

**EVOLUZIONE TETTONICO-SEDIMENTARIA NEOGENICA  
DEL BORDO TIRRENICO DEI MONTI NEBRODI (SICILIA SETTENTRIONALE)**

INDICE

RIASSUNTO	pag. 293
ABSTRACT	” 293
INTRODUZIONE	” 294
LINEAMENTI STRATIGRAFICI DEL SUBSTRATO DEFORMATO	” 294
<i>Flysch Numidico</i>	” 294
<i>Successioni Alloctone “Sicilidi”</i>	” 294
DEPOSITI SIN- E TARDO-OROGENI	” 295
<i>Calcareniti e Calciruditi di M. Pomiere (CCP)</i>	” 295
<i>Flysch di Reitano</i>	” 295
<i>Conglomerati di Caronia</i>	” 296
<i>Successioni supramioceniche-infraplioceniche</i>	” 297
EVOLUZIONE TETTONICO SEDIMENTARIA NEOGENICA	” 300
TETTONICA PLIO-QUATERNARIA	” 302
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	” 302
BIBLIOGRAFIA	” 305

RIASSUNTO

L'evoluzione tettonico-sedimentaria neogenica del settore tirrenico dei Monti Nebrodi è stata controllata da una tettonica compressiva che ha interessato l'area a partire dal Miocene inferiore. Nel Plio-Pleistocene si assiste allo sviluppo di faglie normali associate al forte sollevamento areale della zona e al collasso del margine tirrenico meridionale. I principali stadi dell'evoluzione tettonico-sedimentaria di quest'area possono essere riassunti come segue:

a) nel Burdigaliano le Unità Sicilidi (*Flysch di Monte Soro*, *Argille varicolori*, *Flysch di Troina - Tusa* ed elementi numidici di pertinenza sicilide), già in parte strutturate nell'Aquitano, sovrascorrono sul *Flysch Numidico*.

b) In discordanza sul substrato deformato si deposita il *Flysch di Reitano*, che poggia, negli affioramenti più estesi intorno a Reitano, Caronia e Capizzi, su vari termini alloc-toni costituiti prevalentemente da scaglie non coeve di *Flysch di Monte Soro* e dai livelli apicali, tuffitici del *Flysch di Troina - Tusa*. In quest'area la deposizione del *Flysch di Reitano* è preceduta da depositi discontinui conglomeratici di origine fluviale e/o marino-prossimale i cui clasti suggeriscono alimentazione da unità dell'Arco Calabro-Peloritano. Nell'affioramento più settentrionale, nella zona di Mistretta e lungo la Fiumara di Tusa, i livelli basali argilloso-arenacei del *Flysch di Reitano*, discordanti sul substrato, hanno un'età burdigaliana e sono quindi posteriori alla deformazione del substrato sicilide.

La sedimentazione del *Flysch di Reitano* si chiude con un altro membro conglomeratico apicale (*Conglomerati di Caronia*) presente nel settore orientale del placcone di Mistretta. Questi conglomerati contengono abbondanti clasti di rocce cristalline e subordinati elementi carbonatici. Le aree di alimentazione e le rocce madri sono da ricondurre ai basamenti cristallini delle unità calabridi, già abbondantemente erosi e ai conglomerati presenti alla base della formazione.

c) Alla fine della deposizione del *Flysch di Reitano* si registra il trasporto verso sud delle porzioni più interne dello stesso che, insieme al suo substrato, viene traslato verso sud lungo piani di scollamento localizzati all'interno del *Flysch Numidico*. Quest'ultimo infatti mostra una parziale sovrapposizione sul placcone più meridionale di Capizzi.

Questo episodio deformativo è post-datato da biolititi e calcari bioclastici del Tortonian superiore - Messiniano inferiore, che poggiano in discordanza a mezzo di una superficie d'erosione sul *Flysch di Reitano*, nel versante tirrenico dei Monti Nebrodi (zona di S. Stefano di Camastra - Caronia). Sui sedimenti bioclastici in framessiniani poggiano conglomerati, sabbie e argille di età messiniana. I conglomerati messiniani presentano, a differenza di quelli più antichi, un'abbondante frazione di clasti quarzarenitici del *Flysch Numidico*. La fase compressiva, avvenuta posteriormente alla deposizione del *Flysch di Reitano*, ha prodotto nuovi spartiacque e le scaglie di *Flysch Numidico* affioranti vengono erose alimentando le aree settentrionali peritirreniche oltre che quelle meridionali del bacino di Caltanissetta.

d) La tettonica compressiva si è protratta almeno fino al Pliocene Inferiore-Medio dal momento che sul versante meridionale dei Monti Nebrodi, i *Trubi* del Pliocene Inferiore sono coinvolti nei *footwalls* dei *thrusts*. Faglie trascorrenti destre a direzione NW-SE sono presenti in questo settore nebrodico dove alcune delle strutture post-messiniane sono traspressive come si osserva lungo il bordo meridionale della catena. La particolare geometria delle faglie trascorrenti avrebbe creato trazione anche nel bordo tirrenico della catena e quindi strutture estensionali localizzate lungo particolari settori delle trascorrenze possono essersi originate anche a partire dal Messiniano.

e) Faglie normali listriche a notevole rigetto sono state sicuramente attive a partire dal Plio-Pleistocene e hanno in gran parte originato la presente configurazione morfologica della costa.

ABSTRACT

The Neogene tectono-sedimentary evolution of the northern side of the Nebrodi Mountains flanking the southern Tyrrhenian basin, can be summarized as follows: Early stages of compressional deformation are recorded during Burdigalian times, when Sicilide units (e.g. *Monte Soro Flysch*, *Tusa Tuffites*), already partly deformed, were emplaced above the *Numidian Flysch*. Following this deformational climax, a deposition of siliciclastic sediments during Lower-Middle Miocene took place. This succession displays a lower member which consists of coarse proximal conglomerates rich in large cobble-boulder sized clasts of crystalline rocks and Mesozoic carbonates, shed from the Calabro-Peloritano units. The intermediate member (the *Reitano Flysch s.s.*) consists of a pelitic-arenaceous succession up to 500-600 m thick which, in turn, passes upwards to an upper member (*Caronia conglomerates*) made by a few hundred meters of proximal marine conglomerates. They contain clasts displaying the same composition of those found in the lower member, well rounded and with high sphericity, consistent with hypothesis of cannabalisation.

This syn-orogenic depositional episode pre-dates a further compressional acme occurred at the close of the Mio-

(\*)Istituto di Geologia e Geofisica - Università di Catania.

(\*\*)Istituto Policattedra di Oceanologia e Paleoecologia - Università di Catania.

cene. During this deformational episode, deep decollement planes cut through the *Numidian Flysch* carrying the more internal *Reitano Flysch* deposits of the Reitano - Mistretta area above coeval successions, deposited towards the outer edge of the basin, in the Capizzi area.

The Late Miocene deformational event has created both new topography and new source areas for siliciclastic sediments deposited within the perityrrhenian basins. In fact, upper Messinian conglomerates, unconformably deposited above older deformed substrata along the modern Tyrrhenian coastline exhibit, together with crystalline and carbonatic clasts, a large number of quartzarenitic clasts, sourced by *Numidian Flysch* units, uplifted in southern areas after the thrusting.

During Messinian - Early Pliocene times dextral transcurrent faults trending NW-SE affected the Tyrrhenian side of the Nebrodi Mountains. An interplay of compressional (transpressive) and extensional (intertransverse) features gave rise to distinct structural compartments.

The last compressional episodes on the southern foothills of the Nebrodi Mountains are pre-dated by the Lower Pliocene *Trubi* chalks. True extensional structures associated with the collapse of the southern Tyrrhenian margin and conspicuous rates of uplift of the northern Sicilian mountains belt, took place from Late Pliocene onwards.

**PAROLE CHIAVÉ:** Margine tirrenico meridionale, Sicilia settentrionale, Neogene, Tettonica e sedimentazione.

**KEY WORDS:** Southern Tyrrhenian margin, Northern Sicily, Neogene, Tectonics and sedimentation.

## INTRODUZIONE

I Monti Nebrodi costituiscono un esteso segmento della catena maghrebide in Sicilia centro-settentrionale. Essi sono in massima parte costituiti da successioni terrigene tardo-mesozoiche e terziarie, interposte tra le unità cristalline calabro-peloritane affioranti ad est, nei Monti Peloritani e le unità derivanti dalla deformazione, prevalentemente carbonatiche, del paleomargine africano affioranti largamente nelle Madonie, nei Monti di Palermo e in Sicilia occidentale.

Questo segmento di catena si è delineato in massima parte nel Neogene in seguito alla deformazione di unità appartenenti a domini paleogeografici "interni" rispetto ai domini carbonatici del margine africano, trasportate tettonicamente su successioni "esterne" deposte in avansosse precoci, costituite dall'oligo-miocenico *Flysch Numidico* (OGNIBEN, 1960, AMODIO-MORELLI *et alii*, 1976, LENTINI & VEZZANI, 1978, GIUNTA, 1985).

La strutturazione neogenica di questo settore di catena è andata al passo con la deposizione di successioni terrigene sin- e post-orogeniche che permettono di ricostruire la sequenza spazio-temporale degli eventi tettonici, delle geometrie e della cinematica della deformazione.

Questo tratto di catena è stato interessato nel Miocene da una evoluzione strutturale simile, nei tempi e nelle modalità deformative, a quella di altri settori appenninico-maghrebidi. Successivamente la sua storia deformativa è stata fortemente condizionata dalla tettonica connessa all'apertura del Tirreno meridionale.

## LINEAMENTI STRATIGRAFICI DEL SUBSTRATO DEFORMATO

### *Flysch Numidico*

Il *Flysch Numidico* (OGNIBEN, 1960) affiora estesamente nei Monti Nebrodi; esso rappresenta in gran

parte l'originaria copertura terrigena di età oligo-miocenica delle successioni carbonatiche appartenenti al Dominio Imerese. La sedimentazione del *Flysch Numidico* si è estesa anche al Dominio Panormide ed in parte a quello Sicilide nel Miocene inferiore, quando in corrispondenza di questi terreni si è delineata un'avansossa.

Esso è costituito da argille color bruno tabacco alternate a potenti bancate quarzarenitiche. La parte inferiore, oligocenica, è solitamente costituita da argilliti più o meno scagliettate con pochi e sottili livelli arenacei, mentre la parte superiore è caratterizzata soprattutto dalle intercalazioni quarzarenitiche, riferibili a depositi in facies di conoide passanti a volte a facies di scarpata con grossi corpi arenitico-ruditici canalizzati, sviluppatisi in coincidenza con un basso eustatico di portata globale (HAQ *et alii*, 1987; BENOMRAN *et alii*, 1989).

Notizie sulla provenienza dei clasti delle arenarie numidiche, secondo WEZEL (1970) sono ricavabili dalla composizione mineralogica delle quarzareniti costituite prevalentemente da quarzo, con rari feldspati e miche. La roccia madre è probabilmente identificabile con le arenarie nubiane e i conglomerati quarzosi affioranti nel nordafrica di età compresa tra il Cambriano ed il Cretaceo.

