

LA TETTONICA QUATERNARIA NELLA DORSALE APPENNINICA UMBRO-MARCHIGIANA:
UNA DEFORMAZIONE PROGRESSIVA NON COASSIALE(***)

INDICE

RIASSUNTO	pag. 203
ABSTRACT	” 203
INTRODUZIONE	” 204
ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	” 204
<i>Litostratigrafia</i>	” 204
<i>Assetto strutturale</i>	” 205
ANALISI GEOLOGICO-STRUTTURALE DEI FASCI DI FAGLIE ANALIZZATI	” 206
Fascio di Norcia - M. Fema	” 206
Fascio di Oricchio - Cittareale	” 208
Fascio di Cascia - M. Boragine	” 211
Caratterizzazione cinematica dei fasci di faglie	” 214
DISCUSSIONE	” 216
CONCLUSIONI	” 220
BIBLIOGRAFIA	” 222

RIASSUNTO

E' stata condotta un'analisi geologico-strutturale nel settore meridionale della dorsale appenninica umbro-marchigiana allo scopo di definire il *pattern* di affioramento delle faglie quaternarie, i loro caratteri geometrici e cinematici, l'entità del dislocamento e le relazioni geometriche con le strutture della catena (pieghe e sovrascorrimenti di età neogenica). Le faglie studiate costituiscono tre zone di deformazione discreta ("fascio" di Norcia-M. Fema, "fascio" di Cascia-M. Boragine e "fascio" di Oricchio-Cittareale) ad andamento medio NNW-SSE ed immersione ad WSW. I primi due "fasci" realizzano un rigetto massimo di circa 1200 m, mentre, nel terzo il rigetto massimo non supera i 500 m. Le faglie appartenenti a quest'ultimo fascio dislocano il piano di sovrascorrimento dei M.ti Sibillini, mostrano caratteri morfotettonici che ne evidenziano un'attività anche olocenica e rappresentano, verosimilmente, le strutture attivate durante i terremoti storici del 1703 e del 19.09.1979.

I tre fasci in parola sono costituiti da faglie principalmente normali ad andamento NNW-SSE, da faglie transtensive e trascorrenti sinistre ad andamento N-S ÷ N30° (particolarmente evidenti nel fascio di Cascia - M. Boragine), e da faglie orientate WNW-ESE transtensive destre e normali. Tali strutture hanno realizzato una principale dislocazione secondo una direzione N50°-60° (alla quale corrisponde anche la principale direzione di estensione); subordinata a questa è la dislocazione realizzata in direzione N10°-20°, considerata come una ulteriore direzione di estensione. Quest'ultima è particolarmente evidente nelle scarpate di faglia lungo il fascio di Oricchio - Cittareale ed è stata pertanto attiva durante l'Olocene. L'alternanza di queste due direzioni di estensione nell'Appennino centrale è conosciuta in letteratura.

Anche per i sovrascorrimenti neogenici del settore esterno dell'Appennino centrale si evidenzia un'alternanza tra la principale direzione di raccorciamento N50°-60° e quella, subordinata, N10°-20°. L'analogia tra le direzioni di raccorciamento e di estensione può essere interpretata considerando la strut-

turazione dell'Appennino in un contesto geodinamico di subduzione passiva della litosfera padano-adriatica e ipotizzando una interconnessione cinematica tra le strutture compressive al fronte e le coeve strutture distensive a tergo. In tale contesto cinematico le faglie orientate N-S ÷ N30° (transpressive e trascorrenti destre durante la compressione neogenica; transtensive e trascorrenti sinistre durante la distensione plio-quaternaria) e quelle orientate WNW-ESE (transpressive sinistre durante la compressione ad asse N50°-60°; transtensive destre durante la distensione ad asse N50°-60°) assumono rispettivamente il significato di rampe oblique e laterali, e di faglie di trasferimento; la loro orientazione può essere messa in relazione al controllo esercitato da discontinuità preesistenti (faglie giurassiche e cretache).

ABSTRACT

In the Umbro-Marchean Apennines Ridge, Quaternary faults have been analyzed in order to define their outcropping pattern, the geometry and kinematics of the faults, the amount of displacement and the geometrical relationship between Quaternary faults and the pre-existing Neogene compressive structures (folds and thrusts). The faults studied are arranged in three distinct zones of discrete deformation, mainly trending NNW-SSE and generally dipping WSW: Norcia-M. Fema, Cascia-M. Boragine and Oricchio-Cittareale fault zones. The first two have a maximum down-throw of about 1200 m; while, in the last one, the higher down-throw does not reach 500 m. Faults belonging to the Oricchio-Cittareale fault zone displace the M.ti Sibillini thrust plane, exhibit morphotectonic evidence of Holocene activity and have probably been activated during the 1703 and the 19.09.1979 Central Italy earthquakes. Fault zones are made up mainly by normal NNW-SSE trending faults, left-lateral transtensive and strike-slip faults oriented N-S ÷ N30° and right-lateral transtensive faults oriented WNW-ESE. Kinematic analysis allowed us to obtain a main displacement direction toward N50°-60° (corresponding to the main direction of extension) and, subordinately, another oriented N10°-20° (that we consider a further direction of extension). The N50°-60° and N10°-20° extension directions probably succeeded each other during time; the latter was surely active during Holocene because the striae indicating this kinematic are the best represented on fault planes associated with the fresher fault scarps of the Oricchio - Cittareale fault zone. The same orientation (mainly N50°-60° and, subordinately, N10°-20°) has been described as direction of shortening for Neogene thrusts in the central Apennines. In a regional tectonic context of Padano-Adriatic lithosphere roll-back driving the emplacement of the Apennine chain, we consider the analogy in orientation of shortening and extension as a consequence of the kinematic link between the outer thrusts of the belt (Padano-Adriatic Domain) and the inner extensional structures. In this kinematic context the N-S ÷ N30° oriented faults (transpressive and right-lateral strike-slip during compression, transtensive and left-lateral strike-slip during extension) and the WNW-ESE trending faults (left-lateral transpressive during compression, right-lateral transtensive during extension) have been interpreted respectively as oblique ramps and transfer faults whose development is controlled by pre-existing faults.

(*)Dipartimento di Scienze - Università "G. D'Annunzio" di Chieti.

(**)Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Camerino.

(***)Lavoro eseguito con i fondi CNR GNDT 9602939PF54 (resp. F. CALAMITA).

PAROLE CHIAVE: Tettonica quaternaria, Geometria e cinematica delle faglie quaternarie, Dorsale appenninica umbro-marchigiana.

KEY WORDS: Quaternary tectonics, Geometry and Kinematics of Quaternary faults, Umbria-Marches Apennines ridge.

INTRODUZIONE

Nell'Appennino umbro-marchigiano faglie normali plio-quaternarie dislocano le pieghe ed i sovrascorrimenti di età neogenica (CALAMITA *et alii*, 1979; 1982; COLTORTI *et alii*, 1989). Nella dorsale appenninica, dove le strutture compressive descrivono una forma arcuata a vergenza adriatica e direzione NW-SE, a nord, e circa N-S, a sud, le faglie quaternarie hanno una direzione media NNW-SSE, quindi obliqua a quella delle pieghe e dei sovrascorrimenti. Tali faglie sono organizzate in "fasci" aventi uno sviluppo longitudinale fino a 30-40 Km ed una distribuzione areale differente nei diversi *thrust sheet*. Le singole dislocazioni, generalmente immergenti ad WSW, sono disposte *en échelon* e/o raccordate da minori segmenti di trasferimento. I rigetti massimi (900-1200 m) sono realizzati dalle faglie che generalmente si interrompono sui piani di sovrascorrimento e la cui attività è compresa tra il Pleistocene inferiore ed il Pleistocene medio (pre- 0.23 Ma). Alcune faglie mostrano invece evidenze morfostrutturali che ne documentano un'attività più recente (Pleistocene superiore-Olocene); ad esse viene associata l'intensa attività sismica dell'area. Queste ultime presentano un rigetto massimo intorno ai 250-350 m e sono caratterizzate da una evidente scarpata di faglia (COLTORTI *et alii*, 1989; CALAMITA & PIZZI, 1992; 1993; 1994; PIZZI, 1992; CALAMITA *et alii*, 1994).

Le suddette faglie quaternarie hanno una direzione principale N140°-150° ed una pendenza di 60°-70° con immersione ad WSW; sono inoltre presenti macro- e meso-faglie a direzione circa N-S ed E-W. Le prime hanno un carattere normale di *dip-slip* e, subordinatamente, una componente sinistra. Quelle a direzione circa N-S ed E-W sono per lo più transtensive sinistre e destre rispettivamente, e sono state interpretate come faglie di trasferimento la cui impostazione è controllata da discontinuità preesistenti; esse tuttavia possono avere anche un carattere rispettivamente trascorrente sinistro e normale di *dip-slip* (CALAMITA & PIZZI, 1992; CALAMITA *et alii*, 1992c).

Questi ultimi Autori, sulla base dei caratteri geometrici e cinematici delle faglie, delle loro relazioni con i piani di sovrascorrimento e dei dati sismologici relativi al terremoto di Norcia del 19.09.1979, hanno proposto un modello estensionale caratterizzato da faglie ad alto angolo immergenti principalmente a WSW che si raccordano, in tempi successivi, su faglie di *detachment*, via via più profonde, rappresentate dall'inversione dei piani di sovrascorrimento. I dati geometrici e cinematici, inoltre, hanno permesso di determinare una principale direzione di estensione N50°-60° (la cui entità è stata valutata pari a circa il 10%) ed una subordinata N10°-20°. Quest'ultima deriva, in modo particolare, dalle faglie con indizi morfotettonici di attività più recente per le quali è stato calcolato una *slip-rate* massimo di circa 1 mm/a (CALAMITA *et alii*, 1992; 1994). Gli stessi Autori ricavano per le faglie principalmente normali a direzione N140°-150° un campo di

stress distensivo con asse principale massimo (σ_1) verticale, intermedio (σ_2) orizzontale a direzione N140°-150°, minimo (σ_3) orizzontale a direzione N50°-60°. Un analogo campo di *stress* è stato evidenziato da BROZZETTI & LAVECCHIA (1994).

Infine, CALAMITA *et alii* (1992c) associano le faglie a scala mesoscopica orientate circa N-S e E-W rispettivamente trascorrenti sinistre e destre, a momenti deformativi durante i quali il σ_2 tende ad approssimare il valore del σ_1 .

CELLO *et alii* (1995), invece, considerano il suddetto fagliamento quaternario nella dorsale appenninica umbro-marchigiana-abruzzese in un contesto tettonico trascorrente, nel quale le faglie N-S sinistre rappresentano le strutture principali.

In questo lavoro vengono presentati i risultati dell'analisi geologico-strutturale condotta nel settore meridionale della dorsale appenninica umbro-marchigiana allo scopo di definire: il *pattern* di affioramento delle faglie quaternarie, i loro caratteri geometrici e cinematici, l'entità dei rigetti realizzati, le relazioni geometriche con le precedenti strutture della catena (pieghe e sovrascorrimenti).

In particolare, l'analisi integrata dei dati meso- e macrostrutturali è stata finalizzata all'individuazione delle "associazioni strutturali" responsabili del fagliamento olocenico ed al ruolo delle singole strutture.

ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Litostratigrafia

Pieghe, sovrascorrimenti e faglie normali quaternarie coinvolgono, nella dorsale appenninica umbro-marchigiana, un *multilayer* sedimentario di età Lias inferiore-Miocene medio. L'unità più antica affiorante è il *Calcarea massiccio* (Lias inferiore), una potente unità di calcari di piattaforma carbonatica in strati da spessi a molto spessi. Segue una successione pelagica-emipelagica costituita da rocce calcaree, calcareo-marnose, calcareo-selcifere e selci ben stratificate (Lias medio-Miocene medio) con spessore di circa 1700 m dove la successione giurassica è completa (*Corniola*, *Rosso ammonitico/Calcari e marne del Sentino*, *Calcari a Posidonia*, *Calcari diasprini umbro-marchigiani*) e intorno ai 1200 m dove la stessa è condensata (*Calcari nodulari del Bugarone*). Spessori compresi tra questi due valori sono dovuti alla presenza di una successione giurassica composta (es.: *Calcari nodulari-Calcari diasprini umbro-marchigiani*). Al di sopra dei *Calcari nodulari del Bugarone* o dei *Calcari diasprini umbro-marchigiani*, la successione continua con la *Maiolica*, le *Marne a Fucoidi*, la *Scaglia bianca*, la *Scaglia rossa*, la *Scaglia variegata*, la *Scaglia cinerea*, il *Bisciaro*, lo *Schlier/Marne con Cerrognà*. Superiormente si rinvengono depositi torbiditici silicoclastici di età Tortoniano sup. - Messiniano con spessore compreso tra 1000-2000 m. Questi ultimi affiorano nella depressione che caratterizza il settore centrosettentrionale della dorsale appenninica umbro-marchigiana (bacini minori intrappenninici in CENTAMORE *et alii*, 1978). I pozzi AGIP "Burano" e "Fossombrone" (MARTINIS & PIERI, 1964) raggiungono le evaporiti triasiche (*Anidriti di Burano*) e consentono di stimare lo spessore del *Calcarea massiccio* intorno agli 800 m.

Per gli aspetti stratigrafici specifici dell'Appennino umbro-marchigiano si rimanda a CENTAMORE *et alii*

(1986, e citazioni relative), CANTALEMESSA *et alii* (1986, e citazioni relative).

Assetto strutturale

L'Appennino umbro-marchigiano (Fig. 1) è caratterizzato da pieghe parallele e da sovrascorrimenti neogenici a vergenza principalmente nord-orientale (BALLY *et alii*, 1986; CALAMITA & DEIANA, 1986; LAVECCHIA *et alii*, 1987).

La forma arcuata a convessità orientale della ca-

tena è descritta in modo evidente dalle strutture della dorsale appenninica umbro-marchigiano-sabina ed, in particolare, dal sovrascorrimento dei M.ti Sibillini seguibile lungo il fronte montuoso, con direzione NW-SE a nord e N20°-30° a sud del M. Vettore (CALAMITA & DEIANA, 1987). Quest'ultima direzione in realtà è un valore medio dovuto all'involuppo di segmenti contigui a direzione N30°-60° e N-S ÷ N10°. Il sovrascorrimento dei M.ti Sibillini continua verso sud nella linea Olevano-Antrodoco (SALVINI & VITTORI, 1982) ad an-

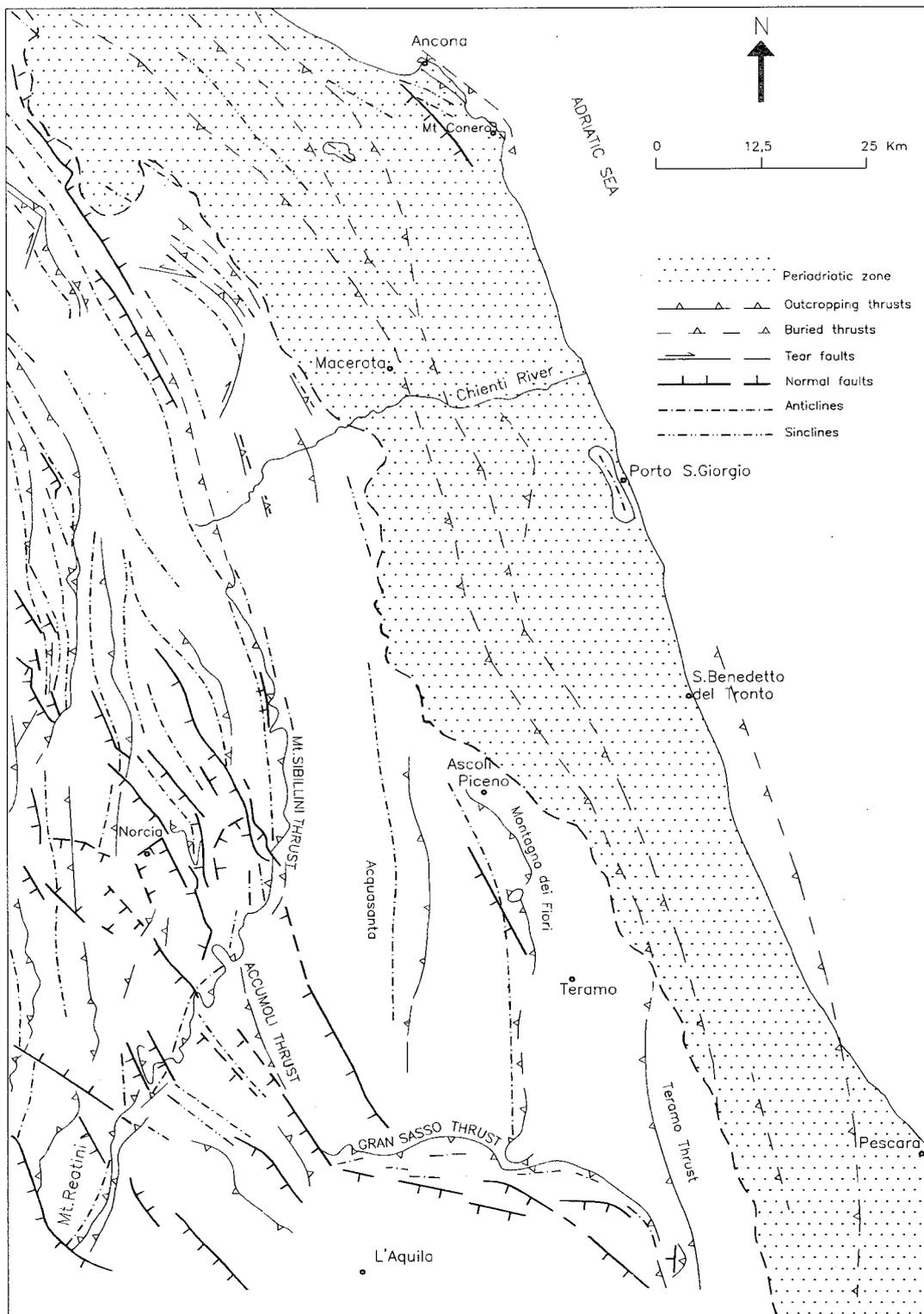


Fig. 1 - Schema strutturale dell'Appennino umbro-marchigiano.

damento medio N-S (sovrascorrimento Olevano-Antrodoco-M.ti Sibillini: in CALAMITA & DEIANA, presente volume). Analoga direzione ha il sovrascorrimento frontale della "ruga" interna (M. Cavallo - M. Nerone: CALAMITA *et alii*, 1992a).

