UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI GEOSCIENZE

Direttore Prof.ssa Cristina Stefani

TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN
GEOLOGIA E GEOLOGIA TECNICA

ANALISI BIOSTRATIGRAFICHE E PALEOECOLOGICHE DELLE ASSOCIAZIONI A NANNOFOSSILI CALCAREI DEL PALEOCENE SUPERIORE-EOCENE INFERIORE (SITE U1409 NEWFOUNDLAND RIDGE, NW ATLANTICO)

Relatore: *Dott.ssa Claudia Agnini*
Correlatore: *Prof.ssa Eliana Fornaciari*

Laureanda: Stefania Sorgato

ANNO ACCADEMICO 2012 / 2013

Abstract

This Master thesis aims to carry out biostratigraphic studies and analyse calcareous nannofossil assemblages from late Paleocene to early Eocene sediments recovered during IODP Expedition 342. In particular, the study material comes from Site 1409 (Hole A, B, C). During the preliminary phase of this investigation some contradictions arose from the relative positions detected for standard biohorizons in different Holes (B and C). We thus decided to spit our record by Holes to prove if these inconsistencies may be due to some mistakes in constructing *mcd* scale. In fact, this was the case and we eventually decided to propose an alternative depth, the *proposed mcd* (*p*mcd), to temporary overcome the problem.

A medium to high resolution calcareous nannofossil biostratigraphy is provided that results in precise biostratigraphic classification of the studied interval at Site 1409. This stratigraphic succession expands from late Paleocene to early Eocene, that is from Zone NP9 to Zone NP13 in term of NP calcareous nannofossil zonation (Martini, 1971).

A detailed analysis of biostratigraphic results evidenced also the presence of two *hiati*, the first positioned at the base of the Eocene and the second lying in the upper part of the studied section, between the upper part of Zone NP 12 and the lower part of Zone NP 13.

INDICE

Abstract

CAPITOLO 1 - Il contesto paleoclimatico: il Paleogene 1

CAPITOLO 2 - Il progetto di perforazione dei fondali oceanici 5

2.1. L'inizio e l'evoluzione del progetto 5

2.2. La *JOIDES Resolution* e le tecnologie utilizzate 7

CAPITOLO 3 - Expedition IODP 342 11

3.1 Exp. IODP 342: Paleogene Newfoundland Sediment Drifts 11

CAPITOLO 4 – Materiali e Metodi 15

4.1. Materiale: Il Site U1409 15

4.2. Metodi 17

4.2.1. Schemi biostratigrafici di riferimento e note tassonomiche 18

CAPITOLO 5 – Biostratigrafia a nannofossili calcarei 19

5.1. Breve introduzione alla biozonatura dei nannofossili calcarei del Paleocene superiore-Eocene inferiore 19

5.2. Definizione ed affidabilità di un biorizzonte 20

5.2.1 I biorizzonti utilizzati 20

CAPITOLO 6 – Risultati e discussione 23

6.1 Meters Below Sea Floor (mbsf) vs. Meters Composite Depth (mcd) 23

6.2 Il problema mcd al Site U1409 *24*

6.3 Caratteristiche generali delle associazioni presenti nel Site U1409 26

6.4 Biostratigrafia a nannofossili calcarei al Site U1409 27

6.4.1. I biorizzonti delle zonature standard 27

6.4.2. I biorizzonti addizionali 31

6.5. La classificazione biostratigrafica della sezione studiata al Site U1409 35

6.6 La continuità della sezione studiata al Site U1409 35

Conclusioni 47

Bibliografia 49

Appendici 57

Ringraziamenti 65

CAPITOLO 1
Il Contesto paleoclimatico: il Paleogene

Il Paleogene, ovvero il periodo compreso tra il limite K/Pg (Cretaceo/Paleogene) ed il limite E/O (Eocene/Oligocene), è spesso stato descritto come una fase molto dinamica dal punto di vista paleoclimatico (Zachos *et al*., 2008). In particolare, durante questo così lungo intervallo, da ca. 66 a 33.4 Ma, si riescono a riconoscere *trend* climatici a lungo (*long term*) e breve (*short term*) termine (Zachos *et al*., 2001; (Fig. 1.1). L'evoluzione paleoclimatica può essere descritta, seppur con delle ovvie limitazioni, osservando le curve di due importanti *proxy*, il $\delta^{18}O$ e $\delta^{13}C$. Nel corso del Cenozoico inferiore, come pure durante il Cretaceo, la Terra è caratterizzata da alte concentrazioni di gas serra (Pagani *et al*., 2006), che inducono alte temperature, che a loro volta infine, impediscono l'instaurarsi di calotte permanenti ai poli, siamo nel cosidetto regime *greenhouse* (Zachos *et al*., 2001; 2008). Durante il regime *greenhouse*, a partire dal Paleocene medio (59 Ma) e fino all'Eocene inferiore (52 Ma), si assiste ad un alleggerimento degli isotopi dell'ossigeno, che documenta un progressivo riscaldamento (Fig. 1.1). A ca. 52 Ma, i valori del $\delta^{18}O$ raggiungono un picco massimo durante il cosidetto *Early Eocene Climatic Optimum* (EECO; 52-50 Ma; Zachos *et al*., 2001). In questo stesso intervallo la pCO_2 stimata come pure la temperatura globale sembrano raggiungere i valori più alti dell'intero Cenozoico (Zachos *et al*., 2001). Non si conosce ancora il ruolo preciso giocato da alcuni meccanismi cruciali, ma l'evoluzione climatica di questo intervallo risulta certamente dall'equilibrio di alcuni fattori fondamentali quali weathering chimico di rocce silicatiche, attività vulcanica, attività tettonica, rilascio di gas clatrati, produttività biologica, etc.

Come abbiamo già accennato in precedenza, l'evoluzione paleoclimatica può quindi essere letta su differenti scale temporali, il breve ed il lungo termine. Nella scala a lungo termine il sistema è in grado di sequestrare CO_2, come risultato nell'atmosfera avremo un aumento della pCO_2 e delle temperature. Questo tipo di

contesto ben si riconcilia con scenari caratterizzati da intense precipitazioni stagionali (Zachos *et al*., 2006.). Tutte le condizioni fin qui descritte producono fenomeni di weathering chimico particolarmente intensi. Non appena il sistema riesce però a ridurre la concentrazione di CO_2, immediatamente diminuiscono temperatura, precipitazioni e conseguentemente anche i fenomeni di weathering.

Nella scala a breve termine, la pCO_2 come pure la temperatura possono subire rapidi cambiamenti, come è appunto il caso degli eventi ipertermali che sono documentati durante il Cenozoico inferiore, un esempio per tutti è il Paleocene Eocene Thermal Maximum (PETM; Kennett & Stott, 1991.).

Il graduale riscaldamento culminato durante l'*EECO* viene interrotto dal progressivo instaurarsi di una lunga fase di raffreddamento testimoniata dalla risalita di ca. il 3‰ nei valori del $\delta^{18}O$. Nonostante questo ben delineato trend a lungo termine, l'Eocene medio-superiore non può essere certo considerato un intervallo monotono, poiché spesso durante questo intervallo si verificano intensi, seppur brevi, eventi di riscaldamento o di raffreddamento (Bohaty and Zachos, 2003; Tripati *et al*., 2005.); A conclusione di questo progressivo raffreddamento, la Terra passa un'importante soglia, infatti dal regime *greenhouse* si transita al regime *icehouse*, grazie al rapido instaurarsi di una calotta glaciale permanente antartica, questo passaggio cruciale è documentato da un'escursione positiva del $\delta^{18}O$, il cosidetto Oi-1 event (Miller *et al*., 1991).

L'evoluzione climatica a lungo termine può essere considerata una cornice necessaria, ma spesso ad attrarre l'attenzione degli scienziati sono invece le aberrazioni climatiche, ovvero eventi in grado di provocare drammatici cambiamenti climatici con profonde ripercussioni sulla biosfera. Una aberrazione climatica è certamente il *Paleocene-Eocene Thermal Maximum* (PETM). Circa 55.5 milioni di anni fa, la temperatura globale aumentò di circa 5-8 °C, questo fatto è testimoniato da una prominente escursione negativa degli isotopi stabili dell'ossigeno (Zachos *et al*., 2001). Questo drammatico aumento delle temperature è associato a quello che può a buon diritto ritenersi il vero *fingerprint* dell'evento, una globale escursione negativa del $\delta^{13}C$ denominata CIE (Carbon Isotope Excursion; Kennett & Scott, 1991). Sebbene non si sia ancora addivenuti

ad un accordo sulla causa di questo alleggerimento nei valori del $\delta^{13}C$, pur tuttavia si può comunque ipotizzare che esso sia stato prodotto da un rilascio massivo di carbonio isotopicamente leggero nel sistema oceano-atmosfera. Questa perturbazione del ciclo del carbonio, associata ad un repentino aumento delle temperature, fu di fatto in grado di produrre notevoli modifiche delle condizioni ambientali e, a cascata, della biosfera. Una caratteristica comune del PETM è il ritrovamento globale di uno strato argilloso posto alla base dell'evento. La deposizione di sedimenti privi di carbonato viene interpretata come il risultato di una prodigiosa risalita della *CCD* (*Carbonate Compensation Depth*) legata all'ossidazione e assorbimento da parte degli oceani del carbonio in eccesso liberato da uno o più tra i reservoir del carbonio (Zachos *et al*., 2005). Questo meccanismo avrebbe inoltre innescato una significativa diminuzione del pH e quindi una rapida acidificazione degli oceani (Zachos *et al.,* 2005). Oltre agli straordinari effetti prodotti sull'ambiente fisico, il PETM fu però anche in grado di causare notevoli e importanti modifiche nel biota marino e terrestre (Bowen *et al*., 2006), ad esempio:

- l'estinzione globale dei foraminiferi bentonici profondi (*Benthic Foraminifera Extinction, BFE*; Tjalsma & Lohmann, 1983);
- la proliferazione temporanea di plankton calcareo (Planktonic Foraminifera Excursion Taxa – PFET e Calcareous nannofossil Excursion Taxa - CNET) e dinoflagellati inusuali (Kelly, 2002; Aubry *et al*., 2002; Bujak and Brinkhuis, 1998);
- La radiazione e la rapida migrazione delle prime specie appartenenti all'ordine dei mammiferi (*MDE Mammal Dispersal Event*) (Gingerich, 1980; Clyde & Gingerich, 1998; Gingerich, 2000).

Questo breve *excursus* sull'evoluzione paleoclimatica del Paleogene vuole servire a meglio comprendere le problematiche che verranno di qui a poco esposte nella presente tesi che ha come argomento lo studio delle associazioni a nannofossili calcarei paleogeniche provenienti dal Site IODP U1409.

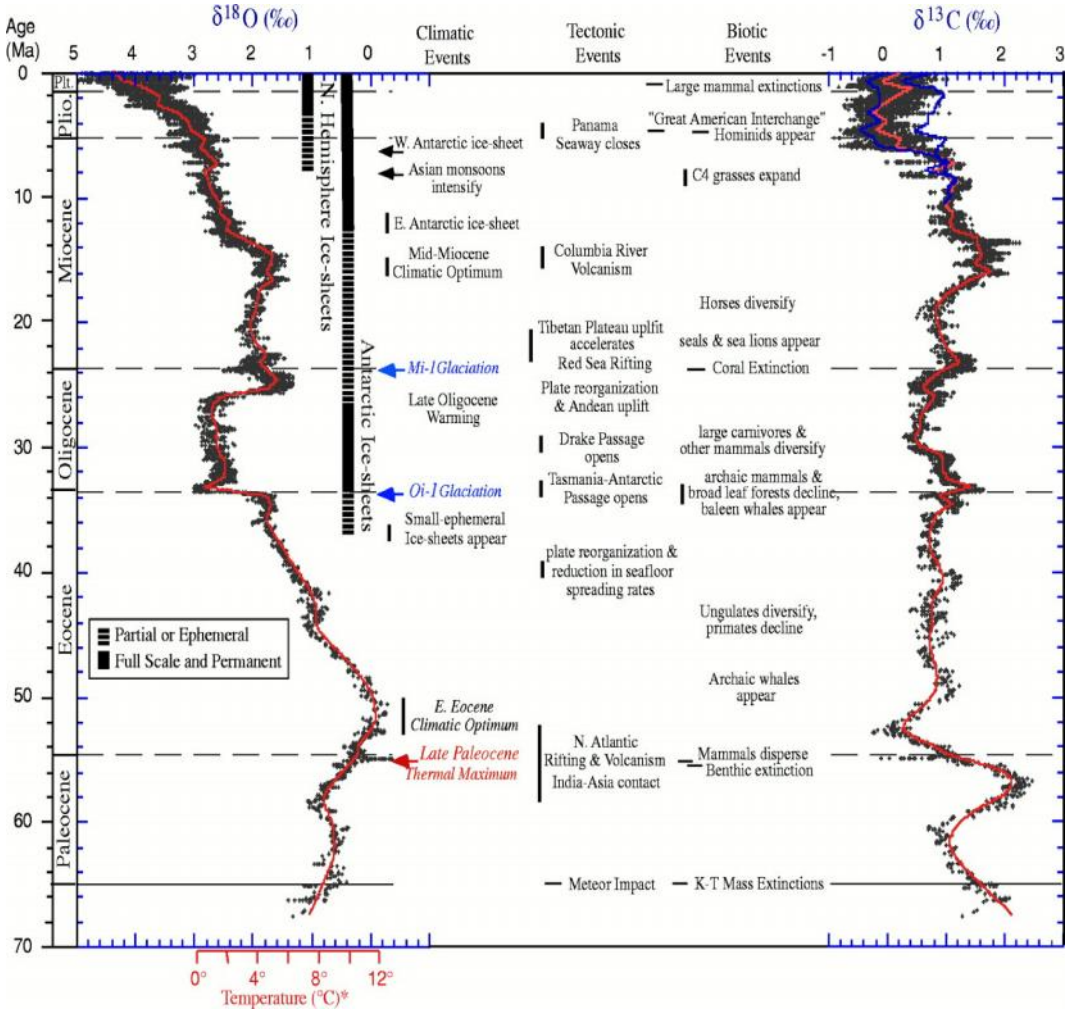


Figura 1.1: Record globali (degli isotopi di ossigeno e carbonio) sulla base di dati ottenuti da più di 40 tra siti *DSDP* e *ODP*. Le sezioni sedimentarie da cui sono stati generati i dati sono classificate come pelagiche, con litologie prevalenti a grana fine, fanghi carbonatici o *chalk*. La maggior parte delle analisi derivano da due *taxa* bentonici *Cibicidoides* e *Nuttallides* comuni e longevi. Nel intervallo più recente (dal Miocene medio), sono riportate due curve per il $\delta^{13}C$, una per l'Atlantico (in blu) e una per il Pacifico (in nero), allo scopo di illustrare il frazionamento da bacino a bacino che eccede l'1,0‰. Prima di 15 Ma, i gradienti interbacinali erano insignificanti o addirittura inesistenti. La scala di temperatura del $\delta^{18}O$ è stata calcolata assumendo un oceano libero da ghiacci, risulta quindi valida solo nell'intervallo che precede l'inizio della glaciazione in Antartide (ca. 34 Ma). Dall'Oligocene inferiore ad oggi, la gran parte della variabilità nel record di $\delta^{18}O$ riflette i cambiamenti nel volume dei ghiacci presenti in Antartide e nell'Emisfero settentrionale. Le barre verticali forniscono un'irregolare rappresentazione del volume dei ghiacci in ciascun emisfero, relativo al Last Glacial Maximum; con la barra tratteggiata vengono rappresentati i periodi di minima copertura glaciale (≤ 50%), mentre la barra solida indica i periodi di quasi completa copertura (≥ 0,50% di oggi). (modificato da Zachos *et al.*, 2001).

CAPITOLO 2
Il progetto di perforazione dei fondali oceanici

2.1. L'inizio e l'evoluzione del progetto

Tra il 1872 e il 1876 la nave inglese *H.S.M. CHALLENGER* effettuò i primi campionamenti del fondo marino. Nonostante le primitive tecniche di recupero, i dati ottenuti vennero considerati di grande importanza scientifica.

Nel 1964 venne istituito il consorzio *JOIDES* (Joint Oceanographic Institution of Deep Earth Sampling) che vedeva l'unione di una serie di prestigiosi istituti di ricerca, *Scripps Institution of Oceanography* (La Jolla, California), *Woods Hole Oceanographic Institution* (WHOI; Woods Hole, Massachusetts), *Lamont-Doherty Earth Observatory* (LDEO; Palisades, New York) e *Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science* (Miami, Florida). Quattro anni dopo venne ideato il DSDP (Deep Sea Drilling Project), un progetto ancora coordinato esclusivamente da enti di ricerca, che utilizzava come nave scientifica da perforazione il *Glomar Challenger*. Nel 1975, il consorzio *JOIDES* aprì per la prima volte le porte a stati nazionali come Stati Uniti, U.R.S.S., Germania occidentale, Francia, Giappone e Regno Unito. Questa integrazione tra enti di ricerca e stati nazionali portò ad una nuova fase per il programma che venne chiamato IPOD (International Phase of Ocean Drilling) e vide la sua conclusione nel 1983. L'anno seguente il progetto DSDP venne rinominato ODP (Ocean Drilling Program) e quindi ufficialmente inaugurato nel 1985, a questo programma partecipò per la prima volta anche l'Italia. Alla partenza di questo nuovo progetto si decise anche di utilizzare per la perforazione una diversa nave, la *JOIDES Resolution* (JR), alla quale si affidò quindi la fase operativa del programma (Fig. 2.1). La JR fu varata inizialmente come nave petrolifera e solo successivamente venne riadattata ad uso scientifico, con la possibilità di ospitare laboratori e attrezzature scientifiche. Dal 1985, la *JOIDES Resolution* ha eseguito

perforazioni in tutti gli oceani (Atlantico, Pacifico, Indiano e Artico) come pure in numerosi mari (Mar Mediterraneo, Mar di Norvegia, Mar di Groenlandia, Mar del Labrador, Mar di Sulu, Mar di Celebres, Mar delle Filippine e Mar del Giappone, etc.).

Nel 2003 un nuovo programma di perforazione, IODP (Integrated Ocean Drilling Program), ha sostituito il precedente ODP. Esso si avvale di più efficienti tecniche di indagine che hanno implementano la qualità dei dati raccolti. Per far fronte a nuovi e/o specifici problemi scientifici sono state recentemente introdotte due nuove linee operative. Esiste quindi una prima linea che utilizza come vascello la CHIKYU (= terra) ed ha come obiettivo scientifico quello recuperare sedimenti provenienti dal mantello in una regione, l'Oceano Pacifico nord-orientale, che oltre a rappresentare una zona simica cruciale si trova in un area dove la crosta continentale risulta relativamente più sottile. Vi è inoltre una la seconda linea operativa, le cosidette Mission Specific Platforms (MSP), che invece cercano di rispondere alla crescente necessità di esplorare aree "ostili" anche molto diverse tra loro (Oceano Artico, Tahiti, New Jersey, Grande barriera corallina e Mar Baltico) in cui la JR non è ovviamente in grado di operare in modo efficace. In questo caso si utilizzano navi diverse che hanno caratteristiche tali da garantire il successo anche di queste particolari spedizioni.

Dal 2013 comincerà una nuova fase decennale del programma denominata *International Ocean Discovery Program* (IODP), che si concluderà nel 2023.

Figura 2.1: Immagine fotografica della *JOIDES Resolution* in mare aperto (http://iodp.ldeo.columbia.edu/EDU/TAS/301/pages/week4/week4_0716.html).

2.2. La JOIDES Resolution e le tecnologie utilizzate

La *JOIDES Resolution* è una nave scientifica da perforazione con le seguenti caratteristiche tecniche:

Lunghezza totale = 144 m

Larghezza = 21 m

Peso complessivo = 16596 ton

Il *derrick* (Fig. 2.2._A) ovvero la torre di perforazione raggiunge un'altezza di 64 m ed è potenzialmente in grado di perforare fino a 2830 m di sedimenti in acque profonde e di assemblare una batteria di aste capace di raggiungere una lunghezza totale di 9144 m (Fig 2.2._B). Nel corso di operazioni che non consentono l'uso di

ancoraggi fissi, la quasi totalità delle spedizioni della JR, la nave utilizza un trasmettitore sonar che viene calato e infisso sul fondo marino nell'area di interesse del sito di perforazione. Un sistema di idrofoni capta gli impulsi inviati dal sonar e li trasmette al computer di bordo, il quale li elabora e provvede al controllo dinamico di posizionamento della nave.

Una volta individuato il *site*, ovvero l'area di perforazione, viene assemblata e calata sul fondo una batteria di aste (*drill pipe*) che viene man mano assemblata sulla piattaforma di perforazione presente nella parte centrale della nave. Tutta questa fase delle attività pre-perforazione, dal posizionamento della strumentazione e quello delle aste viene spesso eseguita grazie all'utilizzo di una telecamera a circuito chiuso posizionata sul dispositivo di avanzamento. Una volta ultimate queste procedure all'interno dalla batteria di aste viene inserito un dispositivo recuperabile via cavo (*core barrel*), dotato di una punta di perforazione con corone dentate (*drill bit*). (Fig. 2.2._C).

