

C. VITERBO e B. ZANETTIN

CARATTERI PETROGRAFICI  
E CHIMISMO DELLA MASSA GNEISSICA GRANITOIDE  
AFFIORANTE FRA SKOYO E VALLE TORMIK  
(*Karakorum occidentale*)

In due note a carattere preliminare redatte da uno di noi due <sup>(1)</sup> sono stati descritti sommariamente i rapporti esistenti fra le rocce che costituiscono una massa di aspetto granitoide affiorante nella valle dell'Indo, tra Skoyo e Valle Tormik, e gli scisti minuti con i quali tali rocce vengono a contatto; inoltre, sulla base delle osservazioni sul terreno e di un primo studio petrografico su un numero limitato di sezioni sottili si accennava anche alla possibilità che questa massa potesse essersi costituita o per metamorfismo di una precedente massa intrusiva o per un processo metasomatico a carattere sodico, rimandando tuttavia la soluzione del problema genetico in attesa di approfondire le conoscenze sulle formazioni rocciose di questa zona.

Il presente lavoro si propone appunto di fornire i caratteri petrografici e chimici delle rocce granitoidi affioranti fra Skoyo e Tormik facendo astrazione da qualsiasi considerazione di carattere genetico.

**CONDIZIONI GEOLOGICHE**

Sul versante destro della Valle dell'Indo, nella zona compresa all'incirca tra il villaggio di Skoyo e la Valle Tormik, affiora dal fondovalle fino ad una quota di 4000 metri circa una massa di rocce chiare più o meno scistose caratterizzate dalla presenza di grossi individui feldispatici disposti ora in concordanza ora in discordanza rispetto ai piani di scistosità; la scistosità della roccia è impartita dalla presenza di letti irregolari scuri, costituiti per lo più da sola mica bio-

<sup>(1)</sup> B. ZANETTIN, *Notizie petrografiche sul territorio compreso fra i gruppi dell'Haramosh e del Koser Gunge*. La Ricerca Scientifica, Anno 26°, N° 11, 1956.

— B. ZANETTIN, *Motivi petrografici essenziali osservati nella regione centrale del Karakorum*. Rend. S.M.I., Anno XIII, 1957.

tistica, più raramente da biotite ed anfibolo associati. Il rapporto quantitativo fra minerali sialici e minerali femici, come si può rilevare sul terreno, non presenta grandi variazioni da punto a punto, mentre possono variare localmente le dimensioni dei grandi cristalli feldispatici. Nell'insieme queste rocce hanno un aspetto che nelle facies meno scistose ricorda quello di alcuni caratteristici « ghiandoni ».

Le rocce incassanti sono costituite da gneiss molto minuti, biotitici, biotitico-anfibolici o puramente anfibolici, accompagnati sempre da epidoto in quantità notevole.

Non esistono limiti precisi fra gli gneiss granitoidi ed gli gneiss minuti, anzi fra gli uni e gli altri si interpone una zona profonda anche qualche centinaio di metri nella quale i due tipi sono associati in proporzioni diverse. Generalmente il passaggio dalle rocce incassanti agli gneiss granitoidi avviene in questo modo: dapprima i filoni chiari (di aspetto porfirico per lo sviluppo degli individui feldispatici) presenti in numero molto limitato in tutta la formazione circostante, si fanno via via più frequenti ora intersecando gli scisti minuti, ora mantenendosi concordanti con questi; compaiono quindi le rocce granitoidi, dapprima limitate a piccole masse entro gli scisti minuti, poi tanto diffuse da prevalere su questi che ne risultano spesso inclusi sotto forma di bande più o meno allungate. Fra questi inclusi, oltre agli gneiss minuti biotitico-anfibolici ed epidotici, si trovano anche talco-scisti, cloritoscisti e scisti attinolitici ad elementi piuttosto sviluppati. In tutta questa fascia di transizione, sia gli gneiss minuti scuri che le rocce chiare granitoidi sono attraversate da una fitta rete di filoncelli di aspetto aplitico e presentano scistosità concordante. Più oltre, verso l'interno della massa, gli inclusi scuri scompaiono e le rocce granitoidi mostrano una notevole omogeneità su vasta estensione.

Nella parte superiore della massa, immerse negli gneiss granitoidi, si individuano tuttavia delle bancate di gneiss minuti corrispondenti probabilmente a paragneiss arenacei provvisti di sottili intercalazioni calcaree.

Al contatto fra le rocce della massa in studio e gli gneiss minuti incassanti non esiste una vera aureola metamorfica; i soli fenomeni di ricristallizzazione visibili sono limitati alla sporadica comparsa di porfiroblasti micacei o di attinoto. Da rilevare inoltre che la comparsa di questi minerali di neoformazione è solo locale per cui è difficile stabilire quali cause l'abbiano provocata.

### CARATTERI PETROGRAFICI

#### **Le rocce scistose incassanti e gli inclusi nella massa granitoide.**

Le rocce incassanti che delimitano la massa granitoide verso Est, verso Nord e verso Ovest (a Sud la zona rilevata è delimitata dal corso del fiume Indo) corrispondono a scisti di vario tipo, in genere a grana piuttosto minuta; gneiss anfibolico-epidotici, anfibolico-biotitico-epidotici, biotitico-epidotici, calcefir, cloroscisti, talcoscisti ecc. costituiscono una serie pressochè continua nella quale i vari termini sono intercalati fra di loro in proporzione diversa nei vari punti di affioramento, cosicchè in una zona determinata può avvenire che le rocce siano rappresentate solo da una delle facies ora nominate o che solo una prevalga nettamente sulle altre. In particolare si potrà precisare che nella parte sud-orientale della massa, ove le rocce incassanti si incuneano nelle rocce granitoidi, prevalgono negli affioramenti più bassi, in prossimità dell'Indo, degli gneiss biotitico-epidotici minuti, gli stessi che molto spesso nella fascia di transizione costituiscono placche di notevole estensione incluse nella massa. Un campione prelevato da una di queste placche si presenta nettamente scistoso per la disposizione suborientata della biotite in piani paralleli, mostrando tuttavia nelle varie parti una diversa proporzione di minerali sialici. Molto comuni sono poi delle venette chiare a grana più grossa che lo attraversano sia in concordanza che in discordanza; è visibile qualche chiazza di solfuri, (probabilmente calcopirite) irregolarmente distribuita nella roccia.

Al microscopio i minerali essenziali risultano essere biotite, epidoto, quarzo ed albite.

Oltre alla biotite è presente anche la mica chiara che compare però in quantità molto minori ma con lamine molto più sviluppate, piccoloblastiche, disposte ora in concordanza con la scistosità generale della roccia, ora trasversalmente o perpendicolarmente a questa.

L'epidoto, abbondante, si presenta in piccoli granuli equidimensionali e corrisponde a miscele un po' ferrifere.

Gli elementi sialici, quarzo e plagioclasio, costituiscono dei granoblasti piuttosto minuti. Di solito il plagioclasio corrisponde a termini nettamente sodici tanto che raramente presenta un contenuto in anortite superiore al 10%. Fra gli accessori è comune la titanite; più rari sono apatite e zircone.

Su questo campione è stata eseguita anche l'analisi chimica i cui dati sono riportati nella Tab. I. Come si vede la roccia corrisponde abbastanza bene al tipo dioritico normale dei magmi dioritici. Una certa differenza presentano i valori di *c* e di *alc* che rimangono tuttavia entro i limiti prescritti per questo tipo magmatico.

Un po' più a Nord, nello stesso cuneo di rocce scistose incassanti, gli gneiss minuti biotitico-epidotici del tipo ora descritto fanno passaggio a rocce notevolmente diverse; le più comuni sono dei talcoscisti includenti cristalli di pirite a forme perfette, scisti attinolitici verdastri nei quali l'anfibolo si presenta talora in individui aciculari relativamente ben sviluppati disposti in fasci fibroso-raggiati, altra volta in cristalli più minuti costituenti un fondo abbastanza omogeneo sul quale si sviluppano grandi individui micacei di un bel colore verde smeraldo che per i suoi caratteri ottici (indici di rifrazione compresi fra 1,58 e 1,60;  $2V = 20^\circ-40^\circ$ ; birifrangenza molto elevata) risulta corrispondere ad una muscovite di tipo phengitico; tali lamine micacee sono sempre peciloblastiche. In qualche caso queste rocce fondamentalmente costituite da attinoto contengono quantità variabili di carbonati.

