

4.5. — GLI SCISTI A FUCOIDI NELL'AREA UMBRO-MARCHIGIANA: LE SEZIONI DELLA S.S. APECCHIESE  
E. Erba, R. Coccioni e I. Premoli Silva

Gli Scisti a Fucoidi rappresentano, nella successione pelagica cretacea del Bacino umbro-marchigiano, un intervallo marnoso varicolore di età aptiano-albiana.

A letto degli Scisti a Fucoidi è sempre presente la Maiolica (Titonico superiore-Aptiano inferiore p.p.) mentre a tetto segue la Scaglia Bianca (Albiano sommitale-Turoniano inferiore) (fig. 73).

Gli Scisti a Fucoidi affiorano estesamente nel Bacino umbro-marchigiano (fig. 74), con uno spessore medio di 80 metri. Poiché facies e spessori si mantengono sostanzialmente uniformi in tutto il bacino, la subsidenza differenziale ereditata dalla tettonica distensiva giurassica era terminata in tempi pre-aptiani, essenzialmente durante la deposizione della Maiolica i cui sedimenti hanno livellato l'irregolare fisiografia giurassica.

Gli Scisti a Fucoidi sono costituiti principalmente da alternanze varicolori di marne e argille marnose, mentre calcari, calcari marnosi e argille sono subordinati. I livelli di argille marnose nere («black shales») sono molto frequenti e generalmente modulati ciclicamente (fig. 75).

4.5. — THE "SCISTI A FUCOIDI" IN THE UMBRIA-MARCHE AREA: THE APECCHIESE ROAD SECTIONS  
E. Erba, R. Coccioni and I. Premoli Silva

Within the pelagic Cretaceous sequence of the Umbria-Marche Basin, the Scisti a Fucoidi represent a shaly varicolored interlude of Aptian-Albian age. They overlie the Maiolica formation (Upper Tithonian-Lower Aptian p.p.) and are followed by the Scaglia Bianca (Uppermost Albian-Lower Turonian) (fig. 73).

The Scisti a Fucoidi widely crop out in the Umbria-Marche basin (fig.74) with an average thickness of 80 meters. Facies and thickness are substantially uniform throughout the basin suggesting that the differential subsidence inherited from the Early Liassic extensional tectonic phase was largely terminated by Aptian time.

The Scisti a Fucoidi mainly consist of marls and marly limestones are subordinate. Several Corg-rich black shales are scattered throughout the formation (fig. 75). A peculiarity of the unit is the abundance of bioturbations such as *Planolites*, *Chondrites* and *Zoophycos*. That is why the informal name of "fucoids" was used for defining this unit.

On the basis of fluctuations in CaCO<sub>3</sub> content and color changes the Scisti a Fucoidi represent a spectacular example of the so-called cyclical pelagic sedimentation.

The peculiarity of this unit attracted the interests of many geologists especially because the Scisti a Fucoidi are a land outcropping analogue of deep-sea mid-Cretaceous sequences drilled in the Atlantic Ocean.

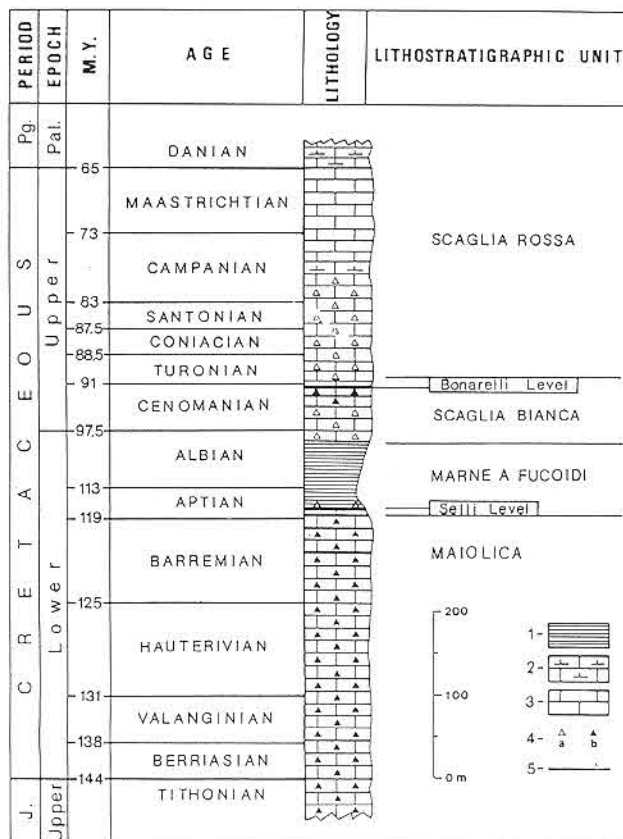


Fig. 73. — Lito-cronostratigrafia della sequenza cretacea umbro-marchigiana. Gli spessori delle diverse unità litostatigrafiche corrispondono a valori medi. Legenda: (1) argilla c/o marna; (2) calcare marnoso; (3) calcare; (4) liste e/o noduli di selce di colore verdastro, grigiastro e rossastro (a) o grigio scuro e nero (b); (5) «black shale». È messa in evidenza la posizione stratigrafica dei due caratteristici livelli guida «radiolaritico-bituminoso-ittiolitici», «Livello Bonarelli» (v. ARTHUR e PREMOLI SILVA, 1982) e «Livello Selli» (v. COCCIONI ed altri, 1987, 1989c). L'età espressa in milioni di anni è basata sulla scala tempo di HARLAND ed altri (1982).

— Litho- and chronostratigraphy of the Cretaceous sequence in the Umbria-Marche Basin. The average thicknesses of the units are shown. Legend: (1) clays and/or marls; (2) marly limestones; (3) limestones; (4) chert layers and nodules: greenish, greys to reddish (a), dark grey to black (b); (5) black shales. The stratigraphic positions of the two peculiar "ichtyolithitic-bituminous-radiolaritic" marker-beds (i.e. the "Livello Selli", see COCCIONI and others, 1987, 1989c, and the "Livello Bonarelli", see ARTHUR and PREMOLI SILVA, 1982) are shown. Ages are expressed in millions of years, according to the timescale defined by HARLAND and others (1982).

Un carattere distintivo degli Scisti a Fucoidi è costituito da un'elevatissima abbondanza di bioturbazioni tipo *Planolites*, *Chondrites* e *Zoophycos* tanto che il nome informale di «fucoidi» è stato utilizzato per la definizione di questa unità.

Gli Scisti a Fucoidi costituiscono inoltre un esempio spettacolare di sedimentazione pelagica ciclica espressa dalle ritmicità cromatiche e litologiche.

Le peculiarità degli Scisti a Fucoidi hanno attratto l'interesse di molti geologi anche perchè la successione sedimentaria che caratterizza questa unità è del tutto analoga alle successioni pelagiche aptiano-albiane perforate nell'Oceano Atlantico. Negli ultimi anni è stato condotto uno studio multidisciplinare da parte di un gruppo di ricercatori italiani e americani con lo scopo di:

- incrementare la risoluzione biostratigrafica dell'intervallo Aptiano-Albiano;
- stabilire una litostratigrafia esauriente;
- stimare il tipo e l'intensità delle modificazioni diagenetiche;

During the last few years a joint U.S.-Italian group carried out a detailed multidisciplinary study of the Scisti a Fucoidi in order to:

- improve the biostratigraphic resolution of the Aptian-Albian interval;
- establish an exhaustive lithostratigraphy;
- estimate the type and intensity of diagenetic modifications;
- identify the mechanisms responsible for the accumulation and preservation of organic matter in the black shales;
- clarify if the rhythmic lithologic variability is apparent or real and eventually understand its origin;
- examine the paleoceanographic conditions which lead to the deposition of this cyclically modulated sequence, and fluctuations of these conditions during the Aptian-Albian interval.

Towards a better understanding of these problems, several sections outcropping in the Umbria-Marche basin have been carefully studied and a

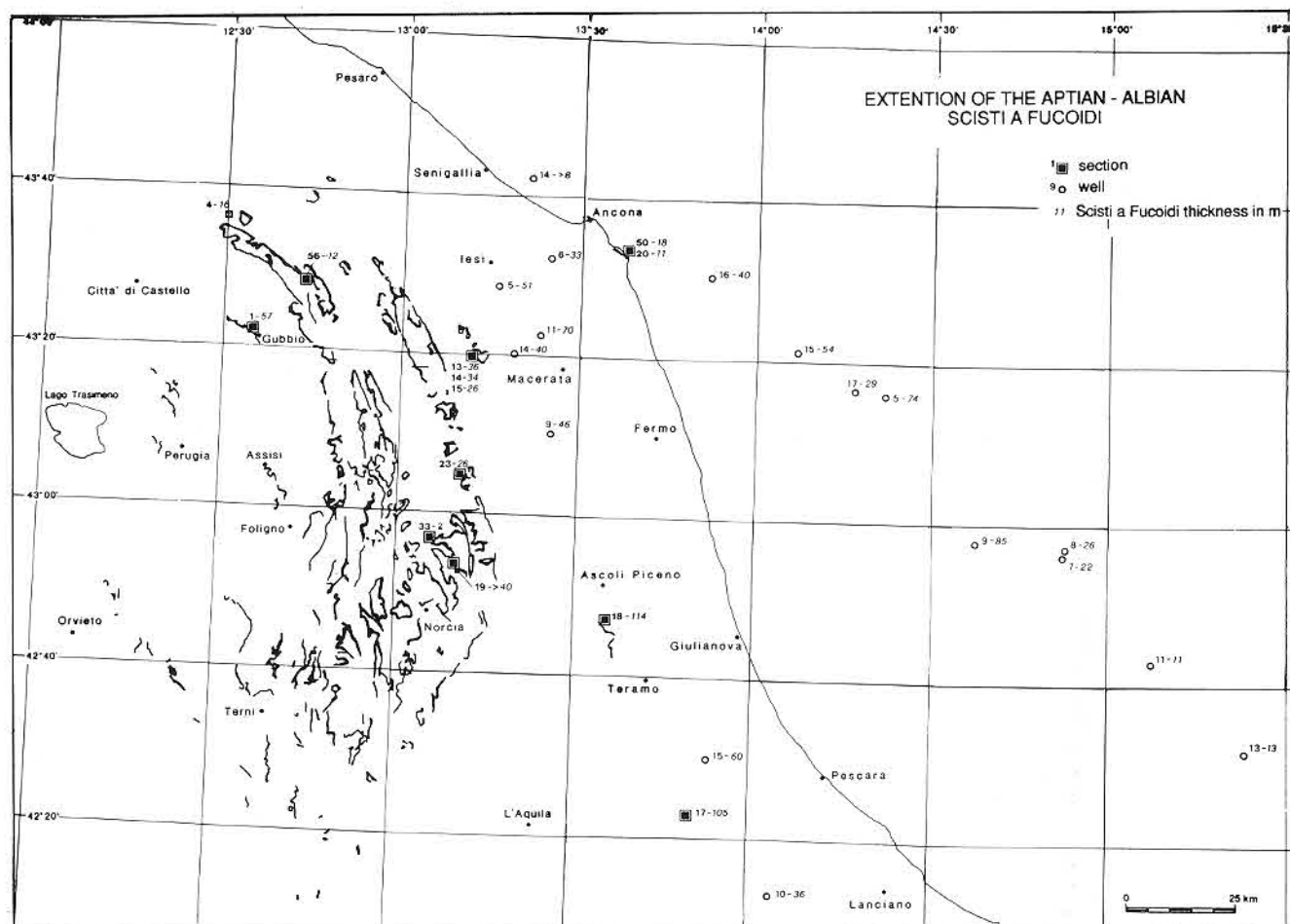


Fig. 74. - Distribuzione degli Scisti a Fucoidi (Aptiano-Albiano) nel Bacino umbro-marchigiano e nella zona a mare prospiciente (da ERBA, 1986, modificato).

