

EVIDENZE DI NEOTETTONICA (PLIOCENE MEDIO - PLEISTOCENE SUPERIORE) NEL SETTORE OCCIDENTALE DEL PROMONTORIO DEL GARGANO (ITALIA MERIDIONALE)

Luigi Spalluto ¹ & Massimo Moretti ¹⁻²

¹ Dipartimento di Geologia e Geofisica.

² Centro Interdipartimentale di Ricerca per la Valutazione e Mitigazione del Rischio Sismico e Vulcanico.
Università degli Studi di Bari, via E. Orabona 4, 70125 Bari (Italy)
l.spalluto@geo.uniba.it - m.moretti@geo.uniba.it

RIASSUNTO: L. Spalluto & M. Moretti: *Evidenze di neotettonica (Pliocene medio - Pleistocene superiore) nel settore occidentale del Promontorio del Gargano (Italia meridionale)*. (IT ISSN 0394-3356, 2005).

Il settore di studio è localizzato lungo il bordo occidentale del Promontorio del Gargano, in un'area compresa fra San Severo e Apricena (Foggia). Esso comprende quindi parte del dominio geodinamico-strutturale dell'Avampese apulo e parte del dominio dell'Avanfossa bradanica. In particolare, il primo comprende un tratto del margine occidentale del Promontorio del Gargano costituito in prevalenza da rocce carbonatiche autoctone mesozoiche e cenozoiche interessate da strutture tettoniche legate a deformazione di natura fragile prodottesi in prevalenza durante le fasi orogenetiche appenniniche; il secondo corrisponde ad un tratto dell'adiacente depressione tettonica del Tavoliere delle Puglie coperta da depositi silicoclastici marini e continentali e costituente parte del settore nord-orientale dell'Avanfossa bradanica. L'area in esame è considerata, sulla base dei dati di letteratura, un'importante zona sismica: la maggior parte delle faglie è stata attiva probabilmente già dalla fine del Cretaceo. Sulla base di dati strutturali e stratigrafici alcuni autori riconoscono infatti due fasi tettoniche distinte nel Cretaceo e nel Miocene, menzionando la tettonica plio-pleistocenica come un'unica fase geodinamica successiva. Nell'intero Avampese apulo però, il Plio-Pleistocene è caratterizzato da due distinte fasi di evoluzione geodinamica: una marcata subsidenza (circa 2 mm/anno nel Pliocene - Pleistocene inferiore) connessa alla subduzione appenninica ed una successiva fase di moderato uplift (circa 0,5 mm/anno nel Pleistocene medio-superiore). Il sollevamento dell'Avampese apulo è tuttora attivo e gran parte delle strutture tettoniche ad attività recente si inserisce in questo quadro geodinamico. L'obiettivo di questo lavoro è quello di evidenziare i dati stratigrafici utili a differenziare le strutture ad attività Pliocene - Pleistocene inferiore da quelle con attività più recente. Gran parte dei dati stratigrafici e tettonici è stata raccolta nell'ambito dei nuovi fogli della Carta Geologica d'Italia (scala 1:50.000) durante il rilevamento geologico del Foglio n° 396 "San Severo".

La fase di subsidenza (Pliocene - Pleistocene inferiore) connessa alla subduzione appenninica è registrata nell'area di studio dalla tettonica distensiva che interessa la Calcarenite di Gravina (localmente attribuita al Pliocene medio-superiore). Le evidenze di tettonica sinsedimentaria sono rappresentate essenzialmente da faglie di crescita e dicchi nettuniani.

La fase di sollevamento pleistocenica è segnata dalla presenza di depositi marini e continentali terrazzati del Supersistema del Tavoliere delle Puglie che marciano la graduale riemersione di questo settore dalla fine del Pleistocene inferiore fino all'Attuale. Il progressivo sollevamento dell'area in esame può essere desunto dallo studio dei caratteri evolutivi delle unità marine e continentali terrazzate. Le unità terrazzate più antiche sono interessate da faglie prevalentemente distensive e datano quindi l'attività di queste strutture al post-Pleistocene medio.

ABSTRACT: L. Spalluto & M. Moretti: Neotectonics of the western sector of the Gargano Promontory (Plio-Pleistocene, southern Italy). (IT ISSN 0394-3356, 2005).

The analysed area is located in the western part of the Gargano Promontory (northern emerged sector of the Apulian foreland, southern Italy): this area comprises the Mesozoic and Cenozoic carbonate units of the Apulian foreland and the northern sector of the Plio-Pleistocene Bradanic Trough.

Many Authors mention the western portion of the Gargano area as an important seismogenic zone, which have suffered some medium- to high-magnitude historical and instrumentally-recorded earthquakes. In this area, some of the faults with a suggested recent to present-day activity have probably been active since Mesozoic time and it is often very hard to establish the age of the observed displacements. On the basis of the available stratigraphic and structural data, some Authors have distinguished at least two different tectonic phases in late Cretaceous and Miocene times. Moreover, they mentioned a Plio-Pleistocene tectonic activity as a successive single tectonic phase. According to the regional data, during the Plio-Pleistocene, this area (and the entire Apulian foreland) was subject to two different tectonic phases: the first one (Pliocene to lower Pleistocene in age) was related with the active subduction of the Apulian foreland beneath the southern Apenninic Chain; during this phase, the Apulian foreland recorded an high subsidence rate (about 2 mm/yr); from the Sicilian to present-day, the entire Apulian foreland was subject to a moderate uplift (less than 0,5 mm/yr). It is very important to distinguish the structural elements of the subsidence stage from them associated with the uplift since only the last ones are directly related with the present-day active tectonics.

During the geologic survey for the CARG project (San Severo 1:50.000 sheet) we have found much evidence of Neotectonics in this area and the aim of this work is to show the stratigraphically-recorded tectonic activity during the Plio-Pleistocene. In the Apricena area (Masseria Zingari locality), some extensional features have been observed: they are represented by narrow grabens (few tens of meters in length) which cut Miocene limestones and are transferred to the overlying Calcarenite di Gravina Formation (late Pliocene in age). The syndimentary activity of these grabens is documented by the presence of narrow folds and by the variations in thickness of the Calcarenite di Gravina Formation. The maximum displacement is always less than 5 m and it decreases upwards. Along the cuts of the older and inactive railway in the same area, a complex distensive fault occurs in the Calcarenite di Gravina Formation (and in its Miocene substrate): folds and growth structures involve the overlying calcarenites along the primary and secondary fault planes. The last evidence of the subsidence phase is given by large-scale neptunian dykes (up to 5 m in height): they are restricted at the contact between Miocene limestones and the overlying Calcarenite di Gravina Formation and are represented by large conical fractures in the Miocene substratum which are filled by the overlying Pliocene calcarenites; that is a record of syndimentary extensional tectonic activity since the overlying unit suffers soft-sediment deformation and many decimetric beds are downward-projected and/or irregularly folded during the extensional brittle deformation of the substratum.

The middle- to upper-Pleistocene uplift of this area is chiefly documented by the presence of marine and continental terraced deposits

that crop out from 140 m a.s.l. to 20 m a. s. l. The documentation of the discrete faults associated with this uplift phase is often very difficult because there are not extensive and continuous outcrops of the middle-upper Pleistocene units. Nevertheless, in a quarry located to the NW of Apricena Town we have found an extensional fault that cuts the entire thickness of a marine terraced unit (Colle degli Ulivi Subsynthem). The fault is subvertical, E-W oriented and the maximum vertical displacement is up to 20 m in height. Similar tectonic features have been reported in the younger San Severo Subsynthem.

Parole chiave: Neotettonica, Calcarenite di Gravina, Argille subappennine, Supersintema del Tavoliere delle Puglie, Pliocene medio-Pleistocene superiore, Promontorio del Gargano, Italia meridionale.

Keywords: Neotectonics, Calcarenite di Gravina, Argille subappennine, Tavoliere delle Puglie Supersynthem, middle Pliocene-upper Pleistocene, Gargano Promontory, southern Italy.

1. INTRODUZIONE

L'area di interesse ricade nel Foglio n° 396 "San Severo" (scala 1:50.000) e comprende ad est il settore nord-occidentale del Gargano e ad ovest un ampio settore del Tavoliere delle Puglie (fig. 1). Quest'area rappresenta un'importante zona sismogenetica in cui sono stati registrati strumentalmente e su base storica terremoti di Magnitudo moderato-alta (TINTI *et al.*, 1995; PICCARDI, 1998; BORRE *et al.*, 2003; PATACCA & SCANDONE, 2004; PICCARDI, 2005).

In questo lavoro vengono analizzati i dati stratigrafici inediti emersi nel corso del rilevamento geologico per la realizzazione del Foglio 396 "San Severo" alla scala 1:50.000 e relativi alle unità plio-pleistoceniche affioranti nell'area, che rappresentano:

- records stratigrafici delle differenti fasi geodinamiche cui è stata soggetta l'area d'interesse;
- vincoli stratigrafici per datare direttamente le faglie certamente attive durante il Plio-Pleistocene.

È opportuno evidenziare che nella recente letteratura in questo stesso settore di indagine sono stati riconosciuti gli effetti di una sola fase tettonica attiva durante il Plio-Pleistocene, che avrebbe principalmente riattivato strutture formatesi durante le fasi tettoniche precedenti (CHILOVI *et al.*, 2000). Queste evidenze non collimano con i dati regionali noti per l'Avampaese apulo e la Fossa Bradanica, che, in questo stesso intervallo di tempo, indicano la presenza sia di effetti connessi alla fase tettonica distensiva che si estende dal Pliocene fino al Pleistocene inferiore interessando l'intero Avampaese apulo coinvolto nella subduzione verso ovest al di sotto dell'Appennino meridionale, sia di una successiva fase di sollevamento attiva a partire dal Pleistocene medio (CIARANFI *et al.*, 1979; 1983; 1988; PIERI, 1980; RICCHETTI *et al.*, 1988).

