

L.M. FORESI (*), A.M. BAMBINI (*), R. MAZZEI (*), B. PICCINELLI (*), F. SANDRELLI (*)

LA BASE DELL'ARENARIA DI PONSANO NELLA SUA AREA TIPO E NELLA ZONA DI CASOLE D'ELSA (TOSCANA)

Riassunto - Sono stati esaminati gli aspetti litologici e micropaleontologici di due affioramenti che costituiscono la porzione basale dell'Arenaria di Ponsano. Il primo, ubicato presso la Fattoria di Tignano (ai margini dell'area tipo della formazione) e di recente individuazione, non mostra direttamente l'appoggio con le sottostanti Argille a Palombini di età cretacea, il secondo, ubicato pochi Km a N di Casole d'Elsa, già noto in letteratura, mostra un contatto stratigrafico discordante con le sottostanti breccie pre-neogene. Nell'affioramento di Tignano, attribuito al Serravalliano superiore, sono stati riconosciuti solo depositi marini: arenacei e di piattaforma interna quelli inferiori, marnosi e di piattaforma esterna poco profonda quelli superiori. Per l'affioramento di Casole d'Elsa non è stato possibile avere indicazioni di età a causa dell'assenza di plancton calcareo; è stato invece possibile supporre un'evoluzione rapida dell'ambiente deposizionale da continentale a marino costiero.

Parole chiave - Arenaria di Ponsano, stratigrafia, Miocene, Foraminiferi, nannofossili, Toscana.

Abstract - *The base of the Arenaria di Ponsano in the type-area and in the Casole d'Elsa zone (Tuscany).* Lithological and micropaleontological characters of the lowermost sediments of the Miocene Ponsano Sandstone, cropping out in the south of Volterra (Pisa) area, have been studied. A first outcrop is located at Fattoria Tignano, close to the type-area of the formation, the other is near the village of Casole d'Elsa, about 5 Km SE of the former. The contact with the Pre-Neogene substratum is not directly observable at Fattoria Tignano, however it seems to be primary and unconformable. On the other hand, the contact with the Pre-Neogene units is well exposed in the Casole d'Elsa outcrop. Only marine deposits, Late Serravallian in age, have been recognised in the outcrop of Fattoria Tignano. They are sandstones in the lower part (*Paragloborotalia partimlabiata* Zone, *Globoborotalia decoraperta* Subzone of foraminifers and *Discoaster kugleri* Zone of calcareous nannofossils) and marls in the upper (*Neogloboquadrina atlantica praeatlantica* Zone and *D. kugleri* Zone). At Casole d'Elsa, a basal limestone attributed to a continental environment is overlain by sandstones of marine littoral environment. Calcareous plankton is absent in the sandstones, therefore it has not been possible to date the outcrop. However, the closeness between the two outcrops allows us to refer the sediments of Casole d'Elsa to the Late Serravallian.

Key words - Arenaria di Ponsano, stratigraphy, Miocene, foraminifers, calcareous nannofossils, Tuscany.

INTRODUZIONE

L'Arenaria di Ponsano, individuata per la prima volta da Giannini & Tongiorgi (1959) e recentemente oggetto di studio da parte di Foresi *et al.*, 1997a,b (a questi lavori si fa riferimento per una rassegna bibliografica completa), fa parte di un gruppo di unità mioceniche che comprende anche la Formazione di Marina del Marchese, affiorante nell'Isola di Pianosa, e l'Arenaria di Manciano, presente nei pressi di Capalbio (Grosseto) e nell'area tolfetana. Tali unità, interpretate fino ad un recente passato come semialloctone (Baldacci *et al.*, 1967), vengono attualmente considerate autoctone da alcuni autori (Carmignani *et al.*, 1994, 1995; Elter & Sandrelli, 1995). Esse sono rappresentate da pochi affioramenti, quasi sempre di estensione ridotta, i cui sedimenti sottostanno a quella della successione lignitifera (Tortoniano superiore) e cioè ai termini più antichi della serie neoautoctona sensu Trevisan (1951). Foresi *et al.*, 1997a,b hanno esaminato, in particolare sotto il profilo micropaleontologico e sedimentologico, gli affioramenti dell'area-tipo (SE di Volterra) e quelli di Rencine (NW di Siena), i secondi riferiti per la prima volta alla formazione da Merla & Bortolotti (1967). In occasione dei rilevamenti della nuova Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 296 (Siena) eseguiti in aree a S di Volterra (Provincia di Pisa), sono stati rinvenuti, pochi chilometri ad W delle sezioni tipo dell'Arenaria di Ponsano, nuovi affioramenti della formazione mostranti la base dell'unità con contatto stratigrafico discordante sulle Argille a Palombini di età cretacea. Considerato che si tratta della prima segnalazione di sedimenti basali di Arenaria di Ponsano affioranti nelle vicinanze dell'area-tipo, risulta interessante darne una caratterizzazione e tentarne una datazione. In questo contesto si è colta anche l'occasione per esaminare le esposizioni di Casole d'Elsa, fino ad oggi solamente segnalate (Bossio *et al.*, 1996, Foresi *et al.*, 1997a,b) e mai studiate in dettaglio.

