

## IL DOMINIO MARINO

- Sede di accumulo di sedimenti clastici, biogenici o di precipitazione chimica;
- tipo di sedimento molto differenziato;
- la distribuzione si attua attraverso il moto ondoso, le correnti, gli eventi di tempesta, il vento;
- la sedimentazione in piattaforma continentale è molto più sensibile alle variazioni del l.m.m. (quindi dipende dal clima, dalla tettonica, dalla subsidenza)

Parleremo di:

- Sistema litorale
- Sistema di piattaforma continentale
- Sistema pelagico (scarpata, zona abissale ed adale)



## 1. il sistema litorale

- ✓ comprende l'area deposizionale che va dal **sopralitorale** al limite inferiore di deposizione delle sabbie (limite dell'azione trattiva delle onde)
- ✓ può essere sede di accumulo o di erosione dei sedimenti apportati soprattutto dai fiumi
- ✓ può essere suddiviso in:
  - costa alta o rocciosa (erosione), costa bassa o sabbiosa (accumulo)
  - costa semplice o aperta
  - costa complessa o protetta (entriamo nel dominio paralico – amb. transizione se c'è confinamento)
- ✓ principali morfologie: **spiaggia** (corpo sabbioso elaborato dalle onde)  
**piana tidale** (corpo pelitico elaborato dalle maree)  
**barra** (rilievo sabbioso parzialmente sommerso)  
**cordone** (rilievo sabbioso parzialmente emerso)

Il principale fattore che controlla lo sviluppo della spiaggia è l'energia delle onde: ambiente ad energia molto elevata con erosione e trasporto trattivo (verso terra) o trasporto in sospensione (verso mare).



Piana di marea  
Villaggio del  
Pescatore (Sistiana)



Cordone litorale,  
«laghi» di Sbaudia

## Lo studio delle variazioni della linea di riva (variazioni eustatiche)

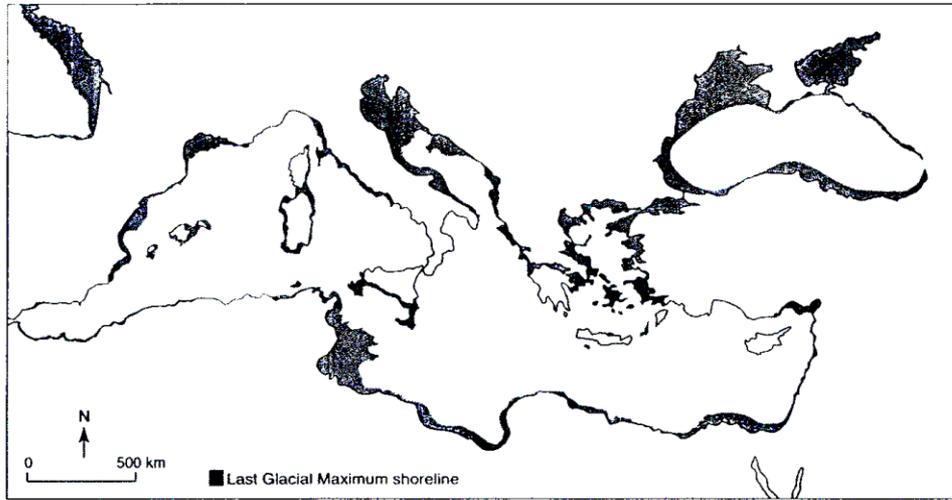
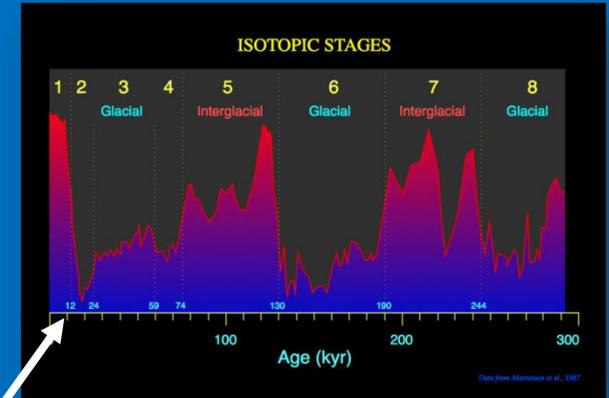


Fig. 10. Last Glacial Maximum shoreline and transgression of the Mediterranean's coastal margin since 18,000 BP, when sea level was around 120 m below present (after Bracco, 2005). The drowning of a great number of Palaeolithic sites means that our understanding of coastal prehistoric human groups in the Mediterranean is relatively poor.



LGM = Last Glacial Maximum, circa 18 ka BP

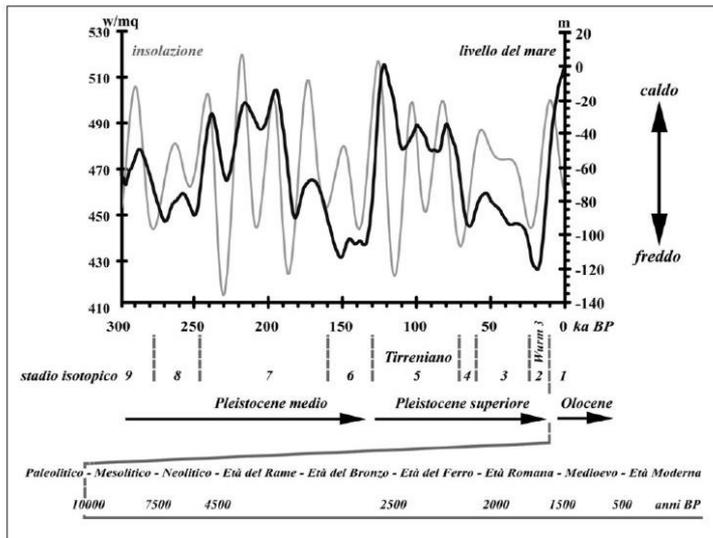


Fig. 2 - Variazioni del livello del mare e dell'insolazione del Pleistocene medio, Pleistocene superiore e dell'Olocene (tratta da Silenzi et al., 2004).

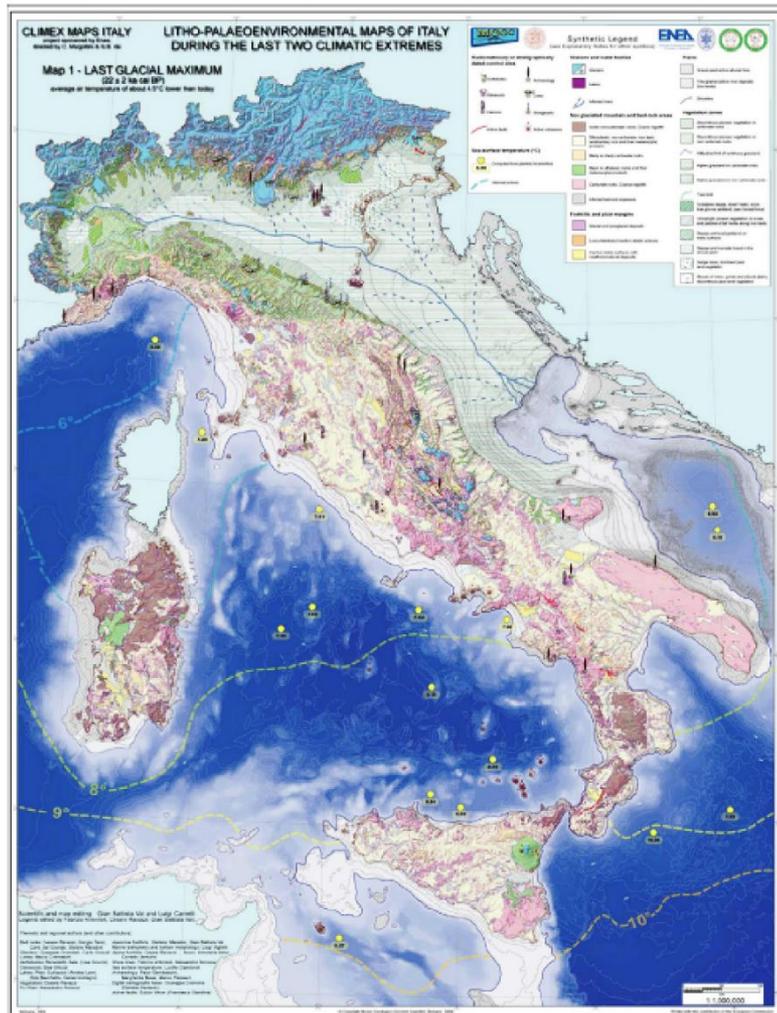


Fig. 7 - Carta geomorfologica Italiana (Climex maps, Vai & Cantelli, 2004) durante l'ultimo periodo Glaciale (22 ka cal BP).

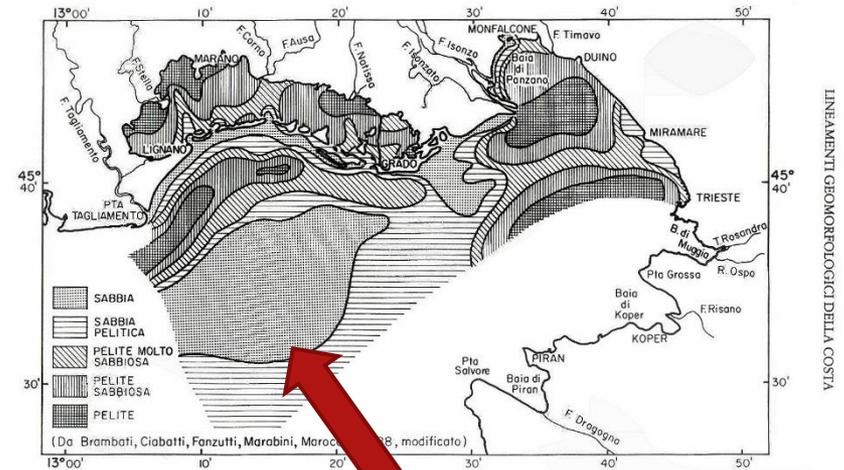
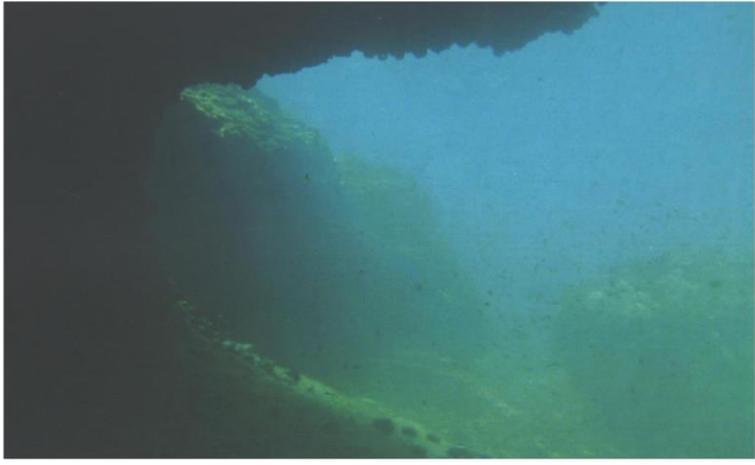


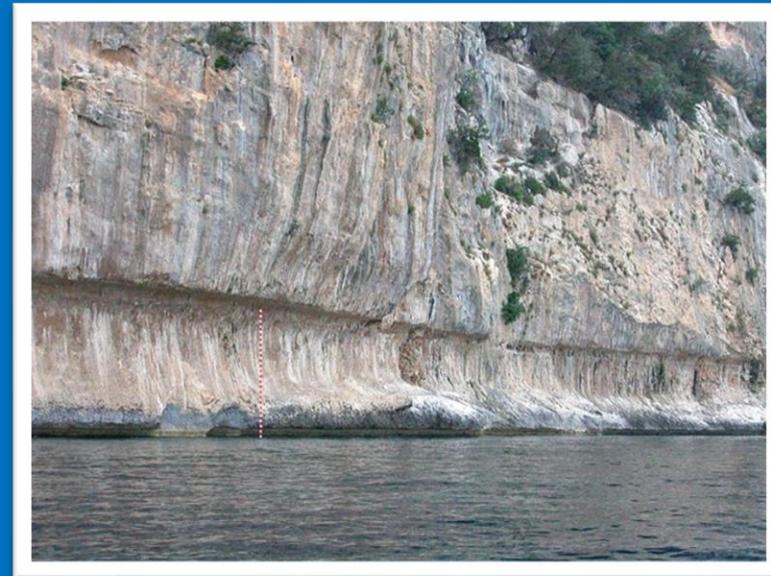
Fig. 4 - Tessitura dei sedimenti del Golfo di Trieste.

