

PETAR RAFFAELLI

METAMORFIZAM PALEOZOJSKIH PELITSKIH ŠKRILJACA U PODRUČJU RAVNE GORE

(PAPUČKO GORJE - SLAVONIJA)

S 10 slika (geološka karta i 9 dijagrama) i 7 tabela u tekstu te 3 table u prilogu

Kristalasti škriljci područja Ravne gore (zapadni dio papučkog gorja), istraženi su mikroskopski, kemijski i strukturološki. Razmatranjem uzajamnog odnosa niže i više metamorfoziranih škriljaca konstatirano je, da su sve ove stijene sinkinematski metamorfozirane u istoj orogenezi, te je izneseno mišljenje da pripadaju prvobitno istoj seriji geosinklinalnih sedimenata.

SADRŽAJ

<i>Uvod i historijat dosadašnjih istraživanja</i>	62
<i>Pregled građe istraživanog terena</i>	63
<i>Fiziografija i kemijski sastav kristalastih škriljaca</i>	66
<i>a. Pelitske stijene</i>	
<i>Kvarc-sericitski škriljci</i>	66
<i>Muskovit-kloritski škriljci</i>	68
<i>Muskovit-biotitski škriljci</i>	74
<i>Biotit-muskovitski gnajsi</i>	77
<i>Biotitski gnajsi</i>	83
<i>b. Amfibolske stijene</i>	
<i>Biotit-amfibolski gnajsi</i>	86
<i>Biotit-amfibolski prugasti gnajsi</i>	87
<i>Zoneografija kristalastih škriljaca</i>	89
<i>Slijed kemijskih promjena</i>	94
<i>Prvobitni sastav i stratigrafski položaj kristalaste serije</i>	99
<i>Zaključak</i>	105
	61

UVOD I HISTORIJAT DOSADASNJIH ISTRAZIVANJA

O kristalastim stijinama Psunja, Papuka i Krndije napisano je više rasprava, od kojih je veći dio objavljen još prije I svjetskog rata. U novije doba, objavljen je samo jedan rad (J. Poljak, 1952).

Prvi kratki prikaz o kristalastim stijinama Papuka i Krndije dao je F. Wodiczka (1855). Kasnije ih ukratko spominju D. Stur (1861, 1862) i Dj. Pilar (1878). Kristalaste stijene Krndije nešto je opširnije opisao i stratigrafski rasčlanio D. Gorjanović-Kramberger (1897). Na osnovu vanjskog izgleda i petrografskog sastava stijena, pribrojio je granite, gnajse, tinjčeve škriljce i općenito stijene višeg stupnja metamorfizma arhaiku, a brusilovce, kvarcne i kloritske škriljce, dakle stijene nižeg stupnja metamorfizma, paleozoiku. Paleozojsku (silursku) starost najniže metamorfoziranih stijena kasnije je paleontološki dokazao J. Poljak (1934a, 1952), koji je u kvarcnim škriljcima potoka Radlovca našao otiske graptolita (rodove *Climacograptus* i *Monograptus*) i sitne koralje pravilne građe (*Cyatoxinidae*). I J. Poljak je smatrao, da su stijene višeg stupnja metamorfizma starije od nisko-metamorfoziranih silurskih škriljaca. U svom najnovijem radu o paleozojskim i predpaleozojskim naslagama Papuka i Krndije J. Poljak (1952) navodi, da paleozojska serija kloritskih, kvarcnih i glinenih škriljaca leži transgresivno preko starijih kristalastih stijena. F. Koch (1908, 1919) koji je također proučavao i kartirao kristalaste stijene Psunja, Papuka i Krndije, dijeli mišljenje D. Gorjanovića i J. Poljaka o stratigrafskoj pripadnosti i uzajamnom odnosu kristalastih stijena.

U raspravama navedenih autora nema mnogo petrografskih podataka, a naročito se osjeća manjak mikroskopskih podataka. Petrografski opis nekih metamorfnihih stijena Psunja i Krndije dao je M. Kišpatić (1891, 1892, 1910, 1912), no on nije tretirao problem starosti i međusobnih odnosa ovih stijena.

Psunj, Papuk i Krndija obuhvaćeni su djelomično listovima Daruvar (F. Koch, 1908), Požega-Nova Gradiška (F. Koch, 1935) i Orahovica-Beničanci (J. Poljak, 1934) geološke karte 1:75.000. Na ovim kartama kristalaste stijene su grupirane u 4 grupe: 1. gnajsi i tinjčevi škriljavci (g, gl), 2. amfibolski škriljavci (A), 3. kloritni i kloritoidni škriljavci (ch) i 4. filiti, brusilovci i kvarciti (ph, s, c). Graniti nisu posebno izdvojeni, već su uvršteni u grupu gnajsa i tinjčevih škriljavaca. Stratigrafska pripadnost je označena samo za filitne stijene. Na listu Daruvar, označena je kao karbonska (c), a na listu Orahovica-Beničanci kao silurska (s).

U najnovije su doba (od 1958 god.) M. Tajder i L. Marić sa suradnicima, započeli s kartiranjem i detaljnim proučavanjem kristalastih stijena Psunja, Papuka i Krndije. Već su prvi rezultati istraži-

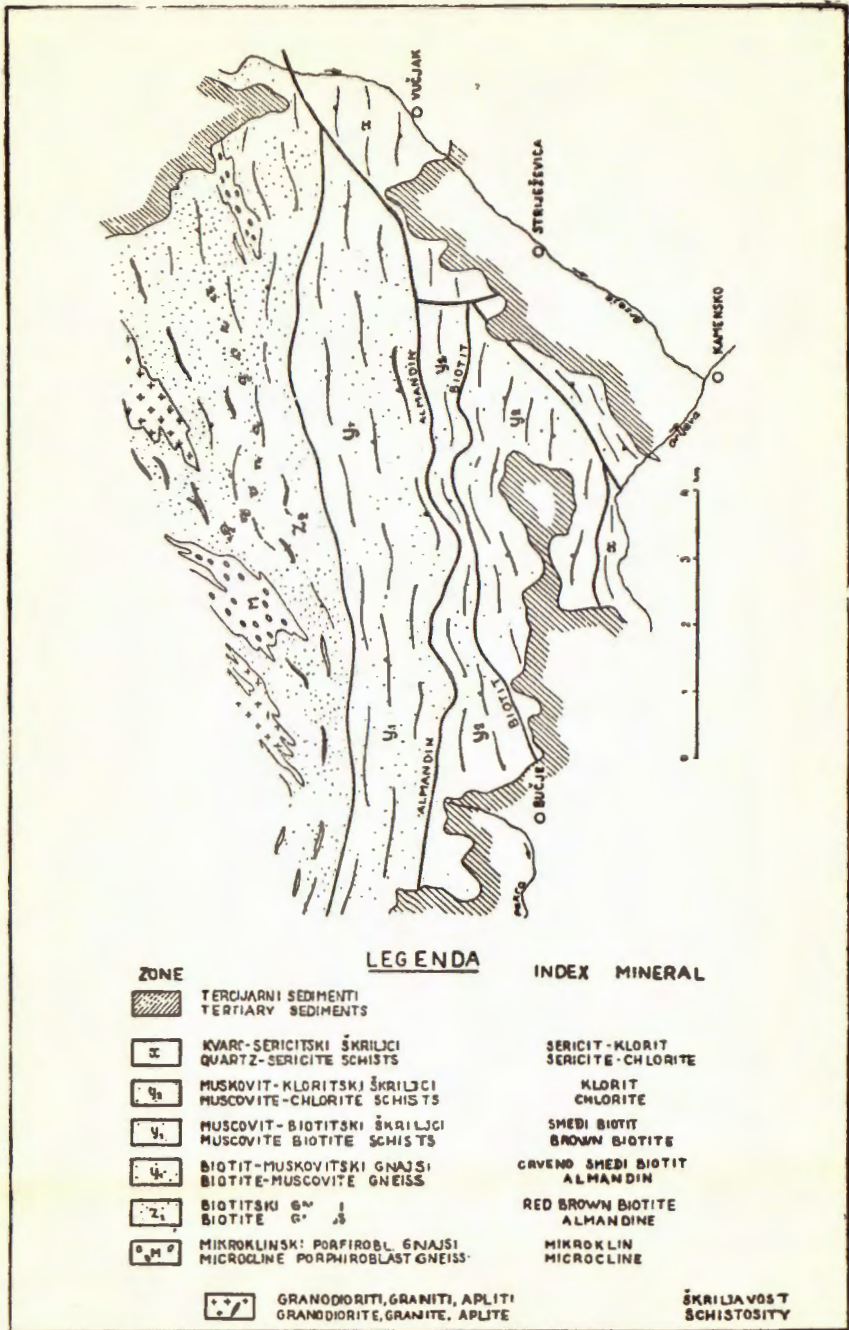
vanja dali niz novih podataka o petrografskom sastavu, kemizmu, zoneografiji i sklopu kristalastih škriljaca. U ovom će članku biti prikazana istraživanja, koja sam u okviru ovih radova izvršio u zapadnom dijelu Papuka, u području Ravne gore.

Dužnost mi je da se i na ovom mjestu zahvalim dr. M. T a j d e r u, koji mi je dao poticaj za ovaj rad, pomagao me savjetima i omogućio da dio laboratorijskih istraživanja obavim u laboratoriju Mineraloško-petrografskog Instituta Prirodoslovno-matematičkog fakulteta. Za mnoge vrijedne savjete zahvalan sam također dr. Lj. B a r i ć u, dr. L. M a r i ć u i dr. M. H e r a k u. Posebno se zahvaljujem J. O g u l i n c u, direktoru Instituta za geološka istraživanja, kao i upravi Instituta, koji su mi omogućili terenski i laboratorijski rad i u svakom me pogledu pomogli.

PREGLED GRAĐE ISTRAŽIVANOG TERENA

Istraživani teren obuhvaća Ravnu goru i njene južne, jugoistočne i istočne padine do rijeka Orljave i Brzaje, te slivno područje potoka Krajčinovice, do Balačkog brda na sjeveru (sl. 1). Čitav teren izgrađuju borani kristalasti škriljci, a od mlađih naslaga dolaze mjestimično u dolinama Orljave i Brzaje, samo terciarni i kvartarni sedimenti. Opći smjer pružanja folijacije i osi bora kristalastih škriljaca je W-E i paralelan je orografskoj osi Ravne gore. Mjestimično ima manjih odstupanja od ovog pravca, kao npr. u području Metle i Skresina, gdje je izražena devijacija pružanja folijacije prema NE. U kranjem jugoistočnom dijelu terena, u području Kamenskog, folijacija i osi bora škriljaca pružaju se također u smjeru SW-NE. Na ovom mjestu međutim, pružanje u smjeru SW-NE ne predstavlja lokalnu devijaciju, već označava tektonski i orografski smjer istočnog dijela Psunja, uticaj kojeg se osjeća i preko Orljave, koja ovdje morfološki dijeli Psunj od Ravne gore.

Serija kristalastih škriljaca u području Ravne gore progresivno je metamorfozirana. Intenzitet metamorfizma se povećava i pojedine zone progresivnog metamorfizma pravilno izmjenjuju, idući okomito na smjer pružanja folijacije, od juga prema sjeveru. Najjužnije leže muskovit-kloritski škriljci kloritske zone, koji postepeno prelaze u muskovit-biotitske škriljce biotitske zone. U srednjem dijelu terena na muskovit-biotitske škriljce konkordantno se nadovezuju biotit-muskovitski gnajsi i dalje, prema sjeveru, biotitski gnajsi almandinske zone. U zoni biotitskih gnajsa, mogu se mjestimično, iako dosta rijetko, naći tanji proslojci biotit-amfibolskih gnajsa.



Sl. 1. Geološka karta Ravne gore
Fig. 1. Geological sketch-map of Ravna gora

Žične stijene koje dolaze unutar serije progresivno metamorfoziranih kristalastih škrljaca, porastom stupnja metamorfizma također mijenjaju svoj sastav. Tako škrljci nižih metamorfnih zona sadrže isključivo tanje kvarcne žice, uložene konkordantno folijaciji. U stijenama viših metamorfnih zona kvarcne žice postepeno izostaju, a umjesto njih pojavljuju se pegmatitske i aplitske žice. U zoni biotitskih gnajsa, a naročito u potoku Krajčinovici i na samom bilu Ravne gore, pored pegmatitskih i aplitskih žica pojavljuju se i mnogobrojne žice i leće granodioritskog ili rjeđe, granitskog sastava. Intimne asocijacije granitskih i okolnih stijena tvore lokalno migmatite epibolitskog tipa ili migmatizirane prugaste gnajse, koji mjestimično preko škrljavih varijeteta mogu postepeno preći u prave granodiorite. No osim ovako heterogeno migmatiziranih gnajsa, u ovoj zoni se pojavljuju i homogeno migmatizirane stijene, u vidu mikroklinskih porfiroblastičnih, okcastih i prugastih gnajsa embrešitskog tipa. U dolini Krajčinovice i u potocima Macutanu i Svinjarcu, porfiroblastični gnajsi dolaze kao manje mase ili leće uložene u sitnozrnim biotitskim gnajsima. Na samom bilu Ravne gore, jedna veća masa ovih gnajsa izgrađuje kotu Skresine. Postepenim prelazima porfiroblastični gnajsi su povezani s sitnozrnim biotitskim gnajsima.

Normalan tok zona progresivnog metamorfizma prekinut je u istočnom dijelu istraživanog terena (kod sela Vučjaka i u donjem toku potoka Macutana i Svinjarca), gdje u rasjednom kontaktu s biotit-muskovitskim gnajsima almandinske zone, stoje kvarc-sericitski škrljci nižeg stupnja metamorfizma. Prelaz iz jednih stijena u druge je oštar, jer uz rasjed nije došlo do izjednačavanja facijesa. Ovi kvarc-sericitski škrljci pripadaju zapravo seriji niskometamorfoziranih škrljaca koja se odavle kontinuirano nastavlja prema istoku, preko potoka Vranova, Stražemana i Velike, u područje Radlovca, Pištanske rijeke, Kapovca i Krndije. To je serija koju su D. Gorjanović, J. Poljak i F. Koch smatrali paleozojskom i za koju J. Poljak (1952) navodi da leži transgresivno preko više metamorfoziranih stijena. Međutim iz geološke karte SFRI, list Orahovica 51 (rukopisne), koja obuhvata istočni dio Papuka, jasno se vidi, da niskometamorfozirani škrljci i u istočnom Papuku stoje uvijek u tektonskom kontaktu prema stijenama višeg stupnja metamorfizma, a ne preko njih transgresivno.

Stijene niskometamorfozirane serije zoneografski pripadaju kloritskoj zoni i zoni klastičnih tinjaca, pa se mogu shvatiti kao najniže metamorfozirani članovi progresivno metamorfozirane serije papučkih metamorfita, a ne kao stijene stratigrafski mlađe od višemetamorfoziranih škrljaca. Ne izgleda vjerovatno da postoje dvije grupe kristalastih stijena, jedna predpaleozojska (višemetamorfozirana) i druga silurska (nižemetamorfozirana), pogotovo nakon što je u području Ravne gore konstatiran kontinuiran prelaz iz škrljaca nižeg u škrljce višeg stupnja

metamorfizma. Ovaj problem ćemo kasnije još jedanput razmotriti i iznijet ćemo još neke činjenice, koje govore u prilog ovakvom tumačenju stratigrafije kristalastih škriljaca papučkog gorja.

FIZIOGRAFIJA I KEMIJSKI SASTAV KRISTALASTIH ŠKRILJACA

a) Pelitske stijene

Kvarc-sericitski škriljci

Serija niskometamorfiziranih škriljaca južnih padina Papuka i Krndije, predstavljena je u području Ravne gore sitnozrnim pelitskim i semipelitskim varijetetima, koje nalazimo u istočnom dijelu terena oko sela Vučjaka, te u južnom dijelu na malom prostranstvu u donjem toku potoka Koturića. Sve su ove stijene sitnog zrna, jako škriljave i mogu se kalati u tanke pločice. Boje su zelenkaste, svijetlije ili tamnije sive a gdje sadrže više grafitične supstance, čelično sive do crne. Čvrstoća, debljina iskalanih pločica i općenito izgled ovih stijena, ovisi o sadržaju kvarca, odnosno listićavih minerala. Stijene pretežno pelitskog karaktera su mekše i lakše se kalaju, a iskalane pločice su svilenastog sjaja; stijene psamitskog zrna su mutne, čvršće i deblje se kalaju. Dok se prostim okom može vidjeti samo tekstura, boja i sjaj ovih škriljaca, pod mikroskopom se promatranjem strukture i veličine zrna pojedinih komponenta, mogu razlikovati fine nijanse u porastu kristaliniteta.

Pod mikroskopom se vidi da ove stijene imaju najčešće još uvijek strukturu pelita, jer je diferenciranje listićavih i zrnatih minerala ili još u začetku, ili do njega uopće nije došlo. Ukoliko prvobitni sediment nije sadržavao nešto krupnija, psamitska zrna već je bio sitnozrne ujednačene strukture, rekristalizacija kvarcnih zrna je potpuna već kod najnižeg stupnja metamorfizma i teče paralelno formiranju listićavih minerala. Ali, ukoliko je prvobitni sediment bio slabije sortiran, pored sitnih, rekristaliziranih kvarcnih zrna i dijelom već formiranih listićavih minerala, zapažaju se i krupniji subangularni ulomci kvarca, koji pokazuju znakove naprezanja, a predstavljaju relikte još nerekrystaliziranih detritičnih zrna.

Mineralni sastav ovih stijena varira već prema tome kakvog je sastava bio prvobitni sediment od kojeg su nastale. Evo nekoliko tipičnih paragezeza:

kvarc - sericit	-	klorit
kvarc - sericit	-	klorit - grafit
kvarc - kalcit	-	grafit
kvarc - sericit	-	muskovit - kalcit
kvarc - sericit	-	muskovit - klorit
kvarc - sericit	-	klorit - albit - ortoklas
kvarc - albit	-	muskovit - klorit

Najčešća je parageneza kvarc-sericit (muskovit)-albit-klorit. Osim ovih minerala, skoro sve stijene sadrže još akcesoran epidot, turmalin, magnetit ili pirit, te mjestimično grafit i limonitsku supstancu.

Kvarc: u varijetetima pelitske strukture, dolazi u vidu sitnih zrna veličina kojih ne dozvoljava da se vidi, do koje je mjere napredovao proces rekristalizacije. U pretežno psamitskim i semipelitskim varijetetima subangularna ili angularna kvarcna zrna veličine 80–400 μ pokazuju znakove naprezanja: mozaičnu raspucanost, tenzione lamele i undulozno potamnjenje. Napredovanjem procesa rekristalizacije, krupnija zrna se dijelom drobe i počinju reagirati s matriksom, a undulozno potamnjenje i drugi znaci naprezanja se rekristalizacijom postepeno brišu. Paralelno tome, sitna kvarcna zrna iz matriksa rekristalizacijom postepeno rastu, pa tako stijene kod kojih je proces rekristalizacije nešto više napredovao sadrže kvarcna zrna potpuno svježeg izgleda, bez tragova naprezanja, manje-više ojednake veličine (60–120 μ).

Feldspati: pojedina sericitizirana nelamelarna zrna feldspata veličine 80–100 μ , nižeg eksponenta loma od balzama, vjerovatno predstavljaju reliktni ortoklas. Male dimenzije zrna i pomanjkanje geometrijskih elemenata ne dozvoljavaju da se tačnije odrede. Pored ovakvih reliktnih zrna, u nekim se stijenama pojavljuju i veoma bistri, lamelarni rekristalizirani plagioklasi (nealbiti) veličine 120–160 μ . Mjerenjem na teodolitnom mikroskopu ustanovljeno je da sadrže 1–4 % an-komponente.

