

Problemi e risultati delle ricerche compiute per la definizione dello stratotipo del limite Plio/Pleistocene

Samuele SARTONI

Istituto di Geologia e Paleontologia
Università di Bologna

(manoscritto ricevuto il 21 maggio 1984)

ABSTRACT — [Problems and recent achievements concerning the Plio-Pleistocene boundary definition] — *Various problems and opinions concerning the definition of the Plio-Pleistocene boundary are briefly reviewed including the resolutions of the International Geologic Congresses of London (1948) and Algiers (1952). In the paper, the main results obtained by multidisciplinary researches carried out in the last years with the aim of establishing a workable definition of the Plio-Pleistocene boundary are reviewed as well. These researches, in which several Italian scholars have been involved, have brought to considerable advancements to the knowledge of biostratigraphy, magnetostratigraphy, radiometry and biochronology of the interval straddling the Plio-Pleistocene boundary.*

Recently (Madrid, 1983) the INQUA Subcommission 1 d (P/P Boundary) and the ICS Working Group on the N/Q Boundary, in agreement with the Working Group of the IGCP Project No 41 (N/Q Boundary) officially proposed to the INQUA Commission on Stratigraphy the top of the marker bed «e» of the Vrica Section as the P/P Boundary-stratotype. This proposal should be approved by the Inter. Comm. on Stratigraphy during the next Inter. Geol. Congr. (Moscow, August 1984). On July 15, 1983 the town council of Crotone issued a decree for the safeguard of the Vrica Section.

1. PREMESSA

Sulla Sezione Vrica, sezione stratotipica del limite Pliocene/Pleistocene, già molto è stato pubblicato da numerosi Autori. Per un quadro completo degli studi compiuti, delle proposte avanzate e delle risoluzioni adottate da organismi internazionali in vari congressi e meeting si rimanda a Pasini & Colalongo 1982.

Nel presente scritto, che ricalca e mantiene il taglio e i caratteri di una « chiacchierata-esposizione » avvenuta tra colleghi, non si intende tanto esporre dei dati (già espressi in altri lavori), ma piuttosto:

- 1) ricordare i problemi incontrati e i criteri seguiti che hanno portato ad avanzare, da parte di un gruppo di studiosi italiani, una proposta atta a definire lo stratotipo del limite P/P (il tutto è comunque ampiamente trattato in Colalongo, Pasini, Sartoni 1981 e in Colalongo *et al.* 1982);
- 2) rendere noto l'iter che ha seguito la sopra citata proposta nelle diverse commissioni internazionali;
- 3) rendere pure noti gli sforzi compiuti e i lusinghieri risultati ottenuti (credo per la prima volta in Italia) dal Presidente della S.P.I. prof. G. Sirna e dalla dott. A. Berzi per la salvaguardia della Sezione Vrica.

Queste ricerche pluriennali sono state condotte a termine grazie ai contributi, intestati a S. Sartoni, del C.N.R. (prima) e del M.P.I. (poi), contributi che ne hanno permesso anche la pubblicazione.

- (1) Questo Post-pliocene inferiore + medio di De Stefani corrisponde grosso modo all'attuale Pleistocene inferiore.

2. LA QUESTIONE DEL LIMITE P/P

Si può dire che il problema del come distinguere il Pliocene dal Pleistocene (ovvero il problema del limite P/P) risale agli anni trenta del secolo scorso allorché Lyell 1839 (p. 621) propose di ascrivere al Pleistocene gli strati ove nelle tanatocenosi a molluschi si rinviene più del 70% delle specie ancora viventi. Non si ritiene opportuno qui tentare una rassegna delle opinioni, delle proposte, delle interpretazioni riguardanti il significato dei termini Pliocene, Pleistocene e Quaternario, che via via numerosi AA. hanno espresso. Per questo si rimanda a Selli 1977, Pelosio *et al.* 1980, Colalongo *et al.* 1982. Non è possibile però, al fine di assumere criteri corretti per la scelta dello stratotipo, non ricordare — per l'influenza e le conseguenze che hanno avuto — due autori (De Stefani e Gignoux), le risoluzioni del 18° Congr. Geol. Intern. (Londra 1948) e gli atti del 19° Congr. Geol. Intern. (Algeri 1952).

2.1. DE STEFANI BATTE GIGNOUX

De Stefani (1876, 1891) attribuisce grande importanza stratigrafica all'ingresso nel Mediterraneo dei cosiddetti « ospiti nordici », la cui presenza nei terreni italiani era già stata segnalata da diversi AA.. De Stefani (1891) riconosce una prima « ondata » di ospiti nordici (tra cui leader incontrastata è già, e continuerà ad essere, l'*Arctica islandica*) in base alla quale distingue il Pliocene da un successivo « Post-pliocene inferiore »; riconosce poi un ulteriore incremento di ospiti nordici ed un contemporaneo decrescere di specie plioceniche sopravvissute caratterizzanti un altro intervallo e cioè il « Post-pliocene medio » (1). Per De Stefani quindi il tetto del Pliocene (= base del Pleistocene) è segnato dalla *prima comparsa de-*

gli ospiti nordici e costituisce la documentazione di un forte deterioramento climatico a causa delle glaciazioni. Questo criterio per definire (diremmo oggi) il limite Pliocene-Pleistocene avrà, tranne rare eccezioni, un larghissimo seguito e per lungo tempo, e cioè sino ad anni piuttosto recenti, l'inizio del Pleistocene (ovvero del Quaternario) sarà identificato con l'inizio dell'«era glaciale». Sarà questa identità (comparsa degli ospiti nordici = inizio dell'era glaciale = limite P/P) che suggerirà al 18° Congr. Geol. Int. (Londra 1948) di ricorrere alle successioni neogeniche italiane per definire il limite P/P. Ciò perché concretamente, sul terreno, solo lungo le suddette successioni, attraverso il rinvenimento dei primi ospiti nordici, si riterrà possibile a Londra 1948 definire quel limite P/P ritenuto allora corrispondente ad un grande deterioramento climatico, presumibilmente avvertibile a livello globale: e cioè l'inizio delle glaciazioni.

A confondere il quadro di De Stefani (anche per quanto riguarda la cronostratigrafia del Pliocene) scende in Italia Gignoux che sostanzialmente mantiene le suddivisioni proposte da De Stefani 1891. Egli usa però una diversa terminologia e una diversa scala cronostratigrafica, buttando nell'arena delle discussioni sia la proposta istitutiva di un nuovo piano (il Calabriano corrispondente al Post-Pliocene inf. di De Stefani) sia il già affermato criterio del limite P/P.

Gignoux 1910, 1913 indica come base del suo Calabriano la comparsa dei primi ospiti nordici, tra cui, come al solito l'*Arctica islandica*; la base del Calabriano è quindi chiaramente corrispondente alla base del Postpliocene (= Pleistocene) di De Stefani 1891. Ma Gignoux include questo suo Calabriano nel Pliocene.

