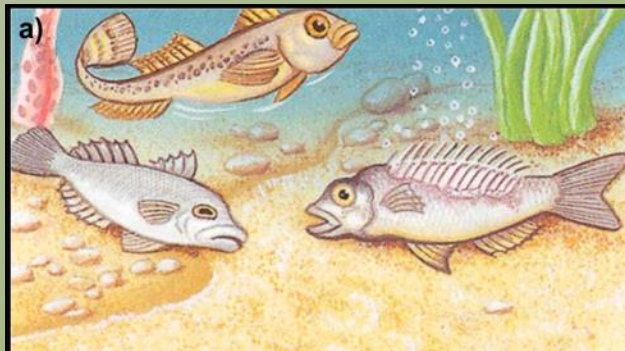


TAFONOMIA

come si formano i fossili

La **tafonomia** studia la storia degli organismi dalla morte o dai loro stadi preagonici al loro ritrovamento come fossili. Più in generale, si può dire che studia il processo di trasferimento di materia dalla biosfera alla litosfera.



Dopo la morte un pesce cade sul fondale e viene gradualmente ricoperto dal sedimento. Le parti molli iniziano a decomporsi, lasciando intatto solo lo scheletro.



Il sedimento continua ad accumularsi, finendo per ricoprire completamente i resti del pesce.



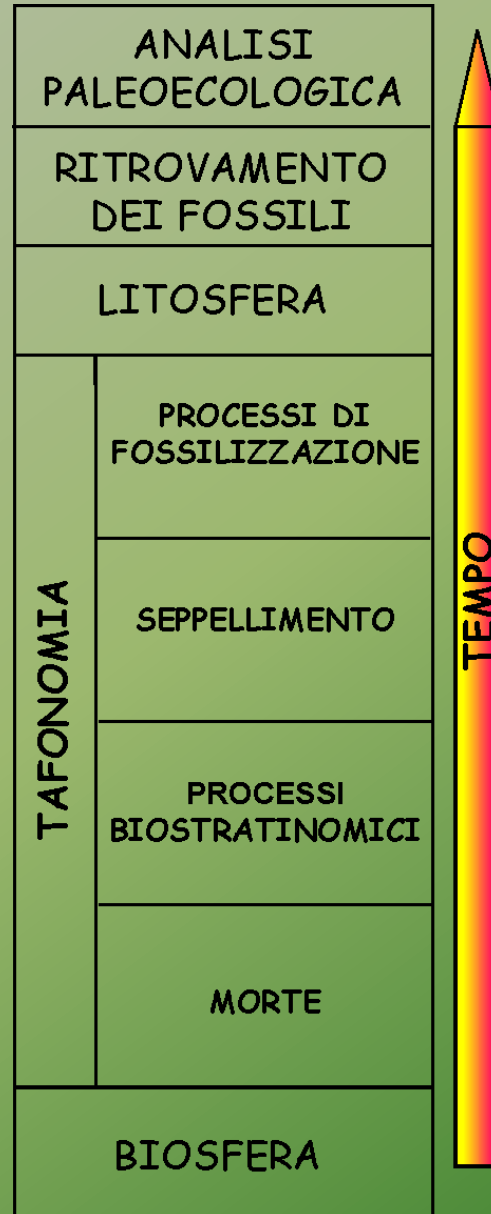
Il materiale che costituisce lo scheletro viene lentamente sostituito da minerali, mentre il sedimento circostante si trasforma in roccia.



Le rocce vengono sollevate ed erose, portando alla luce lo strato contenente il fossile.

Processi tafonomici

I processi tafonomici avvengono durante il trasferimento dell'ex vivente dalla biosfera alla litosfera partendo dalla morte dell'organismo seguendo diversi stadi.



Fattori che influenzano la fossilizzazione

(oltre a un rapido seppellimento)

1. Presenza di parti dure (mineralizzate e non)
mineralizzate: ossa, gusci
non mineralizzate: lignina, chitina, collagene
2. Rapporto parti dure/parti molli
3. Composizione delle parti dure
4. Struttura delle parti dure
5. Relazione tra parti dure e parti molli
6. Grado di mineralizzazione

Presenza di parti dure

La possibilità che i rappresentanti di un certo gruppo sistematico possano essere presenti allo stato fossile dipende, salvo casi eccezionali, dalla presenza di parti dure.



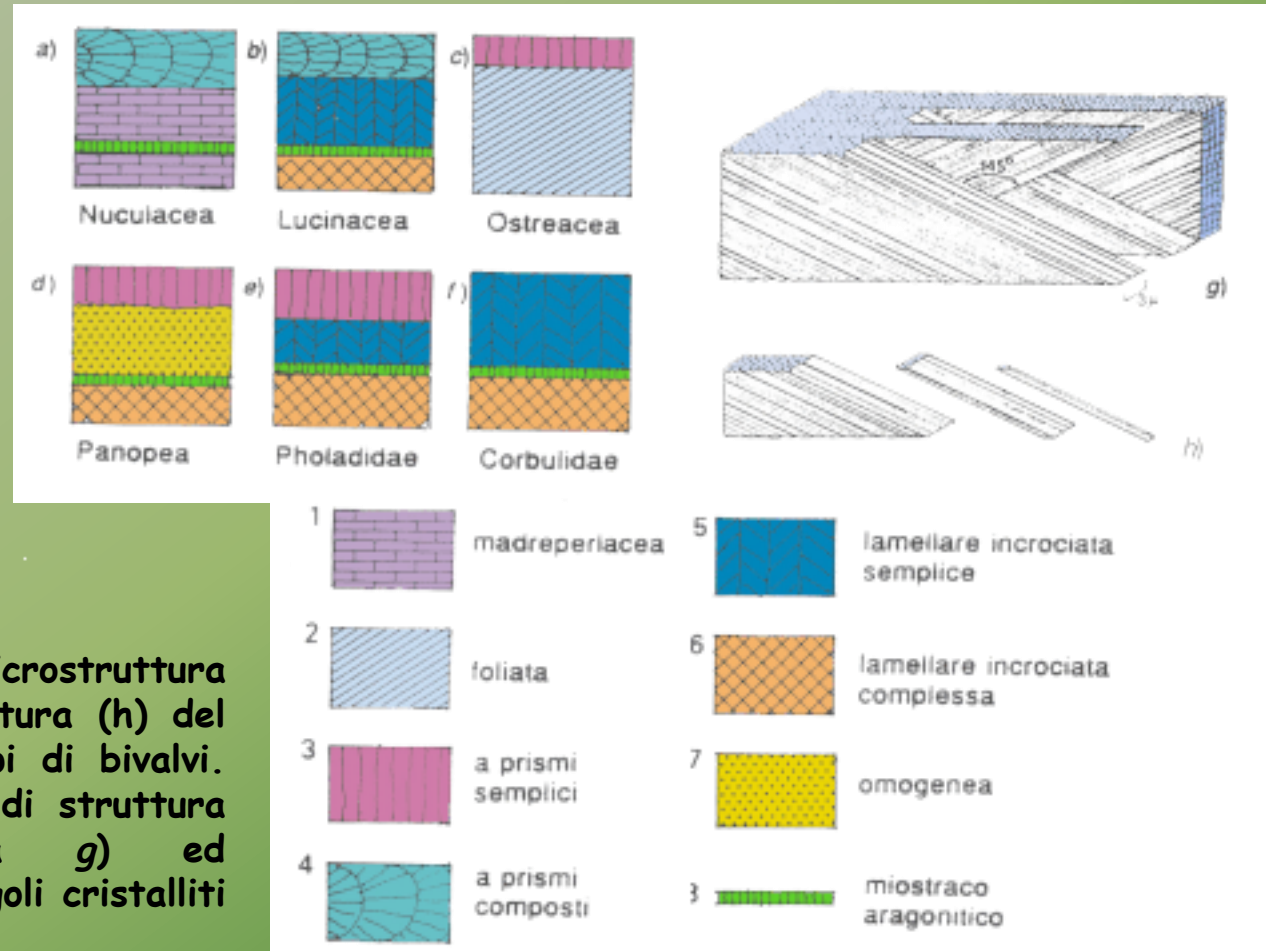
Abbondante
 Frequente
 Raro
 Assente

GRUPPI	PRESENZA DI PARTI DURE	FREQUENZA ALLO STATO FOSSILE
FLAGELLATI	Abbondante	Abbondante
DIATOMEE	Abbondante	Abbondante
FORAMINIFERI	Abbondante	Abbondante
PROTOCILIATI	Assente	Assente
SPOROZOI	Frequente	Frequente
CILIATI	Assente	Assente
PORIFERI	Abbondante	Abbondante
CELENERATI	Abbondante	Abbondante
CTENOFORI	Assente	Assente
FORONIDI	Assente	Assente
BRIOZOI	Abbondante	Abbondante
BRACHIOPODI	Abbondante	Abbondante
PLATEMINTI	Assente	Assente
NEMERTINI	Assente	Raro
ECTOPROCTI	Assente	Assente
NEMATELMINTI	Assente	Raro
PRIAPULIDI	Assente	Assente
ECHIURIDI	Assente	Assente
SIPUNCULIDI	Assente	Raro
MOLLUSCHI	Abbondante	Abbondante
ANELLIDI	Raro	Abbondante
POGONOFORI	Assente	Raro
ONICOFORI	Assente	Raro
TARDIGRADI	Assente	Assente
PENTASTOMIDI	Assente	Assente
ARTROPODI	Abbondante	Abbondante
CHETOGNATI	Assente	Raro
ECHINODERMI	Abbondante	Abbondante
EMICORDATI	Frequente	Frequente
CEFALOCORDATI	Assente	Assente
CORDATI	Abbondante	Abbondante

Composizione delle parti dure

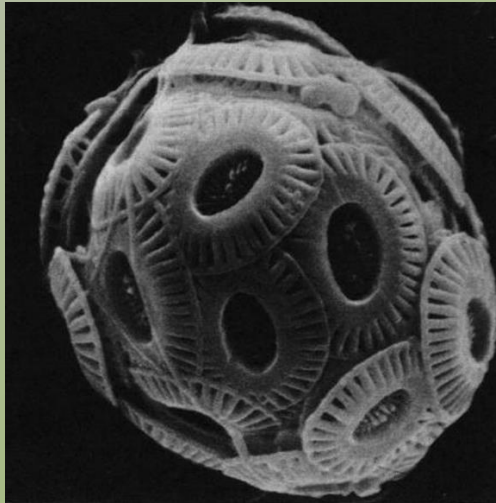
Gruppo	Parti inorganiche				Parti organiche			
	Carbonati	Fosfati	Silice	Ossidi di ferro	Chitina	Cellulosa	Collagene	Cheratina
Procarioti	●	○		○		○		
Alghe	●		○		○	●		
Piante superiori	○		○	○		●		
Protozoi	●		●	●	○	○		
Funghi	○	○		○	●	●		
Poriferi	○		○	○			●	
Cnidari	●				○		○	
Briozoi	●	○			●		○	
Brachiopodi	●	●			●		○	
Molluschi	●	○	○	○	○		○	
Anellidi	●	●		○	○		●	
Artropodi	●	●	○	○	●		○	
Echinodermi	●	○	○				●	
Cordati	○	●		○		○	●	●

Struttura delle parti dure

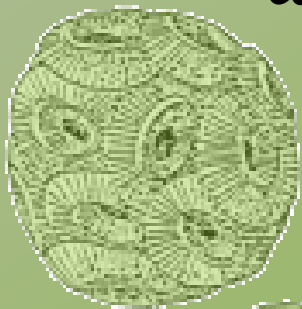


Architettura (a-f), microstruttura (1-8; g) e ultrastruttura (h) del guscio di alcuni gruppi di bivalvi. Vista tridimensionale di struttura lamellare incrociata g) ed ultrastruttura dei singoli cristalliti a-f), h)

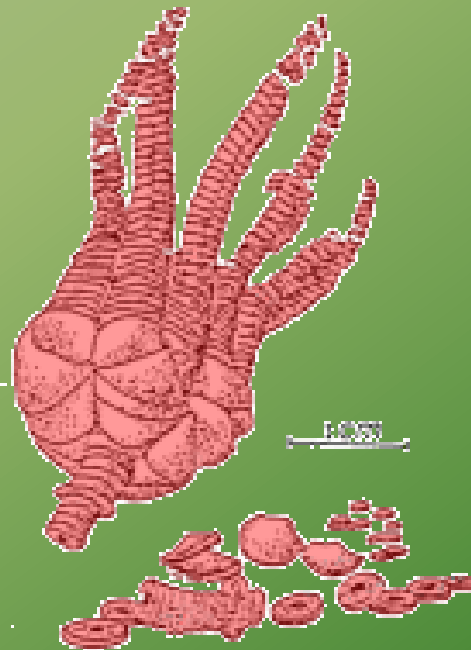
Relazioni tra parti dure e parti molli



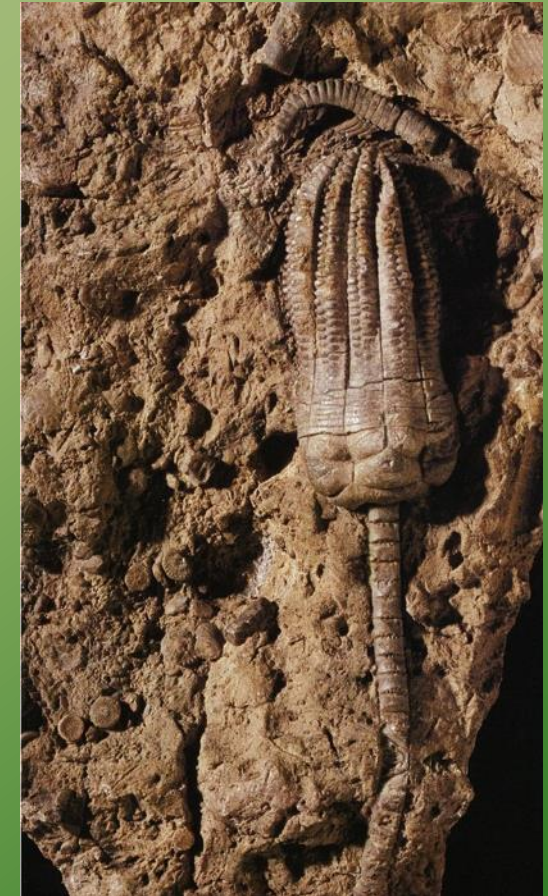
Coccosfera



100µm



1.000µm



Encrinurus liliformis (Triassico)

Morte degli organismi

La morte degli organismi rappresenta l'inizio della loro storia come fossili potenziali.