Muskovit i sericit: u matriksu najniže metamorfoziranih stijena, sericit dolazi kao veoma sitni listići i vlakanca, koja se razabiru tek pod ukrštenim nikolima jer živo interferiraju. Možda izvjestan dio ovih listića predstavlja ilit, koji je kristalografski i optički sličan sericitu pa se mikroskopski ne može od njega razlikovati. U nešto jače metamorfoziranim stijenama javlja se već muskovit kao dugi, potpuno bezbojni savijeni listići savršene kalavosti i elasticiteta, koji pod ukrštenim nikolima živo interferiraju.

Klorit: se pojavljuje u tanušnim listićima veličine do 80 μ blijedo zelene boje, jedva zamjetljiva pleohroizma. Eksponent loma mu je viši od eksponenta okolnih minerala, pa se među njima ističe u preparatu.

Epidot: je redovan akcesorni sastojak ovih stijena. Nalazi se ili kao nakupine veoma sitnih zrna visokog loma koje se razabiru tek pod velikim povećanjem, ili kao pojedina izolirana krupnija zaobljena ili izdužena zrna, veličine do 90 μ u promjeru. Obično je bezbojan ili blijedo žućkast, pleohroizam se teško primjećuje. Izdužena zrna potamnjuju paralelno, po čemu se može zaključiti da su izdužena u smjeru osi b.

Turmalin: je čest akcesorni sastojak. Dolazi u obliku izduženih kristala prizmatskog habitusa, koji mjere u dužinu do 160 μ . Često se vide

dobro razvijene terminalne plohe. Ponekad je presječen poprečnim pukotinama. I najsitniji kristali se odlikuju jakim pleohroizmom: ω maslinasto-zelen, ϵ skoro bezbojan, do blijedo žućkasto-zelen.

Magnetit i *pirit*: sitna opaka zrna obično udružena s kloritom, metalnog sjaja, vjerovatno predstavljaju magnetit. Najčešće nemaju karakterističan habitus, pa ih je dosta teško razlikovati od pirita, koji dolazi u zrnima sličnog oblika i veličine. Pirit se lakše raspoznaje po karakterističnim zlatno-žutim refleksima u odbijenom svijetlu.

Limonitska supstanca: ravnine smicanja i sitne pukotine često su ispunjene praškastom limonitskom supstancom, a listići klorita su ponekad uzduž površina smicanja dekolrirani ili žućkasto obojeni od izluženog Fe-hidroksida. Pored toga, u nekim stijenama se vide i prostim okom sitne šupljine ispunjene limonitskom supstancom. Možda ovakve šupljine i nakupine predstavljaju pseudomorfoze limonita po piritu ili magnetitu.

Grafit: se pojavljuje kao neprozirni listići nepravilnog oblika ili kao sitna, fino dispergirana prašina raspoređena uzduž ravnina folijacije, među listićima muskovita i klorita. Sitne čestice grafita oštro markiraju škriljavost, pa se mogu pratiti fini detalji strukture. U ovakvim stijenama i kvarcna zrna sadrže obično sitne čestice grafita.

Kemijska analiza i norm-proračuni jednog karakterističnog uzorka iz ove grupe stijena, navedeni su u tabelama 1-4, pod br. 1.

U normativnom sastavu pojavljuju se velika količina normativnog Or i C. Vezujući ove dvije komponente u idealnu formulu muskovita dobija se 35.25 % Ms, ali još uvijek preostaje 11.47 % Or, kojeg nije moguće vezati radi nedostatka komponente C. Ortoklas nije pouzdano optički konstatiran, ali ga sigurno ima među sitnim mineralima matriksa, vjerovatno u približno istoj količini koju pokazuje proračun.

Kvantitativni mineralni sastav ove stijene se ne može odrediti, zbog malih dimenzija zrna; procijenjen na osnovu kemizma i opažanog mineralnog sastava mogao bi se ovako izraziti:

kvarca	40.3 %
ortoklasa	11.5
albita	4.3
muskovita	35.3
klorita	4.6
Fe-hidroksida	4.0

Muskovit-kloritski škriljci

Muskovit-kloritski škriljci izgrađuju južni dio istraživanog područja oko sela Grđevica, a najbolje otkriveni izdanci nalaze se u potoku Mihaći, koji teče istočno od sela. To su stijene rilitskog zrna izrazito škriljave

TABELA - TABLE 1

KEMIJSKE ANALIZE - CHEMICAL ANALYSES

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	S ₂	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	Suma
1.	66,35	1,08	16,50	5,27	0,27	0,02	1,19	tr.	0,45	5,80	tr.	—	3,16	0,14	100,18
2.	62,68	0,83	19,14	2,11	3,54	0,008	2,35	0,53	1,55	3,72	0,16	—	3,58	0,18	100,37
3.	41,10	1,46	28,79	2,60	7,35	0,02	5,70	0,24	0,84	5,20	0,20	—	6,59	0,14	100,23
4.	58,53	0,85	19,03	2,20	4,66	0,12	3,37	1,24	2,64	3,05	0,22	0,15	3,62	0,23	99,87
5.	58,98	1,14	16,04	4,10	5,35	0,10	3,28	1,77	2,33	2,94	0,15	—	3,44	0,21	99,83
6.	67,69	0,87	15,47	1,36	3,45	0,07	1,89	1,62	3,02	2,26	0,22	—	1,96	0,23	100,11
7.	54,02	1,07	20,07	2,61	5,57	0,06	3,50	3,31	3,54	3,68	0,19	—	2,19	0,19	100,00
8.	46,61	1,17	23,24	2,02	7,35	0,13	4,33	3,96	3,43	4,58	0,18	—	2,68	0,23	99,91
9.	68,66	0,97	13,48	2,10	3,55	0,08	2,18	2,40	3,55	1,99	0,18	—	1,00	0,16	100,30
10.	49,81	2,89	20,32	0,22	7,50	0,20	5,62	7,16	2,95	1,06	0,10	—	2,31	0,22	100,36
11.	57,59	1,23	18,32	2,62	2,85	0,11	3,58	5,67	3,49	2,93	0,63	—	1,26	0,09	100,37

1. Kvarc-sericitni škriljavac, potok Koturić, donji tok
 2. Muskovit-kloritški škriljavac sjeverno od Jastrebovače (K 447)

3. Muskovit-kloritški škriljavac, potok Koturić, donji tok
 4. Muskovit-biotitški škriljavac, potok Šamanovica, donji tok
 5. Muskovit-biotitški škriljavac, Petrov potok donji tok
 6. Biotit-muskovitški gnajs, potok Kraljevac, srednji tok

7. Biotit-muskovitški gnajs. Široki potok, gornji tok
 8. Biotit-muskovitški gnajs, Široki potok gornji tok
 9. Biotitški gnajs, Brzaja ulče Krajinovice
 10. Biotit-amfibolški gnajs, potok Svinjarac
 11. Biotit-amfibolški prugasti gnajs, jugozapadno od Skresina (K. 787)

TABELA - TABLE 2

IONSKI POSTOCI - IONIC PERCENTAGES

	Si	Ti	Al	Fe ^{III}	Fe ^{II}	Mn	Mg	Ca	Na	K	P	Suma	S	OH	O	Suma
1.	65,85	0,77	19,26	3,93	0,22	0,02	1,76	—	0,86	7,33	—	100,00	—	20,91	163,66	184,57
2.	61,27	0,61	22,02	1,55	2,89	—	3,42	0,55	2,93	4,63	0,13	100,00	—	23,33	158,41	181,74
3.	40,56	1,08	33,42	1,93	6,06	0,02	8,37	0,25	1,60	6,54	0,17	100,00	—	43,35	133,81	177,16
4.	56,99	0,62	21,81	1,61	3,79	0,07	4,88	1,29	4,98	3,78	0,18	100,00	0,27	23,47	150,53	174,27
5.	58,12	0,84	18,59	3,04	4,40	0,08	4,81	1,87	4,44	3,69	0,12	100,00	—	22,59	154,58	177,17
6.	65,10	0,64	17,50	0,98	2,77	0,06	2,71	1,67	5,62	2,77	0,18	100,00	—	12,57	164,77	177,34
7.	51,19	0,76	22,37	1,87	4,41	0,05	4,93	3,35	6,49	4,44	0,15	100,00	—	13,33	151,91	165,74
8.	44,02	0,83	25,82	1,43	5,80	0,10	6,08	4,00	6,27	5,51	0,14	100,00	—	16,87	144,36	161,23
9.	65,25	0,69	15,07	1,50	2,83	0,06	3,08	2,44	6,53	2,41	0,14	100,00	—	6,33	166,81	173,14
10.	47,15	2,05	22,63	0,15	5,92	0,16	7,92	7,25	5,41	1,28	0,08	100,00	—	14,58	150,08	164,66
11.	53,86	0,86	20,16	1,84	2,23	0,08	4,98	5,67	6,33	3,49	0,50	100,00	—	7,86	157,64	165,50

TABELA - TABLE 3

NORMATIVNI SASTAV - (po Barth-u, 1959) MOLECULAR NORM

	Q	Or	Ab	An	C	Bi	Ho	Kl _I	Kl _{II}	Mt	Sph	Ru	Il	Hm	Pr	Ap
1.	40,28	36,65	4,30	—	10,07	—	—	2,50	1,26	—	—	0,53	0,48	3,93	—	—
2.	35,15	23,15	14,65	1,65	10,84	—	—	7,40	3,27	2,32	—	—	1,22	—	—	0,35
3.	9,15	32,70	8,00	—	17,83	—	—	18,62	8,23	2,89	—	—	2,16	—	—	0,42
4.	28,73	6,92	24,90	4,95	11,07	19,17	—	—	—	2,41	—	—	1,24	—	0,13	0,48
5.	30,39	6,90	22,20	8,35	7,12	18,48	—	—	—	4,56	—	—	1,68	—	—	0,32
6.	37,13	6,60	28,10	6,85	6,37	11,72	—	—	—	1,47	—	—	1,28	—	—	0,48
7.	16,05	2,95	32,45	15,50	5,24	23,10	—	—	—	2,79	—	—	1,52	—	—	0,40
8.	1,02	10,35	31,35	18,85	6,50	27,76	—	—	—	2,14	—	—	1,66	—	—	0,37
9.	33,95	4,60	32,65	11,05	1,71	12,04	—	—	—	2,25	—	—	1,38	—	—	0,37
10.	6,81	—	27,05	15,50	5,72	10,24	30,15	—	—	0,22	—	—	4,10	—	—	0,21
11.	15,00	7,80	31,65	19,90	2,38	16,60	—	—	—	0,76	2,58	—	—	—	—	1,33

teksture, meke i podatne, uslijed čega se veoma lako boraju. Uzduž površina škrljavosti kalaju se u tanke pločice, a u zgnječenim šarnirnim djelovima bora, lome se u tanke pritke. Za razliku od opisanih kvarc-sericitskih škrljaca, u ovim stijenkama se već može zapaziti lineacija, kao sitne korugacije po površinama škrljavosti. Masna su opipa, sede-fastog sjaja. Boje su obično zelenkaste ili zelenkasto sive. Prostim okom se mogu zapaziti pored kvarca, samo krupniji listići bezbojnog tinjca i zelenkastog klorita.

TABELA - TABLE 4

NIGGLIJEVE VRIJEDNOSTI- NIGGLI VALUES

	si	al	fm	c	alk	k	mg	ti	p	t
1.	335	49	30	—	21	0,9	0,3	4	—	28
2.	264	46	34	3	17	0,6	0,4	3	0,3	26
3.	108	45	43	1	11	0,5	0,5	3	0,2	33
4.	212	40	38	6	16	0,43	0,48	2	0,3	18
5.	211	34	44	7	15	0,45	0,40	3	0,2	12
6.	310	41	31	8	20	0,33	0,42	3	0,4	13
7.	164	36	34	11	17	0,41	0,44	2,4	0,24	8
8.	122	36	37	11	16	0,47	0,45	2,3	0,2	9
9.	298	34	34	11	21	0,27	0,41	3	0,3	2
10.	131	32	39	20	9	0,2	0,56	6	0,1	3
11.	181	34	31	19	16	0,4	0,55	3	0,8	—1

Struktura ovih stijena je lepidoblastična. Zrnati i listićavi minerali izdiferencirani su u zasebne segregacione pojaseve (tab. I, sl. 1). Relikti premetamornih struktura vide se samo izuzetno. Po mineralnom sastavu ovi škrljci su slični ranije opisanim, samo su ujednačenijeg sastava i krupnijeg zrna. Tipične su parageneze:

kvarc - muskovit - klorit

kvarc - muskovit - klorit - albit

Pored ovih minerala, stijene sadrže još akcesoran epidot, klinocoisit, turmalin, rutil, magnetit i limonitsku supstancu.

Kvarc: se razvio u nepravilnim zrnima veličine 50–80 μ , rijetko preko 100 μ . Veći dio zrna ne sadrži skoro nikakvih uklopaka i potamnjuje jednolično, a samo mjestimično slabije undulozno. Drugi tragovi naprezanja se ne zapažaju. Izuzetno se može naći i poneko reliktno, ispucano zrno angularna oblika i nejednoličnog potamnjenja.

Feldspati: u ovim stijenama nisu optički konstatirani. Ipak se mora pretpostaviti da među kvarcnim zrnima ima nešto nelamelarnog albita, jer kemijske analize otkrivaju njegovo prisustvo.

Muskovit: se razvio u listićima veličine oko 200 μ , ali mjestimično se mogu naći i pločice veličine preko 1 mm. Kristalizirao je sinkinematski u plikativnoj fazi deformacija, pa se u šarniru mikrobora lijepo vide dugi, savijeni listići, a pod lukom bore, kratki mimetski nesavijeni listići.

Klorit: je uz kvarc i muskovit najznačajniji sastojak. Nalazi se u listićima veličine do 600 μ , debljine 40–60 μ . Pokazuje dobro izraženu baznu kalavost i pleohroizam: paralelno kalavosti je blijedo zelen, okomito na kalavost bezbojan. Ponekad je uzduž ravnina smicanja dekolirano ili obojen žućkasto od izluženog Fe-hidroksida.

Epidot: dolazi kao veoma sitna zrna visokog loma, raspoređena uzduž ravnina škriljavosti. Krupnija zrna, bezbojna ili blijedo žućkaste boje, veličine do 45 μ , mnogo su rjeđa.

Klinocoisit: je rjeđi sastojak ovih stijena, ali uvijek dolazi u krupnim raspucanim individualima veličine 100–150 μ . Potpuno je bezbojan, visokog reljefa i slabog dvoloma.

Na jednom krupnijem porfiroblastu određen je parcijalni dvolom $\beta - \alpha = 0.0017$. Ovaj porfiroblast leži u tjemenu jedne mikrobore među dugačkim i tankim listićima muskovita koji se oko njega ovijaju. Prilikom savijanja bore došlo je do rotacije zrna, pa je u tlačnim sjenama, tj. nenapregnutim mjestima zaštićenim samim porfiroblastom došlo do kristalizacije zelenog klorita i muskovita (tab. I, sl. 2).

Turmalin: je redovan akcesorni sastojak. Pojavljuje se u idiomorf-nim kristalima prizmatskog habitusa, dužine do 90 μ . Odlikuje se jakim pleohroizmom: $\omega =$ maslinasto-zelen, $\epsilon =$ bezbojan. Izduženi kristalići su dobro orijentirani, pa se u preparatima priređenim okomito na škriljavost i lineaciju vide karakteristični poprečni prerezi kristala u obliku sfernog trokuta.

Rutil: u nekim uzorcima potpuno izostaje, u drugim se nalazi kao zaobljena ili slabo izdužena zrna veličine do 10 μ . Smeđe je boje, veoma visokog reljefa.

Magnetit: se obično pojavljuje u sitnim opakim zrnima veličine oko 30 μ . Rjeđe se nađe po neki krupniji kristalić karakterističnog habitusa. Pojedina zrna su ponekad slabije limonitizirana.

Limonitska supstanca se nalazi ili u vidu orevlaka po površinama škrljavosti i smicanja, ili u sitnim nakupinama i trunju kao produkt rastrožbe magnetita.

Muskovit-kloritski škrljci su stijene dosta ujednačenog sastava, ali omjer pojedinih komponenata znatno varira. Za ilustraciju kemizma navedene su dvije analize ovih stijena u tabelama 1-4, pod br. 2 i 3. Obje stijene su istog mineralnog sastava, ali im je omjer komponenata različit. Prva predstavlja najrasprostranjeniji tip stijene, a druga jedan ekstremi tip s vrlo malo kvarca.

Veličina zrna ovih stijena također ne dozvoljava da im se kvantitativno odredi mineralni sastav, ali na osnovu kemizma i mikroskopskih opažanja mogao bi se ovako procijeniti:

	I	II
kvarca	35.2 %	9.1 %
albita	16.3 (do 10 % an)	8.0 (0 % an)
muskovita	33.6	48.8
klorita	12.6	31.1
akcesornih min.	2.8	3.0

Muskovit-biotitski škrljci

Između muskovit-kloritskih škrljaca i biotit-muskovitskih gnajsa izdvojena je uža zona muskovit-biotitskih škrljaca pravca pružanja zapad-istok, paralelno općem smjeru pružanja folijacije (sl. 1). Ova zona je izdvojena tek nakon mikroskopskog proučavanja sakupljenih uzoraka, jer muskovit-biotitski škrljci uz njihovu južnu granicu makroskopski nalikuju muskovit-kloritskim škrljcima, a uz sjevernu granicu biotit-muskovitskim gnajsima; stijene neprimjetno prelaze jedne u druge. Ulaz u zonu muskovit-biotitskih škrljaca označava pojava sitnog smeđeg biotita, a ulaz u zonu biotit-muskovitskih gnajsa pojava granata i crvenkasto-smeđeg biotita.

Muskovit-biotitski škrljci su sitnozrne škrljave stijene zelenkasto-sive ili tamnije sive boje, ali kad sadrže nešto grafitičnog pigmenta postaju skoro crne. Pretežno su pelitskog zrna, no za razliku od muskovit-kloritskih škrljaca nešto krupnozrnije stijene semipelitskog do psamitskog karaktera nisu rijetke. Ovakvi krupnozrniji varijeteti imaju dje-

lomično sačuvane reliktnne strukture. Inače je struktura ovih škriljaca pretežno rekristalizirana, lepidoblastična. Tipične su parageneze:

kvarc - albit - muskovit - biotit - klorit

kvarc - oligoklas - muskovit - biotit

Osim navedenih minerala stijene sadrže još akcesoran epidot, klinoisit, turmalin, grafit, magnetit, hematit i apatit.

Kvarc: reliktna angularna zrna unduloznog potamnjenja u krupnozrnijim varijetetima stijena, imaju veličinu do 150μ ; rekristalizirana zaobljena zrna su mnogo sitnija ($40 - 90 \mu$). Ovakvi individui pokazuju samo mjestimično slabije undulozno potamnjenje i obično ne sadrže uklopke.

Plagioklasi: dolaze najčešće kao nelamelarna sericitizirana zrna veličine $30 - 80 \mu$. Uklapaju mjestimično sitne listiće muskovita ili sitan zaobljen kvarc. Lamelarna zrna po albitskom i periklinskom zakonu, mnogo su rjeđa. Kako pokazuju teodolitnomikroskopska mjerenja sadrže obično $2 - 7\%$ an, rijetko $7 - 20\%$ an.