Sabbie «relitte» riferibili a paleoambienti di età tardo-glaciale

## Le strutture archeologiche e la loro funzione



Solco di battente o *notch*, indizio di antiche linee di riva



Solco di battente del Tirreniano (MIS 5.5) ad Orosei, Sardegna. Elevazione di +9 m rispetto all'attuale (Antonioli et al., 2006)

# Indicatori biologici

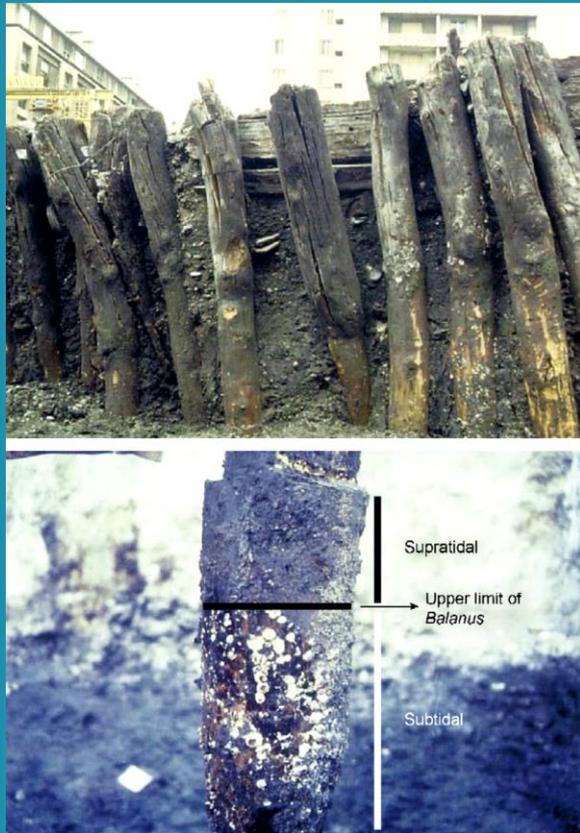


Fig. 34. Top: Marseilles excavations, Place Jules Verne (photographs: Morhange).

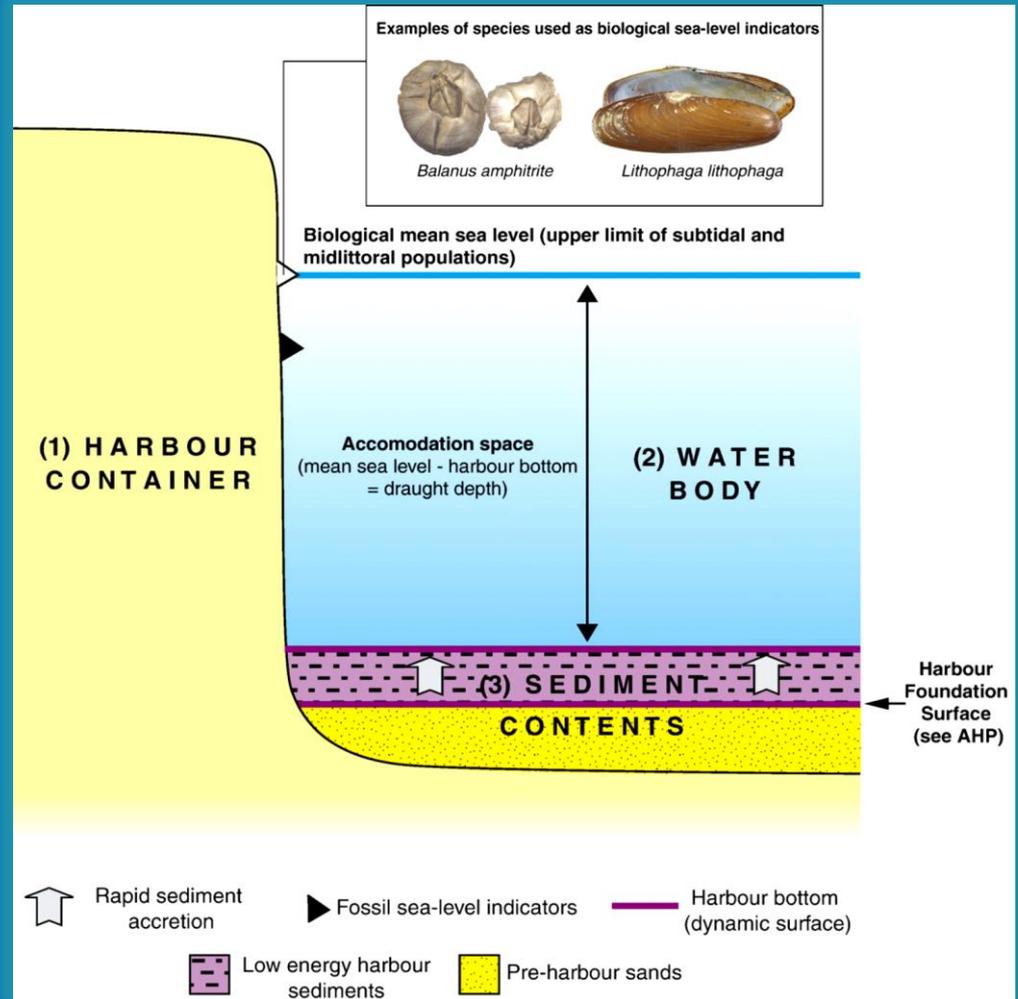


Fig. 6. Schematic representation of an ancient harbour depositional context with its three defining entities (1) the harbour container; (2) the water body; and (3) the sediment contents.

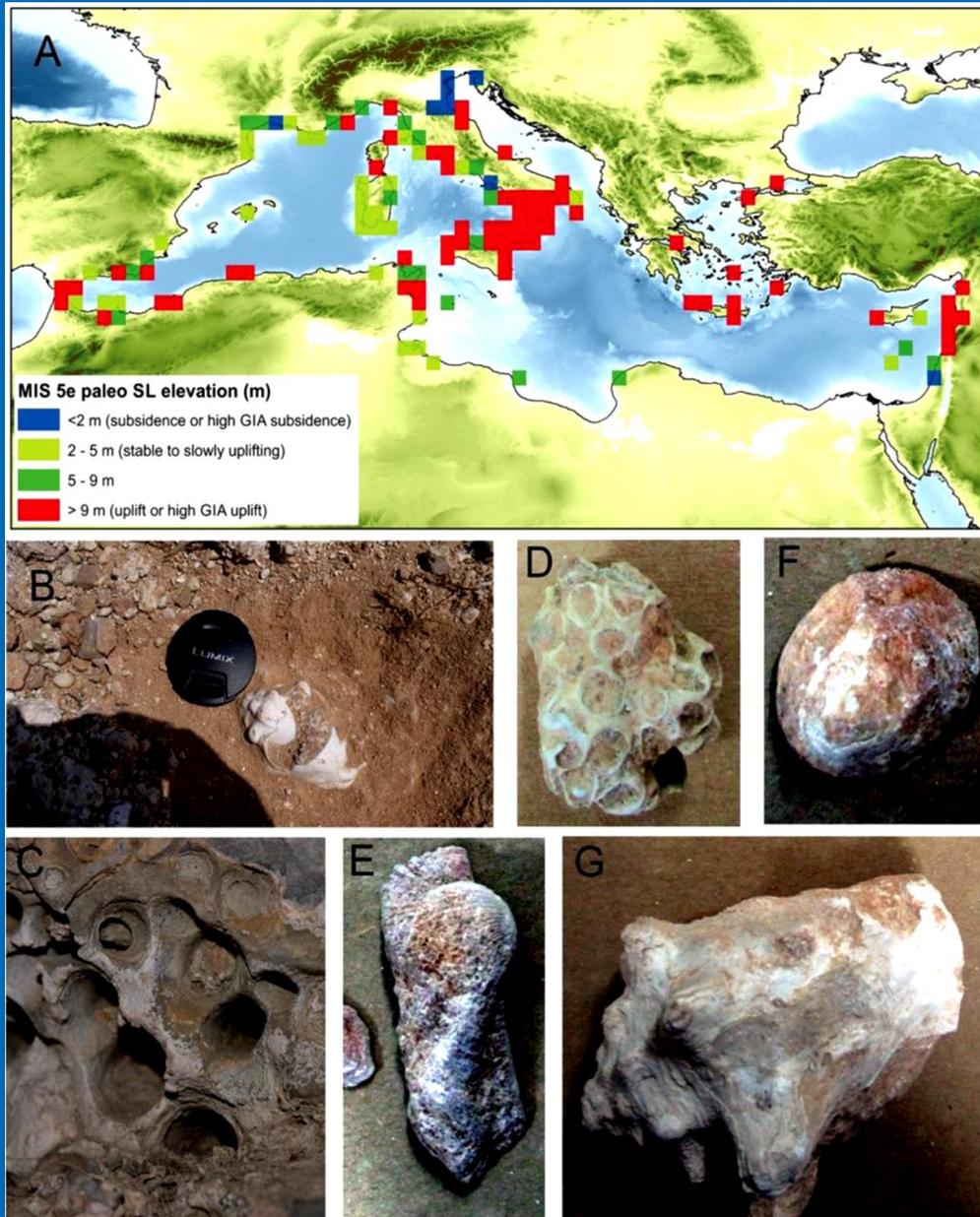


Fig. 5. A) Average elevation per area of the MIS 5.5 shoreline (data from Ferranti et al., 2006; Pedoja et al., 2014);

B) MIS 5.5 deposit containing *Strombus latus* (ex *bubonius*);  
 C) *Lithophaga lithophaga* in the marine cave of Bergeggi (Italy, Liguria, Western Mediterranean)

D-G) typical senegalese fauna, from deposits in Mallorca (Spain, Catalunya, Western Mediterranean, collection J. Cuerda Barcello)

D) *Cladocora caespitosa*, one of the few corals in the Mediterranean that can be used to obtain reliable U-series ages

E) *Arca noae* (the fossil length is ~7 cm);

F) *Patella lusitanica* (the fossil length is ~4 cm);

G) *Persistrombus latus* (ex *Strombus bubonius*) (the fossil length is ~10 cm).

(Photos: A. Rovere).

Variazioni della linea di costa prodotte da un innalzamento di 3 m del livello del mare a Trieste (Modello altimetrico digitale da dati lidar) – Coren F., OGS Trieste

Variazioni del livello medio del mare per l'Adriatico settentrionale, secondo il modello di Lambeck et al. (2006)

