

MARIO GALLI e ALFREDO BEZZI

STUDI PETROGRAFICI SULLA FORMAZIONE OFIOLITICA
DELL'APPENNINO LIGURE

NOTA XI. LE RODINGITI DI BARGONASCO E DI BARGONE (1)

RIASSUNTO. — Viene preso in esame un complesso di filoni rodingitici inclusi nelle serpentiniti della zona compresa tra Bargone e Bargonasco (Appennino Chiavarese, Liguria).

I filoni rodingitici risaltano nettamente sulle serpentiniti incassanti per il loro colore generalmente bianco rosato, e mostrano al contatto un bordo cloritico verde scuro.

La loro struttura e tessitura è molto variabile: la grana va da pegmatitica (analoga a quella dei gabbri delle ofiolti appenniniche), per la presenza di grossi individui pirossenici di colore verde-mela, a molto fine.

E' stato possibile riconoscere un succedersi di zone, dal centro alla periferia del filone, ben identificabili tra di loro per una netta variazione del minerale di neoformazione predominante: vesuviana nella parte centrale e idrogranato nella parte periferica, cui si associano cloriti.

Queste cloriti, costituenti essenziali del bordo verde scuro, presentano una netta zonatura dall'interno verso l'esterno, dovuta al progressivo passaggio da clinocloro a pennina positiva e quindi pennina negativa.

I minerali cloritici del bordo verde fanno quindi transizione alla serpentinite incassante, i cui principali costituenti sono crisotilo e lizardite.

Dal punto di vista chimico la caratteristica prima delle rodingiti è l'alto tenore in calcio, cui sono dovuti i minerali di neoformazione, quali vesuviana, idrogranato e diopside, ed una progressiva diminuzione del contenuto in CaO dal centro verso la periferia del filone, cui corrisponde un incremento del contenuto in MgO.

ABSTRACT. — Some rodingitic dikes in serpentinites of Bargonasco and Bargone (Appennino Chiavarese, Liguria) have been studied.

The rodingites are clearly seen in the enclosing serpentinites for their white pinky color, and at the contact they show a dark green chloritic rim.

(1) Lavoro eseguito con il contributo del C.N.R.

Their texture and structure is unequal: the grain size ranges from pegmatitic (like to the gabbros of the Apennine ophiolites), for the occurrence of coarse apple green pyroxenes, to very fine.

It has been possible to detect different zones from the center to the boundary of the dike.

They are easily recognized for a neat variation of the dominant neogenic mineral: vesuvianite in the central part and hydrogarnet in the periphery, with chlorites associated.

These chlorites are the essential constituents of the dark green rim. They show a neat zoning, from the inside to the outside, due to the graduated transition from clinocllore, to positive and then negative pennine.

The chloritic minerals of the green rim are so passing to the enclosing serpentinite, whose principal constituents are chrysotile and lizardite.

Chemically the main characteristic of the rodingites is the high CaO content, that produces neogenic minerals, such as vesuvianite, hydrogarnet and diopside, and a slowly decreasing of CaO content from the center to the outer part of the dike, together with a MgO content increase.

Questo lavoro vuole essere un ulteriore contributo alla conoscenza delle rocce ofiolitiche dell'Appennino Ligure e fa parte di quella serie di ricerche da cui pensiamo di poter trarre in futuro conclusioni di carattere generale. Con la presente nota iniziamo uno studio sistematico delle rodingiti dell'Appennino Ligure, limitandoci per ora a fornire un quadro della loro giacitura, delle loro paragenesi e del loro chimismo, rimandando le interpretazioni alla fine della serie di studi che qui ha inizio.

Su questo argomento sono comparsi in questi ultimi tempi alcuni lavori, tra cui quelli di DAL PIAZ (1967) e di VUAGNAT (1967), che puntualizzano i caratteri generali di queste rocce e prospettano alcune ipotesi sulla loro genesi; abbiamo avuto con entrambi questi autori utili scambi di opinioni ed insieme ad essi abbiamo compiuto osservazioni sul terreno: desideriamo pertanto qui ringraziarli. Su questo tema ricordiamo infine i più recenti contributi di DAL PIAZ e GRASSO (1967), COGULU (1967), COLEMAN (1967), BORTOLAMI e DAL PIAZ (1968), DIETRICH e PETERS (1968), NICOLAS (1969), DAL PIAZ (1969).

Le rodingiti sono, come è noto, costantemente incluse nelle serpentiniti, e, nell'Appennino Ligure, esse si presentano generalmente con l'apparenza di filoni o di corpi lenticolari appiattiti seguibili sul terreno a volte anche per una ventina di metri; la loro potenza va da pochi centimetri sino ad un massimo di circa un metro.

Sono di colore bianco-grigiastro talvolta leggermente rosato, e mostrano una sensibile varietà di grana: coesistono infatti filoni che presentano una struttura grossolana per grandi individui di pirosseno di colore verde, analoga a quella dei gabbri della Riviera di Levante, con altri a grana finissima ed estremamente compatti e tenaci.

Comune a tutte le rodingiti è un bordo periferico di colore verde scuro, di aspetto cloritico, che per lo più è nettamente separato dalla parte più interna del filone, mentre non appare facilmente distinguibile dalla serpentinite incassante. Talvolta si può notare un accentuato « boudinage » in modo che il bordo scuro si infiltra e si riunisce nella parte centrale del filone, separandolo così in masse tondeggianti: è da questo smembramento che, a nostro avviso, hanno origine le ofisferiti (VUAGNAT, 1964; GALLI, 1964). VUAGNAT (1967), pur riconoscendo la comune origine tra rodingiti e ofisferiti, suggerisce di mantenere questo ultimo nome, da lui stesso a suo tempo proposto, per il caratteristico modo di presentarsi delle ofisferiti stesse, proposta che ci trova pienamente consenzienti.

Nel presente lavoro abbiamo preso in esame una limitata zona dell'entroterra di Sestri Levante (tra il corso del torrente Petronio ed il paese di Bargone), in cui troviamo rappresentati tutti i termini delle ofioliti: serpentiniti che racchiudono filoni rodingitici; gabbri, a volte attraversati da filoni diabasici, spesso con struttura porfirica; diabasi massicci e a pillows.

Riteniamo che alle rodingiti vadano ascritte rocce indicate in passato con vari nomi, come alcune di quelle descritte da KALKOWSKY (1906) e chiamate « nefrititi » da FRANCHI (1907), per le quali PELLOUX (1934) giustamente ebbe ad osservare trattarsi di « una roccia nella quale entrano come componenti clorite, diopside, diallagio, granato, epidoto, clinozoisite, picotite, ossidi e solfuri metallici ».

Le rodingiti di Bargonasco.

