

LUKA MARIC

MINERALNE FACIJE U METAMORFNIM STIJENAMA
MEDVEDNICE (ZAGREBAČKE GORE)

(Sa 2 table)

Mišo Kišpatić je objavio prije više od četiri decenija rad »Die Eruptivgesteine und kristallinische Schiefer des Agramer Gebirges« (1918), koji je još i danas jedini značajan prilog poznavanju petrografije i petrologije Medvednice. U tom radu prikazao je i historijski razvoj proučavanja geologije Medvednice, tamo od Vukotinovića, Foetterlea i Pilara do Gorjanovića, spomenuvši i glavne misli ovih autora o petrografskoj građi gore.

Kišpatić je u svome radu pored zelenih škriljaca i filita obradio mineraloško-petrografski i dijabaz s melafinom, gabro, piroksenamfibolit i napokon lercolit, ali sa sekundarnog mjesta, napomenuvši pritom, da serpentin označen u Gorjanovićevoj geološkoj karti Zagrebačke gore, sjeverno od kote 1020 (Puntijarka), on nije našao. Treba međutim dodati, da je F. Tučan našao valutice lercolita u potoku sjeverno ispod Puntijarke, na sekundarnom mjestu, pa je bilo opravdano očekivati, da se mora stijena na primarnom mjestu nalaziti negdje u području ispod Puntijarke, sa sjeverne strane Medvednice. Doista, naša istraživanja su potvrdila Gorjanovićev nalaz, i to upravo na mjestu, koje je Gorjanović označio u svojoj geološkoj karti Zagrebačke gore. To je mjesto s lercolitom na primarnom nalazištu nedaleko uzvodno od špilje, kojoj se prilazi Horvatovim stubama pod Puntijarkom.

Kišpatić je priklonio svoju glavnu pažnju između svih stijena Medvednice zelenim škriljcima, dodavši i njihove četiri kemijske analize; jednu od zelenog škriljca iz Bistre potoka nasuprot Kraljevog vrha, drugu iz Kraljevačkog potoka kod Šestina, treću iz potoka Blizneca (sve tri analize analitik: Erna Rosmanith), i četvrtu najzad od stijene iz blizine Mlječnice izvora, pod sv. Jakovom (analitik Dr. V. Njegovan).

Pored mikroskopskih rezultata istraživanja drugih stijena iz Medvednice dodao je i kemijsku analizu dijabaza iz Vidak potoka i Rijeke potoka (analitik Erna Rosmanith) i od valutice gabra iz Bistre potoka (analitik Dr. V. Njegovan).

Istaknuo je već tada i rasprostranjenost zelenih škriljaca u Medvednici, nalazeći ih gotovo neprekinuto u cijelom području od crte Mikulić-Bistra gornja na zapadu do crte Čučerje-Stubica gornja na istoku gore.

Citirajući pak F. Kocha kaže, da je on izdvojio niz zrnastih i škriljastih stijena, koje po mineralnom sastavu naziva augitskim škriljcem, amfibolskim škriljcem, dijabaznim i dioritskim škriljcem, koji se nalaze u blizini gabra. U zelenim škriljcima nalazi F. Koch pored drugih mineralnih sastavina još epidot i klorit, pa ih zbog toga zove epidotskim i kloritskim škriljcima, gdje su epidot i klorit zamijenili augit i amfibol.

Kišpatić je međutim u zelenim škriljcima odredio feldspat, amfibol, klorit, epidot i kalcit kao glavne sastavine, zatim titanit i magnetit, a rijetko biotit i kvarc. Posebno se osvrće na magnetit s hematitom na rubovima, koga ima u zelenom škriljcu u Pustom dolu i Bliznecu, u količinama zamjetljivim i golim okom.

I pored tako mnogo podataka analitičko-kemijske i mikroskopske prirode, znajući pred kako teškim pitanjem stoji, oslanjajući svoje zaključivanje o genezi zelenih škriljaca Medvednice pored ostaloga i na njihov kemizam, misli, da su vrlo blizu dijabazu, i da bi reliktni piroksen u stijeni ispod sv. Jakova u blizini Mlječnice izvora mogao ukazivati na primarnu stijenu dijabaz. Međutim albit i piroksen, koji se među sobom uklapaju, ukazuju na njihov istovremeni postanak, a to ne bi bilo u skladu s albitizacijom bazičnih plagioklasa u dijabazu. Na kraju svoje kritički provedene petrogene analize, koja ga nije dovela do pozitivna zaključka, završuje Kišpatić svoju studiju o zelenim škriljcima Medvednice ovim riječima: »Die Grünschiefer des Agramer Gebirges sind nicht durch einen dynamometamorphen Process aus Diabas entstanden, ebenso nicht aus Gabbro. Wir haben hier nur ein negatives Resultat.«

Ovaj Kišpatićev negativni rezultat o genezi zelenih škriljaca Medvednice upozorava i sada na svu težinu problema, pred kojim se nalazi petrolog pri proučavanju metamorfita Medvednice.

Pa iako je tako, vrijeme je da nastavimo tamo, gdje je Kišpatić stao, i to s razloga, što je fizikalno-kemijska petrologija danas već duboko zagledala u prirodu metamorfnih procesa i pored njihove velike zamršenosti i raznovrsnosti.

Ima već nekoliko godina da radim u srednjem dijelu Medvednice petrografsku kartu u mjerilu 1:10.000., gdje zeleni škriljci doista čine glavni dio petrografske građe. Ostale stijene u tom području spominjemo samo imenom, izuzevši one na »kontaktima« sa zelenim škriljcima, koje dosad nisu bile poznate, a zaostale su izolirane od erozije na zelenim škriljcima, i važne za genetska pitanja kao mineralne facije u metamorfita Medvednice.

Prema tome ćemo iznijeti u ovom radu prve rezultate istraživanja metamorfita u Medvednici u svjetlosti suvremenih pogleda na njihove mineralno-facijelne osobine i odnose.

