

DEFORMAZIONI SIN E POST SOVRASCORRIMENTI
NEI MONTI DELL'UCCELLINA (TOSCANA MERIDIONALE)(***)

INDICE

| | |
|-------------------------------|----------|
| RIASSUNTO | pag. 225 |
| ABSTRACT | ” 225 |
| INQUADRAMENTO GEOLOGICO | ” 225 |
| STORIA DEFORMATIVA | ” 225 |
| Prima fase deformativa (D1) | ” 229 |
| Seconda fase deformativa (D2) | ” 231 |
| DISCUSSIONE | ” 231 |
| BIBLIOGRAFIA | ” 232 |

RIASSUNTO

La struttura fondamentale dei Monti dell'Uccellina (Toscana meridionale) è data dalla sovrapposizione di unità tettoniche originatesi sul margine interno della placca italo-dinarica sormontate a loro volta da unità di origine più interna (Unità di Canetolo). Lo studio geologico-strutturale ha portato al riconoscimento di una tettonica polifasata caratterizzata da due eventi deformativi (D1 e D2). Mentre la prima fase D1 è la responsabile dell'impilamento delle diverse unità tettoniche, e della loro successiva scagliatura, con un senso di trasporto da W verso E, la seconda fase D2 produce le strutture cartograficamente più evidenti, come la grossa antiforme a nucleo di Verrucano dell'Unità di Torre Cannelle che caratterizza la parte centro-meridionale dei Monti dell'Uccellina, con associate strutture minori. Scopo di questo lavoro è stato una revisione della cartografia e dei dati strutturali con particolare riguardo alla caratterizzazione delle diverse fasi deformative a livello macro e microscopico per ricostruire l'assetto geometrico e la storia evolutiva dell'edificio tettonico in esame.

ABSTRACT

The fundamental setting of the Monti dell'Uccellina area is made up by the superposition of some tectonic units belonging to the original internal margin of the italo-dinaric plate, overthrust by some more internal units (Canetolo Unit). A poliphase tectonic history, characterized by two main tectonic events has been pointed out by geological and structural studies. While D1 phase is responsible of the main overthrusting of tectonic units and of their successive rethrusting with a tectonic transport from W to E, D2 phase can be related to the most evident cartographic structures, as the large antiform affecting the central southern part of the area, with minor structures related.

Aim of this note has been a revision of cartographic and structural data, especially regarding the macro and microstructural characterization of the different tectonic phases to understand the geometrical setting and the structural evolution of the area.

(*)Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Pisa.

(**)Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Siena.

(***)Lavoro eseguito con il contributo finanziario del Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino - CNR, Pisa e del MURST 60% (responsabile P.C. PERTUSATI).

PAROLE CHIAVE: Tettonica polifasata, Analisi strutturale, Toscana Meridionale.

KEY WORDS: Poliphase tectonic history, Structural analysis, Southern Tuscany.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'assetto strutturale generale dei Monti dell'Uccellina (Toscana meridionale, Fig. 1) è costituito dall'impilamento di diverse unità tettoniche (Fig. 2) che vedono sovrapporsi dall'alto verso il basso: l'Unità di Canetolo, l'Unità di Collelungo (formata da *Macigno* e da *Calcare "Nummulitico"*), l'Unità della Vacchereccia (costituita solo da *Verrucano*; "*Pseudoverrucano*" *Auctt.*: LOTTI, 1910; FAZZINI & PAREA, 1966; SIGNORELLI, 1967; DECANDIA & LAZZAROTTO, 1981; COSTANTINI *et alii*, 1981 a e b), l'Unità dei Monti dell'Uccellina (caratterizzata da formazioni analoghe a quelle della successione toscana, che vanno in continuità stratigrafica dal *Verrucano* alla *Scaglia*), l'Unità di Talamone (*Calcare Cavernoso*) ed infine l'Unità di Torre Cannelle (*Verrucano*).

Il corpo principale dei Monti dell'Uccellina è caratterizzato da una grande estensione delle unità inferiori (Unità di Talamone ed Unità di Torre Cannelle). L'Unità di Torre Cannelle è strutturata, alla scala cartografica, in una antiforme con asse di direzione N150-N160 e debole immersione verso NW (Fig. 3).

Le unità tettoniche costituite da successioni mesozoiche-terziarie hanno il massimo sviluppo nella parte settentrionale dei Monti dell'Uccellina e nella zona di Collecchio (Fig. 3). Esse sono ripetute tettonicamente e formano tre Complessi (Complessi I, II, III). Ciascun Complesso risulta quindi costituito, dal basso verso l'alto, dalla sovrapposizione dell'Unità dei Monti dell'Uccellina, dall'Unità della Vacchereccia e dall'Unità di Collelungo. I contatti tettonici che delimitano i vari Complessi, con deboli immersioni verso W e verso E rispettivamente sul versante occidentale ed orientale dei Monti dell'Uccellina, sovrappongono formazioni più antiche su formazioni più recenti.

