

Università di Trieste
Corso di Laurea Geologia
A.A. 2024/25

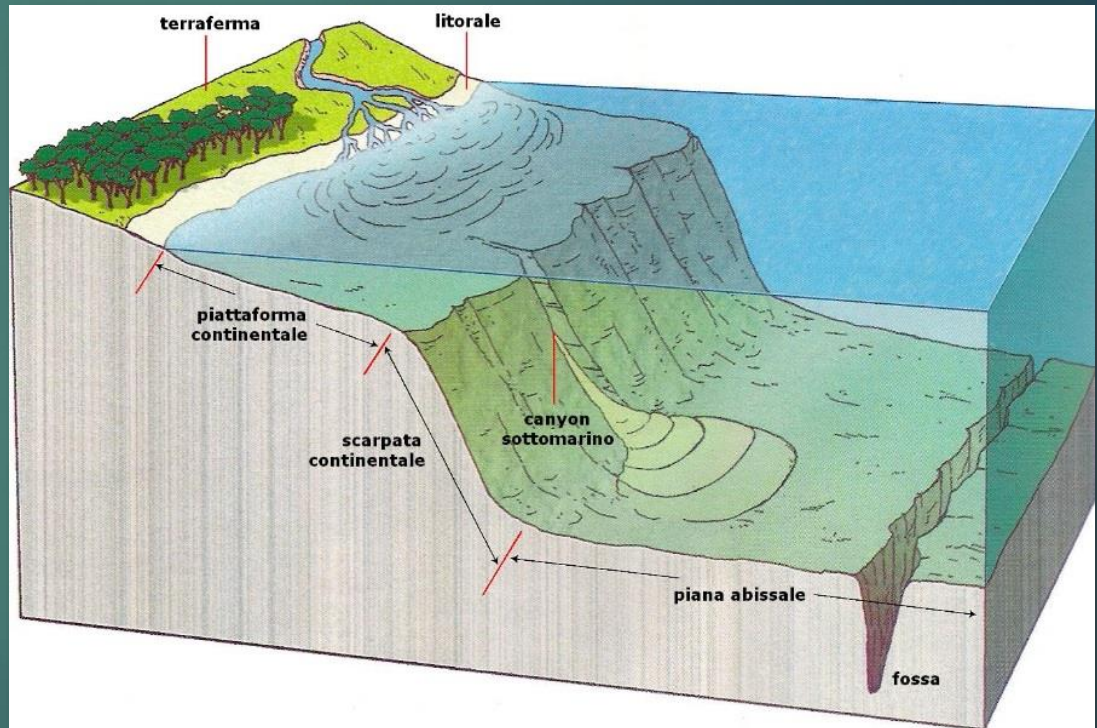
Paleontologia
con elementi di micropaleontologia
Modulo «micropaleontologia»
prof. Romana Melis

Gli ambienti marini

ZONAZIONE VERTICALE DEGLI AMBIENTI MARINI

morfologia dei fondali marini

1. piattaforma continentale: bordeggia i continenti, con profondità di circa 200 m, inclinazione media di circa $0,1^\circ$
2. scarpata continentale: fino a 3.000-3.500 m, inclinazione media di circa 3°
3. piana abissale: fino 6.000 m, pendenza molto ridotta
4. fosse: i bacini più profondi (profondità superiore a 7.000 m)



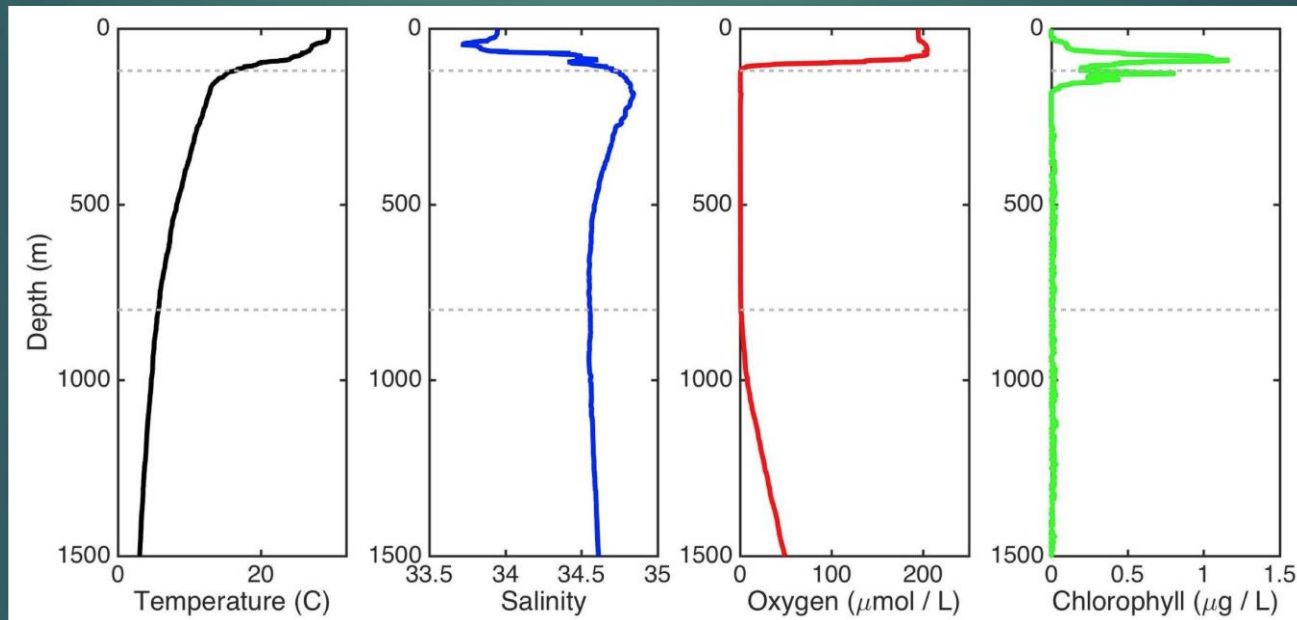


suddivisione dell'ambiente marino

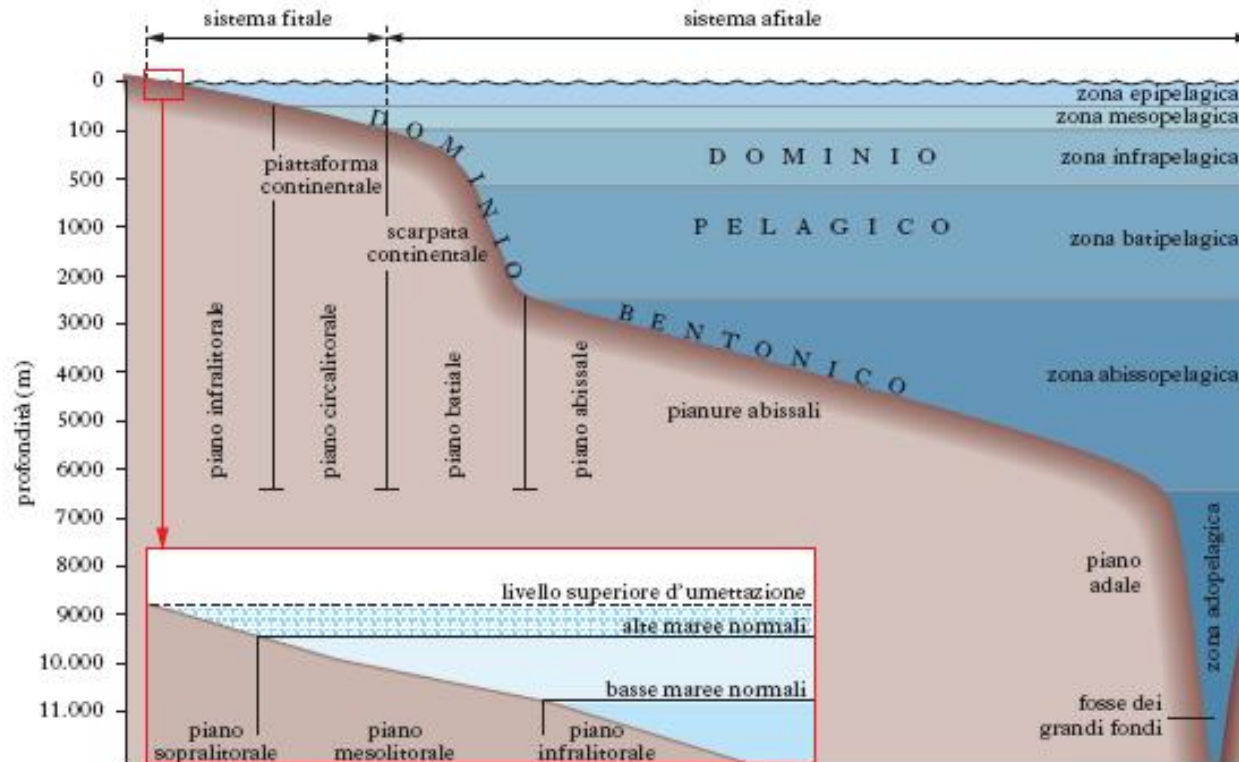
da un punto di vista gerarchico, la divisione più importante è: **dominio pelagico** e **dominio bentonico**

Procedendo dalla linea di riva a profondità crescenti, i parametri ambientali cambiano progressivamente e questo influenza la distribuzione degli organismi.

Si possono quindi usare i limiti chimico-fisici dell'ambiente marino per delimitare delle zone di significato biologico.



Esempio di variazione di parametri chimico-fisici in ambiente marino

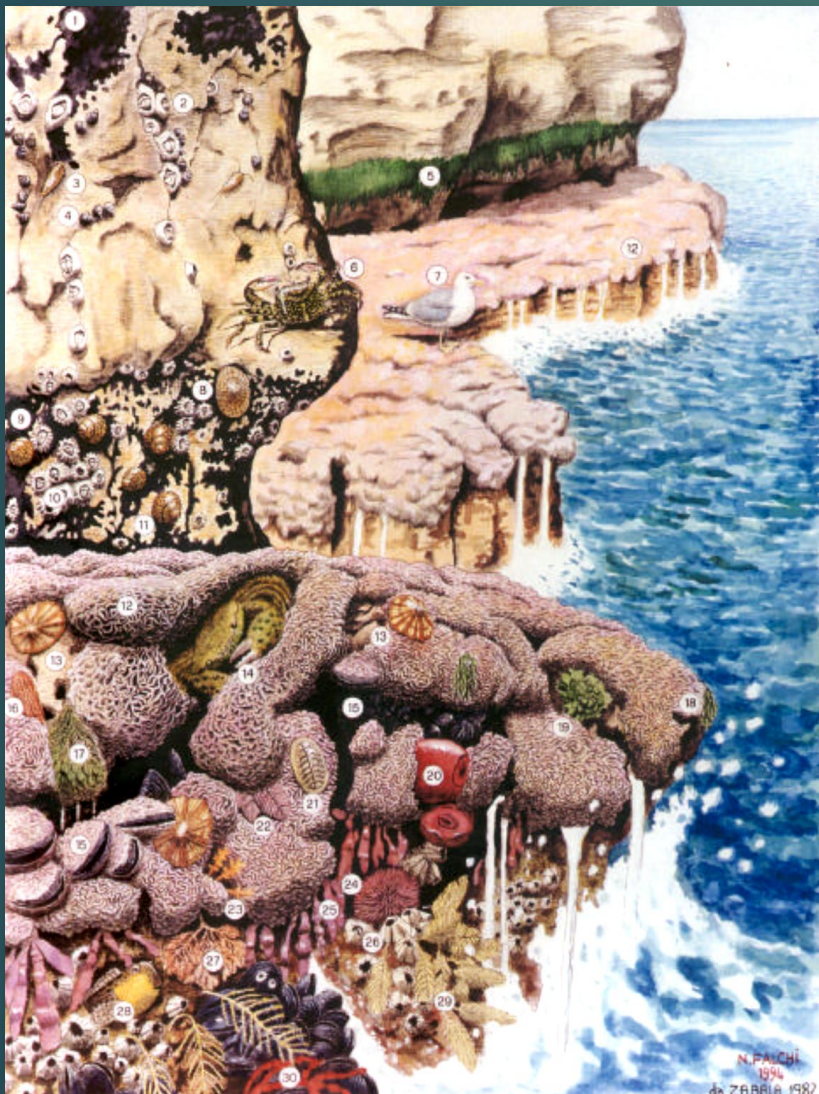


BENTHOS – Le principali suddivisioni orizzontali e verticali degli ambienti marini; nel riquadro in basso a sinistra è schematizzata la zona di marea. Per esigenze di rappresentazione, la scala delle profondità non è lineare (figura ridisegnata da B. Baccetti e altri, *Zoologia. Trattato italiano*, I, Bologna 1995)

