

GEOLOGIA DELL'AREA A SUD DI MASSA MARITTIMA (GR): STUDI PRELIMINARI

Riassunto

Abstract

1. Introduzione

2. Le Unità litostrografiche nell'area a sud di Massa

2.1. Unità di Monticiano-Roccastrada

2.2. Unità della Falda Toscana

2.3. Unità Ofiolitifera

3. Analisi delle sezioni geologiche

3.1. Le pieghe dell'Unità Ofiolitifera

3.2. Rapporti Unità Ofiolitifera - Falda Toscana

3.3. Rapporti Falda Toscana - Unità di Monticiano
- Roccastrada

4. Analisi strutturale delle Filladi e Quarziti del Torrente Mersino

Riferimenti bibliografici

RIASSUNTO

Nell'area a Sud di Massa M.ma affiorano al di sotto del Complesso Neoautoctono formazioni appartenenti all'Unità Ofiolitifera, all'Unità della Falda Toscana ed all'Unità di Monticiano-Roccastrada.

La prima è rappresentata dalla formazione delle Argille a palombini, la seconda dalla Formazione dei calcari e marne a Rhaetavicula contorta e dalla Formazione anidritica di Burano; la terza dal Gruppo delle filladi e quarziti, dalle Filladi e quarziti del Torrente Mersino, dal Gruppo del Verrucano e dalla Formazione di Tocchi.

Gli studi preliminari condotti hanno permesso di puntualizzare alcuni aspetti relativi all'assetto strutturale.

— L'analisi dell'Unità ofiolitifera ha evidenziato la presenza di una piega coricata, a scala macroscopica, ad asse appenninico e vergenza orientale.

— I rapporti tra l'Unità Ofiolitifera e la Falda Toscana sono quelli noti nella Toscana Meridionale con il termine di "serie ridotta"; questo contatto è rappresentato da una faglia normale con caratteri geometrici articolati in un sistema *flat-ramp-flat* ed è a sua volta interessato da faglie a medio ed alto angolo, talvolta anche mineralizzate.

— Il contatto tra l'Unità di Monticiano-Roccastrada e la Falda Toscana appare netto o rappresentato da ripetizioni di filladi e anidriti. Quest'ultimi rapporti vengono interpretati di natura tettonica.

— L'analisi meso e micro strutturale, condotta sulle Filladi e quarziti del T. Mersino, ha permesso di individuare tre eventi deformativi alpini con associate due scistosità (S_1 e S_2) ed un clivaggio di crenulazione (C_3). La scistosità S_2 ha maggior

carattere penetrativo ed è in facies di scisti verdi; i suoi aspetti evolutivi, quali piani S-C, presenza di "sheath folds", direzioni coassiali degli assi del primo e del secondo evento deformativo la presenza di rapporti della deformazione finita fra le ellissi sui piani xz e yz tra loro confrontabili, permettono di ipotizzare che la superficie S_2 si sia evoluta in un regime di inversione tettonica.

ABSTRACT

Ophiolitic Unit formations, Tuscany Nappe formations and Monticiano Roccastrada formations crop out in the Southern part of Massa M.ma (Gr.).

The first is represented by "Argille a palombini" formation; the second by "Calcari e marne a Rhaetavicula contorta" and "Anidriti di Burano" formations; the third by the "Filladi and quarziti" group, the "Filladi e quarziti del Torrente Mersino" formation, the "Verrucano" group and the "Tocchi" formation.

Preliminary studies permitted to underline some aspects of the structural setting.

— The structural analysis of the Ophiolitic Unit has showed a macroscopic overturned fold with appenninic trending and eastward vergence.

— The relationships between Ophiolitic Unit and Tuscany Nappe are the same known as "Serie Ridotta" in Southern Tuscany; this contact is represented by a flat-ramp-flat geometry and it is subsequent involved to high medium angle fault, sometimes mineralized.

— The contact between Monticiano Roccastrada Unit and Tuscany Nappe is represented by phyllades and anidrites alternates. These relationships are interpreted as tectonic.

— The meso and micro structural analysis on "Filladi e quarziti del T. Mersino" allowed to define three alpine deformative events with associated two schistositys (S_1 and S_2) and a gentle crenulation cleavage (C_3). The S_2 schistosity, in green schists facies, is more penetrative than the others, therefore the aspects like s-c planes, sheath folds, coaxial direction of the axis of the first and the second deformative event and the presence of the same ratio of the finite strain on the xz and yz planes, allow to hypotize that this planar anisotropy evolved during a tectonic inversion system.

PAROLE CHIAVE: Toscana Meridionale, tettonica alpina, tettonica estensionale.

