

# TAFONOMIA

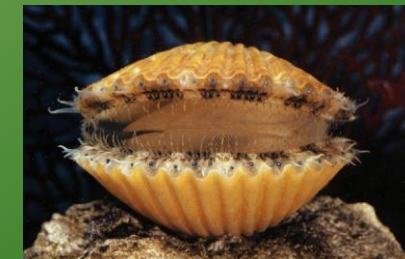
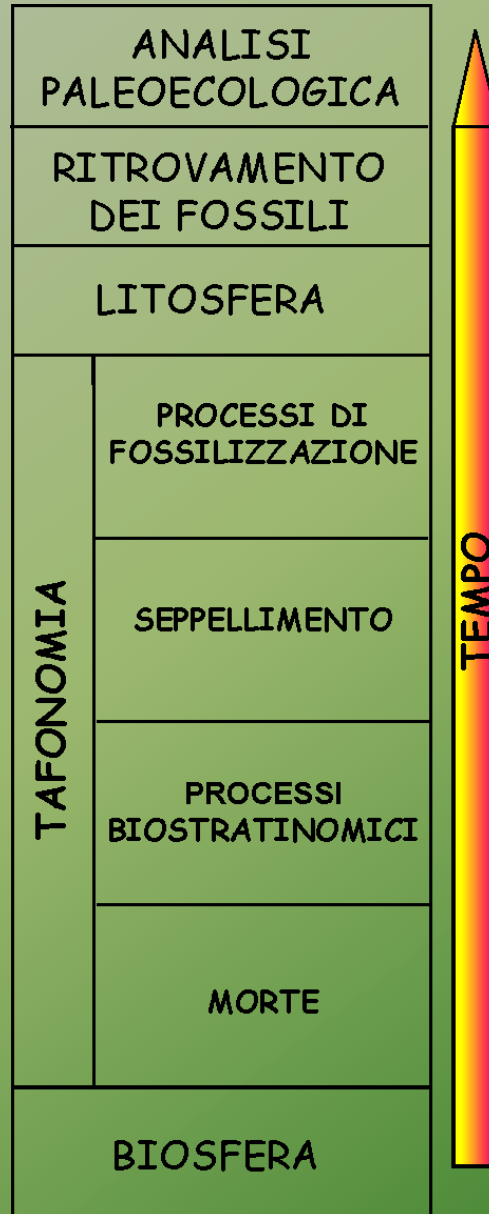
come si formano i fossili

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.



## 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.



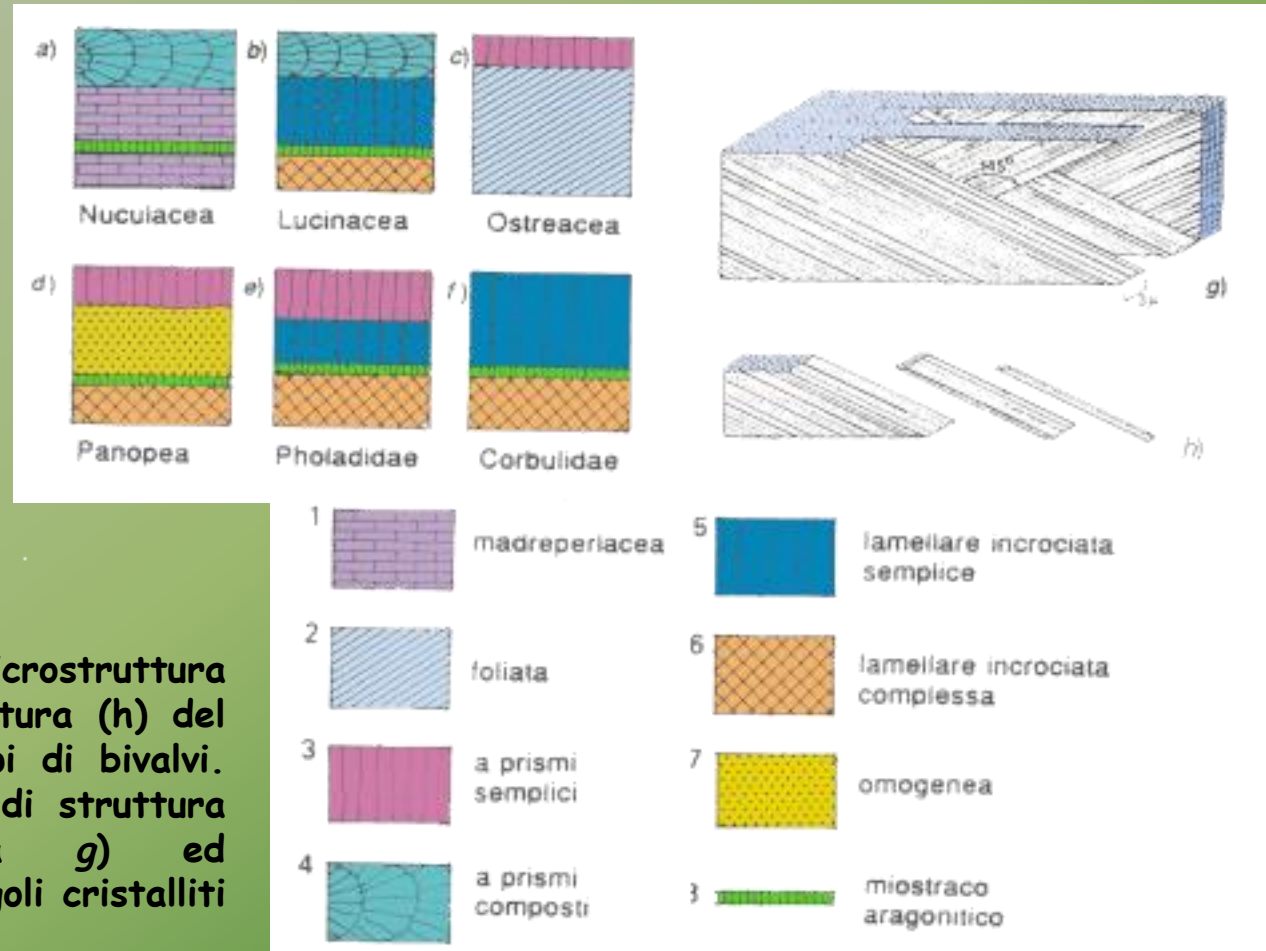
■ Abbondante  
■ Frequente  
■ Raro  
■ Assente

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

## 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	○	●		○		○	●	●

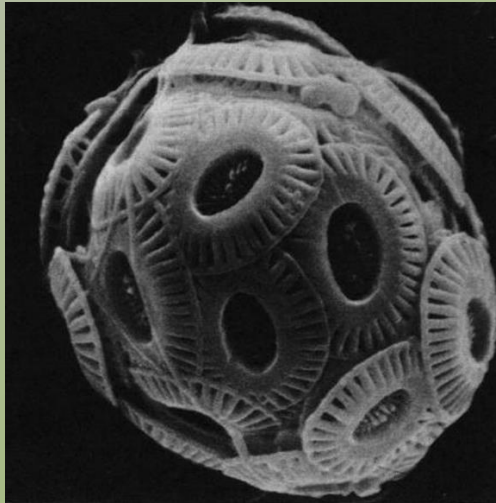
## Struttura delle parti dure



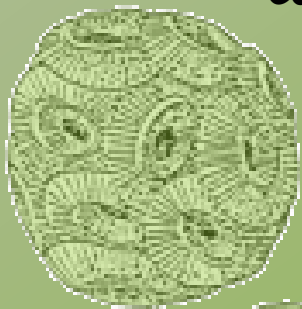
Architettura (a-f), microstruttura (1-8; g) e ultrastruttura (h) del guscio di alcuni gruppi di bivalvi. Vista tridimensionale di struttura lamellare incrociata g) ed ultrastruttura dei singoli cristalliti a-f), h)



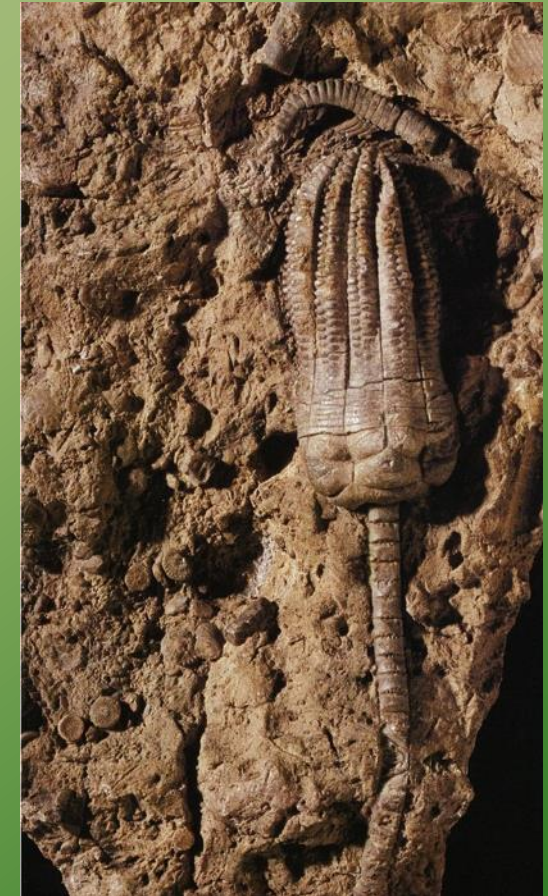
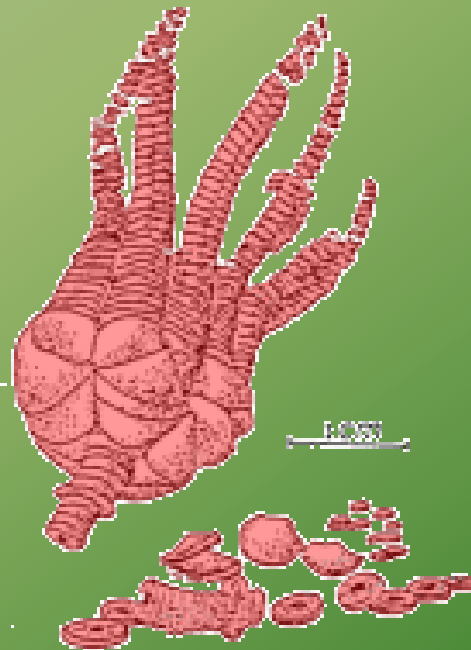
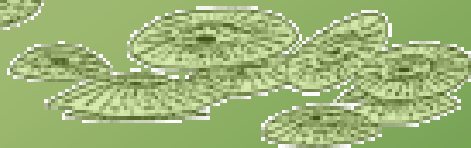
## Relazioni tra parti dure e parti molli



Coccosfera



100µm



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

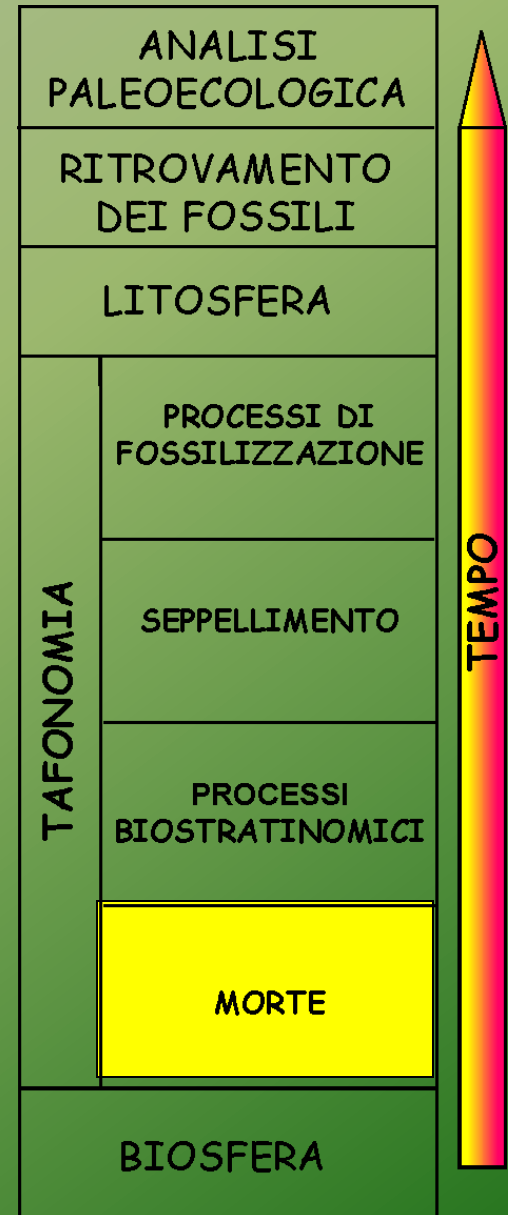
COMPETIZIONE ECOLOGICA

Apporti sedimentari istantanei  
(frane, torbiditi)

Avvelenamento da fitoplankton  
(eutrofizzazione)

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

VARIAZIONI  
AMBIENTALI  
ECCEZIONALI



*Mioplosus labracoides*



Eocene inferiore  
Wyoming (USA)

