

Varijabilnost sadržaja CaCO_3 u turbiditima srednjedalmatinskog fliškog bazena

Kosanović, Hrvoje

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:217:352872>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

HRVOJE KOSANOVIĆ

Varijabilnost sadržaja CaCO_3 u turbiditima
srednjedalmatinskog fliškog bazena

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

HRVOJE KOSANOVIĆ

Varijabilnost sadržaja CaCO_3 u turbiditima
srednjedalmatinskog fliškog bazena

Diplomski rad

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

Zagreb, 2018.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Geološki odsjek

Diplomski rad

Varijabilnost sadržaja CaCO_3 u turbiditima srednjedalmatinskog fliškog bazena

Hrvoje Kosanović

Rad je izrađen u Geološko-paleontološkom zavodu PMF-a, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb.

Sažetak: Ovaj radi bavi se istraživanjem kako se mijenja udio CaCO_3 u lutitskom dijelu megaslojeva u srednjedalmatinskom fliškom bazenu i to u Solinskom sub-bazenu. Analizirani su uzorci prikupljeni prilikom sedimentoloških istraživanja, i to olistostrome K-S, megasloja 2-7, te tankih turbidita 112, 211 i 212. Primjenjene metode istraživanja su kalcimetrija, rendgenska difrakcija na prahu i rendgenska fluorescencija. Cilj ovog rada je da se utvrdi mijenjali li se sadržaj CaCO_3 u cementnim laporima koji su dio megaturbidita i postoje li varijacije u mineralnom i kemijskom sastavu sitne frakcije tih slojeva.

Ključne riječi: megaslojevi, turbiditi, kalcimetrija, XRD, XRF

Rad sadrži: 56 strana, 53 slike, 2 tablice, 19 referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen u Središnjoj geološkoj knjižnici PMF-a, Horvatovac 102A, 10 000 Zagreb

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

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

dr. sc. Marijan Kovačić, izv. prof

dr.sc. Jasenka Sremac, red. prof.

Zamjena: dr. sc. Borna Lužar-Oberiter, docent

Rad prihvaćen: 14. rujan 2018.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Master of Science Thesis

Variability of CaCO₃ content in Central Dalmatian Flysch basin turbidites

Hrvoje Kosanović

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

Abstract: This paper focuses on research on variability in abundance of CaCO₃ in lutite parts of megabeds in the Central Dalmatian flysch basin, particularly in Solin sub-basin. Analyzed samples were collected during previous sedimentological studies, in particular of K-S olistostrome, 2-7 megabed and thin turbidites 112, 211 and 212. The applied research methods were calcimetry, X-ray diffraction and X-ray fluorescence. The aim of this study is to determine whether the content of CaCO₃ changes in the cement marls which are part of megaturbidites, and whether there are any variations in the mineral and chemical composition of the fine fraction of these layers.

Keywords: megabeds, turbidites, calcimetry, XRD, XRF

Thesis contains: 56 pages, 53 figures, 2 tables, 19 references

Origin in: Croatian

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

Supervisor: dr. sc. Tihomir Marjanac

Reviewers: dr. sc. Tihomir Marjanac

dr. sc. Marijan Kovačić

dr.sc. Jasenka Sremac

Zamjena: dr. sc. Borna Lužar-Oberiter

Thesis accepted: September 14th 2018

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA.....	2
3. GEOLOŠKA GRAĐA SREDNJE DALMATINSKOG FLIŠKOG BAZENA.....	4
3.1. TURBIDITI.....	7
3.2. MEGASLOJEVI.....	13
3.2.1. OLISTOSTROMA K-S.....	14
3.2.2. KOMPOZITNI SLOJ 2-7.....	17
4. METODE ISTRAŽIVANJA.....	18
4.1. KALCIMETRIJA.....	18
4.2. RENDGENSKA DIFRAKCIJA NA PRAHU (XRD).....	20
4.3. RENDGENSKA FLUORESCENCIJA (XRF).....	24
5. REZULTATI.....	28
5.1. KALCIMETRIJA.....	28
5.1.1. SLOJ 234.....	31
5.1.2. SLOJ 2-7.....	40
5.1.3. SLOJ 212.....	42
5.1.4. SLOJ 211.....	43
5.1.5. SLOJ 112.....	44
5.2. RENDGENSKA DIFRAKCIJA NA PRAHU (XRD).....	45
5.3. RENDGENSKA FLUORESCENCIJA (XRF).....	49
6. DISKUSIJA.....	50
7. ZAKLJUČAK.....	53
8. LITERATURA.....	54
9. ZAHVALA.....	56

1. UVOD

Fliš je serija sedimentnih stijena u kojima se izmjenjuju lapori, pješčenjaci i vapnenci. Nastaje djelovanjem turbiditne struje koje prati tektonika. Fliša ima i kod nas na području Jadrana. Tako se on pojavljuje u Istri, Ravnim Kotarima, te srednjoj i južnoj Dalmaciji. Sastav je karbonatni sa skeletnim ostacima foraminifera, te klastima i blokovima plitkovodnih vapnenaca (Marjanac i Ćosović, 2000).

Fliš je lociran i u srednjoj Dalmaciji, te se dijeli na Splitsko-kaštelanski i Solinski sub-bazen (Marjanac, 1987). Fliš i turbiditi u njemu su karbonatnog sastava, jer je i izvorište materijala bilo u karbonatnim Dinaridima. Varijacije u udjelu CaCO_3 nisu izražene ili ako postoje rezultat su procesa u taložnom bazenu.

U ovom radu istraživao sam sadržaj kalcijevog karbonata u naslagama olistostrome K-S, megasloja i tankih turbidita koji su detaljno sedimentološki istraživani na području okolice Solina. To područje inače pripada srednjedalmatinskom fliškom bazenu, pa je zanimljivo bilo za vidjeti mijenjali li se sadržaj karbonatne komponente i kako kroz sedimentološki stup određenog sloja, pošto se radi o fliškom bazenu, što je bio primaran cilj istraživanja. Metodu za analizu koju sam koristio bila je kalcimetrija. Još sam dodatno analizirao mineralni i kemijski sastav danih slojeva, da bi se mogla interpretirati izvorište dolaska taložnog materijala, kao i nastanak samog taložnog prostora i megaslojeva.

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Detaljno opisuje Bouma (1962) fliš kao sediment nastao gravitacijskim tečenjem i taloženjem hidroplastične terigene suspenzije na podmorskoj padini i u bazenu. Turbiditima su se bavili Middleton & Neal (1989) koje su eksperimentalno proizvodili puštanjem sferičnih kuglica iz suspenzije kroz vodoravne cijevi različitih dimenzija, te tako simulirajući tečenje turbiditne struje. Zaključuju da je debljina sloja bila izravno proporcionalna veličini zrna, te je povećanje debljine sloja gotovo bilo jednako. Mutti et al. (1984) bavili su se istraživanjem seizmoturbidita, te ih opisali kao slojeve izuzetnog volumena i površine rasprostiranja koji su proizvod katastrofalnih gravitacijskih tokova koji su potaknuti potresima. Smatraju da su oni iznimno koristan alat za bolje razumijevanje paleosizmičnosti u prostoru i vremenu.

Na području Hrvatske istraživanjem fliša bavio se Šikić (1965) koji je proučavao paleogenske naslage na području Istre, Hrvatskog primorja, pa i na područja Splita u srednjoj Dalmaciji. Istraživao je tektonske odnose, te uspoređivao razvoje s kontinuiranom i nekontinuiranom sedimentacijom. Detaljno je opisao „flišoliku“ seriju Splita i okolice. Magaš i Marinčić (1973) su opisali klastične i karbonatne eocenske naslage (fliš) i tektoniku na području Splita, a Marinčić i suradnici (1977) fliš na području Omiša. Eocenskim flišom bavio se Marinčić (1981) koji je pretpostavio da je bio taložen krajem luteta i u gornjem eocenu kada su tangencijalni tektonski pokreti u šelfu Vanjskih Dinarida stvorili korito koje se punilo fliškom „suspenzijom“ iz unutrašnjeg bosansko-banijskog fliškog bazena. Marjanac (1986) je proučavao slijed Splitskog fliša i tumačio sedimentacijske procese, te rekonstruirao sedimentacijski okoliš paleogenskih klastičnih naslaga u sjevernom i istočnom zaleđu Solina. Proučavao je Kernerovu „srednju flišku zonu“ koja predstavlja izuzetno debeli megasloj koji je kompleksno građen, te se mogu izdvojiti tri karakteristična člana (Marjanac, 1987). Zbog velikog volumena pretaloženog sedimenta to ukazuje da je megasloj nastao pri katastrofalnom razaranju ruba šelfa, te je predložio naziv olistostroma „Kamen-Sutikva“ za megasloj. Marjanac (1987) je istraživao turbidite pri tome je interpretirao debele lapore kao sedimente „ujezerenih“ repova mutnih struja u ograničenom dijelu bazena. Marjanac (1990, 1991) navodi da se u eocenskom flišu srednje Dalmacije nalazi nekoliko slojeva koji su nastali iz reflektiranih gravitacijskih tokova sedimenata na što ukazuju izmjene sekvencija u turbiditnom dijelu sloja, suprotni riplovi unutar istog sloja i suprotni smjerovi toka.

Paleotransporti mlađih turbidita pokazuju prvo donos sa sjeverozapada, sjeveroistoka i jugoistoka, a kasnije samo sa sjeveroistoka. Paleotektonskom rekonstrukcijom prikazana je evolucija bazena samo tokom ekstenzijske faze, i najranije kompresijske faze. Marjanac (1993) u svom radu prikazuje rezultate istraživanja koja su provedena na kaštelansko-splitskom području, gdje su snimani detaljni sedimentološki stupovi kako bi se otkrio sastav i građa sedimenta, a 1996 g. opisuje taloženje megaturbidita u odnosu na promjene razine mora u proksimalnom dijelu eocensko-miocenskog fliškog bazena u srednjoj Dalmaciji. Zaključuje da su relativno tanki "klasični" turbiditi povezani s fan-deltinim konglomeratima očito taloženi tijekom relativno niske razine mora, dok su megaslojevi taloženi tijekom porasta razine mora, te su prekinuti razvojem fan-delta. Marjanac i Čosović (2000) opisuju područje istočnog dijela Jadranskog mora, koje obuhvaća jadransku obalu i dinarsku kopnenu regiju u svrhu stratigrafskog razvoja jadranskog tercijara koji je karakteriziran sa nekoliko faza koji odražavaju glavni stadij evolucije bazena, a Marinčić (2009) opisuje flišne srednje i gornje eocenske naslage na području Splita i Solina u Tumaču Geološke karte Republike Hrvatske 1:300 000.

3. GEOLOŠKA GRAĐA SREDNJDALMATINSKOG FLIŠKOG BAZENA

Srednjodalmatinski fliški bazen proteže se na splitko-kaštelanskom i solinskom području. Bazen se geotektonski nalazi u Vanjskim Dinaridima. Srednjodalmatinski bazen je dio velikog flišnog bazena koji se prostire od Gorice u Italiji sve do Albanije (Marinčić, 1981).

Koncem krede i početkom tercijara došlo je do značajnih tektonskih pokreta. Na erodiranu površinu krede transgredira tercijarno more u kojemu se talože sedimenti, a bazen se sve više produbljuje. Tako u nemirnoj marinskoj, relativno dubokoj sredini iznad glaukonitnih vapnenaca talože se klastične naslage tercijarnog fliša.

Tercijarni bazen bio je okružen kordiljerima mezozojskih karbonatnih stijena.

Klasične i karbonatne naslage eocenskog fliša (Magaš & Marinčić, 1973) izdvojene su na području Trogira, Kaštela i Splita. Sa sjeverne strane pretežno su u anormalnom kontaktu s krednim vapnencima Kozjaka, a na južnoj strani nalazi se more kod Splita i Kaštelanski zaljev. Tu prevladavaju klastične naslage: vapnenačke breče, brečokonglomerati, kalciruditi, kalkareniti, pjeskoviti kalkareniti i biokalkareniti, kalcisiltiti i lapori.

Vapnenačke breče i brečokonglomerati uvijek dolaze u bazi graduiranih slojeva. Dolaze u donjem dijelu klastične serije, koje su pronađene na području Kaštel-Starog. Foraminiferske mikrobeče ili biokalcirudit dolaze također u bazi graduiranog sloja koji se sastoji od ulomaka mikroforaminifera, fragmenata algi, ulomaka vapnenačkih lapora i rožnjaka.

Pjeskoviti kalkareniti izgrađuju srednji dio turbidita. Sastoje se općenito od vapnenačkog detritusa intrabazenskog podrijekla (ulomci foraminifera, fragmenti algi i vapnenačke čestice litogenog podrijekla i manje količine terigenog detritusa (kvarc, čestice silikatnih stijena, tj. rožnjaka ili kvarcita), čestice niskometamornih škriljavaca, zrna feldspata i listića klorita, muskovita i klorita. Lapori predstavljaju završne članove turbiditnih sekvencija.

Ritmičnost u sedimentaciji je osnovna karakteristika ovih naslaga. Karakteristika klasičnog razvoja eocena su lateralni litološki prelazi. Rezistentni materijal kao kalkareniti i brečokonglomerati, zbog veće otpornosti na atmosferlije štrše iz podloge, obilježavajući konture postojećih struktura. U sitnozrnatim vapnenačkim pješčenjacima i kalcisiltitima uočava se kosa i vijugava slojevitost. Od tekstura na donjoj slojnoj plohi uočavaju se tragovi tečenja, slijevanja i mehaničkog utiskivanja, a na gornjoj slojnoj plohi velikih slojeva vide se riplovi i pukotine, konkretno kod Klisa i Solina.

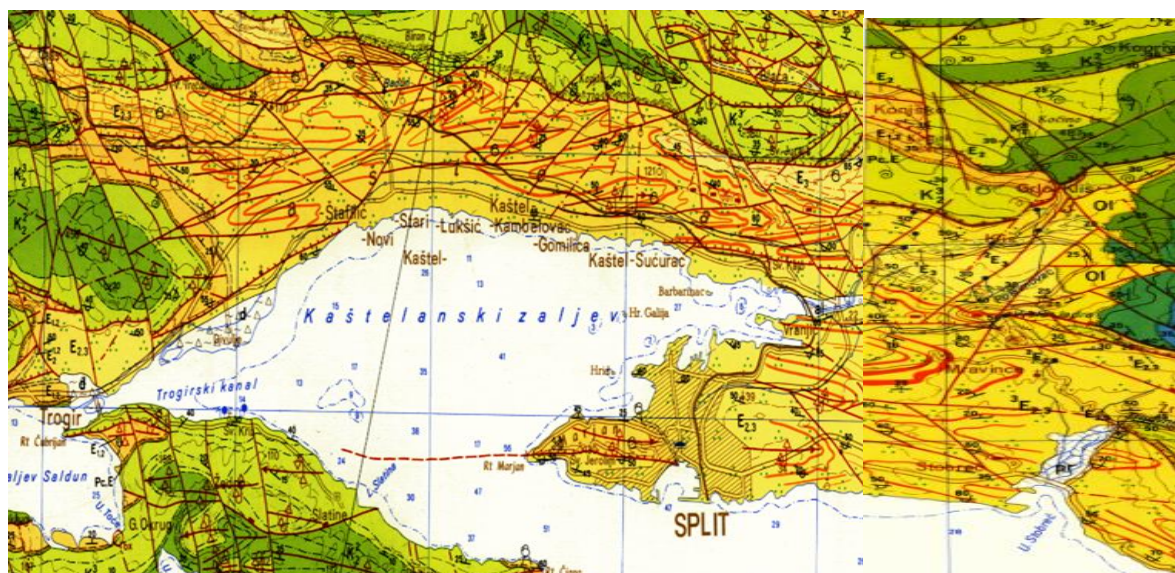
Mikropaleontološkim analizama ovih naslaga pronađene su mikrofosilne asocijacije relativno dubljeg mora. U najvišim dijelovima razvoja i u laporima bogato je zastupljena globigerinsko-globorotalijska asocijacija, koja potvrđuje gornjolutetsku starost. Toj starosti pripadaju kalkareniti s velikim foraminiferama. Mikropaleontološke analize također su pokazale miješanje gornjolutetske i priabonske faune, što je posljedica pretaloživanja.

Pješčenjaci i vapnenci u izmjeni s laporima (Marinčić et al., 1976) predstavljaju najmlađe tercijarne sedimente širokog područja sinklinorija od jugozapadnih padina Mosora i Biokova do obale. Izgrađuju ih pješčenjaci i detritični vapnenci u izmjeni s laporima. Prema petrologiji to su kalciruditi, kalkareniti, kvarckalkareniti, kalcisiltiti i lapori.

Debljina slojeva detritičnih vapnenaca varira od par cm do 5 m, a pjeskovitih kalkarenita i kvarc-kalkarenita, od 2 cm do 1 m. Laporima izgrađuju pretežni dio stijenske mase ovog kompleksa. Pravilna ciklična izmjena od grubo detritičnih varijeteta preko kalkarenita do lapora, ukazuje na ritmičku sedimentaciju fliša. Debljina sloja rijetko se mijenja ili potpuno isklinjava u lapor. Mjestimično se susreću tragovi utiskivanja i životne aktivnosti organizama, te ostaci tragova tečenja i otjecanja, kao i laminacije tečenja (Marinčić et al., 1976).

Vremenski raspon taloženja fliša je od gornjeg dijela srednjeg eocena do gornjeg eocena. Miješanje odnosno relativno brza izmjena litofacijskih karakteristika u istom batimetrijskom nivou ukazuju na dotok sedimenata i fosila iz plićih dijelova fliškog sedimentacijskog bazena, vjerojatno turbiditnim tokovima niz strme padine dna (Marinčić et al., 1976).