Scopo di questo lavoro è quello di evidenziare, attraverso i nuovi vincoli stratigrafici, le strutture tettoniche ad attività Pliocene medio - Pleistocene inferiore da quelle con attività più recente connesse alla fase di *uplift* del Pleistocene medio-superiore; queste ultime sono le uniche che hanno anche un'importanza ai fini degli studi di tettonica attiva.

Effetti di tettonica sinsedimentaria connessi alla fase di

subsidenza, molto simili a quelli descritti in questo lavoro lungo il settore occidentale del Promontorio del Gargano, sono stati segnalati anche lungo il bordo bradanico delle Murge, nelle profonde incisioni del F. Bradano e dei suoi affluenti (TROPEANO *et al.*, 1994).

I dati stratigrafici e tettonici sono stati raccolti nell'ambito della realizzazione dei nuovi fogli della Carta Geologica d'Italia (scala 1:50.000 - Progetto C.A.R.G.) durante il rilevamento geologico del Foglio n° 396 "San Severo" di cui G. Ricchetti è stato responsabile scientifico e P. Pieri direttore dei rilevamenti.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di studio (fig. 1) ricade nel settore occidentale del Promontorio del Gargano nel settore di transizione tra i domini di avampaese ("Avampaese apulo" in D'ARGENIO *et al.*, 1973; RICCHETTI, 1980) e di avanfossa ("Fossa bradanica" in Selli, 1962; D'ARGENIO *et al.*, 1973) dell'Appennino meridionale. La porzione di avampaese affiorante è costituita da calcari meso-cenozoici di piattaforma carbonatica ("Piattaforma apula" in D'ARGENIO, 1974) interessati prevalentemente da una deformazione tettonica disgiuntiva (FUNICIELLO *et al.*, 1988; BERTOTTI *et al.*, 1999; CHILOVI *et al.*, 2000). Secondo studi strutturali e stratigrafici recenti, nell'area di studio sono state differenziate una fase tettonica supracretacica (CHILOVI *et al.*, 2000; MORSILLI *et al.*, 2002; SPALLUTO, 2004), una fase tettonica del Miocene-Pliocene inferiore coeva con le fasi più importanti dell'orogenesi appenninica (CHILOVI *et al.*, 2000) ed una tettonica plio-pleistocenica. Quest'ultima viene spesso

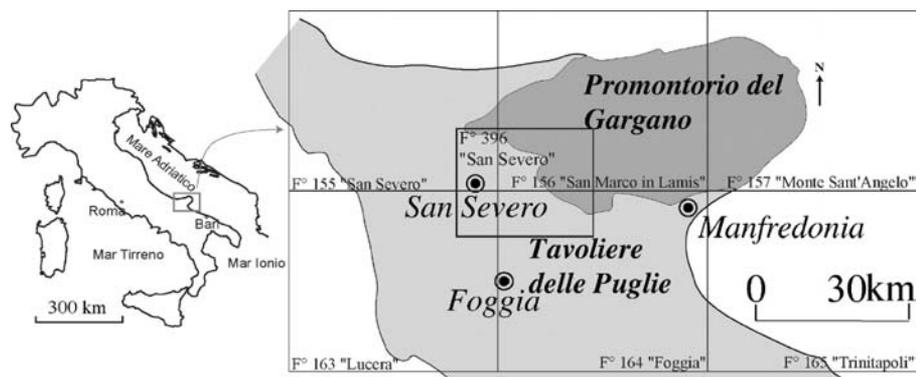


Fig. 1 - Schema geologico del settore settentrionale della Regione Puglia ed ubicazione del Foglio 396 "San Severo".

Geologic sketch of the northern sector of the Apulia Region. The location of the sheet 396 "San Severo" is shown.

identificata come una singola fase che avrebbe riattivato strutture più antiche (CHILOVI *et al.*, 2000; TONDI *et al.*, 2005). Nell'Avampaese apulo e nella Fossa bradanica, il Plio-Pleistocene è segnato da due distinte fasi geodinamiche (RICCHETTI *et al.*, 1988; DOGLIONI *et al.*, 1994; 1996). In particolare, durante il Pliocene medio-Pleistocene inferiore, i settori più occidentali dell'Avampaese apulo sono stati interessati da una marcata fase di subsidenza (circa 2 mm/anno in DOGLIONI *et al.*, 1994) connessa alla subduzione appenninica. Durante questa fase, ampi settori di avampaese evolvono ad avanfossa. In tale contesto la sedimentazione nella Fossa bradanica è avvenuta dapprima con depositi carbonatici di mare basso ascritti alla Calcarenite di Gravina e successivamente con le emipelagiti siltoso-argillose delle Argille subappennine. La Calcarenite di Gravina (Pliocene medio-Pleistocene inferiore) poggia in discordanza con un contatto trasgressivo sui calcari ai bordi degli alti strutturali relativi dell'Avampaese apulo (TROPEANO & SABATO, 2000; POMAR & TROPEANO, 2001). Le Argille subappennine (Pliocene medio-Pleistocene inferiore) poggiano in continuità di sedimentazione sulla Calcarenite di Gravina e marcano la fase di massimo approfondimento della Fossa bradanica (PIERI *et al.*, 1996). Questa unità rappresenta il substrato sedimentario su cui poggiano tutte le unità marine e continentali più recenti. I dati di letteratura indicano che, a partire dal Pleistocene medio, l'intero Avampaese apulo è stato invece soggetto ad un moderato sollevamento (CIARANFI *et al.*, 1983; RICCHETTI *et al.*, 1988; DOGLIONI *et al.*, 1994; 1996; GAMBINI & TOZZI, 1996), testimoniato a livello regionale dai depositi regressivi della Fossa bradanica e dai depositi marini terrazzati che si rinvengono a quote decrescenti, dai più antichi ai più recenti (CIARANFI *et al.*, 1988; TROPEANO *et al.*, 2002). Nell'area di interesse tali depositi vengono riportati nella cartografia geologica ufficiale alla scala 1:100.000 (F°155 "S. Severo" - BONI *et al.*, 1969; F°156 "S. Marco in Lamis" - CREMONINI *et al.*, 1971; F°163 "Lucera" - JACOBACCI *et al.*, 1967; F° 164 "Foggia" - MERLA *et al.*, 1969) con denominazioni differenti; in alcuni casi vengono descritti in continuità sulle Argille subappennine (BONI *et al.*, 1969; CREMONINI *et al.*, 1971), in altri casi come depositi marini terrazzati post-calabriani (JACOBACCI *et al.*, 1967; MERLA *et al.*, 1969). Nella Carta Geologica dell'Appennino meridionale (BONARDI *et al.*, 1988) nel Tavoliere delle Puglie, viene distinta una zona, al di sopra dei 350 m di quota, nella quale sarebbero presenti depositi correlabili con la successione bradanica (riconosciuti a sud dell'Ofanto da RICCHETTI, 1967 e VALDUGA, 1973) ed un settore meno elevato che si estende fino al Golfo di Manfredonia nel quale sarebbero presenti depositi marini terrazzati. Nei lavori successivi sul Plio-Quaternario del Tavoliere delle Puglie (BOENZI *et al.*, 1992; CALDARA & PENNETTA, 1989; 1993; CAPUANO *et al.*, 1996; AUCELLI *et al.*, 1997) sia le denominazioni di tali depositi che le attribuzioni cronologiche si riferiscono ora allo schema proposto da BONARDI *et al.* (1988), ora a quello della cartografia ufficiale 1:100.000 (BONI *et al.*, 1969). Più recentemente, Gallicchio *et al.* (2002) analizzando il settore pedemontano del Tavoliere (dall'Appennino fino all'area di Lucera, appena a sud dell'area qui analizzata) riconoscono unicamente depositi terrazzati continentali (Pleistocene medio-superiore) in erosione direttamente sulle Argille subappennine.

I rilevamenti condotti per la realizzazione del Foglio n° 396 "San Severo" (scala 1:50.000) hanno consentito sia di meglio definire le aree di affioramento delle unità basali della Fossa bradanica (Calcarenite di Gravina ed Argille subappennine), sia di proporre un nuovo schema stratigrafico per i depositi del Pleistocene medio-superiore.