L'AFFIORAMENTO DI FATTORIA DI TIGNANO

La Fattoria di Tignano sorge su una collinetta la cui sommità è costituita da litotipi riferibili all'Arenaria

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Siena, via Laterina 8, 53100 Siena.

di Ponsano (Fig. 1). Gli affioramenti della formazione si notano alla base delle costruzioni (Fig. 2) e, sporadicamente, al bordo dei campi lavorati e nei tagli stradali. Nel complesso la formazione affiora per un'area di circa 0,06 Km² e vi si riconoscono due litotipi:

uno arenaceo (localmente molto fossilifero) e del tutto simile a quello dei vicini affioramenti di Ponsano e uno marnoso, di colore grigio, presente sul fianco meridionale della placca rilevata. L'appoggio con le sottostanti Argille a Palombini non è osservabile diret-

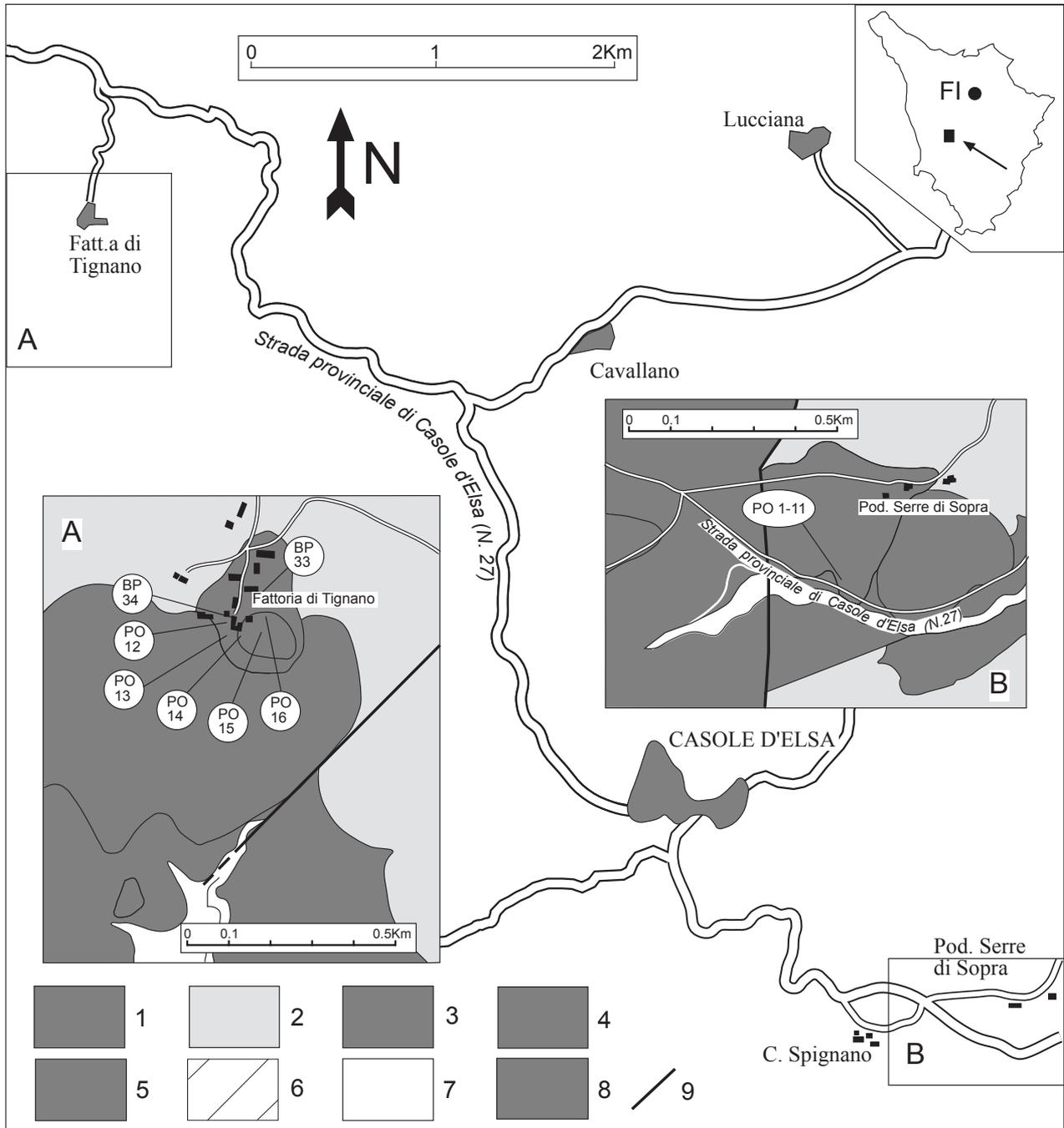


Fig. 1 - Ubicazione degli affioramenti studiati. Substrato preneogenico: 1 - Formazione di Lanciaia, 2 - Argille a Palombini. Arenaria di Ponsano: 3 - facies arenacea, 4 - facies marnosa. Serie Lignitifera: 5 - arenarie e conglomerati, 6 - argille. 7 - depositi alluvionali recenti. 8 - detriti. 9 - faglie.

tamente, ma la morfologia del contatto ne denuncia le caratteristiche stratigrafiche discordanti. Non essendo possibile ricavare dagli affioramenti alcuna giacitura di strato è difficile stabilire con precisione i rapporti fra i litotipi; da un esame generale, comunque, le arenarie sembrano sottostare alle marne.

Per le analisi micropaleontologiche sono stati raccolti 5 campioni (BP33-34 e PO12-14) nelle arenarie e due (PO15-16) nelle marne (Fig. 1). Sulla base delle indicazioni di campagna la sequenza dei campioni PO12, PO13, PO14, BP 33, BP34, PO15, e PO16 è rappresentativa della successione a partire dal basso. La frazione organica, sempre presente, è ben conservata nei campioni delle marne e solo moderatamente in quelli prelevati nelle arenarie. Essa è costituita costantemente da Foraminiferi, Ostracodi e resti di Echinidi, mentre resti di Molluschi (in particolare Lamellibranchi) e di Pesci (scaglie e frammenti scheletrici) sono esclusivi rispettivamente delle arenarie e delle marne. I Foraminiferi presenti sono