

# Petrografske karakteristike granatnog granita S-tipa kamenoloma Puklice, sjeverozapadni Papuk

---

Vilenica, Leonarda

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:169:066543>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**



*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 GRANATNOG GRANITA S-TIPA  
KAMENOLOMA PUKLICE, SJEVEROZAPADNI PAPUK“**

Završni rad

Leonarda Vilenica

GI 2165

Zagreb, 2020.

**„PETROGRAFSKE KARAKTERISTIKE GRANATNOG GRANITA S-TIPA KAMENOLOMA  
PUKLICE, SJEVEROZAPADNI PAPUK“**

**LEONARDA VILENICA**

Završni rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Zavod za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine

Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

**SAŽETAK**

U kamenolomu Puklica, u blizini naselja Đulovac na sjeverozapadnim obroncima Papuka istraživan je granatni granit S-tipa. U sastavu stijena utvrđen je kvarc, ortoklas, mikroklin i plagioklas kao glavni minerali te biotit i muskovit kao sporedni. Također su prisutni brojni akcesorni minerali poput granata, cirkona, apatita i silimanita (fibrolita). Sekundarno su procesima alteracija i eksolucija nastali klorit, sericit, minerali glina, kalcit, opaki minerali, albit, rutil, titanit i epidot. Struktura stijena je zrnata, dok je tekstura homogena.

Postkristalizacijska evolucija stijene uvjetovana je promjenama P-T uvjeta. Deformacijski procesi su dokumentirani razvojem unduloznog potamnjenja, migracijom granica zrna i rotacijom subdomena u kvarcu, a snižavanje temperature procesima eksolucije i pojavom peritita u K-feldspatu te sagenita u biotitu. Deformacijski procesi su rezultirali mjestimičnim usitnjavanjem minerala duž granica zrna što je s druge strane olakšalo cirkulaciju fluida u stijeni i razvoj mikrostrukture prorastanja kao što su mirmekit i simplektit.

Ključne riječi: granatni granit, Puklica, sjeverozapadni Papuk, simplektit, mirmekit, granofir, albit, sagenit.

Završni rad sadrži: 54 stranice, 37 slika i 43 reference.

Jezik izvornika: Hrvatski

Završni rad pohranjen u: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: izv. prof. dr. sc. Vesnica Garašić, RGNF

Ocjenjivači: izv. prof. dr. sc. Vesnica Garašić, RGNF

red. prof. dr. sc. Dunja Aljinović, RGNF

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

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

## ZAHVALA

*Zahvaljujem Mariu Valentu, tehničaru Zavoda za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine, za izradu mikroskopskih preparata proučavanih u ovom radu.*

*Zahvaljujem članovima povjerenstva, red. prof. dr. sc. Dunji Aljinović i nasl. doc. dr. sc. Mariji Horvat, na izdvojenom vremenu te savjetima za doradu završnog rada.*

*Zahvaljujem mentorici izv. prof. dr. sc. Vesnici Garašić na stručnom vodstvu, trudu i savjetima tijekom izrade ovog rada.*

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ.....	2
3. GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE.....	4
4. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA.....	8
5. UZORKOVANJE NA TERENU.....	11
6. ANALITIČKE METODE.....	12
7. REZULTATI ANALIZA.....	13
8. DISKUSIJA.....	46
9. ZAKLJUČAK.....	50
10. POPIS LITERATURE.....	51

## POPIS SLIKA:

Slika 2.1. Ortofoto karta šireg područja Daruvara i istraživanog područja.....	3
Slika 2.2. Topografska karta užeg područja kamenoloma Puklice.....	3
Slika 3.1. Geološka karta kamenoloma Puklice i okolice.....	5
Slika 5.1. Fotografija uzorkovane stijene i točne pozicije uzorkovanja.....	11
Slika 7.1. Mikrofotografija uzorka PUK-20-1B. Sraslačke lamele plagioklasa i mikroklina i granofir. N+.....	14
Slika 7.2. Mikrofotografija uzorka PUK-20-1B. Pertit u ortoklasu i mikroklinu i fibrolit. N+.....	15
Slika 7.3. Mikrofotografija uzorka PUK-20-1B. Simplektitsko prorastanje muskovita i kvarca. N+.....	15
Slika 7.4. Mikrofotografija uzorka PUK-20-1B. Kloritizacija i epidotizacija biotita. Eksolucije rutila ± titanita u biotitu. N.....	16
Slika 7.5. Mikrofotografija uzorka PUK-20-1B. Kloritizacija i epidotizacija biotita. N+.....	17
Slika 7.6. Mikrofotografija uzorka PUK-20-1B. Granat. N.....	18
Slika 7.7. Mikrofotografija uzorka PUK-20-1B. Granat s fibrolitom pri rubu i mirmekit. N+.....	18
Slika 7.8. Mikrofotografija uzorka PUK-20-1B. Cirkon. N.....	19
Slika 7.9. Mikrofotografija uzorka PUK-20-1B. Cirkon uklopljen u muskovitu. N+.....	20
Slika 7.10. Mikrofotografija uzorka PUK-20-1B. Apatit uklopljen u kloritiziranom listiću biotita sa eksolucijama rutila ± titanita. N.....	21

Slika 7.11. Mikrofotografija uzorka PUK-20-1B. Apatit uklopljen u listiću biotita. N+.....	21
Slika 7.12. Mikrofotografija uzorka PUK-20-2B. Pertit u ortoklasu i mirmekit. N+.....	24
Slika 7.13. Mikrofotografija uzorka PUK-20-2B. Granofir i polisintetske sraslačke lamele plagioklasa. N+.....	24
Slika 7.14. Mikrofotografija uzorka PUK-20-2B. Cirkon uklopljen u listiću muskovita koji simplektitski prorasta s kvarcom. N+ .....	25
Slika 7.15. Mikrofotografija uzorka PUK-20-2B. Agregat biotita s uklopkom cirkona i metamiktnim ovojmima. Eksolucije rutila ± titanita. N.....	26
Slika 7.16. Mikrofotografija uzorka PUK-20-2B. Agregat biotita s uklopkom cirkona. N+.....	27
Slika 7.17. Mikrofotografija uzorka PUK-20-2B. Granat i kloritizirani listići biotita. N.....	28
Slika 7.18. Mikrofotografija uzorka PUK-20-2B. Granat, pertit i kloritizirani listići biotita. N+.....	28
Slika 7.19. Mikrofotografija uzorka PUK-20-3B. Mirmekit i albit. N+.....	31
Slika 7.20. Mikrofotografija uzorka PUK-20-3B. Albit u ortoklasu i mikroklinu i granofir. N+.....	31
Slika 7.21. Mikrofotografija uzorka PUK-20-3B. Biotit s uklopcima cirkona i metamiktnim ovojmima. N.....	33
Slika 7.22. Mikrofotografija uzorka PUK-20-3B. Biotit s uklopcima cirkona i mikroklin s rešetkastim sraslačkim lamelama. N+.....	33
Slika 7.23. Mikrofotografija uzorka PUK-20-4B. Albit u ortoklasu i granofir. N+.....	36

Slika 7.24. Mikrofotografija uzorka PUK-20-4B. Albit u ortoklasu i mirmekit. N+.....	36
Slika 7.25. Mikrofotografija uzorka PUK-20-4B. Albit u mikroklinu i simplektitsko prorastanje muskovita i kvarca. N+.....	37
Slika 7.26. Mikrofotografija uzorka PUK-20-4B. Kloritizirani listić biotita s eksolucijama rutila ± titanita i cirkon. N.....	38
Slika 7.27. Mikrofotografija uzorka PUK-20-4B. Kloritizirani listić biotita i cirkon. N+.....	38
Slika 7.28. Mikrofotografija uzorka PUK-20-4B. Granat. N.....	39
Slika 7.29. Mikrofotografija uzorka PUK-20-4B. Granat i albit u mikroklinu. N+.....	40
Slika 7.30. Mikrofotografija uzorka PUK-20-5B. Granofir i mikroklin s rešetkastim sraslačkim lamelama. N+.....	42
Slika 7.31. Mikrofotografija uzorka PUK-20-5B. Albit u ortoklasu. N+.....	43
Slika 7.32. Mikrofotografija uzorka PUK-20-5B. Nekloritizirani listići biotita s uklopcima cirkona i apatita te metamiktnim ovojmima. N.....	44
Slika 7.33. Mikrofotografija uzorka PUK-20-5B. Nekloritizirani listići biotita s uklopcima cirkona i apatita. N+.....	44



## 1. UVOD

Kamenolom Puklica, smješten na sjeverozapadnim padinama Papuka, nekih 4 km udaljen od naselja Đulovac, koje se nalazi u široj okolini Daruvara, karakteriziran je pojavom raznovrsnih magmatskih i metamorfnih stijena. Prisutni su različiti tipovi granita, pegmatiti i apliti, kao i različiti tipovi gnajseva i migmatita, te amfiboliti i amfibolski škriljavci. Kroz magmatsko-metamorfni kompleks prodrli su mlađi dajkovi bazalta i andezita.

Dosadašnja istraživanja pokazuju da je granitno-metamorfni kompleks formiran u okviru starijeg paleozoika (JAMIČIĆ i dr., 1989), a najnovija određivanja U-Pb metodom na cirkonu monzogranita ovog kamenoloma svjedoče o apsolutnoj starosti od  $382 \pm 2$  milijuna godina (HORVAT i dr., 2018). Probojima bazalta i andezita kroz spomenuti granitno-metamorfni kompleks ovog dijela Papuka pripisuje se miocenska starost (LUGOVIĆ, 1983; JAMIČIĆ i dr., 1989).

Cilj ovog rada je detaljno petrografski analizirati pojavu granitoidne stijene u zapadnom dijelu kamenoloma Puklica, a koja se ističe po tome da u sebi uklapa mafitne enklave. Primjenom polaziracijske mikroskopije određen je mineralni sastav i struktura granitoidnih stijena, te je na temelju toga izvršena točna klasifikacija svakog od 5 na terenu prikupljenih uzoraka. Uočene mineralne parageneze, poslužiti će kao osnova za razvoj hipoteze o genezi granitoidne stijene i procesima koji su se odvijali u postkristalizacijskom stadiju.

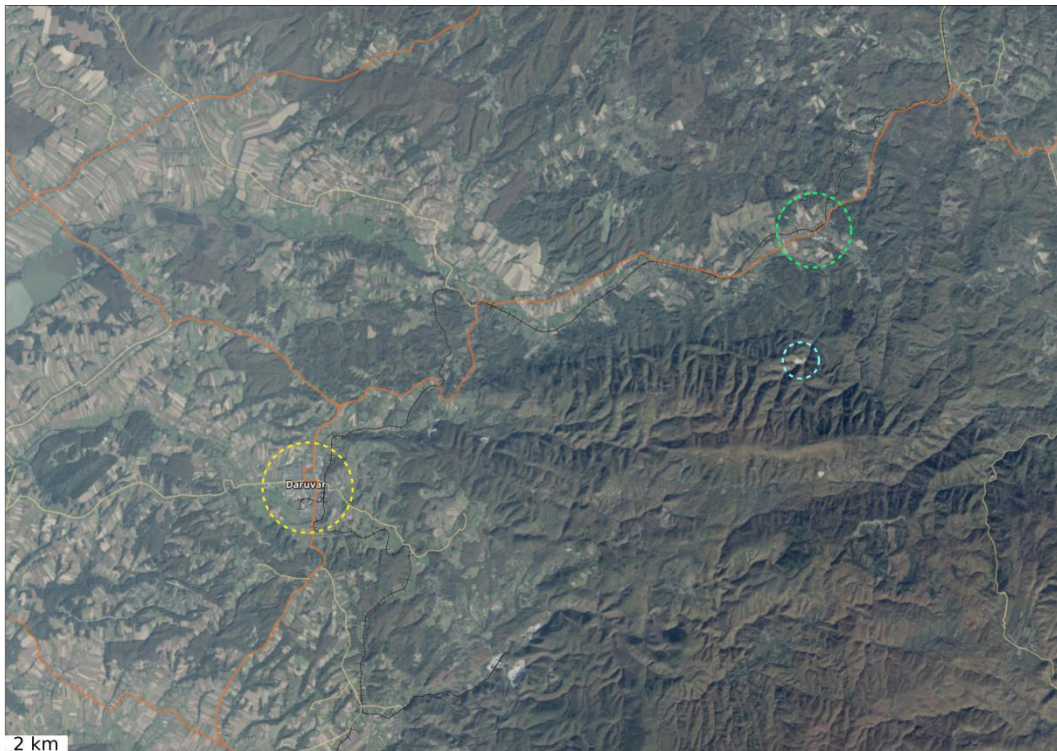
## 2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ

Kamenolom Puklica, poznat i pod nazivom Šandrovac, u kojemu su uzeti uzorci proučavani u ovom radu, smješten je na sjeverozapadnom dijelu Papuka, na nadmorskoj visini od 400 m do 450 m, južno od istoimenog naselja Puklica te naselja Đulovac. Puklica i Đulovac locirani su sjeveroistočno od grada Daruvara (Slika 2.1 i 2.2).

Puklica je manje naselje sa 106 stanovnika dok je Đulovac veće naseljeno mjesto s 957 stanovnika. Općina Đulovac, smještena na obroncima Bilogore i Papuka ima sveukupno 3245 stanovnika (Popis stanovništva 2011, Državni zavod za statistiku) te obuhvaća 29 naselja. Gospodarski značajnije aktivnosti stanovnika općine Đulovac danas su vinogradarstvo, proizvodnja drvene mase i poljoprivreda.

Daruvar je drugi najveći grad Bjelovarsko-bilogorske županije, a smješten je na temeljima rimskog naselja Aquae Balissae, koje je niknulo na ovom području zbog bogatstva prirodnih resursa i geotermalnih izvora. Grad sa svojih 9 okolnih naselja ima 11633 stanovnika. Daruvar obuhvaća površinu od 64 km<sup>2</sup> te se nalazi na 161 m nadmorske visine (službena web stranica grada Daruvara). Gospodarski važne aktivnosti su vinogradarstvo, poljoprivreda, pčelarstvo, pivovarstvo, slatkovodno ribarstvo i eksploatacija kamena. Važne su također turističke i zdravstvene usluge koje se temelje na geotermalnim izvorima (toplice), povijesnim znamenitostima i kulturnoj baštini.

Klima ovog krajolika je kontinentalna. Ravničarski dijelovi su pogodni za poljoprivredne aktivnosti dok obronci planina pružaju priliku za vinogradarstvo i šumarstvo. Veliki dijelovi površine, pogotovo oni viših nadmorskih visina, su pokriveni šumom. Brojne su tekućice od kojih se ističe rijeka Ilova. Planine poput Papuka također predstavljaju područja eksploatacije mineralnih sirovina kao što je i sam kamenolom Puklica.



Slika 2.1. Ortofoto karta šireg područja Daruvara i istraživanog područja. Žuti krug označava Daruvar, zeleni krug područje općine Đulovac, a plavi krug područje kamenoloma Puklica preuzeto sa <https://geoportal.dgu.hr/> dana 23.08.2020.).



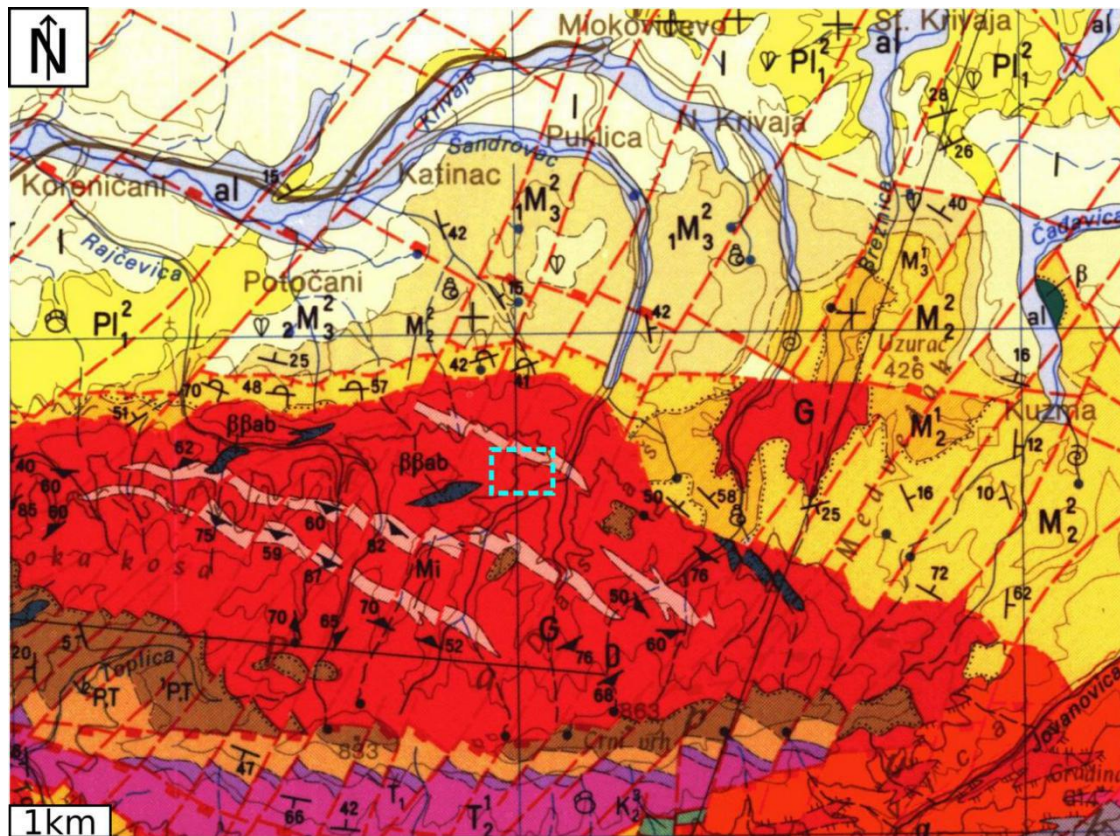
Slika 2.2. Topografska karta užeg područja kamenoloma Puklice. Kamenolom Puklica je na karti označen pod nazivom Šandrovac, na donjem dijelu karte. Na sjeveru se nalaze naselja Đulovac i Puklica (preuzeto sa <https://geoportal.dgu.hr/> dana 06.08.2020.).

### 3. GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE

Područje kamenoloma Puklice, u kojemu su uzorkovane stijene, pripada Papuku, jednoj od slavonskih planina. Same slavonske planine jesu uzdignuti dijelovi predalpske kristalinske podloge Panonskog bazena, a koja tektonski pripada južnom dijelu Tisije za koju Schimdt i dr. (2008) smatraju da je odlomljena s južnog ruba europskog kontinenta u razdoblju srednje jure, kao posljedica otvaranja istočnog ogranka alpskog Tetisa.

U okviru kristalinske podloge ovog područja JAMIČIĆ (1983, 1988) razlikuje tri kompleksa: Papučko-jankovački, Radlovački i Psunjsko-kutjevački kompleks. Stijene srednjeg do visokog stupnja metamorfizma, poput tinjčevih škriljavaca, amfibolskih škriljavaca, gnajseva i migmatita (homogeni i heterogeni), te S-tip graniti i pegmatiti karakteriziraju Papučko-jankovački kompleks (JAMIČIĆ i dr., 1989). Radlovački kompleks se sastoji od nemetamorfoziranih i metamorfoziranih stijena vrlo niskog stupnja metamorfizma, i to metagrauvaka, metakonglomerata, slejtova i filita, unutar kojih se javljaju prodori dijabaza i metadijabaza, pri čemu je u grafitičnim metagrauvakama dokazana devon-karbonska starost, a u filitima i konglomeratima permotrijaska starost (JAMIČIĆ i dr., 1989). Psunjsko-kutjevački kompleks predstavljaju metamorfne stijene niskog do srednjeg stupnja metamorfizma, kao što su zeleni škriljavci, tinjčevi škriljavci, gnajsevi, amfiboliti i metagabrovi, zajedno sa granitoidima I-tipa (PAMIĆ i LANPHERE, 1991; PAMIĆ, LANPHERE i BELAK, 1996). HORVAT i dr. (2018) su istražujući apsolutnu starost monzogranita kamenoloma Omanovac na Psunju, monzogranita kamenoloma Puklica na Papuku i monzogranita iz potoka Kišeljevac na Papuku, U-Pb metodom datiranja na cirkonu, dobili slijedeće starosti redom od  $380 \pm 4$ ,  $382 \pm 2$  i  $383 \pm 5$  milijuna godina.

Na isječku Osnovne geološke karte SFRJ, M 1:100 000, list Daruvar, L33-95 (JAMIČIĆ, 1989) prikazani su geološki odnosi na području kamenoloma Puklice i okolice (Slika 3.1). Plavim iscrtkanim kvadratićem označena je lokacija samog kamenoloma.



Legenda:

1	dpr	Deluvijalno-proluvijalni sedimenti	8	$M_3^2$	Vapneni i siltozni lapori	19	$T_2^1$	Dolomiti, dolomitični vapnenci, vapnenci, dolomitno-vapnenačke breče, laporoviti vapnenci
2	al	Aluvij recentnih tokova	9	$M_3^2$	Laporoviti vapnenci, lapori	20	$T_1$	Pješčenjaci, šejlovi, siltiti
3	I	Prapor	10	$M_3^1$	Lapori, pješčenjaci, gline, pijesci, šijunci	21	$^2PT$	Kvarcni pješčenjaci
6	$Pi_1^2$	Pijesci, pješčenjaci, glinoviti lapori, pojave ugljena	11	$\beta$	Bazalti	22	$^1PT$	Filitni konglomerati, pješčenjaci, konglomeratični pješčenjaci
7	$Pi_1^1$	Glinoviti i siltno-pjescoviti lapori, pijesci	12	$\alpha$	Andeziti	23	$\beta\beta\beta$	Spilitizirani dijabazi
			13	$M_2^2$	Konglomerati	28	Gbm	Biotit-muskovitski gnajsevi
			14	$M_2^1$	Konglomeratični pješčenjaci, pješčenjaci, pjeskoviti i siltozni lapori, tufiti, ugljen	31	Mi	Migmatiti: homogeni i heterogeni
			15	$K_2^2$	Rudistni vapnenci	32	G	Granitoidi

Slika 3.1. Isječak karte i legende iz Osnovne geološke karte SFRJ, M 1:100 000, list Daruvar, L33-95 (JAMIČIĆ, 1989). U plavom iscrtkanom kvadratu se nalazi područje kamenoloma Puklica.

**Paleozoik** sačinjavaju granitoidi, migmatiti i biotit-muskovitski gnajsevi (JAMIČIĆ i dr., 1989).

**Karbon** je karakteriziran manjim žilnim pojavama spilitiziranog dijabaza neutvrđene starosti (JAMIČIĆ i dr., 1989).

**Perm** je zastupljen permotrijaskim stijenama koje su po prvi put izdvojene upravo u Osnovnoj geološkoj karti SFRJ, M 1:100 000, list Daruvar, L33-95. Predstavljene su sa dva paketa, <sup>1</sup>PT i <sup>2</sup>PT. Paket <sup>1</sup>PT izgrađuju filitni konglomerati i konglomerati Toplice (nazvani po rijeci Toplice u čijoj dolini su istraživani), te pješčenjaci i konglomeratični pješčenjaci. Paket <sup>2</sup>PT izgrađuju kvarcni pješčenjaci (JAMIČIĆ i dr., 1989).

**Donji trijas** se kontinuirano nastavlja na perm. Jedinica T<sub>1</sub> predstavlja donjotrijaske naslage pješčenjaka i laminiranog šejla (JAMIČIĆ i dr., 1989). **Srednji trijas** je karakteriziran pojavom dolomita, vapnenaca, dolomitno-vapnenačkih breča, vapnenaca s rožnjacima, laporovitim vapnencima i rijetko laporom. Izmjena dobro uslojenih dolomita i dolomitičnih vapnenaca s tanje uslojenim pelitnim do psamitnim klastitima tipična je za **gornjotrijaske naslage** (JAMIČIĆ i dr., 1989).