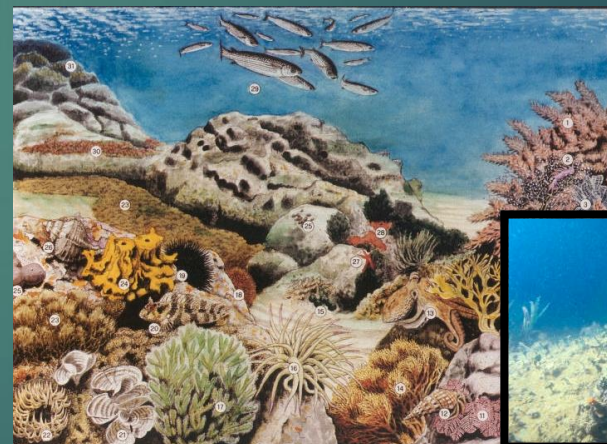
Ci sono diversi modi di descrivere e suddividere gli ambienti marini bentonici:

- 1) zonazione morfologica del fondale marino
- 2) zonazione idrodinamica della spiaggia (ambiente costiero, sedimentologica)
- 3) zonazione della scuola di Endoume (essenzialmente biologica)

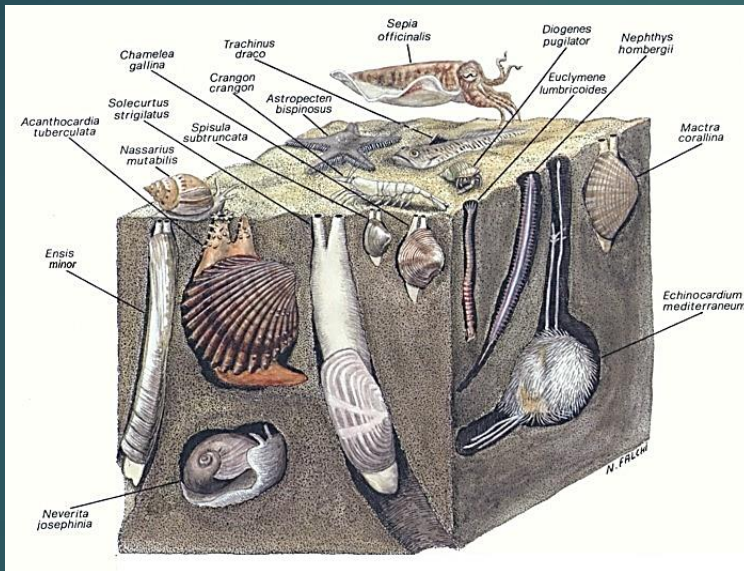
Una schematizzazione dei piani sopralitorale (dall'1 al 4)
e mesolitorale (dal 5 al 30).



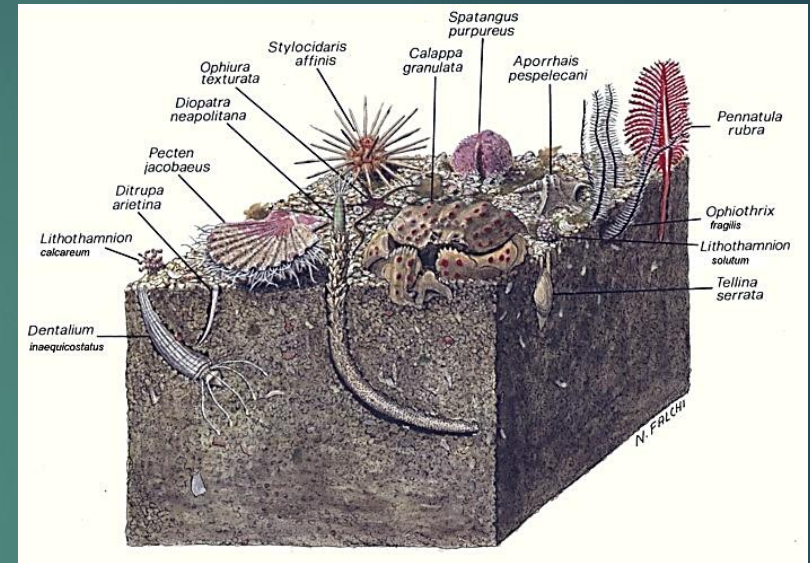
Chthamalus stellatus, balanide, nel piano
sopralitorale



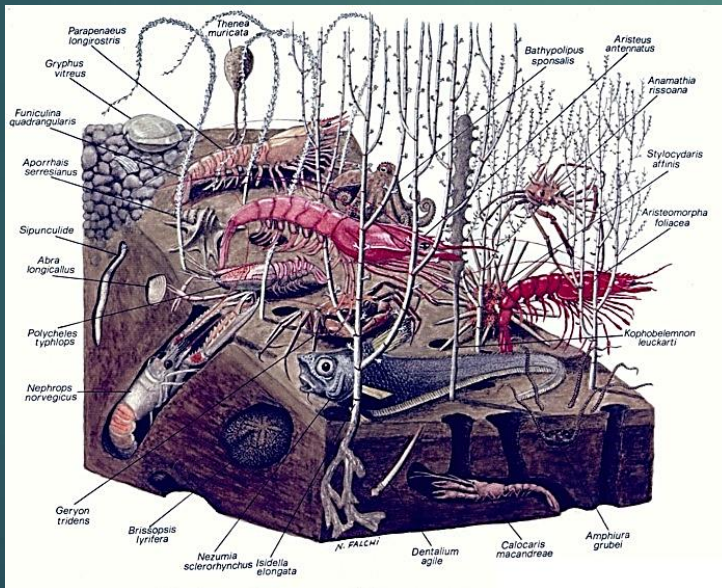
Una schematizzazione del piano infralitorale e
Posidonia oceanica, fanerogama marina.



Zonazione piano infralitorale sabbie fini calibrate (SFBC)



Zonazione piano circalitorale di sedimenti detritici costieri (DC)



Zonazione piano batiale (VP)

Fra il **dominio continentale** e quello **marino** abbiamo un certo numero di ambienti che rientrano negli **ambienti di transizione** (lagune, stagni costieri, fiordi, rias, estuari e delta fluviali)

Il termine «**transizionale**» è stato introdotto circa 20 anni fa nella Direttiva Quadro sulle Acque (Water Framework Directive, WFD, 2000) per indicare il continuum tra acque continentali e costiere

Le acque di transizione sono corpi idrici influenzati sia dai regimi oceanici che da quelli di acqua dolce

Queste acque possono anche includere lagune mesoaline ($S = 5-20$ psu), polialine (20-30 psu) ed eualine (30-40 psu).

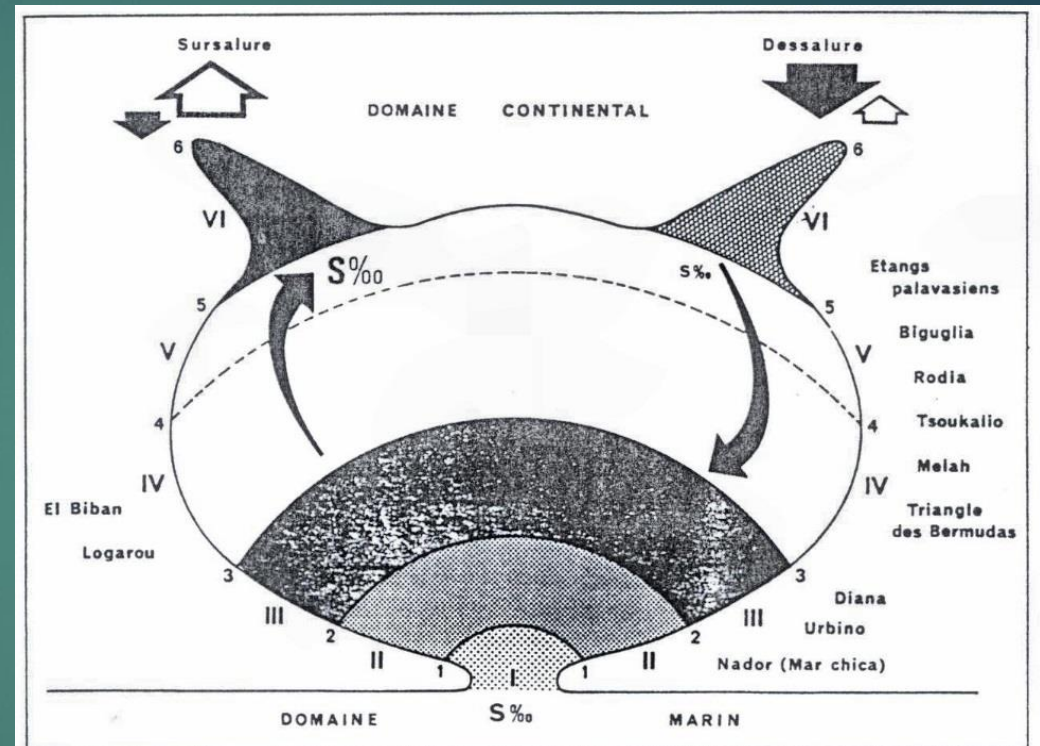
Le acque di transizione modificate dall'uomo sono classificate come "corpi idrici artificiali".

Ambiente transizionale IL DOMINIO PARALICO (Guelorget & Perthuisot, 1983)

- situato al confine fra dominio continentale e dominio marino
- caratterizzato da grande varietà di morfologia e genesi
- ambiente **INSTABILE** ma con popolamento relativamente **STABILE**.

quale è il parametro ambientale che caratterizza il dominio paralico?

E' il «grado di **CONFINAMENTO**» dall'ambiente marino, ovvero grado di scambio con gli elementi vitali (sali minerali, oligoelementi, nutrienti, ossigeno disciolto, sostanza organica, idrodinamismo, ecc.,) apportati dalle acque marine.



ambiente paralico teorico mediterraneo

Zonazione biologica che riflette il grado di confinamento

zonazione biologica dell'ambiente paralico

zona VI: è il dominio paralico distale, colonizzato dai cianobatteri (tappeti algali o stromatoliti), è marcato dalla scomparsa dei foraminiferi;

- **polo dulcicolo:** popolato da specie tipicamente continentali (insetti, gasteropodi polmonati e crostacei)
- **polo evaporitico:** solo poche specie paraliche erbivore, batteri e cianobatteri .



zona I: risente pienamente dell'influenza marina, è caratterizzata da specie talassiche (stenoaline)



