

## Il Paleogene inferiore in facies pelagica nel Veneto nord-orientale

CLAUDIA AGNINI<sup>(1)</sup>, EDOARDO DALLANAVE<sup>(1)</sup>, ELIANA FORNACIARI<sup>(1)</sup>, LUCA GIUSBERTI<sup>(1)</sup>, PAOLO GRANDESSO<sup>(1)</sup>, DOMENICO RIO<sup>(1,2)</sup>, CRISTINA STEFANI<sup>(1)</sup>, JAN BACKMAN<sup>(3)</sup>, LUCA CAPRARO<sup>(1)</sup>, LUCA LANCI<sup>(4,5)</sup>, VALERIA LUCIANI<sup>(6)</sup>, GIOVANNI MUTTONI<sup>(5,7)</sup>, HEIKO PÄLIKE<sup>(8)</sup>, DAVID SPOFFORTH<sup>(8)</sup> & FABIO TATEO<sup>(2)</sup>

### ABSTRACT

#### The early Paleogene in the north-eastern Veneto region

The Early Paleogene was the time when the Earth experienced a pronounced warming trend that peaked with the Early Eocene Climatic Optimum (EECO; 52 to 50 Ma). This long-term climate trend is punctuated by short-lived warming events such as the Paleocene-Eocene Thermal Maximum (PETM), the ELMO event, and additional events. The available paleoclimatic records suggest that the Earth climate system, after the EECO, underwent a cooling trend eventually crossing a major threshold at the base of the Oligocene, when the modern icehouse world became definitively established. Here, we present integrated stratigraphic data from several sections located in the Venetian Southern Alps (Italy), spanning from the K-T boundary to Late Eocene. These results improve our knowledge on the Paleogene pelagic sediments outcropping in the Veneto region and could help in shading light on the Paleogene paleoclimate.

*Key words: Italy, Paleoclimate, Paleogene, Stratigraphy.*

### INTRODUZIONE

In Italia i sedimenti pelagici mesozoici e paleogenici depositi nel paleo Oceano della Tetide sono superbamente preservati nelle classiche sezioni affioranti nell'Appennino umbro-marchigiano nell'Italia centrale, ad esempio nella

sezione di riferimento di Gubbio (p.es., LUTERBACHER & PREMOLI SILVA, 1964). Sedimenti pelagici del Cretaceo e del Paleogene inferiore affiorano estesamente anche nelle Alpi Meridionali (Sudalpino, Italia settentrionale), e il loro studio ha consentito la stesura di alcuni fondamentali lavori relativi alla stratigrafia di questo intervallo di tempo (p.es., BOLLI, 1975; CHANNELL *et alii*, 1979; CHANNELL *et alii*, 1987; CHANNELL & GRANDESSO, 1987). Nonostante le potenzialità del record stratigrafico affiorante nel Sudalpino fossero note fin dagli anni '60, esse non sono mai state adeguatamente studiate rimanendo quindi per lo più sconosciute alla comunità scientifica internazionale. La "recente" riscoperta nella parte nord-orientale della regione Veneto di aree di eccezionale interesse non può far dimenticare che la prima zona ad essere esplorata e studiata fu quella situata nel settore centro-



Fig. 1 – Inquadramento geografico delle sezioni studiate in prossimità del fiume Piave (Alpi Meridionali, Italia nord-orientale). – Location of the studied sections in the Southern Alps (NE Italy) along the Piave River Valley.

(1) Dipartimento di Geoscienze, Università di Padova, Padova, Italy.

(2) Istituto di Geoscienze e Georisorse - CNR-Padova c/o Dip. di Geoscienze, Università di Padova, Padova, Italy.

(3) Department of Geology and Geochemistry, Stockholm University, SE-106 91 Stockholm, Sweden.

(4) Istituto di Dinamica Ambientale, Università di Urbino, Urbino, Italy.

(5) Alpine Laboratory of Paleomagnetism, Peveragno (Cn), Italy.

(6) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Ferrara, Ferrara, Italy.

(7) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano, Milano, Italy.

(8) School of Ocean & Earth Science, National Oceanography Centre, University of Southampton, Southampton, United Kingdom

Agnini Claudia: Tel. 0498272068; Fax 0498272070; [claudia.agnini@unipd.it](mailto:claudia.agnini@unipd.it)

Lavoro eseguito nell'ambito dei progetti MIUR/PRIN COFIN 2001-2003-2005 (coordinatore nazionale I. Premoli Silva).

occidentale della regione. Infatti, in quest'area sono presenti sedimenti di mare basso, spesso assai fossiliferi, che furono disegnati nel primo profilo geologico ad opera di Giovanni ARDUINO (1759) ed utilizzati per la sua prima, seppur rudimentale, suddivisione della Scala del Tempo Geologico. Il celeberrimo "Fossil-Lagerstätten" a pesci dell'Eocene Inferiore di Bolca (provincia di Verona), noto a livello mondiale e

studiato sin dal 1552, si trova proprio in questa parte della regione, così come lo stratotipo storico del Priaboniano (Eocene Superiore, in provincia di Vicenza; fig. 1).