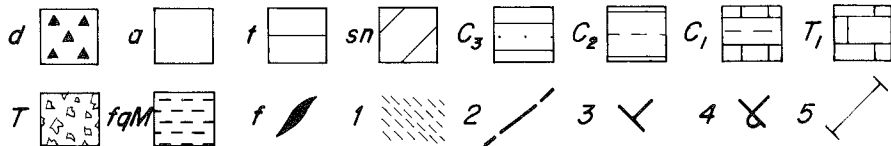
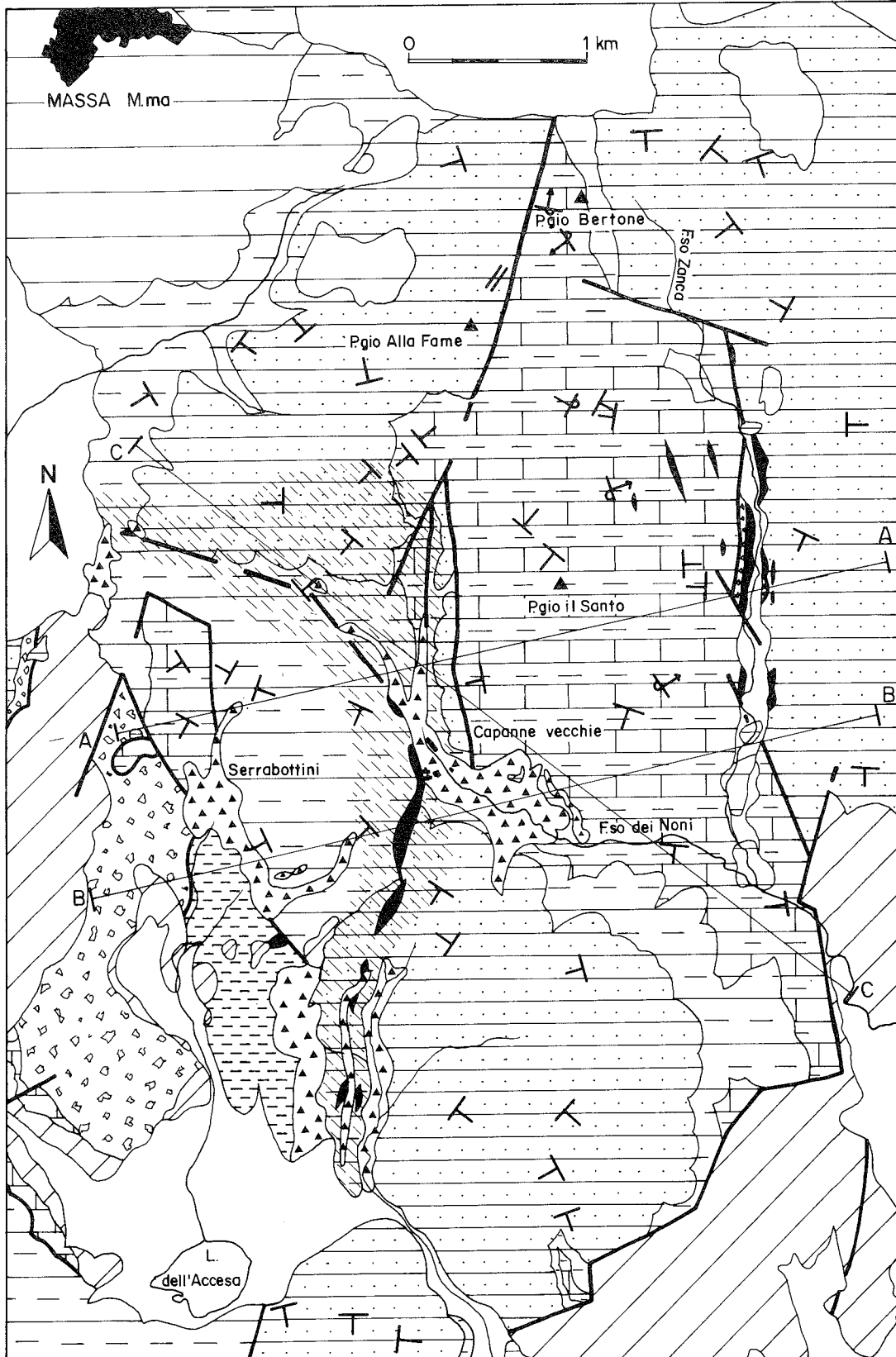
KEY WORDS: Southern Tuscany, Alpine tectonics, Extensional tectonics.

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito degli studi preliminari alla esecuzione del profilo sismico CROP 18, viene discusso l'assetto strut-

Dipartimento di Scienze della Terra - Via delle Cerchia,3 - 53100 Siena.

SCHEMA GEOLOGICO DELL'AREA A SUD DI MASSA M.MA (GR.)



turale dell'area a Sud di Massa Marittima, anche con l'ausilio di tre sezioni geologiche che illustrano in profondità l'area tra Fenice Capanne e Serrabottini: una, in direzione NW-SE, è parallela alla linea sismica CROP18 mentre le altre due, in direzione WSW-ENE, formano un angolo di 50° con la prima (Fig. 1). La scelta di queste sezioni è stata guidata sia dalle conoscenze di superficie sia dall'ubicazione dei numerosi sondaggi eseguiti dalla SOLMINE Spa e dalla RIMIN Spa, per ricerche minerarie.

2. LE UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE NELL'AREA A SUD DI MASSA

I terreni affioranti nell'area di fig. 1 appartengono prevalentemente a formazioni mesozoiche; la successione completa è rappresentata da un Complesso Neoautoctono che giace su più unità tettoniche che a partire da quella geometricamente più alta sono: Unità Ofiolitifera, Unità della Falda Toscana, Unità di Monticiano-Roccastrada.