Tektonski, srednjedalmatinski bazen ima ljuskavu građu. Tu su prevrnutе antiklinale reversno natisnute tektonski reduciranim jugozapadnim krilima na fliš.



Slika 1. Područje srednjedalmatinskog fliškog bazena (lijevo List Split: Marinčić et al.,1971. i desno List Omiš: Marinčić et al.,1976.)

3.1. TURBIDITI

Naslage nastale mutnim (turbiditnim) strujama (turbiditi) pokazuju karakterističnu vertikalnu sekvenciju sedimentnih obilježja, koje se više ili manje ponavljaju iz jednog sloja u drugi. U svakom sloju nisu prisutne sve faze, te je vjerojatno da te faze ovise o brzini vode, dubini ili volumenu vode i količini sedimenta iz mutne struje. Prvo se taloži krupnozrnati materijal, a nakon njega postupno sve sitnozrnatiji. Dok je stuja jaka razvijaju se razni kanali i riplovi, a kada ona oslabi, taloži se samo suspendirani detritus i vrh sloja se zaravna. Tako nastaju turbiditi u relativno dubokoj vodi.

Bouma (1962) je prvi koji je shvatio da su odvojene i često nepotpuno opisane turbiditne sekvencije koje su opisivali pojedini istraživači, zapravo dio istog tipa sedimenta, te da se za prikaz turbidita može upotrijebiti idealizirani slijed tekstura koji je danas poznat kao Bouma-sekvencija.

Boumina (1962) istraživanja potvrdila su Kuenenova opažanja iz 1953. g., tako da je ograničeni broj sedimentnih tekstura karakterističan za gotovo sve slojeve, a postoji i fiksni, karakteristični slijed. Slojevi, koji pokazuju potpuni slijed ovih tekstura, mogu se podijeliti u pet intervala, koje se međusobno odlikuju dominacijom jedne sedimentne teksture u svakom intervalu. Prijelazi između intervala mogu biti nagli, postupni ili nejasni.

Pet intervala potpune turbiditne sekvencije prikazani su u vertikalnom slijedu od podine (a) do krovine (e) (slika 2).

Graduirani interval (Ta). Donji dio turbidita sastoji se od pijeska koji pokazuje više ili manje jasnu graduiranost. Ovo graduiranje može biti nejasno ili čak odsutno ako je materijal dobro sortirani. Struktura ovog intervala je pješčana i ponekad šljunkovita. U ovom intervalu nisu poznate druge tekture.

Donji interval paralelne laminacije (Tb). U ovom intervalu prevladava gruba paralelna laminacija, nastala izmjenom više ili manje glinovitih pješčanih lamina. Ovaj interval može biti graduiran, ali prevladava laminacija. Kontakt između graduiranog intervala i intervala donje paralelne laminacije je općenito postupan.

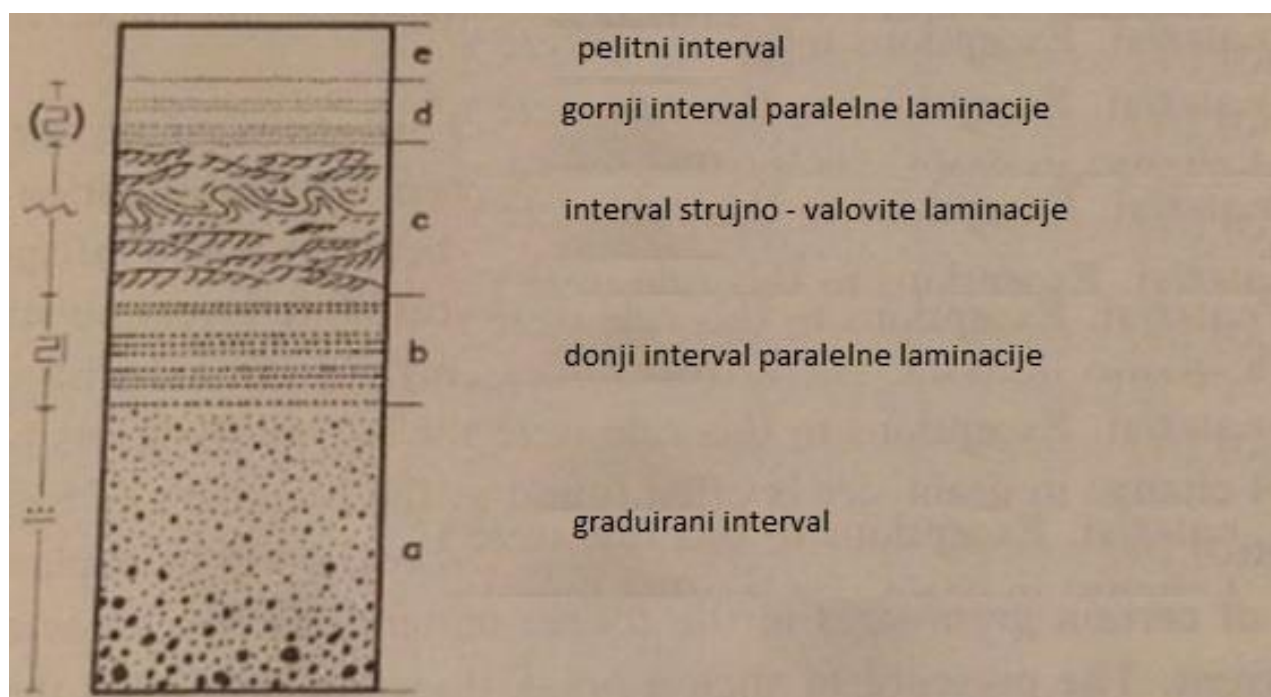
Interval strujno-valovite laminacije (Tc). Ovaj interval se sastoji od strujnih riplova koji su u većini slučajeva visine manje od 5 cm i ne dulji od 20 cm. Posebno je često vidljiv prednji set laminacije. Ponekad su riplovi više ili manje savijeni. Ako se javlja izražena savijena laminacija, ona je ograničena na taj interval, u njenom nižem, srednjem ili gornjem dijelu, ili u više od jednog dijela. Iako se i dalje smanjuje veličina zrna strujno-valovita laminacija čini ju nejasnom.

Gornji interval paralelne laminacije (Td). U ovom intervalu vidimo slabo izraženu paralelnu laminaciju, ali ako je sloj oštećen ili tektoniziran, laminacija može biti nevidljiva. Materijal se sastoji od vrlo finog pjeskovitog do siltnog pelita. Ponekad je vidljivo smanjenje sadržaja pijeska idući prema vrhu intervala. Kontakt između strujno-valovitog intervala i ovog intervala obično je jasan.

Pelitni interval (Te). Gornji interval sloja ne pokazuje vidljive sedimentne strukture. Može se uočiti lagano smanjenje veličine zrna i sadržaja silta idući prema vrhu. U ovom intervalu je često ubrzano povećanje sadržaja vapnenačke komponente, a mogu se naći i foraminifere. Njihov se broj općenito povećava s povećanjem sadržaja vapnenačke komponente i smanjenjem veličine zrna. Kontakt između gornjih dvaju intervala općenito je postupan do vrlo postupan.

Ponekad se iznad pelitskog intervala može nalaziti glinoviti lapor ili lapor. Pretpostavka je da se između naslaga turbiditnih struja pojavljuju pelagički sedimenti. U najfinijim dijelovima turbiditnih slojeva nema značajnih razlika u veličini zrna, sadržaju karbonata i fosilnog sadržaja s obzirom na temeljni materijal.

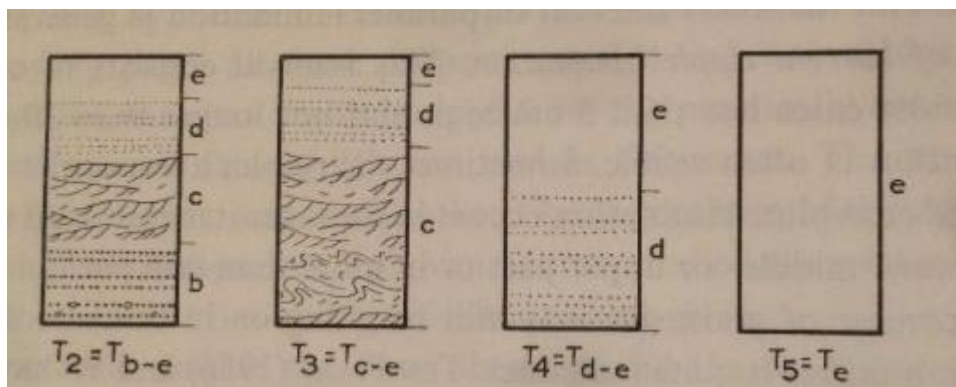
Ovaj potpuni slijed, zvan interval T1 ili T_{a-e} predstavlja *Bouma-sekvenciju*, te se pronalazi rijetko i to samo u debljim slojevima, dok većina slojeva ipak pokazuju nepotpune Bouma-sekvencije.



Slika 2. Kompletna sekvencija T_{a-e} (Bouma, 1987)

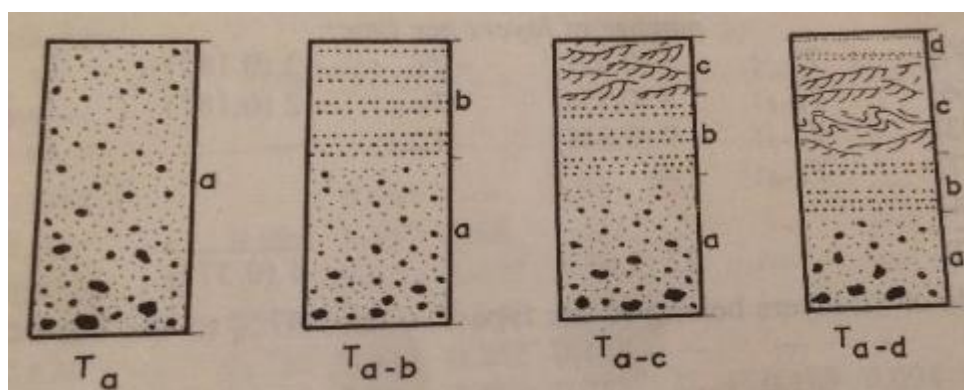
Bouma (1962) je uočio da mnogi turbiditi imaju nepotpune sekvencije koje pripadaju jednoj od slijedeće tri skupine, a sve se sastoje od dijela potpune Bouma-sekvencije T_{a-e} .

Sekvencije bez baze. ($T_2 = T_{b-e}$; $T_3 = T_{c-e}$; $T_4 = T_{d-e}$; $T_5 = T_e$). U tim sekvencijama nedostaju najniži jedan (T_a), dva (T_{a-b}), tri (T_{a-c}) ili četiri (T_{a-d}) intervala potpune Bouma-sekvencije (slika 3). Razlikovanje T_{d-e} i T_e može biti vrlo teška i može se uočiti samo ako je baza sloja malo pješčana ili grubo siltna, u tom slučaju vidljiva je paralelna laminacija.



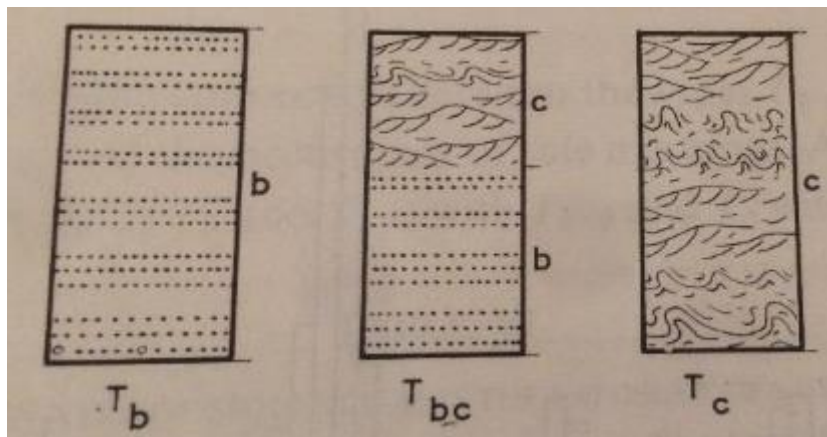
Slika 3. Sekvencije „izrezane“ baze ili bez baze (Bouma, 1987)

Nepotpune sekvencije (T_a ; T_{a-b} ; T_{a-c} ; T_{a-d}) su one u kojima nedostaju gornja četiri (T_{b-e}), tri (T_{c-e}), dva (T_{d-e}) ili jedan (T_e) turbiditski interval (slika 4). To može biti uzrokovano erozijom slijedeće struje, ili drugom od dvije turbiditne struje, počevši odmah nakon prve.



Slika 4. Skraćene sekvencije nepotpune Bouma-sekvencije (Bouma, 1987)

Skraćene sekvencije s podrežanom bazom (T_b , T_{b-c} , T_{b-d} , T_c , T_{c-d} , T_d) mogu se pojaviti u kombinaciji, gdje nedostaju podinski i krovinski intervali (slika 5)

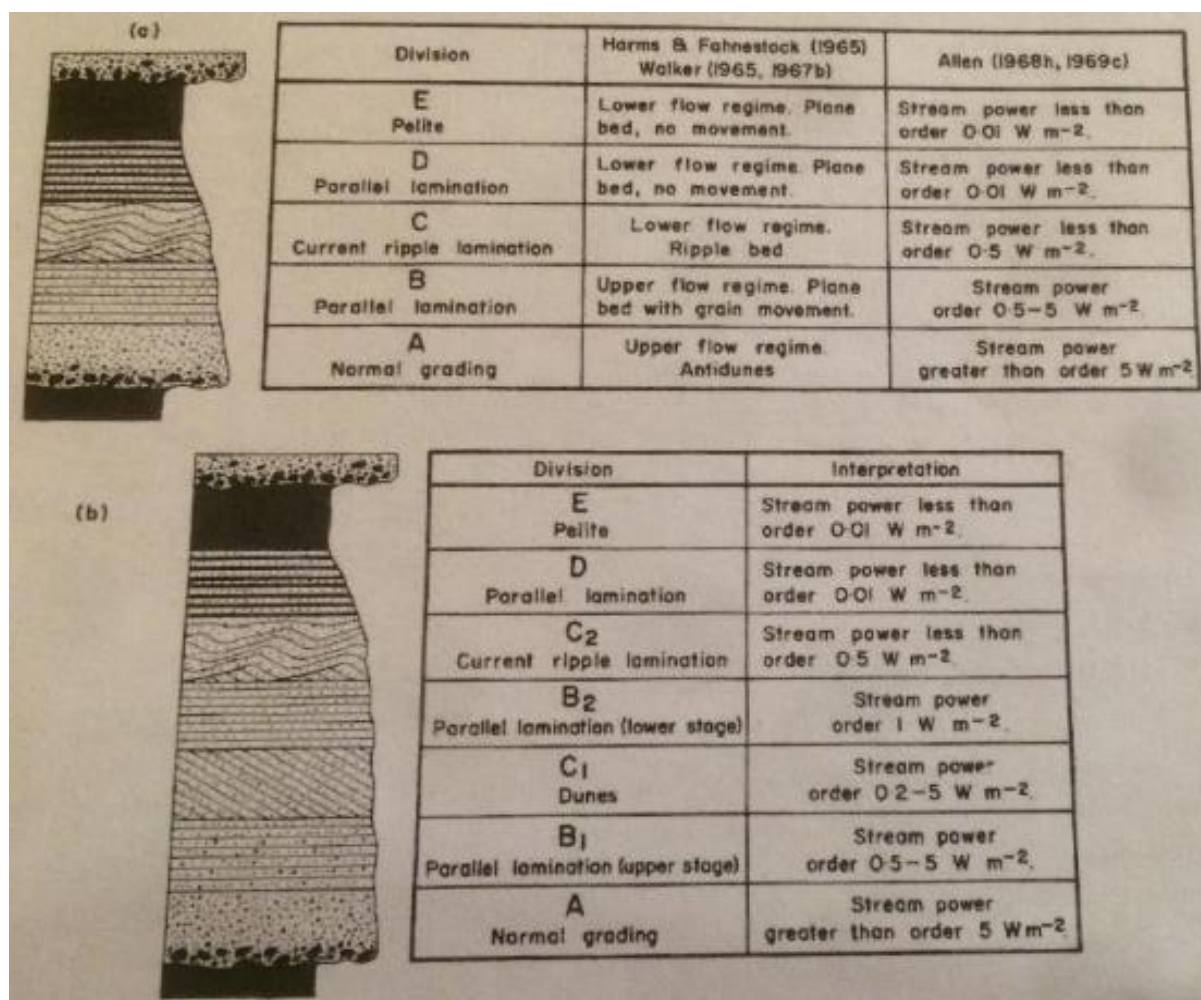


Slika 5. Skraćene sekvencije s podrežanom bazom (Bouma, 1987)

Boumina spoznaja je empirijski ispravna i slaže se s našim razumijevanjem mehanizama turbiditnih struja. Iako je široko prihvaćena, ona nije prošla nepromijenjena, prvenstveno zato što se odnosi na terigene klastične turbidite. Kuenen je uočio (Bouma 1962) da je kosa slojevitost, koju bi se moglo pripisati dinamama, rijetka u turbiditima, što ukazuje na terigeni doprinos. Razni istraživači se bave kosom slojevitošću koja je rijetka i ograničena na grubozrnate terigene turbidite. Među karbonatnim turbiditima primjećuju tri sekvencije kose slojevitosti, a neki izvode slične sekvencije i iz grubozrnatih terigenih turbidita.