Le macropieghe hanno in generale una direzione assiale parallela a quella dei sovrascorrimenti, tuttavia nel settore meridionale si interrompono in prossimità dei sovrascorrimenti ad andamento N40°-60°. Esse sono in genere caratterizzate da una cresta piatta e da un fianco orientale da sub-verticale a rovesciato, rappresentato soltanto dalla successione pelagica in rapporto di *blind thrust* con gli strati da sub-orizzontali a blandamente immergenti a NE del sottostante *Calcare massiccio* (CALAMITA, 1990).

Il sovrascorrimento Olevano-Antrodoco-M.ti Sibillini accavalla le unità della dorsale umbro-marchigiana sulle unità dell'Appennino laziale-abruzzese (ad andamento NW-SE) a sud, e sull'unità della Laga a nord. Quest'ultima è caratterizzata da strutture interne (pieghe e sovrascorrimenti ad andamento blandamente arcuato) che verso sud scompaiono al di sotto del tratto E-W del fronte arcuato del Gran Sasso (sovrascorrimento frontale dell'unità laziale-abruzzese).

La strutturazione di questo settore esterno dell'Appennino centrale si è realizzata a partire dal Messiniano superiore ed è via via più recente verso l'avampaese. Inoltre, i sovrascorrimenti dei M.ti Sibillini e del Gran Sasso sono contrassegnati da riattivazioni riferite al Pliocene medio-superiore (GHISSETTI & VEZZANI, 1991; CALAMITA *et alii*, 1994; 1995).

In particolare, il tratto ad andamento NNE del sovrascorrimento Olevano-Antrodoco-M.ti Sibillini è costituito da diversi piani di accavallamento a basso angolo transpressivi destri, che realizzano evidenti fenomeni di delaminazione sulle strutture anticlinali del *footwall* (CALAMITA *et alii*, 1987). Verso nord, i piani di accavallamento e le anticlinali associate si diramano assumendo un andamento meridiano. La parte frontale dell'unità di tetto dei M.ti Sibillini è caratterizzata da una struttura anticlinale rovesciata ad andamento assiale parallelo alla direzione del piano di sovrascorrimento.

Faglie quaternarie, prevalentemente normali, dislocano le strutture neogeniche della catena (pieghe e sovrascorrimenti) e mostrano nell'insieme una organizzazione in "fasci" ad andamento medio N140°-150° (Fig. 2). Questi hanno un differente *pattern* di affioramento nei diversi *thrust sheet* e una lunghezza massima di 30-40 Km, sono costituiti da faglie immergenti principalmente a WSW e disposte *en-échelon* o collegate da segmenti di trasferimento. L'inizio dell'attività di tali faglie è riferito al Pleistocene inferiore-medio (circa 0.8 Ma) da CALAMITA *et alii* (1979; 1982) e COLTORTI *et alii* (1989), al Pleistocene inferiore da BLUMETTI & DRAMIS (1992).

Nel settore meridionale della dorsale umbro-marchigiana si riconoscono cinque principali "fasci" di faglie normali quaternarie. I più orientali sono il fascio M. Vettore - M. Bove e quello di M. Castello - M. Cardosa (Fig. 2). Il primo si sviluppa per circa 30 Km lungo la dorsale dei M.ti Sibillini ed è costituito da faglie immergenti a WSW distribuite *en echelon*, seguibili con continuità per circa 5-7 Km (CALAMITA *et alii*, 1992b, 1992c), a volte raccordate da faglie di trasferimento. Verso sud (Fig. 2) la faglia a massimo rigetto (faglia bordiera del piano di Castelluccio con rigetto di 1200 m)

si interrompe in prossimità del piano di sovrascorrimento dei M.ti Sibillini (COOPER & BURBI, 1988); più ad oriente la faglia del Cordone del Vettore disloca il suddetto piano di sovrascorrimento con un rigetto di 250-300 m. Il fascio di M. Castello - M. Cardosa si sviluppa 5-6 Km più ad ovest del precedente per una lunghezza di circa 15 Km ed è anch'esso costituito da faglie immergenti ad WSW (CALAMITA *et alii*, 1992b; 1992c; PIZZI, 1992). Più ad occidente si rinvergono i fasci di Norcia - M. Fema, di Oricchio - Cittareale e quello di Cascia - M. Boragine.

ANALISI GEOLOGICO-STRUTTURALE DEI FASCI DI FAGLIE ANALIZZATI

Le faglie quaternarie della dorsale appenninica umbro-marchigiana costituiscono zone di deformazione discreta (qui denominate "fasci"), distinte in base alla continuità fisica delle singole strutture, alla cronologia relativa di queste ultime (desunta attraverso le relazioni geometriche con le strutture preesistenti) ed ai caratteri morfotettonici associati alle faglie stesse.

I settori analizzati di tali fasci si sviluppano nell'unità di tetto del sovrascorrimento dei M.ti Sibillini, caratterizzato dalla presenza di minori piani di sovrascorrimento che, come accennato, si diramano dalla zona frontale verso nord individuando *thrust sheet* minori. Tra questi piani di sovrascorrimento minori il più importante è quello di M. Pozzoni, evidenziato dai *klippen* di M. La Cerasa, M. Nocella, M. Pozzoni, Colle Cappelletta (Tav. 1) e la cui prosecuzione verso nord può essere rappresentata dal sovrascorrimento di M. Patino descritto in DEIANA (1979) e in CALAMITA *et alii* (1990). Ad ovest di quest'ultimo si rinviene il sovrascorrimento di M. Tolentino (Fig. 1), mentre verso oriente affiora quello di M. Pizzuto (Tav. 1). I rapporti geometrici tra le unità di tetto e quelle di letto dei suddetti motivi di accavallamento suggeriscono uno sviluppo in fuori-sequenza (e/o con riattivazione) di quest'ultimi nell'ambito dell'unità di tetto del sovrascorrimento Olevano-Antrodoco-M.ti Sibillini; tra questi, quello di M. Pizzuto ha un carattere estremamente locale (CALAMITA *et alii*, 1995).

Fascio di Norcia-M. Fema

Il fascio di Norcia - M. Fema si sviluppa per una lunghezza di circa 40 Km nell'unità di tetto del sovrascorrimento dei M.ti Sibillini, circa 10 Km ad ovest del fascio di M. Vettore - M. Bove, al quale è parallelo, seguendo un trend medio NNW-SSE. Esso realizza un rigetto di almeno 1000 metri (CALAMITA *et alii*, 1982; PIZZI, 1992), mostra una distribuzione *en-échelon* (principalmente destra) delle faglie e si radica a nord di M. Fema. La principale attività delle faglie quaternarie del fascio di Norcia - M. Fema è precedente a 0.23 Ma. Depositi di conoide del Pleistocene medio finale contenenti materiali piroclastici sono dislocati, infatti, da faglie con rigetti trascurabili (CALAMITA *et alii*, 1982; COLTORTI *et alii*, 1989; BLUMETTI *et alii*, 1990a). Tale "fascio", inoltre, disloca la superficie di spianamento sommitale, ubicata a quote prossime ai 1800 m sul blocco di letto, mentre, sul blocco di tetto si rinviene a circa 1000 m.

Il bacino di Campi e quello di Norcia (Piano di S. Scolastica) caratterizzano l'*hanging wall* del suddetto

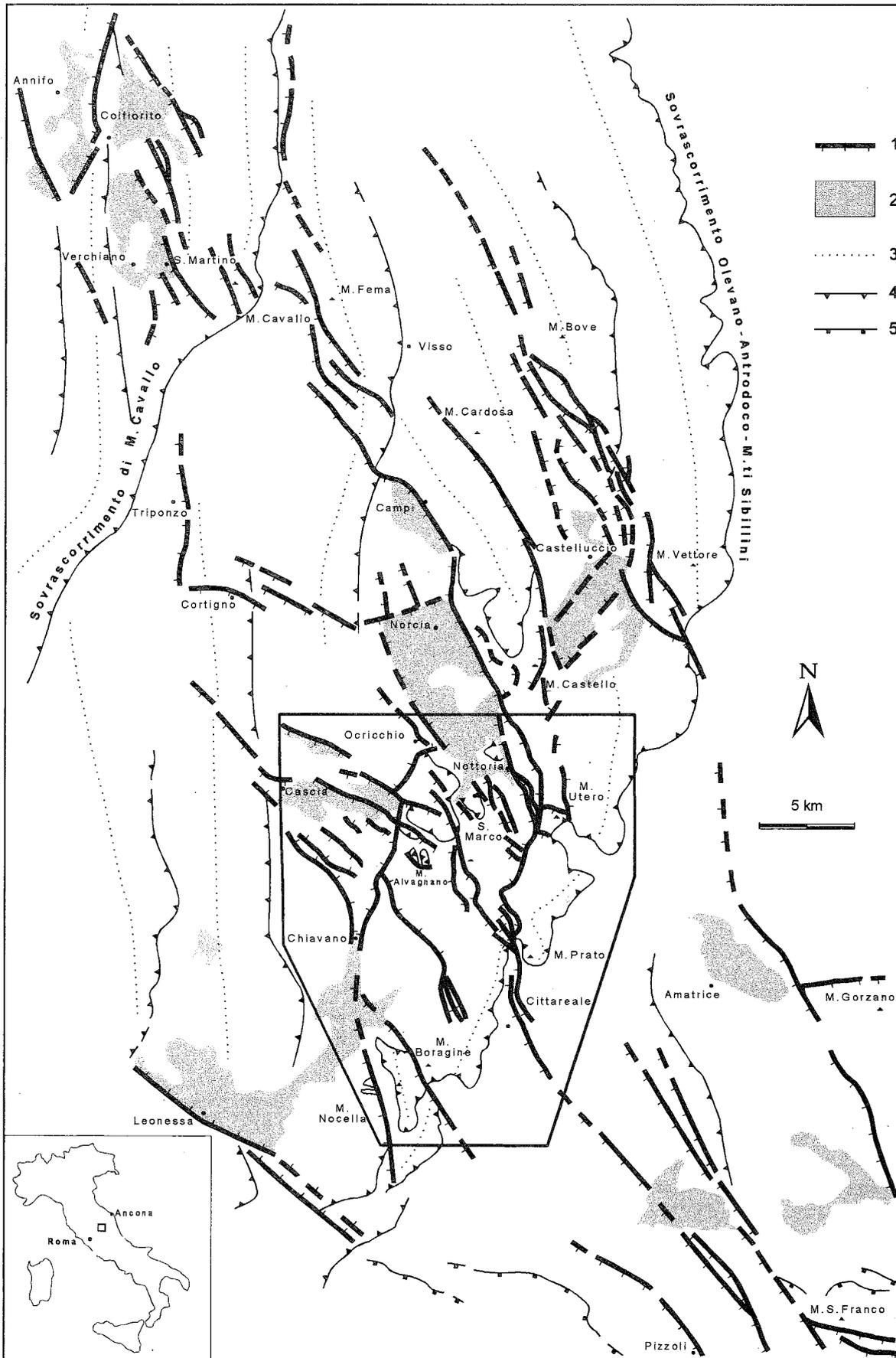


Fig. 2 - Schema strutturale dei fasci di faglie normali quaternarie nella Dorsale appenninica umbro-marchigiana meridionale (da CALAMITA & PIZZI, 1992). 1) faglia normale quaternaria; 2) faglia normale con evidenti scarpate di faglia; 3) bacino continentale quaternario; 4) macroanticlinale; 5) sovrascorrimento; 6) sovrascorrimento del Dominio laziale-abruzzese. Nel riquadro le strutture analizzate.

fascio: il primo corrisponde alla parte centrale, a più elevato rigetto, della relativa faglia, mentre il secondo costituisce una depressione tettonica più complessa, i cui depositi di riempimento hanno uno spessore che supera i 500 m (BIELLA *et alii*, 1981). Quest'ultima è delimitata ad est dalla faglia bordiera, ad ovest dalla sua antitettonica ed a nord da una faglia di trasferimento ad andamento N 50°-60° (CALAMITA & PIZZI, 1992). La dorsale di Poggio Valaccone (Tav. 1), interrompe la continuità longitudinale del bacino di Norcia e può essere interpretata come un alto del substrato bordato da faglie (BIELLA *et alii*, 1981; CALAMITA *et alii*, 1982); secondo altri Autori invece tale rilievo potrebbe essere l'accumulo di un movimento gravitativo (DRAMIS *et alii*, 1993). Nella depressione di Norcia sono segnalate varie unità litostratigrafiche del Pleistocene medio (COLTORTI, 1981; CALAMITA *et alii*, 1982; BLUMETTI *et alii*, 1990a), ma recenti datazioni K/Ar consentono di attribuire al Pleistocene inferiore (circa 1.0 Ma) i sedimenti più antichi (BLUMETTI & DRAMIS, 1992).

Nel settore meridionale del fascio in parola (tratto Nottoria - M. Pizzuto: Tav. 1), è stata condotta un'analisi geologico-strutturale di dettaglio al fine di caratterizzare il *pattern*, la geometria e la cinematica delle faglie, e soprattutto, per comprendere le relazioni tra queste ultime ed il piano di sovrascorrimento dei M.ti Sibillini affiorante poco a sud.

Tale fascio, nel tratto subito a sud della depressione di Norcia, è composto da due faglie principali ad andamento NNW-SSE. Lungo la faglia più orientale, documentata da una netta rottura morfologica, non è stato possibile effettuare un'analisi mesostrutturale in quanto il piano non è affiorante; tuttavia, è stato possibile stimare stratimetricamente un'inclinazione del piano di 40°-50° verso WSW ed un trend medio N140°-150°. Il rigetto, nel tratto centrale della faglia, si aggira sui 400-500 m (Tav. 1: sezione B-B') e diminuisce progressivamente verso sud; evidenze geomorfologiche suggeriscono una prosecuzione della faglia fino a M. Utero (Tav. 1).

A sud del M. Vettore, il piano di sovrascorrimento dei M.ti Sibillini è caratterizzato da una direzione media N 20°; la sua traccia, a SW di M. Utero (in corrispondenza della profonda incisione valliva del Fosso Pescara), è marcatamente irregolare (Tav. 1), in relazione alla giacitura del piano di sovrascorrimento stesso che, nel settore frontale, assume infatti una immersione verso SE: ciò spiega la differenza di quota della sua traccia che da circa 1800 m a M. Utero, scende a 1200 m alla base del versante di M. Ciambella, mantenendo una generale continuità fisica. Esso, a sud di M. Utero, risulta dislocato solo da minori motivi estensionali, aventi un rigetto complessivo dell'ordine di qualche decina di metri, non paragonabile quindi all'entità di dislocazione (circa 1300 m) realizzata dal fascio di faglie in esame subito a nord di M. Utero (Tav. 1: sezione B-B').

Evidenze geologiche e geomorfologiche consentono di individuare la prosecuzione meridionale del fascio di Norcia - M. Fema nella faglia orientata mediamente NNE-SSW (SCARSELLA, 1941) che dal versante ovest di M. Utero si estende per circa 5 Km fino a Forca di Valle (Tav. 1). Dette evidenze sono: a) entità del rigetto della faglia, valutabile (in base al contatto tettonico tra la *Corniola* e la *Maiolica*) ad almeno 400 m; b) l'espressione morfologica che si associa alla traccia del piano di faglia (Fig. 3); c) netta dislocazione della

paleosuperficie di erosione sommitale (Fig. 3). In definitiva, il fascio di Norcia - M. Fema è caratterizzato da un brusco cambiamento del *trend* all'altezza di M. Utero, dove passa da una generale direzione NNW-SSE ad una NNE-SSW, parallela all'andamento del piano di sovrascorrimento dei M.ti Sibillini. In quest'ultimo tratto inoltre, si diramano, nel blocco di tetto, alcune faglie normali ad andamento NW-SE (Tav. 1) che mostrano una graduale perdita di rigetto verso nord-ovest. Nei pressi di Forca di Valle la faglia mette a contatto la *Scaglia cinerea* (*footwall*) con la *Corniola* (*hangingwall*): la presenza di terreni più recenti al letto è dovuta al fatto che la faglia pone a contatto l'unità di tetto con quella di letto del sovrascorrimento di M. Pizzuto.

