

ANALISI GEOLOGICO-STRUTTURALE DELL'AREA DI PIETRAFITTA-TAVERNELLE (UMBRIA OCCIDENTALE, ITALIA CENTRALE)

M. Menichetti

Dip.to di Scienze della Terra, Università di Perugia, Perugia

ABSTRACT - *Geo-structural analysis of the Pietrafitta-Tavernelle area in western Umbria (central Italy)* - Il Quaternario *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 10(1), 1997, 3-14 - This paper illustrates the results of a geo-structural analysis carried out in the area of the Pietrafitta-Tavernelle open-pit mine, a basin in western Umbria (Central Italy) where Pleistocene lignite-bearing continental sequences of clay and sand outcrop. The main tectonic features of these sediments are folds, faults and two sets of systematic joints. Folds in the lignite have wide limbs and the hinge line striking NNW-SSE. Main faults are NE-dipping normal faults with displacements of tens of meters. Extensional faults are cut by ENE-WSW trending sinistral and N-S trending dextral strike-slip faults. Joints are both of the extensional and shear type: extensional joints are arranged in a NW-SE direction and shear joints are aligned in a NNE-SSW direction. The surveyed tectonic features of the area can be related to different stages of the extensional tectonic phase with direction of maximum stress oriented NE-SW, which has affected western Umbria since the Late Pliocene.

RIASSUNTO - *Analisi geologico-strutturale dell'area di Pietrafitta-Tavernelle (Umbria occidentale, Italia centrale)* - Il Quaternario *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 10(1), 1997, 3-14 - L'analisi mesostrutturale eseguita sui sedimenti pleistocenici continentali, affioranti nella miniera di lignite di Pietrafitta-Tavernelle nell'Umbria occidentale, formati da una sequenza di sabbie, argille e ligniti ha messo in evidenza una serie di deformazioni tettoniche costituite da pieghe, faglie e sistemi di fratture (*joints*). Le pieghe rilevate nella lignite hanno un asse orientato NNW-SSE, mentre le faglie principali sono distensive ed immergenti a NE, con rigetti di alcune decine di metri. Faglie trascorrenti a direzione N70° con componente sinistra e a direzione circa N-S destre tagliano le precedenti strutture tensionali. Le fratture rilevate appartengono soprattutto a due sistemi: *joints* distensivi, con direzione NW-SE e *joints* da taglio allineati in direzione NNE-SSW. L'assetto strutturale complessivo dell'area può essere riferito a momenti deformativi diversi legati alla stessa fase tettonica tensionale, con vettore di massima distensione, orientato NE-SW che interessa l'Umbria occidentale a partire dal Pliocene.

Parole chiave: Analisi strutturale, tettonica distensiva, bacini intermontani, Umbria occidentale, Italia
Key words: Structural analysis, extensional tectonics, intramontane basin, Western Umbria, Italy

1. INTRODUZIONE

Il paesaggio geologico dell'Italia Centrale, che dalla costa tirrenica attraverso la Toscana raggiunge l'Umbria occidentale fino alla Valle del F. Tevere, è caratterizzato dalla presenza di bacini e vallate di diversi km² di estensione, colmati da sedimenti con facies prevalentemente lacustri ed alluvionali, la cui età va dal Pliocene al Pleistocene (Funicello *et al.*, 1980) (Fig. 1).

Questi bacini sono allineati lungo la direzione NW-SE, secondo una disposizione a gradinata propagante verso SE e sono bordati da faglie dirette, la cui età tende a ringiovanirsi muovendosi da ovest verso est. Questi elementi distensivi sono legati alla generale fase estensionale che interessa tutta l'area tosco-umbra a partire dal Miocene superiore. Tra questi, i due bacini più orientali sono quelli della Val di Chiana e della Valle del F. Tevere. Il primo è colmato da sedimenti terrigeni Plio-Pleistocenici in facies marina e continentale, mentre il secondo è stato colmato a partire dal Pleistocene solo da facies terrigene continentali (Ambrosetti *et al.*, 1978).

Le faglie dirette che bordano questi bacini fanno parte di sistemi orientati NW-SE; le dislocazioni principali, immergono a SW con rigetti dell'ordine di diverse centinaia di metri, mentre altre meno evidenti sul terreno immergono a NE.

La zona di Pietrafitta-Tavernelle, situata a sud del Lago Trasimeno nell'Umbria occidentale, è compresa tra la Val di Chiana ad ovest e la valle del F. Tevere ad est (Fig. 1).

Si tratta di una vallata subpianeggiante, con una altimetria di circa 220 m s.l.m., che si estende per una decina di chilometri e si sviluppa principalmente in direzione E-W. È attraversata dal medio corso del T. Nestore nel quale confluisce da sinistra, all'altezza di Pietrafitta, il T. Cestola che scorre invece in senso meridiano.

Nel fondovalle affiorano depositi continentali pleistocenici, all'interno dei quali sono ubicate le "Ligniti di Pietrafitta", oggetto di attività estrattiva sin dagli anni '50 (Curli, 1961) e nelle quali è stata rinvenuta una abbondante fauna di mammiferi (Ugolini, 1921; Moretti, 1949; Ambrosetti *et al.*, 1987).

Nelle colline circostanti affiorano diffusamente sedimenti torbiditici dell'Oligocene e del Miocene, appartenenti soprattutto alle unità toscane e secondariamente a quelle umbre.

L'analisi geologico-strutturale dei sedimenti plio-pleistocenici dei bacini intramontani tosco-umbri permette di portare un contributo alla ricostruzione spaziale e temporale delle deformazioni tettoniche che hanno interessato la regione, soprattutto nell'ultima fase distensiva la cui attività recente è testimoniata anche dalla sismicità (Menichetti & Minelli, 1991).

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

Da un punto di vista strutturale la zona di Pietrafitta è compresa nel settore settentrionale della dorsale del M. Peglia, a ridosso dell'area dei Massicci Perugini, dei

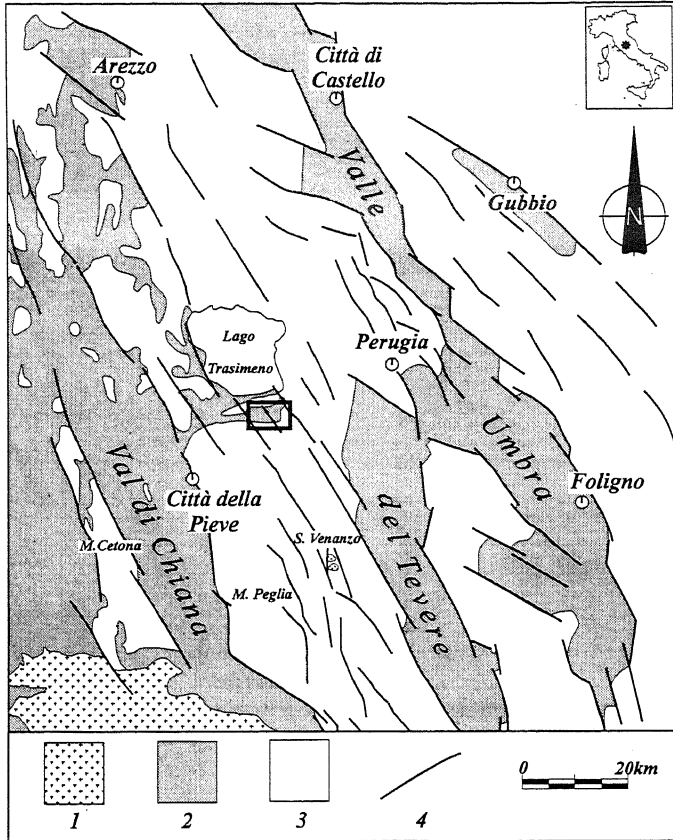


Fig. 1 - Schema geologico della tettonica distensiva plio-pleistocenica dell'area tra la Val di Chiana e la Valle Umbra - 1: Vulcaniti quaternarie; 2: depositi plio-pleistocenici dei bacini intermontani; 3: sedimenti pre-pleiocenici; 4: principali faglie dirette. Il riquadro indica la posizione della carta di Fig. 2.

Geological sketch of the extensional tectonic features of Plio-Pleistocene age in the area between Val di Chiana and Valle Umbra. 1: Quaternary volcanic rocks; 2: Plio-Pleistocene deposits of intramontane basins; 3: Pre-Pliocene sediments; 4: main extensional faults. The area shown in Fig. 2 is marked by a rectangle.

dell'area durante tutto il Miocene.

Per quanto riguarda l'evoluzione tettonica e sedimentaria plio-pleistocenica, l'area è stata presa in esame sia da un punto di vista prettamente sedimentologico (Ambrosetti *et al.*, 1977; Conti & Esu, 1981) che morfologico (Cattuto *et al.*, 1979; Ambrosetti *et al.*, 1989). Ambrosetti *et al.* (1977), attraverso considerazioni sull'evoluzione sedimentaria delle sequenze marine e continentali affioranti a Città della Pieve e su dati di neotettonica, individuano due sistemi principali di faglie a direzione N340° e N60°, mentre dall'esame delle foto aeree emergono lineamenti N-S.