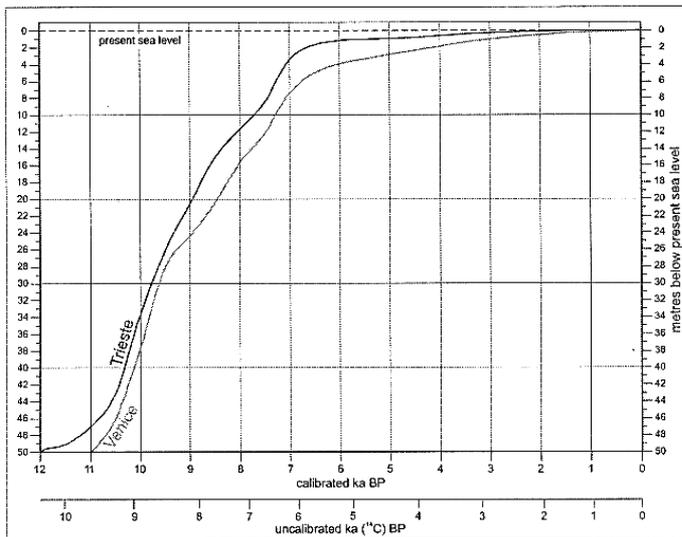
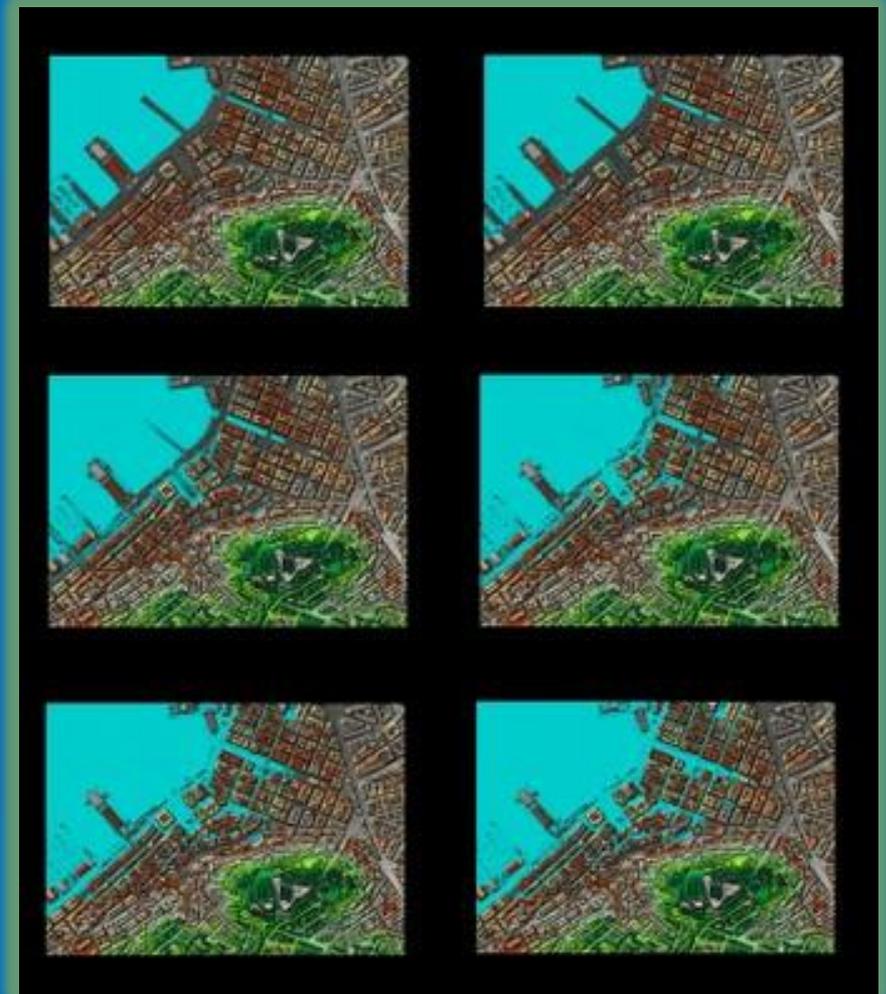
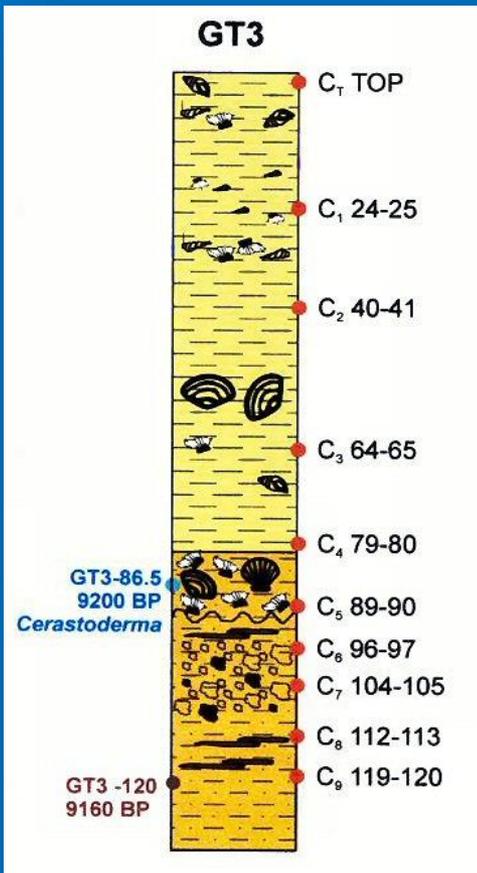
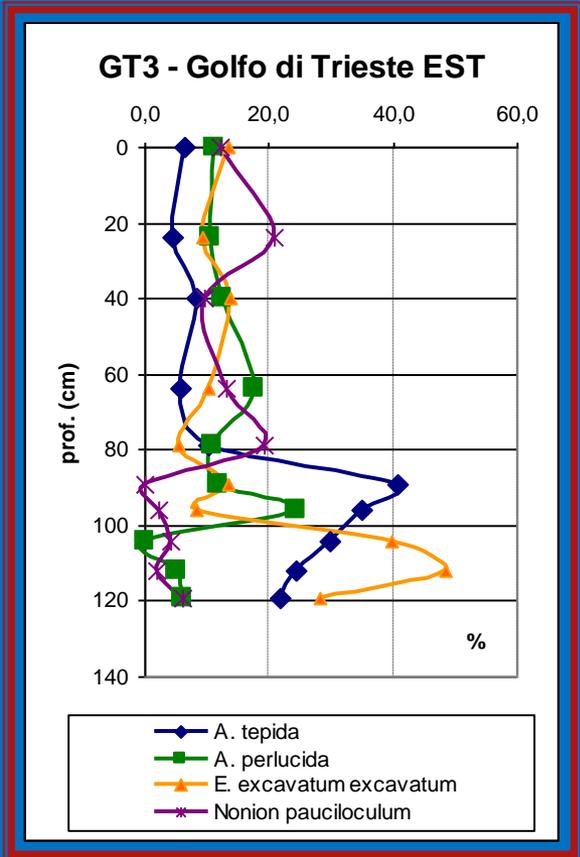
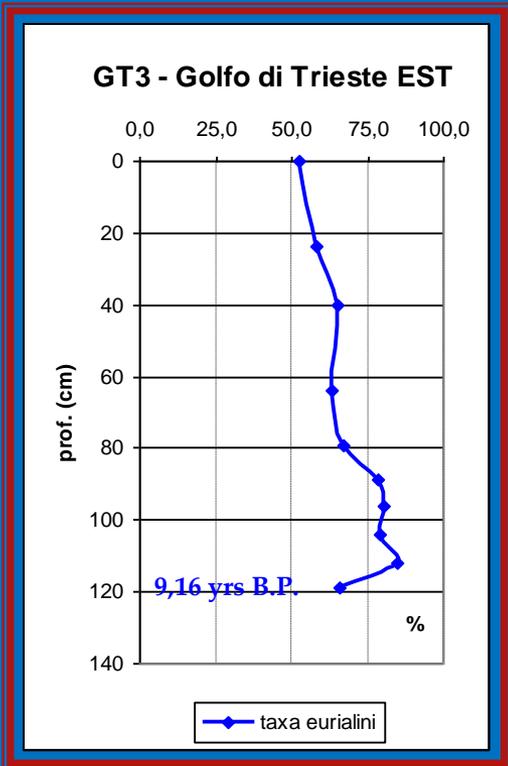
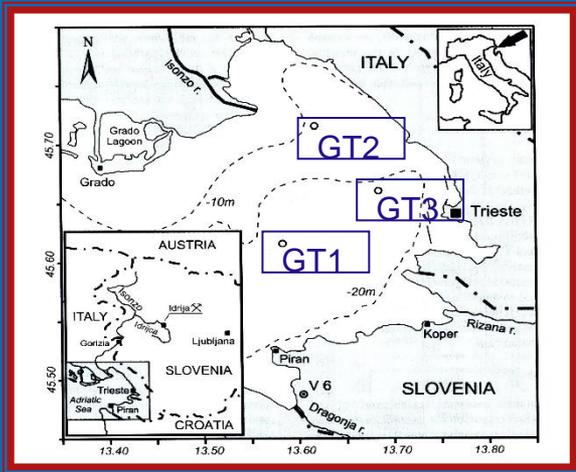
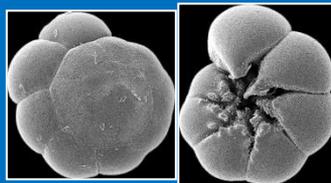


Fig. 7 - The predicted sea-level curves (model m3a) for Venice and Trieste from 12 ka cal BP (after Lambeck et al., 2006).





*Ammonia tepida* - eurialina



Taxa infralitorali



## → 2. il sistema di piattaforma

le **piattaforme continentali** attuali costituiscono uno stretto margine che borda i continenti con debole pendenza. Sono il prodotto di cicli glacio-eustatici del tardo Quaternario (*trasgressione olocenica*) e si differenziano da quelle antiche che dipendevano probabilmente da un rapporto sedimentazione/subsidenza.

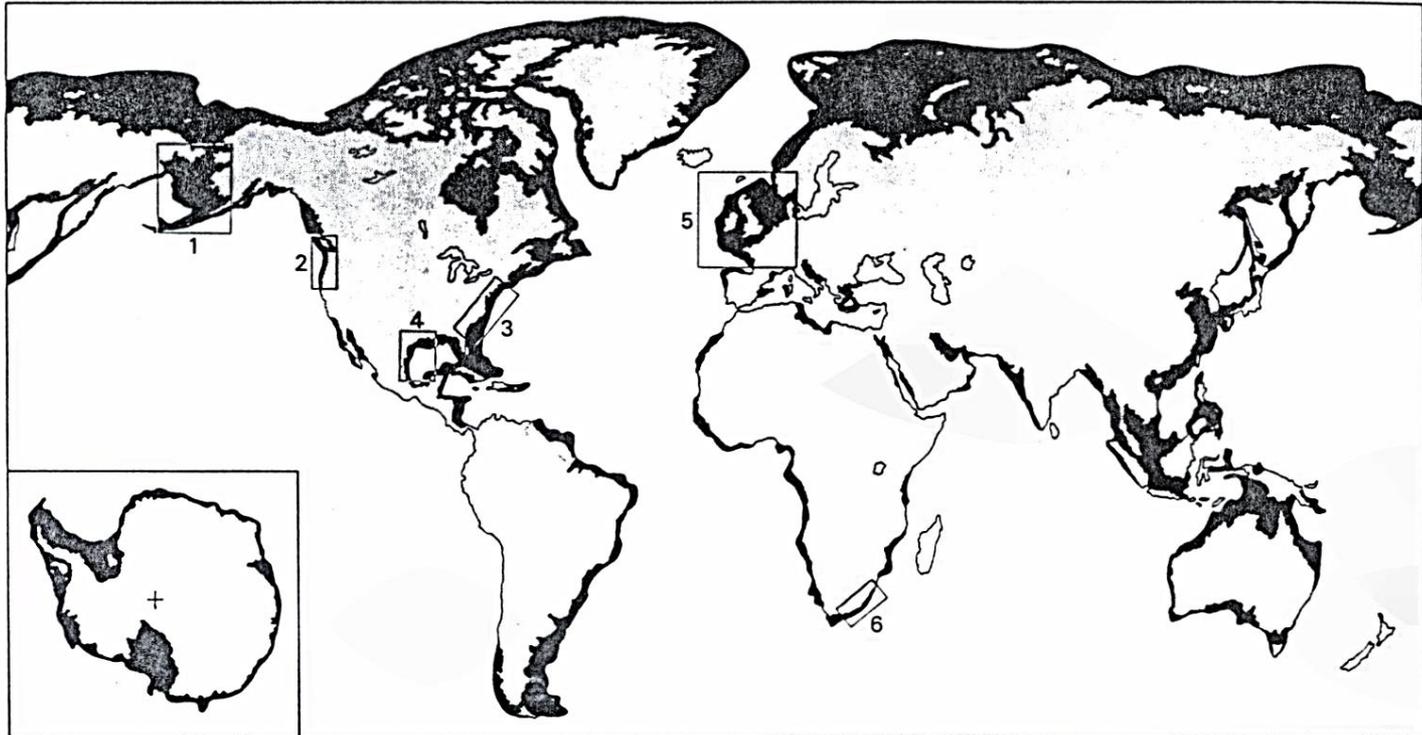


Fig. 9.1. Distribution of present-day shelves. Regions 1-6 represent some of the best studied shelf seas discussed in the text: 1. Bering Sea; 2. Oregon-Washington; 3. Eastern U.S.A.; 4. Gulf of Mexico; 5. NW Europe; 6. SE Africa. Note the relatively narrow pericontinental shelf seas (e.g. 2 and 6) compared with the broad epicontinental shelf areas (e.g. 1 and 5, northern Canada/Hudson Bay and Siberia).

La piattaforma continentale è sede di accumulo di sedimenti di natura molto varia:

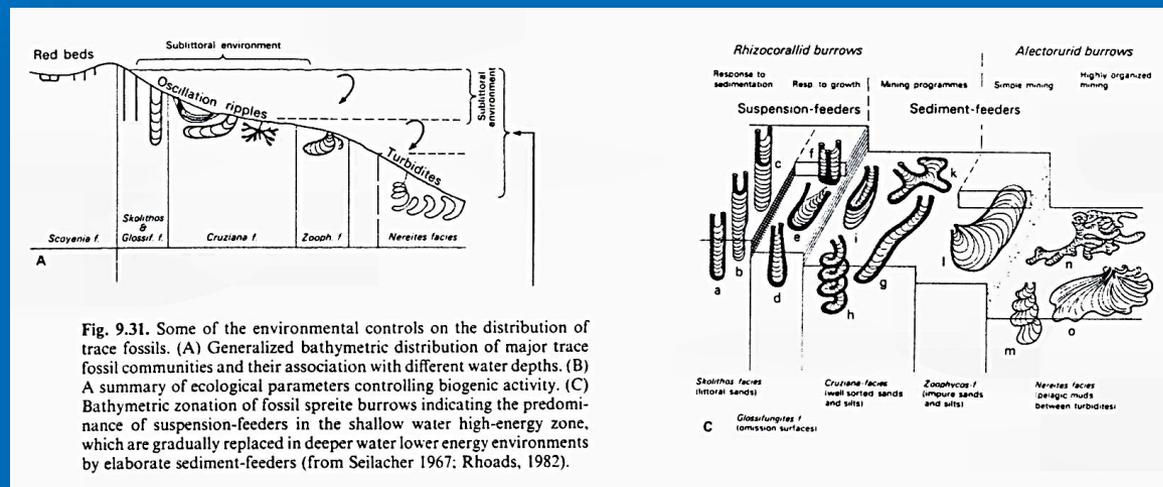
**sedimenti attuali:** terrigeni o detritici (fluviali, glaciali, eolici)  
organogeni (calcarei alle basse latitudini)  
piroclastici o residuali (degradazione o alterazione)  
evaporitici (clima o confinamento)

La loro distribuzione dipende dal regime idraulico:

**regime idraulico:** moto ondoso, maree, correnti, tempeste;

➡ **dalla costa verso il largo:** sabbie lungo la fascia costiera, quindi diminuzione della granulometria verso il largo (NB sabbie relitte: depositi litorali pleistocenici); il sedimento pelitico è trasportato dai fiumi ed è largamente distribuito sulla piattaforma.

La sedimentazione è molto sensibile alle variazioni del l.m.m. (quindi dipende dal clima, tettonica, subsidenza).