A sud di Forca di Valle, la faglia mostra una forte separazione stratigrafica in quanto mette a contatto la successione *Scaglia cinerea-Marne con Cerroigna* (al tetto) con quella *Maiolica-Calcarei diasprini umbromarchigiani* (al letto). Le condizioni di affioramento non consentono l'osservazione del piano della faglia, che KOOPMAN (1983) considera un sovrascorrimento con al tetto le formazioni più recenti. In particolare, tra Forca di Valle e M. Pizzuto essa assume di nuovo un andamento NW-SE, e nei pressi di M. Pizzuto disloca l'*hangingwall* del sovrascorrimento dei M.ti Sibillini con un rigetto di circa 1100 m (Tav. 1: sezione C-C') raccordandosi su quest'ultimo che non risulta infatti dislocato.

Il sovrascorrimento dei M.ti Sibillini è qui caratterizzato da una scaglia tettonica intermedia (costituita essenzialmente dalla *Scaglia rossa*), che si segue con continuità parallelamente al piano, a riprova che questo non è dislocato dalla faglia normale (Fig. 4). Quest'ultima pone a contatto la *Scaglia cinerea*, al tetto, con i *Calcari diasprini umbromarchigiani*, al letto (Fig. 4).

In conclusione, il fascio in esame, a SW di M. Utero, è costituito da una faglia principale a direzione NNE-SSW verosimilmente controllata dalle discontinuità preesistenti rappresentate, tra M. Utero e Forca di Valle, da motivi di strappo e/o rampe oblique ubicate sulla probabile prosecuzione a NE del sovrascorrimento di M. Pizzuto.

Fascio di Oricchio-Cittareale

Ad ovest del fascio di Norcia - M. Fema si sviluppa, in direzione NNW-SSE, il fascio di Oricchio - Cittareale, caratterizzato da faglie immergenti ad WSW con rigetto cumulativo massimo di circa 500 m.

Evidenze geomorfologiche (BLUMETTI *et alii*, 1990b; BLUMETTI, 1995), elementi morfotettonici (scaricate di faglia: CALAMITA & PIZZI, 1992; PIZZI, 1992), documentano un'attività anche olocenica delle faglie appartenenti al fascio di Oricchio-Cittareale. BARATTA (1901), inoltre, descrive per la zona di deformazione in esame evidenti effetti prodotti in superficie in occasione della crisi sismica del 1703: *...il Monte Alva gnano fu sconvolto per una lunghezza di oltre 1500 passi e per una larghezza di 32 palmi...*; inoltre, a seguito della scossa del 16.01.1703 *... in Cittareale, che rimase spianata, sole 50 persone riuscirono a scampare al flagello...* Tale Autore riporta le testimonianze di *fenomeni di indole geologica: voragini e squarciature*, osservati dopo la scossa del 02.02.1703 e afferma, tra l'altro, che: *...Altri rivolgimenti accaddero presso il villaggio delle Grotte, presso Cittareale...* BLUMETTI *et*

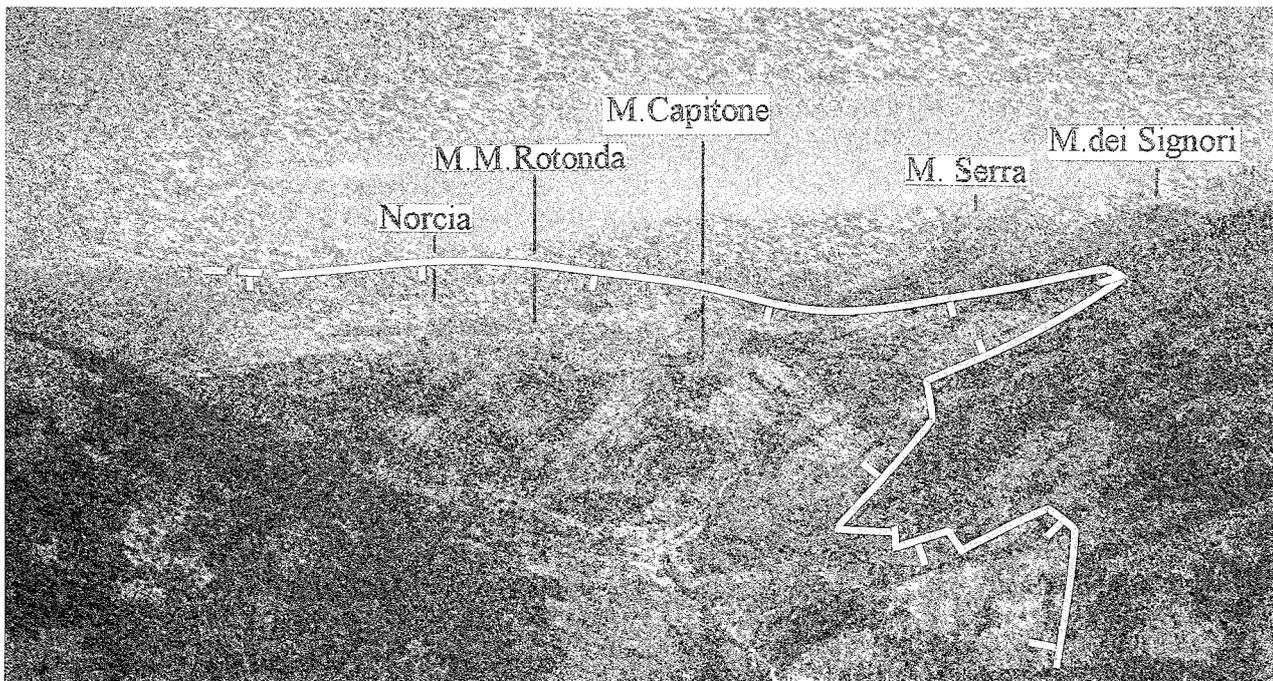


Fig. 3 - Panoramica da SW del fascio di faglie di Norcia - M. Fema mostrante il piano di Norcia (S. Scolastica) e il ribassamento della paleosuperficie sommitale di M. Capitone - M. Macchia Rotonda rispetto a quella di M. Serra - M. dei Signori, realizzato dal fascio in esame che è caratterizzato da una brusca variazione della direzione delle faglie in prossimità di M. dei Signori.

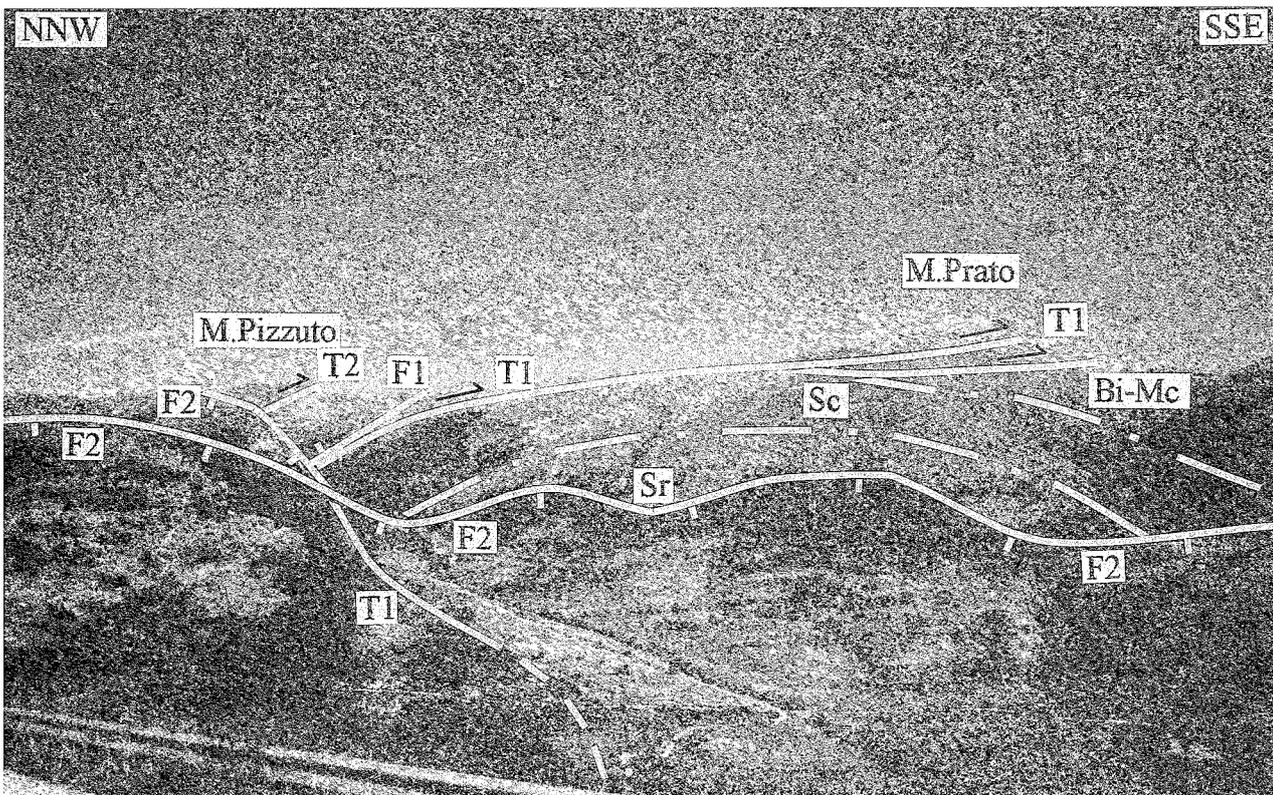


Fig. 4 - Relazioni geometriche tra le faglie quaternarie ed i piani di sovrascorrimento neogenici dei M. ti Sibillini (M. Prato, T1) e di M. Pizzuto (T2). La faglia del fascio di Norcia - M. Fema (tratto Nottoria - M. Pizzuto: (F1) si raccorda sul piano di sovrascorrimento dei M. ti Sibillini; quelle del fascio di Oricchio - Cittareale (F2) dislocano i piani di sovrascorrimento e la loro traccia è ben seguibile nel *footwall* del sovrascorrimento dei M. ti Sibillini. La mancanza di evidenze geomorfologiche lungo la faglia F1 (contatto tettonico tra la *Scaglia cinerea* e i *Calcari diasprini umbro-marchigiani*) può suggerire per questa struttura (in alternativa ad un'attività quaternaria), uno sviluppo durante il Miocene pre-tettonica a *thrust*. In tale contesto il fascio di faglie quaternarie di Norcia-M. Fema si radicherebbe ad est di Forca di Valle, come ipotizzato da CALAMITA & PIZZI (1992). Sr: *Scaglia rossa*; Sc: *Scaglia cinerea*; Bi-Mc: *Bisciaro-Marne con Cerrognà*; la linea - - - indica il limite stratigrafico.

alii (1990) riferiscono che nell'area di Castel S. Maria e di M. Alvagnano, fratture della lunghezza di alcune centinaia di metri sono state notate a seguito del terremoto del 19.09.1979. PIZZI (1992), CALAMITA & PIZZI (1993) e BLUMETTI (1995) infine associano a tale fascio anche l'attività sismica del terremoto di Norcia del 19.09.1979 ($M_s = 5.9$).

Il settore settentrionale del fascio (tra Oricchio e Castel S. Maria), dove prevalgono piani di faglia con orientazione compresa tra $N110^\circ$ e $N150^\circ$, è caratterizzato da una distribuzione *en-échelon* destro dei vari segmenti (evidenziati da scarpate di faglia di altezza talora superiore ai 4 m) seguibili in affioramento per 1-2 Km e aventi rigetti massimi dell'ordine di 150-350 m (Tav. 1: sezioni geologiche A-A' e B-B').

Nell'abitato di Castel S. Maria (distrutto a seguito del terremoto del 19.09.1979) si evidenzia una "fresca" scarpata di faglia, alta 2-3 m, che si sviluppa in direzione $N140^\circ$ - $N150^\circ$. La faglia pone a contatto la *Maiolica* (al letto) con i *Calcari diasprini umbro-marchigiani* (al tetto), appartenenti ad una scaglia tettonica costituita da terreni in successione rovesciata e compresa tra l'unità di tetto e quella di letto del sovrascorrimento di M. Pozzoni (Tav. 1: sezione B-B'). Lo stesso piano di sovrascorrimento risulta dislocato dalla faglia con un rigetto di almeno 100 m. Tale faglia, inoltre, borda verso est una stretta depressione tettonica, parzialmente colmata da sedimenti lacustri del Quaternario.

Analoghe evidenze morfotettoniche caratterizzano la faglia di S. Marco (Fig. 5) che si estende per circa 5 Km ad est di Castel S. Maria, in direzione $N120^\circ$ - 130° , ribassando il blocco di SW. Essa si compone di tre distinti segmenti, mostranti nell'insieme una

distribuzione *en-échelon* sinistra, e caratterizzati da una evidente scarpata di faglia alta circa 2 m, seguibile con continuità lungo l'intera struttura. Nei pressi di S. Marco (gravemente danneggiato a seguito del sisma del 19.09.1979) le faglie sono caratterizzate da rigetti massimi di 350 m (Tav. 1: sezione B-B').

Nel settore centro-meridionale del fascio (Castel S. Maria - M. Alvagnano - Cittareale) le singole faglie, ad orientazione NNW-SSE, sono raccordate da segmenti ad andamento N-S \div $N30^\circ$. In particolare, a sud di Castel S. Maria il piano di faglia si dirama in due segmenti principali sub-paralleli rinvenibili a quote differenti lungo il versante nordoccidentale di M. Alvagnano. La faglia piú occidentale è caratterizzata, nel tratto settentrionale (a direzione circa N-S) ed in quello meridionale (a direzione NNW-SSE), da una scarpata ben evidente. Presso Forca della Civita assume direzione $N20^\circ$ - 30° per una lunghezza di circa 200 m: la debole inclinazione del piano in questo tratto (40° - 50°) rispetto all'inclinazione media della faglia (55° - 70°) e la presenza di piani di taglio inversi con analoga giacitura, suggeriscono che la faglia in esame possa aver invertito una preesistente struttura compressiva.

La piú orientale delle faglie di M. Alvagnano presenta una scarpata di faglia (di 2-3 m di altezza e di 55° - 60° di pendenza) seguibile in continuità per oltre 3 Km in direzione $N 140^\circ$ - 150° . Nel tratto piú settentrionale la faglia ha rigetti modesti, valutati da considerazioni stratimetriche intorno ai 50-100 m; piú a sud il rigetto tende ad aumentare fino a raggiungere un valore di circa 350 m, la faglia assume direzione NNE-SSW e prosegue fino ad connettersi con il segmento piú occidentale.



Fig. 5 - Scarpata associata alla faglia di S. Marco; da notare le variazioni di direzione del piano di faglia alla scala mesoscopica.

Il fascio di Oricchio - Cittareale prosegue verso sud-est nelle faglie normali di Costa delle Cavalle - Cittareale. Queste ultime, nel tratto settentrionale, sono rappresentate da segmenti *en echelon*, ad andamento NW-SE, che si raccordano verso SE con la faglia di Cittareale costituita da due segmenti vicarianti ad andamento N-S nel tratto settentrionale, e NW-SE in quello più meridionale. Nell'insieme le strutture di Costa delle Cavalle - Cittareale si seguono con continuità per circa 10 Km e dislocano il piano di sovrascorrimento dei M.ti Sibillini con un rigetto di 300-400 m (Tav. 1: sezione C-C'). In particolare la faglia che corre alla base del versante è evidenziata da una scarpata di notevole continuità (oltre 300 m), avente un'altezza variabile tra 2 e 4 m (Fig. 6) e costituita da rocce cataclastiche; la direzione del piano di faglia varia tra N150° e N-S e l'inclinazione è compresa tra 55° e 70°. I suddetti aspetti morfotettonici indicherebbero un'attività via via più recente dalla faglia più orientale a quella più occidentale. L'attuale *pattern* delle faglie sarebbe quindi il risultato della migrazione verso l'*hanging wall* di una serie di *splay* che si dipartono dalla faglia principale (come descritto per alcune faglie quaternarie della Grecia e della Turchia da BARKA & HANCOCK, 1987). In questa ottica, il continuo ringiovanimento del versante di Costa delle Cavalle per la progressiva attivazione di nuove faglie verso occidente, sarebbe responsabile dei diffusi fenomeni erosivi e di scivolamento gravitativo lungo il versante con conseguente riesumazione delle faglie poste a quote più elevate e accumulo di coni detritici alla base del versante (Fig. 6). Si ricorda infine che l'ampia manifestazione di fenomeni gravitativi lungo tali versanti è stata associata (DRAMIS *et alii* (1993); BLUMETTI, 1995; MICHETTI, 1994) ad un'attività sismica ricorrente e recente.