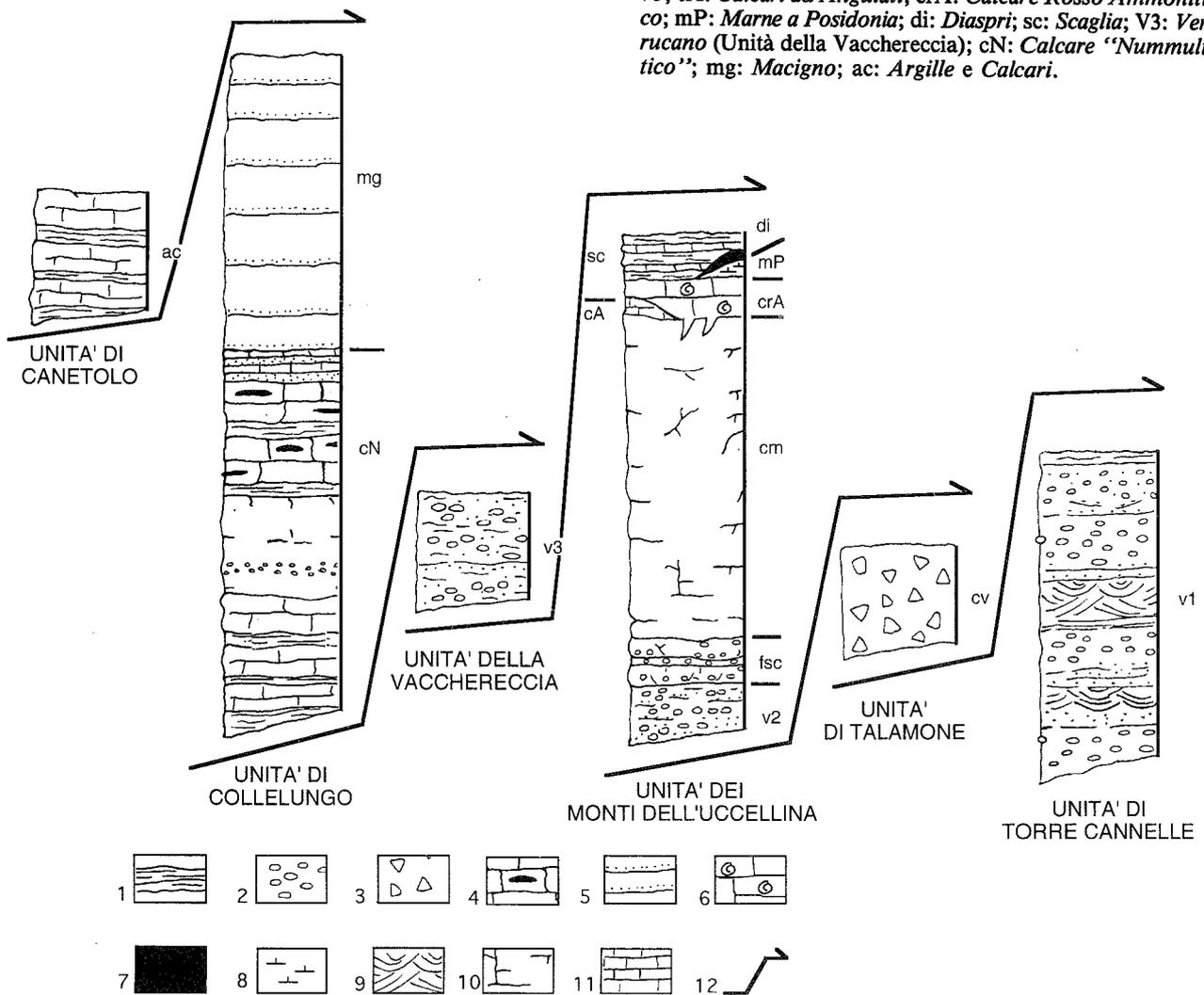
STORIA DEFORMATIVA

L'area in esame presenta una tettonica polifasata, caratterizzata da due eventi deformativi (D1 e D2) che si manifestano con caratteri diversi nelle varie unità tettoniche. Infatti mentre nell'unità più profonda (Unità di Torre Cannelle) si hanno piegamenti subisoclinali ed uno stile deformativo prevalentemente duttile, nelle unità strutturalmente più alte (Unità dei Monti dell'Uccellina, Unità della Vacchereccia) lo stile deformativo ha carattere fragile-duttile con una tettoni-



Fig. 1 - Inquadramento geografico dell'area studiata.

Fig. 2 - Successioni stratigrafiche delle unità tettoniche distinte; 1: argille e marne; 2: conglomerati; 3: calcare cavernoso; 4: calcare con liste di selce; 5: arenarie; 6: calcare con ammoniti; 7: radiolariti; 8: marne; 9: quarziti ed arenarie con stratificazione incrociata; 10: calcare; 11: calcare marnoso; 12: superfici di accavallamento. V1: *Verrucano* (Unità di Torre Cannelle); cv: *Calcare Cavernoso*; V2: *Verrucano* (Unità dei Monti dell'Uccellina); fsc: *Formazione di Salto del Cervo*; cA: *Calcari ad Angulati*; crA: *Calcare Rosso Ammonitico*; mP: *Marne a Posidonia*; di: *Diaspri*; sc: *Scaglia*; V3: *Verrucano* (Unità della Vacchereccia); cN: *Calcare "Nummulitico"*; mg: *Macigno*; ac: *Argille e Calcari*.