Vengono riportati i caratteri essenziali delle formazioni riconosciute in superficie ed in sondaggio ad esclusione di quelle del Complesso Neoautoctono interessato solo marginalmente da questo studio.

2.1 Unità di Monticiano-Roccastrada

Dal basso verso l'alto si riconoscono:

Gruppo delle filladi e quarziti (Ordoviciano?-Siluriano?-Devoniano?)

Sono state riconosciute nel pozzo S16 (presso Serrabottini) metagrovacche e filladi con locali livelli metabasitici, riferibili ad unità pre-sudetiche per la presenza di relitti di scistosità precedenti agli eventi tettono-metamorfici alpini (COSTANTINI *et al.*, 1992).

Filladi e quarziti del T.Mersino (Carbonifero sup.-Permiano inf.)

Questa formazione recentemente proposta in BERTINI *et al.* (1992) e oggetto di lavori specifici recenti (COSTANTINI *et al.*, 1992; ELTER, 1993), rappresenta la porzione più recente della così detta "Formazione filladica di Boccheggiano" Auct.. Nelle due aree di affioramento, Boccheggiano e Serrabottini, sono state riconosciute le tre litofacies che la costituiscono: filladi e quarziti grigie e nere, filladi e quarziti verdi, metaconglomerati.

L'associazione dominante della formazione è quella di

filladi e quarziti grigie e nere nelle quali si intercalano livelli (max 50 m) e lenti di filladi e quarziti verdi e, soprattutto nella parte alta della successione, metaconglomerati a litici di quarzo in matrice quarziticofilladica.

L'assenza di relitti di scistosità pre-alpina, i caratteri litologico-petrografici e quelli geochimici permettono di ipotizzare un'età Carbonifero superiore-Permico inferiore (COSTANTINI *et al.*, 1992 *cum bibl.*).

Gruppo del Verrucano - (Trias inf.-medio)

E' stato riconosciuto nel sondaggio S16, che ha attraversato un livello di metarenarie quarzose a grana medio-fine, a tessitura blasto-psammitica con granuli di quarzo recanti inclusioni ematitiche del tutto simili a quelle che si ritrovano nelle anageniti fini del Verrucano triassico (Anageniti minute Auct.).

Formazione di Tocchi - (Trias medio)

Si tratta di una associazione di filladi con intercalazioni carbonatiche e anidritiche riconosciute in un sottile livello nel sondaggio S16.

2.2 Unità della Falda toscana

E' rappresentata esclusivamente dai termini del Trias superiore.

Formazione anidritica di Burano - (Norico-Retico)

E' stata riconosciuta nella sua facies originaria, caratterizzata da un'alternanza di anidriti e dolomie, solo in sondaggio. In superficie perde le sue caratteristiche primarie a causa dei processi di idratazione e dissoluzione del solfato di calcio ad opera delle acque circolanti; tale processo dà origine ad una facies carbonatica nota come "Calcere Cavernoso". Quest'ultimo consiste di calcari grigio scuri, massicci, con strutture a graticcio e con tipiche cellette vuote o riempite da una polvere grigia dolomitica.

Formazione dei calcari e marne a Rhaetavicula contorta (Retico).

Si tratta di calcari e calcari dolomitici grigio scuri in strati molto spessi, talora brecciati, ai quali si intercalano sottili strati di argilliti e marne giallastre.

Fig. 1 - Schema geologico dell'area a Sud di Massa M.ma: d - discariche; a - alluvioni; t - travertini; sn - sedimenti neogenici; Argille con calcari palombini: C₃ - membro arenaceo, C₂ - membro argillitico, C₁ - membro calcareo; T - Calcari a Rhaetavicula contorta; T₁ - Calcere cavernoso; fqM - Filladi e quarziti del Torrente Mersino; f - Filoni quarzosi; 1 - zone metasomatizzate; 2 - contatti tettonici; 3 - strati inclinati; 4 - strati rovesciati a polarità evidente; 5 - tracce delle sezioni.

