

# Mineraloške i petrološke karakteristike uzoraka iz bušotine B3/17 u istražnom prostoru Lovno-3 kraj Lepoglave

---

Jajac, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:217:386829>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-08**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Marko Jajac

**MINERALOŠKE I PETROLOŠKE KARAKTERISTIKE  
UZORAKA IZ BUŠOTINE B3/17 U ISTRAŽNOM  
PROSTORU LOVNO-3 KRAJ LEPOGLAVE**

Diplomski rad

Zagreb, 2019.

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Marko Jajac

**MINERALOŠKE I PETROLOŠKE KARAKTERISTIKE  
UZORAKA IZ BUŠOTINE B3/17 U ISTRAŽNOM  
PROSTORU LOVNO-3 KRAJ LEPOGLAVE**

Diplomski rad

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

Zagreb, 2019.

Ovaj diplomski rad izrađen je na Mineraloško-petrografskom zavodu Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Hrvatskom geološkom institutu u Zagrebu, pod vodstvom prof. dr. sc. Darka Tipljaša i dr. sc. Marije Horvat u sklopu Diplomskog studija geologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

## ZAHVALE

*Zahvaljujem se prof. dr. sc. Darku Tibljašu na mentorstvu, pruženoj prilici, pomoći pri odabiru teme, savjetima i razumijevanju za greške.*

*Zahvaljujem se dr. sc. Mariji Horvat na mentorstvu, strpljenju, razumijevanju, kritici i vječnom optimizmu tokom rada na diplomskom.*

*Zahvaljujem se dr. sc. Nikolini Ilijanić predstojnici Zavoda za mineralne sirovine na financiraju tri kemijske analize glavnih, sporednih, elemenata u tragovima i elemenata rijetkih zemalja u inozemnom laboratoriju.*

*Zahvaljujem se dipl. ing. geol. Nikoli Gizdavcu za pomoć pri izradi priloga karti i profila istražno – geološke bušotine.*

*Zahvaljujem se mag. chem. Ani Čaić Janković za odradu klasične silikatne kemijske analize i kalcimetrije.*

*Zahvaljujem se Dejanu Vončini na pomoći i savjetima u laboratoriju.*

*Zahvaljujem se doc. dr. sc. Zorici Petrincec na razumijevanju i pomoći pri svakom pitanju.*

*Zahvaljujem se dipl.iur. Mariji Cindro na susretljivost i velikom razumijevanju za sve probleme.*

*Zahvaljujem se svim studentskim kolegama na lijepim uspomenama.*

*Zahvaljujem se prijateljima koji su uvijek bili tu.*

*Zahvaljujem se baki i djedu na podršci u teškim trenucima.*

*Zahvaljujem se, mami i tati, na beskrajnom razumijevanju i podršci, humoru, provokacijama i slobodi.*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geološki odsjek

Diplomski rad

### MINERALOŠKE I PETROLOŠKE KARAKTERISTIKE UZORAKA IZ BUŠOTINE B3/17 U ISTRAŽNOM PROSTORU LOVNO-3 KRAJ LEPOGLAVE

MARKO JAJAC

**Sažetak:** Mineraloško-petrografska analiza 12 istraživanih uzoraka jezgre iz bušotine B3/17 pokazala je da istraživane stijene pripadaju andezitbazaltu (7 uzoraka), breči (2 uzorka), izrazito kalcitiziranoj stijeni koju nije bilo moguće jednoznačno determinirati (2 uzorka) i hijaloklastitu (1 uzorak). Stijene su snažno alterirane, maslinastozelene do sivozelene i smeđeljubičaste boje, mandulaste teksture, porfirne do glomeroporfirne strukture. Osnova efuzivnih varijeteta je intersertalna (4 uzorka), vitrofirna do intersertalna (3 uzorka), hipohijalina (2 uzorka) i hijalopilitiska (1 uzorak) te je izgrađuju mikroliti feldspata, klorit, sericit, kalcit i vulkansko staklo. Kao fenokristali određeni su feldspata koji su u potpunosti izmijenjeni, sericitizirani, kalcitizirani i kloritizirani. Mandule su: kalcitne, kloritne i kalcedonske/opalne. Pukotine ispunjava sekundarni karbonat. XRD analiza potvrdila je mineralni sastav uzoraka. Tri različita varijeteta istraživanih stijena izabrana su za kemijsku analizu glavnih, sporednih, elemenata u tragovima i elemenata rijetkih zemalja. Prema kemijskoj klasifikaciji za efuzivne stijene, u TAS – dijagramu, uzorci se projiciraju u polje fono-tefrita, bazaltnog trahandezita i na granicu fono-tefrita i bazaltnih trahandezita dok na osnovu sadržaja  $\text{Na}_2\text{O}$  i  $\text{K}_2\text{O}$  dva uzorka pripadaju šošonitima. Odnos omjera elemenata  $\text{Nb/Y} - \text{Zr/TiO}_2$  uzorke klasificira kao andezit/bazalt do andezit.

**Ključne riječi:** andezit/bazalti, bušotina B3/17, istražni prostor Lovno-3, Lepoglava, Republika Hrvatska

Rad sadrži: 85+XXIX stranica, 67+12 slika, 5 tablica, 60 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen: u Središnjoj geološkoj knjižnici, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska i knjižnici Hrvatskog geološkog instituta, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska

**Mentori:** prof. dr. sc. Darko Tibljaš, redoviti profesor PMF-a  
dr. sc. Marija Horvat, znanstvena suradnica HGI-a

**Ocjenjivači:** prof. dr. sc. Darko Tibljaš, redoviti profesor  
prof. dr. sc. Dražen Balen, redoviti profesor  
prof. dr. sc. Jasenka Sremac, redoviti profesor

Datum diplomskog ispita: 8.srpnja.2019.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science

Master Thesis

Department of Geology

### MINERALOGICAL AND PETROLOGICAL CHARACTERISTICS OF SAMPLES FROM THE B3/17 BOREHOLE IN THE LOVNO-3 EXPLORATION FIELD NEAR LEPOGLAVA

MARKO JAJAC

**Abstract:** The mineralogical-petrological analysis of 12 core samples from the exploration well B3/17 has shown that 7 of the examined rocks classify as basaltic andesite, 2 as breccia, 2 as extremely calcitised rocks that could not have been unambiguously determined and 1 as hyaloclastite. The rocks have an amygdaloidal texture, porphyritic/glomeroporphyritic structure and are strongly altered. Their colour varies from olive and greyish-green to brownish-purple. The groundmass of the effusive varieties is intersertal (4 samples), vitrophyric/intersertal (3 samples), hypohyaline (2 samples) and hyalopilitic (1 sample) and consists of chlorite, sericite, calcite and volcanic glass. The phenocrysts that were found were recognised as completely altered, sericitised, calcitised and chloritised feldspars. The amygdules are composed of calcite, chlorite and chalcedony/opal and the cracks are filled by secondary carbonate. The XRD analysis has confirmed the microstructural composition of the samples. Three different varieties of the examined rocks were chosen for the chemical analysis of major, minor, trace and rare earth elements. According to the chemical classification of effusive rocks based on the TAS diagram, the samples correspond to phonotephrite and basaltic trachyandesite, and one sample is on the border between the two mentioned fields. Based on the Na<sub>2</sub>O and K<sub>2</sub>O content, two of the samples classify as shoshonites, while according to the Nb/Y-Zr/TiO<sub>2</sub> element ratios they are representative of basaltic andesite to andesite.

Keywords: borehole, andesite/basalt, exploration well Lovno-3, Lepoglava, Croatia

Thesis contains: 85+XXIX pages, 67+12 figures, 5 tables, 60 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Central Geological Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 zagreb, Croatia and Library of Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia.

Supervisor: Darko Tibljaš, PhD, full professor  
Marija Horvat, PhD, research associate

Reviewers: Darko Tibljaš, PhD, full professor  
Dražan Balen, PhD, full professor  
Jasenka Sremac, PhD, full professor

Date of defence: 8<sup>th</sup> of July, 2019.

## **POPIS KORIŠTENIH KRATICA**

**XRD** – metoda difrakcije rendgenskih zraka na polikristalnim uzorcima

**ICP - MS** – *Inductively coupled plasma – mass spectrometry*

**ICP - ES** – *inductively coupled plasma – emission spectrometry*

**KSKA** – klasična silikatna kemijska analiza

**Chl** – klorit

**Cal** – kalcit

**Ms** – muskovit

**Qz** – kvarc

**Or** – ortoklas

**Ab** – albit

**Dol** – dolomit

**Hem** – hematit

**Gy** – gips

**Py** – pirit



## **Sadržaj**

ZAHVALE.....	III
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....	IV
BASIC DOCUMENTATION CARD.....	V
POPIS KORIŠTENIH KRATICA.....	VI
1. UVOD.....	1
2. POLOŽAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA.....	3
3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA.....	4
4. GEOLOGIJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA.....	8
5. OPĆE KARAKTERISTIKE EFUZIVNIH MAGMATSKIH STIJENA.....	13
5.1. Strukture i teksture i magmatskih stijena.....	14
5.1.1. Strukture magmatskih stijena.....	14
5.1.2. Tipovi i karakteristike struktura efuzivnih stijena i hipabisalnih stijena.....	14
5.1.3. Teksture magmatskih stijena.....	15
5.2. Kemijska klasifikacija vulkanskih stijena.....	15
6. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA.....	16
6.1. Istraživani materijal.....	16
6.2. Metode istraživanja.....	18
6.2.1. Makroskopski opis.....	18
6.2.2. Metoda polarizacijske mikroskopije.....	18
6.2.3. Metoda difrakcije rendgenskih zraka na polikristalnim uzorcima (XRD).....	19
6.2.4. Kemijska analiza.....	20
6.2.4.1. Kemijska analiza glavnih, sporednih i elemenata u tragovima, uključujući elemente rijetkih zemalja pomoću ICP-ES i ICP-MS metoda.....	20
6.2.4.2. Klasična silikatna kemijska analiza.....	21
6.2.4.3. Određivanje sadržaja CaCO <sub>3</sub> .....	21
7. REZULTATI METODA ISTRAŽIVANJA.....	23
7.1.1. Uzorak u1 (11,0 – 11,1 m).....	23
7.1.2. Uzorak u2 (12,4 – 12,6m).....	26
7.1.3. Uzorak u3 (36,7m).....	28
7.1.4. Uzorak u4 (41,4m).....	30
7.1.5. Uzorak u5 (48,0 – 48,2m).....	35

7.1.6. Uzorak u6 (55,3m) .....	38
7.1.7. Uzorak u7 ( 64,5 – 64,6m) .....	41
7.1.8. Uzorak u8 (67,1m – 67,3m) .....	46
7.1.9. Uzorak u9 (73,6 – 73,7m) .....	49
7.1.10. Uzorak u10 (80,7 – 80,8m) .....	52
7.1.11. Uzorak u11 (93,2m) .....	54
7.1.12. Uzorak u12 (99,8 – 100m) .....	57
7.2. Kemijski sastav stijena.....	60
7.2.1. Glavni i sporedni elementi .....	60
7.2.2. Elementi u tragovima i elementi rijetkih zemalja .....	63
8. RASPRAVA.....	64
9. ZAKLJUČAK .....	74
10. LITERATURA.....	77
11. POPIS SLIKA U TEKSTU .....	83
12. POPIS TABLICA U TEKSTU .....	85
13. PRILOZI.....	XI

## 1. UVOD

U svrhu istraživanja mineralnih sirovina na području Ivanšćice provedena su brojna geološka istraživanja unutar Zavoda za mineralne sirovine Hrvatskog geološkog instituta, što je vidljivo u elaboratima: istražnog prostora tehničko-građevnog kamena „Lovno-3“ (Crnković,1972; Crnogaj i Kruk, 1995; Crnogaj i dr., 2004) i rezervama tehničko-građevnog kamena dolomita Sipina-Hum (Crnogaj, 1996; Crnogaj i Pecinger, 2000; Crnogaj i dr., 2005; Crnogaj i dr., 2007).

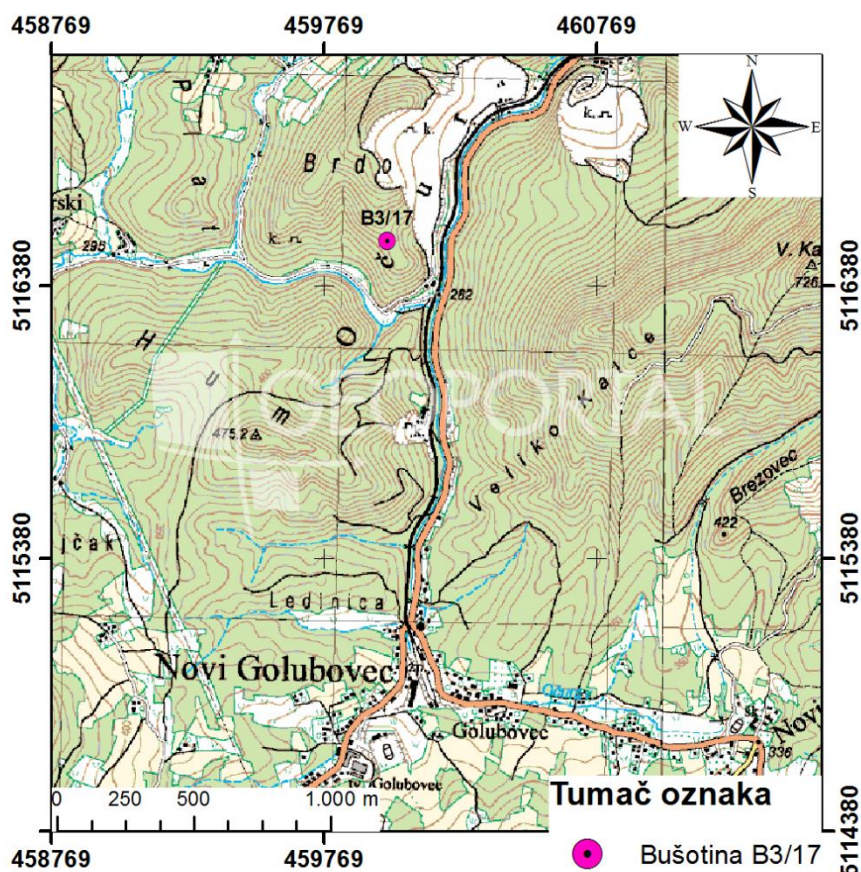
Rješenjem Ureda državne uprave u Krapinsko-zagorskoj županiji, Službe za gospodarstvo i imovinsko-pravne poslove, Ispostave Zlatar, klasa: UP/I 310-17/16-01/02, urbroj: 2140-10-02/3-16-3 od 10. 06. 2016. god., društvu Golubovečki kamenolomi d.o.o., odobreno je istraživanje mineralnih sirovina u istražnom prostoru tehničko – građevnog kamena „Lovno 3“ (u nastavku: IP „Lovno 3“). Voditelj izvođenja istražnih radova u IP "Lovno 3", Nikola Gizdavec, dipl.ing.geol., mr.sc. Jakov Pranjić, dipl.ing.rud. i Filip Pranjić, mag.ing.rud. izradili su program istražnih radova, nadzirali istražne radove, fotografirali izvađenu jezgru, te izdvojili reprezentativne uzorke za propisane analize. Izvođenje istražnih radova započelo je 29. 09. 2016. god., a završilo 06. 06. 2017. god. Ukupno su izrađene 4 istražno-geološke bušotine oznaka B1/17 ÷ B4/17, s kontinuiranim jezgrovanjem, ukupne duljine bušenje cca 400,3 m i dvije vertikalno usmjerene istražne bušotine na ispuh, Bi1/17 duljine 26,0 m i Bi2/17 duljine 30,0 m. U nastavku radnji najprije je izrađen, te od strane nadležnog „Povjerenstva“ pozitivno ocijenjen „Elaborat o rezervama tehničko – građevnog kamena u istražnom prostoru „Lovno 3“ (Gizdavec i dr., 2017), koji je doraden i pohranjen između ostaloga i u zbirci Ministarstva gospodarstva, poduzetništva i obrta, te kao takav dostupan na zahtjev. S obzirom na činjenicu da je duž cijele istražno – geološke bušotine B3/17, odnosno do dubine od čak 100,3 m, utvrđeno postojanje „vulkanoklastičnih sedimenata“, preporuka članova nadležnog „Povjerenstva“ tijekom ocjenjivanja „Elaborata“ bila je da se neovisno o „Elaboratu“ i ishodenom pozitivnom „Rješenju“ predmetne stijene dodatno analiziraju sa svrhom točnog utvrđivanja mineraloško – petrografskog sastava. Dodatno je i investitor pokazao želju da se nešto takvo i odradi, te da mu se rezultati na neki način i dostave na uvid. Stoga su direktor društva SPP d.o.o., mr.sc. Jakov Pranjić, dipl.ing.rud. i tadašnji djelatnik istog, Nikola Gizdavec, dipl.ing.geol. uzorke predmetnih stijena dostavili u HGI i osobno uručili Predstojnici Zavoda za mineralne sirovine, dr.sc. Nikolini Ilijanić, dipl.ing.geol, na daljnje analize. O svim radnjama u IP tgk

"Lovno 3" od samog početka do završetka, na vrijeme su bili upoznati predstavnici društva Golubovečki kamenolomi d.o.o., koji su imali uvid u svaku aktivnost na lokaciji. Uz to iskazali su interes da se predmetne stijene analiziraju i na neki način utvrdi i eventualna mogućnost njihovog korištenja.

U skladu s tim u okviru ovog diplomskog rada analizirano je 12 uzoraka jezgre B3/17 kako bi se na temelju makroskopskog izgleda, mikrofiziografskih karakteristika, i rezultata rendgenskih i kemijskih analiza odredila mineraloška i petrološka svojstva izabranih varijeteta.

## 2. POLOŽAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Istraživano područje smješteno je u Hrvatskom zagorju tj. sjeverozapadnom dijelu Republike Hrvatske koje pokriva područje između Medvednice, Kalnika, rijeke Drave, Sutle i Save i gorskim je nizom, koji se proteže od istoka prema zapadu, Maceljska gora – Strahinščica – Ivanščica – Varaždinsko topličko gorje, podijeljeno na sjeverno (Varaždinska županija) i južno (Krapinsko – zagorska županija). U Krapinsko – zagorskoj županiji nalazi se kamenolom Očura koji je lociran južnije od grada Lepoglava i sjevernije od Novog Goluboveca (Slika 2.1). Uzorci istraživani u ovom diplomskom radu potječu iz bušotine B3/17, čija je točna pozicija prikazana na Slici 2.1.



**Slika 2.1:** Točna pozicija bušotine B3/17 u istražnom prostoru Lovno-3, Golubovečki kamenolomi d.o.o. na topografskoj podlozi 1:25 000 (DGU).

### 3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Na preglednoj geološkoj karti Kraljevine Hrvatske – Slavonije (Gorjanović Kramberger, 1904), prikazano je pojavljivanje melafira, pršinaca andezita i andezit-tufa uz lapore i laporovite pješčenjake, Socka slojeve i trijasko vapnence i dolomite na širem području Lepoglave i Novog Golubovca.

Na području Strahinšćice Kišpatić (1909) spominje eruptivne stijene i to uglavnom valutice kao hiperstenski andezit, dok Tučan (1922) opisuje porfirite i porfirite pršince sjeverne strane Ivanšćice (kod Topolja) i s južne strane (kod Lepoglave). Uz njih spominje porfirite kod Desinića i Klobokoga na Sutli.

Herak i Malez (1956) potvrđuju prisutnost slojeva srednjeg trijasa pronalaskom fosila algi u okolici Golubovca na Ivanšćici.

Herak (1960) opisuje dio naslaga u dubljim jarcima nedaleko od Očure ispod srednjotrijaskih dolomita na južnoj i jugozapadnoj strani Ivanšćice. Na temelju nalaza alge *Teutloporella herculea* u vapnencima koji su uloženi u klastite pripisuje im krednu starost.

Kod Gotalovca uzorke dijabaza i spilita ispituju Golub i Vragović (1960), dok pojavu uzoraka bazalta na lokalitetu Žutnica nedaleko od Krapine istražuju Golub i Brajdić (1968) kao i piroklastične stijene Donjeg Jesenja (1969). Uzorke eruptivnih stijena i piroklastita na području Vudelje i potoka Bistrice proučavaju Golub i Brajdić (1970) i opisuju kao spilitizirane andezitobazalte i vitrične, vitroklastične i vitrolitične tufove.

Golub i dr. (1970) na području Strahinšćice analiziraju i klasificiraju eruptivne i piroklastične stijene. Hidrotermalno izmijenjeni eruptivi su klasificirani kao andezitni bazalti i dijabaz dok piroklastične stijene kao vitrični, kristalovitrični i litovitrični tufovi.

Sedimente sa južne strane centralnog i istočnog dijela Ivanšćice na temelju mikrofosila Babić i Zupanić (1973) i Babić (1974) svrstavaju u donju kredu dok litološke i paleontološke karakteristike trijaskih naslaga na području centralnog i istočnog dijela Ivanšćice daju Šimunić i dr. (1976).

Šimunić, Al. i Šimunić, An. (1979) određuju petrografski sastav i genezu naslaga srednjeg i gornjeg trijasa na području Ivanšćice, Kalnika i Ravne gore. Šimunić, An. i dr. (1979) opisuju geološku građu Ravne gore i Ivanšćice te na temelju terenskih i laboratorijskih analiza

detaljnije opisuju litološke jedinice koje se pojavljuju. Navode naslage gornjeg paleozoika koje dijele na donje starije, sastavljene od izmijenjenih krupnozrnatih i sitnozrnatih metamorfoziranih grauvaka i tinjčastih silita, te gornje, izgrađene od konglomeratičnih i litičnih grauvaka s crnim šejlovima. Slijede ih naslage donjeg trijasa koje dijele na donje, klastične, sastavljene od crveno smeđih i sivih tinjčastih pječenjaka, silita i šejlova te crvenosmeđih oolitičnih vapnenaca, te gornje karbonatne u kojem dominiraju tamnosivi, pločasti i tankouslojeni vapneneci. U sedimente srednjeg trijasa autori ubrajaju tamnosive dolomite, sive, svijetlosive, debelouslojene ili gromadaste vapnece ili dolomite te spominju mjestimično pojavljivanje algalnih vapnenaca i tufova. U sedimente srednjeg trijasa, koji dominiraju na području Ivanščice i Ravne gore, ubrajaju i tamnosive dolomite, plitkomorske karbonatne sedimente, te sive, svijetlosive, debelouslojene ili gromadaste vapnece ili dolomite. Također, mjestimično navode pojavu algalnih vapnenaca i tufova.

U okolici Lepoglave Šimunić (1986) opisuje stratigrafske jedinice trijasa, jure, krede, miocena, kvartara, tektonska zbivanja te navodi kvarcni pijesak, ciglarsku glinu, ugljen, lignit, spilitizirani bazalt, kristalovitrični tufovi, tufiti, dolomit, dolomitični vapnenac, dacit, dacitski tufovi, keramičke gline, bentonitske gline i željezo kao mineralne sirovine.

Tibljaš i Šćavinčar (1988) uz pomoć metoda difrakcije rendgenskih zraka, infracrvene spektroskopije te optičkih istraživanja na polarizacijskom mikroskopu i elektronskom mikroskopu analiziraju uzorke tufa u dolini potoka Ravniščica kod sela Donje Jesenje te opisuju mineraloške karakteristike ktinoptiolita, plagioklasa i seladonita.

Vrkljan (1988) iz potoka Pake makroskopskim opisom mjesta uzorkovanja, mineraloškom i kemijskom obradom identificira dva uzorka kao spilit, spilitizirana breča dok treći uzorak, zbog jake trošnosti i tektoniziranosti, ne identificira. Iz uzoraka zaključuje, zbog mnogobrojnih pukotina koje presijecaju stijene, da su na navedenom području bili intenzivniji tektonski poremećaji. Također, zbog prisutnosti različitih varijeteta na maloj udaljenosti, zaključuje da se radilo o nejednolikom intenzitetu metamorfizma.

Nadalje, Vrkljan i Vragović (1991) istražili su jedanaest uzoraka eruptivnih stijena iz sjeveroistočnog dijela Kalničkog gorje. Iako se radi o stijenama koje imaju ujednačen mineralni sastav, uzorke grupiraju u dvije grupe prema teksturnim obilježjima na stijene s homogenom teksturom i stijene sa mandulastom teksturom. Uz mineralni sastav i kemijskom analizom devet uzoraka klasificiraju kako spilit dok ostala dva kao spilit – keratofir i keratorif.

Tibljaš (1996) istražuje zeolite i druge produkte alteracijskih procesa u oligocenskim i donjomiocenskim piroklastitima na širem području Macelja.

Na području sjeverozapadne Hrvatske prisutni su vulkanoklastiti miocenske starosti. Njihove geokemijske i mineraloške karakteristike opisali su Tibljaš i dr. (2000). Pokazalo se da se radi o različitim varijetetima tufova i tufita, kiselih do neutralnih, koji su podvrgnuti alteracijskim procesima. Analiziranjem mikroelementa i usporedbom s literaturom pokazalo se da se radi o magmatizmu koji je vezan uz završnu fazu subdukcije.

Vrkljan i dr. (2000) na području Kalničkog gorja opisuju kontakte između magmatskih i sedimentnih stijena. Terenskim zapažanjem i mikroskopskim istraživanjem ističu različitost kontaktnih pojava što upućuje na sinsedimentacijske i/ili postsedimentacijske višekratne efuzije i plitke intruzije bazične lave, zbog različitog stupnja konsolidiranost sedimentnih stijena i različite količine, temperature i brzine izlivanja.

Lugović i dr. (2015) na sjevernom području Kalnika i Ivanščice analiziraju uzorke melanža sastavljenog od različitih ekstruzivnih stijena formiranih u različitim uvjetima Repnooceanske domene (ROD) i datiraju ih uz pomoć K/Ar i Ar/Ar metode. Uzorke razvrstavaju u tri skupine s obzirom na geokemijska obilježja: N-MORB tip gabra, IAT – tip amfibolskog gabro i BABB – tip amfibolskog gabra. N-MORB tip gabra, starosti 185 milijuna godina po autorima signalizira PaleoTetiski *slab break* – off; IAT – tip amfibol gabra s suprasubdukcijским karakteristikama predstavlja relikte formirajućeg intraoceanskog luka starosti 147 milijuna godina i BABB – tip amfibolski gabro, starosti 100 milijuna godina prema autorima dokazuje magmatizam u zalučnim bazenima. Navedeni rezultati pokazali su kraj geodinamske evolucije ROD-a koja započinje stvaranjem ensijaličkog zalučnog bazena u ladiniku i kontinuirano širenje sve do bajocija. Zatim početak intraoceanske konvergencije koja je dovela do formiranja nastajućeg zalučnog bazena za vrijeme titonia i stvaranje ensimatičnog zalučnog bazena u kredi.

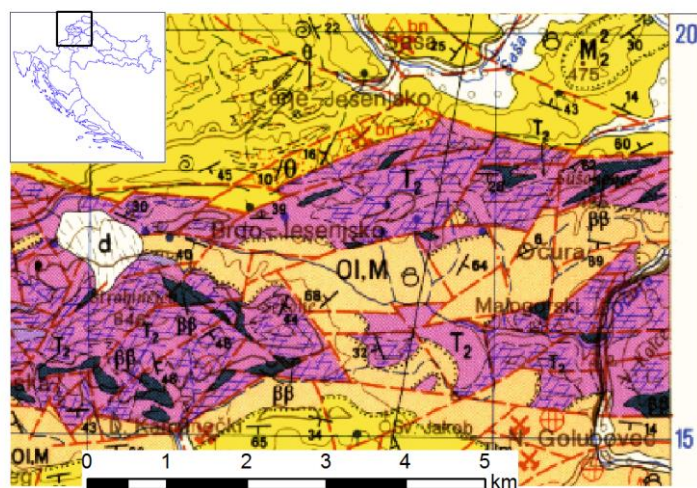
Najobuhvatnija terenska i laboratorijska istraživanja predmetnog područja rađena su za potrebe Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000, u 70.-im i 80.-im godina prošlog stoljeća, list Rogatec (Aničić i Juriša, 1984) i list Varaždin (Šimunić i dr., 1982). Sedimenti donjeg trijasa imaju najveće rasprostranjenije u centralnom dijelu Ravne gore, na sjevernim padinama Ivanščice i Medvednice, a pojavljuju se i kao manji izdanci na potezu od Margečana do Lepoglave. Kontinuirana sedimentacija nastavljena je i u srednji trijas. Mjestimično je vidljiv postepeni prijelaz tamnosivih donjotrijaskih vapnenaca u



srednjetrijaske tamnosive dolomite. U graničnim dijelovima utvrđena je i međusobna izmjena ovih sedimenata. Na tamnosivim dolomitima leže sivi i svijetlosivi, debelouslojeni kalcijski dolomiti i algalni vapnenci. Na području Ravne gore nisu nađeni mlađi trijaski sedimenti, ali se može pretpostaviti da su bili taloženi, jer se njihovi fragmenti nalaze pretaloženi u obližnjim neogenskim naslagama. Na području Ivanščice taloženi su tamnosivi i crni, sitnozrnati pjesčenjaci, radiolarijski šejlovi i šejlovi s kristalićima pirita, rožnjaci, vapneneci s radiolarijama i filamentima te kristalovitrični i litični tufovi, ali slijedi naglo produbljanje bazena, koje je bilo praćeno intenzivnom vulkanskom aktivnošću. Uz dublje rasjede probili su se bazalti i andezitobazalti, koji su kasnije spilitizirani. Nakon taloženja navedenih stijena došlo je do smirivanja prilika u bazenu i sedimentacije karbonatnih sedimenata prema autorima spomenutih listova OGK SFRJ 1:100 000.

## 4. GEOLOGIJA ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Istraživano područje (Slika 4.1) prema Aničić i Juriša (1984) sadrži sljedeće kronostratigrafske jedinice: ladinik (spilitizirani dijabaz-bazalt), srednji trijas (šejl, pješčenjak, rožnjak i tuf, zatim dolomit, dolomitna breča i dolomitizirani vapnenac), oligocen-miocen (pjesak, pješčenjak, pjeskovita glina i pjeskoviti lapor), miocen (andezitni tuf, tufit i bentonitna glina; kvarcni pijesak, pješčenjak, konglomerat i gline; lapor, laporoviti vapnenac, vapnenac i pjeskoviti lapor) i kvartar.



Tumač:

	Deluvij		Pijesak, pješčenjak, pjeskovita glina i pjeskoviti lapor
	Lapor, laporoviti vapnenac, vapnenac i pjeskoviti lapor (baden)		Dolomit, dolomitna breča i dolomitiziran vapnenac
	Kvarcni pijesak, pješčenjak, konglomerat i gline		Šejl, pješčenjak, dolomit, rožnjak i tuf
	Andezitni tuf, tufit i bentonitna glina		Spilitizirani dijabaz - bazalt

**Slika 4.1:** Područje istraživanja, kamenolom Očura, na isječku Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000 list Rogatec L33:68, s pripadajućom legendom (Aničić i Juriša, 1984).

Tumač za list Rogatec Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000 (Aničić i Juriša, 1983) pisan je na slovenskom jeziku. U nastavku je dan prijevod na hrvatski jezik dijela teksta iz spomenutog tumača u legendi navedenih kronostratigrafskih jedinica i njihove litologije (Slika 4.1).

## **Ladinik T<sub>2</sub><sup>2</sup>**

### *Spilitizirani dijabaz – bazalt - ββ*

Uzroci spilitiziranog dijabaza su većinom zelene boje ali na površini se mjestimično pojavljuju varijeteti crvenkastosmeđe i smeđe boje.

Gledajući odnos i raspored pojedinih mineralnih zrna, stijena ima ofitsku strukturu dok je osnova kriptokristalina. U stijeni se ističu mineralna zrna kalcificiranog augita i ljsuke sericita te su prisutni albit, ilmenit, leukoksen i kalcit.

Osim navedenih minerala potrebno je istaknuti prisutnost niskotemperaturnog albita i dvije vrste klorita koji su karakteristični za ovu stijenu. Prvi, nižeg dvoloma, zeleno obojan i stijeni daje karakterističnu zelenkasto sivu boju dok drugi, višeg dvoloma, uzrokuje smeđožučkaste nijanse. Neki uzorci sadrže geode ispunjene kalcitom i kvarcom.

Spilitizirani dijabazni tuf (bazalt ?) izgrađen od alteriranih feldspata, melanokratskih minerala uz fragmente kalcita, klorita i minerala gline. Stijena je srednjeznata sa veličinom zrna koja se kreće od 0,1 milimetara do 0,5 milimetara. Kao akcesorni minerali prisutni su apatit, kvarc, epidot, cirkon, turmalin, limonit, titanit i magnetit.

Spilitizirani dijabazni tuf također je zelenkasto sive boje te je srednjeznat, veličina zrna se kreće od 0,1mm do 0,5mm. Sastavljen je od alteriranih kristala feldspata, mafitnih, te kalcitnih, glinovitih i kloritnih fragmenata. Akcesorni minerali su apatit, kvarc, epidot, cirkon, turmalin, limonit, titanit i magnetit. Veziva je malo, zbog dijagenetskih procesa fragmetni su spojeni, te je veličina fragmenata mikrokristalna, plagioklasi sercitizirani, kalcitizirani ali i kloritizirani.

## **Srednji trijas T<sub>2</sub>**

### *Šejl, pješčenjak, dolomit, rožnjak i tuf*

Zbog promjena uvjeta sedimentacije u srednjem trijasu dolazi do taloženja dobro uslojenih sitnozrnatih klastita, u manjoj količini, pojavljuju se siliti, mikritni vapnenci s radiolarijama i rožnjaci.

Šejlovi zbog koncentracije ugljevitih supstanci i pirita dolaze u tamnosivim i crnim bojama te im se u mineralnom sastavu javljaju hidrotinji, mikrokristalasti kvarc, klorit i intrastratificirane gline. Rijetko se javljaju primjese kvarca, feldspata i zrna muskovita koja su veličine silta. Rožnjake možemo nazvati radiolarijskim jer su nastali konsolidacijom radiolarijskog mulja. Glavni sastojak je kriptokristalasti i mikrokristalasti kvarc sa primjesama gline. Javljaju se i intraformacijske breče zbog klizanja nekonsolidiranih morskih sedimenata.

#### *Dolomit, dolomitna breča i dolomitizirani vapnenac*

Dolomit, dolomitna breča i dolomitizirani vapnenac dolaze zajedno s vulkanogenim sedimentima a na mjestima gdje nema vulkanogenih sedimenata pronađeni su tamni dolomiti koji prelaze u sive i svijetlo sive debelo slojevite i masivne dolomite, kalcitične dolomite i dolomitne breče. U kalcitičnim dolomitima, tamno sive boje, nalaze se prekristalizirani ostatci krinoida. Zbog intenzivne tektonske deformacije u stijenama je došlo do kataklastične metamorfoze što se vidi iz brečastog habitusa. Neki uzorci su uspjeli zadržati primarnu strukturu te zbog toga u njima su pronađeni fosili *Meandrospira dinarica*, *Neoendothyra knepperi* i *Earlandinita oberhauseri*.

#### **Eger (ranije: gornji oligocen, donji miocen) OM**

##### *Pijesak, pješčenjak, pjeskovita glina i pjeskoviti lapor*

Srednje zrnat i slabo sortirani pijesak javlja se od smeđosive do žućkaste boje. Osim kvarca javljaju se fragmenti tinjaca i feldspata. Unutar pijeska javljaju se tanji slojevi, mogu varirati od nekoliko centimetara do nekoliko decimetara, umetci pješčenjaka izgrađeni od kvarcnih zrna i u manjoj količini tinjaca. Veličina zrna varira i ponekad prelazi u finozrnati konglomerat. Vezivo je sastavljeno od drobljenih klorita, muskovita, kvarca, gline te se javlja žućkastosmeđa boja zbog prisutnosti željezovitih hidroksida. Između pijeska i pješčenjaka javljaju se umetci kvarcnog konglomerata sastavljenog od kvarcnog šljunka sive boje sa promjerom zrna od 5 centimetara. Umetci laminiarnih glinovih slojeva i laporovitih gline u pijesku dolaze maslinasto sive boje debljine 1 – 30 centimetara. Udio karbonatne komponente u laporovitim glinama varira od 0 – 8%.

Uzroci pješčenjaka gornjoogliocenske i donjomiocenske starosti s Plohvog brega ispitivanjima su pokazali udjele različitih komponenti i to 47% kvarca, fragmenate nekarbonatnih stijena 9 – 13%, feldspata 5 – 8%, tinjaca 2 – 3%, 20 – 30% kalcita i 4 – 6% dolomita. Vezivo je

kalcitno ali može biti mikritno i mikrosparitno s limonitnom impregnacijom. Uzorci gline, pijeska i laporovite gline na području od Lokve prema Žusmu sadrže limonit, pirit, leukoksen, ilmenit, klorit, cirkon, turmalin, rutil, granat, staurolit te 10 – 20,8% karbonatne komponente. Pošto su fragmenti makrofosila slabo očuvani starost se odredila uz pomoć mikrofaune i nanoplanktonskih vrsta.