MORTE «PREMATURA»

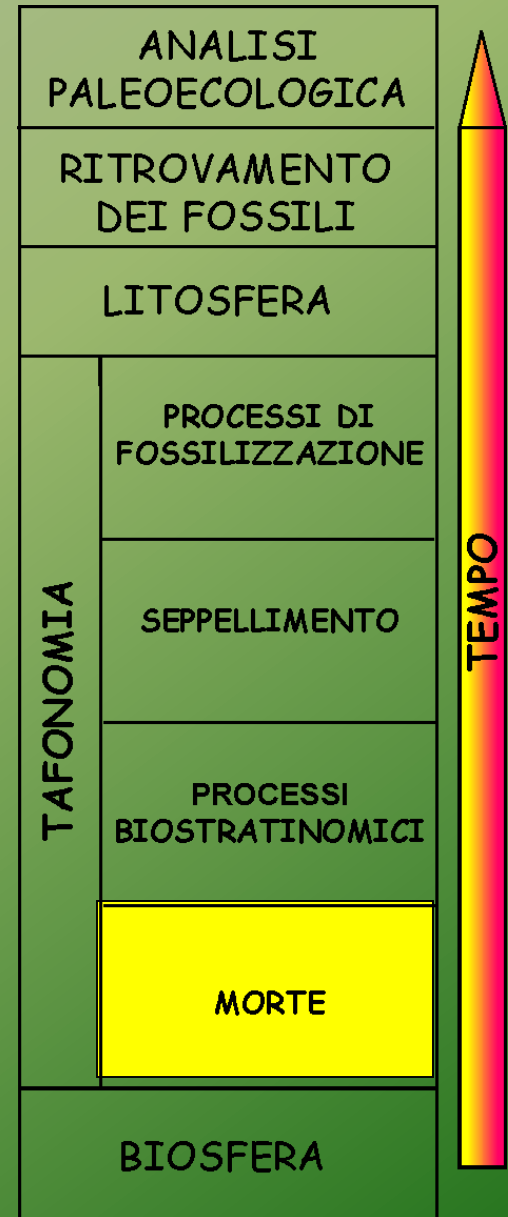
INTRAPPOLAMENTO IN «RESINE VEGETALI»
 INTRAPPOLAMENTO IN ASFALTI E BITUMI
 PREDAZIONE DI VARIO TIPO
 MORTE PER PARTO
 MORTE PER MALATTIA DEL TESSUTO OSSEO
 COMPETIZIONE ECOLOGICA

VARIAZIONI AMBIENTALI ECCEZIONALI

Apporti sedimentari istantanei
 (frane, torbiditi)

Avvelenamento da fitoplankton
 (eutrofizzazione)

Variazioni repentine del livello
 dei mari (es. *scogliere*)



Mioplosus labracoides



Eocene inferiore
Wyoming (USA)

*Knightia
eocena*

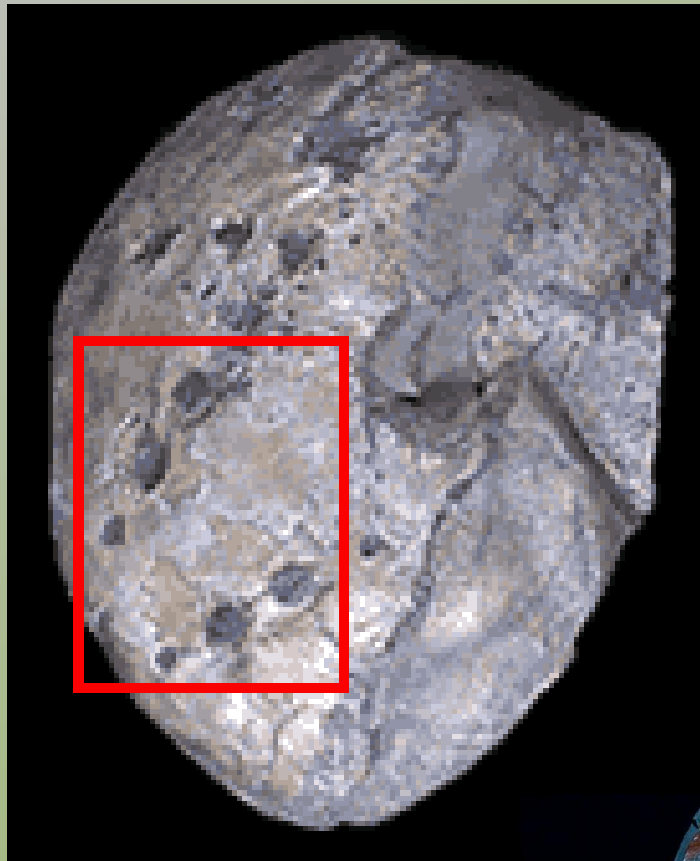




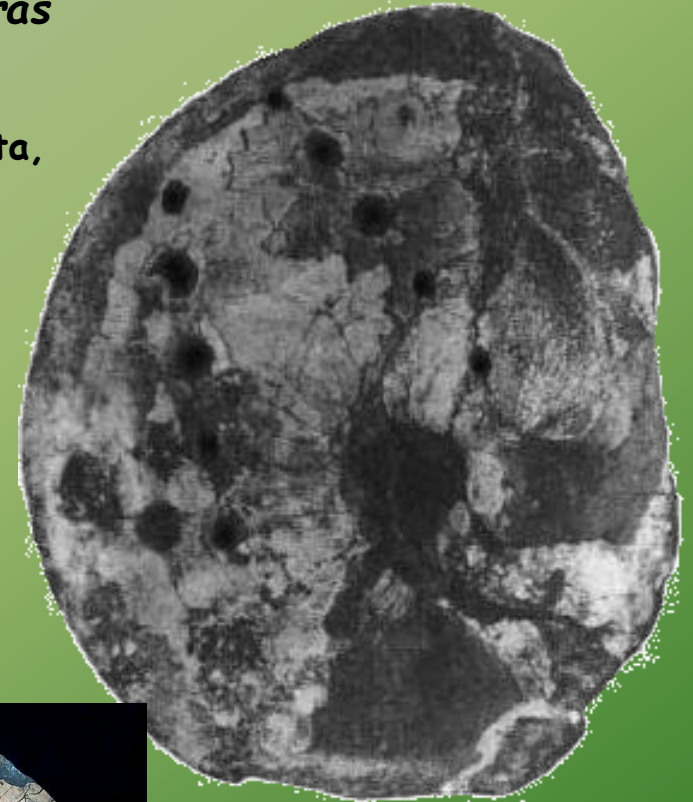
Placenticerus

Cretaceo, South Dakota, USA



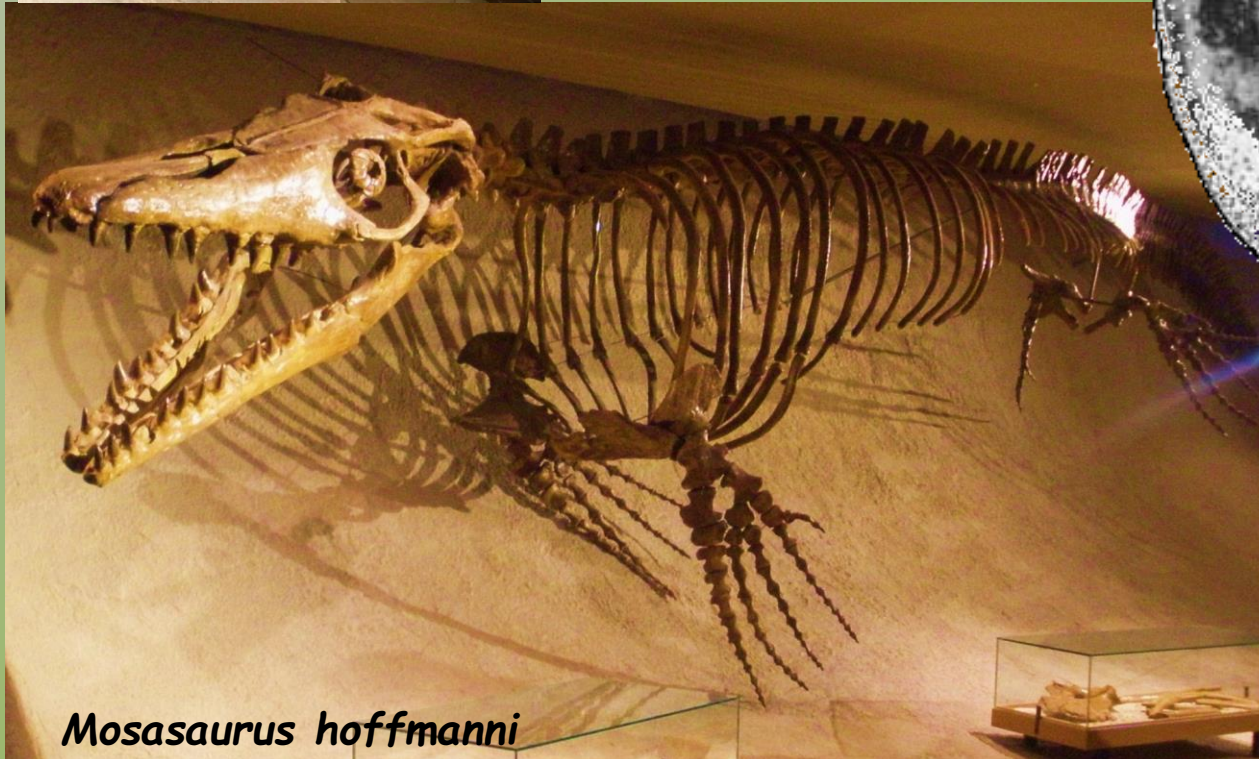
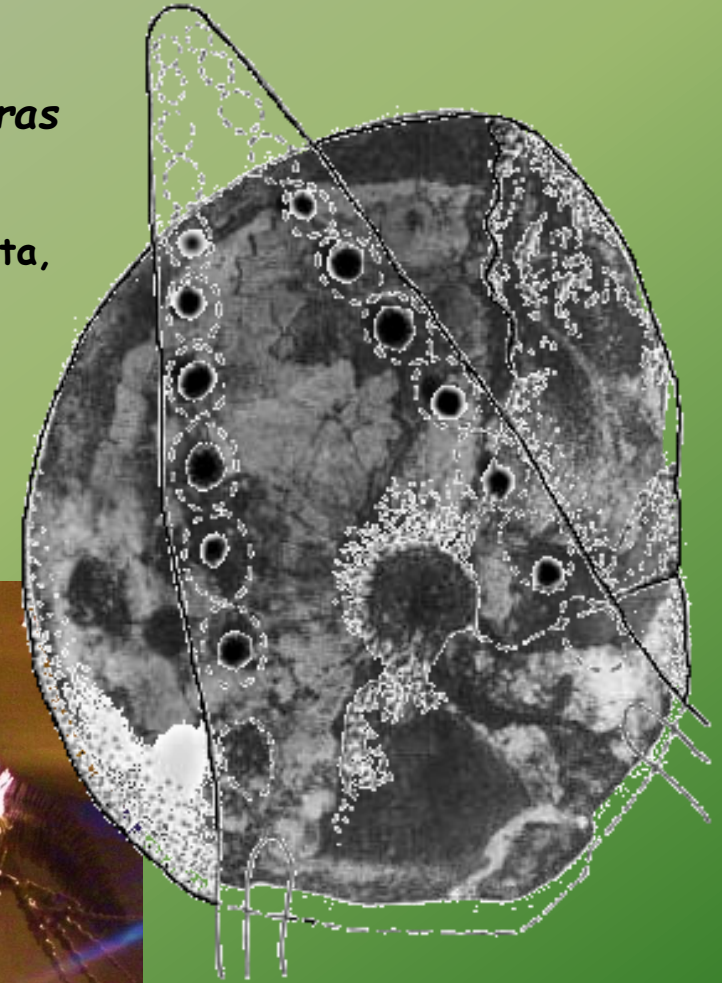


