

G. FAGNANI - L. RADICE

## I LIMITI ORIENTALI DELLA GRANODIORITE DI TRIANGIA (SONDRIO)

In una precedente nota uno di noi (1) ha esposto i risultati di ricerche petrografiche compiute sulla massa intrusiva di Triangia (Sondrio) nel quadro degli studi connessi col rilevamento del foglio *Sondrio* della Carta Geologica d'Italia al 100.000.

La massa principale della formazione granodioritica è sviluppata a Nord di Triangia, Gatti, Bonetti e si estende verso settentrione fino alle località Prà della Piana e Prati Piastorba. Da oriente ad occidente la granodiorite ha una estensione di circa tre chilometri ed è ricoperta da diverse placche moreniche.

Dallo studio effettuato, che aveva avuto anche lo scopo di cartografare in modo preciso i limiti della massa plutonica ed i fenomeni di contatto sulle rocce incassanti, era risultato che, sia per il chimismo sia per la composizione mineralogica, la facies prevalente della massa intrusiva era riconducibile alle tipiche granodioriti terziarie del versante meridionale delle Alpi centro-orientali; ciò veniva a modificare la definizione di « Tonalit von Sondrio » data da Cornelius (2) (3) alla roccia di Triangia sulla base di osservazioni di campagna, integrate da semplici osservazioni microscopiche di carattere generale e preliminare.

Si era inoltre accertato che mentre nella parte centrale del corpo intrusivo prevaleva una struttura omogenea granulare, nella parte meridionale, ed in genere nelle parti periferiche si avevano facies con manifesta orientazione parallela, facies anfiboliche, porfiriche, microgranulari, accompagnate da manifestazioni filoniane acide ed inclusi femiei.

### **Affioramenti orientali della granodiorite.**

Nel corso di ricerche petrografiche compiute lo scorso anno (1) nella Val di Togno e nella Bassa Val Malenco, cioè in aree ad oriente dell'affioramento principale della granodiorite di Triangia, sono stati incontrati alcuni, se pur limitati affioramenti di rocce magmatiche che, per i motivi che esporremo, sono stati messi in relazione con la granodiorite.

Un primo affioramento si ha in corrispondenza delle ripide pareti della forra in cui scorre il torrente Mallero, dal ponte di quota 491 sull'antica strada della Val Malenco, fino presso la centrale elettrica del Cotonificio Fossati, alle porte di Sondrio. Altri affioramenti, e precisamente quattro apofisi, sono stati incontrati negli scisti del Tonale, lungo l'impervio pendio che si sviluppa al di sopra della vecchia strada della Val Malenco, ad oriente del ponte di quota 491 in prossimità della condotta forzata della centrale di Arcuino.

Un altro filone è stato incontrato più ad oriente, non in superficie, bensì nel corso dei lavori di perforazione della galleria Presa Antognasco-La Sassa, condotti dalla Società Vizzola.

Scopo della presente nota è di stabilire le caratteristiche petrografiche degli affioramenti e di mettere in evidenza i rapporti genetici che possono intercorrere tra questi e la massa granodioritica di Triangia (1).

### **Affioramento lungo il torrente Mallero.**

*Facies normale:* Nel tratto tra il ponte di quota 491 e la Centrale del Cotonificio Fossati, il Mallero scorre in una forra dalle ripide pareti, costituita da una roccia che, per i suoi caratteri, si distingue dalle contigue rocce metamorfiche che la delimitano immediatamente a Nord ed a Sud, ed appartenenti alla Serie del Tonale, nell'unità tettonica delle Austridi.

---

(1) Le presenti ricerche sono state compiute sotto gli auspici e con il contributo finanziario del C.N.R.

I campioni studiati provengono dall'incisione del Mallerò, al centro dell'affioramento all'altezza di Buglio.

Sulla superficie fresca di frattura, la roccia si presenta di un colore grigio chiaro, in cui spiccano le lamine di biotite ed i cristalli di anfibolo verde scuro; macroscopicamente la tessitura è granulare; al microscopio la struttura risulta olocristallina, ipidiomorfa, con cristalli di anfibolo e lamine di biotite immerse in un fine aggregato feldispatico. Si nota anche una struttura cataclastica risanata da quarzo di neoformazione; non mancano deformazioni cristalline, interessanti la biotite, ed esili litoclasi risanate da calcite ed epidoto.