sia bentonici che planctonici, con i primi sempre prevalenti sui secondi. Nelle marne la percentuale di planctonici è risultata più alta che nelle arenarie. I Foraminiferi bentonici più comuni nelle arenarie sono rappresentati da *Ammonia beccarii*, *Elphidium* spp., *Lobatula lobatula*, *Nonion boueanum*, *Asterigerinata planorbis*; più raramente, in particolare nei campioni più alti, si rinvencono anche *Valvulineria bradyana*, *Spiroplectammina carinata*, *Gyroidina soldanii*, *Heterolepa bellincionii* ed alcuni buliminidi. Una maggiore diversità specifica è osservabile nelle marne le cui associazioni sono caratterizzate soprattutto da *Ammonia inflata*, *Bulimina costata*, *Heterolepa bellincionii*, *Lenticulina calcar*, *Marginulina costata*, *Martinottiella communis*, *Sphaeroidina bulloides*, *Spiroplectammina carinata* e *Valvulineria bradyana*. Fra i Foraminiferi planctonici (Tab. 1) si segnala, per importanza stratigrafica, la presenza nelle arenarie di rari esemplari di *Globorotalia menardii*, *Globigerinoides subquadratus*, *Paragloborotalia partimlabiata*, *P. siakensis* e nelle marne di *Globigerinoides obliquus obliquus*, *Globorotalia menardii*, *Catapsidrax parvulus*, *Neogloboquadrina acostaensis* e *N. atlantica praeatlantica*, quest'ultima presente con numerosi esemplari ad avvolgimento destrorso (maggiori informazioni sulle caratteristiche tassonomiche e sulla distribuzione delle ultime tre specie citate sono riportate in Foresi *et al.*, 2002a,b).

Se per i Foraminiferi sono individuabili alcune differenze nelle associazioni delle arenarie e delle marne, altrettanto non si verifica per i nannofossili calcarei. Essi mostrano, infatti, in entrambi i litotipi, associazioni alquanto povere sia come numero di specie che di individui (Tab. 1). In esse raggiungono frequenze più consistenti *Coccolithus miopelagicus*, *C. pelagicus*, *Cyclicargolithus floridanus*, *Helicosphaera carteri*, *Reticulofenestra pseudoumbilica*, *Sphenolithus moriformis* e *Umbilicosphaera sibogae*. Da segnalare, ancora, la rara presenza di *Discoaster kugleri* e quella limitata alle marne di *Calcidiscus macintyreii* ($\geq 11 \mu\text{m}$).

