

La sezione pleistocenica del Lamone (Appennino Romagnolo): associazioni a foraminiferi ed evoluzione paleoambientale

Stefano Claudio VAIANI

Pierluigi VENEZIA

Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientale
Università di Bologna

KEY WORDS – Foraminifera, Biostratigraphy, Paleoenvironments, Lower Pleistocene, Romagna Apennines.

RIASSUNTO – L'analisi quantitativa delle associazioni a foraminiferi di una parte della successione del Pleistocene inferiore affiorante nella Valle del Lamone (Formazione delle Argille Azzurre, Appennino romagnolo) ha permesso di definire un dettagliato quadro paleoambientale dell'intervallo in esame. La biostratigrafia a foraminiferi planctonici e bentonici, integrata da precedenti studi di stratigrafia isotopica dello stronzio, consente di attribuire la successione esaminata al sottopiano Santerniano (a partire dal limite Pliocene/Pleistocene) e a parte del sottopiano Emiliano.

Lo studio delle microfaune a foraminiferi bentonici ha evidenziato un'evoluzione batimetrica che gradualmente passa dalla zona batiale superiore alla zona circalittorale e diffuse condizioni paleoambientali stressanti, caratterizzate da elevate concentrazioni di sostanza organica e/o relativa carenza di ossigeno presso il fondo del bacino. Nella parte superiore della successione sono stati rinvenuti due orizzonti che mostrano un'associazione a foraminiferi affine a quella presente nei livelli sapropelitici di numerose sezioni dell'Emiliano dell'Italia meridionale e che sono perciò tentativamente correlati ad essi.

Le variazioni quantitative riscontrate nelle microfaune a foraminiferi planctonici evidenziano, nella parte inferiore della successione, una spiccata ciclicità paleoclimatica; questa ciclicità è oscurata superiormente dall'accentuato aumento di forme indicanti condizioni marine con scarso ricambio.

ABSTRACT – [Quantitative analysis on benthic and planktic foraminiferal associations in the Lamone section (lower Pleistocene, Romagna Apennines, Northern Italy)] – Quantitative analysis on benthic and planktic foraminiferal assemblages from the lower Pleistocene succession of the Argille Azzurre Formation in the Lamone valley type area (Romagna Apennines), provides the basis for a detailed reconstruction of the paleoenvironmental evolution of this sequence.

The biostratigraphic data, combined with previous age attributions based upon strontium isotope stratigraphy, indicates an age ranging from the Pliocene/Pleistocene boundary to the Emiliano substage. In the lower part of the sequence, the first occurrence of "boreal guests" molluscs as *Arctica islandica* and *Pseudamussium septemradiatum*, confirms this age attribution.

The following world-wide and/or Mediterranean foraminiferal events are recognised in the lower and middle parts of the succession: 1) FO of left coiled *Neoglobobulimina pachyderma*; 2) FO of *Globobulimina tenella*; 3) FO of *Bulimina etnea*; 4) FO of *Hyalinea balthica*; 5) FO of *Bolivinita quadrilatera*; 6) FO of *Saidovina karreriana*. In contrast, the upper part of the sequence lacks diagnostic foraminiferal events.

Quantitative analyses on 37 benthic foraminiferal species or taxonomic units show high frequencies of opportunistic species throughout the study succession. These species are tolerant to stress environments characterised by strong variations of oxygen concentration and/or organic matter content at the sea bottom. In the uppermost part of the sequence, two short intervals, with a benthic foraminiferal assemblage consisting predominantly of *Brizalina spatulata* and *B. alata*, are tentatively correlated to sapropelitic layers found in several sections from southern Italy.

In the lower and middle parts of the sequence, relatively high frequencies of upper bathyal and circalittoral species, such as *Cassidulina laevigata carinata* and *Bulimina ex gr. B. marginata*, are recorded in association with deep-water species, such as *Cibicides kullenbergi*, *Gyroidinoides altiformis*, and *G. soldanii*. This assemblage is consistent with an upper bathyal bathymetric zone. In the upper part of the sequence these deep-water species are generally absent. A decrease in *Uvigerina peregrina peregrina* and a considerable increase in *C. laevigata carinata* suggest shallower water depths and are consistent with a circalittoral bathymetric zone.

Quantitative analyses of 26 planktic foraminiferal taxonomic units show a cyclic variation of cold and warm water conditions in the lower part of the succession; higher in the sequence this cyclic variation cannot be recognized, owing to the sharp increase in species diagnostic of environments with poor water circulation.

INTRODUZIONE

Lungo il margine appenninico padano sono ampiamente esposte successioni pleistoceniche marine i cui aspetti stratigrafici e paleontologici sono stati studiati da numerosi Autori (ad esempio Ruggieri, 1944, 1962; Ruggieri & Selli, 1949; Papani & Pelosio, 1963; Colalongo 1968; Pelosio & Raffi, 1974; Raffi & Rio, 1980a, b; Colalongo *et al.*, 1982b; Dominici *et al.*, 1996). La successione pleistocenica affiorante nella valle del Fiume Lamone (Cremonini

et al., 1969; Vai, 1989), a SW di Faenza, nell'Appenninico romagnolo (Fig. 1) ne rappresenta uno degli esempi più interessanti, per la buona continuità stratigrafica e per i modesti disturbi tettonici che la caratterizzano (Colalongo, 1968; Coli *et al.*, 1992; Amorosi *et al.*, 1998). La successione è attribuita alla Formazione delle Argille Azzurre, un'unità plio-pleistocenica affiorante lungo il margine appenninico padano, di cui la valle del Lamone rappresenta l'area tipo (Vai, 1989). Questa unità, la cui definizione sarebbe attribuibile a Leonardo da Vinci (cf.

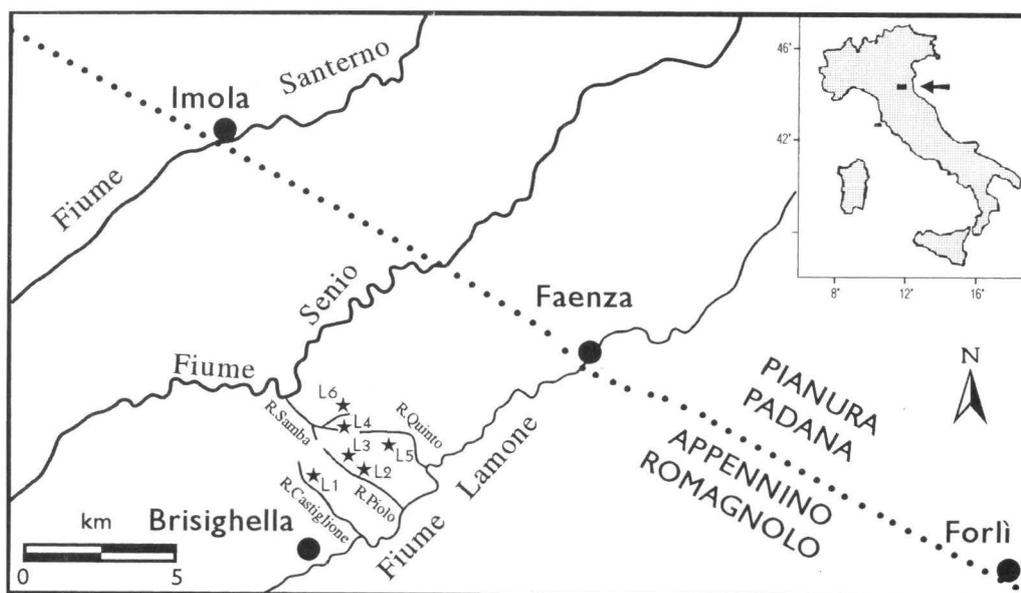


Fig. 1 - Ubicazione della sezione composta del Lamone

Vai, 1989), riveste una notevole rilevanza cronostratigrafica, in quanto in essa sono stati definiti numerosi piani e sottopiani, alcuni tuttora in uso (Carloni *et al.*, 1971; Vai, 1996). In particolare, nell'area pedepenninica compresa fra Bologna e Forlì, entro la parte pleistocenica della formazione sono stati definiti i sottopiani Santerniano ed Emiliano. Il primo, istituito da Ruggieri & Sprovieri (1975) nella limitrofa valle del Santerno (Fig. 1), interessa la parte basale del Pleistocene, dal limite Pliocene/Pleistocene alla base del successivo sottopiano Emiliano. Quest'ultima unità fu originariamente introdotta da Ruggieri & Selli (1949) e successivamente emendata da Ruggieri & Sprovieri (1975) ed ha, secondo Ruggieri (1978) e Vai (1996), l'area tipo nella valle del Lamone. L'attuale proposta di ubicazione del limite inferiore dell'Emiliano nella sezione stratotipica della Vrica (Pasini & Colalongo, 1994), formulata per la prima volta in accordo con le normative stratigrafiche internazionali (Hedberg, 1976), non modifica stratigraficamente la posizione del limite introdotta da Ruggieri & Sprovieri (1975) e rispetta la "philosophy of boundary definition" (Remane *et al.*, 1996).

Studi micropaleontologici dettagliati entro la successione pleistocenica romagnola hanno riguardato principalmente la valle del Santerno (Ruggieri, 1944; Colalongo, 1968; Raffi & Rio, 1980a; Colalongo *et al.*, 1982b), mentre la zona del Lamone è stata oggetto di ricerche relative a terreni dell'Emiliano e del post-Emiliano (Emiliani, 1949; Ruggieri, 1978; Amorosi *et al.*, 1998). Precedenti studi nell'area in esame non hanno ben caratterizzato gli aspetti paleoambientali e stratigrafici di questa parte di successione; il presente lavoro si propone quindi di definire, entro un quadro stratigrafico basato su bioeventi e su analisi quantitative delle associazioni a forami-

niferi planctonici e bentonici, l'evoluzione paleoambientale e paleoceanografica di parte dell'intervallo pleistocenico inferiore del bacino delle Argille Azzurre nell'area tipo.

MATERIALI E METODI

I risultati esposti in questo lavoro interessano una successione campionata di 402 m di spessore, di seguito indicata come sezione del Lamone (Fig. 2), deposta, secondo le indicazioni di Coli *et al.* (1992), in un intervallo di circa 400 - 500 ka.

La sezione è composta da sei segmenti ed è stata misurata in sinistra del Fiume Lamone (cartografia utilizzata: C.t.r. scala 1:10.000, elementi n. 239100 e 239140; ed. Regione Emilia-Romagna); alcuni spezzoni sono ubicati in posizione intermedia fra le valli del Lamone e del Senio (Fig. 1). Malgrado i rilievi stratimetrici, la mancanza di elementi in grado di permettere una precisa correlazione fisica fra gli affioramenti può aver portato a modeste sovrapposizioni fra gli spezzoni oppure ad intervalli non campionati. Il margine di incertezza si ritiene comunque inferiore a 5-7 metri di spessore, come inoltre documentato dalla regolare evoluzione paleoambientale e dal quadro biostratigrafico, esposti nei successivi capitoli. Solo al limite fra gli spezzoni L5 e L6 si ha un intervallo non campionato di 25 m di spessore dovuto alla mancanza di affioramenti.

Una frazione statisticamente significativa dell'associazione a foraminiferi > 125 μm è stata raccolta per l'analisi quantitativa. Il conteggio di almeno 300 foraminiferi è stato svolto separatamente per le forme planctoniche e bentoniche. La mancanza di un'associazione a foraminiferi planctonici quantitativamente sufficiente ha impedito il conteggio di queste forme

