

**ROTAZIONI DI BLOCCHI SU ASSI ORIZZONTALI AL MARGINE MERIDIONALE  
DEL MASSICCIO DEL GRAN SASSO (APPENNINO CENTRALE)**

## INDICE

RIASSUNTO	pag. 183
ABSTRACT	" 183
INTRODUZIONE E INQUADRAMENTO GEOLOGICO	" 183
L'AREA DI S. STEFANO DI SESSANIO- CALASCIO	" 184
COLLOCAZIONE NEL QUADRO GEOLO- GICO EVOLUTIVO DEL GRAN SASSO	" 186
CONCLUSIONI	" 188
BIBLIOGRAFIA	" 189

## RIASSUNTO

Il rilevamento geologico-strutturale di un settore posto al margine meridionale del massiccio montuoso del Gran Sasso ha rivelato la presenza di un complesso *pattern* deformativo riferibile ad un evento tettonico distensivo che ha prodotto un'estensione superficiale maggiore del 50-60%. Faglie distensive a basso angolo tagliate da faglie normali ad alto angolo, breccie continentali con inclinazioni di oltre 70° e un costante basculamento verso SW, a tutte le scale, degli elementi geometrici, hanno permesso di ricostruire un modello deformativo riferibile ad uno stile a "domino". L'entità dell'estensione ricostruita, la rapida diminuzione dei valori di estensione verso NW parallelamente alla diminuzione dei raccorciamenti sul fronte del Gran Sasso, l'immersione delle faglie normali a "domino" verso NE e la limitata dimensione dei blocchi basculanti (300-1500 m in pianta), permettono di ipotizzare che l'estensione osservata sia connessa: 1) a meccanismi distensivi pellicolari contemporanei alle fasi terminali della strutturazione compressiva del fronte del Gran Sasso; o, alternativamente, a 2) fenomeni di estensione superficiale al tetto dei maggiori sistemi estensionali a direzione E-W posti al retro dei fronti di accavallamento.

## ABSTRACT

Detailed geological mapping at the southern boundary of the Gran Sasso chain has provided new insights into the extensional tectonics of the area. The deformational pattern consists of southward-tilted blocks of Mesozoic limestones bounded by two generations (low-high angle) of normal faults. Syn-deformational coarse continental breccias, dipping 50°-70° to the south, are also present. The amount of evaluated extension, according to the classical "domino-model", is more than 50-60%. The geometrical setting of the extensional structures compared to the compressive ones, the observed amount of the extension, and the peculiar thin-skin characters seem to be consistent with an extensional deformational pattern genetically linked with the development of the Gran Sasso thrust belt. Alternatively the observed structural setting could be related to the different modes of extension in the internal areas of the thrust belt.

(\*)Dottorato di Ricerca - Dipartimento di Scienze della Terra - Università "La Sapienza", Roma.

(\*\*)CNR - Centro di Studio per il Quaternario e l'Evoluzione Ambientale, Roma.

PAROLE CHIAVE: Gran Sasso (Appennino centrale), Tettonica estensionale, Modello a "domino".

KEY WORDS: Gran Sasso (Central Apennines), Extensional tectonics, "Domino" model.

## INTRODUZIONE E INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area fra Calascio e S. Stefano di Sessanio (AQ) (Fig. 1) è stata presa in esame nell'ambito dello studio dei rapporti fra tettonica estensionale e strutturazione compressiva neogenica dell'orogene appenninico. L'ossatura del rilievo è costituita da calcari in facies di soglia e transizione della serie di piattaforma carbonatica laziale-abruzzese (ADAMOLI *et alii*, 1982). Sono presenti diffusamente in affioramento breccie continentali a matrice rossastra ("Breccie mortadella" di DEMANGEOT, 1965; *Breccie di Fonte Vedice* di BERTINI *et alii*, 1989) che mostrano sovente pendenze della stratificazione superiori ai 50°. L'area in studio, posta in posizione interna rispetto ai fronti di accavallamento dell'arco del Gran Sasso (GHISETTI & VEZZANI, 1986), è stata oggetto di precedenti studi a carattere strutturale, che hanno ipotizzato la presenza di movimenti trascorrenti di età pleistocenica successivi alla tettonica estensionale (GALADINI & GIULIANI, 1993) e messo in luce l'importanza della tettonica distensiva nell'assetto morfotettonico dell'area (D'AGOSTINO *et alii*, 1994).

Già DEMANGEOT (1965) aveva, in base ad osservazioni morfostrutturali e allo studio delle breccie continentali a NE di S. Stefano Sessanio, ipotizzato il sistematico basculamento verso sud-ovest dei blocchi carbonatici. Nuovi dati di carattere strutturale convalidano questa ipotesi mettendo in evidenza valori di estensione finora non segnalati per il settore centrale dell'Appennino e fornendo ulteriori vincoli alle modalità e ai meccanismi che hanno governato la strutturazione di questo settore dell'orogene appenninico.

La distensione avviene attraverso faglie dirette orientate E-W e NW-SE con immersione a NE e con pendenze comprese tra i 20° e i 70°. Le suddette faglie operano uno stretto controllo sulla morfologia, determinando la presenza di una serie di depressioni e dorsali allungate in direzione appenninica. La spaziatura delle faglie in affioramento, osservabile normalmente alla direzione del piano di faglia, varia tra 300 e 1500 m, mentre la lunghezza in pianta dei singoli segmenti è compresa tra 500 e 3000 m. Il collegamento tra le varie faglie non avviene tramite strutture di trasferimento, ma attraverso una disposizione *en-échelon* in pianta, con interposizione di una zona caratterizzata da intensa fratturazione pervasiva.

