

SISTEMI DISTENSIVI IN DUE AREE DELL'APPENNINO CENTRALE

S. Bigi⁽¹⁾ - E. Centamore⁽²⁾ - F. Dramis⁽¹⁾ - R. Salvucci⁽¹⁾

⁽¹⁾Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Camerino

⁽²⁾Dipartimento di Scienze della Terra, Università "La Sapienza", Roma

RIASSUNTO - *Sistemi distensivi in due aree dell'Appennino centrale* - Il Quaternario, 8(1), 1995, 71-82 - I sistemi distensivi che caratterizzano l'Appennino centro-settentrionale sono contraddistinti da una notevole complessità strutturale geometrica e cinematica. Le dislocazioni, il cui inviluppo individua, alla scala regionale, un trend principale a direzione appenninica, sono state oggetto di ricerca da parte di numerosi Autori che hanno tuttavia presentato conclusioni sensibilmente diverse tra loro. Il presente lavoro, che analizza i rapporti tra i sistemi distensivi suddetti e le precedenti strutture compressive in due aree dell'Appennino centro-orientale (M. Giano-M. Gabbia e l'area di Ofena-Valle del F. Tirino), con particolare riguardo ai fenomeni di inversione tettonica, intende offrire un contributo alla discussione di una tematica che presenta ancora diversi punti oscuri. L'assetto strutturale delle aree considerate è dato da un complesso edificio a thrust (con piani di sovrascorrimento a direzione NW-SE e N-S) e da sistemi di faglie normali, generatisi probabilmente a partire dal Pliocene superiore, in relazione alla propagazione del rifting tirrenico e in corrispondenza di un regime di generale sollevamento della catena, sviluppatosi secondo un asse a direzione NNW-SSE, del tutto indipendente dalla disposizione delle precedenti strutture compressive. Le faglie normali principali, disposte complessivamente secondo la direzione appenninica, determinano un caratteristico assetto morfostrutturale a blocchi ribassati verso SW. Alcune di queste faglie si interrompono visibilmente in corrispondenza dei principali piani di sovrascorrimento, lungo i quali l'estensione si trasferisce. Il regime distensivo è responsabile dell'inversione tettonica su elementi strutturali in origine compressivi. La geometria delle faglie distensive che deriva dal processo di inversione è di tipo listrico. Altre faglie, caratterizzate da piani subverticali, dislocano invece le strutture compressive, andando ad interessare, con ogni probabilità, livelli crostali notevolmente più profondi. Le faglie listriche più superficiali sono, in planimetria, non molto lunghe e caratterizzate solitamente da concavità verso il lato ribassato. Al contrario, le faglie più profonde sono più lunghe e rettilinee, ma soprattutto strutturalmente indipendenti dall'assetto delle strutture compressive. Anche le entità dei rigetti risultano differenti assumendo valori massimi nelle dislocazioni listriche più superficiali e nettamente minori in corrispondenza delle faglie "lunghe" e rettilinee. Queste ultime faglie in più casi dislocano le strutture listriche più superficiali, risultando pertanto di età più recente. Tenuto conto della notevole profondità crostale delle faglie ad alto angolo e dei dati sismologici raccolti durante i terremoti che hanno interessato recentemente l'area appenninica, sembra possibile attribuire loro un significato sismogenetico.

ABSTRACT - *Extensional fault systems in two areas of the central Apennines* - Il Quaternario, 8(1), 1995, 71-82 - This paper analyses the main features of extensional fault systems in two sectors of the central Apennines, in the Mt. Giano-Mt. Gabbia area and the Ofena-Tirino River valley. The relationships between extensional fault systems and main compressive structures with reference to inversion tectonic phenomena are emphasized. The structural setting of the areas is a complex thrust belt (with W dipping thrust planes trending NW-SE and N-S), with normal fault systems probably formed in Upper Pliocene times as a consequence of the Tyrrhenian rifting and under conditions of a general uplift of the Apennines chain, the climax of which occurred along a NNW-SSE axis independent of the trend of previous compressive structures. The NW-SE trending fault system gave rise to faulted blocks stepping down towards SW. Some of these normal faults break at the contact with main thrust planes, suggesting a possible reactivation of the thrust planes themselves which invert their movement and produce listric geometries. Other faults, characterized by high dip angle planes, dislocated the compressive structures and probably reached deep-seated crustal levels. Superficial listric faults are planimetrically short and generally concave towards the hanging wall; high dip angle faults are longer and rectilinear and are not dependent on the structural setting of compressive structures. Differentiated throws show maximum values in the most superficial faults, and lower values in the high dip angle faults reaching deep-seated crustal levels. In many cases, these latter faults displaced the most superficial listric faults, simulating a younger age. Another hypothesis is that both superficial and deep reaching faults originated at the same time, dislocating each other several times during the recent tectonic evolution of the chain. If the crustal depth of fault planes is taken into account as well as seismological data collected on the occasion of recent earthquakes, it seems reasonable to hypothesize a seismogenic character for the deep reaching high dip angle faults.

Parole chiave: Tettonica distensiva, inversione tettonica, Appennino centrale, Italia

Key-words: Extensional tectonics, tectonic inversion, central Apennines, Italy

1. INTRODUZIONE

I sistemi distensivi cui sono legate le depressioni intramontane dell'Appennino centrale, sono contraddistinti da una notevole complessità geometrica e cinematica. Essi sono stati oggetto di numerosi studi e di diverse interpretazioni, talora sensibilmente differenti tra loro (Demangeot, 1965; Bertini & Bosi, 1970; Nijman, 1971; Bosi, 1975; Calamita *et al.*, 1981, 1982; Giraudi, 1986;

Bagnaia *et al.*, 1989; Bertini *et al.*, 1989; Bosi & Messina, 1992; Pizzi, 1992; Calamita & Pizzi 1992; Calamita *et al.*, 1992a, 1992b). Gli ultimi Autori, in particolare, hanno riconosciuto, nelle aree della dorsale appenninica umbro-marchigiana meridionale, fasci di faglie normali a geometria listrica che riattivano piani di sovrascorrimento preesistenti, associati alla precedente tettonica compressiva e ubicati a diversa profondità.

Nel presente lavoro vengono presi in considerazione

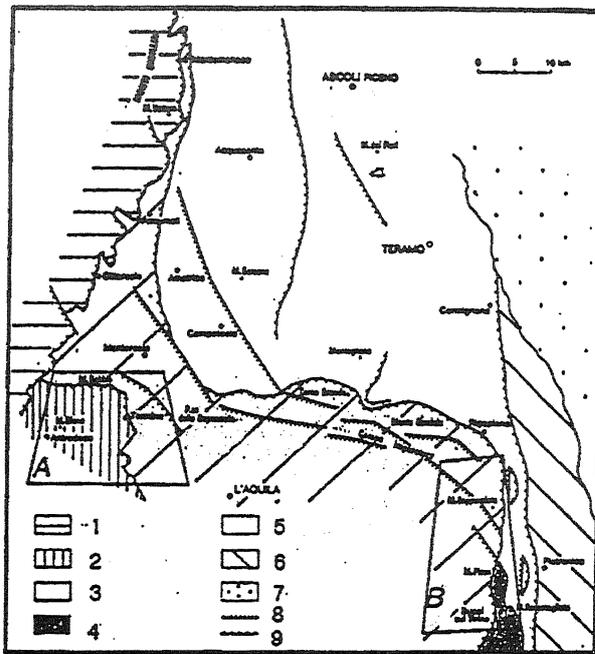


Fig. 1 - Schema strutturale dell'Appennino marchigiano-abruzzese (da Bigi *et al.*, 1991, modificato), con l'ubicazione delle aree analizzate. A) area M. Giano - M. Gabbia; B) area di Ofena - Valle del F. Tirino. 1 - Unità dei M.ti Sibillini; 2 - Unità M. Giano - M. Gabbia; 3 - Unità Gran Sasso - Accumoli; 4 - Unità M. Morrone; 5 - Unità Acquasanta-M.na dei Fiori-Montagnone; 6 - Unità Cellino-Maiella; 7 - Depositi post-trasgressione del Pliocene medio-superiore; 8 - Faglia normale; 9 - Sovrascorrimento.