Posidonia oceanica – fanerogama marina



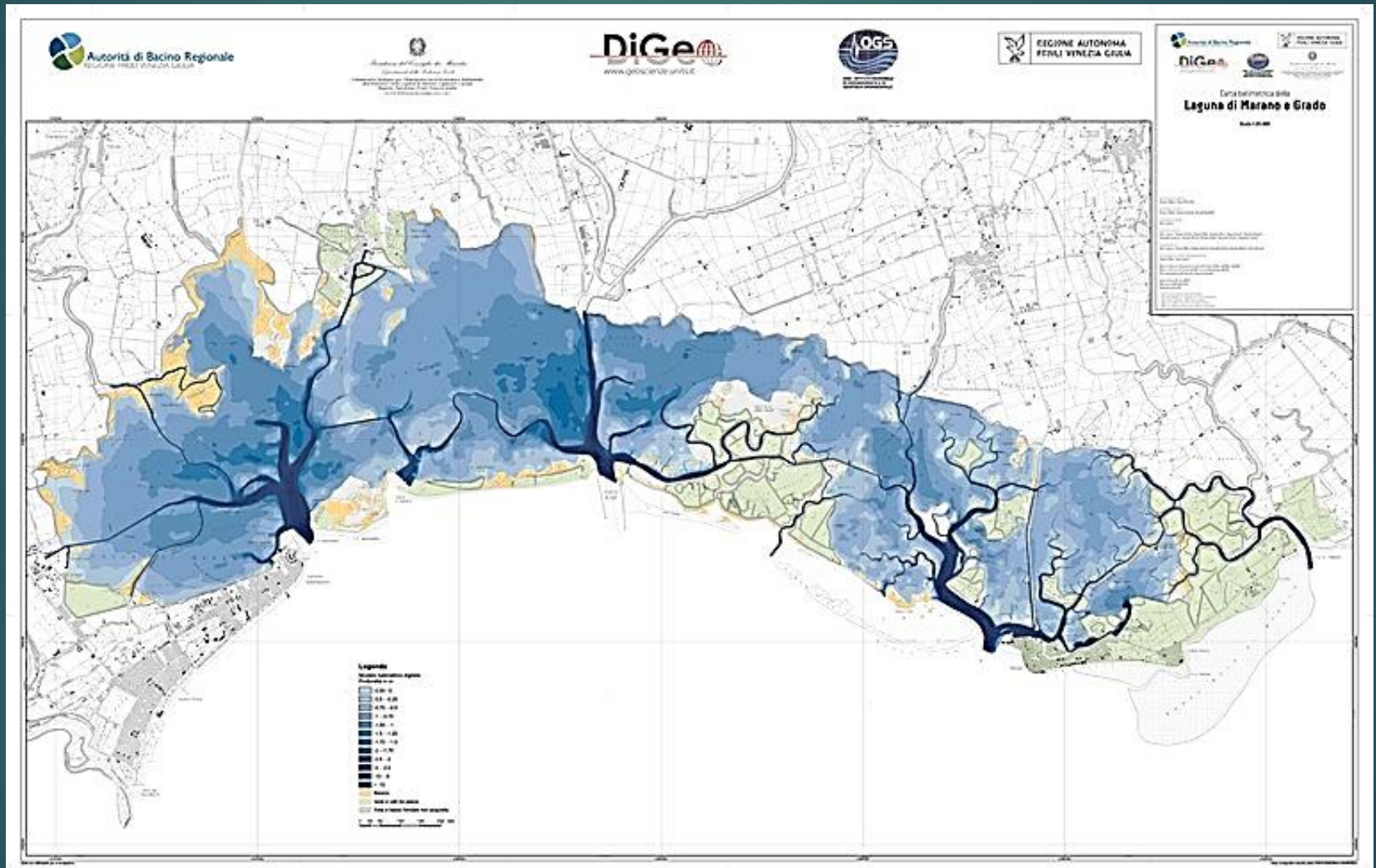
Caulerpa prolifera – alga verde



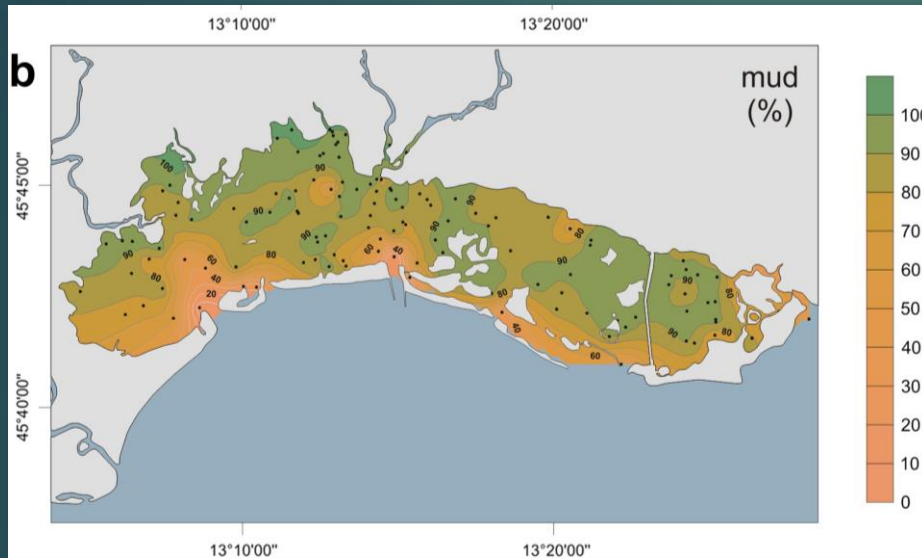
Zoostera noltii – fanerogama di ambiente palustre

laguna: ambiente paralico dominato dalle correnti tidali

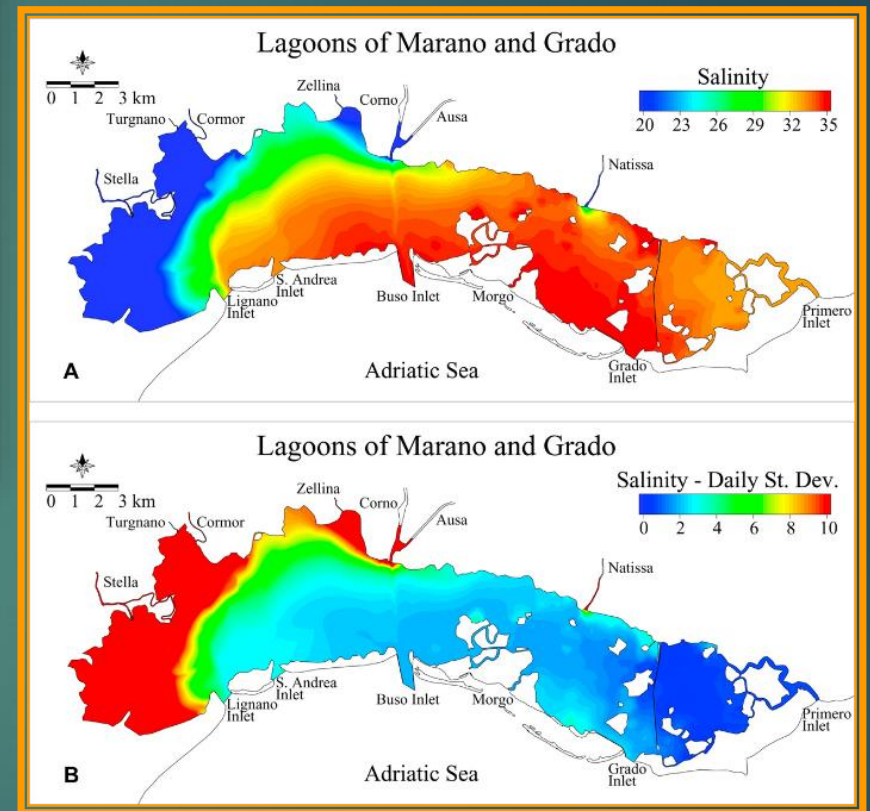
esempio della laguna di Marano e Grado, carta batimetrica



laguna: ambiente paralico dominato dalle correnti tidali

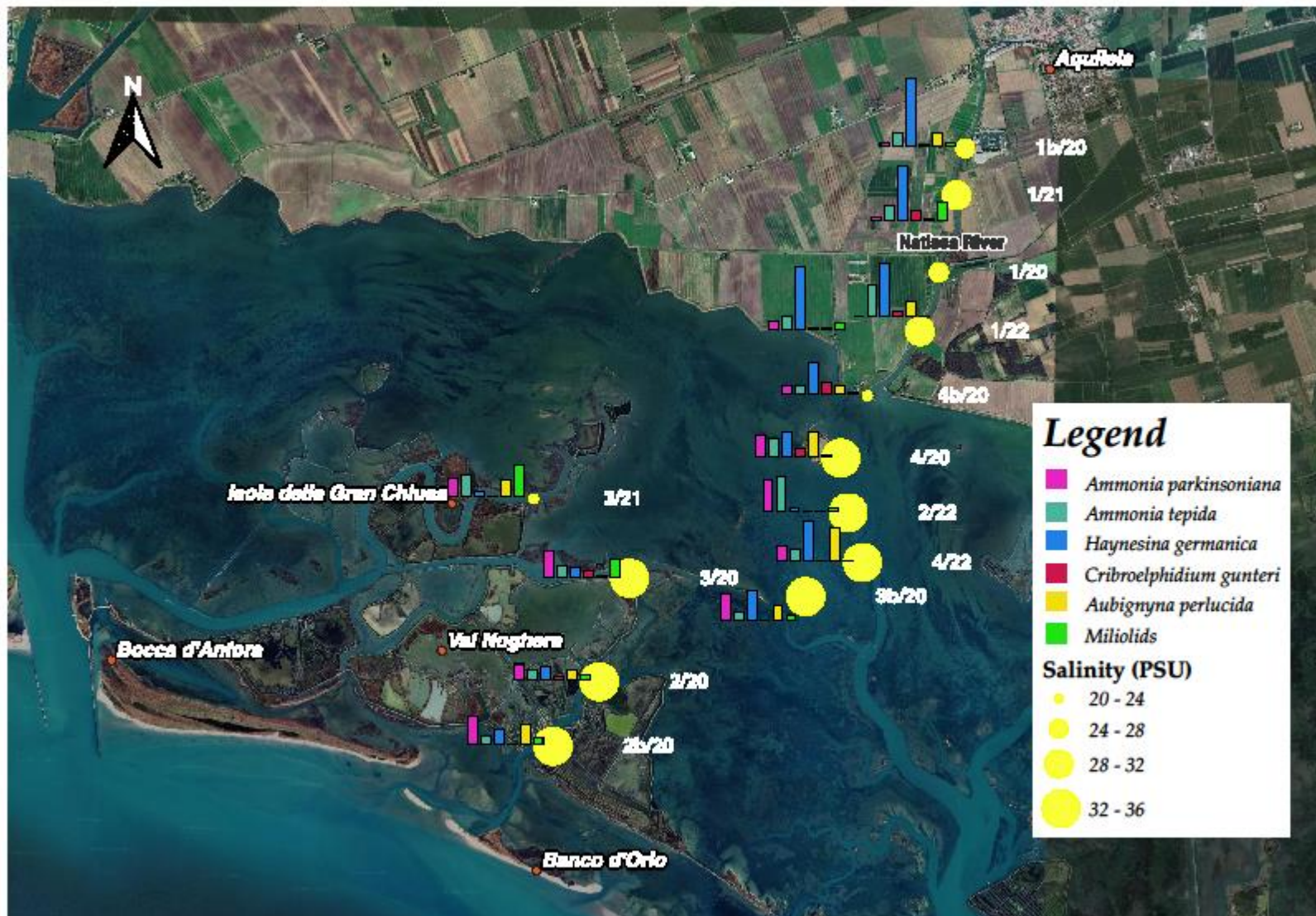


Da Acquavita et al., 2012

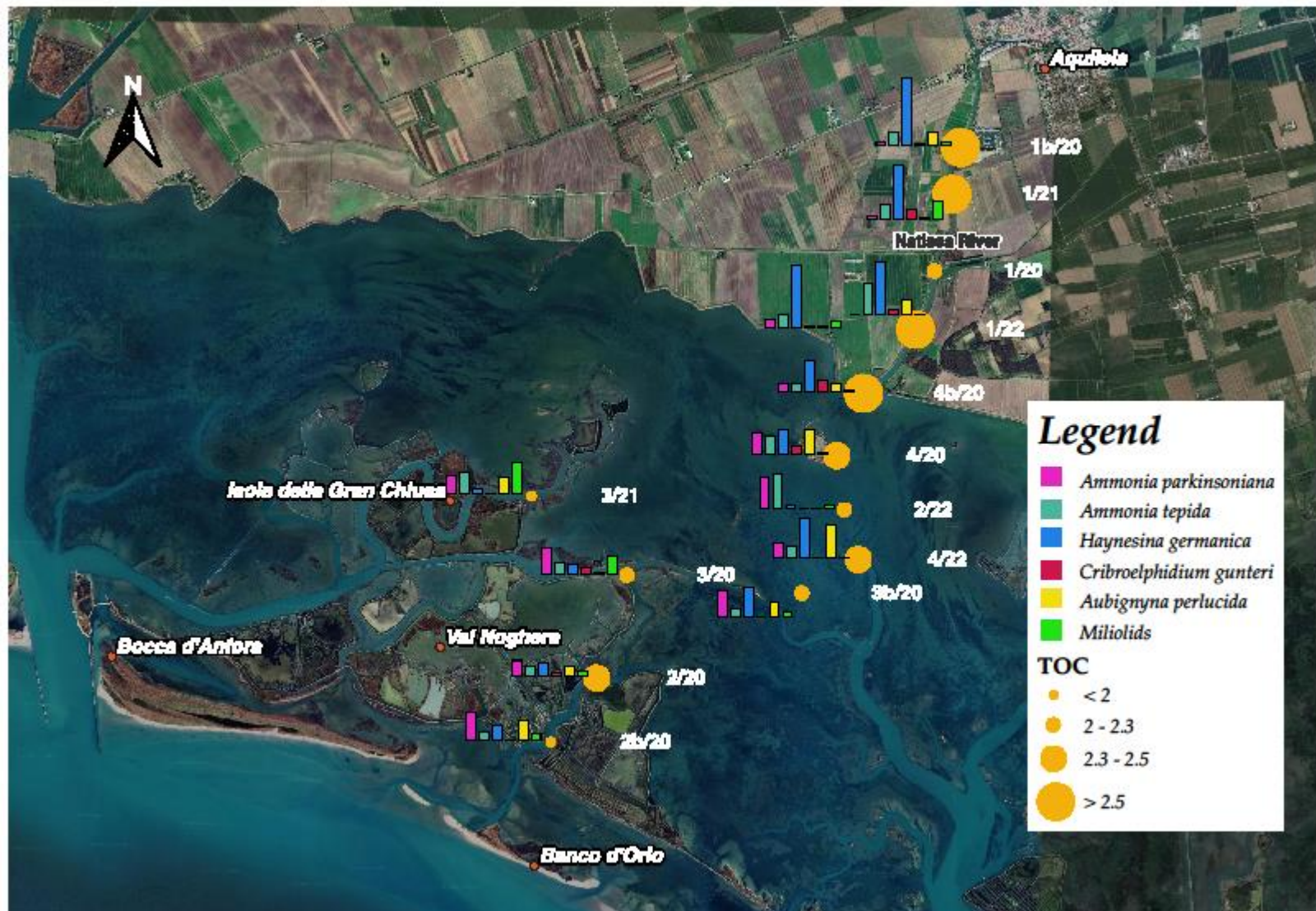


L'area di studio: la salinità (da Ferrarin et al., 2010)

