

MARIO BERTOLANI\*, ANNA G. LOSCHI GHITTONI\*

RAPPORTI TRA LE ULTRAFEMITI DELLA ROCCA D'ARGIMONIA  
(PREALPI BIELLESI)  
CONFRONTI CON LE ALTRE ZONE ULTRAFEMICHE  
DELL'IVREA-VERBANO\*\*

RIASSUNTO. — Attraverso rapporti tra elementi maggiori e minori o gruppi di elementi sono state confrontate le ultrafemiti e le rocce di contorno della Rocca d'Argimonia (Prealpi biellesi) principalmente con quelle di Balmuccia e con altre di zone ultrafemiche della formazione Ivrea-Verbano.

È risultato che le peridotiti della Rocca d'Argimonia sono molto più vicine a quelle di Balmuccia, considerate di mantello che a quelle, sempre di Balmuccia, considerate cumulitiche. Si trovano invece in posizione intermedia tra le peridotiti di Finero e di Baldissero, pure di mantello, e quelle di tutti gli altri affioramenti della Zona di Ivrea.

Sembra anche che alla Rocca d'Argimonia manchi tutta la serie stratiforme individuata a Balmuccia e che le rocce basiche presenti si avvicinino molto al Gabbro principale (Main gabbro).

È difficile attribuire al metamorfismo la differenziazione delle ultrafemiti della Rocca d'Argimonia, perciò non è da scartare l'ipotesi che si tratti di tipi già differenziati all'origine.

ABSTRACT. — The ultramafic rocks of the Rocca d'Argimonia (Pre-Alps of Biella) as well as the associated lithotypes have been compared on the basis of major and trace elements with the Balmuccia peridotite as well as with other ultramafites of the Ivrea-Verbano Formation.

The results indicate that the ultramafite of the Rocca d'Argimonia are more similar to the peridotites of Balmuccia which are considered of mantle origin, rather than to the ones of Balmuccia which are interpreted as cumulitic.

They plot intermediate between the peridotites of Finero and Baldissero, both of mantle origin, and the peridotites of the other outcrops of the Ivrea-Verbano Formation.

The cumulitic series described in Balmuccia seems to be lacking in the Rocca d'Argimonia as the mafic rocks are similar to the Main gabbro.

The differentiation observed in the peridotites of the Rocca d'Argimonia is interpreted as mainly pre-metamorphic.

### Introduzione

La zona della Rocca d'Argimonia, complesso montuoso nelle Prealpi Biellesi, appartenente, dal punto di vista geologico, alla Formazione Ivrea-Verbano, è stato oggetto di un nostro recente studio petrografico, presentato al Convegno di Torino il 1° giugno 1979 (BERTOLANI, LOSCHI GHITTONI, 1979).

Nella zona sono stati individuati 4 diversi affioramenti di ultrafemiti, di cui solo 2 petrograficamente già noti (LENSCH, 1968, 1971).

\* Istituto di Mineralogia e Petrologia dell'Università di Modena. \*\* Lavoro eseguito col contributo del C.N.R..

In base ai diagrammi AMF e CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO, riportati nel lavoro precedente, e ad osservazioni eseguite, però su pochi campioni, da CAPEDEI, CORADINI e altri (1977), risultava che la posizione delle rocce peridotitiche della Rocca d'Argimonia era intermedia, sia tra le peridotiti di mantello e quelle del Complesso stratiforme di Balmuccia, sia tra le peridotiti di mantello di tutta la Formazione Ivrea-Verbanò (Balmuccia, Baldissero e Finero) e quelle differenziate e cumulitiche (Campello Monti, Capiro, Balma, Cima Kaval).

Abbiamo voluto, in possesso di maggior copia di dati, verificare questo fatto e accertare se erano differenziabili i diversi affioramenti dell'Argimonia.

Per i necessari confronti sono stati utilizzati diagrammi basati sul rapporto tra  $F$  ( $\text{FeO}_{\text{tot}}/\text{FeO}_{\text{tot}} + \text{MgO}$ ) e i costituenti maggiori e minori delle rocce dell'Argimonia. I dati utilizzati sono quelli inseriti in tabella nel precedente lavoro sull'Argimonia, che, per brevità, non vengono qui ripetuti. Abbiamo inserito qui solamente i diagrammi più significativi per le rocce ultrafemiche e precisamente  $F/\text{SiO}_2$ ,  $F/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $F/\text{Fe}_{\text{tot}}$ ,  $F/\text{CaO}$ ,  $F/\text{MgO}$ ,  $F/\text{Ni}$ ,  $F/\text{Zr}$ ,  $F/\text{Cr}$ . Inoltre è stato utilizzato il rapporto tra due dei minori più caratteristici delle ultrafemite:  $\text{Cr}/\text{Ni}$ .

