

MARIO BERTOLANI

FENOMENI DI GRANITIZZAZIONE E DI CONTATTO
NELLA ZONA DI QUARNA (NOVARA) (*)

Sommario

Riassunto	<i>pag.</i> 66
Zusammenfassung	> 66
Introduzione	> 66
Alcuni aspetti della zona	> 70
Le formazioni rocciose	> 71
Gli gneiss kinzigitici	> 71
I calcefiri	> 74
Le anfiboliti	> 77
Il granito e le differenziazioni basiche	> 79
Le migmatiti	> 82
Filoni pegmatitici, microgranitici e quarziferi	> 90
I filoni pegmatitici: a) nel granito	> 91
b) nelle metamorfiti	> 91
I filoni microgranitici: a) nel granito	> 92
b) nelle metamorfiti	> 93
I filoni quarziferi	> 93
Filoni lamprofirici	> 94
Roce metamorfiche di contatto	> 94
Considerazioni sulla genesi delle formazioni rocciose nel territorio di Quarna	> 97
Tabelle sulla costituzione mineralogica	> 98
I minerali opachi di alcune rocce	< 102
Bibliografia	> 107

(*) Lavoro eseguito nell'Istituto di Mineralogia dell'Università di Modena col contributo del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Riassunto. — Studio petrografico del territorio di Quarna (Novara). Nella parte orientale gli Gneiss Strona di Gerlach (Gneiss Strona orientali di Artini e Melzi) sono stati riconosciuti come caratteristiche migmatiti, che passano gradatamente a granito vero e proprio, associato a differenziazioni basiche, in corrispondenza dei paesi di Quarna sopra e Quarna sotto. Viene affacciata l'ipotesi che si tratti di un granito di anatessi ma la presenza di un'aureola semicircolare di corubianiti indica che il processo di granitizzazione deve aver raggiunto uno stadio di completa fusione, quindi il granito, sotto certi aspetti, si presenta come di genesi magmatica. Molti filoni, di tipo prevalentemente pegmatitico, sono da ritenersi in relazione col granito e attraversano, con andamento concordante di massima con la scistosità, gli gneiss kinzigitici, più o meno metablastici e metatectici, intercalati con paraanfiboliti e con caleefiri.

Zusammenfassung. — Es wird über Erscheinungen der Granitisation und Kontaktbildungen im Gebiet von Quarna (Prov. Novara) berichtet. Im westlichen Teil treten metatektische und metablastische Gneise (Kinzigitgneise) mit eingeschalteten Amphiboliten und Marmoren auf. Im östlichen Teil kommen ebenfalls solche Gneise vor, aber stärker granitisiert. Hier gibt es auch diatektische Gneise, die endlich in der Nähe von Quarna in eigentlichen Granit übergehen, der von basischen Differentiaten begleitet wird. Der Granit der ein Produkt der Anatexis sein kann, muss dann aber auch die charakteristischen Eigenschaften eines magmatischen Granites angenommen haben, denn er hat in den Kinzigitgneisen auffallende Erscheinungen der Kontaktmetamorphose hervorgerufen. Zahlreiche Gänge, meist Pegmatitgänge, durchsetzen die Kinzigitgneise und ihre Begleitgesteine annähernd parallel zur Schieferung. Diese Gänge setzen auch in den Granit und die Kontakthornfelse hinein; es ist deshalb möglich, dass sie genetisch zu diesem Granit gehören.

Introduzione.

La continuazione verso oriente delle mie ricerche petrografiche sulla formazione kinzigitica delle Alpi Meridionali, mi ha portato fuori dalla Valsesia, nel bacino idrografico del lago d'Orta. E' mutata la zona dal punto di vista amministrativo e da quello geografico, ma vi è una perfetta continuità dal lato geologico e petrografico. Le rocce di tipo kinzigitico, più o meno granitizzate e più o meno fillonitizzate, col loro corteggio di rocce anfiboliche, di caleefiri, di manifestazioni pegmatitiche e microgranitiche, proseguono infatti oltre il crinale orientale della zona da me già studiata: la val Sabbiola, la val Bagnola, e il territorio di Civiaseo (BERTOLANI 1954, 1958, 1960) e si ritrovano nella valle Strona di Omegna e nel territorio di Quarna. E' di quest'ultima zona che mi occupo nel presente lavoro; in un secondo tempo darò relazione anche delle ricerche che ho attualmente in corso in valle Strona.

Il territorio di Quarna da me studiato, coincide esattamente col bacino imbrifero del Torrente Fiumetta, immissario del lago d'Orta (Fig. 1). Esso confina a N con la valle Strona, a S con la valle del T. Qualba, modesto immissario del lago d'Orta, a E col lago d'Orta stesso, nel quale il Fiumetta ha formato un pronunciato delta, a W con la val Bagnola. Il confine è assai netto e coronato da numerose cime, tra cui il M. Mazzone (m. 1234 s. m.), il M. Novesso (m. 1410), il M. Ostano (m. 1509), il M. Croce (m. 1643), il M. Mazzocone (m. 1424).

Nella sua parte alta il T. Fiumetta si divide in tre vallette principali: quella del Rio Rasetto, quella del Rio Selvetta e quella del Rio Molinello (Tav. I, fig. 1); più a valle riceve le acque di due tributari: uno di sinistra, senza nome, proveniente dalle zone abitate di Quarna sopra e Quarna sotto, l'altro di destra, denominato Riale della Corda.

In un primo tempo era mia intenzione unire nello studio petrografico, il territorio di Quarna con la valle Strona, ma la presenza di numerosi problemi caratteristici e specifici della zona di Quarna, legati alla presenza di una delle masse granitiche dei laghi, mi ha consigliato a riservare il presente lavoro al solo territorio di Quarna.

Le notizie petrografiche sulla zona sono scarse. Parona la comprende quasi completamente nel cosiddetto Gneiss Strona, tranne la parte alta del bacino appartenente allo Gneiss Sesia (PARONA 1886). Secondo detto Autore la differenza tra i due tipi consisteva soprattutto nell'arricchimento di granato negli Gneiss Strona e nella presenza di banchi di calcefiro nello Gneiss Sesia. Sempre in Parona, i dati petrografici si limitano a indicazioni frammentarie di paragenesi, di aspetto, di andamento generale della scistosità. Del granito non parla in particolare, ma accomunandolo alle masse maggiori di Alzo e Baveno, ne discute l'origine, riportando anche un'interessante ipotesi di Gastaldi (GASTALDI 1871, 1874), che, in contrasto coi magmatisti di allora, Pareto (PARETO 1958) e Gerlach (GERLACH 1883), affermava che i graniti «si fondono coi gneiss e coi micascisti gneissici recenti, e vi si trovano non come rocce sollevanti, disturbanti l'assetto della zona, ma come membri componenti di essa, allineati nello stesso senso, nel quale gli altri membri si trovano, non interrompendo mai colla loro presenza la disposizione generale, la inclinazione della zona intiera».

Artini e Melzi (ARTINI e MELZI 1900) mantengono la suddivisione di Parona, denominando però la fascia che dalla bassa valle Strona arriva al granito di Alzo: «Gneiss Strona orientale», in contrapposto

agli « Gneiss Strona occidentali », che corrispondono all'incirca all'attuale fascia kinzigitica.

Degli Gneiss Strona orientali Artini e Melzi descrivono alcuni tipi petrografici che rappresentano facies di una stessa formazione e che potrebbero venire interpretati, secondo detti autori, come forme metamorfiche di contatto. A queste facies Artini e Melzi attribuiscono le seguenti denominazioni: *Gneiss a due niche*, *Gneiss pellicolari a microclino*, *Gneiss minuti biotitici*; sono tutte rocce piuttosto massicce, ad aspetto cornubianitico, costituite essenzialmente da *biotite*, *muscovite*, *quarzo*, *microclino* o *ortoclasio*, *oligoclasio*; con *zircone* e *apatite* accessorie, a volte accompagnate da *sillimanite* e *granato*. In qualche caso si ha anche *andalusite* e *cordierite*.

Artini e Melzi descrivono anche due tipi di anfiboliti in alternanza a questi gneiss biotitici, denominandole: *gneiss ghiandolari anfibolici* e *anfiboliti minute*. Inoltre si soffermano su un *calcefiro* raccolto tra Quarna e il Passo del Ranghetto, costituito, oltre che da *calcite*, da *serpentino*, *olivina*, *flogopite* e forse anche *leucoxeno* e *titanolivina*.

Altre notizie ci vengono da Novarese (NOVARESE 1933), che pone più che altro in rilievo la presenza di un'aureola continua di contatto attorno al granito e segnala la presenza di inclusi metamorfici nelle parti periferiche del granito stesso.

Dai dati esistenti, pur ricavando utili indicazioni, non è possibile ricostruire un quadro generale della situazione geologico-petrografica della zona di Quarna. Inoltre mancano elementi su intere formazioni rocciose, come, ad esempio, il granito, pressochè sconosciuto dal punto di vista chimico-petrografico.

Il granito rappresenta uno dei motivi di maggior interesse della zona, sia per il problema della sua formazione, sia per la vistosa aureola di contatto, sia per gli eventuali rapporti con le numerose formazioni filoniane. Perciò, al fine di avere una migliore conoscenza petrografica del tipo predominante e delle numerose variabilità di facies che avevo potuto osservare sul terreno, ne ho affidato lo studio alla Dott. Maria Burani (BURANI 1961). I risultati ottenuti figurano in altra parte di questo stesso volume di Rendiconti.

Ho iniziato la campagna di ricerche nel 1959 e l'ho terminata nel 1960, completando, unitamente alla campionatura, il rilievo geologico, che riporto a piccola scala, seguendo gli stessi criteri di quelli che accompagnano i miei precedenti lavori (fig. 1). Oltre la diversa interpre-

tazione di alcune formazioni rocciose, di cui dirò in seguito, mancavano nella rappresentazione cartografica ufficiale geologica alcune evidenti caratteristiche, come la serie di filoni pegmatitici, che continua quella già da me rilevata nella limitrofa val Bagnola (BERTOLANI 1958) e si collega con quella, tutt'ora in corso di studio, della valle Strona. Si potrebbe pensare che Novarese, nel suo rilievo, volesse considerare detti filoni come parte integrante degli gneiss kinzigitici, ma non si spiega allora il perchè ne abbia rappresentati due nei pressi di Alpi Camasca, differenziandoli oltretutto da quelli della vicina valle del Nono.

Compaiono inoltre rocce anfiboliche filoniane e pseudofiloniane e contattiti simili a quelle da me segnalate nel territorio di Civasco (BERTOLANI 1960).

Alcuni aspetti della zona.

Il motivo tettonico predominante nel territorio di Quarna è ben delineato; l'andamento della scistosità è infatti, nella parte centrale, sui 30-40°, a volte scende anche sui 15° e devia fino a 60° nella parte settentrionale. Tenendo conto delle caratteristiche osservate oltre i crinali, la scistosità descrive nella zona un S molto aperto. L'inclinazione è quasi sempre forte, con immersione predominante verso NW. Esistono disturbi locali, ad esempio sulle pendici orientali del M. Ostano, presso le Baite, dove abbiamo la maggiore torsione della scistosità che diviene anche gradatamente, ma rapidamente, quasi orizzontale (30°), per ritornare prima del M. Croce, ancora fortemente inclinata. Variazioni brusche del verso dell'immersione si verificano anche presso l'alpe Ruschini, dove rocce milonitizzate indicano disturbi tettonici. Disturbi tettonici e miloniti si riscontrano anche lungo il Riale della Corda.

La presenza nel territorio studiato di numerosi tipi rocciosi provoca una morfologia varia. Le rocce pegmatitiche, microgranitiche e anfibolitiche sporgono a guisa di diechi dagli gneiss kinzigitici più erodibili; ma l'aspetto più caratteristico lo ha il granito: gli orli della massa granitica, costituiti da rocce di contatto, sono in rilievo rispetto alla roccia granitica vera e propria, così che la zona in cui sono insediati i due paesi di Quarna sopra e Quarna sotto assume l'aspetto di una depressione circolare ad orli rialzati, svasata solo in corrispondenza del T. Fiumetta, dove un fenomeno di tracimazione ha permesso l'incisione del citato tributario di sinistra. All'interno della depressione-

dove l'erosione agisce in modo assai attenuato, il granito alterato rimane in posto, costituendo enormi accumuli di roccia sfatta, che, imbevuti di acqua di precipitazione, danno luogo alle abbondanti acque sorgive di cui è ricca e celebre la zona granitica di Quarna.

