

IL CONTRIBUTO DELL'ANISOTROPIA DELLA SUSCETTIVITA' MAGNETICA ALL'ANALISI DELLE DEFORMAZIONI DI DUE BACINI ESTENSIONALI IN ITALIA CENTRALE

INDICE

RIASSUNTO	pag. 15
ABSTRACT	" 15
INTRODUZIONE	" 15
DESCRIZIONE ED INTERPRETAZIONE	
DATI AMS	" 15
<i>Todi</i>	" 16
<i>Fucino</i>	" 17
CONCLUSIONI	" 19
BIBLIOGRAFIA	" 20

RIASSUNTO

Uno studio dell'Anisotropia della Suscettività Magnetica (AMS) è stato condotto in due bacini centro-appenninici: bacino di Todi (Appennino umbro) e del Fucino (Appennino abruzzese). L'analisi del *fabric* magnetico dei sedimenti argillosi di età Plio-Pleistocenica dei due bacini costituisce lo scopo del lavoro. In particolare si intendeva dare un contributo all'analisi tettonica recente tramite gli studi di AMS. Le relazioni tra l'ellissoide della suscettività e quello delle deformazioni sono infatti ben note e consentono, nella maggior parte dei casi, una quasi speculare trattazione dei dati. Tuttavia, durante il proseguimento del lavoro, si è evidenziato che un chiaro contributo tettonico all'AMS è riconoscibile solo in un settore all'interno dei due bacini studiati. Le analisi condotte hanno manifestato la necessità di una profonda conoscenza dei caratteri geologici e strutturali di un settore per poter discriminare i diversi contributi (tettonico, sedimentario, mineralogico) al *fabric* magnetico.

ABSTRACT

An Anisotropy of Magnetic Susceptibility study (AMS) has been performed on two extensional basin within the Central Apennines: Todi basin (Umbrian Apennine) and Fucino basin (Abruzzi Apennine). The investigation of the magnetic fabric of the Plio-Pleistocene argillaceous sediments of the two basin represents the purpose of the study. In detail the work was meant to give a contribution to the tectonic analysis of the two basins. The relations within the AMS ellipsoid and the strain one are well known; and in general it is allowed to consider as specular the two kind of data. Nevertheless the proceeding of the work enhanced that the correspondence within the AMS data and the structural setting was satisfactory in only one section of the two analyzed basins. Further analyses, carried on the two areas, pointed out that in order to correlate structural data with the AMS ones a robust amount of additional information are needed.

PAROLE CHIAVE: Anisotropia della Suscettività Magnetica, Tettonica estensionale, Solfuri.

KEY WORDS: Anisotropy of the Magnetic Susceptibility, Extensional tectonic, Sulphides.

(*)Istituto Nazionale di Geofisica - Roma.

INTRODUZIONE

L'anisotropia della suscettività magnetica (AMS) è un metodo semplice, rapido e non distruttivo per la determinazione del *petrofabric* di una roccia. L'AMS è descritta matematicamente da un tensore simmetrico del secondo ordine e geometricamente da un ellissoide triassiale di assi rispettivamente $K_{max} \geq K_{int} \geq K_{min}$. Diversi parametri sono utilizzati per quantificare la forma dell'ellissoide di suscettività (HROUDA, 1982). Tra questi parametri possiamo ricordare la lineazione magnetica ($L = K_{max}/K_{int}$), la foliazione magnetica ($F = K_{int}/K_{min}$) ed il grado di anisotropia corretto ($P' = K_{max}/K_{min}$). Dalla forma dell'ellissoide di suscettività e dalle direzioni dei suoi assi principali è possibile ricavare informazioni sui processi sedimentari e/o tettonici che una roccia ha subito. Scopo delle analisi dell'AMS è la discriminazione, se possibile, di questi contributi per ricostruire l'evoluzione sedimentaria e deformativa di un sedimento. Attraverso lo studio dell'AMS è ad esempio possibile ricostruire le direzioni di flusso di paleocorrenti (indifferentemente, per rocce sedimentarie e vulcaniche) nonché avere una stima delle direzioni principali del campo di stress che agirono sui litotipi in esame, anche nei primi stadi di deformazione (Fig. 1, tra gli altri, LOWRIE & HIRT, 1987; KLIGFIELD *et alii*, 1981).

Sono presentati qui di seguito i risultati di uno studio dell'AMS provenienti dai due bacini Plio-Pleistocenici di Todi e del Fucino. Le due aree sono caratterizzate da diverse ambientazioni tettoniche e condizioni di sedimentazione e vedremo come l'interpretazione dei dati dell'AMS non possa prescindere dalle condizioni sedimentarie, tettoniche o mineralogiche al contorno.

