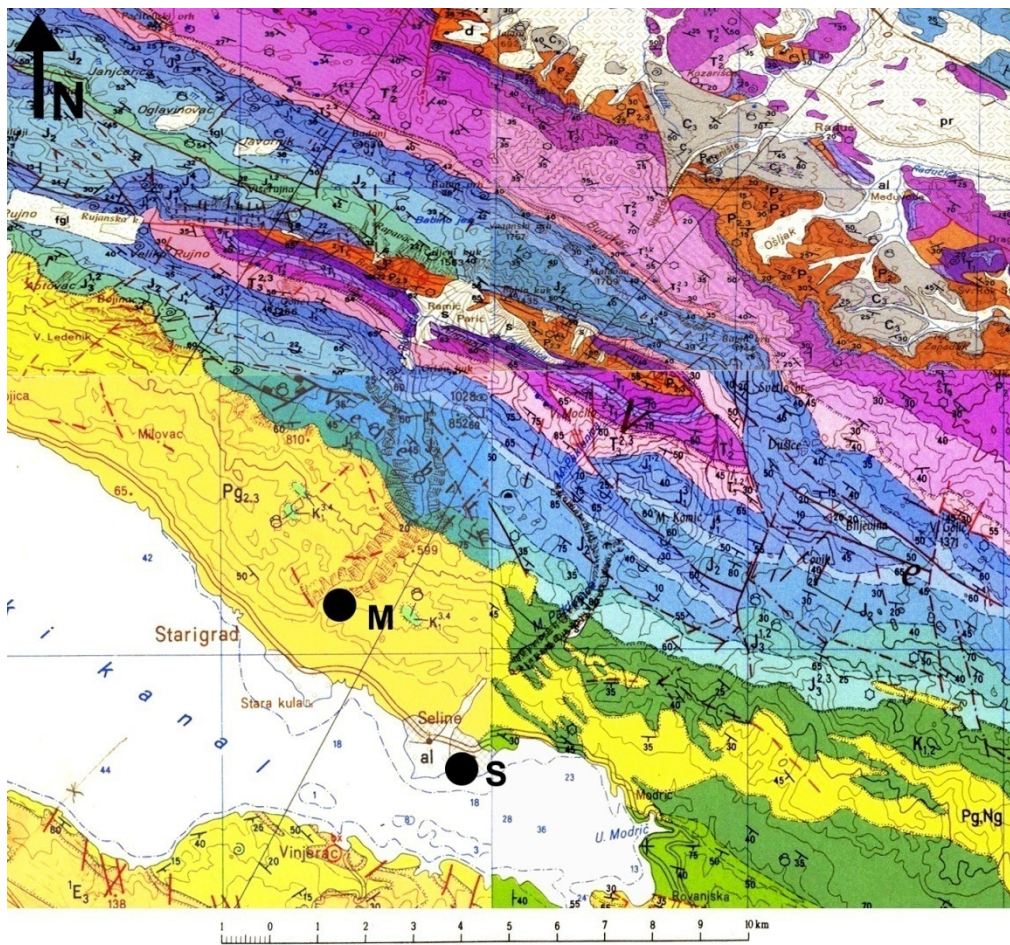
Čeona morena je sedimentno tijelo koje je aktivni ledenjak nagurao ispred čela.

Završna morena je ostatak čeone morene nakon povlačenja ledenjaka i označava najveći doseg ledenjaka.

Sediment koji glacijalnim tokom ulazi u jezero ispred ledenjaka, taloži se u obliku delte u posebnim setovima naslaga. Stalnim donosom materijala tijelo delte progradira i izmjenjuju se naslage *bottomseta*, *foreseta* i *topseta*. Naslage *foreseta* nastaju urušavanjem sedimenta s vrha padine na prednji dio delte, a naslage *bottomseta* su sitnozrnate i talože se iz suspenzije nakon epizode urušavanja.

## 4. Stratigrafija područja Nacionalnog Parka Paklenica

Područje kanjona Velike Paklenice prikazano je na listovima Osnovne geološke karte 1:100.000 Gospić, Udbina i Zadar, a područje kanjona Male Paklenice prikazano je na listu Obrovac. Izdvojila sam stratigrafske članove opisane u tumačima za svaku pojedinu kartu i objedinila ih u cjelinu.



Slika 3. Geološka karta Južnog Velebita; M= Marasovići, S= Seline. Spojeni listovi Gospić, Udbina, Zadar i Obrovac OGK 1:100.000 (Sokač et al., 1976a; Sokač et al., 1976b; Majcen & Korolija 1973; Ivanović et al., 1976)

## 4.1. PERM

### 4.1.1. Srednji i gornji perm

Vapnenci srednjeg i gornjeg perma izdanjuju u Velikoj Paklenici na malim površinama. To su crni biokalkareniti koji, između ostalih, sadrže vrste vapnenačkih algi *Velebitella triplicata*, *Mizzia velebitana*, *M. yabei*, *M. cornuta*, *Permocalculus tenellus* i foraminiferu *Eoverbeekina salopeki* (Sokač et al., 1976a).

U jezgri antiklinale Velike Paklenice razlikuju se tri tipa dolomita – tamnosivi bogati mikrofosilima, svijetlosivi s mikrofosilima mlađeg dijela perma, te dolomiti s glinovitom komponentom siromašni fosilima. Tamnosivi dolomiti osim mikrofosila sadrže i ostatke koralja, brahiopoda i školjkaša. Nazivaju se i micijski dolomiti. Neki od mikrofosila su vapnenačke alge *Mizzia velebitana*, *M. yabei*, *M. cornuta*, *Velebitella triplicata*, *Salopekiella velebitana*, *Vermiporella* sp., *Gymnocodium bellerophontis*, *Permocalculus* cf. *plumosus*, te foraminifere *Eoverbeekina* cf. *salopeki* i *Eoverbeekina* cf. *paklenicensis*. Zajednica u svijetlosivim dolomitima sadrži još i vrste *Vermiporella nipponica*, *Permocalculus tenellus* i neošvagerine. Napomenuto je da dolomiti Velike Paklenice sadrže brojne eoverbekine (Sokač et al., 1976a).

Na području Male Paklenice izdvojeni su gromadasti i uslojeni dolomiti. Dolomiti su tamnosive do svijetlosive boje, vjerojatno kasnodijagenetski po nastanku i imaju očuvane fosilne strukture. Osim gore spomenutih fosila, sadrže vrste algi *Likanella spinosa*, *Vermiporella serbica* i foraminifere *Neoschwagerina margaritea*, *Eoverbeekina* cf. *intermedia* i druge (Sokač et al., 1976b).

## 4.2. TRIJAS

### 4.2.1. Donji trijas

Stijene donjeg trijasa slijede kontinuirano na gornjepaleozojskim stijenama i dijele se na sajske i kampilske naslage. Dolomiti i klastiti su izdvojeni kao sajske, a samo dolomiti kao kampilske naslage. Donjetrijaski dolomiti su žučkaste do

crvenkaste boje. Izdanjuju u krilima antiklinale Velike Paklenice i pretpostavlja se da su primarnog porijekla (Sokač et al., 1976a). Nalaze se i u Maloj Paklenici (Ivanović et al., 1976). Idući u sve mlađe nivoe starijeg trijasa, raste udio terigenih primjesa pa dolomiti postaju pjeskoviti i prelaze u tinjčaste pješčenjake.

Kontinuirano na dolomitima slijede tinjčasti pješčenjaci i škriljavi tinjčasti siltiti u lateralnoj i vertikalnoj izmjeni, a pojavljuju se i dolomitizirani oolitski kalkareniti. Karakteristični su fosilni školjkaši *Anodontophora fassaensis* i *Claraia* sp. iznad kojih slijedi horizont kvarcnih konglomerata i pješčenjaka ( Sokač et al., 1976b).

Između sajskih i anizičkih naslaga talože se sivi do žućkastosivi siltozni afosiliferni dolomiti koji odgovaraju nivou kampilskih slojeva u Lici.

#### **4.2.2. Srednji trijas**

Stijene anizičke starosti nalaze se na južnim obroncima Velike Paklenice, u Maloj Paklenici, a prelaze i na Rujno gdje ih prekida tzv. Paklenički rasjed. Slijede kontinuirano na kampilskim naslagama i sastoje se od vapnenaca i dolomita u vertikalnoj i lateralnoj izmjeni. Od fosila su pronađene foraminifere, puževi i koralji, a starost stijena je dokazana vapnenačkim algama *Macroporella alpina*, *Physoporella pauciforata* var. *pauciforata*, *Oligoporella pilosa* var. *intusannulata*, *Teutloporella tabulata* te *Diplopora proba* (Sokač et al., 1976a). Razlikuju se dva tipa dolomita: jedan mozaični bez tragova biogenih struktura i drugi trakaste teksture organskog porijekla.

Vapnenci i dolomiti ladiničke starosti su siromašniji vapnenačkim algama, a vapnenci su više zastupljeni nego u aniziku. Od biogenog detritusa sadrže ostatke mekušaca, vapnenačkih algi i foraminifera. Provodne su alge *Diplopora annulata*, *Teutloporella herculea*, *T. triasina*, *T. nodosa* i druge. U Tumaču lista Udbina (Sokač et al., 1976b) spominju se i vrste algi *Diplopora annulatissima* te *Gyroporella ampleforata*. Dolomiti su kristalinični i dijagenetskog porijekla.

### 4.2.3. Gornji trijas

Stijene gornjetrijaske starosti su taložene transgresivno na okršenim anizičkim i ladiničkim vapnencima. Brečokonglomerati se nalaze na malim površinama i neznatnih su debljina, a tufovi i tufitični klastiti se nalaze isprekidano u južnom dijelu antiklinale Velike Paklenice. Tufitični klastiti su peliti, pješčenjaci i konglomerati nastali pod utjecajem vulkanske aktivnosti. Najviše su zastupljeni sitnozrnati crveni, vapnovito-glinoviti sedimenti. Crvena boja potječe od željezovitih oksida iz pepela i trošenih starijih stijena.

U jugozapadnom i sjeveroistočnom krilu antiklinale Velike Paklenice postoji kontinuirani prijelaz u dolomitne naslage. Dije se na tri tipa: s organogenom valovito-trakastom teksturom kao posljedicom vezivanja sedimenta na alge, s očuvanom strukturom kalkarenita i kristalinični mozaični dolomiti. Njihova starost je dokazana nalazom alge *Gyroporella vesiculifera* (Sokač et al., 1976a). U najnižem dijelu dolomitne serije ima glinovitog i siltnog detritusa.

Na području Male Paklenice, gornji trijas nalazimo u uskom pojasu gdje su nakon klastita označeni vapnenci, dolomitični vapnenci i dolomiti gornjeg dijela gornjeg trijasa s nalazima vapnenačkih alga *Gyroporella vesiculifera*, *G. curvata* i *Sphaerocodium bornamani* (Ivanović et al., 1976).

## 4.3. JURA

### 4.3.1. Donja jura

U jugozapadnom krilu antiklinale Velike Paklenice i u Maloj Paklenici kontinuirano slijede jurski vapnenci i dolomiti koji se izmjenjuju u donjem dijelu, a u gornjem se smeđi dolomiti nalaze kao ulošci u vapnencima.

Vapnenci donjeg kata donje jure sadrže sitne puževe, provodne vapnenačke alge *Palaeodasycladus barrabei*, *Petrascula heraki*, *P. illyrica*, *Palaeodasycladus mediterraneus*, *Thaumatoporella parvovesiculifera* i fekalne pelete *Favreina prusensis*. Slijede tamnosivi vapnenci sa školjkašima *Lithiotis problematica* te



foraminiferama i algama, od kojih su izdvojene vrste *Orbitopsella praecursor*, *Haurania deserta*, *H. amiji*, *Lituosepta recoarensis*, *Involutina liassica*, *Palaeodasycladus mediterraneus* i *Teutloporella elongatula* (Sokač et al., 1976a). U Tumaču lista Udbina (Sokač et al., 1976b) spominju se još i *Solenopora* sp., *Glomospira* sp. i *Glomospirella* sp.

Sivi do tamnosivi vapnenci mrljastog izgleda i s rijetkim fosilima pripadaju gornjem katu donje jure (Sokač et al., 1976b). Karakteristična zajednica foraminifera sadrži miliolide, textularide i trohaminide. Njihov mrljasti izgled rezultat je nejednake dolomitizacije i bioturbacija.

#### 4.3.2. Srednja jura

Svijetli vapnenci i dolomitizirani vapnenci srednje jure sadrže karakterističnu fosilnu zajednicu vrsta *Selliporella donzelii*, *Teutloporella gallaeformis*, *Meyendorfina bathonica*, *Pfenderina salernitana*, *P. trochoidea*, *Protopeneroplis striata* i *Thaumatoporella parvovesiculifera*. U Tumaču lista Udbina (Sokač et al., 1976b) spominju se i *Aeolisaccus dunningtoni* te *Globochaeta alpina*. Vapnenci su opisani kao tamnosivi, a dolomiti su sekundarni. U Tumaču lista Obrovac (Ivanović et al., 1976) istaknuto je da su, uz algu *Selliporella donzelli* i neke foraminifere, fosilni nalazi rijetki.

#### 4.3.3. Gornja jura

Na području lista Udbina (Sokač et al., 1976b) gornjejurske stijene kontinuirano slijede na srednjejurskima. Vapnenci su sive, tamnosive do smeđe boje. Sadrže zajednicu tipičnu za oksford-kimeridž, s vrstama *Macroporella sellii*, *M. pygmea*, *Acicularia elongata*, *Thaumatoporella parvovesiculifera*, *Pfenderina salernitana*, *Trocholina* cf. *alpina*, *T. elongata*, *Pseudocyclammia lituus*, *Kurnubia wellingsi*, *K. palastiniensis*, *Protopeneroplis striata*, *Cladocoropsis mirabilis*, *Spongiomorpha asiatica*, textularidama, koraljima i hidrozoama. Pojava vrste

*Cladocoropsis mirabilis* označava prijelaz iz srednje jure u gornju, a pojavljuje se u nekoliko horizonta vapnenca.

Na području Male Paklenice mjestimično je na prijelazu srednjeg u gornji trijas moguće naći vapnenačke breče na kojima slijede vapnenci s ulošcima vapnenačkih breča (Ivanović et al., 1976). U gornjem dijelu jedinice nalaze se ulošci oolitnih sivih vapnenaca.

Za gornji dio gornje jure karakteristična je pojava vrsta alga *Clypeina jurassica*, *Kurnubia palastiniensis*, *Macroporella sellii*, *Salpingoporella annulata*, *Macroporella pygmaea*, *Acicularia elongata*, *Clypeina parvula*, *Thaumatoporella parvovesiculifera* i vrste fekalnih peleta *Favreina salevensis* (Ivanović et al., 1976). Na području Male Paklenice nalaze se vapnenci u izmjeni s tamnosivim, gromadastim vapnenim brečama. Breče ponegdje potpuno zamjenjuju vapnenca.

## **4.4. KREDA**

### **4.4.1. Donja kreda**

Stijene donjekredne starosti označene su na listovima Udbina (Sokač et al., 1976b) i Obrovac (Ivanović et al., 1976). Na gornjejurskim dolomitima slijede donjekredni vapnenci i dolomiti. U donjem dijelu vapnenaca nađena je vrsta koprolita *Favreina salevensis*, a u gornjem dijelu alge *Salpingoporella dinarica*, foraminifere *Cuneolina camposaurii*, *C. scarsellai*, *Halpoghramoides* sp. i *Nummoloculina* sp.

Na prostoru Male Paklenice nalaze se stijene donjekredne i cenomanske starosti. To su vapnene breče s ulošcima vapnenaca, sivosmeđe su boje i sastavljene su od ulomaka jurskih i donjekrednih vapnenaca. Vapnenci su smeđe do sivosmeđe boje, često su raspucani i brečoliki te ispresijecani pukotinama i žilicama. S brečama se izmjenjuju horizontalno i vertikalno. Ova jedinica nije bogata fosilima. Najbrojniji su školjkaši, anelidi, puževi i spikule spužvi. Značajne su vrste algi provodne za barem i apt, a to su *Salpingoporella dinarica* i *Orbitolina discoidea*. U gornjem dijelu naslaga česta je foraminifera *Nummoloculina heimi*.

## 4.5. PALEOGEN

Stijenski detritus vapnenih breča i konglomerata potječe od jurskih i krednih, rjeđe trijaskih i eocenskih naslaga. Transgresivnog su karaktera i taložene su nakon kratkog transporta. Dominiraju vapnenačke breče, a rijetko se javljaju konglomerati i dolomitne breče. Sive su, sivosmeđe ili crvenkaste boje. Promjer ulomaka je duljine do 20 cm, rijetko i veći. Ističu se bojama, pa su jurski i donjokredni ulomci uglavnom u nijansama sive i smeđe boje, gornjokredni sivosmeđe i bijele boje, a eocenski bijele, smeđe i crvenkaste boje. Pretpostavljeno je da su breče mlađe od eocena (Sokač et al, 1976b), odnosno iz donjeg oligocena ( $E_3, OI$ ), a da je gornji dio još mlađi (Ivanović et al, 1976). To su tzv. Jelar breče (Bahun, 1974.) i izgrađuju donji dio kanjona Velike i Male Paklenice.

