

Mineralni sastav, gustoća, prostorna masa, poroznost i upijanje vode amfibolita s lokaliteta Vetovo (Papuk, Slavonija, Republika Hrvatska)

Lipovšćak, Lovro

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:321965>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-25**



Repository / Repozitorij:

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



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

**MINERALNI SASTAV, GUSTOĆA, PROSTORNA MASA, POROZNOST I
UPIJANJE VODE AMFIBOLITA S LOKALITETA VETOVO
(PAPUK, SLAVONIJA, REPUBLIKA HRVATSKA)**

Završni rad

Lovro Lipovšćak
G2194

Zagreb, 2023.



KLASA: 602-01/23-01/3
URBROJ: 251-70-15-23-2
U Zagrebu, 24. 5. 2023.

Lovro Lipovšćak, student

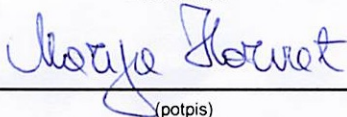
RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/23-01/3, URBROJ: 251-70-15-23-1 od 16. 1. 2023. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

MINERALNI SASTAV, GUSTOĆA, PROSTORNA MASA, POROZNOST I UPIJANJE VODE AMFIBOLITA S LOKALITETA VETOVO (PAPUK, SLAVONIJA, REPUBLIKA HRVATSKA)

Za mentoricu ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Nasl. izv. prof. dr. sc. Marija Horvat nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

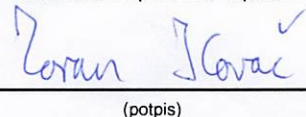
Mentorica:


(potpis)

Nasl. izv. prof. dr. sc. Marija
Horvat

(titula, ime i prezime)

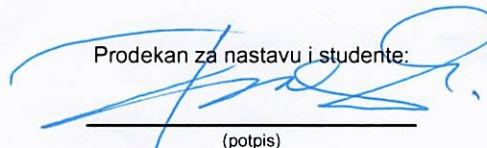
Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite:


(potpis)

Doc. dr. sc. Zoran Kovač

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:


(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Borivoje
Pašić

(titula, ime i prezime)

**MINERALNI SASTAV, GUSTOĆA, PROSTORNA MASA, POROZNOST I
UPIJANJE VODE AMFIBOLITA S LOKALITETA VETOVO (PAPUK,
SLAVONIJA, REPUBLIKA HRVATSKA)**

Lovro Lipovšćak

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Predmet istraživanja rada su uzorci amfibolita iz kamenoloma Vetovo (Papuk, Slavonija). Na tri uzorka, V-I-8, V-I-9, V-I-14/1, provedena su istraživanja mineraloško-petrografskog sastava i određivanja sljedećih fizičkih svojstava: gustoće, prostorne mase, poroznosti i upijanja vode. Glavni minerali primarne metamorfne parageneze u sva tri uzorka su hornblenda i plagioklas. Uzorci V-I-8 i V-I-9 imaju vrlo sličan mineralni sastav te uz hornblendu i plagioklas sadrže kvarc, titanit, epidot, klinozoisit, klorit, tinjčasti mineral (sericit/ilit), kalcit i opake minerale dok se uzorak V-I-14/1 razlikuje po većoj količini kvarca i dodatno sadrži biotit u odnosu na druga dva uzorka. Struktura sva tri uzorka je granonematoblastična, a tekstura trakasta. Uzorak V-I-9 ima nešto manju gustoću ($3,07 \text{ g/cm}^3$) u odnosu na uzorke V-I-8 ($3,18 \text{ g/cm}^3$) i V-I-14/1 ($3,10 \text{ g/cm}^3$). Svi uzorci imaju malu relativnu poroznost i malo upijanje vode, manje od 0,5 %, što se smatra vrlo niskim upijanjem te su na temelju toga pogodni za uporabu kao kameni agregati pri izradi pješačko-kolničkih konstrukcija, za gornji habajući sloj.

Ključne riječi: amfibolit, petrografska i fizička svojstva, pješačko-kolnička konstrukcija, gornji habajući sloj

Završni rad sadrži: 26 stranica, 6 tablica, 16 slika i 16 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentori: *naslovna* izv. prof. dr. sc. Marija Horvat RGNF i HGI

Ocjenjivači: *naslovna* izv. prof. dr. sc. Marija Horvat, RGNF i HGI
izv. prof. dr. sc. Ana Maričić, RGNF
izv. prof. dr. sc. Vesnica Garašić, RGNF

ZAHVALE:

Posebno želim zahvaliti mentorici izv. prof. dr. sc. Mariji Horvat na velikoj pomoći i strpljenju prilikom izrade završnog rada.

Zahvaljujem se izv. prof. dr. sc. Vesnici Garašić i izv. prof. dr. sc. Ani Maričić na izdvojenom vremenu za čitanje rada i sugestijama za poboljšanje rada.

Zahvaljujem se višem tehničaru Vinku Baranašiću na pomoći u laboratoriju.

Zahvaljujem se višem stručnom suradniku Nevenu Tadeju na interpretaciji XRD analize.

Zahvaljujem se tehničaru Mariu Valentu na pomoći prilikom pripreme uzorka.

SADRŽAJ

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | <i>UVOD</i> | 1 |
| 2. | <i>GEOGRAFSKI POLOŽAJ</i> | 2 |
| 3. | <i>GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA</i> | 3 |
| 4. | <i>PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA</i> | 6 |
| 5. | <i>METODE ISPITIVANJA</i> | 8 |
| 5.1. | Makroskopski opis | 8 |
| 5.2. | Mikroskopska opažanja | 8 |
| 5.3. | XRD analiza | 8 |
| 5.4. | Priprema uzoraka za ispitivanje njihovih fizičkih svojstava | 9 |
| 5.5. | Određivanje gustoće pomoću piknometra | 9 |
| 5.6. | Određivanje poroznosti | 11 |
| 5.7. | Određivanje upijanja | 11 |
| 6. | <i>REZULTATI ANALIZA</i> | 14 |
| 6.1. | Makroskopski opis uzoraka | 14 |
| 6.2. | Mikroskopski opis uzoraka..... | 15 |
| 6.3. | Rezultati XRD analize..... | 20 |
| 6.4. | Gustoća, prostorna masa, poroznost i upijanje vode istraživanih uzoraka | 21 |
| 6.4.1. | Gustoća | 21 |
| 6.4.2. | Gustoća, prostorna masa, apsolutna i relativna poroznost i upijanje vode | 22 |
| 6.4.3. | Vrijednosti upijanja vode | 22 |
| 7. | <i>DISKUSIJA</i> | 23 |
| 8. | <i>ZAKLJUČAK</i> | 24 |
| 9. | <i>POPIS LITERATURE</i> | 25 |

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| <i>Slika 2-1. Istraživani lokalitet u kamenolomu Vetovo označen crvenom točkom na isječku topografske karte</i> | 2 |
| <i>Slika 3-1. Isječak Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000, list Orahovica (D. Jamičić i M. Brkić, 1987) s istraživanim lokalitetom označenim plavom točkom</i> | 3 |
| <i>Slika 3-2. Isječak legende Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000, list Orahovica (D. Jamičić i M. Brkić, 1987) koji prikazuje litotipove sa slike 3-1.</i> | 3 |
| <i>Slika 5-1. Piknometar volumena 50,739 mL</i> | 10 |
| <i>Slika 5-2. Analitička vaga Mettler Toled</i> | 10 |
| <i>Slika 5-3. Sušionik proizvođača Instrumentaria d.d.</i> | 12 |
| <i>Slika 5-4. Uzorci potopljeni do 1/2 volumena uzroka u destiliranoj vodi. Oznake A0631, A0632, A0633 označavaju laboratorijski broj uzorka.</i> | 13 |
| <i>Slika 6-1. Kocke uzoraka V-I-8, V-I-9, V-I-14/1 (slikano iz ptičje perspektive, a kao mjerilo korišten čep kemijske olovke Rotring duljine 38 mm)</i> | 14 |
| <i>Slika 6-2. Kocke uzoraka V-I-8, V-I-9, V-I-14/1 (slikane bočne plohe, a kao mjerilo korišten čep kemijske olovke Rotring duljine 38 mm)</i> | 14 |
| <i>Slika 6-3. Trakasta tekstura u uzorku V-I-8. Plagioklas (Pl), sericit (Ser), kvarc (Qtz), titanit (Ttn), hornblenda (Hbl). Slika N+</i> | 16 |
| <i>Slika 6-4. Prikaz alteracije plagioklasa (Pl) u sericit (Ser) i hornblende (Hbl) s dvostrukom kalavošću. Slika N+</i> | 16 |
| <i>Slika 6-5. Prikaz trakaste teksture i djelovanja usmjerenog tlaka na blaste u uzroku V-I-9. Plagioklas (Pl), sericit (Ser), hornblenda (Hbl). Slika N+</i> | 17 |
| <i>Slika 6-6. Žila kalcita (Cal) s prehnitom (Prh) u uzorku V-I-9. Plagioklas (Pl), sericit (Ser), hornblenda (Hbl), klinozoisit (Czo). Slika N+</i> | 18 |
| <i>Slika 6-7. Prikaz gnijezda kvarca (Qtz) uz prisutne blaste hornblende (Hbl) i listiće biotita (Bt)</i> ... | 19 |
| <i>Slika 6-8. Blasti plagioklasa (Pl) s uklopcima kvarca (Qtz) i sericita (Ser). Kalcit je označen kraticom Cal. Slika N+</i> | 19 |
| <i>Slika 6-9. Difrakcijska slika uzorka V-I-9 (lab. broj A0632), legenda: Chl – klorit, M – micaeous (tinjčasti, sericit/ilit), Amp – amfibol, Czo – klinozosit, Pl – plagioklas, Ttn – titanit, Cal – kalcit.</i> 20 | |

POPIS TABLICA

| | |
|--|-----------|
| <i>Tablica 6-1. Mase uzoraka i mase uzoraka s piknometrom i vodom te izračunate gustoće uzoraka</i> | <i>21</i> |
| <i>Tablica 6-2. Izračunati rezultati gustoća, prostornih masa, apsolutnih i relativnih poroznosti te upijanja vode ispitivanih uzoraka</i> | <i>22</i> |
| <i>Tablica 6-3. Mase uzoraka nakon sušenja na 70 °C</i> | <i>22</i> |
| <i>Tablica 6-4. Ciklusi potapanja te izvagane mase uzoraka u određeno vrijeme (18.01.2023.)</i> | <i>22</i> |
| <i>Tablica 6-5. Ciklusi vaganja mase uzoraka na elektroničkoj vagi</i> | <i>23</i> |
| <i>Tablica 6-6. Ciklusi vaganja mase uzoraka na ovjesu</i> | <i>23</i> |