Sulla JR possono essere utilizzati varie metodologie di perforazione, in particolare:

1. **Il Rotary Core Barrel (RCB).** Il metodo RCB è un sistema di perforazione progettato per recuperare sedimenti da litificati a fortemente litificati fino a rocce ignee di basamento oceanico. Ad oggi, il RCB è un metodo utilizzato soprattutto nello studio delle rocce ignee della crosta oceanica.
2. **L'Advanced Piston Corer (APC)**. Il metodo APC, utilizza un sistema idraulico che garantisce il recupero di carote indisturbate e orientate costituite da sedimenti da poco consolidati a consolidati che non possono essere recuperati, con la stessa efficacia, utilizzando il metodo RCB. L'APC viene principalmente utilizzato per studi paleooceanografici e paleoclimatici ad alta risoluzione.
3. **L'Extended Core Barrel (XCB)**. Il metodo XCB è solitamente utilizzato per recuperare carote intere (9.5m) costituite da sedimenti da leggermente a moderatamente litificati. Questo metodo viene tipicamente usato quando i sedimenti diventano troppo duri per il metodo ACP (e.g. "piston coring

refusal") o, al contrario, non sono abbastanza duri per permettere un recupero efficiente utilizzando il sistema RCB. Il metodo XCB viene utilizzato tipicamente per studi di tipo sedimentologico, climatico e paleocenanografico.

4. **Wash Coring**. Nei materiali poco consolidati si può procedere nella perforazione senza recupero di sedimenti. Questo risultato può essere ottenenuto pompando acqua ad alta pressione che spinge il sedimento nello spazio compreso tra il *drill pipe* e la parete del pozzo (*wall of the hole*). Questa procedura spesso si utilizza quando il recupero di un particolare intervallo non è necessario, sfruttando questo metodo la velocità di perforazione aumenta sensibilmente.

Una volta ultimata la perforazione di una carota (*core*), il *core barrel*, il dispositivo che contiene la carota, viene recuperato e portato sulla piattaforma della nave. A bordo, al *core barrel* viene tolto il *core catcher*, ovvero il congengo che impedisce al sedimento recuperato di fuoriuscire, e la carota, posta all'interno di un *liner* di plastica, viene prima sottoposta a breve depressurazione, ed infine posizionata sul *catwalk* (ponte posto vicino alla piattaforma). Qui, la carota, che può arrivare ad una lunghezza massima di ca. 9.5 m, viene suddivisa in sezioni (*section*) di circa 1.5 m ciascuna. Dopo aver numerato le sezioni, queste vengono portate all'interno della nave e lasciate a riposare in frigoferi in modo che non subiscano alcuno *shock* , dopo qualche ora le sezioni delle carote vengono tagliate longitudinalmente ottenendo due metà i cosidetti *working half* (sezione da lavoro) (Fig. 2.2._D) e *archive half* (sezione per l'archivio). Solo il *working half* potrà essere utilizzato per effettuare studi di varia natura (e.g., paleomagnetici, paleontologici, petrografici e geochimici, etc), mentre l'*archive half* verrà preservato perfettamente integro. *Working half* e *archive half* verranno entrambi conservati all'interno di appositi depositi (e.g.; US Gulf Coast Repository, College Station, Texas; il Bremen Core Repository, Università di Brema, Germania; e il Kochi Center, Kochi University, Giappone) per possibili studi futuri.

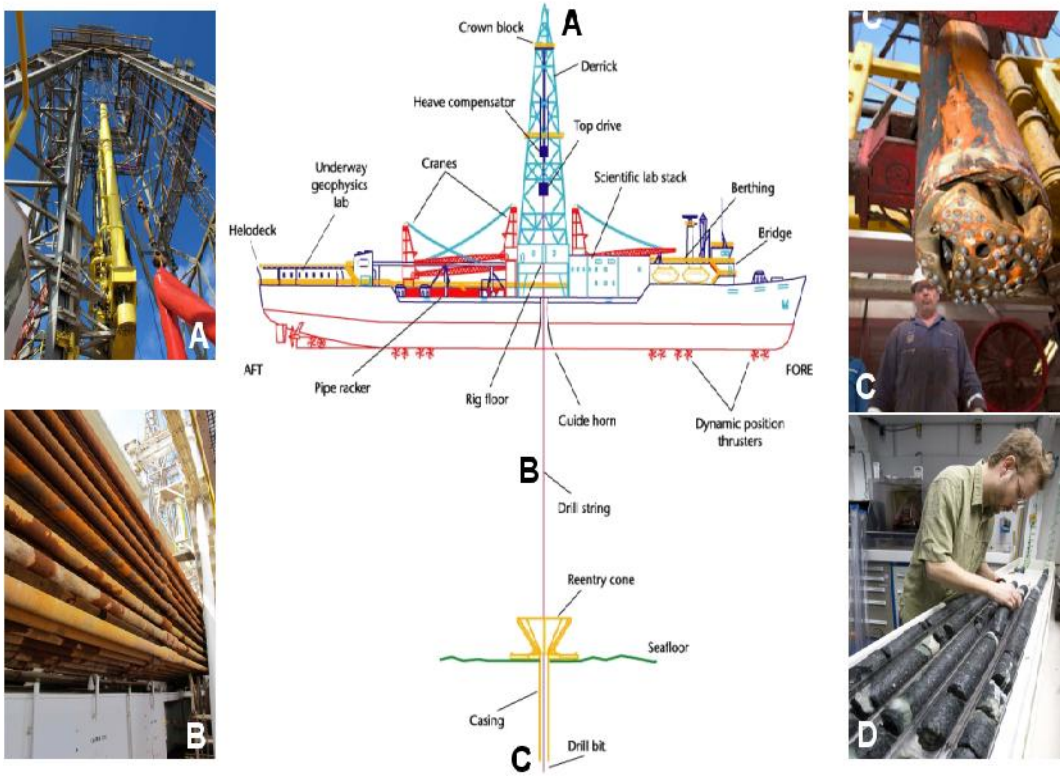


Figura 2.2.(A-B-C-D): rappresentazione grafica della nave *JOIDES Resolution*, A. *Derrick*; B. *Drill string*; C. *Drill bit*; D. Fase di sezionamento e analisi della carota. (http://raymond.rodriguez1.free.fr/Textes/1s23.htm.).

CAPITOLO 3

Expedition IODP 342

3.1. Exp. IODP 342: Paleogene Newfoundland Sediment Drifts

L'Integrated Ocean Drilling Program Expedition 342 è stata progettata per recuperare sequenze sedimentarie di età paleogenica con tassi di sedimentazione relativamente alti che consentissero di costruire transetti paleobatimetrici. Durante questa spedizione sono stati perforati 10 Site, da U1402 a U1411, per un totale di circa 5500 m di sedimenti recuperati. L'area di perforazione, posta a sud/sud-est di Terranova (Fig. 3.1) è stata scelta perché ritenuta la più idonea per i principali obiettivi dell'IODP Exp. 342, che sono:

1. La ricostruzione della profondità di compensazione dei carbonati (CCD) durante il Paleogene nel Nord Atlantico, allo scopo di confrontare i dati ottenuti con il record del Pacifico equatoriale e ottenere quindi un quadro sinottico. Il Site U1403, il sito più profondo, ha una paleoprofondità stimata di ~ 4,5 km, mentre il Site U1408, il meno profondo, ha una paleoprofondità di 2,5 km. La combinazione di Site scelti dovrebbe produrre un record dell'evoluzione della CCD in un range di profondità di 2 km, dalla zona abissale ad una zona di media profondità. Tra i risultati ottenuti da questa spedizione si può certamente includere la presenza intermittente di sedimenti calcarei osservata durante il Cretaceo, il Paleocene inferiore-medio e l'Eocene fino ad una paleoprofondità di 4,5 km. Questi dati suggeriscono che nell'Atlantico settentrionale la CCD fosse estremamente profonda nel corso di questi episodi di sedimentazione carbonatica. Inoltre si è osservata la consistente presenza di carbonato proprio in corrispondenza alle fasi di recupero di importanti eventi climatici o biotici quali il limite Cretaceo/Paleogene (K/Pg), il

Paleocene/Eocene Thermal Maximum, e la *Eocene Oligocene Transition* (EOT). Questi eventi di deposizione sono stati interpretati come prodotti da un meccanismo di riequilibrio di alcalinità delle acque marine, fenomeno che spesso segue estinzioni di massa o i bruschi cambiamenti climatici globali;

2. Il recupero di sequenze ricche di argilla con microfossili ben conservati e alti tassi di accumulo, se confrontati con le velocità di sedimentazione assai più modeste (~ 0,5-1 cm/Kyr) tipiche dei siti francamente pelagici. L' Exp. IODP 342 ha recuperato successioni sedimentarie con tassi di sedimentazione fino a 10 cm/Kyr, che rappresentano il primo passo per cercare di studiare al meglio la dinamica dei processi attivi nel passato geologico e comprendere i meccanismi che innescano e controllano i cambiamenti climatici. Nel caso di questa spedizione l'interesse è stato in particolare rivolto all'evoluzione dal mondo *greenhouse* al mondo *icehouse*, alla storia della CCD e agli eventi ipertermali, sebbene un particolare rilievo sia stato dato alla transizione Eocene-Oligocene (EOT, ~33.7 Ma) e alla successiva glaciazione permanente antartica, la prima post-regime *greenhouse*. Un ultimo obiettivo nell'ambito paleoceanografico era la ricostruzione dell'evoluzione della *Deep Western Boundary Current* (DWBC), corrente profonda che oggi, dal Nord Atlantico, scorre verso Sud costeggiando il continente americano e costituisce un elemento cruciale nell'attuale circolazione oceanica profonda.
3. La costruzione di un quadro cronostratigrafico più stabile e risolto per l'Eocene, allo scopo di collegare la *timescale* astronomica sviluppata per il Neogene con la *timescale* del Paleogene inferiore, che rimane ancora per la maggior parte senza punti di ancoraggio certi.

Lo scopo di questa tesi di laurea magistrale è quello di effettuare analisi biostratigrafiche e studi paleoecologici delle associazioni a nannofossili calcarei, utilizzando campioni recuperati nel corso della crociera 342 del progetto IODP appena descritto.

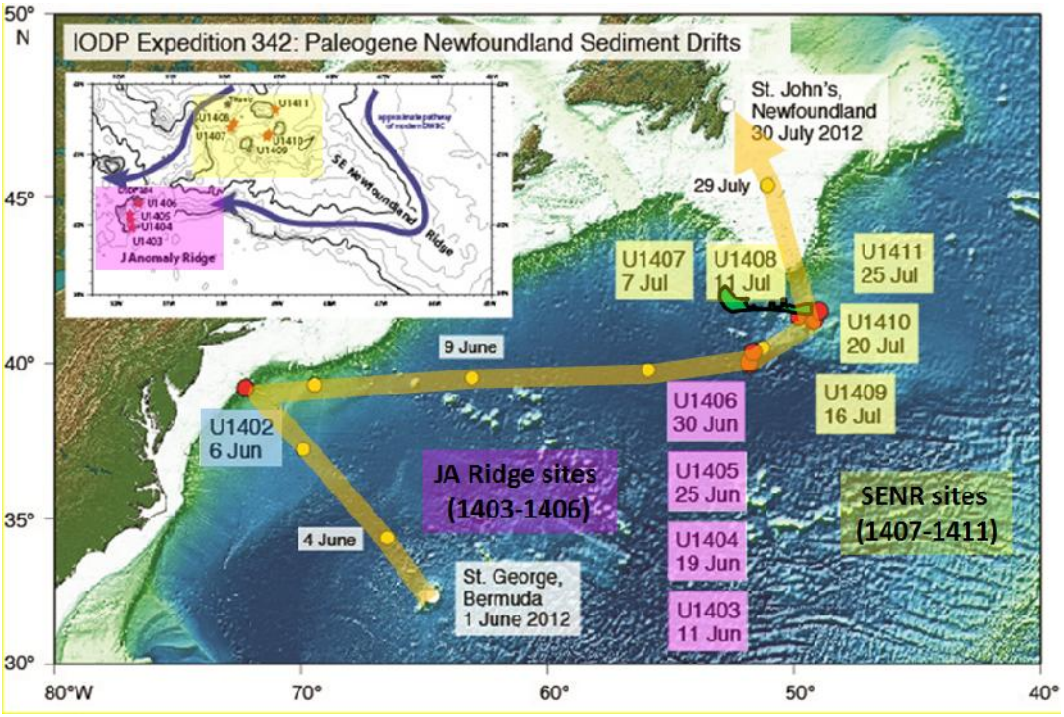


Figura 3.1: Mappa dell'area di perforazione, sud/sud est di Terranova e localizzazione dei Site perforati. (immagine modificata da http://iodp.tamu.edu/scienceops/expeditions/newfoundland_sediment_drifts.html, Inserto modificato da Norris et al., 2012).

CAPITOLO 4
Materiale e metodi

4.1. Materiale: il Site U1409

I campioni analizzati in questa tesi sono stati recuperati durante l'IODP (Integrated Ocean Drilling Program) Expedition 342 (Site U1409) svoltasi nell'Atlatico nord-occidentale dal 2 giugno al 1 agosto 2012. Al Site U1409 si è proceduto alla perforazione di tre pozzi (A, B e C) aventi le seguenti coordinate geografiche profondità di perforazione:

Hole 1409A latitude: 41°17.7501'N
longitudine: 49°13.9996'W
water depth (mbsl): 3503.2

Hole 1409B latitude: 41°17.7493'N
longitudine: 49°13.9852'W
water depth (mbsl): 3501.0

Hole 1409C latitude: 41°17.7392'N
longitudine: 49°13.9853'W
water depth (mbsl): 3500.5

Durante gran parte del Paleogene inferiore, i sedimenti depostisi al Site U1409 pur avendo una paleoprofondità di ca. 3000 si trovavano al di sopra della CCD (Carbonate Compensation Depth). Questa condizione rende i sedimenti del Site U1409 potenzialmente utili allo studio dell'evoluzione a lungo termine della CCD. Inoltre la posizione del Site U1409 si rivela strategica anche allo scopo di investigare le variazioni di produttività carbonatica e le modifiche negli apporti terrigeni durante questo intervallo (Norris *et al.*, 2012). L'obiettivo della spedizione, ed in particolare di questo site, consisteva nel recuperare una relativamente espansa successione di sedimenti di età paleocenica/eocenico-media ad una profondità di seppellimento relativamente bassa (da 0 a 250 m).

Nel corso delle fasi di perforazione, sono state descritte, lungo i ~200 m di sedimenti recuperati, quattro specifiche unità litostratigrafiche, che sono essenzialmente costituite da sedimenti pelagici ed emipelagici di mare profondo.

- Unità 1: alternanze di argille siltose pleistoceniche marroni e marrone-rossastro contenenti nannofossili calcarei con varie abbondanze di foraminiferi e diatomee e occasionalmente letti di sabbia fangosa con presenza di foraminiferi. Al limite tra l'Unità 1 e l'Unità 2 è presente un contatto erosivo.
- Unità 2: argille siltose oligoceniche marroni-giallastre, pesantemente bioturbate, alternate ad argille a nannofossili calcarei con presenza noduli manganesiferi, solfuri sparsi e rare concentrazioni di orizzonti ossidati di colore rossastro.
- Unità 3: letti alternati di argille grigio-verdognole a nannofossili calcarei e fanghi bianchi a nannofossili calcarei. Spesso si ritrovano orizzonti ricchi in ossidi e con leggero, sebbene riconoscibile, contrasto cromatico tra strati adiacenti.
- Unità 4: fanghi bianco-rosati a nannofossili calcarei. Quest'unità è suddivisa nelle seguenti tre sub-unità:
  - Unità 4a: fanghi a nannofossili calcarei bianco-rosati con radiolari;
  - Unità 4b: selci comuni intervallate a differenti litologie tra cui fanghi a nannofossili calcarei da rosa a marrone scuro o grigi, calcari con intercalati letti di selce, calcari a nannofossili e presenza di fossili silicei e argilliti a nannofossili calcarei.
  - Unità 4c: calcare a nannofossili calcarei da rosa a grigio pallido o marrone chiaro.

In questa tesi sono stati analizzati 44 campioni provenienti dal Site U1409 da 188,63 (mcd) a 138,95 (mcd). Dal punto di vista litologico appartengono all'Unità 4. Dal punto di vista cronostratigrafico l'intervallo analizzato va dal Paleocene superiore all'Eocene inferiore.

4.2. Metodi

Per la preparazione dei campioni analizzati ai fini di questa tesi di laurea magistrale, è stato applicato il procedimento noto col termine di "*smear slide*" (Fig. 4.1_A, B). La procedura prevede di prelevare una quantità minima di materiale e disporla sopra un vetrino portaoggetto, precedentemente siglato col codice del campione. Successivamente si bagna il materiale con una o due gocce di acqua distillata e lo si lavora con una cannuccia fino ad ottenere fasce di differente densità. Una volta asciugato il materiale su una piastra preriscaldata a 100 °C, esso viene coperto con un vetrino più sottile definito "coprioggetto" che si fissa al vetrino portaoggetto mediante adesivo ottico con alto indice di rifrazione (Norland), che asciuga se sottoposto alla luce diretta di una lampada a raggi ultravioletti. Una volta asciutto, il campione è pronto per essere analizzato al microscopio ottico polarizzatore a 1250 ingrandimenti. Per poter studiare e determinare i nannofossili calcarei, i campioni vengono osservati sia a nicol paralleli che nicol incrociati, determinando così sia le caratteristiche strutturali che quelle morfologiche. Il passaggio da nicol paralleli a incrociati può rivelare una particolare birifrangenza dell'esemplare o una sua parziale o totale estinzione. Questa metodo si rivela molto importante a fini diagnostici ed è reso possibile dalla particolare disposizione dei numerosi elementi calcitici che compongono i nannofossili. Lo studio preliminare qualitativo e quantitativo dei campioni è stato eseguito facendo riferimento ai metodi proposti da Rio *et al*. (1990 a, b). Durante l'analisi del materiale, effettuata al microscopio ottico polarizzatore, possono essere eseguiti differenti tipi di conteggi.

Un primo metodo prevede la stima delle abbondanze relative e consiste nel contare almeno 300 esemplari, e quindi calcolare le abbondanze relative dei taxa presenti nell'associazione in termini di percentuali (Pospichal, 1991). Un secondo metodo prevede invece una stima semiquantitativa delle abbondanze assolute dei vari taxa e viene eseguita contando il numero di esemplari di uno stesso taxon presenti su un'area di $1mm^2$ (Backman & Shackleton, 1983). Questa metodologia

è stata applicata a scopi principalmente biostratigrafici per evidenziare anche la presenza di specie marker particolarmente rare.

4.2.1 Schemi biostratigrafici di riferimento e note tassonomiche

Gli schemi biostratitgrafici adottati in questa tesi sono quelli proposti da Martini (1971) e Okada & Bukry (1980). I concetti tassonomici seguiti per la determinazione dei vari taxa fanno riferimento a quelli proposti in Perch-Nielsen (1985), ove non diversamente specificato. Microfotografie dei taxa più significativi verranno inoltre fornite allo scopo di chiarire ulteriormente i contetti tassonomici utilizzati in questa sede.

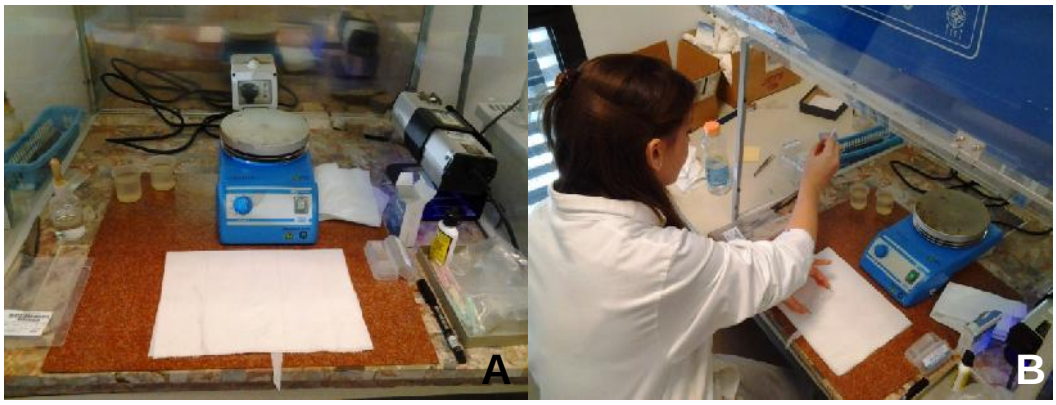


Figura 4.1_A, B: piano da lavoro per la preparazione dei campioni col metodo delle *"smear slide"*

CAPITOLO 5
Biostratigrafia a nannofossili calcarei

5.1. Breve introduzione alla biozonatura dei nannofossili calcarei del Paleocene superiore-Eocene inferiore

I primi tentativi di biozonature a nannofossili calcarei riguardanti l'intervallo Paleocene superiore-Eocene inferiore, sono stati effettuati da Bramlette & Sullivan (1961) e da Hay & Mohler (1967). In un secondo momento, i dati prodotti da questi autori e da altri furono inseriti da Martini (1971), all'interno di uno schema biostratigrafico valido per l'intero Cenozoico, e definiti da quest'ultimo biorizzonti "*standard*". Per il periodo analizzato in questa tesi, Martini (1971) codifica le biozone utilizzando la sigla "NP" (*Nannoplankton Paleogene*) numerandole in serie progressiva. Una codifica alternativa, estesa ancora una volta a tutto il Cenozoico, è stata proposta da Bukry (1973), utilizzando principalmente studi da lui svolti nell'ambito del progetto internazionale *Deep Sea Drilling Prioject* (DSDP) (Bukry, 1970, 1971, 1973, 1975a). Sulla base di questi dati, nel 1980, è stata pubblicata da Okada & Bukry una versione revisionata della precedente zonatura. Questo schema utilizza la sigla di codifica "CP" (*Coccolithus Paleogene*) per le biozone, seguita nel caso dalle lettere a, b e c per l'identificazione delle sottozone e, infine, da un numero progressivo.