A Nord Est, nel versante destro di Valle Tormik, e verso Nord le rocce incassanti sono costituite quasi esclusivamente da rocce anfiboliche corrispondenti per lo più a delle anfiboliti ricche in epidoto con carattere più o meno decisamente prasinitico; per l'abbondanza del plagioclasio queste facies possono far passaggio agli gneiss anfibolici; sono quasi sempre presenti anche piccole quantità di quarzo.

Meno diffusi sono degli scisti di colore verde chiaro che a prima vista sul terreno richiamano per l'aspetto alcune prasiniti e che alla osservazione microscopica risultano invece costituiti quasi esclusivamente da minutissimi cristalli di un anfibolo corrispondente ad un termine di transizione tra l'attinoto e l'orneblenda verde e da epidoto, al quale si può associare in quantità accessoria il quarzo in piccolissimi granuli. In queste rocce si possono talvolta sviluppare in forma di porfiroblasti delle lamine di clinocloro.

In questi scisti sono intercalate anche altre rocce più rare che macroscopicamente mostrano una certa somiglianza con rocce di tipo microdioritico a grana minuta, ma che al microscopio risultano costituite da individui biancastri di tremolite sviluppatasi senza alcuna orientazione definita su un fondo di minutissimi cristallini zoisitici e clinozoisitici.

TABELLA I

Gneiss minuto biotitico-epidotico; (da una placca inclusa negli gneiss granitoidi)

Composizione chimica

SiO <sub>2</sub>	57,74%	Na <sub>2</sub> O	4,11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,25	K <sub>2</sub> O	2,63
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,62	TiO <sub>2</sub>	1,12
FeO	3,83	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,31
MnO	0,09	H <sub>2</sub> O-	0,09
MgO	3,00	H <sub>2</sub> O+	1,53
CaO	5,53		<hr/>
			99,85

« Base »

Norma molecolare

Q	35,2	} 44,1 = L	Q	1,9
Kp	11,0		Or	18,3
Ne	21,7		Ab	36,2
Cal	11,4		An	19,0
Cs	2,1	} 20,4 = M	Wo	2,8
Fs	2,7		En	13,6
Fo	10,2		Hy	4,4
Fa	4,6		Mt	2,7
Ru	0,8		Ru	0,8
Cp	0,3		Cp	0,3
	<hr/>			<hr/>
	100,0			100,0

$\pi = 0,25$

$\mu = 0,52$

$\gamma = 0,10$

$\alpha = 0,85$

Formule « Niggli »

	si	al	fm	c	alc	k	mg
Gneiss minuto biotico-epidotico	165,9	29,2	36,6	17,0	17,2	0,33	0,58
Tipo dioritico normale	155	30	35	21	14	0,3	0,5

Al limite occidentale della massa le rocce nel complesso non sono molto diverse da quelle ora ricordate; basterà precisare che presso il fondovalle, in vicinanza di Skoyo, prevalgono di gran lunga degli gneiss biotitico-anfibolici minuti, mentre verso l'alto divengono più abbondanti, fino a prendere il sopravvento, delle rocce più decisamente micacee, corrispondenti talora a dei micascisti ed intercalate a scisti attinolitici. Si può osservare che esiste una certa analogia fra queste formazioni incassanti della parte Nord occidentale e quelle della parte Sud orientale prossima alla località di Chung.

Si è già accennato all'inizio di questo capitolo al fatto che le rocce incluse in forma di placche e di liste allungate entro agli gneiss granitoidi sono costituite in genere dalle rocce incassanti ora descritte. Fa eccezione una roccia chiara, quarzoso-feldispatica con piccole quantità di miche ed epidoto, di aspetto arenaceo che, in lunghi e potenti banchi alternati a cloritoscisti, affiora in una zona piuttosto interna della massa. Infatti rocce di tipo analogo non sono state riscontrate in prossimità dei contatti, ma presentano tuttavia alcuni caratteri affini a quelli delle rocce incassanti, quali ad esempio la struttura peciloblastica della muscovite e talora anche dell'epidoto ed una mancanza di limiti definiti fra i vari granuli di plagioclasio.

### **Le rocce gneissiche granitoidi.**

Gli gneiss granitoidi della massa che si estende in questo versante della Valle dell'Indo ad Ovest di Valle Tormik, mostrano una certa costanza di caratteri petrografici in tutta la zona di affioramento.

Come si è accennato in precedenza la caratteristica fondamentale di queste rocce è fornita dalle dimensioni notevoli dei feldispati sviluppati su un fondo costituito essenzialmente da plagioclassi, quarzo, biotite, epidoto, orneblenda.

La diversità delle varie facies è legata soprattutto alla quantità di elementi femici presenti ed alla loro natura, potendo essi essere costituiti dalle associazioni biotite-epidoto, biotite-anfibolo-epidoto o anche da solo anfibolo.

Tutte queste rocce presentano quasi sempre una tessitura scistosa più o meno evidente; tale tessitura è impartita alla roccia dai minerali femici che non costituiscono tuttavia dei letti o delle bande regolarmente allungate ma piuttosto delle liste strozzate che, per quanto siano

più o meno contorte, sono disposte nell'insieme secondo una direzione prevalente. E' anche evidente che in queste liste i minerali femici non hanno una orientazione preferita. Al contrario molto rare sono le facies totalmente prive di scistosità; esse sono state individuate solo in un modesto affioramento, costituito da rocce più leucocratiche di quelle normali ed ubicato in prossimità del contatto Nord orientale.

#### *Facies biotitico-epidotiche.*

Le rocce più comuni possiedono solo biotite ed epidoto come minerali femici e sono particolarmente diffuse nelle parti meridionali ed orientali della massa.

Al microscopio si può osservare come i porfiroblasti feldspatici, irregolari per forma ed orientazione e costituenti più della metà delle rocce in volume (almeno da quanto si può arguire da una valutazione approssimata) siano separati fra loro o da un aggregato relativamente minuto di quarzo, plagioclasio, biotite ed epidoto, e da plaghe costituite quasi esclusivamente da grossi individui di quarzo. Anche la biotite, come l'epidoto e talvolta anche la muscovite, si raccoglie molto spesso in lenti o in nidi nei quali le lamine non mostrano alcuna orientazione definita. Si può notare come ognuno dei minerali ora citati tenda a separarsi dagli altri per costituire plaghe quasi monomineraliche.

L'aggregato dei vari minerali sopra ricordati sembra costituito a piccoli ingrandimenti da tanti granuli distinti; a ingrandimenti maggiori si può constatare che soltanto i piccoli individui quarzosi possiedono dei limiti ben definiti rispetto ai plagioclasii, mentre questi ultimi, corrispondenti a miscele molto sodiche oscillanti attorno al 15% An (segno ottico positivo, ma talvolta anche negativo), mostrano limiti molto sfumati fra cristallino e cristallino in modo tale che il loro insieme assume in qualche caso l'aspetto di un'unica irregolare plaga feldspatica includente i granuli di quarzo ed eventualmente anche biotite ed epidoto. Biotite ed epidoto, specie se in individui di un certo sviluppo, tendono però a separarsi da quarzo e plagioclasii per disporsi al limite di questi aggregati, cosicchè spesso risultano interposti fra questi ed i porfiroblasti plagioclasici. Questi due minerali che costituiscono gli elementi colorati della roccia, sono quasi costantemente associati fra loro e con la biotite è talvolta concresciuta anche la muscovite, anche questa in lamine di notevole grandezza. Ai bordi della biotite si dispongono minuti cristallini di titanite.

Il quarzo in grandi elementi si trova in quantità variabili nelle varie rocce osservate, ma rappresenta in ogni caso uno dei minerali più abbondanti; costituisce di solito delle plaghe piuttosto vaste formate dalla riunione di pochi elementi che avvolgono parzialmente alcuni porfiroblasti feldispatici o si protendono nell'aggregato quarzoso-feldispatico-micaceo in forma di filoncelli irregolari per andamento e spessore. Nei singoli elementi di quarzo l'estinzione avviene a zone sub-parallele con distribuzione all'incirca simmetrica rispetto a quella centrale; si è potuto osservare che tali zone sono allungate sempre in direzione poco discosta da  $\epsilon'$ .