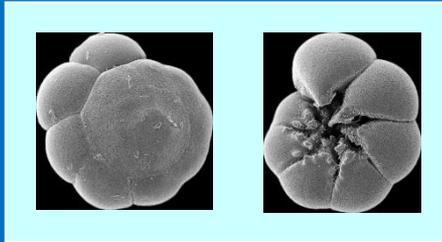
## **fattori biotici:**

1. ambiente dove si osserva la maggior ricchezza e diversità tassonomica;
2. catena alimentare completa per la presenza di organismi autotrofi fino al limite esterno del circolatorio (limite esterno della piattaforma);
3. la salinità normale, l'alto contenuto di ossigeno disciolto e la stabilità dei fondali rendono l'ambiente di piattaforma particolarmente favorevole alla vita degli organismi.

## **Per riconoscere sedimenti di piattaforma continentale:**

- presenza di alghe bentoniche e fanerogame marine
- elevato rapporto benthos/plancton – prevalenza dei bentonici
- alta diversità specifica (ricchezza e equitabilità)
- strategie riproduttive a **r** e **K-selezione** (ambienti mediamente stabili)
- strutture sedimentarie
- tracce fossili
- minerali autigenici (ad esempio glauconite)

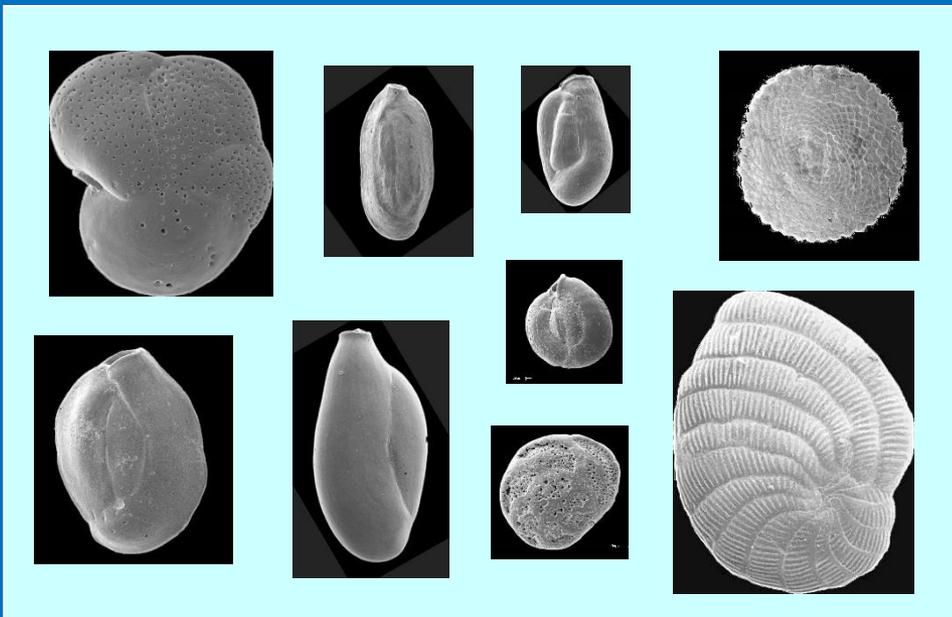
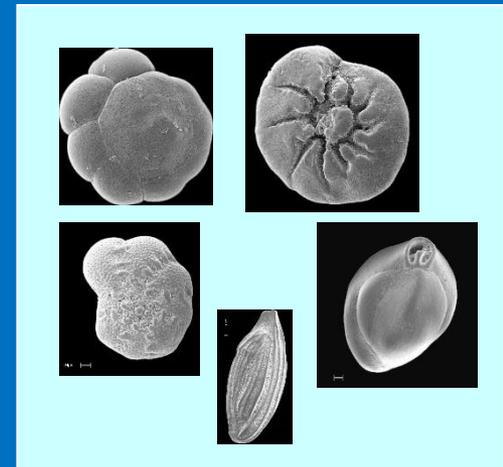
## Foraminiferi – microrganismi a guscio carbonatico - di piattaforma continentale – taxa significativi



Specie di ambiente paralico: *Ammonia tepida*

### Specie di ambiente parlico-infralitorale:

*Ammonia* spp. dominanti, *Cycloforina costata*, *Elphidium granosum*, *Q. seminulum*, *Triloculina trigonula*, subordinati

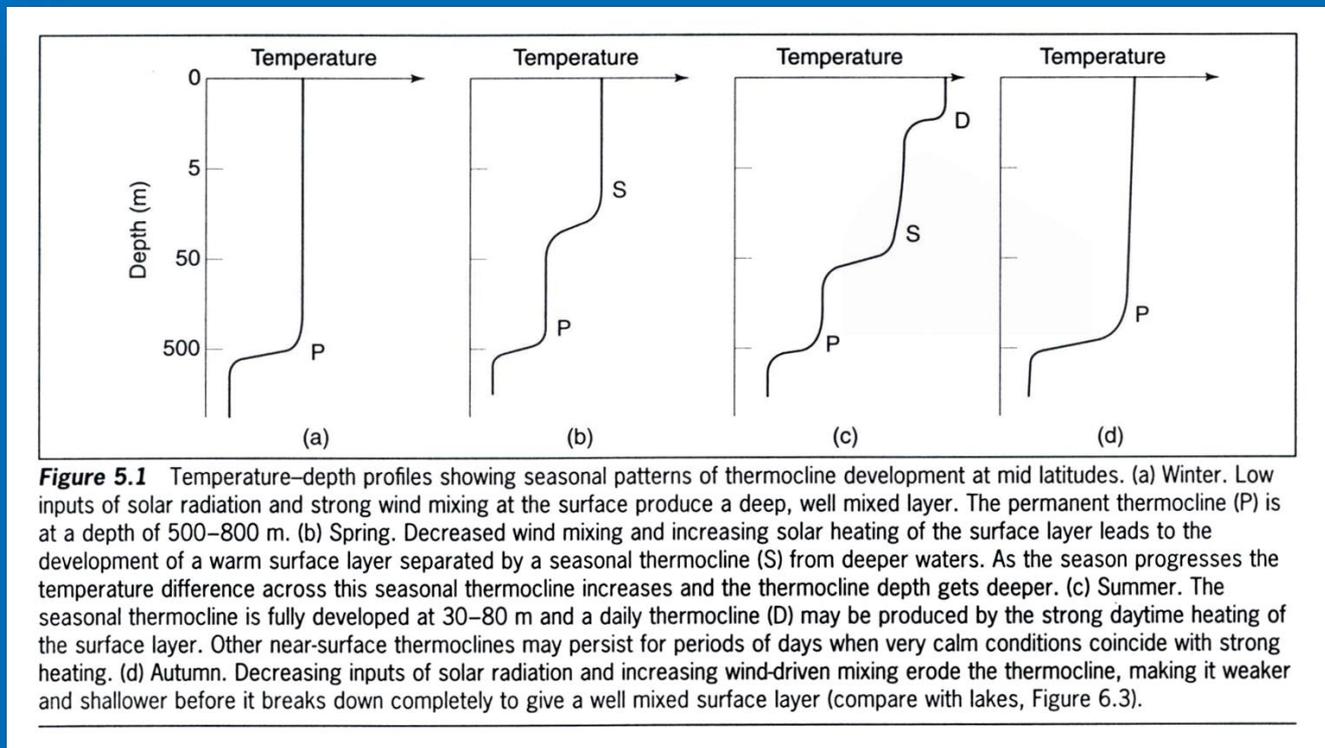


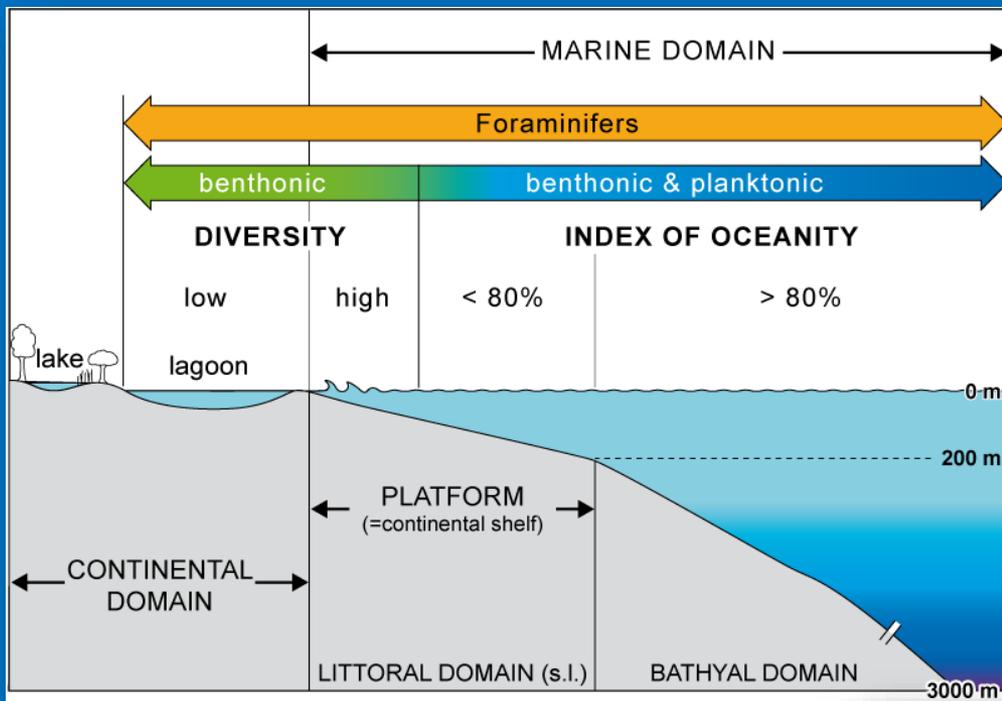
### Specie di ambiente infralitorale (con o

senza vegetazione): *Adelosina dubia*, *Cibicides lobatulus*, *Cycloforina schlumbergeri*, *Miliolinella dilatata*, *Massilina gualtieriana*, *Peneroplis* spp., *Rosalina* spp., *Sorites orbiculus*, etc.

### → 3. il sistema pelagico

- viene usato per definire un ambiente di “mare aperto”; la maggior parte dei fondali si trova a profondità maggiori della zona fotica;
- in aperto oceano è presente un termoclino permanente alla profondità di 500-800 m: netta separazione delle acque superficiali da quelle profonde;
- la differenza di salinità può impedire il rimescolamento di nutrienti e di ossigenazione; importanza della risalita e discesa di masse d’acqua.



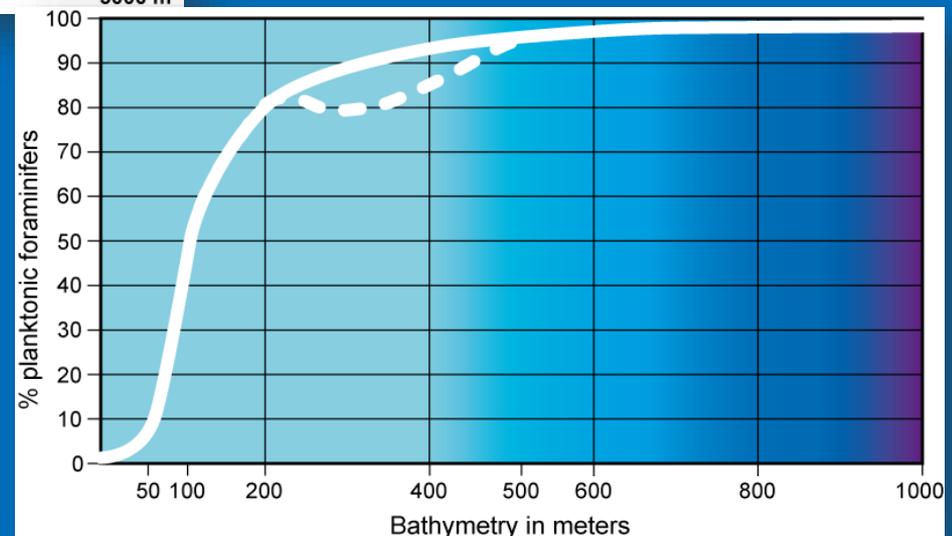


## Indice di "oceanità"

$$\text{I.O.} = \frac{\text{plancton}}{\text{plancton} + \text{benthos}}$$

Modo di vita planctonico:  
 diatomee, foraminiferi,  
 radiolari, nanoplancton  
 calcareo, pteropodi  
 (gasteropodi pelagici)

Right figure : Index of oceanity (after Gibson, 1989, simplified). On continental margins subject to upwelling the percentage curve of planktonic foraminifers is inflected (dotted curve) at the upper edge of the continental slope (between 200 and 500 meters). It is in connection with an important rise in the number of benthic species (after Mathieu, 1988).