Placenticerus
Cretaceo
South Dakota,
USA

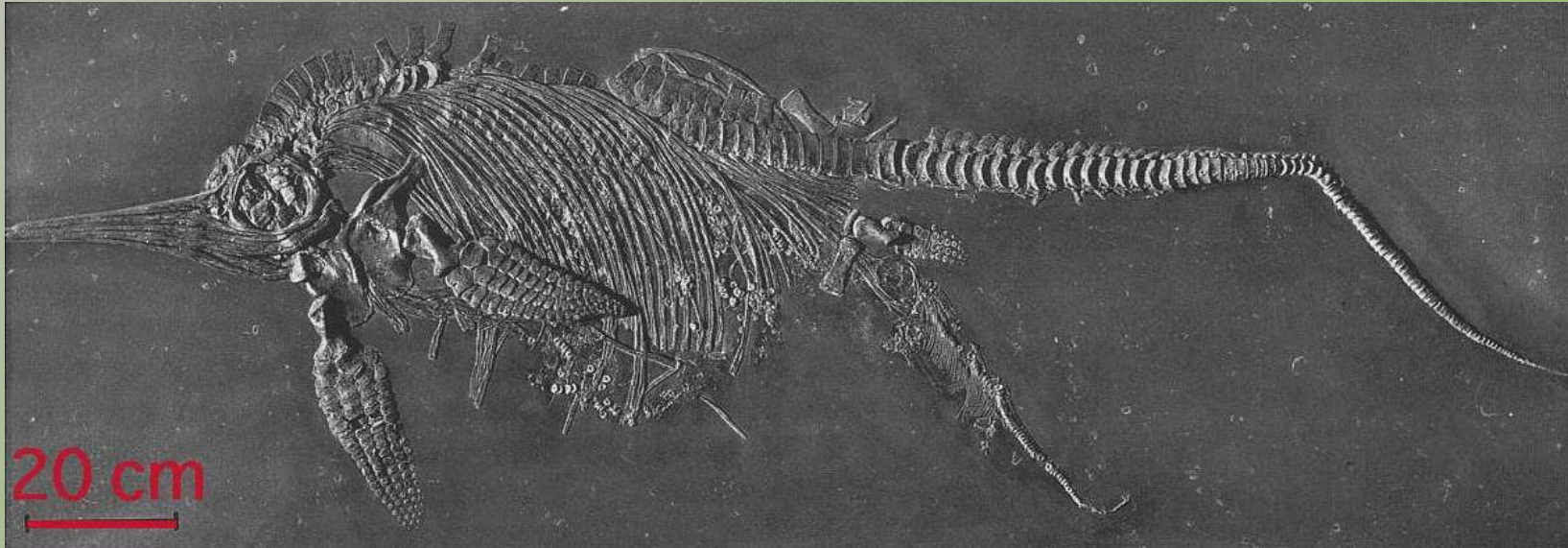




Placenticeras
Cretaceo
South Dakota,
USA

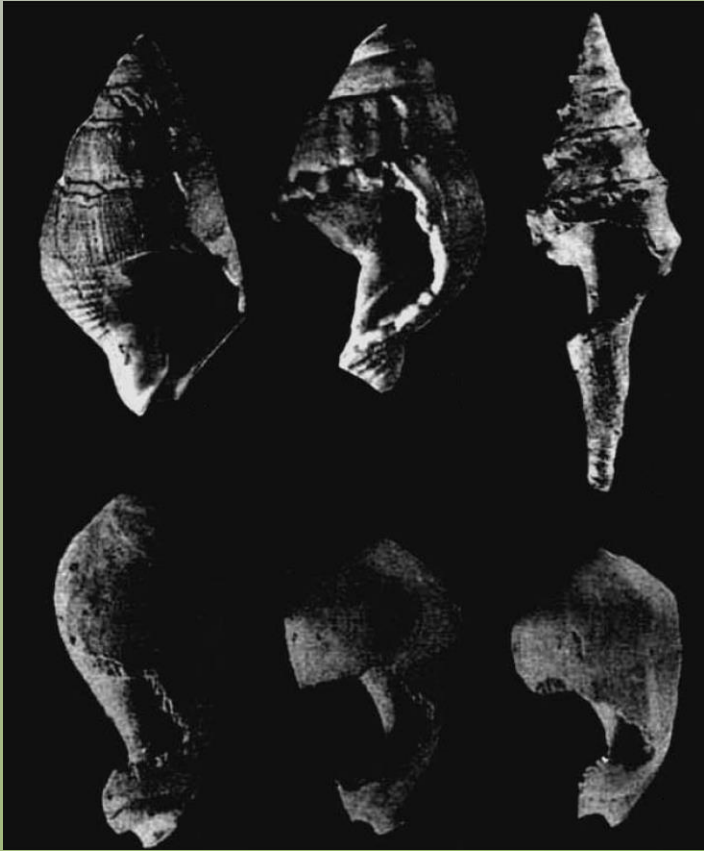


Mosasaurus hoffmanni

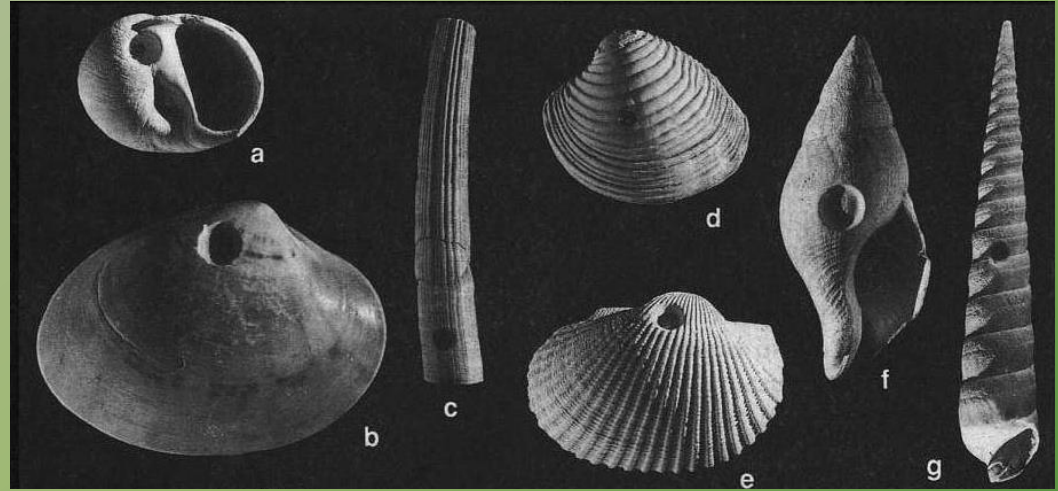


Stenopterigius quadriscissus
Giurassico Inf.,
Holzmaden, Germania

Forme fossili



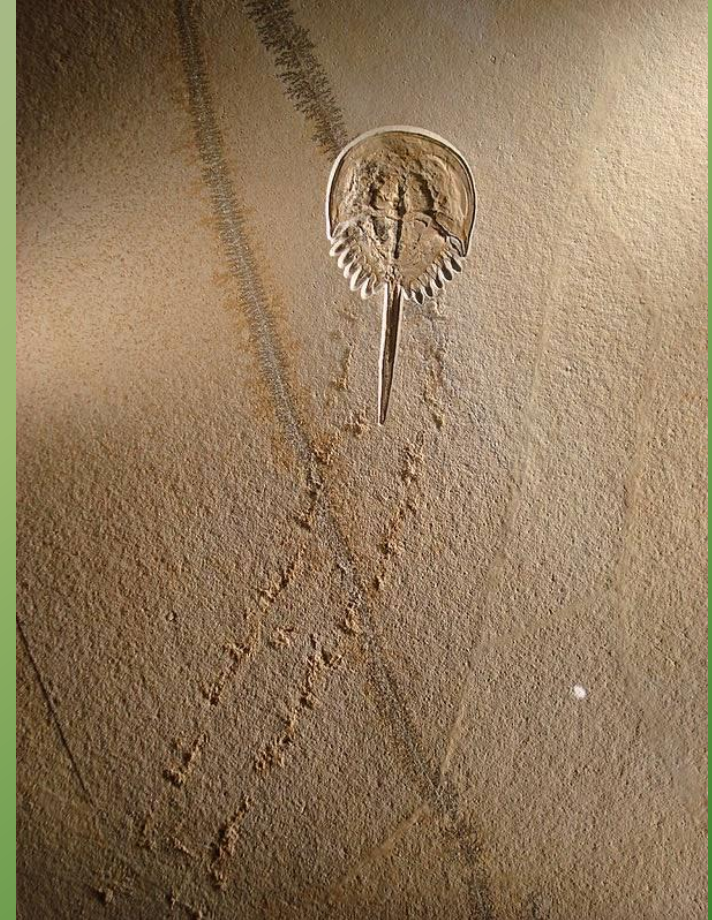
Forme attuali





Mesolimulus

Giurassico Sup., Solnhofen, Germania



Biostratinomia

Analizza la storia sedimentaria delle spoglie degli organismi, vale a dire, prende in considerazione tutti i quei processi che avvengono tra la morte di un organismo ed il suo seppellimento definitivo.

Necrolisi

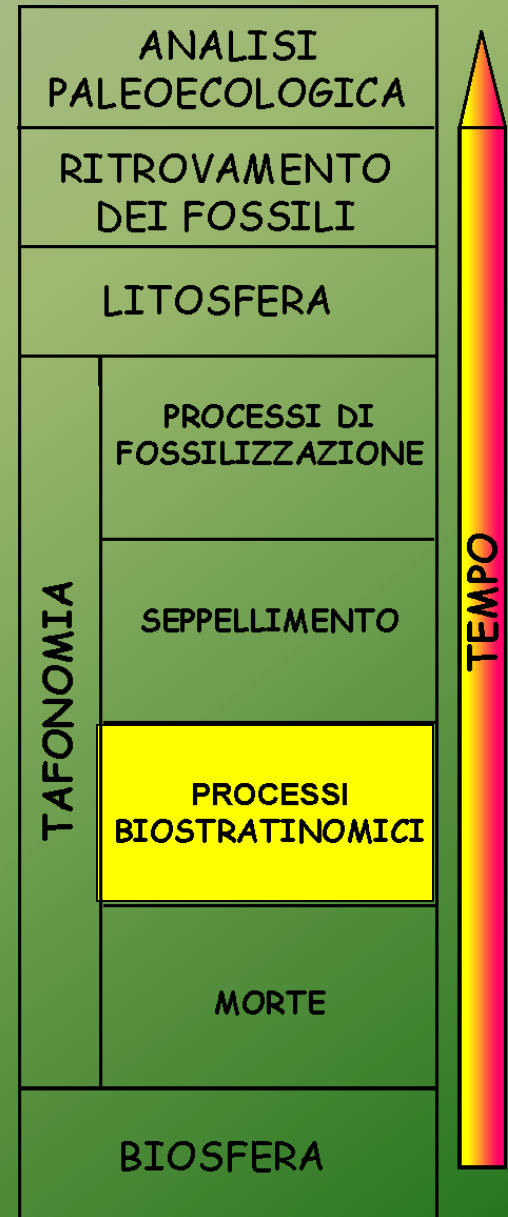
*decomposizione
disarticolazione
macerazione
predazione post mortem
bioconfezione
combustione*

Bioerosione

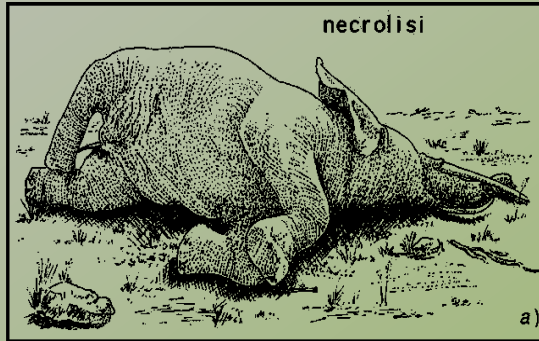
Dissoluzione

Trasporto

*logorio meccanico
selezione meccanica
deposizione orientata
Prefossilizzazione*



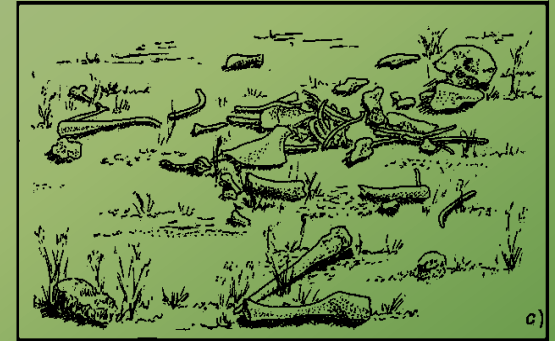
Necrolisi e smembramento



Dopo tre giorni



tre settimane

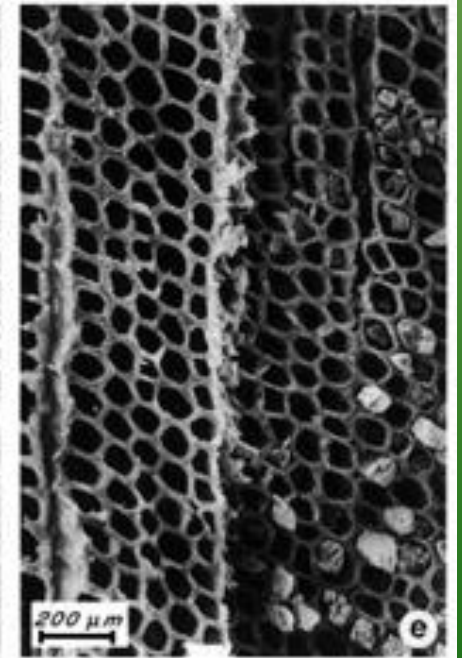
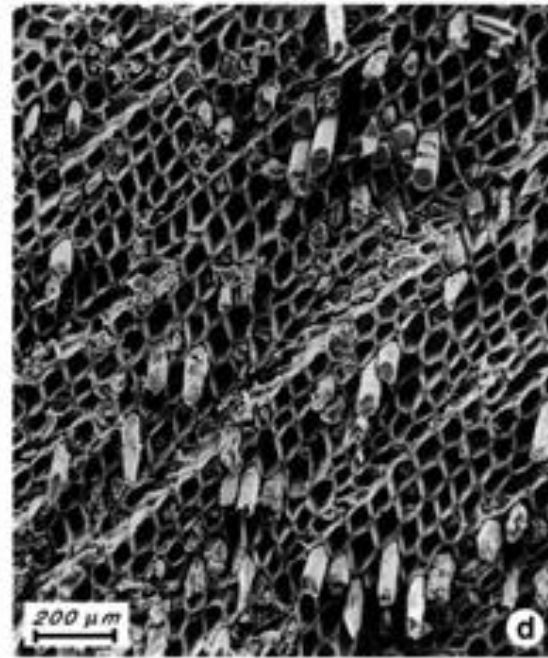
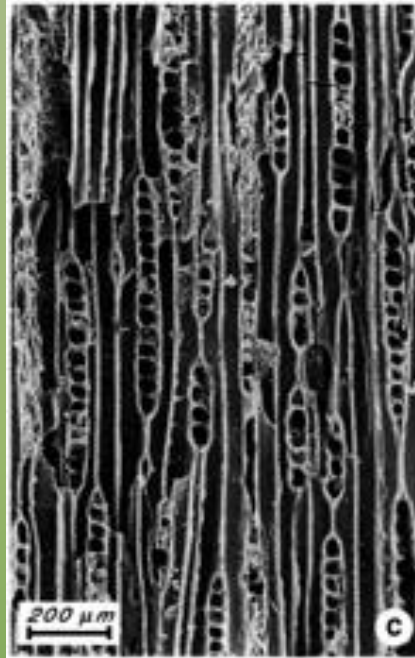
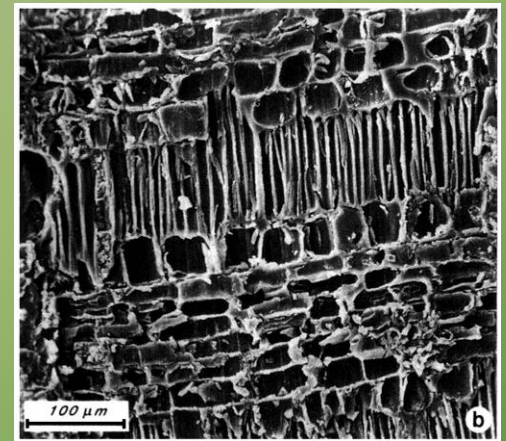
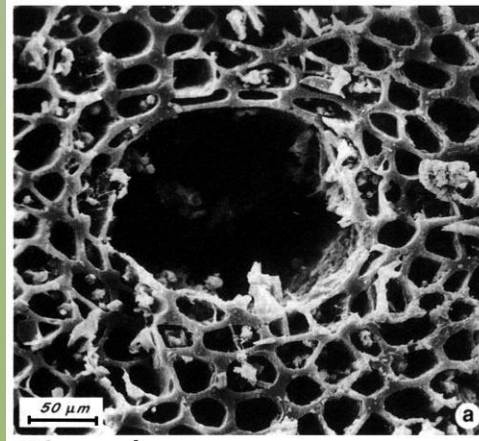