BENOMRAN *et alii* (1989) elaborano un modello paleogeografico sull'area sorgente delle arenarie numidiche durante l'Oligocene superiore. Le arenarie numidiche appartenevano alle sabbie fluviali della *Formazione Fortuna* diffuse nell'*offshore* tunisino. Queste sabbie progredivano da ovest verso est e ad episodi venivano mobilizzate verso il bacino numidico posto tra il paleoblocco pelagiano e la catena Kabilo-Calabride.

Il *Flysch Numidico*, pur essendo legato ad un'ampia avansossa esterna come quella imerese, arrivava ad interessare anche domini più interni; esso si sedimentava infatti sui terreni sicilidi durante l'Aquitano-Burdigaliano (Unità di Nicosia) fino alla fase di chiusura del bacino di sedimentazione numidico, che cesserebbe di esistere a partire dal Langhiano inferiore (GIUNTA, 1985).

Nell'area in studio, dal punto di vista strutturale, il *Flysch Numidico* è suddivisibile in due unità tettoniche di estensione regionale (l'Unità di Monte Castelli e l'Unità di Monte Sambughetti, v. avanti), a loro volta costituite da diverse scaglie tettoniche sud-vergenti, in ricoprimento le une sulle altre, probabilmente scolate in corrispondenza degli orizzonti oligocenici (Tav. 1).

Lungo la Fiumara di Pollina, in Contrada Piano della Chiesa, sono stati campionati dei livelli con associazioni faunistiche caratterizzate dalla presenza di *Paragloborotalia acrostoma* e *Globigerinoides* sp. riferibili al Burdigaliano. Lo spessore della formazione risulta molto variabile, le potenze individuate per l'unità inferiore (Monte Sambughetti) è di circa 1500 metri e per l'unità superiore (Monte Castelli) è di circa 500 metri.

### *Successioni alloctone "Sicilidi"*

Le Unità "Sicilidi" (OGNIBEN, 1960), costituite da successioni di bacino deposte nella lacerazione oceanica interposta tra i margini continentali africano ed europeo durante il Cretaceo e il Paleogene, danno luogo a coltri alloctone molto estese nei Monti Nebrodi (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 1972, F° 611 *Mistretta*).

I sedimenti piú antichi sono riconoscibili nel supracretaceo, *Flysch di Monte Soro* (OGNIBEN, 1960; VEZZANI, 1974, COCCIONI & MONECHI, 1994) che nell'area in studio si presenta intensamente tettonizzato. Il membro inferiore, piú esteso in affioramento, si presenta come un'alternanza di argille e argille marnose di colore verdastro, quasi sempre scagliettate con frequenti intercalazioni di calcari marnosi in strati di 10 - 15 cm, e con livelli di brecciole ad elementi calcarei. Il membro superiore, quarzarenitico, affiora nella zona di Monte Malaspina e a SE di Mistretta (Tav.1). Si tratta di arenarie a grana fine con sottili intercalazioni di argille grigie talora rosse e verdi; le arenarie hanno un aspetto saccaroide, un colore grigio-giallastro e verdastro al taglio fresco e sono costituite in prevalenza da granuli angolosi di quarzo e feldspato.

Il *Flysch di Monte Soro* poggia tettonicamente sul *Flysch di Troina - Tusa* (WEZEL & GUERRERA, 1973, ex "Tufiti di Tusa" di OGNIBEN, 1964) che affiora, in lembi di limitato spessore, nelle zone di Mistretta e Tusa. La parte basale, quando presente, è costituita dalle *Argille Varicolori* di età oligocenica, alle quali segue un'alternanza di arenarie tufitiche a grana media o fine, spesso gradate, di colore verdastro, poco o mediamente cementate, e di marne grigio-verdi a frattura concoide. Le arenarie, generalmente presenti nella parte alta della formazione, sono ricche di muscovite, ma soprattutto contengono frammenti di plagioclasti, quarzo e rari clasti calcarei. Secondo WEZEL & GUERRERA (1973) e GUERRERA & WEZEL (1974) si tratta di un classico deposito oligomiocenico di fossa con detrito vulcanico derivante dallo smantellamento di archi di tipo andesitico.

Campioni raccolti nei pressi dell'abitato di Mistretta contengono un'associazione a nannofossili calcarei caratterizzata da *Cyclicargolithus abisectus*, *Sphenolithus distentus*, *S. ciperoensis*, *Helicosphaera euphratis*, *Zygrhablithus bijugatus* riferibile alla biozona NP24 (MARTINI, 1971) dell'Oligocene superiore. I foraminiferi rinvenuti nei suddetti campioni sono assai scarsi e sono rappresentati da associazioni con evidenti segni di rimaneggiamento; solo la presenza di rara *Paragloborotalia opima nana* indicherebbe un'età oligocenica.

Nei dintorni di Tusa e a sud di Monte Sambughetti (Tav. 1) le *Argille Varicolori* oligoceniche passano verso l'alto a quarzareniti numidiche (BROQUET, 1975; DUÉE, 1969) o ad alternanze di quarzareniti e arenarie tufitiche (*Flysch Numidico*, Unità di Nicosia di GIUNTA, 1985) che paleogeograficamente sono da ricondurre al margine interno dell'avanfossa inframiocenica numidica, dove apporti quarzosi si alternavano ad apporti di provenienza interna (HOYEZ & ANDREJEFF, 1975, MONTANARI, 1982, GIUNTA, 1985, GRASSO *et alii*, 1987, BENOMRAN *et alii* 1989). Il contenuto faunistico significativo dell'intervallo quarzarenitico è dato da *Globotrachina dehiscens*, *Catapsydrax dissimilis* e *Globigerinoides subquadratus* che indicano un'età inframiocenica. La potenza massima è di 150 m.

Dove le coltri hanno spessore maggiore (zona pedemontana del versante meridionale dei M. Nebrodi) è possibile osservare anche il passaggio verso il basso delle *Argille Varicolori* oligoceniche a livelli di età supracretaceo-paleogenica. Tale passaggio fra l'intervallo basale cretaceo-paleogenico alle *Argille Varicolori* oligoceniche è contrassegnato (LENTINI *et alii*, 1987) da ripetute intercalazioni di marne con livelli di risedimenti carbonatici e brecciole a macroforaminiferi di età supracretaceo-paleogenica (*F. ne di Polizzi*; OGNIBEN, 1960).

Nel settore nebrodico analizzato, il *Flysch di Monte Soro*, il *Flysch di Troina - Tusa* e l'elemento numidico piú interno che costituisce l'Unità di Nicosia mostrano contatti reciproci di natura tettonica, in cui il *Flysch di Monte Soro* occupa la posizione geometrica piú elevata, e rappresentano il *feather edge* di un cuneo di accrezione che si ispessisce verso est al contatto con le unità cristalline peloritane. La loro deformazione è da riferire all'Aquitano, in quanto predata da livelli apicali del *Flysch di Troina - Tusa*, di età suprapliocenica nell'area in studio, ma che si spinge fino all'Aquitano in altre zone (GUERRERA & WEZEL, 1974; MONTANARI, 1982), sia dall'Unità di Nicosia i cui livelli apicali sono aquitaniani. La loro messa in posto sul *Flysch Numidico* è avvenuta posteriormente, nel Burdigaliano inferiore, ed è predata dai livelli apicali (a *Paragloborotalia acrostoma*) dello stesso.

## DEPOSITI SIN- E TARDO OROGENI

### *Calcareniti e Calciruditi di Monte Pomiere (CCP)*

Il nome formazionale appare per la prima volta nel Foglio Mistretta (SERV. GEOL. D'IT., 1972). Essi affiorano nel versante meridionale di Monte Malaspina, a Rocca d'Armi, a Case Tita e a Portella Calcare (Fig. 1).

Si presentano a volte in bancate calciruditiche ad elementi arrotondati poligenici di calcari mesozoici, quarzareniti, quarzo, metamorfiti, a volte con livelli calcarenitici grigiastri a grana piú o meno fine e con lembi di calcari marnosi e quarzareniti verdastri fini.

A Rocca d'Armi questa formazione affiora ben esposta lungo il fronte di una cava in attività. Secondo GRASSO *et alii* (1993) le CCP costituiscono degli episodi sedimentari di addizionalmento di clasti grossolani canalizzati, presenti alla base o comunque nella porzione basale del *Flysch di Reitano*. GRASSO *et alii* (1993) hanno messo in evidenza l'appartenenza della *Formazione di Monte Pomiere* al *Flysch di Reitano* con il quale forma un'unica unità sedimentaria rappresentata, come anzidetto, da episodi di canalizzazione discontinui, ma ben localizzati stratigraficamente, a sedimentazione grossolana in ambiente piú o meno prossimale.

### *Flysch di Reitano*

Si tratta di un'alternanza di arenarie micacee grigio-brune o rossastre talora gradate e piuttosto grossolane, poco cementate, in strati da 20 cm a 2 metri circa. Contengono intercalazioni di argille marnose grigie o verde oliva ad abbondante contenuto silteoso, in strati generalmente decimetrici. Le geometrie deposizionali e le facies sedimentologiche del *Flysch di Reitano* qui preso in considerazione, sono state descritte in dettaglio da COSTA *et alii* (1992). Dal punto di vista petrografico si tratta di arenarie arcose generalmente immature, costituite da frammenti di feldspato, quarzo, vulcaniti e filladi, con composizioni comunque variabili da un affioramento all'altro e anche verticalmente nell'ambito della medesima colonna litologica (PUGLISI, 1979, 1987, 1992). Dal punto di vista sedimentologico esse sono state interpretate come depositi torbidi di conoidi sottomarina con tendenza regressiva (LOIACONO & PUGLISI, 1983). La loro composizione testimonia l'appartenenza ad un bacino impostatosi su unità sicilidi già deformate e delimitato verso l'interno dalle unità cristalline calabridi, a quell'epoca già strutturate.

