

Petrografske karakteristike bazičnih magmatskih stijena lokaliteta Zuberi, Banovina

Blatančić, Matteo

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:104659>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-30**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Preddiplomski studij Geološkog inženjerstva

**PETROGRAFSKE KARAKTERISTIKE BAZIČNIH MAGMATSKIH STIJENA
LOKALITETA ZUBERI, BANOVINA**

Završni rad

Matteo Blatančić

GI 2090

Zagreb, 2020.

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

**PETROGRAFSKE KARAKTERISTIKE BAZIČNIH MAGMATSKIH STIJENA
LOKALITETA ZUBERI, BANOVINA**

MATTEO BLATANČIĆ

Završni rad je izrađen: u Zavodu za geologiju Hrvatskog geološkog instituta u Zagrebu, u okviru Preddiplomskog studija Geološkog inženjerstva Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Sažetak

Uz potok Stupnica na lokalitetu Zuberi, u području Banovine, nalazi se izdanak bazičnih magmatskih stijena. Istraživanje je obuhvatilo šest uzoraka na kojima je načinjena detaljna mineraloško-petrografska analiza. Primarni mineralni sastojci u stijenama su plagioklas i klinopiroksen. Akcesorno se pojavljuju ilmenit ± magnetit. Sekundarni minerali su albit, aktinolit, kloriti, kalcit, minerali glina, kvarc, mineral iz grupe zeolita, hematit ± magnetit. Istraživane stijene su porfirne, glomeroporfirne i afirne strukture. Tekstura svih uzoraka je mandulasta. U svim uzorcima fenokristali su izmijenjeni plagioklasi, dok se u potpunosti uralitizirani i kloritizirani klinopiroksen javlja u vidu porfira u tri uzorka. Osnova stijene je izgrađena od mikrolita plagioklasa, između kojih se nalaze uralitizirani, kloritizirani, kalcitizirani i u minerale glina izmijenjeni klinopiroksen, i opaki minerali. Mandule su kalcitne, kvarcne i/ili kloritne. Uzorke presijecaju žile klorita i/ili kalcita, te zeolita i albita. Jedan uzorak je sitnozrnatiji i impregniran željezovitom tvari. Uzorci su determinirani kao izmijenjeni bazalti.

Ključne riječi: izmijenjeni bazalt, ofiolitno-sedimentni kompleks, Zuberi, Banovina, Hrvatska

Završni rad sadrži: 57 stranica, 2 tablice, 19 slika i 39 referenci.

Jezik izvornika: hrvatski

Završni rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta

Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: nasl. doc. dr. sc. Marija Horvat, Hrvatski geološki institut

Ocjenjivači: nasl. doc. dr. sc. Marija Horvat, Hrvatski geološki institut,

izv. prof. dr. sc. Vesnica Garašić, Rudarsko-geološko-naftni fakultet,

Sveučilište u Zagrebu

izv. prof. dr. sc. Elvir Babajić, Rudarsko Geološko Građevinski Fakultet,

Univerzitet u Tuzli

Datum obrane: 23.09.2020., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

ZAHVALE

Najveća zahvalnost ide mojoj mentorici nasl. doc. dr. sc. Mariji Horvat na zadanoj temi, velikoj pomoći i strpljenju prilikom izrade završnog rada.

Zahvaljujem se izv. prof. dr. sc. Vesnici Garašić i izv. prof. dr. sc. Elviru Babajiću na izdvojenom vremenu za čitanje teksta završnog rada i korisnim sugestijama kako bi ovaj završni rad bio što kvalitetniji.

Također se zahvaljujem i svim zaposlenicima Hrvatskog geološkog instituta koji su moj boravak u Institutu učinili ugodnim, posebno se zahvaljujem dipl. ing. prometa Josipu Barbači i dipl. ing. geologije Pavlu Feriću koji su pomogli u izradi priloga isječka geološke karte i isječka topografske karte.

Veliko HVALA svima!

SADRŽAJ

1	UVOD	6
2	GEOGRAFSKI POLOŽAJ I GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA	7
3	PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	11
4	TEORIJA	14
4.1	Uvod o magmatskim stijenama.....	14
4.2	Strukture i teksture magmatskih stijena.....	15
5	METODE ISTRAŽIVANJA	18
5.1	Terenski rad.....	18
5.2	Makroskopski opis.....	20
5.2.1	Krupnozmatiji uzorci.....	20
5.2.2	Sitnozrnati uzorak	26
5.3	Mikroskopski opis.....	27
5.3.1	Krupnozmatiji uzorci.....	27
5.3.2	Sitnozrnati uzorak	44
6	DISKUSIJA	48
7	ZAKLJUČAK	52
8	POPIS LITERATURE	54

Popis slika:

Slika 2-1. Geografski položaj lokaliteta Zuberi.....	7
Slika 2-2. Isječak Geološke karte Republike Hrvatske M 1:300.000 (Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, 2009).....	8
Slika 5-1. Uzorkovanje na lokalitetu Zuberi (Banovina).....	18
Slika 5-2. Detalj s mjesta uzorkovanja na lokalitetu Zuberi (Banovina).....	19
Slika 5-3. Uzorak MVIM 21A.....	21
Slika 5-4. Uzorak MVIM 21A2.....	22
Slika 5-5. Uzorak MVIM 21C.....	23
Slika 5-6. Uzorak MVIM 21D.....	24
Slika 5-7. Uzorak MVIM 21E.....	25
Slika 5-8. Uzorak MVIM 21B2.....	26
Slika 5-9. Mikrofotografije uzorka MVIM 21A.....	30
Slika 5-10. Mikrofotografije uzorka MIVIM 21A.....	31
Slika 5-11. Mikrofotografije uzorka MVIM 21A2.....	34
Slika 5-12. Mikrofotografije uzorka MVIM 21C.....	37
Slika 5-13. Mikrofotografije uzorka MVIM 21D.....	40
Slika 5-14. Mikrofotografije uzorka MVIM 21E.....	43
Slika 5-15. Mikrofotografije uzorka MVIM 21B2.....	46
Slika 5-16. Mikrofotografija uzoraka MVIM 21B2.....	47
Slika 7-1. Shematski prikaz strukture neporemećene oceanske kore.....	53

Popis tablica:

<i>Tablica 4-1.</i> Terenska klasifikacija za magmatske stijene modificirana prema Tajder i Herak (1972).....	15
<i>Tablica 6-1.</i> Klasifikacija i nomenklatura stijena lokaliteta Zuberi na temelju kvantitativnog udjela primarnih minerala.....	48

1 UVOD

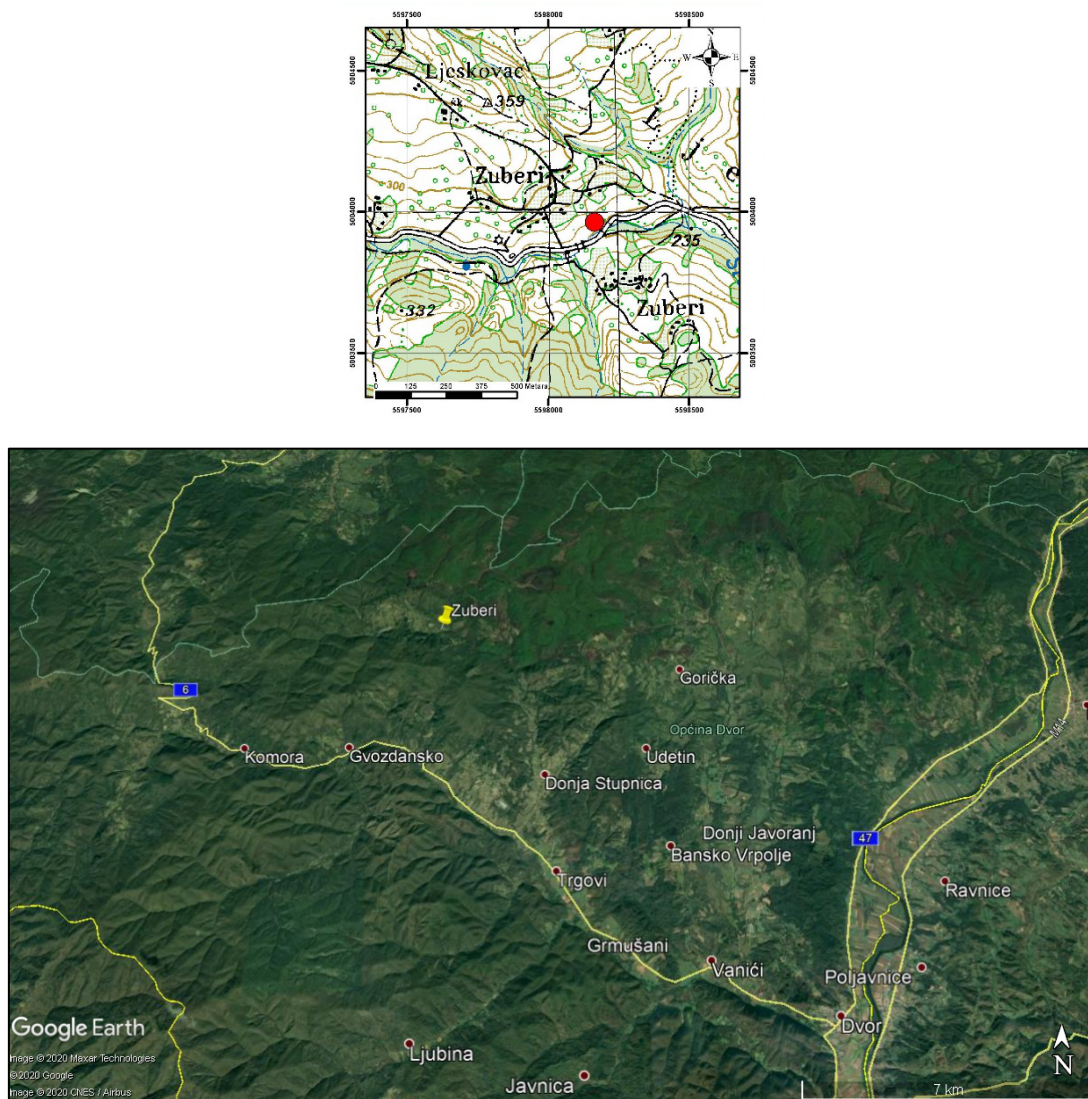
Predmet istraživanja u ovom završnom radu je pojava bazičnih magmatskih stijena u blizini sela Zuberi na Banovini (Gauss-Krügerova projekcija 5. zona (GK5) 5598189,94955 i 5003970,8295; Svjetski geodetski sustav (WGS) 45,173282 i 16,244478; odnosno u Hrvatskom terestričkom referentnom sustavu (HTRS) 479915,727665 i 5003733,15118). Uz prikaz geografskog položaja i dosadašnjih geoloških spoznaja o stijenama ofiolitne sekvencije u području Banovine, predmet ovog rada bila je detaljna mineraloško-petrografska analiza šest uzoraka. Pomoću polarizacijskog mikroskopa određeni su minerali primarne parageneze (glavni i akcesorni minerali) i sekundarni minerali nastali alteracijskim procesima primarnih minerala, te dodatno su utvrđene strukture istraživanih stijena. Na makroskopskim uzorcima su definirane teksture stijena. Cilj ovog rada je na temelju određenog mineralnog sastava, struktura i tekstura izvršiti determinaciju istraživanih stijena, te opisati alteracijske procese u njima.

Uzorkovanje je obavljeno u studenom 2019. godine u okviru projekta Interreg – IPA CBC „Transnational advanced management of land use risk through landslide susceptibility maps design“ (safEarth) koji se provodio u Zavodu za hidrogeologiju i inženjersku geologiju Hrvatskog geološkog instituta.

Završni rad izrađen je u Zavodu za geologiju Hrvatskog geološkog instituta u Zagrebu, u okviru Preddiplomskog studija Geološkog inženjerstva Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

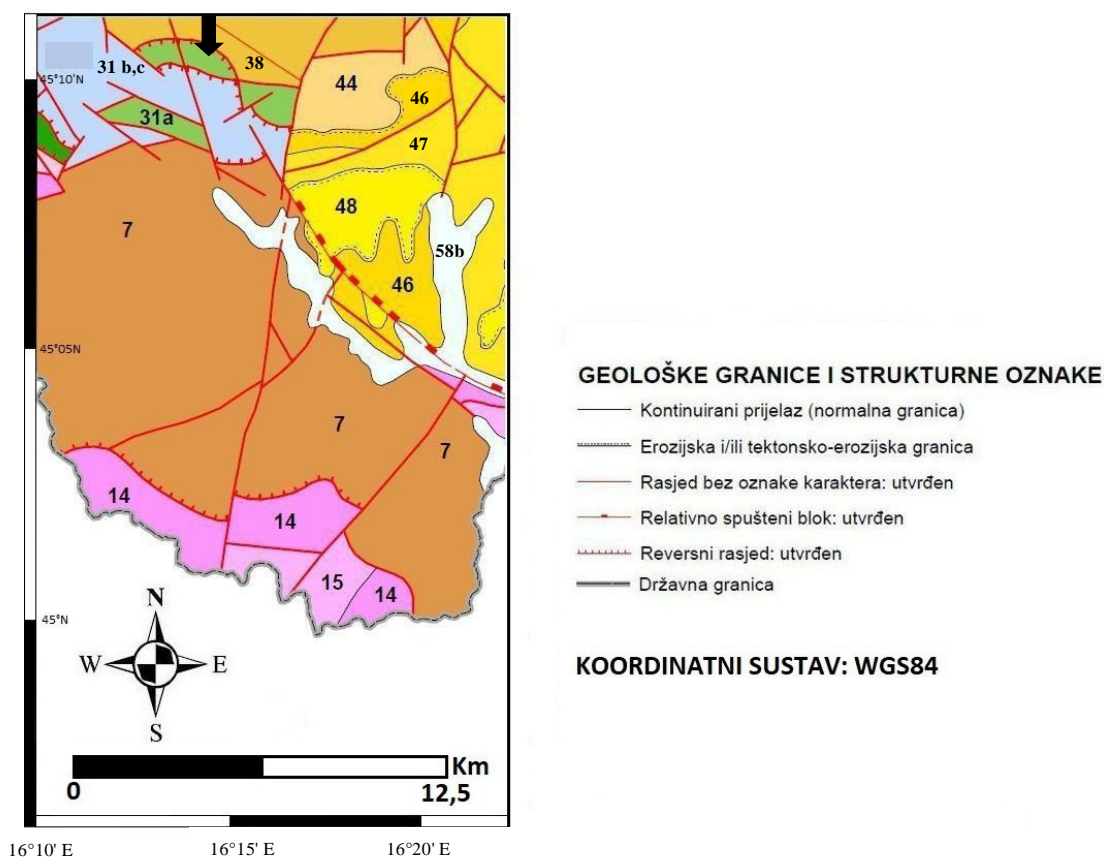
2 GEOGRAFSKI POLOŽAJ I GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

Banovina je naziv za kraj u središnjoj Hrvatskoj koji se nalazi južno od rijeke Kupe i grada Siska na sjeveru, rijeke Gline na zapadu, rijeke Save na istoku i rijeke Une na jugoistoku pa sve do granice s Bosnom i Hercegovinom, a administrativno pripada Sisačko-moslavačkoj županiji. Geografski položaj lokaliteta Zuberi uz potok Stupnica, označen je crvenim kružićem na topografskoj karti M 1:25.000 i žutom pribadačom na Google Earth karti okolice Dvora (Slika 2-1).



Slika 2-1. Geografski položaj lokaliteta Zuberi označen crvenim kružićem na topografskoj karti M 1:25.000 i žutom pribadačom na Google Earth karti okolice Dvora, Banovina, Republika Hrvatska (izvori: geoportal Državna Geodetska Uprava i Google Earth).

Približno mjesto uzorkovanja prikazano je na isječku Geološke karte Republike Hrvatske M 1:300.000 (Slika 2-2). Mjesto uzorkovanja stijena pripada ofiolitnom kompleksu Banovine koji je ujedno i izravni nastavak središnjeg ofiolitnog pojasa Dinarida iz sjeverozapadne Bosne. Postanak ofiolitno-sedimentnog kompleksa usko je povezan s tektonskim razbijanjem istanjene kontinentalne kore, odnosno šireg sjeveroistočnog labilnog rubnog pojasa trijaskne karbonatne platforme, (u čijoj podlozi se nalaze paleozojske sedimentne stijene), na dodiru s predhercinski i hercinski konsolidiranom kontinentalnom korom Tisije, koja je izgrađena od granitnih i metamorfnih stijena (Šikić, 2009a).