Malgrado Gignoux, la generalità degli studiosi (compresi autorevoli personaggi come Haug 1911, Rovereto 1925, ecc.) continua a considerare la comparsa degli ospiti nordici nelle sezioni italiane come segnale di un forte deterioramento climatico (le glaciazioni) coincidente con l'inizio del Quaternario.

2.2. I CONGRESSI DI LONDRA 1948 E ALGERI 1952

Il Congresso di Londra 1948, nella risoluzione finale, esprime due criteri (che per comodità di esposizione denominiamo primo e secondo) atti a definire il limite P/P; criteri l'uno con l'altro perfettamente coerenti in base alle conoscenze del momento, ma contraddittori in base a quelle attuali.

Primo criterio. Il limite P/P dovrebbe essere posto «at the horizon of the first indication of climatic deterioration in the Italian Neogene succession» e «should be based on changes in marine faunas».

Il primo deterioramento climatico allora conosciuto nelle successioni neogeniche italiane era quello documentato da un cambiamento nelle faune marine corrispondente alla comparsa dei primi ospiti nordici (nulla si sapeva dei «deterioramenti climatici» pliocenici). Tale «criterio paleoclimatico», utile per definire il limite P/P, in nessun altro modo può quindi essere interpretato se non come una allusione alla prima comparsa degli ospiti nordici nel Mediterraneo; comparsa ritenuta coincidente — come già detto — con l'inizio dell'«era glaciale» e quindi presumibilmente riconoscibile a livello globale — o almeno in vastissime aree — come si conviene ad un dato che marca la base (o il tetto) di un'unità cronostratigrafica.

A conferma di quanto sopra detto, sta il fatto che il Congresso incarica ufficialmente la Società Geologica Italiana di scegliere una località tipo per la definizione del limite P/P. E tutti gli AA. cui viene affidato questo incarico segnalano nel successivo Congr. Geol. Intern. di Algeri (1952) il limite P/P in diverse aree italiane in base alla prima comparsa di ospiti

nordici (Di Napoli, 1954 a Castell'Arquato; Ruggieri, 1954 nel Santerno; Selli, 1954 in Val Musone (Ancona); Blanc *et al.*, 1954 a Monte Mario ove in verità il limite viene definito sia in base alla prima comparsa di ospiti nordici, sia in base ad un fenomeno trasgressivo).

Secondo criterio. «The Lower Pleistocene should include as its basal member in the type area the Calabrian formation (marine)».

Secondo le conoscenze del momento: a) il primo deterioramento climatico nelle sezioni neogeniche italiane è marcato dalla comparsa degli ospiti nordici; b) tale deterioramento climatico deve indicare il limite P/P (primo criterio già espresso); c) la comparsa degli ospiti nordici corrisponde alla base del Calabriano; d) il Calabriano deve essere quindi il piano basale del Pleistocene.

Il secondo criterio espresso al Congresso di Londra è quindi perfettamente coerente nel 1948 con il primo; anzi, ne rappresenta l'ovvia conseguenza. Non sapevano infatti i congressisti di Londra che la base del Calabriano, come intesa da Gignoux, non corrisponde alla realtà rilevabile sul terreno; o, in altri termini, non sapevano che:

il noto orizzonte G della sezione di S. Maria di Catanzaro (indicato come base del Calabriano in Gignoux 1912 (2) in quanto ritenuto da questo A. coincidente con la comparsa di *A. islandica*) è in effetti un orizzonte molto più recente della comparsa di *A. islandica* nella stessa sezione; l'orizzonte G è addirittura più recente della base del Siciliano (v. Colalongo *et al.* 1981, pp. 101-105, fig. 6; Colalongo *et al.* 1982, p. 64, fig. 3).

Che la totalità degli AA. abbia indentificato il limite P/P con la comparsa dei primi ospiti nordici può essere dimostrata anche da altri elementi. Ad esempio:

— Selli in Emiliani *et al.* 1961 propone di porre il limite P/P nella sezione Le Castella, in corrispondenza della comparsa di un ospite nordico (*H. baltica*). Il VII Congresso INQUA (Denver 1965) approva.

— Selli 1971 propone come sezione stratotipica del Calabriano quella di S. Maria di Catanzaro; l'Autore identifica il limite inferiore del Calabriano con la comparsa degli ospiti nordici (*op. cit.*, p. 61) e pone il Calabriano alla base del Quaternario (*op. cit.*, p. 62).

Al secondo criterio del Congresso di Londra (il Calabriano è il piano iniziale del Pleistocene) si oppone Gignoux malgrado gli appelli dei congressisti; ma la sua sdegnosa opposizione è temporanea. Al congresso di Algeri 1952 Gignoux, sino a quel momento ultimo bastian contrario, accetterà di togliere il Calabriano dal Pliocene e di piazzarlo, tra la soddisfazione generale, alla base del Pleistocene (v. Gignoux 1954).

In conclusione: da De Stefani 1876 e 1891, da successivi AA. sino almeno all'inizio degli anni sessanta di questo secolo e dai congressi di Londra 1948 e di Algeri 1952 emerge che: inizio dell'era glaciale = primo deterioramento climatico nelle successioni neogeniche italiane = ingresso dei primi ospiti nordici nel Mediterraneo = limite P/P.

(2) Gignoux 1913 indicò diverse località ove il suo Calabriano sarebbe ben manifesto; tra di esse la più rappresentativa è stata considerata dallo stesso Gignoux 1913 (p. 36 e fig. 5) e dagli AA. successivi quella di S. Maria di Catanzaro (v. Selli 1971, *cum bibl.*). Scarsamente illustrate da Gignoux 1913 altre sezioni calabresi; praticamente solo accennate alcune località fuori dalla Calabria.

3. I PROBLEMI INSOLUTI O APERTESI DOPO LONDRA E ALGERI

Dopo il Congresso di Londra 1948, e soprattutto dopo quello di Algeri 1952, l'annosa questione del limite P/P sembrava risolta. Gli studiosi italiani andavano tranquillamente a caccia di un qualsiasi ospite nordico per definire nei loro lavori il limite P/P. Gli studiosi stranieri, in specie quelli operanti in aree extra-mediterranee, si arrampicavano invece faticosamente sui vetri in cerca della « first indication of climatic deterioration » nelle loro aree.

Forse sono state proprio le difficoltà di definire il limite P/P in aree extramediterranee (difficoltà superate per un breve tempo sia dal lancio da parte di Blow 1969 della *Globorotalia truncatulinoides* come marker del limite P/P, sia dalla popolarità della sezione di Le Castella) a mettere in evidenza che molti problemi erano rimasti aperti od erano sorti, molte domande qui di seguito elencate attendevano una risposta.