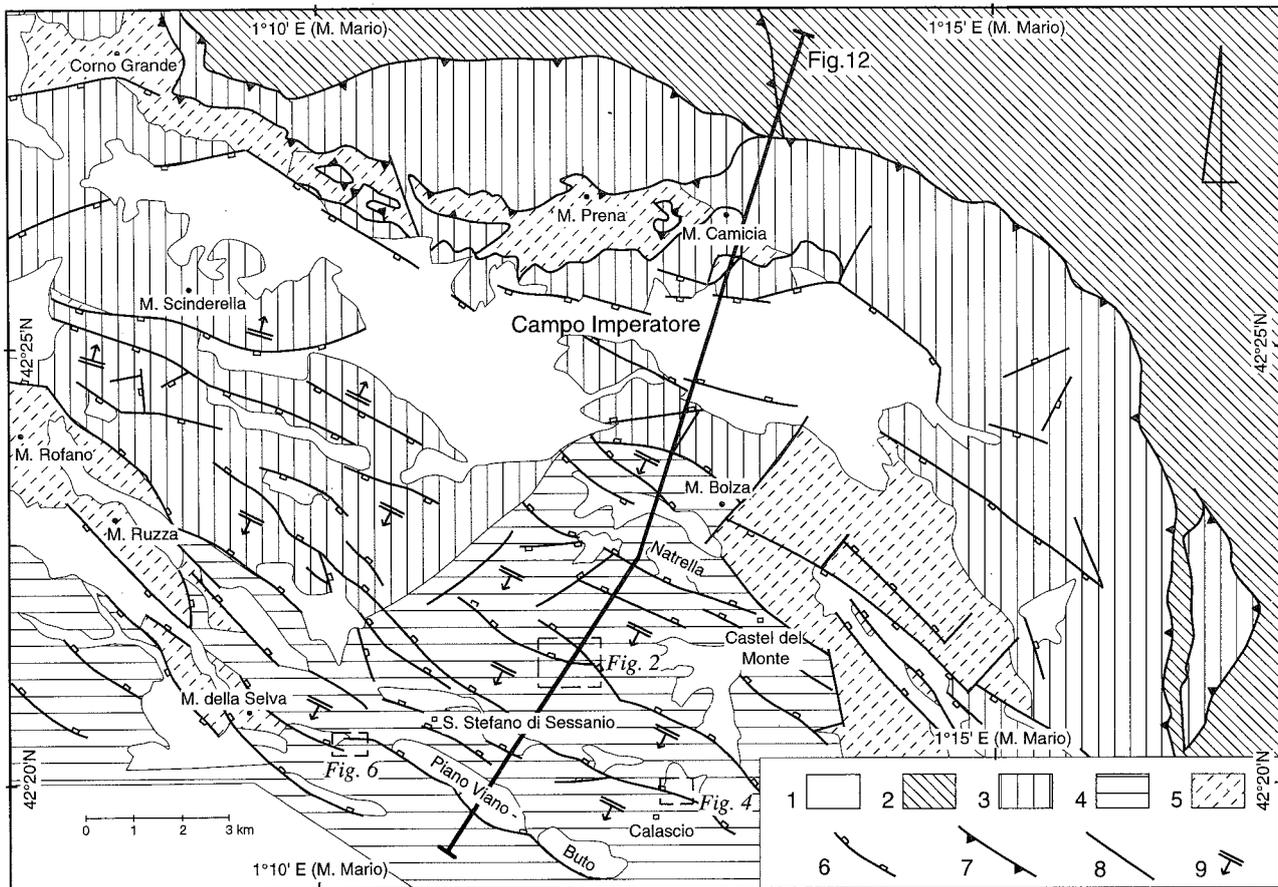


Fig. 1 - Schema geologico semplificato dell'area del Gran Sasso. Legenda: 1) depositi clastici di riempimento delle depressioni tettoniche (Quaternario); 2) depositi terrigeni di avanfossa (Messiniano - Pliocene inferiore); 3) unità di scarpata e di bacino (Lias medio - Miocene medio); 4) unità di piattaforma carbonatica (Lias medio - Miocene medio); 5) unità di piattaforma carbonatica e di bacino (Trias superiore - Lias Inferiore); 6) accavallamento; 7) faglia diretta; 8) contatto tettonico; 9) direzione di basculamento dei blocchi di faglia.

## L'AREA DI S. STEFANO DI SESSANIO-CALASCIO

Il rilevamento geologico-strutturale effettuato nell'area di Calascio - S. Stefano di Sessanio (D'AGOSTINO *et alii*, 1994) ha permesso di descriverne e precisarne l'assetto tettonico, mettendo in luce il ruolo primario svolto dalla tettonica distensiva nell'evoluzione morfologica e strutturale. L'analisi condotta ha permesso di approfondire le caratteristiche strutturali riconoscendo insiemi deformativi fortemente caratteristici e rappresentativi dello stile tettonico dell'area.

In località Valle d'Anzano (Fig. 2) una faglia diretta (faglia d'Anzano), con pendenza di circa  $25^\circ$ , separa i calcari ad *Ellipsactinie* del Malm dai calcari del Cretaceo inferiore al di sopra dei quali giacciono depositi marini costieri trasgressivi (sabbie e conglomerati debolmente cementati, con perforazioni di litofagi) di età incerta, qui preliminarmente attribuiti al Miocene superiore - Pliocene inferiore, sovrastati a loro volta dalle *Brecce di Fonte Vedice*. Il forte basculamento di tutti i depositi, dai calcari alle breccie continentali, verso SSW permette di ipotizzare che tale faglia diretta: si sia formata ad alto angolo (circa  $60^\circ-65^\circ$ ) (1); sia stata progressivamente ruotata verso SSW fino ad assumere pendenze ( $25^\circ-30^\circ$ ) incompatibili (Fig. 3) con movimenti estensionali (2); che, infine, essa sia stata dislocata da una successiva faglia ad alto angolo (3).