Componenti essenziali della roccia sono: plagioclasio, orneblenda, biotite, quarzo; componenti accessori sono clorite, epidoto, calcite, apatite.

I *plagioclasii* sono presenti in due generazioni distinte; la prima è costituita da grossi individui completamente alterati o quasi, la seconda è costituita da individui allotriomorfi, abbondanti e ben sviluppati. Gli individui della prima generazione, in lamine di dimensioni maggiori, sono torbidicci per alterazione argillosa o completamente trasformati in masse saussuritiche in cui si riconoscono epidoto e tracce di calcite.

Alla prima generazione devono essere attribuiti i feldispati zonati, geminati albite periclino, alterati al centro ed inclusi nelle lamine di biotite. Abbondantissimi sono invece i plagioclasii che costituiscono la massa principale della roccia: costituiscono la seconda generazione, sono sempre molto freschi, raramente alterati in epidoto e quasi mai zonati.

Varie e diffuse sono le geminazioni, secondo la legge dell'Albite, Albite-Periclino, Albite-Carlsbad, e, talora, Albite-Carlsbad-Periclino.

In plagioclasii geminati secondo la legge dell'Albite, ben conservati, si hanno in zona simmetrica, angoli di estinzione di 24° corrispondenti a termini andesinici con 42% An. Individui geminati zonati presentano angoli di estinzione di 28° per la parte centrale, di 15° per la parte periferica: il centro corrisponde a termini labradoritici con 52% An, mentre la periferia ha le caratteristiche di un termine andesinico con 32% An. Su geminati Albite-Carlsbad sono state effettuate le seguenti misure (4) (5): I = 17°; II = 20° a cui corrisponde un termine andesinico con 44% di An; I = 16°; II = 31° corrispondenti ad un termine labradoritico con 56% An.

I plagioclasti della roccia sono per lo più termini andesinici medi con una escursione verso termini di oligoclasio-andesina alla periferia e verso miscele labradoritiche acide nella parte centrale.

L'*anfìbolo* compare in individui di notevoli dimensioni con i bordi sempre ben distinti; non mancano individui geminati che tengono incluse lamine di biotite, granuli di apatite e minuti feldispatici saussuritizzati; i bordi di questi individui risultano alterati in epidoto e clorite. Il pleocroismo è intenso, con  $\alpha$  = giallo verdolino,  $\beta$  = verde oliva,  $\gamma$  = verde erba. L'angolo di estinzione  $c: \gamma$  è di  $19^\circ$ : questi caratteri corrispondono a quelli dell'orneblenda verde.

La *mica biotite* è meno diffusa dell'anfìbolo, però appare in lamine ben sviluppate e intensamente pleocroiche. Sui bordi le lamine sono sfrangiate e risultano alterate in clorite. Qualche lamina appare in parte riassorbita ed accompagnata da lamine di magnetite, a loro volta limonitizzate. La biotite porta le tracce delle azioni dinamiche subite dalla roccia, in forma di deformazioni postume, piegamenti e stiramenti con conseguenti estinzioni ondulate delle lamine.

Il *quarzo* è presente in quantità del tutto subordinata: risulta quasi tutto di neoformazione, con funzione di risanamento delle litoclasti cataclastiche formatesi nella roccia quale conseguenza del diastrofismo alpino (1); si nota anche, del tutto sporadico, qualche grosso granulo di quarzo, peraltro allotriomorfo, mostrante estinzione ondulate.

Tra i minerali accessori e di origine secondaria la *clorite* risulta derivante dall'alterazione della biotite, ed in concrescimento su questa ultima; più raramente la clorite rappresenta il prodotto di alterazione dell'anfìbolo: ha pleocroismo dal giallo verde al verde chiaro, birifrazione bassissima, allungamento positivo. L'*epidoto* è collegato sia al feldispato sia all'anfìbolo come prodotto di formazione secondaria: altri individui di dimensioni maggiori sembrano di origine primaria.

L'*apatite* è in piccoli cristalli inclusi nelle lamine di biotite.