- 1) Già prima di Londra, altre specie (Molluschi a parte) si erano fregiate dell'etichetta « ospite nordico ». Allora chi sono gli ospiti nordici? Quali fra di essi sono entrati per primi nel Mediterraneo? Qual è il loro valore paleoclimatico?
- 2) « Deterioramenti climatici » (ad esempio nel Pliocene medio), precedenti il noto ingresso degli ospiti nordici, sono stati evidenziati da recenti studi. E allora come conciliare tutto ciò con il criterio espresso a Londra 1948? Appare assurdo abbassare il limite P/P sin dentro il Pliocene medio.
- 3) Qual è la sezione stratotipica del limite P/P?
- 4) Quale criterio seguire per la definizione dello stratotipo del limite P/P?
- 5) Il limite P/P, tradizionalmente basato sulla comparsa di forme bentoniche in Italia, non risultava riconoscibile soprattutto in aree extra-mediterranee. Come rendere tale limite « esportabile » e riconoscibile a livello globale?

Una risposta all'una o all'altra o a tutte queste domande si può ritrovare nei lavori di Pelosio *et al.* 1980, Colalongo, Pasini & Sartoni 1981 e Colalongo *et al.* 1982. Sono risposte derivanti da una ricerca che, iniziata a Bologna (v. Selli *et al.* 1977), si è poi in un secondo tempo allargata coinvolgendo tre diverse scuole (Bologna, Palermo, Parma) che, partendo da esperienze diverse compiute in regioni diverse, hanno constatato, confrontandosi (che fatica!) e discutendo in una proficua collaborazione, di avere opinioni comuni. Nelle pagine che seguono per rispondere ai cinque quesiti sopra elencati si farà di volta in volta riferimento ai tre lavori citati, puntualizzando o allargando talvolta l'argomento allorché se ne presenti l'utilità.

4. QUEI DANNATI E SGRADITI OSPITI NORDICI

Ai tempi di De Stefani e Gignoux in stratigrafia tenevano banco i Molluschi. E quindi De Stefani 1891 per la base del suo Post-Pliocene inferiore e Gignoux 1913 per la base del suo Calabriano hanno elencato dei Molluschi. Il rango di soubrette della compagnia venne riconosciuto all'*A. islandica*. In un secondo tempo altri gruppi paleontologici hanno presentato proprie specie, con la targa « ospite nordico », per contendere la leadership all'*A. islandica*. I Foraminiferi hanno presentato la *H. baltica* e gli Ostracodi il *C. testudo*.

Per quanto riguarda questa faticosa ricerca della definizione del limite P/P, « ospiti nordici » a parte, qualcosa bisogna pur dire di Blow 1969. Questo A., studiando la infelice sezione di S. Maria di Catanzaro, ha tentato il colpo grosso: basta con questi bentonici ospiti nordici! È la *Globorotalia*

truncatulinoides – che appare poco sopra la base dello stratotipo del Calabriano – la forma idonea a riconoscere il limite P/P a livello globale (o quasi). È stato un successo strepitoso; ma per breve tempo, perché:

- 1) quella che Blow 1969 aveva segnalato come « comparsa evolutiva di *G. truncatulinoides* » a S. Maria di Catanzaro è in realtà la comparsa locale di una forma evoluta (segnalata da Bayliss 1969) di *G. truncatulinoides*; è cioè quella forma che Sprovieri *et al.* 1981 hanno battezzato *G. truncatulinoides excelsa*;
- 2) tale comparsa non è preceduta da specie dello stesso phylum; inoltre non avviene poco sopra, ma bensì 47 m sotto il noto orizzonte G di Gignoux, base dello stratotipo del Calabriano (v. Colalongo *et al.* 1981, fig. 3);
- 3) la vera comparsa di *G. truncatulinoides* avviene, almeno nel Mediterraneo, nel Pliocene sup., quasi contemporaneamente alla comparsa di *Globorotalia inflata* (v. Sprovieri *et al.* 1981; Gasperi *et al.* 1982; Rio *et al.* 1984);
- 4) la comparsa nel Mediterraneo, per immigrazione, di *G. truncatulinoides excelsa* (=, come già detto, a quella che Blow 1969 aveva erroneamente segnalato come « comparsa evolutiva di *G. truncatulinoides* ») segna l'inizio del Siciliano (Ruggieri *et al.* 1976; Ruggieri & Sprovieri 1977; Colalongo *et al.* 1981, p. 105, fig. 6; Colalongo *et al.* 1982, p. 64, fig. 3).

Caduta la meteora *G. truncatulinoides*, altro non si poteva fare (nella ricerca di un criterio-guida per la definizione del limite P/P) se non tornare a meditare sugli ospiti nordici per capire chi tra di loro (in particolare *A. islandica* e/o *H. baltica*) nella corsa verso il Mediterraneo aveva tagliato per primo il filo di lana. È maturata la convinzione che sia stata *A. islandica* a precedere *H. baltica* (si veda Ruggieri *et al.* 1976 anche per i dati precedenti; Colalongo *et al.* 1981, p. 101 e Colalongo *et al.* 1982, pp. 61-62 per una sintesi).

Due parole a parte « merita » il *Cytheropteron testudo*. Già da tempo (Ruggieri 1952) questa forma era stata qualificata come « ospite nordico » e tale era ormai considerata non soltanto da parte degli studiosi di Ostracodi; rimaneva da stabilire se *C. testudo* fosse o no da ascrivere al primo contingente di ospiti nordici entrati nel Mediterraneo. Studi condotti su diverse successioni mediterranee hanno portato a stimare quasi contemporanee le comparse di *A. islandica* e *C. testudo* (Ruggieri 1977; Pelosio *et al.* 1980, p. 134; Raffi & Rio 1980; Colalongo *et al.* 1981, p. 101; Colalongo *et al.* 1982, p. 62). Recentemente, però, la presenza di alcuni esemplari di *C. testudo* è stata segnalata già nell'alto Pliocene medio da Bonaduce e Sprovieri in Sicilia e da Colalongo in Calabria (comunicazioni personali). Capita.

Ad ogni modo l'ancora indefinita distribuzione verticale di *C. testudo* non sposta di molto la posizione dello stratotipo del limite P/P proposta dal gruppo di paleontologi italiani, né fa cadere le argomentazioni che accompagnano la proposta (si veda il capitolo 6).

Rimane da discutere il significato, da un punto di vista paleoclimatico, della comparsa degli ospiti nordici. Tale comparsa, indubbiamente, non testimonia quel grande sconvolgimento climatico attribuito dagli AA. sino all'inizio degli anni sessanta. Questo già appare dal lavoro di Emiliani *et al.* 1961; ed è oggi notorio che « il glaciale » inizia al tetto del Siciliano, e cioè alla base del Pleistocene medio. Tuttavia non si può evitare di mettere in relazione l'arrivo degli ospiti nordici con l'evoluzione del regime climatico-oceanografico; tanto più che il loro arrivo è associato ad un contemporaneo e sensibile fenomeno, già iniziato nel Piacenziano, di scomparsa degli elementi faunistici a maggiore affinità tropicale.