*Knightia  
eocena*





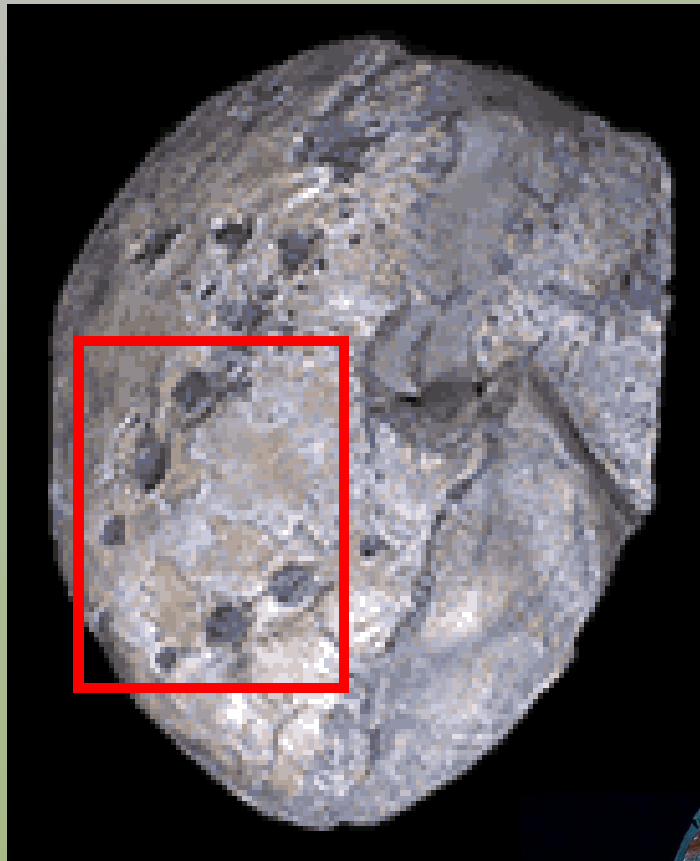


*Placenticeras*

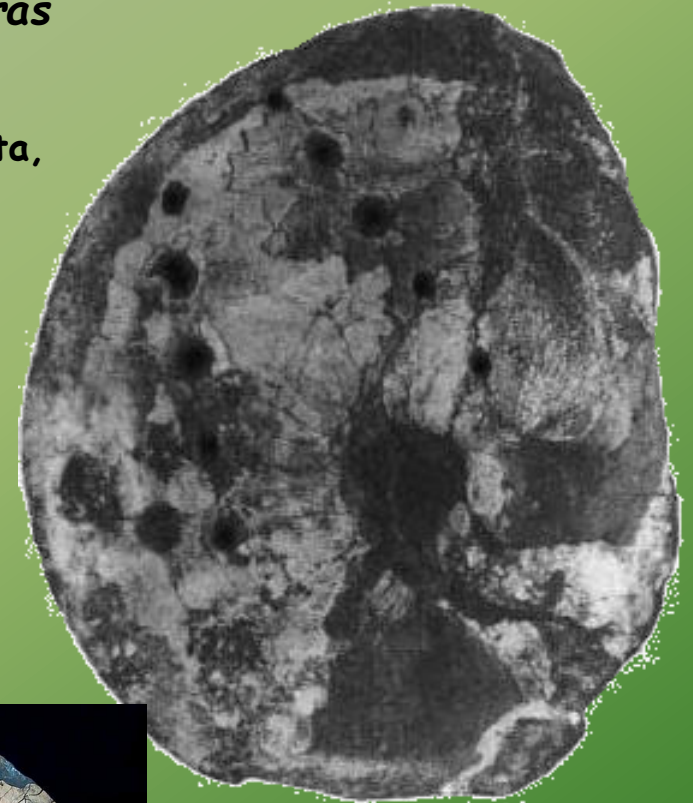
Cretaceo, South Dakota, USA





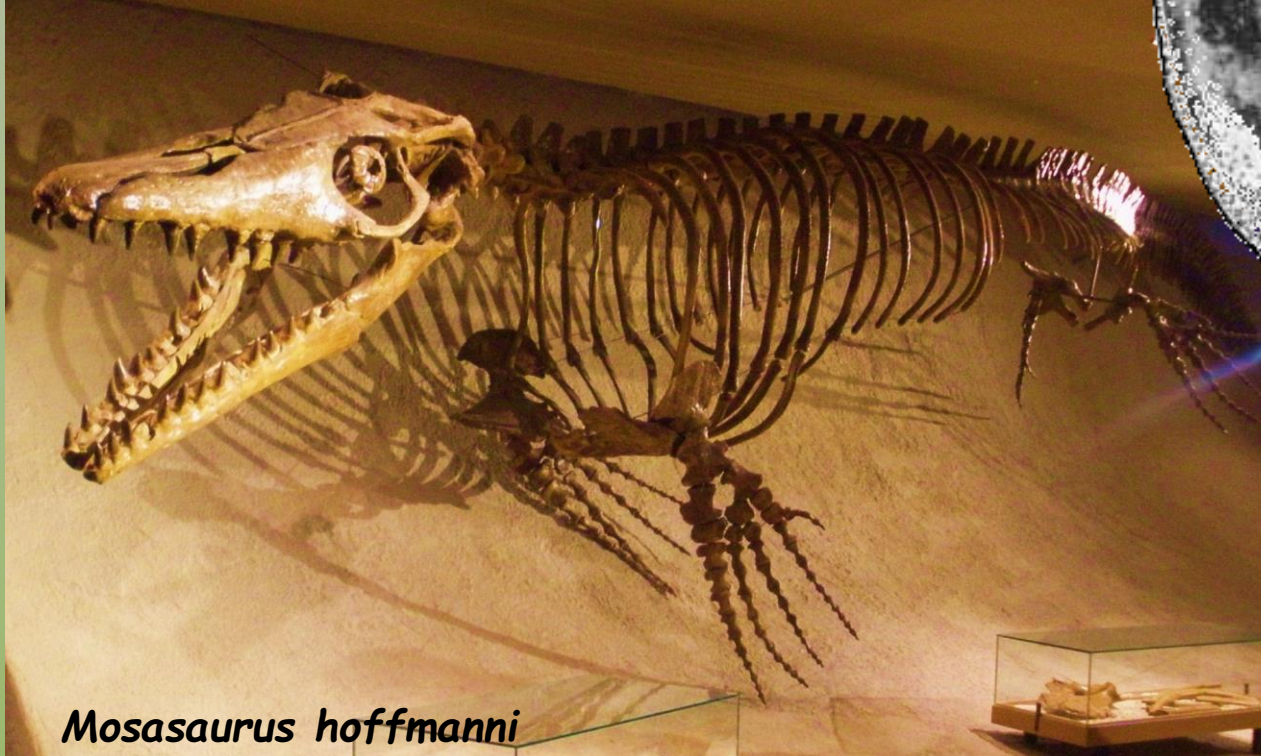
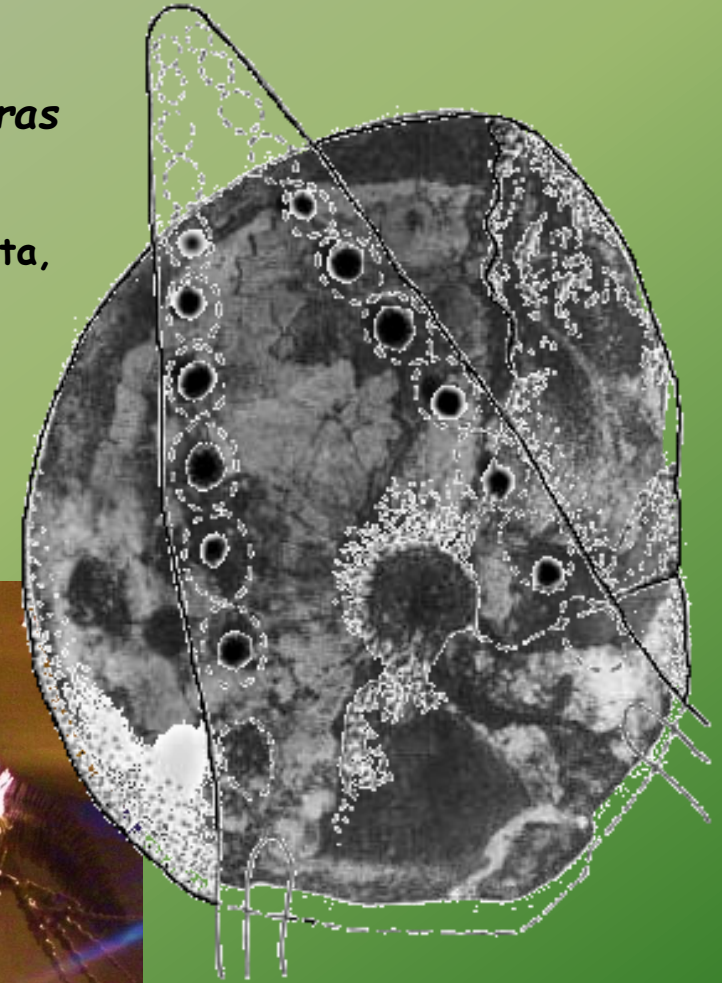