I dati esposti consentono di riferire le arenarie ad un ambiente di sedimentazione di piattaforma interna mentre le marne denunciano un ambiente di mare più aperto, riferibile quantomeno alla parte meno profonda del-



Fig. 2 - Affioramento di Arenaria di Ponsano (facies arenacea) presso la Fattoria di Tignano. Nella porzione superiore della foto il muro esterno di un casolare.

la piattaforma esterna. Per quanto concerne l'età (Fig. 3), l'affioramento nel suo complesso è riferibile al Seravalliano superiore. In particolare, la presenza di *Paragloborotalia siakensis* e *P. partimlabiata* nelle arenarie (forme assenti nelle marne), nonché l'assenza di neogloboquadrinidi (abbondantemente presenti nelle marne), riflette una sequenza di eventi, già registrata da altri Autori (Foresi *et al.*, 1998; Hilgen *et al.*, 2000; Iaccarino *et al.*, 2001, Sprovieri *et al.*, 2002) ed estendibile a tutta l'area mediterranea, che consente di attribuire le arenarie alla porzione sommitale della Zona a *Paragloborotalia partimlabiata* (Sottozona a *Globoturborotalia decoraperta*) e le marne a quella basale della Zona a *Neogloboquadrina atlantica praeatlantica* (l'assenza di *P. siakensis* in questo intervallo non è dovuta a estinzione ma ad un paracme del taxon; si veda a questo proposito Sprovieri *et al.*, 2002 *cum bibl.*). Per quanto concerne i nannofossili calcarei, significativa ai fini biostratigrafici è la presenza, anche se rara, di *Discoaster kugleri* e quella, più consistente, di *Coccolithus miopelagicus*. Secondo Foresi *et al.* (2002c) il primo taxon consente di riconoscere l'intervallo compreso fra la parte superiore della Zona a *Calcidiscus macintyreii* e quella medio-inferiore della Zona a *Discoaster bollii* (Fig. 3), corrispondente alla Zona NN7 di Martini (1971) ed alla Zona MNN7 di Fornaciari *et al.* (1996) con l'esclusione della sua parte iniziale. La presenza relativamente comune del secondo taxon permette invece di limitare superiormente l'intervallo sopra evidenziato. Infatti, Hilgen *et al.* (2000), Iaccarino *et al.* (2001), Foresi *et al.* (2002c) e Sprovieri *et al.* (2002 *cum bibl.*) rilevano che la LCO (*Last Common Occurrence*) di *C. miopelagicus* si realizza nella parte superiore della Zona MNN7 o in intervallo equivalente (a circa 11.2 MA secondo gli ultimi Autori). Il rinvenimento, inoltre, di *D. kugleri* in associazioni così povere fa ritenere verosimile l'appartenenza dell'affioramento di Fattoria di Tignano alla zona omonima di Foresi *et al.*, 2002c (equivalente alla MNN7b di Hilgen *et al.*, 2000), caratterizzata proprio dalla presenza regolare e continua del taxon. Tale intervallo risulterebbe perfettamente compatibile con quello individuato con i Foraminiferi planctonici.