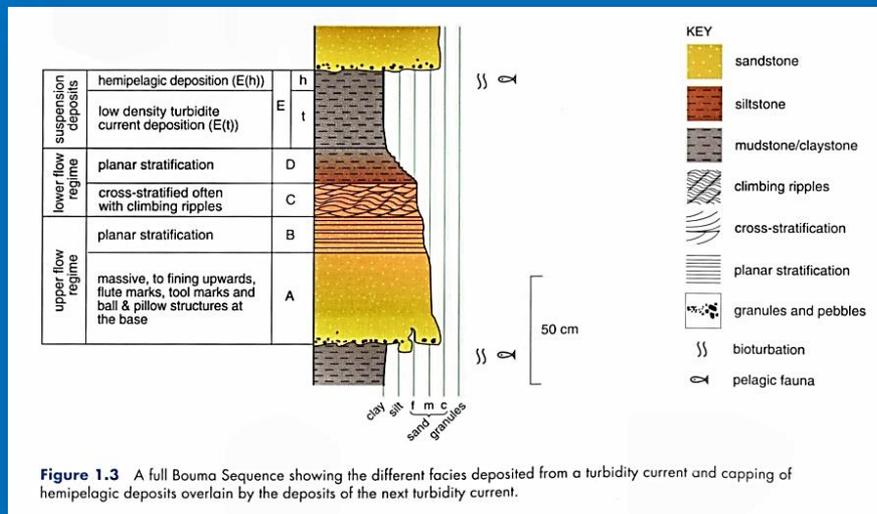
➔ La *scarpata continentale* è generalmente una zona di erosione o di transito dei sedimenti più grossolani trasportati dalle correnti gravitative.

Nella parte superiore sedimenti pelagici fini, in quella inferiore sedimenti più grossolani. Il tipo di sedimentazione dipende comunque dalla larghezza della piattaforma continentale e dalla disponibilità di sedimento:

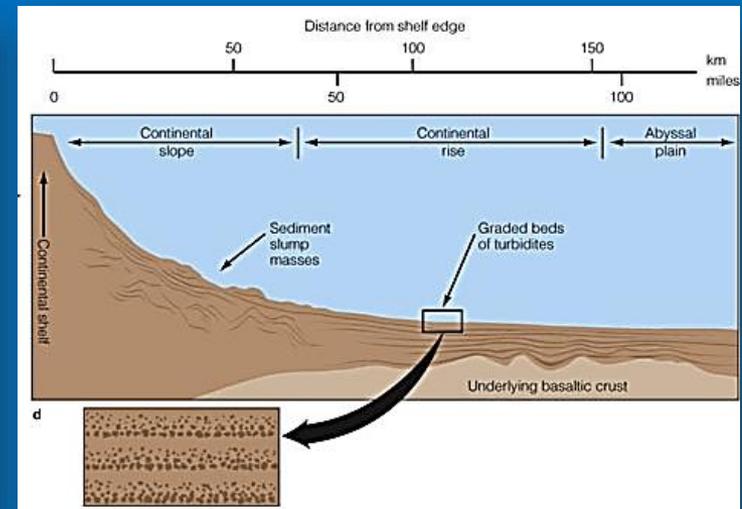
1. **piattaforma continentale ristretta:** scarpata con regime erosivo;
2. **piattaforma continentale ampia:** scarpata con regime deposizionale (sedimenti pelagici o emipelagici).

### Alcune modalità di trasporto:

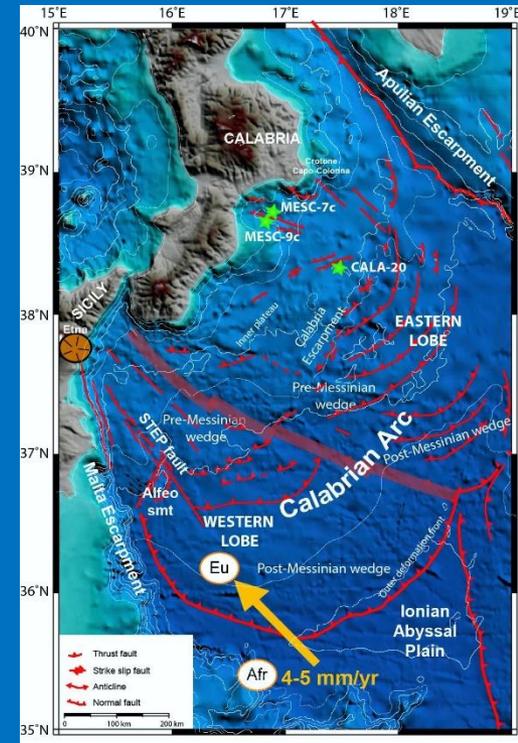
- correnti di torbida (correnti di densità, modello deposizionale ben organizzato, sequenza di Bouma);
- debris flows (depositi caotici)
- correnti nefeloidi (densità minore delle torbiditi, producono buona classazione);
- correnti oceaniche (producono enormi ondulazioni)
- conturiti: correnti lente e poco dense che scorrono // alle isobate;
- venti, ghiacci e organismi.



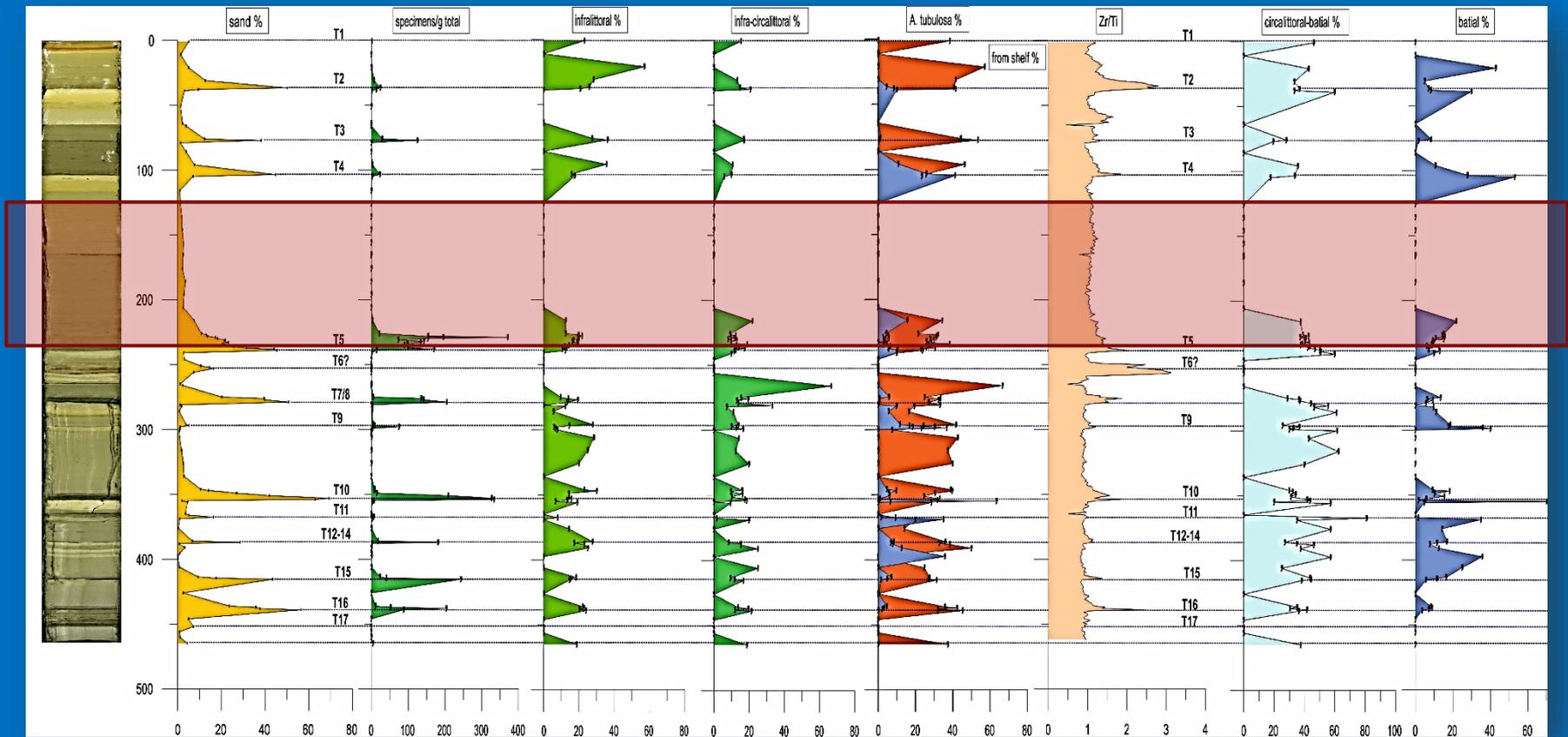
**Figure 1.3** A full Bouma Sequence showing the different facies deposited from a turbidity current and capping of hemipelagic deposits overlain by the deposits of the next turbidity current.



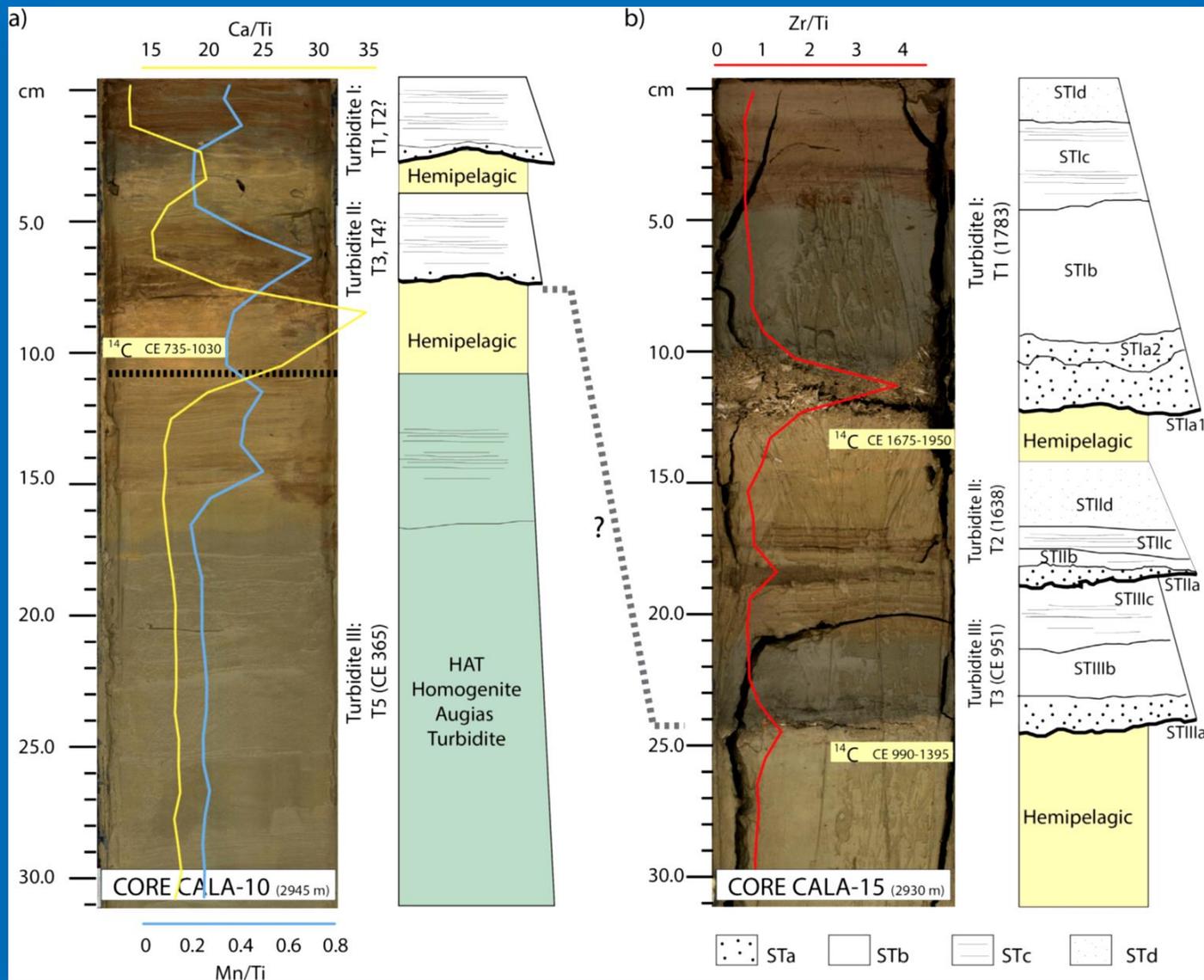
Esempio di studio di fenomeni torbiditici in carote prelevate nella piana abissale del Mar Ionio  
(prof. di prelievo 2000 m), Polonia et al., 2023



Core CALA20 core evidences several turbidite events (until T17), mainly characterized by the displacements of infralittoral-circalittoral foraminifers. The HAT megaturbitites event triggered by the AD 365 Crete earthquake have been detected in the middle sedimentary record.



In rosa è evidenziata la megaturbite HAT relativa all'evento sismico avvenuto a Creta nel 365 AD (Polonia et al. 2022)



→ Nelle zone *abissali e adali* le condizioni fisico-chimiche al fondo sono molto costanti: salinità di 34.8‰, elevata pressione, assenza di luce e temperatura molto bassa, nei bacini isolati ossigenazione molto scarsa.

I **sedimenti** derivano dall'accumulo di particellato in sospensione o di materiale disciolto nelle acque; tasso di sedimentazione molto basso e uniforme su aree molto vaste, sono sedimenti **sincroni e aciclici**. Spessori di alcuni km.