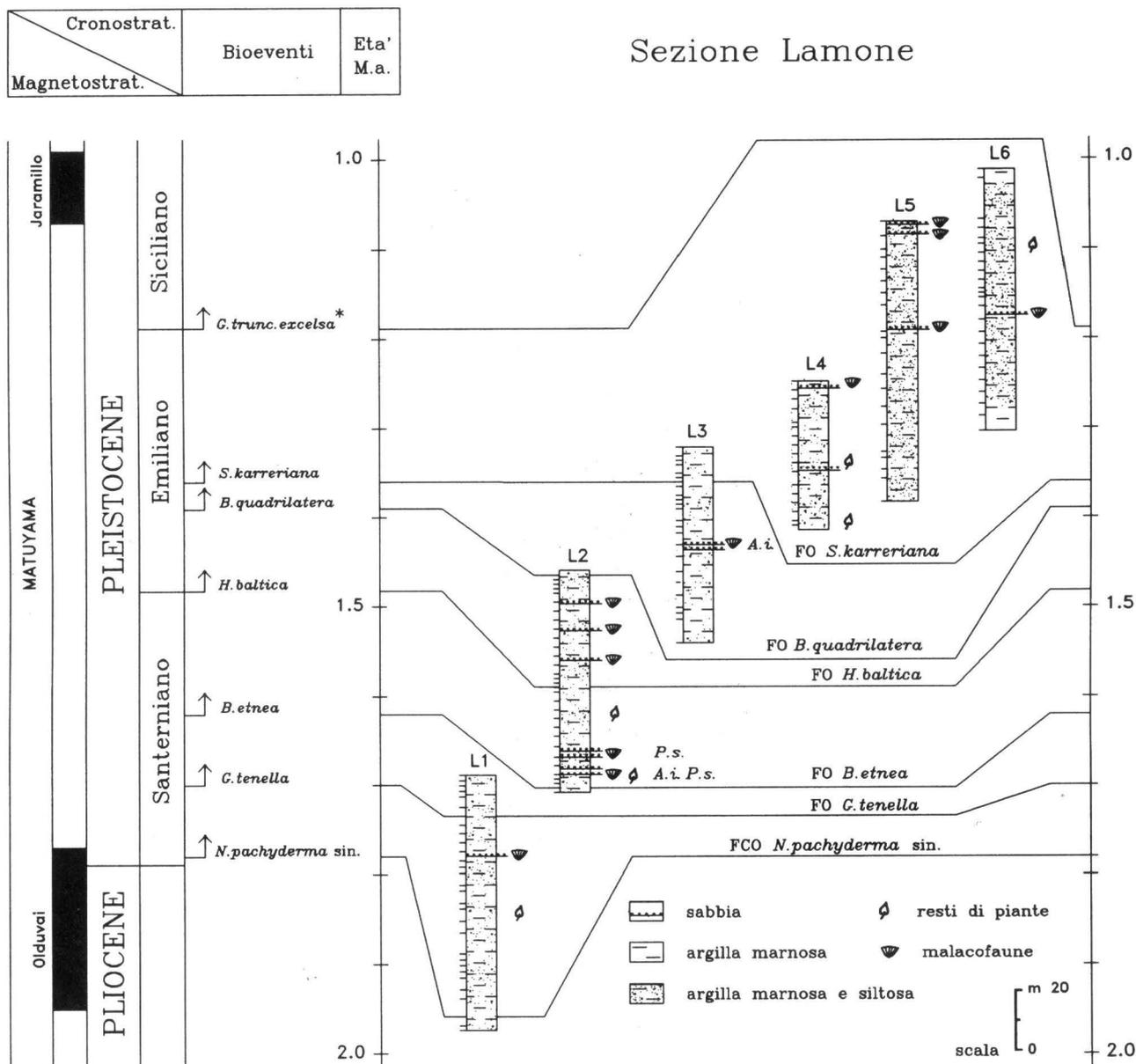


Fig. 2 - Quadro cronostratigrafico (Cita & Castradori, 1995), biostratigrafico e litologico della sezione Lamone. Il simbolo "-" alla sinistra delle colonne stratigrafiche indica la posizione dei campioni analizzati. Viene inoltre segnalata la presenza di malacofaune contenenti "ospiti nordici" (A.i. = *Arctica islandica*; P.s. = *Pseudamussium septemradiatum*). FO = First occurrence; FCO = First common occurrence. * Bioevento non segnalato nella sezione

in alcuni campioni della parte alta della sezione.

L'analisi quantitativa si basa sul conteggio di 64 unità tassonomiche, di cui 27 relative ai foraminiferi planctonici e 37 alle forme bentoniche; le unità tassonomiche considerate sono riportate in Appendice.

Considerata la differenziazione regionale delle associazioni a foraminiferi bentonici (Murray, 1991), il confronto con le associazioni attuali, finalizzato all'interpretazione paleoambientale, si basa principalmente su studi mediterranei (Iaccarino, 1967; Blanc-Vernet, 1969; Fregni, 1978; Van der Zwaan, 1983;

Bizon & Bizon, 1984a, b; Jorissen, 1988; Hasagawa *et al.*, 1990; Barmawidjaja, 1991; Van der Zwaan & Jorissen, 1991; Sgarrella & Moncharmont Zei, 1993; de Stigter *et al.*, in stampa).

Il quadro paleobatimetrico delle associazioni fa riferimento alla zonazione bentonica della scuola di Endoume (Perès & Picard, 1964), pur essendo stati considerati i rapporti fra questa zonazione ed altre relative sia al Mediterraneo (Wright, 1978; Sgarrella & Moncharmont Zei, 1993) che ad aree extramediterranee (Culver, 1988; Murray, 1991; Haywick &

Henderson, 1991). Il carattere maggiormente cosmopolita dei foraminiferi planctonici, principalmente utilizzati per indagini paleoceanografiche e paleoclimatiche, permette un confronto con lavori basati su dati oceanici e di laboratorio (ad es. Bé, 1977; Hemleben *et al.*, 1989; Hilbrech, 1996), non trascurando tuttavia alcuni significativi contributi relativi all'area mediterranea (ad es. Pujol & Vergnaud Grazzini, 1995; Blanc-Vernet & Sgarrella, 1983). Per l'analisi paleoclimatica della sezione sono state considerate le principali province faunistiche individuate negli oceani (Bé & Tolderlund, 1971; Bé, 1977); su questa base sono stati distinti due gruppi principali di foraminiferi planctonici:

1) specie tipiche di acque calde (*Orbulina universa*, *Globoturbotalita tenella*, *Globigerinoides ruber*, *G. sacculifer*, *G. elongatus*, *G. cyclostoma*, *G. obliquus* e *G. gomitulus*).

2) specie tipiche di acque fredde (*Neogloboquadrina pachyderma*, *Turbotalita quinqueloba*).

Come già evidenziato da numerosi Autori (Bremer *et al.*, 1980; Murray, 1984; Pasini *et al.*, 1993), l'interpretazione paleoambientale dedotta dal confronto fra associazioni a foraminiferi viventi e fossili è da considerare con una certa cautela, in quanto si basa sull'assunzione, generalmente accreditata, che le preferenze ecologiche delle forme rinvenute non siano significativamente cambiate rispetto al passato.

LA SEZIONE DEL LAMONE

La valle del Lamone presenta una potente successione pleistocenica (oltre 1000 m di spessore secondo Coli *et al.*, 1992) a giacitura monoclinale immergente verso la pianura, posta in continuità stratigrafica con la parte pliocenica superiore (Cremonini *et al.*, 1969; Colalongo, dati inediti). Di questo ampio intervallo, almeno i primi 400 m sarebbero attribuibili al Santerniano e all'Emiliano sulla base di indicazioni biostratigrafiche e paleoclimatiche (Coli *et al.*, 1992).

La sezione considerata nel presente lavoro è litologicamente costituita da argille marnose e siltose mal stratificate, con la frazione siltosa che tende ad aumentare debolmente verso l'alto. Nella parte strati-

graficamente più elevata si segnalano orizzonti sabbioso-siltosi e livelli argillosi finemente laminati; sono inoltre diffusi lungo tutta la sezione, livelletti sabbiosi centimetrici, attribuibili a eventi di risedimentazione, e orizzonti sabbiosi conchigliari (Fig. 2). Questi ultimi presentano una geometria lenticolare e sono probabilmente legati a fenomeni di rideposizione bacinale di malacofaune di acque basse (S. Raffi, com. pers., 1993; Sami & Taviani, 1996); alcuni di questi orizzonti includono "ospiti nordici" (Fig. 2), quali *Arctica islandica* e *Pseudamussium septemradiatum*. Si segnalano infine numerosi livelli caratterizzati da elevata concentrazione di resti di piante (Fig. 2), anch'essi risedimentati, e che evidenziano la prossimità ad una foce fluviale (Amorosi *et al.*, 1998).

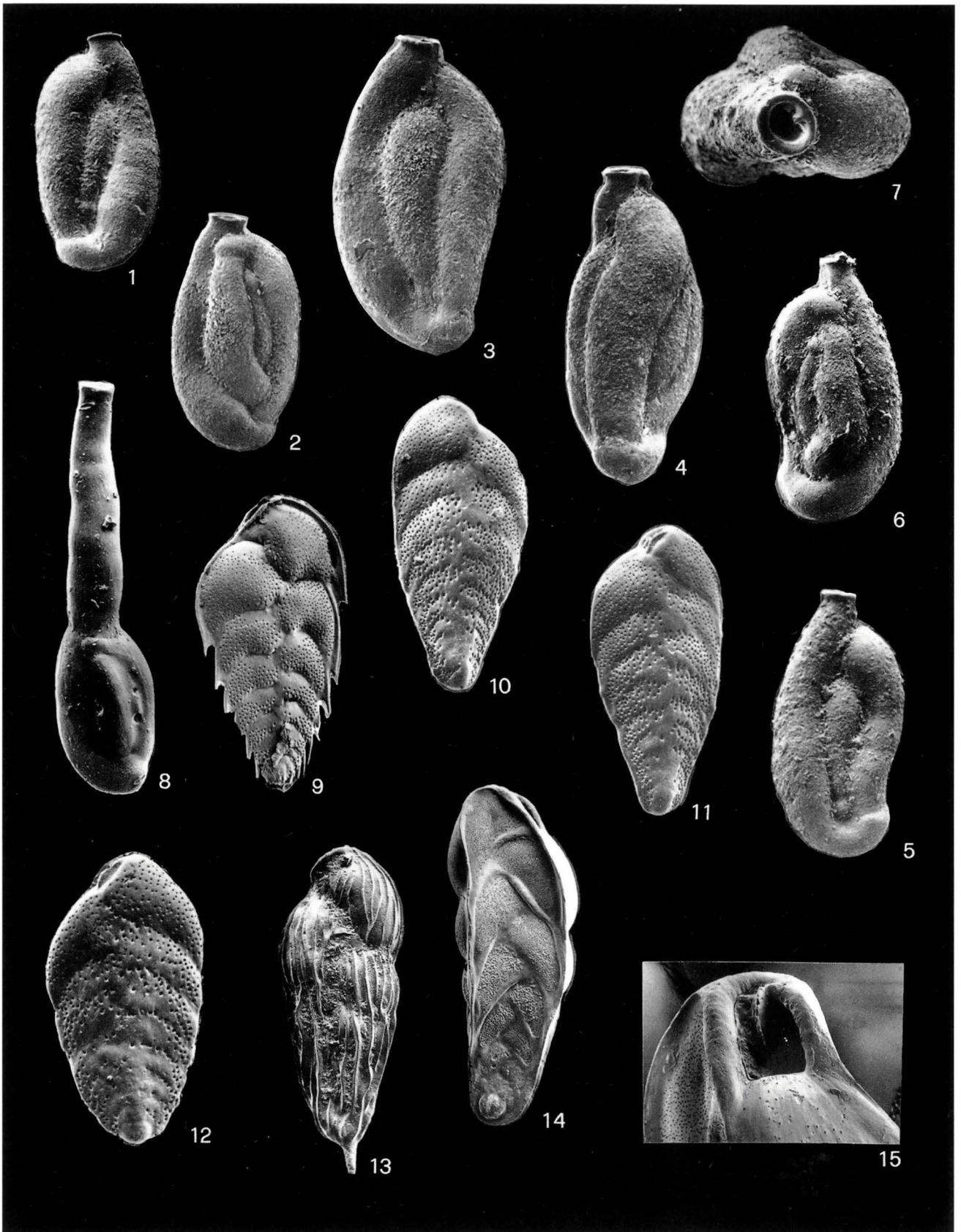
SEGMENTO L1 (spessore: 85,3 metri)

In questo tratto della sezione si segnala il primo accentuato incremento di *Neogloboquadrina pachyderma* ad avvolgimento sinistrorso, indicato a 4,5 metri dalla base (Fig. 2). La posizione di questo evento è in accordo con quanto indicato da indagini biostratigrafiche preliminari relative all'intero intervallo plio/pleistocenico della successione. In posizione più elevata (71,5 m dalla base) si registra la comparsa di *Globoturbotalita tenella*, presente con rari esemplari. L'analisi quantitativa delle associazioni planctoniche (Fig. 3) ha evidenziato numerosi picchi di frequenza di *N. pachyderma*, sia destrorsa che sinistrorsa, e di *Turbotalita quinqueloba*, alternati ad alte frequenze di *Globigerinoides* spp. (principalmente *G. elongatus* e *G. ruber*) e/o di *Orbulina universa* e *Globigerinella siphonifera*. Alcuni isolati intervalli con elevata concentrazione di *Globotalia inflata* sono presenti nella parte medio-inferiore dello spezzone.

L'analisi quantitativa delle associazioni a foraminiferi bentonici (Fig. 4) mostra una diffusa dominanza di *Cassidulina* spp., e in particolare di *C. laevigata carinata*, presente nella maggior parte dei campioni con percentuali superiori al 20%. Subordinatamente sono da segnalare le significative frequenze di *Bulimina* ex gr. *B. marginata*, *Melonis soldanii* e *Bulimina costata*. Nella parte medio-inferiore si registrano percentuali di *Gyroidinoides* spp. - *Gyroidina* spp. (principalmente *Gyroidinoides altiformis*) local-

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA 1

- Figg. 1-2 - *Cycloforina tenuicollis*. Segmento L6, 9 m. 1) Veduta laterale x 200. 2) Veduta laterale x 200.
 Figg. 3-4 - *Cycloforina tenuicollis*. Segmento L6, 13 m. 3) Veduta laterale x 200. 4) Veduta laterale x 200.
 Figg. 5-7 - *Cycloforina tenuicollis*. Segmento L6, 9 m. 5) Veduta laterale x 200. 6) Veduta laterale x 200. 7) Veduta aperturale x 350.
 Fig. 8 - *Articulina tubulosa*. Segmento L4, 6 m. Veduta laterale x 150.
 Fig. 9 - *Brizalina alata*. Segmento L6, 84,4 m. Veduta laterale x 100.
 Figg. 10-11 - *Brizalina spathulata*. Segmento L6, 5 m. 10) Veduta laterale x 100. 11) Veduta laterale x 100.
 Fig. 12 - *Brizalina dilatata*. Segmento L6, 25 m. Veduta laterale x 100.
 Fig. 13 - *Saidovina karreriana*. Segmento L3, 54 m. Veduta laterale x 100.
 Figg. 14-15 - *Bolivinita quadrilatera*. Segmento L2, 73 m. 14) Veduta laterale x 100. 15) Dettaglio della zona aperturale x 175.