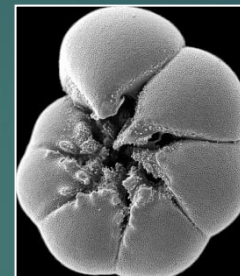
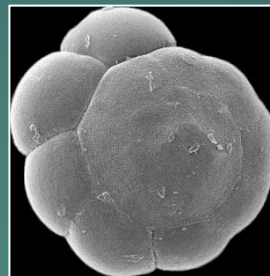
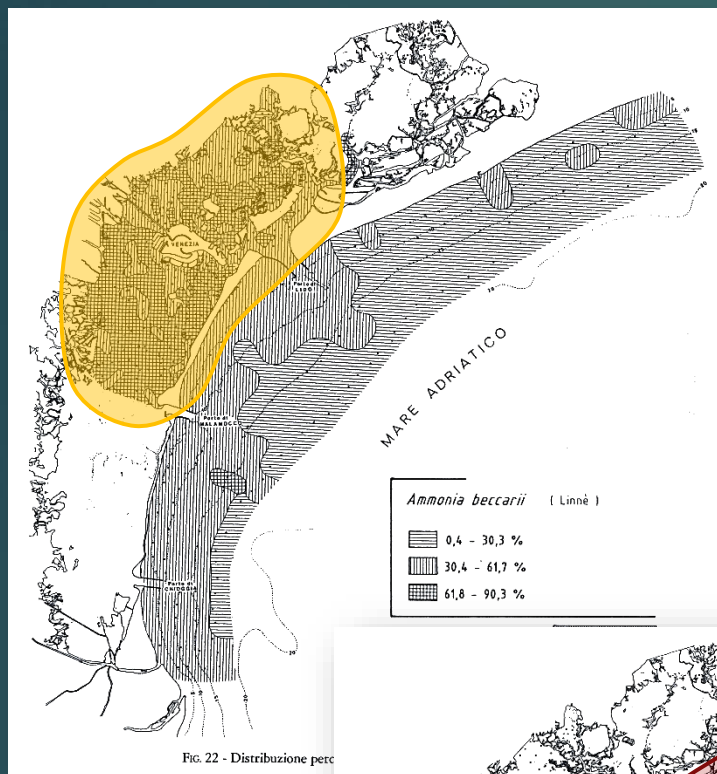
Settore est della laguna di Marano e Grado - Melis et al., in preparazione



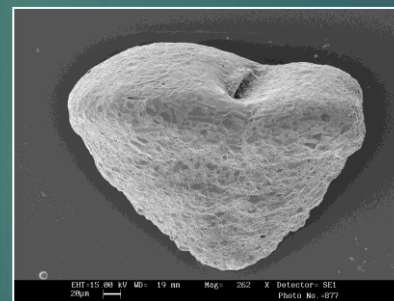
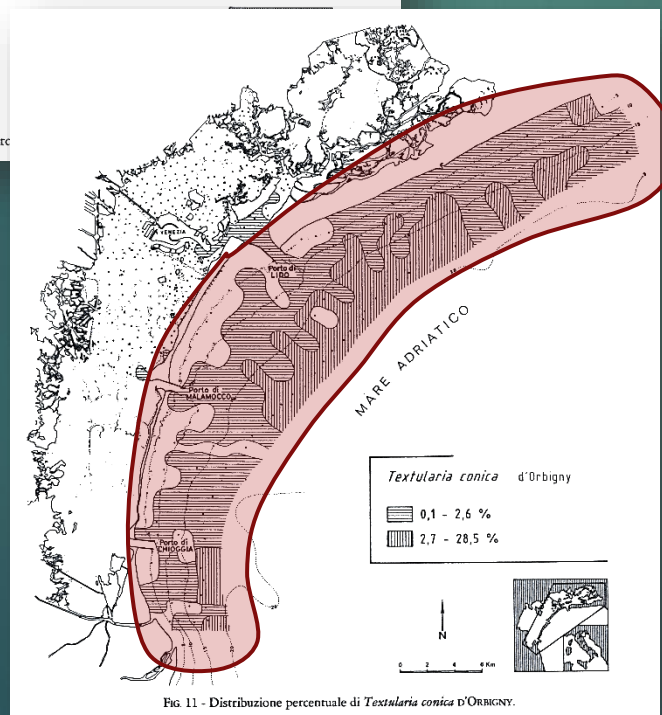
Settore est della laguna di Marano e Grado - Melis et al., in preparazione



Laguna di Venezia – distribuzione dei foraminiferi bentonici (da Albani & Serandrei Barbero, 1990)



Ammonia tepida, taxa
paralico – presenza >
50% in laguna



Textularia conica, taxa
marino

il sistema deltizio

1. confluenza di un sistema fluviale in lago, laguna, mare, oceano;
2. sede di accumulo di materiale detritico ed organico;
3. sistema di distribuzione altamente organizzato e differenziato

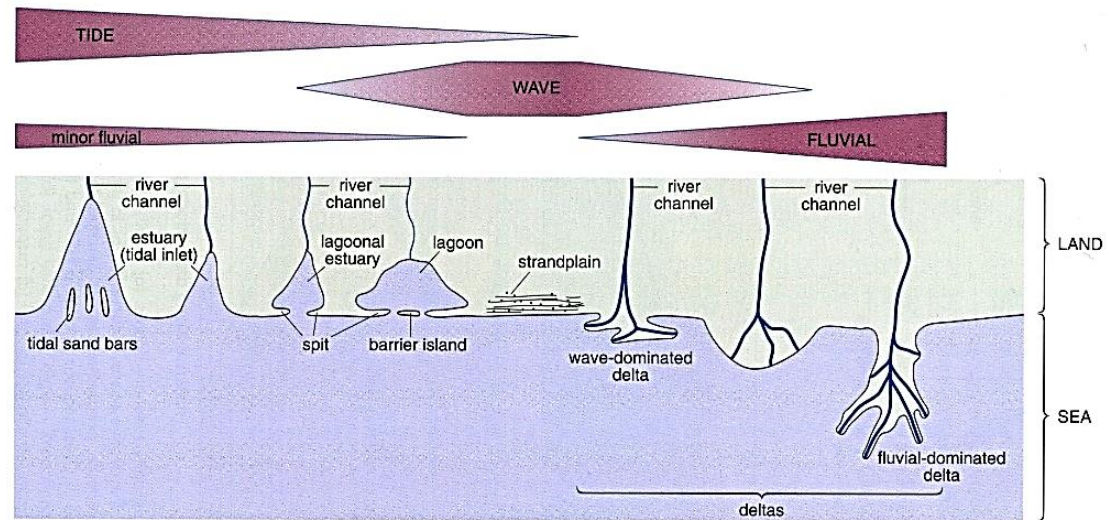
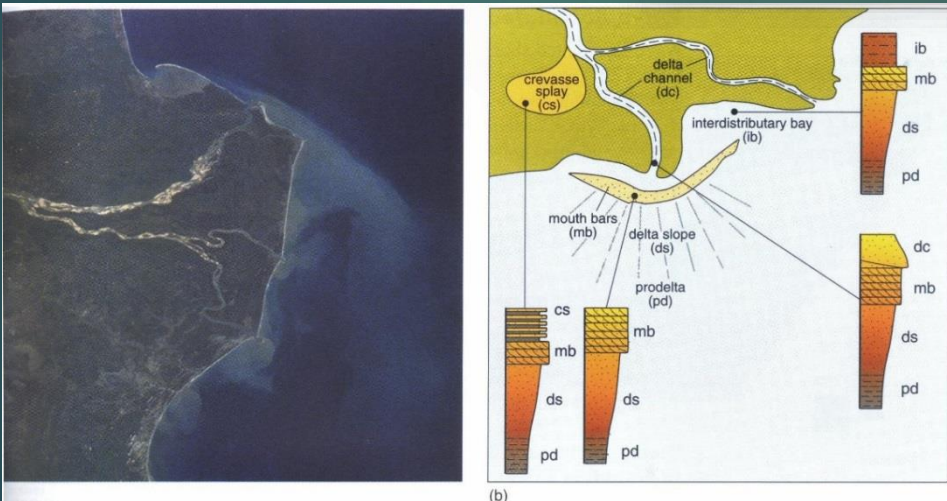


Figure A6.14 Sketch illustrating the spectrum of coastal morphological features and the processes dominant in each case. The importance of waves, tides and fluvial input is shown schematically by the boxes at the top of each figure; tapering of the box indicates less influence of that process.



Da Coe et al., 2013

Si riconoscono una **parte emersa** (continuazione della piana alluvionale) e una **parte sommersa** (maggior volume).

Delta "classico": prevalgono gli apporto fluviali



Piana di marea Villaggio dei Pescatori

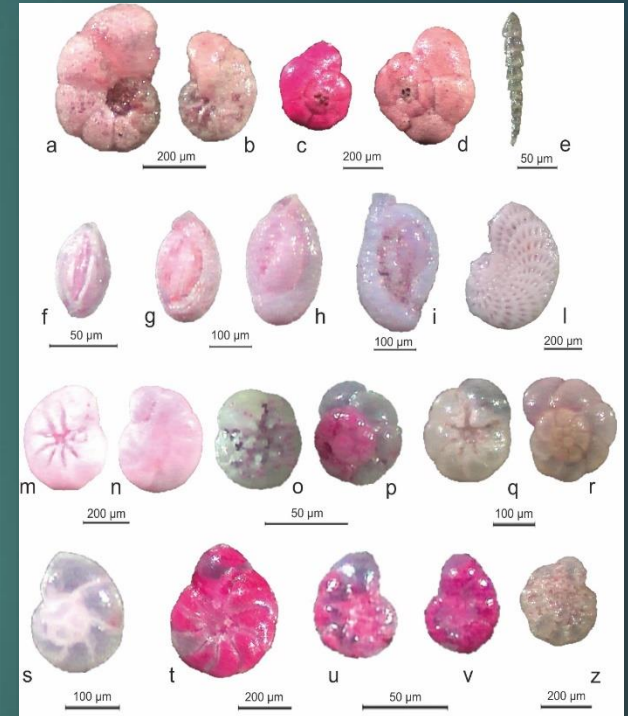
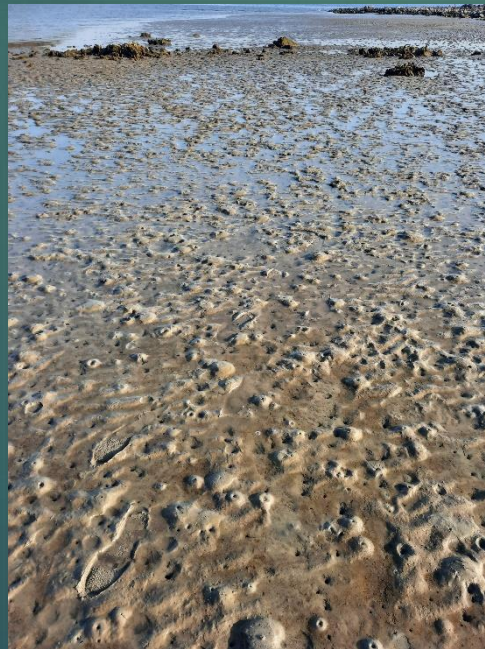


Plate I - photomicrographs of some foraminifera species representative of the VdP tidal flat (magnification bar is reported for each photo), Field guide Classical Karst at FORAMS 2023 23-24 June.

IL DOMINIO MARINO

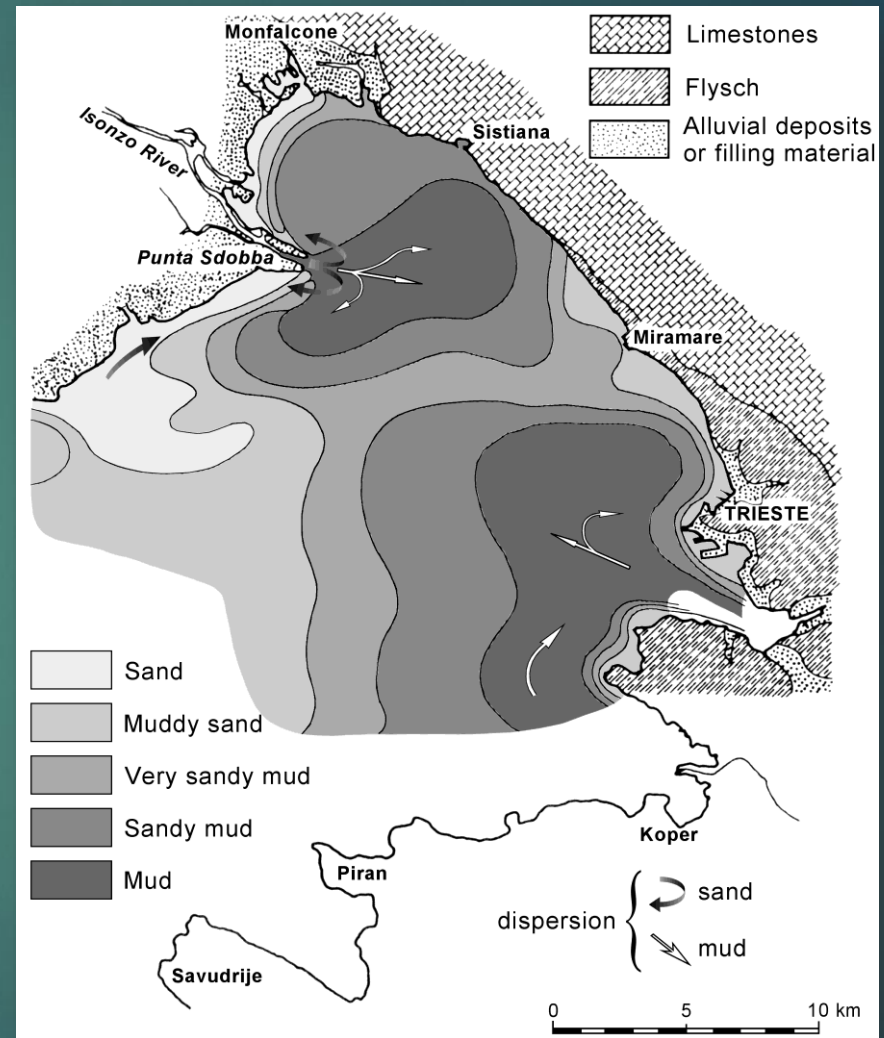
- Sede di accumulo di sedimenti clastici, biogenici o di precipitazione chimica;
- tipo di sedimento molto differenziato;
- la distribuzione si attua attraverso il moto ondoso, le correnti, gli eventi di tempesta, il vento;
- la sedimentazione in piattaforma continentale è molto più sensibile alle variazioni del livello medio del mare (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)