- Distribution of the Aptian-Albian Scisti a Fucoidi Formation in the Umbria-Marche Basin and coastal area (after ERBA, 1986, modified).

d) identificare i meccanismi responsabili dell'accumulo e della conservazione della materia organica nei «black shales»;

e) chiarire se le ritmicità litologiche e cromatiche sono apparenti o reali ed eventualmente capirne l'origine;

f) esaminare le condizioni paleoceanografiche che indussero la deposizione ciclica e le fluttuazioni di tali condizioni durante l'Aptiano-Albiano.

Per chiarire questi problemi sono state misurate e studiate in dettaglio numerose sezioni affioranti nel Bacino umbro-marchigiano ed è stato effettuato un carotaggio continuo attraverso gli Scisti a Fucoidi nei pressi di Piobbico.

*Litostratigrafia* – COCCIONI ed altri (1987, 1989a, 1989b), sulla base di dettagliate analisi di terreno delle variazioni litologiche e cromatiche, hanno suddiviso gli Scisti a Fucoidi in sei membri. Dal basso verso l'alto sono stati distinti:

1) membro «selcifero grigio-verdastro», caratterizzato da calcari silicei e calcari marnosi grigio-verdastri. Nella parte inferiore del membro è stato distinto il «Livello Selli»;

2) membro «marnoso rosso inferiore», caratterizzato da alternanze di marne e marne calcaree prevalentemente rosse e subordinatamente grigio-verde. È stato osservato un solo livello «black shale» nella porzione superiore del membro;

3) membro «argilloso marrone», caratterizzato da argille e argille marnose prevalentemente marrone. I livelli «black shales» sono abbondanti;

4) membro «marnoso verde», caratterizzato da marne prevalenti e subordinate argille e marne calcaree grigio-verdi. I livelli «black shales» sono abbondanti;

frequent coring has been made in the Scisti a Fucoidi near Piobbico.

*Lithostratigraphy* – After detailed field analyses of color and carbonate content fluctuations along with black shale occurrence, COCCIONI and others (1987, 1989a, 1989b) subdivided the Scisti a Fucoidi in six members. From bottom to top they are:

1) “Greenish-grey cherty member” characterized by greenish-grey cherty limestones and marly limestones. In the lower portion the “Livello Selli” occurs;

2) “Lower reddish marly member” characterized by alternating marls and calcareous marls, dominantly reddish and occasionally greenish-grey in color. A single black shale layer occurs in the upper portion;

3) “Brownish clayey member” characterized by predominantly dark brown clay and marly clays. Black shale layers are abundant;

4) “Greenish marly member” characterized by dominant marls and subordinate clays and calcareous marls, predominantly greenish-grey color. Black shale layers are abundant;

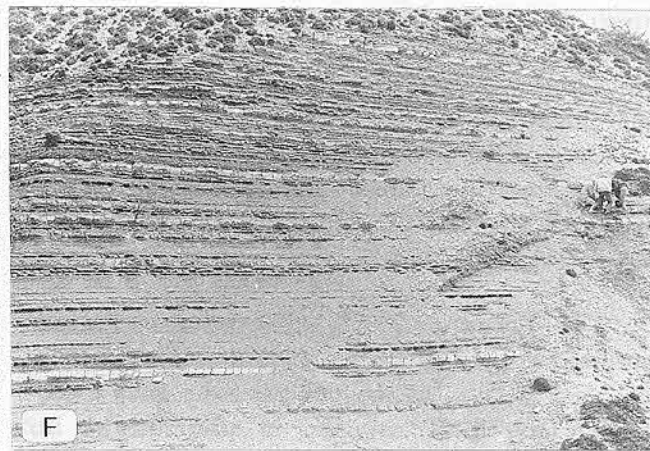
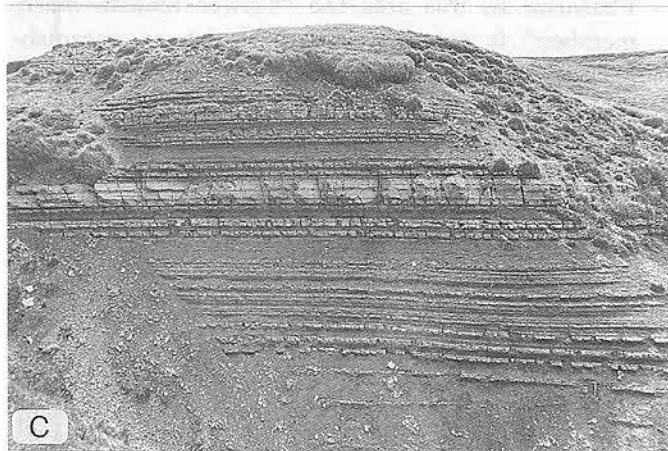
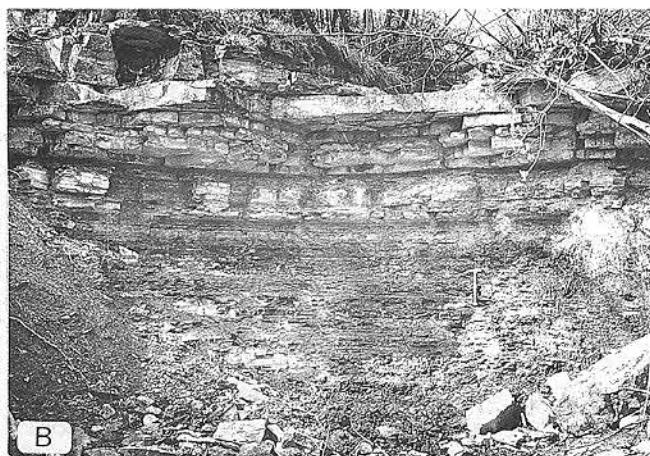
5) “Upper reddish marly member” characterized by reddish marls and subordinate calcareous marls and marly limestones. Black shale layers are rare;

6) “Whitish marly limestone member” characterized by predominantly whitish calcareous marls and marly limestones. Black shale layers are frequent.

In the Piobbico core 18 lithologic units were distinguished in the Scisti a Fucoidi (ERBA, 1986, 1988; TORNAGHI and others, in press). This litho-

Fig. 75. – Vedute di dettaglio della formazione degli Scisti a Fucoidi nelle sezioni di Poggio le Guaine e del Torrente Bosso. (A) sezione di Poggio le Guaine: il limite tra la Maiolica e gli Scisti a Fucoidi è posto in corrispondenza del tetto dello strato contenente l'ultima lista di selce di colore nero; (B) stessa sezione: vista del «Livello Selli»; (C) stessa sezione: porzione medio-inferiore del «membro marnoso rossastro inferiore»; (D) stessa sezione: porzione medio-superiore del «membro marnoso rossastro inferiore» e, parzialmente, i sovrastanti «membro argilloso marrone» e «membro marnoso verdastro»; (E) stessa sezione: parte medio-superiore della formazione degli Scisti a Fucoidi; dal basso verso l'alto, il «membro argilloso marrone» (visibile in primo piano), il «membro marnoso verdastro», il «membro marnoso rosso superiore» ed il «membro calcareo-marnoso biancastro»; (F) stessa sezione: porzione media del membro marnoso verdastro»; (G) sezione del torrente Bosso: porzione superiore degli Scisti a Fucoidi (MaF) e porzione basale della Scaglia Bianca (SB): è stato posto in evidenza il limite tra le due unità litostratigrafiche.

– *The Scisti a Fucoidi, exposed in the Poggio le Guaine and Bosso River sections. Legend: (A) Poggio le Guaine section: the contact between the Maiolica and the Scisti a Fucoidi is at the top of the last bed containing black chert; (B) same section: the “Livello Selli”; (C) same section: lower and middle parts of the “Lower reddish marly member”; (D) same section: middle to upper parts of the “Lower reddish marly member”. The overlying “Brownish clayey member” and “Greenish marly member” are partially visible; (E) same section: middle and upper parts of the Scisti a Fucoidi. From bottom to top the “Brownish clayey member” (visible in foreground), the “Greenish marly member”, the “Upper reddish marly member” and the “Whitish marly limestone member” are visible; (F) same section: middle part of the “Greenish marly member”; (G) Bosso River Section: the upper part of the Scisti a Fucoidi (MAF) and the base of the Scaglia Bianca (SB); the contact between the two lithostratigraphic units is clearly visible.*



5) membro «marnoso rosso superiore», caratterizzato da marne prevalenti e subordinate marne calcaree e calcari marnosi rosso. I livelli «black shales» sono rari;

6) membro «marnoso-calcareo biancastro», caratterizzato da marne calcaree e calcari marnosi prevalentemente biancastri. I livelli «black shales» sono frequenti.

Negli Scisti a Fucoidi del pozzo Piobbico, invece, sono stati distinti 18 livelli litologici (ERBA, 1986; TORNAGHI ed altri, in stampa). Questa litostratigrafia è più dettagliata ma perfettamente correlabile con quella proposta da COCCIONI ed altri (1987, 1988a, 1989b) (fig. 76).

Nonostante la successione litologica degli Scisti a Fucoidi sia sostanzialmente uniforme in tutto il Bacino umbro-marchigiano, sono stati documentate limitate variazioni di facies a spessori. Infatti, la presenza di scivolamenti e lacune suggeriscono un controllo morfostrutturale della sedimentazione. Durante l'Aptiano un'attività tettonica a valenza locale è testimoniata in numerose sezioni da scivolamenti, torbiditi pelagiche e calcareniti. Nella porzione meridionale del bacino la sedimentazione pelagica fu soggetta ad apporti detritici erosi dalla Piattaforma laziale-abruzzese. In quest'area il «membro marnoso rosso inferiore» è infatti costituito da sedimenti biancastri o grigio-verdi che suggeriscono un legame diretto tra colore del sedimento e apporto detritico dovuto all'attività tettonica.

Un'evidente paraconcordanza, dovuta ad un evento tettonico regionale sincrono e di breve durata, è stata riscontrata in prossimità del limite Aptiano-Albiano.

*I livelli di «black shales»* – Negli Scisti a Fucoidi carotati nel pozzo Piobbico sono presenti 154 livelli «black shales», la maggior parte dei quali è correlabile con livelli osservati in affioramento. Lo studio regionale ha messo in evidenza una maggiore frequenza di «black shales» nella porzione centro-occidentale del Bacino umbro-marchigiano.