**Jura** je predstavljena tankopločastim, sivim vapnencima (JAMIČIĆ i dr., 1989).

**Gornja kreda** je karakterizirana pojavom bijelih grebenskih rudistnih vapnenaca (JAMIČIĆ i dr., 1989).

**Miocen** transgresivno leži na krednim naslagama i zastupljen je različitim sedimentnim stijenama i pojavljivanjem magmatita (JAMIČIĆ i dr., 1989).

**Srednji miocen** se sastoji od helvetskih i tortonskih naslaga. Helvetski sedimenti se sastoje od pijesaka, pješčenjaka, šljunka, glina i proslojaka tufita koji ukazuju na vulkansku aktivnost. Tortonske naslage na sjeveru Papuka su konglomerati razvijeni u grebenskom, zagrebenskom i turbiditnom facijesu. Također sadrže proslojke tufita koji ukazuju na vulkanizam. Tortonske naslage sadrže bogatu fosilnu zajednicu značajnu za turon. Srednjomiocenska vulkanska aktivnost rezultirala je pojavama bazalta i andezita na sjeveru Papuka (JAMIČIĆ i dr., 1989).

**Gornji miocen** je zastupljen sa **sarmatom** i **panonom**. Sarmat se kontinuirano nastavlja na torton, a sadrži lapore, gline, pijeske, šljunke i pješčenjake. Croatica naslage (donji panon) se sastoje od lapora i laporovitih vapnenaca. Banatica naslage (gornji panon) sadrže kalcitične i siltozne lapore. Gornji miocen je također karakteriziran brojnim pojavama fosila (JAMIČIĆ i dr., 1989).

**Donji pliocen** je karakteriziran pijescima, pješčenjacima i glinovitim laporima te pojavama ugljena. U stijenama se pojavljuju fosili ostrakoda i mekušaca (JAMIČIĆ i dr., 1989).

**Kvartar** predstavljaju sedimenti nastali procesima erozije i denudacije, kao što su lapor, aluvijalni sedimenti recentnih tokova i deluvijalno-proluvijalni sedimenti. Lapor je pleistocenske starosti, dok su drugi sedimenti recentni (JAMIČIĆ i dr., 1989).

#### 4. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Mnogobrojni autori su se do sada bavili znanstvenim istraživanjima kompleksnog magmatsko-metamorfnog kristalinskog kompleksa Papuka i njegove okolice.

WODICZKA (1855) je prvi proučavao i opisao geološku građu slavonskih planina.

STUR (1861, 1862) je pri istraživanju slavonskih planina smatrao da su najstarije stijene na tom području gnajsevi i graniti, smješteni ispod kristalinskih škriljavaca.

PILAR (1875) je proučavao metamorfne stijene i zaključio da su devon-karbonske starosti, a da je metamorfoza bila posljedica magmatizma.

GORJANOVIĆ-KRAMBERGER (1897) smatra da su kristalinske stijene višeg stupnja metamorfizma arhajske starosti, a metamorfne stijene nižeg stupnja paleozojske starosti.

KIŠPATIĆ (1887) istražuje efuzive na području Voćina i pronalazi augitne andezite.

POLJAK (1911, 1912, 1934 a, b, c, 1938, 1939) u svojim radovima daje najdetaljniji opis geološke građe slavonskih planina, ističući da je jezgra Papuka izgrađena samo od gnajsa, raznih vrsta škriljavaca i filita.

TAJDER (1955) je u zapadnom dijelu Papuka opisivao prekambrijske granodioritske, adamelitske i alkalno granitske masive. Istaknuo je da starije granodiorite karakteriziraju kiseli plagioklas, biotit i kvarc, a mlađe alkalne granite mikroklin, muskovit i kvarc. Stijenu koja sadrži kiseli plagioklas, mikroklin, biotit, muskovit, klorit i kvarc naziva porfiroidskim adamelitom i mišljenja je da ona predstavlja stadij između granodiorita i alkalnih granita. Isti autor, 1956. i 1960. godine, analizira efuzive Voćinskog područja. Uočava odnose efuziva i drugih stijena te pronalaskom vulkanskih breča s ulomcima krednog rudistnog vapnenca, zaključuje da je magmatizam postkredne starosti.

ŠKRIVANIĆ (1960) je mjerenjem količine olova, urana i torija određivao apsolutne starosti efuziva i metamorfita Papuka no dobivene starosti su bile previsoke u odnosu na pretpostavljenu hercinsku orogenezu.



VRAGOVIĆ (1965) je zaključio da su granitske stijene Papuka zajedno s migmatitima i škriljavcima formirane u više sukcesivnih faza, pri čemu pitanje starosti migmatita i granita ostavlja otvorenim.

RAFFAELLI (1969) se bavi istraživanjem pegmatita.

TAJDER (1969) prikazuje podatke o metamorfizmu i magmatizmu Papuka i Psunja. Smatra da je u paleozoiku došlo do submarinskih bazaltno-dijabaznih efuzija. Spominje formiranje velikog kiselog intruzivnog tijela tijekom orogeneze i formiranje kvarc-dioritnih do alkalno-granitnih eruptiva i porfiroidnih intruziva. Opisuje pojave žila i pegmatita u višim slojevima sedimenata.

SLOVENEČ (1976, 1978, 1982) istražuje biotite u granitno-metamorfnim stijenama Papuka i na temelju njihovog kemijskog sastava, kao i kemijskog sastava granata i amfibola određuje njihove temperature formiranja.

LUGOVIĆ (1983) je proučavanjem bazalta i andezita sjeverozapadnih dijelova Papuka zaključio da su postkredne do miocenske starosti, te da pripadaju toleitskoj seriji.

JAMIČIĆ (1983, 1989) je izradio novu geološku kartu slavonskih planina, pri čemu je iznio mišljenje da je progradno metamorfozirani kristalinski kompleks formiran bajkalskom orogenezom, migmatiti i graniti kaledonskom orogenezom, dok su kristalinske stijene niskog stupnja metamorfizma nastale u okviru hercinske orogeneze.

PAMIĆ & LANPHERE (1991) proučavaju hercinske granitne i metamorfne stijene Papuka, Psunja, Krndije i podloge Panonskog bazena u Slavoniji. Zaključili su, između ostalog, da granitoidni plutoni i manja tijela granita unutar papučkog migmatitnog kompleksa pripadaju pretežno S-tipu granita, te da se sastoje od kvarca, feldspata, tinjca, amfibola te količinski podređenijeg granata i silimanita, uz različite sekundarne i akcesorne minerale.

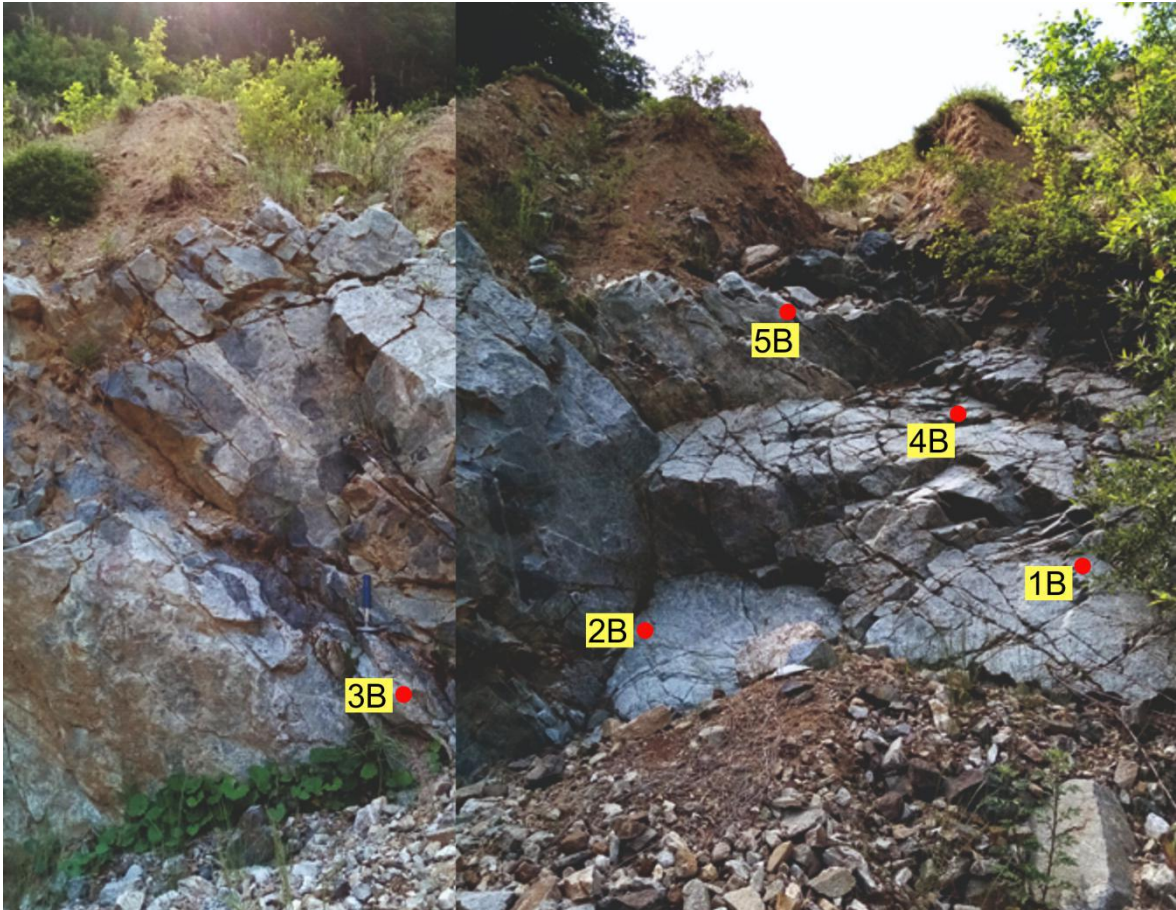
HORVAT (2004) se u okviru svoje disertacije bavila geokemijom i petrologijom granitoida Papuka i Psunja.

BALEN I Z. PETRINEC (2014) su pisali o stupastom lučenju u albitnom riolitu na zaštićenom lokalitetu Rupnica, kraj Voćina na Papuku.

HORVAT i dr. (2018) su publicirali nove starosti za granitoidne stijene na Papuku i Psunju U-Pb metodom apsolutnog datiranja na cirkonu.

## 5. UZORKOVANJE NA TERENU

Na zapadnoj strani kamenoloma Puklica, u granitoidnoj stijeni u kojoj se javljaju mafitne enklave, uzeto je 5 uzorka za detaljnu petrografsku analizu. Na Slici 5.1. označena su mjesta uzimanja uzoraka.



*Slika 5.1. Granitoidna stijena s mafitim enklavama u zapadnom dijelu kamenoloma Puklica s označenim mjestima uzimanja uzoraka za detaljnu petrografsku analizu.*

## 6. ANALITIČKE METODE

U ovom radu korištena je metoda polarizacijske mikroskopije. Izrađeno je pet izbrusaka debljine 30  $\mu\text{m}$  koji su potom lijepljeni na objektna stakalca pomoću kanada balzama. Upotrebljen je polarizacijski mikroskop Leica DM EP s povećanjima 2.5x, 4x, 10x. Za izradu mikrofotografija korišten je fotoaparat Canon EOS 1300D. Pri obradi mikrofotografija korištene kratice minerala su preuzete iz udžbenika Sistematska mineralogija - mineralogija silikata (SLOVENEK i BERMANEK, 2003). Mikroskopiranje i izrada izbrusaka izvedeni su u Zavodu za mineralogiju, petrografiju i mineralne sirovine Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Mikroskopiranjem je određen mineralni sastav uzorkovanih stijena, a na temelju udjela pojedinih minerala u stijeni izvršena je njihova odredba na glavne, sporedne i akcesorne. Izmjerene su veličine svakog pojedinog minerala od najmanjih zrna do onih najvećih, te je u opisu minerala zapisan raspon veličina. Zabilježene su brojne mikrostrukture važne za interpretaciju geneze i naknadnih procesa. Na kraju je određena struktura stijene i data njena klasifikacija na temelju prikupljenih podataka.

## 7. REZULTATI ANALIZA

### 7.1. UZORAK PUK-20-1B

Glavni minerali u uzorku su kvarc, ortoklas, mikroklin i plagioklas, a sporedni minerali su muskovit i biotit. U uzorku su također prisutni akcesorni minerali, a to su granat, apatit, cirkon i silimanit, najčešće kao fibrolit. Sekundarni minerali su epidot, klorit, sericit, minerali glina, kalcit i opaki minerali.

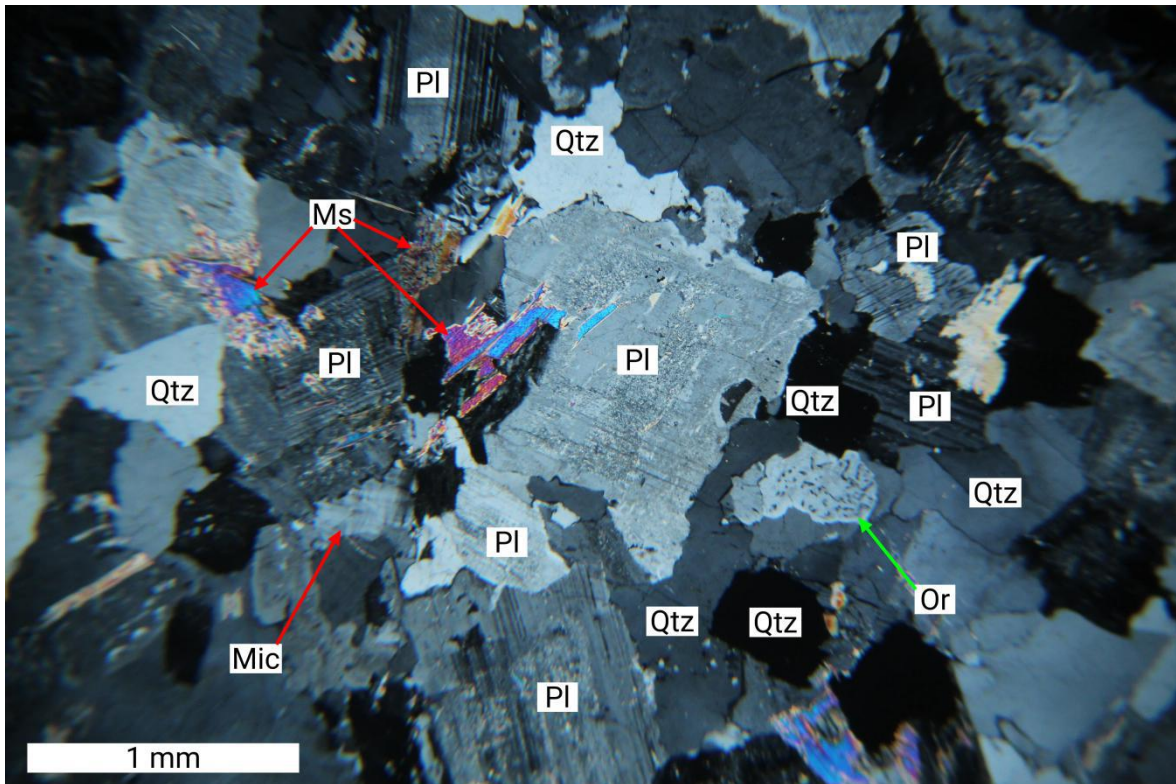
Kao posljedica procesa **eksolucije** u uzorku su prisutni albit (eksolucija u ortoklasu i mikroklinu, poznata kao pertit) i rutil ± titanit (eksolucija u biotitu, poznata kao sagenit).

U stijeni su prisutna i različite **mikrostrukture prorastanja** minerala poput granofira, mirmekita i simplektita.

**Kvarc** se pojavljuje u obliku zrna alotriomorfnog habitusa. Veličina zrna varira u rasponu od 4,1x3,8 mm do 0,5x0,35 mm. Većina zrna je karakterizirana izraženim unduloznim potamnjenjem. Rubovi kvarcnih zrna često pokazuju elemente migracije granica zrna (Slika 7.1), ali i rotacije domena, ukazujući na rekristalizacijske procese. Kvarc je također prisutan u mikrostrukturama prorastanja s drugim mineralima: kvarc i K-feldspat (granofir, Slika 7.1), kvarc i plagioklas (mirmekit, Slika 7.6), kvarc i muskovit (simplektit, Slika 7.3). U kvarcu su česti uklopci raznih minerala poput muskovita, biotita i ortoklasa.

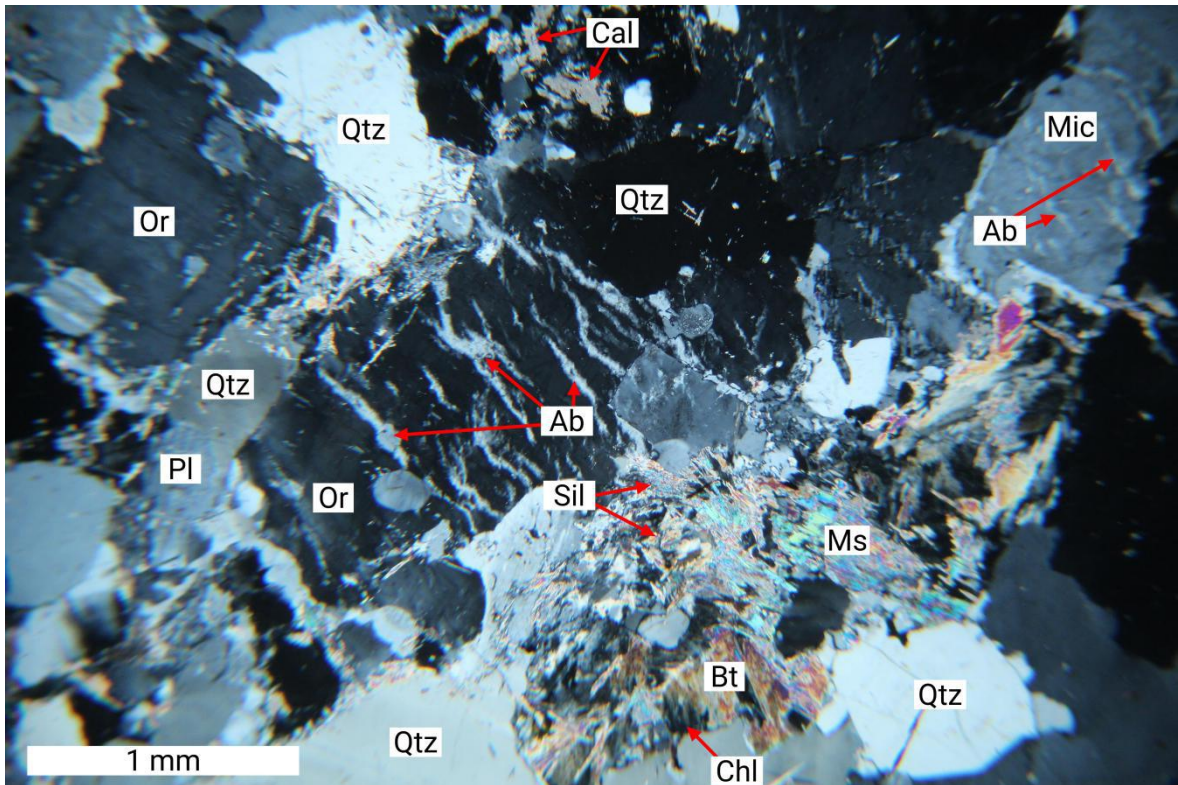
**Plagioklas** je hipidiomorfno izduženog do alotriomorfno habitusa. Kao i kvarc, veličinom varira od zrna veličine 3x2,5 mm do onih veličine 0,6x0,6 mm. Zrna pokazuju polisintetske sraslačke lamele, ali i zonalnu građu, ukazujući na neravnotežne uvjete kristalizacije (Slika 7.1). Plagioklas je alteriran prvenstveno u sericit, a u nešto manjoj mjeri i u minerale glina. Zonalna građa plagioklasa dokumentirana je na mnogim zrnima intenzivnijom sericitizacijom jezgre plagioklasa u odnosu na njegov rub. Duž pukotina plagioklasa se ponegdje razvija muskovit. Na rubovima pojedinih zrna vidljivo je prorastanje plagioklasa s kvarcom, poznato pod imenom mirmekit (Slika 7.6). Oblik prorastanja je često "bradavičast". Plagioklas često uklapa K-feldspat, kvarc, muskovit, biotit i cirkon.

**Ortoklas** je alotriomorfnog habitusa. Veličina zrna varira od 3,4x3,1 mm do 1x0,6 mm. Ortoklas pokazuje iste vrste alteracija kao i plagioklas, sericitizaciju i nastajanje minerala glina. Mjestimice se javlja granofir (Slika 7.1), prorastanje kvarca i alkalnog feldspata (Slika 7.1), ali u manjoj mjeri od mirmekita. Eksolucija albita u K-feldspatu, poznata pod imenom pertit, vidi se na većim zrnima (Slika 7.2). U većim zrnima ortoklasa mjestimično su prisutni uklopci kvarca, biotita i cirkona.

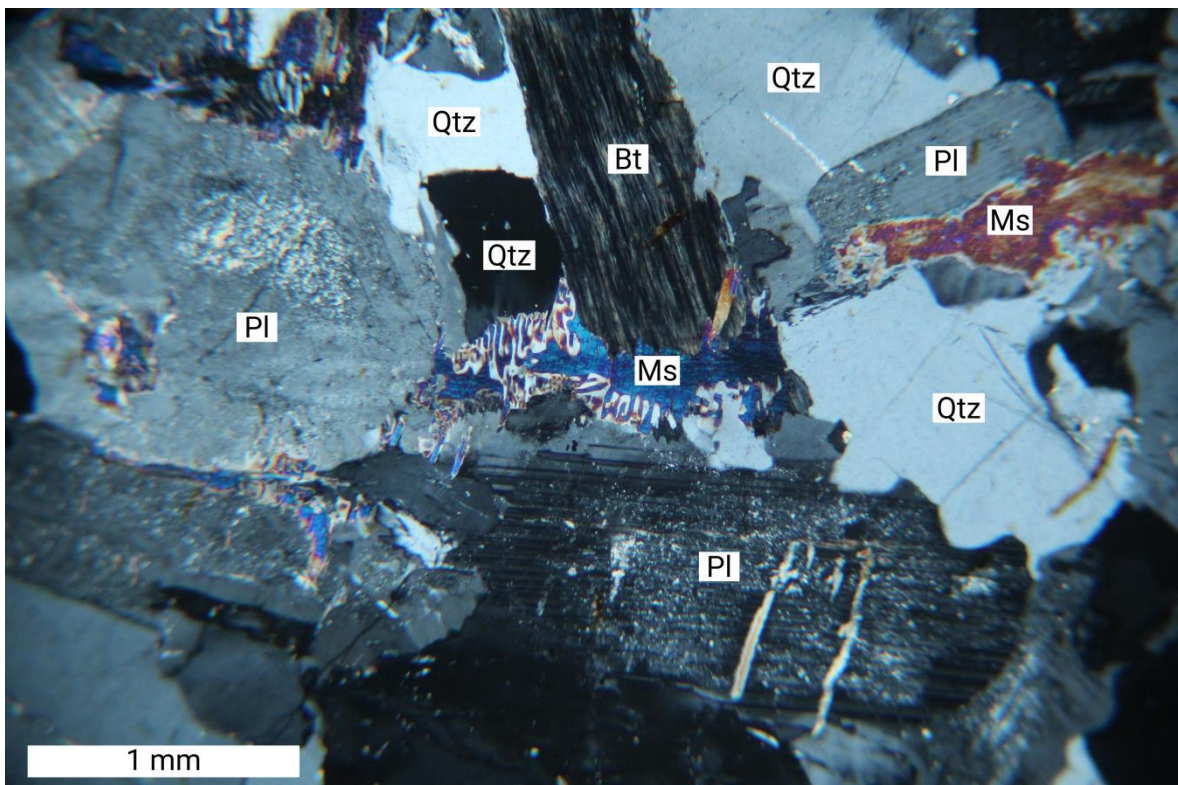


*Slika 7.1. U plagioklasu (PI) s polisintetskim sraslačkim lamelama vidljiva je intenzivnija sericitizacija u jezgri u odnosu na rub što ukazuje na zonalnost njegove građe. Mikroklin (Mic) s rešetkastim polisintetskim lamelama označen je crvenom strelicom. Na ortoklas (Or) je zelenom strelicom je markiran granofir (prorastanje s kvarcom). Kvarc (Qtz) pokazuje ameboidalne granice zrna, a ponegdje duž rubova su dijelovi kvarcnih zrna usitnjeni. Vidljivi su listići muskovita (Ms). N+*

**Mikroklin** je alotriomorfnog habitusa. Zrna veličinom variraju od 3,25x3,1 mm do 0,35x0,25 mm. Ovaj mineral je jasno prepoznatljiv po karakterističnim rešetkastim sraslačkim lamelama (Slika 7.1). Mikroklin pokazuje tek slabiju alteraciju u minerale glina (veća zrna), a sericitizacija je slaba ili nije razvijena. Veća zrna su karakterizirana pojavom pertita, a mjestimično se u mikroklinu mogu naći uklopci kvarca i drugih feldspata.



