

TRANSECTED FOLD NEL VERRUCANO DEI MONTI PISANI (APPENNINO SETTENTRIONALE) (*)

Riassunto - Vengono analizzate alcune pieghe, riferibili alla prima fase deformativa che ha interessato il Verrucano dei M. Pisani (Appennino Settentrionale), caratterizzate dallo sviluppo della foliazione ad esse contemporanea non parallela al loro piano assiale. Le pieghe F1, di tipo *transected*, hanno piani assiali verticali o fortemente inclinati, sono caratterizzate da lineazioni di massima estensione sub-parallele agli assi delle pieghe F1 e da ellissoidi della deformazione finita di tipo oblati. Tale geometria può essere indicativa della presenza di diffuse componenti di deformazione traspressiva durante la fase collisionale dell'Appennino Settentrionale, per lo meno al momento del coinvolgimento dell'Unità di Monte Serra e quindi dell'Unità di Massa ad essa correlata.

Parole chiave - Analisi strutturale, pieghe *transected*, traspressione, Verrucano, Appennino Settentrionale.

Abstract - *Transected folds in the Verrucano of Pisani Mts. (Northern Apennines)*. The aim of this paper is to analyse folds that have contemporary foliation not parallel to their axial plane. They are referred to the first deformation phase of the Verrucano of the Pisani Mts. in the Northern Apennines. F1 transected folds are prevailing upright and are characterized by stretching lineation sub-parallel to the F1 fold axes and by oblate finite strain ellipsoids. This geometry may be indicative of the diffuse presence of a transpressive component of deformation during the collisional stage in the Northern Apennines, at least at the moment of the involvement of the Monte Serra Unit (belonging to the Massa Unit).

Key words - Structural analysis, transected folds, transpression, Verrucano, Northern Apennines.

INTRODUZIONE

In questo lavoro vengono segnalate e descritte strutture plicative particolari, non sufficientemente conosciute, ma assai diffuse in aree tettonicamente deformate. Si tratta di pieghe caratterizzate dall'avere la foliazione coeva non parallela al piano assiale della piega stessa, per cui la traccia della foliazione sulla superficie piegata (es. stratificazione) forma un angolo variabile rispetto alla linea di cerniera della piega stessa (Fig. 1; *transected fold*, Powell, 1974; Borradaile, 1978).

Il loro riconoscimento può non essere immediato per l'inaccuratezza della misura degli elementi struttu-

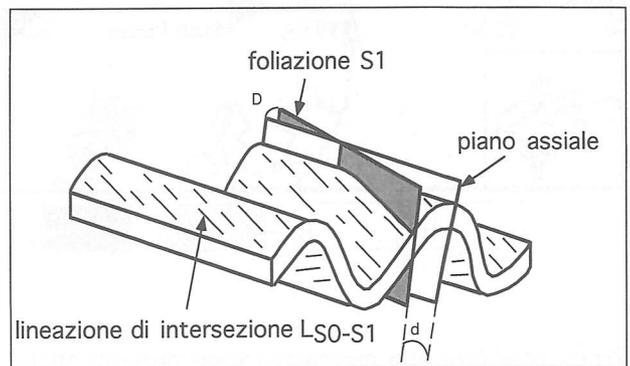


Fig. 1 - Schema di pieghe *transected*. L'obliquità della foliazione rispetto al piano assiale delle pieghe coeve porta alla formazione dei due angoli: d (*profile transection*) e D (*axial transection*) (Johnson, 1991) (modificato da Borradaile, 1978).

rali, per la mancanza di osservazione diretta delle cerniere delle pieghe a grande scala, per la presenza di piccoli angoli di *transecting* e, spesso, per l'assunzione, derivata anche da molti testi di geologia strutturale, che l'intersezione tra la superficie deformata (es. stratificazione) e la superficie tettonica legata allo sviluppo dell'evento plicativo (foliazione) sia parallela all'asse della piega stessa. Se ci troviamo in presenza di *transected fold*, questa assunzione non è valida ed è necessario procedere alla misura e alla trattazione separata di ogni elemento strutturale connesso alle pieghe, al fine di verificare la presenza e il significato di *transected fold*.

Tali strutture sono state riconosciute in numerose località e diffusamente studiate nella catena Caledonico-Appalachiana, dove questa particolare caratteristica delle pieghe è stata messa in relazione alla presenza di regimi deformativi traspressivi di tipo sinistro (Soper e Hutton, 1984; Soper *et al.*, 1987; Woodcock *et al.*, 1988).

Il loro riconoscimento e la loro analisi può diventare un utile strumento nella caratterizzazione del regime deformativo ad esse connesso e, fondamentale, se siamo in presenza di una componente traspressiva diffusa o ripartita, senza evidenti e discrete zone di trascorrenza.