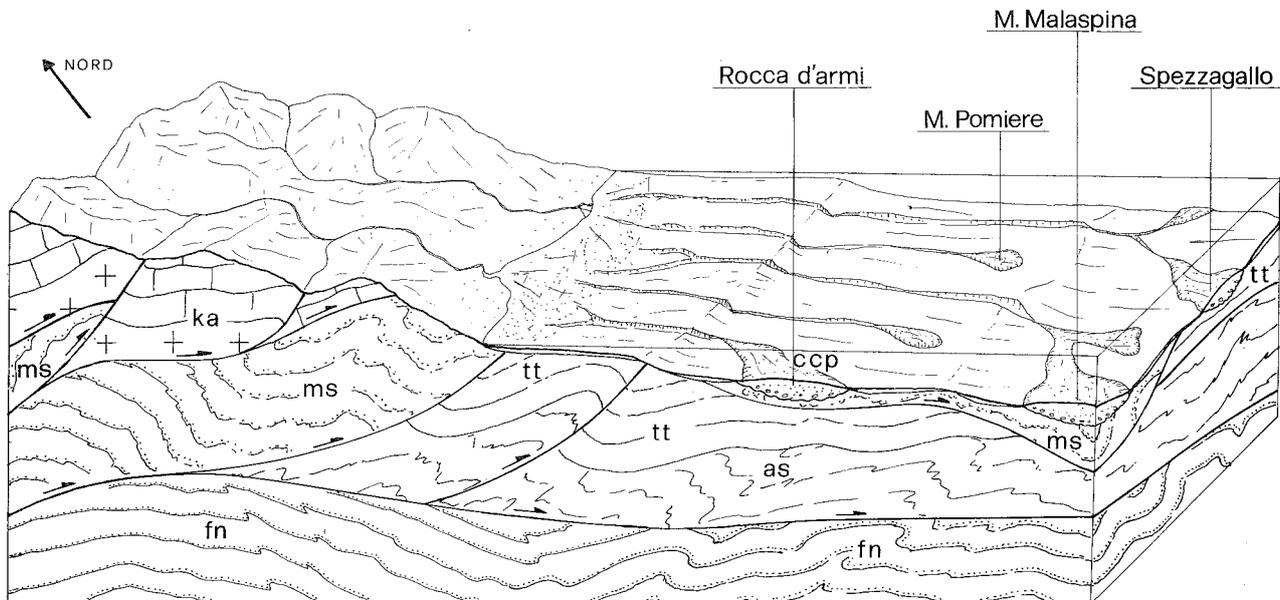


Fig. 1 - Schema deposizionale delle Calcareniti e Calciruditi del M. Pomiere (CCP) con le principali località di affioramento (v. ubicazione in Tav. 1). Il diagramma si riferisce ad un periodo di tempo (Burdigaliano inf.?) caratterizzato da uno stazionamento basso del livello di base. Le CCP, che segnano l'inizio della deposizione del *Flysch di Reitano*, si depositano su un substrato già deformato costituito da Unità Sicilidi [*Argille Scagliose Varicolori* (as), *Flysch di Monte Soro* (ms) e *Tuffi di Tusa* (tt)] già deformate e sovrascorse sul *Flysch Numidico* (fn). Le aree di alimentazione sono costituite in massima parte dalle unità cristalline calabride (ka) e dalle loro coperture carbonatiche, già ampiamente strutturate sul *Flysch di M. Soro* (ms).

Sono state misurate due sezioni stratigrafiche nella parte occidentale dell'affioramento di Mistretta - Reitano, una lungo la sponda destra del Torrente Tusa e l'altra a Monte San Cuono (Fig. 2) lungo la strada provinciale Mistretta - Motta d'Affermo.

Gli intervalli campionati in entrambe le sezioni, interessano i livelli basali affioranti, anche se è da sottolineare il generale *onlap* verso sud di tutta la formazione per cui l'intervallo campionato a M.S. Cuono risulterebbe essere più recente di quello di Torrente Tusa. Nei campioni raccolti (in Fig. 2 sono stati indicati solo quelli fossiliferi) è stato possibile identificare associazioni a foraminiferi planctonici e a nanofossili calcarei.

I foraminiferi rinvenuti nella sezione di Torrente Tusa sono caratterizzati da *Globoquadrina dehiscens* e *Globoquadrina altispira* che indicano un'età Miocene inferiore (Burdigaliano), nonostante siano presenti forme rimaneggiate eo-oligoceniche (*Turborotalia cerroazulensis*, *Globigerina tapuriensis*).

Per quanto riguarda i nanofossili calcarei (Fig. 3), di una certa rilevanza dal punto di vista biostratigrafico, risultano *Sphenolithus delphix*, la cui distribuzione è limitata a un breve intervallo indicativo del limite Oligocene-Miocene (sottozona MNN1b di FORNACIARI & RIO, 1996), e *Helicosphaera carteri*, la cui comparsa comune è segnalata nella parte alta della sottozona MNN1d di FORNACIARI & RIO, 1996 ed è indicativa di un'età aquitaniano-burdigaliana.

Nella sezione di Monte S. Cuono è significativa la presenza di *Helicosphaera ampliaptera* nei livelli apicali; questa specie infatti caratterizza l'associazione delle biozone MNN2b, MNN3a e MNN3b di FORNACIARI & RIO (1995), e indica un'età burdigaliana. Tra i foraminiferi, negli stessi livelli, è presente *Globoquadrina dehiscens*, caratteristica del Miocene inferiore.

E' da notare che in tutti i campioni esaminati, in-

sieme alle specie indicative di un'età inframiocenica, è presente una componente data da forme rimaneggiate oligoceniche, eoceniche, e altre ancora più antiche. Le forme rimaneggiate costituiscono la totalità del contenuto fossilistico in molti campioni.

#### Conglomerati di Caronia

Si tratta di conglomerati spesso fortemente cementati con clasti arrotondati con diametro massimo che non supera il metro, di natura metamorfica o plutonica o calcarea, immersi in una matrice arenaceo-micaceo-calcarea o micaceo-quarzoso-feldspatica (Fig. 4A). Il colore, variabile da punto a punto a seconda del grado di alterazione subita, è generalmente rossastro.

Nella zona di Caronia i migliori affioramenti di questo intervallo apicale del *Flysch di Reitano* si trovano ad ovest del centro abitato, in sinistra del torrente omonimo e a nord lungo la strada che conduce a Marina di Caronia, dove però la successione è ricoperta da ampi terrazzi marini pleistocenici ed è interrotta da numerose faglie normali che la raddoppiano.

Lungo la parte esposta della sezione è comunque chiaramente osservabile un passaggio concordante dal *Flysch di Reitano* ai *Conglomerati di Caronia* che ne costituiscono il *top*. In particolare si notano brusche e ripetute intercalazioni di intervalli conglomeratici spessi fino a 10 m all'interno delle alternanze pelitico-arenacee, tipiche del *Flysch di Reitano*. La successione fa parte di un'ampia monoclinale immergente verso il Tirreno con pendenze generalmente elevate. Abbondanti *slumps* (Fig. 4B) dimostrano una forte instabilità del bacino durante la deposizione del sedimento. Sui fianchi rovesciati degli *slumps* si notano gradazioni inverse che a prima vista possono indurre a considerare tutta la successione rovesciata, come sostenuto da GUERRERA & WEZEL (1974) che ne fanno la base del *Flysch di Reitano*. Anche CERETTI (1961) pone du-

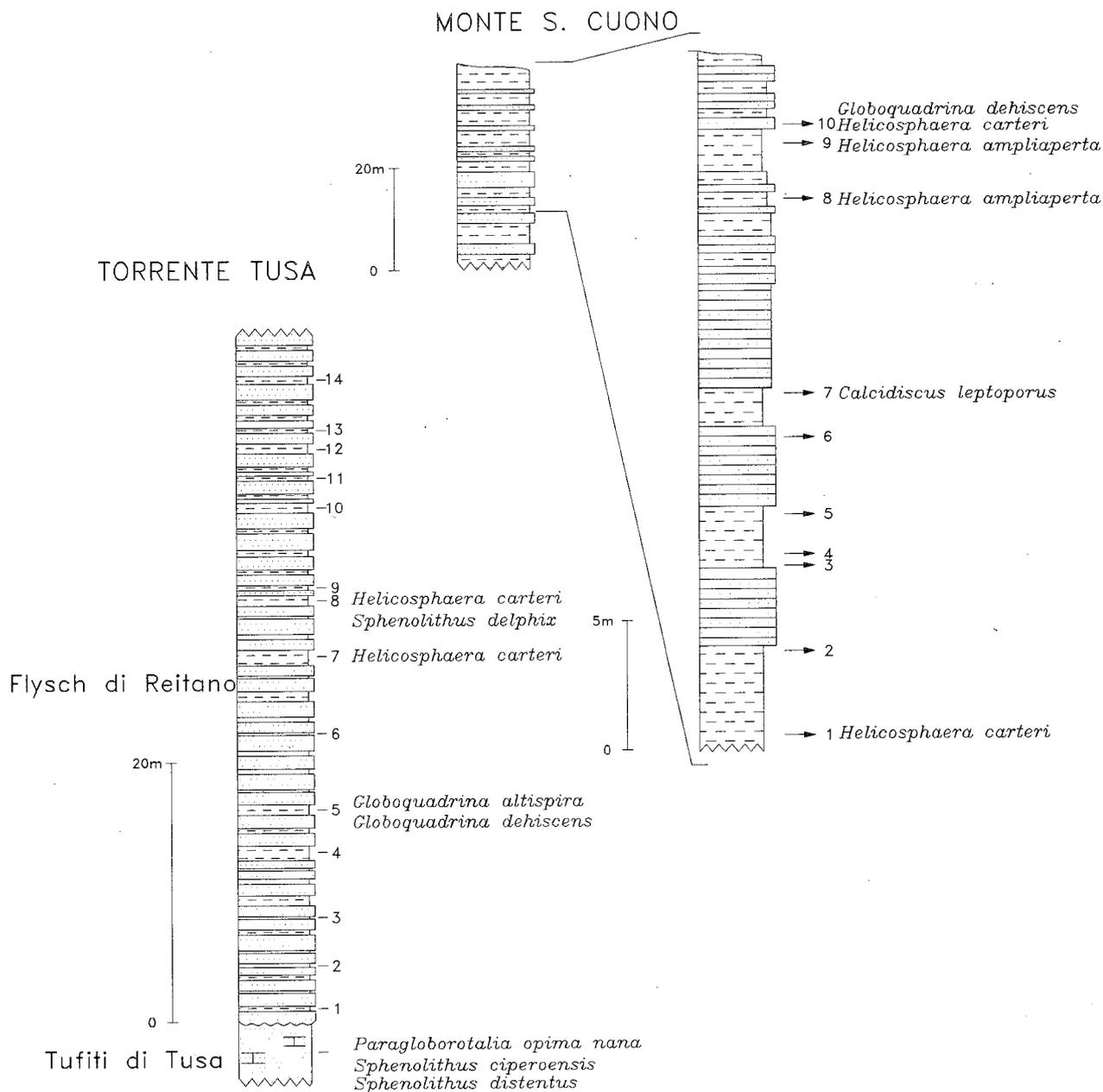


Fig. 2 - Colonne stratigrafiche campionate lungo il Torrente Tusa e a Monte S. Cuono nei livelli basali del *Flysch di Reitano* (v. ubicazione in Tav. 1) con indicazione delle specie (foraminiferi e nannofossili) biostratigraficamente significative.

bitativamente questa successione alla base del *Flysch di Reitano*. Il rilievo di campagna in ogni caso, porta a concludere che essa costituisce la parte apicale del *Flysch di Reitano*, e ad escludere ogni ipotesi di rovesciamento della successione. A Cozzo Pagliarotto il passaggio dei *Conglomerati di Caronia* al sottostante *Flysch di Reitano* è graduale. Verso l'alto la granulometria dei conglomerati diminuisce ed essi passano ad arenarie e microconglomerati a cemento calcareo.

