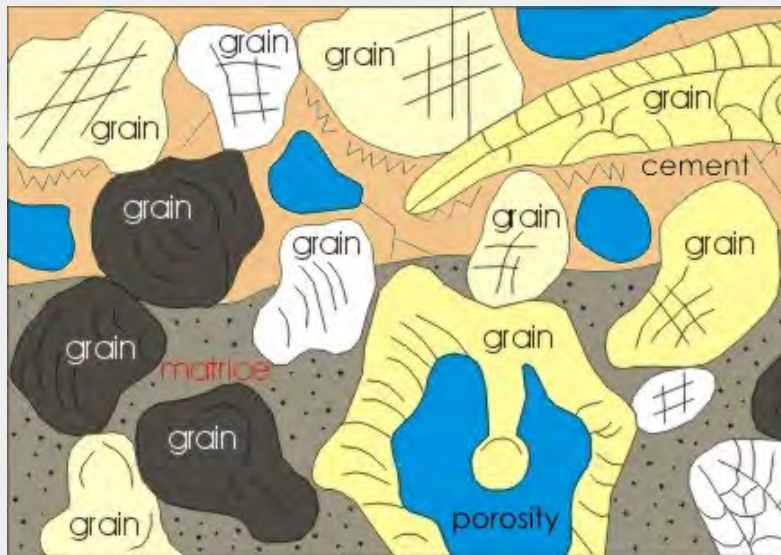


4) Concetti base dell'analisi di facies

Componenti delle rocce carbonatiche

Costituenti fondamentali di una roccia carbonatica sedimentaria



grani

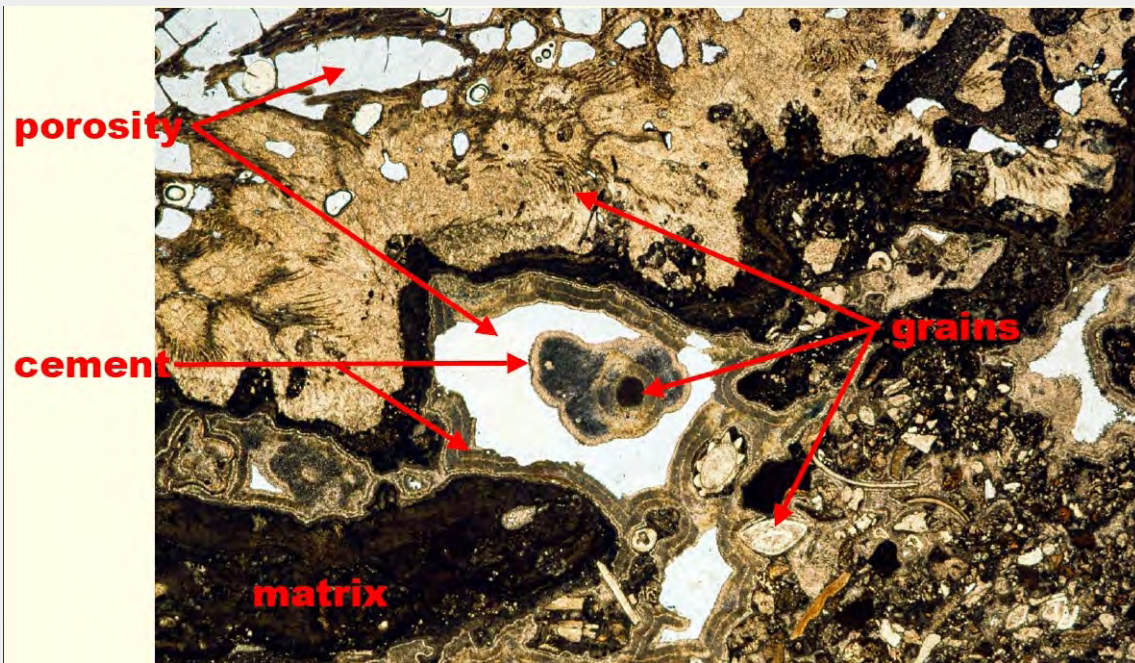
di origine primaria

matrice

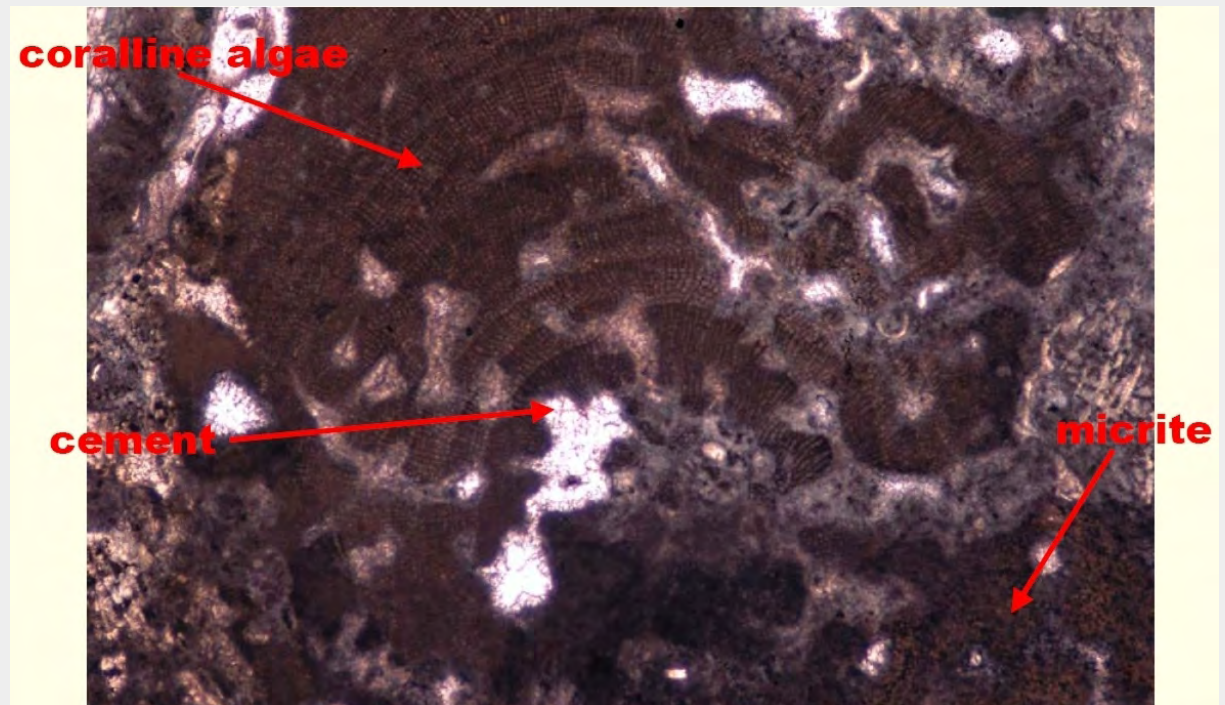
cemento

di origine primaria
o secondaria (diagenetica)

porosità



Aspetto dei diversi costituenti
in sezione sottile.



Le rocce carbonatiche sedimentarie sono legate alle caratteristiche ambientali di formazione attraverso due aspetti fondamentali:

Analisi della roccia

Tipi di organismi
(interi o frammentati)
che concorrono alla
formazione dei grani

**Dimensioni e relazione
geometriche dei grani**
e delle altre componenti
sedimentarie

Studio **paleontologico**
(uniformismo tassonomico)

Studio **sedimentologico**
(principi fisico-chimici)

**Interpretazione
paleoecologica**

GRANI

Origine

biologica



Grani scheletrici
(*skeletal*)



- Scheletri interi di organismi marini
- Frammenti scheletrici (bioclasti)

terrigena

grani che derivano dall'erosione di rocce preesistenti (frammenti di rocce, minerali)

biogenica + chimica + meccanica
alcuni *coated grains*



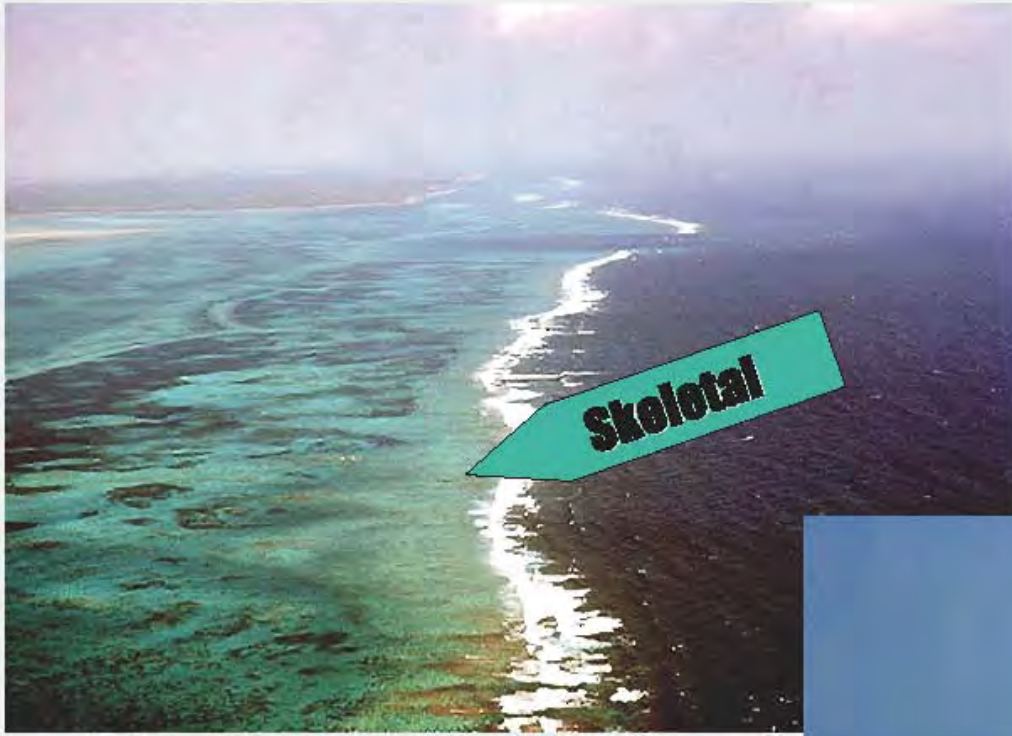
Grani non-scheletrici
(*non-skeletal*)



- Frammenti detritici
 - Peloidi
 - Ooliti
 - Pisoliti
 - Rodoliti
 - Oncoliti
 - Botroidi
- coated grains*

Skeletal & Non-Skeletal Settings In Bahamas

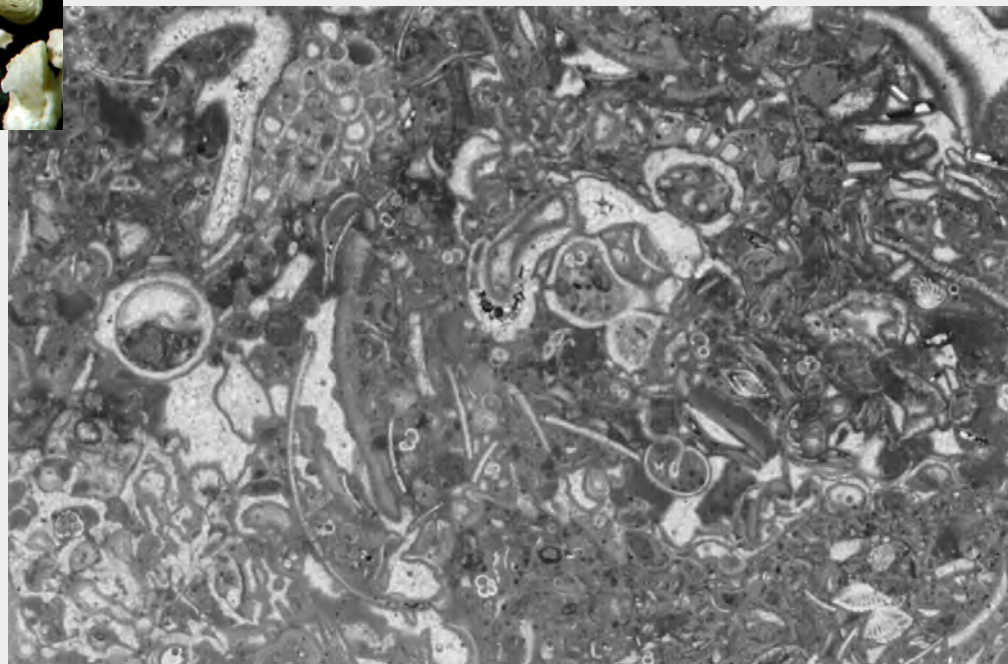




Identificazione dei grani scheletrici



Grani di origine
scheletrica
(lavato)



Grani di origine
scheletrica
(sezione sottile)

Composizione mineralogica dei grani scheletrici

Calcite basso magnesiaca

(low Mg-calcite):

Calcite con meno di 4 moli % di MgCO₃

Calcite alto magnesiaca

(Mg-calcite o high Mg-calcite):

Calcite con oltre 4 moli % di Mg CO₃ (4-20)

Aragonite

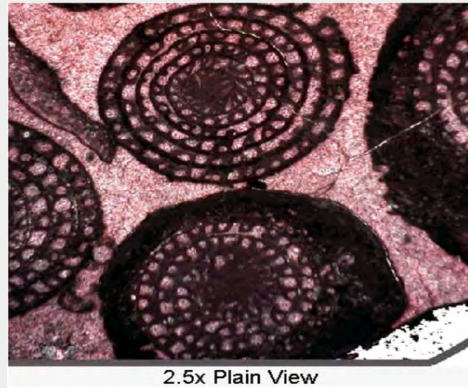
Silice

Fosfato di calcio

	Aragonite	Low-Mg Calcite	High-Mg Calcite	Aragonite + Calcite	Ca-Phosphates	Silica
Cyanobacteria	○	●	○			
Pyrrhophyta: Calciodinoflagellata		●				
Chrysophyta: Diatoms						●
Chrysophyta: Coccolithophorida		●				
Chlorophyta: Dasycladaceae	●					
Chlorophyta: Udoteaceae	●					
Chlorophyta: Gymnocodiaceae	●					
Chlorophyta: Charophyceae		●	●			
Rhodophyta: Solenoporaceae	●					
Rhodophyta: Squamariaceae	●					
Rhodophyta: Corallinaceae			●			
Radiolaria						●
Foraminifera	○	●	●			
Ciliata: Calpionellida		●				
Sponges: Demospongea		○				●
Sponges: Calcarea		●				
Sponges: Sphinctozoa	●	●				
Sponges: Stromatoporoidea	○	●	●			
Sponges: Chaetetida	●	●				
Sponges: Archaeocyathida		●				
Sponges: Hexactinellida						●
Scyphozoa: Conulata					●	
Hydrozoa	●	○	○			
Corals: Octocorallia	○	○	●	○		
Corals: Rugosa		●	○			
Corals: Heterocorallia		●				
Corals: Tabulata	○	●	○			
Corals: Scleractinia	●					
Bryozoa	○	●	○	●	○	
Brachiopoda: Articulata		●	○			
Brachiopoda: Inarticulata		●				●
Mollusca: Monoplacophora	●			●		
Mollusca: Polyplacophora	●					
Mollusca: Scaphopoda	●					
Mollusca: Bivalvia	●			●		
Mollusca: Gastropoda	●	●		○		
Mollusca: Nautiloidea	●	○		○		
Mollusca: Ammonoidea	●	●	●			
Mollusca: Belemnioidea		●	●	●		
Tentaculitida	●		●			
Annelida: Serpulida	●	●	○	○	○	
Arthropoda: Trilobita		○				●
Arthropoda: Ostracoda		●	○			
Arthropoda: Cirripedia	○	●	●			
Arthropoda: Decapoda		●	●			
Echinodermata			●			
Tunicata	●					
Vertebrata	○ (otoliths)					
Conodonts						●