### Osservazioni riguardanti il valore $F$

Il valore di  $F$  applicato a tutte le rocce studiate mostra subito con evidenza in tutti i diagrammi lacune nella serie dell'Argimonia, che non si riscontrano o si presentano con altre caratteristiche nella serie di Balmuccia (RIVALENTI e altri, 1975). Una lacuna esiste tra peridotiti, pirosseniti oliviniche e pirosseniti, e va da  $F = 0,23$  a  $F = 0,28$ , spazio occupato nella serie di Balmuccia pressochè esattamente dalle peridotiti del complesso stratiforme.

In effetti anche nella serie di Balmuccia si nota un intervallo tra i due gruppi di peridotiti, ma interessa l'intervallo tra  $F = 0,20$  e  $F = 0,23$ , che nella serie dell'Argimonia è occupato dalle peridotiti le quali, a differenza di quelle di mantello di Balmuccia, presentano notevole variabilità, che si esprime però in modo continuo. È questa una delle caratteristiche che emergono dai diagrammi con base  $F$  e che può essere interpretata come differenziazione metamorfica, tenendo conto di quanto affermato nel lavoro precedente (BERTOLANI, LOSCHI GHITTONI, 1979) riguardo alle microstrutture unicamente di tipo ricristallizzazione metamorfica riscontrate nelle peridotiti dell'Argimonia.

Le peridotiti degli altri affioramenti della formazione Ivrea-Verbanò si collocerebbero, rispetto a quelle dell'argimonia, nei seguenti modi:

Le peridotiti a flogopite di Finero hanno  $F = 0,15$ , verrebbero perciò a trovarsi sulla sinistra. Quelle, sempre di Finero, a orneblenda sarebbero più o meno coincidenti con quelle dell'Argimonia. Le peridotiti di Baldissero, molto simili a quelle di Balmuccia, con  $F = 0,17$ , si sovrapporrebbero solo nella parte con  $F$  più elevato su quelle dell'Argimonia. Molto più alti invece i valori di  $F$  degli affioramenti della Balma, del M. Capiro, di Campello Monti, del M. Kaval, che portano queste rocce ancora più a destra del nucleo principale del complesso stratiforme di Balmuccia.

Si riscontra perciò nelle peridotiti dell'Argimonia un chimismo più vicino a quello delle rocce cumulitiche e differenziate.

La seconda lacuna si verifica tra  $F = 0,41$  e  $F = 0,50$ , un campo occupato nella serie di Balmuccia prevalentemente da rocce gabbriche e pirosseniti del cosiddetto « Lower layered group » (RIVALENTI e altri, 1975). Questo fatto può far supporre che all'Argimonia manchi tutta la serie dei differenziati basici del complesso stratiforme, o per condizioni diverse di formazione o per laminazione successiva legata ai grandi fenomeni tettonici che hanno interessato anche in epoca recente la zona in studio.

Vi è concordanza invece tra i termini gabbri e noritici dell'Argimonia e il gabbro principale di Balmuccia (Main gabbro), così come concordano le posizioni, molto sparse, di charnockiti e stronaliti. Il filone basico analizzato si colloca nel campo delle rocce gabbriche, mostrando di non trattarsi di differenziato. Moderata anche la differenziazione dei filoni acidi.

Si può già effettuare una prima considerazione su uno dei temi proposti: rispetto a  $F$  non vi sono discriminazioni tra i diversi affioramenti di ultrafemiti dell'Argimonia, che fanno registrare una mescolanza non regolata nelle posizioni dei diversi campioni. Ciò accade anche considerando le posizioni in ordinata dei vari punti riferiti ai campioni in esame, rispetto ai diversi ioni di componenti principali e minori. Perciò i diversi affioramenti dell'Argimonia sono da considerare come elementi di una sola unità smembrata tettonicamente.

### Variazioni rispetto agli elementi principali

Il confronto tra le rocce dell'Argimonia e quelle di Balmuccia, con particolare riguardo alle ultrafemiti, utilizzando i diagrammi con  $F$  in ascissa e altri ioni o elementi in ordinata pone in evidenza le seguenti differenze:

Rispetto a  $\text{SiO}_2$  (fig. 1a) si nota nell'Argimonia una brusca variazione tra peridotiti e pirosseniti, che non si verifica a Balmuccia. Ciò avviene più per la quantità maggiore di silice nelle pirosseniti che per una minore quantità nelle peridotiti. Le pirosseniti nell'Argimonia si allineano qui, come in molti altri diagrammi, con le pirosseniti oliviniche, litotipi non discriminati nella petrografia di Balmuccia. Rispetto a  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (fig. 1a) il fenomeno si ripete, ma molto più attenuato.

Con  $\text{FeO}_{\text{tot}}$  (fig. 1a) si ha un perfetto allineamento tra pirosseniti e peridotiti dell'Argimonia, che più o meno concorda con la serie di Balmuccia, limitata alle peridotiti e pirosseniti di mantello, dato che le peridotiti e molte pirosseniti del complesso stratiforme presentano un  $\text{FeO}$  totale molto più elevato (CAPEDRI, CORADINI e altri, 1977).

