

R. CAROSI (\*), C. FRASSI (\*), S. MAGI (\*), C. MONTOMOLI (\*)

## ANALISI STRUTTURALE DELL'ANTIFORME DI LODÈ-MAMONE (SARDEGNA NORD-ORIENTALE): UN ESEMPIO DI INTERFERENZA COMPLESSA A SCALA CHILOMETRICA NEL BASAMENTO ERCINICO SARDO

**Riassunto** - Il rilevamento geologico di dettaglio e l'analisi meso e microstrutturale effettuate nel Complesso degli Ortogneiss di Lodè-Mamone (Baronie, Sardegna NE) hanno messo in luce per la prima volta la presenza di due diversi sistemi di pieghe attribuibili alla seconda e alla terza fase deformativa caratterizzati da direzioni assiali circa ortogonali (rispettivamente WNW-ESE e SW-NE) e piani assiali fortemente inclinati. Il presente studio evidenzia come l'antiforme di Lodè-Mamone, interpretata fino ad oggi come una semplice antiforme di seconda fase, sia in realtà il risultato dell'interferenza tra la fase D2 e i sistemi plicativi attribuibili alla terza fase.

All'interno del complesso di ortoderivati acidi inoltre, è stata documentata un'ampia varietà litologica legata alla presenza di una serie di intrusioni granitoidi a chimismo variabile di età ordoviciana mai descritta in precedenza.

**Parole chiave** - Sardegna nord-orientale, Baronie, Basamento Ercinico, Ortogneiss di Lodè-Mamone, pieghe, interferenza.

**Abstract** - *Structural analysis of Lodè-Mamone Antiform (North-eastern Sardinia). An example of complex kilometric interference pattern in the Hercynian Basement of Sardinia.* Detailed geological mapping paired with meso to microstructural analyses pointed out the presence, in the Lodè-Mamone Ortogneiss Complex (Baronie, North-eastern Sardinia), of two folds systems developed during the third deformation phase overprinting older D2 antiforms and synforms. These systems of fold are characterized by axes trending respectively WNW-ESE and SW-NE and steeply dipping axial planes. As a result of this study, the structure, previously interpreted as a simpler second phase-related antiform, can be better explained as the result of interference pattern between the second and the third phase-related fold systems. Greater lithological complexity can be observed also in the acid orthoderivate complex, resulting from metamorphism on a series of Ordovician granitoid intrusions.

**Key words** - Northeastern Sardinia, Baronie, Hercynian Basement, Lodè-Mamone Orthogneiss, folds, interference pattern.

### INTRODUZIONE

La tettonica del basamento varisico è stata oggetto di studi dettagliati a partire dalla fine degli anni '70 (Carmignani & Pertusati, 1979). In particolare sono state descritte le strutture della porzione centro-meridionale dell'isola (Carmignani *et al.*, 1995) in quanto le

successioni di basso grado metamorfico hanno meglio registrato le deformazioni plicative carbonifere. Meno informazioni sono invece disponibili per le strutture plicative del basamento di medio grado metamorfico (Franceschelli *et al.*, 1982) dove l'aumento di pressione e temperatura e l'intensità dell'evento deformativo traspressivo D2 hanno obliterato gran parte delle strutture alla fase collisionale D1. All'interno del basamento di medio grado metamorfico l'Antiforme di Lodè-Mamone (Ghezzi & Ricci, 1977; Franceschelli *et al.*, 1982; Elter *et al.*, 1986) è senza dubbio una delle maggiori e più interessanti strutture varisiche osservabili nella regione delle Baronie (Fig. 1). Si tratta di una piega a scala plurichilometrica, con immersione assiale verso SE, che si estende dalla costa (area tra Posada e La Caletta), per circa 30-35 km verso l'interno, fino alla colonia penale di Mamone (Fig. 2). I principali litotipi presenti sono rappresentati da ortoderivati acidi (ortogneiss granodioritici e *augen gneiss* a composizione granitica) interrotti al loro interno da due sottili fasce di micascisti che costituiscono due sinformi ad andamento circa E-W, situate tra Mamone e il Rio Mannu, e tra S. Anna e La Caletta (Fig. 2).

Gli ortoderivati acidi sono stati oggetto di studi geocronologici a partire dagli anni '70. Analisi con il metodo Rb/Sr su roccia totale, effettuate sia sugli ortogneiss granodioritici, sia sugli *augen gneiss*, hanno fornito età rispettivamente di  $458 \pm 31$  Ma e  $441 \pm 33$  Ma (Ferrara *et al.*, 1978). È stato così possibile attribuire un'età ordoviciana al protolite igneo e un'età varisica alla deformazione e al metamorfismo Barroviano (Rb/Sr:  $306 \pm 10$  Ma per gli *augen gneiss* e  $290-310$  Ma per l'ortogneiss granodioritico, Ferrara *et al.*, 1978). Si tratterebbe dunque di un originario complesso magmatico, in prevalenza intrusivo, dell'Ordoviciano medio, prodotto dalla stessa fase responsabile della messa in posto dell'Ortogneiss di Capo Spartivento e del vulcanismo di arco visibile nelle successioni delle Falde Esterne della Sardegna meridionale (Carmignani *et al.*, 1994).

Se da tempo però, è nota sia la struttura antiforme del complesso, sia la natura magmatica degli orthogneiss, più problematica risulta l'individuazione del protolite degli *augen gneiss* e l'interpretazione delle loro relazioni con gli ortogneiss granodioritici.