Slika 2-2. Isječak Geološke karte Republike Hrvatske M 1:300.000 (Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, 2009). Crna strelica pokazuje približno mjesto uzorkovanja stijena. Na isječku su dodani i brojevi litologija kojih na toj poziciji nema na originalnoj karti radi boljeg razumijevanja. Legenda: 7 – (meta)klastiti i (meta)karbonati (D, C); 14 – klastiti i karbonati („sajske i kampilske naslage”) (T₁); 15 – karbonati (T₂); 31 – ofiolitno-sedimentni kompleks (J₂₋₃); 31a – ultrabaziti; 31b – dijabazi, bazalti, spilitizirani dijabazi i bazalti; 31c – klastiti, siliti, vapnenci; 38 – klastiti i vapnenci (Pc, E); 44 – klastiti, piroklastiti, vapnenci i ugljeni (M_{2,3}); 46 – klastiti, vapnenci i vulkaniti (M₄); 47 – klastiti i vapnenci (M_{5,6}); 48 – klastiti, vapnenci i ugljeni (M₇); 58b – aluvijalni klastiti (Q₂).

Najstarije stijene pripadaju kompleksu gornjeg **paleozoika** (Pz), koji se nalazi u jugozapadnom dijelu Banovine. Paleozoik je izgrađen od različitih klastita (šejlovi, siltiti, pješčenjaci, konglomerati) i karbonata (vapnenci, dolomitizirani vapnenci), koji se nalaze u litološki heterogenom, flišolikom slijedu u kojemu su klastiti dominantni, a karbonati izrazito podređeni, te se nalaze samo kao prosljoci i/ili leće unutar klastita (Šikić, 2009b).

Stijene **trijaske** starosti (T) najvećim se dijelom nalaze u tektonskom kontaktu uz gornjopaleozojski kompleks. Donjotrijaska serija predstavljena je tzv. „sajskim i kampilskim naslagama” dok je srednjotrijaska serija, koja u kontinuitetu slijedi na „kampilskim naslagama” donjega trijasa, gotovo isključivo izgrađena od karbonata, najčešće dolomita. U podini „sajskih naslaga” na terenu se može izdvojiti i relativno tanki stratigrafski horizont, u domaćoj geološkoj literaturi nazivan „permotrijas” (PT), a koji je izgrađen od ljubičastih i žućkastih pješčenjaka i šejlova te, mjestimično i tragova evaporita. Gornjotrijaska serija isključivo je predstavljena različitim varijetetima dolomita (Sokač, 2009a, b).

Metamorfne stijene Banovine **jurske** starosti (srednja-gornja jura – J_{2,3}) genetski su vezane za isti prostor i tvore cjelinu s ostalim stijenama ofiolitno-sedimentnog kompleksa jurske starosti. Mnogobrojni kontakti unutar metamorfnih stijena, kao i s ostalim stijenama ofiolitno-sedimentnog kompleksa pretežno su tektonski, normalnoga rasjednog, odnosno navlačnog te reverznog karaktera. Unatoč različitim petrološkim svojstvima, unutar metamorfnih stijena, mogu se jasno razlikovati dvije glavne grupe stijena. U prvoj grupi se nalaze metamorfozirani sedimenti, uglavnom su to glinoviti peliti, psamiti, te podređeno rožnjaci, vapnenci i piroklastiti, a u drugu grupu spadaju metamorfozirane stijene gornje kore (oceanskog tipa). (Šikić, 2009c).

Ofiolitne stijene Banovine jurske starosti (srednja-gornja jura – J_{2,3}) podijeljene su u tri grupe: ultrabazične stijene označene na karti s oznakom 31a, bazične magmatske stijene 31b, te sedimentne stijene 31c.

Ultrabazične stijene (Slika 2-2) otkrivene su u dva tektonski isprekidana niza, od doline potoka Stupnice do doline potoka Ravne. Pretežito pripadaju izmijenjenim lercolitima, i to serpentiniziranim peridotitima i različitim varijetetima serpentinita. Prema Majer (1975) ultrabazične stijene pripadaju „lercolitnoj ” provinciji, odnosno tzv. Centralnoj ofiolitnoj zoni Unutarnjih Dinarida. Zajedno s ultrabazičnim stijenama su genetski povezane i manje pojave pratećih stijena, kao što su: eklogiti, amfiboliti, amfiboliti s pargazitnim amfibolima i amfibolski

gnajsi, koji se uobičajeno nalaze unutar ili neposredno uz rubove serpentiniziranih stijena (Šikić i dr., 2009).

Bazične magmatske stijene koje se nalaze kao osnovni litološki članovi u građi jurskoga ofiolitno-sedimentnoga kompleksa predstavljene su pojavama dijabaza, bazalta, spilitiziranih bazalta i dijabaza, uz rijetke pojave piroklastičnih stijena. Sve navedene magmatske stijene spadaju u skupinu nekumulativnih i efuzivnih članova ofiolita, odnosno magmatskih stijena gornje kore. Dijabazi su hipabisalnog podrijetla (plitke intruzije), te su u usporedbi sa spilitiziranim bazaltima razmjerno rijetko zastupljene stijene. Određena su dva temeljna tipa dijabaza s prijelazima: piroksenski (augitni) i amfibolski dijabaz. Bazalti su ovdje najzastupljenije magmatske (efuzivne) stijene. Prepoznatljivi su po pojavama u obliku submarinskih jastučastih (pillow) tekstura i po mandulastim (kalcit, klorit) teksturama (Šikić i dr., 2009).

Majer (1993) navodi za dijabaze da imaju svojstva tzv. zalučnih toleitnih bazalta, da bazalt pripada E-tipu toleita (obogaćeni bazalt srednjooceanskih grebena), te da su te stijene nastale najvjerojatnije na rubnom ili perikontinentalnom marinskom (oceanskom) prostoru. Majer i dr. (1979) su metodom K/Ar na uzorcima malo izmijenjenog bazalta odredili njegovu apsolutnu starost, koja iznosi 160 ± 10 milijuna godina, prema stratigrafskoj tablici (izvor: International Commission on Stratigraphy) odgovara razdoblju od Tithonian do Bajocian (Šikić i dr., 2009).

Sedimentne stijene Banovine koje pripadaju ofiolito-sedimentnom kompleksu su: pješčenjaci, šejlovi, rožnjaci, te podređeno siliti i sitnozrnati vapnenci (Slika 2-2). Pješčenjaci većinom pripadaju grauvakama, tek rijetki subgrauvakama. Mogu se svrstati u vulkanske grauvake, te su očiti dokaz submarinskog sinsedimentacijskog vulkanizma. Siliti su po svome sastavu vrlo slični sitnozrnatim grauvakama. Uz pješčenjake, šejlovi su najzastupljenije sedimentne stijene ofiolitno-sedimentnog kompleksa na Banovini. Silicijske stijene su rožnjaci, radiolarijski peliti do radiolariti i rjeđe kalcitizirani rožnjaci. Sitnozrnati vapnenci mikritnog, fosilifernomikritnog i biomikritnog tipa izmjenjuju se ili su uloženi u terigene klastite, u obliku decimetarskih do metarskih paketa slojeva, pojedinačni proslojci ili pak kao ulošci i leće (Šikić i dr., 2009).

3 PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Osnovne geološke karakteristika terena lokaliteta Zuberi i njegove okolice, preuzete iz Tumača Geološke karte Republike Hrvatske M 1:300.000 (HGI-CGS, 2009) prikazane su u poglavlju 2. U pregledu dosadašnjih istraživanja neophodno je spomenuti i slijedeće autore koji su istraživali stijene ofiolitne sekvencije na području Banovine.

Majer (1973) je proučavao spilite i dijabaze Banije i na temelju kvalitativnih kemijskih analiza stijena Šašave i Čemernice dao zaključak da se radi o grupi bazičnih stijena ili stijena na prijelazu između bazičnih i neutralnih stijena. Prema vanjskom habitusu stijene je podijelio u dvije skupine: stijene tamno crvenkastozele boje, te drugu skupinu tamnozeleno do crvenkastozelene boje. Na temelju karakteristika feldspata opravdao je nazive ovih stijena na spilite i dijabaze. Niski udio kalija, odnosno dominantan udio natrija jasno opredjeljuje ove stijene među stijene natrijske provincije, dijelom sa prijelazom kalcijsko-alkalijskim. Autor je mišljenja ne da su samo dijabazi već i spiliti primarne stijene, tj. da albiti iz spilita nisu nastali pretvorbom nekog bazičnog plagioklasa jer za takav zaključak nije našao nikakav uvjerljiv dokaz.

Majer & Tišljarić (1973a) su u blizini sela Lasinje proučavali spilite te su ih na temelju makroskopskog izgleda svrstali u dvije skupine: (a) masivne, homogene spilite, i (b) spilite jastučaste (pillow) teksture. Autori su mišljenja da su spiliti Lasinje produkt primarne kristalizacije, nastale iz vodom zasićene taljevine, i da nisu produkt preobražaja neke ranije bazične stijene npr. dijabaza, tzv. „spilitskom reakcijom” odnosno metasomatskom zamjenom bazičnog plagioklasa u albit i pretvorbom feromagnezijskih minerala, npr. augita u klorit.

Majer & Tišljarić (1973b) su također mišljenja da su spiliti i andezin-dijabaz u blizini lokaliteta Hrvatsko selo primarne stijene nastale direktnom kristalizacijom iz alkalijama odnosno natrijem nešto bogatije magme i da pripadaju mezozojskom magmatizmu, tzv. „dijabaz-rožnjačke” ili „vulkanogeno-sedimentno” formacije unutrašnjih Dinarida.

Majer (1976) je istraživajući stijene u području od Klasiča do Dangube, determinirao amfibolski dijabaz za koji je prema petrografskim karakteristikama zaključio da se radi o hipoabisalnoj stijeni. Rjeđe je u navedenom prostoru našao spilite, koji se bitno razlikuju od hipoabisalnih

amfibolskih stijena. U njima prije svega nema nikakvih amfibola i imaju znatno viši sadržaj alkalija.

Majer (1978) među magmatskim stijenama Banije, Pokuplja i Pastireva razlikuje dvije grupe stijena. Jednu grupu predstavlja ultramafitni kompleks, glavni dio u njemu čine peridotiti zastupljeni pretežno lercolitima, a ostalo su pirokseniti, granatski pirokseni i amfiboliti odnosno hornblenditi. Drugu grupu čine stijene „dijabaz-spilit-keratofirske asocijacije”. Isti autor je na temelju radova koji opisuju stijene tipične za ofiolitnu sekvenciju zaključio da u Baniji doista postoje takve stijene, ali nigdje kao cjelovita sekvenca već kao izdanci pojedinih stijena i to raspoređene uglavnom bez pravilnosti, premda se zapažaju neka grupiranja. Njegov zaključak je da još nije moguće dati sasvim siguran odgovor gdje su nastali ofioliti Banije.

Majer (1979) nadalje zaključuje da su magmatske stijene u području Bojne predstavljene uglavnom spilitom i dijabazom koji su jednaki ili veoma slični analognim stijenama opisanim u drugim područjima Pokuplja i Banije. Poput svih ostalih magmatskih stijena u Baniji, ove se stijene u kemizmu ističu povećanom količinom alkalija, i to gotovo isključivo natrija, čiji se sadržaj kreće oko 5% i time se izdvajaju iz normalnih bazičnih stijena odnosno magmi, te predstavljaju grupu stijena naglašeno natrijskog karaktera.

Šušnjar & Grimani (1986) smatraju kako unatoč visokom stupnju poremećenosti ofiolitnog pojasa Banije, magmatiti zauzimaju određeno mjesto u razvojnoj sukcesiji dubokomorskog jarka i nalaze se između jurskih klastita i krednog fliša. To su primarne pozicije u regionalnim prostornim okvirima. U odnosu na karakter poremećaja i izražene efekte horizontalnih kretanja u dubokomorskom jarku ofiolitnog pojasa Banije izdvajaju se dvije zone: zona prirubnih dijelova troga i zona navlaka ofiolitnog kompleksa sastavljena od dvije navlačne jedinice. Po prisutnim litostratigrafskim jedinicama zahvaćenim horizontalnim kretanjem, bitni elementi građe Banije nastali su u vrlo mladim fazama strukturnog oblikovanja.

Majer (1993) u daljnjim istraživanjima ofiolitni kompleks Banije s Pokupljem i Pastireva uvrštava u završni dio ofiolitnog pojasa Dinarida odnosno lercolitnu provinciju ili ofiolitnu zonu Centralnih Dinarida. Zaključio je da su nekumulativni članovi ofiolitne sekvencije, doleriti, dijabazi i spiliti stijene gotovo identičnog sastava, toleitskog karaktera, ali s nešto naglašenom alkalijском tendencijom.

Pamić (1997) je u svome radu detaljno opisao razvoj geološke znanosti u okviru razmišljanja o Dinaridskom ofiolitnom pojasu od samih početaka geoloških istraživanja ofiolita, preko teorije o geosinklinalama pa sve do novih spoznaja o tektonici ploča.

Garašić i dr. (2004) su bazične magmatske stijene ofiolitnog kompleksa Banovine podijelili u tri grupe: metadijabazi I (karakterizirani sekundarnim amfiboliom), metadijabazi II (karakterizirani sekundarnim albitom) i spilite. Na temelju kemijskih analiza odredili su da proučavane stijene imaju kemizam toleitskog bazalta. Autori su mišljenja da su sve istraživane stijene hidrotermalno metamorfozirane pri čemu je amfibol djelomično ili potpuno potisnuo klinopiroksen, a plagioklas je izmijenjen u albit, prehnit, pumpeliit i/ili sericit. Pojavljuje se također i sekundarni klorit.

Vukovski & Garašić (2019) i Vukovski i dr. (2019) na temelju struktura, tekstura i detaljnih geokemijskih analiza elemenata u tragovima na stijenama spilita iz kamenoloma iz Lasinje utvrđuju da su bazaltne stijene bile produkt submarinskih izljeva lave u području srednjeoceanskih grebena ili pozadinskih zalučnih bazena.

4 TEORIJA

4.1 Uvod o magmatskim stijenama

Magmatske stijene nastaju direktnom kristalizacijom iz magme u dubljim dijelovima litosfere ili očvršćivanjem iz lave blizu ili na površini litosfere.

Načini pojavljivanja magmatskih stijena su:

- a) Intruzivne magmatske stijene nastaju kristalizacijom duboko u Zemljinoj kori i potpuno su iskristalizirane, te se odlikuju razmjerno velikim mineralima.
- b) Efuzivne magmatske stijene nastaju naglim hlađenjem magme u plićem subvulkanskom nivou ili iz lave na površini. Sadrže minerale različitih dimenzija, te često sadrže i vulkansko staklo.
- c) Žilne magmatske stijene nastaju na nivou između intruzivnih i efuzivnih magmatskih stijena.

Prema udjelu SiO_2 , magmatske stijene se dijele na: kisele magmatske stijene s visokom udjelom SiO_2 (>63 tež.%), neutralne magmatske stijene koje sadrže 63–52 tež.% SiO_2 , bazične magmatske stijene s 52–45 tež.% SiO_2 , i ultrabazične magmatske stijene koje sadrže manje od 45 tež.% SiO_2 (Pavelić, 2014).

U stijenama razlikujemo glavne, akcesorne i sekundarne minerale. Glavni minerali su oni na temelju kojih se stijena klasificira, a zastupljeni su i u najvećim udjelima, više od 5 vol.%, obično više od 10 vol.%. Akcesorni minerali nisu bitni za klasifikaciju stijene, a njihov ukupni udjel je manji od 1 vol.% u stijeni (Slovenec, Dr., 2011). Izmjenom primarnih minerala u stijeni nastaju sekundarni minerali.

Prema Tajder i Herak (1972) terenska klasifikacija magmatskih stijena temelji se na podacima o mineralnom sastavu magmatskih stijena, dok seriju stijena određuje vrsta prevladavajućeg feldspata u intruzivnoj ili efuzivnoj stijeni. U tablici 4-1 prikazana je tzv. terenska klasifikacija za magmatske stijene, korištena za makroskopsku determinaciju istraživanih stijena.

Tablica 4-1. Terenska klasifikacija za magmatske stijene modificirana prema Tajder i Herak (1972).