Per quanto riguarda le faglie *en-échelon* di Cittareale, esse dislocano la successione *Scaglia rossa - Formazione della Laga* appartenente al *footwall* del sovrascorrimento dei M.ti Sibillini. Nel tratto settentrionale della faglia più orientale si raccordano, come si è detto, le faglie di Costa delle Cavalle; si associa inoltre una zona di faglia caratterizzata da piani di taglio sintetici ed antitetici al piano principale (ovest-immergente) che delimitano un clivaggio di dissoluzione per pressione compatibile con un movimento normale *dip-slip* (Fig. 7) e si rinviene una scarpata di faglia continua con altezza variabile da 2 a 4 m seguibile in affioramento per circa 500 m. Verso sud, la scarpata non è più osservabile, probabilmente a causa della maggiore erodibilità dei terreni marnoso-argillosi miocenici, ma è ben distinguibile una netta rottura di pendio associabile alla faglia. Il segmento vicariante determina nel tratto più settentrionale il contatto tettonico tra la *Scaglia cinerea* e la *Formazione della Laga*, con un rigetto stimabile nell'ordine dei 400 m. All'altezza di Cittareale, la faglia disloca una sinclinale rovesciata ad asse N-S, ponendo a contatto i terreni della *Formazione della Laga* con le *Marne con Cerrognà*; la sua prosecuzione verso SW può essere vista nel fascio di faglie di Capitignano - M. S. Franco (Fig. 2).

Fascio di Cascia - M. Boragine

Il fascio di Cascia - M. Boragine, seguibile per circa 30 Km ad occidente del fascio Oricchio - Cittareale, costituisce un'associazione strutturale composta da tre distinti sistemi: il sistema settentrionale delimita la



Fig. 6 - Scarpate di faglia lungo il versante occidentale di Costa delle Cavalle; vi si associano diffusi fenomeni erosivi e di scivolamento gravitativo connessi, verosimilmente, all'attività sismica della faglia durante l'Olocene.

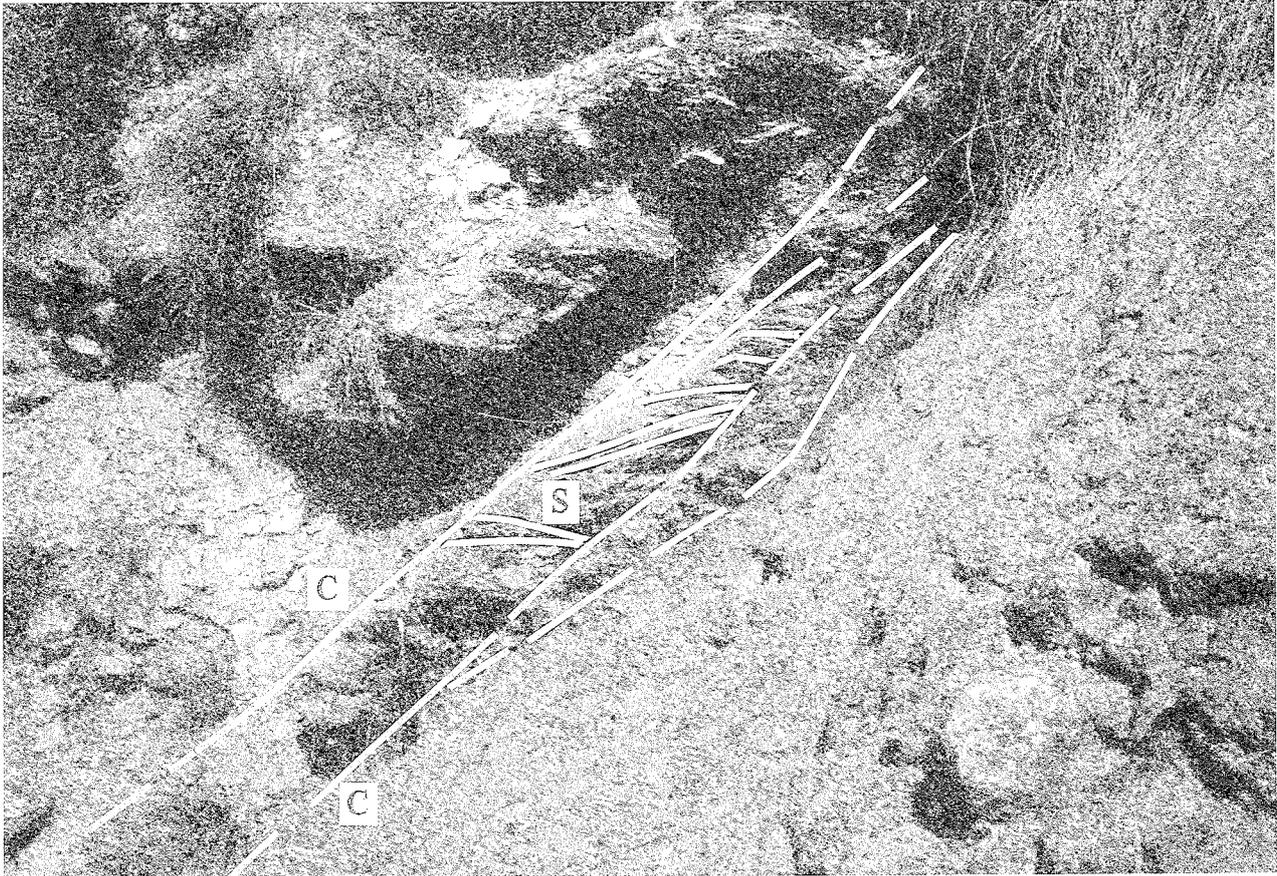


Fig. 7 - Cataclasite foliata associata al piano di faglia M. Pizzuto - Cittareale. La giacitura delle strutture S/C è compatibile con un movimento prevalentemente normale sul piano di faglia ad andamento N-S.

depressione tettonica intrappenninica di Cascia ed è costituito da faglie orientate mediamente WNW-ESE; le faglie ad andamento NNW-SSE, appartenenti al sistema meridionale, dislocano il *thrust* dei M.ti Sibillini a SE di M. Boragine; il raccordo tra questi due sistemi viene realizzato da una complessa zona di faglia orientata mediamente N-S ÷ N20°: sistema M. Sassatelli - Chiavano (Tav. 1).

Il sistema estensionale della depressione tettonica di Cascia

Il bacino di Cascia è impostato in una depressione tettonica allungata per circa 5 Km parallelamente alle faglie bordiere orientate mediamente WNW-ESE. Queste ultime costituiscono un sistema di faglie normali coniugate, che realizzano una configurazione simmetrica.

Il bacino è riempito da depositi continentali quaternari costituiti da sedimenti argillosi lacustri, presenti prevalentemente nelle parti più depresse e da depositi in *facies* di conoide alluvionale e fluviali nelle parti più elevate (CALAMITA *et alii*, 1982, COLTORTI *et alii*, 1989). Il bordo nord-orientale è limitato da due faglie: quella più esterna si sviluppa lungo l'allineamento Logna - M. Pozzoni; quella più interna si segue lungo l'allineamento Colmotino - Valle di Maltignano (Tav. 1).

La faglia Logna - M. Pozzoni si estende per oltre 10 Km in direzione WNW-ESE ribassando il blocco sud-occidentale. In realtà essa è costituita da almeno due segmenti disposti *en-échelon*, di cui quello più settentrionale Logna - Fogliano è suggerito principalmente da considerazioni geomorfologiche in quanto il piano

di faglia affiora con continuità solo per circa 100 m a NE di Fogliano con una scarpata alta da 2 a 4 m avente direzione N 110°-120° e pendenza di circa 70°. Il blocco di letto della faglia è costituito dalla *Scaglia rossa* mentre nel blocco ribassato, a contatto con il piano di faglia, sono presenti depositi fluvio-lacustri e alluvionali riferiti da BLUMETTI & DRAMIS (1992) al Pleistocene medio. La prosecuzione verso ESE di questa struttura va individuata nelle due faglie presenti a sud di Fogliano aventi trend medio N110°-130° e vicarianti secondo un *en-échelon* sinistro: in particolare, la faglia più occidentale si estende per circa 1.5 Km ed il suo piano affiora solo nella terminazione orientale dove ha direzione N120°-140° e pendenza di circa 80°; quella più orientale mostra un piano di faglia di altezza variabile da 1 a 4 m, seguibile con continuità per circa 1 Km con direzione media N130°-140° e pendenza di 70°. Dal versante meridionale di M. Sassatelli fino a M. Pozzoni, la faglia si sviluppa per circa 3 Km con andamento medio N110°, dato dall'involuppo di piani aventi una direzione compresa tra N100° e N140°. A sud di M. Sassatelli la faglia, complicata da diramazioni, ha al letto il *Calcare massiccio* ed al tetto i depositi continentali quaternari: da considerazioni stratigrafiche il rigetto è pari a 650 m (Tav. 1: sezione A-A'). In due sezioni osservabili presso la cava di Manigi è stato possibile verificare la presenza di faglie normali "minori" ad andamento circa NW-SE che dislocano, con rigetti decimetrici, i suddetti depositi presenti nel blocco di tetto della faglia principale. Questi ultimi sono rappresentati da breccie di versante cementate, caratterizzate dalla omogeneità litologica e dalla

scarsissima elaborazione dei clasti (derivanti dalla formazione del *Calcare massiccio*). Verso SE la faglia mette a contatto il *klippe* di *Calcare massiccio* appartenente all'unità tettonica di M. Pozzoni con la successione *Calcari e marne a Posidonia-Marne a Fucoidi* costituenti il *footwall* del *klippe* stesso. Dove la faglia pone a contatto la stessa unità tettonica è stato calcolato un rigetto dell'ordine di 200 m.

La faglia di Colmotino - Valle di Maltignano si segue per circa 8 Km parallelamente alla faglia Logna - M. Pozzoni. Il suo piano, ben osservabile in affioramento 1 Km ad ovest di Colmotino, è seguibile per circa 100 m e presenta uno specchio di faglia alto fino a 4 m avente direzione variabile da N110° a N130° e pendenza media di 60°. A sud-est di Colmotino esso riaffiora con direzione compresa tra N110° e N140° ed una pendenza variabile da 45° a 60° e pone a contatto la *Maiolica* (al letto) e i depositi del Pleistocene medio-fine (al tetto). Proseguendo verso sud-est la faglia pone a contatto il *Calcare massiccio* del *klippe* di M. Pozzoni (al tetto) con la *Maiolica* appartenente al *footwall* del *klippe* stesso; in base alla dislocazione del piano di sovrascorrimento è stato possibile valutarne un rigetto dell'ordine di 200 m (Tav. 1: sezione B-B'). Lungo la Valle di Maltignano la faglia si scompone in due segmenti di cui quello più orientale pone a contatto i *Calcari e Marne del Sentino* con i *Calcari diasprini* e la *Maiolica*, appartenenti sempre al *footwall* del sovrascorrimento di M. Pozzoni. Le due faglie diminuiscono progressivamente di rigetto verso est fino a perdersi all'interno della formazione della *Maiolica*.

Sul bordo occidentale del bacino di Cascia si riconoscono due faglie sub-parallele e coniugate a quelle sopra descritte; esse, infatti, seguono un andamento variabile da N110° a N150° e ribassano i blocchi situati a NE. La faglia sudoccidentale si segue per circa 5 Km dal versante orientale di M. Meraviglia fino a circa 1 Km a NW di Chiavano; il piano è in affioramento solo in prossimità della scarpata di faglia, tuttavia la sua traccia è ben cartografabile in base ai contatti tettonici realizzati ed all'esteso volume di roccia cataclastica associato.

L'intensa erosione dei depositi continentali che colmano la depressione di Cascia (BLUMETTI & DRAMIS, 1992), producendo un parziale svuotamento della conca, ha riportato in affioramento il substrato roccioso all'interno di quest'ultimo, permettendo il riconoscimento di due faglie normali sub-parallele, con andamento medio N120° e rigetti di circa 100 m e 200 m, che determinano una struttura positiva di tipo *horst* all'interno della depressione tettonica stessa (Tav. 1: sezione A-A').

Le faglie che bordano a sud-ovest la depressione di Cascia si interrompono lungo il sistema N-S ÷ N20° M. Sassatelli - Chiavano, mentre le loro coniugate del bordo nord-orientale continuano a SE attraverso il suddetto sistema. E' interessante a questo proposito notare che la depressione tettonica di Cascia si approfondisce bruscamente ad ovest di tale sistema in relazione, verosimilmente, ad una interconnessione cinematica tra dette strutture.

La zona di faglia N-S ÷ N20° M. Sassatelli - Chiavano

Il sistema di faglie M. Sassatelli - Chiavano, ad ovest del quale si sviluppa, come si è visto, la depressione tettonica di Cascia, è seguibile per circa 10 Km in direzione N-S ÷ N20°. Esso realizza in generale il

contatto tra due distinte unità tettoniche: ad oriente (al letto) si hanno i terreni che costituiscono l'*hangingwall* del sovrascorrimento dei M.ti Sibillini, ad occidente (al tetto), invece, si hanno i terreni della sovrastante unità di M. Pozzoni (CALAMITTA *et alii*, 1981); residui lembi di quest'ultima (*klippen* di M. Pozzoni, Colle Rencine, ecc.) si rinvencono anche al letto della struttura.

Le singole faglie immergono generalmente a WNW e nel settore centrosettentrionale delimitano importanti *horse* di *Calcare massiccio* appartenenti all'unità tettonica di M. Pozzoni: ad ovest di quest'ultimo rilievo si osserva il più evidente di detti *horse*, che affiora per oltre 1 Km in direzione meridiana a nord ed a sud della Valle di Maltignano. La faglia orientale lo pone a contatto con il *Calcare massiccio* del *klippe* di M. Pozzoni nel tratto più a nord, con la *Maiolica* appartenente all'unità tettonica inferiore (M.ti Sibillini) nel tratto più a sud; la faglia che lo delimita verso ovest ne determina il contatto con i *Calcari diasprini* e con la *Maiolica* dell'unità di M. Pozzoni. Da considerazioni stratimetriche il rigetto cumulativo associato alle due faglie è di almeno 650 m (Tav. 1: sezione B-B'); e si mantiene dello stesso ordine subito a nord del *klippe*, dove è presente un solo piano di faglia (M. del Puro).

Più a nord, in corrispondenza di M. Sassatelli il sistema in esame è dato da due faglie che delimitano un blocco di *Calcare massiccio*, appartenente all'unità di M. Pozzoni. La faglia posta ad oriente porta a contatto il *Calcare massiccio* stesso con la *Scaglia rossa* facente parte dell'unità dei M.ti Sibillini, mentre la faglia posta ad occidente realizza il contatto tra il primo e la sovrastante successione pelagica composta. A sud di M. Sassatelli il sistema mostra un brusco aumento di rigetto a partire dalla zona d'incontro con la faglia più settentrionale della depressione di Cascia; pertanto, il trasferimento del dislocamento tra dette strutture può spiegare il brusco approfondimento della depressione di Cascia ad ovest del sistema M. Sassatelli - Chiavano.

Verso sud le faglie del sistema M. Sassatelli - Chiavano sono individuabili sia in base ai contatti tettonici realizzati, sia per la presenza di minori *horse* (a scala decametrica). In particolare, 2 Km a nord di Chiavano si ha un *horse* di *Calcare massiccio* a contatto con i *Calcari e marne del Sentino* ad ovest e con la *Maiolica* ad est (Fig. 8): le strie meccaniche evidenti su entrambi i piani di faglia, mostrano una cinematica transtensiva sinistra. Altri due *horse* si rinvencono in prossimità di Chiavano: quello più settentrionale mostra caratteristiche simili all'*horse* sopra descritto, l'altro, affiorante più a sud, è costituito dai *Calcari e marne del Sentino* a contatto con la *Maiolica* verso est e con il *Calcare massiccio* verso ovest. Qui, analogamente a quanto visto più a nord, la complessa zona di faglia N-S ÷ N20° che mette a contatto le due distinte unità tettoniche suddette, è caratterizzata da evidenti strutture sintetiche ed antitetiche alla zona di faglia stessa con cinematica principale transtensiva sinistra. A sud di Chiavano infine, il sistema è mascherato dai depositi continentali quaternari della conca di Leonessa; considerazioni stratimetriche e geomorfologiche consentono tuttavia di ipotizzarne il raccordo con le faglie del sistema di M. Boragine.