(*) Lavoro realizzato con i contributi finanziari del Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino - CNR Pisa (Direttore Dr. A. Rau) e dei fondi Ateneo di Pisa (ex 60%) (Resp. Prof. P.C. Pertusati).

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

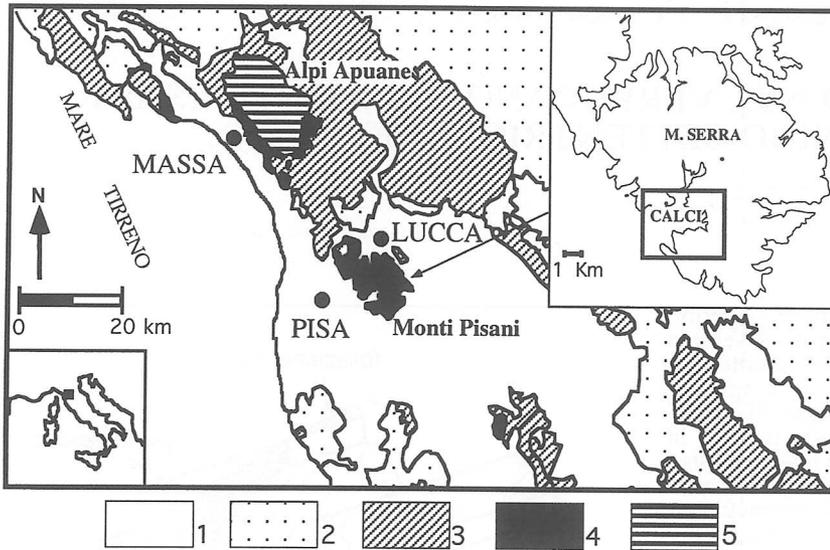


Fig. 2 - Localizzazione dell'area studiata. 1: depositi quaternari; 2: Unità Liguri; 3: Unità Toscane non metamorfiche; 4: Unità di Massa; 5: Unità Toscane metamorfiche.

Transected fold alla mesoscala sono presenti anche nelle successioni metamorfiche dell'Appennino Settentrionale, in particolare nella successione metamorfica delle Alpi Apuane e nel Verrucano affiorante nei Monti Pisani (Fig. 2).

Scopo del presente lavoro è quello di descrivere, analizzare e discutere le possibili implicazioni geologiche di *transected fold* riconosciute nella successione silicoclastica triassica dell'Unità di Monte Serra dei Monti Pisani.

QUADRO GEOLOGICO E STRUTTURALE

I Monti Pisani sono costituiti dalla sovrapposizione dell'Unità di S. Maria del Giudice sull'Unità del Monte Serra, che secondo Rau e Tongiorgi (1974) fanno entrambe parte dell'Unità di Massa, sormontate tettonicamente dalla Falda Toscana. Le due unità tettoniche sono costituite da successioni silicoclastiche e carbonatiche di età compresa tra il Paleozoico e l'Oligocene. Il corpo principale delle due unità tettoniche è costituito da una potente successione silicoclastica triassica che poggia con discordanza su formazioni paleozoiche. La successione silicoclastica («Verrucano»), all'interno della quale sono stati distinti diversi cicli deposizionali (Tongiorgi *et al.*, 1977), è costituita da formazioni tipiche di ambiente fluviale-deltizio che si sedimentano in un intervallo temporale che va dall'Anisico(?)-Ladinico fino al Carnico superiore (Rau e Tongiorgi, 1974). Al tetto di tali depositi silicoclastici si sviluppa una successione carbonatica che comprende le formazioni dei Grezzoni, Marmi, Calcare selcifero, Marne a Posidonia, Diaspri, Scaglia e Pseudomacigno per quanto riguarda l'Unità di Santa Maria del Giudice e si ferma ai Diaspri nell'unità del Monte Serra. I rapporti tra la porzione carbonatica superio-

re e la successione silicoclastica inferiore non sono mai ben evidenti ma non si possono escludere dei rapporti stratigrafici (Rau e Tongiorgi, 1974).