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA

| Oznaka | Jedinica | Opis |
|---------------|-------------------|--|
| ρ_γ | g/cm ³ | gustoća uzorka |
| m_u | g | masa uzorka |
| V_u | mL | volumen uzorka |
| p | vol. % | apsolutna poroznost |
| p_o | % | relativna poroznost |
| m_s | g | masa vodom zasićenog uzorka |
| m_d | g | masa suhog uzorka kamena |
| m_h | g | masa uzorka potopljenog u vodu |
| A_b | % | apsorpcija vode pri atmosferskom tlaku |

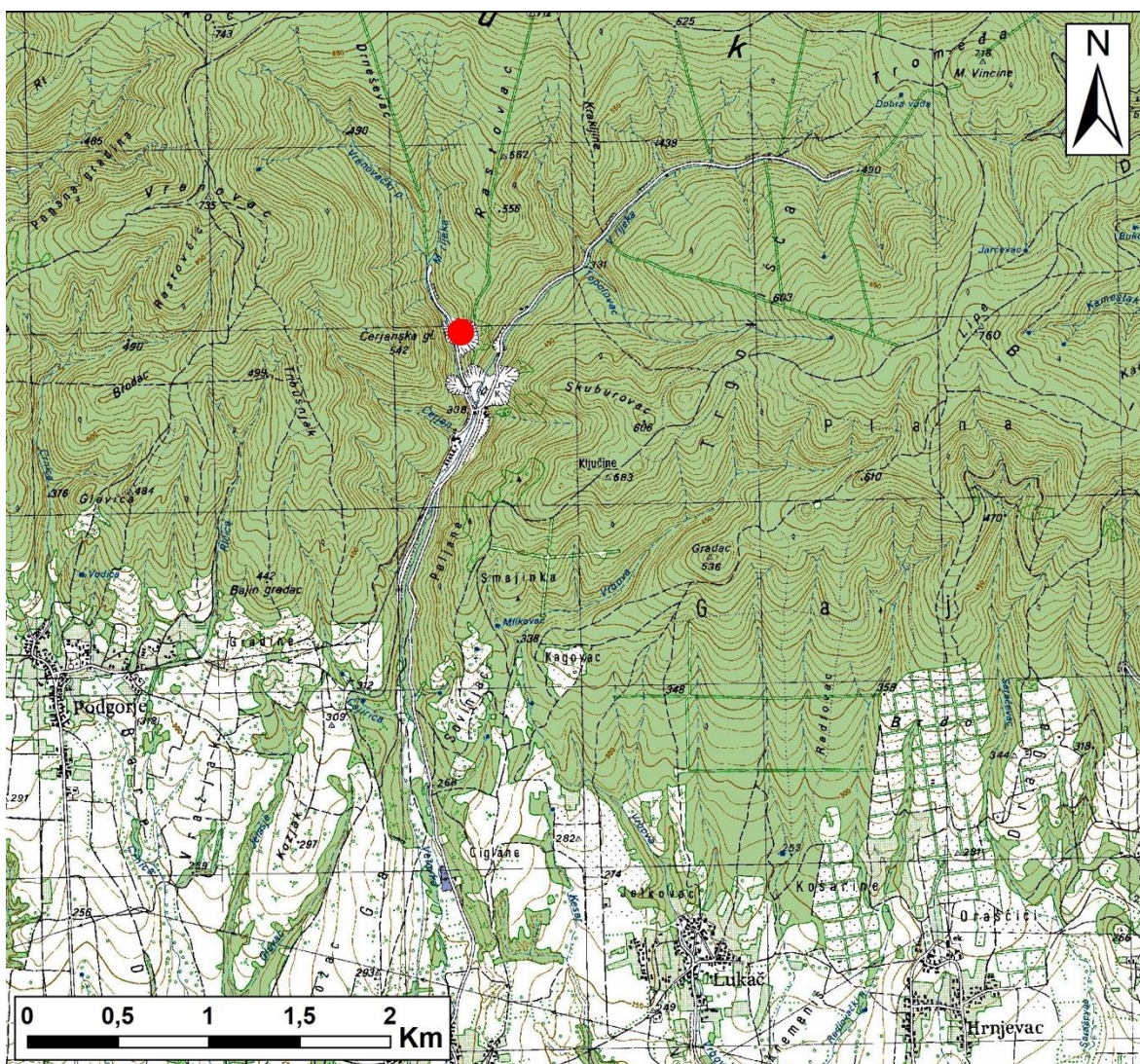
1. UVOD

Predmet ovog istraživanja su tri uzorka amfibolita, oznaka V-I-8, V-I-9 i V-I-14 s kraja profila, iz kamenoloma Vetovo na Papuku u Slavoniji (koordinate lokaliteta: početak profila $X = 6484301$, $Y = 5034845$, kraj profila $X=6484360$, $Y=5034519$). Za svaki od prikupljenih uzoraka obavljeno je ispitivanje mineraloško-petrografskih svojstva prema kojima su određeni mineralni sastav, struktura i tekstura uzorka. Od fizičkih svojstva određeni su gustoća, prostorna masa, poroznost i upijanje vode u svrhu provjere korištenja uzoraka kao tehničko-građevnog kamena. Ispitivanje je obavljeno prema postupcima opisanima u normama HRN EN 1936 i HRN EN 13755.

Cilj ovog rada je na temelju provedenih ispitivanja i prikupljenih podataka utvrditi može li se amfibolit s lokaliteta Vetovo na Papuku koristiti kao kameni agregat pri izradi pješačko-kolničkih konstrukcija, za gornji habajući sloj. Ispitivanja su primarno provedena na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u Zavodu za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine te jednim dijelom u Zavodu za geologiju Hrvatskog geološkog instituta u Zagrebu.

2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ

Slavonija je područje Republike Hrvatske koje se nalazi na njenom istoku, a granice su joj definirane planinom Papuk na zapadu, rijekom Dravom na sjeveru, rijekom Savom na jugu te rijekom Dunav na istoku. Rijeke Drava, Sava i Dunav ujedno čine i granice sa susjednim državama. Naselje Vetovo u čijoj je blizini kamenolom iz kojeg potječu uzorci pripada Požeško-slavonskoj županiji, a nalazi se u općini Kaptol. Istraživani lokalitet u kamenolomu Vetovo, smještenog na padinama Papuka označen je točkom crvene boje na slici 2-1.

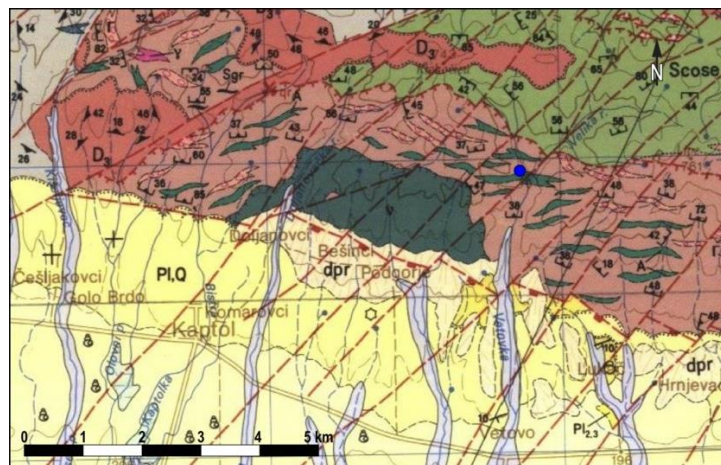


Slika 2-1. Istraživani lokalitet u kamenolomu Vetovo označen crvenom točkom na isječku topografske karte

Vetovo 374-2-1 1:25 000 (list Vetovo 274-2-1)

3. GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

Geološka građa terena obuhvaćena je listom Orahovica Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000 (Jamičić i Brkić, 1987).



Slika 3-1. Isječak Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000, list Orahovica (D. Jamičić i M. Brkić, 1987) s istraživanim lokalitetom označenim plavom točkom



Slika 3-2. Isječak legende Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000, list Orahovica (D. Jamičić i M. Brkić, 1987) koji prikazuje litotipove sa slike 3-1.

Ukratko slijedi opis litotipova koji se pojavljuju na slici 3-1., poredanih kronološki od najstarijih prema najmlađima preuzetih iz tumača Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000, list Orahovica (Jamičić i dr., 1987), te isječku legende (slika 3-2.):

Granat-staurolitiski gnajsevi (Ggs)

Gnajsevi su svrstani u najstarije prekambrijske naslage koje su prisutne na listu Orahovica Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000. Nalazimo ih u više varijeteta, a raznolikosti su određene stupnjem škriljavosti, mineralnim sastavom i količinskim odnosima mineralnih sastojaka. Glavni minerali od kojih su naslage izgrađene su kvarc i plagioklas te muskovit, biotit, granat i staurolit čija količina oscilira.

Flazerirani granitoidi (Γ)

Javljaju se u obliku žila i manjih nepravilnih tijela u gnajsevima i amfibolitima. Sastavljeni su od kvarca, plagioklasa te u manjoj količini feldspata i muskovita.

Amfiboliti i amfibolski škriljavci (A)

U amfibolitima varira udio hornblende te kiselog do neutralnog plagioklasa i kvarca. Pojavljuju još i sljedeći minerali: granat, epidot, zoisit, opaki minerali te pirit.

Metagabri (v)

Metagabri su zastupljeni plagioklasom, klinopiroksenom i hornblendom. Radi prisutne škriljavosti moguće ih je lako zamijeniti sa amfibolitom i amfibolskim škriljavcem.

Klorit sericitski škriljavci (Scose)

Kloritski škriljavci su stijene koje posjeduju izuzetnu škriljavost zbog čega se lako lome u tanke pločice. Sastoje se od kvarca, klorita, albita i sericita koji uvjetuju promjenu boje i škriljavost.