*Placenticerus*  
Cretaceo  
South Dakota,  
USA



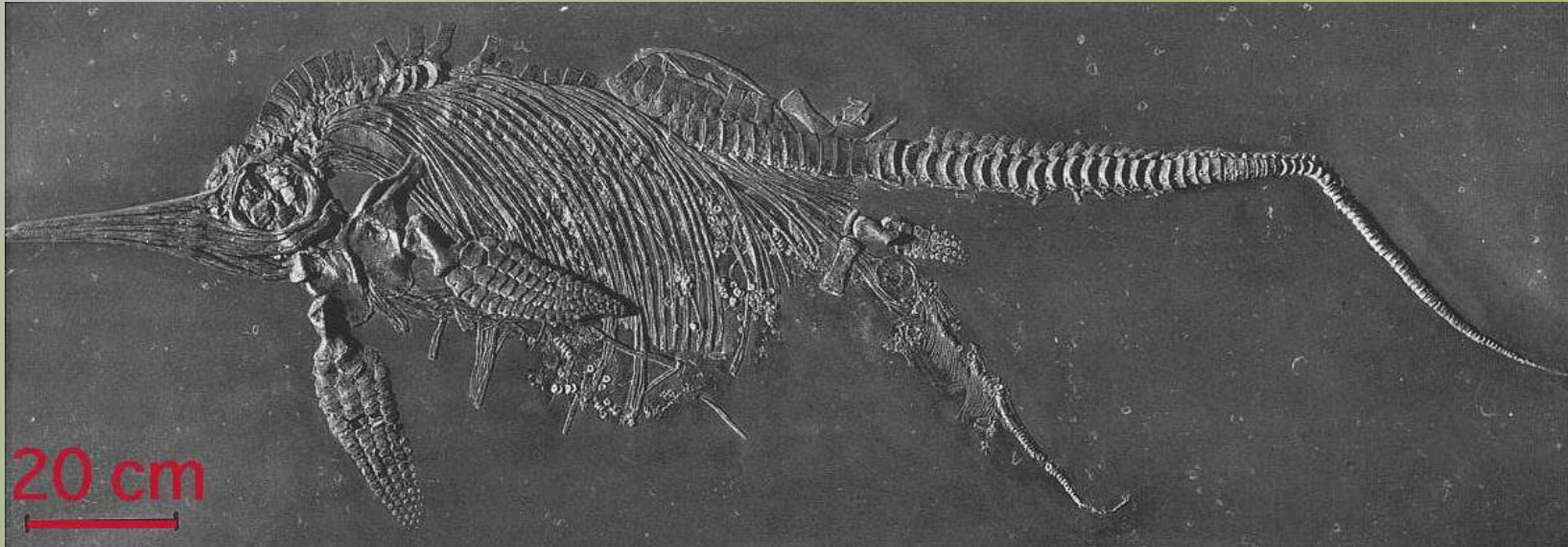


*Placenticeras*  
Cretaceo  
South Dakota,  
USA



*Mosasaurus hoffmanni*

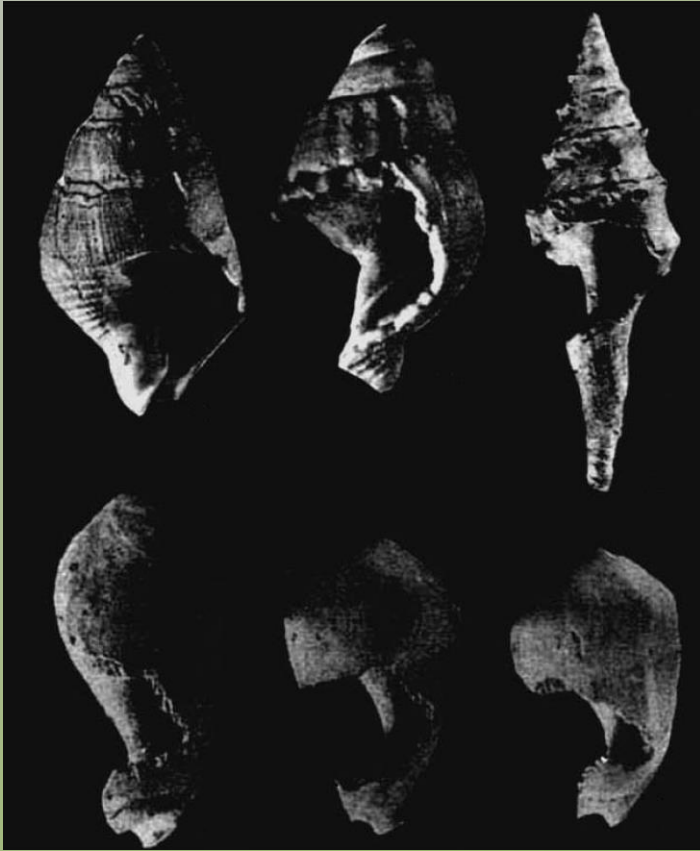




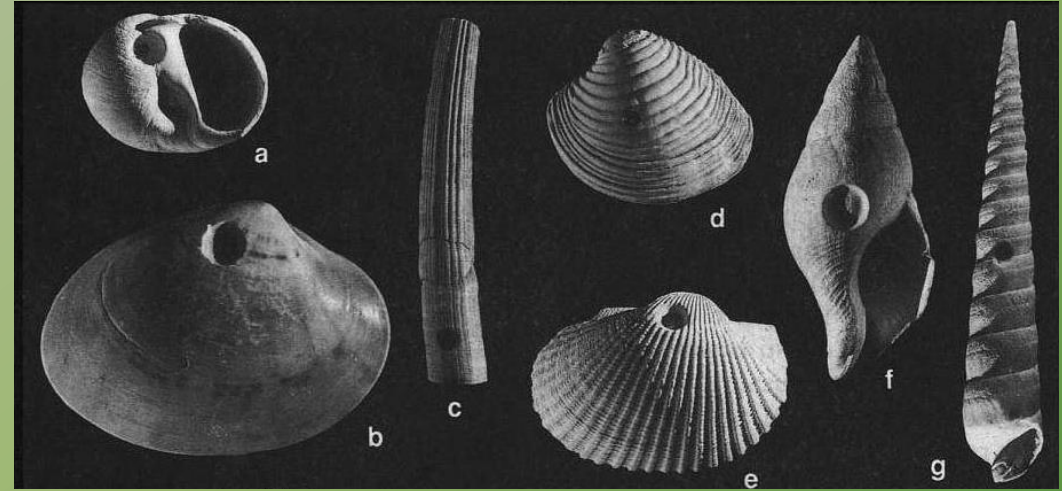
*Stenopterigius quadriscissus*  
Giurassico Inf.,  
Holzmaden, Germania



Forme fossili



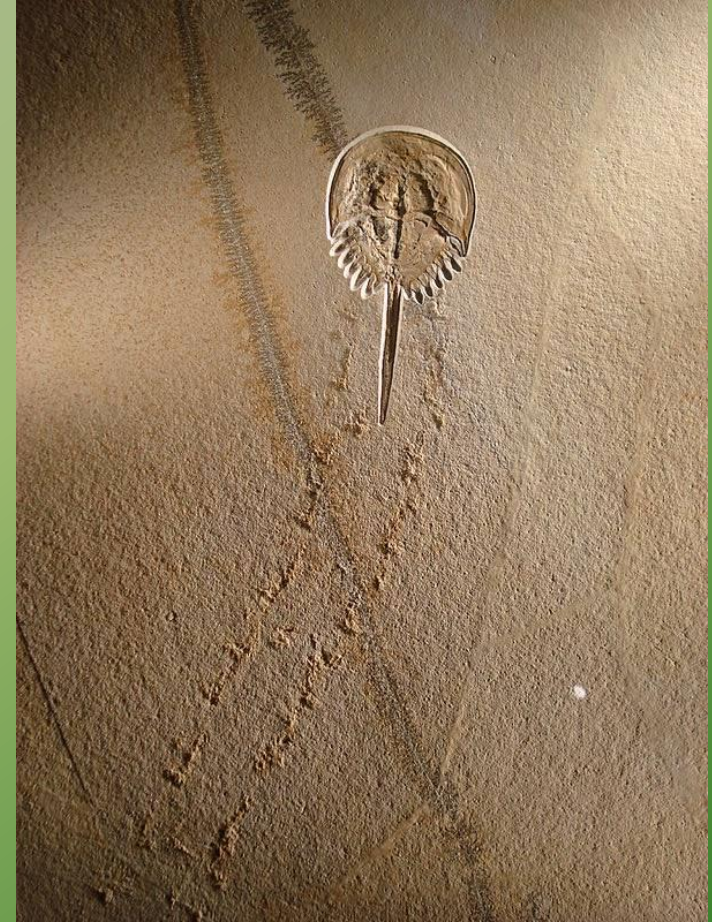
Forme attuali





*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*

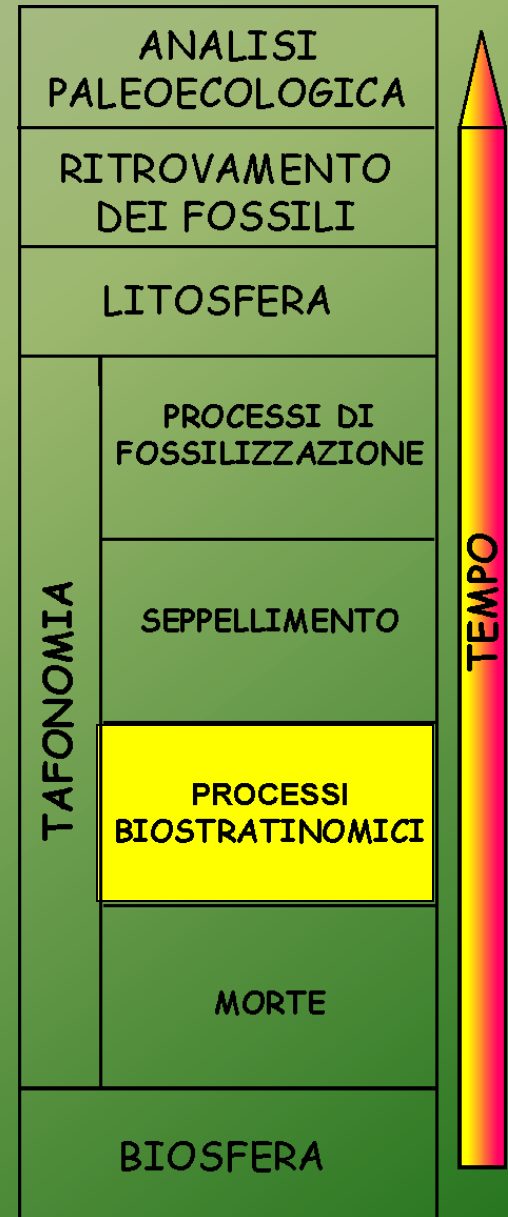
*decomposizione  
disarticolazione  
macerazione  
predazione post mortem  
bioconfezione  
combustione*

### *Bioerosione*

### *Dissoluzione*

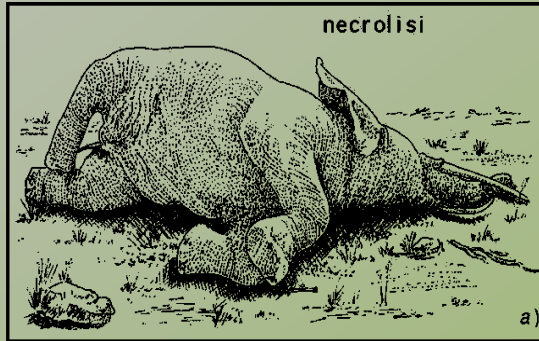
### *Trasporto*

*logorio meccanico  
selezione meccanica  
deposizione orientata  
Prefossilizzazione*





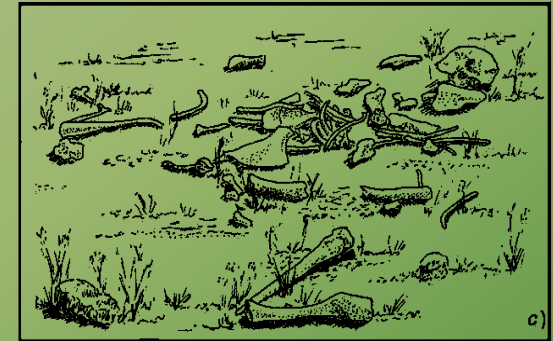
## Necrolisi e smembramento



Dopo tre giorni



tre settimane

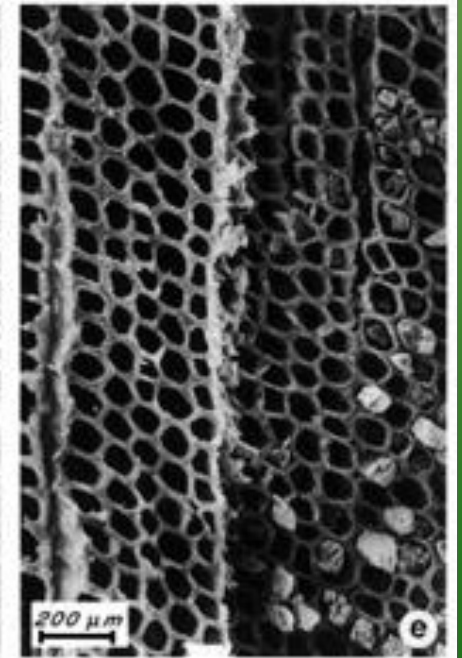
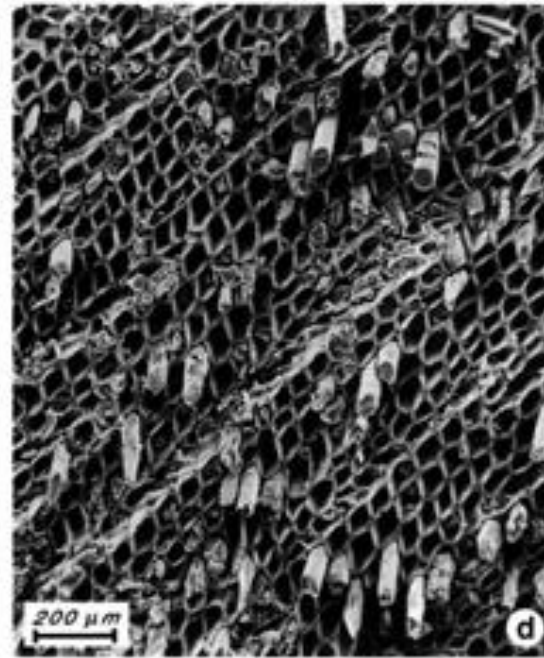
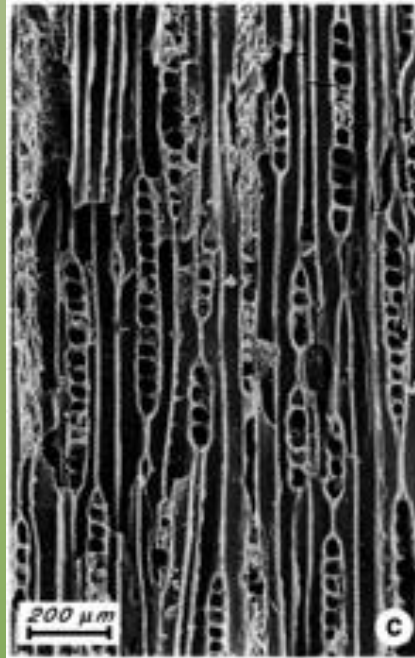
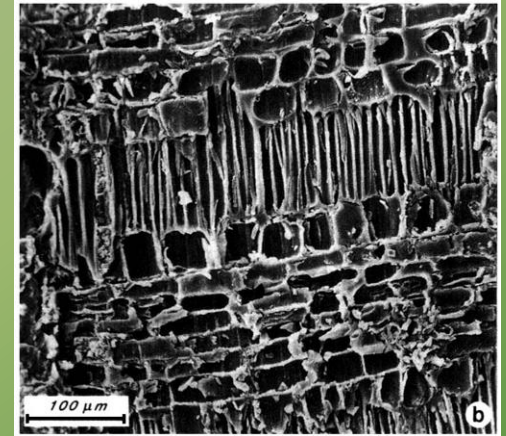
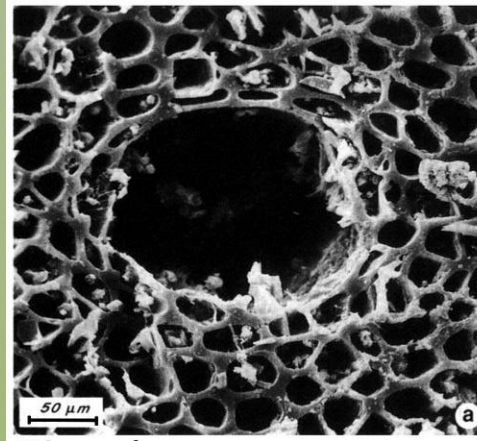


