

S. GIAMMARINO (\*), R. SPROVIERI (\*\*), E. DI STEFANO (\*\*)

## LA SEZIONE PLIOCENICA DI CASTEL D'APPIO (VENTIMIGLIA) (\*\*\*)

**Riassunto** — La necessità di inserire in un più sicuro schema biostratigrafico gli eventi geologici e tettonici che caratterizzano la successione pliocenica dell'arco ligure-francese ci ha portato ad eseguire una serie di dettaglio nelle sequenze argillose-marnose di Castel d'Appio, che risultano a diretto contatto con il substrato paleogenico. La fitta campionatura ha rivelato nei 140 metri di serie la presenza di ricche associazioni a plancton calcareo, che hanno permesso il riconoscimento nelle sequenze basali, solo della zona ad acme a *Sphaeroidinellopsis* - M Pl 1, mentre nel resto della successione sono risultati assenti per motivi ecologici i principali markers generalmente adottati per la biostratigrafia dell'area Mediterranea. Considerazioni sulla velocità di sedimentazione e su forme comunemente non utilizzate nelle deduzioni biostratigrafiche e controlli e confronti con altre sezioni dell'Italia settentrionale hanno permesso di proporre un'attribuzione di buona parte, 137 m, della successione alla zona M Pl 2. La ricchezza dell'associazione a foraminiferi bentonici ha evidenziato una profondità di sedimentazione compresa tra 400 e 500 metri. Il fatto di aver riscontrato i suddetti parametri ambientali anche nei campioni subito sottostanti al vistoso episodio conglomeratico che tronca la serie argillosa, documenta un'intensa attività tettonica che porta ad un vistoso cambiamento della dinamica deposizionale nel bacino anche a livello della parte inferiore dell'orizzonte epibatiale.

**Abstract** — *The pliocenic Castel d'Appio section.* The aim of this paper is to frame from a biostratigraphic point of view, the tectonic and geologic events characterizing the Pliocenic succession of the Ligurian-French arc.

For this purpose we made a detailed sampling in the claymarl sequences of Castel d'Appio: these sequences are in direct contact with the Paleogenic basement.

In a 140 m thick serie the sampling revealed the presence of rich associations of calcareous plankton that allowed to recognize *Sphaeroidinellopsis* Acme-zone in the lower sequences while in the remaining succession we did not found the most

---

(\*) Istituto di Geologia dell'Università di Genova, Corso Europa 30.

(\*\*) Istituto di Geologia dell'Università di Palermo, Corso Tukory 131.

(\*\*\*) Lavoro eseguito con il finanziamento per la Ricerca Scientifica del M.P.I., 40%.

important markers usually used for the biostratigraphy of the Mediterranean area: we ascribe this lack to ecological reasons.

From considerations about the sedimentation rate, about forms usually used in biostratigraphy and from comparisons with other section of the Northern Italy we purpose an attribution of the greater part of the succession (137 m, to the M Pl 2 zone.

The benthic Foraminifera associations indicate a depositional depth of 400-500 m for the whole studied sequence. We found such a depositional depth also in the samples immediately underlying the upper conglomeratic sequence: this proves the presence of a strong tectonic activity causing an abrupt change in the depositional behaviour of the basin even in the lower part of the epibathial horizon.

**Key-words** — planktonic and benthic Foraminifera, calcareous Nannoplankton, sedimentary evolution, biostratigraphy, early Pliocene.

## INTRODUZIONE

Le conoscenze sul Pliocene della Liguria occidentale, sostanzialmente ferme dall'inizio del secolo, sono andate arricchendosi dal 1970 a tutt'oggi di nuovi<sup>(1)</sup> contributi che ne hanno permesso un primo inquadramento stratigrafico e l'individuazione, per alcuni affioramenti, delle fasi tettoniche che ne hanno controllato la deposizione, e quindi l'attuale assetto.

I più sostanziali apporti sono stati quelli che, sulla base delle associazioni a foraminiferi, hanno permesso un primo inquadramento biostratigrafico e le prime indicazioni sulla profondità di sedimentazione.

Le conoscenze sino ad ora acquisite hanno però creato delle perplessità. Infatti, ogni qual volta lo studio microfaunistico è stato condotto su campionature in fitta successione, è emerso che i principali markers planctonici, generalmente adottati per il Mediterraneo, risultano presenti solo sporadicamente, tanto da creare incertezze sull'estensione delle biozone con essi definibili. Si è rilevato inoltre che le associazioni a foraminiferi bentonici, presenti nei livelli attribuiti al Pliocene basale, risultano estremamente più ricche rispetto a quelli di altri affioramenti italiani.

---

(<sup>1</sup>) GIAMMARINO, TEDESCHI (1970 a, 1970 b, 1975, 1976, 1980, 1982, 1983), LORENZ (1971), BONI, PELOSO (1973), GIAMMARINO, MECARINI e TEDESCHI (1974), IRR (1975), BONI, PELOSO, VERCESI (1976), CORTESOGNO, GIAMMARINO, TEDESCHI (1977), FANUCCI, GIAMMARINO, TEDESCHI (1980), BONI, BONI, MOSNA, PELOSO (1983).

Quanto sopra ha creato la necessità di nuovi e più dettagliati studi, con indagini estese anche al nannoplancton calcareo, sui lembi pliocenici dell'arco ligure-francese; ciò per inquadrare in un più sicuro schema biostratigrafico gli eventi geologico-tettonici che hanno determinato e controllato la deposizione dei lembi pliocenici di questo settore.

A tal fine ci è sembrato opportuno approfondire le ricerche sulla sezione di Castel d'Appio ad W di Ventimiglia, caratterizzata da una sequenza di 140 m di argille marnose, direttamente poggianti su un substrato paleogenico, superiormente interrotto da un vistoso episodio conglomeratico.

#### INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La serie da noi indagata viene a far parte di quei lembi pliocenici della zona di Ventimiglia che affiorano nel settore compreso fra Bordighera ed il confine di Stato (Fig. 1).

In questa parte della Liguria occidentale il Pliocene è caratterizzato da sequenze argillose e conglomeratiche. Le prime risultano a diretto contatto con il substrato e vengono troncate verso l'alto da più o meno cospicui episodi conglomeratici che in alcuni casi raggiungono potenze considerevoli, anche dell'ordine dei 400 m (Monte delle Fontane). Non sempre però i conglomerati hanno la posizione stratigrafica suddetta; in alcuni affioramenti, come quelli di M. Bellenda, Torre Mostaccini e Castello Gabbiani ecc., risultano a diretto contatto con il substrato ed in più settori chiaramente canalizzati nelle sequenze argillose.

Il substrato della successione pliocenica risulta quasi esclusivamente costituito da sequenze terziarie, che vengono a far parte della copertura sedimentaria dei Massicci Cristallini Esterni, legate alla trasgressione paleogenica.

Tale ciclo sedimentario è rappresentato da calcari nummulitici del Luteziano medio-superiore che sfumano in marne ed in sequenze flyschiodi arenacee (Grés d'Annot)<sup>(2)</sup>, di età Priaboniano-Oligocene inf.?

La trasgressione si è impostata su marne e calcari marnosi

---

<sup>(2)</sup> Queste sequenze vengono indicate da BONI, VANOSI (1962) come Flysch di Ventimiglia e da SAGRI (1980) come Arenarie di Ventimiglia.