| Tab. 1 - Distribuzione di Foraminiferi planctonici e nannofossili calcarei nei campioni studiati. | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---------------|----|----|----|----|------------------|-------|----|----|----|------|------|---|
| Affioramenti | | Casole d'Elsa | | | | | Fattoria Tignano | | | | | | | |
| Campioni | | PO | PO | PO | PO | PO | BP 33 | BP 34 | PO | PO | PO | PO | PO | |
| Taxa | | 5A | 5B | 8 | 10 | 11 | | | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | |
| Nannofossili calcarei | <i>Calcidiscus leptoporus</i> | | | | | | | RR | | | | RR | | |
| | <i>Calcidiscus macintyreii</i> | | | | | | | | | | | R | RR | |
| | <i>Calcidiscus sp.</i> | | | | | | | R | | | | | | |
| | <i>Coccolithus miopelagicus</i> | | | | | | RR | R | CR | | RR | CA | R | |
| | <i>Coccolithus pelagicus</i> | | | | | | CR | CA | CA | RR | CA | C | C | |
| | <i>Cricolithus ionesi</i> | | | | | | | R | RR | RR | RR | RR | RR | |
| | <i>Cyclicargolithus floridanus</i> | | | | | | R | R | C | | R | CR | C | |
| | <i>Discoaster kugleri</i> | | | | | | | | RR | | | | RR | |
| | <i>Discoaster variabilis</i> | | | | | | | RR | | | | | | |
| | <i>Gaminithella rotula</i> | | | | | | | RR | RR | | RR | RR | RR | |
| | <i>Helicosphaera kamptneri</i> | | | | | | RR | RR | | | R | RR | | |
| | <i>Helicosphaera intermedia</i> | | | | | | | R | RR | | RR | RR | | |
| | <i>Helicosphaera carteri</i> | | | | | | | RR | R | | R | R | C | |
| | <i>Helicosphaera walbersdorfensis</i> | | | | | | RR | R | | RR | RR | | | |
| | <i>Pontosphaera multipora</i> | | | | | | | RR | | | RR | R | RR | |
| | <i>Pontosphaera sp.</i> | | | | | | | R | | | | RR | RR | |
| | <i>Rhabdosphaera procera</i> | | | | | | | | RR | | | | RR | |
| | <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i> | | | | | | | R | C | RR | | R | CR | R |
| | <i>Reticulofenestra sp.</i> | | | | | | | | RR | | | | | |
| | <i>Sphenolithus moriformis</i> | | | | | | | R | C | R | | RR | CR | C |
| <i>Umbilicosphaera sibogae</i> | | | | | | | | CR | RR | | CR | | RR | |
| <i>Thoracosphaera sp.</i> | | | | | | | | | | | RR | | | |
| Taxa rimaneggiati preneogenici | | | | | | | R | C | RR | | R | R | R | |
| Foraminiferi planctonici | <i>Dentoglobigerina altispira</i> | | | | | | | R | R | | RR | | | |
| | <i>Globigerina bulloides</i> | | | | | | R | | R | R | R | | | |
| | <i>Globigerina falconensis</i> | | | | | | CR | RR | RR | | RR | | RR | |
| | <i>Globoturborotalita decoraperta</i> | | | | | | C | R | R | | | C | CR | |
| | <i>Globoturborotalita nepenthes</i> | | | | | | | | | | | ? | | |
| | <i>Turborotalita quinqueloba</i> | | | | | | | | | | | R | R | |
| | <i>Globigerinoides gr. quadrilobatus</i> | | | | | | C | R | R | R | CR | | CR | |
| | <i>Globigerinoides obliquus</i> | | | | | | | | | | | CA | | |
| | <i>Globigerinoides subquadratus</i> | | | | | | RR | | | | R | | | |
| | <i>Globigerinopsis aguasaynsis</i> | | | | | | | | | | | ? | | |
| | <i>Globoquadrina dehiscens</i> | | | | | | | R | | RR | RR | | | |
| | <i>Globigerinella obesa</i> | | | | | | | RR | | | | | | |
| | <i>Goborotalia menardii</i> | | | | | | | RR | RR | | R | R | | |
| | <i>Catapsidrax parvulus</i> | | | | | | | | | | | CR | RR | |
| | <i>Globigerinella praesiphonifera</i> | | | | | | | | | | | R | | |
| | <i>Neogloboquadrina acostaensis</i> | | | | | | | | | | | R(d) | R(d) | |
| | <i>Neogloboquadrina atlantica praeatlantica</i> | | | | | | | | | | | C(d) | C(d) | |
| | <i>Orbulina suturalis</i> | | | | | | | R | R | RR | | | R | R |
| | <i>Orbulina universa</i> | | | | | | | R | RR | | RR | CR | R | |
| | <i>Paragloborotalia partimiabiata</i> | | | | | | | RR | RR | RR | | | | |
| <i>Paragloborotalia siakensis</i> | | | | | | | | R | R | RR | | | | |
| Altro | Foraminiferi bentonici | | | R | | | A | A | A | A | A | A | A | |
| | Ostracodi | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | |
| | Rosti di Echinidi | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | |
| | Resti di pesci | | | | | | | | X | | | X | X | |
| | Resti di Molluschi | | | | | | X | X | X | | | | | |
| | Vegetali carbonizzati | | | | | | | | | | | X | | |

RR: rarissimo; R: raro; CR: comune-raro; C: comune; CA: comune-abbondante; A: abbondante; X: frequenza non stimata; d: avvolgimento destrorso.

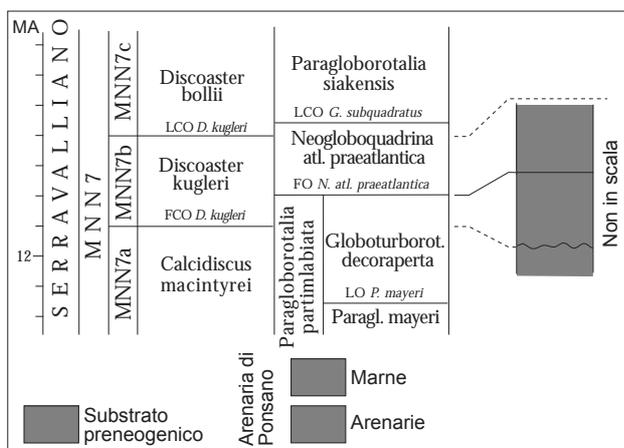


Fig. 3 - Età dell'Arenaria di Ponsano nell'affioramento di fattoria Tignano. Riferimenti bio-cronostratigrafici da Foresi *et al.* (2002c) e Sprovieri *et al.* (2002).