Structural sketch of the Marche-Abruzzi Apennines (from Bigi et al., 1991, modified), with location of studied areas. A) Mt. Giano-Mt. Gabbia area; B) Ofena-Tirino Valley area. 1-Mt.Sibillini Unit; 2 - Mt.Giano-Mt.Gabbia Unit; 3 - Gran Sasso-Accumoli Unit; 4 - Mt. Morrone Unit; 5 - Acquasanta-Montagna dei Fiori-Montagnone Unit; 6 - Cellino-Maiella Unit; 7 - Upper-Middle Pliocene deposits; 8 - Normal fault; 9 - Thrust.

ne i rapporti tra i suddetti sistemi distensivi e le strutture compressive in due aree dell'Appennino centrale: quella di M. Giano-M. Gabbia e quella di Ofena-Valle del F. Tirino (Gran Sasso), con particolare riguardo ai fenomeni di inversione tettonica.

L'assetto strutturale del settore appenninico di cui fanno parte le aree di M. Giano-M. Gabbia e l'area di Ofena-Valle del Tirino, è dato da un complesso edificio a *thrust*, messi in posto in un intervallo di tempo che va dal Messiniano superiore fino ad almeno il Pliocene superiore, nel contesto delle modalità di evoluzione cinematica della catena appenninica e all'interno del quale si individuano i fronti del Gran Sasso, del Morrone e di M. Giano-M. Gabbia (Fig. 1). In corrispondenza del primo fronte si realizza la sovrapposizione delle successioni mesozoico-terziarie in facies di transizione prossimale del Gran Sasso sulle sottostanti Unità della Laga, rappresentata soprattutto da depositi torbiditici, e del Morrone, più a sud. Il fronte del Gran Sasso mostra un andamento ad "arco", probabilmente condizionato dalla presenza, in profondità, di discontinuità tettoniche giurassiche (Bigi *et al.*, 1992). Lungo il fronte di M. Giano-M. Gabbia, si ha la sovrapposizione delle successioni di

piattaforma carbonatica s.l. (di età compresa tra il Trias e il Paleogene) sulle facies di transizione del Gran Sasso, mediante un sovrascorrimento a prevalente direzione NW-SE. Entrambi i fronti sono dislocati in più punti da faglie trasversali a prevalente direzione N50°-70°, interpretabili come *tear faults*.

Le quattro unità tettonostratigrafiche (Unità M. Giano - M. Gabbia, Unità Gran Sasso, Unità del Morrone e Unità della Laga; Bigi *et al.*, 1992) sono caratterizzate a loro volta da una complessa strutturazione interna con piani di sovrascorrimento minori ad alto angolo, sintetici ed antitetici al *thrust* principale.

A partire dal Pliocene superiore, nell'Appennino centrale si sono generate faglie normali organizzate in fasci a prevalente andamento NW - SE che hanno determinato la formazione di un assetto morfostrutturale a blocchi ribassati verso sudovest, con vistose scarpate tettoniche e depressioni chiuse, disposte parallelamente alle faglie stesse. Alcune delle faglie normali appartenenti a questo sistema si interrompono in corrispondenza dei principali piani di sovrascorrimento, mentre altre, lunghe e caratterizzate da andamento rettilineo in planimetria, del tutto indipendenti dall'andamento delle strutture precedenti (sia compressive che distensive), dislocano i piani suddetti. Tenuto conto dell'estensione lineare di questi ultimi elementi è verosimile che essi si spingano a notevoli profondità crostali.

I piani di faglia presentano inclinazioni differenti da subverticali (70°-80°) a poco inclinati (40°-50°); questi ultimi sono sempre caratterizzati da movimenti di *dip slip* oltre che da tracce curvilinee, concave verso il lato ribassato e poco estese longitudinalmente (Nijman, 1971; Calamita *et al.*, 1982; Bagnaia *et al.*, 1989; Pizzi, 1992) che suggeriscono geometrie "listriche" e scorrimenti a profondità non molto elevata. In generale i maggiori rilievi i quali, a loro volta, corrispondono ai settori più elevati degli edifici compressivi.

Le principali direzioni di estensione individuate nelle due aree in esame sono N50°+60° e N10°+20°. La prima, indicata da strie di *dip slip* su piani a direzione N140°+170°; la seconda, probabilmente posteriore, è indicata da strie oblique sovrapposte alle precedenti sugli stessi piani, e da strie di *dip slip* su piani N70°+N90°. La deformazione associata ai sistemi distensivi è di tipo essenzialmente fragile, caratterizzata dallo sviluppo di piani di faglia lisci, con vene di taglio calcitiche scarse o addirittura assenti, a cui sono associate ampie fasce cataclastiche, con breccie di faglia variabili dal *gouge* a *crush breccia* (*sensu* Sibson, 1977) prive di una organizzazione geometrica interna.

L'estensione si è realizzata in un regime di generale sollevamento che ha interessato l'area dopo l'esaurirsi della tettonica compressiva e che ha avuto un notevole incremento a partire dalla fine del Pleistocene inferiore (Demangeot, 1965; Ambrosetti *et al.*, 1982; Dufaure *et al.*, 1989; Dramis, 1992). Da questo momento infatti il

fenomeno ha avuto il suo massimo sviluppo, soprattutto lungo l'asse attuale della catena (dove ha raggiunto valori di oltre 1000 m), che ha assunto così un complessivo andamento NNW-SSE, indipendentemente dalla disposizione delle precedenti strutture compressive (Dufaure *et al.*, 1989).

Elementi geologici e geomorfologici testimoniano come l'attività di molte di queste faglie si sia protratta fino ai tempi recenti e alcune di esse siano tuttora attive (Bosi, 1970; Blumetti *et al.*, 1993) come è anche indicato dai meccanismi focali dei terremoti ricorrenti nell'area, del tutto compatibili con i motivi estensionali suddetti (Gasparini *et al.*, 1985).

2. ASSETTO TETTONICO DELLE AREE ANALIZZATE

Il sistema montuoso Gran Sasso-Morrone, a ridosso del quale è posta l'area Ofena - Valle del Tirino, è costituito da tre unità tettonostratigrafiche principali: Unità del Gran Sasso, Unità del Morrone e Unità della Laga, messe in posto tra il Messiniano superiore e l'inizio del Pliocene inferiore (Bigi *et al.*, 1992; Bigi, 1993) (Fig. 2).

L'Unità del Gran Sasso, nell'area in esame, è sovrapposta all'Unità della Laga e a quella del Morrone mediante un piano di sovrascorrimento con direzione N-S e caratteri cinematici transpressivi con principale direzione di trasporto tettonico verso N50°; è inoltre presente la direzione di trasporto tettonico verso N10°+20°, sovrapposta alla precedente e di conseguenza probabilmente posteriore (Bigi, 1993).