La struttura dell'antiforme di Lodè-Mamone è stata considerata fino ad oggi come interamente riconducibile alla seconda fase deformativa D2 che è, tra l'altro,

(\*) Dipartimento di Scienze della Terra, via S. Maria 53, I-56126 Pisa.

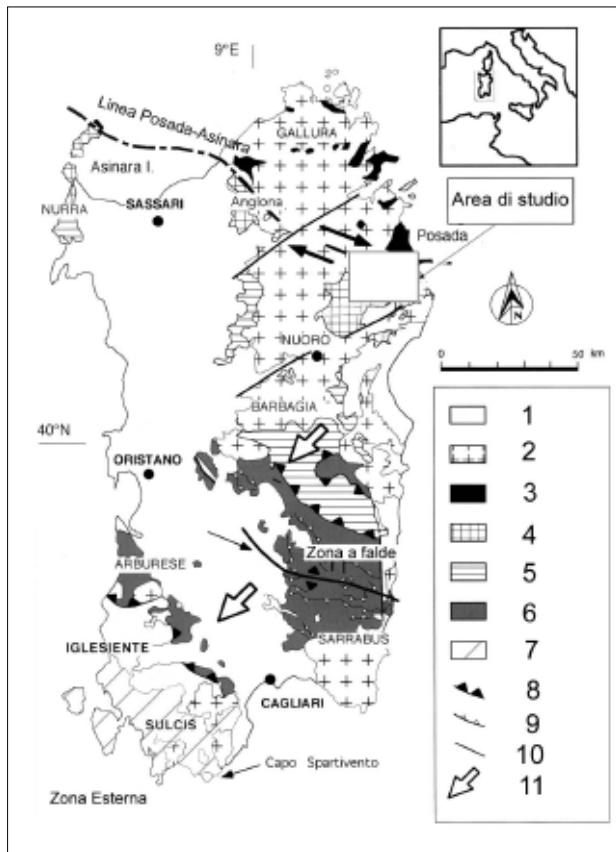


Fig. 1 - Schema geologico della Sardegna e localizzazione dell'area studiata. 1, depositi post-varisici; 2, batolite varisico; 3, complesso metamorfico di alto grado; 4, falde interne (metamorfismo di basso-medio grado); 5, falde interne (metamorfismo di basso grado); 6, falde esterne; 7, zona esterna; 8, thrust primari; thrust secondari; 10, faglie; 11, principale direzione di trasporto tettonico.

responsabile delle principali strutture affioranti nelle zone circostanti (Carmignani *et al.*, 1982; Elter *et al.*, 1986; Elter *et al.*, 1994). I primi studi (Ghezzi & Ricci, 1977; Ferrara *et al.*, 1978; Franceschelli *et al.*, 1982; Elter *et al.*, 1986) descrivono un'antiforme stretta a geometria isoclinale, con un piano assiale orientato circa E-W immergente verso sud, individuata da affioramenti di ortogneiss granodioritici al nucleo e di *augen gneiss* lungo i fianchi. Una prima modifica a questo quadro è stata presentata nella carta della Sardegna (Foglio Nord) alla scala 1:200.000 (Carmignani *et al.*, 2001), dove il nucleo della sinforme di Mamone risulta in continuità con i micascisti a granato delle aree meridionali, individuando così due complessi indifferenziati di «ortogneiss granodioritico e *augen gneiss* granitico».

#### INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il Basamento Sardo è un segmento della Catena Varisica Sud-europea, costituito da rocce magmatiche del Carbonifero e da metasedimenti di età compresa tra

il Cambriano e il Carbonifero inferiore, caratterizzati da un metamorfismo Barroviano sin-collisionale progrado verso nord (Franceschelli *et al.*, 1982; Ricci *et al.*, 2004 con bibliografia). La struttura collisionale del Basamento Varisico Sardo è caratterizzata dal sovrascorrimento di un Complesso Metamorfico di Alto Grado su un Complesso Metamorfico di Medio e Basso Grado, che viene a sua volta generalmente suddiviso in una Zona a Falde (Falde Interne e Falde Esterne) e una Zona Esterna (Carmignani *et al.*, 1994) (Fig. 1). I due complessi metamorfici sono separati da un'importante zona di taglio duttile retrocessa in scisti verdi, la Linea Posada-Asinara, interpretata da alcuni autori come una sutura Varisica (PAL: Cappelli *et al.*, 1992).

La prima fase deformativa D1 è connessa alla fase collisionale e alla messa in posto delle falde e quindi alla formazione delle strutture a vergenza SW presenti nella Zona a Falde e nella Zona Esterna, mentre la seconda fase deformativa D2 sarebbe responsabile dell'esumazione in regime traspressivo delle rocce di medio grado delle Falde Interne (Carosi & Oggiano, 2002; Carosi & Palmeri, 2002).

