Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, 93 (1986) pagg 1-12, figg. 6

## G. CAPPONI, F. CAVANNA (\*)

# FIGURE D'INTERFERENZA A SCALA CARTOGRAFICA NEL SETTORE CENTRALE DEL GRUPPO DI VOLTRI, ALPI LIGURI (\*\*)

**Riassunto** — Il rilevamento geologico e strutturale di un settore centrale del Gruppo di Voltri ha messo in evidenza la presenza di un'organizzazione geometrica regolata dalla sovrapposizione di tre sistemi deformativi duttili. In particolare sono state rinvenute chiare sovrapposizioni tra strutture delle due fasi deformative più antiche, dalla scala dell'affioramento fino a quella cartografica. Il ritrovamento di figure d'interferenza a grande scala, reso possibile da situazioni geometriche particolarmente favorevoli, riveste carattere di originalità nell'ambito del Gruppo di Voltri ed ha permesso di controllare la coerenza dell'assetto strutturale a tutte le scale.

**Abstract** — Kilometric scale interference patterns in the central sector of the Voltri Massif, Ligurian Alps. The geologic and structural mapping in a central sector of the Voltri Massif outlines a geometric arrangement controlled by three ductile, superimposed, deformative systems. Particularly clear second phase folds superimposed on structures of the oldest phase were recognized, from outcrop till cartographic scale.

It is the first time that large scale interference patterns are recognized in the Voltri Massif (in this case due to good geometric situations) and this allows to control the coherency of the structural arrangement at all scales.

Key words — Tectonics, deformative phases, interference patterns, Voltri Massif, Liguria.

### INTRODUZIONE

Il Gruppo di Voltri è un massiccio costituito da ultramafiti (serpentiniti a relitti, serpentinoscisti e lherzoliti serpentinizzate in di-

<sup>(\*)</sup> Lavoro eseguito con il contributo finanziario MPI 40% del Gruppo per lo studio dei rapporti Alpi-Appennini.

<sup>(\*\*)</sup> Istituto di Geologia, Università di Genova, Corso Europa 30, Genova.

versa misura), metabasiti (eclogiti, metagabbri e prasiniti) e da sequenze metasedimentarie (Calcescisti s.l.). Nel 1975 CHIESA ET AL. ne proposero la suddivisione in diverse unità su basi metamorfiche e strutturali (Fig. 1). In questo lavoro faremo riferimento a quella suddivisione per comodità nei riferimenti geografici anche se, come abbiamo più volte sottolineato nei precedenti contributi, l'avanzare delle conoscenze sul Gruppo di Voltri ne ha rimesso in discussione le basi.



Fig. 1 — Schema strutturale del Gruppo di Voltri. 1) Unità Ponzema; 2) Unità Beigua (in nero pieno le eclogiti); 3) Unità San Luca-Colma; 4) Unità Varazze; 5) Unità Erro - Tobbio; 6) Unità Voltri - Rossiglione; 7) Unità Palmaro - Caffarella; 8) Unità Alpicella; 9) Unità Ortiglieto; 10) Unità limitrofe. Il riquadro indica l'area compresa nella carta interpretativa di Fig. 2.

L'area interessata da questo lavoro è al contatto tra l'Unità Beigua e l'Unità Voltri — Rossiglione, litologicamente rappresentate la prima da serpentiniti antigoritiche e serpentinoscisti e la seconda da calcescisti s.l. (comprendenti quarzoscisti, marmi a silicati, calcescisti s.s. e micascisti, non distinti cartograficamente tra di loro, contenenti percentuali variabili di carbonati, miche bianche, quarzo, epidoti, clorite, granato) e prasiniti s.l. in cui si possono distinguere metavulcaniti basiche ad anfiboli calcici, albite, clorite ed epidoti e meta — Mg — gabbri con analoghe paragenesi, qui rappresentati solo dal piccolo affioramento a sud del Rio Berlino. Questi ultimi litotipi sono noti in letteratura come «Prasiniti del M.te Colma», ma noi riteniamo più appropriato definirli meta — Mg — gabbri, considerandoli geometricamente appartenenti all'Unità Voltri — Rossiglione.

Per un'esauriente trattazione dei caratteri litologici e metamorfici di queste rocce rimandiamo ai lavori di Mazzuccottelli et Al. (1976), Cimmino & Messiga (1979), Piccardo et Al. (1979), Messiga & Piccardo (1980), Piccardo et Al. (1980) e Cimmino et Al. (1981).