Sediment Type	Source	Examples	Distribution	Percent of All Ocean Floor Area Covered
Terrigenous	Erosion of land, volcanic eruptions, blown dust	Quartz sand, clays, estuarine mud	Dominant on continental margins, abyssal plains, polar ocean floors	~45%
Biogenous	Organic; accumulation of hard parts of some marine organisms	Calcareous and siliceous oozes	Dominant on deep-ocean floor (siliceous ooze below about 5 km)	~55%
Hydrogenous (authigenic)	Precipitation of dissolved minerals from water, often by bacteria	Manganese nodules, phosphorite deposits	Present with other, more dominant sediments	<1%
Cosmogenous	Dust from space, meteorite debris	Tektite spheres, glassy nodules	Mixed in very small proportion with more dominant sediments	<<1%

Secondo la classificazione di Berger (1974) un deposito sedimentario si dice pelagico quando la frazione terrigena, vulcanica e neritica di dimensioni  $> 5\mu\text{m}$  non supera il 25 %.

TABLE 3

**Pelagic deposits** (clays and oozes) are those such that: less than 25% of the size fraction greater than  $5\mu\text{m}$ , is of terrigenous, volcanogenic, and/or neritic origin. Median grain size is less than  $5\mu\text{m}$  (except for authigenic minerals and pelagic organisms).

Classification:	Percentage $\text{CaCO}_3$ /Siliceous fossils:
<b>Pelagic Clays</b>	where less than 30% total $\text{CaCO}_3$ and siliceous fossils
Slightly Calcareous	between 1 to 10% $\text{CaCO}_3$
Calcareous (marly)	between 10 to 30% $\text{CaCO}_3$
Slightly Siliceous	between 1 to 10% Siliceous fossils
Siliceous	between 10 to 30% Siliceous fossils
<b>Pelagic Oozes</b>	where greater than 30% total
marl ooze	between 30 to 70% $\text{CaCO}_3$ and siliceous fossils
chalk ooze	greater than 70% $\text{CaCO}_3$
diatom (radiolarian) ooze	less than 30% $\text{CaCO}_3$ , but greater than 30% siliceous fossils (see mud below)

**Hemipelagic deposits** (muds)<sup>1</sup> are those such that: more than 25% of the size fraction greater than  $5\mu\text{m}$ , is of terrigenous, volcanogenic, and/or neritic origin. Median grain size is greater than  $5\mu\text{m}$  (excluding for authigenic and pelagic organisms).

Classification:	Percentage $\text{CaCO}_3$ /other matter:
<b>Calcareous Muds</b>	where $\text{CaCO}_3$ is greater than 30% of total
marl	where $\text{CaCO}_3$ is less than 70% of total
muddy chalk	where $\text{CaCO}_3$ is greater than 70% of total
foram mud	where skeletal $\text{CaCO}_3$ is greater than 30% of total
(also nanno, coquina)	
<b>Terrigenous Muds</b>	where $\text{CaCO}_3$ is less than 30% of the total; quartz (modifier: quartzose), feldspar (modifier: arkosic), and mica (modifier: micaceous) may be dominant
<b>Volcanogenic Muds</b>	where $\text{CaCO}_3$ is less than 30% of total. Ash, palagonite, etc., may be dominant.

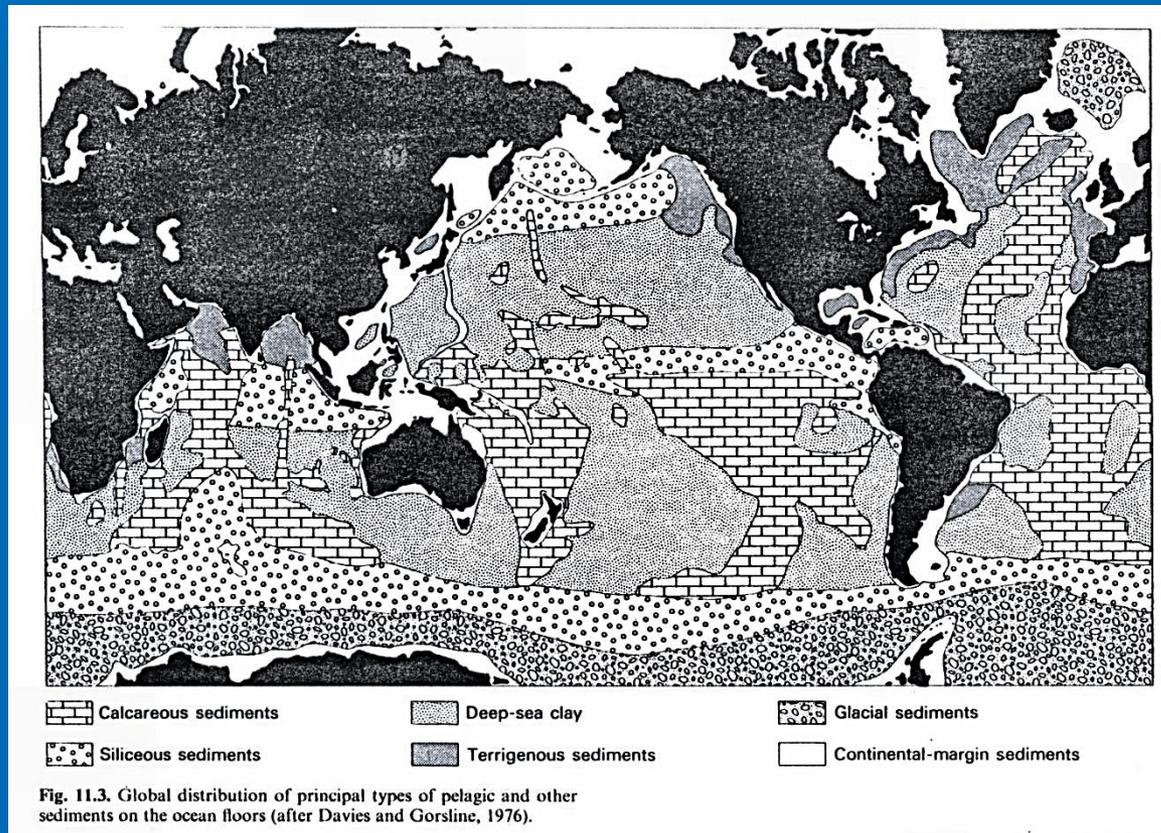
<sup>1</sup>Modifiers such as dolomitic, carbonaceous, etc. may be added where these components compose a significant proportion of the sediment. Lithification terms may also be applied (ex. ooze, chalk, limestone, porcellanite, chert).

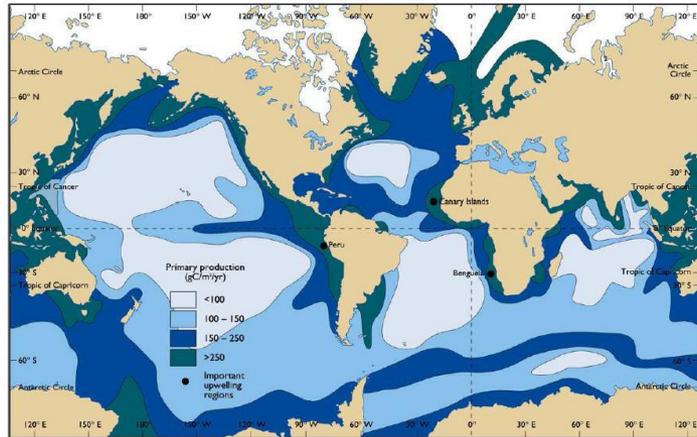
## CLASSIFICAZIONE DEI SEDIMENTI PELAGICI ED AMIPELAGICI (Berger 1974)

- ❖ *sedimento pelagico*: sedimento soffice da decantazione di scheletri di organismi planctonici (animali e piante) + composti non biogenici
- ❖ abbondanza di carbonati, di silice o di argilla a seconda essenzialmente dei seguenti fattori:
  - ✓ clima
  - ✓ andamento delle correnti,
  - ✓ distribuzione dei nutrienti
  - ✓ **produttività primaria in superficie**
  - ✓ andamento della CCD
  - ✓ solubilità della silice.

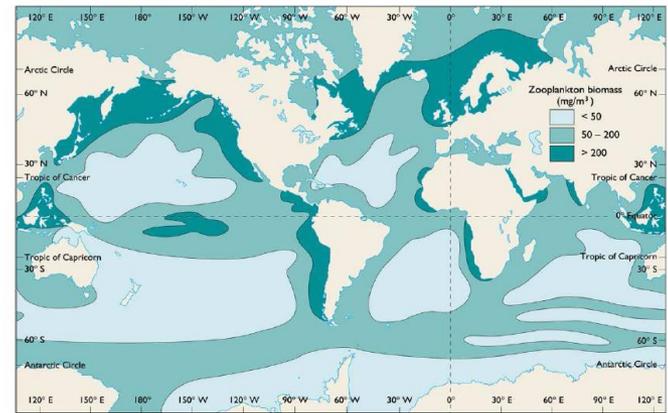
### *tipi di sedimento pelagico*

- **melme (ooze) calcaree (pteropodi, coccoliti, foraminiferi):** particolare sviluppo in zone equatoriali, al di sopra delle linee di ACD e CCD;
- **melme (ooze) a radiolari:** zone periequatoriali ad elevata produttività e bacini a profondità superiore al CCD;
- **melme (ooze) a diatomee (con silicoflagellati):** zone di alta latitudine e localmente in zone di upwelling;
- **depositi fosfatici:** denti di pesci, ossa;
- **argille brune:** sedimenti di elevata profondità, con mineralizzazioni, ma abiogeniche; derivano dall'apporto eolico, vulcanico e cosmico.

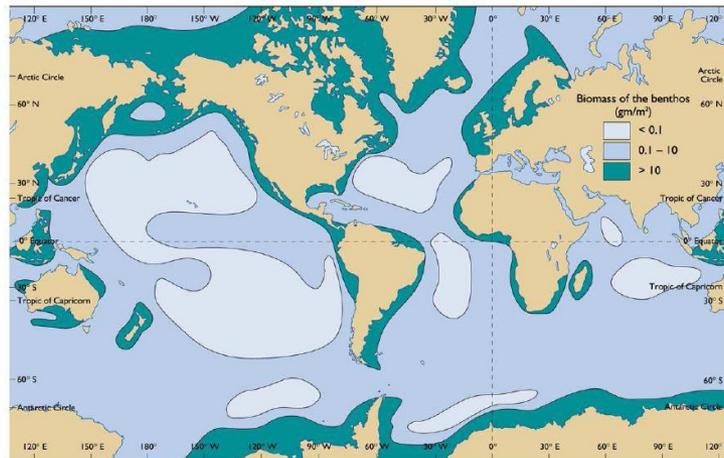




(a) PRIMARY PRODUCTIVITY

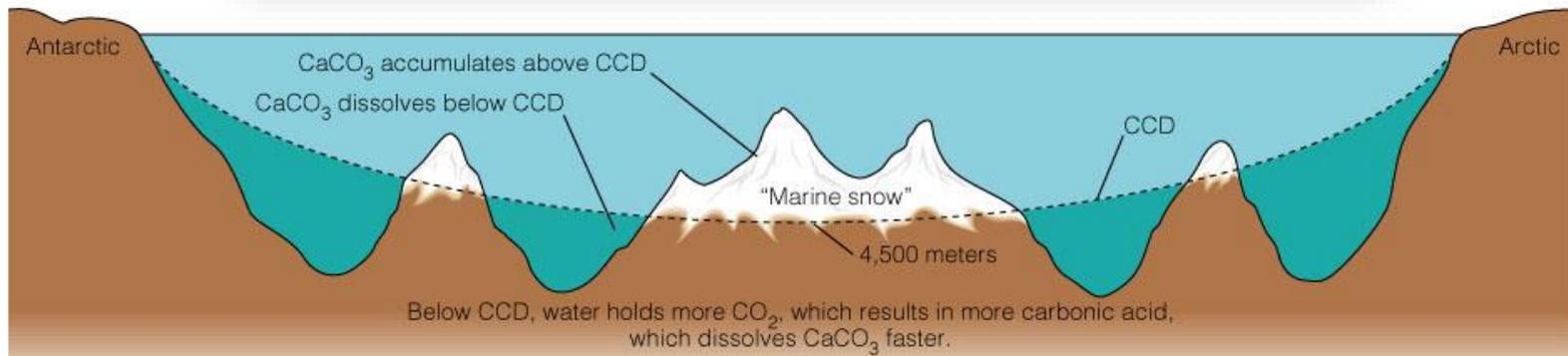
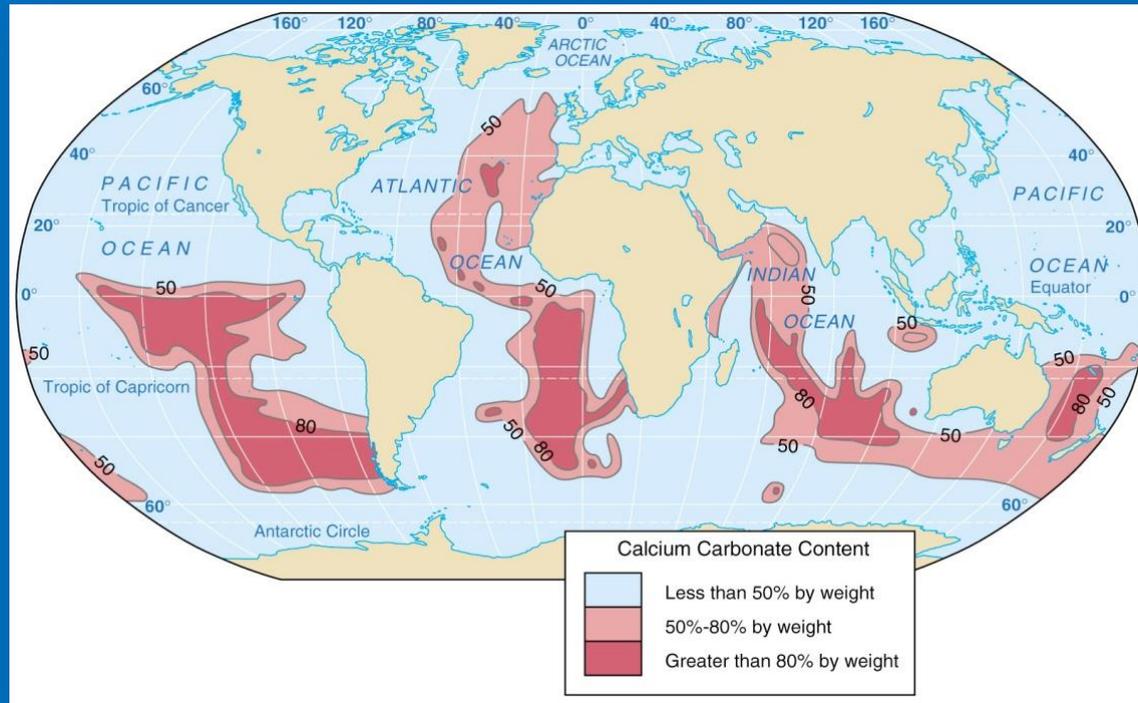