3. LA FASE DI SUBSIDENZA DEL PLIOCENE MEDIO – PLEISTOCENE INFERIORE

3.1 Dati stratigrafici

La Calcarenite di Gravina (Pliocene medio-superiore)

La Calcarenite di Gravina rappresenta l'unità basale della successione plio-pleistocenica della Fossa bradanica (CIARANFI *et al.*, 1988). È conservata in lembi nel settore nord-occidentale dell'area di studio, ad est dell'abitato di Apricena e nel settore nord-orientale del foglio San Severo in località Monte Granata (fig. 2). Il limite inferiore della Calcarenite di Gravina è inconforme; a seconda della locale strutturazione del substrato, tale formazione poggia in discordanza o in paraconcordanza sia sui calcari mesozoici (Giurassico superiore-Cretaceo superiore) che sui calcari del Miocene (Serravalliano-Tortoniano). La base della Calcarenite di Gravina corrisponde ad una netta superficie di *ravinement* su cui poggia un deposito conglomeratico grossolano spesso circa 40-50 cm, costituito da clasti carbonatici derivanti dal substrato locale, profondamente bioerosi e di dimensioni variabili da pochi centimetri a qualche decimetro immersi in una matrice biocalcarenitica con tessitura *packstone/grainstone* in cui si riconoscono frammenti di bivalvi, echinidi, foraminiferi bentonici ed alghe calcaree. Il deposito lito-bioclástico basale passa gradualmente verso l'alto a strati e banchi calcarenitici e calciruditi dal tipico colore giallo-ocra a luoghi clinostratificati e costituiti in prevalenza da un deposito bioclástico con tessitura *grainstone/rudstone* in cui si riconoscono frammenti di gusci, abrasioni e in alcuni casi ben selezionati, di bivalvi, echinidi, gasteropodi, foraminiferi bentonici e rodoliti. La frazione terrigena, costituita da elementi litici millimetrici o centimetrici derivanti dall'erosione del substrato, è presente, ma tende gradualmente a diminuire verso l'alto. Le superfici di strato sono poco evidenti e delimitano strati e banchi di spessore variabile da 30 cm a 2-3 metri con giacitura sub-orizzontale. La porzione superiore della Calcarenite di Gravina presenta caratteristiche di facies piuttosto omogenee. Infatti, si riconoscono biocalcareniti e biocalciruditi intensamente bioturbate con tessitura *packstone* e più raramente *grainstone* costituite da abbondanti macrofossili, a luoghi intensamente bioerosi, tra cui lamellibranchi, briozoi, balani, alghe calcaree coralline (*Lithophyllum* e *Lithothamnium*), foraminiferi bentonici (abbondanti Amphistegine ed *Elphidium*) e planctonici. La frazione terrigena di tale deposito è molto scarsa o del tutto assente. Nel complesso, le facies descritte indicano che questa formazione si è depositata in ambienti marini neritici che gradualmente evolvono verso l'alto dalla *beachface* alla *shoreface* in relazione ad una graduale tendenza all'approfondimento com'è evidenziato dalle strutture sedimentarie, dalla

progressiva diminuzione della frazione terrigena derivante dall'erosione del substrato e dalla chiara tendenza *fining upward*.

L'analisi micropaleontologica ha permesso di riconoscere la seguente associazione fossilifera di foraminiferi planctonici *Globigerinoides quadrilobatus*, *Globigerina bulloides*, *Globigerinoides ruber* e *Neogloboquadrina acostaensis*, attribuibile genericamente al Pliocene medio-superiore (SPROVIERI, 1993). Questi dati collimano con quelli di D'ALESSANDRO *et al.* (1979) che, nelle stesse aree di studio ed anche in aree

limitrofe, hanno attribuito la Calcarenite di Gravina al Pliocene medio-superiore sia per il contenuto macropaleontologico che per quello micropaleontologico.

Le Argille subappennine (Pliocene medio - Pleistocene inferiore)

La Formazione delle Argille subappennine (AZZAROLI, 1968) è costituita da un complesso di depositi argillosi, sabbiosi e siltosi depositatosi tra il Pliocene medio ed il Pleistocene inferiore nel bacino della Fossa

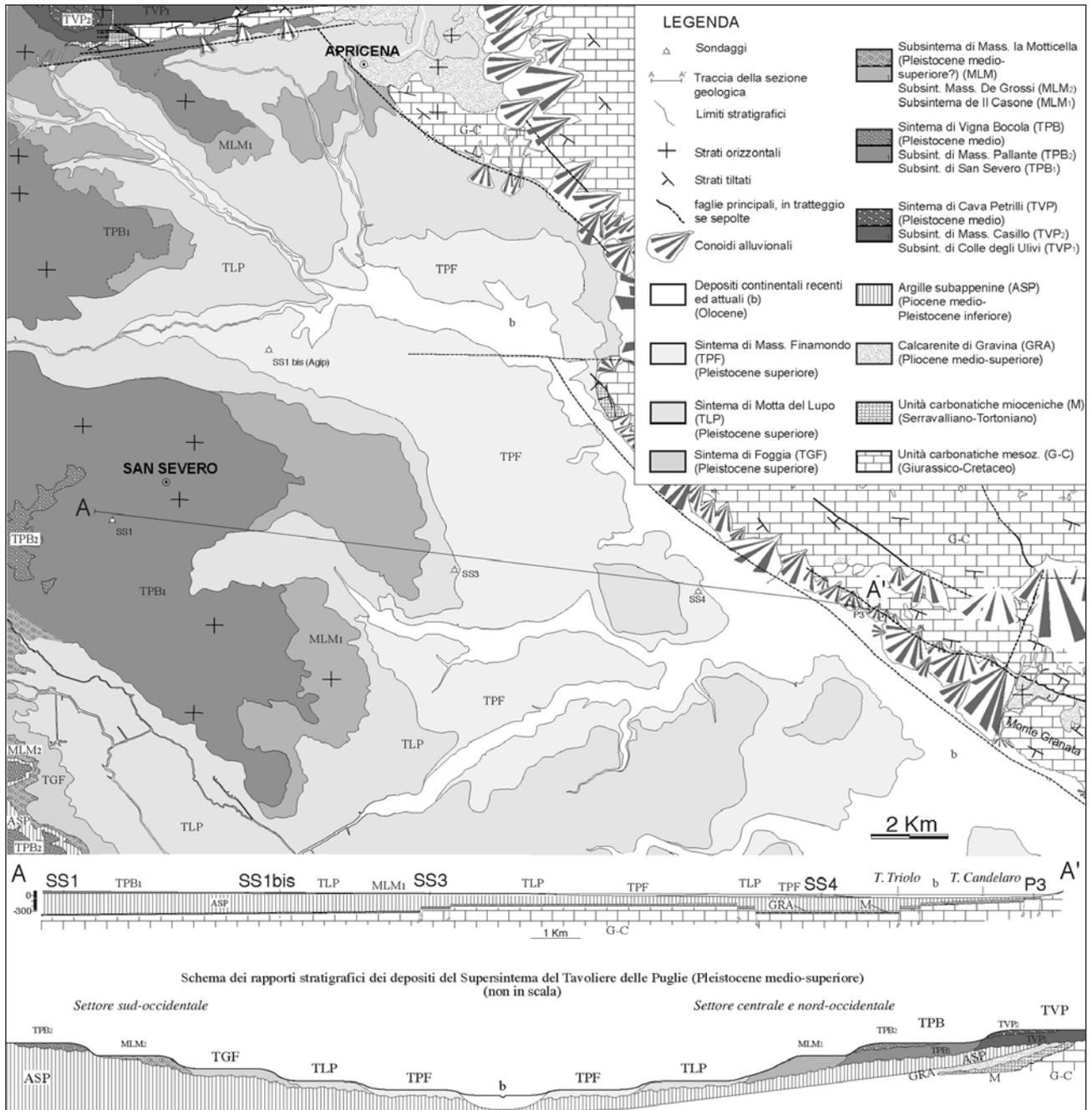


Fig. 2 - Carta e sezione geologica dell'area di studio. E' riportato anche lo schema stratigrafico dei depositi del Supersistema del Tavoliere delle Puglie (Pleistocene medio-superiore).

Geologic map and section of the study area. The stratigraphic sketch of the Tavoliere delle Puglie Supersystem (middle-upper Pleistocene) is shown.

bradanica.

Le Argille subappennine affiorano in un'area molto ristretta nel settore sud-occidentale del foglio 1:50.000 n° 396 San Severo (fig. 2) per uno spessore di circa 15-20 m, ma, va sottolineato, costituiscono il substrato delle numerose unità pleistoceniche in tutto il settore di avanfossa (fig. 2), come si ricava dalle stratigrafie di numerosi pozzi per acqua perforati nell'area.

I principali caratteri litologici e sedimentologici sono osservabili solo in aree limitrofe, ma esterne al Foglio stesso (aree poste a ovest, alto morfologico di Torre Fiorentina). In queste aree le Argille subappennine sono costituite da strati e banchi di silt argillosi con spessori variabili da qualche decina di centimetri ad oltre un metro. Litologicamente sono costituite da argille siltose fortemente bioturbate che si alternano ad argille marnose, silt e sabbie da fini a grossolane di colore grigio-scuro.

Nell'area di interesse per meglio caratterizzare le unità plio-pleistoceniche sono stati perforati tre pozzi a carotaggio continuo. In carota, le Argille subappennine sono caratterizzate da alternanze centimetriche e decimetriche tra argille siltose, silt e sabbie fini di colore grigio scuro. La laminazione è generalmente piano-parallela, incrociata solo negli intervalli sabbiosi; la bioturbazione è molto diffusa e a luoghi oblitera completamente le strutture sedimentarie primarie. Si rinvenivano numerosi resti di bivalvi e serpulidi sia in frammenti che interi.

I dati di profondità disponibili in letteratura (Pozzo Agip San Severo 1 bis - AGIP, 1977; BALDUZZI *et al.*, 1982; CASNEDI, 1982; SELLA *et al.*, 1988) indicano che le Argille subappennine presentano spessori variabili da poche decine di metri nel settore di Tavoliere prossimo al Gargano, fino ad uno spessore massimo di circa 1000 metri nel settore sud-occidentale dell'area di studio (fig. 2). Lo spessore è condizionato dall'assetto tettonico profondo del substrato Meso-Cenozoico.

I dati provenienti dagli affioramenti ed i caratteri sedimentologici desunti dalle carote permettono di interpretare le Argille subappennine come il risultato della sedimentazione, essenzialmente silicoclastica, in ambienti marini di piattaforma esterna. Tale indicazione conferma quanto desumibile in letteratura per aree limitrofe (GALLICCHIO *et al.*, 2002; D'ALESSANDRO & LA PERNA, 2004).