Biotit: se razvio u listićima veličine $60 - 100 \mu$, debljine $10 - 20 \mu$. Odlikuje se jakim pleohroizmom: smjerom kalavosti je žuto ili zelenkasto smeđ, okomito na kalavost blijedo žut. Neki listići su retrogradno kloritizirani.

Muskovita, u stijenama pretežno psamitskog zrna ima manje od biotita, ali u pelitskim varijetetima dolazi uz kvarc i biotit kao najvažniji sastojak. Muskovit je skupa s kvarcom sinkinematski kristalizirao u fazi plikativnih deformacija, pa snopovi savijenog muskovita i pojasevi sitnozrnog rekristaliziranog kvarca tvore izoklinalno uvijene bore. Rastu biotita međutim, pogodovala je jedna kasnija faza deformacija rupturnog tipa kojom je formiran klivaž aksialne ravnine, pa biotit mimetski kristalizira uzduž ravnina smicanja. Na krilima bora, klivaž aksialne ravnine tvori jedan novi sistem s-ravnina (s_2), koji siječe originalnu slojevitost (s_1) pod kutom od oko 20° (tab. I, sl. 3).

Klorit: je dosta čest akcesorni sastojak ovih stijena. Dijelom je primaran, a dijelom sekundaran, nastao na račun biotita. Sekundaran klorit i veličinom i oblikom podsjeća na biotit. Pokazuje slab pleohroizam: blijedo-zelen, paralelno kalavosti, bezbojan okomito na kalavost. Interferira u nenormalnim plavim interferencionim bojama nižega reda, pa se i po tome može razlikovati od primarnog (progresivnog) klorita koji obično interferira u smeđe-zelenkastoj boji.

Epidot: je važan akcesorni sastojak. Razvio se u veoma sitnim zrnima visokog loma, a katkada ga ima toliko, da pravilno raspoređena zrna

markiraju folijaciju. Veća (oko 40μ) zaobljena zrna su mnogo rjeđa. Na ovakvim zrnima međutim ponekad se može primjetiti pleohroizam u blijedo-žučkastim tonovima.

Klinocoisit: je rijedak akcesorni sastojak. Dolazi kao zaobljena nepravilno raspucana reljefna zrna veličine $30 - 50 \mu$. Interferira u niskim plavo-sivkastim bojama nižega reda.

Turmalin: je dosta čest sastojak. Razvio se u kristalima karakterističnog habitusa, izražene hemimorfije, veličine do 70μ . Pokazuje uvijek jak pleohroizam: $\omega =$ plavkasto-zelen, $\varepsilon =$ bezbojan. Neki kristali su zonarno građeni od jezgre prema rubu, pa pojedine zone interferiraju u različitim bojama pod ukrštenim nikolima.

Grafit: je nađen samo u nekim uzorcima, u zapadnom dijelu terena. Razvio se u sitnom trunju uzduž površina škriljavosti i smicanja. Veći (oko 40μ) neprozirni listići, rasčihanih, nejasnih rubova, sreću se samo izuzetno.

Apatit: je također rijedak sastojak, a pojavljuje se u kristalčićima kratkostubastog habitusa dužine do 40μ . Ponekad ima slabo izražene terminalne plohe.

Magnetit: dolazi u sitnim, opakim, rijetko idiomorfnim individualima veličine do 30μ .

Hematit: se u nekim uzorcima razvio u sitnim, slabo providnim listićima crvene boje. Pod ukrštenim nikolima je skoro potpuno neproziran.

Kemizam ovih stijena pokazuju dvije analize navedene u tabelama 1-4, pod br. 4 i 5. Prva je analiza od jednog uzorka, koji je strukturom i teksturom najbližiji muskovit-kloritskim škriljcima, a druga jednog jače metamorfoziranog uzorka.

Navedene analize se dosta razlikuju od analiza muskovit-kloritskih škriljaca, iako se na osnovu samog izgleda ne bi reklo da postoji neka veća razlika u kemizmu ovih stijena. Povećan sadržaj Fe, Mg, te Na i Ca ukazuje da su muskovit-biotitski škriljci bili u znatnoj mjeri podvrgnuti djelovanju metasomatizma. Kod toga je sačuvana tekstura i struktura niže metamorfoziranih stijena, ali je kemizam prilično izmijenjen.

Stvarni mineralni sastav ovih škriljaca se zbog malih dimenzija zrna ne može odrediti, već ga moramo procijeniti na osnovu mikroskopskih opažanja, kemizma i normativnog sastava. Ovako procijenjen modalni sastav bio bi slijedeći:

	I	II
kvarca	26.4 %	30.0 %
plagioklasa	20.4 (12 % an)	18.0 (15 % an)
biotita	8.3	14.0
muskovita	29.8	23.3
klorita	10.5	5.7
epidota (klinocoisita)	2.1	4.5
magnetita, hematita,	2.5	4.5
pirita		

Biotit-muskovitski gnajsi

Biotit-muskovitski gnajsi predstavljaju najrasprostranjeniju vrstu stijena u seriji kristalastih škriljaca Ravne gore. Od muskovit-biotitskih škriljaca koji leže južnije, razlikuju se i po teksturi i po mineralnom i kemijskom sastavu. Na samom prelazu ovih stijena razlika u teksturi i nije toliko karakteristična, ali idući prema sjeveru, sve dublje u područje biotit-muskovitskih gnajsa, stijene postaju krupnijeg zrna, a diferenciranje zrnatih i lističavih minerala, počinje se zapažati i prostim okom.

Boja ovih stijena je tamno siva do crna, jer su bogate biotitom, koji je dobro planarno orijentiran i gradi jasno izraženu škriljavost (tab. I, sl. 4). Struktura, prema omjeru tinjac - kvarc (feldspat) varira od lepidoblastične do granoblastično-lepidoblastične. Kvarc (feldspat) i tinjci izdiferencirani su u zasebne segregacione pojaseve. U leukokratskim pojasevima kvarc i feldspati dolaze u zaobljenim zrnima ojednake veličine, koja ne zadiru jedna u druge, pa ovakvi pojasevi imaju mozaičnu strukturu.

Za biotit-muskovitske gnajse karakteristična je pojava granata i smeđe-crvenkastog biotita, na osnovu čega su izdvojeni od muskovit-biotitskih škriljaca. Tipične parageneze su slijedeće:

- kvarc - oligoklas - biotit - muskovit - klorit
- kvarc - oligoklas - biotit - muskovit - granat
- kvarc - oligoklas - biotit - muskovit - granat - staurolit

Kao akcesorni minerali pojavljuju se još turmalin, cirkon, klinocoisit, apatit i magnetit.

Kvarc: je najobilniji sastojak, a dolazi u obliku rekristaliziranih zrna češće izometrijskih, veličine do 300 μ , a rjeđe izduženih, orijentiranih paralelno lineaciji dužine do 350 μ . Obično je bistar, samo ponekad

sadrži mjehuriće zraka ili pravilno orijentirane sitne praškaste inkluzije. Rijetko uklapa listić muskovita ili kristalić cirkona. Tamni najčešće jednolično i oštro, rjeđe se zapaža undulozno potamnjenje.

Plagioklasi: se pojavljuju uz kvarc, najčešće u zaobljenim zrnima veličine do 300μ , rjeđe izduženim, veličine do $250 \times 600 \mu$. To su većinom nelamelarna zrna koja svojim izgledom, naročito kad su bistra, bez uklopaka, potpuno podsjećaju na kvarc, pa ih je moguće međusobno razlikovati jedino u konvergentnom svijetlu. Za teodolitnomikroskopska mjerenja izabrana su ona rijetka lamelarna zrna, kao i ona, koja su imala bolje izražene geometrijske elemente. Mjerenja pokazuju da sadrže 20 – 24 % an-komponente.

Biotit: se razvio u krupnim listićima veličine oko 500 – 600 μ ali nisu rijetke i pločice veličine preko 1 mm. Odlikuje se jakim pleohroizmom: paralelno kalavosti je tamno crvenkasto-smeđ, okomito na kalavost bezbojan do žućkast. Često uklapa sitne kristaliće cirkona oko kojih se vidi crni pleohroitski ovoj. Retrogradno prelazi u klorit. Proces počinje izdvajanjem igličastog sagenita (tab. II, sl. 5) i promjenom boje iz crveno-smeđe u zelenkasto-smeđu. Ponekad se umjesto sagenita izdvajaju nepravilna zrna ilmenita.

Biotit je kristalizirao sinkinematski u fazi plikativnog deformiranja stijene. U šarniru mikrobora, listići su savijeni i rasčihani, a pod lukom bore, nesavijeni listići kristaliziraju mimetski gradeći poligonalne lukove (tab. II, sl. 6). Ovo su procesi progresivnog metamorfizma i biotiti, makar kako bili kinematski oštećeni, nisu u ovoj fazi niti u tragovima kloritizirani.

Uz ovakav rasčihani i savijen biotit, javljaju se ponekad sitne iglice visokog loma, paralelnog potamnjenja i pozitivne elongacije, koje vjerovatno pripadaju *silimanitu*. Pojava silimanita uz biotit u zonama izvrnutim maksimalnim naprezanjima nije rijetka, a opisana je već dosta davno (Rosenbusch H. & Wülfing E. A. 1927 p. 319).

Muskovit: dolazi uvijek uz biotit i često je sa njim paralelno srastao po bazi (tab. I, sl. 4). Tvori tanke listiće veličine 300 – 600 μ , ali ima i većih do 1 mm u promjeru. Kristalizirao je sinkinematski u fazi plikativnog deformiranja stijene skupa s biotitom.

Klorit: je redovan sastojak retrogradno izmijenjenih gnajsa a nalazimo ga najčešće u pseudomorfozama po biotitu ili granatu. Pseudomorfan po biotitu pokazuje uvijek jasan pleohroizam: okomito na kalavost je bezbojan, paralelno kalavosti sivo-zelenkast. Interferira u nenormalnoj ultraplavoj boji I reda, koja je karakteristična za penin. Pseudomorfoze klorita po granatu predstavljaju nepravilne agregate sitnih listića klorita, kod kojih se pleohroizam teže primjećuje. Interferiraju također u nenormalnim plavim bojama I reda.

U gnajsima zapadnog dijela terena međutim, pored sekundarnog klorita, dolazi i jedna sasna druga vrsta, nastala vjerovatno kao produkt progresivnog metamorfizma. Ovaj klorit dolazi u obliku lepezastih, lamelarnih pojkiloblasta, nepravilno orijentiranih u odnosu na folijaciju koju markiraju mnogo manji listići biotita i muskovita (tab. II, sl. 7). Pokazuje slab pleohroizam: paralelno kalavosti je blijedo zelen, okomito na kalavost bezbojan. Sadrži uklopljena sitna zrna kvarca, ili po bazi srasle listiće biotita ili muskovita, te sitne idiomorfne kristaliće cirkona, oko kojih se također vidi pleohroitski ovoj. Interferira u maslinasto-zelenoj boji nižega reda.

Obzirom na orijentaciju i veličinu u odnosu na biotit i muskovit, možemo pretpostaviti da je ovaj klorit kristalizirao nakon glavne faze plikativnih deformacija, a budući da se bitno razlikuje od klorita (penina) koji je sigurno sekundaran, možemo zaključiti da je nastao kao produkt progresivnog metamorfizma.

Granat: je redovan akcesorni sastojak, a karakterističan je baš za ove stijene, jer ga u škriljcima nižeg stupnja metamorfizma ne nalazimo. Dolazi u vidu zaobljenih pojkiloblasta koji mogu imati i do 2-3 mm u promjeru. Obično je nepravilno raspucan, a uklapa sitnija zrna kvarca, opakih minerala, ponekad i biotita. Kristalizirao je sinkinemat-ski u odnosu na glavnu fazu deformacija, pa je kod toga rotiran, te često pokazuje karakterističnu »snowball« strukturu. Posmatran bez analizatora, obično je bezbojan ili možda, veoma slabo ružičast. Indeks loma određen u žutom Na-svijetlu iznosi $n_D = 1.789$. Po Winchellu (1951, p. 487) to bi bio granat iz reda piro-p-almandina sa oko 70% almandinske komponente. Retrogradno izmijenjeni granat prelazi u klorit, koji se obično pojavljuje najprije uzduž pukotina i po obodu, a zatim postepeno osvaja cijelo zrno.

Staurolit: je također karakterističan sastojak, ali izgleda da ima ograničeno rasprostranjenje, jer dolazi skoro isključivo u gnajsima srednjeg toka potoka Kraljevac i Kestenje. Tu se najčešće razvio u anhedralnim zrnima promjera do 250μ , ali na jednom mjestu nađeni su i krupni idiomorfni individui i karakteristični ukršteni sraslaci dužine do 8 mm. Na ovim kristalima najbolje razvijene plohe pripadaju formama (010) i (110), zbog čega presjeci okomiti na glavnu kristalografsku os imaju skoro pravilan šesterokutan oblik.

Pod mikroskopom, kristali staurolita izgledaju uvijek reljefno. Nepravilno su raspucani i obično puni uklopaka kvarca, rudnih minerala, biotita ili muskovita, a negdje se nađe i po koje zaobljeno zrno granata ili idiomorfni kristalić cirkona. Staurolit je obično dobro planarno orijentiran, te leži u ravnini folijacije na jednoj od ploha forme (110) koja je u tom slučaju najbolje razvijena, a paralelno toj plohi su orijentirani i uklopci. Tragovi kalavosti po II pinakoidu opaženi su samo na nekim

zrnima. Pleohroizam se međutim, uvijek jasno zapaža : Z = jasno žut, Y = bezbojan do blijedo žut, X = bezbojan. Mjerenjem totalnog i parcijalnog dvoloma dobijene su slijedeće vrijednosti: $\gamma - \beta = 0.0057$, $\beta - \alpha = 0.0053$, $\gamma - \alpha = 0.0108$. $2V_z = 88 \frac{1}{2}^\circ$, disperzija jasna $r > v$.

Staurolit se retrogradno sericitizira. Sericit se najprije pojavljuje uzduž pukotina i po obodu kristala (tab. II, sl. 8). Daljnjim napredovanjem procesa ostaju samo pojedina nepravilna zrna staurolita u masi sericita. U nekim preparatima primjećene su monomineralne segregacije sericita i sitnih listića muskovita izduženog oblika, dužine do 3 mm. Ovakve segregacije sericita predstavljaju vjerovatno pseudomorfoze po staurolitu, iako od staurolita nije ostalo ništa sačuvano.

Turmalin: se pojavljuje u izduženim, prizmatskim kristalima dugim do 200 μ , na kojima se obično jasno zapaža hemimorfija. Dobro je linearno orijentiran, glavna kristalografska os mu je skoro uvijek paralelna lineaciji i osi B. U poprečnom prerezu pokazuje karakterističan obris u vidu sfernog trokuta, ili šesterokuta sa tri slabije izražena ugla. Na ovakvim prerezima se često može opaziti i zonarna građa. Uzdužni prerezi pokazuju uvijek jak pleohroizam : ω = maslinasto-zelen, ϵ = bezbojan.

Cirkon: sitni idiomorfni kristali obično dolaze uklopljeni u biotitu ili kloritu. Uvijek su opkoljeni tamnim pleohroitskim ovojem. Dužina im iznosi obično 20–70 μ .

Klinocoisit: je rjeđi akcesorni sastojak, a dolazi kao zaobljena, raspucana zrna veličine do 200 μ . Reljefom se ističe u preparatu. Popsjeća donekle na apatit, ali u konvergentnom svijetlu se jasno vidi dvoosna interferenciona figura.

Apatit: je rijedak akcesorni sastojak. Pojavljuje se u kristalirna štapičastog habitusa dužine do 300 μ . Potpuno je bezbojan. Tamni paralelno, elongacija negativna.

Opaki minerali: su redovni akcesorni sastojci ovih stijena, iako dolaze u maloj količini i to najčešće kao sitna zaobljena zrna do 50 μ u promjeru. Ponekad se nađe i po neko veće zrno koje pokazuje karakteristične konture magnetita, drugo opet zlatno žute reflekske pirita. Ali za većinu zrna se ne može pouzdano reći kojem od ova dva minerala pripadaju.

Kemijska analiza i norm proračuni jednog karakterističnog uzorka iz ove grupe stijena navedeni su u tabelama 1–4, pod br. 6. Visok sadržaj CaO i Na₂O, odnosno visok sadržaj normativnog plagioklasa pokazuje, da su ove stijene već u znatnoj mjeri bile podvrgnute djelovanju Na-Ca metasomatizma. To pokazuju i Nigglijeve vrijednosti, koje dobro odgovaraju granodioritskoj (farsunditskoj) magmi. Jedino povišena vrijednost *fm*, te izrazito niska vrijednost *c* otkrivaju njihovo sedimentno porijeklo.

Kvantitativni mineralni sastav (vol. %) nekih uzoraka ovih stijena prikazan je na tabeli 5.

TABELA - TABLE 5

 MODALNI SASTAV (vol. %) BIOTIT - MUSKOVITSKIH GNAJSA
 MODE (vol. %) of BIOTITE - MUSCOVITE GNEISSES

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kvarc	16,3	43,5	35,6	44,0	23,7	57,2	45,3	36,4	69,1	53,5	35,2	36,9	48,0
Plagioklas	37,0	24,4	24,9	16,6	38,8	18,7	32,0	30,0	13,3	15,1	28,4	17,8	22,1
Biotit	41,7	25,9	28,8	27,0	22,1	16,7	14,6	23,5	20,7	22,1	22,7	31,2	24,6
Muskovit	4,8	5,6	7,8	9,9	14,2	6,4	6,3	9,4	2,3	7,3	11,0	13,9	3,9
Granat	—	0,4	2,2	1,0	0,7	—	0,9	0,4	—	0,7	1,9	0,2	—
Straurolit	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	0,2	+	—
Klorit	—	—	+	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Klinocoisit	—	—	+	+	+	—	—	+	—	0,2	—	—	0,1
Turmalin	—	—	0,2	+	0,1	—	+	—	—	0,2	0,1	—	0,2
Apatit	+	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+
Cirkon	—	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
Rudni minerali	0,2	0,2	0,5	0,7	0,4	1,0	0,9	0,3	0,6	0,9	0,5	+	1,1

1. Široki potok izvorište
2. Brezovo brdo
3. Pakra srednji tok
4. Petrov potok srednji tok
5. Petrov potok srednji tok
6. Petrov potok gornji tok
7. Koturički potok srednji tok

8. Koturički potok srednji tok
9. Ravna gora trig. 856 m
10. Potok Kraljevac gornji tok
11. Potok Kraljevac srednji tok
12. Potok Kestenje srednji tok
13. Potok Macutan srednji tok

Raffaelli: Metamorfizam paleozojskih pelitskih skrnljaca

U zoni biotit-muskovitskih gnajsa zapadnog dijela terena (Široki potok), mogu se mjestimično naći izvjesni varijeteti koji se donekle mineraloški i kemijski razlikuju od ostalih stijena. Na prvi pogled, dosta je teško opaziti da postoji neka veća razlika; ali pažljivijim promatranjem mogu se mjestimično u stijeni naoko normalnog izgleda, opaziti pojedini krupniji porfiroblasti feldspata, ili tanje rasplinite leukokratske žice, sastavljene od kvarca i feldspata, uzduž kojih kristalizira biotit u krupnim listićima. Detaljno mikroskopsko i kemijsko proučavanje ovih stijena pokazuje razlike koje se ne bi mogle tumačiti isključivo raznolikošću primarnog sedimenta, već se mora pretpostaviti i izvjesna razlika u karakteru metasomatskog dovadanja materijala.