Recenti studi a carattere geologico strutturale (Carosi *et al.*, 1993, 1996, in stampa) sul massiccio dei Monti Pisani hanno messo in evidenza la presenza di due fasi deformative principali caratterizzate da pieghe F1, generalmente inclinate, legate a un regime tettonico compressivo, connesso ad un metamorfismo in facies di scisti verdi (Franceschelli *et al.*, 1986), seguite da pieghe F2 a piano assiale poco inclinato o sub-orizzontale interpretate come pieghe legate a una tettonica estensionale. L'interferenza prodotta dalle due fasi è generalmente di tipo 3 (Ramsay, 1967). Spesso le pieghe F2 sono simmetriche per cui troviamo fianchi e/o zone di cerniera di pieghe di prima fase inclinati sia verso est che verso ovest. Nei M. Pisani si assiste ad una evidente variazione di direzione degli elementi strutturali legati alle due fasi deformative principali passando dal settore meridionale, con direzioni prevalenti NW-SE, al settore occidentale con direzioni NNE-SSW. La foliazione S1 è costituita da un clivaggio continuo e penetrativo (*slaty cleavage*) nei litotipi a prevalente componente siltitica e argillitica, mentre diventa più spaziata e assai meno penetrativa nei litotipi a prevalente composizione quarzitica e arenitica. Carosi *et al.* (in stampa) hanno messo in evidenza la presenza di una lineazione di massima estensione sulla foliazione S1, circa parallela agli assi delle pieghe coeve, mentre le lineazioni di movimento sulle superfici tettoniche al contatto tra unità tettoniche diverse connesse alla fase D1 risultano circa ortogonali agli assi delle pieghe F1. La foliazione S2 è ovunque rappresentata da un clivaggio di crenulazione, con sviluppo discontinuo e giaciture da poco inclinate a moderatamente inclinate.

AFFIORAMENTI STUDIATI

Le *transected fold* studiate rappresentano pieghe parassite a scala da decimetrica a metrica con piano assiale sub-verticale a spese degli Scisti verdi e delle Quarziti verdi (Formazione delle Quarziti del M. Serra) situati al nucleo di una sinclinale attribuibile alla fase D1, vergente verso ovest, pochi Km a E del paese di Calci, in località M. Il Termine (Fig. 3). Si tratta di pieghe moderatamente aperte, a cerniera

leggermente ispessita (classe 1C, Ramsay, 1967) ed assi A1 diretti NW-SE, da debolmente a moderatamente inclinati verso NNW e SSE (Fig. 3) che si sviluppano in alternanze di quarziti, metarenarie e metasiltiti che permettono di distinguere e misurare agevolmente le superfici di stratificazione S0 e foliazione S1 e di osservare lo sviluppo tridimensionale delle pieghe stesse. L'esame microscopico di campioni provenienti dalla zona di cerniera di queste pieghe ha evidenziato la presenza di un'unica superficie di

