

# Kvartarni sedimenti i njihov nastanak u središnjem dijelu "Zagrebačke terase", analiza jezgre s lokacije BGG zgrade na Horvatovcu.

---

Karzić, Denis

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:217:780593>

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

**KVARTARNI SEDIMENTI I NJIHOV NASTANAK U  
SREDIŠNJEM DIJELU „ZAGREBAČKE TERASE“,  
ANALIZA JEZGRE S LOKACIJE BGG ZGRADE NA  
HORVATOVCU**

**DENIS KARZIĆ**

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

Zagreb, 2017.

Ovaj diplomski rad izrađen je na Geološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Tihomira Marjanca, u sklopu diplomskog studija Geologije zaštite okoliša.

## ZAHVALE

Zahvaljujem mentoru izv. prof. dr. sc. Tihomiru Marjancu na predloženoj temi te uloženom vremenu i trudu prilikom cijelog procesa izrade ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem i prof. dr. sc. Darku Tibljašu te asistentici mag. geol. Zvonki Gverić na pomoći pri analizi rendgenskom difrakcijom, stručnom suradniku dipl. ing. geol. Željku Ištuku na pomoći pri izradi izbrusaka te mag. chem. Marini Čalogović na pomoći pri obradi izvađene jezgre.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

### DIPLOMSKI RAD

**Kvartarni sedimenti i njihov nastanak u središnjem dijelu „Zagrebačke terase“, analiza jezgre s lokacije BGG zgrade na Horvatovcu**

DENIS KARZIĆ

Rad je izrađen na Geološko-paleontološkom zavodu Geološkog odsjeka, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb

Sažetak: U ovom radu analiziran je kvartarni sediment iz 80-metarske bušotine s lokaliteta BGG zgrade na Horvatovcu, koji se nalazi u centralnom dijelu takozvane Zagrebačke terase. Jezgra je analizirana granulometrijski, petrografski i metodom rendgenske difrakcije na prahu te je izrađen sedimentološki stup. Cilj je bilo istražiti porijeklo detritusa te analizirati i interpretirati taložne procese i taložni okoliš.

Ključne riječi: kvartar, zagrebačka terasa, analiza jezgre, detritus, dijamikti, varve

Rad sadrži: 50 stranica, 29 slika, 6 tablica, 23 literaturna navoda, 8 dodataka

Rad je pohranjen: u Središnjoj geološkoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 102a, Zagreb

Jezik izvornika: hrvatski

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

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

dr. sc. Jasenka Sremac, prof.

mr. sc. Dražen Kurtanjek, v. pred.

Rad je prihvaćen: 15.9.2017.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geology

### GRADUATION THESIS

**Quaternary sediments and their genesis in central part of „Zagreb terrace“, analysis of core from BGG building location on Horvatovac**

DENIS KARZIĆ

Thesis completed at the Division of Geology and Paleontology, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, Zagreb

Abstract: This thesis analyzes the Quaternary sediment retrieved from an 80-meter drillhole from BGG building on Horvatovac site, located in the central part of the so-called Zagreb terrace. The core was analyzed by granulometric, petrographic and X-ray powder diffraction method and a sedimentary log was created. The aim was to study the origin of the detritus as well as analyze and interpret sedimentation processes and depositional environment.

Keywords: Quaternary, Zagreb terrace, core analysis, debris, diamictons, varves

Thesis contains: 50 pages, 29 pictures, 6 tables, 23 references, 8 appendix

Original in: Croatian

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

Supervisor: Dr. Sc. Tihomir Marjanac, Associate Professor

Reviewers: Dr. Sc. Tihomir Marjanac, Associate Professor

Dr. Sc. Jasenka Sremac, Full Professor

Mr. Sc. Dražen Kurtanjek, Senior Research Associate

Thesis accepted: 15.9.2017.

# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
1.1	Pregled dosadašnjih istraživanja.....	1
1.2	Geografski položaj istraživnog područja .....	2
1.3	Geološka građa istraživnog područja.....	3
2.	METODE ISTRAŽIVANJA.....	7
2.1	Terenske metode.....	7
2.2	Laboratorijske metode.....	8
2.2.1	Granulometrijska analiza.....	9
2.2.2	Petrografska analiza.....	10
2.2.3	Metoda rendgenske difrakcije na prahu.....	10
3.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	11
3.1	Makroskopski opis izvađene jezgre.....	11
3.2	Sedimentološki stup .....	19
3.3	Analize .....	22
3.3.1	Granulometrija.....	23
3.3.2	Petrografija klasta u dijamiktima.....	31
3.3.3	Rendgenska difrakcija sitnozrnato materijala.....	33
4.	DISKUSIJA.....	35
5.	ZAKLJUČAK .....	38
6.	LITERATURA.....	39
7.	DODACI .....	42

# 1. UVOD

Tema ovog rada su kvartarni sedimenti i njihov nastanak na području takozvane Zagrebačke terase. „Zagrebačka terasa“ se nalazi na južnim padinama planine Medvednice i obuhvaća područje od Vrapča preko Sv. Duha do Šalate (Pilar, 1877, Gorjanović-Kramberger, 1908). U radu je istraženo porijeklo detritusa, taložni procesi koji su djelovali tijekom kvartara i taložni okoliš u kojem se sediment taložio i u kojem je takozvana Zagrebačka terasa nastala. Sam nastanak Zagrebačke terase izrazito je kompleksan te oko njega ne postoji znanstveni konsenzus.

Početkom 2017. godine na gradilištu budućih novih zgrada Biološkog, Geološkog i Geografskog odsjeka (BGG) Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu obavljena su geomehanička ispitivanja i istražna bušenja u svrhu pronalaska geotermalnih voda. Jedan od izvađenih uzoraka je i jezgra izvađena iz 80-metarske bušotine, i koja je iskorištena za analizu prilikom izrade ovog diplomskog rada.

Cilj rada je bilo granulometrijski, petrografski te metodom rendgenske difrakcije na prahu analizirati kvartarne sedimente iz izvađene jezgre, izraditi sedimentološki stup te istražiti porijeklo detritusa, taložne procese i taložni okoliš.

## 1.1 Pregled dosadašnjih istraživanja

Nastanak „Zagrebačke terase“ istražuje se posljednjih stotinjak godina, još od doba utemeljitelja hrvatske geologije Gjura Pilara i Dragutina Gorjanovića-Krambergera. Gjuro Pilar u svom radu *Tragovi oledbe na podnožju zagrebačke gore* (1877) postavlja tezu o glacijaciji Medvednice na temelju dvanaest valutica pronađenih na Tuškancu, na kojima su bile vidljive glacijalne strije. Smatra da je u prošlosti Medvednica bila viša za tristo metara te ju uspoređuje s masivom Vogeza u istočnoj Francuskoj na kojoj su pronađeni glacijalni sedimenti. Prema Gjuri Pilaru najintenzivnije područje glacijacije Medvednice proteže se od Vrapča do Blizneca. Tvrdi da je za nastanak takozvane Zagrebačke terase odgovoran proces glacijacije te odbija teorije o nastanku urušavanjem – zbog premalog kuta nagiba i udaljenosti od Zagreba te puzanjem – zbog nedostatka bora.

Pobornik Pilarove teze o glacijaciji Medvednice bio je geograf Hinko Hranilović koji se početkom dvadesetog stoljeća (1901, 1906) upustio u polemiku s Dragutinom



Gorjanovićem-Krambergerom, protivnikom ideja o glacijaciji Dinarida i Medvednice (1902, 1906). Gorjanović-Kramberger tvrdi da je „Zagrebačka terasa“ nastala uslijed sedimentacije iz stajaćih voda i potoka te da su strije na valuticama s tog područja koje Pilar spominje nastale tektonskim putem. 1908. godine Gorjanović-Kramberger objavljuje i *Geologijsku preglednu kartu kraljevine Hrvatske-Slavonije* u mjerilu 1:75000.

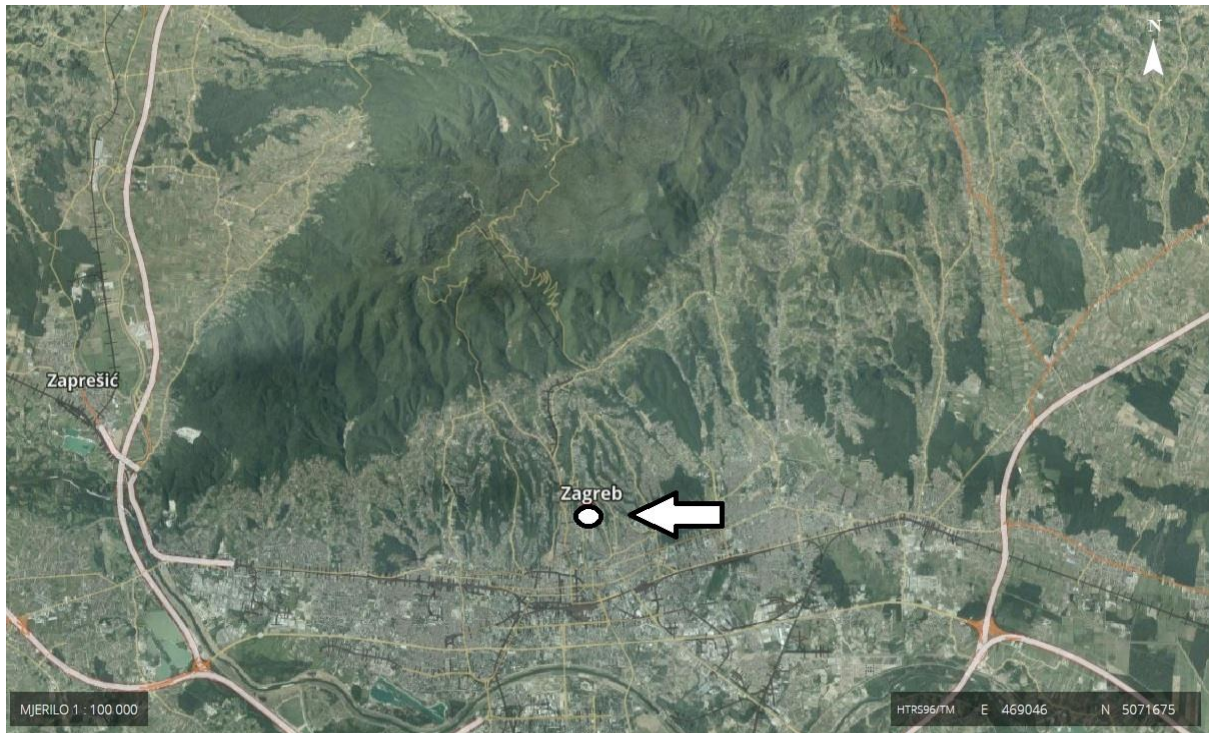
Šikić et al. (1972, 1979) su na listu *Zagreb Osnovne geološke karte SFRJ* izdvojili kvartarne sedimente podijeljene na genetske tipove, to jest barski les, kopneni beskarbonatni les, aluvijalni nanosi Savske terase i pećinski sedimenti.

Šikić (1995) u *Geološkom vodiču Medvednice* spominje pliokvartarne i kvartarne naslage i ističe njihovu važnost za geomorfološki izgled današnje Medvednice.

Nove spoznaje o glacijaciji Medvednice i potencijalnoj genezi takozvane Zagrebačke terase objavljuju Marjanac et al. (2013). Otkriveni su dijamikti koji sadrže valutice sa strijama, razlomljene i konične klaste na kojima je provedena granulometrijska i petrografska analiza, nakon čega je zaključeno da se radi o tilu. Marjanac et al. (2015) objavljuju nove dokaze o glacijaciji, tilove na područjima Jankomir, Remete, Laz Bistrički, Laz Stubički i Gornje Orešje.

## **1.2 Geografski položaj istraživanog područja**

Istraživano područje takozvane Zagrebačke terase nalazi se na južnim padinama Medvednice, koja je izolirana planina na sjeverozapadu Hrvatske. „Zagrebačka terasa“ je uvelike urbanizirana i prekrivena vegetacijom zbog čega su izdanci rijetki i teško uočljivi. Bušotina iz koje je izvađena jezgra analizirana u ovome radu nalazi se na Horvatovcu, na području Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu u centralnom dijelu „Zagrebačke terase“ (Slika 1).

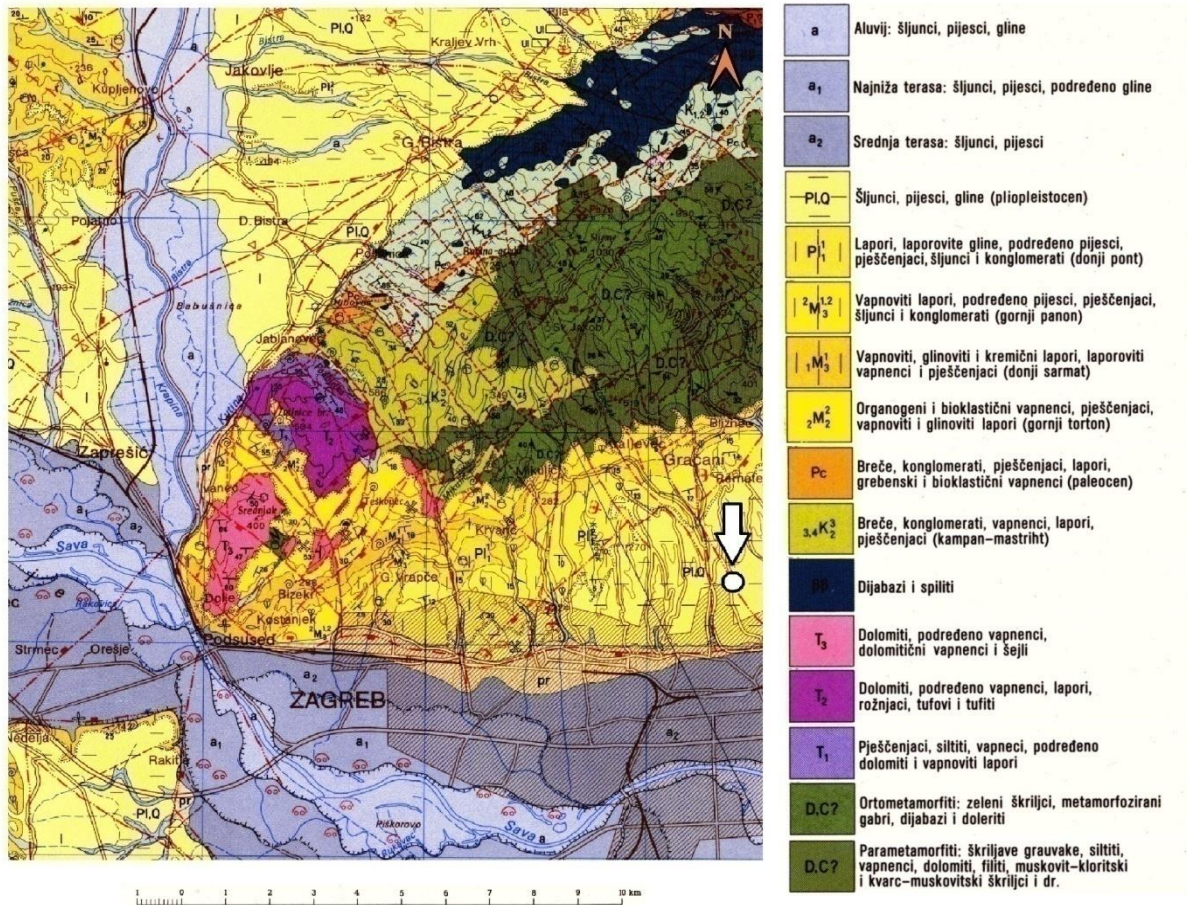


**Slika 1.** Položaj bušotine na lokaciji BGG zgrade na Horvatovcu [1].

### **1.3 Geološka građa istraživanog područja**

Prilikom opisa geološke građe istraživanog područja, koje se odnosi na takozvanu Zagrebačku terasu, potrebno je uzeti u obzir geološku građu šireg područja planine Medvednice. Medvednica se nalazi u južnom dijelu Panonskog bazena te je njezina geološka građa tektonski izrazito kompleksna.

Medvednicu izgrađuju sedimentne, metamorfne i magmatske stijene paleozojske, mezozojske, paleogenske i neogenske starosti, a okolno područje izgrađuju kvartarni sedimenti (Slika 2.). Medvednicu i ostatak zagrebačkog područja oblikovali su vrlo složeni geološki procesi.



**Slika 2.** Isječak Osnovne geološke karte SFRJ, list Zagreb, s označenim položajem bušotine (preuzeto i prilagođeno iz Šikić et al. (1972).