Lungo la strada che da Sestri Levante porta a Varese Ligure, poco prima dell'abitato di Bargonasco, dove agli argilloscisti succede il complesso ofiolitico, ha inizio una massa serpentinoso che si estende per circa quattro chilometri verso nord, sin presso Bargone, dove è a contatto con i calcari del Monte Treggin. Mentre ad ovest il suo limite è segnato dagli argilloscisti, sul suo lato orientale è a contatto con diabasi e gabbri; in questa zona sono presenti mineralizzazioni a solfuri (BERTOLANI, 1952; GALLI, 1961) sfruttate in passato.

La massa serpentinoso ha un aspetto scaglioso, segno di intense azioni tettoniche, ed in essa compaiono rodingiti con marcato aspetto filoniano (Fig. 1), a volte intersecantisi; la loro potenza raggiunge facilmente i 50 cm, e sono seguibili anche per una decina di metri. La loro struttura varia, anche per filoni assai vicini, dai tipi a grana grossa a quelli a grana molto fine.



Fig. 1. — Filone rodingitico nella serpentinite di Bargonaseo.

Descriviamo separatamente le rodingiti dei due tipi. Oltre allo studio di campagna ed in sezione sottile, ed alle analisi chimiche, per confermare ulteriormente alcune determinazioni, sono state eseguite analisi termodifferenziali, con apparecchiatura D. T. A. NETZSCH (costante di riscaldamento 5°/min.), giungendo, quando necessario, fino alla fusione del materiale in esame, ed analisi diffrattometriche ⁽¹⁾, soprattutto per la determinazione dei minerali del gruppo del serpentino.

⁽¹⁾ Parte delle determinazioni ai raggi X sono state eseguite presso i Laboratori della S.A.N.A.C. Ringraziamo pertanto il Prof. Savioli e l'Ing. Ratto per averci gentilmente messo a disposizione l'apparecchiatura diffrattometrica.

Rodingiti di Bargonasco a grana grossa.

Mentre ad un esame macroscopico i filoni rodingitici non presentano sensibili differenziazioni dal centro alla periferia, all'esame in sezione sottile si può notare una chiara diversificazione nei rapporti tra i minerali presenti, tanto che abbiamo individuato e descritto separatamente una zona centrale, una di transizione ed una periferica ad immediato contatto con il bordo di colore verde scuro.

Ad un primo esame, e prescindendo dall'associazione mineralogica, la struttura della zona centrale ricorda immediatamente quella dei gabbri saussuriteici della Riviera di Levante, per la presenza di grossi individui di un pirosseno monoclinico immerso in un insieme di minerali di neoformazione.

I pirosseni sono i minerali più abbondantemente rappresentati, partecipando per circa la metà del totale, e compaiono in due termini distinti per aspetto, composizione e genesi. Al primo, che riteniamo di formazione magmatica e pertanto residuo della paragenesi originaria del filone, appartengono grossi individui che facilmente superano il centimetro. Essi sono per lo più freschi, con contorno arrotondato o lobato, e mostrano un fitto sistema di tracce di sfaldatura parallele tra loro, a volte incurvate od anche divaricate per azioni meccaniche. Talvolta il bordo di questo minerale appare finemente frastagliato e parzialmente sostituito da minerali di neoformazione, quali un pirosseno secondario ed una clorite (clinocloro), che spesso si spinge verso l'interno sostituendo l'inosilicato lungo le tracce di sfaldatura. Questi grossi individui, per la tipica sfaldatura secondo (100), l'angolo di estinzione $c : \gamma$ compreso tra 42° e 45° , segno ottico positivo, possono essere attribuiti ad augite (diallagio). Quasi sempre includono, più o meno irregolarmente, numerosi granuli limpidi, di colore rosato e monorifrangenti di granato, che si presenta in forme euedrali. Quando per le azioni meccaniche il diallagio appare smembrato, negli interstizi così formati si insinuano clorite, vesuviana e granato.

Sono invece attribuibili a diopside di origine secondaria ⁽²⁾ aggregati, con aspetto nematoblastico, di prismetti di dimensioni assai

⁽²⁾ Kalkowsky (1906) indicava come « diopsidfels » filoni, che noi riteniamo poter indicare come rodingiti, in cui era particolarmente rappresentato il diopside, cui attribuiva una origine metamorfica.

minori, mostrandoti meno evidenti tracce di sfaldatura, segno ottico positivo, angolo di estinzione $\epsilon : \gamma$ prossimo a 38° . Sono ancora riferibili a questo pirosseno, sia pure in forma dubitativa, alcune plaghe costituite da minutissimi granuli, intimamente associati a piccoli individui di granato.

La vesuviana è, dopo il pirosseno, il minerale più rappresentato (circa il 30% dei componenti) in questa zona centrale. Si presenta in larghe plaghe costituite da un aggregato di fibre, in un insieme di tozzi prismi oppure in granuli dai contorni tondeggianti; assai spesso occupa gli interstizi tra i grossi individui pirossenici. E' generalmente limpida ed incolore, con alto rilievo ed a nicol incrociati mostra una peculiare birifrangenza anomala, con colori che vanno dal blu brillante al viola al rosso rame; ha estinzione retta negli individui prismatici, che mostrano allungamento negativo. Si può notare che, quando è associata a diopside, le dimensioni degli individui di vesuviana aumentano con l'aumentare della quantità del pirosseno.

La clorite costituisce circa il 15% dei componenti, può sostituire parzialmente il diallagio, spesso è intimamente associata alla vesuviana. Frequentemente attraversa gli altri minerali, sotto forma di vene con lamelle o fibre disposte normalmente all'andamento della vena stessa. E' incolore, con rilievo minore di tutti gli altri minerali, bassi colori di interferenza, estinzione retta rispetto all'allungamento delle fibre od alle tracce di sfaldatura degli individui lamellari, allungamento negativo e segno ottico positivo: caratteri che la fanno definire come clinocloro.

Il granato è il minerale meno rappresentato in questa zona del filone, ha colore giallo-marrone chiaro e solo nei granuli più minuti è limpido e di colore rosato, ha alto rilievo e la tipica rugosità della superficie, a nicol incrociati è sempre estinto.

Nella zona di transizione tra il centro e la periferia, la struttura è analoga a quella della zona più interna, con plaghe di vesuviana, granato e clorite che circondano i grossi individui di allagio; a volte bande formate da questi minerali con andamento subparallelo conferiscono alla roccia un aspetto listato.

I costituenti mineralogici sono gli stessi che erano presenti nella zona centrale del filone, mentre variano le proporzioni relative: il diallagio rimane il minerale prevalente, diminuiscono vesuviana e clorite mentre aumenta sensibilmente il granato e, seppure in modo mi-

nore del precedente, il diopside. L'aumento del granato avviene con una certa regolarità dal centro alla periferia, le plaghe di clinocloro e di vesuviana, limpide nella zona centrale, assumono una tinta marroncina in prossimità del granato che ne ingloba qualche relitto.

Nella zona periferica, a contatto con il bordo verde scuro, pur rimanendo invariata l'associazione mineralogica, si nota un netto aumento del granato che invade e sostituisce gli altri minerali, in particolar modo il diallagio, di cui rimangono a volte solo relitti inclusi in plaghe costituite quasi esclusivamente da granato.