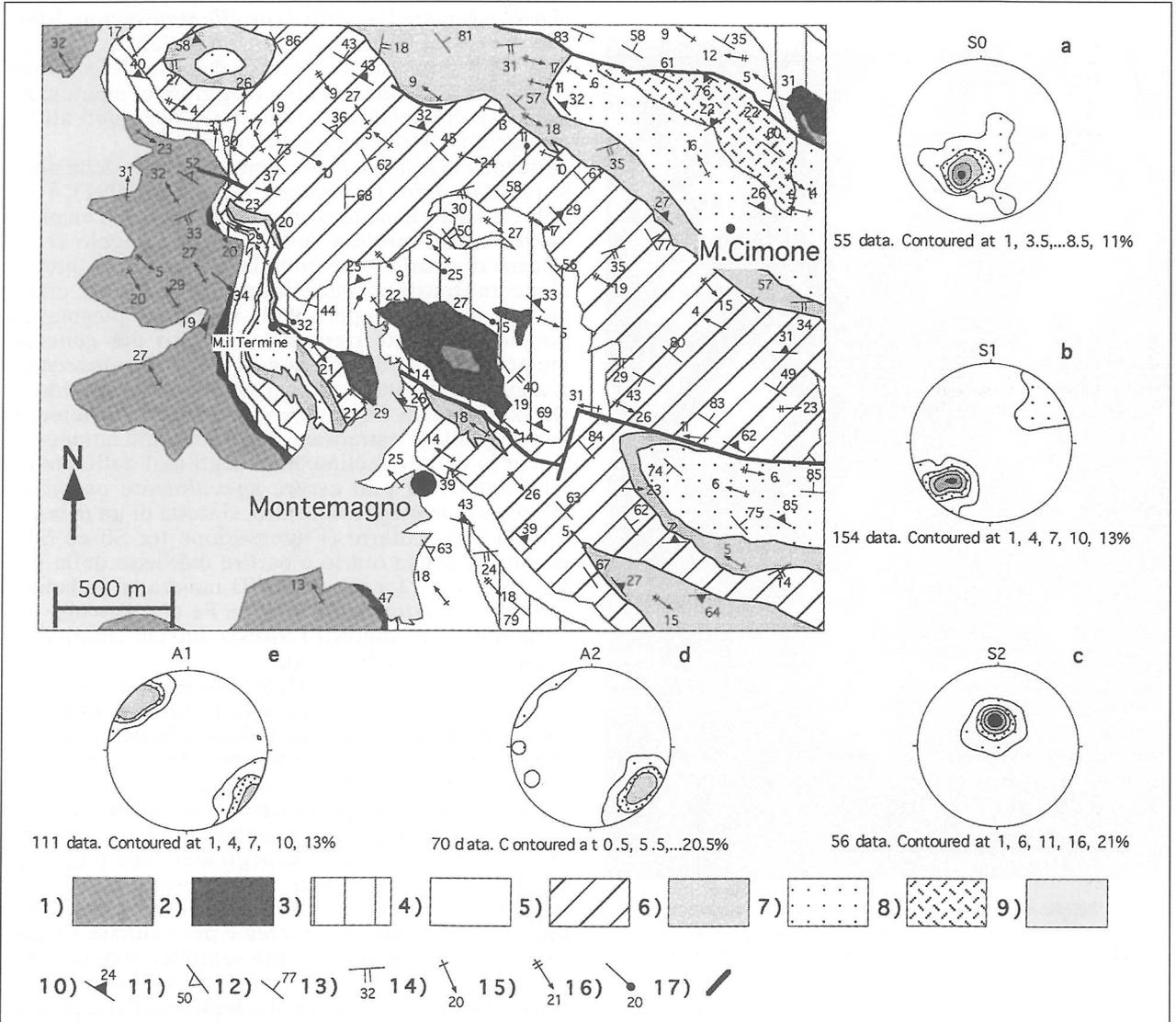


Fig. 3 - Schema geologico-strutturale del settore studiato; versante meridionale dei M. Pisani (base geologica modificata da Rau e Tongiorgi, 1974) e proiezioni equiareali degli elementi strutturali rappresentativi dell'area studiata (reticolo di Schmidt, emisfero inferiore):

a) poli della stratificazione S0; b) poli della foliazione S1; c) poli della foliazione S2; d) assi di pieghe di prima fase A1; e) assi di pieghe di seconda fase A2.

1: Filladi e quarziti listate di Buti; 2: Anageniti grossolane; 3: Scisti violetti; 4: Anageniti minute; 5: Scisti verdi; 6: Quarziti verdi; 7: Quarziti bianco-rosa; 8: Quarziti viola zonate; 9: Alluvioni; 10: superficie di stratificazione (strati diritti); 11: superficie di stratificazione (strati rovesci); 12: foliazione di prima fase S1; 13: foliazione di seconda fase S2; 14: assi di pieghe di prima fase A1; 15: assi di pieghe di seconda fase A2; 16: lineazioni di massima estensione L1; 17: faglie.

foliazione (S1) ortogonale rispetto alla superficie di stratificazione. La foliazione S1 è penetrativa, di tipo *slaty cleavage*, è associata a blastesi metamorfica di basso grado ed è attribuibile alla prima fase deformativa diffusa in tutto il massiccio dei Monti Pisani. Sono stati scelti questi affioramenti perché consentono l'osservazione diretta dell'angolo di *transecting* e la misura di tutti gli elementi strutturali (Figg. 4, 5). In strutture a scala ettometrica ed oltre, tale riconoscimento risulta difficoltoso a causa delle deformazioni plicative della seconda fase, che sebbene nel suo insieme sia coassiale con la prima fase, provoca