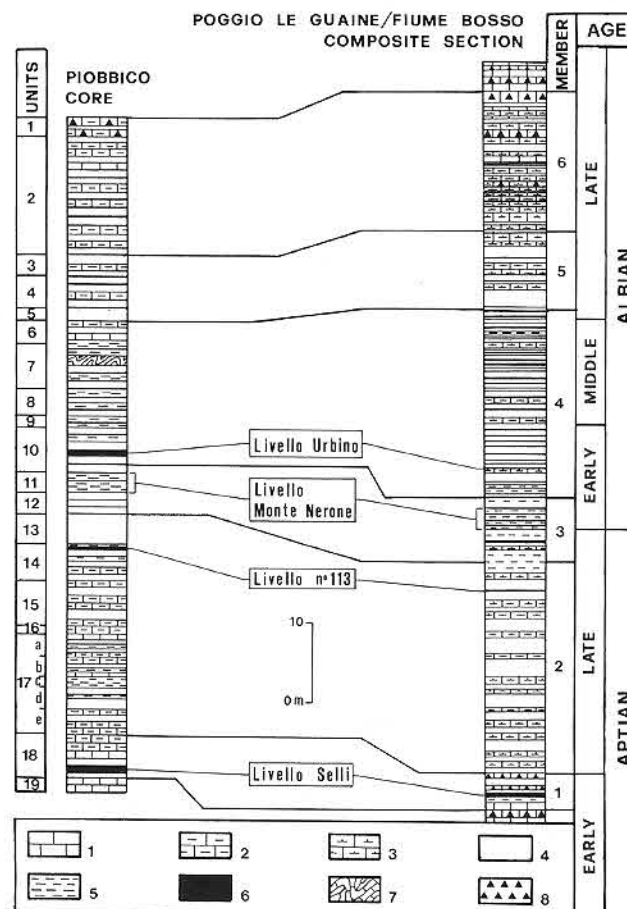
Fig. 76. – Correlazione litostratigrafica tra le unità del Pozzo Piobbico ed i membri della sezione composta Poggio le Guaine-Torrente Bosso (da ERBA, 1988; COCCIONI ed altri, 1988a, 1988b; PREMOLI SILVA ed altri, 1989; TORNAGHI ed altri, 1989). Legenda: (1) calcare; (2) calcare marnoso; (3) marna calcarea; (4) marna; (5) marna argillosa c/o argilla; (6) «black shale»; (7) «slump»; (8) selce.

– Lithostratigraphic correlation between the Piobbico well core and the members of the Poggio le Guaine - Bosso River composite section (after ERBA, 1988; COCCIONI and others, 1988a, 1988b; PREMOLI SILVA and others, 1989; TORNAGHI and others, 1989). Legenda (1) limestone; (2) marly limestone; (3) calcareous marl; (4) marl; (5) clay and clayey marl; (6) black shale; (7) slump; (8) chert.

stratigraphy is more detailed but perfectly correlatable with the six member of COCCIONI and others (1987, 1989a, 1989b) (fig. 76).

The Scisti a Fucoidi succession is substantially uniform throughout the basin and only minor changes in facies and thickness are detectable. Moreover, slumps and hiatuses suggest some morphostructural controls. During the Aptian local tectonic activity testified by slumpings, foraminiferal turbidites, and calcarenites were documented in several sections. In the southern part of the basin the pelagic sedimentary regime was disturbed by detrital supply eroded from the Latium-Abruzzi Platform. In this area the «Lower reddish marly member» is represented by whitish to greenish-grey sediments, suggesting a relationship between the sediment color and the detrital supply due to tectonic activity. The major paraconformity is located close to the Aptian/Albian boundary. It was related to a synchronous regional tectonic event of short duration.

*Black shales* – 154 black shales were recovered in the Piobbico core and most of them are precisely correlatable to Corg-rich layers observed in



I livelli di «black shales» degli Scisti a Fucoidi hanno spessore generalmente centimetrico (2-4 cm) che può però variare da qualche millimetro a più di 40 cm; non sono distribuiti uniformemente negli Scisti a Fucoidi: essi sono più frequenti e modulati ciclicamente nei membri in cui predominano i litotipi grigio-verde, verde oliva e marrone. I litotipi di colore rossastro sono invece generalmente privi di livelli «black shales».

Il livello di «black shales» più spesso (1-3 m) e con elevato contenuto in Carbonio organico, si trova nella parte basale degli Scisti a Fucoidi, nel «membro selcifero grigio-verdastro». Altri due livelli «black shales» piuttosto potenti (> 20 cm) e caratterizzati da alti valori di Carbonio organico sono presenti rispettivamente nel «membro marnoso rosso inferiore» e nel «membro marnoso verde».

Questi tre livelli caratteristici sono stati denominati «Livello Selli», «Livello n. 113» e «Livello Urbino» (COCCIONI ed altri, 1987, 1989b). Si tratta di livelli-guida tracciabili in tutto il Bacino umbro-marchigiano e correlabili con altri episodi anossici coevi riconosciuti nella Tetide (i.e. Sicilia, Gargano, Alpi Calcaree Meridionali, Arco Alpino-Carpatico) e nell'Oceano Atlantico.

Analisi sedimentologiche, macroscopiche e microscopiche, sono state condotte sui livelli di «black shales» carotati a Piobbico. Sulla base della presenza o assenza e del tipo di laminazioni, della presenza o assenza di bioturbazioni, dei limiti transizionali o netti con i litotipi incassanti, sono stati distinti 4 gruppi: Gruppo 1 = «black shales» caratterizzati da laminazioni millimetriche, Gruppo 2 = «black shales» finemente laminati e talora debolmente bioturbati, Gruppo 3 = «black shales» omogenei senza strutture, Gruppo 4 = «black shales» fortemente bioturbati senza laminazioni (ERBA, 1986; in prep.; PREMOLI SILVA ed altri, 1989). Per quanto riguarda il contenuto in Carbonio organico, i 4 gruppi sono caratterizzati da differenti valori e tipi di materia organica. Infatti, a) i rari «black shales» del Gruppo 1 contengono > 4% p.t. di Carbonio organico con valori di HI (Hydrogen Index) superiori a 600 indicatori di materia organica di origine marina; b) i «black shales» più frequenti appartengono al Gruppo 2. Il loro contenuto in Carbonio organico varia da > 1% a 2.295 p.t. con valori di HI di circa 100 o di poco superiori. In generale la loro materia organica è di tipo misto, marino e non marino, ma si è riscontrato un rapporto diretto tra contenuto in Carbonio organico e materia organica di tipo marino; c) i «black

outcrops. The regional study pointed out that black shales are more widespread in the middle-west part of the Umbria-Marche basin. Black shales vary in thickness from few millimeters up to 40 centimeters, but layers 2-3 cm thick are the most frequent. They are unevenly distributed through the Scisti a Fucoidi. Black shales are frequent, usually cyclically modulated, in the members dominated by greenish-grey, olive-grey and maroon lithotypes. On the contrary, lithotypes dominantly red to red-brown in color are usually devoid of black shales.

The thickest (1-3 m) highly Corg-rich black shale occurs in the lowermost portion of the Scisti a Fucoidi, within the "Greenish-grey cherty member". Thick (> 20 cm) and highly Corg-rich black shales are recorded in the "Lower reddish marly member" and in the "Greenish marly member". These three distinct anoxic events were named "Livello Selli", "Livello no.113" and "Livello Urbino" respectively (COCCIONI and others, 1987, 1989b). They are marker-beds throughout the Umbria-Marche basin. Furthermore, although minor different features were observed, they can be correlated to coeval anoxic episodes in the Tethys (i.e. Sicily, Gargano, Southern Alps, and Alpine-Carpathian Arc) and in the Atlantic Ocean.

Macroscopical and microscopical analyses of black shales from the Scisti a Fucoidi cored at Piobbico resulted in four main groups characterized as follows: 1 = coarsely laminated, 2 = finely laminated and sometimes slightly bioturbated, 3 = homogeneous without structures, and 4 = strongly bioturbated without laminations (ERBA, 1986, in prep.; PREMOLI SILVA and others, 1989). Concerning the Corg content, the four groups are characterized by different amount and type of organic matter. Specifically, a) the less frequent thickest black shales of group 1 contain >4% t.w. of Corg with HI (Hydrogen Index) values exceeding 600, indicating that the organic matter is of marine origin; b) the most frequent black shales belong to group 2. Their Corg content range from > 1% to 2.29% t.w. with HI values close to or >100; the organic matter is mixed marine and non marine. However, at higher Corg content corresponds an increase of organic matter of marine origin; c) black shales of group 3 confined to the transition to the Maiolica and to the brownish clayey member, exhibit an organic geochemical character very similar to those of group 2 with a Corg content >1% t.w. and HI values up to 190; finally, d) black shales of group 4 are scattered throughout the

shales» del Gruppo 3, confinati alla transizione alla Maiolica e al «membro argilloso marrone», hanno caratteristiche geochimiche molto simili a quelli del Gruppo 2. Il contenuto in Carbonio organico è > 1% p.t. con valori di HI fino a 190; infine d) i «black shales» del Gruppo 4, sparsi in tutta l'unità, sono caratterizzati da bassi valori sia del contenuto in C organico (> 1% p.t.) che di HI (> 20). La loro materia organica è di origine terrestre e potrebbe rappresentare il «background» non marino presente in tutta la formazione.

**Biostratigrafia** – Il contenuto fossilifero degli Scisti a Fucoidi è costituito principalmente da nannofossili calcarei. I foraminiferi planctonici sono comuni mentre i foraminiferi bentonici sono rari. In tutta l'unità sono presenti radiolari, generalmente mal conservati, che talora possono costituire dei «livelli a radiolari» particolarmente abbondanti nella porzione basale e mediana degli Scisti a Fucoidi. Sono stati osservati anche rari macrofossili tra cui lamellibranchi pelagici e resti di pesci. Ammoniti sono state ritrovate solo nella porzione albiana degli Scisti a Fucoidi affiorante nella sezione s.s. Apecchiese Km 32.8 (VENTURI, com. pers.). Infine Palinomorfi sono presenti nei livelli di «black shales».