Pod mikroskopom se također odmah zapaža koliko se ovi varijeteti razlikuju od gnajsa ostalog dijela terena. Naročito je upadljiva mala količina kvarca i velika količina plagioklasa i biotita. Muskovit je poreden i mjestimično potpuno izostaje. Plagioklasi su uvijek jako sericitizirani. Dolaze najčešće kao polisintetski sraslaci po albitskom i periklinskom zakonu. Među porfiroblastima su konstatirani i sraslaci po kompleksnom karlovarsko-albitskom zakonu (tab. III, sl. 9). Teodolitno-mikroskopska mjerenja pokazuju da su i porfiroblastični plagioklasi i plagioklasi u okolnoj stijeni normalne veličine zrna znatno bazičniji od plagioklasa ostalih gnajsa ove zone i da sadrže 35–40% an-komponente.

Biotit ovih stijena pokazuje naročito jak pleohroizam: smjerom kalavosti je tamno crveno-smeđ, okomito na kalavost zlatno-žut. Ovo je pleohroizam biotita bogatih titanom. Povećan sadržaj titana zaista pokazuju analize ovih stijena. U nekim uzorcima međutim biotit pokazuje sasvim drugačiji pleohroizam: smjerom kalavosti je maslinasto zelene, a okomito na kalavosti žute boje. Ovo je opet pleohroizam feromagnezijskih biotita, bez titana. Ovakve stijene međutim nisu siromašnije, nego još bogatije titanom, kao i kalcijem, jer se u njima javljaju kao akcesorni minerali sfen, ilmenit, epidot i apatit, pa tako titan formira vlastite minerale (sfen i ilmenit), a kalcij ulazi ne samo u sastav plagioklasa, već i sfena, epidota i apatita.

Kemizam ovih stijena ilustriraju dvije analize navedene u tabelama 1–4, pod br. 7 i 8. Prva analiza je od jednog uzorka koji je sadržavao rasplinite žice i pojedinačne porfiroblaste kvarca, plagioklasa i biotita, a druga od jednog uzorka normalnog izgleda i strukture.

Navedene analize su potpuno u skladu sa podacima dobijenim mikroskopskim proučavanjem uzoraka i pokazuju bazičniji karakter ovih stijena. Nešto veći sadržaj kvarca u obliku porfiroblasta u prvom uzorku, očituje se u pojavi 16% Q u normativnom sastavu stijene. Nasuprot tome, normativni sastav drugog uzorka pokazuje svega oko 1% Q, što je također u skladu s mikroskopskim opažanjem, jer je ova stijena sastavljena skoro isključivo od plagioklasa i tinjaca. U sastav obih stijena

ulazi oko 50 % plagioklasa iz reda andezina; navedena količina dobijena izračunavanjem normativnog sastava, po svojoj prilici ne odstupa znatno od stvarnog sadržaja ovog minerala u stijeni.

Pojava znatno bazičnijih plagioklasa i Ti-biotita, te sfena, ilmenita, epidota i nešto veće količine apatita pokazuje, da su ove stijene u odnosu na ostale biotit-muskovitske gnajse u izvjesnoj mjeri bazificirane, a mogli bi ih shvatiti kao neku vrstu plagioklasnih migmatita (J. Jung & M. Roques, 1952, p. 28).

Biotitski gnajsi

Biotitski gnajsi se normalno nastavljaju na biotit-muskovitske gnajse i leže općenito sjevernije: izgrađuju bilo Ravne gore, te njene sjeverne padine prema potoku Krajčinovici. Karakteristika ovih stijena je dobro izražen litaž i krupnije zrno, po čemu se makroskopski mogu dosta dobro razlikovati od ostalih, nižemetamorfiziranih škriljaca.

Pod mikroskopom biotitski gnajsi pokazuju najčešće granoblastičnu strukturu. Kod uzoraka bogatijih tinjcem, struktura je granoblastično-lepidoblastična. Folijaciju markira biotit, u uzorcima bogatijim silimanitom, biotit i silimanit. Karakteristične su slijedeće parageneze::

kvarc - oligoklas - biotit - (muskovit)

kvarc - oligoklas - biotit - granat

kvarc - oligoklas - biotit - granat - silimat

Kao akcesorni minerali pojavljuju se još turmalin, apatit, cirkon i opaki minerali.

Kvarc: pojavljuje se najčešće kao zaobljena zrna veličine 200 - 400 μ , ali se mogu naći i krupnija, nepravilna, izdužena zrna veličine do 1 mm. Rekristaliziran je i ne pokazuje znakove naprezanja. Sadrži malo uklopaka i to najčešće zrno cirkona ili listić biotita. Pod ukrštenim Nikolima tamni jednolično, undulozno potamnjenje se rjeđe zapaža.

Plagioklasi: dolaze u nepravilnim, zaobljenim zrnima veličine do 600 μ , ili izduženim do 800 μ . Obično je nelamelaran i svjež, često ne pokazuje niti pukotine kalavosti. U tom slučaju se od kvarca može pozdano razlikovati jedino u konvergentnom svijetlu. Sraslaci su prilično rijetki: najčešće dolaze kao dvojci ili zrna sa dvije-tri šire lamele. U nekim uzorcima plagioklasi su slabije sericitizirani. Kako pokazuju teodolitnomikroskopska mjerenja, plagioklasi ovih stijena sadrže 22 - 25 % an, u sjevernom dijelu terena i do 30 % an-komponente.

Biotit: najčešće se razvio u listićima veličine 300-600 μ , ali se mogu naći i krupnije pločice veličine 1-2 mm. Odlikuje se uvijek jakim pleo-

hroizmom: paralelno kalavosti je tamno crveno-smeđ, okomito na kalavost žut. Skoro svaki listić sadrži uklopljeno zrnce cirkona oko kojeg se vidi tamni pleohroitski ovoj. Retrogradno se biotit kloritizira. Kod toga obično dolazi do izdvajanja igličastog sagenita ili nepravilnih opakih zrna ilmenita. Isto kao i u biotit-muskovitskim gnajsima, biotit je i u ovim stijenama kristalizirao sinkinematski.

Muskovit: u pravilu ove stijene ne sadrže muskovita, no u pojedinim uzorcima se ipak pojavljuje, ali ne kao sitni listići uz biotit, već kao krupni pojkiloblasti, postkinematski u odnosu na fazu deformacija kojoj pripada biotit (tab. III, sl. 15). Ovakvi pojkiloblasti imaju oblik pločica sitaste građe, izrešetanih zaobljenim ili paralelno kalavosti izduženim zrnima kvarca. Ponekad uklapaju i paralelno srasle listiće biotita. Bez analizatora su uvijek potpuno bezbojni, sa jasno izraženim pukotinama kalavosti.

Granat: je redoviti sastojak, a dolazi kao idiomorfni pojkiloblasti promjera preko 1 mm. Redovito je pun uklopaka kvarca, biotita ili opakih minerala. Obično je bezbojan ili možda jako blijedo ružičast. Interesantno je, da se u ovim stijenama pojedina zrna granata retrogradno sericitiziraju, a ne kloritiziraju, kao granati biotit-muskovitskih gnajsa. Proces počinje po pukotinama gdje se najprije pojavljuju listići i iglice sericita.

Silimanit: se pojavljuje samo u gnajsima gornjeg toka Krajčinovice. Tu se razvio u 6–7 mm dugim fibroznim kristalima visokog loma, člankovito razlučenim poprečnim pukotinama (tab. III, sl. 11). Debljina pojedinih kristala nije veća od 200 μ . Bezbojan je ili možda sasvim blijedo zelenkastosmeđ. Tamni paralelno, elongacija pozitivna.

Turmalin: je rijedak akcesorni sastojak, a nađen je samo u uzorcima s južnih padina Ravne gore. Ima habitus stubastih kristala dužine do 200 μ . Pokazuje uvijek jak pleohroizam: ω = maslinasto-zelen. ε = blijedo žućkast.

Apatit: je rjeđi akcesorni sastojak, a pojavljuje se u tankim igličastim kristalima dužine do 200 μ . Ponekad je poprečnim pukotinama člankovito razlučen. Pod ukrštenim nikolima tamni paralelno. Elongacija negativna.

Cirkon: dolazi kao sitna zrna uklopljen u biotitu, ili kao izdužena, eliptična zrna veličine do 50 μ . Ističe se visokim lomom i živim interferencionim bojama.

Opaki minerali: sitnija zrna ovih minerala sreću se u skoro svakom preparatu iako nisu nikada brojna. Nalaze se obično uz biotit, nepravilnog su oblika, veličine do 200 μ . Među ovim zrnima se mogu razabrati slijedeći minerali: *pirit*: po zlatno-žutim refleksima i veoma rijetko

pravilnim konturama koje upućuju na heksaedre; *magnetit* po čeličnosivim refleksima i karakterističnim prerezima u obliku romba, te konačno *ilmenit* kojeg nalazimo obično uz *biotit*, a ima nepravilan oblik i slabije reflektira svijetlo.

TABELA - TABLE 6

MODALNI SASTAV (vol. %) BIOTITSKIH GNAJSA
MODE (vol. %) of BIOTITE GNEISSES

	1	2	3	4	5	6	7
Kvarc	37.2	45.1	43.6	22.6	24.3	31.4	33.2
Plagioklas	35.4	24.6	26.7	42.8	47.9	42.6	35.4
Biotit	24.2	26.8	27.1	30.8	24.6	23.4	23.8
Muskovit	1.7	—	+	1.3	—	2.2	—
Granat	0.5	2.3	1.9	2.0	1.2	0.4	2.4
Silimanit	—	—	—	—	—	—	4.8
Turmalin	+	+	—	—	—	—	—
Apatit	—	+	+	—	+	+	+
Cirkon	—	+	+	+	—	+	+
Rudni minerali	1.0	1.2	0.7	0.5	2.0	+	0.4

1. Pakra, gornji tok
2. Koturički potok, gor. tok
3. Ravna gora, vrh Glogovica

4. Ravna gora, kota 765
5. Potok Svinjarac, gornji tok
6. Brzaja, ulje Krajčinovice
7. Krajčinovica, gornji tok

Kemijska analiza i norm-proračuni jednog karakterističnog uzorka iz ove grupe stijena navedeni su u tabelama 1—4, pod br. 9.

Analiza i proračuni pokazuju, da su biotitski gnajsi ne samo po svom mineralnom sastavu, nego i po kemizmu već sasna blizu granodioritima. Nigglijeve vrijednosti odgovaraju granodioritskim i kvarcdioritskim magmatskim tipovima, a najbliže su farsunditskom tipu. Jedina razlika je u nešto smanjenim vrijednostima *al* i *c*, te znatno povećanoj vrijednosti *fnz* komponente, što ponovno upućuje na njihovo sedimentno porijeklo.

Kvantitativni mineralni sastav (vol. %) nekih uzoraka ovih stijena prikazan je na tabeli 6.

b. Amfibolske stijene

U seriji kristalastih škrljaca Ravne gore, ambifolske stijene su količinski daleko podređene u odnosu na tinjčaste stijene. Pojavljuju se kao proslojci ili tanje, izdužene leće škrljave teksture unutar biotitskih gnajsa i migmatiziranih biotitskih gnajsa, a predstavljaju vjerovatno, tanje laporovite proslojke interkalirane unutar prvobitne serije pelitskih sedimentata. U zoni biotitskih gnajsa, amfibolske stijene su predstavljene normalnim biotit-amfibolskim gnajsima sedimentnog porijekla; u zoni migmatita i amfibolske stijene su migmatizirane i daju prugaste biotit-amfibolske gnajse tonalitskog sastava.

Biotit-amfibolski gnajsi

U biotitskim gnajsima gornjeg toka potoka Svinjarca pojavljuju se tanji ulošci ove škrljave zelenkaste stijene, u kojoj se pod lupom, pored rijetkih ali krupnih listića biotita mogu razabrati i sitni kristali amfibola.

Struktura stijene je diablastična. Budući da biotita ima relativno malo, folijaciju markiraju izduženi i dobro orijentirani kristali amfibola. Stijena se satoji od kvarca, plagioklasa, amfibola, biotita, epidota, sericita i pirita.

Kvarc: nije tako obilno zastupljen, a dolazi u zaobljenim zrnima veličine 150–200 μ . Pojedina zrna su nepravilno raspucana, ali u većini slučajeva ipak potamnjuju jednolično. Samo se kod nekih zrna može primjetiti slabije undulozno potamnjenje.

Plagioklasi: imaju oblik nepravilnih izduženih zrna, veličine do 0.6×0.9 mm. Većinom su to kristali samci, sa slabo izraženim geometrijskim elementima. Lamelarna zrna su dosta rijetka. Mjestimično su čitava zrna pretvorena u smjesu sericita i epidota. Dijelovi zrna koji nisu zahvaćeni ovim procesom često potamnjuju zonarno. Bazicitet im zbog toga varira u dosta širokim granicama (40–55 % an).

Amfibol: je najvažniji bojani sastojak, a dolazi najčešće u idioblastima produbljenim smjerom glavne kristalografske osi, koji mogu biti dugi i preko 1 mm. Kristali su dobro planarno orijentirani i obično leže sa plohom (110) u ravnini škrljavosti. Linearna orijentacija je slabija, iako je kod većine zrna glavna kristalografska os paralelna lineaciji. Pojedini povoljno presječeni kristali pokazuju karakterističnu kalavost i pleohroizam koji nije jak, ali je uvijek jasno izražen: Z = blijedo sivo-zelenkast, Y = blijedo maslinasto zelenkast, X = bezbojan do blijedo žut. $Z < c = 16^\circ$, $2V_x = 82 \frac{1}{2}^\circ$, $\gamma - \alpha = 0.0225$. Na osnovu navedenih konstanti, ovaj amfibol je najbliži aktinolitskoj hornbledi.

Amfiboli u ovoj stijeni dolaze često i kao sraslaci po (100). Od uklopaka sadrže najčešće sitna zaobljena zrna kvarca i neprozirna zrna pirita.

Biotit: pojavljuje se obično u krupnim listićima veličine i preko 1 mm. Odlikuje se jakim pleohroizmom: paralelno kalavosti je maslinasto zelen, okomito na kalavost bezbojan do blijedo zelen. Veći dio listića je kloritiziran i interferira u sivo-plavkastim bojama I reda.

Epidot: razvio se u veoma sitnom zrnju obično po plagioklasima. Zbog visokog loma i malih dimenzija, skoro je neproziran. Nešto krupnija, zaobljena zrna gotovo su bezbojna i ne pokazuju pleohroizma.

Sericit: nalazi se također po plagioklasima skupa s epidotom. Razvio se kao sitni listići i vlakanca, koja pod ukrštenim nikolima živo interferiraju.

Pirit: dolazi obično u nepravilnom zaobljenom zrnju veličine 200 – 500 μ . Potpuno je neproziran. U reflektiranom svjetlu pokazuje karakteristične zlatno-žute reflekske.

Kemijska analiza i norm-proračuni ove stijene navedeni su u tabelama 1 – 4, pod br. 10.

Biotit-amfibolski prugasti gnajs

U lijevom izvorišnom kraku Petrovog potoka, pojavljuju se na nekoliko mjesta izdanci škriljavih biotit- amfibolskih gnajsa sličnih onom iz potoka Svinjarca. Na visini od 650 m, na samom početku staze koja se odvaja od potoka i penje prema sjeveroistoku na Skresine, nalazi se jedan takav veći izdanak. Konkordantno folijaciji uložene su ovdje rasplinute žice i leće granitičnog materijala, pa mjestimično stijene prelaze u škriljave amfibolske granodiorite (tonalite) sa uložnim melanokratskim pojasevima sastavljenim pretežno od amfibola i biotita. U cjelini, stijene imaju izgled prugastih gnajsa.

Struktura ovih stijena je granoblastična ili diablastična. Folijaciju markiraju dobro orijentirani, krupni listići biotita i izduženi kristali amfibola. U leukokratskim djelovima stijene, biotit a naročito amfibol, slabije su orijentirani. U sastav stijene ulaze kvarc, plagioklasi, amfibol, biotit, epidot, coisit, apatit, sfen i ilmenit.

Kvarc: ima obično oblik nepravilnih zrna veličine 150 – 300 μ ali u leukokratskim djelovima stijene dolaze u još većim zrnima, koja obično ispunjaju prostore među velikim ksenoblastima plagioklasa. Sitnija zrna su nazubljenih rubova, bez uklopaka, a tamne jednolično i oštro. Nasuprot tome, krupnija zrna u leukokratskim djelovima stijene su često nepravilno raspucana a tamne pretežno undulozna.

Plagioklasi: u melanokratskim pojasevima dolaze kao zaobljena zrna veličine 250 – 300 μ . To su obično kristali samci ili polisintetski sraslaci, po albitnom, rjeđe periklinskom zakonu. Kako pokazuju teodolitnomikroskopska mjerenja sadrže oko 35 % an-komponente.

U leukokratskim djelovima stijene plagioklasi dolaze kao krupni ksenoblasti ili idioblasti (tab. III, sl. 12). Nisu rijetki ni zonarno građeni kristali. Bazicitet imaju isti kao i plagioklasi melanokratskih pojasa (35 – 37 % an).

Amfibol: je glavni bojani sastojak melanokratskih pojasa. Pojavljuje se kao ksenoblasti veličine 300 – 800 μ , ili kao krupni pojkiloblasti sitaste građe, koji uklapaju sitna zaobljena zrna kvarca. Obično leži u ravnini folijacije na jednoj od ploha forme (110). Pleohroizam ima jasan, u plavkasto-zelenim tonovima: Z = plavkasto-zelen, Y = maslinasto-zelen, X = blijedo zelenkasto-žut. $Z \wedge c$ iznosi 17° , $2V_X = 60^{1/2}$, $\gamma - \alpha = 0.0190$. Prema navedenim konstantama, ovaj amfibol najbolje odgovara hornblendi, sa nešto povećanim sadržajem alkalija, na što nas upućuju plavkaste pleohroitske boje i nešto smanjen kut optičkih osi.

Biotit: je rjeđi bojani sastojak. Dolazi u listićima do 1 mm veličine, dobro orijentiranim u melanokratskim djelovima stijene. U leukokratskim djelovima je nešto slabije orijentiran, a pojavljuje se pojedinačno, među krupnim ksenoblastima plagioklasa. Odlikuje se jakim pleohroizmom: paralelno kalavosti je tamno zeleno-smeđ, okomito na kalavost zlatno žut. Ponekad sadrži uklopljene sitne kristaliće apatita ili zaobljeno zrno sfena, oko kojeg se vidi tamni pleohroitski ovoj.

Epidot: u leukokratskim dijelovima stijene dolazi kao nakupine veoma sitnih zrna po plagioklasima; u melanokratskim dijelovima međutim, pojavljuje se u krupnim zaobljenim zrnima, koja se reljefom ističu u preparatu. Dolazi i u sraslacima po zakonu (100). Pleohroizam mu nije baš jak, ali se jasno zapaža na skoro svakom zrnu: Z = blijedo zelenkasto žut, Y = bezbojan, X = bezbojan. $X \wedge c$ iznosi $2^{1/4}$, $2V_X = 78^{1/2}$, disperzija jaka $r > v$.

Coisit: se mjestimično pojavljuje uz epidot, kao zaobljena zrna veličine do 200 μ . Reljef ima jak, isto kao i epidot. Pod ukrštenim mikrolima interferira u plavkastim bojama I reda, koje su za njega karakteristične.