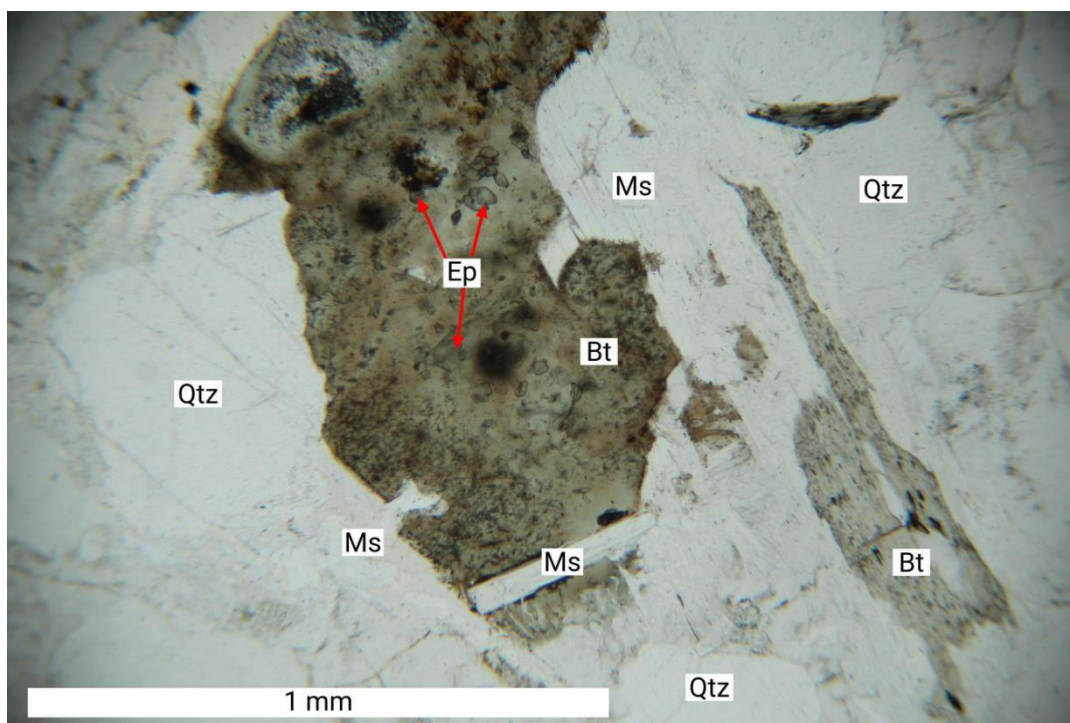
Slika 7.2. Zrna ortoklasa (Or) i mikroklina (Mic) s albitnim (Ab) eksolucijskim lamelama. Kvarc (Qtz), plagioklas (Pl), muskovit (Ms), biotit (Bt), klorit (Chl), kalcit (Cal). Silimanit se javlja u obliku fibrolita (Sil). N+



Slika 7.3. Listić muskovita (Ms) u centru fotografije pokazuje prorastanje s kvarcom (Qtz) na rubovima (simplektit). Veće zrno plagioklasa (Pl) na lijevoj strani fotografije pokazuje intenzivniju sericitizaciju u jezgri i zonalnu građu. Biotit (Bt) mjestimice ima anomalno plavu interferencijsku boju, koja je posljedica njegove kloritizacije. N+

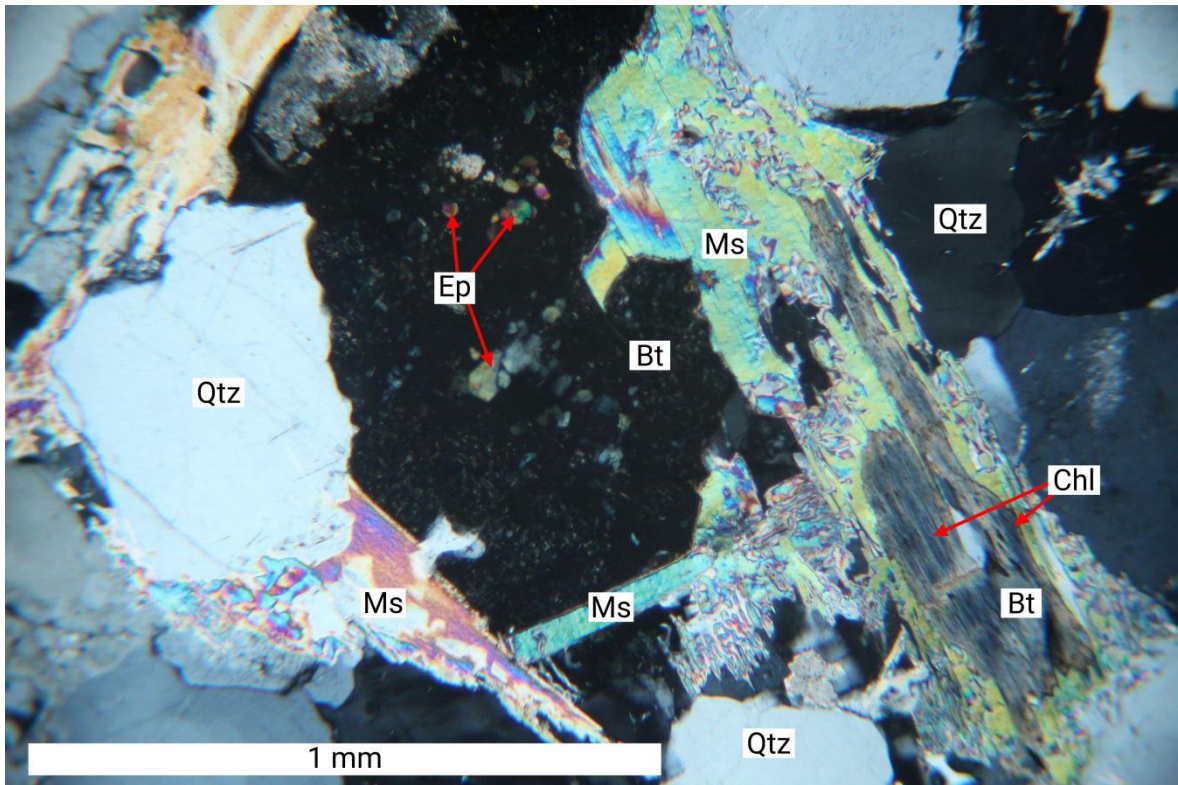
**Muskovit** je alotriomornog i hipidiomornog izduženog habitusa. Pokazuje blagi pleokroizam od blijedo ružičaste boje do bezbojne. Veličina njegovih listića varira, u rasponu od 2,25x2,25 mm do 0,25x0,15 mm. Listići muskovita dimenzija ispod 0,5 mm često se nakupljaju u agregat. Muskovit ne pokazuje alteracije. Veći listići na rubovima pokazuju prorastanje s kvarcom, poznato pod imenom simplektit (Slika 7.3 i 7.9). Mjestimice muskovit uklapa cirkon (Slike 7.8 i 7.9), ali i sve druge minerale.

**Biotit** je gotovo u potpunosti kloritiziran, a u puno manjoj mjeri i epidotiziran. Uzdužni presjeci su hipidiomornog izduženog habitusa, dok su bazni presjeci alotriomornog habitusa. Veličina listića varira od 1,4x1 mm do 0,25x0,25 mm. Učestaliji je nego muskovit. Zbog intenzivne kloritizacije, od koje je obojen svijetlo zeleno do bezbojno, njegove primarne pleokroitske boje od svijetlo smeđe do tamno smeđe boje samo se mogu naslutiti u nekoliko listića. Dodatno listići biotita pokazuju procesom eksolucije izdvojene sitne iglice rutila (struktura poznata pod imenom sagenit) i mjestimično titanita, koji je dobrim dijelom pretvoren u leukoksen. Veći listići sadrže uklopke cirkona, apatita i muskovita. Kod nekih se u biotitu vidi tamna aureola (metamiktini ovoj) oko uklopaka cirkona, nastalih kao posljedica radioaktivnog procesa u cirkonima (Slika 7.4 i 7.5).



Slika 7.4. Listić biotita (Bt) u centru fotografije pokazuje smeđkasto zelenkastu boju. Unutar biotita prisutna su mjestimično zrna epidota (Ep) koja su lako uočljiva zbog povišenog reljefa. Crne iglice unutar biotita su procesom eksolucije izlučeni rutil ± titanit. Tamne aureole unutar biotita nastale su radioaktivnim raspadom uklopljenih zrna cirkona. Manji listić biotita na desnoj strani fotografije je skoro sav kloritiziran i u ovom položaju pokazuje blijedo zelenu boju. N

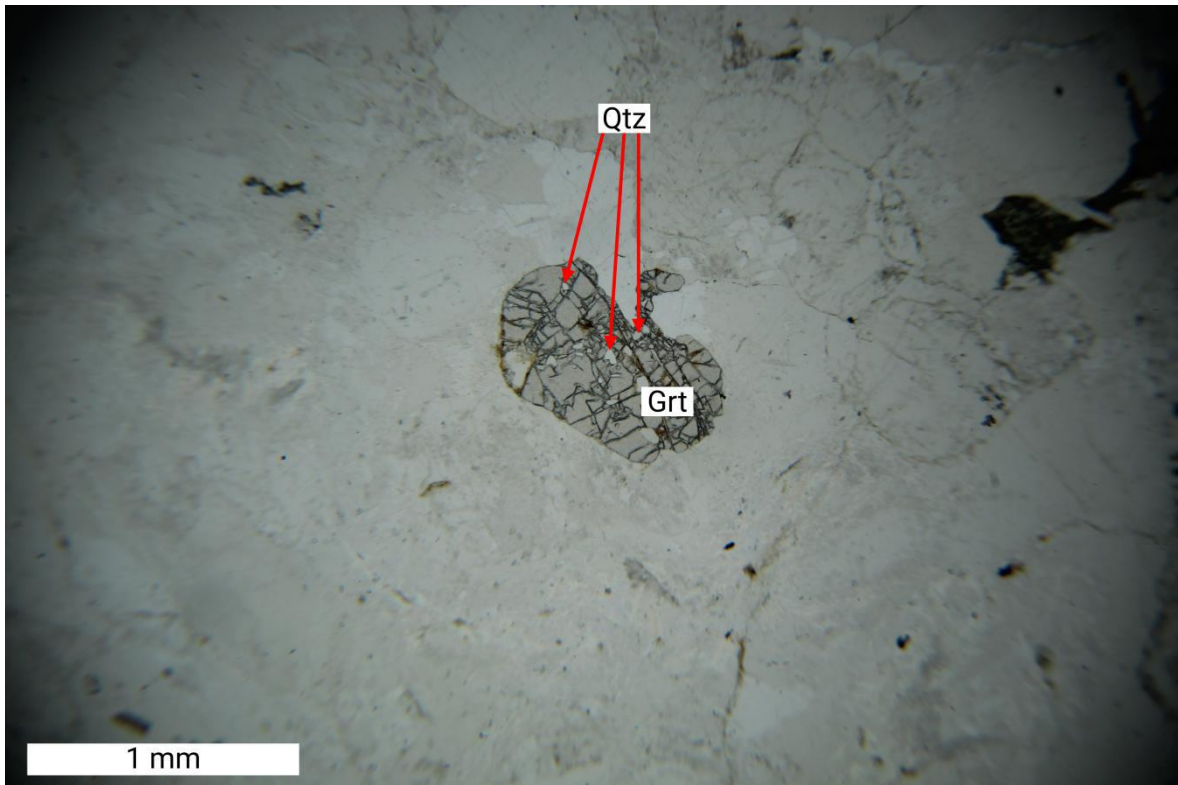




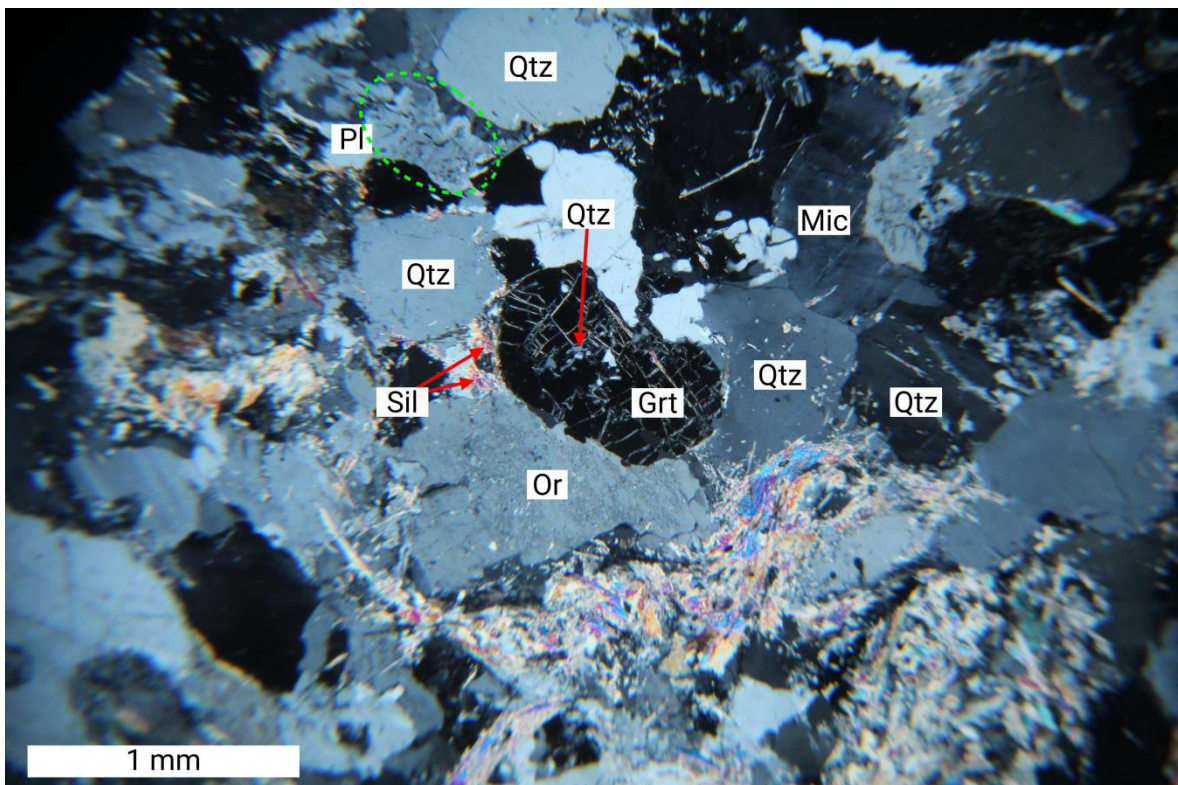
Slika 7.5. Listić biotita (Bt) u centru s agregatima epidota (Ep). Listić biotita na desnoj strani fotografije pokazuje mjestimično anomalnu lavendulasto plavu interferencijsku boju, nastalu kao posljedica kloritizacije (Chl) biotita. Kvarc (Qtz), muskovit (Ms). N+

**Granat** je hipidiomorfnog habitusa. U uzorku su vidljiva dva velika zrna, te nekoliko manjih. Razlomljeni su, bezbojni te izraženog reljefa. Granat često sadrži uklopke kvarca. Prosječna dimenzija granata je 0,9x0,5 mm. Uz njegov rub mjestimice je razvijen fibrolit (Slika 7.6 i 7.7).

**Silimanit** se najčešće pojavljuje kao vlaknasti do tanko igličasti varijetet zvan **fibrolit**, dok su rijetko uočeni štapići silimanita. U proučavanom uzorku ga ima malo, uočen je duž rubova drugih minerala (Slika 7.7).



Slika 7.6. Hipidiomorfno zrno granata (Grt), visokog reljefa, raspucalo i s brojnim uklopcima kvarca (Qtz). N

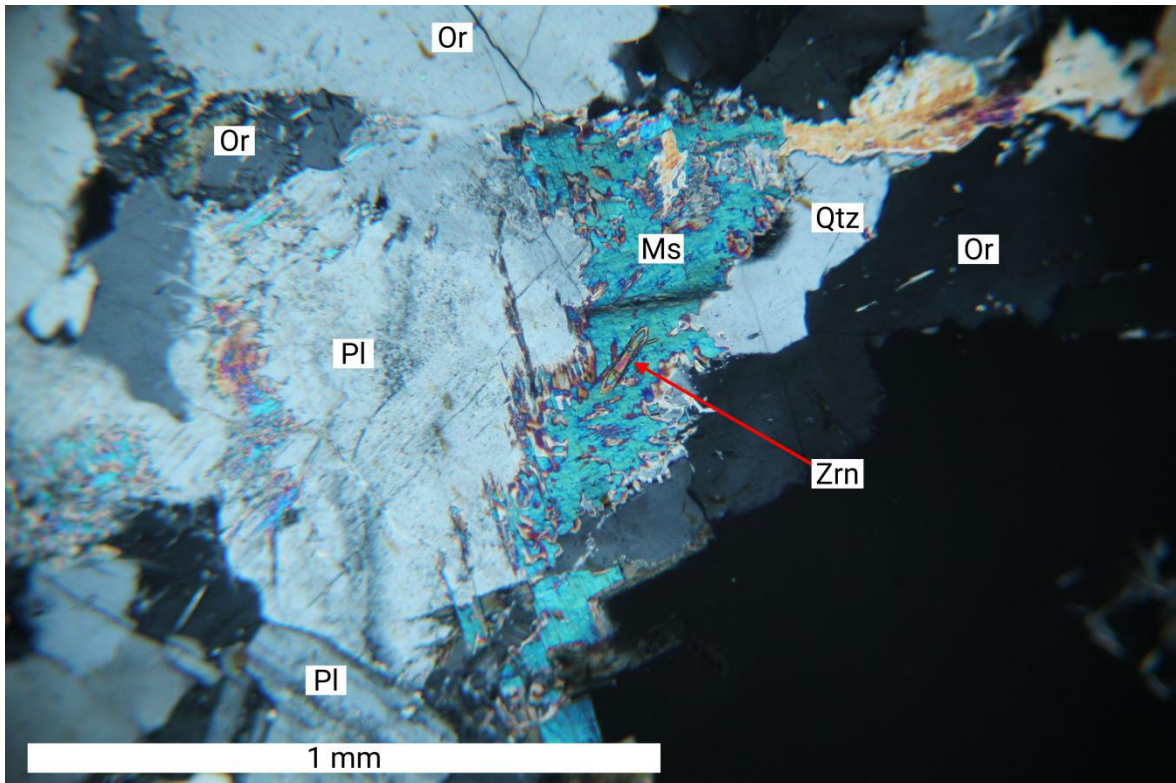


Slika 7.7. Hipidiomorfno zrno granata (Grt) u centru fotografije je dosta raspucalo i sadrži uklopke kvarca (Qtz). Na rubu granata je razvijen fibrolit (Sil). Zrno plagioklasa (Pl) označeno zelenom bojom u gornjem lijevom dijelu fotografije pokazuje prorastanje s kvarcom (mirmekit). Ortoklas (Or), mikroklin (Mic). N+

**Cirkon** se najčešće pojavljuje kao uklopak u drugim mineralima poput biotita, muskovita, kvarca i feldspata. Izraženog je reljefa te izduženog hipidiomorfnog do alotriomorfnog habitusa. Prosječna veličina njegovih zrna je 0,07x0,03 mm (Slike 7.8 i 7.9).

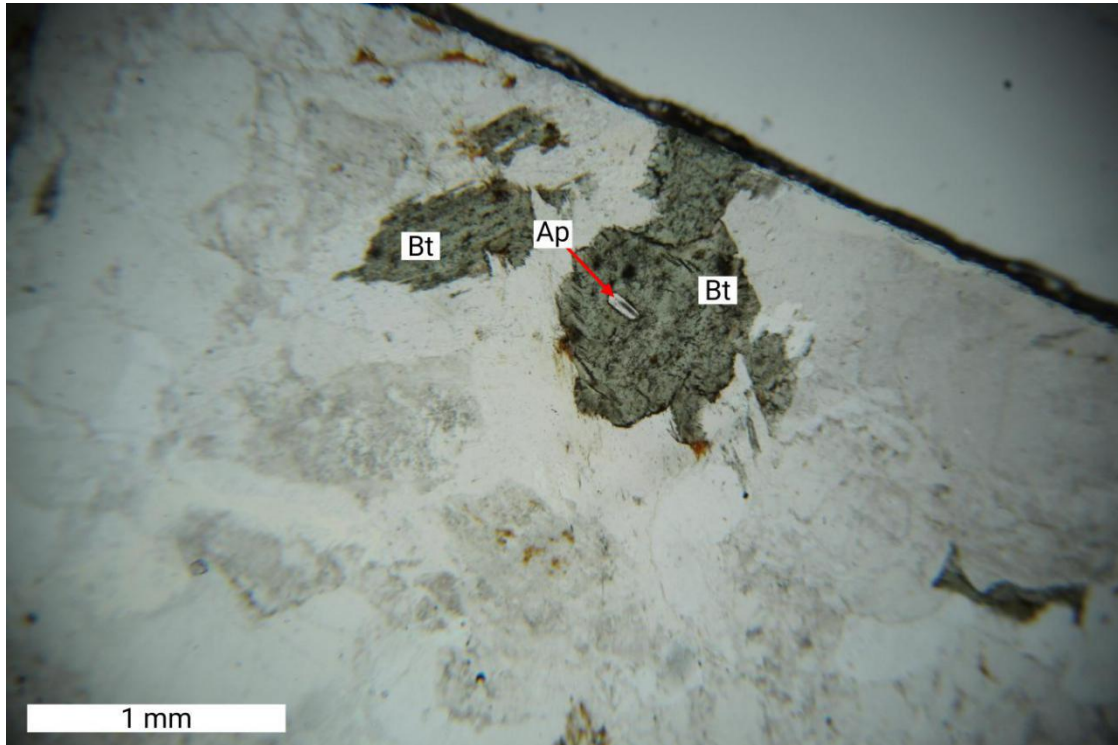


*Slika 7.8. Hipidiomorfno zrno cirkona (Zrn) se jasno ističe svojim visokim reljefom. N*

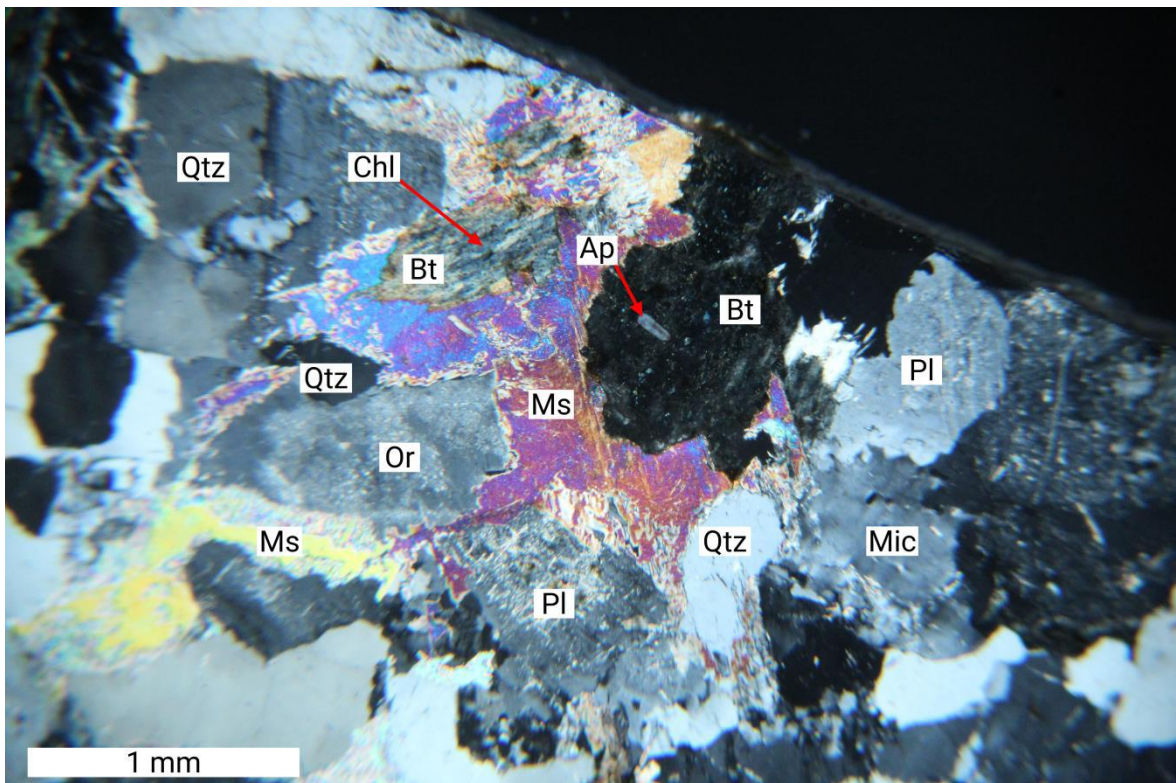


Slika 7.9. Hipidiomorfno zrno cirkona (Zrn) uklopljeno u listiću muskovita (Ms). Cirkon se ističe višom interferencijskom bojom od muskovita, jačim reljefom i prizmatskom formom. Na rubu muskovita u kontaktu s plagioklasom (Pl) u centru fotografije razvijen je simplektit. Ortoklas (Or) i kvarc (Qtz). N+

**Apatit** je rijedak. Karakteriziran je hipidiomorfnim, izduženim habitusom, umjerenog reljefa. Bezbojan je te ima sive interferencijske boje. Dimenzije su mu 0,2x0,05 mm (Slike 7.10 i 7.11).