Verso la periferia si accentua quella tessitura listata dovuta all'alternarsi di letticelli di granato con altri di pirosseno granulare, a volte associato a clorite. Non sono qui infrequenti vene di cloriti recanti all'interno minutissimi granuli di granato, e se la vena è sottile il granato ne occupa la parte mediana, quando invece essa supera il millimetro le fibre cloritiche sono disposte normalmente alla vena ed il granato segue l'andamento di queste fibre.

Il granato è, con il pirosseno, il minerale più rappresentato; in plaghe di colore marrone chiaro, spesso attraversate da fratture, sostituisce quasi completamente il diallagio del quale mantiene le tracce di sfaldatura. Se la sostituzione è completa spesso si può ancora riconoscere il contorno lobato dell'inosilicato originario, mentre, quando la sostituzione non è completa, il granato, sotto forma di aggregati lineari di granuletti, si dispone lungo le tracce di sfaldatura, associato a clorite. Compare infine in forma di piccolissimi granuli idioblasti a contorni poligonali e spigoli netti, con colore tendente al giallo e talora con debole birifrangenza.

Del diallagio originario rimangono solo relitti, ed al diopside sono attribuibili aggregati granulari in letticelli.

La clorite, associata a granato o più raramente a vesuviana, a volte in piccole vene, è del tipo clinocloro.

La vesuviana è decisamente subordinata agli altri minerali; compare infine qualche raro granulo di magnetite.

Il passaggio tra la parte chiara del filone ed il bordo scuro è piuttosto netto, ed avviene con una brusca diversificazione nella paragenesi; nella parte bianca si fa più marcata quell'alternanza di letti di granato e di pirosseno già descritta.

Il bordo verde scuro è costituito quasi esclusivamente da minerali del gruppo delle Mg-Fe'' cloriti, con struttura « a maglie » analoga a quella del serpentino, quali pennina positiva, a birifrazione

anomala marrone, pennina negativa, a birifrazione anomala blu brillante, e subordinato clinocloro in vene che normalmente si spingono all'interno del filone. Sono presenti spinelli e granati, anche se nettamente meno rappresentati.

All'esame microscopico questo bordo mostra una divisione in due zone bene individuabili, cosa che sfuggiva all'esame macroscopico. In quella più interna, a diretto contatto con la parte bianca del filone, è presente una sottile striscia di clinocloro, che spesso fa graduale passaggio a pennina positiva: questo fatto è rilevabile mediante la progressiva comparsa di colori anomali d'interferenza marrone (TRÖGER, 1967; WINCHELL e WINCHELL, 1964). Questa pennina positiva è il componente predominante di questa zona, mentre in quella più esterna, a contatto con la serpentinite incassante, prevale la pennina negativa con birifrazione anomala blu brillante. Le due pennine fanno passaggio tra di loro tramite una zona mediana in cui sfumano gradualmente una nell'altra: al passaggio vi è una chiara diminuzione dei valori della birifrazione, e nella zona di transizione si raggiunge una quasi isotropia; questo fatto corrisponde all'annullamento ed inversione del segno della birifrazione (WINCHELL e WINCHELL, 1964).

In entrambe le zone occupate da queste due cloriti, non mancano plaghe in cui sono chiaramente visibili pseudomorfosi su pirosseno, fatto sottolineato dalla presenza di minutissimi granuli di granato disposti lungo le preesistenti tracce di sfaldatura. Verso l'esterno la clorite passa gradatamente a minerali del serpentino, senza mostrare alcuna variazione di struttura; vene di clorite si spingono all'interno della massa serpentinoso.

E' interessante notare come, nello spazio di qualche centimetro, si passi da cloriti ricche in alluminio (clinocloro), al contatto con la parte bianca, a cloriti relativamente meno alluminifere (pennina positiva e pennina negativa), fino ai polimorfi del serpentino, teoricamente privi di questo elemento.

Nel bordo verde il granato è presente sotto forma di diffusi granuli tondeggianti; a volte essi sono concentrati negli pseudomorfi pirossenici.

Gli spinelli sono presenti sotto forma di cromite bruno scura, semiopaca, con plaghe marroni più trasparenti di picotite, e magnetite opaca. E' degno di nota il fatto che gli spinelli mostrano sempre un bordo di reazione metamorfica di granato; questo minerale, quando circonda lo spinello di ferro, ha le stesse caratteristiche ottiche del

granato della parte periferica del filone, mentre quello che circonda lo spinello di cromo, mostra una evidente colorazione verde, che lo fa ritenere un termine uvarovitico.



Fig. 2. — Pseudomorfo di granato (scuro), clorite e lizardite (chiaro) su pirosseno. Notare la disposizione del granato lungo le preesistenti tracce di sfaldatura. Solo polarizzatore - Ingr. lineare 35 \times .

Progredendo verso la serpentinite, la clorite diminuisce rapidamente, mentre aumentano i minerali del serpentino, componenti essenziali della roccia incassante. La struttura è quella a maglie, tipica delle rocce serpentinosi, e sono riconoscibili ancora i contorni degli originari pirosseni, anche se completamente sostituiti da minerali di neoformazione; in base alle strutture relitte si può supporre che l'ultramafite incassante sia stata originariamente una peridotite di tipo wehrilitico o forse lherzolitico.

Tra i polimorfi del serpentino prevale il crisotilo α , sotto forma di vene e di nastri, da cui ha origine la struttura a maglie, e si presenta come un insieme di fibre disposte normalmente all'allungamento delle vene e dei nastri; mostra estinzione praticamente retta, con allungamento negativo e debole birifrazione. E' generalmente di colore giallo verde assai chiaro, raramente pleocroico con γ giallo verde ed α giallo chiaro.

Nettamente subordinato alla fase precedente è invece il crisotilo γ , presente solo in alcune vene secondarie, mostra rifrazione minore, e birifrazione più alta della fase α , ed è incolore; le fibre, anche qui disposte normalmente all'andamento delle vene, mostrano estinzione retta ed allungamento positivo.

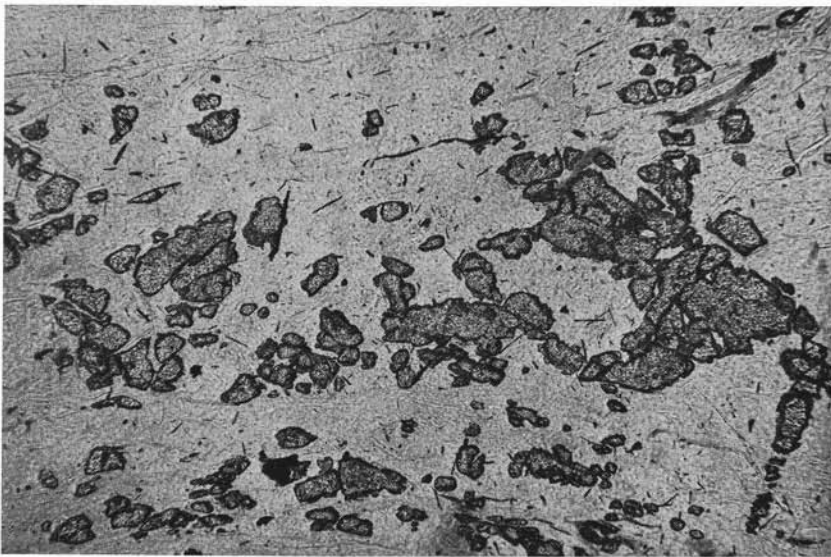


Fig. 3. — Granato al centro delle maglie del serpentino. Solo polarizzatore - Ingr. lineare 90 \times .

