

LA GRANODIORITE DI TRIANGIA (SONDRIO)

La regione oggetto delle presenti ricerche è situata a NO di Sondrio ed è delimitata a sud dal fiume Adda, ed Est dal torrente Mallerò, a Nord da un linea passante per il Monte Rolla; essa si sviluppa dalla quota 283-285 del piano alluvionale del fondovalle, salendo con vario pendio verso le quote maggiori fino alla vetta del Monte Rolla (2277).

Il pendio sale prima brusco dal fondovalle alluvionale a costituire la collina del Sassella, formando subito a Nord una breve sella percorsa dalla strada Moroni, Triangia, Gatti, e riprende a salire subito a Nord del paese di Triangia gradualmente.

Nella zona sono molto sviluppate le placche moreniche spesso ricoperte in parte da imponenti masse di detrito di falda che interrompono quà e là il verde intenso della vegetazione.

Diverse formazioni, sia di rocce magmatiche sia di rocce metamorfiche, affiorano e si sviluppano sia a Sud che a Nord della linea insubrica, o linea del Tonale, quella linea di dislocazione tardoalpina che si trova a passare con diverse vicarianti qualche centinaio di metri a Sud del paese di Triangia, con andamento Est-Ovest in corrispondenza della sella già ricordata.

La linea di dislocazione separa due fondamentali unità tettoniche e precisamente le Austridi a Nord e le Dinaridi o Alpi Meridionali a Sud. I piani di scorrimento hanno direzione all'incirca Est-Ovest con forte immersione (75°-80° Sud). La presenza della linea di dislocazione è denunziata dalla morfologia selettiva del terreno (sella di Triangia) dato che l'erosione e l'esarazione hanno avuto buon gioco sulle rocce tettonizzate e milonitizzate dall'intenso diastrofismo alpino.

Il territorio su ricordato rientra nell'area del Foglio Sondrio della carta geologica d'Italia al 100.000, il cui settore a Nord dell'Adda è in corso di rilevamento (1) da parte del Prof. Sergio Venzo e dello scrivente per conto del Servizio Geologico d'Italia. Il materiale di studio venne raccolto nell'estate del 1954 durante il rilevamento sul terreno. Le ricerche vennero continuate nell'estate del 1956 nel quadro degli studi petrografici sulle Alpi Lombarde, in corso presso l'Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Milano (*).

(*) Questo programma di ricerche si svolge sotto gli auspici e con il contributo finanziario del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Il versante settentrionale della bassa Valtellina venne percorso in passato da Cornelius e le rocce che lo costituiscono sono ricordate e brevemente descritte in due suoi lavori, il secondo dei quali venne compiuto in collaborazione con la moglie Marta Furlani Cornelius.

La prima pubblicazione risale al 1916 (2) ed in essa l'Autore si è particolarmente interessato della « zona delle radici » (Würzelregion) della bassa Valtellina. Nel secondo lavoro (3), che apparve nel 1924, gli Autori si sono occupati della linea insubrica (o linea del Tonale) per tutto il suo decorso dal Canton Ticino al Tonale ed oltre.

Trattandosi di due lavori di ricerca compiuti su regioni estese, con dichiarato indirizzo di ampia sintesi geotettonica, lo studio petrografico venne in gran parte deliberatamente tralasciato e pertanto si è ritenuto interessante iniziare ricerche petrografiche sulle rocce di questa area in cui affiorano numerose ed interessanti facies di scisti cristallini, tra i quali appare intrusa una notevole massa di origine magmatica con differenziazioni filoniane e notevoli inglobamenti di rocce scistose.

Scopi particolari della presente ricerca sono i seguenti:

1) Studio microscopico degli scisti cristallini a sud della linea del Tonale, allo scopo di definirne le facies metamorfiche, ed indagini sulla nota formazione degli « scisti del Tonale » (a nord della linea insubrica che comprende micascisti, paragneiss, anfiboliti e lenti di calcare cristallino più o meno silicizzato.

2) Studio chimico e microscopico della massa intrusiva di Triangia, allo scopo di definirne il tipo magmatico non ancora precisato dagli Autori che si occuparono di questa regione.

3) Studio dei fenomeni di metamorfismo di contatto, indotto dalla massa magmatica sulle formazioni incassanti, ed eventualmente sugli inclusi enallogeni.

4) Esame della possibilità di una precisazione dell'età dell'intrusione che diede origine alla granodiorite di Triangia, compito peraltro alquanto arduo in quanto mancano dei contatti con rocce sedimentarie di età sicura.

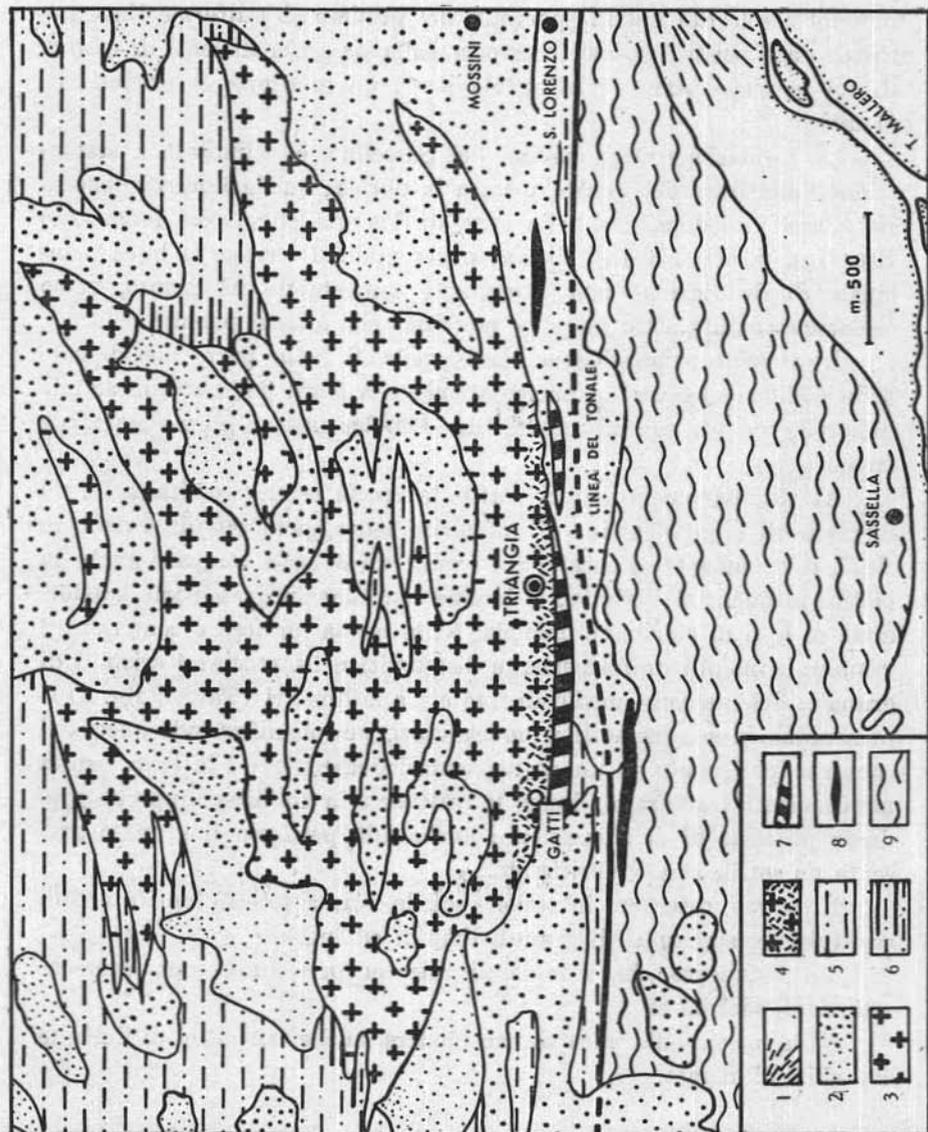
5) Studio delle facies milonitiche lungo la linea insubrica.

