

# Sedimentologie karbonátů 2

The background of the slide features a 3D perspective of a crystal lattice. It consists of a grid of light blue lines forming a diamond-shaped pattern. At each intersection of these lines, there is a small, semi-transparent sphere. The spheres and lines recede into the distance, creating a sense of depth and a technical, scientific atmosphere.

# Facie a depoziční prostředí

## ■ Facie

soubor charakteristických znaků sedimentu:

- vrstevní poměry (mocnost a tvar vrstev)
- hydrodynamické sedimentární textury (zvrstvení, textury na vrstevních plochách)
- Paleontologický obsah a tafonomie sedimentu
- Struktura horniny (zrnitost, vytrídění, porozita, atd.)

# Facie



# Depoziční prostředí

Geografický rámec sedimentace určitého souboru facií:

- reliéf
- hloubka moře
- procesy transportu
- Hydrodynamické podmínky sedimentace

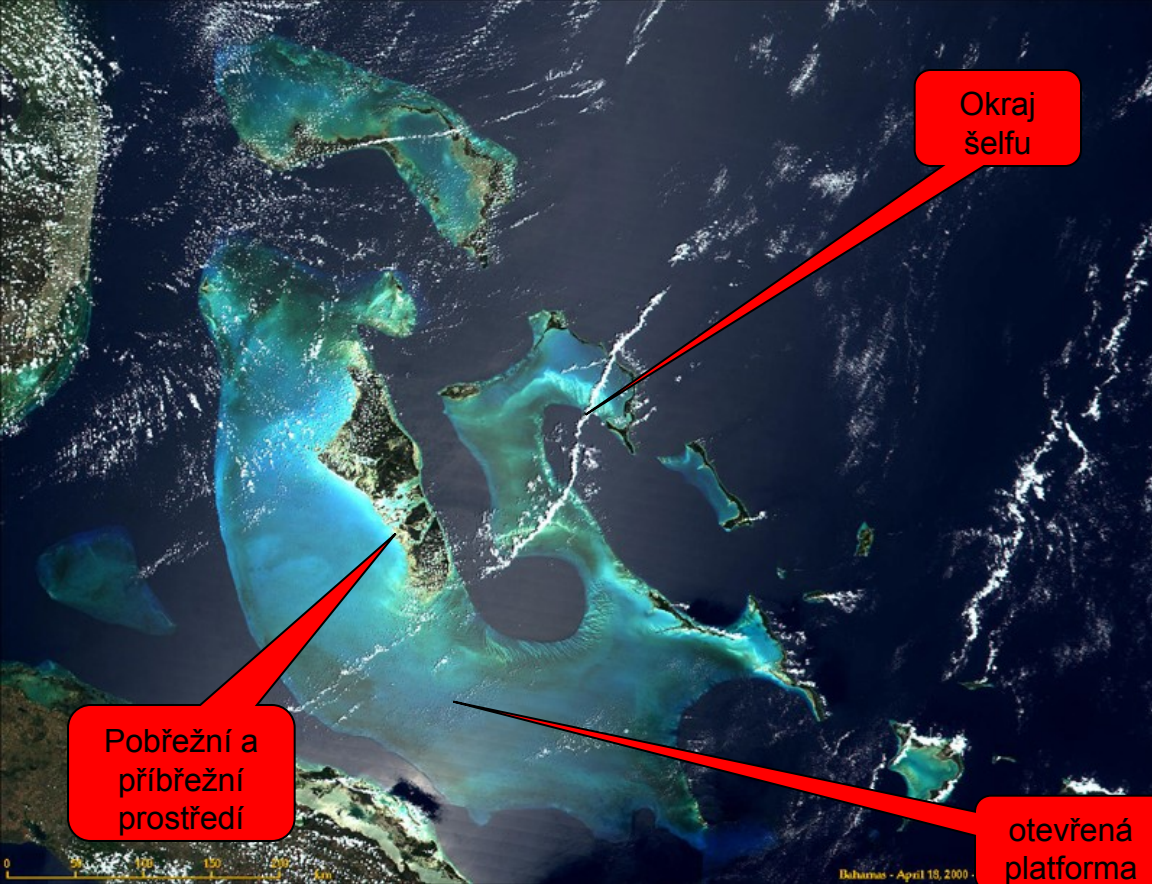
Interpretace ze souborů facií

Vertikální změny facií odráží změny depozičního prostředí v čase

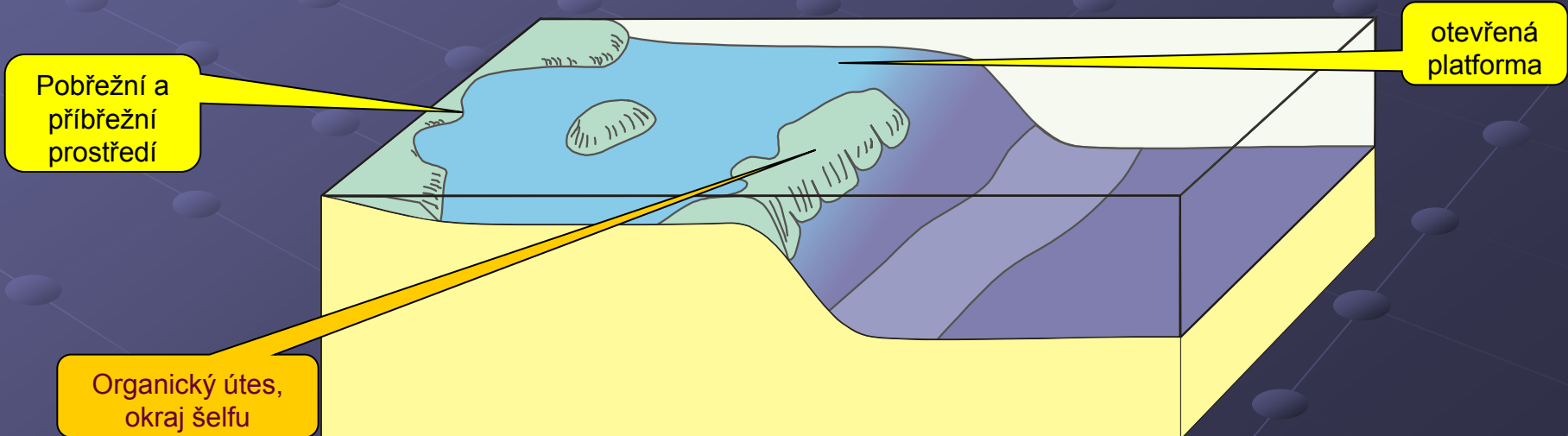
# Depoziční prostředí

BASIN	OPEN SEA SHELF	DEEP SHELF MARGIN	FORESLOPE	ORGANIC BUILD UP	WINNOWED EDGE SANDS	SHELF LAGOON OPEN CIRCULATION	RESTRICTED CIRCULATION SHELF & TIDAL FLATS	EVAPORITES ON SABKHAS - SALINAS	FAULTS
1	2	3	4	5	6	7	8	9	WIDE BELTS
		<p>DEBRIS FLOWS &amp; TURBIDITES IN FINE LAMINATED STRATA.</p> <p>MOUNDS AT TOE OF SLOPE.</p>	<p>GIANT TALUS BLOCKS.</p> <p>INFILLED LARGE CAVITIES.</p> <p>DOWNSLOPE MOUNDS.</p>	<p>DOWNSLOPE MOUNDS.</p> <p>REEF KNOLLS.</p> <p>BOUNDSTONE PATCHES.</p> <p>FRINGING &amp; BARRIER FRAMEWORK REEF.</p> <p>SPUR &amp; GROOVE.</p>	<p>ISLANDS.</p> <p>DUNES.</p> <p>BARRIER BARS.</p> <p>PASSES &amp; CHANNELS.</p>	<p>TIDAL DELTAS.</p> <p>LAGOONAL PONDS.</p> <p>TYPICAL SHELF MOUNDS.</p> <p>COLUMNAR ALGAL MATS.</p> <p>CHANNEL &amp; TIDAL BARS OF LIME SAND.</p>	<p>TIDAL FLATS.</p> <p>CHANNELS.</p> <p>NATURAL LEVEES.</p> <p>PONDS.</p> <p>ALGAL MAT BELTS.</p>	<p>ANHYDRITE DOMES.</p> <p>TEPEE STRUCTURES.</p> <p>LAMINATED CRUSTS OF GYPSUM.</p> <p>SALINAS.</p> <p>SABKHAS.</p>	<p>WIDE</p> <p>ORDER</p> <p>SEMI</p> <p>FAULTS</p> <p>GOOD</p>

# Mělkomořská depoziční prostředí



- Pobřežní a příbřežní prostředí
- Prostředí okraje šelfu
- Prostředí přílivově-odlivových plošin (peritidální)
- Organické útesy