Ambrosetti *et al.* (1989) mediante l'analisi morfologica e l'esame del reticolo idrografico superficiale, ricostruiscono l'evoluzione dell'area evidenziando una prima attività tettonica distensiva nel Piacenziano, che porta al sollevamento della regione con l'inizio di un evento erosivo. Esso dà luogo alla formazione di un delta nell'area di Città della Pieve e alla deformazione della serie pliocenica. A questo fa seguito un momento di stasi tettonica con formazione del bacino di Tavernelle ed accumulo di sedimenti clastici trasportati dagli immissari nel bacino. All'interno di questo, tali sedimenti si interdigitano con le sabbie e le argille dei depositi palustri e lacustri. Successivamente movimenti tettonici prevalentemente estensionali abbassano l'area verso SE con inizio dell'erosione dei sedimenti del bacino di Tavernelle. In ultimo, si ha una stasi tettonica relativa, con deposizione, in discordanza, delle argille, delle ligniti e delle sabbie di Pietrafitta.

3. STRATIGRAFIA

Nell'area circostante la valle del T. Nestore tra Pietrafitta e Tavernelle affiorano diffusamente terreni torbiditici dell'Oligocene e del Miocene appartenenti a due tipi di successioni stratigrafiche: una riferibile alla serie toscana, l'altra alla serie umbra.

I fondovalle sono ricoperti da depositi continentali terrigeni del Pleistocene in facies lacustre e alluvionale (Fig. 2).

Nella parte occidentale dell'area affiorano i terreni della serie toscana che sovrascorrono su quelli umbri attraverso piani di accavallamento localizzati all'interno dell'"Insieme Varicolore", che costituisce probabilmente il livello preferenziale di scollamento della successione toscana.

quali rappresenta una zona più interna (Minelli *et al.*, 1988). Essa è interessata da almeno due fasi tettoniche succedutesi nel tempo: la prima compressiva nel Miocene superiore (Menichetti & Piali, 1986; Damiani 1991) con direzione di massimo raccorciamento verso NE, ha portato all'accavallamento delle Arenarie del Trasimeno sulla Formazione Marnoso-arenacea. La fase tettonica successiva è distensiva e si realizza attraverso un sistema di faglie dirette che tagliano le precedenti strutture compressive. Esse danno luogo a dei bacini più o meno ampi all'interno dei quali, a partire dal Pleistocene, si instaura una sedimentazione terrigena di tipo continentale.

L'assetto strutturale della regione è stato studiato già dal Lotti (1898; 1926) e sintetizzato nella prima edizione della Carta Geologica d'Italia, Foglio 122 "Perugia" (Jacobacci *et al.*, 1970).

La parte settentrionale dell'area più prossima al Lago Trasimeno, viene descritta in dettaglio da Ghelardoni (1962), il quale mette in evidenza una serie di scaglie tettoniche che portano alla sovrapposizione di terreni torbiditici ad affinità "toscana" su quelli "umbri", attraverso una serie di piani di accavallamento NE vergenti.

Più recentemente Damiani (1991) ha analizzato dal punto di vista stratigrafico e strutturale l'area a sud della valle del Nestore lungo la dorsale del M. Peglia. In questa zona, Damiani individua una finestra tettonica con apice nella zona di Pietrafitta compresa tra i terreni sovrascorsi delle Arenarie del Trasimeno e all'interno della quale affiora la Formazione Marnoso-arenacea della riva etrusca del Tevere (Damiani *et al.*, 1989). Viene segnalata inoltre una discontinuità tettonica che nel Burdigaliano sembra aver controllato la sedimentazione

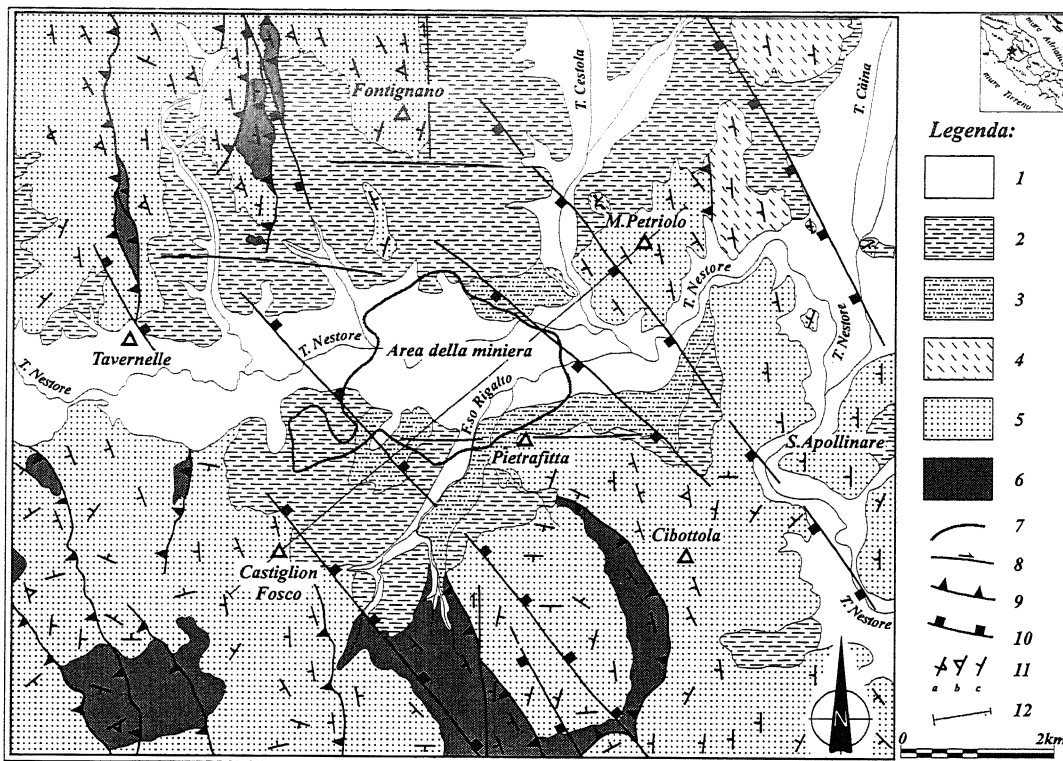


Fig. 2 - Carta geologico-strutturale schematica dell'area di Pietrafitta-Tavernelle. 1 - Alluvioni recenti; 2 - Depositi lacustri del bacino di Tavernelle; 3 - Depositi lacustri del bacino di Pietrafitta; 4 - Formazione Marnosa umbra e Marnoso-arenacea; 5 - Arenarie del Trasimeno; 6 - Insieme varicolore; 7 - Originaria estensione del banco di lignite prima dell'attività mineraria; 8 - faglie dirette, i trattini indicano la parte ribassata; 9 - faglie inverse e sovrascorrimenti, i triangolini indicano il muro; 10 - faglie trascorrenti; 11 - giacitura degli strati, a: rovesci, b: inclinazione < di 45°, c: inclinazione > di 45°; 12 - Traccia della sezione di Fig. 3.

Structural and geological map of the Pietrafitta-Tavernelle area. 1 - Recent alluvium; 2 - Lacustrine deposits of the Tavernelle basin; 3 - Lacustrine deposits of the Pietrafitta basin; 4 - "Marnosa Umbra" and "Marnoso-arenacea" Formations; 5 - Trasimeno sandstone; 6 - Varicoloured melange; 7 - Original volume of the lignite seam before the mining activity; 8 - Extensional faults (indentation shows the hanging-wall); 9 - Reverse and thrust faults (triangle shows the hanging-wall); 10 - Strike slip faults; 11 - Attitude of strata, a: overturned, b: dip < 45°; c: dip > 45°; 12 - Trace of the section of Fig. 3.

3.1 Insieme varicolore

Questa unità che è presente diffusamente sui terreni torbiditici toscani ed umbri è costituita da diversi litotipi ed è stata definita nei suoi caratteri stratigrafici e litologici da Damiani & Pannuzi (1985).

Nell'area in esame l' "Insieme varicolore" è costituito da calcari di colore grigio, talora rosato, con selce grigia, in strati di spessore decimetrico con una potenza affiorante di circa 250 m. L'età di questa unità è riferibile all'Eocene inferiore-medio; a luoghi sono presenti calcari marnosi con sottili livelli di argilliti prevalentemente di color rosso, per una spessore di circa 60 m, e con una età dell'Eocene medio *p.p.*; nella parte sommitale si hanno argilloscisti dello spessore di 50 m circa e databili al Eocene superiore-Oligocene (Damiani *et al.*, 1989).

L'unità dell' "Insieme varicolore" affiora diffusamente nell'area tra Cibottola e Castiglion Fosco, dove costituisce il tetto di un importante superficie di accavallamento al quale sono legati numerosi altri piani di taglio compressivi chiaramente dislocati da faglie dirette (Fig. 2).