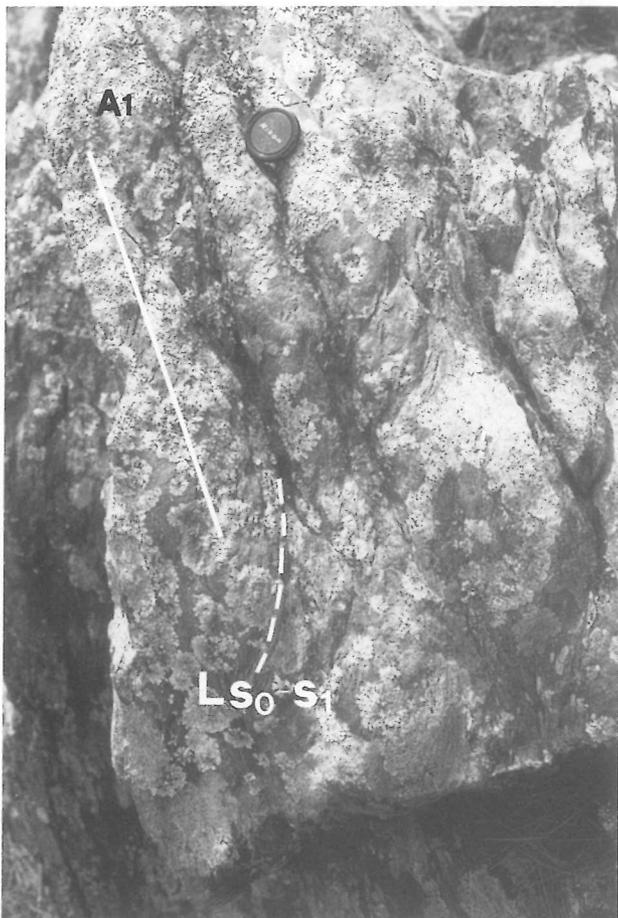


Fig. 4 - Pieghe minori *transected* di prima fase in cui è evidente la discrepanza tra la linea di cerniera delle pieghe (A1) e la traccia della foliazione S1 intorno ad esse (L_{S0-S1}). Scisti verdi (Unità di M. Serra); versante sud orientale di M. il Termine.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE PIEGHE *TRANSECTED*

Le *transected fold* hanno un'orientazione della foliazione ad esse coeva che non è parallela al piano assiale delle pieghe stesse. L'obliquità tra le due superfici, nel caso più generale, fa sì che su qualsiasi sezione attraverso le due superfici si possa osservare un angolo tra le tracce delle due superfici. Borradaile (1978) caratterizza le pieghe *transected* per mezzo di due angoli di *transecting* (d e D; Fig. 1), osservabili su due sezioni significative della piega: 1) la prima sezione è il profilo della piega sul quale si può osservare l'angolo d (*profile transection*, Johnson, 1991) tra la traccia del piano assiale della piega e la foliazione che si discosta dal parallelismo per rifrazione attraverso strati a maggiore competenza e presenza di ventagli divergenti e convergenti all'interfaccia tra strati a diversa viscosità; 2) quando la foliazione non contiene l'asse della piega si parla di *axial transection* (Johnson, 1991); l'angolo tra i due elementi strutturali, misurato su un piano tangente alla cerniera della piega, è l'angolo D.

In caso di *axial transection*, la lineazione di intersezione tra stratificazione e foliazione cambia di orientazione nelle varie parti della superficie piegata. Le pieghe esaminate rientrano nel caso più generale mostrando ambedue gli angoli d e D di *transecting*. L'angolo d risulta molto variabile per la presenza di rifrazione della foliazione e di ventagli fortemente convergenti all'estradosso degli strati più competenti. Per la debole inclinazione degli assi delle pieghe F1 l'angolo D può essere agevolmente osservato guardando le pieghe dall'alto, si tratta di un *transecting* in senso orario (l'intersezione tra S0 ed S1 è ruotata in senso orario a partire dall'asse della piega; Figg. 4, 5). La foliazione S1 mostra un andamento sigmoide attorno alle pieghe F1 che provoca una variabilità dell'angolo di *transecting* che diminuisce verso i fianchi delle pieghe.

L'evidente rifrazione della foliazione e il suo andamento sigmoide indicano che la morfologia della foliazione è localmente controllata dalla deformazione eterogenea dovuta al piegamento oltre che dalla deformazione generale non-coassiale.

Sono stati misurati gli andamenti della stratificazione S0 e della lineazione di intersezione tra S0 ed S1 (L_{S0-S1}) attorno alle pieghe, degli assi delle pieghe F1 e della foliazione S1 (Fig. 5). Nonostante siano stati proposti numerosi tipi di grafici per evidenziare la presenza di pieghe *transected* e per valutare l'angolo di *transecting*, il modo più semplice rimane quello di confrontare l'andamento della lineazione di intersezione L_{S0-S1} con quello degli assi delle pieghe, misurati direttamente oppure calcolati in base alla dispersione della stratificazione (diagramma π) (Johnson e Woodcock, 1991). Nelle pieghe misurate esiste una buona coincidenza tra assi calcolati (N141E 16NW e N172E 43NW) e assi misurati (Fig. 5). Sui diagrammi strutturali le lineazioni L_{S0-S1} si discostano nettamente dalla posizione degli assi delle pieghe, evidenziando un *transecting* in senso orario, medio, di circa 20° (Fig. 5). In base alla dispersione

una certa dispersione degli elementi strutturali. Gli affioramenti scelti si collocano nel settore meridionale dei M. Pisani e sono caratterizzati da direzioni degli elementi strutturali NW-SE (Fig. 3), sono scarsamente deformati dalla seconda fase, che si manifesta come clivaggio di crenulazione spaziato sub-orizzontale e poco evoluto, osservabile solo in sezione sottile.