Slika 7.10. Hipidiomorfno zrno apatita (Ap) uklopljeno u listiću biotita (Bt). Biotit je u potpunosti kloritiziran. U njemu se opažaju eksolucijske iglice rutila ± titanita. Sivo smeđkasta zamrljana zrna su feldspati alterirani u minerale glina. N



Slika 7.11. Hipidiomorfno zrno apatita (Ap) uklopljeno u listiću biotita (Bt). Drugi listić biotita je karakteriziran anomalno lavendulasto plavom interferencijskom bojom na mjestima kloritizacije (Chl). Kvarc (Qtz) pokazuje elemente migracija granica zrna te rotacije svojih subdomena. Sericitizacija je vidljiva u plagioklasu (Pl), ortoklasu (Or) i mikroklinu (Mic). Veći listići muskovita (Ms), osobito na rubu s plagioklasom, pokazuju simplektsko prorastanje s kvarcom. N+

**Epidot** je razvijen sekundarno, hipidiomorfno je do alotriomorfno habitusa. Zrna su manja od 0,1 mm, nalaze se isključivo u biotitu te su često nakupljena u agregate (Slika 7.4 i 7.5).

**Klorit** se pojavljuje kao alteracija u biotitu. Prepoznatljiv je po svijetlo zelenoj do bezbojnoj pleokroitskoj boji te anomalno lavendulasto plavoj interferencijskoj boji (Slika 7.10 i 7.11).

**Sericit** je rezultat alteracije feldspata te se javlja u obliku sitnih listića (Slika 7.3).

**Minerali glina** su također nastali alteracijom feldspata te se na fotografijama napravljenim bez uključenog analizatora uočavaju kao sivo smečkasto ‘zamrljanje’ na zrnima (Slika 7.10 i 7.11).

**Kalcit** je razvijen sekundarno u maloj količini, pojavljuje se intergranularno, ili duž pukotina minerala u obliku nepravilnog zrnja. Alotriomorfno je habitusa, ima izraženu pseudoapsorpciju i interferira u bijeloj boji višeg reda (Slika 7.2).

**Opaki minerali** su rijetki, pojavljuju se u obliku manjih alotriomorfnih zrna crne, neprozirne boje (Slika 7.6 i 7.8).

Proučavana stijena ima homogenu teksturu i zrnatu strukturu, iako treba istaknuti da je postkristalizacijskim procesima došlo do migracije granica zrna i rotacija subdomena u kvarcu, te do razvoja mikrostruktura prorastanja u vidu granofira, mirmekita i simplektita, što je sve dovelo do mjestimičnog usitnjavanja duž granica zrna pojedinih minerala. Na temelju svega navedenog te volumnom udjelu alkalijskog feldspata od 55%, a plagioklasa od 45%, stijena je klasificirana kao **granatni granit**.

## 7.2. UZORAK PUK-20-2B

Glavni minerali u uzorku su kvarc, ortoklas, mikroklin i plagioklas, a sporedni minerali su muskovit i biotit. U uzorku također imamo akcesorne minerale, a to su granat, cirkon i silimanit. Sekundarni minerali su klorit, sericit, minerali glina, kalcit i opaki minerali.

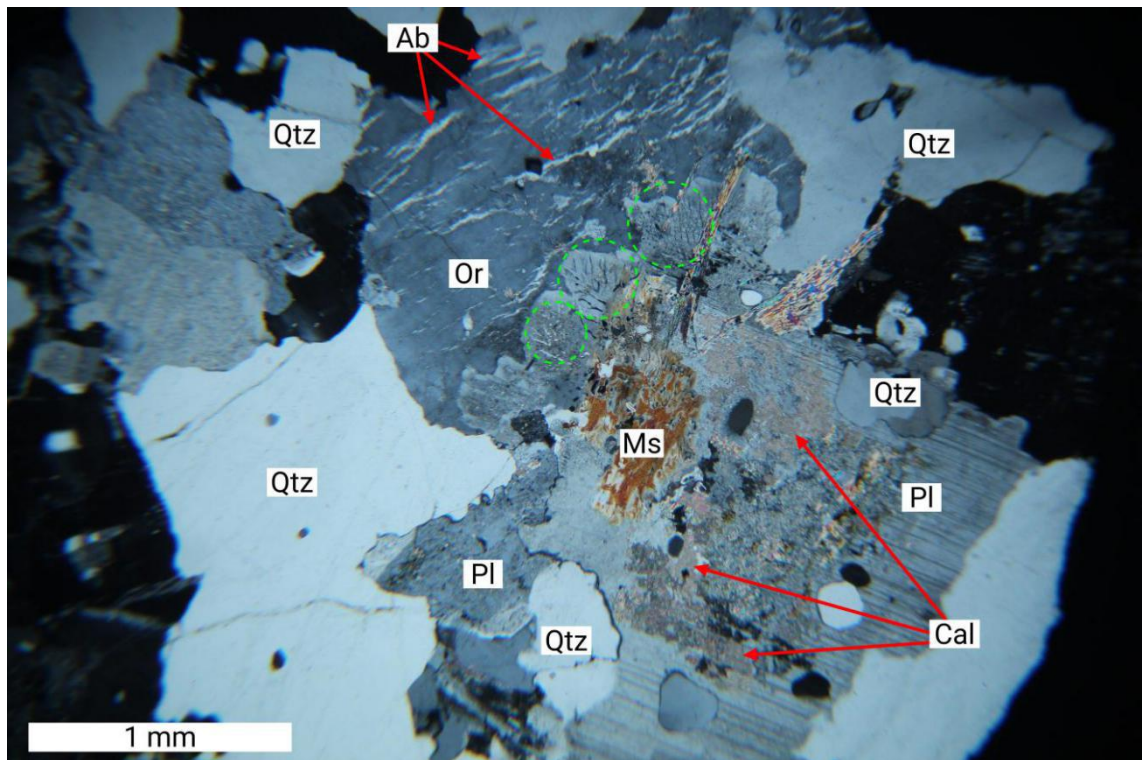
Kao posljedica procesa **eksolucije** u uzorku su prisutni albit (eksolucija u alkalijskom feldspatu poznata pod imenom pertit) i rutil ± titanit (eksolucija u biotitu, poznata pod imenom sagenit).

U stijeni su prisutne **mikrostrukture prorastanja** kao što su granofir, mirmekit i simplektit.

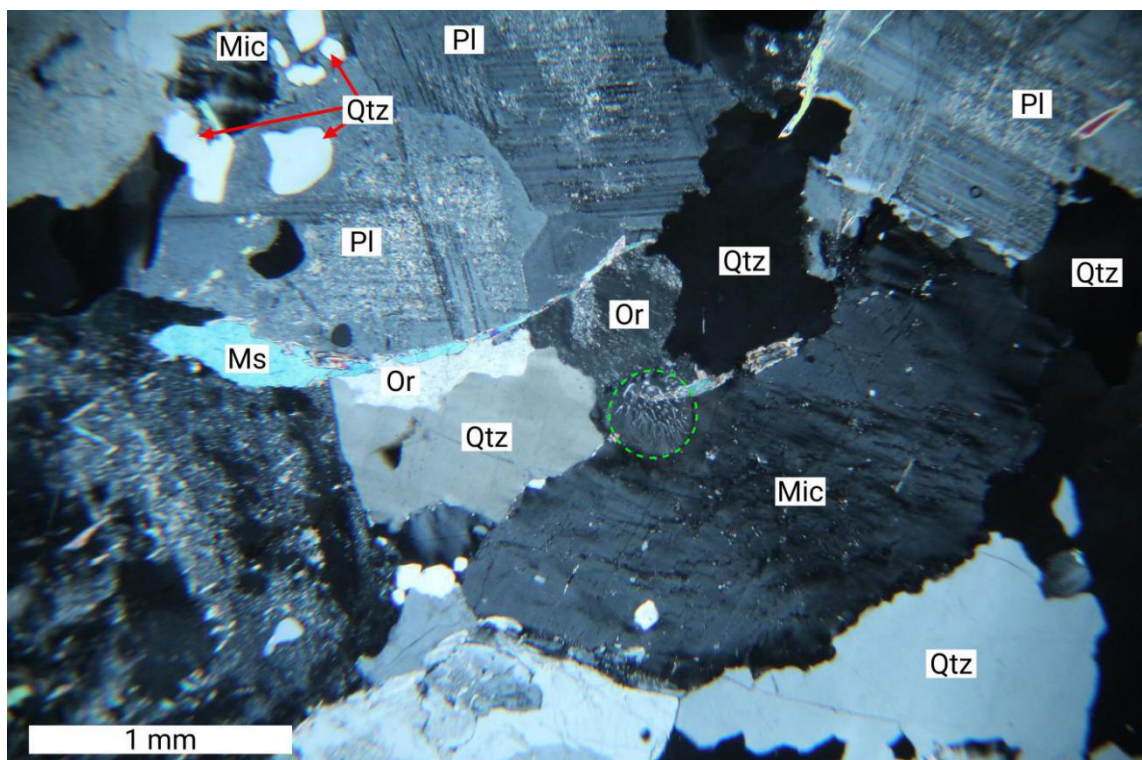
**Kvarc** je alotriomorfnog habitusa. Veličina zrna varira od 3x2,25 mm do 0,35x0,3 mm. Kvarc pokazuje izraženo undulozno potamnjenje. Na rubovima pojedinih zrna vidi se migracija granica i rotacija subdomena kvarca. Kvarc se javlja u mikrostrukturama prorastanja: kvarc s plagioklasom (mirmekit, Slika 7.12), kvarc s K-feldspatom (granofir, Slika 7.13) i kvarc s muskovitom (simplektit, Slika 7.15). Česti su uklopci muskovita, biotita, feldspata i cirkona.

**Plagioklas** je hipidiomorfno izduženog do alotriomorfno habitusa. Zrna veličinom variraju od 4,8x4,4 mm do 0,9x0,7 mm. Vide se karakteristične polisintetske sraslačke lamele i zonalna građa plagioklasa. Umjereno je alteriran u minerale glina, dok je sericitizacija mjestimice intenzivnija, i jače izražena u jezgri zrna. Rjeđe je vidljiva i alteracija plagioklasa u kalcit (Slika 7.12). Po pukotinama plagioklasa su mjestimice razvijeni listići muskovita, dok je na rubovima pojedinih zrna razvijen mirmekit (prorastanje s kvarcom, Slika 7.12), često “bradavičastog” oblika. Često uklapa kvarc, alkalijske feldspate, muskovit i biotit.

**Ortoklas** je alotriomorfno do hipidiomorfno habitusa. Veličina zrna varira od 4,25x1,9 mm do 0,6x0,35 mm. Ortoklas je alteriran u sericit i minerale glina, općenito manje intenzivno nego plagioklas. Ponegdje su razvijeni listići muskovita po pukotinama. Primjećuju se manje pojave prorastanja ortoklasa s kvarcom pri rubovima zrna (granofir, Slika 7.13). Na slabije alteriranim, većim zrnima vidljive su eksolucije albita (pertit, Slika 7.12). Veća zrna ortoklasa uklapaju kvarc, druge feldspate, muskovit i biotit.



Slika 7.12. U ortoklasu (Or), u gornjem dijelu fotografije, jasno su razvijene eksolucijske lamele albita (Ab), a na rubu s plagioklasom (Pl), označeno zelenim kružnicama, mirmekitsko prorastanje kvarca (Qtz) i plagioklasa i to "bradavičastog" tipa. Zrno plagioklasa (Pl) u donjem desnom dijelu fotografije je osim sericitizacijom karakterizirano i kalcitizacijom u jezgri. Kvarc svojim oblikom ukazuje na migraciju granica zrna, ali i rotaciju subdomena. Listić muskovita (Ms) na kontaktu s plagioklasom simplektski prorasta s kvarcom. Kalcit (Cal). N+

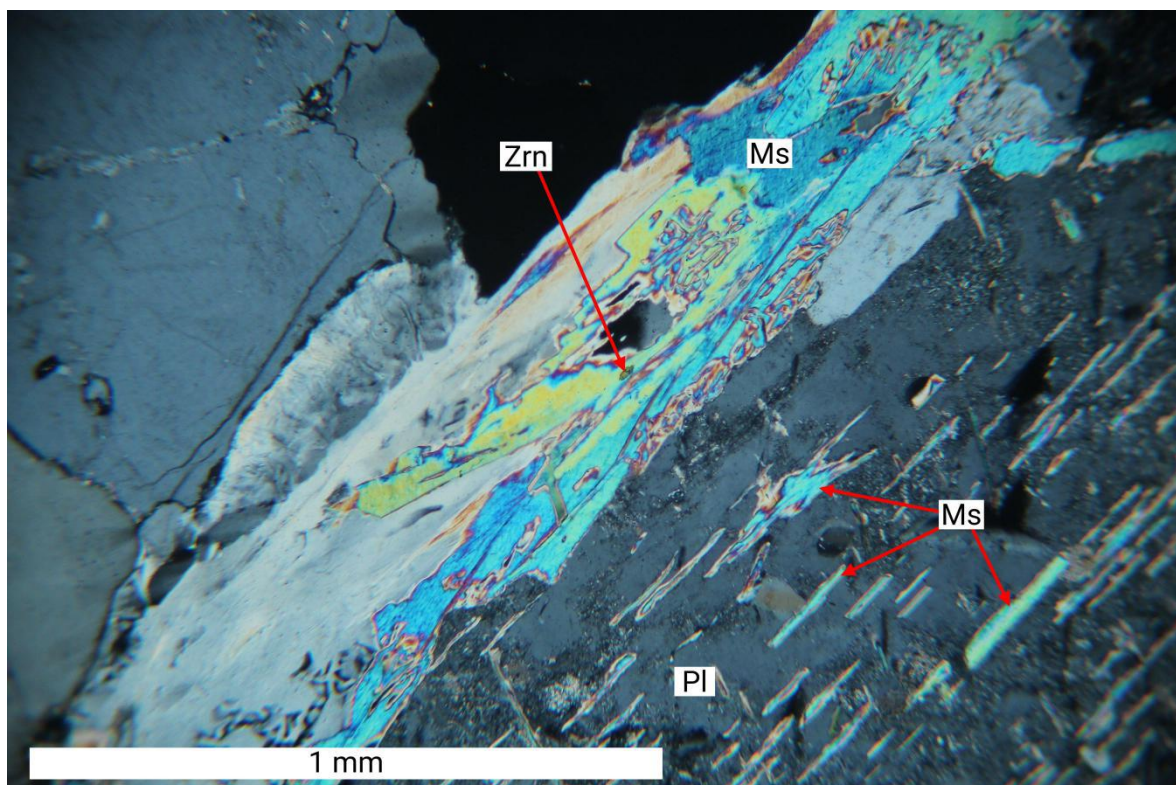


Slika 7.13. Zelenim iscrtkanim krugom je označeno prorastanje kvarca (Qtz) i ortoklasa (Or), poznato pod nazivom granofir. U plagioklasu (Pl) s polisintetskim sraslačkim lamelama je vidljiva sericitizacija locirana prije svega u jezgri zrna. Muskovit (Ms) je često razvijen duž granica zrna. Mikroklin (Mic). N+



**Mikroklin** je alotriomorfnog habitusa. Veličina zrna varira od 2,05x1,8 mm do 0,65x0,3 mm. Mjestimice se opažaju karakteristične rešetkaste sraslačke lamele. Prisutne su slabe do umjerene alteracije mikrokлина u minerale glina i sericit. Pertit je razvijen po većim zrnima (Slika 7.17). Mikroklin ponegdje uklapa druge feldspate, kvarc i muskovit.

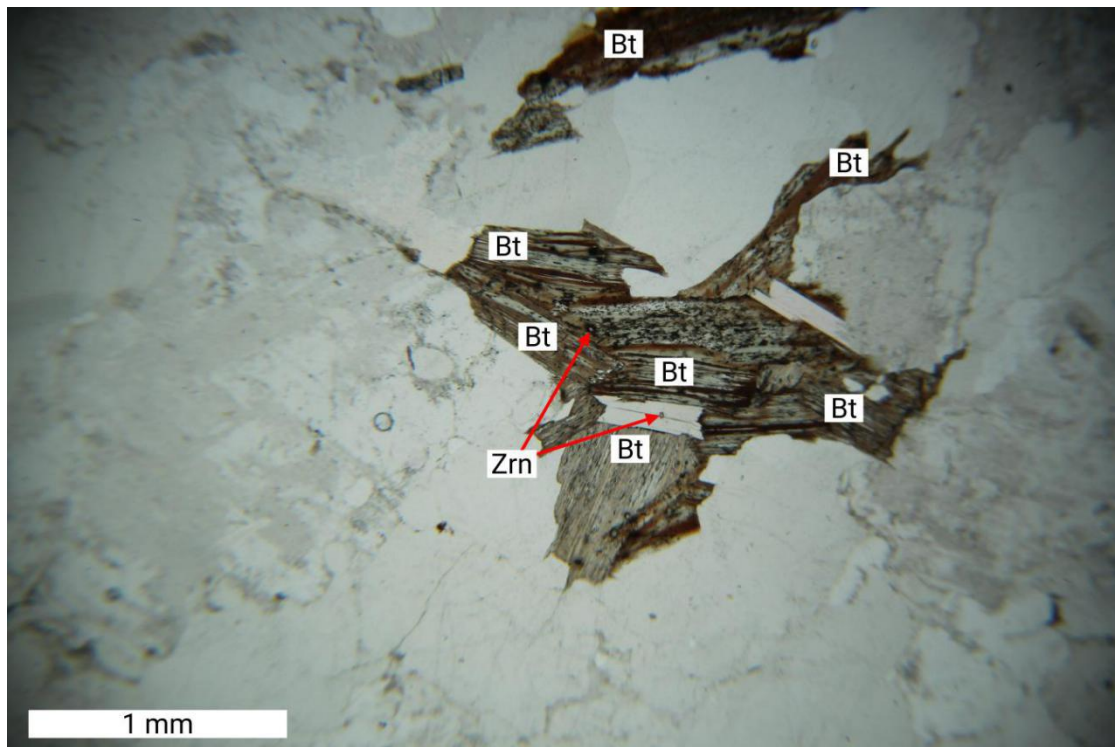
**Muskovit** je hipidiomorfnog izduženog do alotriomorfnog habitusa. Veličinom listići variraju od 3x0,65 mm do 0,5x0,15 mm. Ponegdje se vidi blagi pleokrozam od blijedo ružičaste ili blijedo žute boje do bezbojne. Muskovit ne pokazuje alteracije. Njegovo prorastanje s kvarcom u vidu simplektita prisutno je na par mjesta u uzorku (Slika 7.15).



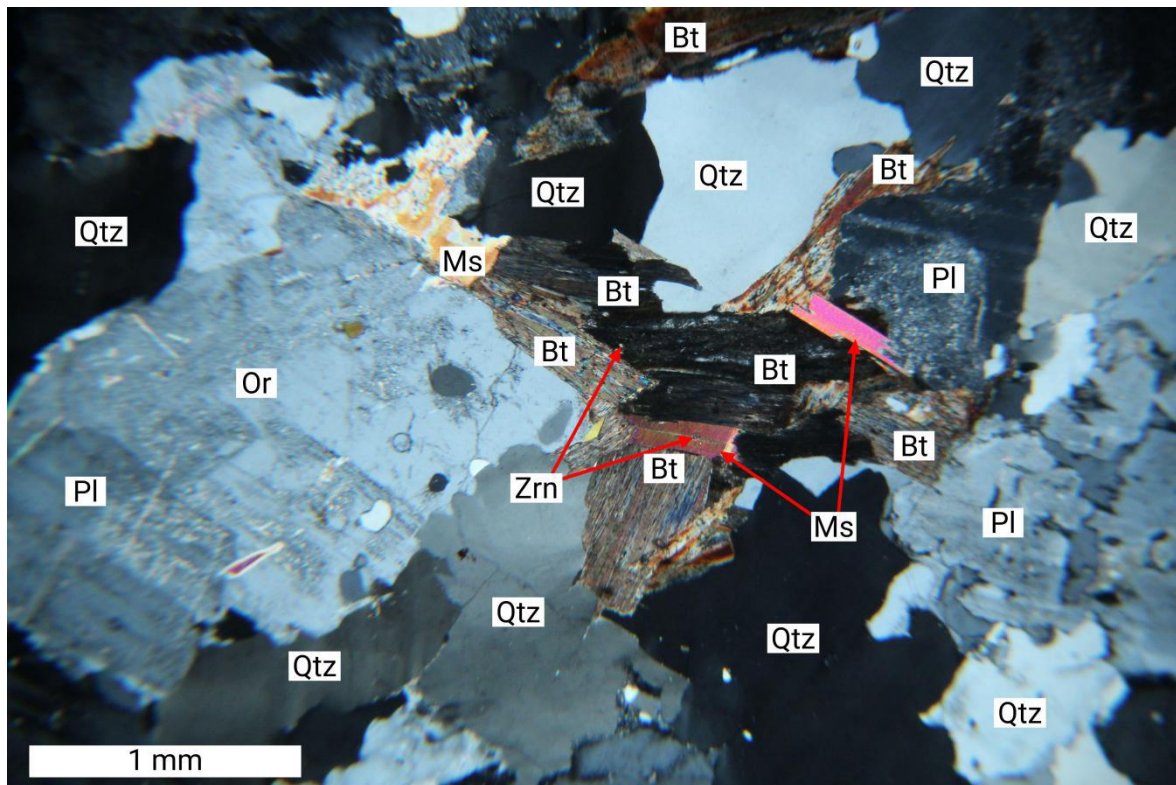
*Slika 7.14. U centru fotografije se nalazi listić muskovita (Ms) koji na rubu simplektitski prorasta s kvarcom (Qtz) te sadrži uklopljen cirkon (Zrn). Na desnoj strani fotografije su razvijeni listići muskovita po pukotinama zrna plagioklasa (Pl). N+*

**Biotit** je hipidiomorfog, izduženog habitusa u uzdužnim presjecima te alotrimorfog habitusa u baznim presjecima. Češći je nego muskovit. Veličina listića varira od 0,85x0,25 mm do 2,65x0,85 mm. Pojedini listići biotita su u potpunosti kloritizirani, dok su neki djelomično ili nimalo. Kao posljedica toga neki listići ne pokazuju karakterističnu smeđu do blijedo smeđu pleokroitsku boju već svijetlo zelenu do bezbojnu radi kloritizacije. Biotit ponegdje u sebi sadrži iglice rutila ± titanita nastale procesom eksolucije (sagenit). Mogu se vidjeti i tamne aureole (metamiktni ovoji) vezane uz procese radioaktivnog raspada u cirkonu. Uočavaju se uklopci cirkona i muskovita (Slika 7.14 i 7.15).