L'AFFIORAMENTO DI CASOLE D'ELSA

La formazione è esposta in un limitato affioramento (Fig. 1), che si estende linearmente per alcune decine di metri lungo la Strada Provinciale di Casole d'Elsa, e qui mostra uno spessore stratigrafico di circa 50 m; solo i primi 15-20 m sono comunque ben osservabili e campionabili con continuità. L'unità poggia, con contatto erosivo e discordante, su un substrato preneogenico di breccie poligeniche (Fig. 4), molto alterate, costituite prevalentemente da gabbri, calcari e calcari marnosi, subordinatamente da basalti e radiolariti. Il primo deposito neogenico è costituito da circa 15-20 cm di arenarie e microconglomerati argillosi mal classati e molto alterati, di colore bruno-verdastro, derivanti dal disfacimento della breccia sottostante. Questo livello clastico è seguito da uno carbonatico, nella porzione basale del quale si intercalano piccole lenti, dai limiti mal distinguibili, del litotipo sottostante. Il calcare, dello spesso-

re di circa 1 m, è ben cementato, stratificato e spesso di aspetto nodulare. Esso è inoltre intensamente fratturato e interessato da cristallizzazioni secondarie di carbonati e di ossidi; alla sua sommità è osservabile un livello di colore ocra per la intensa ossidazione. Al calcare seguono 2-3 cm di argille grigie, lateralmente discontinue. Al di sopra di queste ultime sono presenti arenarie ben riconducibili, nell'aspetto generale, a quelle della formazione di Ponsano. Si tratta di arenarie medio-fini, di colore grigio al taglio fresco (giallo-ocra in superficie) ed a stratificazione mal distinguibile, con livelli centimetrici di conglomerati (raramente si rinvencono anche ciottoli isolati) costituiti da clasti ben arrotondati di calcari silicei e subordinatamente da arenarie fini fillosilicatiche (raramente si rinvencono piccoli elementi di radiolariti e di basalti). A differenza degli affioramenti di Ponsano non si riconoscono in questi depositi resti fossili, sono state dubitativamente riconosciute solo alcune tracce fossili (*Skolithos?*).

Nell'affioramento (Fig. 1) sono stati prelevati campioni nei calcari (PO1-4) e nelle arenarie (PO6-7) per le analisi in sezione sottile, nelle argille (PO5A-B) e ancora nelle arenarie (PO8, 10-11) per l'esame delle associazioni a Foraminiferi e a nannofossili; un campione (PO9), infine, è stato raccolto per la determinazione litologica dei ciottoli provenienti dal livello conglomeratico più consistente.

Le sezioni sottili eseguite sui campioni dei calcari hanno rivelato una roccia costituita pressoché esclusivamente da carbonato; solo nel campione basale sono stati rinvenuti alcuni cristalli fratturati e deformati di clorite ferro-magnesiaca derivanti, probabilmente, dalle breccie preneogeniche sottostanti. Le osservazioni al microscopio evidenziano la presenza di clasti micritici a spigoli vivi, con i singoli elementi circondati da calcite di aspetto pavimentoso con cristalli allungati perpendicolarmente ai bordi degli elementi stessi. Fratture e vene sono pervase da ossidi.

I residui di lavaggio dei campioni PO5A, PO5B e PO10 (Tab. 1), sono risultati privi di resti organici, mentre quelli dei campioni PO8 e PO11 sono costituiti da resti

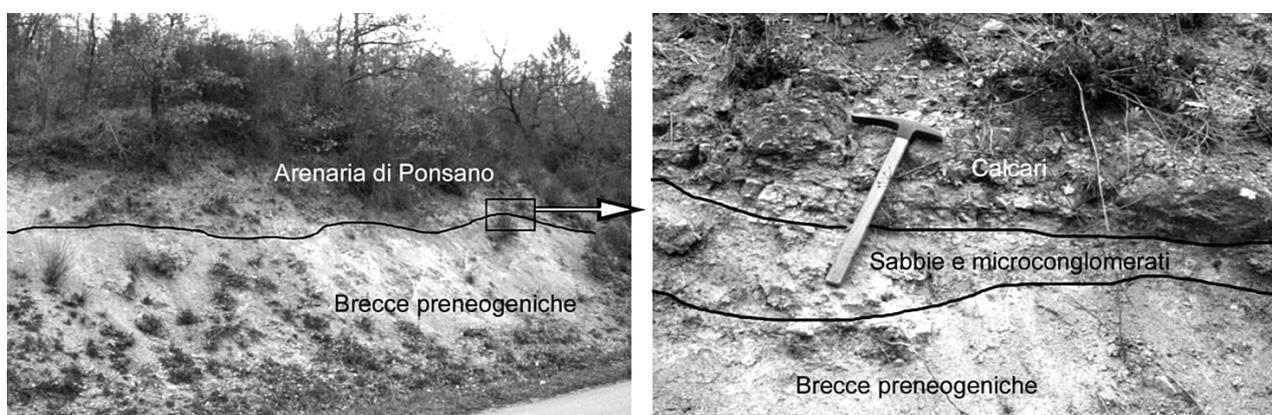


Fig. 4 - Affioramento di Arenaria di Ponsano lungo la Strada provinciale di Casole d'Elsa e del suo appoggio sul substrato preneogenico; la linea disegnata segna il limite.