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

	Intruzivi
	Efuzivi

4.2 Strukture i teksture magmatskih stijena

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

- a) Stupanj kristaliniteta: holokristalne (u potpunosti iskristalizirale stijene), hijaline (u potpunosti staklaste stijene) i hipohijaline ili hipokristaline (dijelom kristalina, a dijelom hijalina).

- b) Veličina zrna: fenokristalina (minerali su vidljivi i moguće ih je odrediti okom ili lupom), afanitska (minerali su određivi lupom), mikrokristalasta (minerali su određivi pomoću polarizacijskog mikroskopa) i kriptokristalasta struktura (identifikacija minerala se vrši pomoću rendgenske difrakcijske analize (XRD) i transmisijskog elektronskog mikroskopa (TEM)).
- c) Obliku individua: idiomorfne (sastojci razvijeni u kristalografskim formama), alotriomorfne (sastojci su nepravilnog oblika, odnosno bez razvijenih kristalografskih formi) i hipidiomorfne (sastojci su dijelom razvijeni u pravilne kristalografske forme).
- d) S obzirom na međusobni odnos i raspored mineralnih individua u stijeni: zrnata (granularna struktura sa mineralima približno jednake veličine – karakteristična za intruzivne stijene) i porfirna (relativno krupniji, često idiomorfni kristali unutar osnove koja može biti holokristalasta, hijalina ili hipohijalina – karakteristična za efuzivne stijene). Pri čemu kod porfirnih struktura razlikujemo: oligofirnu (fenokristala je neuobičajeno malo) i polifirnu (stijena sadrži neuobičajeno puno fenokristala različitih dimenzija). Uz navedene, strukture još mogu biti: serijatna (minerali pokazuju postupan prijelaz od najkrupnijih do najsitnijih minerala) i porfiroidna struktura (fenokristali koji se nalaze u osnovi čiji su minerali toliko krupni da se mogu prepoznati okom).

Tekstura stijene predstavlja način na koji su mineralni individui ispunili prostor u odgovarajućoj stijeni. McPhile i dr. (1993) teksture dijele na:

- a) Homogena tekstura – individui su raspoređeni podjednako i jednolično (intruzivi i neki efuzivi).
- b) Fluidalna tekstura – u efuzivnim stijenama u slučaju kada se listići ili štapići minerala postave u smjeru toka i zauzimaju privilegiranu orijentaciju.
- c) Vezikularna tekstura – stijena ima šupljine tj. vezikule zaostale nakon izlaska plinova i para uklopljenih pri kristalizaciji stijene (karakteristična za stijenu plovuće).
- d) Mandulasta tekstura – karakteristična je za stijene u kojima su vezikule tj. šupljine ispunjene odgovarajućom mineralnom tvari, sinonim za nju je amigdaloidna tekstura.
- e) Perlitna tekstura – kuglaste (perlitne) pukotine u devitificiranom staklu nastale kontrakcijom uslijed hlađenja.

- f) Sferna ili orbikularna tekstura – pojavljuje se u stijenama ukoliko se uslijed nekog razloga mineralni individui nakupe kuglasto, koncentrično ili ovalno i pri tome stijena više nema homogenu teksturu.
- g) Aglomerirana tekstura („šlirasta” tekstura) – npr. feldspati i biotiti su ispunili prostor tako da daju vrpčasti izgled stijeni.

Tipovi i karakteristike struktura efuzivnih stijena i hipabisalnih stijena. McPhile i dr. (1993) strukture efuzivnih i hipabisalnih stijena dijele na:

- a) Holokristalna porfirna struktura – potpuno kristalizirana stijena koja nastaje pri vrlo polaganim hlađenjem magme.
- b) Hijalina (staklasta) struktura – uslijed naglog hlađenja magme; nedovoljno je vremena za kristalizaciju zbog čega su stijene staklaste.
- c) Vitrofirna struktura – rijetki fenokristali u staklastoj osnovi; osnova često devitificirana.
- d) Intersertalna struktura – porfirna struktura, s prisutnim mikrolitima u osnovi koji se isprepliću; između mikrolita javlja se staklo.
- e) Hijalopilitaska struktura – porfirna struktura, puno stakla, malo mikrolita koji nisu ispresjecani
- f) Pilotaksitska struktura – sadrži idiomorfne fenokristale bazičnih plagioklasa koji se nalaze u osnovi izgrađene od štapićastih mikrolita, paralelno do subparalelno orijentirani što je posljedica toka; stakla nema.
- g) Trahitska struktura – holokristalna struktura koja na prvi pogled odgovara pilotaksitskoj jedino što su utrusci i mikroliti sanidini
- h) Glomeroporfirna struktura – porfirna struktura koja je karakterizirana udruživanjem, aglomeracijom fenokristala plagioklasa i piroksena u izolirane nakupine unutar matriksa.
- i) Spinifeks struktura – ekstremno igličasti fenokristali olivina posljedica su brze kristalizacije iz naglo ohlađene magme.
- j) Ofitska struktura – karakteristična je za žilne stijene u hipabisalnom nivou. Slična intersertalnoj samo se između zrna plagioklasa i mikrolita nalazi augit, a ne staklo. Sinonim za nju je intergranularna struktura. Karakteristična je za dijabaze – žične stijene bazičnih magmi.

5 METODE ISTRAŽIVANJA

5.1 Terenski rad

Terenski rad u proljeće 2020. godine izostao je zbog ugroze virusom COVID-19. Priložene su fotografije koje su načinjene u studenom 2019. godine (Slika 5-1 i Slika 5-2), kada je uzorkovano šest uzoraka magmatskih stijena, na jednom lokalitetu uz potok Stupnica, nedaleko od sela Zuberi.



*Slika 5-1. Uzorkovanje na lokalitetu Zuberi (Banovina). Uzorkovali su E. Babajić i I. Mišur.
Fotografija: M. Filipović.*



Slika 5-2. Detalj s mjesta uzorkovanja na lokalitetu Zuberi (Banovina). Mjerilo: geološki čekić - 35 cm. Fotografija: I. Mišur.

5.2 Makroskopski opis

Uzorci su makroskopski pregledani pomoću džepne terenske lupe s povećanjem 10x i 20x. Korištena je i 10% otopina HCl. Kao mjerilo, na fotografijama je korištena kovanica od 1 HRK promjera 22,5 mm. Uzorci su makroskopski na temelju veličine minerala podijeljeni u dvije grupe:

- a) krupnozrnati uzorci u kojima su minerali vidljivi okom i
- b) sitnozrnati uzorak u kojemu se minerali teško vide okom.

5.2.1 Krupnozrnati uzorci

U ovu grupu spadaju uzorci: MVIM 21A, MVIM 21A2, MVIM 21C, MVIM 21D, MVIM 21E.

Zajedničko svim krupnozrnatim uzorcima je to da su makroskopski tamnozeleno-sive boje. Pregledom okom i pomoću lupe stijene izgrađuju bijeli štapićasti minerali različitih dimenzija od većih dimenzija 2×1 mm do manjih štapića dimenzija 0,5×1 mm koji se međusobno isprepliću. Uz njih, stijenu izgrađuju i feromagnezijski minerali crne boje nepravilnog, kuglastog do elipsastog oblika. Stijene imaju mandulastu teksturu, različite mineralne ispune. Lom uzoraka je nepravilan, a prijelomna površina je hrapavo-oštra na dodir. Uzorci nemaju mirisa niti okusa. Relativna tvrdoća po Mohs-u je određena na temelju tvrdoće petrogenih minerala pri čemu je uzet u obzir i stupanj alteracije uzoraka i iznosi 5,5–6. Načinjena je makrofotografija svakog uzorka. U nastavku slijede specifične makroskopske značajke za svaki pojedini uzorak.

5.2.1.1 Uzorak **MVIM 21A**

Makroskopski vidljiva je jedna žila koja je ispunjena mineralom crne boje, a debljina žile je 2 mm (Slika 5-3). Načinjen je mikroskopski preparat iz sredine pločice koji sadrži nekoliko mandula promjera od 1 mm do 2 mm. Mandule su bijele boje, nepravilnog do okruglastog oblika. S hladnom, 10% otopinom HCl neravnomjerno reagira u središnjem dijelu uzorka, dok kapanje ove otopine na njegovim rubnim dijelovima uzrokuje umjereno oslobađanje CO₂.



Slika 5-3. Uzorak MVIM 21A. Pločica od koje je napravljen mikroskopski preparat.

5.2.1.2 Uzorak MVIM 21A2

Makroskopski u uzorku su vidljive dvije žile debljine 1 mm, ispunjene mineralom crne boje (Slika 5-4). Vidljive su i mandule bijele boje okruglastog oblika, promjera 1 mm. U reakciji s hladnom, 10% otopinom HCl u cijelom uzorku reakcija je umjerena, pri čemu dolazi do umjerenog oslobađanja CO₂.



Slika 5-4. Uzorak MVIM 21A2 (gore). Fotografija pločice od koje je napravljen mikoskopski preparat (dolje).

5.2.1.3 Uzorak **MVIM 21C**

Makroskopski na uzorku su vidljive žile ispunjene mineralom bijele i crne boje čije su debljine od 1 mm do 2 mm. Vidljive su rijetke okruglaste mandule bijele boje, dimenzija 2×2 mm (Slika 5-5). U reakciji s hladnom, 10% otopinom HCl sekundarni bijeli minerali koji ispunjavaju žile snažno oslobađaju CO₂, dok je u ostalim dijelovima uzorka reakcija umjerena.



Slika 5-5. Uzorak MVIM 21C (dolje). Pločica od koje je napravljen mikroskopski preparat (gore).

5.2.1.4 Uzorak **MVIM 21D**

Makroskopski na uzorku je vidljivo nekoliko žila koje se ispunjene mineralom crne boje, debljina žila je do 2 mm (Slika 5-6). Mandule u ovome uzorku su okruglastog oblika, promjera 0,5 mm i ispunjene mineralom bijele boje. S hladnom, 10% otopinom HCl po cijelom uzorku reakcija je vrlo slaba, tj. prilikom kapanja ove otopine dolazi do slabog oslobađanja CO₂.



Slika 5-6. Uzorak MVIM 21D (dolje). Prerez uzorka (gore).

5.2.1.5 Uzorak **MVIM 21E**

Makroskopski na uzorku su vidljive tri žile. Dvije žile debljine 1 mm su međusobno subparalelne i ispunjene mineralom crne boje (Slika 5-7). Treća žila debljine 2 mm koja presijeca druge dvije žile je u sredini ispunjena mineralom bijele boje dok se uz rubove pojavljuje mineral crne boje. S hladnom, 10% otopinom HCl na žili koja je ispunjena bijelim mineralom reakcija je burna (na tim mjestima dolazi do snažnog oslobađanja CO₂ prilikom kapanja ove otopine), dok na ostalim dijelovima uzorka prilikom kapanja dolazi do umjerenog oslobađanja CO₂.



Slika 5-7. Uzorak MVIM 21E. Pločica od koje je napravljen mikroskopski preparat.

5.2.2 Sitnozrnati uzorak

5.2.2.1 Uzorak **MVIM 21B2**

Makroskopski gledano, uzorak je tamnosive boje, pri čemu su dijelovi uzorka tamnocrveno-smeđe boje koja vjerojatno nastaje procesom trošenja, kao rezultat impregnacije željezom (impregnacija prekriva približno 60% istraživanog uzorka). Stijena je sitnozrnata. Na uzorku (Slika 5-8) su vidljive četiri žile različitih dimenzija: od žila manjih debljina od 1 mm, do veće žile debljine 4 mm. Žile su ispunjene različitim mineralima: od tamnožutih minerala do prijelaza u tamnosmeđe minerale, pa u bijele minerale, pa opet u mineral tamnožute boje. Pod udarcem čekića uzorak se lomi nepravilno, a prijelomna površina je hrapavo-oštra na dodir. Kapanjem hladne, 10%-tne otopine HCl-a na uzorku dolazi do snažnog oslobađanja CO₂, s time da je nešto izraženija reakcija na žilama. Vidljivi su i nepravilni okruglasti feromagnezijski minerali crne boje različitih dimenzija, ne većih od 1×1 mm. Relativna tvrdoća po Mohs-u je određena na temelju tvrdoće petrogenih minerala pri čemu je uzet u obzir i stupanj alteracije uzorka i iznosi 5,5–6. Stijena nema mirisa niti okusa.



Slika 5-8. Uzorak MVIM 21B2. Crveni dijelovi uzorka su posljedica impregnacije željezovitom tvari.

5.3 Mikroskopski opis

Mikroskopiranje je obavljeno u Zavodu za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine na RGNF-u polarizacijskim mikroskopom Leica DM EP. Uzorci su pregledani dodatno i polarizacijskim mikroskopom Zeiss Axio Lab.A1 u Zavodu za geologiju Hrvatskog geološkog instituta u Zagrebu, pri čemu su načinjene mikrofotografije digitalnom kamerom Zeiss Axiocam 105 s pripadajućim softverom. Mikroskopskom analizom su utvrđeni i detaljno opisani glavni, akcesorni i sekundarni minerali u uzorcima. Dodatno, opisane su žile i mandule koje se nalaze u uzorcima, te njihove ispune. Na svim mikrofotografijama korištene su kratice minerala prema Vrkljan i dr. (2019).

5.3.1 Krupnozmatiji uzorci

5.3.1.1 Uzorak **MVIM 21A**

U mikroskopskom preparatu su vidljivi fenokristali plagioklasa, koji se nalaze u osnovi izgrađenoj od međusobno isprepletenih štapića plagioklasa između kojih se nalazi uralitizirani, kloritizirani, kalcitizirani i u minerale glina izmijenjeni klinopiroksen (Slika 5-9). Akcesorni mineral je ilmenit. Od sekundarnih minerala u ovoj stijeni nalaze se aktinolit, kloriti, kalcit, kvarc, magnetit, zeolit i minerali glina. Uočavaju se mandule okruglastog do elipsastog oblika, prosječnih dimenzija 1,7×1,15 mm, koje su ispunjene kvarcom i mandule pravilnog kuglastog oblika promjera 0,5 mm koje su ispunjene kalcitom. Uzorak sadrži jednu žilu debljine 1,5 mm koja je na rubovima ispunjena sitnolistićavim kloritom (listići dimenzija manjih od 0,01 mm), a prema sredini žile je vidljiva šupljina (moguće da se taj dio izgubio tijekom izrade preparata). Uzorak presijecaju još dvije žile debljine 0,15 mm ispunjene kloritom. Kloritizacija i kalcitizacija prisutna je u cijelom uzorku, modalno spomenuti sekundarni minerali zahvaćaju 50-60% mikroskopirane površine.

Struktura je porfirna, tekstura je mandulasta.

Stijena je determinirana kao **izmijenjeni bazalt**.

Plagioklas se pojavljuje kao fenokristal hipidiomorfno štapićastog oblika dimenzija od 2,4×0,5 mm do 0,6×0,25 mm. Fenokristali su kloritizirani i kalcitizirani (Slika 5-9). Ima i

zonalnih presjeka i idiomorfno četverostranih presjeka dimenzija $0,5 \times 0,5$ mm. U osnovi se nalaze hipidiomorfni mikroliti plagioklasa koji se međusobno isprepliću, prosječne dimenzije $0,4 \times 0,08$ mm, koji su također kloritizirani i kalcitizirani. Plagioklas je bezbojan, a interferencijska boja bijela do siva I reda. Česti su sraslaci koji su većinom dvojci.

Klinopiroksen je prisutan samo u osnovi gdje se pojavljuje kao rijetka alotriomorfna zrna dimenzija $0,15 \times 0,1$ mm, između mikrolita plagioklasa. Osnovna boja klinopiroksena je svijetložuta, a interferencijska boja je do plave boje II reda. Zrna klinopiroksena su uralitizirana, kloritizirana, kalcitizirana i u minerale glina izmijenjena.

Opaki minerali su uglavnom nepravilnog oblika presjeka prosječne dimenzija $0,4 \times 0,2$ mm. Pomoću stolne lampe, te boje koju su opaki minerali reflektirali određeno je da se radi o ilmenitu i magnetitu.

Ilmenit se akcesorno pojavljuje u stijeni, alotriomornog presjeka s karakterističnim češljastim oblikom, pod reflektiranim svjetlom reflektira u srebrno-bijeloj boji. Na nekim zrnima se vidi alteracija ilmenita pri čemu prelazi u sfen/leukoksen.