L'area studiata, situata nella regione delle Baronie, rappresenta un segmento della «Zona Assiale» della Catena Sarda (Carmignani *et al.*, 1982) (Figg. 1 e 2), caratterizzata dalla presenza di filladi, micascisti e paragneiss porfiroblastici, intrusi da un complesso di ortoderivati composto da ortogneiss granodioritici e *augen gneiss* granitici di età ordoviciana (Ferrara *et al.*, 1978). Nella parte settentrionale dell'area affiorano migmatiti, gneiss migmatitici e corpi di anfiboliti con relitti granulitici ed eclogitici (Franceschelli *et al.*, 1982; 1989). Le associazioni mineralogiche nelle rocce metasedimentarie hanno permesso di distinguere sei zone metamorfiche con metamorfismo progrado verso NE: zona a biotite, a granato, a staurolite + biotite, a cianite + biotite, a sillimanite + biotite e a sillimanite + K-feldspato (Franceschelli *et al.*, 1982, 1989; Ricci *et al.*, 2004). L'età radiometrica del metamorfismo è stata determinata con vari metodi: Rb/Sr su roccia totale:  $344 \pm 7$  Ma (Ferrara *et al.*, 1978); U-Pb su zirconi:  $328 \pm 8$  Ma (Palmeri *et al.*, 1997, 2004); Ar-Ar su mica bianca: 340 Ma per la fase D1 e 320-310 Ma per la fase D2 (Carosi *et al.*, 2002; Di Vincenzo *et al.*, 2004). Il limite superiore per l'età di deformazione è fissato a circa 290-310 Ma dall'età dei granitoidi indeformati (Rb/Sr su roccia totale: Del Moro *et al.*, 1975).

#### ANALISI STRUTTURALE

##### Fase deformativa D1

La fase D1 risulta completamente trasposta dalle fasi deformative successive. Le evidenze della fase D1 sono rappresentate dai relitti della foliazione S1 osservabili in sezione sottile e, più raramente, anche a scala mesoscopica (Fig. 3). A scala microscopica, la foliazione S1 si presenta come una foliazione spaziata disgiuntiva data dall'alternanza di nastri quarzoso-feldspatici grossolani, nastri quarzosi a granulometria più fine e sottili livelli lepidoblastici.

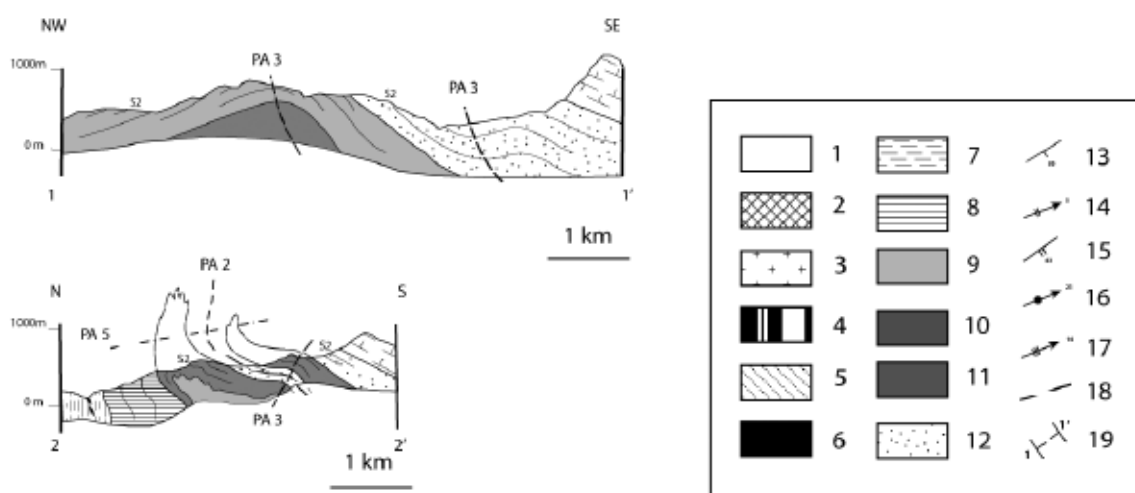
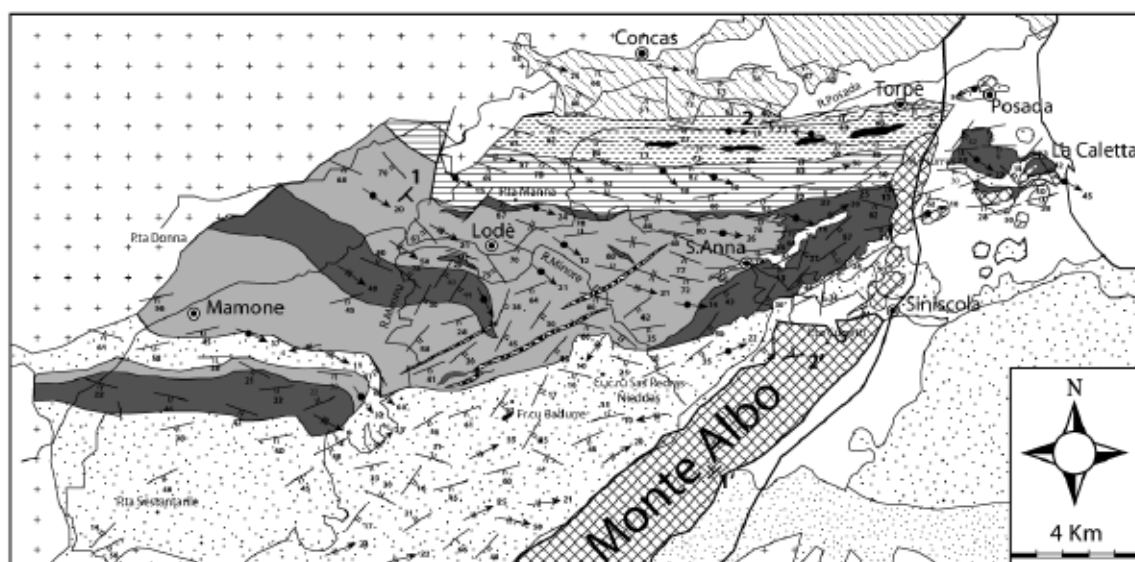