Apatit: dolazi u karakterističnim igličastim kristalima dugim do 100 μ , najčešće uklopljen u kvarcu, biotitu ili sfenu. U nekim preparatima mogu se naći i krupnija zrna, dosta visokog reljefa, obično poprečno razlučena.

Sfen: je dosta čest akcesorni sastojak. Pojavljuje se u karakterističnim klinastim ili izduženim kristalima, veličine do 600 μ . Teodolitnomikroskopski izmjeren kut optičkih osi mu iznosi $2V_Z = 26^{1/2}$, disperzija veoma jaka $r > v$. Uklapa sitne igličaste kristale apatita, ili zaobljena zrna ilmenita.

Kemijska analiza i norm proračuni jednog pretežno leukokratskog uzorka, navedeni su u tabelama 1 – 4, pod br. 11.

ZONEOGRAFIJA KRISTALASTIH ŠKRILJACA

Zonaran način pojavljivanja opisanih kristalastih stijena omogućava izdvajanje pojedinih metamorfni zona u seriji kristalastih škrljaca Ravne gore. Međutim na ovom terenu, progresivni metamorfizam nije izražen samo pojavom indeks minerala i postepenom promjenom izgleda, teksture i strukture stijena, već i promjenom kemijskog sastava pojedinih grupa stijena tako, da samo škrljci najnižeg stupnja metamorfizma pokazuju kemijski sastav koji odgovara sastavu pelita i koji se može smatrati neizmijenjenim. Kemizam ostalih škrljaca se porastom stupnja metamorfizma znatno mijenja i sve više približava sastavu granodiorita. To znači, da paralelno povišenju temperature dolazi do sve intenzivnijeg metasomatskog uvođenja Na i Ca, u seriju progresivno metamorfoziranih kristalastih škrljaca. Na-Ca metasomatizam ne poremećuje normalan slijed zona progresivnog metamorfizma, jer se njegovo djelovanje ne manifestira nastajanjem novih mineralnih parageneza, već se samo škrljci viših metamorfni zona obogaćuju plagioklasom, koji je ionako karakterističan mineral ovih zona. Djelovanje Na-Ca metasomatizma donosi dakle, uglavnom kvantitativne, a ne bitne kvalitativne promjene. Zbog toga je i pored djelovanja metasomatizma, bilo moguće izvršiti korelaciju metamorfni zona kristalaste serije Ravne gore, sa repnim facijesima metamorfni zona J. Junga & M. Roquesa (1952).

Pregled zona progresivnog metamorfizma

Zona nerekrystaliziranih škrljaca (X): Škrljci ove zone u području Ravne gore potpuno odgovaraju repnom facijesu zone X, po Jungu i Roquesu. Mineralni sastojci ovih škrljaca su pretežno još nerekrystalizirani, a diferenciranje znatih i listićavih sastojaka je tek u početku. Indeks minerali ove zone su klorit i sericit (muskovit). Kemizam stijena je neizmijenjen i tipičan je za niskometamorfozirane stijene pelitskog porijekla.

Zona gornjih mikašista (Y₂): U području Ravne gore ovoj zoni su pribrojene dvije grupe stijena, zapravo dvije zone prema indeks mineralima. Vanjska, tipična zona gornjih mikašista, koju karakterizira klorit i unutrašnja, koju karakterizira pojava biotita (biotitska zona!) i koja čini prelaz prema zoni donjih mikašista, odnosno almandinskoj zoni. Po vanjskom izgledu i teksturi, škrljci s biotitom su dosta slični muskovit-kloritskim škrljcima vanjske zone. Po kemijskom sastavu međutim, bitno se od njih razlikuju. Ove stijene su za razliku od muskovit-kloritskih škrljaca, bile podvrgnute djelovanju metasomatizma, pa im je kemijski sastav u odnosu na niže metamorfozirane stijene znatno izmijenjen.

Već sam izgled i tekstura muskovit-kloritskih škrljaca vanjske zone gornjih mikašista pokazuju, da su ove stijene nešto jače metamorfozirane u odnosu na škrljce zone X, iako im je mineralni sastav u biti isti. Karakteristični minerali su također klorit i muskovit, ali sada već razvijeni kao krupni listići koji grade zasebne segregacione pojaseve. Kemizam muskovit-kloritskih škrljaca također nije izmijenjen, a razlike u kemijskom sastavu pojedinih stijena potječe od nejednoličnog sastava primarnih sedimenata.

Muskovit-biotitski škrljci (biotitske zone) predstavljaju prave prelazne stijene na granici zona nižeg i višeg stupnja metamorfizma. Njih karakterizira pojava smeđeg biotita, koji u sitnim listićima kristalizira mimetski uzduž ravnina smicanja. U ovim se škrljcima međutim još ne pojavljuje almandin, a perzistira klorit, jer transformacija klorita i muskovita u biotit, nije još u potpunosti izvršena. Utjecaj metasomatizma očituje se u povećanom sadržaju i izmijenjenom sastavu plagioklasa, kao i u povećanom sadržaju femskih minerala.

Do promjene sastava plagioklasa dolazi dosta naglo jer veći dio škrljaca ove zone sadrži još uvijek skoro čisti albit. Međutim, na samom prelazu u zonu donjih mikašista, odnosno almandinsku zonu, an-komponenta u plagioklasima se naglo povećava od 0-7 % an, na preko 20 % an (u almandinskoj zoni) tako, da su plagioklasi sastava od 7-20% an, prilično rijetki. Manje od 10 % od ukupnog broja istraženih stijena sadržavalo je plagioklase tog sastava.

Ovakav nagli porast sadržaja an-komponente u plagioklasima progresivno metamorfoziranih kristalastih škrljaca, primjećeno je i u stijenama nekih drugih metamorfnih terena u svijetu, kao npr. u epidioritima i zelenim stijenama (green beds) Škotske, kvarc-felspatskim škrljcima Novog Zelanda, pelitskim i bazičnim škrljcima sa otoka Timora (Indonezija) itd., a tumači se relativnom nestabilnošću niskotemperaturnih plagioklasa u području peristeritskog razlučivanja, pri čemu izvjestan uticaj mogu imati i drugi fizikalno-kemijski faktori kao npr. parcijalni pritisak vodene pare, odnos $Fe^{3+} : Al^{3+}$, količine raspoloživog Na_2O i CaO itd. O ovim faktorima ovisit će i temperature uz koje će nastajati plagioklasi sa spomenutim povećanim sadržajem an-komponente. Time bi se moglo objasniti što u području Ravne gore do naglog porasta an-komponente dolazi već unutar biotitske zone, odnosno na samom prelazu u almandinsku zonu, dok je u gore navedenim metamorfnim terenima primjećeno, da do povećanja an-komponente dolazi pri nešto višim temperaturama, tj. unutar almandinske zone.

Zona donjih mikašista (Y₁): Ulaz u zonu donjih mikašista označen je pojavom almandina, koji se u škrljcima Ravne gore pojavljuje uzduž jedne jasno ocrtane granice, tako da se izograda almandina, odnosno granica između zone gornjih i donjih mikašista može sa priličnom točnošću postaviti na karti. Paralelno pojavi almandina nastaju i druge značajne

promjene u seriji kristalastih škriljaca Ravne gore. Izograda almandina predstavlja zaista granicu stabilnosti dvaju različitih ravnotežnih sistema. Od almandinske izograde povećava se općenito količina i sastav plagioklasa, koji sada sadrže preko 20 % an, epidot skoro potpuno izostaje, pojavljuje se apatit, a crveno-smeđi (titanski) biotit, zamjenjuje smeđi (običan, feromagnezijski) biotit, karakterističan mineral biotitske zone. Da bi ostao stabilan pod metamorfnim uvjetima višega stupnja, biotit općenito mora da primi izvjesnu količinu titana (H. R a m b e r g, 1952, p. 45). Prema tome i crveno-smeđi biotit koji se u području Ravne gore pojavljuje regionalno i paralelno s almandinom, ima ovdje zoneografski vrijednost kao indeks mineral.

Zanimljivo je, da u području Ravne gore nije konstatiran disten¹, koji se inače obilno pojavljuje kao indeks mineral u škriljcima ove zone. Izostajanje distena moglo bi se tumačiti prisustvom dovoljnih količina metasomatski dovedenog Na i Ca, tako da je sav višak aluminijskog mogao biti vezan u plagioklasima. P. M i s c h (1949, p. 221) međutim smatra, da se disten, isto kao i silimanit, pojavljuju samo u škriljcima koji su nastali od skoro čistih glina. Isto tako izgleda, da se i staurolit pojavljuje samo u škriljcima posebnog kemijskog sastava i to onima, koji imaju povišen sadržaj željeza, pa prema tome općenito ne bi imao zoneografsku vrijednost. Zaista i u području Ravne gore, staurolit se ne pojavljuje regionalno unutar almandinske zone, već samo na jednom ograničenom dijelu terena.

U škriljcima zone donjih mikašista klorit u pravilu izostaje. Ipak, izvjesni škriljci ove zone u zapadnom dijelu terena sadrže klorit. Međutim klorit ovih stijena se i po načinu pojavljivanja, pleohroizmu, interferencijskim bojama i veličini, u odnosu na biotit i muskovit, bitno razlikuje i od klorita nižih metamornih zona i od retrogradnog klorita, koji se kao produkt retrogradnih procesa može eventualno pojaviti u škriljcima ove zone. Pojavu ovog minerala, karakterističnog za zone nižeg stupnja metamorfizma u almandinskoj zoni, objašnjavaju eksperimenti H. S. Y o d e r a (1952) koji je pokazao, da se uz povećan parcijalni pritisak vodene pare može formirati klorit i na mnogo višim temperaturama, nego što je temperatura stabilnosti kloritske zone. Prema tome, klorit biotit-muskovitskih gnajsa zone donjih mikašista, koji dolazi u karakterističnim lepezastim agregatima, može se smatrati produktom progresivnog metamorfizma nastalim pod posebnim uvjetima i pri višoj temperaturi od normalne temperature nastajanja ovog minerala.

Zona gornjih gnajsa (Z₂): Prema definiciji J. J u n g a i M. R o q u e s a (1952, p. 17), prelaz iz zone donjih mikašista (Y₁) u zonu gor-

¹ Izgleda da je u nekim škriljcima s ovog područja konstatiran disten. Ukoliko je ovaj nalaz tačan, disten je ipak u ovim škriljcima veoma rijedak mineral, jer niti u jednom od mnogobrojnih izbrusaka nije pronađen.

njih gnajsa (Z_2) nije označen promjenom mineralnog sastava, tj. nastavljanjem novih mineralnih parageneza, već samo promjenom izgleda i strukture stijena. Škriljci repernog facijesa zone Z_2 sadrže plagioklas koji se pojavljuje u makroskopski vidljivim zrnima i koji skupa s kvarcom formira zasebne segregacione pojaseve. Stijena tako dobija izgled dvotinjčastog sitnozrnog gnajsa, u kojem se alterniranje zrnatih i lističavih sastojaka (litaž) zapaža i prostim okom.

U području Ravne gore samo manji dio gnajsa sa izraženim litažom sadrži oba tinjca i kao takav potpuno odgovara repernom facijesu zone gornjih gnajsa. U ostalim gnajsima ove zone izostaje muskovit, a sjevernije, u području migmatita, pojavljuje se mjestimično i silimanit. Izostajanje muskovita i pojava silimanita upućuje na izmijenjene P, T-uvjete, koji bi po Jungu i Roquesu bili karakteristični za slijedeću zonu progresivnog metamorfizma, zonu donjih gnajsa (Z_1), odnosno po Barrowu i Tilleyu, silimanitsku zonu.

Biotitski gnajsi bez muskovita (eventualno sa silimanitom), ne bi se ipak mogli smatrati gnajsima zone Z_1 , jer je u klasičnoj silimanitskoj zoni škotskog Highlandsa silimanit mnogo obilnije zastupljen, a uz njega se javlja i mikroklin, koji istovremeno nastaje reakcijom sada nestabilnog muskovita s kvarcom. Karakteristična mineralna parageneza ove zone je silimanit-almandin-mikroklin-plagioklas-biotit-kvarc. U području Ravne gore mikroklin dolazi samo u migmatiziranim porfiroblastičnim gnajsima, a ne skupa s silimanitom u sitnozrnim biotitskim gnajsima, pa je vjerovatnije da je ovdje izostajanje muskovita uvjetovano kemizmom sredine tj. prisustvom dovoljnih količina željeza i magnezija i pomanjkanjem izrazitog viška aluminijske (P. Misch, 1949 p. 221), a ne njegovom nestabilnošću pod ovim P, T-uvjetima. S druge strane, sama pojava silimanita ne mora označavati izmijenjene fizikalne uvjete metamorfizma, jer kako navodi H. H. Read (1957, p. 219), Janet Watson (1948) je dokazala, da silimanit može nastati i kao produkt granitizacionih procesa.

Na kraju, mogli bi razmotriti i pojavljivanje turmalina i cirkona, minerala koji nemaju zoneografsku vrijednost, ali koji su ipak interesantni jer se često pojavljuju u kristalastim škriljcima Ravne gore, kao minerali pratioci.

Turmalin je redovan akcesorni sastojak ovih stijena ali ne dolazi jednolično raspoređen. Najobilnije se pojavljuje u škriljcima nižeg stupnja metamorfizma, kao sitni manje-više pravilni pleohroitski kristali. U biotit-muskovitskim gnajsima je nešto rjeđi, ali su zato kristali još ljepše razvijeni i znatno veći. U biotitskim gnajsima skoro potpuno izostaje. Općenito se može reći, da se povećanjem stupnja metamorfizma povećava i veličina turmalinskih kristala, ali se učestanost pojavljivanja smanjuje.

Pojava turmalina u škriljcima pelitskog porijekla različito se tumači. Idiomorfni kristali mogu nastati rekristalizacijom detritičnih zrna, koja su postojala još u primarnom sedimentu ili autigeno, jer dubokomorski sedimenti mogu sadržavati dovoljne količine bora potrebnog za formiranje turmalina već u fazi diagenese ili u prvim stadijima metamorfizma. Prema tome, ne mora se pretpostaviti metasomatsko dovadanje bora, da bi se objasnilo prisustvo turmalina u kristalastim škriljcima pelitskog porijekla. H. H. R e a d (1957, pp. 41, 231, 232) međutim, ima drugačije mišljenje i pripisuje veliko značenje čestoj pojavi turmalina u kristalastim škriljcima niskog stupnja metamorfizma. Ovu pojavu objašnjava migracijom borovog atoma, koji zbog malog radiusa može pri metasomatskim procesima najdalje da migrira. U regionalno metamorfiziranim kompleksima turmalin je, po mišljenju H. H. R e a d a (p. 42), indikator djelovanja »emanacija« na stijene najnižeg stupnja metamorfizma, za koje se općenito smatra, da nisu podvrgnute djelovanju metasomatizma.

Porijeklo turmalina u kristalastim škriljcima Ravne gore može se najbolje protumačiti postojanjem izvjesne količine bora u primarnom sedimentu. Nije isključeno da je dijelom nastao i rekristalizacijom detritičnih zrna. No u tom slučaju, rekristalizacija je u potpunosti izvršena, jer i najniže metamorfizirani škriljci Ravne gore, sadrže idiomorfne kristale turmalina, često sa razvijenim terminalnim plohami i izraženom hemimorfijom, a nikada detritična zrna. S druge strane, iako su kristalasti škriljci Ravne gore bili u znatnoj mjeri podvrgnuti djelovanju metasomatizma, kod čega je svakako došlo i do izvjesne migracije i uvođenja bora, ne bi bilo ispravno tumačiti postojanje turmalina isključivo ovim procesima, jer bi se u tom slučaju učestalost pojavljivanja turmalina u škriljcima višeg stupnja metamorfizma vjerovatno povećavala, a ne smanjivala.

Cirkon je također čest akcesorni sastojak metamorfnih stijena, a može biti detritičan ili primaran, nastao u toku metamorfizma i granitizacije, metasomatskim uvođenjem Zr^{4+} iona. Autigeno, poput turmalina, izgleda da se ne formira, jer prvobitni glinoviti sedimenti sadrže obično veoma malo Zr^{4+} iona, a i ta mala količina je adsorbirana u mineralima glina. Mala koncentracija Zr^{4+} iona, a možda i općenito nepovoljni fizikalno-kemijski uvjeti izgleda spriječavaju autigeno formiranje cirkona.

U području Ravne gore cirkon se skoro isključivo pojavljuje u škriljcima višeg stupnja metamorfizma. Dolazi obično uz biotit, a istog je habitusa, veličine i načina pojavljivanja kao i u obližnjim granitskim stijenama. Na osnovu toga, a uzimajući u obzir izostajanje cirkona u škriljcima nižeg stupnja metamorfizma može se pretpostaviti, da je i u granitima i u škriljcima višeg stupnja metamorfizma nastao pod istim uvjetima, u toku metamorfizma i granitizacije.

Pleohroitski ovoji oko kristala cirkona uklopljenih u biotitu, odnosno kloritu (tab. II, sl. 7) nastaju kao što je poznato, djelimičnim razaranjem mrežice biotita (ili klorita) pod djelovanjem α -čestica emitiranih od radioaktivnog torija, koji dijelom izomorfno zamjenjuje cirkonij u mineralu cirkonu. Pleohroitski ovoji su veoma osjetljivi na povišenje temperature, pa njihovo prisustvo u biotitu, odnosno kloritu kristalastih škrljaca Ravne gore ukazuje, da ove stijene nisu nakon formiranja, bile naknadno podvrgnute nekom znatnijem povišenju temperature, jer bi u tom slučaju pleohroitski ovoji oko uklopljenih kristalića cirkona, vjerojatno nestali.

SLIJED KEMIJSKIH PROMJENA

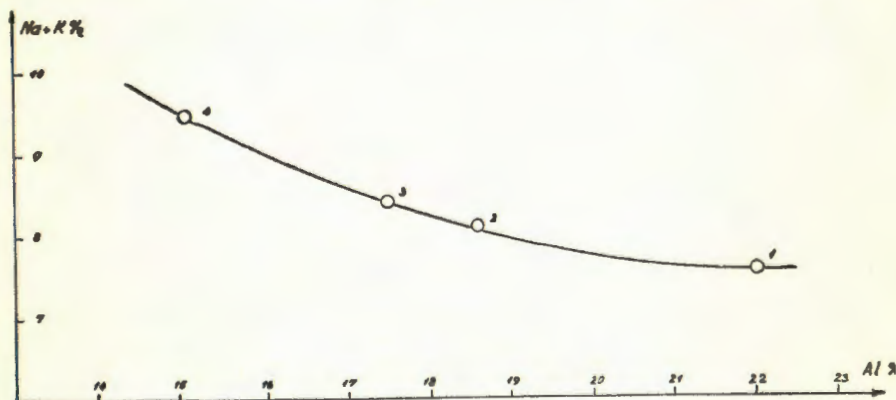
Na-Ca metasomatizam, odnosno progresivno obogaćivanje kristalastih škrljaca feldspatskom komponentom, izaziva istovremenu migraciju drugih elemenata i promjenu kemijskog sastava pojedinih stijena progresivno metamorfozirane kristalaste serije. Karakter i intenzitet ovih metasomatskih promjena razmatrao je P. Lapađu - Hargues (1945), statističkom obradom velikog broja kemijskih analiza kristalastih škrljaca, koje je prema pripadnosti pojedinim metamorfnim zonama podijelio u 7 grupa. Prateći variranje molekularnih postotaka najvažnijih oksida unutar pojedinih grupa, kao i međusobnom usporedbom samih grupa, P. Lapađu - Hargues je primjetio izvjesne pravilnosti u odnosu $\text{alk-Al}_2\text{O}_3$, $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$, $\text{Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$ itd., koje ćemo sada, na primjeru kristalastih škrljaca Ravne gore, detaljnije razmotriti.