(b) ZOOPLANKTON BIOMASS



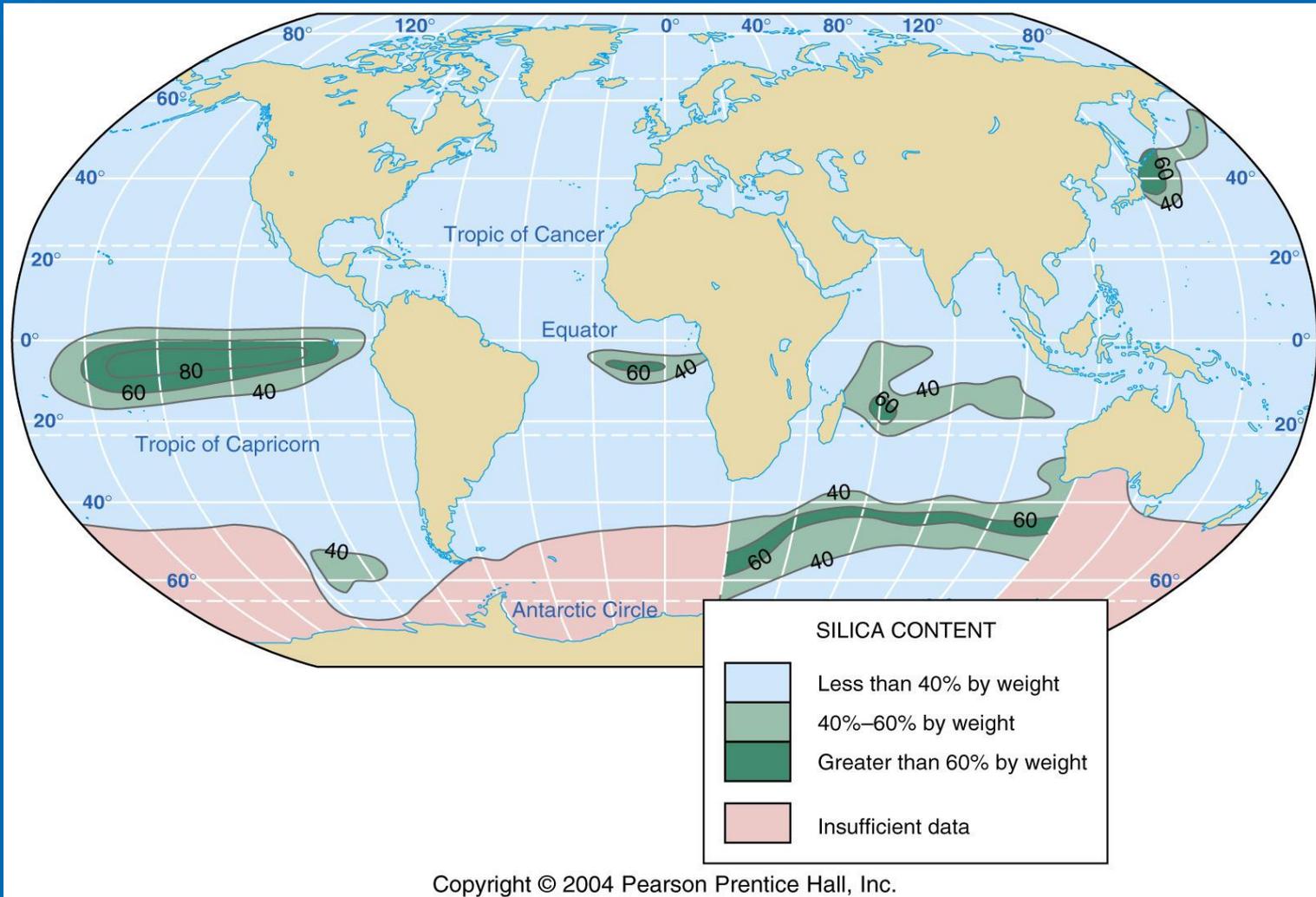
(c) BENTHIC BIOMASS

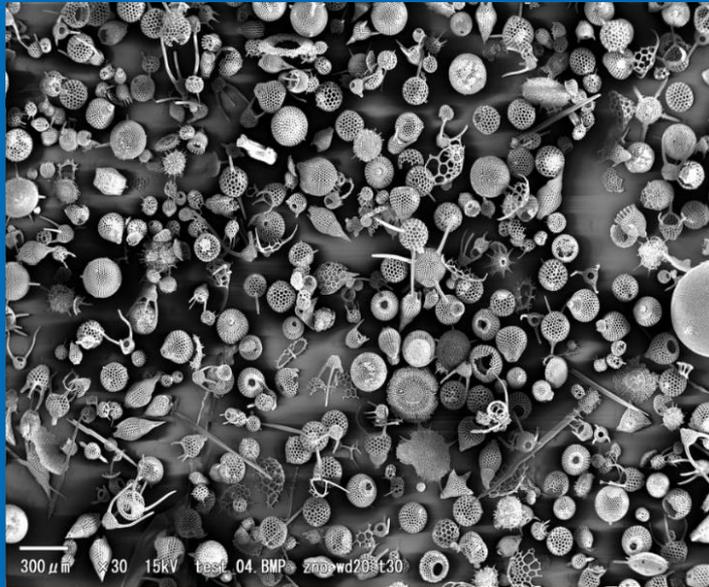
melme calcaree (pteropodi, nannoplancton calcareo, foraminiferi): particolare sviluppo in zone equatoriali, al di sopra delle linee di ACD e CCD



**melme a radiolari:** zone equatoriali ad elevata produttività e bacini a profondità superiore al CCD;

**melme a diatomee (con silicoflagellati):** zone di alta latitudine e localmente in zone di upwelling.

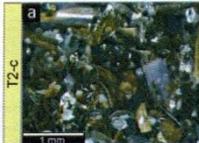
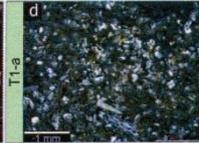
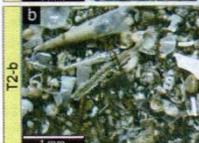
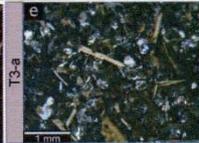
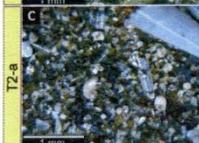
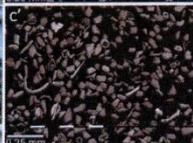
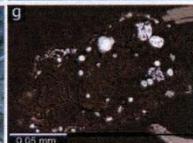




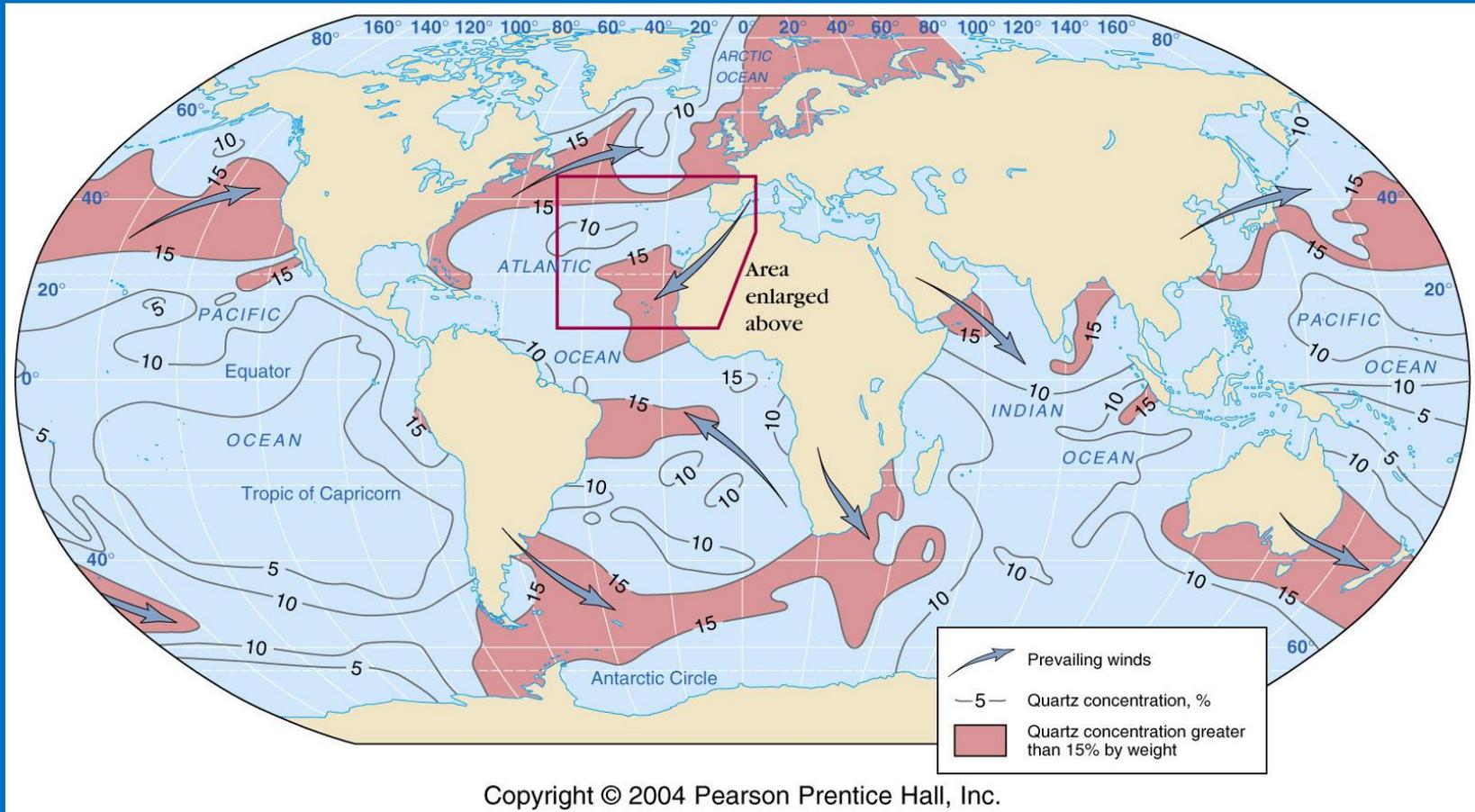
Da <http://imgkid.com/radiolarian-ooze.shtml>


**Geochemistry  
Geophysics  
Geosystems** **G<sup>3</sup>**

POLONIA ET AL.: TURBIDITE PALEOSEISMOLOGY IN THE IONIAN SEA 10.1029/2012GC004402

T2-c			T1-a		
T2-b			T3-a		
T2-a					

**argille brune:** sedimenti di elevata profondità, con mineralizzazioni, ma abiogeniche; derivano dall'apporto eolico, vulcanico e cosmico.



*tipiche facies pelagiche mesozoiche del Mediterraneo:*

**Rosso Ammonitico** (Trias sup. - Giurassico sup.): calcari marnosi con noduli micritici immersi in un fango argilloso rosso scuro, tipico di serie condensate (hardground);

**Maiolica o Biancone** (Giurassico sup. – Cretacico inf.): calcare micritico ricco di microfossili a guscio calcareo (ad es. Calpionellidi);

**Scaglia Bianca, Rossa, Variegata e Cinerea** (Cretacico inf.- Miocene inf.): calcari marnosi nodulari ricchi in nanoplancton e foraminiferi planctonici;

**Chalk** (tardo Cretacico): biomicrite molto friabile, facies di piattaforma esterna seguente a fase trasgressiva, ricca di microfossili fra cui foraminiferi, calcisfere, nannoplancton calcareo;

**Diatomeiti** (detto anche «Tripoli», Neogene): sono depositi pelagici recenti che si formano in bacini isolati ad elevata produttività;

**Radiolariti**: selci a radiolari, in bacini presumibilmente al di sotto del CCD.



Pelagic pelecypods (*Posidonia*) (X 15).  
LADINIAN of Val Gola, Trentino, Italy.