La *calcite* si presenta in forma di granuli e risanamenti di piccole fratture.

La composizione chimica della roccia è riportata nella tabella I.

TABELLA I

SiO <sub>2</sub>	59,98	Valori di Niggli (6)		Magma quarzodioritico normale (7)	Comp. mineralogica modale % vol.	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,53					
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,94	si	189	225	Plagioclasio	59,4
FeO	4,29	al	32,5	32	Quarzo	21,9
MnO	0,01	fm	33	31	Biotite	6,8
MgO	4,13	c	19	19	Anfibolo	9,7
CaO	5,60	alc	15,5	18	Accessori	2,2
Na <sub>2</sub> O	3,71	k	0,27	0,25		
K <sub>2</sub> O	2,10	mg	0,59	0,45		100,0
TiO <sub>2</sub>	0,61	ti	1,44			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,13	p	0,37			
H <sub>2</sub> O—110°	0,06	c/fm	0,57			
H <sub>2</sub> O+110°	1,10	qz	+27			
	100,19					

	Cp	Kp	Ne	Cal	Cs	Fs	Fo	Fa	Ru	Q
Base	0,5	7,5	20	15	0,9	1	8,6	5	0,4	41,6
	Q = 41,6			L = 42,5			M = 15,9			
	Mt	An	Or	Ab	Wo	En	Hy	Ru		Q
Catanorma	1	25	12,5	33,3	1,2	11,5	6	0,4		9,1

Dall'esame dei valori di Niggli (6) e dal confronto con i tipi magmatici della letteratura (7) si può constatare che la roccia analizzata ha un chimismo prossimo a quello di un magma quarzodioritico normale.

*Facies milonitiche e periferiche:* Procedendo dal centro dell'affioramento verso Sud, cioè verso la Linea del Tonale (1) (2) (3) (9), appaiono nella roccia più intensi ed evidenti i fenomeni cataclastici; in sezione sottile sono osservabili tracce di deformazioni postcristalline che hanno colpito la roccia; la composizione mineralogica permane immutata, i feldispati presentano tuttavia una alterazione notevole.

Nelle immediate vicinanze degli scisti del Tonale milonitizzati, presso la centrale del Cotonificio Fossati, la roccia appare in facies ma-

nifestamente milonitica; intensi sono gli effetti del metamorfismo retrogrado al quale è andata soggetta in questo settore: all'esame microscopico i feldispati risultano completamente saussuritizzati e la biotite è cloritizzata; i piani di laminazione della roccia sono risanati da catene ed aggregati di *epidoto*, *calcite* e *quarzo* isterogenetico.

Risalendo il corso del Mallero verso Nord, appena dopo l'ansa che il torrente forma sotto la frazione di Scherini, la roccia viene a contatto con gli Scisti del Tonale, che non presentano tuttavia particolari facies riferibili a veri e propri fenomeni di contatto; la roccia assume un colore grigio più scuro dovuto alla prevalenza dell'anfibolo, e la sua struttura va assumendo una particolare facies porfirica per la presenza di fenocristalli andesinico-labradoritici e di grandi elementi di orneblenda verde.

*Inclusi nella granodiorite*: Nella massa della roccia studiata sono contenute numerose inclusioni basiche di forma allungata e di varia dimensione (da pochi centimetri a qualche decimetro) e di colore molto scuro. All'esame microscopico risultano costituite da un fitto aggregato di cristalli di orneblenda associati a plagioclasio.

Nella roccia affiorante nella forra del Mallero si notano anche altre inclusioni, e precisamente un lembo di scisti del Tonale che raggiunge la potenza di otto metri, in facies laminata e con piani di movimento talmente fitti da costituire un vero reticolato di fratture, determinante lo sfasciamento progressivo della roccia in superficie.

### **Apofisi di superficie.**

Le quattro apofisi di roccia magmatica esistenti sul pendio sovrastante la vecchia strada della Val Malenco, sopra il Ponte di quota 491, fino alla condotta forzata della Centrale di Arcuino della Soc. Vizzola, affiorano, esattamente tra le quote 810 ed 840; la loro potenza varia da 8 a 15 metri.