### L'EVOLUZIONE CLIMATICA DURANTE IL PALEOGENE INFERIORE

La complessa evoluzione climatica che portò la Terra dal regime Greenhouse al regime Icehouse è oggetto di articolati progetti di ricerca a livello internazionale (es.: Ocean Drilling Program – ODP e Integrated Ocean Drilling Program – IODP). In particolare, gli episodi di riscaldamento globale documentati nel record geologico nel Paleogene inferiore costituiscono, seppure entro certi limiti, un analogo della situazione che stiamo vivendo e dei possibili scenari futuri (ZACHOS *et alii*, 2001; 2005). Queste tematiche raccolgono sempre crescenti interessi ed è proprio in questo contesto che, fin dal 2000, un gruppo di ricerca afferente per lo più al Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova, ha deciso di intraprendere lo studio sistematico dei sedimenti pelagici del Paleogene inferiore affioranti nel Veneto orientale (fig. 1; Prealpi Venete, nelle province di Belluno e Treviso).

In questi anni il gruppo ha lavorato con l'obiettivo di ricostruire, attraverso analisi biomagnetostratigrafiche e geochemiche, una successione composta completa che si estenda dal Cretaceo superiore all'Eocene Superiore combinando varie sezioni site in aree d'esposizione ottimali (fig. 2). Questa strategia ha consentito negli anni di ottenere una documentazione completa del Paleogene inferiore contribuendo ad implementare le conoscenze della geologia regionale di questo settore delle Alpi Meridionali e ad integrare i dati raccolti nel resto del mondo in sezioni su terra ma soprattutto nell'ambito del progetto ODP-IODP. I sedimenti pelagici mesozoici e paleogenici affioranti estesamente nelle Alpi Meridionali hanno registrato l'evoluzione della Tetide centro-occidentale e forniscono un record completo ed espanso. L'utilizzo di tutti i dati ad oggi disponibili fornisce quindi lo strumento più potente a nostra disposizione per raggiungere una prospettiva globale dell'evoluzione climatica e biotica del Paleogene inferiore.

### IL PALEOGENE INFERIORE IN VENETO ORIENTALE

L'inquadramento geologico e l'assetto strutturale della Valbelluna e delle zone ad essa adiacenti sono stati ampiamente sviscerati in alcuni importanti lavori nel corso degli ultimi 40 anni (DI NAPOLI ALLIATA *et alii*, 1970; BERNOULLI & JENKYN, 1974; GRANDISSO, 1975; BERNOULLI *et alii*, 1979; CHANNELL & MEDIZZA, 1981; WINTERER & BOSELLINI, 1981; DOGLIONI & BOSELLINI, 1987; BOSELLINI, 1989; CHANNELL *et alii*, 1992; COSTA *et alii*, 1996;), fornendoci un adeguata cornice geologico-regionale ed evidenziando, una volta in più, le grandi potenzialità insite nel record pelagico del Paleogene inferiore. Le successioni sedimentarie paleogeniche di mare profondo sono estesamente affioranti e costituiscono un prezioso serbatoio da cui è possibile estrarre una incredibile quantità di dati ed

informazioni. L'inserimento dei nostri studi in un ambito paleoclimatico rende necessaria una breve e peraltro ampiamente condivisa introduzione sull'evoluzione climatica del Paleogene inferiore essenzialmente basata sul record degli isotopi stabili dell'ossigeno misurato sui foraminiferi bentonici (ZACHOS *et alii*, 2001). Il Paleogene inferiore rappresenta un periodo critico nella storia climatica della Terra, da un regime "greenhouse", che culmina con l'Optimum Climatico