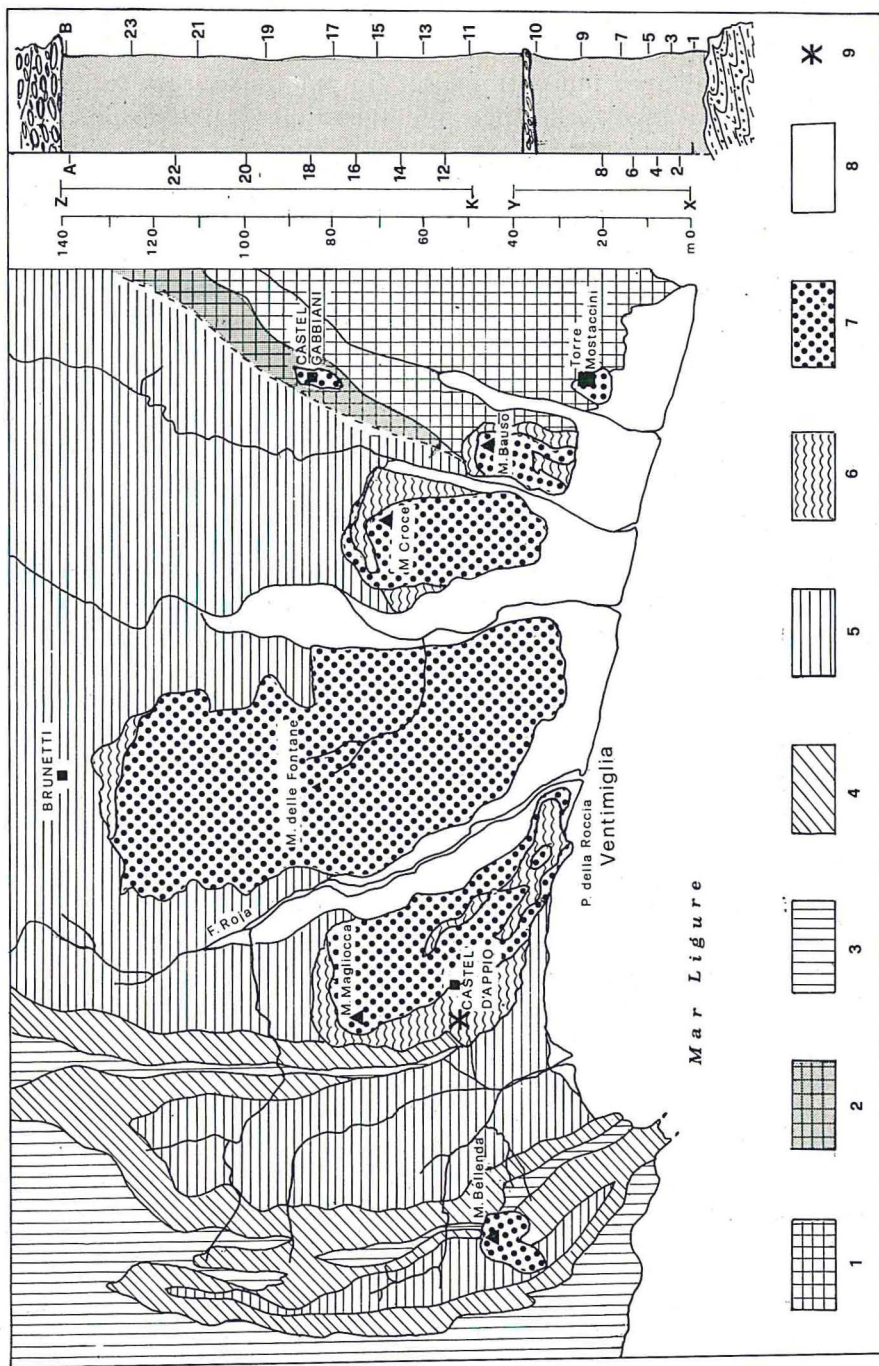


Fig. 1 - Schema geologico del bacino pliocenico di Ventimiglia (da LANTEAUME, 1968 e BONI, PELOSO, 1973, modificato). 1 - Flysch ad Elmintoidi; 2 - «Serie interposte» (Flyschs de Baiardo); 3 - Calcarei e marne calcaree, Cenomaniano-Campaniano; 4 - Calcarei nummulitici e marne, Luteziano medio-Priaboniano; 5 - Flysch argilloso arenaceo, Grès d'Annot (Flysch di Ventimiglia), Priaboniano-Oligocene inf. ?; 6 - Argille marnose del Pliocene inferiore; 7 - Conglomerati pliocenici-Pleistocene?; 8 - Alluvioni e sedimenti di spiaggia; 9 - Ubicazione della sezione studiata. Colonna stratigrafica della serie di Castel d'Appio con indicazione dei campioni studiati.

del Campaniano-Santoniano, a volte con interposizione di «facies a *Microcodium*» e talora preceduta da sequenze lagunari-salmastre, CAMPREDON (1977).

L'assetto tettonico di detto substrato è principalmente legato a fasi deformative, con stile di copertura, che portano al delinearci di strette sinclinali ed anticlinali orientate NNW-SSE e rovesciate verso SW. Tali strutture si realizzano entro il Miocene medio e sono a loro volta interessate da più tardive fasi di «scollamento e scivolamento della copertura» a seguito dell'innalzamento nei settori settentrionali, dello zoccolo cristallino, LANTEAUME (1968), PEREZ (1975).

Solo nel settore più orientale e cioè subito ad W di Bordighera i lembi pliocenici di Torre Mostaccini e di M. Bauso poggiano su sequenze calcareo marnose (Cretaceo superiore) facenti parte dell'unità San Remo-M. Saccarello. Queste costituiscono le propaggini occidentali della falda del Flysch ad Elmintoidi, sovrapposta al Grès d'Annot.

Il piccolo lembo di Castello Gabbiani risulta invece trasgressivo su terreni eocenici<sup>(3)</sup> impigliati tra il fronte della suddetta falda e il Grès d'Annot.

Il fatto che il ciclo pliocenico abbia inizio, come già precedentemente accennato, con diretta deposizione, in più settori, di sedimenti argillosi o argilloso marnosi su un substrato di varia età e natura, assume grande significatività se si tiene conto che per alcune delle suddette sequenze è stato riconosciuto, serie di Brunetti (ROBBA, 1981; GIAMMARINO, TEDESCHI, 1982), un ambiente deposizionale epibatiale: caratteristica questa abbastanza comune, come viene confermato con il presente studio. La presenza inoltre di rilevanti corpi conglomeratici, sia in troncatura alle serie argillose, sia a diretto contatto del substrato, documentano l'impostarsi e l'evolversi della trasgressione su un margine alquanto ripido ed in rapida evoluzione.

I differenti caratteri della sedimentazione pliocenica vanno ricercati quindi in quei fattori che ne hanno determinato e condizionato la dinamica deposizionale. Tutto porta a ritenere che questo ciclo sedimentario non possa essere imputato solo ad innalza-

---

(<sup>3</sup>) Si tratta di quelle sequenze indicate da BONI, VANOSI (1960) come «Lembi di serie interposti» e da LANTEAUME (1968) come Flyschs de Baiardo (Lambeaux de charriage).

mento del livello del mare, ma che sia stato condizionato dalla tettonica del margine.

L'attuale geometria degli affioramenti risulta invece legata a fasi tettoniche più tardive, con direttrici anche differenti dalle precedenti, che hanno modellato l'attuale andamento costiero.

Le sequenze argillose sono state attribuite al Pliocene inferiore, GIAMMARINO, TEDESCHI (1970, 1975), BONI, PELOSO (1973), mentre solo alcune parti dei conglomerati di M. Bauso e di Colle Approsio sono stati datati al Pliocene medio, GIAMMARINO, TEDESCHI (1975, 1976).

Ultimamente BONI, BONI, MOSNA, PELOSO (1983) segnalano microfane del Pliocene superiore in due episodi argilloso-sabbiosi dei conglomerati di M. Bauso e Torre Mostaccini; in quest'ultima località viene ipotizzata anche la presenza del Pleistocene inferiore.