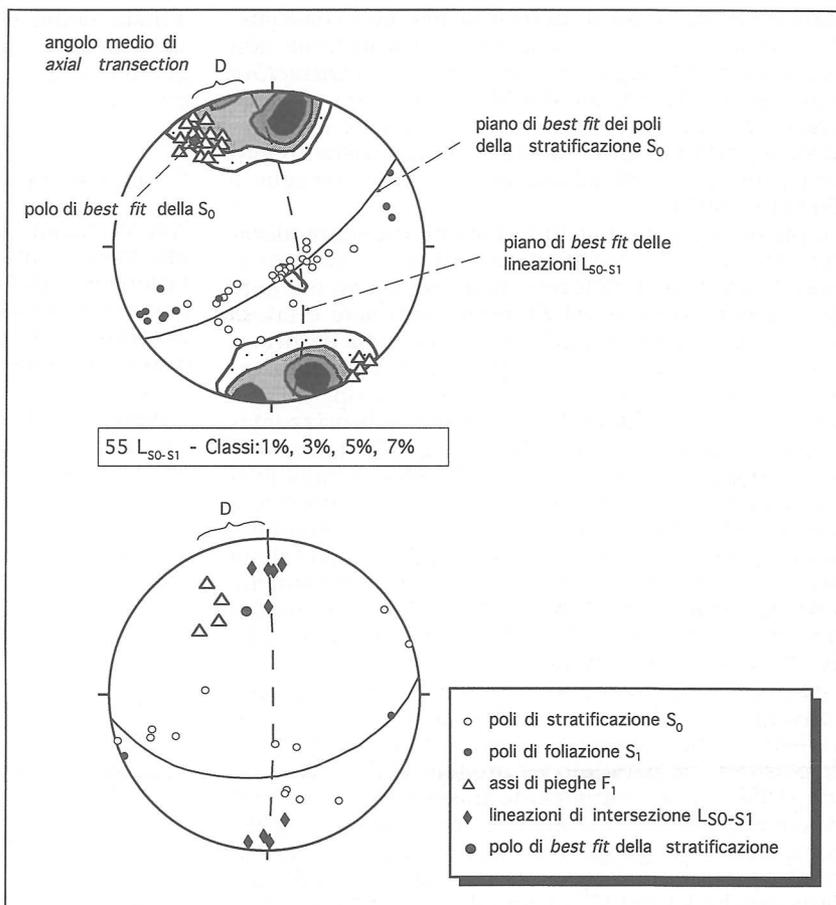


Fig. 5 - Esempi di proiezioni equiareali di elementi strutturali in alcune pieghe metriche *transected*; affioramenti di Scisti verdi e Quarziti verdi sul versante sud orientale di M. il Termine. Si noti l'angolo formato dagli assi delle pieghe (misurati e calcolati) e le lineazioni di intersezione tra stratificazione S_0 e foliazione S_1 (*axial transection*: D). Reticolo di Schmidt, emisfero inferiore.

dei poli della stratificazione, oltre 10° intorno al grande cerchio di *best fit*, le pieghe F_1 non possono essere definite cilindriche ma sub-cilindriche o cilindroidi (Fig. 5).

DISCUSSIONE

Pieghe *transected* possono formarsi in regimi deformativi coassiali e non-coassiali se le superfici deformate sono oblique rispetto agli assi principali dell'ellissoide della deformazione ($X \geq Y \geq Z$): in questo caso la foliazione, che rappresenta il piano XY dell'ellissoide, rimane obliqua rispetto agli assi delle pieghe, che iniziano a nuclearsi in direzioni diverse.

Borradaile (1978) e Ramsay e Huber (1983) propongono un modello in cui esiste uno sfasamento tra l'amplificazione delle pieghe che ruotano passivamente con l'evolversi della deformazione progressiva e lo sviluppo del clivaggio in un regime deformativo rotazionale. La foliazione, che si forma dopo che è stata realizzata una certa quantità di raccorciamento (pari al 30% secondo Ramsay e Huber, 1983), si trova in posizione obliqua rispetto agli assi delle pieghe già nucleate.

Murphy (1985), Soper (1986), Soper e Hutton (1984), Soper *et al.* (1987), Woodcock *et al.* (1988), Pratt e Fitches (1993) interpretano le pieghe *transected* diffuse nell'orogene Caledonico-Appalachiano come caratteristiche del regime traspressivo e, in particolare, il fatto che le linee di cerniera siano tagliate obliquamente dalla foliazione in senso orario è stato preso come indicativo di traspressione sinistra durante la chiusura del settore britannico dell'oceano Japetus. Secondo Treagus e Treagus (1992) non esiste una semplice relazione tra *cleavage-transected-fold* e deformazione traspressiva e il senso orario (o antiorario) di *transecting* non può essere usato da solo per indicare traspressioni sinistre (o destre), senza il supporto di altri dati strutturali.

Le pieghe *transected* dei M. Pisani sono riferibili alla prima fase deformativa e l'esame delle sezioni sottili, nelle zone di cerniera, ha rivelato la presenza di una sola foliazione (S_1), perpendicolare alla stratificazione, escludendo così la possibilità che il *transecting* della foliazione sia dovuto a eventi tettonici sovrapposti.