I micascisti del Sassella.

Nella zona a sud di Triangia le pendici dei monti degradanti verso il piano di fondovalle sono costituite dalla formazione di rocce metamorfiche scistoso-cristalline che più ad occidente, con facies diverse, prende il nome di « formazione dei laghi » e di « scisti di Morbegno ».

**CARTINA GEOLOGICA DELLA
ZONA DI TRIANGIA (Sondrio)**

- 1 Conoidi di deiezione ed alluvium recente
- 2 Detriti di falda e coperture moreniche.
- 3 Granodiorite.
- 4 Granodiorite, facies porfirica endometamorfica.
- 5 Micasisti della «serie del Tonale», con facies di metamorfismo retrogrado di epizona, milotici e cataclastici lungo la «linea del Tonale».
- 6 Micasisti della «serie del Tonale» fortemente iniettati e silicizzati.
- 7 Lenti di marmo cristallino fortemente silicizzato.
- 8 Lenti di anfibolite.
- 9 Micasisti muscovitici o granatiferi del Sassella,



Le rocce micascistose si estendono per buon tratto da occidente verso oriente tra i paesi di Moroni, Triasso, Castellina e Colombera costituendo tutta la collina del Sassella.

Si tratta di rocce color bruno, talora nero violaceo (dovuto ad alterazione superficiale), a manifesta tessitura scistosa ondulata ed arricciata.

Sulla frattura fresca la roccia si presenta color grigio argenteo, interrotto solo dai noduli sporgenti del granato. L'uniforme tinta nerastra degli scisti è spesso interrotta dalla presenza di lenti di quarzo di colore quasi sempre giallognolo per impregnazione di prodotti limonitici.

La formazione degli « scisti del Sassella » è delimitata a settentrione dalla linea del Tonale, o linea insubrica; quella linea di dislocazione, già ricordata, che nella zona di Tiangia passa con andamento Est-Ovest poco a Nord di Piatta; purtroppo sul terreno la linea principale di dislocazione non è ovunque constatabile in quanto, verso oriente, scompare sotto la coltre morenica che è assai potente.

I campioni studiati sono stati prelevati nella parte meridionale della collina del Sassella, immediatamente a Nord della strada statale in corrispondenza di una recente frana che ha messo a giorno materiale fresco.

Al microscopio in sezione sottile la roccia risulta costituita da un intreccio di minute lamine di muscovite con agglomerati di sericite in ciuffi diversamente orientati; tra i minerali micacei compare anche la biotite in quantità limitata; le lamine risultano in gran parte trasformate in letti di clorite verdognola. Nella massa micacea è contenuto il granato in noduli uniformemente distribuiti nella roccia: i cristalli di granato, del diametro medio di due o tre millimetri (Tav. I, fig. 1) si presentano in sezione sottile tondeggianti, pur manifestando ancora il contorno poligonale di un abito rombododecaedrico: l'interno risulta minutamente fratturato e lungo le fratture è in via di sviluppo un graduale processo di cloritizzazione; anche alla periferia il granato presenta un sottile strato cloritizzato.

Il quarzo, osservato in sezione sottile, forma piccole lenti e noduli costituiti da aggregati di granuli limpidi ed incolori.

Sia il quarzo che i minerali micacei presentano una evidente estinzione ondulante.

Nella massa della mica stanno immersi anche cristallini di ilmenite con abito allungato.

Come minerali accessori si notano la tormalina in cristalletti assai minuti, color verdognolo, col tipico pleocroismo, lo zirconio in granuli molto rifrangenti circondati dal caratteristico alone e l'apatite in noduli minuti.

Gli scisti del Tonale.

A Nord della linea insubrica si sviluppa la formazione degli Scisti del Tonale; essa affiora per breve tratto ad oriente e ad occidente del paese di Triangia. Le rocce appartenenti a questa ben nota formazione metamorfica appaiono nella zona nella linea insubrica in facies tipicamente milonitica, con aspetto fillonitico, profondamente cataclastico. L'affioramento infatti è direttamente interessato dalla linea di dislocazione (4). Ciò si osserva facilmente sul terreno nei pressi di San Lorenzo lungo la strada che sale da Sondrio a S. Anna, ed ancor prima lungo i tornanti poco sopra l'abitato di Sondrio.

Anche al microscopio in sezione sottile la roccia manifesta una struttura scistosa finemente laminata; componente essenziale il quarzo, in granuli minutamente fratturati avvolti da letti di abbondante clorite. Si notano inoltre prodotti ocrei e magnetite (Tav. I fig. 2).

Si osserva la totale scomparsa dei termini feldspatici e la presenza di una forte quantità di sericite che si è mobilizzata determinando una completa cementazione dei granuli di quarzo.

La roccia presenta pertanto i caratteri di un prodotto di metamorfismo retrogrado di epizona.

Una particolare facies degli scisti del Tonale, profondamente iniettati e silicizzati si osserva appena ad occidente della massa dioritica (Tav. I, fig. 4).

Intercalazioni nella serie del Tonale.

Nella serie del Tonale esistono intercalazioni di rocce anfibolitiche sotto forma di lenti disposte con giacitura Est-Ovest, sostanzialmente concordanti con gli scisti già descritti.

Un primo affioramento è situato sui tornanti della strada da Sondrio a Triangia e precisamente tra S. Anna e Moroni.

La roccia che affiora con spuntoni emergenti dalla coltre morenica si presenta di colore nero verdastro sulla frattura fresca, alterata superficialmente in giallo per prodotti limonitici.

Al microscopio risulta costituita in gran parte da anfibolo orneblenda comune; il plagioclasio è presente in quantità subordinata, profondamente alterato in sericite e zoisite per fenomeni di saussuritizzazione. Alcuni cristalli di plagioclasio presentano una netta struttura pecilitica per una microimplicazione con inclusioni di orneblenda. L'angolo massimo di estinzione nella zona simmetrica è di 13°-14°; si tratta pertanto di un termine albitico come è confermato dal confronto degli indici di rifrazione al margine delle sezioni, che risultano inferiori a quello del balsamo.

In quantità discreta si osserva l'epidoto come riempimento di sottili litoclasi: come minerali accessori sono presenti titanite, apatite, ilmenite, magnetite; quest'ultima è spesso trasformata in prodotti limonitici.

Tutti i componenti mineralogici sono profondamente fratturati e la roccia ha un aspetto nettamente cataclastico.

Una seconda lente di anfibolite affiora tra i tornanti della strada che dal paese di Gatti scende a Piatta: trattasi di una roccia colore nero verdastro costituita da orneblenda in cristalli aggregati a formare dei letti longitudinali separati da interstrati di un aggregato quarzoso feldispatico a grana molto minuta; la roccia risulta intensamente laminata e cataclastica (Tav. I, fig. 3); le diaclasi sono risanate da epidoto spesso associato a clorite verde. Si nota anche la presenza di un carbonato che in sezione appare giallo bruniccio con evidente sfaldatura romboedrica e geminazione secondaria.