### **Egenburg (ranije: burdigal) - M<sub>1</sub>**

*Andezitni tuf, tufit i bentonitna glina* ☉

U slojevima dolazi do izmjene vulkanskih breča te andezitnih tufova koji variraju od krupnozrnatih do finozrnatih, na nekim mjestima su pronađene izmjene tufa sa laporima i laporovitim glinama. Andezitni tufovi se javljaju od svijetlozelene, svijetlosive do smečkaste boje te su petrografska istraživanja pokazala da su kristaloklastični, vitroklastični i litoklastični. Kristaloklastični su izgrađeni od mikrokristalne osnovne sa sericitiziranim fenokristalima plagioklasa, mutni vitroklastični od fragmenata vulkanskog stakla te rijetko dolaze i andezin, oligoklas, klinoptiolit i heulandit. Također, ovi tufovi su zeolitizirani. Litoklastični tufovi su sastavljeni od mikrokristalne osnovne i fragmenata andezita.

### **Egenburg (ranije: burdigal) - M<sub>1</sub>**

*Kvarcni pijesak, pješčenjak, konglomerat i gline*

Slojevi ove starosti položeni su na gornjoliocenske i donjomiocenske slojeve. Srednje zrnati pijesci se javljaju od žutosmeđe do zeleno i rijetko maslinastosive ovisno o stupnju limonitizacije, izgrađeni su od kvarca i sericita. Debljina slojeva se kreće od 1 decimetar do 1 metar u kojima se javljaju umetci sivožutog i žutosmeđeg pješčenjaka, debljine od nekoliko centimetara do nekoliko decimetara kvarcnog, sericitnog i kalcitnog mineralnog sastava, te slojevi pješčanog lapora i glinenog lapora tamnosive boje.

Okolo područja Pleševice i Maceljske gore imamo srednjezrnate pješčenjake uz koje se rijetko javljaju konglomerati između kojih ponekad mogu doći umetci lapora i gline. Analize su pokazale da pješčenjaci sadrže 64% kvarca, do 24% karbonata, do 8% tinjaca i 3% do 4% feldspata. Boja im je sivosmeđa, žućkasta do zelenosiva. Uz navedene minerale javljaju se granat, cirkon, rutil, turmalin, apatit, klorit i biotit te u uzorcima sa Pleševice imamo i glaukonit. Starost ovih slojeva dokazana je preko mikrofaune. Pronađeni su mikrofosili: *Bathysiphon* sp., *Haplophragomides*, *Spiroplecammina carinata*, *Cyclogyra*

*polygyra, Glandulina laevigata, Bulimina sp., Globigerina sp., Florius communis, Anomalinoidea granosus* itd. Debljina opisanih slojeva je oko 400 metara.

### **Baden (ranije: torton) - M<sub>2</sub><sup>2</sup>**

*Lapor, laporoviti vapnenac, vapnenac i pjeskoviti lapor*

Sive, zelenkasto sive boje lapori su često na površini žućkastosmeđe boje zbog trošenja. Često su dobro laminirani te uz njih dolaze kalkareniti i mikritni vapnenci. Prosječni udio karbonatne komponente je 65% ali se može popeti i do 90%. Osim kvarca ponekad se javljaju i tinjci.

Uz lapore na ovom području dolaze i slojeviti pješčenjaci žućkastosive do smeđe boje i to su uglavnom litoareniti i pjeskoviti biospariti u kojima je promjenjivi udio karbonatnog i nekarbonatnog detritusa. Od minerala dominira granat te su uz njega prisutni trumalin, rutil, cirkon, klorit i biotit a akcesorni su epidot, kloritoid, amfibol, apatit, disten, kromit i titanit. Zrna su subsferična do sferična i vezivo je kalcitno.

### **Kvartar - Q**

*Deluvij – d*

Bazu ove cjeline izgrađuju šljunci i pijesci s promjerom kvarcnih valutica od 2 – 5 centimetara. Iako sličnog sastava kao i šljunak, u pijesku uz kvarc i čestice eruptiva javljaju se fragmenti vapnenca i dolomita.

## 5. OPĆE KARAKTERISTIKE EFUZIVNIH MAGMATSKIH STIJENA

Efuzivne stijene su magmatske stijene koje nastaju brzim hlađenjem magme koja je stigla na površinu izljevanjem ili erupcijom iz vulkana. Magma koja se izlije na površinu Zemlje zove se lava. Na putu iz Zemljine unutrašnjosti prema površini iz magme mogu kristalizirati minerali koje nazivamo fenokristali ili utrusci. Izljevanjem na površinu lava se brzo hladi i mogućnost razvoja kristalizacijskih jezgara je mala, a brzo hlađenje dovodi do formiranja efuzivnih stijena staklaste osnove. Vulkanski materijal prenašan zrakom, taloženjem i akumulacijom dovodi do nastanka piroklastičnih stijena (*tefra* je zajednički naziv za općenito vulkanski materijal svih tipova i veličina izbačen iz vulkana ili taložen iz zraka, bez obzira na sastav ili veličinu). Materijal od koga su nastale piroklastične stijene je magmatskog podrijetla, a tip postanka je sedimentacijski. Ovisno o veličini vulkanskog materijala razlikuju se vulkanski pepeo (manje od 2 milimetra), lapili (od 2 do 64 milimetra), vulkanski blokovi i bombe (veći od 64 milimetra). Bombe su za vrijeme erupcije izbačene kao fragmenti užarene lave koji se u zraku počinju hladiti što dovodi do stvaranja aerodinamičnog oblika, dok su blokovi izbačeni za vrijeme erupcije kao već stvrdnuti fragmenti nepravilnih oblika.

Terenska klasifikacija magmatskih stijena temelji se na podacima o mineralnom sastavu magmatskih stijena, dok seriju stijena određuje vrsta preovladavajućeg feldspata u intruzivnoj ili efuzivnoj stijeni. U Tablici 5.1 prikazana je tzv. terenska klasifikacija za magmatske stijene, korištena za makroskopsku determinaciju istraživanih stijena.

**Tablica 5.1:** Terenska klasifikacija za magmatske stijene modificirana prema Tajder i Herak (1972).

ALKALIJSKA SERIJA	MONZONITSKA SERIJA	KALCIJSKO – ALKALIJSKA SERIJA	
<i>K – feldspati ± feldspatoidi</i>	<i>K – feldspati + plagioklasi</i>	<i>plagioklasi</i>	<i>mineralni sastav</i>
granit	adamelit	granodiorit	<i>Kvarc + biotit (hornblenda)</i>
riolit	delenit	dacit	
sijenit	monzonit	diorit	<i>Hornblenda ± biotit ( piroksen)</i>
trahit	trahi - andezit	andezit	
alk. gabro	kentalenit	gabro	<i>Piroksen ± olivin</i>
alk. bazalt	trahi - bazalt	bazalt	
			<i>Olivin, piroksen</i>
			dunit peridotit piroksenit

 Intruzivi

 Efuzivi

## **5.1. Strukture i teksture i magmatskih stijena**

### **5.1.1. Strukture magmatskih stijena**

Struktura stijena izražava međusobni odnos i raspored minerala s obzirom na njihovu veličinu, oblik i stupanj kristaliniteta (da li je magma iskristalizirala ili ne i ako da, u kojoj mjeri).

- 1) stupanj kristaliniteta: holokristaline (u potpunosti iskristalizirane stijene), hijaline (u potpunosti staklaste stijene) i hipohijaline ili hipokristaline (polukristalizirana/polustaklasta).
- 2) veličina zrna: fanerokristalina (struktura krupnog zrna) – mineralne jedinice vidimo golim okom ili lupom i afanitska struktura (mineralne jedinice možemo razlučiti uz pomoć mikroskopa)
- 3) obliku individua: idiomorfne, alotriomorfne, hipidiomorfne
- 4) s obzirom na međusobni odnos i raspored mineralnih individua u stijeni: zrnata (granlurana struktura – obilježja intruzivnih stijena) i porfirna (obilježja efuzivnih stijena)

### **5.1.2. Tipovi i karakteristike struktura efuzivnih stijena i hipabisalnih stijena**

- 1) Holokristalina porfirna struktura – potpuno kristalizirana stijena koja nastaje pri vrlo polaganom hlađenju magme
- 2) Hijalina (staklasta) struktura – uslijed naglog hlađenja magme; nedovoljno je vremena za kristalizaciju zbog čega su stijene staklaste
- 3) Vitrofirna struktura – fenokristali u staklastoj osnovi; osnova često devitrificirana
- 4) Intersertalna struktura – porfirna struktura, s prisutnim mikrolitima u osnovi koji se isprepliću; između mikrolita javlja se staklo
- 5) Hijalopilitska struktura – porfirna struktura, puno stakla, malo mikrolita koji nisu isprepleteni
- 6) Pilotaksitska struktura – sadrži idiomorfne utruske bazičnih plagioklasa koji se nalaze u osnovi izgrađenoj od štapićastih mikrolita, paralelno do subparalelno orijentirani što je posljedica toka; stakla nema
- 7) Trahitska struktura – holokristalina struktura koja na prvi pogled odgovara pilotaksitskoj jedino što su utrusci i mikroliti sanidini
- 8) Ofitska struktura – karakteristična je za žične stijene u hipabisalnom nivou. Slična intersertalnoj samo se među zrnima plagioklasa i mikrolita nalazi augit, a ne staklo. Sinonim za nju je intergranularna struktura karakteristična za dijabaze – žične stijene bazičnih magmi



### 5.1.3. Teksture magmatskih stijena

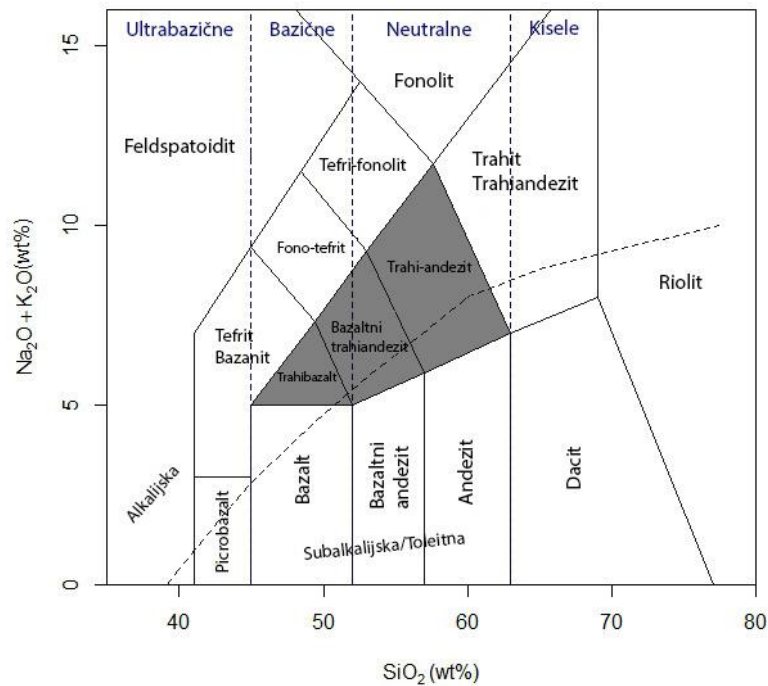
Tekstura stijene predstavlja način na koji su mineralni individui ispunili prostor u odgovarajućoj stijeni.

- 1) Homogena tekstura – individui su raspoređeni podjednako i jednolično (intruzivi i neki efuzivi)
- 2) Fluidalna tekstura – u efuzivnim stijenama u slučaju kada se listićavi ili štapićasti minerali postavljaju u smjeru toka i zauzmu privilegijalnu orijentaciju
- 3) Vezikularna tekstura – stijena ima šupljine tj. vezikule zaostale nakon izlaska plinova i para uklopljenih pri skrutnjivanju lave
- 4) Mandulasta tekstura – karakteristična je za stijene u kojima su vezikule tj. šupljine ispunjene odgovarajućom mineralnom tvari, sinonim za nju je amigdaloidna tekstura
- 5) Sferna ili orbikularna tekstura – javlja se u stijenama ukoliko se uslijed nekog razloga mineralni individui nakupe kuglasto, koncentrično ili ovalno i pri tome stijena više nema homogenu teksturu
- 6) Aglomerirana tekstura („šlirasta“ tekstura) – npr. feldspati i biotit su ispunili prostor tako da daju vrpčasti izgled stijeni.

### 5.2. Kemijska klasifikacija vulkanskih stijena

Subkomisija za sistematiku eruptivnih stijena predložila je da bi se klasifikacija vulkanskih stijena trebala bazirati na modalnom sastavu (Streckeisen, 1976) i da ostane konzistentna s klasifikacijom eruptivnih stijena prema Streckeisen (Streckeisen, 1973). Međutim, modalni sastav se nije mogao točno odrediti u dosta slučajeva zbog sitnih zrna, prisutnosti vulkanskog stakla i produkata alteracija zbog čega je predložena kemijska klasifikacija za vulkanske stijene (Cox i dr. (1979), Le Bas i dr. (1986) i Le Maitrie i dr.(1989)).

Osnovna podjela stijena temelji se na sadržaju  $\text{SiO}_2$  (težinski postotak= $\text{wt}\%$ ) na: kisele ( $>63$   $\text{wt}\%$ ), neutralne (63-52  $\text{wt}\%$ ), bazične (52-45  $\text{wt}\%$ ) i ultrabazične ( $<45$   $\text{wt}\%$ ) magmatske stijene TAS – dijagram predstavlja dvokomponentni dijagram tipa oksid – oksid i prikazuje odnos težinskih postotaka sume ukupnih alkalija  $\text{Na}_2\text{O}$  i  $\text{K}_2\text{O}$  u odnosu na težinski postotak  $\text{SiO}_2$  (Le Bas i dr., 1986). Za prikaz rezultata korišten je prethodno navedeni dijagram jer je isti dio računalnog programa GCDkit 5.0 in R. 3.4.3. (Janousek et al., 2006) koji se koristio za obradu rezultata kemijskog sastava istraživanih stijena (Slika 5.1. i 5.2.)



**Slika 5.1:** Dijagram za kemijsku klasifikaciju vulkanskih stijena na temelju ukupnog sadržaja  $SiO_2$  (wt%) i alkalijskih oksida ( $Na_2O + K_2O$  (wt%)) tzv. TAS klasifikacijski dijagram prema Le Bas i dr. (1986).

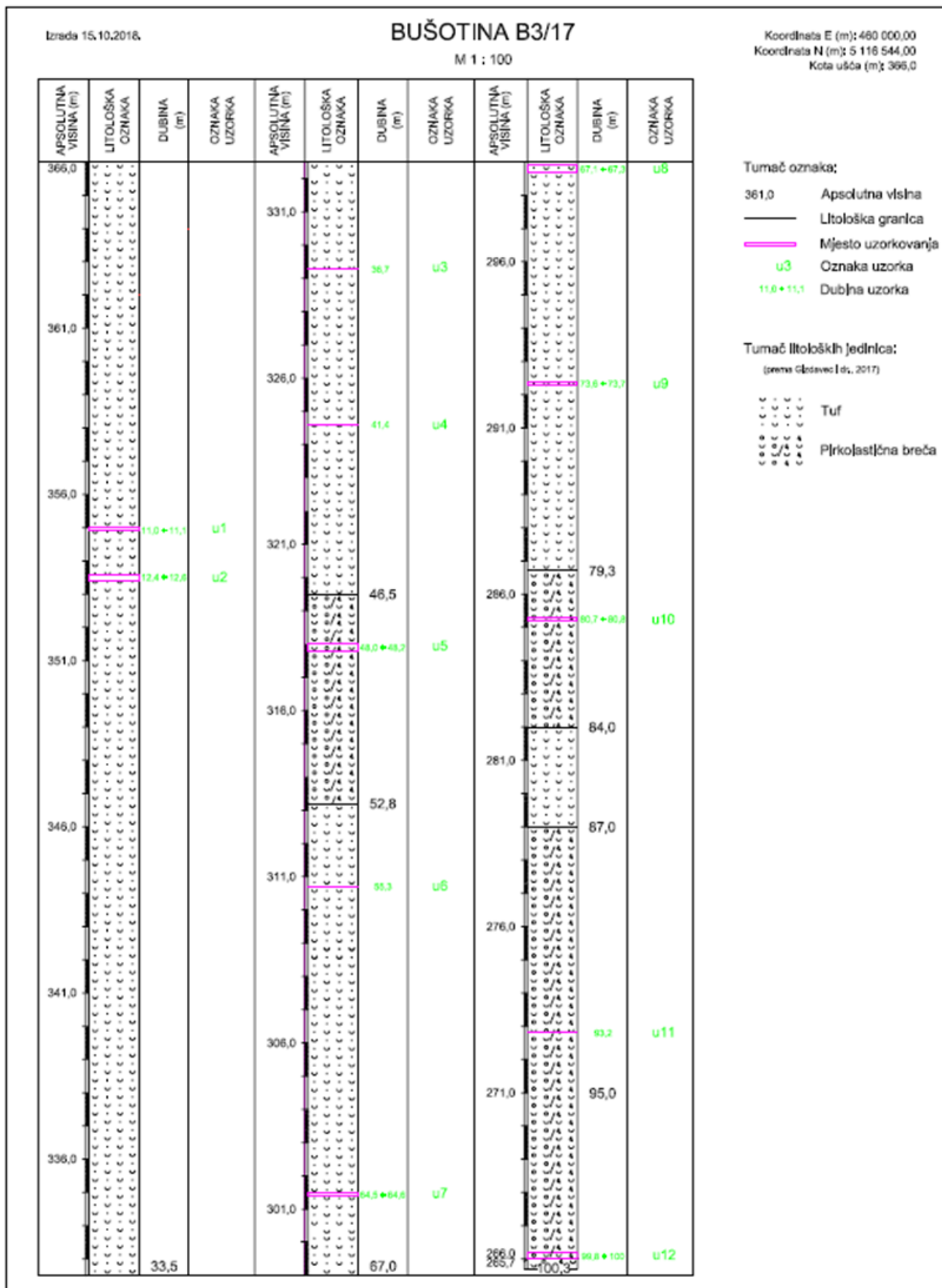
**Tablica 5.2:** Daljnja podjela osjenčanih polja sa Slike 5.1 prema Le Bas (1986).

Daljna podjela osjenčanih polja	Trahibazalt	Bazaltni trahandezit	Trahandezit
$Na_2O - 2,0 \geq K_2O$	havaiit	mugarit	benmoreit
$Na_2O - 2,0 < K_2O$	kalijski trahibazalt	šošonit	latit

## 6. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

### 6.1. Istraživani materijal

Uzorci istraživani u ovom diplomskom radu potječu iz bušotine B3/17, u istražnom prostoru Lovno-3 kraj Lepoglave. Iz jezgre duljine 100,3 m izabrano je 12 uzoraka s različitim dubina/intervala za detaljna mineraloško-petrografska ispitivanja. Profil bušotine B3/17 preuzet iz elaborata Gizdavec i dr. (2017), s označenim mjestom tj. intervalom dubine uzorkovanja i pripadajućom oznakom prikazuje (Slika 6.1).



**Slika 6.1:** Profil bušotine B3/17 preuzet iz elaborata Gizdavec i dr. (2017) s označenim mjestom tj. intervalom (ružičasta boja) uzorkovanja i pripadajućom oznakom uzorka i dubine uzorkovanja (zelena boja).

## 6.2. Metode istraživanja

Izdvojeni uzorci označeni su kraticom u1 – u12. Dubine tj. intervali uzorkovanja s primijenjenim metodama analize prikazani su u tablici 6.1.

**Tablica 6.1:** Popis uzoraka s pripadajućim dubinama/intervalima uzorkovanja i primijenjenim metodama analize

Uzorak	Dubina	Makroskopski opis	Mikroskopski opis	ICP – ES/MS	KSKA	XRD
u1	11,0 – 11,1 m	+	+	-	-	+
u2	12,4 – 12,6 m	+	+	-	-	+
u3	36,7 m	+	+	-	-	+
u4	41,4m	+	+	+	+	+, M
u5	48,0 – 48,2 m	+	+	-	-	+
u6	55,3 m	+	+	-	-	+
u7	64,5 – 64,6 m	+	+	-	-	+, M
u8	67,1 – 67,3 m	+	+	+	+	+
u9	73,6 – 73,7 m	+	+	-	-	+
u10	80,7 – 80,8 m	+	+	-	-	+
u11	93,2 m	+	+	+	+	+
u12	99,8 – 100m	+	+	-	-	+

M - mandula

### 6.2.1. Makroskopski opis

Makroskopski opis obuhvatio je detaljan pregled jezgara pomoću terenske lupe, povećanje 10x, pri čemu je svaki uzorak tretiran s 10% HCl otopinom. Opisana je boja, tekstura i struktura stijena, te mineralne ispune pukotina, šupljina i dana preliminarna odredba gdje je to bilo moguće.

### 6.2.2. Metoda polarizacijske mikroskopije

- izrada mikroskopskih izbrusaka
- mikrofiziografija stijena

Iz uzoraka jezgri su na Mineraloško-petrografskom zavodu Geološkog odsjeka PMF-a, ispiljene pločice, koje se uzimaju u daljnju obradu, kako bi se izradili izbrusci za mikroskopiranje. Zbog krhkosti materijala koji se istražuje bilo je potrebno impregnirati uzorke sa smolom. To se vrši tako da se ispiljeni uzorci zagriju na električnom kuhalu, premažu sa smjesom smole s obje strane, pri tome se uklone s električne ploče dok ne upiju smolu i ponovno vrate na nju na jedan sat. Sljedeći korak jest uklanjanje viška smole s uzorka brušenjem uz pomoć prahova različite finoće kako bi se uspješno uzorak zalijepio na predmetno stakalce s kanada balzamom. Lijepljenje se odvija tako da se stakalce, izbrušenih rubova i očišćeno, postavlja na ugrijanu ploču električnog kuhala dok se ne ugrije. Nakon što se stakalce ugrijalo, primiče se štapić kanada balzama koji se otopi i na koji se stavlja uzorak te uz pomoć pincete, primi uzorak i stakalce te skupa preokrene. Često u balzamu zaostaju mjehurići zraka koji mogu uzrokovati odvajanje uzorka od stakla te ih je potrebno istisnuti van. Izbrusak je potrebno stanjiti na 0.02 – 0.03 milimetra što se postiže brušenjem na prahovima različite finoće sve dok se ne postigne željena debljina.

Mikroskopskom analizom izbrusaka (mikroskopskih preparata) u polariziranoj prolaznoj svjetlosti dobiveni su podaci o mineralnom sastavu istraživanih stijena, o strukturnim i teksturnim obilježjima uzorka i produktima njihovih alteracija.

Mikrofiziografija stijena rađena je na polarizacijskom mikroskopu Zeiss Axio Lab.A1 u Zavodu za geologiju Hrvatskog geološkog instituta u Zagrebu, pri čemu je korištena digitalna kamera Zeiss AxioCam 105 s pripadajućim software-om.

### **6.2.3. Metoda difrakcije rendgenskih zraka na polikristalnim uzorcima (XRD)**

Kvalitativna analiza uzorka odrađena je u laboratoriju s rendgenskim difraktometrom Mineraloško-petrografskog zavoda Geološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu metodom rendgenske difrakcije praha. Metoda se bazira na obasjavanju praha rendgenskim zrakama, valnih duljina 0,1 – 100 Å što odgovara razmaku između atomima u kristalu, dolazi do difrakcije zraka na kristalnoj rešetci i njihovoj interferenciji te ovisno o razlici u hodu dolazi do pojačavanja ili pogašenja. Difrakcijski maksimum nastaje ako je razlika u hodu između difraktiranih zraka s određenih mrežnih ravnina jednaka cijelom broju valnih duljina.

Izvor rendgenskog zračenja je rendgenska cijev s volframskom niti u vakuumu koja se zagrijava pri čemu dolazi do oslobađanja elektrona koji se kreću prema bakrenoj meti. Sudarom s metom uklanjaju elektrone u unutrašnjoj ljusci atoma bakra te na njihovom mjestu

nastaje vakancija. Pošto atomi s vakancijom u unutrašnjoj ljuski nisu stabilni elektron s vanjske ljuske uskače te dolazi do oslobađanja energije u obliku karakterističnog rendgenskog zračenja.

Uzorci su snimani u difraktometru PW304/60 X'Pert Pro,  $\Theta$ - $\Theta$  geometrija, kontinuiranom brzinom od  $0.0200^\circ 2\Theta/\text{sec}$  u intervalu od  $4.0100$  do  $62.990^\circ 2\Theta$ . Bakrena cijev je korištena kao izvor rendgenskog zračenja pri naponu od  $40\text{mV}$  i jakosti struje  $40\text{mA}$ , te  $\text{CuK}\alpha_{1,2}$  zračenje valne duljine  $1.53060 \text{ \AA}$   $\text{CuK}\alpha_1$  i  $1.54443 \text{ \AA}$   $\text{CuK}\alpha_2$ . Uz pomoć X'Pert Data Collector programa su podatci prikupljeni dok s X'Pert Highscore prikupljene informacije/rezultati snimanja su obrađene i uspoređene s pripadnim karticama ICDD (1996) i s literaturom prema Brown (1961).

#### **6.2.4. Kemijska analiza**

##### **6.2.4.1. Kemijska analiza glavnih, sporednih i elemenata u tragovima, uključujući elemente rijetkih zemalja pomoću ICP-ES i ICP-MS metoda**

Tri različita varijeteta istraživanih stijena izabrana su za kemijsku analizu glavnih, sporednih, elemenata u tragovima i elemenata rijetkih zemalja. Analiza je odrađena u Kanadi (Bureau Veritas Commodities Canada Ltd.) pomoću sljedećih instrumentalnih metoda analize: glavni i sporedni elementi pomoću ICP – ES, a elementi u tragovima i elementi rijetkih zemalja tehnikom ICP – MS. Za potrebe analize,  $0,2$  grama uzorka, homogeniziranog praha stijene, taljeno je s litijevim tetraboratom ( $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) i otopljeno u razrijeđenoj dušičnoj kiselini ( $\text{HNO}_3$ ). Ugljik i sumpor određivani su metodom Leco – C i Leco – S u istom laboratoriju.

Metoda masene spektrometrije induktivno spregnute plazme (ICP – MS, eng. *Inductively coupled plasma – mass spectrometry*) i metoda emisijske spektrometrije induktivno spregnute plazme (ICP – ES, eng. *inductively coupled plasma – emission spectrometry*) su tehnike koje služe za kvalitativno i kvantitativno određivanje glavnih, sporednih i elemenata u tragovima.

Za ionizaciju uzorka, zbog kemijske inercije i visoke ionizacijske energije, koristi se argon. Napajanjem indukcijske bakrene zavojnice na radio frekvencijski generator dovodi do stvaranja promjenjivog magnetskog polja koje ionizira argon čiji je protok tangencijalan u odnosu na kvarcnu cijev. Uključivanjem visoko naponske iskre stvara se visokotemperaturna plazma, temperature od  $6\ 000$  do  $10\ 000$  kelvina, u koju se kroz kvarcnu cijev injektira aerosolni uzorak što dovodi do ionizacije. Izlaskom iz plazme, usmjeravaju se prema masenom spektrometru gdje se ioni razdvajaju na temelju razlika u omjeru mase i naboja. Usporedbom s kalibracijskim standardima mogu se utvrditi koncentracije pojedinog elementa

u uzorku - ova metoda (ICP – MS) se koristi za elemente u tragovima. U odnosu na ICP – MS, iako je postupak stvaranja visokotemperaturne plazme i ioniziranje uzorka isti, kod ICP – ES metode dolazi do emisije elektromagnetskog zračenja različitih valnih duljina koje su karakteristične za pojedini element. S obzirom na to, moguće je odrediti koncentraciju pojedinog elementa u uzorku te usporedbom s kalibracijskim standardima dobiva se stvarna vrijednost – ova metoda se koristi za glavne, sporedne elemente i nekolicinu elemenata u tragovima.

#### **6.2.4.2. Klasična silikatna kemijska analiza**

Klasična silikatna kemijska analizu napravila je Ana Čaić Janković, mag. chem. u laboratoriju Zavoda za geologiju HGI-a, a obuhvatila je slijedeće metode: gravimetrijsko određivanje ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  i S), titracija s  $\text{KMnO}_4$  ( $\text{FeO}$ ), kompleksometriju ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), atomsko apsorpcijsku spektroskopiju ( $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  i  $\text{MgO}$ ), plamenu fotometriju ( $\text{Na}_2\text{O}$  i  $\text{K}_2\text{O}$ ) i UV/VIS spektrofotometriju ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$  i  $\text{P}_2\text{O}_5$ ). Određivanje gravimetrijskom metodom je napravljeno iz posebne odvage kao i otopina (iz odvage uzorka prethodno prokuhanog s  $\text{H}_2\text{SO}_4$  i HF u koju je dodana zasićena otopina borne kiseline) s kojom je izvršena titracija s  $\text{KMnO}_4$ . Kompleksometrija je napravljena iz otopine koja je dobivena razaranjem uzorka u smjesi HF –  $\text{HNO}_3$  –  $\text{H}_2\text{SO}_4$  koja se uparava otapanjem u  $\text{HNO}_3$  (1:1) uz odgovarajuće indikatore. Klasična silikatna kemijska analiza je napravljena kako bi se laboratorij testirao na točnost i preciznost u analiziranju efuzivnih magmatskih stijena. Podaci dobiveni korišteni su samo za usporedbu s podacima dobivenim u komercijalnom laboratoriju i isti nisu služili interpretaciji u diplomskom radu.

#### **6.2.4.3. Određivanje sadržaja $\text{CaCO}_3$**

Sadržaj karbonata u uzorku određen je na instrumentu SCM1 Calcimeter (Zavod za geologiju, HGI). Prije početka rada određena je vlaga (sušenje na  $105^\circ\text{C}$ ) koja je potrebna za konačni izračun sadržaja karbonata u uzorku. Uzorak je usitnjen u fini prah i homogeniziran. Količina uzorka za analizu varira ovisno o količini karbonata u uzorku (1g – 10g) jer u pravilu, što ima manje karbonata u uzorku to je potrebno izvagati veću količinu uzorka. U Erlenmeyerove tikvice izvagano je 2,02 g uzorka *u4*, 2,01 g uzorka *u8* i 2,06 g uzorka *u11*, dodano u svaku 20 mL destilirane vode, te je posebno u epruvetu dodano 7 mL klorovodične kiseline p.a. (4 mol/L). Potom se tikvica zatvorila čepom kao i otvor na cijevi eudiometra. Do reakcije dolazi u trenutku kada klorovodična kiselina dođe u doticaj s uzorkom. Nastaje ugljikov(IV) oksid ( $\text{CO}_2$ ), plin koji istiskuje vodu iz eudiometrijske cijevi. Volumen istisnute vode očitava se na

cijevi. Kalibracija se radi s kalcijevim karbonatom p.a. ( $\text{CaCO}_3$  p.a.) identičnim postupkom kao i za uzorak od odvage 0,3 g. Odrađena je i tzv. slijepa proba, na način da se u Erlenmeyerovu tikvicu dodalo 20 mL destilirane vode te se posebno u epruvetu dodalo 7 mL klorovodične kiseline p.a. (4 mol/L). Potom se tikvica zatvorila s čepom kao i otvor na cijevi eudiometra. Reakcija počinje u trenutku kada klorovodična kiselina dođe u doticaj s uzorkom. Nastaje ugljikov(IV) oksid ( $\text{CO}_2$ ), plin koji istiskuje vodu iz eudimetrijske cijevi. Volumen istisnute vode je očitao na cijevi.

Dolje navedenim izračunom, uzevši u obzir sve parametre, dobiven je sadržaj karbonata u uzorku:

$$w(\text{CaCO}_3) = 1000 * \frac{m_2 * (V_1 - V_3)}{m_1 * (V_2 - V_3)} * \frac{100 + w(\text{H}_2\text{O})}{100}$$

$m_1$  – masa uzorka

$m_2$  – masa kalcijeva karbonata (kalibracija)

$V_1$  – volumen istisnutog  $\text{CO}_2$  pri kalibraciji

$V_2$  – volumen istisnutog  $\text{CO}_2$  uzorka

$V_3$  – volumen istisnutog  $\text{CO}_2$  slijepa probe

$w(\text{H}_2\text{O})$  – vlaga uzorka u postotku

Rezultati su izraženi u **g/kg** te ih je potrebno pretvoriti u postotak (%) dijeljenjem s 10.



**Slika 6.2:** Kalcimetar (CM1 Calcimetar, Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju)



## 7. REZULTATI METODA ISTRAŽIVANJA

### 7.1. Mineraloško-petrografske karakteristike ispitivanih uzoraka

#### 7.1.1. Uzorak u1 (11,0 – 11,1 m)

##### Makroskopski opis



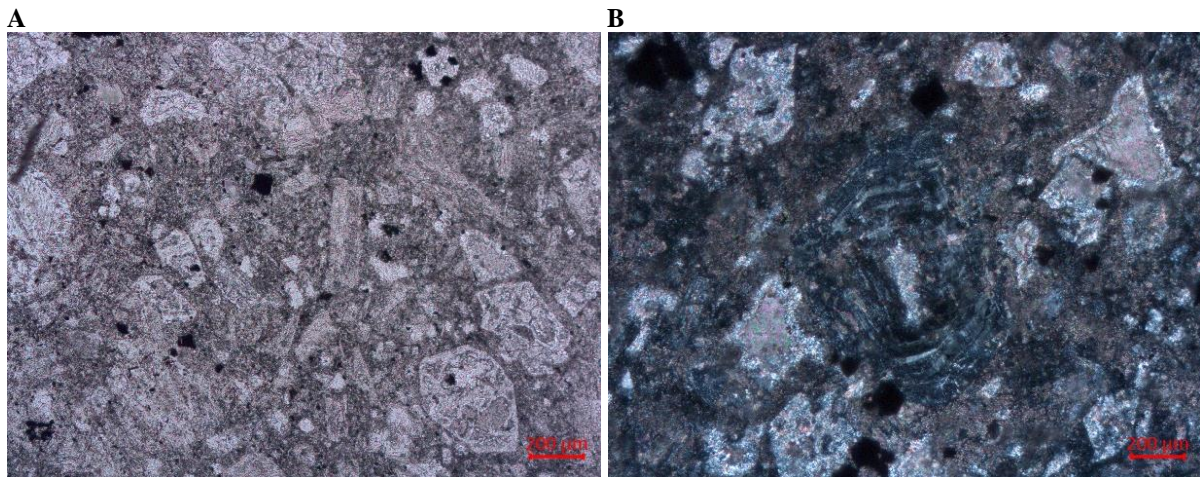
**Slika 7.1:** Fotografija jezgre uzorka *u1* (lijevo) i izdvojene pločice od koje je napravljen mikroskopski izbrusak, preparata (desno).

Makroskopskim pregledom uzorka utvrđeno je da uzorak ima mandulastu teksturu. U osnovnoj masi sive boje vide se presjeci minerala crne boje nepravilnog i prizmatskog presjeka (dimenzije 1 x 2 mm i većih: 3 x 1 mm). Za presjeke ovalnog do nepravilnog oblika pretpostavljaju se da su vezikule ispunjene mineralnom tvari. Uz minerale crne boje vidljivi su nepravilni presjeci bijeložućkaste boje (dimenzije: 0,5 x 1 mm). Reakcija sa razrijeđenom 10% HCl je burna. Uzorak je nepravilnog loma, kompaktan bez žilica i pukotina (Slika 7.1). Struktura stijene je porfirna.

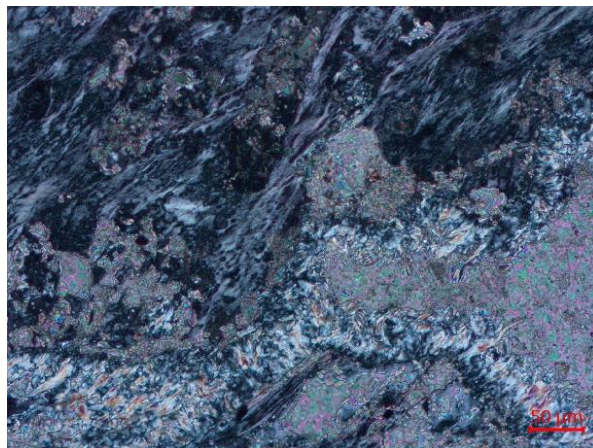
## Mikroskopski opis

Prema konturama presjeka fenokristala pretpostavljaju se feldspati, koji su u potpunosti alterirani. Na pojedinim zrnima još se nazire zonalnost pa je zaključeno da su plagioklasi (Slika 7.2 B). Minerali crne boje opaženi makroskopski su zrna koja najvjerojatnije odgovaraju piroksenu a sada su potpuno kloritizirana. Feldspati su alterirani u kalcit, sericit i klorit. Vezikule su nepravilnog oblika, ispunjava ih kalcit, a po rubu je iskristalizirao tinjac/klorit (?) (Slika 7.3). Struktura je porfirna. Osnova stijene je djelomično iskristalizirana, a djelomično amorfna i dodatno intenzivno kalcitizirana, može se uvrstiti u tip hipohijaline strukture efuzivnih stijena. Tekstura je mandulasta.

Determinacija stijene: snažna kalcitizacija cijele stijene (Prilog 1) onemogućava odredbu tipa stijene (tuf/efuzivna stijena?)