1. Zeleni škrljci u srednjem dijelu Medvednice

To su stijene mahom tamnije ili svjetlije zelene boje, masivna habita, po kojem su nalik na bazične intruzivne stijene sa zrnastom strukturom, kao i stijene izrazito škrljasta habita, izrazite lineacije igličastih i folijacije lističastih minerala poput pravih metamorfita.

Takve izrazite varijetete po strukturi i teksturi nalazimo otvorene u kamenolomima i zasjecima cesta u srednjem dijelu Medvednice, na samom hrptu oko stanice električne uspinjače, na Malom Sljemenu, u napuštenom kamenolomu nedaleko današnje lugarnice, prije stari Tomislavov dom, u kamenolomu kod sanatorija na Brestovcu, pa u istočnom području bliže i dalje od Puntijarke.

Mineraloško-petrografskom istraživanju bili su podvrgnuti prvo uzorci masivna habita, zatim izrazito škrljasti varijeteti s različitih mjesta. Predbježno podvrgnuti su i kemijskoj analizi uzorak iz napuštenog kamenoloma kod današnje lugarnice, prije stari Tomislavov dom, i škrljasti uzorak s mjesta, na kojem je sagrađena stanica električne uspinjače pored piramide na najvišem mjestu Sljemena (kota 1035 m).

a) *Stijene masivna habita.* To su stijene tamnozeleno zelene boje, u kojima motrimo na svježe prelomljenoj površini kalotine feldspata sivo bijele boje, zatim lističave mase klorita i mjestimično zrnasta epidota i pokoje zrno piritita i kalcita.

Pod mikroskopom utvrđen je ovaj mineralni sastav: *plagioklas, aktinolit, amfibol, klorit, epidot, titanit, sericit, magnetit, rutil, pirit i kalcit.* Minerali su svježi.

Plagioklas je anhedralan srednje i sitnozrnasti agregat andezina sa 34–38% an, rjeđe kao pločast individuum, zonaran, sa 60% an u sredini, ili homogena lamela istoga sastava. Sraslaci su po albitskom, ali i po kompliciranim zakonima. Sadržava mjestimice mnogo uklopaka zrnata epidota, klorita, igličasta aktinolita, negdje i sericita i kalcita. Očigledno je, da je raniji bazičniji plagioklas zahvaćen metamorfozom – epidotiziran, sericitiziran, karbonatiziran i albitiziran (do andezina).

Amfibol je poput prutića u snopovima, s prizmatskom cjepljivošću i jasnim pleohroizmom: X = žućkasto zelenkast; Y = muzgavo zelenkast; Z = plavkast, zelenkast c $\Delta Ng = 14-16^\circ$. $2V = -75^\circ$.

Klorit tvori nakupine nepravilna oblika i raščijan je na granici sa feldspatom. Ima jasan pleohroizam u plavkasto zelenkastoj boji. Interferira u gustoj indigoplavoj boji. Zapažaju se sraslaci od dva i tri individua, kao u vrste klorita ferotipa, klinoklora.

Epidot se razvio kao anhedralni individui promjera zrna od 10μ do 2–3 mm, tako da ga mjestimice zapažamo golim okom. Tvori nepravilne nakupine i vijence oko plagioklasa, pa uzduž pukotina kalavosti, mehaničkih pukotina, u kojima je metasomatski zamjenjivao, odnosno potiskivao plagioklas. Ima pleohroizam u jačoj žućkasto zelenkastoj boji. Ima dobru kalavost smjerom (001), a jasnu smjerom (100). Rijetko mu zapažamo sraslance od dva individua smjerom (100). Potamnjuje c $\Delta Ng = \sim 5^\circ$. $2V = 87^\circ$. Pripada grupi pistacita. Ima pored njega i cojsita, ali rjeđe.

Titanit je od sporednih sastojaka najviše zastupljen. Nalazi se i pored aktinolitskog amfibola i epidota, naročito u snopovima amfibola, koje razdvaja sočivasto. U centralnim dijelovima zrnastih nakupina je sivkasto bijele boje poput leukoksena.

Sericit se nalazi raspršen, a nekada i zonarno prstenasto raspoređen u feldspatu.

Magnetit je zrnast s hematitom na rubovima.

Rutil je igličast, mjestimično i kao koljenčasti sraslaci.

Pirit ima kvadratične konture, jak šagrinast reljef.

Kalcit se nalazi u pukotinama plagioklasa, i s epidotom oko plagioklasa.

Tekstura je masivna, a struktura hipidiomorfna (blastohipidiomorfna) zrnasta, s prizmatski produljenim, a i pločastim plagioklasima, koji se sučeljavaju pod kosim uglovima, podsjećajući na ofitski (blastofitski) tip strukture, sa zrnastim epidotom, kloritom i titanitom u međuprostorima (sl. 1). Uklopci epidota i klorita, pa sericita u plagioklasu podsjećaju na sitastu strukturu, slično t. zv. »gefüllte Feldspäte«. Ima i pojava izrazite kataklastične strukture, s prelomljenim i pomaknutim lamelama plagioklasa, koje pomračuju udužložno, a u pukotinama se nalaze savijene iglice aktinolita, epidot, titanit i kalcit.

Primarna hipidiomorfna zrnasta struktura je istaknuta, ali zamjećujemo u takvim masivnim varijetetima promjene i u asocijacijama minerala i u teksturi i strukturi, koje dovode do zaključka o metamorfnim promjenama u stijeni. To se zapaža naročito u centralnom i najvišem dijelu Medvednice, na cijelom potezu od Malog Sljemena do Puntijarke, gdje su česti prijelazi iz masivnih u potpuno škrljaste varijetete, sa sačuvanim reliktnim asocijacijama minerala i krupnije zrnastim strukturnim oblicima.