I porfiroblasti feldispatici, che si sviluppano sul fondo costituito dai minerali ora descritti, non mostrano alcuna tendenza ad assumere forme o limiti cristallini, ma mostrano al contrario un aspetto « fagocitario », reso evidente ai bordi, dove gli elementi quarzosi dell'aggregato fondamentale quarzoso-feldispatico vengono incapsulati dal porfiroblasto plogioclasico nel corso dell'accrescimento. Questi grandi feldispatici corrispondono a miscele plagioclastiche al 15-20% An (segno ottico sempre negativo;  $N_y$  poco superiore ad  $\omega$  del quarzo;  $N_a$  sempre inferiore ad  $\omega$  del quarzo) e quindi leggermente più ricchi in calcio dei piccoli plagioclasii dell'aggregato fondamentale; non sempre la composizione è uniforme in uno stesso cristallo, come si può talvolta rilevare da una modesta sfumatura simile a quella presentata dalla zonatura; si deve tuttavia trattare di variazioni di composizione poco ampie. Molto più evidente e frequente di questa pseudozonatura è la diversità di comportamento ottico mostrato da parti diverse di uno stesso porfiroblasto, ciò che si rivela chiaramente a nicols incrociati per la presenza di chiazze più chiare e più scure non imputabili a variazioni locali di composizione, ma, più semplicemente, ad una diversa orientazione delle varie parti del plagioclasio. Vedremo più oltre come simili porfiroblasti si siano formati per la riunione di porzioni diversamente orientate.

Il carattere più interessante ed evidente presentato dai porfiroblasti plagioclasticii è fornito dalla generale abbondanza di inclusi cristallini (Tav. I, fig. 1, fig. 2, fig. 3; Tav. II, fig. 1) che impartiscono loro un aspetto decisamente peiloblastico; questi sono rappresentati costantemente da muscovite e da epidoto e comuni sono anche il quarzo e la biotite che dimostrano tuttavia una distribuzione meno omogenea dei primi due. In alcune rocce tutti i grandi cristalli plagioclasticii con-

tengono quantità all'incirca uguali di questi inclusi, in altri invece gli inclusi possono essere ora abbondantissimi, ora scarsi in individui anche vicini fra loro.

Degno di rilievo è il fatto che, nonostante l'abbondanza degli inclusi, i porfiroblasti plagioclasici sono sempre limpidi. Muscovite ed epidoto compaiono sia in individui di un certo sviluppo, sia in cristalli molto più minuti; in alcuni casi è possibile fare una distinzione interessante circa il rapporto esistente fra il loro sviluppo cristallino e la loro disposizione nel plagioclasio ospite: quando la mica chiara e lo epidoto compaiono in individui di dimensioni relativamente grandi, analoghe a quelle presentate dagli stessi minerali nell'aggregato fondamentale (in tale caso l'epidoto, corrispondente a termini leggermente ferriferi, ha anche composizione uguale a quello associato a biotite nella parte restante della roccia) essi sono disposti in modo del tutto casuale entro al plagioclasio; quando invece gli stessi minerali inclusi si presentano rispettivamente in minute lamelle o in piccoli individui a terminazioni cristalline perfette, essi appaiono orientati in direzioni particolari, che per un numero rilevante di individui corrispondono a piani di geminazione e di sfaldatura del plagioclasio; la muscovite, grazie al suo abito lamellare, mostra una orientazione molto più rigida dell'epidoto lungo tali direzioni. Più precise determinazioni in proposito potranno essere offerte da osservazioni di carattere statistico al T.U. Si può concludere che deve esistere una relazione genetica intima fra i microliti minori ed il porfiroblasto ospite.

Anche il quarzo è frequente come incluso, ma in quantità molto variabili da un individuo all'altro; in qualche caso è tanto abbondante da rendere cribroso il porfiroblasto che lo ingloba. In altri casi invece è presente solo ai bordi del feldispato, ove rappresenta, come si è detto, un relitto dell'aggregato fondamentale al quale originariamente apparteneva; altre volte infine i granuli di quarzo formano delle scie più o meno continue che attraversano il plagioclasio o si protendono in esso (Tav. I, fig. 1); in quest'ultimo caso il quarzo è accompagnato quasi sempre da granuli di epidoto e talvolta anche da biotite.

Gli inclusi di quarzo hanno forme varie acquisite evidentemente per riassorbimento ad opera del feldispato, come si può arguire dal fatto, ripetutamente constatato, che attorno agli inclusi quarzosi il plagioclasio assume caratteri ottici diversi da quelli presentati dalla parte restante dei porfiroblasti, apparendo generalmente più chiaro.

Ad un riassorbimento progressivo può essere imputata anche la graduale scomparsa o rarefazione degli inclusi quarzosi passando verso la zona centrale del cristallo.

In alcune rocce gli inclusi quarzosi mostrano i bordi interessati da una fitta seghettatura in corrispondenza a quelle parti dei granuli che intersecano i piani di contatto dei geminati plagioclasici; una attenta osservazione permette di constatare che in corrispondenza a detti piani il plagioclasio si spinge entro al quarzo più profondamente che nelle porzioni comprese fra due successivi piani di contatto, ove il quarzo viene perciò a formare un minuscolo cuneo proteso nel plagioclasio (Tav. I, fig. 4).

Il fenomeno, del tutto indipendente dalla orientazione degli inclusi quarzosi, è da attribuirsi alla maggior velocità di riassorbimento esercitata dal plagioclasio sul quarzo in corrispondenza ai piani di contatto dei geminati; questa diversa velocità di riassorbimento può assumere valori tali che, per tagli particolarmente favorevoli delle sezioni sottili, la geminazione del plagioclasio sembra proseguirsi per una certa profondità entro al quarzo.

Più rari sono gli inclusi di biotite, presenti in quantità variabilissima non solo da roccia a roccia, ma anche da individuo ad individuo plagioclasico di una stessa roccia (Tav. I, fig. 3; Tav. II, fig. 1); si tratta sempre, salvo che in vicinanza dei bordi, di piccole lamelle che non sono però mai orientate secondo particolari direzioni cristallografiche dell'ospite. Per lo più il pleocroismo è attenuato rispetto a quello delle biotiti della massa di fondo e la decolorazione, anche questa progressiva, è di solito accompagnata da diminuzione di birifrangenza; infine la mica originaria sfuma nel plagioclasio. In casi più rari sembra che la biotite si trasformi in muscovite <sup>(1)</sup>. In qualche roccia è stato osservato che la biotite, nel corso della sua trasformazione, assume dei colori verdolini, non molto diversi da quelli della muscovite phengitica.

Raramente sono stati osservati entro ai grandi porfiroblasti feldspatici dei piccoli plagioclasii più sodici (segno ottico sempre positivo).

Si è accennato sopra all'esistenza di grandi porfiroblasti plagioclasici che si possono far corrispondere a delle plaghe costituite da

---

<sup>(1)</sup> G. M. SCHWARTZ, *Alteration of biotite under mesothermal conditions*. Econ. Geol., Vol. 53, N. 2, pag. 164, 1958.

porzioni ad orientazione diversa, in modo da apparire formate dalla riunione di più individui distinti, ma privi di forme cristalline definite che, accrescendosi separatamente, sono venuti a saldarsi fra loro. Questo fatto risulta abbastanza evidente quando lungo la fascia di contatto fra due porzioni di orientazione diversa si trovano distribuite delle scie di granuli quarzosi (accompagnati in qualche caso anche da biotite ed epidoto) che con ogni verosimiglianza dovrebbero corrispondere ai cristalli di quarzo originariamente appartenenti alla massa fondamentale ed incapsulati in seguito all'accrescimento dei plagioclassi contigui (Tav. I, fig. 2). In questo primo stadio della formazione dei porfiroblasti costituitisi per riunione di vari individui, le varie porzioni mostrano leggera e non brusca diversità di orientazione che va poi attenuandosi e scomparendo contemporaneamente alla scomparsa totale o parziale degli inclusi di quarzo (ed eventualmente anche di biotite ed epidoto). Questo meccanismo di formazione dei grandi porfiroblasti è ricostruibile solo quando siano stati fissati dalla cristallizzazione gli stadi iniziali ed intermedi del processo di riunione ed omogeneizzazione (sia della composizione che della orientazione) delle singole porzioni, ma è lecito arguire che anche i porfiroblasti a maggior omogeneità si siano costituiti in modo analogo qualora si presentino attraversati da scie più o meno distinte o evanescenti di granuli di quarzo.

Accessorio frequente è la titanite.

Un campione, rappresentativo della facies ora descritta, sottoposto all'analisi chimica, ha fornito i dati riportati nella Tab. II. Si può dire che la roccia mostra notevoli analogie col tipo granodioritico normale del gruppo dei magmi granodioritici, rispetto al quale presenta però valori troppo bassi di  $k$ , tali da farla riferire senz'altro ai magmi alcalino-sodici; tuttavia nessun tipo magmatico alcalino-sodico noto può essere accostato a questa roccia.