Magnetit je sekundarni mineral i pojavljuje u obliku alotriomornog presjeka uz rijetke idiomorfne kvadratne presjeke dimenzija $0,4 \times 0,4$ mm. Pod reflektiranim svjetlom reflektira u smeđe-crvenoj boji. Magnetit je asociiran s kloritom koji ima pleokroizam od svijetložute do žutozelene boje.

Klorit se nalazi u stijeni u obliku listića, pojavljuje se kao sekundarni mineral, nastao kao alteracija po plagioklasu i klinopiroksenu. Listići su nepravilni, dimenzija $0,15 \times 0,1$ mm. Nalaze se dvije vrste klorita: a) listići karakterizirani pleokroizmom u svijetložutoj do žutozelene boje, čija je interferencijska boja žuta do narančaste II reda; b) listići sa slabije izraženim pleokroizmom od svijetlozeleno-plave do zelene boje, s lavandulastoplavom interferencijskom bojom. Listići klorita s svijetlozeleno-plavim do zelenim pleokroizmom javljaju se većinom kao alteracije po plagioklasu i ispunjavaju žile i mandule u uzorku, dok se listići klorita sa pleokroizmom u svijetložutoj do žutozelene boje nalaze po uralitiziranom klinopiroksenu (Slika 5-9).

Amfibol se sekundarno pojavljuje u stijeni kao produkt uralitizacije klinopiroksena. Zrna uralitiziranog klinopiroksena su dodatno kloritizirana. Dijelovi zrna koji nisu kloritizirani su

dimenzija $0,35 \times 0,2$ mm s pleokroizmom od blijedozelene do žutozelene boje i interferencijske boje do narančaste II reda. Rijetko se nalaze presjeci hipidiomornog štapićastog oblika. Na zrnima s jednostrukom kalavošću, izmjeren je kut kosog potamnjenja od oko 13° . Najvjerojatnije se radi o aktinolitu.

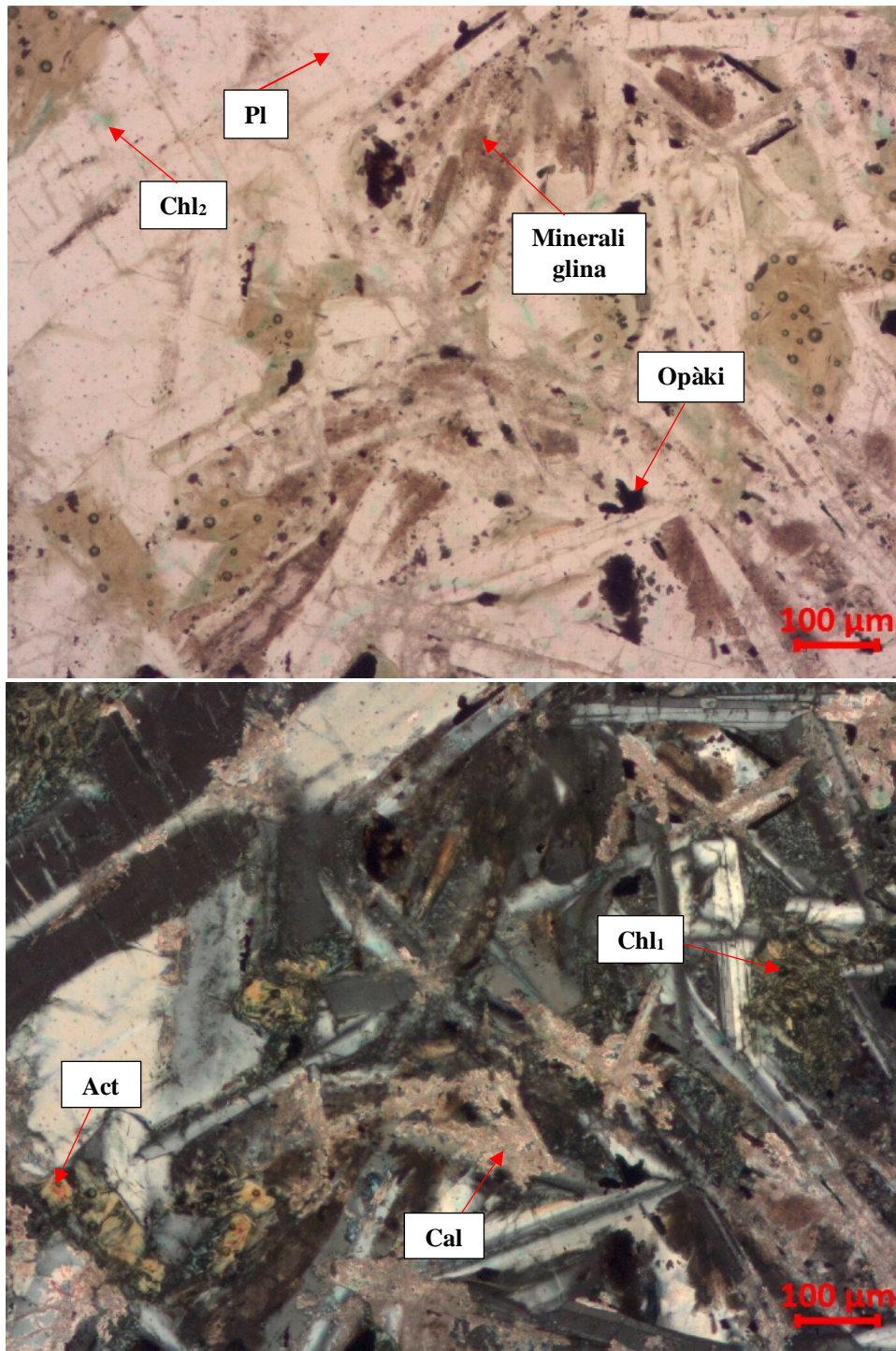
Kalcit se nalazi sekundarno u osnovi stijene. Kalcit je većinom alotriomornog presjeka uz rijetke idiomorfne romboedrijske presjeke koji se pojavljuju i duž prslina u fenokristalima plagioklasa. Prosječna dimenzija kalcita je $0,24 \times 0,15$ mm. Kalcit je bezbojan, izražene pseudoapsorpcije. Interferencijska boja je bijela višeg reda. Kalcit se još nalazi kako ispunjava mandule u uzorku (Slika 5-10).

Kvarc je sekundaran mineral u stijeni, te ispunjava mandule. Pojavljuje se u alotriomornim presjecima, prosječne dimenzije $0,6 \times 0,48$ mm. Zrna kvarca su bezbojna, a interferencijska boja je siva I reda s karakterističnim unduloznim potamnjenjem.

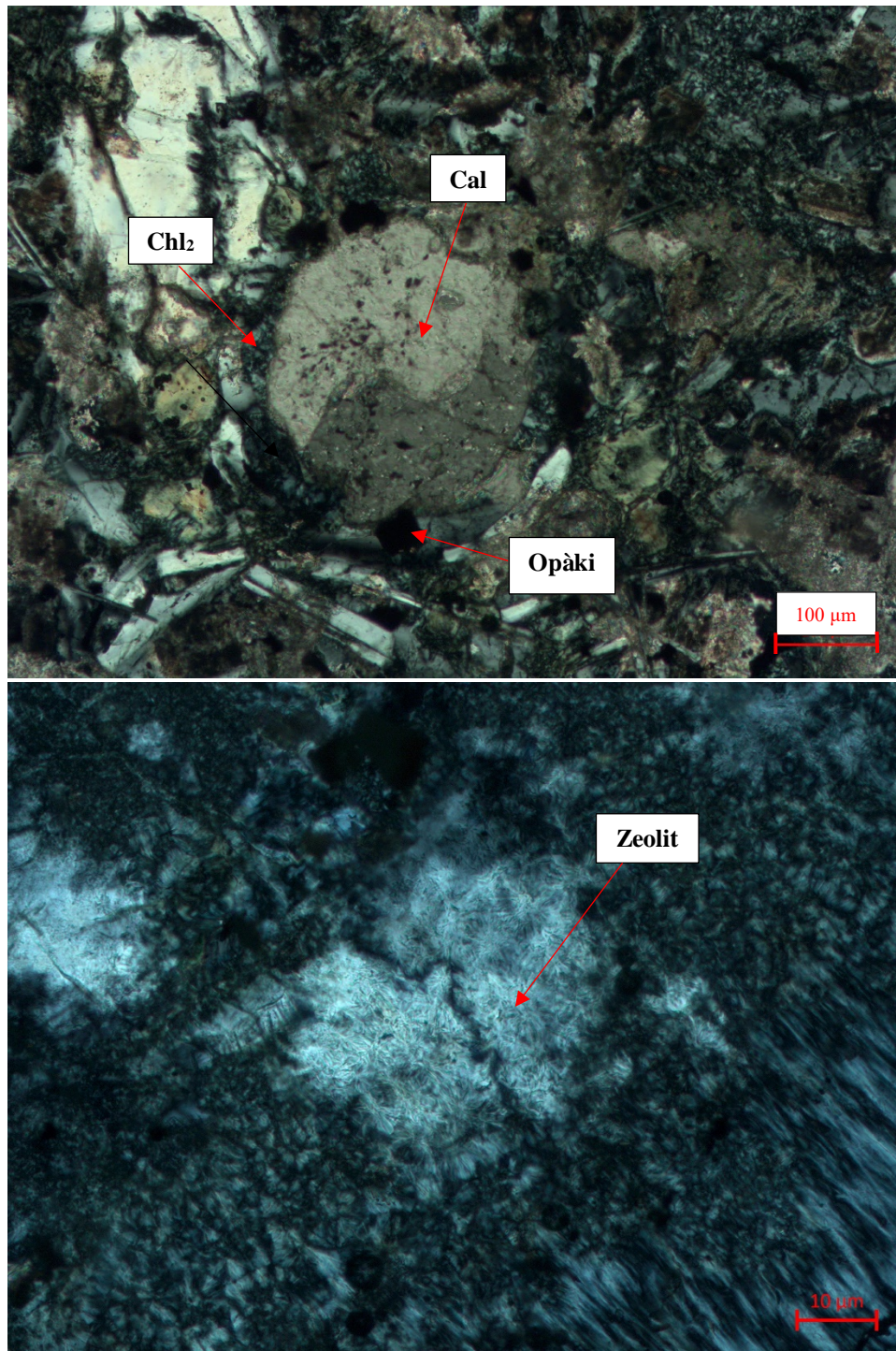
Zeolit(?) je kristalizirao uz rub žile (Slika 5-10). Nalazi se u obliku radijalnozrakastih do igličastih agregata, te je bezbojan. Interferencijska boja je žuta I reda. Prosječne dimenzije agregata su $0,15 \times 0,1$ mm.

Minerali glina se pojavljuju kao kriptokristalni agregati. Osnovna boja pokazuje slabi pleokroizam od tamnosivo-smeđe boje do sivo-smeđe boje, dok se interferencijska boja ne može odrediti jer je prekrivena vlastitom bojom. Minerali glina se nalaze u osnovi između mikrolita plagioklasa, te su nastali alteracijom kloritiziranog klinopiroksena.

Na temelju mikroskopske analize može se zaključiti da makroskopski bijeli minerali odgovaraju štapićima plagioklasa, crni feromagnezijski minerali su kloriti i/ili amfibol, žile minerala crne boje odgovaraju sitnolistićavom kloritu dok su bijele mandule kalcitne i/ili kvarcne.



Slika 5-9. Mikrofotografije uzorka MVIM 21A, Gore: N, dolje: N+. Na slikama je vidljiv dio fenokristala kalcitiziranog plagioklasa (Pl) s mikrolitima plagioklasa, uralitiziranim (Act) i kloritiziranim (Chl₁) klinopiroksenom i kalcitom (Cal) u osnovi. Razlikuje se i klorit Chl₂ koji se pojavljuje sporadično i u fenokristalima i u osnovi. Vidljivi su alotriomorfni presjeci opàkih minerala.



Slika 5-10. Mikrofotografije uzorka MIVIM 21A, (N+). Gore: kalcitna mandula (Cal) obrubljena s kloritom (Chl_2) i opàkim mineralima. Dolje: igličasti agregati zeolita koji se nalaze uz kloritnu žilu.

5.3.1.2 Uzorak **MVIM 21A2**

U mikroskopskom preparatu su vidljivi fenokristali plagioklasa i u potpunosti kloritiziranih klinopiroksena, koji se nalaze u osnovi izgrađenoj od međusobno isprepletenih štapića plagioklasa između kojih se nalaze zrna kloritiziranih, kalcitiziranih i u minerale glina izmijenjeni klinopiroksen i opaki minerali (Slika 5-11). Opaki minerali su ilmenit i magnetit. Kalcitizirani i kloritizirani fenokristali plagioklasa javljaju se u nakupinama. Sekundarni minerali u stijeni su klorit, kvarc, kalcit i minerali glina. Uočavaju se mandule pravilnih kuglastih formi, promjera 0,32 mm koje su ispunjene kvarcom. Uzorak presijeca jedna žila debljine 0,15 mm ispunjena listićima klorita koji je iskristalizirao okomito na stijenke žile. Uzorak je izrazito kloritiziran i kalcitiziran, i spomenuti sekundarni minerali izgrađuju oko 55% površine mikroskopskog preparata.

Struktura je glomeroporfirna, tekstura je mandulasta.

Stijena je determinirana kao **izmijenjeni bazalt**.

Plagioklas se pojavljuje kao fenokristal hipidiomorfno štapićastog oblika prosječne dimenzije $2 \times 0,75$ mm, te u obliku hipidiomorfni mikrolita, prosječne dimenzije $0,24 \times 0,05$ mm, koji se međusobno isprepliću u osnovi. Plagioklas je bezbojan, a interferencijska boja bijela do siva I reda. Karakteriziran je polisintetskim sraslačkim lamelama većinom se radi o kristalima dvojcima. Fenokristali plagioklasa i plagioklasi u osnovi su kloritizirani, te kalcitizirani.

Klinopiroksen je u stijeni prisutan samo u osnovi između mikrolita plagioklasa, prosječne dimenzije $0,25 \times 0,2$ mm. Zrna klinopiroksena imaju blijedožutu osnovnu boju. Interferencijska boja je do plave boje II reda. Klinopiroksen je izrazito kloritiziran i kalcitiziran. Nekadašnji fenokristali klinopiroksena u potpunosti su izmijenjeni u klorit.

Opaki minerali su uglavnom nepravilnog oblika presjeka, prosječno dimenzija $0,6 \times 0,35$ mm. Pomoću boje koju ti minerali odražavaju kada su osvijetljeni stolnom lampom određeno je da se radi o ilmenitu i magnetitu.

Ilmenit je alotriomorfno presjeka pod reflektiranim svjetlom uočava se srebrnastobijela boja. Na pojedinim zrnima se vide procesi alteracije u sfen/leukoksen, te su takva zrna po rubovima imaju bjelkasto-sivu i tamnocrvenu boju.

Magnetit pod reflektiranim svjetlom ima tamno-smečkastu boju. Presjeci magnetita su alotriomorfni uz rijetke idiomorfne presjeke. Magnetit se pojavljuje zajedno s kloritom.