3.2 Arenarie del Trasimeno

Sono costituite da torbiditi prevalentemente arenacee con corpi pelitici lenticolari. Le arenarie sono quar-

zoso-feldspatiche con quantità subordinate di litoclasti di quarziti, filladi e vulcaniti acide.

Lo spessore della Formazione raggiunge più a nord i 1500 metri e la sua età dovrebbe essere dell'Oligocene superiore (Damiani, 1991). Affiora nella parte occidentale dell'area a nord di Tavernelle e Fontignano, dove è deformata attraverso delle mesopieghe, in parte anche rovesce, ad asse circa N-S. Affiorano diffusamente a sud della valle del T. Nestore, nell'area di Castiglion Fosco, formando delle vere e proprie scaglie tettoniche che si accavallano con vergenza a NE e con un rigetto complessivo certamente superiore ad alcuni chilometri.

3.3 Formazioni Marnosa umbra e Marnoso-arenacea

Nell'Umbria occidentale la Formazione Marnosa umbra (Nocchi, 1962) è rappresentata da sedimenti pelitici e pelitico-arenacei. La litofacies caratteristica è formata da marne grigie o grigio giallastre più o meno cementate. Subordinatamente si hanno livelli siltitici e marno-siltitici, anch'essi grigi. La stratificazione è nettamente distinta nei livelli più cementati, mentre è più debole nei livelli argillosi. Verso l'alto si hanno sottili livelli arenacei costituiti da arenarie quarzoso feldspatiche con frammenti litici e abbondante matrice. Lo spessore raggiunge i 300 m e l'età va dall'Aquitaniense al Burdigala-

liano (Damiani, 1991). Verso l'alto la successione passa alla Formazione Marnoso Arenacea. Essa è costituita da banchi marnosi grigi che nella parte basale raggiungono i 6-8 m di spessore con intercalazioni di arenarie in strati decimetrici. Il rapporto arenarie/marne è sempre molto basso. Verso l'alto tale rapporto sale da 1/10 a 1/5 per arrivare nella parte sommitale a 1/5÷1/2. Le direzioni delle paleocorrenti indicano una provenienza per questi sedimenti torbiditici da NW. Lo spessore complessivo è di circa 400 m, mentre l'età va dal Burdigaliano *p.p.* al Langhiano (Damiani, 1991).

La Formazione Marnoso-arenacea, affiora nella parte occidentale dell'area tra Cibottola e la valle del Càina, dove prevalgono le facies marnose. Questa zona costituisce il letto del sovrascorrimento ed è compresa tra le unità toscane formando così una vera e propria finestra tettonica (Damiani & Mencarelli, 1991).

3.4 Depositi lacustri del bacino di Tavernelle

La base dei depositi continentali pleistocenici, che colmano i fondovalle, è costituita da sabbie fini di colore giallo-nocciola con notevole matrice argillosa ampiamente descritti da Conti & Esu (1981) e da Cattuto *et al.* (1983), che poggiano direttamente sui terreni oligo-miocenici.

Questi depositi lacustri affiorano diffusamente nella zona di fondovalle del T. Nestore e T. Cestola con giacitura suborizzontale, a luoghi debolmente inclinata verso NE di circa 5°. Lo spessore complessivo è variabile e raggiunge le decine di metri.

3.5 Depositi lacustri del bacino di Pietrafitta

Questi sedimenti poggiano in discordanza su quelli lacustri più antichi. Si tratta di depositi prevalentemente argillosi, all'interno dei quali è presente il banco lignitifero oggetto della coltivazione mineraria. Il tetto della lignite presenta una frazione percentuale maggiore nel contenuto in sabbie. Lo spessore complessivo di questi depositi raggiunge i 250 m a nord di Pietrafitta ed è stato attraversato in numerosi punti con sondaggi meccanici, mentre in affioramento è osservabile per una potenza massima di circa 70 m.

Le ligniti hanno al loro interno rari resti di fusti arborei e rami che si presentano talvolta deformati dal carico litostatico dei terreni sovrastanti costituiti da una copertura sul giacimento con un "cappellaccio" argilloso-sabbioso di circa 10 m. Ricca è la fauna di molluschi e vertebrati fossili che ha permesso di ascrivere il complesso argilloso-lignitifero ad un'età di 1.1÷1.3 Ma (Ambrosetti *et al.*, 1987)

La stratigrafia di questi depositi nell'area della miniera può essere così schematizzata (Curli, 1961): sabbie lacustri, argille grigio-azzurre di tetto, banco di lignite, argille grigio-azzurre del letto.

La giacitura complessiva di questi depositi è suborizzontale con inclinazioni fino a 10° verso NE.

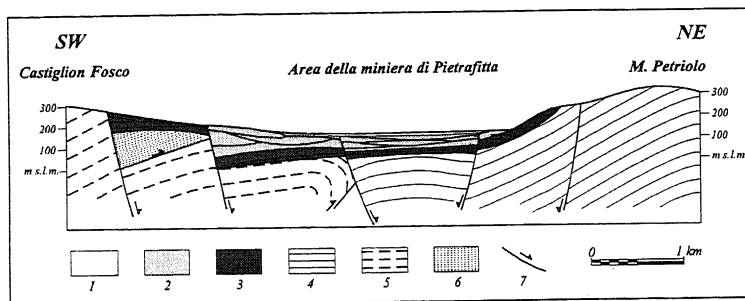


Fig. 3 - Sezione geologica schematica attraverso il bacino di Pietrafitta-Tavernelle. 1 - Alluvioni recenti; 2 - Depositi lacustri del bacino di Pietrafitta; 3 - Depositi lacustri del bacino di Tavernelle; 4 - Formazione Marnosa Umbra e Marnoso-arenacea; 5 - Arenarie del Trasimeno; 6 - Insieme varicolore; 7 - Faglie.

Schematic cross section of the Pietrafitta-Tavernelle basin. 1 - Recent alluvium; 2 - Lacustrine deposits of the Pietrafitta basin; 3 - Lacustrine deposits of the Tavernelle basin; 4 - "Marnosa Umbra" and "Marnoso-arenacea" Formations; 5 - Trasimeno sandstone; 6 - Varicoloured melange; 7 - Faults.

3.6 Alluvioni e depositi recenti

Sono sedimenti costituiti prevalentemente da materiale fluviale e alluvionale nelle zone dei fondovalle del T. Nestore e dei suoi affluenti. Lungo i versanti sono rappresentati da materiali di origine pedemontana, eluviale e colluviale.

4. ANALISI STRUTTURALE

Nell'analisi strutturale del bacino pleistocenico di Tavernelle-Pietrafitta è importante definire l'assetto tettonico delle Formazioni pre-pleioceniche, anche per distinguere le diverse fasi deformative succedutesi nel tempo.

Dal punto di vista strutturale l'area a S del Lago Trasimeno è caratterizzata dall'accavallamento dei terreni delle Arenarie del Trasimeno su quelli della Formazione Marnoso-arenacea. Tale fase tettonica compressiva porta ad un raccorciamento verso NE del 35% circa, delle successioni torbiditiche, ed è databile al Langhiano (Damiani & Mencarelli, 1991).

I piani di sovrascorrimento vergenti a NE sono disposti secondo archi a concavità occidentale che isolano una serie di scaglie di imbricazione, disposte in direzione meridiana, ben visibili a nord di Tavernelle (Fig. 2).

Il tetto di queste strutture è costituito da fianchi rovesci di anticlinali, delimitate da livelli di scollamento coincidenti con i livelli incompetenti presenti nella parte sommitale dell'"Insieme Varicolore". Questi fronti di sovrascorrimento sono in alcuni casi tagliati da faglie trascorrenti orientate N-S con movimento destro, come quella ad ovest di Cibottola.