Come minerali accessori compaiono la titanite e la magnetite in rari granuli.

Gneiss dioritico del M. Rolla.

Al limite settentrionale la massa dioritica si trova in contatto, analogamente a quanto si osserva verso occidente, con gli scisti del Tonale che presentano gli stessi fenomeni di un metamorfismo di contatto per iniezione come è stato già descritto.

Verso nord, agli scisti del Tonale si succede una formazione metamorfica che ha caratteri petrografici completamente diversi.

Si tratta di una roccia a struttura gneissica che si distingue nettamente dalle formazioni limitrofe: il suo colore è grigio scuro e già macroscopicamente si notano evidenti noduli di quarzo color violaceo avvolti in lamine di biotite.

Al microscopio risulta evidente la tessitura gneissica della roccia che è costituita da plagioclasio, ortose, quarzo e biotite.

Il plagioclasio è particolarmente interessante; all'interno dei cristalli si osserva una generazione di microliti idiomorfi di zoisite, clinozoisite e sericite: i microliti sono disposti secondo direzioni orientate nel plagioclasio ospitante il quale risulta albitizzato; trattasi di un fenomeno verificatosi in fase di metamorfismo ed è selettivo sui termini feldspatici; esso non interessa infatti le plaghe di ortose adiacenti al plagioclasio.

Accanto a questi fenomeni di un metamorfismo primitivo — che ricorda analoghi fenomeni riscontrati nell'ortogneis della Zillertal e nell'ortogneis di Antigorio (5) (6) (7) — si notano in sezione sottile effetti cataclastici tardivi non molto intensi, collegati col diastrofismo insubrico, completamente risanati da neof ormazione di cristalli di quarzo in aggregati di minuti granuli.

La biotite, in lamine assai contorte è in parte limonitizzata.

La composizione chimica della roccia è riportata nella tabella 1:

TABELLA 1

	SiO ₂	63,50	Valori di Niggli (8)							
			Gneiss M. Rolla	Magma granodioritico normale (9)	Magma farsunditico (9)					
	Al ₂ O ₃	17,76								
	Fe ₂ O ₃	1,47								
	FeO	3,00	si	242	280	300				
	MnO	0,07	ai	40	39	42				
	MgO	1,88	fm	24	22	20				
	CaO	3,38	e	14	17	15				
	Na ₂ O	3,78	alc	22	22	23				
	K ₂ O	3,19	k	0,36	0,45	0,25				
	H ₂ O—	0,05	mg	0,43	0,40	0,40				
	H ₂ O+	1,37	e/fm	0,58						
	TiO ₂	0,84	ti	2,00						
	P ₂ O ₅	0,22	p	0,30						
	100,51									
	Cp	Kp	Ne	Cal	Sp	Fs	Fo	Fa	Ru	Q
Base	0,4	11,5	20,6	9,4	4,0	1,5	1,9	3,6	0,6	46,5
	Q = 46,48			L = 41,52		M = 11,58				
	Mt	An	Or	Ab	Cord	En	Hy	Cp	Ru	Q
Norma	1,5	15,6	19,1	34,3	7,3	2,5	3,8	0,4	0,6	14,9

La granodiorite di Triangia.

Nel suo lavoro del 1916 Cornelius si sofferma brevemente a ricordare la « Tonalit von Sondrio » così denominata, di cui riporta le principali caratteristiche petrografiche senza fornire tuttavia dati precisi e considerazioni sul chimismo della roccia. La zona viene ricordata ancora nel lavoro del 1924, in collaborazione con Marta Furlani Cornelius (2) riguardante le formazioni rocciose attraversate dalla linea insubrica nella bassa Valtellina.

La formazione dioritica si sviluppa a Nord di Triangia Gatti e Bonetti e si estende verso settentrione fino alla località di Prà della Piana e Prati Piastorba.

Da oriente ad occidente la formazione dioritica ha una lunghezza di circa 3 km.

La diorite risulta in vaste zone ricoperta da abbondante coltre morenica.

Caratteri generali della massa intrusiva

Nella parte centromeridionale della massa dioritica e nella zona di passaggio alle formazioni metamorfiche degli scisti del Tonale, il tracciamento di una strada carrozzabile in luogo della preesistente mulattiera ha reso necessari lavori di abbattimento della roccia in posto, lavori che hanno facilitato l'esame sul terreno ed il prelevamento di campioni idonei allo studio.

Contrariamente a quanto si osserva nella parte centrale della massa dioritica — che ha una struttura omogenea granulare — nella parte meridionale si possono facilmente notare delle facies con una manifesta orientazione parallela primaria dei costituenti mineralogici fondamentali.

La massa dioritica sia nella parte centrale che in quella periferica è percorsa da numerosi filoni aplitici più o meno discordanti rispetto all'orientamento primario (Tav. IV, fig. 1). La potenza dei filoni aplitici è variabile, da pochi centimetri fino a 50 cm ed anche un metro.

Anche i filoni risultano minutamente fagliati con piani di faglia tuttora beanti e privi di qualsiasi forma di risanamento (Tav. IV, fig. 2); essi sono riferibili quindi ad assestamenti finali di superficie. Nella parte centrale della massa dioritica affiorano due notevoli lenti di rocce scistose inglobate dal magma. In vicinanza del contatto della lente più meridionale si osserva una facies particolare della diorite, più basica,

scura, anfibolica che per uno spessore di una ventina di metri circonda la lente inglobata.

In modo particolare, in coincidenza della lente più settentrionale di roccia scistosa inglobata si può osservare, sul terreno, che i movimenti di assestamento finale hanno avuto luogo lungo i piani di scistosità della medesima conformazione di piani di milonizzazione nei quali compaiono per la potenza di 10-20 cm delle vere e proprie filloniti color nerastro.

Facies normale.

Al microscopio in sezione sottile la roccia presenta struttura olocristallina sono presenti due generazioni di plagioclasio (Tav. II, fig.1); una prima generazione è caratterizzata da individui di plagioclasio geminati Albite-Carlsbad, con abito nettamente idiomorfo, talora inglobati nella biotite, in parte avvolti in plaghe feldspatiche allotriomorfe di generazione successiva.

Questi cristalli presentano un piccolo nucleo completamente saussuritizzato e marcate zonature (Tav. II, fig. 2). E' stata eseguita qualche misura per determinare il contenuto di An negli individui di questa prima generazione di plagioclasio. Si sono ottenuti i seguenti risultati (10), (11):

Parte centrale	I = 16°	II = 22°	An = 52%
Parte periferica	I = 4°	II = 15°	An = 32%

I cristalli di plagioclasio di seconda generazione sono generalmente zonati, geminati in parte secondo la legge dell'Albite e Albite Carlsbad; non mancano geminati Albite-Periclino. Alcuni geminati secondo la legge dell'Albite hanno dato nella zona simmetrica normale a (010) una estinzione massima di 20° che corrisponde a quella di una miscela contenente 38% di anortite; trattasi di una andesina a carattere acido; ciò è stato anche confermato dalle misurazioni fatte al T. U. dalle quali risulta il seguente valore medio

$$2V = - 86^\circ \text{ corrisp. } 35\% \text{ di An}$$

Cristalli geminati zonati, appartenenti alla stessa generazione hanno dato al T. U. i seguenti risultati:

Parte centrale	I = 10°	II = 20°	An = 38%
Parte periferica	I = 7°	II = 14°	An = 32%

L'ortoclasio è assente; si nota però la presenza di plaghette di microperthite con netta prevalenza del plagioclasio sul feldispato potassico che è ridotto a sottilissime areole.