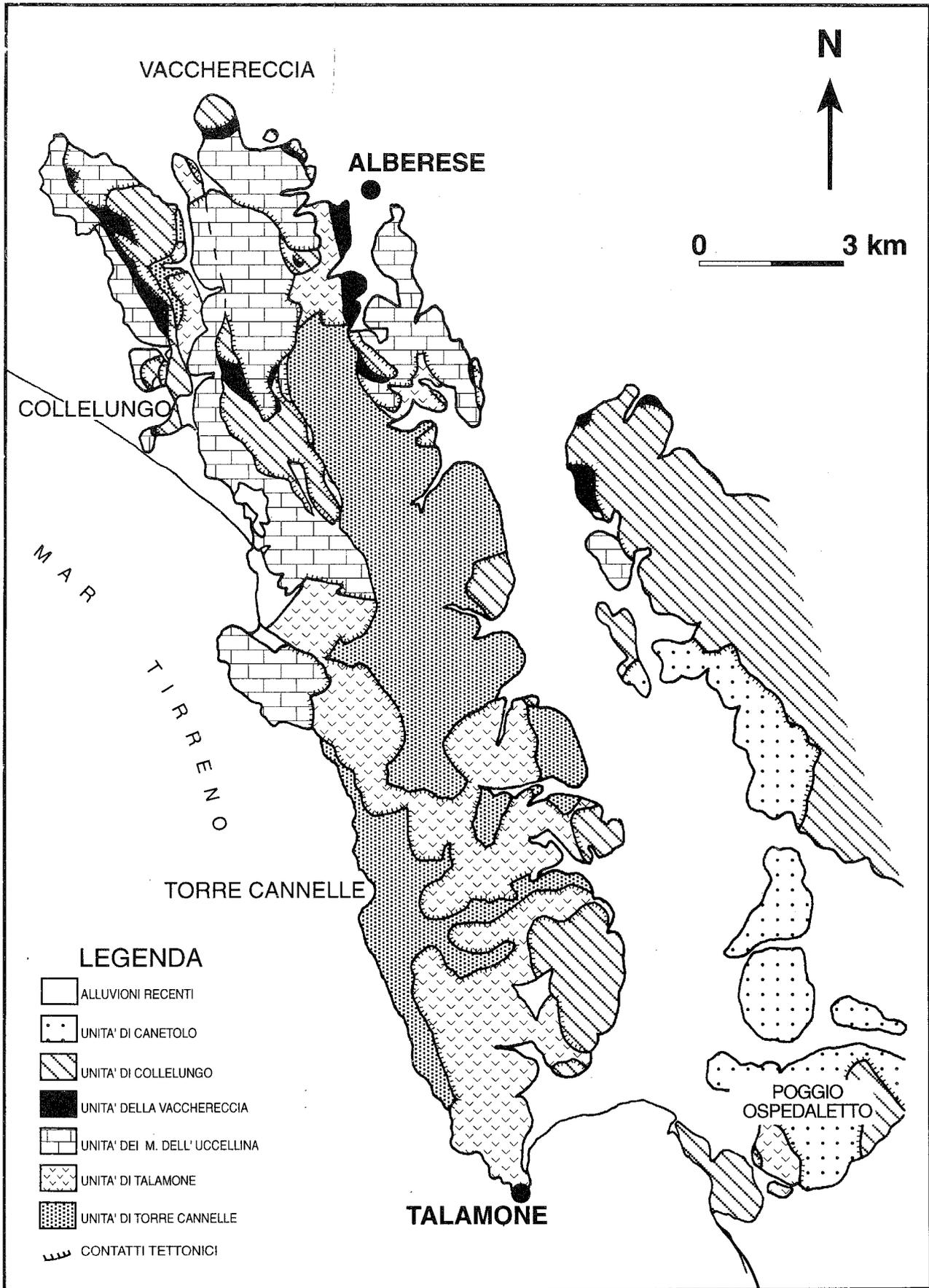


Fig. 3 - Schema delle unità tettoniche affioranti nei Monti dell'Uccellina.

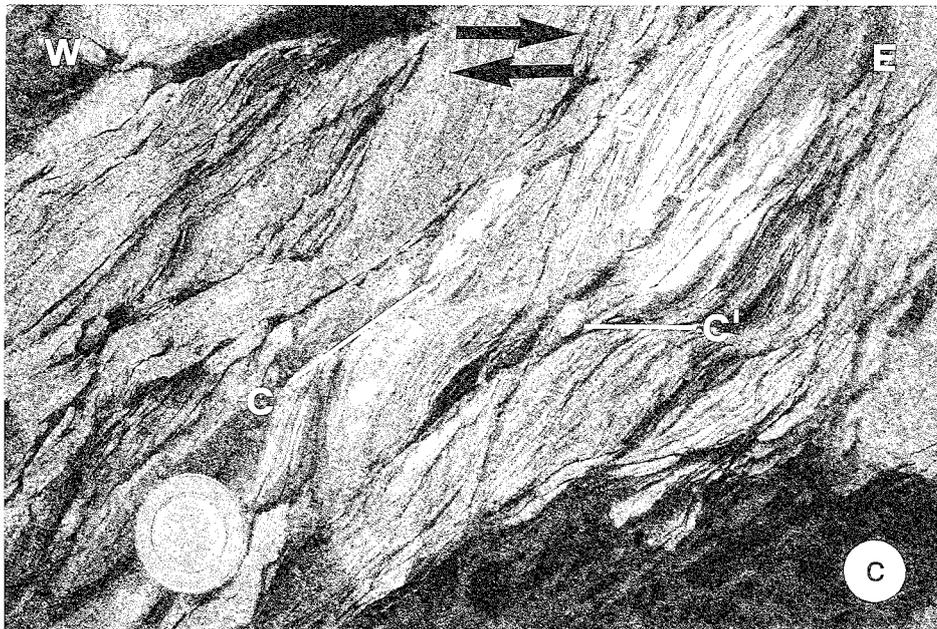
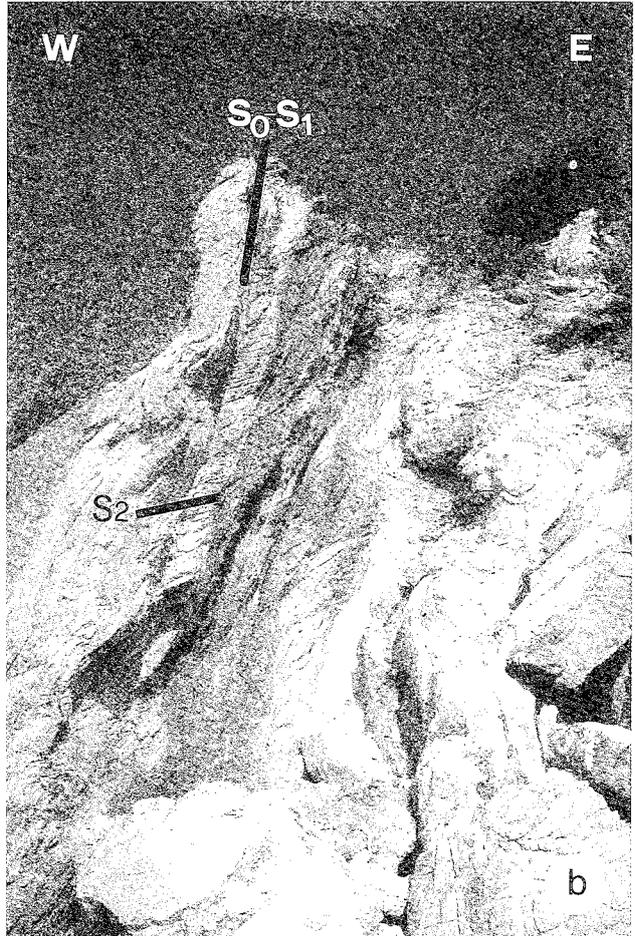
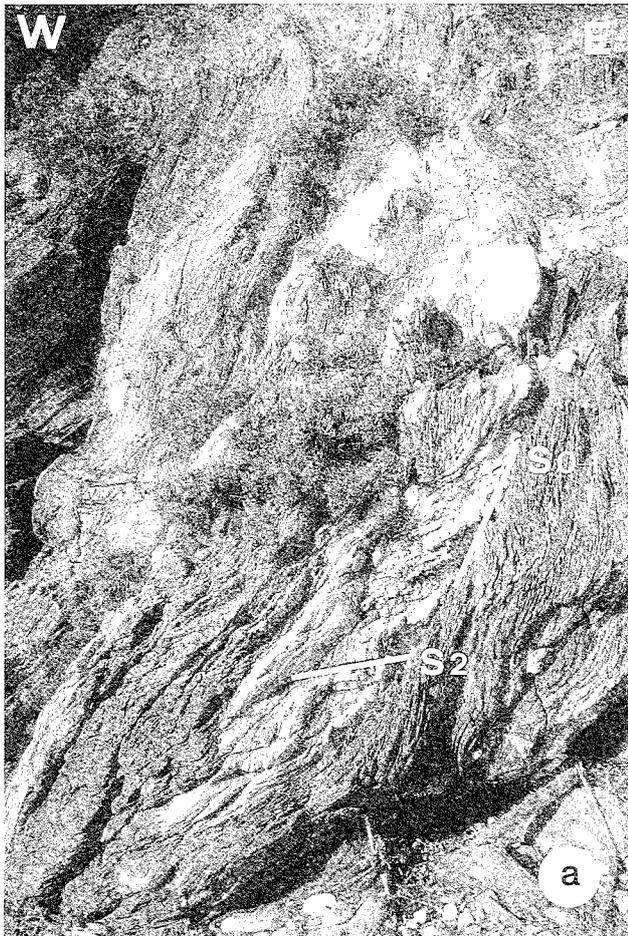