Uzorak jednog takvog masivnog varijeteta iz napuštenog kamenoloma kod lugarnice, prije stari Tomislavov dom, podvrgnut je kemijskoj analizi, kojom smo dobili ove vrijednosti:

SiO ₂	51,89%
TiO ₂	2,32
Al ₂ O ₃	16,65
Fe ₂ O ₃	2,02
FeO	7,26
MnO	0,24
MgO	2,89
CaO	8,23
Na ₂ O	4,72
K ₂ O	0,72
P ₂ O ₅	0,41
CO ₂	0,62
H ₂ O +110°	1,72
H ₂ O -110°	0,31
S ₂	0,46

	100,46
O za S ₂	0,17
	100,29%

Analitik: Branko Črnković

Nigglijevi parametri:

si	144,0	ti	4,8
al	27,4	p	0,5
fm	33,5	cc	2,3
c	24,4	pr	1,2
alk	14,7	qz =	-15
k	0,08		
mg	0,35		
c/fm	0,73		

Magmatska formula: II.5.4.5.

Magma gabrodioritska.

Volumna procentualna analiza, koju je bilo teško provesti primjerno točno zbog toga, što je na primjer aktinolitski amfibol zašao nejednoliko duboko u susjedne minerale, negdje je gotovo raščijan, bez jasnih kontura, dakle za mjerenje nepodesan, dala je ove vrijednosti:

plagioklas	51,4 vol. ‰
amfibol	29,9 „
epidot	11,1 „
titanit, magnetit i dr.	7,6 „

Po kemijskom i volumnom kvantitativnom sastavu ulazi ova stijena u skupinu gabroidnih stijena s nešto povećanom alk-vrijednošću. Pripada pacifičkoj svojoj stijena.

Na osnovi ovih podataka i poređivanja s podacima u literaturi (T r ö g e r, 1935), možemo ovaj masivni varijetet u zelenim škrljcima Medvednice smatrati hipoabisalnom facijom ofitske gabroidne stijene-gabrodi-jabaza, koji kemizmom konvergira prema natrijskim derivatima dijabaza zbog većih količina kiselijih plagioklasa.

b) *Stijene škrljasta habita*. Zelene stijene slabije ili jače izražena škrljasta habita nalazimo na mnogo većem prostranstvu u Medvednici nego stijene masivna habita. One su prugaste, lineirane, zatim opetovano sitnoj savijane i lomljene gotovo okomito na škrljavost i lineaciju. Lineaciju megaskopski pojačavaju i žučkasto zelene pruge epidota, kao i bijele sitnozrnaste pruge kalcita.

Ispitivanja pod mikroskopom su pokazala, da ove škrljaste stijene imaju istovrstan mineralni sastav kao i masivni varijetet, samo s razlikom, da u škrljcima ima znatno više klorita, aktinolitskog amfibola i kalcita.

Pod mikroskopom utvrđeno je, da imaju u mineralnom sastavu *plagioklas, aktinolitski amfibol, klorit, epidot, cojsit, titanit, magnetit, sericit i kalcit*.

Plagioklas je rjeđi kao anhedralan porfiroblast s neravnim rubovima i mnogo uklopljena zrnasta epidota, listićasta sericita i sitnozrnasta kalcita. Pretežno je kataklastičan i rekristaliziran u produljena zrna tvoreći paralelne proslojke među jednosmjerno orijentiranim iglastim nakupinama aktinolitskog amfibola i listićasta klorita. Pripada andezinu s prosječno 35‰ an.

Ostale minerale sastavine su potpuno istovrsne kao u masivnom varijetetu, samo su količine klorita i kalcita znatno veće. To se naročito zapaža u kalcitu, koji je potisnuo mjestimice sve sastavine tvoreći tako neprekinute proslojke dugačke i više centimetara.

Tekstura je lineirana škrljasta, a struktura rekristalizacijska lepidoblastična i fibroblastična, negdje i porfiroblastična, sa znakovima jake kataklaze, naročito plagioklasa i aktinolitskog amfibola (sl. 2.).

Za kemijsku analizu odabran je zasađ jedan svjež uzorak s mjesta, gdje su otvoreni fundamenti za završnu stanicu električne uspinjače, neposredno pored piramide, na najvišoj koti Medvednice (1035 m).

Kemijska analiza je dala ove podatke:

SiO ₂	48,44%	Analitik: Branko Crnković	
TiO ₂	1,92	Nigglijevi parametri: ¹	
Al ₂ O ₃	14,67	si	140
Fe ₂ O ₃	3,58	al	24,0
FeO	6,97	fm	48,5
MnO	0,18	c	16,5
MgO	6,18	alk	11,0
CaO	8,98	k	0,09
Na ₂ O	3,60	mg	0,52
K ₂ O	0,57	ti	3,9
P ₂ O ₅	—	qz	-10
H ₂ O +110°	1,93		
H ₂ O -110°	0,19		
CO ₂	2,60	Magmatska formula: III.5.4.(4)5.	
	99,81%	Magma gabrodioritska.	

Mjerenje volumnih procenata mineralnih sastavina nije se moglo provesti u mikroskopskim preparatima, jer su međusobna uklapanja i uraštavanja minerala tako brojna i nepravilna, da bi podaci bili neupotrebljivi.

Na osnovi mineralnog sastava, kemizma i numeričkih vrijednosti Nigglijevih parametara i magmatske formule izlazi, da bi ova stijena odgovarala hipoabisalnim i efuzivnim derivatima gabroidne magme sa više od 40% mafita. Zbog teksture, strukture i sadanjeg sastava moramo je uvrstiti među metamorfite najniže stepenice epizone, u faciju »zelenih škriljaca«, odnosno u subfaciju aktinolit-klorit-epidotsku, kao plagioklas-klorit-epidotski kalcitski škriljac, ili jednostavnije zeleni škriljac.

Preračunavanje po principu standardne ćelije T. Bartha za masivni i škriljasti varijetet u Medvednici iz njihovih kvantitativnih analiza pokazalo je, da su najveće razlike pri metamorfozi nastale u migracijskom bilansu natrija, magnezija, aluminijska, zatim titana, kalcija i željeza. Natrija i aluminijska ima u škriljastoj faciji manje, a magnezija, željeza, titana i kalcija više.