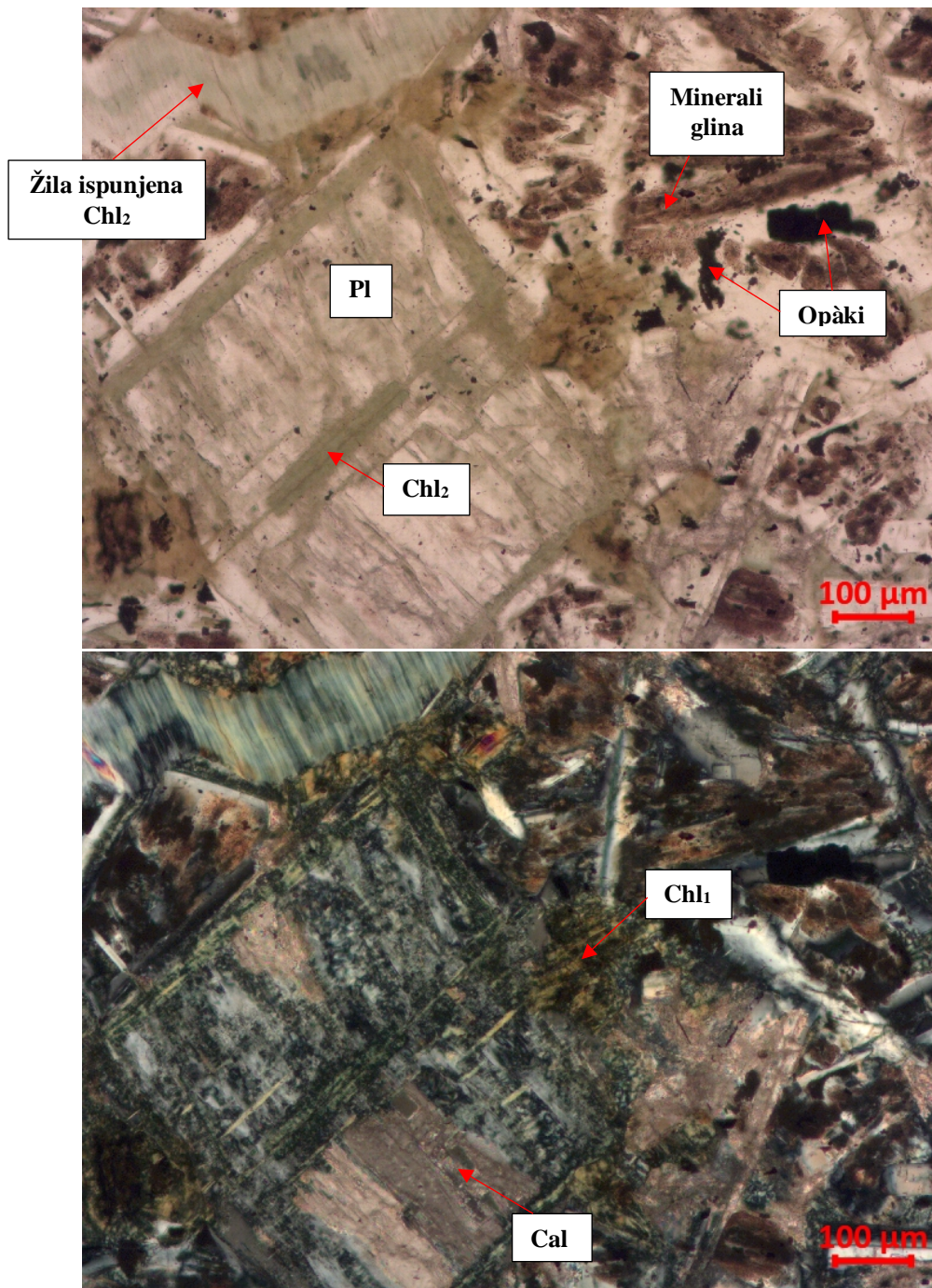
Klorit se pojavljuje kao sekundarni mineral, nastao kao alteracija po plagioklasu i klinopiroksenu. Klorit se nalazi u obliku nepravilnih listića, dimenzija 0,15×0,15 mm. Pojavljuju se dvije vrste klorita: a) listići karakterizirani pleokroizmom u svijetlosmeđoj boji do smečkasto-žutoj boji, interferencijske boje do narančaste II reda; i b) listići sa slabije izraženim pleokroizmom u svijetlozelenoj boji do zelenoj boji, s lavandulastoplavom interferencijskom bojom. Listići klorita s zelenim pleokroizmom javljaju se većinom kao alteracije po plagioklasu i ispunjavaju pukotine u uzorku, dok se listići klorita s žutosmeđim pleokroizmom nalaze kao alteracije klinopiroksena. Klorit s pleokroizmom od svijetlosmeđe do smečkasto-žute boje pojavljuje se u obliku alotriomorfni oblika, dimenzija do 1,76×0,72 mm, kao potpuno kloritizirani fenokristal klinopiroksena.

Kalcit se pojavljuje sekundarno u stijeni kao alteracije po plagioklasu i klinopiroksenu, te kao ispunjena u mandulama uzorka. Na Slici 5-11 unutar fenokristala plagioklasa vidi se kako su dijelovi zrna izmijenjeni u kalcit i klorit. Kalcit je alotriomorfne presjeka uz rijetke idiomorfne romboedarske presjeke. Prosječna dimenzija zrna kalcita je 0,3×0,25 mm. Kristali kalcita su bezbojni, izražene pseudoapsorpcije i interferencijske boje bijele višeg reda.

Kvarc je bezbojan, hipidiomornog do alotriomorfne oblika dimenzija 0,6×0,4 mm. Interferencijska boja je siva I reda s prepoznatljivim unduloznim potamnjenjem. Kvarc ispunjava mandule te se nalazi kao sekundaran mineral u osnovi uzorka.

Minerali glina pojavljuju se sekundarno u stijeni kao kriptokristali koji grade guste alotriomorfne mase sivkasto-smeđe boje. Interferencijska boja se nije mogla odrediti jer je prekrivena vlastitom bojom. Minerali glina se nalaze u osnovi i nastali su alteracijom kloritiziranog klinopiroksena.

Može se zaključiti da bijeli štapići koji se vide makroskopski u uzorku odgovaraju plagioklasu, a crni feromagnezijski minerali u potpunosti uralitiziranom i kloritiziranom klinopiroksenu. Uzorak presijecaju žile klorita. Mandule bijele boje su kalcitne i/ili kvarcne.



Slika 5-11. Mikrofotografije uzorka MVIM 21A2. Gore: N, dolje: N+. Na slikama je vidljiv idiomorfni kloritizirani (Chl_2) i kalcitizirani (Cal) fenokristal plagioklasa (Pl) koji se nalazi u osnovi koja se sastoji od međusobno isprepletenih štapića plagioklasa, između kojih je u potpunosti kloritizirani (Chl_1) i u minerale glina izmijenjeni klinopiroksen. Vidi se kloritna žila (Chl_2) i opàki minerali alotriomorfni presjeka.

5.3.1.3 Uzorak **MVIM 21C**

U mikroskopskom preparatu su vidljivi fenokristali plagioklasa i u potpunosti uralitiziranog i kloritiziranog klinopiroksena, koji se nalaze u osnovi izgrađenoj od međusobno isprepletenih štapića plagioklasa između kojih se nalazi uralitiziran, kloritiziran, kalcitiziran i u minerale glina izmijenjen klinopiroksen, kalcit i opàki minerali. Primarni minerali su plagioklas i klinopiroksen. Opàki minerali su ilmenit i magnetit. Uz sekundarni klorit i aktinolit nalaze se i sekundarni kalcit i minerali glina. Vidljive kalcitne mandule su okruglastih oblika promjera 0,9 mm. Uočavaju se dvije žile debljine 0,1 mm koje su ispunjene kloritom. U odnosu na ostale krupnozrnate uzorke u ovome uzorku se nalazi manje fenokristala.

Struktura je glomeroporfirna, tekstura je mandulasta.

Stijena je determinirana kao **izmijenjeni bazalt**.

Plagioklas se pojavljuje kao fenokristal hipidiomorfno štapićastog oblika dimenzija od $3 \times 0,4$ mm do $0,8 \times 0,2$ mm i u obliku hipidiomorfni mikrolita, prosječne dimenzije $0,25 \times 0,05$ mm, koji se međusobno isprepliću u osnovi. Plagioklas je bezbojan, s interferencijskom bojom sivom I reda. Između mikrolita su opaženi klorit, amfibol, kalcit i opàki minerali uz rijetka zrna klinopiroksena. Većina štapića plagioklasa je izrazito kolritizirana i kalcitizirana, s time da su mikroliti manje alterirani u odnosu na fenokristale (Slika 2-12).

Klinopiroksen nalazimo u osnovi između mikrolita plagioklasa, dimenzije $0,32 \times 0,2$ mm. Zrna klinopiroksena su prekrivena mineralima glina, te se osnovna boja ne može odrediti, a interferencijska boja je do plave II reda. Klinopiroksen je i izrazito kloritiziran, kalcitiziran, uralitiziran i izmijenjen u minerale glina. Nekadašnji fenokristali klinopiroksena su u potpunosti izmijenjeni i sada su amfibol i klorit.

Opàki minerali se pojavljuju kao idiomorfni kvadratići dimenzija $0,15 \times 0,15$ mm i u obliku alotriomorfni zrna dimenzija $0,2 \times 0,15$ mm. Pomoću boje koju opàki minerali reflektiraju određeno je da se radio o ilmenitu i magnetitu.

Ilmenit je karakteriziran češljastom strukturom, s srebrnkastobijelom bojom pod reflektiranim svjetlom.

Idiomorfni kvadratići s crveno-smeđom bojom pod reflektiranim svjetlom odgovaraju sekundarnom magnetitu. Magnetit je u ovom uzorku više zastupljen, vjerojatno zbog intenzivnije kloritizacije.

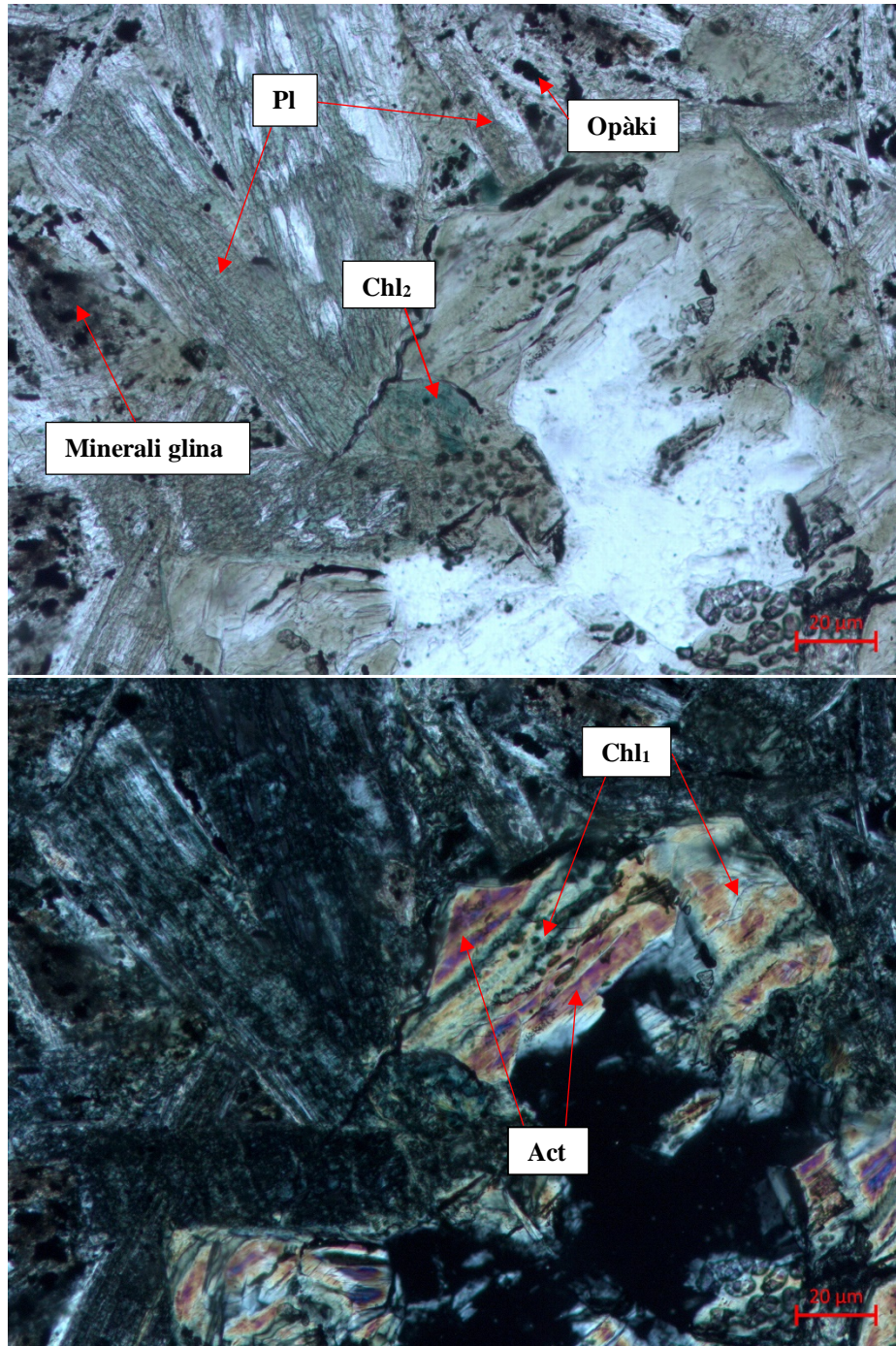
Klorit se sekundarno nalazi u stijeni i to kao alteracija po plagioklasu i klinopiroksenu. Nepravilni listići, dimenzija $0,4 \times 0,25$ mm pojavljuju se kao: a) listići s pleokroizmom svijetložute do zeleno-žute boje, čija je interferencijska boja žuta do narančasta II reda; te b) listići klorira s pleokroizmom od svijetlozelene do tamnozeleno boje, s anomalno lavandulastoplavom interferencijskom bojom. Kloriti s zelenim pleokroizmom ispunjavaju pukotine u uzorku i tipični su za alteraciju plagioklasa, dok su kloriti sa žutim pleokroizmom nastali su kao produkt alteracije fenokristala klinopiroksena i klinopiroksena u osnovi.

Kalcit se sekundarno pojavljuje u stijeni kao alteracija po plagioklasu i klinopiroksenu (Slika 5-12). Većinom je alorimorfnog oblika uz rijetke idiomorfne romboedrijske presjeke. Prosječna dimenzija zrna je $0,25 \times 0,2$ mm. Kalcit je bezbojan, a interferencijska boja je bijela višeg reda. Zrna kalcita ispunjavaju i mandule u uzorku.

Amfibol se rijetko pojavljuje u obliku alotriomorfni zrna do hipidiomorfni štapića prosječne dimenzije $0,22 \times 0,16$ mm. Štapići amfibola pokazuju pleokroizam od blijedozelene do tamnožuto-zelene boje, s interferencijskom bojom narančastom do plave II reda. Na pojedinim presjecima amfibola se uočava jednostruka kalavosti i izmjereni kut kosog potamnjenja iznosi oko 10° . Najvjerojatnije se radi o aktinolitu.

Minerali glina se pojavljuju u obliku sitnozrnatih agregata koji zajedno grade veće agregate u osnovi. Osnovna boja pokazuje slabi pleokroizam od sivkasto-smeđe boje do tamnosmeđe boje, dok se interferencijska boja ne može odrediti jer je prekrivena vlastitom bojom.

Nakon mikroskopske analize može se reći da bijeli minerali vidljivi makroskopski odgovaraju štapićima izmijenjenog plagioklasa, dok crni feromagnezijski minerali odgovaraju u potpunosti uralitiziranom i kloritiziranom klinopiroksenu. Žila koja se makroskopski vidi da je bijela vjerojatno je kalcitna ali nije obuhvaćena mikroskopskim preparatom. Bijele mandule su kalcitne.



Slika 5-12. Mikrografije uzorka MVIM 21C. Gore: N, dolje: N+. Na slikama su vidljivi kloritizirani fenokristali plagioklasa (Pl) i u potpunosti uralitizirani (Act) i kloritizirani (Chl₁) fenokristali klinopiroksena s mikrolitima plagioklasa i kloritom (Chl₁) u osnovi. Klorit (Chl₂) se pojavljuje uz rubove i unutar fenokristala. Minerali glina se pojavljuju kao produkt izmjene, kao gusta alotriomorfna masa u osnovi. Opàki minerali su vidljivi kao mali nepravilni presjeci.

5.3.1.4 Uzorak **MVIM 21D**

U mikroskopskom preparatu su vidljivi fenokristali plagioklasa, koji se nalaze u osnovi izgrađenoj od međusobno isprepletenih mikrolita plagioklasa između kojih se nalaze kloritizirani i u minerale glina izmijenjeni klinopiroksen, kalcit i opàki minerali. Akcesorni minerali su ilmenit i magnetit. Sekundarni minerali su klorit, kvarc, minerali glina i kalcit. Uočavaju se mandule dimenzija $0,75 \times 0,5$ mm, nepravilnog, kuglastog do elipsastog oblika koje su ispunjene kvarcom, i mandule pravilnog kuglastog oblika promjera 0,5 mm ispunjene kalcitom. Uzorak sadrži jednu žilu debljine 0,4 mm, a u sredini koje se nalazi klorit ukupne debljine 0,1 mm. S lijeve i desne strane žile kristalizirao je albit, a duž te žile mjestimično se može naći i pokoje zrno kalcita. Uzorak je izrazito alteriran te sekundarni minerali modalno čine 55% uzorka.

Struktura je porfirna, tekstura je mandulasta.

Stijena je determinirana kao **izmijenjeni bazalt**.