Assai caratteristico è anche il ripido fianco meridionale, che è quasi una parete strapiombante su Cireggio, solida e massiccia, lisciata dai ghiacciai pleistocenici, che permette l'osservazione su una vasta superficie scoperta. Queste condizioni sono assai utili, come vedremo, per seguire su zona ampia i fenomeni di granitizzazione, dato che non è facile nelle masse granitiche subalpine, abbondantemente involtate da altre formazioni o ricoperte da morenico, l'esame di migmatiti formanti passaggio al granito stesso.

Le formazioni rocciose.

Nel territorio di Quarna abbiamo i seguenti tipi rocciosi fondamentali:

- 1 - Gneiss kinzigitici con fenomeni di metatessi e metablastesi.
- 2 - Calcefiri.
- 3 - Rocce anfiboliche spesso a struttura orientata.
- 4 - Migmatiti.
- 5 - Graniti e differenziazioni basiche.
- 6 - Contattiti: *a*) a epidoto, in corrispondenza di rocce anfiboliche;
b) a cordierite e andalusite in corrispondenza del granito e di alcune pegmatiti.
- 7 - Filoni pegmatitici, microgranitici e quarziferi.
- 8 - Filoni lamprofirici.

Gli gneiss kinzigitici

Gli gneiss kinzigitici sono senza dubbio le rocce più antiche della regione. Hanno sviluppo nella parte occidentale della zona studiata. L'aspetto è vario per il diverso grado d'iniezione cui sono stati sottoposti. Non ho trovato rocce kinzigitiche che vadano oltre il tipo meta-tectico e sempre ben distinti sono il paleosoma e il neosoma. Diverso però è il loro rapporto, di modo che abbiano rocce notevolmente e irregolarmente neosomiche (Tav. II, fig. 2), accanto ad altre moderatamente e regolarmente neosomiche (Tav. II, fig. 1).

Le caratteristiche mineralogiche sono le stesse già indicate per gli gneiss kinzigitici delle zone da me precedentemente studiate (BERTOLANI 1954, 1958, 1959, 1960): la *biotite* è sempre presente e abbondante, pleocroica dal giallino al bruno rosso, ricca di aureole pleocroiche intorno a cristallini fortemente radioattivi, probabilmente di torbernite o xenotime. La trasformazione in *clorite* è scarsa.

La *biotite* è intimamente associata alla *sillimanite*, abbondante nelle porzioni paleosomiche in fasci di aghetti spesso contorti. Si verificano anche qui numerosi casi di trasformazione di sillimanite in *biotite*, certamente legata a un apporto potassico, avvenuto in occasione del metamorfismo d'iniezione (Tav. V, fig. 1). In alcuni campioni la sillimanite ha subito processi di sericitizzazione, in altri risulta parzialmente riassorbita da quarzo e da muscovite (Tav. V, fig. 2).

La *muscovite* è quasi sempre presente, assai più di quanto avvenisse in val Sabbiola e in val Bagnola, e in misura anche superiore a quella del territorio di Civiasco. In alcuni casi è evidente la sua derivazione da *biotite* e da *sillimanite*.

Il *granato* invece è sempre scarso; spesso manca del tutto. Difficilmente si hanno grossi cristalli, ma modesti relitti. E' pressochè incolore in sezione sottile.

Il *quarzo* è abbondante, e a volte forma lenticelle o straterelli di neosoma. Tende a riassorbire altri minerali, come *sillimanite*, *granato*, *plagioclasio* e *ortoclasio*.

Il *plagioclasio*, oltre al *quarzo*, è tra i principali componenti del neosoma. E' assai superiore, come numero di presenze e come quantità, all'*ortoclasio*. E' scarsamente geminato albite, qualche volta albite-perielino; l'alterazione sericitica non è mai molto pronunciata. Misure al Fedoroff hanno dato una percentuale di anortite che va da un minimo di 19% a un massimo di 29%.

L'*ortoclasio* può essere anche abbondante, come in alcuni campioni della cima del M. Mazzone; spesso tuttavia manca o è ridotto a pochi resti. E' sempre più o meno micropertitico. L'angolo 2V determinato al Fedoroff ha dato un valore di -54° .

Tra gli accessori i più frequenti sono *apatite* e *zircone*; qualche rara volta è presente anche *tormalina*.

A luce riflessa si osserva che la maggiore parte dei minerali opachi è rappresentata da *grafite*, in laminette legate al paleosoma (spesso sono tra i piani di sfaldatura della biotite), allineate secondo la direzione della scistosità, che, nel territorio di Quarna è prevalentemente lamellare. E' presente in quasi tutti i campioni. Frequente è pure l'*ilmenite*, anch'essa spesso allineata secondo la scistosità. Rara la *limonite*.

L'analisi chimica di uno gneiss irregolarmente metatectico, di tipo kinzigitico, proveniente dalla cima del Mazzocone (Q 82), ha dato:

SiO ₂	61,24
TiO ₂	0,88
Al ₂ O ₃	21,33
Fe ₂ O ₃	1,44
FeO	5,14
MnO	0,10
CaO	1,50
MgO	2,47
Na ₂ O	1,86
K ₂ O	1,64
P ₂ O ₅	0,68
H ₂ O ⁺	2,10
H ₂ O ⁻	0,37
	100,75

<i>si</i>	<i>ti</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>
221	3	49,2	34,0	6,3	10,5	0,39	0,37	0,19

Anche dal punto di vista chimico questa roccia rientra esattamente nel tipo, già incontrato in altre posizioni della stessa formazione kinzigitica. Per essa vale quindi ciò che dissi a tale proposito nel mio lavoro sul territorio di Civiasco (BERTOLANI 1960), cioè che, malgrado subiscano sensibili variazioni anche in breve spazio, perchè irregolarmente iniettate, queste rocce, col loro eccesso di *al* appartengono tutte al gruppo VII (Rocce alumosilicate) della classificazione di Niggli (NIGGLI 1934).

I calcefiri

I calcefiri sono regolarmente intercalati agli gneiss kinzigitici. Rivelano una continuità territoriale, perchè si ritrovano in posizioni tra loro distanti, ma allineate sulle direttrici tettoniche. La loro apparente frammentarietà dipende da una sensibile variazione di potenza, che da ammassi lenticolari di oltre 100 metri di larghezza, porta ad un assottigliamento fino a pochi decimetri.

L'aspetto è vario per il colore che passa dal bianco al grigio, al roseo e per la grana che da minutissima, diviene macroscopicamente evidente, di tipo saccaroide.

Dal punto di vista petrografico si possono dividere in due tipi: uno caratterizzato, oltre che da *calcite* o *dolomite*, da *flogopite*, *granato*, *olivina*; l'altro ricco di *anfibolo*, *feldspati* e *titanite*.

Il primo affiora sulla sponda sinistra del Fiumetta, all'altezza della mulattiera che da Quarna sotto porta al passo del Ranghetto. Si tratta della roccia descritta, come si è detto, da Artini e Melzi (ARTINI e MELZI 1900).

I grossi cristalli di carbonato che compongono questa roccia, sono geminati e assai poco deformati; presentano caratteri di calcite, ma, per quanto per via microscopica non si riesca a metterlo in evidenza, l'analisi chimica ci dirà che occorre considerarli di *dolomite*.

Tra i silicati il più abbondante è il *serpentino*, di tipo antigoritico, in cristalli moderatamente allungati; è il prodotto di trasformazione di *olivina*, che è ancora presente in isole residue. Essa ha alta birifrazione e un angolo $2V = +86^\circ$. Non ho potuto confermare l'esistenza di titanolivina, segnalata da Artini e Melzi, in quanto i campioni da me esaminati non contenevano minerale attribuibile alla titanolivina, sia per la mancanza assoluta di colore, sia per il grande angolo degli assi ottici. Nei miei campioni posso escludere anche la presenza di leucoxeno, segnalato sempre da Artini e Melzi, in quanto sarebbe stato facilmente posto in evidenza coll'osservazione a luce riflessa.

Abbondante è pure la *flogopite*, leggermente pleocroica dall'incolore al bruno molto chiaro. Col micrometro oculare ho misurato angoli degli assi ottici varianti da $2V = 0^\circ$ a $2V = -10^\circ$. Forse questa variabilità dipende, come ebbi occasione di osservare a proposito della flo-

gopite di calcefiri della Sila, (BERTOLANI 1957), dalle intense deformazioni che spesso queste lamine presentano. Gli indici di rifrazione, misurati con liquidi a n noto, sono: $n\beta = 1,565$, $n\gamma = 1,566$, che corrispondono a quelli dati per la flogopite (WINCHELL 1951).

Questo calcefiro presenta anche *granato*, in resti incolori, spesso associati al serpentino.

Scarsissimo l'*anfibolo*, incolore, di segno positivo della birifrazione. $2V$ è risultato $+78^\circ$, $c : \gamma = 26^\circ$. Si tratta probabilmente di un termine di miscela *tremolite-edenite*, quindi di tipo tendente al sodico.

A luce riflessa si nota la mancanza di grafite, generalmente assai diffusa nei calcefiri, e la scarsa presenza di *pirrotina*, parzialmente trasformata in *limonite*.

L'altro tipo di calcefiro affiora alla Vallaccia e presso il crinale con la valle Strona, tra il M. Croce e il M. Congiura. Rappresenta il tipo più usuale di calcefiro, che ho avuto occasione d'incontrare sovente nelle zone limitrofe da me già studiate.

La *calcite* è di due generazioni, una più vecchia, in grossi cristalli assai deformati, l'altra più recente in cristalli minuti. Due sono le paragenesi: nella prima la *calcite* è accompagnata da *pirosseno*, *anfibolo*, *ortoclasio*, *plagioclasio*, *titanite*, *quarzo*, *grafite*, *pirrotina*, *calcopirite*, *marcasite*; nella seconda da *anfibolo*, *microclino*, *plagioclasio*, *titanite*, *zoisite*, *apatite*, *pirrotina*, *marcasite*, *limonite*.

Tra i silicati più abbondanti è l'*anfibolo*, incolore, con $c : \gamma = 16^\circ$ e $2V$ variante da -80° a -88° , riferibile quindi a un tipo tremolitico.

Il *pirosseno* può mancare. E' in cristalli incolori, a volte geminati, oppure presentanti struttura lamellare di separazione. $2V = +50^\circ$, $c : \gamma = 36^\circ$, caratteri di un *diopside*.

La *zoisite* è presente dove manca il pirosseno, si potrebbe perciò pensare a una trasformazione da detto minerale. La *titanite*, che manca nei calcefiri del Fiumetta, è sempre presente e minutamente diffusa; è visibilmente pleocroica dall'incolore al bruno-roseo.

Il feldspato potassico è presente sia in cristalli fittamente geminati con le leggi dell'albite e del periclino (*microclino*), sia in cristalli limpidi, non geminati, che però presentano anch'essi un ampio angolo degli assi ottici ($2V = -82^\circ$). Il *plagioclasio* è quasi sempre profondamente trasformato in sericite; rara la geminazione albite-Carlsbad. Il *quarzo*

è molto scarso e probabilmente trae origine dalla demolizione del plagioclasio. Eccezionale la presenza di *apatite*.

A differenza dai calcefiri del Fiumetta, i minerali opachi sono abbondanti. Tra essi predomina la *grafite* (Tav. V, fig. 3). Ben rappresentata è anche la *pirrotina*, associata a poca *calcopirite*. La pirrotina ha sempre tendenza a trasformarsi in *marcasite* (Tav. V, fig. 4) e, successivamente, in *limonite*.

Le analisi di due campioni, uno di tipo olivinic-flogopitico (T. Fiumetta) (Q 123), l'altro di tipo anfibolico-titanitico (Vallaccia) (Q 112), hanno dato:

	T. Fiumetta	Vallaccia
SiO ₂	6,26	5,46
TiO ₂	0,16	0,16
Al ₂ O ₃	1,70	1,43
Fe ₂ O ₃	0,63	0,94
FeO	0,28	0,56
CaO	29,62	49,68
MgO	20,06	1,34
Na ₂ O	0,03	0,08
K ₂ O	0,22	0,42
P ₂ O ₅	—	—
CO ₂	39,06	39,03
H ₂ O ⁺	1,16	0,54
H ₂ O ⁻	1,06	0,09
S	—	0,08
	<hr/>	<hr/>
	100,24	99,81
— O		0,04
		<hr/>
		99,77

	si	co ₂	al	fm	c	alk	lc	mg	c/fm
T. Fiumetta	10	85	1,6	48,2	50,0	0,2	0,83	0,98	1,04
Vallaccia	9	101	1,6	5,5	92,3	0,6	0,72	0,62	16,70

Come si vede, la profonda differenza tra le due rocce è data dal tipo dolomitico del calcefiro del T. Fiumetta, in contrapposizione a quello calcitico del calcefiro della Vallaccia. Tale chimismo ha provocato una diversa paragenesi nei silicati che accompagnano la roccia carbonata.