..... un anno



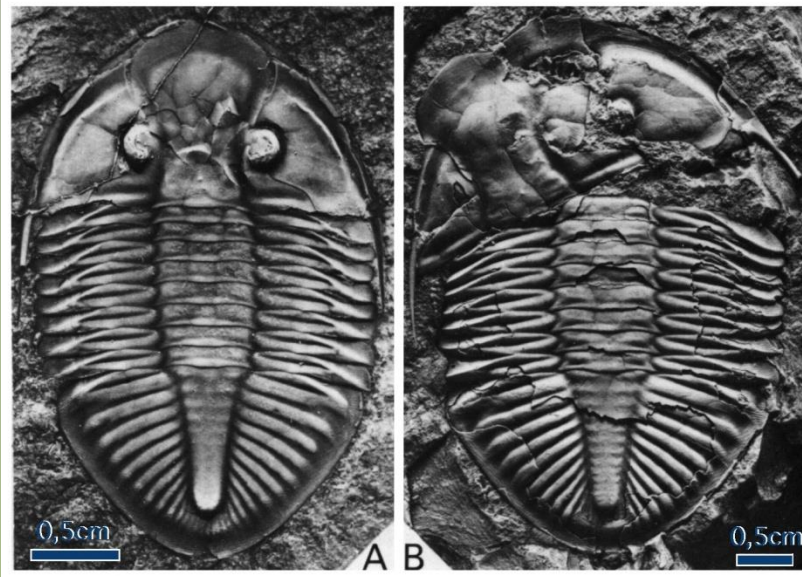
## Combustione

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

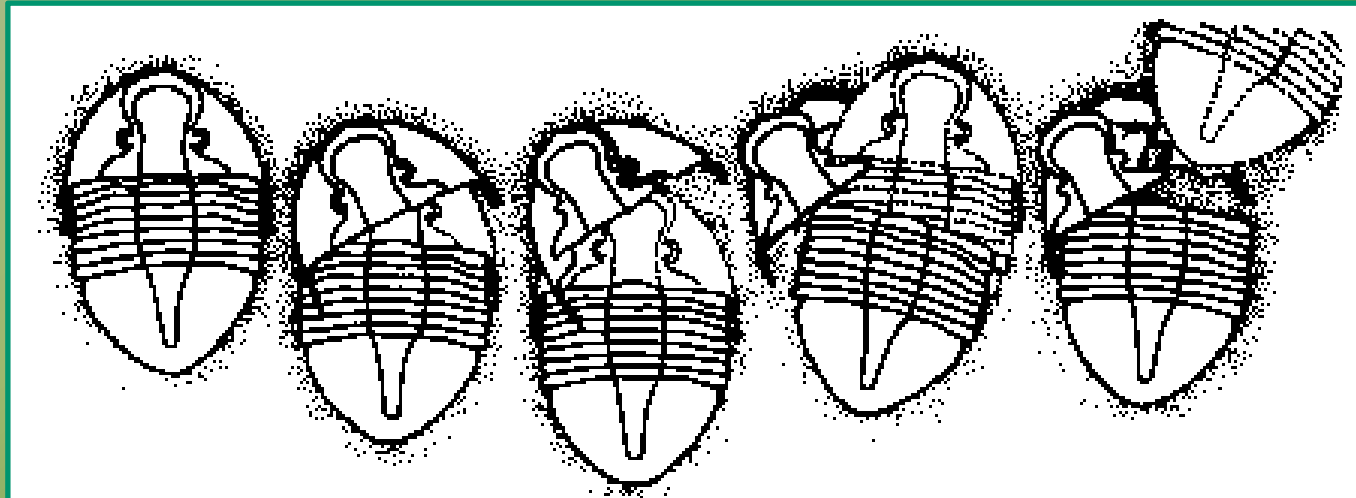




## Disarticolazione

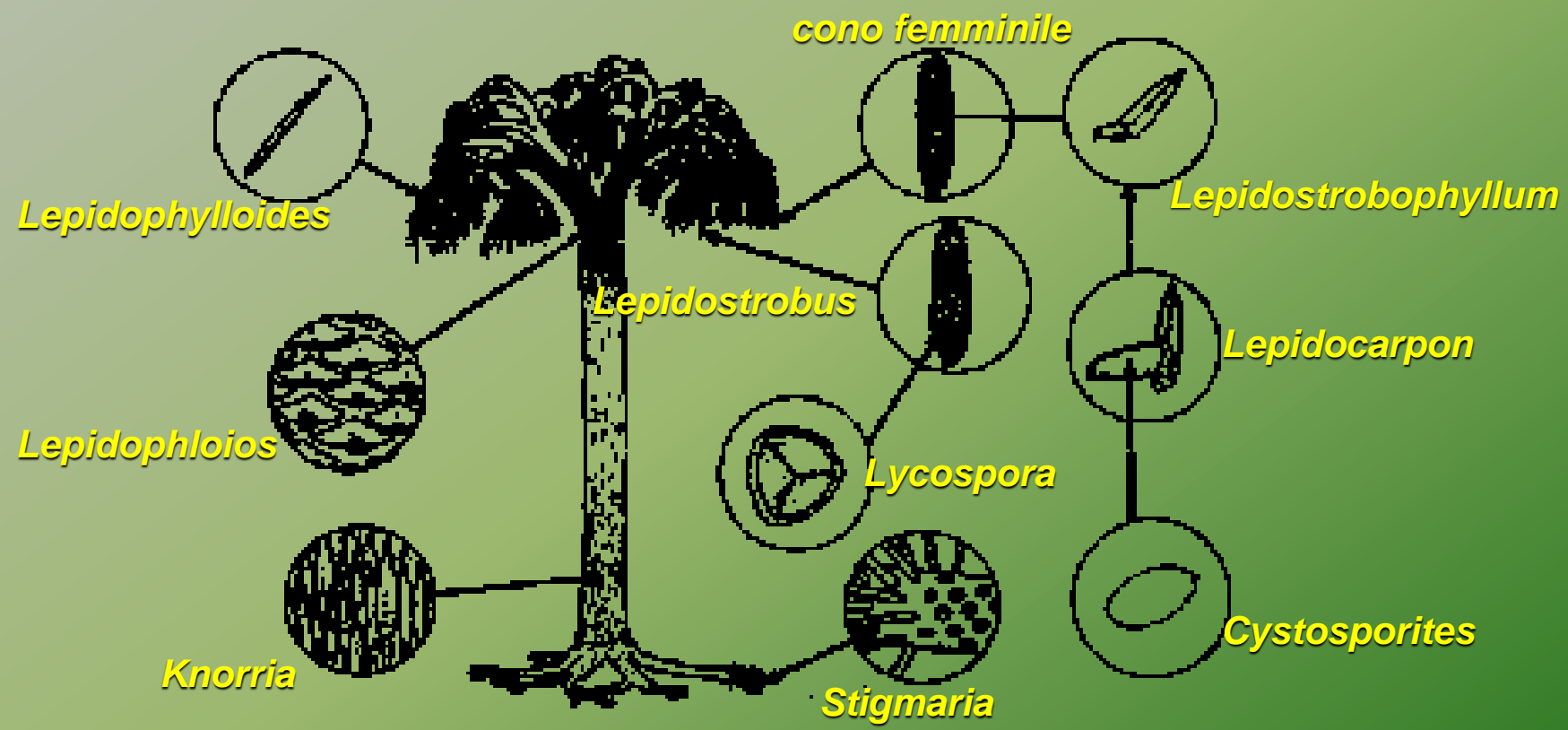


*Pseudogygites latimarginatus*  
Ordoviciano superiore  
Ontario, Canada





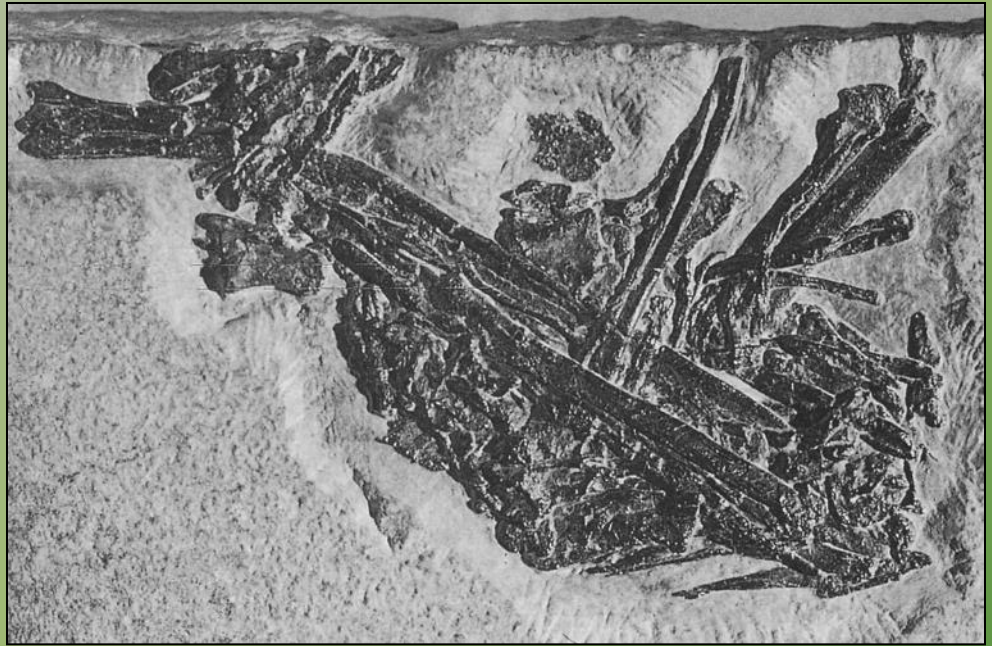
# Disarticolazione



Licofita arborea del Carbonifero

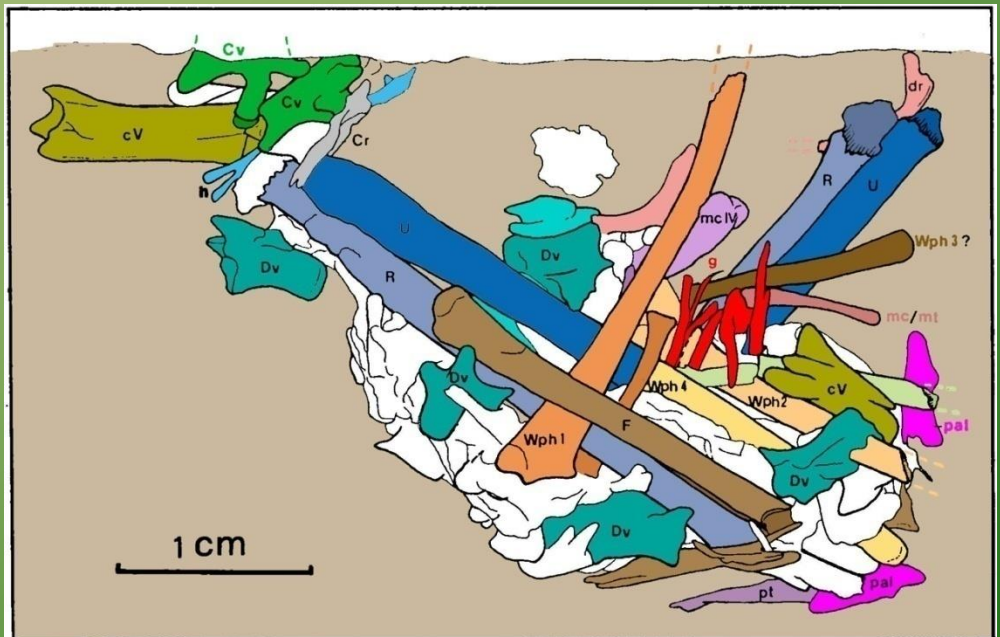
## Bioconfezione

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:

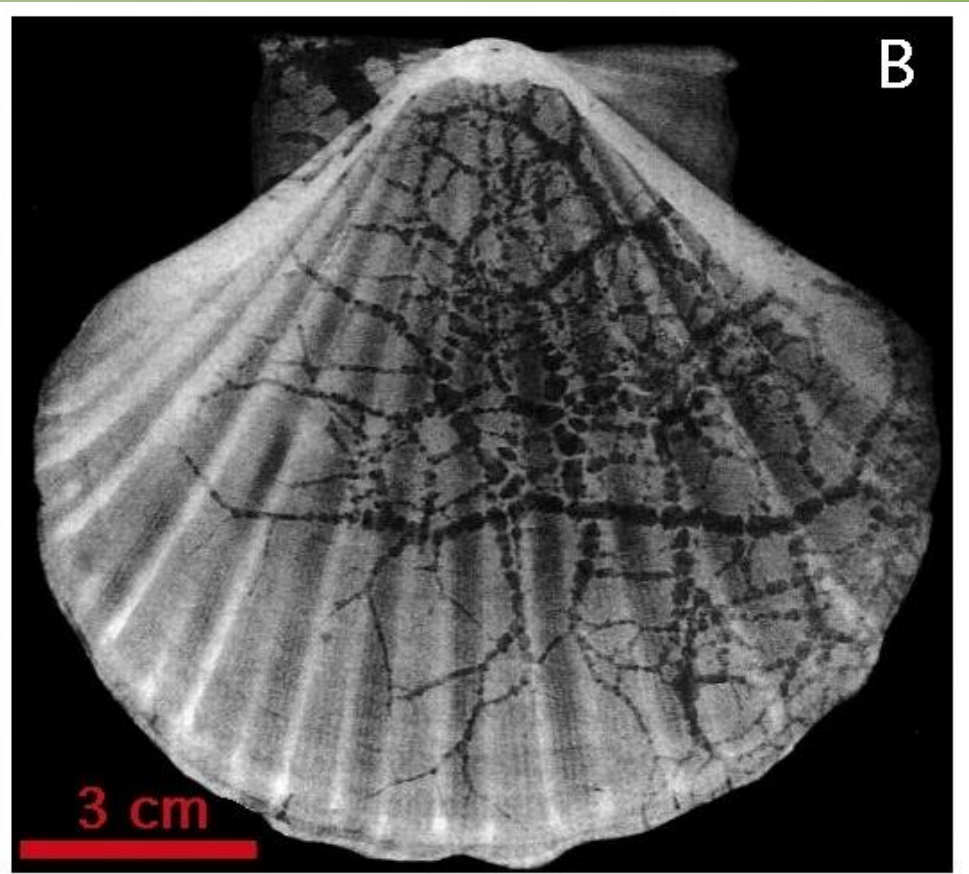
Cr: costola cervicale; Cv: **vertebra cervicale**; cV: **vertebra caudale**; dr: **costola dorsale**; Dv: **vertebra dorsale**; dr: **costola dorsale**; F: femore; g: **costola/e gastrale/i**; h: **emiapofisi anteriore**; mcl V: **metacarpale alare**; mt: **metatarsale**; pal: **palatino**; pt: **pterigoide**; 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