Il sistema meridionale del M. Boragine

Il sistema meridionale del M. Boragine è costituito dalla faglia del M. Boragine e da quella di S. Vito:

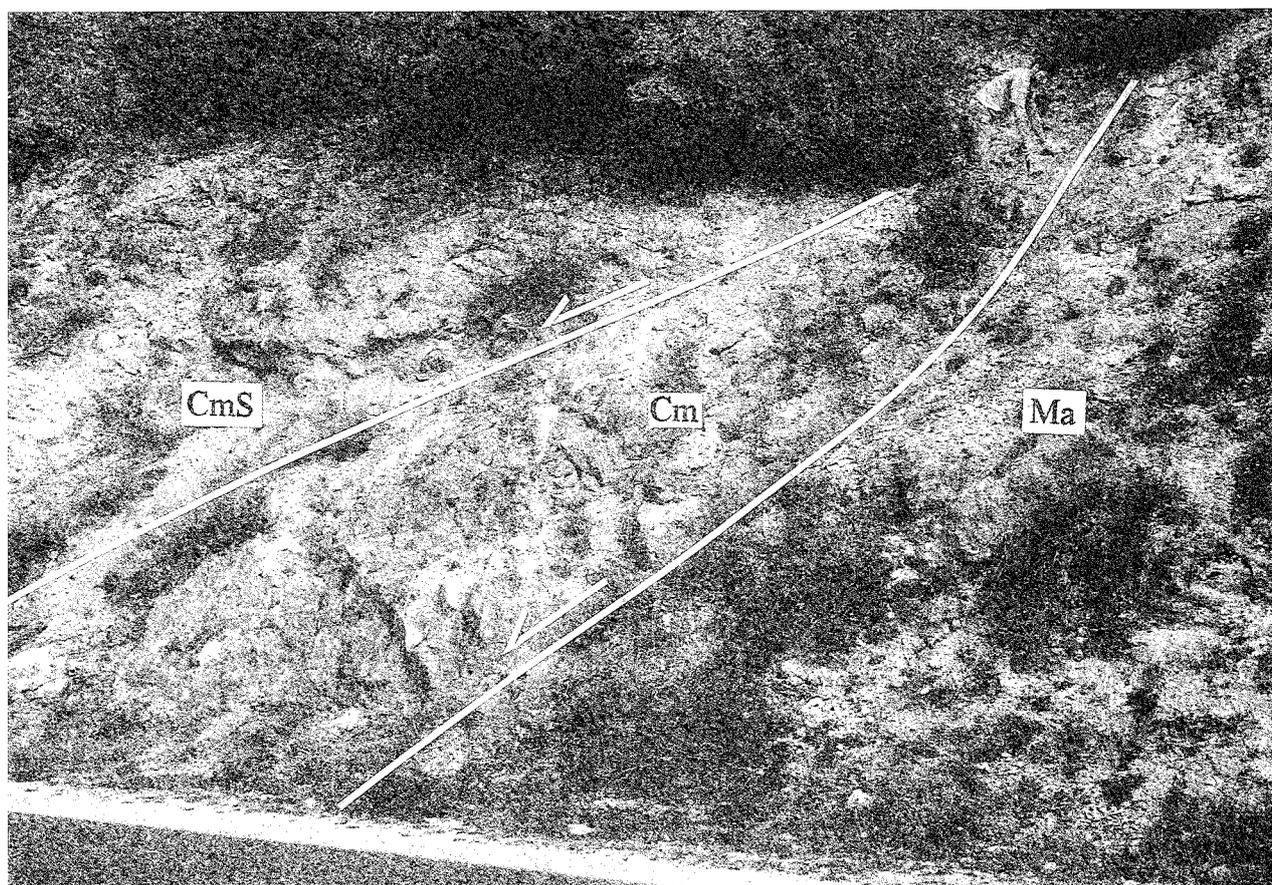


Fig. 8 - *Horse* di *Calccare massiccio* (Cm) compreso tra i *Calcari e marne del Sentino* (CmS) e la *Maiolica* (Ma) lungo la zona di faglia transtensiva sinistra N-S N20° M. Sassatelli - Chiavano, qui caratterizzata da piani a basso angolo (40°-50°). Foto scattata da ovest (2 Km a nord di Chiavano).

entrambe hanno direzione media NNW-SSE e dislocano il piano di sovrascorrimento di M. Nocella. Quest'ultimo definisce qui il *thrust sheet* sovrastante a quello dei M.ti Sibillini, documentato dal *klippe* di M. la Cerasa - M. Nocella (CALAMITA & DEIANA, 1981), correlabile con l'unità di M. Pozzoni. Le suddette faglie hanno una spaziatura di circa 2 Km, verso nord si raccordano verosimilmente al sistema di M. Sassatelli - Chiavano. Inoltre la faglia del M. Boragine continua verso SSE nell'unità di letto del sovrascorrimento dei M.ti Sibillini (Fig. 2).

In questo lavoro è stata analizzata solo la faglia del M. Boragine, presente in affioramento a sud di Corvatello, mentre tra questa località e Chiavano è mascherata dai depositi quaternari della conca di Leonessa - Terzone.

A sud-est di Corvatello la faglia si divide in due segmenti che delimitano un *horse* di 1.5 Km di lunghezza, costituito dalle *Marne a Fucoidi* e dalla *Scaglia rossa*: la faglia più orientale pone a contatto questi ultimi terreni con il *Calccare massiccio* e si segue con continuità in direzione NW-SE; il piano della faglia posta ad occidente ha direzione NNW-SSE ed è in affioramento solo a tratti.

Nel tratto sopra descritto la faglia di M. Boragine porta a contatto formazioni della stessa unità tettonica (quella dei M.ti Sibillini) con un rigetto di circa 1100 m (Tav. 1: sezione D-D'). Lungo il versante sud-occidentale di M. Boragine, invece, la faglia determina il contatto tra le due unità tettoniche citate: nel blocco di letto affiora il *Calccare massiccio* alla base di una successione ridotta appartenente all'unità dei M.ti Sibillini, mentre

al tetto è presente la *Scaglia rossa* facente parte del *klippe* di M. Nocella (unità di M. Pozzoni). La faglia ha in questo tratto una direzione compresa tra NW-SE e NNW-SSE, affiora con continuità per circa 2 Km e presenta una scarpata di linea di faglia alta da 1 a 2 m.

Proseguendo verso sud la faglia pone a contatto l'*hangingwall* del sovrascorrimento dei M.ti Sibillini e il rispettivo *footwall*, dislocando il sovrascorrimento stesso con un rigetto valutabile attorno ai 300 m. Nell'ambito del *footwall* del sovrascorrimento dei M.ti Sibillini la faglia continua verso SE, ma la forte erodibilità dei terreni miocenici non consente di osservarne con continuità il piano; la sua prosecuzione verso SE può essere rappresentata dalla faglia di Pizzoli (Fig. 2).

Caratterizzazione cinematica dei fasci di faglie

L'analisi cinematica, eseguita lungo le faglie quaternarie precedentemente descritte, ha permesso la raccolta di una rilevante quantità di dati soprattutto per quanto riguarda il fascio di Ocrichio - Cittareale, caratterizzato da evidenti scarpate di faglia. Lungo i fasci di Cascia - M. Boragine e, particolarmente, lungo quello di Norcia - M. Fema i piani di faglia affiorano, invece, in modo sporadico, spesso a causa di locali riesumazioni, e gli indicatori cinematici sono spesso obliterati da una intensa alterazione.

I piani di faglia con i relativi indicatori cinematici (essenzialmente strie di abrasione) sono stati rappresentati sul reticolo di Wulff (Fig. 9). Per tutti i tre fasci analizzati si riconoscono:

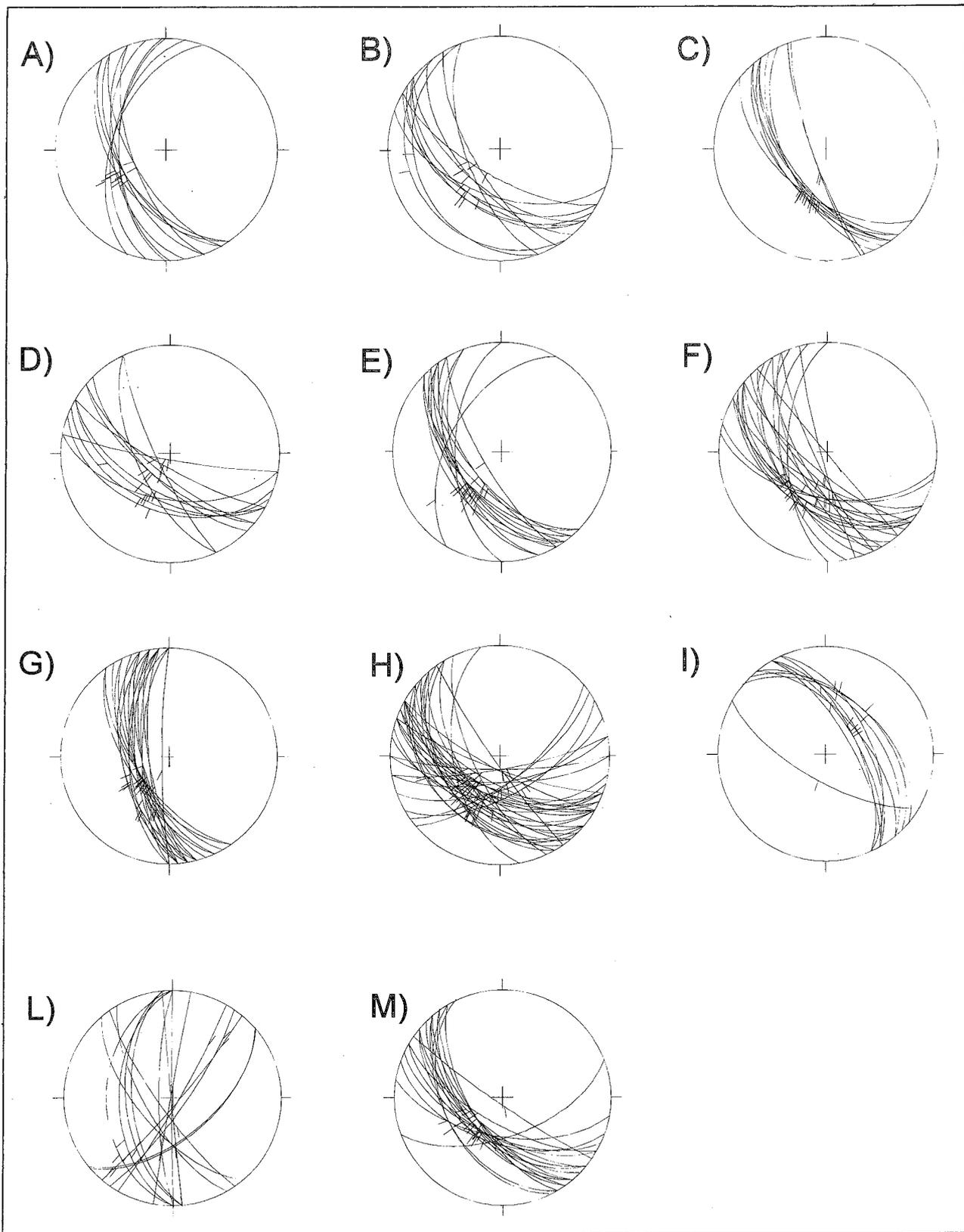


Fig. 9 - Rappresentazione stereografica (reticolo di Wulff, emisfero inferiore) dei piani di faglia e delle strie ad essi associate. A) fascio Norcia - M. Fema (tratto di Nottoria-M. Pizzuto). B)-G) fascio di Oricchio - Cittareale: B) Oricchio; C) Castel S. Maria; D) S. Marco; E) M. Alvignano; F) Costa delle Cavalle; G) M. Pizzuto - Cittareale. H)-M) fascio di Cascia - M. Boragine: H) bordo NE della depressione tettonica di Cascia; I) bordo SW della depressione tettonica di Cascia; L) M. Sassatelli - Chiavano; M) M. Boragine.

- a) faglie a direzione compresa tra N90° e N120°, normali con cinematica *dip-slip* e transtensive destre;
 b) faglie orientate N130°-150°, normali prevalentemente *dip-slip*;
 c) faglie con direzione compresa tra N160° e N-S ÷ N20°, transtensive sinistre.

Inoltre, nei fasci di Cascia - M. Boragine e Oricchio - Cittareale sono presenti in misura subordinata: strie transtensive sinistre su piani di faglia N130°-170°; e, particolarmente per il fascio di Cascia - M. Boragine (sistema N-S ÷ N20°: M. Sassatelli - Chiavano), strie trascorrenti sinistre su faglie orientate N-S ÷ N30°. Le relazioni tra la direzione dei piani di faglia ed il valore del *pitch* delle relative strie sono espresse nei diagrammi di Fig. 10.

I dati sono stati elaborati al fine di ottenere dei diagrammi di densità ed evidenziare le aree di concentrazione delle suddette strie (Fig. 11); per ogni diagramma sono anche indicati l'*azimut* ed il *plunge* del punto medio dell'area di massima densità. Per tutti i tre fasci analizzati è evidente una principale direzione di dislocamento orientata N50°-60°, congruente con i suddetti caratteri cinematici più rappresentati: transtensivo destro su faglie orientate N90°-N120°; *dip-slip* su faglie orientate N130°-150°; e transtensivo sinistro su faglie aventi direzione compresa tra N160° e N-S ÷ N20°.

Relativamente ai fasci di Cascia - M. Boragine e di Oricchio - Cittareale (per il quale i caratteri morfotettonici ne documentano un'attività anche olocenica) è evidente una ulteriore direzione di dislocamento, subordinata a quella N50°-60°, e orientata N10°-20°. Quest'ultima, inoltre, risulta anche essere la più recente, caratterizzando i piani di faglia affioranti in prossimità delle scarpate di faglia. Analoghe direzioni di dislocamento, ripetute nel tempo (delle quali, comunque, la N10°-20° risulta sempre essere anche la più recente), sono state riscontrate nel fascio di M. Vettore - M. Bove (CALAMITA *et alii*, 1992) ed in quello di M. Castello - M. Cardosa (INVERNIZZI & PIZZI, 1995).

I dati mesostrutturali relativi alle faglie dei fasci di Norcia - M. Fema e di Oricchio - Cittareale sono stati elaborati mediante il programma di inversione dello *stress* (*Direct inversion method*: ANGELIER, 1984; 1990). Questo metodo permette di ricavare l'orientazione degli assi dello *stress* ed il rapporto tra i valori principali ($\Phi = \sigma_2 - \sigma_3 / \sigma_1 - \sigma_3$) conoscendo le direzioni ed il verso di spostamento lungo un numero consistente di piani di faglia con diverse orientazioni. Per il fascio di Norcia - M. Fema (tratto di Nottoria - M. Pizzuto) si ottiene un σ_3 orizzontale, orientato N60°-70° ed un σ_1 verticale. Relativamente al fascio di Oricchio - Cittareale, le faglie mostrano due distinte direzioni di dislocamento ed evidenziano due diversi campi di *stress* distensivi con il σ_3 orientato rispettivamente N60° e N10°-20° (Fig. 12).

DISCUSSIONE

Nel settore meridionale della dorsale appenninica umbro-marchigiana pieghe e sovrascorrimenti di età neogenica sono dislocati da faglie quaternarie. Qui, lungo il fronte montuoso umbro-marchigiano, si riconosce il sovrascorrimento Olevano-Antrodoco-M.ti Sibillini ad andamento NNE-SSW che determina l'accavallamento dell'unità dei M.ti Sibillini sull'unità laziale-

abruzzese (caratterizzata da sovrascorrimenti ad andamento NW-SE) a sud, e sull'unità della Laga a nord. Inoltre, da tale sovrascorrimento si diramano verso nord, nell'ambito della sua unità di tetto, minori piani di accavallamento che definiscono *thrust sheet* documentati da evidenti *klippen* (DEIANA, 1979; CALAMITA & DEIANA, 1981; 1987; CALAMITA *et alii*, 1981).

In questo lavoro sono stati analizzati i *pattern*, i caratteri geometrici (anche in relazione alle preesistenti strutture della catena) e cinematici e le evidenze morfotettoniche dei "fasci" di faglie quaternarie di: Norcia - M. Fema, nel tratto meridionale Nottoria - M. Pizzuto; di Oricchio - Cittareale; di Cascia - M. Boragine.

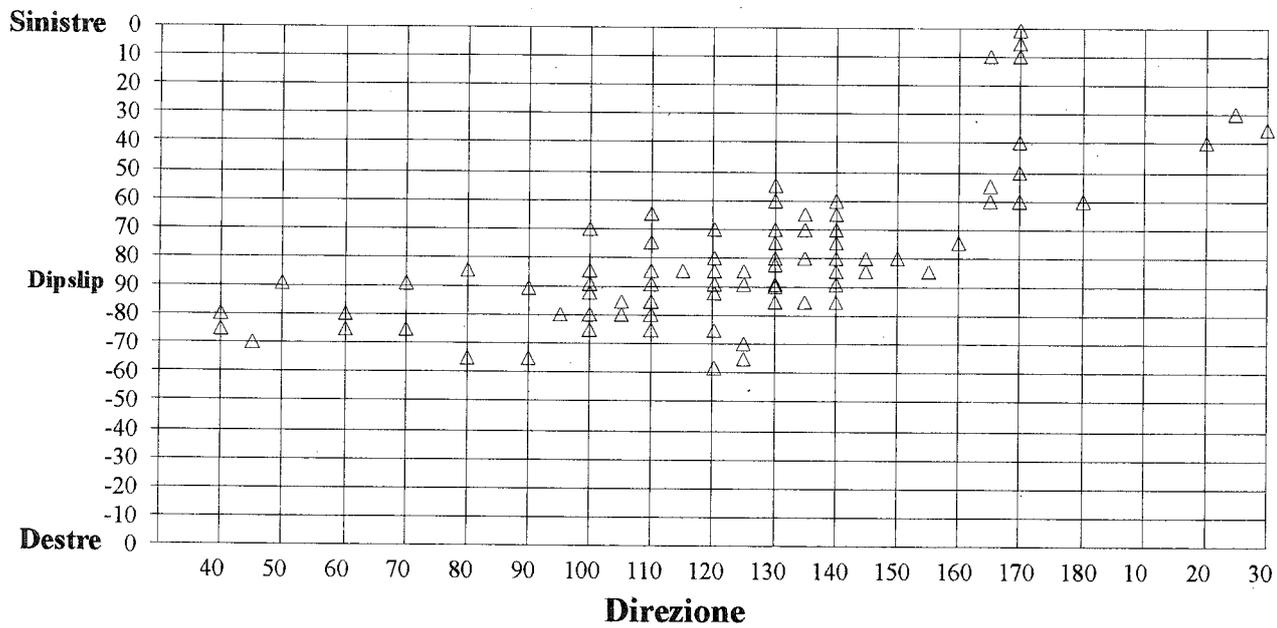
Il fascio Norcia - M. Fema, nel tratto compreso tra Nottoria e M. Utero, è costituito da faglie ad andamento NNW-SSE. Tale orientazione caratterizza anche le faglie del settore centro-settentrionale, seguibili con continuità tra Norcia e M. Fema per una lunghezza di oltre 30 Km, dove le relazioni geometriche con il sovrascorrimento di M. Pozzoni (in prossimità di M. Patino) indicano chiaramente che quest'ultimo è dislocato dalle faglie normali (CALAMITA *et alii*, 1990). Un'analoga relazione è testimoniata più a sud dal *klippe* di Colle Cappelletta, affiorante all'interno della depressione tettonica di Norcia e correlabile con l'unità di M. Pozzoni (ROMANO, 1995), anch'esso dislocato dalla faglia di Norcia con un rigetto di oltre 1000 m.