Stijene paleozojske starosti (devon, karbon) najrasprostranjenije su u građi Medvednice. Većinom se radi o ortometamornim i parametamornim stijenama niskog stupnja metamorfizma. Ortometamorfna skupina sastoji se od zelenog škriljavca, amfibolitnog škriljavca, metagabra i metadijabaza, svijetlo do tamno zelene boje, čiji mineralni sastav čine plagioklasi, aktinoliti, epidoti, kloriti, kvarc i kalcit. Parametamorfna skupina stijena proteže se najvišim predjelima Medvednice te u široj zoni od Vrapča do potoka Markuševac. Parametamorfiti su uglavnom sive i tamnosive boje, a rijetko su smeđe ili zelekaste boje te se sastoje od slejtova, filita, mramora, metapelita, metasiltita i kvarcita. Mineralni sastav ovih stijena uključuje kvarc, albit, klorit, kalcit i muskovit. Dio stijena paleozojske starosti na sjevernim padinama Medvednice razlikuje se od navedenog devon-karbon kompleksa – sadrži karbonatne stijene crvene i zelene boje, niskometamorfoziranih sedimenata te se uvrštava u donji perm (Šikić, 1995).

U građi jugozapadnog i sjeveroistočnog dijela Medvednice zastupljeni su donjotrijaski sedimenti. Sedimenti su živo obojeni, a u dijelovima prevladavaju crvenkasto-smeđe boje. Stijene su pješčenjaci, siltiti, vapnenci, dolomiti i vapnoviti lapori, a prisutni su i fosili školjaka, puževa i krinoida. Od stijena srednjeg trijasa na jugozapadu Medvednice nalaze se dolomiti, dolomitizirani vapnenci, šejlovi, rožnjaci i piroklastiti. Također su prisutni i gornjotrijaski dolomiti i to na nekoliko lokacija. Ovisno o glinovitim primjesama, dolomiti su svijetlo do tamno sive boje (Šikić, 1995).

Ostaci krednih izdanaka rasprostranjeni su duž cijele Medvednice u obliku gornjosenonskih transgresivnih sedimenata – breča, konglomerata, vapnenaca, lapora i pješčenjaka. Glavni lokaliteti ovih stijena su Horvatove stube i potoci Vrapčak i Mikulić (Šikić, 1995).

Stijene paleocenske starosti su uglavnom rasprostranjene sjeverozapadnim padinama Medvednice – od izvora potoka Reke na istoku do Jablanovca na zapadu, te djelomično na Gorščici i Lipi. Radi se o sivim i tamnosivim laminiranim šejlovima, sitno glinovitim laporima, pješčenjacima, brečama i konglomeratima (Šikić, 1995).

Od Podsuseda do Planine i Zeline duž jugoistočnih padina prostiru se stijene neogenske starosti. Radi se o slatkovodnim otnaškim naslagama, a moguće i dijelom karpatskim, koje sadrže nepravilne izmjene petromiktne konglomerata, šljunaka, krupnozrnih pijesaka i pješčenjaka riječkog, jezerskog te mjestimice kopnenog podrijetla. U stijenama se nalazi endemska fauna mekušaca, raznovrsnih oblika roda *Congerina*, *Melania*, *Melanopsis* i *Unio*, a u glinovito laporovitim sedimentima često su pristune ljušture ostrakoda (Šikić, 1995). Karpatski sedimenti sastoje se od siltnih, pjeskovitih i glinovitih lapora zelenkaste i smeđe-sive boje. Badenski sedimenti mogu se pronaći duž svih padina Medvednice. Prema facijesnim razlikama i različitim zajednicama mikrofosila moguće razdvojiti na donji i gornji baden. Stijene koje pripadaju donjem badenu su konglomeratični pješčenjaci, bioklastični vapnenci (litavci) i lapori, dok se gornje-badenski sedimenti raspoznaju prema velikoj količini fosilnih ostataka i raznolikosti litofacijesa. U naslagama se nalaze bioklastični vapnenci, litavci, biokalkareniti, mekušci rodova *Pecten* i *Isocardia*. Susedgrad, Polje, Bizek i Gornje Vrapče su najbogatija nalazišta ovih fosila. Velikim dijelom Medvednice protežu se sarmatske naslage koje se sastoje od izmjena klastita te pjeskovitih, siltnih, glinovitih i laporovitih vapnenaca. Na Medvednici se mogu izdvojiti dva tipa panonskih naslaga – Croatica i

Banatica. Nalaze se na području od Blizneca do Markuševca, a čine ih laporoviti vapnenci i lapori (Šikić, 1995).

Iako ne ulaze direktno u užu građu Medvednice, pliokvatarni sedimenti značajni su kao pokazatelj tektonskih procesa pliocena koji su odgovorni za današnji geomorfološki izgled Medvednice. Pliokvartarni sedimenti nalaze se na području od Grmoščice do doline potoka Trnave, na najužim dijelovima šireg pojasa obronaka Medvednice. Taloženi su diskordantno na prethodno tektonski i erozijski formiranu podlogu. Prisutni su i na pontskim sedimentima, ali i na mezozojskim stijenama trupa Medvednice. Sastav ovih stijena očituje se u nepravilnim izmjenama slabo sortiranog do nesortiranog šljunka, pijeska, siltova i glina, dok im je taložni okoliš u rasponu od proluvijalnog i proluvijalno-fluvijalnog preko fluvijalnog do fluvijalno-jezerskog. U baznom dijelu naslage javljaju se limonitno pješčane okorine i konkrecije što ukazuje na jaku limonitizaciju (Šikić, 1995).

Kvartarni sedimenti također ne ulaze u užu građu Medvednice, no važan su čimbenik njezinog strukturnog i tektonskog sklopa. Izdvojeni su glinovito-silti sedimenti prapora eolsko-akvatičnog i eolskog podrijetla (pleistocenski močvarni prapor i kopneni beskarbonatni prapor) te glinovito-silitni kopneni les. Reljef Medvednice u konačnici je oblikovan tektonskim procesima na rubovima trupa Medvednice krajem pleistocena i tijekom holocena (Šikić, 1995).

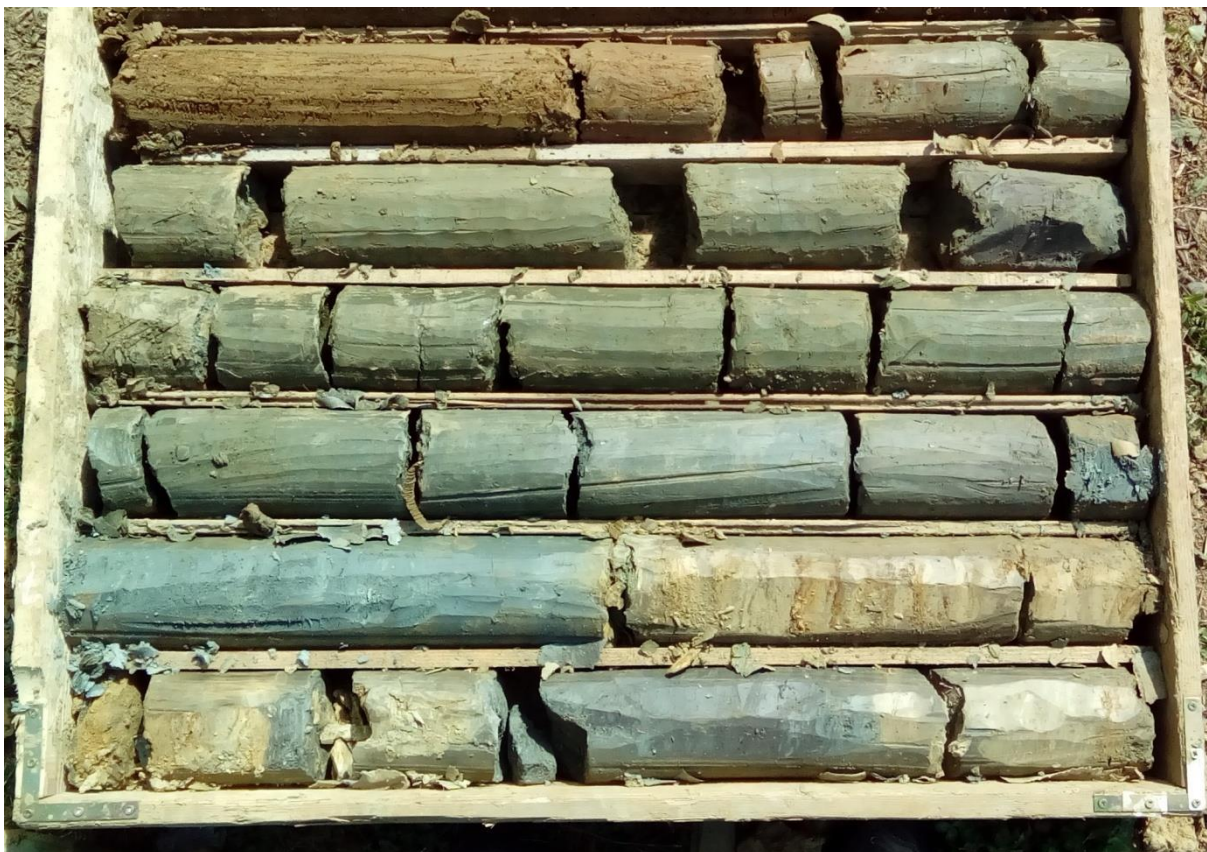
## 2. METODE ISTRAŽIVANJA

### 2.1 Terenske metode

Istraživana lokacija nalazi se na budućem gradilištu zgrade BGG, na Horvatovcu u urbaniziranom dijelu grada i predstavlja zapušteni voćnjak. Bušenje i vađenje jezgri je obavljeno u proljeće 2017. godine na 4 mikrolokacije s dubinom bušenja od 15 do 80 metara (Slika 3). Bušeno je uporabom različitih bušačkih garnitura s krunskom bušačom glavom uz kontinuirano jezgrovanje. Jezgre nakon pregleda nisu sačuvane osim dijelova koji su izdvojeni za istraživanje (Slika 4). Jezgre su zamotane u plastične folije i adekvatno su pohranjene, te se nalaze u Geološko-paleontološkom zavodu. Također, radi provjere litologije i moguće rekonstrukcije ishodišta detritusa pregledan je i južni dio središnjeg područja Medvednice.



**Slika 3.** Garnitura za bušenje na lokaciji BGG zgrade na Horvatovcu.



**Slika 4.** Izvađena jezgra iz bušotine s lokacije BGG zgrade, pretežito glina.

## 2.2 Laboratorijske metode

Prije laboratorijske analize, dijelovi izvađene jezgre su fotografirani i izmjereni. Jezgra se na dubini od 24 do 77 metara uglavnom sastoji od većeg broja intervala siltnog, glinovitog i šljunkovitog materijala.

Pregledana je i veća količina rastresitog materijala s različitih dubina (10,5 m, 11 m, 11,5 m 12,5 m, 18,5 m, 20 m, 22 m, 26,5 m, 30 m, 40,57–40,73 m, 69,2–69,5 m, 72 m) koji je sačuvan u plastičnim vrećicama.

Prilikom pripreme jezgre, s gornje strane uklonjen je njezin tanki sloj kako bi se dobila preglednija radna površina s jasnije vidljivim detaljima. Boja jezgre određena je pomoću mobilne aplikacije *Color soil chart*. Makroskopskim opažanjem nastojale su se utvrditi pojedine karakteristike jezgre – teksture, strukture, litologija te prisustvo organske tvari i fosila. Također napravljen je test na prisustvo  $\text{CaCO}_3$  s 10% klorovodičnom kiselinom. Na milimetarskom papiru skicirana je radna verzija sedimentološkog stupa u mjerilu 1:5.

### 2.2.1 Granulometrijska analiza

Za granulometrijsku analizu odabrani su uzorci iz tri različita intervala jezgre, s dubina 18,5 m, 30 m te u rasponu od 40,57-40,73 m. Masa odabranih suhih uzoraka izmjerena je digitalnom vagom. Suhi uzorci su stavljeni u posude u koje se potom dodala otopina vode i vodikovog peroksida (30%, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) kako bi se razdvojile sljepljene čestice i uklonile organske tvari. Nakon 24 sata, reakcija otopine i uzoraka je bila gotova i uzorci su bili spremni za sijanje. Ručno su odvojeni i oprani klasti frakcije 8 mm i veći, koji su potom izmjereni i izvagani. Za preostali dio uzoraka primijenjena je metoda mokrog sijanja, za što je korišten set od 7 sita različitih promjera otvora: 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm i 0,063 mm. Frakcije uzorka koje su zaostale na situ su potom osušene, razvrstane u označene vrećice za uzorke i izvagane na digitalnoj vagi, dok je masa uzoraka sitnijeg od 0,063 mm izračunata iz ukupne mase cijelog uzorka.

Za izradu histograma, kumulativne granulometrijske krivulje i trokomponentnog dijagrama korišten je *Gradistat 8.0* (Blott & Pye, 2001) nadogradnja [2] programu *Excel 2007*.

Parametri veličine čestica računaju se po formulama Folk & Ward (1957) na temelju podataka dobivenih na kumulativnoj granulometrijskoj krivulji. Parametri koji su korišteni za analizu uzoraka su: srednja veličina zrna ( $M_d$ ), prosječna veličina zrna ( $M_z$ ), sortiranost ( $S_o$ ) i asimetrija ( $S_k$ ):

$$M_d = \phi 50 \quad (1)$$

$$M_z = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3} \quad (2)$$

$$S_o = \frac{(\phi 84 - \phi 16)}{(4)} + \frac{(\phi 95 - \phi 5)}{(6.6)} \quad (3)$$

$$S_k = \frac{\phi 16 + \phi 84 - 2\phi 50}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 5 + \phi 95 - 2\phi 50}{2(\phi 95 - \phi 5)} \quad (4)$$

Klasti frakcije veličine >4 mm podijeljeni su morfološki na razlomljene, konične, cilindrične i sferične.



### 2.2.2 Petrografska analiza

Prije izrade izbrusaka za mikroskopsku analizu, valutice izvađene iz jezgre su oprane, izmjerene, fotografirane, te su vizualnim pregledom i lupom utvrđene njihove makroskopske karakteristike.

Izbrusci za petrografsku analizu izrađeni su u laboratoriju Geološko-paleontološkog zavoda. Priprema uzoraka je bila problematična zato što su valutice bile izložene kemijskom i fizičkom trošenju, pa su se mrvile prilikom rezanja i brušenja. Od ukupno devet izrađenih izbrusaka od valutica centimetarskih dimenzija, koje su izvađene iz jezgre iz različitih dubina (11,5 m i 30 m), odabrani su izbrusci za mikroskopiranje. Korišten je polarizacijski mikroskop Leitz Wetzlar u ortoskopskim uvjetima, najprije bez uključenog analizatora, a zatim i s uključenim analizatorom. Za odredbu minerala i strukture stijene korišten je priručnik Mackenzie et al. (1990).

### 2.2.3 Metoda rendgenske difrakcije na prahu

Priprema uzoraka, izrada preparata i snimanje na rendgenskom difraktometru napravljeno je u laboratoriju Mineraloško-petrografskog zavoda. Korištena je metoda rendgenske difrakcije na prahu, provedena je kvalitativna analiza i određen je fazni sastav ukupnog uzorka. Odabrano je osam uzoraka iz različitih intervala jezgre s dubina 24,1 m, 44,4 m, 49,05 m, 60,21 m, 63,43 m, 63,8 m, 76,7 m i 76,9 m.

Priprema uzoraka obuhvatila je usitnjavanje osušenog uzorka u ahatnom tarioniku. Dobiveni prah je stavljen u stakalce zalijepljeno na aluminijski nosač za snimanje rendgenskim difraktometrom. Korišten je rendgenski difraktometar Phillips PW 3040 / 60 X'Pert PRO sa zračenjem  $\text{CuK}\alpha$   $\lambda=1,54060 \text{ \AA}$  pri naponu od 40 mV i jakosti struje 40 mA. Rezultati su interpretirani programom *X'Pert Highscore Plus* i uspoređeni s podacima iz odgovarajuće baze podataka ICDD (2004) uz korištenje priručnika Brindley (1961).

## 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

### 3.1 Makroskopski opis izvađene jezgre

Prilikom pripreme za detaljnu granulometrijsku i petrografsku analizu, te analizu metodom rendgenske difrakcije na prahu, jezgra je pregledana vizualno i lupom uz korištenje terenskog komparatora za određivanje veličine zrna i sortiranosti, te su uočene pojedine karakteristike u svakom intervalu njezine dubine (litologija, tekstura, deformacijske teksture i struktura).



**Slika 5.** Slomljeni klast u glinovito-siltnom matriksu.

U intervalu od 0-20 m, na dubini od 10,5 m prevladava izrazito rastresit materijal kojeg čine glina i pod prstima praškast smeđi silt, a mjestimično je i crvenkasto-smeđe boje zbog limonitizacije.