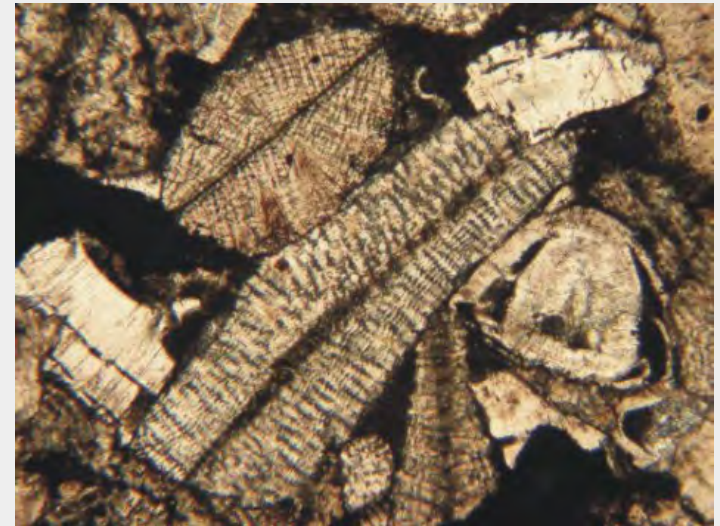
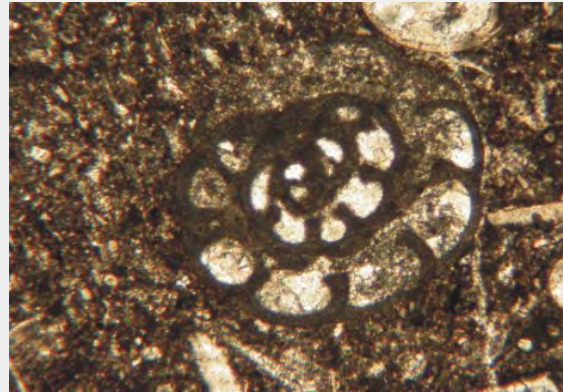
Fig. 4.9. Primary skeletal mineralogy of organisms relevant for microfacies studies. The dominating mineralogy is indicated by black circles, less common mineralogy by open circles. Note that bimineralic skeletons occur in several groups (e.g. bryozoans, arthropods). Adapted from Leadbeater and Riding (1986), Lowenstam and Weiner (1989), Mann et al. (1989), Carter (1990), and Van de Poel and Schlager (1994).

MACROFORAMINIFERI

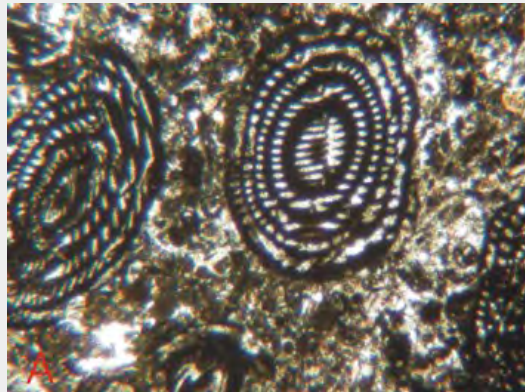


2.5x Plain View

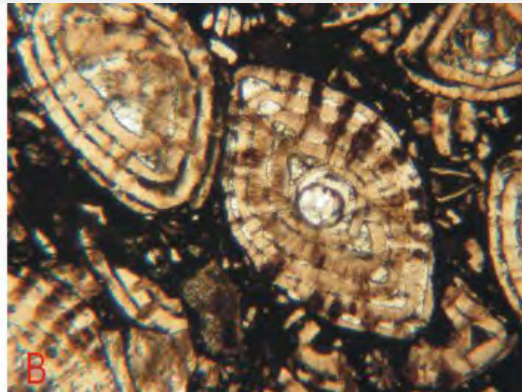
fusulinidi



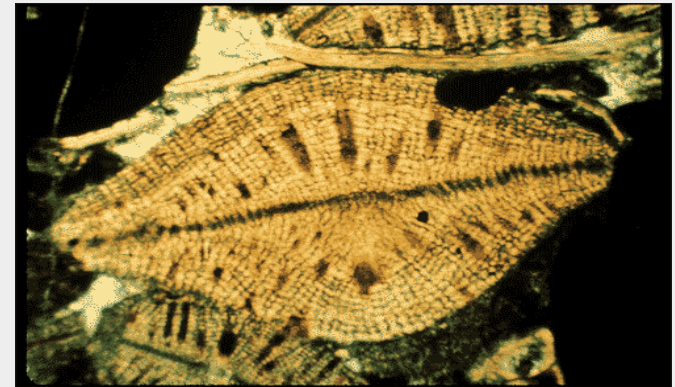
discocyclinidi



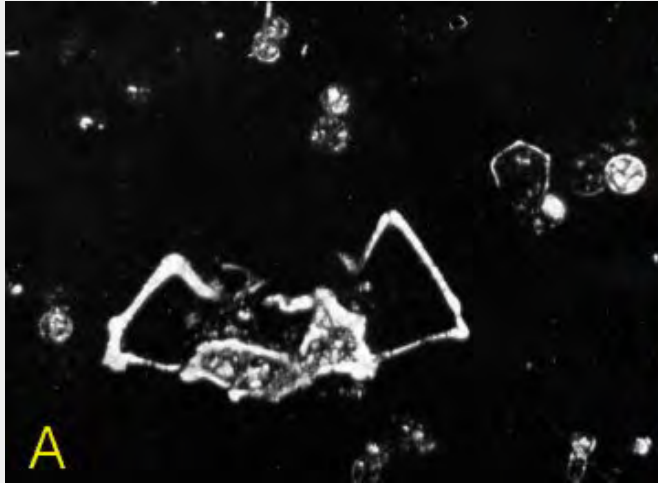
alveoline



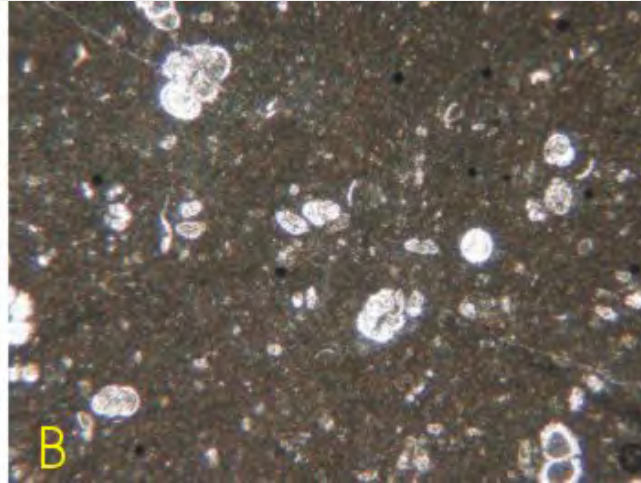
nummuliti



FORAMINIFERI

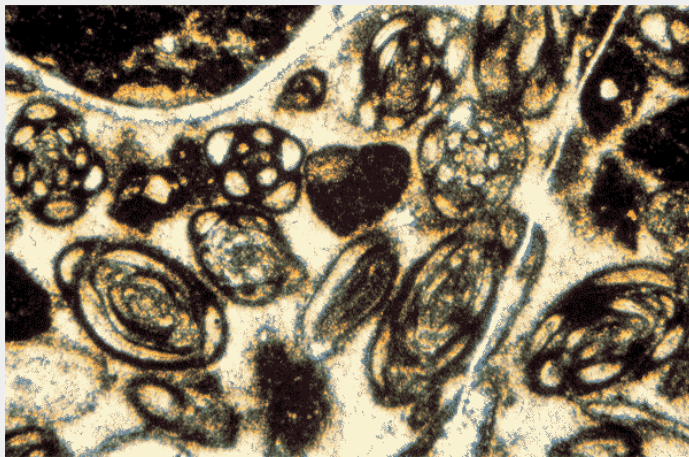


globotruncane



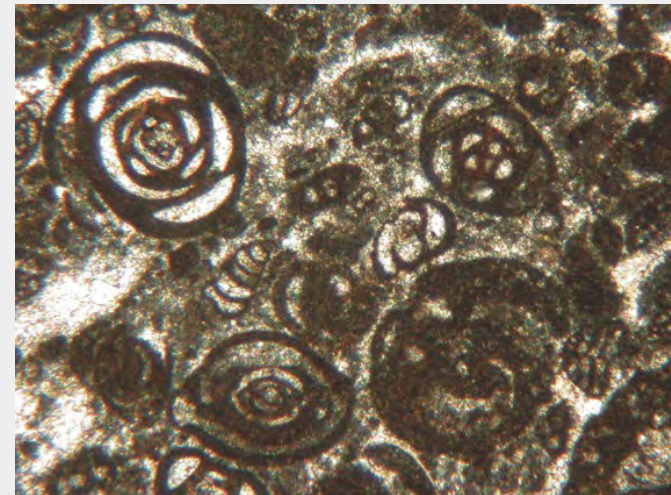
globigerine

planctonici

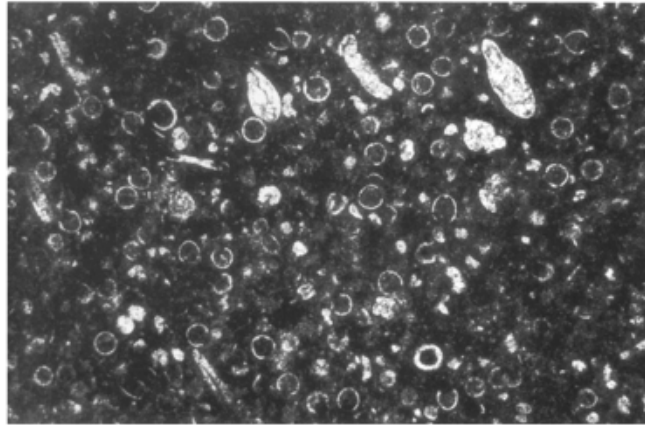


piccoli bentonici

miliolidi

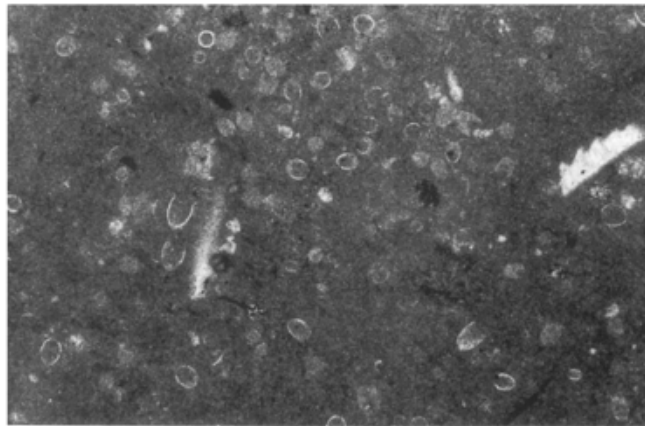
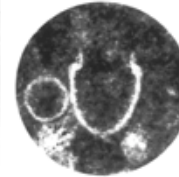


CALPIONELLIDI



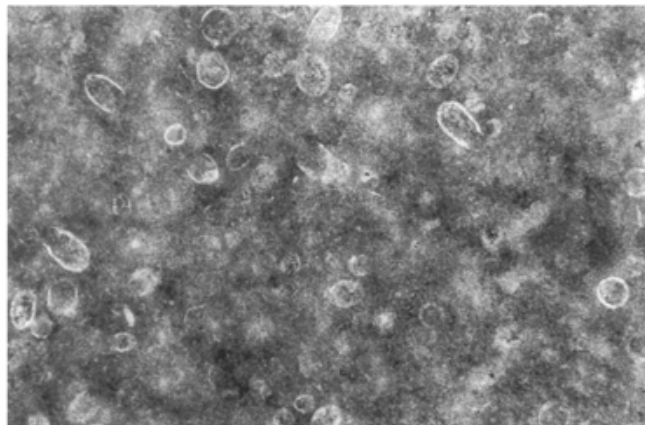
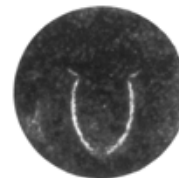
Calpionella alpina LORENZ (X 60). Detail (X 200). BERRIASIAN of Pizzo Merio, Sicily, Italy.