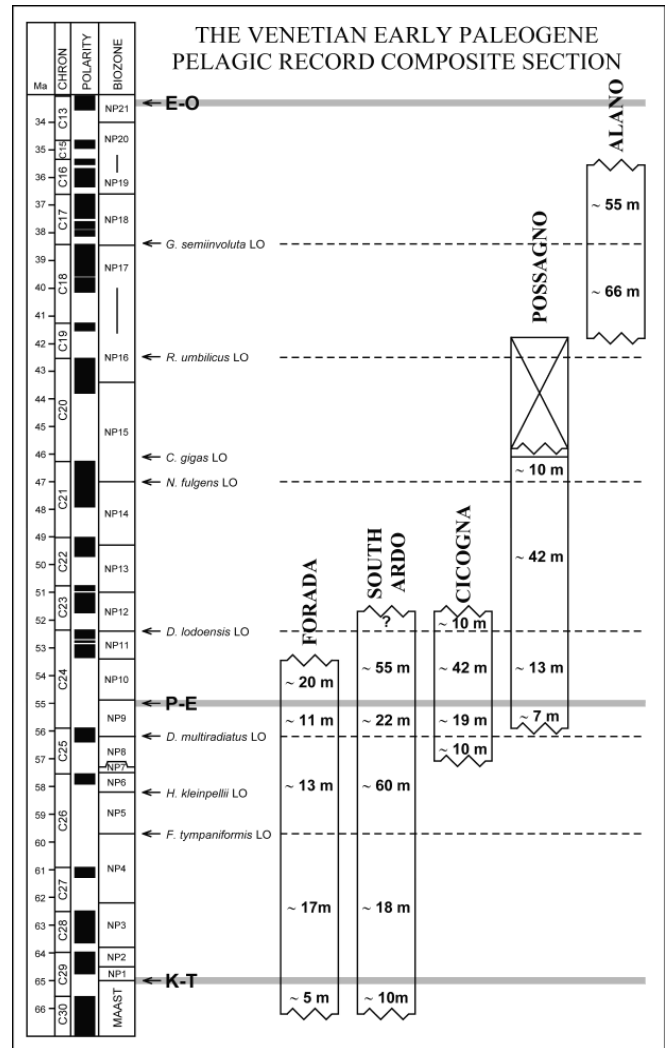


Fig. 2 – Sezione composta del record pelagico del Paleogene inferiore nel Veneto nord-orientale (NE Italia). Bio-magnetostratigrafia da BERGGREN *et alii* (1995) e CANDE & KENT (1995). Biostratigrafia a nanofossili calcarei da MARTINI (1971). – *The Venetian early Paleogene pelagic record composite section. Bio-magnetostratigraphy after BERGGREN *et alii* (1995) e CANDE & KENT (1995). Calcareous nanofossil biostratigraphy after MARTINI (1971).*

dell'Eocene Inferiore (EECO; ZACHOS *et alii*, 2001), si passa, attraverso una lunga transizione, al moderno mondo "Icehouse". In particolare, il pronunciato trend di riscaldamento a lungo termine, che caratterizzò il clima della Terra dal Cretaceo fino all'Eocene Inferiore, è interrotto da brevi eventi di estremo riscaldamento, il più noto dei quali è sicuramente il "Paleocene-Eocene Thermal Maximum" (PETM; KENNETT & STOTT, 1991) anche se, altri eventi simili

sono stati recentemente documentati durante l'Eocene Inferiore (LOURENS *et alii*, 2005). L'EEOCO rappresenta invece un punto di svolta nell'evoluzione climatica del Paleogene, da qui in avanti si assisterà ad una progressiva, seppur articolata, diminuzione delle temperature che porterà infine al passaggio di una fondamentale soglia alla base dell'Oligocene, quando la Terra entrerà definitivamente nel mondo "Icehouse" (O<sub>1</sub> event; MILLER *et alii*, 1991). Il lungo periodo compreso tra EEOCO e O<sub>1</sub> event è stato denominato "doubthouse" e sembra caratterizzato da un sostanziale graduale raffreddamento, punteggiato da alcuni brevi ed intensi eventi di riscaldamento, come ad esempio il Middle Eocene Climatic Optimum (MECO; BOHATY & ZACHOS, 2003).

I dati finora raccolti indicano che nei sedimenti paleogenici affioranti nel Veneto nord-orientale sono eccezionalmente documentate tutte le fasi più significative della storia climatica della Terra dal mondo "greenhouse" (Cretaceo superiore-Eocene Inferiore) alla terminazione del mondo "doubthouse" (Eocene Superiore). In particolare, si riportano brevemente i contributi più significativi e/o risultati più promettenti.

#### La transizione Cretaceo-Terziario

Sulla scia di alcuni autorevoli studi condotti negli anni '60 e '70 (PREMOLI SILVA & LUTERBACHER, 1966; CITA &

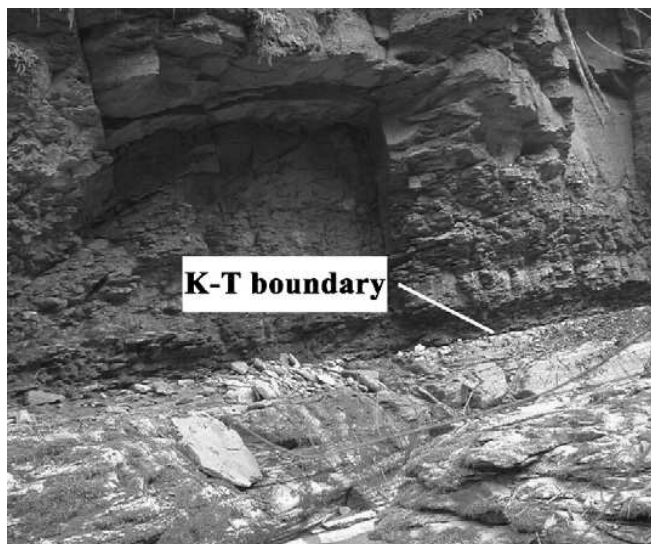


Fig. 3 – Affioramento del limite K-T sulla riva destra del Torrente Forada.– Exposure of the K-T boundary on the right bank of the Forada Creek.