In questa tesi gli schemi biostratigrafici di riferimento sono appunto quelli di Martini (NP, 1971) e Okada & Bukry (1980).

5.2. Definizione ed affidabilità di un biorizzonte

I biorizzonti, secondo la Guida Internazionale di Nomenclatura Stratigrafica (Salvador, 1994), sono identificabili come cambiamenti di tipo paleontologico osservabili all'interno di una successione stratigrafica. Gli eventi biostratigrafici possono essere controllati dall'evoluzione organica (non ripetitivi) oppure dall'evoluzione ambientale (ripetitivi). I primi sono eventi di comparsa o scomparsa evolutiva, mentre al secondo gruppo appartengono eventi controllati da fattori locali come per esempio:

- Eventi di comparsa o scomparsa per migrazione o esclusione ambientale
- Intervalli di abbondanza o assenza
- Variazioni morfologiche
- Fluttuazioni di abbondanza

Per poter considerare un evento biostratigrafico affidabile, è necessario che questo mantenga sempre la stessa spaziatura temporale ("*spacing*") e la stessa successione relativa ("*ranking*") fra le differenti successioni e all'interno della stessa successione, fra autori diversi. Le caratteristiche che rendono affidabile o meno un evento sono:

- Facile riconoscimento della specie che definisce l'evento
- Abbondanza della specie
- Distribuzione continua
- Possibilità di rimaneggiamento
- Potenziale di preservazione
- Tracciabilità
- Possibilità di effettuare buone correlazioni temporali

5.2.1 I biorizzonti utilizzati

In questa tesi si è deciso di seguire per i biorizzonti la nomenclatura recentemente proposta da Backman et al., 2012 allo scopo di evitare i frequenti fraintendimenti causati dai precedenti acronimi. In letteratura vengono spesso utilizzati i

biorizzonti *First Occurrence* (FO) e *Last Occurrence* (LO), ma comunemente si ritrovano anche i termini *Lowest Occurrence* (LO) e *Highest Occurrence* (HO). Come è del tutto evidente lo stesso acronimo, LO, va quindi ad avere due opposti significati. Ora, non volendo entrare in una diatriba ancora aperta su quale effettivamente sia la nomenclatura più corretta tra le due appena proposte, si preferisce l'utilizzo di una terza nomenclatura quella appunto proposta da Backman et al. (2012), che include i seguenti biorizzonti:

- Base = B
- Base common and continuous = Bc
- Top = T
- Top common and continuous = Tc
- Cross-over = X

I seguenti termini verrano quindi utilizzati nella descrizione dei biorizzonti descritti nel prossimo capitolo.

La posizione di ogni biorizzonte sarà calcolata utilizzando il punto medio. Ad esempio, nel caso della comparsa del taxon (i), il biorizzonte B(i) verrà posizionato nel punto medio tra l'ultimo campione in cui il taxon (i) è assente ed il primo campione in cui il taxon (i) è presente. Analogamente, nel caso di scomparsa del taxon (i), il biorizzonte T(i) verrà posizionato tra l'ultimo campione in cui il taxon (i) è presente e il primo campione in cui il taxon (i) è assente. Allo scopo di semplificare l'esposizione nel testo, per identificare la posizione di un biorizzonte si utilizzerà un solo campione, quello che ha profondità inferiore.

CAPITOLO 6
Risultati e discussione

6.1. Meters Below Sea Floor (mbsf) vs. Meters Composite Depth (mcd)

Durante la fase di perforazione e recupero effettuata su ogni pozzo dello stesso site, ai sedimenti viene assegnata una profondità, che rappresenta la distanza (in m) tra la base del fondale marino e la profondità del sedimento recuperato. Questa profondità viene chiamata *meters below sea floor* (mbsf), ovvero profondità al di sotto del fondale marino. All'interno di uno stesso site, ai sedimenti recuperati viene assegnata una seconda profondità denominata *meters composite depth* (mcd), ovvero profondità composita.

La necessità di queste due diverse profondità risiede nel fatto che la mbsf rappresenta la profondità reale sul singolo hole, mentre la mcd è una profondità interpolata tra i vari hole di uno stesso site. Infatti, quando le carote vengono recuperate, una quantità variabile di sedimento può andare persa. L'entità di questa perdita di materiale può dipendere dalle condizioni di perforazione ma solitamente rappresenta una piccola percentuale del volume totale di sedimento recuperato, variando da un equivalente di qualche centimetro fino a qualche metro di sedimento per carota.

Vista l'impossibilità di ottenere una sequenza completa nel singolo pozzo, quello che si cerca di ottenere è una sequenza completa utilizzando i diversi pozzi di uno stesso site. A questo scopo l'equipaggio a bordo cerca con grande maestria di ottenere carote parzialmente in offset nei vari pozzi in modo che gli intervalli non recuperati durante la perforazione di un pozzo vengano coperti dai sedimenti recuperati da uno degli altri pozzi dello stesso site. La gran parte di questo lavoro viene eseguita a bordo della JR nella fase di perforazione. Quindi la profondità mcd rappresenta una composita ideale della profondità sotto il fondale marino,

che permette un confronto tra i vari pozzi. Idealmente 100 m in mcd in un pozzo, ad es. Hole U1409B, dovrebbero essere equivalenti a 100 m in mcd in un altro pozzo dello stesso site, ad es. Hole U1409C. Al contrario, 100 m in mbsf nel Hole U1409B non saranno certamente equivalenti a 100 m in mbsf nel Hole U1409C.
Lo sviluppo di una scala di profondità in mcd permette di ottenere una sequenza completa di dati partendo da dati iniziali incompleti nei singoli pozzi. Talvolta viene creata una, *revised meters composite depth* (*r*mcd), profondità composita rivista. Questo può succedere nel caso si evidenzino errori nella versione originale dopo la pubblicazione della stessa.

6.2. Il problema mcd al Site U1409

Nel corso della fase preliminare di analisi dei dati raccolti, si sono evidenziate delle incongruenze tra la posizione relativa dei biorizzonti standard ed addizionali riportata in letteratura e l'effettiva posizione degli stessi biorizzonti osservata nei sedimenti del Site U1409 e riportata in mcd. Il passo successivo è stato quello di verificare se la mcd fosse responsabile di questa anomala disposizione dei biorizzonti a nannofossili calcarei. Per questo si è deciso di suddividere il dataset a disposizione (in mcd) in due subdataset, quello del Hole U1409B e quello del Hole U1409C. A questo punto si sono plottati i grafici dei pattern di abbondanza ricavati dai due pozzi per le specie indice più significative (fig. 6.1_A).

In figura 6.1_A, viene quindi indicata la distribuzione semiquantitativa di alcune specie indici. I dati rappresentati dalla linea rossa sono relativi al Hole U1409C, mentre la linea nera rappresenta i dati del Hole U1409B. Osservando la distribuzione di *Fasciculithus tympaniformis* si può notare come i dati dei due pozzi non siano consistenti. In particolare, nel Hole U1409B, *F. tympaniformis* si estingue prima del *PETM*, mentre nel Hole U1409C esso mostra una distribuzione più articolata con una diminuzione drammatica in corrispondenza del PETM (non prima) seguita da una coda di distribuzione che infine porta alla definitiva estinzione di questo taxon. La distribuzione osservata nel Hole U1409C è decisamente consistente con i numerosi dati di letteratura (e.g. Agnini *et al*. 2007),

mentre il dato disponibile per il Hole U1409B mostra pesanti incongruenze. Altro dato altamente contraddittorio è il posizionamento del campione U1409B-18X-5W-61.0 nella composita. Dal punto di vista biostratigrafico esso è certamente eocenico e, in particolare, per la presenza di *T. contortus* è ascrivibile alla Zona NP 10. Nonostante questa evidenza esso cade, nella attuale mcd, in un intervallo chiaramente paleocenico. Infine il confronto tra due campioni a cui sono state assegnate mcd molto simili, il campione U1409C-21X-1W-51.0 (mbsf 157,81; mcd 176,86) ed il campione U1409B-18X-3W-61.0 (mbsf 154,91; mcd 176,96), evidenzia associazioni del tutto incompatibili. Il campione U1409C-21X-1W-51.0 può essere assegnato alla parte bassa della Zona NP 10 per la presenza di *F. tympaniformis* e l'assenza di *F. richardii* gr., *T. contortus* e *T. orthostylus.* Il campione U1409B-18X-3W,61.0, che nell'attuale mcd ha profondità maggiore e quindi dovrebbe avere un'età relativamente più vecchia, al contrario mostra una associazione tipica della Zona NP 11 per la presenza di *T. orthostylus* e l'assenza di *T. contortus* e *Discoaster lodoensis*.

Sulla base delle numerose evidenze fin qui esposte risulta evidente che la mcd attuale non è corretta, almeno per l'intervallo che va dal Paleocene superiore, parte alta della Zona NP 9, all'Eocene inferiore, fino al tetto della Zona NP 10.
Con i dati attualmente in nostro possesso si può proporre uno spostamento dei campioni analizzati nel Hole U1409B verso l'alto in modo che i dati biostratigrafici non risultino incongruenti nella nuova composita, la *proposed* mcd (*p*mcd; fig. 6.1_B). Sebbene l'analisi biostratigrafica abbia messo in luce la presenza di importanti contraddizioni nell'attuale mcd, per ottenere una accurata revisione della profondità composita sono necessarie complesse analisi che vanno chiaramente al di là degli scopi di questa tesi. Si è quindi deciso di procedere utilizzando un approccio "interlocutorio":

- Per le analisi di tipo biostratigrafico si utilizzeranno le profondità in mcd, eccetto per l'intervallo in cui se ne sia dimostrata l'assoluta inefficacia. In questo modo sarà possibile posizionare i biorizzonti che si trovano al di fuori della fascia di incertezza utilizzando la mcd, mentre per quei bioeventi che ricadono

nell'intervallo di incertezza sarà utilizzata la *p*mcd. L'utilizzo della *p*mcd rappresenta quindi un espediente per evidenziare l'assenza di un sicuro ancoraggio e la necessità di una nuova e più accurata mcd (*r*mcd).

- Per le analisi paleoecologiche, che per loro natura sono meno influenzate dall'utilizzo di una mcd parzialmente incongruente, si è invece preferito mantenere l'attuale mcd per tutto l'intervallo analizzato, poiché con questa soluzione è possibile analizzare un maggiore numero di dati.

6.3. Caratteristiche generali delle associazioni presenti nel Site U1409

Lungo la successione stratigrafica analizzata nel Site U1409 il contenuto fossilifero è abbondante e l'associazione a nannofossili calcarei è abbastanza diversificata (Figs. 5.2, 5.3). Lo stato di preservazione del materiale è mediamente buono. In alcuni campioni sono presenti delle forme cretacee, chiaro indice di rimaneggiamento. Osservando le Figure 5.2 e 5.3 (vedi anche Appendici I-V) si può notare che le associazioni paleoceniche sono costituite principalmente da placoliti (*Coccolithus, Chiasmolithus, Ericsonia* e *Toweius*), fasciculiti e sfenoliti. I generi *Zyghrablithus, Thoracosphaera* e *Discoaster* sono presenti in percentuale inferiore ed altri generi risultano addirittura marginali (*Braarudosphaera, Cruciplaccolithus, Markalius* e *Prinsius*). Nell'intervallo eocenico analizzato si assiste ad un diminuzione di abbondanza dei placoliti e all'estinzione dei generi *Prinsius* e *Fasciculithus.* In corrispondenza alla scomparsa dei fasciculiti si ha un deciso incremento, in termini d'abbondanza, di *Zyghrablithus bijugatus*. L'intervallo eocenico si caratterizza anche per una spiccata speciazione all'interno dei generi *Discoaster* (e.g., *D. araneus, D. mahmoudii, D. binodosus; D. kuepperi, D. salisburgensis, D. diastypus, D. lodoensis*), *Sphenolithus* (e.g.,*S. villae, S. orphanknollensis, S. spiniger, S. radians*) e *Rhomboaster/Tribrachiatus* (i.e., *R. calcitrapa, R. cuspis, T. bramlettei, T. contortus* e *T. orthostylus*). Nella parte alta della successione stratigrafica si nota anche la progressiva diminuzione, del genere *Toweius,* che risulta dall'estinzione delle specie appartenenti a questo

genere più abbondanti durante Paleocene, in controtendenza la comparsa di *T. magnicrassus* nella parte alta della Zona NP 12.

6.4. Biostratigrafia a nannofossili calcarei al Site U1409

Nel seguente paragrafo vengono descritti tutti i biorizzonti utilizzati nelle zonature standard (Martini, 1971; Okada & Bukry, 1980) e, inoltre, alcuni biorizzonti addizionali che vengono ritenuti utili per ottenere una migliore risoluzione biostratigrafica dell'intervallo studiato. La posizione di tutti gli eventi descritti è riportata in Tabella 6.1. Microfotografie dei taxa più significativi dal punto di vista biostratigrafico sono fornite nelle Plate I, II, III.

6.4.1. I biorizzonti delle zonature standard

Base di *Discoaster mohleri* (base Zona NP 8)

B di *D. mohleri* viene utilizzato per definire la base della Zona NP 7 (Martini, 1971) e la base della Zona CP6 (Okada e Bukry, 1980). Al *Site U1409 D. mohleri* è presente fin dal primo campione (U1409B-19X-4W-141.0-mbsfTOP_166,81-mcdTOP_188,63). Il suo Top viene invece osservato al tetto della NP 11 (U1409B-17X-6W-mbsfTOP_151-mcdTOP_173) (Plate I, fig. 6).

Base di *Heliolithus riedelii* (base Zona NP 8)

In letteratura spesso le Zone NP 7 e NP 8 rimangono indifferenziate per l'assenza di *Heliolithus riedelii,* la cui base serve a definire la base della Zona NP 8 (Martini, 1971). Anche nel corso di queste analisi non è stato individuato questo *marker* e quindi le Zone NP 7 e NP 8 rimangono indifferenziate.

Base di *Discoaster nobilis* (base Zona CP7)

L'evento di comparsa del *Discoaster nobilis* definisce la base della Zona CP7 (Okada & Bukry, 1980), la B di *D. nobilis* è corrispondente al campione U1409A-

20X-5W-121.0 (mbsfTOP_158,01-mcdTOP_183,68) nel Site U1409 (Plate I, figs. 7-8).

Base del *Discoaster multiradiatus* (base Zona NP 9 e Subzona CP8a)

La base del *D. multiradiatus* definisce le basi delle Zone NP 9 e CP8a (Martini, 1971; Okada & Bukry, 1980). Al Site U1409, *D. multiradiatus* compare nel campione U1409A-20X-5W-21.0 (mbsfTOP_157,01-mcdTOP_182,68). (Plate I, fig. 17).

Base di *Campylosphaera eodela* e Base di *Rhomboaster* spp. (base SubZona CP8b)

La B di *C. eodela* e la B di *Rhomboaster* spp. vengono utilizzate per definire la base della Subzona CP8b (Okada & Bukry, 1980). *Campylosphaera eodela* mostra una distribuzione piuttosto discontinua all'interno della sezione analizzata, si è quindi preferito non utilizzare questo biorizzonte. Al contrario la B di *Rhomboaster* spp. (Plate III, fig. 3) è posizionata nel campione U1409C-21X-3W-8.0 (mbsfTOP_160,15-mcdTOP_179,20) e viene quindi utilizzata per marcare la base della Subzona CP8b.

In questo studio il limite Paleocene-Eocene viene posizionato in corrispondenza della base della Subzona CP8b, definita dalla comparsa di *Rhomboaster* spp. e dove si osserva anche una drammatica diminuzione, in termini sia di abbondanza che di ricchezza specifica, del genere *Fasciculithus.*

Base di *Tribrachiatus bramlettei* (base Zona NP 10)

La B di *T. bramlettei* definisce la base della Zona NP 10 (Martini, 1971). *Rhomboaster* e *Tribrachiatus* appartengono ad un'unica linea filetica che si evolve grazie a graduali cambiamenti morfologici che modificano le strutture da tipicamente romboedriche (genere *Rhomboaster*), a simmetricamente triradiate dando infine origine al genere *Tribrachiatus*, nel quale due triplette ruotano progressivamente appiattendosi (Romein, 1979; Perch-Nielsen, 1985; Wei and Zhong, 1996; Raffi *et al*., 2005). Questo *lineage* evolutivo viene utilizzato

massicciamente nella suddivisione biostratigrafica dell'Eocene inferiore (Agnini *et al*., 2007). Spesso, *T. bramlettei* è scarsamente abbonante e la sua comparsa è difficile da individuare (Backman, 1986; Agnini *et al*., 2007), i dati riportati in letteratura sono in perfetto accordo con i dati del Site U1409 in cui *T. bramlettei* è stato osservato in un solo dei campioni. Sulla base di queste considerazioni la comparsa di *T. bramlettei* non viene utilizzata in questo studio. (Plate III, fig. 4, 5, 6)

Base di *Discoaster diastypus* e Base di *Tribrachiatus contortus* (base Zona CP9a)

La B di *D. diastypus* e B di *T. contortus* vengono entrambe utilizzate per definire la base della Zona CP9a (Okada & Bukry, 1980). In particolare, la B di *D. diastypus* (Plate II, fig.5) e la B di *T. contortus* (Plate III, figs. 7, 8) sono state riconosciute nel campione U1409B-18X-5W-61.0 (mbsfTOP_157,72), per il quale viene riportata la solo profondità mbsf, poiché la mcd attuale non è corretta (vd. discussione paragrafo 6.2).

Top di *Tribrachiatus contortus* (Base Zona NP 11)

Il T di *T. contortus* (Plate III, figs. 7, 8) defisce la base della Zona NP 11 (Martini, 1971). Al Site U1409, il T di *T. contortus* è posizionato nel campione U1409B-18X-4W-131.0 (mbsfTOP_157,11), ove è stata riconosciuta anche la B di *Tribrachiatus orthostylus* (Plate III, figs. 9, 10). Si conferma quindi la presenza di cross-over (X) tra questi due taxa (Backman, 1986; Perch-Nielsen, 1985). All'interno della Zona NP 11, si osservano anche le comparse di *Sphenolithus radians* (Plate II, figs. 18, 19, 20) e *Sphenolithus villae* (Plate III, figs. 1, 2), (Tab. 6.1).

Base e Base common di *Discoaster lodoensis* (Base Zona NP 12 e Base Zona CP10)

La B di *D. lodoensis* definisce la base delle Zone NP 12 e CP10 (Martini, 1971; Okada & Bukry, 1980). Al Site U1409 La B di *D. lodoensis* è stata posizionata in

corrispondenza del campione U1409C-20X-3W-111.0 (mbsfTOP_153,41-mcdTOP_171,56). La prima comparsa del *D. lodoensis* è seguita da un intervallo di assenza e quindi da un ritorno del taxon che da qui in avanti mostra abbondanze continue e comuni (U1409B-16X-5W-141.0; mbsfTOP_139,51-mcdTOP_161,86). Questo ritorno viene denominato Bc di *D.lodoensis* ed è stato già più volte riportato in letteratura (Agnini *et al*. 2006; 2007; Dallanave *et al*. 2009). All'interno della Zona NP 12 il numero di raggi di *D. lodoensis* diminuisce da 7 (raramente 8) fino a 5-6 raggi.

Base di *Coccolithus crassus* (Base Zona CP11)

Il B di *C. crassus* è utilizzato per definire la base della Zona CP11 (Okada & Bukry, 1980). Nel passato, la tassonomia di questo taxon è stata piuttosto dibattuta, in questa tesi si è scelto di adottare il concetto proposto da Wei *et al*. (1993). La comparsa di *C. crassus* è posta al campione U1409B-13X-6W-50.0 (mbsfTOP_120,80-mcdTOP_140,95).

Top di *Tribrachiatus orthostylus* (Base Zona NP 13)

Il T di *T. orthostylus* viene usata per definere la base della Zona NP 13 (Martini, 1971), questo biorizzonte è stato osservato al campione campione U1409B-13X-6W-50.0 (mbsfTOP_120,80-mcdTOP_140,95).

Base di *Discoaster sublodoensis* (Base Zona NP 14 e Base Zona CP12a)

La B di *D. sublodoensis* definisce la base delle Zone NP 14 e CP12a (Martini, 1971; Okada & Bukry, 1980). Al Site U1409 non sono stati riconosciuti esemplari ascrivibili a *D. sublodoensis*, sebbene alcune forme transizionali tra *D. lodoensis* e *D. sublodoensis* siano state osservate nella parte alta della sezione analizzata.

6.4.2. I biorizzonti addizionali

Base di *Discoasteroides bramlettei* gr. e Base di *Discoasteroides megastypus*

Dati di letteratura riportano per *D. bramlettei* gr. e *D. megastypus* distribuzioni comprese tra le Zone NP 6-NP 7-NP 8, e fino alla base della NP 9. Al Site U1409, *D. bramlettei* è presente in maniera discontinua a partire dalla Zona NP 7-NP 8 sino alla base della Zona NP 9, mentre *D. megastypus* è raro e presente solo in nella zona NP 7-NP 8.