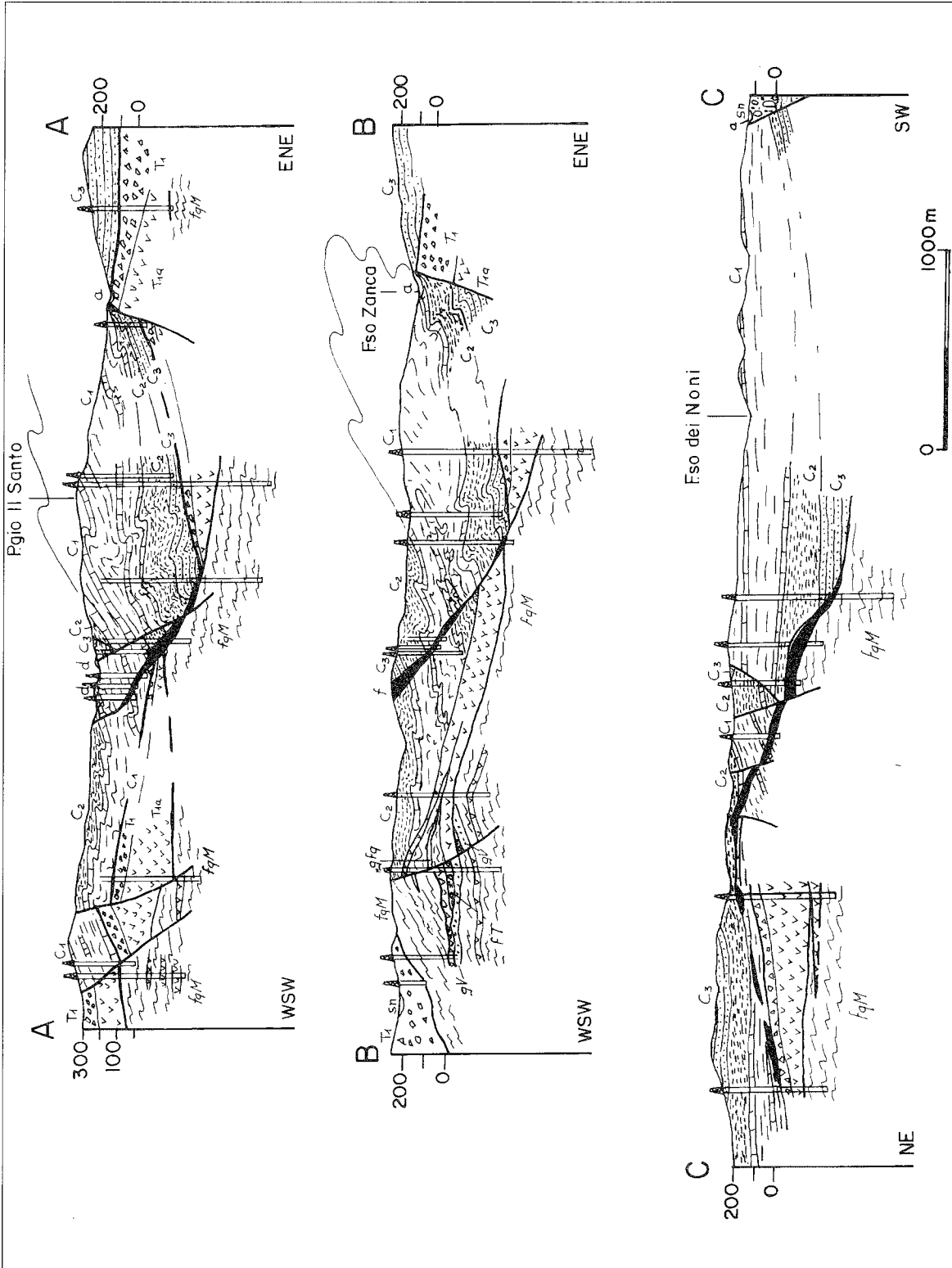


Fig.2 - Sezioni geologiche; spiegazioni delle sigle: filoni (f); sedimenti neogenici (sn); Argille con calcari palombini: membro arenaceo (C₃), membro argilloso (C₂), membro calcareo (C₁); Calcare cavernoso (T₁) e Anidriti di Burano (T_{1a}); Formazione di Tocchi (FT); Gruppo del Verrucano (gV); Filladi e quarziti del Torrente Mersino (fqM); Gruppo filladico quarzifero (gfq). Le pieghe in "forma di zeta" appartengono ai fianchi dritti, quelle in "forma di esse" ai fianchi rovesciati.

2.3 Unità Ofiolitifera

Argille a palombini (Cretaceo inf.)

Si distinguono le seguenti unità litostratigrafiche indicate a partire da quella geometricamente più bassa come: Membro calcareo, Membro argillitico e Membro arenaceo. I primi due, che appaiono legati da rapporti laterali, nel loro insieme possono essere riferiti alla facies più tipica dei "Palombini". Il terzo è correlabile alla facies arenacea affiorante a sud di Monte Rotondo (LAZZAROTTO, 1967) e al "Membro superiore" segnalato da GIANNINI *et al.* (1972).

Il membro calcareo è costituito da argilliti grigie nelle quali si intercalano frequenti strati (spessore circa 25 cm) di calcari fini silicei in percentuali variabili dal 15% al 40%. Del tutto subordinate si rinvengono arenarie localmente gradate e siltiti calcaree spesso laminate.

Il membro argillitico consiste prevalentemente di argilliti grigie alle quali si intercalano sporadicamente calcari silicei grigi ("palombini").

Il membro arenaceo è costituito da argilliti grigio scure e siltiti grigio verdi a cui si intercalano arenarie quarzose grigio verdi.

3. ANALISI DELLE SEZIONI GEOLOGICHE

Lo studio delle tre sezioni permette di discutere l'assetto strutturale dell'area a Sud di Massa Marittima; alcune strutture sono riferibili ad eventi deformativi attivi durante la realizzazione dell'edificio a falde dell'Appennino; altre, formati successivamente, sono la conseguenza di una tettonica estensionale iniziata a partire dal Miocene medio.

3.1 Le pieghe dell'Unità Ofiolitifera

L'individuazione di strutture che caratterizzano le Argille a palombini è stata facilitata dall'aver riconosciuto i tre membri che la compongono e dalla definizione dei relativi rapporti stratigrafici; questo unitamente alla polarità degli strati peraltro raramente riconoscibile, ha permesso di evidenziare una grande anticlinale coricata, le cui pieghe parassite presentano assi a direzione N140 - N150 (anticlinale di Fenice Capanne). Il fianco diritto di questa struttura si sviluppa ad WNW di Capanne Vecchie, mentre quello rovesciato nell'area di Poggio Bertone-Poggio il Santo (Fig. 1 e 2). La vergenza orientale di questa struttura è riconoscibile sul terreno dalla analisi del *facing* nelle *drag folds*.