La biostratigrafia degli Scisti a Fucoidi è attualmente basata su nannofossili calcarei e foraminiferi planctonici. Sebbene la conservazione di entrambi i gruppi sia discreta o scarsa, si è ottenuta una biozonazione ad alta risoluzione (PREMOLI SILVA ed altri, 1977; LOWRIE ed altri, 1980; MONECHI, 1981; ARTHUR e PREMOLI SILVA, 1982; COCCIONI ed altri, 1987, 1989a, 1989b; ERBA, 1988; TORNAGHI ed altri, in stampa). La biostratigrafia a foraminiferi planctonici consta di 28 eventi, 11 zone e 2 sottozone, mentre la nannobiostratigrafia è costituita da 10 eventi e 7 biozone (fig. 77). Lo schema biostratigrafico risultante dall'integrazione di queste due zonazioni è stato verificato su numerose sezioni attraverso il Bacino umbro-marchigiano ottenendo cor-

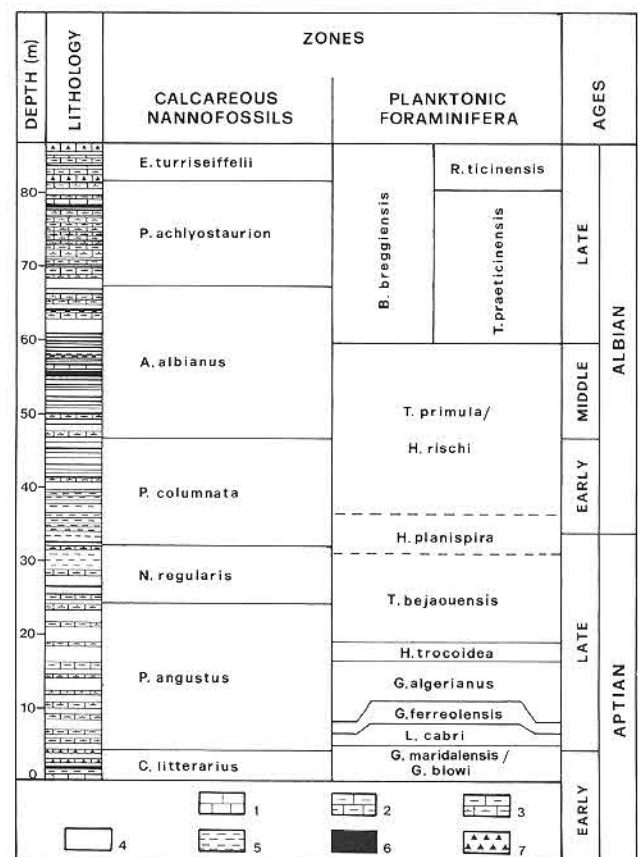
core, teir Corg is low (<1% t.w.) with low (<20) HI values. Their organic matter is of terrestrial origin and may represent the non marine background throughout the entire unit.

**Biostratigraphy** – The fossil content of the Scisti a Fucoidi is dominated by calcareous nannofossils. Planktonic foraminifers are common, whereas benthic foraminifers are rare. Poorly preserved radiolarians are scattered throughout the unit; frequent radiolarian-rich layers occur in the lowermost and in the middle portion of the Scisti a Fucoidi. Very rare macrofossils mainly include pelagic pelecypods and fish remains. Ammonites were found just in the Albian portion of the Scisti a Fucoidi outcropping in the S.S. Apecchiese section, km 32.8 (VENTURI, pers. comm.). Finally, Palinomorphes are present in the «black shales» levels.

Biostratigraphy of the Scisti a Fucoidi is presently based on calcareous nannofossils and planktonic foraminifers. Although the preservation of both groups is moderate to poor, a high resolution biozonation was achieved (PREMOLI SILVA and others, 1977; LOWRIE and others, 1980; MONECHI, 1981; ARTHUR and PREMOLI SILVA, 1982; COCCIONI

Fig. 77. – Litostratigrafia schematica e biostratigrafia integrata a nannofossili calcarei e foraminiferi planctonici degli Scisti a Fucoidi nell'intervallo Aptiano-Albiano (da ARTHUR e FISCHER, 1977; PREMOLI SILVA, 1977; PREMOLI SILVA ed altri, 1977; LOWRIE ed altri, 1980; MONECHI, 1981; ARTHUR e PREMOLI SILVA, 1982; COCCIONI ed altri, 1987; 1989a, b, c; ERBA, 1988; PREMOLI SILVA ed altri, 1989; TORNAGHI ed altri, 1989). Per la legenda si veda la didascalia di fig. 76.

– *Lithostratigraphy and integrated calcareous nannofossil - planktonic foraminiferal biostratigraphy in the Aptian-Albian interval in the Scisti a Fucoidi Formation (after ARTHUR and FISCHER, 1977; PREMOLI SILVA, 1977; PREMOLI SILVA and others, 1977; LOWRIE and others, 1980; MONECHI, 1981; ARTHUR and PREMOLI SILVA, 1982; COCCIONI and others, 1987, 1989a, 1989b, 1989c; ERBA, 1988; PREMOLI SILVA and others, 1989; TORNAGHI and others, 1989). Legend as in figure 73.*



relazioni molto dettagliate e stime molto precise delle lacune. Inoltre, questa biostratigrafia ha permesso di ottenere una migliore stima dei tassi di sedimentazione.

*Diagenesi* – Negli Scisti a Fucoidi sono state osservate modificazioni diagenetiche che talora hanno completamente mascherato i segnali primari. Per stimare il tipo e l'intensità dei processi diagenetici, sono state condotte analisi semiquantitative e quantitative sul plancton calcareo, sui radiolari e sulla composizione della micrite di alcune porzioni degli Scisti a Fucoidi del pozzo Piobbico (ERBA, 1986, in prep.; PREMOLI SILVA ed altri, 1989; TORNAGHI ed altri, in stampa) e sulle serie di Poggio le Guaine e Fiume Bosso (COCCIONI ed altri, 1989b; COCCIONI in prep.).

La porzione aptiana degli Scisti a Fucoidi è fortemente modificata dalla diagenesi. La conservazione dei nannofossili calcarei e dei foraminiferi è generalmente scarsa; dissoluzione e ricristallizzazione sono molto frequenti e strettamente dipendenti dalla litologia. Le associazioni a nannofossili e a foraminiferi sono caratterizzate da una bassa diversità specifica (= n. di specie). La nannoflora è dominata da *Watznaueria barnesae*, mentre le associazioni a foraminiferi sono fortemente depauperate. La micrite è prevalentemente costituita da «micarbs» indicanti ingenti fenomeni di dissoluzione e ricristallizzazione verificatisi durante il seppellimento.

Una forte fase di dissoluzione è stata osservata nell'intervallo Aptiano sommitale-Albiano basale, come suggerito dalla bassissima diversità specifica e abbondanza totale sia dei nannofossili calcarei che dei foraminiferi planctonici. In entrambi i gruppi dominano le specie resistenti alla dissoluzione e i «micarbs» sono estremamente rari. Pertanto si pensa che la dissoluzione abbia agito all'interfaccia acqua-sedimento, precedentemente dunque al seppellimento.

Nell'Albiano medio-superiore dissoluzione e ricristallizzazione testimoniano il verificarsi di modificazioni diagenetiche. Comunque, l'elevata abbondanza totale e diversità specifica di nannofossili calcarei e foraminiferi planctonici, la presenza di forme moderatamente o fortemente suscettibili alla diagenesi e l'abbondanza limitata di «micarbs», suggeriscono lievi modificazioni diagenetiche che non hanno mascherato totalmente i caratteri primari.

*Ciclostratigrafia* – Gli Scisti a Fucoidi mostrano una spettacolare ritmicità espressa da pittoresche variazioni cromatiche e da fluttuazioni del carbonato.

and others, 1987, 1989a, 1989b; ERBA, 1988; TORNAGHI and others, in press). Planktonic foraminiferal biostratigraphy is based on the identification of 28 events, 11 zones and 2 subzones, whereas 10 nannofossil events and 7 zones were recognized (fig.77). The integrated foraminiferal and nannofossil zonation was verified in several sections throughout the Umbria-Marche basin obtaining a very detailed correlation and excellent estimate of hiatuses. Furthermore, this improved biostratigraphy allowed a more precise estimate of the accumulation rates.

*Diagenesis* – Diagenetic modifications were observed in the Scisti a Fucoidi, sometimes overprinting the primary signals. In order to estimate the type and degree of diagenesis, semiquantitative and quantitative analyses of calcareous plankton, radiolarians, and micrite composition were carried out on selected portions of the Piobbico core (ERBA, 1986, in prep.; PREMOLI SILVA and others, 1989; TORNAGHI and others, in press) and on the Poggio le Guaine - Fiume Bosso composite section (COCCIONI and others, 1989b; COCCIONI, in prep.).

The Aptian portion of the Scisti a fucoidi is strongly modified by diagenesis. Preservation of both foraminifers and calcareous nannofossils is usually poor; etching and overgrowth are depending upon the lithologies. Nannofossils and foraminiferal assemblages are generally characterized by a low diversity (= n. species). The nannoflora is dominated by *Watznaueria barnesae*, whereas small forms (hedbergellids and globigerinelloids) disappear from foraminiferal assemblages. Micrite is largely constituted by micarbs suggesting important dissolution and overgrowth during burial.

A strong dissolution phase occur in the uppermost Aptian-lowermost Albian. That is suggested by the extremely low diversity and total abundance of calcareous nannofossils and planktonic foraminifers. The most resistant species dominate the assemblages and micarbs are extremely rare. It is inferred that dissolution acted at the sediment/water interface. In the Middle and Upper Albian some diagenesis occur inducing dissolution and overgrowth. However, the fairly high total abundance and diversity of both calcareous groups, the occurrence of moderately to highly sensitive shapes to diagenesis and the limited abundance of «micarbs» suggest slight diagenetic modifications that didn't hide completely the primary characters.



Il primo studio focalizzato sulla ritmicità degli Scisti a Fucoidi è stato condotto da DE BOER (1982) che ha analizzato la sezione affiorante a Moria, dimostrando che la ciclicità litologica poteva essere spiegata con la cosiddetta «Teoria di Milankovitch». Questa teoria riguarda le variazioni ritmiche controllate dall'orbita terrestre, con periodi compresi tra 14.000 e 400.000 anni. I termini principali della «Banda di Frequenze di Milankovitch» sono:

- 1) il ciclo di precessione assiale della Terra che varia tra 14.000 e 26.000 anni e in media di circa 21.000 (in realtà bimodale, con picchi di 19.000 e 23.000 anni rispettivamente);
- 2) il ciclo della obliquità assiale, con periodo di circa 41.000 anni;
- 3) il ciclo corto dell'eccentricità orbitale, con periodo di circa 100.000 anni;
- 4) il ciclo lungo dell'eccentricità orbitale, con periodo di circa 400.000 anni.

DE BOER (1982) mostrò che la ritmicità della stratificazione è un'espressione del ciclo di precessione e del ciclo corto dell'eccentricità. Successivamente, lo studio quantitativo della ritmicità espressa nelle facies pelagiche del Bacino umbro-marchigiano fu esteso ad altre unità cretache (SCHWARZACHER e FISCHER, 1982; DE BOER e WONDERS, 1984; FISCHER e SCHWARZACHER, 1984) raggiungendo le medesime conclusioni.

Le variazioni dell'orbita terrestre possono controllare i sistemi sedimentari poichè influenzano la sedimentazione biogenica, l'apporto detritico e la diagenesi (= dissoluzione dei carbonati).

Per studiare in dettaglio i ritmi espressi negli Scisti a Fucoidi, si è carotato il pozzo Piobbico. Dettagliate analisi di carattere petrografico, geochimico (chimica organica ed inorganica), paleontologico e paleomagnetico sono state eseguite su un intervallo dell'Albiano superiore (Zona a *P. achlyostaurion* e Sottozona a *T. praeticinensis*) dove i ritmi sono particolarmente evidenti. Infatti questa porzione degli Scisti a Fucoidi consiste di alternanze di marne scure e calcari biancastri, in cui uno strato di marna e il successivo livello calcareo sono considerati una coppia, cioè il risultato di un singolo ciclo sedimentario. Le coppie (solitamente di circa 10 cm di spessore) sono raggruppate in «bundles» (= insieme di coppie), ciascuno costituito da 5 coppie. Generalmente in ogni «bundle» le due coppie centrali sono più spesse e più calcaree, mentre le coppie sottostanti e sovrastanti sono più sottili e più marnose.