Kombinirajući empirijske s teorijskim dokazima, Allen 1970d je predložio modificiranu idealnu turbiditnu sekvenciju koja obuhvaća: (A) graduirani interval, (B1) donji interval paralelne laminacije taložene s gornje strane slojne plohe, (C1) koso uslojeni interval, (B2) srednji interval paralelne laminacije taložene na donjim slojnim plohama, (C2) interval kose laminacije, (D) gornji interval paralelne laminacije, i (E) interval mulja (slika 6).

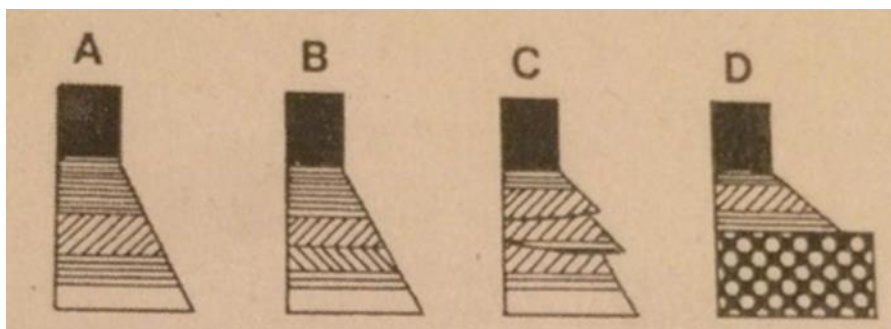
Ova shema zaobilazi ograničenje veličine zrna, što je obuhvaćeno u Boumovom prijedlogu i uzima u obzir strukturne razlike u izvornim materijalima terigenih i bioklastičnih turbidita. Na ovoj shemi, tipična sekvencija za terigeni klastični turbidit bila bi $A \rightarrow B_2 \rightarrow C_2 \rightarrow D \rightarrow E$, gdje se bioklasti mogu prikazati kao $C_1 \rightarrow C_2 \rightarrow D \rightarrow E$ ili $C_1 \rightarrow B_2 \rightarrow C_2 \rightarrow D \rightarrow E$. Za interval D iskustvo dokazuje da je ono najmanje zadovoljavajuće za Boumine intervale, prvenstveno zato što je teško ili nemoguće prepoznati po mnogim zajedničkim okolnostima. Sam Bouma prepoznao je poteškoću razdvajanja ovog intervala od intervala Te, a njegova oklijevanja potvrdili su i drugi. Bouma-intervali Td i Te često se kombiniraju.



Slika 6. Idealne vertikalne sekvencije veličine zrna i sedimentnih tekstura u turbiditima. a) prema Bouma (1962), s kasnijim tumačenjima. b) u relativno grubozrnatim klastičnim ili bioklastičnim turbiditima (Allen, 1984).

3.2. MEGASLOJEVI

Nema opće precizno definiranog i prihvaćenog pojma za megasloj, ali je opće suglasno da su megaslojevi slojevi koji su definirani izuzetnom debljinom. Megaslojevi za ovu svrhu su definirani debljinom koja prelazi 10 m. Postoje različite vrste megaslojeva: megaturbiditi, „reflektirani“ turbiditi, kompozitni i kompleksni slojevi, koji se mogu vidjeti na slici 7. Megaslojevi su česti u mnogim fliškim bazenima. Udio megaslojeva u ispuni bazena može biti vrlo značajan. To se posebno odnosi na eocensko-miocenski bazen srednje Dalmacije, gdje megaslojevi čine 1/3 ukupno izmjerenog slijeda sedimenata (Marjanac, 1989, 1991) i to na području okolice Splita i Solina. (slika 10)



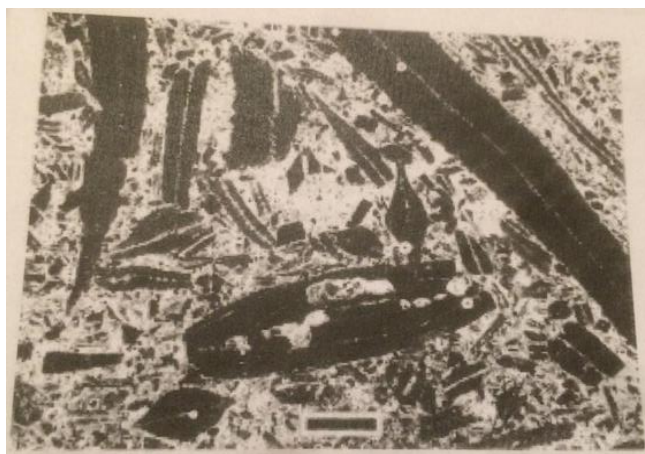
Slika 7. Pojedini tipovi megaslojeva, razlikuju se po građi: A) megaturbiditi, B) „reflektirani“ turbiditi, C) kompozitni slojevi, D) kompleksni slojevi (Marjanac, 1986).

3.2.1. OLISTOSTROMA K-S

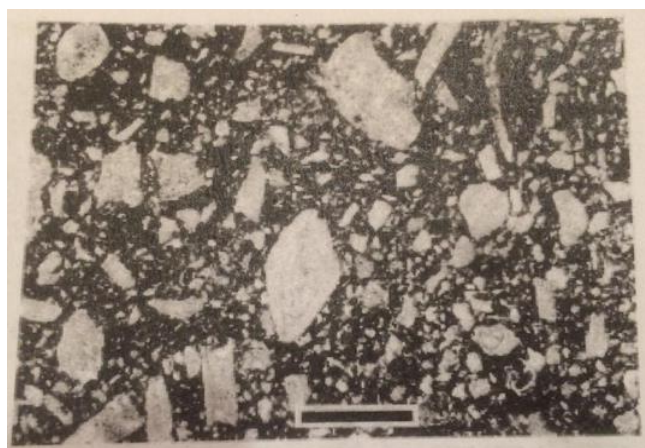
Debritno-turbiditni slojevi smatraju se kompleksnim slojevima (Marjanac, 1986) od kojih je najistaknutiji olistostroma K-S, izložena u blizini Splita i Solina. Karakterizira ga izuzetno velika debljina od oko 170 m, a može se litološki podijeliti na 3 karakteristična člana:

1. donji član
2. srednji kalkarenitni član
3. gornji laporoviti član

Donji član megasloja je do 80 m debeo debrit koji sadrži paleogenske i kredne vapnenačke klaste, velike klaste lapora, klaste deformiranih flišnih slojeva i obilje numulita u laporovitom matriksu (slika 8). Klasti su različitih veličina, te su dobro zaobljeni. Paleogeni vapnenački klasti su nekad ogromni blokovi veličine višekratnice, a vapnenački klasti kredne starosti obično su veličine stijene. Blokovi su najčešće predstavljeni eocenskim foraminiferskim vapnencem (slika 9) koji su uslojeni, a danas neki od njih i karstificirani. Blokovi čak imaju špilje s horizontalnim i vertikalno razvijenim kanalima. Dijelovi kliznih bora metarskih do dekametarskih dimenzija nalaze se u podini. Sve se to nalazi u lapornoj osnovi s raspršenim velikim foraminiferama (uglavnom numuliti i diskocikline), sitnim skeletnim kršjem, manjim vapnenačkim valuticama i valuticama rožnjaka. U donjem članu megasloja (debitu) na gore se smanjuje broj velikih blokova i klasta sedimenata, a postupno se povećava udio muljne osnove. Mjestimično se uočava prijelaz iz kaotičnog dijela sedimenta u pakirani sediment (numulitna breča) napretkom prema vrhu. Granica donjeg i srednjeg člana sloja je neravna, te se mjestimično uočava i utiskivanje podinskog sedimenta duž pukotina u krovinski sediment (Marjanac, 1987).



Slika 8. Laporoviti matriks donje jedinice megasloja Kamen-Sutikve. Sadrži fragmentirane bioklaste. Acetatna folija. Mikrosnimak. Mjerna skala 1 mm (Marjanac, 1989).

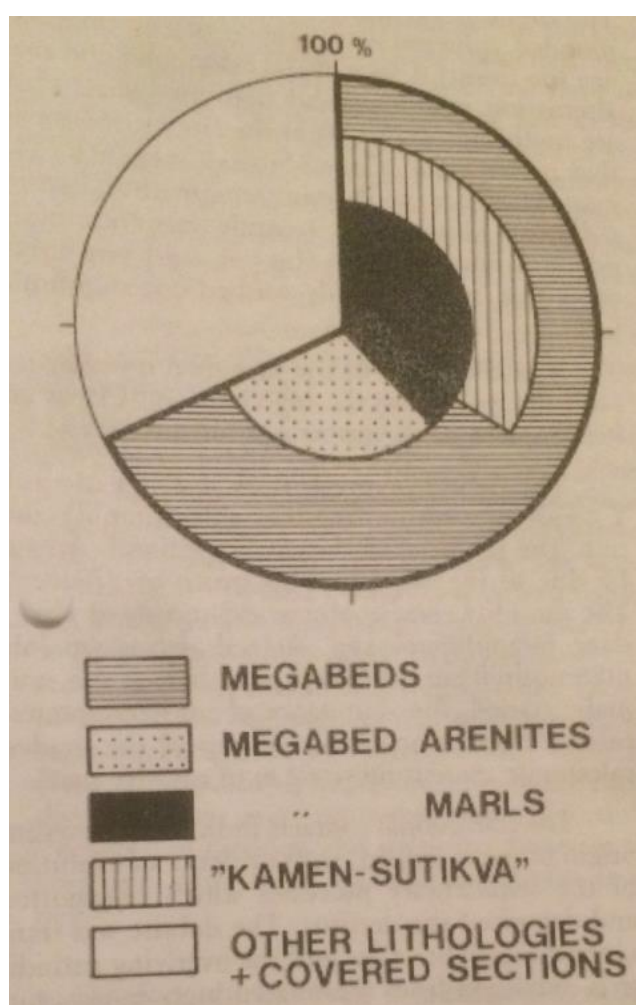


Slika 9. Foraminiferski vapnenac megaklasta olistolita Kamen. Biomikrit. Uočava se bioerozija i fragmenti foraminifera. Mikrosnimak. Mjerna skala 1 mm (Marjanac, 1989).

Srednji član megasloja predstavlja normalno graduirani kalkarenit. Ovaj član megasloja debeo je 27-60 m i u donjem dijelu je izgrađen od velikog broja pakiranih numulita (tzv. numulitna breča). Duž kontakta s podinskim nepakiranim sedimentom numuliti u srednjem članu su orijentirani paralelno kontaktnoj plohi. U srednjem članu megasloja više nema velikih foraminifera niti krupnijih vapnenačkih valutica. Numulitna breča je debela oko 10 m i usitnjava se od veličine sitnog šljunka do veličine krupnog pijeska. Udio cijelih foraminifera

na gore postepno opada, a raste udio skeletnog kršja tako da stijena postaje čvrst plavosivi kalkarenit, koji se u narodu naziva „plavac“, te je deo oko 12 m. Teksture su zbog trošenja u ovom dijelu sloja slabo vidljive, tako da se uz normalno građiranje u plavosivim kalkarenitima samo mjestimično vide paralelna i valovita laminacija. Na gore plavosivi kalkarenit postupno prelazi u lapor (Marjanac, 1987).

Gornji član megasloja predstavljen je masivnim laporom koji je deo 30-60 m (Marjanac, 1987), a koristi se u Solinskoj cementnoj industriji.



Slika 10. Udio megaslojeva u flišu srednje Dalmacije. Megasloj Kamen-Sutikva je izdvojen i vidi se da čini 1/3 izmjeranog slijeda u Solinskom flišu. (Marjanac, 1987)

3.2.2. KOMPOZITNI SLOJ 2-7

Kompozitni turbiditi (Marjanac, 1986) pojavljuju se samo u donjem dijelu gornje flišne zone. Tipičan kompozitni sloj je sloj 2-7 koji se sastoji od nekoliko litološki ujednačenih i normalno graduiranih kalkarenita, iznad kojih se nalazi oko 20 m lapora s prijelaznim kontaktom. Sloj 2-7 debeo je oko 37 m, a može se pratiti u pružanju nekoliko kilometara. Njegova karakteristična građa omogućuje korelaciju udaljenih profila.

Kalkareniti imaju oštre kontakte koji odvajaju pojedine taložne jedinice. Pojedine jedinice sadrže brojne strukture istiskivanja vode kao što su zdjele i posude. Detritus u kalkarenitima su uglavnom bioklasti (foraminifere, razni skeletni ostaci) i rijetki litoklasti biomikrita.

Lapor u sloju 2-7 je kompleksno građen, sadrži pakete masivnog i laminiranog lapora u izmjeni laminiranog i masivnog lapora pojedini intervali su debeli od nekoliko centimetara do nekoliko decimetara debljine. Masivni lapori u sloju 2-7 su debljine 6 m, a izmjena masivnih i laminiranih lapora debljine je 18 m (Marjanac, 1989).

4. METODE ISTRAŽIVANJA

U svom diplomskom radu koristio sam za analizu uzorke lapora iz odabranih megaslojeva i turbidita 3 metode: kalcimetriju, rendgensku difrakciju na prahu (XRD) i rendgensku fluorescenciju (XRF).

4.1. KALCIMETRIJA

Kalcimetrijom je određivan udio CaCO_3 u uzorku, što je bio primaran zadatak. Analizirani uzorci su bili cementni lapori iz lutitskog dijela megaturbidita u okolici Solina. Cilj je bio utvrditi koliko karbonatne komponente sadrži uzorak.

Za eksperiment su korišteni: digitalna analitička vaga sa 4 decimale, klorovodična kiselina početne koncentracije 19 %, destilirana voda, menzura volumena 1000 ml, plastične čaše volumena 200 ml, lijevak i filter papir.

Priprema uzorka:

Uzorak sam smrvio pomoću čekića. Mrvljenje je napravljeno da bi se lakše otopila karbonatna komponenta uzorka pod utjecajem klorovodične kiseline (HCl). Što je uzorak sitniji to će biti lakše i brže otapanje. Zadovoljavajuća količina smrvljenih uzoraka morala je biti mase veće od 5 g, jer je za analizu korišteno 5 g uzorka.

Postupak:

U menzuru volumena 1000 ml dodao sam 750 ml destilirane vode u koju sam zatim usipao 250 ml klorovodične kiseline, da omjer razrijeđene klorovodične kiseline bude u omjeru 1: 4 i da koncentracija ne bude prevelika, tako da reakcija otapanja ne bude izražena. Za svaki uzorak pripremljen je izrezani filter-papir koji je korišten za odvajanje netopivog ostatka od otopine.

Svaki filter-papir je prethodno izvagan, jer je masa svakoga različita. Masa svakog uzorka izmjerena je digitalnom analitičkom vagom približno 5 g. U plastičnu čašu s oko 150 ml razrijeđene klorovodične kiseline postupno sam usipao uzorak, koji se pritom otapao uz oslobađanje mjehurića ugljičnog dioksida (CO_2). Nakon 1 h reakcija je bila završena (svi mjehurići su se oslobodili i izašli van). Polaganim miješanjem čaše provjerio sam da li je reakcija u potpunosti završila i to tako da mjehurići CO_2 se više neće oslobađati. Na dnu čaše zaostao je talog. Bistra otopina odvojena je od taloga filtriranjem. Na površini filter papira zaostaje talog, koji se sušio na zraku. Osušeni filter-papir s talogom je izvagan, a od te mase je oduzeta poznata masa filter-papira, čime je dobivena masa netopivog ostatka za svaki uzorak. Iz tih podataka i početne mase uzorka izračunat je postotak otopljenog karbonata u uzorku. Rezultati mjerenja prikazani su u poglavlju 5. *Rezultati*.

4.2. RENDGENSKA DIFRAKCIJA NA PRAHU (XRD)

Difrakcija rendgenskog zračenja u polikristalnom uzorku vrlo često se koristi kao metoda fazne analize. U tim postupcima nastoji se odrediti sastav višefazne smjese u čvrstom stanju. Tijekom te vrste analize potrebno je sakupiti što više informacija o strukturi faza za koje se pretpostavlja da bi mogle sačinjavati određenu smjesu. Najbolji pristup uključuje upotrebu podataka o kristalnoj strukturi koju istražujemo. Na temelju tih vrijednosti mogu se izračunati difrakcijski maksimumi (pikovi) tj. simulirati difraktogrami. Za jednostavnu simulaciju difraktograma potrebni su podaci o kristalnoj strukturi koji uključuju: parametre jedinične ćelije, informaciju o prostornoj grupi, koordinate atoma i njihove temperaturne faktore.

PowderCell vrlo je jednostavan program koji omogućuje osnovnu manipulaciju s kristalografskim podacima i služi prije svega za simulaciju i usporedbu difraktograma praha. Sadrži nekoliko bitnih elemenata kao što su: prikaz strukture, prikaz difraktograma (rad s difraktogramima, usporedba izračunatog difraktograma s izmjerenim vrijednostima i ispis difraktograma).

Rendgenska difrakcijska analiza (XRD) je nedestruktivna metoda, te je najvažnija i najmoćnija tehnika za istraživanje svojstva materijala u čvrstom stanju. Mnoge tvari nije moguće prirediti u obliku jediničnog kristala zadovoljavajuće kvalitete i veličine, pa se zato primjenjuje rentgenska strukturna analiza u polikristalnom uzorku (prahu). Ona daje informacije o glavnini uzorka za razliku od difrakcije na monokristalu koji promatra samo jedan izdvojeni kristalić. Jedna od najvažnijih primjena metode praha je određivanje faznog sastava - kvalitativna analiza, ali se također može koristiti i za određivanje parametara jedinične ćelije, molekulske i kristalne strukture, te prosječne veličine kristalita. Idealni polikristalni (praškasti) uzorak sadrži velik broj malih kristalića (približne veličine 1 μm i manjih) s potpuno nasumičnom orijentacijom.