#### *Facies biotitico-epidotico-anfiboliche.*

Facies poco diverse da questa, e distinguibili quasi unicamente per la presenza di piccole quantità di anfibolo associato a biotite ed epidoto, sono presenti in varie località della massa in studio e sono particolarmente frequenti negli affioramenti più elevati.

TABELLA II

Gneiss granitoidi a porfiroblasti feldispatici (*parte bassa della massa, presso il contatto orientale*).

Composizione chimica

SiO <sub>2</sub>	68,39%	Na <sub>2</sub> O	6,56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,17	K <sub>2</sub> O	1,81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,02	TiO <sub>2</sub>	0,52
FeO	1,72	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11
MnO	0,05	H <sub>2</sub> O-	0,08
MgO	1,49	H <sub>2</sub> O+	1,08
CaO	4,03		<hr/>
			100,03

« Base »

Q	44,1	
Kp	6,3	} 41,7 = L
Ne	34,7	
Cal	0,7	
Cs	5,4	} 14,1 = M
Fs	1,2	
Fo	5,0	
Fa	2,1	
Ru	0,4	
Cp	0,1	
	<hr/>	
	100,0	

Norma molecolare

Q	12,9
Or	10,5
Ab	57,8
An	1,2
Wo	7,2
En	6,7
Hy	2,0
Mt	1,2
Ru	0,4
Cp	0,1
	<hr/>
	100,0

$$\pi = 0,01 \quad \mu = 0,36 \quad \gamma = 0,39 \quad \alpha = 3,46$$

Formule « Niggli »

Gneiss granitoidi biotitico-epidotico a porfiroblasti feldispatici	si	al	fm	c	alc	k	mg
	267,9	30,4	23,3	16,9	29,4	0,15	0,62

Si può rilevare che in qualche caso i porfiroblasti plagioclasici di queste rocce sono leggermente più calcici che nelle facies sopradescritte, oscillando intorno al 20% An ( $N_{\beta}$  molto prossimo ad  $\omega$  del quarzo,  $N_{\gamma} > \omega$ , segno ottico costantemente negativo); solo in prossimità del bordo si riscontrano delle porzioni corrispondenti a miscele lievemente più sodiche. Individui minori di plagioclasio sono inclusi nei porfiroblasti distinguendosi da questi per l'assenza o la grande scarsità di inclusioni.

Fra le inclusioni è da porre in rilievo l'abbondanza di biotite, in lamine di dimensioni diverse, con caratteri analoghi a quelli già noti e la contemporanea presenza di orneblenda verde (Tav. II, fig. 1), vale a dire di quel minerale femico che differenzia questa facies da quella biotitico-epidotica; può avvenire anzi, sia pure in casi rari, che biotite ed orneblenda costituiscano gli inclusi più frequenti dei porfiroblasti. Anche questi inclusi anfibolici mostrano delle variazioni di pleocroismo e di birifrangenza, analogamente a quanto avviene per gli inclusi biotitici, dai quali ad un certo punto si possono distinguere solo per l'estinzione inclinata e per l'elevato valore dell'angolo 2V.

Nella parte più esterna dei peeciloblasti plagioclasici i granuli di orneblenda possono presentare dimensioni relativamente notevoli. Talora si trovano inclusi nel feldispato degli aggregati di biotite, orneblenda ed epidoto.

Analogamente alle rocce già descritte, anche questa facies non corrisponde ad alcuno dei tipi magmatici noti. Vengono tuttavia riportati per confronto i dati relativi:

1) al tipo adamellitico del gruppo dei magmi granitici di serie alcali-calceica, dal quale però la roccia analizzata si distacca in maniera decisa per i bassissimi valori di  $k$ , oltre che per una certa differenza nel valore di  $c$ ;

2) al tipo granodioritico normale del gruppo dei magmi granodioritici dal quale si discosta ancora una volta per i valori troppo bassi di  $k$  e per un contenuto troppo elevato di  $alc$  (che nel tipo granodioritico non può superare 25) e per la differenza  $al-alc$  (che dovrebbe essere maggiore di 10);

3) al tipo tahitico appartenente ai magmi fojaitici, al quale la nostra roccia non può certo essere riferita, trattandosi di magmi iposilicici (valore massimo di  $si$  pari a 160), ma per il quale è interessante rilevare la stretta analogia esistente fra gli altri parametri.

Il fatto che gli inclusi femici siano presenti in individui più sviluppati e presentino minori modificazioni di caratteri ottici al bordo dei porfiroblasti che al nucleo, lascia presumere che essi corrispondano a relitti di associazioni preesistenti, metastabili nell'ospite plagioclasico.

In qualche roccia si è osservato che il quarzo è scarso, sia nell'aggregato minuto fondamentale, sia sotto forma di inclusione.

La composizione chimica di una roccia corrispondente ad una facies di questo tipo è riportata nella Tab. III unitamente ai relativi calcoli.

#### *Facies prive di scistosità.*

Le facies prive di una scistosità definita osservate in prossimità del contatto occidentale della massa, nel versante destro di Valle Tor-mik, per l'aspetto possono essere paragonate a graniti o leucograniti; in realtà l'osservazione microscopica rivela che, se il rapporto quantitativo fra elementi femici ed elementi sialici, è qui diverso che nelle altre rocce granitoidi a tessitura più o meno scistosa, i caratteri petrografici essenziali sono i medesimi, cosicchè sarà sufficiente mettere in rilievo quei motivi che differenziano questa facies da quelle sopradescritte.

I porfiroblasti plagioclasici hanno dimensioni un po' minori che nelle altre rocce e mostrano una certa tendenza ad assumere forme proprie, quantunque permanga ancora evidente l'aspetto « fagocitario ». Questi peciloblasti, zeppi come sempre di inclusioni, corrispondono a miscele più sodiche di quelle riscontrate nelle altre rocce; il segno ottico costantemente positivo, il valore di  $N\gamma$  inferiore ad  $\omega$  del quarzo indicano che si tratta di plagioclasii albitici con contenuto in An inferiore al 14%.

Gli inclusi sono ancora rappresentati da muscovite, epidoto in individui isolati e nettamente idiomorfi (spesso orientati secondo determinate direzioni), quarzo (talora « seghettato ») e biotite. Nell'aggregato fondamentale sono sviluppate grandi lamine cristalloblastiche e peciloblastiche di muscovite che attraversano indisturbate più individui cristallini o della stessa natura, ma a orientazione diversa, o anche di natura diversa (per es. plagioclasio e quarzo (Tav. II, fig. 2). Queste muscoviti sono spesso associate a biotiti pure di dimensioni notevoli e con caratteri analoghi.

TABELLA III

Gneiss granitoide a porfiroblasti feldispatici (*parte alta della massa, verso occidente*)

Composizione chimica

SiO <sub>2</sub>	65,65%	Na <sub>2</sub> O	6,70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,46	K <sub>2</sub> O	1,31
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,18	TiO <sub>2</sub>	0,47
FeO	1,72	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,19
MnO	0,04	H <sub>2</sub> O-	0,11
MgO	1,99	H <sub>2</sub> O+	0,82
CaO	4,61		
			100,25

« Base »

Q	42,9	
Kp	4,6	} 45,2 = L
Ne	35,7	
Cal	4,9	
Cs	4,0	
Fs	1,2	} 11,6 = M
Fo	4,1	
Fa	2,0	
Ru	0,3	
Cp	0,3	
	100,0	

Norma molecolare

Q	10,1
Or	7,7
Ab	59,5
An	8,2
Wo	5,3
En	5,5
Hy	1,9
Mt	1,2
Ru	0,3
Cp	0,3
	100,0

$\pi = 0,1$

$\mu = 0,36$

$\gamma = 0,35$

$\alpha = 3,30$

Formule « Niggli »

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alc</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>
Gneiss granitoide biotitico-epidiotico-anfibolico a porfiroblasti feldispatici	245,9	34,1	19,9	18,5	27,5	0,11	0,56
Tipo adamellitico	300	37,5	22,5	13,5	26,5	0,45	0,3
Tipo granodioritico normale	280	39	22	17	22	0,45	0,4
Tipo tahitico	150	32	22	18	28	0,25	0,3

Anche questa facies è stata analizzata ed i dati relativi sono riportati nella Tab. IV.

L'unico tipo magmatico di Niggli al quale questa roccia può essere accostata è il normaltrondhjemitico appartenente al gruppo dei magmi trondhjemitici (serie alcali-calcica).

Rispetto a questo però il valore di  $c$  è troppo alto, mentre sensibilmente più basso è il valore di  $k$ , come era da attendersi, per il fatto che le rocce della massa affiorante fra Skoyo e Tormik non possiedono minerali ricchi in potassio; gli unici componenti che contengono questo elemento sono infatti le miche ed eventualmente un po' di K vicariante nei plagioclasii.