#### DESCRIZIONE DELLA SERIE

La sezione studiata si sviluppa, Fig. 2, sulle propaggini meridionali del versante occidentale di M. Magliocca che, degradando

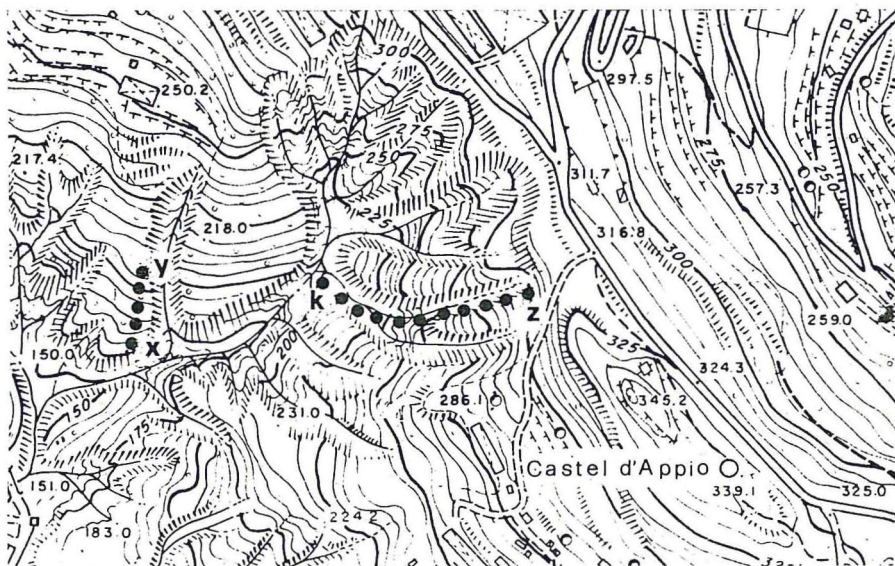


Fig. 2 - Carta topografica, scala 1:5000, con traccia (X-Y, K-Z) della sezione campionata.

verso SSE, si protende sino al mare dove forma Punta della Roccia.

Tutto il crinale e il versante orientale sono costituiti da conglomerati la cui giacitura più ricorrente presenta direzione intorno  $55^\circ$ , immersione SSE, inclinazione  $20^\circ$ . Il versante occidentale è estremamente accidentato per l'affiorare di argille marnose grigio-azzurrine profondamente calancate.

Ad W di Castel d'Appio la serie argilloso marnosa ha uno spessore di circa 140 m e poggia direttamente sui diversi termini della sequenza paleogenica. La sezione è stata eseguita sugli scosci calanchi di questo settore. La base della serie è situata circa 300 m prima dell'abitato di Calandri e si può raggiungere seguendo la strada che da Ville porta alla suddetta località. Qui le argille marnose poggiano direttamente sia sui calcari nummulitici che sulle marne, ma la superficie di appoggio non è sempre molto chiara. Nella sezione studiata il campione più basso dovrebbe trovarsi a qualche metro dal substrato. Le sequenze argillose basali, a stratificazione indistinta, non differiscono sostanzialmente da quelle sovrastanti; il loro contenuto in  $\text{CaCO}_3$  si aggira intorno al 30% e rimane pressoché invariato in tutta la successione. Sono stati prelevati 25 campioni, di cui ben 7 nei primi 16 metri, quindi la cadenza è stata di un campione ogni 5 metri, eccezion fatta per alcuni tratti in cui ciò non è stato possibile. Notevoli difficoltà sono state incontrate in questa fase per la difficile accessibilità lungo i calanchi (Fig. 3).

Intorno a 38 m dalla base è stato notato un modesto episodio conglomeratico lentiforme, con giunto inferiore netto, ondulato, con elementi molto elaborati in matrice sabbioso-arenacea. Dopo questo episodio si è reso necessario uno spostamento del settore di campionatura seguendo il calanco che sale direttamente verso Castel d'Appio.

Intorno a 100 m è stato possibile prendere alcune sicure giaciture nelle sequenze argilloso marnose. La direzione è risultata intorno a  $120^\circ$ , l'immersione NNE, l'inclinazione  $15^\circ$ . Giaciture simili a quelle qui rilevate, sono state notate, ma in zone inaccessibili, anche nel primo troncone della serie.

La sequenza continua monotona sino a pochi metri sotto lo sperone di conglomerato su cui si innalzano i ruderi di Castel d'Appio. Qui il passaggio ai conglomerati è molto netto e ben evidenziato da fenomeni di erosione selettiva. Le argille marnose, su-

bito sottostanti alle sequenze conglomeratiche, assumono una colorazione giallastra; anche in questi campioni il contenuto in  $\text{CaCO}_3$  risulta intorno al 30%.

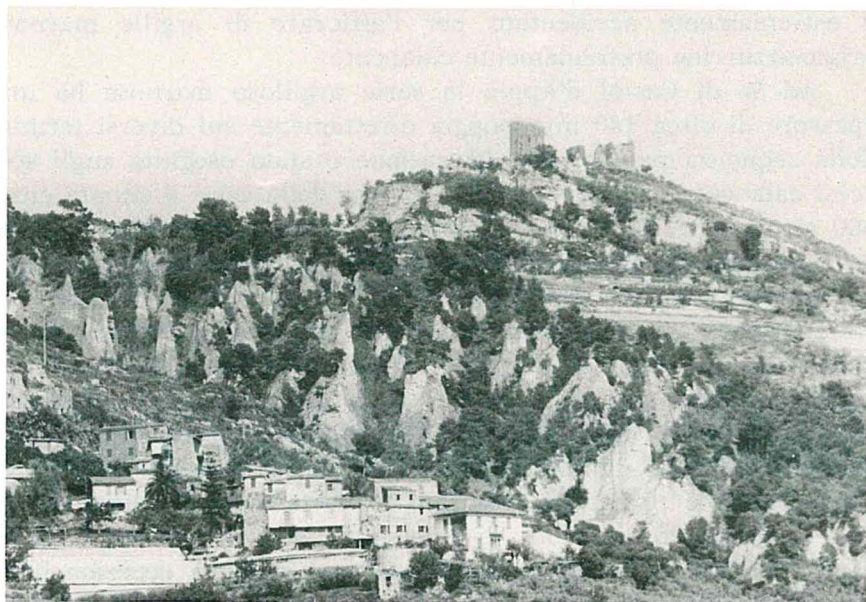


Fig. 3 - Versante occidentale di M. Magliocca in argille marnose del Pliocene inferiore; sulla sommità i ruderi di Castel d'Appio.

#### LA ASSOCIAZIONE A MICROFOSSILI

##### *I Foraminiferi*

Tutti i campioni, lavati con setaccio a maglie quadrate di 10 microns di lato, hanno dato un residuo piuttosto scarso (mediamente 2-3 grammi su 250 grammi di materiale asciutto), nel quale la parte inorganica è praticamente assente, rappresentata essenzialmente da rari grumi di ossidi di ferro e da una limitata quantità di pirite. Solo nei 5 campioni sommitali è possibile notare nel residuo di lavaggio una certa quantità di frammenti di calcarenite giallastra e granuli di quarzo.

La associazione faunistica è rappresentata da una assoluta prevalenza di foraminiferi, tra i quali le forme planctoniche sono



le più abbondanti, con una percentuale media che si aggira intorno al 65-70%. Ai foraminiferi si associano radioli di echinodermi, rari ostracodi, otoliti e squame di pesce e, a partire dal campione 6, frammenti di molluschi (Lamellibranchi e rari Gasteropodi) che diventano più frequenti nei campioni più alti.