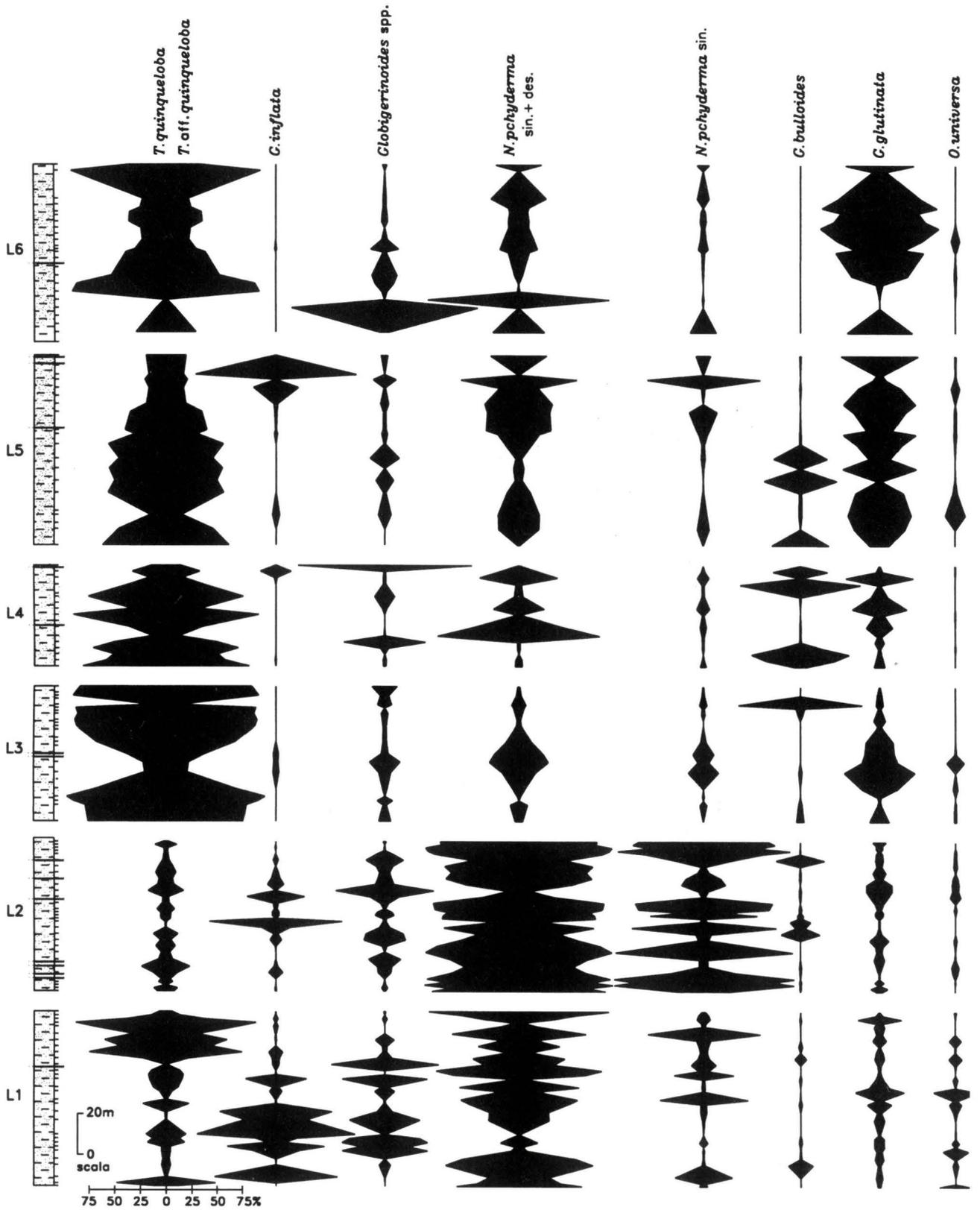


Fig. 3 - Frequenze relative dei principali taxa di foraminiferi planctonici nella sezione del Lamone (legenda in fig. 2)

mente superiori al 20%, mentre le forme costate di *Uvigerina* (*U. peregrina peregrina*, *U. peregrina bifurcata* e *U. mediterranea*) mostrano picchi di frequenza superiori al 50% in un breve intervallo entro la parte medio-superiore dello spezzone. In prossimità di questo intervallo si segnalano inoltre significative percentuali di *Cibicidoides kullenbergi*.

Lungo l'intero segmento si rinvencono concentrazioni mediamente assai basse di *Ammonia* spp. ed *Elphidium* spp., si segnala tuttavia, nella parte intermedia dello spezzone, un isolato picco di frequenza prossimo al 20%. Queste forme appaiono generalmente mal conservate e corrose.

SEGMENTO L2 (spessore: 73,2 metri)

Le associazioni a foraminiferi planctonici mostrano lungo l'intero intervallo, picchi di frequenza di *Neogloboquadrina pachyderma*, ad avvolgimento sia destrorso che sinistrorso. La frequenza delle specie di *Globigerinoides* è sensibilmente inferiore rispetto all'intervallo precedente, tranne in sporadici campioni in cui è superiore al 20%. Nella parte intermedia del segmento si registrano due picchi di frequenza di *Globorotalia inflata* e frequenze piuttosto significative di *Globigerina* ex gr. *G. bulloides*. *Turborotalita quinqueloba* è presente lungo tutto l'intervallo con percentuali piuttosto basse.

L'analisi delle associazioni a foraminiferi bentonici ha evidenziato la comparsa di *Bulimina etnea* a 1,5 metri dalla base dello spezzone, di *Hyalinea baltica* a 35,5 metri e infine di *Bolivinita quadrilatera* a 73 metri.

Dall'analisi quantitativa delle associazioni si nota una dominanza percentuale di *Cassidulina* spp. e di *Bulimina* ex gr. *B. marginata*. *Cibicidoides kullenbergi* presenta localmente percentuali elevate, in particolare nella parte inferiore del segmento, dove supera in certi casi il 20%. Elevate frequenze delle forme costate di *Uvigerina* si segnalano in alcuni campioni della parte intermedia e superiore dell'intervallo; frequenze minori, ma significative, interessano inoltre il gruppo *Gyroidinoides* spp. - *Gyroidina* spp., qui rappresentato principalmente da *Gyroidinoides altiformis* e *G. soldanii*. Si registrano infine modeste percentuali di esemplari, generalmente mal conservati, appartenenti a specie di *Ammonia* ed *Elphidium*.

SEGMENTO L3 (spessore: 66,1 metri)

Le associazioni a foraminiferi planctonici sono assai poco diversificate e si presentano generalmente caratterizzate dalla dominanza di esemplari di ridotte dimensioni, molti dei quali non determinabili oppure appartenenti a *Turborotalita quinqueloba* e suoi morfotipi. Questi ultimi sono simili alle forme di passaggio fra *T. quinqueloba* e *Turborotalita clarkei* (Tav. 4, Figg. 9-12), riportate da Blanc-Vernet & Sgarrella

(1983) e sono indicate in questo lavoro come *Turborotalita* aff. *T. quinqueloba*.

Subordinatamente appaiono significative le frequenze di *Globigerinita glutinata* e *Neogloboquadrina pachyderma*, quest'ultima nella sola porzione mediana dello spezzone.

Fra i foraminiferi bentonici si segnala la comparsa di *Saidovina karreriana* a 54 metri dalla base dell'intervallo; le analisi quantitative hanno evidenziato una relativa dominanza, specialmente nella parte media e superiore, di *B. marginata*, *Cassidulina* spp. e *Uvigerina* spp. (forme costate). Si registrano inoltre alcuni isolati picchi di frequenza di *Cibicidoides kullenbergi* e *Gyroidinoides* spp. - *Gyroidina* spp., di cui quello relativo a *Gyroidinoides altiformis* è percentualmente il più rilevante.

Ammonia spp. ed *Elphidium* spp. sono mediamente presenti con frequenze estremamente modeste.

SEGMENTO L4 (spessore: 50,1 metri)

Le associazioni a foraminiferi planctonici sono dominate da forme appartenenti a *T. quinqueloba* e *Turborotalita* aff. *T. quinqueloba*; tuttavia elevate frequenze di *Neogloboquadrina pachyderma* ad avvolgimento destrorso o di *Globigerinoides* spp., in particolare *G. ruber* e *G. elongatus*, sono presenti in alcuni campioni.

Le associazioni a foraminiferi bentonici sono caratterizzate da elevate percentuali di *Cassidulina* spp., generalmente comprese fra il 20% e il 30%; *Uvigerina* spp. (forme costate) è leggermente meno frequente, ma percentualmente rilevante nella parte medio-inferiore. Nella stessa parte del segmento si segnalano inoltre frequenze significative di *Cibicidoides kullenbergi* e *Articulina tubulosa*.

Ammonia spp. ed *Elphidium* spp. generalmente mal conservati, mostrano percentuali rilevanti in alcuni campioni della parte superiore del segmento.

SEGMENTO L5 (spessore: 94,0 metri)

Le associazioni a foraminiferi planctonici si presentano, come nel segmento precedente, assai poco diversificate, con un'elevata frequenza di esemplari di piccole dimensioni spesso non determinabili. Percentuali significative si segnalano per *T. quinqueloba* e *Turborotalita* aff. *T. quinqueloba*. Si registra un singolo picco di frequenza di *Neogloboquadrina pachyderma* ad avvolgimento sinistrorso a 82 metri dalla base.

Le associazioni a foraminiferi bentonici evidenziano una dominanza percentuale di *Cassidulina* spp. e subordinatamente di *Bulimina* ex gr. *B. marginata*; mentre diminuisce sensibilmente *Uvigerina* spp. (forme costate). Rispetto alla parte inferiore della successione, si registra un incremento percentuale di esemplari, spesso mal conservati, di *Ammonia* spp., *Elphidium* spp. e di alcune specie di Miliolidae.