di Echinidi, Ostracodi, frammenti di vegetali carbonizzati e rari Foraminiferi bentonici riconducibili alle specie *Ammonia beccarii*, *Nonion boueanum*, *Elphidium crispum*, *Lobatula lobatula* e *Textularia sagittula* ed esemplari mal conservati e completamente decorticati di *Quinqueloculina* sp. In tutti i campioni sono assenti i Foraminiferi planctonici e i nannofossili calcarei. Dall'esame dei dati è possibile ipotizzare che in quest'area la sedimentazione sia cominciata in ambiente continentale. Le arenarie argillose basali, ma soprattutto i calcari, rappresenterebbero un ambiente lacustre-palustre, soggetto ad emersione di cui è chiara testimonianza il livello ocreo sommitale. All'esiguo livello di argille potrebbe invece essere attribuito il significato di un nuovo e breve episodio di sommersione, forse dovuto ad una esondazione fluviale. I resti delle microfaune rinvenuti nelle arenarie riflettono, invece, un ambiente marino di acque costiere. Per quanto riguarda l'età, le associazioni fossilifere rinvenute non offrono alcuna indicazione.

CONCLUSIONI

In questo lavoro sono stati studiati i sedimenti basali dell'Arenaria di Ponsano affioranti nei pressi della Fattoria di Tignano (ubicata ai margini dell'area-tipo della formazione) e nella zona di Casole d'Elsa. I primi sono risultati di pertinenza dell'intervallo parte sommitale della Zona a *Paragloborotalia partimlabiata* - parte basale della Zona a *Neoglobobuadrina atlantica praeatlantica* e del corrispondente intervallo appartenente alla Zona a *Discoaster kugleri*; in termini cronostratigrafici essi sono quindi riferibili al Serravalliano superiore. Nonostante che nell'affioramento di Casole, dove è ben esposto il contatto dell'Arenaria di Ponsano con il substrato preneogenico, siano assenti elementi biostratigrafici, i relativi depositi sono ancora da attribuire al Serravalliano superiore se non altro per l'estrema vicinanza con l'affioramento di Fattoria di Tignano. È verosimile, quindi, che l'inizio della sedimentazione dell'Arenaria di Ponsano, nell'area Casole-Tignano, sia da riferire ad un'età di circa 11,8-11,9 MA; dapprima, e per breve tempo, l'ambiente deposizionale sarebbe stato continentale quindi marino con profondità limitate alla zona di piattaforma. L'affioramento di Rencine, già datato al Serravalliano da Mazzei *et al.* (1981) e da Foresi *et al.* (1997a), è stato riferito da questi ultimi Autori alla porzione superiore della Sottozona a *N. continuosa* (Zona a *N. atlantica praeatlantica* del presente lavoro); esso risulta perciò leggermente più recente di quelli di Casole-Tignano. Con ciò si configura una trasgressione marina più antica ad W e più recente ad E, a sostegno dell'ipotesi espressa da Bossio *et al.* (1998) circa un trend dell'espansione marina proprio in questo senso.

BIBLIOGRAFIA

Baldacci F., Elter P., Giannini E., Giglia G., Lazzarotto A., Nardi R., Tongiorgi M., 1967. Nuove osservazioni sul problema della Falda Toscana e sulla interpretazione dei Flysch arenacei tipo «Macigno» dell'Appennino Settentrionale. *Mem. Soc. Geol. Ital.* 6 (2): 213-244.
 Bossio A., Costantini A., Foresi L.M., Lazzarotto A., Mazzanti R., Mazzei R., Pascucci V., Salvatorini G., Sandrelli F., Terzuoli A., 1998. Neogene-Quaternary sedimentary evolution in the western