L'esame effettuato sulle *drag folds* dell'anticlinale di Fenice Capanne, ha permesso inoltre di riconoscere la presenza di un unico evento deformativo. Il piegamento è del tipo *flexural slip*, con un clivaggio di tipo *convergent fan cleavage*; localmente è stato possibile riconoscere un *cleavage pattern* di tipo *arcuate hinge cleavage* (BORRADAILE *et al.*, 1985).

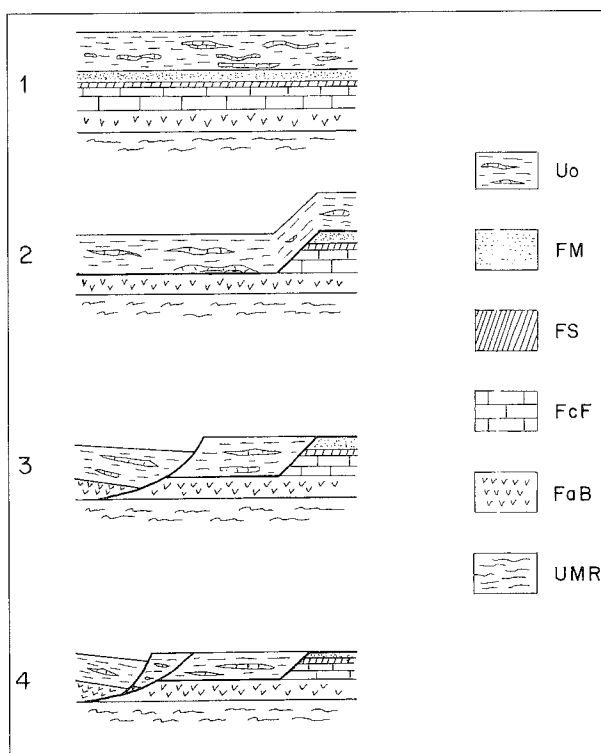


Fig.3 - Modello evolutivo della tettonica rigida estensiva dal Miocene medio dell'area a Sud di Massa M.ma e genesi della "serie ridotta" tramite movimenti lungo superfici di scollamento alla base dell'Unità Ofiolitifera e lungo i livelli meno competenti della Falda Toscana (da BERTINI *et al.*, 1992 con modifiche): 1 - Situazione originaria al Miocene inferiore; 2 - Situazione al Miocene medio; 3, 4 - Situazione al Miocene sup.-Quaternario.

Spiegazione delle sigle: Uo - Unità Ofiolitifera, FM - Macigno, FS - Scaglia toscana, FcF - Formazioni carbonatiche della Falda Toscana, FaB - Formazione anidritica di Burano, UMR - Unità di Monticiano-Roccastrada.

3.2 Rapporti Unità Ofiolitifera-Falda Toscana

Nelle tre sezioni studiate è possibile osservare la sovrapposizione diretta dell'Unità Ofiolitifera sulla Formazione anidritica di Burano. Tali rapporti, riconosciuti in particolare attraverso i numerosi sondaggi esaminati, confermano che l'area a Sud di Massa Marittima si caratterizza per la presenza della "serie ridotta" così ampiamente diffusa nella Toscana Meridionale (SIGNORINI, 1964; TREVISAN, 1955; GIANNINI *et al.*, 1962; LAZZAROTTO, 1967; GIANNINI & LAZZAROTTO, 1967; LAZZAROTTO & MAZZANTI, 1978). E' nota infatti la sovrapposizione delle Liguridi sulle anidriti triassiche o su formazioni paleozoiche. Senza entrare in merito al significato del termine "serie ridotta", più volte discusso nella letteratura geologica, si ricorda che attualmente essa viene interpretata come conseguenza di un evento distensivo, avvenuto in un intervallo di tempo compreso tra il Miocene medio ed il Tortoniano superiore (BERTINI *et al.*, 1992; DECANDIA *et al.* 1993).

Secondo lo schema proposto in BERTINI *et al.* (1992) la serie ridotta sarebbe l'effetto di movimenti avvenuti lungo faglie composte da due superfici di scollamento

suborizzontali, rispettivamente collocate alla base delle Liguridi ed all'interno della Formazione anidritica di Burano e raccordate da una superficie obliqua che attraversa i vari termini della successione toscana (Fig. 3). Tali faglie, con geometria originaria di tipo *flat-ramp-flat* separano un tetto da un muro i cui rapporti indicano che il primo si è sempre abbassato rispetto al secondo giustificando in tal modo l'attribuzione di faglia diretta a questo contatto.