Entrambi appartengono al gruppo X (rocce carbonatate) della classificazione di Niggli delle rocce metamorfiche (NIGGLI 1934).

Le Anfiboliti

Le rocce anfiboliche sono molto più diffuse di quanto non sia indicato nella rappresentazione geologica di Novarese. Oltre alle masse che costituiscono le cime del M. Croce e del M. Ostano e buona parte della dorsale che le congiunge, esistono molte intercalazioni nelle rocce kinzigitiche, a volte di potenza così modesta da non poter venire rappresentate cartograficamente. L'aspetto è vario, specialmente per quel che riguarda la grana e la tessitura orientata. A volte si hanno rocce quasi afanitiche, verde cupo, a volte rocce spiccatamente granulari. In taluni casi l'orientazione dei minerali è marcatissima, spesso accompagnata da zonatura, in altri l'orientazione manca completamente.

Le rocce scure, afanitiche, orientate, sono quelle in alternanza con gli gneiss kinzigitici. Esse esistono anche nella zona basica di M. Croce - M. Ostano, ma sono accompagnate da rocce massicce, che ne costituiscono la parte predominante. Occorre ricordare che esistono rocce anfiboliche anche collegate col granito e negli gneiss granitizzati a sud di esso, ma, nel primo caso, si tratta di differenziazione del granito stesso, nel secondo, di rocce che hanno subito, poco o tanto, un processo di granitizzazione.

E' da tenere presente la perfetta concordanza delle rocce anfiboliche con la scistosità della zona, cosa che non si verifica invece, con assoluto rigore, come vedremo, per le manifestazioni pegmatitiche. Inoltre si nota, come alla Vallaccia, un graduale passaggio dal calcefiro alla anfibolite.

Al microscopio si osserva ancor meglio che a occhio nudo l'isoorientazione dei cristalli di anfibolo e non mancano sovrapposizioni di strutture e corrosione, da parte di quarzo più recente, degli altri minerali precedenti, come plagioclasio e anfibolo.

Non v'è dubbio che alcune di queste manifestazioni pseudofiloniane, in alternanza con gli gneiss kinzigitici, rappresentano una va-

riazione di composizione della primitiva roccia sedimentaria, che, arricchendosi di calcio e magnesio, porta alla formazione di anfibolo calcifero, accompagnato da plagioclasio basico; un ulteriore aumento di calcio o di calcio e magnesio conducono ai calcefiri o ai calcefiri dolomitici. Talune rocce anfiboliche potrebbero quindi derivare dal metamorfismo di marne.

Nella zona tra M. Croce e M. Ostano, oltre a un aspetto più massiccio delle rocce anfiboliche, si hanno rocce di contatto a epidoto, titanite e plagioclasio sodico. Questo potrebbe significare che le rocce anfiboliche di quel settore sono di genesi magmatica o per lo meno hanno subito una mobilizzazione tale da portarle a uno stato simile a quello magmatico.

Come ho già accennato, la paragenesi di queste rocce anfiboliche è molto semplice; predomina l'*orneblenda*, con diversi schemi di pleocroismo e diversa intensità di assorbimento. Sono più frequenti i tipi con α giallino, β verde bruno, γ verde. L'angolo $2V$ è -74° , $c : \gamma = 16^\circ$. Vi si associa a volte *actinoto*, quasi incolore, di probabile origine secondaria.

Il *plagioclasio* si presenta spesso col 40% di anortite e $2V = +79^\circ$, ma s'incontrano termini anche più calcicei. A volte è limpido, a volte totalmente sericitizzato. La geminazione, quando c'è, è secondo l'albite o l'albite-periclino.

La *biotite* non è sempre presente e costituisce un minerale accessorio. Ha pleocroismo α giallino, $\beta = \gamma$ bruno rosso. A volte è associata a quarzo e s'interpreta come facente parte di strutture relitte, a orientazione diversa da quella dei cristalli di *orneblenda*.

Gli accessori usuali sono *apatite* e *zircono*. La loro presenza non è però costante. Vi si associa, nel caso la roccia abbia subito trasformazioni, la *titanite*.

Tra i minerali opachi è interessante la *grafite*, che costituisce un dato in favore dell'origine sedimentaria di alcune di queste rocce. Più frequente è l'*ilmenite*, che può essere soggetta a trasformazione in *titanite*, più rara la *limonite*.

Ho analizzato due rocce anfiboliche: una raccolta sopra Alpe Ruschini, con plagioclasio sericitizzato (Q 77), l'altra alla Vallaccia, sfumante nel calcefiro e col plagioclasio fresco (Q 111):

	Anfibolite Alpe Ruschini	Anfibolite Vallaccia
SiO ₂	45,32	50,08
TiO ₂	2,00	1,24
Al ₂ O ₃	10,51	19,78
Fe ₂ O ₃	2,33	1,90
FeO	8,97	5,80
MnO	0,10	0,15
CaO	12,80	8,30
MgO	11,75	5,21
Na ₂ O	0,37	2,66
K ₂ O	0,87	1,43
P ₂ O ₅	0,73	0,81
H ₂ O ⁺	4,11	2,44
H ₂ O ⁻	0,84	0,29
	100,70	100,09

	si	ti	al	fm	c	alk	k	mg	c/fm
Alpe Ruschini	126	2	30,5	37,1	23,3	9,1	0,26	0,55	0,63
Vallaccia	95	3	13,0	56,3	28,7	2,0	0,57	0,65	0,51

Volendo inquadrare le due rocce nei tipi magmatici proposti da Niggli (NIGGLI 1936), vediamo che la prima roccia sarebbe vicina a un magma *issitico* (*pirossenitico*), la seconda ad un magma *leucomiaraitico* (*leucogabbroide*). Non vi è però perfetta rispondenza e le analogie potrebbero essere casuali. Nel caso dell'anfibolite di Alpe Ruschini poi, la demolizione del plagioclasio, dovuta forse all'immediata vicinanza del contatto col granito, ha alterato molto il chimismo della roccia, per la perdita di alcali e di allumina. Si nota invece che il titanio, pur prendendo parte attiva nelle trasformazioni (passaggio *ilmenite* - *titanite*), non si allontana dalla roccia.

Il granito e le differenziazioni basiche

Come ho detto all'inizio, ho affidato lo studio del granito e delle sue differenziazioni alla Dott. Burani (BURANI 1961); rimando perciò

al suo lavoro per maggiori particolari sull'argomento. Riporterò qui solo alcuni dati essenziali, senza di cui verrebbe spezzata la continuità della presente esposizione.

Il granito affiora, con modesta superficie, nella zona circostante i paesi di Quarna sopra e Quarna sotto e, con un secondo piccolo lembo, nell'incisione del Riale della Corda. Oltre tutto, buona parte di questa superficie è formata da granito alterato, ridotto a una potente coltre di roccia sfatta a consistenza sabbiosa. Nelle poche zone di affioramento di granito fresco sono stati raccolti i campioni per lo studio. Essi sono risultati, secondo la classificazione di Andreatta (ANDREATTA 1937), appartenenti a tre diversi tipi fondamentali con forme di passaggio tra i graniti veri e propri e le differenziazioni basiche:

- a) Granito alcali calcico; il più diffuso;
- b) Una composizione intermedia tra il granito aplitico e il granito alcalino;
- c) Una composizione intermedia tra i graniti alcalini e le sieniti aplitiche;
- d) Una forma di passaggio tra i graniti e le sieniti;
- e) Quarzodiorite;
- f) Gabbrodiorite.

Le diverse paragenesi sono le seguenti:

- a) Quarna sotto: *quarzo, plagioclasio, microclino, ortoclasio, biotite, titanite, ortite, clinozoisite, muscovite, zircone, apatite, tormalina*;
- b) Alpe Barca: la stessa di a); manca la *clinozoisite*, ma è abbondante l'*ortite*;
- c) T. Fiumetta sotto Quarna: *microclino, plagioclasio, quarzo, biotite, orneblenda, muscovite, ortite, titanite, apatite, zircone*;
- d) Riale della Corda: *plagioclasio, ortoclasio, microclino, quarzo, epidoto, clorite, ortite, titanite, zircone, apatite*;
- e) Alpe Barca: *plagioclasio, biotite, quarzo, orneblenda, microclino, ortite, titanite, zircone, apatite*;
- f) Tra alpe Barca e alpe Ruschini: *orneblenda, plagioclasio, biotite, quarzo, clorite, apatite*.

Riporto le analisi eseguite dalla Dott. Burani sui campioni a), b), c), e), f):

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
SiO ₂	66,02	63,32	59,46	50,88	46,50
TiO ₂	0,48	0,56	0,56	1,36	3,04
Al ₂ O ₃	15,95	17,16	19,43	20,01	17,57
Fe ₂ O ₃	2,64	0,48	1,96	3,34	2,18
FeO	2,86	4,12	3,27	6,85	9,55
MnO	0,06	0,05	0,07	0,15	0,21
CaO	2,18	2,52	2,84	5,45	8,28
MgO	0,72	0,63	1,01	2,17	4,53
Na ₂ O	4,08	4,57	5,60	4,26	2,69
K ₂ O	3,29	4,05	4,20	2,46	1,26
P ₂ O ₅	0,09	0,25	0,18	0,15	0,60
H ₂ O ⁺	1,67	1,65	1,61	2,05	2,79
H ₂ O ⁻	0,39	0,12	0,28	0,49	0,42
	100,43	99,48	100,47	99,81	99,62

Formule magmatiche secondo Niggli

	<i>si</i>	<i>ti</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>
a)	285	2	40,5	23,9	9,9	25,7	0,34	0,21	0,41
b)	257	2	41,1	19,4	11,0	28,5	0,36	0,19	0,56
c)	210	2	40,4	20,4	10,7	28,5	0,33	0,26	0,56
e)	145	3	33,8	33,1	16,6	16,5	0,28	0,30	0,49
f)	120	6	26,7	41,6	22,9	8,8	0,23	0,41	0,55

Secondo la classificazione del Niggli (NIGGLI 1936), le cinque rocce appartengono rispettivamente ai magmi:

- a) e b) *trondiemitico*;
- c) *subplagifoiatico*;
- e) *dioritico*;
- f) *gabbrodioritico*.

Le differenziazioni basiche si trovano prevalentemente lungo il margine nord-occidentale ed hanno la massima potenza, circa 800 metri, a occidente di Quarna sotto. Non si ha netto distacco tra le forme basiche e quelle acide, ma le une sfumano nelle altre e spesso si alternano.

Ho potuto notare in uno sferoide inalterato e spaccato a metà, nella zona di Veveri, una netta zonatura con roccia basica al centro, acida, di tipo granitico, alla periferia e a composizione intermedia al centro.

Sul significato di queste differenziazioni mi soffermerò in seguito, dopo la trattazione delle rocce migmatitiche. Accennerò ora solamente che possono avere importanza nella spiegazione di questo fenomeno i numerosi inclusi, che già Novarese (NOVARESE 1933) pose in evidenza e che ho avuto la possibilità di osservare, sia nelle zone periferiche del granito, sia nelle parti interne. Alcuni sono costituiti da *quarzo*, *plagioclasio*, col 40% An, *biotite*, *sillimanite*, *zircono*, *muscovite*, *ilmenite*, *pirrotina*, *limonite*, e lasciano capire la derivazione da gneiss kinzigitici inglobati; altri sono troppo trasformati per poterne ricostruire l'origine. Sono formati da *biotite*, *plagioclasio*, *quarzo*, *ortite*, *clinozoisite* e *zircono*.

Una delle caratteristiche delle rocce granitoidi di Quarna è data dalla notevole diffusione dell'*ortite*. Artini e Melzi non avevano sufficienti dati di osservazione per poterne mettere in evidenza la grande diffusione e ne posero in dubbio l'esistenza (ARTINI e MELZI 1900); anzi usarono la supposta mancanza di ortite come carattere differenziale dagli altri graniti della zona dei laghi. Col presente studio se n'è messa invece in luce la frequenza, che, in accordo con le indicazioni generali riportate da Rein (REIN 1952), va diminuendo dalle rocce granitiche ai tipi gabbroidi.