Biotitski gnajsevi, biotit-muskovitski gnajsevi i tinjčevi škriljavci (Gmb)

Stijene starijeg paleozoika kod kojih dolazi do stupnjevito prelaska u migmatske gnajseve. Glavni minerali od kojih su izgrađeni, a njihov udio značajno oscilira su: kvarc, biotit i kisel plagioklas. Ovisno o stupnju amfibolitskog facijesa moguća je pojava muskovita, biotita, plagioklasa te gnajsa koji katkad može sadržavati silimanit i staurolit. Granat se javlja kao sporedni sastojak.

Grafitični slejtovi, grafitične grauvake - Devon (D₃)

Najmlađe devonske stijene predstavljaju grafitični slejtovi, grafitične grauvake, kvarc sericitski škriljavci i konglomeratični pješčenjaci. Glavni minerali koji se javljaju u naslagama su kvarc, muskovit, sericit, kloritoid te klorit.

Metagrauvake - Karbon, perm (C, P)

Stijene karbon-perm predstavljane su krupnozrnatim metagrauvakama čiji su glavni minerali kvarc, albit, muskovit i hidrotinjac. Moguća je izmjena sa slejtom u kojem su prisutni većim dijelom kvarc, klorit te albit i koji se nalazi u većoj količini idući prema gornjem dijelu naslaga.

Graniti (γ)

Graniti su pretežito su izgrađeni od mikroklina, plagioklasa i kvarca (udio >20 %), čija količina varira.

Gline, pijesci, šljunci, pojave ugljena (Pl_{2,3})

Naslage pliocena odgovaraju paludinskim naslagama i pjeskovitom siltu. Glavni mineralni sastojci su kvarc, feldspati i čestice stijena.

Šljunci, pijesci, sitnopjeskovite gline (Pl, Q)

Javljaju se slatkovodni sedimenti (molasnog tipa), pjeskoviti šljunci, pijesci, siltni pijesci s proslojcima breča-konglomerata te siltno-pjeskovite gline s lećama šljunka. Kvarc i čestice stijena čine glavne sastojke, dok feldspat pripada u sporedni sastojak.

Deluvijalno – proluvijalni sedimenti (dpr)

S obzirom na sastav pojavljuju se tri deluvijalno-proluvijalno sedimenta. Padinski sedimenti koji se javljaju na području između Bukovice, Mikleuša i Orahovice po sastavu pripadaju praporu. Sedimenti između Slat. Drenovca i Pušine koji sadrže kvarc, feldspat i muskovit odgovaraju siltnim pijescima. Akcesorni mineral koji se može češće pojaviti je cirkon, dok se rijede javljaju turmalin, rutil i epidot. Grubozrni brečo-konglomerati na području između Doljanaca, Podgorja, Lukača i Mitrovca sastoje se od kršja metamorfita i prapora.

4. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Na temelju istraživanja planina u Slavoniji koje grade metamorfne stijene, D. Jamičić (1983) utvrdio je s obzirom na mineralni sastav da su metamorfiti Krndije i istočnog dijela Papuka razdijeljeni u tri serije: Jankovačka, Radlovačka i Kutjevačka.

J. Pamić (1991) napravio je istraživanje magmatskih i metamorfnih naslaga hercinske starosti slavonskih planina i podloge koja okružuje Panonski bazen.

Istraživanjem ortoamfibolita hercinske metamorfne kompozicije Južne Tisije u Hrvatskoj J. Pamić (2002) zaključio je kako ortoamfiboliti s toga područja sadrže hornblendu, plagioklase s udjelom anortita An_{48-98} i An_{26-35} , biotit, granat obogaćen grosularom i almandinom s akcesornim ilmenitom, titanitom i klorozoisitom.

Petrološkim istraživanjem i datiranjem monacita na metamorfnim stijenama srednjeg stupnja D. Balen (2006) objavio je rezultate kojima je otkriveno da je metamorfoza amfibolitnog facijesa nastala pri temperaturi od 600-650 °C i tlaku od 8-11 kbar. Prisutnim sadržajem U, Th i Pb u monacitima odredio je starost stijena te zaključio da se radi o periodu ordovicija-silura.

Petrografskim, geokemijskim i geokronološkim istraživanjem granitnih šljunaka iz permotrijskih metasedimenata s terena Tisije, V. Biševac i dr. (2011) utvrdili su da granitni šljunak predstavlja koherentnu skupinu felzičkih, muskovit-albit metagranita. Starost hercinske orogeneze dokazana je dvjema metodama; datiranjem K-Ar na muskovitu (329-317 Ma) i datiranjem Th-U-Pb monacita na elektronskoj mikrosondi (338±15 Ma). Hercinskim metasomatskim procesima albitizacije i greizenizacije došlo je do alteracije K-feldspata i biotita u albit i muskovit. Šljunak je bio zahvaćen mlađom fazom alteracije što je rezultiralo stvaranjem sericita koji je datiranjem K-Ar pokazao starost od 91 do 83 Ma. Zagrijavanjem stijena u kredi nastao je monacit starosti 106±10 Ma.

D. Balen i dr. (2012) odredili su da istraživani izdanak na Papuku (Kutjevačka Rijeka) obuhvaća kloritoidne metapelitske i metapsamitske litologije te se sastoje od K-bijelog tinjca, klorita, kloritoida, kvarca i manjim udjelom od K-feldspata, albita, opakih minerala

te pirofilitom zajedno s akcesornim cirkonom i rutilom. Datiranjem Th-U-Pb određena je starost od 120 ± 36 Ma.

Istraživanjem ortognajsa iz najstarijeg metamorfnog kompleksa na planini Papuk, D. Balen i dr. (2015) zaključili su da ortognajs omogućuje procjenu P-T evolucije ranopaleozojskih stijena Panonskog bazena.

Na klorit sericitskim škriljalcima s planine Papuk, D. Balen i dr. (2017) proveli su geokemijska istraživanja, P-T modeliranje i in-situ datiranje starosti monacita i zaključili da je metamorfizam proučavanih škriljavca na dubinama od otprilike 20 km posljedica alpske orogeneze.

Za određivanje starosti monzogranita iz kamenoloma Omanovac i kamenoloma Šandrovac i potoka Kišeljevac, M. Horvat i dr. (2018) koristili su metodu datiranja U-Pb na cirkonu. Graniti iz kamenoloma Omanovac pokazali su starost od 380 ± 4 Ma, a monzograniti iz kamenoloma Šandrovac i potoka Kišeljevac 383 ± 5 Ma. Dobiveni rezultati ukazuju na magmatsku aktivnost u kasnom devonu.

D. Slovenec i dr. (2020) odredili su starost različito akumuliranih piroksen-amfibol gabronorita s planine Papuk pomoću dviju metoda ($^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ i Sm-Nd) i dobili sljedeće rezultate; za metodu $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ $487,1\pm 4,3$ Ma, a za metodu Sm-Nd 505 Ma.

5. METODE ISPITIVANJA

5.1. Makroskopski opis

Uzorci V-I-8, V-I-9 i V-I-14/1 pregledani su džepnom terenskom lupom s povećanjem x10. Uzorci su fotografirani, a kao mjerilo na fotografijama korišten je čep kemijske olovke Rotring duljine 38 mm.

5.2. Mikroskopska opažanja

Mikroskopska opažanja obavljena su u Zavodu za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na polarizacijskom mikroskopu Leica. Mikroskopski izbrusci izrađeni su u Hrvatskom geološkom institutu, gdje su načinjene i mikrofotografije uzoraka u Zavodu za geologiju na polarizacijskom mikroskopu Zeiss Axio Lab A1 pomoću digitalne kamere Zeiss Axiocam 105 s pripadajućim softverom. Analizom mikroskopskih preparata utvrđeni su glavni i sekundarni minerali te tekstura i struktura uzoraka. Korištene kratice minerala su iz knjige Slovenec i Bermanec (2003).

5.3. XRD analiza

Uzorak V-I-9 (laboratorijski broj A0632) izabran je za analizu metodom rendgenske difrakcije (XRD metoda) koja se temelji na difrakciji rendgenskih zraka na mrežnim ravninama praškastog uzorka. Snimanje je odrađeno na difraktometaru Malvern PANalytical Empyrean u Zavodu za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine RGNF. Uzorak je samljeven u mlinu Retsch RS 200 do finog praha te stavljen na nosač. Za vrijeme snimanja mijenjan je kut pod kojim rendgenske zrake padaju na uzorak na metalnom nosaču, a detektor registrira promjene intenziteta difraktiranog zračenja. Do difrakcije rendgenskih zraka dolazi kada je zadovoljen Braggov zakon:

(5-1)

$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin \theta_{hkl} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

gdje je n cijeli broj koji označava red difrakcije, λ valna duljina rendgenskog zračenja, d međumrežni razmak određenog tipa mrežnih ravnina, a θ kut difrakcije. Raspored maksimuma ovisi o unutarnjoj simetriji kristala. Intenziteti maksimuma ovisi o sadržaju jedinične ćelije tj. o vrsti i rasporedu atoma u strukturi (Slovenec, 2014). Determinacija je izvršena uspoređivanjem s rendgenogramima iz baze podataka pomoću High Score Plus programa.

5.4. Priprema uzoraka za ispitivanje njihovih fizičkih svojstava

Za potrebe određivanja fizičkih svojstva uzoraka, u Laboratoriju za analizu geoloških materijala Zavoda za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, obavljeno je piljenje uzoraka kako bi se mogla napraviti daljnja istraživanja. Rezanje uzoraka na kocke dimenzija 5 x 5 x 5 cm napravljeno je pilom, a za preciznije piljenje koristio se uređaj Kemet Geoform 102.

5.5. Određivanje gustoće pomoću piknometra

Gustoća stijene određena je metodom pomoću piknometra.

Piknometar je staklena bočica sa uskim grlom koja na vrhu ima stakleni čep sa tankom cjevčicom čija je svrha izbacivanje viška tekućine (slika 5-1.). Volumen korištenog piknometra V_p iznosi 50,739 mL. Masa piknometara bez prisutnosti vode, odnosno suhog, mjeri se tri puta te se računa srednja vrijednost koja se koristi u daljnjem određivanju gustoće. Za mjerenje mase koristi se digitalna vaga sa 4 decimale (slika 5-2.). Pri mjerenju je vrlo bitno da se vrata na vagi zatvaraju za vrijeme svakog mjerenja da ne dođe do izmjene mase radi vanjskih utjecaja. Svako mjerenje ponavlja se tri puta kako bi se dobili precizniji podaci.