#### *Facies anfiboliche.*

Facies che, pur mantenendo caratteri generali simili a quelli ora descritti, si differenziano più decisamente dalle altre facies per una maggior ricchezza di elementi femieci, rappresentati in assoluta prevalenza da orneblenda verde, affiorano nella parte superiore della massa.

L'osservazione microscopica permette di precisare che all'anfibolo si associano piccole quantità di biotite, mentre l'epidoto è quasi totalmente assente nell'aggregato relativamente minuto del fondo. Il quarzo è molto più scarso che nelle facies biotitico-epidotiche, essendo limitato a rare plaghe costituite da grossi elementi e a piccoli granuli inclusi nell'aggregato plagioclasico e nei peciloblasti plagioclasici. In questa roccia, come nelle altre, sono chiaramente distinguibili le plaghe quarzoso-feldispatiche del fondo ed i grandi porfiroblasti plagioclasici pieni di inclusi, ma qui si riscontra con una certa frequenza che plaghe chiare, macroscopicamente analoghe ai porfiroblasti, risultano costituite da un aggregato irregolare di individui plagioclasici privi di limiti definiti, distinguibili fra loro solo in base alla diversa estinzione che mostrano all'osservazione a nicols incrociati (Tav. II, fig. 3, fig. 4). In questo aggregato particolare sono immerse notevoli quantità di muscovite ed epidoto, in modo del tutto analogo a quanto osservato nei comuni porfiroblasti finora descritti, salvo naturalmente il fatto che qui gli inclusi non manifestano orientazioni preferite.

La disposizione degli individui di questo aggregato, in plaghe aventi generalmente forma di mandorla, e la costante presenza dei soliti inclusi fa pensare che dette plaghe rappresentino uno stadio iniziale nel processo di formazione dei porfiroblasti plagioclasici. Tale inter-

TABELLA IV

Gneiss granitoide a porfiroblasti feldispatici (*al contatto occidentale della massa, in Valle Tormik*)

Composizione chimica

SiO <sub>2</sub>	69,19%	Na <sub>2</sub> O	6,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,24	K <sub>2</sub> O	2,12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,25	TiO <sub>2</sub>	0,21
FeO	0,87	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,36
MnO	0,03	H <sub>2</sub> O-	0,06
MgO	0,44	H <sub>2</sub> O+	1,60
CaO	3,25		<hr/>
			99,68

« Base »			Norma molecolare	
Q	49,3		Q	19,1
Kp	7,6	} 44,1 = L	Or	12,7
Ne	33,2		Ab	55,3
Cal	3,3		An	5,5
Cs	3,0		Wo	4,0
Fs	1,3	} 6,3 = M	En	1,2
Fo	0,9		Hy	0,5
Fa	1,0		Mt	1,3
Ru	0,1		Ru	0,1
Cp	0,3		Cp	0,3
	<hr/>			<hr/>
	100,0			100,0

$\pi = 0,07$        $\mu = 0,13$        $\gamma = 0,46$        $\alpha = 9,47$

Formule « Niggli »

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alc</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>
Gneiss granitoide biotitico-epidotico a porfiroblasti feldispatici, privo di tessitura scistosa	322,5	39,1	10,9	16,3	33,7	0,19	0,28
Tipo trondhjemitico normale	370	42	12	11	35	0,25	0,3

pretazione sembra avvalorata dal fatto che, oltre a questi aggregati particolari (stadio iniziale) e ai porfiroblasti del tipo noto (stadio finale) si trovano anche plaghe costituite in parte da un porfiroblasto, in parte dall'aggregato plagioclasico; di solito il porfiroblasto occupa la porzione centrale della plaga e sfuma lateralmente nell'aggregato. Per di più lo stesso porfiroblasto non si mostra molto omogeneo, ma qualche piccola porzione ha orientazione diversa da quella posseduta dall'individuo maggiore. Plaghe di quest'ultimo tipo dovrebbero rappresentare uno stadio intermedio del processo di formazione del plagioclasio.

Fra gli inclusi dei porfiroblasti feldspatici i più comuni sono ancora muscovite ed epidoto, pur non essendo tali minerali presenti nella roccia come costituenti primari indipendenti; alcune lunghe lamine muscovitiche attraversano più individui plagioclasici di diversa orientazione.

Molto interessante è inoltre la constatazione che in questa roccia anfibolica, l'incluso femico più frequente è l'anfibolo, che si può trovare in stadi di trasformazione più o meno progrediti, rilevabili in base alla diminuzione di pleocroismo e di birifrangenza.

### **Le rocce porfiroblastiche di aspetto filoniano, nella zona di transizione fra la massa granitoide e gli scisti incassanti.**

Le rocce corrispondenti alla definizione soprariportata si possono trovare nella fascia di transizione tra gli gneiss granitoidi e le rocce incassanti e noi sceglieremo come tipi rappresentativi due campioni che all'osservazione microscopica si mostrano molto simili, pur trovandosi in situazione geologica diversa.

Il primo tipo presenta giacitura filoniana essendo interposto in concordanza fra gli scisti minuti biotitico-epidotici, in prossimità dello immediato contatto. Questa roccia ha un aspetto gneissico, porfirico per la presenza di grandi plagioclasii variabili da punto a punto per abbondanza e dimensioni, sviluppati su un fondo piuttosto minuto.

Un altro tipo è invece ubicato entro la massa gneissica granitoide, sempre in prossimità del contatto e sul terreno non è facile stabilire se si tratti di un filone a tessitura scistosa o di una banda scistosa feldi-

spatizzata; per il suo aspetto ricorda una microgranodiorite suborientata ed interessata da brevi lenti scure biotitiche a limiti mal definiti.

Nonostante che l'aspetto microscopico di queste due rocce sia alquanto diverso, le analogie riscontrate allo studio microscopico sono tali da renderle quasi indistinguibili, l'unica effettiva diversità essendo rappresentata dalla presenza di piccole quantità di orneblenda nella seconda roccia.

Il motivo petrografico essenziale riscontrato in queste due rocce è fornito dalla presenza di porfiroblasti plagioclasici sviluppati su un fondo decisamente minuto, granoblastico, costituito da piccoli individui plagioclasici di composizione albitica, da granuli di quarzo e da biotite ed epidoto.

L'interesse particolare riveste il fatto che l'aggregato fondamentale minuto, che rappresenta il 70 %circa del totale della roccia, è quasi perfettamente analogo a quello riscontrato negli gneiss minuti appartenenti alla formazione delle rocce incassanti, mentre i porfiroblasti plagioclasici, corrispondenti a miscele oligoclasiche al 20-25% An, presentano tutti i caratteri che sono stati ampiamente descritti per le facies gneissiche granitoidi della massa (mancanza di terminazioni cristalline definite, ricchezza di inclusioni ecc.).

Accenniamo al fatto che in queste rocce la tessitura scistosa è meno regolare che nelle rocce entro le quali questa facies è ubicata (soprattutto in conseguenza dell'accrescimento dei porfiroblasti feldspatici che hanno compresso e spostato in vario modo l'aggregato fondamentale quarzoso-feldspatico-biotitico-epidotico), mentre sono più numerose le grandi lamine peciloblastiche di muscovite disposte in direzioni varie, indipendenti dalla scistosità generale.

Sulla roccia inclusa negli scisti minuti della formazione incassante è stata eseguita l'analisi chimica; i valori percentuali dei vari ossidi determinati sono riportati nella Tab. V. Da questi risulta evidente che la roccia non corrisponde ad alcuno dei tipi magmatici riportati da NIGGLI; ricorderemo tuttavia che i tipi ai quali maggiormente si accosta, senza tuttavia rientrare nei limiti prefissati, appartengono al gruppo dei magmi sienitici di serie alcalino-sodica (natronsienitici).