*Cyclostratigraphy* – The Scisti a Fucoidi exhibit a striking rhythmicity expressed by picturesque chromatic variations and carbonate content fluctuations.

The first study of the rhythmicity recorded in the Scisti a Fucoidi appeared in 1982. DE BOER (1982) analysed the Moria section concluding that the lithological cyclicity could be related to the so-called "Milankovitch theory". This theory regards rhythms driven by the Earth's orbit with frequencies in the 14 kyr to 400 kyr range: The main terms in the "Milankovitch frequency" are:

- 1) the Earth's axial precession cycle varying between 14 kyr and 26 kyr and averaging about 21 kyr (actually bimodal, with peaks at 19 kyr and 23 kyr respectively);
- 2) the axial obliquity cycle with a 41 kyr period;
- 3) the short orbital eccentricity cycle with a period of about 100 kyr;
- 4) the long orbital eccentricity cycle with a period of about 410 kyr.

DE BOER (1982) pointed out that the bedding rhythmicity is an expression of the precessional and short eccentricity cycles. Later, the quantitative study of rhythmicity in the Umbria-Marche pelagic facies was extended also to other Cretaceous units (SCHWARZACHER and FISCHER, 1982; DE BOER and WONDERS, 1984; FISCHER and SCHWARZACHER, 1984) reaching the same conclusions.

Earth orbital variations can drive sedimentary systems, because they can influence biogenic sedimentation, detrital supply, and diagenesis (= carbonate dissolution).

In order to thoroughly investigate the Scisti a Fucoidi rhythms, the Piobbico core was specifically cut. Investigations of the petrography, chemistry, biota, and magnetism were focused on the Upper Albian portion of the core (*P. achlyostaurion* nanofossil Zone, *T. praeticinensis* foraminiferal subzone) where rhythms are particularly evident. In fact, this part of the Scisti a Fucoidi consists of alternate drab marls and whitish limestones, in which a bed of marl and the overlying more limy bed is considered as a couplet, the result of a single sedimentary cycle. Such couplets (generally about 10 cm thick) are grouped onto bundles averaging 5 couplets. Usually in each bundle the 1 or 2 central couplets tend to be thicker and more calcareous, whereas the marginal couplets are thinner and more shaly.

Nell'Albiano superiore sia il contenuto in carbonato che la trasparenza alla luce mostrano una nettissima evidenza di sedimentazione ritmica con periodi di 20.000, 100.000 e 400.000 anni, e pertanto strettamente influenzate dalle variazioni orbitali (HERBERT e FISCHER, 1986; HERBERT, 1987; FISCHER e HERBERT, 1988). Questa interpretazione è corroborata dalle fluttuazioni di abbondanza dei foraminiferi planctonici (misurata a scala millimetrica) che mostrano frequenze riconducibili all'eccentricità (116.000 anni), all'obliquità (44.000 anni) e alla precessione (14.000 anni). Inoltre, negli Scisti a Fucoidi carotati a Piobbico anche le variazioni magnetiche presentano picchi di 105.000, 40.000, 26.000 e 19.000 anni (NAPOLEONE e RIPEPE, in stampa).

FISCHER (in PREMOLI SILVA e ERBA, 1988) e FISCHER e HERBERT (1988) hanno correlato i cicli identificati nel pozzo Piobbico con quelli osservabili in alcune sezioni affioranti nel Bacino umbro-marchigiano riconoscendo la sequenza di coppie e «bundles» nelle sezioni di Erma, Monte Petrano, Moria e Gorgo a Cerbara.

I cicli degli Scisti a Fucoidi sono considerati dei cicli di produttività dovuti a fluttuazioni nell'apporto carbonatico di origine biogenica costituito principalmente da nannofossili calcarei e in minor misura da foraminiferi. L'apporto terrigeno totale sembra essere abbastanza costante (HERBERT ed altri, 1986; HERBERT, 1987; FISCHER e HERBERT, 1988), mentre il contenuto in  $\text{CaCO}_3$  mostra marcate fluttuazioni riflettendo variazioni della produttività carbonatica. Le variazioni nelle associazioni a nannofossili calcarei e foraminiferi planctonici sono in accordo con questa interpretazione. Infatti i nannofossili indicatori di alta fertilità e i foraminiferi planctonici «tolleranti» caratterizzano i livelli più ricchi in carbonato, e viceversa, suggerendo che i livelli più calcarei sono il risultato di un incremento nella produttività carbonatica primaria (ERBA, 1986; PREMOLI SILVA ed altri, 1989 in stampa; TORNAGHI ed altri, in stampa). Le alternanze di livelli più ricchi e meno ricchi in carbonato nella porzione albiana superiore degli Scisti a Fucoidi sono state guidate da cicli orbitali. Le coppie rappresentano la precessione, i «bundles» registrano i cicli corti dell'eccentricità e gruppi di «bundles» riflettono i cicli lunghi dell'eccentricità.

I periodi di alta e bassa precessione sono rappresentati rispettivamente da sedimenti più carbonatici e meglio ossigenati e da sedimenti meno ricchi in carbonato e poco ossigenati. L'interazione di obliquità ed eccentricità con la precessione, elide o enfatizza gli effetti di quest'ultima. Poiché la pro-

In the Upper Albian interval the carbonate content and the light transparency show a strong evidence of a rhythmic sedimentation with frequencies of 20 kyr, 100 kyr, and 400 kyr, thus believed to be related to orbital forcing (HERBERT and FISCHER, 1986; HERBERT, 1987; FISCHER and HERBERT, 1988). In addition the planktonic foraminiferal abundance (checked at 1 mm scale) shows frequencies close to the eccentricity (116 kyr), the obliquity (44 kyr), and the precessional (28 and 14 kyr) frequencies. In the fossil record of the Scisti a Fucoidi cored at Piobbico, cyclic magnetic variations occur with peaks in the same range (105, 40, 26 and 19 kyr) (NAPOLEONE and RIPEPE, in press).

FISCHER (reported in PREMOLI SILVA and ERBA, 1988) and FISCHER and HERBERT (1988) correlated the cycles identified in the Piobbico core to a few sections outcropping in the Umbria-Marche basin. The sequence of couplets and bundles was easily relocated in the Erma, Mt. Petrano, Moria and Gorgo a Cerbara.

The cycles in the pelagic Upper Albian Scisti a Fucoidi are regarded as productivity cycles due to fluctuations in carbonate supply. The carbonate of the Scisti a Fucoidi is of biogenic origin, chiefly nannofossil-derived with minor contributions from foraminifers. The total amount of terrigenous input appears to be roughly constant (HERBERT and others, 1986; HERBERT, 1987; FISCHER and HERBERT, 1988), while the  $\text{CaCO}_3$  content fluctuates markedly, thus reflecting changes in carbonate productivity. Indeed, planktonic foraminiferal and calcareous nannofossil assemblages vary consistently with this interpretation. The occurrence of high fertility Index among calcareous nannofloras along with "tolerant" planktonic foraminifers in the carbonate-rich layers, and *viceversa*, supports that carbonate-rich layers result from an increase in primary carbonate flux (ERBA, 1986; PREMOLI SILVA and others, 1989, in press.; TORNAGHI and others, in press.). The alternation of carbonate-rich and carbonate-poor sediments in the Upper Albian Scisti a Fucoidi was forced by orbitally driven climatic cycles. Bedding couplets reflect the Earth's precession, bundles record the short eccentricity cycles.

High and low precession times result in carbonate-rich more oxygenated sediments and in carbonate-poor oxygen-deficient sediments respectively. Obliquity and eccentricity interact with precession, eliding or enhancing the latter effects. Being carbonate productivity also positively correlated with eccentricity, it was greater in the hot

duttività carbonatica è positivamente correlata anche con l'eccentricità, essa è maggiore nelle estati di perielio quando la Terra si trova a distanza minima dal Sole. Gli episodi di stagnazione, generalmente espressi da livelli poveri in carbonato, sono più sviluppati durante i periodi di bassa eccentricità e nelle estati di afelio.

Gli Scisti a Fucoidi sono uno straordinario esempio pre-pleistocenico di cicli climatici controllati dai parametri orbitali. Tale ritmicità costituisce uno strumento potenziale per la ciclostratigrafia e permette di correlare successioni anche molto distanti tra loro con un'accuratezza dell'ordine di alcune decine di migliaia di anni.

*Descrizione della sezione s.s. Apecchiese* – La sezione s.s. Apecchiese è localizzata sul fianco occidentale dell'anticlinale di Monte Nerone, 3 Km ad Ovest di Piobbico (Marche), al Km 32.8 della s.s. 257 omonima (fig. 78). Le sue coordinate sono le seguenti: lat. N 42° 34' 47", long E 0° 01' 37" (Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 n.290 «Cagli»). La sezione è composta ed ha uno spessore complessivo di 60 metri. Include la porzione superiore della Maiolica (3 metri) e la porzione medio-inferiore degli Scisti a Fucoidi (37 metri), fino alla parte superiore del «membro marnoso verdastro». L'età è riferibile all'Aptiano inferiore p.p.-Albiano medio p.p. La sezione è ben esposta e stratigraficamente continua. La porzione basale degli Scisti a Fucoidi è coinvolta in uno «slump» senza peraltro che esistano evidenze di lacune stratigrafiche. Alcune faglie di modestissimo rigetto interessano la parte inferiore della sezione (da 10 a 16 metri sulla base) corrispondente alla porzione inferiore del «membro marnoso rossastro inferiore».

Lo studio lito-biostratigrafico e micropaleontologico della sezione è stato effettuato da COCCIONI ed altri (1987, 1989a, 1989b, 1989c). Nella presente nota è stata presa in considerazione la sua porzione inferiore (spessore 22 metri: ciascun metro è individuato da una placca metallica numerata) che risulta correlabile con le unità 16-19 del pozzo Piobbico (fig. 79).

Il limite tra la Maiolica e gli Scisti a Fucoidi è posto 3 metri al di sopra della base della sezione (fig. 80). La porzione sommitale della Maiolica è rappresentata da calcari grigiastri e grigio-verdastri, talora laminati e di spessore compreso tra 5 e 50 centimetri. Sono presenti alcuni sottili (1-3 centimetri di spessore) livelli marnoso-argillosi grigiastri e nerastrati («black-shales»). La selce si rinviene in liste e noduli di colore grigio e nero. Si osserva-

perihelical summers when the Earth was closest to the Sun. Anoxic episodes, usually expressed by carbonate-poor beds, tended to develop during times of low orbital eccentricity and aphelical summers.

The Scisti a Fucoidi are an excellent documentation of orbitally driven climatic cycles in pre-Pleistocene pelagic rocks. Their record implies a potential for cyclostratigraphy in which distant sequences can be correlated to an accuracy of some tens of thousands years.

*Description of the s.s. Apecchiese Section* – The s.s. Apecchiese section is located on the western limb of the Mt. Nerone anticline, 3 km west of the town of Piobbico (Marche), at km 32.8 of the northern side of the Apecchiese State Road No.257 (fig. 78). The coordinates of the section are: lat 42° 34' 47" N, long 0° 01' 37" E (Geological map of Italy, F.290 "Cagli" at the scale of 1:50.000). The section is a composite section for a total thickness of 60 m, the lowermost part of which outcrops along the road or just above it. The middle and upper portions outcrop along the little valley towards the west. It includes the uppermost portion of the Maiolica (3 m) and the lower to middle portion of the Scisti a Fucoidi (57 m), up to the upper part of the "Greenish marly member". The section spans the Early Aptian to Middle Albian time interval. It is well exposed and stratigraphically continuous. Some evidence of tectonic disturbances occur in the lowermost portion of the Scisti a Fucoidi being involved in a slumping zone. However, there are no evidence of major hiatuses. Some faults of very limited throw intersect the section from 10 m to 16 m ("Lower reddish marly member").