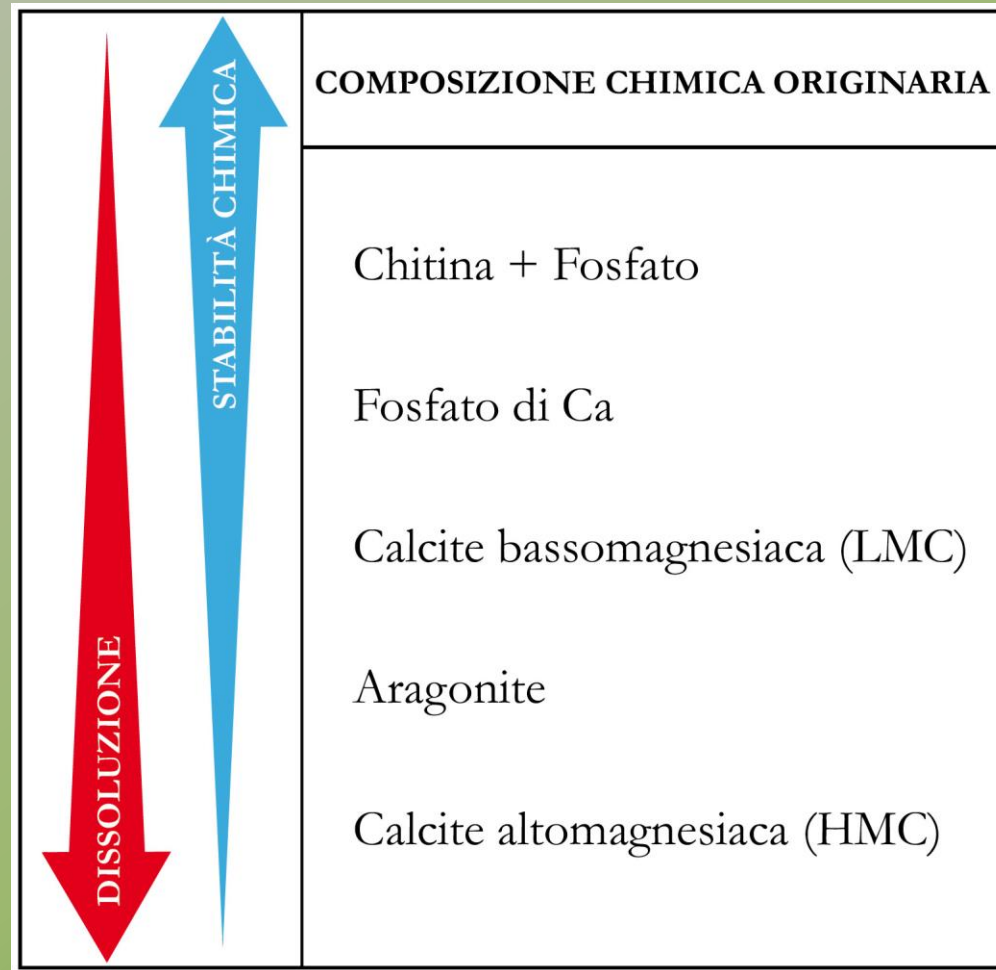
*Pecten maximus*

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

Fotografie a raggi X

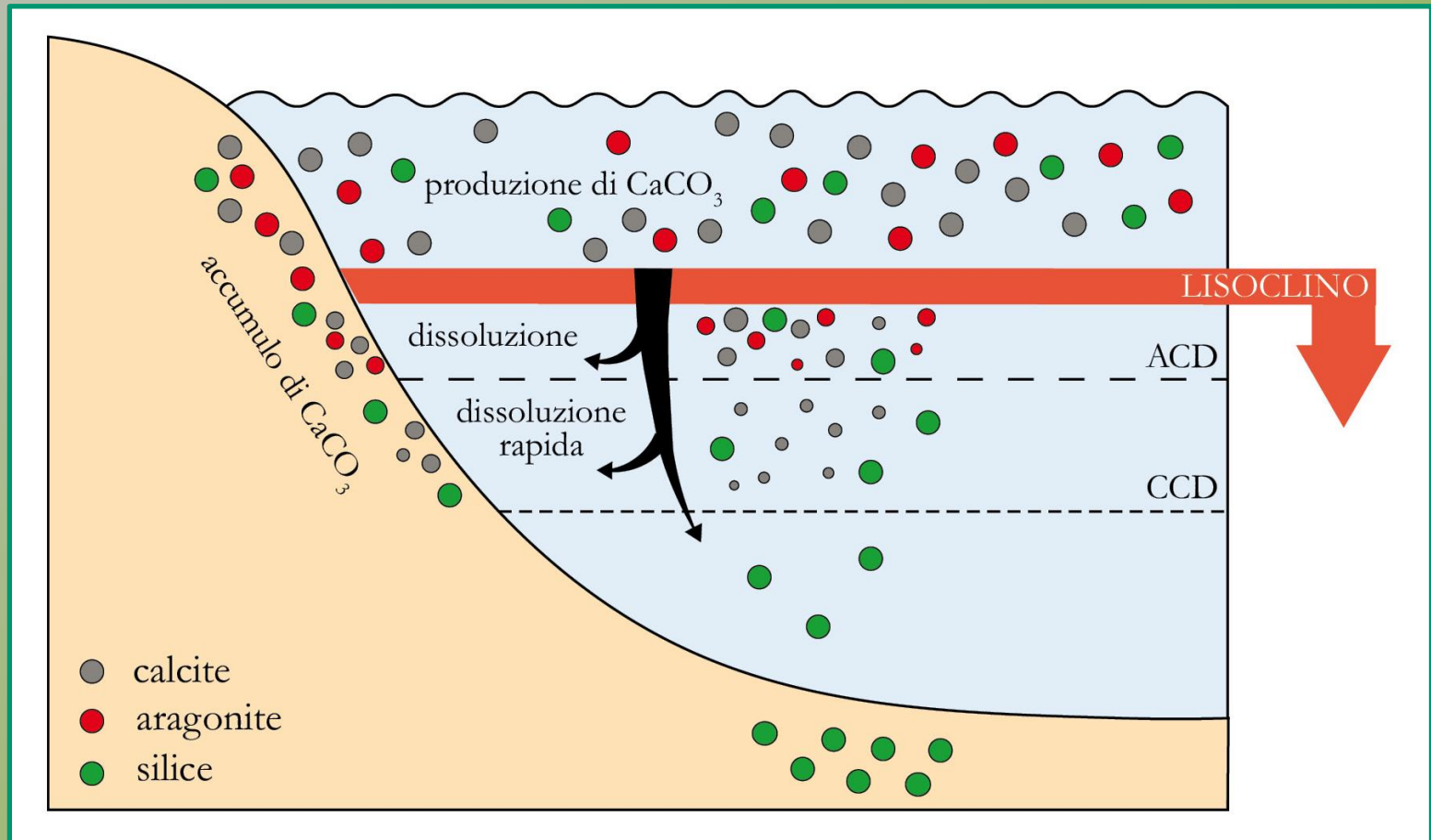


## Dissoluzione



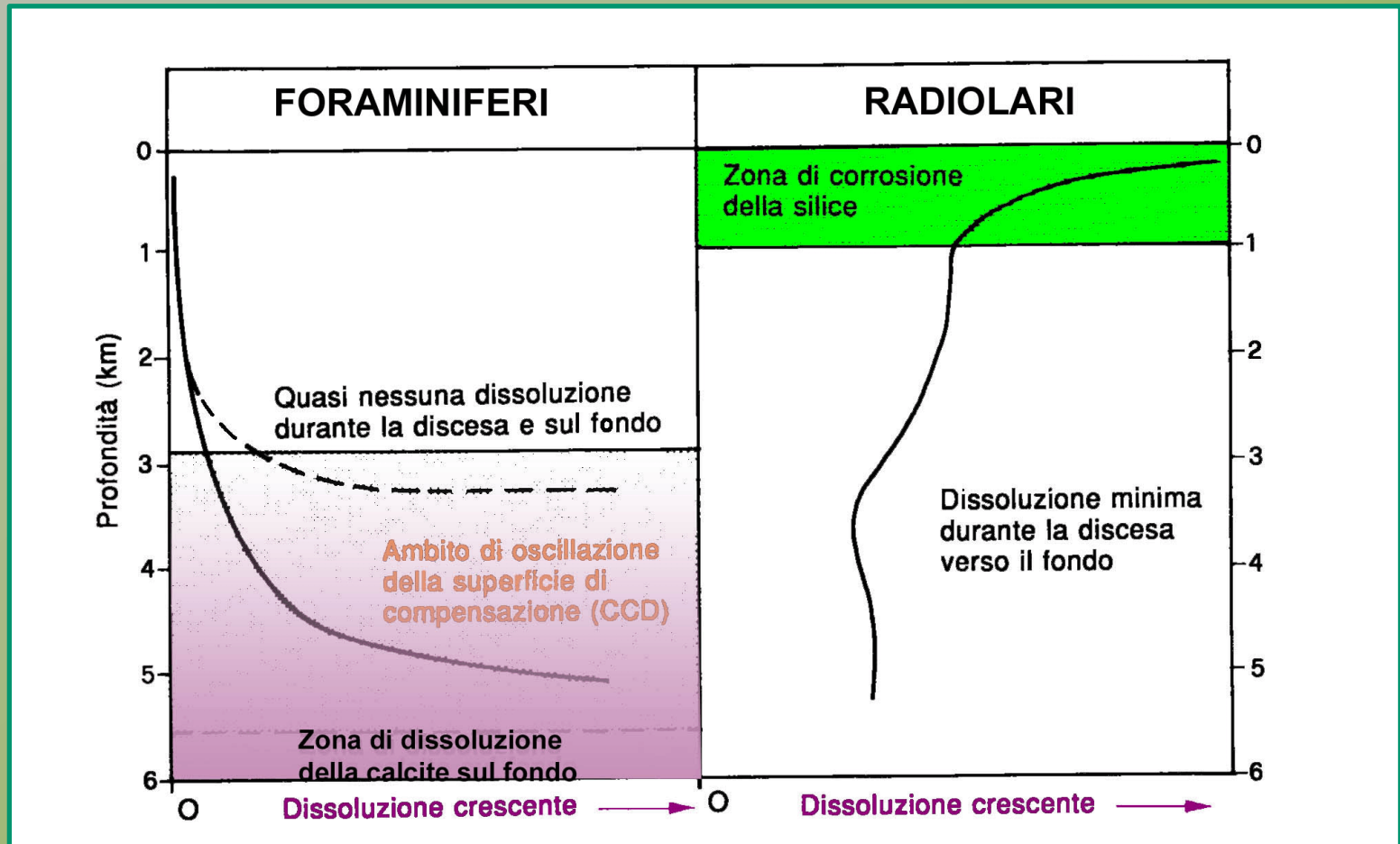
Stabilità chimica dei principali biominerali

## 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 **termocline** (zona di brusco cambiamento della temperatura che separa le acque calde superficiali da quelle profonde più fredde).

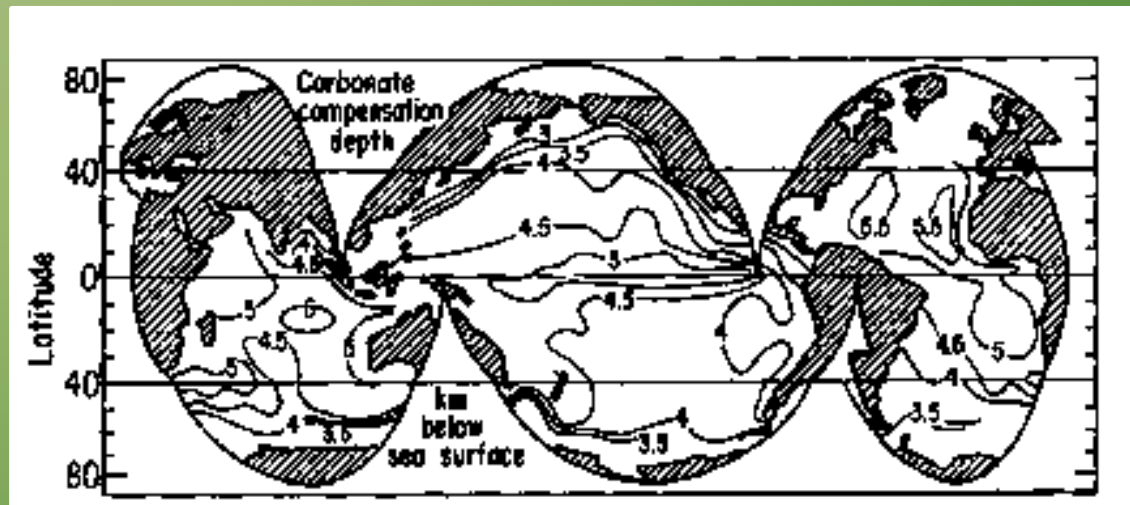
Produttività (produzione media di sostanza organica nell'unità di tempo).