In prossimità della sella morfologica posta sulla dorsale ad andamento E-W di Rocca Calascio (Fig. 4), il rilevamento geologico ha messo in evidenza un contatto tettonico, di carattere apparentemente inverso, tra i calcari ad *Ellipsactinie* del Malm e le *Brecce di Fonte Vedice* lungo una faglia con immersione verso NNE e pendenza di circa  $80^\circ$ , che, verso ovest, viene sigillata dalle breccie stesse. In base alle osservazioni effettuate è possibile ipotizzare la seguente successione di eventi (Fig. 5):

1) in un primo momento si forma una faglia diretta, con immersione a sud, che determina l'accumulo di breccie alla base della scarpata di faglia;

2) in seguito al basculamento complessivo verso sud la faglia si disattiva, il piano oltrepassa la verticale assumendo carattere inverso e viene infine sigillata dalle breccie stesse;

3) successivamente si attiva una faglia diretta con immersione a nord che provoca la formazione del versante e l'esposizione del contatto tettonico tra breccie e calcari.

In località Cignolette (Fig. 6 e 7) un contatto tettonico con pendenza di circa  $35^\circ$  separa le *Brecce di Fonte Vedice* (al tetto) da calcari con *Orbitoline* intensamente fratturati (al letto). Gli indicatori di movimento rilevati sul piano di faglia hanno mostrato una direzione di trasporto tettonico del tetto verso NNE. La

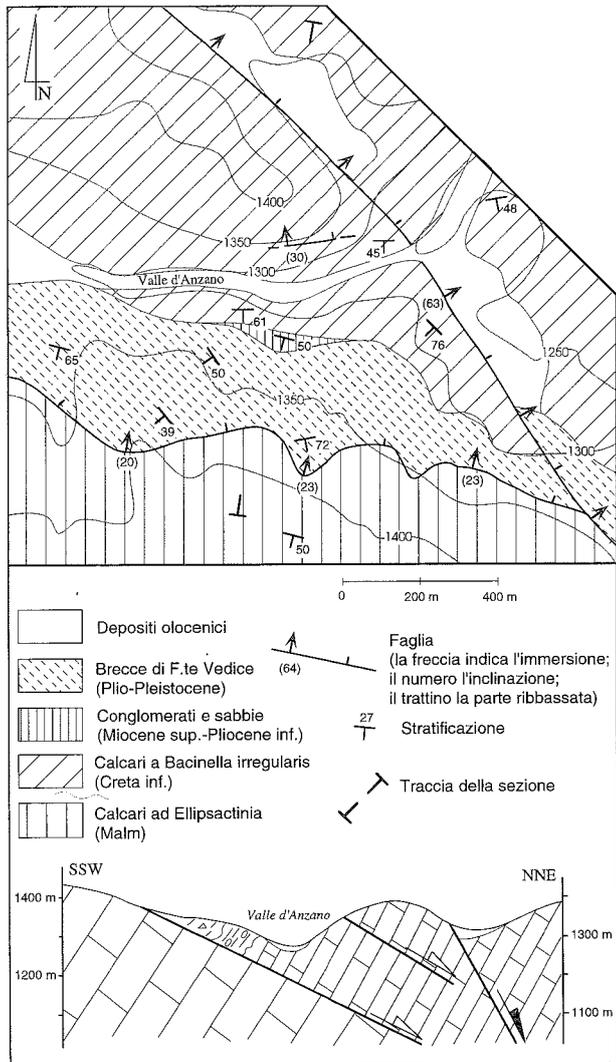


Fig. 2 - Valle d'Anzano. Schema geologico e profilo.

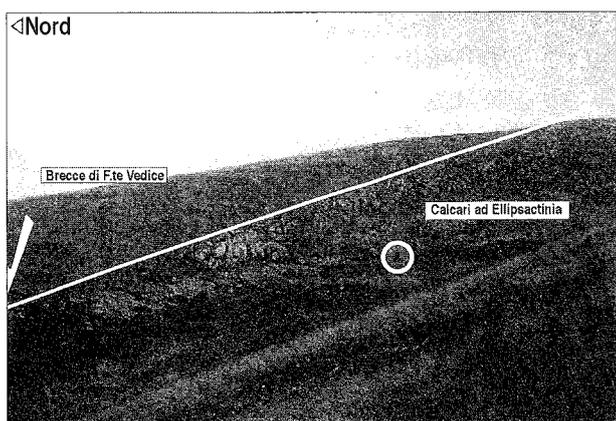


Fig. 3 - Veduta ravvicinata della faglia d'Anzano. Per le dimensioni fare riferimento alla persona nel circolo bianco.

faglia a basso angolo è tagliata da una faglia diretta ad alto angolo che interrompe altresì la continuità di una faglia a componente di movimento trascorrente la quale divide i calcari con *Orbitoline* del Cretaceo dai calcari con *Orbitopsella praecursor* del Lias medio. Il rigetto della faglia diretta ad alto angolo, che si segue