Il contatto suborizzontale tra l'Unità Ofiolitifera e le anidriti triassiche, a tratti riconoscibile nelle tre sezioni, risulta interessato da faglie con piano variamente inclinato da 30° a 70° (Fig. 2). A quest'ultimo sistema sono da riferire le numerose faglie dirette individuate nella Toscana Meridionale che a partire dal Tortoniano superiore frammentano ulteriormente l'edificio a falde, ormai assottigliato, dando origine a fosse tettoniche (nelle quali si è sviluppata la sedimentazione neoautoctona) separate da alti strutturali. Nell'area a Sud di Massa Marittima queste faglie, che presentano prevalentemente direzione NNE-SSW e WNW-ESE appaiono legate ad almeno due diversi momenti deformativi. Attraverso le sezioni si individuano infatti, posteriormente alla prima fase estensionale nella quale si forma la "serie ridotta", faglie a geometria listrica che appaiono a loro volta dislocate da altre dirette (Figg. 2-3). Alle prime sono associate mineralizzazioni legate a intensi processi idrotermali (alcune analisi di inclusioni fluide sui filoni indicano temperature tra i 200° ed i 300°) che hanno profondamente trasformato una "fascia irregolare" ad elevata permeabilità secondaria (filoni quarzosi). Inoltre l'intensa metasomatizzazione sviluppatasi nelle rocce incassanti fa ritenere l'area compresa tra Fenice Capanne e Serrabottini un campo geotermico fossile (Fig. 1).

3.3 Rapporti Falda Toscana-Unità di Monticiano-Roccastrada

L'esame dei dati di superficie e dei numerosi sondaggi permette di definire che le Filladi e quarziti del T. Mersino generalmente giacciono sotto alla Formazione anidritica di Burano. Il contatto tra le due formazioni, spesso incontrato in sondaggio, appare netto oppure corrispondente ad una fascia nella quale si hanno ripetizioni di filladi e anidriti (area di Boccheggiano e di Serrabottini); nel passato queste ripetizioni sono state considerate come espressione di un passaggio stratigrafico tra le due unità (TREVISAN, 1955; VIGHI, 1962; SIGNORINI, 1964; MARTINI *et al.*, 1989). Recentemente lo studio di numerosi sondaggi ha permesso di mettere in evidenza che nella formazione delle Filladi e quarziti del T. Mersino si alternano scaglie costituite da litotipi appartenenti sia alle successioni triassiche (Formazione anidritica di Burano, Formazione di Tocchi e Gruppo del Verrucano) sia alle successioni pre-sudetiche costituite da metagrovacche e filladi con livelli di metabasiti (Gruppo filladico-quarzitico). Questo assetto si evidenzia in particolare nella sezione B di Fig. 2. Tali intercalazioni sono correlabili con quelle osservate nell'area di Boccheg-

giano (COSTANTINI *et al.*, 1992) e nelle aree di Larderello e di Travale (ELTER & PANDELI, questo volume). Inoltre la sovrapposizione delle scaglie è associata generalmente a livelli cataclastico/milonitici. Analoghe strutture sono state individuate attraverso sondaggi in aree limitrofe come ad esempio quelle di Boccheggiano (COSTANTINI *et al.*, 1992), di Montebamboli (Pozzo Massa 2, in BERTINI *et al.*, questo volume) e Carboli (Pozzi Carboli 10,11,C/bis e 11a).

4. ANALISI STRUTTURALE DELLE FILLADI E QUARZITI DEL T. MERSINO

L'analisi meso e microstrutturale condotta sulle successioni metamorfiche nell'area di Serrabottini ha permesso di individuare tre eventi deformativi di età alpina (D1, D2 e D3) (COSTANTINI *et al.*, 1992), con associate due scistosità penetrative S1 e S2 (FRANCESCHELLI, 1980) riferibili ai primi due eventi (D1 e D2) ed un discontinuo clivaggio di crenulazione riferibile a D3. Tali strutture appartengono al Dominio II di ELTER & PANDELI (1991).

In tutte le unità riconosciute in sondaggio è presente la scistosità S2 in facies di scisti verdi; gli aspetti evolutivi della S2 sono caratterizzati dalla presenza di strutture particolari quali:

- tettoniti S-C (Fig. 4) (LISTER & SNOKE, 1984) con componenti di taglio sinistro e rapporti milonitici di I S-C e II S-C. Questi ultimi sono caratterizzati da parallelismo tra S1 e S2;

- presenza di "sheath folds" associate alle tettoniti S-C (ELTER, 1993; ELTER & PANDELI, 1993) e di strutture plicative con morfologia delle cerniere variabili.

- assi del primo evento paralleli a quelli del secondo evento deformativo (Fig. 5).

E' stata inoltre condotta una analisi della deformazione finita (*finite strain*) in corrispondenza delle zone di taglio allo scopo di definire il rapporto asse maggiore-asse minore dell'ellissoide delle deformazioni secondo i piani xz e yz. Per la determinazione dell'entità della deformazione finita sono stati applicati i seguenti metodi:

- Metodo di FLINN (1979)

- Metodo delle medie (LISLE, 1979)

- Metodo di *Inverse Surface Whell* (PANOZZO, 1987)

- Metodo di FRY (HANNA & FRY, 1979)

Questo è stato reso possibile per la presenza di metaconglomerati in matrice quarzatica che hanno reso nullo l'effetto matrice sulla entità della deformazione.

I dati ottenuti possono essere così sintetizzati: la maggior parte degli ellissoidi è del tipo *simple or uniform flattening* (a frittata) (HOBBS *et al.*, 1976) con una perdita di volume stimata intorno al 38%.