La mica biotite è in lamine a contorno irregolare, spesso ricurve e contorte con manifesto pleocroismo; talora le lamine sono scolorate con neoformazione di coroncine di minuti granuli di un minerale opaco alla luce trasmessa che ha tutto l'aspetto della magnetite. La biotite è spesso alterata in clorite.

Accanto al plagioclasio ed alla biotite si nota una modesta quantità di anfibolo che al microscopio risulta di colore verde con evidente pleocroismo dal giallo chiaro (α) al verde scuro (γ), colle tracce della doppia sfaldatura nelle sezioni normali all'asse z: si tratta di orneblenda verde.

Come minerali accessori sono presenti la titanite, in rari granuli a forte rilievo e l'apatite in masserelle tondeggianti.

I risultati dell'analisi chimica eseguita su un campione di granodiorite tipica, prelevata nella parte centrale della massa intrusiva in prossimità di Ligari sono riportati nella tabella 2.

TABELLA 2

		Valori di Niggli (8)										
		Granodiorite di Triangia		Magma leucotonalitico (9)		Comp. mineralogica modale, % vol.						
SiO ₂	61,16											
Al ₂ O ₃	16,94											
Fe ₂ O ₃	0,79											
FeO	1,89	si	222		220							
MnO	0,78	al	36,5		39							
MgO	2,77	fm	25,5		24	Plagioclasio				62,10		
CaO	5,98	c	23		21	Quarzo				22		
Na ₂ O	3,38	alc	15		16	Biotite				8,50		
K ₂ O	2,06	k	0,31		0,5	Anfibolo				6		
H ₂ O ⁻	0,20	mg	0,59		0,3	Accessori				1,40		
H ₂ O ⁺	1,84	c/fm	0,90		—					100,00		
TiO ₂	0,88	ti	2,40		—							
P ₂ O ₅	0,86	p	1,30		—							
	99,53											
		Cp	Kp	Ne	Cal	Sp	Fe	Fo	Fa	Ru	Q	
Base		1,7	7,5	18,9	14,9	0,4	0,9	5,7	3,2	0,6	46,2	
		Q = 46,2		L = 41,3		M = 10,8						
		Mt	An	Or	Ab	Cord	En	Hy	Cp	Ru	Q	
Norma		0,9	24,82	12,5	31,5	0,73	7,60	3,67	1,7	0,6	15,98	
				An	Or	Ab	Cord	Bi	Mt	Cp	Ru	Q
Variante biotitica				24,9	3,1	31,5	0,7	15	0,9	1,7	0,6	21,6

I valori di Niggli risultano del tutto simili a quelli di una roccia appartenente al tipo magmatico leucotonalitico del gruppo granodioritico secondo Niggli (9).

In base a quanto sopra esposto, e tenuto conto della composizione mineralogica la roccia può essere definita come una granodiorite con qualche tendenza alle tonaliti. La definizione di « tonalite » data dagli AA precedenti (2) (3) a questa formazione intrusiva non può essere mantenuta. Nella definizione originaria del tipo tonalitico dato da Von Rath (12) e riportato da Tröger (13) l'anfibolo è componente di primaria importanza (26%).

Nella ricca serie di lavori recenti sulla non lontana massa plutonica terziaria dell'Adamello (14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24) è ormai chiaramente delineata — sia dal punto di vista del chimismo come da quello della composizione mineralogica — la differenza tra il tipo tonalitico e quello granodioritico; nel primo l'anfibolo è un costituente fondamentale e sempre prevalente sulla biotite; nel secondo l'anfibolo, quando non manca del tutto, figura in percentuali di qualche unità %, ed è comunque nettamente subordinato alla biotite.

Facies porifirica.

Nella parte periferica della massa dioritica, lungo i tornanti della strada che sale da Triangia verso Mangialdo è stata osservata la presenza di una facies particolare della diorite che assume un aspetto porfirico: in sezione sottile si notano evidenti cristalli di plagioclasio e lamine di mica biotite immersi in una pasta fondamentale costituita da un aggregato microcristallino di quarzo, plagioclasio e anfibolo orneblenda (Tav. II, fig. 4).

I cristalli di plagioclasio presentano geminazione polisintetica secondo la legge dell'Albite e dell'Albite-Carlsbad. Nei geminati di Albite, su sezioni normali a (010) sono state misurate estinzioni massime di 20°-22° che corrispondano a termini contenenti circa 30% di An: si tratta quindi di un oligoclasio acido.

Nei geminati Albite-Carlsbad, in particolare in quelli di dimensioni maggiori, si nota una marcata zonatura con una distribuzione dell'estinzione talora a chiazze irregolari. Le misure dimostrano che queste pla-

ghe irregolari nell'interno dei grossi individui hanno una composizione più anortitica e sono da considerare come relitti dei primi plagioclasti formatisi. Questi relitti in seguito si sono omogeneizzati solo in parte col residuo magmatico a causa del raffreddamento piuttosto rapido, documentato dalla struttura porfirica della roccia.

Le misure hanno dato i seguenti risultati:

Parte centrale	I = 16°	II = 4°	An = 35%
Estrema periferia	I = 7°	II = 3°	An = 25%
Relitti	I = 21°	II = 10°	An = 40%

Facies anfibolica.

Alla periferia delle due lenti di roccia scistosa incluse nella massa intrusiva la diorite assume un aspetto diverso dal tipo normale già descritto, presentandosi come una facies cristallina a granulazione minuta.

In sezione sottile si notano gli stessi componenti mineralogici presenti nella facies normale della diorite se pur in proporzioni diverse; notevole è infatti la prevalenza dell'anfibolo orneblenda in cristalli alquanto allungati. Indipendentemente dalla granulazione minuta va notato che questa roccia, affiorante a Sud dei Prati Vesolo, in prossimità della parte meridionale della massa dioritica, presenta, all'esame microscopico, i caratteri di un autometamorfismo in fase idrotermale che ha portato all'alterazione del plagioclasio in seno al quale si sono formati microliti di sericite in quantità rilevante. Anche la biotite risulta alquanto alterata in clorite, i pacchetti di biotite ed i cristalli di anfibolo appaiono anche distorti; la roccia presenta una struttura minutamente cataclastica con risanamento delle fratture ad opera della silice ricristallizzata in forma di minuti riempimenti di quarzo; questi effetti metamorfici sono da collegarsi alla vicinanza della linea insubrica e delle sue vicarianti, che passano immediatamente a Sud di Triangia.

I risultati analitici, la composizione mineralogica quantitativa e le consuete formule magmatiche sono riunite nella tabella 3.

TABELLA 3

SiO ₂	57,10	Valori di Niggli (8)		Composizione modale							
Al ₂ O ₃	20,08	si	183	% in volume							
Fe ₂ O ₃	0,36	al	38	Plagioclasio	57,62						
FeO	4,02	fm	27	Anfibolo	19,35						
MnO	0,12	e	27	Biotite	8,32						
MgO	3,24	alc	13	Quarzo	7,85						
CaO	6,54	k	0,27	Accessori	6,86						
Na ₂ O	3,05	mg	0,56								
K ₂ O	1,74	c/fm	0,81								
H ₂ O—	0,12	ti	3,60								
H ₂ O+	2,22	p	0,10								
TiO ₂	1,55	qz	+31								
P ₂ O ₅	0,09										
	100,23										
		Cp	Kp	Ne	Cal	Sp	Fs	Fo	Fa	Ru	Q
Base		0,1	6,3	16,7	19,7	2,4	0,4	5,6	4,9	1,1	42,8
		Q = 42,8			L = 42,7			M = 14,4			
		Mt	An	Or	Ab	Cord	En	Hy	Cp	Ru	Q
Norma		0,4	32,7	10,5	26,8	4,4	7,5	6,3	0,1	1,1	10,2
			Mt	An	Bi	Ap	Cord	Cp	Ru	Q	
Variante biotitica			0,4	32,7	23,5	26,8	4,4	0,1	1,1	10,2	

Facies milonitica.