## 4.6. KVARTAR

Na listu Udbina (Sokač et al., 1976b) pleistocen je izdvojen kao siparišne breče u gornjem dijelu doline Velike Paklenice između Babinog kuka i Klimente. Na listu Gospić prikazan je između Velikog i Malog Rujna i u području Oglavinovca i Javornika, sjeverozapadno od Velike Paklenice. To su glaciofluvijalne naslage, a starost im je određena na treći stadijal u würmu. Istaknuto je da su vjerojatno porijeklom iz snježnika koji predstavljaju manje mase akumuliranog leda koji se ne kreće. Opisane su kao uglato do subuglato kršje karbonatnih stijena porijeklom iz viših dijelova Velebita. Kao dokaz starosti navode se ostaci gornjopleistocenskih sisavaca u nanosima na ulazu u Veliku Paklenicu. Koštane breče srednjopleistocenske starosti pronađene su kod zaseoka Milovci kod Starigrada (Majcen & Korolija, 1973).

Siparišne breče glaciofluvijalnog porijekla izdvojene su na sjeveroistočnim padinama Velike Paklenice, a akumulirane su navodno u trećem würmskom stadijalu. Sediment se sastoji od cementiranog grubog vapnenog kršja s generalnim padom slojeva prema jugozapadu. U holocenu nastaju aluvijalni nanosi detritusa iz kanjona Velike i Male Paklenice.

## 5. Metode istraživanja

U istraživanju su korištene terenske i kabinetske metode; granulometrijski sastav određivan je terenski na području Selina, a kabinetski na uzorcima iz Marasovića. Terenska granulometrija provedena je na cementiranim sedimentima gdje se nije mogao uzeti uzorak za sijanje.

### 5.1. Terenske metode

Na lokalitetu u zaseoku Marasovići istražen je građevinski raskop koji se nalazio na dvije razine. Sediment je uzorkovan na donjoj razini. Prikupljeno je ukupno 19 uzoraka različitih litologija, a rastresiti sediment mase 6.990,7 g uzorkovan je izravno iz raskopa u plastične vreće. Profil sam fotografirala, a fotografije su obrađene u programu Photoshop. Uočeni su kopljasti i raspuknuti klasti te različite vrste stijena poznate s područja Velike Paklenice. Terensku granulometrijsku metodu nisam primijenila pošto je raskop zatvoren napredovanjem građevinskih radova.

Pregledom terena na lokalitetu Seline određene su dvije točke na različitim horizontima paleodelte. Na odabranim horizontima A i B valutice su recentnim procesom korozije otopljene u manjoj mjeri nego na ostatku izdanka. Sediment je potpuno cementiran pa sam primijenila terensku granulometrijsku metodu. Tu sam izbrojala valutice različitih litologija prepoznatih na temelju njihovih makroskopskih karakteristika i izmjerila njihovu najdulju os. Mjerenje sam radila na površini od 1 m<sup>2</sup>. Prikupljena su 24 uzorka različitih litologija na najistočnijem dijelu obale uz paleodeltu, u pleistocenskom aluvijalnom konglomeratu koji je u kontaktu s krednim vapnencima. Lokacije mjerenja i uzorkovanja sam fotografirala.

## 5.2. Kabinetske metode

### 5.2.1. Granulometrijska analiza

Kabinetsku granulometrijsku analizu napravila sam na prosijanom uzorku iz Marasovića mase 6.990,7 g. Uzorak je djelomično cementiran pa sam cementirane dijelove odvojila od ostatka sedimenta. Ukupna masa cementiranog sedimenta je 2.965 g i taj dio uzorka nisam koristila u analizi.

Ostatak uzorka je raspoređen u posude gdje je dodana voda i vodikov peroksid kako bi se čestice i organska tvar razdvojili. Sediment je bio u otopini 24 sata, a nakon toga primijenila sam metodu mokrog sijanja. Veće komade stijena odvojila sam zbog lakšeg prosijavanja sitnijih frakcija. Koristila sam sedam sita s otvorima veličine 63, 125, 160 i 200  $\mu\text{m}$  te 1, 2 i 4 mm. Svaku frakciju zaostalu na situ sam osušila, pohranila u označene vrećice, izvagala i vrijednost mase izrazila u gramima. Frakciju veću od 4 mm podijelila sam pomoću ravnala na veličinske klase u rasponu 4 – 8 mm, 8 – 16 mm, 16 – 32 mm, 32 – 64 mm i 64 - 128 mm. Frakcije su izvagane i njihova masa je izražena u gramima.

Izradila sam kumulativnu granulometrijsku krivulju, histogram i krivulju učestalosti veličine zrna te izračunala parametre veličine čestica prema predlošku Gradistat v.8 u programu Office Excel (Blott, 2010). Parametri veličine zrna računaju se pomoću podataka s kumulativne krivulje i to su medijan, srednja vrijednost, sortiranost i asimetrija. Za izračun ovih parametara korištene su formule Folka & Warda (1975):

$$Md = \Phi_{50}$$

$$M = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}}{3}$$

$$\sigma\Phi = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6.6}$$

$$Sk = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)}$$

Za izradu RA-C<sub>40</sub> dijagrama i trokomponentnog dijagrama, izmjerila sam osi a, b i c na 50 klasta iz uzorka Marasovići. Mjerila sam klaste s duljinom a-osi između 20 i 100 mm. Računanjem omjera osi c/a, b/a i (a-b):(a-c) izrađen je trokomponentni dijagram prema predlošku TRI-PLOT u programu Office Excel (Graham & Midgley, 2000). Oblik klasta opisala sam pomoću trokomponentnog dijagrama i histograma koji prikazuje učestalost pojedine klase prema Sneed & Folk (1958).

Za izradu RA-C<sub>40</sub> dijagrama koriste se dva indeksa oblika klasta. RA indeks je postotak jako uglatih i uglatih klasta u uzorku, a C<sub>40</sub> indeks je postotak klasta s omjerom osi  $c/a \leq 0,4$ . Broj vrlo uglatih i uglatih klasta odredila sam na temelju slikovnog predloška oblika klasta prema Krumbein (1941). Dijagram sam usporedila s dijagramom za umjerene i politermalne ledenjake iz Atkins (2003) kako bih odredila moguću vrstu transporta za uzorak Marasovići.

Klaste veće od 4 mm sortirala sam prema obliku na sferične, konične, cilindrične i raspuknute. Rezultate sam prikazala pomoću histograma.

### **5.2.2. Petrografska i mikropaleontološka analiza**

Uzorci s lokaliteta Marasovići i Seline iskorišteni su za izradu mikroskopskih izbrusaka. Izradila sam ukupno 29 izbrusaka u laboratoriju Geološko-paleontološkog zavoda. Promatranjem izbrusaka pod lupom i mikroskopom, odredila sam vrste stijena i dodijelila im nazive prema Folku (Flügel, 2004). Istovremeno sam na temelju provodnih fosila i karakterističnog mikrofacijesa određivala i moguću starost stijena, pri čemu sam kao literaturu koristila monografije Southern Tethys biofacies (Sartorio & Venturini, 1988) i Mikrofacies mezozojskih karbonatnih kamnin Slovenije (Ogorelec, 2011). Dodatna stručna literatura koju sam koristila navedena je u poglavlju 11.

## 6. Opis lokaliteta

### 6.1. Marasovići

Profil Marasovići nastao je raskopom za potrebe građevinskih radova u 2014. godini. Nalazio se s desne strane ceste, oko 150 metara ispred ulaza u Nacionalni Park Paklenicu. Na tom mjestu je danas izgrađen stambeni objekt koji prekriva profil.

Raskop se sastojao od dvije razine, a pregledom je utvrđeno da među njima nema bitnih razlika u sedimentu. Stoga sam uzorkovanje i opis profila napravila na donjoj, debljoj razini raskopa, visokoj 2 metra i dugoj 15 metara (Slika 4.).



Slika 4. Profil Marasovići.

Sediment je uslojen, djelomično cementiran i sadrži veće fragmente stijena u sitnozrnatom matriksu. Stijene su različitih litologija i uglavnom su zaobljene, iako postoje i uglati oblici. Prepoznala sam kopljaste, fasetirane, raspuknute i *bullet* klaste (Slike 5. i 6.). Nisam uočila sortiranje klasta.



Slika 5. Raspuknuti klast s pukotinom ispunjenom matriksom.





Slika 6. Kopljasti ili konični klast većih dimenzija.



Slika 7. Klasti različitih litologija.

To je matrikspotporni do klastpotporni polimiktni konglomerat. Može se reći da je tip sedimenta dijamikt, a dodatne analize trebaju pokazati je li dijamikt glacijalnog porijekla.

Podina na ovom lokalitetu nije vidljiva. Ispod pleistocenskih sedimenata nalaze se paleogenske Jelar breče.



## 6.2. Seline

Na jugoistočnoj obali naselja Seline nalazi se slijed sedimenata proglacijalnog jezera, delte Gilbert-tipa i aluvijalne lepeze u duljini od oko 1 km. Na dva različita horizonta delte izmjerila sam veličinu klasta, a klaste za stratigrafsku odredbu uzorkovala sam iz aluvijalnih konglomerata (Slika 8.) koji se nastavljaju istočno na sediment delte i u kontaktu su s tektoniziranim krednim vapnencima. Najmlađi dio slijeda je sitnozrnati jezerski sediment.



Slika 8. Aluvijalni konglomerat iz kojeg su uzorkovani klasti različitih litologija.

Jezerski sediment sastoji se od masivnog kalcisiltita i kalkarenita s ledenjačkim utruscima. Jezero je opisano kao proglacijalno s povremenim zaleđivanjem površine o čemu svjedoče varve kao sezonski talozi svjetlijih i tamnijih lamina. Varve su pronađene na distalnom dijelu proglacijalnog jezera, u uvali Ždrilo (Adžić I., 2012).

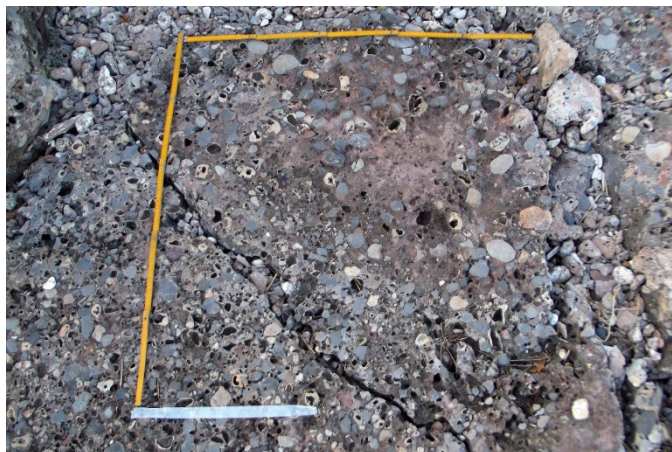
Detaljni opis naslaga i geološki stup selinskog profila napravila je Lj. Marjanac (2012). Deltne matrikspotporni do klastpotporni konglomerati nalaze se u izmjeni s tankim jezerskim siltovima na četiri horizonta, a debljina slijeda je 45 metara. Kao jezerski *bottomset* opisani su crvenkasti muljnjac-siltiti s valnim ili strujnim riplovima. U središnjem dijelu slijeda naslaga nalaze se i žućkasti kalcisiltiti do kalkareniti s valnim riplovima i ostacima bilja, taloženi u rubnom dijelu jezera tijekom novog zahlađenja. Konglomerati s proslojcima crvenkastih siltita interpretirani su kao deltni *topset*. Iznad se nalazi izmjena deltnih *foreseti* i jezerskih *bottomseti* iznad kojih se opet nalazi *topset*. Progradirajući deltni *foreseti* orijentirani su prema jugu.

Masivni aluvijalni konglomerati taloženi su kao kanalne ispune, a bolje sortirani konglomerati s imbriciranim valuticama taloženi su u obliku kanalnih prudova. Kao dokaz glacijalnog porijekla klasta unutar ovih konglomerata, pronađeni su oblutci s ledenjačkim strijama (Lj. Marjanac, 2012). Detritus je bio ispiran iz ledenjačkog tila i istaložen u proglacijalno jezero u obliku aluvijalnih i deltnih setova naslaga.



Slika 9. Horizont A paleodelte na kojem je istaložen jezerski sediment; površina mjerenja.

Klasti su na delti izmjerene na horizontima A i B. Klasti na A horizontu imaju žućkasti vapnenački matriks i dosta ih je otopljeno pa su u matriksu zaostali njihovi kalupi (Slika 9.). Klasti na horizontu B su također djelomično otopljeni, veći su i nalaze se u crvenkastom matriksu. Horizont A nalazi se na izmjeni jezerskog *bottomseta* i deltnog *topseta*, a horizont B na izmjeni jezerskog *bottomseta* i *foreseta*.



Slika 10. Površina mjerenja klasta na horizontu B paleodelte.

## 7. Rezultati petrografske analize detritusa

Na uzorku iz Marasovića provedena je kabinetna granulometrijska analiza, analiza morfologije klasta i analiza mikrofacijesa. U Selinama je provedena terenska granulometrijska analiza na horizontima A i B, a na uzorcima iz aluvijalnog konglomerata provedena je analiza mikrofacijesa.

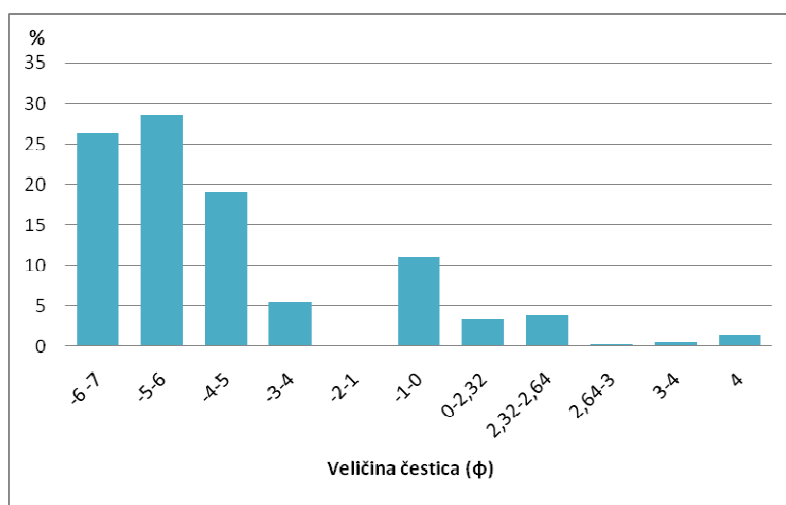
### 7.1. Marasovići

#### 7.1.1. Granulometrijska analiza uzorka Marasovići

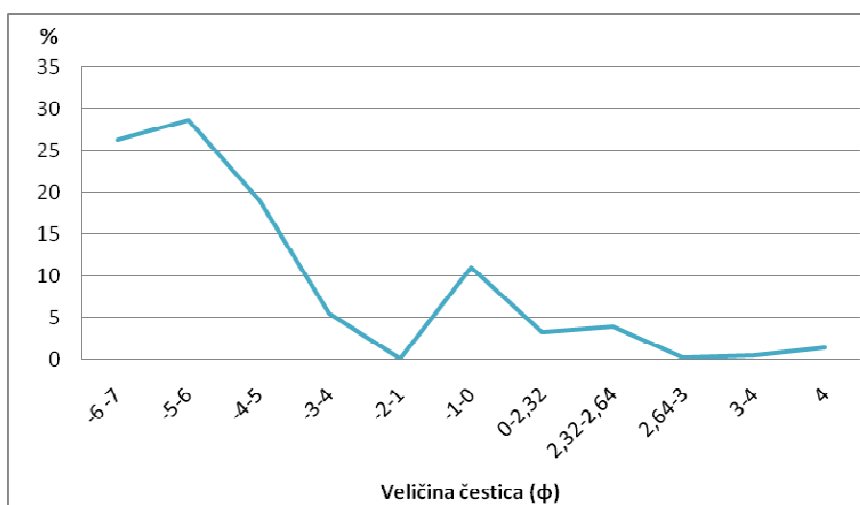
Tablica 1. Udio pojedine frakcije zaostale na situ nakon sijanja uzorka.

| Veličina<br>čestice (mm) | Veličina<br>čestice ( $\Phi$ ) | Masa (g) | Kumulativna<br>masa (g) | Udio (%)   | Kumulativni<br>udio (%) |
|--------------------------|--------------------------------|----------|-------------------------|------------|-------------------------|
| 64 – 128                 | -6                             | 1055     | 1055                    | 26,22      | 26,22                   |
| 32 – 64                  | -5                             | 1150     | 2205                    | 28,58      | 54,80                   |
| 16 – 32                  | -4                             | 765      | 2970                    | 19,01      | 73,81                   |
| 8 – 16                   | -3                             | 220      | 3190                    | 5,46       | 79,28                   |
| 4 – 8                    | -2                             | 4,9      | 3194,9                  | 0,12       | 79,40                   |
| 2 – 4                    | -1                             | 445      | 3639,9                  | 11,05      | 90,46                   |
| 1 – 2                    | 0                              | 133      | 3772,9                  | 3,30       | 93,76                   |
| 0,2 – 1                  | 2,32                           | 157,9    | 3930,8                  | 3,92       | 97,69                   |
| 0,16 – 0,2               | 2,64                           | 12,3     | 3943,1                  | 0,30       | 97,99                   |
| 0,125 – 0,16             | 3                              | 22,9     | 3966                    | 0,56       | 98,56                   |
| 0,063 – 0,125            | 4                              | 57,6     | 4023,6                  | 1,43       | 100                     |
| <b>Ukupno:</b>           |                                |          | <b>4023,6</b>           | <b>100</b> | <b>100</b>              |

Najveći udio (28,58 %) u ukupnom uzorku dijamakta Marasovići pripada veličini čestica u rasponu od 32 do 64 mm, odnosno klasi vrlo krupnih valutica. U uzorku se nalaze čestice reda veličine od vrlo sitnog pijeska do oblutka ( $\phi$  od 4 do -7). Frakcije manje od 1 mm mogu se smatrati sitnozrnatom matriksom što je uobičajeno u istraživanju tilova. Učestalost pojedine veličine čestica u uzorku prikazala sam histogramom i kumulativnom granulometrijskom krivuljom. Iz histograma je vidljivo da je uzorak polimodalan jer postoje tri veličine čestica koje su najviše zastupljene u uzorku. Krivulja učestalosti pokazuje simetričnost raspodjele čestica, a u slučaju uzorka Marasovići, ona je asimetrična i iskošena prema sitnijim česticama.