E' inoltre abbastanza frequente la lizardite, come pseudomorfo del pirosseno, associata a clinocloro e granato, e dell'inosilicato da cui deriva mantiene le tracce di sfaldatura (Fig. 2); è costituita da fibre che mostrano bassa rifrazione e birifrazione, allungamento positivo, estinzione retta, piccolissimo angolo degli assi ottici e segno ottico negativo; è quasi sempre debolmente colorata con pleocroismo che va da α giallo-verde a γ verde chiaro.

E' presente infine la serpofite, che occupa normalmente la parte centrale delle maglie, formate dall'incrociarsi dei nastri di crisotilo; mostra rilievo minore degli altri minerali del gruppo, è incolore e praticamente isotropa.

Nella serpentinite all'immediato contatto, ed ancora per una certa distanza dal filone, è abbastanza rappresentato il granato i cui granuli, di dimensioni superiori a quelle dei granati del bordo cloritico, occu-

pano preferibilmente il centro delle maglie di crisotilo (Figg. 3 e 4), e spesso, con lizardite e subordinato clinocloro, sostituiscono per larghi tratti il pirosseno, di cui talvolta mantengono ancora le tracce di sfaldatura (Fig. 5). Sono inoltre presenti spinelli con bordo di reazione analogo a quanto già descritto nel bordo verde; essi sono per lo più

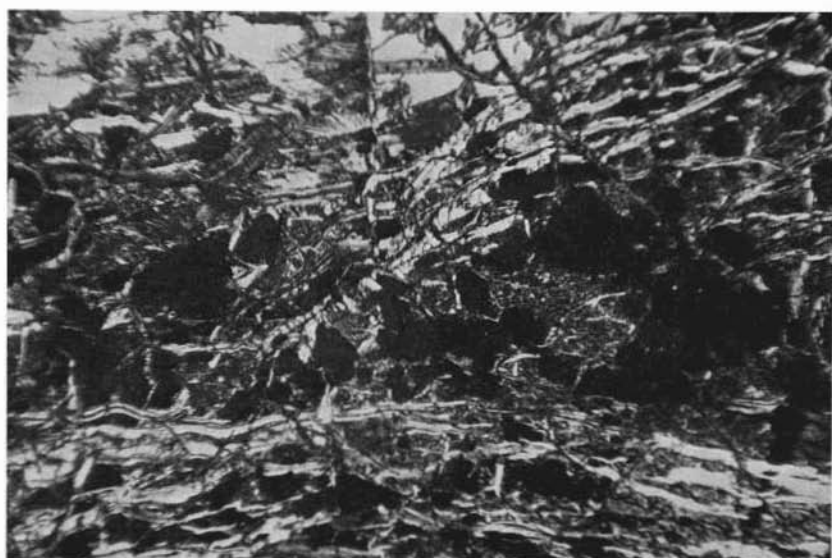


Fig. 4. — Lo stesso di Fig. 3. Nicol incrociati - Ingr. 90 \times .

rappresentati da rari grossi granuli con contorni curvi, la cui parte centrale può essere occupata da cromite e picotite: in questo caso il granato assume una debole colorazione verdolina.

L'identificazione dei minerali mediante le determinazioni in sezione sottile è stata completata e confermata per mezzo di esami roentgenografici e termodifferenziali; in modo particolare abbiamo esaminato il granato, minerale prevalente nella parte periferica del filone, ed i polimorfi del serpentino.

Per quanto riguarda il granato abbiamo eseguito l'analisi roentgenografica su materiale proveniente dal filone rodingitico, arricchito mediante l'uso del separatore magnetico isodinamico Frantz e dei liquidi pesanti. I dati ottenuti sono stati rielaborati mediante l'estrapolazione grafica di TAYLOR e SINCLAIR, riportata da AZAROFF e BUEGER (1958), ottenendo così per questo granato valori medi del lato

della cella elementare di 12,00 Å. Questi valori fanno pensare ad un granato di tipo granditico, probabilmente idrato, visto che la paragenesi mineralogica delle rodingiti, come è ben noto dalla letteratura, è prevalentemente costituita da silicati idrati di calcio, di cui l'idrogranato è uno dei più caratteristici, anche se non è stato possibile trovare la conferma definitiva nell'esame dello spettro di assorbimento nel-

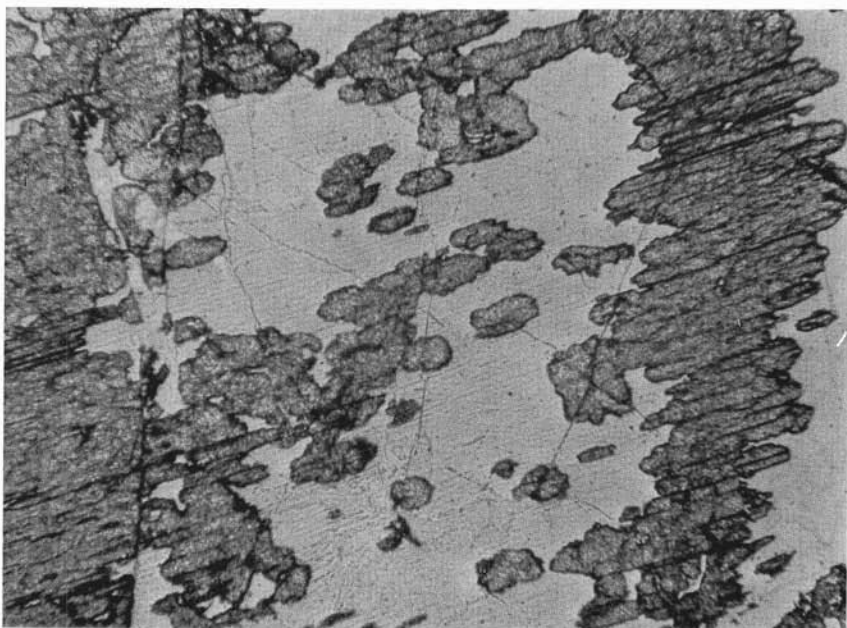


Fig. 5. — Pseudomorfo di granato (in rilievo) e lizardite su pirosseno. Evidenti nel granato le tracce di sfaldatura dell'inosilicato preesistente. Solo polarizzatore - Ingr. lineare 90 ×.

l'infrarosso, come era stato fatto in un altro lavoro da uno di noi (BEZZI, DELLA GIUSTA e PICCARDO, 1968), in quanto il granato non è totalmente separabile dai minerali idrati con cui è associato nella roccia.