La posizione delle peridotiti dell'Argimonia, rispetto a quelle di Balmuccia, che non era esattamente coincidente rispetto a  $F$ , si ripete nei confronti di  $\text{FeO}_{\text{tot}}$ , in quanto il campo delle peridotiti dell'Argimonia è tagliato dalla linea relativa al valore 10, mentre le peridotiti di mantello di Balmuccia sono tutte al di sotto di tale linea. Ciò accade anche per le altre peridotiti di mantello della formazione

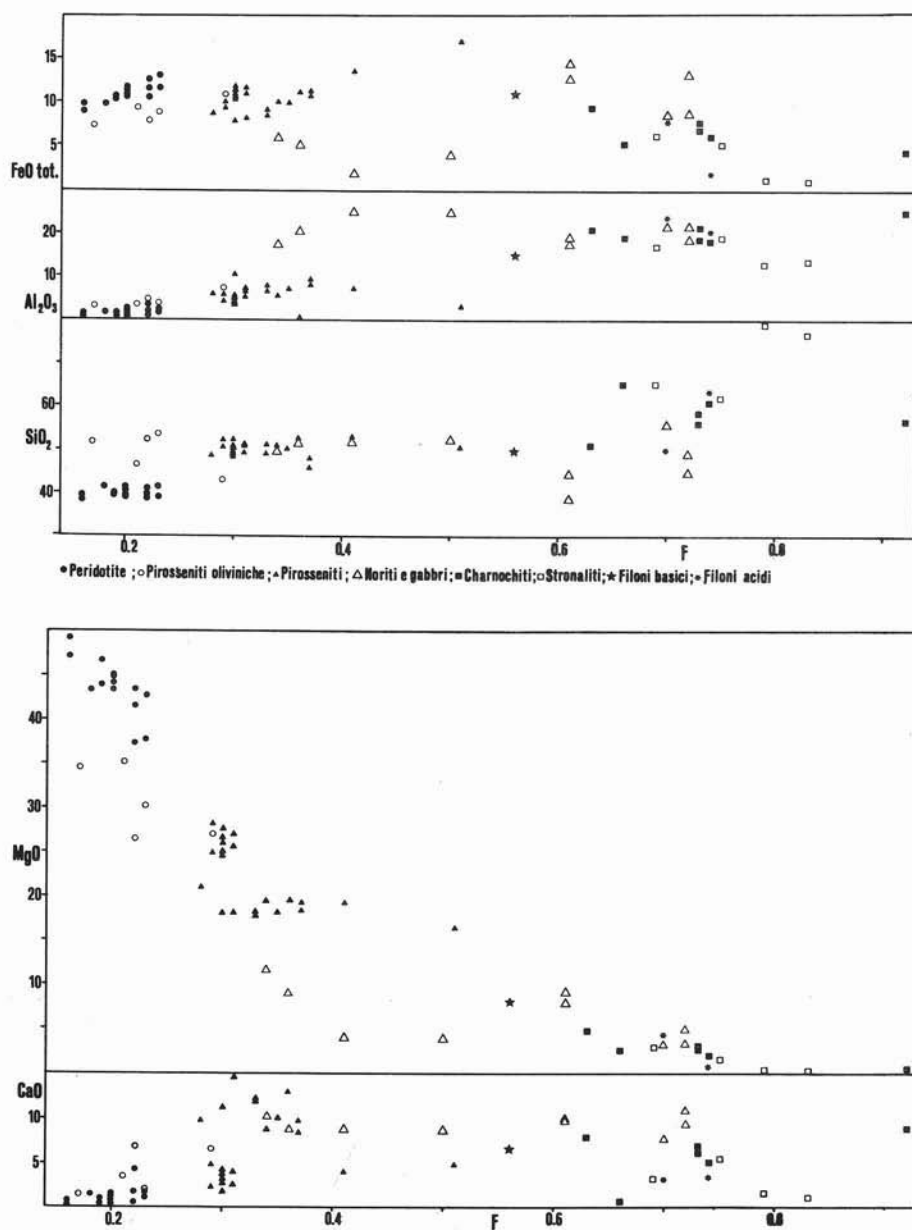


Fig. 1. — Diagramma di  $F$  ( $\text{FeO}_{\text{tot}}/\text{FeO} + \text{MgO}$ ) rapportato con  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}_{\text{tot}}$  (1 a) e  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  (1 b).

Ivrea-Verbano, Baldissero e Finero, mentre le peridotiti cumulitiche e differenziate, come quelle stratiformi di Balmuccia e quelle del Capiò, Balma, Campello Monti, Kaval, sono tutte al di sopra della citata linea del valore 10 (dati non riportati nei diagrammi).