PREMOLI SILVA, 1974) si è creduto per molto tempo che il limite K-T fosse scarsamente rappresentato nel Sudalpino. Tuttavia, recenti studi editi (LUCIANI, 1997) ed inediti hanno documentato l'esistenza di sedimenti di età daniana basale in quest'area. In particolare, i nostri sforzi si sono concentrati sulla transizione Cretaceo-Terziario affiorante nelle sezioni del Torrente Forada e del Torrente Ardo, site sul fianco meridionale della Valbelluna, dove ci sono evidenze di un record apparentemente completo del limite K-T e del Daniano basale. La biostratigrafia a nanofossili calcarei indica che il

Daniano basale è più espanso nella sezione del Forada che in quella dell'Ardo e per questo abbiamo deciso studiare con maggiore dettaglio la prima sezione (fig. 3; AGNINI *et alii*, 2005). Nello specifico è stato eseguito uno studio integrato micropaleontologico (foraminiferi planctonici e nanofossili calcarei), mineralogico e isotopico che, oltre a documentare la pluridiscussa estinzione di massa, ha messo in luce, in particolare, le modalità del recupero dell'ecosistema pelagico successivo alla catastrofe del K-T. La radiazione adattativa post-evento dei foraminiferi planctonici avviene molto più rapidamente rispetto a quella dei coccoliforidi suggerendo uno sfasamento temporale nel recupero delle comunità del plancton calcareo (FORNACIARI *et alii*, 2007).

#### Il Paleocene

Il Paleocene e l'Eocene Inferiore sono ampiamente rappresentati ed espansi lungo i circa 25 Km del fianco meridionale della sinclinale di Belluno. Nella Valbelluna si riscontrano marcate variazioni di facies e spessore tra una sezione e l'altra e all'interno di una stessa sezione a causa di variazioni nel contenuto in terrigeno e della presenza di materiale di mare basso ridepositato che diminuisce in frequenza e spessore verso ovest. Il Daniano (Paleocene Inferiore) dopo una iniziale espansione, mostra generalmente spessori ridotti in tutta l'area studiata (AGNINI *et alii*, 2005; GIUSBERTI *et alii*, 2007). Tuttavia, si deve notare che, lo spessore rilevato nella sezione del Torrente Forada (ca. 16 m) è del tutto confrontabile con quello osservato nella classica sezione della Contessa Road in Umbria (ca. 16-17 m). A partire dal Selandiano (Paleocene medio), si osserva un importante cambiamento nel regime di sedimentazione del Bacino Bellunese: la transizione Daniano/Selandiano coincide con un marcato aumento nei tassi di sedimentazione dovuto essenzialmente ad un incremento degli apporti terrigeni.



Fig. 4 – Vista del Selandiano e del Thanetiano affioranti nella sezione del Torrente Ardo.– View of the Selandian and Thanetian in the Ardo section.

Sebbene l'aumento del terrigeno sia un evento generalizzato all'interno del bacino, si può constatare come esso mostri una estrema variabilità che è chiaramente confermata dai differenti spessori che il Paleocene medio-superiore assume nelle diverse sezioni analizzate (fig. 4; AGNINI *et alii*, 2005; GIUSBERTI *et alii*; 2007). Sebbene le variazioni negli apporti terrigeni possano rivelare importanti cambiamenti climatici, l'aumento degli apporti di terrigeno durante il Paleocene nei sedimenti del Bacino Bellunese è stato piuttosto correlato ai primi depositi di foredeep dei thrust dinarici W-vergenti (DOGLIONI & BOSELLINI, 1987).

#### La transizione Paleocene-Eocene

Il limite Paleocene-Eocene, ovvero la base dell'Eocene, è stato formalmente definito nella sezione di Dababiya (AUBRY *et alii*, 2007), alla base di un'ampia e transiente escursione negativa degli isotopi stabili del carbonio (CIE - Carbon Isotope Excursion), che corrisponde al cosiddetto PETM. La CIE è un fenomeno globale riconoscibile sia in sedimenti marini che continentali e il suo inizio si colloca nella parte terminale della Zona a nannofossili calcarei NP9 di MARTINI



Fig. 5 – La transizione Paleocene-Eocene nella sezione del Torrente Forada. Particolare della CMU. – *The Paleocene-Eocene transition in the Torrente Forada section: the CMU.*

(1971). La CIE e il PETM sono caratterizzati da una netta riduzione nella produzione e/o preservazione dei carbonati (Carbonate Dissolution Interval - CDI) e da un rilevante incremento nell'apporto di materiale terrigeno (CROUCH *et alii*, 2001; RAVIZZA *et alii*, 2001; SCHMITZ *et alii*, 2001; RÖHL *et alii*, 2003; EGGER *et alii*, 2005). Nella successione paleogenica inferiore della *Valbelluna*, in corrispondenza al PETM, è infatti presente un pacco di strati, di spessore variabile da 2 a 4 metri, costituito da argille marnose verdastre e marne argillose rossastre, la Clay Marly Unit (CMU; GIUSBERTI, 2002). Questa distinta unità litologica interrompe bruscamente la prevalente sedimentazione carbonatica e rappresenta l'espressione litologica del PETM nel Bacino di Belluno (fig. 5). Il limite Paleocene-Eocene come pure il PETM risultano particolarmente espansi e tracciabili lungo un ideale transetto da Est a Ovest attraverso il paleo Bacino Bellunese (GIUSBERTI *et alii*; 2007) e fino alla sezione di Possagno, dove tuttavia mostrano spessori assai ridotti (ca. 40cm). La sezione del