DESCRIZIONE ED INTERPRETAZIONE DATI AMS

Nel corso degli ultimi due anni è stata avviata presso l'Istituto Nazionale di Geofisica, un'attività di ricerca riguardante l'analisi dei caratteri magnetici e paleomagnetici di sedimenti argillosi, di età Plio-Pleistocenica, in alcuni bacini centro-appenninici. Questa ricerca viene a completamento di quanto già effettuato lungo il margine peritirrenico (SAGNOTTI *et alii*, 1994) ed in alcuni settori della catena (MATTEI *et alii*, 1992). La totalità delle analisi sono state effettuate su campioni di roccia prelevati con carotaggio in situ e successivamente suddivisi in cilindri standard 22×25 mm. Tutte le misure di AMS, effettuate con un *Kappabridge* KLY-2 (Geophysika, Brno) e relative analisi dati, sono state effettuate nel laboratorio di paleomagnetismo dell'Istituto Nazionale di Geofisica.

Deformazione Tettonica Crescente

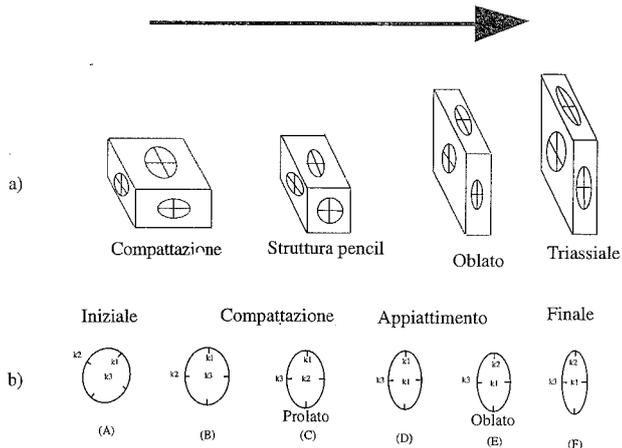


Fig. 1 - Variazione del *fabric* magnetico di un sedimento sottoposto ad una sollecitazione tettonica. b) Orientazione degli assi principali di suscettività e forma corrispondente dell'ellissoide dell'AMS per deformazioni crescenti (A, F).

Todi

L'area studiata comprende parte del ramo sud-occidentale del bacino Tiberino (Todi, Acquasparta, S.Gemini) che si estende ad E nell'area del bacino di Bastardo e Bevagna (Fig. 2).

I sedimenti analizzati sono costituiti esclusivamente da argille di ambiente lacustre (argille siltose) e palustre (argille siltose lignifere), con età comprese tra il Pliocene inferiore ed il Pliocene superiore nel tratto SW del bacino tiberino, mentre sono relative al Pliocene superiore - Pleistocene inferiore nel bacino di Bastardo e di Bevagna. Su 11 dei 18 siti campionati sono state condotte analisi mineralogiche (metodo descritto in LOWRIE, 1990) al fine di discriminare le fasi magnetiche presenti ed eventualmente, definire un loro contributo al *fabric* magnetico. I risultati dell'AMS nei siti in cui la lineazione risulta ben definita, ed evidenziata dalla concentrazione dei K_{max} nel piano di strato (siti TO01, TO02, TO03, TO04), indicano per il settore nord e nord-orientale dell'area studiata una direzione principale di estensione orientata NE-SW (Fig. 2a); per questi siti i parametri di anisotropia confermano un contributo tettonico al *petrofabric*. Le analisi mineralogiche condotte sui quattro siti più anisotropi di questo settore evidenziano la sola presenza di magnetite quale minerale magnetico. I dati delle inversio-