Nella parte meridionale della massa dioritica, precisamente lungo i primi tornanti della strada che sale da Triangia a Mangialdo, la diorite si presenta con una facies nettamente milonitica; i fenomeni di metamorfismo retrogrado assumono in questo tratto della formazione una particolare intensità. Oltre alla quasi completa saussuritizzazione dei feldispati, in particolare dei plagioclasii, si nota una totale cloritizzazione della biotite e la formazione di aggregati e catene di epidoto (Tav. III, fig. 3) che risana, unitamente a quarzo di neoformazione, le numerose diaclasi che in tutte le direzioni percorrono la roccia.

Filoni acidi.

I numerosi filoni (Tav. IV, fig. 1 e 2) che percorrono la massa della diorite sono tutti a tendenza acida: alcuni sono di colore grigio a carattere microgranitico, altri di colore bianco a carattere aplitico, vere e proprie peraciditi. La roccia che costituisce i filoni di microgranito osservata al microscopio in sezione sottile, manifesta una struttura olocristallina (Tav. III, fig. 1) a granulazione uniforme assai più minuta di quella della diorite normale.

In sezione sottile al microscopio appaiono evidenti: il feldspato, il quarzo e la mica biotite.

L'ortose in quantità rilevante presenta spesso accenni a smescolamento con formazione di micropertite; non mancano associazioni geminate microclinperbite. Nei filoni più acidi, a carattere decisamente aplitico, la granulazione si mantiene uniforme ed assai minuta; la biotite è presente in scarsa quantità ed in lamine minutissime. Il *plagioclasio* si presenta in cristalli zonati con un nucleo centrale alterato contornato da un alone di accrescimento secondario; i nuclei presentano una generazione di microliti idiomorfi di zoisite, associata ad agglomerati di sericite. Il fenomeno è selettivo — non interessando l'alone di accrescimento secondario — e si nota anche in altri relitti di plagioclasio privi di accrescimento secondario.

Trattasi evidentemente di frammenti e relitti trascinati ed inglobati dall'iniezione magmatica acida tardiva. I cristalli hanno un contenuto di 20% An: l'ortose in particolare risulta ben conservato, come pure i geminati di microclinperbite, presentando solo un leggero intorbidamento per incipiente caolinizzazione.

Il quarzo è presente in due generazioni: un quarzo primario, identificabile nei granuli di dimensioni maggiori, ed un quarzo secondario, tardivo, di risanamento ai fenomeni cataclastici.

Accanto ai su ricordati minerali si nota la presenza di magnetite di formazione primaria in minuti granuli oltre ad apatite e titanite.

Concentrazioni femiche.

Nella massa della diorite normale sono contenute numerose inclusioni basiche di dimensioni varie da pochi centimetri a qualche decimetro di diametro.

Il colore è molto scuro, la granulazione assai minuta; al microscopio risultano costituite da un fitto aggregato di cristalli di orneblenda comune (Tav. III, fig. 2), con pleocroismo dal giallo bruciccio

chiaro (α) al verde erba (β) al verde giallognolo (γ), e lamine di mica biotite in concrescimento con granuli di magnetite spesso trasformati in pseudomorfoosi ocracee. Il plagioclasio è in cristalli zonati presentanti un nucleo fortemente alterato in epidoto.

Altri cristalli di plagioclasio non zonati sono invece bene conservati e presentano geminazioni secondo la legge dell'Albite, Albite-Carlsbad, Albite-periclino. Un grosso individuo Albite-Carlsbad poco zonato ha dato le seguenti misure:

$$I = 15^\circ \quad II = 25^\circ \quad \text{contenuto di An} = 47\%$$

corrispondente ad una andesina basica. Un individuo allungato, con marcatissima zonatura a limiti netti ha dato invece i seguenti valori:

Parte centrale	I = 17°	II = 34°	60% An
Parte media	I = 12°	II = 24°	45% An
Parte perif.	I = 7°	II = 16°	35% An

che corrispondono ad un plagioclasio con nucleo labradoritico. Circa l'origine e la natura di questi inclusi si potrebbe pensare trattarsi di frammenti di rocce a carattere basico, prodotto iniziale della solidificazione, asportate e coinvolte nella massa dioritica successivamente solidificatasi.

Come minerali accessori sono presenti l'apatite in prismetti allungati e zircone in noduli con la caratteristica aureola nel corpo delle lamine di biotite.

Fenomeni di endometamorfismo e metamorfismo di contatto.

Tra il paese di Gatti e quello di Triangia affiora una fascia di roccia basica che a prima vista può essere scambiata per una anfibolite, come del resto è stata interpretata dai rilevamenti del passato: un esame al microscopio in sezione sottile ha escluso la natura anfibolitica della roccia: essa infatti risulta costituita da plagioclasio in grande prevalenza, granato, biotite e sericite. Il plagioclasio ha tutte le caratteristiche dei feldspati delle rocce magmatiche, si presenta infatti in cristalli di notevoli dimensioni, geminati secondo la legge dell'Albite ed Albite-Periclino, distintamente zonati, pur essendo in parte cataclastici con risanamento sericitico e cloritico. La biotite, altro componente originario della roccia magmatica, risulta essa pure cloritizzata.

Interessante è la presenza del granato in cristalli ben formati più o meno fratturati. Il tutto è permeato da un aggregato di sericite e clorite formatesi per alterazione dei componenti originari della roccia. Mi-

Immediatamente a Sud della fascia periferica estrema ora descritta della massa intrusiva affiora una roccia che a prima vista ha tutto l'aspetto di un calcare grigiastro.

L'affioramento è osservabile a 200 metri ad oriente del cimitero di Triangia, come pure in continuazione ed in allineamento ad occidente del paese.

L'esame microscopico della roccia in sezione sottile ha rivelato trattarsi di un intimo aggregato di quarzo e di sericite; il quarzo è a granulazione finissima e le lamelle di sericite non manifestano un orientamento preferenziale. Accanto a questi minerali si notano dei noduli fortemente birifrangenti, di un carbonato, evidentemente calcite: la roccia infatti dà un debole sviluppo di CO₂ trattata con HCl diluito.

La percentuale del CaCO₃ presente che costituisce una metà circa dell'aggregato cristallino è deducibile dall'analisi chimica riportata nella tabella 5.