U piknometar se ulijeva destilirana voda do vrha i stavlja stakleni čep. Višak tekućine koji se izlije iz piknometra s njegove vanjske strane mora se obrisati krpom. Piknometar se postavlja na vagu te se zapisuje dobivena masa piknometra s vodom (m_{p+v}). Zatim se važe masa posudice, pritisne tipka 0/T na vagi i stavlja se uzorak mase cca. 1 g koji je prethodno zdrobljen čekićem na posudicu nakon čega se važe (m_u). Iz piknometra se izlije malo vode kako bi se mogao usipati uzorak s posudice. Ponovo se ulije voda do vrha, stavi stakleni čep i obrišu kapljice vode sa vanjske strane piknometra te mjeri masa piknometara sa vodom i uzorkom (m_{puv}). Pomoću dobivenih vrijednosti, računski se odredi gustoća uzorka (ρ_γ).

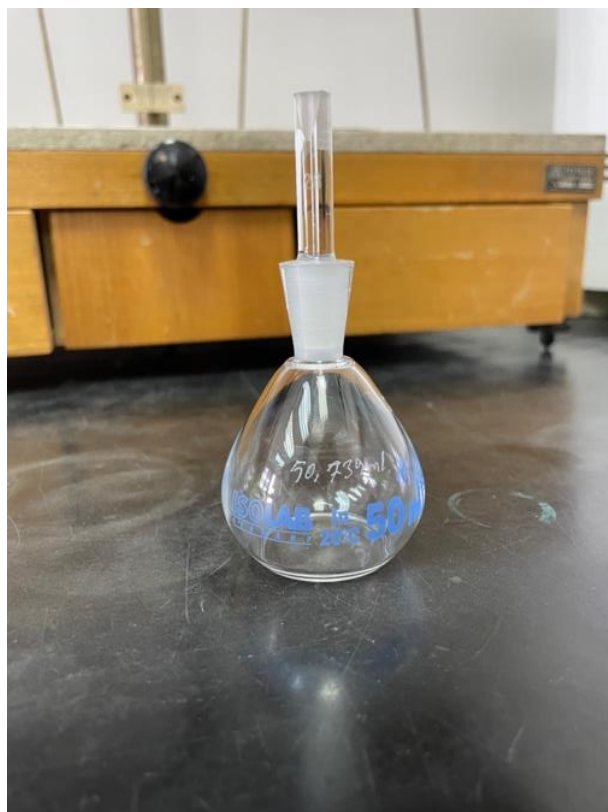
(5-2)

$$\rho_\gamma = \frac{m_u}{V_u}$$

ρ_γ – gustoća uzorka (g/cm^3)

m_u – masa uzorka (g)

V_u – volumen uzorka (mL)



Slika 5-1. Piknometar volumena 50,739 mL



Slika 5-2. Analitička vaga Mettler Toled

5.6. Određivanje poroznosti

Svaki uzorak se važe zasebno (m_d) nakon čega se zajedno stavljaju u praznu posudu te im se postupno snižava tlak, $2,0 \pm 0,7$ kPa. Tlak se održava kroz 24 sata kako bi se uklonio zrak iz otvorenih pora. U posudu se ulijeva destilirana voda sobne temperature, a brzina potapanja mora biti takva da potapanje traje duže od 15 minuta. Nakon 24 sata od ulijevanja vode i održavanja tlaka na $2,0 \pm 0,7$ kPa, ponovo se uspostavlja atmosferski tlak pri kojem uzorci ostaju sljedećih 24 sata. Nakon toga se svaki uzorak izvaže pod vodom i zabilježi njegova masa pod vodom (m_h), te se uzorak obriše i odredi masa uzorka zasićenog vodom (m_s). Dobivenim podacima odredi se apsolutna i relativna poroznost sljedećim formulama:

Apsolutna poroznost:

(5-3)

$$p = \frac{\rho_\gamma - \rho_b}{\rho_\gamma} = \left[1 - \frac{\rho_b}{\rho_\gamma} \right] \cdot 100$$

p – apsolutna poroznost (vol. %)

ρ_γ – gustoća (g/cm^3)

ρ_b – prostorna masa (g/cm^3)

Relativna poroznost:

(5-4)

$$p_o = \frac{m_s - m_d}{m_s - m_h}$$

p_o – relativna poroznost (u %, dostupna za vodu)

m_s – masa vodom zasićenog uzorka (g)

m_d – masa suhog uzorka kamena (g)

m_h – masa uzorka potopljenog u vodu (g)

5.7. Određivanje upijanja

Uzorci ispiljeni u kocke suše se na 70°C do konstantne mase (slika 5-7.) te stavljaju u eksikator dok se ne postigne sobna temperatura. Nakon postizanja sobne temperature uzorci se važu na vagi s točnošću $0,0001$ g te stavljaju u posudu pri čemu treba paziti da uzorci budu udaljeni jedan od drugog najmanje 15 mm. Dodaje se voda do $1/3$ volumena uzorka te se bilježi vrijeme (prvo ulijevanje vode zapisuje se kao t_0). Nakon 60 minuta, uzorci se vade iz vode i važu, zatim se ponovo vraćaju u posudu i ovog puta se dolije voda do $1/2$ volumena

uzorka (slika 5-8.). Postupak potapanja i vaganja ponavlja se za 2/3 volumena uzorka te za potpuno potopljen uzorak. Kada je uzorak potpuno potopljen, vaganje se ponovi još dva puta te se ostavlja u posudi do postizanja konstantne mase. Svakih 24h uzorak se izvadi i važe dok se ne postigne masa čija razlika između dva uzastopna mjerenja nije veća od 0,1 %. Rezultat zadnjeg mjerenja je masa zasićenog uzorka (m_s). S dobivenim podacima računa se apsorpcija vode pri atmosferskom tlaku pomoću formule:

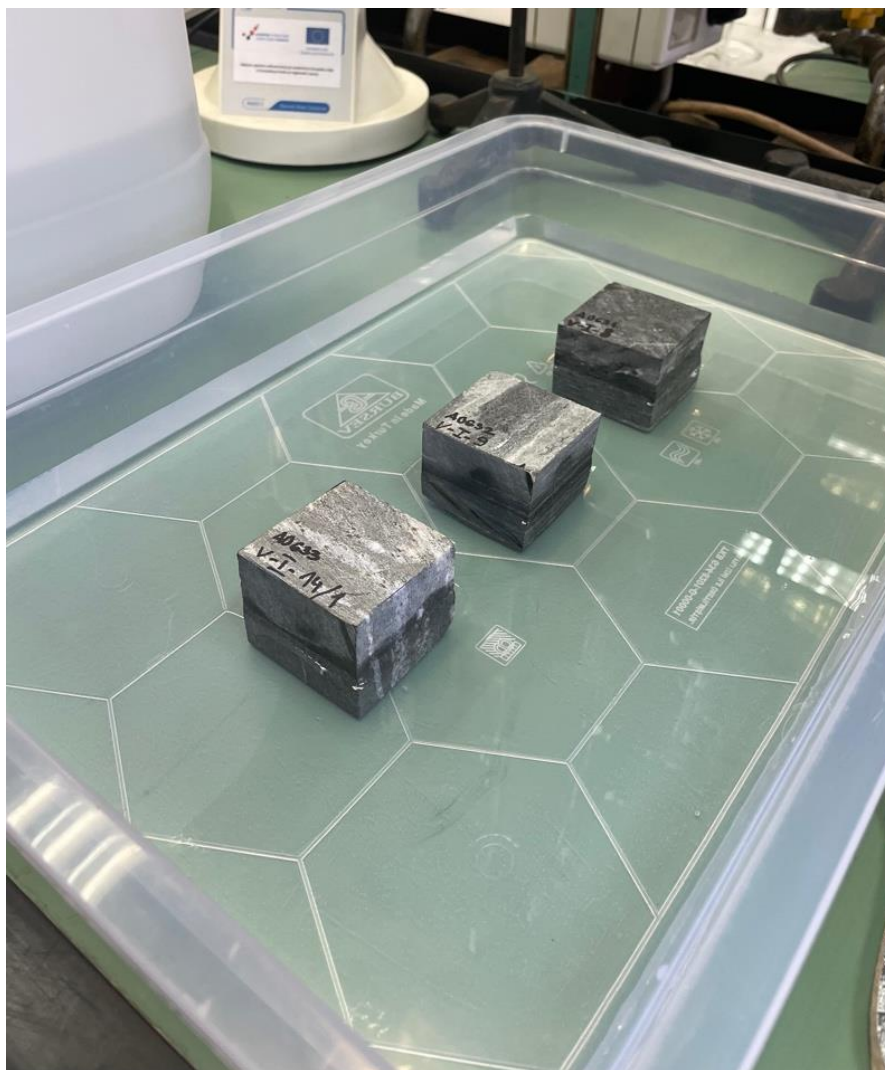
(5-5)

$$A_b = \frac{m_s - m_d}{m_d} \cdot 100$$

gdje je m_d masa suhog uzorka (g), m_s masa saturiranog uzorka (g) i A_b apsorpcija vode pri atmosferskom tlaku (%).



Slika 5-3. Sušionik proizvođača Instrumentaria d.d.



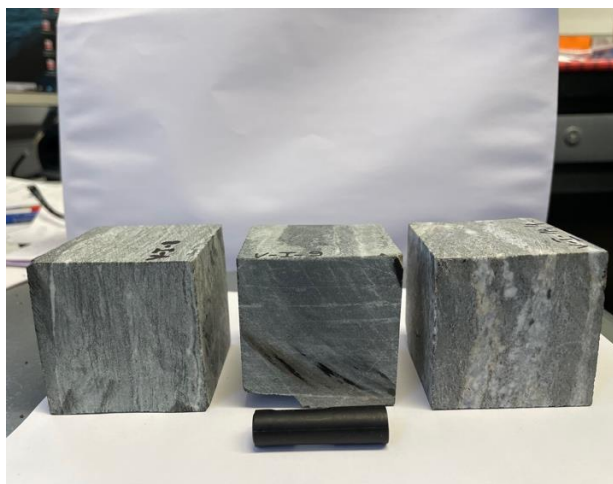
Slika 5-4. *Uzorci potopljeni do 1/2 volumena uzorka u destiliranoj vodi. Oznake A0631, A0632, A0633 označavaju laboratorijski broj uzorka.*

6. REZULTATI ANALIZA

6.1. Makroskopski opis uzoraka



Slika 6-1. Kocke uzoraka V-I-8, V-I-9, V-I-14/1 (slikano iz ptičje perspektive, a kao mjerilo korišten čep kemijske olovke Rotring duljine 38 mm)



Slika 6-2. Kocke uzoraka V-I-8, V-I-9, V-I-14/1 (slikane bočne plohe, a kao mjerilo korišten čep kemijske olovke Rotring duljine 38 mm)

Promatrajući uzorak V-I-8 uočljive su trake svijetlije i tamnije boje u izmjeni. Na slici 6-1. dimenzije trake se razlikuju na način da se pri vrhu uzorka vidi deblja traka tamnije boje nakon koje slijedi deblja traka svijetlije boje. Nakon svijetlije deblje trake slijedi izmjena tamnijih i svjetlijih traka. Na slici 6-2., koja prikazuje drugu plohu kocke, tamnije i svijetlije trake milimetarskih dimenzija su u izmjeni. U blizini lijevog brida, nalazi se tanka žila bijele boje.