Lo studio delle variazioni della linea di riva (variazioni eustatiche). **Eustatismo:** variazione globale livello del mare, dovuta alle variazioni del volume delle masse d'acqua oceaniche



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, durante la glaciazione del *Würm*, circa 18.000 anni dal presente



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

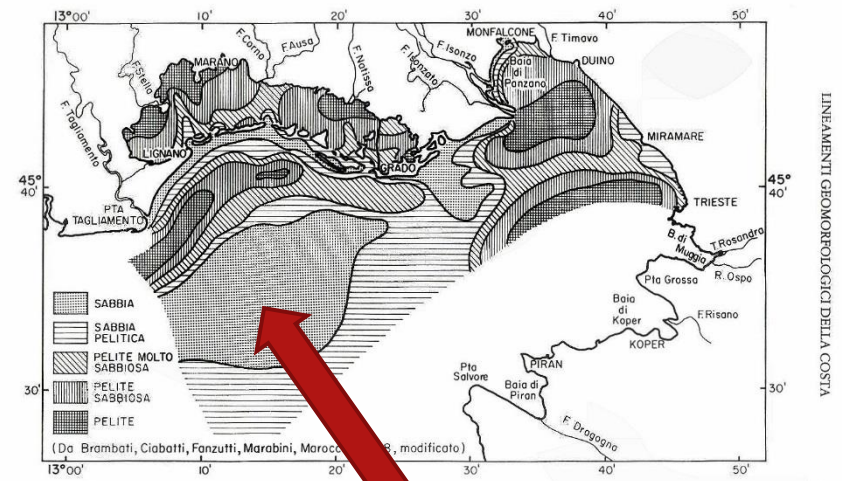


Fig. 4 - Tessitura dei sedimenti del Golfo di Trieste.

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

Variazione della linea di riva delle Lagune di Marano e Grado

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

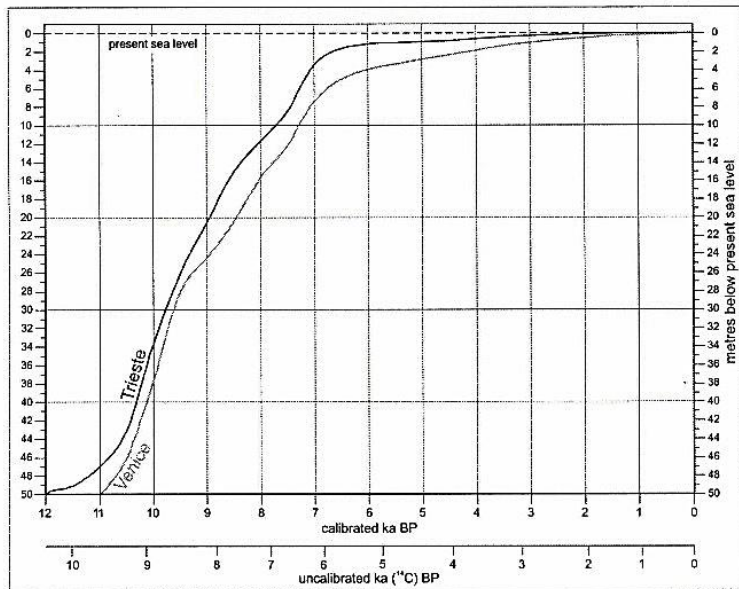
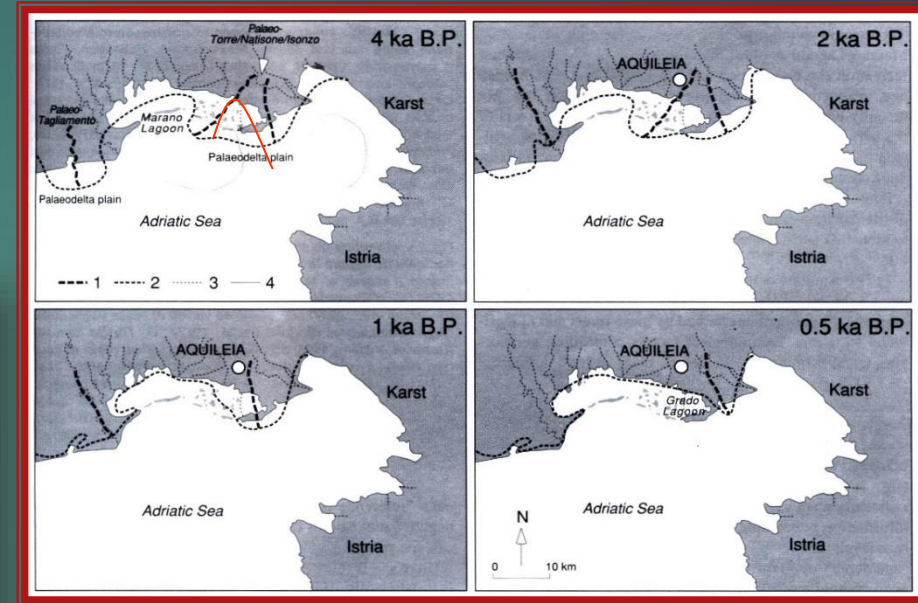
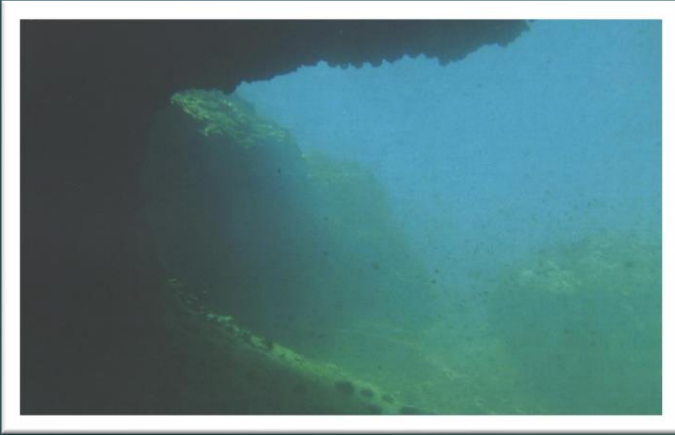


Fig. 7 - The predicted sea-level curves (model m3a) for Venice and Trieste from 12 ka cal BP (after Lambeck et al., 2006).



Da Marocco (1991) e Marocco et al. (2005)
– linea di riva in nero

Indicatori geomorfologici



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

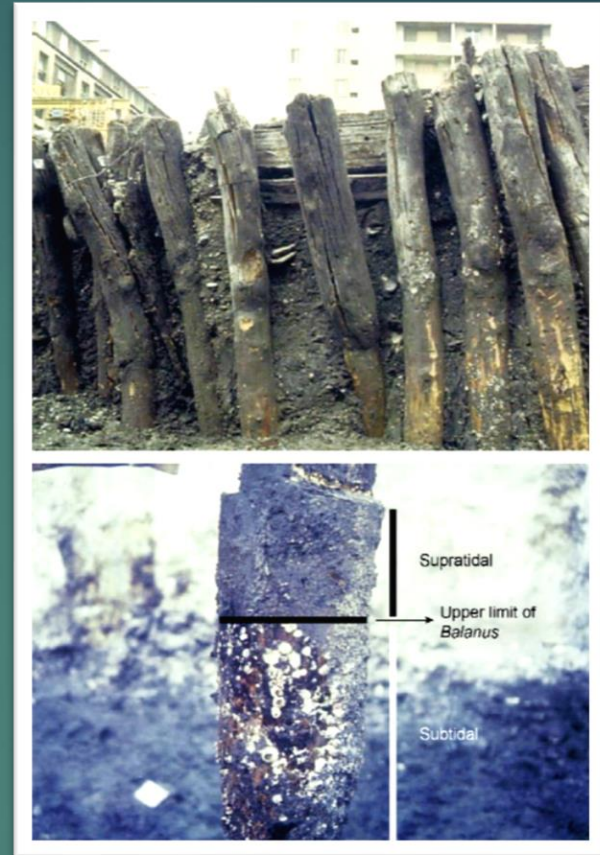


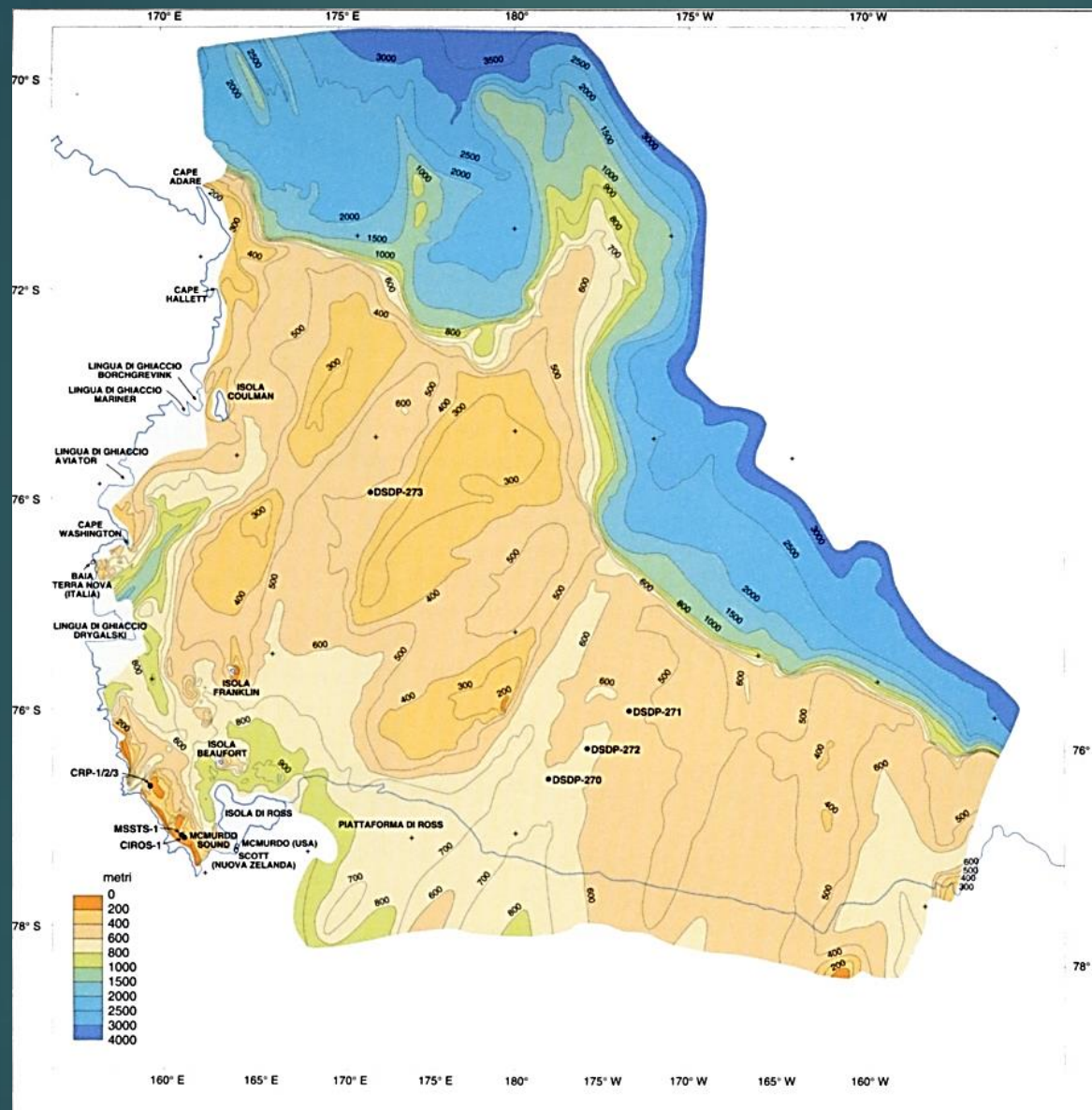
Fig. 34. Top: Marseilles excavations, Place Jules Verne (photographs: Morhange).