TABELA - TABLE 7
MOLEKULARNI POSTOCI - MOLECULAR PERCENTAGES

GRUPA GROUP	II	III	IV
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	4.49 4.25	4.79 4.75	4.85 5.50
Al_2O_3	13.1 13.5	10.94 11.75	10.14 10.25
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$	0.34 0.32	0.44 0.40	0.48 0.53

Kristalasti škrljci Ravne gore, pripadaju grupama I - IV P. Lapađu - Harguesa, dakle vanjskim zonama metamorfizma. Raspoloživ broj analiza ovih škrljaca nije velik, ali ipak omogućava da se dobijene vrijednosti usporede sa statističkim rezultatima P. Lapađu - Har-

g u e s a. Od kristalastih škrljaca Ravne gore, kemijski je uvijek analiziran po jedan karakteristični uzorak, reprezentativan za datu grupu stijena, a u slučaju kad su stijene određene grupe pokazivale veću raznolikost u sastavu, analiziran je i poneki ekstremni tip. Obzirom na broj analiza dobijeni rezultati bi se mogli smatrati i slučajnim; ipak je karakteristično, da se vrijednosti reprezentativnih uzoraka sasvim dobro slažu sa statistički dobijenim vrijednostima P. L a p a d u - H a r g u e s a za određenu grupu. To se naročito odnosi na vrijednosti II, III i IV grupe stijena. Na tabeli 7, prikazane su ove vrijednosti za alkalije i Al_2O_3 (molekularni %). U svakom prvom redu tabele navedene su vrijednosti reprezentativnih uzoraka iz područja Ravne gore, a u drugom, statistički dobijene odgovarajuće srednje vrijednosti P. L a p a d u - H a r g u e s a (1945, p. 228). Projeciramo li ove vrijednosti, ili još bolje kationske² postotke (tabela 2) na Na + K/Al diagram, dobit ćemo krivulju kao na sl. 2. Tok ove krivulje je isti, kao i odgovarajuće krivulje



Sl. 2. Varijacioni dijagram Na + K/Al. Br. 1 = Muskovit-kloritski škrljac (tab. 2, br. 2); br. 2 = Muskovit-biotitski škrljac (tab. 2, br. 5); br. 3 = Biotit-muskovitski gnajls (tab. 2, br. 6); br. 4 = Biotitski gnajls (tab. 2, br. 9).

Fig. 2. Variation diagram for Na + K/Al. No. 1 = Muscovite-chlorite schist (tab. 2, no. 2); No. 2 = Muscovite-biotite schist (tab. 2, no. 5); No. 3 = Biotite-muscovite gneiss (tab. 2, no. 6); No. 4 = Biotite gneiss (tab. 2, no. 9).

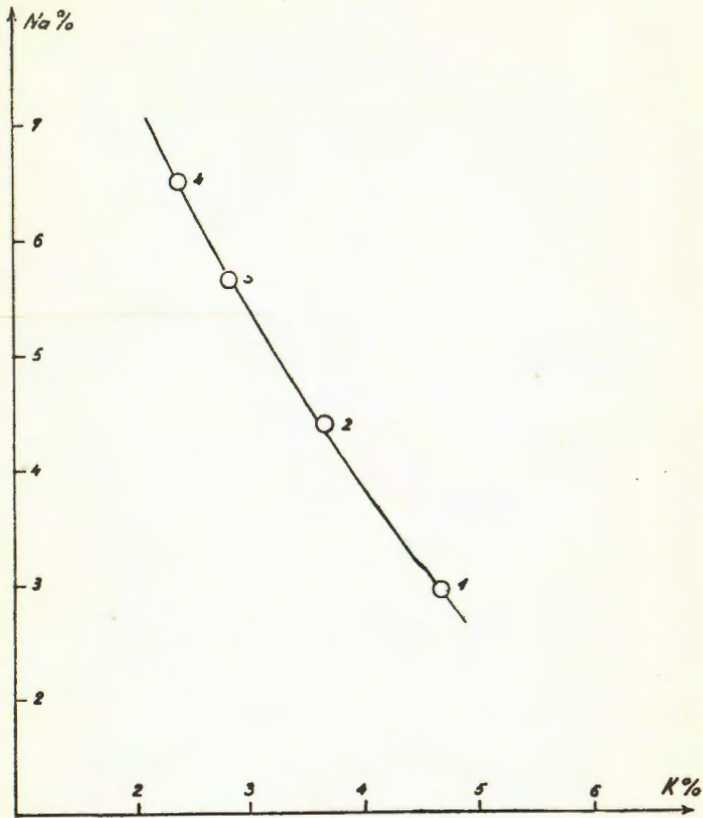
P. L a p a d u - H a r g u e s a. Prema tome, i u području Ravne gore možemo pretpostaviti kontinuiran dovod alkalija, što znači postepeno obogaćivanje kristalastih škrljaca feldspatskom komponentom. Budući

² H. H. Read (1957, p. 230) smatra, da je bolje uzeti u razmatranje raspored i migraciju iona, nego oksida metala. I sam P. L a p a d u - H a r g u e s a pretpostavlja, da mobilni ioni metala migriraju kroz jedan pasivan kostur SiO_4 (AlO_4)-tetraedara, koji u toku metamorfizam ostaje manje-više inertan.

da je feldspatizacija škriljaca ustvari jedan metasomatski proces, sam P. L a p a d u - H a r g u e s je postavio pitanje, da li je ispravna podijela metamornih stijena na ektinite i migmatite, kako ih dijele J. J u n g i M. R o q u e s, jer varijacione krivulje jasno pokazuju da je dovod alkalijski kontinuiran u cijeloj seriji progresivno metamorfoziranih kristalastih škriljaca. Mišljenje da se regionalni (ektinitski, u smislu J. J u n g a i M. R o q u e s a) metamorfizam ne može odijeliti od metasomatskog metamorfizma i granitizacije, zastupaju i neki drugi autori. Tako H. H. R e a d (1957, p. 342) smatra, da regionalno metamorfozirane, migmatitske i granitske stijene sačinjavaju jednu jedinstvenu cjelinu, koju naziva Plutonskom serijom. P. M i s c h (1949, p. 244) navodi, da čisti dinamo metamorfizam, ili kako ga on naziva orogenetski metamorfizam bez granitizacije, nije nikada jačeg stupnja od metamorfizma epizone, te da su (p. 245) regionalni metamorfizam višeg stupnja i sinorogena granitizacija nužno povezani, a predstavljaju manifestacije jednog te istog procesa. Podjela po J u n g u i R o q u e s u na ektinite i migmatite ne bi, prema tome, bila opravdana; ipak se zbog svoje praktičnosti kod terenskog rada može primijeniti, ali čisto deskriptivno, ne uzimajući u obzir etimološki smisao riječi, koji je genetski.

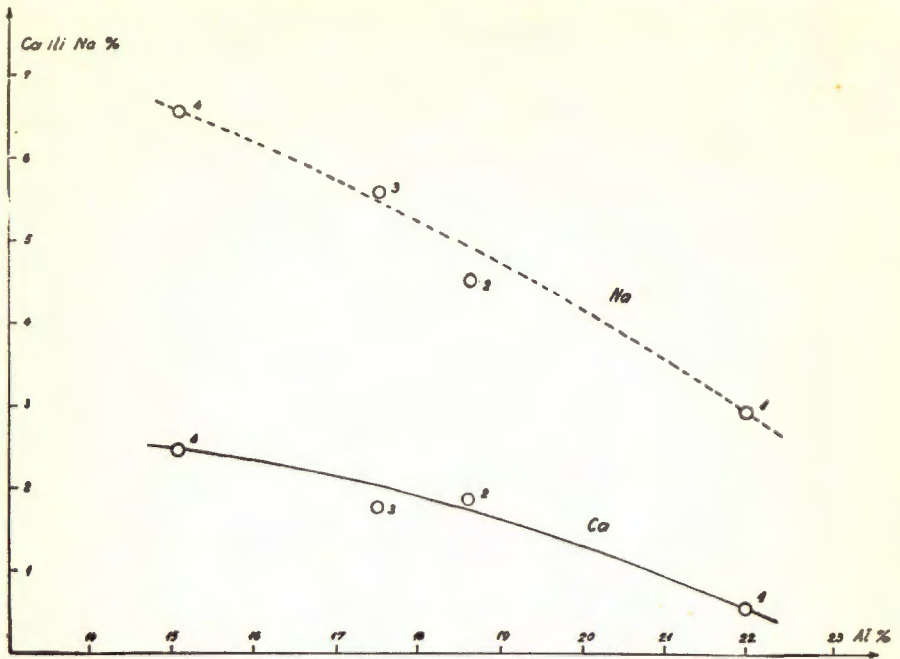
Tok krivulja na diagramima sl. 3 i 4, također je sličan toku odgovarajućih krivulja P. L a p a d u - H a r g u e s a. Na diagramu sl. 3, koji prikazuje odnos K/Na, projiciranjem vrijednosti K i Na stijena vanjskih metamornih zona dobijen je samo jedan dio krivulje P. L a p a d u - H a r g u e s a i to naravno onaj, koji pokazuje nagli porast Na i postepeno opadanje K. Porast Na pokazuje i krivulja na diagramu sl. 4. Na ovom diagramu projicirane su i vrijednosti za Ca, radi međusobne usporedbe ovih dvaju elemenata. Tok krivulje za Ca pokazuje također progresivan porast sadržaja ovog metala, a nešto blaži nagib krivulje označava slabiji intenzitet dovođenja u odnosu na Na.

Magnezij i željezo se i u području Ravne gore ponašaju kao srodni elementi. U Mg, Fe/Al diagramu sl. 5), projicirane Mg i Fe vrijednosti padaju uvijek jedna blizu drugoj, ali ne daju krivulju koja bi bila slična odgovarajućem dijelu Mg, Fe-krivulje P. L a p a d u - H a r g u e s a. Taj dio krivulje je u digramu P. L a p a d u - H a r g u e s a skoro horizontalan, odnosno blago nagnut, jer se smanjivanjem sadržaja aluminijske postepeno smanjuje i sadržaj magnezija i željeza. Na diagramu sl. 5 međutim, približno horizontalan tok krivulje daju samo Mg, Fe-vrijednosti muskovit-kloritskog škriljca, biotit-muskovitskog gnajsa i biotitskog gnajsa (označene u diagramu brojevima 1, 3 i 4), dok vrijednosti muskovit-biotitskog škriljca (označene br. 2), padaju prilično daleko od krivulje. Ovo neslaganje je veoma interesantno i može se različito tumačiti. Najjednostavnije je tumačenje, da analizirani muskovit biotitski škriljac nije dobro izabran, jer je možda već primarno bio bogatiji magnezijem i željezom, pa ne predstavlja karakterističan uzorak ove grupe stijena. Međutim, i drugi analizirani uzorak muskovit-biotitskog škriljca,



Sl. 3. Varijacioni dijagram Na/K. Brojevi 1, 2, 3, 4 predstavljaju kationske % istih stijena kao i u sl. 2.

Fig. 3. Variation diagram for Na/K. Numbers 1, 2, 3, 4 refer to the cation % of the same rocks as in fig. 2.

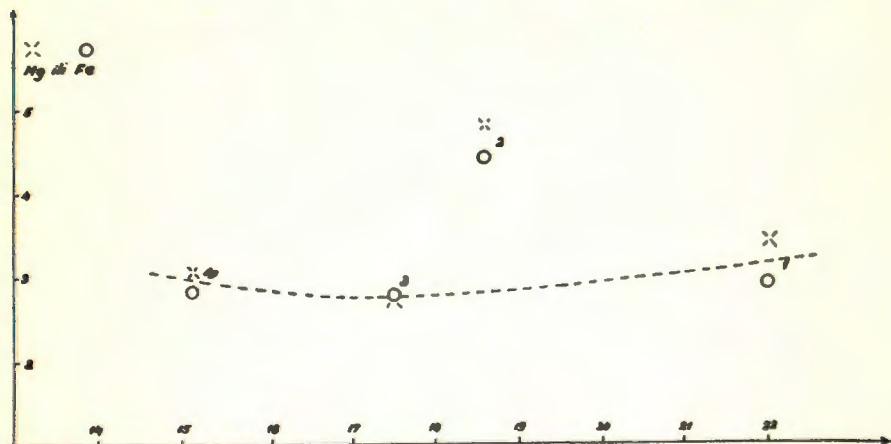


Sl. 4. Varijacioni dijagram Na, Ca/Al. Brojevi 1, 2, 3, 4, predstavljaju kationske % istih stijena kao i u sl. 2.

Fig. 4. Variation diagram for Na, Ca/Al. Numbers 1, 2, 3, 4, refer to the cation % of the same rocks as in fig. 2.

uzet na sasvim drugom kraju terena i nešto niže u seriji, također je bogatiji magnezijem i željezom od ostalih analiziranih stijena. Ukoliko nije i u ovom slučaju analiziran netipičan uzorak, mora se pretpostaviti, ili da su svi muskovit-biotitski škriljci bili primarno bogatiji magnezijem i željezom, ili da su obogaćeni naknadno, u toku metamorfizma. Ako se pretpostavi da su obogaćeni u toku metamorfizma, onda migracija iz unutrašnjih zona metamorfizma prema vanjskim zonama nije tekla jednolično kao što to pokazuje krivulja P. Lapadu-Harguesa, već se dobija utisak kao da je u muskovit-biotitskim škriljcima zadržan front metamorfizma, odnosno bazični front u smislu C. F. W e g m a n n a. Baš u vezi s idejom o bazičnom frontu, H. H. R e a d (1957, p. 254) primjećuje, da iako rezultati P. Lapadu-Harguesa potkrepljuju tu postavku, ipak ih treba shvatiti kao privremene i još nedovoljno razrađene podatke. Potrebno je naročito istaći, navodi H. H. R e a d, da niti jedna metamorfna stijena P. Lapadu-Harguesa ne sadrži toliko magnezija i željeza koliko ih sadrži primarni, nemetamorfizirani

sediment, pa se na osnovu njegovih podataka ipak ne može govoriti o akumuliranju ovih metala u vanjskim zonama metamorfizma. Možda bi u skladu s primjedbom H. H. R e a d a, tok krivulje za Mg, Fe-komponentu trebao baš da sadrži jedan maksimum u području niskometamorfiziranih škriljaca kakav bi se približno dobio, povezivanjem tačaka 1-2-3, na variacionom dijagramu Mg, Fe/Al (sl. 5).



Sl. 5. Varijacioni dijagram Mg, Fe/Al. Brojevi 1, 2, 3, 4, predstavljaju kationske % istih stijena kao i u sl. 2

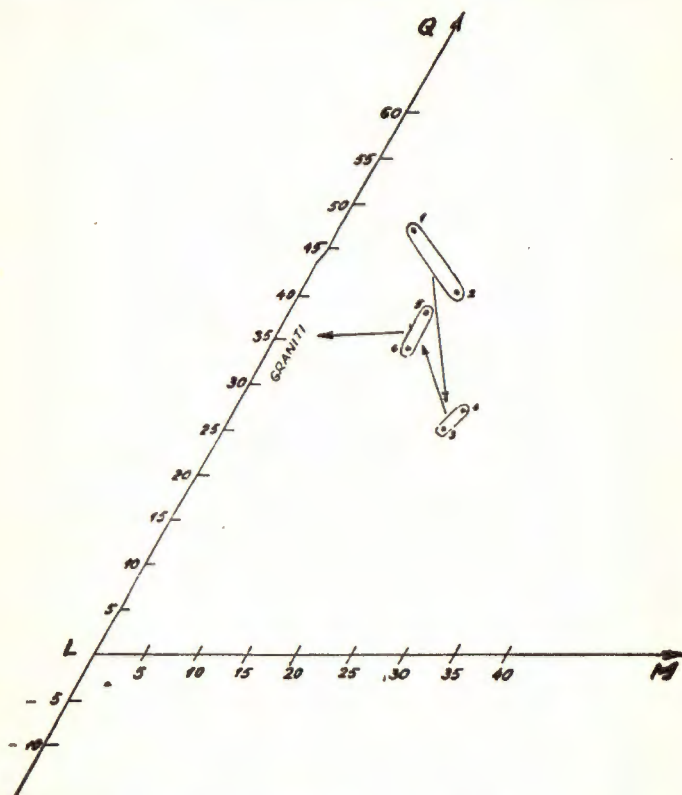
Fig. 5. Variation diagram for Mg, Fe/Al. Numbers 1, 2, 3, 4, refer to the cation % of the same rocks as in fig. 2.

Promatramo li kemijske promjene do kojih je došlo u seriji kristalastih škriljaca Ravne gore u smislu istraživanja D. L. Reynolds (1946), možemo također razlikovati dva stadija (sl. 6). Prvi stadij – desilifikaciju, pokazuju muskovit-biotitski škriljci (3, 4) desilificirani (feldspatizirani i bazificirani) u odnosu na kvarc-sericitske i muskovit-kloritske škriljce (1, 2), koji predstavljaju primarne metasomatski još neizmijenjene stijene. Drugi stadij – granitizaciju, pokazuju biotit-muskovitski i biotitski gnajsi (5, 6) koji su u odnosu na muskovit-biotitske škriljce silificirani, a kemizmom približeni granodioritima.

PRVOBITNI SASTAV I STRATIGRAFSKI POLOŽAJ KRISTALASTE SERIJE

Kristalasti škriljci istraživanog terena predstavljaju sitnozrne stijene aluminijske sekvence, pa općenito imaju izgled i sastav parastijena nastalih od pelitskih i semipelitskih, rjeđe psamitskih geosinklinalnih sedi-

menata. Kemizam i mineralni sastav ovih škrljaca pokazuje, da su prvobitne stijene bile pretežno nečiste, manje ili više pjeskovite gline, mjestimično možda nešto jače željezovite, sa tanjim i rijetkim laporovitim proslojcima. Krupnijih psamitskih i psefitskih sedimentata na istraživanom području nije bilo, jer danas nigdje ne nalazimo metamorfizirane konglomerate ili pak stijene, struktura i sastav kojih bi pokazivali, da je prvobitni sediment bio krupnijeg zrna.



Sl. 6. von Wolffov dijagram (objašnjenje u tekstu). Br. 1 = kvarc-sericitiški škrljac (tab. 1, br. 1); br. 2 = muskovit-kloritiški škrljac (tab. 1, br. 2); br. 3 i 4 = muskovit-biotitiški škrljci (tab. 1, br. 4 i 5); br. 5 = biotit-muskovitiški gnajsi (tab. 1, br. 6); br. 6 = biotitiški gnajsi (tab. 1, br. 9).

Fig. 6. von Wolff diagram showing desilication (3, 4) and granitization (5, 6) of pelitic schists (1, 2). No. 1 = quartz-sericite schist (tab. 1, no. 1); No. 2 = muscovite-chlorite schist (tab. 1, no. 2); No. 3 and 4 = muscovite-biotite schists (tab. 1, no. 4 and 5); No. 5 = biotite-muscovite gneiss (tab. 1, no. 6); No. 6 = biotite gneiss (tab. 1, no. 9).