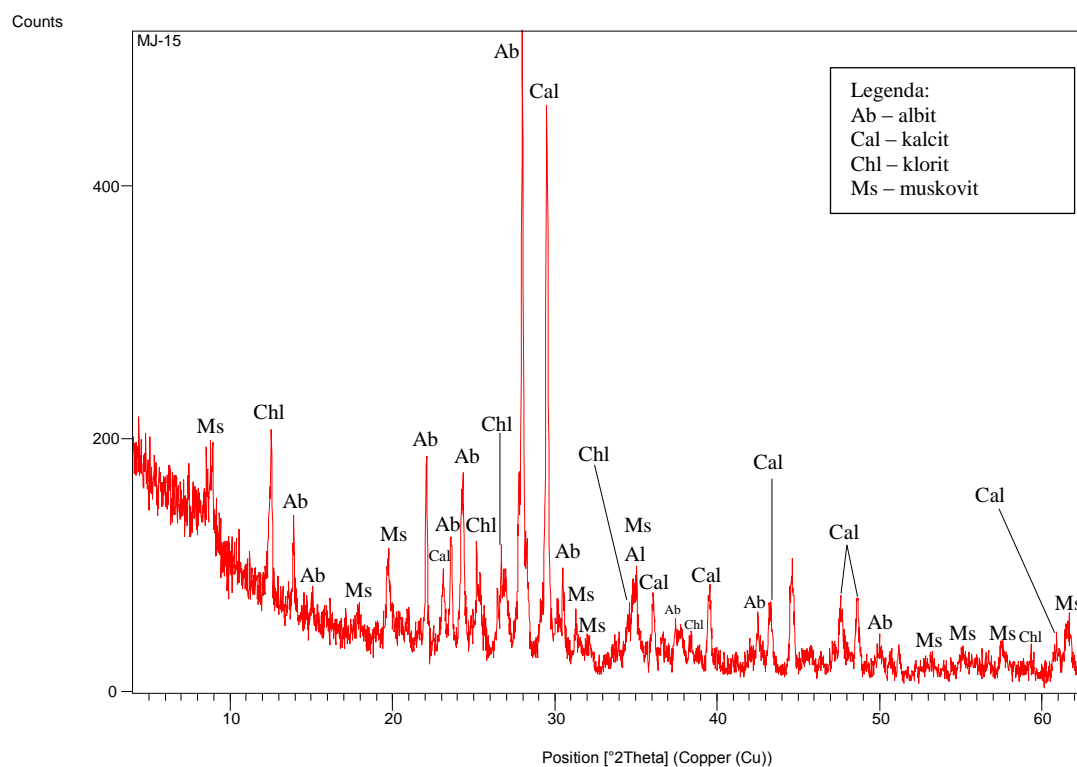


**Slika 7.2:** Mikrofotografije uzorka *u1*. U potpunosti izmijenjeni fenokristali ili su to klasti (?), prema konturama presjeka najvjerojatnije feldspata i piroksena, u djelomično iskristaliziranoj, a intenzivno kalcitiziranoj osnovi uz prisustvo kalcitnih mandula nepravilnog oblika (A, N-). Vidljiva su zrna opakog minerala (magnetit? i/ili pirit?) pravilnog četvrtastog presjeka do nepravilnih oblika presjeka (A,B), šupljine ispunjava kalcit, dok im je rub izgrađen od minerala tipa filosilikata (B, N+). Crvena linija označava 200  $\mu\text{m}$ .



**Slika 7.3:** Mikrofotografija kalcitne mandule uzorka *u1*. Slika napravljena s uključenim analizatorom (N+). Na kontaktu osnove i mandule iskristalizirao je listićavi mineral koji interferira u žutoj boji I.rede (filosilikat?) Crvena linija označava 50  $\mu\text{m}$ .

## XRD analiza



**Slika 7.4:** Rendgenogram uzorka *u1*. Kratice minerala preuzete iz Whitney i dr. (2010).

XRD analizom cjelovite stijene na temelju rendgenograma (Slika 7.4) i rendgenografskih podataka (Prilog 2) zaključeno je da su u uzorku prisutne mineralne faze: kalcit (01-89-1304), albit (00-009-0466), muskovit (00-006-0263) i klorit (00-13-0003).

### 7.1.2. Uzorak u2 (12,4 – 12,6m)

#### Makroskopski opis



**Slika 7.5:** Fotografija jezgre uzorka *u2* (lijevo) i izdvojeni fragmenti pločice od kojih je napravljen mikroskopski izbrusak (desno).

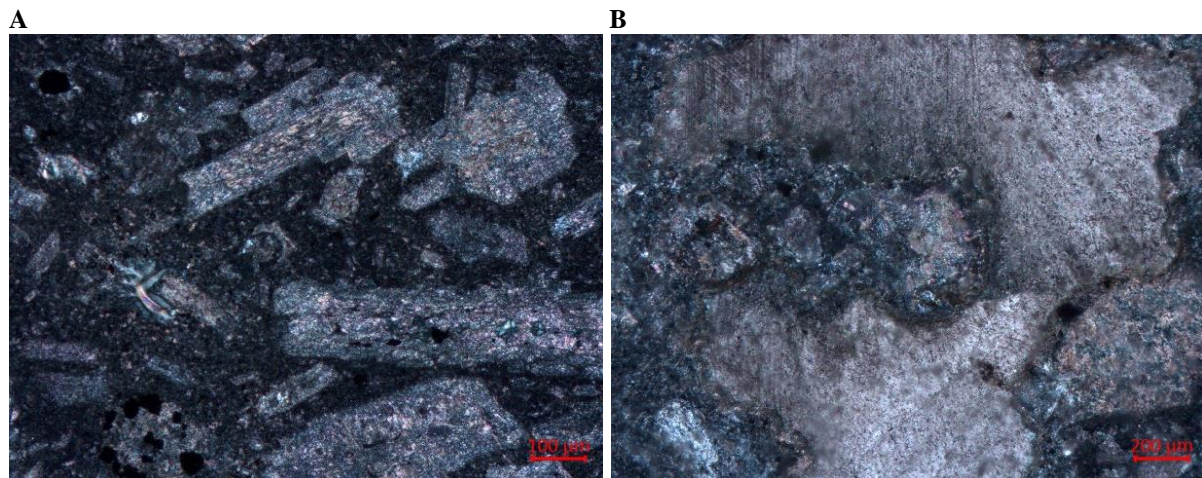
Makroskopskim pregledom utvrđeno je da uzorak ima mandulastu teksturu. U osnovnoj masi tamnosive do zelene boje javljaju se nepravilni presjeci minerala svijetlosive boje (dimenzija: 0,5 x 1 mm), okrugli presjeci minerala crne boje (dimenzije: 0,5 x 1 mm) i nepravilni presjeci minerala tamnosive boje (dimenzija do 0,4 x 1 mm i većih od 4 x 1 mm) (Slika 7.5).

U uzorku se vide dvije vrste mandula: mandule s bijelim ovojom i tamnosivom ispunom (dimenzija promjera ~ 0,5 mm); mandule sa tamnosivim ovojem i svijetlosivom ispunom (dimenzija promjera ~ 0,5 mm). Pukotine širine otprilike 1 mm presijecaju uzorak te su ispunjene s dvije mineralne faze; tamnosivom i smeđom(?). Reakcija s 10% HCl-om je burna. Struktura stijene je porfirna (utrusci su rjeđi nego u *u1*). Uzorak je determiniran kao jako izmijenjena efuzivna stijena.

#### Mikroskopski opis

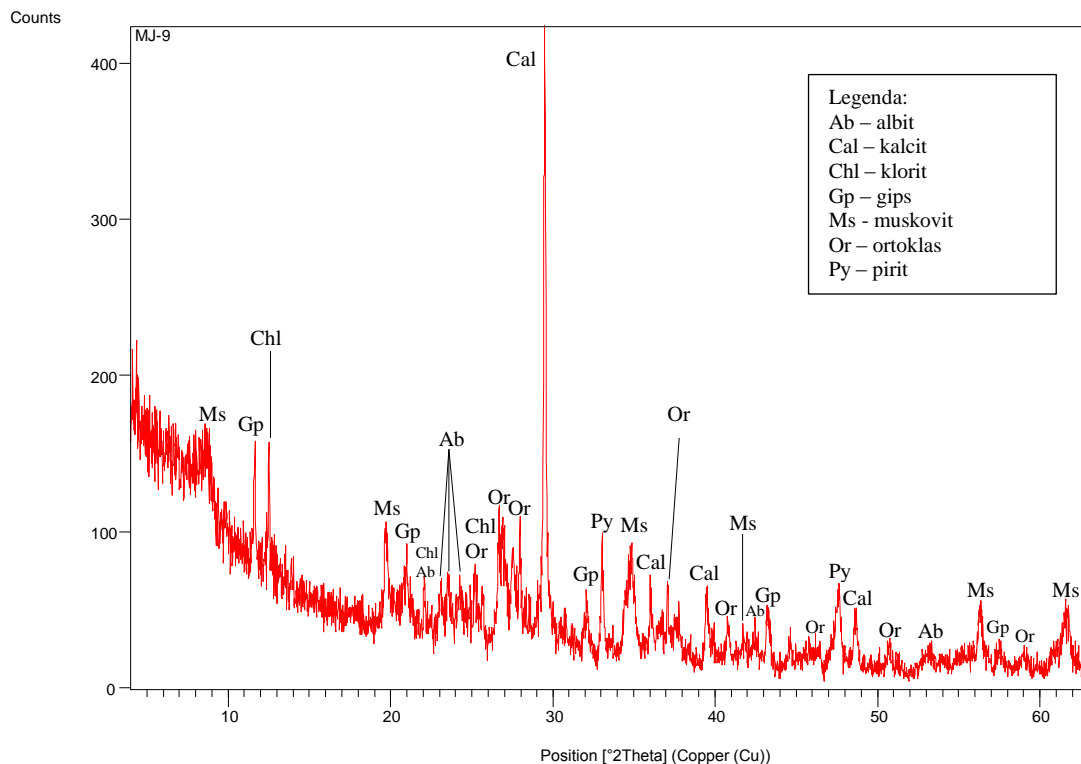
Prisutni su fenokristali feldspata koji su alterirani u sericit, klorit i kalcit. Na nekim utruscima opažena je zonarna građa koja odgovara plagioklasu. Osnova stijene je djelomično iskristalizirana, a djelomično amorfna te se može uvrstiti u tip hipohijaline strukture efuzivnih stijena (Slika 7.6). Vidljiva je opaka mineralna faza s pravilnim četvrtastim presjekom do nepravilnog presjeka te kalcitne i seladonitne(?) ili kloritne(?) mandule. Pri izradi mikroskopskog preparata izgubila se mineralna ispuna pukotina, te se ista nije mogla odrediti.

Struktura stijene je porfirna, tekstura mandulasta. Na osnovu petrografskog sklopa (Prilog 1) i navedenih mikrofiziografskih karakteristika stijena je determinirana kao jako izmijenjeni porfirni andezitbazalt.



**Slika 7.6:** Mikrofotografije uzorka *u2*. Fotografije su napravljene s uključenim analizatorom (N+). Alterirani fenokristali feldspata u djelomično iskristaliziranoj osnovi. Crvena linija označava 100  $\mu\text{m}$  (A). Kalcitna mandula. Crvena linija označava 200  $\mu\text{m}$  (B).

### XRD analiza

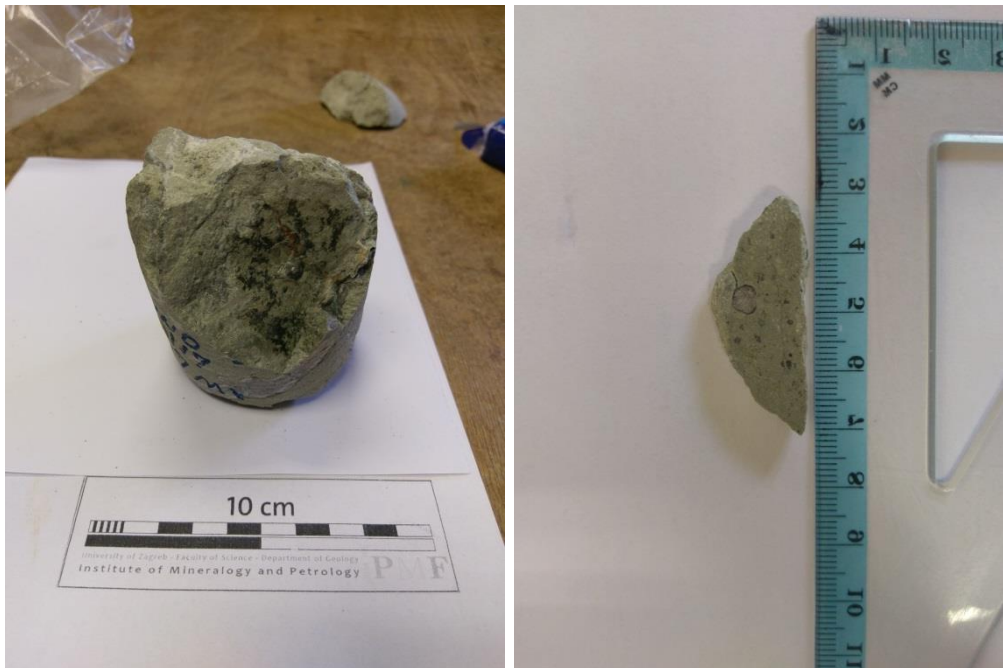


**Slika 7.7:** Rendgenogram uzorka *u2*. Kratice minerala preuzete iz Whitney i dr. (2010).

XRD analizom cjelovite stijene na temelju rendgenograma (Slika 7.7) i rendgenografskih podataka (Prilog 3) zaključeno je da su uzorku prisutne mineralne faze: kalcit (01-089-1304), pirit (00-42-1340), ortoklas (00-031-966), albit (01-070-3752), gips (00-033-0311), muskovit (01-070-1868) i klorit (00-013-0003).

### 7.1.3. Uzorak u3 (36,7m)

#### Makroskopski opis



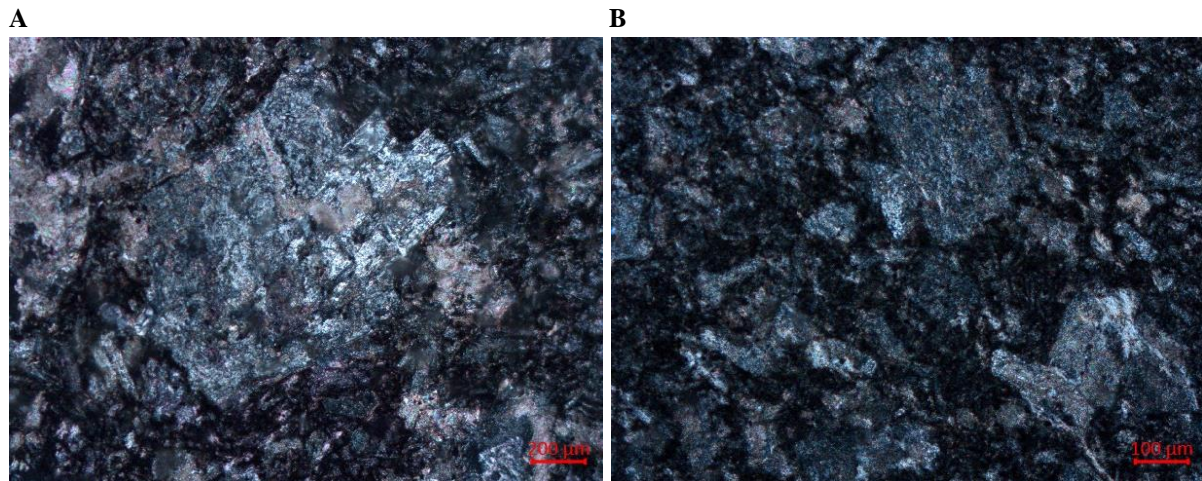
**Slika 7.8:** Fotografija jezgre uzorka *u3* (lijevo) i izdvojeni fragment pločice od kojeg je napravljen mikroskopski preparat (desno).

Makroskopskim pregledom utvrđeno je da uzorak ima mandulastu teksturu. U osnovnoj masi sive/zelenkaste boje vide se nepravilni presjeci minerala bijele boje (dimenzija: 1x1 mm) koji dominiraju, nepravilni presjeci minerala maslinastozelene boje (dimenzije: 1x2 mm ali mjestimično se mogu pronaći veća zrna dimenzije od 2x4 mm) i nepravilni presjeci minerala crne boje (dimenzije od 1x1 do 1x2 mm) (Slika 7.8). Uzorak dodatno presijecaju pukotine širine otprilike 1 cm koje su ispunjene s mineralnom fazom sive boje i pukotine širine 1 mm sa mineralnom fazom bijele boje. Reakcija 10% HCl s uzorkom je burna. Struktura stijene je porfirna i uzorak je determiniran kao jako izmijenjeni porfirni efuziv.

#### Mikroskopski opis

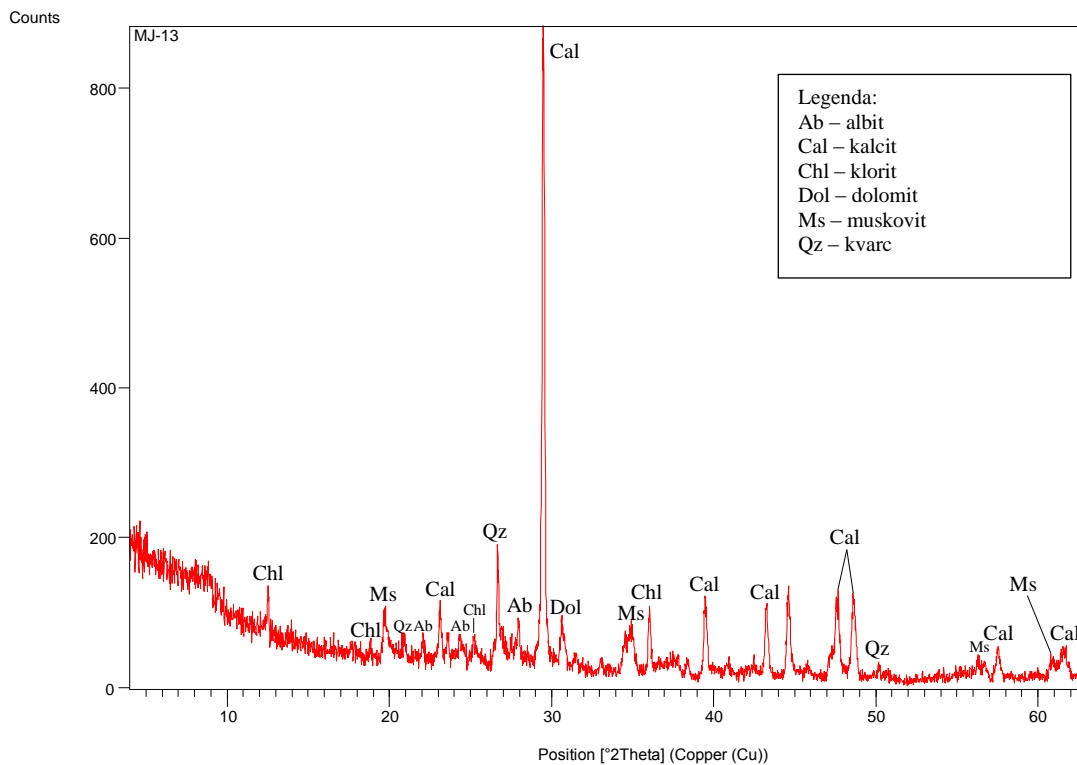
U uzorku se javljaju fenokristali koji su alterirani u kalcit i klorit te su prisutni i u obliku glomeroporfira (Slika 7.9A, Prilog 1). Osnova je izgrađena većim dijelom od stakla i nepravilno raspoređenih mikrolita feldspata uz kalcit pa se može uvrstiti u tip intersetalne

strukture efuzivnih stijena (Slika 7.9B, Prilog 1). Pirokseni nisu opaženi ni kao porfiri, ni u osnovi stijene. Osim fenokristala, prisutni su opaki minerali pravilnog četvrtastog do nepravilnog presjeka, kalcitne mandule i kalcitne žile.



**Slika 7.9:** Mikrofotografije uzorka *u3*. Fotografije su napravljene s uključenim analizatorom (N+). Alterirani glomeroporfir feldspata u djelomično iskristaliziranoj osnovi. Crvena linija označava 200 µm (A). Fenokristali i glomeroporfir u intersertalnoj osnovi (B).

## XRD analiza



**Slika 7.10:** Rendgenogram uzorka *u3*. Kratice minerala preuzete iz Whitney i dr. (2010).

XRD analizom cjelovite stijene na temelju rendgenograma (Slika 7.10) i rendgenografskih podataka (Prilog 4) zaključeno je da su uzorku prisutne mineralne faze: kalcit (00-005-0586), kvarc (00-005-0490), albit (00-041-1480), muskovit (00-007-0025), dolomit (00-011-0078), i klorit (00-013-003).

#### 7.1.4. Uzorak u4 (41,4m)

##### Makroskopski opis



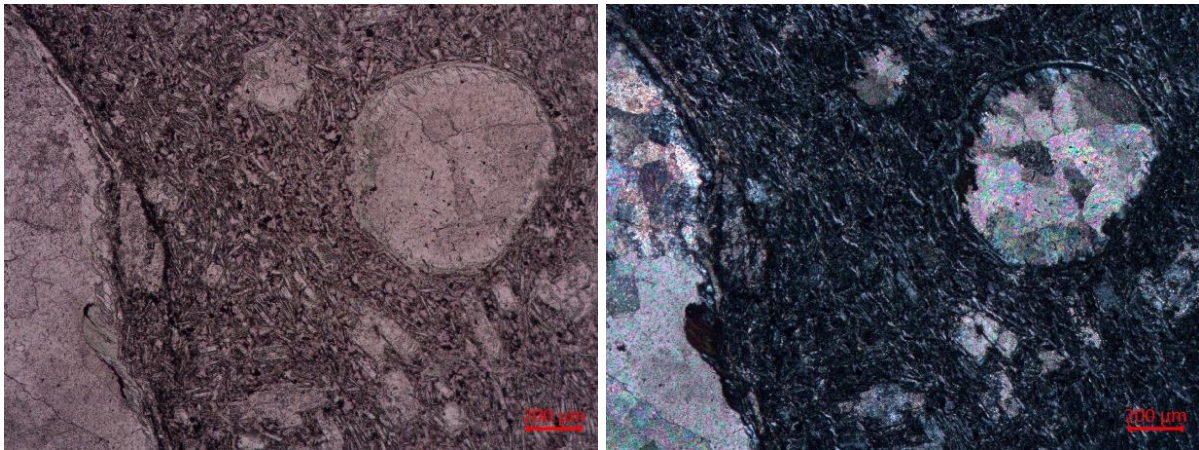
**Slika 7.11:** Fotografija jezgre uzorka *u4* (lijevo) i izdvojeni fragment pločice od koje je napravljen mikroskopski preparat (desno).

Makroskopski pregledom utvrđeno je da uzorak ima mandulastu teksturu. U osnovnoj masi tamnozeleno do tamnosive boje vide se kružni presjeci minerala crne boje (dimenzije: 1x1 mm) i nepravilni presjeci minerala svijetložute/bijele boje (dimenzije: 0,5x1 mm). Javljaju se mandule s svijetložutim ovojem i tamnosivom ispunom (dimenzija promjera 0,5 mm) (Slika 7.11). Vidljive su mandule (dimenzije manjih: 1x1 mm; većih i do promjera 15 mm) i pukotine (širine 2 mm) ispunjene s mineralnom fazom bijele boje (kalcijev karbonat). Reakcija pukotina i šupljina sa 10% HCl-om je burna dok ostatak uzorka ne pokazuje reakciju. Struktura stijene je slabo porfirna i uzorak je determiniran kao porfirna efuzivna stijena.

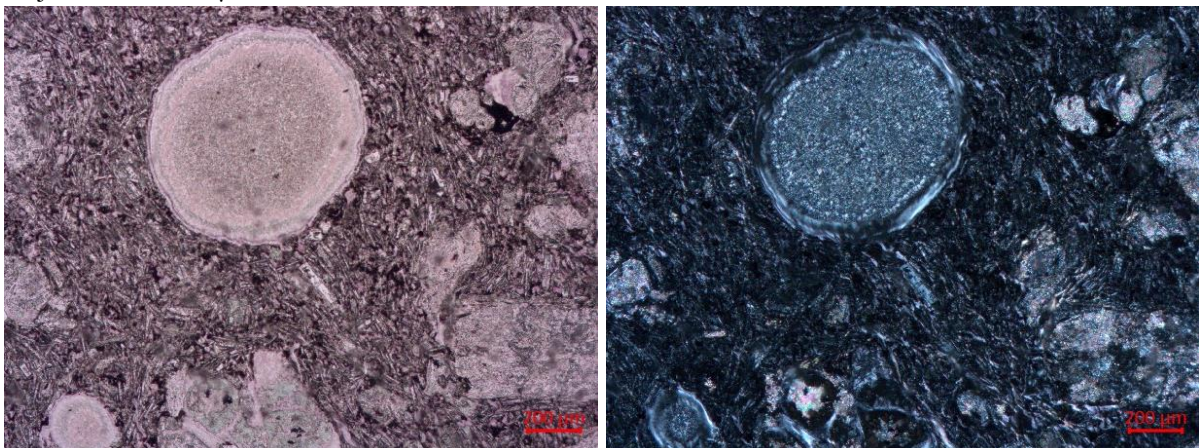


## Mikroskopski opis

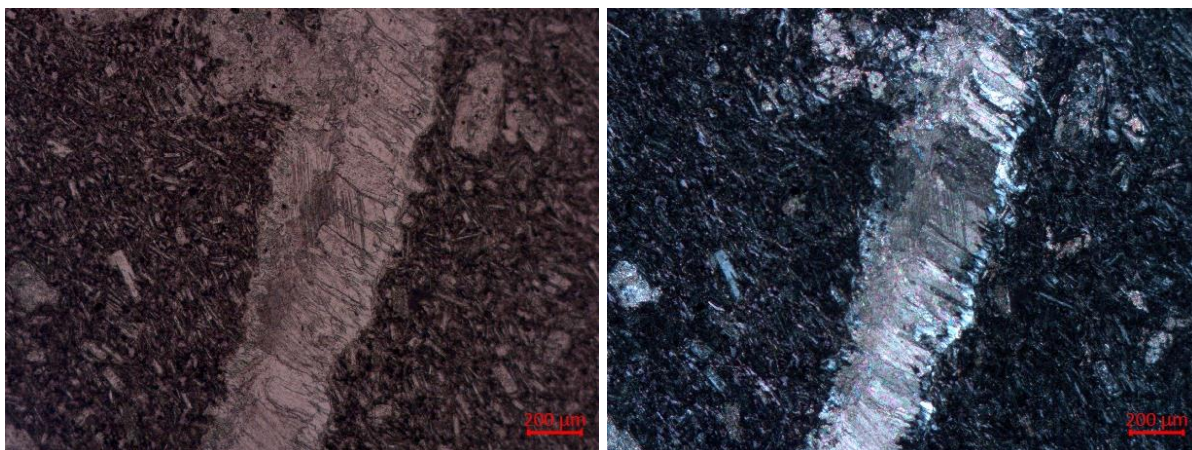
Prisutni su fenokristali koji dolaze u obliku glomeroporfira alteriranih u kalcit i klorit. Javljaju se dvije vrste mandula, kalcitne mandule s kloritnim rubom (Slika 7.12) i mandule čiji rub pokazuje undulozno potamnjenje te interferira u sivoj boji, te se pretpostavlja da je iskristalizirao  $\text{SiO}_2$  (Slika 7.13). Uzorak presijecaju pukotine koje su ispunjene kalcitom, na kontaktu osnove i ruba iskristalizirao je kvarc (Slika 7.14.). Osnovu uzorka izgrađuju mikroliti feldspata koji se ne isprepliću i vulkansko staklo pa govorimo o tipu hijalopilitskim strukturama efuzivnih stijena (Prilog 1; Slika 7.12, 7.13 i 7.14), koje je zahvatila devitrifikacija. Stijena je determinirana kao slabo porfirna mandulasta efuzivna stijena (andezibazalt?).



**Slika 7.12:** Mikrofotografije uzorka *u4*. Lijevo (N-), desno (N+). Mandula kalcita s kloritnim rubom. Crvena linija označava 200  $\mu\text{m}$ .

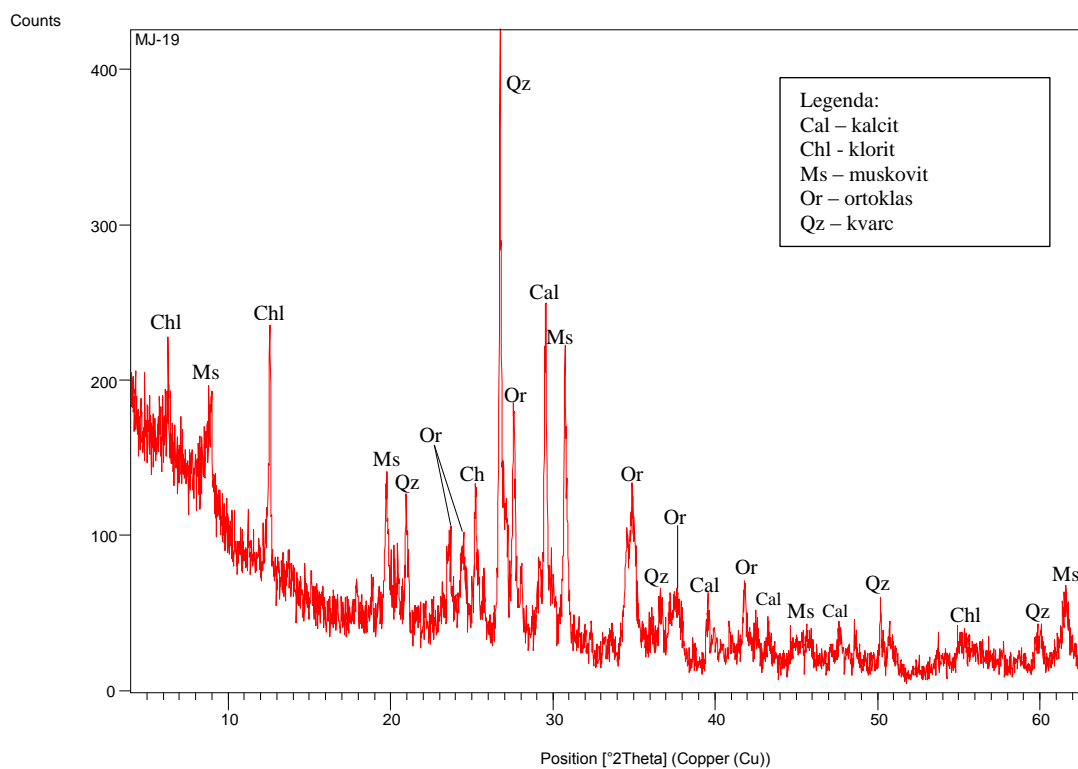


**Slika 7.13:** Mikrofotografije mandula uzorka *u4*. Lijevo (N-), desno (N+). Mandule ispunjene sa  $\text{SiO}_2$  i (opalnim?) rubom. Crvena linija označava 200  $\mu\text{m}$ .



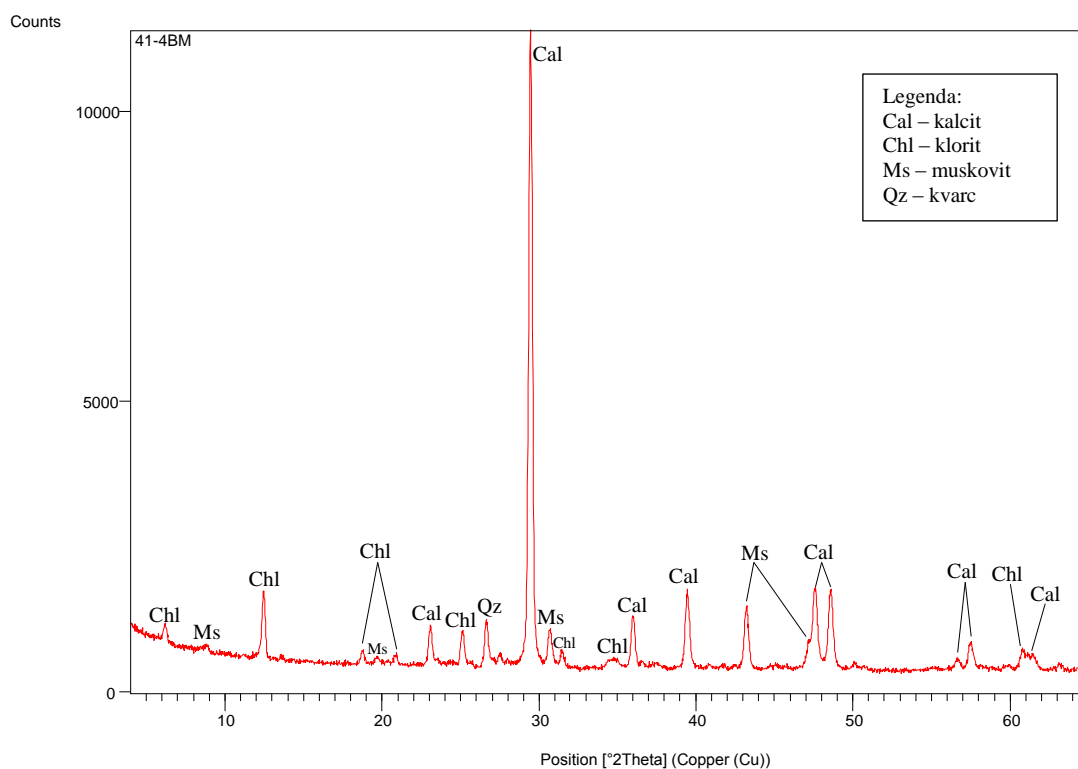
**Slika 7.14:** Mikrofotografije pukotine uzorka *u4*. Lijevo (N-), desno (N+). Kalcitom ispunjena pukotina s kvarcnim rubom. Crvena linija označava 200 µm.

### XRD analiza



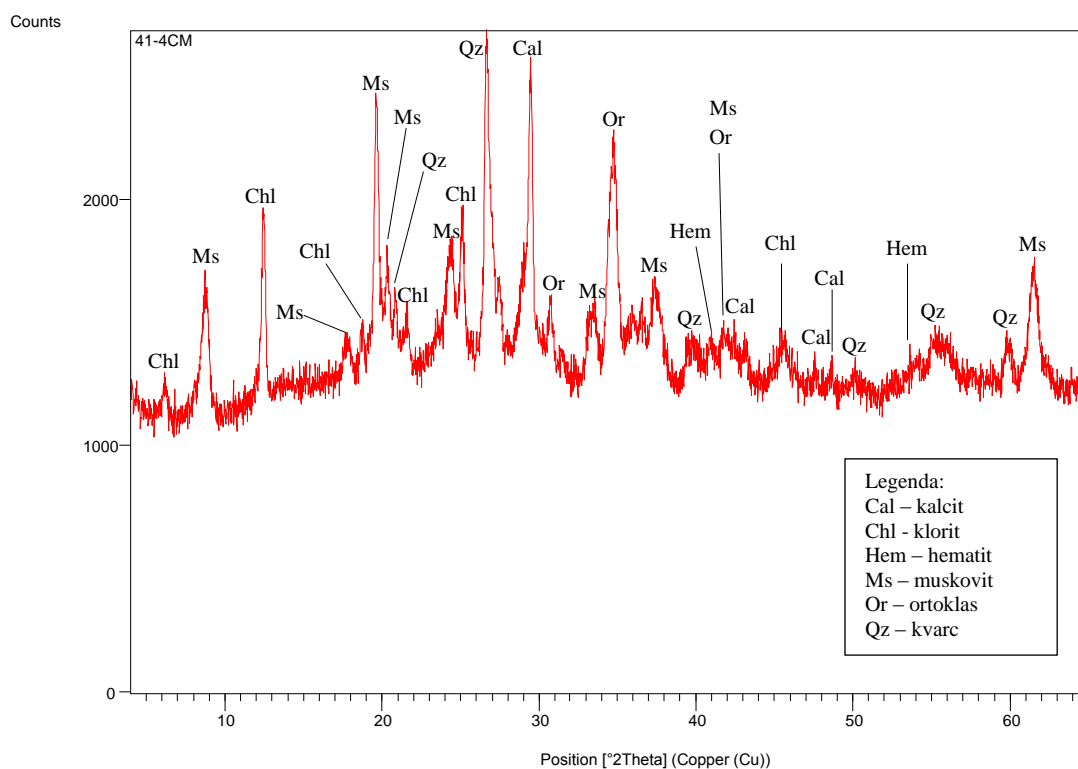
**Slika 7.15:** Rendgenogram uzorka *u4*. Kratice minerala preuzete iz Whitney i dr. (2010).

XRD analizom cjelovite stijene na temelju rendgenograma (Slika 7.15) i rendgenografskih podataka (Prilog 5) zaključeno je da su uzorku prisutne mineralne faze: kvarc (00-005-0490), muskovit (01-070-1868), kalcit (01-089-1304), ortoklas (00-031-0966), i klorit (00-013-0003).