Litho-, biostratigraphy and micropaleontological analyses on the s.s. Apecchiese section are reported in COCCIONI and others (1987, 1989a, 1989b, 1989c). There the lower portion (total thickness = 22 m) of the section was analyzed in detail. It is correlatable with the stratigraphic interval corresponding to Units 16 to 19 of the Piobbico core (fig. 79). The outcrop is marked every meter with numbered metal plates.

The Maiolica/Scisti a Fucoidi boundary, equated to the last occurrence of black chert, is placed 3 m above the bottom of the sequence (fig. 80). The uppermost portion of the *Maiolica* (0 m to 3 m) is represented by very light grey to greenish-grey limestones, occasionally faintly laminated, and 5-50 cm thick. Some 1-3 cm thick dark-grey to black clayey marls (black shales) are recorded toge-

no abbondanti «burrows», sottili e di colore grigiastro; i fucoidi sono rari e di piccole dimensioni. I foraminiferi planctonici sono piccoli e ricristallizzati; la nannoflora è piuttosto abbondante ma scarsamente diversificata; i foraminiferi bentonici sono rari; i radiolari sono numerosi ma distribuiti in maniera disomogenea; occasionalmente sono orientati parallelamente al piano di stratificazione.

ther with dark-grey to black chert beds and nodules. Very abundant dark-grey wispy burrows and rare small-sized fucoids are observed. Calcareous nannofloras are frequent but poorly diversified. The planktonic foraminiferal faunas are small in size and recrystallized. benthic foraminifera are rare. Radiolarians are numerous: scattered and occasionally oriented parallel to bedding planes.

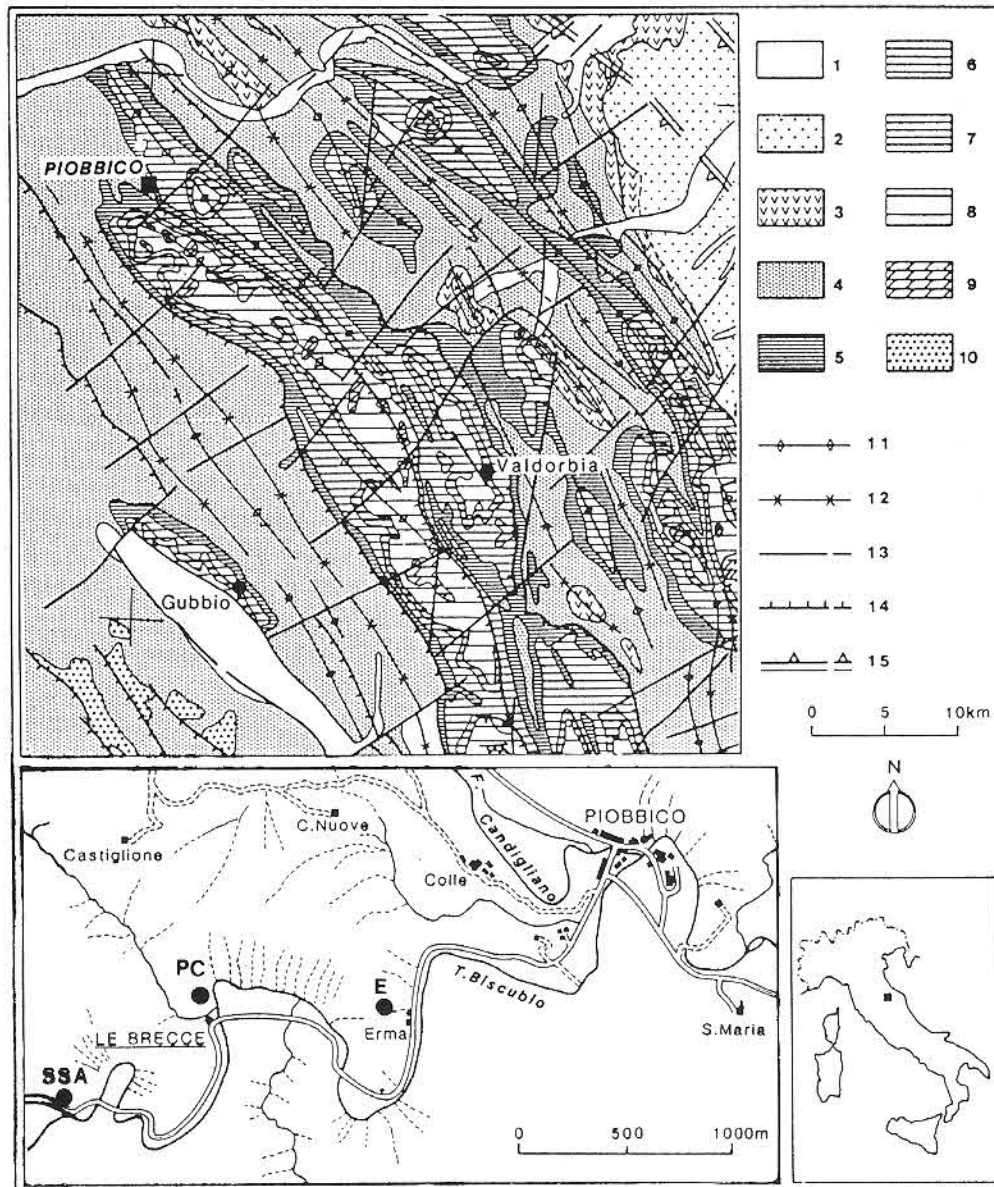


Fig. 78. - Carta geologica schematica dell'area investigata e localizzazione del Pozzo Piobbico (PC), della sezione di Erma (E) e della sezione s.s. Apecchiese (SSA). Legenda: (1) sedimenti continentali plio-quadernari; (2) sedimenti terrigeni marini plio-quadernari; (3) sedimenti evaporitici messiniani; (4) sedimenti terrigeni marini miocenici; (5) sedimenti pelagici paleoceno-oligoceenici; (6) sedimenti pelagici del Cretaceo superiore; (7) sedimenti pelagici del Cretaceo medio (= Scisti a Fucoidi); (8) sedimenti pelagici del Giurassico p.p.-Cretaceo inferiore; (9) sedimenti di piattaforma carbonatica del Triassico superiore-Giurassico inferiore p.p.; (10) unità alloctone; (11) anticlinale; (12) sinclinale; (13) faglia; (14) fronte di accavallamento; (15) faglia inversa sepolta (da ERBA, 1988, modificato).

- Geological sketch map of the study area showing the location of the Piobbico drilling site (PC), the Erma Section (E) and the s.s. Apecchiese section (SSA). Legend: (1) Quaternary-Pliocene continental sediments; (2) Quaternary-Pliocene marine terrigenous sediments; (3) Messinian evaporitic sediments; (4) Miocene marine terrigenous sediments; (5) Oligocene-Paleocene pelagic sediments; (6) Upper Cretaceous pelagic sediments; (7) Middle-Cretaceous pelagic sediments (= Scisti a Fucoidi); (8) Lower Cretaceous-Lower Jurassic p.p. pelagic sediments; (9) Lower Jurassic p.p.- Upper Triassic carbonate platform sediments; (10) alloctonous units; (11) anticlines; (12) synclines; (13) faults; (14) thrusts; (15) buried reverse fault (modified after ERBA, 1988).

Il «membro selcifero grigio-verdastro» (da 3 a 7.3 metri sulla base della sezione) può essere informalmente suddiviso, dal basso verso l'alto, in: «unità inferiore», «livello Selli», «unità superiore». Entrambe le unità sono costituite essenzialmente da calcari e calcari marnosi selciferi e, subordinatamente, da marne grigio-verdastre. Lo spessore degli strati è compreso tra 5 e 30 centimetri. Non sono presenti livelli «black-shales». Il «Livello Selli» ha uno spessore di 2.1 metri (fig. 80). È rappresentato da un'alternanza di argilliti laminate, talora bioturbate, di colore grigio-oliva, grigio-verdastro, grigio-nerastro e nero con livelli siltosi e/o sabbiosi a radiolari di spessore compreso tra 1 e 6 centimetri (fig. 81). Le argilliti grigio-verdastre e i livelli a radiolari sono tipicamente bioturbati. Sono presenti frequenti noduli di pirite. Il «Livello Selli» è suddivisibile in due intervalli che, dal basso verso l'alto, sono denominati rispettivamente «intervallo verde» (1.8 metri di spessore) e «intervallo nero» (0.82 metri di spessore). Le associazioni a nannofossili calcarei dell'«unità inferiore» sono relativamente più abbondanti che nella Maiolica ma sono ancora caratterizzate da scarsa conservazione e da limitata diversità specifica. Nel «Livello Selli» si nota un netto decremento in abbondanza ed un'enfatizzazione della dissoluzione. La nannoflora è caratterizzata da *Assipetra infracretacea* peculiarmente rappresentata da esemplari di grandi dimensioni. Nell'«unità superiore» l'associazione a nannofossili è molto simile a quella dell'«unità inferiore» se si esclude un incremento della diversità specifica. Analogamente a quanto riscontrato nella porzione sommitale della Maiolica, le associazioni a foraminiferi planctonici delle unità «inferiore» e «superiore» sono rappresentate da piccoli esemplari, peraltro mal conservati. I foraminiferi bentonici sono rari. I radiolari, essenzialmente ricristallizzati, sono abbondanti; essi sono distribuiti in modo sparso o concentrati in particolari livelli. In particolare, i radiolari rappresentano l'unica componente microfaunistica del «Livello Selli» nel quale risultano generalmente abbondanti e per lo più concentrati in

The «Greenish-grey cherty member» (3.0 m to 7.3 m) can be informally subdivided from bottom to top as follows: Lower unit, «Livello Selli» and Upper unit. Both Lower and Upper units consists primarily of cherty limestones and marly limestones, and subordinate marls, greenish-grey in color and 5-30 cm thick. Black-shale layers are absent. The *Livello Selli* is 2.1 m thick (fig. 80). It consists of laminated to bioturbated olive-grey, greenish-grey and dark-grey to black mudstones and shales alternated with thirteen greyish-yellow, olive-grey and medium to darkgrey radiolarians silty / sandy layers 1 to 6 cm thick (fig. 81). The greenish-grey mudstones and the radiolarian layers are typically bioturbated. Within the «Livello Selli» two intervals can be distinguished: The «green interval» (1.28 m thick) and, above it, the «black interval» (0.82 m thick) that are exclusively differentiated on the basis of colors. Pyrite nodules are frequent.

The calcareous nannofossil assemblages of the Lower unit is relatively more abundant than in the underlying Maiolica. Preservation is still poor and diversity low. A sharp decrease in nannofloral abundance is recorded in the «Livello Selli» where strong evidence of dissolution is observed. There the nannofossil assemblages are characterized by common peculiarly large-sized *Assipetra infracretacea*. In the Upper unit nannofloras are very similar to those of the Lower unit. Only diversity records a sharp increase in the uppermost portion.