U kristalastim stijenama Ravne gore veličina zrna raste pravilno sa porastom stupnja metamorfizma. Najniže metamorfozirane stijene imaju veličinu kvarcnih zrna maksimalno do 0.5 mm. U prvim fazama metamorfizma pod uticajem mehaničkih agensa krupnija zrna su najprije zdrobljena, a zatim su rekristalizacijom povećana na 0.1–0.3 mm u niže metamorfoziranim, odnosno na 0.2–0.5 mm u više metamorfoziranim stijenama. Sličan porast veličine zrna porastom stupnja metamorfizma, zapaža se i kod ostalih bitnih sastojaka ovih stijena, feldspata, klorita, tinjaca, itd.

Rezultati istraživanja kristalastih škriljaca u području Ravne gore upućuju na zaključak, da su sve ove stijene od niskometamorfoziranih kvarc-sericitskih i muskovit-kloritskih škriljaca, do migmatiziranih gnajsa Krajčinovice, deformirane i sinkinematski metamorfozirane u istoj orogenezi i da vjerovatno sve, pripadaju prvobitno istoj seriji geosinklinalnih sedimentata. Kod toga jače metamorfozirane stijene ne moraju predstavljati donje (stratigrafski starije) dijelove sedimentne serije, jer u području Ravne gore nije dubina bila faktor koji je kontrolirao porast metamorfizma. Samo ako papučko gorje predstavlja antiklinorijum u čijem se jezgru nalaze migmatiti i graniti, jače metamorfozirane stijene predstavljaju donje dijelove sedimentne serije stratigrafski starije, od slabije metamorfoziranih škriljaca.

Ovakvo tumačenje stratigrafije kristalastih škriljaca papučkog gorja, ne slaže se sa mišljenjem D. Gorjanović-Krambergera (1897), J. Poljaka (1911, 1923, 1934, 1952) i F. Kocha (1919, 1924), da su graniti, gnajsi, i tinjčevi škriljci predpaleozojske, a filiti, brusilovci i kloritski škriljci paleozojske (silurske) starosti, te da paleozojska serija leži diskordantno preko starijih stijena, kao što smatra J. Poljak (1952, p. 76), kad navodi »da je metamorfoza kristalinskih škriljavaca bila već završena prije početka taloženja paleozojskih naslaga, što znači, da je kopno sastavljeno od kristalinskih škriljevaca, u času transgresije paleozojskog mora bilo već borano, odnešeno i sniženo«.

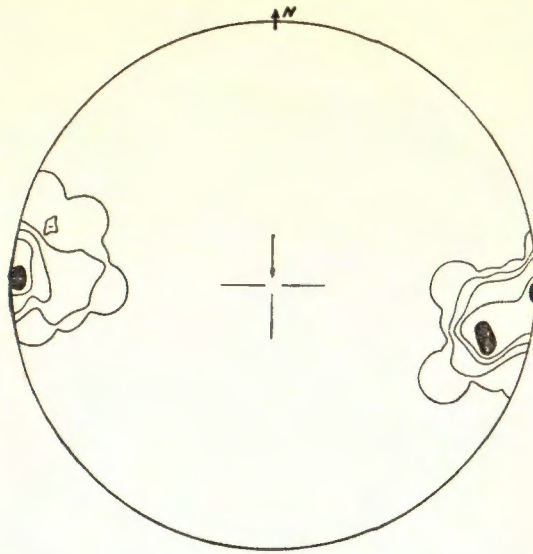
F. Koch (1934) je na listu Požega–Nova Gradiška geološke karte 1 : 75.000, izdvojio tri grupe kristalastih stijena: gnajse i tinjčeve škriljavce, kloritne i kloritoidne škriljavce, te brusilovce, kvarcitne i grafitne škriljavce. U legendi geološke karte F. Koch nije označio starost pojedinih formacija, ali sudeći prema njegovim ranijim radovima i mišljenju D. Gorjanović-Krambergera i J. Poljaka, vjerovatno je gnajse i tinjčeve škriljavce smatrao predpaleozojskim stijenama, a kloritne i kloritoidne škriljavce, te brusilovce, kvarcitne i grafitne škriljavce, paleozoikom.

Granica između gnajsa i tinjčevih škriljavaca, te kloritnih i kloritoidnih škriljavaca na Kochovoj geološkoj karti ide otprilike smjerom W–E uz sam sjeverni rub karte i približno odgovara granici postavljenoj između zone donjih mikašista (Y_1) i zone gornjih gnajsa (Z_2), (vidi

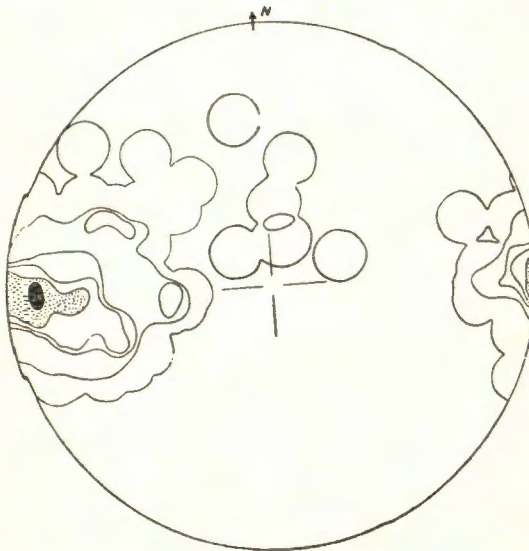
geološku kartu sl. 1). Nije čudno što je Koch postavio baš na tom mjestu granicu. Naime, stijene zone Y_1 i nižih metamorfnih zona, odnosno stijene južno od ove granice su obično sitnijeg zrna i u njima se makroskopski ne zapaža litaž; ali kod stijena zone Z_2 sjeverno od Kochove granice, litaž je mnogo bolje izražen. Prve je Koch, vjerovatno samo na osnovu makroskopskog promatranja smatrao slabije metamorfoziranim odnosno mladim, a druge jače metamorfoziranim i vjerovatno starijim. Drugog razloga da postavi granicu upravo na tom mjestu nije imao, jer su stijene i s jedne i s druge strane granice petrografski iste, samo im je veličina zrna i eventualno omjer komponenata različit. Prema tome, granica između gnajsa i tinjčevih škrljavaca, te kloritnih i kloritoidnih škrljevaca postavljena na Kochovoj geološkoj karti, ne predstavlja granicu između dvije petrografski ili stratigrafski različite formacije.

Kloritski škrljci u području Ravne gore imaju zapravo mnogo manje rasprostranjenje od onog, kojeg je Koch prikazao na svojoj geološkoj karti. No bez obzira na rasprostranjenje, kloritski škrljci ipak ne predstavljaju mlađe stijene, niti njihova granica prema škrljcima višeg stupnja metamorfizma predstavlja granicu između dvije stratigrafski različite formacije. To pored ostalog, jasno pokazuju i diagrami sklopa. Iz diagrama lineacije i osi malih bora muskovit-kloritskih škrljaca (sl. 7) i metamorfita višeg stupnja (sl. 8) se vidi, da lineacija i osi malih bora imaju u oba slučaja isti smjer (W-E) i da su u oba slučaja skoro horizontalne, ili da tonu pod blagim kutom prema W, odnosno E. Statistička osi boranja muskovit-kloritskih škrljaca (sl. 9), ima također isti smjer ($272/15^\circ$) i poklapa se sa statističkom osi boranja škrljaca višeg stupnja (sl. 10). Da su škrljci višeg stupnja metamorfizma borani, o-dnešeni i sniženi prije tranzgresije paleozojskog mora, kako smatra J. Poljak (1952, p. 76), ne bi se vjerovatno njihove osi boranja i lineacija ovako dobro podudarale sa osima boranja i lineacijom muskovit-kloritskih škrljaca, nego bi njihov sklop svakako pokazivao tragove neke starije tektonike, što proučavanjem sklopa kristalastih škrljaca Ravne gore, nije ustanovljeno.

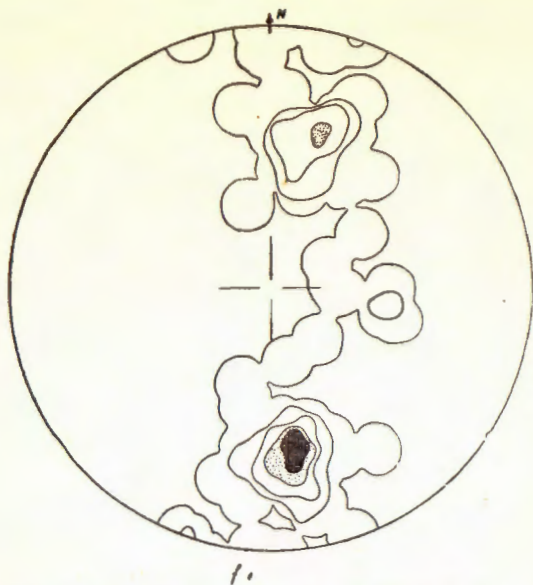
U istočnom dijelu istraživanog terena nalaze se na manjem prostranstvu razvijeni kvarc-sericitiski, grafitični i kloritski škrljci tj. stijene koje je Koch na svojoj karti označio kao brusilovce, kvarcitarne i grafitne škrljavce. Odnos ove serije niskometamorfoziranih škrljaca prema muskovit-kloritskim škrljcima od najveće je važnosti, jer je u sličnim stijenama potoka Radlovca u istočnom dijelu Papuka, J. Poljak (1934b) našao otiske graptolita. Prema tom nalazu, starost ove serije niskometamorfoziranih škrljaca određena je kao silurska. J. Poljak (1952) smatra, da su i kloritski škrljci silurske starosti, jer u Krndiji i u istočnom dijelu Papuka leže ispod stijena s graptolitima. Ako su dakle kloritski škrljci silurske starosti, onda su na osnovu njihovog odnosa prema



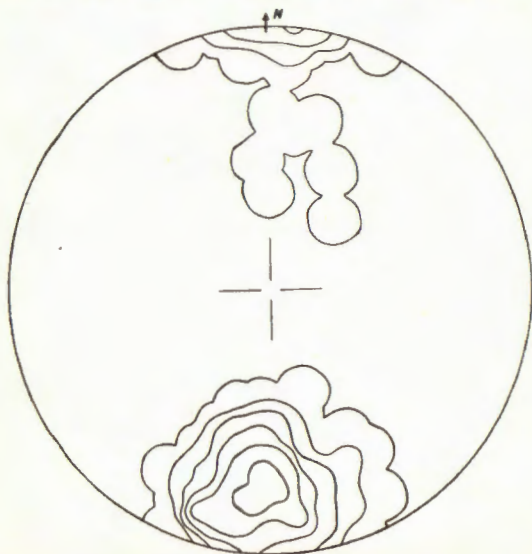
Sl. 7. Konturni dijagram lineacije muskovit-kloritskih škriljaca, centralni dio Ravne gore, 40 mjerenja; izoliniije 2, 5, 10, 14, 17 ‰.
 Fig. 7. Contoured diagram (equal area) of 40 lineations. Muscovit-chlorite schists, central part of Ravna gora. Contours at 2, 5, 10, 14, 17 ‰.



Sl. 8. Konturni dijagram lineacije višemetamorfiziranih stijena, centralni dio Ravne gore, 93 mjerenja; izoliniije 1, 3, 5, 7, 11, 14 ‰.
 Fig. 8. Contoured diagram of 93 lineations. High-grade schists, central part of Ravna gora. Contours at 1, 3, 5, 7, 11, 14 ‰.



Sl. 9. Konturni dijagram polova foliacije muskovit-kloritskih škriljaca, centralni dio Ravne gore. 80 mjerenja; izolinije 1, 5, 7.5, 10, 13 %
 Fig. 9. Contoured diagram of 80 poles to foliation. Muscovite-chlorite schists, central part of Ravna gora. Contours at 1, 5, 7.5, 10, 13 %.



Sl. 10. Konturni dijagram polova foliacije višemetamorfiziranih stijena, centralni dio Ravne gore. 210 mjerenja; izolinije 1, 2, 5, 8, 10, 14, 16 %
 Fig. 10. Contoured diagram of 210 poles to foliation. High grade schists, central part of Ravna gora. Contours at 1, 2, 5, 8, 10, 14, 16 %.

škriljcima višeg stupnja metamorfizma u području Ravne gore i sve ostale stijene papučkog gorja, pa i gnajsi, koji su dosada smatrani predpaleozojskim stijenama, silurske starosti.

U području Ravne gore međutim, ne može se sa sigurnošću utvrditi da li niskometamorfozirani škriljci leže konkordantno na muskovit-kloritskim škriljcima, jer stoje i prema njima, kao i prema škriljcima višeg stupnja metamorfizma u tektonskom kontaktu. Moglo bi se dakle pretpostaviti, da samo ova serija pripada siluru, a da su muskovit-kloritski škriljci i gnajsi ipak predpaleozojske starosti. Ova pretpostavka međutim ne izgleda vjerovatna, jer da su muskovit-kloritski škriljci i gnajsi predpaleozojske starosti, te da su deformirani i metamorfozirani prije taloženja niskometamorfozirane serije, morali bi biti još jednom, ponovno podvrgnuti deformacijama i djelovanju metamorfizma nakon silura, u onoj orogenezi u kojoj su borani silurski škriljci. Ova mlađa orogeneza, kojoj bi bile ponovno podvrgnute predpaleozojske stijene, imala bi svakako utjecaja na mineralni sastav i sklop škriljaca višeg stupnja metamorfizma. Međutim ove stijene u području Ravne gore, nisu bile podvrgnute postkristalizacionim deformacijama i ne pokazuju nikakvih tragova filonitizacije i intenzivnijih diaftoretskih procesa. Kloritizacija granata i biotita, te sericitizacija staurolita i plagioklasa, jesu doduše procesi retrogradnog karaktera, ali ove promjene nisu bile praćene filonitizacijom, već su to događaji manjeg obima koje možemo vezati uz hidrotermalnu aktivnost udruženu s pegmatitizacijom. Ove promjene dakle, ne smijemo smatrati diaftorezom u pravom smislu riječi, iako su pretvorbe minerala u biti iste. Osim toga bi jedan novi metamorfizam, pa i nižeg stupnja, vjerovatno zbrisao pleohroitske ovoje oko cirkona uklopljenih u biotitima granitskih i visoko metamorfoziranih stijena. Ako dakle, škriljci višeg stupnja metamorfizma nisu bili podvrgnuti polimetamornim promjenama, najvjerovatnije je, da su i niskometamorfozirani škriljci istočnog dijela terena i škriljci višeg stupnja metamorfizma deformirani i metamorfozirani u istoj orogenezi, mlađoj od silura, te da sve kristalaste stijene Ravne gore pripadaju prvobitno istoj seriji geosinklinalnih sedimenata.

ZAKLJUČAK

Rezultati dobijeni istraživanjem kristalastih škriljaca u području Ravne gore, od važnosti su ne samo za rješavanje geološko-petroloških problema ovog terena, već i šireg područja, papučkog gorja u cjelini.

Istraživanja su pokazala da kristalasti škriljci koji danas izgrađuju teren Ravne gore, predstavljaju pretežno pelitske i semipelitske geosinklinalne sedimente. Starost ove serije je vjerovatno silurska, obzirom na nalaz graptolita (J. Poljak, 1952) u filitima istočnog dijela Papuka.

U jednoj kasnijoj orogenezi, vjerovatno hercinskoj, ovi sedimenti su sinkinematski progresivno metamorfozirani i granitizirani. Ektinitski metamorfizam i granitizacija moraju se shvatiti kao manifestacije jednog te istog procesa, jer kemizam stijena pokazuje da je dovod materijala u cijeloj seriji progresivno metamorfoziranih kristalastih škrljaca bio kontinuiran.

U području Ravne gore razvijena je kompletna serija progresivno metamorfoziranih kristalastih škrljaca. Serija je nabrana sa osima boranja pravca W - E. To je naravno i opći smjer pružanja foliacije, koja se poklapa s prvobitnom stratifikacijom. Pad foliacije je vertikalna ili vrlo strm prema N ili S. Idući u smjeru pada foliacije od juga prema sjeveru, povećava se postepeno stupanj metamorfizma, a metamorfne one se pravilno smjenjuju. Na geološkoj karti se sa priličnom tačnošću mogu povući izograde indeks minerala: najjužnije leže muskovit-kloritski škrljci kloritske zone; na njih se konkordantno nadovezuju muskovit-biotitski škrljci biotitske zone; sjeverno od muskovit-biotitskih škrljaca dolaze biotit-muskovitski i biotitski gnajsi almandinske zone, u kojima se pojavljuju mikroklinski porfiroblastični, okcasti i prugasti gnajsi embrešitskog tipa, te granitske stijene.

Metamorfizam kristalastih škrljaca Ravne gore pripada jednom orogenetskom ciklusu, pa se ovi škrljci mogu smatrati monometamornim stijenama. Unutar ovog orogenetskog ciklusa, metamorfni procesi su se odvijali u više faza. Razmatranjem uzajamnog odnosa deformacija i kristalizacije pojedinih mineralnih sastojaka, mogu se vremenski i prostorno razlikovati tri glavne kinematske faze: 1. faza boranja savijanjem i smicanjem, 2. jedna intermedijarna pretežno statička faza, i 3. jedna kasnija faza rupturnih deformacija.

U glavnoj fazi boranja, muskovit-kloritski i muskovit-biotitski škrljci deformirani su savijanjem, ali se deformacioni procesi nastavljaju i nakon što je premašena čvrstoća za smicanje; progresivni metamorfizam traje i dalje, kroz fazu deformiranja smicanjem, koja formira klivaž aksijalne ravnine. Uz ovaj tip deformacije vezano je u muskovit-biotitskim škrljcima formiranje biotita koji kristalizira mimetski. U biotit-muskovitskim i biotitskim gnajsima ne dolazi do formiranja klivaža aksijalne ravnine, zbog veće plastičnosti materijala prožetog metasomatskim rastvorima i plinovima, te mogućnosti koncentričnog smicanja po postojećim s-ravninama, koje ovdje funkcioniraju kao površine diferencijalnih kretanja.

Za ovu glavnu kinematsku fazu vezan je Na-Ca metasomatizam i migracija željeza i magnezija prema vanjskim zonama metamorfizma. Biotit, granat, staurolit i ostali sastojci biotit-muskovitskih gnajsa i biotitskih gnajsa kristaliziraju u ovoj fazi sinkinematski, ali se kristalizacija nastavlja i postkinematski. Na kraju ove kinematske faze, izgleda da se mijenja donekle i karakter metasomatskih otopina, koje postaju

pretežno kalijске i još bogatije vodom i volatilnim komponentama. U jednoj manje-više statičkoj sredini dolazi sada do formiranja lepezastog klorita u biotit-muskovitskim gnajsima, porfiroblastičnog muskovita u biotitskim gnajsima, a po svoj prilici i mikroklina, u gnajsima migmatitske zone. Ovo još nije faza retrogradnog metamorfizma niti osjetnog pada temperature, jer kako je pokazao H. S. Y o d e r (1952), klinoklor u prisustvu dovoljnih količina vode ostaje stabilan do prilično visokih temperatura (680° C).

Procesi retrogradnog karaktera, kao što je kloritizacija biotita i granata, te sericitizacija staurolita i plagioklasa, vezani su za onu kasniju fazu rupturnih deformacija koja je slijedila nakon statičke faze. Ovim deformacijama otvoreni su putovi kojima su mogli cirkulirati hidrotermalni rastvori, pa je tako došlo do novih kemijskih migracija.