A questi elementi tettonici compressivi è sovrainposta una tettonica di tipo distensivo, realizzata secondo una serie di faglie dirette orientate in direzione NNW-SSE. La più occidentale di queste è localizzata lungo la direttrice Castiglion Fosco-Tavernelle, immerge a NE con un rigetto di circa cento metri; essa è stata eviden-

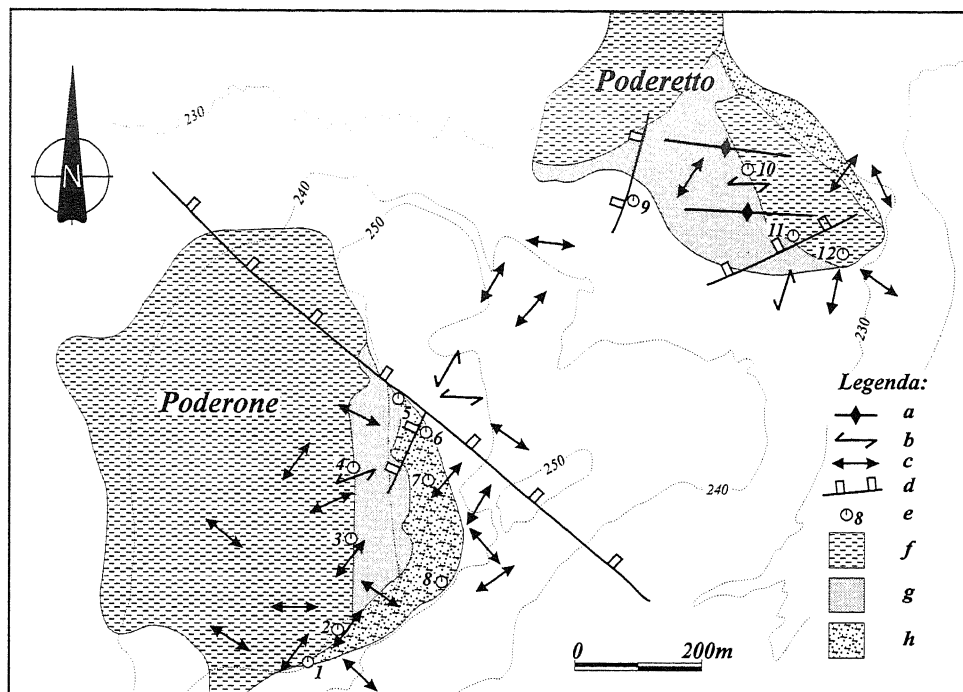


Fig. 4 - Schema strutturale della miniera di Pietrafitta. a: assi anticlinali; b: faglie trascorrenti; c: joint; d: faglie dirette; e: stazioni di misura mesostrutturali; f: argille di tetto; g: banco di lignite coltivato nel 1991; h: argille di letto.

Structural map of the Pietrafitta open-pit lignite mine. a: anticline axis; b: strike-slip fault; c: joint; d: normal fault; e: structural stations; f: upper clay layer; g: the lignite seam in 1991; h: lower clay layer.

una carta geologico-strutturale con relativa sezione (Fig. 2 e 3). In 12 stazioni mesostrutturali ubicate nei diversi fronti di scavo dell'area mineraria, sui

ziata anche sulla base di osservazioni morfologiche rilevate su ambedue i lati della valle del T. Nestore (Ambrosetti *et al.*, 1989).

Parallela a questa discontinuità, più a NE, è presente un'altra faglia diretta che interessa anche la parte marginale dell'area della miniera tra Poderetto e Poderone. Il rigetto di queste dislocazioni è di oltre cento metri. Esse tagliano le strutture compressive, come è possibile osservare a W di Fontignano e nella zona di Castiglion Fosco (Fig. 3). Queste sembrano essere le faglie principali responsabili della formazione del bacino Pietrafitta-Tavernelle e della sua evoluzione sedimentaria.

Faglie minori orientate circa E-W sono state rilevate invece tra Fontignano e Tavernelle in sinistra orografica della valle del T. Nestore e tra Pietrafitta e S. Apollinare. La natura di queste ultime dislocazioni non è univoca sul terreno per mancanza di indicatori cinematici, anche se sulla base di considerazioni di carattere regionale (Menichetti & Piali, 1986) sembrano essere delle faglie trascorrenti che tendono a trasferire lateralmente i rigetti delle faglie dirette.

Un'altra faglia diretta a NE di M. Petriolo ha ribassato tutta la vallata del T. Cestola. Essa immerge a SW e dalla zona del Lago Trasimeno raggiunge la valle del F. Tevere con un rigetto di poche centinaia di metri.

4.1 Metodologia di analisi

L'analisi strutturale è stata eseguita utilizzando come base un rilevamento geologico a grande scala, concentrato soprattutto sui terreni pleistocenici dell'area mineraria. Verifiche dell'assetto strutturale sono state eseguite comunque su tutta la zona circostante la valle del T. Nestore, soprattutto per definire i rapporti spaziali e temporali tra le diverse fasi tettoniche che hanno interessato l'area. I dati raccolti sono stati quindi sintetizzati in

litotipi costituiti da argille, sabbie e ligniti, sono state misurate l'orientazione spaziale delle diverse discontinuità tettoniche, costituite da pieghe, joints e faglie con relativi indicatori cinematici (Fig. 4). I dati sono stati successivamente rappresentati mediante *stereonets* e diagrammi a rosa e sintetizzati in diagrammi a blocchi che evidenziano i diversi tipi di discontinuità rilevati.

Inoltre, utilizzando i dati provenienti sia da sondaggi meccanici che da prospezioni geofisiche, è stato ricostruito l'andamento del tetto delle Formazioni pre-pleioceniche nella valle compresa tra Tavernelle, Pietrafitta, Fontignano e M. Petriolo, utilizzando metodi di *countouring* e visualizzando i risultati mediante la costruzione di un diagramma a blocchi (Fig. 5).

4.2 Ricostruzione del basamento pre-pleiocenico

La ricostruzione dell'andamento del basamento pre-pleiocenico è stata eseguita utilizzando i dati di sondaggi meccanici per l'area della vecchia e nuova centrale termoelettrica (Curli, 1961; ENEL, 1991). Essi sono stati integrati con i dati delle prospezioni geoelettriche eseguite su tutta l'area della valle del T. Nestore e T. Cestola. I dati utilizzati in *input* riguardano quindi quote relative delle Formazioni pre-pleioceniche affioranti e rilevate nel sottosuolo.

L'algoritmo utilizzato per costruire la matrice di punti necessaria per il *countouring* è quello dell'inverso della distanza su una griglia a maglia quadrata considerando per ogni punto la media pesata di 10 nodi circostanti (Davis, 1986). Dallo schema tridimensionale ottenuto è possibile osservare come il basamento pre-pleiocenico, raggiunga una profondità massima di ca. 150 m verso la valle del T. Cestola, mantenendosi nell'area della miniera intorno ai 130-140 m di profondità (Fig. 5). Infatti la zona di Pietrafitta-Tavernelle risulta essere formata da una valle allungata in senso E-W che

tende ad approfondirsi verso NNE. Dal lato opposto, tra Pietrafitta e Castiglion Fosco, il bacino si allunga e risale con una serie di scarpate disposte a gradinata.

I bordi del bacino più acclivi corrispondono abbastanza bene alle linee tettoniche rilevate in superficie, soprattutto per le dislocazioni orientate E-W e le faglie dirette, come è possibile osservare dal confronto tra il modello tridimensionale e la carta geologica (Fig. 2). Questa ricostruzione permette di evidenziare come l'originaria morfologia dell'area, presumibilmente nel Piacenziano, aveva portato il drenaggio del neo-Nestore a nord di M. Petriolo e solo successivamente nella zona di Castiglion della Valle, come per altro già ipotizzato negli schemi paleogeografici da Ambrosetti *et al.* (1989).

4.3 Stazioni di misura

Stazioni di misura mesostrutturali sono state eseguite su tutti i fronti di scavo della miniera al fine di rilevare l'andamento spaziale delle diverse discontinuità tettoniche e, dove possibile, analizzare i loro rapporti temporali (Fig. 4).

Il fronte di scavo del banco di lignite di Poderone, presenta uno spessore di 7÷8 m, ed è coltivato secondo un piano inclinato di 45°. Sulla superficie di scavo è possibile osservare numerose linee di discontinuità, subverticali, le maggiori delle quali, sono spaziate di circa 1 m e attraversano tutto il banco (Fig. 6). Le fratture che sono più facilmente rilevabili, sono costituite da due *set* di *joint* sub-perpendicolari tra loro. Il sistema più frequente è rappresentato da fratture distensive orientate secondo



Fig. 6 - Fronte di scavo nella lignite della miniera Poderone. Sono visibili i piani delle fratture immergenti a NW (l'inclinazione visibile è apparente).

Face of the open-pit mine in the Poderone area. NW dipping fracture planes are visible (inclination is apparent).