Prendendo come riferimento la lineazione mineralogica e/o di estensione L1 (sono riconoscibili sia lineazioni di tipo *zones abritiques* che *pull apart lineation*, NICOLAS, 1989) in campioni dove la S2//S1//S0, è stato possibile determinare il rapporto asse minore/maggiore dell'ellissoide dello strain sui i piani xz e yz:

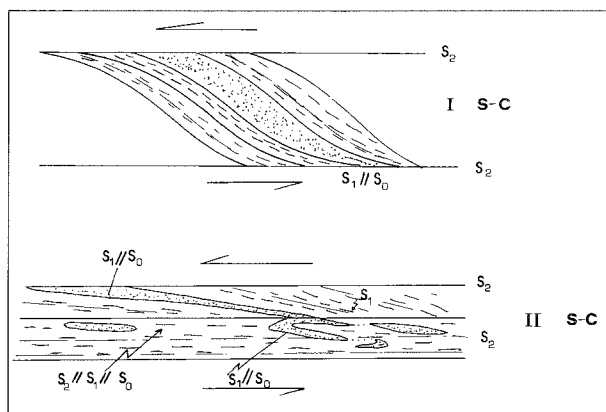


Fig.4 - Rapporti tra gli elementi planari del I e del II evento deformativo: I S-C; II S-C.

— lungo il piano xz il rapporto (R) asse minore (am)/ asse maggiore (aM) è uguale a 1:3.5.

— lungo il piano yz il rapporto $R = am/aM = 1:4$

Analizzando questi risultati (Fig. 5) si osserva come sul piano xz, piano di massima deformazione, il rapporto asse minore-maggiore è leggermente inferiore a quello determinato sul piano yz. Una simile situazione può essere spiegata ammettendo che la deformazione legata alla S_2 abbia la stessa direzione ma verso opposto a quella legata alla S_1 . In questo modo l'ellissoide formatosi nel primo evento, verrebbe "rideformato" in un secondo evento in senso opposto annullando parte della deformazione precedente.

Questo quadro evolutivo, unitamente al parallelismo degli assi del I e del II evento ed alle strutture particolari legate alla S_2 (piani S-C e *sheath folds*) permette di ipotizzare che la S_2 sia una superficie che si esplica in un regime di inversione tettonica.

Allo stato attuale delle conoscenze, sono state individuate solo vergenze di tipo occidentale per le strutture

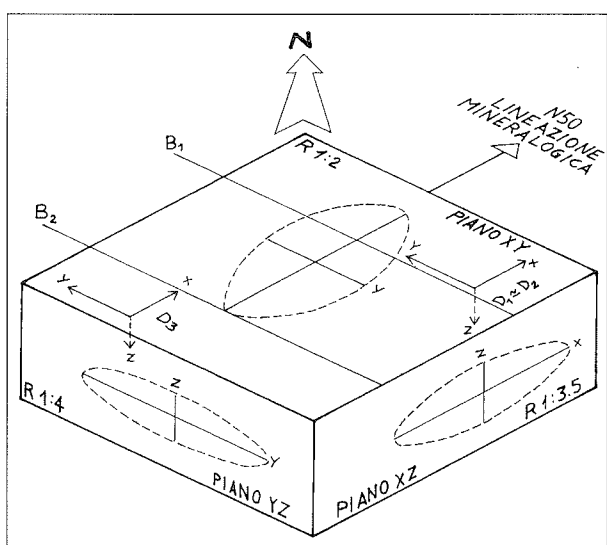


Fig.5 - Distribuzione sui vari piani dell'ellisse dello strain.

plivative associate al secondo evento deformativo (Es. Iano, Rosia, Boccheggiano): la mancanza di dati circa eventuali vergenze orientali non ci permette di poter inquadrare tale strutturazione con il regime definito come estensivo da CARMIGNANI *et al.*, 1993 (*cum bibl.*) nelle Alpi Apuane.

Gli Autori ringraziano la Direzione della Solmine SpA e della Rimin SpA per averci concesso la pubblicazione dei dati riportati in questo studio.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

BERTINI G., BERTOZZI A., DINI I., PRIAMI F., SARTINI M., TOSI F. & VALENTI P. (1994) - *Sondaggio stratigrafico Massa 2*. Questo volume.

BERTINI G., CAMELI G.M., COSTANTINI A., DECANDIA F.A., DI FILIPPO M., DINI I., ELTER F.M., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., PANDELI E., SANDRELLI F. & TORO B. (1992) - *Struttura geologica fra i monti di Campiglia e Rapolano Terme (Toscana meridionale): stato attuale delle conoscenze e problematiche*. Studi Geologici Camerti, volume speciale 1991/1, 155-178.

BORRADAILE G.J., BAYLY M.B. & MCA. POWELL C. (1985) - *Atlas of deformational and metamorphic Rock Fabric*. Springer-Verlag editors.

CARMIGNANI L., DISPERATI L., FANTOZZI P.L., GIGLIA G. & MECCHERI M. (1993) - *Tettonica distensiva del Complesso Metamorfico Apuano*. Guida all'escursione - Pietrasanta 1-4 Giugno 1993, 128 pp.