Importanti deterioramenti climatici avvenuti durante il Pliocene sono stati recentemente messi in evidenza. Ciò considerato, al fine di non creare oggi ancor più che nel passato ambiguità e confusioni, Colalongo *et al.* 1980 (p. 22) hanno proposto di abbandonare, per quanto riguarda il limite P/P, l'astratto criterio della « first indication of climatic deterioration », espresso a Londra 1948, ma non ciò con cui in termini concreti tale criterio è stato storicamente identificato e cioè: la prima comparsa degli ospiti nordici nel Mediterraneo, qualunque sia il loro significato paleoclimatico.

5. LA SCELTA DELLA SEZIONE STRATOTIPICA

Per tale scelta sono state prese in considerazione, nei già più volte citati lavori di Colalongo *et al.* 1981 e 1982, soltanto le sezioni proposte ad organismi internazionali e/o entrate storicamente nella letteratura. Esse vengono qui di seguito brevemente commentate.

1) *La Sezione S. Maria di Catanzaro.* È stata per lungo tempo intesa e poi ufficialmente proposta (Selli 1971) come sezione comprendente lo stratotipo del Calabriano. Essa consiste in una successione quaternaria, trasgressiva sul Pliocene, che presenta già alla base *Arctica islandica* e, qualche metro più in alto, *H. baltica* (v. Colalongo *et al.* 1981, fig. 3). La base dello « stratotipo » del Calabriano, che si trova a circa 75 m dall'inizio della sezione, è più recente della base del Siciliano (v. Colalongo *et al.* 1981, p. 105, fig. 6). La sezione è quindi improponibile come sezione stratotipica per il limite P/P. Essa inoltre è più che altro una successione di affioramenti difficilmente correlabili tra di loro ed è affetta da disturbi tettonici (anche per altri « guai » della sezione v. Colalongo *et al.* 1981, pp. 102-105, figg. 3 e 6; Colalongo *et al.* 1982, p. 64, fig. 3).

2) *La Sezione Le Castella.* Ha uno spessore modesto: circa 28 m. Altre sezioni, denominate nella letteratura Le Castella e presentate come sezioni di notevole spessore, sono state ricostruite non tenendo conto delle faglie esistenti, di relativamente recenti smottamenti e coperture detritiche, ecc.. La sezione presenta delle anomalie biostratigrafiche indicanti uno hiatus situato circa all'altezza del noto « marker bed ». È questo un orizzonte a cui, in base alla comparsa di *H. baltica*, venne affidato il compito di segnare il limite P/P (Emiliani *et al.* 1961). Hiatus a parte, questo « marker bed » è posteriore all'inizio dell'Emiliano (v. Colalongo *et al.* 1981, pp. 105-107, figg. 4 e 6; Colalongo *et al.* 1982, pp. 56-66, fig. 3).

3) *La Sezione Vrica.* Ha uno spessore di 306 m; la parte veramente importante della sezione, comunque, comprende gli intervalli B e C (v. Pasini e Colalongo, 1982, p. 14) sedimentatisi in continuità e tettonicamente indisturbati: ciò è risultato evidente dai rilevamenti geologici eseguiti nell'area circostante, da un accurato esame di tutta la successione sempre ben esposta (in cui affiorano diversi livelli sapropelitici costituenti ottimi orizzonti guida) e dalle analisi di diversi gruppi paleontologici. Secondo i dati paleontologici e sedimentologici i sedimenti di questa sezione si sono depositati ad una profondità di 500-800 m; la sezione è ricca di micro- e macrofossili; costantemente abbondanti tra i microfossili sono i Foraminiferi planctonici e il nannoplancton calcareo che, come si vedrà, permettono correlazioni a largo raggio (v. Colalongo *et al.* 1981, pp. 107-109, figg. 5 e 6; Colalongo *et al.* 1982, p. 66, fig. 3; Pasini e Colalongo, 1982; Backman *et al.*, 1983; Rio, Backman e Raffi 1984).

Questa è l'unica sezione, tra quelle passate qui in rassegna, idonea per definirvi lo stratotipo del limite P/P; non tanto per i caratteri negativi delle sezioni di S. Maria di Catanzaro e Le Castella, quanto per caratteri positivi propri. La sezione Vrica presenta tutti i requisiti elencati nella International Stratigraphic Guide (Hedberg Ed., 1976) per una sezione stratotipica. È quindi nell'ambito della Sezione Vrica che si deve definire lo stratotipo del limite P/P.

6. LA DEFINIZIONE DELLO STRATOTIPO DEL LIMITE P/P

Una volta scelta la sezione stratotipica era necessario successivamente affrontare tre momenti della ricerca:

- stabilire il criterio-guida per la definizione dello stratotipo;
- definire lo stratotipo;
- mettere in evidenza elementi di correlazione a largo raggio (biostratigrafici, magnetostratigrafici, ecc.) utili per il riconoscimento del limite P/P nelle aree extramediterranee.

Il criterio-guida. A questo proposito è necessario premettere alcune considerazioni. Nell'opera di revisione in atto delle unità cronostratigrafiche, e quindi degli stratotipi (della unità o dei limiti tra unità), è opportuno seguire delle regole-guida (Intern. Strat. Guide, Hedberg Ed., 1976) al fine di non ricadere negli errori del passato e quindi al fine di fare definitivamente chiarezza. Tra queste « regole », importante è indubbiamente quella che richiede di rispettare, quando è possibile, i precedenti storici. E questa indicazione è stata condivisa e seguita dallo scrivente e colleghi. Non si tratta di essere... « conservatori » e quindi agire all'insegna del « così parlò Zaratustra ». E infatti dai nostri lavori (Colalongo *et al.* 1981 e 1982) traspare una condanna per il Calabriano, piano popolarissimo che soltanto attraverso artificiosi interventi può essere mantenuto in piedi. Nel nostro caso, invece, è possibile mantenere (anche se in modo approssimativo) il limite P/P nella sua posizione stratigrafica tradizionale; ciò significa:

- rispettare i concetti storici di Pliocene e Pleistocene e quindi rispettare una fondamentale necessità di continuità storica e culturale;
- non sconvolgere la letteratura;
- non « dover stracciare » le carte geologiche;
- assicurare stabilità stratigrafica.

E questa stabilità stratigrafica è la finalità prima che intende raggiungere una corretta istituzione o revisione delle unità cronostratigrafiche. Non è possibile cambiare continuamente (e talvolta « a sentimento ») la cronostratigrafia, anche se per continuamente si intende ogni 30-50 anni e più. Tanto varrebbe allora abolire la cronostratigrafia e affidarsi alla più duttile (ma non idonea per una visione globale dei fenomeni geologici e per un linguaggio internazionale) biostratigrafia.

Per ottenere questa irrinunciabile stabilità stratigrafica, lo stratotipo di un limite non lo si può intendere se non come un punto specifico, fisso e definito, in una successione di strati. Esso quindi non è rappresentato dal dato che ne ha « ispirato » la scelta; tale dato infatti, qualunque esso sia (biostratigrafico, climatico, magnetostratigrafico), può variare e può essere discutibile in base a nuove conoscenze.