Il diagramma con CaO (fig. 1 *b*) vede l'identità chimica rispetto a questo ione tra peridotiti e pirosseniti oliviniche dell'Argimonia e lo sdoppiamento in due gruppi delle pirosseniti, uno con maggior affinità chimica alle peridotiti, l'altro ai gabbri. Questo fatto è molto meno evidente a Balmuccia (RIVALENTI e altri, 1975), dove le pirosseniti si allineano quasi totalmente ai gabbri. È inoltre da notare che il calcio non è discriminante tra peridotiti di mantello e peridotiti del complesso stratiforme.

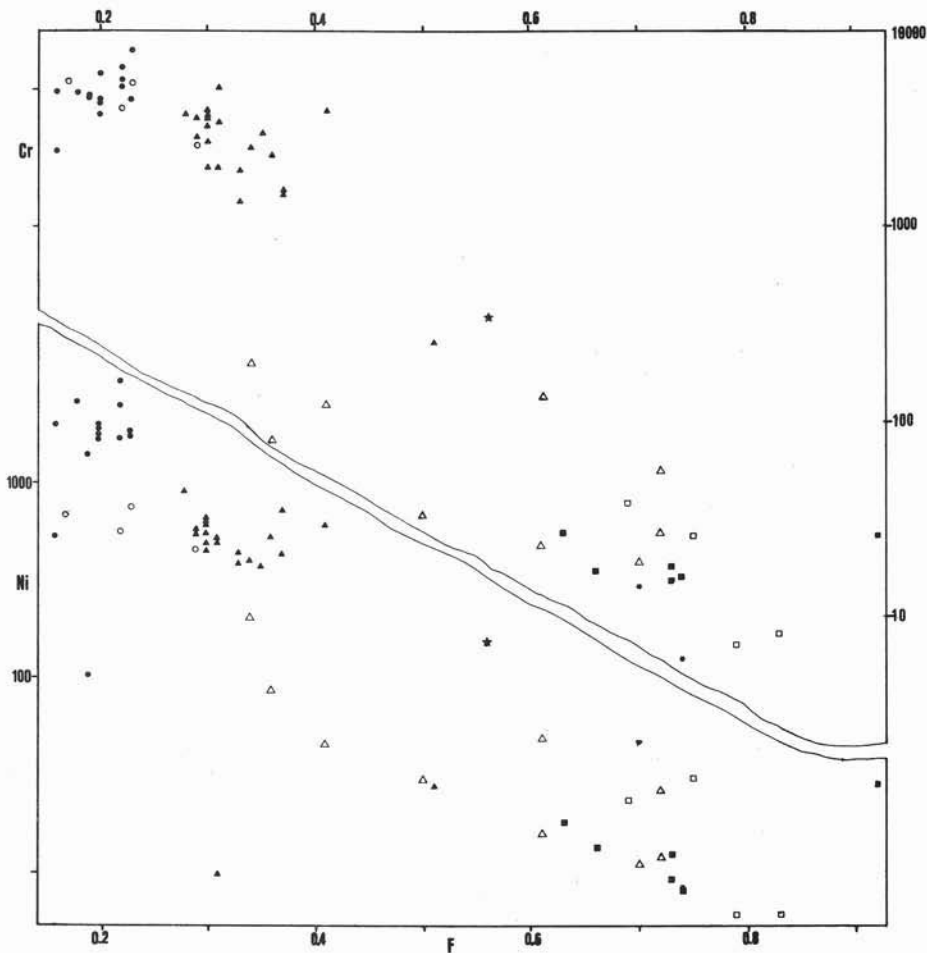


Fig. 2. — Diagramma di  $F$  con Cr e Ni. La simboleggiatura è nella Fig. 1.

La cosa si ripete, anche se meno netta, nel diagramma MgO (fig. 1 *b*). I raggruppamenti di pirosseniti restano quasi uguali a quelli del diagramma con CaO, quelle più ricche in calcio risultano più povere in magnesio e viceversa. Ciò non sembra verificarsi invece a Balmuccia. Anche i due tipi di peridotiti della serie di Balmuccia, non vengono discriminate dal magnesio.

È da notare che all'Argimonia partecipano alla formazione dei due gruppi pirosseniti appartenenti a tutti gli affioramenti.

### Variazioni rispetto agli elementi minori

Utilizzando i minori, si può osservare che rispetto al Ni (fig. 2) si ha coincidenza quasi perfetta tra le peridotiti di mantello di Balmuccia e quelle dell'Argimonia, mentre le peridotiti del complesso stratiforme, rispetto al Ni, mostrerebbero più affinità con le pirosseniti oliviniche (RIVALENTI e altri, 1975).

Per le peridotiti la stessa cosa si ripete col Cr (fig. 2), mentre, rispetto a questo elemento, diminuisce la discriminazione con le peridotiti del complesso stratiforme.