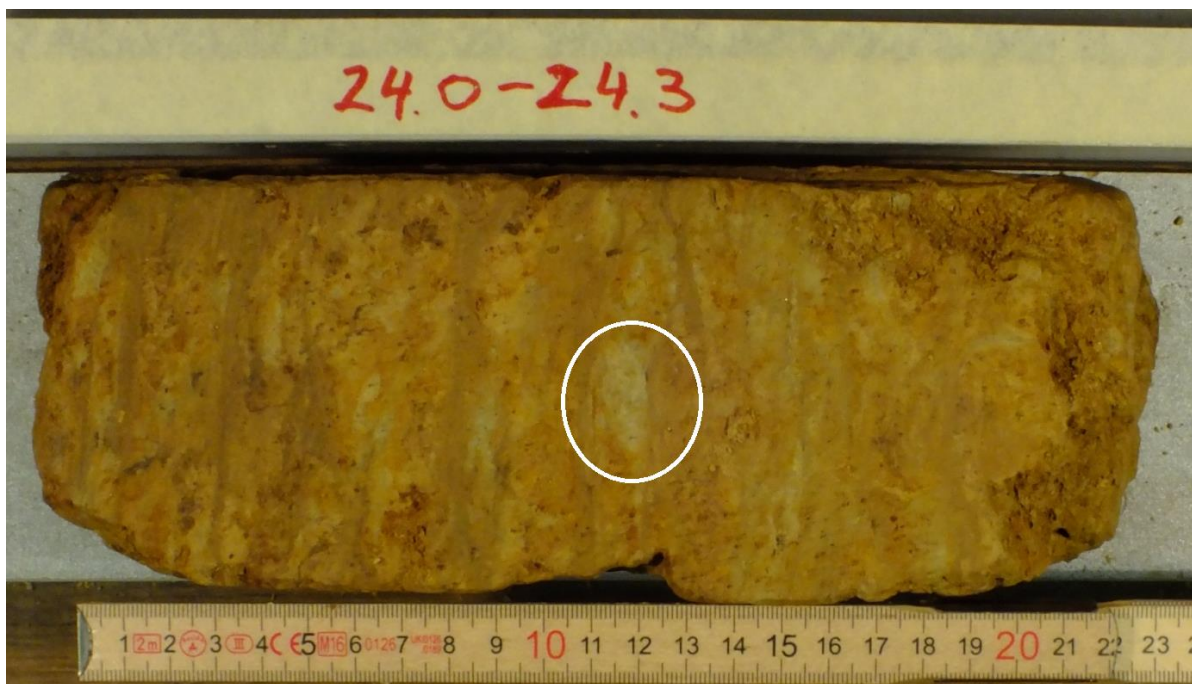
Na dubini od 11-11,5 m prevladavaju slabo sortirani klasti centimetarskih dimenzija (ulomci kvarca, zeleni škrljavac i slejt) u glinenom matriksu. Obzirom da su klasti bili većih dimenzija, s dubine od 11,5 m odabran je uzorak za izradu izbrusaka za petrografsku analizu.

U najdubljem dijelu ovoga intervala, od 12,5-20 m nalaze se slabo sortirani, a mjestimično i razlomljeni klasti i valutice centimetarskih dimenzija u glineno-siltnom

matriksu svijetlo smeđe boje. Uočena je manja količina organske tvari što ukazuje na reduktivne uvijete, a na mjestima je vidljiva crvekasto-smeđa boja što ukazuje na oksidativne uvijete i proces limonitizacije. S dubine od 18,5 m odabrana je veća količina uzorka za granulometrijsku analizu.

U intervalu od 20-40 m, na dubini od 20-22 m nalaze se loše sortirane klasti centimetarskih dimenzija u matriksu od smeđeg silta i gline.

Dio jezgre na dubini od 24-24,3 m (Slika 6) sadrži svijetlo smeđi silt uz proslojke tamno smeđe gline, a mjestimična crvenkasto-smeđa boja ukazuje na proces limonitizacije. Uočene su izmjene siltnog i glinovitog materijala te deformacijske teksture koje se mogu interpretirati kao bioturbacija. Debljina glinovitih lamina iznosi od 0,2 do 0,5 centimetara. Uočene su i deformacijske teksture koje mogu biti posljedica krioturbacije. Na dubini 24,1 metara uzet je uzorak za analizu rendgenskom difrakcijom na prahu.

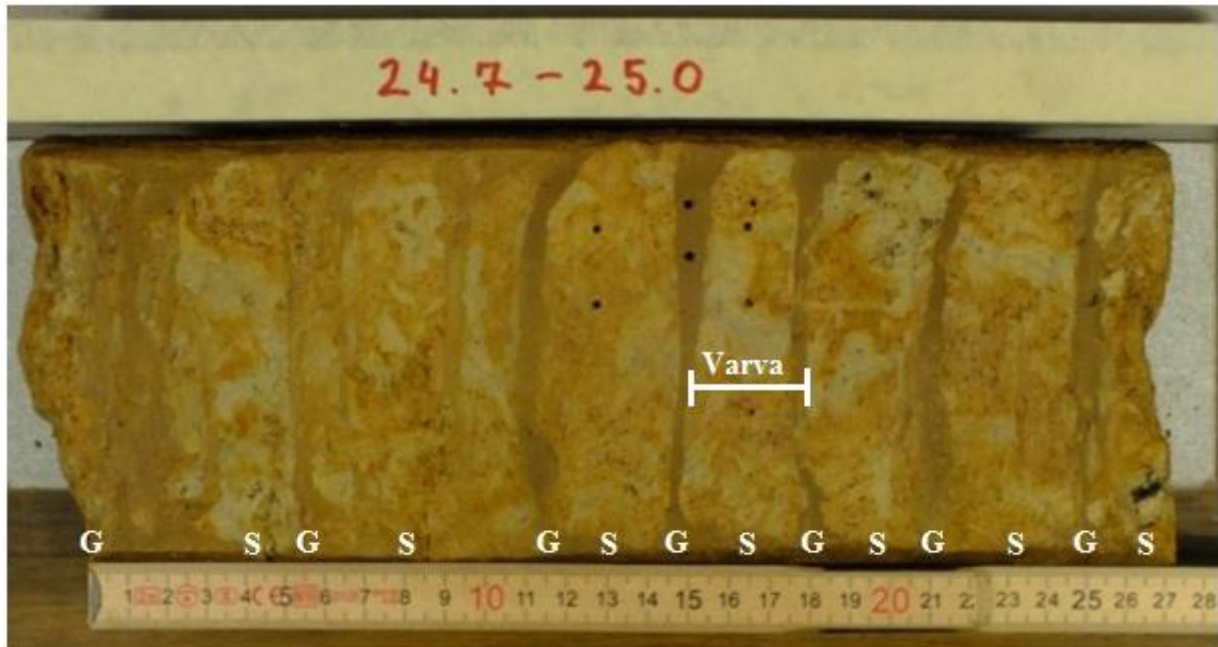


**Slika 6.** Dio jezgre s dubine 24-24,3 m s vidljivom bioturbacijom.

U dijelu jezgre na dubini od 24,3-24,7 m nalazi se žuto-smeđi silt u kojem se nalaze glinene lamine tamno smeđe boje. Vidljive su varve i krioturbacije (Slika 6).

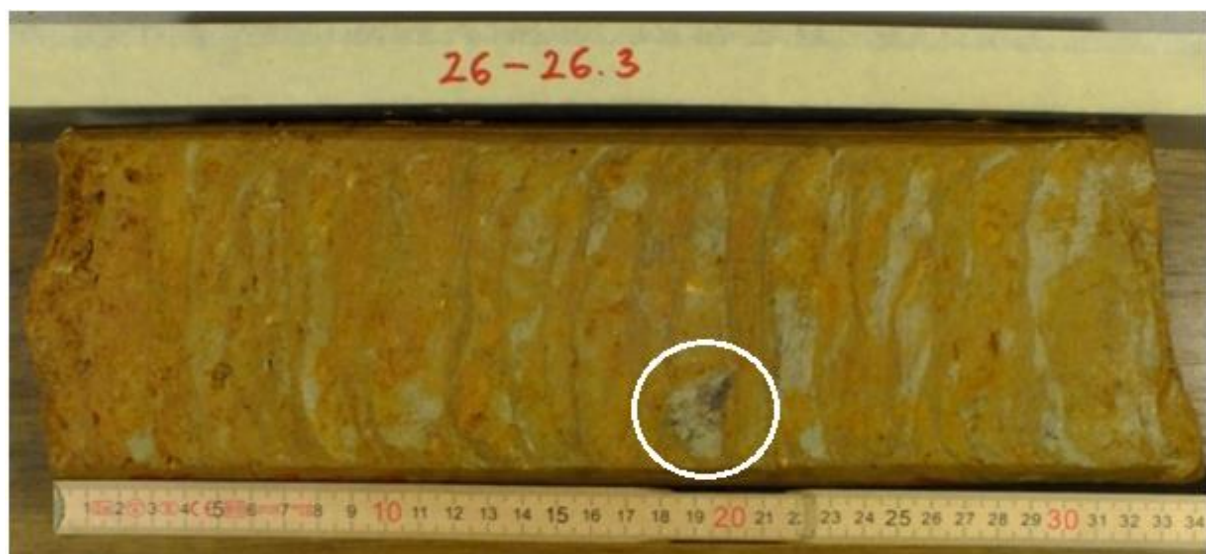
Dio jezgre na dubini 24,5-24,65 m sadrži tamno smeđu glinu i svijetlo smeđi limonitizirani silt. Prisutne su i deformacijske teksture nastale usred krioturbacije.

Na dijelu jezgre na dubini od 24,7-25 m uočena je kompakcija gline tamnosmeđe boje čiji rubovi su deformirani kao posljedica bušenja (Slika 7). Vidljiv je i žuto-smeđi praškasti silt uz prisustvo organske tvari čiji dio bi moglo biti i biljno trunje. Varve su u prosjeku debele 3 do 4 cm.



**Slika 7.** Dio jezgre s dubine 24,7-25 m s vidljivim varvama (S-silt, G-glina).

Na dijelu jezgre na dubini od 26-26,3 m (Slika 8) na vrhu se nalazi pijesak, a ostatak čine lamine gline i djelomično limonitiziranog svijetlo do tamno smeđeg silta, a mjestimice i zelene boje. Prisutna je organska tvar te je pronađen klast od 0,5 cm.



**Slika 8.** Dio jezgre s dubine 26-26,3 m na kojoj se vide ostaci organske tvari.

Na dubini 26,5 m nalazi se smeđi limonitizirani silt. Na dubini od 30 m nalazi se dijamikt s glinovito-siltnim matriksom čiji su klasti milimetarskih, centimetarskih i decimetarskih dimenzija, loše sortirani i razlomljeni. Uočene su razne metamorfne stijene – zeleni škriljavci, slejtovi, filiti, kvarciti i ulomci kvarca. Uzorak je uzet za granulometrijsku analizu i naknadno za petrografsku analizu.

U intervalu od 40-60 m na dubini od 40,5-40,73 m (Slika 9) nalazi se dio jezgre koji sadrži klaste i valutice milimetarskih do centimetarskih dimenzija u smeđem glinovitom matriksu. Uočen je slomljeni klast veličine 7 cm. Dio uzorka je uzet za granulometrijsku analizu.



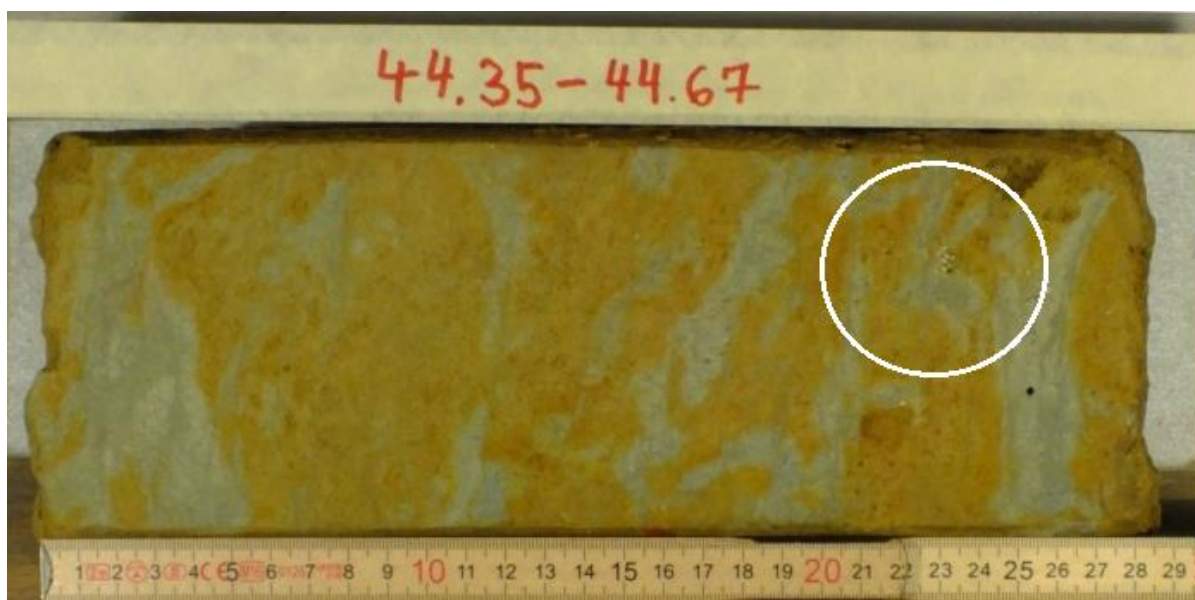
**Slika 9.** Dio jezgre s dubine 40,57-40,73 m s velikim klastom zelenog škriljavca.

Dio jezgre na dubini 40,8-41 m (Slika 10) sadrži zaobljene klaste presvučene feromanganskom koricom u glinenom matriksu. Silt i glina su smeđe boje, a vidljiva su ulomci zrna kvarca i metamorfnih stijena.



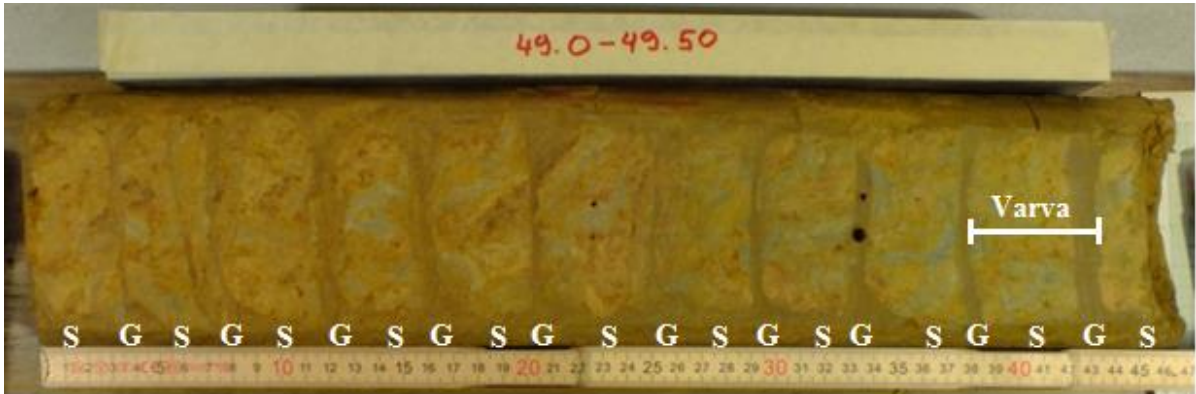
**Slika 10.** Dio jezgre s dubine 40,08-41 m s vidljivim klastom kvarca.

Dio jezgre na dubini 44,35-44,67 m (Slika 11) sadrži smeđi silt s ulošcima svijetlo zelene gline, a tekstura ukazuje na moguću krioturbaciju. Uočeno je prisustvo organske tvari, a mjestimična crvenkasto-smeđa boja ukazuje na limonitizaciju. Na dubini od 44,4 m uzet je uzorak za analizu rendgenskom difrakcijom na prahu.



**Slika 11.** Dio jezgre s dubine 44,35-44,67 m s deformacijskim teksturama vjerojatno nastalim uslijed krioturbacije.

U dijelu jezgre na dubini od 49-49,5 m (Slika 12) nalaze se varve silta i gline, boja im je svijetlo do tamno smeđa, sivkasta i zelenkasta. Debljina varvi je u prosjeku od 2 do 4 cm. Uočene su deformacijske teksture koje ukazuju na moguću krioturbaciju. Na 49,05 m uzet je uzorak za analizu rendgenskom difrakcijom na prahu.



**Slika 12.** Dio jezgre s dubine 49,0-49,50 m s vidljivim varvama.

Na dijelu jezgre na dubini od 55,43-55,75 m (Slika 13) vidljiva je kosa laminacija silta smeđe boje uz uloške svijetlo zelene gline. Tekstura ukazuje na moguću krioturbaciju.



**Slika 13.** Dio jezgre s dubine 55,43–55,75 m s krioturbacijom poremećeni sediment svijetlo zelene gline i smeđeg silta.