Tornando al problema dello stratotipo del limite P/P, il criterio seguito per la definizione del suddetto stratotipo è stato il seguente: ritrovare in una sezione di mare profondo (e cioè la Vrica) un qualche elemento sostanzialmente contemporaneo alla prima comparsa degli ospiti nordici, ovvero prima

comparsa di *A. islandica* (3). Il criterio degli ospiti nordici, inoltre, ha trovato unanime consenso ed è stato «raccomandato» nella risoluzione finale del Joint meeting of the INQUA Subcom. 1a and the W.G. of the IGCP Project No 41 in occasione del X Congr. INQUA (Birmingham, 1977). D'altra parte quale altro criterio era adottabile? Fare una scelta del tutto casuale col pericolo di stravolgere notissimi significati stratigrafici di notissime specie?

La definizione dello stratotipo. Punto cruciale della ricerca era dunque primariamente quello di riconoscere nella Sezione Vrica un intervallo comprendente una serie di eventi penecontemporanei alla comparsa di *A. islandica*. Detto intervallo, nell'ambito del quale porre poi convenzionalmente lo stratotipo, è stato riconosciuto; ha 36 m di spessore, è stato denominato intervallo *e-m* e, data la notevole velocità di sedimentazione alla Vrica, rappresenta un breve spazio di tempo (Colalongo *et al.* 1981, pp. 110-112, figg. 5 e 6). Per gli eventi paleontologici sia compresi nell'intervallo *e-m* (4) sia rinvenuti in sezioni italiane in prossimità della comparsa di *A. islandica*, si veda Colalongo 1968; Colalongo *et al.* 1978; Raffi & Rio 1980; Colalongo *et al.* 1981, p. 101; Colalongo *et al.* 1982, p. 62. Nell'intervallo *e-m* è stata anche riscontrata la prima comparsa nella Vrica di *C. testudo*, forma nota sino a 2-3 mesi or sono solo nel Quaternario; anzi, considerata come appartenente al primo contingente di ospiti nordici giunti nel Mediterraneo (v. cap. 4 e Ruggieri & Sprovieri 1979). La comparsa di *C. testudo* appariva come un ideale completamento del quadro. Poiché non si poteva proporre come stratotipo uno spessore di 36 m (cioè l'intervallo *e-m*), ma bensì un orizzonte fisico senza spessore, al 26° Congr. Geol. Intern. di Parigi fu presentato un rapporto (Colalongo, Pasini, Sartoni 1980) contenente la seguente proposta: lo stratotipo del limite P/P dovrebbe essere posto nella Sezione Vrica in coincidenza con l'orizzonte fisico immediatamente sottostante la comparsa di *C. testudo* o almeno nell'ambito dell'intervallo *e-m* in cui si ritrovano dati biostratigrafici penecontemporanei alla comparsa di *A. islandica*. La proposta, esattamente come è stata formulata, venne accettata dal «Joint Meeting of the INQUA Sub-commission 1-a (Pliocene/Pleistocene Boundary) and the Working Group of the IGCP Project No. 41 (Neogene/Quaternary Boundary)» e ribadita in Colalongo *et al.* 1981, p. 118. In Colalongo *et al.* 1982 è stata assunta una posizione più rigida: criterio-guida per la definizione dello stratotipo del limite P/P è la comparsa alla Vrica di *C. testudo* (l'intervallo *e-m* poteva esser messo da parte). Ma *testudo* o non *testudo*, la proposta risoluzione del problema non varia, giacché lo «spostamento» dello stratotipo del limite di pochi metri, se attuato nell'ambito dell'intervallo *e-m*, è influente nella cronologia geologica.

Elementi di correlazione. Quello delle correlazioni è un problema ben distinto dalla definizione dello stratotipo. Tuttavia durante lo studio micropaleontologico della Vrica, ine-

vitabilmente una certa attenzione è stata sempre rivolta al problema e quindi i dati biostratigrafici utili per correlazioni sono emersi con immediatezza. Questi dati compresi nel già citato intervallo *e-m* sono evidenziati nella fig. 5 ed elencati a p. 112 di Colalongo *et al.* 1981. Essi sono stati riscontrati sostanzialmente nella stessa successione anche in un corrispondente intervallo (m 9,56 di spessore) del DSDP Site 132 ubicato nella piana batiale del Tirreno (v. Colalongo *et al.* 1981, p. 112 e fig. 6). Tutto ciò appare già piuttosto significativo. Inoltre Raffi & Rio 1979 hanno rinvenuto, sempre nel DSDP Site 132, alcuni FAD e LAD di nannofossili calcarei conosciuti da una parte nella stessa posizione stratigrafica nelle successioni oceaniche e d'altra parte ancora nella stessa successione nella Sezione Vrica (v. anche Rio in Pasini & Colalongo 1982; Backman *et al.* 1983; Rio, Backman & Raffi 1984). A conferma dei dati sopra citati e a dimostrazione delle larghe possibilità di correlazione dell'intervallo *e-m* e anche di tutta la sezione Vrica (felice quindi è stata la scelta di questa sezione) vi è un lavoro di Rio, Backman & Raffi 1984. Si tratta di un accurato studio-revisione dei nannofossili della Vrica che mette in evidenza la presenza di sei bioeventi (tre nell'ambito dell'intervallo *e-m*) riconoscibili nella medesima successione anche in altre serie mediterranee ed extra-mediterranee. Non solo: tutti questi bioeventi si ritrovano nella stessa posizione rispetto alle stesse unità magnetostratigrafiche riconosciute sia nelle successioni oceaniche (Pacifico, Atlantico, Caraibi) sia (da parte di Tauxe *et al.* 1983) nella Sezione Vrica. Si può quindi affermare che se lo stratotipo del limite P/P verrà posto alla Vrica nell'ambito dell'intervallo *e-m*, il limite P/P sarà finalmente e tranquillamente riconoscibile fuori dal Mediterraneo, nelle successioni oceaniche che costituiscono oggi un punto di riferimento per la biostratigrafia ed anche per la cronostratigrafia.

Dati biostratigrafici a parte, altri elementi concorrono a riconoscere a livello globale il proposto limite P/P. Al tetto dell'intervallo *e-m* si ritrova un livello di sabbie vulcaniche (livello *m*) che invero presenta qualche difficoltà per datazioni geocronometriche. Comunque su queste sabbie vulcaniche è stato condotto un primo studio con risultati parzialmente soddisfacenti: per ora ci si è limitati infatti ad attribuire al livello *m* un'età non maggiore di 1,99 M.A. (Obradovich *et al.* 1982). Ciò concorda (ovvero non contrasta) con i risultati, qui di seguito ricordati, derivanti da ricerche paleomagnetiche sulla Vrica. Obradovich e collaboratori stanno ora preparando una strumentazione più sensibile che dovrebbe permettere una datazione più accurata del livello *m*.