È molto evidente una differenziazione tra le pirosseniti dell'Argimonia e quelle di Balmuccia. Le prime presentano, senza eccezioni, un alto contenuto in cromo

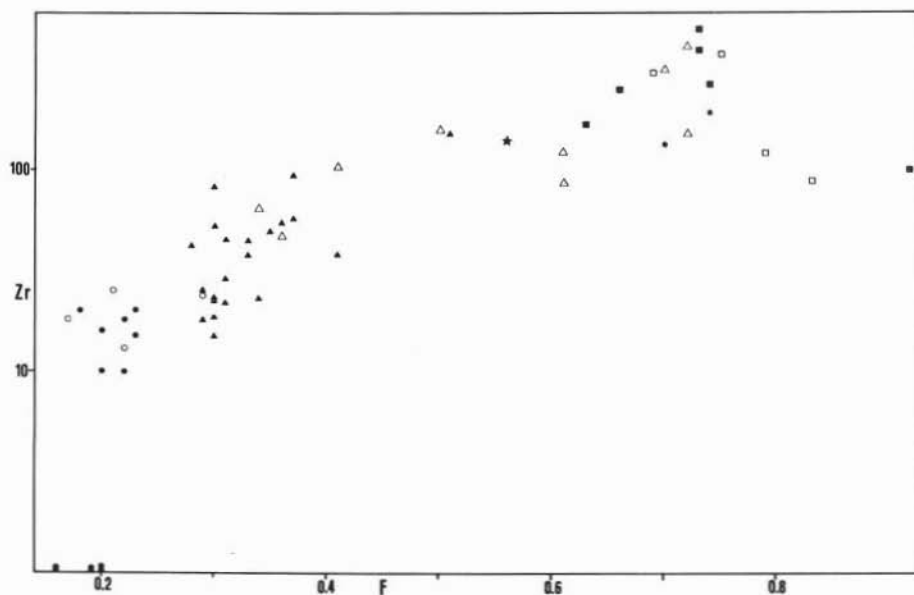


Fig. 3. — Diagramma di F con Zr. Stessi simboli di Fig. 1.

che le pone al di sopra della linea del valore 1000. A Balmuccia, tranne due campioni, tutte le pirosseniti, sia di Balmuccia, sia del complesso stratiforme cadono al di sotto di tale linea. Nel diagramma dell'Argimonia si verifica un grosso salto quantitativo rispetto al Cr tra pirosseniti e gabbrì, che non si ha a Balmuccia.

Il diagramma dello Zr (fig. 3) è l'unico che mostri maggior affinità tra le peridotiti dell'Argimonia e quelle cumulitiche di Balmuccia che rispetto a quelle di mantello.

Nel diagramma con Cr in ascissa e Ni in ordinata (fig. 4) ritorna la quasi identità tra peridotiti dell'Argimonia e peridotiti di mantello di Balmuccia. Manca all'Argimonia una corrispondenza con le peridotiti cumulitiche. Si conferma la scarsa variabilità delle pirosseniti, mentre a Balmuccia si ha una forte dispersione di queste rocce. Si conferma anche la posizione intermedia tra i due gruppi delle pirosseniti oliviniche.

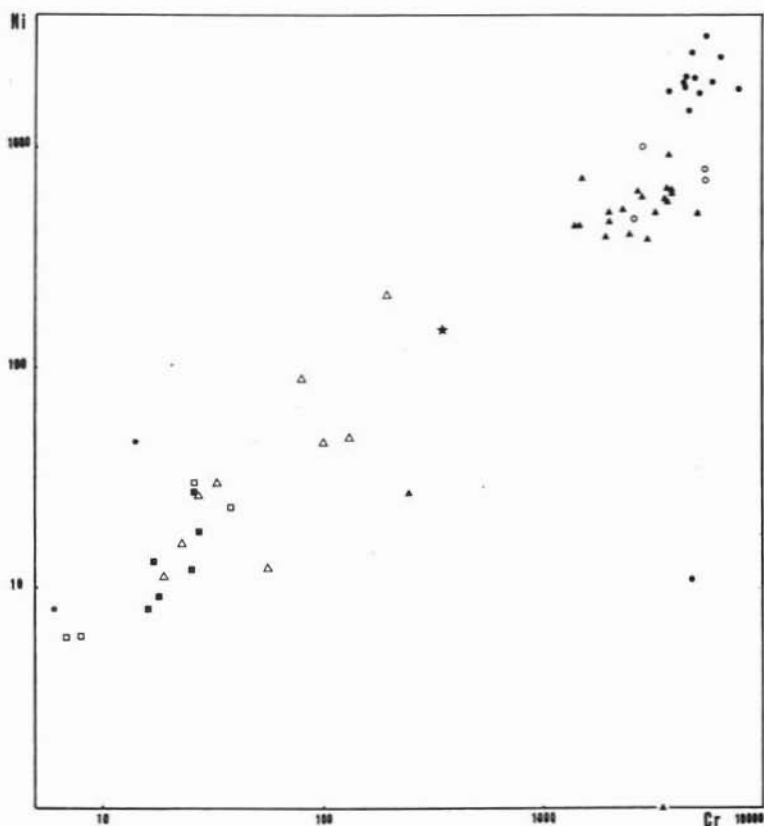


Fig. 4. — Diagramma di Cr con Ni. Stessi simboli di Fig. 1.