Fig. 2 - Carta geologico-strutturale dell'area in esame e relative sezioni geologiche. 1: Depositi sedimentari plio-quadernari; 2: Carbonati di piattaforma, depositi continentali ed evaporiti (Trias-Cretaceo); 3: Granitoidi tardo-ercinici; 4: Complesso filoniano tardo-ercinico; 5: Complesso di migmatiti e gneiss migmatitici delle zone a Sil + Ms e Sil + Kfs; 6: Anfiboliti con relitti dei facies granulitiche ed eclogitiche; 7: Miloniti della zona ad alto strain della Valle del Posada; 8: Micascisti, paragneiss e quarziti delle zone a St + Bt e Ky + Bt; 9: Ortogneiss granodioritici ( $458 \pm 31$  Ma); 10: *Augen* gneiss granitici ( $441 \pm 33$  Ma) e ortogneiss leucogranitici; 11: Anfiboliti e marmi; 12: Micascisti, paragneiss e quarziti della zona a Grt; 13: Foliazione S1; 14: Asse di piega F2; 15: Foliazione S2; 16: Lineazione di estensione L2; 17: Asse di piega F3; 18: Faglia; 19: Traccia di sezione geologica.

Benché rara, la presenza di questa foliazione testimonia lo sviluppo di una fase deformativa che ha coinvolto sia il plutone ordoviciano sia le coperture sedimentarie del Cambriano-Carbonifero inferiore, confermando quindi che i due complessi sono stati interessati da un'identica storia deformativa.

### Fase deformativa D2

In tutta l'area investigata la seconda fase deformativa è la fase più evidente alla meso e microsca. L'intera struttura dell'Antiforme di Lodè-Mamone infatti, è stata da sempre attribuita interamente a questo evento deformativo (Carmignani *et al.*, 1982). Come nel resto

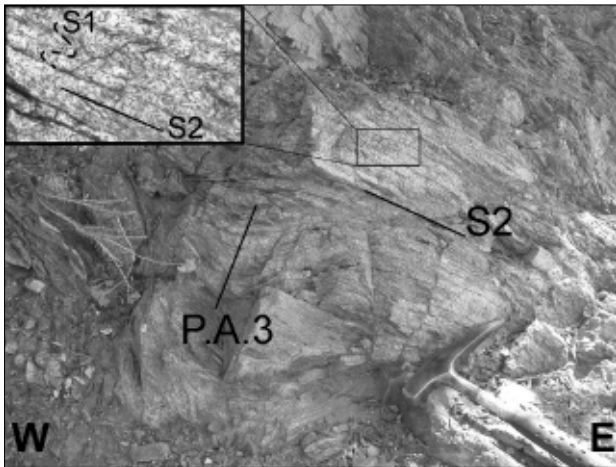


Fig. 3 - Foliation S2 nell'ortogneiss granodioritici interessata da una piega F3 con piano assiale fortemente inclinato. Nel particolare in alto a sinistra sono ben evidenti i relitti della foliazione S1 preservati all'interno dei *microlithons* di seconda fase.

del Complesso di Medio grado nel settore di catena indagato, la fase D2 è associata ad una componente traspressiva caratterizzata da un senso di trasporto principale *top-to-NW* (Carosi & Palmeri, 2002), che presenta tuttavia una leggera dispersione con sensi di taglio che talvolta mostrano un movimento *top-to-N-NE*. Negli ortogneiss sono state documentate strutture di taglio e lineazioni di estensione e di allungamento mineralogico parallele allo sviluppo della catena, mentre tessiture milonitiche con lineazioni meno sviluppate sembrano dominare nei micascisti milonitici a cianite e staurolite nella porzione più settentrionale dell'area investigata (es. Cantoniera Monte Tundu). L'unica eccezione è rappresentata dallo sviluppo di *boudins* di micascisti all'interno degli ortoderivati acidi in prossimità del contatto tra *augen gneiss* e micascisti a Staurolite. Queste strutture potrebbero essere interpretate come il prodotto dell'intensa deformazione di taglio che ha interessato la Valle del Rio Posada, o più probabilmente come il prodotto della deformazione di *enclaves* nell'intrusione magmatica ordoviciana dell'originaria roccia incassante.

#### Pieghe F2

Le pieghe F2 sono visibili sia alla microscala, generalmente nei livelli quarzo-feldspatici, sia alla mesoscala. Sono pieghe isoclinali, talvolta ptigmatiche, con cerniera arrotondata e ispessita rispetto ai fianchi (classe 2: Ramsay, 1967), che possono essere classificate come B5, secondo l'analisi armonica di Hudleston, (1973) (Fig. 4). Le direzioni assiali delle pieghe F2 seguono l'andamento generale della struttura ed hanno orientazioni in prevalenza N120-130E con immersioni di 20-30° verso SE (Fig. 5).

I piani assiali, paralleli all'andamento della foliazione S2, presentano forti inclinazioni verso sud, di 50-80°, anche se le orientazioni assumono un andamento più disperso all'interno del complesso di ortogneiss.