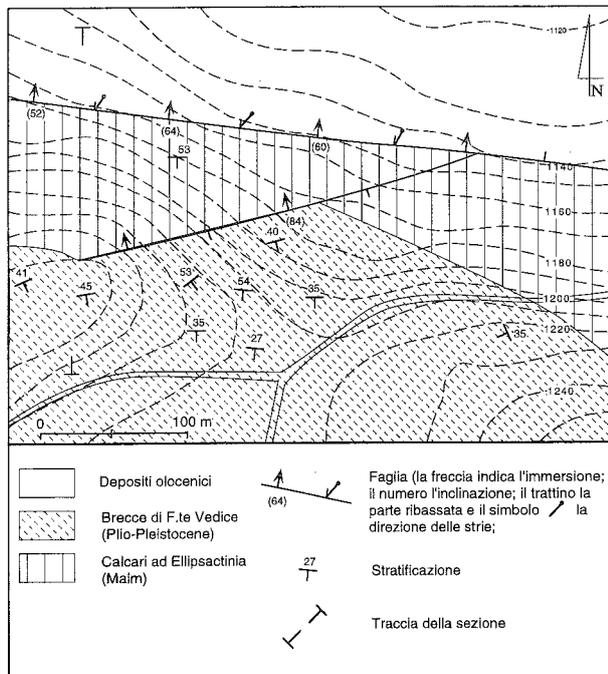


Fig. 4 - Sella di Calascio. Schema geologico.

verso ovest alla base del versante settentrionale del Monte della Selva (dove individua una piccola depressione endoreica di forma allungata), diminuisce progressivamente verso est, in concomitanza con l'enucleazione di due faglie dirette poste più a nord e più a sud. Le relazioni geometriche osservate e la forte pendenza mostrata dalla stratificazione delle breccie, mostrano chiaramente la posteriorità delle faglie distensive ad alto angolo rispetto a quella a basso angolo.

Sulla base dei rapporti geometrici e stratigrafici favorevolmente esposti nelle località sopra descritte, riteniamo che lo stile deformativo sia caratteristico dell'area. Costante è infatti la presenza di forti pendenze della stratificazione verso sud-ovest con evidenze, a diverse scale di osservazione, di due ordini di faglie dirette, ad alto e basso angolo. Tale stile tettonico, prodotto dalla rotazione di blocchi intorno ad assi orizzontali in un contesto estensionale, è descritto ampiamente in letteratura come modello a "domino" (vedi tra gli altri WERNICKE & BURCHFIEL, 1982 e JACKSON & MC KENZIE, 1983). Secondo questo modello una serie di blocchi delimitati da faglie normali ruota, col procedere della distensione, intorno ad assi orizzontali portando alla disattivazione della prima generazione di faglie (ruotate fino a pendenze di 25°-30°) e alla formazione di una nuova serie di faglie ad alto angolo (65°-70°). Una semplice costruzione geometrica, con l'assunzione di un comportamento rigido dei blocchi, permette di stimare il valore dell'estensione (Fig. 8).

In base alla costante relazione geometrica tra faglia a basso ed alto angolo e stratificazione (Fig. 9) riteniamo di poter assumere che precedentemente alla tettonica estensionale non siano intervenute sensibili rotazioni su assi orizzontali della stratificazione. Tale osservazione è confortata dalla semiconcordanza, sui versanti basculati (Fig. 10), tra *Breccie di Fonte Vedice* e calcari. I contatti sub-verticali apparentemente inversi

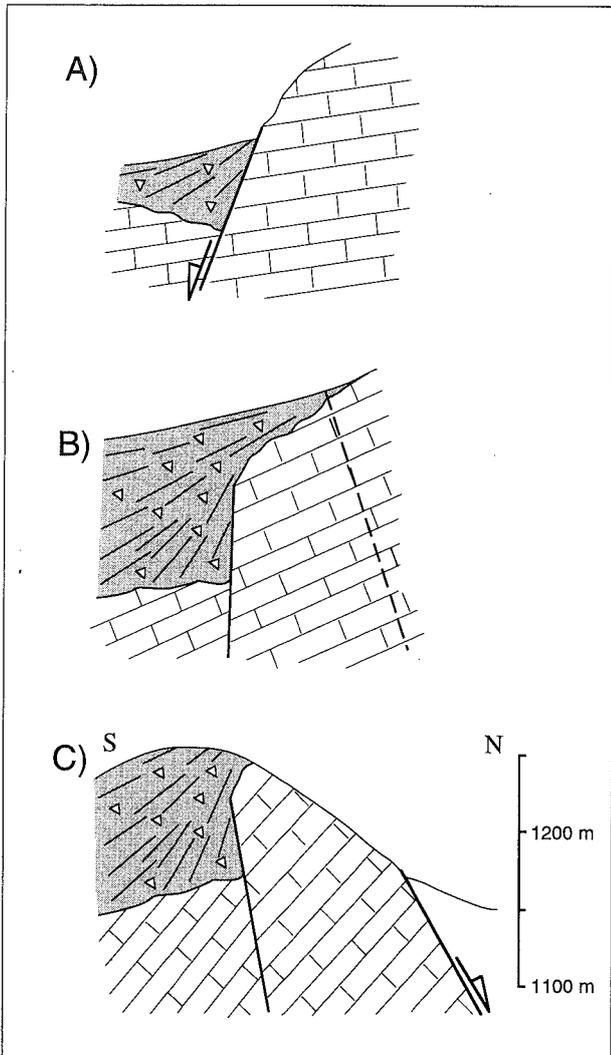


Fig. 5 - Schema dell'evoluzione morfologico-strutturale della Sella di Calascio. La fase C corrisponde all'attuale (traccia del profilo in figura 5). Il carattere apparentemente inverso della faglia sub-verticale tra calcari ad *Ellipsactinia* (Malm) e *Brecce di Fonte Vedice* è dovuto alla rotazione oltre la verticale della faglia diretta inizialmente immergente a sud.