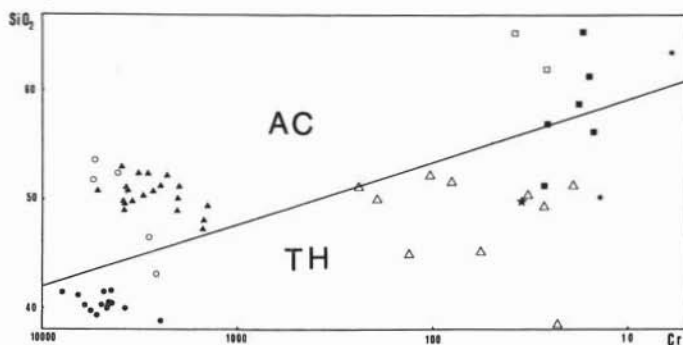


Fig. 5. — Diagramma di SiO<sub>2</sub> con Cr. Simboli di Fig. 1. La retta separa, secondo MYASHIRO e SHIDO (1975), il campo delle rocce tholeiitiche (in basso) da quelle alcali calciche (in alto). Da notare che tutte le pirosseniti sono nel campo alcali-calcico, tutte le peridotiti e i gabbri sono nel campo tholeiitico.

Infine è ancor più evidenziato il grande vuoto che esiste nella serie dell'Argimonia tra pirosseniti e gabbri, che a Balmuccia è occupato dai gabbri della serie stratiforme inferiore (LLG).

### La suddivisione nelle due serie tholeiitica e alcali-calcica

Può essere chiamato in causa per un confronto tra le due serie il diagramma Cr/SiO<sub>2</sub> proposto da MIYASHIRO e SHIDO (1975) per la suddivisione tra serie tholeiitiche e alcali-calciche. Nelle rocce dell'Argimonia (fig. 5) la suddivisione è circa del 50 % tra le due serie, mentre a Balmuccia (RIVALENTI e altri, 1975) sono in stragrande maggioranza i componenti ascrivibili alla serie tholeiitica. Nel caso dell'Argimonia, mentre le peridotiti entrano nel campo delle tholeiiti, tutte le pirosseniti ne restano al di fuori, inoltre i gabbri risultano tutti nel campo delle tholeiiti, mentre nella serie alcali-calcica si hanno solo charnockiti e stronaliti.

### Osservazioni sulla composizione chimica di alcuni minerali componenti

Si è cercato di eseguire confronti, dove possibile, attraverso le composizioni chimiche dei singoli minerali, utilizzando per l'Argimonia i dati di analisi in microsonda riportati nella nota precedente (BERTOLANI, LOSCHI GHITTONI, 1979).

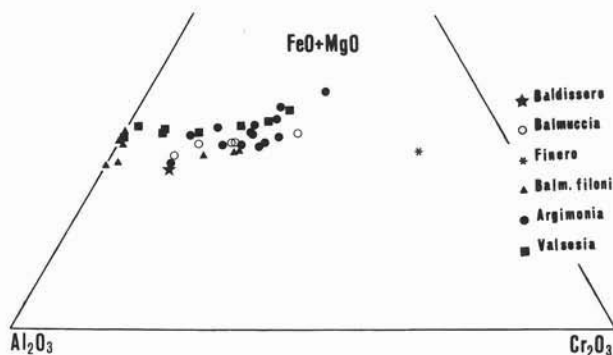


Fig. 6. — Posizione degli spinelli di alcune ultrafemiti dell'Ivrea-Verbanò in un diagramma FeOtot+MgO - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Abbiamo preso in considerazione gli spinelli, gli ortopirosseni e le olivine.

Per gli spinelli si è operato in due modi: *a*) in un diagramma triangolare con ai vertici FeOtot + MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> si sono portati i valori ricavati dagli spinelli della Rocca d'Argimonia e quelli di analisi riportate da RIVALENTI e altri (1978-79) per spinelli di Baldissero, Finero, Balmuccia. Un secondo diagramma triangolare è stato ottenuto utilizzando come valori le percentuali degli elementi trivalenti (Al-Fe-Cr) in modo da poterlo confrontare con diagramma analogo riportato nel lavoro sopraccitato.

Il valore del Fe<sup>3+</sup> è stato ricavato stechiometricamente secondo VARNE, BROWN (1978). Non si è voluto arrivare a determinazioni petrogenetiche, ma solo a confronti di gruppi di rocce.