Torrente Forada è stata scelta per l'ottima esposizione della transizione Paleocene-Eocene, per il suo ricco contenuto in microfossili, ed è stata studiata in estremo dettaglio con un approccio che ha integrato analisi micropaleontologiche, mineralogiche ed isotopiche. I dati disponibili hanno permesso di proporre un modello cronologico, su basi astrocirostratigrafiche, della durata dell'evento, di indagare la risposta del biota marino alla profonda perturbazione del sistema oceano-atmosfera ed infine di sondare i complessi equilibri biogeochimici ed i meccanismi coinvolti durante il PETM (AGNINI *et alii*, 2007a; GIUSBERTI *et alii*; 2007; LUCIANI *et alii*; 2007). La sezione tetidea del Torrente Forada rappresenta un documentazione di alta qualità che contribuisce, aggiungendo un ulteriore tassello a quelli già disponibili, ad una una migliore comprensione globale dell'evento.

#### L'Ypresiano

L'Ypresiano (Eocene Inferiore) è stato documentato in molte sezioni nell'area del Veneto orientale (e.g.; Torrente Ardo, Torrente Cicogna, Possagno; AGNINI *et alii*, 2005; 2006; DALLANAVE *et alii*, 2008) e testimonia la complessa evoluzione climatica a breve termine che caratterizza questo intervallo di tempo. Lo studio dell'intervallo compreso tra il PETM e l'EEOCO diventa critico per comprendere il passaggio dal regime "greenhouse" al mondo "doubthouse". I dati disponibili nel Veneto orientale mostrano come il PETM sia seguito da una serie di escursioni negative degli isotopi stabili del carbonio associate a significativi alleggerimenti negli isotopi stabili dell'ossigeno (fig. 6; AGNINI *et alii*, 2006; DALLANAVE *et alii*, 2008). Queste fasi, seppure di minore intensità, sono state interpretate come eventi di riscaldamento del tutto simili al PETM, anche se le cause scatenanti ed i possibili forcing astronomici rimangono dibattuti (LOURENS *et alii*, 2005; WESTERHOLD *et alii*, 2007). La peculiarità della sezioni affioranti in Valbelluna risiede principalmente nel fatto che, al



Fig. 6 – Sedimenti eocenico inferiori affioranti nella sezione del Torrente Cicogna. – *Lower Eocene sediments outcropping in the Torrente Cicogna section.*

contrario di quello che si registra nei sedimenti ODP in coincidenza agli "ipertermali", le velocità di sedimentazione aumentano significativamente grazie all'aumento degli apporti terrigeni, restituendo un record eccezionale che permette un'analisi dettagliata della dinamica degli eventi.

#### *L'Optimum Climatico dell'Eocene Inferiore*

Un punto di svolta nell'evoluzione climatica del Paleogene inferiore è sicuramente rappresentato dall'EECO e dal successivo raffreddamento che caratterizzerà l'Eocene medio e Superiore. Questo intervallo critico è ben rappresentato nella sezione di Possagno (Trevigiano occidentale), dove sono stati eseguiti studi micropaleontologici, magnetostratigrafici ed isotopici (fig. 7). La correlazione dei nostri dati con quelli disponibili in letteratura (ZACHOS *et alii*, 2001) ci ha permesso di indicare le relazioni temporali tra variabilità climatica e cambiamenti nel plankton calcareo (AGNINI *et alii*, 2006; LUCIANI *et alii*, 2008). Le modificazioni climatiche che caratterizzano l'Eocene Inferiore sono in effetti contemporanee alla comparsa della famiglia delle *Noelaerhabdaceae*. Questo *taxon* dominerà le associazioni a nannofossili calcarei del



Fig. 7 – La sezione della Cava di Carcoselle (Possagno, NE Italia). – *The Carcoselle Quarry section (Possagno, NE Italy)*.

Neogene e questo profondo cambiamento può essere considerato il momento in cui il nannoplankton calcareo evolve verso la struttura moderna stimolando una riconfigurazione dell'interno ecosistema marino (AGNINI *et alii*, 2006).

#### *L'Eocene medio-Superiore*

L'intervallo Eocene medio-Superiore affiora con continuità nella sezione di Alano di Piave (RIO *et alii*, 2006). I dati biomagnetostratigrafici hanno consentito un preciso inquadramento cronologico di un rilevante evento isotopico ritrovato in corrispondenza ad un intervallo sapropelitico (fig. 8; RIO *et alii*, 2006; AGNINI *et alii*, 2007b; SPOFFORTH *et alii*, 2008). Questa prominente ed articolata escursione negli isotopi stabili del carbonio, associata ad una significativa escursione negativa degli isotopi dell'ossigeno, è comparabile in intensità e correlabile in età (Chron C18r/C18n) al Middle Eocene Climatic Optimum (MECO; BOHATY & ZACHOS, 2003).