Abbiamo eseguito l'analisi termodifferenziale fino a fusione di un campione del filone rodingitico. Il diagramma di registrazione (Fig. 6) mostra, oltre ai picchi attribuibili a clorite (PHILLIPS, 1964) e vesuviana (PETERS, 1961; ZABINSKI, 1966), un picco endotermico presso i 1.200°C, seguito subito dopo da un altro maggiore effetto endotermico a circa 1.240°C, imputabile quest'ultimo alla fusione del campione. Il picco endotermico a 1200°C è interpretabile come il risultato

della decomposizione e forse della disidratazione del granato, in accordo con FRANKEL (1959), PETERS (1965) e ZABINSKI (1966); pur non essendo definitivamente probanti i dati roentgenografici e termodifferenziali, riteniamo pur sempre giustificata la definizione di idrogranato, tenendo conto delle analogie con i dati riportati in letteratura, ed in particolare con le conclusioni di YODER (1950) e COLEMAN (1967).

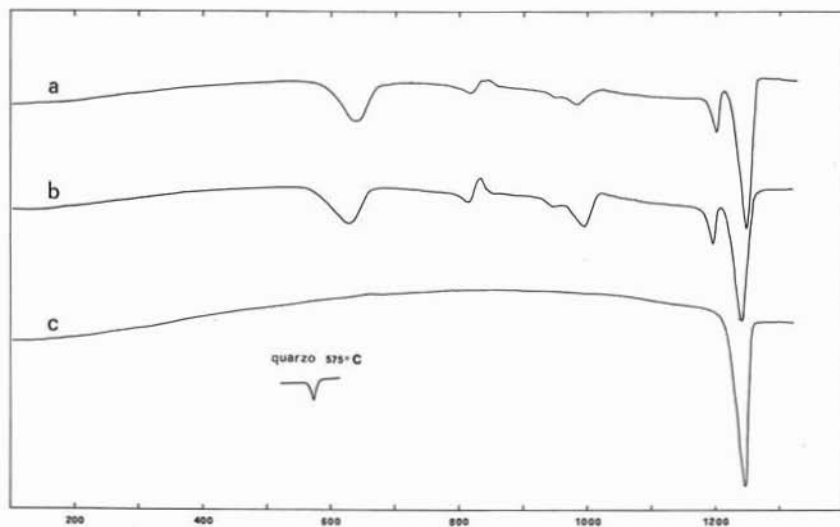


Fig. 6. — Curve di registrazione D.T.A.

- a) Rodingite Bargonaseo a grana fine.
- b) Rodingite Bargonaseo a grana grossa.
- c) Lo stesso campione b) nuovamente riscaldato dopo la prima fusione.

Le curve di registrazione a) e b) mostrano:

- due effetti endotermici, uno poco sopra i 600°C ed uno minore a circa 820°C, ed un effetto esotermico a circa 840°C, dovuti rispettivamente alla disidratazione ed alla distruzione della struttura della clorite (PHILLIPS, 1964);
- due effetti endotermici tra i 925°C ed i 1.025°C, dovuti alla disidratazione della vesuviana (PETERS, 1961; ZABINSKI, 1966);
- un effetto endotermico a circa 1.200°C, dovuto alla decomposizione e forse disidratazione dell'idrogranato (FRANKEL, 1959; PETERS, 1965; ZABINSKI, 1966);
- un notevole effetto endotermico verso i 1.240°C, dovuto alla fusione del materiale.

La curva c) mostra soltanto l'effetto endotermico, a circa 1.250°C, dovuto alla rifusione del materiale.

Abbiamo eseguito lo studio roentgenografico delle serpentiniti incassanti per confermare la presenza dei polimorfi del serpentino, crisotilo e lizardite determinati otticamente. Dopo aver misurato i riflessi più caratteristici ed intensi di questi due minerali, li abbiamo identificati mediante il confronto con i dati forniti da WHITTAKER e ZUSSMAN (1956) e da RUCKLIDGE e ZUSSMAN (1965), come risulta dalla Tabella I; si può notare la coincidenza degli effetti di diffrazione dovuti ai minerali in esame, con quelli indicati dagli Autori citati.

TABELLA I.

A				B				C		D	
hkl	d oss.	d calc.	I	hkl	d oss.	d calc.	I	d oss.	I	d oss.	I
002	7,36	7,32	ff	001	7,4	7,31	ff	7,29	ff	7,33	ff
.				020	4,6	4,60	f	4,59	f	4,60	f
020	4,58	4,60	m	. . . . .				. . . . .		4,50	m
004	3,66	3,66	ff	002	3,67	3,66	f	3,64	ff	3,65	ff
202	2,456	2,454	f	. . . . .				2,459	f	2,464	mf
.				201	2,505	2,496	ff	2,498	f	2,503	f
204	2,096	2,094	m	. . . . .				. . . . .		. . . . .
.				202	2,156	2,148	f	. . . . .		2,149	m
060	1,536	1,534	f	060	1,538	1,533	f	1,533	f	1,538	f
.				$\begin{pmatrix} 061 \\ 204 \end{pmatrix}$	1,505	1,503	f	1,508	mf	1,506	mf

A: Crisotilo (WHITTAKER e ZUSSMAN, 1956).

B: Lizardite (RUCKLIDGE e ZUSSMAN, 1965).

C: Serpentinite Bargonasco.

D: Serpentinite Bargone.

Le rodingiti di Bargonasco a grana fine.

Si mostrano estremamente compatte e tenaci, e ciò è dovuto soprattutto all'assenza dei grossi individui pirossenici: in sezione sottile si nota infatti la scomparsa quasi completa del diallagio originario, dando luogo ad una caratteristica struttura, per cui il granato (a_0 compreso tra 11,95 e 12,00 Å) si presenta sotto forma di una plaga anulare attorno ad una zona centrale, in cui spesso sono conservati relitti dell'inosilicato, come risulta evidente dalla Fig. 7.



Fig. 7. — Plaga anulare di granato con al centro clorite (chiara) e granuletti di pirosseno relitto. Solo polarizzatore - Ingr. lineare 35 \times .

Nel filone si può ancora notare analogamente a quanto avevamo constatato nelle rodingiti a grana grossa, un succedersi, dal centro alla periferia, di zone con prevalenza di minerali diversi. Nella parte centrale è anche qui abbondante la vesuviana, che si presenta in vene od in corti prismi con i caratteri già descritti, associata a clinocloro, cui è leggermente subordinato il granato, in plaghe di colore marroncino, ed il diopside, a volte in aggregati granulari.