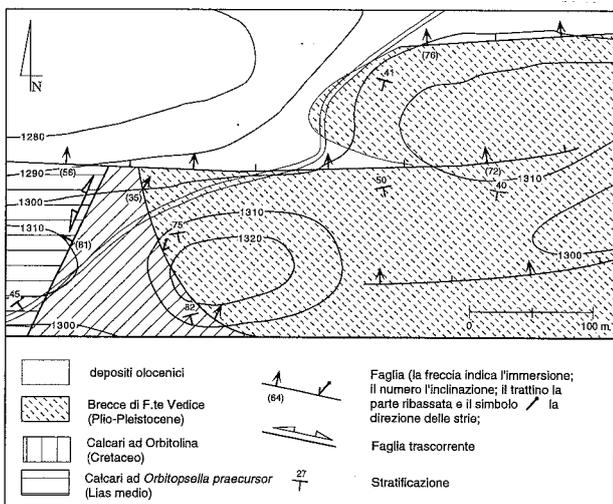


Fig. 6 - Cognolelle. Schema geologico.

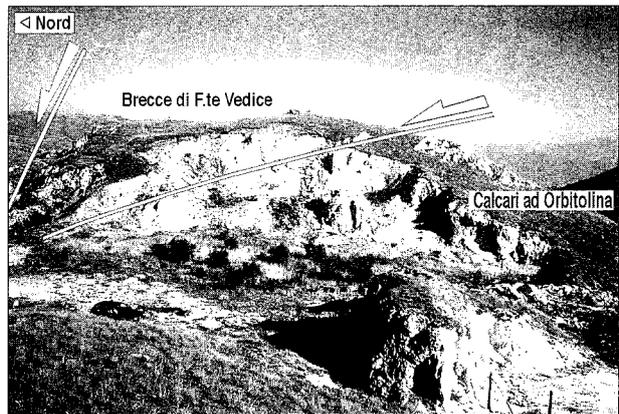


Fig. 7 - Cognolelle. Faglia diretta a basso angolo tra calcari ad *Orbitoline* e *Brecce Fonte Vedice*. La faglia a basso angolo è troncata sulla sinistra (nord) da una faglia diretta ad alto angolo che individua una piccola depressione tettonica.

tra calcari e breccie (Figg. 4 e 5) possono venir spiegati, secondo questo modello, attraverso la rotazione oltre la verticale di faglie minori antitetiche immergenti a sud (Fig. 8; vedi ad esempio JACKSON *et alii*, 1982). La costante pendenza della stratificazione oltre i  $50^\circ$  e la presenza di due generazioni di faglie normali sembra essere compatibile con un valore di estensione maggiore del 50-60% per l'area presa in considerazione (Fig. 8).

Ulteriori elaborazioni del modello a "domino", che non modificano sostanzialmente il valore dell'estensione, introducono una deformazione interna dei blocchi (WALSH & WATTERSON, 1991) risolvendo in questa maniera anche i problemi legati alla necessità di un livello di scollamento duttile utile per compensare la rotazione dei blocchi.

#### COLLOCAZIONE NEL QUADRO GEOLOGICO EVOLUTIVO DEL GRAN SASSO

Dall'esame dello schema geologico del Gran Sasso (Fig. 1) si può notare come l'area caratterizzata da tettonica estensionale a "domino" su faglie dirette rotazionali sia compresa tra i due allineamenti Campo Imperatore - Monte Scinderella a nord e M. Rofano - Piano Viano a sud-ovest. L'area mostra, inoltre, peculiari caratteristiche morfologiche date dalla presenza di strette dorsali e depressioni controllate tettonicamente, allungate in direzione appenninica.

Il margine sud-occidentale dell'area (Fig. 1) consiste in un allineamento di faglie dirette che isolano un alto strutturale (dorsale Monte Rofano - Monte Ruzza - Monte della Selva) costituito da termini di età triassico superiore - liassico inferiore (SERV. GEOL. D'ITALIA, 1963; ADAMOLI *et alii*, 1978) sostituito verso sud-est dal sistema di faglie di Piano Viano - Buto. Ai caratteri strutturali e morfologici di tipo estensionale del sistema di faglie di Piano Viano-Buto fa riscontro la presenza di termini più antichi al tetto, che permette di ipotizzare una riattivazione in distensione (D'AGOSTINO *et alii*, 1994) di un preesistente elemento compres-

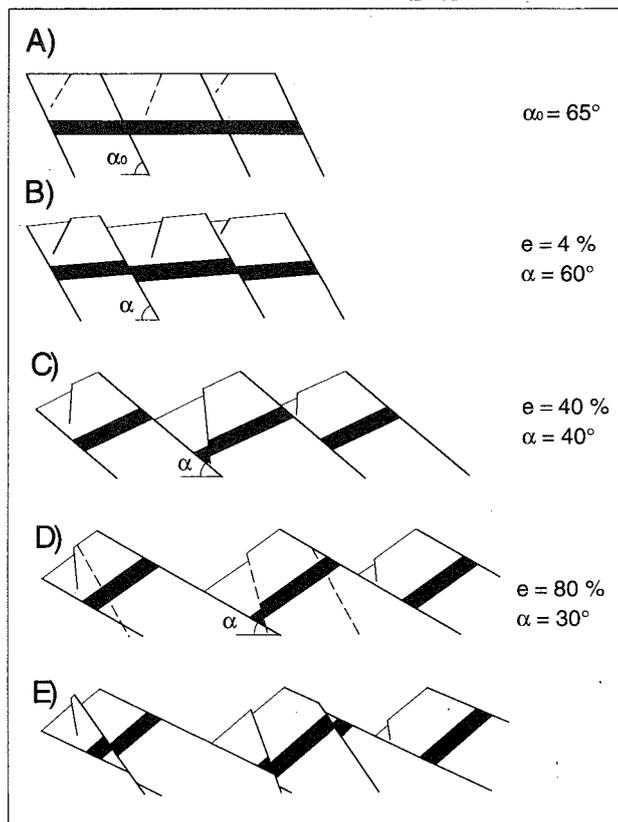


Fig. 8 - Modello di evoluzione tettonica per faglie a "domino". A partire da un'iniziale configurazione data da blocchi delimitati da faglie dirette ad alto angolo, la progressiva rotazione su assi orizzontali delle faglie e dei blocchi circoscritti porta alla disattivazione della prima generazione di faglie dirette per valori di estensione maggiori di circa il 50-60% (C-D). Oltre questo valore si forma un nuovo set di faglie dirette ad alto angolo (E). Faglie dirette antitetiche minori di prima generazione possono venir ruotate oltre la verticale assumendo carattere inverso e venire eventualmente riattivate con senso di movimento invertito.

sivo retroergente rispetto alla direzione di trasporto tettonico regionale (GHISETTI & VEZZANI, 1991).