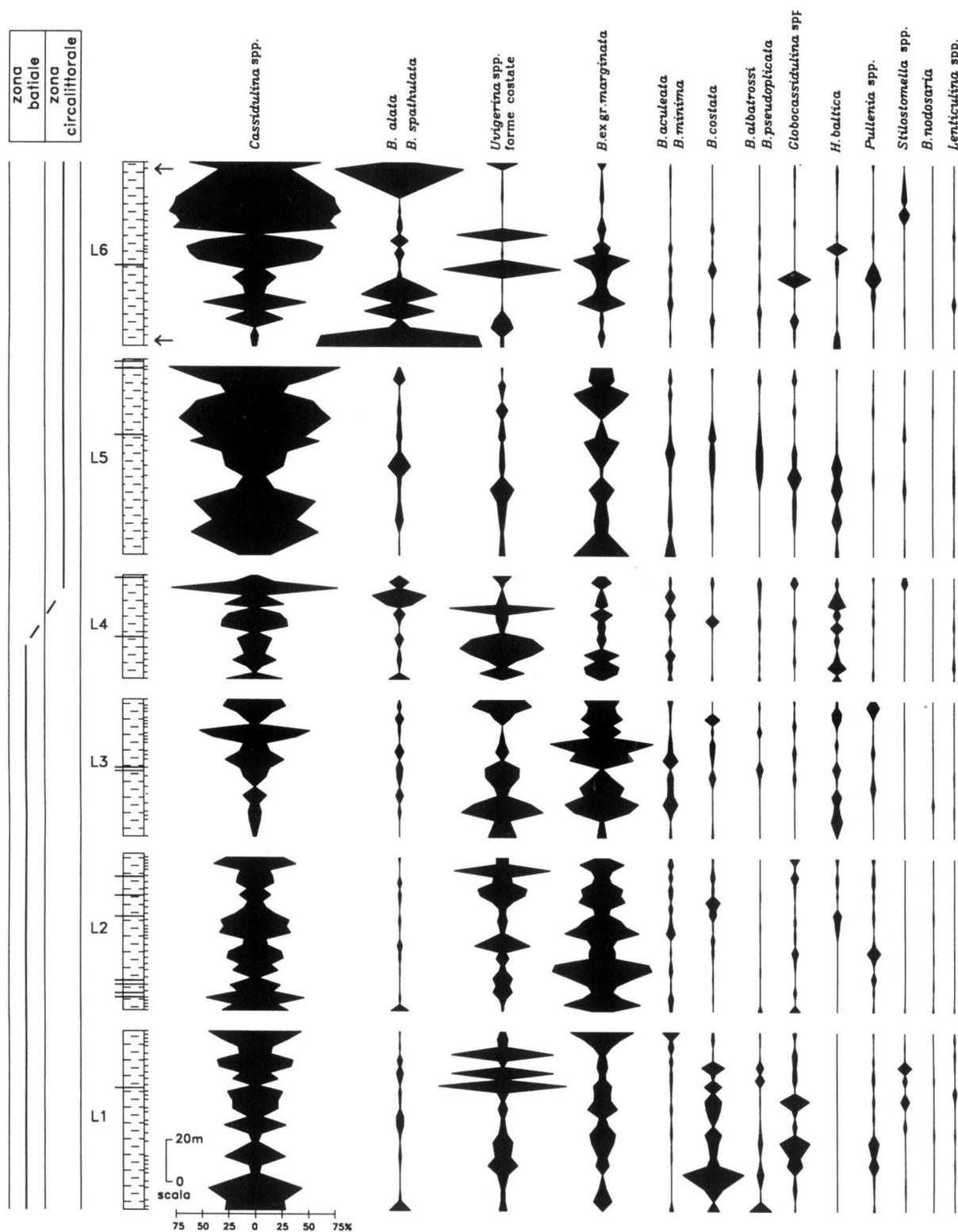
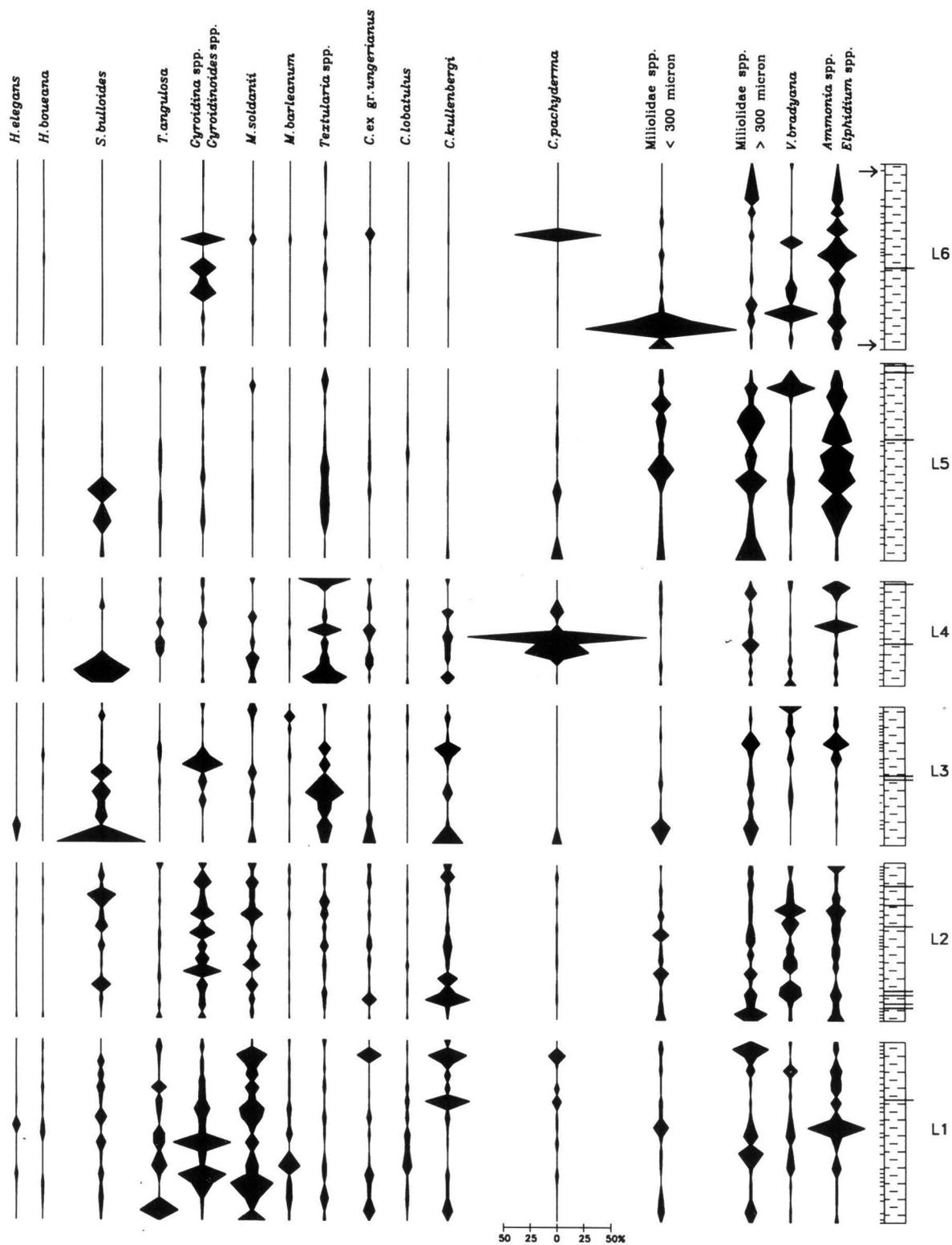


Fig. 4 - Evoluzione batimetrica e frequenze relative dei principali taxa di foraminiferi bentonici nella sezione del Lamone (legenda in fig. 2). Le frecce indicano la posizione dei livelli depositi in ambienti fortemente sotto-ossigenati. I due campioni basali del segmen-



to L6 sono stati raccolti entro il livello inferiore mentre il penultimo campione dello stesso segmento è stato prelevato nel livello superiore.

SEGMENTO L6 (spessore: 87,4 metri)

Le associazioni a foraminiferi planctonici appaiono assai simili a quelle presenti in L5, anche se si registra un maggiore contenuto in forme rimaneggiate. È da rilevare, presso la base dell'intervallo, un picco di frequenza di *Globigerinoides* spp., seguito ad appena 5 metri di distanza da un'elevata concentrazione di *Neogloboquadrina pachyderma* ad avvolgimento destrorso.

Le associazioni a foraminiferi bentonici presentano, nella parte medio-inferiore del segmento, una notevole abbondanza di *Cassidulina* spp. e *Bulimina* ex gr. *B. marginata*, mentre nel tratto medio-superiore appare decisamente rilevante il contenuto di *Cassidulina* spp. Sporadici picchi di *Gyroidinoides* spp. - *Gyroidina* spp. (in particolare *Gyroidina umbonata*), *Cibicidoides pachyderma* e *Uvigerina* spp. (in particolare *U. peregrina peregrina*) caratterizzano di volta in volta la microfauna bentonica. Si segnala inoltre la presenza, presso la base e il tetto dello spezzone, di due orizzonti caratterizzati da frequenze superiori al 60% di *Brizalina spathulata* e *B. alata* associate a *Uvigerina peregrina peregrina*. Pochi metri al di sopra dell'orizzonte inferiore, è stato analizzato un campione in cui si riscontrano percentuali assai elevate di piccole specie di Miliolidae e in particolare *Cycloforina tenuicollis* associate a *U. peregrina peregrina*, *B. spathulata* e *B. alata*.

Esemplari spesso mal conservati di *Ammonia* spp. ed *Elphidium* spp. sono moderatamente frequenti in questo segmento e raggiungono le massime percentuali nella parte intermedia.

CONSIDERAZIONI BIOSTRATIGRAFICHE E CRONOSTRATIGRAFICHE

Il quadro biostratigrafico e cronostratigrafico della sezione (Fig. 2) è stato definito evidenziando una successione di bioeventi, già noti in letteratura per la loro penecontemporaneità in numerose sezioni italiane (Raffi & Rio, 1980a, b; Colalongo *et al.*, 1981; Verhallen, 1991; Rio *et al.*, 1997a).

Il limite Pliocene/Pleistocene è stato tracciato, presso la base di L1, nell'orizzonte in cui si registra il primo aumento di frequenza di *Neogloboquadrina pachyder-*

ma ad avvolgimento sinistrorso; tale evento bene approssima il limite sopracitato (Colalongo *et al.*, 1981; Sprovieri, 1993; Pasini & Colalongo, 1997) ed è considerato sincrono alle medie latitudini (ad es. Berggren *et al.*, 1995). La presenza, sia pur discontinua, dalla parte superiore di L1, di *Globoturborotalita tenella* conferma l'attribuzione al Pleistocene basale (Colalongo *et al.*, 1981; Iaccarino, 1985).

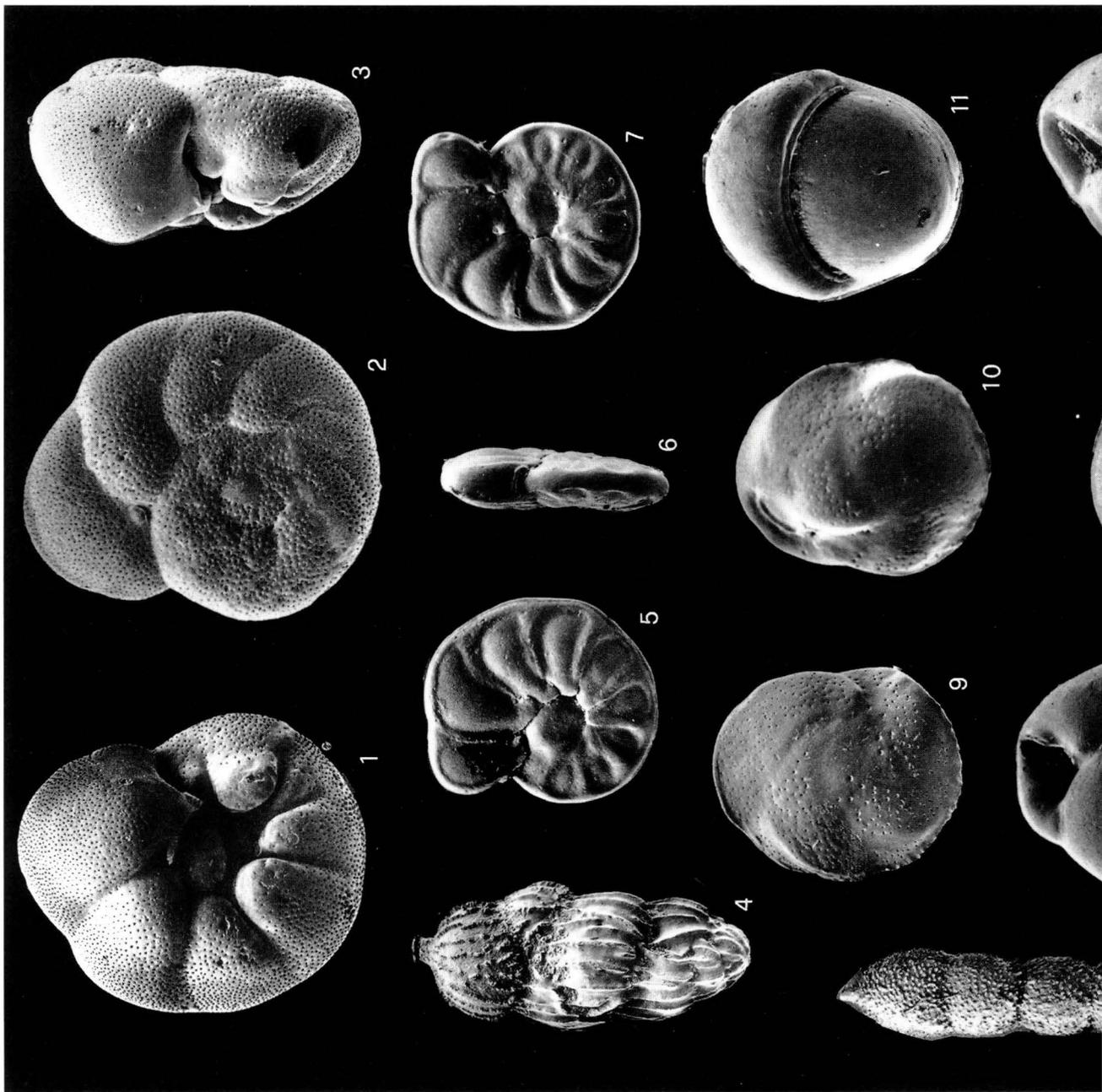
La prima comparsa di *Bulimina etnea*, accreditato evento per la biostratigrafia a foraminiferi bentonici del Santerniano (Sprovieri, 1978; D'Onofrio, 1981; Cantalamessa *et al.*, 1986; Carboni & Di Bella, 1996), è registrata fra la comparsa di *G. tenella* e di *Hyalinea baltica*, ed è coerente con quanto generalmente riscontrato in altre sezioni mediterranee (ad es. Sprovieri, 1978; Pasini & Colalongo, 1997).

La prima comparsa dell'ospite nordico *Hyalinea baltica* nella parte intermedia dello spezzone L2, segna il passaggio dal sottopiano Santerniano all'Emiliano (Pasini & Colalongo, 1994). Questo evento costituisce uno dei *marker* a foraminiferi più utilizzati nelle sezioni pleistoceniche di ambiente batiale e circalittorale (ad es. Colalongo *et al.*, 1982a; Sprovieri & Hasegawa, 1990) e bene approssima la base della zona a Large *Gephyrocapsa* di Rio *et al.* (1990) in numerose sezioni mediterranee (Raffi & Rio, 1980a; Rio *et al.*, 1997a).