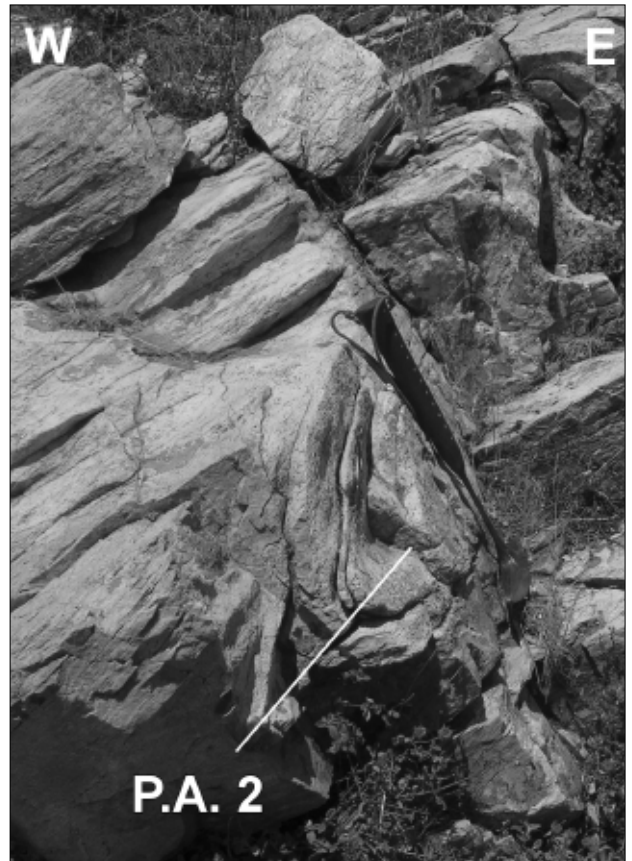


Fig. 4 - Piega F2 chiusa nell'ortogneiss leucogranitico in prossimità della colonia penale di Mamone.

#### Foliazione S2

La foliazione S2 rappresenta il principale elemento planare documentato in entrambi i complessi metamorfici indagati. A scala mesoscopica si presenta come un'anisotropia penetrativa che solo raramente (dove sono preservati relitti della foliazione S1) si sviluppa come superficie di crenulazione discreta, generalmente associata ad un taglio coerente con la deformazione generale riscontrata nell'intera regione.

Alla scala microscopica, la foliazione S2 appare come una foliazione spaziata disgiuntiva, data da alternanze di livelli quarzo-feldspatici grossolani, quarzosi fini e sottili livelli con biotite, mica bianca e clorite.

#### Lineazione di estensione

La lineazione di estensione L2 è definita principalmente dall'allungamento dei cristalli di quarzo e degli aggregati di mica bianca e biotite nei micascisti e dall'isorientazione dei porfiroclasti di K-feldspato all'interno degli *augen gneiss*. La direzione è sub-parallela a quella degli assi delle pieghe F2 (Fig. 5) e quindi all'andamento della catena, con inclinazioni di circa 20-30° verso SE, confermando così il carattere traspressivo della seconda fase deformativa (Carosi & Palmeri, 2002; Carosi & Oggiano, 2002; Carosi *et al.*, 2004).

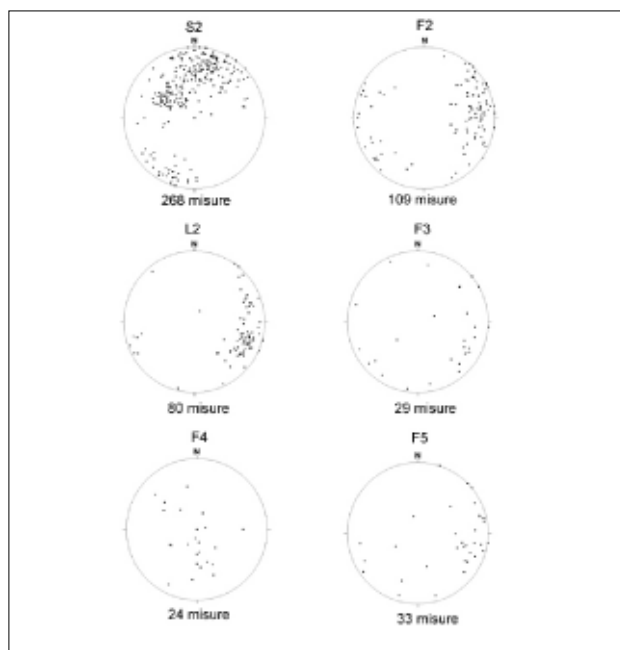


Fig. 5 - Proiezioni stereografiche dei principali elementi strutturali associati alle fasi deformative descritte. S2: foliazione della fase deformativa D2; L2: lineazione di estensione della fase D2; F3: pieghe della terza fase deformativa D3; F4: pieghe della quarta fase deformativa D4; F5: pieghe di collasso imputabili alla quinta fase deformativa D5.

#### Indicatori cinematici

Le microstrutture legate alla deformazione di taglio sono particolarmente sviluppate all'interno delle fasce a tessitura occhiadina nella parte settentrionale dell'ortogneiss, dove *shear bands*, (principalmente strutture S-C'), porfiroclasti tipo sigma di microclino, *mirmekiti* asimmetriche sviluppate nelle zone di alto *strain* e fratture antitetiche indicano chiaramente un taglio *top-to* NNW. All'interno di queste miloniti, è inoltre osservabile un'orientazione preferenziale dei *subgrains* di quarzo, coerente con gli altri indicatori cinematici.

I litotipi situati nel settore meridionale dell'area indagata risultano più poveri di indicatori di taglio, in particolare gli ortogneiss granodioritici, dove tuttavia sono localmente sviluppate strutture tipo *shear bands*.

#### Fase deformativa D3

I lavori presenti in letteratura considerano la terza fase deformativa come una fase di minore importanza nello sviluppo della catena, soprattutto se confrontata con le intense deformazioni associate alla fase D1 della Sardegna meridionale e a quelle della fase D2 nel settore settentrionale dell'isola.