All'interno di tale unità, nell'area di Ofena e in parte della Valle del F. Tirino, sono distinguibili almeno tre "subunità", che corrispondono in pratica a scaglie tettoniche minori, ciascuna caratterizzata da successioni stratigrafiche distinte; esse sono delimitate da piani inversi ad alto angolo, che a luoghi presentano vergenza occidentale (*back-thrust*). Nel settore settentrionale, uno di questi piani pone a contatto, lungo l'allineamento Villa S. Lucia - M. Cappucciata - M. Scarafana, la "subunità" della Piana del Voltigno, caratterizzata da una successione in facies di scarpata sviluppatasi al di sopra del Calcare Massiccio con la "subunità" di Ofena - Capestrano, composta da termini dapprima in facies di piattaforma fino al Lias inferiore (Calcare Massiccio) cui seguono termini in facies di margine (dal Lias medio fino al Cretacico inferiore) e di scarpata prossimale (Cretacico superiore). Nel settore occidentale, la "subunità" di Ofena - Capestrano risulta sovrapposta a quella di Calascio, che comprende sequenze di piattaforma più o meno marginale, dal Lias fino al Cretacico inferiore (Bigi, 1993), lungo un *back thrust* affiorante lungo il versante orientale di M. Pesatero.

L'unità del Morrone rappresenta, a sud di Forca di Penne, il *footwall* dell'unità del Gran Sasso, ed è costituita da una successione mesocenozoica inizialmente in facies pelagica e successivamente di rampa carbonati-

ca. La sovrapposizione tra le due unità non è facilmente individuabile perché il piano di sovrascorrimento è ribassato lungo il Vallone S. Giacomo da una faglia normale, e ulteriormente ribassato sempre da faglie normali nella Valle del F. Tirino dove è ricoperto dai depositi recenti. Esso è visibile in affioramento soltanto più a sud, ad ovest dell'abitato di Bussi sul Tirino (Bigi, 1993). L'unità del Morrone è a sua volta sovrascorsa verso est sull'unità della Laga lungo un piano a direzione N-S (nel tratto di M. Picca), anch'esso contraddistinto da caratteri transpressivi e da una principale direzione di trasporto tettonico verso N50°. Anche in questo caso è desumibile una ulteriore direzione di trasporto tettonico verso N10°+20°, probabilmente posteriore (Bigi *et al.*, 1992; Bigi, 1993).

L'unità della Laga costituisce infine il *footwall* delle due unità precedenti ed è rappresentata in affioramento dalla successione torbiditica, messiniana, della Formazione della Laga (Centamore *et al.*, 1992; Bigi *et al.*, 1992; Bigi, 1993).

Le unità e i sovrascorrimenti sopracitati sono dislocati da elementi sia trasversali (E-W) che obliqui (N50°+70°), interpretabili come *tear faults*, come è il caso della faglia di Valle Gemmina - Vallone Giardino, che attraversa la Valle del F. Tirino nei pressi di Bussi.

Per effetto della tettonica distensiva, l'assetto dell'area è stato profondamente modificato con la produzione delle seguenti unità morfologiche:

- la dorsale M. Cappucciata - M. Picca che si sviluppa in direzione N-S, parallelamente ai piani principali di sovrascorrimento dell'unità del Gran Sasso e del Morrone, con quote comprese tra i 1000 e i 2000 m; questa dorsale, che all'altezza di Ofena assume una direzione NW-SE, presenta due versanti morfologicamente differenti: il versante orientale è subverticale mentre quello occidentale è composto da tratti subpianeggianti posti a quote intermedie (Villa S. Lucia) collegati da tratti più ripidi corrispondenti a scarpate di faglia in base a evidenze geologiche e geomorfologiche;

- l'area tra Castel del Monte ed Ofena, caratterizzata da quote intorno ai 1000 m, con dorsali e depressioni allungate in direzione appenninica, tra cui la modesta dorsale di M. Pesatero (1000 m), posta immediatamente ad ovest di Ofena;

- l'area di Capestrano - Collepietro, in cui si osservano quote intermedie (600+1000 m) e con una modesta energia del rilievo.

Le unità suddette bordano rispettivamente ad est, a nord e ad ovest la depressione compresa tra i paesi di Ofena, Capo d'Acqua e Capestrano, allungata in direzione appenninica. Da tale depressione, all'altezza di Capo d'Acqua, si diparte la valle del F. Tirino, anch'essa in direzione all'incirca NW-SE e terminante bruscamente all'altezza delle Gole di Popoli.

Il sistema distensivo presente nell'area risulta costituito da fasci di faglie normali orientati secondo quattro direzioni principali: N140° (il più evidente, caratterizzato da immersioni dei piani sia a SW che a NE), N50°+70° (che riprende anche *tear faults* associate alla precedente

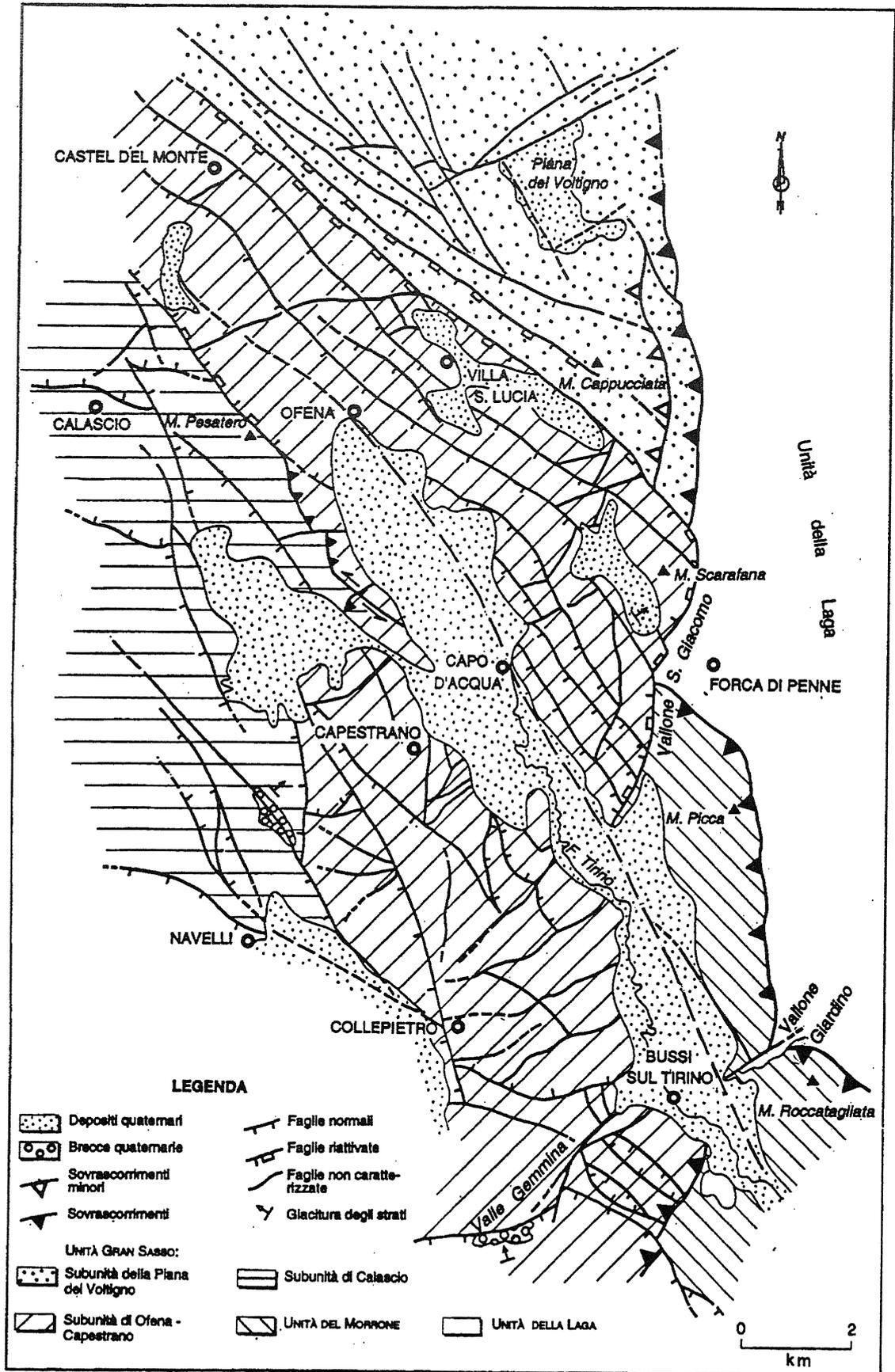


Fig. 2 - Schema strutturale dell'area di Ofena - F. Tirino.
Structural map of the Ofena - Tirino Valley area.