Le comparse di *Bolivinita quadrilatera* e *Saidovina karreriana*, rispettivamente al tetto di L2 e nella parte superiore di L3, indicano un'età intra-emiliana per questa parte di successione. Queste specie infatti, sono presenti in modo discontinuo in numerose successioni dell'Emiliano, dove mostrano una comparsa quasi contemporanea, successiva a quella di *H. baltica* (Colalongo *et al.*, 1979; D'Onofrio, 1981; Sprovieri, 1985; Cantalamessa *et al.*, 1986). Il significato biostratigrafico dell'evento di comparsa di *B. quadrilatera* è stato recentemente messo in discussione, in quanto questa forma è stata rinvenuta in alcuni campioni del Pliocene inferiore della Toscana (Foresi & Salvatorini, 1996). Ciononostante, data la generale assenza di questa specie nei terreni pliocenici, riteniamo che non modifichi sostanzialmente il valore biostratigrafico, ormai ampiamente documentato, della sua comparsa intra-emiliana. Generalmente la comparsa di *B. quadrilatera* precede legger-

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA 2

- Figg. 1-3 - *Valvulineria bradyana*. Segmento L5, 82 m. 1) Lato ombelicale. x 100. 2) Lato spirale x 100. 3) Profilo x 100.
 Fig. 4 - *Uvigerina peregrina bifurcata*. Segmento L2, 49 m. Veduta laterale x 100.
 Figg. 5-7 - *Hyalinea baltica*. Segmento L3, 8 m. 5) Veduta laterale x 100. 6) Profilo x 100. 7) Veduta laterale x 100.
 Fig. 8 - *Orthomorphina stainforthi*. Segmento L3, 33 m. Veduta laterale x 75.
 Figg. 9-10 - *Cassidulina laevigata carinata*. Segmento L4, 44 m. 9) Veduta laterale x 100. 10) Veduta laterale x 100.
 Figg. 11-12 - *Pullenia bulloides*. Segmento L2, 61 m. 11) Profilo x 100. 12) Veduta laterale x 100.
 Fig. 13 - *Bulimina marginata*. Segmento L1, 85,3 m. Veduta laterale x 100.
 Fig. 14 - *Bulimina etnea*. Segmento L2, 3 m. Veduta laterale x 100.



mente quella di *S. karreriana* (Colalongo, 1968; Verhallen, 1991) come nella sezione in esame, ma in alcuni casi le comparse di queste due specie, pur essendo comunque assai prossime, presentano un ordine relativo invertito (Sprovieri, 1985; Cantalamessa *et al.*, 1986). La notevole vicinanza di questi eventi e la presenza discontinua di queste specie nelle successioni dell'Emiliano si ritengono le probabili cause dell'alterno ordine di comparsa.

La stratigrafia isotopica dello stronzio di questa sezione (Vaiani, 1996) ha permesso di attribuire la parte intermedia dello spezzone L6 al tardo Emiliano. La medesima applicazione stratigrafico-isotopica ha evidenziato età esclusivamente post-emiliane per la parte terminale della Formazione delle Argille Azzurre affiorante nella valle del Lamone, intervallo non incluso nel presente lavoro, ma analizzato in dettaglio da Amorosi *et al.* (1998). Riteniamo quindi possibile stimare un'età pre-siciliana per l'intera successione esaminata. Conclusione in accordo con Ruggieri (1978), che attribuisce all'Emiliano ostracofaune raccolte nella zona di Pideura, in prossimità dello spezzone L6.

L'attribuzione biocronologica degli eventi considerati, esposta nella figura 2 si basa sulla loro ben documentata penecontemporaneità, tra sezioni pleistoceniche delle Argille Azzurre e la sezione Vrica (Raffi & Rio, 1980a, b; Rio *et al.*, 1997a), sezione stratotipica del limite Pliocene/Pleistocene e del limite Santerniano/Emiliano di cui è disponibile un quadro cronologico di elevato dettaglio, emerso da oltre venti anni di indagini stratigrafiche (Pasini *et al.*, 1975; Colalongo *et al.*, 1981; Sprovieri, 1993; Lourens *et al.*, 1996b; Pasini & Colalongo, 1997; Rio *et al.*, 1997a). La recente cronologia del Pliocene e Pleistocene inferiore del Mediterraneo, basata sulla taratura astronomica delle età delle laminite presenti in alcune sezioni dell'Italia Meridionale (Lourens *et al.*, 1996a), ha suggerito una possibile, ma non definitiva (Lourens *et al.*, 1996b), modifica del quadro geocronologico mediterraneo in prossimità del limite Santerniano/Emiliano, modifica che si riflette in modo sia pur moderato ($2 - 10 \times 10^4$ anni) sull'età degli eventi nel medesimo intervallo. Nell'attesa di ulteriori verifiche, nel presente lavoro le età dei bioeventi sono calcolate considerando la tradizionale biocronologia del Mediterraneo recentemente riportata da numerosi Autori (ad es. Pasini & Colalongo, 1994; Rio *et al.*, 1997a).

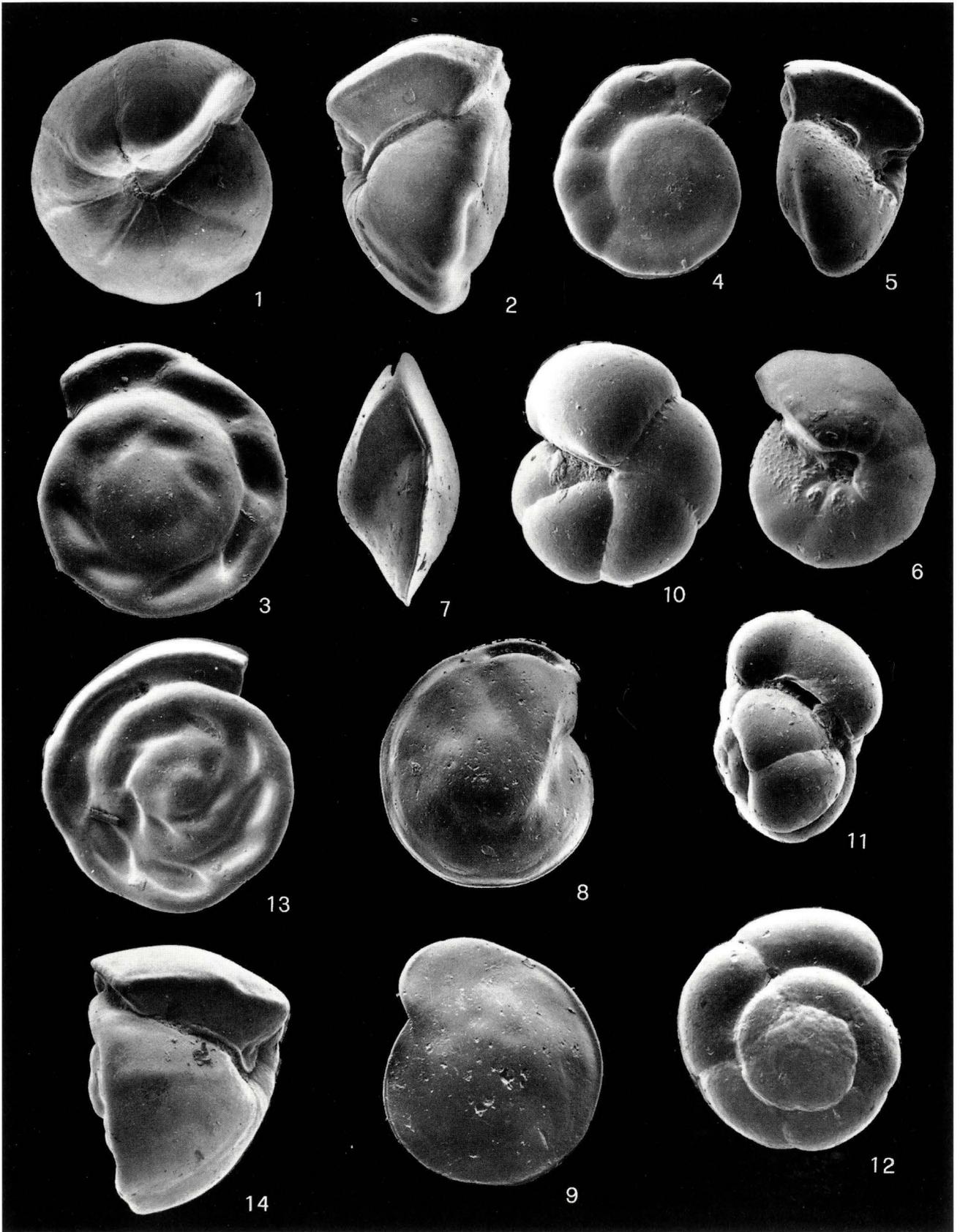
EVOLUZIONE PALEOAMBIENTALE

L'analisi quantitativa delle associazioni a foraminiferi planctonici evidenzia, nei primi due spezzoni, un'alternanza di specie tipiche di acque calde e fredde e riflette una ciclicità climatica già ben documentata nel Plio/Pleistocene (ad es. Ruddiman *et al.*, 1989; Sprovieri, 1993); le frequenze particolarmente elevate di forme ad "affinità fredda" potrebbero essere legate al deterioramento climatico del Pleistocene basale, probabilmente più accentuato nel Mediterraneo rispetto agli oceani (Thunnell *et al.*, 1990). Nel segmento L2 si registra il più accentuato deterioramento climatico della successione, evidenziato dalle massime frequenze di *Neogloboquadrina pachyderma* ad avvolgimento sinistrorso. Questo segmento, secondo i dati biostratigrafici riportati in Fig. 2, risulta stratigraficamente compreso fra la parte superiore del Santerniano (~ 1.62 Ma) e la parte inferiore dell'Emiliano (~ 1.39 Ma). Elevate frequenze di *N. pachyderma* ad avvolgimento sinistrorso sono segnalate nella medesima posizione stratigrafica anche in altre successioni mediterranee, come nella sezione Vrica, dove le massime concentrazioni di questa forma si rinvennero fra 1,64 e 1,39 Ma (Sprovieri, 1993). Un simile andamento è inoltre presente anche in successioni atlantiche, come nel DSDP Site 607 (Ruddiman *et al.*, 1989). Infatti, nell'intervallo santerniano-emiliano di questo site, la massima frequenza di *N. pachyderma* ad avvolgimento sinistrorso, si segnala in prossimità dello stadio isotopico 52 del $\delta^{18}O$ (datato a circa 1,53 Ma tramite la cronologia di Tiedemann *et al.*, 1994), mentre un rilevante calo è registrato a partire da circa 1,37 Ma.

L'impoverimento della microfauna planctonica, presente dallo spezzone L3, e l'accentuato aumento di esemplari di piccole dimensioni attribuibili a *Turborotalita* aff. *T. quinqueloba*, sono considerati indicativi del progressivo instaurarsi di condizioni sfavorevoli e con scarso ricambio. Infatti questo *taxon*, rinvenuto nei sedimenti tardo quaternari del Mediterraneo da Blanc-Vernet & Sgarrella (1983) e da Blanc-Vernet *et al.* (1984), indicato come gruppo "*Globigerina quinqueloba*-*G. clarkei*", è ritenuto caratteristico di contesti ecologici sfavorevoli, dovuti a variazioni termiche ed idrologiche a scala bacinale. Anche il progressivo aumento di *Globigerinita glutinata*, specie considerata piuttosto tollerante alla variazione di diversi parametri ambientali (Hemleben *et al.*, 1989), si ritiene coerente con le condizioni paleo-

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA 3

- Figg. 1-3 - *Gyroidinoides altiformis*. Segmento L3, 20 m. 1) Lato ombelicale x 100. 2) Profilo x 100. 3) Lato spirale x 100.
 Figg. 4-6 - *Gyroidinoides soldanii*. Segmento L2, 37 m. 4) Lato spirale x 100. 5) Profilo x 100. 6) Lato ombelicale x 100.
 Figg. 7-9 - *Hoeglundina elegans*. Segmento L3, 8 m. 7) Profilo x 100. 8) Lato ombelicale x 100. 9) Lato spirale x 100.
 Figg. 10-12 - *Gyroidina umbonata*. Segmento L6, 37 m. 10) Lato ombelicale x 150. 11) Profilo x 150. 12) Lato spirale x 150.
 Figg. 13-14 - *Gyroidinoides altiformis*. Segmento L2, 58 m. 13) Lato spirale x 100. 14) Profilo x 100.



bacinali esposte. Il momentaneo reinstaurarsi di condizioni di mare aperto, relativamente simili a quelle del tratto inferiore della successione, è evidenziato dalla sporadica presenza di associazioni ben diversificate, con picchi di *Globigerinoides* spp., *Globorotalia inflata* e *N. pachyderma* e dal relativo calo di *Turborotalita* aff. *T. quinqueloba* e di *G. glutinata*.

L'analisi quantitativa della microfauna bentonica evidenzia una sedimentazione in ambiente batiale superiore per la parte inferiore e media della sezione (spezzoni L1-L4 pro parte), per la significativa presenza di *Articulina tubulosa* e per le frequenze relativamente elevate di *Cibicidoides kullenbergi*, *Gyroidinoides altiformis*, *Sphaeroidina bulloides* e di *Uvigerina peregrina peregrina*.

Dalla parte intermedia di L4 il contenuto microfaunistico, caratterizzato dall'assenza quasi totale di forme profonde quali *Articulina tubulosa* e *Cibicidoides kullenbergi* e dalla dominanza, entro il gruppo *Gyroidinoides* spp. - *Gyroidina* spp. di *Gyroidina umbonata*, è indicativo di una graduale diminuzione di profondità e deposizione in ambiente circalittorale, confermata anche dalla diminuzione di *Bulimina costata* e *Melonis soldanii*.

La notevole frequenza di *Cassidulina laevigata carinata*, già registrate anche in altre sezioni pleistoceniche della Calabria, deposte in simili contesti batimetrici (Bremer *et al.*, 1980; Verhallen, 1991) e nella parte stratigraficamente più elevata delle Argille Azzurre (Amorosi *et al.*, 1998), è considerata indicativa di acque di fondo altamente produttive, fortemente influenzate dalle correnti e probabilmente con salinità leggermente superiore alla media (Van der Zwaan, 1983; Verhallen, 1991; Hass, 1997).