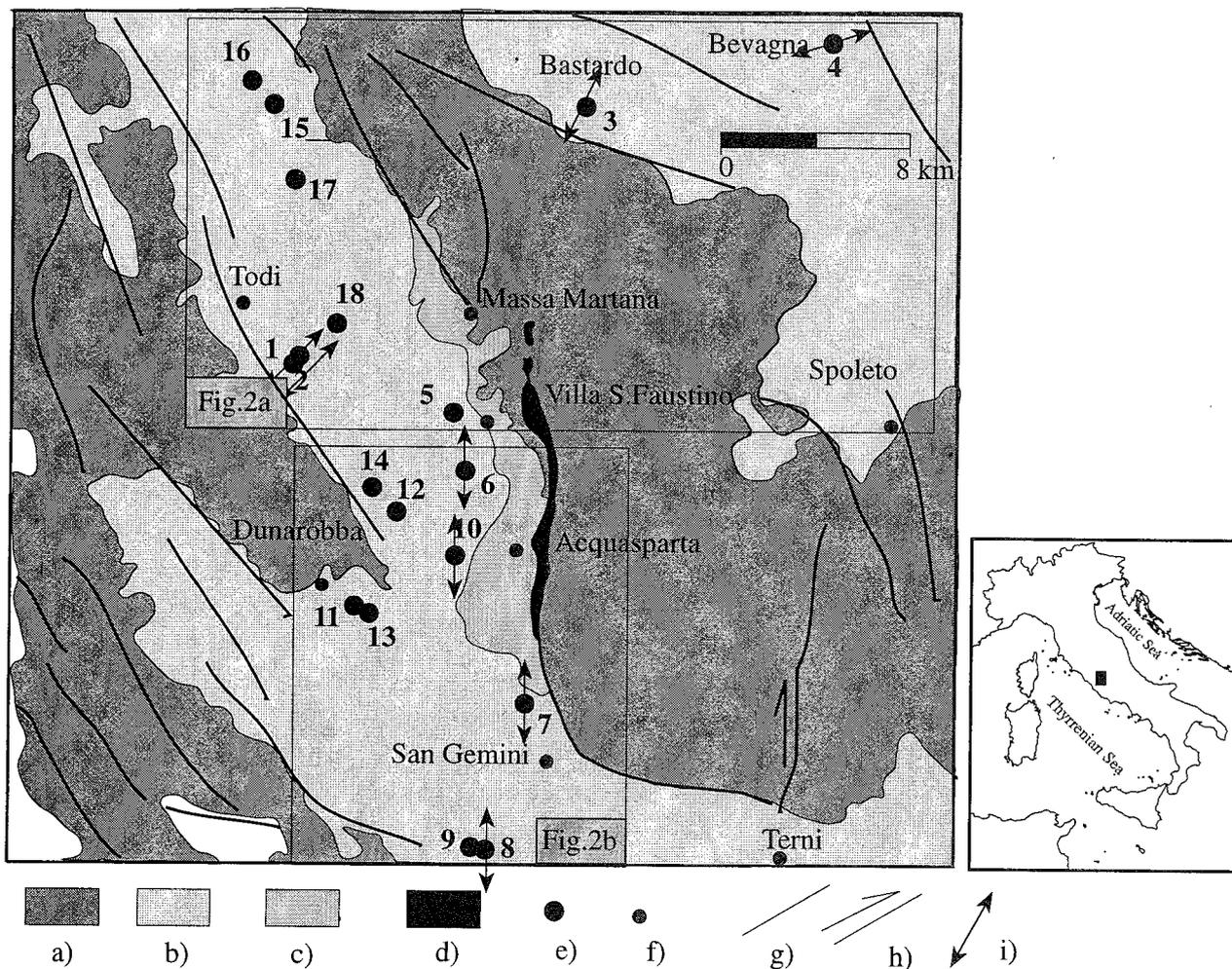


Fig. 2 - Carta geologico-strutturale dell'Umbria meridionale. a) Affioramento delle unità meso-cenozoiche; b) unità Plio-Pleistoceniche; c) travertini; d) prodotti vulcanici ultra-alkalini; e) siti di campionamento; f) centri abitati; g) fratture e faglie normali; h) faglie trascorrenti; i) lineazione magnetica.

ni dei meccanismi focali relativi ad alcuni settori del margine Tosco-Laziale (AMATO *et alii*, 1993) indicano una direzione di estensione orientata circa NE-SW. Queste direzioni di estensione sono confermate nel settore Nord dell'area studiata (Todi - Bastardo - Bevagna) sia dalla caratterizzazione di un meccanismo focale distensivo (GASPARINI *et alii*, 1985), che dai dati di un'analisi mesostrutturale ivi condotta (MASCIO, 1993).

In questo caso il contributo tettonico alla lineazione magnetica riflette il *trend* regionale di deformazione.

Diversi sono invece i risultati dell'AMS e delle analisi mineralogiche del settore meridionale (Fig. 2b area di Dunarobba, S. Faustino, Acquasparta, S. Gemini). Anche in questo settore l'AMS è caratteristica degli stati di compattazione o di prima deformazione di un sedimento. La mineralogia evidenzia la presenza di magnetite e solfuri assenti invece nel settore nord. Emissioni solfuree, sorgenti minerali e deposizione attiva di travertini sono caratteristiche di questo settore (Acquasparta - S. Gemini).

Nei siti dove la lineazione è ben definita essa è chiaramente orientata in direzione meridiana (siti TO06, TO07, TO10, Fig. 2b); questo è evidente, in particolare, nelle zone a ridosso della Catena martana, dove sono più estese le deposizioni di travertini e dove è stata segnalata la presenza di prodotti vulcanici ultra-alcalini (BROZZETTI *et alii*, 1991).

Per l'origine di questa lineazione si esclude la causa idrodinamica; i meccanismi di deposizione all'interno dei bacini lacustri sono in questi luoghi associati a correnti non canalizzate tipo *sheet flood*.

Tuttavia, risulta problematico associare la lineazione N-S a motivi tettonici; infatti in un regime estensionale questa lineazione dovrebbe essere associata a lineamenti strutturali orientati E-W. L'unico elemento con queste caratteristiche presente nella zona è la faglia del bordo meridionale dei Monti Martani (Cesi - Arrone) di cui tuttavia non è documentata la continuità all'interno delle unità Plioceniche.

Inoltre, in un sito dove l'AMS è ben definita (TO06) essa si discosta dai dati strutturali (MASCIO, 1993). Nei due siti della località di Dunarobba (TO11 e TO13), dove sono evidenti intense deformazioni mesostrutturali, non è stata riscontrata alcuna lineazione.

In questo settore risulta difficile associare alla lineazione un chiaro contributo tettonico o sedimentario legato alla presenza di paleo-correnti.