TABELLA 5

SiO ₂	36,72		
Al ₂ O ₃	1,89		
Fe ₂ O ₃	0,49	si	88,7
FeO	0,55	al	2,7
MnO	0,03	fm	16,4
MgO	3,98	e	79,5
CaO	30,76	alc	1,4
Na ₂ O	0,33	k	0,47
K ₂ O	0,43	mg	0,87
H ₂ O—	0,05	c/fm	4,85
H ₂ O+	1,87	ti	0,70
CO ₂	22,65	p	0,20
TiO ₂	0,41		
P ₂ O ₅	0,18	Q =	20,0
		L =	6,3
		M =	73,7
	100,34		

I caratteri microscopici della roccia ed i suoi rapporti di giacitura con la massa della diorite fanno pensare ad un prodotto di trasformazione per metamorfismo di contatto — con conseguente intensa silicizzazione — di una lente allungata di roccia carbonata già cristallina per

processi metamorfici ancor precedenti. I fenomeni di contatto si estendono anche alla formazione degli scisti del Tonale: questi fenomeni sono osservabili per es. ad Ovest di Mangialdo dove gli scisti affiorano dalla coltre morenica con una facies tipicamente metamorfica: essi appaiono infatti intensamente iniettati e silicizzati con neoformazione di quarzo a granulazione minuta: si notano inoltre due generazioni di mica biotite, una in lamine minute, con orientamento preferenziale, originaria della roccia scistosa, ed una di neoformazione, in plaghette ben sviluppate, senza orientamento preferenziale.

RIASSUNTO CONCLUSIVO

Le ricerche effettuate sulle rocce della zona di Triangia ed i risultati ottenuti, permettono di stabilire la facies metamorfica delle rocce costituenti la collina del Sassella, che possono essere considerate mica-scisti granatiferi sudalpini con metamorfismo di mesoepizona. Esse si trovano addossate alla formazione degli scisti del Tonale che affiorano per breve tratto immediatamente a Nord della linea insubrica con facies profondamente milonitica, in forma di filloniti; facies imputabile all'intenso diastrofismo delle rocce, in relazione alla presenza della linea del Tonale e delle sue vicarianti.

Imponenti fenomeni cataclastici con formazione di faglie multiple, non ancora del tutto risanate, sono infatti osservabili sul terreno lungo la strada Sondrio Triangia.

E' stato possibile inoltre precisare i caratteri chimici delle rocce metamorfiche appartenenti alla formazione gneissica che si succede a Nord degli scisti del Tonale e che costituiscono tutto il versante meridionale del Monte Rolla: la roccia è definibile come uno gneiss dioritico, milonitico, con netta prevalenza della blastesi sulla clastesi.

Dallo studio della massa intrusiva di Triangia si è potuto stabilire che la facies prevalente sia per il chimismo che per la composizione mineralogica è riconducibile alle tipiche granodioriti del versante meridionale delle Alpi centro-orientali. Ciò viene a modificare la precedente definizione di « Tonalit von Sondrio » data da Cornelius (2) (3).

Circa la datazione della presa di posizione della granodiorite — quantunque una determinazione esatta dell'età risulti piuttosto difficile dal momento che non ci sono contatti con formazioni sedimentarie

di età sicura — in base ad alcune considerazioni si può affacciare qualche ipotesi giustificata da elementi di fatto di indubbia evidenza.

La massa granodioritica si trova impostata lungo una importante linea di dislocazione alpina; nella parte centrale della massa dioritica non si notano particolari facies isoorientate, bensì una struttura tipicamente granulare uniforme.

Accenni ad un isoorientamento preferenziale dei componenti mineralogici si hanno invece nella parte marginale, verso sud in prossimità della linea di dislocazione. Nella parte periferica della granodiorite si nota anche la presenza di qualche fenomeno di disturbo che si manifesta con modesti scorrimenti risanati da iniezioni tardive acide anch'esse successivamente fagliate.

Si può pertanto affermare che la massa granodioritica ha risentito soltanto le manifestazioni tardive del diastrofismo insubrico, e di conseguenza la sua presa di posizione dovrebbe essere sintettonica tardo-alpina e risalire cioè all'oligocene medio superiore.

Le ricerche chimiche hanno messo in evidenza per la prima volta anche i fenomeni di endo- ed esometamorfismo relativi alla granodiorite ed alle rocce limitrofe; è stata infatti precisata la reale natura dei notevoli affioramenti già ritenuti come anfiboliti in base ai soli caratteri macroscopici, e che invece risultarono essere facies marginali endometamorfiche della tonalite, interessate da intensi processi di milonisi.

Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Milano, 1957.

ELENCO BIBLIOGRAFICO

- (1) VENZO S., FAGNANI G., *Notizie sul rilevamento del Foglio geologico Sondrio.* Boll. del Servizio Geologico d'Italia. Vol. LXXVI 1954.
- (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) SHIAVINATO G., *Studi geologico-petrografici sulla regione compresa tra Ponte di Legno-Passo del Tonale - Passo del Gavia in Alta Val Camonica: I Gliosisti del Tonale.* Accademia dei Lincei, Vol. Roma 1948.
- (5) BIANCHI A. DAL PIAZ G. B., *La monografia sull'Alto Adige orientale e le regioni limitrofe: Relazione dei risultati e aggiornamento critico dei problemi.* Periodico di Mineralogia, Anno X, N. 2, Roma 1939.

- (6) ANDREATTA C., *Analisi strutturale di rocce: III La disposizione dei minerali micacei nei plagioclasti di ortogneiss*. Periodico di Mineralogia, Vol. IV, Roma 1933.
- (7) CORNELIUS H. P., *Zur Deutung gefüllter Feldspäte*. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Vol. XV 1935.
- (8) BURRI C., NIGGLI P., *Die Jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens*. Zurich 1945 (Vulkaninstitut Immanuel Friedländer).
- (9) NIGGLI P., *Die Magmentypen*. Boll. Svizz. di Mineralogia e Petrografia, Vol. XVI 1936.
- (10) CHUDOBA K., *Die Feldspäte und ihre praktische Bestimmung*. Stuttgart 1932.
- (11) TRÖGER W. E., *Tabellen zur optischen Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale*. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1952.
- (12) VON RATH G., *Beiträge zur Kenntnis der eruptiven Gesteine der Alpen*. Zeitschrift d. Deutsch. Geol. Ges. B. 16, 1864, pag. 249.
- (13) TRÖGER W. E., *Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine*, p. 67. Deutsch. Mineral. Ges. Berlin 1935.
- (14) BIANCHI A., DAL PIAZ G. B., *Il settore meridionale del massiccio dell'Adamello*. Boll. Uff. Geol. Ital. Vol. LXII 1937.
- (15) FENOGGIO M., *Studi geologico-petrografici sulla Valle del Nambrone (Massiccio dell'Adamello)*. Mem. Ist. Geologia Univ. di Padova. Vol. XIII 1938.
- (16) BIANCHI A., DAL PIAZ G. B., *Il settore nord-occidentale del massiccio dell'Adamello*. Boll. Uff. Geol. Ital. Vol. LXV 1940.
- (17) DI COLBERTALDO DINO, *Petrografia del Monte Blumone (Adamello meridionale)*. Mem. Ist. Geol. Univ. di Padova, Vol. XIV, 1940.
- (18) DI COLBERTALDO DINO, *Ricerche geologico-petrografiche sul settore orientale dell'Adamello tra Val di Genova e Val Breguzzo*. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, Vol. XIV 1942.
- (19) SCHIAVINATO G., *Relazione sul rilevamento geologico-Petrografico del Gruppo del Baitone (Adamello Nord-occidentale)*. Rendiconti della Soc. Mineralogica Italiana, Vol. VII 1950.
- (20) OGNIBEN G., *Studio chimico-petrografico sul Monte Sabion (Adamello orientale)*. Mem. Ist. Geol. Univ. di Padova, Vol. XVII 1952.
- (21) ZANETTIN B., *La « diorite di Val Camonica »* Rendiconti della Soc. mineralogica Italiana, Anno VIII 1952.
- (22) LORENZONI G., *Studio geologico-petrografico sull'Alpe di Bos (Adamello occidentale)*. Mem. Ist. Geol. e Miner. Univ. Padova Vol. XIX 1955.
- (23) MALARODA R., *Studi petrografici sull'Adamello Nord-orientale*. Studi petrografici sull'Adamello, sotto gli auspici del CNR Padova 1948.
- (24) ZANETTIN B., *Il Gruppo del Marser (Adamello occidentale) Studio geologico-petrografico*. Centro Studi di Petrografia e Geologia del C.N.R., Padova 1956.