**Cirkon** se pojavljuje kao uklopak u biotitu, muskovitu i kvarcu. Alotrimorfog do hipidiomorfog je habitusa, zaobljenih i izduženih zrna (Slika 7.14 i 7.15). Prosječna veličina cirkona uznosi 0,04x0,025 mm.



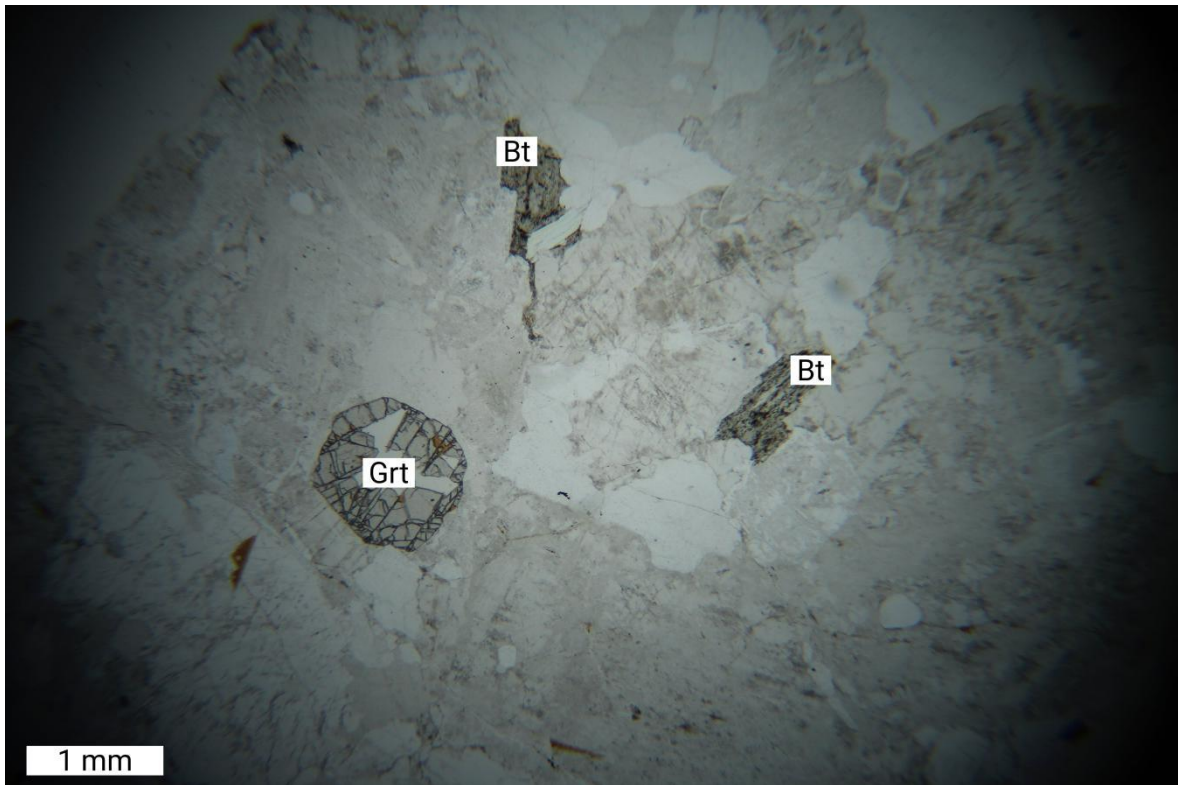
Slika 7.15. Agregat listića biotita (Bt) u smeđoj do blijedo smeđoj boji, na mjestima kloritizacije pokazuje blijedo zelenu boju. U agregatu je par listića bezbojnog muskovita (Ms). Uklopci cirkona (Zrn) su prisutni u biotitu i muskovitu. Oko cirkona se uočavaju metamiktni ovoji od radioaktivnog oštećenja. Eksolucije rutila ± titanita su prisutne u obliku iglica u biotitu (sagenit). N



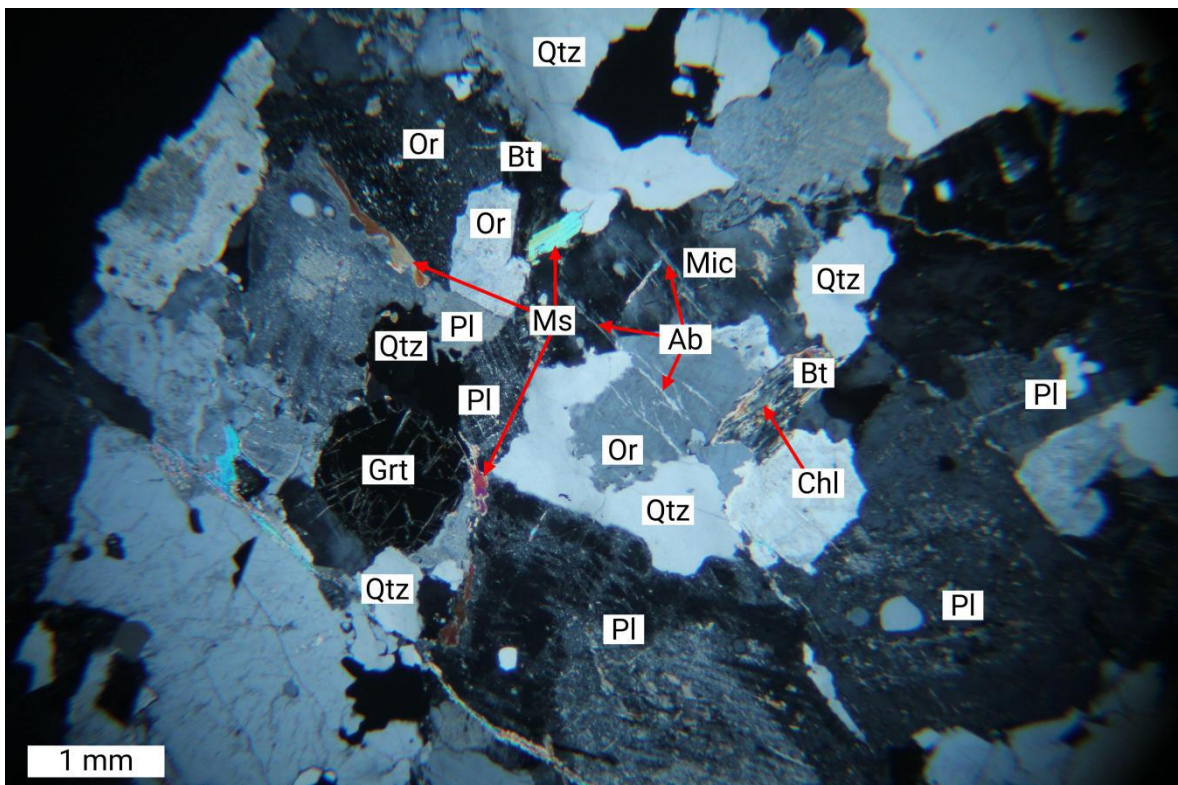
Slika 7.16. Agregat listića biotita (Bt) s uklopkom cirkona (Zrn), asociran je s listićima muskovita (Ms) živih interferencijskih boja, koji također sadrže uklopljeni cirkon. Mjestimice biotit pokazuje anomalnu lavendulasto plavu interferencijsku boju uzrokovanu kloritizacijom. Na gornjoj lijevoj strani fotografije vidljiv je listić muskovita koji simplektski prorasta s kvarcom (Qtz). Ortoklas (Or) i plagioklas (Pl) su izmijenjeni djelomično u minerale glina i sericit. N+

**Granat** je hipidiomorfnog habitusa, izrazito raspucan i visokog reljefa (Slika 7.16 i 7.17). Veličine je 1,2x1,1 mm. Rijedak je.

**Silimanit** je prisutan u vlaknastoj formi poznatoj pod imenom **fibrolit**, a rjeđe u štapićastoj formi. Pronalazimo ga uz rubove drugih minerala ili uklopljenog poput iglica u K-feldspatu.



Slika 7.17. Hipidiomorfno zrno granata (Grt), raspucalo i visokog reljefa. Kloritizirani listići biotita (Bt) blijedo zelene boje. Sivo smečkasto zamrljana površina predstavlja alteracije feldspata u minerale glina. N



Slika 7.18. Hipidiomorfno raspucano zrno granata (Grt). Mikroklin (Mic) i ortoklas (Or) desno od granata pokazuju eksolucije albita (Ab). Kloritizirani (Chl) listić biotita na desnoj strani fotografije. Velika zrna plagioklasa (Pl) na donjem dijelu fotografije pokazuju intenzivnu sericitizaciju osobito u jezgri zrna. Kvarc (Qtz), plagioklas (Pl), muskovit (Ms). N+

**Klorit** je razvijen sekundarno kao alteracija biotita te je prepoznatljiv po svijetlo zelenoj do bezbojnoj pleokroitskoj boji te anomalno lavendulasto plavoj interferencijskoj boji (Slika 7.17).

**Sericit** se pojavljuje kao produkt alteracije feldspata u obliku sitnih listića (Slika 7.17).

**Minerali glina** su također produkti alteracija feldspata te se vide kao sivo smečkaste mrlje po zrnima feldspata (Slika 7.16).

**Kalcit** je sekundarni mineral, alotriomornog habitusa. Pojavljuje se u pukotinama ili intergranularno u mikrokristalastim agregatima. Prepoznatljiv je po karakterističnoj bijeloj interferencijskoj boji višeg reda te izraženoj pseudoapsorpciji (Slika 7.12).

**Opaki minerali** se sporadično uočavaju kao crna neprozirna zrna.

Stijena promatrana u uzorku ima homogenu tektsturu i zrnatu strukturu, ali kao i u prethodnom uzorku, treba istaknuti da je postkristalizacijskim procesima došlo do migracije granica zrna i rotacija subdomena u kvarcu, te do razvoja mikrostruktura prorastanja u vidu granofira, mirmekita i simplektita, što je sve dovelo do mjestimičnog usitnjavanja duž granica zrna pojedinih minerala. Volumni udio alkalijskog feldspata iznosi 55%, dok je volumni udio plagioklasa 45%. Stijena je klasificirana kao **granatni granit**.

### 7.3. UZORAK PUK-20-3B

Glavni minerali u uzorku su kvarc, ortoklas, mikroklin i plagioklas, a sporedni minerali su muskovit i biotit. U uzorku su također prisutni akcesorni minerali, a to su cirkon i silimanit, najčešće u obliku fibrolita. Sekundarni minerali su klorit, sericit, minerali glina, kalcit i opàki minerali.

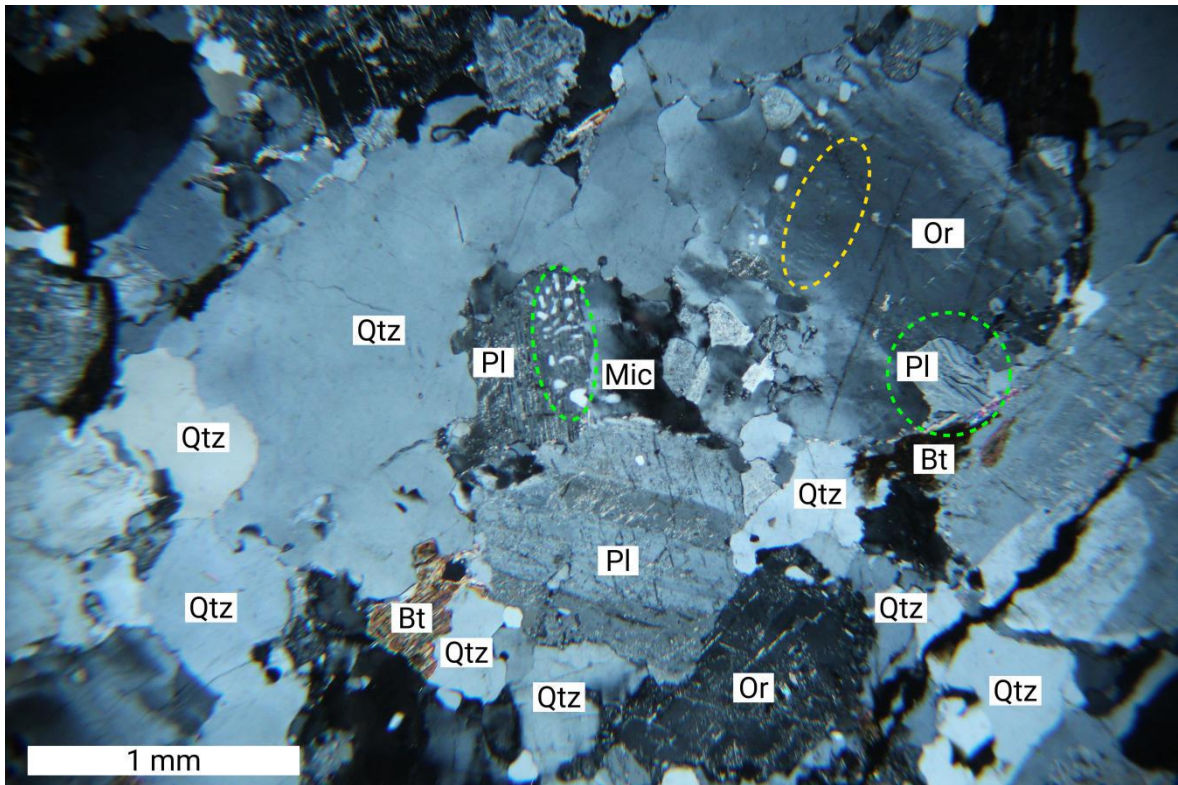
Kao posljedica procesa **eksolucije** pojavljuje se albit (u alkalnom feldspatu), te rutil ± titanit (u biotitu).

Uzorak sadrži **mikrostrukture prorastanja** kao što su granofir i mirmekit.

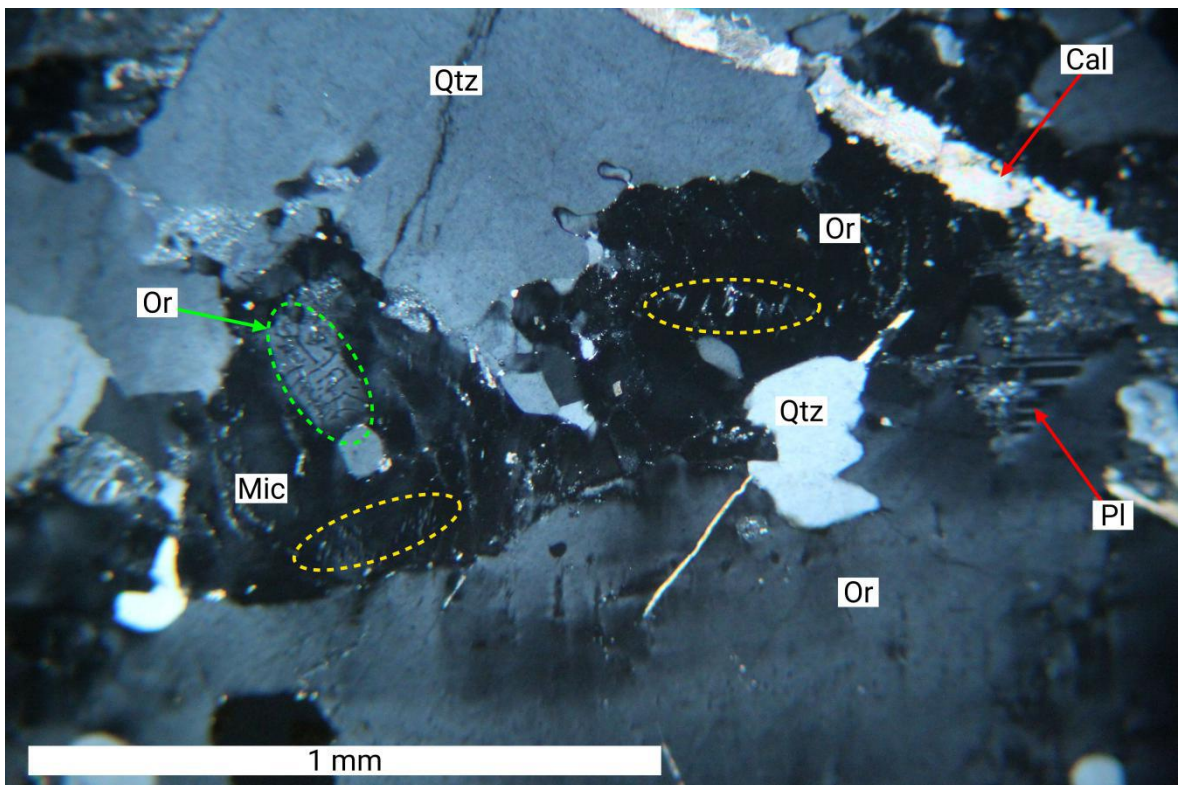
**Kvarc** je alotriomorfong habitusa. Veličina zrna varira od 3,4x2,2 mm do 0,8x0,7 mm. Kvarc pokazuje karakteristično undulozno potamnjenje. Mjestimično je vidljiva migracija granica zrna i rotacija subdomena. Kvarc je prisutan je u strukturama prorastanja s ortoklasom (granofir, Slika 7.25) i s plagioklasom (mirmekit, Slika 7.24). U kvarcu se pojavljuju uklopci feldspata, cirkona, muskovita i biotita.

**Ortoklas** je alotriomorfog do hipidiomorfog habitusa. Veličina zrna varira od 3,6x1,8 mm do 0,9x0,8 mm. Alteracija u minerale glina i sericit su umjerene. Duž pukotina ponegdje je vidljiv rast muskovita. Prorastanje ortoklasa s kvarcom (granofir) se uočava na manjim zrnima te na rubovima većih zrna. Pertit se pojavljuje u manjoj mjeri, tanke eksolucije albita u ortoklasu su vidljive u manje trošenim velikim zrnima (Slika 7.20). Česti su uklopci kvarca, drugih feldspata, biotita i muskovita.

**Plagioklas** je alotriomorfog do hipidiomorfog habitusa. Dimenzije zrna variraju od 2,9x2,3 mm do 0,4x0,3 mm. Većina zrna plagioklasa pokazuje polisintetske sraslačke lamele. Alteracije u minerale glina i sericitizacija su umjerene do ponegdje izražene. Slično ortoklasu, po pukotinama je ponegdje vidljiv rast muskovita. Na rubovima zrna se primjećuje prorastanje plagioklasa i kvarca poznato pod imenom mirmekit i to često “bradavičastog” tipa (Slika 7.19). Mjestimice se mogu naći uklopci kvarca, muskovita i drugih feldspata.



Slika 7.19. Zelenom bojom je označeno prorastanje kvarca (Qtz) i plagioklasa (Pl), mirmekit. Na desnoj strani fotografije se vidi "bradavičasti" tip mirmekita. Kvarc mjestimično pokazuje migraciju granica zrna i rotaciju subdomena na svojim rubovima. Ortoklas (Or) sadži vrlo tanke eksolucijske lamele albita istaknute žutom bojom. Na slici su još vidljivi mikroklin (Mic) i biotit (Bt). N+



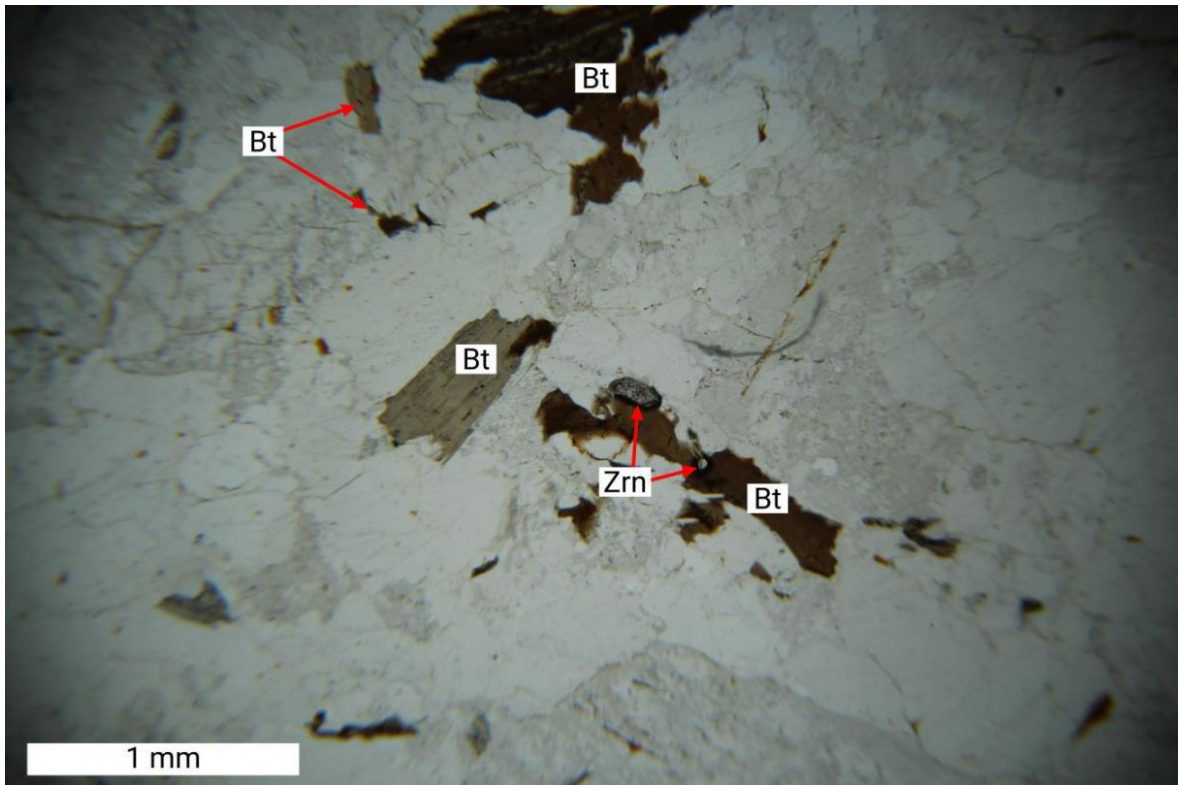
Slika 7.20. Zelenom bojom je označena pojava prorastanja kvarca (Qtz) i ortoklasa (Or), granofir. Žutom bojom su istaknute tanke eksolucijske lamele albita (Ab) u mikroklinu (Mic) i ortoklasu. Plagioklas (Pl) istaknut crvenom strelicom pokazuje karakteristične polisintetske sraslačke lamele. Na slici je vidljiva pukotina ispunjena kalcitom (Cal) N+

**Mikroclin** je alotriomorfno habitusa. Veličina zrna varira od 2,5x1,1 mm do 0,7x0,5 mm. Vide se karakteristične rešetkaste sraslačke lamele. Mikroclin je slabo alteriran u minerale gline i sericit. Razvoj peritita je slab (Slika 7.20). Pojavljuju se uklopci drugih feldspata, kvarca, muskovita i biotita.