COSTANTINI A., ELTER F.M., PANDELI E., PASCUCCI V., SANDRELLI F. & TOGNONI M. (1992) - *Geologia dell'area di Boccheggiano e Serrabottini (Colline Metallifere, Toscana Meridionale)*. Riassunti Congresso S.G.I. Firenze, 1992.

DECANDIA F.A., LAZZAROTTO A. & LIOTTA D. (1993) - *La "Serie ridotta" nel quadro della evoluzione della Toscana meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., **49**, 181-191.

ELTER F.M. (1993) - *Segnalazione di pieghe di tipo "sheath" nella formazione delle Filladi e quarziti del Torrente Mersino (Colline Metallifere)*. Boll. Soc. Geol. It., **112**, 557-561.

ELTER F.M. & PANDELI E. (1990) - *Alpine and Hercynian orogenic phases in the basement rocks of the Northern Apennines (Larderello Geothermal field, Southern Tuscany, Italy)*. Eclog. Geol. Helv., **83**, 241-264.

ELTER F.M. & PANDELI E. (1991) - *Structural features of the metamorphic Paleozoic-Triassic sequences in deep geothermal drillings of the Monte Amiata Area (SE Tuscany, Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., **110**, 511-522.

ELTER F.M. & PANDELI E. (1993) - *Alpine tectono-metamorphic framework of the tuscan paleozoic (Southern Tuscany, Italy)*. Annales Tectonicae, **VII**, 71-84.

ELTER F.M. & PANDELI E., (1994) - *Caratteri petrografici e strutturali del basamento metamorfico nell'area di Travale-Radicondoli (Toscana meridionale, Italia)*. Questo volume.

- ELTER F.M. & TALARICO F. (1993) - *The low P/High T metamorphic over print in the "Gneiss Group" (Larderello geothermal field, Italy): a thermal record of late hercynian orogenic extension in the basement of southern Tuscany*. In: "Late orogenic extension in mountain belts". BRGM, **219**, 62-63.
- FLINN D. (1979) - *The deformation matrix and the deformation ellipsoid*. Journ. Struct. Geol., **1**, 299-307.
- FRANCESCHELLI M. (1980) - *Lineamenti geologico-petrografici delle Formazioni metamorfiche paleozoiche affioranti nell'area di Boccheggiano (Toscana Meridionale)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem. serie A, **87**, 65-92.
- GIANNINI E. & LAZZAROTTO A. (1967) - *Studio geologico di una sezione tra i monti di Campiglia M.ma e la parte centro meridionale dei Monti del Chianti*. Atti Soc. Sc. Nat. Mem. ser. A, I, **6**, 78-101.
- GIANNINI E., LAZZAROTTO A. & SIGNORINI (1972) - *Lineamenti di geologia della Toscana meridionale*. Fasc. Spec. del volume 27 dei Rend. Soc. It. Min., 1971.
- GIANNINI E., NARDI R., & TONGIORGI M. (1962) - *Osservazioni sul problema della Falda Toscana*. Boll. Soc. Geol. It., **84**, 197-270.
- HANNA S.S. & FRY N. (1979) - *A comparison of methods of strain determination in rocks from Southwest Dyfed (Pembrokeshire) and adjacent areas*. Journ, Str. Geol., **1**, 155-162.
- HOBBS B.E., MEANS W. P. & WILLIAMS P.F. (1976) - *An outline of structural geology*. Wiley & Sons, inc. New York.
- LAZZAROTTO A. (1967) - *Geologia della zona compresa tra l'alta Valle del Fiume Cornia e del Torrente Pavone (Provv. di Pisa e Grosseto)*. Mem. Soc. Geol. It., **6**, 151-197.
- LAZZAROTTO A. & MAZZANTI R. (1978) - *Geologia dell'alta Val di Cecina*. Boll. Soc. Geol. It., **95**, 1365-1487.
- LISLE R.J. (1979) - *Strain analysis using deformed pebbles: the influence of initial pebble shape*. Tectonophysics, **60**, 263-277.
- LISTER G.S. & SNOKE A.W. (1984) - *S-C Mylonites*. Journ. Struct. Geol., **6**, 617-638.
- MARTINI R., GANDIN A. & ZANINETTI L. (1989) - *Sedimentology, Stratigraphy and micro paleontology of the Triassic evaporitic sequence in the subsurface of Boccheggiano and in some outcrops of southern Tuscany (Italy)*. Riv. Ital. Paleont. Strat., **95**, 3-28, 1989.
- NICOLAS A. (1989) - *Principes de tectonique*. 2^e édition. Masson Editor, 1-219.
- PANOZZO R. (1987) - *Two dimensional strain determination by the Inverse SURFOR wheel*. Journ. Struct. Geol., **9**, 115-119.
- SIGNORINI R. (1964) - *Sguardo di insieme alla Geologia della Toscana a Sud dell'Arno*. Mem. Soc. Geol. It., **4(1)**, 413-431, 1964.
- TREVISAN L. (1955) - *Il trias della Toscana e il problema del Verrucano Triassico*. Boll. Soc. Geol. It., **10**, 96-101, 1955.
- VIGHI L. (1962) - *Caratteristiche e genesi delle mineralizzazioni nell'ambito dei permessi di ricerca e delle concessioni "Montecatini" Stato attuale delle ricerche e proposte per lo sviluppo futuro delle stesse*. (Rapp. int. RIMIN 1962).