Sulla base delle associazioni a nanfossili calcarei l'unità è riferibile al Pleistocene inferiore, per la presenza di rare "medium" *Gephyrocapsa* (*sensu* Rio *et al.*, 1990); l'associazione non consente una più precisa attribuzione biozonale ed è rappresentata principalmente da *Pseudoemilliana lacunosa*

(Kamptner), *Calcidiscus leptoporus* (MURRAY & BLACKMAN), "small" *Gephyrocapsa* (*sensu* Rio *et al.*, 1990), *Reticulofenestra* spp., rare *Helicosphaera sellii* Bukry & Bramlette.

3.2 Evidenze di tettonica nell'intervallo Pliocene medio - Pleistocene inferiore

Oltre che dall'evoluzione stratigrafica, la tettonica connessa a questa fase di subsidenza è ben registrata anche da numerose faglie distensive la cui attività è sinsedimentaria rispetto alla deposizione della Calcarenite di Gravina (Pliocene medio-superiore); nell'area ad ovest di Apricena (località Masseria Zingari), la presenza di numerose sezioni stratigrafiche lungo tagli variamente orientati della nuova linea ferroviaria e di quella dismessa consente di seguire e mappare accuratamente i principali elementi strutturali; inoltre la presenza di affioramenti di depositi di età variabile dal Miocene medio al Pleistocene medio consente di datare in modo preciso l'attività di tali faglie.

Lungo i nuovi tagli della ferrovia è possibile osservare alcune faglie dirette ad attività sinsedimentaria in relazione alla deposizione della Calcarenite di Gravina (Pliocene medio-superiore). Si tratta di stretti semigraben (qualche decina di metri in ampiezza) che tagliano i calcari miocenici e presentano chiare strutture di "crescita" nella Calcarenite di Gravina (pieghe per propagazione di faglia). A luoghi, in corrispondenza di tali faglie, si osservano anche blocchi di calcari miocenici franati all'interno della Calcarenite di Gravina che probabilmente indicano la presenza di falesie instabili proprio

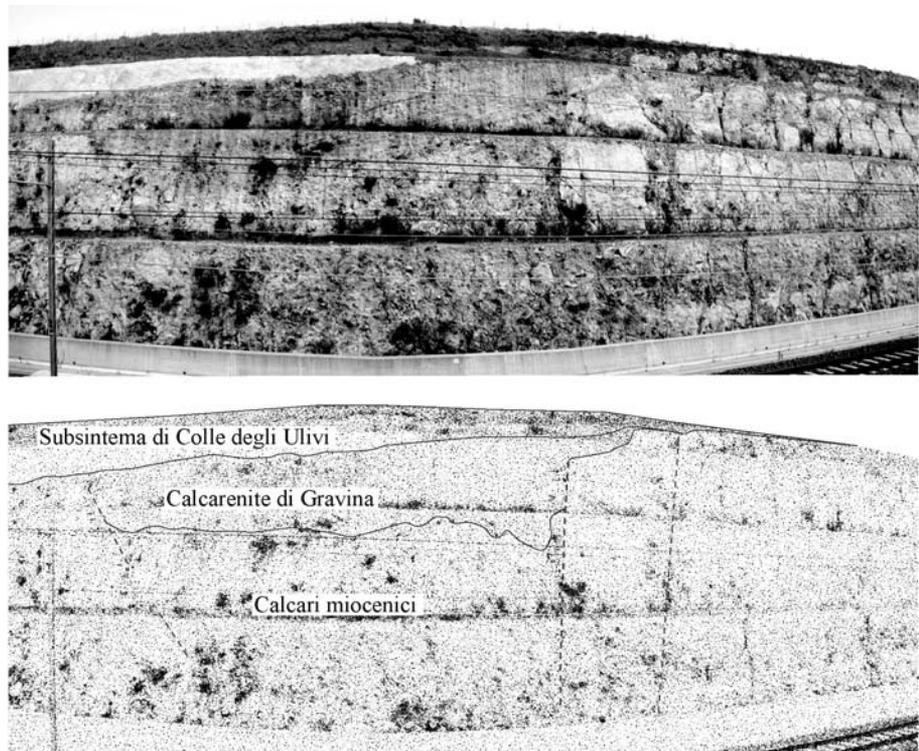


Fig. 3 - Esempio di tettonica distensiva connessa alla fase di subsidenza del Pliocene - Pleistocene inferiore. Le faglie dirette tagliano localmente la Calcarenite di Gravina (Pliocene medio-superiore), ma sono saturate dal Subsistema di Colle degli Ulivi (Pleistocene medio).

Example of the Pliocene - lower Pleistocene subsidence phase. Extensional faults cut the Calcarenite di Gravina Fm. and are saturated by the Colle degli Ulivi Subsystem.

lungo tali strutture tettoniche. L'attività sinsedimentaria di tali semigraben è testimoniata dal brusco aumento di spessore delle calcarenite plioceniche in corrispondenza delle faglie stesse. Il rigetto imputabile all'attività plio-pleistocenica sembra diminuire verso l'alto ed è comunque al massimo di pochi metri (5÷6 m il rigetto massimo osservato). Le faglie descritte sono inoltre sature dai depositi marini del Pleistocene medio che si rinvergono in *pinch-out* sia sulla Calcarenite di Gravina che sui calcari miocenici (fig. 3).

In corrispondenza del taglio della ferrovia dismessa sono stati osservati altri effetti di tettonica pliocenica. L'attività sinsedimentaria è testimoniata da intensi piegamenti negli strati della Calcarenite di Gravina, sia lungo i piani di faglia principali che lungo piani secondari. Si osserva una faglia diretta principale (f1 in fig. 4) che mette in contatto tettonico i calcari del Miocene e la Calcarenite di Gravina: il movimento è suggerito chiaramente dall'uncinatura verso l'alto degli strati di Calcarenite di Gravina; localmente si osservano anche bruschi aumenti di spessore degli strati della calcarenite pliocenica lungo tale faglia che testimoniano un'attività anche sinsedimentaria della stessa. Alla faglia principale è però associata una faglia con chiari caratteri di rigetto inverso (si osservi l'uncinatura degli strati verso la faglia f2 in fig. 4).

L'associazione di faglie dirette principali e faglie inverse "coniugate" viene spesso spiegata in termini di effetti locali di transtensione o transpressione lungo elementi strutturali con movimento essenzialmente trascorrente (fiori negativi o positivi). Un'altra possibile interpretazione è legata all'osservazione che la tettonica distensiva su sistemi complessi formati da un substrato rigido sul quale è presente una copertura sedimentaria poco diagenizzata (si vedano i modelli proposti da WITHJACK *et al.*, 1990 e HARDY & McCLEY, 1999) porta alla formazione di strutture tettoniche molto simili a quelle osservate in affioramento (f1 ed f2 in fig. 4). In entrambi i casi si tratta di una evidenza di tettonica sinsedimentaria nella Calcarenite di Gravina che mostra chiari effetti di deformazione tettonica in condizioni di *soft-sediment*.

Infine un'ultima evidenza di tettonica sinsedimentaria è rappresentata dalla presenza di numerosi "filoni nettuniani" al contatto fra i calcari miocenici e la Calcarenite di Gravina (fig. 5). Si tratta di profonde fratture

distensive nel substrato rigido dei calcari miocenici (lunghe fino a 6 m) all'interno delle quali viene "risucchiata" la Calcarenite di Gravina. La deformazione è sempre sinsedimentaria (rispetto alla deposizione della Calcarenite di Gravina) in quanto il termine superiore si deforma in condizioni non-consolidate (*soft-sediment deformation*) ed interi strati vengono "risucchiati" e/o piegati dalla deformazione distensiva fragile del substrato.

Non sono invece state evidenziate strutture tettoniche con attività infrapleistocenica.

4. LA FASE DI UPLIFT DEL PLEISTOCENE MEDIO SUPERIORE

4.1 Dati stratigrafici

I depositi delle Argille subappennine sono delimitati al tetto da una serie di superfici erosive su cui poggiano