TABELLA V

Gneiss minuto a porfiroblasti feldispatici, a giacitura filoniana (*presso il contatto orientale della massa granitoide*)

Composizione chimica			
SiO <sub>2</sub>	69,77	Na <sub>2</sub> O	4,57
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,43	K <sub>2</sub> O	1,23
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,59	TiO <sub>2</sub>	0,48
FeO	1,43	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,14
MnO	0,04	H <sub>2</sub> O-	0,09
MgO	1,44	H <sub>2</sub> O+	1,02
CaO	3,67		<hr/>
			99,90

« Base »			Norma molecolare	
Q	52,5		Q	24,2
Kp	4,3	} 39,7 = L	Or	7,1
Ne	24,7		Ab	41,2
Cal	10,7		An	17,8
Sp	0,1		En	6,5
Fs	0,6	} 7,7 = M	Hy	1,9
Fo	4,9		Cord	0,2
Fa	1,7		Mt	0,6
Ru	0,4		Ru	0,4
Cp	0,1		Cp	0,1
	<hr/>			<hr/>
	100,0			100,0

$\pi = 0,26$        $\mu = 0,68$        $\gamma = \text{—}$        $\alpha = 10,14$

Formule « Niggli »

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alc</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>
Gneiss minuto biotitico-epidotico a porfiroblasti feldispatici	297,3	38,8	22,3	16,7	22,2	0,15	0,68
Tipo granodioritico normale	280	39	22	17	22	0,45	0,4

### CHIMISMO

Al fine di ottenere dei dati veramente significativi intorno alla composizione chimica delle rocce della massa di Skoyo-Tormik sono stati sottoposti ad analisi chimica tre campioni corrispondenti alle facies più caratteristiche della zona di affioramento. Due di queste (quadro riassuntivo, Camp. 3 e 4) rappresentano anche le facies più diffuse in due diverse parti della massa; la prima proviene dagli affioramenti orientali del fondovalle ed è stata raccolta nella fascia di transizione con le rocce incassanti, ove queste sono incluse in forma di placche o di liste (da una di queste placche è stato prelevato il Camp. 1); la seconda è rappresentativa della zona Nord-occidentale e, come si ricorderà, differisce dalla prima per una maggior abbondanza di minerali femici fra i quali compare anche l'anfibolo, in piccole quantità. La terza roccia invece (Camp. 5) non è altrettanto comune, ma è stata scelta perchè, dati i suoi caratteri particolari (assenza di scistosità, aspetto non molto diverso dai normali graniti aplitici, rapporti con le altre rocce granitoidi scistose) poteva essere interessante metterla a confronto con le altre.

QUADRO DELLE ROCCE ANALIZZATE

Località e giacitura	Tipo petrografico	Classificazione secondo i tipi magmatici di Niggli
1 Lembo di scisti incassanti incluso nella massa granitoide nella zona di transizione.	Gneiss minuto biotitico-epidotico.	Gruppo dioritico, tipo dioritico normale.
2 Filone alla periferia della massa granitoide, entro gli gneiss basici minuti.	Gneiss minuto biotitico-epidotico a porfiroblasti feldspatici.	—
3 Tipo medio della parte bassa della massa granitoide; questa roccia ingloba lembi di scisti incassanti.	Gneiss granitoide biotitico-epidotico a porfiroblasti feldspatici.	—
4 Tipo medio affiorante nella parte Nord-occidentale della massa granitoide.	Gneiss granitoide biotitico-epidotico-anfibolico a porfiroblasti feldspatici.	—
5 Facies massiccia in prossimità del contatto Nord-orientale della massa granitoide, nella bassa Valle Tormik.	Gneiss granitoide biotitico-epidotico a porfiroblasti feldspatici, privo di tessitura scistosa.	—

COMPOSIZIONE CHIMICA

	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub>	57,74	69,77	68,39	65,65	69,19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,25	15,43	13,17	15,46	14,24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,62	0,59	1,02	1,18	1,25
FeO	3,83	1,43	1,72	1,72	0,87
MnO	0,09	0,04	0,05	0,04	0,03
MgO	3,00	1,44	1,49	1,99	0,44
CaO	5,53	3,67	4,03	4,61	3,25
Na <sub>2</sub> O	4,11	4,57	6,56	6,70	6,06
K <sub>2</sub> O	2,63	1,23	1,81	1,31	2,12
TiO <sub>2</sub>	1,12	0,48	0,52	0,47	0,21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,31	0,14	0,11	0,19	0,36
H <sub>2</sub> O-	0,09	0,09	0,08	0,11	0,06
H <sub>2</sub> O+	1,53	1,02	1,08	0,82	1,60
Totale	99,85	99,90	100,03	100,25	99,68

FORMULE « NIGGLI »

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alc</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	Q	L	M
1	165,9	29,2	36,6	17,0	17,2	0,33	0,58	35,2	44,1	20,4
2	297,3	38,8	22,3	16,7	22,2	0,15	0,68	52,5	39,7	7,7
3	267,9	30,4	23,3	16,9	29,4	0,15	0,62	44,1	41,7	14,1
4	245,9	34,1	19,9	18,5	27,5	0,11	0,56	42,9	45,2	11,6
5	322,5	39,1	10,9	16,3	33,7	0,19	0,28	49,3	44,1	6,3

TIPI MAGMATICI « NIGGLI »

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alc</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>
Dioritico normale	155	30	35	21	14	0,3	0,5
Granodioritico normale	280	39	22	17	22	0,45	0,4
Adamellitico	300	37,5	22,5	13,5	26,5	0,45	0,3
Tahitico	150	32	22	18	28	0,25	0,3
Trondhjemitico normale	370	42	12	11	35	0,25	0,3

NORMA MOLECOLARE

	Q	Or	Ab	An	Wo	En	Hy	Cord	Mt	Ru	Cp
1	1,9	18,3	36,2	19,0	2,8	13,6	4,4	—	2,7	0,8	0,3
2	24,2	7,1	41,2	17,8	—	6,5	1,9	0,2	0,6	0,4	0,1
3	12,9	10,5	57,8	1,2	7,2	6,7	2,0	—	1,2	0,4	0,1
4	10,1	7,7	59,5	8,2	5,3	5,5	1,9	—	1,2	0,3	0,3
5	19,1	12,7	55,3	5,5	4,0	1,2	0,5	—	1,3	0,1	0,3

I dati dell'analisi chimica riportati nel quadro riassuntivo di pag. 22 mostrano che le tre rocce (Camp. 3, 4, 5) sono sostanzialmente simili, confermando così l'impressione riportata nel corso del rilevamento circa la relativa omogeneità di questa massa granitoide. Il carattere comune più tipico che si ricava dall'osservazione dei dati in parola è fornito dall'elevato valore in  $\text{Na}_2\text{O}$  compreso tra il 6,0% e 6,7%. Il carattere nettamente sodico delle rocce analizzate è espresso dal valore del coefficiente  $k$  delle formule « Niggli » oscillante fra 0,19 e 0,11. Come già è stato osservato a commento delle singole analisi riportate nel capitolo delle descrizioni petrografiche è proprio questo valore eccezionalmente basso di  $k$  che impedisce di accostare le rocce della massa di Skoyo-Tormik a tipi magmatici noti, siano questi appartenenti alla serie alcali-calcica o alla serie alcalino-sodica; ricorderemo soltanto una certa vicinanza di caratteri riscontrata fra la roccia in facies massiccia (Camp. 5) e il tipo normaltrondhjemitico di Niggli, rispetto al quale tuttavia le differenze (specie per  $k$  e  $c$ ) sono ancora troppo forti perchè la nostra roccia possa esser riferita ad esso.

Onde completare la conoscenza sul chimismo di questa zona himalayana sono state analizzate altre due rocce; l'una (Camp. 1) prelevata da una placca inclusa negli gneiss granitoidi, rappresenta uno dei termini più diffusi della formazione metamorfica incassante e mostra una buona corrispondenza con i tipi magmatici e precisamente con il tipo dioritico normale di Niggli.

L'altra roccia (Camp. 2) che, come s'è detto, ha l'aspetto di un filone chiaro concordante con gli scisti minuti della zona di transizione e che sulla base delle osservazioni microscopiche sembrava possedere contemporaneamente caratteri delle rocce incassanti e degli gneiss granitoidi, in quanto dei porfiroblasti plagioclasici perfettamente eguali ai porfiroblasti riscontrati in quegli ultimi si sviluppano su un « fondo » molto simile a quello degli gneiss biotitici minuti incassanti, presenta un contenuto in *alc* intermedio fra quello dello scisto minuto biotitico-epidotico (Camp. 1) e quello delle rocce granitoidi a porfiroblasti plagioclasici, accostandosi tuttavia a queste ultime per il carattere nettamente sodico ( $k = 0,15$ ).

Gli altri dati dell'analisi chimica non confermano tuttavia quel carattere di transizione fra le rocce scistose incassanti e le rocce della massa che sembrava doversi attribuire a questa facies sulla base della osservazione petrografica.

E' da ricordare che questa roccia a giacitura filoniana corrisponderebbe esattamente al tipo granodioritico normale di Niggli se il rapporto fra gli alcali fosse spostato a favore del  $K_2O$ .