Gledajući dvije različite plohe uzorka V-I-9 vidi se jasna razlika u bojama i rasporedu minerala na tom uzorku. Slika 6-1. slična je po rasporedu traka uzorku V-I-8 gdje su tamnije i svijetlije trake u izmjeni. Motreći uzorak V-I-9 na slici 6-2. vidljiva je promjena puno debljih traka tamnijeg minerala debljine oko 0,5 mm i tanjih traka bijelog minerala debljine oko 0,1 mm. Na plohi su uočljive crne linije koje su pozicionirane dijagonalno s obzirom na trake minerala. Nastale su kao produkt brušenja te ih se ne ubraja u analizu.

Uzorak V-I-14/1 bitno se razlikuje od prijašnjih uzoraka s obzirom da se u njemu nalazi nakupina bijelog minerala (slika 6-1.) dimenzija 0,5 mm x 0,2 mm koja se proteže po sredini plohe uzorka. Uz donji brid na plohi gdje piše naziv uzorka, pojavljuje se još jedna manja nakupina bijelih minerala. Na ostatku plohe dominantan je mineral tamnije boje uz pojavu žućkastog minerala u gornjem kutu na plohi uz sam brid. Slika 6-2. prikazuje veliko gnijezdo svjetlijih minerala, bijelih koje se proteže većinom površine plohe. Žila je svjetlosiva do bijela te se mjestimično pojavljuje i mineral žute boje (pirit?).

6.2. Mikroskopski opis uzoraka

Uzorak V-I-8

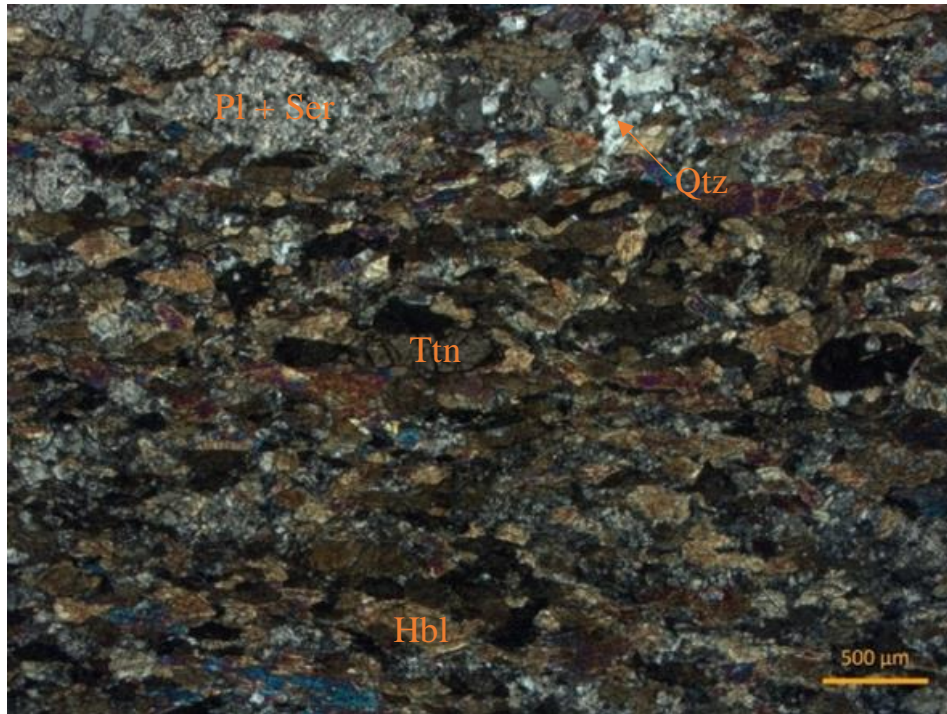
U mikroskopskom preparatu uzorka V-I-8 determinirani su sljedeći minerali: hornblenda, plagioklas, kvarc, titanit, epidot, klinozoisit, klorit, kalcit i opaki minerali. Blasti hornblende prosječnih dimenzija 0,45 x 0,18 mm dominiraju u cijelom preparatu (slika 6-3.). Prepoznatljivi su po pleokroizmu (blijedozeleni do zelenkastosmeđi) i intenzivnim bojama (do žute drugog reda). Također se mjestimično mogu pronaći blasti sa dvostrukom kalavošću (slika 6-4.). Izduženost blasta je u jednom pravcu, okomitom na djelovanje tlaka pri metamorfizmu. Kut kosog potamnjenja iznosi 27°. Blasti plagioklasa čije dimenzije u prosjeku iznose 0,4 x 0,21 mm imaju nizak reljef, bezbojni su i bijele do sive interferencijske boje prvog reda. Blasti plagioklasa većinom su alterirani u sericit (takva izmjena naziva se sericitizacija) (slika 6-4.). Titanit, čija su zrna prosječnih dimenzija 0,38 x 0,23 mm, karakterizira idiomorfan habitus te visok reljef. Razvijen je oko opakih minerala (najvjerojatnije se radi o ilmenitu). Epidot ima većinom alotriomorfan habitus kojeg karakterizira visok reljef i vlastita interferencijska boja do žute trećeg reda. Klinozoisit karakterizira visok reljef te interferencijska boja do žutonarančaste prvog reda. Epidot i klinozoisit nalaze se između blasta hornblende i plagioklasa. Klorit je nastao kao alteracija hornblende te osnovna boja pokazuje pleokroizam od blijedozelene do zelene boje. Vlastita interferencijska boja klorita je od žute do narančaste drugog reda. Kalcit se javlja u manjim žilicama te zasebno u izmjeni s drugim mineralima.

Makroskopski opažene izmjene tamnih i bijelih traka odgovaraju trakama koje izgrađuju hornblenda i plagioklas.

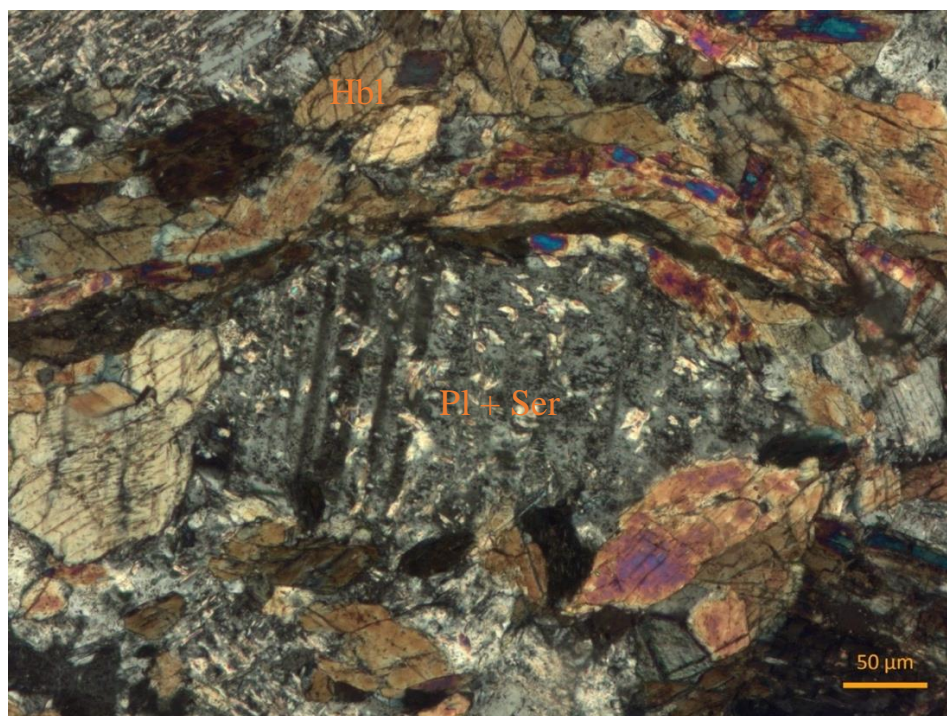
Struktura: granonematoblastična

Tekstura: trakasta

Determinacija: amfibolit



Slika 6-3. Trakasta tekstura u uzorku V-I-8. Plagioklas (Pl), sericit (Ser), kvarc (Qtz), titanit (Ttn), hornblenda (Hbl). Slika N+



Slika 6-4. Prikaz alteracije plagioklasa (Pl) u sericit (Ser) i hornblende (Hbl) s dvostrukom kalavošću. Slika N+