Base *di Discoaster backmanii e* Base *Discoaster okadai*

Discoaster backmanii e Discoaster okadai rappresentano le prime due specie del genere *Discoaster* con raggi liberi. Una linea evolutiva comune è ipotizzata per queste due specie (Agnini *et al*., 2007; 2008). La B di *D. backmanii* (Plate I, figs. 4, 5) viene proposta come possibile evento addizionale (Agnini *et al*., 2007; Dallanave *et al*., 2012). Al Site U1409, *D. backmanii* è presente dal primo campione, la sua scomparsa avviene invece nel campione U1409A-20X-5W-121.0- mbsfTOP_158,01-mcdTOP_183,68. *Discoaster okadai* (Plate I, fig. 10) è stato determinato in un solo campione (1409B-18X-6W-21.0-mbsfTOP_158,63-mcdTOP_183,68). In entrambi i casi non è quindi stato possibile riconoscere la B di questi taxa.

Base di *Discoaster delicatus* gr.

Discoaster delicatus gr. include *D. delicatus* e *Discoaster lenticularis*. Dati di letteratura mettono in evidenza come la B di *D. delicatus* gr. preceda di poco la B di *D. multiradiatus*, ovvero la base della Zona NP 9 (Perch-Nielsen, 1985; Agnini *et al*., 2007). Al *Site U1409*, *D. delicatus* (Plate I, fig. 9) è presente fin dal primo campione, confermando quindi che la B di *D. delicatus* precede la B di *D. multiradiatus*. (Tab. 6.1).

Base e Top di *Ericsonia robusta*

La distribuzione totale di *E. robusta* (sensu Raffi *et al*. 2005) si estende dalla parte alta della Zona NP 7-NP 8 alla parte bassa della Zona NP 9 (Backman, 1986; Raffi *et al*., 2005; Agnini *et al*., 2007; Dallanave *et al*., 2012). Al Site U1409, *E. robusta* è presente fino dalla base della sezione e scompare nel campione U1409B-18X-6W-21.0 (mbsfTOP_158,63-mcdTOP_180,68). Questi dati sono in accordo con i dati di letteratura. (Tab. 6.1).

Top common di *Sphenolithus anarrhopus*

Dopo la sua comparsa *S. anarrhopus* (Plate II, figs. 16, 17) mostra una distribuzione continua fino a una prominente diminuzione osservata in prossimità della comparsa di *D. multiradiatus* (Agnini *et al.*, 2007; Dallanave *et al*., 2012). Al Site U1409 il Tc di *S. anarrhopus* è stata osservata nel campione U1409B-18X-6W-21.0 (mbsfTOP_158,63-mcdTOP_180,68), relativamente vicino alla comparsa di *D. multiradiatus* e si trova quindi in una posizione consistente con i dati di letteratura. (Tab. 6.1).

Base e Top di *Fasciculithus richardii* gr. e Top di *Fasciculithus alanii*

Fasciculithus richardii gr. include *Fasciculithus richardii, Fasciculithus hayii, Fascicículithus lilianae* e *Fasciculithus schaubii.* Al Site U1409, la comparsa di queste specie avviene al limite tra la Zona NP 8 e Zona NP 9, con un progressivo incremento d'abbondanza alla base della Zona NP 9. Questi dati sono consistenti con i dati di letteratura (Perch-Nielsen, 1985; Agnini *et al*., 2007). La radiazione tardo paleocenica dei fasciculiti è associata e caratterizzata da un aumento delle dimensioni medie del genere e da una maggiore variabilità interspecifica. Questo importante evento evolutivo potrebbe essere interpretabile come un adattamento di questi taxa alle condizioni ambientali stabili che precedono il PETM.

Al limite Paleocene/Eocene *Fasciculithus richardii* gr. e *F. alanii* scompaiono in modo netto nel campione U1409B-18X-4W-131.0 (mbsfTOP_157,11-mcdTOP_179,16). Questo evento sembra essere globale e ben correlabile tra aree geografiche diverse. (Tab. 6.1).

Base common di *Zyghrablithus bijugatus*

La comparsa comune e continua (Bc) di *Zyghrablithus bijugatus* generalmente avviene alla base della Zona NP 9 (Agnini *et al*. 2007; Dallanave *et al*., 2009; 2012). Nel Site U1409, *Z. bijugatus* compare alla transizione tra Zona NP 7-NP 8/NP 9 nel campione U1409A-20X-5W-121.0 (mbsfTOP_158,01-mcdTOP_183,68). *Zygrablithus bijugatus* (Plate III, fig. 16) mostra un ulteriore significativo aumento nelle proprie abbondanze nel campione U1409B-18X-4W-131.0 (mbsfTOP_157,11-mcdTOP_179,16). (Tab. 6.1).

Base di *Discoaster araneus*

Discoaster araneus (Plate I, figs. 15, 16) è incluso nelle specie che appartengono ai cosidetti Calcareous Nannofossil Excursion Taxa (CNET). Questi taxa hanno distribuzioni stratigrafiche ristrette al PETM (Aubry & Kahn, 2004; Agnini *et al*., 2007). Al Site U1409, *D. araneus* è stato osservato in un unico campione U1409B-21X-3W-8.0 (mbsfTOP_160,15-mcdTOP_179,20), che quindi documenta il PETM in questo site. (Tab. 6.1).

Base di *Tribrachiatus orthostylus*

La B di *T. orthostylus* viene considerato un ottimo evento addizionale, che potrebbe sostituire il T di *T. contortus* (Perch-Nilesen, 1985; Backman, 1986; Agnini *et al*. 2007). Al Site 1409, il B di *T. orthostylus* sembra mantenere spacing e ranking rispetto agli altri eventi, purtroppo trovandosi nell'intervallo di incertezza per quanto riguarda la mcd, per questo biorizzonte viene fornita solo la mbsf del campione (U1409B-18X-4W-131.0 (mbsfTOP_157,11). Esiste quindi un cross-over (X) in abbondanza tra *T. contortus* e *T. orthostylus* risultato in accordo con i dati di letteratura (Perch-Nielsen, 1985; Backman, 1986; Agnini *et al*., 2007). (Tab. 6.1).

Base di *Sphenolithus radians*

La B di *S. radians* è stata proposta come biorizzonte alternativo per approssimare la base della zona NP 11, nel caso di assenza del marker *T. contortus* (Backman,1986; Perch-Nielsen, 1985). Al Site U1409, la comparsa di questo marker avviene alla base della Zona NP 11 nel campione U1409B-18X-4W-131.0 (mbsfTOP_157,11).in accordo con i dati di letteratura (Perch-Nielsen, 1985; Agnini *et al*., 2007). (Tab. 6.1).

Top common e Top di *Discoaster multiradiatus*

Durante la parte bassa dell'Eocene inferiore, *Discoaster multiradiatus* è continuo e comune fin quando improvvisamente scompare temporaneamente e infine mostra una coda di distribuzione che porterà alla sua definitiva estinzione. La prima netta diminuzione in abbondanza viene qui denominata Tc e avviene nel campione U1409B-18X-4W-11.0 (mbsfTOP_155,91 mcdTOP_177,96). Al Site U1409, la definitiva scomparsa (T) di questo marker è osservata nella parte alta della Zona NP 11 nel campione U1409B-17X-6W-12/26 (mbsfTOP_150,94 mcdTOP_173,86). Questi dati risultano essere in accordo con quanto descritto da Agnini *et al*.(2007). (Tab. 6.1).

Base di *Girgisia gammation*

La B di *G. gammation* è già stata proposta come evento addizionale (Agnini *et al*., 2006; 2007; Dallanave *et al*. 2009). Al Site U1409, la comparsa di *G. gammation* è stata osservata nel campione U1409C-20X-3W-111.0 (mbsfTOP_153,41-mcdTOP_171,56) in perfetta corrispondenza con B di *D. lodoensis* ed in in accordo con i dati di letteratura (Agnini *et al*., 2006, 2007; Dallanave *et al*., 2009). Questa specie deriva probabilmente dal genere *Toweius* (Perch-Nielsen, 1985), sebbene la linea evolutiva di *G. gammation* non sia ancora del tutto chiara (Varol 1989). (Tab. 6.1).

Base di *Chiphragmalithus* spp.

Il genere *Chiphragmalithus* deriva plausibilmente da una graduale evoluzione, in seguito a cambiamenti morfologici della struttura e del profilo, dei generi *Neochiastozygus* e *Neococcolithes*. Al Site U1409, la B di *Chiphragmalithus* spp. compare nel campione U1409B-17X-5W-101.0 (mbsfTOP_148,71-mcdTOP_171,16) alla base della Zona NP 12, in accordo con la letteratura (Perch-Nielsen, 1985; Agnini *et al*., 2007).

6.5 La classificazione biostratigrafica della sezione studiata al Site U1409

Sulla base della descrizione, analisi e discussione dei risultati biostratigrafici esposti nei paragrafi precedenti possiamo affermare che la sezione studiata del Site U1409 si estende dal Thanetiano alla parte alta dell'Ypresiano. In particolare, con riferimento alla zonatura standard di Martini (1971), nella sezione sono state riconosciute la parte superiore della Zona NP 7/NP 8, la Zona NP 9, la Zona NP 10, la Zona NP 11, la zona NP 12 e la parte inferiore della Zona NP 13.

6.6 La continuità della sezione studiata al Site U1409

Il significato di "completezza" di una sezione stratigrafica è un concetto relativo legato ai problemi da risolvere ed alle possibilità di risoluzione temporale dello strumento con il quale essa viene valutata.

Sulla base dei dati biostratigrafici raccolti si è cercato di valutare la continuità della sezione analizzata. In particolare, ranking e spacing di alcuni selezionati biorizzonti osservati al Site U1409 sono stati confrontati con ranking e spacing degli stessi bioeventi riportati in letteratura. In due casi da questo confronto sono risultate delle evidenti incongruenze:

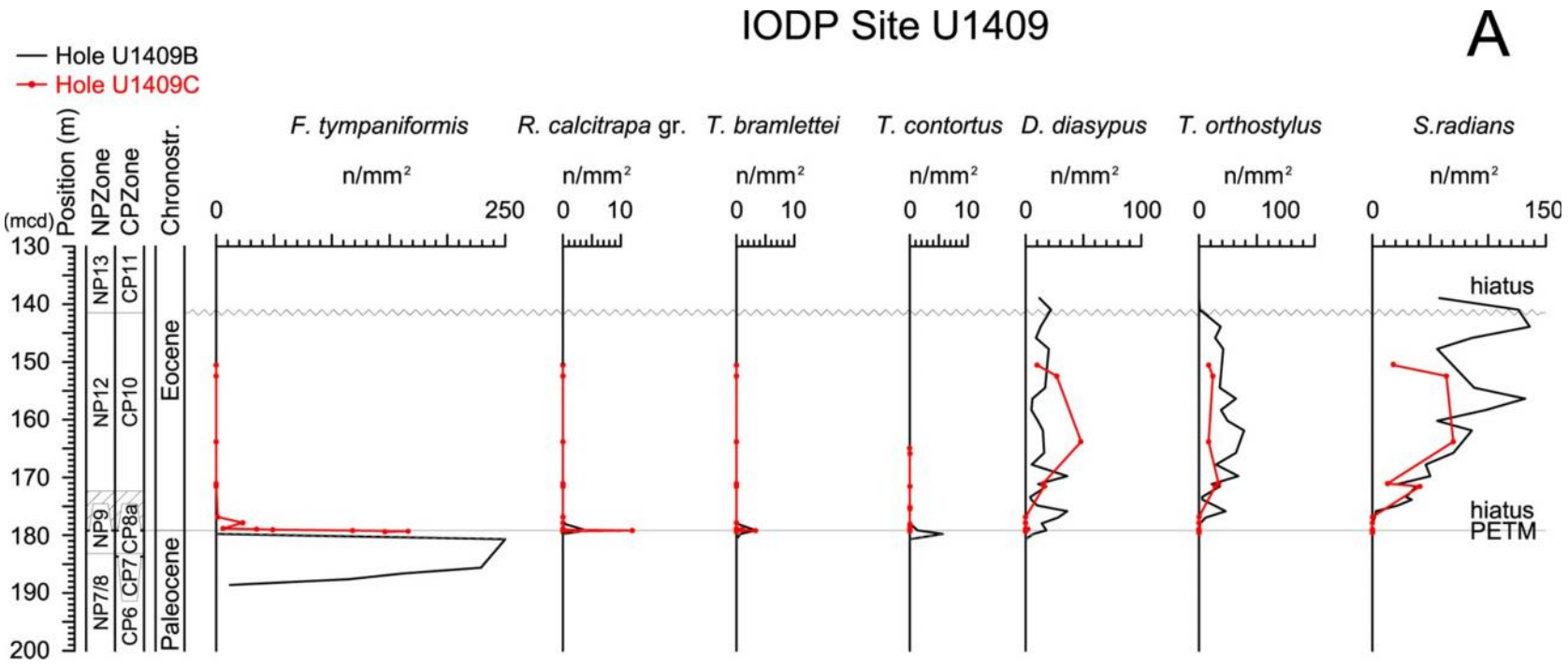
- Alla base dell'Eocene inferiore il ranking previsto per i biorizzonti selezionati è il seguente: T di *Fasciculithus* spp., B di *T. bramlettei*, B di *D. diastypus* e B di *T. contortus* (Agnini *et al*., 2007). Al Site U1409, tutti

questi bioeventi occorrono tra il campione U1409B-18X-6W-21.0 (mbsfTOP_158,63-mcdTOP_180,68) e il campione U1409B-18X-5W-61.0 (mbsfTOP_157,72-mcdTOP_179,7780,68), indicando la presenza di uno hiatus in questa parte della sezione.

- Nella parte alta della sezione il ranking previsto per i biorizzonti selezionati è il seguente: B di *C. crassus* e T di *T. orthostylus*. In letteratura tra i due biorizzonti è riportata una spaziatura (Agnini *et al*., 2006). Al Site U1409, i due biorizzonti sono posizionati tra il campione U1409B-15X-1W-125.0 (mbsfTOP_123,75-mcdTOP_143,90) e il campione U1409B-13X-6W-50.0 (mbsfTOP_120,80-mcdTOP_140,95), indicando la presenza di una possibile lacuna stratigrafica. A ulteriore supporto di questa ipotesi si fa notare che il T di *Toweius* spp. e la B di *Reticulofenestra* spp./*Dictyococcites* spp. che in letteratura sono spaziati di circa 1Myr (Agnini *et al*., 2006), al Site U1409 sono posizionati in due campioni successivi. Inoltre il fatto che *Reticulofenestra* spp./*Dictyococcites* spp. risultino, ove presenti nella successione, comuni all'interno dell'associazione suggerisce che il campione U1409B-13X-6W-50.0 (mbsfTOP_120,80-mcdTOP_140,95), in cui si è osservata la B di *Reticulofenestra* spp./*Dictyococcites* spp. non rappresenti l'effettiva comparsa per la famiglia delle Noelaerhabdaceae.
- Questa discussione suggerisce che, nei limiti della risoluzione temporale fornita dalla successione di eventi appena descritta, si può in prima approssimazione ipotizzare la presenza di due hiati.

BIORIZZONTE		NP	CP	CAMPIONE	mbsf_TOP	mcd_top
T. orthostylus	T	NP 13		U1409B-13H-5W-0	118,80	138,95
C. crassus	B		CP11	U1409B-13H-6W-50	120,80	140,95
Chiphragmalithus spp.	B			U1409B-17X-5W-101	148,71	171,16
G. gammation	B			U1409C-20X-3W-111	153,41	171,56
D. lodoensis	B	NP 12	CP10	U1409C-20X-3W-111	153,41	171,56
D. multiradiatus	T			U1409B-17X-6W	150,94	173,39
S. radians	B			U1409B-18X-3W-61	154,91	_
D. multiradiatus	Tc			U1409B-18X-4W-11	155,91	177,96
T. orthostylus	B			U1409B-18X-4W-131	157,11	_
T. contortus/T. orthostylus	RE			U1409B-18X-4W-131	157,11	_
T. contortus	T	NP 11	CP9b	U1409B-18X-4W-131	157,11	_
T. contortus	B		CP9a	U1409B-18X-5W-61	157,72	_
D. diastypus	B		CP9a	U1409B-18X-5W-61	157,72	_
F. tympaniformis gr.	T			U1409C-21X-1W-51	157,81	_
D. araneus	B			U1409C-21X-3W-8	160,15	_
Rhomboaster spp.	B		CP8b	U1409C-21X-3W-8	160,15	_
T. bramlettei	B	NP 10		_	_	_
F. richardii gr.	T			U1409B-18X-4W-131	157,11	179,16
F. alanii	T			U1409B-18X-4W-131	157,11	179,16
C. eodela	B		CP8a	_	_	_
E. robusta	T			U1409B-18X-6W-21	158,63	180,68
S. anarrhopus	Tc			U1409B-18X-6W-21	158,63	180,68
D. multiradiatus	B	NP 9	CP8a	U1409A-20X-5W-21	157,01	182,68
D. backmanii	T			U1409A-20X-5W-21	157,01	182,68
F. richardii gr.	B			U1409A-20X-5W-121	158,01	183,68
D. megastypus	B			U1409A-20X-5W-121	158,01	183,68
D. nobilis	B			U1409A-20X-5W-121	158,01	183,68
Z. bijugatus	B			U1409A-20X-5W-121	158,01	183,68
D. delicatus gr.	B			U1409B-19X-4W-141	166,81	188,63

Tabella 6.1: Posizione dei biorizzonti considerati al *Site 1409*


IODP Site U1409
A
Hole U1409B
Hole U1409C
Position (m)
(mcd)
NPZone
CPZone
Chronostr.
F. tympaniformis
R. calcitrapa gr.
T. bramlettei
T. contortus
D. diasypus
T. orthostylus
S.radians
n/mm²
0
250
10
100
150
130
140
150
160
170
180
190
200
NP13
NP12
NP9
NP7/8
CP11
CP10
CP8a
CP7
CP6
Eocene
Paleocene
hiatus
hiatus
PETM

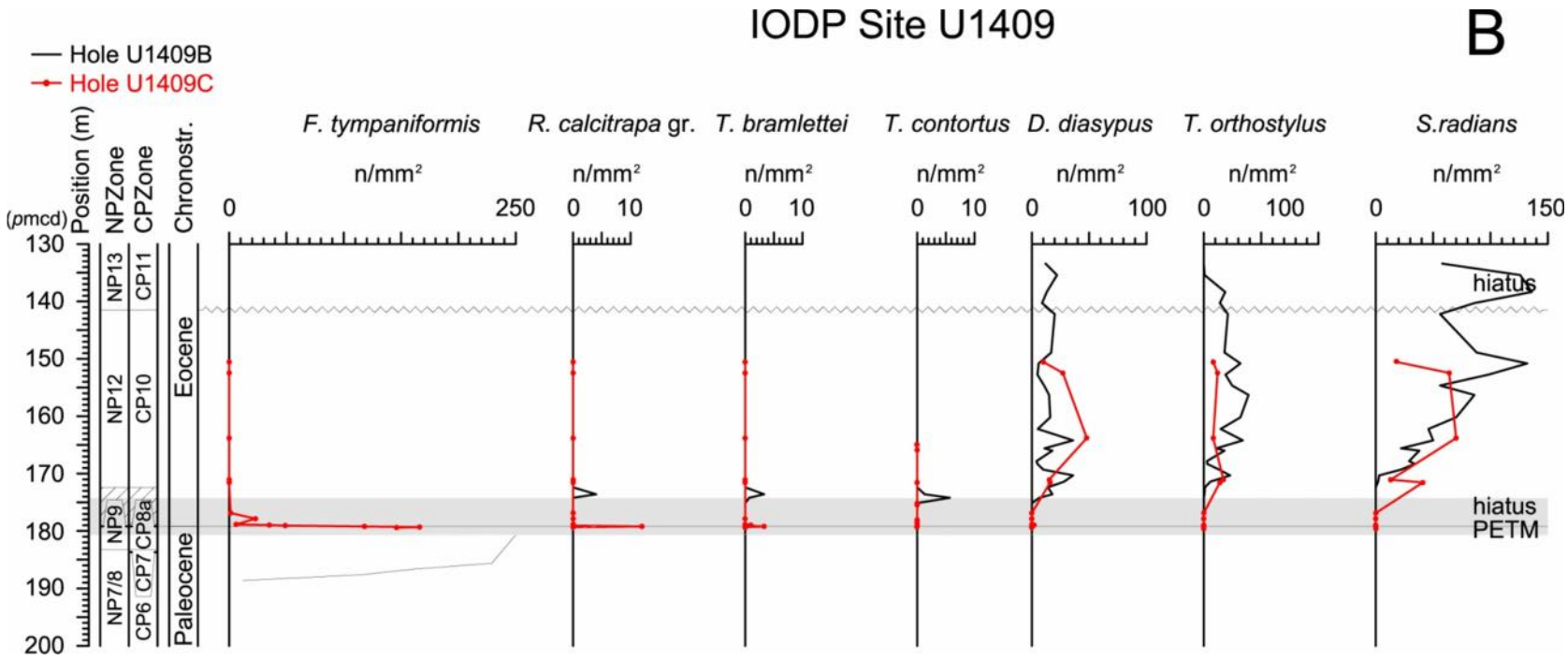


Figura 6.1 (A, B): Distribuzione semiquantitativa di alcune specie indici. In rosso sono indicati i dati provenienti dal Hole 1409C, in nero quelli provenienti dal Hole 1409B. Nella parte alta del grafico, in corrispondenza delle *Zone* NP 13 e CP11, vi è una linea ondulata che indica la presenza di uno *hiatus* (A). La fascia grigia, che racchiude l'intervallo tra l'ultimo campione paleocenico con presenza di *F. tympaniformis* nel Hole U1409B e l'ultimo campione con presenza di *F. tympaniformis* nel Hole U1409C, indica lo spostamento verso l'alto dei campioni analizzati nel Hole U1409B allo scopo di ottenere dati biostratgrafici congruenti nella nuova composita, la *proposed* mcd (*p*mcd) (B).