Poiché nella zona indagata sono presenti emissioni gassose incrostanti che fuoriescono da campi di fratturazione nelle argille (Farnetta), una possibile interpretazione della lineazione potrebbe essere il controllo mineralogico su questa dovuto alla presenza di microfratture ricristallizzate. Al fine di confermare o meno tale ipotesi, sono state svolte dettagliate analisi di mineralogia magnetica; in particolare tutti i campioni dei siti, in cui era evidente la presenza di solfuri, sono stati scaldati per tappe ad una temperatura variabile tra i 320° ed i 420°. A queste temperature i solfuri contenuti nel sedimento dovrebbero completamente alterarsi per dar luogo ad altre fasi mineralogiche. Se la lineazione magnetica fosse dovuta alla presenza di solfuri essa dovrebbe scomparire una volta scaldati i campioni alle temperature suddette. Nella figura 3a-b sono riportati i risultati di dette analisi per un sito rappresentativo. L'esperimento evidenzia la scomparsa della li-

neazione o una sua peggiore definizione dopo il riscaldamento per tutti i siti del settore meridionale. Per essere sicuri che durante i processi di riscaldamento non siano state trasformate al posto dei solfuri le fasi mineralogiche argillose, è stato controllato, dopo ogni tappa di riscaldamento, il comportamento della suscettività magnetica dei campioni. Tale comportamento evidenzia che i minerali argillosi presenti non sono stati alterati ed invece si è prodotta la sola distruzione dei solfuri presenti. Dai risultati ottenuti si può affermare che la lineazione magnetica è legata alla presenza di solfuri di origine probabilmente idrotermale; questi solfuri dovrebbero essere depositi in campi di microfratturazione presenti nelle argille che non sono osservabili alla scala dell'affioramento.

E' evidente quindi che associare alla lineazione un particolare e definito significato (tettonico, sedimentologico, mineralogico) sia un processo che necessita della conoscenza dei caratteri geologici-strutturali e sedimentologici dei terreni esaminati e non può prescindere da questi.

Fucino

Il bacino del Fucino è una depressione intermontana localizzata nell'Appennino abruzzese (Fig. 4), interessata da deformazioni quaternarie ed intensa attività sismica. Il più recente evento distruttivo risale al terremoto di Avezzano del 1915 (Ms 6.9), durante il quale si generò una rottura superficiale lungo il margine nord-orientale del bacino. A questa rottura è stato associato un movimento distensivo su di una struttura orientata NW-SE (GALDINI *et alii*, 1995; ODDONE, 1915; WARD & VALENSISE, 1989). Oltre a queste deformazioni il margine nord-orientale del bacino è interessato da un intenso sollevamento evidenziato dall'affioramento dei sedimenti lacustri Pliocenici ad una quota di circa 350 m rispetto all'attuale piano campagna. Le unità Plio-Pleistoceniche di questo settore del bacino presentano flessure di ampio raggio e piegamenti i cui assi sono orientati in direzione NW-SE.

In otto località di campionamento sono stati prelevati 83 campioni, tutti provenienti dal margine nord-orientale del bacino del Fucino. In particolare i siti sono tutti localizzati a NE della struttura sismogenetica legata al terremoto del 1915, nel footwall della struttura stessa (Fig. 4). Le unità investigate sono argille continentali di ambiente fluvio-lacustre di età compresa tra il Pliocene ed il Pleistocene inferiore. Il *fabric* magnetico dei sedimenti del margine nord-orientale del Fucino è tipico di sedimenti indeformati o ai primi stadi di deformazione, con la foliazione magnetica (definita dal piano contenente il Kint ed il Kmax) perpendicolare al polo della stratificazione.

I parametri di anisotropia dei siti analizzati evidenziano che i dati possono essere raggruppati in tre classi principali discriminate da diversi gradi di anisotropia P' e forme di ellissoidi della suscettività (Fig. 5). Questi gruppi sono:

1. siti isotropi con P' minore di 1.01 (FU03, FU04, FU05);
2. debolmente anisotropi in cui $1.01 < P' < 1.03$ e ellissoidi della suscettività da triassiali ad oblati (FU01, FU07, FU08);
3. anisotropi in cui $1.03 < P' < 1.07$ e ellissoidi essenzialmente oblati (FU02, FU06).

Il confronto tra le variazioni dei gradi di anisotropia (P') e le forme degli ellissoidi indica che valori