I campioni raccolti nei livelli marnosi intercalati ai *Conglomerati di Caronia* sono risultati totalmente sterili. Le datazioni fornite da CERETTI (1961), che attribuisce loro un'età langhiana, non si accordano con la posizione stratigrafica di questo intervallo, che resta stratigraficamente più alto del FLYSCH DI REITANO dallo stesso autore e da OGNIBEN (1960) spinto fino al Miocene medio (Elveziano *Auct.*). Tenendo conto che

le campionature effettuate nel corso del presente studio hanno dato un'età almeno burdigaliana ai livelli basali del *Flysch di Reitano* nella sezione di Monte S. Cuono, i *Conglomerati di Caronia* restano predatati dal *Flysch di Reitano* e postdatati dai sedimenti del Tortoniano sup. - Messiniano inf. ad esso stratigraficamente sovrastanti (v. oltre) e pertanto ricadono nell'intervallo Burdigaliano superiore - Tortoniano superiore.

#### Successioni supramioceniche - infraplioceniche

Lungo l'attuale costa tirrenica i sedimenti supramiocenici affiorano nei dintorni di S. Stefano di Camastra e Cozzo Pagliarotto (Tav. 1). A S. Stefano la successione consta di un intervallo basale di circa 20 m di bioliti ad alghe (rodoliti) e coralli poggianti in discordanza sul *Flysch di Reitano*. Alcuni metri di sabbie separano le bioliti basali da una successione ar-

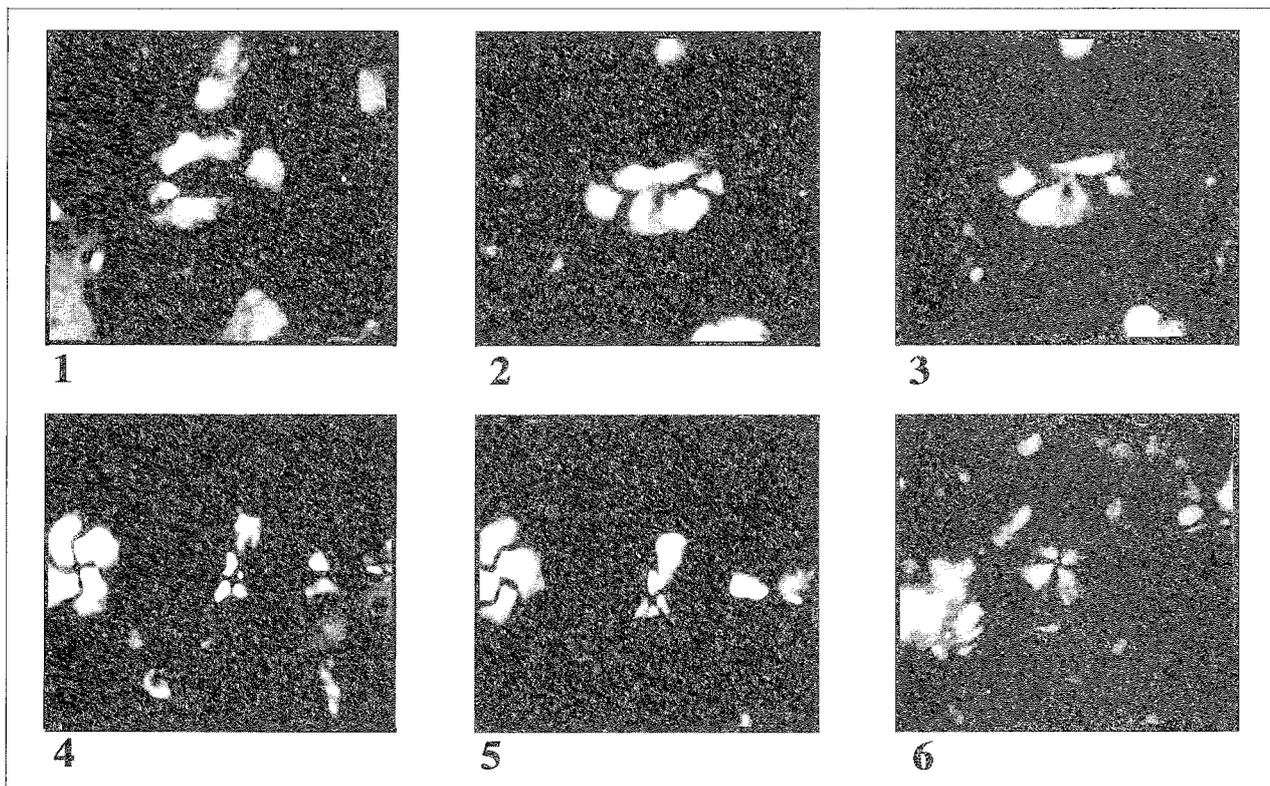


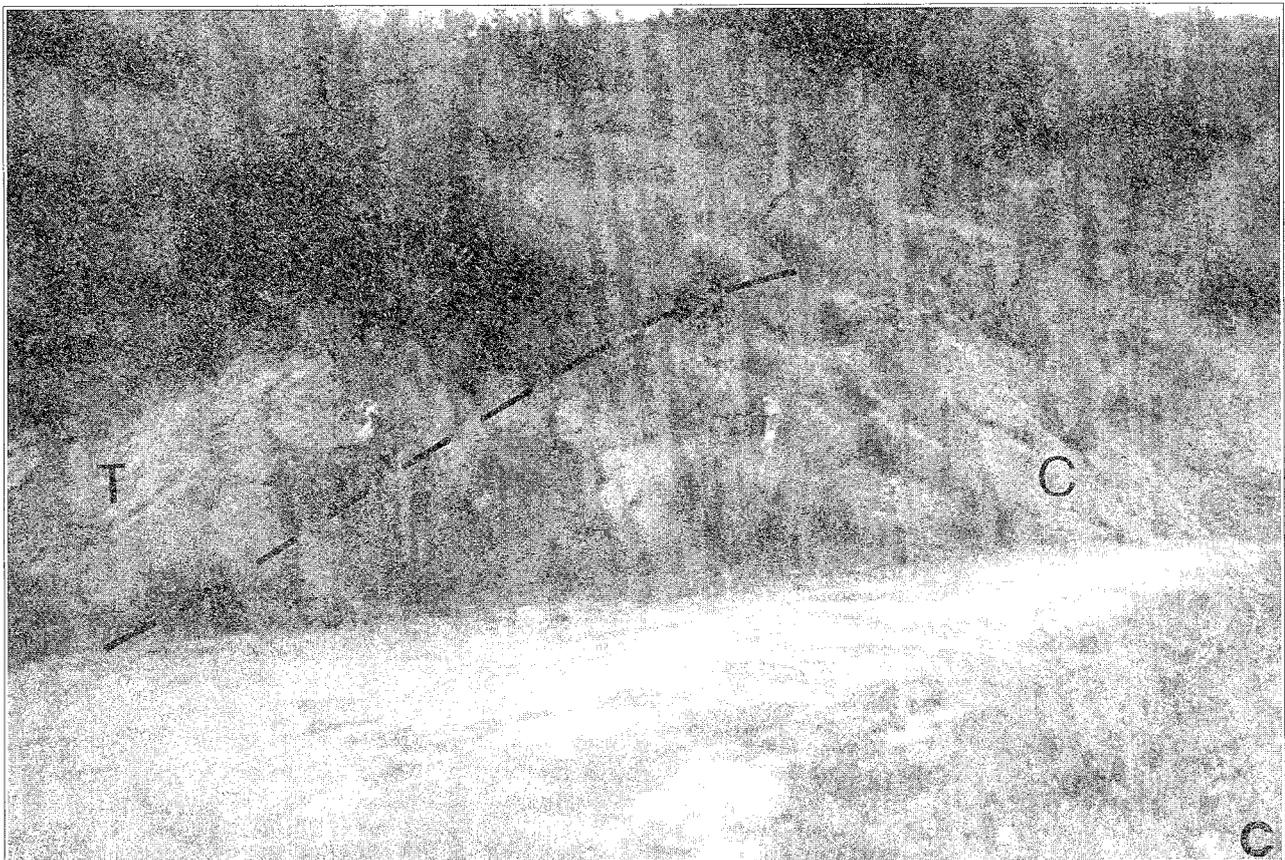
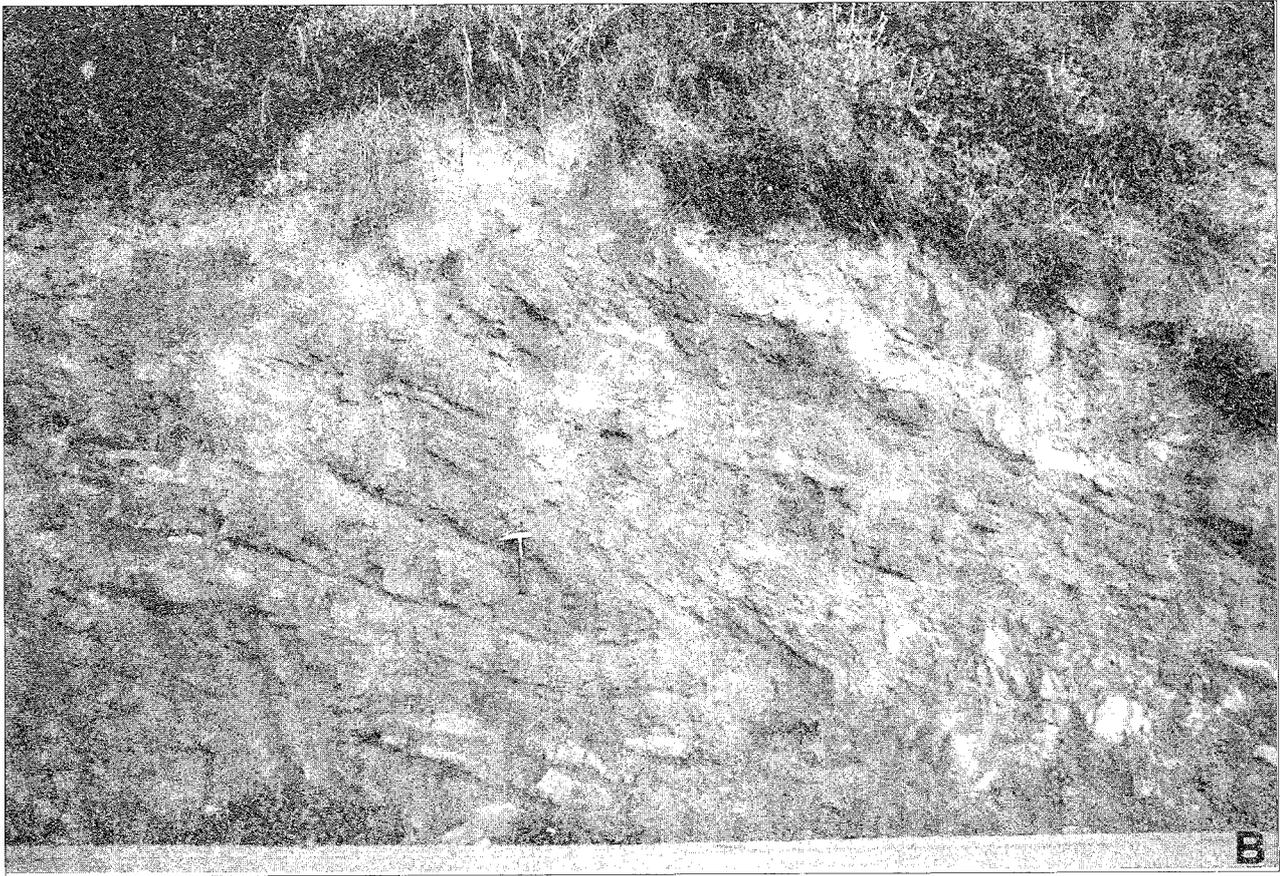
Fig. 3 - Microfotografia dei nanofossili calcarei piú significativi, ai fini stratigrafici, rinvenuti nel *Flysch di Reitano* (ingrandimento di circa 2400x): 1) *Helicosphaera ampliaperta* BRAMLETTE & WILCOXON (nicols incrociati, campione MSC8); 2-3) *Helicosphaera carteri* (WALLICH) KAMPTNER (nicols incrociati, campione FdT8); 4) *Sphenolithus delphix* BUKRY (nicols incrociati, 20°, campione TT8); 5) *Sphenolithus delphix* BUKRY (nicols incrociati, 45°, campione TT8); 6) *Calcidiscus leptoporus* (MURRAY & BLACKMAN) LOEBLICH & TAPPAN (nicols incrociati, campione MSC7).