Dio jezgre na dubini 57,35 do 57,5 m (Slika 14) sadrži masivni dijamikt s nesortiranim klastima milimetarskih dimenzija u smeđem glinovitom matriksu.



**Slika 14.** Dio jezgre s dubine 57,35-57,5 m. Dijamikt s nesortiranim klastima u glinovitom matriksu.

U dijelu jezgre na dubini 58,0-58,2 m (Slika 15) nalazi se masivni dijamikt s nesortiranim klastima kvarcnih ulomaka i metamorfnihi stijena u glinovitom matriksu. Klasti su prekriveni feromanganskom koricom.



**Slika 15.** Dio jezgre s dubine 58,0-58,2 m. Dijamikt s nesortiranim klastima i limonitiziranim matriksom.

U najdubljem intervalu, od 60-80 m na dubini od 60-60,43 m nalazi se dio jezgre koji je izgrađen od smeđeg silta s ulošcima svijetlo zelene gline. U gornjem dijelu jezgre prisutna



je organska tvar i trunje. Uzet je uzorak s dubine 60,21 m za analizu rendgenskom difrakcijom.

Dio jezgre na dubini od 63-63,3 m sadrži plavu glinu uz vidljivu tamniju varvu. Uočena je i deformacijska tekstura koja se se interpretira kao bioturbacija.

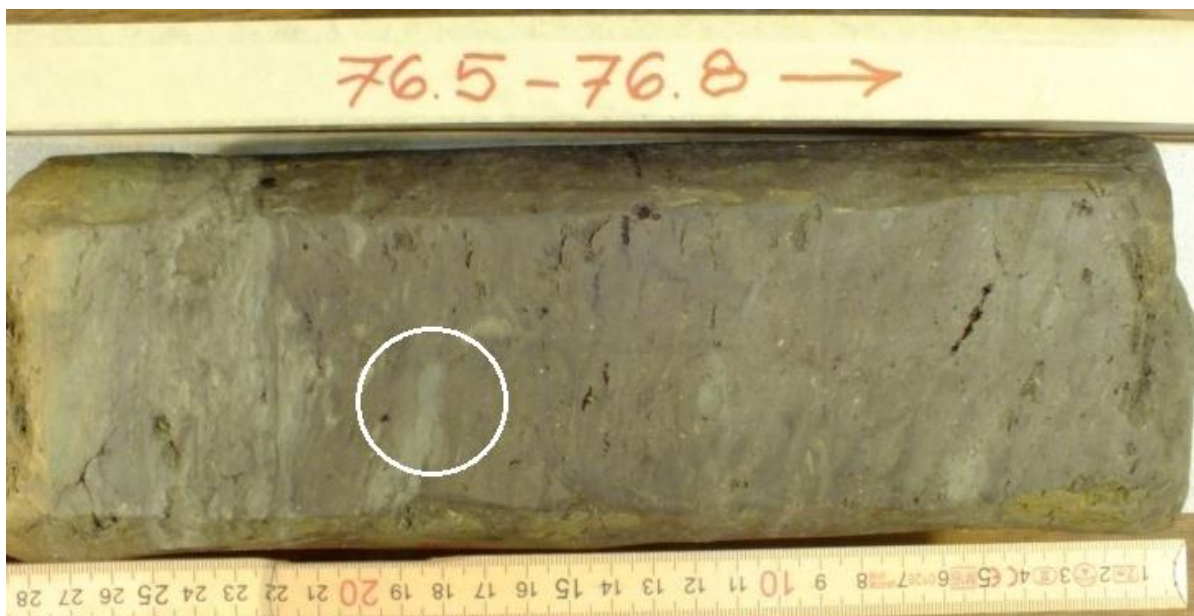
U dijelu jezgre na dubini od 63,3-63,6 nalazi se mramorizirana glina koja je možda nastala kao posljedica smrzavanja. Na gornjem dijelu nalazi se plava glina, a na donjem dijelu svijetlo smeđi silt. Glina je na opip masna. Uzorak za analizu rendgenskom difrakcijom na prahu uzet je s dubine od 63,43 m.

U dijelu jezgre na dubini 63,6-63,9 m pri dnu se nalazi smeđi limonitizirani pijesak, a ostatak čine glina i silt. Silt je svijetlo smeđi do žućkasti, a proslojci gline su smeđi. Vidljiva je limonitizacija.

S dubine od 69,2-69,5 m izvađene su klasti centimetarskih dimenzija koje čine kvarc i zeleni škriljavac.

Dio jezgre na dubini od 70,5 m je dijamikt je s glinenim matriksom. Vidljive su valutice kvarca, zelenog škriljavca i ostalih metamorfnih stijena. Pronađen je klast zelenog škriljavca s vidljivim strijama te je nakon detaljnijeg pregleda lupom ustanovljeno da se radi o glacijalnim strijama.

Gornji dio jezgre s dubine 76,5-76,8 m (Slika 16) sadrži silt čija količina se smanjuje prema donjem dijelu i zamjenjuje ju sivo zelena glina. Vidljivi su „clay chips“, intraklasti i deformacijska tekstura interpretirana kao bioturbacija. Uzorak za analizu rendgenskom difrakcijom na prahu uzet je s dubine od 76,7 m.



**Slika 16.** Dio jezgre s dubine 76,5-76,8 m s vidljivom bioturbacijom.

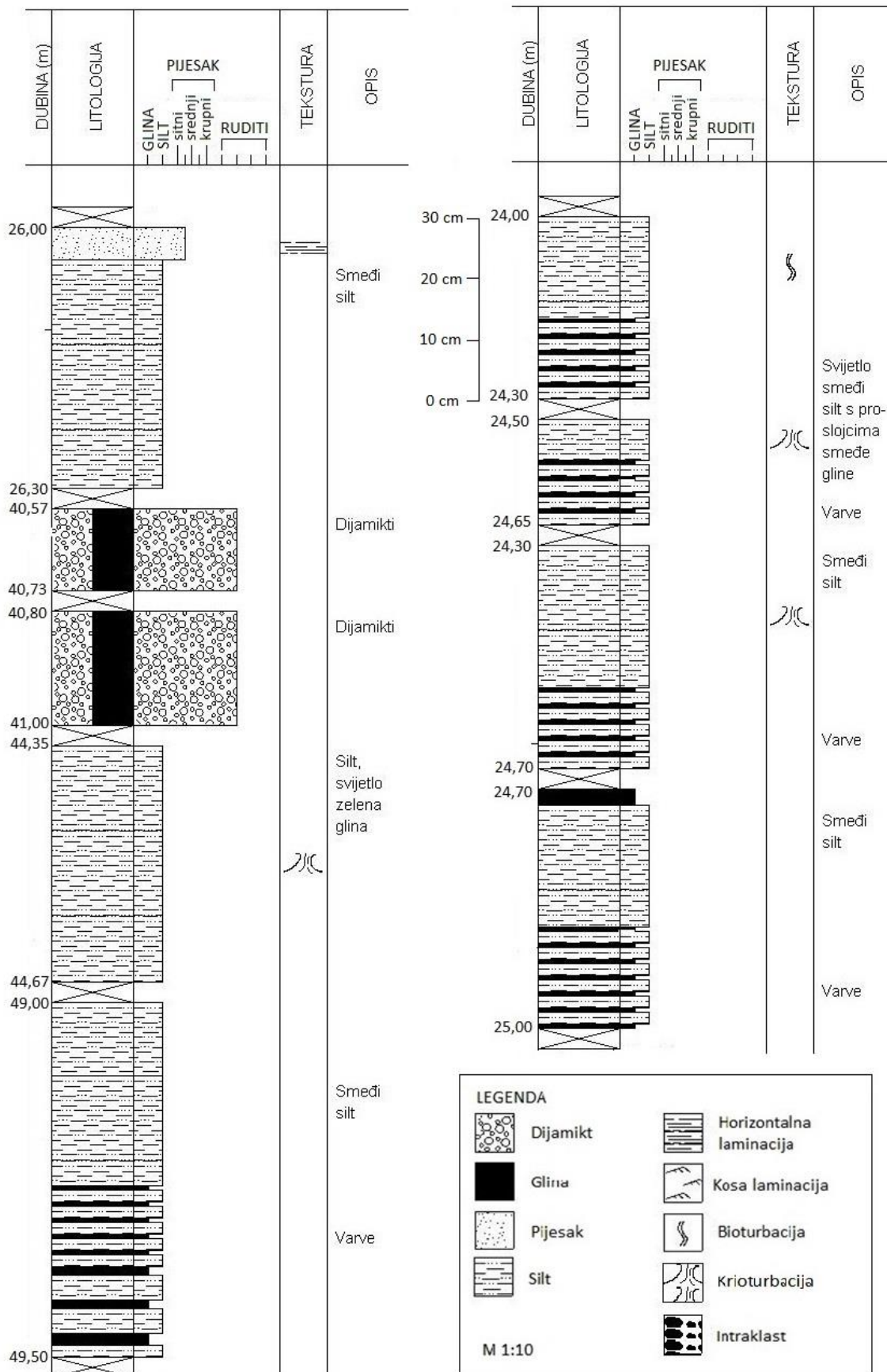
U najdubljem dijelu izvađene jezgre, na dubini od 76,8-77,0 m nalazi se dijamikt sa smeđim glinovitim matriksom. Na gornjem dijelu vidljiva je horizontalna laminacija. Uzorak za analizu rendgenskom difrakcijom na prahu uzet je s dubine od 76,9 m.

U pregledanoj jezgri nisu pronađeni fosili, a nisu pronađeni niti klasti vapnenaca.

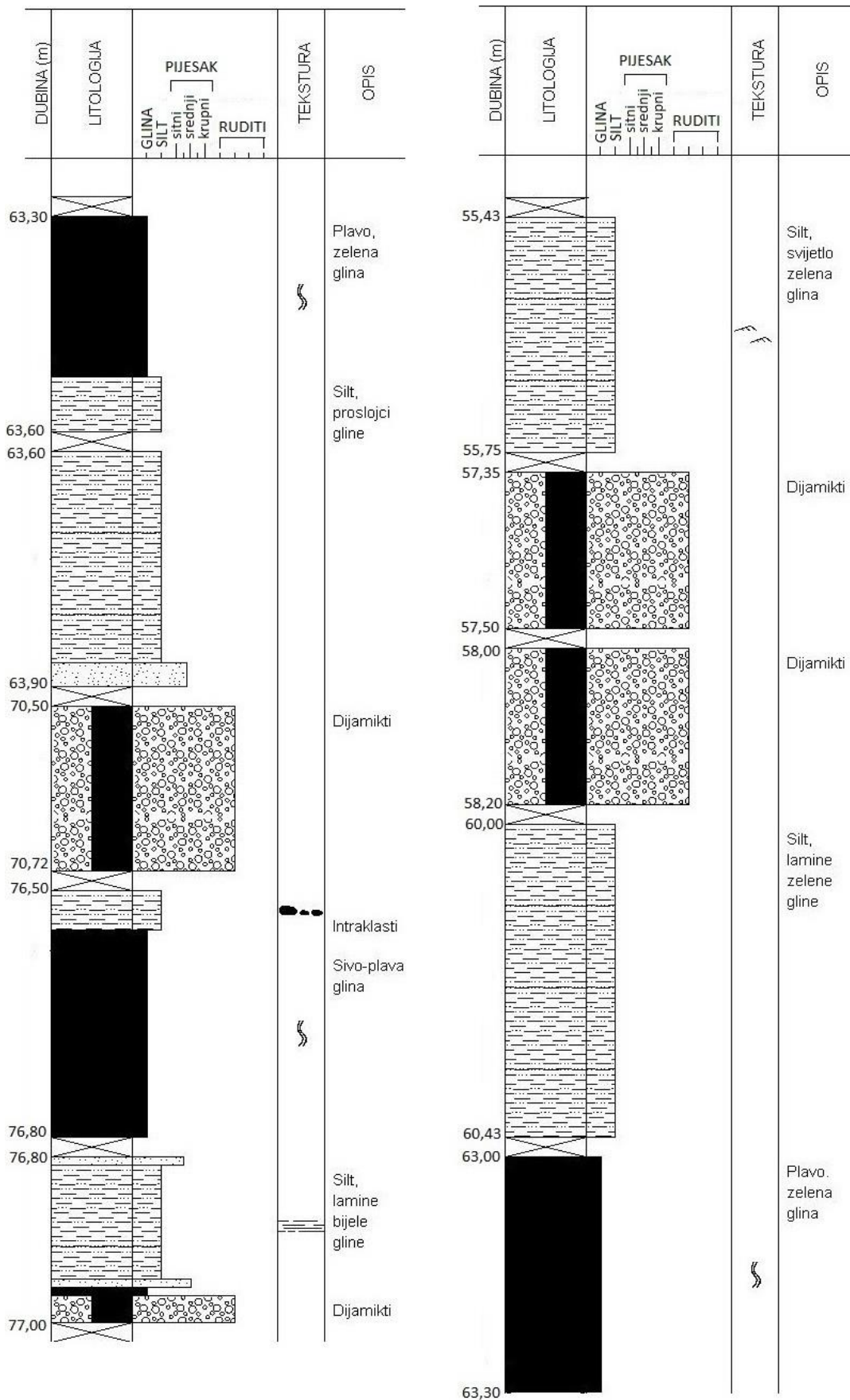
### 3.2 Sedimentološki stup

Sedimentološki stup se sastoji od više paralelnih stupaca na kojima su prikazane vertikalne promjene dubine, litologije, tekstura i veličine čestica unutar jezgre.

Sedimentološki stup (Slika 17) izrađen je u programu *SedLog 3.1* [3] u mjerilu 1:10 te je obrađen u programu *Paint*.



Slika 17. a) Sedimentološki stup (49,50-24,00 m).



Slika 17. b) Sedimentološki stup (77,00-55,43 m)

### 3.3 Analize

Na uzorcima iz različitih dubina provedene su granulometrijska, petrografska i analiza rendgenskom difrakcijom. Popis analiziranih uzorka prikazan je u Tablici 1.

**Tablica 1.** Popis analiziranih uzoraka

Dubina (m)	Litologija	Analiza	Slika	Tablica
11,5	Kvarc, zeleni škriljavac, slejt, filit	Petrografija	-	-
18,5	Kvarc, zeleni škriljavac, slejt, filit	Granulometrija	18, 19, 24, ,25, 26	2, 5, 6
24,1	Smeđi silt	Rendgenska difrakcija	29	D1
30	Kvarc, zeleni škriljavac, slejt, filit	Petrografija, granulometrija	20, 21, 24, 25, 26, 27, 28	3, 5, 6
40,57-40,73	Kvarc, zeleni škriljavac, slejt, filit	Granulometrija	22, 23, 24, 25, 26	4, 5, 6
44,4	Svijetlo-zelena glina	Rendgenska difrakcija	29	D2
49,05	Tamno-smeđa glina	Rendgenska difrakcija	29	D3
60,21	Svijetlo-smeđi silt	Rendgenska difrakcija	29	D4
63,43	Plava glina	Rendgenska difrakcija	29	D5
63,8	Svijetlo-smeđi silt	Rendgenska difrakcija	29	D6
76,7	Sivo-zelena glina	Rendgenska difrakcija	29	D7
76,9	Svijetlo-smeđi silt	Rendgenska difrakcija	29	D8

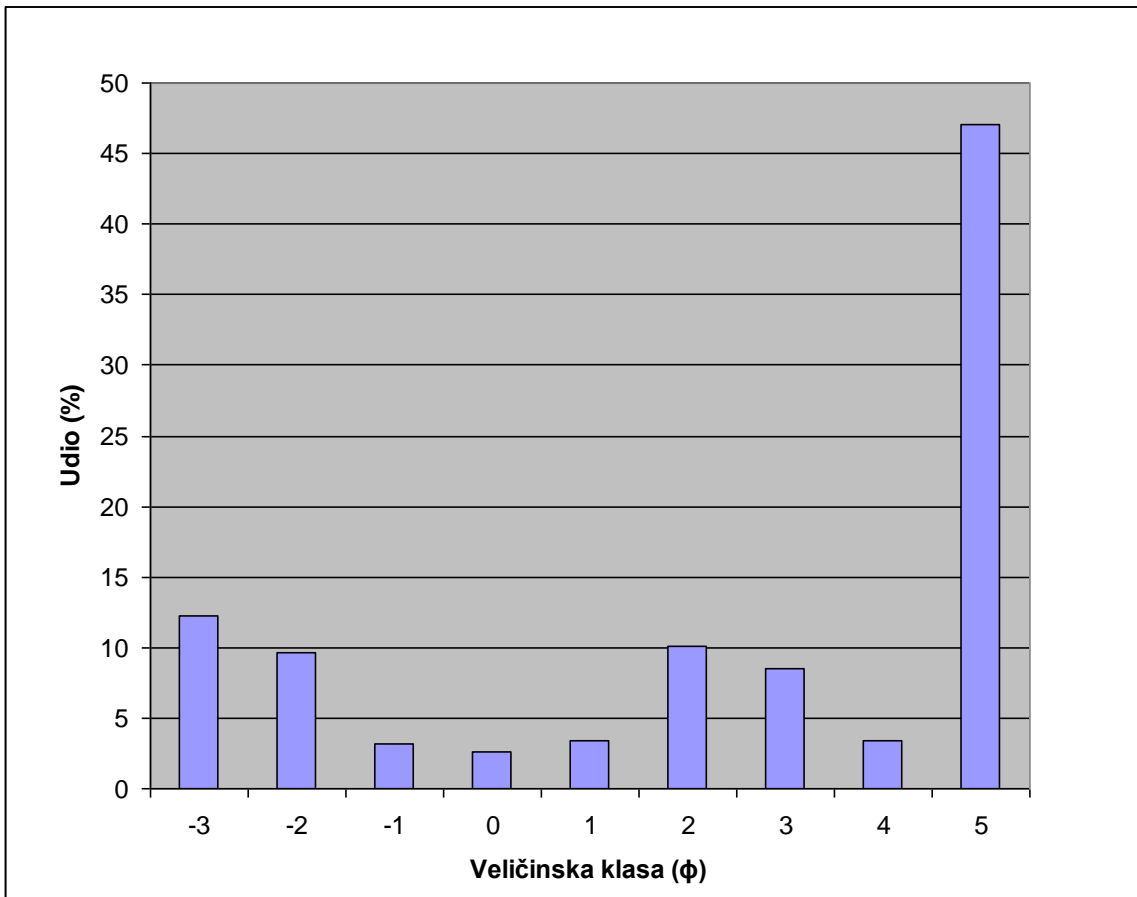
### 3.3.1 Granulometrija

Granulometrijskom analizom svakog uzorka dobiveni su podaci o masi pojedine frakcije čestica te je izračunat njezin udio u uzorku. Izračunati su i parametri veličine čestica – srednja veličina, prosječna veličina, sortiranost i asimetrija (Tablice 2, 3 i 4).