# Pobřežní a příbřežní prostředí

**Střední až vysoká energie vlnění**  
**Zpravidla karbonátové rampy**

- ☐ **Komplex plážové ostrovní bariéry**
- ☐ **Plážová pobřežní plošina**

# Komplex plážové ostrovní bariéry (Rhode Island)





# Komplex plážové ostrovní bariéry

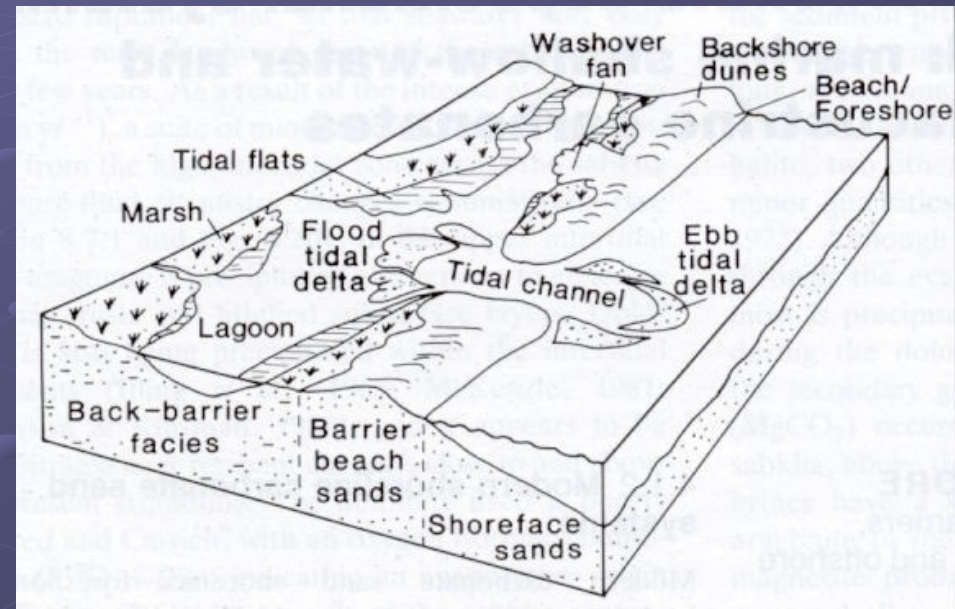
Morfologické prvky:

- Plážová ostrovní bariéra
- Přílivové kanály
- Laguna

Výška dmutí > 3m

Vysoká produkce karbonátového písku

Predispozice topografií podloží



# Ostrovní bariéra

[http://www.waterencyclopedia.com/images/wsci\\_01\\_img0105.jpg](http://www.waterencyclopedia.com/images/wsci_01_img0105.jpg)



<http://strata.geol.sc.edu/MARINESEDIMENTS/BarrierIslands/BarrierIntro.htm>

# severovýchodní Yucatán

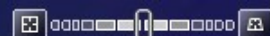


Image © 2008 TerraMetrics  
© 2008 LeadDog Consulting  
Image NASA  
Image © 2008 DigitalGlobe

© 2007 Google™

Datový proud ||||| 100%

Výška pohledu 48.37 km

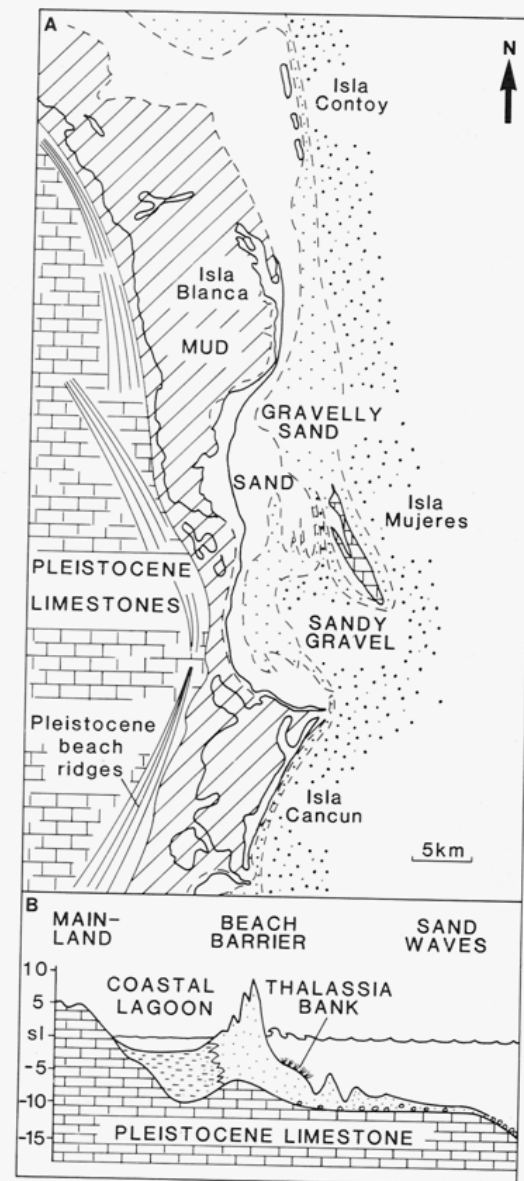


Fig. 4.2 Modern carbonates of northeast Yucatan, Mexico. (A) Generalized map of grain size distribution of Recent carbonates. (B) Schematic cross-section of modern environments and sediments occurring upon Pleistocene limestone. After Ward & Brady (1979) and Ward et al. (1985).

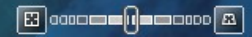


Image NASA  
© 2008 Europa Technologies  
© 2008 LeadDog Consulting  
Image © 2008 DigitalGlobe

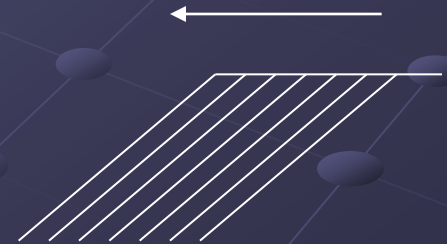
© 2007 Google™

# Procesy sedimentace a facie

**Podélné pobřežní proudy**  
(„longshore currents“),  
**Boční akrece písčitých těles**  
**Progradace bariéry (do nadloží:**  
**příbřežní písky -> ostrovní bariéra -**  
**> sedimenty laguny (evapority,**  
**přílivové plošiny))**

**Facie:**

**Grainstone se**  
**skeletálními alochemy**  
(mlži, ježovky, koráli,  
foraminifery, řasy), ooidy,  
peloidy, mikritizace  
alochemů  
**Planární šikmé zvrstvení,**  
**asymetrické čeřiny,**  
**Peritidální sedimenty**





**General Environmental Setting:**

Marine shoreface - beach

**Rock Description:**

Parallel bedded-rippled sandstone. Note horizontal burrow near bottom (probably *Paleophycus*)

**Depositional Environment Represented:**

Upper shoreface/beach

**Other environments where rock type is typically found:**

*Paleophycus* burrows only found in marine environments. Marine shoals, washovers, tidal deltas.



**General Environmental Setting:**

Marine shoreface - beach

**Rock Description:**

Cross-bedded sandstone

**Depositional Environment Represented:**

Upper shoreface or distributary channel

**Other environments where rock type is typically found:**

Moderate to high current velocity areas such as marine shoals, fluvial and tidal point bars, channel bottoms, distributary mouth bars, tidal inlets, tidal deltas and shelf sand ridges.