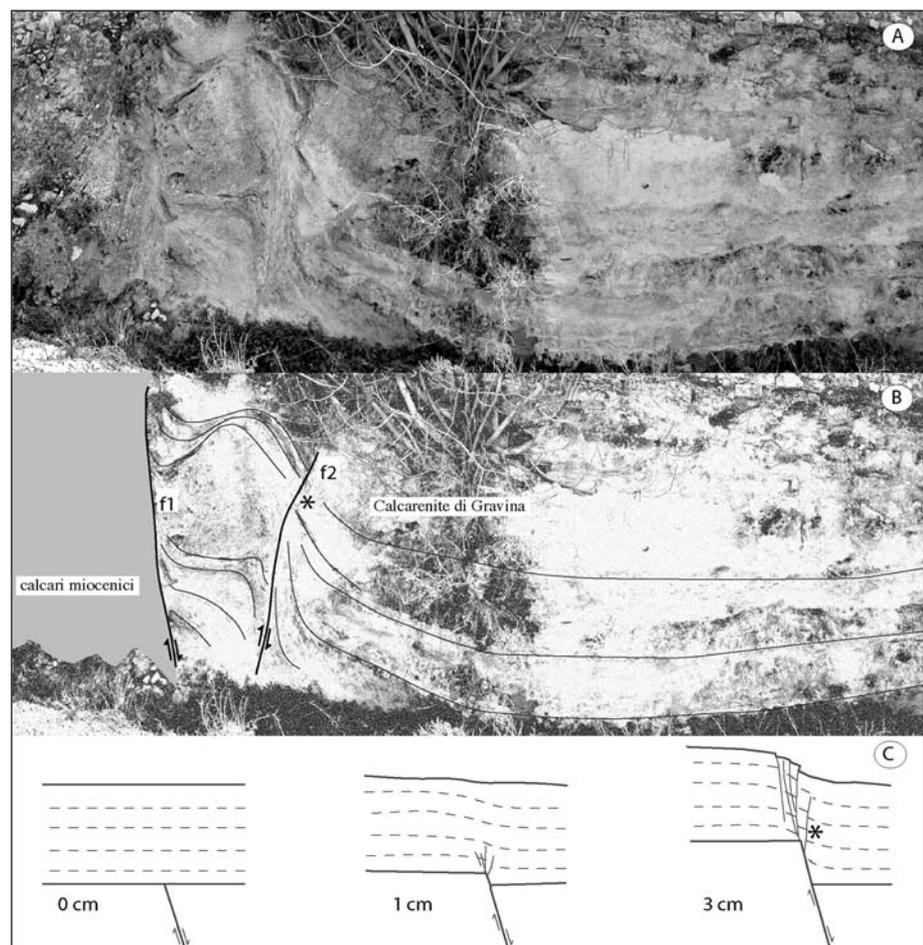


Fig. 4 - A e B: Tettonica sinsedimentaria pliocenica lungo la ferrovia dismessa (Apricena). La faglia principale f1 è diretta (uncinatura verso l'alto degli strati di Calcarenite di Gravina) e presenta attività sinsedimentaria rispetto alla deposizione della Calcarenite di Gravina (piccole variazioni di spessore verso la faglia). Alla faglia f1 principale è associata una faglia f2 a rigetto inverso (si osservino le uncinature). C: modello analogico di deformazione di una copertura sedimentaria poco diagenizzata al di sopra di un substrato rigido soggetto a distensione (da Hardy & McClay, 1999 - modificato). Si noti la formazione di faglie inverse (*).

A and B: Pliocene synsedimentary tectonics in the Apricena area. Master fault (f1) shows a normal displacement. The f2 fault shows a clear compressional displacement. C: results of laboratory experiments on extensional faults affecting a soft-sediment sedimentary cover (modified from Hardy & McClay, 1999). Note the presence of reverse faults (*).

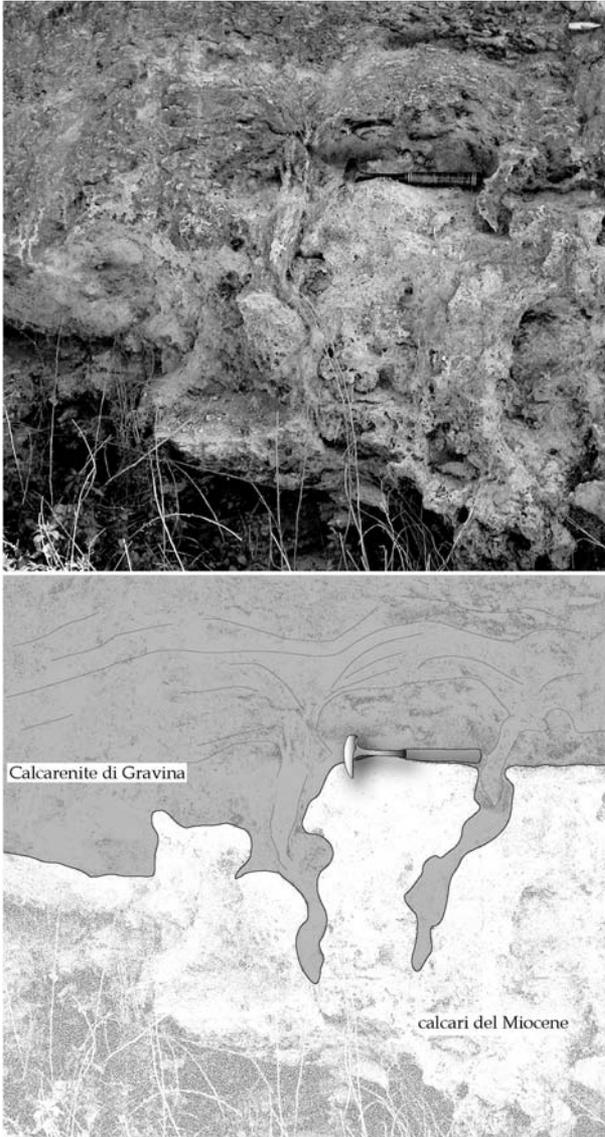


Fig. 5 - Dicchi nettuniani al contatto fra i calcari del Miocene e la sovrastante Calcarenite di Gravina. Sono rappresentati da fratture di forma conica impostate nel substrato miocenico riempite dalle sovrastanti calcareniti plioceniche. Si noti la deformazione tipo "soft-sediment" nella Calcarenite di Gravina e la deformazione fragile del substrato miocenico.

Neptunian dykes at the contact between the Miocene limestones Formation and the overlying Calcarenite di Gravina Formation. They are represented by large conical fractures in the Miocene substratum which are filled by the overlying Pliocene calcarenites; note the soft-sediment deformation in the Calcarenite di Gravina Fm. and the extensional brittle deformation of the substratum.

depositi litologicamente e tessituralmente eterogenei attribuibili sia ad ambienti marini costieri che ad ambienti alluvionali.

Nel corso del rilevamento sono stati distinti sei differenti sintemi terrazzati distribuiti, dal più antico al più recente, a quote decrescenti (fig. 2):

- 6) Sintema di Masseria Finamondo (Pleistocene superiore);
- 5) Sintema di Motta del Lupo (Pleistocene superiore);

- 4) Sintema di Foggia (Pleistocene superiore);
- 3) Sintema di Masseria la Motticella (Pleistocene medio – superiore?);
 - b) Subsintema di Masseria De Grossi;
 - a) Subsintema de Il Casone;
- 2) Sintema di Vigna Bocola (Pleistocene medio);
 - b) Subsintema di Masseria Pallante;
 - a) Subsintema di San Severo;
- 1) Sintema di Cava Petrilli (Pleistocene medio);
 - b) Subsintema di Masseria Casillo;
 - a) Subsintema di Colle degli Ulivi.

I tre sintemi più antichi (Sintema di Cava Petrilli, Sintema di Vigna Bocola e Sintema di Masseria la Motticella) sono stati suddivisi in due subsintemi separati da una superficie di erosione che mette a contatto depositi marini che mostrano un *trend* regressivo ed i sovrastanti depositi in facies continentale alluvionale. I tre sintemi più recenti (Sintema di Foggia, Sintema di Motta del Lupo e Sintema di Masseria Finamondo) sono costituiti essenzialmente da successioni continentali.

I tre subsintemi marini (Subsintema di Colle degli Ulivi, Subsintema di San Severo e Subsintema de Il Casone) hanno uno spessore di circa 30-35 m, affiorano in lembi nell'area di studio e, con la sola eccezione del Subsintema di Colle degli Ulivi ben visibile in alcune trincee ferroviarie, i caratteri di facies sono stati osservati prevalentemente attraverso l'esecuzione di apposite perforazioni a carotaggio continuo.

Il Subsintema di Colle degli Ulivi è costituito dal basso verso l'alto, da: alternanze tra argille con laminazione piano-parallela e sabbie a laminazione incrociata con intercalazioni di livelli ghiaiosi formati alla base da letti di *clay-chips* provenienti dall'erosione del substrato argilloso; sabbie con stratificazione incrociata formanti *foresets* progradanti verso NE e strette forme erosive canalizzate riempite da sabbie a stratificazione incrociata; alternanze fra conglomerati e sabbie con i conglomerati che aumentano in spessore, dimensioni dei ciottoli e frequenza verso l'alto dove mostrano forme canalizzate. L'insieme dei caratteri descritti indica che il Subsintema di Colle degli Ulivi si è depositato in un ambiente marino transizionale di delta passante lateralmente ad ambienti di mare sottile. I corpi ghiaiosi caratterizzavano i canali attivi del delta e sfumavano lateralmente in corpi sabbiosi progradanti verso NE sui depositi prevalentemente argillosi di prodelta. La successione verticale e laterale delle facies indica chiaramente che il Subsintema di Colle degli Ulivi mostra un *trend* regressivo.

Il Subsintema di San Severo ed il Subsintema de Il Casone sono costituiti, dal basso verso l'alto, da: alternanze argilloso-sabbiose a luoghi con lamine piano-parallele, intensamente bioturbate e con abbondante contenuto in materia organica; sabbie giallastre ben selezionate e a luoghi bioturbati con interstrati siltoso-argillosi che aumentano in spessore e frequenza verso l'alto; argille brune e verdi bioturbate con rare lamine siltoso-sabbiose; argille verdastre con abbondante presenza di concrezioni calcaree di origine diagenetica, sabbie da medie a fini ben selezionate e a laminazione incrociata passanti in alto ad argille brunastre a laminazione piano-parallela. Tutti i caratteri di facies indicano che tali subsintemi si sono depositati in ambienti marini costieri di baia più o meno protetta. Si

tratta di una successione marina e di transizione con un generale *trend* regressivo. La base trasgressiva è rappresentata da alternanze argilloso-siltoso-sabbiose deposte in *shoreface* superiore in una baia molto protetta e con scarsa circolazione costiera. La parte superiore è invece costituita da sabbie da grossolane a fini di ambienti relativamente più profondi (*shoreface* inferiore) in un contesto di baia aperta. Verso l'alto si torna a condizioni di baia ristretta fino alle sabbie a laminazione incrociata ed alle argille brunastre che probabilmente rappresentano già ambienti di transizione al continentale.