..... un anno

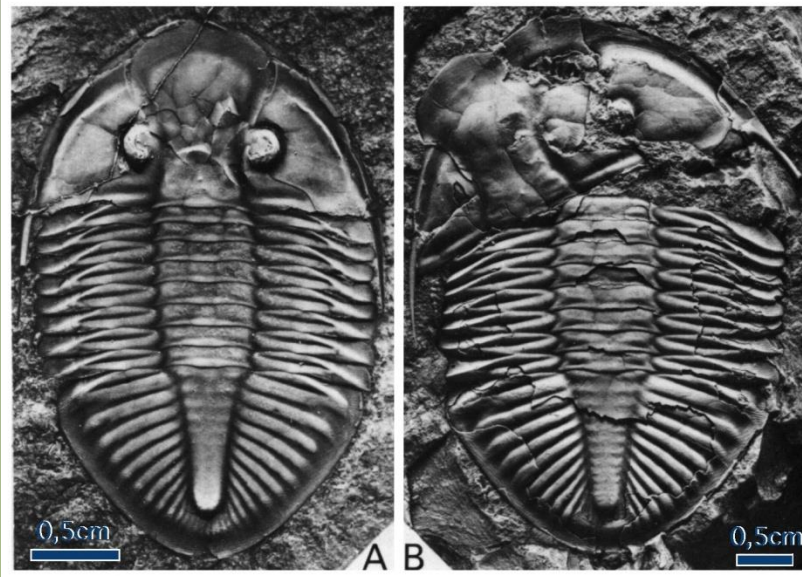


Combustione

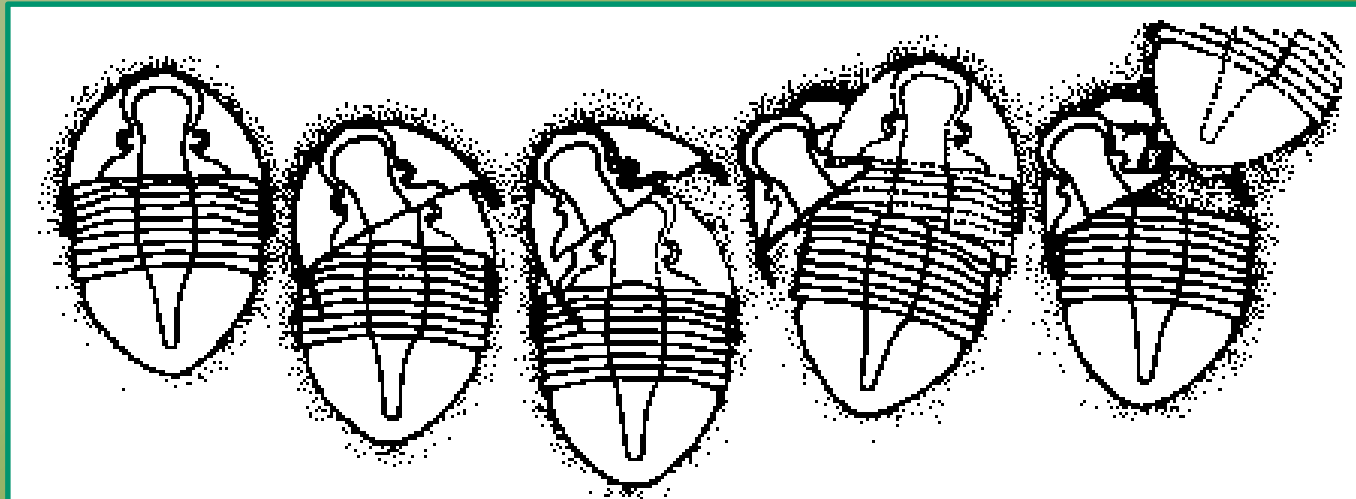
- a) *Pinuxylun* sp., Cretaceo
Superiore, Texas, USA
b) *Pinuxylun* sp., Miocene,
Svizzera
c-e) *Dadoxylon* sp., Permiano
Inferiore, Texas, USA



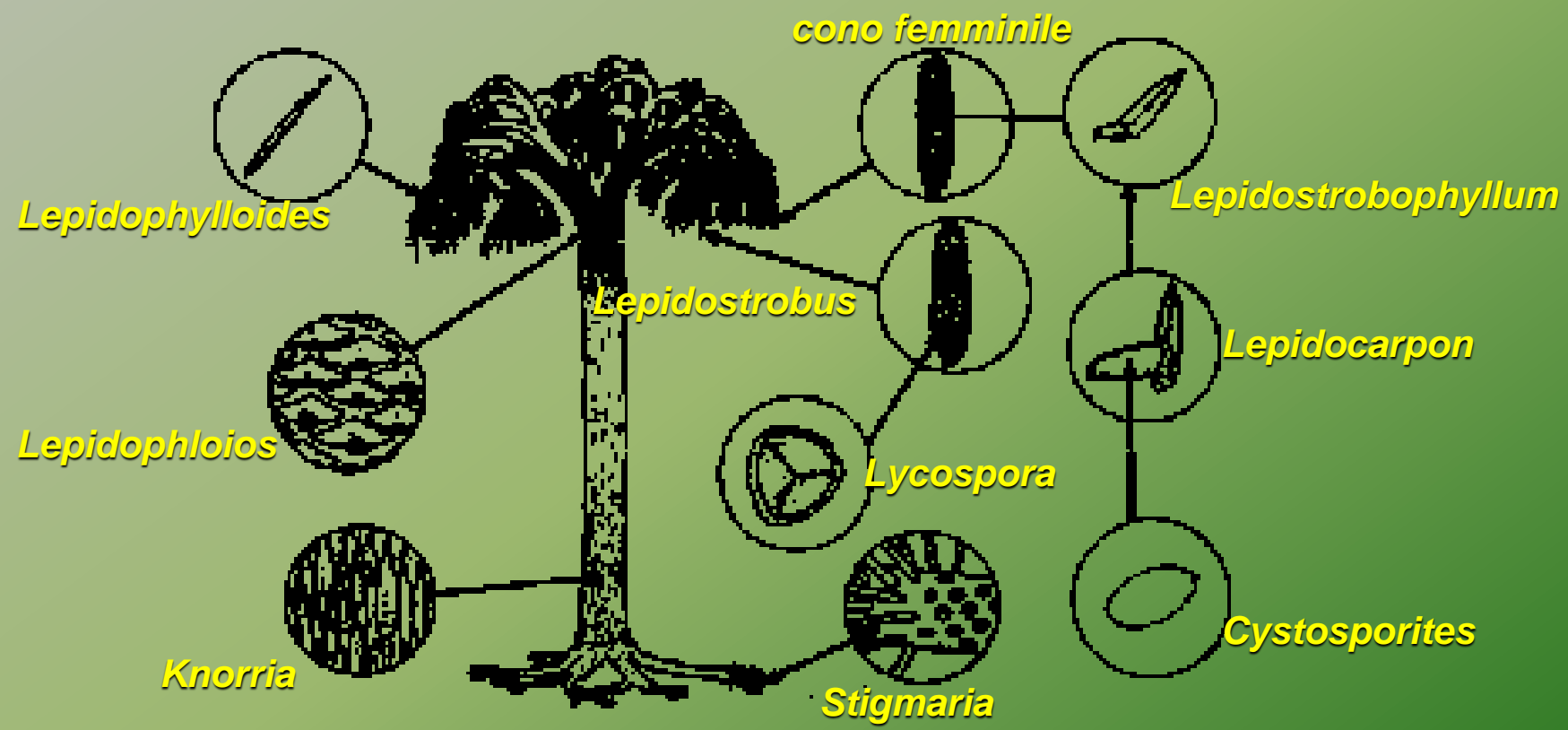
Disarticolazione



Pseudogygites latimarginatus
Ordoviciano superiore
Ontario, Canada



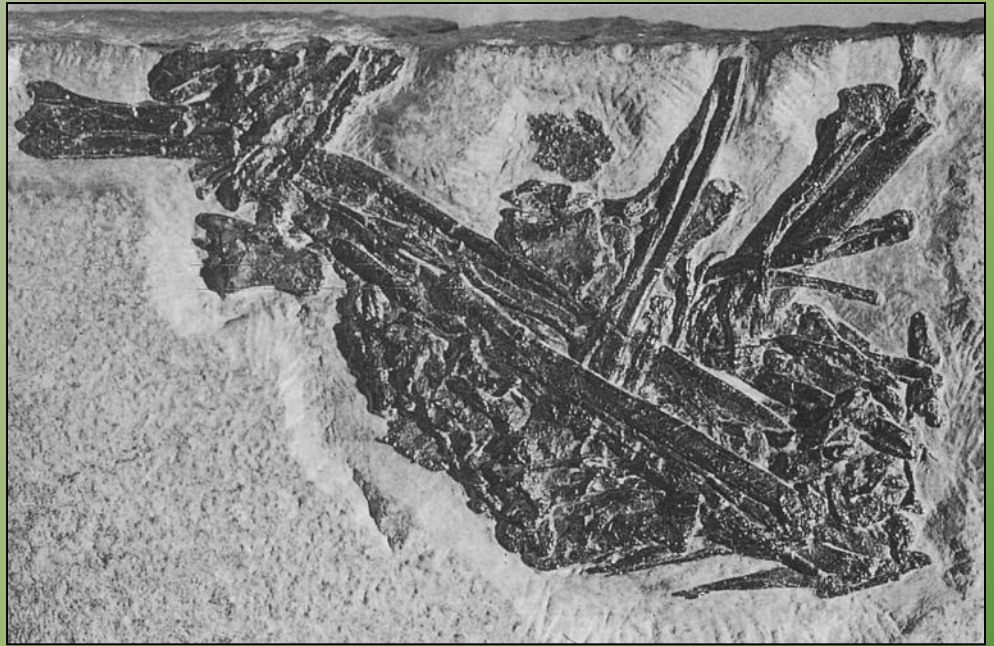
Disarticolazione



Licofita arborea del Carbonifero

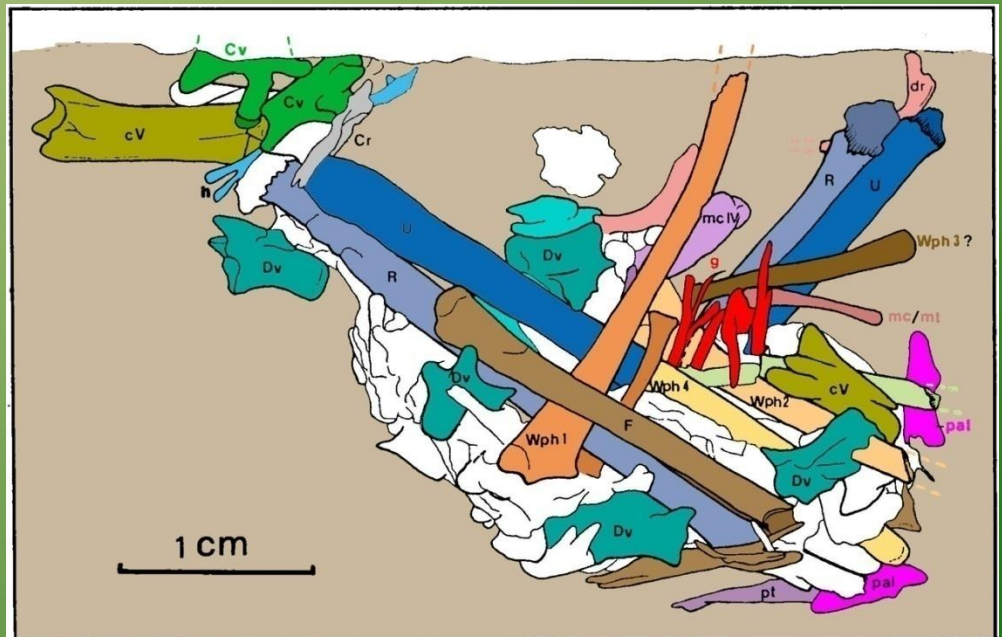
Bioconfezione

Bolo gastrico costituito da un agglomerato d'ossa di pterosauro attribuito a *Preondactylus buffarinii* Dalla Vecchia, Muscio & Wild, 1989. Questo reperto è stato rinvenuto nel Triassico Sup. (Norico) nella Formazione della «Dolomia di Forni» nella Valle del Tagliamento.