2. il sistema di piattaforma

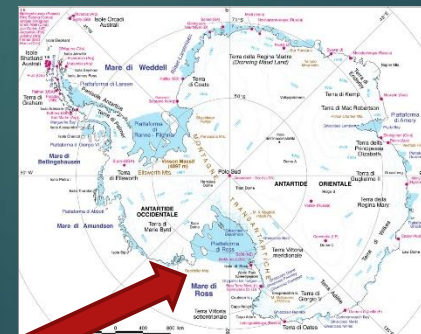
le piattaforme continentali attuali costituiscono uno stretto margine che borda i continenti con debole pendenza verso il mare aperto. Sono il prodotto di cicli glacio-eustatici del tardo Quaternario - Cenozoico (trasgressione olocenica).



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 pendenza
inversa delle
piattaforme
continentali in
Antartide,
l'esempio del
mare di Ross



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

sedimenti attuali: terrigeni o detritici (fluviali, glaciali, eolici)
organogeni (gusci 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 – maggiore idrodinamismo, quindi diminuzione della granulometria verso il largo;
- il sedimento pelitico (dimensione < 62 microns) è trasportato dai fiumi ed è largamente distribuito sulla piattaforma.

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

fattori biotici:

1. ambiente dove si osserva la maggior diversità tassonomica;
2. catena alimentare completa per la presenza di organismi autotrofi fino al limite esterno del circoalitorale (limite esterno della piattaforma continentale);
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.

Distribuzione delle tracce fossili nella piattaforma continentale

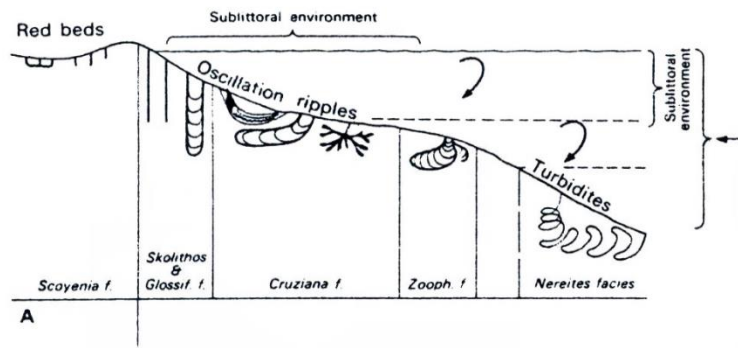
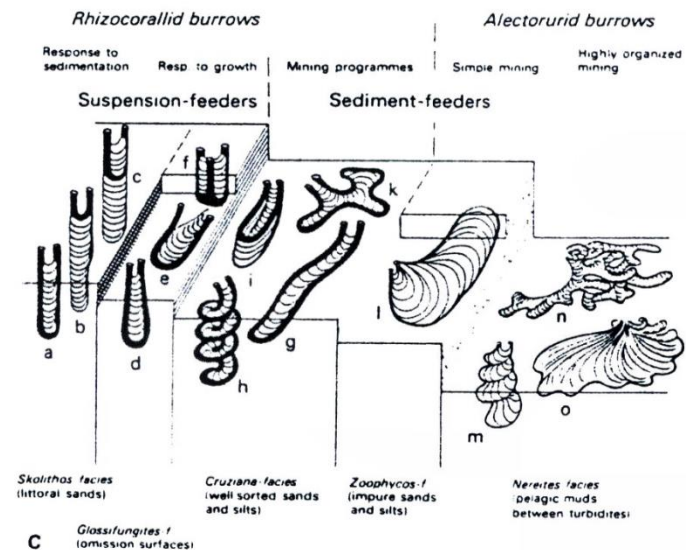
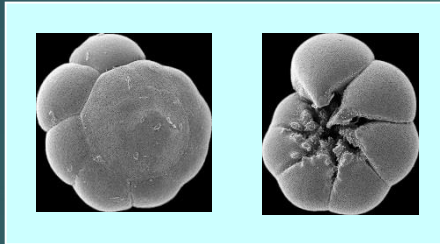


Fig. 9.31. Some of the environmental controls on the distribution of trace fossils. (A) Generalized bathymetric distribution of major trace fossil communities and their association with different water depths. (B) A summary of ecological parameters controlling biogenic activity. (C) Bathymetric zonation of fossil spreite burrows indicating the predominance of suspension-feeders in the shallow water high-energy zone, which are gradually replaced in deeper water lower energy environments by elaborate sediment-feeders (from Seilacher 1967; Rhoads, 1982).



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



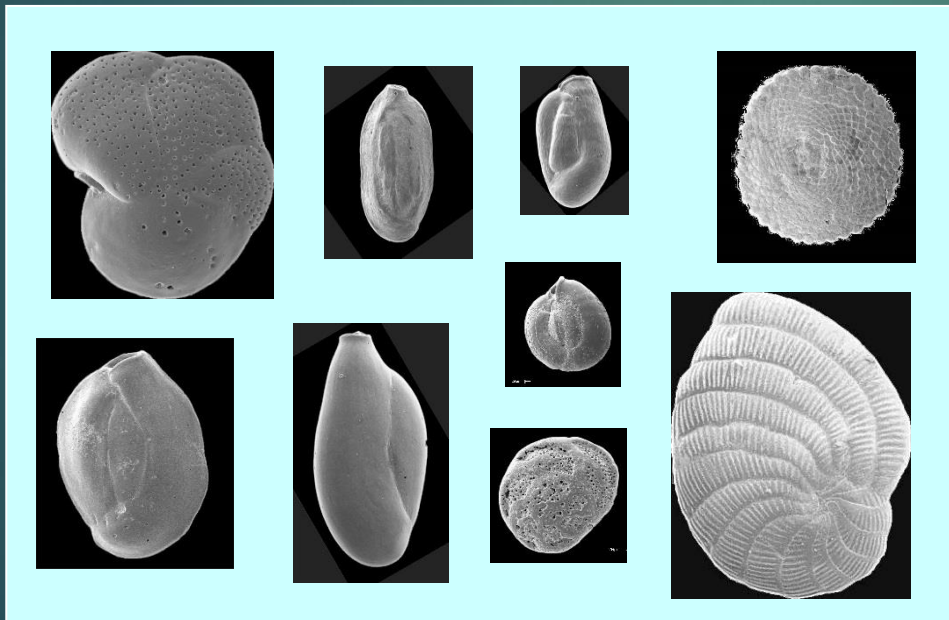
Specie di ambiente paralico *Ammonia tepida*

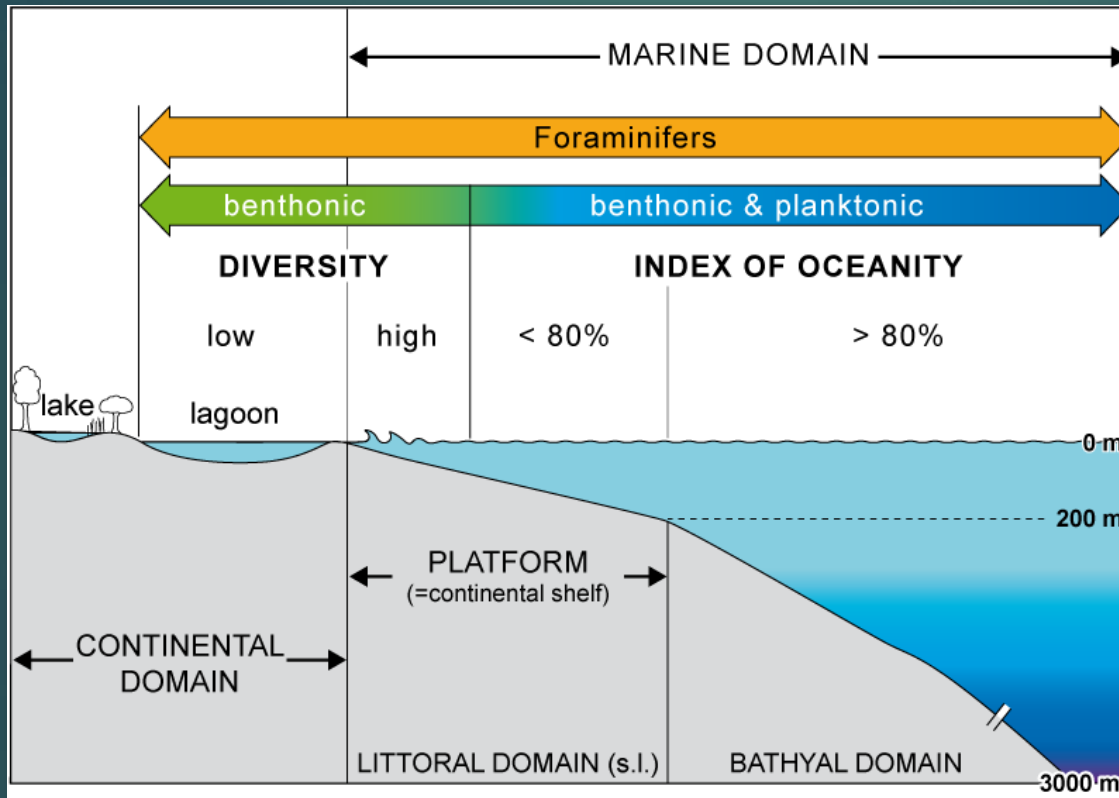
Specie di ambiente parlico-infralitorale:

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.





Indice di “oceanità”

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

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

3. il sistema pelagico

- viene usato per definire un **ambiente di “mare aperto”**
- 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.

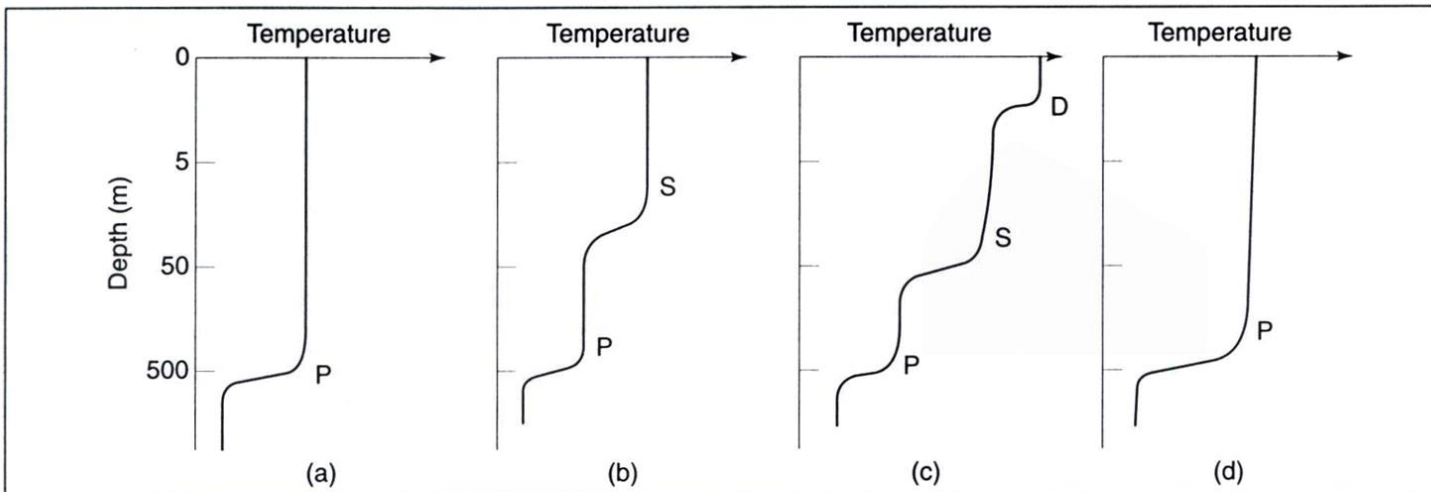
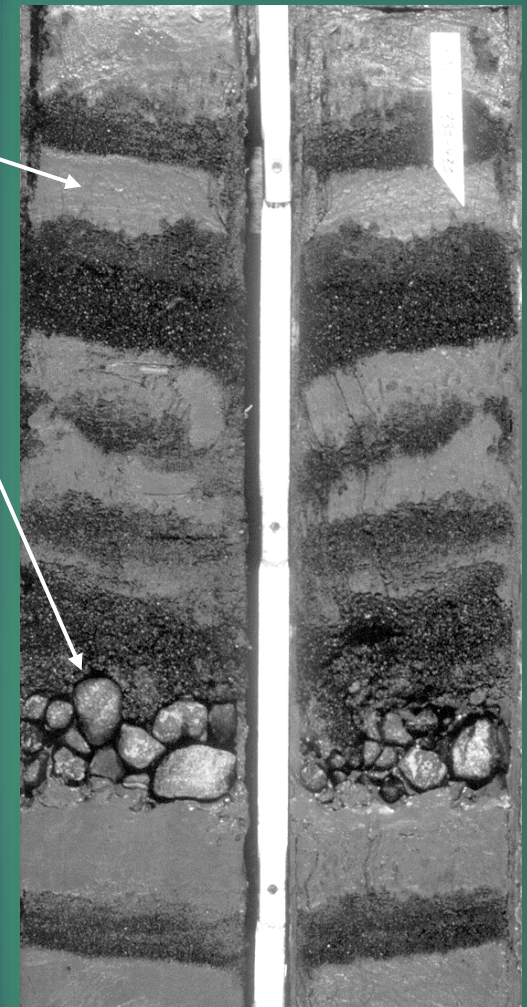
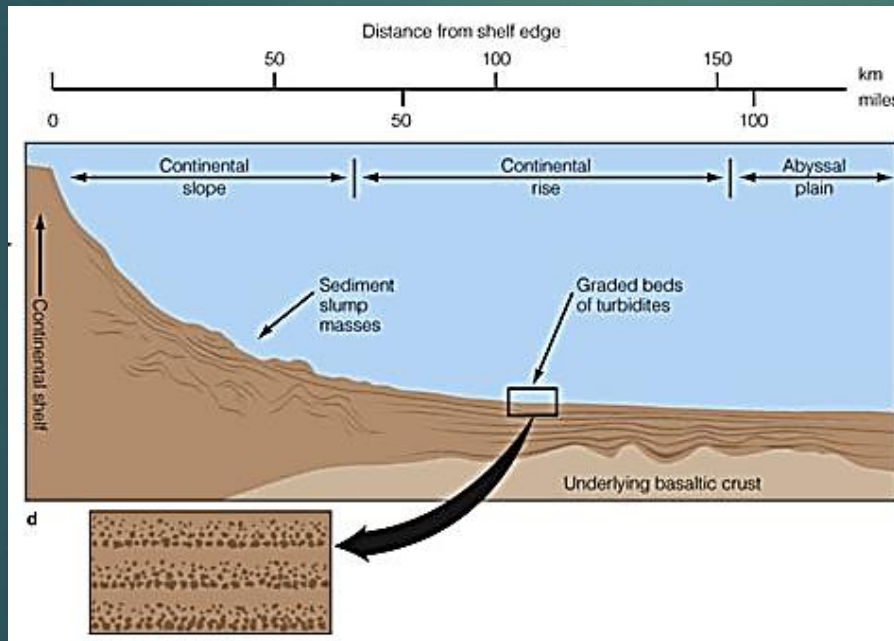