#### 1) Assetto strutturale

In altri settori del Gruppo di Voltri è stata segnalata la presenza di tre fasi deformative duttili sovrapposte (AMENDOLIA & CAPPONI, 1984, CAPPONI ET AL., 1986, D'ANTONIO ET AL., 1984), che controllano l'assetto strutturale e quindi l'andamento degli affioramenti. Le caratteristiche strutturali dell'area interessata da questo studio ricalcano quelle già note in altre zone ed anche in questo caso sono stati riconosciuti tre sistemi plicativi sovrapposti; le due fasi deformative più antiche sono caratterizzate da pieghe di tipo simile, da mediamente aperte a isoclinali, scistogene, traspositive, seguite da una terza fase contraddistinta da pieghe più aperte, a geometria concentrica e generalmente senza sviluppo di scistosità o con scistosità di frattura in posizione assiale. Quando le pieghe della fase F2 sono isoclinali, esiste parallelismo tra la scistosità di piano assiale di queste pieghe e le superfici da esse deformate: in questi casi abbiamo ritenuto utile introdurre il concetto di «fabric» composito di trasposizione, con cui intendiamo la superficie multipla formata dalla scistosità di piano assiale delle strutture della seconda fase deformativa più le superfici pre-F2 ad essa parallele. Per brevità indicheremo con A2 ed A3 gli assi delle strutture della seconda e terza fase deformativa, con S1, S2 ed S3 le superfici assiali delle strutture di prima, seconda e terza fase e con F.C. il «fabric» composito appena descritto.

Ancora in analogia ad altre zone, la sovrapposizione di strutture della seconda fase deformativa su strutture della prima genera «patterns» d'interferenza riconducibili al tipo 3 secondo la classificazione proposta da RAMSAY (1967) e rivista da THIESSEN & MEANS (1980). Ricordiamo a questo proposito che «patterns» di questo tipo si originano quando esiste parallelismo tra l'asse della fase più antica e la direzione «b» del sistema di piegamento più recente e tra la normale alla superficie assiale della fase più antica e la direzione «a» del sistema di piegamento più recente.

Le strutture della seconda fase deformativa hanno assi con orientazioni intorno a 100 ed immergenti verso E, mentre i piani assiali hanno orientazioni intorno a 160 ed immergono verso NE.

Le strutture della terza fase plicativa hanno assi orientati intorno a 30 e generalmente immergenti verso SW e piani assiali con la stessa orientazione, immergenti verso NW. Con orientazioni degli elementi strutturali di terza fase di questo tipo, i due parametri angolari diagnostici per la formazione di «patterns» d'interferenza, calcolati rispetto alla seconda fase, sono ambedue circa uguali a 90°: quindi la sovrapposizione delle strutture di terza fase su quelle di seconda dovrebbe generare delle figure d'interferenza del tipo 1 (a duomi e bacini). Di fatto però queste figure non sono identificabili e ciò è probabilmente dovuto alla grande lunghezza d'onda della terza fase.

L'orientazione della terza fase di deformazione inoltre contrasta con quelle finora accertate per gli eventi deformativi più recenti in altri settori del massiccio di Voltri e ciò purtroppo non aiuta certo a chiarire le correlazioni tra le fasi deformative visibili in diverse zone.

Dal punto di vista delle deformazioni fragili sono state individuate (dapprima su foto aerea e quindi controllate sul terreno) due faglie nella parte S-E della zona rilevata. Esse mostrano di essere posteriori agli eventi deformativi duttili, dislocando un dispositivo strutturale già organizzato e controllato dalle tre fasi deformative che abbiamo descritto. Inoltre mostrano rapporti di sovrapposizione

Fig. 2 — Carta interpretativa desunta da una carta degli affioramenti alla scala originale 1/5000. 1) Serpentiniti e serpentinoscisti; 2) Meta - Mg - gabbri; 3) Metavulcaniti basiche; 4) Calcescisti s.l.; 5) Brecce e conglomerati del Bacino Terziario Piemontese; 6) traccia di piano assiale di strutture di prima fase e 7) di seconda fase; 8) faglia: i quadratini sono dalla parte ribassata; 9) contatti con affidabilità dal 70 al 100%, 10) dal 40 al 70% e 11) minore del 40%; 12) assi di pieghe di seconda fase e 13) di terza fase; 14) Misure di S1, 15) di S2, 16) di «Fabric» composito e 17) di strati sedimentari nei terreni del Bacino Terziario Piemontese. La stella indica l'ubicazione dell'affioramento di Fig. 6.