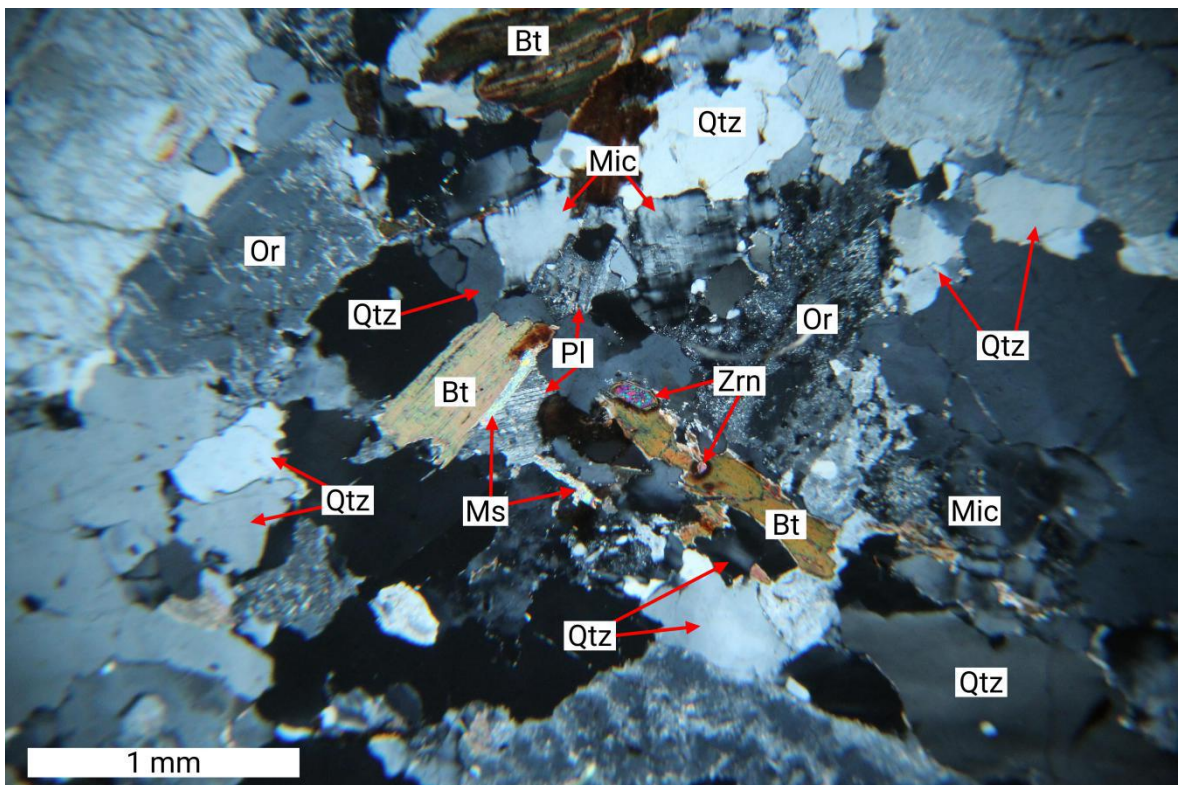
**Muskovit** je hipidiomorfno, izduženog habitusa te je relativno malih dimenzija u odnosu na druge uzorke. Veličina listića varira od 0,6x0,1 mm do 0,08x0,04 mm. Muskovit pokazuje blagi pleokroizam od blijedo ružičaste ili blijedo žute boje do bezbojne. Ne primjećuje se pojava prorastanja s kvarcom kao u drugim uzorcima. Skoro sav muskovit je vezan uz biotit ili kao uklopak u njemu. Tek par listića se nalaze kao uklopci u drugim mineralima.

**Biotit** je hipidiomorfno, izduženog habitusa, tek ponegdje alotriomorfan. Uzdužni presjeci su hipidiomorfno habitusa dok su bazni presjeci alotriomorfni. Listići variraju veličinom od 1,7x0,65 mm do 0,4x0,2 mm. Vidi se karakteristična smeđa do blijedo smeđa pleokroitska boja te rjeđe i svijetlo zelena do bezbojna, na mjestima alteracije biotita u klorit. Kloritizacija biotita je slaba, tek manja zrna su skroz kloritizirana dok po većim zrnima ima malo klorita. Mjestimice su prisutne iglice rutila ± titanita nastale procesima eksolucije. Biotit uklapa muskovit i cirkon. Oko uklopaka cirkona vidljive su tamne aureole (metamiktne ovoji) koje nastaju kao posljedica radioaktivnih procesa u cirkonu (Slika 7.21 i 7.22).





Slika 7.21. Listići biotita (Bt) u smeđim pleokroitskim bojama s uklopcima cirkona (Zrn) i tamnim aureolama oko njih. Sivo zamrljana područja predstavljaju mjesta alteracije feldspata u minerale glina. N



Slika 7.22. Listići biotita (Bt) u centru slike s uklopcima cirkona (Zrn) visokih interferencijskih boja pokazuju tamne aureole oko cirkona. Zrna mikroklina (Mic) u gornjem dijelu slike istaknuta crvenim strelicama lako se prepoznaju po karakterističnim rešetkastim sraslačkim lamelama. Sericitizirani ortoklas (Or) je vidljiv na desnoj strani slike. Kvarc (Qtz), plagioklas (Pl), muskovit (Ms). N+

**Cirkon** je idiomorfno do hipidiomorfno habitusa. Pojedina zrna asocirana s biotitom su velika (0,24x0,12mm) i idiomorfno habitusa. Prosječna veličina zrna iznosi 0,16x0,08mm. Karakteristično je izraženog reljefa te jarkih interferencijskih boja (Slika 7.26 i 7.27).

**Silimanit** je alotriomorfno habitusa i vlaknastih formi te se takav varijetet naziva fibrolit. Rjeđe se mogu pronaći i štapići silimanita.

**Klorit** se javlja sekundarno kao alteracija biotita. Prepoznatljiv je po svijetlo zelenoj do bezbojnoj pleokroitskoj boji.

**Sericit** je sitnolistićavi produkt alteracije feldspata.

**Minerali glina** su također produkti alteracija feldspata u kojima se uočavaju kao sivkasto smečkaste nakupine.

**Kalcit** je sekundarni mineral, pojavljuje se u obliku agregata mikrokristala i najčešće ispunjava pukotine. Pokazuje izraženu pseudoapsorpciju te interferira u bijeloj boji višeg reda (Slika 7.25).

**Opaki minerali** su rijetki, pojavljuju se u obliku alotriomorfni neprozirnih crnih zrna.

Stijena promatrana u uzorku ima homogenu teksturu i zrnatu strukturu. No i ovdje je u okviru postkristalizacijskih procesa zbog migracije granica zrna i rotacije subdomena u kvarcu, kao i razvoja sitnozrnatih prorastanja poput granofira, mirmekita i simplektita došlo do mjestimičnog usitnjavanja zrna duž granica pojedinih minerala. Volumni udjeli feldspata iznose 55% za alkalijske feldspate i 45% za plagioklas. Stijena je klasificirana kao **granit**.

#### 7.4. UZORAK PUK-20-4B

Glavni minerali u uzorku su kvarc, ortoklas, mikroklin i plagioklas, a sporedni minerali su muskovit i biotit. U uzorku su također prisutni akcesorni minerali, a to su granat, cirkon i silimanit. Sekundarni minerali su klorit, sericit, minerali glina, kalcit i opaki minerali.

Procesi **eksolucije** rezultirali su pojavom albita (u alkalnom feldspatu) i rutila±titanita (u biotitu).

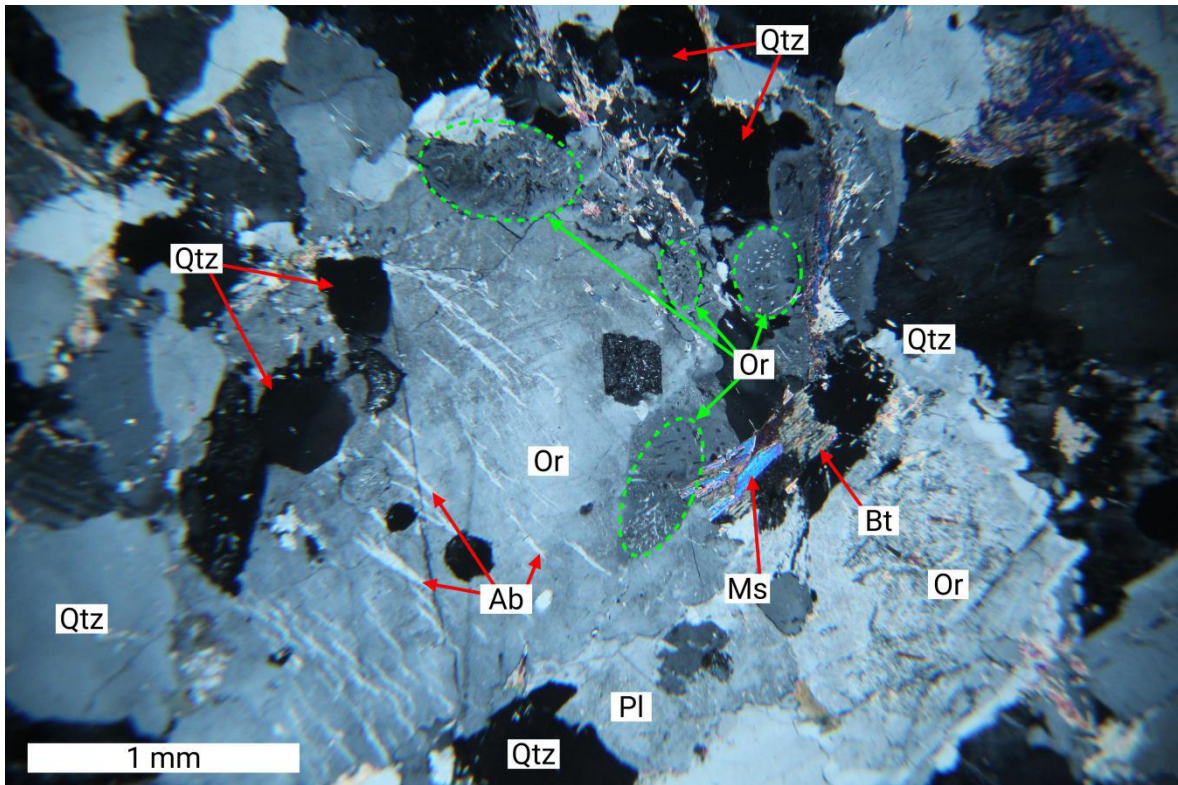
Prisutne su **mikrostrukture prorastanja**: granofir, mirmekit i simplektit.

**Kvarc** je alotriomorfno habitusa. Zrna veličinom variraju od 3,5x3,1 mm do 0,4x0,4 mm. Kvarc pokazuje undulozno potamnjenje te migraciju granica zrna i rotaciju subdomena. Pojavljuje se u mikrostrukturama prorastanja s ortoklasom (granofir, Slika 7.23), s plagioklasom (mirmekit, Slika 7.24) i s muskovitom (simplektit, Slika 7.25). Kvarc često uklapa minerale poput muskovita, biotita, cirkona i feldspata, a sam kvarc je uvijek uklopljen u granat.

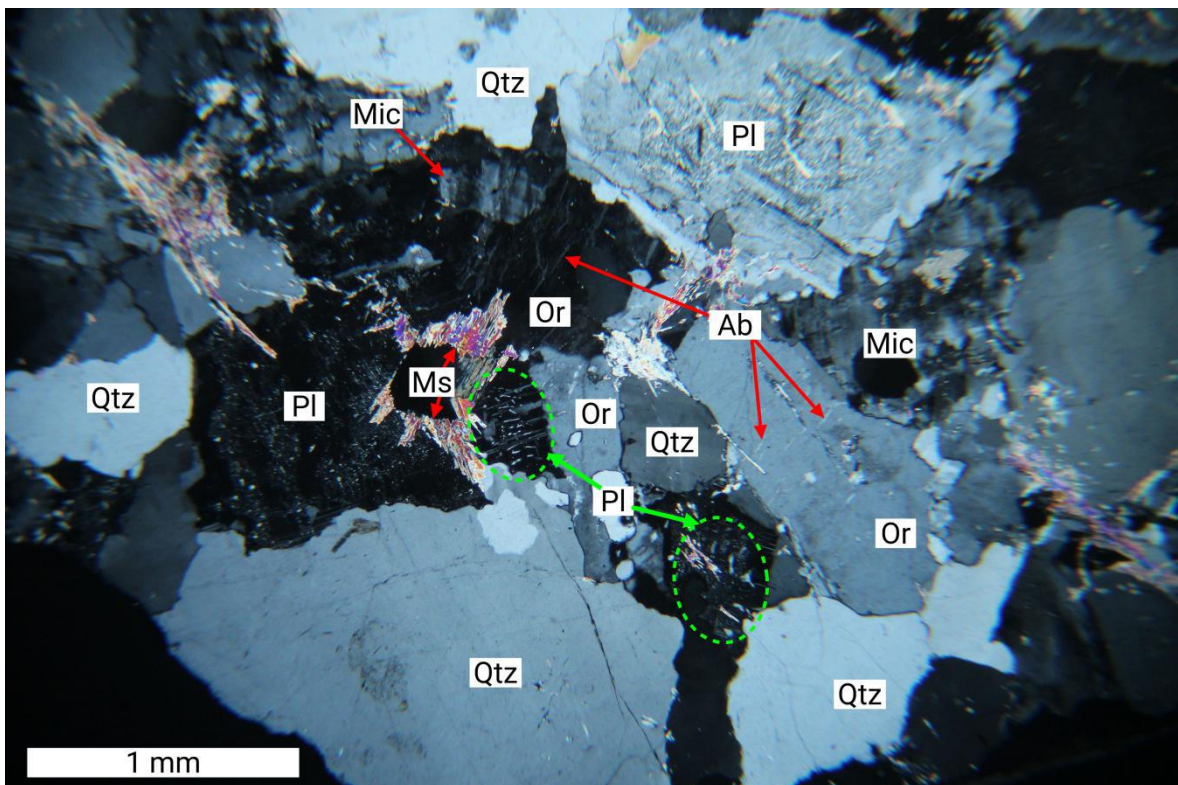
**Ortoklas** je alotriomorfno habitusa. Veličina zrna varira od 2x1,9 mm do 0,6x0,4 mm. Umjereno je alteriran u minerale glina i sericit, u manjoj mjeri od plagioklasa. Poneka zrna su minimalno trošena. U ortoklasu se razvija granofir (prorastanje kvarca i ortoklasa) i mjestimice pertit (Slika 7.23). Ortoklas uklapa muskovit i druge feldspate.

**Plagioklas** je alotriomorfno do hipidiomorfno izduženog habitusa. Veličina zrna varira od 3,4x2,4 mm do 0,8x0,8 mm. Na većini zrna se vide polisintetske sraslačke lamele i zonalna građa. Intenzivna je alteracija u minerale glina i sericit. Pri tome je jezgra uvijek jače sericitizirana nego rub plagioklasa. Ponegdje se po pukotinama plagioklasa uočava rast muskovita. Mirmekit je čest na rubovima zrna (Slika 7.24). Plagioklas uklapa zrna muskovita, kvarca i drugih feldspata.

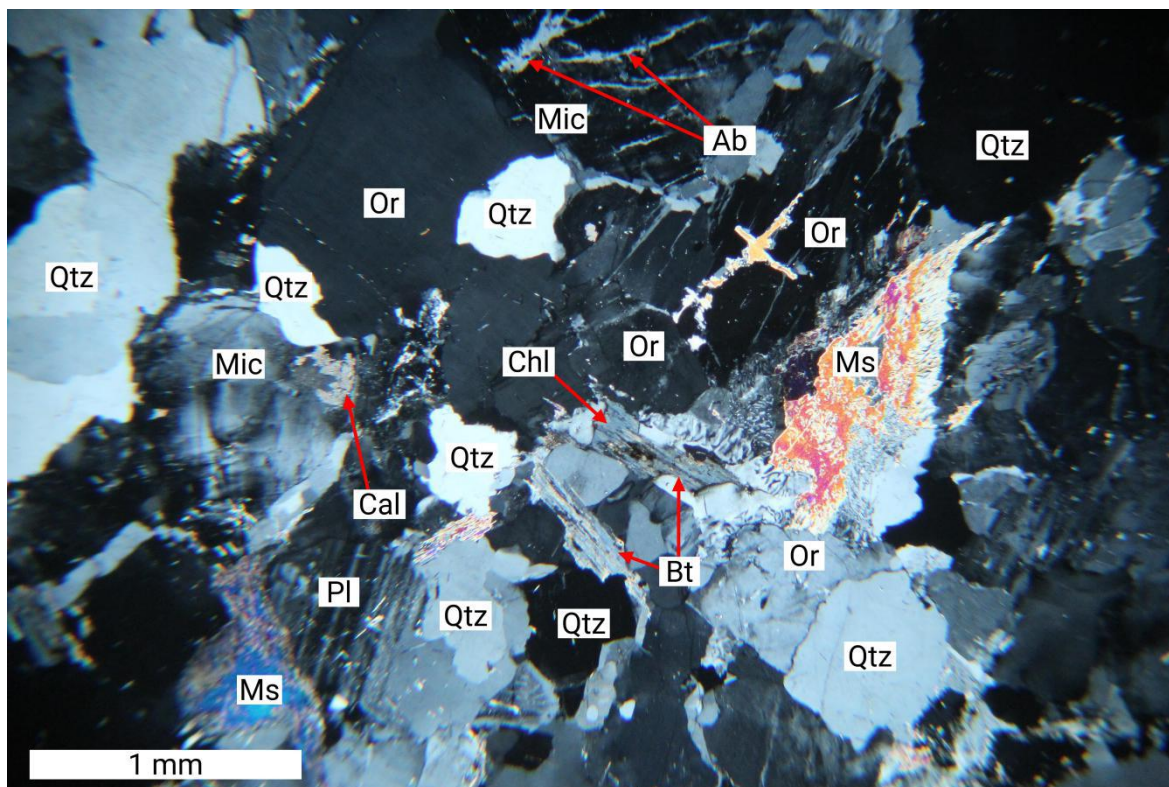
**Mikroklin** je alotriomorfno habitusa. Zrna variraju veličinom od 4,2x2,4 mm do 1,2x0,5 mm. Mjestimice se dobro vide rešetkaste sraslačke lamele. Alteracija mikrokлина u minerale glina i sericit su slabe i manje intenzivne od istih alteracija u ortoklasu i plagioklasu. Pertit je vidljiv primarno na velikim zrnima (Slika 7.25). Česti su uklopci kvarca i drugih feldspata u mikroklinu.



Slika 7.23. Eksolucija albita (Ab), u zrnu ortoklasa (Or), zvana pertit, vidljiva je u sredini fotografije. Zelenom bojom je označen granofir, sitnozrnato prorastanje kvarca (Qtz) i ortoklasa. Plagioklas (Pl), muskovit (Ms), biotit (Bt). N+



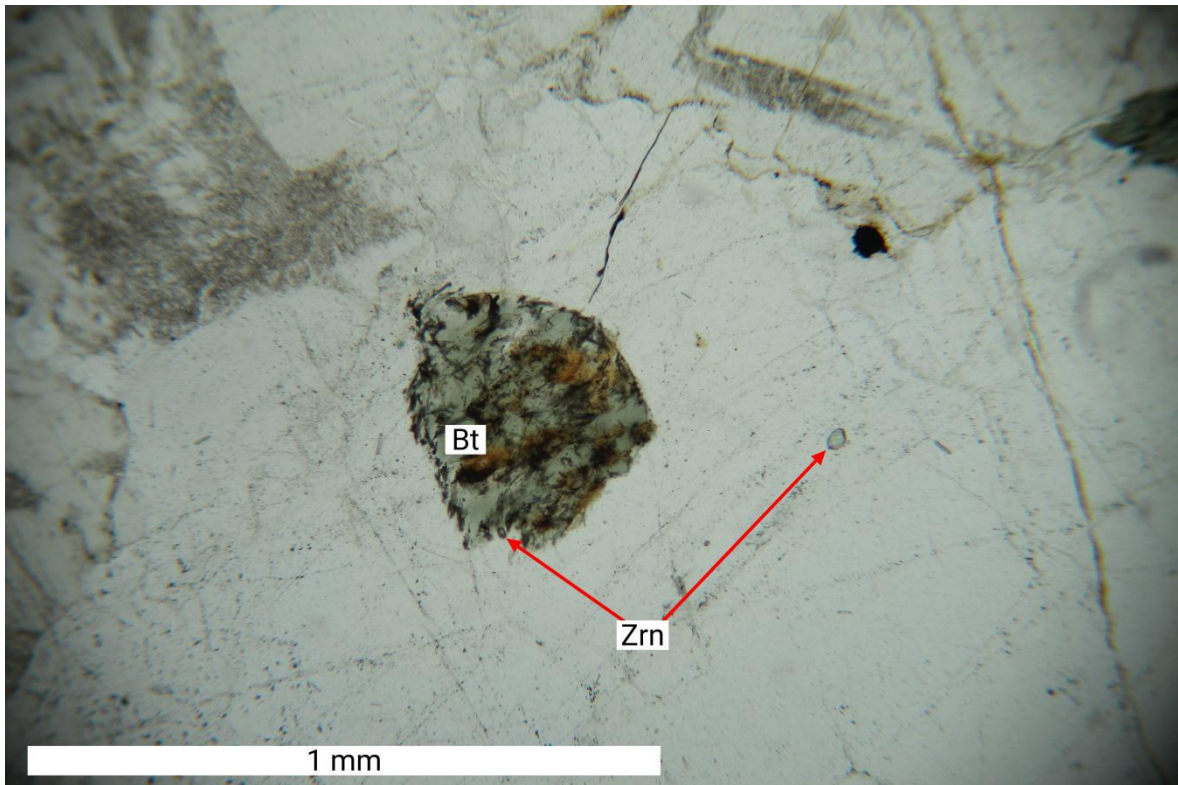
Slika 7.24. Zelenom bojom je označen mirmekit, prorastanje kvarca (Qtz) i plagioklasa (Pl). Veća zrna ortoklasa (Or) u blizini mirmekita pokazuju tanke eksolucijske lamele albita (Ab), poznate pod nazivom pertit. Muskovit (Ms), mikroklin (Mic). Zrno kvarca u donjem desnom dijelu fotografije pokazuje elemente migracije granica prema ortoklasu. N+



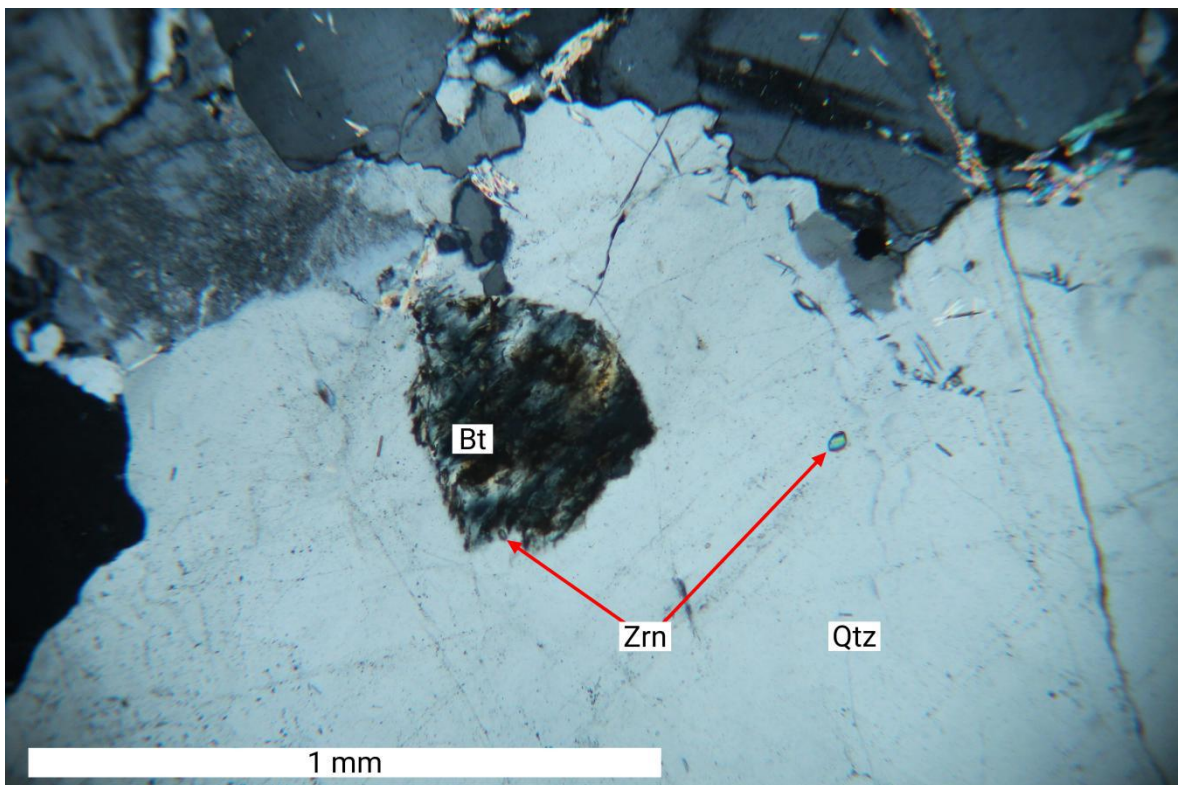
Slika 7.25. Zrno mikroklina (Mic) u gornjem dijelu fotografije ima razvijene eksolucije albita (Ab). Listići biotita (Bt) su kloritizirani (Chl) na što ukazuje lavendulasto plava interferencijska boja. Kvarc (Qtz) pokazuje migraciju granica zrna i rotaciju svojih subdomena. Listić muskovita (Ms) na desnoj strani fotografije simplektski prorasta s kvarcom na rubovima. Ortoklas (Or), plagioklas (Pl), kalcit (Cal). N+

**Muskovit** je hipidiomorfno izduženog do alotriomorfno habitusa. Veličina listića varira od 1,55x0,95 mm do 0,4x0,075 mm. Muskovit pokazuje pleokroitske boje od blijedo ružičaste ili blijedo žute nijasne do bezbojne. Kod većih listića se na rubovima vidi prorastanje s kvarcom, slično uzorku 1B (Slika 7.25).