DOGGER			MALM			NEOCOMIAN				
BIHOVAN	CALOVA	DOBOVAN	KIMEDOGAN	TIHOVAN	BERIGAN	VALKOVAN	VALTIVAN	BAROVAN	APVAN	ALVAN



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

DOGGER			MALM			NEOCOMIAN				
BIHOVAN	CALOVA	DOBOVAN	KIMEDOGAN	TIHOVAN	BERIGAN	VALKOVAN	VALTIVAN	BAROVAN	APVAN	ALVAN



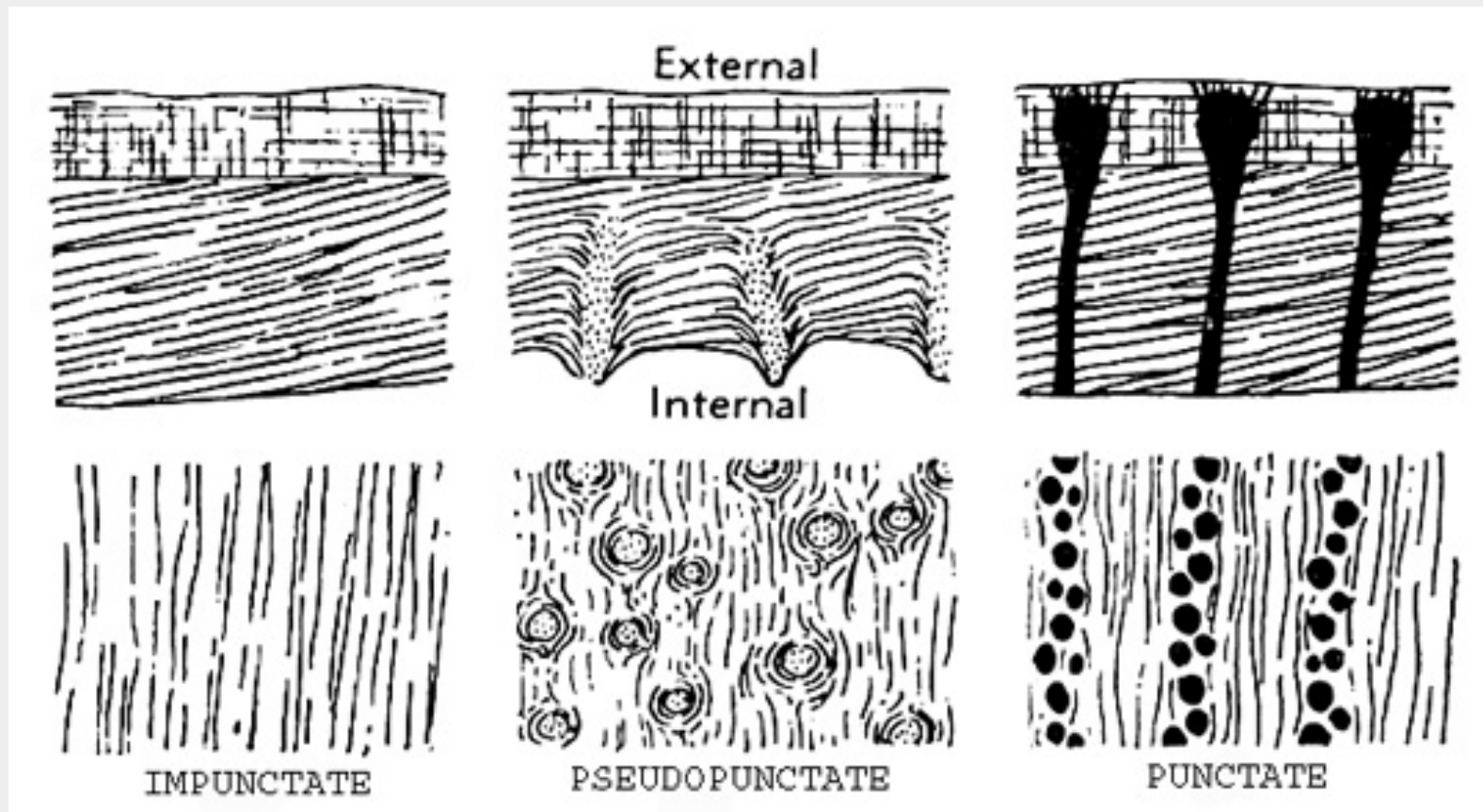
Calpionella elliptica CADISCH (X 90). Detail (X 230). BERRIASIAN of Monte San Simeone, Friuli, Italy.

NEOCOMIAN						SENOVIAN					
BERIGAN	VALKOVAN	VALTIVAN	BAROVAN	APVAN	ALVAN	ONOVAN	TAROVAN	ONOVAN	JACOVAN	CAMPANAN	MARCOVAN

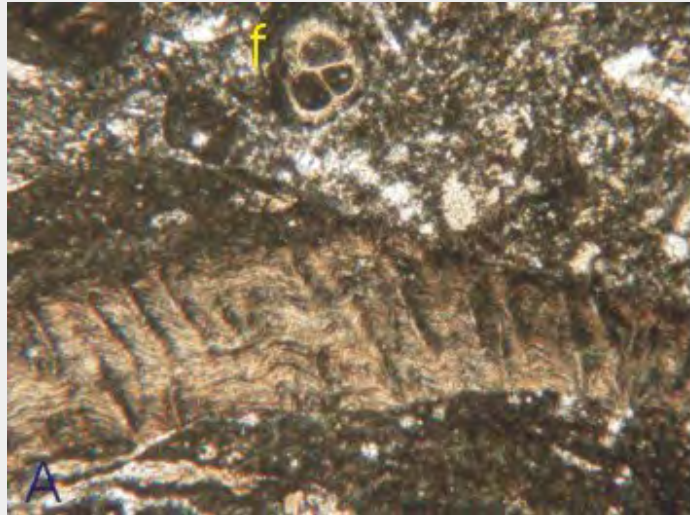


BRACHIOPODI (low Mg-calcite)

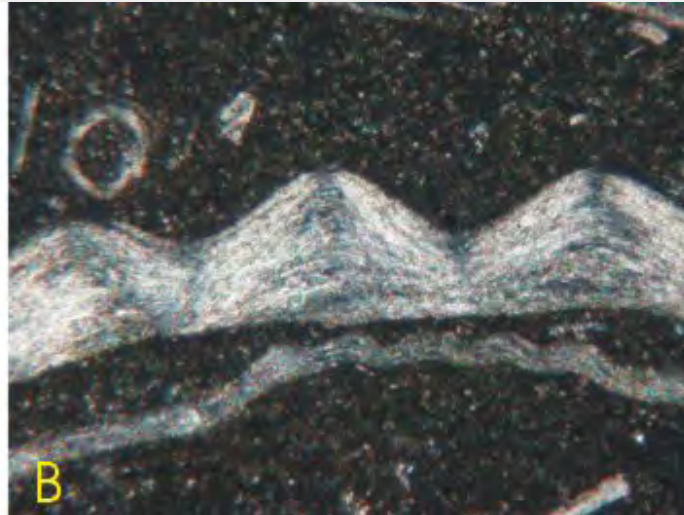
Struttura del guscio



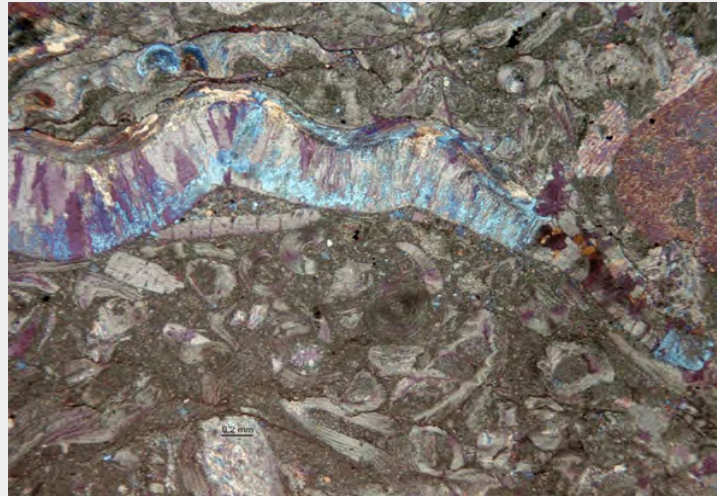
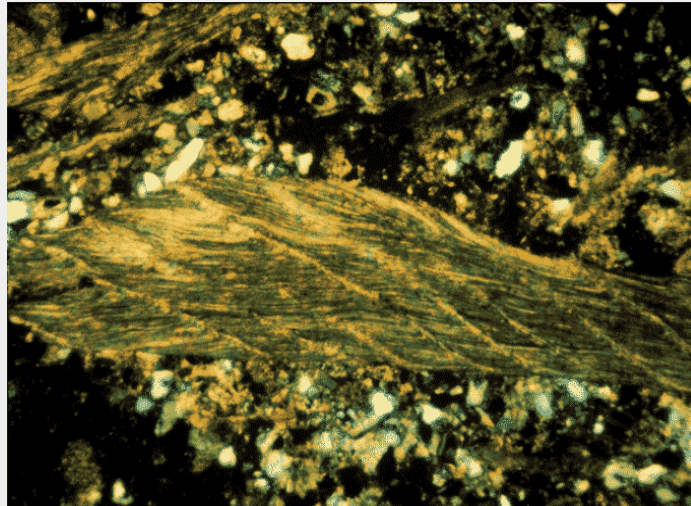
BRACHIOPODI (low Mg-calcite)



struttura pseudopunctata



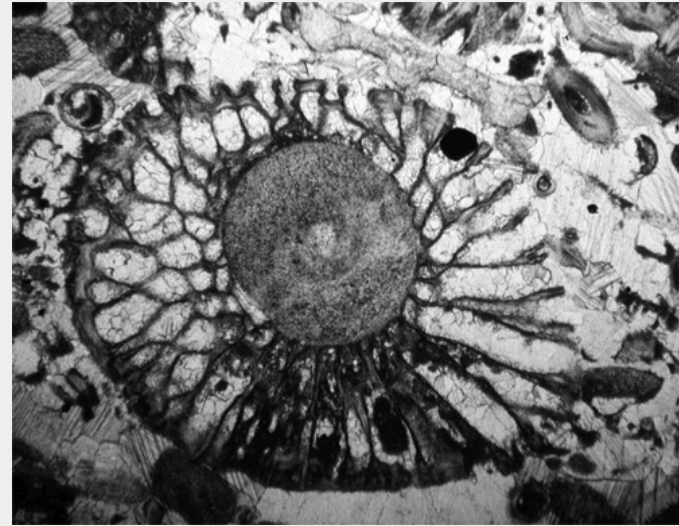
struttura foliacea



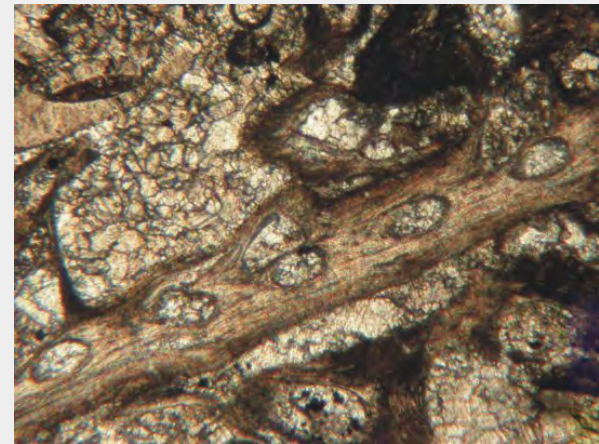
BRIOZOI (low Mg-calcite)



2.5x Plain View



2.5x Plain View

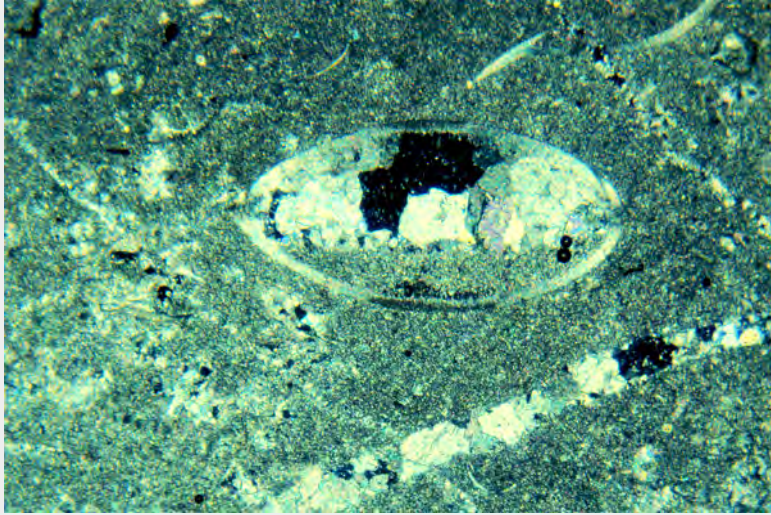
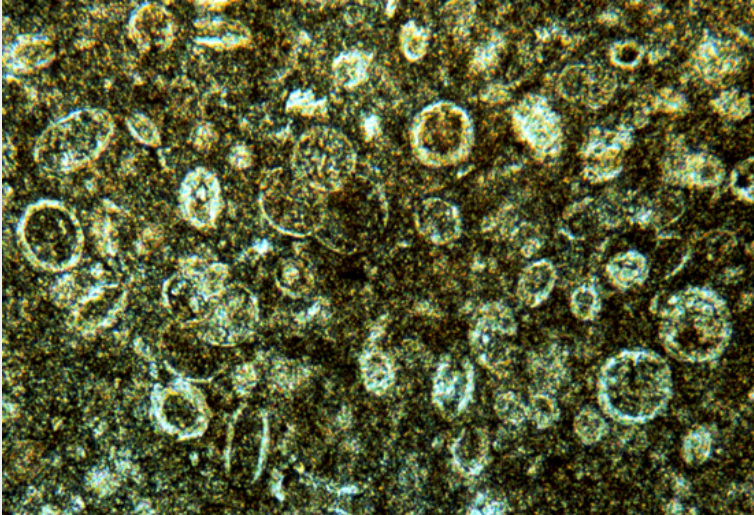
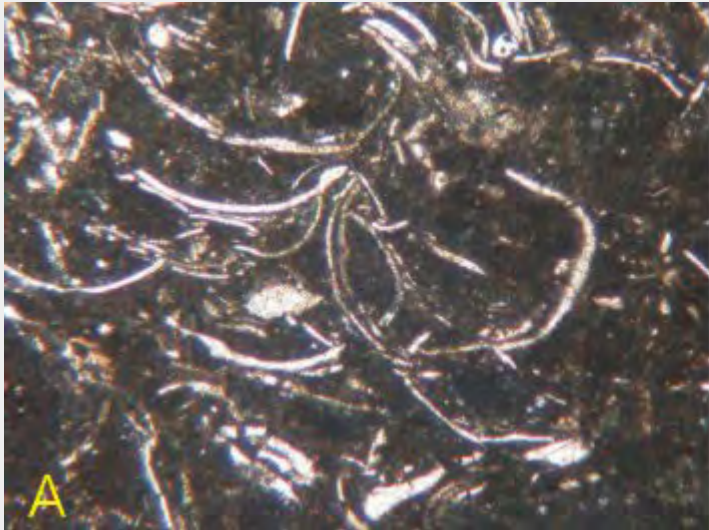


TRILOBITI (low Mg-calcite)