Fig. 4 - a) Piega di prima fase nelle filladi del *Verrucano* (Unità di Torre Cannelle); b) Piega di seconda fase in alternanze di filladi e quarziti del *Verrucano* (Unità di Torre Cannelle); c) esempio di strutture tipo S-C e C' nella *Formazione della Scaglia* (Unità dei Monti dell'Uccellina).

ca a scaglie molto intensa. Le due fasi deformative sono coassiali e la loro interferenza è riconducibile al tipo 3 di RAMSAY (1967).

Prima fase deformativa (D1)

La D1 è la fase deformativa più importante ed è la responsabile dell'impilamento delle unità tettoniche distinte ed è da riferire alla collisione continentale.

Durante la fase D1 si ha la formazione di pieghe metriche e decametriche, accompagnate dallo sviluppo di una foliazione penetrativa di piano assiale S1.

La geometria delle pieghe varia a seconda delle litologie interessate. Nel *Verrucano* dell'Unità di Torre Cannelle le pieghe F1 sono riconducibili alla classe 3 di RAMSAY (1967), con angoli di apertura piccoli, intorno ai 10-20° (Fig. 4a). Le pieghe si osservano sia alla scala metrica e decametrica, che microscopica. Lungo i fianchi si sviluppano evidenti fenomeni di *boudinage*. Anche nelle litologie carbonatiche dell'Unità dei Monti dell'Uccellina si riconoscono pieghe di prima fase, che presentano angoli di apertura maggiori, intorno ai 30° e sono riconducibili alla classe 1C di RAMSAY (1967). La stessa geometria dei piegamenti si osserva nel *Calcare "Nummulitico"* dell'Unità di Collelungo, affiorante lungo la falesia del promontorio omonimo.

La foliazione S1 traspone la superficie di stratificazione (S0) in modo tale che le due superfici (S1 e S0) risultano supparallele lungo i fianchi delle pieghe e subperpendicolari nella zona di cerniera.

La formazione che offre gli affioramenti migliori è il *Verrucano* dell'Unità di Torre Cannelle che, comprendendo diversi litotipi, permette di rilevare caratteri diversi della foliazione S1. Mentre nelle filladi la S1 è una superficie molto penetrativa e poco spaziata, nei litotipi più competenti, quarziti e conglomerati quarzosi, assume le caratteristiche di un clivaggio ben spaziato.

Microscopicamente, nelle filladi, la S1 si presenta come un tipico *slaty cleavage*, marcato da una forte orientazione preferenziale di mica chiara e clorite ricristallizzate sincinemáticamente in sottili letti lepidoblastici. Nelle quarziti la mica chiara sincinemática è orientata statisticamente lungo la S1 trovandosi dispersa in una "matrice" quarzosa.

La blastesi associata a D1 (mica chiara, clorite, quarzo, ossidi, calcite) è riferibile ad un metamorfismo in facies scisti verdi (FRANCESCHELLI *et alii*, 1986).

Nei litotipi prevalentemente carbonatici dell'Unità dei Monti dell'Uccellina la S1 si presenta come un clivaggio ben spaziato. A livello microscopico si ha solo una debole ricristallizzazione di mica chiara. Più spesso la S1 è evidenziata da superfici di dissoluzione. Nelle litologie più competenti dell'Unità di Collelungo la S1 è ben spaziata e spesso associata a dissoluzione.

I poli delle superfici S1 sono dispersi lungo un grande cerchio orientato circa N70E - N80E, con deboli immersioni sia verso E che verso W (Fig. 5a). Questa dispersione è in parte imputabile al fenomeno di rifrazione della scistosità ed in parte è da mettere in relazione alla deformazione della fase tettonica successiva D2.

La raccolta dei dati riguardanti gli elementi lineari è risultata disomogenea dal momento che gli affioramenti migliori sono concentrati nel tratto di costa sudoccidentale nel *Verrucano* dell'Unità di Torre Cannelle. Sono stati misurati gli assi delle pieghe (A1) e le lineazioni di intersezione tra le superfici S1 e S0 (L0-1).