Ossa identificate:

Cr: costola cervicale; Cv: **vertebra cervicale**; cV: **vertebra caudale**; dr: **costola dorsale**; Dv: **vertebra dorsale**; dr: **costola dorsale**; F: femore; g: **costola/e gastrale/i**; h: **emiapofisi anteriore**; mcl V: **metacarpale alare**; mt: **metatarsale**; pal: **palatino**; pt: **pterigoide**; R: radio; U: **ulna**; Wph 1-4: **falangi alari 1-4**; le parti in bianco sono resti non identificabili.

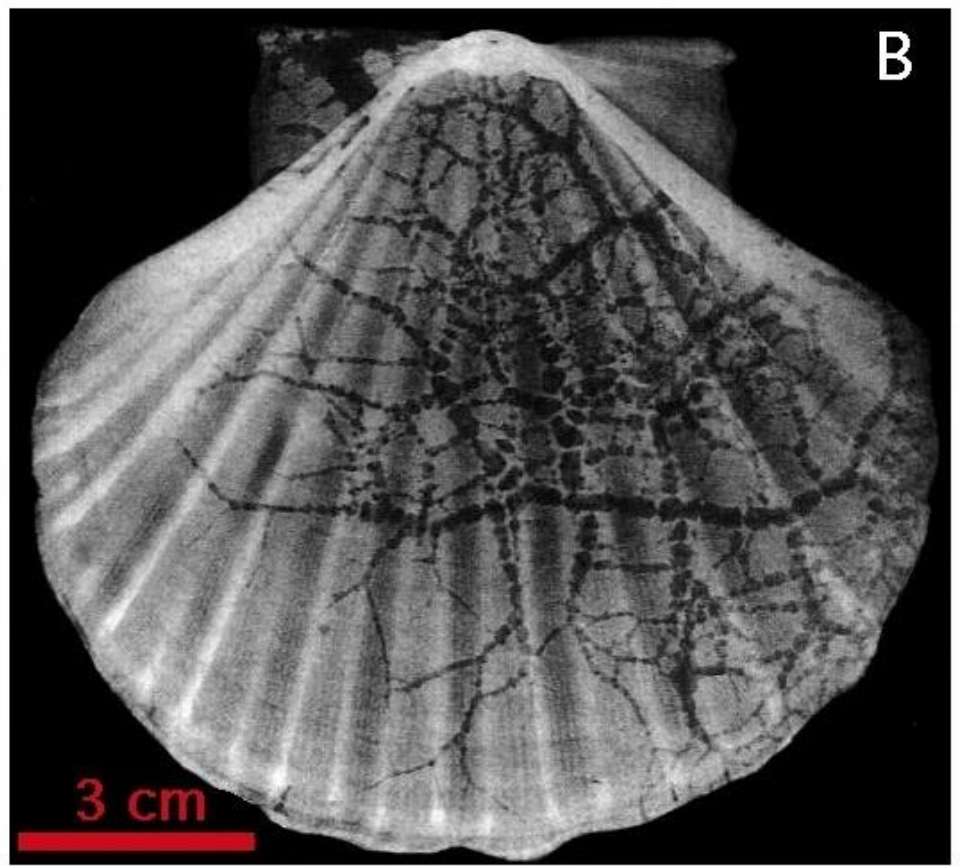


Bioerosione



Strombus coronatus

Microgallerie prodotte da organismi perforanti sulla conchiglia di un gasteropode

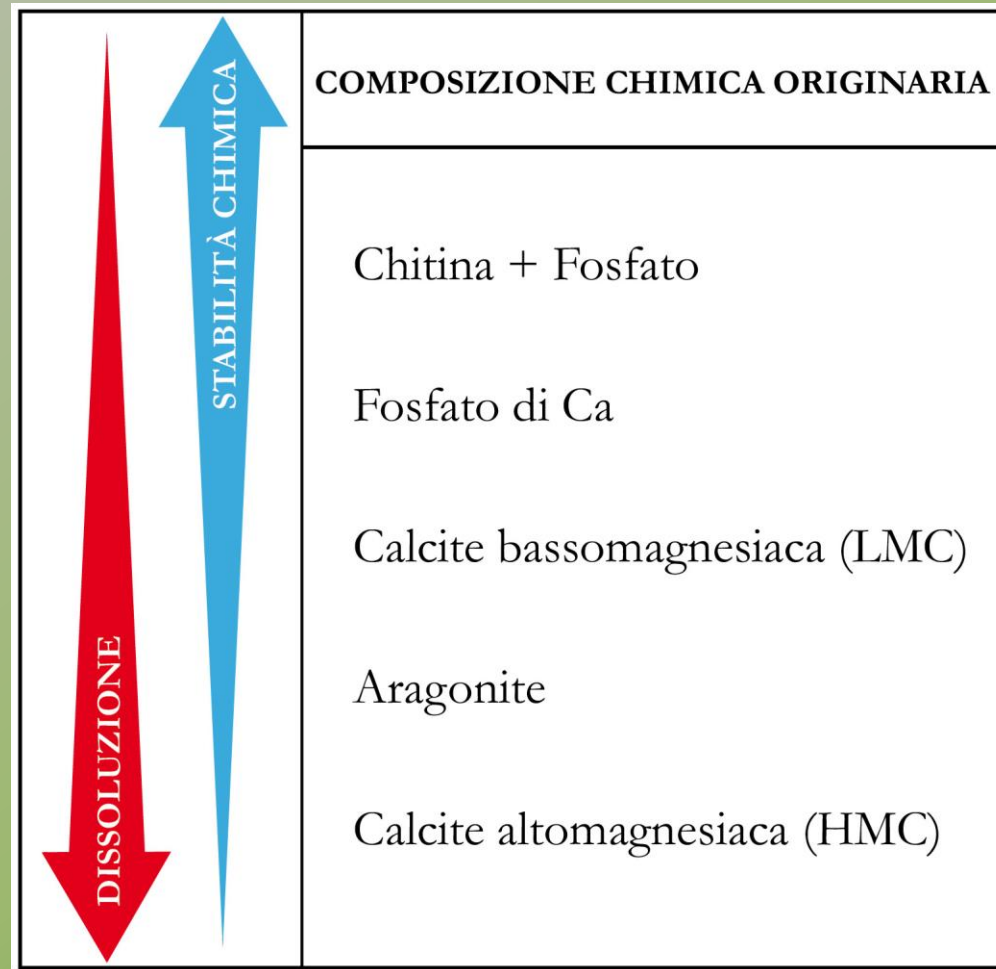


Pecten maximus

Perforazioni prodotte dalla spugna *Cliona* all'interno del guscio di un *Pecten*

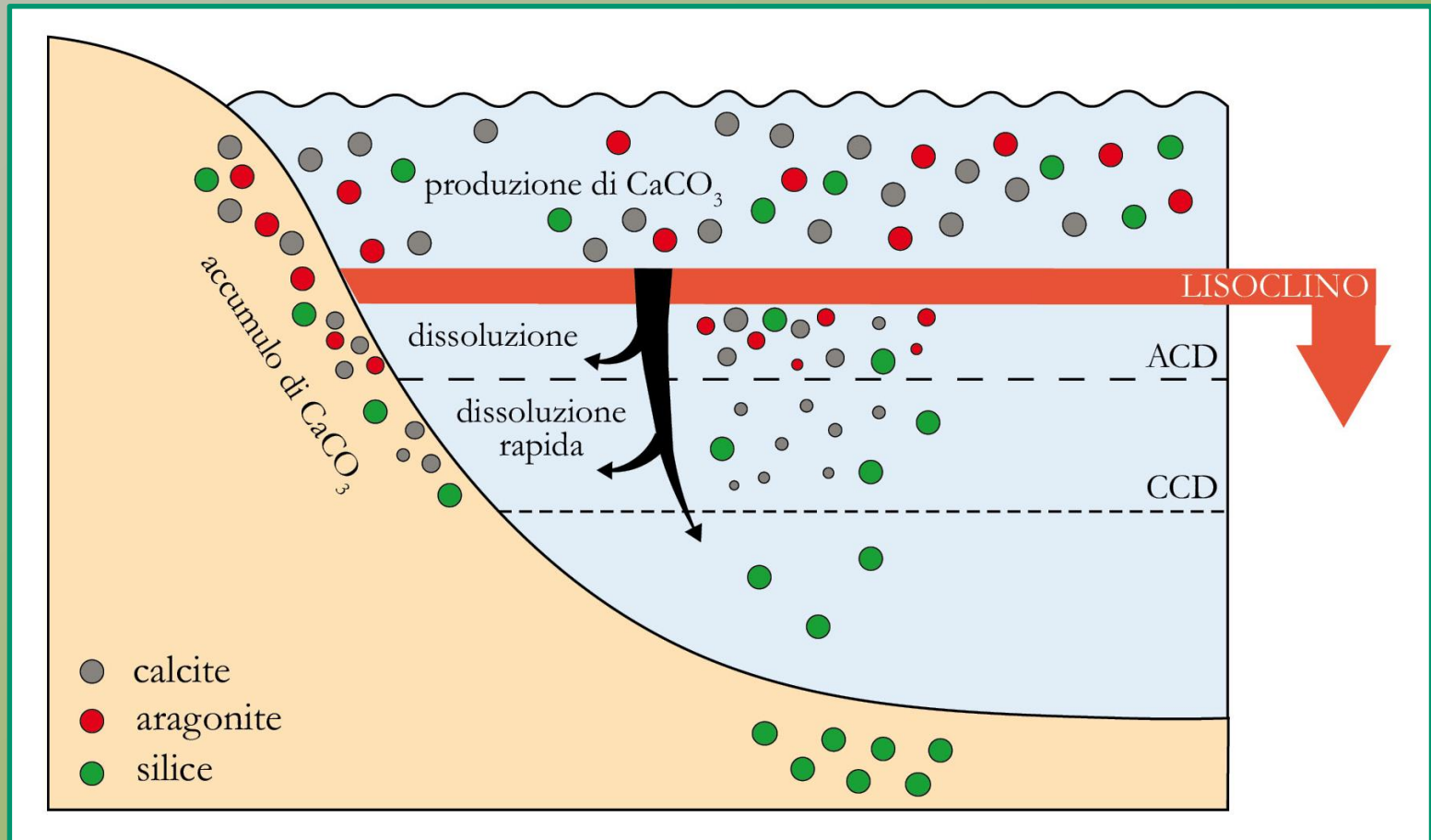
Fotografie a raggi X

Dissoluzione



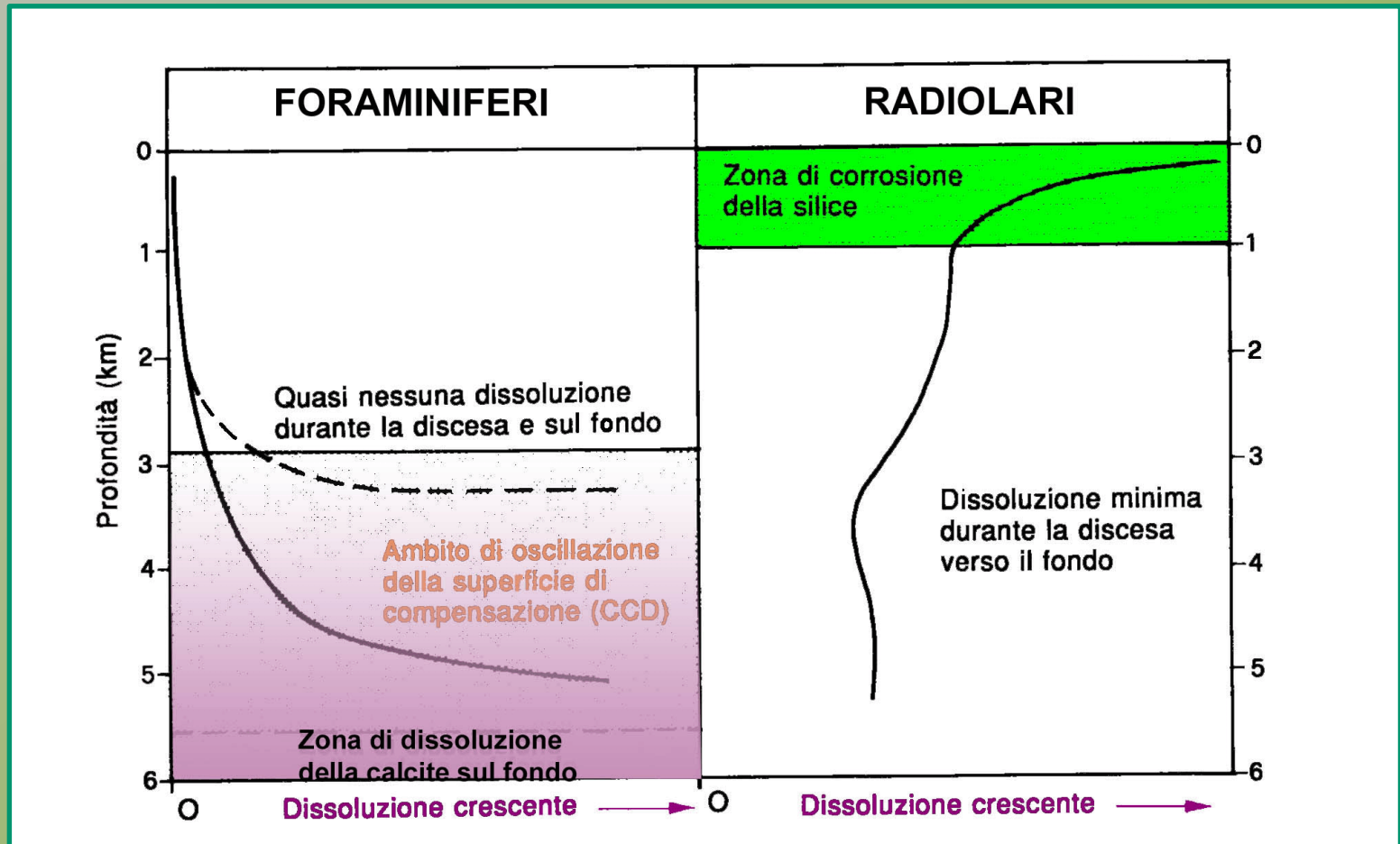
Stabilità chimica dei principali biominerali

Dissoluzione



Lisocline e profondità di compensazione della Aragonite e della Calcite

Dissoluzione



Confronto tra i profili di dissoluzione dei foraminiferi planctonici (calcarei) e dei radiolari (*silicei*) su dati sperimentali.