La associazione a foraminiferi bentonici è sempre molto varia, con ben 103 specie già nel campione basale. In complesso sono state determinate 193 specie bentoniche e 32 specie planctoniche: la loro distribuzione è riportata in Tab. 1. Gli individui sono sempre di medie dimensioni, e ben conservati. I foraminiferi agglutinanti sono generalmente rari, rappresentati prevalentemente da *Textularia* spp. e quindi *Karreriella* spp., *Martinottiella communis* e *Spiroplectammmina wrighti*. Rarissimi i Miliolidi, le specie più comuni e frequenti appartengono ai generi *Lenticulina*, *Dentalina*, *Marginulina*, *Nodosaria*, *Vaginulina* e *Vaginulinopsis*. Sono tuttavia molto comuni anche *Bolivina*, *Bulimina*, *Stilostomella*, *Cibicoides*, *Anomalinoidea*, *Planulina*, *Melonis* e *Siphonina*.

Tra i foraminiferi planctonici, presenti con un limitato numero di specie (Tab. 1), *Globigerina* è particolarmente frequente. Meno frequente *Globigerinoides* e *Orbulina*, *Globorotalia* è addirittura rara. In particolare sono del tutto assenti i principali markers biostratigrafici del Pliocene inferiore (*Globorotalia margaritae* e *Globorotalia puncticulata*). Nei due campioni basali sono comuni gli individui di *Sphaeroidinellopsis*, mentre il genere *Globoquadrina* è presente, rarissimo, in un solo campione. *Hastigerina* è rara e saltuaria.

### *Deduzioni ambientali*

I foraminiferi bentonici rappresentano uno strumento particolarmente valido per ottenere indicazioni ambientali sui sedimenti studiati. Generalmente è la batimetria alla quale si è formato il sedimento inglobante che rappresenta il dato ecologico più interessante, specialmente in uno studio nel quale siano coinvolti risultati di carattere geologico e di neotettonica.

Numerosi studi su associazioni attuali hanno dimostrato che, sensibili ad una varietà di fattori ambientali, i foraminiferi bentonici rispondono alle variazioni batimetriche (che comportano, oltre che variazioni di pressione, anche variazioni di temperatura, salinità, luminosità, ossigenazione, e nutrienti) non solo con la







comparsa o scomparsa di forme caratteristiche di abbastanza ben definiti intervalli batimetrici, ma anche, per alcune forme, con sottili variazioni morfologiche nell'ambito di una stessa specie; molte forme poi presentano una distribuzione verticale quantitativa che è facilmente riportabile ad una curva gaussiana (THEYER, 1971). Pertanto anche l'abbondanza di una specie può dare utili informazioni, nel senso che la sporadica presenza di una specie generalmente comune può probabilmente indicare una situazione batimetrica prossima al suo limite inferiore o superiore, mentre un'abbondanza dei relativi individui può essere indicativa di una batimetria lontana dai suoi estremi limiti di sopravvivenza. Spesso le associazioni sono inquinate dalla presenza di forme «spiazzate», trasportate dalle zone marginali del bacino verso le sue parti più profonde. A volte riconoscibili per lo stato di conservazione, più o meno corrosi, rotti o spatizzati, in alcune occasioni i gusci si mantengono ben conservati e allora il trasporto subito da una parte dell'associazione faunistica risulta più difficilmente individuabile. La presenza di forme «spiazzate» potrebbe, se considerate in posto, introdurre dei gravi errori nelle deduzioni batimetriche. Per ovviare a tali possibili errori, delle varie specie vengono generalmente presi in considerazione, dando loro una particolare rilevanza nella valutazione batimetrica, essenzialmente i limiti di profondità superiori. Si assume sempre, inoltre, che siano le forme più profonde presenti nell'associazione fossile ad essere in posto, mentre le forme caratteristiche di acque più basse, eventualmente presenti, vengono considerate come trasportate. Pertanto ne deriva che nella valutazione batimetrica di un sedimento il dato proposto rappresenta solo una stima minima della paleobatimetria e che è generalmente più difficile definire la sua batimetria massima.

Nella associazione studiata, le forme che sulla base di una sempre più ricca bibliografia (PARKER, 1958; BLANC-VERNET, 1969; PFLUM, FRERICHS, 1976; PUJOS, LAMY, 1973; WRIGHT, 1978; inter alios) possono essere considerate indicative di definiti intervalli batimetrici sono in numero limitato e generalmente non molto frequenti (*A. scalaris*, *B. nodosaria*, *C. bradyi*, *C. cicatricosus*, *C. rudis*, *D. subsoluta*, *E. exiqua*, *H. elegans*, *N. rugosus convexus*, *O. stellatus*, *R. globulifera*). La loro presenza, in una associazione caratterizzata da una notevole frequenza di *Nodosariidae*, di *Bulimina*, di *Cassidulina* e di *Uvigerina* e con una percentuale di indivi-

dui planctonici intorno al 70%, indica chiaramente una profondità superiore ai 400 metri. D'altra parte l'assenza, in un'associazione ricca e varia, di forme che compaiono a maggiori profondità (circa 500-600 m) quali, ad esempio, *Cibicidoides italicus*, *Cibicidoides robertsonianus*, *Planulina wuellerstorfi*, *Psammosphaera testacea* e *Agrenocythere pliocenica* (ostracode psicosferico), tende a limitare la profondità verso il basso. Si ritiene pertanto di poter concludere per una profondità di sedimentazione compresa tra i 400 e i 500 metri. In molti campioni sono presenti rari individui, estremamente mal conservati, riferibili ai generi *Ammonia*, *Amphistegina*, *Elphidium* e *Rosalina*. Essi vengono qui evidentemente considerati come «spiazzati», trascinati verso la parte più profonda del bacino da correnti di fondo. La presenza di forme epifite quali ad esempio *H. rodhiensis*, *C. refulgens* e *F. lobatulus*, spesso presenti in associazioni di batimetria elevata, è poi facilmente imputabile al trascinamento verso il largo dei relativi supporti algali, prima strappati dal loro luogo originale, trasportati al largo e quindi sedimentati su un fondo di alta batimetria: è evidente che in seguito a tale meccanismo di trasporto i gusci si conservano in perfetto stato. Resta infine da notare che nell'associazione studiata le forme indicative di più alta profondità sono ancora presenti nei campioni sommitali, raccolti poco sotto i conglomerati. Anche tali campioni vanno pertanto attribuiti ad una profondità di sedimentazione riferibile alla parte inferiore dell'epibatiale (nel senso inteso da WRIGHT, 1978).

#### *Nannoplancton calcareo*

Lo studio del nannoplancton calcareo, condotto su «smear slides» al microscopio ottico polarizzatore a 1000 ingrandimenti, è stato effettuato sugli stessi campioni utilizzati per lo studio della associazione a foraminiferi. Le nannoflore sono sempre frequenti e in buono stato di conservazione, spesso ricche di individui, ma scarsamente caratterizzate da un punto di vista biostratigrafico per la rarità e/o assenza delle forme generalmente usate come markers. Sono state riconosciute le seguenti specie: *Amaurolithus delicatus* GARTNER e BUKRY, *Calcidiscus macintyreii* (BUKRY e BRAMLETTE), *Calcidiscus leptoporus* (MURRAY e BLACKMAN), *Coccolithus pelagicus* WALLICH, *Discoaster brouweri* TAN SI HOK, *Discoaster pentaradiatus* TAN SI HOK, *Discoaster surculus* MARTINI e BRAMLET-

| SPECIE   | campioni |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
|--|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--|
|  | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | A | B |  |
| <i>Amaurolithus delicatus</i>                  |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
| <i>Calcidiscus leptoporus</i>                  |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
| <i>Calcidiscus macintyreii</i>                 |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
| <i>Coccolithus pelagicus</i>                   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
| <i>Discoaster browneri</i>                     |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
| <i>Discoaster pentaradiatus</i>                |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
| <i>Discoaster surculus</i>                     |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
| <i>Discoaster variabilis</i>                   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
| <i>Helicosphaera carteri</i>                   |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
| <i>Reticulofenestra pseudumbilica</i>          |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |
| <i>Sphenolithus abies</i> + <i>S. neobabes</i> |          |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |  |

comune ■ scarso ■ raro —

TE, *Helicosphaera carteri* (WALLICH), *Reticulofenestra pseudumbilica* (GARTNER) GARTNER e *Sphenolithus* spp. La loro distribuzione (Tab. 2) può essere così schematizzata: *C. pelagicus*, *C. leptoporus*, *H. carteri* e *C. macintyreii* sono nell'ordine piuttosto frequenti in tutta la successione. Tra le forme con più spiccato significato biostratigrafico *A. delicatus* è raro e sporadico dal campione basale fino alla sommità della sezione; *D. brouweri*, *D. pentaradiatus* e *D. surculus* sono poco frequenti e distribuiti irregolarmente; *R. pseudumbilica* è generalmente rara e non è presente in tutti i campioni; quando presente, prevalgono i piccoli morfotipi della grandezza di circa 6 microns; *Sphenolithus abies* e *Sphenolithus neoabies* risultano piuttosto frequenti e uniformemente distribuiti fino alla sommità della sezione.