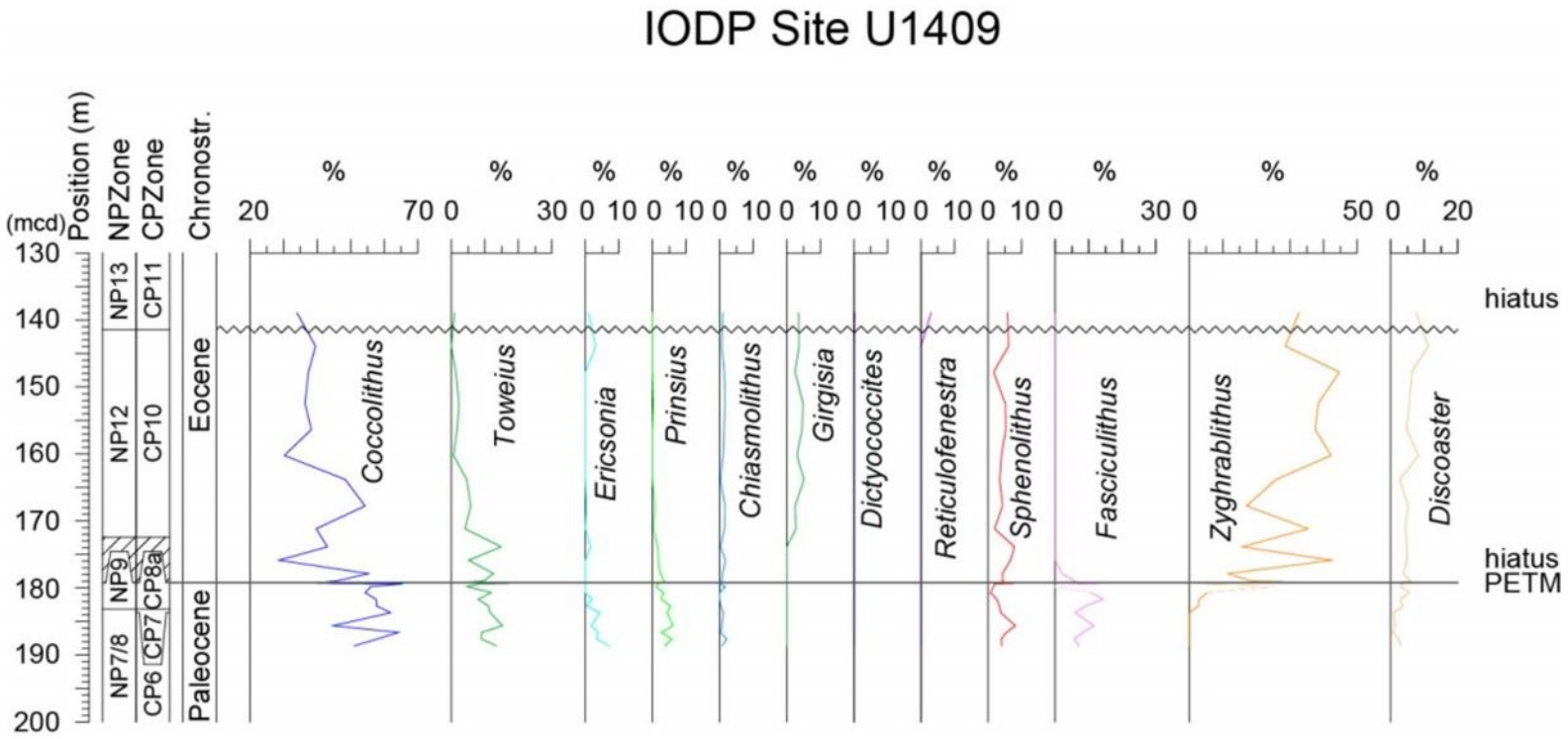


Figura 6.2: Percentuale cumulativa dei principali generi di nannofossili calcarei presenti lungo la successione stratigrafica analizzata al Site U1409.

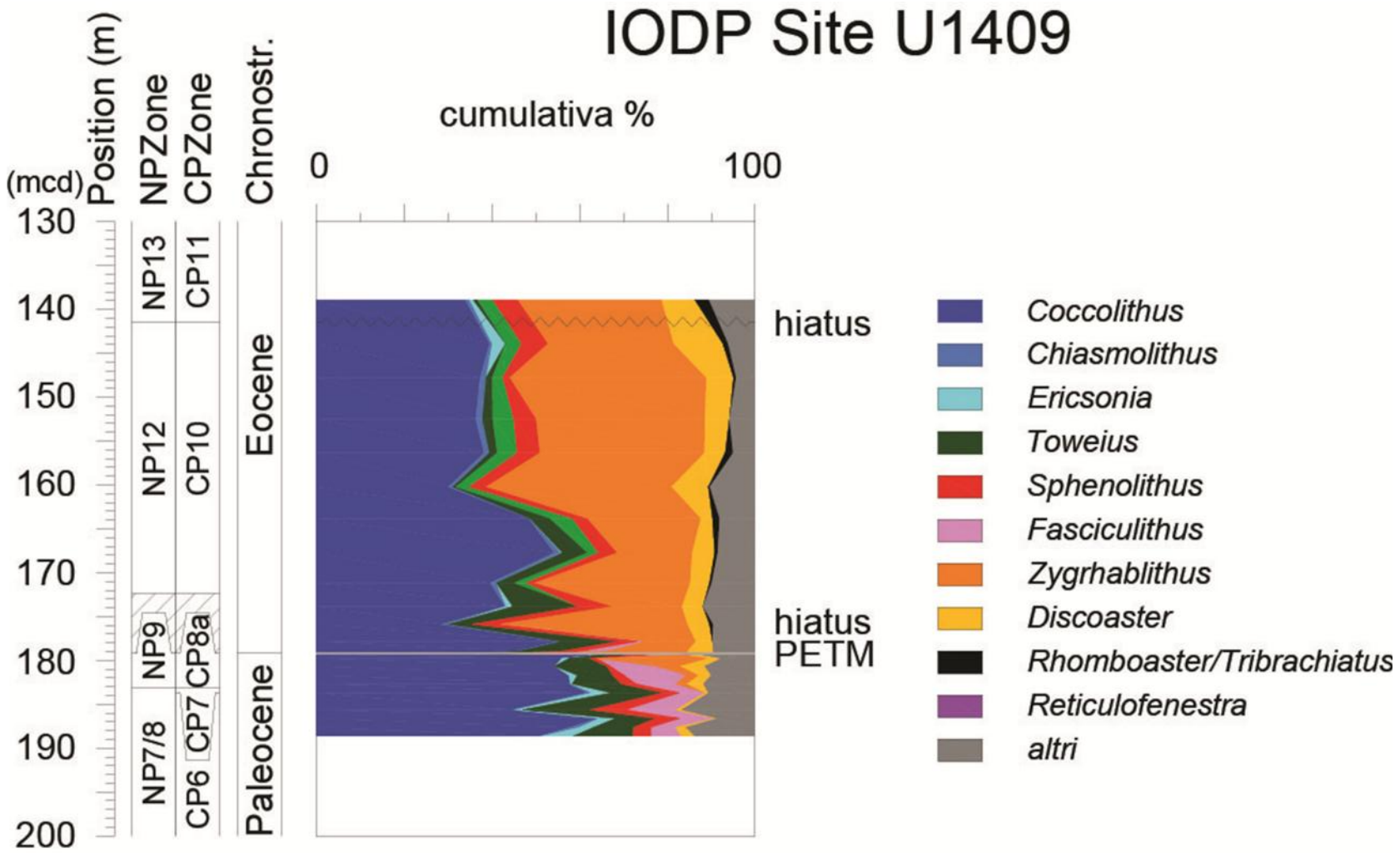
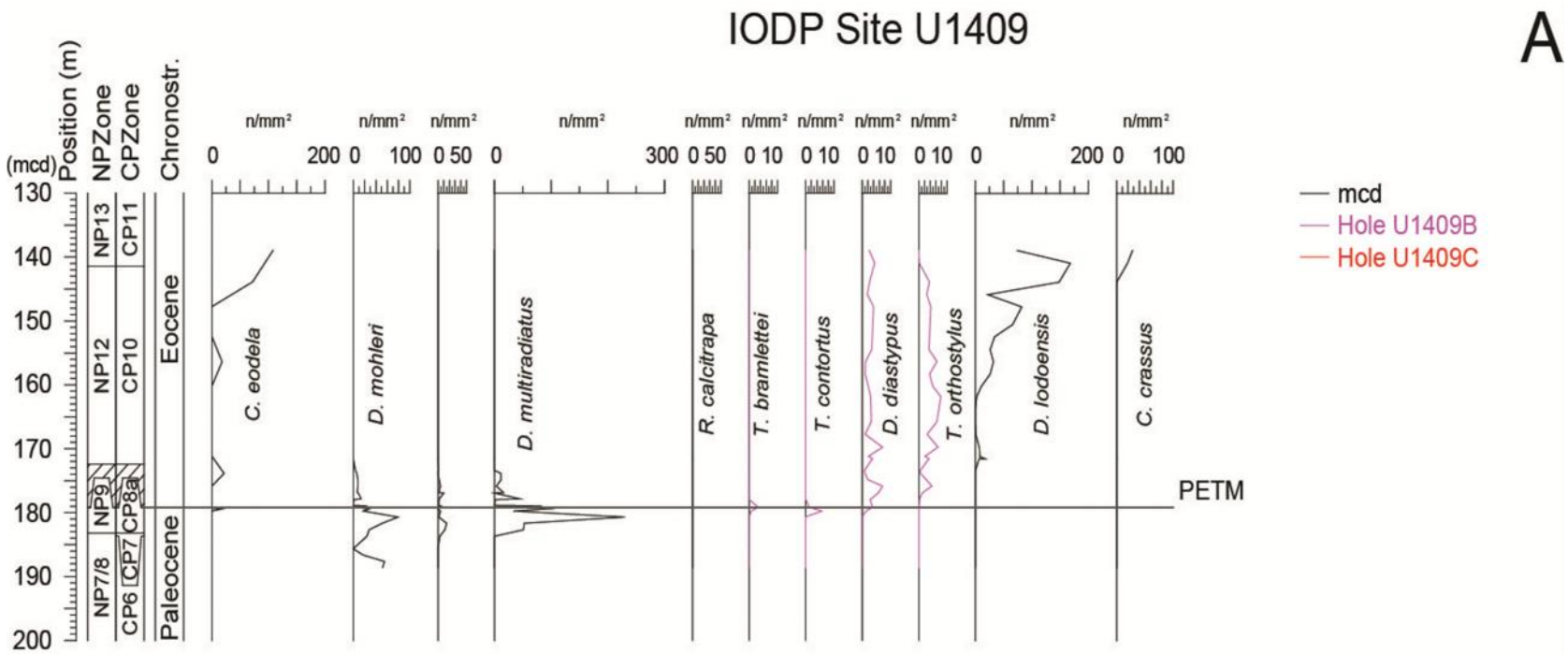


Figura 6.3: Abbondanze relative (%) dei principali generi di nannofossili calcarei presenti lungo la successione stratigrafica analizzata al Site U1409.


IODP Site U1409
A
Position (m)
(mcd)
NPZone
CPZone
Chronostr.
Eocene
Paleocene
NP13
NP12
NP9
NP7/8
CP11
CP10
CP8a
CP7
CP6
130
140
150
160
170
180
190
200
n/mm²
0 200
0 100
0 50
0 300
0 10
C. eodela
D. mohleri
D. multiradiatus
R. calcitrapa
T. bramlettei
T. contortus
D. diastypus
T. orthostylus
D. lodoensis
C. crassus
PETM
mcd
Hole U1409B
Hole U1409C

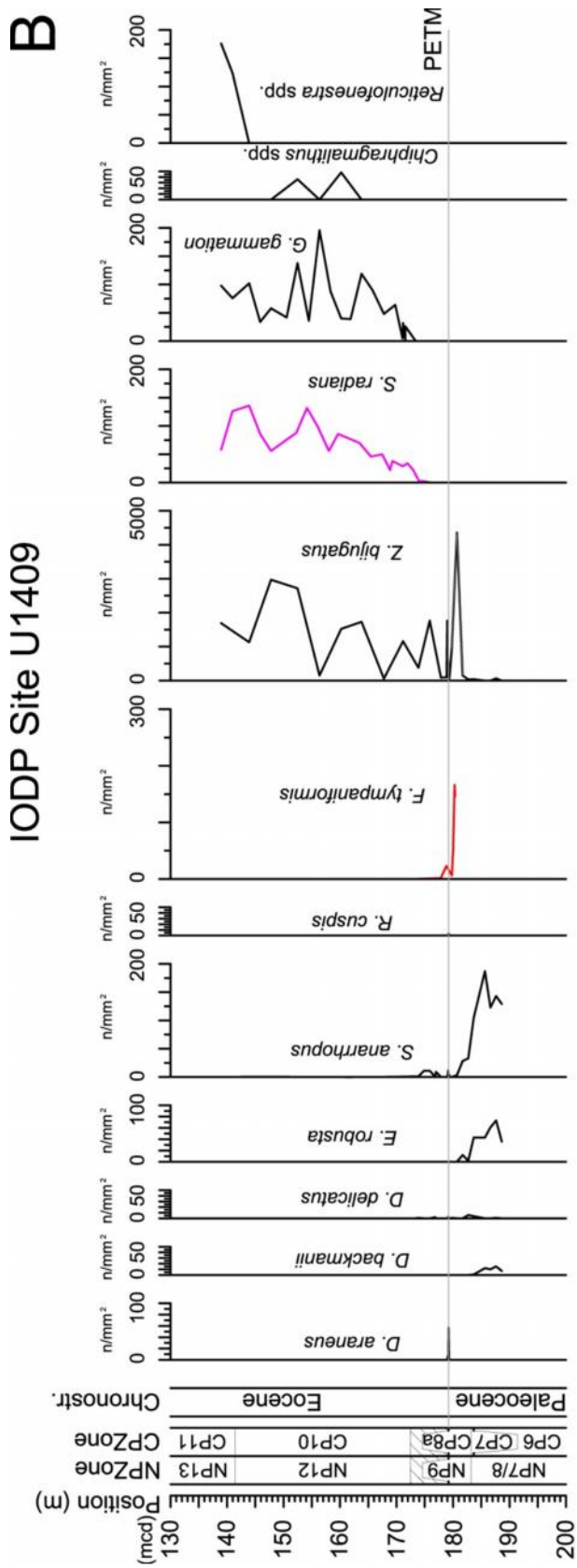


Figura 6.4_(A,B): Modalità di distribuzione di alcune specie indice "standard" (A) e "addizionali" (B), valutata su un'area di 1 mm^2.

Plate I

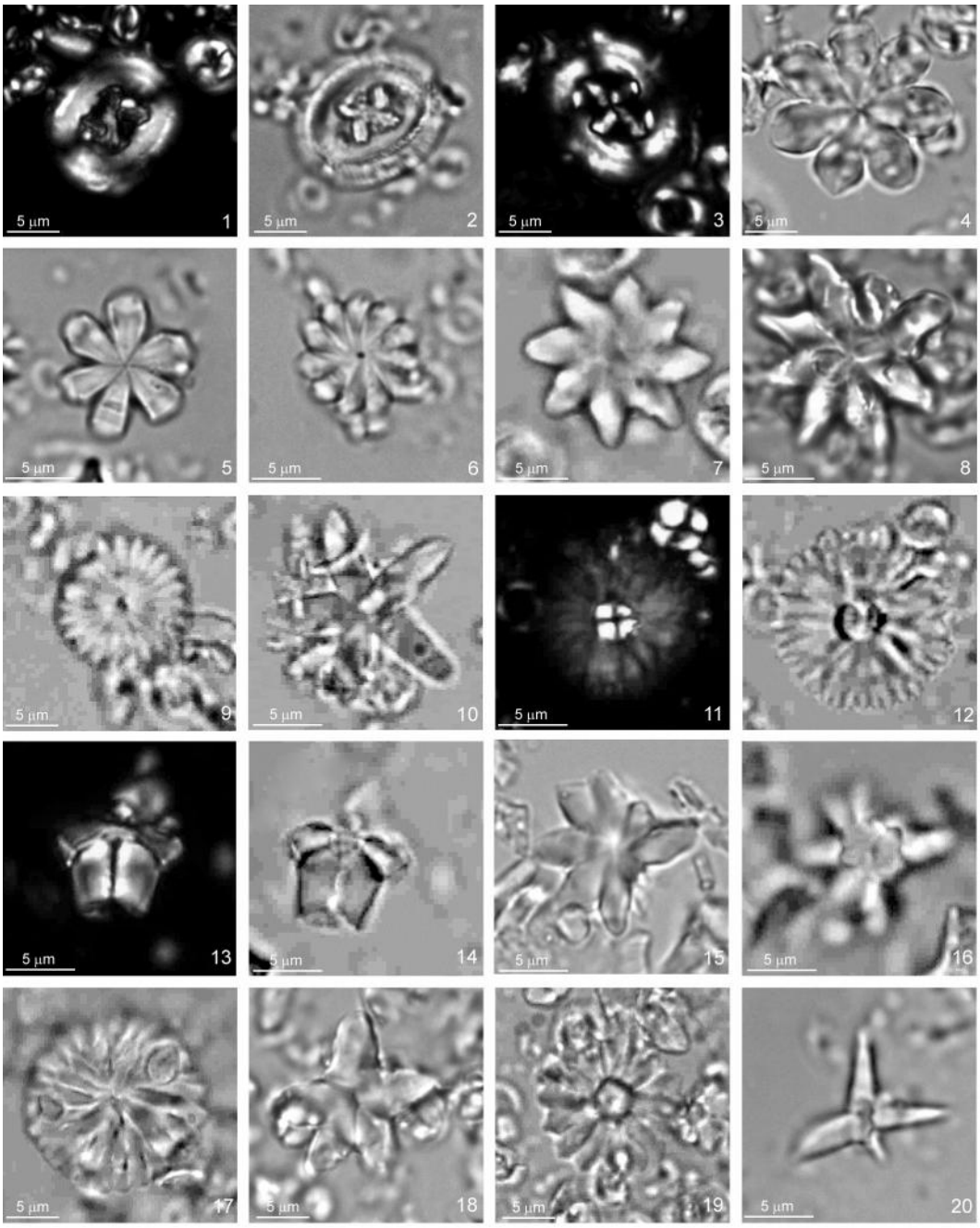


Plate I: Microfotografie di nannofossili calcarei dal IODP Exp.342, Site U1409 nell'intervallo Paleocene superiore-Eocene inferiore. Microscopio ottico a 1250 ingrandimenti. **1, 2.** *Ch. bidens*, nicol incrociati/paralleli, campione U1409B-19X-4W-141; **3.** *Cr. frequens*, nicol incrociati, U1409B-19X-4W-141; **4, 5.** *D. backmanii*, nicol paralleli, U1409B-19X-2W-141, U1409B-19X-4W-141; **6.** *D. mohleri*, nicol paralleli, U1409B-19X-4W-141; **7, 8.** *D. nobilis*, nicol paralleli, U1409A-20X-5W-21, U1409A-20X- 4W-71; **9.** *D. delicatus*, nicol paralleli, U1409A-20X-5W-21; **10.** *D. okadai*, nicol paralleli, U1409B-18X-6W-21; **11, 12,** *D. megastypus*, nicol incrociati/paralleli, U1409A-20X-5W-121; **13, 14.** *D.* cf. *bramlettei*, nicol incrociati/paralleli, U1409A-20X-5W-121; **15, 16.** *D. araneus*, nicol paralleli, U1409C-21X-CC-8; **17.** *D. multiradiatus*, nicol paralleli, U1409B-18X-5W-61; **18.** *D. tanii*, nicol paralleli, U1409B-18X-2W-1; **19.** *D. salisburgensis*, nicol paralleli, U1409B-18X-4W-131; **20.** *D. mahmoudii*, nicol paralleli, U1409C-21X-CC-8.