**Slika 7.16:** Rendgenogram bijelih mandula uzorka *u4*. Kratice minerala preuzete iz Whitney i dr. (2010).

XRD analizom bijelih mandula na temelju rendgenograma (Slika 7.16) i rendgenografskih podataka (Prilog 6) zaključeno je da su uzorku prisutne mineralne faze: kalcit (01-089-1304), kvarc (00-005-0490), klorit (00-013-0003) i muskovit (01-070-1868).



**Slika 7.17:** Rendgenogram crnih mandula u uzorku *u4*. Kratice minerala preuzete iz Whitney i dr. (2010).

XRD analizom crnih mandula na temelju rendgenograma (Slika 7.17) i rendgenografskih podataka (Prilog 7) zaključeno je da su uzorku prisutne mineralne faze: kvarc (00-005-0490), muskovit (01-070-1868), klorit (00-013-0003), kalcit (01-089-1304), ortoklas (00-031-0966) i hematit (00-033-0664).

### 7.1.5. Uzorak u5 (48,0 – 48,2m)

#### Makroskopski opis



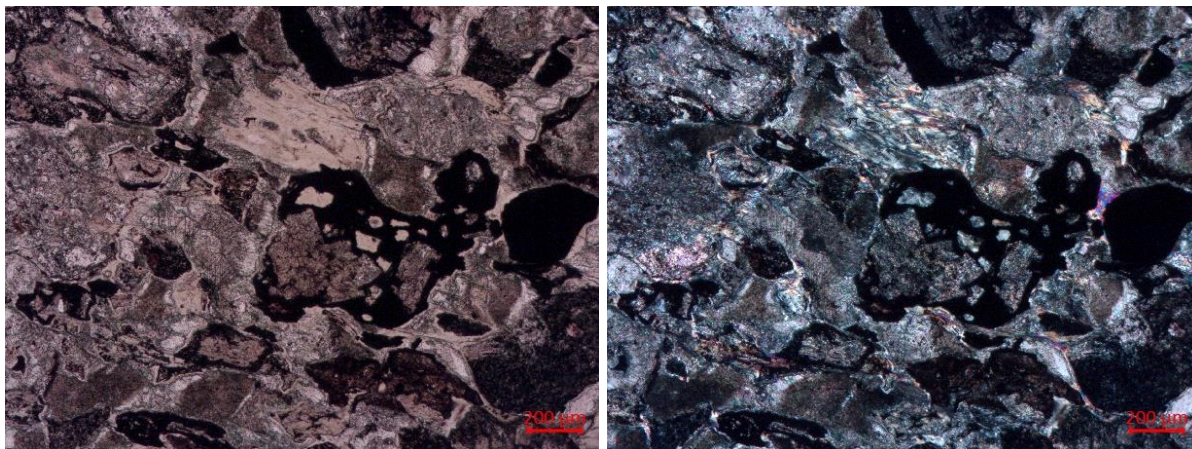
**Slika 7.18:** Fotografija jezgre uzorka *u5* (lijevo) i dio pločice od kojeg je napravljen mikroskopski preparat (desno).

Na 6,6 metara dublje od uzorka *u4* uzet je uzorak *u5* koji makroskopskim pregledom ima homogenu teksturu. U osnovnoj masi (matriks/cement?) smeđe boje vide se fragmenti različitog oblika presjeka, od elipsastih do nepravilnih oblika (Slika 7.18). Vidljivi su presjeci minerala bijele boje (dimenzije: 0,5x1 mm), nepravilni presjeci minerala crne boje (dimenzija manjih: 0,5x1 mm i većih od 1x1 mm), nepravilni presjeci ružičaste boje (dimenzije: 0,5x1 mm) i nepravilni presjeci minerala tamnosive boje (dimenzije: 0,5x1 mm). Uzorak presijecaju pukotine širine 1 cm, ispunjene bijelom mineralnom fazom i pukotine širine 0,8 mm ispunjene s ružičastom mineralnom fazom. Reakcija s 10% HCl je burna. Uzorak makroskopski podsjeća na pješčenjak (?).

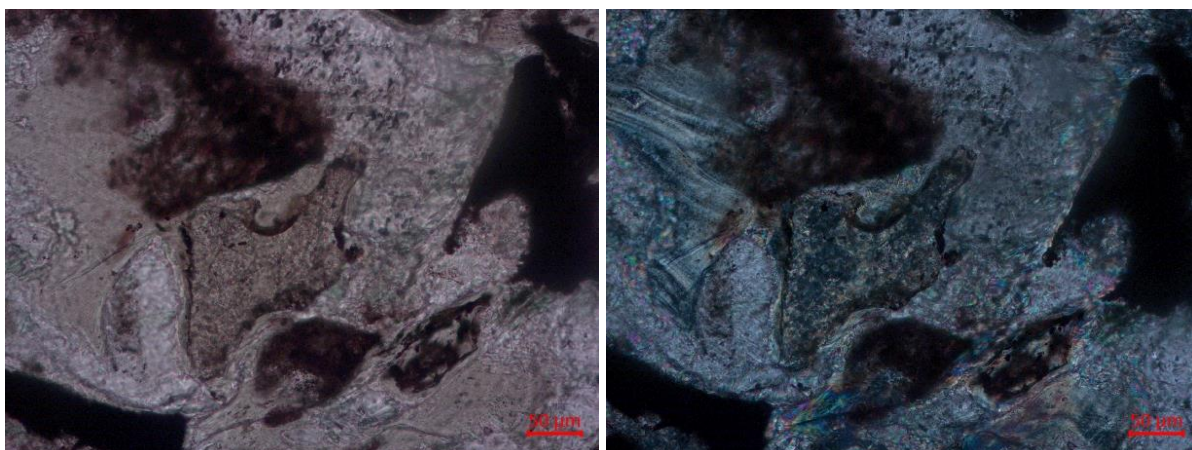
#### Mikroskopski opis

U uzorku su vidljivi litoklasti varijeteta svih efuzivnih stijena (andezitbazalta?) koji su opisani u ovom radu, i kristaloklasti feldspata, uz opaku mineralnu fazu i sekundarni klorit (Slika 7.19). Osnova uzorka (vulkansko staklo) je razlomljeno i devitrificirano (Slika 7.20). Moguće da je lava u kontaktu s vodom razlamana (hidroklastiti?) te zbog tog uzorak podsjeća na pješčenjak(?). Hidroklastiti nastaju kod erupcija koje su karakteristične za bazične magme.

Stijena je determinirana kao hijaloklastit (?). Sekundarni karbonat se javlja unutar pukotina koje presijecaju uzorak i između klasta. Uzorak je snažno impregniran željezovitom tvari.

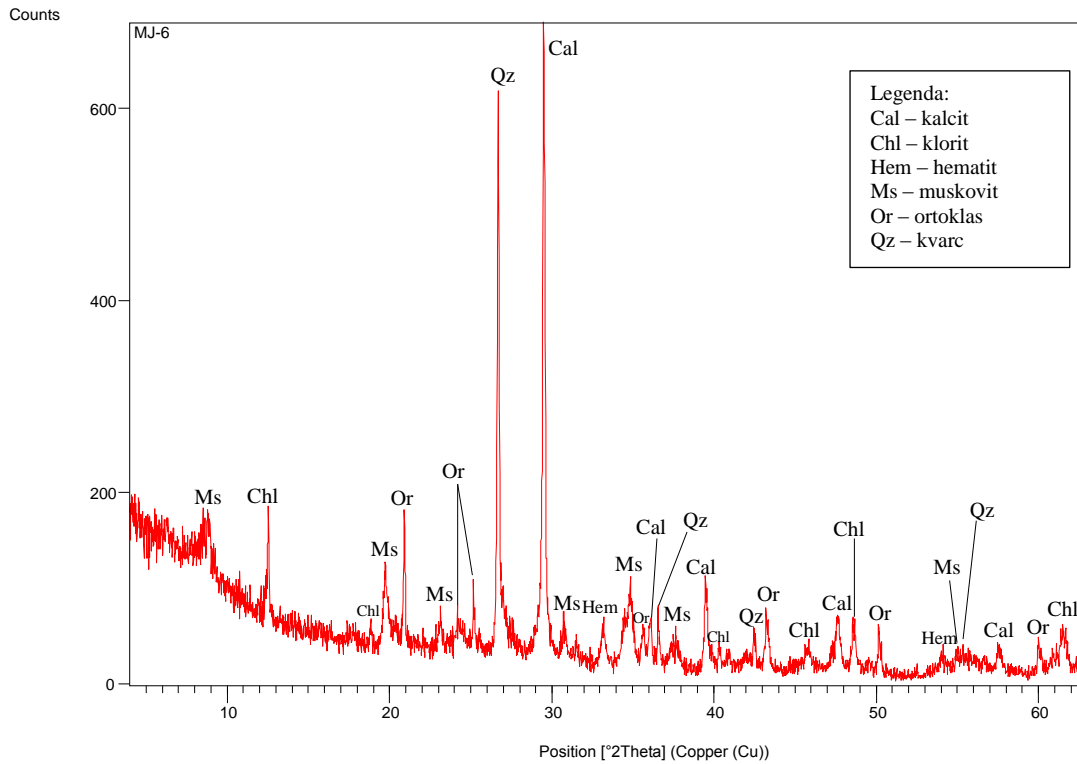


**Slika 7.19:** Mikrofotografije uzorka *u5*. Lijevo (N-), desno (N+). Magmatski i karbonatni klasti, tinčasti klasti.



**Slika 7.20:** Mikrofotografije uzorka *u5*. Lijevo (N-), desno (N+). Fragment vulkanskog stakla („glass shard“). Crvena linija označava 50 µm.

## XRD analiza



**Slika 7.21:** Rendgenogram uzorka *u5*. Kratice minerala preuzete iz Whitney i dr. (2010).

XRD analizom cjelovite stijene na temelju rendgenograma (Slika 7.21) i rendgenografskih podataka (Prilog 8) zaključeno je da su uzorku prisutne mineralne faze: kvarc (00-005-0490), kalcit (01-005-0586), hematit (00-33-0664), muskovit (01-070-1868), klorit (00-013-003) i ortoklas (00-019-0931).

### 7.1.6. Uzorak u6 (55,3m)

#### Makroskopski opis



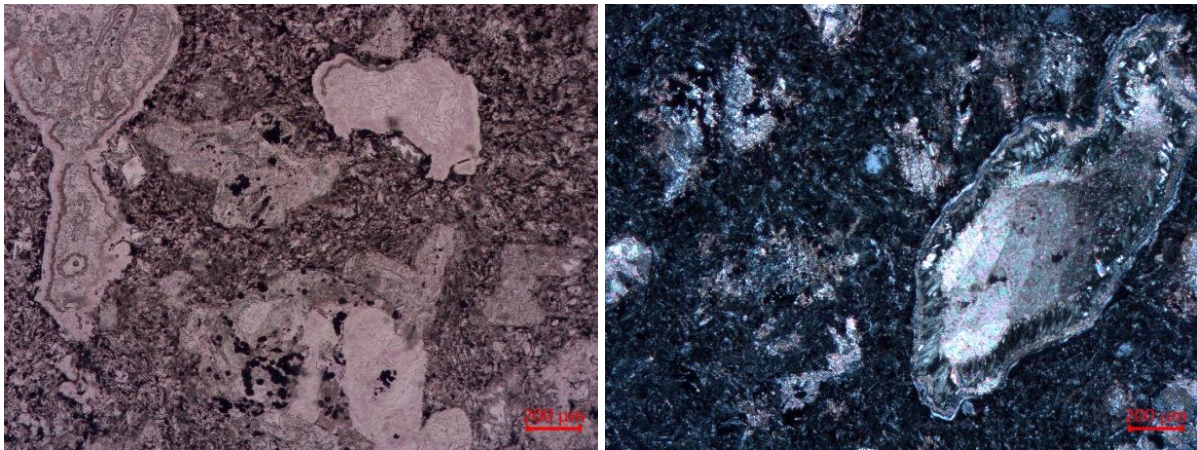
**Slika 7.22:** Fotografija jezgre uzorka *u6*.

Crvenkasto – smeđu osnovu uzorka presijecaju pukotine koje su sekundarno ispunjene bijelom mineralnom fazom. Prisutne su sivkaste mandule (dimenzije: 1x1 mm) i mineralna faza crne boje (dimenzije: 0,5x1 mm) (Slika 7.22). Reakcija s 10% HCl-om je burna. Struktura stijene je porfirna do glomeroporfirna dok je tekstura mandulasta. Stijena je determinirana kao izmijenjeni porfirni do glomeroporfirni efuziv (andezitbazalt?).

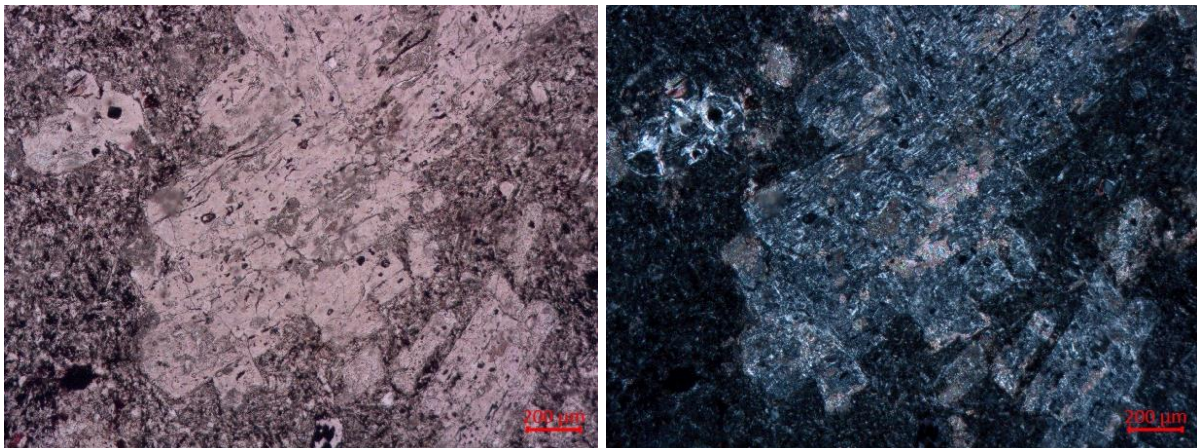


## Mikroskopski opis

Osnova uzorka je impregnirana željezovitom tvari (Fe–oksid), vidljivi su opaki minerali te nepravilno raspoređeni mikroliti u vulkanskom staklu. Stijena ima vitrofirnu do intersertalnu strukturu karakterističnu za efuzivne stijene. Na kontaktu osnove i mandule iskristalizirao je kalcedon; listići klorita su iskristalizirali na prijelazu ruba i unutrašnjosti koja je ispunjena kalcitom (Slika 7.23). U uzorku su prisutni glomeroporfiri najvjerojatnije feldspata, koji su alterirani u kalcit, klorit, sericit(?) (Slika 7.24).

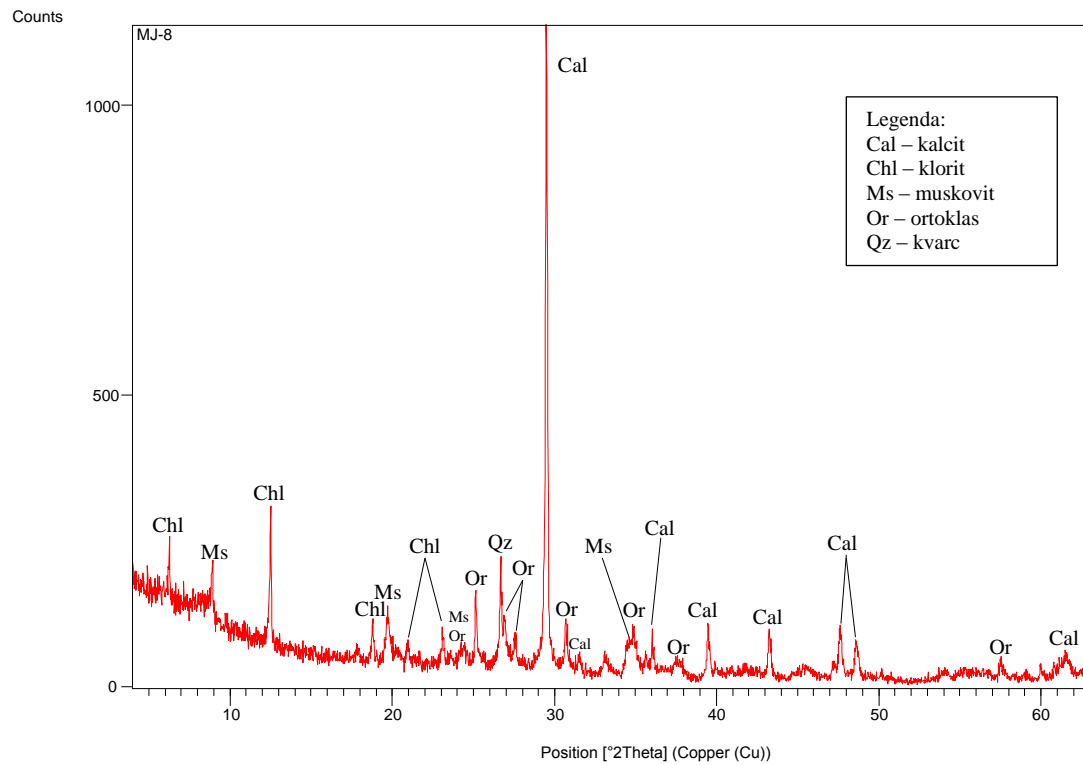


**Slika 7.23:** Mikrofotografije uzorka *u6*. Vitrofirna do intersertalna struktura osnove, porfirne do glomeroporfirne efuzivne stijene (lijevo, N-) i kalcitne mandule s kalcedonskim rubom i kloritom (desno, N+). Klorit je iskristalizirao između kalcedonskog ruba i unutrašnjosti mandule (desno). Crvena linija označava 200 µm.



**Slika 7.24:** Mikrofotografije glomeroporfira uzorka *u6*. Lijevo (N-), desno (N+). Alterirani glomeroporfiri plagioklasa i opaka mineralna faza pravilnog četvrtastog presjeka u staklastoj, devitrificiranoj osnovi. Crvena linija označava 200 µm.

## XRD analiza



**Slika 7.25:** Rendgenogram uzorka *u6*. Kratice minerala preuzete iz Whitney i dr. (2010).

XRD analizom cjelovite stijene na temelju rendgenograma (Slika 7.25) i rendgenografskih podataka (Prilog 9) zaključeno je da su uzorku prisutne mineralne faze: kalcit (01-089-1304), kvarc (00-005-0490), klorit (00-013-0003), muskovit (01-070-1868) i ortoklas (00-031-0966).

### 7.1.7. Uzorak u7 ( 64,5 – 64,6m)

#### Makroskopski opis

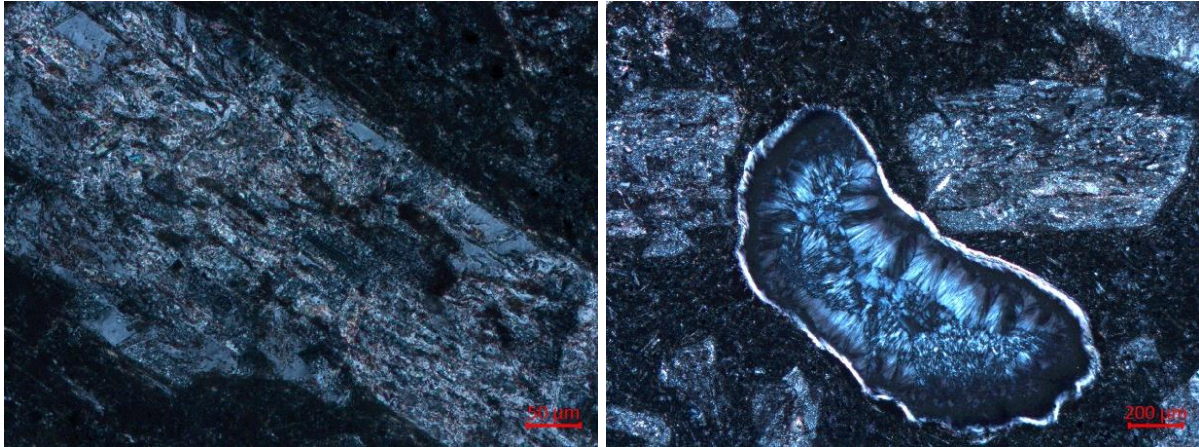


**Slika 7.26:** Fotografija jezgre uzorka u7 (lijevo) i izdvojeni fragment pločice od kojeg je napravljen mikroskopski izbrusak (desno).

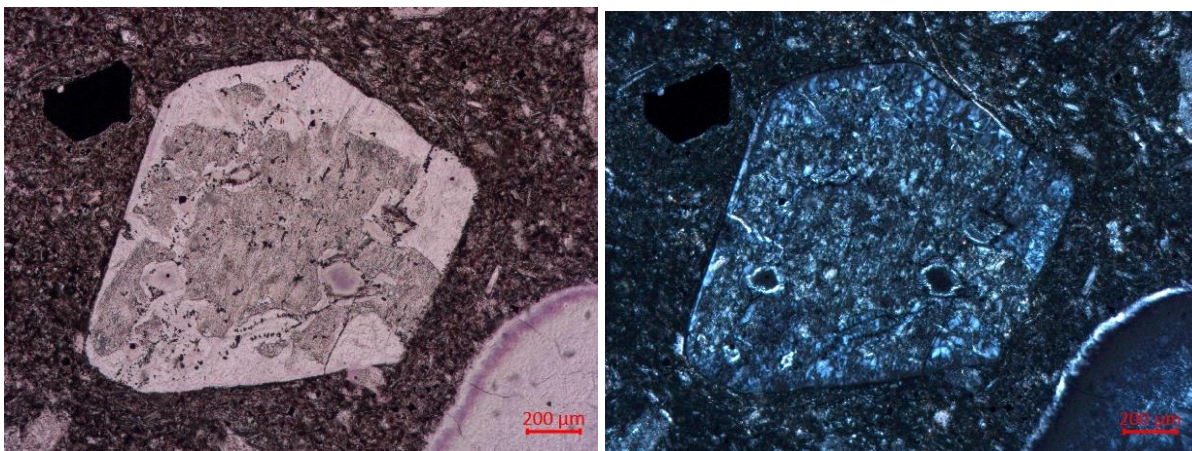
Makroskopskim pregledom utvrđeno je da uzorak ima mandulastu teksturu. U osnovnoj masi sive boje vidu se nepravilni presjeci minerala smeđe/ružičaste boje (dimenzije 1x2 mm), nepravilni presjeci minerala crne boje (dimenzije manjih od 1x2 mm i većih od 1x4 mm) i nepravilni do prizmatski presjeci minerala sive boje (dimenzije manjih od 1x2 mm i većih od 1x4 mm). Prisutne su mandule (dimenzije promjera do 1 mm) s ovojom crne boje i bijelom ispunom. Uzorak presijecaju pukotine širine 1 mm koje su ispunjene s bijelom mineralnom fazom. Kapanjem 10% HCl po pukotinama javlja se blaga reakcija dok na ostatku uzorka reakcije nema. Struktura stijene je porfirna dok je uzorak determiniran kao snažno izmijenjeni porfirni efuziv (andezitbazalt?).

#### Mikroskopski opis

Osnova uzorka sastavljena je većim dijelom od stakla s nepravilno raspoređenim mikrolitima pa govorimo o intersertalnoj strukturi efuzivnih stijena. Prisutni sferuliti (Slika 7.27) su ispunjeni vlaknastim agregatom kvarca (kalcedon?) i feldspata koji se javljaju i kao fenokristali (Slika 7.27). Na pojedinim zrnima prisutna je alteracija u kalcit i klorit (Slika 7.28). U uzorku je prisutna opaka mineralna faza pravilnog četvrtastog do nepravilnog presjeka (pirit?) (Slika 7.28).

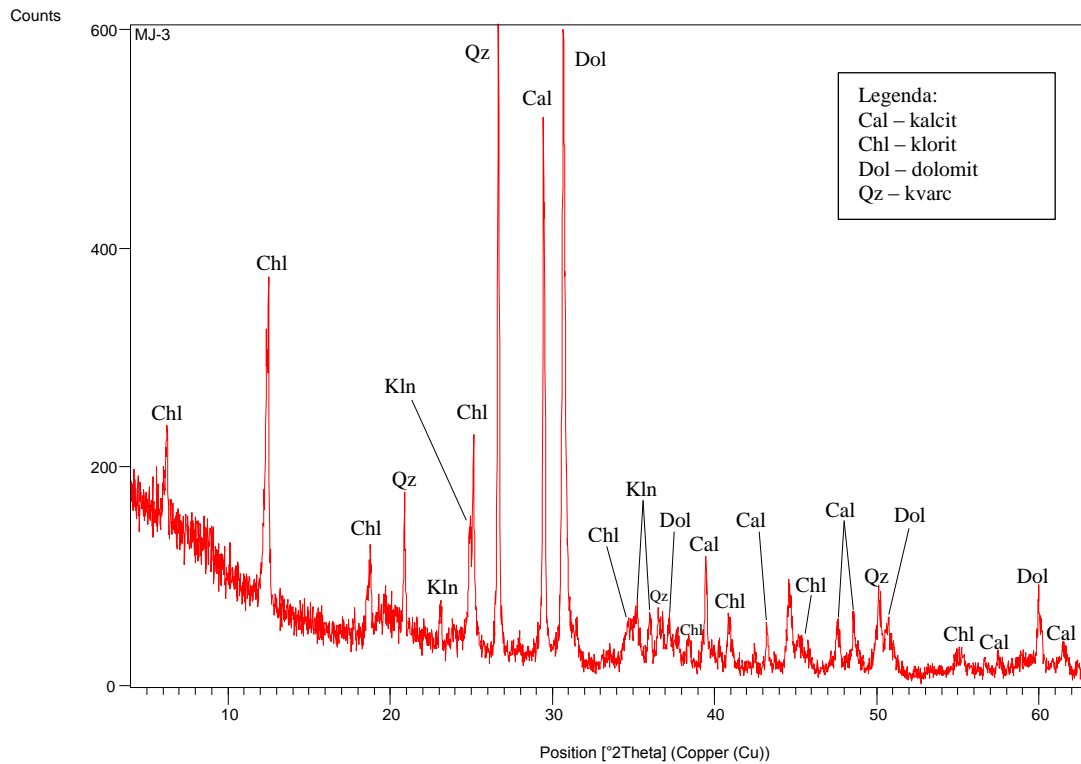


**Slika 7.27:** Mikrofotografije uzorka *u7*. Štapičasti fenokristal plagioklasa, lijevo (N+). Crvena linija označava 50  $\mu\text{m}$ . Sferulit s vlaknastim agregatom kvarca i feldspata u hijalopilitskoj osnovi, desno (N+).



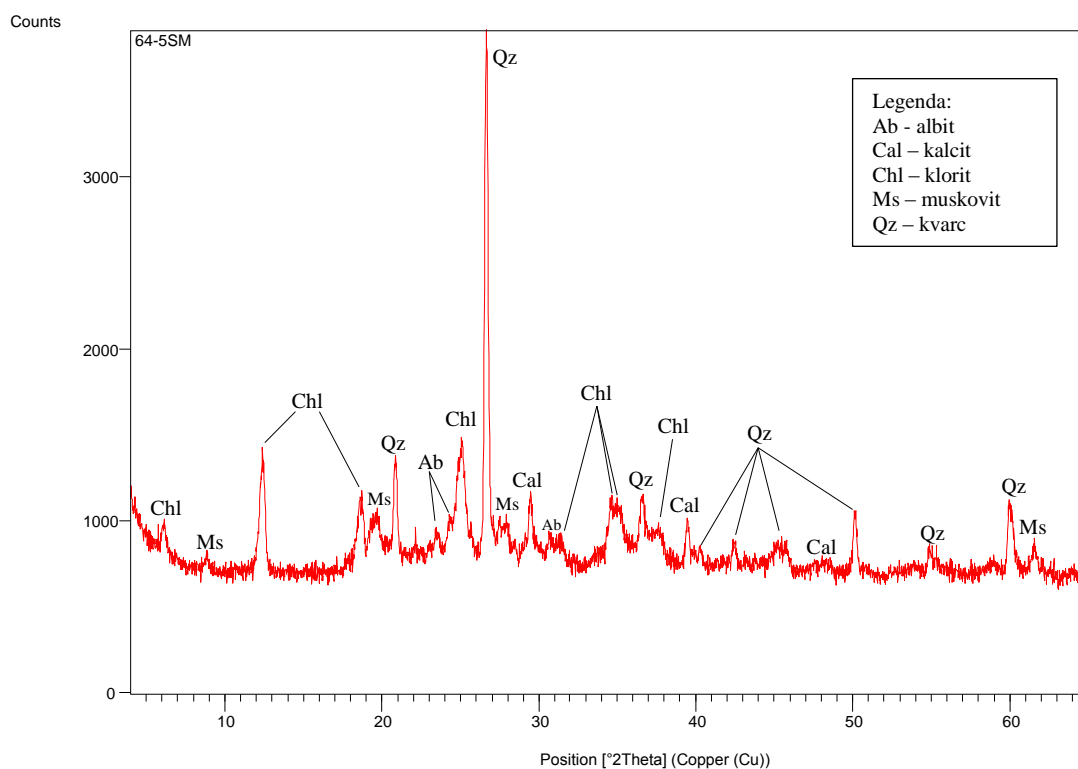
**Slika 7.28:** Mikrofotografije uzorka *u7*. Lijevo (N-), desno (N+). Fenokristal feldspata s radijalno-zrakastim, vlaknastim agregatom kvarca i feldspata na rubovima u osnovi s puno stakla i malo mikrolita feldspata.

## XRD analiza



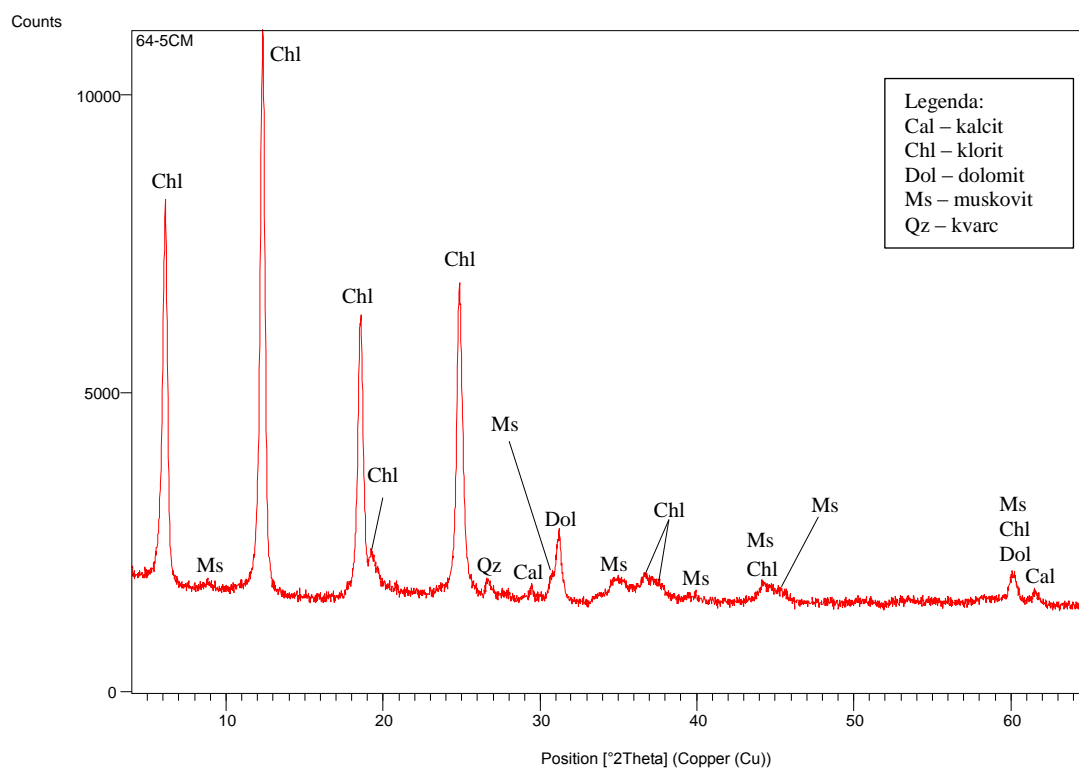
**Slika 7.29:** Rendgenogram uzorka *u7*. Kratice minerala preuzete iz Whitney i dr. (2010).

XRD analizom cjelovite stijene na temelju rendgenograma (Slika 7.29) i rendgenografskih podataka (Prilog 10) zaključeno je da su uzorku prisutne mineralne faze: kalcit (01-089-1304), kvarc (00-005-0490), dolomit (00-011-0078), klorit (00-013-003) i kaolinit (00-014-0164).



**Slika 7.30:** Rendgenogram sivih mandula uzorka *u7*. Kratice minerala preuzete iz Whitney i dr. (2010).

XRD analizom sivih mandula na temelju rendgenograma (Slika 7.30) i rendgenografskih podataka (Prilog 11) zaključeno je da su uzorku prisutne mineralne faze: kvarc (01-086-1560), klorit (00-013-0003), albit (00-020-0554, muskovit (00-006-0263) i kalcit (01-086-0174).



**Slika 7.31:** Rendgenogram crnih mandula u uzorku u7. Kratice minerala preuzete iz Whitney i dr. (2010).

XRD analizom crnih mandula na temelju rendgenograma (Slika 7.31) i rendgenografskih podataka (Prilog 12) zaključeno je da su uzorku prisutne mineralne faze: klorit (00-013-0003), kvarc (00-005-0490), dolomit (00-011-0078), kalcit (00-005-0586) i muskovit (01-070-1868).

### 7.1.8. Uzorak u8 (67,1m – 67,3m)

#### Makroskopski opis



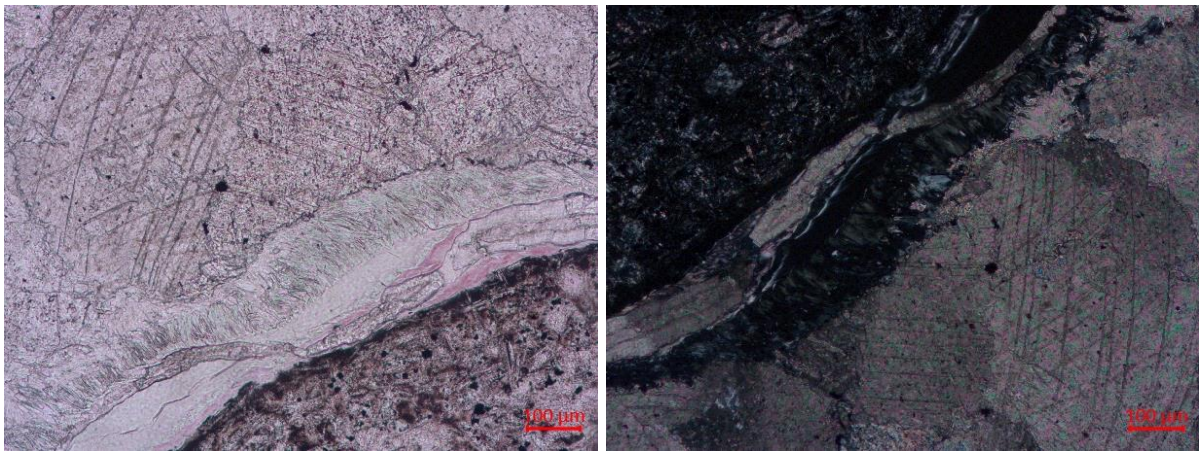
**Slika 7.32:** Fotografija jezgre uzorka *u8* (lijevo) i izdvojeni fragment pločice od kojeg je napravljen mikroskopski preparat (desno).

Makroskopskim pregledom uzorka utvrđeno je da uzorak ima mandulastu teksturu. U osnovnoj masi sive boje vide se nepravilni presjeci minerala/zrna smeđe/ružičasto boje koji dominiraju (dimenzija manjih: 0,1x0,3 mm i većih 1x5 mm) te nepravilni do štapićasti presjeci minerala crne boje (dimenzija: 1x1 mm). U osnovnoj masi javljaju se i nepravilni presjeci svijetlosive boje. Vidljive su mandule s dvije vrste mineralne ispune: mineralna faza ružičaste boje (nepravilni do ovalni presjek do 6 mm) i mineralna faza sivobijele boje (dimenzija 1x1,5 mm i dimenzija većih 1x4mm), obje s crnim ovojom. Uzorak dodatno presijecaju pukotine širine otprilike 1 cm koje su ispunjene mineralom bijele do ružičaste boje-vjerojatno isti kao i u šupljinama (Slika 7.32). Povremeno, uz rub ili unutar pukotine, javlja se i mineral tamnozeleno boje. Reakcija sa 10% HCl-om je na mjestu ispune pukotine je burna, dok na drugim dijelovima uzorka reakcija je slabija. Struktura stijene je porfirna. Stijena je determinirana kao efuzivna stijena/tuf(?).