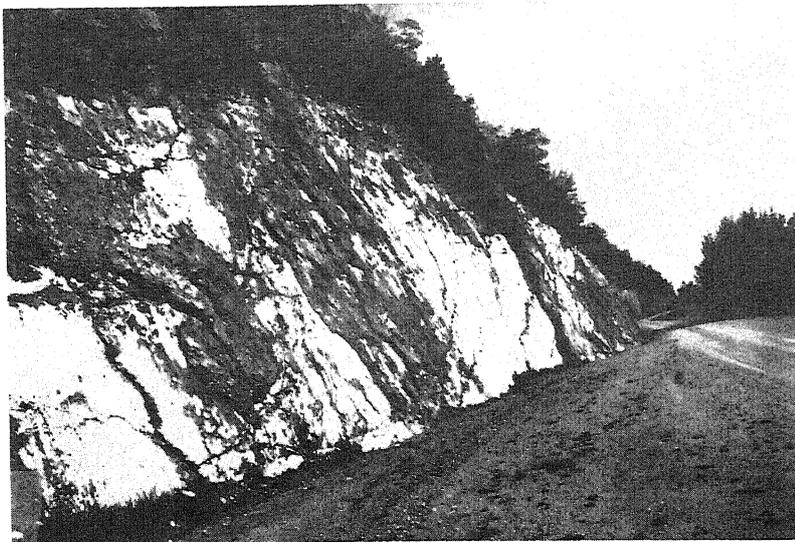


Fig. 3 - Faglia normale ad alto angolo (70°) lungo il versante occidentale di M. Cappucciata, nell'area di Ofena-Valle del Tirino.

Normal fault with a high dip angle (70°) along the western side of Mt. Cappucciata in the Ofena - Tirino Valley area.

compressione), $N100^\circ\text{--}110^\circ$ (E-W) e $N170^\circ$.

Nel settore orientale, le faglie normali che interessano il versante occidentale della dorsale M. Cappucciata-M. Picca, hanno direzione $N130^\circ\text{--}140^\circ$ e immersione a SW, con rigetti stratigrafici di circa 500-600 m, distribuiti in modo non omogeneo sui diversi piani (Fig. 3).

La base del versante che borda ad est la piana suddetta è contraddistinta da diversi segmenti di faglia rettilinei (Ofena-Capo d'Acqua; Capo d'Acqua-Vallone S. Giacomo; Vallone S. Giacomo- Bussi) evidenziati da faccette triangolari morfologicamente molto evidenti soprattutto in quelli meridionali e collegati tra loro da faglie a direzione $N50^\circ$ e $N70^\circ$. Da un punto di vista morfologico, l'allineamento che segna la rottura di pendio tra la pianura e il versante montuoso è rettilineo e molto evidente da Ofena a Bussi sul Tirino; esso inoltre separa la piana a sudovest dal substrato affiorante immediatamente a nord-est sul quale poggiano, a quote maggiori di quelle della piana, depositi continentali appartenenti al secondo ciclo deposizionale riconosciuto nella valle del F. Tirino (Giuliani & Sposato, 1993). Lungo tale allineamento si interrompono le tracce delle faglie normali precedentemente descritte e dei sovrascorimenti principali della dorsale orientale (M. Cappucciata, M. Scarafana e M. Picca).

Il settore occidentale (Castel del Monte, Capestrano, Collepietro) è caratterizzato dallo sviluppo di faglie normali sintetiche e antitetiche, organizzate in sistemi i cui singoli elementi strutturali si presentano vicarianti tra loro con direzioni da $N140^\circ$ a $N170^\circ$ (Capestrano). Sono anche presenti faglie normali a direzioni $N70^\circ\text{--}90^\circ$ che si sovrappongono alle precedenti ribassando le strutture verso nord.

In questo settore le strie di *dip slip* misurate sui principali piani di faglia a direzione $N130^\circ\text{--}140^\circ$ indicano

una estensione $N50^\circ$; sugli stessi piani compaiono spesso anche strie oblique (*pitch* $50^\circ\text{--}70^\circ$) che indicano una transtensione sinistra e individuano una direzione di estensione N-S, probabilmente posteriore, e compatibile con strie di *dip slip* misurate su piani a direzione circa E-W.

La seconda area analizzata è compresa tra la valle del F. Velino e i rilievi di M. Giano, M. Gabbia e M. Calvo ed è articolata in una serie di dorsali separate da depressioni allungate in direzione appenninica (Fig. 4). La dorsale più elevata si trova nel settore sud-occidentale con le culminazioni di M. Giano e di M. Calvo entrambi intorno ai 1800 m, mentre nel resto dell'area le dorsali vanno dai 1500 m, dei rilievi più settentrionali, ai 1200 m dei rilievi meridionali. Le principali depressioni sono quella di Piani di Cascina e di S. Nunzio-Termine, che si allungano parallelamente alle dorsali, con quote oscillanti intorno ai 1000 m.

Dal punto di vista strutturale l'area è costituita da due principali unità tettono-stratigrafiche: l'unità di M. Giano - M. Gabbia e l'unità del Gran Sasso. (Bigi *et al.*, 1992; Capotorti *et al.*, 1992). La prima è sovrapposta alla seconda lungo un piano a direzione appenninica, ben evidente da Vallemare a Termine, su cui si individuano tre direzioni di trasporto tettonico $N50^\circ$, $N10^\circ$ e $N100^\circ$; la prima è solitamente la più evidente, mentre le altre due sono meno rappresentate.

Anche nell'unità di M. Giano - M. Gabbia possono essere distinte tre subunità caratterizzate da distinte successioni stratigrafiche. Da sudovest verso sudest esse sono:

– “subunità” di M. Giano, in cui affiora una successione composta da termini di piattaforma interna del Trias superiore - Lias inferiore, cui seguono dapprima depositi di margine del Dogger-Malm, e infine depositi di piattaforma interna del Cretacico inferiore e medio; in questa subunità si individuano due elementi minori, quello di Croce di M. Giano e quello di M. Giano;

– “subunità” di M. Cagno - Costa Rosata, costituita inferiormente da depositi in facies di margine del Dogger-Malm, cui seguono depositi dapprima di retromargine del Cretacico basale e poi di piattaforma interna del Cretacico inferiore, e di rampa carbonatica nel Cretacico medio - Eocene. Superiormente vi si rinvengono pochi metri di depositi di bordo rialzato di bacino (Scaglia rosata del Cretacico superiore *p.p.*, Scaglia cinerea glauconitica dell'Oligocene - Eocene sup., “Spongolitico” del Miocene basale e marme e calcareniti spongolitico-glauconitiche del Miocene inferiore e medio);

– “subunità” di M. Gabbia che è la più esterna e geometricamente più bassa, costituita inferiormente da