Uzorak V-I-9

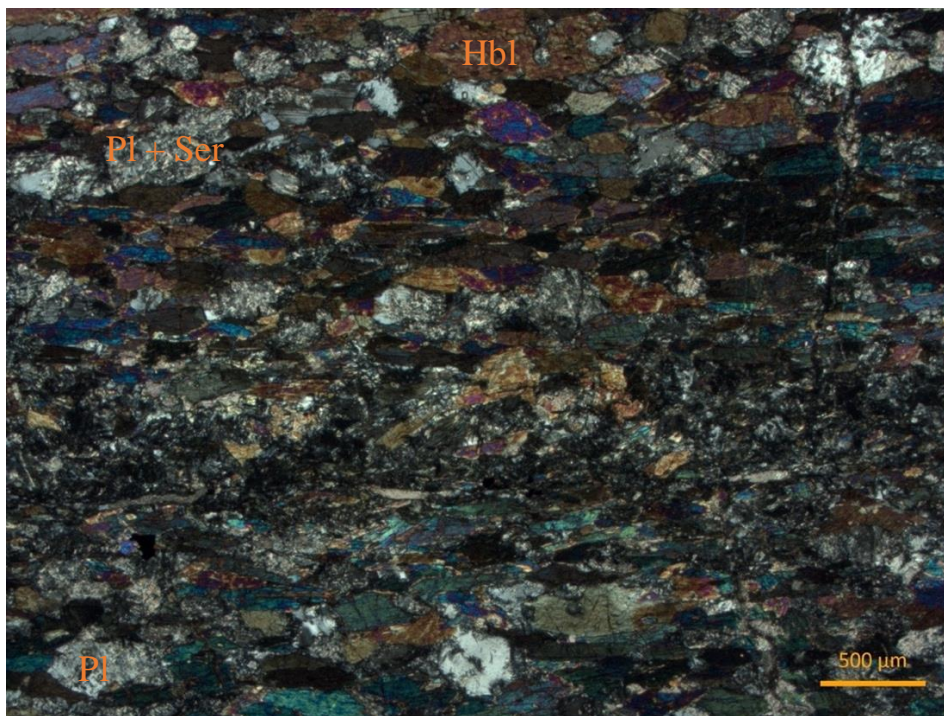
U mikroskopskom preparatu uzorka V-I-9 prisutni su navedeni minerali: hornblenda, plagioklas, kvarc, titanit, klinozoisit, kalcit, klorit, epidot i opaki minerali (slika 6-5.). Najzatupljeniji minerali su hornblenda i plagioklas. Blasti hornblende su prosječnih dimenzija 0,55 x 0,15 mm, a kut kosog potamnjenja iznosi 14°. Hornblenda ima blijedozeleni do zelenkastosmeđi pleokroizam, interferencijsku boju do žute drugog reda, a blasti su izduženi u pravcu okomitom na djelovanje tlaka pri metamorfizmu. Blasti plagioklasa prosječnih dimenzija 0,41 x 0,18 mm, često su alterirani u sericit. Klinozoisit karakterizira visok reljef i interferencijska boja siva do žutonarančaste prvog reda. Klorit se javlja kao retrogradni mineral nastao alteracijom hornblende te ima pleokroizam od blijedozelene do zelene boje. Epidot ima visok reljef i interferencijsku boju do žute trećeg reda. Otprilike na sredini preparata nalazi se velika kalcitna žila (slika 6-6.) uz čiju je stijenkku iskristalizirao prehnit.

Makroskopski opažene trake tamnijeg minerala debljine oko 0,5 mm odgovaraju hornblendi, a trake bijelog minerala plagioklasima.

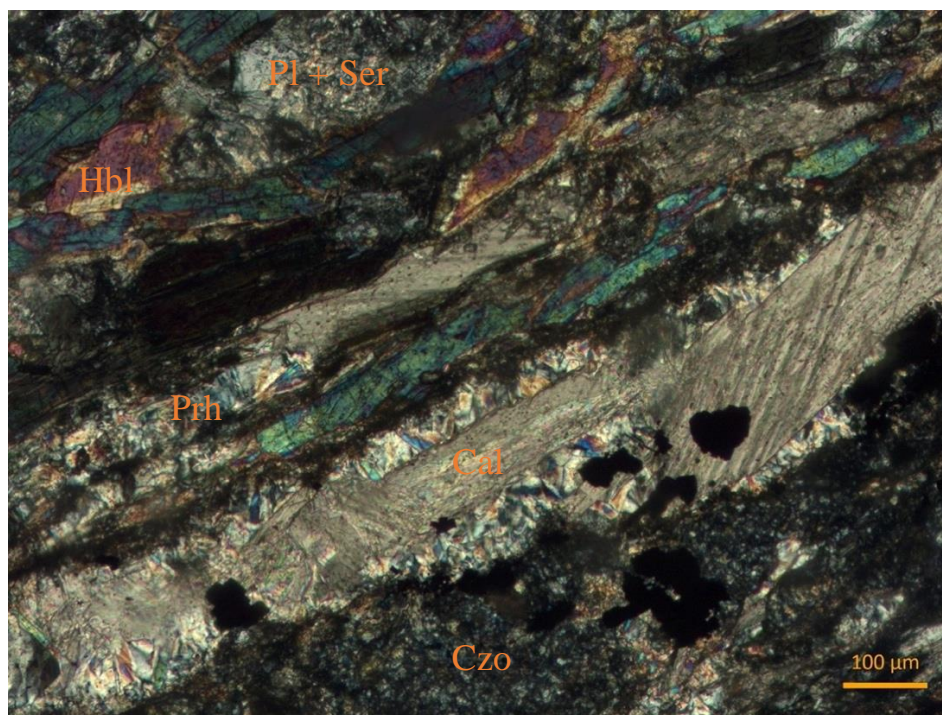
Struktura: granonematoblastična

Tekstura: trakasta

Determinacija: amfibolit



Slika 6-5. Prikaz trakaste teksture i djelovanja usmjerenog tlaka na blaste u uzorku V-I-9. Plagioklas (Pl), sericit (Ser), hornblenda (Hbl). Slika N+



Slika 6-6. Žila kalcita (*Cal*) s prehnitom (*Prh*) u uzorku V-I-9. Plagioklas (*Pl*), sericit (*Ser*), hornblenda (*Hbl*), klinzoisit (*Czo*). Slika N+

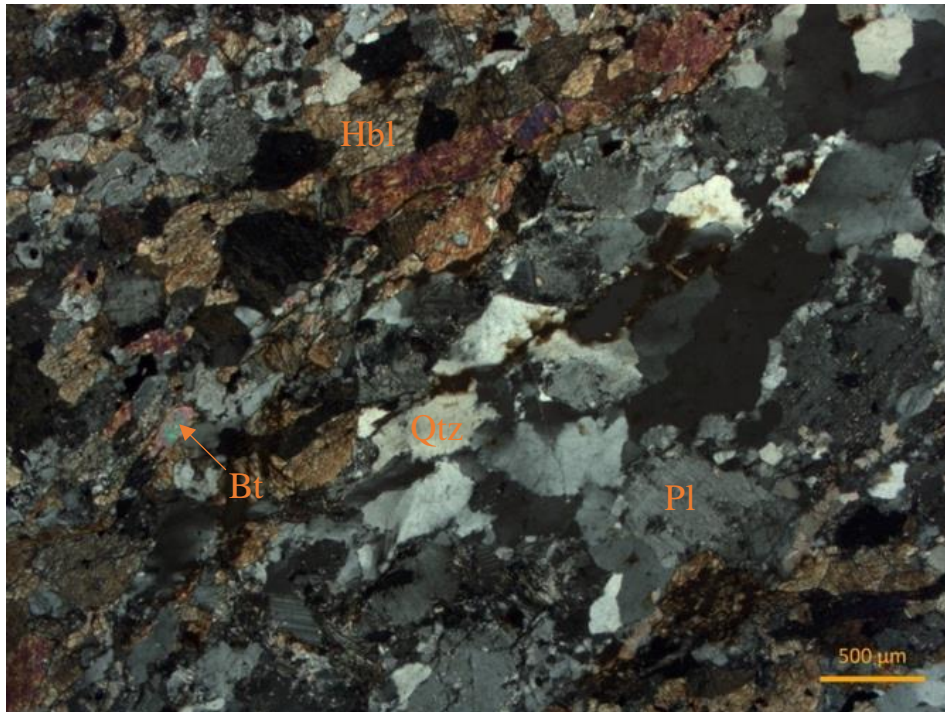
Uzorak V-I-14/1

U uzorku V-I-14/1 determinirani su sljedeći minerali: hornblenda, plagioklas, kvarc, biotit, klorit, kalcit i opaki minerali. Blasti hornblende prosječnih dimenzija 0,52 x 0,26 mm imaju blijedozeleni do zelenkastosmeđi pleokroizam i interferencijsku boju do žute drugog reda. Blasti su izduženi u pravcu okomitom na djelovanje tlaka pri metamorfizmu. Kut kosog potamnjenja amfibola iznosi 24°. Blasti hornblende zastupljeni su više u gornjem dijelu izbruska nego u donjem gdje prevladavaju u većem omjeru blasti plagioklasa, a manjem kvarca. Blasti plagioklasa su izrazito sericitizirani (slika 6-8.) Kvarc je u uzorku V-I-14/1 prisutan u većoj količini, za razliku od preparata uzoraka V-I-8 i V-I-9 gdje ga ima u dosta manjem omjeru. Zrna su prosječnih dimenzija 0,54 x 0,26 mm (slika 6-7.), alotriomorfna habitusa, te imaju undulozno potamnjenje. On odgovara makroskopski uočenoj žili svijetlosive do bijele boje. Interferencijska boja mu je siva do žućkasta prvog reda. Listići biotita dimenzija 1,00 x 0,34 mm imaju pleokroizam u svijetlo do tamnosmeđim bojama. Prepoznatljivi su po strukturi „ptičjeg oka“, a zastupljenost u preparatu im je oko 15 %. Klorit koji je nastao izmjenama hornblende pripada retrogradnoj metamorfnoj paragenezi te ima izražen pleokroizam (od zelenkaste do smeđezelene). U odnosu na primarnu metamorfnu paragenazu (hornblenda i plagioklas), klorit je zastupljen minorno (2-3 %).