La distribuzione di questi elementi lineari mostra un massimo orientato N-S debolmente inclinato verso Nord (Fig. 5c).

Sono stati individuati diversi sistemi di vene sintettoniche, rispetto alla fase D1, in base alle loro caratteristiche macro e microscopiche. Le vene mostrano struttura fibrosa, con fibre di quarzo, clorite, mica bianca e calcite e sono classificabili come antitassiali (RAMSAY, 1967). È stato possibile distinguere due tipi di vene: vene in estensione e *shear veins*. Le vene in estensione sono in genere perpendicolari alle superfici di stratificazione e di scistosità ed in alcuni casi sono subperpendicolari anche agli assi A1 (Fig. 5e). Nei livelli incompetenti talvolta sono piegate e trasposte dalla S1. Le *shear veins* sono parallele alle superfici di stratificazione e si sviluppano al contatto tra livelli a diversa competenza. Sono legate al movimento strato su strato durante il piegamento per *flexural slip*.

A livello microscopico sono visibili anche *pressure fringes*, di tipo "pyrite", che si sviluppano principalmente al bordo di cristalli di tormalina, ossidi, quarzo e pirite. Appaiono deformate dalla fase D2, con parziale trasposizione sulla foliazione S2. L'orientazione media delle fibre (circa parallele all'asse X dell'ellissoide dello *strain* istantaneo) è congruente con gli assi dell'ellissoide della deformazione durante la fase D1 deducibili dagli altri dati strutturali. Il *fabric* delle vene osservate e le deformazioni associate alla fase D1 fanno ritenere probabile un tipo di deformazione prevalentemente non coassiale. Altre direzioni di massima estensione sono state ricavate da allungamenti mineralogici e da allungamenti di noduli carbonatici tipo caliche, nel *Verrucano* di Torre Cannelle. Anche lo studio dei rapporti tra superfici tipo S-C conferma una direzione di massima estensione (L1) orientata circa E-W (Fig. 5f).

Lo studio delle zone di taglio, sviluppatasi in prossimità dei contatti tettonici, ha fornito importanti indicazioni sul senso di movimento associato alla fase D1. Gli indicatori cinematici osservati, sono: superfici tipo S-C, porfiroclasti asimmetrici, ombre di pressione e senso di rovesciamento delle pieghe asimmetriche.

Le superfici tipo S-C (BERTHÉ *et alii*, 1979) sono gli indicatori cinematici più frequenti nelle zone di taglio analizzate.

In località Salto del Cervo, dove si ha la sovrapposizione del Complesso II sul Complesso I, le superfici S-C hanno ampio sviluppo nel *Calcare Rosso Ammonitico* del complesso inferiore. Nello stesso affioramento si osservano anche *shear bands* minori con sviluppo di superfici tipo C' (PLATT & VISSERS, 1980) con movimento sintetico rispetto al taglio principale.

A Collelungo le superfici S-C, associate anche in questo caso a *shear bands* minori con sviluppo di superfici tipo C', sono ben riconoscibili nella *Scaglia* dell'Unità dei Monti dell'Uccellina (Fig. 4c).

A Collecchio le stesse geometrie si sviluppano nel *Calcare Rosso Ammonitico* e nel *Calcare ad Angulati* rispettivamente nella cava M e B di SIGNORINI (1967).

Altri indicatori cinematici utilizzati sono costituiti da porfiroclasti asimmetrici di tipo sigma (SIMPSON & SCHMID, 1983), di cui si hanno ottimi esempi nella *Scaglia* affiorante a Collelungo e *pressure fringes* asimmetriche. Anche la geometria delle pieghe asimmetriche (RAMBERG, 1963), tipiche di un regime deformativo non coassiale, abbondanti nella *Scaglia* affiorante a Collelungo, nel *Calcare Rosso Ammonitico*, nei cal-