**Biotit** je hipidiomorfno izduženog do alotriomorfno habitusa. Bazalni presjeci su alotriomorfni dok su uzdužni presjeci hipidiomorfni. Veličina listića varira od 1,2x0,75 mm do 0,3x0,15 mm. Kloritizacija je izražena te je većina biotita u uzorku alterirana. Radi toga se rijetko vidi karakteristična pleokroitska boja od smeđe do blijedo smeđe boje, već prevladava blijedo zelena do bezbojna pleokroitska boja od klorita (Slika 7.26 i 7.27). Uočavaju se tamne aureole (metamiktne ovoje) oko uklopljenih zrna cirkona.



Slika 7.26. Kloritizirani listić biotita (Bt) sa eksklucijama rutila ± titanita u obliku iglica (sagenit). Alotriomorfna zrna cirkona (Zrn) prepoznatljivog visokog reljefa. N

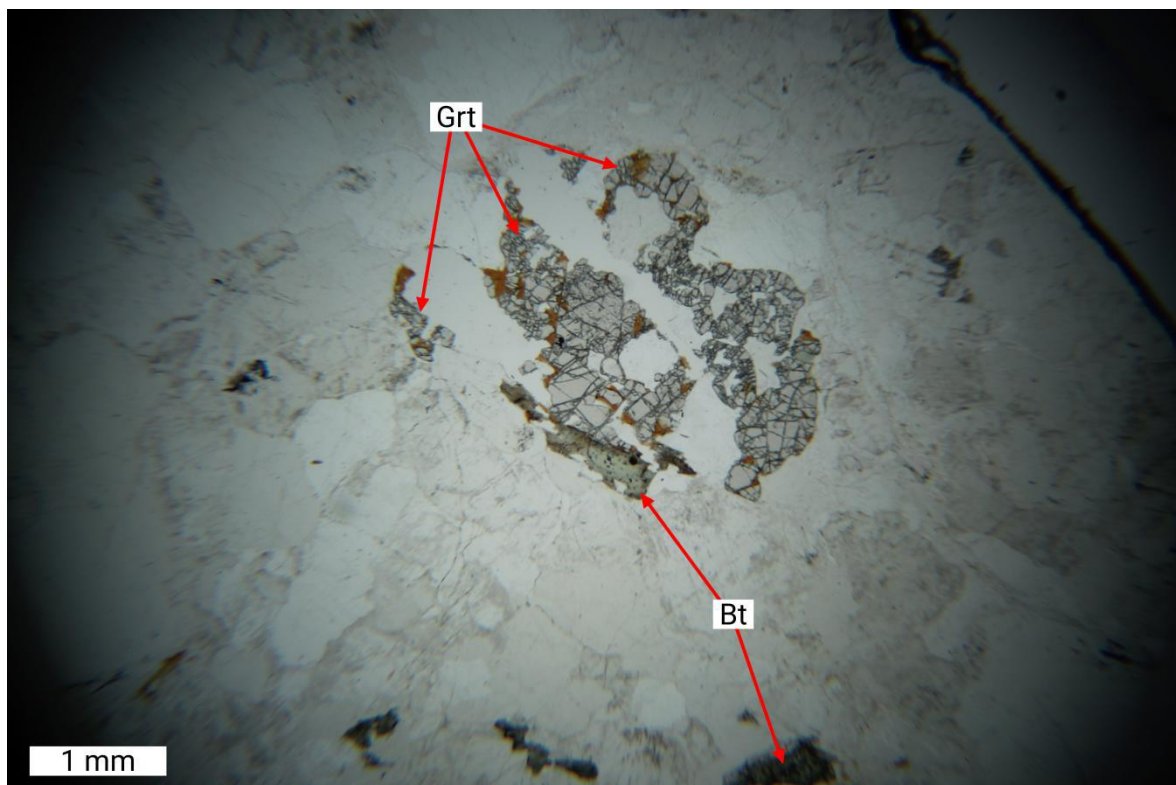


Slika 7.27. Kloritizirani listić biotita (Bt) s lavendulasto plavom interferencijskom bojom. Alotriomorfna zrna cirkona (Zrn). Biotit i zrna cirkona su uklopljeni u zrnju kvarca (Qtz). N+

**Granat** je alotriomorfnog habitusa. Dimenzije je 3,4x2,2 mm, izraženog je reljefa, raspucan i sadrži uklopke kvarca (Slike 7.28 i 7.29).

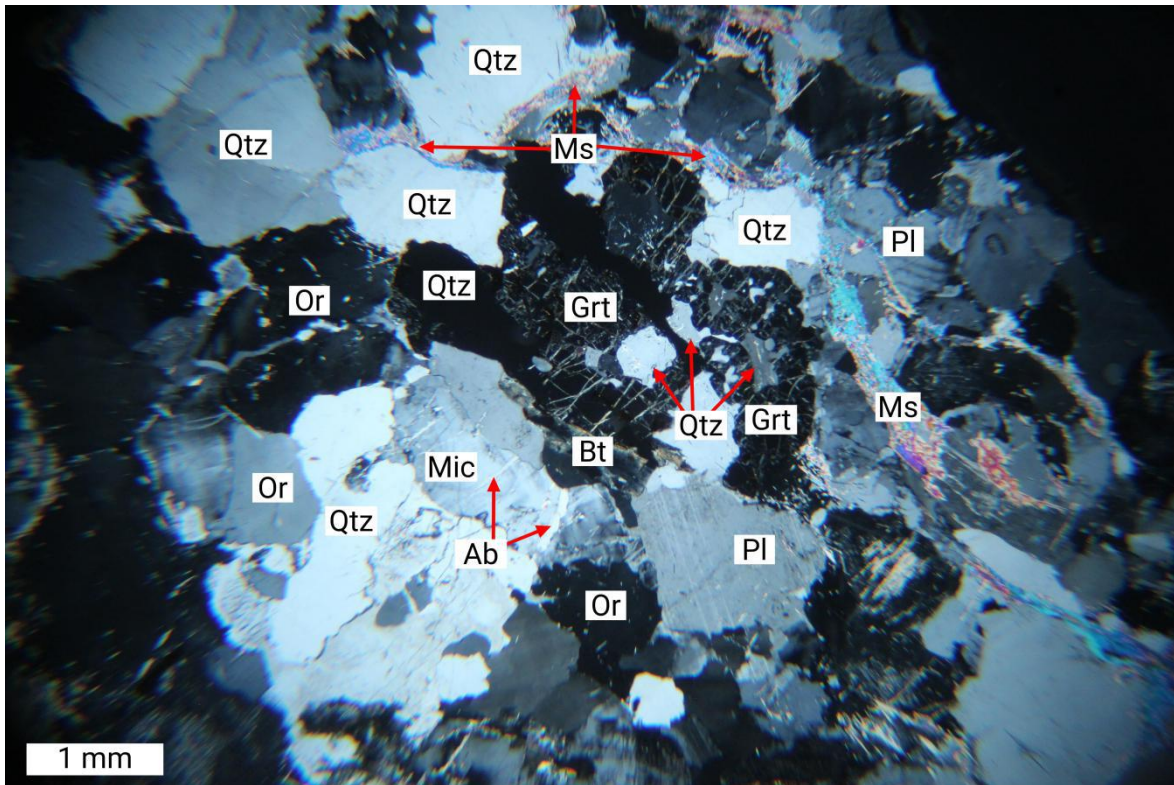
**Cirkon** je hipidiomorfnog habitusa. Zrna su malih dimenzija, u prosjeku 0,045x0,019 mm. Pojavljuju se kao uklopci u biotitu, kvarcu i feldspatu (Slika 7.26 i 7.27).

**Silimanit** se prvenstveno javlja u obliku **fibrolita**, duž granica zrna ili uklopljen u K-feldpat.



Slika 7.28. Alotriomorfno razlomljeno zrno granata (Grt) visokog reljefa u centru slike s uklopcima kvarca. Kloritizirani listići biotita (Bt). N

**Klorit** se sekundarno razvija kao alteracija biotita. Prepoznatljiv je po pleokroitskoj boji od svijetlo zelene do bezbojne te anomalno lavendulasto plavoj interferencijskoj boji.



Slika 7.29. Alotriomorfno raspucalo zrno granata (Grt) s uklopcima kvarca (Qtz) u centru slike. Eksolucije albita (Ab), pertit, su razvijene po zrnu mikrokлина (Mic) na lijevoj strani slike. Plagioklas (Pl), ortoklas (Or), muskovit (Ms) i biotit (Bt). N+

**Sericit** se javlja kao alteracija feldspata te dolazi u obliku sitnih listića.

**Minerali glina** također su produkt alteracije feldspata te se javljaju kao sivkasto smeđi agregati po feldspatima.

**Kalcit** je sekundaran mineral, prisutan kao agregat malih kristalića. Nalazi se u pukotinama i između zrna. Prepoznatljiv je po karakterističnoj izraženoj pseudoapsorpciji te bijeloj interferencijskoj boji višeg reda.

**Opaki minerali** se mjestimice javljaju kao alotriomorfna neprozirna crna zrna.

Stijena promatrana u uzorku ima homogenu teksturu i zrnatu strukturu, ali je postrizalizijskim procesima kao što je migracija granica zrna, rotacija subdomena u kvarcu i sitnozrnatim prorastanjima, poput granofira, mirmekita, simplektita duž granica zrna djelomično usitnjena. Volumni udio alkalijskog feldspata iznosi 55%, a plagioklasa 45%. Stijena je klasificirana kao **granatni granit**.



## 7.5. UZORAK PUK-20-5B

Glavni minerali u uzorku su kvarc, ortoklas, mikroklin i plagioklas, a sporedni minerali su muskovit i biotit. U uzorku također imamo akcesorne minerale a to su granat, cirkon i silimanit, najčešće kao fibrolit. Sekundarni minerali su klorit, sericit, minerali glina, kalcit i opàki minerali.

Kao posljedice procesa **eksolucije** u uzorku se nalaze albit (eksolucija u alkalnom feldspatu, pertit) i rutil ± titanit (eksolucija u biotitu, sagenit).

U stijeni se nalaze razne **mikrostrukture prorastanja** poput granofira i mirmekita.

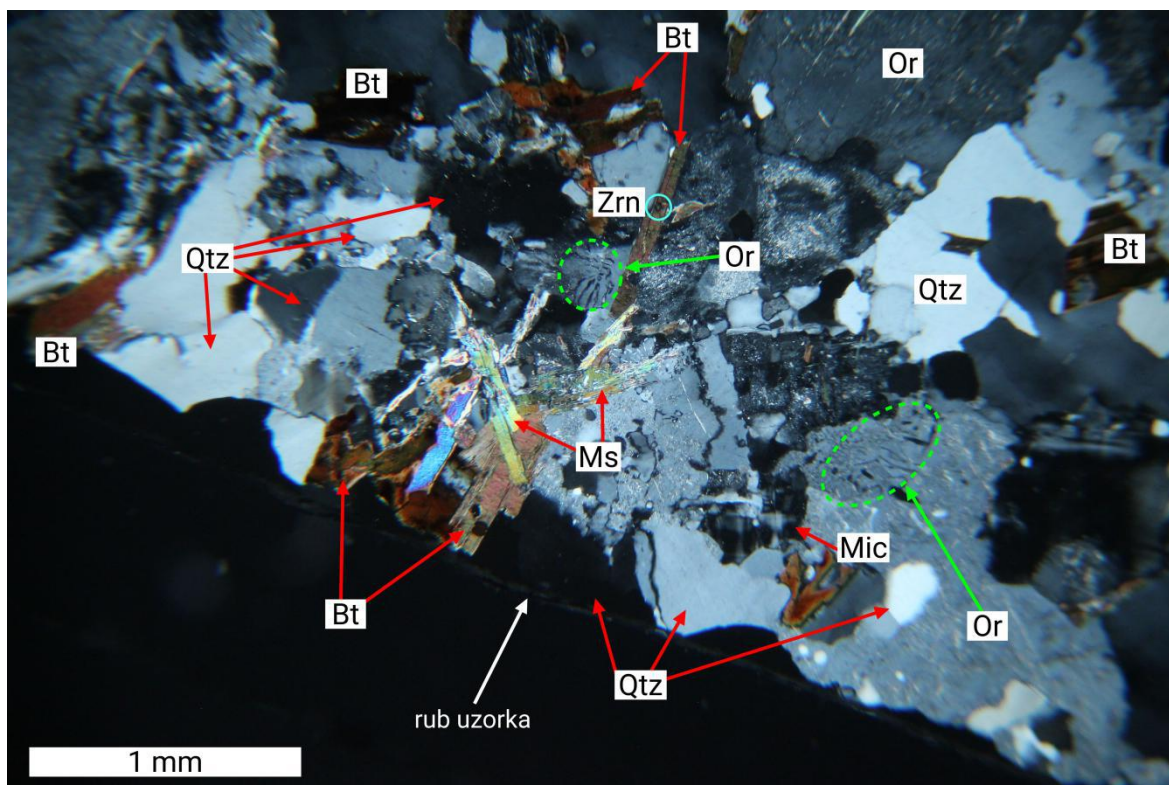
**Kvarc** je alotriomorfno habitusa. Zrna su raznih dimenzija, od 4,2x2,3 mm do 0,8x0,5 mm. Kvarc pokazuje karakteristično undulozno potamnjenje. Mjestimice je vidljiva migracija rubova zrna i rotacija subdomena. Kvarc je prisutan u obliku prorastanja sa ortoklasom (granofir, Slika 7.30) i plagioklasom (mirmekit, Slika 7.33). Uklopci biotita, muskovita, cirkona i feldspata su česti.

**Ortoklas** je alotriomorfno habitusa. Zrna veličinom variraju od 2,5x1,8 mm do 1,1x0,9 mm. Trošenje u minerale glina je umjereno dok je sericitizacija nešto intenzivnija. Po pukotinama zrna ortoklasa se razvija muskovit i to u značajnijoj mjeri nego u drugim uzorcima. Granofirska mikrostruktura (prorastanje s kvarcom, Slika 7.30) se uočava rijetko, po rubovima zrna. Eksolucije albita, pertit, se pojavljuju u manje trošenim zrnima ortoklasa (Slika 7.31). Prisutni su i uklopci kvarca, muskovita i biotita.

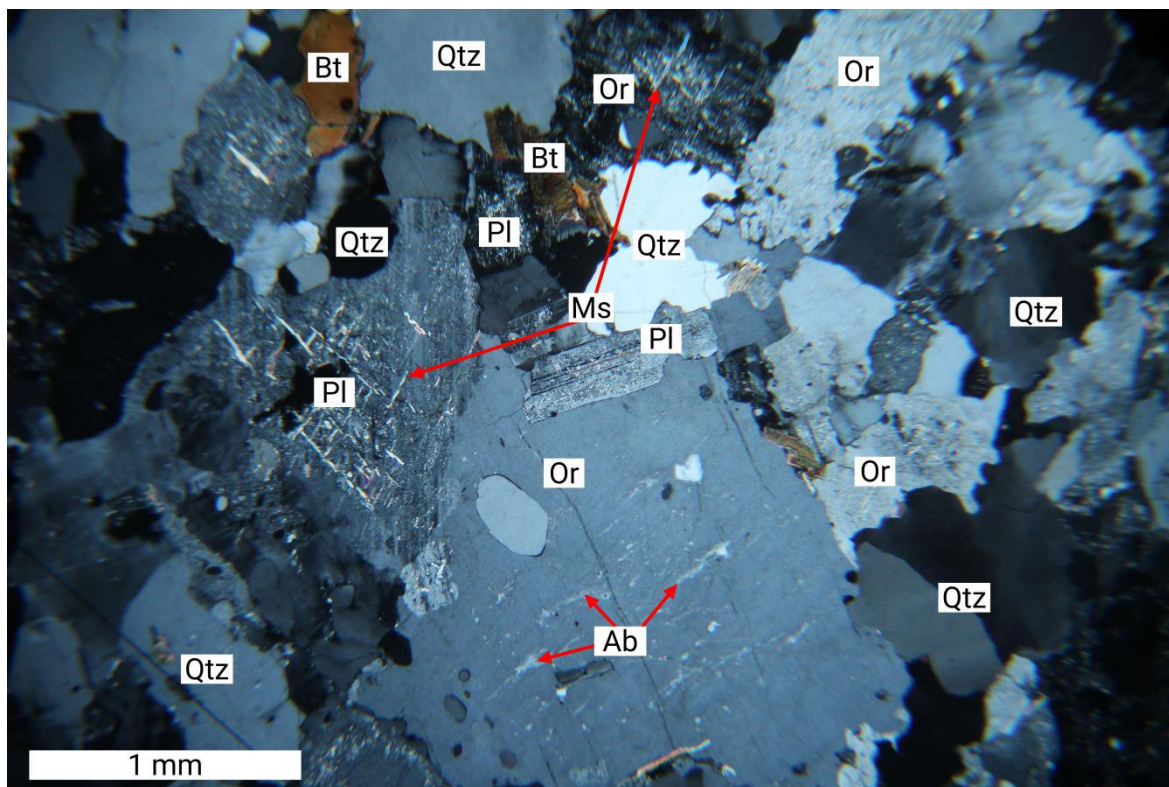
**Plagioklas** je hipidiomorfno do alotriomorfno habitusa. Veličina zrna varira od 2,7x2,3 mm do 0,8x0,6 mm. Često su vidljive karakteristične polisintetske sraslačke lamele i zonalna građa. Plagioklas je umjereno alteriran u minerale glina te je umjereno do jako sericitiziran, pri čemu je sericitizacija izraženija u jezgri plagioklasa. Po pukotinama se ponegdje primjećuje rast listića muskovita. Mirmekit (prorastanje kvarca i plagioklasa) je razvijen po rubovima zrna (Slika 7.33).

**Mikroklin** je alotriomornog habitusa. Veličinom zrna variraju od 3,2x3 mm do 0,4x0,4 mm. Ponegdje se vide karakteristične rešetkaste sraslačke lamale (7.30 i 7.33). Prisutna je slaba alteracija u minerale glina i sericit. Na većim zrnima mikrokлина je vidljiv pertit. Veća zrna također uklapaju kvarc, druge feldspate i muskovit.

**Muskovit** je hipidiomornog izduženog habitusa. Dimenzije listića variraju od 1,3x0,2 mm do 0,2x0,03 mm. Muskovit pokazuje pleokroizam od blijedo ružičaste ili blijedo žute boje do bezbojne. Većinom se pojavljuje kao uklopak u biotitu ili po pukotinama u feldspatima. Prorastanje s kvarcom se ne uočava, isto kao i u uzorku PUK-20-3B (Slika 7.30 i 7.33).

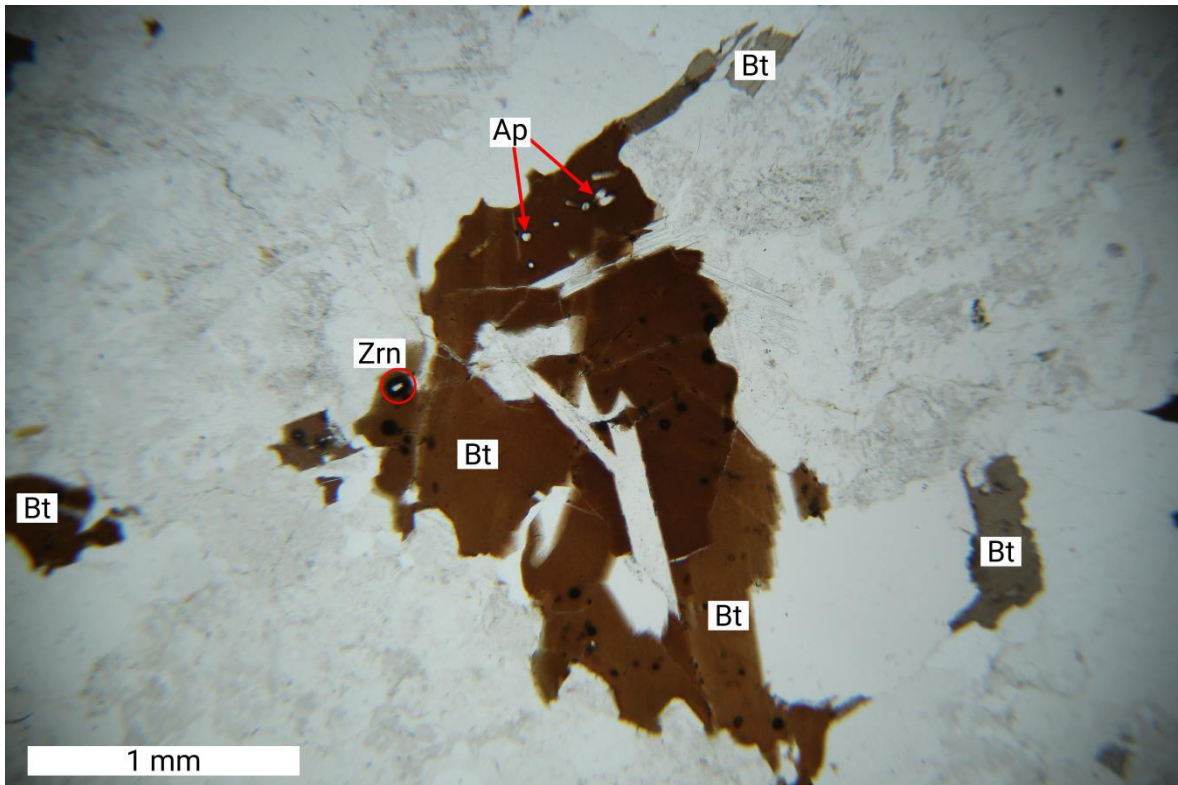


Slika 7.30. Granofir, tj. prorastanje kvarca (Qtz) i ortoklasa (Or), označen je zelenom bojom na fotografiji. Hipidiomorfna zrna muskovita (Ms) i biotita (Bt) su označena crvenim strelicama. Cirkon (Zrn) označen je plavim kružićem. Mikroklin (Mic) pored granofira na desnoj strani fotografije pokazuje rešetkaste lamale. N+

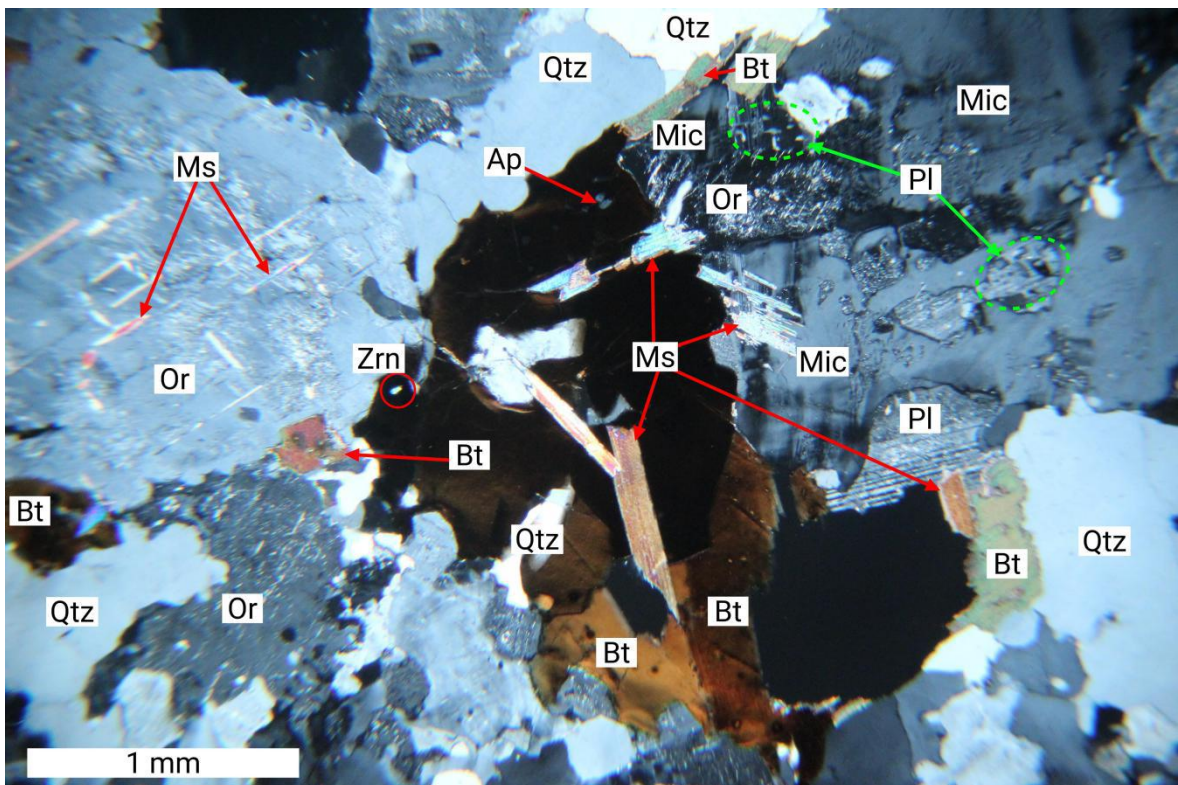


Slika 7.31. Eksolucije albita (Ab) u velikom ortoklasu (Or) na donjoj sredini fotografije. Listići muskovita (Ms) po pukotinama plagioklasa (Pl) i ortoklasa (Or), označeni su crvenim strelicama. Kvarc (Qtz), biotit (Bt). N+

**Biotit** je hipidiomornog izduženog do alotriomornog habitusa. Hipidiomorfni listići su izduženi presjeci, dok su alotriomorfni listići bazalni presjeci. Veličina listića varira od 2,4x1,2 mm do 0,6x0,3 mm. Uočava se karakterističan pleokroizam od smeđe do blijedo smeđe boje, a na mjestima kloritizacije prisutan je pleokroizam od svijetlo zelene boje do bezbojne. Kloritizacija biotita je slaba i vidi se tek na manjim listićima. Poneki listići zbog procesa eksolucije sadrže iglice rutila ± titanita u sebi. Uklopci apatita, cirkona i muskovita su česti u biotitu. Oko uklopaka cirkona se vide tamne aureole (metamiktni ovoji) od razornog djelovanja radioaktivnih procesa u cirkonu (Slika 7.37 i 7.38).