Throughout both the Lower and the Upper units planktonic foraminiferal faunas are almost similar to those of the underlying Maiolica in that they are small-sized and poorly preserved. Benthic foraminifera are rare. Recrystallized radiolarians are numerous, either as scattered specimens or as radiolarians bands. Radiolarians are the exclusively microfaunal component of the «Livello Selli». They are usually abundant, the highest concentration occurring in the radiolarian silty/sandy layers. Their walls are often replaced with pyrite which sometimes fills the test. In the radiolarian

Fig. 79. — Litostratigrafia e biostratigrafia integrata a nannofossili calcarei e foraminiferi planctonici della sezione campionata lungo la s.s. Apecchiese. Legenda: (1) calcare grigiastro, bioturbato, talora laminato; (2) calcare grigio-verdastro, bioturbato; (3) calcare marnoso grigio-verdastro e/o rossastro, bioturbato; (4) marna calcarea grigio-verdastro e/o rossastro, bioturbata; (5) marna grigio-verdastro e/o rossastro, bioturbata; (6) livello siltoso e/o sabbioso a radiolari; (7) argillite grigio-verdastro, bioturbata; (8) argillite grigio-oliva, laminata; (9) argillite marrone e/o nera, laminata; (10) intervallo slumpizzato; (11) lenti (a), e noduli (b), di selce grigio-verdastro e/o grigio-oliva; (13) noduli di pirite.

— Lithostratigraphy and integrated calcareous nannofossil- planktonic foraminiferal biostratigraphy of the s.s. Apecchiese section. Legend: (1) bioturbated, occasionally laminated, very light to medium grey limestone; (2) bioturbated greenish-grey limestone; (3) bioturbated greenish-grey and dark red to reddish-brown calcareous marls; (4) bioturbated greenish-grey and dark red to reddish-brown marl; (5) bioturbated greenish-grey and dark red to reddish-brown marl; (6) radiolarian-rich silty/sandy layer; (7) bioturbated greenish-grey mudstone; (8) laminated olive-grey mudstone; (9) laminated moderately brown to brownish-black and dark grey to black mudstone, shale and fissile marlstone; (10) slumped interval; (11) dark grey to black chert beds (a) and nodules (b); (12) greenish-grey and light olive-grey cherty beds (a) and nodules (b); (13) pyrite nodules.

FORMATION	MEMBER	DEPTH (m)	LITHOLOGY	ZONES		AGE																									
				CALCAREOUS NANNOFOSSILS	PLANKTONIC FORAMINIFERA																										
SCISTI A FUCOIDI	MEMBER	22		EVENTS	PLANKTONIC FORAMINIFERA EVENTS	ZONES	AGE																								
		21						<ul style="list-style-type: none"> <li>G. algerianus</li> <li>P. cheniourensis</li> <li>H. rhinoceros</li> <li>H. trocoidea</li> <li>H. gorbachikae</li> <li>G. algerianus</li> <li>H. praetrocoidea</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>H. delrioensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. blowi</li> <li>G. maridalensis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>																					
		20									<ul style="list-style-type: none"> <li>P. angustus</li> <li>C. litterarius</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>																		
		19												<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>																
		18														<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>														
		17																<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>												
		16																		<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>										
		15																				<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>								
		14																						<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>						
		13																								<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>				
		12																										<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>		
		11																												<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>
		10																													
9	<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>																													
8			<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>																											
7					<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>																									
6							<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>																							
5									<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>																					
4											<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>																			
3													<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>																	
2															<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>															
1																	<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>													
0																			<ul style="list-style-type: none"> <li>H. trocoidea</li> <li>G. algerianus</li> <li>G. ferreolensis</li> <li>L. cabri</li> <li>G. maridalensis</li> <li>G. blowi</li> <li>G. duboisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>APTIAN</li> <li>LATE</li> <li>APTIAN</li> <li>EARLY</li> </ul>											

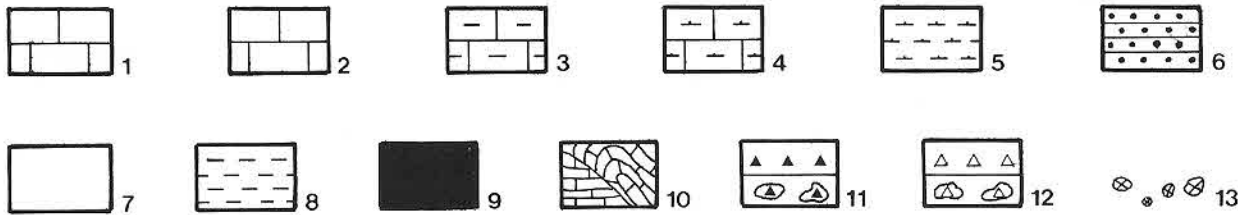




Fig. 80. – Sezione della s.s. Apecchiese: sono visibili il limite Maiolica/Scisti a Fucoidi ed il «membro selcifero grigio-verdastro», quest'ultimo comprendente il «Livello Selli».

– The contact between the Maiolica and the Scisti a Fucoidi and the “Lower cherty member, which includes the “Livello Selli”, exposed at the s.s. Apecchiese section.



Fig. 81. – Sezione della s.s. Apecchiese, particolare del «Livello Selli». Si notino i livelli giallastri siltoso-sabbiosi, contenenti radiolari, intercalati ad argille grigio-verdi e grigio scure.

– Close-up of the “Livello Selli”, exposed at the s.s. Apecchiese section. Note the greysb-yellow radiolarian-rich silty/sandy layers alternating with greenish-grey and dark grey mudstones.



Fig. 82. – Sezione s.s. Apecchiese: «membro marnoso rosso inferiore», costituito da marne e marne calcaree prevalentemente rosse e occasionalmente grigio-verdi.

– S.s. Apecchiese section: the “Lower reddish member”, consisting of predominantly reddish and occasionally greenish-grey marls and calcareous marls.



Fig. 83. – s.s. Apecchiese, sezione di Erma: è visibile la porzione albiana superiore degli Scisti a Fucoidi. La sedimentazione ciclica è espressa da alternanze ritmiche di marne scure e calcari biancastri. FISCHER (in PREMOLI SILVA e ERBA, 1988) e FISCHER e HERBERT (1988) hanno distinto 15 «bundles» che rappresentano circa 100.000 anni ciascuno.

– S.s. Apecchiese. Upper Albian part of the Scisti a Fucoidi at the Erma Section. Note the cyclic sedimentation, expressed as rhythmically spaced drab marls and whitish limestones. FISCHER (in PREMOLI SILVA and ERBA, 1988) and Fischer and Herbert (1988) have distinguished 15 bundles representing about 100,000 years each.



livelli. La parete dei loro gusci è spesso piritizzata; talora la pirite è presente anche al loro interno. Nei livelli siltosi e/o sabbiosi a radiolari i gusci di questi microfossili sono costantemente riempiti da calcedonio fibroso-raggiato. I radiolari sono riferibili ai seguenti generi: *Archeodictyomitra*, *Cenosphaera*, *Dictyomitra*, *Eucyrtis*, *Hagiastrium*, *Holocryptocranium*, *Sethocapsa*, *Sticocapsa* e *Spongodiscus*. Il «Livello Selli» contiene abbondanti resti di pesci che si rinvencono principalmente sotto la veste di scaglie e vertebre.

La rimanente parte della sezione è riferibile alla porzione inferiore del «membro marnoso rossastro inferiore» (fig. 82). Essa è rappresentata da un'alternanza di marne e marne calcaree prevalentemente rossastre e subordinatamente verdastre con calcari marnosi. Lo spessore degli strati è compreso tra i 2 e i 40 centimetri. Si rinvencono rare e sottili intercalazioni di marne argillose rossastre. Non sono presenti livelli «black-shales». I livelli a radiolari sono numerosi e si osservano frequenti e sottili «burrows». Alla base di questo intervallo il colore della selce da grigio-verdastro passa a rossastro. Il cambiamento di colore riscontrato dal «membro selcifero grigio-verdastro» al «membro rossastro inferiore» riflette un più alto stato di ossidazione e una diminuzione del contenuto in materia organica e pirite. In questa porzione della sezione i nannofossili calcarei sono piuttosto abbondanti e diversificati. La conservazione è discreta: evidenze di ricristallizzazione sono state osservate nei livelli più calcarei. Nella porzione inferiore di questo intervallo i foraminiferi planctonici sono essenzialmente rari, piccoli e mal preservati. Al contrario, da 13.5 metri fino alla sommità della sezione le associazioni a foraminiferi planctonici sono generalmente abbondanti e diversificate in specie; inoltre, gli esemplari hanno dimensioni maggiori e sono meglio conservati. I foraminiferi bentonici sono rari e distribuiti in modo sparso. I radiolari sono numerosi, prevalentemente ricristallizzati e orientati parallelamente al piano di stratificazione; essi decrescono leggermente in abbondanza nella porzione superiore della sezione. È interessante osservare che non sembra esistere relazione tra l'abbondanza dei foraminiferi planctonici e la litologia e/o il colore. I radiolari sono generalmente più numerosi nei calcari marnosi-grigio-verdastri.

*Biostratigrafia a nannofossili calcarei* – I nannofossili calcarei sono rari-abbondanti e le fluttuazioni nell'abbondanza totale sono correlabili con le variazioni litologiche (vedi sopra). Solo due livelli

silty/sandy layers the radiolarian tests are constantly filled with radiating masses of calcedony. Radiolarians belong to the following genera: *Archeodictyomitra*, *Cenosphaera*, *Dictyomitra*, *Eucyrtis*, *Hagiastrium*, *Holocryptocranium*, *Sethocapsa*, *Sticocapsa* and *Spongodiscus*. Moreover, the «Livello Selli» contains abundant fish remains, which occur mainly as scales and vertebrae, commonly along parting in the mudstones and shales.

The remainder of the section up to the top is referable to the lower part of the «Lower reddish marly member» (fig. 82). It consists of alternating dominantly dark-red to red-brown, occasionally green in color, marls and calcareous marls with subordinate marly limestones, 2-40 thick. Rare thin reddish clayey marls occur. Black shale layers are absent. Numerous radiolarian horizons occur. Frequent dark grey wispy burrows are recognizable. At the base of this interval the greenish-grey cherty beds become red. This change reflects higher oxidation state and a resulting decrease in organic matter and pyrite content.

In this portion of the section calcareous nannofossils are fairly abundant and diversified. Preservation is moderate: evidence of overgrowth occurs especially in the limy beds. Planktonic foraminifera are almost rare, small in size, and poorly preserved in the lower part of the member. They become significantly more abundant, diversified in species, larger in size and moderately better preserved from the 13.5 m upwards. Benthic foraminifera are rare and scattered throughout this portion of the section. Radiolarians predominantly recrystallized, and oriented parallel to bedding are numerous. They slightly decrease in abundance in the upper part of the section. It is worth noting that the abundance of planktonic foraminifera lacks correlation with specific lithology and colors. Highest percentages of radiolarians usually occur within greenish-grey marly limestones.