Macroscopicamente la roccia si presenta con struttura porfirica; ad occhio nudo sono visibili cristalli bianchi immersi in una massa grigia di fondo a grana minutissima.

All'esame microscopico la roccia risulta costituita da plagioclasio, anfibolo, biotite, quarzo; costituenti accessori sono apatite, titanite, granuli di magnetite e sporadiche impregnazioni ocracee nonchè epidoto di origine secondaria.

Il *plagioclasio* è presente in due generazioni; alla prima generazione appartengono i cristalli di maggiori dimensioni, che appaiono completamente saussuritizzati e trasformati, specialmente nel nucleo centrale, in un agglomerato di zoisite. La zonatura dei cristalli è evidente, nonostante che la saussuritizzazione abbia risparmiato solo il lembo esterno degli individui che rimane limpido. Le geminazioni sono varie: Albite, Albite-Carlsbad, e, più rara, Albite-Periclino. Si è potuto misurare qualche angolo di estinzione nella zona simmetrica su geminati Albite.

L'angolo misurato è di 20° e corrisponde a un termine plagioclasico con 42% An, definibile come andesina basica. La seconda generazione di plagioclasio è rappresentata da piccoli cristalli a contorno netto, con evidente zonatura; anche questi piccoli individui presentano il nucleo centrale completamente alterato; l'estinzione in zona simmetrica è di 15°; la composizione è quella di una andesina acida con 35% An.

L'*anfibolo* è in cristalli a contorno sfrangiato, con fenomeni di riassorbimento magmatico; non mancano individui geminati; l'angolo di estinzione  $c: \gamma$  è di 17°-18° ed il pleocroismo appena accennato: detti caratteri corrispondono a quelli dell'orneblenda comune.

La *biotite* è in lamine sfrangiate, in concrescimento con l'anfibolo, con pleocroismo dal giallo marrone all'incolore.

Il *quarzo* presente in quantità minima è tutto di origine secondaria.

### **Apofisi profonde.**

Le propaggini più orientali a carattere magmatico di cui si abbia diretta conoscenza non sono in superficie, bensì sono state incontrate durante la perforazione della galleria-serbatoio Presa Antognasco-La Sassa, destinata a convogliare le acque di deflusso della Centrale di Lanzada alla costruenda Centrale di Sondrio, della Soc. Vizzola.

Si tratta di una apofisi, della potenza di 40 metri attraversata dalla galleria esattamente tra la progressiva 866 e la 913 dall'imbocco di Val di Togno. La roccia che costituisce questa apofisi, sulla superficie

di frattura ha colore grigio, dovuto all'associazione feldispato anfibolo; la tessitura è granulare, tendente alla porfirica, per la presenza di anfiboli aciculari che giungono fino a mezzo centimetro di lunghezza.

All'esame microscopico, in sezione sottile, la struttura risulta granulare, olocristallina, ipidiomorfa e passa gradualmente ad una struttura porfirica in cui risaltano grossi cristalli di feldispato, anfibolo, quarzo e mica.

Componenti essenziali della roccia sono: plagioclasio, orneblenda, biotite e quarzo: componenti accessori sono magnetite ed apatite.

Il *plagioclasio* è abbondante ed appartiene a due generazioni distinte: una di cristalli di dimensioni maggiori, ed una di individui di dimensioni minori che costituiscono la massa fondamentale.

I fenocristalli di plagioclasio non sono molto diffusi ma si presentano sempre torbidicci per alterazione in sericite ed epidoto. Solo i bordi, tuttora limpidi, presentano indici di rifrazione inferiori a quelli del quarzo. Molto diffusi invece sono gli individui della seconda generazione che risultano frequentemente zonati, geminati variamente secondo la legge dell'Albite, di Carlsbad ed Albite-Periclinio; in cristalli geminati Albite, zonati, sono stati misurati in zona simmetrica i seguenti angoli di estinzione;

parte centrale  $18^\circ = 35\% \text{ An}$

parte periferica  $9^\circ = 26\% \text{ An}$ .

I cristalli di plagioclasio di dimensioni maggiori, appartenenti alla stessa generazione, geminati Albite, in zona simmetrica danno un angolo di estinzione di  $23^\circ$ : si tratta di adesine con  $42\%$  di An.