#### CONSIDERAZIONI BIOSTRATIGRAFICHE

La associazione a plancton calcareo riconosciuta nella sezione di Castel d'Appio, benché ricca di individui e di specie, non permette considerazioni biostratigrafiche di dettaglio. Assenti i principali markers biostratigrafici della parte più bassa del Pliocene (*Globorotalia margaritae*, *Globorotalia puncticulata*, *Ceratolithus asymmetricus*, *Amaurolithus* spp., *Ceratolithus rugosus*, *Discoaster asymmetricus*, *Pseudoemiliana lacunosa*, *Helicosphaera sellii*, small *Gephyrocapsa*), anche la distribuzione dei markers generalmente considerati di secondo ordine in questo intervallo stratigrafico appaiono poco affidabili. Se l'assenza di *Gt. puncticulata* tra i foraminiferi e di *C. rugosus*, *D. asymmetricus*, *P. lacunosa*, *H. sellii* e small *Gephyrocapsa* tra il nannoplancton calcareo, forme che compaiono a partire da livelli pliocenici già abbastanza alti (all'incirca dopo i 4,3 MA), può essere imputata a reali fattori stratigrafici, l'assenza di *Gt. margaritae* e *Amaurolithus* spp. può essere solo spiegata con un controllo ecologico. Non è infatti possibile considerare i 140 metri circa di argille marnose studiate come appartenenti alla sola zona M Pl 1 (zona di acme a *Sphaeroidinellopsis*) che copre un intervallo di tempo di circa 0,05 MA (Rio *et al.*, 1984) e che, pur in sedimenti pelagici quali i «Trubi» in Sicilia e le marne recuperate nel pozzo 132 (Leg 13, DSDP) nel Tirreno ha uno spessore di pochissimi metri.

Con maggiore dettaglio, sulla base dei foraminiferi planctoni-



ci si possono fare le seguenti considerazioni. I campioni basali (1-2) contengono una certa frequenza di individui di *Sphaeroidinellopsis* (e un solo esemplare nel campione 3) e pertanto, pur in assenza di altre evidenze e conferme, lo spessore da essi interessato viene attribuito alla zona M Pl 1. Tale spessore, di circa 3 metri, risulta tuttavia insufficiente a coprire tutto lo spessore che, in tale tipo di sedimenti terrigeni, questa zona biostratigrafica dovrebbe rappresentare; considerando che in sedimenti puramente pelagici lo spessore attribuibile a tale zona biostratigrafica è valutabile intorno ai 6-7 metri (SPROVIERI, 1975; CITA, 1973) e che in sedimenti litologicamente assimilabili (Toscana Marittima, BOSSIO *et al.*, 1980) a tale zona biostratigrafica vengono attribuiti spessori dell'ordine di qualche decina di metri, appare per lo meno anomalo che qui l'intera zona M Pl 1 sia rappresentata da un così limitato spessore di sedimenti. Pur accettando pertanto che i 2 campioni basali appartengano alla zona di acme a *Sphaeroidinellopsis*, sembra potersi concludere che un certo, sia pur limitato, spessore di sedimenti pliocenici basali non è presente nella campionatura studiata. Con il campione 3, nel quale è pure presente una ricca associazione planctonica del tutto assimilabile per il resto ai campioni sottostanti, scompaiono completamente gli *Sphaeroidinellopsis* e pertanto, pur con l'incertezza derivante dall'assenza di *Gt. margaritae*, con tale livello si riconosce la base della zona M Pl 2 (zona a *Globorotalia margaritae*). Tale specie, del tutto e costantemente assente nei campioni studiati, è stata riconosciuta in un campione facente parte di una campionatura sparsa precedentemente effettuata nella limitata area di affioramento dei depositi qui studiati (GIAMMARINO, TEDESCHI, 1976). Un tale ritrovamento, pur isolato, conferma l'attribuzione di almeno una parte dello spessore di queste argille marnose plioceniche alla zona M Pl 2. Tuttavia la vecchia campionatura, non dettagliata e non in serie, non permette di correlare il campione contenente *Gt. margaritae* con uno qualsiasi dei campioni qui studiati, che coprono con notevole dettaglio tutto lo spessore pliocenico affiorante nell'area. Se quel campione permette di riconoscere con sicurezza nell'affioramento la presenza della zona M Pl 2, la rarità e sporadicità del marker non permette sicure considerazioni biostratigrafiche circa la base della biozona omonima, che potrebbe non coincidere con lo stesso primo ritrovamento del marker. *Gt. margaritae* sembra infatti essere entrata in questa area del Mediterraneo solo in cor-

rispondenza di livelli discontinui e limitati nel tempo. Pertanto anche i più bassi livelli di rinvenimento di *Gt. margaritae* possono non essere strettamente correlabili con la sua comparsa mediterranea. Con il campione 8 scompare *Globigerina nepenthes*. L'estinzione mediterranea di questa specie è stata generalmente riconosciuta (CITA, 1973; ZACHARIASSE, 1975; SPROVIERI, 1978; RAFFI, RIO, 1979; COLALONGO, SARTONI, 1979; ZACHARIASSE, SPAAK, 1983; inter alios) di poco precedente la comparsa di *Gt. puncticulata*, con una valutazione biocronologica valutabile intorno a 4,4 MA (RIO *et al.*, 1984). Nella sezione studiata il campione sommitale è stato raccolto circa 120 metri sopra il campione 8 e la associazione a plancton calcareo sembra dimostrare che questo livello, e pertanto la sommità della sezione, precede di una entità non quantificabile, la comparsa di *Gt. puncticulata* (assenza di *Gt. puncticulata*, *C. rugosus*, *D. asymmetricus*, *H. sellii*). Deriva pertanto che anche la locale estinzione di *Gl. nepenthes* non può essere correlata con la sua estinzione mediterranea: è infatti impossibile accettare che i 120 metri di argille marnose che dividono il campione 8 dalla sommità della sezione si siano depositati in un intervallo di tempo addirittura inferiore ai 0,1 MA che, in altre successioni mediterranee, costantemente separano l'estinzione di *Gl. nepenthes* dalla comparsa di *Gt. puncticulata*. Un'ulteriore conferma di una tale prematura estinzione locale deriva dalla considerazione che, riconoscendo nella sezione la zona M Pl 1, solo 17 metri di sedimenti marnosi separano la base della zona M Pl 2 (posta tra il campione 2 e il campione 3) dalla scomparsa di *Gl. nepenthes*. Poiché sulla base di dati biocronologici la base della zona M Pl 2 è valutabile a circa 5,3 MA (RIO *et al.*, 1984), se si volesse considerare la scomparsa di *Gl. nepenthes* come coincidente con il suo livello di estinzione mediterraneo (a circa 4,4 MA), ne deriverebbe che lo spessore di argille marnose di 17 metri si sarebbe depositato in circa 0,9 MA, con una velocità di sedimentazione eccezionalmente bassa per tale tipo di sedimentazione, addirittura inferiore a quella riconoscibile in sedimenti puramente pelagici.