Fig. 4 - A: Particolare dei conglomerati di Caronia, caratterizzati dalla presenza di clasti di rocce metamorfiche, intrusive acide e carbonatiche di pertinenza calabride. La loro composizione è identica a quella delle CCP che stanno alla base del *Flysch di Reitano*.

B: *Slumps* metrici all'interno dei conglomerati di Caronia indicanti instabilità del bacino di sedimentazione connessa con sollevamenti in atto lungo il suo margine meridionale.

C: Contatto discordante dei Trubi (T) sui conglomerati messiniani (C) nell'entroterra di S. Stefano di Camastra, in sinistra del Torrente S. Stefano (Tav. 1).



gilloso soprastante potente circa 20 m. L'età complessiva è Tortoniano superiore per le biolititi e Messiniano per le argille (WEZEL, 1970, PEDLEY & GRASSO, 1994, PEDLEY *et alii*, 1994). La successione di Cozzo Pagliarotto (v. colonne in alto a destra in Tav. 1 e relative correlazioni) è data da alcuni metri di sabbie carbonatiche a *Porites*, passanti verso l'alto a calcari bioclastici a frammenti di alghe. In discordanza si sovrappongono conglomerati poligenici, molto ricchi in clasti di quarzareniti numidiche, con intervalli argillosi decimetrici a faune planctoniche di età messiniana (PEDLEY *et alii* 1994).

Limitati lembi di calcari marnosi ricchi di microfaune planctoniche a *Globigerinidae* (*Trubi*) del Pliocene inferiore affiorano nell'entroterra di S. Stefano di Camastra poggiando in discordanza sia sulle argille che sui conglomerati messiniani (Fig. 4C), mentre altri lembi di dimensioni minori si rinvencono nelle zone pedemontane nebrodiche nei pressi di M. Bauda (Tav. 1). Nonostante la loro limitata distribuzione, questi affioramenti rivestono particolare importanza perché predatano momenti significativi dell'evoluzione strutturale di questo segmento di catena.

## EVOLUZIONE TETTONICO-SEDIMENTARIA NEOGENICA

In Fig. 5 viene proposto un modello deposizionale delle successioni terrigene sin-orogene deposte nel settore nebrodico analizzato, dal Miocene inferiore al Miocene superiore.

Esse sono costituite da due sequenze deposizionali di cui la più antica comprende le *Calcareniti* e *Calciruditi di Monte Pomiere* (CCP), il *Flysch di Reitano* e i *Conglomerati di Caronia*, mentre la seconda comprende i depositi appartenenti al ciclo del Tortoniano superiore - Messiniano. L'evoluzione tettonico-sedimentaria del bacino in cui si è deposta la sequenza deposizionale inferiore (CCP, FR, CC) è stata controllata dall'evoluzione strutturale delle aree sorgenti dei clasti, costituite da segmenti dell'arco calabro-peloritano già impilati nel Miocene inferiore e attualmente collassati nel bordo tirrenico meridionale.

Il meccanismo tettonico che controlla il sollevamento, con conseguente erosione delle aree di alimentazione del detrito silicoclastico presente nelle tre unità della sequenza inferiore, sembra essere prevalentemente di tipo isostatico. Questi meccanismi, ampiamente documentati e descritti in letteratura, costituiscono il principale fattore che contribuisce alla creazione di depocentri nelle aree di sedimentazione e che ne regola l'alimentazione, sia in bacini di foreland che in bacini intramontani (v. per es. EISBACHER *et alii*, 1974; HELLER *et alii*, 1988; BUTLER & GRASSO, 1993).

Le unità calabro-peloritane già strutturate nel Miocene inferiore, accostate e in parte sovraccorse sulle Unità Sicilidi, hanno costituito le aree sollevate ed in erosione per tutto l'intervallo Miocene inferiore-medio. Depositi silicoclastici grossolani (CCP) si sono depositi in ambienti prossimali marini e in taluni casi fluvio-deltizi (GRASSO *et alii*, 1993), interdigitandosi e passando superiormente alle successioni argilloso-arenacee distali e alle torbiditi del *Flysch di Reitano* (Fase A in Fig. 5).

La diminuzione di carico, dovuta alla prolungata erosione, provoca il sollevamento isostatico che contribuisce a mantenere un certo gradiente topografico ed un'attiva erosione nelle aree sorgenti. I depositi grossolani prossimali (CCP) vengono intaccati dall'erosione e cannibalizzati. I depocentri migrano verso l'esterno creando appoggi in *onlap* dell'unità conglomeratica apicale, la cui deposizione resta confinata alle aree distali più esterne del bacino (Fase B in Fig. 5). Questa interpretazione è ben suffragata dai dati di campagna: infatti, nella zona di Caronia (Tav. 1) i conglomerati apicali poggiano su un intervallo basale di circa 200 m di spessore di *Flysch di Reitano*, qui decisamente meno potente che ad ovest, nelle zone del Torrente Tusa - Reitano. Il generale contatto in *onlap* del *Flysch di Reitano* avviene quindi sia verso sud (v. sezione di Monte S. Cuono) che verso sud-est, e i *Conglomerati di Caronia* che chiudono la sequenza infra-mediomocenica, ripropongono le stesse geometrie deposizionali dell'unità sottostante.

Segue un periodo di erosione, più o meno prolungato, con tassi probabilmente differenti, maggiori sul bordo interno del bacino e minori su quello esterno che si esplica contemporaneamente con un acme deformativo durante il quale la successione viene scollata dal substrato e traslata verso S-SE (Fase C in Fig. 5). Questa deformazione avviene prima della deposizione dei livelli apicali del *Flysch di Reitano* affiorante presso Capizzi (Tav. 1), che sono chiaramente coinvolti nel *footwall* di questo *thrust* regionale; il piano principale di scollamento è localizzato all'interno del substrato costituito dal *Flysch Numidico* sul quale erano sovraccorse le scaglie di successioni sicilidi prima dell'inizio della sedimentazione silico-clastica delle unità della sequenza infra-mediomiocenica.

Intense deformazioni compressive si notano anche all'interno del *Flysch di Reitano*, e sono prevalentemente localizzate negli intervalli inferiori. Alla scala dell'affioramento esse sono costituite da pieghe e da *thrusts* embriciati a basso angolo. La figura 6 mostra una di queste strutture.

Il *Flysch Numidico* presente nell'*hangingwall* del *thrust*, viene eroso e alimenta sia aree poste a sud, dove si depositano i conglomerati del Tortoniano superiore (JONES & GRASSO, presente volume), sia le aree settentrionali. I conglomerati messiniani presenti nella sequenza deposizionale superiore dei bacini peritirrenici del bordo nebrodico, sono infatti ricchi di clasti di quarzareniti numidiche (PEDLEY *et alii*, 1994), totalmente assenti nei livelli conglomeratici (CCP, CC) della sequenza inferiore. Questa fase deformativa avvenuta in concomitanza alla formazione della superficie di erosione, che nei bacini del bordo tirrenico separa le due sequenze suddette, ha creato nuovi spartiacque in corrispondenza di aree meridionali sollevate. Si è avuto quindi un significativo cambio nel reticolo di drenaggio peritirrenico indipendentemente dal fatto che, a quel tempo, la parte meridionale del bacino fosse già del tutto collassata. Anche gli abbassamenti eustatici messiniani avrebbero potuto causare sollevamenti isostatici e aggiustamenti del cuneo di accrezione maghrebide. Meccanismi genetici analoghi sono stati invocati da DE CELLES & CAVAZZA (1995) per spiegare la formazione dei conglomerati tardo-messiniani sul fronte ionico dell'Arco Calabro.