Il Subsistema di Masseria Casillo, il Subsistema di Masseria Pallante ed il Subsistema di Masseria De Grossi poggiano in erosione sui subsistemi marini sottostanti e presentano caratteri litologici molto simili tra loro. In particolare, sono costituiti da conglomerati poligenici con abbondante matrice sabbiosa rossastra. I ciottoli presentano una bassa selezione granulometrica ed il diametro massimo è prossimo a 30 cm. Si presentano mal stratificati e, solo a luoghi, è possibile riconoscere superfici erosive canalizzate. L'ambiente di sedimentazione è riferibile in base ai dati sedimentologici ad una piana *braided*. Lo spessore massimo di questi subsistemi è nell'ordine dei 10-15 m.

La base dei tre sistemi più recenti (Sistema di Foggia, Sistema di Motta del Lupo e Sistema di Masseria Finamondo non è mai visibile in affioramento, rappresentata, come si ricava dai dati di pozzo per i Sistemi di Motta del Lupo e Masseria Finamondo, da un paio di metri di depositi marini (sabbie fini ben selezionate con abbondante contenuto in microfossili). Verso l'alto, questi depositi sono costituiti da: alternanze tra ghiaie poligeniche con ciottoli di dimensioni centimetriche e sabbie con associata terra rossa; argille brune con lamine piano-parallele e con intercalazioni siltoso-sabbiose a luoghi con *ripples* asimmetrici e laminazione incrociata a basso angolo ed abbondante contenuto in terra rossa; argille nerastre cementatissime prive di strutture sedimentarie e silt con abbondanti concrezioni calcaree di origine diagenetica. I residui di lavato contengono rari frammenti di macrofossili, ostracodi, oogoni di alghe Carofite o rarissimi foraminiferi rotti ed abrasati ed in alcuni casi sono risultati sterili. Questi sistemi mostrano un *trend* chiaramente regressivo: su sabbie marine, si rinvengono sia argille, sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale con condizioni idrodinamiche anche di moderata energia, che argille brune e verdi di palude e/o di laguna ristretta in cui si potevano depositare grandi quantità di materia organica.

4.2 Evidenze di tettonica nell'intervallo Pleistocene medio-superiore

L'eventuale presenza di

strutture tettoniche ad attività sinsedimentaria associate a questa fase sono meno documentabili a causa della mancanza di estesi affioramenti dei depositi medio e supra pleistocenici. Ciononostante, i subsistemi marini più antichi e meglio affioranti (Subsistema di Colle degli Ulivi e Subsistema di San Severo) mostrano chiari indizi di tettonica sinsedimentaria e sono dislocati nel settore nord-occidentale dell'area analizzata (area a N e NO di Apricena). In località Cava di Nunzio (fig. 6) è stata documentata la presenza di una faglia diretta subverticale che taglia per intero la successione marina di transizione dei depositi del Subsistema di Colle degli Ulivi con un rigetto di circa 20 m: la sua attività è chiaramente successiva alla sedimentazione della stessa unità marina (Pleistocene medio). L'andamento è circa E-O e non sono stati osservati indicatori cinematici.

Ad ovest dell'abitato di Apricena, lungo la nuova trincea ferroviaria, sono visibili due faglie subverticali a rigetto diretto (rigetto massimo misurato nell'ordine dei 6-7 m) che interessano il Subsistema di San Severo (Pleistocene medio). La faglia diretta più meridionale mette in contatto tettonico le facies sabbiose che caratterizzano la porzione basale dell'unità con le argille brune e verdi che si rinvengono nella porzione centrale e superiore della successione (fig. 7). Anche in questo caso l'andamento delle faglie è E-O e l'attività è post-Pleistocene medio.

5. DEDUZIONI TETTONICHE E PALEOGEOGRAFICHE

I dati stratigrafici e tettonici esposti permettono di delineare i punti principali dell'evoluzione sedimentaria e strutturale plio-pleistocenica di questo settore del Tavoliere delle Puglie nel Plio-Pleistocene.

Le evidenze della tettonica connessa alla fase di subsidenza dell'Avampaese apulo (Pliocene medio-

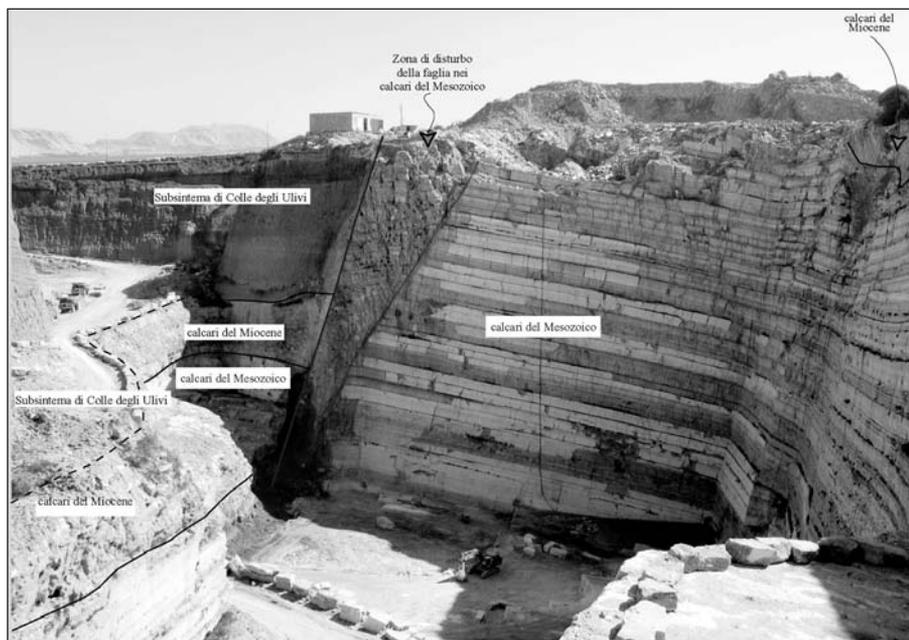


Fig. 6 - Evidenze di tettonica durante la fase di sollevamento del Pleistocene medio-superiore. Evidences of tectonics during the middle-upper Pleistocene uplift phase.

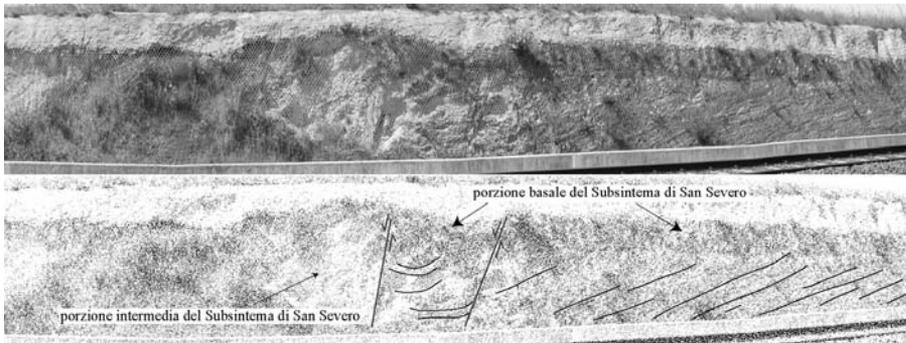


Fig. 7 - Faglie connesse al sollevamento. Faglia diretta che taglia il Subsistema di San Severo (Pleistocene medio).

Faults related with the uplift phase. Extensional fault that cuts the San Severo Subsystem (middle-Pleistocene).

Pleistocene inferiore) sono registrate dal punto di vista stratigrafico nell'area di interesse dal progressivo annessamento di vasti settori dell'Avampaese apulo. Il trend trasgressivo legato a questa fase è registrato nell'area di studio dalla sedimentazione della Calcarenite di Gravina che mostra una chiara evoluzione del tipo *fining/deepening upward* nella successione verticale delle facies. La fase di subsidenza continua anche nel Pleistocene inferiore ed è marcata dalla sedimentazione delle Argille subappennine che, nell'area di studio, è costituita da fanghi e silt emipelagici attribuibili ad ambienti di piattaforma esterna. Queste ultime raggiungono spessori notevoli (fino a 1000 m da dati di pozzo) al di sopra della monoclinale regionale che si immerge al di sotto dell'Appennino. Dal punto di vista strutturale, la subsidenza è documentata da faglie dirette orientate circa est-ovest con attività sinsedimentaria in relazione alla deposizione della Calcarenite di Gravina. Le strutture riconosciute interessano esclusivamente la Calcarenite di Gravina senza trasferirsi alle sovrastanti Argille subappennine: tale dato sembra indicare che gli effetti della tettonica distensiva nel settore in esame si risentano solo nella fase di incipiente passaggio da area di avampaese ad area di avanfossa subsidente.

L'insieme dei caratteri stratigrafici e strutturali esposti per il Supersistema del Tavoliere delle Puglie mostra che esso costituisce un insieme complesso di depositi marini e continentali che segnano l'evoluzione stratigrafico-strutturale di questo settore del Tavoliere a partire dal Pleistocene medio fino all'Attuale. In particolare, nell'area di studio la fase di sollevamento è segnata dalla presenza di sintemi e subsintemi terrazzati in facies marina costiera e continentale che marcano la graduale riemersione di questo settore di transizione fra l'Avampaese apulo e l'avanfossa. Il progressivo sollevamento dell'area in esame può essere desunto oltre che dalla distribuzione altimetrica dei depositi, anche dallo studio dei caratteri evolutivi dei singoli sintemi o subsintemi che costituiscono il Supersistema del Tavoliere delle Puglie.