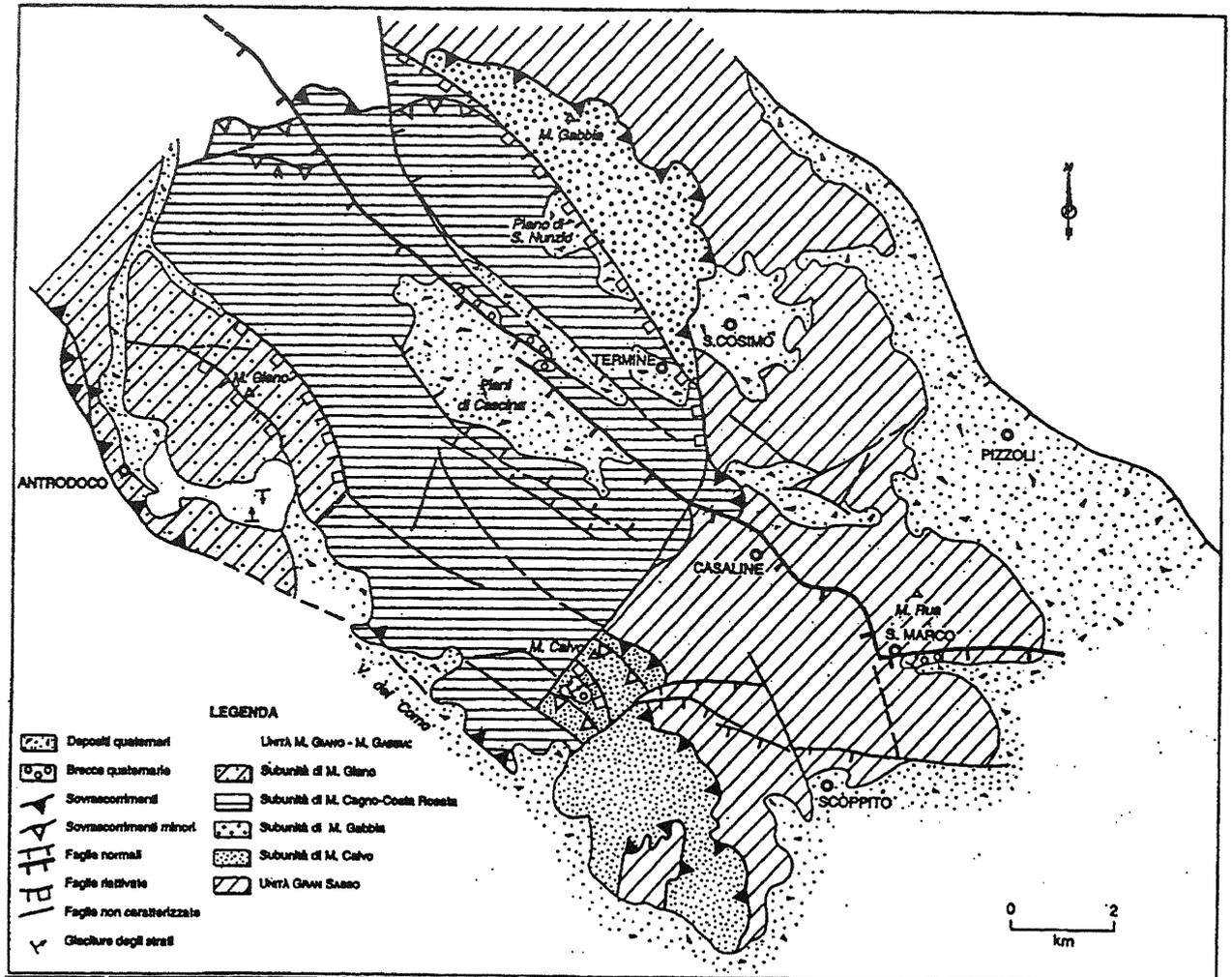


Fig. 4 - Schema strutturale dell'area di M. Giano - M. Gabbia.
Structural map of the Mt. Giano - Mt. Gabbia area.

depositi di margine del Cretaceo inferiore e medio, cui segue una successione che evolve da rampa carbonatica a bordo rialzato di bacino dal Cretacico superiore al Miocene medio. Più a sud, nell'area di M. Calvo, si osservano successioni assai differenti di rampa carbonatica del Malm e del Cretacico inferiore e di annegamento del Cretacico medio e superiore (subunità di M. Calvo).

I piani che delimitano le subunità descritte sono per lo più mascherati da ampie fasce cataclastiche; dove visibili, i piani sono a direzione appenninica, ed in genere molto inclinati ($>50^\circ$).

La "subunità" di M. Giano è delimitata a sudovest da un retroscorrimento che ha una direzione media $N160^\circ$ ad ovest del F. Velino e $N140^\circ$ da Antrodoco verso la Valle del Corno. Il piano del *back-thrust*, raramente osservabile in superficie, è subverticale e molti dei piani associati mostrano una geometria listrica. Le direzioni di trasporto tettonico indicano un movimento verso SW.

Nell'area in parola si individuano numerose faglie trascorrenti (*tear faults*) a direzione $N40^\circ$, di piccola entità tranne che nel caso della struttura disposta lungo

l'allineamento M. Calvo-Termine. Nell'area di M. Calvo il raccorciamento è realizzato tramite numerose scaglie tettoniche; il piano di sovrascorrimento principale si trova a quota 1700 m e scende progressivamente verso SE, con direzione media appenninica ed un basso angolo di inclinazione. Le scaglie tettoniche minori individuate sul versante sudoccidentale di M. Calvo, presentano piani di sovrascorrimento con una inclinazione maggiore.

L'età della strutturazione di questo settore è compresa tra il Messiniano superiore e l'inizio del Pliocene inferiore (Bigi *et al.*, 1992).

Dal Pliocene superiore l'area viene interessata dalla tettonica estensionale che si sovrappone al precedente edificio strutturale compressivo. Le faglie normali sono organizzate in un sistema principale a direzione $N120^\circ$ - 140° con prevalente immersione a sudovest e ad esse sono spesso associate ampie fasce cataclastiche. La maggior parte di esse si interrompono in corrispondenza dei piani di sovrascorrimento, fatta eccezione per la faglia di Vallemare - S. Marco. Quest'ultima faglia presenta un andamento rettilineo per diversi chilometri con



Fig. 5 - Faglia normale a basso angolo nell'area di M. Giano - M. Gabbia.
Normal fault with a low dip angle in the Mt. Giano - Mt. Gabbia area.

direzione N140° e disloca il sovrascorrimento principale e le altre faglie normali.

Le faglie appartenenti a questo sistema bordano le conche sopracitate e presentano rigetti stratigrafici massimi di alcune centinaia di metri (100÷300 m). Alcune di esse, contraddistinte da piani non molto inclinati (40÷50°) (Fig. 5) con tracce curvilinee, concave verso il lato ribassato, sono spesso responsabili del basculamento verso monte di depositi clastici pleistocenici. Questi ultimi sono rappresentati da lembi di breccie, poste a varie quote sui versanti (a circa 1400 m, nella zona di M. Calvo, tra i 700 e i 1000 m a M. Giano, a circa 1000 m ai Piani di Cascina, e intorno ai 700 m a S. Marco). Si tratta di depositi fortemente cementati, a clasti esclusivamente calcarei, di dimensioni centimetriche, eterometrici, da angolosi a subangolosi, con scarsa matrice, attribuibili probabilmente al Pleistocene inferiore (Bosi, 1989). A S. Marco e a C.le S. Agostino i depositi suddetti sono basculati ed hanno assunto una giacitura in contropendenza di qualche grado per effetto di alcune faglie caratterizzate da estensione limitata, tracce curvilinee e probabile geometria listrica. A C.le S. Agostino il basculamento sembra associato al movimento di inversione tettonica in senso normale di un antico piano di sovrascorrimento. Ai bordi della conca dei Piani di Cascina le breccie risultano notevolmente fratturate da sistemi di fratturazione a direzione parallela alla faglia che delimita la depressione stessa (Fig. 6); a Madonna delle Grotte, nei pressi di Antrodoco, le stesse presentano una giacitura sinforme, con il fianco sudoccidentale molto inclinato verso nordest. Tale assetto potrebbe essere posto in

relazione con la riattivazione in senso normale della faglia inversa di M. Giano.