Slika 7.32. U centru slike nalaze se veliki listići biotita (Bt) s uklopcima cirkona (Zrn) i apatita (Ap) te tamnim aureolama (metamiktne ovoji) nastalim radioaktivnim procesima u cirkonu. N



Slika 7.33. U centru slike nalaze se veliki listići biotita (Bt) s uklopcima cirkona (Zrn) i apatita (Ap). Zelenim kružićem je označen mirmekit, prorastanje kvarca (Qtz) i plagioklasa (Pl). U ortoklasu (Or) na lijevoj strani slike vidljiv je muskovit razvijen po pukotinama te izražena sericitizacija. Mikroklina (Mic) desno pored biotita u sredini dobro pokazuje rešetkaste lamelle. N+

**Cirkon** je hipidiomorfno do alotriomorfno habitusa. Prosječna veličina zrna iznosi 0,04x0,02 mm. Većina zrna se pojavljuje kao uklopci u biotitu, manje u drugim mineralima (Slika 7.37 i 7.38).

**Apatit** se pojavljuje uklopljen u biotitu. Idiomorfno je do hipidiomorfno habitusa. Prosječna veličina zrna iznosi 0,084x0,045 mm (Slika 7.37 i 7.38).

**Silimanit** je prisutan primarno u obliku vlaknastog varijeteta, **fibrolita**. Rjeđe se uočava štapićasti silimanit.

**Klorit** se pojavljuje sekundarno kao alteracija biotita. Pokazuje pleokroitske boje od svijetlo zelene do bezbojne te je anomalno lavendulasto plave interferencijske boje. U ovom uzorku ga ima relativno malo, i to na manjim listićima biotita.

**Sericit** je razvijen sekundarno kao alteracija feldspata te se javlja u obliku sitnih listića.

**Minerali glina** su također sekundarni minerali nastali alteracijom feldspata a prepoznatljivi su po sivo smečkastoj boji.

**Kalcit** je sekundarni mineral, prisutan u obliku agregata mikrokristala kalcita. Vidi se tipična izražena pseudoapsorpcija te bijela interferencijska boja višeg reda.

**Opaki minerali** se mjestimice pojavljuju kao neprozirna crna zrna.

Stijena promatrana u uzorku ima homogenu teksturu i zrnatu strukturu, međutim mjestimice je na granicama zrna došlo do usitnjavanja zrna postkristalizacijskim procesima, migracijom granica zrna i rotacijom subdomena u kvarcu, te razvojem sitnozrnatih prorastanja poput granofira i mirmekita. Također je određen volumni udio feldspata, a iznosi 55% za alkalijske feldspate i 45% za plagioklase. Stijena je klasificirana kao **granit**.

## 8. DISKUSIJA

Pet uzoraka magmatske stijene uzorkovane u kamenolomu Puklica analizirano je mikropetrografski polarizacijskim mikroskopom. U svim analiziranim uzorcima utvrđen je sličan mineralni sastav s manjim varijacijama kod sporednih i akcesornih minerala. Glavni minerali su kvarc, ortoklas, mikroklin i plagioklas, dok su sporedni biotit i muskovit. Od akcesornih minerala pojavljuju se cirkon i silimanit (često u obliku fibrolita) u svim uzorcima te granat i apatit u nekima.

Feldspati su alterirani u sekundarne minerale poput minerala glina i sericita, dok je biotit kloritiziran. Navedene alteracije različitog su intenziteta ovisno o uzorku i vrsti feldspata. Također su prisutni kalcit, opaki minerali i epidot kao sekundarni minerali.

Procesi eksolucije u stijeni doveli su do formiranja pertita, eksolucije albita u K-feldspatu, te sagenita, eksolucije rutila ± titanita u biotitu.

U istraživanim uzorcima prisutne su različite mikrostrukture mineralnih prorastanja, poput granofira, mirmekita i simplektita.

Stijene u svih pet uzoraka imaju homogenu teksturu i zrnatu strukturu, iako su zbog procesa migracije granica zrna i rotacije subdomena u kvarcu, te sitnozrnatih prorastanja poput granofira, mirmekita i simplektita mjestimice usitnjene duž granica zrna. Stijene su klasificirane kao **granatni graniti**.

Uočeni mineralni sastav, eksolucije, prisutnost specifičnih tipova mineralnih prorastanja i alteracije temelj su i za razvijanje pretpostavki o genezi istražene granitne stijene i njejoj postkristalizacijskoj evoluciji.

### 8.1. Geneza granita

Graniti su u prirodi vrlo važne stijene jer grade najveći dio Zemljine gornje kontinentalne kore. Predstavljaju faneritne, krupnozrnate magmatske stijene, koje sadrže volumno približno jednake količine kvarca, alkalnog feldspata i plagioklasa, uz neki feromagnezijski mineral, kao što je biotit ili hornblenda, no neki sadrže i aluminijem bogate minerale kao što su muskovit i granat. Ovisno o tome jesu li nastali parcijalnim taljenjem sedimentnih ili magmatskih stijena uobičajeno se razlikuju S- i I-tipovi granita (CHAPPELL & WHITE,

2001). Granitoidi koji su nastali parcijalnim taljenjem plašta pripadaju M-tipu (WHALEN, 1985), a oni koji su vezani za riftni, anorogenetski magmatizam označavaju se A-tipom (LOISELLE & WONES, 1979).

Prisutnost minerala bogatih aluminijem kao što su muskovit, granat i silimanit u istraživanim stijenama podrazumijeva da je magma iz koje je stijena kristalizirala bila bogata aluminijem. Postanak takve magme se objašnjava parcijalnim taljenjem sedimentnih stijena kontinentalne kore, stoga se nameće zaključak da istražena stijena pripada granitu S-tipa.

Granofirsko prorastanje, uočeno u istraženim uzorcima kamenoloma Puklice, a karakterizirano sitnozrnatim prorastanjem kvarca i alkalijskog feldspata u pravilu se objašnjava brzom i istovremenom (eutektičkom ili kotektičkom) kristalizacijom kvarca i alkalijskog feldspata iz taljevine (LOWENSTERN i dr., 1997).

## 8.2. Postkristalizacija evolucija

U istraživanim uzorcima postoje jasni dokazi da je stijena nakon kristalizacije bila izložena promjeni P-T uvjeta. Pojava izraženog unduluznog potamnjenja u kvarcu, znakovi migracije granica zrna i razvoj subdomena u kvarcu, pojava eksolucije albita u K-feldspatu, eksolucije rutila ± titanita u biotitu, te različita sitnozrnata prorastanja minerala, kao što su mirmekit i simplektit, to jasno dokazuju.

### 8.2.1. Eksolucija u mineralima

Općenito se u mineralogiji pod pojmom eksolucije podrazumijeva proces u okviru kojeg se jedan inicijalno homogeni mineral separira u dva različita minerala, pri čemu nema dovoda ili odvoda bilo kakve supstance u sustav. Eksolucija je često uzrokovana padom temperature, zbog koje se komponente mješljive na visokim temperaturama, na nižim temperaturama počinju separirati.

### 8.2.2. Pertit

Pertit nastaje kada homogeni K-feldspat bogat Na-komponentom kristalizira na visokim temperaturama, međutim padom temperature u subsolidusnim uvjetima, ispod krivulje

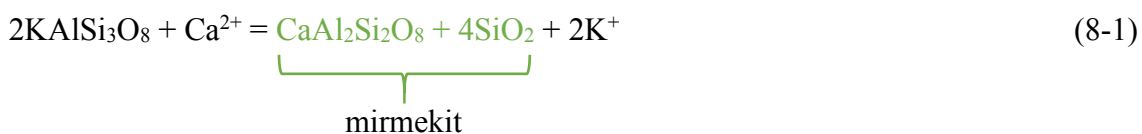
solvusa, on se separira u mineral domaćin K-feldspat, ali koji postaje osiromašen natrijem, i manje ili više pravilne lamele Na-bogatog minerala, albita.

### 8.2.3. Sagenit

Originalno se pojam sagenita upotrebljavao za pojavu igličastog rutila u kvarcu, međutim danas se općenito koristi za pojavu igličastog minerala u nekom drugom mineralu. Poznato je da biotit s porastom temperature može u svoju kristalnu strukturu primiti više Ti i Ca (SHAU i dr., 1991). Stoga se pojava iglica rutila ± titanita u biotitu istraživanih stijena može objasniti procesom eksolucije ili retrogradnom izmjenom Ti-bogatog biotita u rutil, titanit i klorit (EGGLETON & BANFIELD, 1985).

### 8.2.4. Mirmekit

Mirmekit predstavlja sitnozrnato prorastanje kvarca i plagioklasa. Za objašnjenje njegovog nastajanja predloženo je u znanstvenoj literaturi čak 7 teorija: a) simultana kristalizacija iz taljevine; b) potiskivanje K-feldspata plagioklasom; c) potiskivanje plagioklasa K-feldspatom; d) potiskivanje plagioklasa kvarcom; e) rast blastičnog plagioklasa oko rezidualnog, rekristaliziranog kvarca; f) eksolucija mirmekita iz visoko-temperaturnog K-feldspata; g) kombinacija nekih od ovih teorija (SMITH, 1974). Jedna od vrlo često korištenih teorija je potiskivanje K-feldspata plagioklasom pomoću fluida bogatog s Ca<sup>2+</sup> ionom pri čemu nastaje plagioklas. Formiranje kvarca se pri tome objašnjava razlikom u Al/Si omjeru u K-feldspatu i plagioklasu, a kako su Al<sup>3+</sup> i Si<sup>4+</sup> ioni slabo mobilni, dolazi do prorastanje plagioklasa i kvarca:



Budući da je u istraživanim uzorcima na više mjesta uočen razvoj “bradavičastih” (“wartlike”) mirmekita na račun većih K-feldspata (Slika 7.12 i 7.19), moguće je da je mirmekit u istraživanim uzorcima nastao upravo na ovaj način.

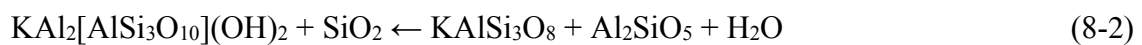
Znači, deformacija stijene, čiji su tragovi vidljivi u unduloznom potamnjenju kvarca, migraciji njegovih granica i razvoju subdomena u kvarcu, mogla je uzrokovati olakšanu



cirkulaciju fluida, odnosno proces K-, Na- i Ca-metasomatoze i razvoj “bradavičastih” mirmekita.

#### 8.2.5. Simplektit

Simplektiti se općenito smatraju produktom retrogradnih metamornih reakcija, bilo da se radi o paru minerala koji: a) prorasta na granici između reagirajućih mineralnih faza odnosno b) razvija se na rubovima jednog prethodnog egzistirajućeg minerala. Simplektitno prorastanje muskovita i kvarca uobičajeno se objašnjava retrogradnom reakcijom obrnutom od reakcije dehidratacije muskovita:



Retrogradna reakcija dehidratacije muskovita bi podrazumijevala smanjenje tlaka i temperature sporim izdizanjem te ulazak vode u sistem koja je potrebna za ovu reakciju. Rijetka prisutnost silimanita, odnosno fibrolita, u asocijaciji s muskovitom, uočena u istraživanim granitoidnim stijenama kamenoloma Puklica podupire mogućnost ovakvog objašnjenja za razvoj simplektitnog prorastanja kvarca i muskovita u ovim stijenama.

## 9. ZAKLJUČAK

Istraživana granitoidna stijena u kamenolomu Puklica, nedaleko od Đulovca na sjeverozapadnom Papuku odgovara granatnom granitu S-tipa. Glavni minerali su kvarc, plagioklas, ortoklas i mikroklin, sporedni su biotit i muskovit, a akcesorni granat, cirkon, silimanit ± apatit. Sekundarni minerali su klorit, sericit, minerali glina, kalcit ± epidot. U svim uzorcima vidljiv je pertit i sagenit, kao posljedica eksolucijskih procesa, te sitnozrnata prorastanja granofir, mirmekit i simplektit (muskovit i kvarc).

Na temelju analiziranih mineralnih parageneza i struktura zaključeno je da je analizirani granatni granit S-tipa u postkristalizacijskom stadiju bio izložen procesima deformacije, moguće zbog procesa izdizanja u pliće nivoe, što je uzrokovalo sniženje temperature u sustavu. To je omogućilo formiranje pertita i sagenita. Stijenske deformacije su uzrokovale i olakšanu cirkulaciju fluida u sustavu, što je uz sniženje temperature rezultiralo retrogradnim reakcijama i razvojem mirmekita i simplektita.

## 10. POPIS LITERATURE

BALEN, D., HANŽEVAČKI, S. (2015): Magmatske i metamorfne stijene kamenoloma Puklica (Đulovac). Vodič ekskurzija, 5. Hrvatski geološki kongres, Osijek 23.-25.09.2015. Hrvatski geološki institut, Zagreb, str. 13-16.

BALEN, D., PETRINEC, Z. (2014): Development of columnar jointing in albite rhyolite in a rapidly cooling volcanic environment (Rupnica, Papuk Geopark, Croatia). *Terra Nova*, 26, 2, str. 102–110.

CHAPPELL, B.W. & WHITE, A.J.R. (2001): Two contrasting granite types: 25 years later. *Australian Journal of Earth Sciences*, 48, 489-499.

EGGLETON, R.A. & BANFIELD, J.F. (1985): The alteration of granitic biotite to chlorite. *American Mineralogist*, 48, 1357-1373.

GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1897): Geologija okolice Kutjeva. *Rad JAZU*, 131, (10-29), Zagreb.

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. *Geol. vjesn.*, Vol. 36, str.51-82, Zagreb.

JAMIČIĆ, D. (1983): O tangencijalnim kretanjima u području slavonskih planina. *Nafta* 34, str. 685-691, Zagreb.

JAMIČIĆ, D. (1989): Osnovna geološka karta SFRJ M 1:100 000, list Daruvar, L33-95. Savezni geološki zavod, Beograd.

JAMIČIĆ, D., VRAGOVIĆ, M., MATIČEC, D. (1989): Tumač za list Daruvar, L33-95, Osnovna geološka karta SFRJ M 1:100 000. Savezni geološki zavod, Beograd, str. 1-55.

KIŠPATIĆ, M. (1887): Voćinski augitni andezit (trahit). *Rad JAZU*, 83/8, str. 179-185, Zagreb.

LOISELLE, M.C. & WONES, D.R. (1979): Characteristics and origin of anorogenic granites. In: Geological Society of America Abstracts with Programs, 11, 468.

LOWENSTERN, J.B., CLYNNE, M. A. & BULLEN, T.D. (1997): Comagmatic A-type granophyre and hryolite from the Alid Volcanic Center, Eritrea, Northeast Africa. *Journal of Petrology*, 38, 12, 1707-1721.

LUGOVIĆ, B. (1983): Efuzivne stijene sjeverozapadnog dijela Papuka. *Geološki vjesnik*, 36, str. 131-156, Zagreb.

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

PAMIĆ, J., LANPHERE, M. i BELAK, M. (1996): Hercynian I-type and S-type granitoids from the Slavonian Mountains (southern Pannonian Basin, northern Croatia). *Neues Jahrbuch fur Mineralogie Abhandlungen*, 171, 2, 155-186.

PETERMAN, E.M., GROVE, M. (2010): Growth conditions of symplectic muscovite + quartz: Implications for quantifying retrograde metamorphism in exhumed magmatic arcs. *Geology*, v. 38; no. 12; str. 1071–1074, Geological Society of America.

PILAR, GJ. (1875): Podravina, Đakovština i Dilj-gora. *Rad JAZU*, 33, 38-57, Zagreb.

POLJAK, J. (1911): Kratak pregled geotektonskih odnosa Hrvatsko-slavonskog gorja. *Glasnik Hrv. Prir. društva*, 23, 1/2, 108-127, Zagreb.

POLJAK, J. (1912): Prethodni izvještaj o geološkom snimanju i opsegu listova Orahovica-Benićanci i Našice-Kutjevo, topografke karte M 1:75 000. *Vjesti Geol. povj. za Kralj. Hrv.-Slav.*, sv. 2, 20-28, Zagreb.

POLJAK, J. (1934a): Prilog poznavanju Krndije. *Vjesn. Geol. Inst. Kralj. Jugoslavije za 1933*, 3, 73-81, Beograd.

POLJAK, J. (1934b): Geološka karta Kraljevine Jugoslavije; list Orahovica-Benićanci, 1:75 000. Beograd.

POLJAK, J. (1934c): Tumač za geološku kartu Orahovica-Benićanci 1:75 000. Povr. izd. Inst. Kral. Jugoslavije, Beograd.

POLJAK, J. (1938): Završni radovi na karti Našice-Kutjevo i to NO i NW sekcije. Izvještaj o radu Geol. Inst. Kralj. Jugoslavije za 1937. Beograd.

SHAU, Y.-H., YANG, H.-Y. & PEACOR, D.R. (1991): On oriented titanite and rutile inclusions in sagenitic biotite. *American Mineralogist*, 76, 1205-1217.

SLOVENEĆ, D. (1976): Izmjene biotita u pegmatitu iz potoka Brzaje na Papuku u uvjetima površinskog trošenja. *Geol. vjesn.* 29, 243-267, Zagreb.

SLOVENEĆ, D. (1978): Mogućnost i korištenje biotita kao indikatora geneze granito-metamorfnih stijena Papuka. *Geol. vjesn.*, 30/2, 351-357, Zagreb.

SLOVENEĆ, D. (1982): Kemijski sastav biotita, granata i amfibola kao pokazatelj temperature formiranja granito-metamorfnih stijena Papuka. *Geol. vjesn.*, 35, 133-152, Zagreb.

SLOVENEĆ, D., BERMANEC, V. (2003): Sistematska mineralogija - mineralogija silikata. Udžbenici sveučilišta u Zagrebu.

SMITH, J.V. (1974): Feldspar minerals, volume 2: Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag, 690 str.

STUR, D. (1861): Erste mittheilung uber die geologische ubersichtaufsnama von west Slavonin. *Jahrb. geol. Reichsanst.* 12, H. 1, 115-118, Wien.

STUR, D. (1862): Zweite mittheilung ubersichtsaufnahme von west Slavonien. *Jahrb. geol. Reichsanst*

ŠKRIVANIĆ, A. (1960): Određivanje apsolutne geološke starosti eruptivnih i metamorfnih stijena Papučkog gorja pomoću radioaktivnih metoda. Magistarski rad, Prir. matem. fak., Zagreb.

TAJDER, M. (1955): Istraživanja Papuka i Požeške gore. *Ljetopis Jugoslav. akad. znan. umjet.*, 60 (1953), 307-308, Zagreb.

TAJDER, M. (1969): Magmatizam i metamorfizam planinskog područja Papuk-Psunj. Geol. vjesn., sv. 22, Zagreb.

VRAGOVIĆ, M. (1965): Prilog poznavanju paleogeografskog sastava granitoidnih terena Papuka. Acta geol., 34, 327-332, 1 sl., Zagreb.

VRAGOVIĆ, M. (1965): Graniti i gnajsi Papuka. Doktorska disertacija, Sveuč. u Zagrebu.

WHALLEN, J.B. (1985): Gheochemistry of an island-arc plutonic suite: the Uasilau-Yau Yau intrusive complex, New Britain, PNG. Journal of Petrology, 26, 603-632.

WODICZKA, F; (1855): Bericht uber die geologische untersuchung der K. K. Studien. Fondsherrschaft Kutjevo in Slavoninen. Sitz. Jahrb. geol. Reichsanst. 6, 868, Wien.

WEB citati:

Geoportal Državne geodetske uprave (2019): Digitalna ortofoto karta, M 1:100 000.

<https://geoportal.dgu.hr/> (23.8.2020.)

Geoportal Državne geodetske uprave (2011): Topografska karta, M 1:25 000

<https://geoportal.dgu.hr/> (6.8.2020.)

Službena web starnica grada Daruvara:

<https://daruvar.hr/daruvar-danas/> (23.8.2020.)

Državni zavod za statistiku, popis stanovništva 2011, općina Đulovac:

[https://www.dzs.hr/Hrv/censuses/census2011/results/htm/H01\\_01\\_01/h01\\_01\\_01\\_zup07\\_1058.html](https://www.dzs.hr/Hrv/censuses/census2011/results/htm/H01_01_01/h01_01_01_zup07_1058.html) (11.8.2020.)



KLASA: 602-04/20-01/126  
URBROJ: 251-70-03-20-2  
U Zagrebu, 16.09.2020.

**Leonarda Vilenica, studentica**

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM: 602-04/20-01/126, UR. BROJ: 251-70-13-20-1 od 30.04.2020. godine priopćujemo temu završnog rada koja glasi:

### **PETROGRAFSKE KARAKTERISTIKE GRANATNOG GRANITA S-TIPA KAMENOLOMA PUKLICA, SJEVEROZAPADNI PAPUK**

Za voditeljicu ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o završnom ispitu dr. sc. Vesnica Garašić, izvanredna profesorica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

**Voditeljica**

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Vesnica Garašić

(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)