Ove su promjene u bilansu pojedinih elemenata i skupina elemenata u vezi s novim ravnotežama pri metamorfnim promjenama, koje su nastale andezinizacijom (albitizacijom), aktinolitizacijom, epidotizacijom i karbonatizacijom, zatim titanitizacijom i magnetitizacijom u primarnim magmatitima Medvednice.

Na genetsku srodnost s masivnim varijetetom u glavnoj masi Medvednice, zatim s bazičnim magmatitom sa sjeverne strane Medvednice (neobjavljena analiza gabroidne, dijabazne stijene, koju će objaviti u svome radu Branko Crnković), koje se parametri nalaze u idućoj tabeli pod br. 3., pa najzad s dijabazom iz Gotalovca u Hrv. Zagorju i standardnim parametrima E. Trögera (1935), možemo zaključiti na osnovi idućih podataka:

¹ Nigglijeve vrijednosti su proračunane nakon odbitka CaCO₃ = 5,90%, dobivenog vezanjem cjelokupnog CO₂ u CaCO₃. Tada je analiza preračunana na 100%. Vrijednost na primjer SiO₂ = 52,77%, Na₂O = 3,92% i t. d.

	si	al	fm	c	alk	k	mg	qz	CIPW
1. Masivni uzorak kod lugarnice (stari Tomislavov dom)	144	27,4	33,5	24,3	14,7	0,08	0,35	—15	II.5.4.5.
2. Škriljasti uzorak. Piramida 1035 m.	140	24,0	48,5	16,5	11,0	0,09	0,52	—10	III.5.4.(4)5.
3. Dijabaz pod Pun-tijarkom. Sjever-na strana Medvednice.	135	23,2	47,2	19,4	10,2	0,11	0,62	—6	III(II).5.4.5.
4. Dijabaz iz Gotalovca u Hrv. Zagorju.	130	24,0	37,0	25,0	14,0	0,06	0,56		II.5.3.5. ²
5. »gabbrodioritische«. E. Tröger. (1935) p. 340.	135	24,5	42,5	23,0	10,0	0,28	0,50		II(III).5.3(4).4.

To su parametri gabroidnih magmatskih tipova stijena.

Veća varijabilnost zapaža se jedino u vrijednostima fm i c, a to treba pripisati geokemijskoj izmjeni bilansa pri nastajanju novih ravnoteža u mineralnim sistemima, t. j. pri nastajanju novih metamorfnih mineralnih facija iz primarnih magmatita Medvednice.

2. Nove mineralne facije u ortometamorfitima i parametamorfitima Medvednice

Mineralne facije u ortometamorfitima Medvednice predstavljene su nizom stijena, koje su među sobom povezane brojnim prelaznim varijetetima. Tako, pored prije istraženog i analiziranog plagioklas aktinolit kloritskog epidotskog kalcitskog škriljca, odnosno zelenog škriljca, nalazimo amfibolski epidotski i aktinolitski epidotski škriljac, zatim kloritski epidotski škriljac, aktinolitski škriljac, kloritski škriljac kao čiste proslojke, pa mramorast kloritski škriljac i magnetitski kloritski škriljac.

A mineralne facije u parametamorfitima predstavljene su marmoriziranim, sericitiziranim, kloritiziranim i jedrim kalcitskim (grafititskim) škriljcima, zatim kontaktno metamorfnim granatskim biotitskim škriljcem i kornitom, pa magnetiziranim granatskim kloritskim škriljcem.

U ovim ortometamorfitima i parametamorfitima nalazimo na mnogo mjesta znakove vrlo jake dislokacijske metamorfoze i kataklaze, uz pojave savijanja, rupture i milonitizacije mineralnih sastojaka.

Zeleni škriljci Medvednice, kako ih okvirnim imenom nazivamo, predstavljaju prema tome metamorfite, kojih postanak ćemo pokušati uskladiti sa suvremenim pogledima o ravnotežama u mineralnim metamorfnim facijama (R a m b e r g, 1952).

² Podatke sam uzeo iz rukopisa u štampi: Golub Lj. & Vragović M. (1958): Natrijski dijabas i špilit kod Gotalovca u Hrvatskom Zagorju. Acta geologica. II. knjiga.

V. M. Goldsmidt je već 1911. god., proučavajući granatske kornite (hornfelse), objašnjavao u njima promjene kemijske ravnoteže kao posljedice izmijenjenih uslova pritiska i temperature za vrijeme metamorfoze. Došlo je pritom dakako i do promjena kvalitativnog i kvantitativnog elementarnog bilansa u sastavu stijena. Ali pravi poticaj za takva petrološka istraživanja dao je nešto kasnije P. Eskola god. 1915., kad je formulirao principe mineralnih facija pri proučavanju metamorfita područja Orijärvi u jugozapadnoj Finskoj.

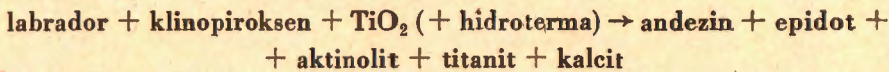
P. Eskola kaže, da istoj mineralnoj faciji pripadaju stijene, koje pri istovrsnom kemijskom sastavu imaju isti mineralni sastav nezavisno od postanka mineralne parageneze. Pri progresivnoj metamorfozi svako novo ravnotežno stanje predstavlja novu mineralnu faciju ili subfaciju. Novi »indeks minerali«, kao što je na primjer klorit u glinenim škrlj-cima podvrgnutim regionalnoj metamorfozi u jednom stadiju, zatim biotit, granat, silimanit i dr. u idućim stadijima progresivne metamorfoze, znakovi su daljih i novih mineralnih facija.

Facija zelenih škrljaca (Grünschieferfazies) je najniža epimetamorfna facija, u temperaturskim granicama nižim od 250° C. U njoj su stabilni kvarc, albit, muskovit, kaolinit, klorit, serpentin, epidot, talk, aktinolit (bogat željezom), kalcit, siderit i dolomit, zatim po Barthu (1939) kao akcesorni turmalin, rutil, spesartin.