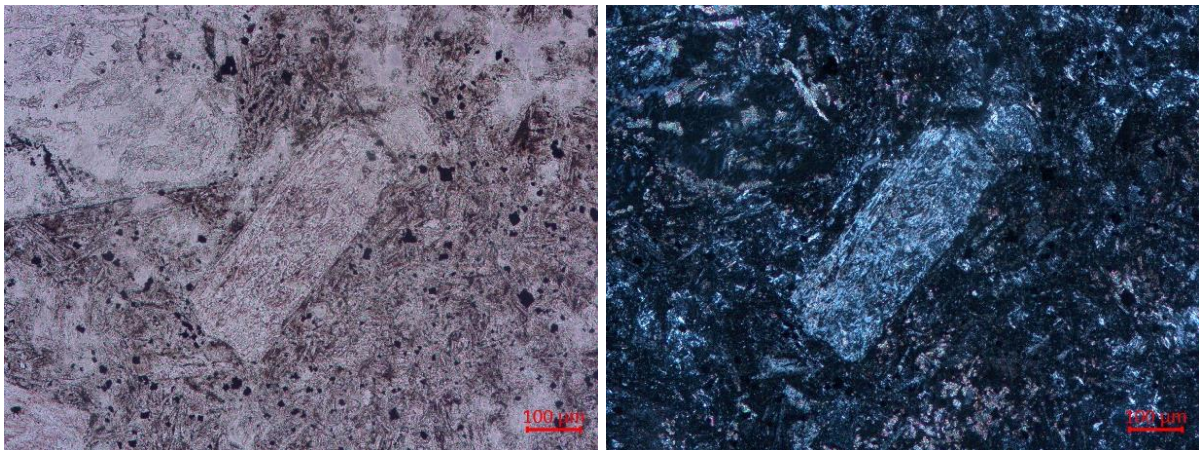


## Mikroskopski opis

Uzorak izgrađuju fenokristali feldspata, koji su alterirani u kalcit i klorit, +-sericit, +- minerali glina, a šupljine su ispunjene kalcitom s kloritnim rubom(?) (Slika 7.33). Nalazimo sferulite s vlaknastim agregatom kvarca i feldspata ali ih je manje u odnosu na alterirane fenokristale feldspata. Opaka mineralna faza se javlja u kvadratičnim i nepravilnim presjecima. Osnovu stijene izgrađuje vulkansko staklo i nepravilno raspoređeni mikroliti. Struktura je intersertalna (Slika 7.34). Stijena kao i uzorak u1 je snažno alterirana (kalcitizirana) i teško je odrediti da li je izmijenjena magmatska stijena ili tuf.

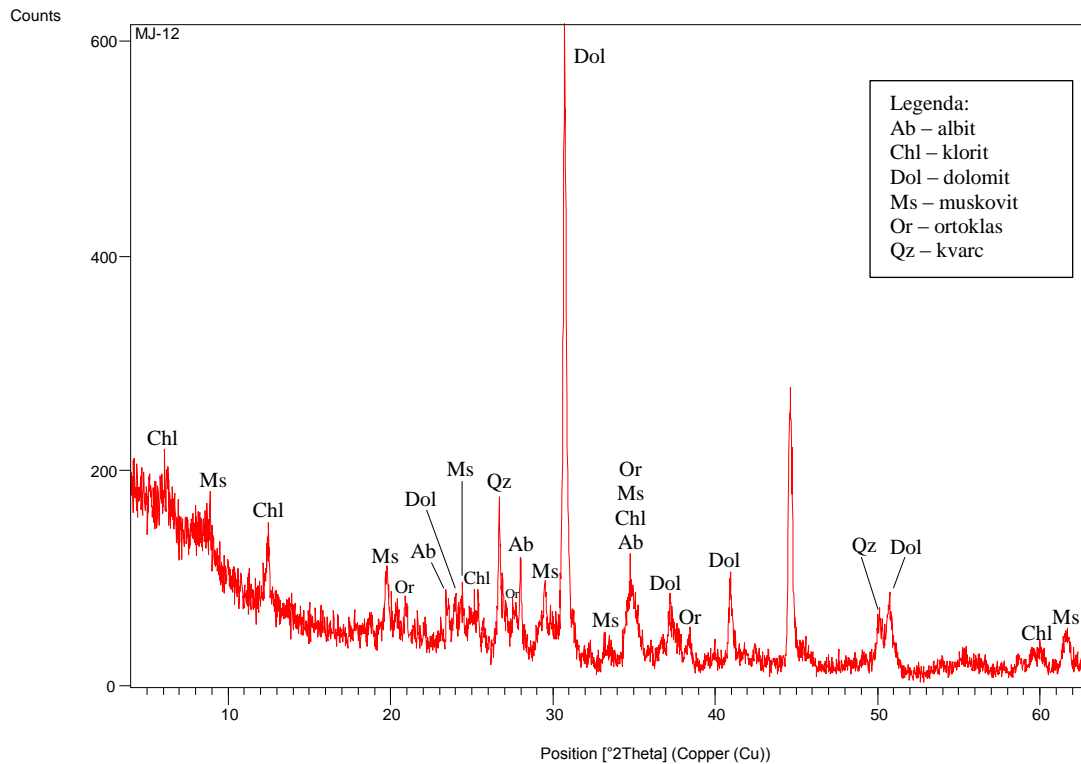


**Slika 7.33:** Mikrofotografije uzorka *u8*. Lijevo (N-), desno (N+). Rub kalcitne mandule izgrađen od minerala tipa filosilikata u kontaktu s osnovom. Crvena linija označava 100 µm.



**Slika 7.34:** Mikrofotografije uzorka *u8*. Lijevo (N-), desno (N+). Alterirani fenokristal plagioklasa i sitni pravilni (četvrtasti) do nepravilni presjeci opakog minerala u osnovi stijene. Crvena linija označava 100 µm.

## XRD analiza



**Slika 7.35:** Rendgenogram uzorka *u8*. Kratice minerala preuzete iz Whitney i dr. (2010).

XRD analizom cjelovite stijene na temelju rendgenograma (Slika 7.35) i rendgenografskih podataka (Prilog 13) zaključeno je da su uzorku prisutne mineralne faze: kvarc (00-005-0490), ortoklas (00-031-0966), dolomit (00-011-0078), muskovit (01-070-1868), klorit (00-013-0003) i albit (00-009-0466).

### 7.1.9. Uzorak u9 (73,6 – 73,7m)

#### Makroskopski opis

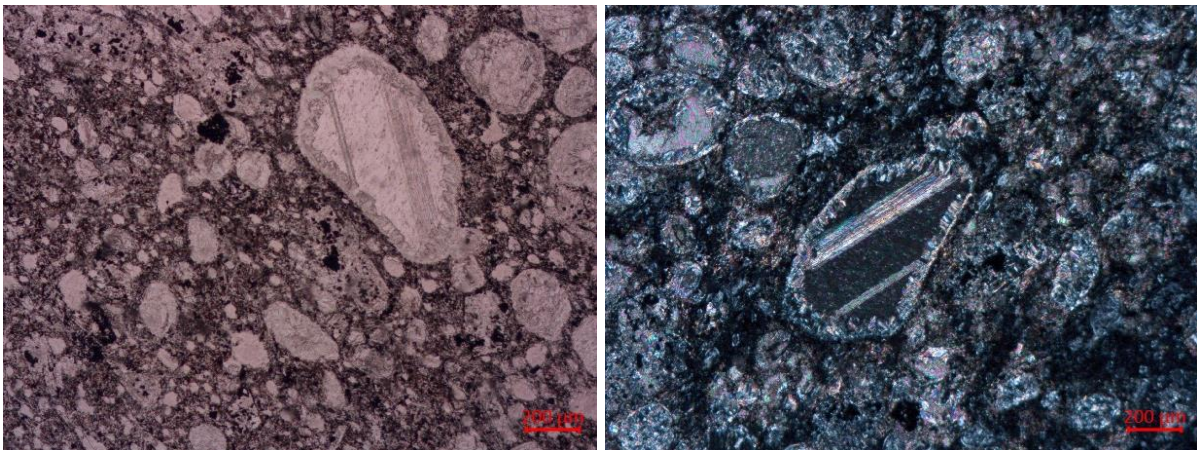


**Slika 7.36:** Fotografija jezgre uzorka *u9* (lijevo) i pločice iz kojeg je izrađen mikroskopski izbrusak (desno).

Stijena je sive boje, ispresjecana pukotinama u kojoj je iskristalizirala mineralna faza bijele boje. (Slika 7.36). Reakcija s 10% HCl-om je burna. Stijena je determinirana kao dezintegrirani efuziv/-breča.

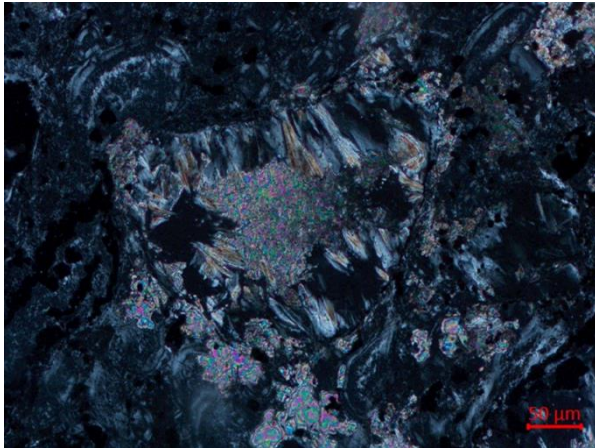
## Mikroskopski opis

Stijena je raspucana i pukotine ispunjava kalcitni cement (Slika 7.37A, Slika 7.37B). Fragmenti odgovaraju po teksturi, strukturi i mineralnom sastavu prethodno opisanim uzorcima: fenokristali feldspata su alterirani u kalcit i klorit a mandule su kalcitne (Prilog 1; Slika 7.37). Na kontaktu osnove i mandule iskristalizirao je klorit te uz njega se pojavljuje radijalno-zrakasti agregat koji interferira u sivoj do narandžastoj boji I. reda (filosilikat) (Slika 7.38). Vidljiva je impregnacija uzorka željezovitom tvari.

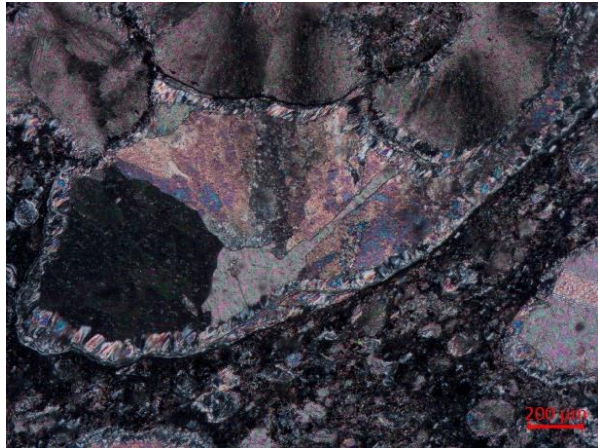


**Slika 7.37:** Mikrofotografije uzorka *u9*. Lijevo (N-), desno (N+). Šupljine ispunjene kalcitom s rubom od minerala tipa filosilikata? Stijena je impregnirana željezovitom tvari - željezni oksid? Crvena linija označava 200  $\mu\text{m}$ .

**A**

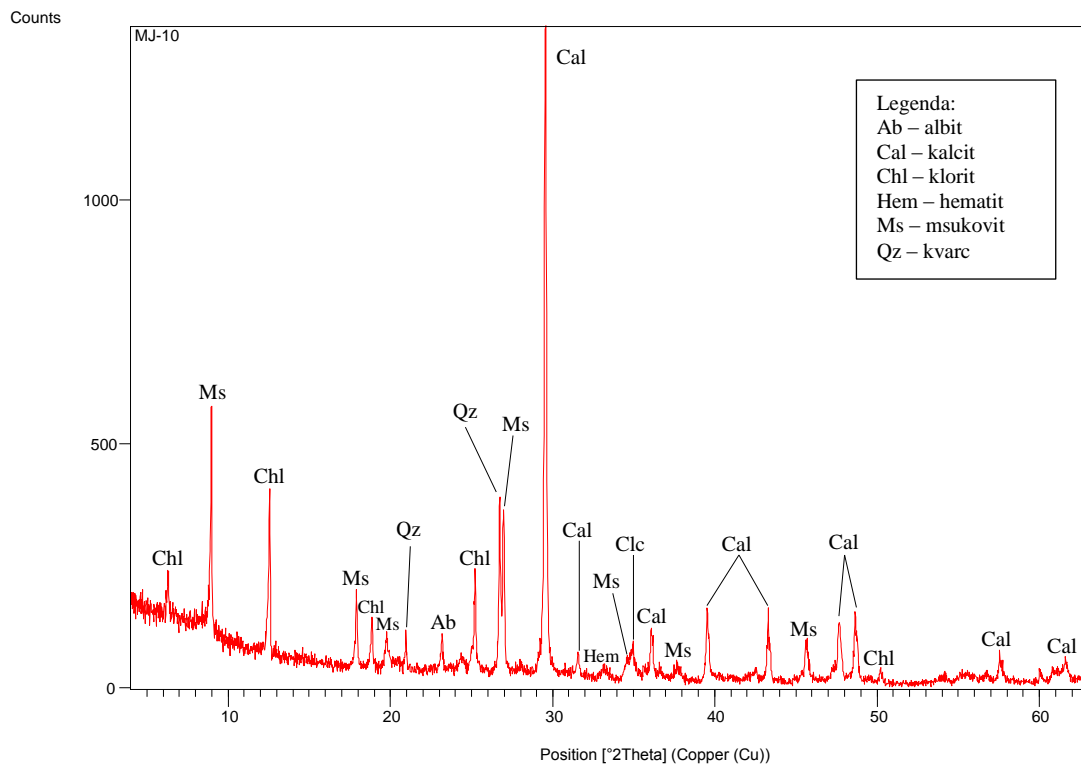


**B**



**Slika 7.38:** Mikrofotografije mandula uzorka *u9*. Fotografije su napravljene s uključenim analizatorom (N+). Kalcitna mandula s filosilikatima (?) i kloritnim rubom Crvena linija označava 50  $\mu\text{m}$  (A). Radijalno zrakasti presjek karbonata različitog sastava (Mg- ili Fe-kalcit?) koji je nastao naknadno (?). Na kontaktu osnove i mandule koja je kalcitna i u osnovi, pojavljuje se radijalno-zrakasti agregat koji interferira u sivoj do narandžastoj boji I. reda (filosilikat?) (B).

## XRD analiza



**Slika 7.39:** Rendgenogram uzorka *u9*. Kratice minerala preuzete iz Whitney i dr. (2010).

XRD analizom cjelovite stijene na temelju rendgenograma (Slika 7.39) i rendgenografskih podataka (Prilog 14) zaključeno je da su uzorku prisutne mineralne faze: kalcit (00-005-0586), kvarc (00-005-0490), muskovit (00-006-0236), klorit (00-013-0003), hematit (00-033-0644) i albit (00-009-0466).

### 7.1.10. Uzorak u10 (80,7 – 80,8m)

#### Makroskopski opis

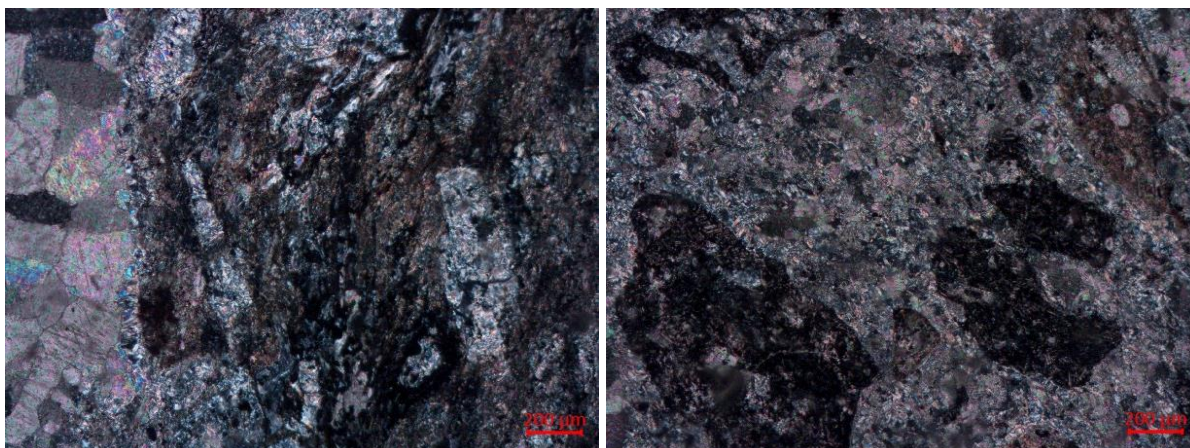


**Slika 7.40:** Fotografija jezgre uzorka *u10* (lijevo i desno).

Vidljivi su fragmenti stijene svijetlosive boje (dimenzije manjih: 0,7x1 cm i većih: 1,1x1,4 cm) koji se nalaze u osnovi crvenkaste (?) boje, pukotine su ispunjene bijelom mineralnom fazom, vidu se utrusci s crnom ispunom i utrusci s bijelom ispunom (Slika 7.40). Uzorak jezgre izgleda kao breča. Vidljiva je zona fragmentacije, kontakt između sedimentne i eruptivne stijene gdje sedimentna uklapa u sebe eruptivnu ili obratno. Reakcija s 10% HCl-om je burna. Stijena je determinirana kao breča.

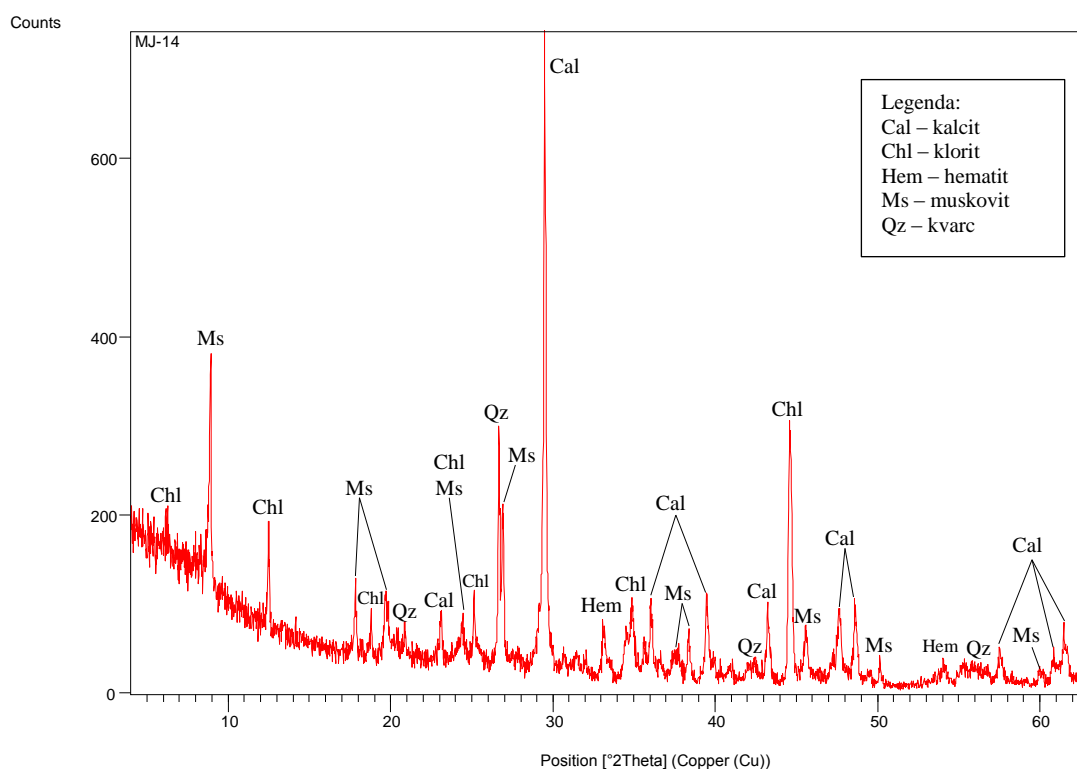
#### Mikroskopski opis

Fragmenti vidljivi okom u mikroskopskom izbrusku determinirani su kao fragmenti svih prije opisanih varijeteta vulkanskih stijena. Postoje fragmenti i s perlitnom teksturom; sve je jako kalcitizirano i impregnirano željezovitom tvari. Pojavljuju se sekundarne žile kalcita (Slika 7.41). Uzorak je determiniran kao vulkanoklastična breča (Prilog 1; Slika 7.41).



**Slika 7.41:** Mikrofotografije uzorka *u10* s uključenim analizatorom(N+). Alterirani fenokristali feldspata i sekundarna žila kalcita (N+, lijevo). Litoklasti efuziva u kalcitnom matriksu (N+, desno). Crvena linija označava 200  $\mu\text{m}$ .

## XRD analiza



**Slika 7.42:** Rendgenogram uzorka *u10*. Kratice minerala preuzete iz Whitney i dr. (2010).

XRD analizom cjelovite stijene na temelju rendgenograma (Slika 7.42) i rendgenografskih podataka (Prilog 15) zaključeno je da su uzorku prisutne mineralne faze: kalcit (01-089-1304), kvarc (00-005-0490), hematit (00-033-0664), klorit (00-013-0003) i muskovit (01-070-1868).

### 7.1.11. Uzorak u11 (93,2m)

#### Makroskopski opis



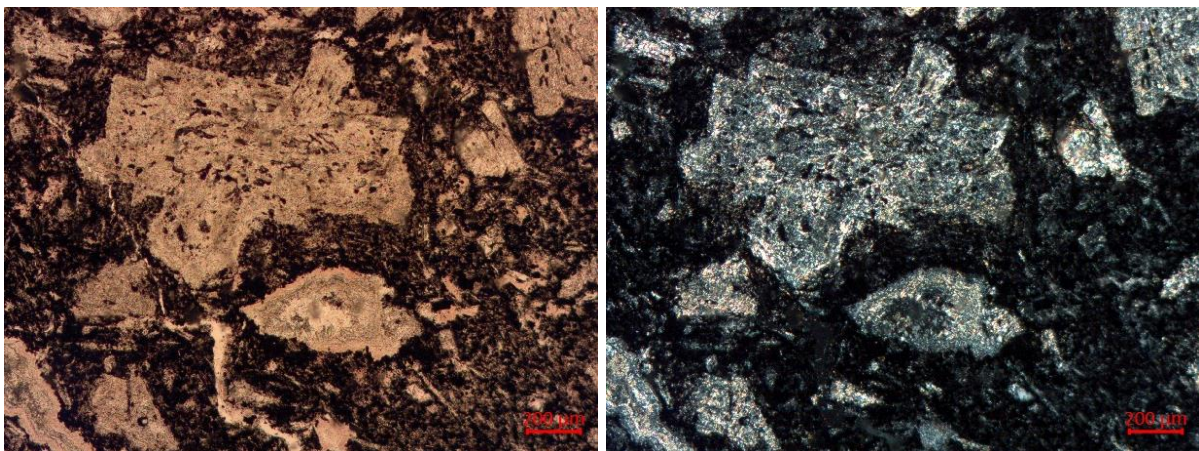
**Slika 7.43:** Fotografija jezgre uzorka *u11* (lijevo) i izdvojeni fragment pločice od kojeg je napravljen mikroskopski izbrusak (desno).

Makroskopskim pregledom utvrđeno je da uzorak ima mandulastu teksturu. U osnovnoj masi tamnoljubičaste do tamnosmeđe boje (Slika 7.43) (najvjerojatnije od impregnacije željezovitom tvari) dominiraju nepravilni presjeci tamnosivih minerala (dimenzije: 1x1 mm) i nepravilni presjeci bijelih minerala (dimenzija: 1x1 mm). Rijetko se javljaju tri vrste mandula: crni ovoj i bijela ispuna, crni ovoj i tamnosiva ispuna te tamnosivi ovoj i svijetlosiva ispuna. Prilikom kapanja s 10% HCl-om nije bilo reakcije. Struktura stijene je porfirna do glomeroporfirna. Determinacija stijene: izmijenjena porfirna do glomeroporfirna efuzivna stijena.

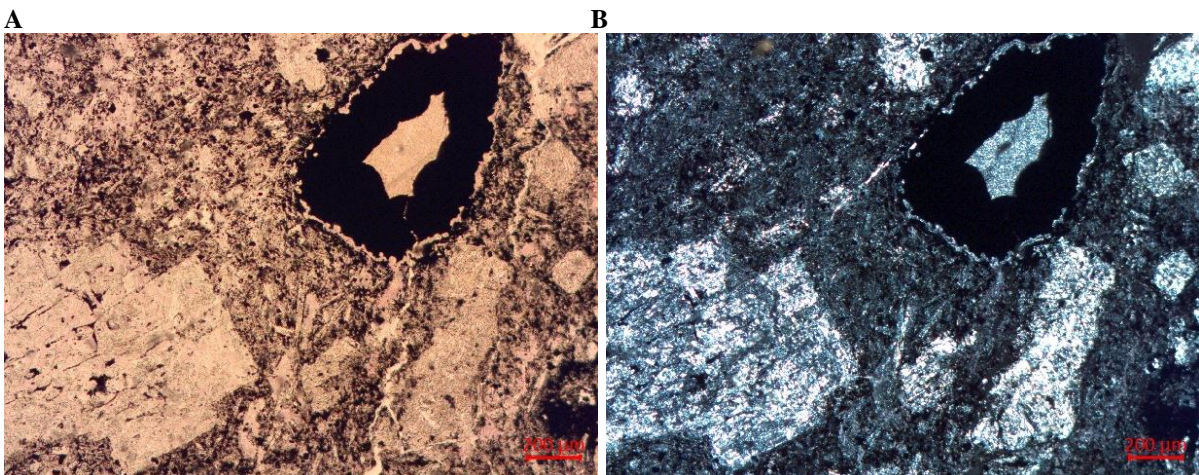


## Mikroskopski opis

U uzorku koji je impregniran željezovitom tvari prisutni su fenokristali i glomeroporfiri feldspata (Prilog 1; Slika 7.44), alterirani u klorit+- sericit, minerale glina(?); sitnozrnata opaka mineralna faza, nepravilnog presjeka, i staklasta osnova u kojoj se vide produkti devitifikacije (anizotropni agregat, alotriomorfni  $\text{SiO}_2$ , feldspati). Različite mineralne faze iskristalizirale su i u pukotinama koje presijecaju uzorak, idući od ruba pukotine prema središtu, javlja se kalcedon, sitnozrnati kvarc, klorit i/ili tinjac (?) i u središtu pukotine kalcit. Druga vrsta mandula: opaki mineral i u središtu opal/kalcedon (?) (Slika 7.45). Stijena je determinirana kao jako izmijenjeni porfirni do glomeroporfirni andezit-bazalt.

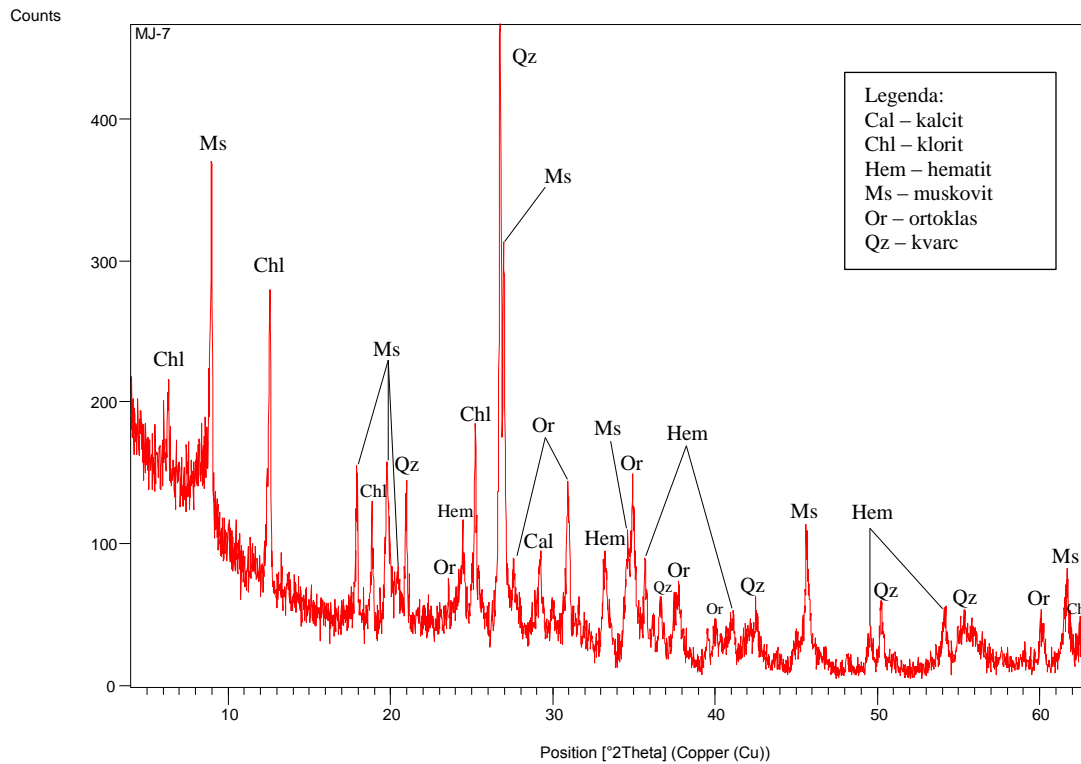


**Slika 7.44:** Mikrofotografija glomeroporfira uzorka *u11*. Lijevo (N-), desno (N+). Alterirani glomeroporfir feldspata u osnovi impregniranoj željezovitom tvari.



**Slika 7.45:** Mikrofotografija mandule uzorka *u11*. Lijevo (N-), desno (N+). Mandula ispunjena opakom tvari s središte od sitnozrnatog kvarca. Uz nju je vidljiv alterirani fenokristal feldspata i glomeroporfir feldspata. Crvena linija označava 200  $\mu\text{m}$ .

## XRD analiza



**Slika 7.46:** Rendgenogram uzorka *u11*. Kratice minerala preuzete iz Whitney i dr. (2010).

XRD analizom cjelovite stijene na temelju rendgenograma (Slika 7.46) i rendgenografskih podataka (Prilog 16) zaključeno je da su uzorku prisutne mineralne faze: kvarc (00-005-0490), hematit (00-033-0664), muskovit (00-006-0263), ortoklas (00-031-0966), klorit (00-013-0003) i kalcit (01-089-1304).

### 7.1.12. Uzorak u12 (99,8 – 100m)

#### Makroskopski opis

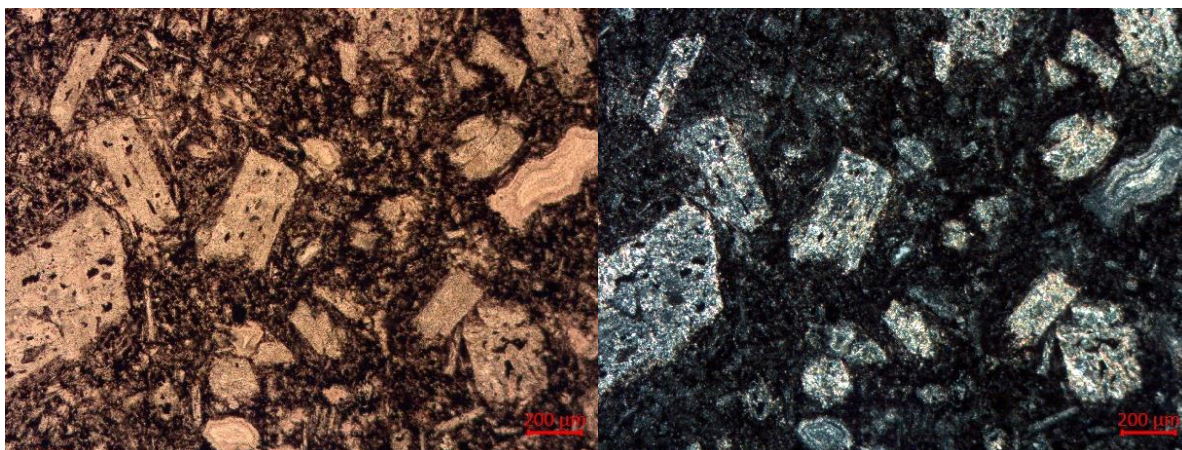


**Slika 7.47:** Fotografija jezgre uzorka *u12* (lijevo) i izdvojeni fragment pločice od kojeg je napravljen mikroskopski izbrusak (desno).

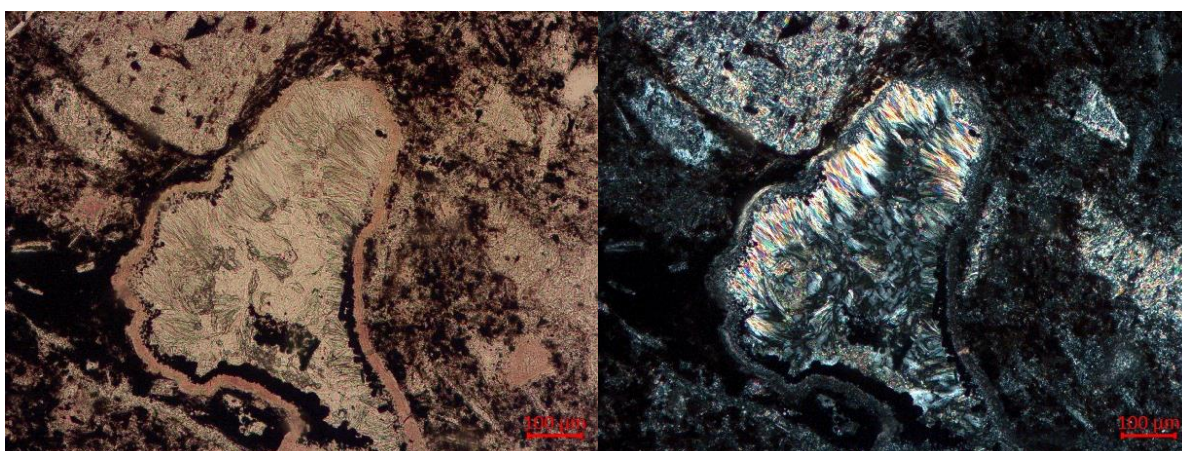
Makroskopskim pregledom utvrđeno je da uzorak ima mandulastu teksturu. U osnovnoj masi smeđe do crvenkaste boje (boja od impregnacije željezovitom tvari(?)) dominiraju nepravilni presjeci tamnozelenih minerala (dimenzije manjih: 0,5x1 mm i većih od 1x2 mm) i nepravilni presjeci bijelih minerala (dimenzije oko 1x4 mm) (Slika 7.47). U uzorku se vide pukotine širine 2 mm ispunjene sa bijelom mineralnom fazom. Pukotine blago reagiraju dok ostatak uzorka ne reagira pri kapanju 10% HCl.

#### Mikroskopski opis

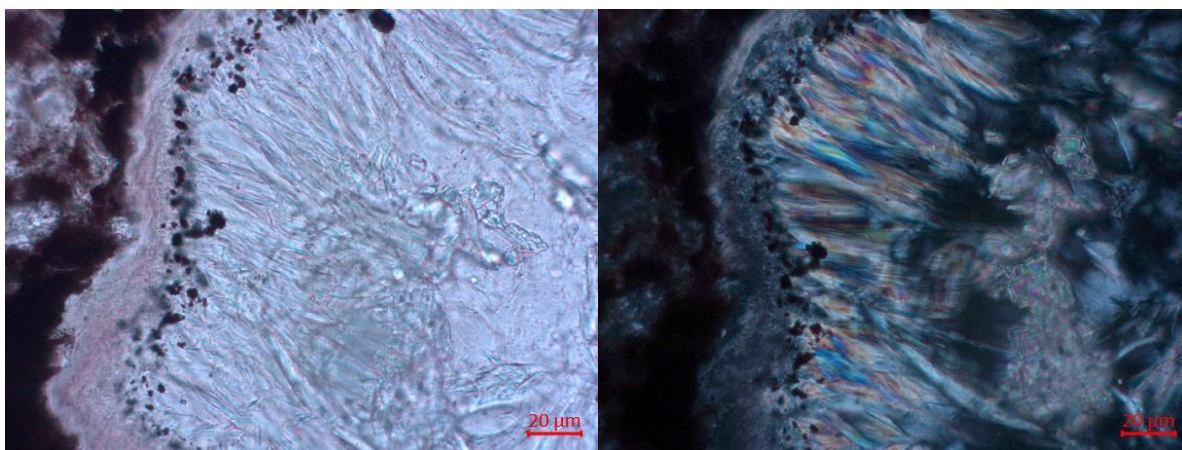
U uzorku su prisutni fenokristali, alterirani u kalcit, klorit i sitnozrnati kvarc i prisustvo opakih minerala (Prilog 1; Slika 7.48), vezikule s sitnozrnatom ispunom od kvarca i kalcitne mandule. Na kontaktu osnove i ruba kalcitnih mandula iskristalizirao je klorit dok u drugima na rubu kalcedon. Uzorak je impregniran s željezovitom tvari. U osnovi stijene vidljiva je devitrifikacija i mikroliti koji se isprepliću pa govorimo o vitrofirnoj do intersertalnoj strukturi efuzivnih stijena. Uzorak sadržava mandule sa sitnozrnatim rubom ( $\text{SiO}_2$ ) nakon kojeg dolazi klorit, opaka mineralna faza, a dio pokazuje žive interferencijske boje (da li je interferencijska boja posljedica debljine preparata ili ipak uz klorit ima i minerala filosilikata (?)) (Slika 7.49, 7.50). Stijena je determinirana kao izmijenjeni porfirni efuziv (andezitbazalt?).