Nel primo diagramma (fig. 6) si osserva che gli spinelli della Rocca d'Argimonia, che derivano tutti da rocce peridotitiche o da pirosseniti oliviniche, ricoprono un campo notevolmente ampio e si sovrappongono agli spinelli delle peridotiti di



mantello di Balmuccia e, in parte, a quelli delle peridotiti cumulitiche della stessa zona. Si differiscono nettamente gli spinelli dei filoni di Balmuccia, molto più alluminiferi e gli spinelli di Finero, fortemente cromiferi.

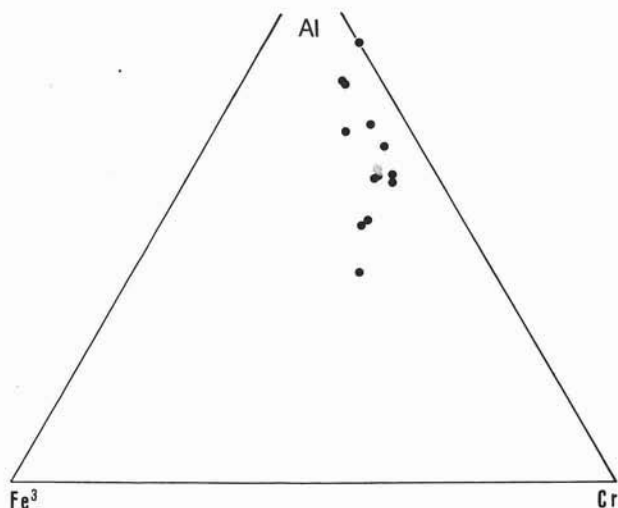


Fig. 7. — La posizione degli spinelli delle peridotiti della Rocca d'Argimonia in un diagramma triangolare Al - Fe<sup>3+</sup> - Cr.

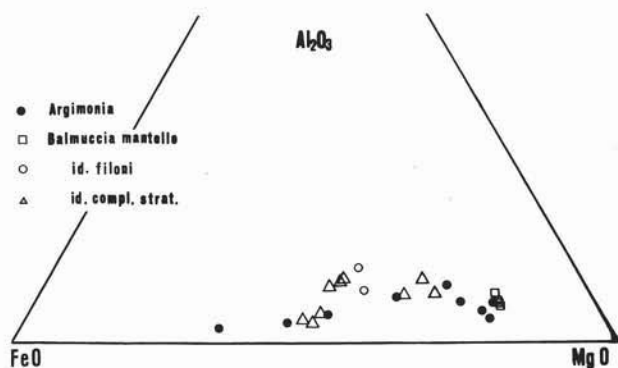


Fig. 8. — Ortopirosseni della Rocca d'Argimonia e di Balmuccia in un diagramma triangolare Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - FeO - MgO.

Analoghi risultati si hanno utilizzando il diagramma di fig. 7, dove sono riportati solo i valori degli spinelli dell'Argimonia. Un confronto con diagrammi analoghi, riportati sul lavoro di RIVALENTI e altri (1978-79), mostra una variabilità di composizione molto estesa negli spinelli dell'Argimonia, che si sovrappongono sia a quelli di Balmuccia (mantello e cumuliti) sia a quelli dei filoni di prima generazione. Si differenziano nettamente gli spinelli di Finero e quelli di Balmuccia di 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> generazione.

Gli ortopirosseni sono stati portati in diagramma triangolare con ai vertici i

valori di  $Al_2O_3$ ,  $FeO$  tot,  $MgO$  (fig. 8). Sono state utilizzate sia le analisi di ortopirosseni dell'Argimonia, sia quelle riportate nel lavoro di GARUTI e altri (1978-79) riguardanti Balmuccia. I risultati non sono da considerare molto indicativi, anche per la scarsità di dati; è da osservare come, in generale, gli ortopirosseni dell'Argimonia siano più scarsi in alluminio di quelli di Balmuccia.

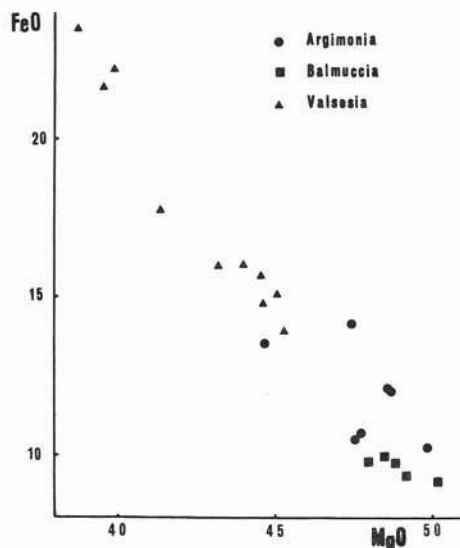


Fig. 9. — Olivine della Rocca d'Argimonia e di Balmuccia in un diagramma  $MgO$  -  $FeO$ . Si noti la parziale sovrapposizione delle olivine dell'Argimonia con quelle di mantello di Balmuccia.