Plate II

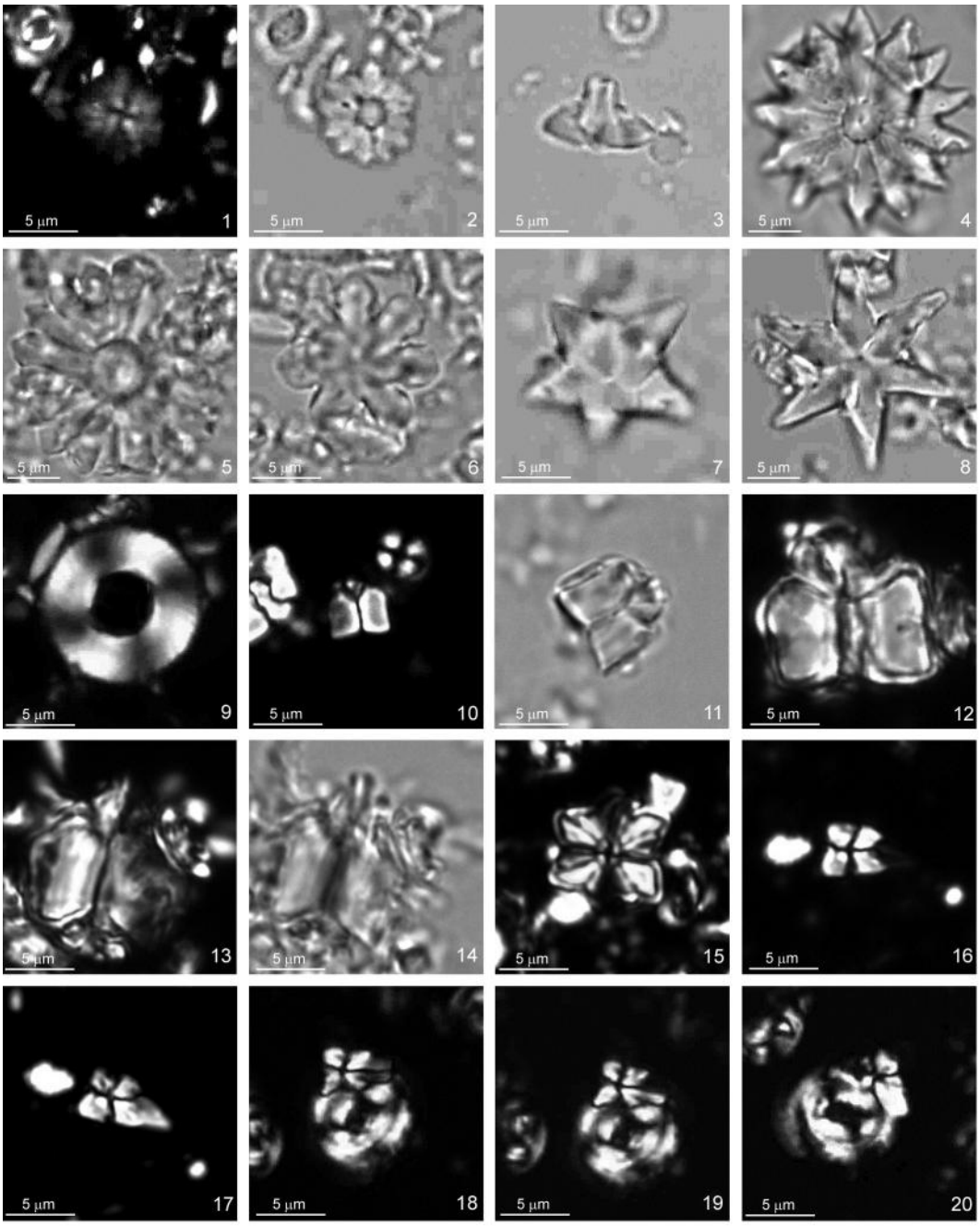


Plate II: Microfotografie di nannofossili calcarei dal IODP Exp.342, Site U1409 nell'intervallo Paleocene superiore-Eocene inferiore. Microscopio ottico a 1250 ingrandimenti. **1, 2, 3.** *D. kuepperi*, nicol incrociati/paralleli/visione laterale, U1409B-17X-CC; **4, 5.** *D. diastypus*, nicol paralleli, U1409B-17X-CC, U1409B-18X-2W-1; **6.** *D. binodosus*, nicol paralleli, U1409B-18X-4W-11; **7.** *D. paelikei*, nicol paralleli, U1409C-21X-2W-1; **8.** *D. lodoensis*, nicol paralleli, U1409B-17X-5W-141; **9.** *E.robusta*, nicol incrociati, U1409A-20X-5W-121; **10, 11.** *F. tympaniformis*, nicol incrociati/paralleli, U1409A-20X-5W-21, U1409B-19X-2W-141; **12.** *F. involutus*, nicol incrociati, U1409B-19X-2W-141; **13, 14.** *F. richardii* gr., nicol incrociati/paralleli, U1409A-20X-4W-71; **15.** Base di *Fasciculithus*, nicol incrociati, U1409A-20X-4W-71; **16, 17.** *S. anarrhopus*, nicol incrociati con rotazione di 30°, U1409A-20X-4W-71; **18, 19, 20.** *S. radians*, nicol incrociati con rotazione progressiva di 25-75°, U1409A-20X-5W-121.

Plate III

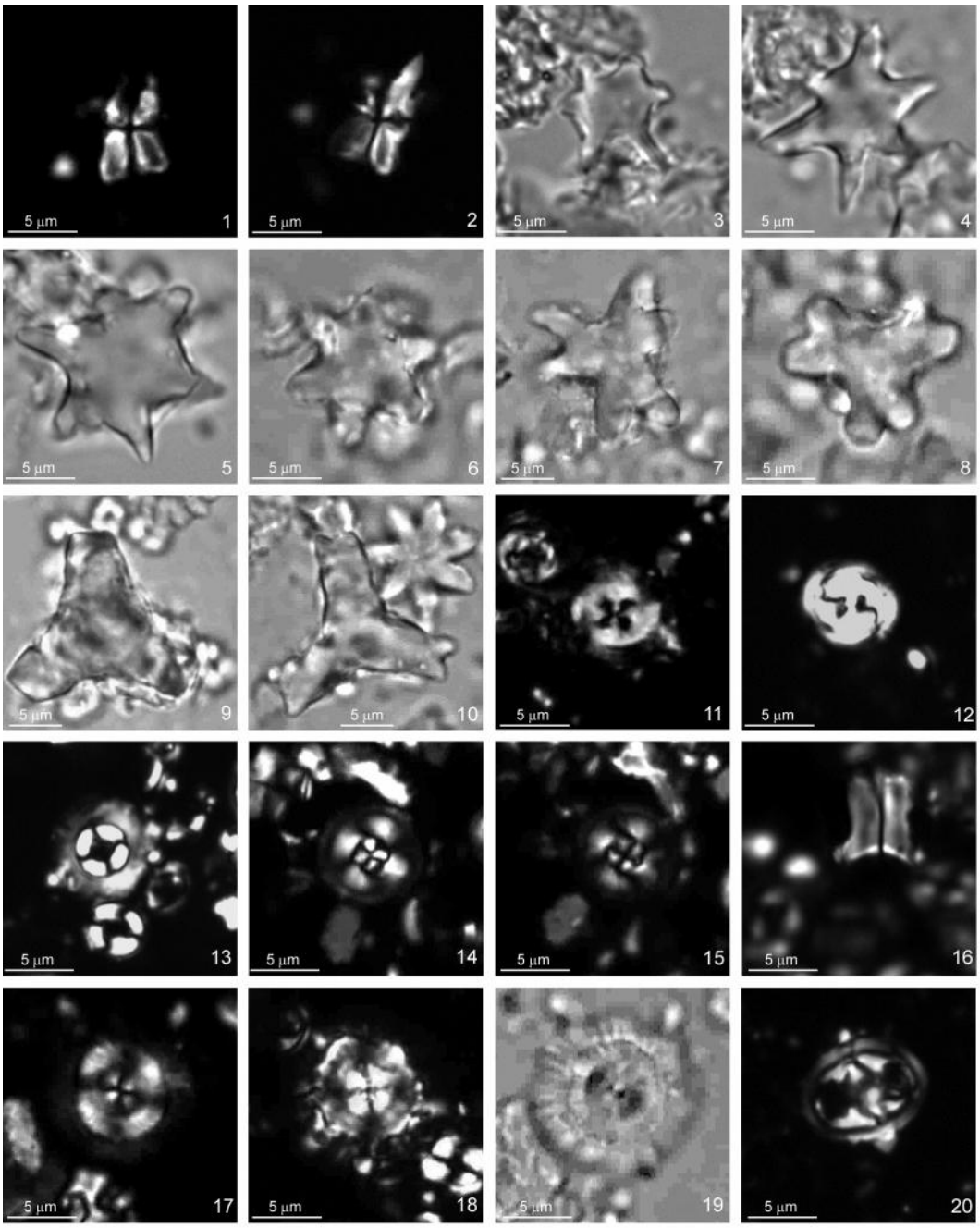


Plate III: Microfotografie di nannofossili calcarei dal IODP Exp.342, Site U1409 nell'intervallo Paleocene superiore-Eocene inferiore. Microscopio ottico a 1250 ingrandimenti. **1, 2.** *S. villae,* nicol incrociati con rotazione di 30°, U1409B-18X-2W-101; **3.** *R. calcitrapa* gr.,nicol paralleli, U1409C-21X-CC-8; **4, 5, 6.** *T. bramlettei,* nicol paralleli, U1409C-21X-CC-8, U1409B-18X-4W-131; **7, 8.** *T. contortus,* nicol paralleli, U1409B-18X-5W-61, U1409B-18X-4W-11; **9, 10.** *T. orthostylus,* nicol paralleli, U1409B-17X-CC, U1409B-18X-2W-1; **11.** *T. eminens,* nicol incrociati, U1409A-20X-5W-121; **12.** *T. occultatus,* nicol incrociati, U1409B-19X-2W-141; **13.** *M. apertus,* nicol incrociati, U1409B-19X-4W-41; **14, 15.** *G. gammation,* nicol incrociati, U1409B-18X-5W-61; **16.** *Z. bijugatus,* nicol incrociati, U1409A-20X-4W-61; **17, 18, 19.** *B. elegans,* nicol incrociati/paralleli, U1409A-20X-5W-121; **20.** *P. sigmoides,* nicol incrociati, U1409B-19X-2W-141.

Conclusioni

Le analisi svolte sui campioni recuperati durante l'Expedition IODP 342, Site U1409, hanno portato all'elaborazione di alcune conclusioni:

- La sezione presa in esame al Site U1409 (Hole A, B, e C), copre un intervallo di tempo compreso tra il Paleocene superiore e l'Eocene inferiore. In base alle biozone individuate è stato possibile inquadrare con precisione la successione analizzata. La base della sezione appartiene alla parte alta della Zona NP 7/NP 8 o Zona CP6 (Martini, 1971; Okada & Bukry, 1980), per la presenza di *D. nobilis*, *D. mohleri* e l'assenza di *D. multiradiatus*. Il tetto della sezione cade all'interno delle Zone NP 13 o CP11 (Martini, 1971; Okada & Bukry, 1980) per la presenza di *C. crassus* e l'assenza di *T. orthostylus* e *D. sublodoensis*. La presenza di *Rhomboaster* spp. e *D. araneus*, che in letteratura mostrano distribuzioni limitate al PETM, hanno permesso di evidenziare l'effettiva documentazione di questo importante evento climatico nei sedimenti del Site U1409.
- Osservando i dati di distribuzione delle specie indice è stato possibile evidenziare alcune incongruenze nella costruzione della mcd, di fatto campioni con la stessa mcd hanno età decisamente diverse, da francamente paleocenici a eocenici. Per questo motivo è stata proposta una *p*mcd, ottenuta dallo spostamento verso l'alto dei campioni provenienti dal Hole U1409B rispetto ai campioni del Hole 1409C. Il risultato finale di questa operazione è la ritrovata coerenza dei dati biostratigrafici. Analizzando le curve di distribuzione all'interno del Hole C si è messa in luce la presenza di uno *hiatus* evidenziato dal passaggio, in un solo campione, da associazioni con presenza di *F. tympaniformis* e *T. bramlettei* ad associazioni con presenza di *T. orthostylus*; questa successione di eventi non rispetta il ranking noto in letteratura, che prevede tra il T di *F. tympaniformis* e la B di *T. orthostylus* la distribuzione totale di *T. contortus*. La presenza di un secondo *hiatus* è stata poi rilevata al limite tra

la Zona NP 12 e la Zona NP 13, grazie al riconoscimento nello stesso campione della B di *C. crassus* e del T di *T. orthostylus*, biorizzonti che solitamente sono riportati essere ben spaziati. A ulteriore supporto di questa ipotesi è la relativa condensazione del cross-over tra *Toweius* e *Reticulofenestra* spp./ *Dyctiococcites* spp. che risulta incongruente con quanto comunemente descritto in letteratura (Agnini *et al*., 2006).

Bibliografia

Agnini, C., Fornaciari, E., Raffi, I., Rio, D., Röhl, U., Westerhold, T., 2007a. *High-resolution nannofossil biochronology of middle Paleocene to early Eocene at ODP Site 1262: implications for calcareous nannoplankton evolution*. Marine Micropaleontology 64, 215-248,

Agnini, C., Fornaciari, E., Rio, D., Tateo, F., Backman, J., Giusberti, L., 2007b. *Responses of calcareous nannofossil assemblages, mineralogy and geochemistry to the environmental perturbations across the Paleocene/Eocene boundary in the Venetian Pre–Alp*. Marine Micropaleontology 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 and Planetary Science Letters, 241, 815-830,

Aubry, M.-P., Ouda, K., Dupuis, C., Van Couvering, J.A., and the Members of the Working Group on the Paleocene /Eocene Boundary: Ali, J.R., Berggren, W.A., Brinkhuis, H., Gingerich, P.D., Heilmann-Clausen, C., Hooker, J., Kent, D.V., King, C., Knox, R.W.O'B., Laga, P., Molina, E., Schimtz, B., Steurbaut, E., Ward, D.R., 2002. *Proposal: Global Standard Stratotype-section and Point (GSSP) at the Dababiya section (Egypt) for the Base of the Eocene Series*. Int. Union Geol. Sc., Int. Comm. Strat., Subcomm. Paleogene Strat. 59 pp.

Backman, J. & Shackleton, N. J., 1983. *Quantitative biochronology of Pliocene and early Pleistocene calcareous nannoplankton from the Atlantic Indian and Pacific Oceans*. Marine Micropaleont., vol. 8, pp. 141-170.

Backman, J., 1986. Late *Paleocene to middle Eocene calcareous nannofossil biochronology from the Shatsky Rise and Italy*. Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleoecol., vol. 57, pp. 43-59.

Backman, J., Raffi, I., Rio, D., Fornaciari, E., Pälike, H., 2012. *Biozonation and biochronology of miocene through pleistocene calcareous nannofossils from low and middle latitudes.* Newsletters on Stratigraphy 45 (3) , pp. 221-244

Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher III, C. C. & Aubry, M. P., 1995. *A revised Cenozoic Geochronology and chronostratigraphy*. Sepm, No. 54, pp. 129-212.

Berggren, William A; Aubry, Marie-Pierre; van Fossen, M; Kent, Dennis V; Norris, Richard D; Quillévéré, Frédéric (2000). *Integrated Paleocene calcareous plankton magnetobiochronology and stable isotope stratigraphy: DSDP Site 384 (NW Atlantic Ocean)*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,159(1-2), pp. 1-51

Bohaty, S. M. and J. C. Zachos, 2003. *A significant Southern Ocean warming event in the late middle Eocene*. Geology. v. 31, p. 1017-1020

Bowen, G.J., Bralower, T.J., Delaney, M.L., Dickens, G.R., Kelly, D.C., Koch, P.L., Kump, L.R., Meng, J., Sloan, L.C., Thomas, E., Wing, S.L., Zachos, J.C., 2006. *Eocene hyperthermal event offers insight into greenhouse warming*. Eos 87 (17), 165–169.

Bowen, G.J., Bralower, T.J., Delaney, M.L., Dickens, G.R., Kelly, D.C., Koch, P.L., Kump, L.R., Meng, J., Sloan, L.C., Thomas, E., Wing, S.L., Zachos, J.C., 2006. *Eocene hyperthermal event offers insight into greenhouse warming*. Eos 87 (17), 165–169.

Bramlette, M. N., & Sulivan, F. R., 1961. *Coccolithophorids and related nannoplankton of the Early Tertiary in California*. Micropaleont. Vol. 7, pp. 129-188.

Bujak, J.P., Brinkhuis, H., 1998. *Global warming and dinocyst changes across the Paleocene/Eocene boundary*. In: Aubry, M.-P., et al. (Ed.), Late Paleocene–Early Eocene Climatic and Biotic Events in the Marine and Terrestrial Records. Columbia University Press, New York, pp. 277–295.

Bukry, D., 1970. Coccolith *age determination Leg 3, Deep Sea Drilling Project*. Init. Rep., DSDP, vol. 3, Nat. Sc. Found, pp. 586-611.

Bukry, D., 1971. *Cenozoic calcareous nannofossils from the Pacific Ocean*. Trans. San Diego Soc. Nat. Hist., vol. 16, pp. 303-327.

Bukry, D., 1973. *Low latitude coccolith Biostratigraphic Zonation*. In : Edard, N. T., Saunders, J. B. et al. Init. Rep., DSDP, vol. 15, Washington (U. S. Gout Printing Office), pp. 685-703.

Bukry, D., 1975. *Coccolith and silicoflagellate Stratigraphy Northwestern Pacific Ocean, Deep Sea Drilling Project, Leg 32*. In: Larson, R. L., Moberly, R. et al. Init. Rep., DSDP, vol. 32, pp. 677-701.

Claudia Agnini: Dallanave, E., Agnini, C., Muttoni, G., Rio, D., 2012. *Paleocene magneto-biostratigraphy and climate-controlled rock magnetism from the Belluno Basin, Tethys Ocean, Italy*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 337–338, 130–142, doi: 10.1016/j.palaeo.2012.04.007.

Clyde, W. C. & Gingerich, P. D., 1998. *Mammalian community response to the latest Paleocene thermal maximum: an isotaphonomic study in northern Bighorn basin, Wyoming*. Geology, 25, pp. 259-262.

Gingerich, P. D., 1980. *Evolutionary patterns in early Cenozoic mammals*. Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences, 8, pp. 407-424.

Gingerich, P. D., 2000. *Paleocene/Eocene boundary and continental vertebrate faunas of Europe and North America.* In: Schmitz B., Sundquist B. & Andreasson F. P. (eds), Early Paleocene Warm Climates and Biosphere Dynamics. GFF, 122, pp. 57-59.

Hay, W. W. & Mohler, H. P., 1967. *Calcareous nannoplankton from early Tertiary rocks at Pont Labau, France, and Paleocene-early Eocene correlations*. J. Paleontol., vol. 41, n° 6, pp. 1505-1541.

Hay, W. W., Mohler, H. P., Roth, P. H., Schmidt, R. R. & Boudreaux, H. E., 1967. *Calcareous nannoplankton zonation of the Cenozoic of the Gulf Coast and Caribean. Antillean area and transoceanic correlation Gulf Coast Assoc.* Geol. Soc. Trans., vol. 17, pp. 428-480.

Kahn, A., Aubry, M.-P., 2004. *Provincialism associated with the Paleocene/Eocene thermal maximum: temporal constraint*. Mar. Micropaleontol. 52, 117–131.

Kenneth, J. P. & Stott, L.D., 1991. *Abrupt deep-sea warming, paleocenogeographic changes and benthic extinctions at the end of the Paleocene*. Nature, vol. 353, pp. 225-229.

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.

Martini, E., 1971. *Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation*. In: Proc. II Planktonic Conf. Roma, pp. 739-785.

Miller, K.G., Wright, J.D., Fairbanks, R.G., 1991. *Unlocking the ice house: Oligocene– Miocene oxygen isotopes, eustasy, and margin erosion*. J. Geophys. Res. 96, 6829–6848.

Monechi, S. & Thierstein, H., 1985. *Cretaceous-Eocene nannofossil & magnetostratigraphic correlation near Gubbio, Italy*. Marine Micropaleont., vol. 9, pp. 419-440.

Monechi, S., Angori, E. & Speijer, R. P., 2000. *Upper Paleocene biostratigraphy in the Mediterranean region: Zonal markers diachronism, and preservational problems.* In: Schmitz B., Sundquist B. & Andreasson F. P. (eds), Early Paleogene warm climates and biosphere dynamics. GFF, 122 (1), pp. 13-14.

Norris, R.D., Wilson, P.A., Blum, P., Fehr, A., Agnini, C., Bornemann, Boulila, S., Bown, P.R., Cournede, C., Friedrich, O., Kumar Ghosh, A., Hollis, C.J.,

Hull, P.M., K. Jo, K., Junium, C.K., Kaneko, M., Liebrand, D., Lippert, P.C., Liu, Z., Matsui, H., Moriya, K., Nishi, H., Opdyke, B.N., Penman, D., Romans, B., Scher, H.D., Sexton, P., Takagi, H., Kirtland Turner, S., Whiteside, J.H., Yamaguchi, T., Yamamoto, Y., 2012. *Paleogene Newfoundland sediment drifts*. IODP Prel. Rept., 342.

Okada, H. & Bukry, D., 1980. *Supplementary modification and introduction of code numbers to the low latitude coccolith biostratigraphy zonation (Bukry, 1973, 1975).* Marine Micropaleont. vol. 51, pp. 321-325.

Pagani, Mark; Pedentchouk, Nikolai; Huber, Matthew; Sluijs, Appy; Schouten, Stefan; Brinkhuis, Henk; Sinninghe Damsté, Jaap S; Dickens, Gerald Roy; Expedition 302 Scientists (2006): *Arctic hydrology during global warming at the Palaeocene/Eocene thermal maximum*. *Nature*, vol. 442 (10), pp. 671-675

Perch Nielsen, K. 1985. *Cenozoic calcareous nannoplankton*. In: Bolli, H. M., Saunders, J. B. & Perch Nielsen, K., eds., Plankt. Stratigr., Cambridge Univ. Press, pp. 427-554.

Pospichal, J. J., 1991. *Calcareous nannofossils across Cretaceous/Tertiary boundary at the Site 752 Eastern Indian Ocean*. Proc. ODP, Sci. Res., vol. 121, pp. 395-413.