In questo lavoro è stata documentata la presenza di due diversi sistemi plicativi che, pur essendo attribuibili a questo evento deformativo, presentano tra loro direzioni assiali sub-ortogonali. Per la mancanza di chiare evidenze di sovrapposizione si è preferito indicare i due sistemi plicativi con F3a e F3b, rispettivamente le

pieghe con direzione assiale sub-parallela e sub-ortogonale all'andamento della catena.

#### Pieghe F3a

Le pieghe F3a rappresentano il principale elemento strutturale associato a questa fase deformativa. Da un punto di vista morfologico, si presentano come pieghe aperte, parallele, classificabili in modo variabile da D2 a F2 secondo il metodo armonico visivo di Hudleston (1973). Presentano cerniere appuntite, talvolta con geometria tipo kink asimmetrici, che sembrano associati a deformazione di taglio.

I piani assiali sono in genere da fortemente inclinati a diritti, mentre gli assi, da sub-orizzontali a debolmente inclinati, presentano un andamento abbastanza disperso, con una direzione principale circa NW-SE analoga a quella documentata per le pieghe F2 e per le lineazioni di estensione L2 (Fig. 5).

L'analisi dell'orientazione della foliazione S2 a scala chilometrica evidenzia un piegamento di questo elemento strutturale (Figg. 2 e 5) che mostra direzioni variabili da N120E, fortemente immergenti verso SW, a circa N060E moderatamente inclinate verso SE, confermando in generale l'immersione assiale verso SE, già osservato nei precedenti studi (Ghezzi & Ricci, 1977; Elter *et al.*, 1986).

La grande struttura Antiforme di Lodè-Mamone, considerata fino ad oggi come prodotta interamente dalla seconda fase deformativa, potrebbe quindi essere legata ad un'interferenza tipo 3 (Ramsay, 1967) tra le strutture di seconda e di terza fase (F3a). Analizzando la proiezione stereografica dei poli delle superfici S2 (Fig. 5) infatti, si possono individuare due maggiori addensamenti che descrivono i fianchi di una piega chiusa (angolo di apertura di circa 50°) con direzione analoga a quella documentata per le pieghe F2, per la lineazione di estensione L2 e soprattutto per le pieghe F3 misurate in affioramento. Queste caratteristiche sembrano confermare il carattere coassiale di questo sistema plicativo rispetto alla fase D2 già evidenziato in tutta la zona assiale della catena sarda (Carmignani *et al.*, 1994 con bibliografia; Carosi & Palmeri, 2002; Carosi *et al.*, 2004).

Una situazione analoga è osservabile anche nella sinforme di micascisti in località S. Anna, dove la dispersione delle superfici S2 indica la presenza di una piega con asse circa E-W e piano assiale fortemente inclinato. Una tale strutturazione potrebbe essere imputata all'interferenza tra una stretta sinforme di seconda fase F2 e le pieghe aperte F3a caratterizzate da piani assiali fortemente inclinati.

#### Pieghe F3b

Nella parte meridionale del complesso di ortoderivati acidi e del complesso di micascisti a granato sono frequenti pieghe di dimensioni variabili da centimetriche a metriche con geometria del tutto analoga alle pieghe F3a precedentemente descritte. La differenza principale è rappresentata dall'orientazione assiale che risulta sostanzialmente ortogonale, con una direzione variabile tra N040E e N060E e con vergenza generalmente verso NW. L'espressione alla megascale di queste pieghe è chiaramente osservabile nella struttura «a uncino» nella

parte terminale della sinforme di Mamone (Fig. 2), dove la struttura si assottiglia fino a ridursi ad una sottile fascia di quarziti, e al nucleo dell'antiforme di Lodè, marcato pressappoco dagli affioramenti di *augen gneiss*. Ulteriori evidenze di questa fase sono osservabili più a est, lungo il contatto con i micascisti e paragneiss a granato e oligoclasio, dove si osservano blandi piegamenti della foliazione S2, sia a scala chilometrica sia a scala mesoscopica, caratterizzati da vergenza verso NW e accompagnati spesso da zone di taglio compressive di tipo fragile-duttile.

#### Fase deformativa D4

Questa fase minore sviluppa piccoli kinks di dimensioni centimetriche ad andamento circa N-S. che presentano assi fortemente inclinati e piani assiali generalmente sub-verticali.

Lungo questi piani si osservano superfici stilolitiche dovute a *pressure-solution*, ed una ri-orientazione per rotazione meccanica dei cristalli di mica, testimoniando così lo sviluppo di questa fase deformativa a livelli strutturali superficiali.

#### Fase deformativa D5

Praticamente onnipresenti nell'intera area studiata, le pieghe F5 sono caratterizzate da piano assiale da poco inclinato a sub-orizzontale e assi sub-orizzontali con direzione prevalente NW-SE. Sono osservabili a tutte le scale, da quella centimetrica a quella decametrica. Nei pressi del paese di Lodè è possibile osservare in panorama una piega pluridecamentrica F5 con piano assiale poco inclinato, in corrispondenza del contatto tra il complesso dei micascisti e gli ortogneiss.

Va comunque sottolineato che in quest'ultimo complesso, le strutture a scala decametrica sono meno frequenti, probabilmente a causa della maggior competenza della litologia che produce piegamenti solo a breve lunghezza d'onda caratterizzati da piani assiali sub-orizzontali e assi orientati circa E-W debolmente inclinati. L'interferenza con le pieghe isoclinali F2 genera frequentemente strutture «a zig-zag» (tipo 3: Ramsay, 1967) (Fig. 6).