Il Subsistema di Colle degli Ulivi è rappresentato da corpi deltizi progredienti verso NE, mentre i Subsintemi di San Severo e del Casone si sviluppano in ambienti di bassa energia tipo baia. Tale dato indica la presenza di una paleolinea di costa orientata approssimativamente NO-SE nel caso del Subsistema di Colle degli Ulivi. Viceversa, i depositi marini dei subsintemi

più recenti (Subsistema di San Severo e Subsistema de Il Casone) si depositavano in un'area protetta tipo baia che, dal punto di vista paleogeografico, era rappresentata da linee di costa parallele all'attuale Golfo di Manfredonia distribuite via via a quote decrescenti. Inoltre analizzando e confrontando i caratteri litologici dei depositi marini e continentali è possibile affermare che i corpi deltizi progredienti del Subsistema di Colle degli Ulivi erano associati ad un corso d'acqua (il paleo-Fortore secondo AUCELLI *et al.*, 1997) che aveva un reticolo

idrografico ed un'area di alimentazione che si estendevano in aree interne del Subappennino dauno. I clasti del Subsistema di Colle degli Ulivi sono infatti poligenici e sono rappresentati da una gran varietà di litologie (rocce intrusive, arenarie, calcari, selci, ecc.) alcune delle quali sono presenti unicamente nel Flysch di San Bartolomeo (che non affiora nel settore esterno del Subappennino dauno). Viceversa tutti i depositi alluvionali terrazzati dei sintemi o subsintemi più recenti contengono unicamente clasti che provengono dal settore esterno dell'Appennino (con area di alimentazione coincidente con quella degli attuali corsi d'acqua) nel quale affiorano prevalentemente unità calcaree (Flysch di Faeto e Flysch Rosso). L'insieme di questi dati mostra che nel Pleistocene medio vi è stato un intenso sollevamento dell'area posta a nord del settore analizzato. Al sollevamento di quest'area sono probabilmente associate le faglie che sono state descritte precedentemente nei depositi del Pleistocene medio-superiore. Tale sollevamento, che coincide parzialmente con quello descritto da AUCELLI *et al.* (1997) in settori limitrofi all'area qui analizzata, deve essere avvenuto infatti lungo strutture tettoniche orientate circa E-O ed in grado di isolare un settore settentrionale direttamente connesso all'Adriatico (l'attuale valle del Fortore), da uno meridionale tipo baia sviluppatosi parallelamente all'attuale Golfo di Manfredonia.

La distribuzione altimetrica dei sintemi appartenenti al Supersistema del Tavoliere delle Puglie mostra che il sollevamento caratterizza tutti i depositi dal Pleistocene medio all'Attuale. Tale considerazione ricalca quanto ricavato, in un settore del tavoliere a SO dell'area qui considerata, da GALLICCHIO *et al.* (2002). Nel settore pedemontano del Tavoliere infatti, il Supersistema del Tavoliere delle Puglie è caratterizzato solo da depositi continentali (attribuibili a sistemi alluvionali di conoide e *braided*): i depositi di conoide più antichi sembrano svilupparsi su ampie superfici che si estendono ininterrottamente, da O verso E, dalla catena fino all'area di Lucera; nel tempo ciascun alveo si è approfondito confinando via via sistemi di conoide passanti distalmente a sistemi di tipo *braided* in valli allungate all'incirca E-O.

Nell'area rappresentata nel Foglio San Severo affiorano i sintemi meno elevati e più recenti appartenenti a questo supersistema. La differenza sostanziale rispetto al settore pedemontano descritto precedente-

mente risiede nella presenza (nei sintemi più antichi affioranti) dei depositi marini. Nel settore pedemontano del Tavoliere i depositi marini sono stati erosi (se ne ritrovano tracce nei clasti dei depositi continentali dei Sintemi più antichi). Nel settore orientale del Tavoliere delle Puglie (ricadente nell'area qui analizzata) i depositi marini sono stati invece localmente preservati dall'erosione. Tale differenza potrebbe essere connessa sia al maggiore spessore che i depositi marini potevano avere in questo settore sia al presumibile maggior grado di erosione che essi dovevano subire nel settore pedemontano (a parità di tassi di sollevamento e di sedimentazione). Inoltre, la presenza di sintemi continentali più antichi ed a quote maggiori ed il fatto che alcuni subsintemi continentali poggino sia sulle Argille subappennine che sui subsintemi marini porta a ritenere che questi ultimi probabilmente si depositavano all'interno di valli incise, durante periodi di ingressione marina in un trend generale regressivo indotto dal sollevamento.

6. CONCLUSIONI

Nel corso dei rilevamenti per la nuova Carta Geologica d'Italia (scala 1:50.000), foglio n° 396 "San Severo", sono stati riconosciuti numerosi elementi strutturali con evidenze di attività neotettonica (Pliocene medio - Pleistocene superiore). I caratteri della deformazione tettonica ed i vincoli stratigrafici hanno permesso di riconoscere due distinte fasi di tettonica distensiva: una relativa al Pliocene medio - Pleistocene inferiore, l'altra attiva a partire dal Pleistocene medio.

Le strutture tettoniche connesse alla subsidenza del Pliocene medio - Pleistocene inferiore confermano quanto noto in letteratura per l'area di avanfossa a sud dell'Ofanto. In particolare gli effetti di tettonica sinsedimentaria nella Calcarenite di Gravina presentano caratteri molto simili a quelli descritti da TROPEANO *et al.* (1994) lungo il margine sud-occidentale delle Murge (area a SO di Matera).

Il sollevamento, in atto a partire Pleistocene medio, è registrato dai depositi marini e continentali appartenenti al Supersintema del Tavoliere delle Puglie che si rinvengono, dal più antico al più recente, a quote via via decrescenti sul livello del mare. Il sollevamento è accompagnato dall'attività di faglie dirette, documentata nel settore nord-occidentale dell'area investigata. Lo studio di dettaglio della stratigrafia dei depositi del Pleistocene medio-superiore ha consentito di evidenziare non solo la presenza di faglie con attività successiva al Pleistocene medio, ma anche di valutare con buona approssimazione i relativi rigetti.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano: Piero Pieri e Giustino Ricchetti per il coordinamento e per la direzione scientifica dei lavori di rilevamento geologico del Foglio 396 "San Severo" (Progetto C.A.R.G. Puglia); Patrizia Maiorano e Fabrizio Lirer per le analisi biostratigrafiche delle unità plio-pleistoceniche; Marcello Tropeano e Vincenzo Festa per le proficue discussioni sul tema della tettonica plio-pleistocenica; i due referees per gli utili suggerimenti.

Lavoro pubblicato con fondi di ateneo MIUR ex 60% 2003-2004 (Resp. L. Sabato).

BIBLIOGRAFIA CITATA

- AUCELLI P.P.C., CINQUE A. & ROBUSTELLI G. (1997) - *Evoluzione quaternaria del tratto di avanfossa appenninica compreso tra Larino (Campobasso) e Apricena (Foggia). Dati preliminari.* Il Quaternario, **10**, 453-460.
- AZZAROLI A. (1968) - *Calcarenite di Gravina. Studi illustrativi della Carta Geologica d'Italia - Formazioni Geologiche.* Servizio Geologico d'Italia, **1**, 183-185.
- BALDUZZI A., CASNEDI R., CRESCENTI U., MOSTARDINI F. & TONNA M. (1982) - *Il Plio-Pleistocene del sottosuolo del Bacino lucano (Avanfossa appenninica).* Geol. Romana, **21**, 89-111.
- BERTOTTI, G., CASOLARI, E. & PICOTTI, V. (1999) - *The Gargano Promontory: a Neogene contractional belt within the Adriatic plate.* Terra Nova, **11**, 168-173.
- BOENZI F., CALDARA M. & PENNETTA L. (1992) - *Osservazioni stratigrafiche e geomorfologiche nel tratto meridionale della piana costiera del Tavoliere di Puglia.* Geogr. Fis. Dinam. Quat., **14**, 23-31.
- BONARDI G., D'ARGENIO B. & PERRONE V. (1988) - *Carta geologica dell'Appennino meridionale. Scala 1:250.000.* CNR/Cartografia SELCA. Roma/Firenze.
- BONI A., CASNEDI R., CENTAMORE E., COLANTONI P., CREMONINI G., ELMI C., MONESI A., SELLI R. & VALLETTA M. (1969) - *Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia. F° 155 "San Severo"*, 46 pp.
- BORRE K., CACON S., CELLO G., KONTNY B., KOSTAK B., LYKKE-ANDERSEN H., MORATTI G., PICCARDI L., STEMBERK J. & TONDI E. (2003) - *The COST project in Italy: analysis and monitoring of seismogenic faults in the Gargano and Norcia areas (central-southern Apennines, Italy).* Journal of Geodynamics, **36**, 3-18.
- CALDARA M. & PENNETTA L. (1989) - *Dati preliminari sul tetto delle Argille subappennine nel Tavoliere Meridionale.* Studi Geologici e Geofisici sulle Regioni Pugliese e Lucana, **33**, 16 pp.
- CALDARA M. & PENNETTA L. (1993) - *Nuovi dati per la conoscenza geologica e morfologica del Tavoliere di Puglia.* Bonifica, **8**, 25-42.
- CAPUANO N., PAPPAFICO G. & AUGELLI G. (1996) - *Ricostruzione dei sistemi deposizionali plio-pleistocenici del margine settentrionale dell'avanfossa pugliese.* Mem. Soc. Geol. It., **51** (1), 273-293.
- CASNEDI R., CRESCENTI U. & TONNA M. (1982) - *Evoluzione della avanfossa adriatica meridionale nel Plio-Pleistocene, sulla base di dati di sottosuolo.* Mem. Soc. Geol. It., **24**, 243-260.
- CHILOVI, C., DE FEYTER, A.J. & POMPUCCI, A. (2000) - *Wrench zone reactivation in the Adriatic Block: the example of the Mattinata Fault System (SE Italy).* Boll. Soc. Geol. It. **119**, 3-8.
- CIARANFI N., GHISSETTI F., GUIDA M., IACCARINO G., LAMBIASE S., PIERI P., RAPISARDI L., RICCHETTI G., TORRE M., TORTORICI L. & VEZZANI L. (1983) - *Carta*