TAVOLA I

Facies normale, di contatto e milonitica degli scisti incassanti
la granodiorite di Triangia.

- Fig. 1. — Micascisti del Sassella: Cristallo di granato, minutamente fratturato circondato da clorite, in un fine aggregato di lamine muscovitiche nel quale si notano anche lamine isorientate di ilmenite. (nicol //, 28 ingr.).
- Fig. 2. — Scisti del Tonale (San Lorenzo, strada Sondrio-Triangia): struttura scistosa finemente laminata: componente essenziale è il quarzo in granuli deformati, avvolti in lenti di clorite. (nicol //, 106 ingr.).
- Fig. 3. — Anfibolite (loc. Gatti): L'orneblenda forma aggregati longitudinali separati da interstrati quarzoso-feldispatici a grana molto minuta: struttura intensamente cataclastica: diaclasi tardive trasversali (in alto nella foto) risanate da epidoto e clorite. (nicol //, 28 ingr.).
- Fig. 4. — Scisti del Tonale (ad Ovest di Mangialdo): gli scisti risultano iniettati e silicizzati da quarzo di neoformazione in prossimità della massa dioritica. (nicol //, 28 ingr.).



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

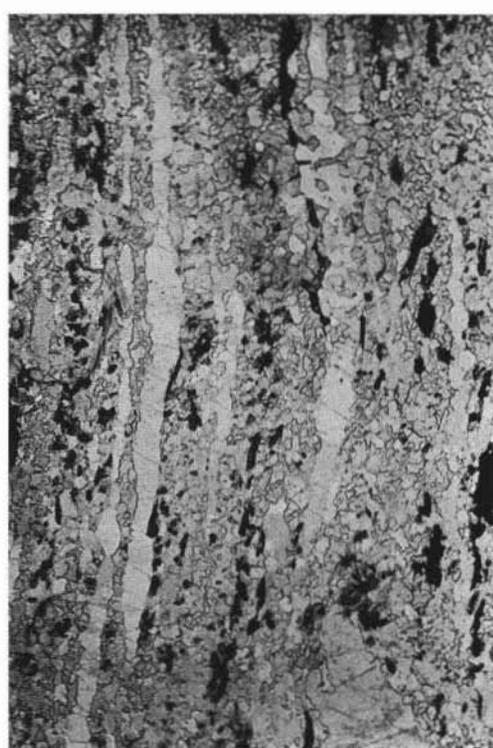


Fig. 4

TAVOLA II

Facies normale, anfibolica e porfirica della massa granodioritica.

- Fig. 1. — Granodiorite di Triangia, facies normale: plagioclasti zonati, con nucleo profondamente saussuritizzato: talora il plagioclasio è inglobato nelle lamine di biotite (in alto nella foto). (nicol X, 28 ingr.).
- Fig. 2. — Granodiorite di Triangia: cristallo di plagioclasio zonato con nucleo saussuritizzato (nicol X, 106 ingr.).
- Fig. 3. — Granodiorite di Triangia: facies anfibolica: accanto all'anfibolo orneblenda è sempre presente la biotite in lamine curvate per deformazioni meccaniche. (nicol // 28 ingr.).
- Fig. 4. — Granodiorite di Triangia (facies porfirica): è evidente la presenza di una massa fondamentale microcristallina in cui stanno immersi cristalli idiomorfi di plagioclasio con forte zonatura e di anfibolo. (nicol X, 28 ingr.).
-