**Slika 7.48:** Mikrofotografija uzorka *u12*. Lijevo (N-), desno (N+). Alterirani fenokristali feldspata u vitrofirnoj osnovi.

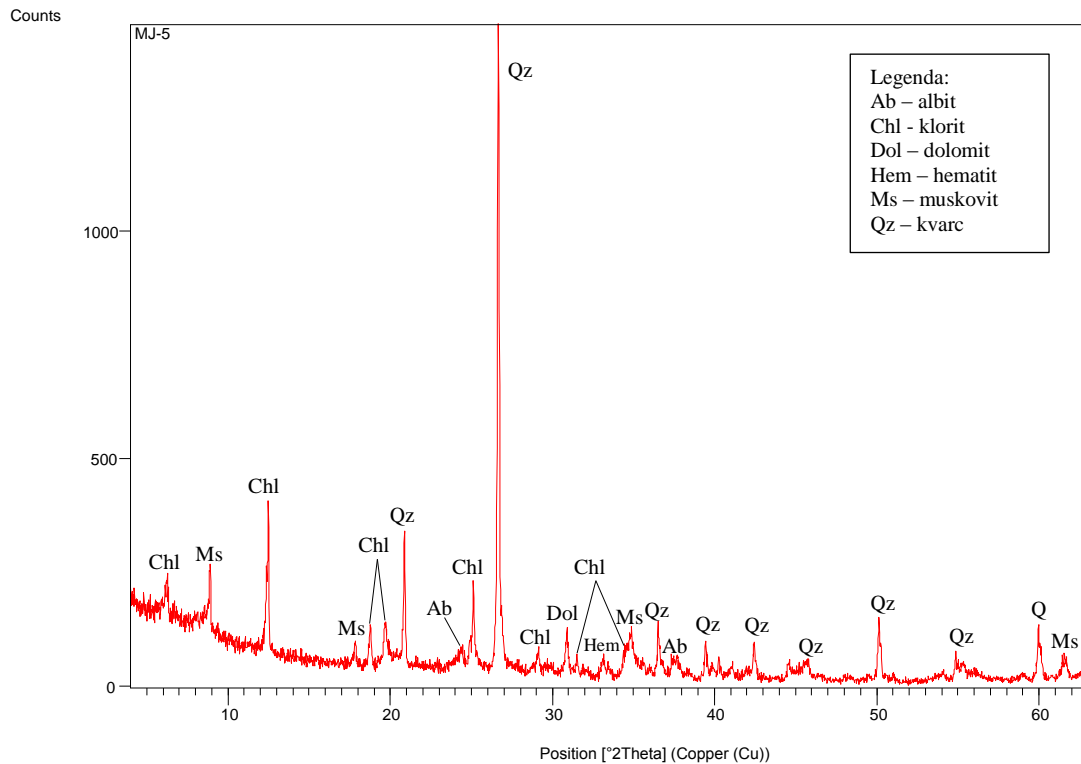


**Slika 7.49:** Mikrofotografija mandule uzorka *u12*. Lijevo (N-), desno (N+). Mandula s sitnozrnatim kvarcnim/opalnim rubom ( $\text{SiO}_2$ ) nakon kojeg dolazi klorit, opaka mineralna faza, a dio pokazuje žive interferencijske boje (filosilikata?). Crvena linija označava 100  $\mu\text{m}$ .



**Slika 7.50:** Mikrofotografija mandule uzorka *u12*. Lijevo (N-), desno (N+). Kalcedon/opal, sitnozrnati opaki mineral i (filosilikat?). Crvena linija označava 20  $\mu\text{m}$ .

## XRD analiza



**Slika 7.51:** Rendgenogram uzroka *u12*. Kratice minerala preuzete iz Whitney i dr. (2010).

XRD analizom cjelovite stijene na temelju rendgenograma (Slika 7.51) i rendgenografskih podataka (Prilog 17) zaključeno je da su uzorku prisutne mineralne faze: kvarc (00-005-0490), dolomit (00-011-078), muskovit (00-006-0263), hematit (00-033-0664), albit (00-009-0466) i klorit (00-013-0003).

## 7.2. Kemijski sastav stijena

### 7.2.1. Glavni i sporedni elementi

Sadržaj glavnih i sporednih elemenata u težinskim postotcima u izabrana tri uzorka (*u4*, *u8* i *u11*) prikazan je u tablici 7.1.

**Tablica 7.1:** Koncentracija glavnih i sporednih elemenata tri različita varijeteta istraživanih stijena izražena u težinskim postotcima u formi oksida. Sadržaj ugljika i sumpora (TOT/C, TOT/S), sadržaj kalcijevog karbonata, udio vode H<sub>2</sub>O<sup>-</sup> i CIPW normativni sastav.

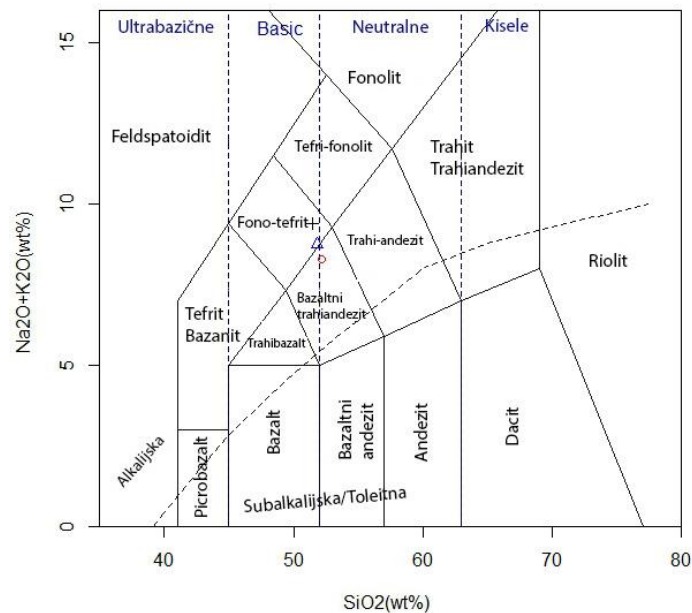
Uzorak	u4			u8			u11		
	41,4 m			67,1 m			93,2 m		
Dubina	1 (+)	2	3	1 (○)	2	3	1(△)	2	3
SiO <sub>2</sub>	48	49,45	51,40	48,16	51,60	51,97	48,41	51,63	51,73
TiO <sub>2</sub>	1,36	1,73	1,46	1,38	1,70	1,49	1,33	1,70	1,42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,74	16,14	20,07	20,54	20,66	22,16	21,91	21,01	23,41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,48	6,04	9,08	5,21	4,04	5,62	8,29	7,50	8,86
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>tot</sup>		8,23			4,91			7,74	
FeO		1,97			0,78			0,22	
MnO	0,04	0,01	0,04	0,05	0,02	0,05	<0,01	<0,01	<0,01
MgO	4,24	3,59	4,54	6,94	5,80	7,49	4,06	3,44	4,34
CaO	3,19	3,97	3,42	2,2	1,89	2,37	0,88	0,59	0,94
Na <sub>2</sub> O	0,47	0,53	0,50	1,89	1,79	2,04	0,04	0,12	0,04
K <sub>2</sub> O	8,29	8,96	8,88	5,76	4,78	6,22	8,13	6,94	8,69
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,43	0,37	0,46	0,25	0,22	0,27	0,33	0,26	0,35
LOI	6,6	6,31		7,3	7,4		6,4	7,28	
Σ	99,84	99,31	99,84	99,68	100,86	99,68	99,78	100,93	99,78
TOT/C <sup>(1)</sup>	0,58			0,44			0,12		
TOT/S <sup>(1)</sup>	<0,02			<0,02			<0,02		
SO <sub>3</sub> <sup>(2)</sup>	0,18			0,14			0,17		
S <sup>(2)</sup>	0,06			0,05			0,07		
CaCO <sub>3</sub> <sup>*(2)</sup>	4,23			3,37			0,65		
C <sup>*</sup>	0,51			0,44			0,08		
CaO <sup>(2)</sup>	2,37			1,89			0,36		
H <sub>2</sub> O <sup>(2)</sup>	0,63			0,70			1,01		
CIPW norms <sup>(1)</sup>	u4			u8			u11		
Q	1,60			0,71			10,06		
Or	49			34,04			48,05		
Ab	3,98			16			0,34		
An	13,02			9,28			2,21		
C	4,22			7,79			12,23		
Di									
Hy	10,56			17,29			10,11		

(1) Rezultati dobiveni metodom ICP – ES (laboratorij Bureau Veritas, Kanada); (2) Rezultati dobiveni klasičnom silikatnom kemijskom analizom – KSKA (Zavod za geologiju, HGI); (3) Rezultati (1) laboratorija Bureau Veritas svedeni na bezvodno stanje.

\*Rezultati kalcimetrije (Zavod za geologiju, HGI)

Sva tri izdvojena uzorka imaju sličan sadržaj  $\text{SiO}_2$ , koji iznosi 48 tež.% (za *u4*), 48,16 tež.% (za *u8*) i 48,41 tež.% (za *u11*). Udjeli  $\text{Na}_2\text{O}$  variraju, 0,47 tež. % (*u4*), 1,89 tež.% (*u8*) i 0,04 tež.% (*u11*). Vrijednosti  $\text{K}_2\text{O}$  u uzorcima su 8,29 i 8,13 tež.% (u *u4*, odnosno u *u11*), i 5,76 tež.% u uzorku *u8*. Udjeli  $\text{TiO}_2$  u uzorcima redom iznose 1,36 tež.% (*u4*), 1,38 tež.% (*u8*) i 1,33 tež.% (*u11*). Vidljivo je postepeno povećanje udjela  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 18,74 tež.% (*u4*), zatim 20,54 tež.% (*u8*) i 21,91 tež.% (*u11*). Udio  $\text{MnO}$  u svim uzorcima je nizak, 0,04 tež.% (*u4*), 0,05 tež.% (*u8*) i <0,01 tež.% (*u11*). Težinski postotak  $\text{MgO}$  u uzorcima redom iznosi 4.24 (*u4*), 6,94 (*u8*) i 4,06 (*u11*).

Postoji nekoliko klasifikacija vulkanskih stijena (Cox i dr., 1979; Le Bas i dr., 1986 i Le Maitrie, 1989). Što se tiče glavnih elemenata koristi se TAS dijagram (ukupni sadržaj  $\text{SiO}_2$  i alkalijskih oksida ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ )) koji predstavlja odnos koncentracija ukupnih alkalijskih oksida u težinskim postotcima i težinski postotak  $\text{SiO}_2$ . Prema TAS – dijagramu (Le Bas i dr., 1986) istraživane efuzivne stijene (preračunate na bezvodno stanje) projiciraju se u područje fonotefrita (*u4*), granicu fonotefrita i bazaltnih trahiandezita (*u11*) i bazaltnih trahiandezita (*u8*) (Slika 7.52).



**Slika 7.52:** Dijagram za kemijsku klasifikaciju vulkanskih stijena na temelju ukupnog sadržaja  $\text{SiO}_2$  (wt%) i alkalijskih oksida ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  (wt%) tzv. TAS klasifikacijski dijagram prema Le Bas i dr. (1986). Legenda: (+) – *u4*, (○) – *u8* i (△) – *u11*.

Sadržaj glavnih i sporednih elemenata određen je klasičnom silikatnom kemijskom analizom (KSKA) u ista tri izabrana uzorka i prikazan je također u tablici 7.1. Usporedbom rezultata iz laboratorija Bureau Veritas iz Kanade i laboratorija Zavoda za geologiju HGI-a vidljivo je kako su klasičnom silikatnom kemijskom analizom dobivene nešto veće vrijednosti za težinski udio SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i K<sub>2</sub>O, nešto niža za MgO, dok su za ostale elemente dobivene približno iste vrijednosti. Ovakvo odstupanje može se objasniti kao posljedica različitih metoda analize.

Težinski udio SiO<sub>2</sub> je 49,45% (u4), 51,60% (u8) i 51,63% (u11). Težinski postotak K<sub>2</sub>O je 8,96% (u4), 4,78% (u8) i 6,94% (u11). Vrijednosti Na<sub>2</sub>O su redom 0,53 tež.% (u4), 1,79 tež.% (u8) i 0,12 tež.% (u11) i dobro se podudaraju s vrijednostima dobivenim u komercijalnom laboratoriju. Udio FeO iznosi, 1,97 tež.% (u4), 0,78 tež.% (u8) i 0,22 tež.% (u11). Udio P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u uzorcima iznosi 0,43 tež.% (u4), 0,25 tež.% (u8) i 0,33 tež.% (u11). Gubitak žarenjem, analiziran nakon žarenja uzorka na 1000°C, iznosi 6,6 tež.% (u4), 7,3 tež.% (u8) i 6,4 tež.% (u11).

Metodom gravimetrije određen je težinski postotak sumpora u uzorcima koji redom iznose: 0,06 tež.% (u4), 0,05 tež.% (u8) i 0,07 tež.% (u11) i sadržaj vezane vode: 0,63 tež.% (u4), 0,70 tež.% (u8) 1,01 tež.% (u11). Računskim putem dobiven je težinski postotak CaO iz postotka CaCO<sub>3</sub>, a zatim u drugom koraku postotak CO<sub>2</sub> iz postotka CaO i postotak C iz postotka CO<sub>2</sub>. Vrijednosti C su redom 0,51 tež.% (u4), 0,44 tež.% (u8) i 0,08 tež.% (u11).

Izračun:

$$1. \text{ korak: } \%CaCO_3 = 0,56032 * \%CaO$$

$$2. \text{ korak: } \%CO_2 = 0,7855 * \%CaO$$

$$3. \text{ korak: } \%C = 0,2727 * \%CO_2$$

Za pretvorbu rezultata laboratorija Bureau Veritas iz Kanade u bezvodno stanje potrebno je pomnožiti masu svakog oksida s faktorom koji se dobije iz formule:

$$f = \frac{\Sigma_{masa}}{\Sigma_{masa} - LOI}$$



### 7.2.2. Elementi u tragovima i elementi rijetkih zemalja

Elementi u tragovima i elementi rijetkih zemalja analizirani su u ista tri uzorka kao i glavni i sporedni elementi u laboratoriju u Kanadi (Bureau Veritas Commodities Canada Ltd). Njihov je sadržaj izražen u ppm i prikazan u tablici 7.2.

**Tablica 7.2:** Koncentracija elementa u tragovima i elemenata rijetkih zemalja izraženih u ppm.

<b>Dubina</b>	<b>41,4 m</b>	<b>67,1 m</b>	<b>93,2m</b>
<b>Simbol</b>	+	○	△
<b>Uzorak</b>	<b>u4</b>	<b>u8</b>	<b>u11</b>
<b>Ba</b>	236	131	171
<b>Rb</b>	70,8	42,3	86,9
<b>Sr</b>	47,1	32,9	32,2
<b>Y</b>	26,7	35,8	37
<b>Nb</b>	7,5	5,5	6
<b>Zr</b>	163,7	176,6	209,7
<b>La</b>	13	15,3	15,6
<b>Ce</b>	30,4	34	35,9
<b>Nd</b>	22,3	21	23,3
<b>Sm</b>	5,57	4,91	5,63
<b>Eu</b>	1,39	1,29	1,3
<b>Tb</b>	0,78	0,85	1,02
<b>Dy</b>	4,69	5,58	6,63
<b>Yb</b>	3,01	3,65	3,76
<b>Lu</b>	0,48	0,55	0,59
<b>ΣREE</b>	633,42	511,23	636,53
<b>Hf</b>	4,3	4,8	5,6
<b>Ta</b>	0,5	0,4	0,5
<b>Th</b>	7,8	6,3	7,5
<b>U</b>	1,9	6	0,9
<b>Sc</b>	23	21	19
<b>Co</b>	22,4	31,6	13,4
<b>Cs</b>	2,8	2,2	4,6
<b>K</b>	68817	47815	67489
<b>Ti</b>	8153	8273	7973

## 8. RASPRAVA

Izabranih 12 uzoraka jezgri, makroskopski različitih varijeteta stijena, na sljedećim dubinama/intervalima bušotine B3/17 (11,0-11,1; 12,4-12,6; 36,7; 41,4; 48,0-48,2; 55,3; 64,5-64,6; 67,1-67,3; 73,6-73,7; 80,7-80,8; 93,2 i 99,8-100 m) u istražnom području Lovno-3 obrađene su sljedećim metodama: makroskopskim opažanjem, metodom polarizacijske mikroskopije, metodom difrakcije rendgenskih zraka na polikristalnim uzorcima (XRD), te tri uzorka: *u4*, *u8* i *u11* metodom kemijske analize glavnih, sporednih i elemenata u tragovima, uključujući elemente rijetkih zemalja pomoću ICP-ES i ICP-MS tehnika, klasičnom silikatnom kemijskom analizom i metodom kalcimetrije (ista tri uzorka). Svih 12 uzoraka tretirani su s otopinom klorovodične kiseline. Uzorci *u1*, *u2*, *u3*, *u4*, *u5*, *u6*, *u8*, *u9* i *u10* pokazali su burnu reakciju 10% HCl. U odnosu na prethodno navedene uzorke kod uzoraka *u7* i *u11* reakcija s 10% HCl-om je bila puno manja, a reakcija kod *u12* je prisutna samo na šupljinama dok ostatak uzorka nije reagirao. Mikroskopskim opažanjima ustanovljeno je da su uzorci snažno alterirani tj. da je došlo do intenzivne kalcitizacije uz stvaranje sekundarnog CaCO<sub>3</sub> kao produkta izmjene primarnih minerala, ispunjavanje žila, pukotina i ispuna šupljina.

Ovakve reakcije se mogu prepisati izrazitoj kalcitizaciji uzorka *u1* (Slika 7.2) i *u8*, manja reakcija u odnosu na *u1*, (Slika 7.34) dok kod *u2*, prisutnosti alteriranih fenokristala, alteracija u kalcit, i kalcitnom ispunom vezikula (Slika 7.6). Treba napomenuti da na rendgenogramu *u8* nema kalcita, već je prisutan dolomit. Kao i u prethodnom uzorku, *u3* sadrži kalcitne mandule, kalcitne žile ali i alterirane glomeroporfire. Dominantnost kalcita u uzorku se vidi u rendgenogramu (Slika 7.10) Kod uzorka *u6* kalcitna ispuna šupljina (Slika 7.23) i alteriranih glomeroporfira u kalcit (Slika 7.24) uzrokuje jednaku reakciju kao i u prethodnim uzorcima. Ista ispuna šupljina i alteracija fenokristala, opisanih do sad, kao i prisutnost kalcitnog cementa (Slika 7.38A) kod *u9* te izrazita kalcitizacija i prisutnost kalcitnih žila u uzorku *u10* su razlog jednake reakcije kao i do sad navedenim uzorcima. Iako svrstan s uzorcima na kojima je došlo do burne reakcije *u4* ima jednaku reakciju po mandulama (7.12), koje su ispunjene kalcitom, i po pukotinama (Slika 7.14) dok na ostatku uzorka nema reakcije. Mikroskopskim opažanjima utvrđeno da su u uzorku *u7* prisutni alterirani fenokristali (Slika 7.27) i u *u11* alterirani glomeroporfiri (Slika 7.48) i kalcitne ispune pukotina (Slika 7.50) zbog kojih je došlo do reakcije s HCl.

Većina uzoraka na osnovi mikrofiziografskih karakteristika klasificirana je kao andezitbazalt, dva uzorka su breče, jedan uzorak hijaloklastit, a 2 uzorka se nisu mogla

determinirati zbog snažne kalcitizacije. Boja uzoraka varira: od nijanse sive do nijanse zelene boje (*u2, u3, u4*), siva boja (*u1, u7, u9, u10*), smeđa boja do tamnoljubičasta (*u5, u6, u11 i u12*). Uzorci sive boje, iako uz ostale izrazito kalcitizirani, predstavljaju najsvježije uzorke. Zelena boja je zbog prisutnosti klorita, dok smeđa i tamnoljubičasta do tamnosmeđa boja je posljedica impregnacije željezovitim oksidom ili prisustvom hematita u uzorku.

Fenokristali su zahvaćeni procesima alteracije (sericitizacija, kalcitizacija, kloritizacija) zbog čega na osnovu mikroskopskih svojstava nije moguće prepoznati primarnu mineralnu fazu. Na osnovu habitusa fenokristala i individua na kojem je uočena zonalnost (*u1*, Slika 7.2) pretpostavka je da se radi o feldspatima, i to plagioklasima, iako primarno prisustvo K-feldspata nije isključivo, dok fenokristali piroksena nisu uočeni. Većina uzoraka (*u1, u2, u3, u4, u7, u8, u9, u11 i u12*) sadrži fenokristale koji su alterirani u kalcit i klorit ± sericit, ali u nekim uzorcima (*u3, u4, u6, u11*) prisutni su i u formi glomeroporfira koji su također alterirani. Iako su procesi kalcitizacije i kloritizacije prisutni na svakom feldspatu/glomeroporfiru u izbrusku (*u6*) uhvaćen je i sericitni rub (Slika 7.24) kao i u (*u8 i u11*). U uzorku (*u7*) uz sve navedene produkte alteracija na rubovima feldspata uočen je radijalno zrakasti agregat kvarca i feldspata (Slika 7.28).

Pošto se radi o efuzivnim stijenama, osnovu uzorka izgrađuju vulkansko staklo i mikroliti te ovisno o njihovom odnosu uzorci su svrstani su grupama: intersertalna osnova u kojoj dolazi do ispreplitanja mikrolita između kojih se nalazi staklo (*u3, u7, u8, u11 i u12*), hipohijalina osnova koja je djelomično iskristalizirana i djelomično amorfnu (*u1 i u2*), vitrofirna do intersertalna s fenokristalima u staklastoj osnovi koja je često devitrificirana i mikroliti koji se isprepliću (*u6*, Slika 7.24) i hijalopilitiska u kojoj se nalazi vulkansko staklo i mikroliti feldspata koji se ne isprepliću (*u4*, Slika 7.12). U odnosu na njih, u uzorku (*u5*) koji je klasificiran kao hijaloklastit, osnovu čini vulkansko staklo koje je razlomljeno i devitrificirano (Slika 7.20). Uzorci *u9 i u10* su breče koje izgrađuju fragmenti svih opisanih efuzivnih varijeteta.

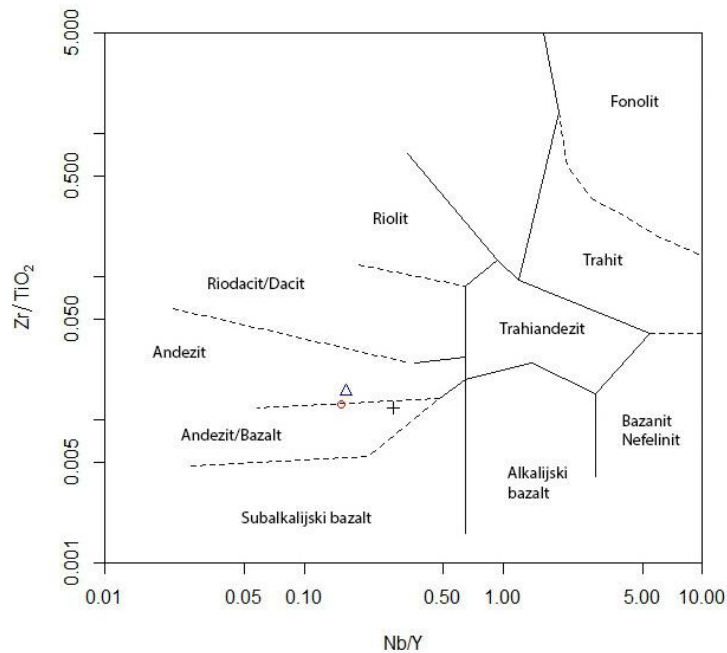
Zbog prisutnosti većih fenokristala ili utrusaka u sitnozrnatoj/staklastoj osnovi većina uzoraka (*u1, u2, u3, u4, u6, u7, u8, u11 i u12*) ima porfirnu strukturu. Uzorak (*u4*) u odnosu na većinu je manje porfiran dok (*u6 i u11*) imaju porfirnu do glomeroporfirnu strukturu. U uzorcima su uočene brojne vezikule u kojima je došlo do sekundarne kristalizacije i uzorci imaju mandulastu teksturu. Ovakav tip teksture javlja se u uzorcima (*u1, u2, u3, u4, u6, u7, u8, u11 i u12*). Uzorci (*u9 i u10*) su klasificirani kao breče a *u5* kao hijaloklastit.

Mikroskopskom analizom mandula ustanovljeno je da neki uzorci sadrže jednu vrstu dok se u nekim uzorcima javljaju dvije vrste mandula. U uzorcima (*u1, u2 i u3*) prisutne su

kalcitne mandule ali u (*u1*) opažen je kloritni rub (Slika 7.3). Kao i u prethodnom uzroku, u (*u4*) pronađene su vezikule s kalcitnom ispunom i kloritnim rubom (Slika 7.12) te njihov sastav je potvrđen usporedbom s rendgenogramom (Slika 7.16). Uz njih prisutne su mandule s sitnozrnatom ispunom ( $\text{SiO}_2$ ) i kalcedonskim rubom, XRD – analiza pokazala je da je najzastupljeniji kvarc (Slika 7.17). Mandule s kalcedonskim rubom i kalcitnim središtem između kojih je iskristalizirao klorit prisutne su u (*u5* i *u6*). Pregledom *u7* uočeni su sferuliti s vlaknastim agregatom kvarca i feldspata s kalcedonskim rubom (Slika 7.27) čiji sastav odgovara XRD – analizi sivih mandula (Slika 7.30) u kojem je vidljivo da najveća koncentracija analiziranog uzorka pripada kvarcu te da je uz to prisutan i albit. Uz njih analizirane su i crne mandule (Slika 7.31) u kojima je identificiran klorit. Nadalje, u uzorcima *u1*, *u2*, *u4*, *u6*, *u7* *u10* i *u11* XRD – analizom identificiran je magnezijski kalcit. Uz pomoć programa UnitCell i formulama prema Bischoff i dr. (1983) izračunato je da molarni udio  $\text{Mg}^{2+}$  iona za *u1*, *u2*, *u4*, *u6*, *u10* i *u11* iznosi od 0,01 do 0,014% dok u *u7* 1,4%. Sferuliti se također javljaju i u (*u8*) ali s njima dolaze i mandule kalцитom i kloritnim rubom kao i u (*u9*) ali ovdje se javlja i radijalnozrakasti agregat koji interferira u sivoj do narandžastoj boji I. reda (filosilikat?)(Slika 7.38A). U (*u11*) prisutne su kalцитne mandule s kloritnim rubom, na nekim mandulama između kloritnog ruba i osnove pojavljuju se kalcedonski rub dok u (*u12*) uz kalцитne (Slika 7.49) i mandule s kvarcnom ispunom i kalcedonskim rubom (Slika 7.50).

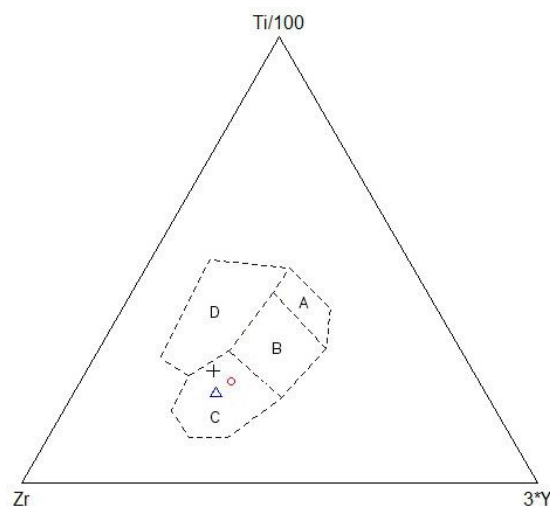
Kemijskom analizom dobiven je udio  $\text{SiO}_2$  koji iznosi 48 tež.% (*u4*), 48,16 tež.% (*u8*) i 48,41 tež.% (*u11*) što odgovara bazičnoj magmatskoj stijeni. Rezultati laboratorija Bureau Veritas svedeni na bezvodno stanje (Tablica 7.1) dali su vrijednosti redom 51,40; 51,97 i 51,73 tež.% što stijene klasificira prema granici s neutralnim efuzivnim stijenama. Prema TAS – dijagramu (Le Bas i dr., 1986) analizirani uzorci prevedeni na bezvodno stanje su klasificirani kao fono-tefrit (*u4*), bazalni trahandezit (*u8*) dok je uzorak *u11* projiciran na granici fono-tefrita i bazalnih trahandezita (Slika 7.52). Prema daljnjoj podijeli TAS – dijagrama prema Le Bas i dr. (1986) ovisno da li je  $\text{Na}_2\text{O} - 2,0$  veći/jednak ili manji od  $\text{K}_2\text{O}$  uzorci *u8* i *u11* klasificirani su kao šošoniti, dok *u4* i dalje ostaje u polju fono-tefrita. Povišeni sadržaj kalija u uzorcima (8,29; 5,76 i 8,13 tež.%) povezuje s procesima alteracije (prvenstveno sericitizacije), što je vidljivo i na fotografijama mikroskopskih izbrusaka i potvrđeno XRD analizom. Iz razloga što su stijene snažno alterirane, i imaju povišeni sadržaj kalija (pretpostavlja se i primarno prisustvo K-feldspata), nužno je upotrijebiti za klasifikaciju i dijagram prema Winchester i Floyd (1977) koji kao varijable koristi omjere imobilnih elemenata u tragovima ( $\text{Nb/Y} - \text{Zr/TiO}_2$ ). U odnosu na TAS – dijagram (Slika 7.52) analizirani uzorci prema Winchester i Floyd (1977) klasificiraju uzorke kao andezit-bazalt

(u4), andezit (u11) i (u8) koji se projicira na granicu između andezita i andezit-bazalta (Slika 8.1).



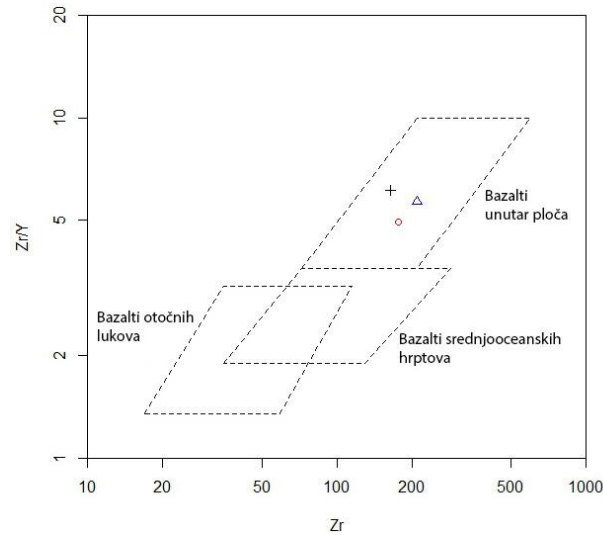
**Slika 8.1:** Klasifikacijski dijagram Nb/Y - Zr/TiO<sub>2</sub> prema Winchester i Floyd (1977). Simboli uzoraka navedeni u tablici 7.1. odnosno 7.2.

Klasifikacijski dijagram Zr - 3\*Y - Ti/100 prema Pearce i Cann (1973) potvrđuje pripadnost sva tri uzorka kalcijsko - alkalijskoj seriji bazalta (Slika 8.2).



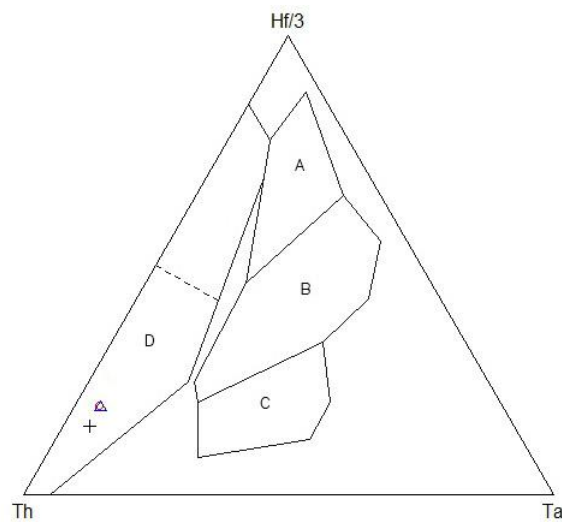
**Slika 8.2:** Klasifikacijski dijagram Zr - 3\*Y - Ti/100 prema Pearce i Cann (1973). Legenda: A) nisko - kalijski toleiti, B) bazalti oceanskog dna, C) kalcijsko - alkalijski bazalti, D) bazalti unutrašnjosti ploča. Simboli uzoraka navedeni u tablici 7.2.

Klasifikacijski dijagram Zr – Zr/Y prema Pearce i Norry (1979) projicira uzorke u područje „bazalta unutar ploča“ (Slika 8.3).



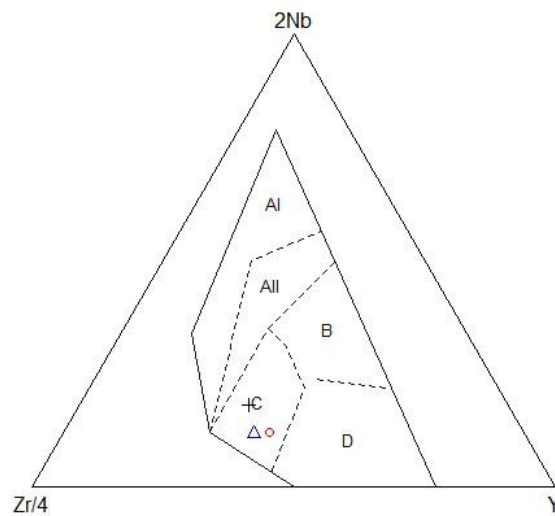
**Slika 8.3:** Klasifikacijski dijagram Zr – Zr/Y prema Pearce i Norry (1973). Simboli uzoraka navedeni u tablici 7.2.

Diskriminacijski dijagram Th – Hf – Ta prema Wood (1980) sve uzorke projicira u područje bazalta vulkanskih lukova (Slika 8.4).



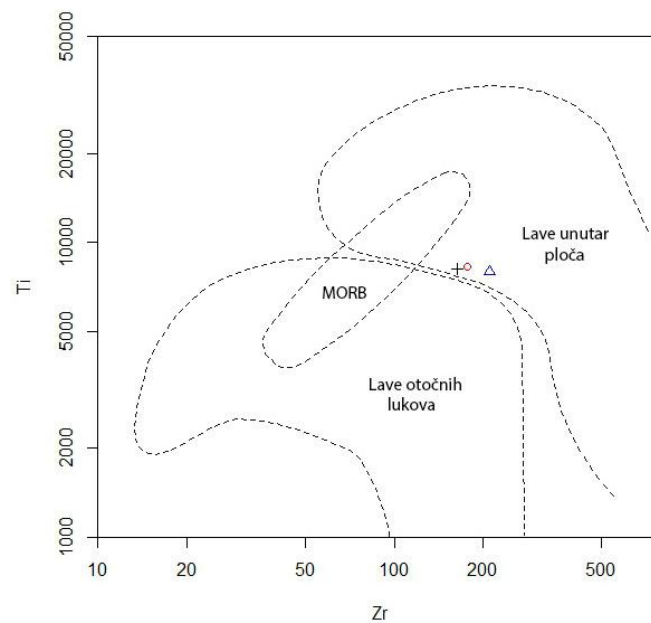
**Slika 8.4:** Diskriminacijski dijagram Th – Hf – Ta prema Wood (1980). Legenda: A) N – tip MORB-a; B) E – tip MORB-a i toleiti unutar ploča; C) alkalijski bazalti unutar ploča; D) bazalti vulkanskih lukova. Simboli uzoraka navedeni u tablici 7.2.

Analizirani uzorci projiciraju se u polje toleita unutar ploča i bazalta vulkanskih lukova u diskriminacijskom dijagramu Zr – Y – Nb prema Meschede (1986) (Slika 8.5).



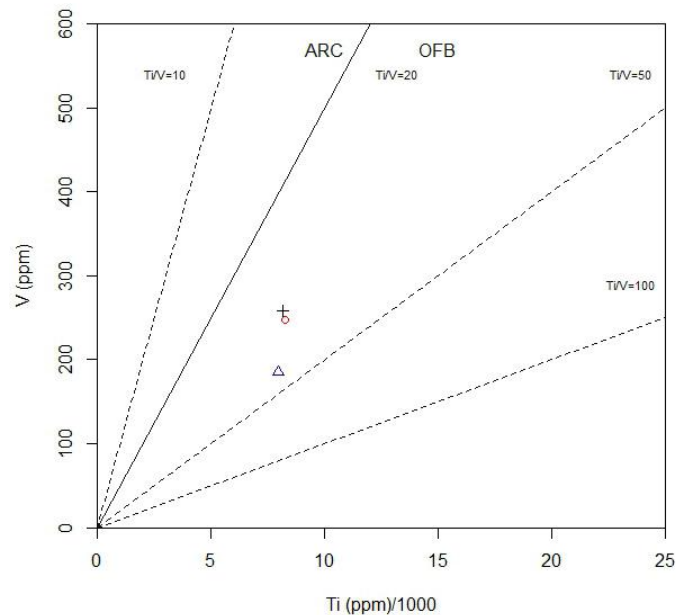
**Slika 8.5:** Diskriminacijski dijagram Zr – Y – Nb prema Meschede (1986). Polja su definirana na sljedeći način: AI) alkalijski bazalti unutar ploča; AII) alkalijski bazalti i toleiti unutar ploča; B) E – tip MORB; C) toleiti unutar ploča i bazalti vulkanskog luka. Simboli uzoraka navedeni u tablici 7.2.