Quantità di **bioclasti calcarei**.

Topografia dei fondali oceanici (condiziona la circolazione delle acque fredde polari tipicamente povere di carbonati e ricche di CO<sub>2</sub>, 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

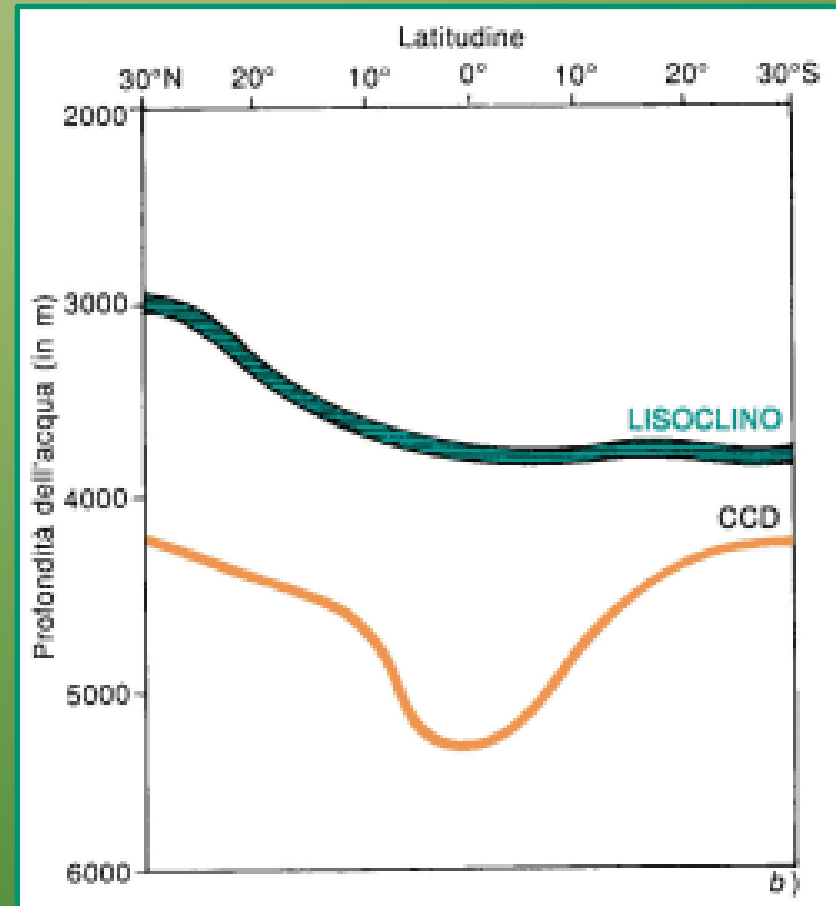
La profondità del **termoclino** (zona di brusco cambiamento della temperatura che separa le acque calde superficiali da quelle profonde più fredde).

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

Quantità di **bioclasti calcarei**.

Topografia dei fondali oceanici

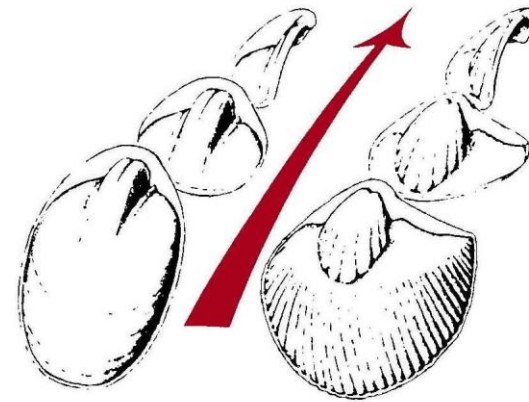
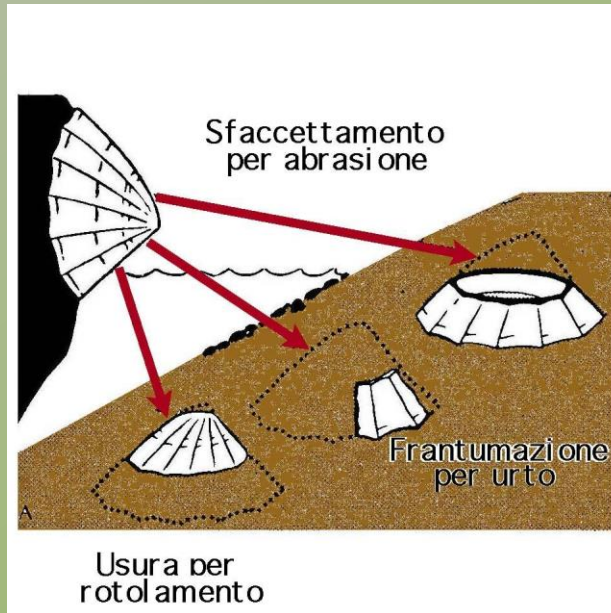
Concentrazione di ioni carbonato.



Andamento di lisocline e CCD nell'oceano Pacifico

## Trasporto

### Abrasione e frantumazione



Rotolamento in ambiente abrasivo  
 - distruzione delle parti più deboli e sporgenti



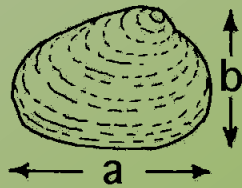
## Trasporto

Tipi di trasporto:

Gravità

Correnti

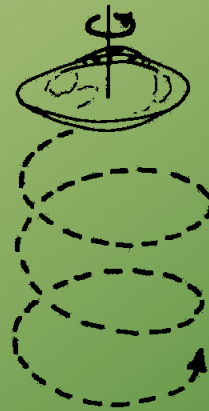
Vento



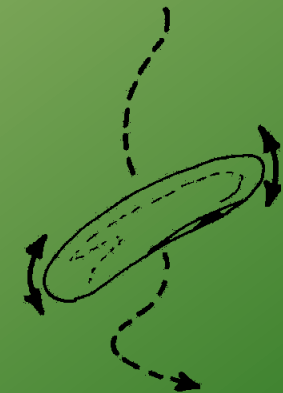
caduta stabile



caduta instabile

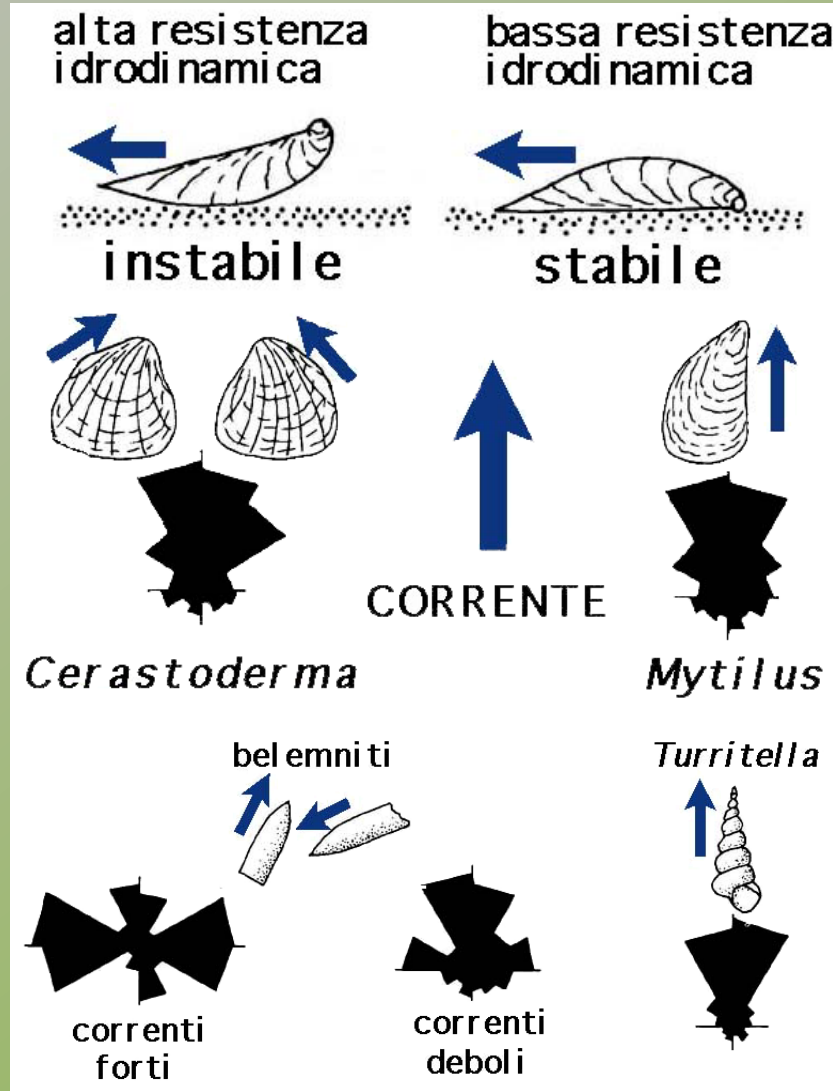


caduta regolare  
( $1 - b/a < 0,4$ )

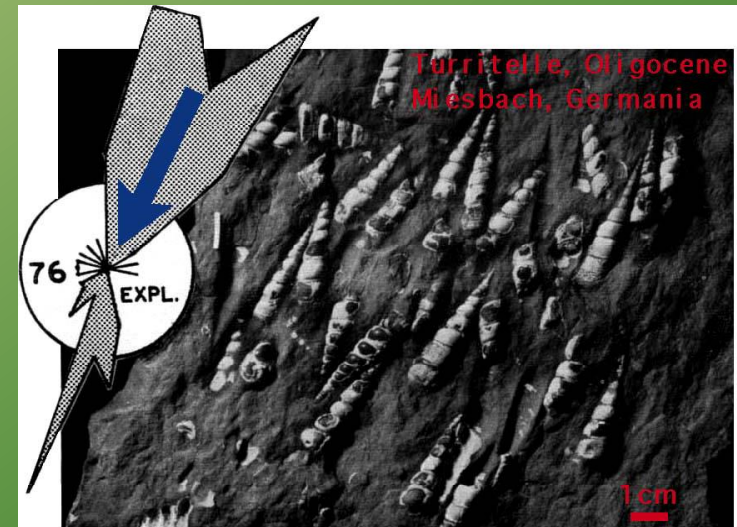


caduta irregolare  
( $1 - b/a \geq 0,4$ )

Orientazione da corrente

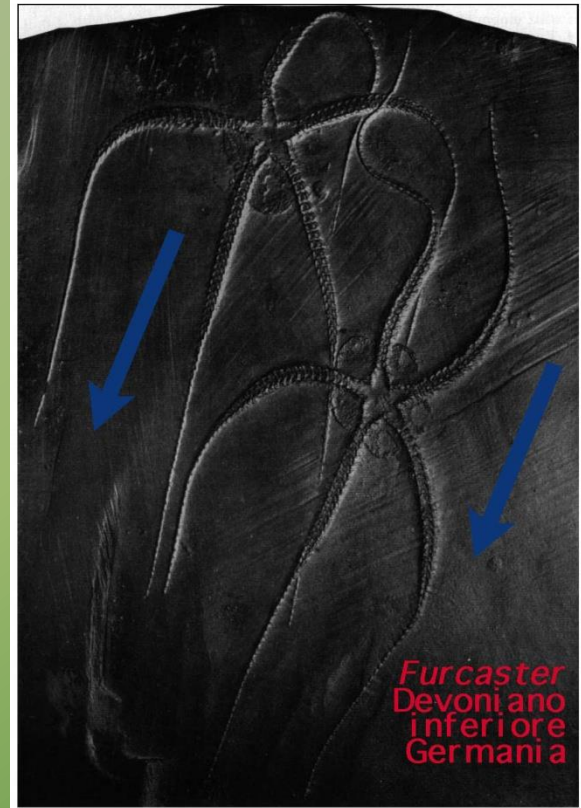
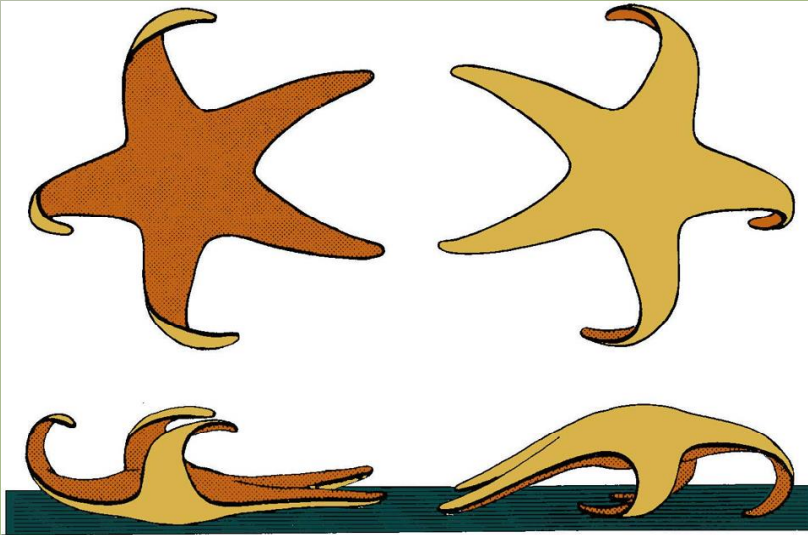