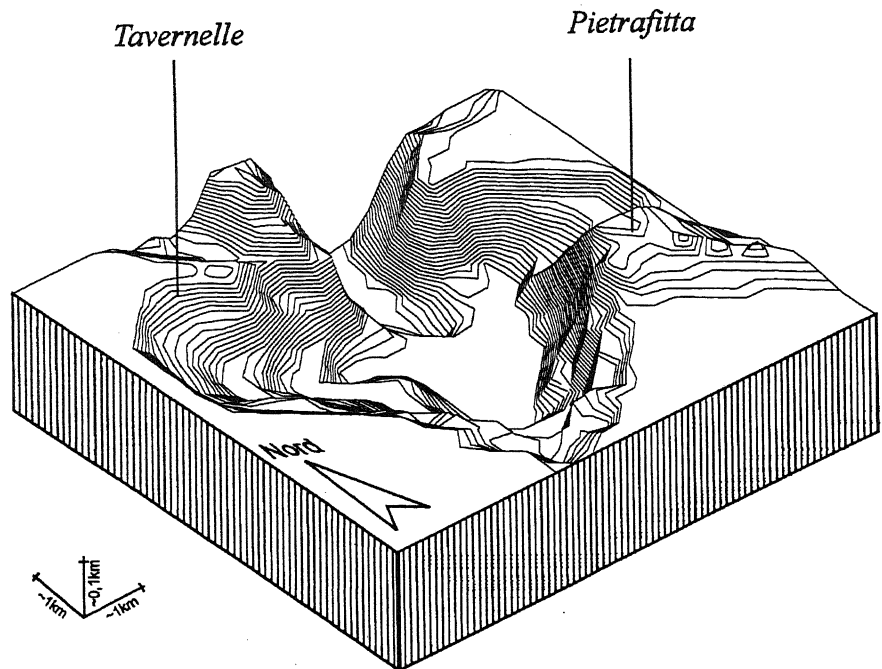


Fig. 5 - Ricostruzione tridimensionale del tetto dei terreni pre-pleiocenici nel bacino di Pietrafitta. Block-diagram of the roof of the pre-Pliocene rocks in the Pietrafitta basin.

la direzione $N120^{\circ} \pm 300^{\circ}$ (Fig. 7a). Subordinate a questi sono presenti fratture orientate $N15^{\circ}-195^{\circ}$ (Fig. 7b). Alcune di queste presentano la loro superficie ricoperta con una sottile patina di alterazione, costituita da calcite interessata da striature che indicano un movimento trascorrente destro; l'interpretazione e il significato di questi indicatori cinematici è comunque alquanto problematico.

Al contatto tra il livello di lignite e le argille di letto sono presenti altre superfici di frattura subverticali con continuità di alcuni metri ed una spaziatura di alcuni decimetri. Il loro andamento spaziale evidenzia due allineamenti preferenziali, uno con direzione $N120^{\circ} \pm 300^{\circ}$ più frequente, mentre quello disposto a $N30^{\circ} \pm 210^{\circ}$ è più spazioso.

Sul tetto del banco di lignite sono visibili almeno tre sistemi di fratture ben netti, per i quali è possibile ricavare anche i rapporti geometrici (Fig. 8). Il sistema più recente è quello orientato $N70^{\circ} \pm 250^{\circ}$, con piani subverticali e con una componente di movimento trascorrente sinistra; si ha poi il sistema orientato $N110^{\circ} \pm 290^{\circ}$ sempre subverticale con movimento destro e tagliato dal precedente; in ultimo, il sistema più vecchio è quello orientato $N150^{\circ} \pm 330^{\circ}$, con piani sempre subverticali. La definizione esatta dei rapporti spaziali e temporali di questo sistema

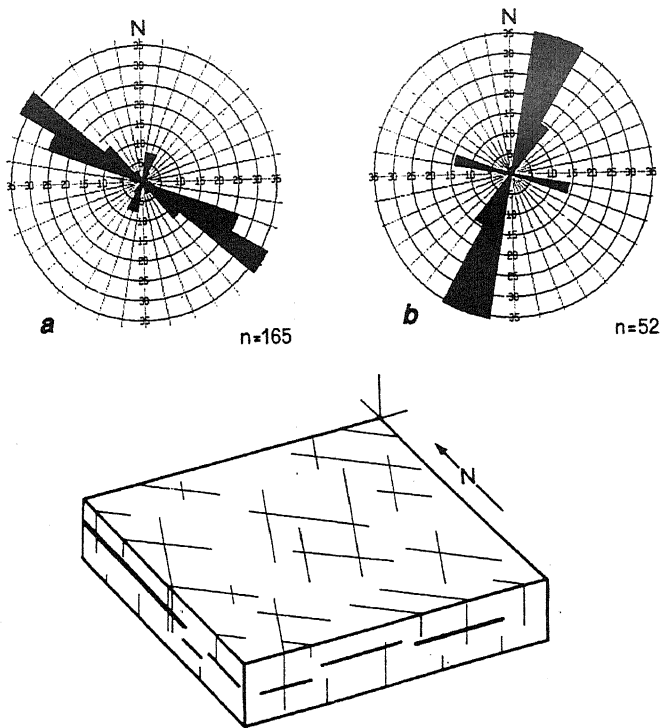
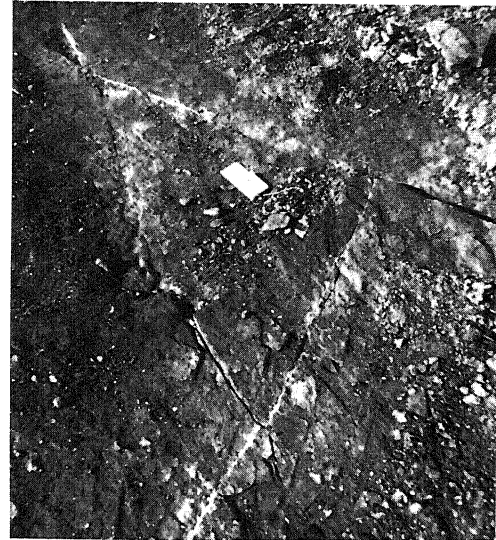


Fig. 7 - Analisi della fratturazione nella miniera Poderone. a - diagramma a rosa delle direzione del totale delle fratture rilevate ; b - diagramma a rosa dopo aver filtrato le direzioni comprese tra 290° e 320° relative alle faglie dirette.

Fracturing analysis in the Poderone area. a: rose diagram of joint directions; b: rose diagram after filtering of extensional fault directions between $N290^\circ$ and $N310^\circ$.



di fratture è abbastanza controversa in quanto non è chiaro se essi rappresentano dislocazioni di eventi deformativi diversi o appartengono dal punto di vista cinematico allo stesso sistema deformativo. In quest'ultimo caso rappresenterebbero l'espressione superficiale di un sistema trascorrente più profondo, con componente di movimento sinistra e con *master-fault* orientata $N 70^\circ$.

Il banco di lignite di Poderetto, situato più ad est rispetto al precedente (Fig. 4), ha uno spessore di 4-5 m e viene coltivato con un fronte di scavo subverticale. All'interno di alcuni livelli di lignite sono osservabili diversi piani di frattura. Le orientazioni prevalenti rilevate mostrano una distribuzione di frequenza con massimo nella direzione $N120^\circ \pm 300^\circ$; altri piani meno diffusi, hanno direzioni comprese tra $N80^\circ \pm 260^\circ$ e $N100^\circ \pm 280^\circ$ (Fig. 9). Nella parte centrale dello scavo è stata rilevata una faglia trascorrente con direzione E-W e strie suborizzontali con una componente di movimento sinistro (Fig. 4).

All'interno del banco di lignite sono presenti due anticlinali molto ampie ben evidenziate da un livello di argilla con lamellibranchi biancastri. L'asse della piega più settentrionale è orientato a $N300^\circ$, mentre l'altra è disposta circa E-W (Fig. 4). Il significato di queste strutture plicative non è ben definibile in quanto esse possono derivare sia da sforzi tettonici di tipo compressivo, sia da fenomeni locali dovuti alla compattazione differenzia-

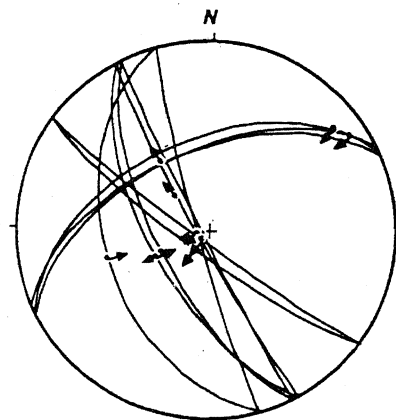
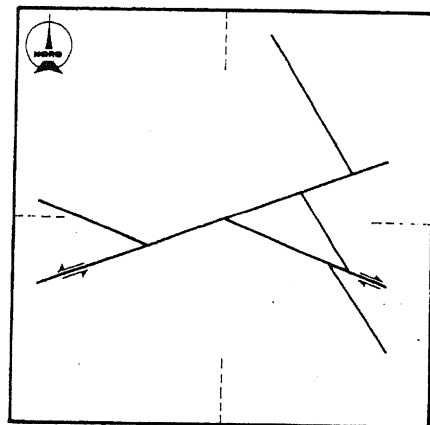
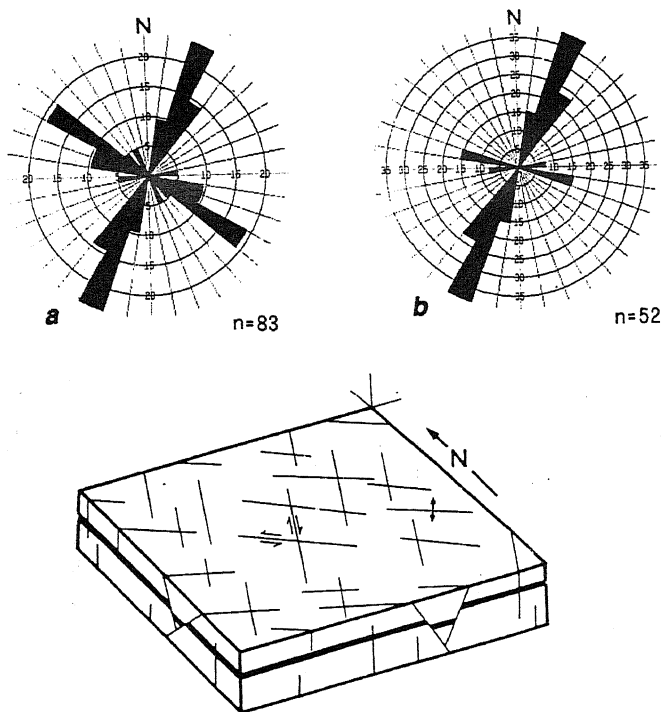


Fig. 8 - Fratture sul piano di strato al tetto del banco di lignite di Poderone. Schema della fratturazione rilevata e relativa proiezione stereografica nel reticolo di Schmidt, emisfero inferiore, delle faglie e delle strie relative;

Fractures at the top of the lignite seam at Poderone: Fracturing scheme and stereographic projection in the Schmidt lower hemisphere of faults and related striæ.