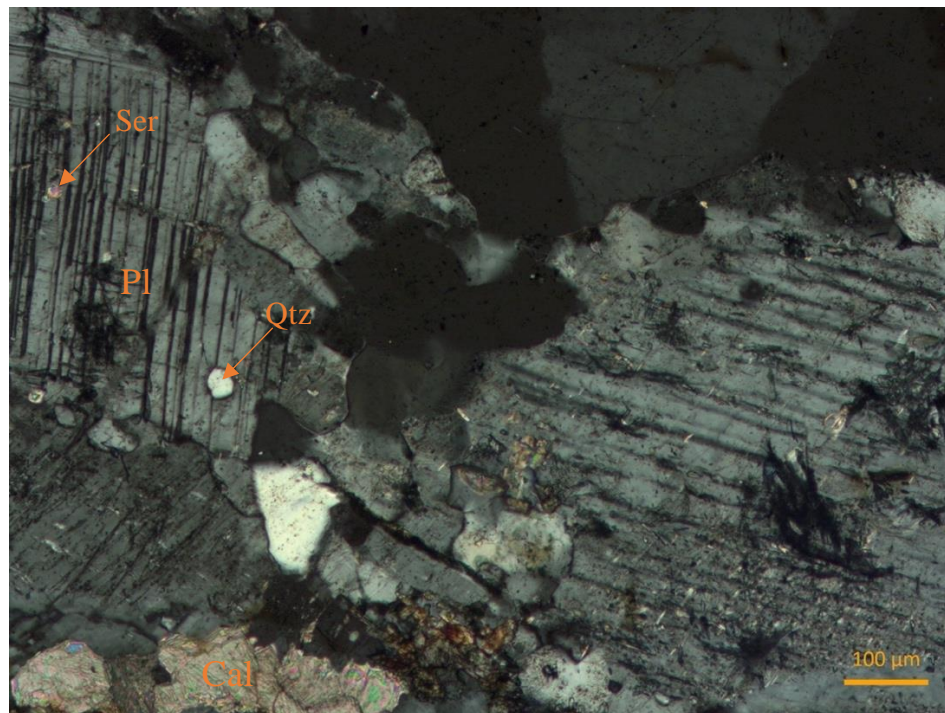
Struktura: granonematoblastična

Tekstura: trakasta

Determinacija: amfibolit



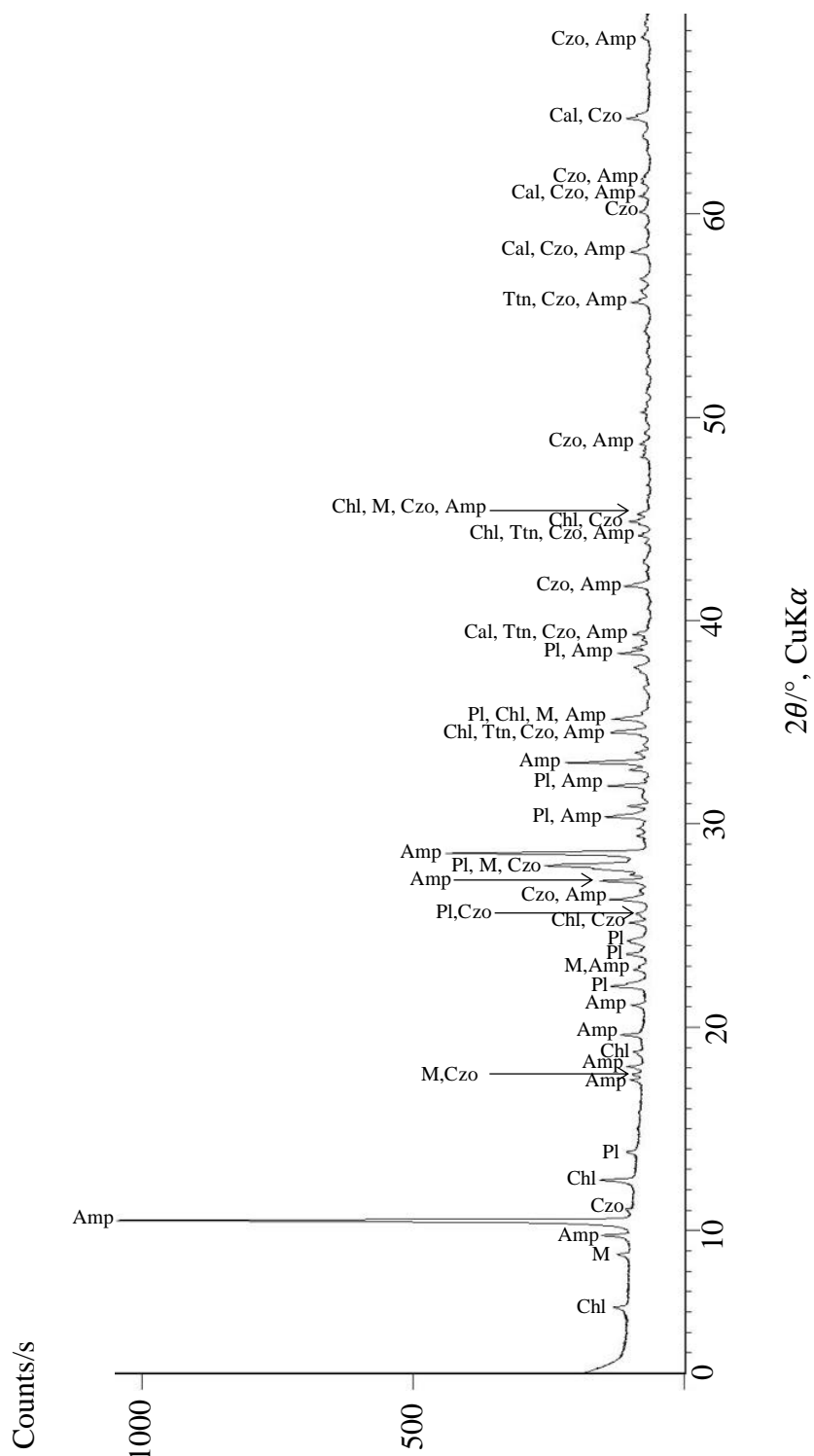
Slika 6-7. Prikaz gnijezda kvarca (*Qtz*) uz prisutne blaste hornblende (*Hbl*) i listiće biotita (*Bt*)



Slika 6-8. Blasti plagioklasa (*Pl*) s uklopcima kvarca (*Qtz*) i sericita (*Ser*). Kalcit je označen katicom *Cal*.
Slika N+

6.3. Rezultati XRD analize

Rendgenogram uzorka V-I-9 prikazan je na slici 6-9. Determinirani su sljedeći minerali: amfibol (hornblenda), plagioklas (albit), klorit, tinjčasti mineral (sericit/ilit), kalcit, titanit, klinozoisit.



Slika 6-9. Difrakcijska slika uzorka V-I-9 (lab. broj A0632), legenda: Chl – klorit, M – micaeous (tinjčasti, sericit/ilit), Amp – amfibol, Czo – klinozoisit, Pl – plagioklas, Ttn – titanit, Cal – kalcit

6.4. Gustoća, prostorna masa, poroznost i upijanje vode istraživanih uzoraka

Rezultati određene gustoće, prostorne mase, poroznosti i vrijednosti upijanja prikazani su tablično: Tablica 6-1., Tablica 6-2., Tablica, 6-3., Tablica, 6-4., Tablica 6-5., Tablica 6-6.

6.4.1. Gustoća

Dobiveni rezultati mjerenja pomoću piknometra:

$$m_p = 33,845 \text{ g}$$

$$V_p = 50,739 \text{ mL}$$

$$m_{p+v} = 84,3318 \text{ g}$$

$$\rho_v = 0,9952 \text{ g/cm}^3$$

m_p – masa piknometra, V_p – volumen piknometra, m_{p+v} – masa piknometra s vodom, ρ_v – gustoća vode

Tablica 6-1. Mase uzoraka i mase uzoraka s piknometrom i vodom te izračunate gustoće uzoraka

| Uzorak | Mjerenje | m_u [g] | m_{puv} [g] | ρ_γ [g/cm ³] |
|-----------------|----------|-----------|---------------|------------------------------------|
| V-I-8 | 1. | 1,0703 | 85,0660 | 3,1864 |
| | 2. | 1,0702 | 85,0658 | 3,1851 |
| | 3. | 1,0704 | 85,0652 | 3,1781 |
| V-I-9 | 1. | 1,0277 | 85,0256 | 3,0797 |
| | 2. | 1,0256 | 85,0243 | 3,0801 |
| | 3. | 1,0266 | 85,0235 | 3,0672 |
| V-I-14/1 | 1. | 1,0284 | 85,0289 | 3,1069 |
| | 2. | 1,0282 | 85,0282 | 3,1017 |
| | 3. | 1,0282 | 85,0276 | 3,0961 |

m_u – masa uzorka, m_{puv} – masa piknometra sa vodom i uzorkom, ρ_γ – gustoća uzorka

6.4.2. Gustoća, prostorna masa, apsolutna i relativna poroznost i upijanje vode

Tablica 6-2. Izračunati rezultati gustoća, prostornih masa, apsolutnih i relativnih poroznosti te upijanja vode ispitivanih uzoraka

| Uzorak | ρ_γ [g/cm ³] * | ρ_b [g/cm ³] | p [%] | p_o [%] | A_b [%] |
|----------|--------------------------------------|-------------------------------|--------|-----------|-----------|
| V-I-8 | 3,1832 | 3,0907 | 2,9058 | 0,5400 | 0,1739 |
| V-I-9 | 3,0757 | 3,0086 | 2,1816 | 0,3827 | 0,1272 |
| V-I-14/1 | 3,1016 | 2,8524 | 8,0300 | 0,7719 | 0,2706 |

ρ_γ – gustoća uzorka, ρ_b – prostorna masa, p – apsolutna poroznost, p_o – relativna poroznost, A_b – apsorpcija vode pri atmosferskom tlaku, * – srednja vrijednost

6.4.3. Vrijednosti upijanja vode

a) Sušenje

Tablica 6-3. Mase uzoraka nakon sušenja na 70 °C

| Uzorak | Datum | m_u [g] |
|----------|-------------|-----------|
| V-I-8 | 12.01.2023. | 408,24 |
| | 13.01.2023. | 408,19 |
| V-I-9 | 12.01.2023. | 377,40 |
| | 13.01.2023. | 377,34 |
| V-I-14/1 | 12.01.2023. | 369,58 |
| | 13.01.2023. | 369,53 |

m_u – masa uzorka

b) Početno mjerenje

Tablica 6-4. Ciklusi potapanja te izvagane mase uzoraka u određeno vrijeme (18.01.2023.)