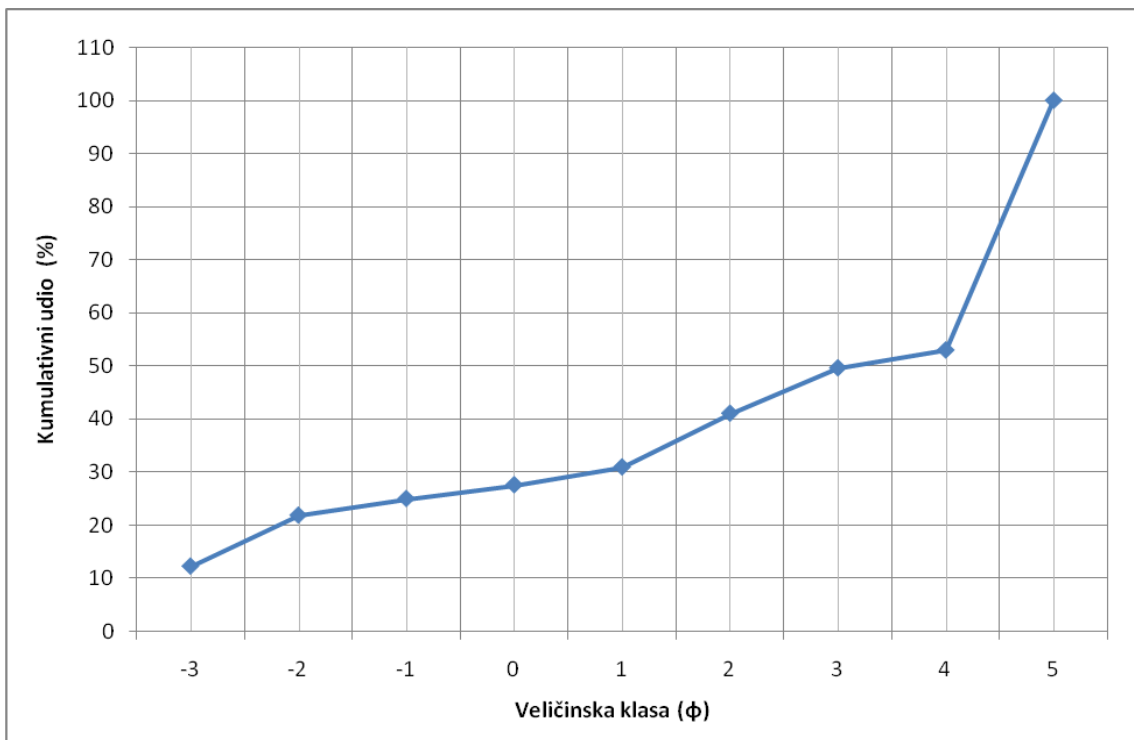
**Tablica 2.** Granulometrijska analiza dijamikta s dubine 18,5 m.

Veličina klase ( $\phi$ )	Veličina čestica (mm)	Masa (g)	Kumulativna masa (g)	Udio (%)	Kumulativni udio (%)
-3	8	60	60	12,21	12,21
-2	4	47,2	107,2	9,61	21,82
-1	2	15,4	122,6	3,13	24,95
0	1	12,8	135,4	2,6	27,55
1	0,5	16,5	151,9	3,36	30,91
2	0,25	49,7	201,6	10,12	41,03
3	0,125	42	243,6	8,55	49,58
4	0,063	16,5	260,1	3,36	52,94
-	< 0,063	230,9	491	47,02	100
Ukupno		491 g			

Histogram (Slika 18) pokazuje bimodalan raspored veličine čestica jer postoje dvije veličinske klase koje imaju najveći udio u uzorku. Srednja veličina zrna iznosi 3  $\phi$ , a prosječna veličina zrna iznosi 1,666  $\phi$  te je uzorak po tim parametrima dao rezultate kao srednjezrnati pijesak što ne opisuje tip stijene u ovom slučaju dijamikt (Slika 19). Sortiranost iznosi 2,592 te je uzorak određen kao nesortirani sediment, a asimetrija iznosi -0,652 i ukošena je prema vrlo krupnim česticama (Tablica 5).



Slika 18. Histogram veličine detritusa na dubini 18,5 m



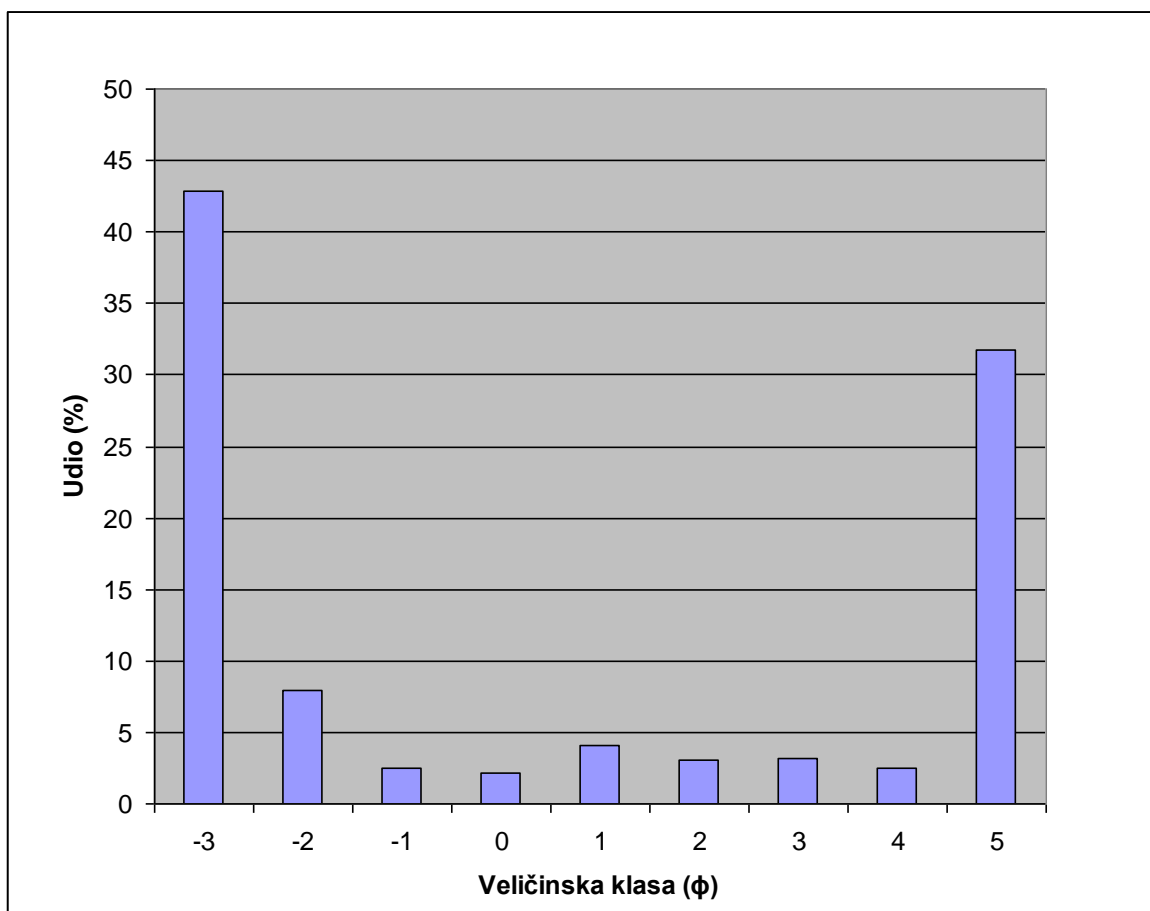
Slika 19. Kumulativna granulometrijska krivulja detritusa iz uzorka s dubine 18,5 m.

**Tablica 3.** Granulometrijska analiza dijamikta s dubine 30 m.

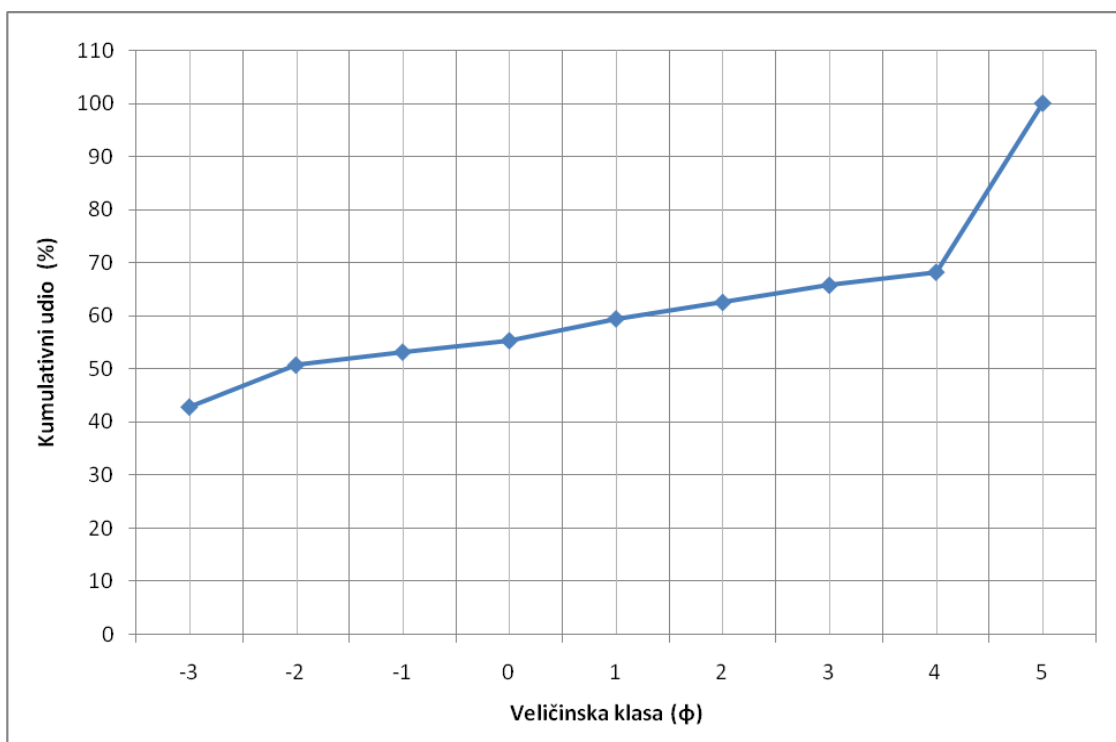
<b>Veličina klase (<math>\phi</math>)</b>	<b>Veličina čestica (mm)</b>	<b>Masa (g)</b>	<b>Kumulativ na masa (g)</b>	<b>Udio (%)</b>	<b>Kumulativni udio (%)</b>
-3	8	209	209	42,91	42,91
-2	4	38,4	247,4	7,88	50,79
-1	2	12	259,4	2,46	53,25
0	1	10,4	269,8	2,13	55,38
1	0,5	20	289,8	4,1	59,48
2	0,25	15,1	304,9	3,1	62,58
3	0,125	15,7	320,6	3,22	65,8
4	0,063	11,9	332,5	2,44	68,24
-	< 0,063	154,5	487	31,72	100
Ukupno:			487 g		

Histogram (Slika 20) pokazuje bimodalan raspored veličine čestica jer postoje dvije veličinske klase koje imaju najveći udio u uzorku. Srednja veličina zrna iznosi -2  $\phi$ , a prosječna veličina zrna iznosi 0,833  $\phi$  te je uzorak po tim parametrima dao rezultate kao krupni pijesak što ne opisuje tip stijene u ovom slučaju dijamikt (Slika 21). Sortiranost iznosi 1,852 te je uzorak određen kao nesortirani sediment, a asimetrija iznosi 1,861 i ukošena je prema vrlo sitnim česticama (Tablica 5).