Il granato assume maggiore importanza nella zona intermedia tra il centro e la periferia, dove spesso sostituisce quasi completamente

il diallagio, mentre diminuiscono sia la vesuviana, spesso inclusa nel granato sotto forma di masserelle tondeggianti, che la clorite. Lo spinello è più rappresentato di quanto non lo fosse nelle rodingiti a grana grossa.

Nella zona più prossima al bordo verde notiamo come il diallagio, di cui a volte si può ancora riconoscere il contorno, sia sostituito da granato associato a pennina, negativa e positiva, mentre diminuisce la vesuviana e sembra aumentare la magnetite; si notano vene di crisotilo che spesso includono piccoli individui di granato.

Il bordo verde mostra anche qui una divisione in due zone, di cui quella più interna è di potenza nettamente inferiore a quella esterna. Il quadro è analogo a quello presentato dalle rodingiti a grana grossa, con la presenza, nella parte interna, di clinocloro e successivamente pennina positiva e pennina negativa; la parte più esterna del bordo stesso mostra la stessa associazione mineralogica e struttura della serpentinite al contatto, da cui si differenzia solamente per la relativa abbondanza di granato, che occupa spesso il centro delle maglie del serpentino.

Il granato è presente anche nella serpentinite incassante e decresce rapidamente man mano che ci si allontana dal filone rodingitico; la serpentinite mostra naturalmente gli stessi caratteri indicati durante la descrizione delle rodingiti a grana grossa.

Le rodingiti di Bargone.

Sulle pendici orientali di M. Ciazze, immediatamente a sud-ovest dell'abitato di Bargone, ove ha termine la massa di serpentinite che iniziava a Bargonaseo, troviamo un altro gruppo di filoni rodingitici. Sono circa una decina, in genere isolati tra di loro, di colore bianco, e raggiungono al massimo una potenza di 35 cm; il loro andamento è meno rettilineo e continuo di quello dei filoni di Bargonaseo, in quanto questi presentano il bordo ondulato e frastagliato, indicando con ciò come abbiano subito dislocazioni dopo la loro messa in posto (Fig. 8).

Sono tutti a grana grossa, e sul fondo bianco della massa del filone spiccano nettamente cristalli di pirosseno di colore verde chiaro, con aspetto porcellanato. Il passaggio tra la parte chiara del filone ed il bordo cloritico appare discontinuo, e non è bene individuabile la separazione tra questo bordo e la serpentinite incassante.

In sezione sottile, analogamente a quanto è stato visto per le rodingiti di Bargonasco, la struttura d'insieme, prescindendo dall'associazione mineralogica, ricorda quella dei gabbri delle ofioliti.

L'analogia con le rodingiti di Bargonasco è evidente per il fatto che anche qui è riconoscibile un succedersi di zone dal centro alla periferia, nelle quali si può notare la prevalenza di minerali diversi.

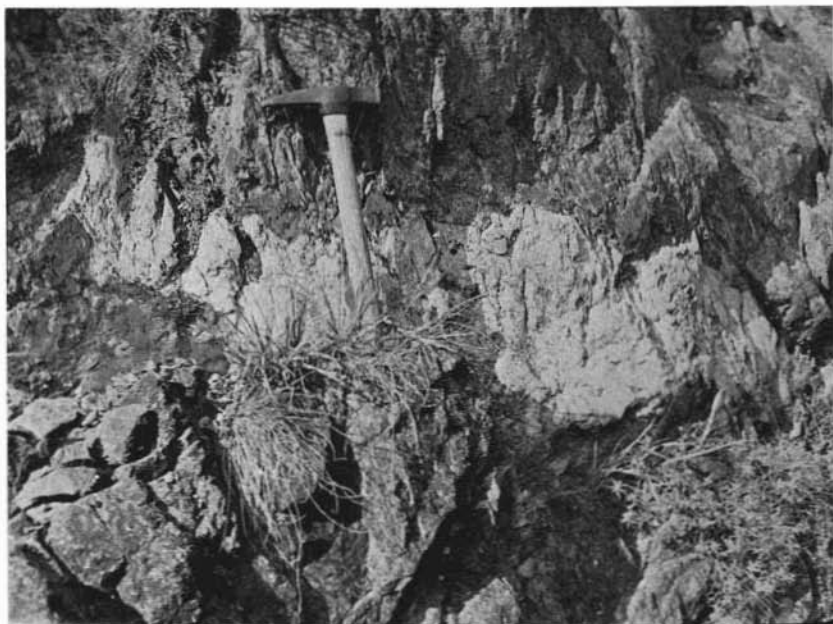


Fig. 8. — Filone rodingitico nella serpentinite di Bargone.

Nella parte centrale abbiamo netta prevalenza del diallagio che si presenta più fresco che nelle rodingiti di Bargonasco, associato a vesuviana che prevale su granato, clinocloro e diopside.

Il granato (a_0 compreso tra 11,90 e 11,92 Å) assume maggiore importanza nella parte intermedia, sostituendo insieme a vesuviana e clorite il diallagio, e sembra aumentare anche il diopside. Compaiono ematite, assente a Bargonasco e magnetite.

Nella parte più esterna del filone, si ha infine addensamento del granato in quelle plaghe già descritte ed assai spesso come granuli entro gli individui diallagici (Figg. 9 e 10) con una certa torbidità del

nucleo, dovuta probabilmente ad una dispersione submicroscopica di fasi di vesuviana (ZABINSKI, 1966).

Le relazioni e la separazione tra serpentinite incassante e filone rodingitico non sono qui così nette come a Bargonasco: infatti il contatto non è ben delineato ma si presenta frastagliato e sinuoso, con vene e protuberanze delle due zone che si intersecano vicendevolmente.

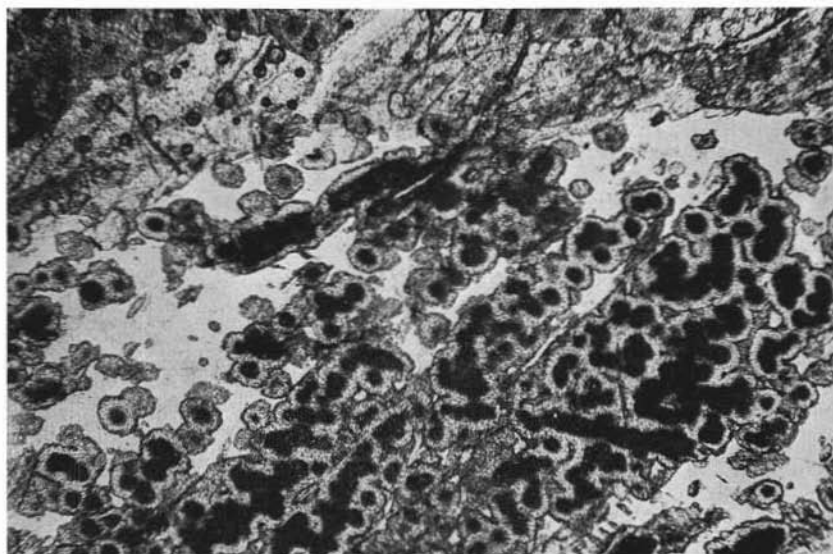


Fig. 9. — Granuli tondeggianti di granato, con nuclei torbidi. Solo polarizzatore - Ingr. lineare 90 \times .