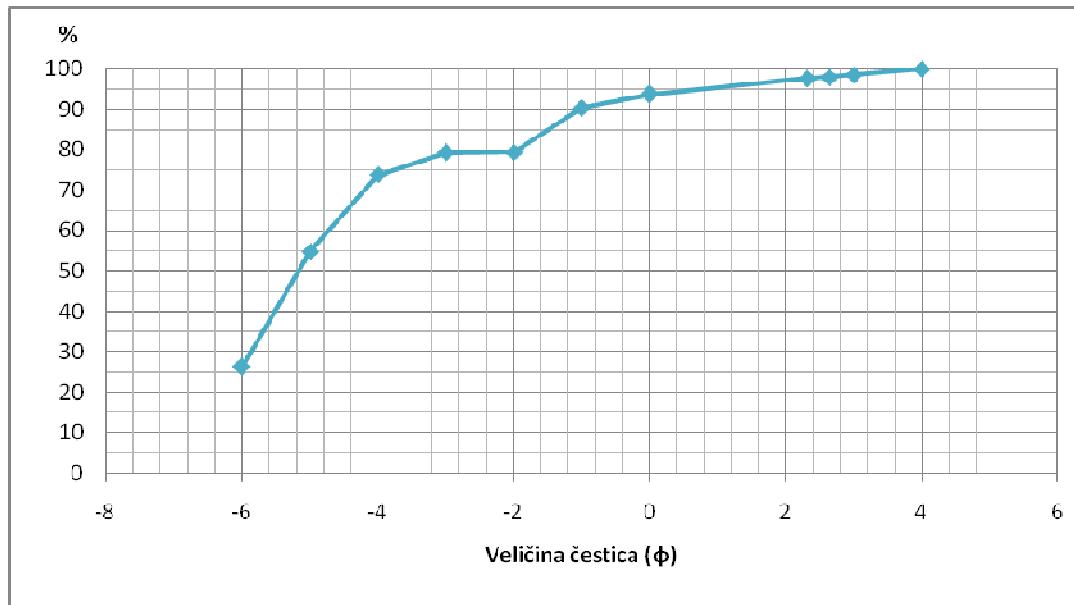


Slika 11. Učestalost veličina čestica u uzorku Marasovići.



Slika 12. Krivulja učestalosti veličina čestica u uzorku Marasovići.

Kumulativna granulometrijska krivulja pokazuje postotak frakcije koji zaostaje na pojedinom situ. Parametri veličine čestica računaju se pomoću podataka s kumulativne krivulje i to su medijan, srednja vrijednost, sortiranost i asimetrija. Analizu sam provela u programu Gradistat v.8 gdje su korištene formule Folka & Warda (1975).



Slika 13. Kumulativna granulometrijska krivulja uzorka Marasovići.

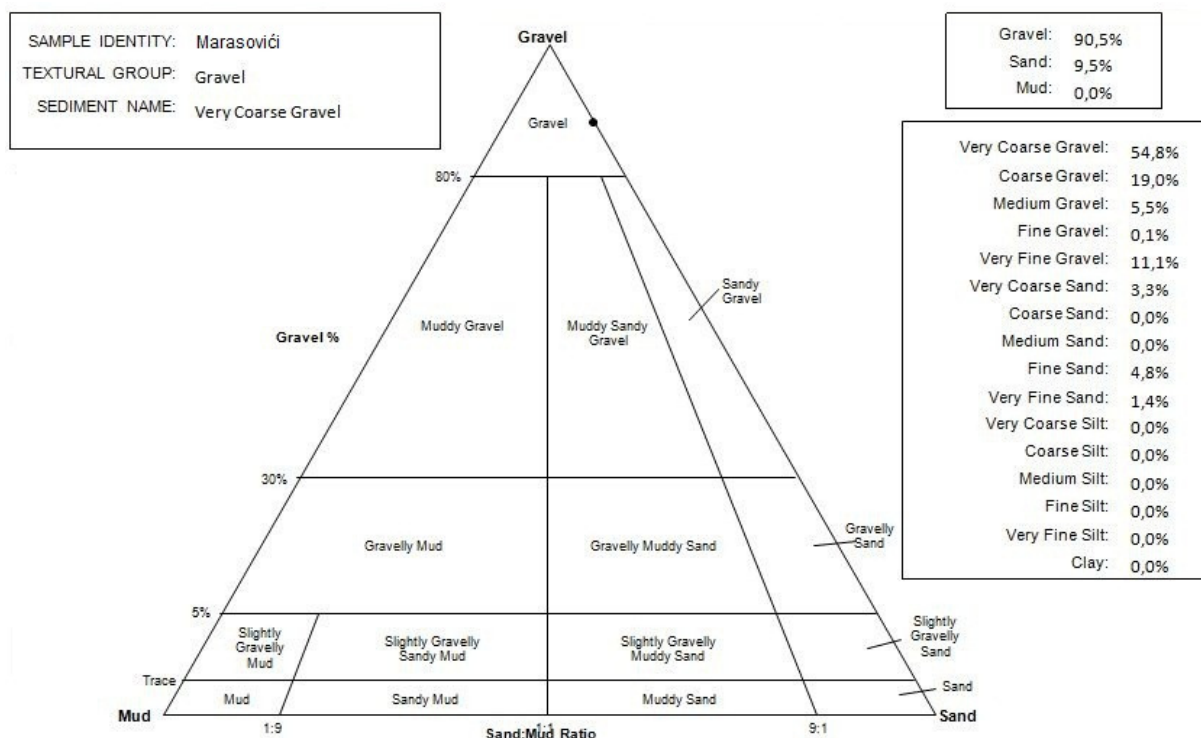
Tablica 2. Parametri veličine čestica za uzorak Marasovići.

| Medijan             | Srednja vrijednost | Sortiranost          | Asimetrija                               |
|---------------------|--------------------|----------------------|--|
| -5,038 φ            | -4,089 φ           | 2,493                | 0,649                                    |
| Vrlo krupni šljunak | Krupni šljunak     | Vrlo slabo sortirano | Jaka iskošenost prema sitnijim česticama |

Mod je vrijednost sredine najzastupljenije klase (u φ ili mm). Sediment je polimodalna i prevladavaju tri klase veličine čestica pa su u izračunu dobivena tri moda: -6,114 φ, -5,114 φ i -4,124 φ.

Medijan je veličina čestica na 50% kumulativne krivulje i za uzorak Marasovići spada u vrlo krupni šljunak. Srednja vrijednost svih veličina čestica u uzorku spada u klasu krupnog šljunka. Sediment je vrlo slabo sortiran, a vrijednost asimetrije je veća od 0,3 što znači da je krivulja učestalosti veličina jako iskošena prema sitnijim česticama.

Uzorak Marasovići prikazan je u gornjem vrhu i spada u klasu vrlo krupnog šljunka u trokomponentnom dijagramu mulj-pijesak-šljunak (Slika 14.).

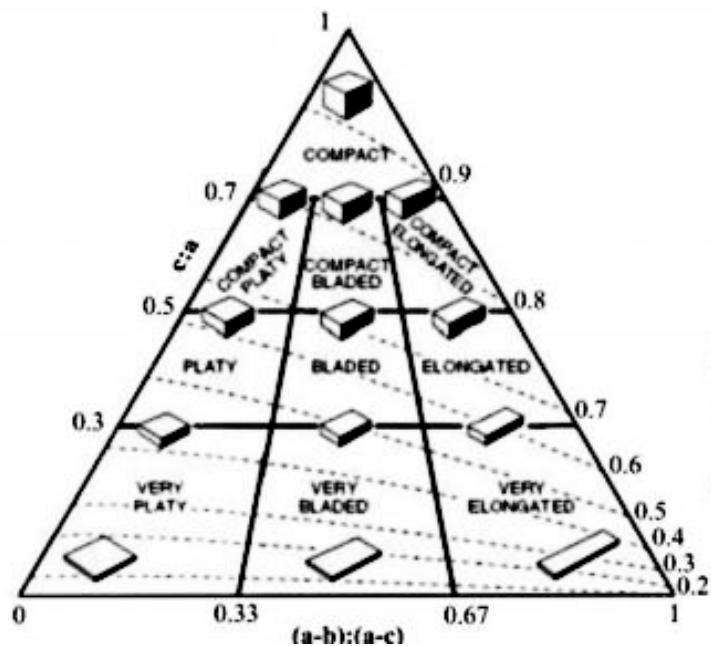


Slika 14. Položaj uzorka Marasovići na trokomponentnom dijagramu (Graham & Midgley, 2000).

### 7.1.2. Analiza morfologije klasta

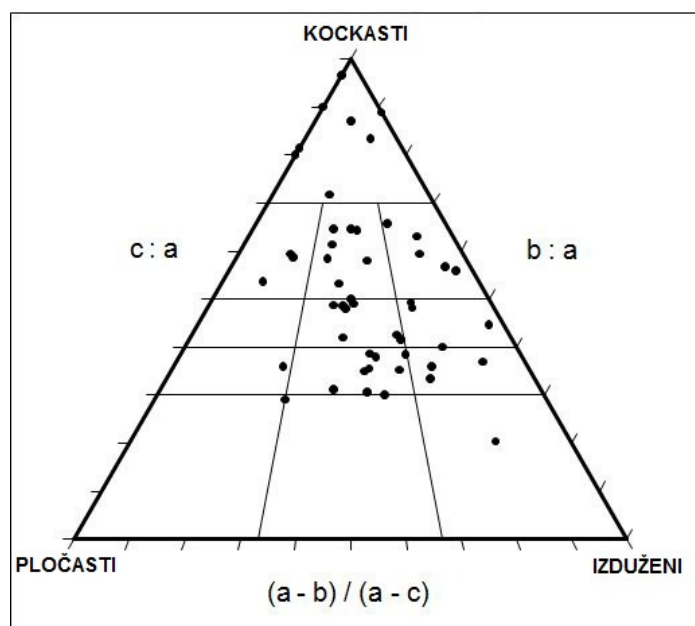
Oblici klasta prema Sneed & Folk (Graham & Midgley, 2000) su vrlo izdužen (*very elongated*), izdužen (*elongated*), kockasto-izdužen (*compact elongated*), vrlo plosnat (*very bladed*), plosnati kvadar (*bladed*), kvadar (*compact bladed*), vrlo pločast (*very platy*), pločast (*platy*), kockasto-pločast (*compact platy*) i kockast (*compact*) (Slika 15.).



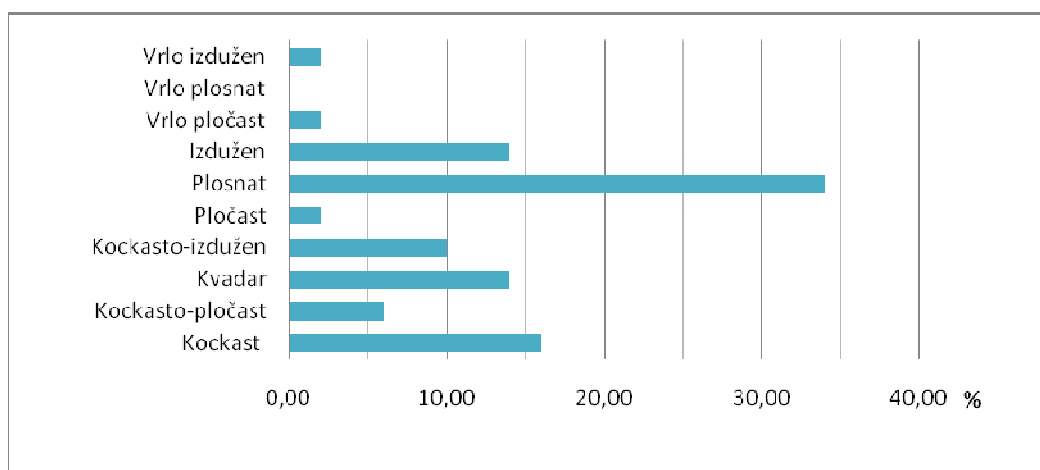


Slika 15. Oblici klasta prema Sneed & Folku (1958).

Na 50 klasta veličine a-osi između 20 i 100 mm, izmjerila sam duljinu a, b i c-osi. Podatke sam iskoristila za izradu trokomponentnog dijagrama prema Graham & Midgley (2000) i RA-C<sub>40</sub> dijagrama prema Benn & Ballantyne (1994). Trokomponentni dijagram prikazuje odnose ortogonalnih osi i tri krajnja oblika klasta, a to su kockasti, pločasti i izduženi klasti (Slika 16.). Rezultati su prikazani i pomoću histograma sortiranjem oblika klasta u 10 klasa prema Sneed & Folk (1958) (Slika 17.).



Slika 16. Trokomponentni dijagram oblika klasta prema Graham & Midgley (2000).



Slika 17. Učestalost oblika klasta u Sneed & Folk klasama (Graham & Midgley, 2000).

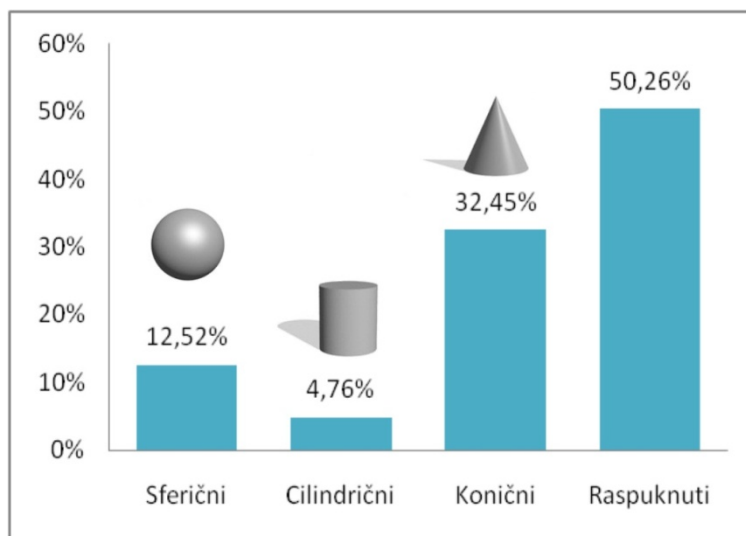
Analiza oblika pokazala je da je najveći udio klasta (34%) plosnatog oblika, zatim slijedi 16% klasta kockastog, 14% oblika kvadra te 14% klasta izduženog oblika.

Uzorak od 567 zrna većih od 4 mm podijelila sam na temelju njihove morfologije na sferične, cilindrične, konične i raspuknute.