#### Cenni sulle deformazioni alpine

Le strutture deformative riferibili al ciclo alpino sono rappresentate da strutture fragili, osservabili sia alla mesoscala, come sistemi di *joints* e fratture con andamento N-S, sia a scala cartografica come faglie caratterizzate da un'orientazione variabile da N-S a E-W e da una forte componente di rigetto orizzontale, calcolabile solo occasionalmente. È inoltre osservabile un generale *tilting* verso SE di circa 20-30° di tutta l'area (Pasci, 1997; Carmignani *et al.*, 2004), come testimonia la giacitura della stratificazione dei massicci carbonatici post-ercinici (Monte Albo, Tavolara, Supramonte, Golfo di Orosei). Per risalire all'originaria giacitura delle strutture varisiche bisogna quindi tener ben presente l'influenza della tettonica alpina. È importante tuttavia sottolineare che data l'eterogeneità della deformazione è comunque difficile riuscire a risalire con certezza all'esatta strutturazione varisica di questo settore di catena.

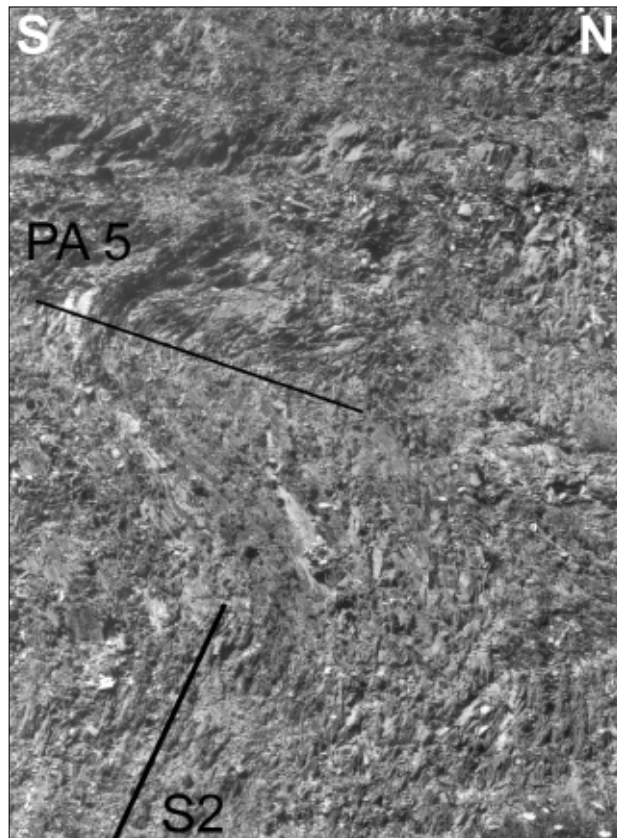


Fig. 6 - Piega F5 con piano assiale sub-orizzontale nei pressi del paese di Lula.

#### DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Dal presente lavoro emerge che la struttura di Lodè-Mamone, fino ad oggi descritta come un'antiforme di seconda fase (Ricci *et al.*, 1977; Ferrara *et al.*, 1978; Carmignani *et al.*, 1982; Elter *et al.*, 1986), presenta in realtà una geometria più complessa, riconducibile all'interferenza tra la seconda e la terza fase deformativa. Quest'ultima fase, considerata in precedenza come una fase plicativa tardiva legata probabilmente alla prosecuzione della deformazione di taglio (Carmignani *et al.*, 1992; Carosi & Palmeri, 2002) infatti, è responsabile del piegamento della precedente struttura isoclinale di seconda fase F2 originando un'interferenza di tipo 3 (Ramsay, 1967). Il quadro risulta ulteriormente complicato dalla presenza di un altro sistema di pieghe di terza fase (D3b), documentato solo nella porzione meridionale della struttura (in particolare modo nella parte terminale della sinforme di Mamone), che presenta direzioni assiali N040-N060E, ortogonali alle pieghe F3 precedentemente descritte, e piani assiali fortemente inclinati verso SE.

Va sottolineato infine che nonostante gli *augen gneiss* siano per lo più concentrati nelle zone di cerniera e lungo i fianchi della struttura, la loro distribuzione non è utilizzabile per ricostruire in modo più dettagliato la

geometria della struttura stessa a causa degli originari rapporti di tipo magmatico tra differenti litotipi e della complessa evoluzione strutturale che ha interessato l'intera area.

Oltre ai risultati di natura geologico-strutturale, il presente lavoro ha evidenziato una maggiore complessità litologica rispetto ai precedenti lavori. In associazione con gli *augen gneiss* granitici infatti, è stata documentata la presenza di una varietà di ortogneiss con chiara affinità leucogranitica (Fig. 3), caratterizzata da un basso indice di colore, da una forte concentrazione di mica bianca all'interno dei domini lepidoblastici e dall'assenza di biotite. In alcuni casi sono state osservate anche pegmatiti a tormalina boudinate e piegate.