Questo evento di riscaldamento coincide con un significativo turnover nei foraminiferi planctonici e prominenti modificazioni nelle associazioni a nannofossili (AGNINI *et alii*, 2007b; 2007c; SPOFFORTH *et alii*, 2008).



Fig. 8 – L'intervallo del MECO nella sezione di Alano di Piave. – *The MECO interval in the Alano di Piave section*.

La sezione di Alano di Piave, sita a sud-ovest della Valbelluna, è stata presentata all'International Subcommission on Paleogene Stratigraphy (Leuven, 2003 & 2005) e a vari congressi nazionali ed internazionali (RIO *et alii*, 2006; AGNINI *et alii*, 2007b) come possibile candidata alla definizione della base del Priaboniano.

#### OPERE CITATE/REFERENCES

- AGNINI C., BRINKHUIS H., FORNACIARI E., GIUSBERTI L., LANCI L., LUCIANI V., MUTTONI G., PÁLIKE H., RIO D., SPOFFORTH D.J.A., GRANDESSO P., PREMOLI I., STEFANI C. & VILLA I. (2007b). *The Middle Eocene Climatic Optimum (MECO) in the Alano di Piave section (Venetian southern Alps, NE Italy)*. Atti Conv. Naz. F.I.S.T. Rimini, August 12-14, 2007. Epitome, **2**, 274.
- AGNINI C., FORNACIARI E., GIUSBERTI L., BACKMAN J., CAPRARO L., GRANDESSO P., LUCIANI V., MUTTONI G., RIO D. & TATEO F. (2005) - *The early Paleogene of the Valbelluna (Venetian Southern Alps)*. In: Field trip Guidebook Ocean Drilling Program (ODP) Leg 208 Post-Cruise Meeting: Padova. Cooperativa Libreria Editrice Università di Padova (CLEUP), 32 p.
- AGNINI C., FORNACIARI E., RIO D., TATEO F., BACKMAN J. & GIUSBERTI L. (2007a) - *Responses of calcareous nannofossil assemblages, mineralogy and geochemistry to the environmental perturbations across the Paleocene/Eocene boundary in the Venetian Pre-Alps*. Mar. Micropaleontol., **63**, 19–38.
- AGNINI C., MUTTONI G., KENT D.V. & RIO D. (2006) - *Eocene biostratigraphy and magnetic stratigraphy from Possagno, Italy: the calcareous nannofossil response to climate variability*. Earth Planet. Sci. Lett., **241**, 815–830.