Zr – Ti dijagram prema Pearce (1982) projicira sva tri uzorka u polje „lave unutar ploča“ (Slika 8.6).



**Slika 8.6:** Diskriminacijski dijagram Zr – Ti prema Pearce (1982). Simboli uzoraka navedeni u tablici 7.2.

Diskriminacijski dijagram Ti/1000 – V prema Shervais (1982) projicira uzorke u polje MORB-a i bazalta zalučnih bazena (Slika 8.7).



**Slika 8.7:** Diskriminacijski dijagram Ti/1000 – V prema Shervais (1982). Legenda: ARC – bazalti otočnih lukova, OFB – bazalti oceanskog dna. Simboli uzoraka navedeni u tablici 7.2.

Prema Pearce i Norry (1979) analizirani uzorci spadaju u bazalte unutar ploča, dok prema Wood (1980) u bazalte vulkanskih lukova. Prema Meschede (1986) svi pripadaju toleitima unutar ploča i bazaltima vulkanskih lukova. Zr – Ti dijagram prema Pearce (1982) projicira sva uzorke u polje „lave unutar ploča“ dok diskriminacijski dijagram Ti/1000 – V prema Shervais (1982) u polje MORB-a i bazalta zalučnih bazena.

Koncentracija elemenata u tragovima izmjerene u uzorcima *u4*, *u8* i *u11* normalizirane su na dva referentna materijala: 1) N-MORB prema Sun i McDonough (1989) i 2) primitivni plašt prema Sun i McDonough (1989). Može se uočiti da je oblik krivulje isti (slika 8.8 i slika 8.9).

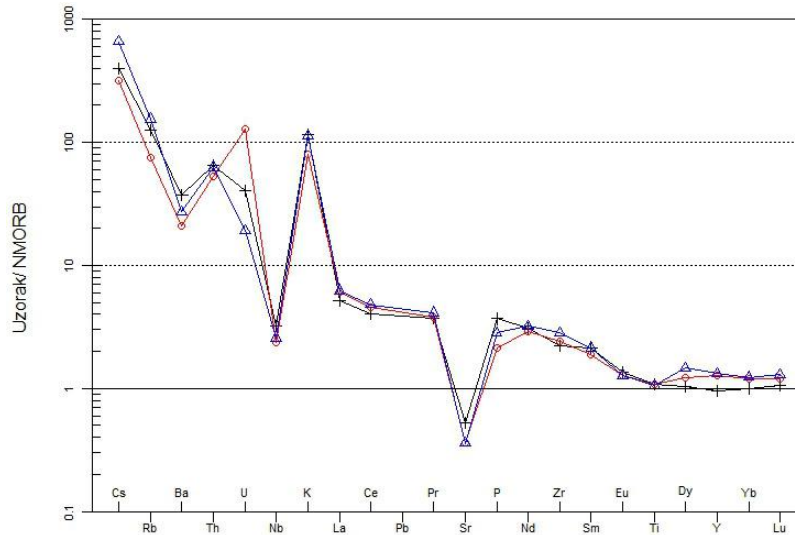
Sva tri analizirana uzorka obogaćeni su elementima u tragovima u odnosu na referentne materijale kako slijedi: Cs od 300 do 700 puta, Rb od 70 do 150 puta, Th od 60 do 90 puta, U 20;30 puta (*u11*), za 40;90 puta (*u4*) te oko 100;300 puta (*u8*) (Slika 8.8; Slika 8.9), K za 100 (Slika 9.8) i od 200 do 300 puta (Slika 9.9).

Prisutna je i negativna Nb i Sr anomalija. Stijene su u odnosu na referentne materijale znatno više obogaćene mobilnim elementima (Cs, Rb, Ba, Th, U, K) nego imobilnim elementima (Nd, Zr, Sm, Ti). Koncentracije Dy, Y, Yb, Lu pokazuju vrijednosti identične



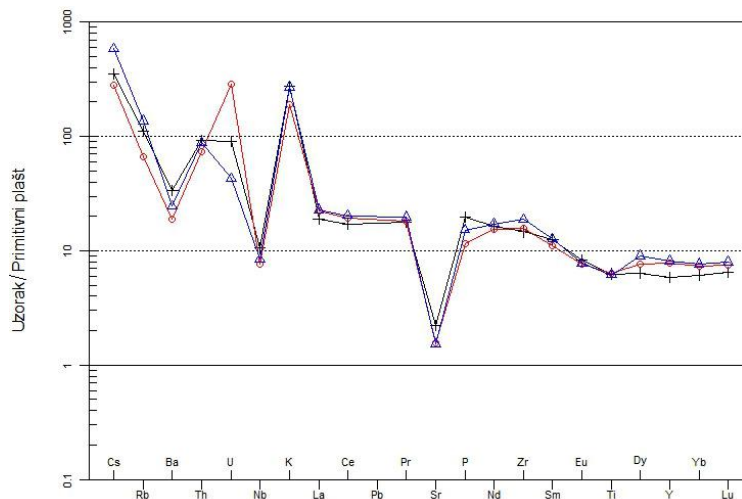
referentnom materijalu N-MORB (Slika 9.8) odnosno 7 do 10 puta veće vrijednosti u odnosu na primitivni plašta (Slika 8.9).

U odnosu na vrijednosti N-MORB-a sva tri uzorka pokazuju i negativnu anomaliju Ba, prema Sun i McDonough (1989).



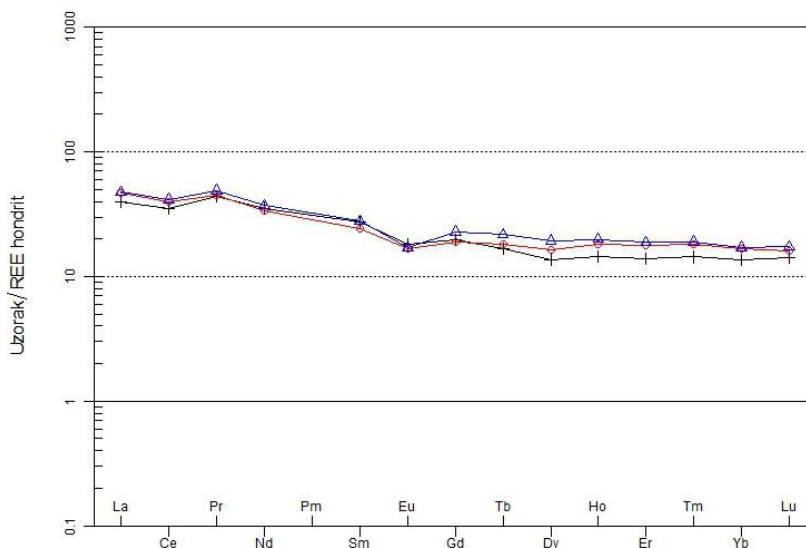
**Slika 8.8:** Normalizirani spider dijagram istraživanih uzoraka (u4, u8, u11) na N-MORB prema Sun i McDonough (1989). Simboli su navedeni u tablici 7.2.

Usporedbom s vrijednostima primitivnog plašta prema Sun i McDonough (1989) svi uzorci pokazuju poveću negativnu anomaliju elemenata Ba, Nb i Sr te manju anomaliju Ti.



**Slika 8.9:** Normalizirani spider dijagram uzoraka na primitivni plašt prema Sun i McDonough (1989).

Koncentracija elemenata rijetkih zemalja normalizirane su na hondritni meteorit prema Nakamura (1974). Istraživane stijene uzete s različitih dubina (41,4; 67,1–67,3; 93,2 metra) pokazuju istu raspodjelu elemenata rijetkih zemalja. Stijene su obogaćene 30 do 40 puta lakim elementima rijetkih zemalja (LREE) (Slika 8.10). Pokazuju slabu Ce i Eu negativnu anomaliju. Normalizirane koncentracije rijetkih zemalja se postupno snižavaju od lijeva na desno na dijagramu (8.10), i pokazuju tipičan varijacijski trend krivulje za kalcijsko-alkalijske seriju stijena.



**Slika 8.10:** Koncentracija elemenata rijetkih zemalja normalizirane na hondritni meteorit prema Nakamura (1974). Simboli su navedeni u tablici 7.2.

Koncentracije elemenata u tragovima izmjerene u uzorcima *u4*, *u8* i *u11* i normalizirane na dva referentna materijala: N-MORB prema Sun i McDonough (1989) i primitivni plašt prema Sun i McDonough (1989) pokazale su isti trend, tj. sva tri analizirana uzorka obogaćeni su elementima u tragovima u odnosu na referentne materijale, i to znatno više obogaćene mobilnim elementima nego imobilnim elementima. U odnosu na referentni primitivni plašt prisutna je i negativna Nb i Sr anomalija u analiziranim uzorcima, a u odnosu na N-MORB dodatno i Ba negativna anomalija. Koncentracija elemenata rijetkih zemalja normalizirana na hondritni meteorit prema Nakamura (1974), ukazala je kako istraživane stijene uzete s različitih dubina (41,4; 67,1–67,3; 93,2 metra) pokazuju istu raspodjelu elemenata rijetkih zemalja. Stijene su obogaćene 30 do 40 puta lakim elementima rijetkih zemalja (LREE) i pokazuju slabu Ce i Eu negativnu anomaliju i pokazuju tipičan varijacijski trend krivulje za kalcijsko-alkalijske seriju stijena.

Hall (1989) smatra da trahiandezitne stijene ne nastaju iz primarnih taljevina nego diferencijacijom iz primarne bazične magme. Međutim, prema Foley (1992; i drugi), postanak kalijem obogaćenih efuzivnih stijena objašnjava se i parcijalnim taljenjem metasomatski izmijenjenih flogopitnih ultramafita. Trahiandezitne (šošonitne) vulkanske stijene predstavljaju specifičnu i dosta rijetku vulkansku asocijaciju stijena unutar grupe andezitnih formacija prema Pamić i dr. (1993). Dok je većina stijena andezitne formacije vezana za orogene pojaseve, odnosno za konvergentne rubove ploča (subdukcijske zone), stijene trahiandezitne asocijacije se javljaju mnogo češće na kontinentima, uz riftnoekstenzijska područja prema Gill (1981), no koja mogu biti prostorno bliska i sa subdukcijskim zonama. Prema Jakesu i Whiteu (1972), među asocijacijama otočnih lukova dolazi, pored toleitne i kalcijsko-alkalijske, i šošonitna serija stijena u koju ulaze: "šošonitni bazalt" (absarskit) - "šošonitni andezit"(banakit) - "šošonitni dacit" (latit).

Budući da su kvarc, opal i kalcedon sekundarni minerali koji ispunjavaju vezikule, najvjerojatnije nastali postkonsolidacijskim privođenjem  $\text{SiO}_2$  (posebice *u11* koji ima normativnog kvarca 10), da su feldspati sericitizirani, a stijene intenzivno kalcitizirane, a za kalcit se ne zna koliko ga je nastalo izokemijskim procesima, a koliko alokemijskim procesima, a na osnovu sadržaja glavnih, sporednih, elemenata u tragovima i elemenata rijetkih zemalja, nisu dobiveni jednoznačni rezultati korištenjem klasifikacijskih i diskriminacijskih dijagrama nije se usudilo definirati geotektonski smještaj istraživanih efuzivnih stijena na osnovu tri geokemijski okarakterizirana uzorka. Na temelju položaja eruptiva u slijedu karbonatnih naslaga stratigrafski dokumentirane starosti istraživane stijene pripadale bi vulkanitima kojima je određena srednjoanizička pripadnost prema Šimunić (1992) preuzeto iz Halamić i Belak (2009).

## 9. ZAKLJUČAK

Na temelju makroskopskih i mikroskopskih opažanja 12 istraživanih uzoraka jezgre bušotine B3/17 u istražnom prostoru Lovno-3 kraj Lepoglave pripadaju andezitbazaltu (7 uzoraka), vulkanoklastičnoj breči (2 uzorka), izrazito kalcitiziranoj stijeni zbog čega je onemogućena determinacija (2 uzroka) i hijaloklastitu (1 uzorak). Stijene su izrazito trošne, maslinastozelene do sivozelene i smeđoljubičaste boje, mandulaste teksture, porfirne do glomeroporfirne strukture. Utrusci su kristali feldspata, dok utrusci piroksena nisu opaženi. Feldspati su u potpunosti sericitizirani, kalcitizirani i kloritizirani. U osnovi stijene opaženi su mikroliti feldspata. Osnova efuzivnih varijeteta je intersertalna (4 uzroka), vitroforna do intersertalna (3 uzorka), hipohijalina (2 uzroka), i hijalopilitska (1 uzorak). Izgrađuju je vulkansko staklo, klorit, sericit, kalcit. Uzorci *u5*, *u6*, *u9*, *u10*, *u11* i *u12* impregnirani su željeznim oksidom.

U istraživanim stijenama mikroskopskim pregledom utvrđeno je pukotine ispunjava kalcit, šupljine klorit i kalcit (*u1*, *u2*, *u3*, *u9*, *u12*), kriptokristalasti do mikroskristalasti kvarc (*u4*, *u11* i *u12*) i šupljine s kalcedonskim rubom, tj. sferuliti ispunjeni vlaknastim agregatom kvarca i feldspata (*u7* i *u8*). Na kontaktu osnove i kloritnog ruba mandule uzorka *u6* i *u11* iskristalizirao je kalcedon. Kod mandula *u2*, *u9*, kalcitne mandule s kloritnim rubom, javlja se i zrakasti agregat koji interferira u svojoj do narandžastoj boji I. i najvjerojatnije je filosilikat. Uzorak *u4* dodatno presijecaju pukotine ispunjene kalcitom i rubom od kvarca dok u *u10* se radi o sekundarnim žilama kalcita. Uzorak *u5* ne pripada ni jednom od prethodno opisanih varijeteta stijena, i determiniran je kao hijaloklastit.

XRD analiza cjelovite stijene pokazala je da je klorit zastupljen u svakom uzroku. Muskovit, kvarc i kalcit su prisutni u 11 uzoraka, dok *u7* je bez muskovita, *u1* je bez kvarca i bez kalcita u *u12*. Određeni minerali u pojedinim uzorcima su još: ortoklas (u *u2*, *u4*, *u5*, *u6*, *u7*, *u11*), albit (u *u1*, *u2*, *u3*, *u8*, *u9*, *u12*), dolomit (u *u3*, *u7*, *u8*, *u12*) i hematit (u *u6*, *u9*, *u10*, *u11*, *u12*). U uzorku *u2* su determinirani još gips i pirit.

XRD analizom potvrđen je mineralni sastav makroskopski opaženih mandula bijele boje (*u4*) kao kalcit, dok se muskovit i klorit javljaju na rubu mandule. Mineral crne boje koji ispunjava šupljine u istraživanim uzorcima potvrđen je kao klorit, dok se pojavljivanje hematita, muskovita, ortoklasa i kalcita povezuje s rubom mandule i rezultatima mikrofiziografskog opisa uzoraka. Prema rendgenogramu mineral sive boje koji ispunjava šupljine (*u7*) potvrđen

je kao agregat kvarca, feldspata i muskovita. Mineral crne boje koji ispunjava šupljine potvrđen je kao klorit.

Prema kemijskoj klasifikaciji za efuzivne stijene, u TAS – dijagramu Le Bas i dr. (1986) uzorci su raspoređeni kao fono-tefrit (*u4*), bazalni trahiandezit (*u8*), a uzorak *u11* projicira se na granicu fono-tefrita i bazalnog trahiandezita. Prema daljnjoj podijeli TAS – dijagrama prema Le Bas i dr. (1986) ovisno da li je  $\text{Na}_2\text{O} - 2,0$  veći/jednak ili manji od  $\text{K}_2\text{O}$  uzorci *u8* i *u11* klasificirani su kao šošoniti, dok *u4* i dalje ostaje u polju fono-tefrita. Prema Winchester i Floyd (1977) tri analizirana uzorka klasificiraju se kao andezit/bazalt (*u4*), andezit (*u11*) i andezit do andezit/bazalt (*u8*).

S obzirom da su analizirana samo 3 uzorka iz cijelog profila bušotine od 100,3 metra i da na temelju svih upotrebljenih diskriminacijskih dijagrama, koji se baziraju na odnosima elemenata u tragovima ili njihovim omjerima, rezultati nisu pokazali jednoznačnu pripadnost geotektonskom položaju istraživanih stijena, nije se moglo točno zaključiti o podrijetlu taljevine s obzirom na geotektonsku poziciju njenog nastanka.

Koncentracije elemenata u tragovima izmjerene u uzorcima *u4*, *u8* i *u11* i normalizirane na dva referentna materijala N-MORB i primitivni plašt, pokazala su da su sva tri analizirana uzorka obogaćena s elementima u tragovima u odnosu na spomenute referentne materijale. Prisustvo negativne Nb i Sr anomalije, u odnosu na N-MORB i negativne Ba u odnosu na primitivni plašt, u skladu je s posve izmijenjenim feldspatima istraživanih stijena. Uzorci su znatno više obogaćeni mobilnim elementima (Cs, Rb, Ba, Th, U, K) nego imobilnim elementima (Nd, Zr, Sm, Ti). Koncentracije Dy, Y, Yb, Lu pokazuju vrijednosti identične referentnom materijalu N-MORB, odnosno 7 do 10 puta veće vrijednosti u odnosu na primitivni plašt.

Iz rezultata makroskopskog i mikroskopskog opisa 12 istraživanih uzoraka vidljivo je kako mineralni sastav i petrografski sklop (tekstura i struktura) pokazuju različite strukturne varijetete i različit stupanj izmjene primarne mineralne parageneze i vulkanskog stakla osnove istraživanih stijena, u nekim uzorcima do neprepoznatljivosti iste. Sve navedeno upućuje na potrebu detaljne mikrofiziografske analize uz implementaciju i instrumentalnih metoda istraživanja, kao što su XRD i kemijska analiza pri istraživanju mineralnih sirovina. Rezultati istražnog bušenja nikako se ne smiju prejudicirati prema površinskim rezultatima istraživanja, već je neophodno detaljno dubinsko kartiranje. Zaključno: nužno bi bilo uzorkovanje na

kraćim intervalima bušotine, uz detaljno mineraloško-petrografsko ispitivanje svih različitih varijeteta uzoraka jezgre.

## 10. LITERATURA

*Objavljeni znanstveni radovi:*

Aničić, B. & Juriša, M. (1983): Tolmač za list Rogatec L33–68. Savezni geološki zavod, Beograd, 70 str.

Aničić, B. & Juriša, M. (1984): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Rogatec L33–68. Savezni geološki zavod, Beograd.

Babić, Lj. (1974): Jurassic – Cretaceous sequence of Mt. Ivanščica (northern Croatia). Bull. Sci. Cons. Acad. Yougosl., (A), 19/7–8, 180–181, Zagreb.

Babić, Lj. & Zupanič, J. (1973): Najmlađa jura i starija donja kreda u Ivanščici. Geol. vjesn., 26, 267–272, Zagreb

Brown, G. (1961): The x – ray identification and crystal structures of clay minerals. Mineralogical Society, London, 544 str.

Bischoff, W.D., Bishop, F.C. & Mackenzie, F.T. (1983): Biogenically produced magnesian calcite: inhomogenities in chemical and physical properties, comparison with synthetic phase. American Mineralogist, 68, 1183 – 1188.

Cox, K.G., Bell, J.D. & Pankhurst, R.J. (1979): The Interpretation of Igneous Rocks. Allen and Unwin, London, 450 str.

Foley, S. (1992): Petrological characterization of the source components of potassic magmas. Geochemical and experimental constraints. Lithos, 28, 187–204.

Gill, J. (1981): Orogenic andesites and plate tectonics. Minerals and Rocks, 16, Springer Verl., Berlin-Heidelberg-New York, 390 str.

Golub, Lj. & Brajdić, V. (1968): Bazalt kod Žutnice nedaleko Krapine (Hrv. Zagorje). Geol. vj., 21, 249–254, Zagreb.

Golub, Lj. & Brajdić, V. (1969): Piroklastične stijenje kod Donjeg Jesenja (Hrv. Zagorje). Geol. vjesnik, 22, 411–422, Zagreb.

Golub, Lj. & Brajdić, V. (1970): Eruptivi i prioklastiti iz područja Vudelja i potoka Bistice na sjevernim padinama Ivanščice (Hrvatsko Zagorje). Zbornik radova Rud. naft. fak. (30 god. rada, (1939-1969), 123–127, Zagreb.

Golub, Lj. & Vragović, M. (1960): Natrijski dijabaz i split kod Gotalovca u Hrvatskom Zagorju, *Acta geol.*, 2 (Prirod. Istraž. JAZU 29), 89–93, Zagreb.

Golub, Lj., Brajdić, V. & Šebečić, B. (1970): Eruptivne i piroklastične stijene Strahinšćice. *Geol. vjesnik*, 23, 205–217, Zagreb.

Gorjanović-Kramberger, D. (1904): Geologijska pregledna karta Kraljevine Hrvatske – Slavonije, list Krapina i Zlatar, 1:75,000, Zagreb.

Halamić, J. & Belak, M. (2009): Magmatske stijene (srednji – gornji trijas – T<sub>2,3</sub>). U: Velić, I. & Vlahović, I. (ur.) Tumač Geološke karte RH 1:300 000, 37–38.

Hall, R. (1989): *Igneous Petrology*. 2nd Ed., Longman Scientific & Technical, Singapore, 555 str.

Herak, M. & Malez, M. (1956): *Teutoporella herculea* (Stoppani) in the district of Golubovec, NW Croatia. *Bull. Sci. Cons. Acad. Yougosl.*, 2/4, 106–107, Zagreb.

ICDD (1996): Powder diffraction file PDF – Z. Seb 1 – 46. International Centre for Diffraction Data.

Irvine, T.M. & Baragar, W.R. (1971): A guide to the chemical classification of common volcanic rocks. *Can. J. Earth. Sci.*, 8, 523–548.

Jakes, P. & White, A.J.R. (1972): Major and trace element abundances in volcanic rocks of orogenic areas. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 83, 29–40.

Janousek, V., Farrow, M.C. & Erban, V. (2006): Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology*, 47/6, 1255–1259. doi: 10.1093/petrology/egl013

Kišpatić, M. (1909): Mlađe eruptivno kamenje u sjevero – zapadnom dielu Hrvatske. *Rad Jug. Akad.*, 177, 97–154, Zagreb.

Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. & Zanettin, B. (1986): A Chemical Classification of Volcanic-Rock Based on the Total Alkali Silica Diagram. *Journal of Petrology*, 27/3, 745–750.



- Le Maitre, R.W., Batema, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Wolley, A.R. & Zanettin, B. (1989): A classification of igneous rocks and glossary of terms: recommendations of the international union of geological sciences subcommission on the systematics of igneous rocks. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1–193.
- Lugović, B., Slovenec, D., Schuster, R., Schwartz, W.H. & Horvat, M. (2015): Petrology, geochemistry and tectono-magmatic affinity of gabbroic olistoliths from the ophiolite melangé in the NW Dinaric – Vardar ophiolite zone (Mts. Kalnik and Ivanščica, North Croatia). *Geologia Croatica*, 68/1, 25–49, Zagreb.
- Meschede, M. (1986): A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chemical Geology*, 56, 207–218.
- Nakamura, N. (1973): Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38, 757–775.
- Pearce, J.A. (1982): Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries.
- Pearce, J.A. & Cann, J.R. (1973): Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and Planetary Science Letters*, 19, 290–300.
- Pearce, J.A. & Norry, M.J. (1979): Petrogenetic implication of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 69, 33–47.
- Shervais, J.W. (1982): Ti – V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. *Earth and Planetary Science Letters*, 59, 101–118, Amsterdam.
- Streckeisen, A. (1973): Classification and Nomenclature of Plutonic Rocks. *Geologische Rundschau*, Bd., 68, 773–786.
- Streckeisen, A. (1976): To each plutonic rock its proper name. *Earth-Science Reviews*, 12, 1–33, Amsterdam.
- Sun, S.S., & McDonough W.F. (1989): Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: implications for mantle composition and processes. *Geological Society of London*, 42, 313–345, London.

Šimunić, Al. & Šimunić, An. (1979): Petrografski sastav i geneza trijaskih naslaga Ivanščice, Kalnika i Ravne gore (Hrvatsko zagorje). Geol. vjesnik, 32, 243–253, Zagreb.

Šimunić, An. (1986): Geološka građa okolice Lepoglave i osvrt na pojave mineralnih sirovina. Radovi Zavoda za znanstveni rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, 1, 19–32, Varaždin.

Šimunić, An. (1992): Geološki odnosi središnjeg dijela Hrvatskog zagorja – Disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1–190.

Šimunić, An., Pikija, M., Šimunić, Al., Šikić, L. & Milanović, M. (1976): Stratigrafsko – tektonski odnosi centralnog i istočnog dijela Ivanščice. 8. jug. geol. kongr. 2, 303–314, Ljubljana.

Šimunić, An., Šimunić, Al. & Milanović, M. (1979): Geološka građa Ivanščice i Ravne gore. Geol. vjesnik, 31, 157–174, Zagreb.

Šimunić, An., Pikija, M. & Hećimović, I. (1982): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Varaždin L 33–69. Savezni geološki zavod, Beograd.

Tajder, M. & Herak, M. (1972): Petrologija i geologija. Školska knjiga, 356 str., Zagreb.

Tibljaš, D. (1996): Zeoliti i drugi produkti alteracijskih procesa u oligocenskim i donjomiocenskim piroklastitima na širem području Macelja. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 167 str., Zagreb.

Tibljaš, D. & Šćavničar, S. (1988): Mineraloško istraživanje klinoptilolita, plagioklasa i seladonita iz tufa Donjeg Jesenja u Hrvatskom Zagorju. Geol. vjesnik, 41, 99–117, Zagreb.

Tibljaš, D., Loparić, V., Balen, D., Belak, M., Crnjaković, M. & Halamić, J. (2000): Geokemijske i mineraloške karakteristike miocenskih vulkanoklastita sjeverozapadne Hrvatske. Zbornik radova-Proceedings, Hrvatski geološki institut, 429–431, Zagreb.

Tučan, F. (1922): Starije eruptivno kamenje u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske. Glasnik Hrv. priir. društva, 34, 169–184, Zagreb.

Vrkljan, M. (1988): Eruptivne stijene iz Pake (Kalnik, sjeverozapadna Hrvatska). Geol. vjesnik, 41, 133–144, Zagreb.

Vrkljan, M. & Vragović, M. (1991): Spiliti iz gornjeg toka Glogovnice i Rakovog potoka (Kalnik, sjeverozapadna Hrvatska). *Geol. vjesnik*, 44, 181–193, Zagreb.

Vrkljan M., Aljinović, D. & Garašić, V. (2000): Kontaktne pojave u stijenama Kalničkog gorja (SZ Hrvatska). *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 12, 1–10, Zagreb.

Whitney, D.L. & Evans, B.W. (2010): Abbreviations for names of rock – forming minerals. *American Mineralogist*, 95, 185–187.

Winchester, J.A. & Floyd P.A. (1977): Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325–343.

Wood, D.A. (1980): The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth and Planetary Science Letters*, 50, 11–30.

*Neobjavljeni stručni radovi:*

Crnković, B. (1972): Elaborat o sirovinskoj bazi ležišta dolomita Očura - Lovno, RGN fakultet, Zagreb.

Crnogaj, S. & Kruk, B. (1995): Elaborat o rezervama tehničko - građevnog kamena ležišta dolomita "Očura – Lovno", Fond stručne dokumentacije 138/95, Institut za geol. istraživanja, Zagreb.

Crnogaj, S. (1996): Elaborat o rezervama tehničko - građevnog kamena dolomita Sipina - Hum, Fond stručne dokumentacije 126/96, Institut za geol. istraživanja, Zagreb.

Crnogaj, S. & Pencinger, V. (2000): Elaborat o rezervama tehničko - građevnog kamena u eksploatacijskom polju "Sipina - Hum", Fond stručne dokumentacije 007/01, Institut za geol. istraživanja, Zagreb.

Crnogaj, S., Pencinger, V. & Jurić, A. (2004): Elaborat o rezervama tehničko - građevnog kamena dolomita u eksploatacijskom polju "Očura - Lovno", prva obnova, Fond stručne dokumentacije 45/04, Institut za geol. istraživanja, Zagreb.

Crnogaj, S., Pencinger, V. & Jurić, A. (2005): Elaborat o rezervama tehničko - građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Sipina - Hum", prva obnova rezervi, Fond stručne dokumentacije 099/05, Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Crnogaj, S., Pencinger, V. & Jurić, A. (2007): Elaborat o rezervama tehničko - građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Sipina - Hum" i u istražnom prostoru "Hum 1", Fond stručne dokumentacije 040/07, Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Gizdavec, N., Pranjić, J., Hatlak, M. & Pranjić, F. (2017): Elaborat o rezervama tehničko- građevnog kamena u istražnom prostoru „Lovno 3“. Broj tehničkog dnevnika: 29, 1–17, Varaždin.

## 11. POPIS SLIKA U TEKSTU

<b>Slika 2.1:</b> Točna pozicija bušotine B3/17 u istražnom prostoru Lovno-3, Golubovečki kamenolomi d.o.o. na topografskoj podlozi 1:25 000 (DGU). .....	3
<b>Slika 4.1:</b> Područje istraživanja, kamenolom Očura, na isječku Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000 list Rogatec, s pripadajućom Slika legendom (Aničić i Juriša, 1984). .....	8
<b>Slika 5.1:</b> Dijagram za kemijsku klasifikaciju vulkanskih stijena na temelju ukupnog sadržaja SiO <sub>2</sub> (wt%) i alkalijskih oksida (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O (wt%)) tzv. TAS klasifikacijski dijagram prema Le Bas i dr. (1986). .....	16
<b>Slika 6.1:</b> Profil bušotine B3/17 preuzet iz elaborata Gizdavec i dr. (2017) s označenim mjestom tj. intervalom (ružičasta boja) dubine uzorkovanja i pripadajućom oznakom (zelena boja). .....	17
<b>Slika 6.2:</b> Kalcimetar (CM1 Calcimetar, Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju) .....	22
<b>Slika 7.1:</b> Fotografija jezgre uzorka u1 .....	23
<b>Slika 7.2:</b> Mikrofotografije uzorka u1. ....	24
<b>Slika 7.3:</b> Mikrofotografija vezikule uzorka u1. ....	24
<b>Slika 7.4:</b> Rendgenogram uzorka u1. ....	25
<b>Slika 7.5:</b> Fotografija jezgre uzorka u2 .....	26
<b>Slika 7.6:</b> Mikrofotografije uzorka u2. Alterirani fenokristali i kalcitna mandula .....	27
<b>Slika 7.7:</b> Rendgenogram uzorka u2. ....	27
<b>Slika 7.8:</b> Fotografija jezgre uzorka u3 .....	28
<b>Slika 7.9:</b> Mikrofotografije uzorka u3. Alterirani glomeroporfir i fenokristali u intersertalnoj osnovi. ....	29
<b>Slika 7.10:</b> Rendgenogram uzorka u3. ....	29
<b>Slika 7.11:</b> Fotografija jezgre uzorka u4 .....	30
<b>Slika 7.12:</b> Mikrofotografije uzorka u4. Mandula s kalcitnim rubom .....	30
<b>Slika 7.13:</b> Mikrofotografije mandula uzorka u4. Ispunjene madule .....	31
<b>Slika 7.14:</b> Mikrofotografije pukotine uzorka u4. ....	32
<b>Slika 7.15:</b> Rendgenogram uzorka u4. ....	32
<b>Slika 7.16:</b> Rendgenogram bijelih mandula uzorka u4. ....	33
<b>Slika 7.17:</b> Rendgenogram crnih mandula u uzorku u4. ....	34
<b>Slika 7.18:</b> Fotografija jezgre uzorka u5. ....	35
<b>Slika 7.19:</b> Mikrofotografije jezgre uzorka u5. Hijaloklastit (?) .....	36
<b>Slika 7.20:</b> Mikrofotografije uzorka u5. Fragment vulkanskog stakla .....	36
<b>Slika 7.21:</b> Rendgenogram uzorka u5. ....	37
<b>Slika 7.22:</b> Fotografija jezgre uzorka u6. ....	38
<b>Slika 7.23:</b> Mikrofotografije uzorka u6. Osnova stijene s kalcitnim mandulama i kalcedonskim rubom .....	39
<b>Slika 7.24:</b> Mikrofotografije glomeroporfira uzorka u6. ....	39
<b>Slika 7.25:</b> Rendgenogram uzorka u6. ....	40
<b>Slika 7.26:</b> Fotografija jezgre uzorka u7 .....	41
<b>Slika 7.27:</b> Mikrofotografije uzorka u7. Štapičasti fenokristal i sferulit s vlaknastim agregatom). ....	42
<b>Slika 7.28:</b> Mikrofotografije uzorka u7. Lijevo (N-), desno (N+). Fenokristal feldspata s vlaknastim agregatom kvarca i feldspata .....	42
<b>Slika 7.29:</b> Rendgenogram uzorka u7. ....	43
<b>Slika 7.30:</b> Rendgenogram sivih mandula uzorka u7. ....	44
<b>Slika 7.31:</b> Rendgenogram crnih mandula u uzorku u7. ....	45
<b>Slika 7.32:</b> Fotografija jezgre uzorka u8 (lijevo) .....	46
<b>Slika 7.33:</b> Mikrofotografije uzorka u8. Lijevo (N-), desno (N+). Kalcitna mandula .....	47
<b>Slika 7.34:</b> Mikrofotografije uzorka u8. Lijevo (N-), desno (N+). Alterirani fenokristal plagioklasa. ....	47
<b>Slika 7.35:</b> Rendgenogram uzorka u8. ....	48
<b>Slika 7.36:</b> Fotografija jezgre uzorka u9 (lijevo). ....	49
<b>Slika 7.37:</b> Mikrofotografije uzorka u9. ....	50
<b>Slika 7.38:</b> Mikrofotografije mandula uzorka u9. ....	50
<b>Slika 7.39:</b> Rendgenogram uzorka u9. ....	51
<b>Slika 7.40:</b> Fotografija jezgre uzorka u10 (lijevo i desno). ....	52
<b>Slika 7.41:</b> Mikrofotografije uzorka u10. Alterirani fenokristali feldspata i sekundarna žila kalcita .....	53
<b>Slika 7.42:</b> Rendgenogram uzorka u10. ....	53
<b>Slika 7.43:</b> Fotografija jezgre uzorka u11 .....	54
<b>Slika 7.44:</b> Mikrofotografija glomeroporfira uzorka u11. ....	55
<b>Slika 7.45:</b> Mikrofotografija mandule uzorka u11. ....	55
<b>Slika 7.46:</b> Rendgenogram uzorka u11. ....	56
<b>Slika 7.47:</b> Fotografija jezgre uzorka u12 .....	57

<b>Slika 7.48:</b> Mikrofotografija uzorka u12. Alterirani fenokristali feldspata u vitrofirnoj osnovi. ....	58
<b>Slika 7.49:</b> Mikrofotografija mandule uzorka u12. ....	58
<b>Slika 7.50:</b> Mikrofotografija mandule uzorka u12.. ....	58
<b>Slika 7.51:</b> Rendgenogram uzorka u12.). ....	59
<b>Slika 7.52:</b> TAS – klasifikacijski dijagram prema Le Bas i dr. (1986).....	61
<b>Slika 8.1:</b> Klasifikacijski dijagram Nb/Y - Zr/TiO <sub>2</sub> prema Winchester i Floyd (1977). ....	67
<b>Slika 8.2:</b> Klasifikacijski dijagram Zr – 3*Y – Ti/100 prema Pearce i Cann (1973).....	67
<b>Slika 8.3:</b> Klasifikacijski dijagram Zr – Zr/Y prema Pearce i Norry (1973). ....	68
<b>Slika 8.4:</b> Diskriminacijski dijagram Th – Hf – Ta prema Wood (1980) ....	68
<b>Slika 8.5:</b> Diskriminacijski dijagram Zr – Y – Nb prema Meschede (1986).. ....	69
<b>Slika 8.6:</b> Diskriminacijski dijagram Zr – Ti prema Pearce (1982).....	69
<b>Slika 8.7:</b> Diskriminacijski dijagram Ti/1000 – V prema Shervais (1982) ....	70
<b>Slika 8.8:</b> Normalizirani spider dijagram istraživanih uzoraka (u4, u8, u11) na N-MORB prema Sun i McDonough (1989).....	71
<b>Slika 8.9:</b> Normalizirani spider dijagram uzoraka na primitivni plašt prema Sun i McDonough (1989). ....	71
<b>Slika 8.10:</b> Koncentracija elemenata rijetkih zemalja normalizirane na hondritni meteorit prema Nakamura (1974).....	72