Le Migmatiti

Chi volesse cercare lungo il margine sud-orientale della conca di Quarna il limite del granito si troverebbe certamente in imbarazzo perchè un limite preciso non esiste e non esiste nemmeno una fascia continua di rocce di contatto nel senso stretto della parola, simile a quella che, come si vedrà, è molto evidente ai margini settentrionale e occidentale. A sud e ad est di Quarna sotto si passa invece gradatamente dal granito (un vero granito trondiemitico) a una roccia quasi granitica, ma con piccoli lembi visibilmente metamorfici intimamente incorporati. Una di quelle rocce che i petrografi tedeschi chiamano « *mischgneise* ». Proseguendo lungo il ripido fianco dell'altopiano di Quarna, quasi strapiombante sulla valle del T. Fiumetta, s'incontra il taglio

artificiale della strada carrozzabile che esegue su esso numerosi tornanti sovrapposti. Qui si possono osservare numerosi aspetti di una roccia massiccia, non sempre orientata e intensamente iniettata. I tipi che prevalentemente s'incontrano sono:

- a) rocce di aspetto microgranitico;
- b) gneiss granulari chiari;
- c) un insieme di filoni microgranitici e pegmatitici, che attraversano una roccia granulare secura;
- d) una roccia iniettata lit-par-lit, a volte minutamente pieghettata;
- e) una roccia fortemente porfiroblastica;
- f) una roccia metamorfica brecciata e ricementata da materiale granitico.

Già Artini e Melzi (ARTINI e MELZI 1900), che avevano descritto tre diverse facies, avevano fatto notare che si trattava di variazioni di una stessa formazione rocciosa, che essi, sia per l'aspetto macroscopico, sia per la vicinanza delle masse granitiche di Alzo, del Mottarone e di Quarna, non erano contrari a ritenere di tipo cornubianitico.

I *micrograniti* sono compresi nella formazione gneissica e sfumano lateralmente negli gneiss. I maggiori affioramenti sono in corrispondenza del M. Cregno. Si tratta di rocce chiare, microgranulari, compatte, costituite da *quarzo*, *plagioclasio*, limpido, ma con molti microliti micacei, fortemente zonato, geminato albite, albite-Carlsbad, albite-perielino. Il percento di anortite è, nei cristalli zonati, 27% al centro, 16% all'orlo. L'angolo degli assi ottici varia da -81° a $+89^\circ$. Vi è inoltre *microclino*, limpido; *biotite*, pleocroica dal giallino al bruno chiaro, con vistose aureole pleocroiche intorno a cristallini radioattivi submicroscopici.

La *muscovite* è, o in lamine grandi, frammiste alla biotite, o in microliti, che seguono i piani di sfaldatura del plagioclasio.

Dai micrograniti si passa insensibilmente a *gneiss granulari* di colore chiaro, in cui è visibile, ma non marcata, l'orientazione dei minerali micacei. La tessitura è granoblastica. La composizione mineralogica è quella dei micrograniti, ma con maggiore quantità di biotite.

Il *plagioclasio* è un termine piuttosto sodico, geminato albite. Il *microclino* si mantiene sempre limpido. La *biotite* è pleocroica dal gial-

lino al bruno rosso. La *muscovite* è spesso cribrosa e così si manterrà in tutte queste rocce granitizzate. *Apatite* e *zircone* sono gli accessori usuali. Sotto forma di relitti compaiono a volte il *granato*, leggermente roseo in sezione sottile, attraversato da vene di biotite, e la *sillimanite*, corrosa e deformata. I minerali opachi sono molto scarsi. A luce riflessa si scorge poca *pirrotina* e poca *ilmenite*.

Le *rocce granulari scure* compatte non sono le predominanti, si trovano in prevalenza lungo una fascia lenticolare a mezza costa del fianco sud-orientale dell'altopiano di Quarna. Sono attraversate dalla strada Cireggio-Quarna a 2/3 del percorso. Si osservano anche alle falde settentrionali di q. 967, zona del M. Mazzone. Si tratta, come si è detto, di rocce scure, nero-violacee, poco o niente scistose, attraversate da una rete di filoncelli e vene di tipo microgranitico o pegmatitico.

La roccia scura è di aspetto cornubianitico; ha quasi sempre prevalenza del *plagioclasio*, limpido, geminato prevalentemente albite, talvolta albite-perielino. La percentuale di anortite subisce poche variazioni essendo compresa tra 25% e 32%; $2V =$ da -82° a -88° . In alcuni campioni vi è doppia o anche tripla generazione di plagioclasio (Tav. IV, fig. 2). Nel primo caso uno è sericitizzato e presenta 22% An, $2V = +85^\circ$, l'altro è limpido e rientra nella normalità: 32% An, $2V = -88^\circ$.

Il *quarzo* può essere più o meno abbondante. La *biotite* è sempre presente, pleocroica con α giallino, $\beta = \gamma$ bruno rosso, oppure bruno chiaro. Costante è la presenza di forti aureole pleocroiche intorno a granuletti radioattivi. Frequente è la trasformazione in *clorite*, verdina, poco pleocroica, a colori bruni d'interferenza; nella trasformazione si generano a volte aghetti di *rutile*. Anche la *muscovite* è sempre presente, a volte anche abbondante.

In alcuni campioni, raccolti lungo la strada di Quarna, compare la *cordierite*, completamente trasformata in un aggregato giallognolo, a colori d'interferenza elevati, attribuibili a *pinite*. In altri si ha scarso *ortoclasio*, in altri ancora *andalusite* a bassi colori d'interferenza.

Gli accessori più comuni sono *apatite* e *zircone*. Sotto forma di relitti compaiono anche *granato* o *sillimanite* corrosi e semiriassorbiti.

I minerali opachi, osservati in luce riflessa, sono sempre rappresentati da *pirrotina*, che qualche volta si trasforma in *limonite*, da *ilmenite* e da laminette di *grafite*, sparse un pò ovunque, ma generalmente in corrispondenza della biotite.

I filoni che attraversano queste rocce in ogni direzione sono microgranitici e pegmatitici. Generalmente hanno chimismo sodico, avendo come costituente principale un plagioclasio col 5-6% di An e $2V = +76^\circ, +78^\circ$. Il *microclino* compare più raramente. Altri minerali presenti sono il *quarzo* e l'*epidoto*.

Le differenze tra filoni microgranitici e pegmatitici consistono nella presenza nel microgranito, che ha tessitura ipidiomorfa, della *biotite* (generalmente cloritizzata), sostituita nella pegmatite, che ha tessitura pegmatitica, dalla *muscovite*.

Possono verificarsi disturbi tettonici, sia nella roccia incassante, sia nei filoni, che provocano strutture milonitiche.

L'analisi chimica di un campione di roccia granulare secura, raccolta lungo la strada Cireggio-Quarna (Q 49), ha dato:

SiO ₂	58,94
TiO ₂	0,76
Al ₂ O ₃	19,63
Fe ₂ O ₃	0,75
FeO	6,31
MnO	0,10
CaO	2,12
MgO	2,70
Na ₂ O	2,60
K ₂ O	2,28
P ₂ O ₅	0,40
H ₂ O ⁺	3,48
H ₂ O ⁻	0,20
<hr/>	
	100,27

<i>si</i>	<i>ti</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>
206	2	40,5	36,6	7,9	15,0	0,40	0,44	0,22

Non v'è dubbio che esiste analogia chimica tra questa roccia e lo gneiss kinzigitico, di cui si è riportata precedentemente l'analisi. Entrambi appartengono alla stessa categoria della classificazione di Niggli (VII - *Alumosilikatgesteine*) (NIGGLI 1934). Una differenza è riscontrabile solo nel valore *al*, superiore nello gneiss kinzigitico e in quello *alk*, superiore nella presente roccia.

La sua giacitura tra una rete di filoni microgranitici e pegmatitici, il suo chimismo, la frequente comparsa di relitti di sillimanite e di granato, la presenza di grafite, l'aspetto macroscopico, fanno pensare a una roccia di contatto dovuta all'azione di materiale granitico su gneiss kinzigitici.

Le rocce iniettate *lit-par-lit*, che nella terminologia francese prenderebbero il nome di *embrechiti* (JUNG e ROQUES 1952) e che presentano frequenti pieghe ptigmatiche, si trovano un pò ovunque. I campioni studiati provengono dalla strada di Quarna, da un torrentello a monte di Cireggio, lungo la strada Cireggio-Brolo. La composizione mineralogica è costante; come minerali principali si ha: *quarzo*, *microclino*, *plagioclasio*, *biotite*, *muscovite*, come accessori *apatite* e *zircono*. Sotto forma di relitto si possono trovare *granato* e *sillimanite*. Sono particolarmente assenti i minerali opachi.

Il *microclino* è sempre fresco. Il *plagioclasio* invece può essere sericitizzato al centro; è scarsamente geminato albite. Si tratta di un termine molto sodico con 3, 7, 13% di An e 2V da + 78° a + 86°. Vi si associa raramente un termine più calcico con 2V = - 81°. La *biotite* è pleocroica dal giallino al bruno rosso e spesso si trasforma in *clorite* pleocroica dal giallino al verde sporco a colori grigi d'interferenza.

Dagli gneiss metatectici iniettati *lit-par-lit* si passa gradualmente a *gneiss metatectici porfiroblastici*, in cui oltre a un chiaro fenomeno metatectico si ha una vigorosa blastesi. Queste rocce erano state notate da Novarese, che ne aveva tentato la rappresentazione cartografica indicandone una grossa lente a W di Cireggio, con la denominazione di « Gneiss molto biotitici, scagliosi e ghiandoni a grossi elementi ». In pratica però la distinzione dalle altre migmatiti non è possibile per le troppo frequenti alternanze e passaggi da un tipo all'altro.

I componenti sono gli stessi dei campioni di gneiss metatectico senza blastesi e la stessa paragenesi si ripete all'altopiano di Quarna, a Cireggio, al M. Zoli: *microclino*, *quarzo*, *plagioclasio*, *muscovite*, *biotite*, *apatite*, *zircono*.

Il *microclino* è sempre limpido e solo raramente passa a *ortoclasio* micropertitico. L'angolo degli assi ottici è sempre molto grande: 2V = - 80°, - 83°. La *biotite* presenta il solito pleocroismo dal giallino al bruno-rosso. Il *plagioclasio*, geminato albite, è anche qui molto sodico; al Fedoroff si sono determinati i seguenti valori:

$$10\% \text{ An}, 14\% \text{ An}, 18\% \text{ An}; 2V = + 78^\circ, + 89^\circ.$$

In un campione si hanno plagioclasti zonati, con nucleo che arriva alla andesina.

Anche negli gneiss porfiroblastici troviamo relitti di antichi minerali corrosi e semidigeriti, come *granato* e *sillimante*. Rari i minerali opachi.

Un campione proveniente dalla strada di Quarna (Q 44) ha dato, all'analisi, i seguenti risultati:

SiO ₂	68,92
TiO ₂	0,24
Al ₂ O ₃	16,52
Fe ₂ O ₃	1,16
FeO	1,69
MnO	0,03
CaO	1,42
MgO	0,77
Na ₂ O	2,70
K ₂ O	4,05
H ₂ O ⁺	1,50
H ₂ O ⁻	0,22

99,22

<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>
281	48,9	17,3	7,6	26,2	0,49	0,33	0,43

Rispetto al campione cornubianitico, si nota una maggiore quantità di *al* e *alk*, a scapito di *fm*. Nella classificazione di Niggli per le rocce metamorfiche risulta però sempre appartenente al gruppo VII (*Alumosilikatgesteine*) (NIGGLI 1934). Chimismo e presenza di relitti di sillimanite e granato conducono anche qui a concludere a favore di una granitizzazione di gneiss kinzigitici.

Le rocce brecciate e legate da materiale granitico sono, per lo più, tipi anfibolici. La diversa resistenza di queste rocce alle azioni dinamiche e alla permeazione attraverso i piani di scistosità e soprattutto la più difficile reattività alle azioni metasomatiche, ha permesso alle anfiboliti di mantenere una certa integrità e di presentare una metatessi di aspetto assai diverso da quello degli gneiss sillimanitici granitizzati. E' frequentissimo infatti l'aspetto brecciato e cementato, che i Francesi

chiamano di *agmatite* (Tav. III, figg. 1 e 2). Inglobati in queste rocce fortemente granitizzate, esistono ancora lembi relativamente intatti, che rappresenterebbero la roccia quasi originaria e si potrebbero paragonare alle intercalazioni anfiboliche già osservate negli gneiss kinzigitici. L'aspetto è di rocce granulari a struttura un po' orientata; oppure di rocce zonate e listate a grana alternatamente media e minuta.

L'*anfibolo* è sempre presente, sia sotto forma di *orneblenda* pleocroica con α giallino, β verde bruno, γ verde grigio, sia di un termine che penso possa classificarsi, in base alle proprietà ottiche, come una miscela tra *tremolite*, *actinoto*, *edenite* (WINCHELL 1951). Esso è infatti assai poco colorato, con $2V = + 82^\circ$ e $c : \gamma = 20^\circ$.