Fattori che influenzano la profondità del CCD

La profondità del **termoclino** (zona di brusco cambiamento della temperatura che separa le acque calde superficiali da quelle profonde più fredde).

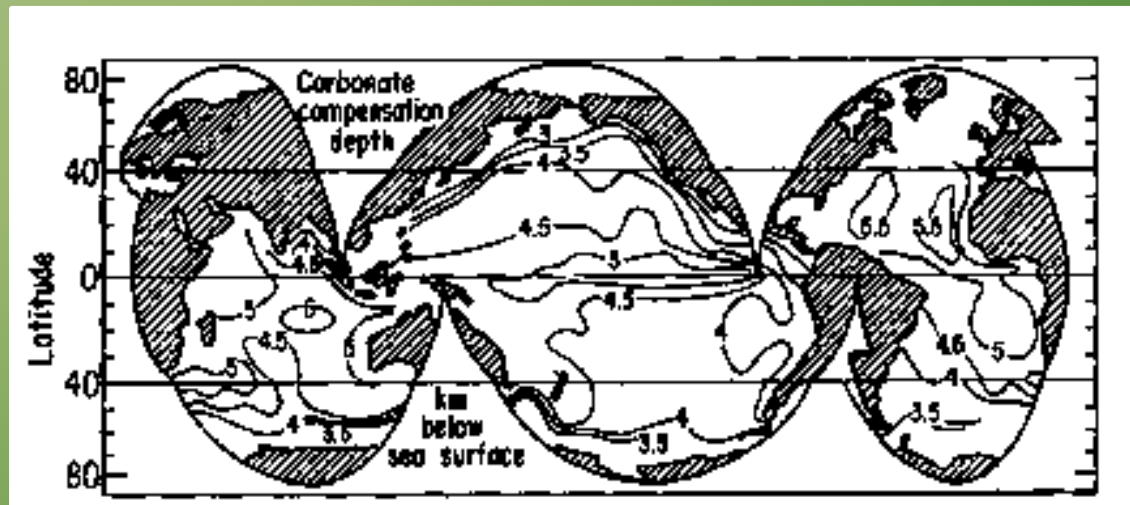
Produttività (produzione media di sostanza organica nell'unità di tempo).

Quantità di **bioclasti calcarei**.

Topografia dei fondali oceanici (condiziona la circolazione delle acque fredde polari tipicamente povere di carbonati e ricche di CO₂, quindi aggressive).

Concentrazione di ioni carbonato.

il CCD è più profondo nell'Atlantico, meno nel Pacifico e si abbassa in corrispondenza dei tropici per l'alta produzione di carbonati.



Fattori che influenzano la profondità del CCD

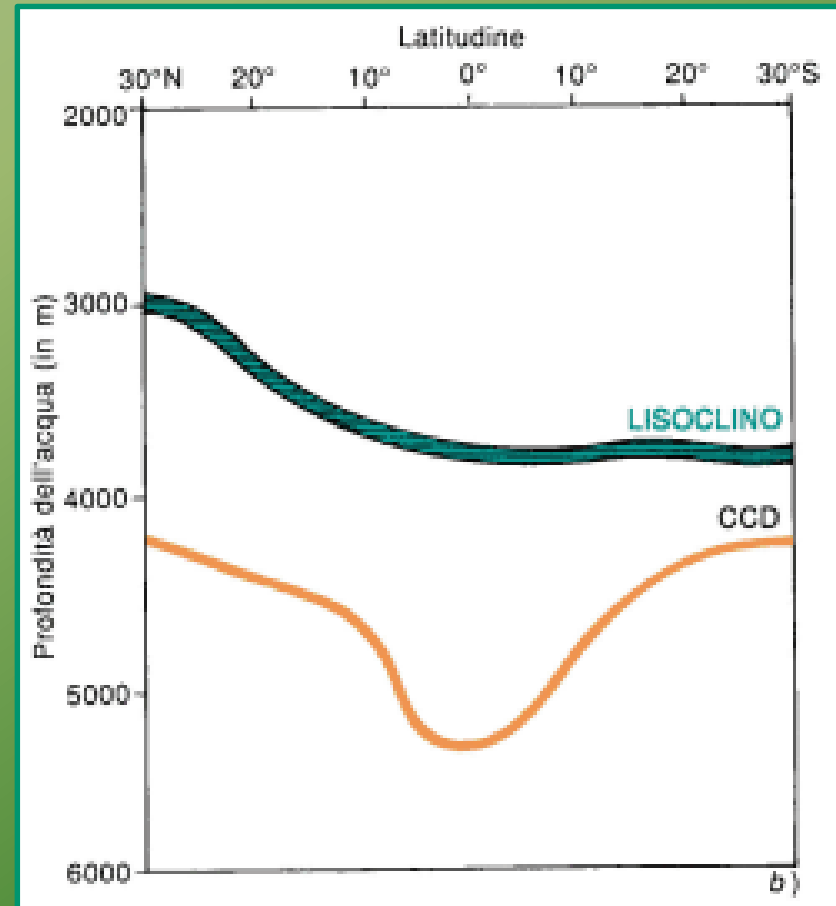
La profondità del **termoclino** (zona di brusco cambiamento della temperatura che separa le acque calde superficiali da quelle profonde più fredde).

Produttività (produzione media di sostanza organica nell'unità di tempo).

Quantità di **bioclasti calcarei**.

Topografia dei fondali oceanici

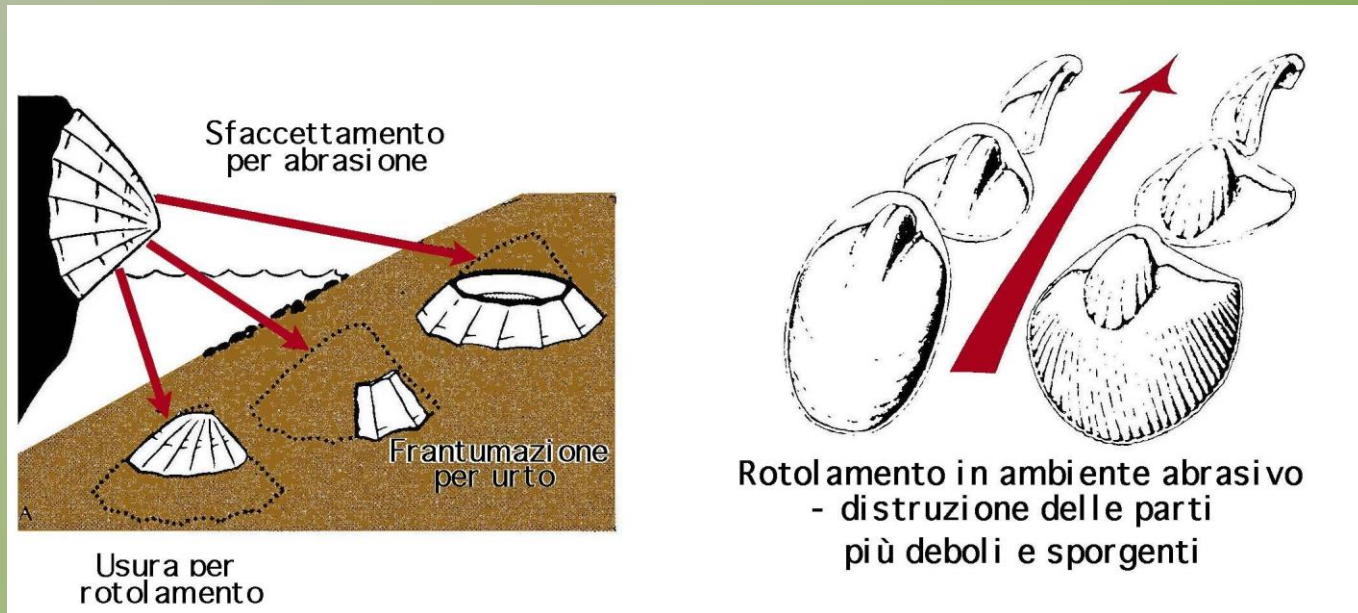
Concentrazione di ioni carbonato.



Andamento di lisocline e CCD nell'oceano Pacifico

Trasporto

Abrasione e frantumazione



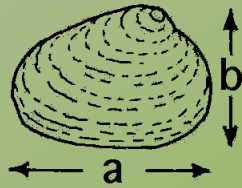
Trasporto

Tipi di trasporto:

Gravità

Correnti

Vento



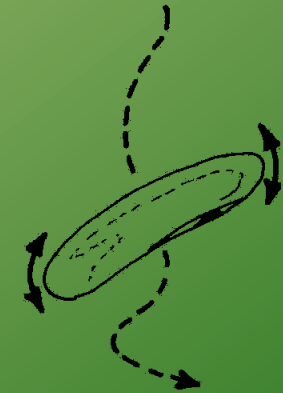
caduta stabile



caduta instabile

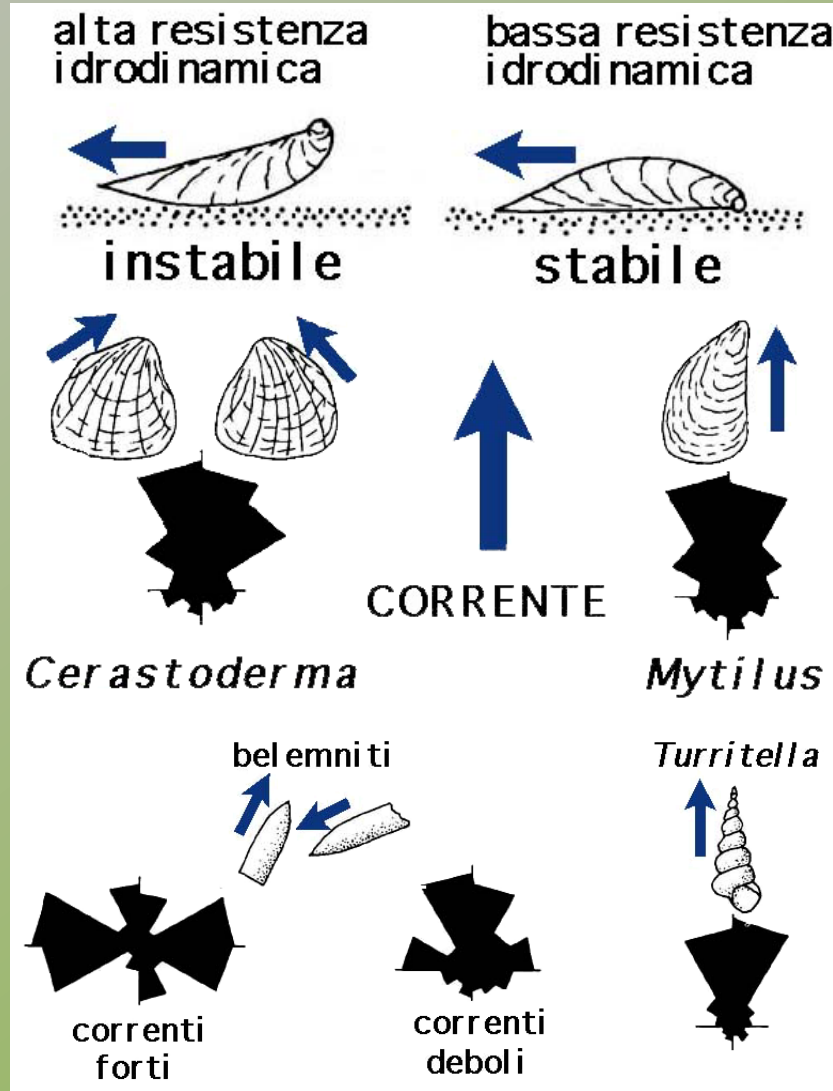


caduta regolare
(1 - b/a) < 0,4

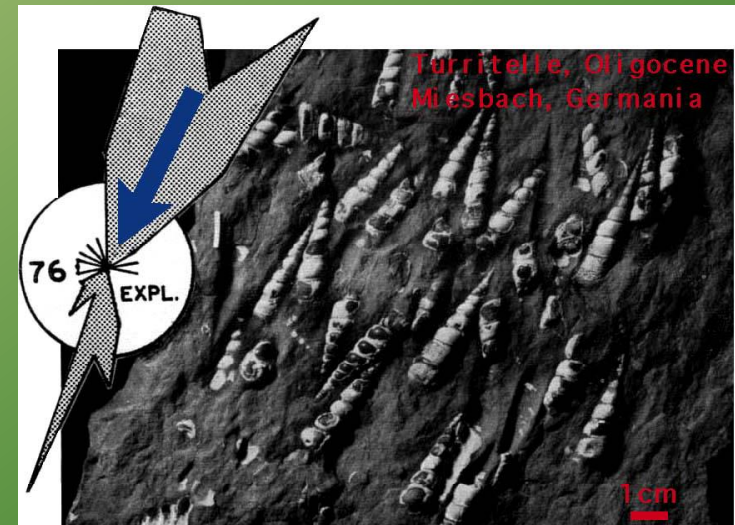


caduta irregolare
(1 - b/a) ≥ 0,4

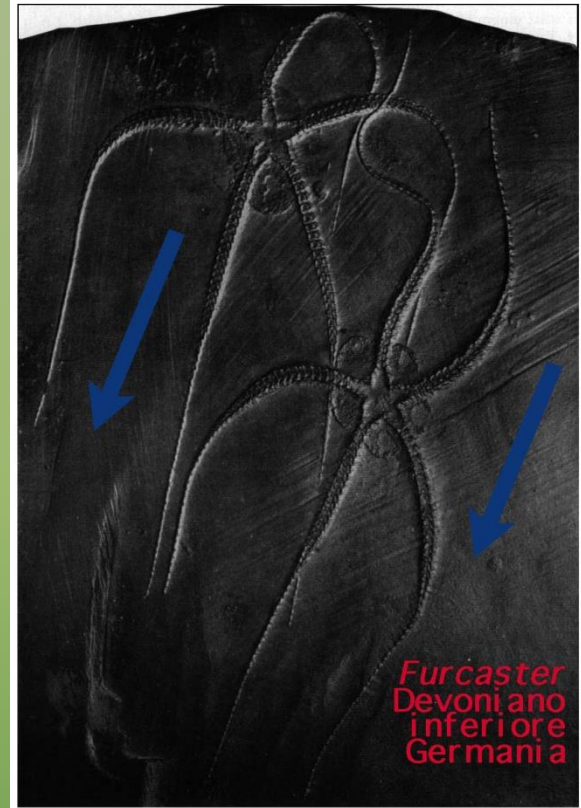
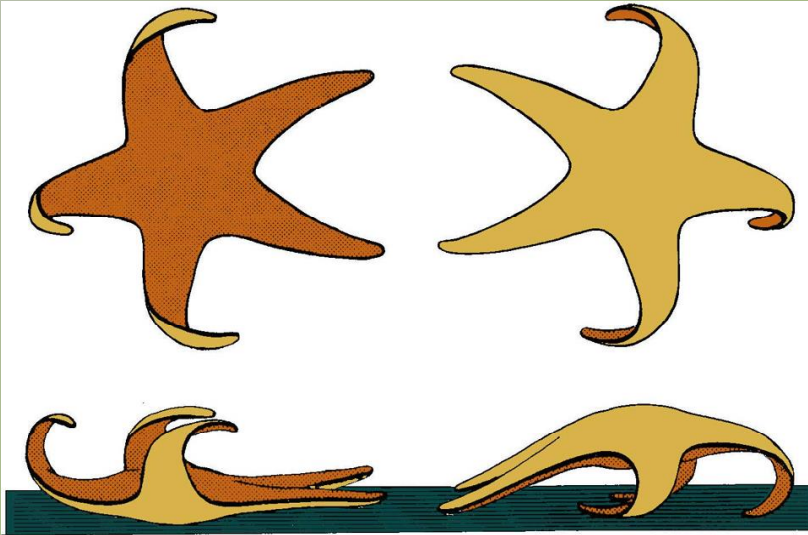
Orientazione da corrente



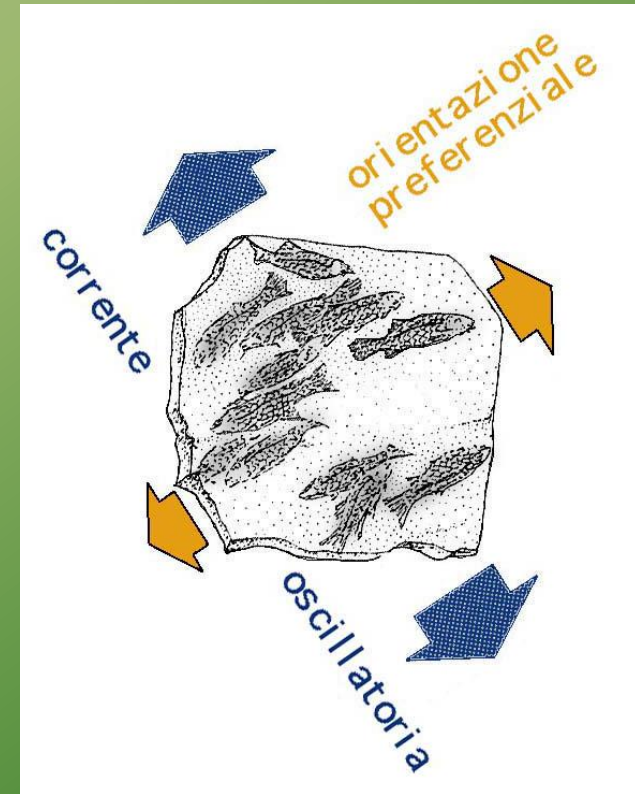
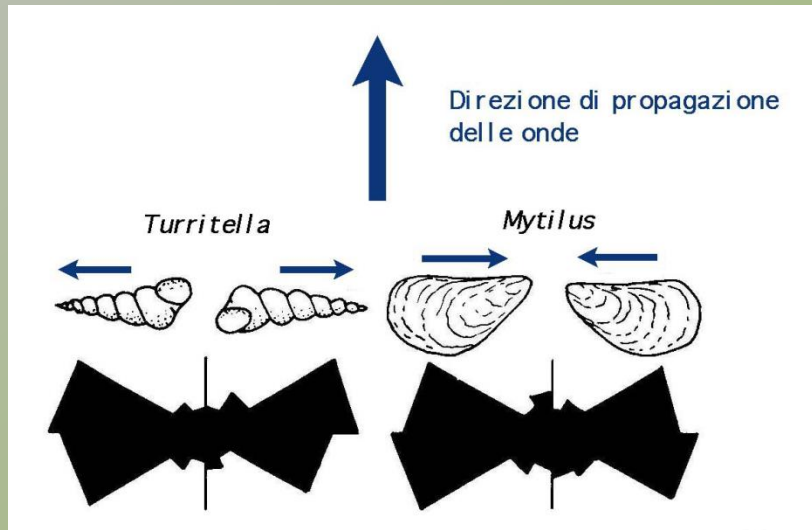
Tentaculites e Mutationella
Devoniano inferiore, Podolia (Russia)



Orientazione da corrente unidirezionale



Orientazione da moto oscillatorio



Seppellimento

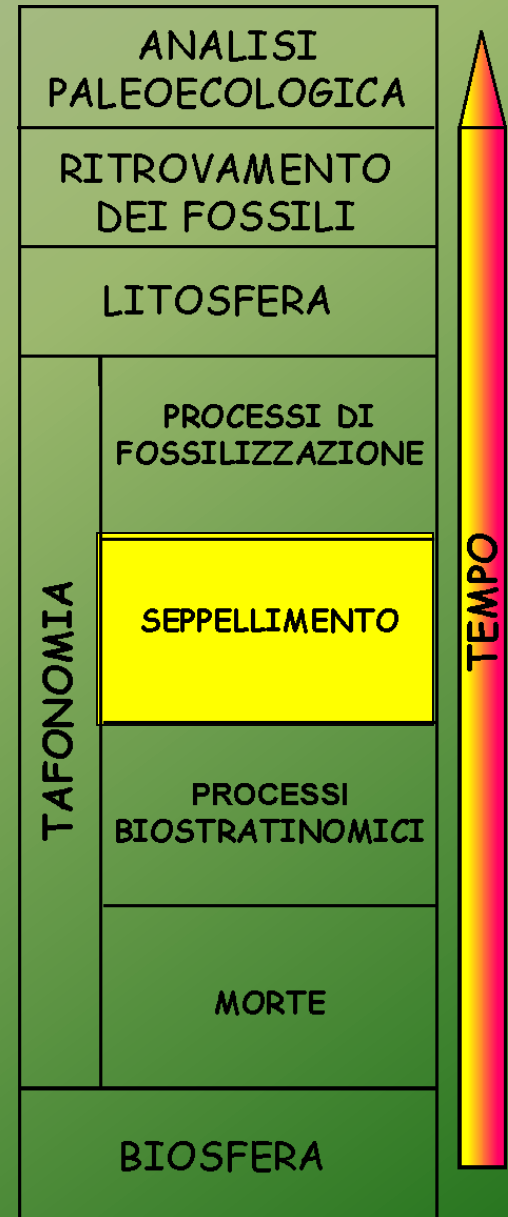
Seppellimento in detriti minerali

Inglobamento in detriti organici

Inglobamento in fluidi
petrolio greggio
resine vegetali
fanghi organici

Incrostazione

Bioimmurazione



Seppellimento in detriti minerali

I resti scheletrici hanno una diversa potenzialità di conservazione nei diversi tipi di sedimenti in funzione dei seguenti fattori:

TEMPI DI SEPPELLIMENTO

Sottrazione all'azione della
necrolisi,
necrofagia,
bioerosione,
dissoluzione,
e del trasporto

TIPO DI SEDIMENTO

granulometria
porosità
composizione mineralogica
chimismo dei fluidi

Diamenocrinus sp.
Devoniano Inferiore
Manica, Francia

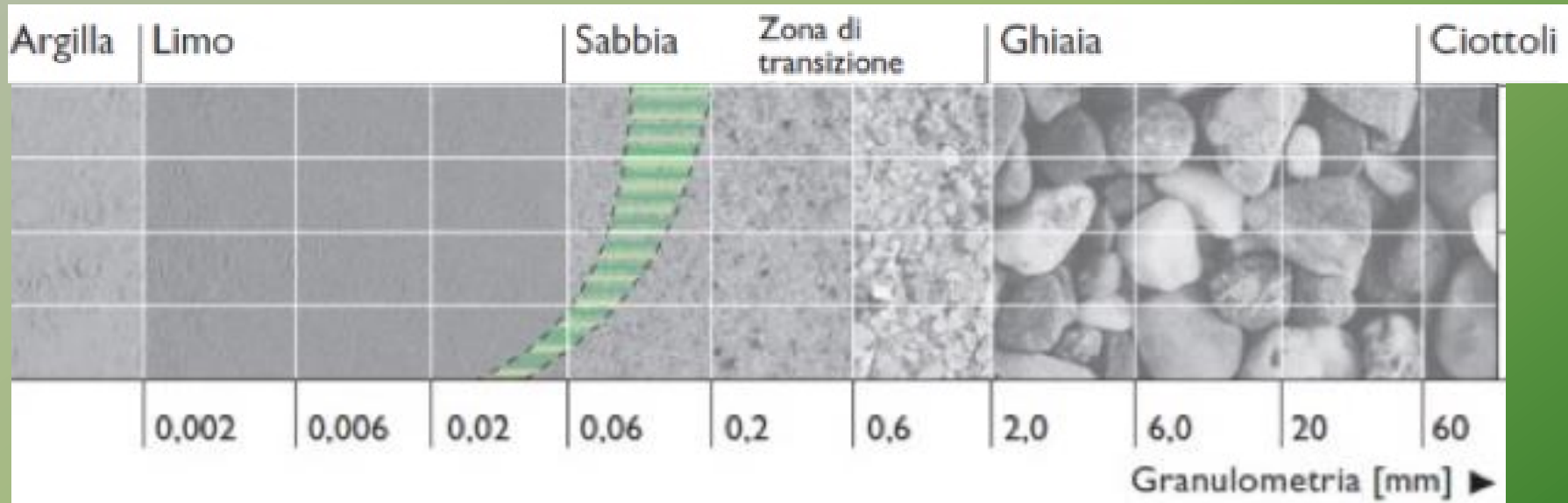


Aeger tipularius
Giurassico Superiore
Germania



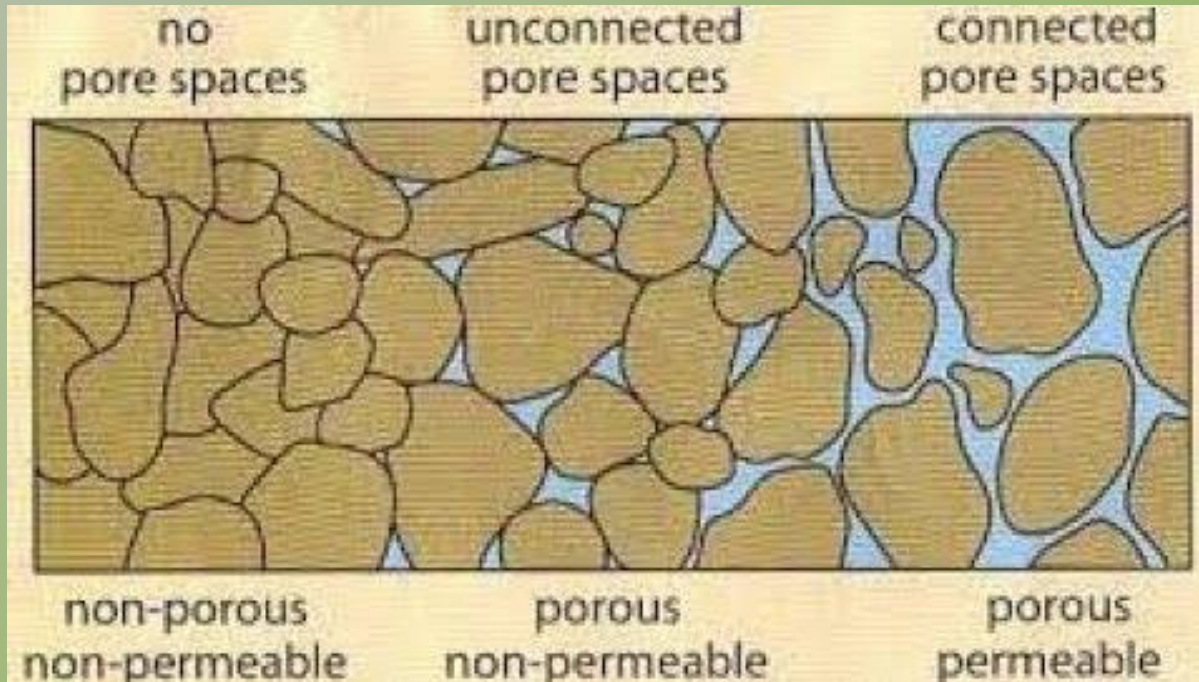
Seppellimento in detriti minerali

Granulometria



Seppellimento in detriti minerali

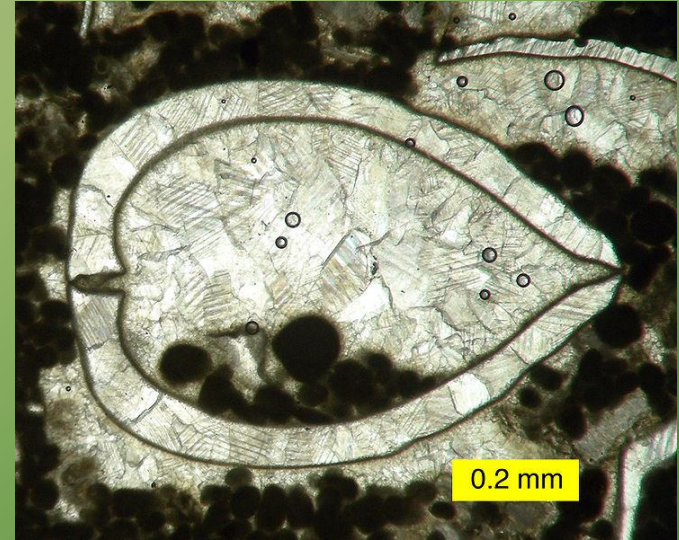
Porosità



A. Grain size		
"Gravel" > 2mm	Pebbles 4-64 mm	
	Granules 2-4 mm	
	Coarse sand 0.5-2 mm	
	Medium sand 0.25-0.5 mm	
	Fine sand 0.06-0.25 mm	
	Silt 0.004-0.06 mm	
	Clay < 0.004 mm	