**Slika 20.** Histogram veličina detritusa iz uzorka s dubine 30 m

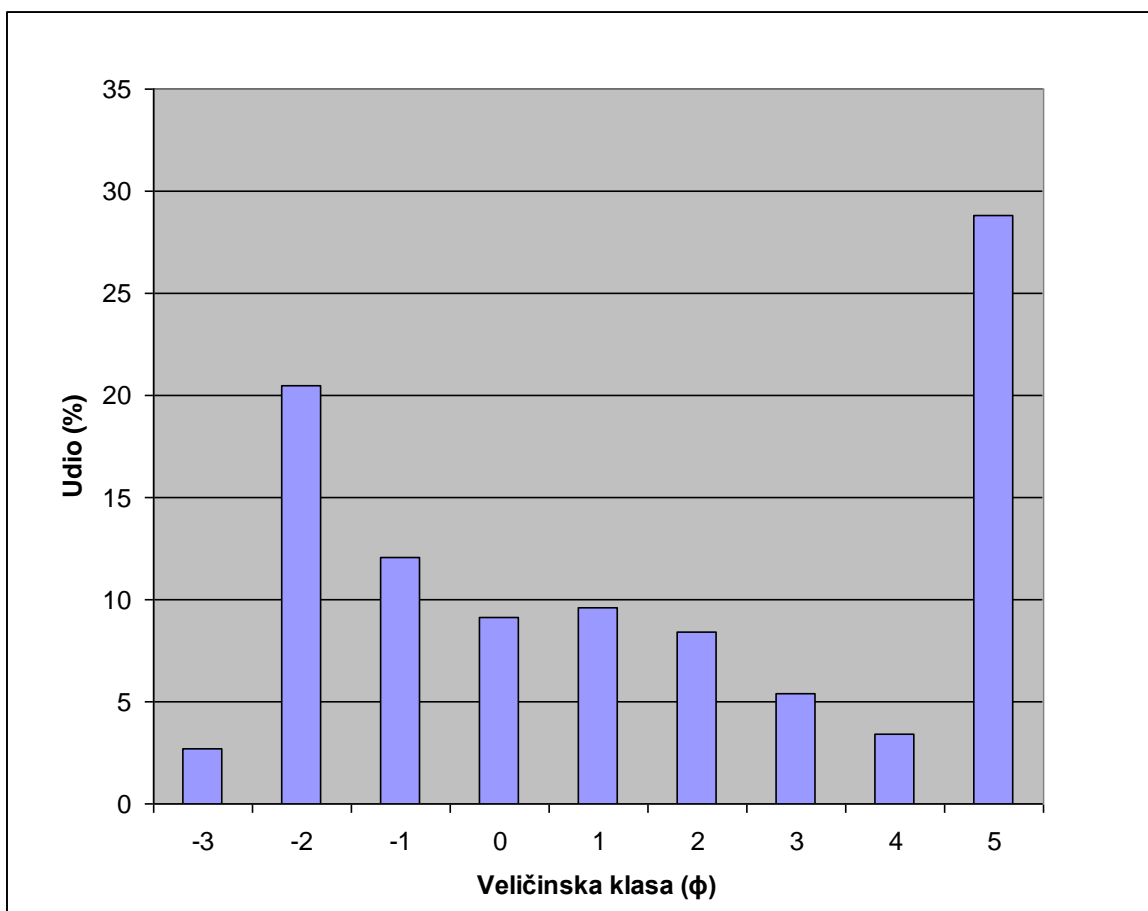


**Slika 21.** Kumulativna granulometrijska krivulja detritusa iz uzorka s dubine 30 m

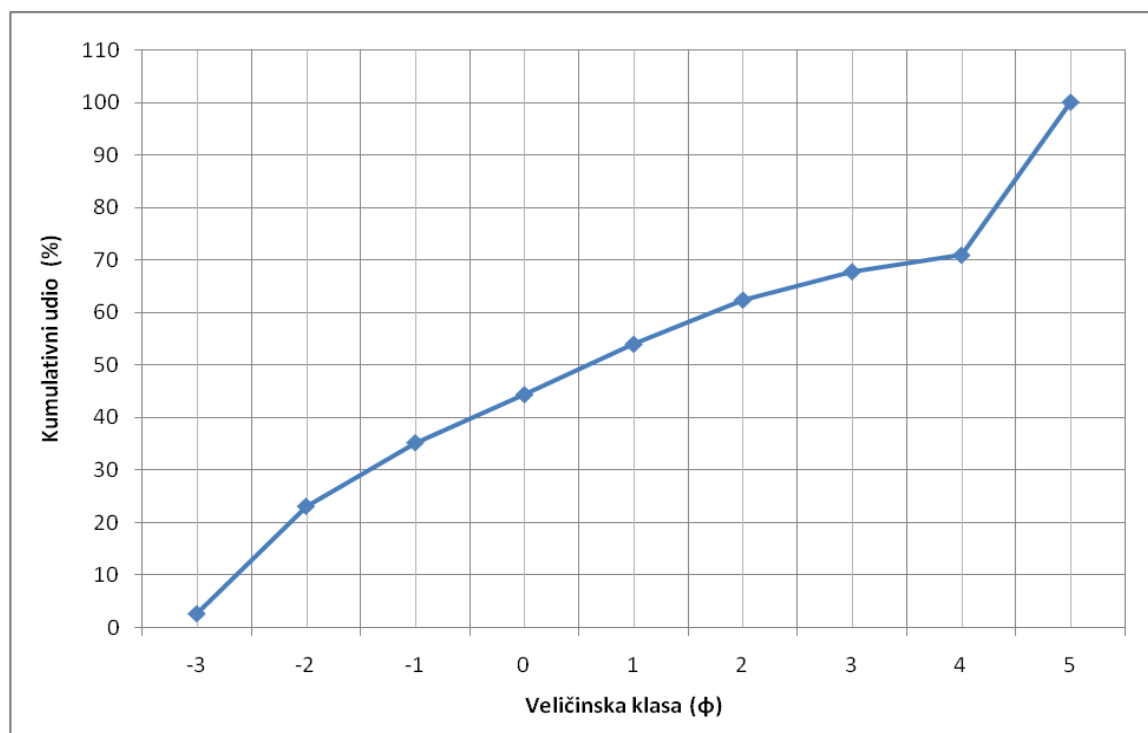
**Tablica 4.** Granulometrijska analiza dijamikta s dubine 40,57-40,73 m.

Veličina klase ( $\phi$ )	Veličina čestica (mm)	Masa (g)	Kumulativna masa (g)	Udio (%)	Kumulativni udio (%)
-3	8	14	14	2,67	2,67
-2	4	107,2	121,2	20,45	23,12
-1	2	63,4	184,6	12,09	35,21
0	1	47,9	232,5	9,14	44,35
1	0,5	50,3	282,8	9,59	53,94
2	0,25	44,1	326,9	8,41	62,35
3	0,125	28,3	355,2	5,4	67,75
4	0,063	17,9	373,1	3,41	70,89
-	< 0,063	150,9	524	28,79	100
Ukupno:			524 g		

Histogram (Slika 22) pokazuje bimodalan raspored veličine čestica jer postoje dvije veličinske klase koje imaju najveći udio u uzorku. Srednja veličina zrna iznosi 0,5  $\phi$ , a prosječna veličina zrna iznosi 0,866  $\phi$  te je uzorak po tim parametrima dao rezultate kao krupni pijesak što ne opisuje tip stijene u ovom slučaju dijamikt (Slika 23). Sortiranost iznosi 2,876 te je uzorak određen kao nesortirani sediment, a asimetrija iznosi 0,579 i ukošena je prema vrlo sitnim česticama (Tablica 5).



**Slika 22.** Histogram veličine detritusa iz uzorka s dubine 40,57-40,73 m

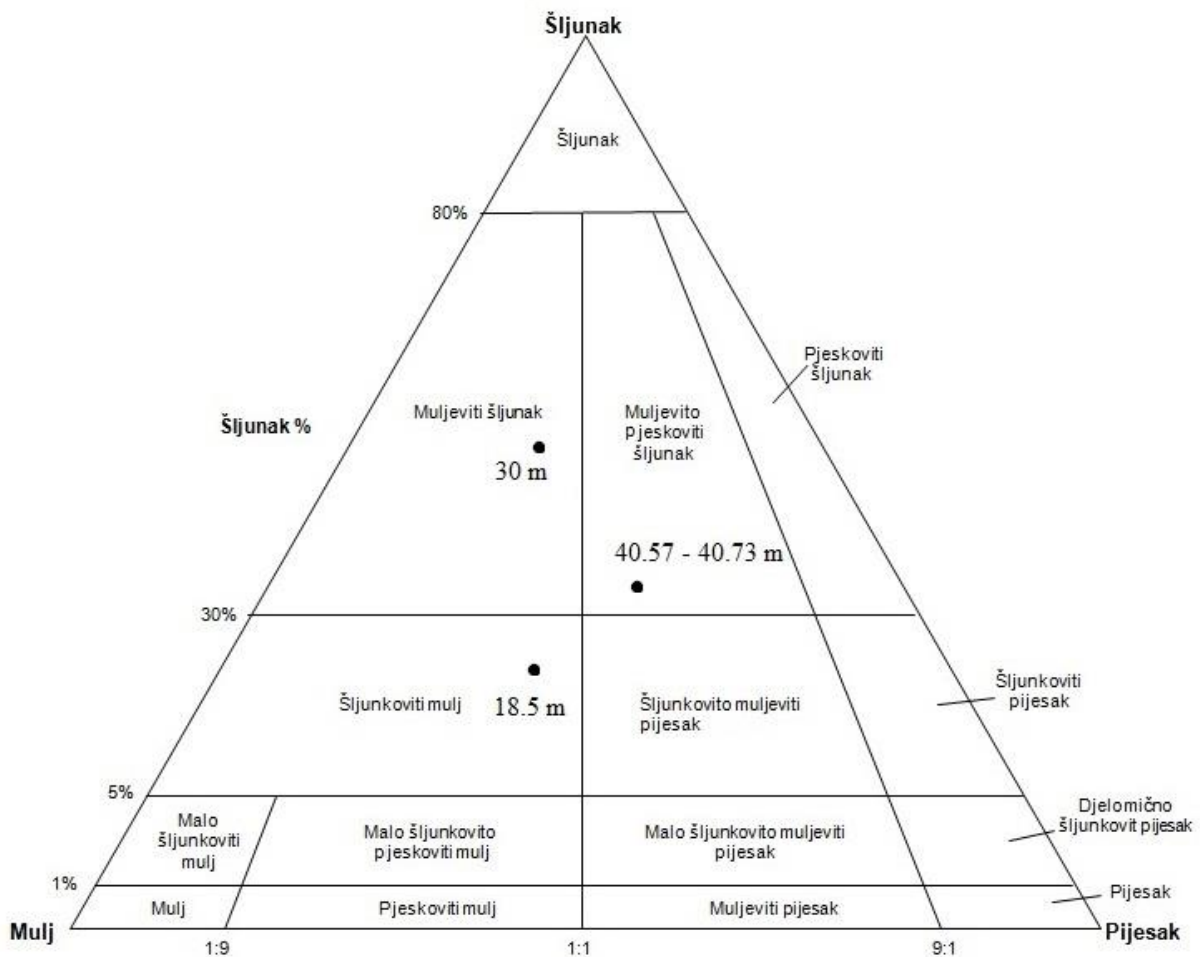


**Slika 23.** Kumulativna granulometrijska krivulja detritusa iz uzorka s dubine 40,57-40,73 m

**Tablica 5.** Rezultati parametara veličine klasa

Dubina (m)	Md	Mz	So	Sk
18,5	3 $\phi$	1,666 $\phi$	2,592	-0.652
30	-2 $\phi$	0,833 $\phi$	1,852	1,861
40,57–40,73	0,5 $\phi$	0,866 $\phi$	2,876	0,579

Na trokomponentnom dijagramu šljunka, pijeska i mulja (Slika 24) prikazani su uzorci s dubina 18,5 m, 30 m i 40,57-40,73 m izvađenih iz jezgre. Nakon granulometrijske analize uzorak s dubine 18,5 m je određen kao šljunkoviti mulj, uzorak s dubine 30 m je određen kao muljeviti šljunak i uzorak s dubine 40,57-40,73 m je određen kao muljevito pjeskoviti šljunak.

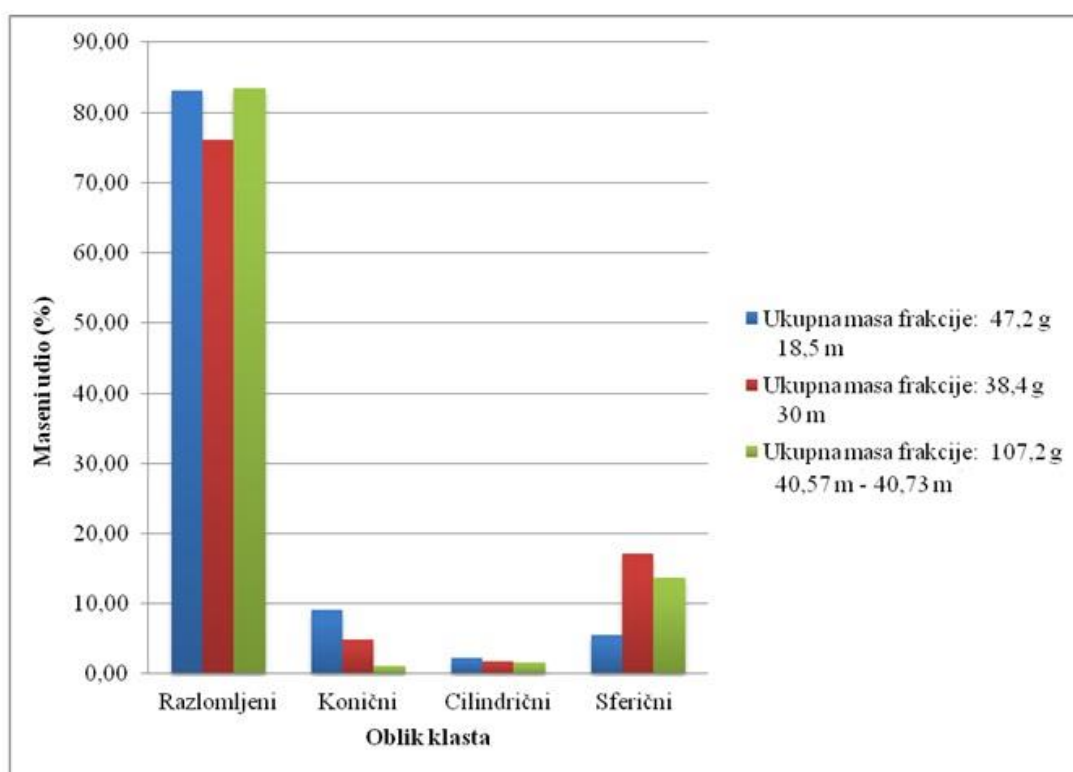


**Slika 24.** Sastav uzoraka s dubina 18,5 m, 30 m i 40,57-40,73 m iz jezgre na trokomponentnom dijagramu šljunka, pijeska i mulja

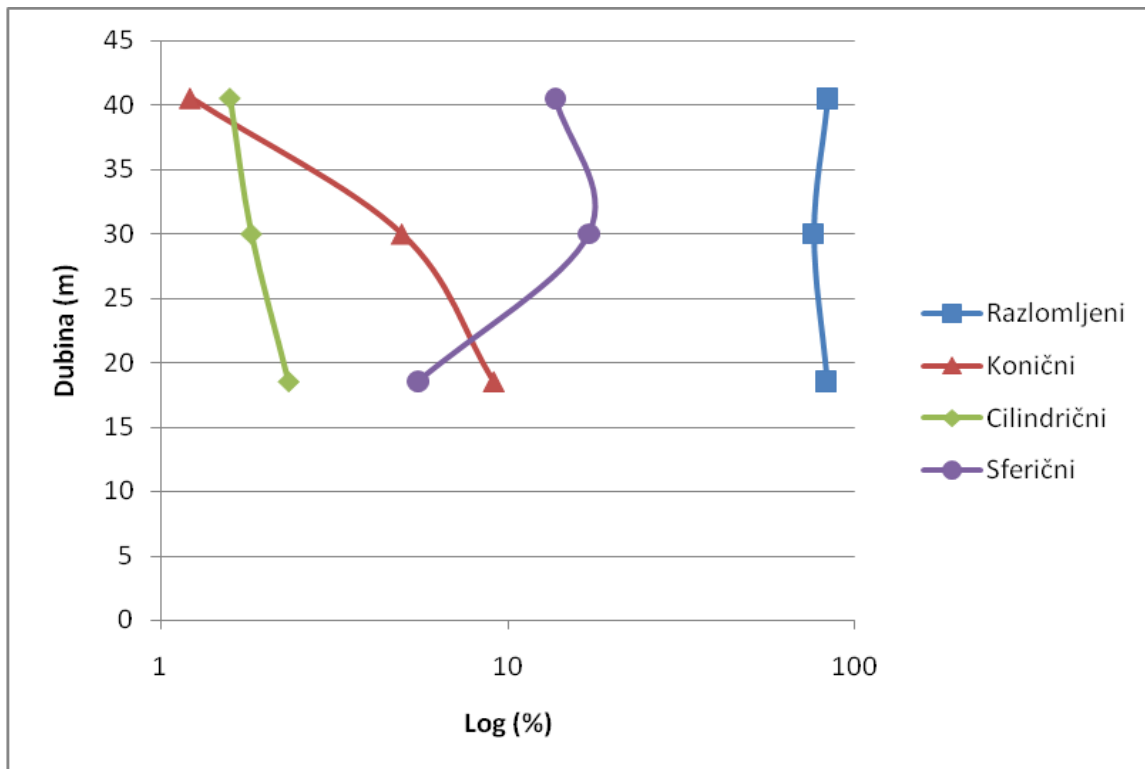
**Tablica 6.** Analiza oblika čestica većih od 4 mm

> 4 mm							
Dubina (m)		40,57 - 40,73		30		18,5	
Ukupna masa frakcije (g)		107,2		38,4		47,2	
		Masa (g)	Udio (%)	Masa (g)	Udio (%)	Masa (g)	Udio (%)
Oblik klasta	Razlomljeni	89,5	83,48	29,2	76,04	39,2	83,05
	Konični	1,3	1,21	1,9	4,94	4,3	9,11
	Cilindrični	1,7	1,58	0,7	1,82	1,1	2,33
	Sferični	14,7	13,71	6,6	17,18	2,6	5,5

Unutar frakcije veće od 4 mm (Tablica 6) prema obliku čestica najveći udio imaju razlomljeni klasti (76,04-83,48%), zatim sferični (5,5-13,71%) konični (1,21-9,11%) te cilindrični klasti (1,58-2,33%). Na histogramu (Slika 25) grafički su prikazani rezultati analize oblika čestica većih od 4 mm, a na x-y dijagramu (Slika 26) je vidljiva njihova raspodjela obzirom na dubinu jezgre. Na temelju x-y dijagrama može se zaključiti da konični i cilindrični klasti imaju drastični pad s porastom dubine, te se može primjetiti porast sferičnih klasta. Razlomljeni klasti nemaju značajnih promjena s obzirom na dubinu.