Le percentuali elevate di *Bulimina* ex gr. *B. marginata* e di *Uvigerina peregrina peregrina*, oltre a confermare l'elevata produttività e concentrazione di sostanza organica nel bacino, indicano anche possibili condizioni di relativa sotto-ossigenazione all'interfaccia acqua-sedimento (Van der Zwaan, 1983; Barmawidjaja, 1991; Van der Zwaan & Jorissen, 1991).

Sporadiche concentrazioni di *Cibicidoides pachyderma* si ritiene che possano indicare momentanee

condizioni ambientali caratterizzate da buona ossigenazione e/o abbondanza di materia organica; infatti questa specie si rinviene nel Tirreno associata ad ostracofaune tipiche di condizioni ben ossigenate al fondo (Colalongo *et al.*, 1990) e le frequenze relative delle associazioni a foraminiferi nello stesso bacino confermerebbero queste indicazioni ambientali (Hasegawa *et al.*, 1990). Nell'Adriatico attuale inoltre, *C. pachyderma* presenta le più elevate percentuali in condizioni di concentrazione relativamente elevata di materia organica (Jorissen, 1988).

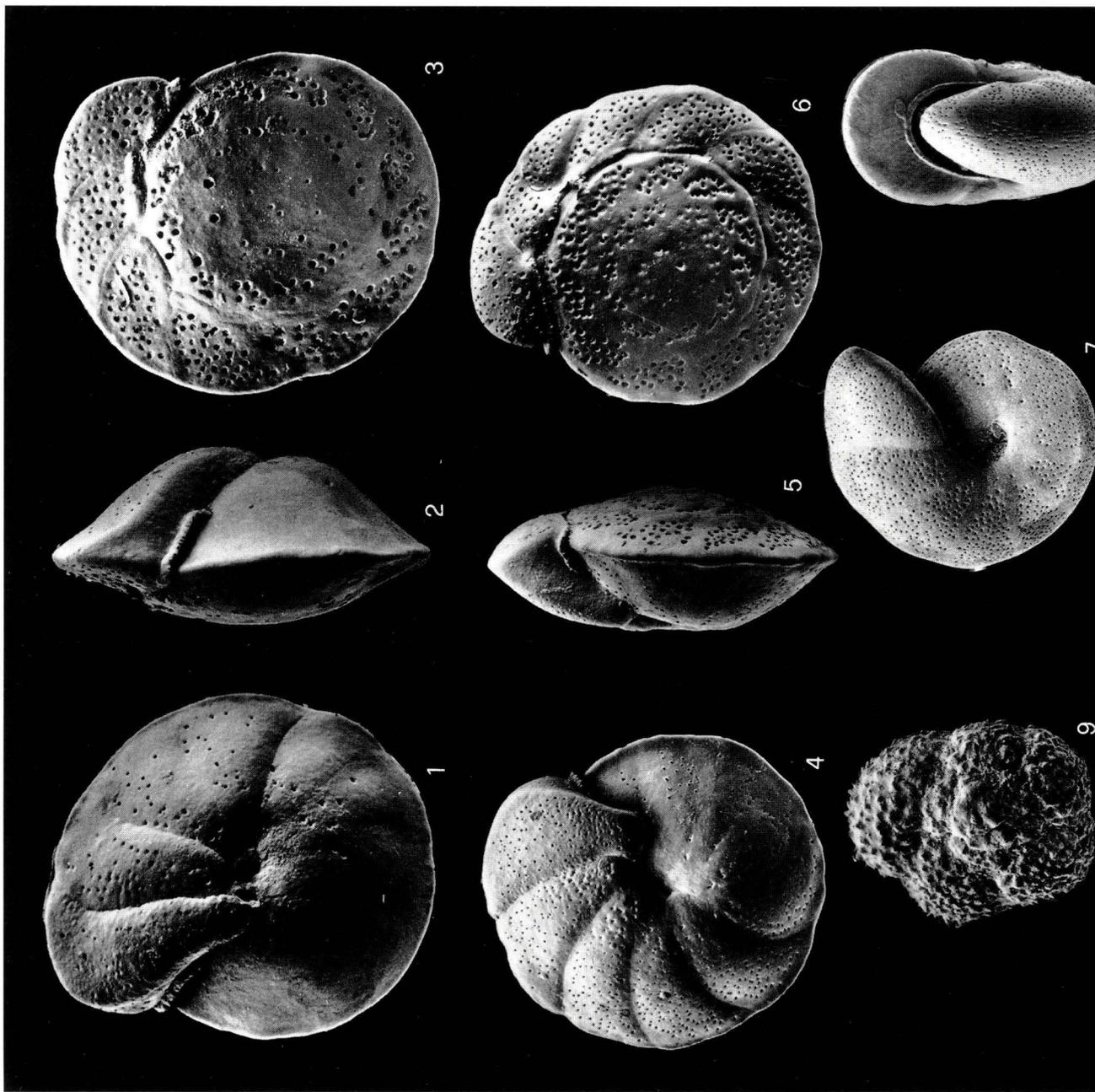
La presenza di associazioni oligotipiche dominate da *Brizalina spathulata* e *B. alata* in due livelli entro lo spezzone L6, indicano condizioni fortemente sotto-ossigenate, ricche in materia organica (Barmawidjaja, 1991; Verhallen, 1991), confermate anche dalla significativa frequenza di altre specie che ben si adattano a condizioni bacinali stressanti e con acque di fondo altamente produttive, quali *Uvigerina peregrina peregrina* e *Bulimina* ex gr. *B. marginata* (Zahn *et al.*, 1986; Van der Zwaan & Jorissen, 1991). Elevate frequenze di queste forme sono spesso segnalate in prossimità di orizzonti sapropelitici, in particolare entro le successioni quaternarie del Mediterraneo (Cita & Podenzani, 1980; Van der Zwaan, 1980; Vismara Shilling, 1984; Verhallen, 1991). Le affinità microfaunistiche rilevate ci inducono a ritenere che i due livelli nel L6 rappresentino l'espressione di orizzonti francamente sapropelitici del Mediterraneo centrale, in un settore marginale del bacino e in un ambiente relativamente poco profondo.

La frequenza elevata di *Cycloforina tenuicollis*, associata a *Uvigerina peregrina peregrina*, *Brizalina spathulata* e *B. alata*, riscontrata presso il tetto del livello a microfauna oligotipica stratigraficamente più basso, sembra indicare, anche per questa specie, una certa preferenza per condizioni ambientali particolarmente stressanti.

L'analisi biostratigrafica non permette di dare una precisa attribuzione cronologica a questi livelli, che tuttavia risultano successivi alla comparsa di *Saidovina karreriana*, e quindi tentativamente correlabili alle laminita più alte della sezione Vrica di Pasini *et al.* (1975).

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA 4

- Figg. 1-3 - *Cibicidoides pachyderma*. Segmento L3, 22,5 m. 1) Lato ombelicale x 100. 2) Profilo x 100. 3) Lato spirale x 100.
 Figg. 4-6 - *Cibicidoides kullenbergi*. Segmento L2, 67 m. 4) Lato ombelicale x 100. 5) Profilo x 100. 6) Lato spirale x 100.
 Figg. 7-8 - *Melonis barleanum*. Segmento L1, 13,5 m. 7) Veduta laterale x 100. 8) Profilo x 100.
 Figg. 9-10 - *Turborotalita* aff. *T. quinqueloba*. Segmento L3, 8 m. Esemplare prossimo a *T. clarkei*. 9) Lato spirale x 200. 10) Lato ombelicale x 200.
 Fig. 11 - *Turborotalita* aff. *T. quinqueloba*. Segmento L3, 51 m. Esemplare di passaggio fra *T. quinqueloba* e *T. clarkei*. Lato ombelicale x 250.
 Fig. 12 - *Turborotalita* aff. *T. quinqueloba*. Segmento L3, 8 m. Esemplare di passaggio fra *T. quinqueloba* e *T. clarkei*. Lato ombelicale x 250.



APPENDICE

Categorie tassonomiche considerate per l'analisi quantitativa

- 1 *Ammonia beccarii* (Linneo, 1758); *Ammonia inflata* (Seguenza, 1862); *Ammonia papillosa* (d'Orbigny, 1850)
- 2 *Ammonia parkinsoniana* (d'Orbigny, 1850); *Ammonia tepida* (Cushman, 1926); *Ammonia perlucida* (Heron-Allen & Earland, 1913)
- 3 *Bigenerina nodosaria* (d'Orbigny, 1826)
- 4 *Brizalina spathulata* (Williamson, 1858) (Tav. 1, Figg. 10-11)
- 5 *Brizalina alata* (Seguenza, 1862) (Tav. 1, Fig. 9)
- 6 *Bolivina* spp. forme reticolate. Entro questa categoria tassonomica si includono *Bolivina albatrossi* Cushman, 1922 e *Bolivina pseudoplicata* Heron-Allen & Earland, 1913
- 7 *Bulimina costata* (d'Orbigny, 1852)
- 8 *Bulimina* ex gr. *B. marginata* d'Orbigny, 1826 (Tav. 2, Fig. 13)
- 9 *Bulimina* spp. forme non costate. Entro questa categoria tassonomica si includono *Bulimina aculeata* d'Orbigny, 1826 e *Bulimina minima* Tedeschi & Zanmatti, 1957
- 10 *Cassidulina* spp. Questa categoria tassonomica è principalmente rappresentata da *Cassidulina laevigata carinata* Silvestri, 1896 (Tav. 2, Figg. 9-10); comprende tuttavia anche *Cassidulina neocarinata* Thalmann, 1950 e *Cassidulina crassa* d'Orbigny, 1839
- 11 *Cibicides lobatulus* (Walker & Jacob, 1798)
- 12 *Cibicoides* ex gr. *C. ungerianus* (d'Orbigny, 1846)
- 13 *Cibicoides kullenbergi* (Parker, 1958) (Tav. 4, Figg. 4-6)
- 14 *Cibicoides pachyderma* (Rzehak, 1886) (Tav. 4, Figg. 1-3)
- 15 *Elphidium crispum* (Linneo, 1758)
- 16 Altre specie di *Elphidium*; in particolare risultano localmente frequenti *Elphidium granosum* (d'Orbigny, 1846); *Elphidium lidoense* Cushman, 1936; *Elphidium macellum* (Fichtel & Moll, 1798)
- 17 *Globocassidulina* spp. Include principalmente *Globocassidulina subglobosa* (Brady, 1881)
- 18 *Gyroidinoides* spp. - *Gyroidina* spp. Questa unità tassonomica è principalmente rappresentata da *Gyroidinoides altiformis* (Stewart & Stewart, 1950) (Tav. 3, Figg. 1-3, 13-14) e *Gyroidinoides soldanii* (d'Orbigny, 1846) (Tav. 3, Figg. 4-6) nella parte inferiore della sezione (L1-L4). Nella parte superiore invece è presente quasi esclusivamente *Gyroidina umbonata* (Silvestri, 1898) (Tav. 3, Figg. 10-12)
- 19 *Hanzawaia boueana* (d'Orbigny, 1846)
- 20 *Hoeglundina elegans* (d'Orbigny, 1826) (Tav. 3, Figg. 7-9)
- 21 *Hyalinea baltica* (Schroeter, 1782) (Tav. 2, Figg. 5-7)
- 22 *Lenticulina* spp. Entro questa categoria tassonomica sono state distinte le seguenti specie *Lenticulina rotulata* (Lamarck, 1804) e *Lenticulina cultrata* (Montfort, 1808)
- 23 *Melonis barleanum* (Williamson, 1858) (Tav. 4, Figg. 7-8)
- 24 *Melonis soldanii* (d'Orbigny, 1846)
- 25 Miliolidae. Specie > 300 micron.
- 26 Miliolidae. Specie < 300 micron. Delle numerose specie riscontrate, si segnalano frequenze localmente elevate di *Cycloforina tenuicollis* (Wiesner, 1923) (Tav. 1, Figg. 1-7)
- 27 *Nonion depressulum* (Walker & Jacob, 1798)
- 28 *Nonionella turgida* (Williamson, 1858)
- 29 *Planulina ariminensis* d'Orbigny, 1826
- 30 *Pullenia* spp. Questa unità tassonomica è rappresentata fondamentalmente da due specie: *Pullenia quinqueloba* (Reuss, 1851) e *Pullenia bulloides* (d'Orbigny, 1846) (Tav. 2, Figg. 11-12)
- 31 *Sphaeroidina bulloides* d'Orbigny, 1826
- 32 *Stilostomella* spp. Questa unità tassonomica è quasi totalmente rappresentata da *Stilostomella monilis* (Silvestri, 1872), si segnalano tuttavia rari esemplari di *Stilostomella pyrula* (d'Orbigny, 1826)
- 33 *Textularia* spp. Entro questa unità tassonomica sono state distinte varie specie, anche se dominano *Textularia sagittula* (Defrance 1824) e *Textularia conica* (d'Orbigny, 1839)
- 34 *Angulogerina angulosa* (Williamson, 1858)
- 35 *Uvigerina* spp. (forme costate) Unità tassonomica dominata da *Uvigerina peregrina peregrina* Cushman, 1923; sono incluse anche frequenti *Uvigerina peregrina bifurcata* d'Orbigny, 1839 (Tav. 2, Fig. 4) e *Uvigerina mediterranea* Hofker, 1932
- 36 *Valvulineria bradyana* (Fornasini, 1900) (Tav. 2, Figg. 1-3)
- 37 Altre specie di foraminiferi bentonici
- 38 *Globigerinoides sacculifer* (Brady, 1877)
- 39 *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny, 1839)
- 40 *Globigerinoides cyclostoma* (Galloway & Wissler, 1927)
- 41 *Globigerinoides elongatus* (d'Orbigny, 1826)
- 42 *Globigerinoides gomitulus* (Seguenza, 1880)
- 43 *Globigerinoides conglobatus* (Brady, 1879)
- 44 *Globigerinoides obliquus* Bolli, 1957
- 45 Altre specie di *Globigerinoides* e forme giovanili non ben determinabili
- 46 *Globoturborotalita rubescens* (Hofker, 1956) e *Globoturborotalita tenella* (Parker, 1958)
- 47 *Turborotalita quinqueloba* (Natland, 1938). Include anche alcune forme considerate *Turborotalita* aff. *T. quinqueloba* (Natland, 1938) (Tav. 4, Figg. 9-12)
- 48 *Globigerina* ex gr. *G. bulloides* d'Orbigny, 1826
- 49 *Globigerina falconensis* Blow, 1959
- 50 *Globorotalia inflata* (d'Orbigny, 1839)
- 51 *Globorotalia scitula* (Brady, 1882)
- 52 *Globorotalia* ex gr. *G. crassaformis* (Galloway & Wissler, 1927)
- 53 *Orbulina universa* (d'Orbigny, 1839)
- 54 *Globigerinella siphonifera* (d'Orbigny, 1839)
- 55 *Globigerinita glutinata* (Egger, 1893)
- 56 *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg, 1861) ad avvolgimento destrorso
- 57 *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg, 1861) ad avvolgimento sinistrorso
- 58 *Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny, 1839) ad avvolgimento destrorso
- 59 *Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny, 1839) ad avvolgimento sinistrorso
- 60 *Neogloboquadrina incompta* (Cifelli, 1961) ad avvolgimento destrorso
- 61 *Neogloboquadrina incompta* (Cifelli, 1961) ad avvolgimento sinistrorso
- 62 Altre specie di *Neogloboquadrina* ad avvolgimento destrorso
- 63 Altre specie di *Neogloboquadrina* ad avvolgimento sinistrorso
- 64 Altre specie di foraminiferi planctonici