A partire dal versante occidentale di M. Utero, il fascio prosegue fino a Forca di Valle in un'unica faglia orientata N10°-20° parallela all'andamento del *thrust* dei M.ti Sibillini, in affioramento poco più ad est. Da Forca di Valle la suddetta faglia si segue, su basi stratimetriche per circa 2 Km nuovamente in direzione appenninica; all'altezza di M. Pizzuto disloca il sovrascorrimento omonimo (*thrust* di M. Pizzuto) interpretabile come un locale motivo sviluppato in fuori-sequenza nell'ambito dell'unità dei M.ti Sibillini (CALAMITA *et alii*, 1995). Subito a sud di M. Pizzuto la faglia disloca l'*hangingwall* del sovrascorrimento dei M.ti Sibillini con un rigetto di circa 1100m (Tav. 1: sezione C-C'), mentre il piano di sovrascorrimento stesso non risulta dislocato. Tale relazione suggerisce la riutilizzazione da parte della faglia normale del *thrust*, che verrebbe pertanto invertito.

L'analisi cinematica lungo questo fascio evidenzia una direzione di dislocamento orientata circa N50°-60°, in relazione alla quale il segmento orientato N10°-20° assume il significato di faglia di trasferimento transtensiva sinistra (Fig. 15 A).

Il fascio di Oricchio - Cittareale si sviluppa poco ad ovest di quello Norcia - M. Fema ed è composto da faglie principalmente immergenti a WSW. A sud di Oricchio il fascio si dirama verso SE nelle faglie di S. Marco, disposte secondo un *en-échelon* sinistro e verso SSE (Castel S. Maria) in un sistema di faglie organizzate secondo un *en-échelon* destro. Queste ultime dislocano il sovrascorrimento di M. Pozzoni con un rigetto di circa 200 m. La prosecuzione verso SSE del fascio di Oricchio - Cittareale è realizzata dalle faglie che ribassano il versante occidentale di M. Alvignano collegate, tramite una faglia di trasferimento N20°-30°, alle faglie di Costa delle Cavalle. Queste ultime mostrano evidenze morfotettoniche che ne documentano un'attività anche olocenica e verso sud-est si continuano nelle faglie di Cittareale, caratterizzate nel tratto settentrionale da una direzione N-S. Il fascio di Oricchio - Cittareale disloca sia il sovrascorrimento di M. Piz-

A)



B)

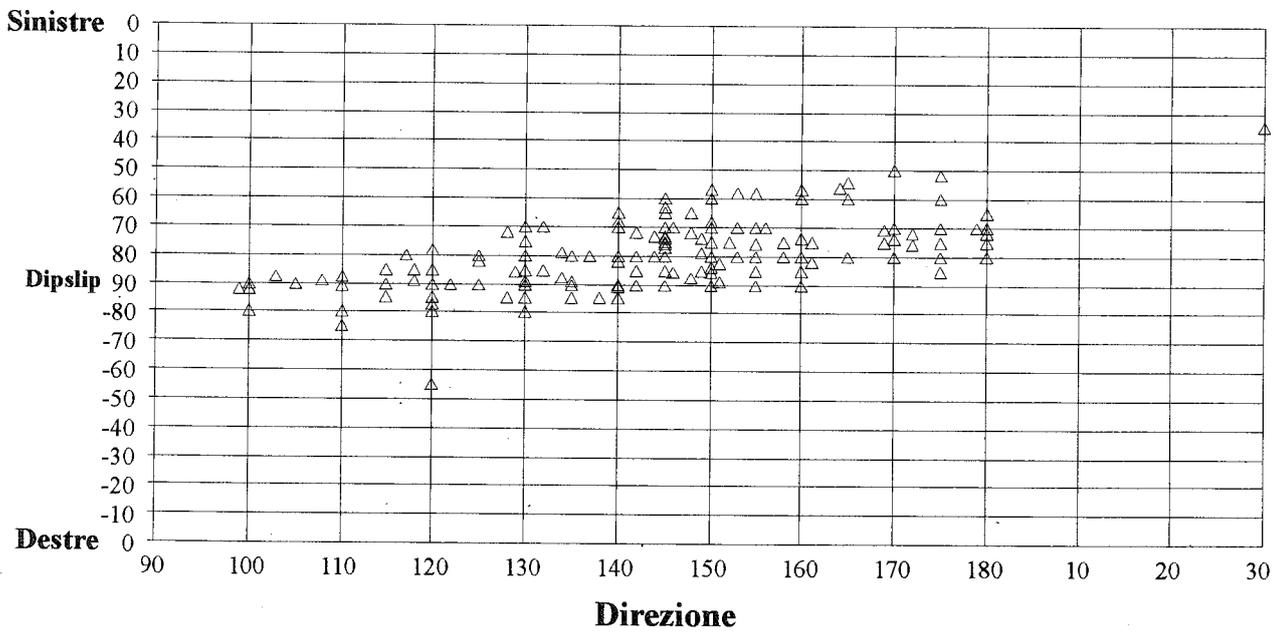


Fig. 10 - Diagramma mostrandente la relazione tra le direzioni delle faglie (in ascissa) ed il pitch delle strie ad esse associate (in ordinata): A) fascio di Oricchio - Cittareale; B) fascio di Cascia - M. Boragine.

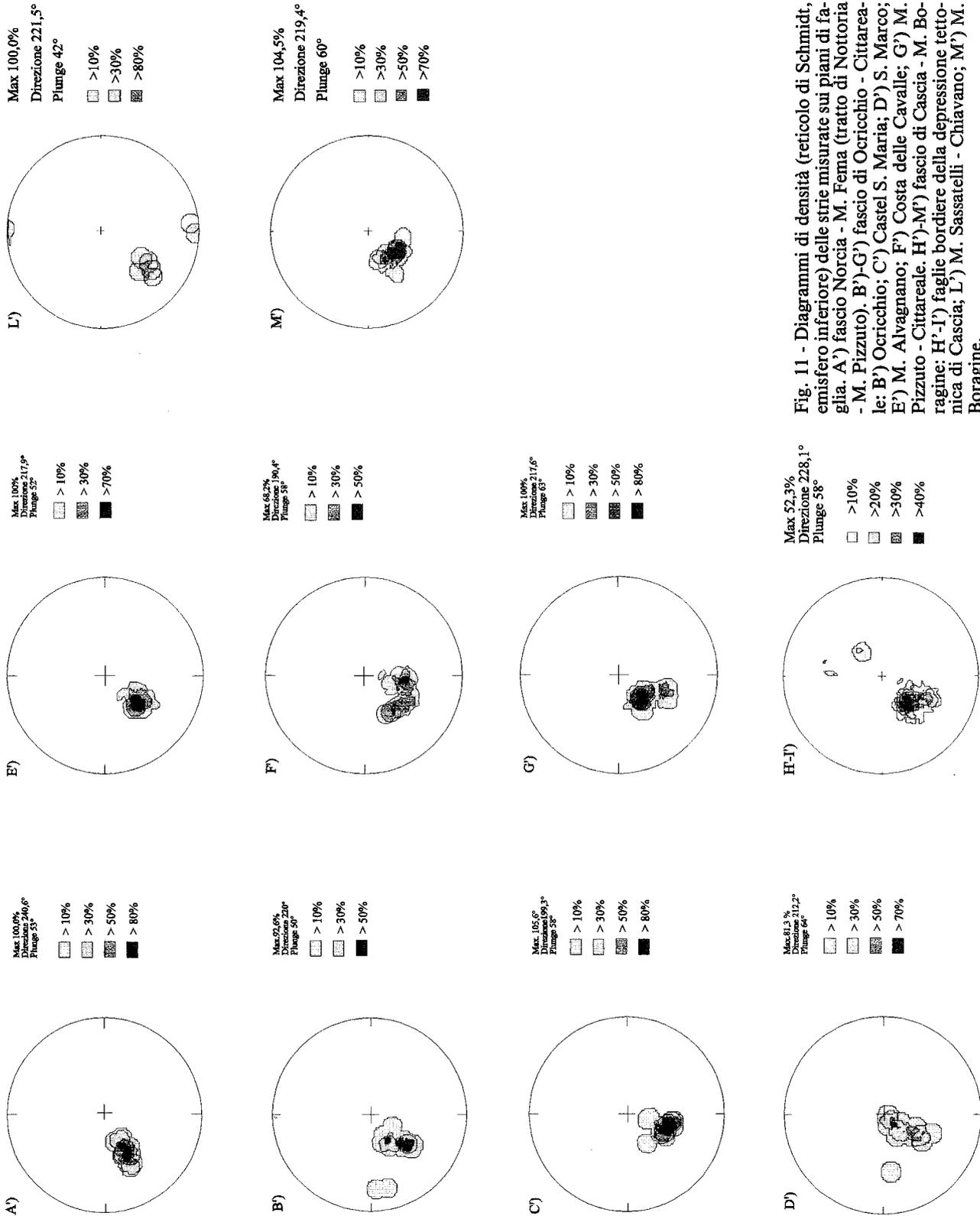


Fig. 11 - Diagrammi di densità (reticolo di Schmidt, emisfero inferiore) delle strie misurate sui piani di faglia. A') fascio Norcia - M. Fema (tratto di Nottoria - M. Pizzuto). B')-G') fascio di Oricchio - Cittareale; B') Oricchio; C') Castel S. Maria; D') S. Marco; E') M. Alvignano; F') Costa delle Cavalle; G') M. Pizzuto - Cittareale. H')-M') fascio di Cascia - M. Boragine; H'-I') faglie bordiere della depressione tettonica di Cascia; L') M. Sassatelli - Chiviano; M') M. Boragine.

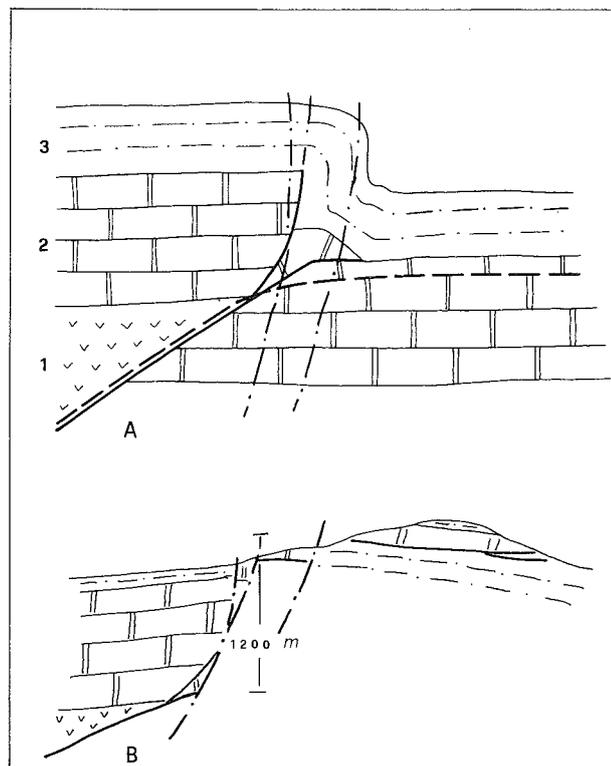
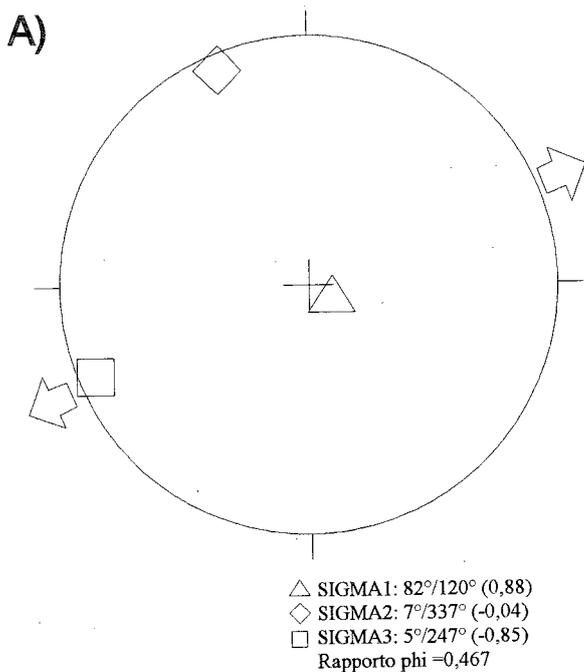


Fig. 13 - Sezione geologica schematica mostrandone la traiettoria del piano di sovrascorrimento di M. Pozzoni (linea a tratteggio) ipotizzata sulla base dei caratteri geometrici del sovrascorrimento stesso, e considerando la presenza di un sovrascorrimento cieco (linea continua; *sensu CALAMITA, 1990*) e della anticlinale relativa (A). In tale contesto, il rigetto realizzato dalle faglie quaternarie del sistema M. Sassatelli - Chiaviano (linea e punto) può essere anche di 1200m (sezione B). 1) Evaporiti triassiche; 2) *Calcare massiccio*; 3) Successione pelagica ed emipelagica.

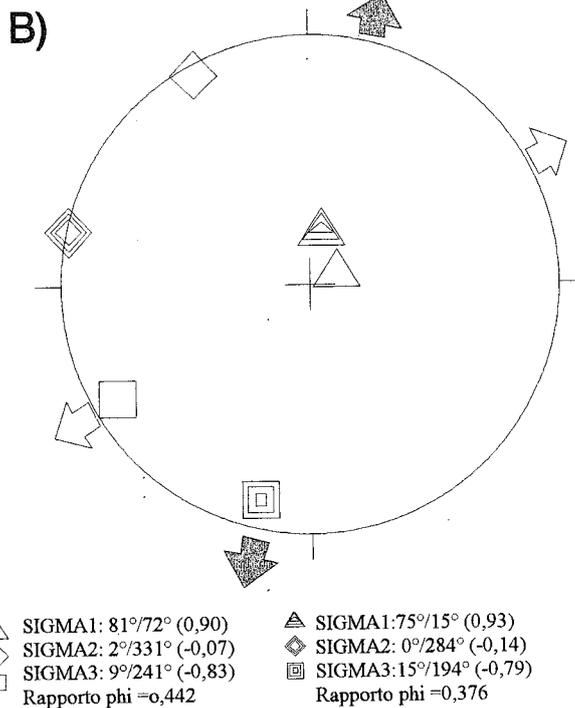


Fig. 12 - Orientazione degli assi dello stress e rapporto di forma ($\Phi = \sigma_2 - \sigma_3 / \sigma_1 - \sigma_3$) elaborati mediante il programma di inversione dello stress (*Direct inversion method*; ANGELIER, 1984; 1990) relativi alle faglie dei fasci di: (A) Norcia - M. Fema (tratto di Nottoria - M. Pizzuto); (B) Oricchio - Cittareale.

zuto che quello dei M.ti Sibillini con un rigetto complessivo di circa 400 m.

L'analisi cinematica lungo il fascio Oricchio - Cittareale evidenzia due distinte direzioni di dislocamento orientate rispettivamente N50°-60° e N10°-20°. Que-

st'ultima è la più recente in quanto più evidente lungo le scarpate di faglia che caratterizzano le strutture ad attività olocenica⁽¹⁾.

Il fascio di faglie di Cascia - M. Boragine è costituito dal sistema coniugato di Cascia ad andamento WNW-ESE a nord, e dal sistema di M. Boragine ad andamento NNW-SSE a sud, interconnessi dal sistema N-S + N20° di M. Sassatelli - Chiaviano. La depressione tettonica di Cascia, associata al suddetto sistema coniugato, si approfondisce ad ovest del sistema di M. Sassatelli - Chiaviano; ciò suggerisce l'interconnessione cinematica tra le faglie appartenenti ai due sistemi. Verso sud il sistema di M. Sassatelli - Chiaviano si raccorda alla faglia di M. Boragine (per la quale è stato stimato un rigetto di 1100 m) e a quella di S. Vito; un analogo rigetto può essere calcolato per la faglia di M. Sassatelli - Chiaviano, a sud di M. Sassatelli, considerando l'appartenenza del blocco di tetto e di letto a due distinte unità tettoniche ed ipotizzando la presenza, nell'unità tettonica superiore, di una struttura anticlinale connessa allo sviluppo di un sovrascorrimento cieco (Fig. 13).