Nella Sezione Vrica sono state condotte anche ricerche magnetostratigrafiche. A circa 7 m sotto il tetto del livello *e* è stato riconosciuto il top del Subchron a polarità diretta Olduvai (Tauxe *et al.* 1983). Importante notare questa concordanza: l'Olduvai nella Vrica, come nelle successioni oceaniche, risulta compreso tra la scomparsa di *Discoaster brouweri* (che si verifica in prossimità della base) e la scomparsa di *Cyclococcolithus macintyreii*.

In base a quanto sino ad ora esposto è credibile l'affermazione che lo stratotipo del limite P/P, posto nell'ambito dell'intervallo *e-m* nell'ideale Sezione Vrica, rappresenta la soluzione ottimale di un annoso problema. Infatti, ultima osservazione: una unità cronostratigrafica (oppure un limite tra due unità) è tale, ovvero è valida, solo se concretizzata attraverso un idoneo stratotipo che la rende riconoscibile a «livello globale». Questa irrinunciabile esigenza è soddisfatta dalla proposta qui illustrata.

Recentemente (Madrid 1983) tre commissioni internazionali (v. cap. 7) hanno proposto all'INQUA Commission on Stratigraphy (e all'Intern. Comm. on Stratigraphy) di porre il limite P/P in corrispondenza dell'orizzonte fisico coinci-

- (3) Oltre che per i motivi espressi nel cap. 5, è stata scartata l'idea di definire lo stratotipo in una sezione contenente la comparsa di *A. islandica*, perché un tale tipo di sezione (cioè di mare basso) non contiene elementi utili per correlazioni a largo raggio. Non a caso la Int. Strat. Guide (Hedberg Ed. 1976) raccomanda di scegliere sezioni depositatesi in mare profondo.
- (4) Tra questi eventi è da ricordare anche l'improvviso e forte aumento in percentuale e in assoluto di individui sinistrosi di *Neoglobobulimina pachyderma*, spesso usato per il riconoscimento del limite P/P.

dente con il tetto del livello *e*. Gli AA. della ricerca qui esposta hanno condiviso e appoggiato la proposta. Che lo Stratotipo sia posto al tetto o alla base o entro il livello *e* ha scarsa importanza: siamo sempre infatti nell'ambito dell'intervallo *e-m*.

7. LA LUNGA STORIA DELLA SEZIONE VRICA

La scelta della Vrica come sezione stratotipica del limite P/P non è nata da una decisione improvvisa; essa deriva invece da accurate ricerche, sia pur intervallate da lunghi periodi di pausa.

Circa a metà degli anni '50 furono eseguiti dettagliati rilevamenti geologici nel Crotonese per ricerche di idrocarburi, rilevamenti che durarono più di due anni e che furono seguiti da locali perforazioni. Già da allora risultò evidente nell'area della Vrica una successione continua dei terreni altopliocene-pleistocenici, sia in base alle osservazioni di campagna sia in base ai dati micropaleontologici. La biostratigrafia si basava però in quei tempi più che altro sui Foraminiferi bentonici.

Circa a metà degli anni sessanta fu campionata a larghi intervalli una vera e propria sezione stratigrafica, più o meno coincidente con l'attuale tracciato della Sezione Vrica, per due motivi:

- 1) verificare la continuità della successione Vrica, la mancanza di faglie ecc., non più attraverso i Foraminiferi bentonici, ma bensì in base ad uno schema biostratigrafico molto più dettagliato derivante dallo studio dei Foraminiferi planctonici;
- 2) ricercare la comparsa di *G. truncatulinoides* che in quel momento stava emergendo come indice del limite P/P (e l'esito fu negativo).

Nel 1974, in considerazione del fatto che stava decadendo la fortuna di Le Castella come sezione stratotipica del limite P/P, iniziò la vera e propria «operazione Vrica». Pasini G., dell'Ist. Geol. Marina (C.N.R.), operò una prima verifica della situazione geologica locale, scelse poi il tracciato della sezione e infine misurò la Sezione Vrica campionando con R. Selli, a larghi intervalli, il tratto A e campionando invece ad intervalli strettissimi, in collaborazione con R. Tampieri, i più importanti intervalli B e C (v. Pasini & Colalongo 1982). In questo tratto B+C (185 m di spessore) sono stati raccolti 264 campioni. Le osservazioni sul terreno, favorite da una spettacolare esposizione e da numerosi evidenti livelli-guida, hanno consentito di escludere, per i tratti B e C, la presenza di «accidenti geologici». Alle stesse conclusioni, sul supercampionato intervallo B+C, hanno portato le conoscenze e le esperienze pluriennali sui terreni plio-pleistocenici di chi ha condotto la ricerca in campo biostratigrafico e il ricorso a due biostratigrafie integrate, basate l'una sui F. planctonici e l'altra sui nannofossili calcarei. L'efficacia di due biostratigrafie, che si contrallano e si integrano a vicenda, è dimostrata dalle ricerche condotte sulla Sezione Le Castella. Nessuno dei numerosissimi AA. che ha studiato tale sezione ha mai messo in evidenza quella lacuna stratigrafica, alla base del «marker bed» de Le Castella, segnalata in Colalongo *et al.* 1980 (pp. 15-17), Colalongo *et al.* 1981 (pp. 105-107, fig. 4) sulla base dei Foraminiferi planctonici e in Raffi & Rio 1980b, Rio, Backman & Raffi 1984 in base al nannoplancton calcareo.

La Sezione Vrica fu per la prima volta descritta (Pasini *et al.* 1975) e «presentata» in occasione del II Symposium on the N/Q boundary (Bologna-Crotone). I partecipanti al Symposium, dopo escursioni alla Vrica, a S. Maria di Catanzaro e a Le Castella dichiararono la Vrica come nuova potenziale sezione stratotipica del limite P/P.

Del problema del limite P/P si sono poi sostanzialmente interessati due organismi e cioè: INQUA Subcommission 1a (P/P boundary) e Working Group of the IGCP Project No. 41 (N/Q boundary) di cui hanno fatto parte, e fanno parte, due fra i colleghi che hanno condotto avanti la ricerca. Nelle prime riunioni dei sopracitati organismi la Sezione Vrica è risultata la candidata più idonea, poi è divenuta la candidata unica alla proclamazione di sezione stratotipica del limite P/P. Numerosi sono stati i meeting, i congressi, ecc.: 1977 a Birmingham, 1979 a Madrid e poi in India, 1980 a Parigi, 1981 in Arizona e California (presenti anche i membri del W.G. of IGCP Project No. 128 - Late Cenozoic Magnetostratigraphy), 1982 a Mosca. In tutti questi meeting e congressi i nostri colleghi hanno continuamente riferito sull'avanzamento degli studi; le nostre proposte sono state attentamente vagliate, ed hanno ottenuto in continuità pareri e decisioni favorevoli, tanto da coinvolgere negli studi ricercatori stranieri per quanto riguarda le datazioni radiometriche e la magnetostratigrafia.