Plagioklas se nalazi kao fenokristal hipidiomorfne štapićastog oblika dimenzija od $2,25 \times 0,4$ mm do $0,75 \times 0,5$. U osnovi se nalaze hipidiomorfni štapići plagioklasa prosječne dimenzije $0,4 \times 0,05$ mm koji se međusobno isprepliću. Plagioklas je bezbojan, a interferencijska boja je bijela do siva I reda. Na štapićima plagioklasa se uočavaju polisintetske sraslačke lamele. Fenokristali i mikroliti plagioklasa su kloritizirani i kalcitizirani. Nalazi se iskristaliziran i u žili uzorka.

Klinopiroksen se pojavljuje u osnovi kao alotriomorfna zrna dimenzija $0,2 \times 0,15$ između štapića plagioklasa. Osnovna boja klinopiroksena je svijetlozelena, a interferencijska boja je do plave boje II reda. Zrna klinopiroksena su intenzivno kloritizirana, kalcitizirana i izmijenjena u minerale glina.

Opàki minerali su uglavnom nepravilnog oblika, prosječne dimenzije $0,15 \times 0,1$ mm. Pomoću reflektirane boje na opàkim mineralima je utvrđeno da dominira ilmenit, a magnetit je rijedak.

Ilmenit se pojavljuje kao akcesorni mineral i to u obliku idiomorfne kvadratića, s srebrnom bojom pod reflektiranim svjetlom. Uočava se alteracija pokojeg zrna ilmenita pri čemu prelazi u sfen/leukoksen.

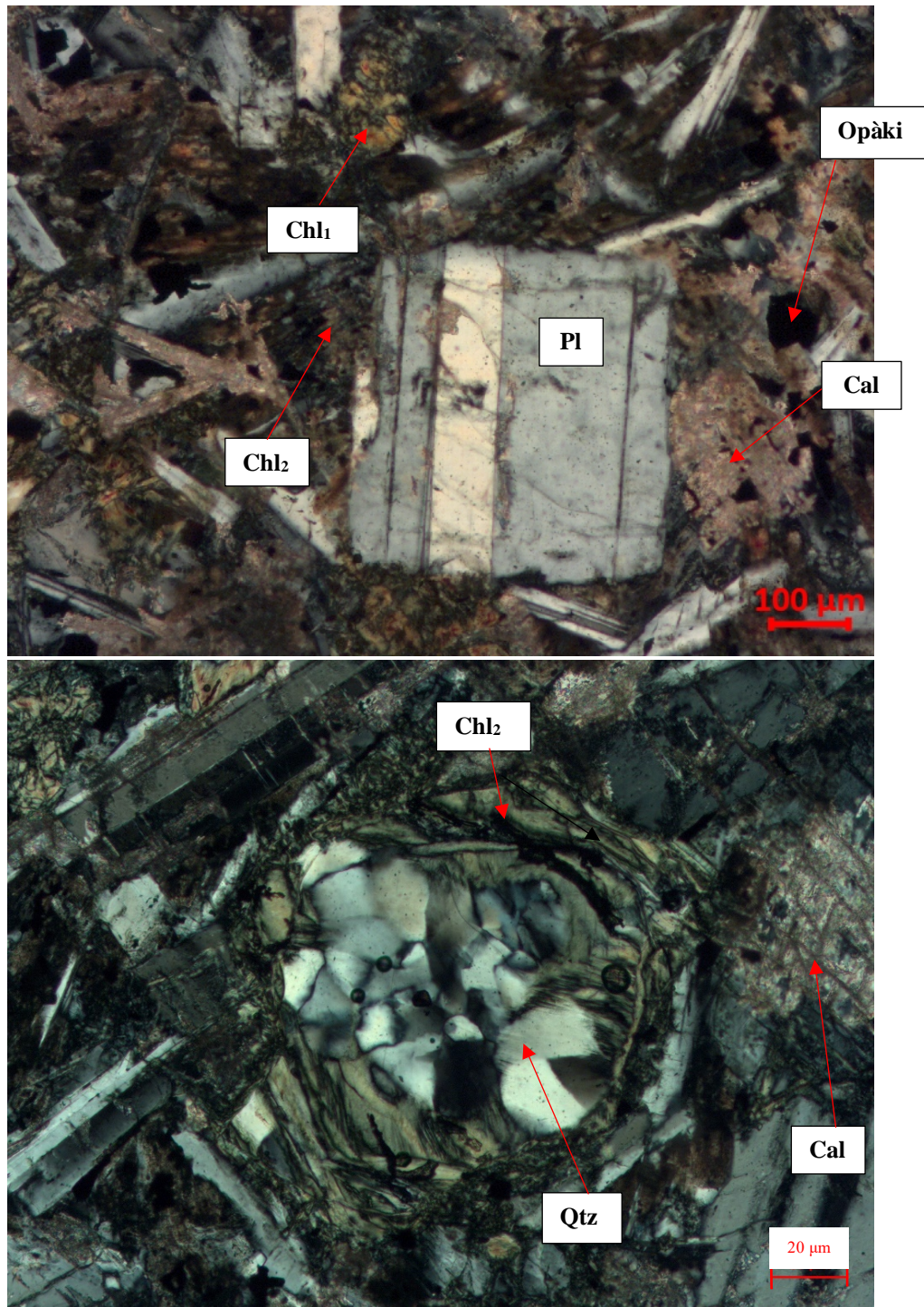
Presjeci magnetita su idiomorfni dimenzija $0,1 \times 0,1$ mm, s tamnocrvenom bojom pod reflektiranim svjetlom.

Klorit se sekundarno nalazi u stijeni i to kao alteracija po plagioklasu i klinopiroksenu. Nepravilnog je presjeka dimenzija $0,2 \times 0,1$ mm. Nalaze se dvije vrste klorita: a) listići koji pokazuju pleokroizam od svijetložute boje do žutosmeđe boje, s interferencijskom bojom žuta do narančasta II reda; i b) listići sa slabim pleokroizmom od svijetlozelene boje do zelene boje, anomalno lavandulastoplave interferencijske boje. Klorit s pleokroizmom od svijetložute do žutosmeđe boje nastali su alteracijom klinopiroksena, dok klorit s pleokroizmom od svijetlozelene do zelene boje nastaje alteracijom po plagioklasu i ispunjava mandule i žile u uzorku.

Kalcit se nalazi sekundarno u stijeni kao alteracija po klinopiroksenu i plagioklasu. Većinom su to aloriorfni presjeci prosječne dimenzije $0,4 \times 0,3$ mm. Presjeci su bezbojni, uz izraženu pseudoapsorpciju. Interferencijska boja je bijela višeg reda.

Kvarc se nalazi u obliku alotriomorfni zrna koje ispunjavaju šupljine (Slika 5-13). Presjeci su bezbojni, a interferencijska boja je siva I reda s uočljivim unduloznim potamnjenjem.

Nakon mikroskopske analize utvrđeno je da makroskopski vidljiva bijela mineralna zrna odgovaraju plagioklasu, dok su crna elipsasta do okrugla i nepravilna feromagnezijska zrna klorit, odnosno u potpunosti kloritizirani klinopiroksen. Determinirane su kloritne, albitne i zeolitne(?) žile. Bijeke mandule su kalcitne i/ili kvarcne.



Slika 5-13. Mikrofotografije uzorka MVIM 21D. Gore (N+): Vidljivi su idiomorfni fenokristal plagioklasa (Pl), mikroliti plagioklasa (Pl) i u potpunosti kloritizirani (Chl₁) klinopiroksen u osnovi. Klorit (Chl₂) nalazi se uz rubove fenokristala plagioklasa i mandula. Dolje (N+): mandula ispunjena s kvarcom (Qtz); rub mandule je kloritni (Chl₂). Uz desni rub slike vidljiv je kalcit (Cal) s karakterističnom kalavošću.

5.3.1.5 Uzorak **MVIM 21E**

U mikroskopskom preparatu su vidljivi fenokristali plagioklasa i u potpunosti uralitizirani i kloritizirani nekadašnji klinopiroksen, koji se nalaze u osnovi izgrađenoj od međusobno isprepletenih mikrolita plagioklasa između kojih se nalaze u potpunosti uralitizirani, kloritizirani, kalcitizirani i u minerale glina izmijenjen klinopiroksen, kalcit i opàki minerali (Slika 5-14). Akcesorni mineral je ilmenit. Klorit, albit, amfibol, kalcit, minerali glina i magnetit su sekundarni minerali u stijeni. Uzorak sadrži mandule. Mandule su kalcitne kuglastog oblika, promjera 0,2×0,2 mm. Vidljiva je jedna žila debljine 1 mm ispunjena kalcitom prosječne dimenzije 0,25×0,25 mm. Druga žila debljine 0,35 mm, ima na rubovima s jedne i druge strane iskristalizirani klorit u zoni debljine 0,1 mm, a u sredini pukotine koja odgovara debljini od 0,15 mm nalazi se sitnozrnati albit. Unutar pukotine još se nalaze i idiomorfni romboedarski kristali kalcita prosječne dimenzije 0,15×0,1 mm. Treća žila, debljine 0,3 mm, je ispunjena listićima klorita i pokojim zrnom kalcita. Ima još nekoliko žila, ali su one debljine manje od 0,1 mm.

Struktura je glomeroporfirna, tekstura je mandulasta.

Stijena je determinirana kao **izmijenjeni bazalt**.

Plagioklas se nalazi kao fenokristal hipidiomorfne štapićastog oblika dimenzija od 2×0,5 mm pa do 0,5×0,2 mm. Na fenokristalima plagioklasa se uočavaju polisintetske sraslačke lamele. U osnovi se nalaze hipidiomorfni mikroliti plagioklasa prosječne dimenzije 0,3×0,1 mm koji se međusobno isprepliću. Plagioklas je bezbojan, a interferencijska boja je bijela do siva I reda. Sitnozrnati plagioklas se nalazi i kako ispunjava žilu u uzorku. Fenokristali i mikroliti plagioklasa su kloritizirani i kalcitizirani. Pomoću Beckeove linije je utvrđeno da su plagioklasi u osnovi albiti.

Klinopiroksen u ovom uzorku nije pronađen. Nekadašnji fenokristali klinopiroksena i zrna klinopiroksena u osnovi sada su u potpunosti prešli u amfibol i klorit.

Opàki minerali su uglavnom nepravilnog presjeka prosječne dimenzije 0,25×0,2 mm. Pomoću boje minerala u reflektiranom svjetlu utvrđeno je da se radi o ilmenitu i magnetitu.

Ilmenit je alotriomorfne presjeka, te uklapa magnetit u sebe, boja pod reflektiranim svjetlom je sivkasto-bijela. Nekoliko zrna ilmenita je alterirano u sfen/leukoksen, što se vidi po crvenkasto-smeđim i sivkastim rubovima na zrnima ilmenita.

Magnetit je sekundarni mineral u uzorku, te je u odnosu na ilmenit rijedak. Presjeci magnetita su idiomorfnog kvadratičnog oblika prosječne dimenzije 0,08×0,08 mm. Boja magnetita pod reflektiranim svjetlom je crvenkastosmeđa.

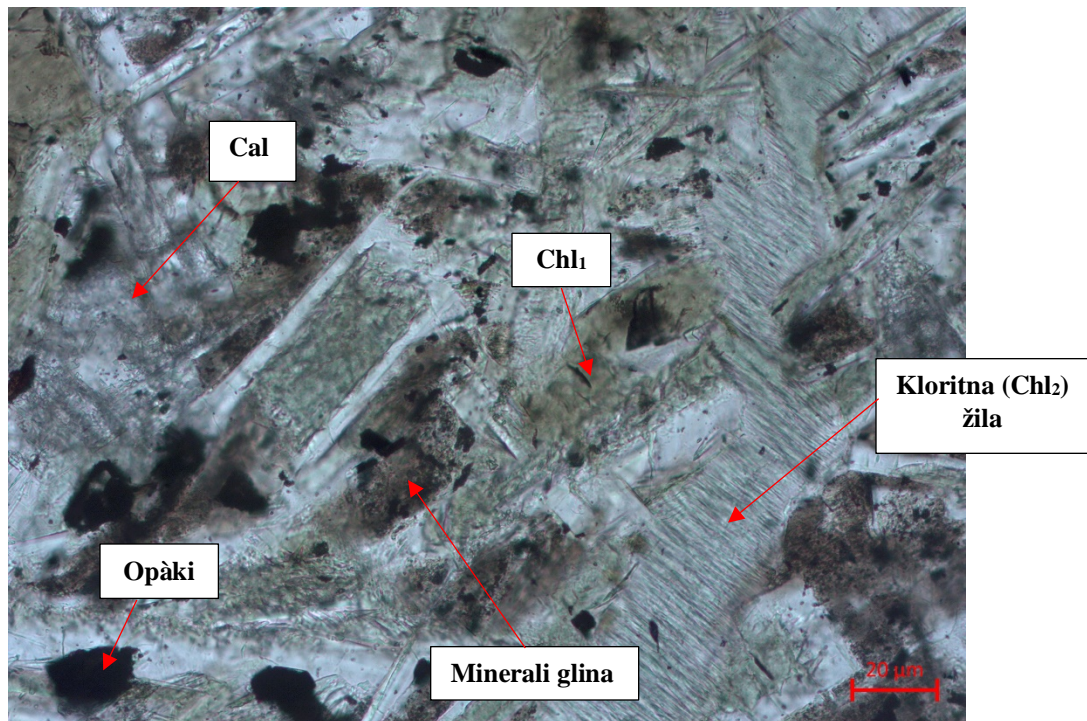
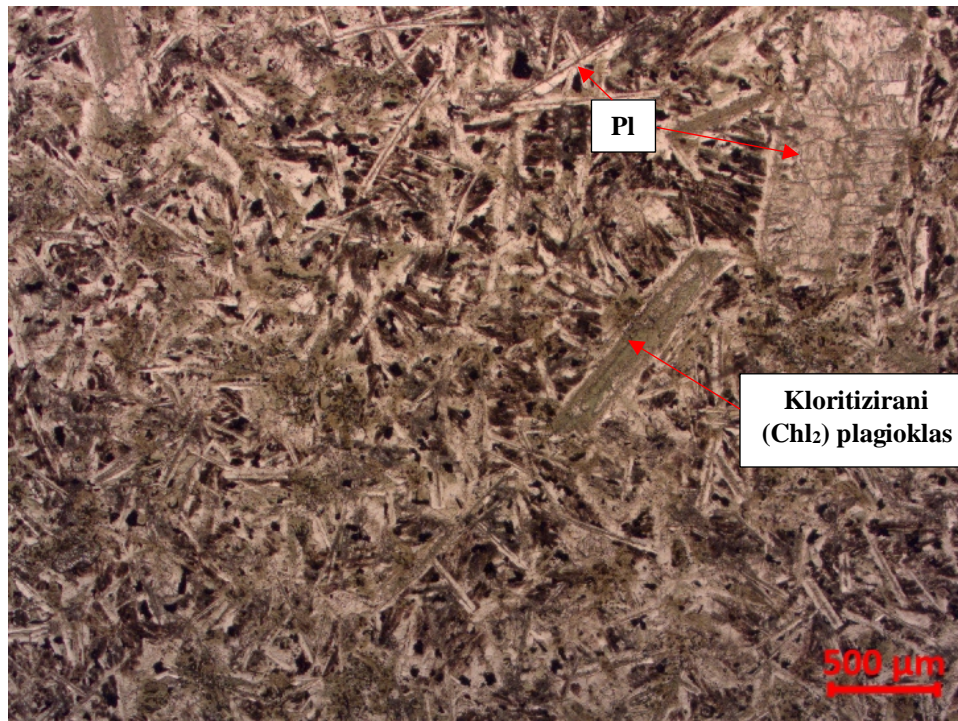
Klorit se pojavljuje sekundarno u stijeni u formi alotriomorfni listića prosječne dimenzije 0,2×0,1 mm. Određene su dvije vrste klorita: a) listići s pleokroizmom od svijetložute boje do žutosmeđe boje, interferencijske boje žute do narančaste II reda, te b) listići sa slabim pleokroizmom od svijetlozelene boje do zelene boje, s anomalnom lavandulastoplavom interferencijskom bojom. Klorit s pleokroizmom od svijetlozelene do zelene boje je asociiran za alteracije fenokristala i mikrolita plagioklasa. Dok su kloriti s pleokroizmom od svijetložute do žutosmeđe boje vezani za alteracije klinopiroksena, mjestimice su vezani i za alteracije po mikrolitima plagioklasa (Slika 5-14).