N120°±300° e circa E-W (Fig. 9).

Nelle argille grigie di tetto sono presenti numerose discontinuità tettoniche, corrispondenti sia a faglie che *joint*. Nella parte alta della miniera di Poderone è presente un sistema di faglie dirette delle quali il principale è costituito da piani immergenti a NNW inclinati tra i 50° e 70° con strie sub-verticali, mentre un sistema secondario immerge a WSW (Fig. 10). Associate a queste dislocazioni maggiori esistono due sistemi di *joint* ben evidenti su tutti i fronti di scavo, costituiti da piani circa perpendicolari tra loro che si intersecano secondo una linea sub-verticale che isolano nell'affioramento dei prismi regolari (Fig. 11). Le loro direzioni sono rispettivamente N30°±210° e N130°±310°. Essi possono essere interpretati come *joint* distensivi, sviluppati parallelamente al vettore di massima distensione σ_3 originatosi a livello molto superficiale in prossimità di faglie dirette (Hancock *et al.*, 1987).

Fig. 9 - Analisi della fratturazione nella miniera Poderetto. **a** - diagramma a rose dei dati totali; **b** - diagramma a rose dopo aver filtrato le direzioni comprese tra N290° e N320° relative alle faglie dirette.

Fracturing analysis in the Poderetto area. a: rose diagram of joints direction; b: rose diagram after filtering of extensional faults direction between N290° and 310°.

le all'interno dei livelli di argilla o di lignite più profondi. A favore di una loro origine tettonica c'è comunque una certa simmetria morfologica ed una consistenza con le direzioni assiali rilevate a scala regionale. Nella parte meridionale del banco di lignite è presente una faglia diretta con un rigetto di circa 1 m; essa immerge a N 165° con una inclinazione di circa 50°. Su diversi livelli di lignite sono presenti inoltre *joint* di taglia diversa, che disegnano delle maglie di dimensioni decimetriche. Le direzioni prevalenti sono N20°±200° e subordinatamente

Infatti un'importante faglia diretta è ubicata nella parte settentrionale dell'area di coltivazione della miniera di Poderone, in uno scavo realizzato all'interno delle argille al tetto del banco di lignite. Si tratta di argille molto compatte che in alcuni punti sembrano aver subito un certo processo di diagenesi. Esse sono interessate da numerosi piani di frattura costituiti da faglie con strie di scorrimento e da *joint*. Molte superfici di discontinuità sono ricoperte da una patina scura di alterazione dovuta presumibilmente alla circolazione di fluidi. Nella parte più

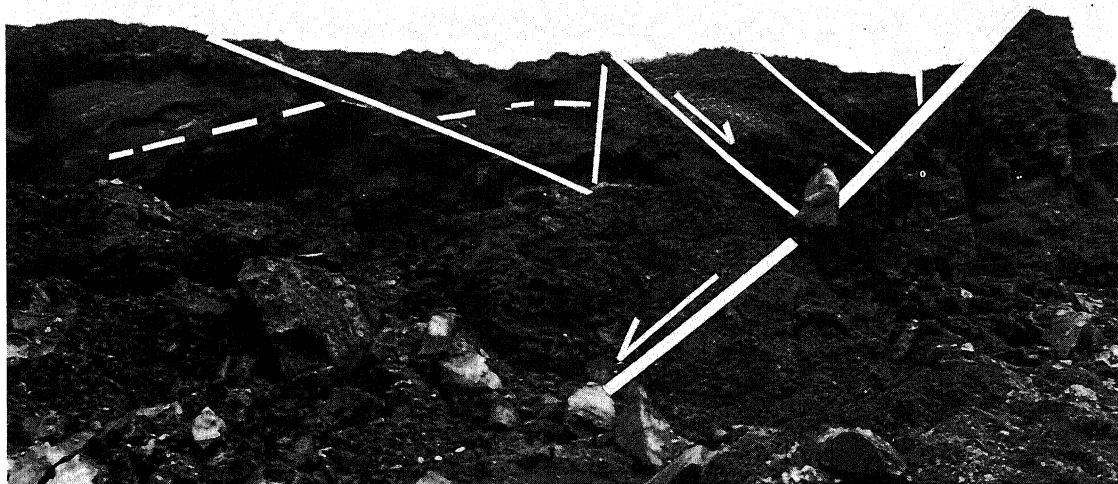


Fig. 10 - Faglia diretta immergente a NNW con inclinazione di 50° nelle argille di tetto nella zona di Poderone (vista verso SE).
NNW dipping normal fault with inclination of 50° in the upper clay level in the Poderone area (southeastwards view).

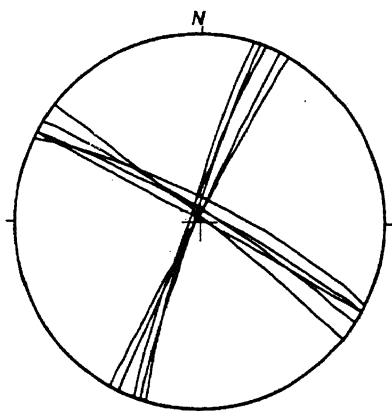
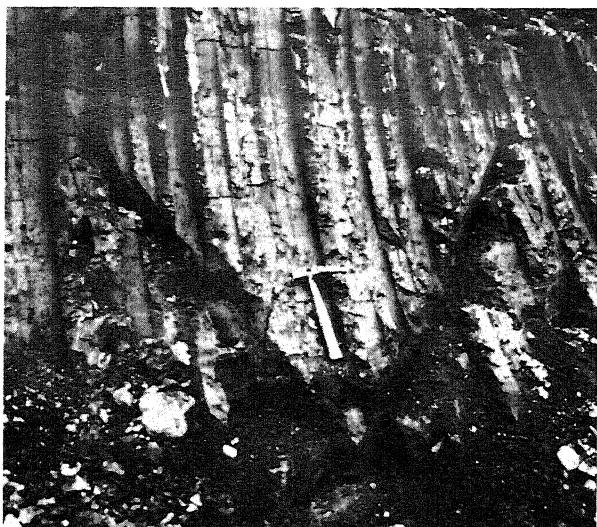


Fig. 11 - Sistema di joint tra loro circa ortogonali nelle argille di tetto nella zona di Poderone. Proiezione nel reticolo di Schmidt, emisfero inferiore relativo ai joint.

System of normal joints in the upper clay layer in the Poderone area. Stereographic projection in the Schmidt lower hemisphere of the joints system.

setentrionale dello scavo, la deformazione è molto intensa ed associata ad una zona di taglio fragile legata ad una faglia diretta orientata NW-SE (Fig. 13). Questa faglia ha dislocato la parte NE del banco di lignite, ribassando la zona di Poderetto con un rigetto di 30-50 m rispetto a quello di Poderone (Fig. 4). Le altre faglie rilevate in questo punto hanno direzione N340° ed immergono a NE con strie subverticali; esistono anche sistemi coniugati a questi immergenti a SW e faglie a direzione E-W. L'analisi dinamica di questa famiglia di faglie eseguita con il metodo di inversione di Carey (Carey, 1979), evidenzia un σ_1 subverticale ed un σ_3 a direzione NE-SW (Fig. 12). La zona di taglio associata alla faglia diretta all'interno dell'argilla presenta un carattere tipicamente fragile, simile a quello rilevabile all'interno di formazioni ben più competenti. Infatti sono evidenti sia piani di taglio C sia *lithon* separati da superfici di scistosità S (Fig. 12). L'angolo tra le superfici S e C è molto alto ad indicare una bassa pressione di confinamento, all'interno della