Non sono infrequenti brandelli dell'una o dell'altra parte completamente isolati dalla massa principale, ed in questi casi quando parte della serpentinite è inglobata nella zona bianca, essa, pur mantenendo la sua struttura a maglie, mostra una completa sostituzione da parte di cloriti (pennina negativa e positiva, clinocloro), mentre il diallagio viene sempre sostituito, nella zona serpentinoso, da clinocloro.

E' interessante notare come assai spesso quando un individuo diallagico si trovi sul bordo di separazione tra la parte bianca del filone ed il bordo verde, la parte più interna non presenta tracce di alterazione, mentre la parte che continua nel bordo cloritico-serpentinoso sia costantemente trasformata in clorite.

Naturalmente questa discontinuità nel contatto tra parte chiara e parte cloritico-serpentinosa porta come conseguenza la parziale scomparsa di quella successione di minerali cloritici che si aveva con continuità procedendo verso la periferia, anche se tale successione è ancora riconoscibile in zone limitate. Queste osservazioni confermano quelle caratteristiche di irregolarità che avevamo notato nell'esame macro-

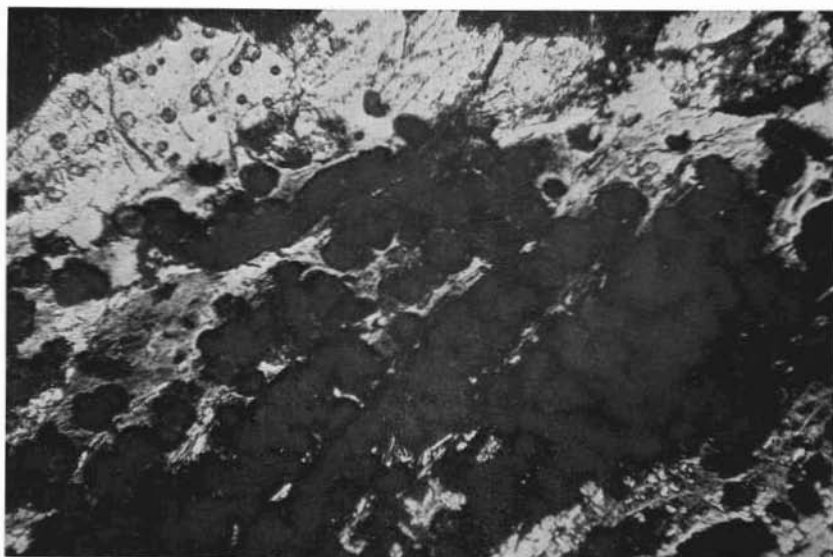


Fig. 10. — Lo stesso di Fig. 9. Notare l'estinzione « opaca » dei nuclei torbidi. Nicol incrociati - Ingr. lineare 90 \times .

scopico delle rodingiti di Bargone, e confermano azioni tettoniche posteriori al processo di rodingitizzazione dell'originario filone a composizione gabbriica.

La serpentinite incassante non differisce da quella descritta per la precedente zona.

Nella Tabella II sono riportati i dati delle analisi chimiche, che risultano in buon accordo fra di loro e con le paragenesi osservate in sezione sottile.

In particolare vogliamo far notare che per le rodingiti di Bargonasco a grana grossa è stato possibile isolare dalla serpentinite incassante il bordo cloritico e quindi analizzarlo separatamente.

TABELLA II.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	37,56	37,19	33,50	39,50	36,20	31,19	38,34	39,78	40,09	37,08
TiO ₂	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	0,29	tracce	ass.
Al ₂ O ₃	14,19	10,23	20,37	1,39	16,37	15,41	8,31	11,95	14,98	10,01
Fe ₂ O ₃	3,19	6,54	1,44	6,10	2,92	5,96	4,05	3,64	3,28	4,98
FeO	0,81	1,42	3,56	0,30	2,46	3,11	3,51	1,28	1,29	1,38
MnO	0,47	0,63	0,66	0,42	0,43	0,53	0,39	0,61	0,66	0,38
MgO	12,79	18,99	27,00	35,40	11,29	17,30	32,03	8,72	23,00	27,93
CaO	26,09	17,99	0,78	4,02	23,67	19,84	0,48	26,70	11,79	7,22
Na ₂ O	ass.	ass.	ass.	ass.	0,04	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.
K ₂ O	ass.	ass.	ass.	ass.	0,36	ass.	0,22	0,03	ass.	ass.
P ₂ O ₅	tracce	tracce	tracce	ass.	0,04	tracce	tracce	0,69	tracce	tracce
Cr ₂ O ₃	ass.	0,16	0,25	tracce	ass.	ass.	tracce	ass.	ass.	ass.
NiO	ass.	ass.	0,11	0,23	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.
CO ₂	0,04	0,15	0,04	0,04	0,07	0,06	0,08	0,11	0,06	0,05
H ₂ O ⁺	5,33	6,44	12,24	11,70	5,93	6,75	11,96	5,65	4,70	10,19
H ₂ O ⁻	0,10	0,15	0,32	0,69	0,29	0,19	0,62	0,11	0,19	0,74
	100,57	99,89	100,27	99,79	100,07	100,34	99,99	99,56	100,04	99,96

RODINGITE BARGONASCO a grana fine: 1. Parte centrale - 2. Parte periferica - 3. Bordo cloritico - 4. Serpentinite incassante.

RODINGITE BARGONASCO a grana grossa: 5. Parte centrale - 6. Parte periferica - 7. Bordo cloritico-serpentinoso.

RODINGITE BARGONE: 8. Parte centrale - 9. Parte periferica - 10. Bordo cloritico-serpentinoso.

Per le rodingiti di Bargonasco a grana fine, il cui bordo cloritico è di dimensioni molto ridotte, e per le rodingiti di Bargone, i cui contatti con la serpentinite sono molto irregolari e frastagliati, ciò non è stato possibile; le analisi quindi di questa zona mostrano caratteri di una miscela di minerali cloritici e serpentinosi.

Carattere peculiare di questi filoni è l'elevato tenore in calcio, comune a tutte le rodingiti note; è da notare come, dal centro verso la periferia del filone, si osservi una progressiva diminuzione del contenuto in CaO, cui corrisponde un incremento nel contenuto in MgO.

La constatazione forse più interessante, che emerge sia dai dati microscopici che dai dati chimici, è la possibilità di riconoscere un succedersi di zone a paragenesi diverse, dal centro verso la periferia, ben identificabili tra di loro per una netta variazione del minerale predominante: vesuviana nella parte centrale ed idrogranato nella parte periferica, cui si associano le cloriti.