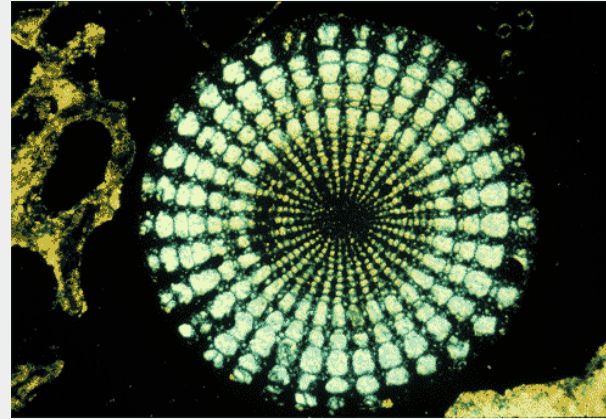
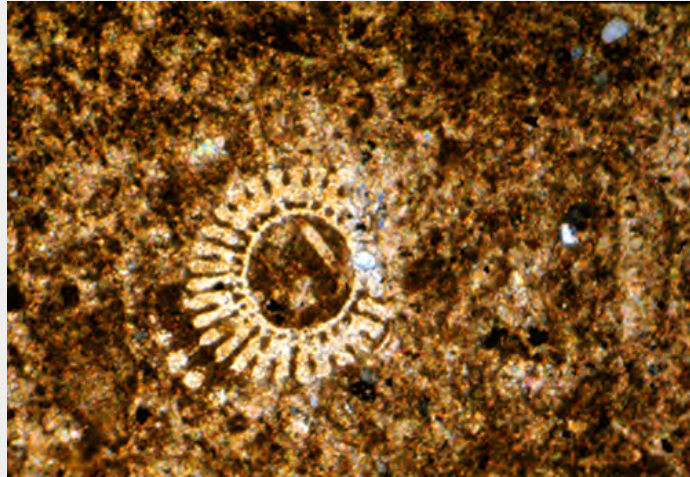


2.5x Plain View

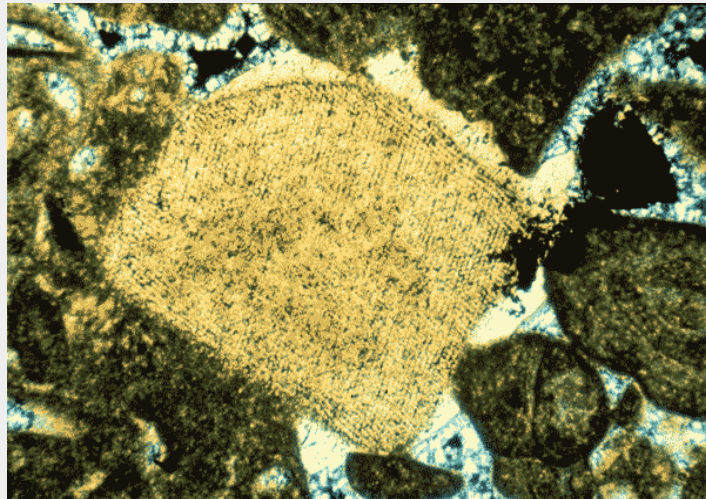
OSTRACODI (low Mg-calcite)



ECHINODERMI (high Mg-calcite): ECHINIDI



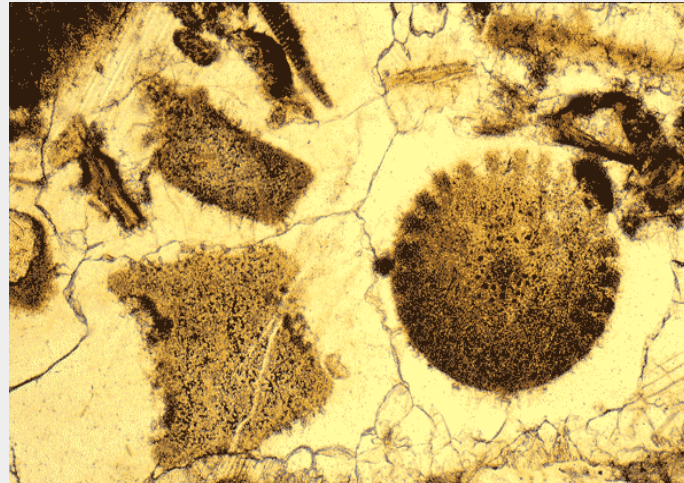
Spine di echinidi in sezione sottile



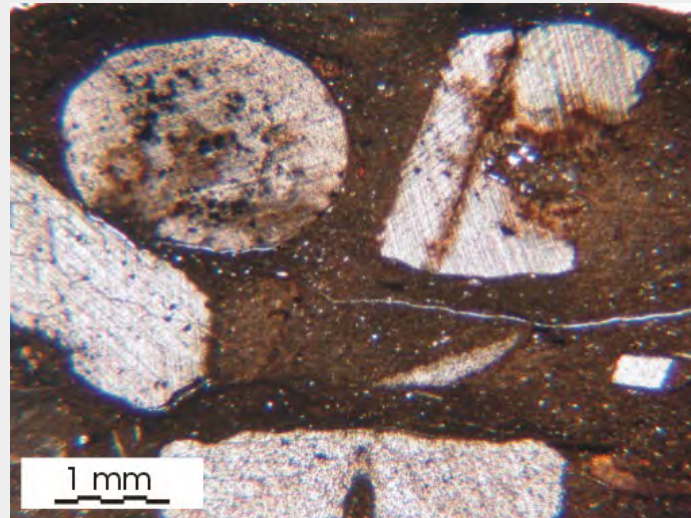
Piastrine di echinide e cemento sintassiale



ECHINODERMI (high Mg-calcite): CRINOIDI

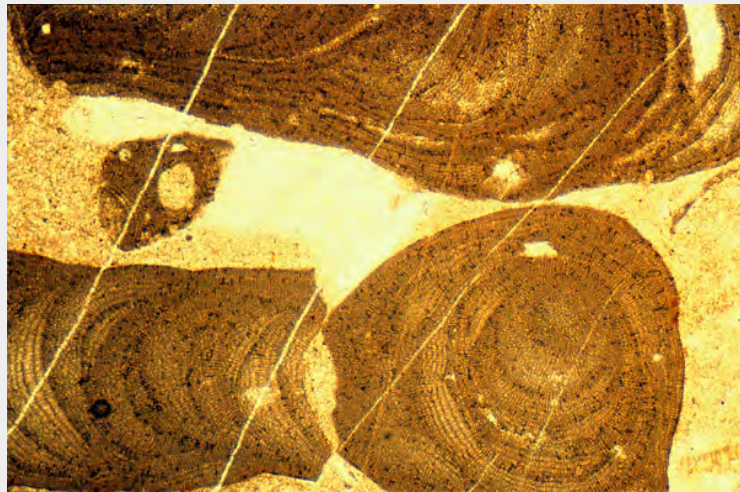


Placchette e articoli di crinoidi con cemento sintassiale



ALGHE ROSSE (high Mg-calcite)

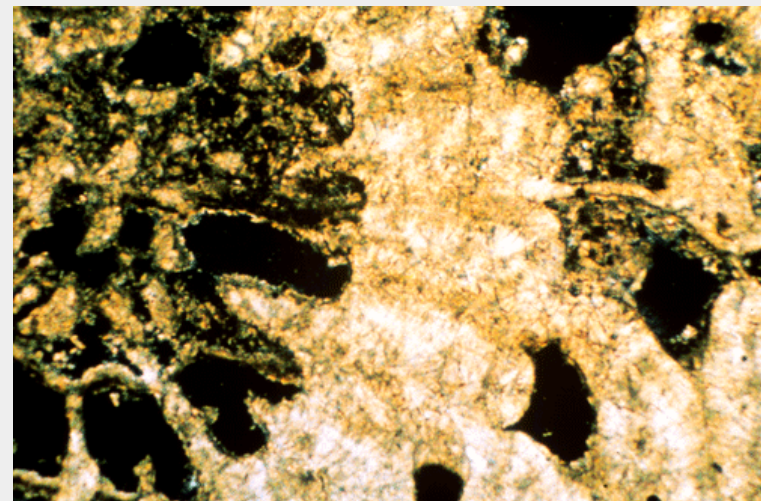
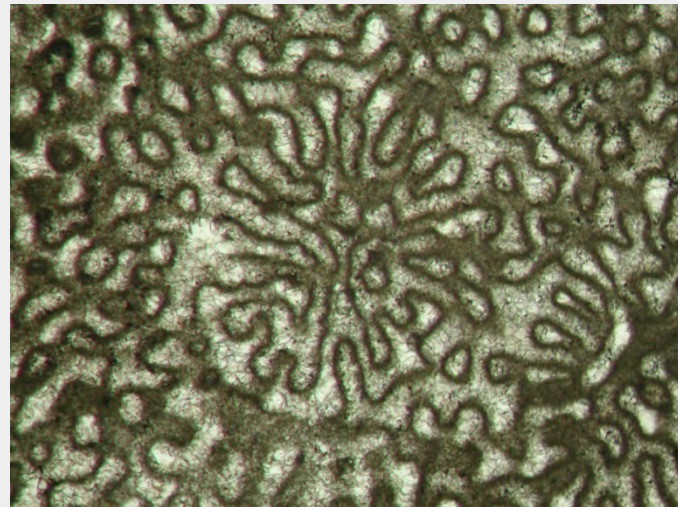
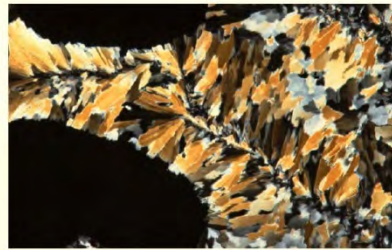
Coralline algae
(Mg calcite)



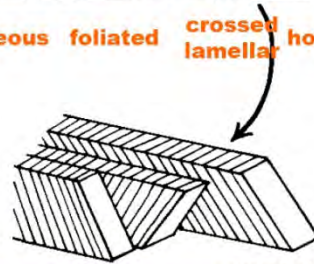
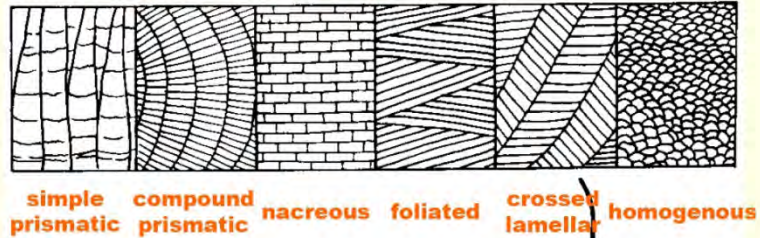
CORALLI (aragonite)



Scleractinian corals
(aragonite)



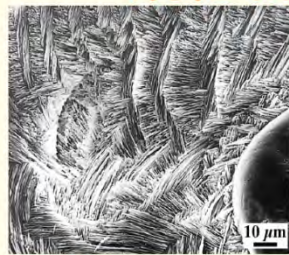
MOLLUSCHI (aragonite)



(from Taylor & Layman, 1972)

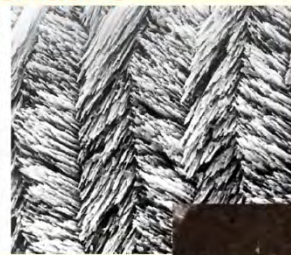
La maggioranza dei gusci è composta da aragonite, alcuni hanno mineralogia mista (es. rudiste), altri di calcite (es. ostriche, pettinidi).

Molto spesso l'aragonite originaria viene completamente disciolta, lasciando un modello che può essere successivamente riempito da calcite



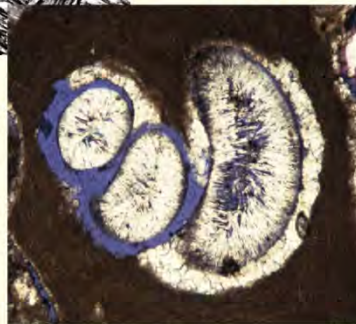
SEM

**crossed lamellar
aragonite**

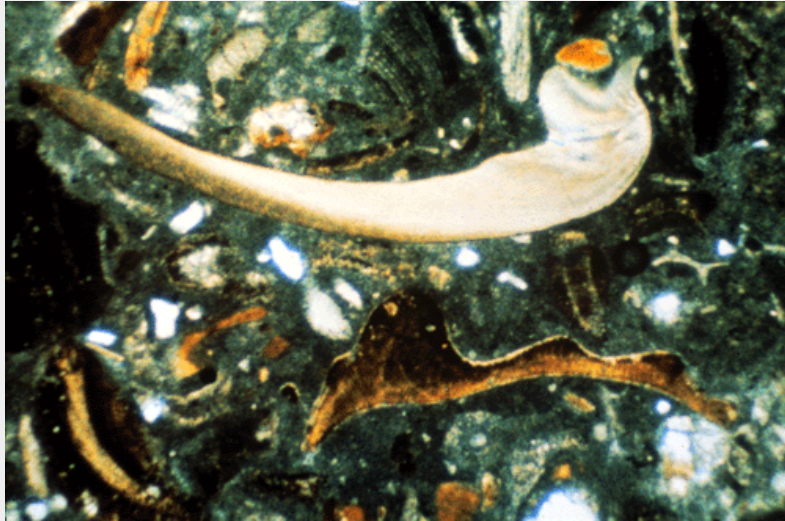


gastropod

Thin section



MOLLUSCHI (aragonite):



bivalvi con struttura foliacea

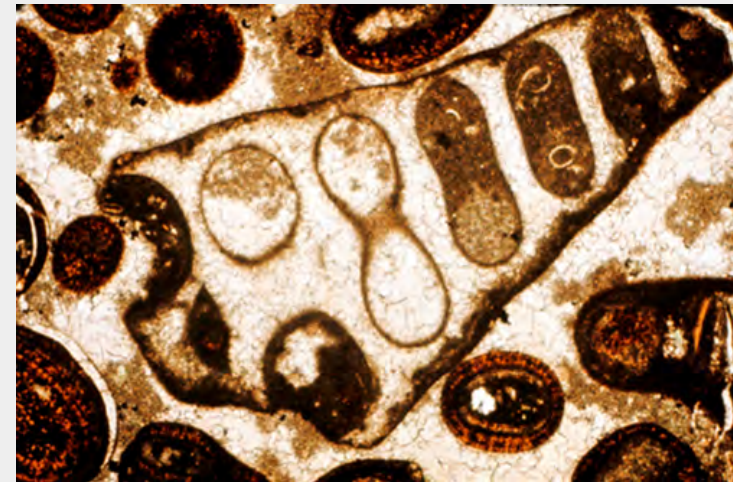


gasteropodi

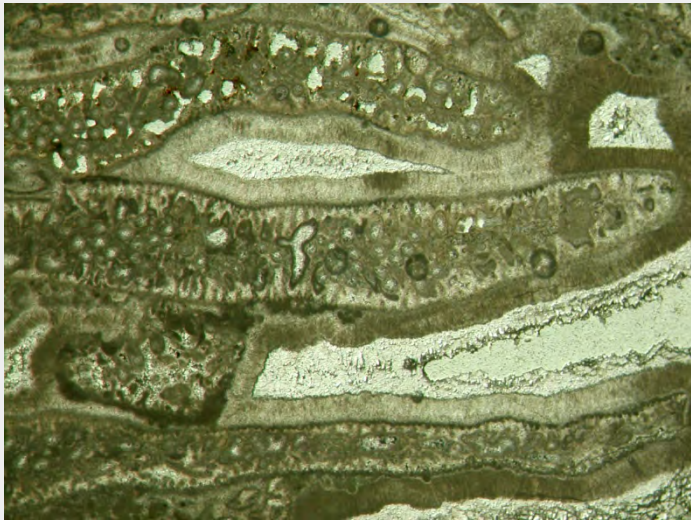


v: vermetidi
(gasteropodi)

s. serpulidi (policheti)