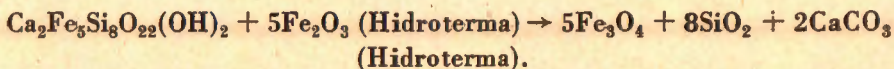
U autometamorfno i postmagmatički promijenjenim stijenama mogu se naći i članovi dviju mineralnih facija u istoj stijeni, kakav je upravo slučaj u Medvednici, gdje pored facije zelenih škrljaca ima i znakova epidot-amfibolitske facije, pa facije s biotitom i granatom. Naime, ravnotežno kontinuirano stanje plagioklas-epidot prolazi kroz niz facija, u širokom rasponu pritiska i temperature (Ramberg, 1949), preko andezinizacije bazičnih plagioklasa do razvitka nisko temperaturnog albita.

Polazeći od facija s ravnotežama u magmatitima, koje nalazimo u Medvednici, u gabru i dijabazu, njihovi su metamorfni derivati upravo zeleni škrljci Medvednice, a metamorfni derivati s kontakta tih magmatita i starih sedimentita u Medvednici već su na granici u višu epidot amfibolitsku faciju, s biotitom i granatom.

Ravnotežno stanje u zelenim škrljcima kao ortometamorfita Medvednice mogli bismo prikazati ovako:



zatim:



Pri reakcijama moglo je doći i do razvitka siderita.

Ove reakcije su mogle teći naročito jako oko tektonskih prelomnica praćene slabijim i jačim orudnjenjima.

Međutim je proces andezinizacije mogao prijeći i do potpune albitezine plagioklasa, dakle do razvitka albita, koji je nastao i u žilnoj

faciji na mnogo mjesta, na pr. u zasjeku puta pod Malim Sljemenom i puta prema sv. Jakovu, u kamenolomu sanatorija Brestovac, u napuštenom kamenolomu pored puta na Oštricu ispod Tomislavova doma, u Lukovici u Pustom dolu, u Bliznecu i drugdje u Medvednici.

U žili pod Malim Sljemenom, uz glavni put, zapažena je ova mineralna sukcesija, od salbanda do salbanda:

epidot – kvarc – kalcit – albit – kvarc – epidot.

Salbandi su od aktinolitskog kloritskog epidotskog škrljca s plagioklasima sastava andezina.

Albit iz žile pored puta u zasjeku ispod Radničkog odmarališta istražen je kemijski i optički. Podaci su ovi:

Analitik: L. Marić i M. Simić

SiO ₂	67,59%
Al ₂ O ₃	22,19
CaO	0,69
Na ₂ O	9,32
K ₂ O	0,13
	99,92%

Sastav albita možemo izraziti sa 95% NaAlSi₃O₈ i 5% CaAl₂Si₂O₈. Ekspozent loma mu je manji od loma kanadskog balzama. $2V = +77^\circ$ i $+78^\circ$. Ove su vrijednosti niskotemperaturnog albita (Tröger 1952).³

U žilnoj faciji nalaze se, dakle, epidot, aktinolit s kloritom, kvarc, kalcit, negdje magnetit i niskotemperaturni albit.

Žilna facija je prema tome srodna mineralnoj faciji matične stijene, s jedinom razlikom, da su mineralni individui u žilnoj faciji veći (pegmatitoidni), i s niskotemperaturnim albitom.

Ove metamorfne promjene, t. j. andezinizaciju s albitizacijom, epidotizaciju, aktinolitizaciju s kloritizacijom, titanitizaciju, karbonatizaciju i magnetitizaciju, kao i razvoj žilne parageneze i kvarcnih žila u ovim stijenama Medvednice, mogli bismo vezati za izvjestan magmatski pokret, praćen i hidrotermama. Promatrajući, naime, geokemijski elemente u žilnoj faciji i faciji zelenog škrljca nalazimo, da su natrij, kalcij, titan, silicij i željezo migrirali na veće daljine (natrij naročito lako migrira, H. R a m b e r g, 1952), i otuda znatnija albitizacija, kao i epidotizacija, karbonatizacija i magnetitizacija i u žilnoj faciji i faciji zelenog škrljca. U daljim istraživanjima bit će nastojanja upravljena upravo u tom pravcu, da se ta metamorfoza osvijetli s geokemijskog stajališta.

Kakve metamorfne promjene motrimo međutim uzduž kontakta ovih ortometamorfita i serije paleozojskih stijena, kao njihovog omotača?

U omotaču paleozojskih stijena, neposredno na prijelazu u ortometamorfite, nalazimo naime tipsku kontaktno-metamorfnu pojavu granat-

³ Pri preračunavanju sastava albita iz analize ima malen višak SiO₂ i Al₂O₃, koji potječu od primjesa (pojkilitski ovalni uklopci kvarca, feldspata i finog praha) u albitu.

skog biotitskog škrljca (mikašista) i kornita (hornfelsa). U bazi paleozojskog sedimentnog omotača, na prijelazu u zelene škrljce, nalazimo dakle i znakove epidot-amfibolitske facije s granatom i biotitom, koji ukazuju na ravnotežno stanje kod viših temperatura i pritisa.

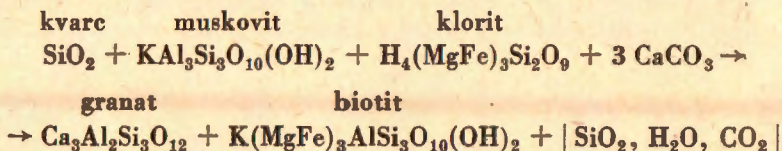
Istok-sjeveroistočno od piramide na Sljemenu, nedaleko od planinarskog doma na Puntijarki, zaostao je od erozije i konačnog razaranja »relikt omotača« iskonske serije paleozojskih stijena, koje su prije pokrivala sigurno sav primarni magmatit, gabroidnu stijenu, gabro-dijabaz Medvednice. Očigledno je, da je erozija raznijela taj gotovo cijeli raniji omotač srednjeg i najvišeg dijela Medvednice, od koga su se ipak sačuvala na najvišim dijelovima gore, samo mjestimično, manje krpe (više tisuća m² površine), kao paraškriljci s kontaktno-metamorfnim pojavama. Vjerojatno je, da ćemo ih naći i drugdje u Medvednici pri daljnim istraživanjima.