*Tentaculites e Mutationella*  
Devoniano inferiore, Podolia (Russia)



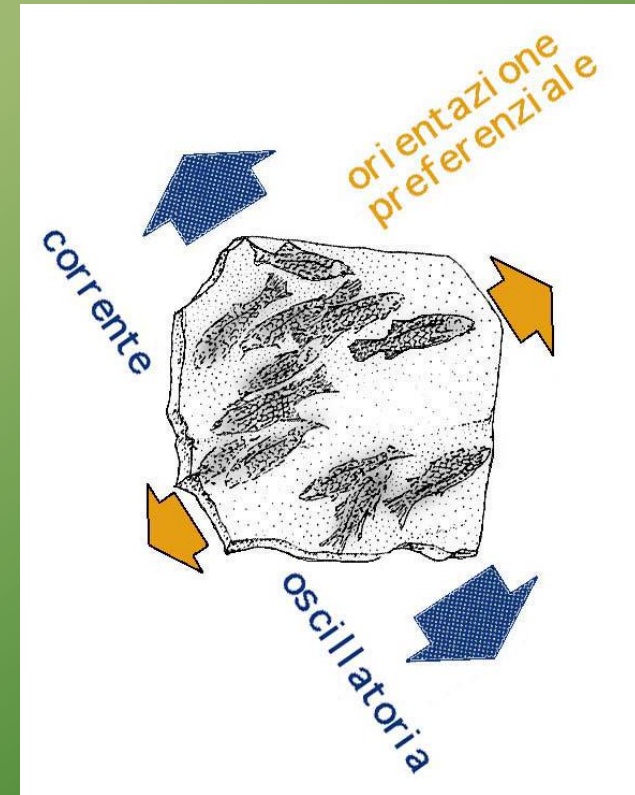
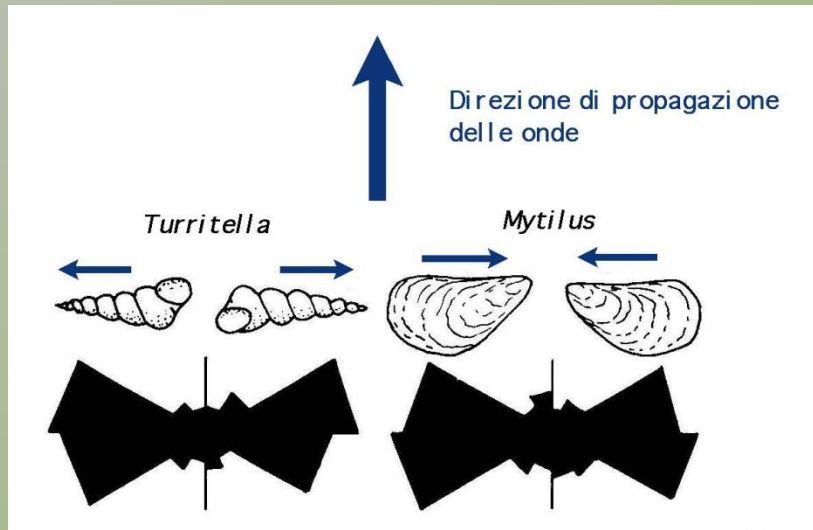


Orientazione da corrente unidirezionale





## Orientazione da moto oscillatorio



# Seppellimento

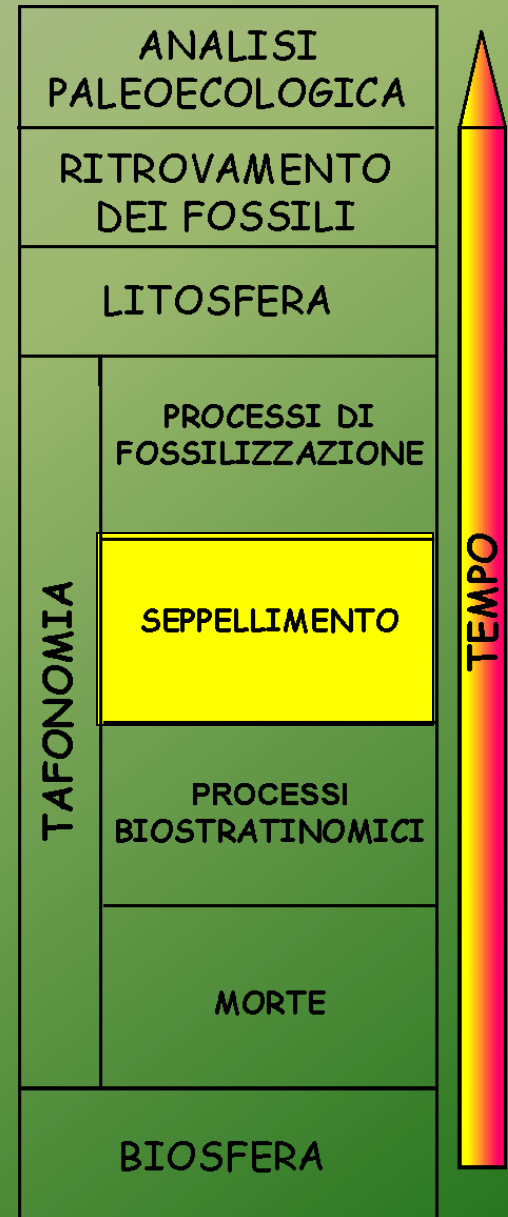
*Seppellimento in detriti minerali*

*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:

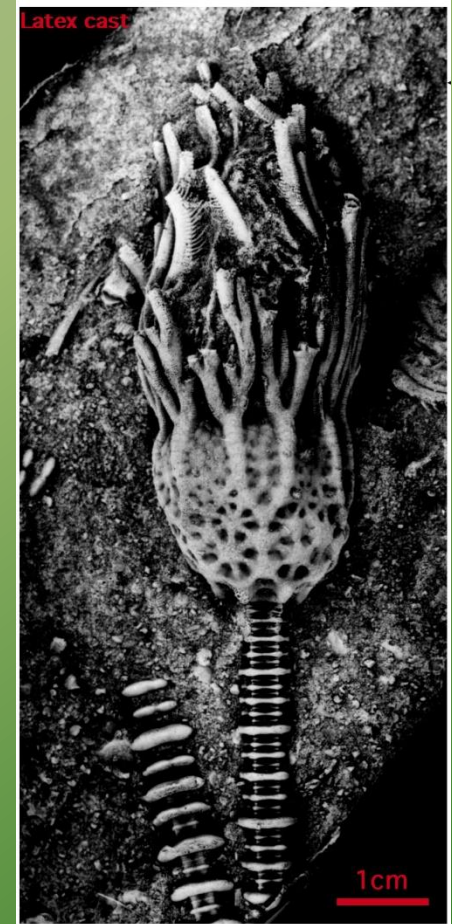
### TEMPI DI SEPPELLIMENTO

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



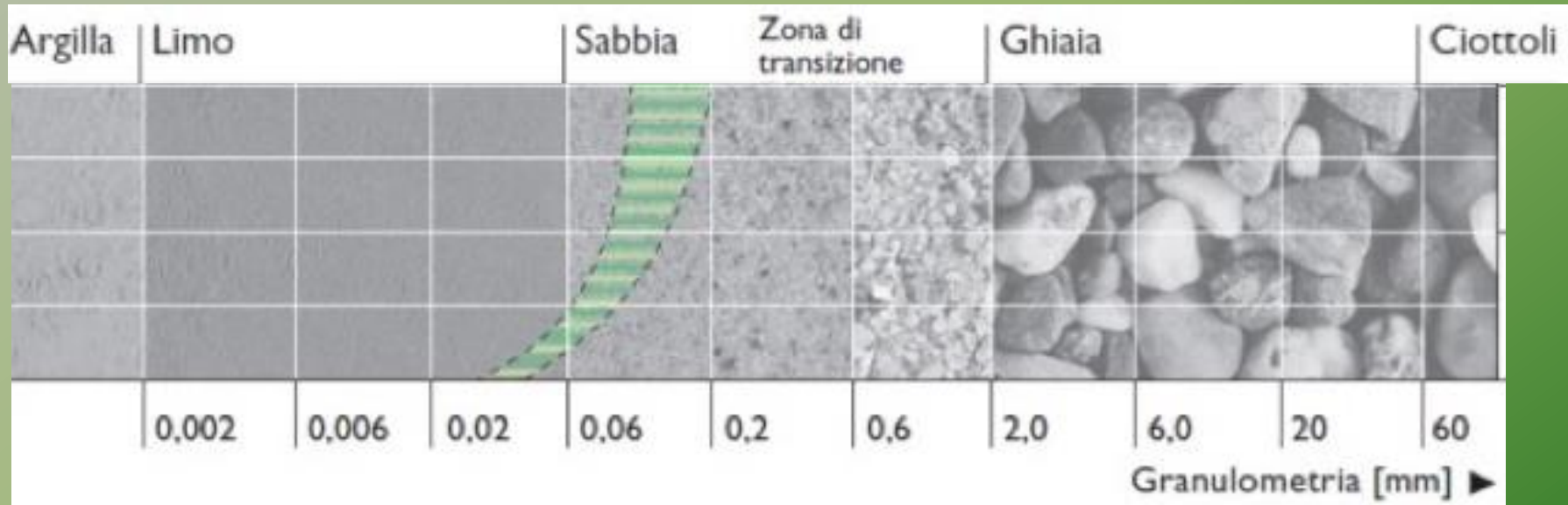
*Aeger tipularius*  
Giurassico Superiore  
Germania





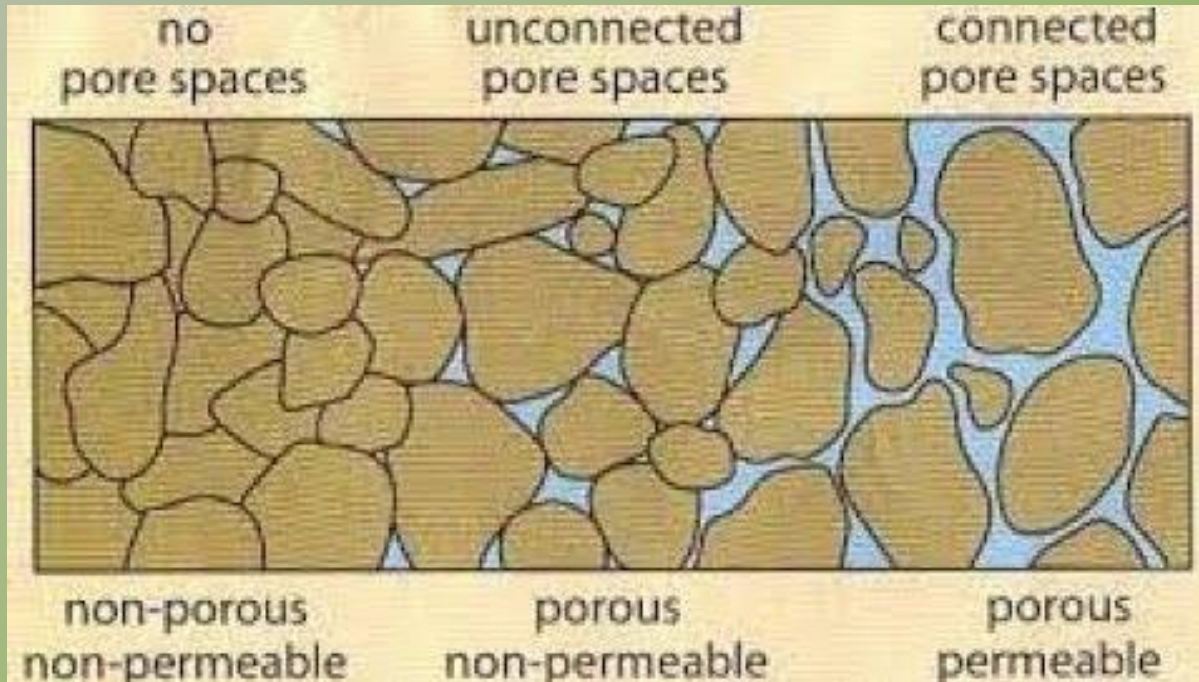
## Seppellimento in detriti minerali

## Granulometria



# Seppellimento in detriti minerali

## Porosità

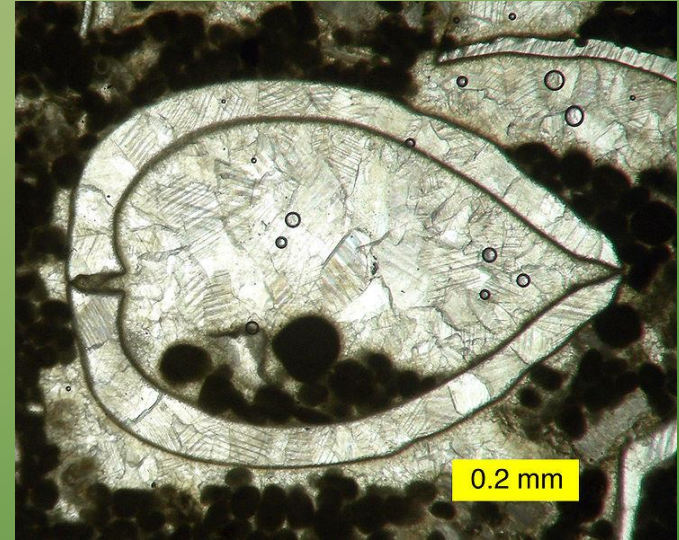


A. Grain size		
"Gravel" > 2mm	Pebbles 4-64 mm	
	Granules 2-4 mm	
	Coarse sand 0.5-2 mm	
	Medium sand 0.25-0.5 mm	
	Fine sand 0.06-0.25 mm	
	Silt 0.004-0.06 mm	
	Clay < 0.004 mm	