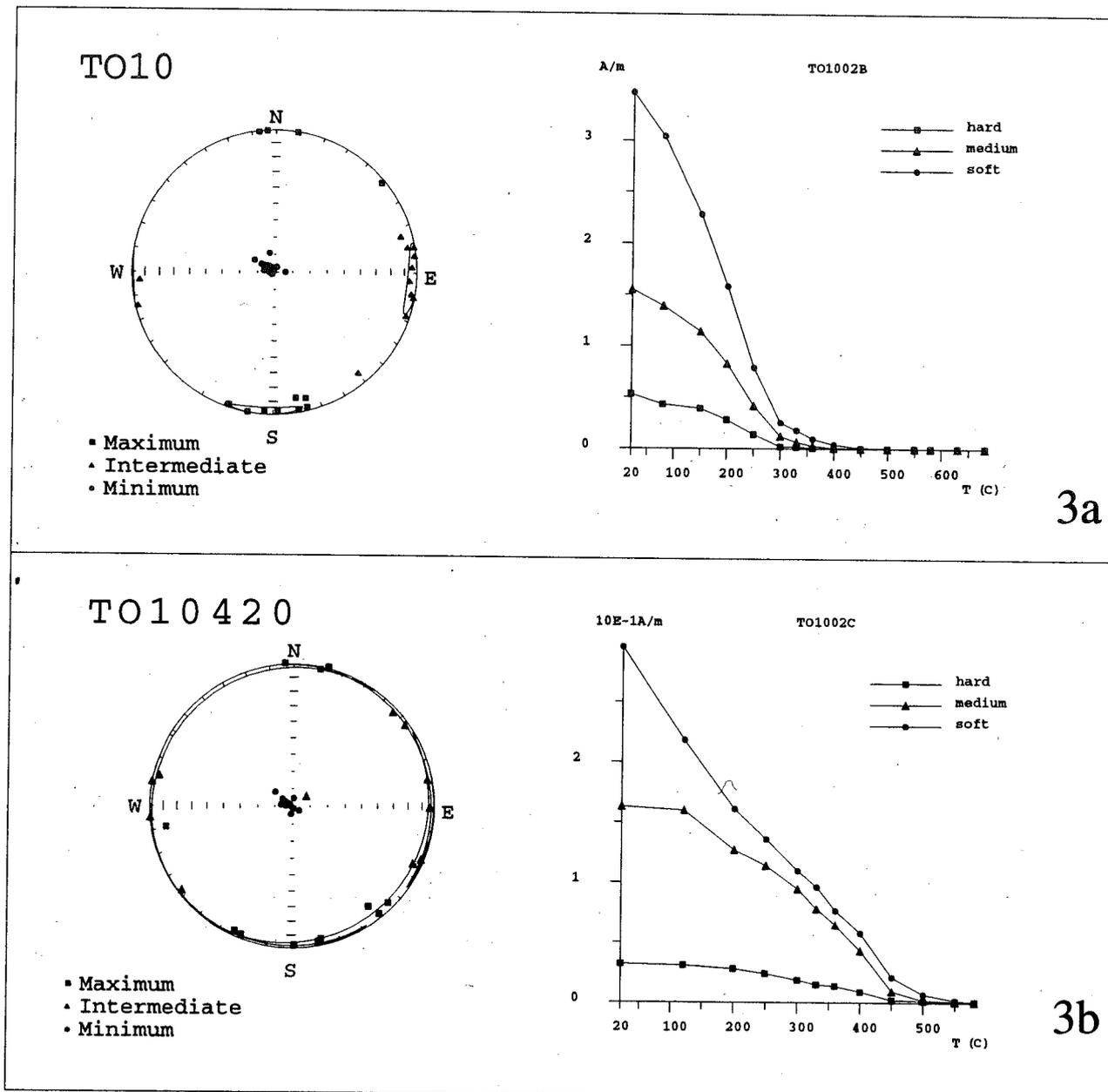


Fig. 3 - a) Stereonet della concentrazione dei Kmax, Kint, Kmin e grafico della smagnetizzazione di una IRM composita (secondo LOWRIE, 1990) per un sito rappresentativo. I flessi nel grafico evidenziano la presenza di solfuri (flesso a 330° circa) e magnetite (flesso a 580°); b) Stereonet dell'AMS e risultati di mineralogia magnetica per il medesimo sito i cui campioni sono stati preventivamente scaldati ad una temperatura di circa 400°.

alti del parametro P' corrispondono a campioni dove la foliazione prevale; questo suggerisce che i processi di compattazione hanno avuto un ruolo dominante alla formazione della lineazione magnetica.

La concentrazione dei Kmax, dall'analisi statistica tensoriale, indica una direzione della lineazione magnetica N302° circa orizzontale. Questa risulta parallela alla traccia del lineamento tettonico principale ed agli assi delle flessure riscontrate nel settore. Gli aspetti sedimentologici delle unità analizzate suggeriscono un ambiente deposizionale di acque calme (lacustre) in cui non agivano forti correnti. Gli indicatori di paleocorrenti rilevati in un sito (FU08) sono ad alto angolo rispetto alla lineazione magnetica. Direzioni ad alto angolo della lineazione magnetica rispetto a correnti idrauliche sono state riscontrate in sedimenti grosso-

lani (REES *et alii*, 1975). Tuttavia l'energia cinetica necessaria perché si verifichi una tale geometria (lineazione magnetica ortogonale alla direzione della paleocorrente) e sia tale da non consentire la decantazione di materiale argilloso, pertanto si esclude che la lineazione magnetica riscontrata nel Fucino sia dovuta a correnti idrauliche.

La lineazione magnetica osservata riflette un parziale contributo tettonico in risposta alle deformazioni agenti nel settore studiato. A questo proposito va notato che il sito con il fabric magnetico più tipicamente tettonico è anche il più prossimo alla faglia (FU08, Fig. 6).