- Neotettonica dell'Italia meridionale*. Pubbl. n°515 Prog. Fin. Geod. C.N.R., 62 pp.
- CIARANFI N., MAGGIORE M., PIERI P., RAPISARDI L. RICCHETTI G. & WALSH N. (1979) - *Considerazioni sulla neotettonica della Fossa bradanica*. Contr. Prel. Realiz. Carta Neotettonica d'Italia. Pubbl. n° 251 del P. F. Geodinam., 73-95.
- CIARANFI N., PIERI P. & RICCHETTI G. (1988) - *Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro-meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., **41**, 449-460.
- CREMONINI G., ELMI C. & SELLI R. (1971) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000 Foglio 156 "S. Marco in Lamis"*, 65 pp.
- D'ALESSANDRO A., LAVIANO A., RICCHETTI G. & SARDELLA A. (1979) - *Il Neogene del Monte Gargano*. Boll. Soc. Geol. It., **18**, 9-116.
- D'ALESSANDRO & LA PERNA (2004) - *The "cocooned" mytilid *Amygdalum* (*Bivalvia*), palaeontological observations from the Upper Pliocene*. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, **110**(3): 725-731.
- D'ARGENIO B. (1974) - *Le piattaforme carbonatiche periadriatiche. Una rassegna di problemi nel quadro geodinamico mesozoico dell'area mediterranea*. Mem.Soc.Geol.It.Vol. 13, p. 137-160.
- D'ARGENIO B., PESCATORE T. & SCANDONE P. (1973) - *Schema geologico dell'appennino meridionale (Campania e Lucania)*. In: "Moderne vedute sulla geologia dell'appennino". Acc. Naz. Dei Lin., Quad., **183**, 49-72.
- DOGLIONI C., MONGELLI F. & PIERI P. (1994) - *The Puglia uplift (SE Italy): an anomaly in the foreland of the Apenninic subduction due to buckling of a thick continental lithosphere*. Tectonics, **13**, 5,1309-1321.
- DOGLIONI C., TROPEANO M., MONGELLI F., PIERI P. (1996) - *Middle-late Pleistocene uplift of Puglia: an anomaly in the Apenninic foreland*. Mem. Soc. Geol. It., **51**, 101-117.
- FUNICIELLO R., MONTONE P., SALVINI F. & TOZZI M. (1988) - *Caratteri strutturali del Promontorio del Gargano*. Mem. Soc. Geol. It., **41**, 1235-1243.
- GALLICCHIO S., MORETTI M. & PIERI P. (2002) - *I depositi continentali terrazzati (Pleistocene medio-superiore) nel settore pedemontano del Tavoliere delle Puglie*. Fascicolo degli abstract della IX Riunione del Gruppo di Sedimentologia del CNR, Pescara, 21-22/10/2002, 46-47.
- GAMBINI, R. & TOZZI M. (1996) - *Tertiary geodynamic evolution of the Southern Adria Microplate*. Terra Nova, **8**, 593-602.
- HARDY S. & Mc CLAY K. (1999) - *Kinematic modelling of extensional fault-propagation folding*. Journ. of Struct. Geol., **21**, 695-702.
- JACOBACCI A., MALATESTA A., MARTELLI G. & STAMPANONI G. (1967) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 Foglio 163 Lucera*. 48 pp.
- MERLA G., ERCOLI A. & TORRE D. (1969) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000. Foglio 164 "Foggia"*, 22 pp.
- MORSILLI M., DE COSMO P.D., BOSELLINI A., LUCIANI V. (2002) - *L'annegamento santoniano della Piattaforma Apula nell'area di Apricena (Gargano, Puglia): nuovi dati per la paleogeografia del Cretaceo superiore*. Fascicolo degli abstract della IX Riunione del Gruppo di Sedimentologia del CNR, Pescara, 21-22/10/2002, 63-64.
- PATACCA E. & SCANDONE P. (2004) - *the 1627 Gargano earthquake (Southern Italy): Identification and characterization of the causative fault*. Journal of Seismology, **8**, 259-273.
- PICCARDI L. (1998) - *Cinematica attuale, comportamento sismico e sismologia storica della faglia attiva di Monte Sant'Angelo (Gargano): la possibile rottura superficiale del "leggendaro" terremoto del 493 d.C.* Geogr. Fis. e Dinam. Quatern., **21**, 155-166.
- PICCARDI L., FERRELLI L., MICHETTI A.M., TONDI E. & VITTORI E. (2004) - *Paleoseismology analysis along the Mattinata fault, Apulia foreland, southern Italy. Special issue "Active faults: analysis, processes and monitoring"*. In: Piccardi L., Tondi E. (eds.), Studi Geologici Camerti, pp. 119-122.
- PIERI P. (1980) - *Principali caratteri geologici e morfologici delle Murge*. Murgia sotterranea, Bollettino Gruppo Speleo Martinese, Martina Franca, **2**, 13-19.
- PIERI P., SABATO L. & TROPEANO M. (1996) - *Significato geodinamico dei caratteri deposizionali e strutturali della Fossa Bradanica nel Pleistocene*. Mem. Soc. Geol. It., **51**, 501-515.
- POMAR L. & TROPEANO M. (2001) - *The Calcarene di Gravina Formation in Matera (Southern Italy) new insights for coarse-grained large scale, cross-bedded bodies encased in offshore deposits*. AAPG Bull., **85**, 661-689.
- RICCHETTI G. (1967) - *Lineamenti geologici e morfologici della media valle del Fiume Bradano*. Bol. Soc. Geol. It., **86**, 607-622.
- RICCHETTI G. (1980) - *Contributo alla conoscenza strutturale della Fossa Bradanica e delle Murge*. Bol. Soc. Geol. It., **99**, 421-430.
- RICCHETTI G., CIARANFI N., LUPERTO SINNI E., MONGELLI F. & PIERI P. (1988) - *Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell'Avampese apulo*. Mem. Soc. Geol. It., **41**, 57-82.
- RIO D., RAFFI I. & VILLA G. (1990) - *Pliocene-Pleistocene distribution patterns in the Western Mediterranean*. In Kastens K.A., Mascle J. et alii, (eds.). Proceeding of ODP, Scient. Results, **107**, 513-533.
- SELLA M., TURCI C. & RIVA A. (1988) - *Sintesi geopetroli-fera della Fossa bradanica (avanfossa della catena appenninica meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., **41**, 87-107.
- SELLI R. (1962) - *Il Paleogene nel quadro della geologia dell'Italia centro-meridionale*. Mem. Soc. Geol. d'It., **3**, 737-789.
- SPALLUTO L. (2004) - *La Piattaforma Apula nel Gargano centro-occidentale: organizzazione stratigrafica ed assetto della successione mesozoica di piattaforma interna*. Tesi di dottorato in Scienze della Terra. Università degli Studi di Bari, 173 pp.
- SPROVIERI R., (1993) - *Mediterranean Pliocene biochronology: an high resolution record based on quantitative planktonic foraminifera distribution*. Riv. Ital. Paleontol. Stratigr., **98**, 61-100.
- TINTI S., MARAMAI A. & FAVALI P. (1995) - *The Gargano Promontory: an important Italian seismogenic-tsu-*

- namigenic area*. Marine Geology, 122, 227-241.
- TONDI E., PICCARDI L., CACON S., KONTRY B. & CELLO G. (2005) - *Structural and time constraints for dextral shear along the seismogenic Mattinata fault (Gargano, southern Italy)*. Journal of Geodynamics, **40**, 134-152.
- TROPEANO M., MARINO M. & PIERI P. (1994) - *Evidenze di tettonica distensiva plio-pleistocenica al margine orientale della Fossa bradanica. L'Horst di Zagarella*. Il Quaternario, **7** (2), 597-606.
- TROPEANO M. & SABATO L. (2000) - *Response of Plio-Pleistocene mixed bioclastic-lithoclastic temperate-water carbonate systems to forced regression: the Calcarene di Gravina Formation, Puglia, SE Italy*. In: "Sedimentary responses to forced regression" (D.Hunt & R.L. Gawthorpe, Eds.), Geol. Soc. London, Spec. Publ., **171**, 217-243.
- TROPEANO M., SABATO L. & PIERI P. (2002) - *Filling and cannibalization of a foredeep: the Bradanic Trough (Southern Italy)*. In "Sediment Flux to Basins: Causes, Controls and Consequences" (S.J. Jones and L.E. Frostick, Eds.), pp. 55-79. Geol. Soc. London, Spec. Publ., **191**, 55-79.
- VALDUGA A. (1973) - *Fossa bradanica*. In Geologia dell'Italia, a cura di Desio A., UTET, 692-695.
- WITHJACK M.O., OLSON J. & PETERSON E. (1990) - *Experimental models of extensional forced folds*. A.A.P.G. Bull., 74, 1038-1045.

Ms. ricevuto il 6 giugno 2006
Testo definitivo ricevuto il 17 ottobre 2006

Ms. received: June 6, 2006
Final text received: October 17, 2006