Queste cloriti rappresentano i costituenti essenziali del bordo verde scuro, che fa passaggio alla serpentinite incassante. Come già descritto, anche in questo bordo è possibile osservare una netta zonatura, dovuta alla progressiva transizione da cloriti alluminifere, a cloriti relativamente meno alluminifere, fino a minerali non alluminiferi quali i polimorfi del serpentino.

Riteniamo che le variazioni di chimismo e le zonature all'interno del filone e del bordo cloritico, se verranno confermate dagli studi attualmente in corso, potranno essere di notevole contributo alla comprensione del processo rodingitico, e più in generale, del processo di serpentinnizzazione, cui la genesi delle rodingiti sembra essere legata.

Istituto di Petrografia dell'Università di Genova, Marzo 1969.

BIBLIOGRAFIA

- AZAROFF L. V., BUERGER M. J. (1958) - *The powder method*. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.
- BERTOLANI M. (1952) - *I giacimenti cupriferi nelle ofioliti di Sestri Levante (Liguria)*. Per. Min. vol. XXI.
- BEZZI A., DELLA GIUSTA A., PICCARDO G. (1968) - *Sui granati idrati di alcune località del Gruppo di Voltri*. Per. Min. vol. XXXVII.
- BORTOLAMI G., DAL PIAZ G. V. (1968) - *I filoni di gabbri rodingitici di Givolto e Casellette nel massiccio ultrabasico di Lanzo*. Boll. Soc. Geol. It. vol. LXXXVII.

- COGULU E. (1967) - *Etude pétrographique de la région de Mihaliççik (Turquie)*. Bull. Suisse Min. Pétr. vol. 47.
- COLEMAN R. G. (1967) - *Low-Temperature Reaction Zones and Alpine Ultramafic Rocks of California, Oregon and Washington*. U. S. Geol. Surv. Bull. 1247.
- DAL PIAZ G. V. (1967) - *Le « granatiti » (rodingiti l.s.) nelle serpentine delle Alpi occidentali italiane*. Mem. Soc. Geol. It. vol. VI.
- DAL PIAZ G. V. (1969) - *Filoni rodingitici e zone di reazione a bassa temperatura al contatto tettonico tra serpentine e rocce incassanti nelle Alpi Occidentali Italiane*. Rend. S.I.M.P. vol. XXV (in corso di stampa).
- DAL PIAZ G. V., GRASSO F. (1967) - *Le rodingiti l.s. nelle gallerie « Petit Monde » dell'autostrada Quincinetto - Aosta*. Boll. Soc. Geol. It. vol. LXXXVI.
- DEER W. A., HOWIE R. A., ZUSSMAN J. (1962) - *Rock-forming minerals*. Vol. 1 Ortho- and Ring Silicates. Longmans, London.
- DIETRICH V., PETERS T.J. (1968) - *Bericht über die Exkursion der Schweiz. Mineralogischen und Petrographischen Gesellschaft ins Oberhalbstein*. Bull. Suisse Min. Pétr. vol. 48.
- FRANCHI S. (1907) - *Sulla scoperta di rocce nefritiche nella Liguria Orientale*. Boll. Soc. Geol. It. vol. XXVI.
- FRANKEL J. J. (1959) - *Uvarovite Garnet and South Africa Jade (Hydrogrossular) from the Bushveld complex, Transvaal*. Am. Min. vol. 44.
- GALLI M. (1961) - *Ricerche sui minerali della miniera Gallinaria (Chiavarese), osservazioni sulle figure di accrescimento*. Ann. Mus. Civ. St. Nat. Genova, vol. LXXII.
- GALLI M. (1964) - *Studi petrografici sulla formazione ofiolitica dell'Appennino Ligure. - Nota VI - Le ofisferiti della Riviera di Levante*. Per. Min. vol. XXXIII.
- KALKOWSKY E. (1906) - *Geologie des Nephrites in Südlichen Ligurien*. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. vol. 58.
- NICOLAS A. (1966) - *Etude pétrochimique des Roches vertes et de leurs minéraux entre Dora Maira et Grand Paradis (Alpes piémontaises)*. Thèse, pubbl. Fac. Sc. Nantes.
- NICOLAS A. (1969) - *Serpentinisation d'une Lherzolite: Bilan Chimique, Implication Tectonique*. Bull. Volc. vol. XXXII.
- PAGE N. J. (1967) - *Serpentinisation considered as constant-volume metasomatic process: a discussion*. Am. Min. vol. 52.
- PELLOUX A. (1934) - *Itinerari geo-mineralogici per le escursioni nei dintorni di Sestri Levante e Chiavari*. Boll. Soc. Geol. It. vol. LIII.
- PETERS T.J. (1961) - *Differentialthermoanalyse von Vesuvian*. Bull. Suisse Min. Pétr. vol. 41.
- PETERS T.J. (1965) - *A water-bearing andradite from the Totalp serpentine (Davos, Switzerland)*. Am. Min. vol. 50.
- PHEMISTER J. (1964) - *Rodingitic assemblage in Fetlar, Shetland Islands, Scotland*. Advanc. Front. Geol. Geoph.

- PHILLIPS W. R. (1964) - *A differential thermal study of the chlorites*. Min. Mag. vol. XXXIII.
- RUCKLIDGE J. C. - ZUSSMAN J. (1965) - *The crystal structure of the serpentine minerals lizardite $Mg_3Si_2O_5(OH)_2$* . Acta Cryst. vol. 19.
- THAYER T. P. (1966) - *Serpentinization considered as a constant-volume metasomatic process*. Am. Min. vol. 51.
- THAYER T. P. (1967) - *Serpentinization considered as a constant-volume metasomatic process: a reply*. Am. Min. vol. 52.
- TRÖGER W. E. (1967) - *Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Teil 2*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart.
- VUAGNAT M. (1963) - *Remarques sur la triologie serpentinites - gabbros - diabases dans le bassin de la Méditerranée Occidentale*. Geol. Rundschau, vol. 53.
- VUAGNAT M. (1965) - *Remarques sur une inclusion rodingitique de l'alpe Champatsch (Basse-Engadine)*. Eclogae Geol. Helv. vol. 58.
- VUAGNAT M. (1967) - *Quelques réflexions sur les ophispherites et les rodingites*. Rend. S.M.I. vol. XXIII.
- VUAGNAT M., PUSZTASZERI L. (1964) - *Ophispherites et rodingites dans diverses serpentinites des Alpes*. Bull. Suisse Min. Pétr. vol. 44.
- WINCHELL A. N., WINCHELL H. (1964) - *Elements of optical Mineralogy. Part II. Descriptions of minerals*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- WHITTAKER E. J. W., ZUSSMAN J. (1956) - *The characterization of serpentine minerals by X-ray diffraction*. Min. Mag. vol. XXXI.
- YODER H. S. JR. (1950) - *Stability Relations of Grossularite*. Jour. Geol. vol. 58, 3.
- ZABINSKI W. (1966) - *Hydrogarnets*. Prace Miner. vol. 3, Warszawa.