La forma circa triangolare dell'area in esame implica che i valori cumulativi di estensione siano massimi verso est e diminuiscano progressivamente verso il "vertice" occidentale compreso tra il Monte Rofano e il Monte Scinderella. Considerando i dati di carattere strutturale (GHISETTI & VEZZANI, 1986) e paleoma-

gnetico (DELA PIERRE *et alii*, 1992) che mettono in luce meccanismi di rotazione antioraria durante la strutturazione dell'edificio del Gran Sasso, risulta evidente come i settori caratterizzati da massima estensione siano posti al retro delle unità maggiormente avanzate del sistema a *thrust* (Fig. 11) evidenziando quindi le relazioni reciproche, in termini cinematici, tra processi compressivi ed estensionali. A conforto di ciò si osserva che:

1) i valori di estensione stimati, maggiori del 50-60%, sono quasi un ordine di grandezza maggiori di quelli normalmente invocati per le aree di catena (GHISETTI *et alii*, 1993; CALAMITA *et alii*, 1994).

2) La lunghezza e la spaziatura delle faglie dirette sono rappresentative dello spessore dello strato a comportamento fragile sottoposto a estensione. In questo senso la rotazione di blocchi di faglia di dimensioni limitate (massimo 1-2 km in pianta) difficilmente sembra essere compensabile al livello di transizione fragile/duttile (10-15 km) nel basamento. Più verosimilmente un disaccoppiamento meccanico all'interno della successione sedimentaria potrebbe consentire la sovrapposizione verticale di stili deformativi differenti.

3) La quota media dell'area si mantiene piuttosto elevata (1000-1500 m; Fig. 12) rispetto agli alti valori di estensione, suggerendo che lo strato sottoposto ad assottigliamento per estensione, sia stato contemporaneamente soggetto a movimenti verticali di sollevamento.

Alternativamente non si può escludere che l'assetto strutturale osservato nelle aree interne dell'arco del Gran Sasso rifletta la variazione a direzione E-W nella geometria dei sistemi distensivi di ordine maggiore (immergenti a sud) posti al retro delle strutture compressive. E' possibile infatti osservare come, procedendo da ovest a est, l'estensione, inizialmente distribuita su più elementi tettonici (faglia delle Tre Stelle, faglia di Valle Fredda; GHISETTI & VEZZANI, 1990) si concentri sul sistema di faglie bordiere di Campo Imperatore. A tetto di quest'ultima faglia ciò potrebbe avere causato la formazione di sistemi antitetici a "domino" immergenti verso nord e associati a forte estensione superficiale. A favore di quest'ultima ipotesi sembra essere l'età dei depositi continentali dislocati (*Brecce di Fonte Vedice*, attribuite da BERTINI *et alii*, 1989, al Pleistocene inferiore-medio) più difficilmente compatibile con l'ipotesi di estensione superficiale contemporanea agli accavallamenti.

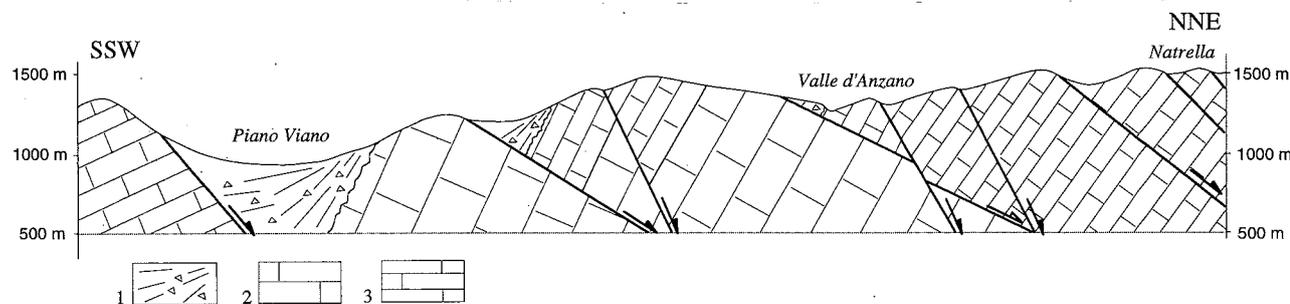


Fig. 9 - Sezione geologica Piano Viano - Natrella. Si possono notare: 1) le faglie dirette a basso angolo tagliate dalla seconda generazione di faglie dirette ad alto angolo; 2) la semiconcordanza delle *Brecce di Fonte Vedice* con i calcari mesozoici; 3) la presenza di termini più antichi al tetto della faglia di Piano Viano. Lo stile tettonico è compatibile con un'estensione maggiore del 50-60%.