Raffi, Isabella; Backman, Jan; Pälike, Heiko (2005): *Changes in calcareous nannofossil assemblages across the Paleocene/Eocene transition from the paleo-equatorial Pacific Ocean*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 226 (1-2), pp. 93-126,

Rio D., Fornaciari E. & Raffi I., 1990°. *Late Oligocene through early Pleistocene calcareous nannofossil from western equatorial Indian Ocean (Leg 115)*. In: Duncan R. A., Backman J., Peterson L. C., et al., Proc. ODP Sci. Res., vol. 115, pp. 175-235.

Romein, A. J. T, 1979. *Lineages in early Paleogene calcareous nannoplankton*. Utrecht Micropaleontol. Bull., vol. 22, pp.1-231.

Salvador, A., 1994. *International Stratigraphic Guide*. 2nd ed. I. U. G. S. & Geol. Soc. Amer., Boulder, Colo., pg. 214.

Tjalsma, R. C. & Lohmann, G. P., 1983. *Paleocene-Eocene bathial and abyssal benthic foraminifera from the Atlantic Ocean*. Micropaleont. Special Publication, pp. 4, 90.

Tripati, A., Backman, J., Elderfield, H. & Ferretti, P., 2005. *Eocene bipolar glaciation associated with global carbon cycle changes*. *Nature* vol. 436, Number 7049, pp.341-346, 21 July 2005 doi: 10.1038/nature03874

Varol, O., 1989. Paleocene *calcareous nannofossil biostratigraphy*. In: Crux & Van Heck, (Eds.), Nannofossils and their application. Ellis Horwood Limited, pp. 267-310.

Wei, W. & Zhong, S., 1996. *Taxonomy and magnetobiochronology of Tribrachiathus and Rhomboaster, two genera of calcareous nannofossils.* J. Paleont., vol. 70, n° 1, pp. 7-22.

Zachos, C. J., Dickens, G. R. & Zeebe, R. E., 2008. *An early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon-cycle dynamics*. Nature, vol. 451, pp. 279-283.

Zachos, J. C., U. Röhl, S. A.Schellenberg, A. Sluijs, D. A. Hodell, D. C. Kelly, E. Thomas, M. Nicolo, I. Raffi, L. J. Lourens, H. McCarren, D. Kroon, 2005. *Rapid Acidification of the Ocean During the Paleocene-Eocene Thermal Maximum*. Science, vol. 308, pp.1611-1615.

Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E., Billups, K., 2001. *Trends, Rhythms, and Aberrations in Global Climate 65 Ma to Present*. Paleocl. Review, Science, vol. 292, pp. 686-693.

Zachos, J.C., S. Schouten, S. Bohaty, A. Sluijs, H. Brinkhuis, S. Gibbs, T. Bralower, T. Quattlebaum. 2006. *Extreme warming of mid-latitude coastal*

ocean during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum. Inferences from TEX_{86} and Isotope Data. *Geology*, vol. 34, pp.737–740.

Riferimenti Web

- http://iodp.ldeo.columbia.edu/EDU/TAS/301/pages/week4/week4_0716.hml
- www.iodp.org/iodp-expedition-reports→
  →publications.iodp.org/preliminary_report/342/index.html
- http://raymond.rodriguez1.free.fr/Textes/1s23.htm

Appendici

| Site | Hole | Core | Coretype | Section | Intervallo | depth (mbsf) | depth (mcd) | *Biantholithus* spp. | *Blackites* spp. | *Bomolithus* cf. *elegance* | *Bomolithus elegance* | *Braarudosphaera* spp. | *Calciosolenia aperta* | *Campylosphaera eodela/dela* | *Campylosphaera* sp.2 | TOT *Campylosphaera* | *Chiasmolithus bidens* | *Chiasmolithus californicus* (13-21µm) | *Chiasmolithus consuetus* (5-12µm) | *Chiasmolithus frequens* | *Chiasmolithus solitus* | *Chiasmolithus* spp. | TOT *Chiasmolithus* | *Chiphragmalithus* spp. (tondo) | *Clausicoccus* | *Coccolithus bownii* | *Coccolithus crassus* | *Coccolithus pelagicus* (6-13µm) | *Coccolithus* spp. | TOT *Coccolithus* | *Coronocyclus bramlettei* | *Cruciplaccolithus* cf. *latipons* | *Cruciplaccolithus frequens* | *Cruciplaccolithus tenuis* | TOT *Cruciplaccolithus* | *Cyclicargolithus lumins* | TOT *Dictyococcites* spp. | *Discoaster araneus* | *Discoaster backmanii* | *Discoaster barbadiensis* | *Discoaster binodosus* gr. | *Discoaster* cf. *aecus* | *Discoaster* cf. *crassus* | Discoaster cf. decoratus | *Discoaster* cf. *lenticularis* (6µm) | *Discoaster* cf. *lodoensis* | *Discoaster* cf. *mohleri* | *Discoaster* cf. *nobilis* | *Discoaster* cf. *tanii* | *Discoaster cruciformis* | *Discoaster delicatus* | *Discoaster diastypus/lodoensis* | *Discoaster diatypus* | *Discoaster gemmifer* | *Discoaster geometricus* | *Discoaster kuepperi* | *Discoaster kuepperi/salisburgensis* | *Discoaster lenticularis* | *Discoaster lodoensis* | *Discoaster mahmoudii* | *Discoster mirus* gr. | *Discoaster mohleri* | *Discoaster multiradiatus* | *Discoaster nobilis* | *Discoaster paelikei* | *Discoaster robustus* | *Discoaster salisburgensis* | *Discoaster salisburgensis/diastypus* | *Discoaster* spp. | *Discoaster sublodoensis* | *Discoaster sublodoensis* (5 raggi) | *Discoaster sublodoensis/lodoensis* | *Discoaster tanii* | TOT *Discoaster* | *Discoasteroides bramlettei* |
|---|---|---

Site	Hole	Core	Coretype	Section	Intervallo	depth (mbsf)	depth (mcd)	TOT *Coccolithus*	TOT *Ericsonia*	TOT+1 *Ericsonia*	TOT *Toweius*	TOT+1 *Toweius*	TOT *Girgisia gammation*	TOT+1 *Girgisia gammation*	TOT *Sphenolithus*	TOT+1 *Sphenolithus*	TOT *Fasciculithus*	TOT+1 *Fasciculithus*	TOT *Zygrhablithus bijugatus*	TOT+1 *Zygrhablithus bijugatus*	TOT *Discoaster*	TOT+1 *Discoaster*	TOT *Reticulofenestra*	TOT+1 *Reticulofenestra*	TOT *Rimaneggiamento*	TOT+1 *Rimaneggiamento*	TOT *ALTRI*	TOT+1 *ALTRI*
1409	B	13	H	5	0	118,8	138,95	34,03	0,93	34,95	0,93	35,88	3,47	39,35	5,79	45,14	0,00	45,14	32,64	77,78	7,64	85,42	3,01	3,01	0,23	3,24	11,34	14,58
1409	B	15	X	1	125	123,75	143,90	39,51	3,04	42,55	0,00	42,55	3,65	46,20	6,08	52,28	0,00	52,28	28,57	80,85	11,25	92,10	0,00	0,00	0,00	0,00	7,90	7,90
1409	B	15	X	4	61	127,61	147,76	37,40	0,00	37,40	1,36	38,75	2,44	41,19	1,63	42,82	0,00	42,82	44,72	87,53	6,23	93,77	0,00	0,00	0,00	0,00	6,23	6,23
1409	C	17	X	1	100	132,8	152,45	36,39	0,00	36,39	2,29	38,68	4,83	43,51	5,09	48,60	0,00	48,60	38,42	87,02	5,60	92,62	0,00	0,00	0,00	0,00	7,12	7,12
1409	B	16	X	2	41	134,01	156,36	38,25	0,00	38,25	1,75	40,00	4,50	44,50	5,25	49,75	0,00	49,75	37,50	87,25	4,75	92,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	8,00
1409	B	16	X	4	126	137,86	160,21	30,23	0,00	30,23	0,66	30,90	2,99	33,89	3,99	37,87	0,00	37,87	42,19	80,07	8,31	88,37	0,00	0,00	0,00	0,00	11,63	11,63
1409	C	19	X	2	46	145,26	163,81	48,39	0,00	48,39	4,57	52,96	5,11	58,06	3,49	61,56	0,00	61,56	25,81	87,37	2,69	90,05	0,00	0,00	0,00	0,00	9,95	9,95
1409	B	17	X	3	61	145,31	167,76	54,27	0,30	54,57	5,79	60,37	2,44	62,80	4,27	67,07	0,00	67,07	17,07	84,15	5,18	89,33	0,00	0,00	0,00	0,00	10,06	10,06
1409	B	17	X	5	101	148,71	171,16	39,73	0,00	39,73	4,11	43,84	2,74	46,58	1,92	48,49	0,00	48,49	35,34	83,84	4,38	88,22	0,00	0,00	0,00	0,00	11,51	11,51
1409	B	18	X	1	51	151,81	173,86	43,03	1,52	44,55	14,85	59,39	0,00	59,39	7,88	67,27	0,00	67,27	15,76	83,03	4,85	87,88	0,00	0,00	0,00	0,00	10,61	10,61
1409	B	18	X	2	101	153,81	175,86	28,61	0,00	28,61	5,20	33,82	0,00	33,82	6,65	40,46	0,00	40,46	42,49	82,95	4,91	87,86	0,00	0,00	0,00	0,00	10,40	10,40
1409	C	21	X	2	1	158,81	177,86	55,30	0,00	55,30	12,61	67,91	0,00	67,91	4,30	72,21	2,01	74,21	11,46	85,67	3,72	89,40	0,00	0,00	0,57	0,57	7,74	8,31
1409	C	21	X	2	111	159,91	178,96	45,73	0,00	45,73	9,56	55,29	0,00	55,29	4,44	59,73	5,80	65,53	18,43	83,96	5,80	89,76	0,00	0,00	0,00	0,00	6,83	6,83
1409	C	21	X	2	121	160,01	179,06	42,77	0,00	42,77	6,15	48,92	0,00	48,92	4,00	52,92	6,15	59,08	28,62	87,69	3,08	90,77	0,00	0,00	0,00	0,00	5,54	5,54
1409	B	18	X	4	131	157,11	179,16	50,14	0,00	50,14	7,78	57,93	0,00	57,93	5,19	63,11	0,00	63,11	15,27	78,39	10,09	88,47	0,00	0,00	0,00	0,00	8,65	8,65
1409	C	21	X	3	8	160,15	179,20	34,31	2,61	36,93	3,59	40,52	0,00	40,52	1,31	41,83	18,30	60,13	12,75	72,88	8,82	81,70	0,00	0,00	0,00	0,00	16,67	16,67
1409	C	21	X	3	19	160,26	179,31	42,64	0,00	42,64	17,18	59,82	0,00	59,82	7,67	67,48	12,58	80,06	3,07	83,13	4,60	87,73	0,00	0,00	0,00	0,00	10,43	10,43
1409	C	21	X	3	28	160,35	179,40	65,36	0,00	65,36	8,50	73,86	0,00	73,86	1,96	75,82	6,54	82,35	2,94	85,29	2,94	88,24	0,00	0,00	0,33	0,33	9,80	10,13
1409	B	18	X	5	61	157,72	179,77	56,07	0,00	56,07	4,59	60,66	0,00	60,66	1,64	62,30	0,00	62,30	25,57	87,87	2,95	90,82	0,00	0,00	0,00	0,00	8,20	8,20
1409	B	18	X	6	21	158,63	180,68	54,34	0,00	54,34	11,91	66,25	0,00	66,25	0,74	67,00	10,67	77,67	5,46	83,13	5,46	88,59	0,00	0,00	0,50	0,50	7,69	8,19
1409	A	20	X	4	71	156,01	181,68	57,58	1,95	59,52	8,01	67,53	0,00	67,53	2,60	70,13	14,29	84,42	2,81	87,23	2,81	90,04	0,00	0,00	0,00	0,00	7,36	7,36
1409	A	20	X	5	21	157,01	182,68	57,72	0,34	58,05	11,07	69,13	0,00	69,13	3,36	72,48	9,06	81,54	2,68	84,23	3,69	87,92	0,00	0,00	0,00	0,00	6,71	6,71
1409	A	20	X	5	121	158,01	183,68	61,89	4,32	66,22	11,62	77,84	0,00	77,84	3,78	81,62	5,95	87,57	0,00	87,57	0,81	88,38	0,00	0,00	0,81	0,81	6,49	7,30
1409	B	19	X	2	141	163,81	185,63	44,75	1,69	46,44	15,25	61,69	0,00	61,69	8,14	69,83	11,53	81,36	0,00	81,36	1,36	82,71	0,00	0,00	0,00	0,00	11,19	11,19
1409	B	19	X	3	91	164,81	186,63	64,20	3,69	67,90	9,09	76,99	0,00	76,99	5,40	82,39	8,24	90,63	0,00	90,63	0,57	91,19	0,00	0,00	0,00	0,00	6,25	6,25
1409	B	19	X	4	41	165,81	187,63	57,83	3,31	61,14	9,04	70,18	0,00	70,18	3,92	74,10	5,72	79,82	0,00	79,82	2,41	82,23	0,00	0,00	0,00	0,00	12,05	12,05
1409	B	19	X	4	141	166,81	188,63	51,01	7,05	58,05	13,42	71,48	0,00	71,48	4,03	75,50	7,05	82,55	0,00	82,55	3,02	85,57	0,00	0,00	0,34	0,34	10,40	10,74

Appendice II: Percentuali cumulative delle abbondanze relative (%) dei generi più comuni presenti nell'associazione al Site U1409

| Site | Hole | Core | Coretype | Section | Intervallo | depth (mbsf) | depth (mcd) | *Biantholithus* spp. | *Blackites* spp. | *Bomolithus* cf. *elegance* | *Bomolithus elegance* | *Braarudosphaera* spp. | *Calciosolenia aperta* | *Campylosphaera eodela/dela* | *Campylosphaera* sp.2 | *Chiasmolithus bidens* | *Chiasmolithus californicus* (13-21µm) | *Chiasmolithus consuetus* (5-12µm) | *Chiasmolithus frequens* | *Chiasmolithus solitus* | *Chiasmolithus* spp. | *Chiphragmalithus* spp. (tondo) | *Clausicoccus* | *Coccolithus bownii* | *Coccolithus crassus* | *Coccolithus pelagicus* (6-13µm) | *Coccolithus* spp. | *Coronocyclus bramlettei* | *Cruciplaccolithus* cf. *latipons* | *Cruciplaccolithus frequens* | *Cruciplaccolithus tenuis* | *Cyclicargolithus lumins* | *Dictyococcites* spp. | *Discoaster araneus* | *Discoaster backmanii* | *Discoaster barbadiensis* | *Discoaster binodosus* gr. | *Discoaster* cf. *aecus* | *Discoaster* cf. *crassus* | *Discoaster* cf. *decoratus* | *Discoaster* cf. *lenticularis* (6µm) | *Discoaster* cf. *lodoensis* (6 raggi) | *Discoaster* cf. *mohleri* | *Discoaster* cf. *nobilis* | *Discoaster* cf. *sublodoensis* | *Discoaster* cf. *tanii* | *Discoaster cruciformis* | *Discoaster delicatus* | *Discoaster diastypus/lodoensis* | *Discoaster diatypus* | *Discoaster gemmifer* | *Discoaster geometricus* | *Discoaster kuepperi* | *Discoaster kuepperi/salisburgensis* | *Discoaster lenticularis* | *Discoaster lodoensis* | *Discoaster mahmoudii* | *Discoaster megastypus* | *Discoaster mohleri* | *Discoaster multiradiatus* | *Discoaster nobilis* | *Discoaster okadai* | *Discoaster paelikei* | *Discoaster robustus* | *Discoaster salisburgensis* | *Discoaster salisburgensis/diastypus* | *Discoaster* spp. | *Discoaster sublodoensis (5 raggi)* | *Discoaster sublodoensis/lodoensis* |
|---|---|---

Site	Hole	Core	Coretype	Section	Intervallo	depth (mbsf)	depth (mcd)	
1409 B	13 H	6	H	5	0	118,8	138,95	*Biantholithus* spp.
1409 B	13 H	6	H	6	50	120,8	140,95	*Blackites* spp.
1409 B	15 X	1	X	1	125	123,75	143,9	*Bomolithus* cf. *elegance*
1409 B	15 X	3	X	20	125,7	145,85		*Bomolithus elegance*
1409 B	15 X	4	X	61	127,61	147,76		*Braarudosphaera* spp.
1409 B	16 X	1	X	1	132,11	154,46		*Calciosolenia aperta*
1409 B	16 X	2	X	41	134,01	156,36		*Campylosphaera eodela/dela*
1409 B	16 X	3	X	86	135,96	158,31		*Campylosphaera* sp.2
1409 B	16 X	4	X	126	137,86	160,21		*Chiasmolithus bidens*
1409 B	16 X	5	X	141	139,51	161,86		*Chiasmolithus californicus* (13-21µm)
1409 B	17 X	2	X	11	143,31	165,76		*Chiasmolithus consuetus* (5-12µm)
1409 B	17 X	3	X	61	145,31	167,76		*Chiasmolithus frequens*
1409 B	17 X	4	X	111	147,31	169,76		*Chiasmolithus solitus*
1409 B	17 X	5	X	141	149,11	171,56		*Chiasmolithus* spp.
1409 B	17 X	6	12-26		150,94	173,39		*Chiphragmalithus* spp. (tondo)
1409 B	18 X	1	X	51	151,81	173,86		*Clausicoccus*
1409 B	18 X	2	X	101	153,81	175,86		*Coccolithus bownii*
1409 B	18 X	3	X	61	154,91	176,96		*Coccolithus crassus*
1409 B	18 X	4	X	131	157,11	179,16		*Coccolithus pelagicus* (6-13µm)
1409 B	18 X	5	X	141	158,63	180,68		*Coccolithus* spp.
1409 B	18 X	6	X	21	158,63	180,68		*Coronocyclus bramlettei*
1409 B	19 X	1	X	141	163,81	185,63		*Cruciplaccolithus* cf. *latipons*
1409 B	19 X	2	X	11	165,81	187,63		*Cruciplaccolithus frequens*
1409 B	19 X	3	X	91	164,81	186,63		*Cruciplaccolithus tenuis*
1409 B	19 X	4	X	41	165,81	187,63		*Cyclicargolithus lumins*
1409 B	19 X	4	X	141	166,81	188,63		*Dictyococcites* spp.
1409 B	19 X	5	H	1	132,11	154,46		*Discoaster araneus*
1409 B	19 X	5	H	2	134,01	156,36		*Discoaster backmanii*
1409 B	19 X	5	H	3	135,96	158,31		*Discoaster barbadiensis*
1409 B	19 X	5	H	4	137,86	160,21		*Discoaster binodosus* gr.
1409 B	19 X	5	H	5	139,51	161,86		*Discoaster* cf. *aecus*
1409 B	19 X	5	H	6	141,51	163,86		*Discoaster* cf. *crassus*
1409 B	19 X	6	H	1	141,51	163,86		*Discoaster* cf. *decoratus*
1409 B	19 X	6	H	2	143,31	165,76		*Discoaster* cf. *lenticularis* (6µm)
1409 B	19 X	6	H	3	145,31	167,76		*Discoaster* cf. *lodoensis* (6 raggi)
1409 B	19 X	6	H	4	147,31	169,76		*Discoaster* cf. *mohleri*
1409 B	19 X	6	H	5	149,11	171,56		*Discoaster* cf. *nobilis*
1409 B	19 X	6	H	6	150,94	173,39		*Discoaster* cf. *sublodoensis*
1409 B	19 X	7	H	1	151,81	173,86	7,2	*Discoaster* cf. *tanii*
1409 B	18 X	1	X	51	151,81	173,86	7,2	*Discoaster cruciformis*
1409 B	18 X	2	X	1	152,81	174,86	0	*Discoaster delicatus*
1409 B	18 X	2	X	101	153,81	175,86	12	*Discoaster diastypus/lodoensis*
1409 B	18 X	3	X	61	154,91	176,96	0	*Discoaster diatypus*
1409 B	18 X	4	X	11	155,91	177,96	0	*Discoaster gemmifer*
1409 B	18 X	4	X	131	157,11	179,16	84	*Discoaster geometricus*
1409 B	18 X	5	X	61	157,72	179,77	12	*Discoaster kuepperi*
1409 B	18 X	5	X	141	158,63	180,68	108	*Discoaster kuepperi/salisburgensis*
1409 B	18 X	6	X	21	158,63	180,68	108	*Discoaster lenticularis*
1409 B	19 X	1	X	141	163,81	185,63	63	*Discoaster lodoensis*
1409 B	19 X	2	X	11	165,81	187,63	144	*Discoaster mahmoudii*
1409 B	19 X	3	X	91	164,81	186,63	60	*Discoaster megastypus*
1409 B	19 X	4	X	41	165,81	187,63	144	*Discoaster mohleri*
1409 B	19 X	4	X	141	166,81	188,63	48	*Discoaster multiradiatus*