Il *plagioclasio* può essere quantitativamente inferiore o superiore all'*anfibolo*. E' ben geminato secondo l'albite, l'albite-Carlsbad, l'albite-periclino ed ha una percentuale di anortite del 45%. Il *quarzo* è concentrato in alcuni punti della roccia. *Apatite* e *zircono* e, qualche volta, *epidoto*, sono gli accessori.

L'analisi chimica di un tipo granulare proveniente dalle rocce attraversate dalla strada di Quarna (Q 40), ha dato:

SiO ₂	58,56
TiO ₂	0,76
Al ₂ O ₃	18,26
Fe ₂ O ₃	1,44
FeO	4,66
MnO	0,08
CaO	4,28
MgO	4,80
Na ₂ O	2,39
K ₂ O	2,41
H ₂ O ⁺	2,73
H ₂ O ⁻	0,33
S	0,04
	<hr/>
	100,74
— O	0,02
	<hr/>
	100,72

<i>si</i>	<i>ti</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>
188	2	34,5	38,9	14,3	12,3	0,39	0,58	0,36

Non è da trascurare una leggera analogia tra questa roccia e le differenziazioni basiche di alpe Ruschini, tuttavia, come tipo magmatico, mentre la roccia di Alpe Ruschini rientra nel magma dioritico, questa può essere riferita al magma tonalitico di Niggli (NIGGLI 1936). Non è certo però che queste anfiboliti siano di geni tipicamente magmatica; causa il grande stato di trasformazione di tutto il complesso roccioso che attualmente sto descrivendo, non sono osservabili le condizioni di giacitura originaria di queste rocce e così non è nemmeno possibile provare in maniera certa la loro analogia genetica con le paraanfiboliti intercalate negli gneiss kinzigitici.

I tipi fratturati e ricementati che derivano da queste anfiboliti sono costituiti da due rocce ben distinte: una chiara a struttura in parte granitica, in parte milonitica, formata da *quarzo*, *plagioclasio*, *clorite*, *apatite*, *zircono*, *epidoto*; una scura, formata da *quarzo*, *plagioclasio*, *biotite*, *anfibolo*, *apatite*, *zircono*.

Il *plagioclasio* della parte chiara ha 27% An, $2V = -80^\circ$, quello della parte scura 42% An, $2V = +84^\circ$.

L'*anfibolo* è poco colorato, con pleocroismo α incolore, β verdino, γ verdino pallidissimo. L'angolo degli assi ottici è: $2V = -80^\circ$.

La *biotite* è spesso cloritizzata, con produzione anche di *epidoto*.

I tipi petrografici testè descritti s'identificano bene con una serie di migmatiti in diversi stadi di granitizzazione, che, con la terminologia tedesca (SCHEUMANN 1936a, 1936b; SCHNEIDERHÖHN 1941; HOENES, MENHERT, SCHNEIDERHÖHN 1949), prendono il nome di *gneiss porfiroblastici*, *gneiss diatectici*, *graniti gneissici palingenici*.

Alcuni anni fa, essendo ospite dell'Istituto di Mineralogia della Università di Freiburg i. Br., ho avuto modo di osservare direttamente i fenomeni di granitizzazione nelle metamorfiti dello Schwarzwald, grazie alle cortesi indicazioni dei Professori Schneiderhöhn, Mehnert e Rein. Orbene, pur non volendo, data la limitatezza della zona di studio, generalizzare troppo i risultati di un confronto petrografico, è indubbio che nelle migmatiti del territorio di Quarna ho rivisto molti aspetti che già mi si erano presentati nello Schwarzwald e di cui Mehnert parla nei suoi due primi lavori sull'argomento (MEHNERT 1953, 1958). Queste analogie possono suggerire l'ipotesi che anche nel territorio di Quarna si sia arrivati alla formazione del granito attraverso graduale anatessi di paragneiss, pur restando sempre la possibilità di granitizzazione da masse magmatiche immediatamente sottostanti la copertura gneissica.

La formazione migmatitica s'identifica con quella che Novarese inserisce nella « serie dei Laghi » e indica come « gneiss minuti scistosotabulari, granulari e compatti, con mica violetta e verdiccia, spesso con microstruttura cataclastica ». Essa corrisponde abbastanza bene agli « gneiss -strona orientali » di Artini e Melzi.

Filoni pegmatitici, microgranitici e quarziferi

Le numerose serie di filoni pegmatitici, microgranitici e quarziferi costituiscono una delle caratteristiche salienti del territorio in esame. Essi emergono a guisa di potenti dicchi, dagli gneiss kinzigitici, dalle anfiboliti e dai calcefiri, quasi esclusivamente nella metà occidentale della valle del Fiumetta (Tav. I, fig. 2). Più raramente si trovano nelle rocce metamorfiche dell'aureola di contatto del granito e nel granito stesso. Come si è detto, il loro andamento segue, ma non rigidamente, la scistosità. La direzione forma col N un angolo sui 60° nella zona compresa tra il M. Novesso e il Passo del Ranghetto. Tale angolo diminuisce nella parte centrale fino a 15° e tende ad aumentare nella zona del M. Mazzocone.

Il tipo petrografico di gran lunga prevalente è la pegmatite, generalmente a grana molto grossa e ricca di tormalina, esistono però anche micrograniti e filoni molto ricchi di quarzo. I filoni di quest'ultimo tipo si osservano prevalentemente nei dintorni di Alpe Ruschini.

Occorre fare attenzione nello studio di queste rocce di aspetto filoniano, perchè, come già feci notare per la zona di Civiasco (BERTOLANI 1960), esistono due diverse manifestazioni, successive nel tempo: una legata a un primo metamorfismo d'iniezione, quello che ha provocato la parziale granitizzazione degli gneiss kinzigitici; l'altra in probabile relazione con la formazione del granito. Si tratta, nel primo caso, di lenti neosomiche più o meno allungate e anastomizzate o espandimenti anche di tipo pegmatitico, con vistosa azione metasomatica sulla roccia sillimanitica. Essi sono tuttavia limitati nel loro andamento direzionale, concordante con la scistosità e vengono sistematicamente tagliati dalle nuove venute. I minerali predominanti sono generalmente il plagioclasio e il quarzo. Essi sono da considerarsi quindi parte integrante degli gneiss kinzigitici e con essi vanno rappresentati, senza figurare separatamente nella cartina geologica annessa al presente lavoro (fig. 1).

Le altre manifestazioni di tipo filoniano hanno andamento continuo per chilometri e si collegano perfettamente coi filoni della Val

Bagnola e della Valle Strona. Mostrano anch'essi azioni metasomatiche alla salbanda, generando una potenza assai irregolare, formata da strozzature, là dove la roccia incassante più difficilmente ha reagito, ed espandimenti in corrispondenza delle più intense azioni metasomatiche. Il minerale predominante è il microclino, qualche volta l'ortoclasio.

La presenza nell'aureola di contatto del granito e nello stesso granito di manifestazioni analoghe, fa pensare a una relazione tra i filoni di seconda venuta negli gneiss kinzigitici e l'attività pegmatitica successiva alla formazione del granito.

I filoni pegmatitici

a) nel granito

Il granito di Quarna è povero di manifestazioni filoniane. Esse hanno il loro massimo sviluppo nella fascia differenziata in senso basico vicina al contatto settentrionale e occidentale e si presentano come una rete di filoncelli e di vene pegmatitiche senza direzione preferenziale. Solo in pochi casi assumono individualità filoniana con discreta potenza e direzione concordante col motivo tettonico prevalente nella regione, ossia NNE-SSO. La Dott. Burani dà la descrizione di due di essi (BURANI 1961): uno presso Cregno (Quarna sotto), l'altro presso Alpe Barca (Quarna sopra). Essi sono costituiti da *microclino*, *quarzo*, *plagioclasio*, *muscovite*, *clorite*. Quello di Cregno ha anche *biotite*, quello di Alpe Barca *tormalina*.

Il *plagioclasio* è fortemente albitico, col 3-4% An. In cristalli zonati il nucleo arriva fino al 25% An.

b) nelle metamorfiti.

Si possono contare oltre venti grossi filoni pegmatitici negli gneiss kinzigitici, che attraversano anche le rocce di contatto coi graniti. Si riconoscono molto bene sul crinale tra il M. Ostano e il M. Novesso, dove sporgono per molti metri dal terreno, formando torrioni ruinformi.

Sono assai bene individuabili anche nelle valli del Rio Rasetto e del Rio Selvetta per il terreno nudo, ormai spogliato degli antichi boschi che lo ricoprivano (Tav. I, fig. 2); ancora si scorgono nella valle del Rio Molinello. Altrove appaiono dove l'erosione li mette in luce, data la notevole copertura terroso-detritica che esiste in tutto il bacino.

Anche i filoni pegmatitici nelle metamorfiti hanno una composizione mineralogica in cui predomina il *microclino* a grande angolo degli assi ottici ($2V = -82^\circ$). Seguono *quarzo* e *plagioclasio* fortemente sodico, geminato albite. La *muscovite*, è assai comune, ma può essere sia abbondante, sia scarsa. La *biotite* manca in alcuni tipi, in altri è presente in discreta quantità, pleocroica dal giallino al bruno, spesso cloritizzata.

La *tormalina* è abbastanza comune, ma non uniformemente distribuita; è pleocroica dal celeste all'azzurro un po' verdastro, con variazioni di tonalità in uno stesso cristallo. Un altro minerale, che spesso si trova nelle pegmatiti, sia pure in piccole quantità, è l'*epidoto*. Saltuaria invece la presenza di qualche resto di *granato*.

L'analisi chimica di un campione raccolto in un grosso filone presso le Alpi Camasea (Q 61), ha dato:

SiO ₂	66,12
TiO ₂	—
Al ₂ O ₃	19,24
Fe ₂ O ₃	0,32
FeO	0,17
CaO	0,45
MgO	—
Na ₂ O	5,84
K ₂ O	6,74
H ₂ O ⁺	0,72
H ₂ O ⁻	0,12
	—
	99,72

<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>
303	51,2	1,7	2,2	44,9	0,43	—	1,29

La forte percentuale di alcali porta a una classificazione intermedia tra un *magma alcaligranitico aplitico* e un *magma granitico aplitico* di Niggli.

I filoni microgranitici

a) nel granito

Nel granito i micrograniti sono associati alle pegmatiti e non si differenziano molto da essi per composizione mineralogica. Un campione raccolto nei pressi di Alpe Barca ha mostrato: *quarzo*, *microclino*, *pla-*

gioclasio, un po' meno sodico di quello delle pegmatiti, scarsa *biotite*, pleocroica dal giallino al bruno, spesso trasformata in *clorite* giallina, poco pleocroica, a colori grigi d'interferenza.

Come accessori si notano *tormalina*, pleocroica dall'incolore all'azzurro, rara *apatite* e *titanite*.

b) nelle metamorfiti.

Sono le rocce più facilmente confondibili con gli espandimenti neosomici del primo metamorfismo d'iniezione; infatti non è difficile trovare, associate alle pegmatiti, rocce a struttura granulare media o minuta, a tessitura velatamente orientata, contenenti *biotite*, pleocroica dal giallino al bruno-rosso, come nelle rocce kinzigitiche; *plagioclasio* a medio contenuto di anortite (ad esempio 37%), povere o mancanti di feldspato potassico.

Solo questi caratteri, perchè la venuta pegmatitica posteriore ha spesso cancellato le primitive condizioni di giacitura, possono differenziare queste rocce dai micrograniti coevi o quasi delle pegmatiti. Occorre però che tali caratteri esistano tutti o quasi, e non solamente uno o due di essi, per poter giudicare in merito.

I micrograniti fanno registrare, rispetto alle pegmatiti, un aumento di *biotite*, un lieve aumento della percentuale di An nel *plagioclasio*, una diminuzione di *feldspato potassico* e di *tormalina*. Si rivelano di venuta precedente alle pegmatiti, da cui sono spesso attraversati o inglobati.

Sono assai meno frequenti delle pegmatiti e localizzati nella dorsale che dal M. Croce va al M. Congiura.

I filoni quarziferi.

Affiorano in prossimità di Alpe Ruschini, ma ricompaiono al di là del crinale, in valle Strona. Si presentano come roccia omogenea, compatta, di colore grigio-nocciola.

Al microscopio, oltre al *quarzo*, assolutamente predominante, compaiono: *plagioclasio*, in piccole isole, che, misurato al Fedoroff, è risultato di due tipi: uno acido col 22% An e $2V = 90^\circ$, l'altro basico col 50% An e $2V = + 82^\circ$. Vi sono inoltre piccole gocce di *biotite* di neoformazione, pleocroiche dal giallino al bruno rosso. *Clorite* in resti semidigeriti; *muscovite*, *zircone*, relativamente abbondante, *apatite*.