Figure 5.1 Temperature–depth profiles showing seasonal patterns of thermocline development at mid latitudes. (a) Winter. Low inputs of solar radiation and strong wind mixing at the surface produce a deep, well mixed layer. The permanent thermocline (P) is at a depth of 500–800 m. (b) Spring. Decreased wind mixing and increasing solar heating of the surface layer leads to the development of a warm surface layer separated by a seasonal thermocline (S) from deeper waters. As the season progresses the temperature difference across this seasonal thermocline increases and the thermocline depth gets deeper. (c) Summer. The seasonal thermocline is fully developed at 30–80 m and a daily thermocline (D) may be produced by the strong daytime heating of the surface layer. Other near-surface thermoclines may persist for periods of days when very calm conditions coincide with strong heating. (d) Autumn. Decreasing inputs of solar radiation and increasing wind-driven mixing erode the thermocline, making it weaker and shallower before it breaks down completely to give a well mixed surface layer (compare with lakes, Figure 6.3).

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

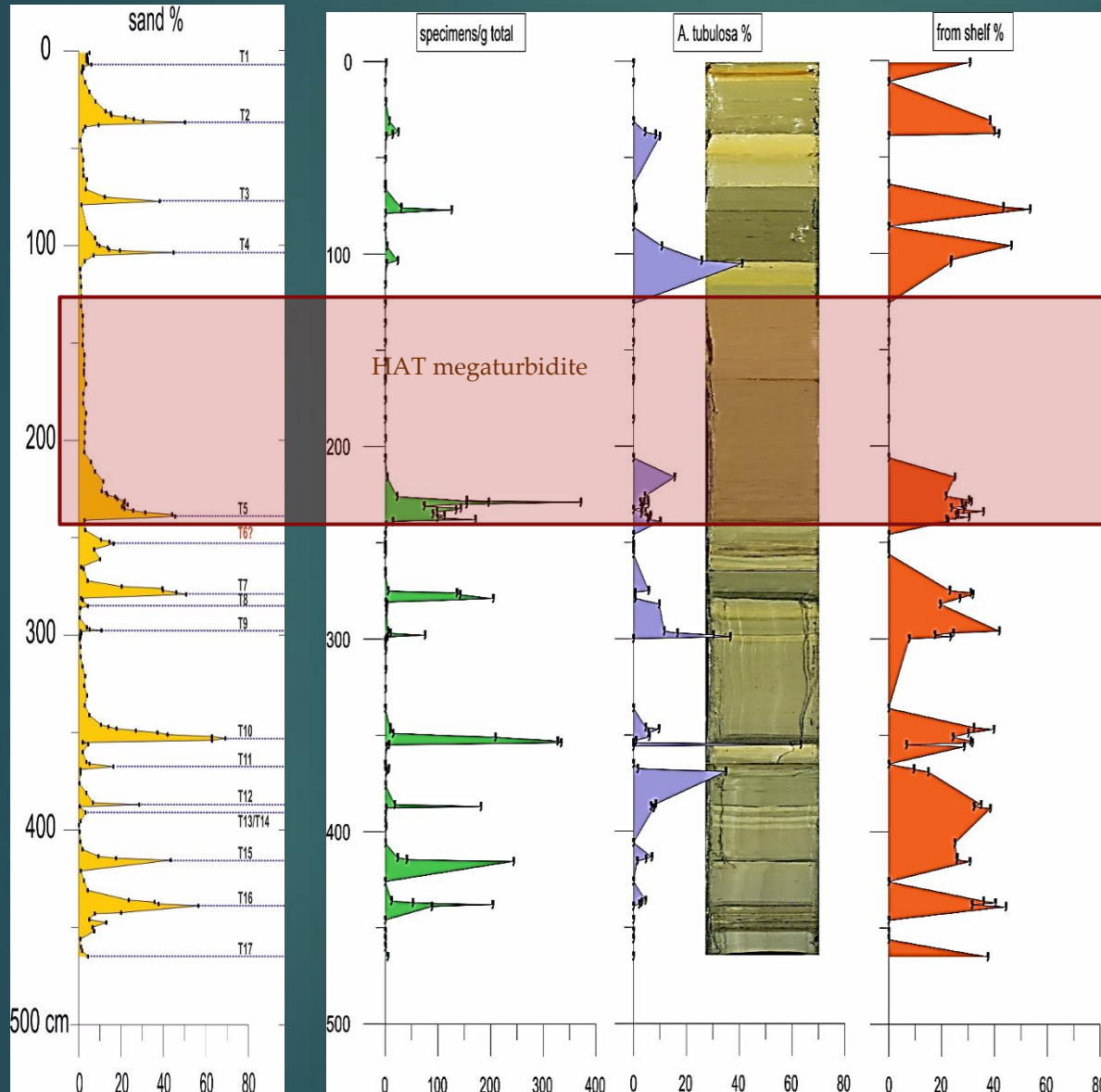
Nella parte superiore si trovano sedimenti pelagici fini, in quella inferiore sedimenti più grossolani.

Il tipo di sedimentazione dipende comunque dalla larghezza della piattaforma continentale e dalla disponibilità di sedimento.

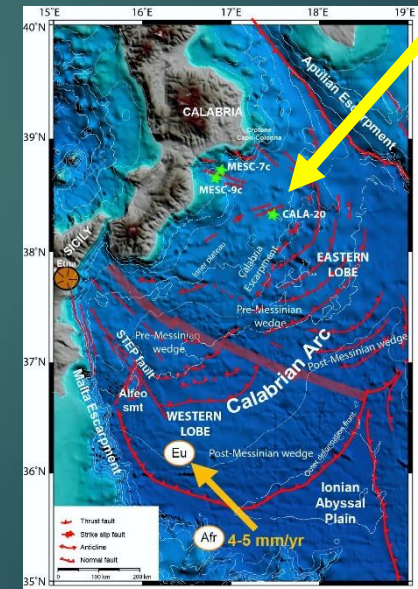


carotaggio in zona di scarpata antartica

Esempio di studio di fenomeni torbiditici in carota prelevata nella piana abissale del Mar Ionio
(prof. di prelievo 2000 m), carota CALA20, Polonia et al., 2023



Core CALA20 core evidences several turbidite events (until T18), 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.



Nelle zone *abissali e adali* le condizioni fisico-chimiche al fondo sono molto costanti: salinità < 35.0 ‰, elevata pressione, assenza di luce e temperatura molto bassa, nei bacini isolati ossigenazione molto scarsa.

I **sedimenti** derivano dall'accumulo dei gusci/scheletri degli organismi che vivono nella colonna d'acqua sovrastante, del particellato in sospensione o di materiale disciolto nelle acque

Il tasso di sedimentazione è molto basso e uniforme su aree molto vaste, sono sedimenti **sincroni e aciclici**.

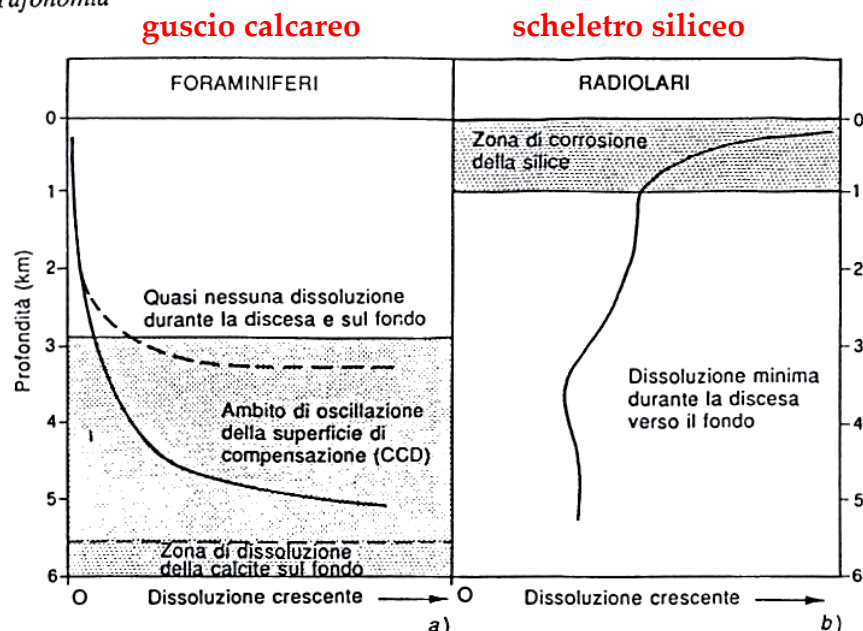


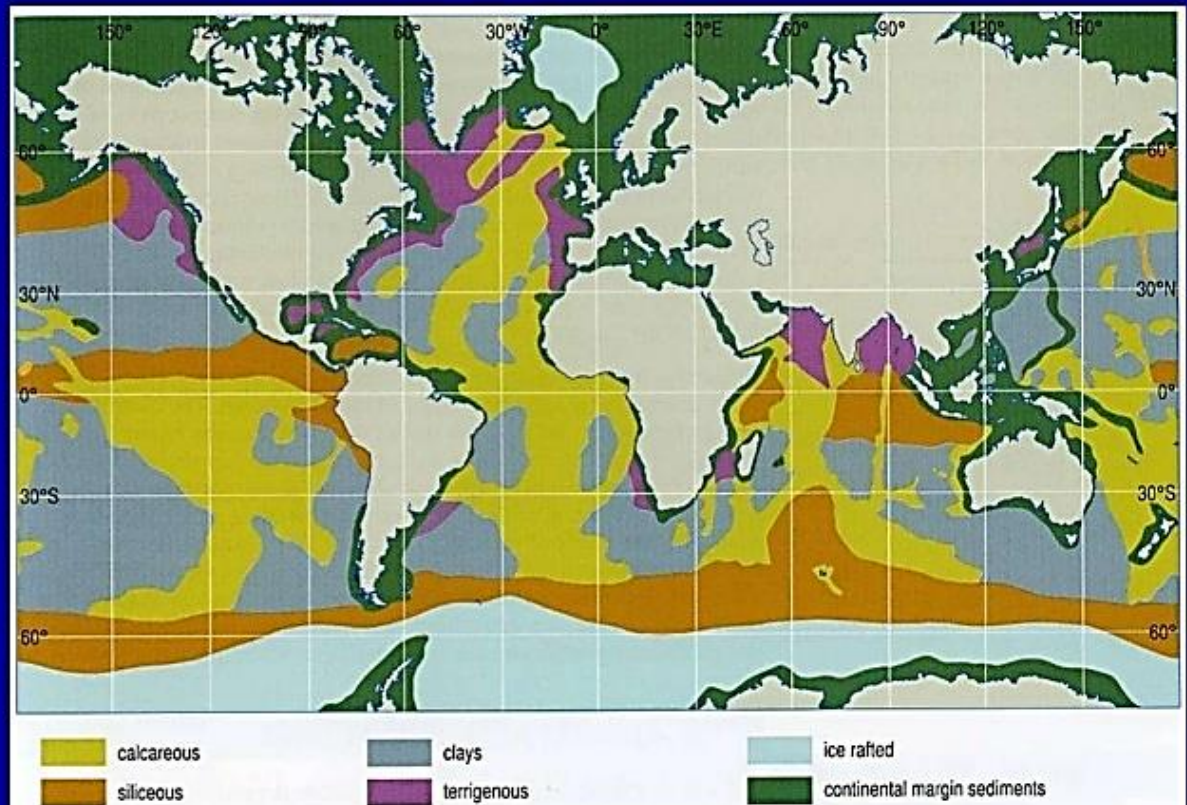
Fig. 2.21 – Confronto tra i profili di dissoluzione dei foraminiferi planctonici (a) e dei radiolari (b) basati su esperimenti di campagna. La maggior parte dei processi di dissoluzione dei microfossili a guscio calcareo si verificano in modo ridottissimo durante la caduta verso il fondo e diventano rapidamente importanti fino a portare alla totale distruzione dei gusci sui fondi oceanici a profondità maggiori di 3000-5500 metri, mentre quelli dei radiolari (e delle diatomee) si verificano in acque basse (da W.H. Berger, 1976, con modifiche).