side of the Northern Apennines (Italy). *Mem. Soc. Geol. Ital.* 52: 513-525.
 Bossio A., Foresi L.M., Mazzei R., Salvatorini G., Sandrelli F., 1996. Evoluzione tettonico-sedimentaria neogenica lungo una trasversale ai bacini di Volterra e della Val d'Elsa. *Studi Geol. Camerti*, Volume Speciale 1995/1: 93-104.
 Carmignani L., Decandia F.A., Fantozzi P.L., Lazzarotto A., Liotta D., Meccheri M., 1994. Tertiary extensional tectonics in Tuscany (Northern Apennines, Italy). *Tectonophysics* 238: 295-315.
 Carmignani L., Decandia F.A., Disperati L., Fantozzi P.L., Lazzarotto A., Liotta D., Oggiano G., 1995. Relationship between the Tertiary structural evolution of the Sardinia-Corsica-Provençal Domain and the Northern Apennines. *Terra Nova* 7: 128-137.
 Elter F.M., Sandrelli F., 1995. La fase post-nappe della Toscana meridionale: nuova interpretazione sull'evoluzione dell'Appennino Settentrionale. *Atti Tic. Sc. Terra* 37: 173-193.
 Foresi L.M., Iaccarino S., Mazzei R., Salvatorini G., 1998. New data on calcareous plankton biostratigraphy of the middle-late Miocene (Serravallian/Tortonian) of the Mediterranean area. *Riv. Ital. Paleont. Strat.* 104 (1): 95-114.
 Foresi L.M., Iaccarino S., Mazzei R., Salvatorini G., Bambini A.M., 2002a. Il plankton calcareo (Foraminiferi e Nanofossili) del Miocene delle Isole Tremiti. *Palaeont. Ital.* 88 (2001): 1-64.
 Foresi L.M., Iaccarino S., Salvatorini G., 2002b. *Neoglobobuadrina atlantica praeatlantica*, new subspecies from late Middle Miocene. In: Iaccarino S. (ed.) - Integrated Stratigraphy and Paleogeography of the Mediterranean Middle Miocene. *Riv. Ital. Paleont. Strat.* 108 (2): 325-336.
 Foresi L.M., Mazzei R., Salvatorini G., 2002c. Appendice: Schema di biostratigrafia integrata a plankton calcareo per il Neogene - Quaternario. In: Bossio A. *et al.*, Note illustrative della Carta geologica dell'area di Lèuca. *Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. Serie A* 107 (2000-2001): 97-163.
 Foresi L.M., Pascucci V., Sandrelli F., 1997a. L'Arenaria Miocenica di Ponsano (Toscana, Italia): evoluzione paleoambientale e cronostratigrafica. *Boll. Soc. Paleont. It.* 36: 213-230.
 Foresi L.M., Pascucci V., Sandrelli F., 1997b. Sedimentary and ichnofacies analysis of the Epiligurian Ponsano Sandstone (northern Apennines, Tuscany, Italy). *Giorn. Geol.* 59: 301-314.
 Fornaciari E., Di Stefano A., Rio D., Negri A., 1996. Middle Miocene quantitative calcareous nanofossil biostratigraphy in the Mediterranean region. *Micropal.* 42 (1): 37-63.
 Giannini E., Tongiorgi M., 1959. Stratigrafia neogenica Toscana. 1 - L'arenaria elveziana di Ponsano (Volterra). *Boll. Soc. Geol. It.* 78: 83-100.
 Hilgen F.J., Krijgsman W., Raffi I., Turco E., Zachariasse W.J., 2000b. Integrated stratigraphy and astronomical calibration of the Serravallian/Tortonian boundary section at Monte Gibliscemi (Sicily, Italy). *Mar. Micropal.* 38 (3-4): 181-211.
 Iaccarino S., Foresi L.M., Mazzei R., Salvatorini G., 2001. Calcareous plankton biostratigraphy of the Miocene sediments of the Tremiti Islands (Southern Italy). *Rev. Españ. Micropal.* 33 (2), 237-248.
 Mazzei R., Pasini M., Salvatorini G., Sandrelli F., 1981. L'età dell'Arenaria di Ponsano nella zona di Castellina Scalo (Siena). *Mem. Soc. Geol. Ital.* 21: 63-72.
 Martini E., 1971. Standards Tertiary and Quaternary calcareous nanoplankton zonation. *Proc. II Plankt. Confer.* 1970: 738-785.
 Merla G., Bortolotti V., 1967. Foglio 113 Castelfiorentino. Note illustrative della C.G.I. 1:100.000. Servizio Geologico Italia.
 Sprovieri R., Bonomo S., Caruso A., Di Stefano A., Di Stefano E., Foresi L.M., Iaccarino S., Lirer F., Mazzei R., Salvatorini G., 2002. Integrated calcareous plankton biostratigraphy and biochronology of the Mediterranean Middle Miocene. In: Iaccarino S. (Ed.), Integrated Stratigraphy and Paleogeography of the Mediterranean Middle Miocene. *Riv. Ital. Paleont. Strat.* 108 (2): 337-353.
 Trevisan L., 1951. Sul complesso sedimentario del Miocene Superiore e Pliocene della Val di Cecina e sui movimenti tettonici tardivi in rapporto ai giacimenti di lignite e di salgemma. *Boll. Soc. Geol. Ital.* 70: 65-78.

(ms. pres. il 30 giugno 2002; ult. bozze il 31 dicembre 2003)