Kao izvor rendgenskog zračenja u laboratoriju najčešće se koristi klasična rentgenska cijev. Za metodu difrakcije rendgenskog zračenja u polikristalnom uzorku koristi se monokromatsko rendgensko zračenje. Interakcijom rendgenskog zračenja s kristaliničnim materijalom dolazi do difrakcije koja se bilježi pomoću detektora.

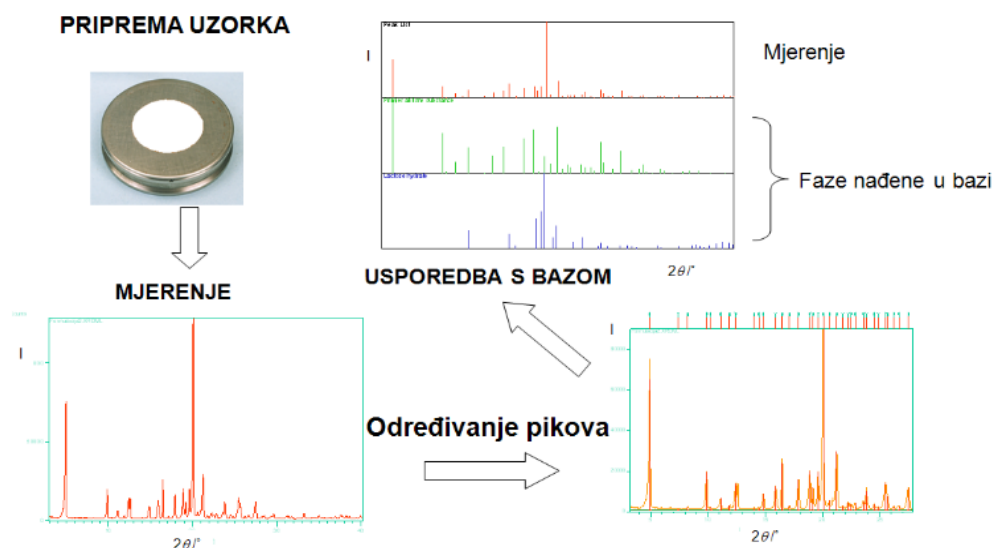
Difrakcija je pojava da uslijed interferencije dolazi do pojačanog koherentnog raspršenja rendgenskog zračenja do kojeg dolazi na elektronima, a može se opisati Braggovim zakonom. Difraktogram polikristalnog uzorka prikazuje ovisnost intenziteta difraktiranog zračenja o difrakcijskom kutu (kutu 2Θ). Svaki kristalizirani materijal ima karakterističan rengenogram praha, pa ga se na temelju njega može prepoznati. Postupak analize može se usporediti s metodom otiska prsta – rengenogram nepoznatog materijala uspoređuje se s rengenogramima dobiveni snimanjem poznatih materijala (standarda) pohranjenim u bazama podataka.

Postupak:

Postupak (slika 11) se sastoji od:

1. pripreme uzorka (usitnjavanje, nanošenje na nosač uzorka i zaravnavanje površine uzorka)
2. mjerenja (prema definiranom programu za mjerenje)
3. određivanja pikova (određivanje točnog kuta 2Θ i relativnog intenziteta svakog difrakcijskog maksimuma). Kako kut 2Θ ovisi o valnoj duljini zračenja λ , potrebno je izračunati međumrežni razmak d .

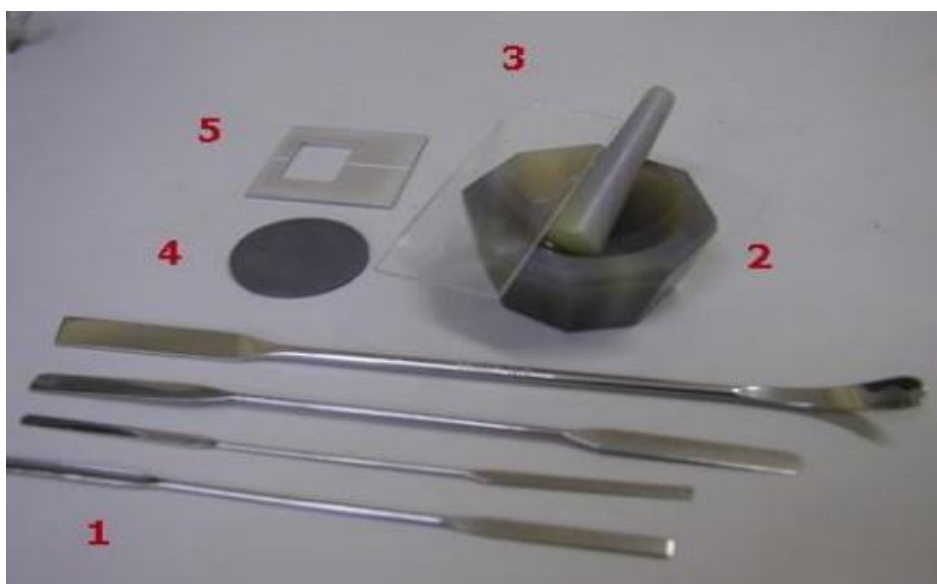
Tako izmjerene vrijednosti međumrežnih razmaka i relativnih intenziteta se tada uspoređuju s difrakcijskim podacima za kristalne faze koje su sadržane u PDF-u (Powder Diffraction File) koji sadrži podatke o svim do sada identificiranim fazama.



Slika 11. Koraci u provođenju kvalitativne fazne analize nepoznatog uzorka

Priprema i analiza uzorka:

Za difrakcijsku analizu bitno je zadovoljiti kriterij kristaliničnosti. Ovisno o vrsti uzorka potrebno je načiniti pripremu uzorka. Za pripremu uzorka koristi se pribor na slici 12.



Slika 12. Pribor koji se koristi za pripremu uzorka: 1. spatule, 2. tarionik, 3. mikroskopsko staklo, 4. silicijski nosač uzorka, 5. aluminijski nosač uzorka

U većini slučajeva koristi se aluminijski nosač u koji se stavlja analizirani uzorak. Na jednu stranu nosača nalijepi se ljepljiva traka na koju se nanosi uzorak. Nakon toga slijedi pažljivo nanošenje uzorka i na kraju zaravnavanje površine uzorka predmetnim staklom, kao na slici 13.



Slika 13. Postupci priprave uzorka na aluminijskom nosaču: a) ljepljenje trake na nosač, b) pažljivo nanošenje uzorka, c) zaravnavanje uzorka predmetnim staklom

Za prikupljanje i obradu podataka koristi se programski paket Philips X'Pert koji se sastoji od dva programa:

1. *X'pert Data Collector* programski je modul koji služi za podešavanje parametara mjerenja i izvođenje mjerenja i
2. modul *X'Pert Graphic and Identify* koji omogućuje prikaz podataka i njihovu obradu

4.3. RENDGENSKA FLUORESCENCIJA (XRF)

Metoda rendgenske fluorescencije (XRF) koristi se za određivanje elementarnog sastava uzoraka. Metoda je nedestruktivna, a temelji se na registraciji sekundarnog, odnosno fluorescentnog rendgenskog zračenja.

Rendgenska spektrometrija je uglavnom komparativna metoda, te je od izuzetnog značaja da svi standardi i nepoznati uzorci budu predstavljeni spektrometru na reproduktivan i identičan način.

Kada snop x-zraka nastao u primarnom izvoru (rendgenska cijev) dođe do uzorka može u uzorku biti apsorbiran ili raspršen. Proces u kojem se zračenje apsorbira i prenosi na unutrašnje elektrone naziva se fotoelektrični efekt. Ako je energija primarnog snopa dovoljno velika elektroni će biti izbačeni iz unutrašnjih orbitala te će nastati vakancije. Pri povratku atoma iz pobuđenog u osnovno stanje elektroni iz viših orbitala vraćaju se na niže i pri tome se emitira x-zračenje valne duljine koja odgovara razlici energija pobuđenog i osnovnog nivoa. Budući da svaki element ima jedinstven set energetske nivoa, svaki element daje x-zrake jedinstvenog seta energija. Proces emitiranja karakterističnih x-zraka zove se XRF (X-ray Fluorescence)

Za rendgensku fluorescenciju korišten je ručni Niton XLt, Portable XRF Analyzer.

Princip rada XRF analize se bazira na mjerenju valne duljine ili energije fotona i intenziteta karakterističnog X-zračenja, emitiranih iz uzorka. Ovo omogućava identifikaciju elemenata prisutnih u analitu i određivanju njihovih masa ili koncentracija.

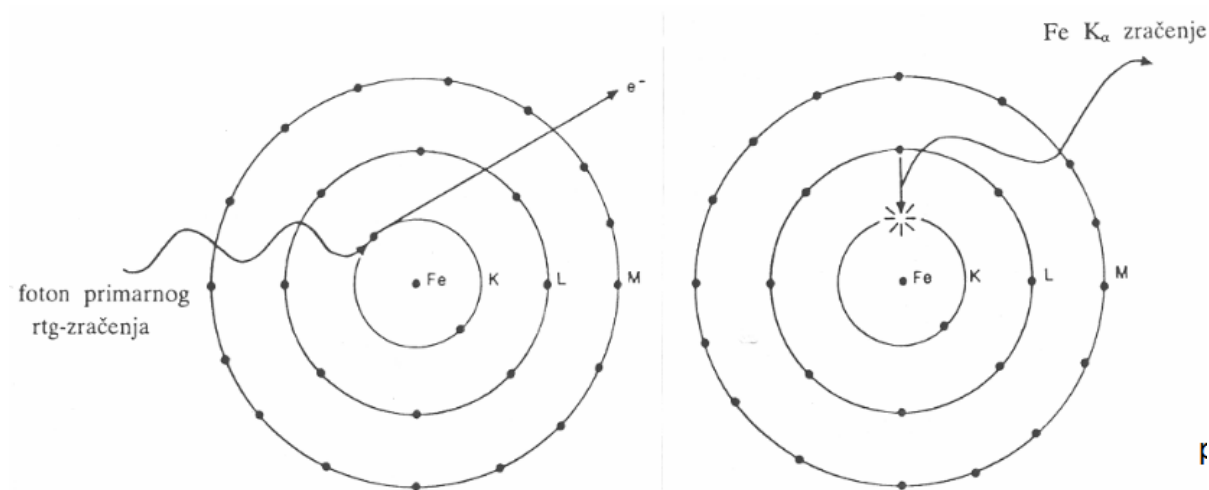
Metoda može biti:

1. kvalitativna (možemo saznati koji su elementi prisutni u uzorku)
2. kvantitativna (kaže kakva je zastupljenost pojedinih elemenata)

Uzorci za analizu mogu biti tekući i kruti. Mogu se analizirati (ukoliko je instrument za to opremljen) gotovo svi elementi od berilija do urana u rasponu koncentracija od nekoliko ppm (10^{-6}) do 100 %.

Prema principu rada, odnosno načinu razdvajanja smjese zračenja nastale na uzorku u pojedinačna zračenja, razlikujemo:

- valno disperzivne instrumente - WDS (wavelength dispersive system)
- energijsko disperzivne instrumente - EDS (energy dispersive system)



Slika 14. Shematski prikaz pobude atoma željeza na emisiju fluorescentnog Fe K α zračenja

Kvalitativna analiza zasniva se na mjerenju intenziteta spektra rendgenskog zračenja – niz maksimuma (linija) karakterističnih valnih duljina (energija) na temelju kojih se može reći koji su elementi prisutni u uzorku.

Kvantitativna analiza zasniva se na činjenici da je intenzitet linija nekog elementa ovisan o koncentraciji elementa kojeg analiziramo – na temelju mjernih intenziteta određujemo koncentraciju elemenata. Kod analize kristal i detektor miruju u nekom položaju u kojem se zadano vrijeme mjeri intenzitet karakteristične linije elementa čiju koncentraciju određujemo. Najčešće se mjeri najintenzivnija linija, ali ukoliko postoji problem interferencije radije se bira druga slabija.

Uzorci

Iako se mogu analizirati i nepravilni predmeti čija veličina je ograničena tipom instrumenta, najčešće je uzorak potrebno prethodno zdrobiti u prah, nakon čega se mogu prirediti dvije vrste tableta:

1. taljene - danas se analiza glavnih sastojaka uglavnom provodi na takvim tabletama
2. prešane - koriste se za analizu elemenata u tragovima

Uzorci moraju zadovoljavati uvjet da su homogeni i reprezentativni, moraju imati ravnu površinu, te biti dovoljno debeli. Površina uzoraka mora biti ravna, zbog izbjegavanja područja sjena odnosno problema apsorpcije (naročito važno kod analize lakih elemenata). O veličini zrna ovisi volumen na kojem dolazi do fluorescencije, pa prema tome i intenzitet.

Priprema uzorka

Uzorci se mogu podijeliti na tri osnovne kategorije:

1. Uzorci koji se lako koriste jednostavnim tehnikama kao što je rezanje ili površinska obrada. Na primjer, homogeni uzorci praha, glatki ili čisti metali.
2. Uzorci koji zahtjevaju značajnu obradu. Na primjer, heterogeni uzorci, uzorci koji zahtjevaju razrijeđivanje matrice radi prekoračenja međusobnog utjecaja elemenata i uzorci izloženi utjecaju veličine čestica.
3. Uzorci koji zahtjevaju poseban tretman. Na primjer, uzorci ograničene veličine, uzorci koji zahtjevaju koncentraciju ili primarno razdvajanje, kao i radioaktivni uzorci.

Idealan uzorak za rendgensku fluorescentnu analizu je onaj u kojemu je analizirani volumen reprezentativan za cijeli uzorak, što je samo po sebi reprezentativno za uzorak koji je spreman za analizu. Postoje tri glavna ograničenja koja mogu spriječiti da idealan uzorak bude osiguran, a to su: veličina uzorka, homogenost veličine uzorka i heterogenost sastava uzorka. Problemi veličine uzorka su česti u slučaju rasutih materijala kao što su metali, komadi velikih stijena, itd.

Problemi heterogenog sastava uzorka se obično javljaju pri analizi praškastog materijala heterogenog sastava, te se to uvijek mora uzeti u obzir. Heterogeno-rasuti materijal je za pripremu generalno najteži oblik uzorka, i tu je gotovo neophodno rastvaranje ili određena kemijska obrada, da bi se na neki način osigurala homogenost uzorka. Razblaživanje ili koncentriranje se može koristiti da koncentracija analita bude u okviru prihvatljivih granica.

5. REZULTATI

U ovom poglavlju prikazani su rezultati napravljenih eksperimenata i kalcimetrije (poglavljje 5.1.), rendgenske difrakcije na pragu (XRD) (poglavljje 5.2.) i rendgenske fluorescencije (XRF) (poglavljje 5.3.).

5.1. KALCIMETRIJA

Analizirani su uzorci olistostrome K-S (sloj 234), kompozitni sloj 2-7, te tanki turbiditni slojevi 211, 212 i 112. Ukupno je analizirano 33 uzorka. Od sloja 234 analizirano je 24 uzorka, od sloja 2-7 ukupno 5 uzoraka, a od sloja 212 po 2 uzorka, te sloja 211 i 112 po 1 uzorak.

Analizirani uzorci bit će prikazani u Tablici 1., a njihov položaj može se vidjeti na slici 15.