С

reciproca: la più antica ha un'orientazione intorno a 160° ed è una faglia diretta con il lembo occidentale ribassato rispetto a quello orientale; la più recente ha un'orientazione circa N-S e si tratta ancora di una faglia diretta, con il lembo orientale ribassato rispetto a quello occidentale. Sistemi di faglie con queste orientazioni e con queste caratteristiche sono state individuati in settori contigui del Gruppo di Voltri da CAPPONI ET AL. (1986) e da DE RIU & SILETTO (comunicazione personale).

## 2) DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

La carta interpretativa presentata in Fig. 2 è stata desunta da una carta degli affioramenti alla scala 1/5000, frutto di un rilevamento condotto con il maggior dettaglio possibile. A causa delle percentuali d'affioramento molto basse (inferiori al 10%) abbiamo preferito attribuire i contatti della carta interpretativa a tre classi d'attendibilità a seconda che le condizioni d'esposizione permettano una maggiore o minore aderenza dell'interpretazione alla realtà geologica.

La carta di Fig. 2 inoltre si riferisce solo ad una parte della zona rilevata, che contiene una struttura particolarmente interessante: si tratta di un dispositivo deformativo realizzato dalla seconda fase plicativa, delineato dai contatti litologici tra serpentiniti, calcescisti e prasiniti, con un fianco meridionale fortemente inclinato ed una zona di cerniera quasi in corrispondenza del Fiume Stura (cartograficamente complicata dalla presenza delle due faglie); il secondo fianco invece assume un andamento circa N-S, con un'inclinazione meno accentuata verso E (Fig. 3 e 4). L'angolo d'apertura tra i due fianchi sembra molto ampio, ma ciò è dovuto ad una particolare intersezione della struttura con la topografia; in realtà l'angolo diedrale tra i due fianchi è intorno ai 50°. Anche un angolo d'apertura del genere comunque è abbastanza inconsueto per le strutture di seconda fase, che più spesso hanno aperture minori ed a volte addirittura geometrie isoclinali; d'altra parte anche nell'ambito delle strutture di uno stesso evento deformativo è lecito attendersi variazioni di stile anche sensibili.

Sul fianco orientale della struttura inoltre si può osservare come il contatto tra calcescisti e serpentiniti disegni delle geometrie isoclinali, sottolineando la chiusura cartografica dei calcescisti verso nord, poco a sud del Rio Berlino.

La struttura presenta un ampio corteggio di elementi struttura-



Fig. 3 — «Diagramma blocco» 1) Serpentiniti e serpentinoscisti; 2) Calcescisti s.l.; 3) Metavulcaniti basiche; 4) Brecce e conglomerati del Bacino Terziario Piemontese. Le elaborazioni grafiche relative alla topografia sono state effettuate con sistema C.A.D. Computervision Designer-M.

li a scala più o meno grande, tutti concordi con la geometria individuata a scala cartografica: in particolare segnaliamo la presenza di simmetrie ad M nella zona di cerniera e di pieghe minori assimmetriche sui fianchi, da scala centimetrica fino a scala decametrica: ancora sui fianchi sono ben evidenti le ondulazioni prodotte dalla terza fase deformativa. Gli assi della struttura, ben rilevabili soprattutto nella parte centro meridionale della zona, immergono verso est, lasciando intendere un inviluppo duttile delle serpentiniti nei confronti del calcescisti (e quindi a più larga scala una sovrapposizione geometrica delle serpentiniti sui calcescisti).



Fig. 4 — «Diagramma blocco» del volume rilevato, privo del rilievo topografico. Sono state riportate le superfici di contatto tra le varie formazioni ignorando i terreni del Bacino Terziario del Piemonte.