⁽¹⁾GIRAUDI (1994) evidenzia per le faglie normali di Campo Imperatore (Gran Sasso) un cambiamento della direzione durante il Pleistocene medio (da NW-SE a WNW-ESE) che associa ad una variazione del campo degli sforzi. Le faglie più recenti (tardo-pleistocene) realizzerebbero pertanto una estensione orientata N10°-20°.

Pertanto, nell'insieme il fascio in esame costituisce un'associazione strutturale caratterizzata da una principale direzione di dislocamento $N50^{\circ}-60^{\circ}$ (in relazione alla quale il sistema $N-S \div N20^{\circ}$ realizza il notevole rigetto suddetto) e, subordinatamente $N10^{\circ}-20^{\circ}$ (per la quale i dati raccolti non ci consentono di valutarne l'entità del dislocamento). In tale contesto, nell'associazione in esame, il sistema $N-S \div N20^{\circ}$ assume rispettivamente caratteri cinematici transtensivo sinistro e trascorrente sinistro, mentre le faglie di Cascia e di M. Boragine conservano un carattere principalmente normale (Fig. 14).

Per quanto riguarda i rapporti geometrici tra l'associazione delle faglie quaternarie del fascio di Cascia - M. Boragine e il piano di sovrascorrimento dei M.ti Sibillini è interessante osservare che quest'ultima struttura è dislocata con un rigetto di 300 m dalla faglia di M. Boragine. Poiché il rigetto totale è di 1100 m, calcolato attraverso la separazione stratigrafica registrata dall'unità di tetto del sovrascorrimento dei M.ti Sibillini, è possibile supporre un iniziale raccordo della faglia sul piano di sovrascorrimento che risulterebbe pertanto invertito. Esso costituirebbe, in questo stadio

dell'estensione, la faglia di *detachment* sulla quale andavano a raccordarsi le strutture normali ad alto angolo. Successivamente il sistema estensionale si è raccordato ad un *detachment* più profondo dislocando anche il piano di sovrascorrimento dei M.ti Sibillini.

Infine l'attività sismica associata al fascio in esame (area di Cascia e Chiavano: GASPARINI *et alii*, 1980; BROZZETTI & LAVECCHIA, 1994) ne documentano il significato profondo almeno per l'intero settore fragile della crosta.

CONCLUSIONI

L'analisi geologico-strutturale ha evidenziato l'associazione strutturale responsabile del fagliamento quaternario nel settore meridionale della dorsale appenninica umbro-marchigiana. Questa associazione è costituita da faglie (organizzate in "fasci") principalmente normali ad andamento NNW-SSE, transtensive e trascorrenti sinistre ad andamento $N-S \div N20^{\circ}$ e transtensive destre e normali orientate WNW-ESE (Fig. 15).

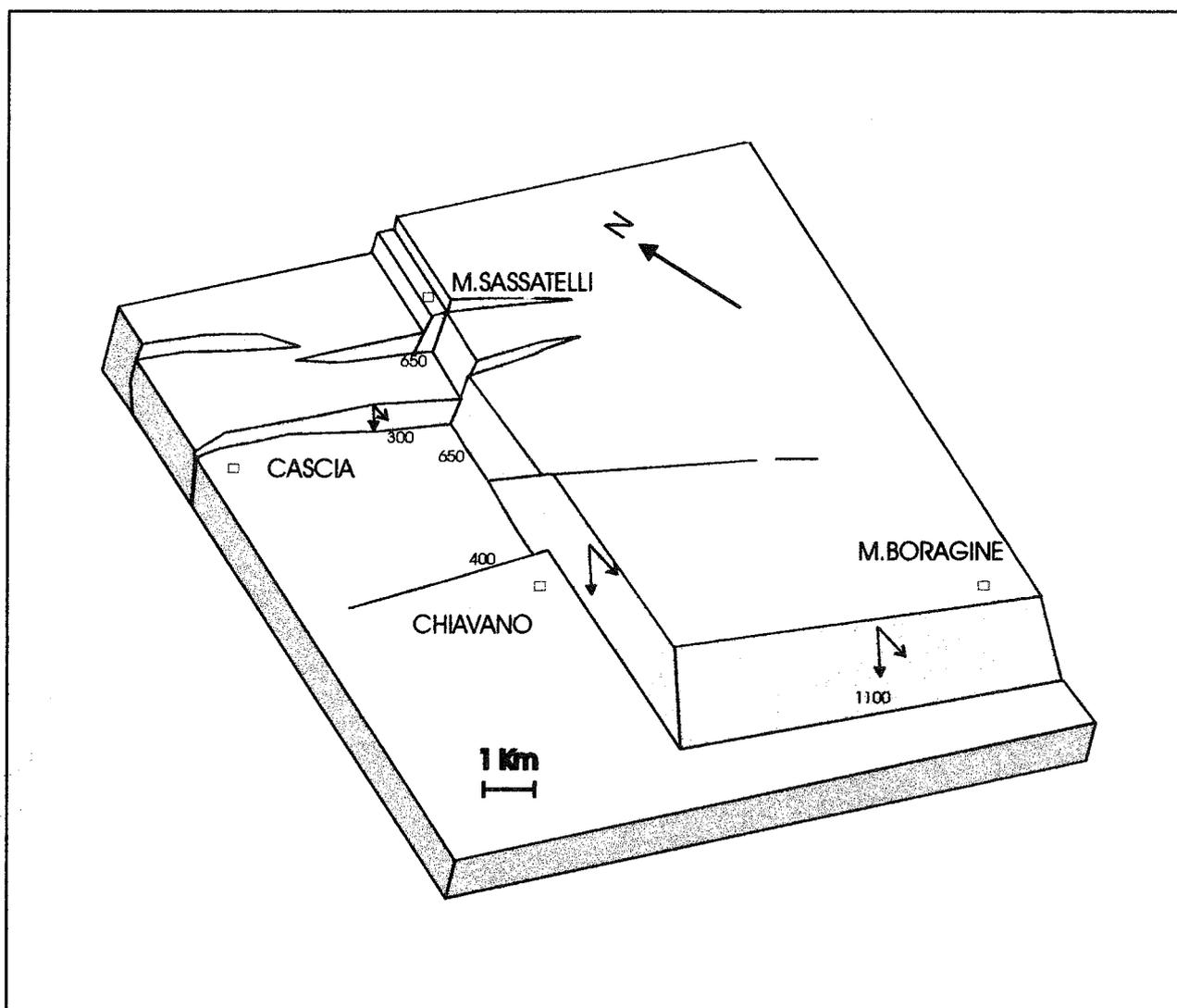


Fig. 14 - Blocco diagramma relativo al fascio di Cascia - M. Boragine mostrante l'interconnessione cinematica tra la faglia del M. Boragine e quelle di Cascia, realizzata dal sistema $N-S \div N20^{\circ}$ M. Sassatelli - Chiavano, e le relative direzioni di dislocamento. Il tratteggio indica la probabile prosecuzione del sistema $N-S \div N20^{\circ}$ M. Sassatelli - Chiavano fino al suo raccordo con la faglia di S. Vito orientata NNW-SSE.

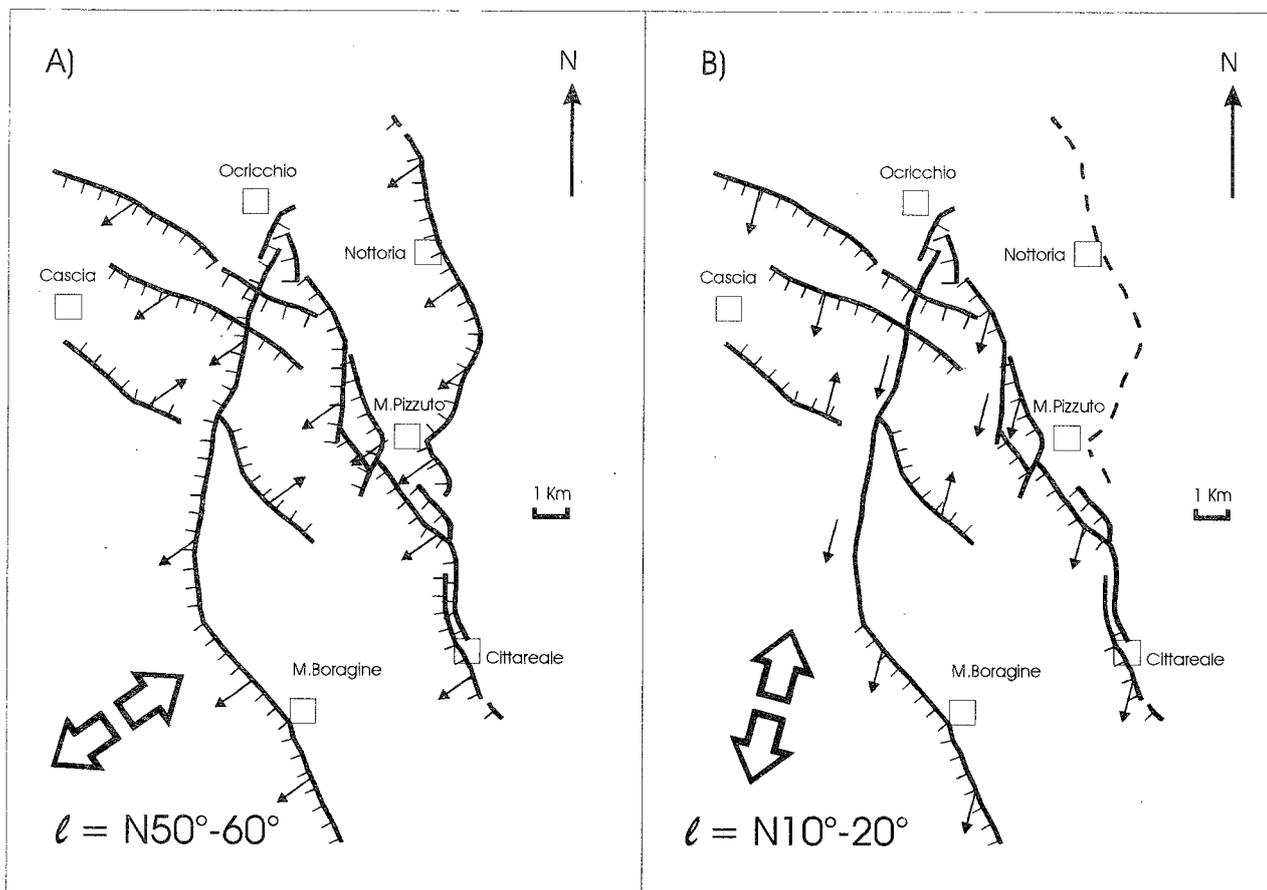


Fig. 15 - Schema mostrante le cinematiche delle faglie quaternarie analizzate: A) durante l'estensione $N50^{\circ}-60^{\circ}$; B) durante l'estensione $N10^{\circ}-20^{\circ}$ (quest'ultima è particolarmente evidente lungo le scarpate di faglia del fascio Oricchio - Cittareale associabili all'attività olocenica delle strutture).

Tali strutture hanno realizzato una principale entità di dislocamento secondo una direzione $N50^{\circ}-60^{\circ}$, alla quale corrisponde anche la principale direzione di estensione (Fig. 15A). Detti fasci si raccordano in profondità su differenti faglie di *detachment* rappresentate dai piani di sovrascorrimento neogenici, invertiti durante la tettonica quaternaria. Infatti, le faglie del fascio di Norcia - M. Fema si raccordano al piano di sovrascorrimento dei M.ti Sibillini, che risulta invece essere dislocato dal fascio di Oricchio - Cittareale, per il quale ipotizziamo il raccordo su una faglia di *detachment* più profonda. Inoltre, i caratteri morfotettonici evidenziano per quest'ultimo fascio un'attività anche olocenica ed i dati sismologici relativi al terremoto di Norcia del 19.09.1979 (messo in relazione all'attività del fascio in esame: PIZZI, 1992; CALAMITA & PIZZI, 1993) consentono di estrapolare in profondità dette faglie a tutto il settore fragile della crosta: 10-12 Km (CALAMITA & PIZZI, 1994). Per quanto riguarda il fascio di Cascia - M. Boragine si evidenzia un iniziale raccordo sul piano di sovrascorrimento dei M.ti Sibillini ed un successivo raccordo più in profondità, durante il quale viene dislocato il piano di sovrascorrimento stesso.

Nell'ambito della suddetta associazione strutturale le faglie ad andamento N-S \div $N20^{\circ}$ e, subordinatamente, WNW-ESE assumono il significato di faglie di trasferimento con carattere, rispettivamente, transtensivo sinistro e transtensivo destro; la loro direzione è messa in relazione al controllo da parte di discontinuità preesistenti: faglie normali giurassiche e cretache;

rampe oblique dei sovrascorrimenti neogenici.

Per quanto riguarda la direzione di dislocamento $N10^{\circ}-20^{\circ}$ (evidenziata dalla cinematica: trascorrente sinistra delle faglie orientate N-S \div $N20^{\circ}$; transtensiva sinistra di quelle a direzione NW-SE; normale delle faglie ad andamento WNW-ESE), per la quale è possibile documentare un'attività olocenica relativamente al fascio di Oricchio - Cittareale, essa è stata considerata come una ulteriore e subordinata direzione di estensione (Fig. 15 B) rispetto a quella principale orientata $N50^{\circ}-60^{\circ}$ (CALAMITA *et alii*, 1992; CALAMITA & PIZZI, 1993; 1994). Stessi caratteri cinematici sono descritti per la faglia di Ovindoli (Abruzzo) da GALADINI & GI-RAUDI (1989) che evidenziano una cinematica obliqua sinistra lungo il tratto della faglia a direzione NNW-SSE ed una puramente normale nel settore ad andamento WNW-ESE della struttura stessa durante l'attività tardo- e post-würmiana (≥ 15 Ka). Nella stessa area CINTI *et alii* (1993) attraverso l'analisi paleosismologica evidenziano per le faglie ad andamento WNW-ESE che bordano il Piano di Pezza un'entità di dislocamento di 3 m in occasione dell'evento sismico avvenuto tra il 1019 ed 1349 A.D., con movimento *dip-slip* normale e quindi in direzione NNE ($N10^{\circ}-30^{\circ}$). BECCACINI *et alii* (1991) individuano sulle faglie che delimitano a nord la piana del Fucino (faglia di S. Potito - Celano e faglia di Tre Monti - Celano) due generazioni di strie che associano (per quanto riguarda la prima struttura) a due diverse direzioni di massima estensione: $N55^{\circ}$ (prevalente) e circa N-S. Inoltre, relativamente alla se-

conda struttura, a direzione N70°, riconoscono la sovrapposizione delle strie con *pitch* 100°-110° su quelle 140°. Sulla base di questi dati è possibile considerare, anche per queste strutture, la direzione di estensione circa N-S più recente rispetto a quella N50°-60°. Un analogo cambiamento dell'orientazione degli assi deformativi, desunto dalla variazione della direzione delle faglie normali da NW-SE a WNW-ESE, è descritta da GIRAUDI (1994) per l'area di Campo Imperatore (Gran Sasso) e datato al Pleistocene medio p.p.

CELLO *et alii* (1995) riconoscono la suddetta cinematica trascorrente sinistra su faglie N-S e normale sulle strutture orientate WNW-ESE, con un rapporto di *slip-rate* di 3:1, lungo tutta la zona assiale della dorsale umbro-marchigiana-abruzzese a partire dal Pleistocene medio.

La tettonica quaternaria nella dorsale appenninica umbro-marchigiana è interpretata da CALAMITA & PIZZI (1994) in un contesto tettonico di assottigliamento crostale con la relativa inversione delle strutture preesistenti (sovrascorrimenti neogenici). A scala regionale tale tettonica distensiva ha una polarità adriatica (ELTER *et alii*, 1975), analoga a quella del sistema orogenico, responsabile della costruzione dell'Appennino a partire dall'Oligocene sup. (BOCCALETTI *et alii*, 1986). Questa configurazione cinematica, caratterizzata dalla contemporaneità tra la compressione al fronte e la distensione a tergo, nonché la relativa migrazione verso est dell'intero sistema, sono inquadrabili nel modello della subduzione passiva della litosfera padano-adriatica (REUTTER *et alii*, 1980; MALINVERNO & RYAN, 1986; ROYDEN *et alii*, 1987; KELLER *et alii*, 1994; MELETTI *et alii*, 1995). In quest'ultimo contesto CALAMITA & DEIANA (1995) ipotizzano una interconnessione cinematica, durante il Quaternario, tra i sovrascorrimenti adriatici e le strutture estensionali tosco-umbro-marchigiane al fine di bilanciare il raccorciamento esterno e la distensione interna.

In tale quadro dinamico, può inoltre trovare ragionevole interpretazione l'analogia tra le direzioni di raccorciamento registrate nei sovrascorrimenti neogenici (direzione principale N50°-60° e subordinata N10°-20°: CALAMITA & PIERANTONI, 1992; BIGI *et alii*, 1995) e la direzione di estensione nei sistemi distensivi plio-quaternari (BARCHI *et alii*, 1991; CALAMITA *et alii*, 1992; 1994; 1995; BONCIO *et alii*, 1995; PIZZI, 1992).