Queste rocce sono interpretabili come manifestazioni idrotermali successive alla formazione del granito e delle pegmatiti, in una zona che, si è visto, risulta d'intensa fratturazione.

Filoni lamprofirici

Se ne conosce uno solo, in corrispondenza del lembo granitico del Riale della Corda. Ha modesta potenza (circa un metro), colore grigio scuro, struttura afanitica, che al microscopio si risolve in una tessitura olocristallina di tipo doleritico, formata da *orneblenda*, pleocroica, con α debolmente giallino, β verde bruno, γ verdino; $2V = 90^\circ$, $c : \gamma = 17^\circ$.

Il *plagioclasio* si trova sia in cristalli aciculari, geminati albite, sia in fenocristalli geminati Carlsbad, spesso zonati. Il percento di anortite è risultato del 39%. $2V = -80^\circ$. Più scarsa la *biotite*, pleocroica dal giallino al bruno chiaro. Accessoria la *titanite*, allineata in vene e *ilmenite*.

La Dott. Burani ha classificato questa roccia come una *spessartite* (BURANI 1961) e l'ha paragonata alle analoghe rocce descritte da Gallitelli e da Bertolani per le zone marginali delle masse granitiche di Baveno e della Valsesia (GALLITELLI 1937, BERTOLANI 1959, 1960).

Rocce metamorfiche di contatto

a) Tra la massa granitica e gli gneiss kinzigitici.

Si sono già incontrate, nelle migmatiti, in corrispondenza di zone fittamente attraversate da filoni di stirpe granitica, vere e proprie cornubianiti, che si differenziano dalle altre migmatiti, oltre che per l'aspetto più massiccio e più scuro, per l'arricchimento in biotite e per la presenza di cordierite e andalusite. Nella parte settentrionale del contatto del granito rocce consimili, ancor più ricche in cordierite e andalusite, assumono l'assoluto predominio. Si tratta di un'aureola semicircolare della potenza media di 250 metri, che parte dalla confluenza del Rio Molinello col Torrente Fiumetta e arriva fin quasi al M. Castellaccio. Un altro piccolo lembo è in corrispondenza di una serie di filoni pegmatitici presso Alpe Ruschini.

Sia macroscopicamente che microscopicamente sono del tutto simili alle rocce da me incontrate al margine settentrionale del granito di Roccapietra e nella zona di Valle Mosso, presso il contatto del granito con gli gneiss kinzigitici.

Sono rocce granulari, scure, molto fresche e resistenti, tanto da costituire attorno al granito, più alterabile, un semicerchio in rilievo.

La composizione mineralogica fondamentale è data da *plagioclasio*, *quarzo* e *biotite*. Ad essi si aggiungono spesso, e talvolta anche in quantità cospicua, *cordierite* e *andalusite*; frequente anche la *muscovite*. E' sempre in modestissima quantità, e sovente manca, l'*ortoclasio*.

Gli accessori più comuni sono: *apatite*, *zircone* e minutissimi cristalli radioattivi a forte aureola pleocroica. Saltuariamente si ha *tormalina*, *granato* e *sillimanite*; i due ultimi minerali rappresentano resti dell'antica composizione mineralogica. Possono comparire infine *rutile* e *clorite*, che sono invece prodotti di trasformazione.

Il *plagioclasio* è sempre fresco, geminato secondo l'albite, ha composizione varia, ma compresa tra oligoclasio e andesina. Si hanno infatti percentuali del 18, 23, 24, 27, 29, 30, 35, 39, 42% An e angoli $2V = -78^\circ, -82^\circ, -83^\circ 30', -84^\circ, -85^\circ, 90^\circ$.

La *biotite* ha sempre pleocroismo dal giallino al bruno rosso e racchiude minuti cristalli in aureole fortemente pleocroiche. La *cordierite* è spesso alterata con trasformazione sia di tipo pinitico, sia di tipo prasiolitico, comunque non è mai zonata. In qualche caso è ancora inalterata, incolore, con $2V = -52^\circ$. Se in via di alterazione, l'angolo degli assi ottici arriva fino a $2V = -76^\circ$.

L'*andalusite* è particolarmente abbondante nei campioni che provengono dalla zona attraversata dalla mulattiera che da Quarna sopra porta in Valle Strona. E' incolore, solo in qualche caso debolmente chiazata di roseo. Ha colori bassi d'interferenza. $2V$, misurato al Fedoroff, ha dato valori di $-80^\circ, -82^\circ$.

L'*ortoclasio*, a differenza degli gneiss granitizzati della parte meridionale dell'altopiano di Quarna, non è mai nella modificazione microclino. Può mancare e quando è presente è molto scarso. E' da mettere in risalto, perchè non privo di significato, il valore relativamente basso del suo angolo assiale ottico: $2V = -49^\circ 30'$.

La *muscovite* è spesso cribrosa.

I minerali opachi sono più abbondanti di quelli degli gneiss granitizzati; a luce riflessa si risolvono in *ilmenite*, spesso incuneata tra i piani di sfaldatura della *biotite*, *pirrotina* in piccoli granuli e masserelle e *grafite* in laminette sparse.

L'analisi chimica di un campione proveniente dai pressi dell'Alpe Barca (Q 97), ha dato:

SiO ₂	65,74
TiO ₂	1,00
Al ₂ O ₃	16,45
Fe ₂ O ₃	1,76
FeO	3,39
MnO	0,06
CaO	2,44
MgO	1,97
Na ₂ O	3,40
K ₂ O	2,00
H ₂ O ⁺	1,83
H ₂ O ⁻	0,27
	100,31

<i>si</i>	<i>ti</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>
274	3	40,4	29,7	10,9	19,0	0,28	0,41	0,36

La roccia analizzata rientra anch'essa, come gli gneiss kinzigitici e le migmatiti, nel gruppo VII della classificazione di Niggli (Alumosilikatgesteine) (NIGGLI 1934).

b) Tra le rocce anfiboliche e gli gneiss kinzigitici.

Come si è detto il massimo sviluppo delle rocce anfiboliche è nell'estremo lembo occidentale, tra il M. Croce e il M. Ostano. In alcune posizioni di questa zona esse formano con le rocce kinzigitiche una fitta alternanza, tanto da rendere difficile una loro immediata classificazione. E' specialmente in corrispondenza di queste alternanze, e precisamente all'altezza di q. 1532, che si trovano rocce grigio violacee a frattura scheggiata, di aspetto cornubianitico.

L'esame microscopico mette in evidenza azioni cataclastiche ed azioni idrotermali. In minerali predominanti sono: *quarzo*, abbondante, spesso con struttura a mosaico, estinzione sempre ondulata. *Epidoto* di tipo clinozoisite, quasi incolore, a colori bluastrì d'interferenza. *Plagioclasio*, fortemente albitico, raramente geminato, abbondantemente sericitizzato.

L'*ortoclasio* è in piccoli lembi limpidi, non micropertitici. La *titanite* si trova in masserelle poco pleocroiche.

I minerali opachi sono costituiti da *grafite*, localizzata presso i minerali femici.

Rocce di questo tipo sono frequenti al contatto tra gli gneiss kinzigitici e le lenti e filoni basici della formazione Ivrea-Verbanò. Ne ho incontrate sia in Val Bagnola (BERTOLANI 1958), sia nel territorio di Civasco (BERTOLANI 1960), sia nel Biellese (BERTOLANI 1959). In questo caso, data la numerosa serie di filoni pegmatitici ivi esistente, è dubbio si tratti dell'una o dell'altra condizione di giacitura.

Considerazioni sulla genesi delle formazioni rocciose del territorio di Quarna.

Le rocce di tipo kinzigitico sono state certamente le prime a formarsi, unitamente a calcefiri e anfiboliti, tra le compagini rocciose del territorio di Quarna. Nei precedenti lavori sulla zona ho avuto modo di porre in evidenza, per detti gneiss kinzigitici: la genesi per metamorfismo tettonico da sedimenti argillosi; il successivo metamorfismo d'iniezione, accompagnato da blastesi, che ha portato alla formazione di gneiss metatectici e diatectici, ossia a granitizzazione più o meno avanzata, a seconda delle posizioni; i processi di retrocessione metamorfica dovuti a debole metamorfismo di zona superiore. Nel caso degli gneiss di tipo kinzigitico del territorio di Quarna la granitizzazione non va oltre alla formazione di gneiss metatectici. Paleosoma e neosoma sono sempre nettamente differenziati e non si è mai arrivati alla omogeneizzazione.

I minerali prevalenti nelle porzioni neosomiche sono *plagioclasio* e *quarzo*; poco frequente e poco abbondante è l'*ortoclasio*; mai compare il *microclino*. Nel paleosoma è scarso il *granato*, abbondante la *biotite*, comune anche la *sillimanite* e qualche volta la *muscovite*; caratteristica la presenza di *grafite*. La scistosità tende maggiormente al tipo S. La retrocessione metamorfica è poco sentita; non vi sono vere e proprie filloniti.

Quando il metamorfismo tettonico di profondità ha agito su sedimenti di tipo marnoso, si sono formate anfiboliti, molto simili alle analoghe rocce di probabile tipo magmatico della formazione Ivrea-Verbanò, che sono presenti anche qui nella zona del erinale con la Val Ba-

Distribuzione dei minerali opachi in alcune rocce.

C a m p i o n e	Pirrofina	Pirite	Marcasite	Calcopirite	Limonite	Ilmenite	Titanite	Grafite
78 - Gneiss kinzigitico . . .	-	-	-	-	-	+	-	+
81 - Gneiss kinzigitico . . .	-	-	-	-	+	+	-	+
82 - Gneiss kinzigitico . . .	-	-	-	-	-	+	-	-
111 - Gneiss kinzigitico . . .	+	+	-	-	+	+	-	+
122 - Gneiss kinzigitico . . .	-	-	-	-	-	+	-	+
77 - Anfibolite	-	-	-	-	-	-	+	-
111 - Anfibolite	-	-	-	-	+	+	+	-
112 - Calcefiro	+	-	+	-	+	-	+	-
123 - Calcefiro	+	-	-	-	+	-	-	-
126 - Calcefiro	+	-	+	+	-	-	+	+
35 - Migmatite	+	-	-	-	-	+	-	+
40 - Migmatite anfib.	+	-	-	-	+	+	-	-
42 - Migmatite anfib.	+	-	-	-	+	+	-	-
43 - Migmatite anfib.	-	-	-	+	-	+	+	-
45 - Migmatite	+	-	-	-	-	+	-	-
103 - Migmatite	+	-	-	-	+	+	-	-
130 - Migmatite	+	-	-	-	-	+	-	+
55 - Granito	+	-	-	-	+	+	+	-
67 - Diorite	+	-	-	-	+	+	+	-
68 - Gabbrodiorite	-	-	-	-	+	+	-	-
49 - Cornubianite	+	-	-	-	+	+	-	+
54 - Cornubianite	+	-	-	-	+	+	-	+
97 - Cornubianite	+	-	-	-	-	+	-	-
105 - Cornubianite	+	-	-	-	+	+	-	-
106 ^{bis} - Cornubianite	+	-	-	-	-	+	-	+
114 - Cornubianite	+	-	-	-	-	+	-	+
120 - Cornubianite	+	-	-	-	-	+	-	+
124 - Cornubianite	-	-	-	-	-	-	+	+

La presenza del minerale è data dal segno +.

gnola. I caratteri distintivi tra queste due rocce, analoghe per composizione mineralogica, ma diverse per genesi, non sono né molti, né facili da individuare: le paraanfiboliti hanno generalmente struttura orientata, sono rigidamente concordanti con la scistosità degli gneiss kinzigitici e possono presentarsi in fitte alternanze con essi. A volte formano passaggio ai calcefiri. La tessitura non è del tutto ipidiomorfa, pur mantenendo sempre l'anfibolo un certo idiomorfismo, ma i vari minerali s'inglobano l'uno con l'altro. Molto spesso è presente grafite. Le rocce eruttive basiche hanno invece struttura granulare non orientata, tessitura nettamente ipidiomorfa, potenza maggiore; possono presentare deboli fenomeni di metamorfismo di contatto.

E' troppo modesto lo sviluppo delle rocce anfiboliche nel territorio di Quarna per poter tentare di risolvere qui un eventuale problema di rapporti genetici tra i due tipi.