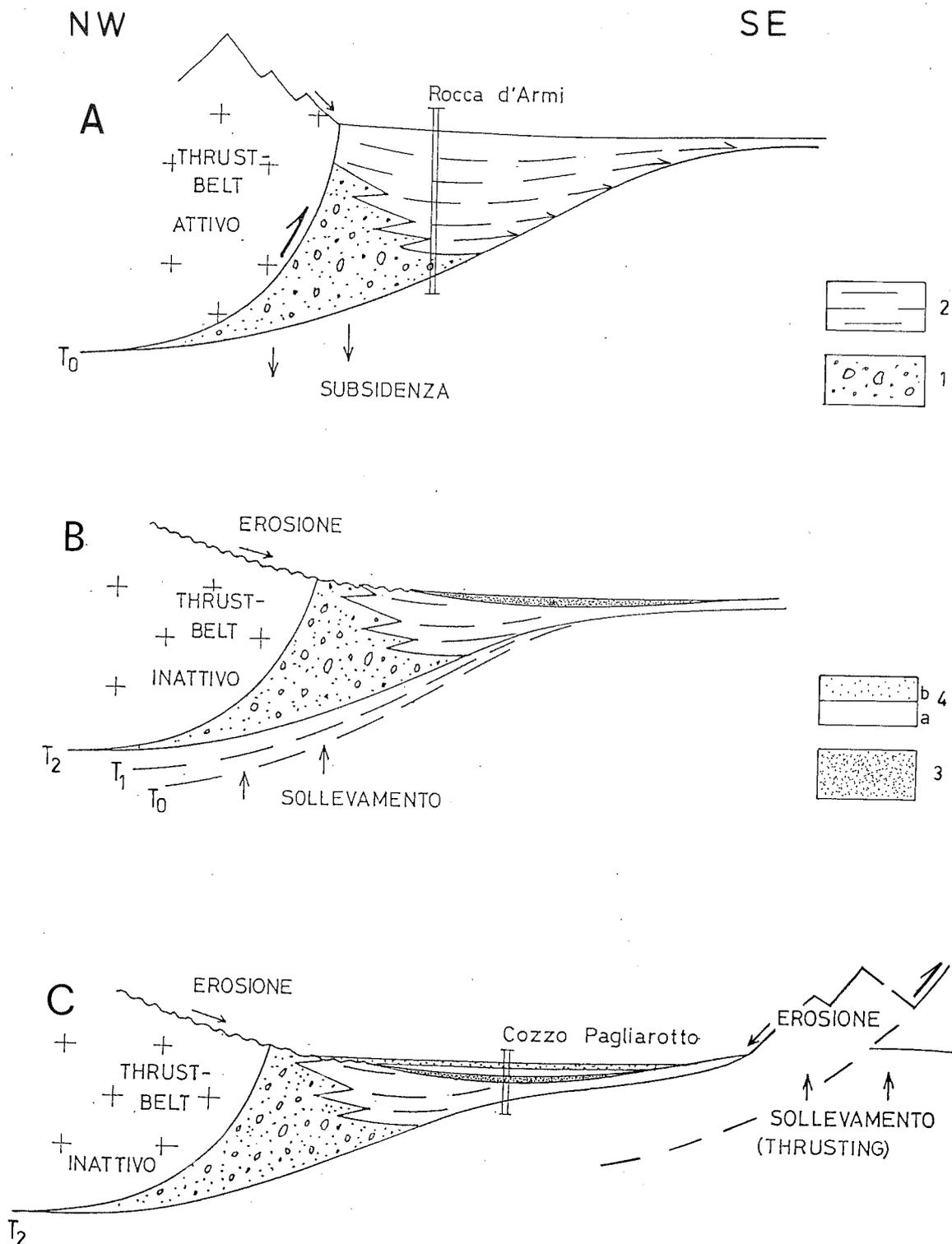


Fig. 5 - Modello deposizionale delle successioni terrigene mioceniche secondo un profilo schematico NW-SE.

A: Fase iniziale (Burdigaliano) caratterizzata da cospicui apporti clastici dalle aree sorgenti costituite dalle unità cristalline calabridi e relative coperture carbonatiche. Si depositano facies prossimali (CCP) con i depocentri localizzati nell'immediato *footwall* dei *thrusts*. I sedimenti distali (FR) formano un cuneo che si assottiglia verso il bordo esterno del bacino.

B: Fase finale (Miocene medio, Serravalliano?). Il *thrust belt* si solleva isostaticamente per diminuzione di carico. Le superfici contrassegnate con  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  indicano l'entità del sollevamento. Vengono erosi sia la catena che i depositi prossimali e in aree distali si ha un nuovo episodio deposizionale conglomeratico (CC). La composizione dei clasti di questa sequenza apicale, in cui i livelli conglomeratici si alternano a livelli pelitico-arenacei, è identica a quella dei conglomerati prossimali.

C: Miocene superiore (Tortoniano?). Una fase compressiva scolla il bacino del *Flysch di Reitano* e parte del suo substrato costituito da *Flysch Numidico*. Si viene a creare una nuova topografia con aree meridionali in erosione. I conglomerati apicali di Cozzo Pagliarotto (Messiniano) presentano abbondanza di clasti di quarzareniti numidiche, alimentati da aree sorgenti poste a S-SE.

Simboli: 1 = *Calciruditi e calcareniti del M. Pomiere* (CCP); 2 = *Flysch di Reitano* (FR); 3 = *Conglomerati di Caronia* (CC); 4 = argille (a) e conglomerati poligenici (b) di Cozzo Pagliarotto.

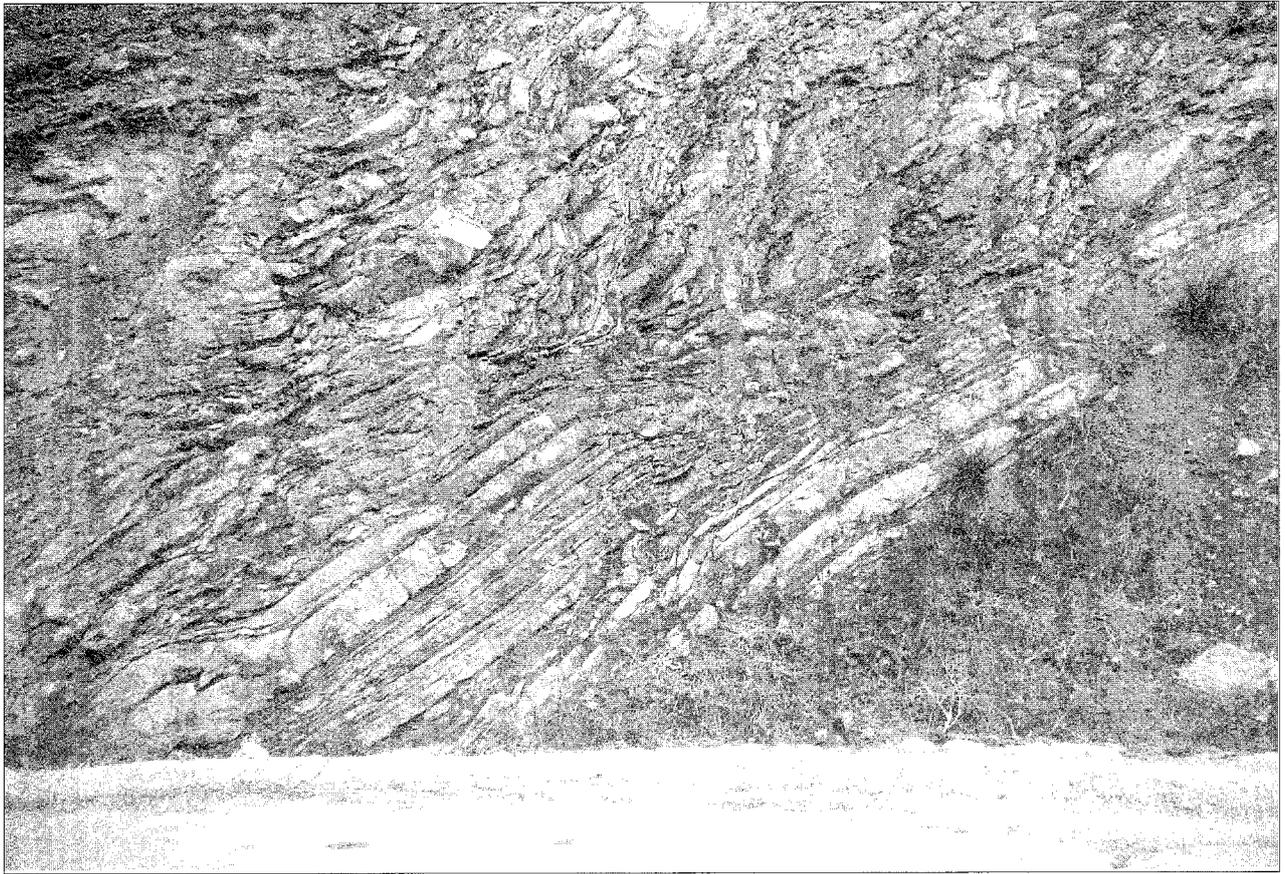


Fig. 6 - Thrust a basso angolo sul *Flysch di Reitano* alla periferia di Caronía legato alla fase compressiva tardo-miocenica.

#### TETTONICA PLIO-QUATERNARIA

Nell'area nebrodica studiata, i sedimenti marini piú recenti sono costituiti dai *Trubi* del Pliocene inferiore oltre che dai depositi dei terrazzi pleistocenici.

L'importanza rivestita dai *Trubi*, in particolare, è costituita dal fatto che essi predatano importanti strutture compressive sviluppatesi nella fascia pedemontana nebrodica (Tav. 1) nella zona di Monte Bauda - Monte Sambughetti. Particolarmente interessante è la struttura di Monte Sambughetti in quanto essa rappresenta un segmento di un allineamento tettonico di estensione regionale, che dal bordo nebrodico si sviluppa per decine di chilometri verso ovest interessando anche il settore meridionale della Madonie (ABATE *et alii*, 1993) al limite col Bacino di Caltanissetta. In particolare la struttura di Monte Sambughetti costituisce una classica anticlinale sviluppata sull'*hangingwall* di un *thrust* che provoca il raddoppio del *Flysch Numidico* (*breaching*, *sensu* BUTLER, 1987), portando la parte frontale della struttura a sovrapporsi parzialmente, oltre che sulle coltri alloctone sicilidi, anche sui depositi messiniani e infrapliocenici a queste stratigraficamente sovrastanti.

Sul bordo tirrenico, nella zona di S. Stefano di Camastra, i *Trubi* sono presenti in limitati lembi lungo gli *hangingwalls* di faglie normali a notevole rigetto. Queste faglie normali interrompono precedenti strutture compressive originatesi durante la fase tardo miocenica e sono diffuse all'interno del *Flysch di Reitano* e del *Flysch Numidico*. In figura 7A è mostrata una

di queste faglie normali che disloca un piano di taglio, molto marcato e ben esposto per largo tratto, alla periferia meridionale di Caronía, sviluppato in corrispondenza del contatto tra le due scaglie di *Flysch Numidico* di M. Castelli e M. Sambughetti (v. anche Fig. 8) strutturate alla fine della deposizione del *Flysch di Reitano*.

La figura 7B mostra altre faglie normali che interessano i conglomerati messiniani. Questi sistemi di faglie a rigetto metrico sono elementi sintetici di strutture a piú forte rigetto che sicuramente interessano anche i *Trubi*. La piú estesa è quella ad andamento NE-SW che dal Torrente Caronía arriva fino alla periferia occidentale di Mistretta (Tav. 1) e che decorre parallelamente, a volte sovrapponendosi, al contatto tettonico delle Unità Sicilidi sul *Flysch Numidico*.

I terrazzi marini (medio?) pleistocenici si trovano, nella fascia tirrenica in esame, fino a quote intorno ai 400 m (La Manna, 1993) suggerendo notevoli sollevamenti avvenuti probabilmente in concomitanza con l'attività delle faglie bordiere tirreniche, anche se le evidenze di terrazzi dislocati da faglie normali, nell'area esaminata, sono labili e scarsamente documentabili su base geologica.

#### CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In figura 8 vengono schematizzati gli eventi piú significativi che hanno portato, durante il Neogene, alla costruzione del segmento orogenico maghrebide che co-

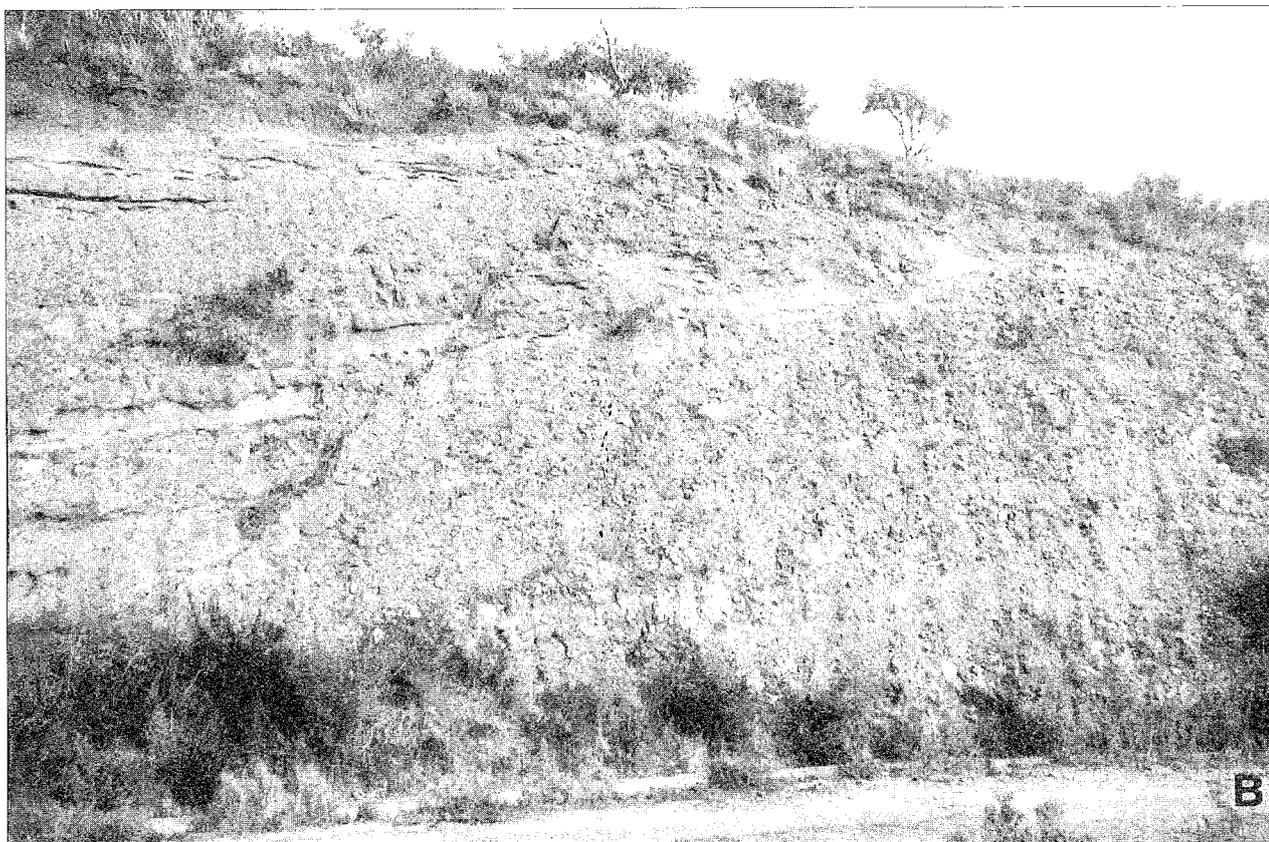


Fig. 7 - A: Periferia sud dell'abitato di Caronía. Faglie normali che interrompono la zona di taglio al contatto fra le Unità Numidiche di M. Castelli e M. Sambughetti.

B: Faglie normali sono presenti anche nei conglomerati messiniani di Cozzo Pagliarotto e ribassano la successione verso l'attuale bordo tirrenico, posto immediatamente a nord dell'affioramento.

stituisce l'ossatura dei Monti Nebrodi. Nonostante la deformazione sia avvenuta senza soluzioni di continuità durante gli ultimi 25 m.a., gli acmi deformativi possono essere localizzati nel Miocene inferiore (Burdigaliano) e alla fine del Miocene (Messiniano). La tettonica plio-pleistocenica ha contribuito a dare al settore nebrodico l'assetto tettonico e la configurazione morfologica attuale.

L'area in oggetto comprende infatti parte del cuneo di accrezione sviluppato al limite tra domini maghrebidi e le unità cristalline calabro-peloritane nel Miocene inferiore, e comprendente principalmente il *Flysch di Monte Soro* e le Unità Sicilidi (Fig. 8).

La parziale sovrapposizione delle unità del cuneo di accrezione e di quelle calabridi sul *Flysch Numidico*, ha in pratica chiuso la sedimentazione del *Flysch Numidico* nel Dominio Sicilide, che risalirebbe quindi in base ai dati di campagna, al Burdigaliano. Sulle unità deformate si sono impostati i bacini "molassici", satelliti dei più estesi bacini di *foreland* presenti nelle zone più esterne, non ancora deformate, dove la sedimentazione quarzarenitica del *Flysch Numidico*, nel Burdigaliano sup. - Langhiano inf., veniva sostituita in continuità, da depositi marnoso-argillosi di avanfossa (*Marne di Gagliano*, CARBONE *et alii*, 1990; DI STEFANO, 1993). La deposizione di tali sedimenti è proba-

bilmente connessa alla presenza di un *high stand* eustatico di portata globale (GRASSO *et alii*, 1994) che fra l'altro avrebbe bloccato l'apporto nel bacino numidico delle quarzareniti.

La composizione dei conglomerati e delle arenarie dei depositi terrigeni dei bacini impostati sulle falde, dà utili indicazioni sulla tettonica e sulla composizione delle aree sorgenti, costituite esclusivamente da terreni provenienti dalla deformazione di domini interni, di pertinenza calabride, fino al Miocene medio-sup., mentre col Messiniano si sarebbero verificati cambi drastici nel bacino di drenaggio dovuti al *breaching* del *Flysch Numidico*, nelle zone meridionali.

La tettonica "post-Trubi" registra deformazioni compressive sul fronte della catena e distensive nel retrocatena (bordo tirrenico). Più in generale, questo settore nebrodico è compartimentalizzato da faglie trascorrenti destre (v. Tav. 1) legate alla cinematica dell'apertura del Tirreno meridionale, fatto che si registra anche in settori orientali (v. *Carta geologica del Golfo di Patti*, 1993). All'attività di queste faglie sono dovute le strutture traspressive che si osservano sul fronte e probabilmente anche quelle trastensive sul margine tirrenico che avrebbero originato bacini plio-quadernari attualmente collassati e in massima parte sommersi nell'*offshore* tirrenico dei M. Nebrodi.

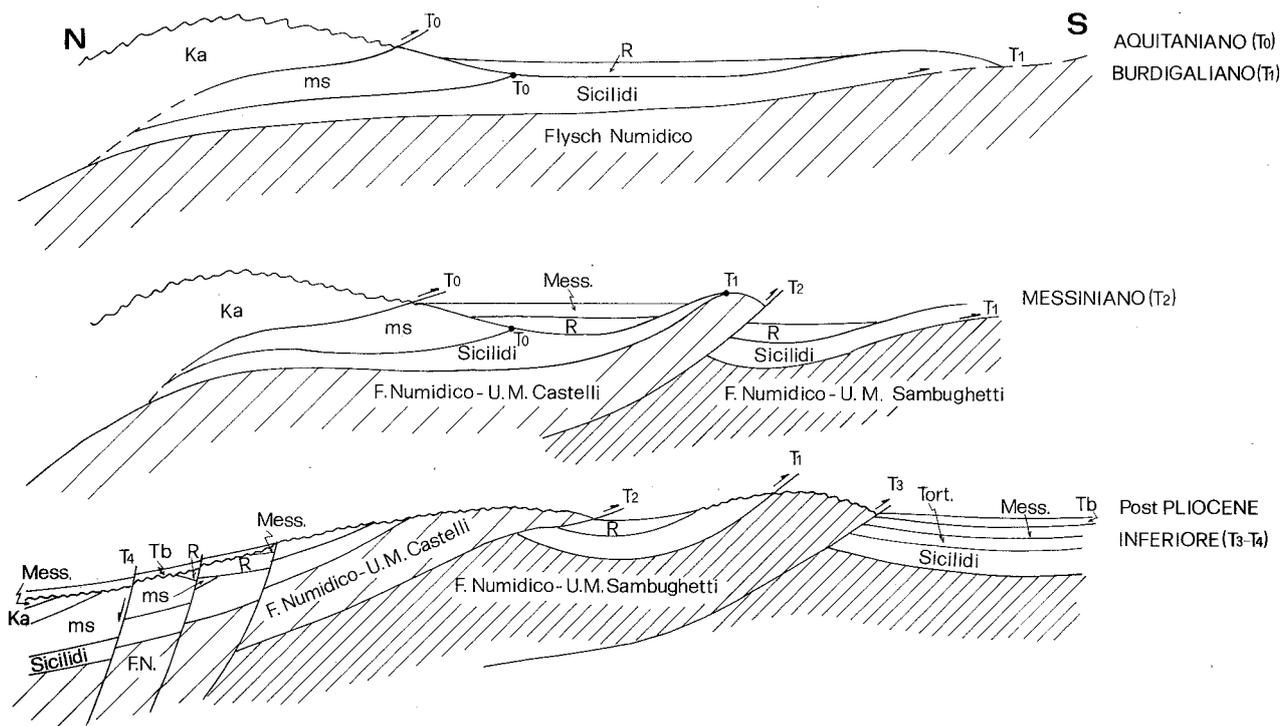


Fig. 8 - Evoluzione paleotettonica del bordo tirrenico dei Monti Nebrodi ricostruito secondo un transetto N-S.

Aquitaniiano-Burdigaliano: messa in posto delle Unità Calabridi (ka) sul *Flysch di Monte Soro* (ms) e sulle Unità Sicilidi (contatti T<sub>0</sub>) sul *Flysch Numidico* (contatto T<sub>1</sub>, Burdigaliano).

Miocene superiore: durante il Messiniano si depositano i sedimenti silico-clastici (argille e conglomerati di Cozzo Pagliarotto) poggianti in discordanza su vari livelli del substrato. La deformazione del substrato ha creato un nuovo spartiacque con la suddivisione del *Flysch Numidico* in due unità tettoniche e la parziale sovrapposizione dell'Unità M. Castelli e le sue originarie coperture alloctone sicilidi sulla parte più esterna del *Flysch di Reitano* (zona di Capizzi). Nella parte più interna del bacino (zona di Caronia, Cozzo Pagliarotto, S. Stefano di Camastra) si depositano in discordanza sul *Flysch di Reitano* (R) sedimenti silicoclastici alimentati dal *Flysch Numidico* affiorante a sud.

Post-Pliocene inferiore: dopo la deposizione dei *Trubi* (Tb, Pliocene inferiore) altre strutture compressive interessano il fronte meridionale della catena nebrodica (contatti T<sub>3</sub>). Da notare il *breaching* dell'unità più profonda del *Flysch Numidico* (Unità di M. Sambughetti) che si sovrappone ai *Trubi* (zona di M. Bauda), mentre faglie normali (T<sub>4</sub>), anch'esse pre-datate dai *Trubi*, interessano diffusamente il bordo tirrenico.