Granatski biotitski škrljac s kornitom je stijena gusta, sitnozrnasta i smeđaste boje. Granat je bezbojan ili slabo žućkast, idiomorfan (sl. 3), a sadržava mnogo uklopaka okruglastih i prizmatskih individua, tako da izgleda da ima helicitisku strukturu. Očigledno je, da je pri razvoju uklopio iz ranijeg sedimentita izvjesne sastavine, između kojih su pojedine dijelom korodirane, zaobljene – zrnca kvarca, a nekoje produljene poput ljuščica, s paralelnim potamnjenjem uporedo dužoj strani, i s velikim đvolomom – muskovit, sericit (?). Granat je tektonski prelomljen s mladim kvarcom u pukotini (vidi sl. 3).

Odakle granat i biotit u tome paraškriljcu u Medvednici?

Moramo pretpostaviti, da se u seriju paleozojskih sedimenata utisnula plutonska magmatska masa, koja je kontaktno i termometamorfnio djelovala na njezin marginalni pojas. Magmaška masa je došla u izravan kontakt s ranijim sedimentnim omotačem, u kojem je proizvela slabiju metasomatsku metamorfozu, pričem se razvio granat i biotit, zatim siliifikaciju, pričem je nastao kornit, i napokon termometamorfozu, koja se ogleda u jakoj i potpunoj marmorizaciji paleozojskih vapnenaca (bliže magmatskoj masi) i slaboj marmorizaciji s razvojem grafitita u jedrim sivim mramorastim vapnencima (dalje od magmatske mase i više u paleozojskoj seriji Medvednice).

Razvoj i ravnotežno stanje granata i biotita mogli bismo prikazati ovako:



Ovo ravnotežno stanje ukazuje na mezo-metamorfnu epidot-amfibolitsku mineralnu faciju, koje razvoj je uzrokovao jedan plutonski magmatski pokret, stariji od onoga magmatskog pokreta, praćenog hidrotermama, koji je imao za posljedicu razvoj ortometamorfitičkih zelenih škrljaca Medvednice.

U području s pojavama magnetita na Adolfovcu i u Pustom dolu nalazimo u epidot-amfibolitskoj faciji i faciji zelenog škrljca porfiroblaste (idioblaste) magnetita u kloritu (sl. 4). Izvršila se kloritizacija biotita i granata i magnetizacija klorita.

Magnetitizacija je ograničena obujmom i jakošću, i vezana za prelazni pojas ortometamorfita i parametamorfita, odnosno paleozojskih sedimentita, koji su kao nepropusni za hidroterme zapriječili dalju migraciju željeza od oboda zelenih škrljaca i omogućili njegovu koncentraciju u uskom pojasu uzduž kontakta.

Na osnovi ovih proučavanja dolazimo do zaključka, da bismo postanak granatskog biotitskog škrljca (mikašista) s kornitom, i mramora, dublje u seriji sedimentita Medvednice, mogli vezati za kontaktno metamorfno (metasomatsko i termometamorfno) djelovanje jednog starijeg magmatskog pokreta, za intruziju bazičnih magmatita, lercolita i gabra, koji su sada dublje zasječeni i otkriveni na sjevernoj strani Medvednice (sjeverno ispod Puntijarke), a postanak ortometamorfita, odnosno zelenih škrljaca, andezinizacijom (albitizacijom u žilnoj faciji), epidotizacijom, aktinolitizacijom, kloritizacijom, titanitizacijom, karbonatizacijom i magnetitizacijom, za jedan mlađi magmatski pokret, kojem je predstavnik u Medvednici đijabaz, koji se poput debele grede probio i u užem području spomenutih starijih plutonita u izvorišnom području Bistre potoka, pod Puntijarkom.

S obzirom na vrijeme, kad su se izvršili ovi magmatski pokreti, nije još sigurno, da li je prvi stariji intruzivni magmatski pokret, s nizom diferencijata skupine lercolita i gabra, vezan moguće za jedan paleozojski paroksizam (na pr. varisciski), praćen slabim kontaktno-metamornim djelovanjem na seriju paleozojskih sedimenata, a drugi, mlađi magmatski efuzivni pokret, da je vezan moguće za jedan možda već rani alpski paroksizam.

Petrokemijsko i petrogenetsko proučavanje, koje se sada vrši na ovim bazičnim magmatitima, njihovim diferencijatima i kontaktima, upoznavanje dislokacija i pukotina od geotektonskih i magmatskih pokreta, pa utvrđivanje t. zv. »Gefügeregelunga« u ovim stijenama, dat će, vjerojatno je, oslonca za rješavanje i pitanja redoslijeda magmatskih pokreta i njihova djelovanja na stijene svoga omotača u Medvednici.

3. Rudne pojave u Medvednici

Zasebne mineralne facije tvore hidrotermalne (teletermalne!) parageneze kvarca s uprskanim galenitom, zatim metasomatske pojave galenita u dolomitskom vapnencu, i barita poput malih gnijezda u zelenim škrljcima Medvednice.

Na sjevernoj strani Medvednice, u području bliže donjoj stanici električne uspinjače, nalazimo na više mjesta tanje i deblje kvarcne žice s galenitom, gdje su u starije vrijeme otvarali i rudarske rovove.

Blizu planinarskog doma Grafičara nalazimo metasomatski odložen galenit u dolomitskom vapnencu, a niže sv. Jakova prema Mikulić po-

toku, kao i niže sanatorija na Brestovcu, pojave barita u zelenim škriljcima.