Risulta problematico tuttavia associare tale lineazione ad un elemento distensivo orientato NW-SE. In questo caso infatti l'asse di massima estensione e la

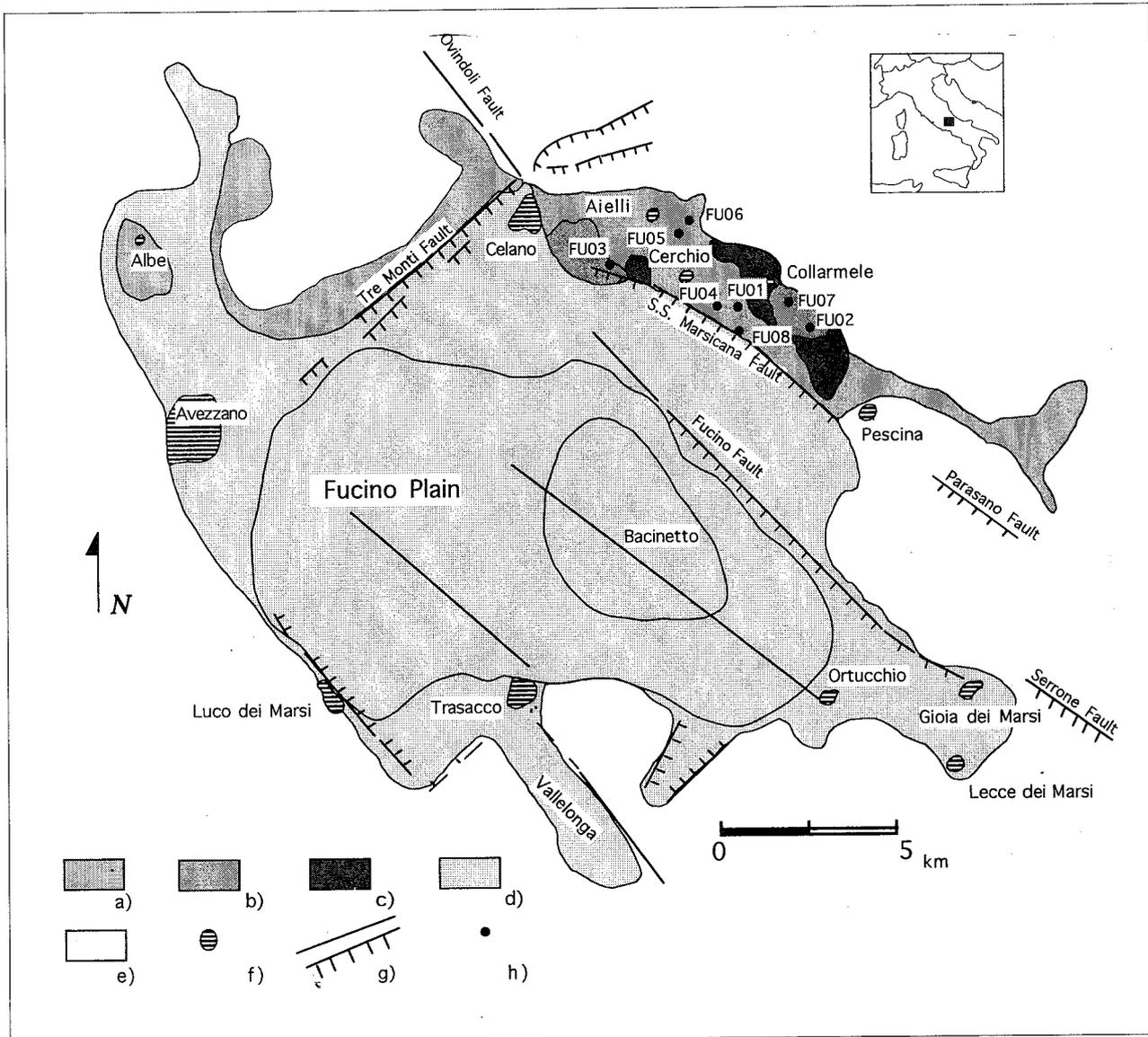
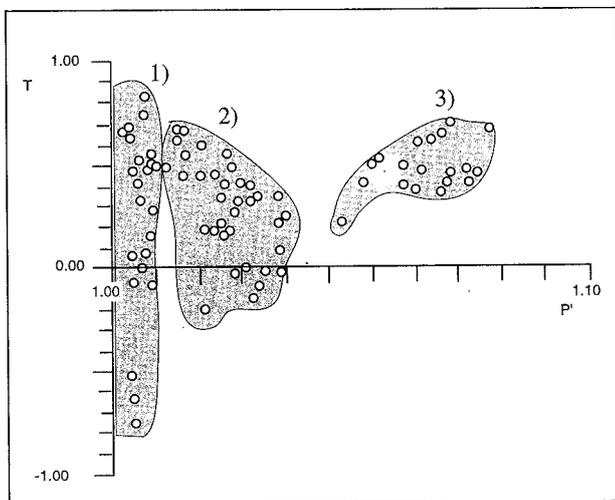


Fig. 4 - Assetto geologico-strutturale della piana del Fucino; a) ciclo di Aielli, Pliocene; b) secondo ciclo sedimentario, Pleistocene inferiore; c) terzo ciclo sedimentario, Pleistocene inferiore-parte bassa del Pleistocene medio; d) successioni supra-Pleistoceniche (GIRAUDI, 1989); e) affioramento delle unità meso-cenozoiche o breccie pleistoceniche o coperture oloceniche, da Bosì *et alii*, 1993; f) paesi; g) fratture e faglie; h) localizzazione siti di campionamento.



lineazione magnetica corrispondente dovrebbero essere circa perpendicolare alla direzione del piano tettonico stesso. Sembra quindi più probabile che il parziale contributo tettonico alla lineazione magnetica sia dovuto all'attività di altri elementi tettonici presenti nella zona. In particolare tale lineazione si potrebbe essere generata precedentemente all'attività tettonica della faglia del 1915 e non essere poi influenzata da questa.