## RINGRAZIAMENTI

Lavoro eseguito nell'ambito dei progetti di Ricerca MURST 40% (MARIO GRASSO), MURST 60% (MARIA ROMEO) e del Dottorato di Ricerca in "Evoluzione Geologica di Orogeni di tipo Mediterraneo" (AGATA DI STEFANO, FRANCO LA MANNA, ROSANNA MANISCALCO). Gli autori ringraziano V. PERRONE e F. GUERRERA per la lettura critica del manoscritto.

## BIBLIOGRAFIA

- ABATE B., DI STEFANO E., INCANDELA A. & RENDA P. (1991) - *Evidenza di una fase tettonica pliocenica nelle Madonie occidentali (Sicilia centro-settentrionale)*. Mem. Soc. Geol. It., **47**, 225-234.
- AMODIO-MORELLI L., BONARDI G., COLONNA V., DIETRICH D., GIUNTA G., IPPOLITO F., LIGUORI V., LORENZONI S., PAGLIONICO A., PERRONE V., PICCARRETTA G., RUSSO M., SCANDONE P., ZANNETTIN LORENZONI E. & ZUPPETTA A. (1976) - *L'arco calabro-peloritano nell'orogene Appenninico-Maghrebide*. Mem. Soc. Geol. It., **17**, 1-60.
- BENOMRAN O., NAIRN A.E.M. & SCHAMEL S. (1989) - *Sources and dispersal of mid-cenozoic clastic sediments in the central mediterranean region*. Mem. Soc. Geol. It., **38**, 47-68.
- BROQUET P., DUEÈ G. & MASCLE G. (1975) - *Style et chronologie des déformations affectant le Numidien interne de Gangi-Nicosia (Monts Nebrodi, Sicile)*. Bull. Soc. Géol. France, **17**, (5) 656-663.
- BUTLER R.W.H. (1987) - *Thrust Sequences*. J. Geol. Soc. London, **143**, 619-634.
- BUTLER R. & GRASSO M. (1993) - *Tectonic controls on base-level variations and depositional sequences within thrust-top and foredeep basins: examples from the Neogene thrust belt of central Sicily*. Basin Research, **5**, 137-151.
- CARBONE S., CATALANO S., GRASSO M., LENTINI F. & MONACO C. (1990) - *Carta geologica della Sicilia centro-orientale*. Scala 1:50.000, S.EL.CA, Firenze.
- Carta Geologica del Golfo di Patti (Sicilia settentrionale)* (1993) - Scala 1:25.000; dir. del rilevamento F. LENTINI; S.EL.CA, Firenze.
- CERETTI E. (1961) - *Geologia delle Caronie settentrionali (Provincia di Palermo)*. Giornale di Geologia, **28**, 93-112.
- COCCIONI R. & MONECHI S. (1994) - *New biostratigraphic data on the Monte Soro Flysch (Western Maghreb Chain, Sicily)*. Cretaceous Research, **15**, 599-623.
- COSTA E., LOIACONO F., MORETTI E., MORLOTTI E., PUGLISI D., VILLA G., CASSOLA P. & SBARRA R. (1992) - *Stratigrafia, caratteri di facies e petrografia del Flysch di Reitano (Oligocene inferiore, Sicilia NE)*. CNR Gruppo informale di Sedimentologia. Guida all'escursione, Castel di Tusa (ME), 11-13 maggio, 1992; 17 pp.
- DE CELLES P.G. & CAVAZZA W. (1995) - *Upper Messinian conglomerates in Calabria, southern Italy: response to orogenic wedge adjustment following Mediterranean sea-level changes*. Geology, **23**, 775-778.
- DI STEFANO A. (1993) - *Contributo alla biostratigrafia a nannofossili calcarei del Miocene dell'area Mediterranea. Analisi di sequenze mioceniche attraverso l'orogene centro-mediterraneo*. Tesi di dottorato, Università di Catania.
- DUEÈ G. (1969) - *Etude géologique des monts Nebrodi*. Thèse Fac. Sciences Paris 1, 1-221; 2, 1-162.
- EISBACHER G.H., CARRIGY M.A. & CAMPBELL R.B. (1974) - *Palaeo-drainage pattern and late-orogenic basins of the Canadian Cordillera*. in DICKINSON, W.R. (ed.) *Tectonics and Sedimentation: S.E.M.P.*, special publication, **22**, 143-166.
- FORNACIARI E. & RIO D. (1996) - *Latest Oligocene to Early-Middle Miocene quantitative calcareous nannofossils biostratigraphy in the Mediterranean region*. Micropaleontology, **42**, 1, 1-37.
- GIUNTA G. (1985) - *Problematiche ed ipotesi sul bacino Numidico nelle maghrebidi siciliane*. Boll. Soc. Geol. It., **104**, 169-256.
- GRASSO M., GUERRERA F., LOIACONO F., PUGLISI D., ROMEO M., BALENZANO F., CARMISCIANO R., DI PIERRO M., GONZALES-DONOSO M. & MARTIN-ALGARRA A. (1987) - *Caratterizzazione sedimentologica, biostratigrafica e mineralogico-petrografica di "successioni miste" inframioceniche affioranti in Spagna (Catena Betica) e in Italia meridionale (Monti Nebrodi e Appennino Lucano)*. Boll. Soc. Geol. It., **106**, 475-516.
- GRASSO M., GUERRERA F., LA MANNA F., MANISCALCO R., MORETTI E., PUGLISI D. & VIGO F. (1993) - *Caratteri stratigrafici, sedimentologici e petrografici delle calciruditi e calcareniti del M. Pomiere (Auct.) - Monti Nebrodi, Sicilia centro-settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., **47** (1991), 115-127.
- GRASSO M., PEDLEY H. M. & MANISCALCO R. (1994) - *The application of a Late Burdigalian - Early Langhian highstand event in correlating complex Tertiary orogenic carbonate successions within the Central Mediterranean*. Géologie Méditerranéenne, **21**, (1-2), 69-83.
- GUERRERA F. & WEZEL F.C. (1974) - *Nuovi dati stratigrafici sui flysch oligo-miocenici siciliani e considerazioni tettoniche relative*. Riv. Min. Siciliana, 145-147, 27-51.
- HAQ B.U., HANDENBOL J. & VAIL P.R. (1987) - *Chronology of fluctuating sea-levels since the Triassic*. Science, **235**, 1156-1167.
- HELLER P.L., ANGEVINE C.L., WINSLOW & PAOLA C. (1988) - *Two-phases stratigraphic model of foreland-basin sequences*. Geology, **16**, 501-504.
- HOJEZ B. & ANDREJEFF P. (1975) - *Presence d'une serie turbiditique à debris pyroclastique associée au Numidien de la région de Gangi-Nicosia*. 3me Réunion Sc. Terre, Montpellier, 167.
- JONES R.E. & GRASSO M. (1994) - *Palaeotectonics and sediment dispersal pathways in north central Sicily during the Late Tortonian*. (pres. vol.).
- LA MANNA F. (1993) - *Rapporti tettonici e stratigrafici tra le Unità Sicilidi e le Unità Numidiche nell'area dei Monti Nebrodi (Sicilia settentrionale)*. Tesi di Dottorato, Università di Catania.
- LENTINI F., GRASSO M. & CARBONE S. (1987) - *Introduzione alla geologia della Sicilia e guida all'escursione*. Convegno Soc. Geol. It. su: *Sistemi avanfossa-avampaese lungo la catena appenninico-Maghrebide*. Naxos-Pergusa, 22-25 aprile 1987, 60 pp.
- LENTINI F. & VEZZANI L. (1978) - *Tentativo di elaborazione di uno schema strutturale della Sicilia orientale*. Mem. Soc. Geol. It., **19**, 495-500.
- LOIACONO F. & PUGLISI D. (1983) - *Studio sedimentologico-petrografico del Flysch di Reitano (Oligocene-Miocene inferiore, Sicilia)*. Boll. Soc. Geol. It., **102**, 307-328.
- MARTINI E. (1971) - *Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation*. In: FARINACCI A. (ed.) *Proceedings II Planktonic Conference Roma (1970)*, **2**, 739-785.
- MONTANARI L. (1982) - *Nuovi dati sui Flysch interni dei Nebrodi occidentali (Sicilia)*. Rend. Soc. Geol. It., **5**, 55-56.
- OGNIBEN L. (1960) - *Nota illustrativa dello schema geologico della Sicilia nord-orientale*. Riv. Min. Sic., 64-65, 184-212.
- OGNIBEN L. (1964) - *Arenarie tipo Taveyannaz in Sicilia*. Geol. Romana, **3**, 125-170.
- PEDLEY H.M. & GRASSO M. (1994) - *Upper Miocene peri-Tyrrhenian reefs in the Calabrian Arc: sedimentological, tectonic and palaeogeographic implications*. Géologie Méditerranéenne, **21**, 123-136.
- PEDLEY H.M., LA MANNA F. & GRASSO M. (1994) - *A new record of Upper Miocene reef carbonates from Santo Stefano di Camastra - Caronia area (northern Sicily) and its regional significance*. Boll. Soc. Geol. It., **113**, 435-444.
- PUGLISI D. (1979) - *Variazioni composizionali nelle arenarie del Flysch di Reitano (Monti Nebrodi, Sicilia centro-settentrionale)*. Miner. Petr. Acta, **25**, 103-115.
- PUGLISI D. (1987) - *Le successioni torbiditiche cretaccio-terziarie della Sicilia nord-orientale nel quadro dell'evoluzione del settore meridionale dell'arco calabro-peloritano e della catena maghrebide siciliana*. Giornale di Geologia, **49**, 167-185.
- PUGLISI D. (1992) - *Le successioni torbiditiche "tardorogene" della Sicilia orientale*. Giornale di Geologia, **54**, 181-194.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1972) - *Foglio 611 (Mistretta) della Carta Geologica d'Italia. Scala 1:50.000*. Direzione del rilevamento L. VEZZANI.
- VAN WAGONER J.C., MITCHUM R.M., CAMPION K.M. & RAHMANIAN V.D. (1990) - *Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops*. American Association of Petroleum Geologists, Methods in Exploration Series, **7**, 1-55 Tulsa, Oklahoma.
- VEZZANI L. (1974) - *Note esplicative della Carta Geologica d'Italia: Foglio 611, Mistretta*. Servizio Geologico d'Italia, Roma, 37 pp.
- WEZEL F.C. (1970) - *Geologia del Flysch Numidico della Sicilia nord-orientale*. Mem. Soc. Geol. It., **9**, 225-280.
- WEZEL F.C. & GUERRERA F. (1973) - *Nuovi dati sull'età e posizione strutturale del Flysch di Tusa in Sicilia*. Boll. Soc. Geol. It., **92**, 193-21.