La presenza, lungo l'intera sezione, di percentuali localmente rilevanti di forme tipicamente litorali, spesso mal conservate, quali *Ammonia* spp., *Elphidium* spp. e alcune specie di Miliolidae, è indicativa di rideposizione in contesti bacinali di microfaune di acqua bassa, in accordo con i caratteri sedimen-

tologici della successione e con le associazioni malacologiche discusse precedentemente. La frequenza di queste forme aumenta nella parte superiore (circalitorale) della successione, probabilmente a causa di un sensibile aumento nell'apporto detritico. La rideposizione in contesti bacinali di microfaune poco profon-

de è da considerarsi un fenomeno assai diffuso almeno entro la parte romagnola del bacino delle Argille Azzurre essendo segnalato anche nella sezione del Santerno (Colalongo *et al.*, 1982b) e in alcuni intervalli pliocenici della Val Marecchia (Rio *et al.*, 1997b).

La successione pleistocenica nell'area in esame presenta quindi associazioni a foraminiferi che evidenziano un'evoluzione batimetrica da batiale superiore a circalittorale. Nella stessa area, lavori recenti (Amorosi *et al.*, 1998) hanno permesso di individuare, entro la parte più alta delle Argille Azzurre, associazioni di ambiente infralittorale e lagunare. Queste indicazioni nel complesso riflettono una marcata tendenza regressiva della successione pleistocenica della formazione, evidenziata anche in altre zone del margine appenninico padano (Colalongo *et al.*, 1982b; Gasperi *et al.*, 1987).

CONCLUSIONI

L'analisi delle associazioni a foraminiferi planctonici e bentonici presenti nella sezione esaminata ha permesso di riconoscere una successione di eventi biostratigrafici coerente con un'attribuzione cronostatigrafica santerniano-emiliana; questo quadro è in accordo con le datazioni effettuate nella medesima sezione, tramite la stratigrafia isotopica dello stronzio (Vaiani, 1996).

L'analisi quantitativa delle associazioni a foraminiferi planctonici ha evidenziato, nella parte inferiore della sezione (intervallo L1 - L2), condizioni di mare aperto con associazioni che riflettono la ciclicità climatica ben documentata nel Pleistocene inferiore delle medie latitudini. Nella parte superiore della sezione (intervallo L3 - L6) si registra un notevole aumento percentuale di specie indicanti condizioni di scarsa circolazione delle masse d'acqua, accompagnato da una forte diminuzione di forme significative dal punto di vista paleoclimatico.

Le associazioni a foraminiferi bentonici indicano una deposizione in ambiente batiale superiore per la parte inferiore e media della sezione. Superiormente si ha un passaggio relativamente graduale verso batimetrie minori (zona circalittorale). Questa evoluzione batimetrica evidenzia una graduale "regressione", probabilmente legata alle fasi di emersione di questa parte del margine appenninico padano.

Le associazioni, mediamente dominate da *Cassidulina laevigata carinata*, *Bulimina marginata* e *Uvigerina peregrina peregrina*, riflettono diffuse condizioni di stress ambientale dovuto a elevata concentrazione di sostanza organica e/o relativa carenza di ossigeno presso il fondo del bacino.

Nella parte alta della successione, sono stati rinvenuti due livelli caratterizzati da associazioni indicanti condizioni fortemente sotto-ossigenate al fondo, tentativamente correlabili con alcuni orizzonti sapropelici nel Mediterraneo.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori sono grati a M.L. Colalongo per l'assistenza in fase di raccolta ed elaborazione dei dati. G.B. Vai ha fornito un'utile consulenza stratigrafica in campagna e ha segnalato alcuni affioramenti. S. Raffi e F. Fusco hanno curato le determinazioni delle malacofaune. A. Amorosi e S. Sartoni hanno revisionato una versione preliminare del manoscritto. Le foto al SEM sono state effettuate da P. Ferrieri. D. De Felice ha collaborato alla realizzazione delle figure. Si ringraziano infine I. Premoli Silva e due referees anonimi per la revisione critica del manoscritto. Ricerca parzialmente finanziata dal progetto MURST 1997 "Interazione di clima, eustatismo e tettonica sulla sedimentazione" (Coordinatore D. Rio).

BIBLIOGRAFIA

- AMOROSI, A., BARBIERI, M., CASTORINA, F., COLALONGO, M.L., PASINI, G. & VAIANI, S.C., 1998, Sedimentology, micropalaeontology, and strontium-isotope dating of a lower-middle Pleistocene marine succession ("Argille Azzurre") in the Romagna Apennines, northern Italy: *Boll. Soc. Geol. It.*, 117: 789-806.
- BARMAWIDJAJA, D.M., 1991, Studied in living and fossil foraminifers from seasonally productive regions: *Geologica Utraiectina*, 82: 247 pp.
- BÉ, A.W.H., 1977, An ecological, zoogeographic and taxonomic review of recent planktonic foraminifera. *In* Ramsay, A.T.S. (a cura di), *Oceanic Micropaleontology*: Academic Press, London, 1: 1-100.
- , & TOLDERLUND, D.D., 1971, Distribution and ecology of living planktonic foraminifera in surface waters of the Atlantic and Indian Oceans. *In* Funnel, B.M. & Riedel, W.R. (a cura di), *The Micropaleontology of Oceans*: 105-149.
- BERGGREN, W.A., HILGEN, F.J., LANGEREIS, C.G., KENT, D.V., OBRADOVICH, J.D., RAFFI, I., RAYMO, M.E. & SHACKLETON, N.J., 1995, Late Neogene chronology: New perspectives in high resolution stratigraphy: *Geol. Soc. Am. Bull.*, 107: 1272-1287.
- BIZON, G. & BIZON, J.J., 1984a, Ecologie des Foraminifères en Méditerranée nord-occidentale. P. Distribution des foraminifères sur le plateau continental au large du Rhône. *In* Bizon, J.J., & Burrollet, P.F. (a cura di), *Ecologie des microorganismes en Méditerranée occidentale*: ECOMED, AFTP, Paris: 84-94.
- , & —, 1984b, Ecologie des Foraminifères en Méditerranée nord-occidentale. Q. Distribution des foraminifères dans le Golfe D'Ajaccio. *In* Bizon, J.J., & Burrollet, P.F. (a cura di), *Ecologie des microorganismes en Méditerranée occidentale*: ECOMED, AFTP, Paris: 95-104.
- BLANC-VERNET, L., 1969, Contribution à l'étude des Foraminifères de Méditerranée: *Travaux de la Station Marine d'Endoume, Marseille*: 281 pp.
- & SGARRELLA, F., 1983, Remarques paléoclimatiques et systématiques sur quelques espèces de foraminifères planctoniques "froids" de Méditerranée: *Tethys*, 11: 83-87.
- , —, & ACQUAVIVA, M., 1984, Événements climatiques, hydrologie et Foraminifères en Méditerranée au Quaternaire récent: *Boll. Soc. Géol. France*, 26: 1235-1243.
- BREMER, M.L., BRISKIN, M. & BERGGREN, W.A., 1980, Quantitative paleobathymetry and paleoecology of the late Pliocene-early Pleistocene foraminifera of Le Castella (Calabria, Italy): *J. Foram. Research*, 10: 1-30.
- CANTALAMESSA, G., CENTAMORE, E., CHIOCCHINI, U., COLALONGO, M.L., MICARELLI, A., NANNI, T., PASINI, G., POTETTI, M., RICCI LUCCHI, F., CRISTALLINI, C. & DI LORITO, L., 1986, Il Plio-Pleistocene delle Marche: *Studi Geologici Camerti*, vol. spec. "La Geologia delle Marche": 61-81.
- CARBONI, M.G. & DI BELLA, L., 1996, La successione pleistocenica del sottosuolo di Orte (Lazio settentrionale): *Boll. Soc. Geol. It.*, 115: 85-94.