In conclusione, sulla base dell'associazione a foraminiferi planctonici riconosciuta nei campioni studiati, la sezione appare difficilmente inquadrabile negli schemi biostratigrafici generalmente adottati per il Mediterraneo ed è possibile solo riconoscerne oggettivamente la parte bassa del Pliocene, senza ulteriori considerazioni di dettaglio. Solo concomitanti considerazioni sugli

spessori riconoscibili permettono di escludere che tutto lo spessore sia attribuibile alla zona M Pl 1, che, sulla base della presenza di frequenti individui di *Sphaeroidinellopsis* nei 2 campioni più bassi, appare limitata ad uno spessore di circa 3 metri; il restante spessore della sezione, pur in assenza del marker, viene attribuito alla zona M Pl 2.

Sulla base della associazione a foraminiferi bentonici conclusioni di dettaglio di ordine biostratigrafico sono altrettanto difficili. Estremamente ricca di individui e di specie fin dal campione basale nel quale sono state determinate ben 102 specie (e ben 126 tra i due campioni basali), essa appare del tutto differente da quella riconoscibile nei livelli basali pliocenici delle successioni affioranti in Sicilia (SPROVIERI, 1975; 1978), Emilia (BARBIERI, 1967; COLALONGO, 1967) e Marche (COLALONGO, 1968; D'ONOFRIO, 1968; COLALONGO *et al.*, 1982), dove, in questi livelli, il bentos è sempre rappresentato da un limitato numero di specie. Per contro l'associazione riconosciuta presenta notevoli affinità, per abbondanza e qualità di specie, con la associazione descritta alla base del Pliocene nella Toscana Marittima (Bossio *et al.*, 1980) e con quella riconosciuta dagli scriventi in una piccola sezione recentemente campionata in Piemonte alla base della formazione delle «Argille di Lugagnano» e affiorante nella regione di Asti, immediatamente al di sopra di sedimenti attribuibili chiaramente alla sommità del Messiniano (sommità delle «argille a Congerie»). Nelle sezioni della Toscana Marittima i campioni più bassi, prelevati entro uno spessore di poche decine di metri al di sopra della locale sommità del Messiniano, contengono un'associazione bentonica rappresentata da una sessantina di specie per campione (solo una ventina nei due campioni basali della Cava Serredi). Solo nel campione più alto raccolto nell'intervallo attribuito alla zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* (equivalente alla zona M Pl 1 di CITA 1973, 1975 qui adottata) il numero di specie è più consistente e si avvicina a quello riconosciuto nel campione basale qui studiato. Anche prendendo in considerazione l'insieme delle forme presenti nei vari campioni attribuibili all'intervallo interessato, le associazioni riconosciute in Toscana sono ben comparabili, sia per le specie presenti che per il loro numero complessivo, con la associazione generale riconosciuta nei 2 campioni basali della sezione di Castel d'Appio. La piccola sezione campionata per confronto in Piemonte è attribuita alla parta bassa del Pliocene, sia per posi-

zione di campagna, sia in quanto nei 4 campioni basali (che coprono uno spessore di 6 metri) sono presenti *Sphaeroidinellopsis* spp. (e sono pertanto attribuiti alla zona M Pl 1); nei restanti 4 campioni, che coprono uno spessore di 8 metri, gli *Sphaeroidinellopsis* non sono presenti: pur in assenza di *Gt. margaritae*, essi vengono anche qui attribuiti alla zona M Pl 2. Tutti i campioni si presentano molto ricchi di individui e di specie bentoniche con una media di una sessantina di specie per campione (40 specie nel campione più basso, raccolto a contatto con un livello di argille nere, rappresentante la sommità del Messiniano) e un totale di 116 specie nell'intervallo attribuibile alla zona M Pl 1. Nei due campioni sommitali raccolti, attribuiti alla zona M Pl 2, il benthos è ancora più ricco, con una novantina di specie per campione.

Risulta pertanto, in conclusione, che la associazione bentonica riconosciuta nei 2 campioni basali della sezione ligure qui studiata in dettaglio è, per numero e tipo di specie presenti, ben comparabile con quella presente nei campioni più alti riferiti, in altre località vicine dell'Italia settentrionale, alla zona M Pl 1. Tale caratteristica sembra pertanto confermare che nella campionatura qui studiata non siano effettivamente rappresentati i livelli immediatamente successivi all'inizio della sedimentazione pliocenica, ma che dovrebbero eventualmente coprire solo uno spessore di pochi metri: resta comunque confermata la presenza di depositi pertinenti alla zona biostratigrafica M Pl 1.

La costante presenza di *U. rutila* e la più o meno frequente presenza di *E. multicostata*, *E. russitanoi*, *M. spinulosa*, *Pl. angustata*, *Pl. striata*, *V. bradyi*, *V. clavata*, *V. striatissima*, *V. bononien-sis*, *V. tricarinata* e *V. carinata* permettono solo il riconoscimento di un Pliocene inferiore indifferenziato, tenendo presente che tutte si estinguono prima dell'estinzione di *Sphaeroidinellopsis* spp., intorno a 3,2 MA (SPROVIERI, 1984). La presenza di *B. yabei* fin dal campione basale sembra indicare una parte molto bassa del Pliocene inferiore: adottata come marker zonale da BARBIERI (1967), essa è presente in Emilia solo in depositi attribuibili alla zona M Pl 2 (e forse M Pl 1), scomparendo poco sotto la comparsa di *Gt. puncticulata* (BARBIERI, 1967; IACCARINO, 1967; BARBIERI, PETRUCCI, 1967); nella sezione di Castell'Arquato, *B. yabei* compare circa 100 metri sopra la locale base del Pliocene; tuttavia, essendo in quella sezione la locale base del Pliocene rappresentata da sedimenti clastici, anche grossolani, l'assenza di *B. yabei* nei livelli basali po-

trebbe essere imputata ad esclusione per ragioni di facies. Nella piccola sezione pliocenica piemontese più sopra considerata, *B. yabei* è già presente nel campione più alto della zona M Pl 1. La presenza poi di *B. yabei* fino al campione sommitale della sezione di Castel d'Appio sembrerebbe confermare l'attribuzione della sezione ad un intervallo stratigrafico che precede la comparsa di *Gt. puncticulata*.

Considerazioni biostratigrafiche basate sul nannoplancton calcareo permettono oggettivamente, con riferimento allo schema biostratigrafico proposto per il Mediterraneo da RAFFI, RIO (1979), di riferire l'intervallo studiato alla zona ad *A. delicatus* per la presenza del marker (anche se raro) e l'assenza delle forme caratteristiche delle zone successive. L'assenza di *C. rugosus*, forma generalmente rara, in particolare nei depositi terrigeni (RIO *et al.*, 1982) consentirebbe di limitare ulteriormente l'attribuzione stratigrafica alla sottozona ad *Amaurolithus* spp. Tale riconoscimento è reso tuttavia incerto dall'assenza delle altre forme di *Amaurolithus* spp. e di *C. acutus*, che dovrebbero essere invece ben rappresentate nell'intervallo; anche in questo caso, però, nelle sezioni terrigene dell'Italia settentrionale tali forme sono spesso rare o addirittura assenti (RIO, comunicazione personale). Sulla base di quanto discusso più sopra, in occasione dell'associazione a foraminiferi, e cioè che l'intervallo studiato sembra riferibile alla parte alta della zona M Pl 1 e a buona parte della zona M Pl 2, l'assenza di individui di *Amaurolithus* spp. deve essere in effetti imputata a controllo ecologico, così come l'assenza di *C. acutus* e di *Gt. margaritae*. L'associazione a nannoplancton riconosciuta permette poi di delimitare biostratigraficamente la successione ad un intervallo certamente precedente il ben noto livello di ricambio associazionale (comparsa di *D. asymmetricus*, *D. tamalis*, *P. lacunosa* e di small *Gephyrocapsa*; scomparsa di *A. delicatus*, *R. pseudoumbilica* e *Sphenolithus* spp.), che si realizza in un intervallo di tempo compreso all'incirca tra 3,8 e 3,5 MA (RIO *et al.*, 1984).