Tablica 3. Rezultat podjele klasta na 4 klase

| Oblik klasta   | Broj klasta | Udio (%)     |
|----------------|-------------|--------------|
| Sferični       | 71          | 12,52        |
| Cilindrični    | 27          | 4,76         |
| Konični        | 184         | 32,45        |
| Raspuknuti     | 285         | 50,26        |
| <b>Ukupno:</b> | <b>567</b>  | <b>100 %</b> |

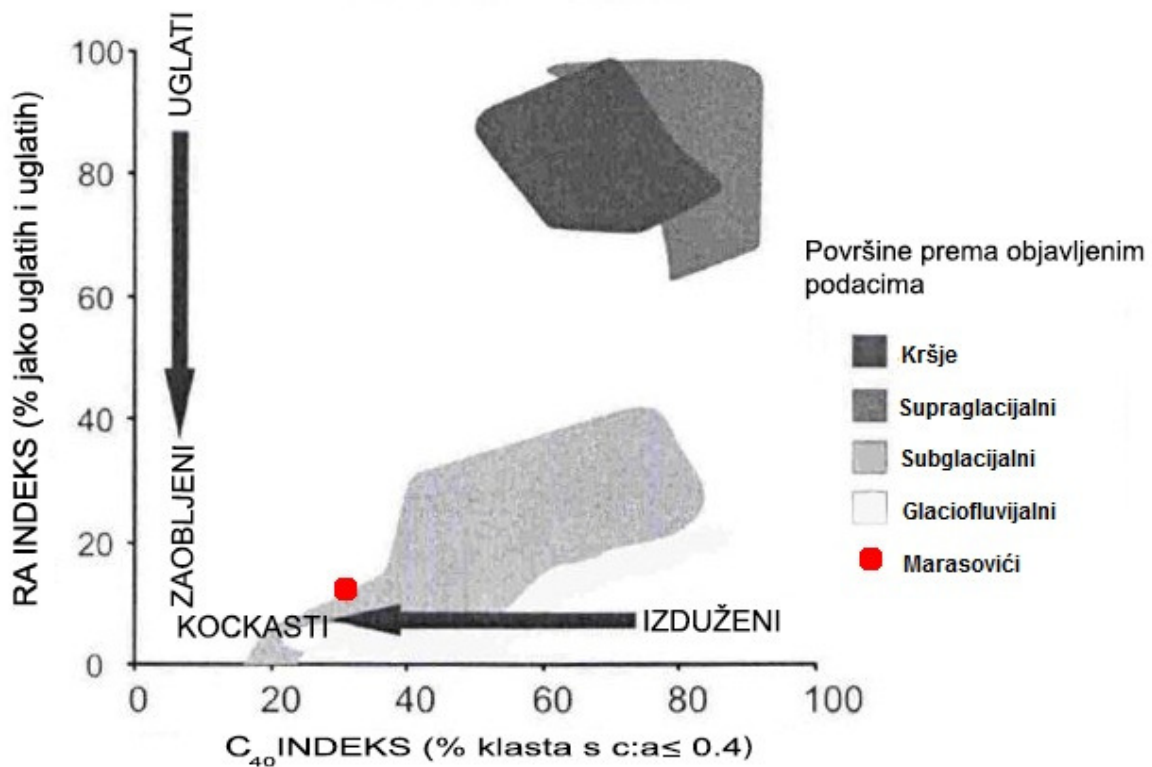




Slika 18. Učestalost pojedinog oblika klasta u uzorku.

Osim polovice raspuknutih klasta, unutar frakcije između 4 i 128 mm najveći udio imaju konični klasti.

Dijagram za uzorak Marasovići usporedila sam s dijagramom iz Benn & Ballantyne (1994) gdje su podaci za umjerene i politermalne ledenjake prikazani kao četiri polja koja parametri oblika klasta zauzimaju nakon različitih vrsta glacijalnog transporta (Slika 19.).



Slika 19. RA-C<sub>40</sub> dijagram prema Benn & Ballantyne (1994) s ucrtanom vrijednosti za uzorak Marasovići; modificirano iz Atkins (2003).

Broj vrlo uglatih i uglatih klasta u uzorku Marasovići je 7 (RA=14%), a broj klasta s  $c/a \leq 0,4$  je 16 (C<sub>40</sub>=32%). Vrijednosti za uzorak Marasovići padaju na rub polja karakterističnog za stijene nakon subglacialnog transporta.

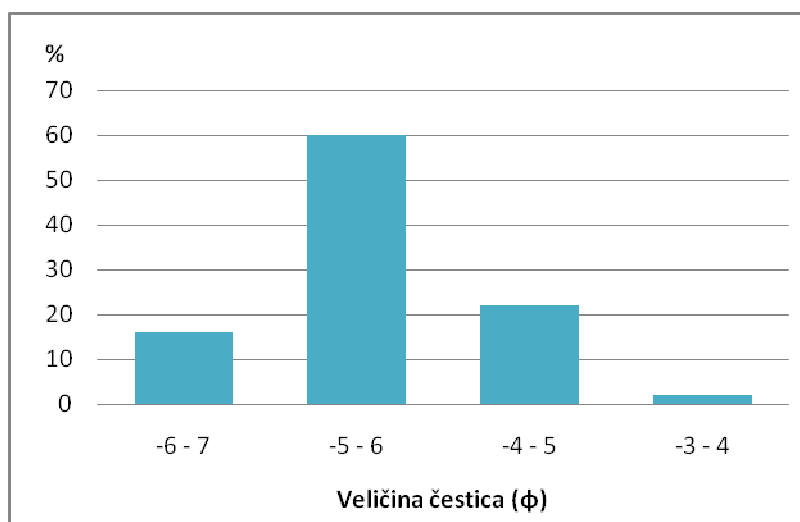
## 7.2. Seline

### 7.2.1. Terenska granulometrija

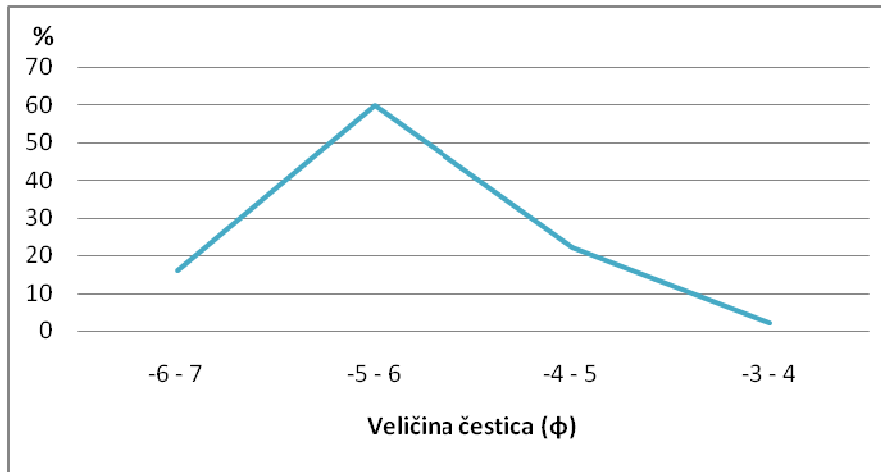
Na delti lokaliteta Seline, na površini od 1 m<sup>2</sup> horizonta A i horizonta B, izmjerila sam najdulju os 50 valutica. Rezultate sam prikazala pomoću histograma, krivulje učestalosti veličina i kumulativne krivulje. Iz kumulativne krivulje, prema formulama Folka & Warda (1975) i predložka Gradistat v.8 izračunala sam parametre veličine čestica.

Na istoj površini izbrojila sam zrna veća od 2 mm pretpostavljene starosti u rasponu od perma do paleogena, prema čemu sam izradila dijagram njihove učestalosti. Stijene permske starosti na području Južnog Velebita su često žućkaste boje, trijasko pretežno svijetlo i tamno ružičaste, jurske sive, kredne su uglavnom bijele, a paleogenske su Jelar breče s crvenkastim matriksom.

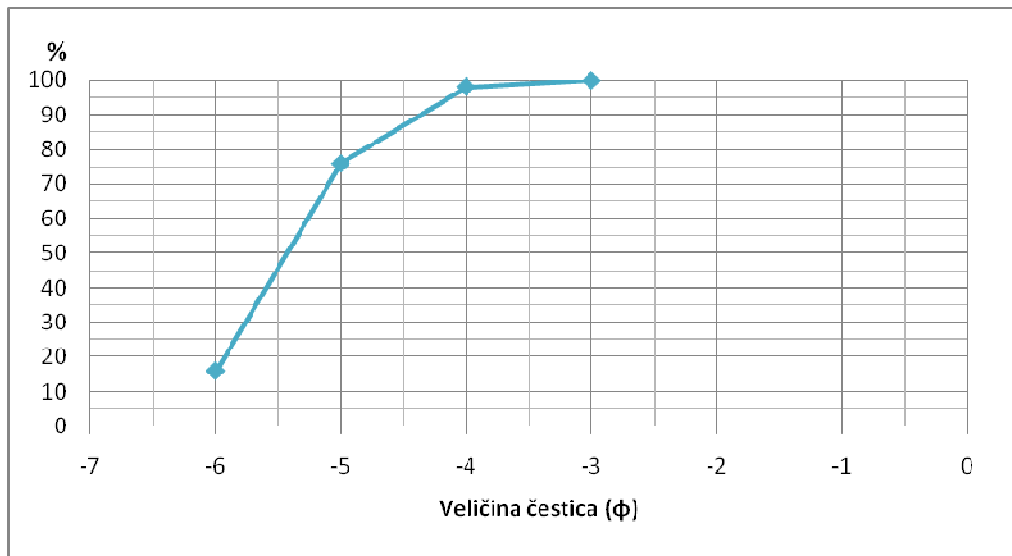
#### 7.2.1.1. Seline A



Slika 20. Učestalost veličina čestica na horizontu A delte.



Slika 21. Krivulja učestalosti veličina čestica na horizontu A delte.



Slika 22. Kumulativna granulometrijska krivulja horizonta A delte.

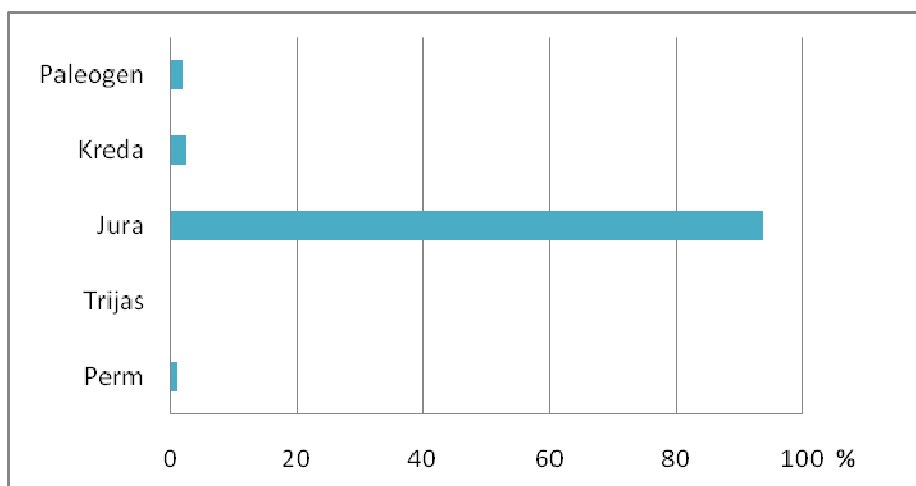
Valutice deltnog konglomerata veličinom spadaju u vrlo krupni, krupni i umjereni šljunak, umjereni sortiran i polimodalni. Tri moda u ovom uzorku su  $-4,124 \phi$ ,  $-5,114 \phi$  i  $-6,114 \phi$ .

Tablica 5. Parametri veličine čestica za horizont A delte.

| Medijan             | Srednja vrijednost  | Sortiranost        | Asimetrija |
|---------------------|---------------------|--------------------|------------|
| -5,099 $\phi$       | -5,086 $\phi$       | 0,782              | 0,013      |
| Vrlo krupni šljunak | Vrlo krupni šljunak | Umjereno sortirano | Simetrično |

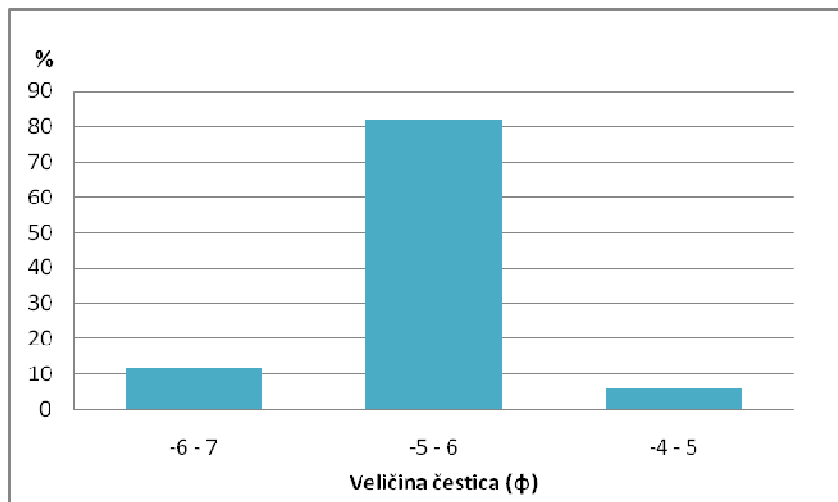
Medijan veličine čestica pripada klasi vrlo krupnog šljunka, srednja vrijednost veličine čestica je gotovo ista i pripada istoj klasi. Pošto su medijan i srednja vrijednost slične vrijednosti, krivulja učestalosti pokazuje simetričnost, što je dokazano i računski. Konglomerat je umjereno sortirano.

Učestalost zrna pojedine starosti prikazala sam pomoću histograma. Ukupan broj zrna je 952. Najveći udio od čak 94% imaju zrna jurske starosti, a samo je jedno zrno trijaske starosti.

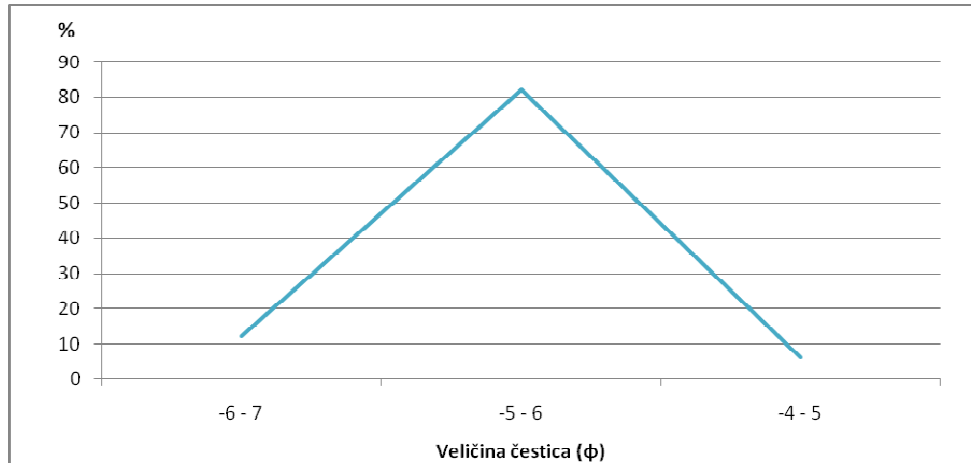


Slika 23. Učestalost zrna pretpostavljene geološke starosti na horizontu A delte.

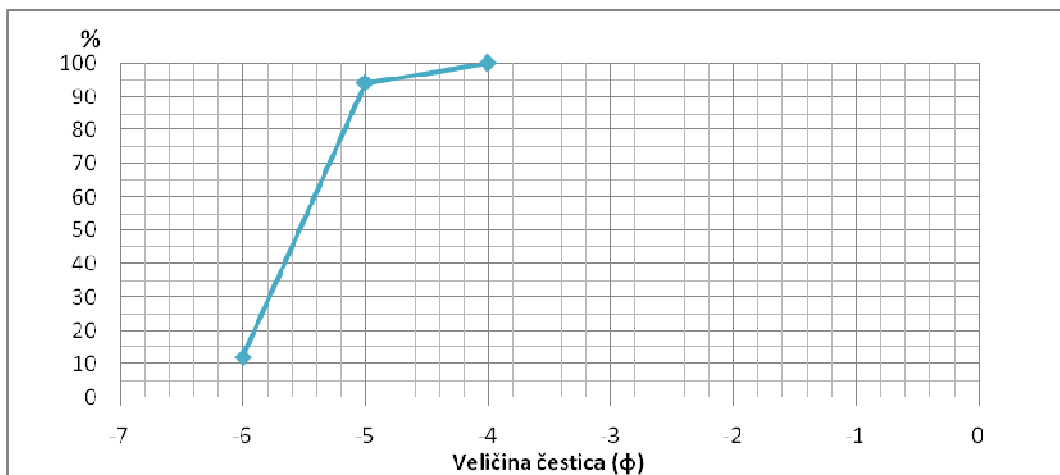
### 7.2.1.2. Seline B



Slika 24. Učestalost veličina čestica na horizontu B delte.



Slika 25. Krivulja učestalosti veličina čestica na horizontu B delte.



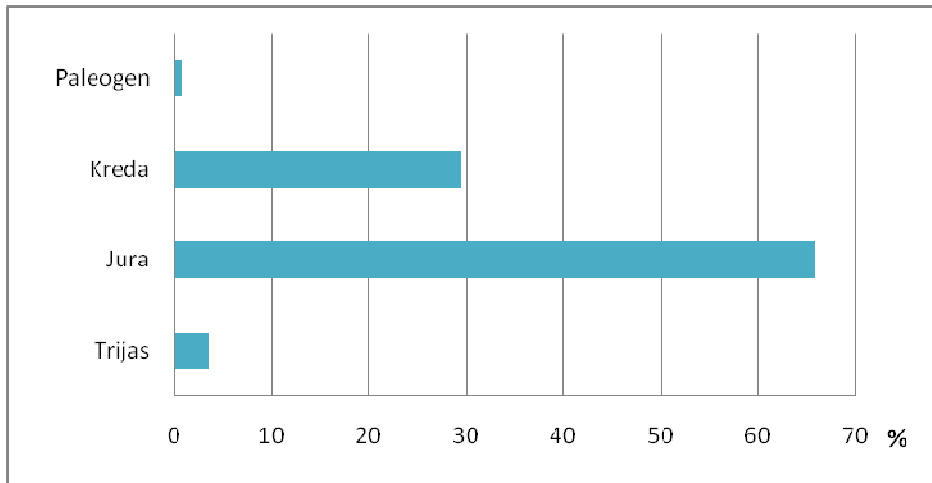
Slika 26. Kumulativna granulometrijska krivulja horizonta B delte.