Finalmente a Madrid (1983) è stata avanzata la definitiva formale proposta all'INQUA Commission on Stratigraphy da parte dell'INQUA Subcommission 1d (P/P Boundary) e dell'ICS W.G. on the N/Q Boundary in accordo con il Working Group of the I.G.C.P. Project No. 41 (N/Q Boundary):

- la Sezione Vrica è la sezione stratotipica del limite P/P;
- lo stratotipo del limite P/P va posto al top del marker bed «e» nella Sezione Vrica.

La proposta, largamente motivata, dovrebbe essere approvata dalla Inter. Comm. on Stratigraphy durante il prossimo Congr. Geol. Inter. (Mosca, Agosto 1984). E con ciò si chiude. Parere favorevole è giunto anche dal Comitato per il Neogene Mediterraneo. Per tutti i dettagli e le risoluzioni enunciate nei vari meeting e congressi si rimanda a Pasini & Colalongo 1982 e ancora a Pasini & Colalongo in un volume speciale che sarà presentato al Congr. Geol. Intern. (Mosca 1984) e cioè il «Final Report of the I.G.C.P. Project 41».

8. LA SALVAGUARDIA DELLA VRICA

Allorché apparve chiaro che le varie commissioni internazionali avevano ormai accettato la proposta di scegliere la Vrica come sezione stratotipica del limite P/P, ci si preoccupò di salvaguardare l'intera sezione in quanto bene culturale di interesse scientifico.

Il film delle vicissitudini che hanno portato alla «protezione» della Vrica è piuttosto lungo; cercherò di sintetizzarlo scattando qualche foto.

È stata compilata una relazione a carattere divulgativo-scientifico-esplicativo corredata da una vasta documentazione: elenco delle pubblicazioni sulla Vrica di ricercatori italiani e stranieri; carte topografiche e schizzi geologici; foto della sezione e foto aeree della zona; appelli di società scientifiche e Università italiane e straniere; appelli firmati da ricercatori di numerosissime nazionalità.

La Soc. Paleont. Ital., nelle persone del Presidente G. Sirna e della dott. A. Berzi, ha gestito politicamente e con successo «l'operazione salvaguardia». Salvaguardia indispensabile per porre lo stratotipo del limite P/P in Italia e quindi anche testimonianza di una ricerca felice della Paleontologia italiana. Per questo sono stati contattati ministri, funzionari ministeriali, uomini politici, sottosegretari, autorità locali e la «Soprintendenza archeologica della Calabria», molto sensibile al problema (un grazie alla Proff.ssa Lattanzi). E ai nostri colleghi sopra ricordati vanno riconosciute pazienza, costanza, capacità politiche e di persuasione tali da trasformare l'atteggiamento

negativo o l'indifferenza di diversi personaggi in consenso, poi partecipazione, poi volontà di agire nella direzione richiesta.

Finalmente il 15 luglio 1983 il Comune di Crotona ha emesso un'ordinanza per la salvaguardia della Sezione Vrica.