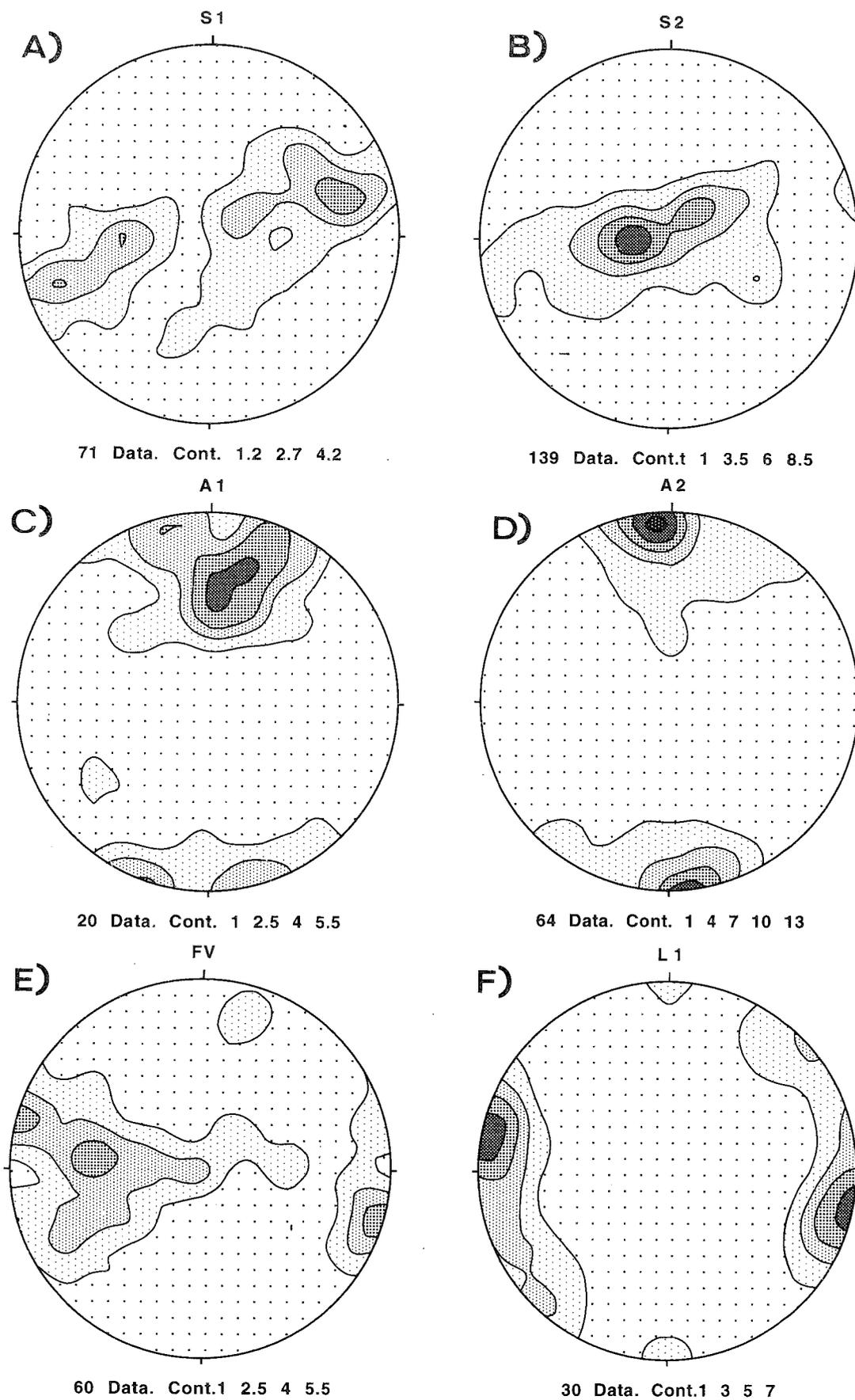


Fig. 5 - Proiezioni stereografiche degli elementi strutturali (emisfero inferiore, proiezione equiareale) a) poli dei piani della foliazione S1; b) poli dei piani della foliazione S2; c) assi di pieghe di prima fase; d) assi di pieghe di seconda fase; e) orientazione delle fibre delle vene in estensione; f) lineazioni di massima estensione.

cari della *Formazione di Salto del Cervo* a Collecchio, ha fornito utili indicazioni.

Tutte le osservazioni effettuate indicano una direzione di movimento relativa alla prima fase deformativa D1 mediamente E-W, con un senso di trasporto della parte superiore da W verso E.

La vergenza della prima fase, determinata in base ai rapporti tra foliazione e stratificazione e dallo studio delle zone di taglio, sviluppatasi al contatto tra le diverse unità, è risultata quindi da W verso E.

L'analisi della deformazione finita è stata effettuata utilizzando come *strain markers* ooliti di bancate calcaree appartenenti alla *Formazione di Salto del Cervo* dell'Unità dei Monti dell'Uccellina.

Sono stati studiati 12 campioni orientati. I rapporti assiali delle sezioni principali, l'orientazione geografica degli assi principali massimo e minimo ed il parametro K (RAMSAY, 1967) sono stati ricavati utilizzando i metodi di centro a centro di FRY (1979) e INSTRALV & GE, (1990).

I risultati delle analisi dei campioni, riportati su un diagramma di Flinn (RAMSAY, 1967), cadono nel campo dell'appiattimento apparente ($0 \leq K \leq 1$). Le direzioni di massimo allungamento (asse X dell'ellissoide della deformazione finita; $X > Y > Z$) risultano disperse tra N52E e N140E.

Nei calcari oolitici sono presenti zone di taglio decimetriche. Le ooliti in tali casi non sono deformate in modo omogeneo e l'entità della deformazione cambia in intensità e direzione. Il senso di taglio, utilizzando come indicatore la variazione di orientazione delle ellissi dello *strain* finito su sezioni XZ, indica per la parte superiore un movimento verso NE in accordo con tutti gli altri indicatori cinematici.

La deformazione finita misurata è principalmente il risultato di una prevalente deformazione non coassiale legata alla fase D1.

Seconda fase deformativa (D2)

La fase D2 deforma i contatti tettonici e ripiega tutte le strutture della fase D1 ed è da mettere in relazione al collasso estensionale delle unità metamorfiche.

La fase deformativa D2 è probabilmente responsabile della grossa antiformentale a nucleo di *Verrucano* di Torre Cannelle, nella parte centro-meridionale dei Monti dell'Uccellina. Questa fase produce deformazioni plicative con uno stile diverso nei diversi livelli strutturali e sviluppo di un clivaggio di piano assiale.

Nel *Verrucano* dell'Unità di Torre Cannelle si generano pieghe da aperte a subsoclinali, con geometrie variabili tra le classi 1B e 1C di RAMSAY (1967) (Fig. 4b) ma che possono arrivare anche alla classe 2. Alla scala del campione a mano ed alla microscala si osservano frequentemente pieghe tipo "kinks".

Anche le pieghe che si sviluppano nella *Scaglia* dell'Unità dei Monti dell'Uccellina sono riferibili alla classe 1C (RAMSAY, 1967).

Nel *Calcare "Nummulitico"*, le pieghe osservate sono disarmoniche e con stile variabile a seconda dello spessore delle bancate calcaree interessate. La maggior parte possono ricondursi alla classe 1C. Si osservano anche cerniere più strette e, per i livelli carbonatici più spessi, pieghe della classe 1B che, al contrario, presentano cerniere più blande e non comportano variazioni di spessore dello strato.

La foliazione (S2) associata alla fase D2 corrisponde al piano assiale delle pieghe di seconda fase e si pre-

senta come una anisotropia planare più o meno spaziale. E' praticamente assente nei litotipi più compatti, mentre può diventare penetrativa nelle litologie a forte componente pelitica.

Nei livelli pelitici del *Verrucano* dell'Unità di Torre Cannelle, dove è maggiormente sviluppata, si presenta all'affioramento come un clivaggio spaziale, che crenula la superficie S1.