**Slika 25.** Histogram analize oblika čestica većih od 4 mm.

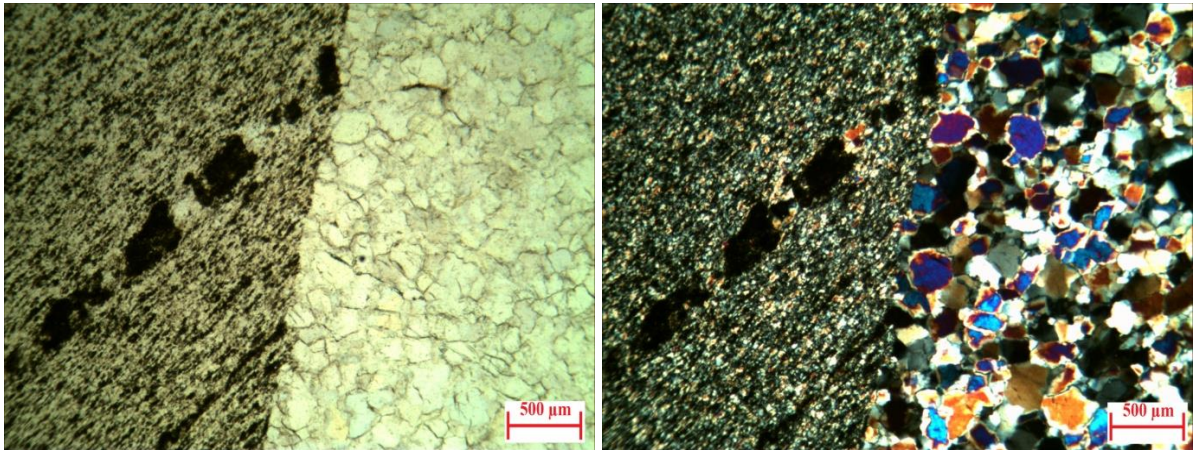


**Slika 26.** Raspodjela oblika klasta obzirom na dubinu jezgre

### 3.3.2 Petrografija klasta u dijamiktima

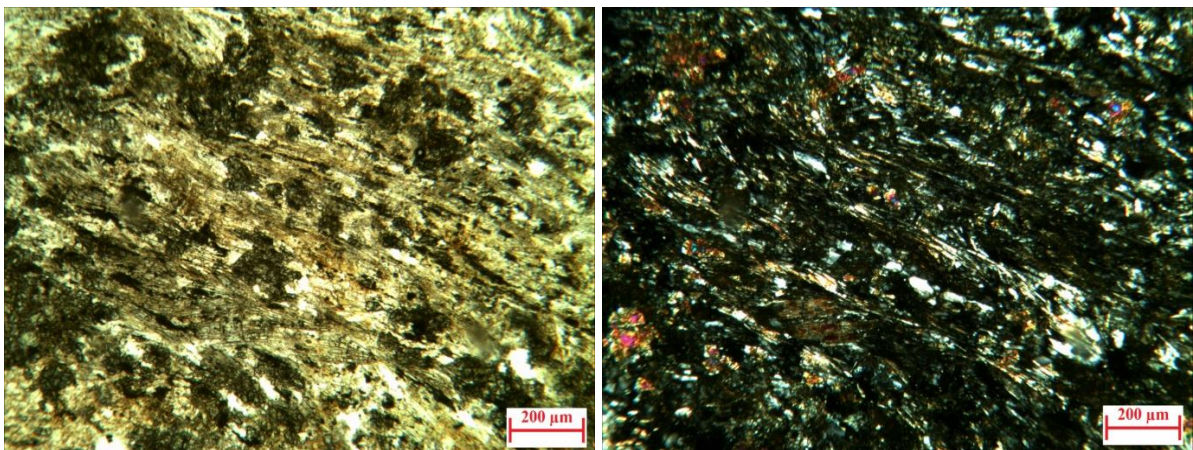
Makroskopskim opažanjem najprije su određene dimenzije, boja i oblik valutica – u prosjeku su bile velike od 7 do 12 centimetara, smeđe, zelene, sive ili bijele boje te zaobljenog ili uglatog oblika. Na pojedinim valuticama uočene su smeđe limonitne korice koje ukazuju na kemijsko trošenje. Na manjem broju valutica se mogla vidjeti škrljava tekstura te se na temelju toga dalo zaključiti da se radi o škrljavcima. Valutice su nakapane 10% klorovodičnom kiselinom i nisu pokazale prisustvo  $\text{CaCO}_3$ . U jezgri su pronađeni ulomci pegmatitskog kvarca, zeleni škrljavci, filiti i slejtovi.

Promatranjem uzorka 8/30 m (Slika 27) pod polarizacijskim mikroskopom uočena su nazubljena zrna koja pokazuju šivanu i granoblastičnu strukturu, a utvrđena je i visoka zastupljenost kvarca. Vidljiva su alotriomorfna zrna kvarca s niskim pozitivnim reljefom i interferencijski sivim i bijelim bojama 1. reda. Zbog debljine izbruska, na pojedinim mjestima interferencijske boje su povišene. U izbrusku je na zrnima kvarca mjestimično vidljivo undulozno potamnjenje. Stijena je određena kao kvarcitet te spada u parametamorfnu skupinu stijena.



**Slika 27.** Mikrofotografija uzorka 8/30 m kvarcita bez uključenog analizatora (lijevo) i s uključenim analizatorom (desno)

Promatranjem uzorka 9/30 m (Slika 28) pod polarizacijskim mikroskopom uočeno je da stijena ima nematoblastičnu strukturu i blago škriljavu teksturu. Vidljivi su klorit, plagioklas, aktinolit i epidot. Kloriti imaju slabi pleokroizam te su okruženi isprepletenim štapičastim plagioklasima. Aktinoliti su visokog reljefa, blijedozelene boje te imaju štapičast i izduženi habitus. Epidoti također imaju visok reljef, slab pleokroizam te ih karakteriziraju visoke interferencijske boje 2. reda. Stijena je određena kao zeleni škriljavac te spada u ortometamorfnu skupinu stijena.

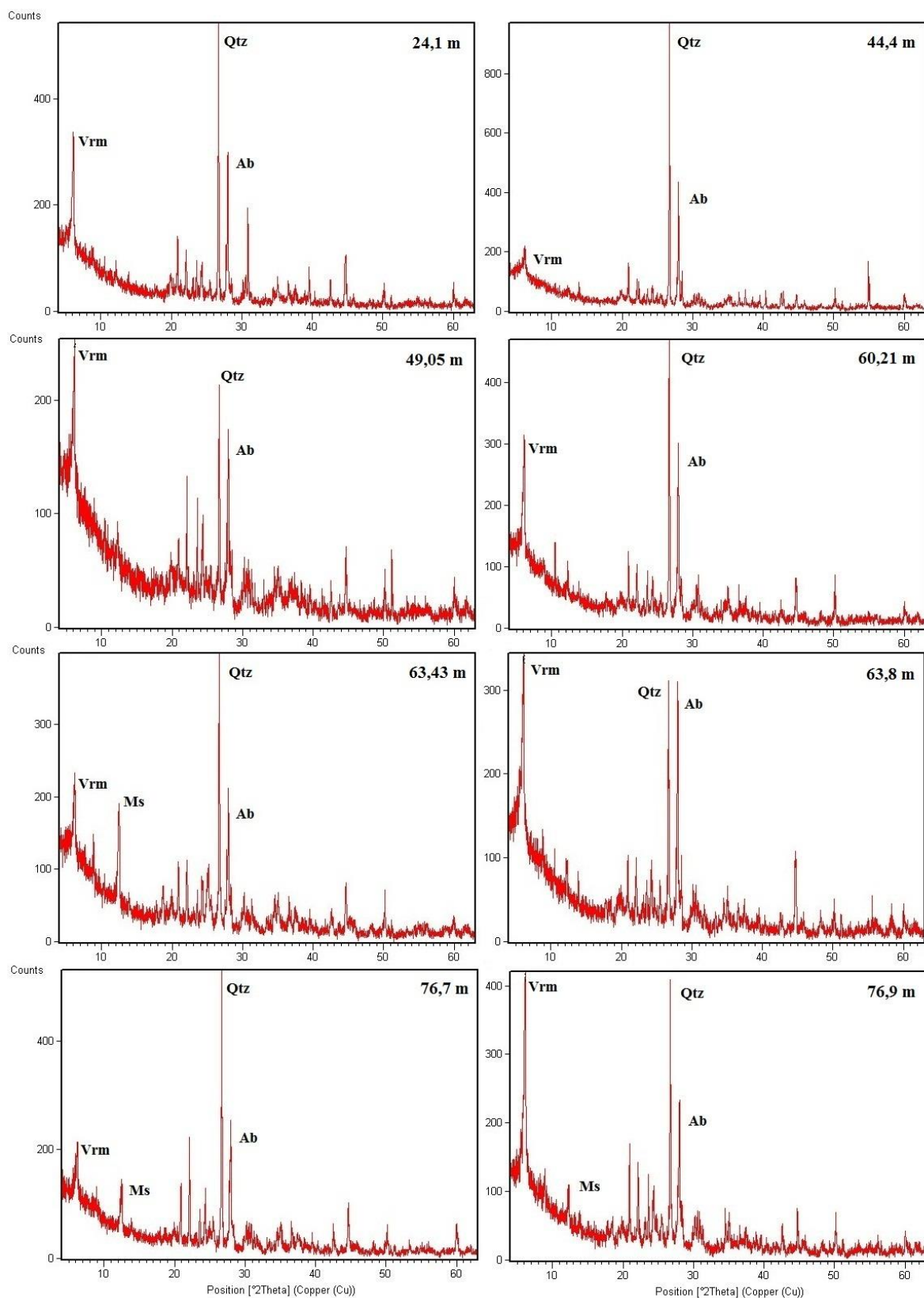


**Slika 28.** Mikrofotografija uzorka 9/30 m zelenog škriljavca bez uključenog analizatora (lijevo) i s uključenim analizatorom (desno)

### 3.3.3 Rendgenska difrakcija sitnozrnatog materijala

Metodom rendgenske difrakcije na prahu određen je mineralni sastav odabranih uzoraka. Analizirani su uzorci smeđeg silta s dubine 24,1 m, svijetlo zelene gline s dubine 44,4 m, tamno smeđe gline s dubine 49,05 m, svijetlo smeđeg silta s dubine 60,21 m, plave gline s dubine 63,43 m, svijetlo smeđeg silta s dubine 63,8, sivo zelene gline s dubine 76,7 m i svijetlo smeđeg silta s dubine 76,9 m. Iz difraktograma (Slika 29.) i tablica s difraktogramskim podacima (vidi: 7. Dodaci) može se vidjeti da su u svim uzorcima zastupljeni kvarc, albit i vermikulit, a kod uzoraka koji su uzeti iz jezgre na dubini većoj od 60 metara pojavljuje se i tinjac muskovit. Obzirom na intenzitet difrakcijskih maksimuma može se zaključiti da je kvarc najzastupljeniji u uzorcima 24,1 m, 44,4 m, 60,21 m, 63,43 m, 76,7 m, a vermikulit u uzorcima 49,05 m, 63,8 m, 76,9 m.





**Slika 29.** Difraktogrami analiziranih uzoraka s dubina 24,1 m, 44,4 m, 49,05 m, 60,21 m, 63,43 m, 63,8 m, 76,7 m i 76,9 m

## 4. DISKUSIJA

U središnjem dijelu takozvane Zagrebačke terase izvađena je jezgra iz 80-metarske bušotine na Horvatovcu, čijom analizom su dobiveni podaci o vertikalnom slijedu naslaga koje su taložene u različitim taložnim okolišima tijekom Pleistocena.

U starijoj literaturi navodi se da su kvartarni sedimenti ovog područja bili taloženi u fluvijalnom i lakustričkom okolišu (Šikić et al., 1979), a prema novijim istraživanjima na više lokacija na južnim padinama Medvednice nađeni su glacijalni sedimenti koji potvrđuju Pilarovu (1877) hipotezu o glacijalnom porijeklu Zagrebačke terase (Marjanac et al., 2013, 2015).

Na temelju provedene petrološke analize detritusa zaključeno je da je nabušeni materijal porijeklom sa središnjeg dijela Medvednice, koji je izgrađen od metamornih stijena. U raznim intervalima jezgre pronađeni su odlomci kvarca, zeleni škriljavci, filiti i sletjovi koji su otkriveni u središnjem dijelu Medvednice (Šikić et al., 1979; Šikić., 1995).

Na temelju analize rendgenskom difrakcijom na prahu određen je mineralni sastav siltnog i glinovitog materijala. U uzorcima su utvrđeni kvarc, albit i vermikulit, a porastom dubine u uzorcima dubljim od 60 metara i tinjac muskovit. Može se zaključiti da je siltni i glinoviti materijal produkt trošenja niskometamornih stijena na Medvednici.

Granulometrijska analiza provedena je na tri uzorka s dubina 18,5 m, 30 m i 40,57-40,73 m te pokazuju bimodalnu raspodjelu veličinskih klasa i nesortiranost.

Na trokomponentnom dijagramu mulj-pijesak-šljunak uzorak s dubine 18,5 m određen je kao šljunkoviti mulj, uzorak s dubine 30 m određen je kao muljeviti šljunak i uzorak s dubine 40,57-40,73 m je određen kao muljevito pjeskoviti šljunak.

Prema analizi oblika čestica, najveći udio u analiziranim uzorcima imaju razlomljeni klasti.

U većini intervala izvađene jezgre prevladava glinovito-siltni materijal koji je uglavnom tamno-svijetlo smeđe boje, uz pojavu zelene, žute, plave i sive. U dijelovima jezgre pronađeni su dijamikti. Detritus je zastupljen uglavnom odlomcima kvarca te valuticama zelenoga škriljavca. Određivanje porijekla dijamikta na jednom manjem izdanku je vrlo teško do gotovo nemoguće. Za uspješnu interpretaciju potreban je detaljni vertikalni i lateralni pregled

izdanka (Walker, 1988). Dijamikti mogu biti rezultat direktnih taložnih procesa ili posttaložnih procesa (Brodzikowski & Van Loon, 1990).

U dijamiktu na dubini od 70,5 metara pronađen je klast sa strijama. Veći broj klasta sa strijama nije pronađen jer su najvjerojatnije bili pod utjecajem kemijskog trošenja. Sukladno razlikovanju antropogenih, tektonskih i glacijalnih strija prema Blažić & Marjanac (2013), porijeklo strija na pronađenom klastu određeno je kao glacijalno. Također je pronađen veliki broj razlomljenih klasta što ukazuje na glacijalni transport. Na području Zagrebačke terase od ranije su poznati dijamikti s valuticama na kojima su bile vidljive glacijalne strije, konični klasti i razlomljeni klasti, te su interpretirani kao til (Marjanac et al., 2013, 2015). Kao til se interpretiraju samo dijamikti taloženi direktno od ledenjaka (Walker, 1988). Glacijalne sedimente, a pogotovo til, karakteriziraju slabo sortirani materijal u rasponu veličine od čestica gline do blokova stijena (Brodzikowski & Van Loon, 1990). Obzirom da je sediment izvađene jezgre nesortiran, te da su pronađeni razlomljeni klasti i klast sa glacijalnim strijama, može ga interpretirati kao til, odnosno sediment nastao pod utjecajem glacijalnih procesa.

U dijelu analizirane jezgre pronađene su izmjene lamina gline i silta milimetarskih do centimetarskih dimenzija koje su interpretirane kao varve. Varve nastaju u jezerima pod utjecajem sezonskih promjena, transportom siltnog materijala u ljetnim mjesecima te taloženjem glinovitog materijala iz suspenzije u zimskim mjesecima (Walker, 1988). Pojavu varvi uzrokuje i sezonski pokrov leda na vodenoj površini koji utječe na sezonske sedimentacijske cikluse (Brodzikowski & Van Loon, 1990). Varve nastaju u glaciolakustričnom okolišu i paleoklimatski su indikatori koji govore o izmjenama hladnih i toplih razdoblja. Glacijalni sedimenti često dolaze u kombinaciji sa sedimentima taloženim u fluvijalnim i lakustričnim okolišima (Walker, 1988).

Deformacijske teksture uočene su na dubini 24,0-24,4 m i 76,5-76,8 m vidljive su promjene teksture sedimenta nastale uslijed životne aktivnosti organizama te su interpretirane kao bioturbacije. Dok su deformacijske teksture uočene na dubini 44,35-44,67 m i 55,43-55,75 m nastale uslijed smrzavanja i odleđivanja sedimenta interpretirane kao krioturbacije.

U djelovima jezgre koji su izgrađeni od siltno-glinovitog materijala feromanganske korice su nastale uslijed limonitizacije, u oksičnim uvjetima. Divalentno željezo ( $\text{Fe}^{2+}$ ) u oksičnim uvjetima prelazi u trovalentno željezo ( $\text{Fe}^{3+}$ ), što se u uzorku manifestira u obliku hematita koji daje crvenu boju. Limonitne korice često nastaju dijagenetski, transportom u otopini te precipitacijom željeza u formi oksida i hidroksida, osobito u kontaktnoj zoni u slojevima male

permeabilnosti (Brodzikowski & Van Loon, 1990). Dublji intervali jezgre koji se sastoje od plave, zelene i sive gline, taloženi su u reduktivnim uvjetima najvjerojatnije u anoksičnim, te se može pretpostaviti da se radi o izoliranom lakustričnom okolišu.