- AGNINI C., SPOFFORTH D.J.A., FORNACIARI E., GIUSBERTI L., LANCI L., LUCIANI V., MUTTONI G., PÁLIKE H. & RIO D. (2007c) - *Is the Middle Eocene Climatic Optimum (MECO) recorded in the central-western Tethys?*. In: *Eos Trans. Agu*, 88(52), Fall Meet. Suppl., Abstract Os11a-0188. San Francisco (Usa), December 10-14, 2007.
- ARDUINO G. (1759). *Due lettere del sig. Giovanni Arduino sopra varie sue osservazioni naturali. Al Chiaris. Sig. Cavalier Antonio Vallisnieri professore di Storia Naturale nell'Università di Padova*. Vicenza 30 gennaio 1759 (XCIX-CXXXII), 30 marzo 1759 (CXXXIII-CLXXX).
- AUBRY M.-P OUDA K., DUPUIS C., BERGGREN W.A., VAN COUVERING J.A., ALI J., BRINKHUIS H., GINGERICH P.R., HEILMANN-CLAUSEN C., HOOKER J., KENT D.V., KING C., O'B.KNOX R.W., LAGA P., MOLINA E., SCHMITZ B., STEURBAUT E. & WARD D. R. (2007) - *The Global Standard Stratotype-section and Point (GSSP) for the base of the Eocene Series in the Dababiya section (Egypt)*. *Episodes*, **30**(4), 271-286.
- BERGGREN W.A., KENT D.V., SWISHER C.C. III, AUBRY M.-P. (1995). *A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy*. In: W.A. Berggren, et al., (Eds.) - *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*. Soc. for Sediment. Geol. (SEPM) Sp. Publ., **54**, pp. 129-212.
- BERNOULLI D. & JENKYN H.C. (1974) - *Alpine, Mediterranean, and Central Atlantic Mesozoic facies in relation to the early evolution of the Tethys*. In: R.H. Jr. Dott, & R.H. Shaver (Eds.) - *Modern and Ancient Geosynclinal Sedimentation*. Soc. for Sediment. Geol. (SEPM) Sp. Publ., **19**, 19-160.
- BERNOULLI D., CARON C., HOMEWOOD P., KALIN O. & VAN STUIJVENBERG J. (1979) - *Evolution of continental margins in the Alps*. *Schweiz. Miner. Petrol.*, **59**, 165-170.
- BOHATY S.M. & ZACHOS J.C. (2003) - *A significant Southern Ocean warming event in the late middle Eocene*. *Geology*, **31**, 1017-1020.
- BOLLI H.M. (Ed.) (1975) - *Monografia Micropaleontologica sul Paleocene e l'Eocene di Possagno, Provincia di Treviso, Italia*. Schweiz, Paläontol. Abh., **97**, 222 pp.
- BOSELLINI A. (1989) - *Dynamics of Tethyan carbonate platform*. In: P.D. Crevello et alii (Eds.) - *Controls on Carbonate Platform and Basin Platform*: Society for Sedimentary Geology (SEPM) Sp. Publ., **44**, 3-13.
- CANDE S.C. & KENT D.V. (1995). *Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic*. *J. Geophys. Res.*, **100** (B4), 6093- 6096.
- CHANNELL J.E.T. & GRANDESSO P. (1987) - *A revised correlation of Mesozoic polarity chrons and calcipionellid zones*. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **85**, 222-240.
- CHANNELL J.E.T. & MEDIZZA F. (1981). *Upper Cretaceous and Palaeogene magnetic stratigraphy and biostratigraphy from the Venetian (southern) Alps*. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **55**, 419-432.
- CHANNELL J.E.T., BRALOWER T.J. & GRANDESSO P. (1987) - *Biostratigraphic correlation of Mesozoic polarity chrons CM1 to CM23 at Capriolo and Xausa (Southern Alps, Italy)*. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **85**, 203-221.
- CHANNELL J.E.T., D'ARGENIO B. & HORVATH F. (1979) - *Adria, the African promontory in Mesozoic Mediterranean palaeogeography*. *Earth-Science Reviews*, **15**, 213-292.
- CHANNELL J.E.T., DOGLIONI C. & STONER J.S. (1992) - *Jurassic and Cretaceous paleomagnetic data from the Southern Alps (Italy)*. *Tectonics*, **11**, 811-822.
- CITA M.B. & PREMOLI SILVA I. (1974) - *Il limite Cretaceo-Paleocene e l'evoluzione della Tetide*. *Riv. Ital. Paleontol. Strat.*, **14**, 193-249.
- COSTA V., DOGLIONI C., GRANDESSO P., MASETTI D., PELLEGRINI G.B. & TRACANELLA E. (1996) - *Carta geologica dell'Italia alla scala 1:50.000, Foglio (063) Belluno, con note illustrative*. Servizio Geologico Italiano, Roma, 74 pp.
- CROUCH E.M., HEILMANN-CLAUSEN C., BRINKHUIS H., MORGANS H.E.G., ROGERS K.M., EGGER H. & SCHMITZ B. (2001) - *Global dinoflagellate event associated with the Late Paleocene Thermal Maximum*. *Geology*, **29**, 315-318.
- DALLANAVE E., AGNINI C., SPOFFORTH D.J.A., MUTTONI G., PÁLIKE H., RIO D. (2008) - *The magneto-biochemostratigraphy of the Torrente Cicogna section (Italy): a record of Late Paleocene-Early Eocene climate*. *Geophysical Research Abstracts*, **10**, A-09777. EGU General Assembly, Vienna, April 13-18, 2008.
- DI NAPOLI ALLIATA E., PROTO DECIMA F. & PELLEGRINI G.B. (1970) - *Studio geologico, stratigrafico e micropaleontologico dei dintorni di Belluno*. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, **9**, 1-28.
- DOGLIONI C. & BOSELLINI A. (1987) - *Eoalpine and Mesalpine tectonics in the Southern Alps*. *Geologische Rundschau*, **76**, 735-744.
- EGGER H., HOMAYOUN M., HUBER H., RÖGL F. & SCHMITZ B. (2005) - *Early Eocene climatic, volcanic, and biotic events in the northwestern Tethyan Untersberg section, Austria*. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **217**, 243-264.