## CONCLUSIONI

Lo studio di dettaglio della sezione pliocenica di Castel d'Appio, una delle meglio esposte e più significative sequenze argilloso marnose del Pliocene ligure, ha messo in evidenza:

— un difficile inquadramento, negli schemi biostratigrafici generalmente adottati per il Mediterraneo, della associazione a plancton calcareo, ricca di individui e di specie, per assenza dei principali markers biostratigrafici; infatti solo nei primi 3 m della successione è stata riconosciuta la zona ad acme a *Sphaeroidinellopsis*, M Pl 1, mentre nei restanti 137 metri, pur avendo condotto la ricerca su una raffittita campionatura, sono risultati assenti *Gl. margaritae* e *Amaurolithus* spp.

— un'associazione a foraminiferi bentonici estremamente ricca di individui e di specie fin dal campione basale, contrariamente a quanto riscontrato negli equivalenti livelli basali della Sicilia, Emilia e Marche. Tale associazione risulta invece ben comparabile, per abbondanza e qualità di specie, con quelle presenti nei livelli più alti della zona M Pl 1 della Toscana Marittima e del Piemonte.

L'assenza dei principali markers nella associazione a plancton calcareo, chiaramente legata a fattori ecologici, come sembra accedere in altre sezioni terrigene dell'Italia settentrionale, rende estremamente difficoltosa una sicura attribuzione stratigrafica che non sia quella di un generico Pliocene inferiore. Tuttavia indizi rilevanti basati su considerazioni di velocità di sedimentazione, distribuzione di alcune forme (ma generalmente non considerate nelle deduzioni biostratigrafiche) e diretti controlli e confronti con altre sezioni affioranti nelle più vicine aree dell'Italia settentrionale, permettono di proporre, al momento, per la sezione, un'attribuzione biostratigrafica che comprende la parte alta della zona M Pl 1 (e pertanto è assente un sia pur limitato spessore basale, probabilmente rappresentato da pochi metri di sedimento) ed una buona parte della zona M Pl 2. La sommità della sezione, caratterizzata da un rilevante evento sedimentologico (e tettonico) con l'arrivo repentino dei conglomerati, sembra precedere, di un intervallo non quantificabile ma probabilmente limitato, la comparsa di *Gt. puncticulata* (e pertanto un'età di circa 4,3 MA).

L'aver inoltre documentato, tramite l'associazione a foraminiferi bentonici, una profondità di sedimentazione compresa tra 400 e 500 metri per tutta la successione argilloso marnosa (poggiata direttamente su un substrato paleogenico) porta nuovi e sostanziali dati per la conoscenza delle modalità dell'impostarsi e dell'evolversi della trasgressione pliocenica. Il fatto poi di aver potuto assegnare la stessa profondità di sedimentazione ai livelli subito sot-

tostanti alla placca conglomeratica che corona la serie studiata, viene a documentare un vistoso cambiamento nella dinamica deposizionale che investe la parte inferiore dell'orizzonte epibatiale: fatto che denuncia vistose fasi tettoniche che interessano il margine del bacino.

Le suddette osservazioni necessitano di un ampliamento delle indagini con opportuni controlli su sezioni dell'arco ligure-francese dettagliatamente studiate e campionate, al fine di avere sicure indicazioni ambientali sui relativi sedimenti pliocenici e poterne meglio chiarire, su basi più consistenti, la biostratigrafia. Quanto sopra per inserire in un più sicuro schema biostratigrafico (e biocronologico) gli eventi geologici e tettonici che caratterizzano la successione pliocenica.

#### BIBLIOGRAFIA

- BARBIERI F. (1967) - The foraminifera in the Pliocene section Vernasca-Castell'Arquato including the «Piacenzian stratotype» (Piacenza Province). *Mem. Soc. It. Sc. Nat. Mus. Civ. St. Nat. Milano*, **15**, 145-164.
- BARBIERI F., PETRUCCI F. (1967) - La série stratigraphique du Messinien au Calabrien dans la vallée du T. Crostolo (Reggio Emilia -Italie sept.). *Mem. Soc. It. Sc. Nat. Mus. Civ. St. Nat. Milano*, **15**, 181-189.
- BLANC-VERNET L. (1969) - Contribution à l'étude des foraminifères de Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*, 281 pp.
- BOILLOT G. (1957) - Conditions de dépôt des terrains pliocènes de la région de Ventimille. *Rev. de Géog. Phys. et de Géol. Dyn.*, **1** (4), 231-234.
- BONI A., BONI P., MOSNA S., PELOSO G.F. (1983) - Rivenimento del Pliocene superiore (e del Pleistocene marino basale) nelle colline tra Ventimiglia e Bordighera (Liguria occidentale). *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia*, **30**, 182-188.
- BONI P., PELOSO G.F. (1973) - I lembi pliocenici della Liguria occidentale da Terzorio al confine Italo-francese. *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia*, **23**, 170-201.
- BONI P., PELOSO G.F., VERCESI P.L. (1976) - I lembi pliocenici della Liguria occidentale da San Lorenzo al Mare (Imperia) ad Andora (Savona). *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia*, **25**, 112-141.
- BONI A., VANOSSI M. (1960) - Ricerche e considerazioni sul flysch della Liguria occidentale. *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia*, **11**, 31-178.
- BOSSIO A., GIANNELLI L., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. (1981) - Gli strati alti del Messiniano, il passaggio Miocene-Pliocene e la sezione plio-pleistocenica di Nugola nelle colline a NE dei Monti Livornesi. *IX Conv. Soc. Pal. Ital. (1981)*, 55-90.
- CAMPREDON R. (1977) - Les formations paléogènes des Alpes Maritimes Franco-italiennes. *Mém. h. sér. Soc. Géol. Fr.*, **9**, 1-198.