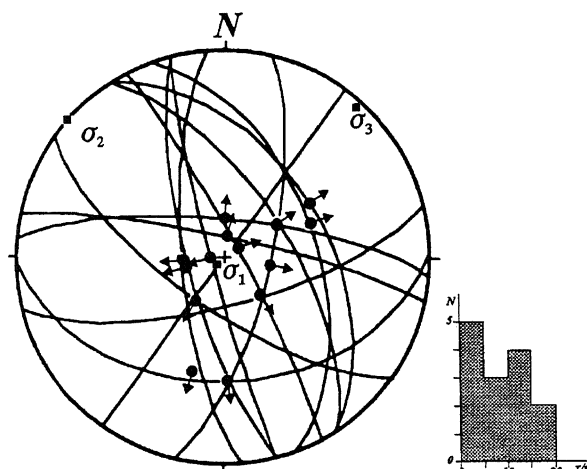
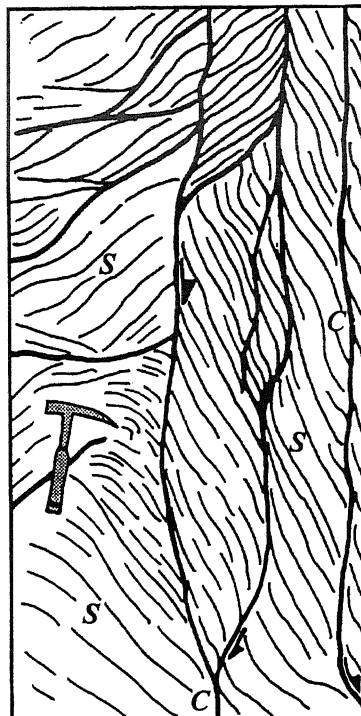


Fig. 12 - Schema della zona di taglio della faglia diretta nell'area settentrionale di Poderone. C indica le superfici di taglio, mentre S quelle della scistosità. In basso proiezione nel reticolo di Schmidt, emisfero inferiore delle faglie rilevate con le relative strie. Le direzioni degli assi di massima compressione σ_1 e di massima tensione σ_3 , sono stati calcolati applicando l'analisi tensoriale secondo il metodo di inversione di Carey.

Sketch of the shear zone of the normal fault in the northern part of the Poderone area. C is the shear plane; S is the cleavage plane. (Below): Stereographic projection in the Schmidt lower hemisphere of the faults and related striae. The direction of main stress axes (σ_1 and σ_3) was obtained by applying the Carey's inversion method.

quale si è sviluppata la zona di taglio. Questo livello di argilla infatti è situato al tetto del banco di lignite e quindi dovrebbe aver avuto una pressione di preconsolidamento data da pochi metri di sedimenti alluvionali recenti.

La deformazione e la geometria della zona di taglio nelle argille normalmente consolidate secondo prove triassiali condotte in laboratorio (Arch *et al.*, 1988) oltre

che dal carico, sembra essere influenzata soprattutto dal contenuto naturale di acqua e secondariamente dalla velocità di deformazione. Sedimenti con alto contenuto di acqua mostrano una geometria della zona di taglio più articolata rispetto ad argille più asciutte. In ogni caso una zona di taglio complessa, come quella rilevata nella zona del Poderone, potrebbe costituire l'espressione superficiale di una deformazione tettonica distensiva più profonda.

Per quanto riguarda le deformazioni nelle ligniti c'è da tenere conto che questo materiale ha subito una certa compattazione diagenetica, come è possibile osservare in numerosi tronchi di alberi parzialmente conservati. Quelli con giacitura suborizzontale hanno una sezione di forma ellittica con rapporto tra gli assi maggiore e minore compresi tra 1:3 a 1:10. Ovviamente parte di ciò potrebbe essere imputato a perdita di acqua, ma una buona percentuale rappresenterebbe la compattazione litostatica data da uno spessore di almeno 2÷8 m di sabbie e di argille, che danno un carico di circa 0.40 - 1 MPa e comunque sufficiente a dar luogo a delle deformazioni del tipo dei *joint* rilevati (Hancock *et al.*, 1987).

5. CONCLUSIONE

L'analisi geologico-strutturale eseguita nell'area di Pietrafitta è stata finalizzata all'esame delle deformazioni di origine tettonica rilevabile sui fronti di scavo della miniera di lignite. I metodi di rilevamento utilizzati sono stati quelli classici della geologia strutturale con la definizione cinematica e dinamica, per quanto possibile, delle diverse discontinuità tettoniche.

L'analisi spaziale e temporale delle strutture tettoniche, è stata eseguita soprattutto su sedimenti pleistocenici affioranti nell'area della miniera e costituiti soprattutto da argille, sabbie e lignite. Le deformazioni di origine tettonica rilevate sono costituite da pieghe, faglie e diversi sistemi di *joint* la cui orientazione può essere sintetizzata nel diagramma a rose di Figura 13.

Le pieghe molto ampie, rinvenute all'interno delle ligniti mostrano una direzione assiale NW-SE (lettera "d" di Fig. 13) compatibili con un σ_1 compressivo orientato in direzione SW-NE.

Le faglie principali rilevate sono soprattutto distensive, con rigetti di alcune decine di metri. Hanno una direzione prevalente NW-SE (lettera "e" di Fig. 13), immergono a SW e sembrano essere le prime strutture a deformare i sedimenti pleistocenici. Successive a queste esistono faglie trascorrenti con direzione circa N-S, una con componente trascorrente destra e rigetti dell'ordine di pochi metri (lettera "a" di Fig. 13). Mentre le faglie dirette sono osservabili anche sulle formazioni rocciose pre-pleistoceniche nell'intorno dell'area di Pietrafitta-Tavernelle, le faglie trascorrenti sono più difficilmente osservabili, salvo che nella zona più meridionale. Interessante è notare che pochi chilometri a sud-est di Pietrafitta faglie trascorrenti destre orientate circa N-S tagliano l'apparato vulcanico di S. Venanzo datato 0.47 Ma (Stoppa & Villa, 1991) (Fig. 1).

Esistono almeno due sistemi di *joint* probabilmente associati alle deformazioni maggiori: uno, con un *trend* predominante nella direzione NW-SE, che comprende

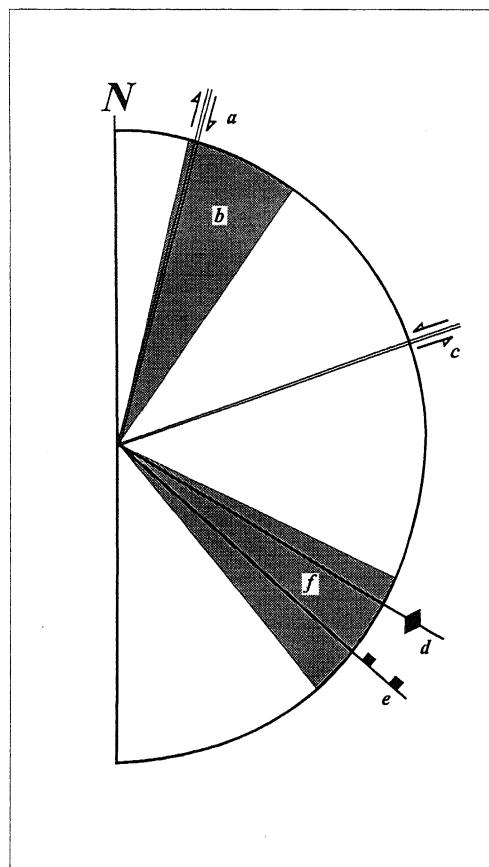


Fig. 13 - Sintesi delle deformazioni rilevate nei sedimenti pleistocenici dell'area di Pietrafitta. a: faglie trascorrenti destre; b e f: sistemi di *joint*; c: faglie trascorrenti sinistre; d: asse delle pieghe; e: faglie normali.

Rose-diagram of tectonic deformations in the Pleistocene sediments of the Pietrafitta area. a: right strike slip faults; b - f: joint systems; c: left strike slip faults; d: fold axis; e: extensional fault.

fratture definibili come *extensional joint*, che è legato al generale campo deformativo pleistocenico che interessa tutta l'Umbria occidentale (lettera "f" di Fig. 13); l'altro sistema comprendente fratture attribuibili a sforzi di taglio - *shear joints* (Hancock *et al.*, 1987) - con direzione NNE-SSW è subordinato rispetto al precedente e sembra essere legato ai sistemi di faglia (lettera "b" di Fig. 13).

E' possibile inquadrare in uno schema molto più generale la zona di Pietrafitta considerando che una fase tettonica distensiva ha interessato l'Umbria occidentale a partire almeno dal Pliocene superiore. Essa ha dato luogo in superficie alla formazione di un sistema di bacini orientati in direzione NW-SE, bordati da faglie dirette, immergenti sia verso SW sia verso NE. L'evoluzione spaziale e temporale di queste dislocazioni ha controllato la sedimentazione continentale all'interno dei bacini individuati. Nel bacino di Pietrafitta e Tavernelle, il depocentro di sedimentazione sembra essere localizzato infatti a ridosso di queste faglie dirette, soprattutto quelle immergenti a NE (Fig. 3).