Tablica 6. Parametri veličine čestica za horizont B delte.

| Medijan             | Srednja vrijednost  | Sortiranost          | Asimetrija |
|---------------------|---------------------|----------------------|------------|
| -5,123 φ            | -5,123 φ            | 0,339                | -0,025     |
| Vrlo krupni šljunak | Vrlo krupni šljunak | Vrlo dobro sortirano | Simetrično |

Valutice deltnog konglomerata na horizontu B veličinom pripadaju vrlo krupnom i krupnom šljunku. Medijan i srednja vrijednost su jednake vrijednosti i pripadaju klasi vrlo krupnog šljunka, a krivulja je simetrična. Uzorak je unimodalan i vrlo dobro sortiran. Veličina moda je -5,114 φ.

Ukupan broj izbrojenih zrna na ovoj lokaciji je 355. Na jednakoj površini, broj zrna je za trećinu manji nego na horizontu A. Najveći udio zrna je jurske starosti (66%), a značajan je porast udjela zrna kredne starosti (30%) za 27% u odnosu na horizont A. Zrna permske starosti nisam uočila na ovom horizontu.



Slika 27. Učestalost zrna pretpostavljene geološke starosti na horizontu B delte.



## 8. Rezultati analize mikrofacijesa

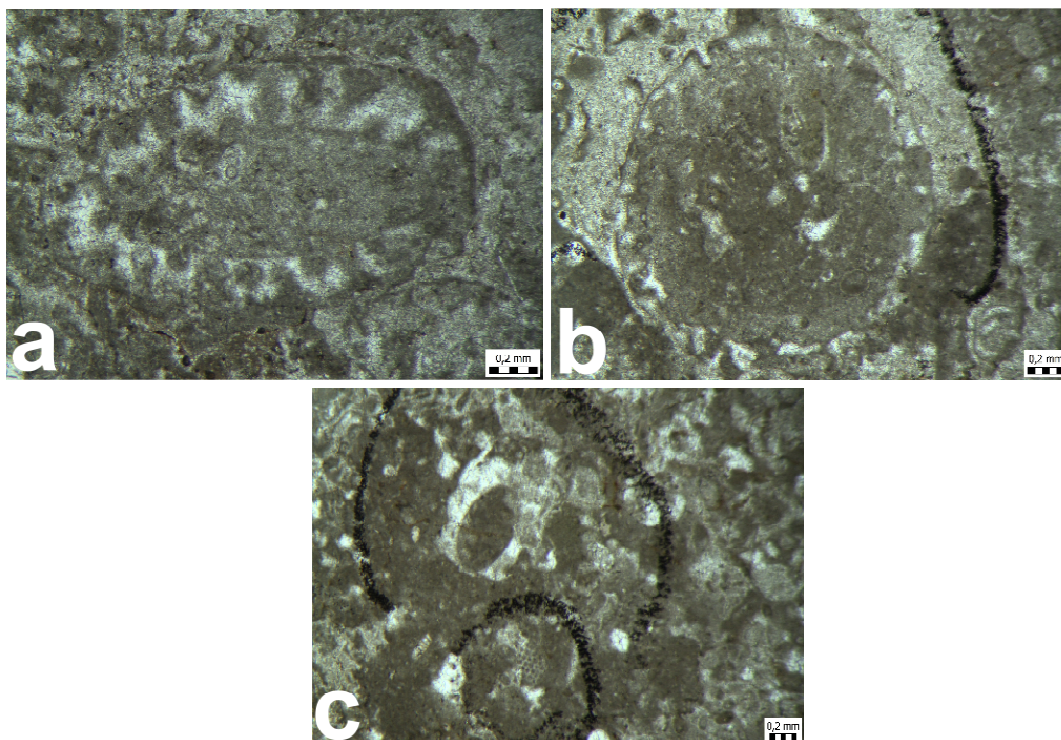
Uzorci iz dijamikta s lokaliteta Marasovići i iz aluvijalnog konglomerata iz Selina poslužili su za izradu stijenskih izbrusaka. U izbruscima sam prepoznavala mikrofacijese za odredbu moguće starosti stijena. Popis svih izbrusaka (29) nalazi se u Dodatku, a u daljnjem tekstu opisala sam stijene za koje sam pretpostavila moguću starost na temelju prisutnih provodnih fosila ili sličnosti s karakterističnim mikrofacijesima s područja Tethysa.

### 8.1. Marasovići

S profila Marasovići izrađeno je 14 izbrusaka i prepoznato je 13 mikrofacijesa, od kojih je 10 bilo fosilifernih, a 2 je potvrdilo starost detritusa. Moguća starost ostalih je određena usporedbom mikrofacijesa.

#### Biomikrit (gornji perm)

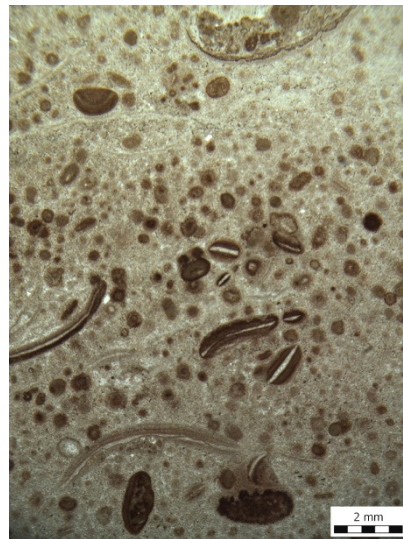
Biomikrit s algama *Mizzia* sp. (?*velebitana*), gimnokodijacejskim algama u kosim presjecima te zasad neodređenim foraminiferama. Stijena je dolomit. Starost sam odredila na temelju alga provodnih za gornji perm.



Slika 28. a) Uzdužni presjek skeleta alge *Mizzia* sp.; b) poprečni presjek; c) presjek alge *Mizzia* sp. i gimnokodijacejskih algi.

### **Biosparit (moguće donji trijas)**

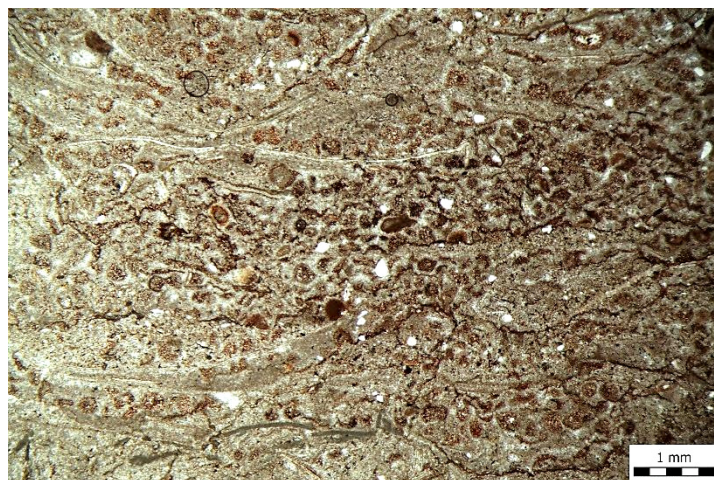
Dolomitizirani biosparit s ooidima, polumjesečastim ooidima, ljušturama školjkaša i puževima velikim do pola centimetra (vidljivo na makroskopskom uzorku). Rubovi bioklasta su obojeni smeđecrvenom bojom. Moguća je donjetrijaska starost na temelju usporedbe mikrofacijesa u Ogorelec (2011).



Slika 29. Dolomitizirani biosparit s ooidima.

### **Biomikrit ili biolitit (moguće donji trijas)**

Biomikrit/biolitit s ljušturama školjkaša, ooidima, peloidima i cijanobakterijskim nakupinama. Crvenosmeđe je boje i ljušture školjkaša su sortirane. Moguća je starost donjeg trijasa određena usporedbom mikrofacijesa u Ogorelec (2011).

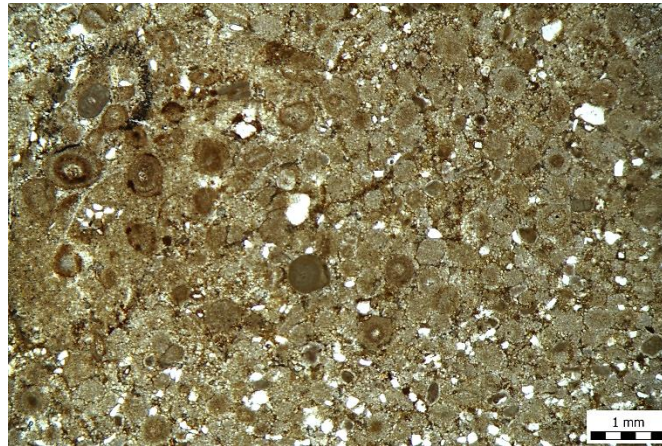


Slika 30. Biomikrit/biolitit.



### **Dolomitizirani biomikrit (moguće donji trijas)**

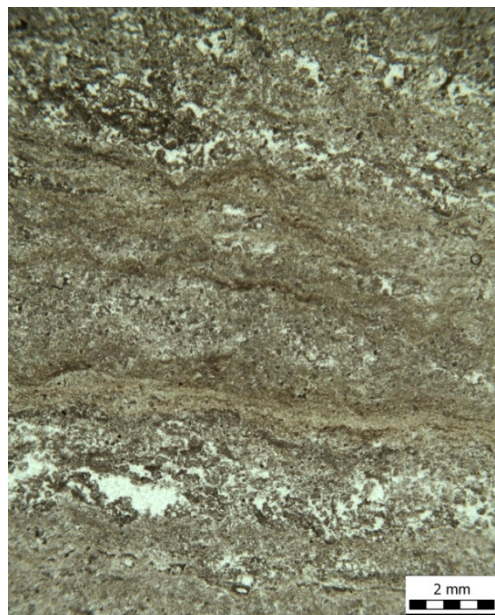
Dolomitizirani biomikrit s ljušturama školjkaša, ooidima i peloidima te kvarcnim zrnima. Usporedbom s facijesima iz Ogorelec (2011) odredila sam moguću donjetrijasku starost.



Slika 31. Dolomitizirani ooidni biomikrit.

### **Biolitit (gornji trijas)**

Djelomično laminiran biolitit – stromatolit s peloidima. Kao tipičan mikrofacijes gornjeg trijasa prikazan je u Ogorelec (2011) i Sartorio & Venturini (1988).



Slika 32. Stromatolit.

### Fosiliferni mikrit (moguće trijas)

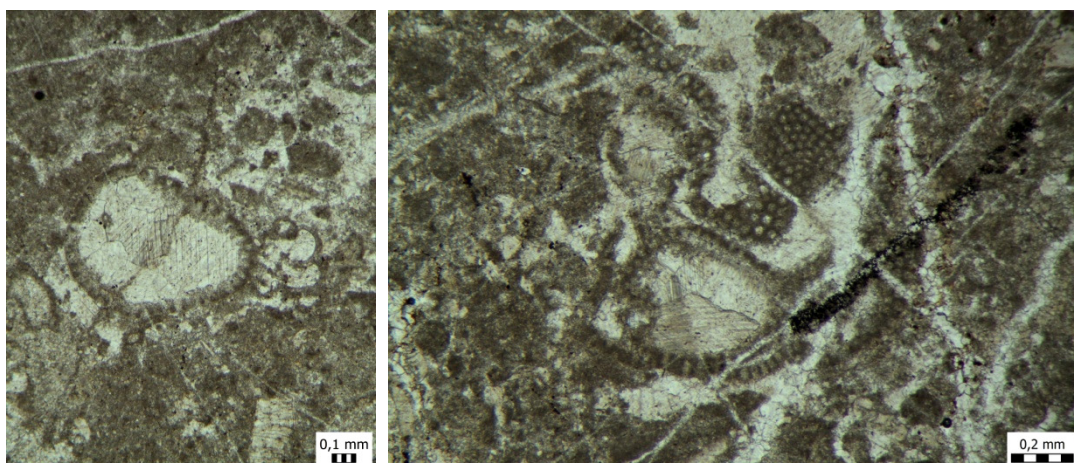
Fosiliferni mikrit s neodređenim sitnim biogenim detritusom, bodljom ježinca i foraminiferom. Mikrofacijes je sličan trijaskom mikrofacijesu.



Slika 33. Fosiliferni mikrit.

### Biomikrit (donja jura)

Biomikrit s vrstom alge *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RAINERI) koja je na području južnog Tethysa najčešća u lijasu, iako se pojavljuje od trijasa do gornje krede. Nađena je i foraminifera s okruglastim klijetkama koja mi je zasad nepoznata.

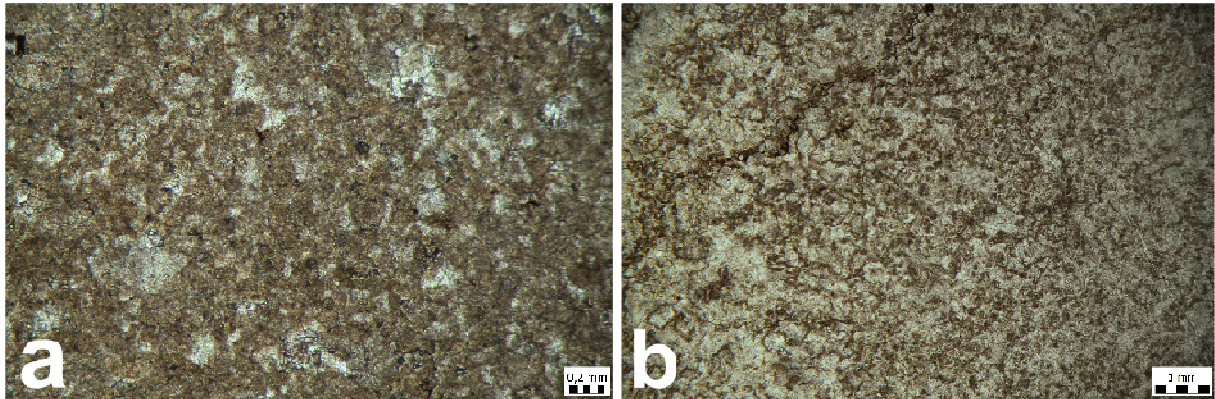


Slika 34. Alga *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RAINERI).



### **Dolomitizirani biolitit**

Dolomitizirani biolitit sa skeletom spužve prepoznat je u dva izbruska. Veći kristali dolomita upućuju na kasnodijagenetski postanak.



Slika 35. a) i b) Vjerojatno kasnodijagenetski dolomitiziran biolitit.

### **Dolosparit**

Dolosparit s velikim mozaičnim kristalima i nekoliko većih romboidalnih kristala dolomita te kalcitnom žilom. Ovo je kasnodijagenetski dolomit u kojem nisam prepoznala biogene strukture.

### **Sparit**

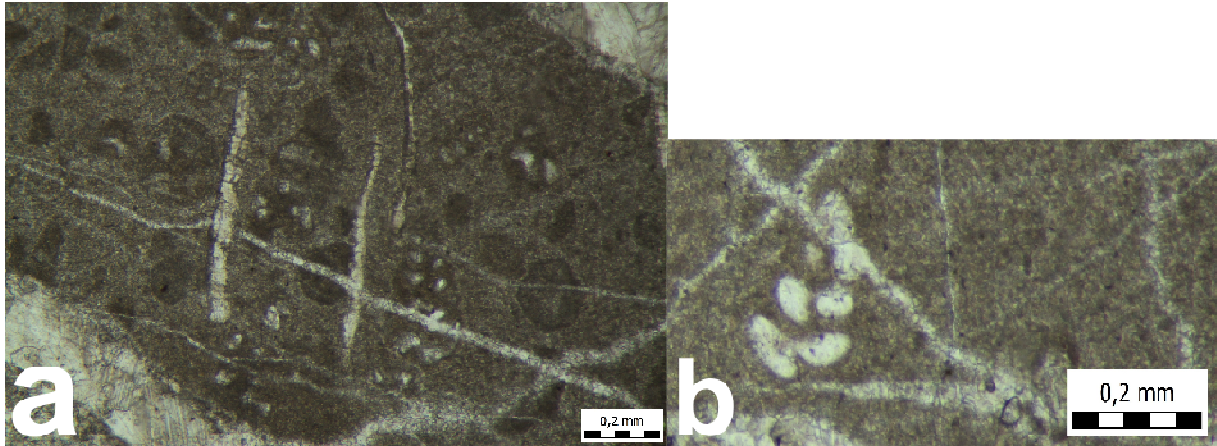
Rekristalizirani kalcitni mikrit s više od 50% sparita.