| Uzorak | m_u [g] 08:20 t_0 | m_u [g] 09:20 1/3 | m_u [g] 10:20 1/2 | m_u [g] 11:20 2/3 | m_u [g] 12:20 potopljen | m_u [g] 13:20 potopljen | m_u [g] 14:20 potopljen |
|----------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| V-I-8 | 408,22 | 408,26 | 408,35 | 408,45 | 408,60 | 408,72 | 408,43 |
| V-I-9 | 377,36 | 377,56 | 377,70 | 377,50 | 377,95 | 378,02 | 377,62 |
| V-I-14/1 | 369,54 | 369,75 | 369,98 | 370,13 | 370,50 | 370,56 | 370,15 |

m_u – masa uzorka

c) Vaganje

Tablica 6-5. Ciklusi vaganja mase uzoraka na elektroničkoj vagi

| Uzorak | m_u [g] 19.01. | m_u [g] 20.01. | m_u [g] 23.01. | m_u [g] 24.01. | m_u [g] 25.01. | m_u [g] 26.01. | m_u [g] 27.01. |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| V-I-8 | 408,42 | 408,60 | 408,17 | 408,77 | 408,76 | 408,95 | 408,90 |
| V-I-9 | 377,53 | 377,62 | 377,78 | 377,71 | 377,76 | 377,82 | 377,82 |
| V-I-14/1 | 370,35 | 370,42 | 370,59 | 370,49 | 370,53 | 370,53 | 370,53 |

m_u – masa uzorka

d) Vaganje na ovjesu

Tablica 6-6. Ciklusi vaganja mase uzoraka na ovjesu

| Uzorak | m_u [g] 19.01. | m_u [g] 20.01. | m_u [g] 23.01. | m_u [g] 24.01. | m_u [g] 25.01. | m_u [g] 26.01. | m_u [g] 27.01. |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| V-I-8 | 276,57 | 276,58 | 276,36 | 276,62 | 276,64 | 276,62 | 276,83 |
| V-I-9 | 252,52 | 252,37 | 252,30 | 252,52 | 252,38 | 252,38 | 252,40 |
| V-I-14/1 | 240,85 | 241,05 | 241,00 | 241,17 | 241,05 | 240,98 | 240,98 |

m_u – masa uzorka

7. DISKUSIJA

Primarna metamorfna parageneza sva tri uzorka je ista: hornblenda i plagioklas. Struktura je granonematoblastična, a teksutra trakasta. Od tri ispitana uzorka amfibolita, metodom pomoću piknometra određeno je da najveću gustoću ima uzorak V-I-8 ($3,1832 \text{ g/cm}^3$), zatim slijedi uzorak V-I-14/1 ($3,1016 \text{ g/cm}^3$), a najmanju gustoću ima uzorak V-I-9 ($3,0757 \text{ g/cm}^3$). Mikroskopski je utvrđeno da uzorak V-I-8 ima veću količinu titanita od uzorka V-I-9, te s obzirom na gustoću titanita ($\rho=3,4 - 3,56 \text{ g/cm}^3$) to je mogući razlog nešto veće gustoće tog uzorka. Izračunata prostorna masa za uzorke V-I-8 i V-I-9 je gotovo podjednaka, dok je za uzorak V-I-14/1 nešto niža, a vrijednosti iznose: V-I-8 ($3,0907 \text{ g/cm}^3$), V-I-9 ($3,0086 \text{ g/cm}^3$) i V-I-14/1 ($2,8524 \text{ g/cm}^3$). Sve gustoće uzoraka veće su od prostornih masa što zadovoljava pravilo da je prostorna masa kamena uvijek manja od gustoće kamena (Tomašić, 2006). Najveću apsolutnu poroznost ima uzorak V-I-14/1 (8,0300 %), dok uzorci V-I-8 (2,9058 %) i V-I-9 (2,1816 %) imaju bliske vrijednosti. Modalni sastav uzorka V-I-14/1 sadržava 20 % minerala kvarca te se po tome razlikuje od druga dva uzorka. Povećana

apsolutna poroznost najvjerojatnije je posljedica mikropukotina u kvarcu (Tomašić, 2006). Relativna poroznost za sva tri uzorka je niska, a iznosi: V-I-8 (0,5400 %), V-I-9 (0,3827 %) i V-I-14/1 (0,7719 %). Za kamen koji se koristi kao tehničko-građevni najidealnije je da je razlika između apsolutne i relativne poroznosti što veća i da kamen ima vrlo malu relativnu poroznost, odnosno da pri normalnim atmosferskim uvjetima upija malu količinu vode (Tomašić, 2006). Sva tri ispitana uzorka imaju niske vrijednosti relativne poroznosti stoga je zaključeno kako je strukturna građa i raspodjela pornog prostora uzoraka povoljna jer je to dio koji može biti ispunjen vodom. Apsorpcija vode za uzorak V-I-8 je 0,1739%, za uzorak V-I-9 0,1272 %, a za uzorak V-I-14/1 0,2706 %. Najmanju apsorpciju vode ima uzorak V-I-9 za koji je napravljena XRD analiza i ustanovljeno je da sadrži tinjčev mineral sericit/ilit koji po svojstvima ima karakteristike minerala glina i klorit koji nastaje izmjenama hornblende. Od ispitivanih uzoraka, uzorak V-I-9 ima najmanju relativnu poroznost i najmanje upijanje vode, dok uzorak V-I-14/1 ima najveću relativnu poroznost i najveće upijanje vode.

8. ZAKLJUČAK

Istraživani uzorci amfibolita iz kamenoloma Vetovo (Papuk, Slavonija) imaju granonematoblastičnu strukturu i trakastu teksturu. Glavni metamorfni minerali koji ih izgrađuju su amfibol (hornblenda) i plagioklas. Istraživani uzorci imaju bliske vrijednosti gustoće od 3,1832 g/cm³ do 3,0757 g/cm³. Vrijednost prostorne mase uzoraka V-I-8 i V-I-9 je približno ista (3,0907 g/cm³ i 3,0086 g/cm³), dok uzorak V-I-14/1 ima nešto nižu vrijednost (2,8524 g/cm³). Vrijednosti apsolutne poroznosti uzoraka su različite: 2,9058 % (V-I-8), 2,1816 % (V-I-9) i 8,0300 % (V-I-14/1). Razlike u apsolutnoj poroznosti mogući su odraz razlike u stupnju retrogradne metamorfoze primarne metamorfne parageneze ispitivanih uzoraka. Iako uzorak V-I-14/1 ima visoku apsolutnu poroznost, vrijednosti relativne poroznosti sva tri uzorka su niske te se potpuno zasićenje vodom za sva tri uzorka postiglo u vrlo kratkom vremenu (7 dana). Sva tri ispitivana uzorka imaju vrijednosti upijanje vode ispod 0,5 %, te se smatraju da imaju vrlo nisko upijanje (Tomašić, 2006). Uzorci imaju vrlo nisko upijanje vode, ali treba istaknuti kako uzorak V-I-9 ima najmanje vrijednosti relativne poroznosti i upijanja i kao takav ima najbolja fizička svojstva od ispitanih uzoraka.

Nakon provedenih istraživanja mineraloško-petrografskih karakteristika i fizičkih svojstva zaključeno je da su ispitivani uzorci amfibolita s lokaliteta Vetovo (Papuk,

Slavonija) pogodni za uporabu pri izradi pješačko-kolničkih konstrukcija, za gornji habajući sloj, jer imaju malu relativnu poroznost i vrlo nisko upijanje vode.

9. POPIS LITERATURE

BALEN, D., HORVÁTH, P., FINGER, F., STARIJAŠ, B., 2013. *Phase equilibrium, geothermobarometric and xenotime age dating constraints on the Alpine metamorphism recorded in chloritoid schists from the southern part of the Tisia Mega-Unit (Slavonian Mts., NE Croatia)*. Int J Earth Sci, 102, str. 1091-1109

BALEN, D., HORVÁTH, P., TOMLJENVIĆ, B., FINGER, F., HUMER B., PAMIĆ, J., ÁRKAI, P., 2006. *A record of pre-Variscan Barrovian regional metamorphism in the eastern part of the Slavonian Mountains (NE Croatia)*. Mineralogy and Petrology, 87, str. 143-162

BALEN, D., MASSONNE, H.-J., LITHER, I., 2017. *Alpine metamorphism of low-grade schists from the Slavonian Mountains (Croatia): new P-T and geochronological constraints*. International Geology Review

BALEN, D., MASSONNE, H.-J., PETRINEC, Z., 2015. *Collision-related Early Paleozoic evolution of a crustal fragment from the northern Gondwana margin (Slavonian Mountains, Tisia Mega-Unit, Croatia): Reconstruction of the P-T path, timing and paleotectonic implications*. LITHOS, 3643

BIŠEVAC, V., KRENN, E., BALEN, D., FINGER, F., BALOGH, K., 2011. *Petrographic, geochemical and geochronological investigation on granitic pebbles from Permian metasediments of the Tisia terrain (eastern Papuk, Croatia)*. Miner Petrol, 102, str. 163-18

HORVAT, M., KLÖTZLI, U., JAMIČIĆ, D., BUDA, G., KLÖTZLI, E., HAUZENBERGER C., 2018. *Geochronology of granitoids from Psunj and Papuk Mts., Croatia*. Geochronometria, 45, str. 198-210

JAMIČIĆ, D., 1983. *Strukturni sklop metamorfnih stijena Krndije i južnih padina Papuka*. Zagreb: Geološki vjesnik, 36, str. 51-72

JAMIČIĆ, D., BRKIĆ, M., 1987. *Osnovna geološka SFRJ, list Orahovica 1:100 000, L33-96*. Savezni geološki zavod, Beograd, 1987.

JAMIČIĆ, D., BRKIĆ, M., CRNKO, J., VRAGOVIĆ, M., 1986. *Tumač za list Orahovica 1:100 000, L 33-96*. Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd

PAMIĆ, J., BALEN, D., TIBLJAŠ, D., 2002. Petrology and geochemistry of orthoamphibolites from the Variscan metamorphic sequences of the South Tisia in Croatia – an overview with geodynamic implications. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, 91, str. 787-798

PAMIĆ, J., LANPHERE, M., 1991. *Hercinske granitne i metamorfne stijene Papuka, Pšunja, Krndije i okolne podloge Panonskog bazena u Slavoniji (sjeverna Hrvatska, Jugoslavija)*. *Geologija*, 34, str. 81-253

SLOVENEK, D., 2014. *Opća Mineralogija*. Rudarsko–geološko–naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 350 str.

SLOVENEK, D., BELAK, M., MIŠUR, I., ŠEGVIĆ, B., SCHUSTER, R., 2020. *The early Paleozoic cumulate gabbroic rocks from the southwest part of the Tisza Mega-Unit (MT. Papuk, NE Croatia): evidence of a Gondwana suture zone*. *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch)*

SLOVENEK, D., BERMANEC, V., 2003. *Sistematska mineralogija – mineralogija silikata*, 1 - 359. Zagreb, DENONA d.o.o.

TOMAŠIĆ, I., 2006. *Tehnička petrografija 1*. Skripta za studente. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 1-103.

VOJNOGEOGRAFSKI INSTITUT (1971): Topografska karta 1:25 000 (list Vetovo 274-2-1)