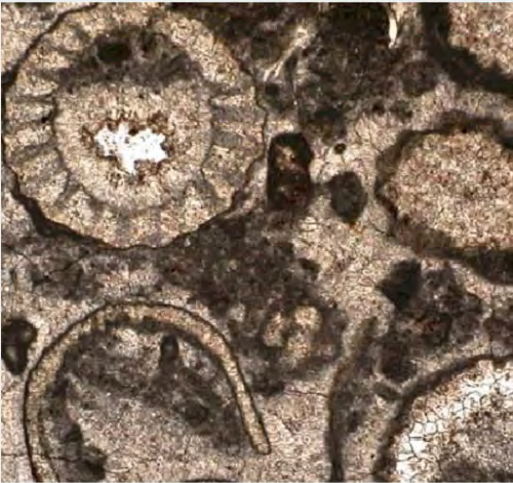
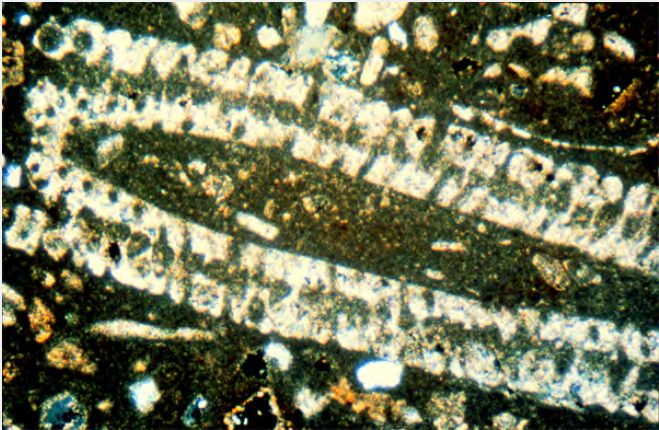


ALGHE VERDI (aragonite)



placchette di *Halimeda* in sezione sottile

Alghe dasycladacee

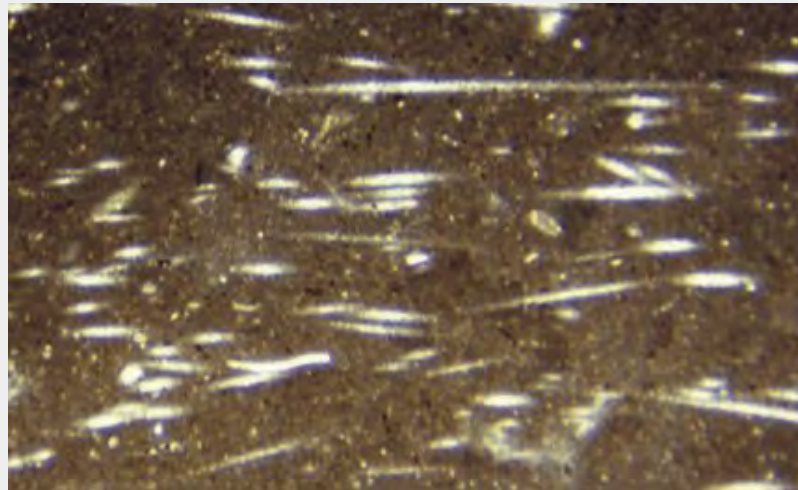


2.5x Plain View

Fossili silicei



radiolari



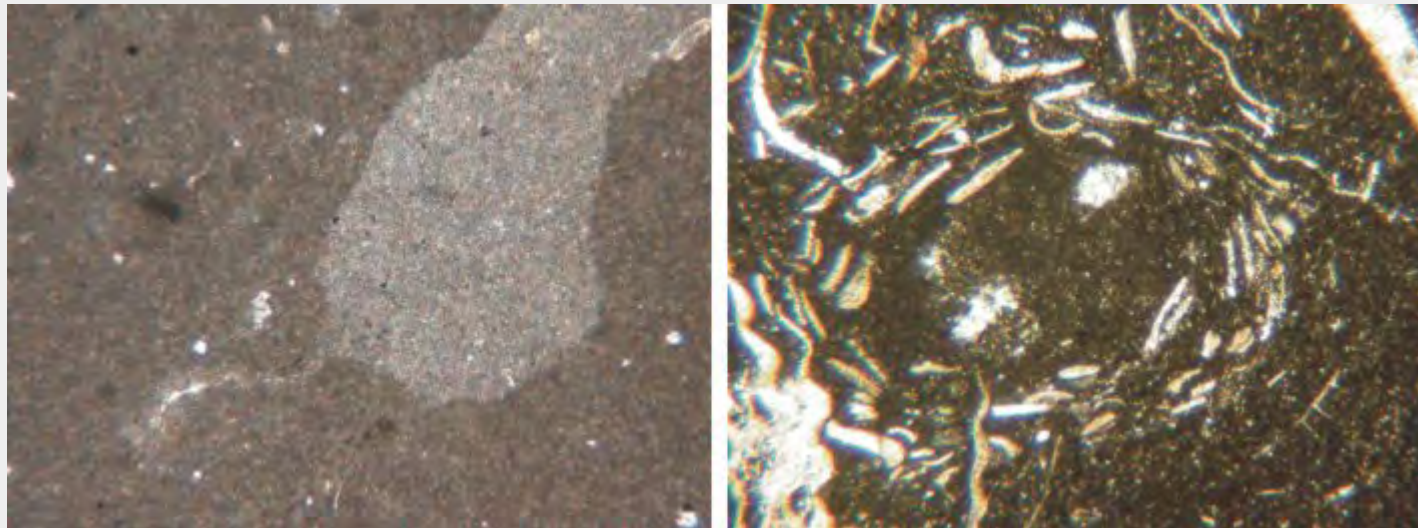
spicole di spugne

Alcuni aspetti particolari legati all'attività degli organismi

- Bioturbazione e “burrowing”
- Bioerosione e boring
- Incrostazione

Bioturbazione e “burrowing”

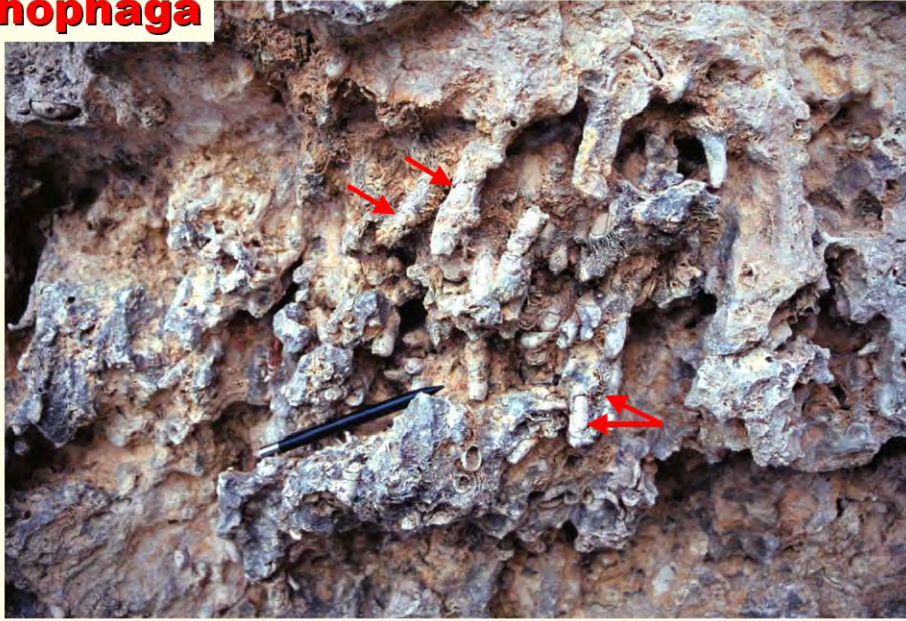
I “burrows” si formano in sedimenti piuttosto fini non consolidati e possono trasformare l'originaria struttura e tessitura del sedimento (*bio-retexturing*)



Bioerosione e “boring”

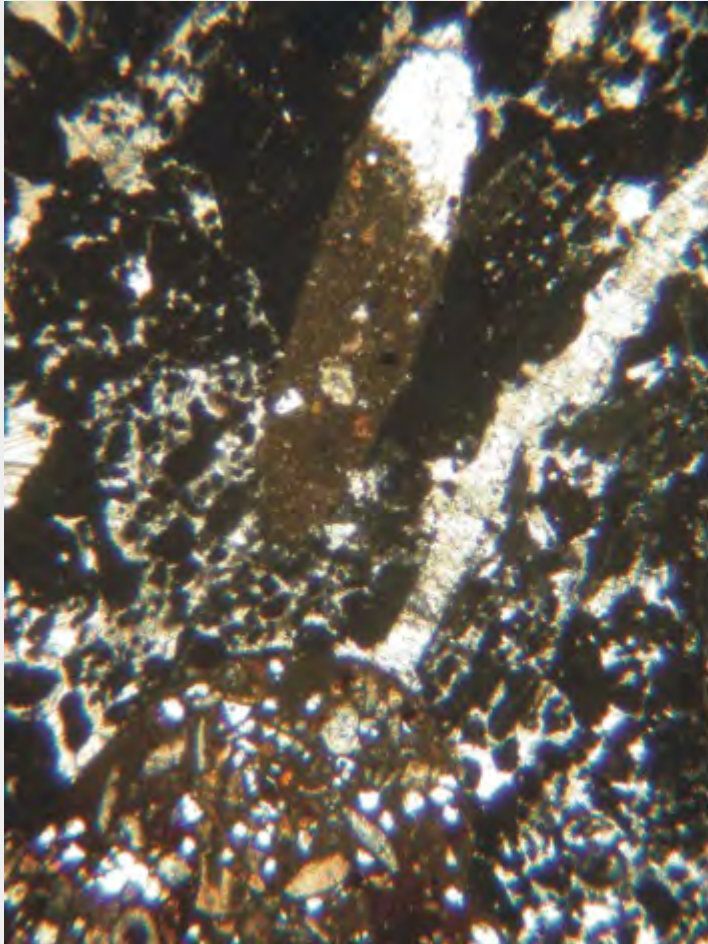
Lithophaga

Outcrop



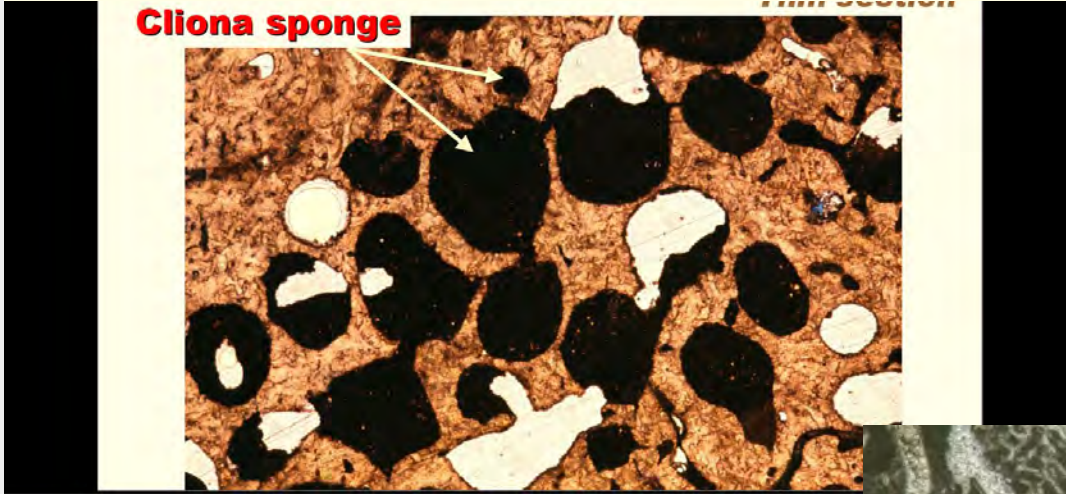
Bioerosione: processi attraverso i quali l'attività degli organismi modifica distrugge lentamente substrati duri. Non è solo ad opera di organismi perforanti (*borers*) ma anche di organismi che raspano, scalfiscono, grattano (*grazers*)

“**Boring**”: micro e macroborers (diametro maggior di 1 mm) producono delle tracce fossili