L'*orneblenda* è molto diffusa in cristalli quasi sempre geminati con abito prismatico ben sviluppato, con contorni solo raramente ed in parte alterati.

Il pleocroismo è variabile  $\alpha =$  giallo verdolino,  $\beta =$  verde oliva,  $\gamma =$  verde erba intenso. L'angolo di estinzione  $c: \gamma$  è di  $18^\circ$ ; frequenti sono nell'orneblenda le inclusioni di lamelle di biotite, apatite e magnetite.

Piccoli individui di orneblenda sono sparsi anche nella massa di fondo in notevole quantità.

La *biotite* è presente in minima quantità e compare solo in lamine di piccole dimensioni, associate all'anfibolo, molto pleocroiche. Le la-



mine di biotite di dimensioni maggiori, sono spesso alterate per riasorbimento, ed accompagnate da granuletti di magnetite.

Il quarzo è rappresentato da piccoli granuli allotriomorfi insediati tra i feldispati.

La magnetite è rara e, come è già stato detto, di formazione secondaria; l'apatite, più frequente è quasi sempre inclusa nell'anfibolo.

Su un campione prelevato alla progressiva 872 della galleria Presa Antognasco-La Sassa è stata eseguita l'analisi chimica; i risultati ottenuti sono riportati nella tabella II.

TABELLA II.

SiO <sub>2</sub>	56,95	Valori di Niggli (6)		Magma quarzodioritico normale (7)	Comp. mineralogica modale % vol.					
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,91				Plagioclasio	58,5				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,62	si	215,9	225	Quarzo	25,2				
FeO	4,88	al	32	32	Biotite	1,0				
MnO	0,13	fm	32,5	31	Anfibolo	14,0				
MgO	3,53	c	12,0	19	Accessori	1,3				
CaO	6,73	alc	13,5	18						
Na <sub>2</sub> O	3,58	k	0,20	0,25						
K <sub>2</sub> O	1,39	mg	0,49	0,45		100,0				
TiO <sub>2</sub>	0,77	ti	1,82							
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,18	p	0,18							
H <sub>2</sub> O—110°	0,10	c/fm	0,67							
H <sub>2</sub> O+110°	2,07	qz	+ 62,3							
	99,84									
	Cp	Kp	Ne	Cal	Cs	Fs	Fo	Fa	Ru	Q
Base	0,3	5,0	19,7	17,7	1,1	1,7	7,5	6,0	0,6	40,4
	Q = 40,4			L = 43,5			M = 15,2			
	Mt	An	Or	Ab	Wo	Eu	Hy	Cp	Ru	Q
Catanorma	1,7	29,5	6,6	32,8	1,5	10,0	6,9	0,3	0,6	10,1

Anche per la roccia dell'apofisi in galleria si constata un chimismo prossimo a quello di un magma quarzodioritico normale.

TABELLA III

	1 Granodiorite di Triangia (facies normale) (1)	2 Granodiorite di Triangia (facies anfibolica)(1)		3 Apofisi della forra del Mallero	4 Apofisi in galleria	
SiO <sub>2</sub>	61,16	57,10		59,98	56,95	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,94	20,08		17,53	17,91	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,79	0,36		0,94	1,62	
FeO	1,89	4,02		4,29	4,88	
MnO	0,78	0,12		0,01	0,13	
MgO	2,77	3,24		4,13	3,53	
CaO	5,98	6,54		5,60	6,73	
Na <sub>2</sub> O	3,38	3,05		3,71	3,58	
K <sub>2</sub> O	2,06	1,74		2,10	1,39	
TiO <sub>2</sub>	0,88	1,55		0,61	0,77	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,86	0,09		0,13	0,18	
H <sub>2</sub> O—	0,20	0,12		0,06	0,10	
H <sub>2</sub> O+	1,84	2,22		1,10	2,07	
	99,53	100,23	Magma leu- cotonalitico (7)	100,19	99,84	Magma quar- zodioritico (7)
si	222	183	220	189	215,9	225
al	36,5	38	39	32,6	32,2	32
fm	25,5	27	24	33	32,5	31
c	23	27	21	18,9	21,9	19
alc	15	13	16	15,5	13,4	18
k	0,31	0,27	0,5	0,27	0,20	0,25
mg	0,59	0,56	0,3	0,59	0,49	0,45
Plagiocl.	62,10	57,62		59,40	58,50	
Quarzo	22,00	7,85		21,90	25,20	
Biotite	8,50	8,32		6,80	1,60	
Anfibolo	6,00	19,35		9,70	14,00	
Accessori	1,40	6,86		2,20	1,30	
	100,00	100,00		100,00	100,00	