Amfibol je sekundarni mineral u stijeni nastao izmijenom klinopiroksena. Amfibol je hipidiomorfnog oblika prosječne dimenzije 0,22×0,15 mm. Osnovna boja se odlikuje pleokroizmom od svijetložute boje do žutosmeđe boje, s interferencijskom bojom narančaste do plave II reda. Na amfibolu je vidljiva jednostruka kalavosti i izmjeren kut kosog potamnjenja iznosi oko 10°. Najvjerojatnije je riječ o aktinolitu.

Kalcit se nalaze sekundarno u stijeni, nastao alteracijom plagioklasa i klinopiroksena. Njegova zrna su bezbojna i većinom alotriomorfnog oblika, prosječne dimenzije 0,2×0,15 mm, karakteristično izražene pseudoapsorpcije i interferencijske boje bijele višeg reda.

Minerali glina pojavljuju se sekundarno u stijeni. Nalaze se u osnovi i imaju tamnosmeđu osnovnu boju, dok se interferencijska boja ne može odrediti. Minerali glina se pojavljuju u obliku kriptokristalastih zrna u osnovi i po nekadašnjem klinopiroksenu.

Bijeli minerali koji su vidljivi makroskopski odgovaraju štapićima izmijenjenog plagioklasa, a crne okruglaste do elipsaste feromagnezijske nakupine odgovaraju potpuno uralitiziranom i krolitiziranom klinopiroksenu. Žile koje su crne boje, ispunjene su listićima klorita na rubovima žile i štapićima albita u sredini žile, a jedna žila bijele boje je ispunjena kalcitom. Bijele mandule su kalcitne.



Slika 5-14. Mikrofotografije uzorka MVIM 21E. Gore (N): hipidiomorfni fenokristali kloritiziranog (Chl₂) plagioklasa (Pl) s međusobno isprepletenim štapićima plagioklasa u osnovi. Dolje (N): uvećani detalj osnovne stijene s žilom klorita (Chl₂). Klinpiroksen je u potpunosti izmjenjen u klorit (Chl₁), minerale glina i kalcit (Cal). Na slici su vidljivi i opàki minerali alotriomorfnog presjeka.

5.3.2 Sitnozrnati uzorak

5.3.2.1 Uzorak **MVIM 21B2**

U mikroskopskom preparatu se vide štapići plagioklasa koji su znatno manjih dimenzija u odnosu na prethodne uzorke. Fenokristali nisu uočeni u ovom mikroskopskom preparatu. Primarni minerali u ovom uzorku su plagioklas i klinopiroksen. Uočeni su akcesorni opàki minerali ilmenit i magnetit. Sekundarni minerali su kalcit, klorit, kvarc i hematit (Slika 5-15). Uzorak sadrži mandule kalcita okruglastog oblika, promjera 0,75 mm. U uzorku se nalazi jedna veća žila (opisana niže u tekstu), te jedna žila debljine 0,2 mm koja je na rubu preparata ispunjena kalcitom žute osnovne boje, a prema središtu preparata bezbojnim kalcitom. Uzorak sadrži još nekoliko žila koje su manje od 0,05 mm ispunjene kalcitom i/ili kloritom. Po cijelome uzorku se nalazi impregnacija željezom koja zahvaća 20–30 %, modalnog sastava uzorka, dok modalni udio sekundarnih minerala klorita i kalcita (ne računajući žile i mandule) iznosi približno 25%.

Struktura je afirna, tekstura je mandulasta.

Stijena je determinirana kao **sitnozrnati izmijenjeni bazalt**.

Plagioklasi su štapićastog, idiomorfnog presjeka, prosječne dimenzije 0,2×0,05 mm (Slika 5-15 i Slika 5-16). Plagioklasi su bezbojni, dok je interferencijska boja bijela do siva I reda. Većinom su sraslaci dvojci. Od procesa alteracija na plagioklasima uočava se kloritizacija, te kalcitizacija.

Klinopiroksen je rijedak u ovome uzorku, alotriomornog je oblika, prosječne dimenzije 0,15×0,1 mm, a nalazi se u osnovi između međusobno isprepletenih štapića mikrolita plagioklasa. Zrna klinopiroksena su maslinasto-žute osnovne boje. Interferencijska boja je narančasta do plava II reda. Klinopiroksen je izrazito kalcitiziran.

Opàki mineral se pojavljuju kao akcesorni mineral, crne osnovne boje i pod uključenim analizatorom su crne boje. Prosječna dimenzija opàkih minerala je 0,5×0,3 mm. Određeni su ilmenit i magnetiti.

Ilmenit je alotriomornog oblika, s srebrno-bijelom bojom pod reflektiranim svjetlom.

Magnetit je idiomorfnog kvadratičnog oblika, s svijetlosmeđom bojom pod reflektiranim svjetlom.

Hematit je sekundarni mineral u stijeni nalazi se u osnovi između mikrolita plagioklasa i ispunjava mandule u uzorku. Neka zrna hematita su izotropna crvenkaste osnovne boje, dok je većina opaka i nalaze se u osnovi po cijelome uzorku.

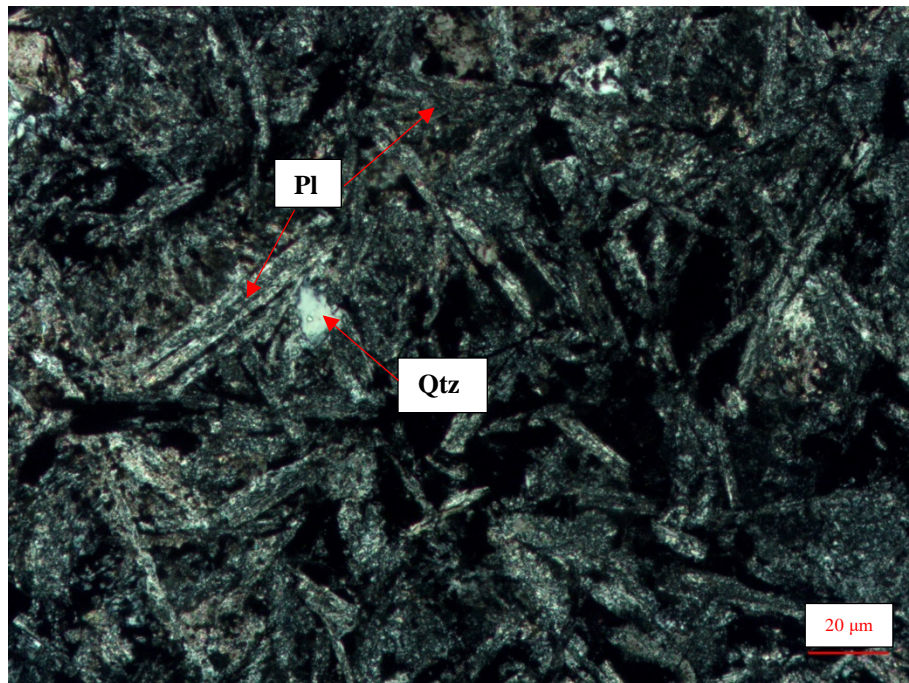
Klorit je sekundaran mineral koji se nalazi u obliku listića prosječnih dimenzija $0,3 \times 0,23$ mm kao alteracija po plagioklasu i klinopiroksenu. Također ispunjava mandule unutar uzorka. Listići klorita su karakterizirani pleokroizmom od svijetlozelene boje do tamnozeleno boje. Interferencijska boja je anomalno lavandulastoplava.

Kalcit je sekundarno prisutan u stijeni. Nalazi se duž prslina u plagioklasu, te ispunjava žile i mandule. Prosječna dimenzija kalcitnih zrna je $0,2 \times 0,1$ mm. Kalcit je bezbojan, a interferencijska boja bijela višeg reda.

Kvarc se pojavljuje rijetko kao sekundarni mineral. Zrna su nepravilnog oblika dimenzija manjih od 0,02 mm. Kvarc je bezbojan, s interferencijskom bojom do sive I reda (Slika 5-15).

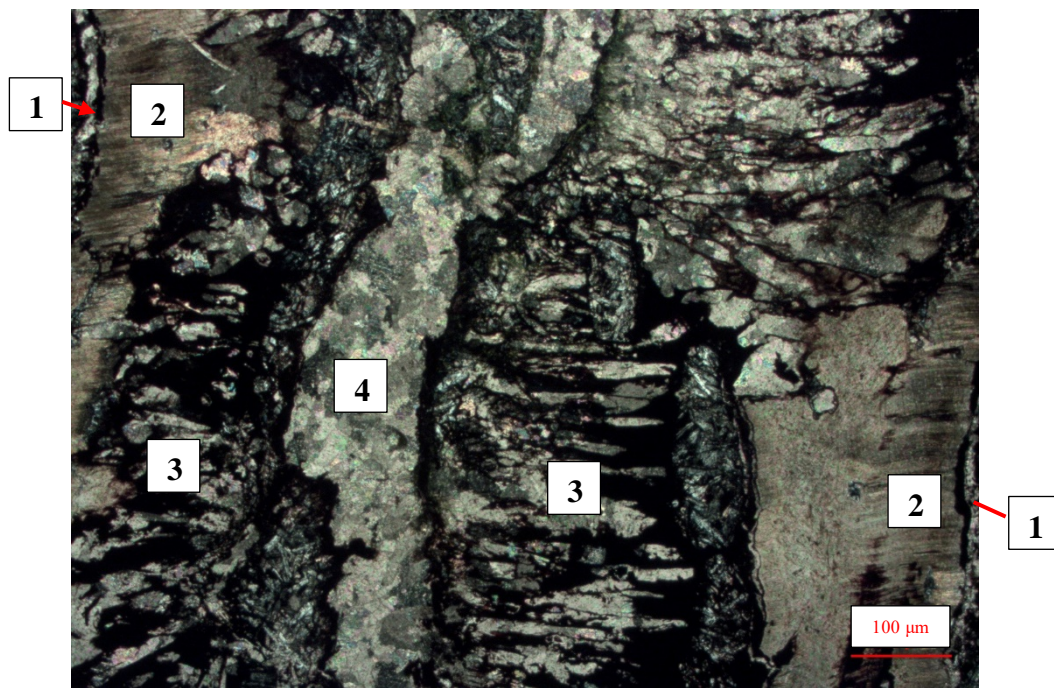
Cijeli uzorak je impregniran **željezovitom tvari (hematitizacija)**.

Nakon mikroskopske analize se može zaključiti da su pukotine koje su makroskopski opisane na uzorcima ispunjene kalcitom različitih generacija (Slika 5-8 i Slika 5-16).



Slika 5-15. Mikrofotografije uzorka MVIM 21B2. Gore (N) vidljiva je afirna struktura uzorka. Opaki minerali ispunjavaju prostor između mikrolita plagioklasa. Smečkasto-crvena boja na fotografiji u lijevom donjem kutu je od pečenja prilikom izrade mikroskopskog preparata. Dolje (N+): uvećan detalj s gornje fotografije. Mikroliti plagioklasa (Pl) su kalcitizirani i kloritizirani, između njih je hematit, a javlja se i sekundarni kvarc (Qtz).

Na Slici 5-16 prikazana je žila debljine 7 mm koncentrične građe. Žila je od ruba ispunjena sitnozrnatim kalcitom debljine 0,05 mm (zona 1), nakon koje slijedi žućkasto-smečkasti kalcit u izmjeni s opàkim mineralima ukupne debljine 0,5 mm (zona 2). Zatim slijedi izmjena opàkih minerala s bijelo-sivkastim fibroznim karbonatnim mineralom (inicijalno aragonit? ili fibrozni kalcit?) ukupne debljine 1 mm (zona 3). U središtu se nalaze svježi hipidiomorfni kristali kalcita prosječne dimenzije 0,15x0,1 mm (nova kalcitizacija, zona 4). Unutar žile su uočeni i dijelovi stijene dimenzija 4x0,9 mm (vidljivi su isprepleteni mikroliti plagioklasa).



Slika 5-16. Mikrofotografija uzoraka MVIM 21B2 (N+). Prikaz žile koncentrične građe.

6 DISKUSIJA

Mineralni sastav istraživanih stijena prilično je ujednačen i prikazan je u Tablici 6-1. Primarni mineralni sastojci u stijenama su plagioklas i klinopiroksen. Akcesorno se pojavljuje ilmenit ± magnetit. Sekundarni minerali su albit, kloriti, amfibol (aktinolit), kalcit, kvarc, mineral iz grupe zeolita, minerali glina, hematit ± magnetit. Vulkansko staklo u uzorcima istraživanih stijena nije opaženo.

Tablica 6-1. Klasifikacija i nomenklatura stijena lokaliteta Zuberi na temelju kvantitativnog udjela primarnih minerala.

Uzorak	Lokalitet	Varijetet stijene	Mineralni sastav		
			Primarni		Sekundarni
			Glavni	Akcesorni	
Krupnozrnati uzorci					
MVIM 21A	Zuberi	Izmijenjeni bazalt	Pl, Cpx	Ilmenit	Chl, Cal, Act, Qtz, zeolit, magnetit, gline
MVIM 21A2	Zuberi	Izmijenjeni bazalt	Pl, Cpx	Ilmenit	Chl, Cal, Qtz, magnetit, gline
MVIM 21C	Zuberi	Izmijenjeni bazalt	Pl, Cpx	Ilmenit	Chl, Cal, Act, magnetit, gline
MVIM 21D	Zuberi	Izmijenjeni bazalt	Pl, Cpx	Ilmenit, magnetit	Chl, Cal, Qtz, gline
MVIM 21E	Zuberi	Izmijenjeni bazalt	Pl, Cpx	Ilmenit	Ab, Chl, Cal, Act, gline, magnetit
Sitnozrnati uzorci					
MVIM 21B2	Zuberi	Sitnozrnati izmijenjeni bazalt	Pl, Cpx	Ilmenit, magnetit	Chl, Cal, hematit

Kratice minerala su prema Vrkljan i dr. (2019): Pl – plagioklas, Cpx – klinopiroksen, Chl – klorit, Cal – kalcit, Qtz – kvarc, Act – aktinolit, Ab – albit.

Među istraživanim stijenama pet uzoraka je krupnozrnatije, a jedan uzorak je sitnozrnati. Krupnozrnatiiji uzorci su porfirne do glomeroporfirne strukture. Porfirnu strukturu imaju uzorci: MVIM 21A i MVIM 21D, dok glomeroporfirnu imaju uzorci: MVIM 21A2, MVIM 21C i MVIM 21E. Uzorak MVIM B2 je sitnozrnatiiji od ostalih i ima afirnu strukturu. Tekstura svih uzoraka je mandulasta. Mandule su kalcitne, kvarcne i/ili kloritne. Uzorke presijecaju žile klorita i/ili kalcita, te zeolita i albita.

Na osnovu mineralnog sastava, strukture i teksture istraživane stijene su determinirane kao izmijenjeni bazalti.

Fenokristali plagioklasa prisutni su u svim uzorcima, dok fenokristali u potpunosti uralitiziranog i/ili kloritiziranog klinopiroksena nisu uočeni u mikroskopskim preparatima uzoraka: MVIM 21A, MVIM 21D i MVIM 21B2.

Plagioklas se pojavljuje kao fenokristal i mikrolit osnove. Samo u jednom mikroskopskom preparatu, uzorka MVIM 21E nađeni su mikroliti plagioklasa u kontaktu s kanada balzomom, te je pomoću Beckeove linije utvrđeno da se radi o albitima. Sudeći prema sekundarnim mineralima koji su determinirani, zaključeno je da su primarni plagioklasi sadržavali povećanu količinu kalcija. Nisu nađeni svježi presjeci na kojima bi se mogao odrediti sadržaj anortitne komponente. Jesu li i u kojoj mjeri fenokristali sada izmijenjeni u albit nije se moglo polarizacijskim mikroskopom potvrditi, samo pretpostaviti. Produkti izmjene plagioklasa zaključno su albit, klorit i kalcit.

Klinopiroksen se pojavljuje kao fenokristal i mikrolit. Fenokristali su u potpunosti uralitizirani i/ili kloritizirani, dok je klinopiroksen u osnovi u velikoj mjeri uralitiziran, kloritiziran, kalcitiziran i izmijenjen u minerale glina.

Ilmenit je akcesorni mineral koji je kristalizirao iz magme i primaran je mineral. Magnetit u istraživanim stijenama moguće da je primaran, ali nije isključeno da je sekundaran jer se nalazi u asocijaciji sa sekundarnim kloritom. Hematit je sekundarni mineral nastao kao produkt izmjene.