Oltre alle faglie appenniniche è presente un sistema secondario di faglie normali con prevalente direzione N40° che riutilizza antiche *tear faults*, tra cui le più importanti sembrano quella localizzata nella Valle del F. Velino e quella Velino - Fonte Palombara.

Anche per quest'area, l'analisi mesostrutturale ha messo in evidenza un'estensione principale N50°, indicata da strie di *dip-slip* su piani a direzione appenninica; sono anche presenti strie oblique che indicano un'estensione N-S.

Le strie registrate sui piani di faglia di entrambe le aree indicano almeno due direzioni di estensione principali, una N50° e una N10°÷20°.

Un motivo ricorrente, individuato nelle due aree, è che gran parte delle faglie normali appartenenti al sistema principale N140° e N170° si interrompe in corrispondenza dei piani di sovrascorrimento principali (rispettivamente quello del Gran Sasso, del Morrone e quello di M. Giano - M. Gabbia). Ciò suggerisce che questi elementi riattivino in senso normale piani di *thrust* preesistenti e che assumano in profondità una geometria assimilabile a quella "listrica"; infatti essi sono caratterizzati, almeno nel tratto in cui riattivano i precedenti piani inversi, da bassi angoli di inclinazione. Inoltre, lungo alcune di queste faglie, si individuano attualmente i contatti delle "subunità" descritte in precedenza, caratterizzate da successioni stratigrafiche diverse, suggerendo come una riattivazione in senso normale abbia interessato per intero alcuni piani di



Fig. 6 - Breccie fratturate presso la faglia normale di Vallemare - S. Marco, Piano di Cascina.

Fractured breccia deposit near the Vallemare - S. Marco normal fault, Piano di Cascina.

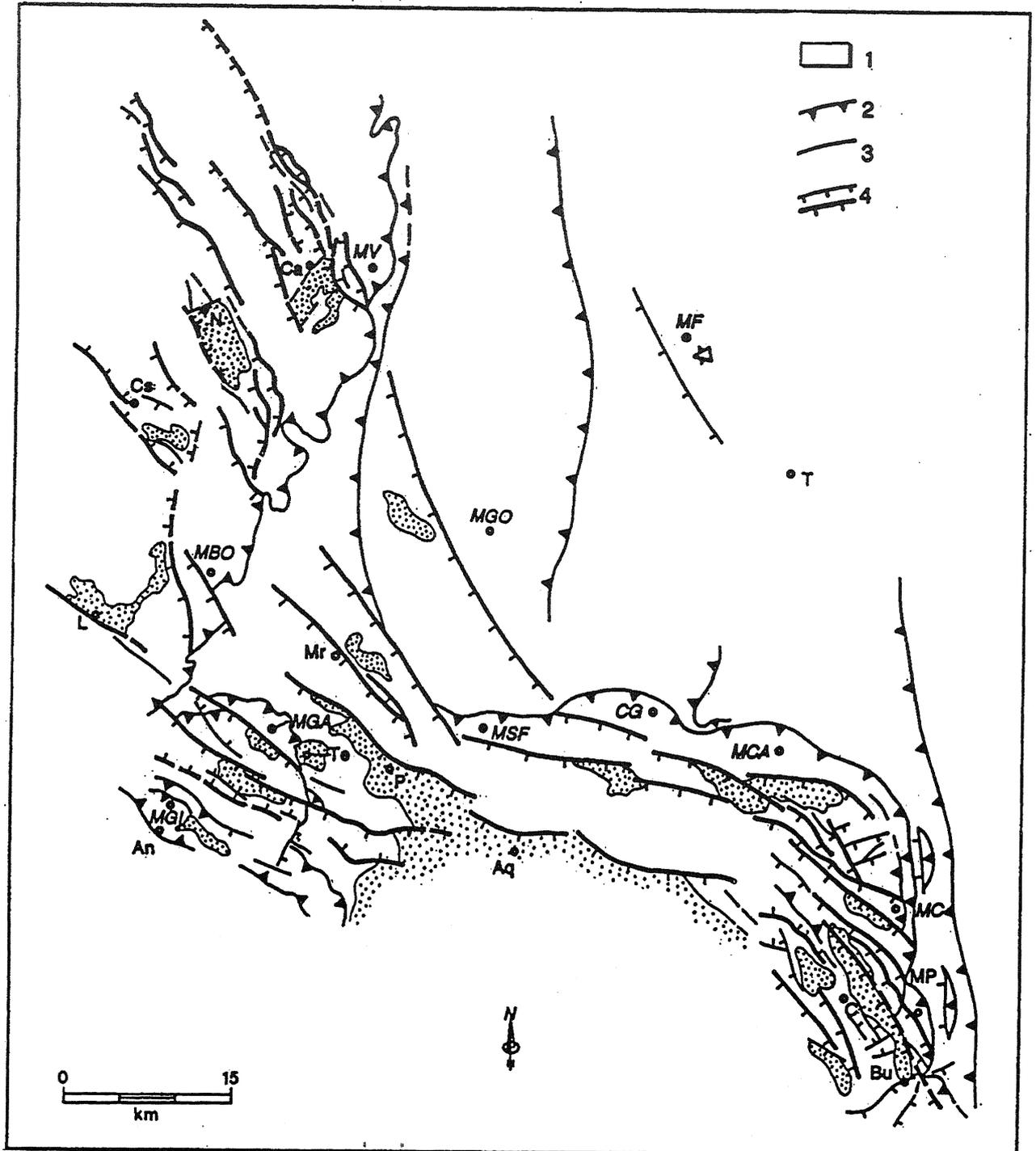


Fig. 7 - Schema strutturale dell'Appennino centrale in cui sono evidenziati i fasci di faglie normali a direzione appenninica e le conche intramontane ad esse associate (da Bigi *et al.*, 1991, modificato e da Calamita & Pizzi, 1992, modificato). 1) Depositi quaternari; 2) Sovrascorrimenti; 3) Faglie non classificate; 4) Faglie normali. Sono state distinte le faglie caratterizzate da andamento rettilineo in planimetria.

*Structural sketch map of the central Apennines. Main NW-SE trending normal fault with a high dip angle, and basins associated with them are highlighted (modified from Bigi *et al.*, 1991, and Calamita & Pizzi, 1992). 1) Quaternary deposits; 2) Thrust; 3) No classified faults; 4) Normal faults. Normal faults having a planimetric rectilinear trend are emphasized.*

Ca = Castelluccio; N = Norcia; Cs = Cascia; An = Antrodoto; Te = Termine; L = Leonessa; P = Pizzoli; Aq = L'Aquila; Mr = Montereale; C = Capestrano; Bu = Bussi sul Tirino; T = Teramo; MV = M. Vettore; MBO = M. Boragine; MGA = M. Gabbia; MGI = M. Giano; MSF = M. S. Franco; CG = Corno Grande; MCA = M. Camicia; MC = M. Cappucciata; MGO = M. Gorzano; MF = Montagna dei Fiori.

sovrascorrimento minori nell'ambito delle singole unità tettonostratigrafiche principali.

Un esempio di quest'ultimo tipo di riattivazione di può essere rappresentato dalla faglia che sovrappone la "subunità" di Ofena-Capestrano a quella di Calascio, nell'area di Ofena - Valle del Tirino: il *back-thrust* di M. Pesatiero. Questo elemento tettonico risulta essere, in base a considerazioni stratigrafiche una faglia inversa (come nel suo prolungamento meridionale). Nel suo tratto settentrionale, tuttavia, presenta caratteri mesostrutturali e deformativi associabili a movimenti distensivi (piani di taglio lisci e ben evidenti, vene calcitiche scarse o addirittura assenti, fasce cataclastiche ampie e ben sviluppate prive di organizzazione spaziale) che denotano una riattivazione dello stesso piano in senso normale che ha annullato solo parzialmente il rigetto stratigrafico dovuto alla precedente faglia inversa.