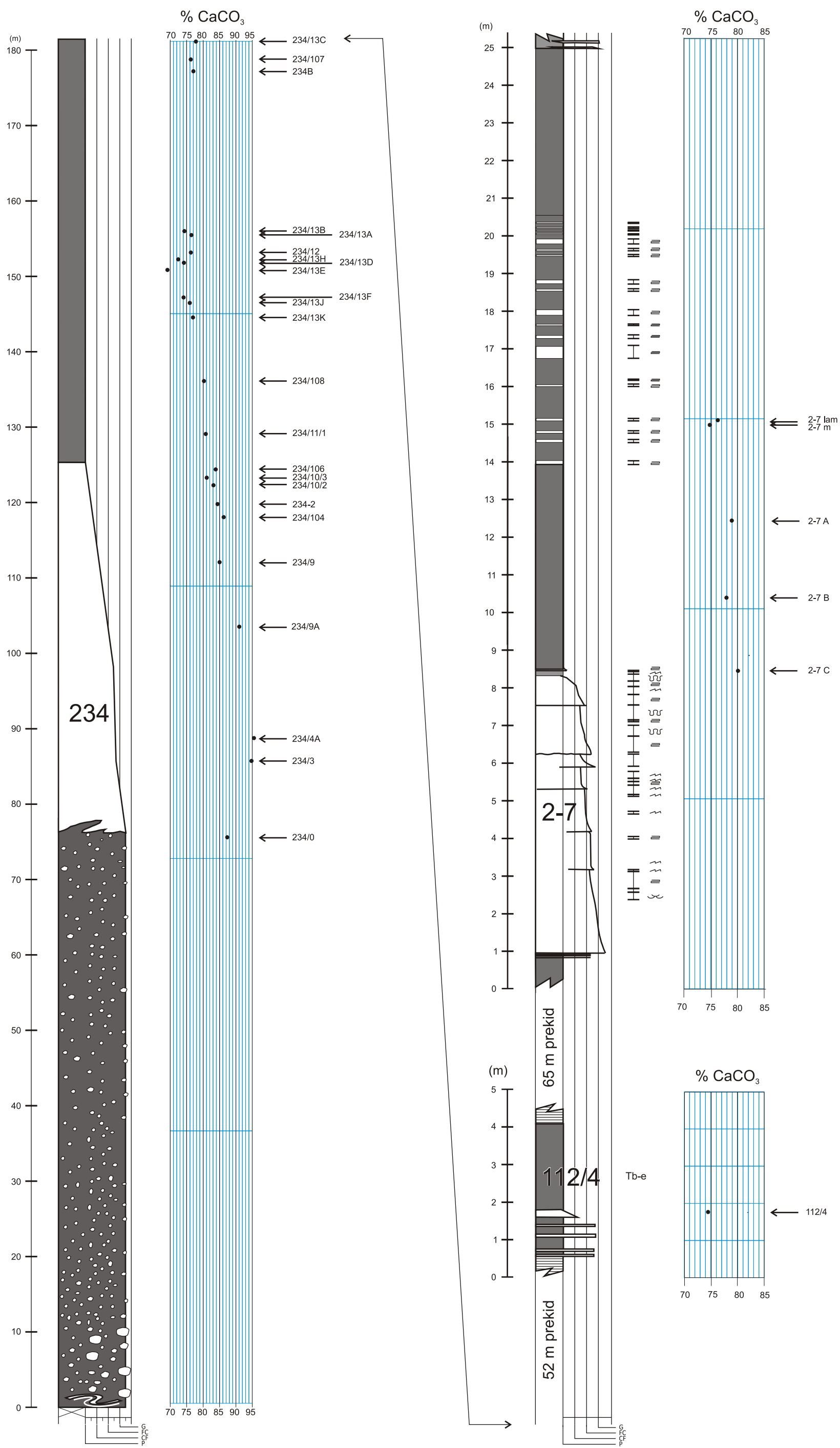
M_1 = masa uzorka

M_2 = masa filter papira i neotopljenog ostatka

M_3 = masa filter papira

M_4 = masa neotopivog ostatka ($M_2 - M_3$)

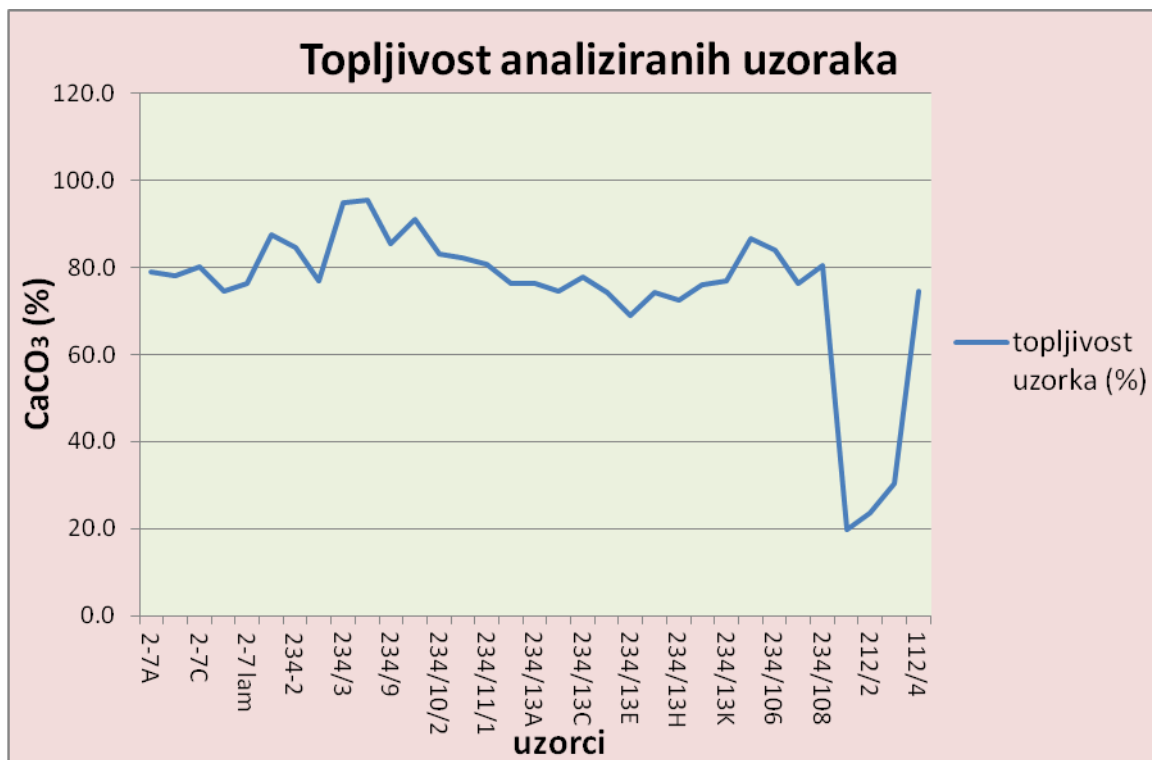
M_5 = masa otopljenog ($M_1 - M_4$)



Slika 15. Sedimentološki stupovi istražanih slojeva i prikaz udjela CaCO₃.

uzorak	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	postotak otopljenost (%)
2-7A	4,9992	1,9355	0,8836	1,0519	3,9473	79,0
2-7B	5,0265	1,7673	0,6600	1,1073	3,9192	78,0
2-7C	5,0591	1,8671	0,8637	1,0034	4,0557	80,2
2-7m	5,1500	2,1827	0,8730	1,3097	3,8403	74,6
2-7 lam	5,0333	2,0118	0,8251	1,1867	3,8466	76,4
234-0	5,0123	1,5004	0,8675	0,6329	4,3794	87,4
234-2	5,0228	1,4538	0,6843	0,7695	4,2533	84,7
234B	5,0110	2,0245	0,8711	1,1534	3,8576	77,0
234/3	5,0391	0,9257	0,6646	0,2611	4,7780	94,8
234/4A	5,0285	1,0707	0,8500	0,2207	4,8078	95,6
234/9	5,0189	1,5418	0,8085	0,7333	4,2856	85,4
234/9A	5,0034	1,0902	0,6388	0,4514	4,5520	91,0
234/10/2	5,0082	1,6846	0,8445	0,8401	4,1681	83,2
234/10/3	5,0236	1,7582	0,8684	0,8898	4,1338	82,3
234/11/1	5,0275	1,8022	0,8298	0,9724	4,0551	80,7
234/12	5,0456	1,8711	0,6798	1,1913	3,8543	76,4
234/13A	5,0282	2,0338	0,8477	1,1861	3,8421	76,4
234/13B	5,0077	2,0995	0,8191	1,2804	3,7273	74,4
234/13C	5,0287	1,9529	0,8377	1,1152	3,9135	77,8
234/13D	5,0202	2,0795	0,7848	1,2947	3,7255	74,2
234/13E	5,0132	2,1535	0,5943	1,5592	3,4540	68,9
234/13F	5,0031	2,0518	0,7635	1,2883	3,7148	74,2
234/13H	5,0007	2,1898	0,8200	1,3698	3,6309	72,6
234/13J	5,0176	1,9906	0,7923	1,1983	3,8193	76,1
234/13K	5,0411	2,0308	0,8649	1,1659	3,8752	76,9
234/104	5,0085	1,4902	0,8178	0,6724	4,3361	86,6
234/106	5,0207	1,6277	0,8169	0,8108	4,2099	83,9
234/107	5,0003	1,9809	0,7979	1,1830	3,8173	76,3
234/108	5,0095	1,8035	0,8175	0,9860	4,0235	80,3
212/1	5,0188	4,8188	0,7921	4,0267	0,9921	19,8
212/2	5,0283	4,6203	0,7802	3,8401	1,1882	23,6
211/6	5,0248	4,3382	0,8332	3,5050	1,5198	30,2
112/4	5,0116	2,1314	0,8578	1,2736	3,7380	74,6

Tablica 1. Prikaz analiziranih uzoraka, njihova masa prije kalcimetrije, otopljena i neotopljena masa poslije kalcimetrije i postotak otopljenog kalcijevog karbonata



Slika 16. Prikaz udjela otopljenog kalcijevog karbonata za svaki uzorak prema Tablici 1.

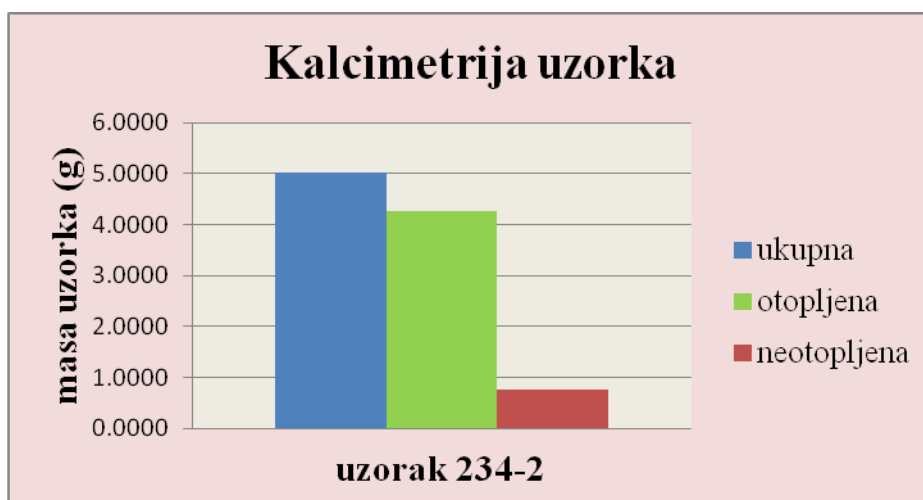
Grafički prikaz rezultata iz Tablice 1. pokazuje kretanje postotka otopljenosti kalcijeva karbonata po uzorcima. Vidimo da se otopljenost kalcijeva karbonata kreće između 19 i 96 %. Najveća vrijednost otopljenosti kalcijeva karbonata je u sloju 234 za uzorak 234/4A, a najmanja u sloju 212 za uzorak 212/1. Uzorak koji ima najveću vrijednost uzorkovan je iz kalkarenita, a najmanju vrijednost iz laporovitog dijela sloja 212. Prosječna otopljenost kalcijeva karbonata svih analiziranih uzoraka iznosi 75,0 %.

5.1.1. SLOJ 234

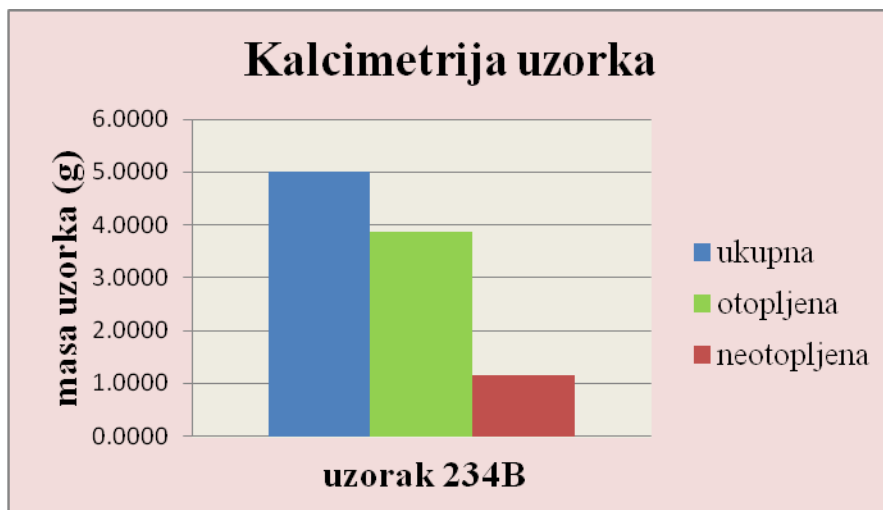
Sloj 234 još se naziva i olistostroma K-S. Mjesta uzorkovanja prikazana su na slici 15. Ukupno je analizirano 24 uzorka, te su uzorkovani u kalkarenitnom i laporovitom dijelu sloja. Analizirani su slijedeći uzorci: 234-0, 234-2, 234B, 234/3, 234/4A, 234/9, 234/9A, 234/10/2, 234/10/3, 234/11/1, 234/12, 234/13A, 234/13B, 234/13C, 234/13D, 234/13E, 234/13F, 234/13H, 234/13J, 234/13K, 234/104, 234/106, 234/107, 234/108. Raspon postotka otopljenosti CaCO_3 navedenih uzoraka varira između 68 i 96 %.



Slika 17. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



Slika 18. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



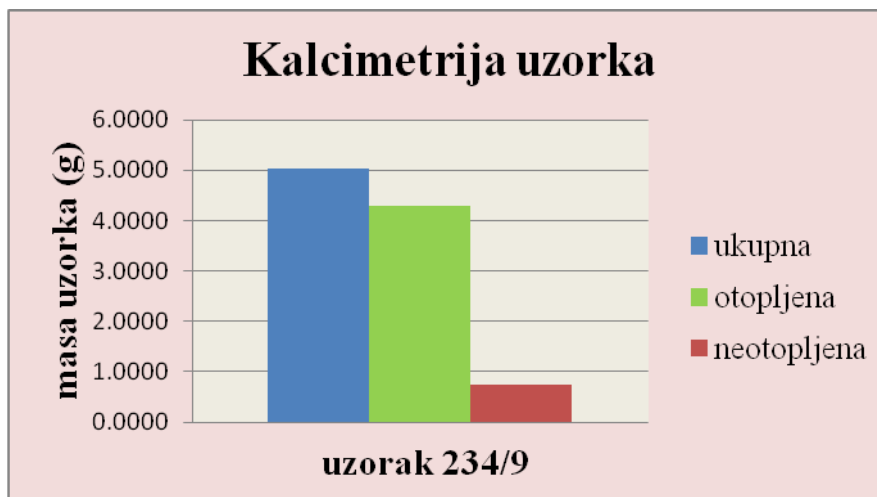
Slika 19. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



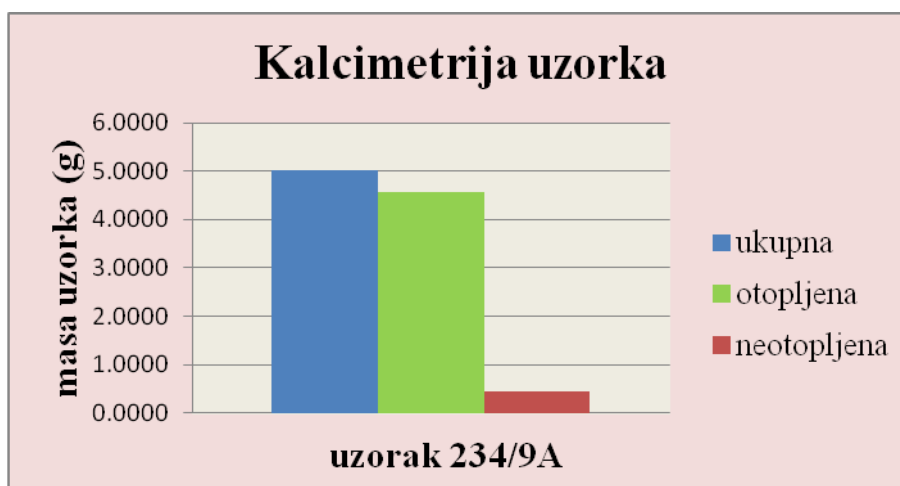
Slika 20. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



Slika 21. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



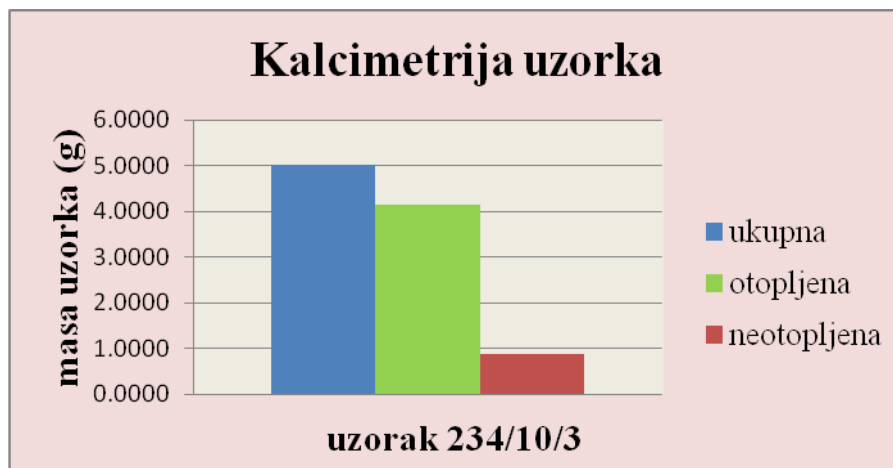
Slika 22. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



Slika 23. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



Slika 24. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



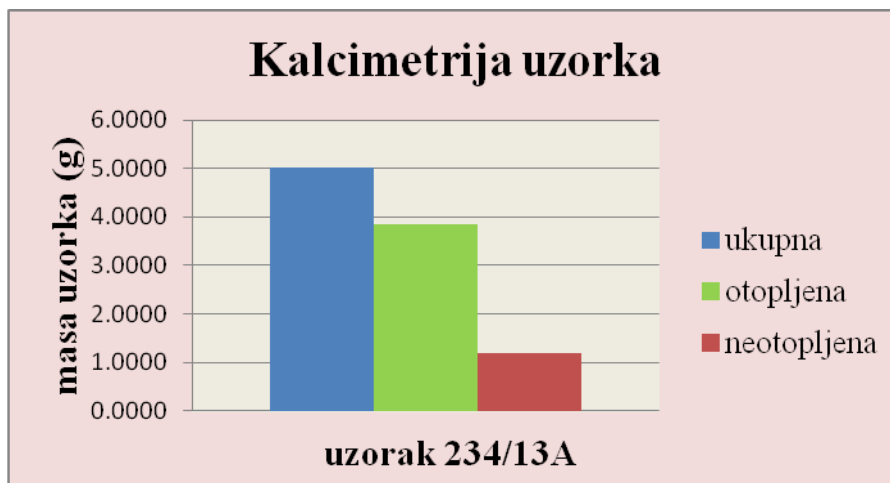
Slika 25. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