### Osservazioni conclusive.

E' interessante confrontare i risultati analitici raccolti nella tabella III relativi al chimismo delle diverse facies della roccia di Triangia e delle facies osservate negli affioramenti della bassa Val Malenco, unitamente alla composizione mineralogica modale.

Si osserva che la composizione mineralogica, qualitativamente uguale per la roccia di Triangia e quella delle apofisi della bassa Val Malenco, differisce invece per i rapporti quantitativi tra i componenti mineralogici.

La biotite, nell'apofisi, in galleria è presente in quantità minima, mentre nell'apofisi della forra del Mallero è in quantità pressochè uguale a quella della roccia di Triangia. L'anfibolo con 9,7 e 14% non raggiunge mai la percentuale della facies anfibolica di Triangia. I valori del plagioclasio e del quarzo sono abbastanza prossimi a quelli dati da Tröger (8) per i tipi quarzodioritici.

Dall'esame dei risultati analitici si è constatato che la roccia di Triangia ha un chimismo prossimo a quello del tipo leucotonalitico (gruppo granodioritico), mentre per le apofisi della bassa Val Malenco il chimismo è di tipo quarzodioritico con tendenza ad una isofalia quasi perfetta. Le lievi oscillazioni del chimismo, dalla massa principale alle manifestazioni periferiche sono giustificabili, trattandosi di apofisi di limitata potenza, e trovano riscontro anche in altre masse plutoniche di analoga composizione, età e posizione tettonica.

Le osservazioni di campagna hanno accertato che le apofisi qui descritte sono allineate in direzione est-ovest con la massa principale di Triangia, nelle rocce metamorfiche (scisti del Tonale) (1) (9) che le contengono; esse sono anche parallele alla linea di disturbo (linea del Tonale) ed alle sue vicarianti interessanti la zona immediatamente a Nord della città di Sondrio.

Tutti i caratteri di ordine petrografico, unitamente alle condizioni di giacitura, conducono a considerare le rocce descritte come apofisi della massa intrusiva di Triangia, per la quale vengono in tal modo accertati i limiti dello sviluppo che essa presenta verso oriente.

ELENCO BIBLIOGRAFICO

- (1) FAGNANI G., *La grandiorite di Triangia (Sondrio)*. Rendiconti Società Mineralogica Italiana. Vol. XIII, 1957, Milano.
- (2) CORNELIUS H. P., *Zur Kenntnis der Wurzelregion im unteren Veltlin*. Neues Jahrbuch für Min. Geol. u. Pal. XL Beilage Band 1916, Stuttgart.
- (3) CORNELIUS H. P., FURLANI M., *Die Insubrische Linie vom Tessin bis zum Tonalepass*. Denkschriften der Akademie der Wissenschaften in Wien. Mat. Nat. Klasse 102 Band, 1930 Wien.
- (4) CHUDOBA K., *Die Feldspäte und ihre praktische Bestimmung*. Stuttgart, 1932.
- (5) TRÖGER W. A., *Tabellen zur optischen Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale*. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1952.
- (6) BURRI C., NIGGLI P., *Die Jungen Eruptivgesteine des Mediterranen Orogens*. Vulkaninstitut Immanuel Friedländer, Zurich, 1945.
- (7) NIGGLI P., *Die Magmentypen*. Boll. Svizz. di Mineralogia e Petrografia. Vol. XVI, 1936.
- (8) TRÖGER W. E., *Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine*. Deutsch. Mineral. Gesell. Berlin, 1935.
- (9) VENZO S., FAGNANI G., *Notizie sul rilevamento del Foglio geologico « Sondrio »*. Boll. Serv. Geol. d'Italia. Vol. 76, 1954.