In questo caso l'angolo di *transecting* risulta mediamente di 20° in senso orario. Ramsay e Huber (1983) hanno dimostrato che la differenza angolare tra piani assiali deformati passivamente e clivaggio è infe-

riore a 10° nel caso di deformazione non coassiale. Per cui la sola presenza di una deformazione non coassiale non spiega i più alti angoli di *transecting* osservati nel Verrucano dei M. Pisani. Essi possono essere spiegati solo se tale deformazione è imposta su superfici originariamente oblique rispetto agli assi principali dell'ellisse dello *strain* (Treagus e Treagus 1992).

Le pieghe F2 sono per lo più simmetriche, moderatamente aperte e con piani assiali poco inclinati e, annullando la loro deformazione, possiamo ottenere delle pieghe *transected* F1 molto inclinate e talora sub verticali. La stima dell'ellissoide della deformazione finita, effettuata nelle Breccie di Asciano, conferma la diffusa presenza di ellissoidi di tipo oblato, con piani XY molto inclinati e assi X sub-orizzontali, circa paralleli agli assi delle pieghe F1 (Carosi *et al.*, in stampa). Tali caratteristiche sono compatibili e giustificabili con la presenza di una componente traspressiva (Sanderson e Marchini, 1984; Fossen e Tikoff, 1993), non localizzata ma diffusa, durante la fase compressiva D1, attribuita alla fase collisionale dell'Appennino Settentrionale, al momento del coinvolgimento dell'Unità di Monte Serra, e dell'Unità di Massa ad essa correlata.

La componente traspressiva potrebbe derivare da una convergenza obliqua, in cui il vettore di spostamento risulterebbe scomposto in due vettori: uno perpendicolare ed uno parallelo all'orogene (Ellis e Watkinson, 1987). Tale componente traspressiva durante il raccorciamento collisionale è stata invocata anche come possibile spiegazione della presenza di lineazioni di massima estensione sub-parallele agli assi delle pieghe F1 nel Verrucano dei Monti Pisani (Carosi *et al.*, in stampa).

Tuttavia è necessaria una certa cautela in quanto la giacitura molto inclinata delle pieghe F1 potrebbe non essere primaria ma acquisita successivamente, ad esempio durante la formazione della struttura a duomo dei M. Pisani. In questo caso la componente traspressiva potrebbe essere assai minore e potrebbe essere sufficiente una deformazione progressiva non coassiale, sommata ad una obliquità delle superfici rispetto agli assi dell'ellissoide dello *strain*, per giustificare l'esistenza di *transected fold*, sebbene in questo caso sarebbe da aspettarsi anche una rotazione degli assi nella direzione di estensione, come è avvenuto nelle Alpi Apuane (Carmignani *et al.*, 1978, 1990 con bibliografia) e quindi la presenza di pieghe con assi curvi e pieghe a guaina. In questo modo possono essere interpretate le pieghe fortemente non cilindriche *transected*, con alti angoli di *transecting*, diffuse ad esempio nel Calcare Selcifero ad Entrochi nella valle di Orto di Donna sulle Alpi Apuane. L'angolo orario di *transecting* non può essere preso come indicativo di un regime traspressivo sinistro perché la presenza di angoli orari o antiorari di *transecting* è fortemente influenzata dalla giacitura iniziale degli strati deformati (Treagus e Treagus, 1992). Quindi, sebbene esistano forti indizi a favore della presenza di una componente traspressiva durante la deformazione collisionale, non è possibile al momento

attuale, dedurre o avanzare delle ipotesi su eventuali sensi di movimento senza ulteriori informazioni riguardanti la cinematica e la storia deformativa progressiva.

CONCLUSIONI

Nel Verrucano dei Monti Pisani sono presenti pieghe mesoscopiche molto inclinate di prima fase caratterizzate dallo sviluppo della foliazione contemporanea non parallela al loro piano assiale. L'angolo di *transecting* risulta mediamente di circa 20° in senso orario. Pieghe con analoghe caratteristiche sono generalmente ritenute indicative di regimi tettonici traspressivi. La presenza di lineazioni di massima estensione L1 sub-parallele agli assi delle pieghe F1 ed ellissoidi della deformazione finita di tipo oblato, con piani XY molto inclinati, sono compatibili con la presenza di una componente di deformazione traspressiva (convergenza obliqua?) durante la deformazione dell'Unità di Monte Serra e, probabilmente, dell'Unità di Massa ad essa correlata, nella fase collisionale della catena Appenninica.