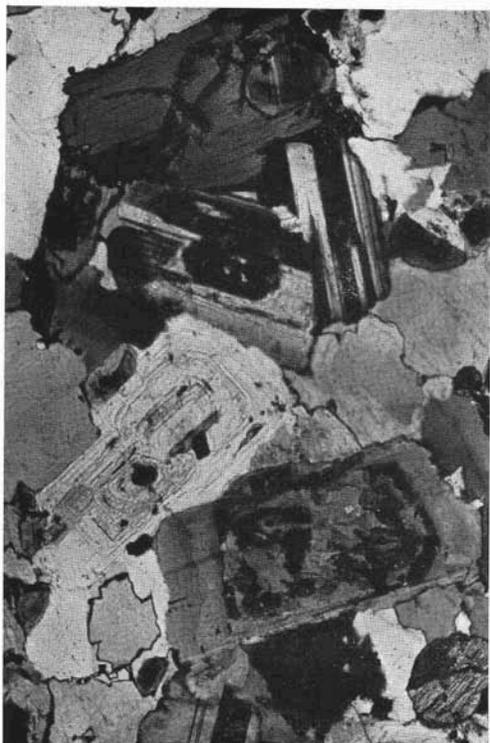


Fig. 1

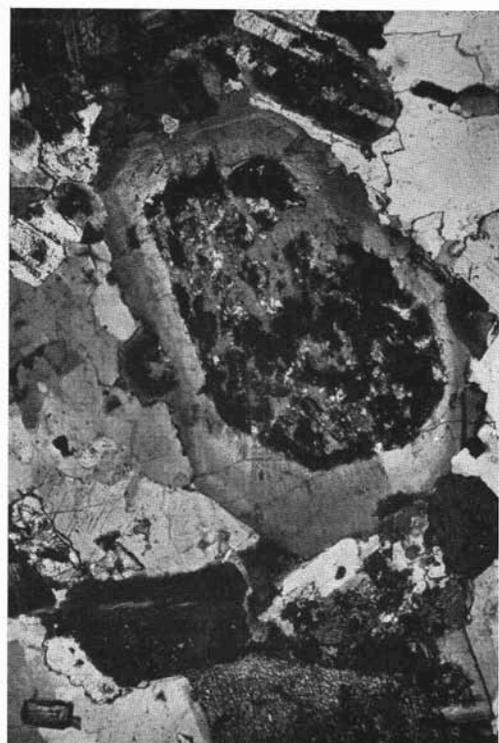


Fig. 2

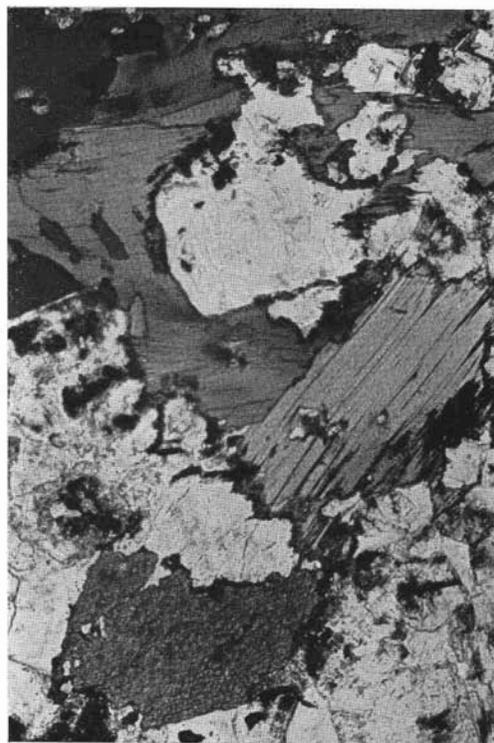


Fig. 3

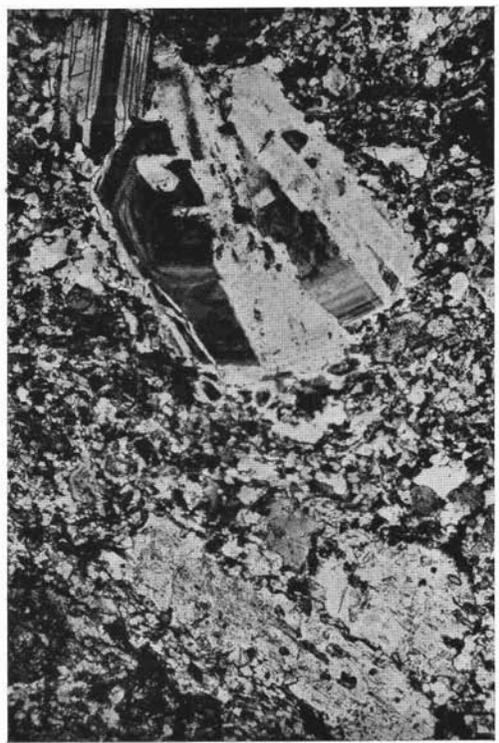


Fig. 4

TAVOLA III

Filoni acidi, inclusi basici e facies marginali milonitiche
della granodiorite di Triangia.

- Fig. 1. — Microgranito (strada Triangia - Ligari): Si nota l'assenza del plagioclasio; l'ortose è in quantità rilevante; la biotite è ridotta a minime lamelle. (nicol //, 28 ingr.).
- Fig. 2. — Incluso basico nella granodiorite: i componenti mineralogici sono gli stessi della granodiorite normale; l'orneblenda e la biotite sono però in quantità preponderante (nicol //, 28 ingr.).
- Fig. 3. — Granodiorite di Triangia: facies milonitica: struttura intensamente cataclastica con neoformazione di epidoto. (nicol //, 28 ingr.).
- Fig. 4. — Facies periferica marginale endometamorfica: struttura cataclastica con cristalli di plagioclasio fratturati e risanati da sericite e clorite. (nicol //, 28 ingr.).

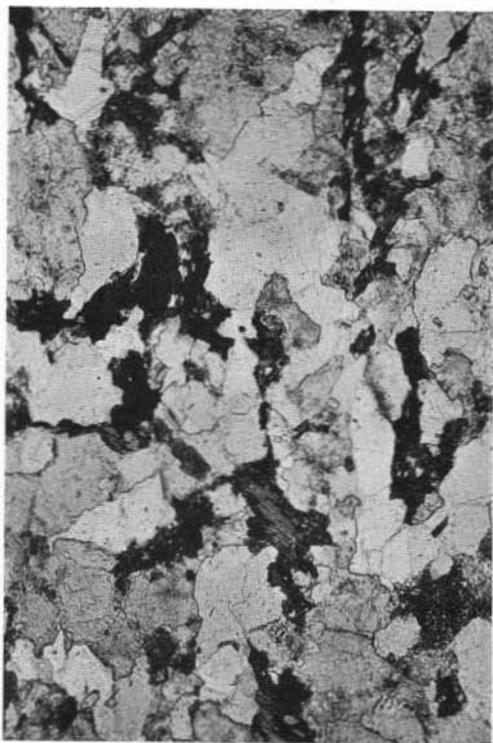


Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

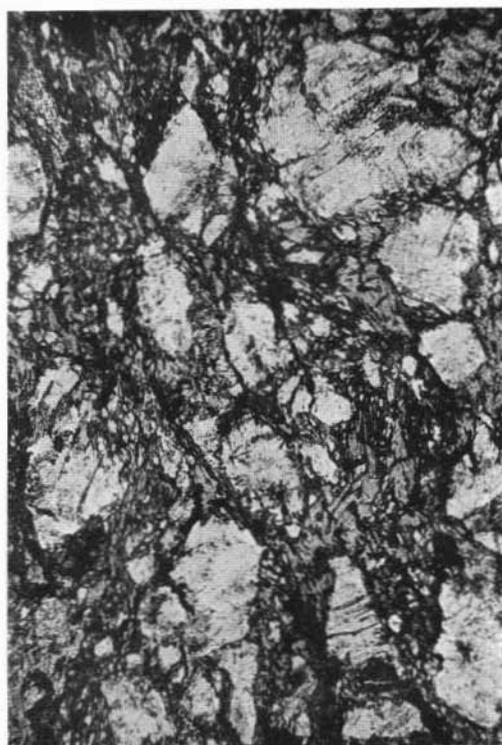


Fig. 4

TAVOLA IV

Fig. 1. — Filone di microgranito attraversante la granodiorite (Strada Triangia-Ligari).

Fig. 2. — Piccolo filone acido nella granodiorite fagliato (strada Triangia-Ligari).

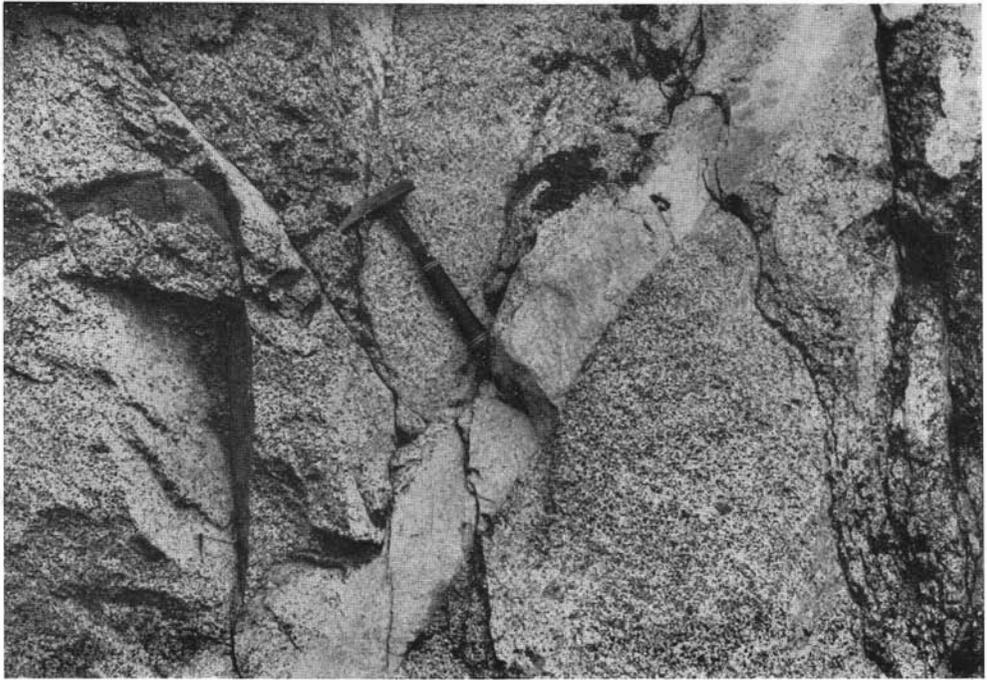


Fig. 1



Fig. 2