A questa situazione corrisponde, microscopicamente, una superficie penetrativa su cui la scistosità precedente è parzialmente trasposta. Generalmente a questa superficie non è associata un'importante blastesi metamorfica. Nei livelli quarziticci del *Verrucano* la superficie S2 si manifesta come un clivaggio di crenulazione spaziale, mentre non è quasi mai visibile nei litotipi più grossolani. Microscopicamente si ha una debole riorientazione della frazione pelitica della roccia.

Nel *Calcare "Nummulitico"* dell'Unità di Collelungo, la S2 si sviluppa solo negli interstrati marnosi fra le bancate calcaree. In questa formazione non è stata riscontrata blastesi relativa alla seconda fase deformativa.

L'andamento della S2 è variabile a tutte le scale. Ha una direzione media N160E, ed una pendenza molto bassa, con immersione sia verso W che verso E (Fig. 5b), caratteristica questa, visibile anche in affioramenti molto vicini tra loro.

Gli elementi lineari misurati relativi a questa fase sono gli assi delle pieghe (A2) e le lineazioni di intersezione (stratificazione e foliazione S2: L0-2; foliazioni S1 ed S2: L1-2). La distribuzione degli assi A2 e delle lineazioni di intersezione (Fig. 5d) ha un massimo di frequenza intorno a N170E orizzontale. I dati relativi alle suddette lineazioni di intersezione si riferiscono principalmente al *Verrucano* dell'Unità di Torre Cannelle.

Sul versante occidentale dei Monti dell'Uccellina è stato possibile determinare la vergenza delle pieghe di seconda fase nel *Verrucano* di Torre Cannelle. Lungo la falesia litoranea delle Cannelle si possono osservare in diverse località, e a diverse scale (dalla scala del versante a quella metrica), sequenze di pieghe asimmetriche, con fianchi a diverso sviluppo ("fianco lungo-fianco corto") con vergenza occidentale.

Per quanto riguarda il versante orientale i dati a disposizione sono molto scarsi e solo raramente indicano un senso di rovesciamento delle pieghe verso E. Relativamente all'area studiata i dati non sono sufficienti per poter affermare che la fase D2 sia una fase a doppia vergenza nel senso di CARMIGNANI & KLIGFIELD (1990).

DISCUSSIONE

Nell'area studiata è stata riconosciuta una tettonica polifasata caratterizzata da due eventi deformativi. La prima fase D1 è la responsabile dell'impilamento delle diverse unità tettoniche e della loro successiva scagliatura con formazione di tre Complessi (Fig. 6). Questi sono caratterizzati ciascuno dalla sovrapposizione, dal basso verso l'alto, delle Unità tettoniche dei Monti dell'Uccellina, della Vacchereccia e di Collelungo. Sulla base della vergenza delle pieghe di prima fase e degli indicatori cinematici il senso di movimento associato alla fase D1 è sempre risultato da W verso E.

Nell'ambito della fase D1 si possono riconoscere più eventi:

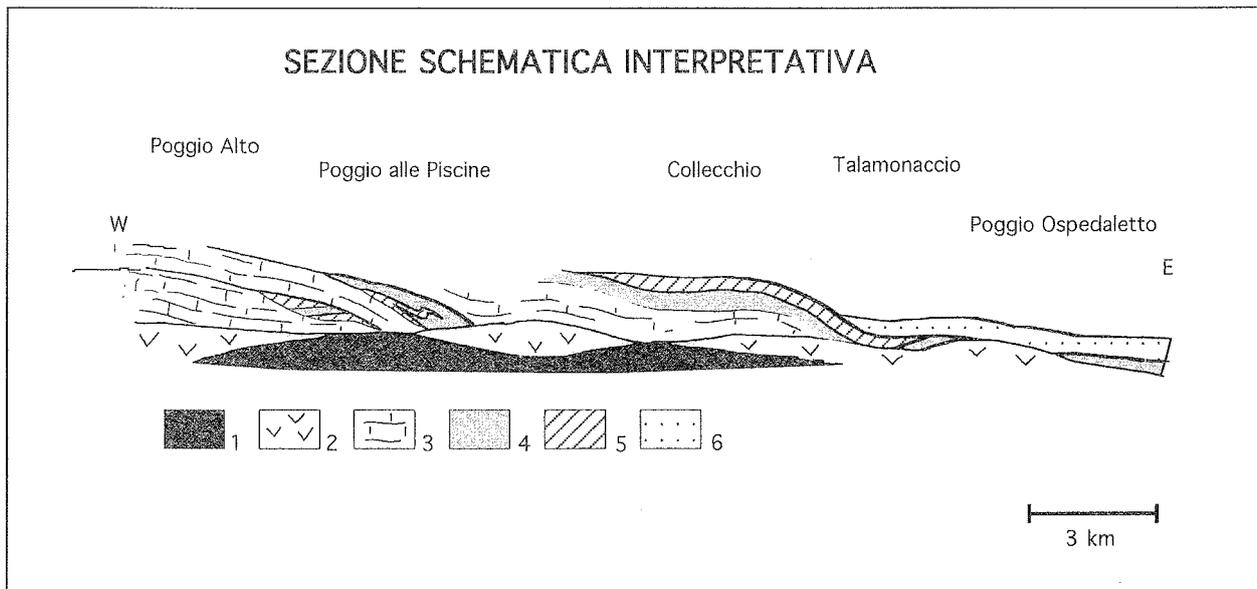


Fig. 6 - Sezione geologica schematica interpretativa; 1: Unità di Torre Cannelle; 2: Unità di Talamone; 3: Unità dei Monti dell'Uccellina; 4: Unità della Vacchereccia; 5: Unità di Collelungo; 6: Unità di Canetolo.

— un evento precoce che prevede l'inizio della deformazione interna delle unità tettoniche associata alla formazione di una foliazione di piano assiale con blastesi metamorfica (facies scisti verdi);

— l'impilamento delle Unità di Collelungo, della Vacchereccia e dei Monti dell'Uccellina con la formazione di superfici di accavallamento a livello della *Scaglia* e delle filladi del *Verrucano*;

— ripetizione tettonica dell'insieme delle unità suddette, già impilate, e costituzione dei tre Complessi;

— accavallamento dell'insieme di scaglie tettoniche (Complesso I, II, III) sull'Unità di Talamone che perde il resto della successione e contemporaneo accavallamento dell'Unità di Talamone sull'Unità di Torre Cannelle.