Alla luce del quadro cinematico e dinamico sopra delineato, le faglie di trasferimento N-S ÷ N20° possono funzionare da trascorrenti sinistre o destre in relazione alle modalità di trasferimento dell'estensione (DAVISON, 1994). Relativamente ai fasci analizzati le faglie N-S ÷ N20° hanno un carattere trascorrente sinistro in relazione alle modalità di trasferimento dell'estensione⁽²⁾. Tuttavia, a scala regionale, è possibile considerare anche la possibilità di una differente modalità di trasferimento con conseguente cinematica trascorrente destra delle faglie N-S ÷ N20°; in tale ottica può essere interpretata la cinematica trascorrente destra della faglia Sabina (Appennino centrale) descritta da FACENNA & FUNICIELLO (1993).

⁽²⁾Il movimento trascorrente sinistro lungo le faglie N-S ÷ N20° può indurre un campo locale di stress trascorrente con σ_1 orizzontale orientato NNW-SSE suggerito dall'analisi cinematica di mesofaglie N-S sinistre ed E-W destre (CALAMITA *et alii*, 1992; RON *et alii*, in stampa).

BIBLIOGRAFIA

- BALLY A.W., BURBI L., COOPER C., GHELARDONI R. (1986) - *La tettonica di scollamento dell'Appennino centrale*. Atti 73° Congr. Soc. Geol. It., Geologia dell'Italia Centrale, Roma 1986, Preprint, 75-78.
- BARATTA M. (1901) - *I terremoti d'Italia. Saggio di storia, geografia, e bibliografia sismica*. Fratelli Bocca, Torino, 951 pp.
- BARCHI M., BROZZETTI F. & LAVECCHIA G. (1991) - *Analisi strutturale e geometrica dei bacini della media Val Tiberina e della Valle Umbra*. Boll. Soc. Geol. It., 110, 65-76.
- BARKA A.A. & HANCOCK P.L. (1987) - *Kinematic indicators on active normal faults in western Turkey*. J. Struct. Geol., 9, 573-584.
- BECCACINI A., CAVINATO G.P. & VITTORI E. (1991) - *Contributo alle conoscenze macro e mesostrutturali dei rilievi settentrionali del bacino del Fucino*. Studi Geol. Camerti, Vol. speciale 1991/2, 11-19.
- BIELLA G., LAVECCHIA G., LOZEY A., PIALLI G. & SCARASCIA S. (1981) - *Primi risultati di un'indagine geofisica e interpretazione geologica del Piano di S. Scolastica e del Piano Grande (Norcia, PG)*. Atti I Conv. Ann. G.N.G.T.S., Roma, 293-308.
- BIGI S., CALAMITA F. & PALTRINIERI W. (1995) - *Modi e tempi della strutturazione della catena appenninica abruzzese dal Gran Sasso alla costa adriatica*. Abstract relativo al Convegno: Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino, Camerino, 9-10 Febbraio 1995.
- BLUMETTI A.M. (1995) - *Neotectonic investigations and evidence of paleoseismicity in the epicentral area of the January-February 1703, Central Italy, earthquakes*. In "Perspectives in paleoseismology", AEG Special Publication No. 6, 83-100.
- BLUMETTI A.M. & DRAMIS F. (1992) - *Il Pleistocene inferiore nell'area nursina*. Studi Geol. Camerti, Vol. speciale 1992/1, 55-64.
- BLUMETTI A.M., COLTORTI M., DRAMIS F. & FARABOLLINI P. (1990a) - *Due sezioni stratigrafiche nel Pleistocene medio della Conca di Norcia: implicazioni geomorfologiche e neotettoniche*. Rend. Soc. Geol. It., 13, 17-26.
- BLUMETTI A.M., DRAMIS F., GENTILI B. & PAMBIANCHI G. (1990b) - *La struttura di M. Alvagnano-Castel Santa Maria nell'area nursina: aspetti geomorfologici e sismicità storica*. Rend. Soc. Geol. It., 13, 71-76.
- BONCIO P., BACHECA A., BROZZETTI F. & LAVECCHIA G. (1995) - *Analisi geometrica, cinematica e tensoriale del settore centrale della catena narnese-amerina (Umbria sudoccidentale)*. Abstract relativo al Convegno: Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino, Camerino, 9-10 Febbraio 1995.
- BOCCALETTI M., CALAMITA F., CENTAMORE E., CHIOCCINI U., DEIANA G., MORATTI G., MICARELLI A. & POTETTI M. (1986) - *Evoluzione dell'Appennino tosco-umbro-marchigiano durante il Neogene*. Giorn. Geol., 48, 227-233.
- BROZZETTI F. & LAVECCHIA G. (1994) - *Seismicity and related extensional stress field: the case of the Norcia seismic zone (Central Italy)*. Annales Tectonicae, 8, 36-57.
- CALAMITA F. (1990) - *Thrusts and fold-related structures in the Umbria-Marche Apennines (Central Italy)*. Annales Tectonicae, 4, 83-117.
- CALAMITA F., CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., DEIANA G., DRAMIS F., MICARELLI A., PIERUCCINI U., POTETTI M. & ROMANO A. (1979) - *Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 132 (Norcia), 124 (Macerata), III e IV Quadrante, 115 (Città di Castello); I e II Quadrante*. Nuovi contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Pubbl. n. 251 Progetto Finalizzato Geodinamica, C.N.R., 179-215.
- CALAMITA F., COLTORTI M., DEIANA G., DRAMIS F. & PAMBIANCHI G. (1982) - *Neotectonic evolution and geomorphology of the Cascia and Norcia depressions*. Geogr. Fis. Din. Quat., 5, 263-276.
- CALAMITA F., COLTORTI M., FARABOLLINI P. & PIZZI A. (1994) - *Le faglie normali quaternarie nella dorsale appenninica umbro-marchigiana: proposta di un modello di tettonica di inversione*. Studi Geol. Camerti, Vol. speciale, CROP 18, 211-226.
- CALAMITA F. & DEIANA G. (1981) - *Contributo alle conoscenze strutturali dell'Appennino umbro-marchigiano: La tettonica polifasata*. Studi Geol. Camerti, 7, 7-15.
- CALAMITA F. & DEIANA G. (1986) - *Evoluzione strutturale neogenico-quaternaria dell'Appennino umbro-marchigiano*. Studi Geol. Camerti, Vol. speciale "La Geologia delle Marche", 91-98.
- CALAMITA F. & DEIANA G. (1987) - *The arcuate shape of the Umbria-Marche-Sabina Apennines (Central Italy)*. Tectonophysics, 146, 139-147.
- CALAMITA F. & DEIANA G. (1995) - *Correlazione tra gli eventi deformativi neogenico-quaternari del settore tosco-umbro-marchigiano*.

- Abstract relativo al Convegno: Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino. Camerino, 9-10 Febbraio 1995.
- CALAMITA F., DEIANA G., INVERNIZZI C. & MASTROVINCENTO S. (1987) - *Analisi strutturale della "linea Ancona-Anzio" Auct. tra Cittàreale e Micigliano*. Boll. Soc. Geol. It., 106, 365-375.
- CALAMITA F., DEIANA G. & PAMBIANCHI G. (1981) - *Considerazioni strutturali nell'area compresa tra la conca di Cascia e la Valle del Tronto (Appennino umbro-marchigiano meridionale). Problemi di raccorciamento e neotettonica*. Boll. Soc. Geol. It., 100, 415-422.
- CALAMITA F. & PIERANTONI P.P. (1995) - *Caratteristiche geologico-strutturali dell'Appennino umbro-sabino prossimo a Terni (Italia centrale)*. Abstract relativo al Convegno: Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino. Camerino, 9-10 Febbraio 1995.
- CALAMITA F., PIERANTONI P.P. & ZAMPUTI M. (1992a) - *Il sovrascorriamento di M. Cavallo - M. Primo tra il F. Chienti e il F. Potenza (Appennino umbro-marchigiano): carta geologica e analisi strutturale*. Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Camerino. Tecnostampa.
- CALAMITA F. & PIZZI A. (1992) - *Tettonica quaternaria nella Dorsale appenninica umbro-marchigiana e bacini intrappenninici associati*. Studi Geol. Camerti, Vol. speciale 1992/1, 17-25.
- CALAMITA F. & PIZZI A. (1993) - *Recent and active extensional tectonics in the southern Umbro-Marchean Neogene thrust system (Central Italy)*. Abstract relativo al Convegno AIQUA: Le conche intermontane. Roma, Settembre 1993.
- CALAMITA F. & PIZZI A. (1994) - *Recent and active extensional tectonics in the southern Umbro-Marchean Apennines (Central Italy)*. Mem. Soc. Geol. It., 48, 541-548.
- CALAMITA F., PIZZI A. & ROSCIONI M. (1992b) - *Schema strutturale dei "fasci" di faglie recenti ed attive di M. Vettore-M. Bove e di M. Castello-M. Cardosa (Appennino umbro-marchigiano)*. Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Camerino.
- CALAMITA F., PIZZI A. & ROSCIONI M. (1992c) - *I "fasci" di faglie recenti ed attive di M. Vettore-M. Bove e di M. Castello-M. Cardosa (Appennino umbro-marchigiano)*. Studi Geol. Camerti, Vol. speciale 1992/1, 81-95.
- CALAMITA F., PIZZI A., ROSCIONI M., SCISCIANI V. & VECCHIONI G. (1995) - *Relazioni geometriche tra le faglie quaternarie ed i sovrascorriamenti neogenici sul fronte montuoso umbro-marchigiano meridionale*. Abstract relativo al Convegno: Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino. Camerino, 9-10 Febbraio 1995.
- CALAMITA F., PIZZI A. & TOSTI A. (1990) - *Blind-thrusts: esempi nell'Appennino umbro-marchigiano*. Studi Geol. Camerti, Vol. speciale "Neogene thrust tectonics", 57-67.
- CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., CHIOCCHINI U., MICARELLI A., POTETTI M. & DI LORITO L. (1986) - *Il Miocene delle Marche*. Studi Geol. Camerti "La Geologia delle Marche", 35-55.
- CELLO G., MAZZOLI S., TONDI E. & TURCO E. (1995) - *Tettonica attiva in Appennino centrale ed implicazioni per l'analisi della pericolosità sismica del settore assiale della catena umbro-marchigiana-abruzzese*. Studi Geol. Camerti, 13, 115-138.
- CENTAMORE E., CHIOCCHINI U., CIPRIANI N., DEIANA G. & MICARELLI A. (1978) - *Analisi dell'evoluzione tettonico-sedimentaria dei "Bacini minori" torbidi del Miocene medio-superiore nell'Appennino umbro-marchigiano e laziale-abruzzese: 5) Risultati degli studi in corso*. Mem. Soc. Geol. It., 18.
- CENTAMORE E., DEIANA G., MICARELLI A. & POTETTI M. (1986) - *Il Trias-Paleogene delle Marche*. Studi Geol. Camerti "La Geologia delle Marche", 9-29.
- CINTI F.R., PANTOSTI D., D'ADDEZIO G. & DE MARTINI P.M. (1993) - *Paleosismicità della faglia Ovindoli-Pezza (Abruzzo)*. Atti XI Convegno Naz. G.N.G.T.S. Roma, 9-11 Dicembre 1992, 273-285.
- COLTORTI M. (1981) - *Lo stato attuale delle conoscenze sul Pleistocene ed il Paleolitico inferiore e medio della regione marchigiana*. Atti I Conv. Beni Culturali-Ambientali delle Marche, Numana, Maggio 1981, 63-122.
- COLTORTI M., DELITALA M.C., DRAMIS F., FORNASERI M., NICOLETTI M. & PARISI E. (1989) - *Datazione al K/Ar di piroclastiti come contributo alla conoscenza dell'evoluzione geomorfologica della depressione tettonica di Norcia (Appennino centrale, Italia)*. Studi Geol. Camerti, 11, 77-85.
- COOPER C.J. & BURBI L. (1988) - *The geology of the central Sibillini Mountains*. Mem. Soc. Geol. It., 35, 323-347.
- DAVISON I. (1994) - *Linked fault systems; extensional, strike-slip and contractional*. In "Continental deformation", P.L. Hancock (Ed). Pergamon Press, 121-142.
- DEIANA G. (1979) - *La struttura di M. Vetica-M. Macchialunga (foglio Norcia) nel quadro tettonico dell'Appennino umbro-marchigiano meridionale*. Rend. Soc. Geol. It., 2, 39-40.
- DRAMIS F., FARABOLLINI P., GENTILI B. & PAMBIANCHI G. (1993) - *Neotectonics and large-scale gravitational phenomena in Central Apennines*. Abstract III Intern. Geomorphology Conference, Hamilton, Canada, August 1993.
- DRAMIS F., PAMBIANCHI G., NESCI O. & CONSOLI M. (1991) - *Il ruolo di elementi strutturali trasversali nell'evoluzione tettonico-sedimentaria e geomorfologica della regione marchigiana*. Studi Geol. Camerti, Vol. speciale 1991/2, 287-293.
- ELTER P., GIGLIA G., TONGIORGI M. & TREVISAN L. (1975) - *Tensional and compressional areas in the recent (Tortonian to present) evolution of the Northern Apennines*. Boll. Geog. Teor. App., 7, 4-18.
- FACCENNA C. & FUNICIELLO R. (1993) - *Tettonica pleistocenica tra il Monte Soratte ed i Monti Cornicolani (Lazio)*. Il Quaternario, 6, 103-118.
- GALADINI F. & GIRAUDI C. (1989) - *La zona di Ovindoli-Piano di Pezza*. Guida all'escursione: "Elementi di tettonica pliocenico-quaternaria ed indizi di sismicità olocenica nell'Appennino laziale-abruzzese". Soc. Geol. It., C.N.R.-ENEA, Roma, 83-88.
- GASPARINI C., IANNACCONE G. & SCARPA R. (1985) - *Fault-solution and seismicity of Italian peninsula*. Tectonophysics, 117, 59-78.
- GHISETTI F. & VEZZANI L. (1991) - *Thrust belt development in the Central Apennines (Italy): northward polarity of thrusting and out-of-sequence deformations in the Gran Sasso chain*. Tectonics, 10, 904-919.
- GIRAUDI C. (1994) - *Elementi di geologia del Quaternario della piana di Campo Imperatore (Gran Sasso d'Italia)*. Atti Tic. Sc. Terra (Serie speciale) 2, 137-143.
- INVERNIZZI C. & PIZZI A. (1995) - *Mesostructural analysis in a conglomeratic deposit along the Mt. Castello - Mt. Cardosa normal fault zone in the southern Umbria-Marches Apennines (Central Italy)*. Il Quaternario, 8(1), 229-234.
- KELLER J.V.A., MINELLI G. & PIALLI G. (1994) - *Anatomy of late orogenic extension: the Northern Apennines case*. Tectonophysics, 238, 275-294.
- KOOPMAN A. (1983) - *Detachment tectonics in the Central Apennines, Italy*. Geol. Ultrietina, 30, 1-155.
- LAVECCHIA G., MINELLI G. & PIALLI G. (1987) - *Contractional and extensional tectonics along the Trasimeno lake - Pesaro transect*. In Boriani A., Bonafede M., Piccardo G.B. & Vai G.B. (Eds), The lithosphere in Italy, Advances in Earth Science Research, Rome, 5-6 May, 1987, Preprint volume, 183-199.
- MALINVERNO A. & RYAN B.F. (1986) - *Extension in the Tyrrhenian sea and shortening in the Apennines as a result of arc migration driven sinking of the lithosphere*. Tectonics, 5, 227-245.
- MARTINIS B. & PIERI M. (1964) - *Alcune notizie sulla formazione evaporitica del Triassico superiore nell'Italia centrale e meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 4(1), 649-678.
- MELETTI C., PATACCA E. & SCANDONE P. (1995) - *Il sistema compressione-distensione in Appennino*. In "50 anni di attività didattica e scientifica del Prof. Felice Ippolito". Liguori ed., 361-370.
- MICHETTI A.M. (1994) - *Paleosismologia e pericolosità sismica: stato delle conoscenze ed ipotesi di sviluppo*. CNR, Roma, 1994, 88 pp.
- PIZZI A. (1992) - *Faglie recenti ed attive e origine delle depressioni tettoniche. Esempi dall'Appennino umbro-marchigiano*. Tesi di dottorato. Università degli Studi della Calabria, 172 pp.
- REUTTER K., GIESE P. & CLOSS H. (1980) - *Lithospheric split in the descending plate: observations from the North Apennines*. Tectonophysics, 64, T1-T9.
- RON H., CELLO G., CALAMITA F. & DEIANA G. (submitted) - *Paleomagnetic study of the Umbria-Marche Thrust System (central Italy): implications for rotation episodes in Apennine tectonics*.
- ROYDEN L., PATACCA E. & SCANDONE P. (1987) - *Segmentation and configuration of subducted lithosphere in Italy: an important control on thrust-belt and foredeep-basin evolution*. Geology, 15, 714-717.
- SALVINI F. & VITTORI E. (1982) - *Analisi strutturale della linea Olevano-Andoteco-Posta (Ancona-Anzio Auct.): metodologia di studio delle deformazioni fragili e presentazione del tratto meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 24, 337-355.
- SCARSELLA F. (1941) - *Foglio 132 (Norcia)*. Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000, Servizio Geologico d'Italia.