Dall'osservazione dei diagrammi tetraedrici di Niggli (fig. 1) si può rilevare che per il diverso rapporto  $c/fm$  le rocce sono distribuite su tre diversi triangoli; i punti rappresentativi di tutte le rocce analizzate,

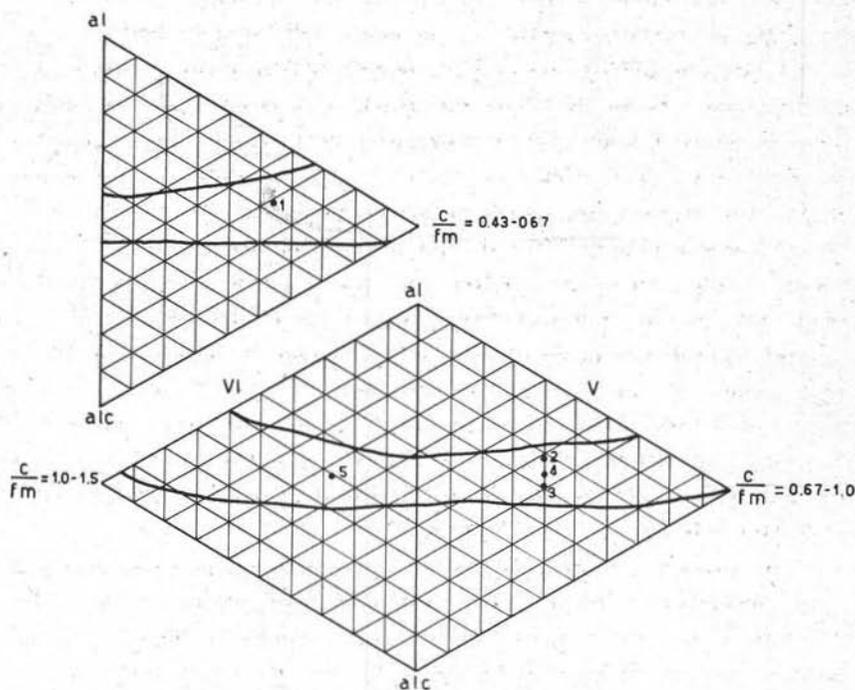


Fig. 1

e cioè sia le rocce della massa gneissica granitoide che gli scisti minuti incassanti, cadono entro il campo delle rocce eruttive.

Di particolare interesse è la posizione assunta dai campioni 2, 4, 3 situati su una stessa verticale, il che significa che in tutti e tre i campioni la somma  $al + alc$  è uguale e che una progressiva diminuzione di  $al$  si accompagna ad un corrispondente aumento di  $alc$  mentre permane costante il valore  $c$ ; nel nostro caso si passa dai tipi più alluminiferi a quelli più alcalini nel senso 2, 4, 3.

Il diagramma  $k—mg$  (fig. 2) conferma ancora una volta il carattere nettamente sodico delle rocce a porfiroblasti feldispatici e moderatamente sodico dello scisto biotitico-epidotico minuto (Camp. 1). Confrontando questo diagramma con quelli relativi alle rocce eruttive di serie alcali-calceica e di serie alcalina, si possono fare le seguenti osservazioni: nel primo caso i punti rappresentativi dei campioni 1, 2, 3, 4 vanno a

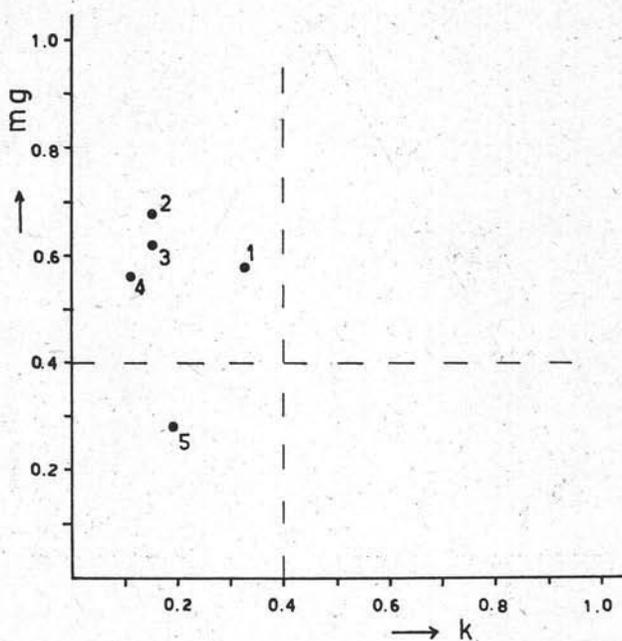


Fig. 2

localizzarsi in un settore del diagramma che è caratteristico di rocce femiche ed ultrafemiche (gabbro anortisitico, ossipitico, pirossenite-orneblendite) alle quali non corrisponde la facies chimico-mineralogica delle nostre rocce che sono di tipo piuttosto sialico, mentre il campione 5 coincide abbastanza bene con il tipo trondhjemitico; nel secondo caso i campioni 1, 2, 3, 4, non corrispondono ad alcuno dei tipi magmatici noti, essendo ubicate tutte le rocce di serie alcalino-sodica nel quadrante inferiore sinistro del diagramma, mentre il campione 5 potrebbe essere accostato ad un tipo sienitico sodico.

Nel diagramma triangolare  $k-\pi$  (fig. 3) (ove  $\pi = \frac{\text{Cal}}{\text{Kp} + \text{Ne} + \text{Cal}}$ ) i punti rappresentativi delle tre rocce della massa gneissica granitoide sono vicini tra di loro e raggruppati in prossimità del vertice Na indicando così oltre al carattere spiccatamente sodico anche la povertà di Ca legato all'alluminio. Lo scisto biotitico epidotico minuto (Camp. 1) è nettamente discosto da queste rocce in virtù del suo contenuto più

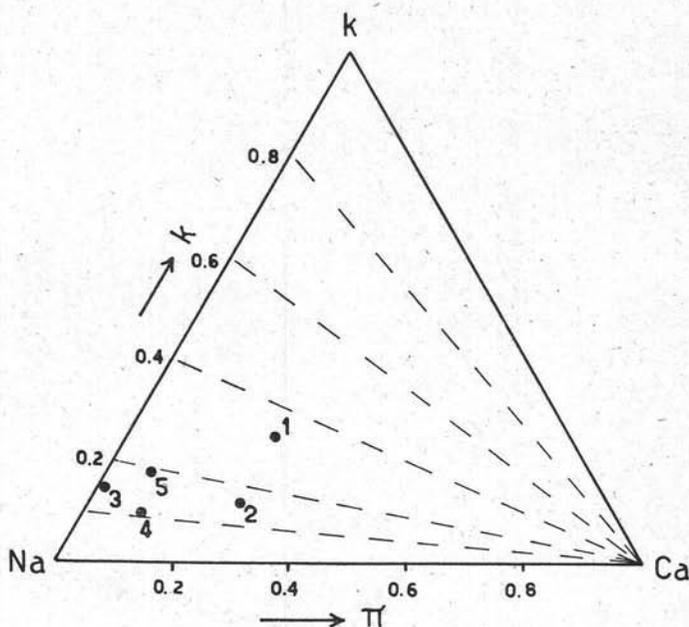


Fig. 3

abbondante in potassio e in calcio (Cal), mentre il campione 2 assume una posizione intermedia presentando valori di  $k$  uguali a quelli della roccia granitoide e valori di  $\text{Cal}$  uguali a quelli degli scisti incassanti.

Concludendo rileviamo che ai caratteri petrografici particolari offerti dalle rocce gneissiche a porfiroblasti plagioclasici della zona Skoyo-Tormik, fa riscontro un chimismo particolare che non consente di classificare queste rocce tra i tipi magmatici comuni o noti.

La mancanza di analogie di ordine chimico con le rocce di origine magmatica impedisce di indicare le rocce in studio con un termine sem-

plice, per cui in assenza di una terminologia adeguata, saranno indicate come gneiss quarzoso-feldspatici biotitico-epidotici a porfiroblasti plagioclasici.

Accenniamo rapidamente al fatto che tanto i risultati forniti dalle analisi chimiche come i dati acquisiti attraverso le determinazioni microscopiche sembrano giustificare l'ipotesi di una genesi di queste rocce per apporto di silice e di sodio. Ciò è tanto più credibile in quanto una cospicua massa di rocce di origine magmatica (che potrebbe rappresentare l'eventuale sorgente di silice e di sodio) affiora ad Est ed a Sud della regione considerata. <sup>(1)</sup>

Allo stato attuale delle nostre conoscenze è prematuro stabilire senz'altro una relazione fra la piccola massa gneissica granitoide in studio e l'adiacente, estesa massa intrusiva, poichè di quest'ultima non sono ancora sufficientemente noti i caratteri chimico-petrografici. Ci riserviamo quindi ogni ulteriore considerazione in proposito.