Macroborers

Cliona sponge

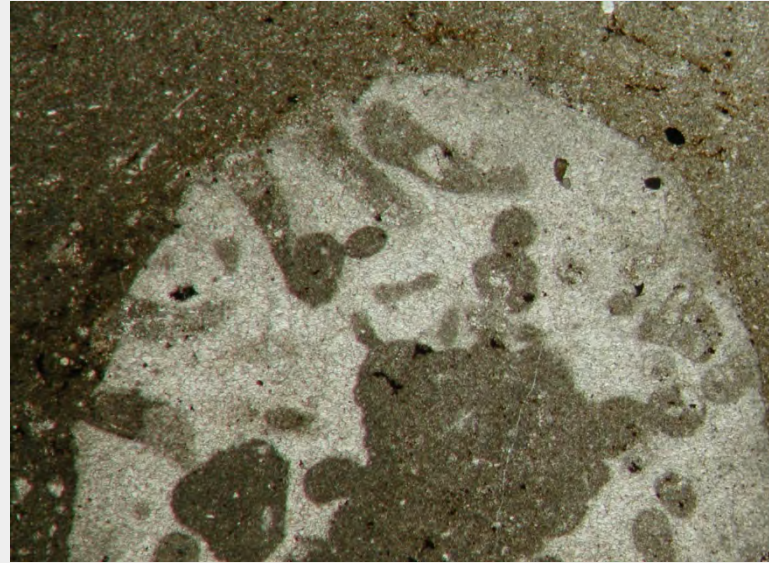


spugne clionidi: rete di camere collegate tra loro con più aperture

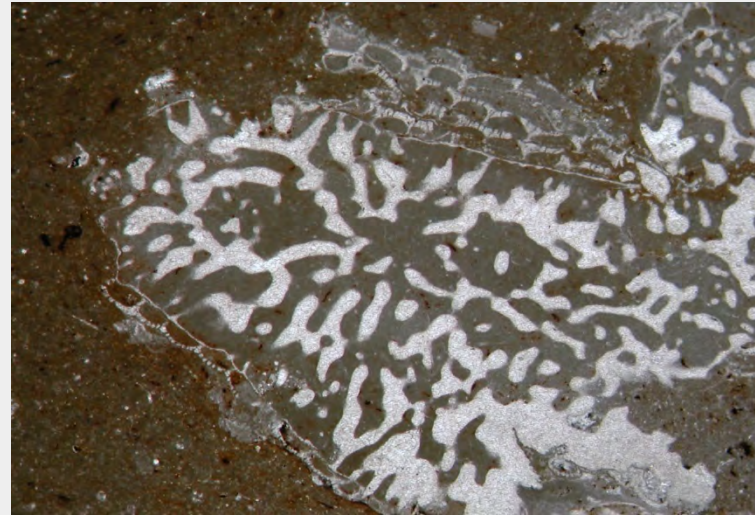
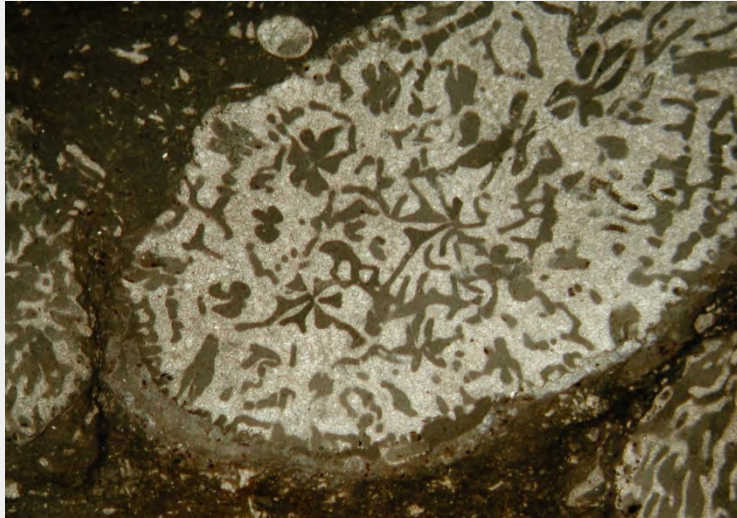
bivalvi litofagi



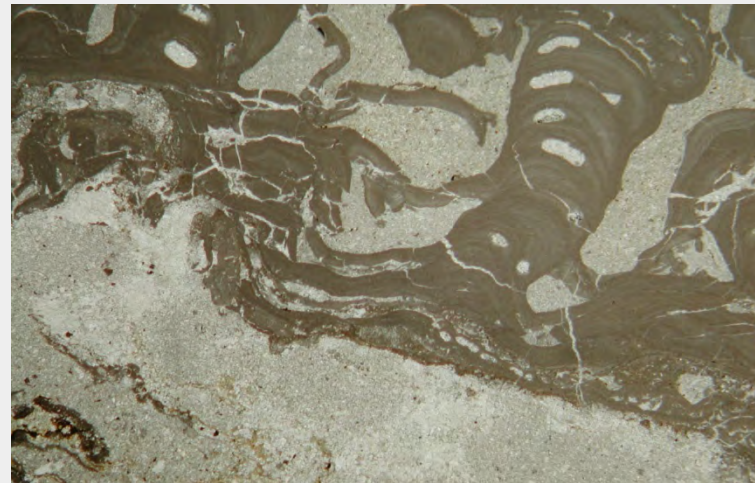
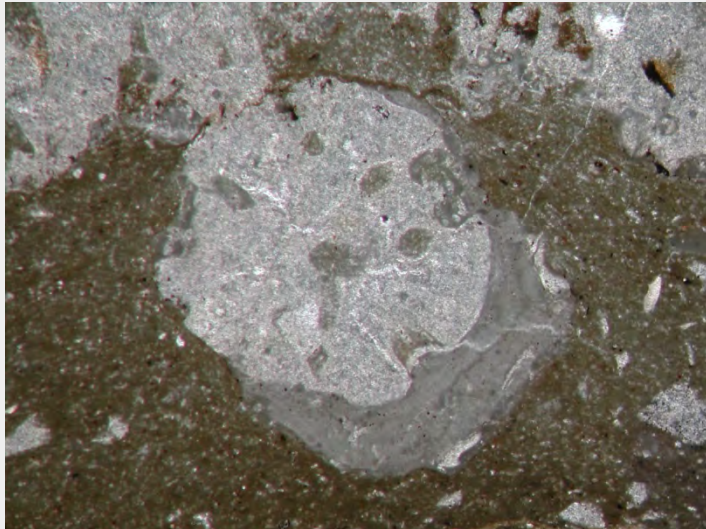
Macroborers: vermi policheti (*Trypanites*)



Incrostazione: su frammenti di coralli



Foraminiferi incrostanti (*Miniacina*)



Alghe rosse corallinacee

Grani non-scheletrici

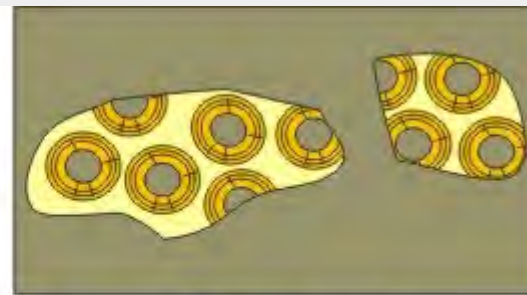
Grani detritici

Frammenti derivanti da carbonati preesistenti.

Si possono originare per rottura di un sedimento penecontemporaneo, spesso debolmente consolidato (**intraclasti**), oppure per disagregazione di rocce più antiche (**extraclasti o litoclasti**).



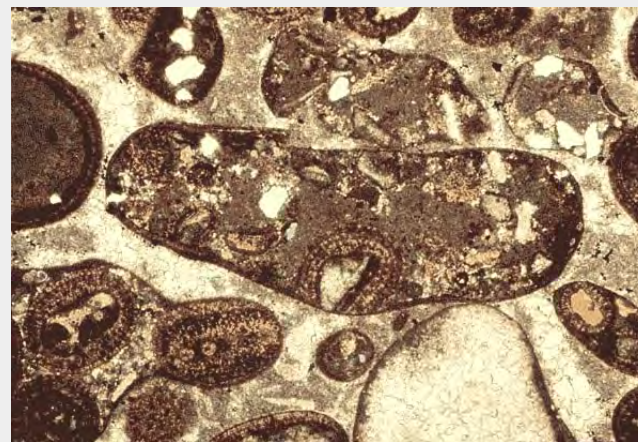
intraclasti



extraclasti



Intraclasti in affioramento



Extraclasti in sezione sottile.

Peloidi

Piccoli granuli di carbonato microcristallino (0,1 - 0,5 mm), subsferici, ellissoidali o cilindrici, privi in genere di struttura interna.

Fecale (coproliti, in genere i più diffusi)

Biogenica (alghe, batteri, ecc.)

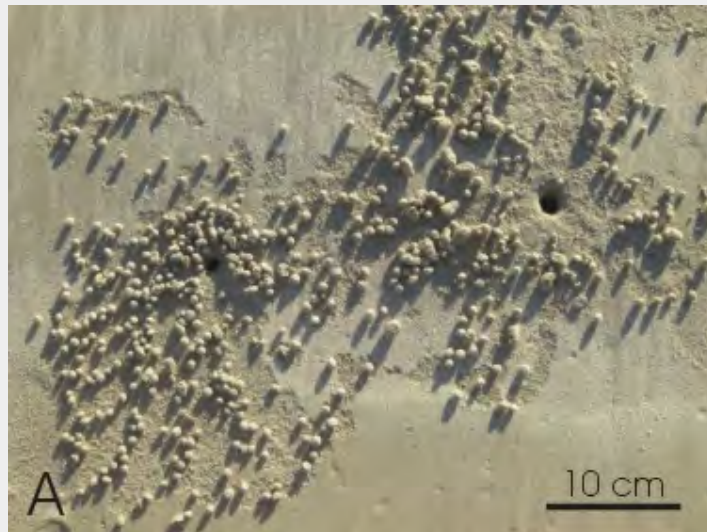
Origine

Chimica (da acque soprasature in carbonato)

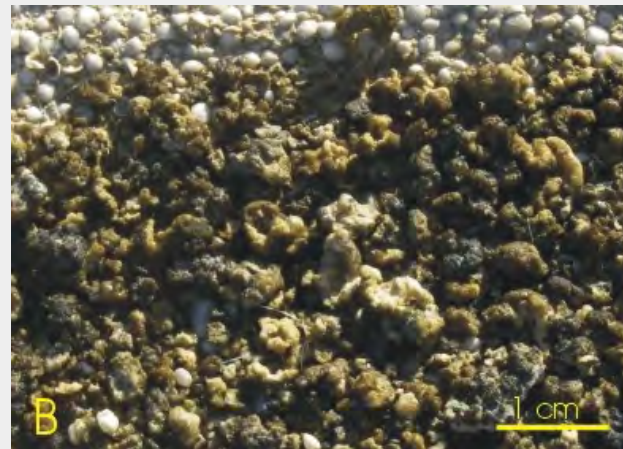
Disgregazione di carbonati preesistenti (meccanica o ad opera di organismi)

Piccoli intraclasti

Peloidi attuali

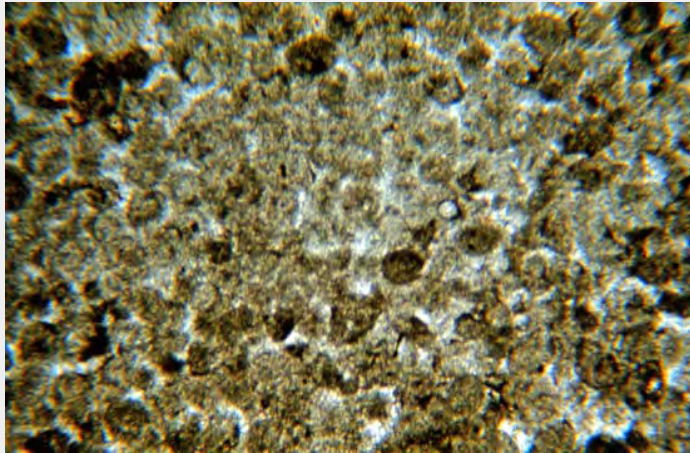


Coproliti (granchio)

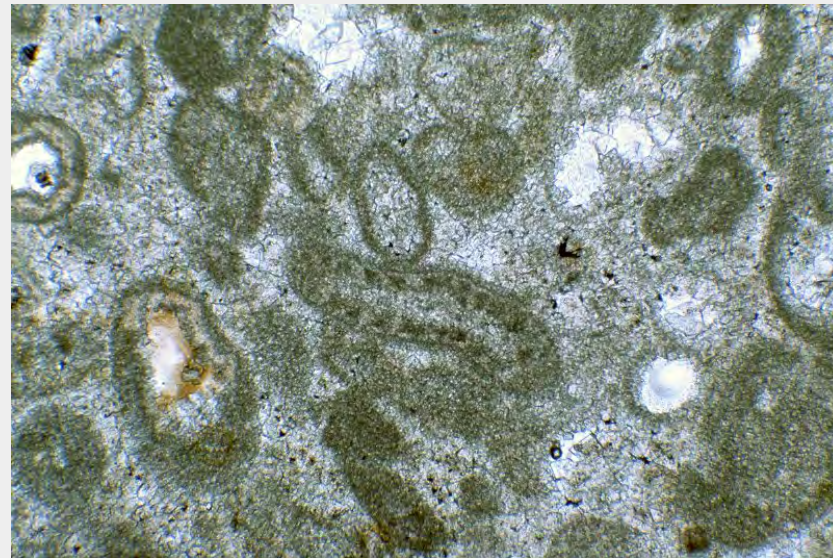
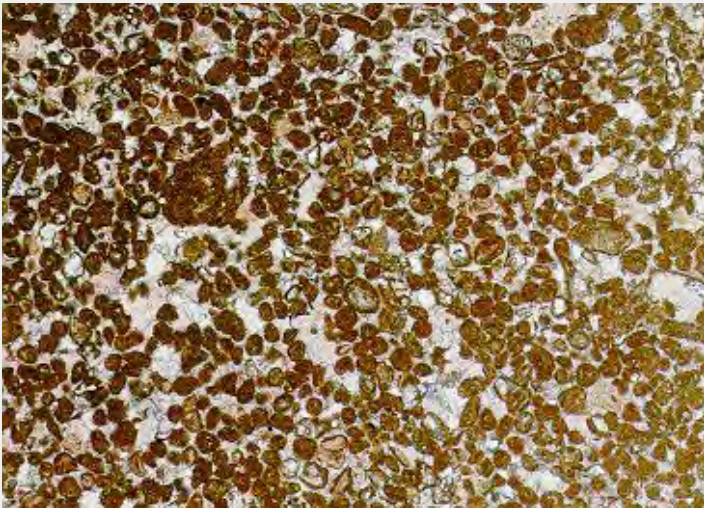