Il diagramma delle olivine è a due componenti:  $FeO$  e  $MgO$  (fig. 9). In esso sono riportati i dati analitici di olivine dell'Argimonia e di olivine di Balmuccia, ricavate dal lavoro indicato poco sopra. Risulta una differenza piuttosto piccola tra olivine dell'Argimonia e di Balmuccia mantello, mentre le olivine della serie stratiforme di Balmuccia sono assai ricche in ferro; e i loro termini meno ferriferi si avvicinano solo alle olivine delle pirosseniti oliviniche.

Il confronto della composizione di alcuni minerali componenti non fa che ribadire, ma in modo meno evidente, l'analogia, ma non l'identità delle peridotiti dell'Argimonia con quelle di mantello di Balmuccia.

### Conclusioni

L'esame particolareggiato e diagrammato delle caratteristiche chimiche delle rocce e dei minerali della Rocca d'Argimonia porta a concludere che i diversi affioramenti esistenti nella zona non si differenziano tra loro e possono essere considerati come frammenti di una sola unità separata tettonicamente. Non si hanno passaggi graduali tra le ultrafemiti e le rocce gabbriche esistenti nella zona; manca perciò quel complesso stratiforme che a Balmuccia s'inserisce nel trend che dalle ultrafemiti di mantello porta al Main gabbro. Anche questa lacuna può essere attribuita a fatti tettonici forse accompagnati da laminazione.

L'analogia delle peridotiti è più con le rocce di mantello sia di Balmuccia, sia degli altri affioramenti della zona di Ivrea, come Baldissero e Finero, che con le peridotiti cumulitiche di Balmuccia e degli altri affioramenti della zona d'Ivrea (M. Capiro, Balma, Campello Monti, M. Kaval).

Rispetto a tutti gli affioramenti noti le peridotiti della Rocca d'Argimonia mostrano una variabilità molto maggiore, che può essere giustificata da una ridistribuzione di elementi in una fase di metamorfismo, che risulta molto evidente all'esame microscopico. Tale metamorfismo non appare nel complesso allochimico,

perciò, se può spiegare migrazioni di elementi a piccolo raggio, non è sufficiente a chiarire la posizione intermedia delle peridotiti dell'Argimonia tra quelle di mantello e quelle cumulitiche. È perciò consentito formulare l'ipotesi che le peridotiti della Rocca d'Argimonia appartengono a un tipo con condizioni genetiche diverse sia dalle peridotiti di mantello della zona di Ivrea, sia da quelle cumulitiche della stessa zona.

## BIBLIOGRAFIA

- BERTOLANI M., LOSCHI GHITTONI A. G. (1979) - *La zona a ultrabasiti della Rocca d'Argimonia nelle Prealpi Biellesi. 1. La petrografia.* Rend. Soc. It. Min. e Petr., 35 (2), 791-813.
- CAPEDRI S., CORADINI A., FANUCCI O., GARUTI G., RIVALENTI G., ROSSI A. (1977) - *The origin of the Ivrea-Verbano basic Formation (Italian western Alps). Statistical approach to the peridotite problem.* Rend. Soc. It. Min. e Petr., 33, 583-592.
- GARUTI G., RIVALENTI G., ROSSI A., SINIGOI S. (1978-79) - *Mineral equilibria as geotectonic indicators in the ultramafics and related rocks of the Ivrea-Verbano basic complex (Italian western Alps): pyroxenes and olivine.* Mem. Sc. Geol., 3, 147-160.
- LENSCH G. (1968) - *Die Ultramafite der Zone von Ivrea und ihre geologische Interpretation.* Schw. Min. Petr. Mitt., 48, 91-102.
- LENSCH G. (1971) - *Die Ultramafite der Zone von Ivrea.* Ann. Univ. Saraviensis, H. 9, 6-146.
- MIYASHIRO A., SHIDO F. (1975) - *Tholeiitic and calc-alkalic series in relation to the behaviors of titanium, vanadium, chromium and nickel.* Am. Journ. of Sci., 275, 265-277.
- RIVALENTI G., GARUTI G., ROSSI A. (1975) - *The origin of the Ivrea-Verbano basic formation (Western Italian Alps). Whole rocks geochemistry.* Boll. Soc. Geol. It., 94, 1149-1186.
- RIVALENTI G., GARUTI G., ROSSI A., SINIGOI S. (1978-79) - *Spinels as petrogenetic indicators in the Ivrea-Verbano basic complex (Italian Western Alps).* Mem. Sc. Geol., 33, 161-171.
- VARNE R., BROWN A. V. (1978) - *The Geology and Petrology of the Adams Adamsfield Ultramafic Complex, Tasmania.* Contr. to Min. a. Petr., 67, 195-207.