Monometamorfni karakter kristalastih škriljaca Ravne gore pokazuje, da su sve ove stijene metamorfozirane u istoj orogenezi, pa prema tome ne izgleda vjerovatno gledište starijih autora, da su gnajsi i ostale stijene višeg stupnja metamorfizma starije, te da su deformirane i metamorfozirane još prije taloženja niskometamorfoziranih škriljaca.

Primljeno 24. 2. 1964.

Institut za geološka istraživanja
Zagreb, Kućska 2

LITERATURA

- Barić Lj. (1954): Biotit-kordieritni škriljavac sa andaluzitom i silimanitom iz Jaske potoka u Moslovačkoj gori. Geologija - rasprave in poročila 2 (145-167).
- Barić Lj. (1956): Prethodna istraživanja kontaktolita u Moslovačkoj gori. Ljetopis JAZU 61 (304-308).
- Barth T. F. W. (1955): Presentation of rock analyses. Journ. Geol. 63 (348-368).
- Barth T. F. W. (1957): Temperature relations of the mineral facies of metamorphic rocks. Journ. Madras Univ. 27 (37-48).
- Barth T. F. W. (1959): Principles of classification and norm calculation of metamorphic rocks. Journ. geol. 67 (135-152).
- Cloos E. (1944): Correlation of lineation with rock-movement. Trans. Amer. Geoph. Union (660-662).
- Dimitrijević M. (1958): Geološki sastav i struktura bujanovačkog granitskog masiva. Rasprave Zav. za geol. i geof. istraž. Beograd.
- Fairbairn H. W. (1949): Structural Petrology of Deformed Rocks. Cambridge, Mass.
- Gilluly J. (chairman), (1948): Origin of granite. Geol. Soc. Amer. Mem. 28.
- Gorjanović-Kramberger D. (1897): Geologija okolice Kutjeva. Rad JAZU 131 (10-29).
- Hauer F. (1870): Erläuterung zur geologischen Uebersichtskarte der österr.-ungar. Monarchie. Blatt VII. Ungarisches Tiefland. Jahrb. geol. Reichsanst. 20 (463-500).
- Herak M. 1960): Geologija, Zagreb.
- Hillebrand W. H. & Lundell G. E. F. (1953): Applied Inorganic Analysis. New York.

- Jinghwa Hsu K. (1955): Monometamorphism, polymetamorphism and retrograde metamorphism. *Amer. Journ. Sci.* 253 (237-239).
- Jung J. & Roques M. (1952): Introduction a l'étude zéographique des formations cristallophylliennes. *Bull. Serv. Carte géol. France no. 235, 50* (p. 62).
- Kišpatić M. (1891): Kloritoidni škrljavac iz Psumja. *Rad JAZU* 104 (100-105).
- Kišpatić M. (1892): Prilog geološkom poznavanju Psumja. *Rad JAZU* 109 (124-181).
- Kišpatić M. (1910): Brucitambibolit aus Krndija in Croatien. *Centralbl. f. Miner.* 5 (152-155).
- Kišpatić M. (1912): Disthen-Sillimanit und Staurolithführende Schiefer aus dem Krndija-Gebirge in Kroatien. *Centralbl. f. Miner.* 19 (578-586).
- Kišpatić M. (1916): Eruptivgesteine des Krndija Gebirges. *Glas. hrv. prir. dr.* 28 (65-79).
- Knopf E. B. (1933): Petrotectonics. *Amer. Journ. Sci.* 25 (433-470).
- Koch F. (1899): Grafitit od Hambarišta kod Rogolja u Psumju. *Glas hrv. prir. dr.* 10 (231-234).
- Koch F. (1917): Prilog geološkom poznavanju Požeške gore. *Magy. Kir. Földt. Int.* 1916 Evi jelent. Budapest.
- Koch F. (1919a): Dva priloga geologiji Slavonije. *Glas hrv. prir. dr.* 31 (67-79).
- Koch F. (1919b): Grundlinien der Geologie von West-Slavonien. *Glas. hrv. pri. dr.* 31 (217-236).
- Koch F. (1924): Geotektonische Beobachtungen in alpino-dinarische Grenzgebiete. *Recueil de travaux offert à J. Cvijić.*
- Kolthoff I. M. & Sandell E. B. (1951): Anorganska kvantitativna analiza. *Prevod V. Njegovana.* Zagreb.
- Lapadu-Hargues P. (1945): Sur l'existence et la nature de l'apport chimique dans certain séries cristallophylliennes. *Bull. Soc. geol. France 5, ser. 15* (255-310).
- Marić L. (1949): Metamorfne kamnige Bakarnega Gumna in Vesleca južno in jugozahodno od Prilepa. *Rasprave Slov. Akad. znan. umetn.* 4 (229-246).
- Marić L. (1958): Mineralne facije u metamorfnim stijenama Medvednice (Zagrebačke gore). *Geol. Vj.* 12 (205-219).
- Misch P. (1949): Metasomatic granitization of batholithic dimensions. *Amer. Journ. Sci.* 247, part I (209-345), part II (372-406), part III (673-705).
- Niggli P. (1936): Ueber Molekularnormen für Gesteinsberechnung. *Schw. Min. Petr. Mitt.* 16 (259-317).
- Niggli P. (1954): *Rocks and Mineral Deposits.* San Francisco.
- Nikitin W. W. (1936): *Die Fedorov Methode.* Berlin.
- Piccoli G. (1958): Il problema delle mignatiti attraverso mezzo secolo di ricerche. *Per Miner. I. anno.* 27.
- Pilar Dj. (1876): Podravina, Djakovština i Dilj gora. *Rad JAZU* 33 (38-57).
- Poljak J. (1911): Kratak prijedlog geotektonskih odnosa hrvatsko-slavonskog gorja. *Glas. hrv. prir. dr.* 23 (108-127).
- Poljak J. (1912): Prethodni izvještaj o geološkom snimanju u opsegu listova Orahovica-Beničanci i Našice-Kutjevo. *Vj. geol. povj.* 2 (20-28).
- Poljak J. (1923): Prinos geološkom i morfološkom poznavanju Krndije. *Glas hrv. prir. dr.* 35 (21-45).
- Poljak J. (1934a): Prilog geološkom poznavanju Krndije. *Vj. geol. Inst. Kr. Jug.* 3 (73-83).
- Poljak J. (1934b): Geološko snimanje karte Našice-Kutjevo 1:75.000. *Izvj. o radu Geol. Inst. Kr. Jug.* za 1933.
- Poljak J. (1938): Izvještaj o geološkom snimanju lista Slatina-Voćin 1:25.000. *God. geol. Inst. Kr. Jug.* 1 (89-92).
- Poljak J. (1939): Izvještaj o terenskom radu na listu Slatina-Voćin. *God. geol. Inst. Kr. Jug.* 2 (106-110).
- Poljak J. (1952): Predpaleozojske i paleozojske naslage Papuka i Krndije. *Geol. vjesnik* 2-4 za 1948/50.
- Raguin E. (1957): *Géologie du Granite.* Paris.

- Ramberg H. (1952): The Origin of Metamorphic and Metasomatic Rocks. Chicago, Ill.
- Rankama K. & Sahama T. G. (1952): Geochemistry. Chicago, Ill.
- Read H. H. (1957): The Granite Controversy. London.
- Reynolds D. L. (1946): The sequence of chemical changes leading to granitization. Quart. Journ. Geol. Soc. London 73 (389-446).
- Reynolds D. L. (1947a): The association of basic fronts with granitization. Sci. Progr. 35 (205-219).
- Reynolds D. L. (1947b): On the relationship between fronts of regional metamorphism and fronts of granitization. Geol. Mag. 84 (106-109).
- Rosenbusch H. & Wülfing E. A. (1927): Mikroskopische Physiographie der Petrographisch wichtigen Mineralien. Bd. I, 2. Hf. V. erw. Aufl. von O. Mügge. Stuttgart.
- Sander B. (1948-50): Einführung in die Gefügekunde der Geologische Körper. I und II Teil.
- Sobolev V. S. (1954): Fedorovskij metod. Moskva.
- Stur D. (1861): Erste Mittheilung über die geologische Uebersichtsaufnahme von West-Slavonien. Verhandl. Jahrb. geol. Reichsanst. 12 (115-118).
- Stur D. (1862): Zweite Mittheilung über die geologische Uebersichtsaufnahme von West-Slavonien. Verhandl. Jahrb. geol. Reichsanst. 12 (200-205).
- Tajder M. (1944): Albitski riolit Požeške gore. Vj. geol. zavoda 2-3 (74-88).
- Tajder M. (1947): Albitski dolerit iz Nakop potoka u Požeškoj gori. Geol. Vj. 1 (182-189).
- Tajder M. (1956): Albitski efuzivi okolice Voćina i njihova geneza. Prir. istr. JAZU 27 (35-48).
- Tajder M. (1960): Anortoklasni egrinski riolit iz potoka Rupnice kod Voćina. Prir. istr. JAZU 29 (95-101).
- Tröger W. E. (1952): Tabellen zur optischen Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Stuttgart.
- Turner F. J. & Verhoogen J. (1951): Igneous and Metamorphic Petrology. New York.
- Waarde D. (1959): Anorthite content of plagioclase in basic and pelitic crystalline schists as related to metamorphic zoning in the Usu massif, Timor. Amer. Journ. Sci. 257 (553-562).
- Washington H. S. (1930): The Chemical Analysis of Rocks. New York.
- Winchell A. & H. (1951): Elements of Optical Mineralogy. IV ed. Part. II. Descriptions of Minerals. New York.
- Wodiczka F. (1855): Bericht über die geologische Untersuchung der k. k. Studien-Fondsherrschaft Kutjevo in Slavonien. Sitz. Jahrb. geol. Reichsanst. 6 (868).
- Yoder H. S. (1952): The MgO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O System and the related metamorphic facies. Amer. Journ. Sci. Bowen vol. (569-627).

Geološke karte

- Koch F. (1908): Geologijska prijedlogna karta Kraljevine Hrvatske i Slavonije, list Daruvar 1:75.000, sa tumačem.
- Poljak J. (1934): Geološka karta Kraljevine Jugoslavije. List Orahovica-Beničanci 1:75.000, sa tumačem.
- Koch F. (1935): Geološka karta Kraljevine Jugoslavije. List Požega-Nova Gradiška. 1:75.000.
- Tajder M. & Nedela D. D. & Ožegović F. & Magdalenić Z. (1960): Geološka karta FNRJ. List Daruvar 52, sa tumačem (u rukopisu).
- Tajder M. & Marić L. & Ožegović L. & Nedela D. D. & Magdalenić Z. (1960): Geološka karta FNRJ List Orahovica 51, sa tumačem (u rukopisu).

P. RAFFAELLI

METAMORPHISM OF PALEOZOIC PELITIC SCHISTS
OF RAVNA GORA*(Papuk Mountain - Croatia)*

Crystalline schists of various degrees of metamorphism and, to a minor extent, granitic rocks form the central part of Psunj, Papuk and Krndija. This is a group of mountains rising from the predominantly Pleistocene plain extending between the Sava and Drava Rivers in north-east Croatia. According to Gorjanović-Kramberger (1897), Koch (1908, 1919), and Poljak (1911, 1934a, 1952), the quartz-phyllite containing graptolites (Poljak, J. 1952), as well as other low-grade schists are of the Silurian age, while high-grade schists and granitic rocks are Precambrian. Poljak (1952) suggested that Precambrian schists had undergone metamorphism and subsequent erosion even before the sedimentation of the Silurian. The Silurian schists are transgressive; hence, they should have been folded and metamorphosed to the low-grade during a later orogeny.

The work presented in this paper covers the Ravna gora, an area in the western part of the Papuk Mountain, underlain by pelitic and semipelitic low-grade schists, as well as high-grade schists, gneiss and migmatite rocks. All these rocks have undergone a synkinematic metamorphism, which progress from quartz-sericite and muscovite-chlorite schists, through muscovite-biotite schist and biotite-muscovite paragneiss, to biotite paragneiss and microcline porphyroblast embrechites. The metamorphism increases in intensity from south to north. A succession of metamorphic zones imperceptibly grading into each other can thus be recognized. They are, according to Jung & Roques (1952): zone des micaschistes supérieurs, zone des micaschistes inférieurs, and zone des gneiss supérieurs. The zone des micaschistes supérieurs comprises two Barrovian zones, the outer one denoted by chlorite and the inner one by brown biotite. The zone des micaschistes inférieurs is characterized by the appearance of almandine and red-brown biotite. It corresponds approximately to the Barrovian garnet zone. However, the garnet zone comprises also the Jung & Roques zone des gneiss supérieurs. This zone is denoted by the same mineral assemblage, only the characteristic facies is changed, being now gneissic. Thus, the index minerals are still almandine and red-brown biotite. These two minerals are also characteristic throughout the migmatite zone, and the associate granitic (granodioritic) rocks. The fine-grained biotite paragneiss of the migmatite zone, containing some sillimanite (fibrolite), is not considered as a facies characteristic of the zone des gneiss inférieurs viz. the sillimanite zone. Here, the presence of sillimanite can be regarded as due to the special chemical composition of the original pelitic rock or, more probably, as the result of metasomatism and granitization, but not as a consequence of changes in the physical conditions of metamorphism.

Amphibole rocks are found locally, but rarely inside the pelitic biotite gneiss as thinner schistose bands or lenses. In the migmatite zone they are also migmatized, giving rise to biotite-hornblenda banded gneisses of tonalite composition. These rocks probably represent thin calcite-bearing layers intercalated in the original pelitic sediments.

The bulk chemical composition of the pelitic schists of the Ravna gora gradually changes with the increase in metamorphic grade. The low-grade quartz-sericite and muscovite-chlorite schists have a characteristic pelitic composition, i. e. high K/Na ratio, relatively high Fe and Mg, and an exceptionally low tenor of Ca. With the increase in grade there is a metasomatic influx of Na, Ca, and probably some K, coming from the inner zones. Thus, the pelitic schists become progressively granitized, and their bulk chemical composition approaches the composition of granodiorite. Nägeli values of high-grade schists correspond almost exactly to the granodioritic

magma types. Although it may be purely incidental, it is of interest to mention that the cation percentages of the characteristic rock samples of individual groups plotted on the variation diagrams, show a continuous increase of alkalis and Ca, and the trend of the curves corresponds to that of the Lapadu-Hargues (1945) statistically derived curves.

The gradual change of the bulk chemical composition approaching granodiorite connected with the metamorphic zoning, lead to the conclusion that granitization, migmatization and high-grade metamorphism are necessarily linked, and that they are various expressions of the same process.

The results of our investigation show that, contrary to the opinion of the above mentioned authors, all the pelitic schists of the Ravna gora are synkinematic metamorphosed during the same orogeny. Had the high-grade schists undergone metamorphism during an earlier, Precambrian orogeny, most probably they would have been subsequently reactivated. However, we were unable to find any evidence of postcrystalline deformations, retrograde metamorphism on a larger scale, phyllonitization, or of any other process which would indicate that these rocks had been subjected to more than one metamorphism. Therefore, it is likely to consider that all these rocks were synkinematic metamorphosed during the same orogeny, and that all the pelitic schists of the Ravna gora belong to the same series of geosynclinal sediments.

Received 24th February 1964

*Institute for Geological Research
Zagreb, Kupska 2*

TABLA - PLATE I

1. Struktura muskovit-kloritskih škriljaca. Nikoli ukršteni, povećanje 90 X.
1. *Muscovite-chlorite schist. Quartz bands alternating with muscovite-chlorite bands. Crossed nicols, X 80.*
2. Muskovit-kloritski škriljci. Tlačne sjene oko porfiroblasta klinocoisita. Nikoli ukršteni, pov. 80 X.
2. *Muscovite-chlorite schist. Chlorite pressure shadow on clinozoisite porphyroblast. Crossed nicols, X 80.*
3. Muskovit-biotitski škriljci. Klivaž aksialne ravnine (s_2) sječe originalnu slojevitost (s_1). Biotit kristalizira mimetski. Bez analizatora, povećanje 24 X.
3. *Muscovite-biotite schist. Axial-plane cleavage marked by mimetic crystallization of biotite (s_2), intersecting the bedding-plane schistosity (s_1). Plane polarized light, X 24.*
4. Biotit-muskovitski gnajsi. Paralelno srašteni biotit i muskovit markiraju foliaciju. Bez analizatora, povećanje 80 X.
4. *Biotite-muscovite gneiss. Parallel growth of biotite and muscovite marking the foliation. Plane polarized light, X 80.*

str. 112



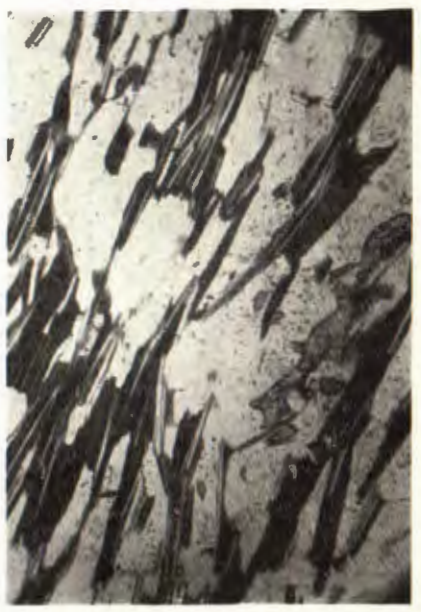
1



2



3



4

TABLA - PLATE II

5. Biotit-muskovitski gnajs. Izdvajanje igličastog rutila iz kloritiziranog biotita. Bez analizatora, povećanje 80 X.
5. *Biotite-muscovite gneiss. Acicular rutile produced by alteration of biotite. Plane polarized light, X 80.*
6. Biotit-muskovitski gnajs. Sinkinematska kristalizacija biotita. Bez analizatora, pov 80 X.
6. *Biotite-muscovite gneiss. Synkinematic crystallization of biotite, Plane polarized light, X 80.*
7. Biotit-muskovitski gnajs. Postkinematski klorit. U kloritu uklopljen kristalić cirkona, oko kojeg se vidi pleohroitski ovoj. Nikoli ukršteni, pov. 80 X.
7. *Biotite-muscovite gneiss. Postkinematic chlorite. Note the pleochroic halo surrounding the zircon grain, Crossed nicols, X 80.*
8. Biotit-muskovitski gnajs. Sericitiziran staurolit. Nikoli ukršteni, povećanje 80 X
8. *Biotite-muscovite gneiss. Staurolite porphyroblast altering to sericite. Crossed nicols, X 80.*



5



6



7



8

TABLA - PLATE III

9. Biotit-muskovitski gnajls. Porfiroblast andezina, sraslačka lamela po kompleksnom albitsko-karlovarskom zakonu. Nikoli ukršteni, povećanje 24 ×.
9. *Biotite-muscovite gneiss, andesine porphyroblast. The band is twinned according to the complex, Albite-Carlsbad, law. Crossed nicols, × 24.*
10. Biotitski gnajls. Pojkiloblast muskovita. Nikoli ukršteni, povećanje 80 ×.
10. *Biotite gneiss. Late muscovite poikiloblast. Crossed nicols, × 80.*
11. Biotitski gnajls. Silimanit i granat. Bez analizatora, povećanje 80 ×.
11. *Biotite gneiss. Biotite, silimanite (fibrolite) and almandine-garnet. Plane polarized light, × 80.*
12. Struktura biotit-amfibolskog prugastog gnajlsa. Nikoli ukršteni, povećanje 24 ×.
12. *Biotite-amphibole banded gneiss. Alternating coarse grained and fine grained bands. Crossed nicols, × 24.*



9



10



11



12