Slika 36. Sparit.

## Fosiliferni mikrit

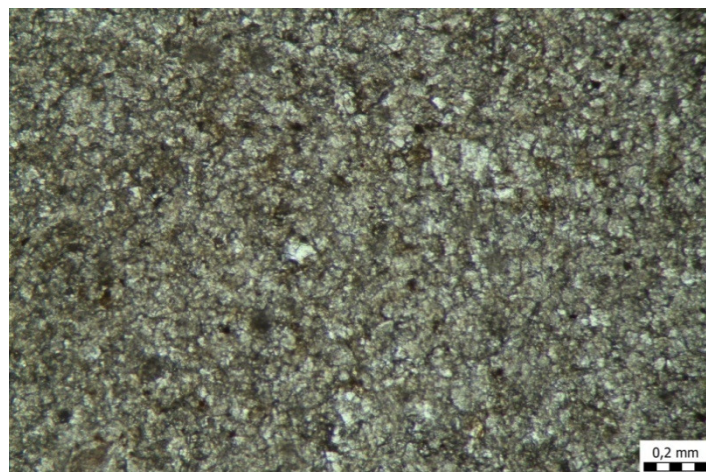
Fosiliferni mikrit s biserijalnim foraminiferama. Vapnenac je presječen brojnim pukotinama u svim smjerovima.



Slika 37. a) Biserijalne foraminifere u mikritu; b) uvećani prikaz foraminifere.

## Dolomit

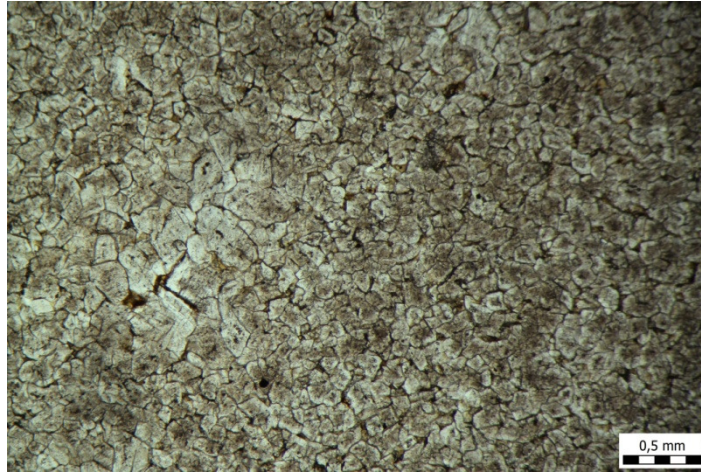
Sitnokristalasti dolomit s rijetkim većim romboidnim kristalima i moguće je da je ranodijagenetskog postanka.



Slika 38. Ranodijagenetski dolomit.

## Dolomit

Kasnodijagenetski dolomit s velikim mozaičnim kristalima.



Slika 39. Kasnodijagenetski dolomit.

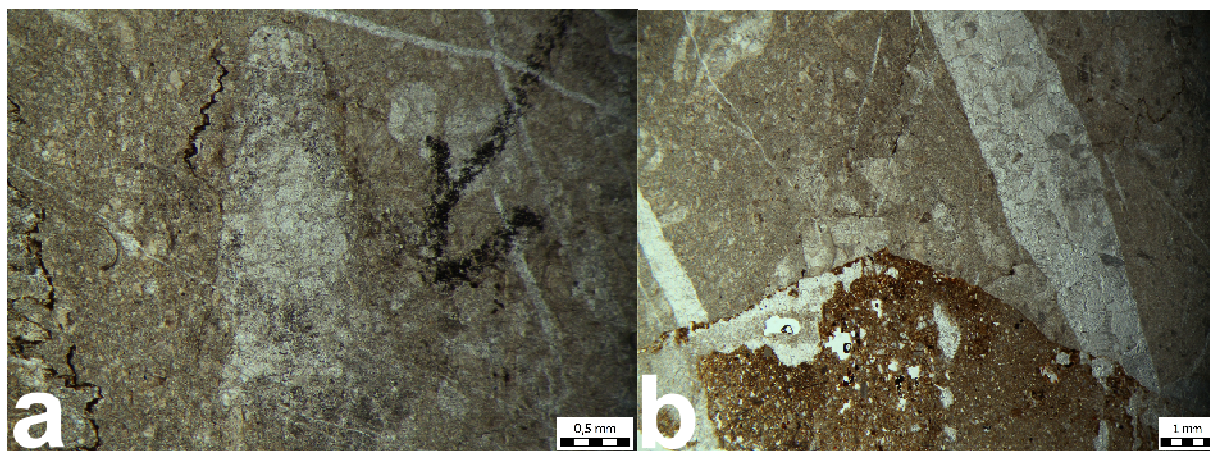


## 8.2. Seline

Iz uzoraka aluvijalnog konglomerata u Selinama izrađeno je 15 izbrusaka, prepoznato je 11 mikrofacijesa i svi su bili fosiliferni, a 2 je potvrdilo starost detritusa. Moguća starost ostalih je određena usporedbom mikrofacijesa.

### Biomikrit (moguće perm)

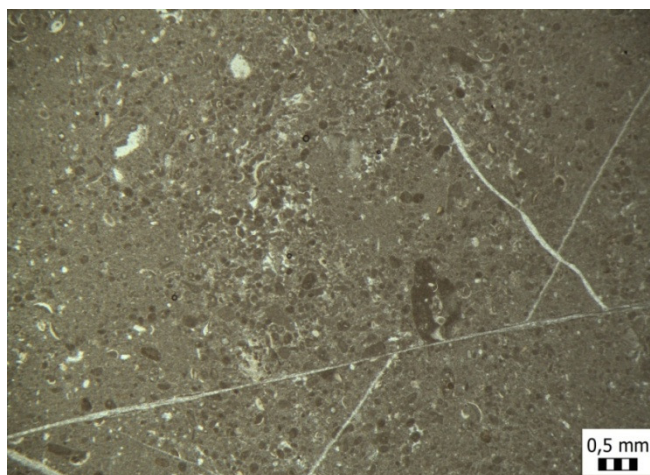
Biomikrit s puževima, ljušturama školjkaša i fragmentima koji bi mogli pripadati brahiopodama, a na temelju njihovih nalaza moguća je permska starost.



Slika 40. a) Presjek kućice puža; b) mikrofacijes biomikrita u kontaktu s pješčenjakuom.

### Biomikrit (moguće donji trijas)

Biomikrit sa sitnim ljušturama školjkaša, peloidima, miliolidnom foraminiferom i različitim skeletnim fragmentima. Ovaj facijes je sličan donjetrijaskim facijesima.

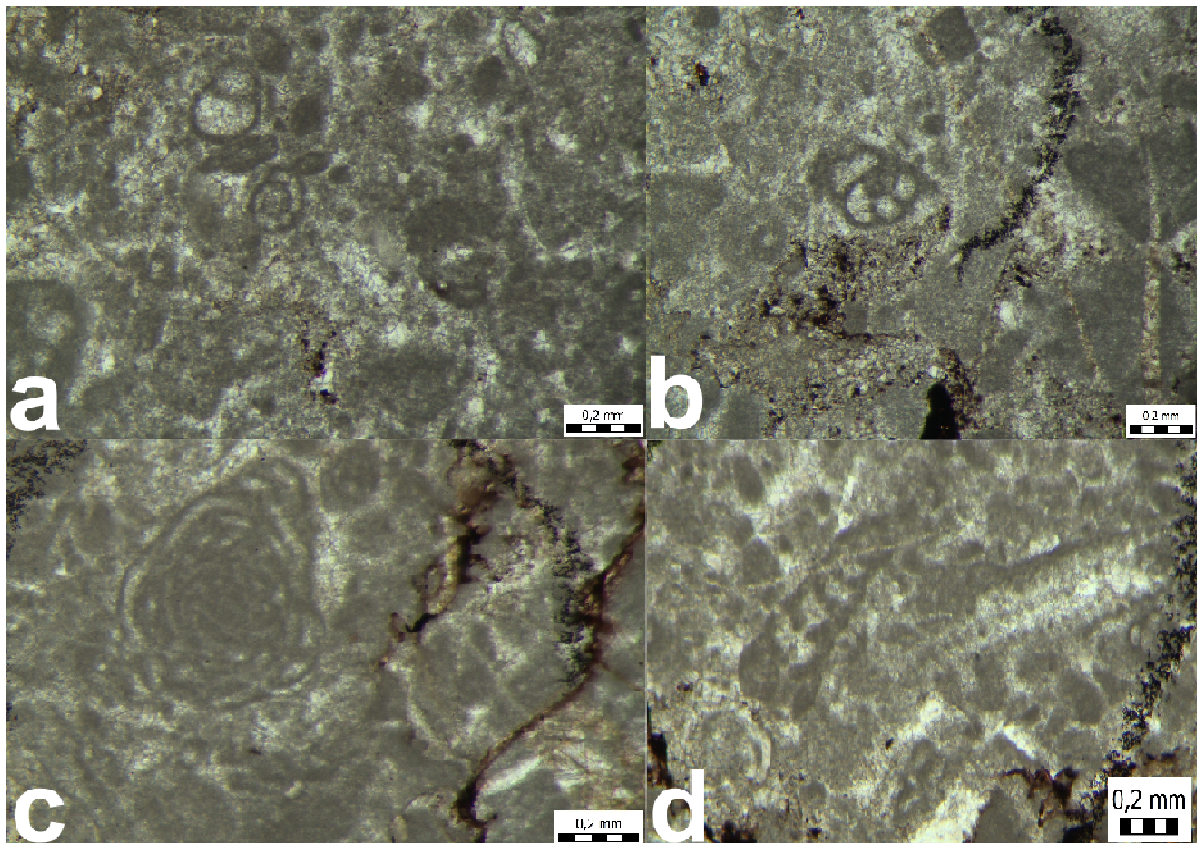


Slika 41. Biomikrit s različitim biogenim detritusom.



### Biomikrit (anizik)

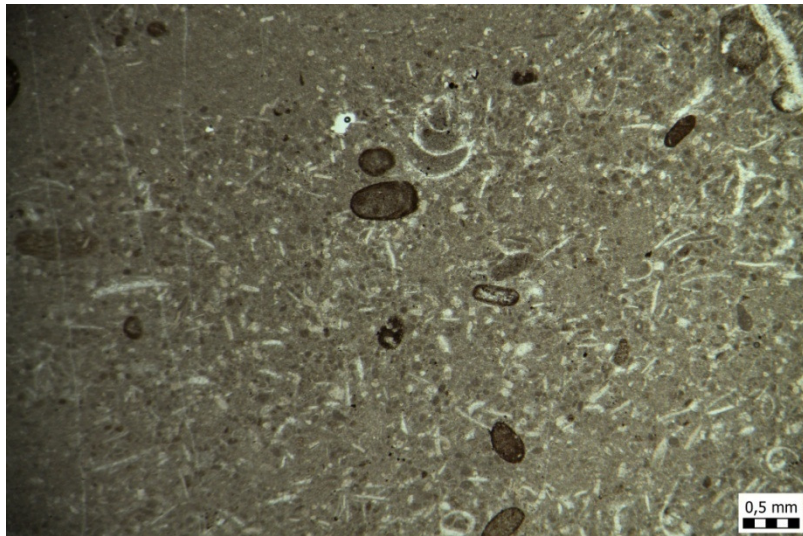
Biomikrit s foraminiferama *Meandrospira dinarica* (KOCHANSKY-DEVIDÉ & PANTIĆ), *Pilamina densa* (PANTIĆ) i možda vrstom *Endothyranella* sp. koje su česte u zajednici karakterističnoj za anizik. Uz njih se nalaze i bodlje ježinaca, dijelovi alga te peloidi. Starost je određena na temelju provodnih fosila.



Slika 42. a) i b) *Meandrospira dinarica* (KOCHANSKY-DEVIDÉ & PANTIĆ); c) *Pilamina densa* (PANTIĆ); d) moguće *Endothyranella* sp.

### Biomikrit (moguće gornji trijas)

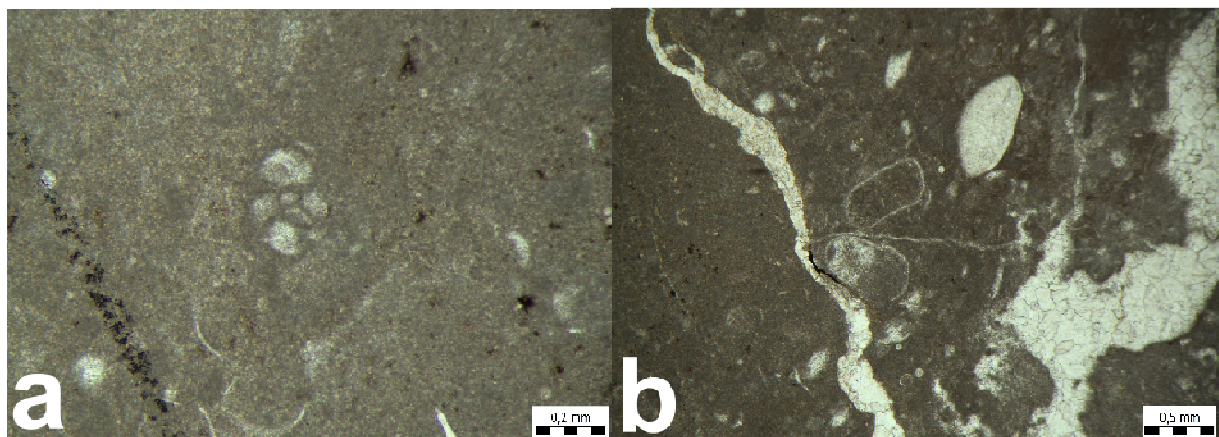
Biomikrit s kućicom puža, fragmentima bodljikaša, filamentima, smeđe obojenim peloidima i presjekom koji izgleda kao presjek amonita. Presjek skeleta amonita nije sa sigurnošću determiniran stoga sam prema ostatku asocijacije odredila moguću gornjetrijasku starost.



Slika 43. Biomikrit s filamentima, fragmentima bodljikaša i peloidima te presjekom koji izgleda kao presjek amonita.

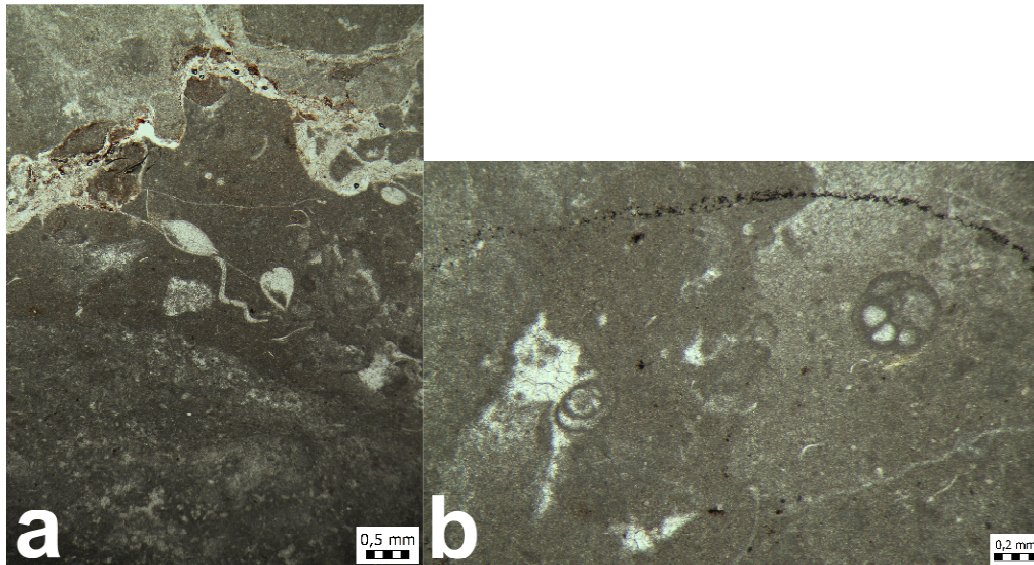
### Biomikrit (moguće trijas)

Biomikrit s ljušturama školjkaša, ostrakodima, puževima, brahiopodom ili sitnim *Megalodonom* te foraminiferama *Siphovalvulina* cf. (Sartorio & Venturini, 1988). Asocijacija bi mogla pripadati trijasu, ali na temelju foraminifera mogla bi se odrediti i srednja donja jura.



Slika 44. a) Foraminifera *Siphovalvulina* cf.; b) presjeci ostrakoda i kalcitne ispune.