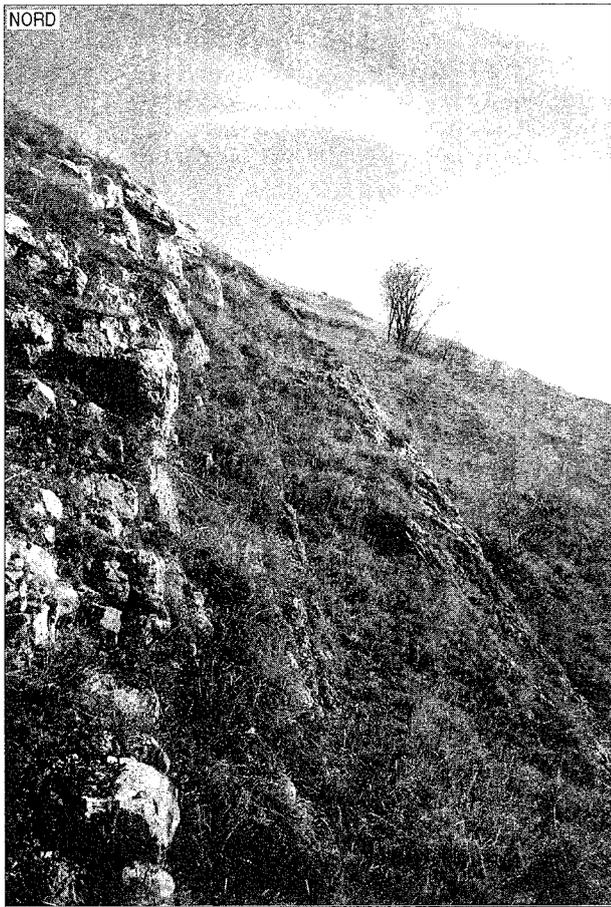


Fig. 10 - Costarelle. Contatto stratigrafico semi-concordante tra *Breccie di Fonte Vedice* e calcari del Cretaceo Inferiore. La disposizione a ventaglio della stratificazione delle breccie suggerisce un basculamento sin-deposizionale del blocco di faglia.

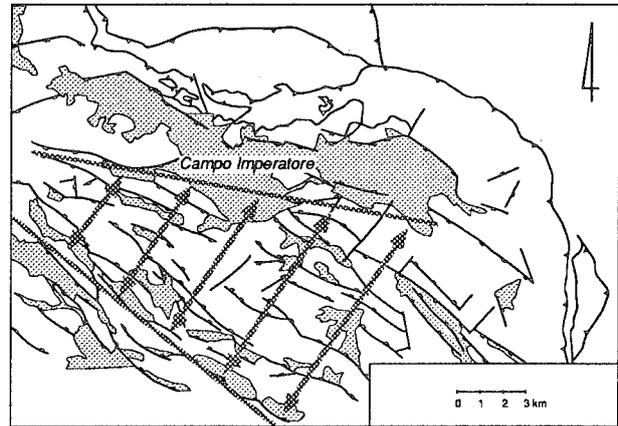


Fig. 11 - Modello cinematico della tettonica estensionale interna al fronte del Gran Sasso. L'area caratterizzata da faglie rotazionali a "domino" è compresa tra i due allineamenti Campo Imperatore - Monte Scinderella a nord, e M. Rofano - Piano Viano a sud-ovest.

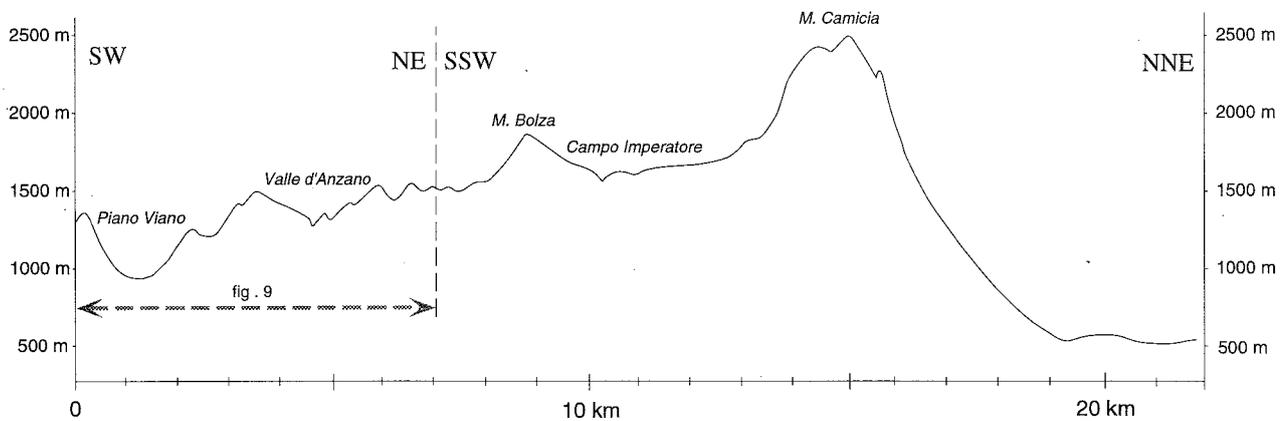


Fig. 12 - Profilo topografico (traccia in Fig. 1). La sezione mostra le differenti caratteristiche morfologiche riflesse dei diversi stili deformativi. La parte più settentrionale vede il forte incremento di elevazione morfologica associata ai *thrust* frontali della catena. Al retro di questi si riconosce la larga depressione tettonica di Campo Imperatore a sud della quale la lunghezza d'onda media del rilievo diminuisce sensibilmente suggerendo la presenza di uno stile deformativo a carattere più pellicolare.

## CONCLUSIONI

Le evidenze sopra esposte permettono di prendere in considerazione meccanismi estensionali sincroni con le fasi di accavallamento o, in alternativa, legati alla geometria dei sistemi distensivi orientati E-W, di ordine maggiore, posti internamente ai fronti di sovrascorrimento del Gran Sasso. Nel primo caso il forte incremento dell'elevazione morfologica contemporaneo alla strutturazione fuori-sequenza del Gran Sasso, as-

sociato alla cinematica indotta nei settori interni dallo sviluppo di un *thrust sheet* arcuato, potrebbe rendere conto di meccanismi distensivi pellicolari sin-compressivi. Meccanismi simili descritti da COWARD (1981) e da FISCHER & COWARD (1982) prevedono che al retro delle strutture arcuate si creino delle aree di "flusso estensionale" indotte dalla cinematica dell'arco stesso.