# Stratigrafie moderních těles bariérových ostrovů

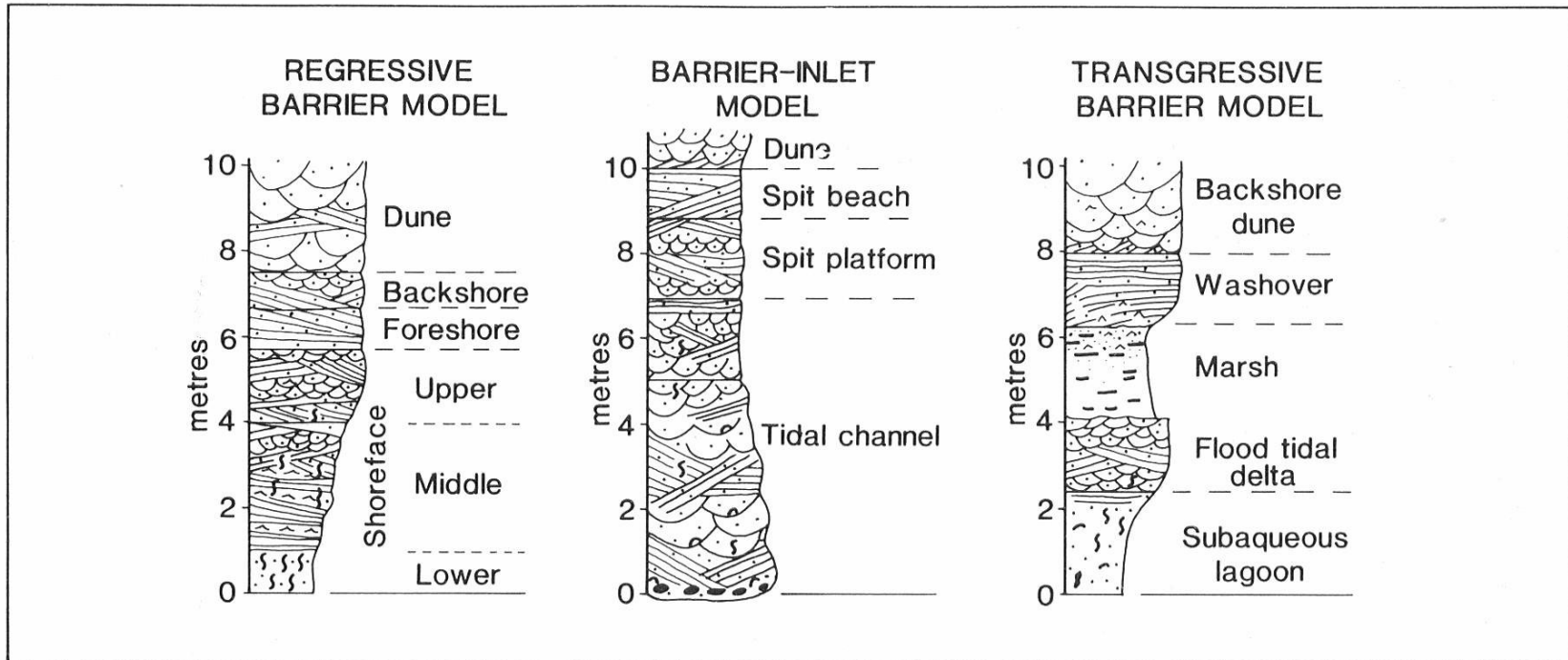
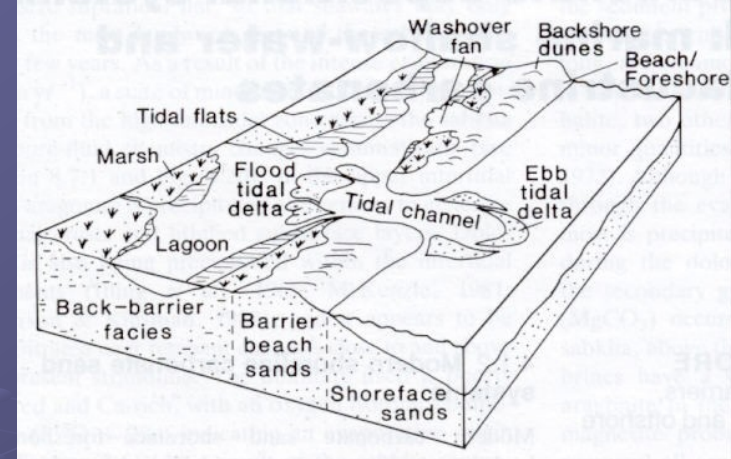


Fig. 4.16 Facies models for regressive, barrier inlet and transgressive barrier island sequences. After Reinson (1984).



# Plážová pobřežní plošina

## Morfologické prvky:

- Hřbety dun
- Pláž
- Příbřežní plošina (nad bází normálního vlnění – cca 10-15m)

Výška dmutí < 3m

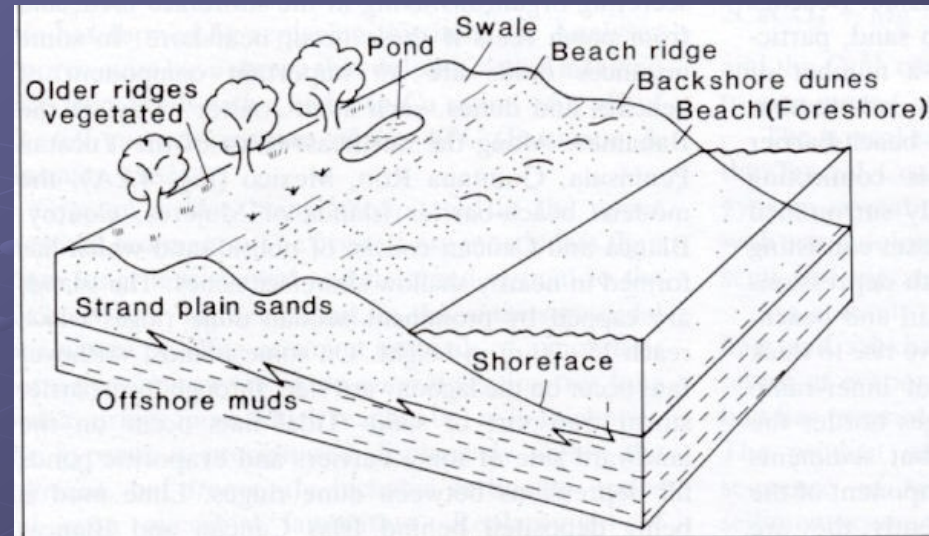
Vysoká produkce karbonátového písku

## Procesy sedimentace:

- Progradace pobřeží (do nadloží: subtidální sedimenty -> příbřežní plošina -> pláž)

## Facie:

- Grainstone se skeletálními alochemy (mlži, ježovky, koráli, foraminifery, řasy), ooidy, peloidy, mikritizace alochemů
- Křížové zvrstvení, horizontální zvrstvení, planární šikmé zvrstvení, primární proudová lineace, asymetrické čeřiny, symetrické čeřiny,
- Raná cementace



# Plážová pobřežní plošina





# Šelfová sedimentace pod bází normálního vlnění

Nízká hydrodynamická energie prostředí

Občasné bouřky

Procesy sedimentace:

Vertikální akrece subtidálních sedimentů,

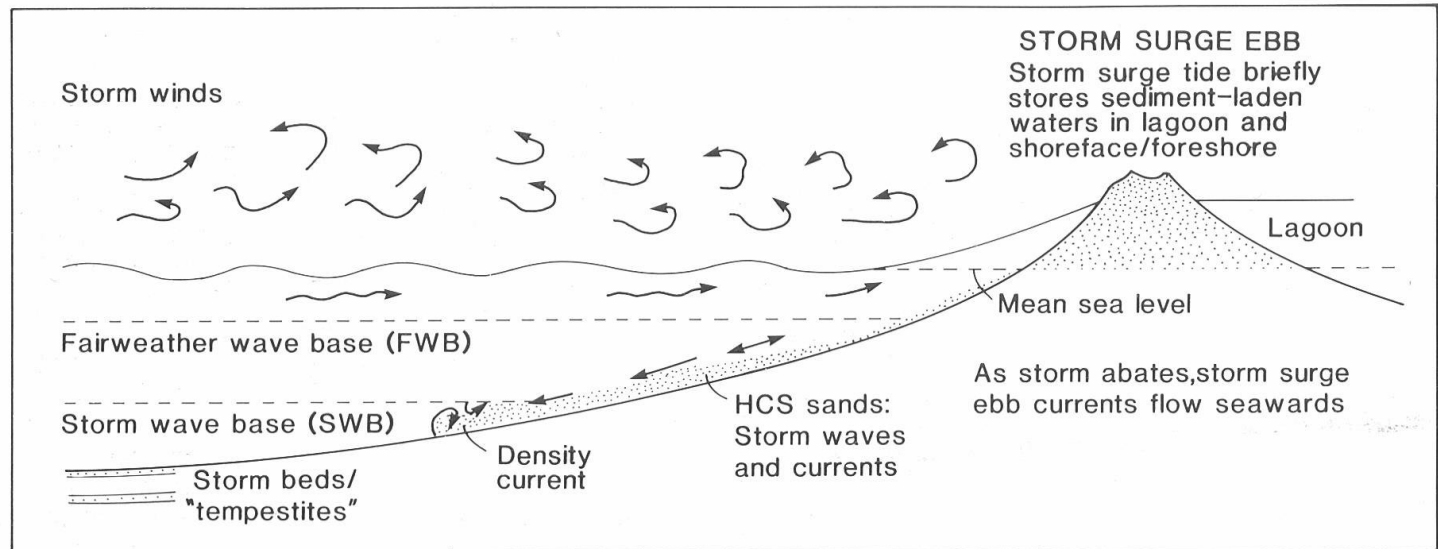


Fig. 4.8 Model for development of HCS sands and storm beds. After Elliott (1986), based on a variety of sources.