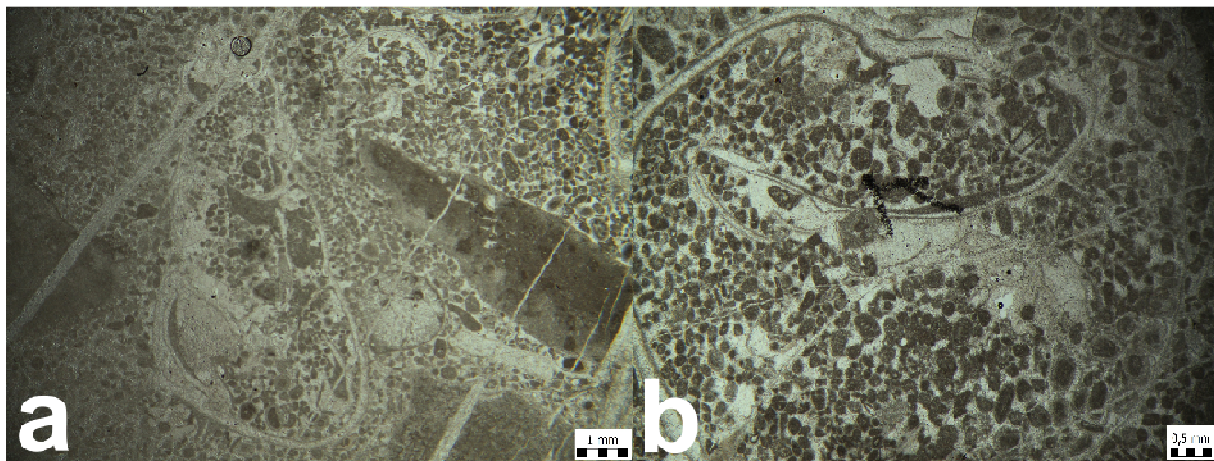




Slika 45. a) Presjek ostrakoda i sitnog *Megalodona* ili brahiopoda; b) bentička foraminifera.

### Biopelsparit (moguće donja jura)

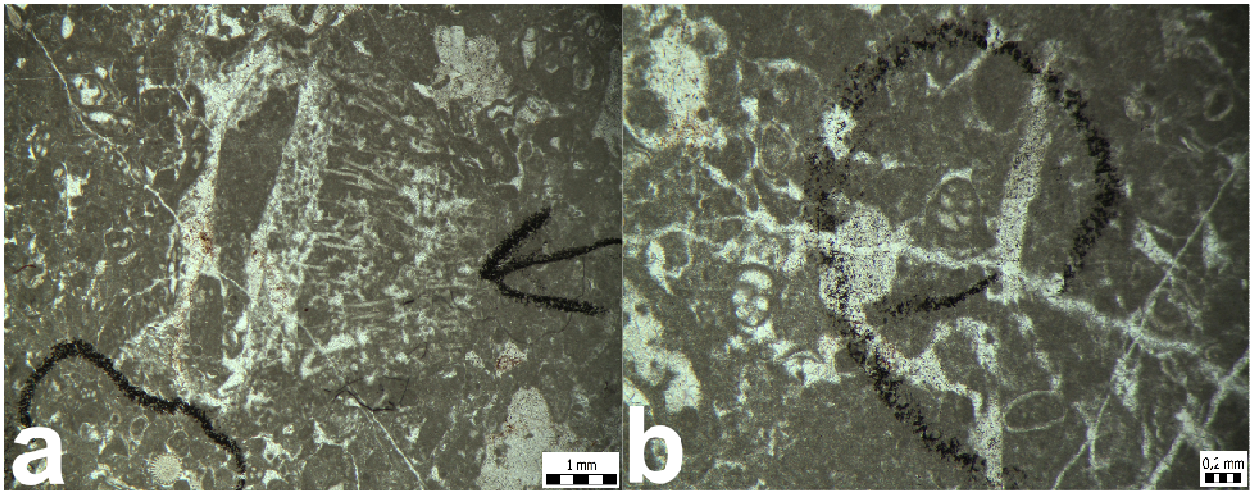
Biopelsparit s kućicama puževa, ljušturama školjkaša, peloidima, ooidima i fekalnim peletima *Favreina* sp. Facijes je prema Ogorelec (2011) tipičan u donjoj juri, iako isti autor fekalne pelete vrste *F. salevensis* svrstava u razdoblje donje krede.



Slika 46. a) Presjek kućice puža i peloidi; b) ljušture školjkaša, peloidi i fekalni peleti *Favreina* sp.

### Biopelmikrit (moguće donja jura)

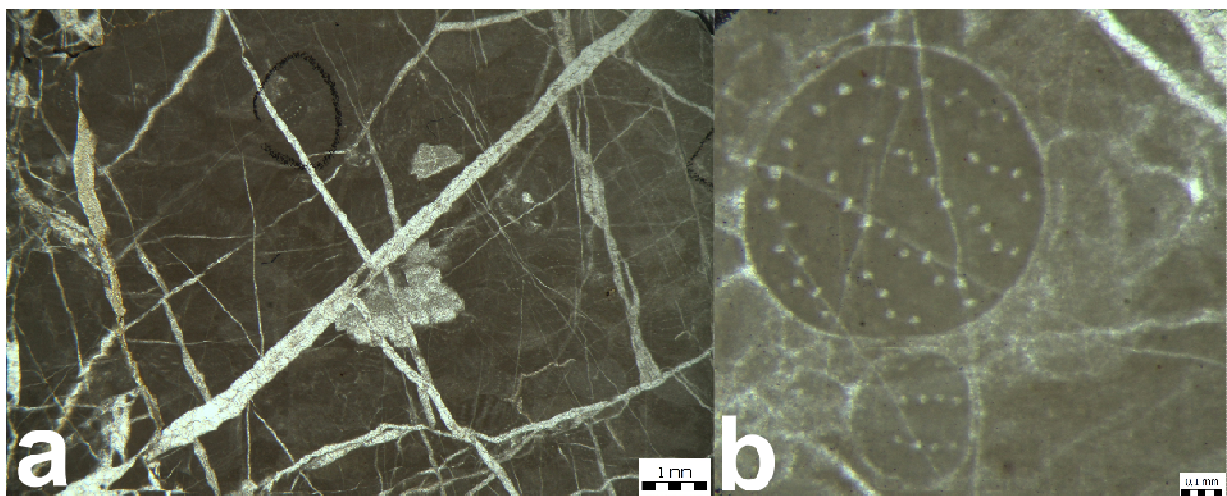
Biopelmikrit sadrži ostatke alga, bodlje ježinaca, kućicu puža, biserijalne foraminifere u kosim presjecima, ljušture školjkaša i peloide. Foraminifere nalikuju rodovima *Siphovalvulina* ili *Redmondoides*. Prema Ogorelec (2011), ova stijena bi pripadala srednjonjurskom facijesu.



Slika 47. a) Algalni skeleti i bodlja ježinca; b) peloidi i biserijalne foraminifere *Siphovalvulina* cf. ili *Redmondoides* cf.

### Fosiliferni mikrit (donja kreda)

Fekalni peleti *Favreina salevensis* (PARÉJAS) u mulju s mnogo pukotina. Ovi fekalni peleti su 3-4 puta veći nego oni u biopelsparitu kojem je pripisana moguća donjurska starost. Vapnenac bi prema tipičnom facijesu mogao pripadati donjoj kredi. Vrste roda *Favreina* su u Dinaridima poznate u J<sub>1</sub>, J<sub>3</sub> i K<sub>1</sub>.

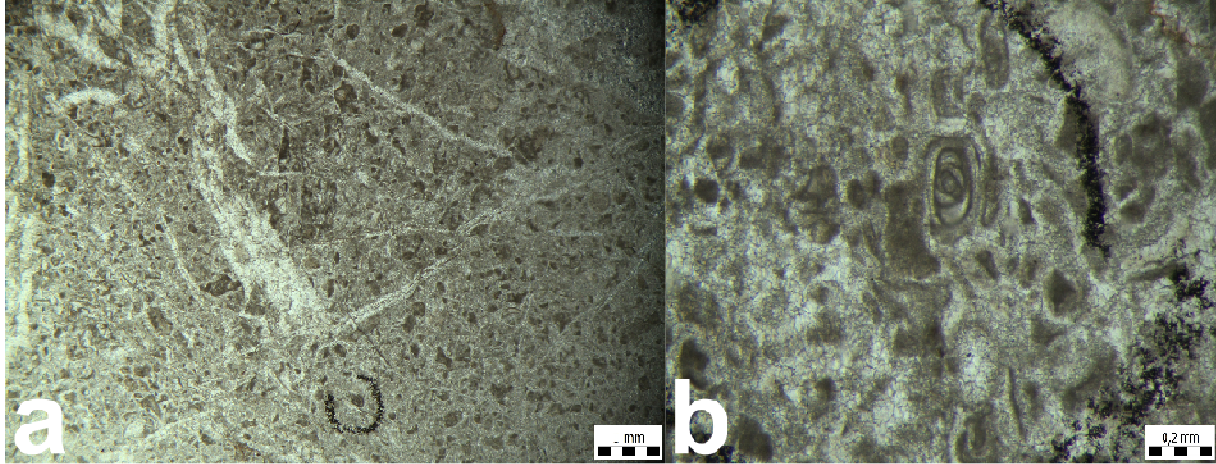


Slika 48. a) Fosiliferni mikrit s peletima *Favreina salevensis* (PARÉJAS); b) poprečni presjeci.



### **Biomikrit (moguće donja kreda)**

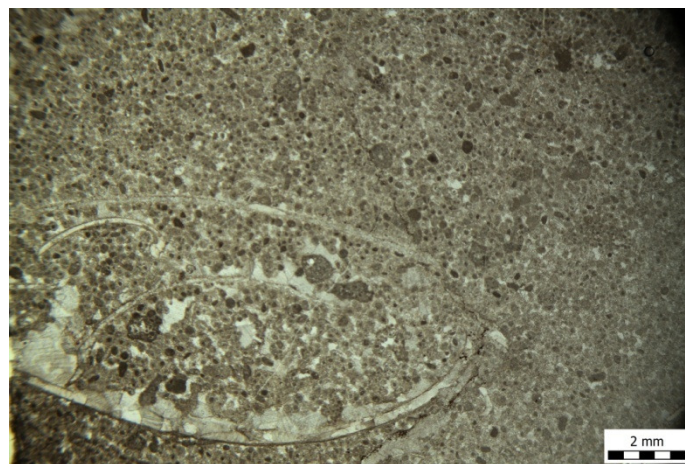
Biomikrit s miliolidama i peloidima. Na temelju facijesa s miliolidama stijena bi mogla pripadati donjoj kredi.



Slika 49. a) Mikrofacijes biomikrita; b) miliolidna foraminifera.

### **Rekristalizirani biopelmikrit (moguće donja kreda)**

Rekristalizirani biopelmikrit s ljušturama školjkaša, peloidima i peloidnim intraklastima, biserijalnom foraminiferom, sitnim ooidima i fekalnim peletom *Favreina* sp. Facijes je karakterističan za donju kredu.



Slika 50. Ljušture školjkaša, peloidi i ooidi u rekristaliziranom biopelmikritu.

## **Biolitit**

Biolitit od dijela koraljnog skeleta.



Slika 51. Dio koraljnog skeleta.

## 9. Rasprava

Na širem području NP Paklenica reljef je tijekom mlađe geološke povijesti preoblikovan pod utjecajem tektonskih, krških i glacijalnih procesa. Prema strukturnim odnosima, ovo je područje južnog dijela Velebita i ima svoje tektonske posebnosti. Velebitski rasjed je reversni s pomakom uzdignutog krila prema JZ, J i ima užu i širu zonu u kojoj se nalaze rasjedi istog tipa koji se pružaju primorskim obroncima Velebita (Prelogović, 1995). U okolici Velike i Male Paklenice postoji nekoliko sustava rasjeda. Bognar et al. (1995) tvrde da su se zbog tektonskih pokreta duž Pakleničkog rasjeda tokovi Velike Paklenice i Brezimenjače usjekli nekoliko desetaka metara. To se odrazilo na pleistocenske glaciofluvijalne sedimente na spoju ovih dvaju tokova jer su u velikoj mjeri erodirani.

Nakon otapanja leda prije desetak tisuća godina, pod utjecajem korozije nastajale su škrape koje su maskirale stijene uglačane glacijalnom abrazijom. Otapanjem leda voda je zbog svoje niske temperature mogla sadržavati veću količinu otopljenog ugljikovog dioksida. Takva voda ima snižen pH i djeluje agresivno na karbonatne stijene zbog čega se na ovom području nalazi niz različitih krških oblika poput špilja, jama i ponora (Malinar, 1995).

Glacijalni procesi su na području južnog Velebita ostavili brojne dokaze oledbe o kojima su pisali autori citirani u ovom radu. Osim toga, postoje i dokazi oledbe srednjeg i sjevernog Velebita (Bognar et al., 1997; Bognar & Faivre, 2006) na koje se neću detaljnije osvrtni.

Pleistocenska oledba se na južnom dijelu Velebita manifestirala u obliku niza dolinskih ledenjaka koji su se spuštali iz cirkova i granali u nekoliko krakova s generalnim smjerom kretanja od sjeveroistoka prema jugozapadu. Ponikve su imale funkciju cirkova u kojima se nakupljao snijeg i pretvarao u led (Belij, 1985). Pregledom topografske karte mogu se uočiti morfološki pogodni dijelovi terena u kojima bi se snijeg s okolnih vrhova nakupljao u podnožju i spuštao dolinama u nekoliko pravaca. Ti pravci kretanja ledenjaka rekonstruirani su po nalazima glacijalnih strija, mutoniranih stijena, kanala subglacijalne vode (današnje jaruge),

eratičkih blokova te glacijalnih i glaciofluvijalnih sedimenata na više lokacija Južnog Velebita.

Zasad su unutar slijeda sedimenata Velike Paklenice prepoznata tri razdoblja zahlađenja u srednjem pleistocenu. Metodom uranovih izotopa datiran je uzorak kalcita iz sedimenta morene u kanjonu V. Paklenice i otkrivena je starost veća od 350.000 godina (Lj. Marjanac, 2012). Na temelju ovog saznanja procijenjeno je da je sediment nastao tijekom Mindelskog glacijala. Istraživanjem glacijalnih i proglacijalnih sedimenata na području sjevernog Jadrana, južnog Velebita i sjeverne Dalmacije, Lj. Marjanac smatra da su nastali tijekom Mindel i Riss glacijala.

Rekonstrukcije kretanja ledenjaka na Južnom Velebitu prvi je napravio Belij (1985) i opisao područja akumulacije snijega i leda te pravce prolaza ledenjaka, a izvorište (cirk) locirao je u vrtačama Oglavinovca i Javornika.

Iznad doline Male Paklenice nalazi se vrtača koja je u smjeru doline snižena i zaobljena. Preko ruba doline led se topio i hranio izvorište Male Paklenice (Belij, 1985). U zaleđu ove vrtače nalaze se Babin vrh, kota 1726 i Sveto brdo.

Uzorak dijamakta Marasovići je trimodalna i vrlo slabo sortiran. Najveći udio u uzorku ima klasa vrlo krupnih valutica, a srednja vrijednost veličine klasta je krupni šljunak. Vrsta sedimenta je vrlo krupni šljunak, a sitni pijesak predstavlja sitnozrnati matriks. Najveći udio klasta je plosnatog oblika, zatim kockastog, pa oblika kvadra i izduženog oblika. Druga metoda određivanja oblika klasta u uzorku pokazala je da je najveći udio cjelovitih klasta koničnog oblika. Dijagram RA-C<sub>40</sub> za uzorak Marasovići pokazuje vrijednost u polju subglacijalnog transporta, što mi pomaže u interpretaciji. Stupanj oblikovanja klasta, slaba sortiranost, pojava krupnijih klasta uz sitne čestice, polirane plohe na klastima i oblici klasta svojstveni za transport u tijelu ledenjaka, dodatno potkrijepljuju ideju da je sediment mogao biti istaložen u bazi ledenjaka. Strije nisu zabilježene.

Taloženje sedimenta na siparištima i fluvijalnim transportom bi naoko mogla dati sličan sediment, ali ga je i dalje moguće dovoljno dobro razlikovati od glacijalnog. Siparišta daju konusna sedimentna tijela gdje postoji sortiranje čestica pod utjecajem gravitacijske sile. Tako se odlamanjem na dnu siparišta talože krupni blokovi, zatim sve manji odlomci, dok napokon na vrhu ne zaostaje samo sitnozrnati materijal. Vidljivo je positnjavanje čestica prema gore. Propadanje sitnih čestica u međuzrnski



prostor krupnih je moguće, ali u određenoj mjeri, jer su krupnije čestice gusto pakirane i zatrpane ulomcima iznad. Zato na siparištu nije moguće pronaći najsitniju i najkrupniju frakciju sedimenta zajedno. Ulomci stijena su općenito uglati.

Fluvijalni transport ima tipične sedimente zato što vodeni tok najbolje sortira materijal. Vrijedi pravilo da najkrupnije čestice taloži u gornjem dijelu toka, a najsitnije u donjem dijelu toka. Koliko daleko će se neki materijal istaložiti ovisi o transportnoj moći vode i veličini čestica. Čestice su, ovisno o duljini transporta, više ili manje zaobljene. Oblikuju se sa svih strana jednako, dok se u ledu oblikuju poliranjem i struganjem čestica u nekoliko ploha pa nastaju drugačiji oblici svojstveni samo za glacialne okoliše. Čestice pritom zauzimaju položaj najmanjeg otpora na kretanje leda i moguće ih je naći u vertikalnom položaju. Fluvijalni materijal taloži se u obliku kanalnih ispuna, prudova i slično. Sediment obično ima neku strukturu poput slojevitosti, kose slojevitosti, pokrupnjavanja ili positnjavanja čestica, a najvažnije je da se u takvom okolišu također ne može naći najkrupnija frakcija zajedno s najsitnijom, jer se sitna lako ispire.