Pri proučavanju geneze ovih pojava mineralizacije ne smijemo smetnuti s uma ni mogućnost izvjesnog okultnog magmatizma kao njihova uzročnika. To je opravdano zato, što se nedaleko od istočnih ogranaka Medvednice, u području oko Vrbovca, nalazi plitko pod površinom, pod naslagama mlađeg tercijara porfiroidan granit (Marić, 1958), kojega raširenje opravdano možemo očekivati i u zapad-sjeverozapadnom dijelu Hrvatske, i u pravcu Medvednice.

LITERATURA

- Barth, T. F., Correns, C. W. & Eskola, P., 1939: Die Entstehung der Gesteine. Berlin.
- Golub, Lj. & Vragović, M., 1958: Natrijski dijabaz i spilit kod Gotalovca u Hrvatskom Zagorju. Acta geologica JAZU, 2. Manuskript.
- Kišpatić, M., 1918: Die Eruptivgesteine und kristallinische Schiefer des Agramer Gebirges. Glasn. hrv. prirodosl. dr., 30, br. 1-4.
- Marić, L., 1958: Granitski pluton istok-sjeveroistočno od Zagreba. Zbornik radova inst. »Jovan Žujović«, 10. Manuskript.
- Ramberg, H., 1952: The Origin of Metamorphic and Metasomatic Rocks. The University of Chicago Press.
- Tröger, E., 1935: Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. Berlin.
- Tröger, E., 1952: Tabellen zur optischen Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Stuttgart.

Summary

L. MARIĆ

MINERAL FACIES IN THE METAMORPHIC ROCKS OF MEDVEDNICA MOUNTAIN (ZAGREBAČKA GORA MOUNTAIN)

Palaeo-Mesozoic sediments lie also on the southern and northern sides of Medvednica Mountain on rocks that are more or less green, grey-green and dark green in colour, which shall be given the general name »green schists«, i. e. »Grünschiefer« of Kišpatić. Green schists constitute the predominant part of the petrographic material of the central and uppermost parts of Medvednica Mountain.

a) *Rocks of a massive habit.* These rocks are dark green in colour and uniform in structure, and in them we can note cleavages of plagioclase greyish in colour, furthermore foliated masses of chlorite and in places of yellowish epidote, as well as sporadic grains of pyrite.

Under the microscope we established the presence of the following: *plagioclase, actinolitic amphibole, chlorite, epidote, titanite, sericite, magnetite, rutile, pyrite and calcite.*

Plagioclase is an anhedral, medium- and fine-grained aggregate of albitic and complex ingrown crystals of andesine with 34-38%, more rarely up to 60% an. In places it is full of inclusions of epidote, chlorite, needle-like actinolite and sericite, reminding one of the so-called »Gefüllte Feldspäte« in recrystallized metamorphites.

The structure of the rocks is massive, the texture hypidiomorphic (blastohypidiomorphic) granular, with elongate prismatic and also lamellar plagioclase, which meet

at oblique angles, reminding one of the ophitic (blastophitic) type of texture, with granular epidote, titanite and chlorite in wedge-like interstices (Fig. 1.). According to their chemism and quantitative composition (see Yugoslav text p. 208 and 209), they belong to the group of gabbroid rocks, with an increased value of alk. They belong to the Pacific type of rocks.

b) *Rocks of a slate-like habit.* Green rocks with a more weakly or more strongly marked slate-like habit are to be found in Medvednica Mountain over larger areas than is the case with the rocks of a massive habit. They are striped, lineated and fractured repeatedly almost vertically to the slaty cleavability and lineation. The lineation is strengthened also by yellowish-green stripes of epidote as well as by white, fine-grained stripes of plagioclase and calcite.

Under the microscope it was possible to establish the same mineral composition as in the massive varieties, only that in the slate-like varieties there are much larger quantities of chlorite, and in places of calcite. They are, then, *plagioclase, actinolitic amphibole, chlorite, epidote, zoisite, titanite, magnetite, sericite and calcite.*

The structure is recrystalline and slate-like, the texture lepidoblastic and fibroblastic, as well as weakly porphyroblastic, with signs of a strong cataclase in plagioclase and actinolite (Fig. 2.).

On the basis of the mineral composition and chemism (see Yugoslav text p. 210) it is possible to infer that these rocks in the green schists of Medvednica Mountain would correspond to hypabissal and effusive derivatives of gabbroid magma, to ophitic and spilitic derivatives of diabase, with more than 40% mafite. Because of the structure, texture and the present mineral composition we must include them into the metamorphites of the lowermost epizone, in a general way into the »facies of green schists«, as plagioclase actinolitic-chloritic and epidotic-calcitic schists.

The genetic connection of the massive and slate-like varieties in the main mass of Medvednica Mountain can already now be inferred on the basis of their parameters according to Niggli and the CIPW formulae (see, Yugoslav text p. 211).

c) *New mineral facies of orthometamorphites and parametamorphites.*

The mineral facies of orthometamorphites are represented in Medvednica Mountain by a series of rocks that are mutually connected by transitions, so that their separation could only be schematic, seeing that these transitions are very frequent. Thus, besides the earlier investigated plagioclase actinolitic-chloritic and epidotic-calcitic schists are to be found amphibolitic-epidotic and actinolitic-epidotic schists, furthermore chloritic-epidotic schists, actinolitic schists, chloritic schists, as pure interlayers, and, finally, marbleized chloritic schists as well as magnetitic-chloritic schists.

The mineral facies of parametamorphites are represented by marmorized, seritized, chloritized and graphitoid compact limestone, furthermore by contact-metamorphic granatic-biotitic schists and cornite (Fig. 3.) and finally by seritized, and magnetitized granatic-chloritic schists.

In these ortho- and parametamorphites are frequently to be found signs of a very strong dislocation metamorphosis, with signs of a marked bending, rupture and mylonitization of the mineral constituents.