# Tropická bouře nad Bahamami

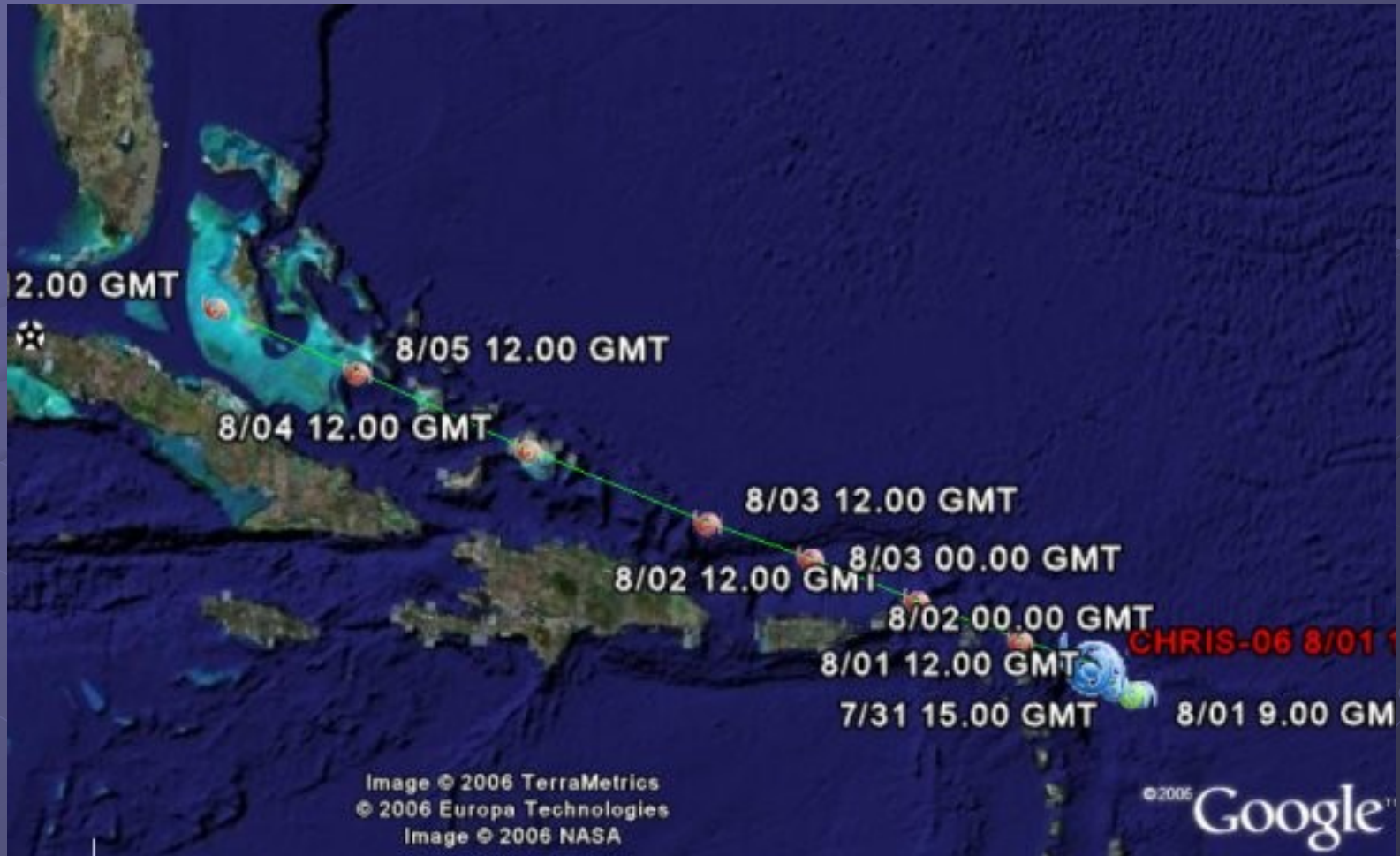


This is a satellite image of Tropical Storm Noel moving near the eastern tip of Cuba, on Thursday, Nov. 1, 2007. Source: NOAA via Bloomberg News <http://www.bloomberg.com/apps/news?pid=20601087&sid=aGML7eZjllm0&refer=home>



Residents struggle to cross a flooded river due to heavy rains caused by tropical storm Noel, in Leogan, southern Haiti, Monday, Oct. 29, 2007. (AP Photo/Ariana Cubillos)

# Hurikán Chris, 2006



## Facie:

Vyšší podíl mikritu – packstone, wackestone, lime mudstone

Bouřkové sedimenty (tempestity):

Ostré bazální hranice vrstev, normální gradace, alochemy obdobné jako v okolních nebouřkových sedimentech, HCS (hřbítkovité zvrstvení)

Proximální (blíže k pobřeží, méně hluboko pod bází normálního vlnění):

Více alochemů, větší podíl bouřkových vrstev, vyšší mocnosti bouřkových vrstev, HCS

Distální (dále od pobřeží, hlouběji pod bází normálního vlnění):

Více mikritu, menší podíl bouřkových vrstev, nižší mocnosti bouřkových vrstev, HCS

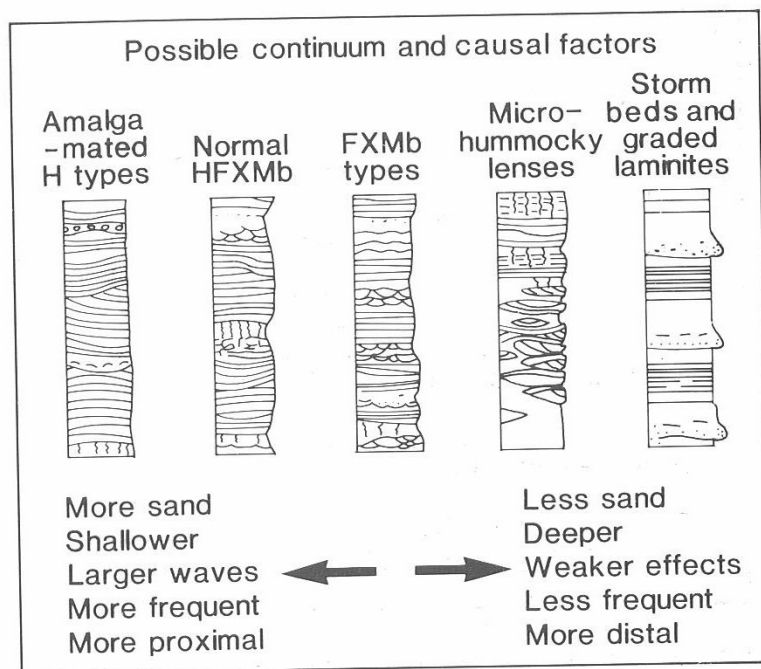
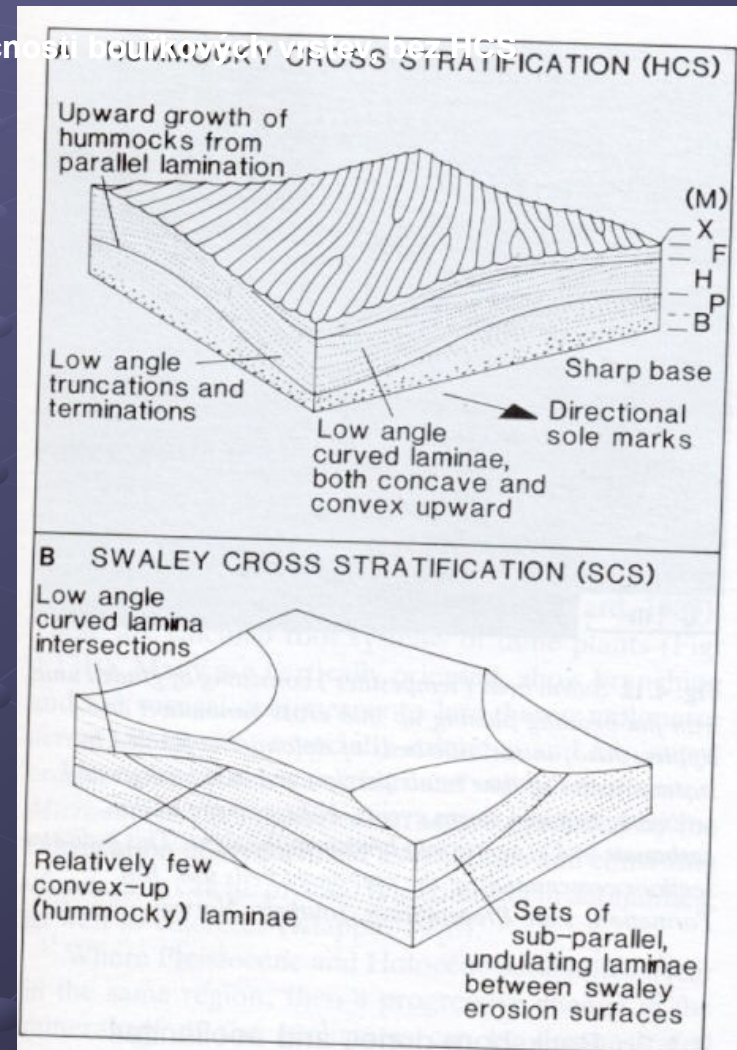


Fig. 4.10 The spectrum of storm deposits. After Dott & Bourgeois (1982).