I calcefiri, come prima genesi, sono senz'altro coevi agli gneiss silimanitici e alle anfiboliti. Si tratta di calcari più o meno marnosi e di calcari dolomitici, metamorfosati in catazona, come dimostrano alcuni dei minerali in essi contenuti. Azioni successive di carattere pneumatolitico-idrotermale ne hanno però modificato la struttura, attraverso processi di ricristallizzazione dei carbonati, e portato alla formazione di nuovi minerali, come flogopite, pirrotina, zoisite, serpentino, ecc.; azioni tettoniche hanno invece creato una struttura brecciata, ricca di frammenti di minerali provenienti specialmente da filoni pegmatitici, come microclino, plagioclasio, muscovite.

Un evento, che ha profondamente modificato la situazione petrografica, è la formazione del granito, che ha coinvolto una parte degli gneiss kinzigitici. Infatti dal granito si passa insensibilmente allo gneiss attraverso quei tipi che la petrografia moderna ha definito con nomi diversi, ma tutti significanti un graduale processo di granitizzazione. Occorre qui far notare che a tali tipi granitizzati, che si possono indicare anche col nome generico di migmatiti, si può arrivare per vie diverse; o per mobilizzazione ionica sempre più intensa e processi metasomatici tra sostanza mobilizzata e roccia iniettata o attraverso permeazione di un magma allo stato fuso o dei suoi prodotti pneumatolitici e idrotermali. Nel mio precedente lavoro sul territorio di Civiaseo (BERTOLANI 1960), pur presentandosi nella zona marginale del granito di Roccapietra tipi caratteristici di migmatiti, non ritenni possibile, dato il modesto sviluppo del fenomeno, limitato a una breve aureola di poche

centinaia di metri di potenza, assegnare al granito stesso una genesi per anatessi, tanto più che esistevano al contatto con le metamorfite caratteristiche rocce cornubianitiche. Nel caso del granito di Quarna la superficie in cui si sviluppano le migmatiti è di estensione assai più notevole. Solo entro i limiti fissati per il presente studio arriva a una larghezza in pianta di oltre 1Km^{1/2} e si spinge molto più a SE, oltre il lago d'Orta. Con questo non si può affermare in modo categorico che il granito di Quarna sia un granito palingenico; è sempre possibile pensare a una granitizzazione delle metamorfite in seguito a permeazione di sostanza fusa o di prodotti volatili dovuti alla presenza non molto profonda di magma granitico. Tuttavia un'intera formazione, che presenta in tutti i caratteri, ormai ben noti dalla letteratura, di aver subito un processo di granitizzazione, può far rendere più verosimile l'ipotesi che il granito di Quarna si sia formato per anatessi. Si hanno qui *gneiss metatectici listati*, detti da Malaroda e Schiavinato *embrechiti* (MALARODA e SCHIAVINATO 1957), oppure *brecciati* (le *agmatiti* degli stessi Autori), *gneiss porfiroblastici* (o *embrechiti occhiate*), *gneiss diatectici (anatesiti)* ormai a struttura tendente alla granulare, *graniti a struttura orientata* ed infine *graniti normali*. Gli gneiss che hanno subito la granitizzazione sono riconoscibili come gneiss kinzigitici, sia perchè, all'analisi chimica, a parte un incremento di *alk*, mantengono quasi inalterate le principali caratteristiche, sia per il ritrovamento di numerosi resti di sillimanite, granato e grafite, che sono minerali tipici degli gneiss kinzigitici.

Anche se al granito si è arrivati per anatessi, in un determinato momento della sua storia esso si è comportato come una vera e propria massa magmatica, producendo al suo contatto chiari segni di metamorfismo, con un'aureola ben netta e poco profonda. Le rocce di contatto si differenziano da quelle granitizzate, come si è già detto, per l'arricchimento in biotite e minerali opachi, la mancanza di microclino, sostituito qualche volta da ortoclasio e per la presenza di cordierite e andalusite. Particolarmente significativo è il tipo diverso di feldspato potassico. Secondo i recenti studi sui feldspati alcalini (LAVES 1960, MACKENZIE e SMITH 1956) il feldspato potassico delle migmatiti per la fitta geminazione e l'ampio angolo degli assi ottici, risulterebbe di bassa temperatura, un tipico microclino, che, nel granito vero e proprio, può arrivare eccezionalmente a una micropertite ortoclasica. Nelle cornubianiti e negli gneiss kinzigitici si avrebbe invece un feldspato di temperatura sensibilmente più alta, come si può desumere dal fatto che

si presenta senza geminazione manifesta, il più delle volte non microperitico e con angolo assiale ottico modesto.

Questi dati, che si presentano con assoluta regolarità, potrebbero essere assunti come caratteri differenziali di tipo genetico; in particolare le migmatiti e il granito sarebbero di formazione più tranquilla, con graduale e lento abbassamento della temperatura, ciò che ha permesso al feldspato potassico di raggiungere, con la fase triclinica ordinata un completo equilibrio. Più rapida deve essere stata invece la caduta della temperatura nelle cornubianiti, senza che il feldspato potesse raggiungere un completo equilibrio, quindi un ordine regolare.

Lembi di rocce di contatto, oltre che sul fronte settentrionale e occidentale, si trovano anche tra le migmatiti, in corrispondenza di reti filoniane acide piuttosto intense.

Il passaggio tra gli gneiss granitizzati e quelli kinzigitici avviene gradualmente; s'incontrano prima gneiss kinzigitici più potassici e ricchi di quarzo e feldspato, poi la scistosità va ancora più scomparendo e diminuiscono biotite e sillimanite, fino a che non si arriva a rocce massicce, molto dure. E' da ricordare che anche qui vi è differenza nel tipo di feldspato potassico: ortoclasio negli gneiss kinzigitici, microclino nelle migmatiti.

Al suo margine settentrionale il granito presenta estese differenziazioni basiche, che vanno fino a gabbrodioriti. Tali differenziazioni si spiegano senza molta difficoltà osservando quanto avviene nelle migmatiti a S. Quarna, dove rocce anfiboliche vengono gradatamente iniettate e granitizzate. I prodotti di tale granitizzazione sono destinati a diventare rocce più femiche di un normale granito. Anche in questo caso la granitizzazione può avvenire in seguito a mobilitazione e migrazione ionica o per azione magmatica diretta. In questo ultimo caso si darebbe al fenomeno la stessa interpretazione fornita da Gallitelli per la concentrazione basica del granito di Montorfano, nota sotto il nome di « granito verde di Mergozzo » (GALLITELLI 1938).

I numerosi filoni pegmatitici o più raramente microgranitici o quarziferi, che percorrono l'intera zona occidentale, potrebbero avere rapporti con la massa granitica, in quanto filoni del tutto analoghi, se pur in numero assai minore, attraversano, con la stessa direzione, anche il granito e le rocce di contatto; essi rappresentano un motivo petrografico molto caratteristico della zona e si riallacciano con quelli analoghi della Val Bagnola e della valle Strona. Alla loro formazione hanno preso parte processi magmatici residui e pneumatolitici, rivelati dalla

abbondante tormalina e dal quarzo che l'accompagna. Le azioni metasomatiche, che hanno energeticamente agito sulle rocce incassanti, non pregiudicano la loro possibile genesi magmatica da un granito passato, forse anche per anatessi, allo stato fuso, perchè, come ammette lo stesso Niggli, numerosi sono gli esempi di filoni sicuramente magmatici, che hanno provocato nelle rocce incassanti fenomeni metasomatici (NIGGLI E. 1952).

Azioni tettoniche e di milonisi sono abbastanza frequenti. Una linea di frattura, messa in luce da una serie di miloniti, e che ha andamento analogo al motivo tettonico fondamentale della regione, esiste poco a S di Alpe Ruschini. Un'altra interessa gneiss granitizzati a S di Quarna sotto il lembo granitico del Riale della Corda. Una terza passa per M. Croce e Q. 1532 e coinvolge rocce anfiboliche e micrograniti.

Per la successione cronologica degli eventi che hanno interessato il territorio in esame e per il loro inquadramento nella storia delle Alpi, posso ritenere valide le conclusioni del mio ultimo lavoro sul territorio di Civiasco (BERTOLANI 1960). Partendo dall'età ercinica del granito, che dopo tanti anni di controversie, sembra ormai un fatto acquisito, vediamo che sono precedenti alla sua messa in posto: il metamorfismo tettonico di catazona, che ha formato gli gneiss sillimanitici, i calcefiri e almeno alcune delle anfiboliti. E' pure preercinico un primo metamorfismo d'iniezione a neosoma fortemente plagioclasico, che ha portato gli gneiss sillimanitici allo stato di gneiss metatectici, con diminuzione di granato e sillimanite e aumento di botite, e che ha prodotto sovrapposizione di strutture nelle anfiboliti e nei calcefiri.

Il corrugamento ercinico avrebbe provocato l'attuale assetto tettonico e portato a un maggiore appiattimento della scistosità, specialmente negli gneiss kinzigitici. Immediatamente successiva dovrebbe essere la comparsa delle rocce anfiboliche a comportamento magmatico, legate alla formazione basica « Ivrea-Verbano ». Si arriva quindi alla granitizzazione, con la formazione di gneiss metatectici, diatectici, metablastici, ricchi di microclino e poveri di minerali opachi, ed infine graniti gneissici forse palingenici e graniti propriamente detti, nonchè differenziazioni basiche. Sono di questa fase i fenomeni di metamorfismo di contatto, che hanno prodotto la vistosa aureola cornubianitica. Immediatamente successive sono invece le venute filoniane persiliciche e lamprofiriche, che, oltre ai vecchi gneiss kinzigitici, anfiboliti e calcefiri, attraversano anche il granito e i suoi prodotti di contatto.

Al metamorfismo alpino, che anche qui, come nelle zone limitorfe, ha fatto sentire assai debolmente i suoi effetti, sono da ascrivere le azioni di milonisi, avvenute secondo linee tettoniche generalmente coincidenti con quelle della scistosità ercinica e le deformazioni di alcuni minerali di tutte le rocce esistenti nel territorio.

Modena, 27 dicembre 1960.

BIBLIOGRAFIA

- ANDREATTA C., *Ueber die quantitative mineralogische Klassifikation der Eruptivgesteine und ihre diagrammatische Darstellung.* «Zentr. f. Miner.», A, 1937. 303-314, 321-343.
- ARTINI E., MELZI G., *Ricerche petrografiche e geologiche sulla Valsesia.* «Mem. R. Ist. Lomb. Se. Lett. Arti», 18, 1900. 219-390.
- BERTOLANI M., *Contributo allo studio petrografico della cosiddetta «Formazione dioritico-kinzigitica»: Ricerche in Val Sabbiola (Valsesia).* «Rend. Soc. Miner. Ital.», 10, 1954. 91-207.
- BERTOLANI M., *Ricerche sulla natura e sulla genesi delle rocce della Sila (Calabria). Plutoniti e metamorfiti del Bacino del Lago Arvo.* «Boll. Soc. Geol.», 76, 1957.
- BERTOLANI M., *Contributo allo studio petrografico della cosiddetta «Formazione dioritico-kinzigitica»: Le azioni metamorfiche nelle rocce della val Bagnola (Valsesia).* «Rend. Soc. Miner. Ital.», 14, 1958. 55-116.
- BERTOLANI M., *La formazione basica «Ivrea-Verbanò» e la sua posizione nel quadro geologico-petrografico della Bassa Valsesia e del Biellese.* «Period. di Miner.», 28, 1959. 151-209.
- BERTOLANI M., *Contributo allo studio petrografico della cosiddetta «formazione dioritico-kinzigitica». Variabilità petrografica e azioni metamorfiche nella zona di Civiasco (Valsesia).* «Period. di Miner.», 29, 1960. 194-268.
- BURANI M., *Notizie petrografiche e chimiche sul granito di Quarna (Novara).* «Rend. Soc. Miner. Ital.», 17, 1961.
- GALLITELLI P., *Ricerche petrografiche sul granito di Baveno.* «Mem. Soc. Tosc. di Scienze Nat.», 46, 1937.
- GALLITELLI P., *Ricerche petrografiche sul Montorfano (Lago Maggiore).* «Atti e Mem. R. Accad. Se. Lett. e Arti di Modena», [5], 3, 1938. 1-92.
- GASTALDI G., *Studi geologici sulle Alpi Occidentali.* «Mem. R. Com. Geol. d'Italia», 1, 1871.
- GASTALDI G., *Studi geologici sulle Alpi Occidentali.* «Mem. R. Com. Geol. d'Italia», 4, 1874.
- GERLACH H., *Die penninischen Alpen.* «Beitr. z. geol. Karte der Schweiz», 27, 1883.
- HOENES D., MENHERT K. R., SCHNEIDERHÖHN H., *Führer zu petrographisch-geologischen Exkursionen im Schwarzwald und Kaiserstuhl.* Stuttgart, 1949.