Finally, in the green schists we also can find a »vein facies«, with mineral parageneses as in the bedrocks. Thus are to be found in the orthometamorphites veins with coarsely (pegmatitoidally) crystallized albite, epidote, zoisite, titanite, actinolite, magnetite, quartz, calcite and chlorite.

In departing from the facies with equilibriums that are present in magmatites, as for example in gabbro and diabase as are to be found in Medvednica Mountain, then the metamorphic derivatives in the green schists of Medvednica Mountain come from the green schist facies, while the metamorphic derivatives from the contact of the mentioned magmatites and old sediments in Medvednica Mountain border already on the epidote amphibolite facies.

The extensive epidotization, actinolitization, chloritization, carbonitization and titanization as well as the intensive albitization and magnetitization in the rocks of Medvednica Mountain should be linked up with certain magmatic movements that were accompanied also by hydrothermae.

Thus into the series of Palaeozoic sediments a magmatic mass was impressed, which acted upon its marginal zone by contact and thermometamorphically. The magmatic mass came into direct contact with quartzose sericitic and chloritic calcareous sandstone, in which – owing to a small content of volatile components – it produced a weaker metasomatic metamorphosis, thus giving rise to the formation of granate and biotite, and a stronger silicification and thermometamorphosis, whose results are cornite and marmorization of the deeper parts of the series of Palaeozoic sediments. This constituted the first magmatic movement.

In the area of ore deposition by magnetite at Pusti Dol and Adolfovac we can find besides relicts of an epidote amphibolite facies, granate and recrystallized quartz also the association of a typical facies of green schists, with porphyroblasts of magnetite and chlorite (Fig. 4). Here we can note a diaphthoritic chloritization of biotite and granate as well as a magnetitization of chlorite.

Magnetitization as a hydrothermal, and chloritization as a diaphthoritic (retrograde) metamorphosis are limited in extent, while as to their intensity they are bound to the narrowest marginal zone of green schists and parametamorphites in the base of the series of Palaeozoic sediments in Medvednica Mountain.

Hydrothermal epimetamorphosis and diaphthoresis are younger than contact metamorphosis, and they are bound to the second, younger magmatic movement of the basic magma in the region of Medvednica Mountain.

The second magmatic penetration might have preceded a strong hydrothermal activity, which led to the development of a facies with subfacies of green schists as the main mineral facies of orthometamorphites in Medvednica Mountain.

In respect of the time when the mentioned magmatic movements were carried out it is not certain whether the first, older magmatic movement with the whole series of differentiates of the group of Iherzolites and gabbros with the already relict gabbro-diorite in the central part of Medvednica Mountain was already during the Variscian paroxysm accompanied by a weak contact-metamorphic action upon the bases of the series of Palaeozoic sediments. The second, younger magmatic movement is perhaps Mesozoic (or Cenozoic), during an Alpine paroxysm.

A separate mineral vein facies is made up of hydrothermal (telethermal!) parageneses of quartz with galenite, and of metasomatic occurrences of galenite in dolomitic limestones and barite in the form of small nests in the green schists of Medvednica Mountain.

In the investigation of these phenomena of mineralization we should not ignore the possibility of an occult magmatism as their originator.

This is justified for the reason that not far away from the eastern promontories of Medvednica Mountain we can find near below the strata of the Younger Tertiary a porphyroid granite whose continuation can with justification be expected to be found also in western-northwestern direction towards Medvednica Mountain.

Primljeno (accepted) 20. X. 1958.

*Institut za mineralogiju, petrologiju i rudna ležišta,
Tehnološki fakultet, Sveučilište, Zagreb*

*Institute of Mineralogy, Petrology and Ore Deposits,
Technological Faculty, University of Zagreb.*

Tabla I. - Planche I.

- Sl. 1. Struktura gabroidne stijenc u Medvednici. Pov. 30×. +Nik.
Fig. 1. Texture of gabbroid rocks of Medvednica. Magn. 30×. +Nic.
Sl. 2. Struktura zelenog škriljca u Medvednici. Pov. 30×. +Nik.
Fig. 2. Texture of green schist of Medvednica. Magn. 30×. +Nic.



Sl. 1



Sl. 2

Tabla II. - Planche II.

Sl. 3. Granat u mikašistu u Medvednici. Pov. 120×. 1 Nik.

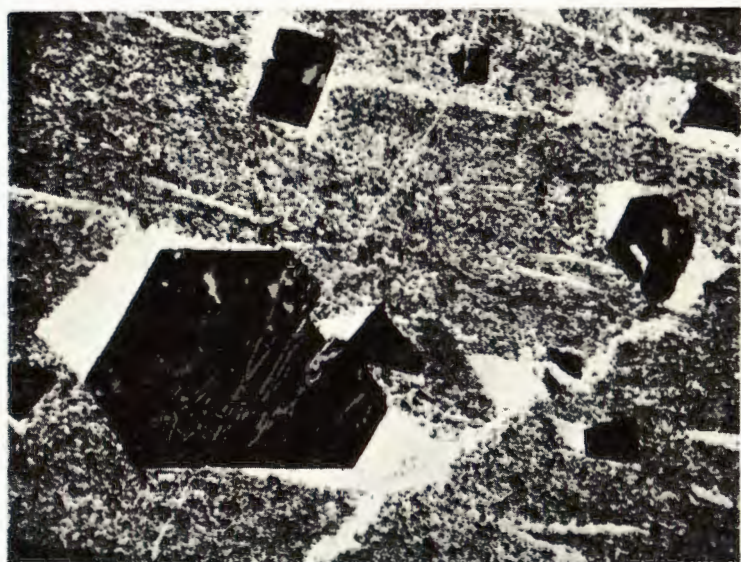
Fig. 3. Garnet in micaschist of Medvednica. Magn. 120×. 1 Nic.

Sl. 4. Magnetiti idioblasti i klorit u kloritskom škriljcu. Pov. 30×. 1 Nik.

Fig. 4. Magnetite idiomorphs and chlorite in chloritose schist. Magn. 30×. 1 Nic.



Sl. 3



Sl. 4