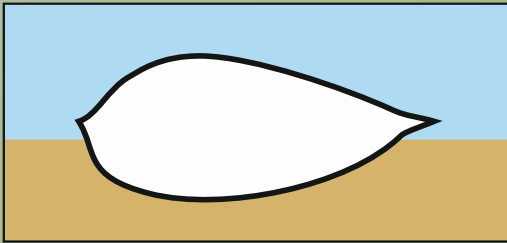
Seppellimento in detriti minerali

Strutture biogeopete

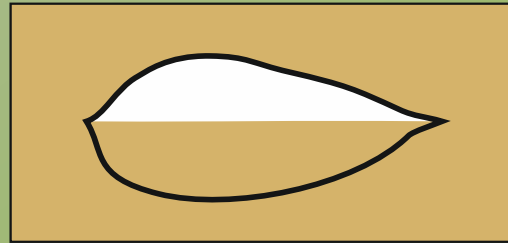


Seppellimento in detriti minerali

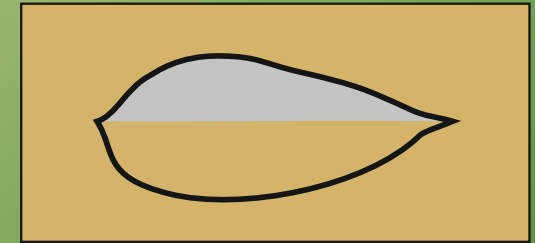
Strutture biogeopete



1. Un bivalve muore sul fondo del mare



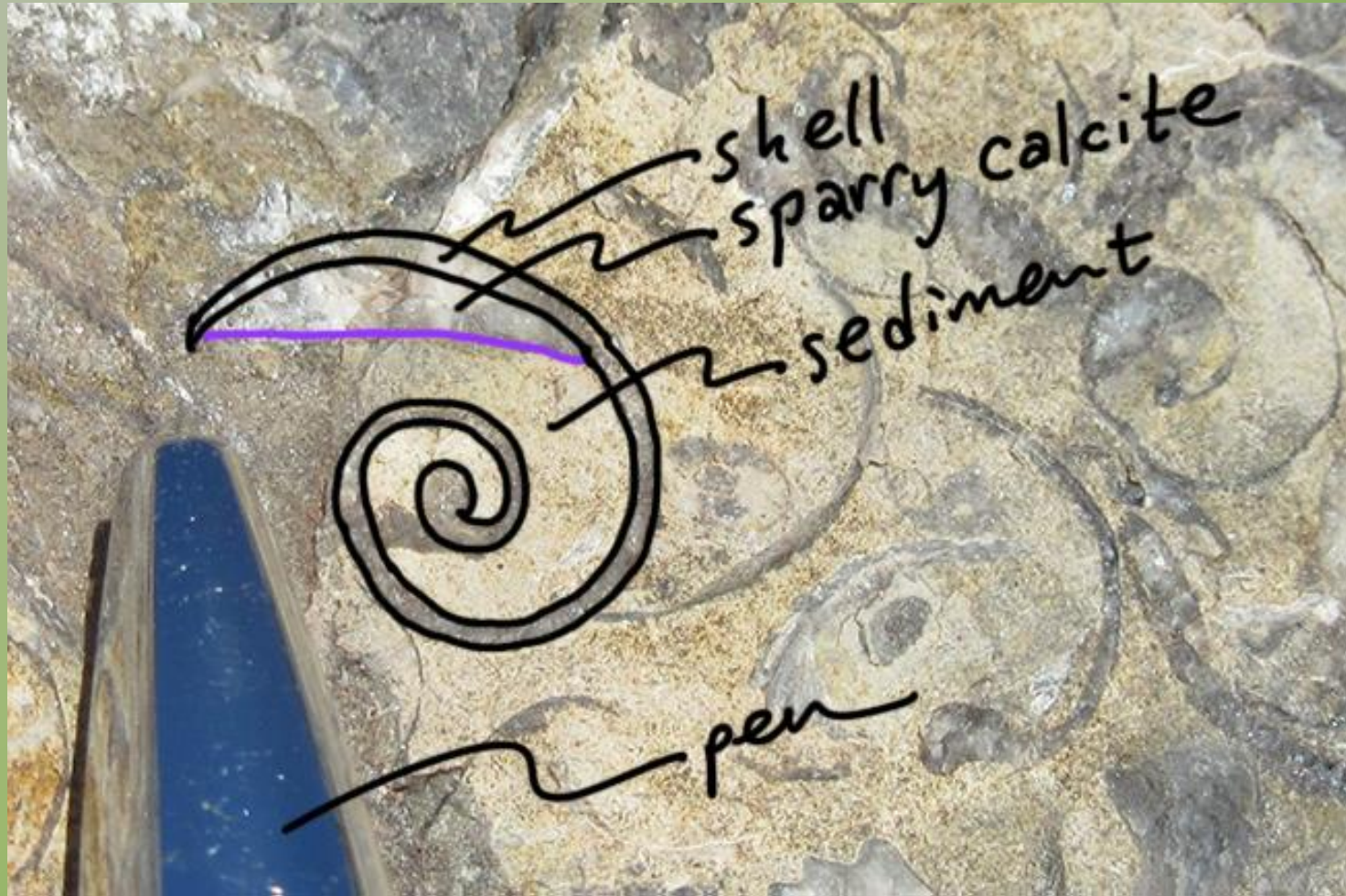
2. Viene ricoperto da sedimento e un po' di sedimento entra all'interno della conchiglia



3. I fluidi interstiziali che circolano nella roccia depositano minerali nella cavità

Seppellimento in detriti minerali

Strutture biogeopete

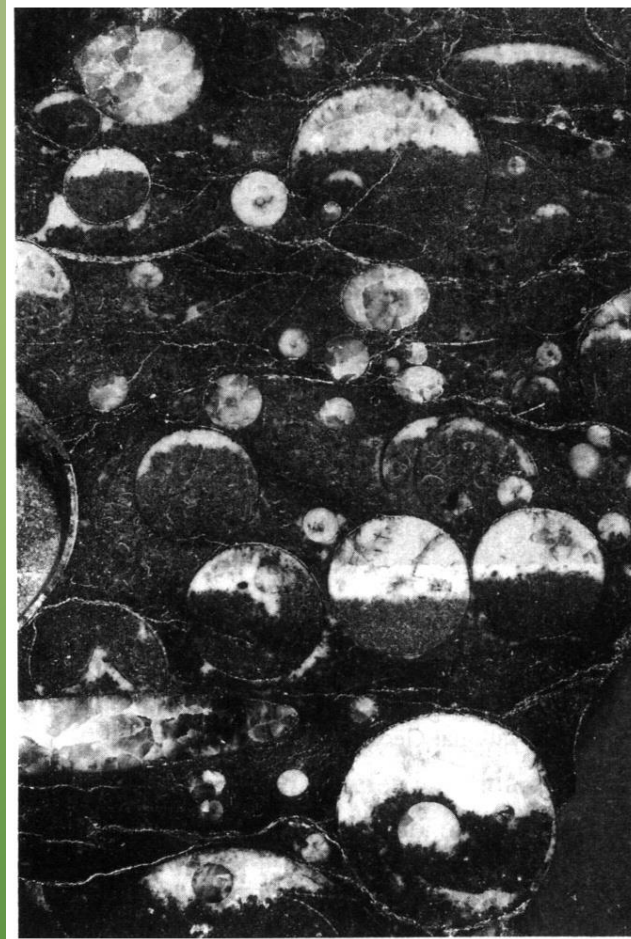
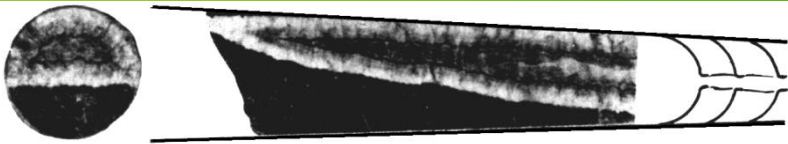
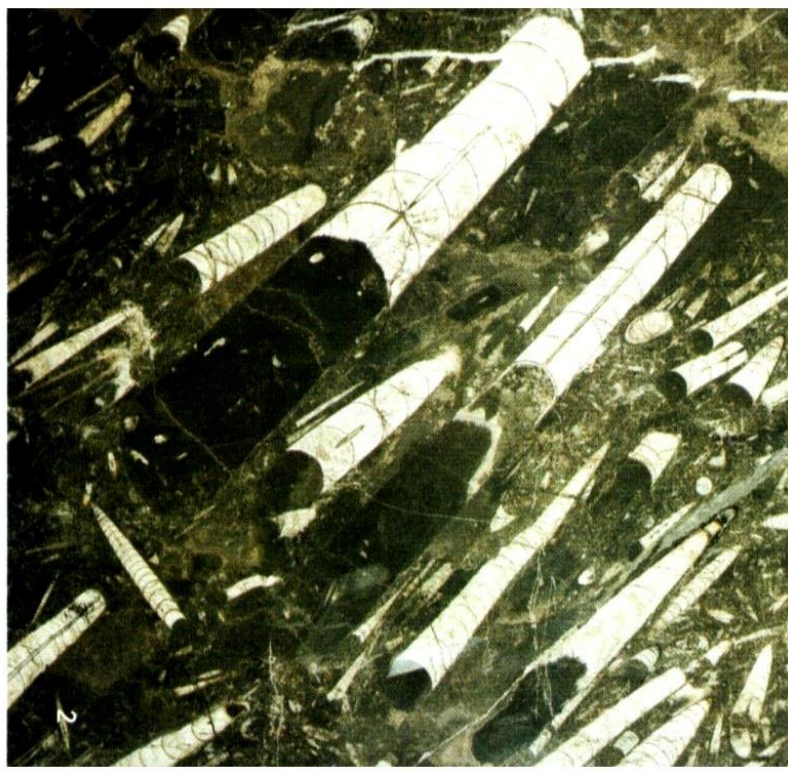


Gasteropodi - Carbonifero - West Virginia

Seppellimento in detriti minerali

Strutture biogeopete

Nautiloidi, visti in sezioni trasversali e longitudinali, con evidenti strutture biogeopete. Siluriano



Inglobamento in detriti organici



Inglobamento in fluidi - ambra

Le resine fossili che hanno subito un processo di polimerizzazione, durante la diagenesi sono chiamate «**ambre**». L'ambra del Baltico è certamente la più famosa: molto abbondante nelle parti meridionali di quelle che oggi sono le coste del Mar Baltico (da cui il nome) e prodotta in gran parte dalla conifera estinta *Pinus succinifera* durante il Terziario, ingloba conservandoli in modo quasi perfetto pollini, fruscoli vegetali ed insetti.

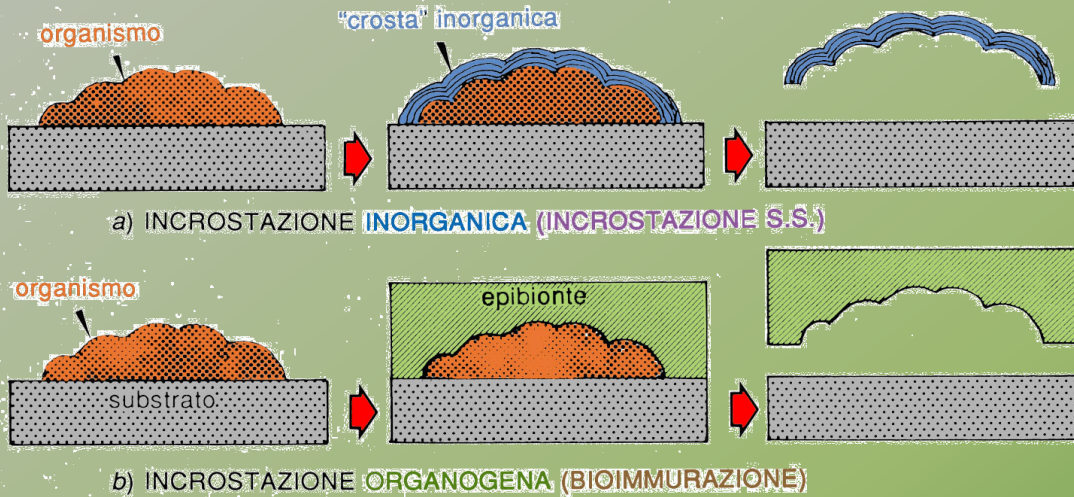


Inglobamento in fluidi - Petrolio greggio

Gli esempi più famosi sono costituiti dai vertebrati pleisto-olocenici intrappolati nei laghi d'asfalto di Rancho La Brea (oggi parco nel centro di Los Angeles) che hanno preservato fauna e flora di quelle età, permettendo un'accurata ricostruzione di quel paesaggio (catena trofica compresa).



Incrostazione e bioimmurazione



Simplidium brandesi (Briozoo)
 Cretaceo inferiore (Berriasianno), Crimea.

1 cm

Bioimmurazione



Ginkgo adiantoides e *Fagus pliocenica*
 Pliocene, Rep. Ceca



Resti vegetali conservati per incrostazione