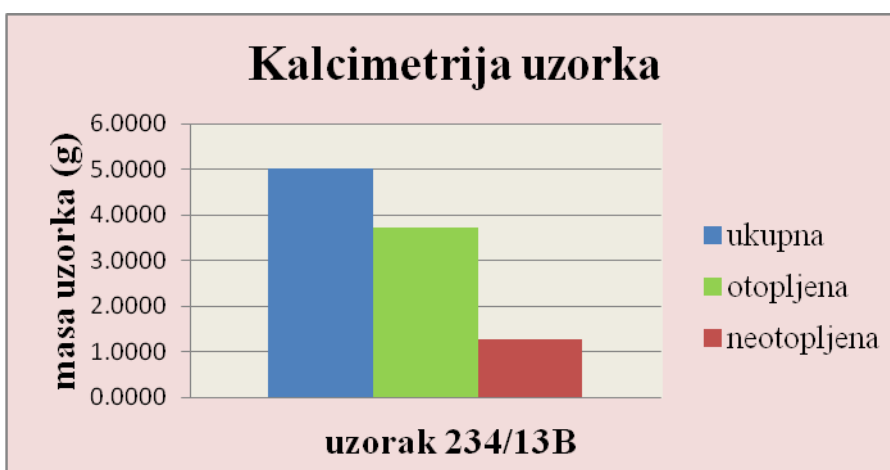
Slika 26. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



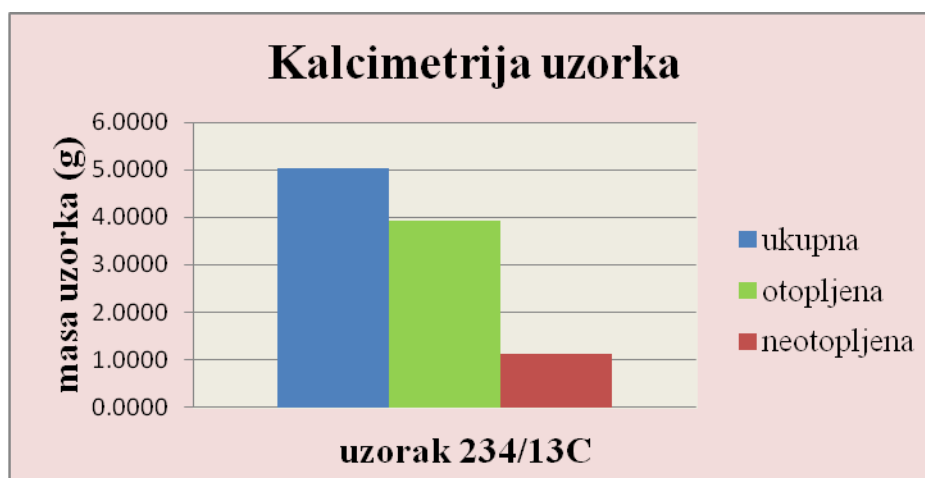
Slika 27. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



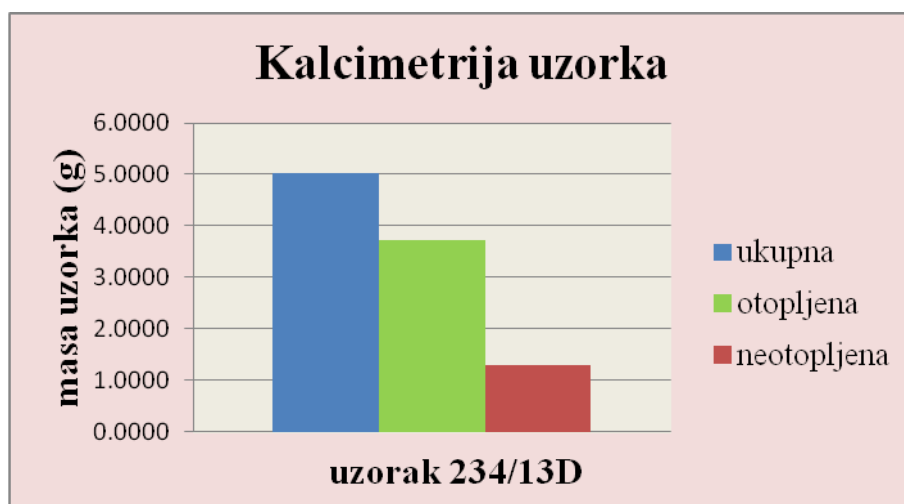
Slika 28. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



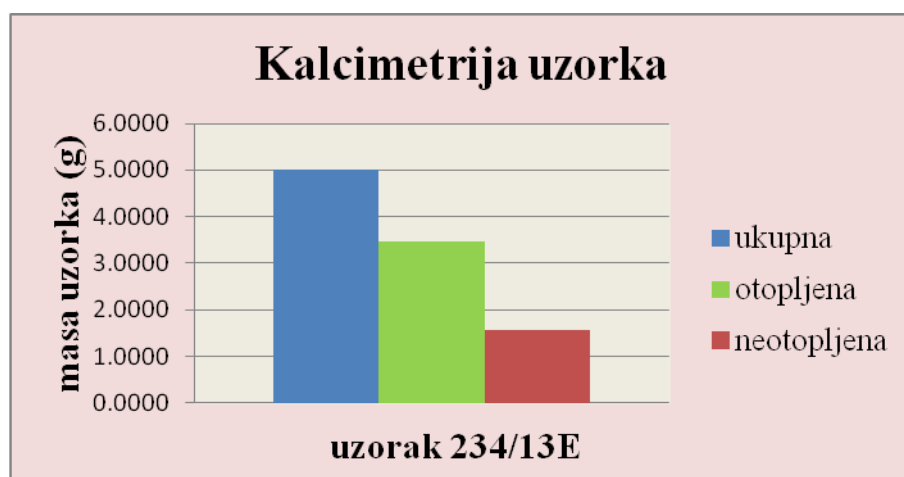
Slika 29. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



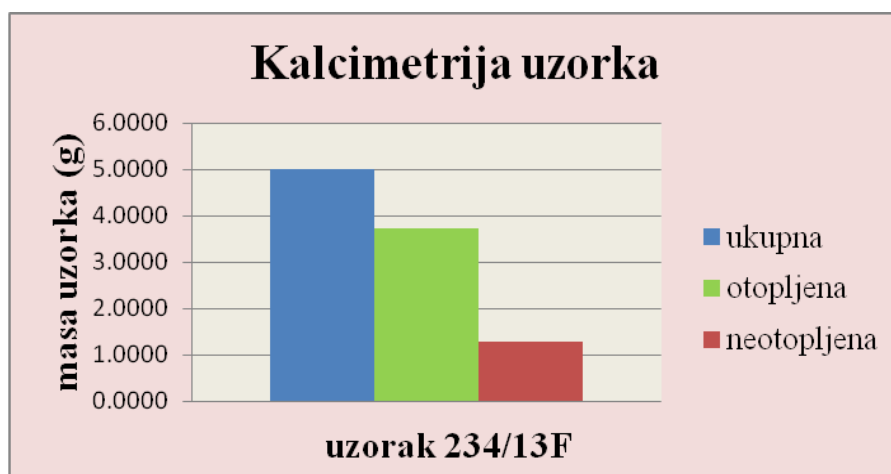
Slika 30. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



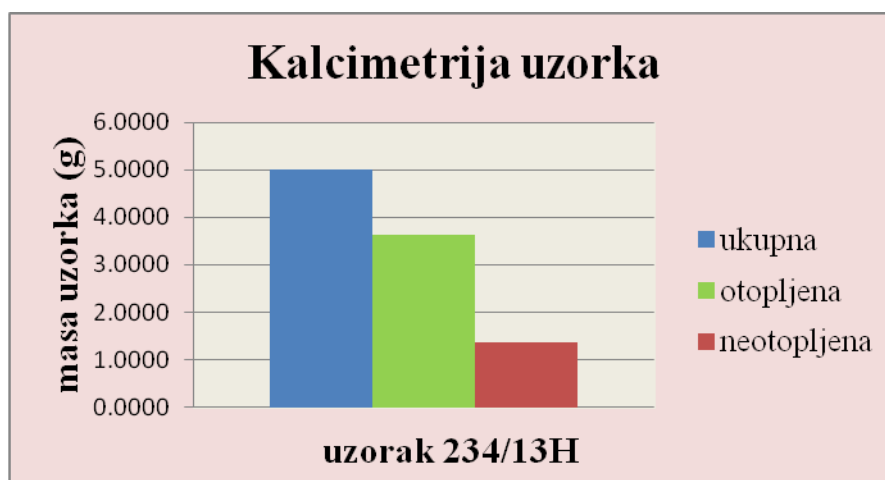
Slika 31. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



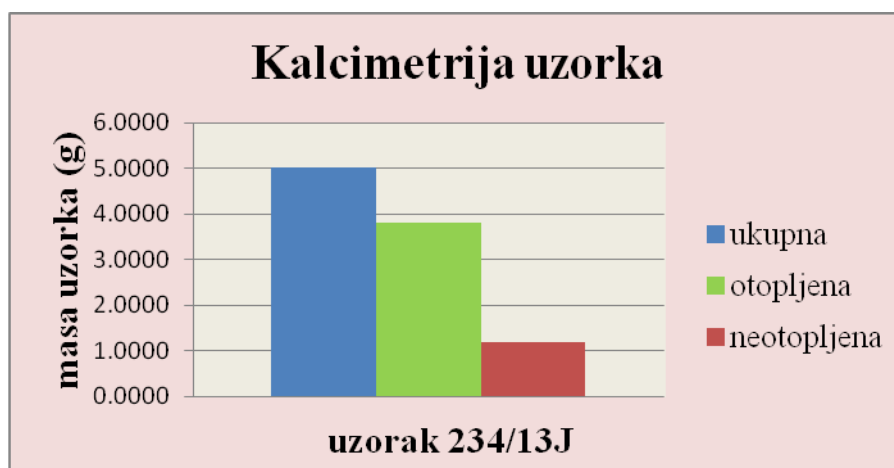
Slika 32. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



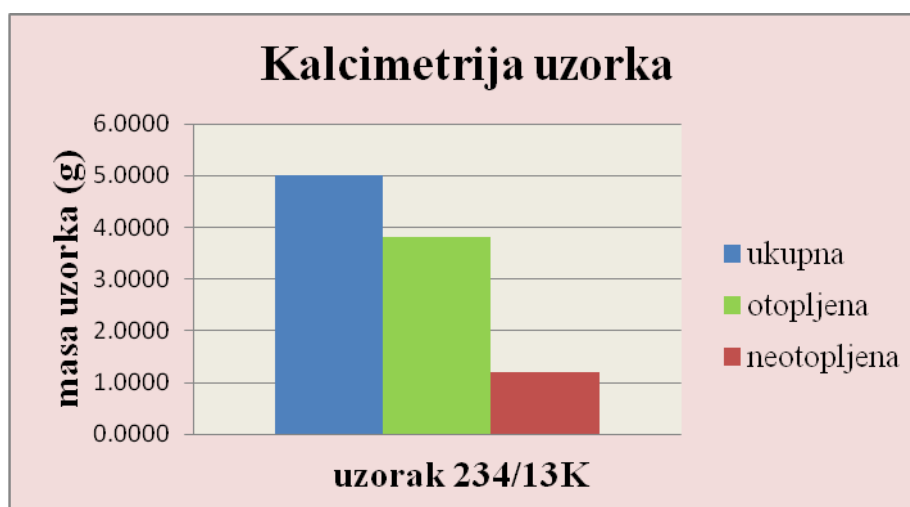
Slika 33. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



Slika 34. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



Slika 35. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



Slika 36. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



Slika 37. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



Slika 38. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



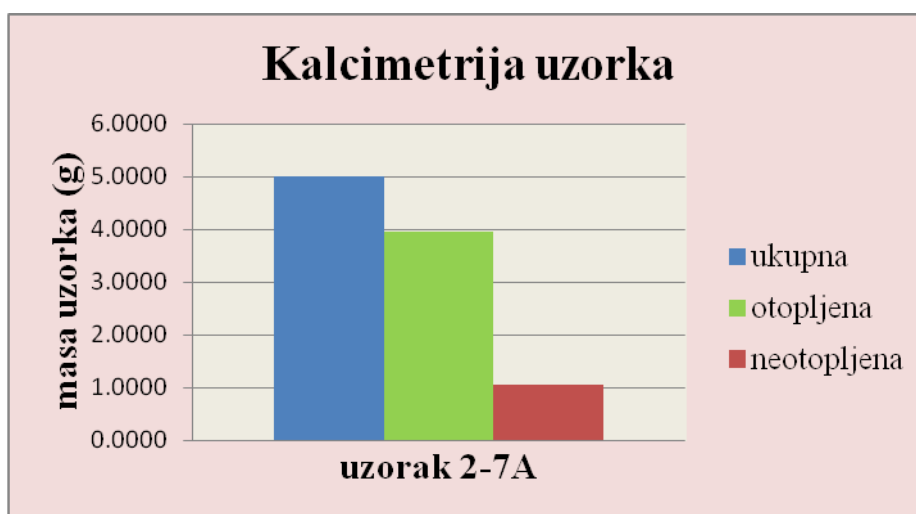
Slika 39. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



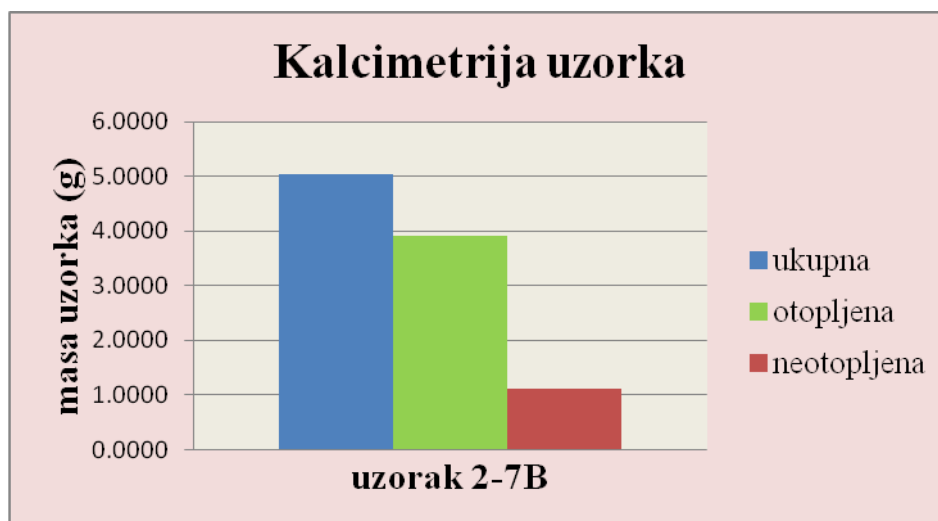
Slika 40. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka

5.1.2. SLOJ 2-7

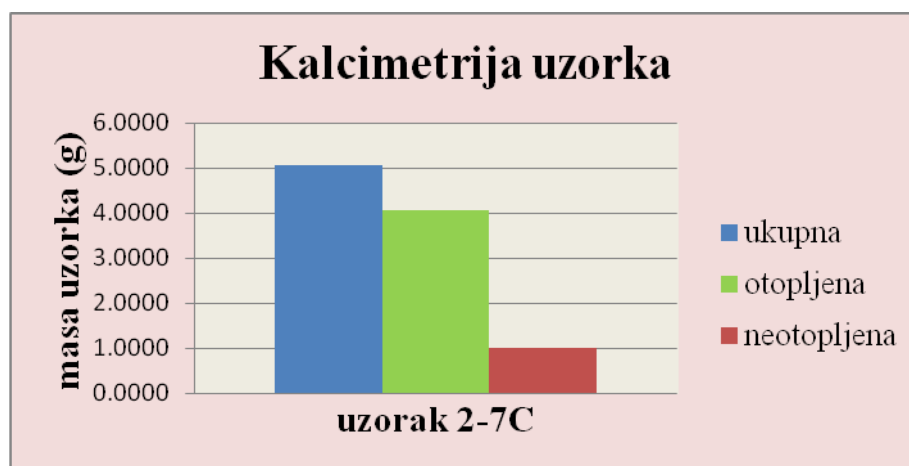
Sloj 2-7 je vrsta megaturbidita i naziva se kompozitni sloj. Sloj 2-7 nalazi se iznad sloja 234 i 112. U sloju 2-7 analizirano je 5 uzoraka, koji su uzorkovani iz laporovitog dijela sloja. Od sloja 2-7. Analizirani su slijedeći uzorci: 2-7 A, 2-7 B, 2-7 C, 2-7 m i 2-7 lam. Raspon postotka otopljenosti CaCO_3 navedenih uzoraka varira između 74 i 80 %.