Nel secondo caso, l'estensione osservata sarebbe legata alla formazione di strutture antitetiche di ordine minore (rispetto ai sistemi di faglie orientati E-W

immergenti a sud) sviluppatasi nelle zone piú orientali dell'arco, dove l'estensione si concentra su di un unico elemento, dando luogo, inoltre, alla depressione tettonica di Campo Imperatore. La riattivazione in distensione di elementi compressivi retrovergenti (faglia di Piano Viano - Buto) suggerisce che i movimenti estensionali pellicolari si esauriscano in livelli di scollamento precedentemente attivati in compressione.

#### RINGRAZIAMENTI

Un particolare ringraziamento a SUSANNA SALVATI e PAOLO BALDI per l'ospitalità nella loro bellissima casa di Rocca Calascio.

#### BIBLIOGRAFIA

- ADAMOLI L., BERTINI T., CHIOCCHINI M., DEIANA G., MANCINELLI A., PIERUCCINI U. & ROMANO A. (1978) - *Ricerche geologiche sul Mesozoico del Gran Sasso d'Italia (Abruzzo). II. Evoluzione tettonico sedimentaria dal Trias superiore al Cretaceo inferiore dell'area compresa tra il Corno Grande e S. Stefano di Sessanio (F 140 Teramo)*. Studi Geol. Camerti, **4**, 7-18.
- ADAMOLI L., BERTINI T., CHIOCCHINI M., DEIANA G., MANCINELLI A., PIERUCCINI U. & ROMANO A. (1981/82) - *Ricerche geologiche sul Mesozoico del Gran Sasso d'Italia (Abruzzo). V. Evoluzione tettonico sedimentaria dal Trias superiore al Cretaceo inferiore dell'area compresa tra M. Camicia e Ofena (F 140 Teramo)*. Studi Geol. Camerti, **7**, 89-95.
- BERTINI T., BOSI C. & GALADINI F. (1989) - *La conca di Fossa - S. Demetrio dei Vestini*. In: *Elementi di tettonica pliocenico-quadernaria ed indizi di sismicità olocenica nell'Appennino laziale-abruzzese*. Guida all'escursione della Società Geologica Italiana, 26-58.
- CALAMITA F., COLTORTI M., FARABOLLINI P. & PIZZI A. (1994) - *Le faglie normali quaternarie nella dorsale appenninica umbromarchigiana: proposta di un modello di tettonica di inversione*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. 1994/1, 211-225.
- COWARD M.P. (1981) - *Gravity spreading in the Moine Thrust Zone*. Abstract to Tectonic Studies Group Meeting, Keele, 1980. J. Struct. Geol., **3**, 186.
- D'AGOSTINO N., FUNICIELLO R., SPERANZA F. & TOZZI M. (1994) - *Caratteri della tettonica distensiva nell'Appennino Centrale: l'area di Stefano Sessanio - Calascio (L'Aquila)*. Boll. Soc. Geol. It., **113**, 37-53.
- DELA PIERRE F., GHISETTI F., LANZA R. & VEZZANI L. (1992) - *Paleomagnetic and structural evidence of Neogene tectonic rotation of the Gran Sasso range (central Apennines, Italy)*. Tectonophysics, **215**, 335-348.
- DEMANGEOT J. (1965) - *Geomorphologie des Abruzzes adriatiques*. Centre Recherche et Documentation Cartographiques Memoires et Documents, Numero hors serie, 1-403. Paris.
- FISCHER M.W. & COWARD M.P. (1982) - *Strain and folds within thrust sheets: an analysis of the Heilam sheet, northwest Scotland*. Tectonophysics, **88**, 291-312.
- GHISETTI F. & VEZZANI L. (1986) - *Assetto geometrico ed evoluzione strutturale della catena del Gran Sasso tra Vado di Siella e Vado di Corno*. Boll. Soc. Geol. It., **105**, 131-171.
- GHISETTI F. & VEZZANI L. (1990) - *Stili strutturali nei sistemi di sovrascorrimento della catena del Gran Sasso (Appennino centrale)*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec., 37-50.
- GHISETTI F. & VEZZANI L. (1991) - *Nothward polarity of thrusting and out-of-sequence deformations in the Gran Sasso chain*. Tectonics, **10**, 904-919.
- GHISETTI F., BARCHI M., BALLY A.W., MORETTI I. & VEZZANI L. (1993) - *Conflicting balanced structural sections across the Central Apennines (Italy): problems and implications*. In: SPENCER A.M. (ed.): "Generation, accumulation and production of Europe hydrocarbons III", Special Publication of the European Association of Petroleum Geoscientists. N. 3.
- JACKSON J. & MC KENZIE D.P. (1983) - *The geometrical evolution of normal fault systems*. J. Struct. Geol., **5**, 471-482.
- JACKSON J., KING G. & VITA FINZI C. (1982) - *The neotectonics of the Aegean: an alternative view*. Earth Plan. Sci. Lett., **61**, 303-318.

- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1963) - *Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000. Foglio 140 Teramo*.
- WALSH J. & WATTERSON J. (1991) - *Geometric and kinematic coherence and scale effects in normal fault systems*. In: ROBERTS A.M., YIELDING G. & FREEMAN B. (eds.) - *Geometry of Normal Faults*. Spec. Pubbl. Geol. Soc. Lond., **56**, 193-203.
- WERNICKE B. & BURCHFEL B.C. (1982) - *Modes of extensional tectonics*. J. Struct. Geol., **4**, 105-115.