BIBLIOGRAFIA

- Borradaile, G. J., 1978. *Transected folds: A study illustrated with examples from Canada and Scotland*. Bull. geol. Soc. Amer., 89: 481-493.
- Carmignani, L., Giglia, G., e Kligfield, R., 1978. *Structural evolution of the Apuane Alps: an example of continental margin deformation in the Northern Apennines*. J. Geology, 86: 487-504.
- Carmignani, L. e Kligfield, R., 1990. *Crustal extension in the Northern Apennines: the transition from compression to extension in the Alpi Apuane Core Complex*. Tectonics, 9: 1275-1303.
- Carosi, R., Leoni, L. e Tamponi, M., 1993. *Temperature di metamorfismo e «cristallinità» dell'illite nell'Unità di Santa Maria del Giudice (Monti Pisani, Appennino Settentrionale)*. Atti Soc. tosc. Sc. nat., Ser. A, 99 (1992): 161-173.
- Carosi, R., Cerbai, N., e Montomoli, C. *Deformation history of the Verrucano of Pisani Mts. (Northern Apennines, Italy)*. Ann. Tect., 9 (1995/6): 2, in stampa.
- Carosi, R., Cerbai, N. & Montomoli, C., 1996. *The F2 folds of the verrucano as records of extensional tectonics in the Northern Apennines (Italy)*. C. R. Acad. Sci., Paris. 322, Ser. II a (9): 773-780.
- Ellis M. e Watkinson A.J., 1987. *Orogen-parallel extension and oblique tectonics: The relation between stretching lineations and relative plate motions*. Geology, 15: 1022-1026.
- Franceschelli, M., Leoni, L., Memmi, I. e Puxeddu, M., 1986. *Regional distribution of Al-silicates and metamorphic zonation in the low-grade Verrucano metasediments from the Northern Apennines, Italy*. J. Metamorphic Geol., 4: 309-321.
- Fossen, H. e Tikoff, B., 1993. *The deformation matrix for simultaneous simple shearing, pure shearing and volume change, and its application to transpression-transension tectonics*. J. struct. Geol., 15: 413-422.
- Johnson, T.E., 1991. *Nomenclature and geometric classification of cleavage-transected folds*. J. struct. Geol., 13: 261-274.
- Johnson, T.E. e Woodcock, N.H., 1991. *Detecting cleavage-transected folds using cleavage-bedding intersections*. J. struct. Geol., 13: 919-925.
- Murphy, F.C., 1985. *Non-axial planar cleavage and Caledonian sinistral transpression in eastern Ireland*. Geol. Journ., 20: 257-279.

- Powell, C.McA., 1974. Timing of slaty cleavage during folding of Precambrian rocks, northwest Tasmania. *Bull. geol. Soc. Amer.*, 85: 1043-1060.
- Pratt, W.T. e Fitches, W.R., 1993. Transected folds from the western part of the Bala Lineament, Wales. *J. struct. Geol.*, 15: 55-68.
- Ramsay, J.G., 1967. *Folding and fracturing of rocks*. Mac Graw Hill, New York. 568 pp.
- Ramsay, J.G. e Huber, M.I., 1983. *The techniques of modern structural geology. Vol.1 Strain Analysis*. Academic Press, 307 pp.
- Rau, A. e Tongiorgi, M., 1974. Geologia dei Monti Pisani a Sud-Est della Valle del Guappero. *Mem. Soc. geol. Ital.*, 13: 227-408.
- Sanderson, D.J. e Marchini, W.R.D., 1984. Transpression. *J. struct. Geol.*, 6: 449-458.
- Soper N.J., 1986. Geometry of transecting, anastomosing solution cleavage in transpression zones. *J. struct. Geol.*, 8: 936-940.
- Soper, N.J. e Hutton, D.H.W., 1984. Late Caledonian sinistral displacements in Britain: implications for a three plate collision model. *Tectonics*, 3: 781-794.
- Soper, N.J., Webb, B.C. e Woodcock, N.H., 1987. Late Caledonian (Acadian) transpression in north-west England: timing, geometry and geotectonic significance. *Proc. Yorks. geol. Soc.*, 46: 175-192.
- Tongiorgi, M., Rau, A. e Martini, R. 1977. Sedimentology of early alpine, fluvio-marine, clastic deposits (Verrucano, Triassic) in the Monti Pisani (Italy). *Sediment. Geol.*, 17: 311-332.
- Treagus, S.H. e Treagus, J.E., 1992. Transected folds and transpression: how are they associated? *J. struct. Geol.*, 14: 361-367.
- Woodcock, N.H., Awan, M.A., Johnson, T.E., Mackie, A.H. e Smith, R.D., 1988. Acadian tectonics of Wales during Avalonia/Laurentia convergence. *Tectonics*, 7: 403-495.

(ms. pres. il 21 gennaio 1997; ult. bozze il 17 settembre 1997)