# Tempestit, normální gradace, II laminace





# Tempestit, HCS,



# HCS



HCS in the Ferron Sandstone, Gentile Wash, Utah.

<http://course1.winona.edu/csumma/FieldTrips/SedimentaryStructures/cross%20strat/newpage2.htm>

# Písčítá tělesa okraje šelfu

## ☛ Morfologické prvky (Velká Bahamská lavice):

- písčité valy (0,5 – 1,5 x 12 – 20km)
- duny
- přílivové kanály (šířka 1 – 3 km, hloubka < 7m)

## ☛ Vysoká produkce karbonátového písku

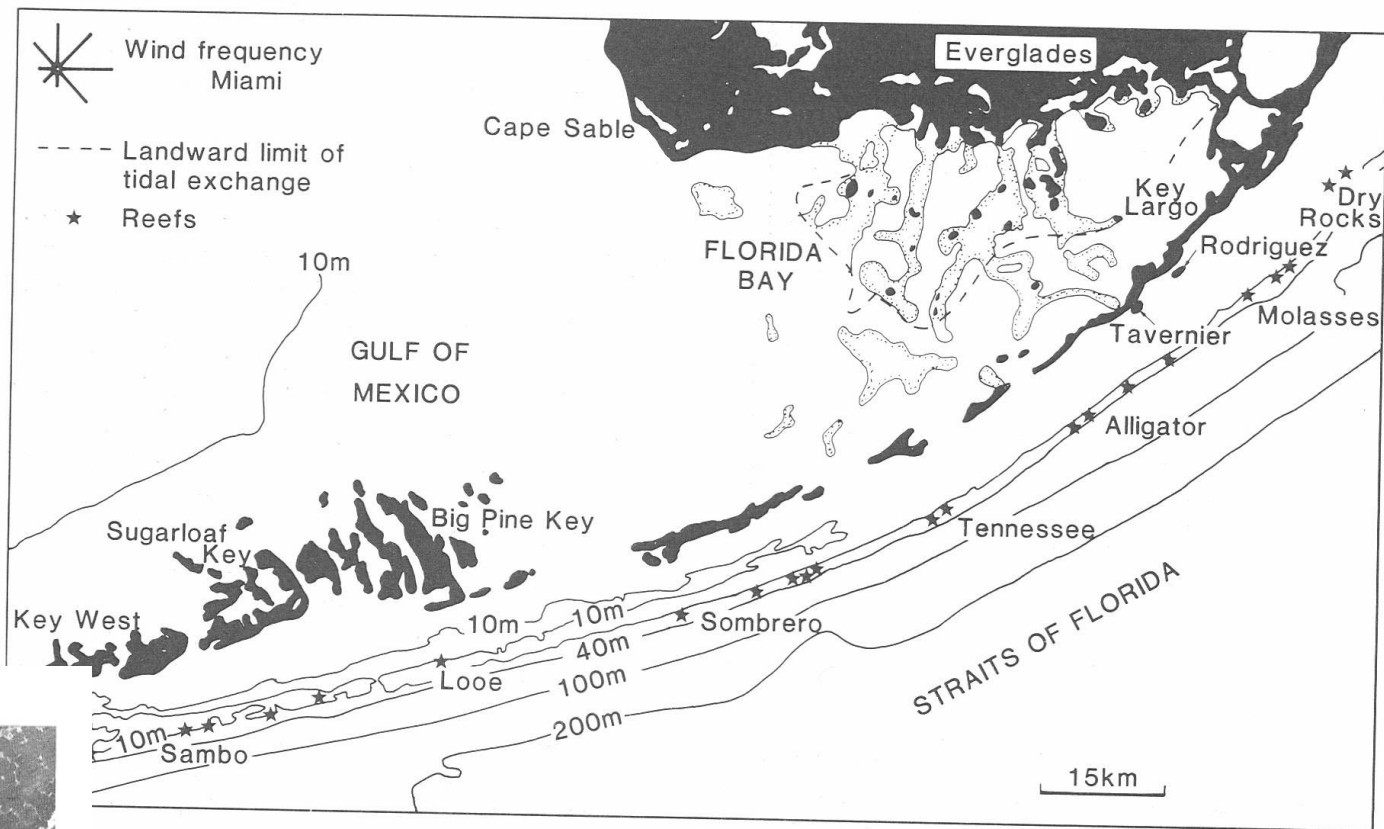
### ☛ Sedimentace závislá na

- dmutí,
- energii vlnění,
- pozici k převládajícím větrům

### ☛ Procesy sedimentace:

- Migrace písčitých valů – směrem na platformu (návětrná strana platformy)
- Migrace písčitých valů - směrem do moře (závětrná strana platformy)
- Gravitační resedimentace do hlubokého moře





6 Map of southern Florida showing the Florida Keys located along a line of Pleistocene reefs and oolite shoals, modern reefs along the shelf-break, the two mud banks at Tavernier and Rodriguez, and Florida Bay with network of 'lakes'.

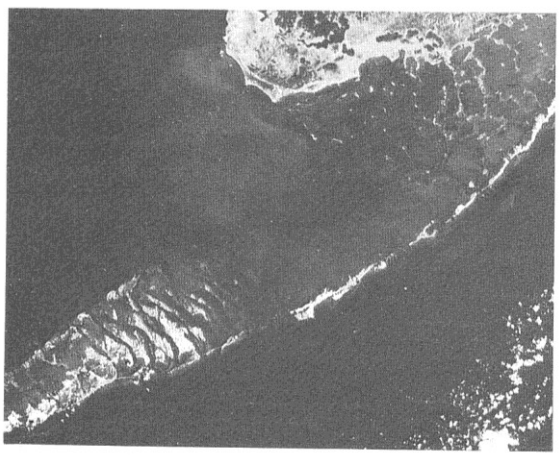
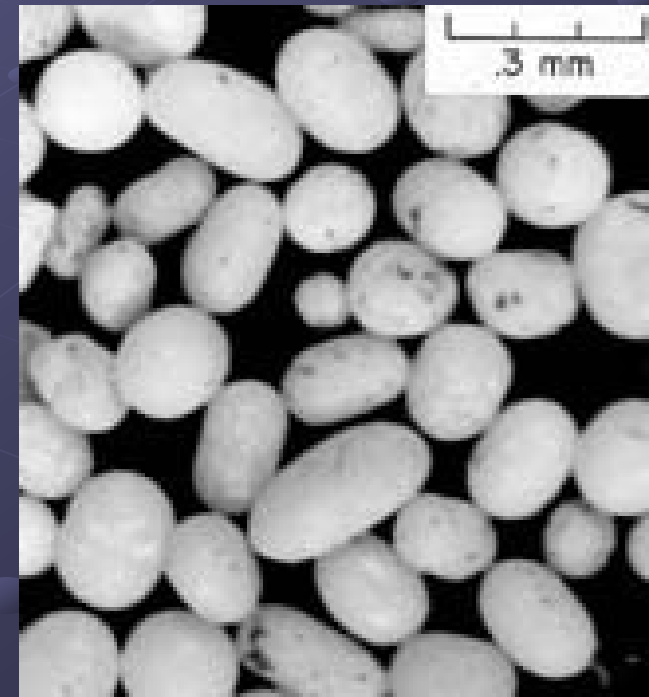
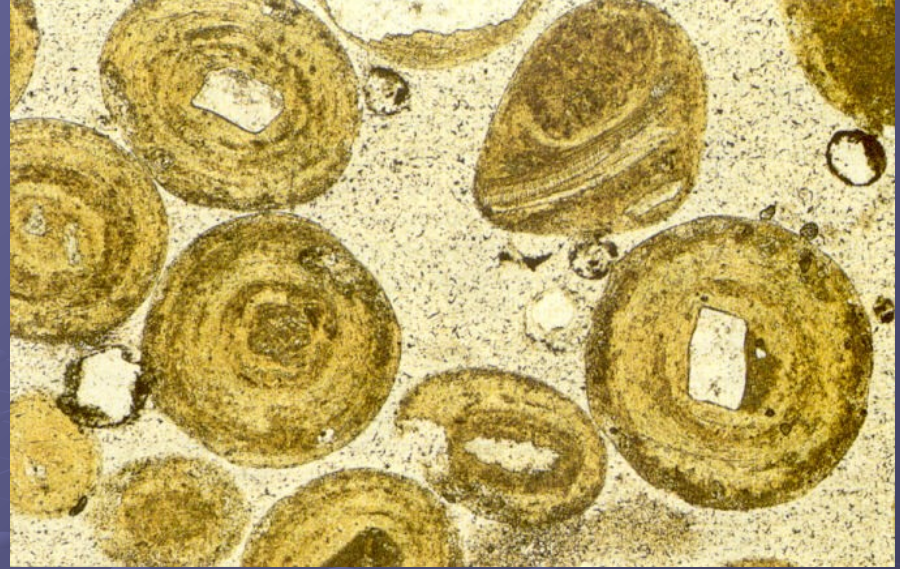