La storia deformativa dell'area di Pietrafitta potrebbe prevedere quindi almeno un momento deformativo estensionale con σ_1 subverticale e un σ_3 a direzione SW-NE, che ha coinvolto i sedimenti Pleistocenici più

antichi e che è responsabile della formazione delle faglie dirette maggiori. Successivamente è seguita una deformazione di tipo trascorrente con una certa componente compressiva, con σ_1 suborizzontale ed orientato secondo la direzione NNE-SSW, al quale sarebbero associate sia le faglie trascorrenti che le pieghe.

Queste deformazioni potrebbero comunque essere anche interpretate come aggiustamenti interni o trasferimenti di movimento al tetto della faglia diretta principale che ha controllato l'evoluzione del bacino sedimentario.

Lo stile strutturale rilevato nei sedimenti pleistocenici nell'area della miniera di Pietrafitta, sia di carattere distensivo che trascorrente o compressivo, va inquadrato nella generale fase estensionale che interessa l'area tirrenica e toscana a partire dal Miocene superiore e che migra verso l'Umbria raggiungendo la zona di Pietrafitta e della valle Tiberina nel Pliocene superiore che agisce in superficie attraverso faglie dirette immergenti sia a SW che a NE.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio il Prof. Ambrosetti per avermi consigliato ed incoraggiato nello studio di questa interessante area. Un ringraziamento caloroso per l'aiuto prestato nella realizzazione di questo lavoro va a tutto il personale ENEL di Pietrafitta ed in particolare ai Sig.ri Marco Rottoni e Alberto Bucciarelli per l'assistenza in miniera. Un grazie va al Dott. Sergio Gentili, profondo conoscitore degli "elefanti" della miniera per i consigli e l'aiuto nella raccolta dei dati.

Infine un ringraziamento ai Professori G. Papani e R. Funicello, per la lettura critica del manoscritto.

Lavoro eseguito con fondi C.N.R., Responsabile: Prof. G. Pialli.

BIBLIOGRAFIA

- Ambrosetti P., Conti M.A., Parisi G., Kotsakis T., Nicosia U., 1977 - *Neotettonica e cicli sedimentari Pliocene-Pleistocenici nei dintorni di Città della Pieve (Umbria)*. Boll. Soc. Geol. It., **96**, 605-635.
- Ambrosetti P., Carboni M.G., Conti M.A., Costantini A., Esu D., Gandini A., Girotti O., Lazzarotto A., Mazzanti R., Nicosia U., Parisi G. & Sandrelli F., 1978 - *Evoluzione paleogeografica e tettonica nei bacini tosco-umbro laziali nel Pliocene e nel Pleistocene inferiore*. Mem. Soc. Geol. It., **19**, 573-580.
- Ambrosetti P., Carboni M.G., Conti M.A., Esu D., Girotti O., La Monica G.B., Landini B. & Parisi G., 1987 - *Il Pliocene ed il Pleistocene inferiore del bacino del F. Tevere nell' Umbria meridionale*. Geogr. Fis. Din. Quat., **10**, 10-33.
- Ambrosetti P., Cattuto C. & Gregori L., 1989 - *Geomorfologia e neotettonica nel bacino di Tavemelle/Pietrafitta*. Il Quaternario, **2**(1), 57-64.
- Arch J., Maltman A.J. & Knipe R.J., 1988 - *Shear-zone geometries in experimentally deformed clays: the influence of water content, strain rate and primary fabric*. J. Structural Geol., **10**(1), 91-99.
- Carey E., 1979 - *Recherche des directions principales de contraintes associées au jeu d'une population de failles*. Revue Géol. Dinam. et Géogr. Physique, **21**, 57-66.
- Cattuto C., Conti M.A., Nicosia U. & Parisi G., 1979 - *Relazione sulla neotettonica dei Foglio 130, 131, 137 e 138*. C.N.R. Prog. Fin. Geodinamica, Publ., n. 251, 13-28.
- Cattuto C., Gregori L. & Parisi G., 1983 - *Indizi geomorfologici di tettonica pleistocenica nel bacino del T. Tresa (Lago Trasimeno)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **6**, 16-20.
- Conti A. & Esu D., 1981 - *Considerazioni sul significato paleoclimatico e geodinamico di una serie lacustre pleistocenica inferiore presso Tavernelle Perugia, Umbria*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **4**(1), 3-10.
- Curli G., 1961 - *Attuali conoscenze geologiche sul bacino lacustre di Pietrafitta*. Atti Conv. Mostra Naz. Ligniti, 159-167.
- Damiani A.V., 1991 - *Osservazioni stratigrafico-strutturali sull'area fra le valli dei Fiumi Paglia e Tevere, a sud del Lago Trasimeno*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. 1991/1, 243-250.
- Damiani A.V. & Pannuzi L., 1985 - *Unità litologiche nell'ambito degli "argilloscisti varicolori" fra il Cortonese e l'Eugubino e preliminari considerazioni paleogeografiche e stratigrafiche*. Boll. Serv. Geol. d'It., **103**, 241-276.
- Damiani A.V., Faramondi S., Nocchi-Lucarelli M. & Panuzzi L., 1989 - *Biocronostratigrafia delle unità litologiche costituenti l' "Insieme varicolore" affiorante fra la Val di Chiana ed il F. Tevere (Italia centrale)*. Boll. Serv. Geol. d' It., **106**, 109-160.
- Damiani A.V. & Mencarelli I., 1991 - *Controlli strutturali subiti dalla sedimentazione "etrusca" affiorante nella finestra tettonica del M. Peglia (Umbria di SW)*. Rend. Soc. Geol. It., **È**, 147-151.
- Davis J.C., 1986 - *Statistics and data analysis in geology*. John Wiley & Sons, N.Y., 646 pp.
- ENEL, 1991 - *Relazioni tecniche e cartografia relativa alla miniera di Pietrafitta*. Rapporti inediti.
- Funicello R., Parotto M. & Praturlo A., 1980 - *Carta tettonica d'Italia alla scala 1:1.500.000*. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, 1 foglio.
- Ghelardoni R., 1962 - *Stratigrafia e tettonica dei monti ad est e a sud del Lago Trasimeno*. Mem. Soc. Geol. It., **3**, 521-531.
- Jacobacci A., Bergomi C., Centamore E., Malatesta A., Malferrari N., Martelli G., Pannuzi L. & Zattini N., 1970 - *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia: F. 115 "Città di Castello", F. 122 "Perugia", F. 130 "Orvieto"*. Serv. Geol. d'It. 151 pp.
- Hancock P.L., Al-Kahdi A., Barka A.A. & Bevan T.G., 1987 - *Aspects of analysing brittle structures*. Ann. Tectonicae, **1**(1), 5-19.
- Lotti B., 1898 - *Rilevamento geologico nei dintorni del Trasimeno e nelle regioni immediatamente a sud fino ad Orvieto*. Boll. Comm. Geol. It., **31**, 2.
- Lotti B., 1926 - *Descrizione geologica dell'Umbria*. Mem. Descr. Carta Geol. It., **21**, 320 pp.
- Menichetti M. & Pialli G., 1986 - *Geologia strutturale del preappennino umbro tra i monti di Gubbio e la catena del M. Petrano - M. Cucco*. Mem. Soc. Geol. It.,

- 35(1), 371-388.
- Menichetti M. & Minelli G., 1991 - *Extensional tectonics and seismogenesis in Umbria (Central Italy) - The Gubbio area*. Boll. Soc. Geol. It., **110**, 857-880.
- Minelli G., Motti A. & Pialli G., 1988 - *Evoluzione tettonica dei Massicci Perugini area di M. Torrazzo*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 389-398.
- Minelli G. & Menichetti M., 1990 - *Tectonic evolution of the Perugia Massifs area (Central Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., **109**, 445-453.
- Moretti A., 1949 - *Resti di "Elephas meridionalis" Nesti, nelle ligniti di Pietrafitta*. Boll. Serv. Geol. It., **71**, 51-57.
- Nocchi M., 1962 - *Osservazioni stratigrafiche a N ed a E del Lago Trasimeno*. Mem. Soc. Geol. It., **3**, 423- 427.
- Stoppa F. & Villa O.M., 1991 - *Primi dati cronologici del distretto Ultra-Alcalino Umbro-Laziale*. Workshop su "Evoluzione dei bacini neogenici e loro rapporti con il magmatismo Plio-Quaternario nell'area Tosco-Laziale", Pisa, Abstracts, 54.
- Ugolini R., 1921 - *Sopra alcuni resti di rinoceronti del Pliocene lacustre di Pietrafitta*. Riv. It. Paleont., **27**, 15-18 .

Ms. ricevuto: 30 ottobre 1992
Inviato all'A. per la revisione: 3 marzo 1993
Testo definitivo ricevuto: 10 agosto 1996

Ms received : Oct. 30, 1992
Sent to the A. for a revision: March 3, 1993
Final text received: Aug. 10 , 1996