- CITA M.B. (1973) - The Pliocene record in deep-sea Mediterranean sediments. Biostratigraphy and Chronostratigraphy. In: RYAN, W.B.F. et al.: *Initial Reports of the DSDP*, 13 (2), 1343-1379.
- CITA M.B. (1975) - Planktonic foraminiferal biozonation of the Mediterranean Pliocene deep-sea record. A revision. *Riv. It. Paleont.*, 81 (4), 527-544.
- COLALONGO M.L. (1968) - Cenozoico a foraminiferi ed ostracodi nel Pliocene e basso Pleistocene della serie del Santerno e dell'Appennino romagnolo. *Giorn. Geol.*, 35, 29-61.
- COLALONGO M.L., RICCI LUCCHI F., BERARDI F., NANNI L. (1982) - Il Pliocene neoautocotono di Poggio Berni in Val Marecchia (Appennino romagnolo). In CREMONINI G., RICCI LUCCHI F. (Ed.): Guida alla Geologia del margine appenninico-padano. *Guida Geol. Reg. S.G.I.*, 177-180.
- COLALONGO M.L., SARTONI S. (1979) - Schema biostratigrafico per Pliocene e basso Pleistocene in Italia. *Contr. prel. Carta Neotettonica Italiana, publ. 251, C.N.R.*, 645-654.
- D'ONOFRIO S. (1968) - Biostratigrafia del Pliocene e Pleistocene inferiore nelle Marche. *Giorn. Geol.*, 35, 99-114.
- FANUCCI F., GIAMMARINO S., TEDESCHI D. (1980) - Il Pliocene della costa e del margine continentale dell'Appennino Ligure in rapporto alla neotettonica. *Mem. Soc. Geol. It.*, 21, 259-265.
- GIAMMARINO S., MECARINI G., TEDESCHI D. (1974) - Interpretazione stratigrafico-tettonica di linee sparker nel Golfo di Genova. *Mem. Soc. Geol. It.*, 13 (2), 73-83.
- GIAMMARINO S., TEDESCHI D. (1970 a) - Prima segnalazione di Pliocene medio in una carota di fondo nel Mare Ligure (Genova-Multedo). *Atti Ist. Geol. Univ. Genova*, 7 (2), 279-303.
- GIAMMARINO S., TEDESCHI D. (1970 b) - A proposito dell'età degli affioramenti di Ventimiglia e Pompeiana (Liguria occidentale). *Atti Ist. Geol. Univ. Genova*, 8 (1), 1-11.
- GIAMMARINO S., TEDESCHI D. (1975) - Prima segnalazione di Pliocene medio nella Liguria occidentale (Monte Bauso). *Boll. Soc. Geol. It.*, 94 (1-2), 281-289.
- GIAMMARINO S., TEDESCHI D. (1976) - Osservazioni biostratigrafiche sul Pliocene di Ventimiglia (Liguria occidentale). *Boll. Soc. Geol. It.*, 95 (6), 1510-1520.
- GIAMMARINO S., TEDESCHI D. (1980) - Le microfaune a Foraminiferi del Pliocene di Borzoli (Genova) e il loro significato paleo ambientale. *Ann. Univ. di Ferrara (Nuova serie), Sez. IX*, 6, 73-92.
- GIAMMARINO S., TEDESCHI D. (1982) - Ricerche paleoecologiche sul Pliocene della Liguria occidentale. Le microfaune a foraminiferi di Brunetti (Ventimiglia). *Geologica Romana*, 21, 723-731.
- GIAMMARINO S., TEDESCHI D. (1983) - Considerazioni geologico-stratigrafiche sul Pliocene di Albisola (Savona). *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., ser. A*, 90, 1-16.
- IACCARINO S. (1967) - Les foraminifères du stratotype du Tabianien (Pliocène inférieur) de Tabiano Bagni (Parma). *Mem. Soc. It. Sc. Nat. Mus. Civ. St. Nat. Milano*, 15, 165-181.
- IRR F. (1975) - Evolution de la bordure du bassin méditerranéen nord-occidental au Pliocène: nouvelles données biostratigraphiques sur le littoral franco-ligure et leurs implications tectoniques. *Bull. Soc. Géol. Fr., ser. 7*, 17 (6), 945-955.



- LANTEAUME M. (1968) - Contribution à l'étude géologique des Alpes Maritimes franco-italiennes. *Mém. Carte Géol. de France*, 405 pp.
- LORENZ C. (1971) - Observations sur la stratigraphie du Pliocène ligure: la phase tectonique du Pliocène moyen. *C.R. Somm. Soc. Géol. de France*, **8**, 441-448.
- PARKER F.L. (1958) - Eastern Mediterranean foraminifera. *Rept. Swed. Exp.*, **8**, 217-283.
- PEREZ J. (1975) - La zone limite entre l'Arc de Nice et l'Arc de la Roja (A.M.). Observations structurales. *Lab. Geol. Din. et Appl. Univ. Nice B.S.G.F.*, **18** (7), 1-11.
- PFLUM C.E., FRERICHS W.E. (1976) - Gulf of Mexico Deep - water Foraminifera. *Cush. Found. For. Res.*, Sp. Publ. n. 14, 1-125.
- PUJOS-LAMY A. (1973) - Repartition bathymétrique des Foraminifères benthiques profonds du Golfe de Gascogne. Comparaison avec d'autres aires océaniques. *Riv. Esp. Micropal.*, **5**, 213-234.
- RAFFI I., RIO D. (1979) - Calcareous nannofossil biostratigraphy of DSDP Site 132 - Leg 13 (Tyrrhenian Sea - Western Mediterranean). *Riv. Ital. Pal. e Strat.*, **85**, 127-172.
- RIO D., PALMIERI G., RAFFI I., VILLA G. (1982) - Classificazione biostratigrafica dei sedimenti marini plio-pleistocenici del bacino padano basata sul Nannoplankton calcareo. Correlazioni con le biozone a foraminiferi, e con la cronostratigrafia. In CREMONINI G., RICCI LUCCHI F. (Ed.): Guida alla Geologia del margine appenninico-padano. *Guida Geol. Reg. S.G.I.*, 123-129.
- RIO D., SPROVIERI R., RAFFI I. (1984) - Calcareous plankton biostratigraphy and biochronology of the Pliocene-Lower Pleistocene succession of the Capo Rossello area (Sicily). *Mar. Micropal.*, in corso di stampa.
- ROBBA E. (1981) - Studi paleoecologici sul Pliocene ligure, IV Malacofaune batiali della Liguria occidentale. *Riv. It. Pal. e Strat.*, **87** (1), 93-164.
- SAGRI M. (1980) - Le arenarie di Bordighera: una conoide sottermarina nel bacino di sedimentazione del Flysch ad Elmintoidi di San Remo (Cretaceo superiore, Liguria occidentale). *Boll. Soc. Geol. It.*, **99** (3), 205-226.
- SPROVIERI R. (1975) - Il limite Miocene-Pliocene nella Sicilia centro-meridionale. *Boll. Soc. Geol. It.*, **94** (1-2), 51-91.
- SPROVIERI R. (1976) - Caratteri sedimentologici e micropaleontologici al passaggio Messiniano-Pliocene in Sicilia. *Boll. Soc. Geol. It.*, **95** (5), 1115-1119.
- SPROVIERI R. (1978) - I foraminiferi benthonici della sezione plio-pleistocenica di Capo Rossello (Agrigento, Sicilia). *Boll. Soc. Pal. It.*, **17** (1), 68-97.
- SPROVIERI R. (1979) - Differentiation in benthonic foraminiferal assemblages between eastern and western mediterranean during lower Pliocene sedimentation. *Ann. Geol. Pays Hellen*, T. hors série, fasc. 3, 1145-1152.
- SPROVIERI R. (1984) - Pliocene paleotemperature changes and benthic foraminiferal speciation in the Mediterranean. *Boll. Soc. Pal. It.* (in corso di stampa).
- THEYER F. (1971) - Benthic Foraminifera: Bathymetric patterns of calcareous and arenaceous assemblages. *Nat. Phys. Sc.*, **229**, 207-209.
- VALENTI I. (1955) - Studio dei foraminiferi di due giacimenti pliocenici della provincia di Imperia. *Atti Mem. Acc. Patavina SS.LL.AA.*, **67**, 60-66.
- WRIGHT E. (1978) - Neogene paleobathymetry of the Mediterranean based on benthonic foraminifera from DSDP Leg 42A. *Initial Reports of the DSDP*, **42**, 837-846.

- ZACHARIASSE W.J. (1975) - Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Late Neogene of Crete (Greece). *Utrecht Micropal. Bull.*, **11**, 1-171.
- ZACHARIASSE W.J., SPPAK P. (1983) - Middle Miocene to Pliocene paleoenvironmental reconstruction of the Mediterranean and adjacent Atlantic ocean: planktonic foraminiferal record of Southern Italy. In MEULENKAMP J.E. (Ed.): Reconstruction of marine paleoenvironmental. *Utrecht Micropal. Bull.*, **30**, 91-110.
- ZANFRÀ S. (1961) - I foraminiferi di due lembi del Pliocene superiore della Riviera di Ponente (Imperia-Ventimiglia). *Boll. Soc. Geol. It.*, **80** (3), 275-282.

*(ms. pres. il 15 giugno 1984; ult. bozze il 15 settembre 1984)*