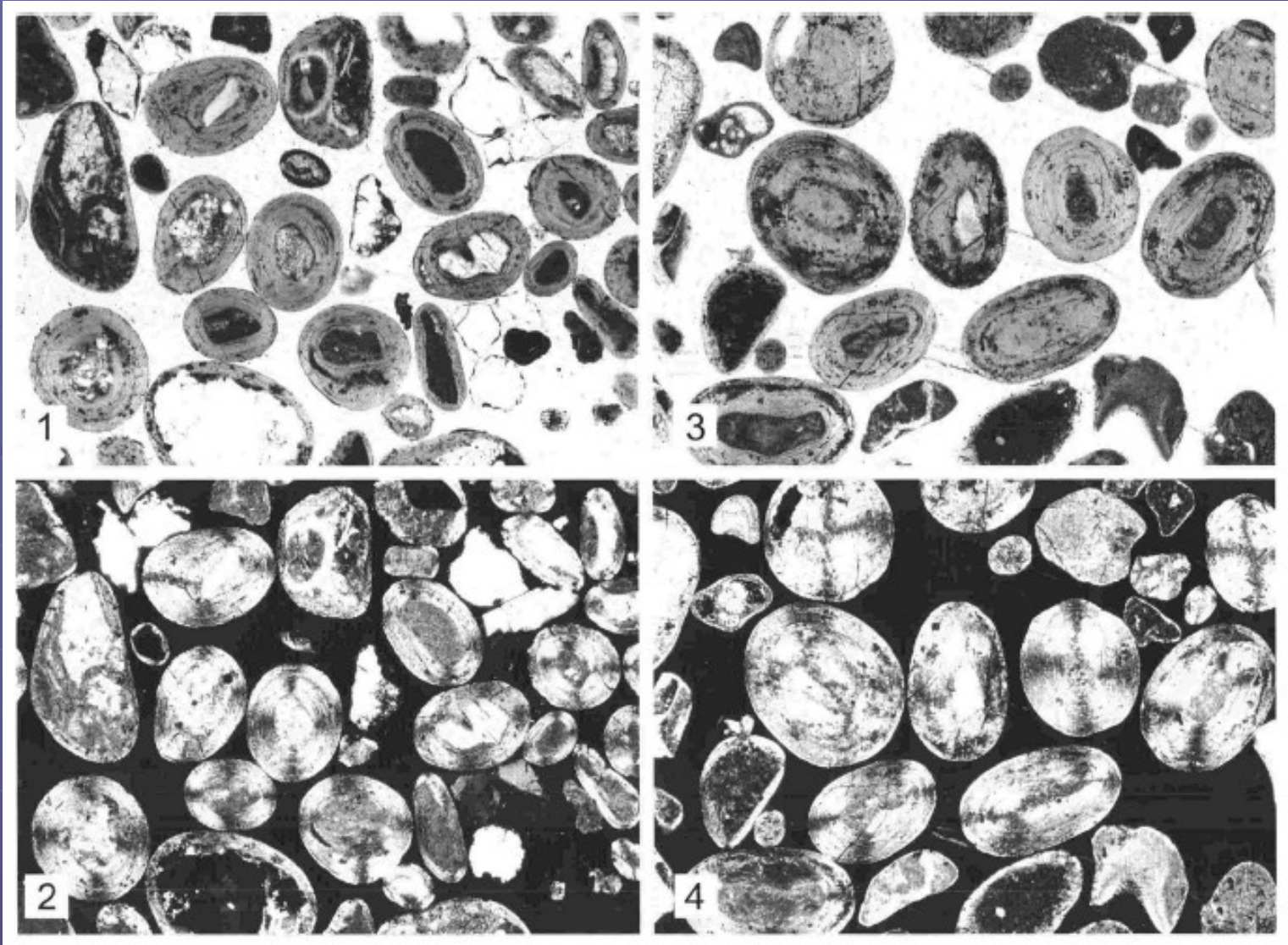
Fig. 3.27 Satellite photo of southern Florida showing Florida Bay with network of 'lakes' and banks, the linear Upper and Middle Florida Keys which are present-day islands developed upon a line of Pleistocene patch reefs (Key Largo Limestone) and the Lower Florida Keys which are modern islands developed upon a Pleistocene tide-dominated oolite shoal complex (the Miami Oolite).

# Oolitické písky

## Facie:

Oolitové písky - grainstone s ooidy, peloidy, agregáty, méně skeletálními alochemy (ježovky, koráli, foraminifery, řasy), ooidy, peloidy, mikritizace alochemů  
Planární šikmé zvrstvení, asymetrické čeřiny, symetrické čeřiny,

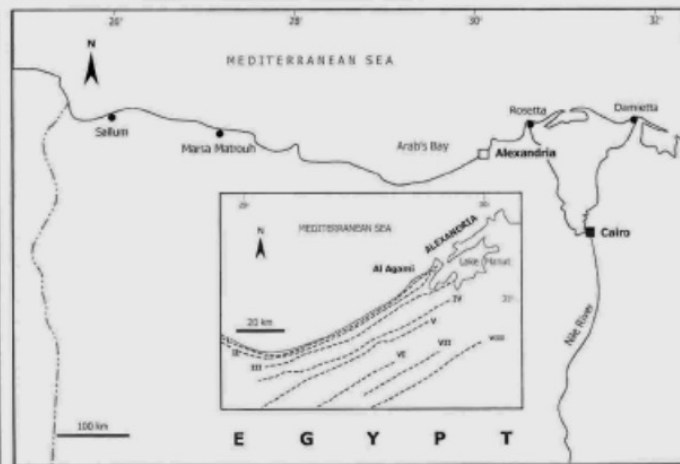
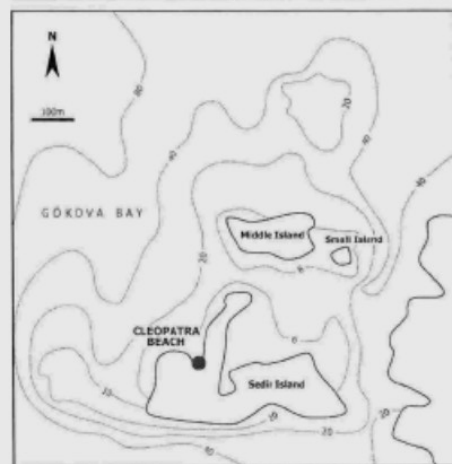






## Ooids from Turkey and Egypt in the Eastern Mediterranean and a Love-story of Antony and Cleopatra

Amr El-Sammak, Al Ain and Maurice Tucker, Durham



### 8 CONCLUSIONS

On the basis of the microfabrics of the ooids from Cleopatra's beach in Turkey, showing that they are typical high-energy normal-marine ooids, as well as the hydrographic conditions in Gökova Bay which are clearly those of a low-energy environment, plus the absence of this type of sand in any other beaches in the region, it is concluded that the sand must have been brought there from some distant location. To this extent then, the veracity of the legend about Cleopatra's beach is supported. The occurrence of archaeological remains on Sedi Island and on the adjacent coast, indicating that this region was an important settlement during Anatolian and Roman Periods, supports this interpretation. The Cleopatra ooids show many similarities with ooids from the beaches to the west of Alexandria in northern Egypt, the home of Cleopatra. However, there are some differences, notably in the nature of the nuclei of the ooids, suggesting that the exact source of the ooids has not yet been established, but that it is still most likely to have been from the Alexandria coast.

Thus, the sedimentological evidence fully supports the legend of Cleopatra's beach in Turkey.