Oltre alle faglie appena descritte, sono presenti in ambedue le aree, altri elementi con la stessa direzione (N140° e N170°) che invece dislocano i sovrascorrimenti principali, ribassandoli a sudovest, come nei casi delle faglie Villa S. Lucia - M. Scarafana e Ofena - Bussi (nell'area di Ofena - Valle del Tirino, Fig. 2) e della faglia Vallemare - Cascina - S. Marco (nell'area di M. Giano - M. Gabbia, Fig. 4). Queste faglie, che spesso coincidono con i bordi delle depressioni entroappenniniche, hanno tracce lunghe e rettilinee e sono sovrapposte indifferentemente a tutte le strutture precedenti sia compressive che distensive.

3. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Le due aree analizzate presentano caratteristiche alquanto simili tra loro e numerosi elementi che le accomunano ad altre porzioni dell'Appennino centro-settentrionale (Nijman, 1971; Calamita *et al.*, 1982; Lavecchia *et al.*, 1987; Bertini & Bosi, 1970; Barchi & Brozzetti, 1992; Pizzi, 1992; Blumetti *et al.*, 1993; Calamita & Pizzi, 1992; Calamita *et al.*, 1992a; 1992b).

Come è possibile rilevare dalle Figure 2 e 3, entrambe le aree prese in esame hanno un assetto strutturale superficiale caratterizzato da sistemi distensivi complessi, dove dominano gli elementi strutturali a direzione NW-SE. Questi elementi strutturali individuano diversi settori progressivamente ribassati verso sud-ovest, essenzialmente sviluppati parallelamente all'asse principale di sollevamento della catena.

Al loro interno, in particolare, sono riconoscibili i seguenti gruppi di elementi distensivi:

- faglie ad alto angolo parallele alla direzione assiale della catena appenninica (N140°-160°) e di notevole estensione lineare; esse dislocano le precedenti strutture, compressive e distensive, con rigetti generalmente modesti (Pizzoli, M. Gorzano, Valle Mare-Casaline, Valle del Tirino);

- faglie di estensione minore, con geometrie listri-

che ben individuabili in affioramento, immergenti a sud-ovest e parallele, in gran parte dei casi, all'andamento dei principali piani di *thrust*; esse mostrano rigetti fortemente variabili, che risultano più elevati sui versanti occidentali dei massimi rilievi. In profondità, si interrompono in corrispondenza dei piani di sovrascorrimento principali (M. Cappucciata, M. Gabbia, M. Giano) lungo i quali si trasferisce la distensione invertendone il movimento (Nijman, 1971; Calamita *et al.*, 1992; Pizzi, 1992; Bigi, 1993);

- faglie di estensione ridotta, a direzione NE-SW e E-W, che "collegano" le precedenti strutture, funzionando in generale come elementi di trasferimento. Raramente esse mostrano movimenti di *dip-slip*.

La porzione crostale dell'Appennino centrale interessata dalla distensione è costituita da un complesso sistema a *thrust* (Sibillini, Gran Sasso - Morrone, "arco appenninico interno" di Nijman, 1971) con piani di sovrascorrimento a diverse profondità e orientazioni. Per quanto riguarda i rapporti geometrici tra gli elementi suddetti e le faglie normali, si è osservato che, in alcuni casi le faglie normali dislocano i piani di sovrascorrimenti mentre, in altri, come si è detto, si interrompono in corrispondenza degli stessi. Questi rapporti starebbero ad indicare che le faglie normali, generatesi in seguito alla distensione e contemporaneamente al sollevamento della catena, danno luogo a fenomeni di inversione tettonica utilizzando in profondità gli stessi livelli di scorrimento dei *thrust* che risultano quindi riattivati. Di particolare interesse sono allora i rapporti che intercorrono tra le faglie normali appenniniche ad alto angolo (piuttosto lunghe e caratterizzate da andamento planimetrico rettilineo, del tutto indipendenti dall'assetto strutturale affiorante e verosimilmente molto profonde) e quelle che assumono geometrie listriche in livelli più superficiali per riattivazione di piani di *thrust*, (condizionate chiaramente dalle disposizioni delle preesistenti strutture compressive). Queste ultime faglie appaiono vistosamente dislocate da quelle ad alto angolo, che sarebbero state dunque prodotte in tempi più recenti (Rasse, 1988; Pizzi, 1992, Calamita & Pizzi, 1992).

Inoltre, almeno nei livelli crostali più superficiali, i meccanismi di inversione tettonica appaiono complicati dall'azione di fattori gravitativi legati a dislivelli topografici come è suggerito dal fatto che le faglie "listriche" di maggiore rigetto si trovano, di preferenza, sui fianchi occidentali delle maggiori dorsali montuose modellate per lo più in corrispondenza degli edifici compressivi strutturalmente più elevati (Nijman, 1971; Bagnaia *et al.*, 1989).

Nell'ambito del quadro descritto potrebbe avere avuto un ruolo importante il fenomeno di rapido sollevamento che ha interessato l'Appennino a partire dalla fine del Pleistocene inferiore (Demangeot, 1965; Ambrosetti *et al.*, 1982; Dufaure *et al.*, 1989; Dramis, 1992) raggiungendo i suoi valori massimi (fino a 1000 m) lungo l'asse attuale della catena e generando strutture la cui direzione risulta sostanzialmente indipendente da quella delle strutture compressive precedenti (Dufaure *et al.*, 1989).

A questo fenomeno potrebbe essere legata l'attivazione o la riattivazione in senso distensivo di elementi strutturali profondi, cui sarebbero collegate le faglie ad alto angolo, lunghe e rettilinee, il cui andamento rettilineo risulta nettamente parallelo alla fascia più elevata dell'Appennino. Infatti, ad una scala regionale, le faglie in parola risultano disposte in fasci che si seguono con continuità dall'area di Gubbio - Norcia - Cascia a nord-ovest, alla Conca Aquilana e di Campo Imperatore fino alla piana di Sulmona a sudovest (Fig. 7).

La profondità crostale e l'importanza sismogenetica di questi elementi tettonici, sono testimoniate dalla congruenza con i meccanismi focali dei terremoti che interessano l'area e dalla distribuzione degli ipocentri di *aftershock* che scendono fino a oltre 10 km di profondità lungo piani suverticali (Gasparini *et al.*, 1980).

Lavoro eseguito con i fondi M.U.R.S.T. 40% e 60% responsabile Prof. E. Centamore e 40% e 60% responsabile Prof. F. Dramis.