Albitizacija, uralitizacija i kloritizacija uz nastanak kalcita procesi su koji su doveli do nastanka sekundarnih minerala i izmjene bazalta.

„pillow” tekstura kod izljeva u podmorju). Amigdaloidna, odnosno mandulasta tekstura ukazuje na ekspanziju plinova i para iz lave koja se izlivala na površini ili blizu nje. Odsustvo mandula opet ukazuje ili na odsustvo volatila u lavama ili na polaganije hlađenje iz jako fluidalnih lava ili hlađenje unutar izljeva veće debljine. Mandule u istraživanim uzorcima nisu velike, a nisu ni brojne. Struktura istraživanih stijena koja je porfirna do glomeroporfirna, prisutni fenokristali, rijetke mandule i holokristalina struktura osnove ukazuju na sporiju kristalizaciju, te na kristalizaciju ispod površine, a sitnozrnati uzorak vjerojatno odgovara kristalizaciji pri rubovima magmatskog tijela.

Na temelju kristalizacijskog slijeda mogu se izvoditi zaključci o geotektonskom okolišu nastanka stijene. S obzirom da nisu rađene kemijske analize na uzorcima, može se iznijeti samo pretpostavka s obzirom na rezultate detaljne mineraloško-petrografske analize pomoću polarizacijskog mikroskopa.

U uzorcima MVIM 21A i MVIM 21D nisu pronađeni fenokristali klinopiroksena, već samo fenokristali plagioklasa. U uzorcima MVIM 21A2 i MVIM 21E fenokristali plagioklasa su većih dimenzija u odnosu na fenokristale u potpunosti uralitiziranog i kloritiziranog klinopiroksena, dok su u uzorku MVIM 21C ti fenokristali podjednake dimenzije. Uzorak MVIM 21B2 nema fenokristala. Iz navedenog može se zaključiti da je plagioklas kristalizirao prije klinopiroksena kad je riječ o fenokristalima. U osnovi stijene nalazimo svježije plagioklase kao mikrolite i sada uralitizirani i kloritizirani primarni klinopiroksen uz rijetke relikte klinopiroksena, što ukazuje da su plagioklasi i klinopirokseni osnove kristalizirali zajedno. Kristalizacijski slijed: Pl → Cpx → Fe-Ti oksidi karakterističan je za bazalt srednjeoceanskih grebena (MORB). Prema Shervais (2001) stijene koje imaju povećan omjer Ti/V odgovaraju MORB okruženju. Kako su u svim istraživanim stijenama pronađeni minerali ilmenta koji sadrži elemente Ti, može se pretpostaviti da istraživani uzorci imaju povećani odnos Ti/V.

Za utvrđivanje minerala glina koje nalazimo kao produkt izmjene kloritiziranog klinopiroksena bilo bi potrebno načiniti rentgensku difrakcijsku analizu (XRD). Točna odredba dvije različite vrste klorita (Chl_1 s pleokroizmom od svijetložute boje do žutosmeđe boje i Chl_2 sa slabim pleokroizmom od svijetlozelene boje do zelene boje) iziskivala bi separaciju minerala i XRD analizu separiranih mineralnih frakcija.

7 ZAKLJUČAK

Detaljna mineraloško-petrografska analiza bazičnih magmatskih stijena s lokaliteta Zuberi na Banovini pokazala je da su istraživane stijene izmijenjeni bazalti.

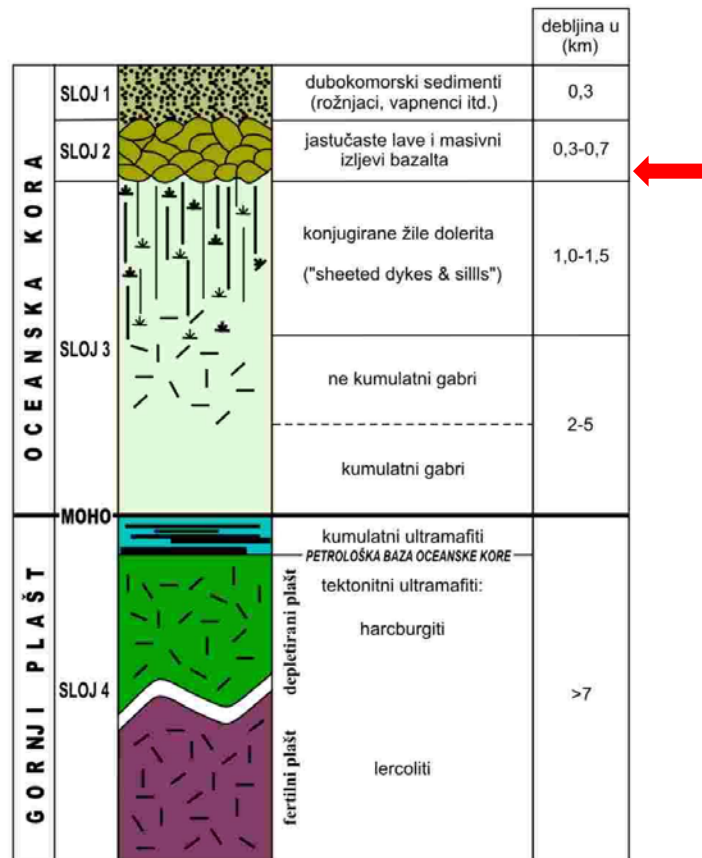
Primarni mineralni sastojci u stijenama su plagioklas i klinopiroksen.

Akcesorno se javljaju ilmenit ± magnetit.

Sekundarni minerali su albit, aktinolit, kloriti, kalcit, minerali glina, kvarc, mineral iz grupe zeolita, hematit ± magnetit.

Svi navedeni minerali su stabilni u uvjetima vrlo niskog do niskog stupnja metamorfoze. Dokaz je pojava amfibola (aktinolita) u pojedinim istraživanim uzorcima koja ukazuje na niski stupanj retrogradnog metamorfizma uzoraka.

Stijene su glomeroporfirne i porfirne do aфирne strukture i mandulaste teksture. Uzorci su u potpunosti iskristalizirali. Morska voda mogla je biti izvor natrija za formiranje albita i stijene su najvjerojatnije izmijenjene u otvorenom sustavu uz dotok fluida bogatih sa Mg^{2+} i CO_3^{2-} ionima, uz veća toplinska strujanja. U neporemećenoj oceanskoj kori bazalte ovoga tipa nalazimo na manjim dubinama od oko 0,8–1 km, pri vrhu ofiolitne sekvencije ispod dubokomorskih sedimenata, a naliježu na dajkovima dijabaza i dolerita (Slika 7-1).



Slika 7-1. Shematski prikaz strukture neporemećene oceanske kore (normalna ofiolitna sekvencija). Strelica pokazuje moguću poziciju istraživanih stijena unutar normalne ofiolitne sekvencije. Izvor: Slovenec, Da. (1998; preuzeto i skicirano na osnovu Wilson, 1989).

Intenzivno izmijenjeni bazalti prema autorima Can (1970) i Vallence (1974) odgovaraju spilitima. Geneza spilita prema autorima u vezi je s hidrotermalnom izmjenom tj. interakcijom iskristaliziranog bazalta i morske vode koja dovodi do albitizacije. U istraživanim stijenama albit je potvrđen u jednom uzorku, dok u ostalima uzorcima to nije bilo moguće potvrditi. Iz tog razloga istraživane stijene nisu nazvane spilitima, već izmijenjenim bazaltima.

Prema Babajić (2019) kompletni profili neporemećene oceanske kore (uključujući metamorfnu potplatu i vršne dubokomorke sedimente) mogu biti sačuvani u orogenskim pojasevima, kao što je npr. u Krivaja-Konjuh ofiolitnom kompleksu u Bosni i Hercegovini. Nepotpuno razvijeni i tektonski razbijeni i metamorfizirani ofiolitni profili, nalaze se uz rubne dijelove ofiolitnih kompleksa, što se može zaključiti i za stijene ofiolitne sekvencije Banovine iz konzultirane citirane literature.

8 POPIS LITERATURE

BABAJIĆ, E., 2019. Krivaja-Konjuh ofiolitni kompleks: petrologija, geochemija i geotektonika mafitne sekvence: [monografija]. Tuzla: Mit-Alex.

CANN, J. R., 1970. Rb, Sr, Y and Nb in some ocean floor basaltic rocks. Earth and planetary science letters. North-Holland publishing company, 10, str. 7-10.

GARAŠIĆ, V., VRKLJAN, M., MAJER, V., 2004. Mineral relationships and their chemistry in some basic magmatic rocks of Banija Ophiolite complex, Croatia. Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 16/1, str. 1-19.

HGI-CGS, 2009. Geološka karta Republike Hrvatske M 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, Zagreb.

HGI-CGS, 2009. Tumač Geološke karte Republike Hrvatske 1:300.000. Urednici: Velić, I., Vlahović, I., Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, Zagreb.

KRISTMANNSDOTTIR, H., 1975. Hydrothermal alteration of basaltic rock sin Iceland geothermal areas. 2nd UN Symp. Dev. Use. Heothermal Resours. Cof. San Francisco Calif. May 20-26, str. 441-445.

MAJER, V., 1973. Spiliti i dijabazi iz Šašave i spiliti iz Čemernice u Baniji (Hrvatska, Jugoslavija). Geološki vjesnik, 26, str. 123-135.

MAJER, V., 1974. Spiliti Vratnika u Baniji (Hrvatska, Jugoslavija). Geološki vjesnik, 27, str. 199-209.

MAJER, V., 1975. Ultramafitski kompleks u području Pokuplja i Banije u Hrvatskoj i Pastireva u sjeverozapadnoj Bosni. Acta geol., 8/9, (Prir. Istraž. JAZU, 41), str. 140-202.

MAJER, V., 1976. Stijene „dijabaz-keratofirske asocijacije” u području između Klasnića i Brezova polja u Baniji (Hrvatska, Jugoslavija). Geološki vjesnik, 29, str. 221-237.

MAJER., V., 1978. Mezozojski magmatizam Unutrašnjih Dinarida (odnosno ofitne zone) u području Pokuplja i Banije u Hrvatskoj i njegovo petrološko i geološko značenje. Geološki vjesnik, 30/2, str. 699-711.

MAJER., V., 1979. Stijene „dijabaz-spilit-keratofirske asocijacije” u području Bojne u Baniji (Hrvatska, Jugoslavija). *Geološki vjesnik*, 31, str. 229-241.

MAJER, V., 1993. Ofiolitni kompleks Banije s Pokupljem u Hrvatskoj i Pastireva u Bosni. *Acta geologica*, 23/2, str. 39-84.

MAJER, V., TIŠLJAR, J., 1973a. Spilitne stijene kod sela Lasinja u Pokuplju (Hrvatska, Jugoslavija). *Geološki vjesnik*, 25, str. 211-227.

MAJER, V., TIŠLJAR, J., 1973b. Spilit i andezit-dijabaz Velike Trepče u Pokuplju i spilit Hrvatskog sela kod Topuskog u Baniji (Hrvatska, Jugoslavija). *Geološki vjesnik*, 26, str. 139-155.

MAJER, V., KREUZER, H., HARRE, W., SEIDEL, E., ALTHERR, R., OKRUSCH, M., 1979. Petrology and geochronology of metamorphic rock from the Banija area, Yugoslavian ophiolites belt 2nd Int. Ophiol. Symp., *Cyprus Abstracts*, str. 46-47, Nicosia.

McPHILE, R., DOYLE, J., ALLEN, M., 1993. *Volcanic textures: a guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*. Tasmania: Centre for Ore Deposit and Exploration Studies.

PAMIĆ, J., 1997. The Development of Croatia Geoscience as Reflected by the Study of Dinaridic Ophiolites. *Geologia Croatica*, 50/2, str. 173-180.

PAVELIĆ, D., 2014. *Opća geologija*. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

SEEWALD, J. S., 1987. Na and Ca metasomatism during hydrothermal basalt alteration: an experimental and theoretical study. M. Sc. Thesis. Univ. Minnesota, 176 pp.

SEYFRIED, Jr. W. E., BRENDT, M. E., SEEWALD, J. S., 1988. Hydrothermal alteration processes at mid-ocean ridges: constraints from diabase alteration experiments, hot-spring fluids and composition of the oceanic crust. U: Berrett, J. T., Jambor, J. L. (ur.): *Seafloor hydrothermal mineralization*. Mineral. Assoc. Can., 26, str. 787-804.

SLOVENEK, DA., 1998. Ofiolitne stijene u slivu potoka Bistre na sjevernim padinama Medvednice. Magistarski rad. Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-104.

SLOVENEĆ, DR., 2011. Opća mineralogija. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

SOKAČ, B., 2009a. Sajske i kampilske naslage (donji trijas – T₁). U: VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I. (ur.) Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju. Zagreb, str. 29-32.

SOKAČ, B., 2009b. Karbonatne naslage (srednji trijas – T₂). U: VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I. (ur.) Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju. Zagreb, str. 32-34.

ŠIKIĆ, K., 2009a. Ofiolitno-sedimentni kompleks. U: VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I. (ur.) Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju. Zagreb, str. 54-54.

ŠIKIĆ, K., 2009b. Klastične i karbonatne naslage (devon, karbon – D, C). U: VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I. (ur.) Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju. Zagreb, str. 18-19.

ŠIKIĆ, K., 2009c. Metamorfne stijene (srednja–gornja jura – J_{2,3}). U: VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I. (ur.) Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju. Zagreb, str. 54-57.

ŠIKIĆ, K., HALAMIĆ, J., BELAK, M., 2009. Ofiolitne stijene (srednja-gornja jura – J_{2,3}). U: VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I. (ur.) Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju. Zagreb, str. 57-60.

ŠUŠNJAR, M., GRIMANI, I., 1986. Strukturno-tektonski odnos ofiolitskog pojasa Banije. Geološki vjesnik, 39, str. 109-121.

TAJDER, M., HERAK, M., 1972. Petrologija i geologija. Zagreb: Školska knjiga.

VALLANCE, T. G., 1973. Spilitic Degradation of a Tholeiitic Basalt. Journal of Petrology, 15/1, str. 79-96.

VUKOVSKI, M., GARAŠIĆ, V., 2019. Petrogenetic Characteristics of Altered Basalts (Spilites) from Lasinja, Pokuplje. U: Knjiga sažetaka. 6. geološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem, Zagreb, 09.-12.10.2019., Zagreb: Hrvatski geološki institut, 2019, str. 208-209.

VUKOVSKI, M., GARAŠIĆ, V., BILIĆ, Š., GIZDAVEC, N., 2019. The Spilites of Lasinja Quarry. Excursion 1. Stop 5. U: Vodič ekskurzija, 6. hrvatski geološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem, Zagreb, 09.-12.10.2019., Zagreb: Hrvatski geološki institut, 2019, str. 23-25.

VRKLJAN, M., BOROJEVIĆ ŠOŠTARIĆ, S., TOMAŠIĆ, N., 2019. Optička mineralogija. Određivanje minerala polarizacijskim mikroskopom. Zagreb: Rudarsko-geološki-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Prirodoslovno - matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

WILSON, M., 1989. Igneous petrogenesis. A global tectonic approach. London: HarperCollins **Academic**.

www izvori:

Geoportal Državne geodetske uprave:

<https://geoportal.dgu.hr/> (18.06.2020.)

Google Earth:

<https://earth.google.com/web/@45.48519148,15.97157239,212.67820378a,368294.73278638d,35y,0h,0t,0r> (15.07.2020.)

International Commission on Stratigraphy:

<https://stratigraphy.org/icschart/ChronostratChart2020-03.pdf> (13.08.2020.)



KLASA: 602-04/20-01/125
URBROJ: 251-70-03-20-2
U Zagrebu, 16.09.2020.

Matteo Blatančić, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM: 602-04/20-01/125, UR. BROJ: 251-70-13-20-1 od 30.04.2020. godine priopćujemo temu završnog rada koja glasi:

PETROGRAFSKE KARAKTERISTIKE BAZIČNIH MAGMATSKIH STIJENA LOKALITETA ZUBERI, BANOVINA

Za voditeljicu ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o završnom ispitu dr. sc. Marija Horvat, naslovna docentica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Voditeljica

(potpis)

Doc. dr. sc. Marija Horvat

(titula, ime i prezime)

**Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite**

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Stanko Ružičić

(titula, ime i prezime)

**Prodekan za nastavu i
studente**

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor Kuhinek

(titula, ime i prezime)