CONCLUSIONI

Le lineazioni magnetiche riscontrate nell'area del

Fig. 5 - Grafico del fattore di forma T rispetto al grado di anisotropia corretto P' ; 1) siti con $P' < 1.01$ (FU03, FU04, FU05); 2) siti con $1.03 < P' < 1.01$ (FU01, FU07, FU08); 3) siti con $1.03 < P' < 1.07$ (FU02, FU06).

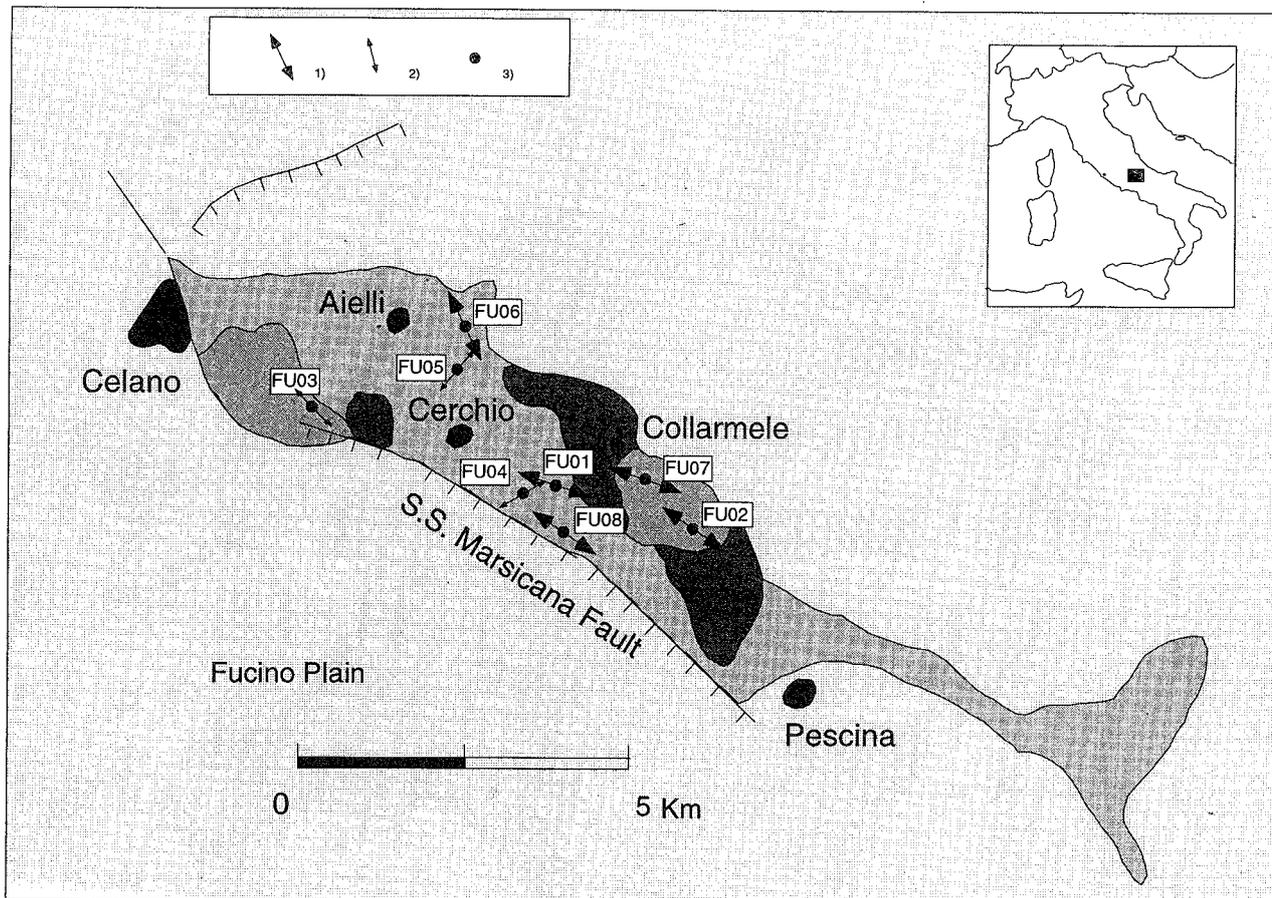


Fig. 6 - Lineazione magnetica rilevata nel margine nord-orientale del Fucino. a), b) lineazione magnetica; c) localizzazione siti campionati.

Fucino e di Todi, suggeriscono una diversa informazione nella comprensione dei processi tettonici che hanno interessato i due settori.