- CARLONI, G.C., MARKS, P., RUTSCH, R.F. & SELLI, R. (a cura di), 1971, Stratotypes of Mediterranean Neogene Stages: *Giornale Geologia*, 37: 266 pp.
- CITA, M.B. & CASTRADORI, D., 1995, Rapporto sul workshop "Marine sections from the Gulf of Taranto (southern Italy) usable as potential stratotypes for the lower, middle and upper Pleistocene (29 Settembre - 4 Ottobre 1994): *Boll. Soc. Geol. It.*, 114: 319-336.
- , & PODENZANI, M., 1980, Destructive effects of oxygen starvation and ash falls on benthic life: a pilot study: *Quat. Res.*, 13: 230-241.
- COLALONGO, M.L., 1968, Cenozoico a foraminiferi ed ostracodi del Pliocene e basso Pleistocene della serie del Santerno e dell'Appennino romagnolo: *Giornale Geologia*, 35: 29-61.
- , NANNI, T. & RICCI LUCCHI, F., 1979, Sedimentazione ciclica nel Pleistocene anconetano: *Geologica Romana*, 18: 71-92.
- , PASINI, G. & SARTONI, S., 1981, Remarks on the Neogene/Quaternary boundary and the Vrica section (Calabria, Italy): *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 20: 99-120.
- , DONDI, L., D'ONOFRIO, S. & IACCARINO, S., 1982a, Schema biostratigrafico per il Pliocene e basso Pleistocene nell'Appennino Settentrionale e nella Pianura Padana. In Cremonini, G., & Ricci Lucchi, F. (a cura di), Guida alla geologia del margine appenninico-padano: *Guide Geologiche Regionali Soc. Geol. Ital.*: 121-122.
- , RICCI LUCCHI, F., GUARNIERI, P. & MANCINI, E., 1982b, Il Plio-Pleistocene del Santerno (Appennino romagnolo). In Cremonini, G., & Ricci Lucchi, F. (a cura di), Guida alla geologia del margine appenninico-padano: *Guide Geologiche Regionali Soc. Geol. Ital.*: 161-166.
- , PASINI, G., HASEGAWA, S., SPROVIERI, R. & POLUZZI, A., 1990, Relationship between the benthic foraminifers and the ostracodes in the Pliocene-Pleistocene Tyrrhenian deep-sea record (ODP Leg 107, Site 654): *Proc. ODP, Sci. Results*, 107: 479-493.
- COLI, M., LANDUZZI, A., SANI, F. & VAL, G.B., 1992, Itinerario N° 9. Da Firenze a Faenza (km 106). Una traversa dal bacino Firenze-Pistoia alla Pianura Padana attraverso il Mugello e l'Appennino romagnolo. In Bortolotti, V. (a cura di), Appennino tosco-emiliano: *Guide Geologiche Regionali S.G.I., BE-MA*: 224-243.
- CREMONINI, G., ELMI, C. & MONESI, A., 1969, Osservazioni geologiche e sedimentologiche su alcune sezioni plio-pleistoceniche dell'Appennino romagnolo: *Giornale Geologia*, 35: 85-96.
- CULVER, S.J., 1988, New foraminiferal depth zonation in northwestern Gulf of Mexico: *Palaios*, 3: 69-85.
- DE STIGTER, H.C., JORISSEN, F.J. & VAN DER ZWAAN, G.J., in stampa, Bathymetric distribution and microhabitat partitioning of live (Rose Bengal stained) benthic foraminifera along a shelf to deep sea transect in southern Adriatic Sea: *Mar. Micropaleontol.*
- DOMINICI, S., PELOSIO, G. & ZAVALA, C., 1996, Le facies del Pleistocene del T. Stirone: XIII Convegno Soc. Paleontol. Ital. Parma, Guida alle Escursioni: 28-33.
- D'ONOFRIO, S., 1981, I foraminiferi bentonici della sezione Vrica (Calabria, Italia): *Giornale Geologia*, 43: 327-364.
- EMILIANI, C., 1949, Studio micropaleontologico di una serie calabriana: *Riv. Ital. Paleontol. Strat.*, 55: 1-17.
- FORESI, L.M. & SALVATORINI, G., 1996, First record of *Bolivinita quadrilatera* (Schwager) in the Italian Pliocene (Southern Tuscany): *Palaeopelagos*, 6: 339-346.
- FREGNI, P., 1978, I foraminiferi della piattaforma continentale adriatica tra Ravenna e Chioggia. In Colantoni, P. & Galignani, P. (a cura di), Ricerche sulla piattaforma continentale dell'alto Adriatico: Consiglio Nazionale delle Ricerche *Quaderno* 2: 43-55.
- GASPERI, G., CREMASCHI, M., MANTOVANI UGUZZONI, M.P., CARDARELLI, A., CATTANI, M. & LABATE, D., 1987, Evoluzione plio-quaternaria del margine appenninico modenese e dell'antistante pianura. Note illustrative alla carta geologica: *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 39: 375-431.
- HASEGAWA, S., SPROVIERI, R. & POLUZZI, A., 1990, Quantitative analysis of benthic foraminifer assemblages from Plio-Pleistocene sequences in the Tyrrhenian sea, ODP Leg 107: *Proc. ODP, Sci. Results*, 107: 461-478.
- HAYWICK, D.W. & HENDERSON, R.A., 1991, Foraminiferal paleobathymetry of Plio-Pleistocene cyclothem sequence, Petane Group, New Zealand: *Palaios*, 6: 586-599.
- HASS, H.C., 1997, The benthic foraminiferal response to late Holocene climate change over Northern Europe. In Hass, H.C. & Kaminski, M.A. (a cura di), Contributions to the Micropaleontology and Paleooceanography of the Northern Nord Atlantic: Grzybowski Foundation Special Publication, 5: 199-216.
- HEDBERG, H.D., (a cura di), 1976, International Stratigraphic Guide - A guide to stratigraphic classification, terminology and procedure: John Wiley and Sons, New York, 200 pp.
- HEMLEBEN, C., SPINDLER, M. & ANDERSON, O.R., 1989, Modern Planktonic Foraminifera: Springer, New York: 363 pp.
- HILBRECHT, H., 1996, Extant planktic foraminifera and physical environment in the Atlantic and Indian Oceans: *Mitteilungen aus dem Geologischen Institut der Eidgen. Technischen Hochschule und der Universität Zürich, Neue Folge*, 300: 93 pp.
- IACCARINO, S., 1967, Ricerche sui foraminiferi dell'alto Adriatico: *Arch. Oceanogr. Limnol.*, 15: 11-54.
- , 1985, Mediterranean Miocene and Pliocene planktic foraminifera. In Bolli, H.M., Saunders, J.B. & Perch-Nielsen, K. (a cura di), *Plankton Stratigraphy*: Cambridge Univ. Press: 283-314.
- JORISSEN, F.J., 1988, Benthic foraminifera from the Adriatic Sea; principles of phenotypic variation: *Utrecht Micropaleont. Bull.*, 37: 176 pp.
- LOURENS, L., ANTONARAKOU, A., HILGEN, F.J., VAN HOOFF, A.A.M., VERGNAUD-GRAZZINI, C. & ZACHARIASSE, W.J., 1996a, Evaluation of the Plio-Pleistocene astronomical time-scale: *Paleoceanography*, 11: 391-413.
- , HILGEN, F.J., RAFFI, I. & VERGNAUD-GRAZZINI, C., 1996b, Early Pleistocene chronology of the Vrica section (Calabria, Italy): *Paleoceanography*, 11: 797-812.
- MURRAY, J.V., 1984, Benthic foraminifera: some relationship between ecological observations and palaeoecological interpretations. In Oertli, H.J. (a cura di), *Benthos '83: 2nd Symp. Benthic Foraminifera*: 465-469.
- , 1991, Ecology and palaeoecology of benthic foraminifera: Longman Scientific & Technical: 397 pp.
- PAPANI, G. & PELOSIO, G., 1963, La serie Plio-Pleistocenica del T. Stirone (Parmense occidentale): *Boll. Soc. Geol. It.*, 81: 293-335.
- PASINI, G., SELLI, R., TAMPRIERI, M.L., COLALONGO, M.L., D'ONOFRIO, S., BORSETTI, A.M. & CATI, F., 1975, The Vrica section. In Selli, R. (a cura di), *The Neogene-Quaternary boundary: II Symp.*. Bologna-Crotone, Excursion Guide Book: 62-75.
- , COLALONGO, M.L., CURZI, P.V. & TAVIANI, M., 1993, Analisi paleoecologica degli ambienti tardo-quaternari del Dosso Galignani (Adriatico centro-meridionale) mediante lo studio paleontologico di carote: *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 32: 113-130.
- , & —, 1994, Proposal for the erection of the Santernian/Emilian boundary-stratotype (lower Pleistocene) and new data on the Pliocene/Pleistocene boundary-stratotype: *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 33: 101-120.
- , & —, 1997, The Pleistocene boundary-stratotype at Vrica, Italy. In Van Couvering, J.A. (a cura di), *The Pleistocene Boundary and the Beginning of the Quaternary*: Cambridge Univ. Press: 15-45.
- PELOSIO, G. & RAFFI, S., 1974, Osservazioni su *Arctica islandica* ed altri lamellibranchi del Calabriano dell'Emilia occidentale: *L'Ateneo Parmense. Acta Naturalia*, 10: 347-367.
- PERÉS, J.M. & PICARD, J., 1964, Nouveau manuel de Bionomie benthique de la mer Méditerranée: *Rec. Travaux de la Station Marine d'Endoume*, 31: 137 pp.

- PUJOL, C. & VERGNAUD GRAZZINI, C., 1995, Distribution patterns of live planktic foraminifers as related to regional hydrography and productive systems of the Mediterranean Sea: *Mar. Micropaleontol.*, 25: 187-217.
- RAFFI, I. & RIO, D., 1980a, Nannoplankton calcareo del Pliocene superiore-Pleistocene inferiore della serie del fiume Santerno: *Paleontol. Stratigr. Evol. Quaderno 1*: 187-195.
- , & —, 1980b, Il limite Pliocene/Pleistocene nella serie del T. Crostolo/T. Vendina (provincia di Reggio Emilia - Italia settentrionale): *Paleontol. Stratigr. Evol. Quaderno 1*: 165-168.
- REMANE, J., BASSETT, M.G., COWIE, J.W., GOHRBANDT, K.H., LANE, H.R., MICHELSEN, O. & NAIWEN, W., 1996, Revised guidelines for the establishment of global chronostratigraphic standards by the International Commission on Stratigraphy (ICS): *Episodes*, 19: 77-81.
- RIO, D., RAFFI, I. & VILLA, G., 1990, Pliocene-Pleistocene calcareous nannofossil distribution patterns in the western Mediterranean: *Proc. ODP Sci. Results*, 107: 513-533.
- , —, & BACKMAN, J., 1997a, Calcareous nannofossil biochronology and the Pliocene-Pleistocene boundary. *In* Van Covering, J.Á. (a cura di), *The Pleistocene Boundary and the Beginning of the Quaternary*: Cambridge University Press: 63-78.
- , CHANNELL, J.E.T., BERTOLDI, R., POLI, M.S., VERGERIO, P.P., RAFFI, I., SPROVIERI, R. & THUNELL, R.C., 1997b, Pliocene sapropels in northern Adriatic area: chronology and paleoenvironmental significance: *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 135: 1-26.
- RUDDIMAN, W.F., RAYMO, M.E., MARTINSON, D.G., CLEMENT, B.M. & BACKMAN, J., 1989, Pleistocene evolution: Northern Hemisphere ice sheets and North Atlantic Ocean: *Paleoceanography*, 4: 353-412.
- RUGGIERI, G., 1944, Il Calabriano e il Siciliano nella Valle del Santerno (Imola): *Giornale Geologia*, 17: 95-113.
- , 1962, La serie marina pliocenica e quaternaria della Romagna: *Camera Comm., Ind. e Agric., Forlì*: 76 pp.
- , 1978, Due ostracofaune dell'Emiliano (Pleistocene inferiore) argilloso del subappennino di Faenza: *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 17: 3-14.
- , & SELLI, R., 1949, Il Pliocene e il Post-Pliocene dell'Emilia: *Giornale Geologia*, 20: 1-14.
- , & SPROVIERI, R., 1975, La definizione dello stratotipo del Piano Siciliano e le sue conseguenze: *Riv. Min. Siciliana*, 26: 8-14.
- SAMI, M. & TAVIANI, M., 1996, Lower Pleistocene record of the boreal guest *Macoma obliqua* (Sowerby, 1817) from the Romagna Apennine (N. Italy): *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 35: 277-280.
- SGARRELLA, F. & MONCHARMONT ZEI, M., 1993, Benthic Foraminifera of the Gulf of Naples (Italy): systematics and autoecology: *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 32: 145-264.
- SPROVIERI, R., 1978, I foraminiferi bentonici della sezione plio-pleistocenica di Capo Rossello (Agrigento, Sicilia): *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 17: 68-97.
- , 1985, Paleotemperature changes and speciation among benthic Foraminifera in the Mediterranean Pliocene: *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 24: 13-21.
- , 1993, Pliocene-early Pleistocene astronomically forced planktonic foraminifera abundance fluctuations and chronology of Mediterranean calcareous bio-events: *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, 99: 371-414.
- , & HASAGAWA, S., 1990, Plio-Pleistocene benthic foraminifer stratigraphic distribution in the deep-sea record of the Tyrrhenian sea (ODP Leg 107): *Proc. ODP, Sci. Results*, 107: 429-459.
- THUNELL, R., RIO, D., SPROVIERI, R. & VERGNAUD GRAZZINI, C., 1990, An overview of the Post-Messinian paleoenvironmental history of the western Mediterranean: *Paleoceanography*, 6: 143-164.
- TIEDEMANN, R., SARNTHEIN, M. & SHACKLETON, N.J., 1994, Astronomic timescale for the Pliocene Atlantic $\delta^{18}\text{O}$ and dust flux records of Ocean Drilling Program Site 659: *Paleoceanography*, 9: 619-638.
- VAI, G.B., 1989, A field trip guide to the Romagna Apennine geology. The Lamone Valley: *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 28: 343-367.
- , 1996, Revisione critico-storica dei piani marini del Quaternario: *Serv. Geol. d'Ital. Miscellanea 6*: 179 pp.
- VAIANI, S.C., 1996, Micropaleontologia a foraminiferi e stratigrafia isotopica dello stronzio nel Pleistocene mediterraneo: Tesi di Dottorato inedita, Univ. Bologna: 123 pp.
- VAN DER ZWAAN, G.J., 1980, The impact of climatic changes on deep-sea benthos. A micropaleontological investigation of a deep-sea core from the S.E. Adriatic: *Paleontology ser. B*, 83: 379-397.
- , 1983, Quantitative analyses, reconstruction of benthic foraminiferal communities. *In* Meulenkamp, J.E. (a cura di), *Reconstruction of marine paleoenvironments: Utrecht Micropaleont. Bull.*, 30: 49-69.
- , & — JORISSEN, E.J., 1991, Biofacial patterns in river-induced shelf anoxia. *In* Tyson, R.V. & Pearson, T.H. (a cura di), *Modern and ancient continental shelf anoxia: Geol. Soc. Special Publ.*, 58: 65-82.
- VERHALLEN, P.J.J.M., 1991, Late Pliocene to early Pleistocene Mediterranean mud-dwelling foraminifera; influence of a changing environment on community structure and evolution: *Utrecht Micropaleont. Bull.*, 40: 220 pp.
- VISMARA SCHILLING, A., 1984, Holocene stagnation event in the Eastern Mediterranean. Evidence from deep-sea benthic foraminifera in the Calabrian and Western Mediterranean Ridge. *In* Oertli, H.J. (a cura di), *Benthos '83: 2nd Symp. Benthic Foraminifera*: 585-596.
- WRIGHT, R.G., 1978, Neogene paleobathymetry in the Mediterranean based on benthic foraminifera from DSDP Leg. 42A: *Init. Repts. DSDP*, 42: 837-846.
- ZAHN, R., WINN, K. & SARNTHEIN, M., 1986, Benthic foraminiferal $\delta^{13}\text{C}$ and accumulation of organic carbon: *Uvigerina peregrina* Group and *Cibicoides wuellerstorfi*: *Paleoceanography*, 1: 27-42.

(manoscritto pervenuto il 1 aprile 1998
accettato il 13 gennaio 1999)

Stefano Claudio VAIANI
Pierluigi VENEZIA

Dipartimento di Scienze della Terra
e Geologico-Ambientali
Università di Bologna
Via Zamboni 67, 40127 Bologna, Italia