- FORNACIARI E., GIUSBERTI L., LUCIANI V., TATEO F., AGNINI C., BACKMAN J., ODDONE M. & RIO D. (2007) - *An expanded Cretaceous-Tertiary transition in a pelagic setting of the Southern Alps (central-western Tethys)*. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **255**, 98-131.
- GIUSBERTI L. (2002) - *Il limite Paleocene-Eocene nel Vallone Bellunese (Alpi Venete, Italia nordorientale)*. Ph.D. Thesis, Padova, Università of Padova, 223 p.
- GIUSBERTI L., RIO D., AGNINI C., BACKMAN J., FORNACIARI E., TATEO F. & ODDONE M. (2007) - *Mode and Tempo of the Paleocene-Eocene Thermal Maximum in an expanded section in the Venetian Pre-Alps*. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **119**, 391-412.
- GRANDESSO P. (1975) - *Biostratigrafia delle formazioni terziarie del Vallone Bellunese*. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, **94**, 1323-1348.
- KENNETT J.P. & STOTT L.D. (1991) - *Abrupt deep-sea warming, palaeoceanographic changes and benthic extinctions at the end of the Palaeocene*. *Nature*, **353**, 225-229.
- LOURENS L.J., SLUIJS A., KROON D., ZACHOS J.C., THOMAS E., RÖHL U., BOWLES J. & RAFFI I. (2005) - *Astronomical pacing of late Palaeocene to early Eocene global warming events*. *Nature*, **435**, 1083-1087.
- LUCIANI V. (1997) - *Planktonic foraminiferal turnover across the Cretaceous/Tertiary boundary in the Vajont valley (Southern Alps, northern Italy)*. *Cretac. Res.*, **18**, 799-821.
- LUCIANI V., AGNINI C., BACKMAN J., GIUSBERTI L., LUCCHI R., MUTTONI G. & RIO D. (2008) - *Planktonic foraminiferal response to the Early Eocene Climatic Optimum at the Tethyan Possagno section (Italy)*. *Geophysical Research Abstracts*, **10**, A-10069. EGU General Assembly, Vienna, April 13-18, 2008.
- LUCIANI V., GIUSBERTI L., AGNINI C., FORNACIARI E., BACKMAN J. & RIO D. (2007) - *The Paleocene-Eocene Thermal Maximum as recorded by Tethyan planktonic foraminifera in the Forada section (northern Italy)*. *Mar. Micropaleontol.*, **64**, 189-214.
- LUTERBACHER H.P. & PREMOLI SILVA I. (1964) - *Biostratigrafia del limite Cretaceo-Terziario nell'Appennino Centrale*. *Riv. Ital. Paleontol. Strat.*, **70**, 67-128.
- MARTINI E. (1971) - *Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation*. In: A. Farinacci, (Ed.) - *Proceedings of the 2nd Planktonic Conference, Roma*. Edizioni Tecnoscienza, Roma, **2**, 739-785.
- MILLER K.G., WRIGHT J.D., FAIRBANKS R.G. (1991) - *Unlocking the ice house: Oligocene-Miocene oxygen isotopes, eustacy and margin erosion*. *J. Geophys. Res.*, **96**, 6829-6848.
- PREMOLI SILVA I. & LUTERBACHER H.P. (1966) - *The Cretaceous-Tertiary boundary in the Southern Alps (Italy)*. *Riv. Ital. Paleontol.*, **72**, 1183-1266.
- RAVIZZA G., NORRIS R.N., BLUSZTAJN J. & AUBRY M.-P. (2001) - *An osmium isotope excursion associated with the late Paleocene thermal maximum: Evidence of intensified chemical weathering*. *Paleoceanography*, **16**, 155-163.
- RIO D., PREMOLI-SILVA I., AGNINI C., BRINKHUIS H., FORNACIARI E., GIUSBERTI L., GRANDESSO P., LANCI L., LUCIANI V., MUTTONI G., STEFANI C. & VILLA I. (2006) - *The Alano di Piave section (Venetian Southern Alps, NE Italy). A potential GSSP of the Priabonian Stage (Upper Eocene)*. In: Caballero et al. (Eds) - *Climate and biota of the early Paleogene 2006*. Abs. vol., Bilbao, 109.
- RÖHL R., NORRIS R.D. & OGG J.G. (2003) - *Cyclostratigraphy of upper Paleocene and lower Eocene sediments at Blake Nose Site 1051 (western North Atlantic)*. In: Wing, S.L., Gingerich, P.D., Schmitz, B., and Thomas, E. (Eds) - *Causes and Consequences of Globally Warm Climates in the Early Paleogene*. *Geol. Soc. Am. Sp. Paper*, **369**, 567-588.
- SCHMITZ B., PUJALTE V. & NÚÑEZ-BETELU K. (2001) - *Climate and sea-level perturbations during the Initial Eocene Thermal Maximum: evidence from siliciclastic units in the Basque Basin (Ermua, Zumaia and Trabakua Pass), northern Spain*. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **165**, 299-320.
- SPOFFORTH D.J.A., AGNINI C., PÄLIKE H., RIO D., BOHATY S.M., FORNACIARI E., GIUSBERTI L., LANCI L., LUCIANI V. & MUTTONI G. (2008) - *Evidence for the Middle Eocene Climatic Optimum ("MECO") in the Venetian Alps*. *Geophysical Research Abstracts*, **10**, A-9577. EGU General Assembly, Vienna, April 13-18, 2008.
- WESTERHOLD T., RÖHL U., LASKAR J., RAFFI I., BOWLES J., LOURENS L.J. & ZACHOS J.C. (2007) - *On the duration of magnetochrons C24r and C25n and the timing of early Eocene global warming events: Implications from the Ocean Drilling Program Leg 208 Walvis Ridge depth transect*. *Paleoceanography*, **22**, PA2201, doi:10.1029/2006PA001322.
- WINTERER E.L. & BOSELLINI A. (1981) - *Subsidence and sedimentation on Jurassic passive continental margin Southern Alps, Italy*. *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, **65**, 394-421.

ZACHOS J.C., PAGANI M., SLOAN L.C., THOMAS E. & BILLUPS K. (2001) - *Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present*. *Science*, **292**, 686–693.

ZACHOS J.C., RÖHL U., SCHELLENBERG S.A., SLUIJS A., HOPELL D. A., KELLY D.C., THOMAS E., NICOLO M., RAFFI I., LOURENS L.J., MCCARREN H. & KROON D. (2005) - *Rapid acidification of the ocean during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum*. *Science*, **308**, 1611-1615.