Peloidi di origine algale-microbica

□



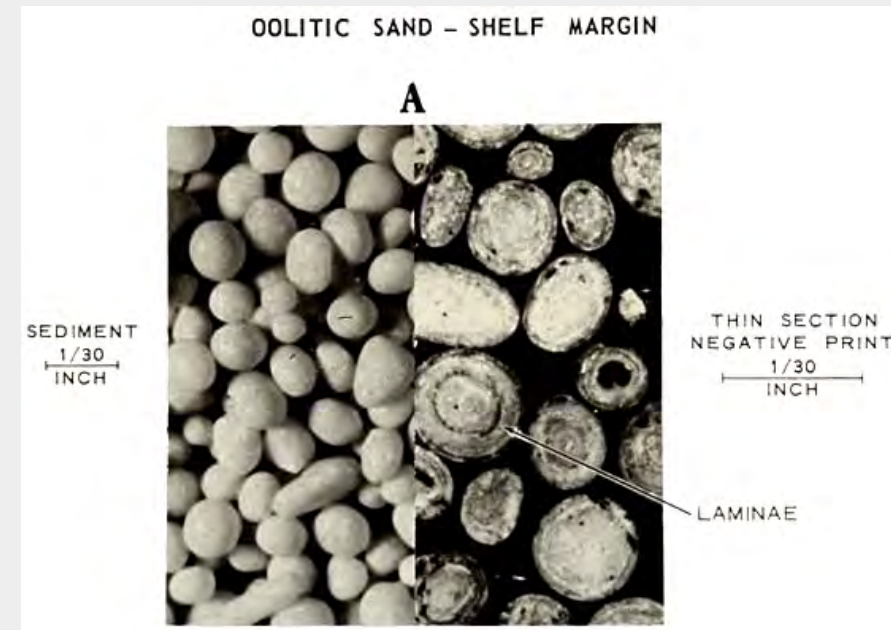
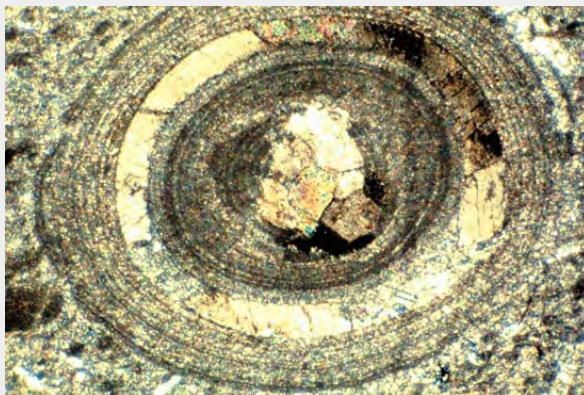
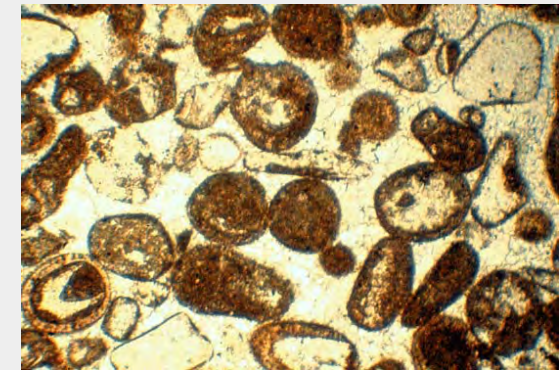
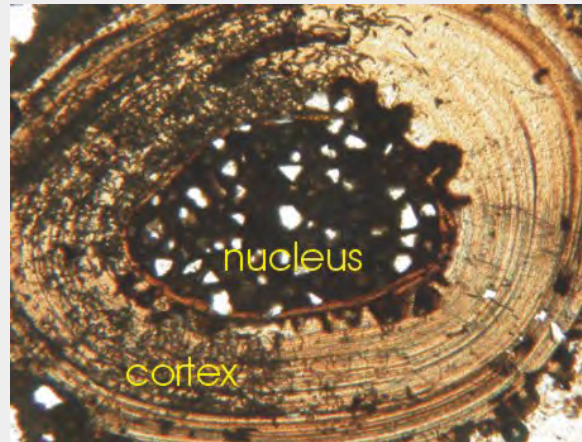
Peloidi fossili (sezione sottile)



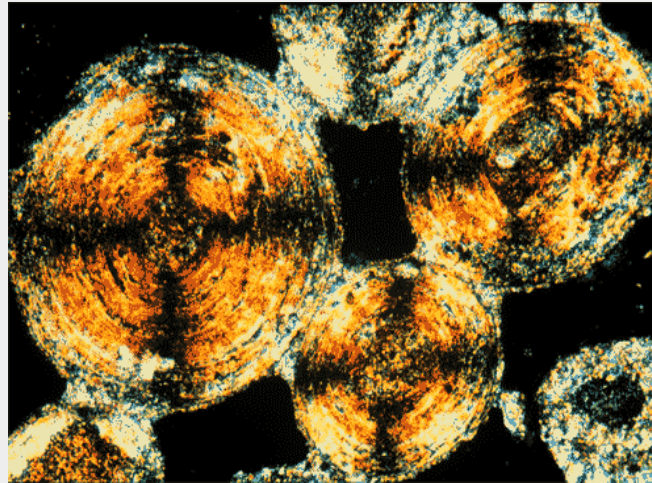
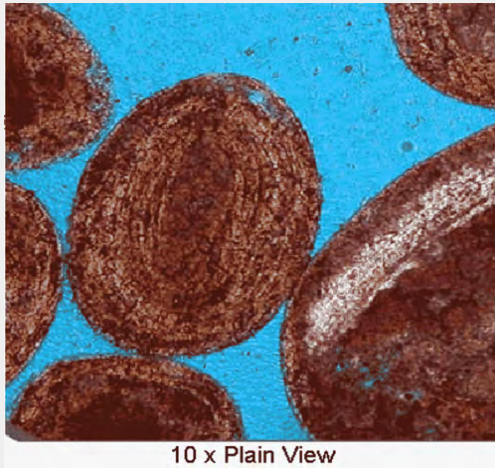
Coated grains

Ooidi (ooliti)

- nucleo (peloide, frammento scheletrico) + cortex con lamine regolari e concentriche
- dimensioni: 0.2 – 1mm
- in larga parte sono aragonitici
- origine: organica + chimica
- i sedimenti oolitici si formano tipicamente nei bassi fondali tropicali, caratterizzati da forti correnti tidali all'aumento della turbolenza si accompagna un sensibile riscaldamento dell'acqua con perdita di CO₂ e precipitazione di CaCO₃ attorno ai granuletti presenti in sospensione o mobili sul fondo



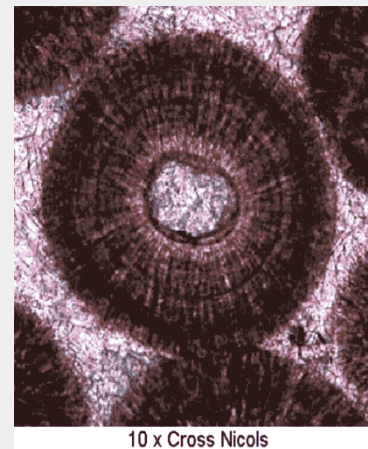
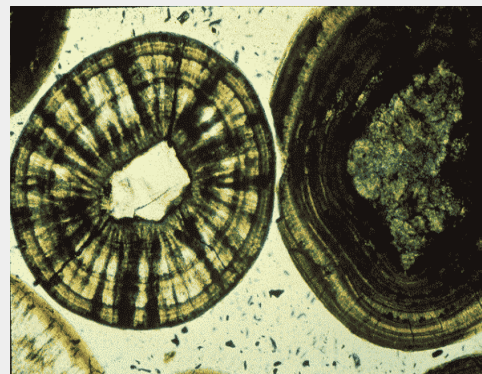
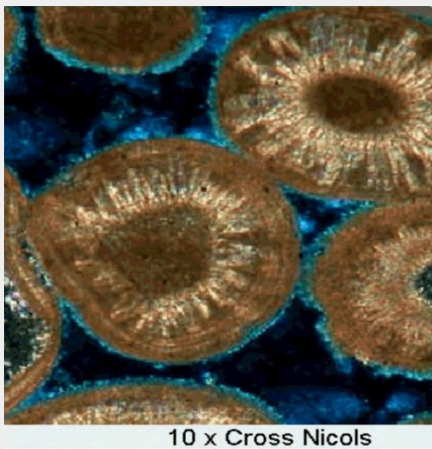
Ooidi: struttura interna tangenziale



Sono i tipi più comuni, si formano in ambienti ad elevata energia idrodinamica

Cristalli disposti tangenzialmente alla superficie del granulo

Ooidi: struttura interna radiale



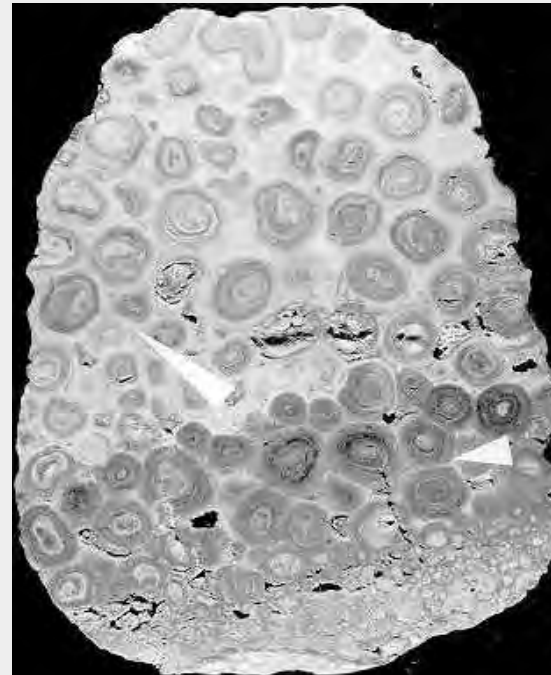
Sono piuttosto rari, caratteristici di ambienti tranquilli e riparati

Cristalli con l'asse lungo disposto normalmente alla superficie del granulo

Coated grains

Pisoliti

- granuli molto simili alle ooliti
- nucleo + cortex con lamine irregolari
- dimensioni: maggiori di 2 mm.
- non hanno origine marina, ma si formano in grotte, presso sorgenti termali, nei suoli bauxitici e in quelli calcarei (caliche).



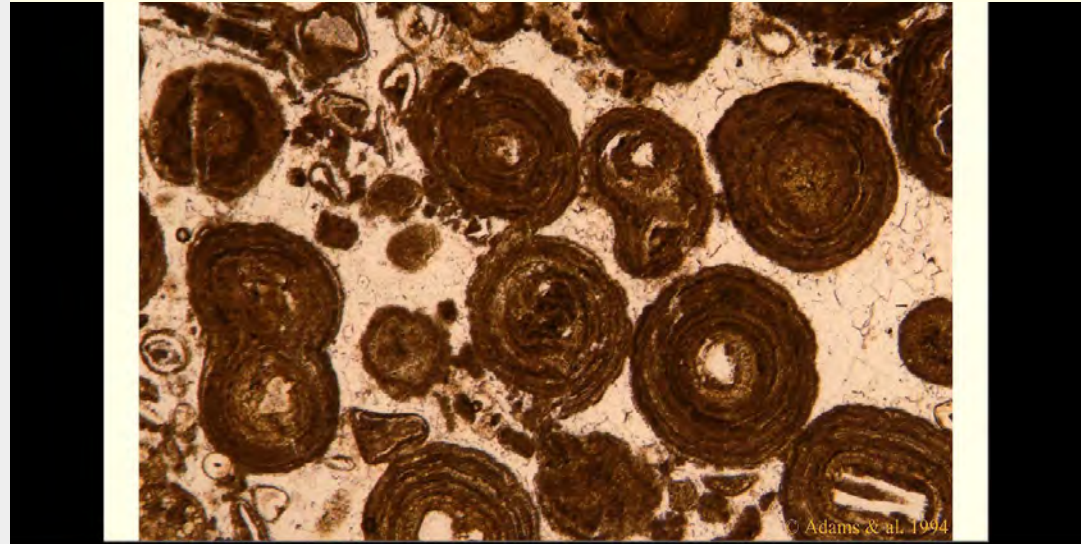
Coated grains

Noduli algali

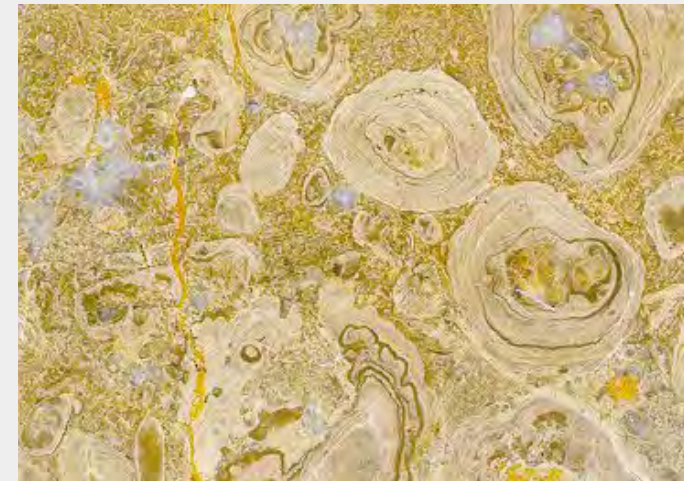
Oncoidi o oncoliti

- nucleo + involucro corticale (*cortex*) con lamine irregolari
- dimensioni: > 1 mm- ++cm
- origine: algale, con accrescimento tipo “palla di neve”, la mucillagine algale che ricopre il nucleo cattura le particelle in sospensione.

Oncoidi



Oncoliti (sezione lucida)



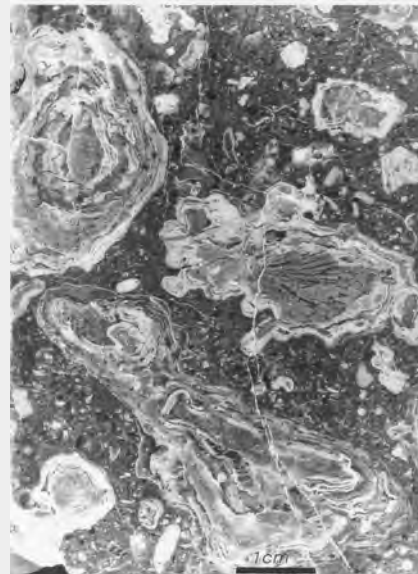
(sezione sottile)

Coated grains

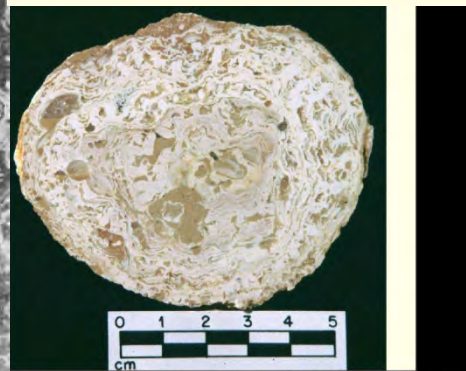
Noduli algali

Rodoliti

- noduli di alghe corallinacee (alghe rosse) che si accrescono attorno ad un nucleo per secrezione di CaCO_3 attorno ai filamenti o tra le cellule del tessuto organico dell'alga
- dimensioni: da qualche mm fino a oltre 10 cm



rodoliti fossili (Eocene)

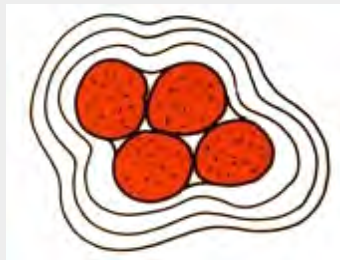


rodoliti attuali



Botroidi (grain aggregates)

- piccoli agglomerati costituiti da particelle di varia natura e caratterizzati da un contorno più o meno lobato, dovuto alle protuberanze dei singoli elementi.
- dimensioni: 0.5 mm - ++ mm
- l'aggregazione può essere dovuta a precipitazione di cemento aragonitico, ma può anche essere causata da alghe incrostanti, foraminiferi e mucillagini organiche di vario tipo.