## Seppellimento in detriti minerali

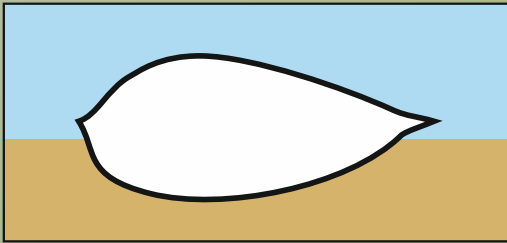
### Strutture biogeopete



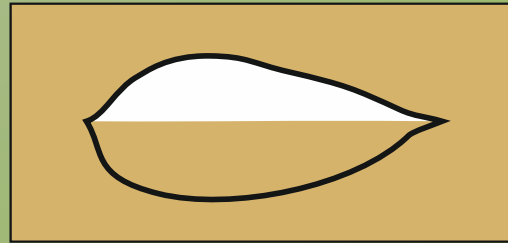


## Seppellimento in detriti minerali

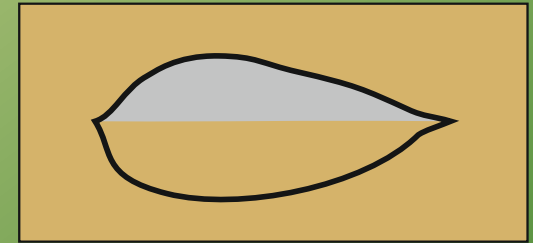
### Strutture biogeopete



1. Un bivalve muore sul fondo del mare



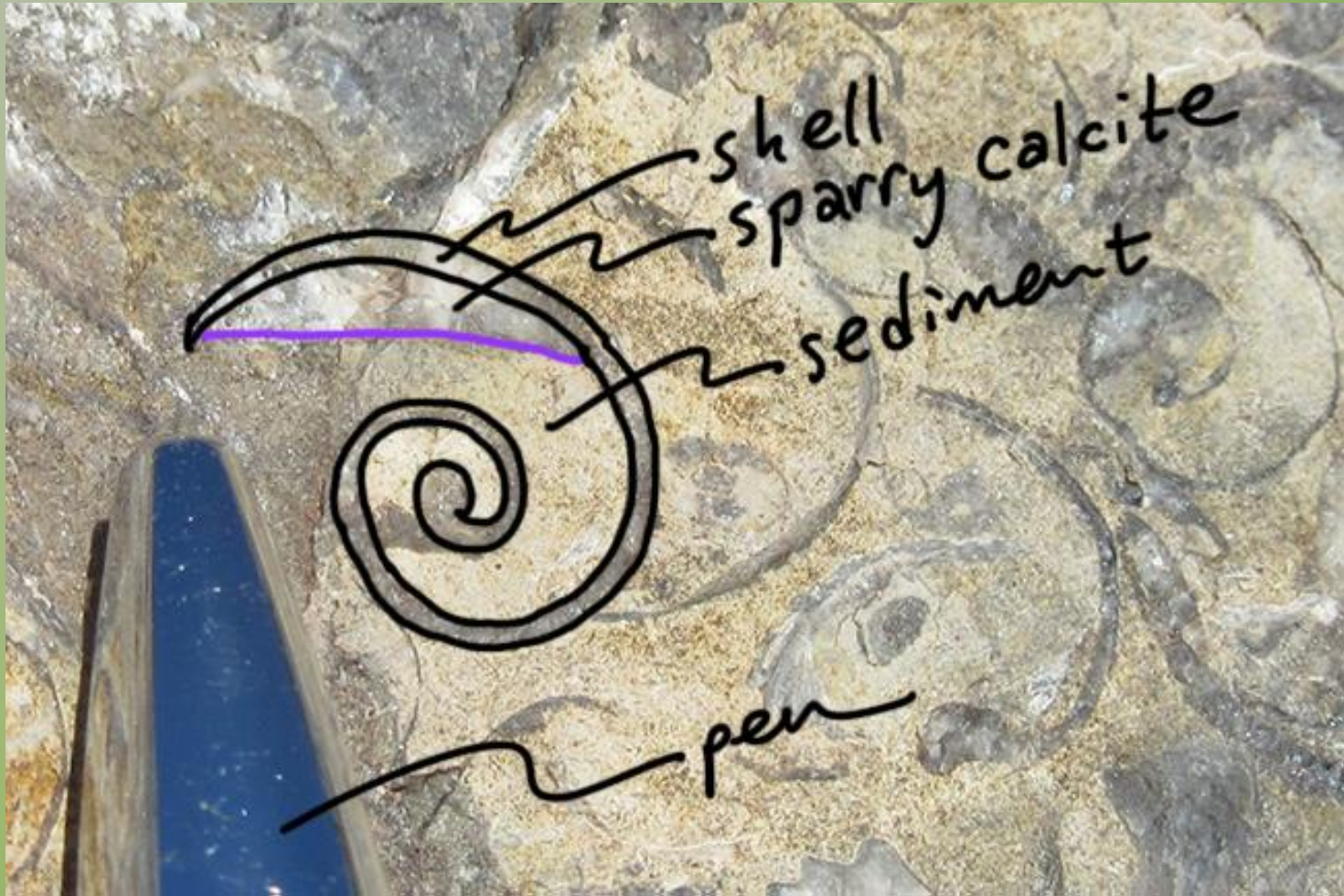
2. Viene ricoperto da sedimento e un po' di sedimento entra all'interno della conchiglia



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

## Seppellimento in detriti minerali

### Strutture biogeopete



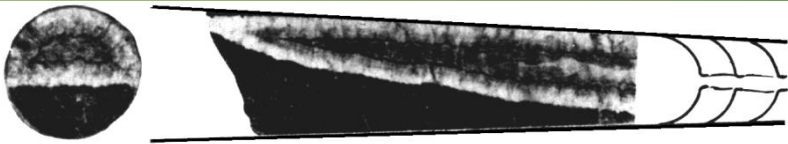
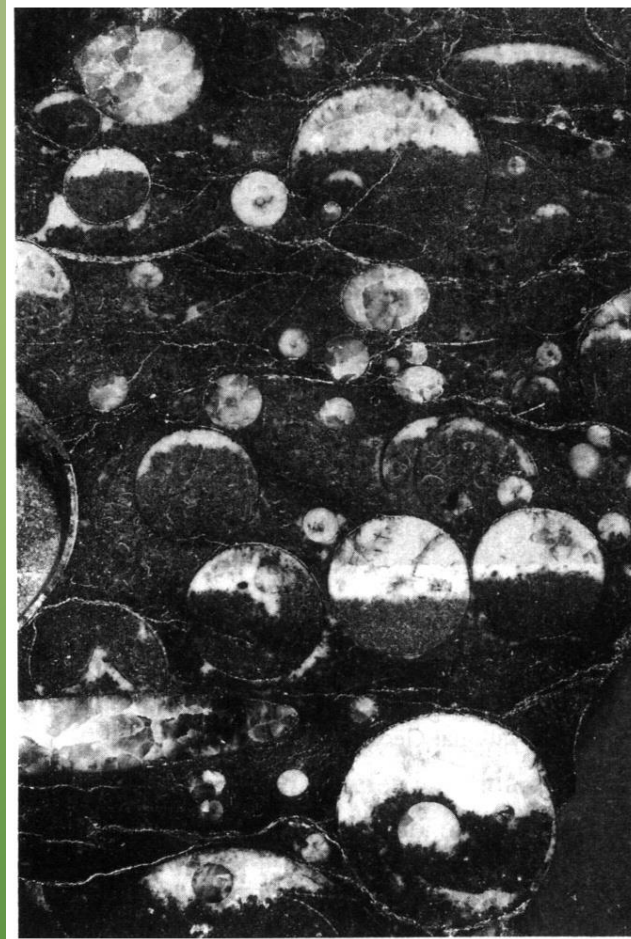
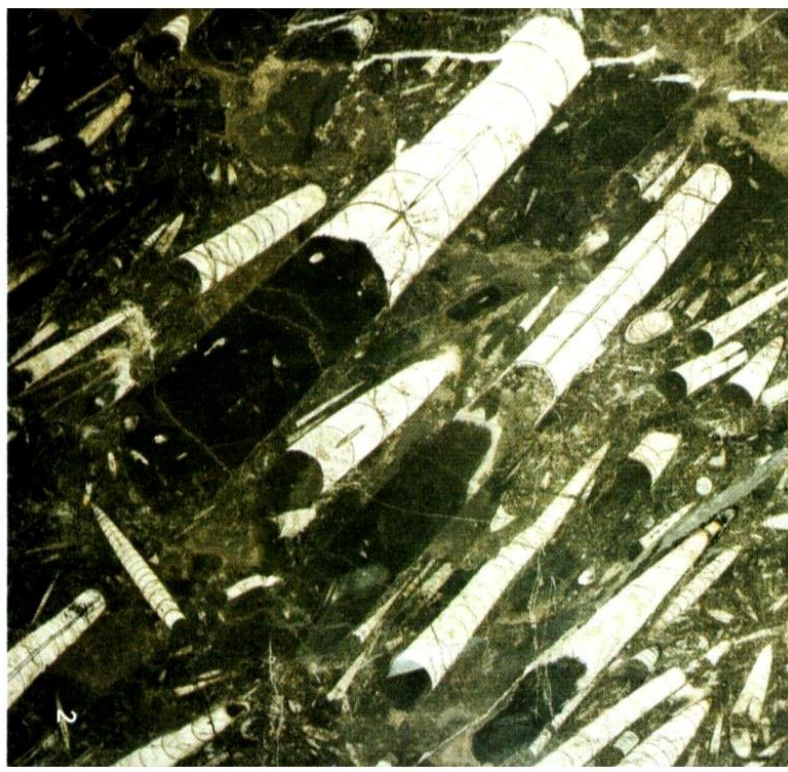
Gasteropodi - Carbonifero - West Virginia



## 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.





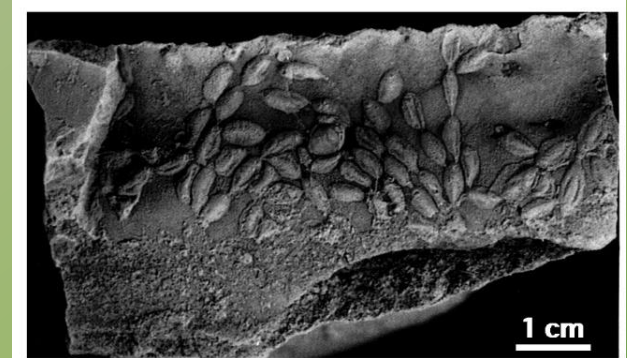
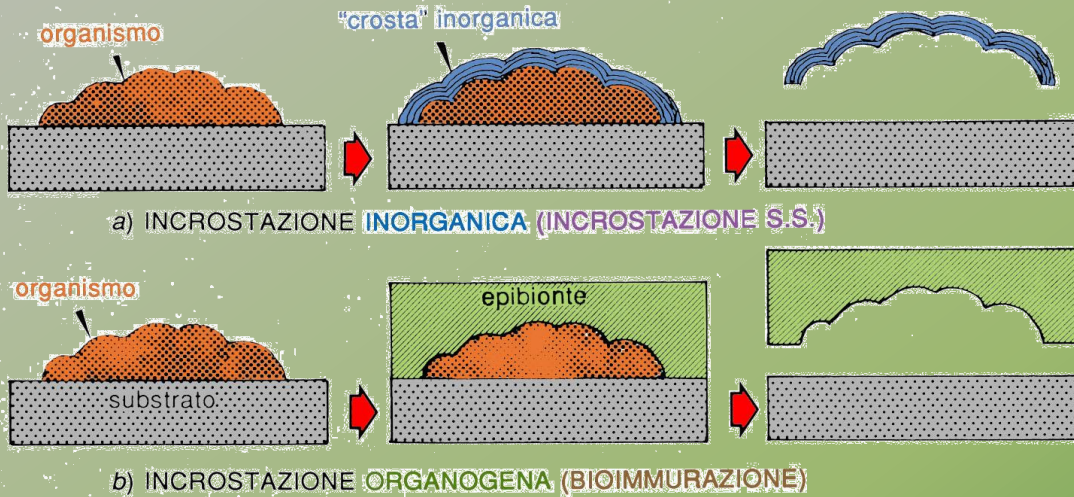
## Inglobamento in fluidi - Petrolio greggio

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.

**Bioimmurazione**



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



**Resti vegetali conservati per incrostazione**