Basinal facies with pelagic pelecypods take on a remarkable importance from the LADINIAN to the JURASSIC.

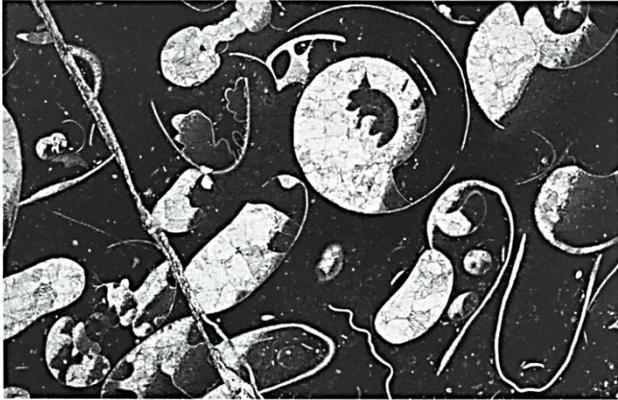


Pelagic pelecypods (*Daonella* and *Halobia*). Radiolarians are present (X 45).  
CARNIAN of S. Cassiano, Trentino, Italy.



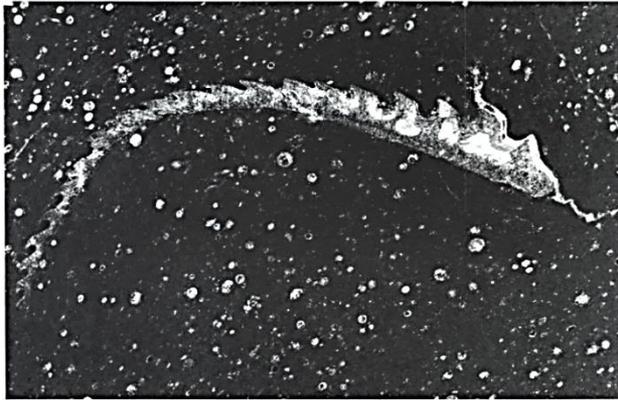
Pelagic pelecypods (*Daonella* and *Halobia*). Radiolarians are present (X 30).  
CARNIAN of Acque Bianche, Sicily, Italy.

## Microfacies carbonatica pelagica a lamellibranchi (pelecipodi) e radiolari (Trias)



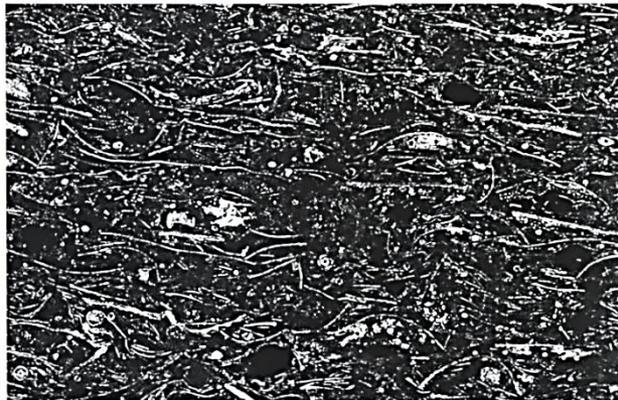
Ammonites (X 9).  
LIAS of Zandobbio, Lombardy, Italy.

Facies with cephalopods are present from the PALEOZOIC but they take on particular significance during the JURASSIC with ammonites.



*Aptychus* and radiolarians (X 30).  
OXFORDIAN-KIMMERIDGIAN of David 1  
well, Adriatic Sea.

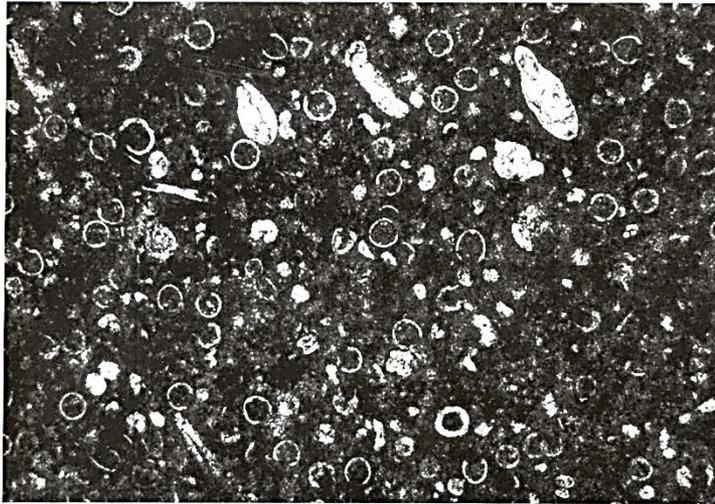
*Aptychi*, calcareous opercula of ammonites, are particularly common from the JURASSIC to the EARLY CRETACEOUS.



Pelagic pelecypods and radiolarians  
(X 20).  
TOARCIAN-AALENIAN of Valdorbria,  
Umbria, Italy.

Pelagic pelecypods are common in basinal sequences of the JURASSIC.

## Microfacies di Rosso Ammonitico ad ammoniti, lamellibranchi e radiolari



*Calpionella alpina* LORENZ (X 60). Detail (X 200). BERRIASIAN of Pizzo Merio, Sicily, Italy.

DOGGER		MALM		NEOCOMIAN	
BATHONIAN	CALLOVIAN	OXFORDIAN	KIMMERIDGIAN	TITHONIAN	BERRIASIAN
					MALAGONIAN
					HAUTERIVIAN
					BARREMIAN
					APTIAN
					ALBIAN

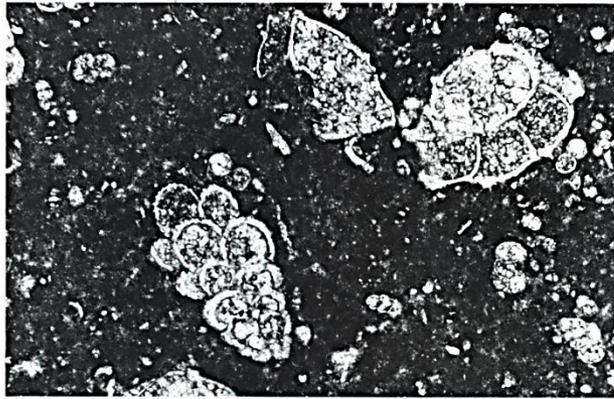


*Tintinnopsella carpathica* (MURGEANU & FILIPESCU) (X 50). Detail (X 145). BERRIASIAN of Spormaggiore, Trentino, Italy.

DOGGER		MALM		NEOCOMIAN	
BATHONIAN	CALLOVIAN	OXFORDIAN	KIMMERIDGIAN	TITHONIAN	BERRIASIAN
					MALAGONIAN
					HAUTERIVIAN
					BARREMIAN
					APTIAN
					ALBIAN



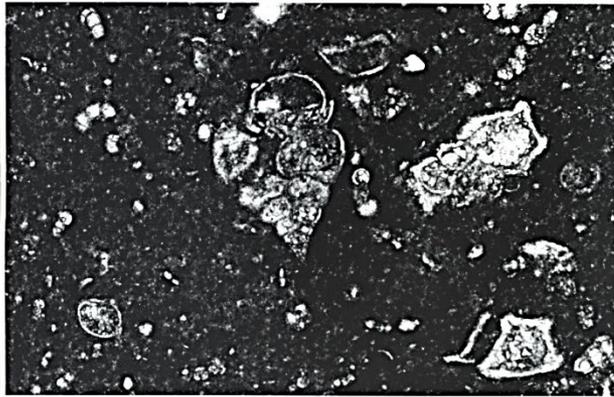
Microfacies carbonatica pelagica (Biancone o Maiolica) a calpionellidi (+ aptici) del passaggio Giurassico-Cretacico



*Heterohelicidae, Globotruncanidae* are present (X 70).  
MIDDLE-UPPER MAASTRICHTIAN of Monte Conero, Marche, Italy.

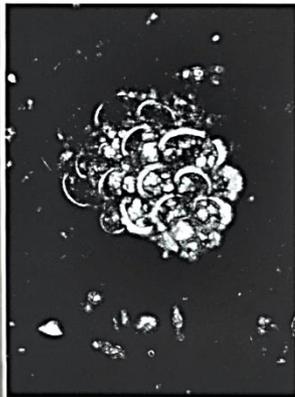
NEOCOMIAN										SENONIAN					
BERGIAN	VALANGIAN	HAUTERIVIAN	BARREMIAN	APTIAN	ALBIAN	CENOMANIAN	TIBOUXIAN	CONIACIAN	SANTONIAN	CAMPANIAN	MASTRICHTIAN				

The planktonic assemblages of the MIDDLE-LATE MAASTRICHTIAN are characterized by a high number of forms belonging to the *Heterohelicidae* family.

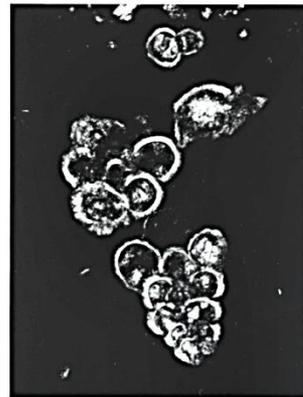


*Heterohelicidae, Globotruncanidae* are present (X 80).  
MAASTRICHTIAN of Monte Conero, Marche, Italy.

Biserial *Heterohelicidae* occur at the end of the EARLY CRETACEOUS. They become frequent in the MIDDLE CENOMANIAN and are abundant from the MIDDLE MAASTRICHTIAN.



*Heterohelicidae* (X 80) (left).  
MAASTRICHTIAN of Monte Conero, Marche, Italy.

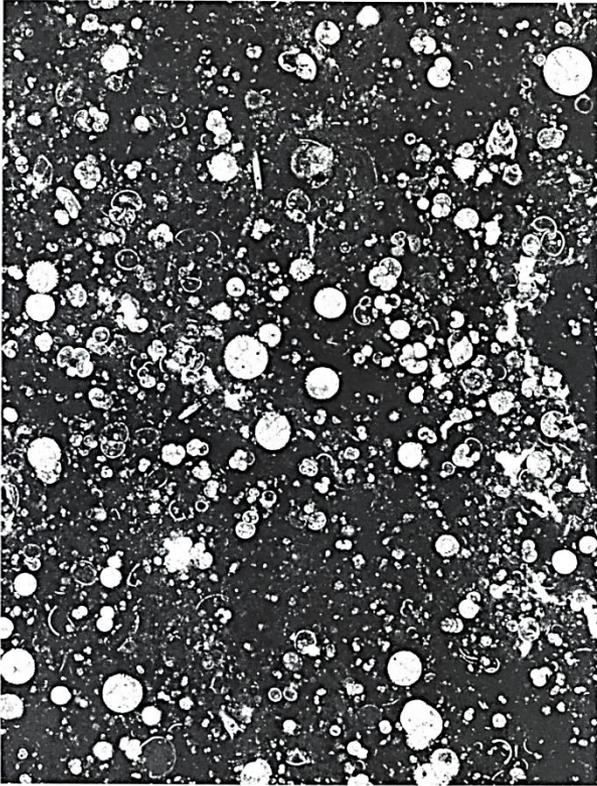


*Heterohelicidae* (X 70) (right).  
MAASTRICHTIAN of Gubbio, Umbria, Italy.

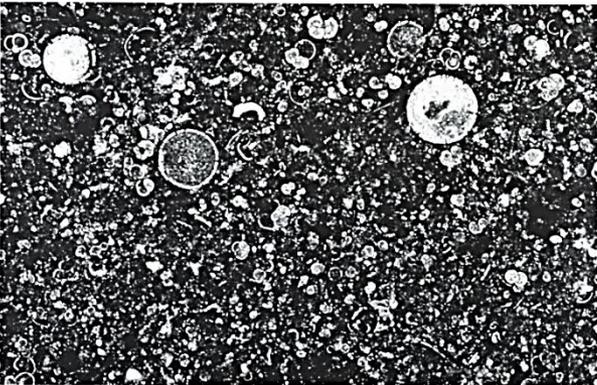
NEOCOMIAN										SENONIAN					
BERGIAN	VALANGIAN	HAUTERIVIAN	BARREMIAN	APTIAN	ALBIAN	CENOMANIAN	TIBOUXIAN	CONIACIAN	SANTONIAN	CAMPANIAN	MASTRICHTIAN				

Multiserial *Heterohelicidae* are typical of the MAASTRICHTIAN.

## Microfacies carbonatica pelagica (Scaglia Rossa) a foraminiferi planctonici del Cretacico



*Orbulina*, Globigerinidae, Globorotalidae and Nodosariidae (X 25).  
MIDDLE MIOCENE of Vicoli 1 well, Abruzzo, Italy.



*Orbulina* (X 30).  
MIDDLE MIOCENE of Vicoli 1 well, Abruzzo, Italy.

PALEOCENE	EOCENE	OLIGOCENE	MIOCENE
E M L	E M L	E M L	E M L

*Orbulina* is well identifiable thanks to its spherical shape.

## Microfacies carbonatica pelagica (Scaglia Rossa) a foraminiferi planctonici del Cenozoico