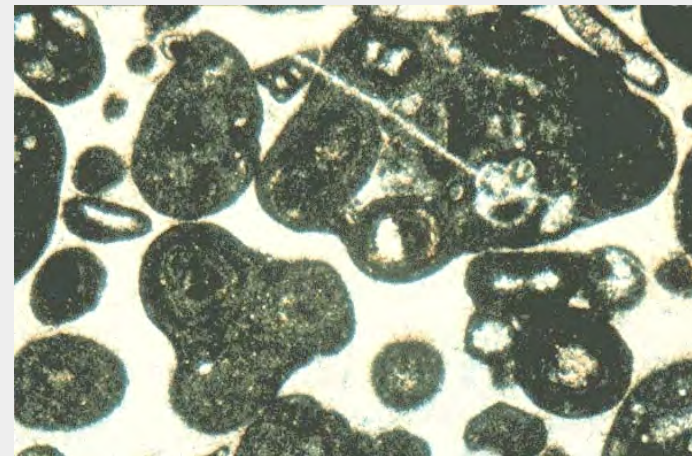


Botroydal lump

grani aggregati da un
involuppo corticale

ambienti agitati

Grapestone



Il cemento precipita solo all'interno, vicino ai punti
di contatto fra i grani

ambienti più tranquilli e riparati

Matrice (matrix)

- Materiale solitamente fine e interstiziale fra grani più grandi

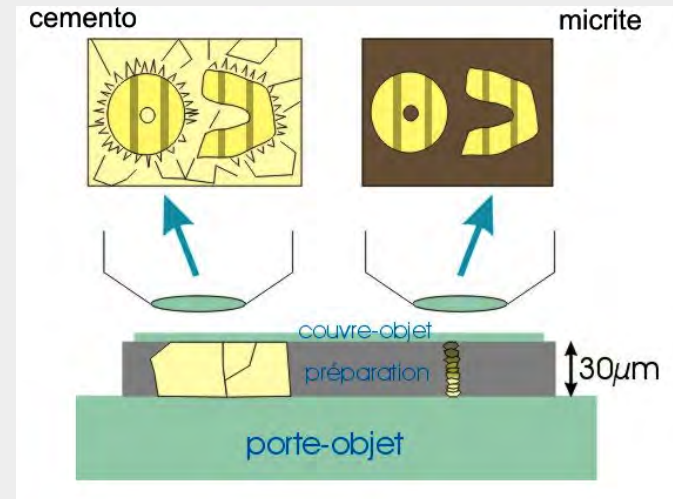


MICRITE = **microcrystalline calcite** – dimensioni di solito inferiori a 4 *micron*

Cryptocrystalline → SEM



**Micrite in
sezione sottile.**



A causa delle loro piccolissime dimensioni, i cristalli di micrite mostrano al microscopio un aspetto più scuro ed opaco rispetto al cemento carbonatico, formato da cristalli molto più grandi.

Questo effetto è dovuto alla maggior capacità di assorbimento della luce legata alla sovrapposizione dei piccoli cristalli micritici.

MICRITE: origine



struttura stromatolitica



struttura trombolitica

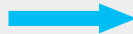


struttura afanitica



MICRITE: origine

allomicrite



disintegrazione degli scheletri

disintegrazione delle parti scheletriche di organismi invertebrati bentonici

disintegrazione di alghe calcaree bentoniche (es. *Halimeda*)

disintegrazione della parte scheletrica a causa di organismi perforanti

decantazione del biota pelagico (foram planctonici e nannonplancton) ad elevate profondità nei fondali oceanici (fino a 4000-4500 m): melme o fanghi calcarei

erosione ed abrasione meccanica di rocce carbonatiche

pseudomicrite o micrite diagenetica



diagenesi

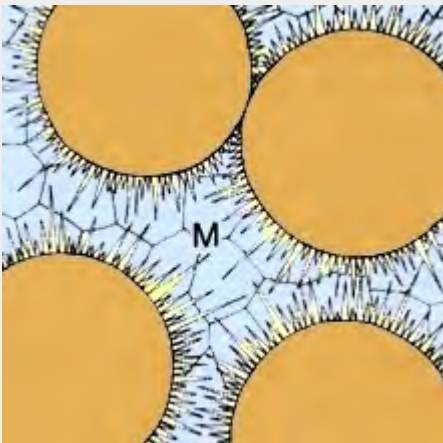
si forma da cementi carbonatici micro o criptocristallini

ricristallizzazione con diminuzione delle dimensioni dei cristalli

Cemento

Esistono due tipi di cementi che possono accompagnare i sedimenti carbonatici antichi:

- Cementi **di prima generazione** (fibrosi, microstalattitici, a menisco, a goccia)
- Cementi **secondari** a mosaico (o sparitici)
sintassiali

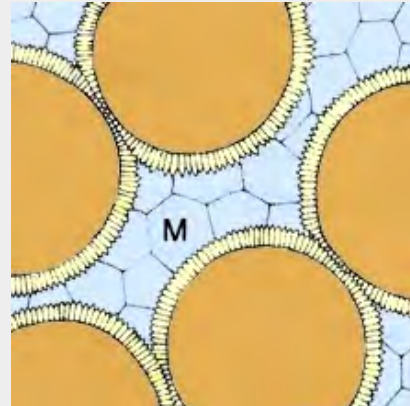
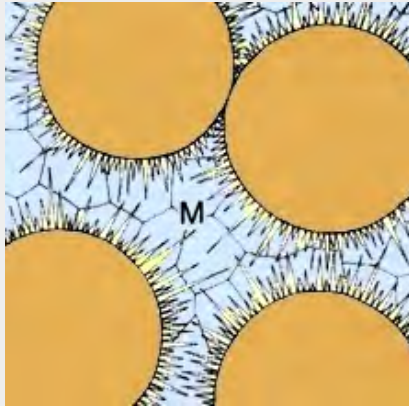


Cemento
fibroso

Cemento a
mosaico



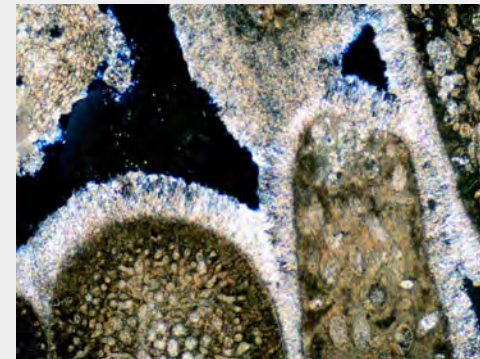
La disposizione dei cementi primari attorno ai grani è un importante indicatore delle caratteristiche ambientali di formazione:



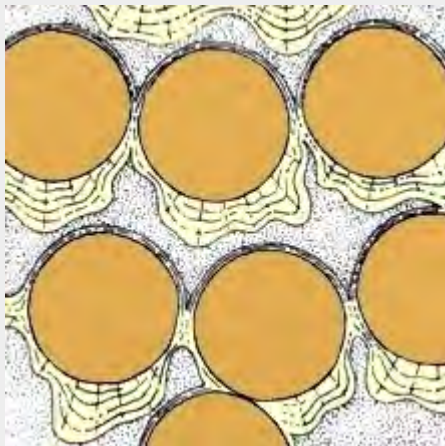
Cemento isopaco, con accrescimento uniforme attorno ai grani



Ambiente di formazione freatico (subtidale, infralitorale)



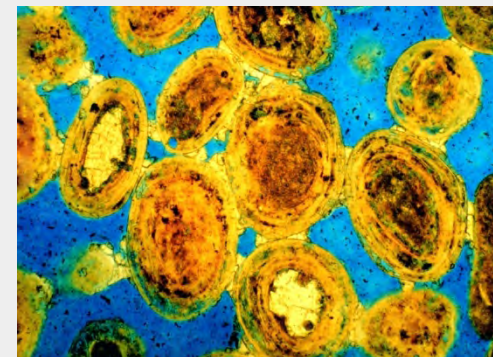
cemento fibroso isopaco



Cemento con accrescimenti irregolari attorno ai grani (a menisco, pendenti)



Ambiente di formazione vadoso



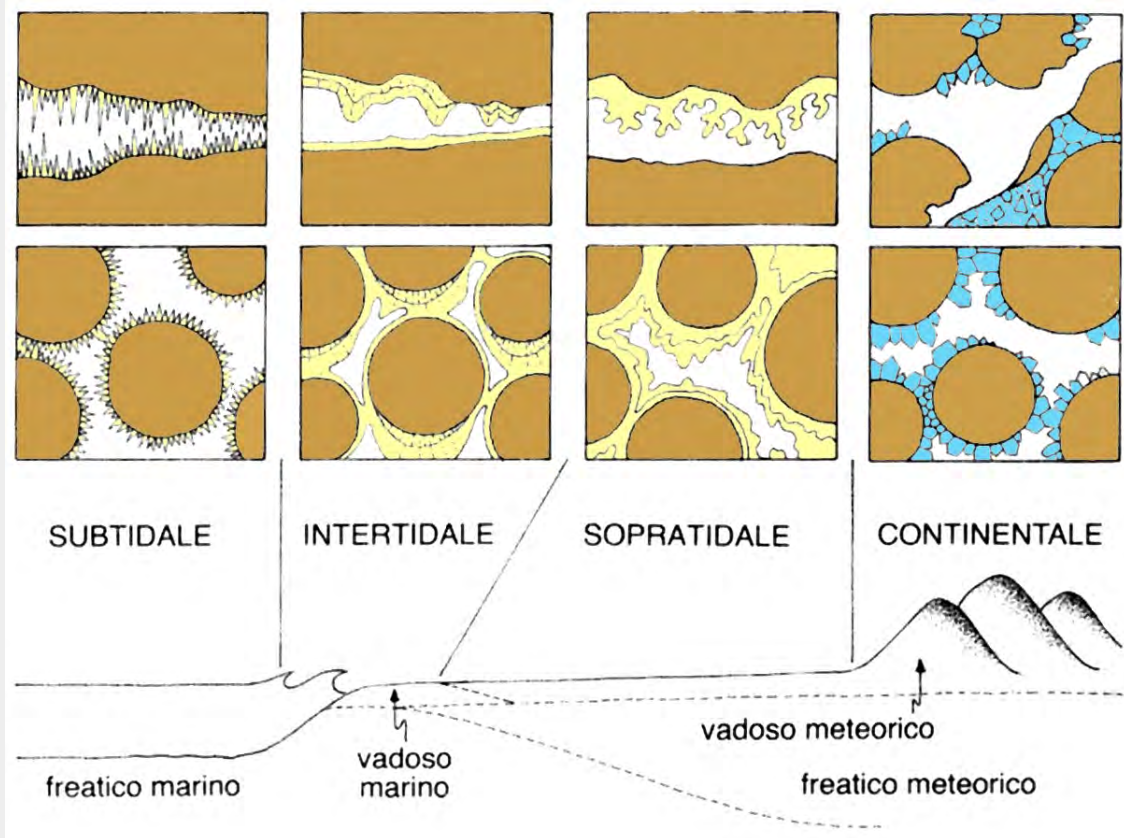
cemento a menisco

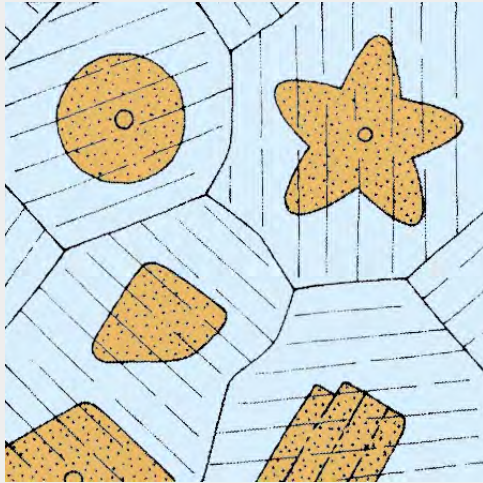
Cemento
aragonitico
isopaco

Cemento
aragonitico
microstalattitico
o a menisco

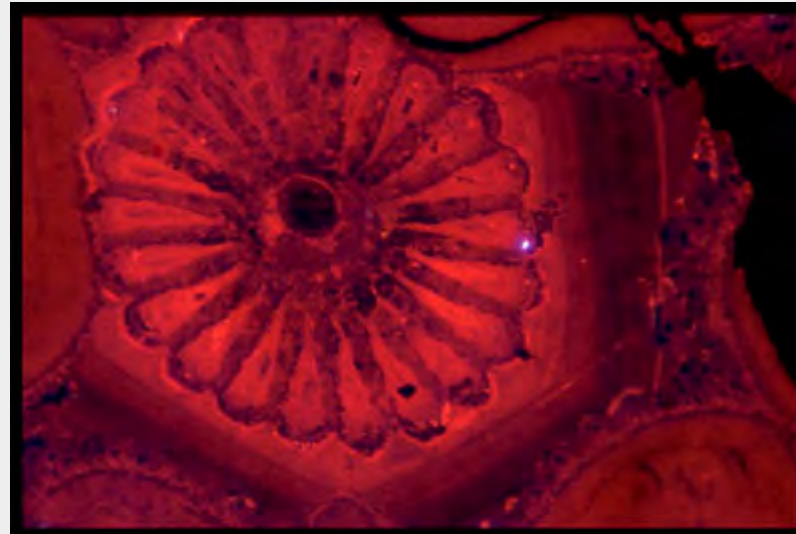
Aragonite
micritica
stalattitica

Sparite
calcitica





I cementi sintassiali sono invece rappresentati da grossi cristalli di calcite che si sono accresciuti in continuità ottica su grani monocristallini.



Accrescimento di cemento sintassiale attorno ad un radiolo di echinide