Prema (Šikić et al., 1979) područje na kojemu je izvađena jezgra priprada pliokvartaru. U jezgri nisu pronađeni fosili. Metode radiometrijskog datiranja nisu predviđene za izradu ovog diplomskog rada, ali i da jesu, pronađeni materijal nebi bio pogodan za datiranje zbog izraženog kemijskog trošenja. U dijelovima jezgre pronađena je organska tvar koja bi mogla sadržavati polene i time dati više informacija o paleoklimi. Zbog nedostatka materijala za datiranje, starost glacijacije Medvednice nije poznata (Marjanac et al., 2015), no mogla bi se pronaći poveznica s kvartarnim dijamiktima datiranim u Krškom (Slovenija) uran-torij metodom, čiji rezultati ukazuju na to da dijamikti pripadaju srednjem pleistocenu (Poljak et al., 2013).

## 5. ZAKLJUČAK

Analizom izvađene jezgre utvrđeno je da detritus potječe sa središnjeg dijela Medvednice, odakle su donešeni fragmenti stijena niskog stupnja metamorfizma iz facijesa zelenih škriljavaca; detritus pegmatitskog kvarca, zelenih i drugih varijanta škriljavaca, filiti i slejtovi.

Rendgenskom difrakcijom na prahu određen je mineralni sastav siltnog i glinovitog materijala, kojeg čine kvarc, albit, vermikulit i muskovit.

Granulometrijskom analizom utvrđeno je da se radi o nesortiranom na dubini od 18,5 šljunkovitom mulju, na dubini 30 m muljevitom šljunku te na dubini od 40,57-40,73m muljevito pjeskovitom šljunku.

Pojedine intervale izvađene jezgre čine dijamikti, u njima je pronađena znatna količina razlomljenih klasta, a na dubini od 70,5 metara i klast s glacijalnim strijama. Navedeno ukazuje na glacijalno porijeklo detritusa, to jest o tilu.

Intervali jezgre na dubini 24,7-25,0 m i 49,0-49,50 m sadrže varve koje se sastoje od lamina gline i silta milimetarskih do centimetarskih dimenzija. Također su uočene deformacijske teksture krioturbacije karakteristične za glacijalni okoliš.

Zbog nedostatka fosilnih ostataka nije bilo moguće odrediti stratigrafsku pripadnost detritusa. U više intervala jezgre pronađena je organska tvar koja bi mogla eventualno poslužiti za daljnja palinološka ispitivanja.

Obzirom na sve navedeno, moguće je pretpostaviti da se detritus vjerojatno transportirao glacijalnim putem i taložio u glaciolakustričnom okolišu.

## 6. LITERATURA

Blott, S.J. & Pye, K. (2001): GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26, 1237–1248.

Brindley, G.W. (1961): *The X-ray identification and crystal structures of clay minerals*, (ur. Brown, G.), Mineralogical Society, Clay Minerals Group, 1-544, London

Brodzikowski, K. & Van Loon, A.J. (1990): *Glacigenic sediments*. Elsevier, 1-673, Amsterdam

Blažić, L. & Marjanac, T. (2013): Glacial striae from some sites in Croatia: Categorization and variability. 3. Znanstveni skup Geologije kvartara u Hrvatskoj s međunarodnim sudjelovanjem, Knjiga sažetaka, 11-11, Zagreb

Folk, R.L. & Ward, W.C. (1957): Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 3-26

Gorjanović-Kramberger, D. (1902): Geomorfološki problemi iz Hrvatskog krasa. *Glasnik Hrvatskog naravoslovnog društva* 13/4-6, 193-196.

Gorjanović-Kramberger, D. (1906): Da li je bila gora zagrebačka oledjena i kako je postala zagrebačka terasa? *Narodne novine* 72/121, 3-4.

Gorjanović-Kramberger, D. (1908): Geologijska pregledna karta kraljevine Hrvatske-Slavonije. Tumač geologijskoj karti Zagreb (zona 22, col. XIV), 1-75.

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

Hranilović, H. (1906): Odgovor g. prof. Gorjanović-Krambergeru na njegovo predavanje: Da li je bila zagrebačka gora oledjena i kako je postala zagrebačka terasa? *Narodne novine* 72/147, 3-4.

Mackenzie, W.S., Donaldson, C.H. & Guilford, C. (1990): Atlante delle rocce magmatiche e delle loro tessiture, 1-148, Bologna.

Marjanac, T., Marjanac, Lj., Blažić, L., Adžić, J. & Adžić, I. (2013): First evidence of glaciation of the Medvednica Mt., Croatia. 3. Znanstveni skup Geologije kvartara u Hrvatskoj s međunarodnim sudjelovanjem, Zagreb 2013, Knjiga sažetaka, 59-60.

Marjanac, T., Marjanac, Lj. & Lončar, S. (2015): New evidence on glaciation of the eastern Medvednica Mt., Croatia. 4. Znanstveni skup Geologije kvartara u Hrvatskoj i Sloveniji, Zagreb 2015, Knjiga sažetaka, 31-33.

Pilar, Gj. (1877): Tragovi oledbe na podnožju zagrebačke gore. Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, 39, Zagreb, 142–150.

Poljak, M., van Calsteren, P., Marjanac, T., Marjanac, Lj., Bavec, M., & Rižnar, I. (2013): Contribution to the origin and age determination of some Quaternary sediments in the Krško basin. 3. Znanstveni skup Geologije kvartara u Hrvatskoj s međunarodnim sudjelovanjem, Zagreb 2013, Knjiga sažetaka, 61-64.

Šikić, K. (1995): Geološki vodič Medvednice. Institut za geološka istraživanja., INA – Industrija nafte d.d. Naftaplin, Zagreb, 3-199.

Šikić, K., Basch, O. & Šimunić, A. (1972): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Zagreb, L 33-80, Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

Šikić, K., Basch, O & Šimunić, A. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list Zagreb L 33-80, Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki institut, Beograd, 5-81

Walker, R.G. & James, N.P: (1992) Facies models, Response to Sea Level Change. Geological Association of Canada Publications, 1-407, St. John's.

## INTERNETSKI I OSTALI IZVORI

[1] <http://geoportal.dgu.hr> (pristupljeno 10.6.2017)

[2] <http://www.kpal.co.uk/gradistat.html> (pristupljeno 3.5.2017)

[3] <http://www.sedlog.com> (pristupljeno 11.8.2017)

\* Powder Diffraction File (2004): Database sets 1-54, International Centre for Diffraction data (ICDD), Newton Square.



## 7.DODACI

D1. Tablica difraktograma 24,1 m

Položaj difrakcijskog maksimuma ( $2\theta$ )	Međumrežni razmak $d$ (Å)	Relativni intezitet (%)	Ime minerala
6,11	14,4484	48	Vermikulit
12,18	7,2615	10	Vermikulit
19,9	4,46	7	Albit
20,89	4,2514	24	Albit
22,1	4,0209	18	Albit
23,58	3,7719	12	Albit
24,27	3,6662	10	Albit
25,49	3,4941	5	Albit
26,67	3,3417	100	Kvarc, Albit
28	3,1862	62	Albit
30,56	2,9251	10	Albit
30,86	2,8971	38	Vermikulit, Albit
34,49	2,5999	5	Vermikulit
35,1	2,5561	7	Albit
36,61	2,4545	6	Kvarc, Albit
37,52	2,3968	5	Albit
39,53	2,2792	11	Kvarc, Albit
42,55	2,1243	9	Kvarc, Albit
44,69	2,0277	19	Albit
45,92	1,9763	2	Kvarc, Albit
50,16	1,8187	9	Kvarc, Albit
59,97	1,5412	6	Kvarc, Albit

**D2.** Tablica difraktograma 44,5 m

<b>Položaj difrakcijskog maksimuma (°2θ)</b>	<b>Međumrežni razmak d (Å)</b>	<b>Relativni intezitet (%)</b>	<b>Ime minerala</b>
6,19	14,2744	10	Vermikulit
11,13	7,9454	3	Vermikulit
19,93	4,4538	3	Vermikulit
20,89	4,2515	15	Kvarc
22,08	4,0241	7	Albit
23,56	3,7749	4	Albit
24,24	3,6706	6	Albit
26,67	3,3417	100	Kvarc, Albit
27,95	3,1915	41	Albit
28,47	3,1347	13	Albit
30,17	2,9616	4	Albit
30,85	2,8979	5	Vermikulit
35,2	2,5496	2	Albit
36,58	2,4559	4	Kvarc, Albit
37,46	2,4005	5	Albit
38,44	2,3416	2	Albit
39,48	2,2822	2	Kvarc, Albit
40,35	2,2348	3	Kvarc, Albit
42,51	2,1262	5	Kvarc, Albit
42,89	2,1085	2	Albit
44,71	2,0268	4	Albit
45,83	1,9796	1	Kvarc, Albit
48,05	1,8932	0	Albit
50,16	1,817	8	Kvarc, Albit
54,91	1,6706	17	Kvarc, Albit
55,06	1,6705	9	Vermikulit
59,97	1,5411	4	Kvarc, Albit

**D3.** Tablica difraktograma 49,05 m

<b>Položaj difrakcijskog maksimuma (<math>^{\circ}2\theta</math>)</b>	<b>Međumrežni razmak <math>d</math> (Å)</b>	<b>Relativni intezitet (%)</b>	<b>Ime minerala</b>
6,13	14,417	69	Vermikulit
10,45	8,4587	16	Vermikulit
12,27	7,2096	17	Vermikulit
19,89	4,4624	12	Vermikulit
20,89	4,251	19	Kvarc
22,09	4,0237	54	Albit
23,56	3,7757	42	Albit
24,34	3,6563	32	Albit
26,66	3,3426	100	Kvarc, Albit
27,94	3,1927	67	Albit
30,12	2,9667	11	Albit
34,5	2,5991	13	Vermikulit
35,01	2,5627	17	Albit
39,57	2,2772	9	Kvarc, Albit
42,53	2,1254	14	Kvarc, Albit
44,63	2,0301	28	Albit
50,16	1,8186	16	Kvarc, Albit
51,14	1,7844	29	Albit
60	1,5403	12	Kvarc, Albit

**D4.** Tablica difraktograma 60,21 m

<b>Položaj difrakcijskog maksimuma (<math>^{\circ}2\theta</math>)</b>	<b>Međumrežni razmak d (Å)</b>	<b>Relativni intezitet (%)</b>	<b>Ime minerala</b>
6,11	14,4506	43	Vermikulit
10,45	8,4606	11	Vermikulit
12,24	7,226	4	Vermikulit
19,91	4,4575	4	Vermikulit
20,86	4,2565	21	Kvarc
22,08	4,0258	15	Albit
23,57	3,7746	12	Albit
24,29	3,6631	10	Albit
25,47	3,4961	6	Albit
26,65	3,3448	100	Kvarc, Albit
27,92	3,195	61	Albit
28,37	3,1456	12	Albit
30,57	2,9243	12	Albit
30,81	2,9016	11	Vermikulit
34,48	2,6008	5	Vermikulit
35,03	2,5616	11	Albit
36,6	2,4547	7	Kvarc, Albit
37,56	2,394	4	Albit
39,48	2,2821	3	Kvarc, Albit
42,48	2,128	5	Kvarc, Albit
44,65	2,0294	15	Albit
48,24	1,8862	2	Albit
50,15	1,8187	17	Kvarc, Albit
54,92	1,6717	3	Kvarc, Albit
60,05	1,5393	4	Kvarc, Albit

**D5.** Tablica difraktograma 63,43 m

<b>Položaj difrakcijskog maksimuma (°2θ)</b>	<b>Međumrežni razmak d (Å)</b>	<b>Relativni intezitet (%)</b>	<b>Ime minerala</b>
6,2	14,245	27	Vermikulit
8,91	9,9209	13	Muskovit
12,51	7,0728	33	Vermikulit
13,85	6,3934	12	Albit
17,78	4,988	11	Muskovit
18,7	4,7452	10	Vermikulit
19,89	4,4637	8	Vermikulit
20,88	4,2527	22	Kvarc
22,09	4,0227	19	Albit
23,56	3,7754	8	Albit
24,22	3,6745	14	Albit
25,17	3,5372	18	Albit
26,66	3,3432	100	Kvarc
27,97	3,1897	42	Albit
30,19	2,9598	9	Albit
31,29	2,8583	10	Klorit
33,4	2,6822	4	Klorit
34,51	2,5983	9	Albit
36,58	2,4563	12	Kvarc
37,44	2,4018	8	Klorit
39,48	2,282	7	Kvarc
42,57	2,1237	6	Kvarc, Albit
44,63	2,0299	18	Klorit
48,23	1,8867	3	Albit
50,16	1,8185	12	Kvarc
56,06	1,6403	3	Kvarc, Albit
59,93	1,542	7	Kvarc, Klorit

**D6.** Tablica difraktograma 63,8 m

<b>Položaj difrakcijskog maksimuma (<math>^{\circ}2\theta</math>)</b>	<b>Međumrežni razmak <math>d</math> (Å)</b>	<b>Relativni intezitet (%)</b>	<b>Ime minerala</b>
6,15	14,3622	83	Vermikulit
10,52	8,4057	11	Vermikulit
12,28	7,205	13	Vermikulit
13,88	6,3793	8	Albit
19,67	4,5122	7	Vermikulit
20,91	4,2483	26	Kvarc
22,1	4,0218	22	Albit
23,58	3,772	15	Albit
24,19	3,6785	20	Albit
25,47	3,4962	13	Albit
26,66	3,3427	99	Kvarc, Albit
27,97	3,1896	100	Albit
28,52	3,1294	19	Albit
30,2	2,9588	14	Albit
30,54	2,9264	15	Albit
34,52	2,5982	10	Vermikulit
35,06	2,5588	15	Albit
37,55	2,3947	5	Albit
39,51	2,2808	7	Kvarc, Albit
42,53	2,1255	7	Kvarc, Albit
44,65	2,0292	31	Albit
45,72	1,9844	4	Kvarc, Albit
48,22	1,8869	7	Albit
50,14	1,8191	12	Kvarc, Albit
51,3	1,7806	3	Albit
55,53	1,6548	11	Kvarc, Albit

58,29	1,5827	5	Albit
60,05	1,5393	6	Kvarc, Albit

**D7.** Tablica difraktograma 76,7 m

<b>Položaj difrakcijskog maksimuma (<math>^{\circ}2\theta</math>)</b>	<b>Međumrežni razmak d (Å)</b>	<b>Relativni intezitet (%)</b>	<b>Ime minerala</b>
6,2	14,2373	24	Vermikulit
8,95	9,8707	6	Muskovit
12,5	7,077	13	Vermikulit
13,88	6,376	10	Albit
19,86	4,4692	4	Muskovit
20,91	4,2479	23	Kvarc
22,11	4,0203	41	Albit
23,57	3,7738	10	Albit
24,35	3,6543	17	Albit, Muskovit
25,46	3,4974	8	Albit
26,67	3,3418	100	Kvarc, Muskovit
27,99	3,1878	42	Albit
30,24	2,9552	10	Albit
30,54	2,9263	8	Albit, Muskovit
30,9	2,8935	8	Vermikulit
33,43	2,6799	3	Muskovit
35,07	2,5585	10	Albit, Muskovit
36,61	2,454	9	Kvarc, Albit, Muskovit
42,5	2,1266	9	Kvarc, Albit
44,63	2,0302	18	Albit
45,84	1,9795	4	Kvarc, Albit
48,2	1,8876	2	Albit

50,17	1,8184	11	Kvarc., Albit
51,18	1,7845	3	Albit
60	1,5404	10	Kvarc

**D8.** Tablica difraktograma 76,9 m

<b>Položaj difrakcijskog maksimuma (<math>^{\circ}2\theta</math>)</b>	<b>Međumrežni razmak d (Å)</b>	<b>Relativni intezitet (%)</b>	<b>Ime minerala</b>
6,18	14,2832	68	Vermikulit
8,89	9,9421	11	Vermikulit
12,32	7,1801	12	Vermikulit
18,47	4,8033	7	Vermikulit
20,01	4,4365	5	Muskovit
20,91	4,2468	37	Vermikulit
22,09	4,0232	22	Albit
23,12	3,8468	6	Vermikulit
23,6	3,7687	21	Albit
24,36	3,6531	20	Vermikulit
25,49	3,4939	8	Albit, Muskovit
26,69	3,3398	100	Kvarc, Albit
28,01	3,185	55	Albit
30,57	2,9244	12	Vermikulit
34,51	2,599	8	Muskovit
35,05	2,5596	12	Albit, Muskovit
37,12	2,4217	4	Albit, Muskovit
39,56	2,2778	5	Kvarc, Albit, Muskovit
42,55	2,1245	9	Kvarc, Albit, Muskovit
44,74	2,0255	15	Albit, Muskovit
48,31	1,8837	3	Albit, Muskovit



50,16	1,8185	15	Kvarc, Albit, Muskovit
51,24	1,7828	3	Albit
56,06	1,6404	3	Muskovit
60,03	1,5396	7	Kvarc, Muskovit