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) silicee a radiolari, diatomee e silicoflagellati: zone ad elevata produttività e bacini a profondità superiore al CCD;

Distribuzione delle principali tipologie di sedimenti nei fondali marini



tipi di sedimento pelagico

Distribuzione delle principali tipologie di sedimenti nei fondali marini

∅ **depositi fosfatici:**
denti di pesci, ossa;

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

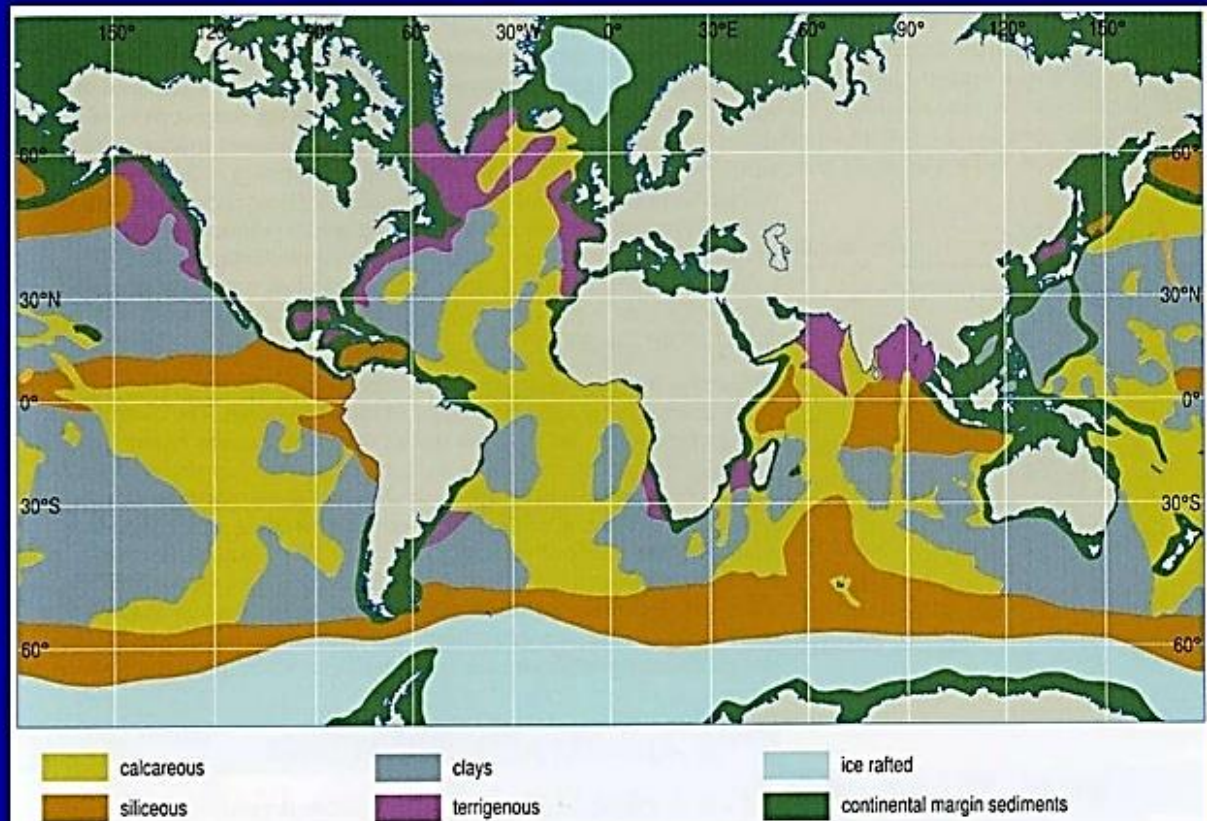
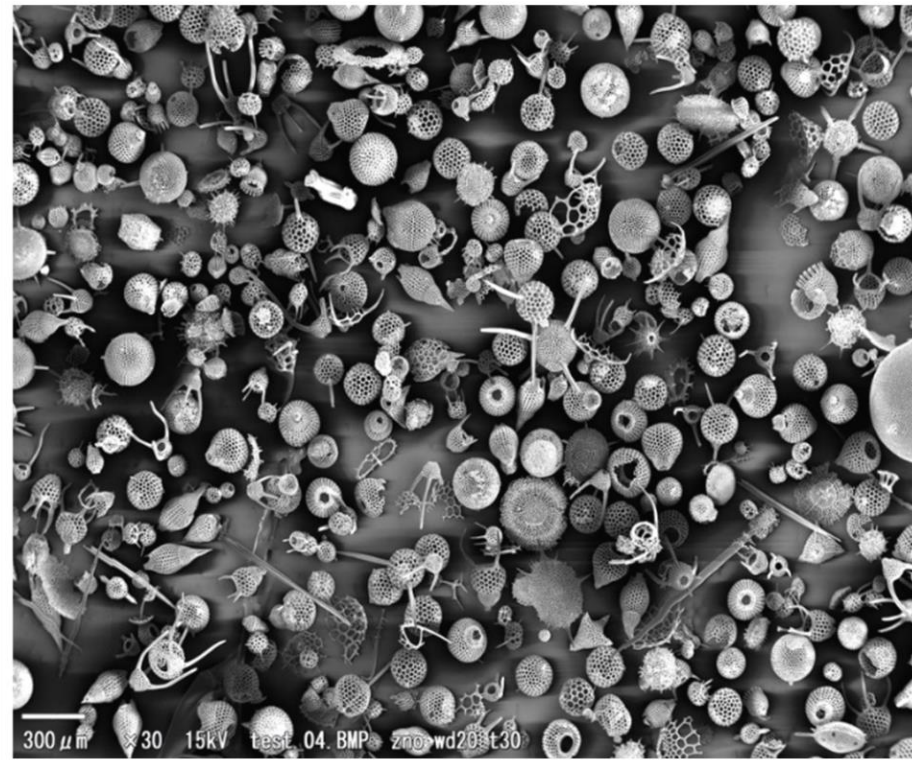


Figure 1.12 Distribution of dominant sediment types on the floor of the present-day oceans. Note that clays are mostly also 'terrigenous'.

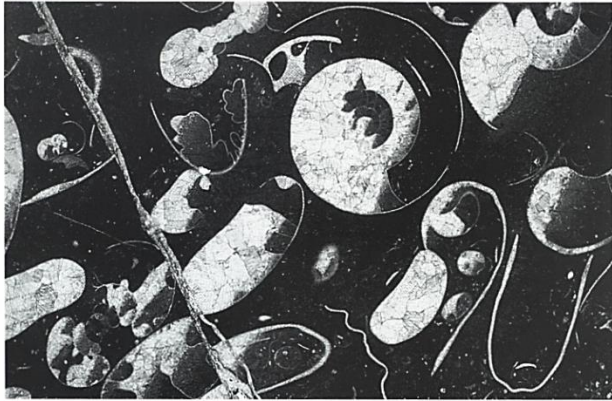
Radiolari + spicole silicee:
profondità > CCD



Radiolari + diatomee +
foraminiferi planctonici:
profondità < CCD



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



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.

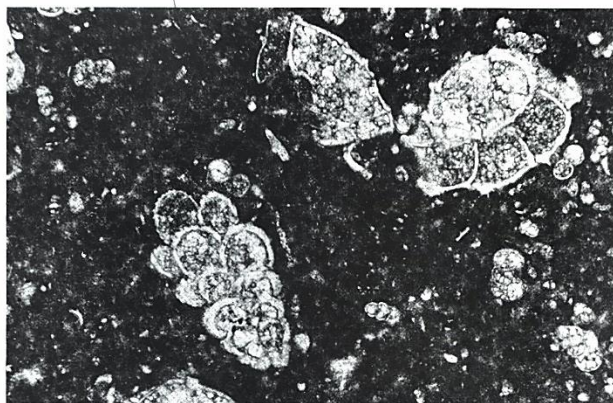


Pelagic pelecypods and radiolarians
(X 20).
TOARCIAN-AALENIAN of Valdorbis,
Umbria, Italy.

Pelagic pelecypods are common in basinal sequences of the JURASSIC.

Esempi di microfacies pelagiche in ambito geologico

Microfacies di Rosso
Ammonitico ad ammoniti,
lamellibranchi e radiolari
(Giurassico)



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

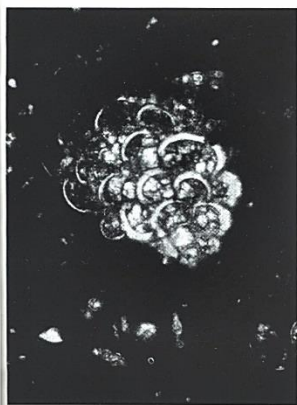
NEOCOMIAN										SENONIAN			
BERGIAN	VALANGIAN	HAUTERIVIAN	SARDEAN	APTIAN	ALBAN	CECUMIAN	TURONIAN	CONIAN	SANTAN	CHAMPAN	MAASTRICHTIAN		

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

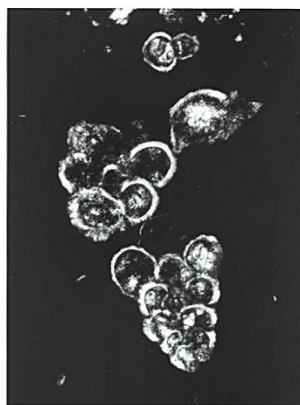


Heterohelix. Globotruncanidae are present (X 80).
MAASTRICHTIAN of Monte Conero, Marche, Italy.

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



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

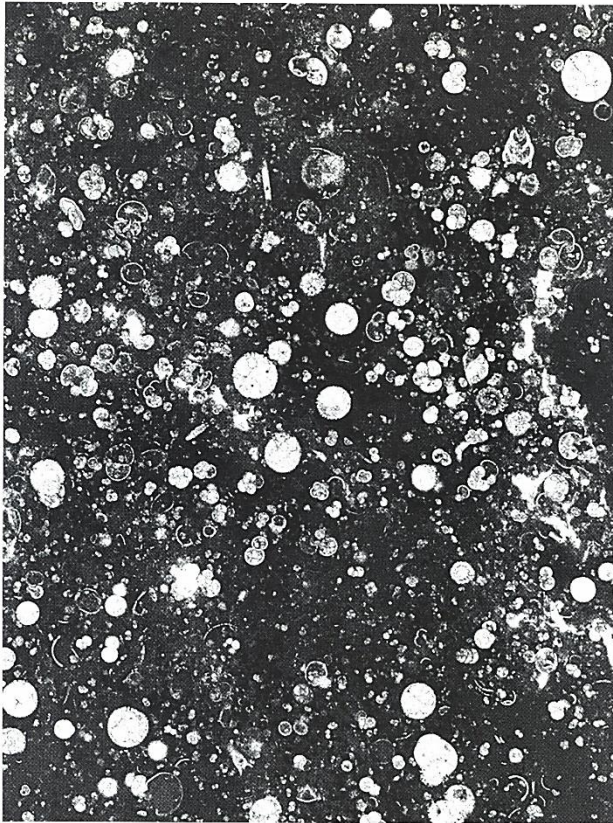


Heterohelicoidea (X 70) (right).
MAASTRICHTIAN of Gubbio, Umbria, Italy.

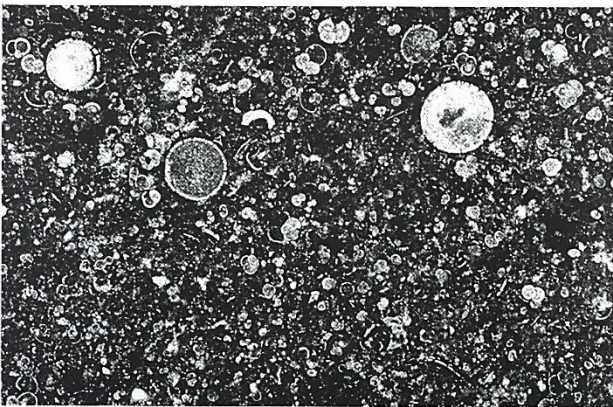
NEOCOMIAN										SENONIAN			
BERGIAN	VALANGIAN	HAUTERIVIAN	SARDEAN	APTIAN	ALBAN	CECUMIAN	TURONIAN	CONIAN	SANTAN	CHAMPAN	MAASTRICHTIAN		

Multiserial *Heterohelicoidea* are typical of the MAASTRICHTIAN.

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



Orbulina, Globigerinidae, Globorotaliidae 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