## 3) DISCUSSIONE

Sulla base dei dati fin qui esposti proponiamo alcune ipotesi riguardanti le strutture descritte. Particolarmente interessante da discutere ci sembra la chiusura cartografica dei calcescisti sul fianco orientale della grande piega di seconda fase, a sud del Rio Berlino. Tale chiusura potrebbe essere attribuita ad una struttura isoclinale realizzata dalla prima fase plicativa ed in questo caso i fianchi della struttura di fase 2 sarebbero costituiti dal «fabric» composito di trasposizione formato dalla S1 e da superfici ancora precedenti, deformate dalla F1. Un ostacolo a tale interpretazione è l'assenza delle prasiniti intercalate tra i calcescisti e le serpentiniti, all'esterno della struttura, ma l'esperienza di rilevamento sul Gruppo di Voltri ci ha insegnato che molto frequentemente gli orizzonti di prasiniti mancano di continuità laterale. Elisioni di questo genere sono state riscontrate spesso nell'ambito di queste litologie e nella nostra opinione possono essere spiegate da un'originaria discontinuità dei livelli basaltici da cui le metavulcaniti derivano, oltre che da laminazioni tettoniche, la cui presenza in parecchi casi non può essere esclusa.

L'intero dispositivo strutturale sarebbe quindi formato dalla sovrapposizione geometrica di strutture di due distinti eventi deformativi, rappresentando una figura d'interferenza del tipo tre a scala chilometrica, coerentemente ai «patterns» visibili a scala minore, come quello presentato in Fig. 6, rinvenuto sul fianco meridionale della struttura stessa. È suggestivo quindi notare come le caratteristiche geometriche visibili a scala metrica presentino completa coerenza strutturale con ciò che è visibile a scala cartografica.

Per quanto riguarda l'orientazione degli elementi strutturali, dallo stereogramma di Fig. 5 si può osservare come esista buona concordanza tra l'A2 calcolabile dalla dispersione delle S1 e gli assi di strutture mesoscopiche di seconda fase misurati sul terreno, ciò che testimonia, per l'area in esame, la cilindricità delle strutture di questa fase deformativa e la scarsa dispersione degli elementi planari effettuata dalla terza fase di piegamento.



Fig. 5 — Reticolo di Schmidt, emisfero inferiore.

Inoltre si nota una buona costanza nell'orientazione degli A2, contrariamente ad altre zone del Gruppo di Voltri dove dispersioni più o meno evidenti sul piano assiale sono causate dal non cilindrismo delle strutture di seconda fase; in questo caso non si nota un



Fig. 6a — Figura d'interferenza del tipo 3 nelle metavulcaniti basiche a SW del Cotonificio Ligure (per l'ubicazione vedi Fig. 2). In quest'affioramento è visibile la sovrapposizione di tutte e tre le fasi deformative le cui pieghe sono sottolineate da salti di colore, che riflettono differenze di composizione nell'ambito delle metavulcaniti.



Fig. 6b — Schematizzazione semplificata della Fig. 6a. Le linee contrassegnate da uno, due e tre punti sono rispettivamente le tracce dei piani assiali delle strutture di prima, seconda e terza fase.

comportamento del genere ed anche questo testimonia a favore di una cilindricità delle pieghe della seconda fase deformativa.

Questa situazione geometrica dovrebbe essere favorevole per la valutazione della dispersione degli A2 effettuata dalla terza fase deformativa: infatti se le pieghe di seconda fase non sono cilindriche, gli A2 subiscono due tipi di dispersione: in primo luogo la rotazione sul piano assiale dovuta al non cilindrismo ed in secondo luogo la dispersione effettuata dalla terza fase plicativa. Viste le caratteristiche delle strutture della terza fase (pieghe blande a geometria concentrica), ci aspetteremmo una dispersione degli A2 su una porzione di cerchio minimo (RAMSAY, 1967); tuttavia non ci sembra possibile leggere lo stereogramma in questo modo.

D'altra parte lo stesso Ramsay ammette che questo tipo di dispersione è poco frequente e ciò sembra confermato nel Gruppo di Voltri: in tutte le zone di cui gli scriventi hanno esperienza le fasi più recenti sono a geometria concentrica, ma non è mai stata riscontrata una chiara dispersione degli A2 su un cerchio minimo.