Stijene u dijamiktima su sedimentne, pretežno vapnenci i dolomiti, a ima i klastita. Od klastita su prisutni siltiti i sitnozrnati pješčenjaci. Analizom mikrofacijesa odredila sam mogući stratigrafski raspon stijena od gornjeg perma ( $P_3$ ) do donje jure ( $J_1$ ). Nisam dokazala prisutnost stijena srednje i gornje jure. Kredne stijene na ovom području ne isklinuju, osim u Bužonića dolini, istočno od donjeg dijela toka Velike Paklenice. Jelar breče pretpostavljene eocensko-oligocenske starosti prostiru se područjem nizvodno od Anića luke i Anića kuka, ali nisam ih uočila u uzorkovanom materijalu i na profilu Marasovići.

Na lokalitetu Seline nalazi se polimiktan matrikspotporni deltni konglomerat. S obzirom na sortiranost i veličinu čestica, sediment horizonta A spada u umjereno sortiran i vrlo krupni šljunak. Stratigrafski raspon valutica od perma do paleogena određen je samo na temelju makroskopskih karakteristika. Čak 94% valutica je jurske starosti, a najmanje je valutica trijaskne starosti. Sediment horizonta B također pripada klasi vrlo krupnog šljunka. Za razliku od sedimenta A, nema zrna veličine  $-3$  do  $-4 \phi$  i vrlo dobro je sortiran. Na istoj površini ima za trećinu manje zrna nego na horizontu A. Najveći broj valutica je pretpostavljene jurske starosti (66%), krednih valutica je za 27% više nego na horizontu A, a valutice permske starosti na ovom horizontu nisu prisutne.

Analiza mikrofacijesa u uzorcima klasta iz aluvijalnog konglomerata pokazala je prisutnost stijena stratigrafskog raspona od gornjeg perma ( $P_3$ ) do paleogena (Pg). Srednje i gornjejursku starost nisam mogla dokazati samo na temelju mikrofacijesa. Prisutni su donjokredni vapnenci i eocensko-oligocenske Jelar breče. Donji dio kanjona Male Paklenice usječen je u vapnencima donje krede na koje se nastavljaju Jelar breče.

Rezultati terenske i kabinetske granulometrijske analize na lokalitetima u Selinama i Marasovićima pokazali su da su ove dvije metode sukladne. Na izdancima gdje nije moguće uzorkovati sediment zbog cementiranih čestica, može se koristiti i terenska metoda mjerenja s dovoljno pouzdanim rezultatom. Tako je granulometrijska krivulja uzorka dijamikta iz Marasovića usporediva s granulometrijskim krivuljama valutica iz Selina za raspon veličine čestica od -6 do -3  $\Phi$  (A delta) i od -6 do -4  $\Phi$  (B delta). Tri krivulje u ovom rasponu veličina čestica pokazuju jednak trend.

## 10. Zaključak

Svojstva sedimenta na raskopu u Marasovićima pokazala su da je detritus vjerojatno bio subglacijalno transportiran. Ovo je moguća potvrda da je dijamikt zapravo glacijalni til. Na terenu nisu pronađeni klasti sa strijama za koje se sigurno može potvrditi da su glacijalnog porijekla, djelomično zbog toga što su klasti uglavnom karbonatni i podložni koroziji. Međutim, ostale karakteristike sedimenta idu u prilog mojem zaključku. Čestice nisu sortirane i ne vide se fluvijalne kanalne forme, sediment sadrži posebne oblike poput kopljastih, *bullet* i fasetiranih klasta te raspuknutih klasta, ima jako malo uglatih ulomaka, a litološki različiti stratigrafski članovi iz zaleđa kanjona Velike Paklenice prisutni su u sedimentu. Stratigrafski članovi iz područja Struga prema prijevoju Buljma i na spoju tokova Brezimenjače i V. Paklenice u rasponu starosti od srednjeg i gornjeg perma, preko donjeg, srednjeg i gornjeg trijasa pa do donje jure odgovaraju starostima stijena koje sam odredila na ovom lokalitetu. Smatram da bi izvorište materijala moglo biti upravo na prostoru koji se u smjeru SZ-JI proteže između Struga i Njivarske strane.

Deltne konglomerate lokaliteta Seline također su polimiktni, ali pokazuju sortiranost čestica. Postoje male razlike između horizonta A i B koje se mogu pripisati promjenama u donosu materijala iz zaleđa. Taloženje je bilo glaciofluvijalno iz tokova koji bi nastali otapanjem ledenjaka u toplijim razdobljima. Voda je donosila materijal ispiranjem tila, a materijal tila porijeklom je iz zaleđa kanjona Male Paklenice. Aluvijalni konglomerati taloženi su na dnu slijeda i sadrže klase najvećih dimenzija, zatim slijede deltni konglomerati i naposljetku jezerski sediment. Klasti aluvijalnih i deltnih konglomerata sadrže iste stratigrafske članove. Analizom aluvijalnog materijala određen je raspon starosti od gornjeg perma, preko donjeg, srednjeg i gornjeg trijasa, donje i srednje jure, te krede do paleogena. Smatram da bi izvorište materijala moglo biti s područja jugozapadno od Babinog vrha i Svetog brda, na kojem se nalaze stijene ovog stratigrafskog raspona. Klasti Jelar breče i krednih vapnenaca porijeklom su iz donjeg dijela kanjona M. Paklenice.

## 11. Literatura

Adžić, I. (2012): Fosilna flora pleistocenskog proglacijalnog jezera u južnom Velebitskom kanalu i interpretacija paleoklimatskih prilika u sjevernoj Dalmaciji. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 1-92.

Atkins, C.B. (2003): Characteristics of striae and clast shape in glacial and non-glacial environments. Disertacija, Victoria University of Wellington, 1-248.

Bahun, S. (1974): Tektogeneza Velebita i postanak Jelar naslaga. *Geološki vjesnik* 27, 35-51.

Belij, S. (1985): Glacijalni reljef južnog Velebita. *Geografski glasnik* 47, 71-85.

Benn, D.I. & Ballantyne, C.K. (1994): Reconstructing the transport history of glacial sediments: a new approach based on the co-variance of clast form indices. *Sedimentary geology* 91, 215-227.

Bognar, A. & Faivre, S. (2006): Geomorphological traces of the Younger Pleistocene Glaciation in the Central part of the Velebit Mt. *Hrvatski geografski glasnik* 68/2, 19-30.

Bognar, A., Faivre, S. & Pavelić, J. (1991): Tragovi oledbe na Sjevernom Velebitu. *Geografski glasnik* 53, 27-39.

Bognar, A. & Prugovečki, I. (1997): Glaciation Traces in the Area of the Risnjak Mountain Massif. *Geologia Croatica* 50/2, 269-278.

Degen, A. (1936): *Flora Velebitica*, 1. Ungarische Akademie der Wissenschaften, Budapest, 7-202.

Eyles, N., Eyles, C.H. & Miall, A.D. (1983): Lithofacies types and vertical profile models; an alternative approach to the description and environmental interpretation of glacial diamict and diamictite sequences. *Sedimentology* 30, 393-410.

Flügel, E. (2004): *Microfacies of Carbonate Rocks; Analysis, Interpretation and Application*. Springer, Berlin, 1-976.

Gavazzi, A. (1903b): Trag oledbe na Velebitu? Glasnik hrvatskog naravnoslovnog društva 14, 459, Zagreb.

Gorjanović, D. (1902): Geomorfološki problemi iz hrvatskog krasa. Glasnik hrvatskog naravnoslovnog društva 13/4-6, 193-196.

Hranilović, H. (1901): Geomorfološki problemi iz hrvatskog krasa. Glasnik hrvatskog naravnoslovnog društva 13/1-3, 93-133.

Ivanović, A., Sakač, K., Marković, S., Sokač, B., Šušnjar, M., Nikler, I. & Šušnjara, A. (1967): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Obrovac L33-140. Institut za geol. istraž. Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

Ivanović, A., Sakač, K., Sokač, B., Vrsalović-Carević, L. & Županić, J. (1976): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za List Obrovac L33-140. Institut za geol. istraž. Zagreb, Savezni geološki zavod, 5-55, Beograd.

Kochansky-Devidé, V. & Pantić, S. (1966): Meandrospira u donjem i srednjem trijasu i neki popratni fosili u Dinaridima. Geološki vjesnik 19, 15-35.

Majcen, Ž., Korolija, B., Sokač, B. & Nikler, L. (1967): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Zadar L33-139. Institut za geol. istraž. Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

Majcen, Ž. & Korolija, B. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za List Zadar L33-139. Institut za geol. istraž. Zagreb, Savezni geološki zavod, 5-40, Beograd.

Malinar, H. (1995): Tragovi oledbe na Velebitu na području Buljme. Paklenički zbornik 1, 55-60.

Marjanac, Lj. (2012): Pleistocene glacial and periglacial sediments of Kvarner, Northern Dalmatia and Southern Velebit Mt.- evidence of Dinaric glaciation. Disertacija, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, 1-277.

Marjanac, Lj. & Marjanac, T. (2004a): Glacial history of the Croatian Adriatic and Coastal Dinarides. U: Ehlers, J. & Gibbard, P.L. (eds), Quaternary Glaciations – Extent and Chronology, Elsevier, 20-26.

Nikler, L. (1973): Nov prilog poznavanju oledbe Velebita. Geološki vjesnik 25 (1971), 109-112.

Ogorelec, B. (2011): Mikrofacies mezozojskih karbonatnih kamnin Slovenije, dodatak. Geologija 54/2, 1-136.

Poljak, J. (1947): O zaleđenju Velebita. Geološki vjesnik 1, 125-148.

Prelogović, E. (1995): Geološka struktura Velebita. Paklenički zbornik Vol.1, Simpozij povodom 45. godišnjice NP Paklenica, Starigrad-Paklenica, 49-54.

Sartorio, D. & Venturini, S. (1988): Southern Tethys biofacies. Agip S.p.A., S. Donato Milanese, 1-235.

Sokač, B., Nikler, L., Velić, J. & Mamužić, P. (1967): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Gospić L33-127. Institut za geol. istraž. Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

Sokač, B., Ščavničar, I. & Velić, I. (1976a): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za List Gospić L33-127. Institut za geol. istraž. Zagreb, Savezni geološki zavod, 1-57, Beograd.

Sokač, B., Šušnjar, M., Bukovac, J. & Bahun, S. (1976b): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za List Udbina L33-128. Institut za geol. istraž. Zagreb, Savezni geološki zavod, 1-57, Beograd.

Šunjerga, V. (2015): Porijeklo i granulometrija valutica u morenskim naslagama šljunčare u Raduču. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 1-46.

Šušnjar, M., Sokač, B., Bahun, S., Bukovac, J., Nikler, L. & Ivanović, A. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Udbina L33-128. Institut za geol. istraž. Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

Velić, I., Velić, J., Vlahović, I. & Cvetković, M. (2014): Geološki vodič kroz NP Paklenica. Javna ustanova Nacionalni park Paklenica, 1-307.

Velić, I. & Vlahović, I. (2009): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske 1:300.000, Tumač geološke karte Republike Hrvatske. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 1-141.

INTERNETSKI IZVORI:

[www.preglednik.arkod.hr](http://www.preglednik.arkod.hr) [učitano 5.2.2016.]

[www.3dgeography.co.uk/#!glacier-diagrams/c1ueq](http://www.3dgeography.co.uk/#!glacier-diagrams/c1ueq) [učitano 5.2.2016.]

## 11. Summary

Pleistocene glacial and glaciofluvial sediments were studied in Marasovići village in Velika Paklenica Canyon and on Seline coast. The aim of this work was to determine the origin of debris in sediments on these two localities by carrying out granulometry, microfacies and morphology analyses.

In 2014., a construction pit in Velika Paklenica was opened and samples of unsorted sediment were collected for granulometry, morphology and microfacies cabinet analyses. Delta and alluvial fan conglomerates outcrop on the coast of Seline. They were deposited in glaciolacustrine environment, together with finegrained lacustrine deposits. Delta conglomerates are cemented and field granulometry method was used to describe detritus characteristics in two delta horizons (A and B). Samples of debris from alluvial conglomerates were studied for microfacies analysis. I determined the origin of debris from deposits in Velika Paklenica and Seline by comparing the lithologies of the samples to lithologies present in the area of Paklenica National Park.

Sediment sample from Velika Paklenica shows characteristics of subglacial transport and debris was probably deposited as ground moraine. The clast shapes found at the outcrop are bullet, cone and faceted. Sediment is unsorted and consists of coarsegrained debris in finegrained matrix. Microfacies analysis shows that debris in Velika Paklenica sediment belongs to lithologies of possible Upper Permian, Lower, Middle and Late Triassic and Lower Jurrasic age. Microfacies analysis of alluvial conglomerate in Seline shows that debris belongs to lithologies of possible Upper Permian, Lower, Middle and Late Triassic, Lower and Middle Jurrasic, Lower Cretaceous and Paleogene age. The same detritus was found in delta conglomerate horizons A and B, but the age of pebbles was determined only based on their morphology and color at the outcrop. Delta debris is more sorted and rounded than debris in Marasovići. Alluvial and delta conglomerates were deposited by glacial meltwaters in proglacial lake environment.



## DODATAK

| Broj | Izbrusak | Naziv stijene (Folk)       | Moguća starost          | Fosili   |
|------|----------|----------------------------|-------------------------|--|
| 1    | 1213a    | Biomikrit                  | P <sub>3</sub>          | <i>Mizzia</i> sp. (? <i>velebitana</i> ),<br>gimnokodijacejske alge,<br>foraminifere                             |
| 2    | 1213b    | Biosparit                  | T <sub>1</sub>          | Ljuštore školjkaša, gastropoda   |
| 3    | 1213c    | Biomikrit/biolitit         | T <sub>1</sub>          | Ljuštore školjkaša,<br>cijanobakterijske nakupine  |
| 4    | 1213d    | Dolomitizirani biolitit    |                         | Fragment spužve  |
| 5    | 1213e    | Kasnodijagnetski dolomit   |                         |  |
| 6    | 1213f    | Sparit                     |                         |  |
| 7    | 1213g    | Fosiliferni mikrit         |                         | Biserijalne foraminifere   |
| 8    | 1213i    | Fosiliferni mikrit         | T                       | Bodlja ježinca, foraminifera   |
| 9    | 1213j    | Biolitit                   | T <sub>3</sub>          | Stromatolit  |
| 10   | 1213l    | Dolomitizirani biolitit    |                         | Spužva   |
| 11   | 1213m    | Dolo mikrit/sparit         |                         |  |
| 12   | 1213n    | Kasnodijagenetski dolomit  |                         |  |
| 13   | 1213p    | Rekristalizirani biomikrit | T <sub>1</sub>          | Ljuštore školjkaša   |
| 14   | 1213r    | Biomikrit                  | J <sub>1</sub>          | <i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i>   |
| 15   | S3       | Mikrit                     |                         |  |
| 16   | S6       | Fosiliferni mikrit         | K <sub>1</sub>          | <i>Favreina salevensis</i>   |
| 17   | S7       | Biomikrit                  |                         | Cijanobakterijske nakupine   |
| 18   | S8       | Biomikrit                  |                         | Cijanobakterijske nakupine   |
| 19   | S10      | Biomikrit                  | T <sub>2</sub> (anizik) | <i>Meandrospira dinarica</i> ,<br><i>Pillamina densa</i> ,<br><i>Endothyranella</i> sp.,<br>bodlja ježinca, alge |
| 20   | S11      | Sitnozrnati pješčenjak     | T                       |  |
| 21   | S12      | Biolitit                   |                         | Dio skeleta koralja  |
| 22   | S15      | Biomikrit                  | T                       | Ostrakoda, gastropoda,<br>? <i>Megalodon</i> , ljuštore školjkaša,<br>foraminifere                               |
| 23   | S18      | Biomikrit                  | K <sub>1</sub>          | Miliolidae   |
| 24   | S19      | Biomikrit                  | P                       | Gastropoda, školjkaši,<br>?brahiopoda  |
| 25   | S20      | Biomikrit                  | T <sub>3</sub>          | Gastropoda, filamenti,<br>bodljikaši, ?amonit  |
| 26   | S21      | Biopelmikrit               | K <sub>1</sub>          | Ljuštore školjkaša, <i>Favreina</i> sp.,<br>biserijalna foraminifera   |
| 27   | S22      | Biomikrit                  | T <sub>1</sub>          | Ljuštore školjkaša, miliolidna<br>foraminifera   |
| 28   | S23      | Biopelsparit               | K <sub>1</sub>          | Fekalni peleti <i>Favreina</i> sp.,<br>gastropoda, ljuštore školjkaša  |
| 29   | S24      | Biopelmikrit               | J <sub>1</sub>          | Bodlje ježinca, gastropoda,<br>foraminifere <i>Siphovalvulina</i> cf.  |