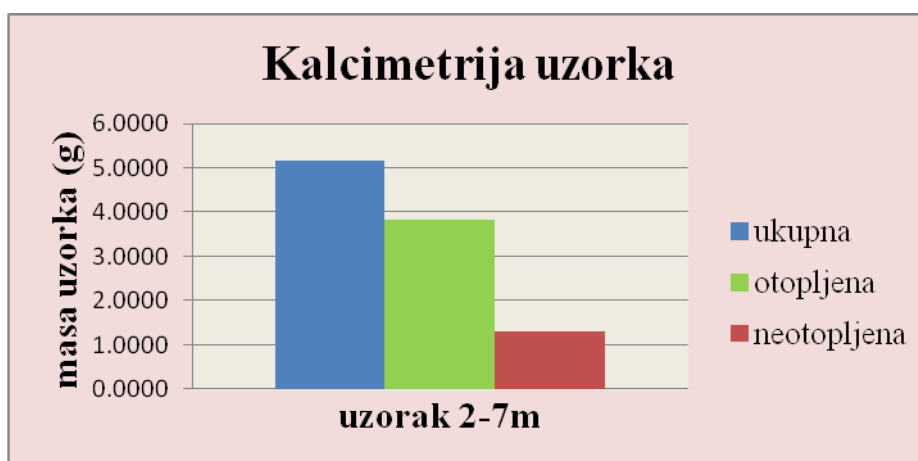
Slika 41. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



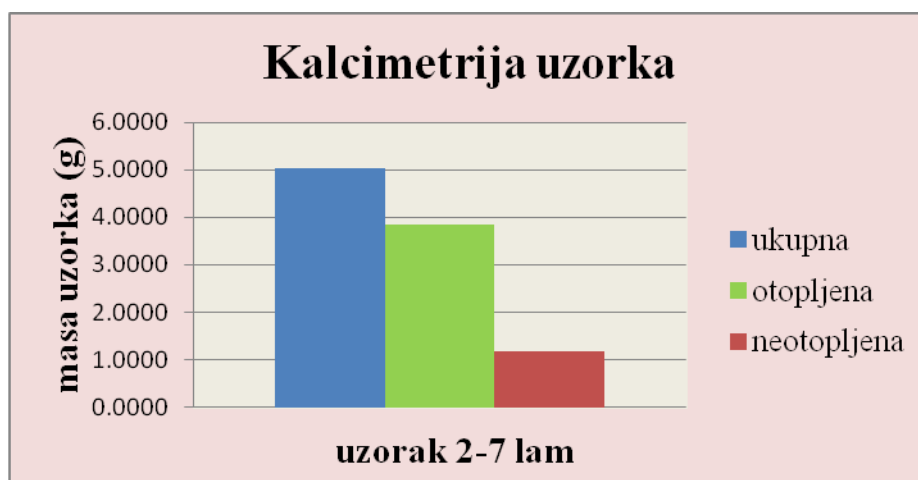
Slika 42. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



Slika 43. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



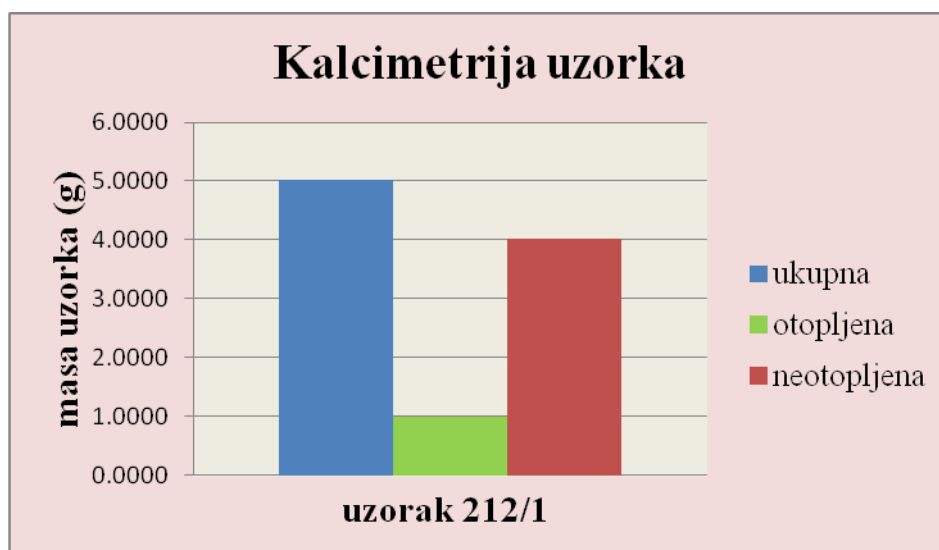
Slika 44. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



Slika 45. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka

5.1.3. SLOJ 212

Sloj 212 je tanki klasični turbidit. U sloju 212 analizirano je 2 uzorka, koji su uzorkovani u laporovitom dijelu sloja. U sloju 212 analizirani su uzorci 212/1 i 212/2, te se raspon postotaka otopljenosti CaCO_3 varira između 20 i 24 %.



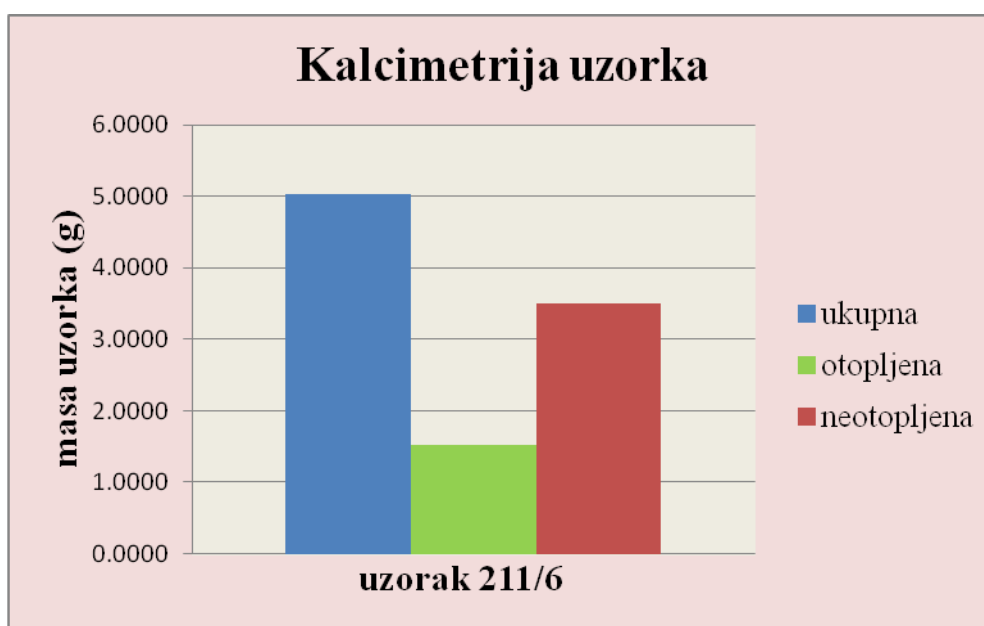
Slika 46. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka



Slika 47. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka

5.1.4. SLOJ 211

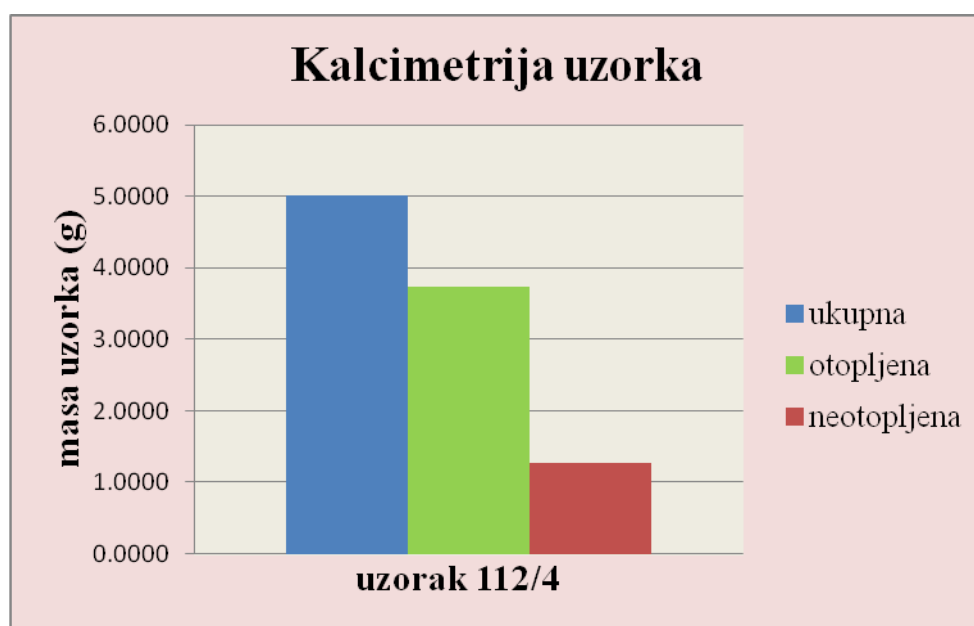
Sloj 211 je tanki klasični turbidit. U sloju 211 analiziran je 1 uzorak, koji je uzorkovan u laporovitom dijelu sloja. U sloja 211 analiziran je uzorak 211/6. Postotak otopljenosti CaCO_3 iznosi 30,2 %.



Slika 48. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka

5.1.5. SLOJ 112

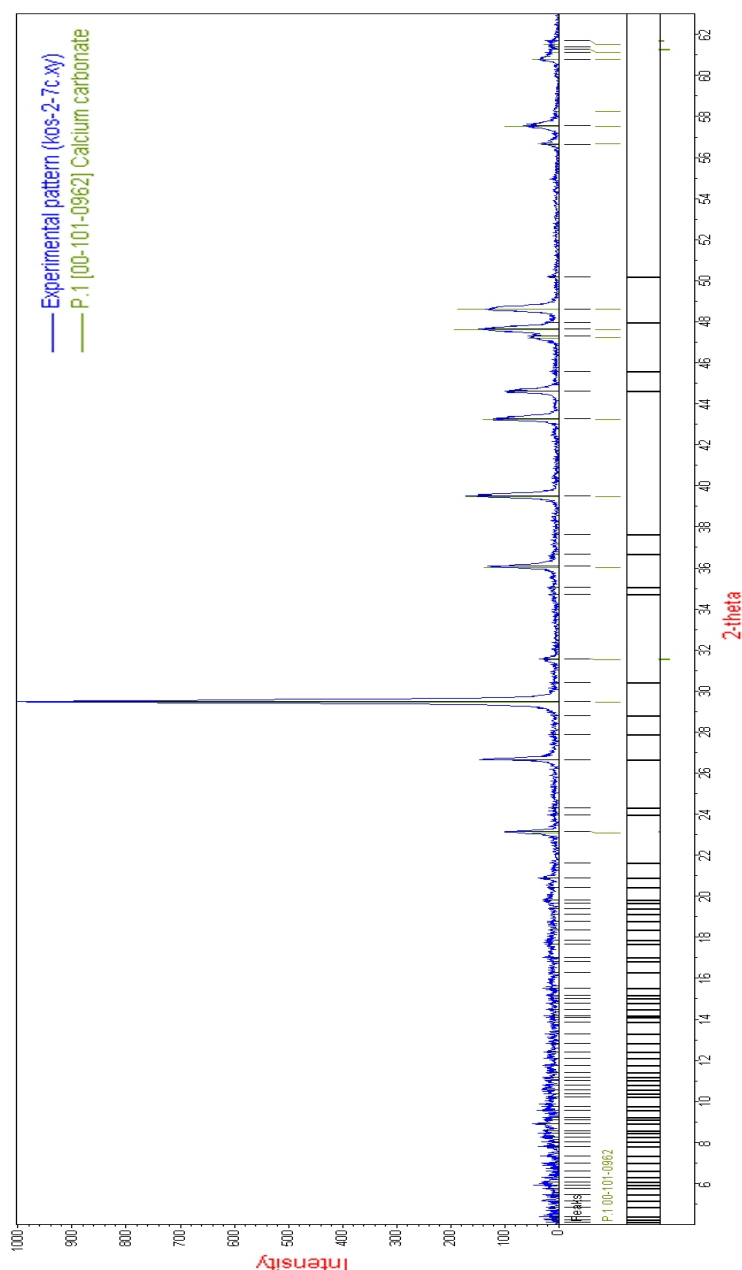
Sloj 112 je klasični tanki turbidit. U sloju 112 analiziran je 1 uzorak, koji je uzorkovan u kalkarenitnom dijelu sloja. Sloj 112 nalazi se između sloja 234 i 2-7. U sloju 112 analiziran je uzorak 112/4. Postotak otopljenosti CaCO_3 iznosi 74,6 %.



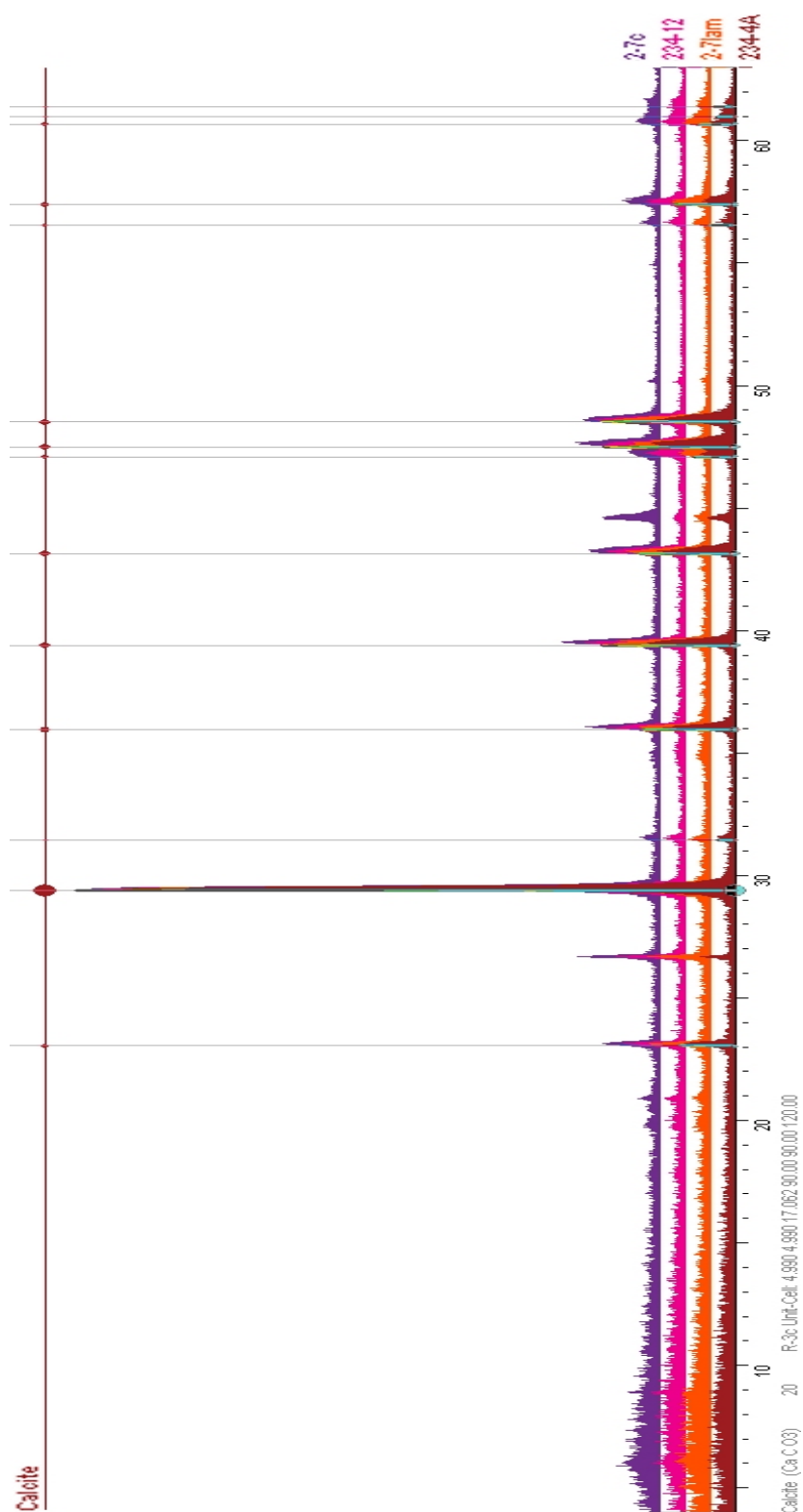
Slika 49. Udjeli u gramima otopljene i neotopljene komponente uzorka

5.2. XRD (RENDGENSKA DIFRAKCIJA NA PRAHU)

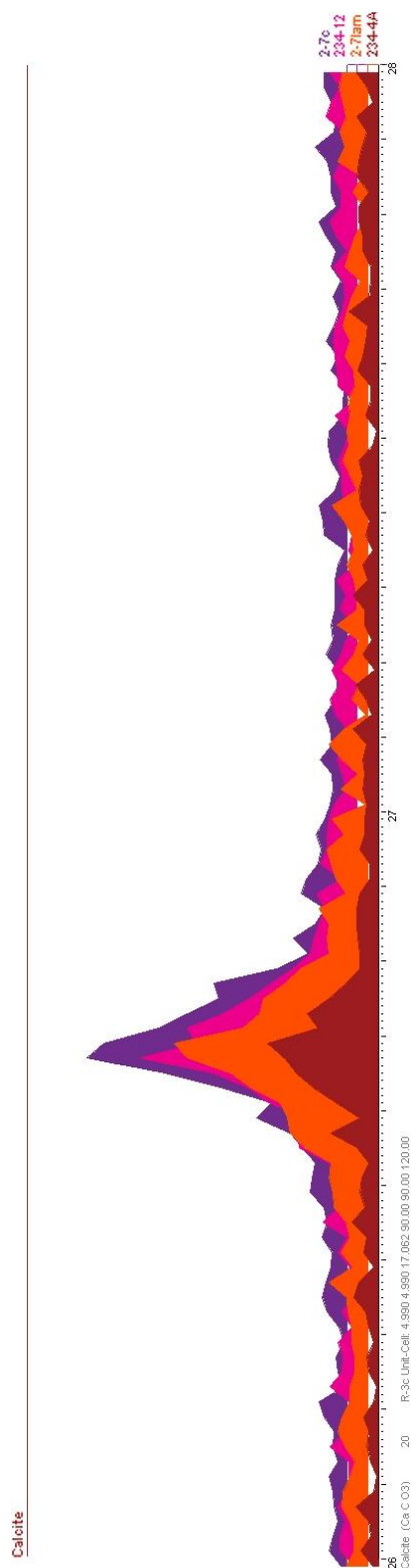
Metodom rendgenske difrakcije na prahu analizirani su uzorci 2-7C, 2-7 lam, 234/4A i 234/12, zbog utvrđivanja elementarnog sastava. Uzorak 234/4A nalazi se u kalkarenitu, 2-7 C nalazi se na granici kalkarenita i lapora, a 2-7 lam i 234/12 u laporovitom dijelu sloja. Uzorak 234/12 analiziran je metodom kalcimetrije i rendgenske fluorescencije. Sva 4 uzorka imaju identične pikove na rendgenogramima, čiji je intezitet za svaki uzorak različit. Svi uzorci imaju najveći intezitet „pika“ za mineral CaCO_3 . U uzorcima su prisutni još i SiO_2 i Fe.