## 4) CONCLUSIONI

Nei precedenti contributi dedicati all'analisi strutturale del Gruppo di Voltri, avevamo messo in evidenza come fosse arduo il riconoscimento di figure d'interferenza a scala maggiore di quella metrica o al massimo plurimetrica: per solito la trasposizione effettuata da una seconda fase deformativa isoclinale o quasi ha l'effetto di parallelizzare in un unico «fabric» composito le superfici strutturali di diverse generazioni, rendendo virtualmente impossibile discernere le strutture della seconda fase plicativa da quelle più antiche. Sebbene anche nella zona in questione le strutture di seconda fase siano spesso quasi isoclinali, ciò non avviene nel caso particolare della struttura presentata. Abbiamo infatti a che fare con una piega a scala chilometrica con un angolo d'apertura tra i fianchi di circa 50° (e che perciò non presenta parallelismo dei fianchi), caratterizzata da una trasposizione meno intensa. Questo fatto ha permesso di riconoscere la sovrapposizione di strutture di diverse generazioni e di evincere quindi la datazione relativa delle fasi deformative. Il riconoscimento di figure d'interferenza dalla scala dell'affioramento sino a quella cartografica, ha infine permesso di controllare la coerenza geometrica del dispositivo strutturale a tutte le scale.

#### Ringraziamenti

Vogliamo ringraziare il Dott. Gerardo Brancucci per il fondamentale aiuto fornito nell'elaborazione dei «diagrammi blocco» A e B e la Computervision Italia per la fornitura del sistema C.A.D.

#### BIBLIOGRAFIA

- AMENDOLIA M. & CAPPONI G. (1985) Fasi deformative ed interpretazione strutturale del Gruppo di Voltri: primo contributo. *Boll. Soc. Geol. It.*, **104**, 297-309.
- CAPPONI G., PACCIANI G. REBORA A. & AMENDOLIA M (1986) Analisi strutturale del settore centro meridionale del Massiccio di Voltri, Alpi Liguri. *Boll. Soc. Geol. It., in stampa.*
- CHIESA S., CORTESOGNO L., FORCELLA F., GALLI M., MESSIGA B., PASQUARE G., PEDEMONTE G.M., PICCARDO G.B. & ROSSI P.M. (1975) — Assetto strutturale ed interpretazione geodinamica del Gruppo di Voltri. *Boll. Soc. Geol. It.*, **94** (3), 555-582.
- СІММІЮ F. & MESSIGA B. (1979) I calcescisti del Gruppo di Voltri (Liguria Occidentale): le variazioni composizionali delle miche bianche in rapporto alla evoluzione tettonico - metamorfica Alpina. *Ofioliti*, **4** (3), 269-294.
- CIMMINO F., MESSIGA B. & PICCARDO G. (1981) Le caratteristiche paragenetiche dell'evento eo-alpino di alta pressione nei diversi sistemi (pelitici, femici, ultrafemici) delle ofioliti metamorfiche del Gruppo di Voltri (Liguria Occidentale). *Rend. Soc. It. Miner. Petr.*, **37** (1), 419-446.
- D'ANTONIO D., GOSSO G., MESSIGA B., SCAMBELLURI M. & TALLONE S. (1984) Analisi strutturale e ricostruzione litostratigrafica al margine sud - occidentale del massiccio di Voltri, Alpi Liguri. *Mem. Soc. Geol. It., in stampa.*
- MAZZUCCOTTELLI G., MESSIGA B. & PICCARDO G. (1976) Caratteristiche petrografiche e geochimiche delle prasiniti dell'Unità Voltri - Rossiglione (Gruppo di Voltri). Ofioliti, 2, 255-278.
- MESSIGA B. & PICCARDO G.B. (1980) Eclogitic assemblages in Mg-gabbroic protoliths of the Voltri massif. *Ofioliti*, **5** (1), 107-110.
- PICCARDO G.B., MESSIGA B. & MAZZUCCOTELLI A. (1979) Chemical petrology and geodynamic evolution of the ophiolitic metavolcanites (prasinites) from the Voltri Massif Piemontese ophiolite nappe (Western Liguria, Italy). Ofioliti, 4 (3), 373-402.
- PICCARDO G.B., MESSIGA B. & CIMMINO F. (1980) Antigoritic serpentinites and rodingites of the Voltri massif: some petrological evidence for their evolutive history. *Ofioliti*, 5 (1), 111-114.

RAMSAY J.G. (1967) — Folding and fracturing of rocks. *Mc Graw-Hill*, New York, 568 pp. THIESSEN R.L. & MEANS W.D. (1980) — Classification of fold interference patterns: a reexamination. *Journ. Struct. Geol.*, **2** (3), 311-316.

(ms. pres. il 15 Dicembre 1986; ult. bozze il 30 Marzo 1987)