La fase D2, anch'essa associata allo sviluppo di pieghe con foliazione di piano assiale, non ha sostanzialmente modificato questo assetto strutturale.

Le strutture plicative associate alle fasi post-collisionali recentemente attribuite a regimi tettonici estensionali, sono interpretate come pieghe passive di taglio semplice la cui formazione è legata allo sviluppo di zone di taglio duttili coniugate (CARMIGNANI & KLIGFIELD, 1990). Nell'area studiata, in particolare nel Verrucano dell'Unità di Torre Cannelle, le strutture plicative relative alla fase D2, caratterizzate da un piano assiale in genere suborizzontale, non sempre sono ricollegabili allo sviluppo di zone di taglio, ma possono derivare dalla compressione verticale di superfici preesistenti (S0 o S1) con giacitura molto inclinata. Restano da spiegare le ragioni per cui la giacitura delle superfici S0 e S1 sia molto inclinata. Potrebbe essere attribuita o alla formazione di pieghe di prima fase con un piano assiale molto inclinato o ad una fase deformativa postD1-preD2 che potrebbe essere la responsabile della formazione della grande antiforme della parte centro meridionale dei Monti dell'Uccellina, incompatibile con la giacitura media della S2 osservata (CAROSI *et alii*, 1995).

Localmente si osservano forti elisioni tettoniche delle successioni nella parte meridionale dei Monti del-

l'Uccellina, dove per esempio si trova il *Macigno* direttamente a contatto con il *Calcare Cavernoso*. Questo fenomeno può essere ricollegato a quello conosciuto in letteratura come "Serie Ridotta" (DECANDIA *et alii*, 1993 con bibliografia). Le interpretazioni correnti (LAVECCHIA *et alii*, 1984, CARMIGNANI & KLIGFIELD, 1990; DECANDIA *et alii*, 1993; DECANDIA *et alii*, 1994) lo attribuiscono ad un regime tettonico estensionale. I dati attualmente a nostra disposizione, relativi alla sola area dei Monti dell'Uccellina, non permettono al momento di dare indicazioni sui meccanismi che hanno portato a tali elisioni tettoniche.

BIBLIOGRAFIA

- BERTHÉ D., CHOUKROUNE P. & JEGOUZO P. (1979) - *Orthogneiss, mylonite and non coaxial deformation of granites: the example of the South Armorican Shear-zone*. J. Struct. Geol., 1, 31-42.
- CARMIGNANI L. & KLIGFIELD R. (1990) - *Crustal extension in the northern Apennines: the transition from compression to extension in the Alpi Apuane core complex*. Tectonics, Vol. 9, No.6, 1275-1303.
- CAROSI R., CERBAI N. & MONTOMOLI C. (1995) - *Tettonica compressiva ed estensionale nel Verrucano dell'Appennino Settentrionale*. Volume riassunti: Convegno Geodinamica e Tettonica attiva del sistema Tirreno Appennino, Camerino febbraio 1995.
- COSTANTINI A., DECANDIA F. A., GANDIN A., GIANNINI E., LAZZAROTTO A. & SANDRELLI F. (1981 a) - *Lo Pseudoverrucano nella Toscana meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 21 (1980), 395-401.
- COSTANTINI A., GANDIN A. & SANDRELLI F. (1981b) - *L'Unità dello Pseudoverrucano nell'area di Collecchio (Toscana meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., 21 (1980), 413-425.
- DECANDIA F.A. & LAZZAROTTO A. (1981) - *L'Unità dello Pseudoverrucano negli affioramenti di Punta delle Rocchette, dei Monti dell'Uccellina e di Montebrandoli (Toscana meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., 21 (1980), 403-412.
- DECANDIA F.A., LAZZAROTTO A. & LIOTTA D. (1993) - *La "serie ridotta" nel quadro della evoluzione geologica della Toscana meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 49 (1993), 181-191, Scritti in onore di L. Trevisan.
- DECANDIA F.A., LAZZAROTTO A., LIOTTA D. & TAVARNELLI E. (1994) - *"Superfici strutturali profonde della Toscana e dell'Umbria-Marche"*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. 1994/1, 227-233.

- ERLSLEV E.A. & GE H. (1990) - *Least squares center to center and mean object ellipse fabric analysis*. Journal of Structural Geology, **12**, 1047-1060.
- FAZZINI P. & PAREA G.C. (1966) - Contributo alla conoscenza dello Pseudoverrucano. Mem. Soc. Geol. It., **5**, 189-224.
- FRANCESCHELLI M., LEONI L., MEMMI I. & 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.
- FRY N. (1979) - *Random point distribution and strain measurement in rocks*. Tectonophysics, **60**, 89-105.
- LAVECCHIA G., MINELLI G.E. & PIALLI G. (1984) - *Tettonica distensiva dell'Appennino Umbro-Marchigiano ed ipotesi di sismogenesi*. Boll. Soc. Geol. It., **103**, 467-476.
- LOTTI B. (1910) - *Verrucano e Pseudoverrucano in Toscana*. Boll. R. Comit. Geol. It., **4**, 391-399.
- PLATT J.P. & VISSERS R.L.M. (1980) - *Extensional structures in anisotropic rocks*. Journ. of Struct. Geol., **2** (4), 397-410.
- RAMSAY J.G. (1967) - *Folding and fracturing of rocks*. 568 pp., McGraw-Hill, New York.
- RAMBERG H. (1963) - *The evolution of drag folds*. Geological Magazine, **100**, 97-106.
- SIGNORINI R. (1967) - *Pseudoverrucano e anomalie della serie stratigrafica toscana nei dintorni di grosseto*. Boll. Ser. Geol. It., vol. **LXXXVIII**, 97-134.
- SIMPSON C. & SCHMID S. (1983) - *An evaluation of criteria to deduce the sense of movement in sheared rocks*. Bull. Geol. Soc. Am., **94**, 1281-1288.