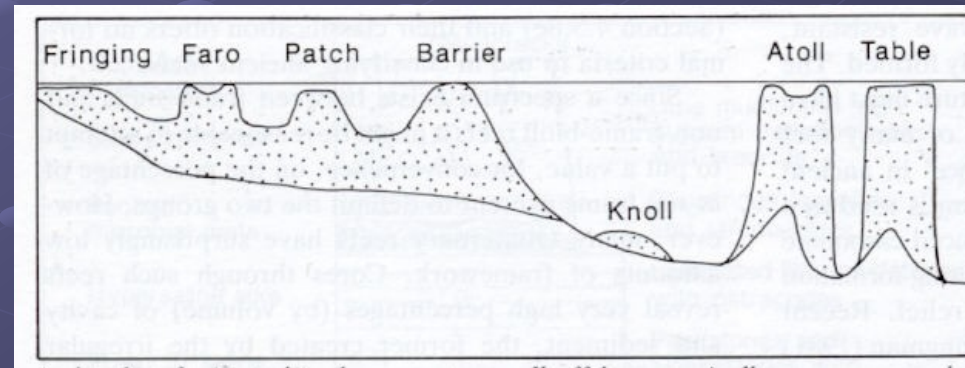


# Organické útesy (biohermy)

■ Rigidní topografická elevace biogenního původu, rezistentní vůči vlnění

■ Klasifikace podle morfologie :

- okrajové (fringing)
- skvrnové (patch)
- bariérové
- Hlubokovodní kupy (knoll)
- Atoly
- Izolované lavice



■ Klasifikace podle procesů sedimentace:

- **Skeletální útesy** “Frame-Built“ (s pevnou vápnitou kostrou ze skeletů organismů)
- **Útesové kupy** “Reef Mounds“ / “Knoll reefs“ (bez pevné vápnité kostry, pasivní zachytávání materiálu organismy)
- **Kalové kupy** “Mud mounds“ – hmotu kupy tvoří mikrobiálně precipitovaný mikrit, např. „Waulsortian“ mounds – sp. karbon z. Evropy



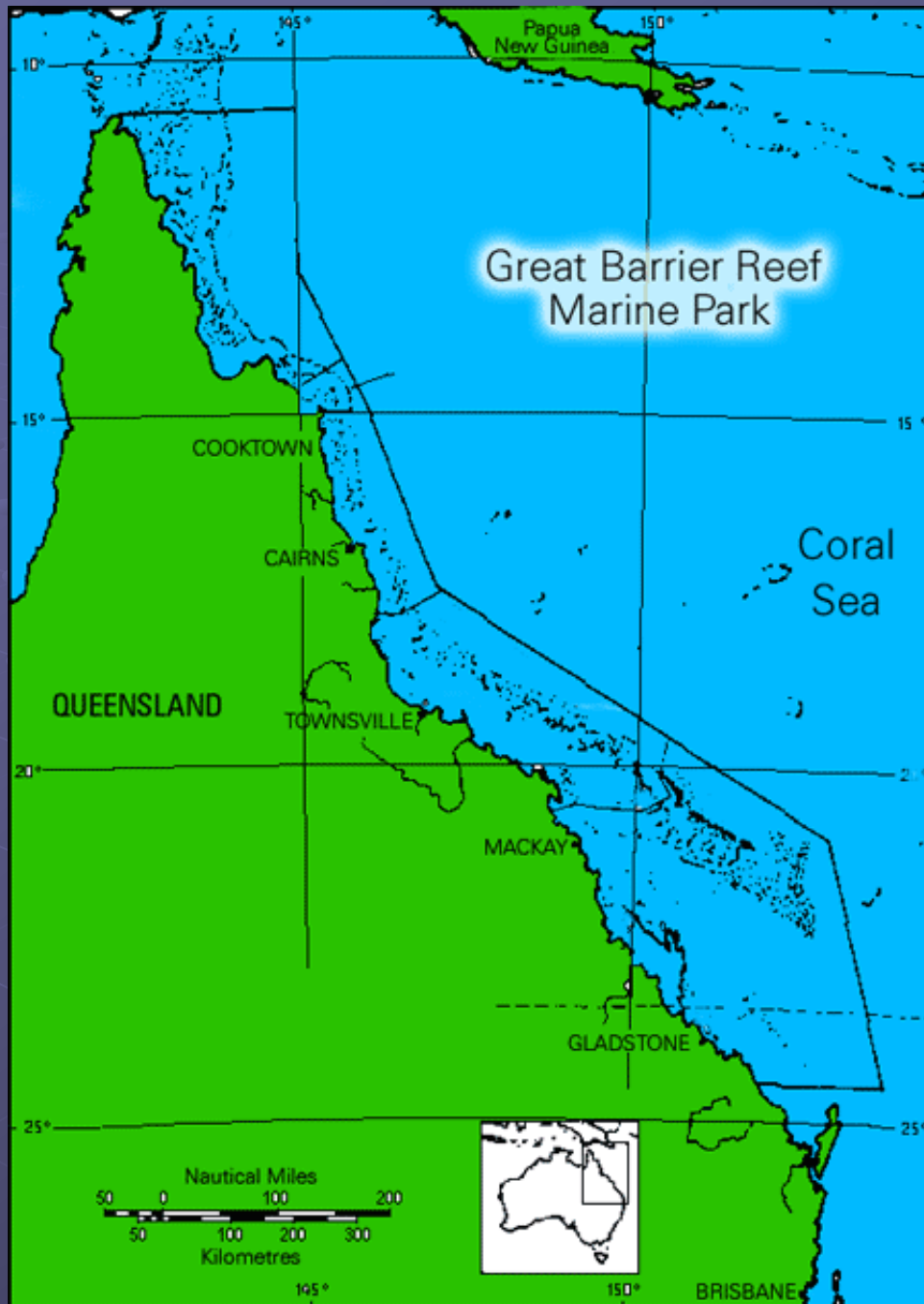
Bariérový útes, Austrálie



Atoly,  
Maledivy



Okrajové útesy  
BoraBora, Pacifik

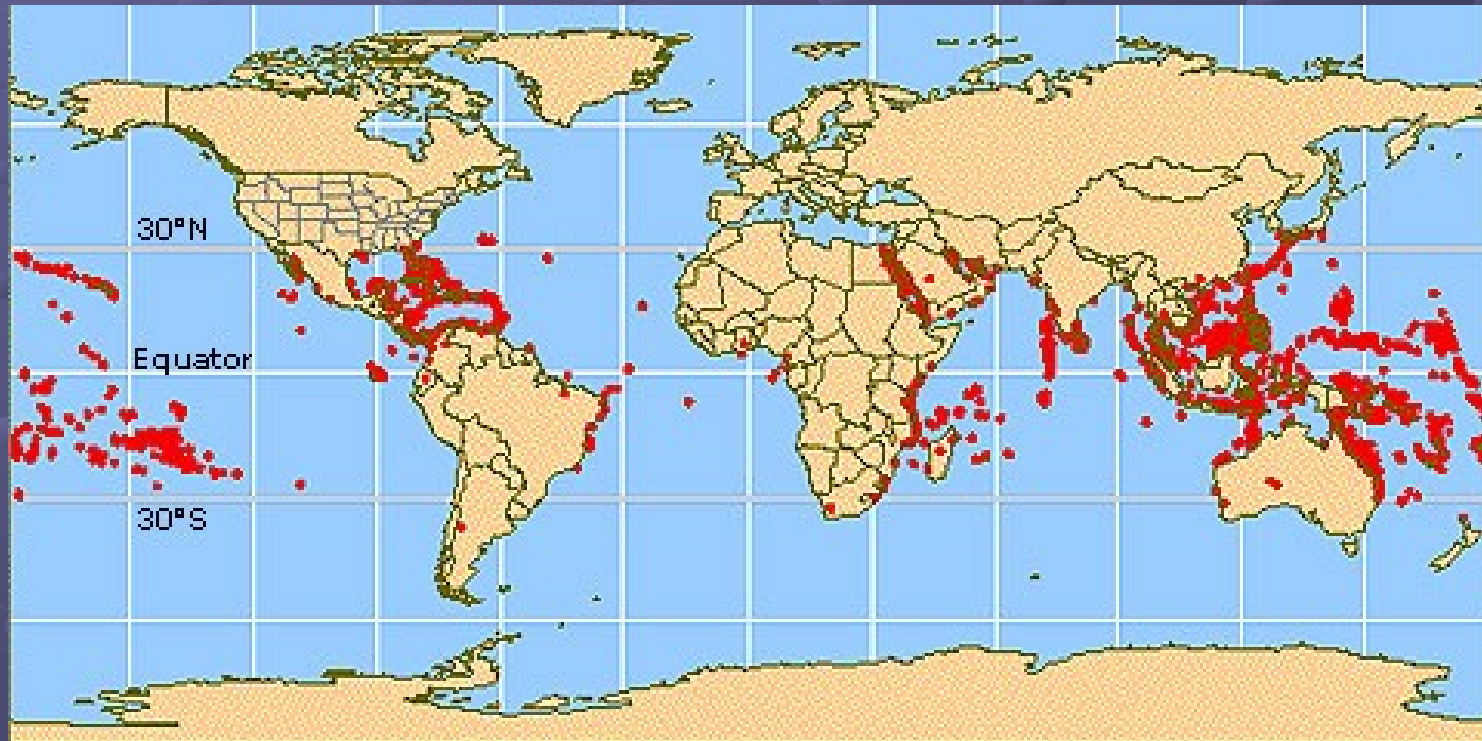


# Globální distribuce útesů

■ Tropické a subtropické pásmo (30 j.š. – 30 s.š.)