Nel settore nord del bacino tiberino (Todi, Bevagna, Bastardo) la lineazione riflette un parziale contributo tettonico ed è rappresentativa degli assi di estensione del campo deformativo regionale. Nella parte meridionale del bacino tiberino (S. Gemini, Acquasparta, Massa Martana), la lineazione contrasta con il trend dei principali elementi tettonici e riflette un maggior contributo mineralogico, probabilmente legato alla mineralizzazione di micro-fratture all'interno dei sedimenti argillosi.

Nel bacino del Fucino la lineazione magnetica non fornisce informazioni di rilievo sull'attività neotettonica della faglia del 1915.

Per discriminare, attraverso lo studio dell'Anisotropia della Suscettività Magnetica, i diversi contributi (sedimentari, mineralogici e tettonici) al fabric magnetico di una roccia occorre sempre un controllo-confronto con gli aspetti geologico-strutturali del settore in esame.

Questo lavoro infatti evidenzia che soli dati di AMS non forniscono un'interpretazione univoca della storia sedimentario-deformativa di un sedimento, specialmente in particolari contesti geologici dove la lineazione magnetica può essere condizionata da fattori specifici non direttamente osservabili dal solo studio di campagna.

BIBLIOGRAFIA

- AMATO A., CHIARABBA C. & MONTONE P. (1993) - *Present-day stress field in the roman Comagmatic Province (Central Italy) from seismic and borehole breakout data*. Poster. Abstract in Eos, 1993 Fall Meeting of the American Geophysical Union.
- BOSI C., GALADINI F. & MESSINA P. (1993) - *Morfo-litostratigrafia*. Aiqua, Guida all'escursione alle conche intermontane dell'Appennino Laziale Abruzzese: 15.
- BROZZETTI F., LAVECCHIA G. & STOPPA F. (1991/2) - *Presentazione di alcuni aspetti tettonico-strutturali e petrolologici del distretto ultra-alcalino umbro-laziale*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. 1991/2, 327-337.
- GALADINI F., GALLI P., GIRAUDI C. & MOLIN D. (1995) - *Il Terremoto del 1915 e la sismicità della piana del Fucino (Italia Centrale)*. Boll. Soc. Geol. It., 115.
- GASPARINI C., IANACCONE G. & SCARPA R. (1985) - *Fault plane solution and seismicity of the Italian peninsula*. Tectonophysics, 117, 59-78.
- GIRAUDI C. (1993) - *L'Evoluzione del Fucino negli ultimi 30.000 anni*. Aiqua, Guida all'escursione alle conche intermontane dell'Appennino Laziale Abruzzese: 17.
- HROUDA F. (1982) - *Magnetic Anisotropy of rocks and its application in geology and geophysics*. Geophysical Surveys, 10, 37-82.
- KLIGFIELD R., OWENS W.H., & LOWRIE W. (1981) - *Magnetic Susceptibility Anisotropy, strain and progressive deformation in Permian sediments from the Maritime Alps (France)*. Earth Planet. Sci. Lett., 55, 181-189.
- KING G.C.P., STEIN R. S. & RUNDLE J.B. (1988) - *The growth of Geological structures by repeated earthquakes. 1 Conceptual framework*. Journ. of Geophysical Research, 93, B11, 13, 307-13, 318.
- LOWRIE W. & HIRT A.M. (1987) - *Anisotropy of magnetic susceptibility in the Scaglia Rossa pelagic limestone*. Earth Planet. Sci. Lett., 55, 181-189.

- LOWRIE W. (1990) - *Identification of ferromagnetic minerals in a rock by coercivity and unblocking temperature properties*. Geoph. Res. Lett., **17**, 159-162.
- MASCHIO L. (1993) - *Elementi della deformazione Plio-Pleistocenica nell'area compresa tra Orte e Foligno (Umbria Meridionale)*. Tesi inedita, corso di Laurea in Scienze Geologiche, Università di Roma "La Sapienza", Anno Accademico 1992/93.
- MATTEI M., FUNICIELLO R., KISSEL C. & LAJ C. (1992) - *Rotazioni di blocchi crostali Neogenici nell'Appennino Centrale: Analisi Paleomagnetiche e di anisotropia della Suscettività Magnetica (AMS)*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. (1991/92), CROP **11**, 221-229.
- ODDONE E. (1915) - *Gli elementi fisici del grande terremoto marsicano-fucense del 13 gennaio 1915*. Boll. Soc. Sism. It., **19**, 71-215.
- REES A.I. AND WOODALL W.A. (1975) - *The magnetic fabric of some laboratory deposited sediments*. Earth Planet. Sci. Letters, **25**, 121-130.
- SAGNOTTI L., FACCENNA C., FUNICIELLO R. & MATTEI M. (1994) - *Magnetic fabric and structural setting of Plio-Pleistocene clayey units in an extensional regime: the Tyrrhenian margin of Central Italy*. Journal of Structural Geology, **16**, 1243-1257.
- WARD S.N. & VALENSISE G.R. (1989) - *Fault parameters and slip distribution of the 1915 Avezzano, Italy, earthquake derived from geodetic observations*. Bull. Seis. Soc. of Am, **79**, 690-710.