*Padova - Istituto di Mineralogia dell'Università e Centro Studi di Petrografia e Geologia del C.N.R. - 1958.*

---

<sup>(1)</sup> B. ZANETTIN, *Notizie petrografiche sul territorio compreso fra i gruppi dell'Haramosh e del Koser Gunge*. «La Ricerca Scientifica», Anno 26°, N°. 11, 1956.

— B. ZANETTIN, *Motivi petrografici essenziali osservati nella regione centrale del Karakorum*. «Rend. S.M.I.», Anno XIII, 1957.

### SPIEGAZIONE DELLA TAV. I

Tutte le figure si riferiscono agli gneiss quarzoso-feldispatici a porfiroblasti plagioclasici.

Fig. 1. — *Versante destro di Valle Tormik, presso il contatto.* Aggregato di granuli quarzosi associati ad epidoto e biotite incapsulati in un grande porfiroblasto feldispatico; in questo sono chiaramente visibili gli inclusi micacei ed epidotici.

(Nicols  $\times$ , ingr. 30 x).

Fig. 2. — *Versante destro di Valle dell'Indo, poco ad W dello sbocco di Valle Tormik.* Porfiroblasti plagioclasici pieni di inclusi di miche, epidoto e quarzo. I porfiroblasti, accrescendosi, incapsulano il quarzo interposto.

(Nicols  $\times$ , ingr. 25 x).

Fig. 3. — *Versante destro di Valle dell'Indo, poco ad W dello sbocco di Valle Tormik.* Includi di epidoto, biotite e muscovite in un porfiroblasto plagioclasico; la muscovite è presente in sottili lamine molto allungate.

(Solo polarizzatore, ingr. 45 x).

Fig. 4. — *Versante destro di Valle dell'Indo, poco ad W dello sbocco di Valle Tormik.* Includi quarzosi in un porfiroblasto feldispatico; i bordi che intersecano i piani di contatto del geminato appaiono « seghettati » a causa della maggior velocità di riassorbimento esercitata dal plagioclasio sul quarzo in corrispondenza a detti piani di contatto.

(Nicols  $\times$ , ingr. 100 x).

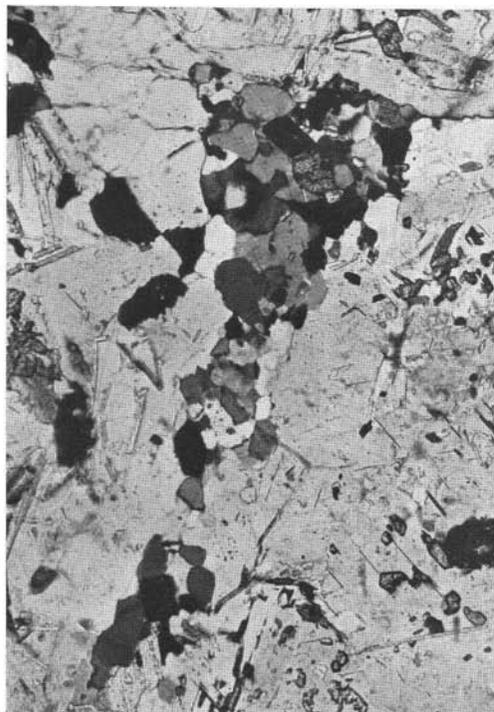


Fig. 1



Fig. 2

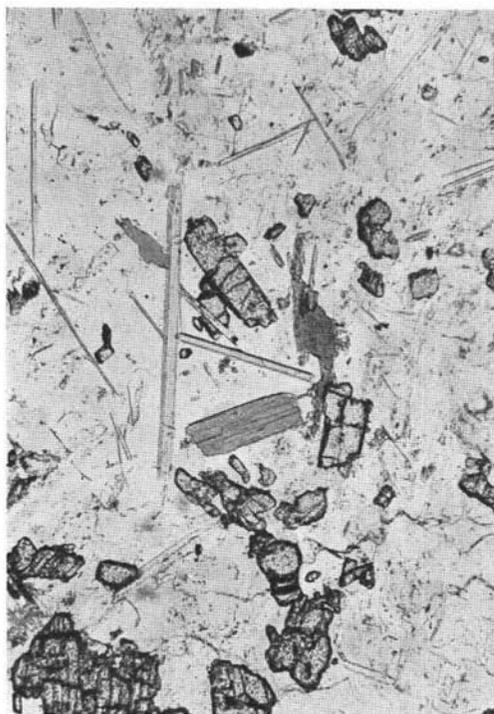


Fig. 3

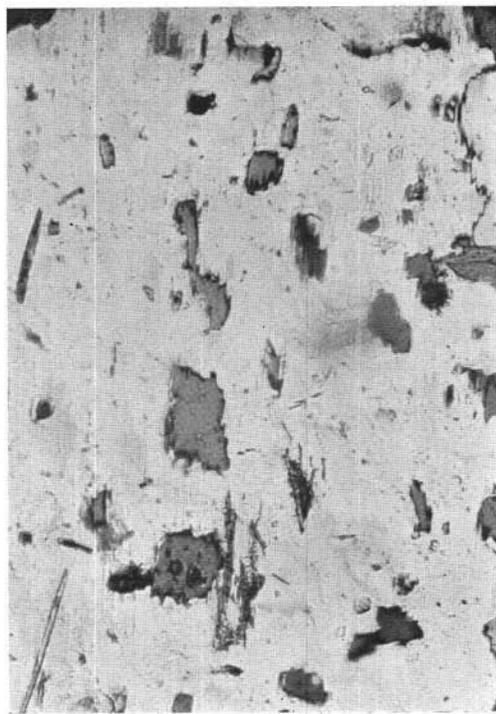


Fig. 4

## SPIEGAZIONE DELLA TAV. II

Tutte le figure si riferiscono agli gneiss quarzoso-feldispatici a porfiroblasti plagioclasici.

Fig. 1. — *Parte Nord-occidentale della massa gneissica, sopra Skoyo, a q. 4000 m. circa.* Biotite ed anfibolo associati inclusi in un porfiroblasto plagioclasico; la biotite è riassorbita ed alcuni lembi appaiono isolati nel feldispato.

Da notare l'orientazione regolata assunta da alcuni microliti micacei.  
(Solo polarizzatore, ingr. 80x).

Fig. 2. — *Versante destro di Valle Tormik, presso il contatto.* Peciloblasto di muscovite che attraversa un porfiroblasto plagioclasico e gli adiacenti granuli quarzosi.

(Nicols  $\times$ , ingr. 90 x).

Fig. 3. — *Parte superiore della massa gneissica, a q. 3800 m. circa, a NE di Skoyo.* Aggregato minuto quarzoso-feldispatico con inclusi micacei ed epidotici. Da notare che alcuni granuli di plagioclasio dai limiti mal definiti e con orientazione ottica poco diversa costituiscono plaghe feldispatiche relativamente estese.

(Nicols  $\times$ , ingr. 30 x).

Fig. 4. — Come fig. 3 a solo polarizzatore. Gli inclusi di mica e di epidoto non possiedono alcuna orientazione definita.



Fig. 1

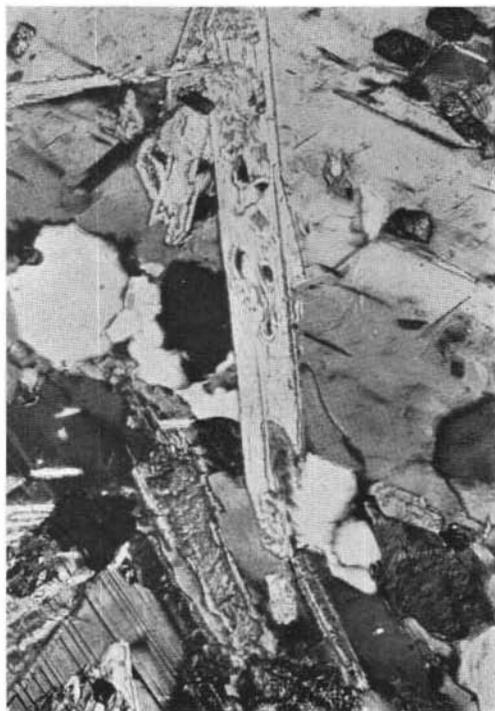


Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4