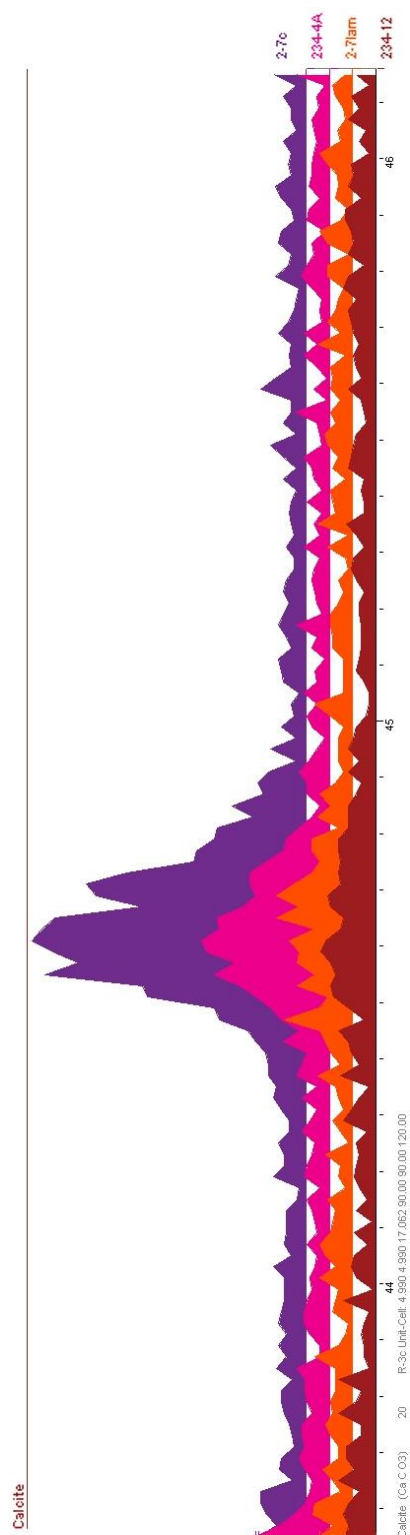
Slika 50. Rendgenogram uzorka 2-7C. Označeni su „pikovi“ CaCO_3



Slika 51. Rendgenogrami svih analiziranih uzoraka (2-7C, 2-7 lam, 234/12 i 234/4A). Uzorak 2-7C označen je ljubičastom bojom. Uzorak 2-7lam označen je narančastom bojom. Uzorak 234/4A označen je smeđom bojom. Uzorak 234/12 označen je rozom bojom.



Slika 52. Interval rendgenograma koji predstavlja sadržaj SiO_2 po uzorcima. Uzorak 2-7C označen je ljubičastom bojom. Uzorak 2-7lam označen je narančastom bojom. Uzorak 234/4A označen je smeđom bojom. Uzorak 234/12 označen je rozom bojom.



Slika 53. Interval rendgenograma koji predstavlja sadržaj Fe po uzorcima. Uzorak 2-7C označen je ljubičastom bojom. Uzorak 2-7lam označen je narančastom bojom. Uzorak 234/4A označen je smeđom bojom. Uzorak 234/12 označen je rozom bojom.

5.3. RENDGENSKA FLUORESCENCIJA (XRF)

Metodom rendgenske fluorescencije analizirani su uzorci: 2-7, 234/4B i 234/12. Sva tri uzorka imaju najviše željeza u svom sastavu. Uzorak 234/12 analiziran je metodom kalcimetrije i rendgenske difrakcije na prahu. Uzorak 234/12 nalazi se u laporovitom dijelu sloja.

Vrijeme snimanja: 500 s						
Uzorak	2-7		234/4B		234/12	
Element	ppm	+/-	ppm	+/-	ppm	+/-
Sn	111,1	18,9	169,6	20,7	121,2	20,5
Cd	15,3	6,7	30,9	7,4	19,2	7,3
Ag	10,3	4,2	19	4,7	14,7	4,6
Sr	753,5	8,5	607	8,1	898,4	9,9
Rb	29,9	2	6,8	1,4	35,4	2,3
Pb	6,8	3,3	5,3	3,4	6,9	3,6
Se	3	1,7	3	1,9	3,7	2
As	6,1	2,5	1,4	2,4	2,7	2,6
Hg	2,6	2,6	4,8	2,9	3,3	2,9
Zn	50,2	8,2	29	8,3	59,1	9,4
Cu	22,6	9,9	15,6	10,6	31	11,4
Ni	108,7	21,9	86,4	22,4	158,7	25,7
Co	4,7	42,2	23,1	24,1	79,7	48,2
Fe	8400	100	2000	100	9400	100
Mn	513,9	41,4	184,5	30,4	580,6	46,7
Cr	136,4	35,4	94,5	34,4	124,4	38,1
Sb	168	21	210,7	22,8	167,4	22,7

Tablica 2. Rezultati rendgenske fluorescencije

6. DISKUSIJA

Olistostroma Kamen-Sutikva (sloj 234) i kompozitni turbidit 2-7 su megaslojevi koji su nastali pri taloženju gravitacijskih tokova sedimenata pri katastrofalnom razaranju ruba šelfa, kada je bila pokrenuta izuzetno velika količina sedimenata. Takav događaj morao se dogoditi u ograničenom bazenu, koji objašnjava nastanak debelo istaloženih slojeva. Njihov nastanak je posljedica preopterećenja padine ili vjerojatnije potresa. Kalcimetrija je pokazala da je udio CaCO_3 u olistostroma K-S (sloj 234) u rasponu od 68,9 % u uzorku 234/13E do 95,6 % u uzorku 234/4A.

Debritni dio sloja 234 sadrži paleogenske i kredne vapnenačke klaste i obilje numulitnog detritusa u laporovitom matriksu, pa je postotak kalcijeva karbonata u uzorku 234/0 visok i iznosi 87,4 %.

U turbiditno-kalkarenitnom dijelu sloja 234 povećava se količina skeletnog detritusa (numulita) u donjem dijelu sloja, pa je zbog toga tu sadržaj kalcijevog karbonata najveći, 94,8 % uzorak 234/3 i 95,6 % uzorak 234/4A. Kalkarenitni dio sloja 234 debeo je nekih 50 m, pri čemu se idući od baze do vrha, postotak kalcijeva karbonata se postupno smanjuje i postiže minimum od 82,3 % u uzorku 234/10/3.

U laporovitom dijelu sloja 234, sadržaj kalcijeva karbonata varira između 80,7 % i 68,9 %. U ovom dijelu sloja raste udio muljno-glinovite osnove, što rezultira smanjenjem količine kalcijeva karbonata u uzorcima idući od podine do vrha promatranog dijela sloja 234. Tako najveću količinu kalcijevog karbonata 80,7 % ima uzorak 234/11/1 u podini promatranog sloja, a najmanju vrijednost kalcijevog karbonata 68,9 % ima uzorak 234/13E. U lapornom dijelu sloja postoje manja odstupanja udjela kalcijeva karbonata u srednjem dijelu laporovitog sloja koji varira do 3 % na maloj udaljenosti idući prema krovini promatranog sloja u korist povećanja sadržaja kalcijeva karbonata umjesto njegovog smanjenja. Ukupno gledano, uz manje varijacije udio kalcijeva karbonata postupno opada prema njegovoj krovini.

Nakon prekida od 52 m slijedi sloj 112 koji predstavlja klasični turbidit. Uzorak 112/4 uzet je na granici kalkarenitnog i lapornog dijela sloja, a udio kalcijeva karbonata iznosi 74,6 %.

65 m iznad sloja 112 (slika 15) nalazi se kompozitni turbidit 2-7 deo 25 m. U tom sloju analizirano je 5 uzoraka, a raspon udjela kalcijeva karbonata kreće se od 74,6 % uzorak 2-7 m do 80,2 % uzorak 2-7C. Uzorak 2-7 C uzorkovan je na granici kalkarenitnog i lapornog dijela promatranog sloja. Količina kalcijeva karbonata smanjuje se idući od baze prema vrhu lapora uz manje varijacije. U lapornom dijelu sloja vidi se izmjena masivnih i laminiranih lapora (slika 15). Postotak kalcijeva karbonata veći je u laminiranom dijelu, nego u masivnom laporu. Vjerojatno je razlog tome povećan sadržaj organske tvari u laminiranom dijelu sloja.

Zanimljiva je poveznica da je u sva tri sedimentološka stupa u njihovim lapornim dijelovima sadržaj kalcijeva karbonata u rasponu između 74 % i 80 %.

Udio kalcijeva karbonata u lapornom dijelu sva tri sedimentološka stupa ima približno jednake vrijednosti, što možemo protumačiti porijeklom detritusa iz istog izvorišta.

Laporni dio sva tri sedimentološka stupa sastavljen je od gline i nanoplanktona kokolitoforida koji za svoj sastav koriste aragonit koji je u bazenu bio otopljen, što za posljedicu ima smanjenje količine kalcijeva karbonata u tom dijelu sloja. Relativno visok postotak kalcijeva karbonata može se objasniti tako da je tijekom sedimentacijskog događaja dolazeći detritus u bazenu uspio sniziti pH, ne previše, da se očuva određena količina kalcijeva karbonata.

Količina kalcijeva karbonata visoka je u kalkarenitnom dijelu olistostrome K-S, čiji uzrok je velika brzina zatrpavanja tog dijela sloja usred sedimentacijskog događaja, koji se odvijao jako brzo. Posljedica toga je velika količina kalcijeva karbonata koji je ostao zarobljen unutar sloja.

Postojanost kalcijeva karbonata rezultat je relativno dubokog ograničenog bazena koji se nalazi ispod kompenzacijske dubine za aragonit.

Rendgenska difrakcija na prahu dala je mineralni sastav za 4 uzorka, od toga tri se odnose na laporni dio slojeva 2-7 i 234, te jedan za kalkarenitni dio sloja 234. Sva 4 uzorka imaju identične rendgenogramе samo s različitim intezitetom „pikova“. Najveći intezitet „pika“ za sva 4 uzorka je za mineral CaCO_3 .

Rezultati rendgenske difrakcije kod svih uzoraka potvrdili su da je najveća zastupljenost minerala CaCO_3 , što objašnjava da su slojevi nastali na šelfu karbonatne platforme.

Rendgenska fluorescencija dala je elementarni sastav 3 analizirana uzorka: 2-7, 234/4B i 234/12. Sva 3 uzorka imaju najveću zastupljenost Fe. Najveći udio Fe ima uzorak 234/12, a manje vrijednosti utvrđene su u uzorku 234/4B koji se nalazi na nižoj visini sloja (slika 15). Uzorak 2-7 osim Fe ima zastupljenost slijedećih elemenata: Sr, Mn, Sb, Cr, Sn i Ni. Uzorak 234/4B ima još zastupljenost slijedećih elemenata: Sr, Sb, Mn i Sn. Uzorak 234/12 ima zastupljenost još slijedećih elemenata: Sr, Mn, Sb, Ni, Cr i Sn.

Rezultati rendgenske fluorescencije kod svih uzoraka ukazuju da najveću zastupljenost ima željezo, što se može objasniti postojanjem boksita u izvorišnom području. Kao druga mogućnost da su u geološkoj prošlosti postojale rijeke koje su dopremale željezne ione i taložile ga, kao dokaz toga je postojanje aluvijalnih lepeza u neposrednih blizini, koje su vezane uz Prominske naslage.

7. ZAKLJUČAK

1. Turbiditi i megaslojevi su nastali u relativno plitkom i ograničenom bazenu.
2. CaCO_3 u megaslojevima olistostroma K-S (sloj 234) i kompozitnog turbidita 2-7 od baze do vrha u rasponu su od 68,9 % i 95,6 %.
3. Analizirani uzorci uz CaCO_3 sadrže SiO_2 i Fe što su potvrdile analize XRD i XRF.
4. Dubina taloženja okoliša bila je duboka na što ukazuje količina CaCO_3 u lapornom dijelu sloja.
5. Klasični turbiditi (sloj 112, 211 i 212) imaju manji udio CaCO_3 u odnosu na megaslojeve olistostrome K-S (sloj 234) i kompozitnog turbidita 2-7 i ukazuju na taloženje u dubokom bazenu ispod kompenzacijske dubine za aragonit.

8. LITERATURA

Allen, J.R.L. (1984): Sedimentary structures their character and physical basis. Elsevier Science Publishers B.V., 401-417, Amsterdam.

Bouma, A.H. (1987): Sedimentology of some flysch deposits. A graphic approach to facies interpretation. Elsevier Publ.Co., XII+168, Amsterdam.

Marinčić, S. (1981): Eocenski fliš jadranskog pojasa. Geološki vjesnik 34, 27-38, Zagreb.

Marinčić (2009): Srednji i gornji eocen. U: Tumač Geološke karte Republike Hrvatske 1:300000, (ur. Velić, I. i Vlahović I.). Hrvatski geološki institut, 77-79, Zagreb.

Magaš, N. & Marinčić, S. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100000, Tumač za listove Split i Primošten (K 33-20 i K 33-21), 5-47. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

Marinčić, S., Magaš, N. & Borović, I. (1971): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000, list Split, K 33-21. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

Marinčić, S., Korolija, B. & Majcen, Ž. (1976): Osnovna geološka karta SFRJ 1:1000000, list Omiš, K 33-22. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

Marinčić, S., Korolija, B., Mamužić, P., Magaš, N., Majcen, Z., Brkić, M. & Benček, Đ. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000, Tumač za list Omiš (K 33-22), 1-51, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

Marjanac, T. (1986): Sedimentologija dubokovodnih klastita paleogena sjevernog i istočnog zaleđa Solina. Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 1-98, Zagreb.

Marjanac, T. (1987): Sedimentacija Kernerove „srednje fliške zone“ (Paleogen, okolica Splita). Geološki vjesnik 40, 177-194, Zagreb.

Marjanac, T. (1989): Pondered megabeds and some characteristics of the Eocene Adriatic basin (Middle Dalmatia, Yugoslavia). Mem. Soc. Geol. It 40, 241-249, Roma.

Marjanac, T. (1990): Reflected sediment gravity flows and their deposits in flysch of Middle Dalmatia, Yugoslavia. *Sedimentology* 37/5, 921-929, Oxford.

Marjanac, T. (1991): Importance of megabeds for reconstruction of Paleogene flysch basin in Split hinterland (Middle Dalmatia). *Geološki vjesnik* 44, 201-213, Zagreb.

Marjanac, T. (1993): Evolution of Eocene-Miocene flysch basin of Central Dalmatia, Croatia. *Dizertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu*, 1-348, Zagreb.

Marjanac, T. (1996): Deposition of megabeds (megaturbidites) and sea-level change in a proximal part of Eocene-Miocene flysch of central Dalmatia (Croatia). *Geology* 24/6, 543-546, Zagreb.

Marjanac, T. & Ćosović, V. (2000): Tertiary Depositional History of Eastern Adriatic Realm. *Vijesti Hrvatskoga geološkog društva* 37/2, 93-103, Zagreb.

Middleton, G.V. & Neal W.J. (1989): Experiments on the thickness of beds deposited by turbidity currents. *Jour. Sed. Petrology* 59/2, p. 297-307, Ontario.

Mutti, E., Ricci Lucchi, F., Seguret, M. & Zanzucchi, G. (1984): Seismoturbidites: a new group of resedimented deposits, *Marine geology* 55, 103-116, Amsterdam.

Šikić, D. (1965): Geologija područja s paleogenskim naslagama Istre, Hrvatskog Primorja i Dalmacije. *Dizertacija. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu*, 1-132, Zagreb.

9. ZAHVALA

Najveću i najiskreniju zahvalu dajem svojem mentoru prof. dr. sc. Tihomiru Marjancu na ukazanoj pomoći pri izradi ovog rada i njegova usmjeravanja, na ukazanom povjerenju, te svojem strpljenju, savjetima, podršci i posebno na nesebičnom prijenosu znanja i iskustva, kao i kod davanja brojnih korisnih savjeta.

Želim se zahvaliti svojoj obitelji na velikoj podršci tijekom studiranja, koji su mi omogućili studiranje, te su me poticali i motivirali u mojem radu za uspješan završetak studija. Zato im od srca zahvaljujem.

Zahvaljujem se mag. chem, Marini Čalogović na ukazanoj pomoći pri pripremi kemijskih eksperimenata, kao i kod pružanja velike pomoći u očitavanju rendgenograma u programu, te u davanju korisnih savjeta.

Zahvaljujem se doc. dr. sc. Petri Peharac Štefanić na susretljivosti, koja je nesebično omogućila korištenja laboratorija za elektronsku mikroskopiju za obavljanje eksperimenata.

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Darku Tibljašu na izlaženju u susret kod rendgenskog snimanja uzoraka i za snimanje uzoraka.

Zahvaljujem se dr. sc. Jasmini Obhodaš koja mi je snimila uzorke metodom rendgenske fluorescencije na Institutu Ruđer Bošković.

Zahvaljujem se našoj knjižničarki Danici Vujičić koja mi je puno pomogla oko pronalaženja literature bilo ona obavezna ili neobavezna za cijelo vrijeme mog studiranja, uz naravno davanje korisnih savjeta i podrške.