OPERE CITATE

- BACKMAN, J., SACKLETON, M.J. & TAUXE, L., 1983, Quantitative nannofossil correlation to open ocean deep-sea sections from Plio-Pleistocene boundary at Vrica, Italy: *Nature*, v. 304, No. 5922, pp. 156-158, 1 fig.
- BAYLISS, D.D., 1969, The distribution of *Hyalinea balthica* and *Globorotalia truncatulinoides* in the type Calabrian: *Lethaia*, v. 2, pp. 133-143, 5 figs., Oslo.
- BLANC, A.C., TONGIORGI, E. & TREVISAN, L., 1954, La limite Plio-Pléistocène dans la coupe de Monte Mario (environs de Rome): *Congr. Geol. Intern. C.R., XIX Session, Alger 1952*, v. 15, pp. 218-228, 4 figs., Alger.
- BLOW, W.H., 1969, Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy: *Proc. First Intern. Conf. Plankt. Microf.*, v. 1, pp. 199-421, Leiden.
- COLALONGO, M.L., 1968, Cenozona a Foraminiferi e Ostracodi nel Pliocene e basso Pleistocene della Serie del Santerno e dell'Appennino romagnolo: *Giorn. Geol.*, ser. 2, v. 35, fasc. 3, pp. 29-61, 2 figs., Bologna.
- , CREMONINI, G. & SARTONI, S., 1978, La sezione stratigrafica di Rio Vendina (Messiniano-Pleistocene, Reggio Emilia): *Atti Soc. Ital. Sc. Nat. Museo Civ. Stor., Nat.*, v. 119, fasc. 1, pp. 61-76, 3 figs., Milano.
- , PASINI, G. & SARTONI, S., 1980, Remarks on the Neogene/Quaternary boundary and the Vrica Section: Preprint presented at the 26 th Intern. Geol. Congr., Section S. 08, 40 pp., 5 figs., Paris.
- , — & —, 1981, Remarks on the Neogene/Quaternary boundary and the Vrica Section: *Boll. Soc. Pal. Ital.*, v. 20, n. 2, pp. 99-120, 6 figs., 3 pls., Modena.
- , PASINI, G., PELOSIO, G., RAFFI, S., RIO, D., RUGGIERI, G., SARTONI, S., SELLI, R. & SPROVIERI, R., 1982, The Neogene/Quaternary Boundary definition: a review and a proposal: *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, v. 5, pp. 59-68, 3 figs., Torino.
- DE STEFANI, C., 1876, Sedimenti sottomarini dell'epoca post-pliocenica in Italia: *Boll. R. Com. Geol. Ital.*, v. 7, pp. 272-289, Roma.
- , 1891, Les terrains tertiaires supérieurs du bassin de la Méditerranée: *Ann. Soc. Geol. Belg.*, v. 18, pp. 201-419, Liège.
- DI NAPOLI ALLIATA, E., 1954, La limite Plio-Pléistocene dans la coupe de Castell'Arquato (Plaisance): *Congr. Geol. Intern. C.R. XIX Session, Alger 1952*, v. 15, pp. 229-234, 2 figs., Alger.
- EMILIANI, C., MAYEDA, T. & SELLI, R., 1961, Paleotemperature Analysis of the Plio-Pleistocene Section at Le Castella, Calabria, Southern Italy: *Geol. Soc. Amer. Bull.*, v. 72, pp. 679-688, 2 figs., New York.
- GASPERI, G., MANTOVANI UGUZZONI, M.P. & RIO, D., 1982, *Globorotalia truncatulinoides truncatulinoides* nel Pliocene appenninico (Serravalle; Appennino bolognese). In Cremonini, G. & Ricci Lucchi, F. (a cura di). Guida alla Geologia del margine appenninico padano (Guida Geol. Reg. S.G.I.), pp. 151-153, 2 figs., Bologna).
- GIGNOUX, M., 1910, Sur la classification du Pliocène et du Quaternaire dans l'Italie du Sud: *C.R. Acad. Sc.*, v. 150, n. 1, pp. 841-844, Paris.
- , 1913, Les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicile: *Ann. Univ. Lyon N.S.*, n. 1, fasc. 36, pp. 1-633, figs. 1-42, pls. 1-21, Lyon.
- , 1954, Pliocène et Quaternaire marins de la Méditerranée occidentale: *Congr. Geol. Inter. C.R. XIX Session, Alger 1952*, fasc. 15, pp. 249-258, Alger.
- HAUG, E., 1911, *Traité de Géologie*. 2. Les Periodes géologiques, pp. 1746-1776, Paris.
- HEDBERG, H.D., Ed. 1976, *International Stratigraphic Guide*. A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure: pp. 1-200, figs. 1-14, J. Wiley & Sons, New York.
- LYELL, C., 1839, *Nouveaux éléments de géologie*, 648 pp., Pitois-Levrant, Paris.
- OBRADOVICH, J. D., NAESER, C.W., IZETT, G.A., PASINI, G. & BIGAZZI, G., 1982, Age constraints on the proposed Plio-Pleistocene boundary stratotype at Vrica, Italy: *Nature*, v. 298, No. 5869, pp. 55-59, 3 figs.
- PASINI, G. & COLALONGO, M.L., 1982, Recent research on the Vrica Section (Calabria, Italy), the proposed Neogene/Quaternary boundary-stratotype section. Preprint presented at XI INQUA Congr. (Moscow), 75 pp., 15 figs., Pitagora-Tecnoprint, Bologna.
- , SELLI, R., TAMPIERI, R., COLALONGO, M.L., D'ONOFRIO, S., BORSETTI, A.M. & CATI, F., 1975, The Vrica Section. In Selli, R., Ed. *The Neogene-Quaternary Boundary, II Symposium (Bologna-Crotone)*, Excursion Guide-Book, pp. 62-72, 3 figs., Editografica, Rastignano (Bologna).
- PELOSIO, G., RAFFI, S. & RIO, D., 1980, The Plio-Pleistocene Boundary controversy. Status in 1979 at the light of *International Stratigraphic Guide: Volume speciale in memoria di Sergio Venzo*, pp. 131-140, Parma.
- RAFFI, I. & RIO, D., 1979, Calcareous nannofossil biostratigraphy of D.S.D.P. Site 132 Leg 13 (Tyrrhenian Sea - Western Mediterranean): *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, v. 85, n. 1, pp. 127-172, pls. 7-12, Milano.
- & —, 1980a, Nannoplancton calcareo del Pliocene superiore-Pleistocene inferiore della Serie del Fiume Santerno: *Paleontol. stratigr. ed evoluz.*, Quaderno 1, pp. 187-195, Roma.
- & —, 1980b, Nuove osservazioni sulla distribuzione del nannoplancton calcareo nella Serie di Le Castella: *Paleont. stratigr. ed evoluz.*, Quaderno 1, pp. 181-186, Roma.
- RIO, D., BACKMAN J. & RAFFI, I., 1984, Calcareous nannofossil biochronology and the Pliocene/Pleistocene boundary: Final report of I.G.C.P. Project No. 41 (Neogene/Quaternary boundary) (in corso di stampa).
- , SPROVIERI, R. & RAFFI, I., 1984, Calcareous plankton biostratigraphy and biochronology in the Pliocene-Lower Pleistocene succession of Capo Rossello area (Sicily): *Micro-paleontology* (in corso di stampa).
- ROVERETO, G., 1925, *Forme della Terra. Trattato di Geologia morfologica*; v. 1, pp. 1-641, figs. 1-250, Hoepli, Milano.
- RUGGIERI, G., 1952, Gli Ostracodi delle sabbie grigie quaternarie (Milazziano) di Imola. Parte II: *Giorn. Geol.*, ser. 2, v. 22, pp. 1-57, pls. 2-9, Bologna.
- , 1954, La limite entre Pliocène et Quaternaire dans la série Plio-Pléistocène du Santerno: *Congr. Geol. Inter. C.R. XIX Session, Alger 1952*, fasc. 15, pp. 235-240, 2 figs., Alger.
- , 1977, Individuazione del Pleistocene nella Sezione di Castrocaro (Forlì): *Boll. Soc. Geol. Ital.*, v. 95, fasc. 3-4, pp. 881-890, 2 figs., Roma.
- , BUCCHERI, G., GRECO, A. & SPROVIERI, R., 1976, Un affioramento di Siciliano nel quadro della revisione della stratigrafia del Pleistocene inferiore: *Boll. Soc. Geol. Ital.*, v. 94, fasc. 4, pp. 889-914, 3 figs., Roma.

- , & SPROVIERI, R., 1977, A revision of Italian Pleistocene stratigraphy: *Geologica Romana*, v. 16, pp. 131-139, 3 figs., Roma.
- & —, 1979, Selinuntiano, nuovo superpiano per il Pleistocene inferiore: *Boll. Soc. Geol. Ital.*, v. 96, pp. 797-802, 2 figs., Roma.
- SELLI, R., 1954, La limite Plio-Pléistocène dans les environs d'Ancona (Marche): *Congr. Geol. Intern. C.R. XIX Sessions*, fasc. 15, pp. 241-247, 2 figs., Alger.
- , 1971, Calabrian: *Giorn. Geol.*, ser. 2, v. 37, fasc. 2, pp. 55-64, 2 figs., Bologna.
- , 1977, The Neogene/Quaternary boundary in the Italian marine formations: *Giorn. Geol.*, ser. 2, v. 41, fasc. 1-2, pp. 81-104, 4 figs., Bologna.
- , ACCORSI, C.A., BANDINI MAZZANTI, M., BERTOLANI MARCHETTI, D., BIGAZZI, G., BONADONNA, F.G., BORSETTI, A.M., CATI, F., COLALONGO, M.L., D'ONOFRIO, S., LANDINI, W., MENESINI, E., MEZZETTI, R., PASINI, G., SAVELLI, C. & TAMPIERI, R., 1977, The Vrica Section (Calabria-Italy). A potential Neogene/Quaternary Boundary Stratotype: *Giorn. Geol.*, ser. 2, v. 42, fasc. 1, pp. 181-204, pl. 11, Bologna.
- SPROVIERI, R., D'AGOSTINO, S. & DI STEFANO, E., 1973, Giacitura del Calabrian nei dintorni di Catanzaro: *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, v. 79, n. 1, pp. 127-140, 4 figs., Milano.
- , RUGGIERI, G. & UNTI, M., 1981, *Globorotalia truncatulinoides excelsa* n. subsp., foraminifero planctonico guida per il Pleistocene inferiore: *Boll. Soc. Geol. Ital.*, v. 99, fasc. 1-2, pp. 3-11, pls. 1-2, Roma.
- TAUXE, L., OPDYKE, N.D., PASINI, G. & ELMI, C., 1983, Age of the Plio-Pleistocene boundary in the Vrica Section, Southern Italy: *Nature*, v. 304, No. 5922, pp. 125-129, 4 figs.