- JUNG J., ROQUES M., *Introduction a l'étude zonéographique des formations cristallophylliennes*. « Bull. Serv. Carte Géol. France », 1952, n. 235.
- LAVES F., *Die Feldspäte, ihre polysynthetischen Verzwilligungen und Phasenbeziehungen*. « Rend. Soc. Miner. Ital. », 16, 1960. 37-68.
- MACKENZIE W. S., SMITH J. V., *The alkali feldspars: III. An optical and x-ray study of high temperature feldspars*. « Am. Mineral. », 41, 1956. 405-427.
- MALARODA R., SCHIAVINATO G., *Osservazioni preliminari sui fenomeni di anatessi nel settore italiano del Massiccio dell'Argentera (Alpi Marittime)*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », 76, 1957.
- MEHNERT K. R., *Petrographie und Abfolge der Granitisation im Schwarzwald. I*. « N. Jarb. Min. », Abh., 85, 1953. 59-140.
- MEHNERT K. R., *Petrographie und Abfolge der Granitisation im Schwarzwald. II*. « N. Jarb. Min. », Abh., 90, 1958. 39-90.
- NIGGLI E., *Stéréométrie et mise en place des filons*. « Bull. Soc. Geol. de France », [VI], 2, 1952.
- NIGGLI P., *Die chemische Klassifikation der metamorphen Gesteine*. « Schweiz. Miner. Petr. Mitt. », 14, 1934. 464-472.
- NIGGLI P., *Die Magmentypen*. « Schweiz. Miner. Petr. Mitt. », 16, 1936. 335-399.
- NOVARESE V., *L'età del granito del Lago Maggiore*. « Boll. R. Uff. Geol. d'Italia », 58, 1933.
- PARETO L., *Sur les terrains du pied des Alpes dans les environs du Lac Majeur e du Lac del Lugano*. « Bull. Soc. Géol. de France », 16, 1958.
- PARONA C., *Valsesia e lago d'Orta*. « Atti Soc. Ital. di Scienze Nat. » 29, 1886. 141-297.
- REIN G., *Der Werdegang des Orthits in der magmatischen und metamorphen Abfolge des mittleren Schwarzwaldes*. « N. Jarb. Min. », Abh., 84, 1952. 365-435.
- SCHEUMANN K. H., *Zur Nomenklatur migmatischer und verwandter Gesteine*. « Min. Petr. Mitt. », 48, 1936(a) 297-302.
- SCHEUMANN K. H., *Metatexis und Metablastesis*. « Min. Petr. Mitt. », 48, 1936 (b). 402-412.
- SCHNEIDERHÖHN H., *Geologie und Mineralogie des Breisgaus*. « Jahr. Oberr. Heim. der Breisgau ». Freiburg i. Br., 1941.
- WINCHELL A. N., WINCHELL H., *Elements of optical Mineralogy*. 2. London, New York, 1951.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA I

Fig. 1. — La zona di Quarna vista dall'alta valle del Rasetto: sul fondo un dosso di gneiss granitizzato e, più a sinistra, l'altopiano granitico.

Fig. 2. — Il fianco sinistro della valle del Selvetta da cui sporgono numerosi dicchi pegmatitici.



Fig. 1



Fig. 2

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA II

Fig. 1. — Pieghettature e piccoli disturbi tettonici degli gneiss kinzigiteici del M. Mazzone.

Fig. 2. — Metatecti nelle rocce kinzigitiche del M. Mazzone.



Fig. 1

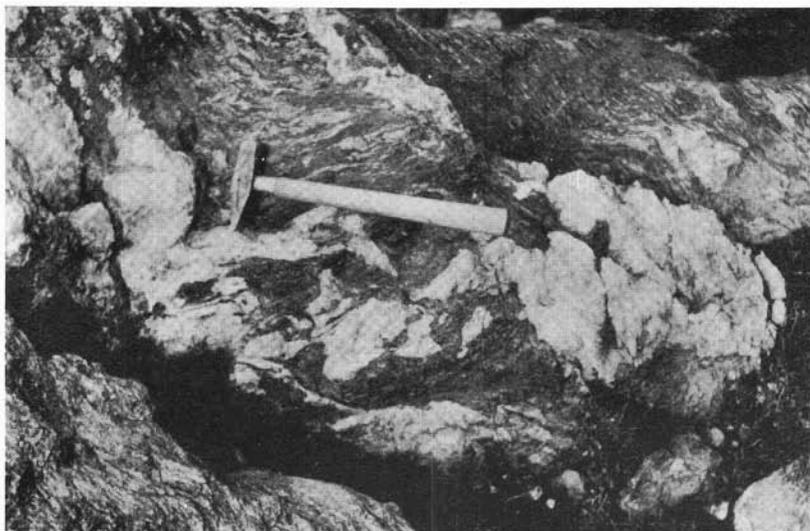


Fig. 2

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA III

Fig. 1. — Un aspetto della granitizzazione degli gneiss lungo la strada di Quarna.

Fig. 2. — Un altro aspetto della granitizzazione degli gneiss lungo la strada di Quarna. I lembi arrotondati di paleosoma sono, in questo caso, di roccia anfibolica.



Fig 1



Fig. 2

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA IV

- Fig. 1. — Relitti di sillimanite nella muscovite di uno gneiss in avanzato stato di granitizzazione.
Campione Q 58, Cireggio.
Solo polar., 315 ingr.
- Fig. 2. — Tre diverse generazioni di plagioclasio in un'anfibolite granitizzata.
Q 47. Strada di Quarna.
Nicols incr., 72 ingr.
- Fig. 3. — Relitto di granato (estinto, al centro) negli gneiss granitizzati.
Q. 128. M. Cregno.
Nicols incr., 72 ingr.
- Fig. 4. — Cristalli di andalusite (in rilievo), con biotite (scura) in una roccia di contatto.
Q 106 bis. Strada per Valle Strona.
Solo pol., 72 ingr.



Fig. 1

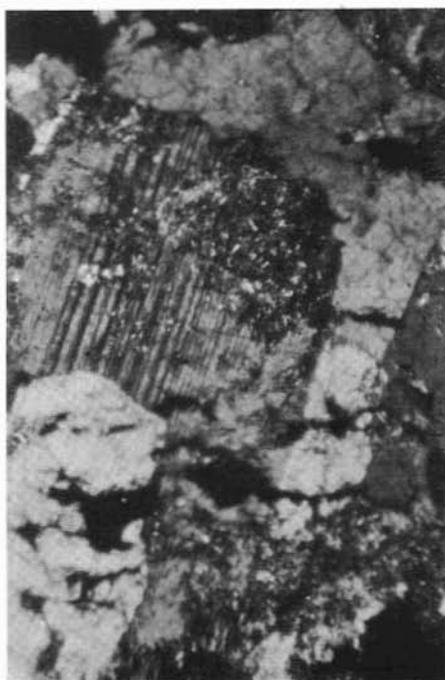


Fig. 2



Fig. 3

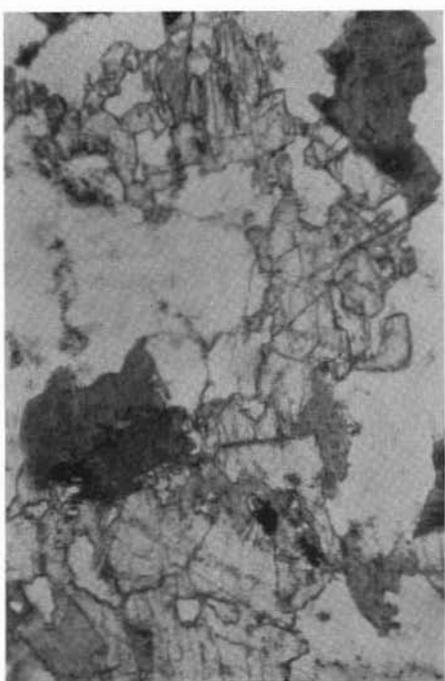


Fig. 4

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA V

- Fig. 1. — Trasformazione di sillimanite in biotite negli gneiss kinzigitici.
Q 82. M. Mazzone.
Solo pol., 240 ingr.
- Fig. 2. — Sillimanite in parte riassorbita dalla muscovite negli gneiss kinzigitici.
Q 80. M. Mazzone.
Solo pol., 315 ingr.
- Fig. 3. — Due lamine espanse di grafite in un calcefiro.
Q. 126. Tra M. Croce e M. Congiura.
Luce natur. rifl., 240 ingr.
- Fig. 4. — Pirrotina, associata a poca calcopirite (in alto), trasformata all'orlo
in mareasite.
Q. 126. Tra M. Croce e M. Congiura.
Luce natur. rifl., 425 ingr.

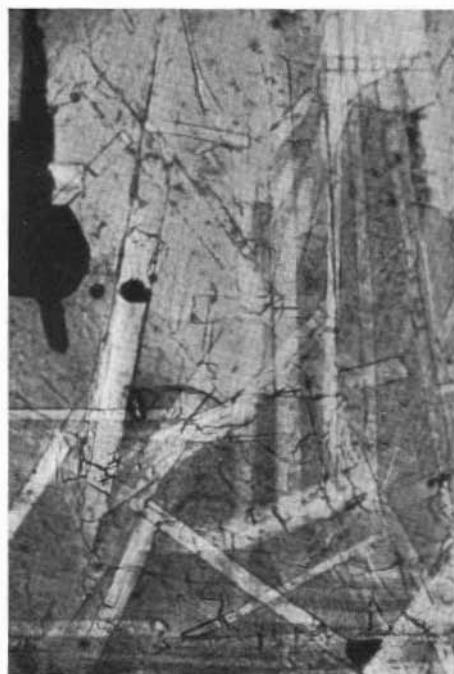


Fig. 1

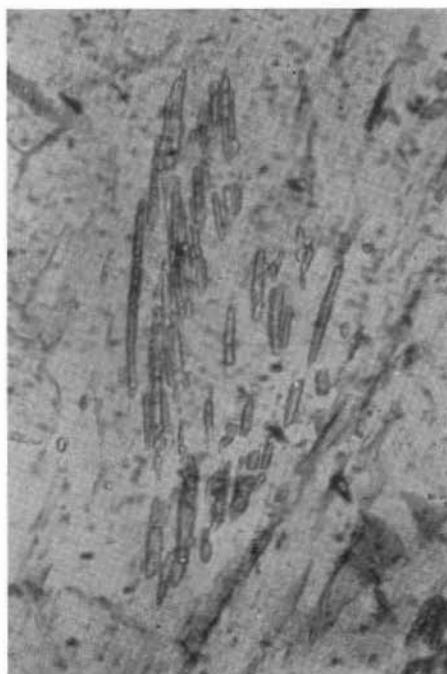


Fig. 2

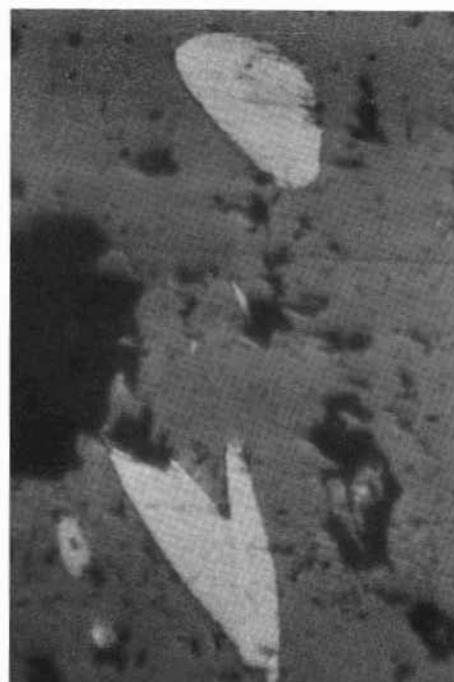


Fig. 3

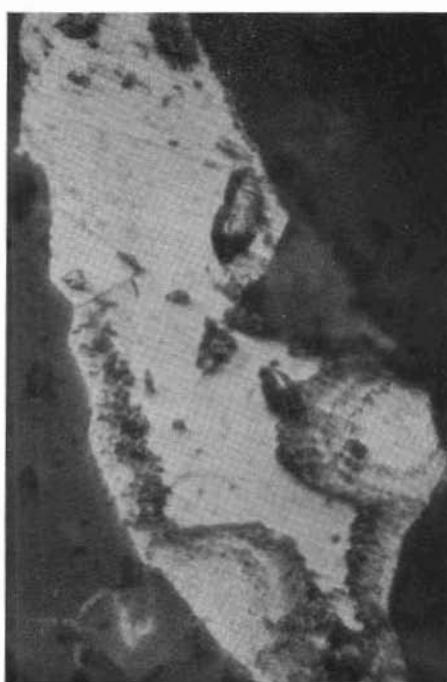


Fig. 4