*Calcareous nannofossil biostratigraphy* – Calcareous nannofossils are rare to abundant showing fluctuations in their total abundance depending on the lithology (see above). Only two layers from the «Livello Selli» (samples m 5.0 and m 6.0) are barren of nannofossils.

*Rucinolithus irregularis* is continuously observed from the bottom of the section. The first occurrence (= FO) of *Lithastrinus floralis* is recorded in sample m 7.0. *Parhabdololithus angustus* is very rare from its first appearance (sample m 10.0) upwards.

campionati nel «Livello Selli» (campioni metro 5.0 e metro 6.0) sono risultati sterili.

*Rucinolithus irregularis* è presente fin dal campione più antico. La prima comparsa (= PC) di *Lithastrinus floralis* è stata osservata nel campione al metro 7.0, mentre quella di *Parhabdolithus angustus*, sempre estremamente raro, è stata riscontrata nel campione al metro 10.0. Non sono state osservate né la scomparsa di *Assipetra infracretacea* né la PC di *Nannoconus regularis*. Infatti, in base a correlazioni con la litobiostratigrafia del pozzo Piobbico, entrambi i bio-orizzonti dovrebbero verificarsi circa 2-3 metri sopra il campione più recente della sezione s.s. Apecchiese.

La parte basale della sezione (dal metro 0 al metro 7.0) è correlabile con la porzione superiore dell'intervallo stratigrafico corrispondente alla Zona a *Chiastozygus litterarius* di THIERSTEIN (1973), mentre in base alla PC di *L. floralis*, la parte superiore della sezione (dal metro 7 fino alla sommità) è attribuita alla parte inferiore della Zona a *Parhabdolithus angustus* di THIERSTEIN (1973) e di ERBA (1988).

*Biostratigrafia a foraminiferi planctonici* – Sebbene i foraminiferi planctonici, come sopra descritto, non siano distribuiti costantemente lungo l'intera sezione, tuttavia essi forniscono una testimonianza biostratigrafica pressochè continua attraverso la stessa.

Sono stati riconosciuti 1 bioeventi, principalmente sulla base dell'esame dei residui di lavaggio. Essi sono i seguenti (dal basso verso l'alto): PC di *Globigerinelloides maridalensis* (metro 3.0), PC di *Globigerinelloides blowi* (metro 6.6), PC di *Leopoldina cabri* (metro 6.8), PC di *Globigerinelloides ferreolensis* e *Hedbergella delriolensis* (metro 7.5), PC di *Hedbergella praetrocoidea* (metro 8.0), PC di *Globigerinelloides algerianus* (metro 9.8), PC di *Hedbergella gorbachikae* (metro 10.0), PC di *Hedbergella trocoidea* (metro 11.0), PC di *Hedbergella rhinoceros* (metro 13.5), PC di *Planomalina chenourensis* (metro 17.5) e scomparsa di *Globigerinelloides algerianus* (metro 18.0).

Gli eventi riconosciuti permettono di applicare lo schema zonale standard (v. LONGORIA, 1974; PREMOLI SILVA ed altri, 1977; SIGAL, 1977; ARTHUR e PREMOLI SILVA, 1982; CARON, 1985; COCCIONI ed altri, 1989a, 1989b; PREMOLI SILVA ed altri, 1989; TORNAGHI ed altri, 1989). Sono state identificate le seguenti zone (dal basso verso l'alto): 1) Zona a *Globigerinelloides duboisi* p.p. (dal metro 0 al metro 2.0), 2) Zona a *Globigerinelloides maridalensis*/*Globigerinelloides blowi* (dal metro 2.0 al metro 6.89), 3) Zo-

Neither the last occurrence (= LO) of *Assipetra infracretacea* nor the FO of *Nannoconus regularis* are recorded. In fact, on the basis of the Piobbico core litho- and biostratigraphy, these biohorizons should occur 2-3 meters above the youngest sample of the s.s. Apecchiese section.

The lower portion of the section (from bottom to sample m 7.0) is correlatable with the upper portion of the stratigraphical interval corresponding to the *Chiastozygus litterarius* Zone of THIERSTEIN (1973). On the basis of the FO of *L. floralis*, the upper portion of the section (from sample m 7.0 upwards) is attributed to the lower part of the *Parhabdolithus angustus* Zone of THIERSTEIN (1973) and ERBA (1988).

*Planktonic foraminiferal biostratigraphy* – Planktonic foraminifera, although unevenly distributed as described above, provide an almost continuous biostratigraphic record throughout the section itself.

Twelve bioevents were recognized mainly on the identification of taxa from the washed residues. From the oldest to the youngest they are: the first occurrence (= FO) of *Globigerinelloides maridalensis* (m 3.6), the FO of *Globigerinelloides blowi* (m 6.6), the FO of *Leopoldina cabri* (m 6.8), the FO of *Globigerinelloides ferreolensis* and the FO of *Hedbergella delriolensis* (m 7.5), the FO of *Hedbergella praetrocoidea* (m 8.0), the FO of *Globigerinelloides algerianus* (m 9.8), the FO of *Hedbergella gorbachikae* (m 10.0), the FO of *Hedbergella trocoidea* (m 11.0), the FO of *Hedbergella rhinoceros* (m 13.5), the FO of *Planomalina chenourensis* (m 17.5) and the last occurrence of *Globigerinelloides algerianus* (m 18.0).

The recognized events allow us to apply the standard zonal scheme (i.e., LONGORIA, 1974; PREMOLI SILVA and others, 1977; SIGAL, 1977; ARTHUR and PREMOLI SILVA, 1982; CARON, 1985; COCCIONI and others, 1989a, 1989b; PREMOLI SILVA and others, 1989; TORNAGHI and others, in press.). The following six zones were identified (from bottom to top): 1) *Globigerinelloides duboisi* Zone p.p. (0 m to 2.0 m), 2) *Globigerinelloides maridalensis* / *Globigerinelloides blowi* Zone (2.0 m to 6.8 m), 3) *Leopoldina cabri* Zone (6.8 m to 7.5 m), 4) *Globigerinelloides ferreolensis* Zone (7.5 m to 9.8 m), 5) *Globigerinelloides algerianus* Zone (9.8 m to 18.00 m), 6) *Hedbergella trocoidea* Zone p.p. (18.00 m to 22.00 m).

*Description of the Erma section* – This section is located close to the Apecchiese State Road No. 257 km 36.5 (fig. 78). Here the Upper Albian portion of the Scisti a Fucoidi crops out (*P. achlyostaurion*

na a *Leupoldina cabri* (dal metro 6.8 al metro 7.5), 4) Zona a *Globigerinelloides ferreolensis* (dal metro 7.5 al metro 9.8), 5) Zona a *Globigerinelloides algerianus* (dal metro 9.8 al metro 18.00), 6) Zona a *Hedbergella trocoidea* p.p. (dal metro 18.0 al metro 22.0).

*Descrizione della sezione di Erma* – Questa sezione è ubicata in vicinanza del Km 36.5 della s.s. Appecchiese n. 257 (fig. 78). Qui affiora la porzione albiana superiore degli Scisti a Fucoidi (Zona a *P. achlyostaurion* e Sottozona a *T. praeticinensis*) in cui è possibile osservare la sedimentazione ciclica espressa da coppie e «bundles» di marne scure e calcari biancastri (fig. 84). Questa sezione è stata misurata da FISCHER e HERBERT (1988) che vi hanno distinto 15 «bundles» (rappresentanti circa 100.000 anni ciascuno) perfettamente correlabili con i «bundles» coevi identificati della carota di Piobbico (fig. 84).

nannofossil Zone, *T. praeticinensis* foraminiferal subzone). The cyclic patterns are expressed by drab marl - whitish limestone couplets and bundles (fig. 83). This section was measured by FISCHER and HERBERT (1988) who distinguished 15 bundles (about 100 kyr each) perfectly related to coeval «bundles» of the Piobbico core (fig. 84).

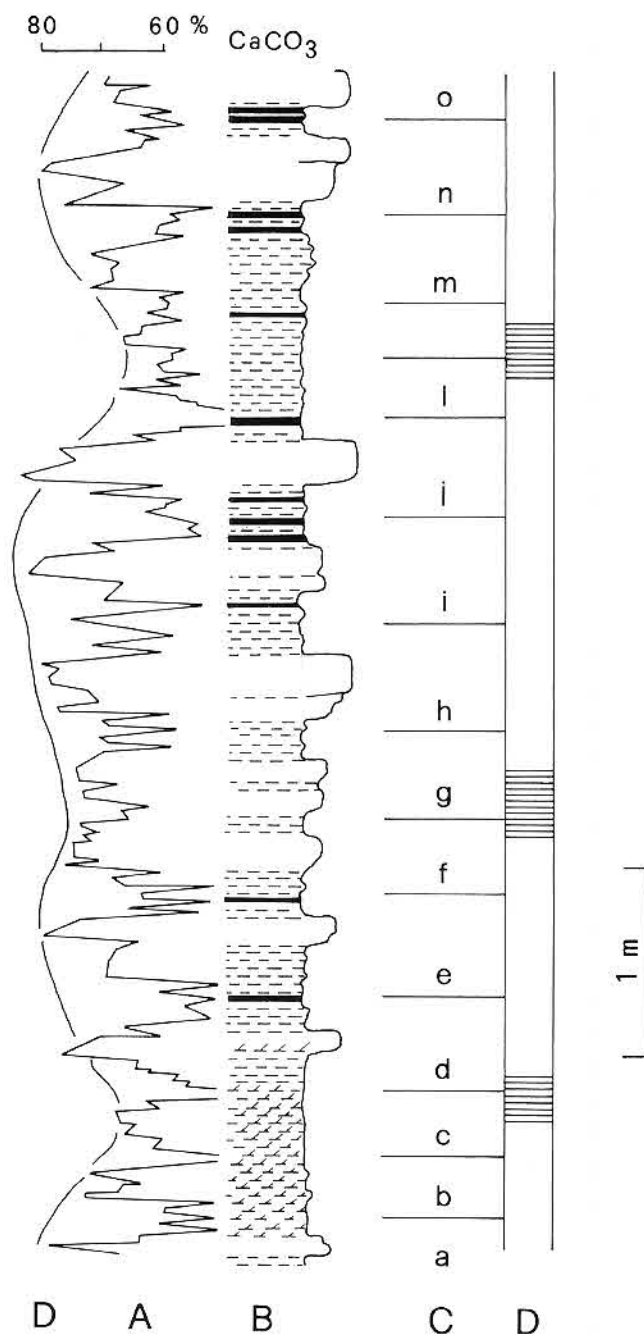


Fig. 84. – Curva del carbonato di calcio elaborata per il Pozzo Piobbico correlata con la sezione misurata ad Erma. (A) curva del carbonato del Pozzo Piobbico; (B) colonna litologica della sezione di Erma; (C) cicli corti dell'eccentricità; (D) cicli lunghi dell'eccentricità (da FISCHER e HERBERT, 1988, modificato).

– Calcium carbonate profiles of the Piobbico well core and the surface section measured at Erma compared. Legend: (A) calcium carbonate curve of the Piobbico well core; (B) lithologic column of the Erma Section; (C) short term eccentricity cycles; (D) long term eccentricity cycles (after FISCHER and HERBERT, 1988, modified).