#### BIBLIOGRAFIA

- Cappelli B., Carmignani L., Castorina F., Di Pisa A., Oggiano G., Petri R., 1992. A Hercynian suture zone in Sardinia: geological and geochemical evidence. *Geodinamica Acta* 5: 1-2, 101-118.
- Carmignani L., Pertusati P.C., 1979. Analisi strutturale di un segmento della catena ercinica: il Gerrei (Sardegna SE). *Boll. Soc. Geol. It.* 96: 339-364.
- Carmignani L., Oggiano G., Barca S., Conti L., Salvatori I., Eltrudis A., Funedda A., Pasci S., 2001. Geologia della Sardegna. Note illustrative della Carta Geologica della Sardegna a scala 1:200.000. Memorie descrittive della carta geologica d'Italia, vol. 60, 283 pp.
- Carmignani L., Barca S., Carosi R., Di Pisa A., Gattiglio M., Musumeci G., Oggiano G., Pertusati P.C., 1992. Schema dell'Evoluzione del Basamento Sardo. In: Carmignani L. *et al.* (eds.). *Struttura della Catena Ercinica in Sardegna: Guida alla Escursione sul basamento paleozoico*. Centrooffset, Siena: 11-33.
- Carmignani L., Carosi R., Di Pisa A., Gattiglio M., Musumeci G., Oggiano G., Pertusati P.C., 1994. The Hercynian chain in Sardinia (Italy). *Geodinamica Acta* 7 (1): 31-47.
- Carmignani L., Decandia F.A., Disperati L., Fantozzi P.L., Lazzarotto A., Liotta D., Oggiano G. 1995. Relationships between the Tertiary structural evolution of the Sardinia-Corsica-Provençal Domain and the Northern Apennines. *Terra Nova* 7: 128-137.
- Carmignani L., Franceschelli M., Gattiglio M., Pertusati P.C., Ricci C.A., 1982. Attuali conoscenze sul ciclo ercinico nella Sardegna settentrionale. In: Guida alla Geologia del Paleozoico sardo. Guida Geologiche Regionali. *Mem. Soc. Geol. It.* 129-135.
- Carmignani L., Oggiano G., Pertusati P.C., 1994. Geological outlines of the Hercynian basement of Sardinia. Petrology, Geology and ore deposits of the palaeozoic basement of Sardinia. Guide book to the field excursion.
- Carosi R., Oggiano G., 2002. Transpressional deformation in NW Sardinia (Italy): insights on the tectonic evolution of the Variscan belt. *Compté Rendus Geoscience* 334: 287-294.
- Carosi R., Palmeri R., 2002. Orogen-parallel tectonic transport in the Variscan belt of northeastern Sardinia (Italy): implications for the exhumation of medium-pressure metamorphic rocks. *Geological Magazine* 139 (5): 497-511.
- Carosi R., Di Vincenzo G., Palmeri R., 2002. The relationships between metamorphic evolution and argon isotope records in white mica: constraints from the Variscan basement of Sardinia (Italy). *Goldschmidt Conference Abstracts*. A121.
- Del Moro A., Di Simplicio P., Ghezzeo C., Guasparri G., Rita F., Sabatini G., 1975. Radiometric data and intrusive sequenze in the Sardinia batholith. *N. Jb. Miner. Abh.* 126: 28-44.
- Di Simplicio P., Ferrara G., Ghezzeo C., Guasparri G., Pellizzer R., Ricci C.A., Rita F., Sabatini G., 1974. Il metamorfismo e il magmatismo paleozoico della Sardegna. *Rend. Società Italiana di Mineralogia e Petrografia* 30: 979-1068.
- Elter F.M., Franceschelli M., Ghezzeo C., Memmi I., Ricci C.A., 1986. The Geology of Northern Sardinia. Guide-book to the excursion on the Palaeozoic basement of Sardinia. IGCP n. 5 - Newsletter, edizione speciale.
- Ferrara G., Ricci C.A., Rita F., 1978. Isotopic ages and tectono-metamorphic history of the metamorphic basement of north-eastern Sardinia. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 68: 99-106.
- Franceschelli M., Memmi I., Ricci C.A., 1982. Zoneografia metamorfica della Sardegna settentrionale. Guida alla Geologia del Paleozoico Sardo, Guida Geologiche Regionali, Società Geologica Italiana: 137-149.
- Ghezzeo C., Ricci C.A., 1977. Aspetti petrologici del Basamento cristallino della Sardegna. In: Vai G.B. (ed.). *Escursione in Sardegna 1977: risultati e commenti*. GLP. 2, Suppl., 41-51.
- Hudleston P.J., 1973. Fold morphology and some implications of theories of fold development. *Tectonophysics* 16: 1-6.
- Oggiano G., Di Pisa A., 1992. Geologia della catena ercinica in Sardegna-Zona Assiale. In: Carmignani L. *et al.* (eds.). *Struttura della Catena Ercinica in Sardegna: Guida alla Escursione sul basamento paleozoico*. Centrooffset, Siena: 147-177.
- Palmeri R., Fanning M., Franceschelli M., Memmi I., Ricci C.A., 1997. New Petrological and geochronological data on the eclogite of Pta De Li Tulchi, NE Sardinia (Italy). *Terra Nova Abstract supplement* 1.
- Palmeri R., Fanning M., Franceschelli M., Memmi I., Ricci C.A., 2004. Shrimp dating of zircons in eclogite from the Hercynian basement from north eastern Sardinia (Italy). *Neus Jahrbuch. Fur Mineralogie Monatshefte* 6: 275-288.
- Pasci S., 1997. Tertiary transcurrent tectonics of North-Central Sardinia. *Bulletin de la Société Géologique de France* 168 (3): 301-312.
- Ramsay J.G., 1967. *Folding and fracturing of rocks*. McGraw-Hill, New York, 568 pp.

(ms. pres. il 15 novembre 2005; ult. bozze il 28 febbraio 2006)