BIBLIOGRAFIA

- Ambrosetti P., Carraro F., Deiana G. & Dramis F., 1982 - *Il sollevamento dell'Italia centrale tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene medio*. C. N. R. Progetto Finalizzato "Geodinamica", Pubbl. n. 513, 219-223.
- Bagnaia R., D'Epifanio A. & Sylos Labini S., 1989 - *Aquila and subaean basins: an example of quaternary evolution in central Apennines, Italy*. Quat. Nova, n.s.1, 1-23.
- Barchi M. & Brozzetti F., 1991 - *Il sovrascorrimento di Spoleto: un esempio di inversione tettonica nell'Appennino umbro-marchigiano*. Studi Geologici Camerti, Vol. spec. CROP 03, 337-345.
- Bertini T. & Bosi C., 1970 - *Geologia della media valle dell'Aterno*. Mem. Soc. Geol. It., 9, 719-777.
- Bertini T., Bosi C. & Galadini F. (1989) - *La conca di Fossa - S. Demetrio de' Vestini*. In "Elementi di tettonica pliocenico quaternaria ed indizi di sismicità olocenica nell'Appennino laziale - abruzzese". Guida all'escursione" Soc. Geol. It. 26-58.
- Bigi S., 1993 - *Caratterizzazione geologico-strutturale della zona esterna dell'Appennino abruzzese tra il Gran Sasso d'Italia e la Maiella*. Tesi di dottorato, inedita, Università di Camerino.
- Bigi S., Calamita F., Centamore E., Deiana G., Ridolfi M. & Salvucci R., 1992 - *Assetto strutturale e cronologia della deformazione della "zona d'incontro" tra le aree umbro-marchigiana e laziale abruzzese (Marche meridionali e Lazio-Abruzzo settentrionali)*. Studi Geologici Camerti, Vol. spec. CROP 11, 21-26.
- Blumetti A.M., Dramis F. & Michetti A.M., 1993 - *Fault-generated mountain fronts in the central Apennines (Central Italy): geomorphological features and seismotectonics implications*. Earth Surface Processes and Landforms, 18, 203-223.
- Bosi C., 1975 - *Osservazioni preliminari su faglie probabilmente attive nell'Appennino Centrale*. Boll. Soc. Geol. It., 58, 77-104.
- Bosi C., 1989 - *Tentativo di correlazione fra le successioni fra le successioni plio-pleistoceniche*. In: "Elementi di tettonica pliocenico-quaternaria ed indizi di sismicità olocenica nell'Appennino laziale - abruzzese" Guida all'escursione, Soc. Geol. It., 97-104.
- Bosi C. & Messina P., 1992 - *Ipotesi di correlazione fra successioni morfo-litostratigrafiche plio-pleistoceniche nell'Appennino laziale-abruzzese*. Studi Geologici Camerti, Vol. spec. CROP 11, 257-263.
- Calamita F., Coltorti M., Deiana G., Dramis F. & Pambianchi G., 1982 - *Neotectonic evolution and geomorphology of the Cascia and Norcia depressions (Umbria-Marche Apennine)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 5, 263-276.
- Calamita F., Deiana G. & Pambianchi G., 1981 - *Considerazioni strutturali sull'area compresa fra 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. & Pizzi A., 1992 - *Tettonica quaternaria nella dorsale appenninica umbro-marchigiana e bacini intrappenninici associati*. Studi Geologici Camerti, Vol. spec., "Evoluzione geomorfologica e tettonica quaternaria dell'Appennino centro-meridionale", Atti del Convegno-Escursione, Camerino-Salerno, 6-10 Luglio 1992, 17-25.
- Calamita F., Pizzi A. & Roscioni M., 1992a - *Schema strutturale dei "fasci" di faglie recenti ed attive di M. Vettore - M. Bove e di M. Castello - M. Cardosa (Appennino umbro-marchigiano)*. Dip.to Scienze della Terra, Università di Camerino, Tecnostampa, Loreto.
- Calamita F., Pizzi A. & Roscioni M., 1992b - *Il "fascio" di faglie recenti ed attive di M. Vettore - M. Bove (Appennino umbro-marchigiano)*. Studi Geologici Camerti, Vol. spec., "Evoluzione geomorfologica e tettonica quaternaria dell'Appennino centro-meridionale", Atti del Convegno-Escursione, Camerino-Salerno, 6-10 Luglio 1992.
- Capotorti F., Centamore E., Chiocchini M., Civitelli G., Corda L., Mancinelli A., Mariotti G., Romano A. & Salvucci R., 1992 - *Dati preliminari geologico-stratigrafici sull'unità di M. Giano-M. Gabbia*. Studi Geologici Camerti, Volume speciale CROP 11, 119-123.
- Centamore E., Adamoli L., Berti D., Bigi G., Bigi S., Casnedi R., Cantalamessa G., Fumanti F., Morelli C., Micarelli A., Ridolfi M. & Salvucci R. (con la collaborazione di Chiocchini M., Mancinelli A., Potetti M. & Chiocchini U.), 1992 - *Carta geologica dei bacini della Laga e del Cellino e dei rilievi carbonatici circostanti (Marche meridionali, Lazio nordorientale, Abruzzo settentrionale)*. Selca, Firenze.
- Demangeot J., 1965 - *Géomorphologie des Abruzzes*

- adriatiques*. C. N. R. S., Paris, 287 pp.
- Dramis F., 1992 - *Il ruolo dei sollevamenti tettonici a largo raggio nella genesi del rilievo appenninico*. Studi Geologici Camerti, Vol. spec., "Evoluzione geomorfologica e tettonica quaternaria dell'Appennino centro-meridionale", Atti del Convegno-Escursione, Camerino-Salerno, 6-10 Luglio 1992.
- Dramis F., Farabollini P., Gentili B. & Pambianchi G. (in stampa) - Neotectonics and large-scale gravitational phenomena. Proc. 3rd Int. Conf. on Geomorphology, Hamilton 1993.
- Dufaure J., Bossuyt D. & Rasse M., 1989 - *Critères géomorphologiques de néotectonique verticale dans l'Apennin Central Adriatique*. Bull. Ass. Française Etude Quaternaire, **3**, 151-160.
- Gasparini C., Jannaccone G. & Scarpa R., 1985 - *Fault plane solutions and seismicity of the Italian Peninsula*. Tectonophysics, **117**, 59-78.
- Gasparini C., Gasparini M., Iannone G., Napoleone G., Scarpa R., Stucchi M., Taccetti Q. & Zonno G., 1980 - *Osservazioni sismometriche: elaborazione ed interpretazione preliminare dei dati del terremoto di Norcia - 1979*. Conv. Maggio 1980 "Intervento a seguito del terremoto di Norcia del 1979", C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica., pubbl. n. 350.
- Giraudi C., 1986 - *Faglie ad attività olocenica nella Piana del Fucino (Abruzzo)*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 875-880.
- Giuliani R. & Sposato A., 1993 - *Il sistema di conche del Tirino*. In: "Guida all'escursione alle conche intermontane dell'Appennino laziale - abruzzese" (15-18 Settembre 1993), Convegno A.I.Q.U.A. "Le conche intramontane: caratteristiche stratigrafiche, sedimentologiche, strutturali ed aspetti applicativi" Roma, 13-15 Settembre 1993.
- Lavecchia G., Minelli G. & Pialli G., 1987 - *Contractional and extensional tectonics along the Trasimeno Lake - Pesaro transect (Central Italy)*. In: Boriani A., Bonafede M., Piccardo G. B. & Vai G. B. (Eds.), *The lithosphere in Italy*. Advances in Earth Science Research, Acc. Naz. Lincei, Roma, 143-165.
- Nijman W., 1971 - *Tectonics of Velino-Sirente area, Abruzzi, Central Italy. Modification of compressional structures by subsequent dilatation and collapse*. Koninkl Nederl. Akad. van Wetenschappen, Amsterdam, Proc. B, **74**(2), 156-184.
- Pizzi A., 1992 - *Faglie recenti ed attive e origine delle depressioni tettoniche. Esempi dall'Appennino umbro-marchigiano*. Tesi di dottorato, inedita. Università di Camerino.
- Rasse M., 1988 - *Observations preliminaires sur l'évolution quaternaire de quelques blocs failles de la montagne ombrienne (Italie centrale)*. Physio-Géo, **18**, 47-61.
- Sibson R. H., 1977 - *Fault rock and fault mechanisms*. J. Geol. Soc. London, **133**, 191-213.

Manoscritto ricevuto il 29. 3. 1994
 Inviato all'Autore per la revisione il 4. 11. 1994
 Testo definitivo ricevuto il 9. 12. 1994