Site	Hole	Core	Coretype	Section	Intervallo	depth (mbsf)	depth (mcd)	
1409 B	13 H	6	H	5	0	118,8	138,95	*Biantholithus* spp.
1409 B	13 H	6	H	6	50	120,8	140,95	*Blackites* spp.
1409 B	15 X	1	X	1	125	123,75	143,9	*Bomolithus* cf. *elegance*
1409 B	15 X	3	X	20	125,7	145,85		*Bomolithus elegance*
1409 B	15 X	4	X	61	127,61	147,76		*Braarudosphaera* spp.
1409 B	16 X	1	X	1	132,11	154,46		*Calciosolenia aperta*
1409 B	16 X	2	X	41	134,01	156,36		*Campylosphaera eodela/dela*
1409 B	16 X	3	X	86	135,96	158,31		*Campylosphaera* sp.2
1409 B	16 X	4	X	126	137,86	160,21		*Chiasmolithus bidens*
1409 B	16 X	5	X	141	139,51	161,86		*Chiasmolithus californicus* (13-21µm)
1409 B	17 X	2	X	11	143,31	165,76		*Chiasmolithus consuetus* (5-12µm)
1409 B	17 X	3	X	61	145,31	167,76		*Chiasmolithus frequens*
1409 B	17 X	4	X	111	147,31	169,76		*Chiasmolithus solitus*
1409 B	17 X	5	X	141	149,11	171,56		*Chiasmolithus* spp.
1409 B	17 X	6	12-26		150,94	173,39		*Chiphragmalithus* spp. (tondo)
1409 B	18 X	1	X	51	151,81	173,86	7,2	*Clausicoccus*
1409 B	18 X	2	X	101	153,81	175,86	12	*Coccolithus bownii*
1409 B	18 X	3	X	61	154,91	176,96	0	*Coccolithus crassus*
1409 B	18 X	4	X	131	157,11	179,16	84	*Coccolithus pelagicus* (6-13µm)
1409 B	18 X	5	X	141	158,63	180,68	108	*Coccolithus* spp.
1409 B	18 X	6	X	21	158,63	180,68	108	*Coronocyclus bramlettei*
1409 B	19 X	1	X	141	163,81	185,63	63	*Cruciplaccolithus* cf. *latipons*
1409 B	19 X	2	X	11	165,81	187,63	144	*Cruciplaccolithus frequens*
1409 B	19 X	3	X	91	164,81	186,63	60	*Cruciplaccolithus tenuis*
1409 B	19 X	4	X	41	165,81	187,63	144	*Cyclicargolithus lumins*
1409 B	19 X	4	X	141	166,81	188,63	48	*Dictyococcites* spp.
1409 B	19 X	5	H	1	132,11	154,46	0	*Discoaster araneus*
1409 B	19 X	5	H	2	134,01	156,36	0	*Discoaster backmanii*
1409 B	19 X	5	H	3	135,96	158,31	0	*Discoaster barbadiensis*
1409 B	19 X	5	H	4	137,86	160,21	0	*Discoaster binodosus* gr.
1409 B	19 X	5	H	5	139,51	161,86	0	*Discoaster* cf. *aecus*
1409 B	19 X	5	H	6	141,51	163,86	0	*Discoaster* cf. *crassus*
1409 B	19 X	6	H	1	141,51	163,86	0	*Discoaster* cf. *decoratus*
1409 B	19 X	6	H	2	143,31	165,76	0	*Discoaster* cf. *lenticularis* (6µm)
1409 B	19 X	6	H	3	145,31	167,76	0	*Discoaster* cf. *lodoensis* (6 raggi)
1409 B	19 X	6	H	4	147,31	169,76	0	*Discoaster* cf. *mohleri*
1409 B	19 X	6	H	5	149,11	171,56	0	*Discoaster* cf. *nobilis*
1409 B	19 X	6	H	6	150,94	173,39	0	*Discoaster* cf. *sublodoensis*
1409 B	19 X	7	H	1	151,81	173,86	7,2	*Discoaster* cf. *tanii*
1409 B	18 X	1	X	51	151,81	173,86	7,2	*Discoaster cruciformis*
1409 B	18 X	2	X	1	152,81	174,86	0	*Discoaster delicatus*
1409 B	18 X	2	X	101	153,81	175,86	12	*Discoaster diastypus/lodoensis*
1409 B	18 X	3	X	61	154,91	176,96	0	*Discoaster diatypus*
1409 B	18 X	4	X	11	155,91	177,96	0	*Discoaster gemmifer*
1409 B	18 X	4	X	131	157,11	179,16	84	*Discoaster geometricus*
1409 B	18 X	5	X	61	157,72	179,77	12	*Discoaster kuepperi*
1409 B	18 X	5	X	141	158,63	180,68	108	*Discoaster kuepperi/salisburgensis*
1409 B	18 X	6	X	21	158,63	180,68	108	*Discoaster lenticularis*
1409 B	19 X	1	X	141	163,81	185,63	63	*Discoaster lodoensis*
1409 B	19 X	2	X	11	165,81	187,63	144	*Discoaster mahmoudii*
1409 B	19 X	3	X	91	164,81	186,63	60	*Discoaster megastypus*
1409 B	19 X	4	X	41	165,81	187,63	144	*Discoaster mohleri*
1409 B	19 X	4	X	141	166,81	188,63	48	*Discoaster multiradiatus*
1409 B	19 X	5	H	1	132,11	154,46	0	*Discoaster nobilis*
1409 B	19 X	5	H	2	134,01	156,36	0	*Discoaster paelikei*
1409 B	19 X	5	H	3	135,96	158,31	0	*Discoaster robustus*
1409 B	19 X	5	H	4	137,86	160,21	0	*Discoaster salisburgensis*
1409 B	19 X	5	H	5	139,51	161,86	0	*Discoaster salisburgensis/diastypus*
1409 B	19 X	5	H	6	141,51	163,86	0	*Discoaster* spp.
1409 B	19 X	6	H	1	141,51	163,86	0	*Discoaster sublodoensis* (5 raggi)
1409 B	19 X	6	H	2	143,31	165,76	0	*Discoaster sublodoensis/lodoensis*
1409 B	19 X	6	H	3	145,31	167,76	0	*Forme non classificabili*
1409 B	19 X	6	H	4	147,31	169,76	0	*Fasciculithus alanii/thomasii*
1409 B	19 X	6	H	5	149,11	171,56	0	*Fasciculithus basi*
1409 B	19 X	6	H	6	150,94	173,39	0	*Fasciculithus clinatus*
1409 B	19 X	7	H	1	151,81	173,86	7,2	*Fasciculithus hayii/lilianae*
1409 B	18 X	1	X	51	151,81	173,86	7,2	*Fasciculithus involutus*
1409 B	18 X	2	X	1	152,81	174,86	0	*Fasciculithus richardi/schaubii*
1409 B	18 X	2	X	101	153,81	175,86	12	*Fasciculithus* spp.
1409 B	18 X	3	X	61	154,91	176,96	0	*Fasciculithus tympaniformis*
1409 B	18 X	4	X	11	155,91	177,96	0	*Girgisia gammation*
1409 B	18 X	4	X	131	157,11	179,16	84	*Hayella* spp.
1409 B	18 X	5	X	61	157,72	179,77	12	*Helicosphaera*
1409 B	18 X	5	X	141	158,63	180,68	108	*Heliolite* cf. *riedelii*
1409 B	18 X	6	X	21	158,63	180,68	108	*Markalius*
1409 B	19 X	1	X	141	163,81	185,63	63	*Neochiastozygus* spp.
1409 B	19 X	2	X	11	165,81	187,63	144	*Octolithus multiplus*
1409 B	19 X	3	X	91	164,81	186,63	60	*Octolithus* sp.1
1409 B	19 X	4	X	41	165,81	187,63	144	*Placozigus sigmoidale*
1409 B	19 X	4	X	141	166,81	188,63	48	*Prinsius bisulcus* (>5-6µm)
1409 B	19 X	5	H	1	132,11	154,46	0	*Prinsius martinii*
1409 B	19 X	5	H	2	134,01	156,36	0	*Reticulofenestra*
1409 B	19 X	5	H	3	135,96	158,31	0	*Rhomboaster calcitrapa*
1409 B	19 X	5	H	4	137,86	160,21	0	*Rhomboaster cuspis*
1409 B	19 X	5	H	5	139,51	161,86	0	*Scifosphaera* spp.
1409 B	19 X	5	H	6	141,51	163,86	0	*Sphenolithus anarrhopus*
1409 B	19 X	6	H	1	141,51	163,86	0	*Sphenolithus anarrhopus spina corta*
1409 B	19 X	6	H	2	143,31	165,76	0	*Sphenolithus editus*
1409 B	19 X	6	H	3	145,31	167,76	0	*Sphenolithus moriformis* gr.
1409 B	19 X	6	H	4	147,31	169,76	0	*Sphenolithus orphanknollensis*
1409 B	19 X	6	H	5	149,11	171,56	0	*Sphenolithus radians*
1409 B	19 X	6	H	6	150,94	173,39	0	*Sphenolithus spiniger*
1409 B	18 X	1	X	51	151,81	173,86	7,2	*Sphenolithus villae*
1409 B	18 X	2	X	1	152,81	174,86	0	*Thoracosphaera* spp.
1409 B	18 X	2	X	101	153,81	175,86	12	*Toweius callosus*
1409 B	18 X	3	X	61	154,91	176,96	0	*Toweius* cf. *bramlettei*
1409 B	18 X	4	X	11	155,91	177,96	0	*Toweius eminens*
1409 B	18 X	4	X	131	157,11	179,16	84	*Toweius eminens/occultatus*
1409 B	18 X	5	X	61	157,72	179,77	12	*Toweius magnicrassus*
1409 B	18 X	5	X	141	158,63	180,68	108	*Toweius occultatus*
1409 B	18 X	6	X	21	158,63	180,68	108	*Toweius pertusus*
1409 B	19 X	1	X	141	163,81	185,63	63	*Toweius* sp.2
1409 B	19 X	2	X	11	165,81	187,63	144	*Toweius* spp.
1409 B	19 X	3	X	91	164,81	186,63	60	*Tribrachiatus bramlettei*
1409 B	19 X	4	X	41	165,81	187,63	144	*Tribrachiatus contortus*
1409 B	19 X	4	X	141	166,81	188,63	48	*Tribrachiatus orthostylus*
1409 B	19 X	5	H	1	132,11	154,46	0	*Ugheyus* spp.
1409 B	19 X	5	H	2	134,01	156,36	0	*Zigoliti*
1409 B	19 X	5	H	3	135,96	158,31	0	*Zygrhablithus bijugatus*
1409 B	19 X	5	H	4	137,86	160,21	0	*Rimaneggiamento*
1409 B	19 X	5	H	5	139,51	161,86	0	
1409 B	19 X	5	H	6	141,51	163,86	0	
1409 B	19 X	6	H	1	141,51	163,86	0	
1409 B	19 X	6	H	2	143,31	165,76	0	
1409 B	19 X	6	H	3	145,31	167,76	0	
1409 B	19 X	6	H	4	147,31	169,76	0	
1409 B	19 X	6	H	5	149,11	171,56	0	
1409 B	19 X	6	H	6	150,94	173,39	0	
1409 B	18 X	1	X	51	151,81	173,86	7,2	
1409 B	18 X	2	X	1	152,81	174,86	0	
1409 B	18 X	2	X	101	153,81	175,86	12	
1409 B	18 X	3	X	61	154,91	176,96	0	
1409 B	18 X	4	X	11	155,91	177,96	0	
1409 B	18 X	4	X	131	157,11	179,16	84	
1409 B	18 X	5	X	61	157,72	179,77	12	
1409 B	18 X	5	X	141	158,63	180,68	108	
1409 B	18 X	6	X	21	158,63	180,68	108	
1409 B	19 X	1	X	141	163,81	185,63	63	
1409 B	19 X	2	X	11	165,81	187,63	144	
1409 B	19 X	3	X	91	164,81	186,63	60	
1409 B	19 X	4	X	41	165,81	187,63	144	
1409 B	19 X	4	X	141	166,81	188,63	48	

Appendice IV: numero di esemplari su 1mm2 dei vari taxa presenti all'interno dell'associazione ordinati al Hole 1409B.

Site	Hole	Core	Coretype	Section	Intervallo	depth (mbsf)	depth (mcd)	
1409 C	C	16	X	2	44	130,89	150,54	3
1409 C	C	17	X	1	100	132,8	152,45	1
1409 C	C	19	X	2	46	145,26	163,81	1
1409 C	C	20	X	3	61	152,91	171,06	3
1410 C	C	20	X	3	111	153,41	171,56	0
1409 C	C	21	X	1	51	157,81	176,86	0
1409 C	C	21	X	1	1	158,81	177,86	0
1409 C	C	21	X	2	100	159,8	178,85	0
1409 C	C	21	X	2	111	159,91	178,96	0
1409 C	C	21	X	2	121	160,01	179,06	0
1409 C	C	21	X	3	8	160,15	179,2	0
1409 C	C	21	X	3	19	160,26	179,31	0
1409 C	C	21	X	3	28	160,35	179,4	0
Discoaster tanii								0
Discoaster wemmelensis								0
Discoasteroides bramlettei								0
Discoster mirus gr.								0
Ellipsolithus distichus								0
Ellipsolithus macellus								0
Ellipsolithus spp.								0
Ericsonia cava								0
Ericsonia cf. *robusta* (>9µm)								0
Ericsonia formosa								0
Ericsonia robusta (<9µm)								0
Ericsonia robusta (>9µm)								0
Fasciculithus alanii/thomasii								8
Fasciculithus basi								62
Fasciculithus clinatus								43
Fasciculithus hayii/lilianae								18
Fasciculithus involutus								7
Fasciculithus richardi/schaubii								12
Fasciculithus spp.								0
Fasciculithus tympaniformis								0
Girgisia gammation								0
Hayella spp.								0
Helicosphaera								0
Heliolite cf. *riedelii*								0
Markalius								18
Neochiastozygus spp.								36
Octolithus multiplus								90
Octolithus sp.1								0
Placozigus sigmoidale								0
Prinsius bisulcus (>5-6µm)								0
Prinsius martinii								0
Reticulofenestra								0
Rhomboaster calcitrapa								0
Rhomboaster cuspis								0
Scifosphaera spp.								0
Sphenolithus anarrhopus								0
Sphenolithus anarrhopus spina corta								0
Sphenolithus editus								0
Sphenolithus moriformis gr.								50
Sphenolithus orphanknollensis								0
Sphenolithus radians								0
Sphenolithus spiniger								0
Sphenolithus villae								0
Thoracosphaera spp.								198
Toweius callosus								0
Toweius cf. *bramlettei*								0
Toweius eminens								180
Toweius eminens/occultatus								0
Toweius magnicrassus								0
Toweius occultatus								126
Toweius pertusus								162
Toweius sp.2								0
Toweius spp.								0
Tribrachiatus bramlettei								0
Tribrachiatus contortus								0
Tribrachiatus orthostylus								0
Ugheyus spp.								0
Zigoliti								0
Zygrhablithus bijugatus								178
Rimaneggiamento								1
Forme non classificabili								0

Site	Hole	Core	Coretype	Section	Intervallo	depth (mbsf)	depth (mcd)	
1409 C	C	16	X	2	44	130,89	150,54	0
1409 C	C	17	X	1	100	132,8	152,45	18
1409 C	C	19	X	2	46	145,26	163,81	36
1409 C	C	20	X	3	61	152,91	171,06	0
1410 C	C	20	X	3	111	153,41	171,56	0
1409 C	C	21	X	1	51	157,81	176,86	0
1409 C	C	21	X	1	1	158,81	177,86	0
1409 C	C	21	X	2	100	159,8	178,85	0
1409 C	C	21	X	2	111	159,91	178,96	86,4
1409 C	C	21	X	2	121	160,01	179,06	0
1409 C	C	21	X	3	8	160,15	179,2	12
1409 C	C	21	X	3	19	160,26	179,31	72
1409 C	C	21	X	3	28	160,35	179,4	72
Biantholithus spp.								0
Blackites spp.								0
Bomolithus cf. *elegance*								0
Bomolithus elegance								0
Braarudosphaera spp.								0
Calciosolenia aperta								0
Campylosphaera eodela/dela								18
Campylosphaera sp.2								0
Chiasmolithus bidens								0
Chiasmolithus californicus (13-21µm)								0
Chiasmolithus consuetus (5-12µm)								0
Chiasmolithus frequens								0
Chiasmolithus solitus								0
Chiasmolithus spp.								0
Chiphragmalithus spp. (tondo)								0
Clausicoccus								0
Coccolithus bownii								0
Coccolithus crassus								0
Coccolithus pelagicus (6-13µm)								3600
Coccolithus spp.								0
Coronocyclus bramlettei								0
Cruciplaccolithus cf. *latipons*								0
Cruciplaccolithus frequens								0
Cruciplaccolithus tenuis								0
Cyclicargolithus lumins								108
Dictyococcites spp.								0
Discoaster araneus								0
Discoaster backmanii								0
Discoaster barbadiensis								0
Discoaster binodosus gr.								0
Discoaster cf. *aecus*								0
Discoaster cf. *crassus*								0
Discoaster cf. *decoratus*								0
Discoaster cf. *lenticularis* (6µm)								0
Discoaster cf. *lodoensis* (6 raggi)								0
Discoaster cf. *mohleri*								4
Discoaster cf. *nobilis*								1
Discoaster cf. *sublodoensis*								0
Discoaster cf. *tanii*								0
Discoaster cruciformis								0
Discoaster delicatus								0
Discoaster diastypus/lodoensis								0
Discoaster diatypus								0
Discoaster gemmifer								0
Discoaster geometricus								0
Discoaster kuepperi								0
Discoaster kuepperi/salisburgensis								0
Discoaster lenticularis								0
Discoaster lodoensis								0
Discoaster mahmoudii								0
Discoaster megastypus								0
Discoaster mohleri								28
Discoaster multiradiatus								94
Discoaster nobilis								0
Discoaster paelikei								0
Discoaster robustus								0
Discoaster salisburgensis								0
Discoaster salisburgensis/diastypus								0
Discoaster spp.								0
Discoaster sublodoensis (5 raggi)								0
Discoaster sublodoensis/lodoensis								0

Appendice V: numero di esemplari su 1mm2 dei vari taxa presenti all'interno dell'associazione ordinati al Hole 1409C.

Ringraziamenti

Al termine di questo lavoro è un dovere per me citare e ringraziare alcune persone, senza le quali non sarei riuscita a portare a termine questa tesi entro i termini prestabiliti. Ringrazio davvero di cuore la mia Relatrice Claudia Agnini ("multitasking"), per tutto l'aiuto che mi ha offerto, la disponibilità e la pazienza nei miei confronti, ma anche il sostegno nei momenti in cui mi sentivo scoraggiata. Ringrazio la Prof.ssa e Correlatrice Eliana Fornaciari per le giornate di affiancamento al microscopio ottico e per le pause "Tea Time". Ringrazio i ricercatori Luca Capraro, Andrea D'Alpaos, Massimiliano Ghinassi, Luca Giusberti e Massimiliano Zattin per la simpatia e per il servizio di "babysitteraggio", svolto nei miei confronti, le sere in cui restavo in laboratorio fino alle 20:00 per poter terminare i conteggi. Un "grazie" è dedicato al mio ex-Relatore Manuel Rigo per avermi consigliato la ricercatrice Claudia Agnini come Relatrice e per essermi sempre stato di sostegno. Ringrazio Lorenzo Franceschin, Nicola Michelon e Stefano Castelli per l'aiuto e la pazienza concessami nello svolgimento di questo lavoro. Un ringraziamento speciale e un abbraccio vanno al mio caro amico e dottorando Matteo Maron, il quale mi è sempre stato vicino, sopportando i miei deliri e le mie angosce, permettendomi di lavorare alla tesi nel suo studio, dandomi consigli, rincuorandomi e soprattutto sopportando di sentirsi continuamente chiamare "Orsottopotto". Ringrazio Livia Nardini e Manuele Santinon (compagni di laurea triennale) perché, anche se fisicamente lontani, sono comunque sempre presenti nella mia vita e sono molto importanti. "Grazie" ad Andrea Casagrande per l'amicizia forte che si è creata tra noi in questi anni. Ringrazio Miriam Paccagnella e Stefano Castellani per l'aiuto offertomi nel corso degli anni della laurea magistrale e per i loro appunti. "Grazie" a Martina (Claudia) Amatucci per l'amicizia recente ma intensa, per i consigli e il suo incoraggiamento. Luca Gandolfo per la simp(-antip)atia dimostratemi nei giorni più difficili di questa tesi.

Terminati i ringraziamenti al "gruppo universitario", sperando di non aver dimenticato nessuno e se così fosse mi rincresce, procedo ringraziando il "gruppo

familiare”. Ringrazio mia madre per essere una donna fortissima dalla quale non smetterò mai di imparare; le mie sorelle, perché senza di loro non mi sentirei completa. Un “grazie” speciale è dedicato a mio padre, per avermi trasmesso la sua tenacia, la sua forza e la sua caparbietà. Lo ringrazio perché, nonostante le difficoltà nell’esprimersi a parole, dal profondo del suo sguardo riesce a dimostrarmi il suo affetto e sostegno ad ogni incontro. Ringrazio il mio compagno di vita Mario Nardo per il suo affetto, il suo sostegno, per aver cucinato tutte le sere, in modo che al mio ritorno dalla facoltà non dovessi far altro che mangiare e lavorare alla tesi; infine, per aver contribuito alla stesura della bibliografia alle undici e mezza della sera.

Sicuramente, senza volerlo, sto dimenticando qualcuno perciò un ultimo ringraziamento lo dedico a tutti coloro che non si vedono citati in quest’ultimo paragrafo della mia tesi. GRAZIE!!