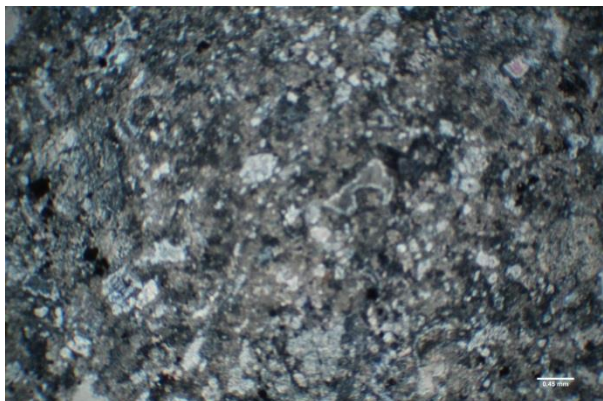
## 12. POPIS TABLICA U TEKSTU

<b>Tablica 5.1:</b> Terenska klasifikacija za magmatske stijene modificirana prema Tajder i Herak (1972). .....	13
<b>Tablica 5.2:</b> Daljnja podjela osjenčanih polja sa Slike 5.1 prema Le Bas (1986). .....	16
<b>Tablica 6.1:</b> Popis uzoraka s pripadajućim dubinama/intervalima uzorkovanja i primjenjenim metodama analize .....	18
<b>Tablica 7.1:</b> Koncentracija glavnih i sporednih elemenata tri različita varijeteta istraživanih stijena izražena u težinskim postocima u formi oksida. Sadržaj ugljika i sumpora (TOT/C, TOT/S), sadržaj kalcijevog karbonata, udio vode H <sub>2</sub> O- i CIPW normativni sastav. ....	60
<b>Tablica 7.2:</b> Koncentracija elementa u tragovima i elemenata rijetkih zemalja izraženih u ppm. ....	63

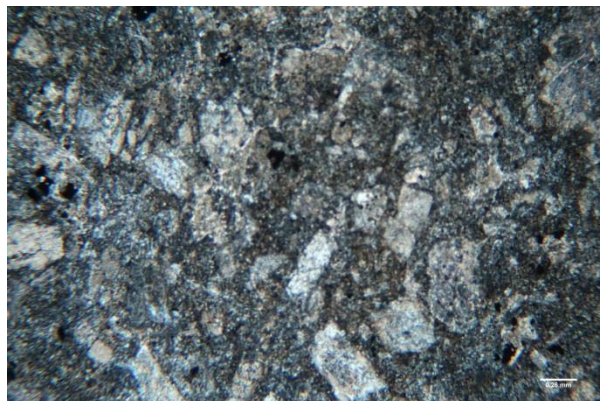
## 13. PRILOZI

### PRILOG 1

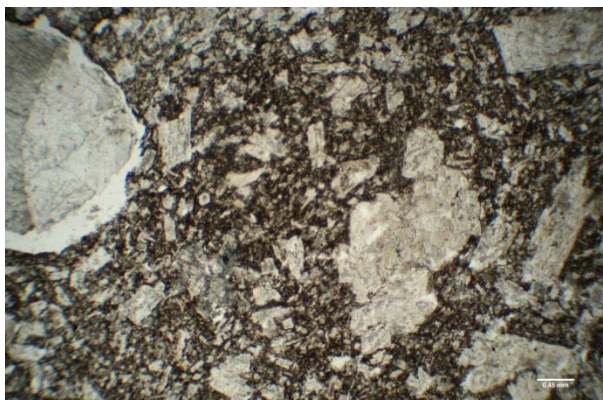
Mikroskopski izbrusci su dodatno fotografirani polarizacijskim mikroskopom Leica DMEP pomoću kamere Canon EOS 1300D objektivom 2,5x, 4x i 5x kako bi se prikazala tekstura i struktura istraživanih uzoraka jezgri:



u1 (11,0 – 11,1 m) N+, 2,5x



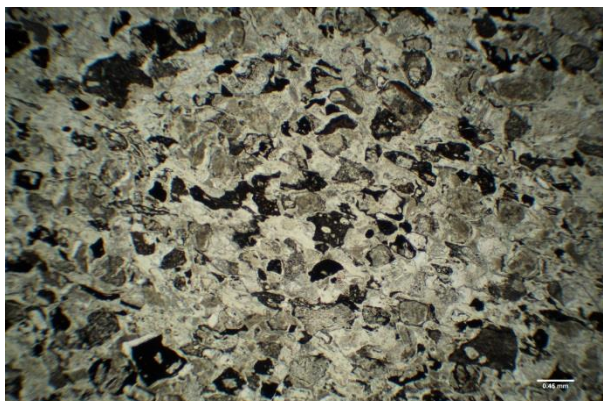
u2 (12,4 – 12,6 m) N+, 4x



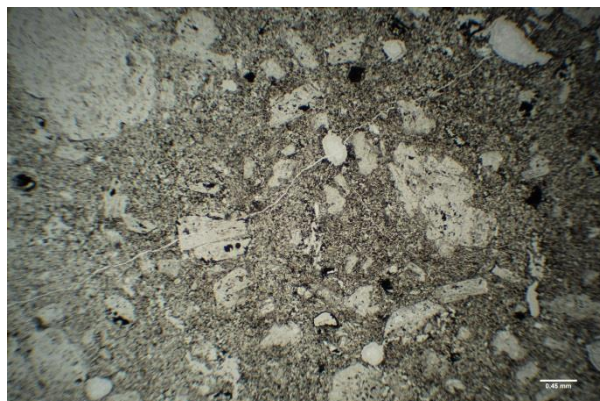
u3 (36,7 m) N-, 2,5x



u4 (41,4 m) N-, 2,5x

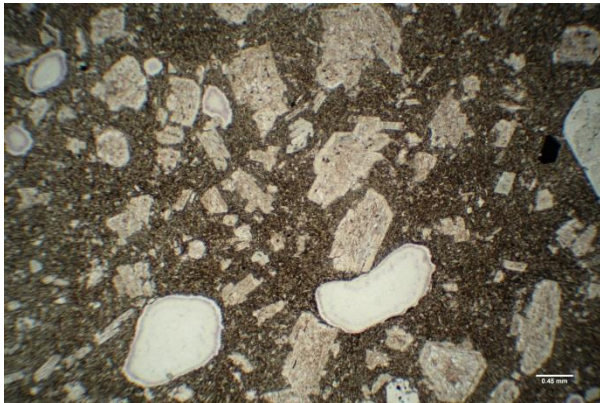


u5 (48,0 – 48,2 m) N-, 2,5x

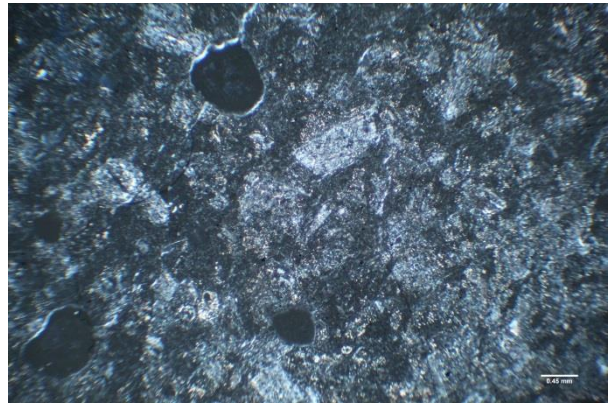


u6 (55,3 m) N-, 2,5x

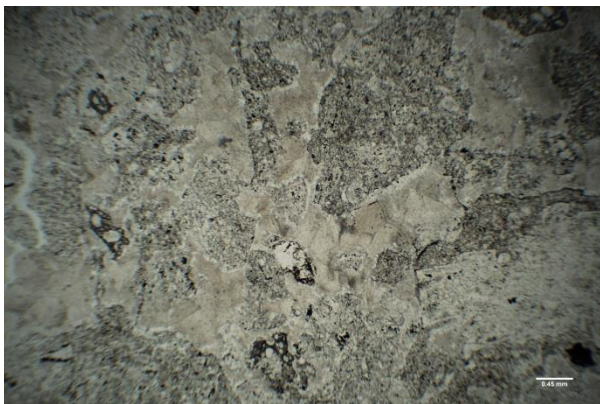




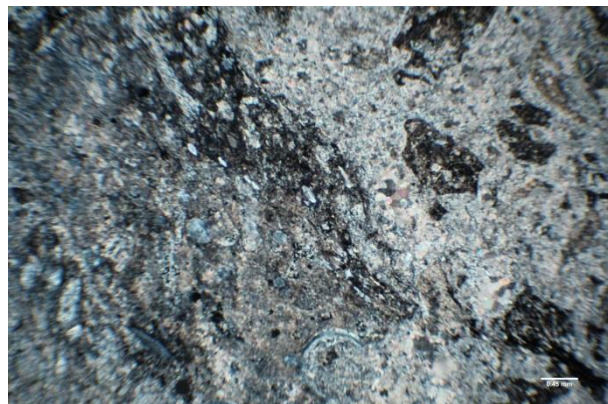
u7 (64,5 – 64,6 m) N-, 2,5x



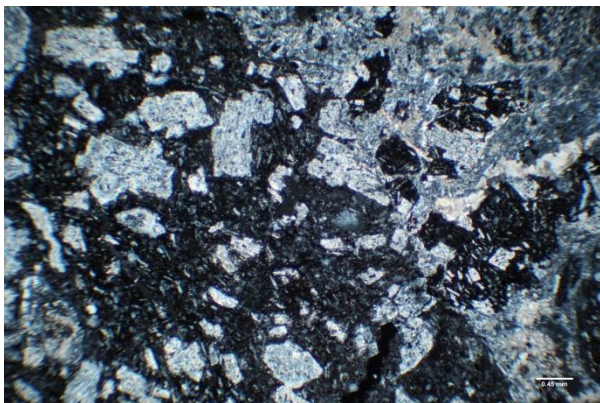
u8 (67,1 – 67,3 m) N+, 2,5x



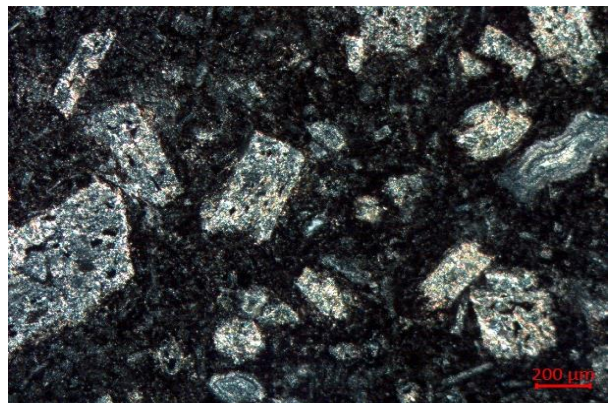
u9 (73,6 – 73,7 m) N-, 2,5x



u10 (80,7 – 80,8 m) N+, 2,5x



u11 (93,2 m) N+, 2,5x



u12 (99,8 – 100 m) N+, 5x

## PRILOG 2

Rendgenogramski podaci za uzorak u1 (11,0 – 11,1 m).

Kut [°2Th.]	d - međumrežni razmak [Å]	Relativi intenzitet [%]	mineral
8,88	9,9601	14	muskovit
12,54	7,0567	27	klorit
13,91	6,3657	16	albit
15,05	5,8888	9	albit
17,85	4,9699	10	muskovit
19,71	4,5034	13	muskovit
20,39	4,3556	1	klorit
20,87	4,2566	8	
22,09	4,0243	31	albit
23,11	3,8486	12	kalцит, Mg
23,60	3,7693	18	albit
24,31	3,6617	25	albit
25,28	3,5226	10	klorit
26,82	3,3242	10	klorit
27,79	3,2102	40	muskovit
27,97	3,1900	100	albit
28,25	3,1589	23	albit
29,17	3,0612	12	klorit
29,47	3,0309	88	kalцит, Mg
30,14	2,9649	15	albit
30,54	2,9271	14	albit
31,31	2,8570	5	muskovit
32,15	2,7842	4	muskovit
33,71	2,6589	3	klorit
34,51	2,5992	12	klorit
34,97	2,5661	12	muskovit; albit
36,09	2,4891	11	kalцит, Mg
36,63	2,4533	5	albit
37,45	2,4015	6	albit
37,79	2,3807	5	klorit
38,33	2,3483	3	klorit
39,54	2,2790	12	kalцит, Mg
41,99	2,1517	2	klorit
42,55	2,1246	6	albit
43,26	2,0916	9	kalцит, Mg
44,58	2,0328	14	Al
45,79	1,9816	4	muskovit
47,17	1,9268	5	kalцит, Mg
47,58	1,9113	9	kalцит, Mg
48,64	1,8721	12	kalцит, Mg
50,08	1,8213	4	albit
50,69	1,8010	2	albit

---

51,19	1,7846	3	albit
52,95	1,7294	2	muskovit
55,32	1,6608	3	muskovit
56,69	1,6238	2	kalcit, Mg
57,54	1,6019	5	muskovit
59.2900	1.55863	3	klorit
60.8100	1.52326	4	kalcit, Mg
61.6149	1.50404	7	muskovit

---

### PRILOG 3

Rendgenogramski podaci za za uzorak u2 (12,4 – 12,6 m).

Kut [°2Th.]	d - međumrežni razmak [Å]	Relativni intenzitet [%]	mineral
8,75	10,1043	10	muskovit
11,64	7,6047	15	gips
12,52	7,0684	17	klorit
19,69	4,5087	16	muskovit
20,91	4,2478	9	gips
22,07	4,0272	8	klorit; albit
23,09	3,8517	13	albit
23,55	3,7777	15	albit
24,32	3,6604	15	albit
25,16	3,5399	14	klorit; ortoklas
25,65	3,4725	12	ortoklas
26,64	3,3458	19	muskovit
26,85	3,3205	25	ortoklas
27,03	3,2988	17	muskovit
27,52	3,2408	22	ortoklas
27,97	3,1903	17	albit
28,31	3,1525	4	albit
28,54	3,1273	10	pirit
29,47	3,0305	100	kalcit, Mg
30,37	2,9432	4	albit
30,83	2,9004	5	muskovit
32,07	2,7907	6	gips
33,05	2,7108	16	pirit
34,54	2,5969	14	ortoklas
34,89	2,5716	16	muskovit
36,08	2,4896	8	kalcit, Mg
36,61	2,4546	5	gips
37,09	2,4238	15	ortoklas
37,55	2,3953	5	gips
37,83	2,3782	4	albit; ortoklas
39,48	2,2824	11	kalcit, Mg
40,81	2,2111	6	ortoklas
41,77	2,1626	4	muskovit
42,37	2,1333	5	albit
43,28	2,0905	7	gips;
44,55	2,0337	2	Al
45,55	1,9915	3	gips
46,21	1,9644	2	ortoklas
47,62	1,9096	12	pirit
48,65	1,8717	8	kalcit, Mg
50,72	1,8001	4	ortoklas
53,21	1,7214	3	albit
56,34	1,6330	9	muskovit

---

57,51	1,6026	5	gips
59,05	1,5644	2	ortoklas
60,81	1,5233	3	gips
61,64	1,5035	9	muskovit

---

## PRILOG 4

Rendgenogramski podaci za uzorak u3 (36,7 m).

Kut [°2Th.]	d - međumrežni razmak [Å]	Relativni intenzitet [%]	mineral
8,58	10,3079	4	muskovit
12,52	7,0683	7	klorit
19,70	4,5072	7	muskovit
20,90	4,2498	3	kvarc
22,06	4,0303	3	albit, Ca
23,15	3,8429	8	kalцит
24,38	3,6505	4	albit, Ca
25,26	3,5262	4	klorit
26,67	3,3427	19	kvarc
27,97	3,1903	8	albit, Ca
29,47	3,0311	100	kalцит
30,66	2,9163	8	klorit; dolomit; muskovit
30,94	2,8903	7	dolomit
31,58	2,8332	3	klorit
35,03	2,5617	7	muskovit
36,05	2,4912	11	klorit
38,43	2,3427	3	klorit
39,45	2,2841	11	kalцит;
43,27	2,0911	11	kalцит
44,63	2,0302	15	aluminijски nosač
47,60	1,9106	12	kalцит
48,58	1,8740	12	kalцит
50,46	1,8088	1	kvarc
56,53	1,6279	2	muskovit
57,51	1,6026	5	kalцит
60,82	1,5230	3	kalцит
61,59	1,5047	4	muskovit

## PRILOG 5

Rendgenogramski podaci za uzorak u4 (41,4 m).

Kut [°2Th.]	d - međumrežni razmak [Å]	Relativni intenzitet [%]	mineral
6,32	13,9906	32	klorit
8,89	9,9528	18	muskovit
12,58	7,0383	45	klorit
19,73	4,4988	26	muskovit
20,96	4,2384	19	kvarc
23,81	3,7379	8	ortoklas
24,43	3,6432	15	ortoklas
25,22	3,5318	27	klorit
26,72	3,3366	100	kvarc
27,58	3,2340	41	ortoklas
29,53	3,0248	62	kalcit, Mg
30,77	2,9063	55	dolomit
34,98	2,5653	26	ortoklas
36,66	2,4512	10	kvarc
37,62	2,3908	11	ortoklas
39,55	2,2788	9	kalcit, Mg
41,82	2,1603	13	ortoklas
43,28	2,0908	6	kalcit, Mg; dolomit
45,36	1,9994	4	muskovit
47,55	1,9124	4	kalcit, Mg
50,19	1,8179	11	kvarc
55,19	1,6643	5	klorit
60,08	1,5400	5	kvarc
61,56	1,5052	10	muskovit

## PRILOG 6

Rengenogramski podaci za bijele mandule u uzorku u4 (41,4 m).

Kut [°2Th.]	d - međumrežni razmak [Å]	Relativni intenzitet [%]	mineral
6,19	14,2756	3	klorit
8,85	9,9957	1	muskovit
12,45	7,1080	11	klorit
13,70	6,4637	1	
18,75	4,7321	2	klorit
19,75	4,4947	1	muskovit
20,92	4,2466	2	klorit
23,06	3,8578	6	kalcit, Mg
25,15	3,5410	5	klorit
25,72	3,4643	0	
26,58	3,3535	6	kvarc
27,52	3,2410	2	
29,45	3,0334	100	kalcit, Mg
30,65	2,9166	6	muskovit
31,49	2,8413	3	klorit
34,49	2,6003	1	klorit
34,92	2,5694	1	muskovit
35,97	2,4967	8	kalcit, Mg
36,58	2,4564	1	kvarc
37,56	2,3948	1	muskovit
39,49	2,2819	12	kalcit, Mg
40,85	2,2090	1	klorit
41,75	2,1634	0	muskovit
42,47	2,1283	1	kvarc
43,27	2,0912	9	muskovit
44,96	2,0162	0	klorit
47,18	1,9266	4	muskovit
47,64	1,9090	12	kalcit, Mg
48,53	1,8744	11	kalcit, Mg
50,12	1,8185	1	klorit
55,09	1,6656	0	klinoklor
56,70	1,6221	2	kalcit, Mg
57,53	1,6008	4	kalcit, Mg
59,55	1,5511	1	muskovit
59,80	1,5454	1	kvarc
60,73	1,5237	3	klorit
61,42	1,5083	3	kalcit, Mg
63,12	1,4718	1	kalcit, Mg



## PRILOG 7

Rendgenogramski podaci za crne mandule u uzorku u4 (41,4 m).

Kut [°2Th.]	d - međumrežni razmak [Å]	Relativni intenzitet [%]	mineral
6,23	14,1846	10	klorit
8,88	9,9574	38	muskovit
12,45	7,1112	61	klorit
17,72	5,0043	11	muskovit
18,80	4,7214	14	klorit
19,65	4,5180	83	muskovit
20,34	4,3669	33	muskovit
20,85	4,2605	23	kvarc
21,56	4,1215	19	klorit
24,49	3,6350	33	muskovit
25,11	3,5471	43	klorit
26,60	3,3514	100	kvarc
27,41	3,2538	26	ortoklas
29,47	3,0313	95	kalcit, Mg
30,71	2,9115	23	ortoklas
31,54	2,8367	7	kalcit, Mg
33,20	2,6985	19	hematit
33,60	2,6672	22	muskovit
34,79	2,5786	77	ortoklas
37,31	2,4101	28	muskovit
39,45	2,2840	12	kvarc
40,91	2,2060	14	hematit
41,75	2,1636	16	muskovit; ortoklas
43,25	2,0920	13	kalcit, Mg
45,64	1,9877	13	klorit
47,59	1,9109	5	kalcit, Mg
48,62	1,8728	7	kalcit, Mg
50,10	1,8209	6	kvarc
54,02	1,6976	9	hematit
55,18	1,6645	15	kvarc
59,87	1,5449	14	kvarc
61,50	1,5065	37	muskovit

## PRILOG 8

Rendgenogramski podaci za uzorak u5 (48,0 – 48,2 m).

Kut [°2Th.]	d - međumrežni razmak [Å]	Relativni intenzitet [%]	mineral
8,79	10,0547	9	muskovit
12,55	7,0557	17	klorit
18,85	4,7070	7	klorit
19,72	4,5019	12	muskovit
20,39	4,3550	8	muskovit
20,92	4,2462	20	ortoklas
23,13	3,8460	4	muskovit
24,31	3,6611	4	ortoklas
25,19	3,5359	8	klorit
25,53	3,4887	6	ortoklas
26,68	3,3415	91	kvarc
29,48	3,0296	100	kalцит
30,80	2,9027	6	muskovit
33,21	2,6981	6	hematit
34,52	2,5986	11	ortoklas
34,90	2,5712	12	muskovit
35,68	2,5168	6	ortoklas
36,11	2,4874	8	kalцит
36,58	2,4565	10	kvarc
37,70	2,3863	4	muskovit
39,53	2,2800	12	kalцит
40,34	2,2359	4	klorit
40,80	2,2117	3	ortoklas
41,00	2,2014	3	ortoklas
41,92	2,1552	2	muskovit
42,52	2,1262	5	kvarc
43,29	2,0902	6	ortoklas
45,79	1,9815	4	klorit
47,26	1,9234	2	kalцит
47,61	1,9099	9	kalцит
48,61	1,8729	7	klorit
50,16	1,8188	8	ortoklas
54,09	1,6954	3	hematit
54,95	1,6710	3	muskovit
55,51	1,6556	3	kvarc
56,63	1,6254	3	kalцит
57,57	1,6009	4	kalцит
60,06	1,5404	3	ortoklas
61,53	1,5059	5	klorit

## PRILOG 9

Rendgenogramski podaci za uzorak u6 (55,3 m).

Kut [°2Th.]	d - međumrežni razmak [Å]	Relativni intenzitet [%]	mineral
6,26	14,1280	8	klorit
8,91	9,9288	9	muskovit
12,52	7,0691	20	klorit
18,80	4,7202	6	klorit
19,72	4,5019	7	muskovit
20,22	4,3921	5	klorit
20,42	4,3492	3	klorit
20,93	4,2449	3	klorit
23,12	3,8465	4	klorit
24,45	3,6402	2	muskovit; ortoklas
25,13	3,5436	12	ortoklas
26,67	3,3428	17	kvarc
26,91	3,3127	11	ortoklas
27,57	3,2357	4	ortoklas
29,48	3,0296	100	kalcit, Mg
30,75	2,9073	7	ortoklas
31,58	2,8329	2	kalcit, Mg
33,17	2,7011	3	
34,52	2,5982	5	muskovit
34,95	2,5671	6	ortoklas
35,64	2,5192	3	ortoklas
36,08	2,4895	5	kalcit, Mg
36,66	2,4514	1	muskovit
37,68	2,3873	2	ortoklas
39,50	2,2813	8	kalcit, Mg
40,98	2,2024	2	ortoklas;
41,82	2,1601	2	
43,27	2,0912	7	kalcit, Mg
45,59	1,9899	2	klorit
47,18	1,9264	3	ortoklas
47,62	1,9096	8	kalcit, Mg
48,61	1,8730	6	kalcit, Mg
50,18	1,8181	1	ortoklas
54,06	1,6963	2	ortoklas
55,29	1,6615	2	kvarc
56,41	1,6312	1	ortoklas
57,54	1,6018	2	ortoklas
60,03	1,5412	1	muskovit
60,77	1,5242	2	kalcit, Mg
61,60	1,5043	3	kalcit, Mg

## PRILOG 10

Rendgenogramski podaci za uzorak u7 (64,5 – 64,6 m).

Kut [°2Th.]	d - međumrežni razmak [Å]	Relativni intenzitet [%]	mineral
6,23	14,1772	15	klorit
12,51	7,0779	53	klorit
18,80	4,7207	11	klorit
20,88	4,2549	22	kvarc
23,09	3,8514	7	kaolinit
24,89	3,5780	19	kaolinit
25,11	3,5464	29	klorit
26,65	3,3450	100	kvarc
29,43	3,0354	84	kalcit, Mg
30,73	2,9098	100	dolomit
34,68	2,5867	6	klorit
35,25	2,5460	8	kaolinit
36,05	2,4917	8	kaolinit
36,63	2,4532	7	kvarc
37,21	2,4162	12	dolomit
37,74	2,3837	7	klorit
38,43	2,3427	5	klorit
39,50	2,2813	16	kalcit, Mg
39,85	2,2622	5	klorit
40,31	2,2375	5	kvarc
40,92	2,2053	7	klorit
42,47	2,1285	5	kvarc
43,24	2,0922	8	kalcit, Mg
44,58	2,0326	13	alumijski nosač
45,19	2,0065	6	klorit
45,77	1,9824	3	klorit
47,17	1,9268	2	kalcit, Mg
47,62	1,9097	7	kalcit, Mg
48,58	1,8740	9	kalcit, Mg
50,15	1,8191	13	kvarc
50,61	1,8036	11	dolomit
50,74	1,7995	13	dolomit
55,11	1,6667	3	klorit
56,65	1,6248	2	kalcit, Mg
57,53	1,6020	2	kalcit, Mg
58,89	1,5683	3	dolomit
59,96	1,5427	12	dolomit
60,85	1,5224	2	kalcit, Mg
61,53	1,5059	3	kalcit, Mg

## PRILOG 11

Rendgenogramski podaci za sive mandule u uzorku u7 (64,5 – 64,6 m).

Kut [°2Th.]	d - međumrežni razmak [Å]	Relativni intenzitet [%]	mineral
6,16	14,3512	6	klorit
8,87	9,9717	3	muskovit
12,41	7,1301	22	klorit
18,60	4,7713	13	klorit
18,77	4,7279	11	klorit
19,70	4,5068	10	muskovit
20,87	4,2570	21	kvarc
23,50	3,7865	5	albit
24,27	3,6679	7	albit
25,08	3,5504	23	klorit
26,65	3,3446	100	kvarc
27,97	3,1904	7	muskovit
28,52	3,1299	2	albit
29,42	3,0356	13	kalцит
30,68	2,9138	5	albit
31,37	2,8514	4	klorit
34,61	2,5917	12	klorit
35,21	2,5487	10	klorit
36,60	2,4553	13	kvarc
37,60	2,3925	7	klorit
39,50	2,2812	10	kalцит
40,29	2,2386	4	kvarc
42,50	2,1270	5	kvarc
45,84	1,9794	4	kvarc
48,33	1,8832	2	kalцит
50,15	1,8189	12	kvarc
54,85	1,6738	5	kvarc
58,92	1,5676	3	klorit
59,96	1,5428	14	kvarc
61,57	1,5050	6	muskovit

## PRILOG 12

Rendgenogramski podaci za crne mandule u uzorku u7 (64,5 – 64,6 m).

Kut [°2Th.]	d - međumrežni razmak [Å]	Relativni intenzitet [%]	mineral
6,14	14,4061	68	klorit
6,25	14,1501	47	klorit
8,84	10,0082	1	muskovit
12,33	7,1774	100	klorit
18,58	4,7763	50	klorit
19,24	4,6140	8	klorit
22,98	3,8698	1	klorit
24,83	3,5853	54	klorit
26,62	3,3493	3	kvarc
27,00	3,3027	2	klorit
29,43	3,0355	2	kalцит
30,68	2,9143	4	muskovit
31,19	2,8680	13	dolomit
34,66	2,5879	4	muskovit
36,70	2,4488	5	klorit
37,58	2,3935	3	klorit
39,72	2,2693	1	muskovit
44,23	2,0476	4	muskovit; klorit
45,51	1,9933	2	muskovit
48,91	1,8624	0	kalцит
50,74	1,7994	1	dolomit
60,04	1,5409	5	muskovit; klorit; dolomit
61,51	1,5064	2	kalцит

## PRILOG 13

Rendgenogramski podaci za uzorak u8 (67,1 – 67,3 m).

Kut [°2Th.]	d - međumrežni razmak [Å]	Relativni intenzitet [%]	mineral
6,17	14,3236	5	klorit
8,59	10,2930	5	muskovit
12,48	7,0955	12	klorit
19,74	4,4974	12	muskovit
20,34	4,3653	10	muskovit
20,94	4,2431	7	ortoklas
23,49	3,7881	6	albit
24,00	3,7087	12	dolomit
24,36	3,6536	12	muskovit
25,16	3,5395	6	klorit
26,67	3,3422	27	kvarc
26,88	3,3173	18	ortoklas
27,13	3,2870	11	ortoklas
27,56	3,2367	11	ortoklas
27,68	3,2231	13	ortoklas
27,99	3,1884	16	albit
28,97	3,0822	5	muskovit
29,21	3,0574	5	muskovit
29,49	3,0285	12	muskovit
29,85	2,9932	10	ortoklas
30,74	2,9087	100	dolomit
33,36	2,6856	2	muskovit
34,82	2,5766	14	ortoklas; muskovit; klorit; albit
35,96	2,4975	3	albit
36,66	2,4514	3	muskovit;
37,25	2,4138	9	dolomit
38,46	2,3405	4	ortoklas
40,96	2,2037	14	dolomit
44,59	2,0321	44	aluminijsi nosač
50,12	1,8203	10	kvarc
50,73	1,7995	11	dolomit
59,93	1,5435	3	klorit
61,72	1,5018	5	muskovit

**PRILOG 14**

Rengenogramski podaci za uzorak u9 (73,6 – 73,7 m).

Kut [°2Th.]	d - međumrežni razmak [Å]	Relativni intenzitet [%]	mineral
6,30	14,0272	7	klorit
8,98	9,8489	37	muskovit
12,57	7,0395	25	klorit
17,92	4,9496	12	muskovit
18,88	4,7001	6	klorit
19,74	4,4978	5	muskovit
20,94	4,2415	4	kvarc
23,17	3,8388	5	albit
24,35	3,6554	5	albit
25,20	3,5346	14	klorit
26,72	3,3365	28	kvarc
26,96	3,3073	25	muskovit
27,96	3,1912	1	muskovit; albit
29,53	3,0252	100	kalцит
31,61	2,8307	4	kalцит
33,23	2,6959	2	hematit
34,63	2,5905	5	muskovit
34,96	2,5663	5	klorit
35,62	2,5205	2	albit
35,74	2,5124	2	muskovit
36,13	2,4863	7	kalцит
36,61	2,4546	3	kvarc
37,72	2,3847	2	muskovit
39,54	2,2794	11	kalцит
42,39	2,1323	2	kvarc
43,30	2,0897	10	kalцит
45,61	1,9889	6	muskovit
47,23	1,9245	2	albit
47,45	1,9161	3	kalцит
47,65	1,9084	9	kalцит
48,65	1,8716	11	kalцит
50,23	1,8162	2	klorit
54,07	1,6960	1	hematit
55,52	1,6553	1	kvarc
56,73	1,6227	2	kalцит
57,55	1,6016	4	kalцит
60,04	1,5409	2	muskovit
60,83	1,5228	2	muskovit
61,62	1,5038	3	kalцит



## PRILOG 15

Rendgenogramski podaci za uzorak u10 (80,7 – 80,8 m).

Kut [°2Th.]	d - međumrežni razmak [Å]	Relativni intenzitet [%]	mineral
6,26	14,1168	13	klorit
8,92	9,9178	35	muskovit
12,50	7,0842	17	klorit
17,85	4,9695	9	muskovit
18,75	4,7327	4	klorit
19,69	4,5097	10	muskovit
20,88	4,2551	10	kvarc
23,10	3,8497	7	kalцит, Mg
24,42	3,6454	6	klorit; muskovit
25,12	3,5446	11	klorit
26,65	3,3453	37	kvarc
26,91	3,3131	22	muskovit
29,47	3,0313	100	kalцит, Mg
30,71	2,9114	3	muskovit
31,47	2,8428	2	kalцит, Mg
33,16	2,7013	6	hematit
33,49	2,6758	3	muskovit
34,61	2,5918	11	klorit
34,95	2,5670	10	klorit
35,67	2,5171	5	hematit
36,07	2,4901	11	kalцит, Mg
36,55	2,4585	3	muskovit
37,71	2,3854	4	muskovit
38,39	2,3446	6	muskovit
39,50	2,2813	13	kalцит, Mg
39,91	2,2589	4	klorit
40,89	2,2070	2	hematit
42,03	2,1498	3	muskovit
42,47	2,1285	4	kvarc
43,26	2,0914	11	kalцит, Mg
44,57	2,0329	37	klorit
45,60	1,9893	8	muskovit
47,27	1,9230	3	kalцит, Mg
47,68	1,9075	11	kalцит, Mg
48,63	1,8723	11	kalцит, Mg
49,43	1,8439	1	hematit
50,15	1,8190	4	muskovit
54,10	1,6954	3	hematit
55,22	1,6635	3	kvarc
55,93	1,6440	3	muskovit
56,73	1,6227	1	kalцит, Mg
57,49	1,6030	4	kalцит, Mg
60,04	1,5411	2	muskovit

---

60,81	1,5232	3	kalcit, Mg
61,55	1,5054	6	kalcit, Mg

---

**PRILOG 16**

Rendgenogramski podaci za uzorak u11 (93,2 m).

Kut [°2Th.]	d - međumrežni razmak [Å]	Relativni intenzitet [%]	mineral
6,31	13,9967	16	klorit
8,99	9,8367	61	muskovit
12,59	7,0336	50	klorit
17,95	4,9429	15	muskovit
18,87	4,7018	13	klorit
19,77	4,4908	26	muskovit
20,43	4,3470	13	muskovit
20,96	4,2390	17	kvarc
23,56	3,7756	14	ortoklas
24,44	3,6427	12	hematit
25,21	3,5326	34	klorit
26,73	3,3351	100	kvarc
26,97	3,3056	59	muskovit
27,58	3,2346	17	ortoklas
29,20	3,0582	13	kalcit, Mg
29,94	2,9846	12	muskovit
30,98	2,8864	24	ortoklas
31,64	2,8279	6	klorit
33,23	2,6965	15	hematit
34,65	2,5889	28	muskovit
34,97	2,5657	25	ortoklas
35,74	2,5121	15	hematit
36,68	2,4501	9	kvarc
37,74	2,3839	11	ortoklas
39,55	2,2787	5	kalcit, Mg
39,95	2,2568	3	klinoklor
40,09	2,2492	7	ortoklas
41,09	2,1965	7	hematit
42,45	2,1293	6	kvarc
45,05	2,0124	5	ortoklas
45,66	1,9870	22	muskovit
49,56	1,8394	5	hematit
50,22	1,8166	11	kvarc
54,14	1,6940	8	hematit
55,22	1,6634	6	kvarc
55,95	1,6435	5	muskovit
58,33	1,5820	1	kalcit, Mg
60,13	1,5388	6	ortoklas
61,64	1,5034	12	muskovit
62,53	1,4854	8	klorit

## PRILOG 17

Rendgenogramski podaci za uzorak u12 (99,8 – 100 m).

Kut [°2Th.]	d - međumrežni razmak [Å]	Relativni intenzitet [%]	mineral
6,24	14,1562	6	klorit
8,90	9,9406	10	muskovit
12,50	7,0792	21	klorit
17,85	4,9707	4	muskovit
18,77	4,7286	6	klorit
19,68	4,5119	7	klorit
20,87	4,2557	21	kvarc
24,37	3,6530	5	albit
24,95	3,5696	8	
25,11	3,5467	14	klorit
26,65	3,3454	100	kvarc
29,11	3,0674	3	klorit
30,93	2,8915	7	dolomit
31,54	2,8369	3	klorit
33,19	2,6990	3	hematit
34,57	2,5947	6	klorit
34,88	2,5723	6	muskovit
36,55	2,4586	8	kvarc
37,62	2,3911	3	albit
39,46	2,2839	5	kvarc
40,31	2,2376	3	kvarc
41,06	2,1982	2	dolomit
42,44	2,1298	5	kvarc
44,59	2,0321	3	aluminijski nosač
45,72	1,9847	3	kvarc
48,01	1,8951	1	muskovit
48,37	1,8818	1	albit
50,13	1,8197	10	kvarc
51,03	1,7898	2	dolomit
54,09	1,6955	2	hematit
54,85	1,6737	4	kvarc
55,29	1,6615	3	kvarc
56,03	1,6413	1	klorit
58,99	1,5659	1	dolomit
59,95	1,5431	8	kvarc
61,58	1,5048	4	muskovit