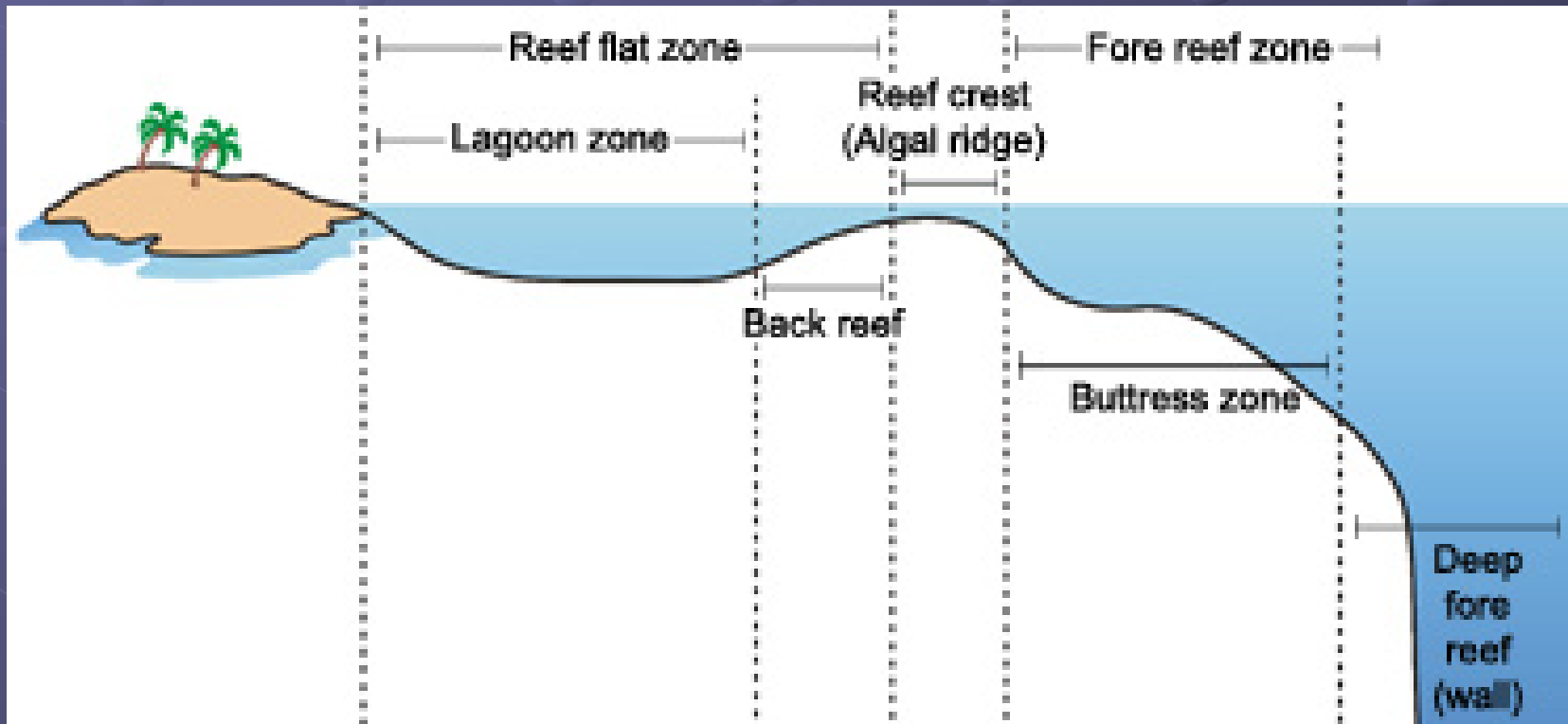
■ Hlavní výskyty útesů ve světě

- Pacifik (atoly)
- Karibik – mexický záliv
- Rudé moře
- Indický oceán
- Indonésie a severní Austrálie



# Morfologie a zonální stavba útesu

- Hřbet (jádro) útesu – reef crest
- Předútesová zóna (forereef) – osyp
- Zaútesová zóna (backreef)
- Chráněná laguna (lagoon)



# Procesy ovlivňující růst útesu

- Konstruktivní procesy: růst organismů
- Destruktivní procesy: mechanický a biogenní rozpad útesu
- Cementace: ve fázi rané diagenese
- Sedimentace: procesy eroze, transportu a sedimentace materiálu útesu

# Útesové organismy

## Skupiny organismů podílejících se na stavbě útesu

### ■ Stavitelé kostry (frame builders)

- Šestičetní koráli, řasy, Hydrozoa (recentní)
- Šestičetní koráli, Rugosa, Tabulata, Stromatoporoidea, rudisti, Archeocyāti, řasy (fossilní)

### ■ Pvlékači (encrusters)

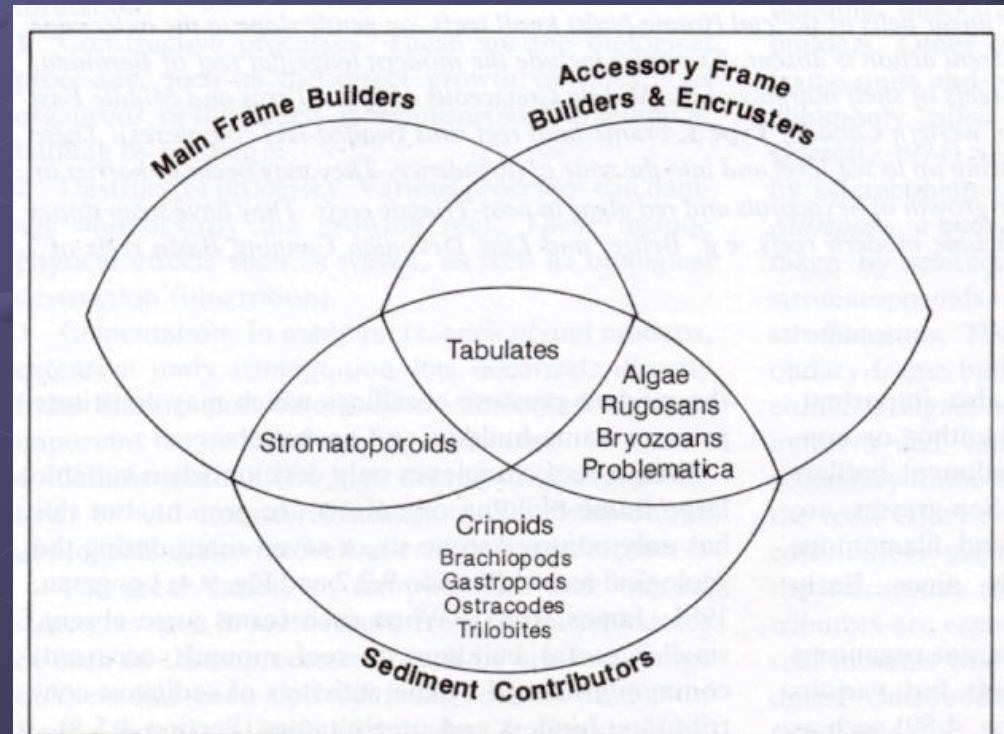
- Řasy, Serpulida, mechovky, koráli, stromatoporoidea

### ■ Kontributoři

- Řasy (Halimeda)

### ■ Ostatní

- Cyanobaktérie, řasy



# Symbióza korálů a zooxanthel

## Benefits

### Animal

*Symbiont "solar energy panels" provide ready supply of translocated photosynthetically fixed carbon*  
*Increased growth and reproductive rates*  
*Increased calcification rate*  
*Sequestration of toxic compounds by algae*

### Algae

*Supply of carbon dioxide and nutrients from host*  
*Protected from grazers*  
*Maintenance in photic zone*  
*Animal tissues provide protection from damaging UV radiation*  
*Increased photosynthetic efficiency: uniform environmental conditions allow for high yields by dominant algal genotypes*

### Reef coral symbioses

*Increased growth rates: better competitors for space on the reef*  
*Resource partitioning for food and space*  
*High calcification provides high wave resistance*

## Costs

*Need to regulate algal growth, mechanisms for the acceptance and rejection of algal symbionts; produce specialized vacuoles*  
*Need defense against oxygen toxicity, high light (UV and visible)*  
*Vulnerable to environmental stresses (or diseases) affecting plants*  
*Restricted to photic zone*

*High rent: must translocate significant fraction of photosynthetic gains to animal host*  
*Nutrient supply is limited, resulting in slower growth rates in hospite, perhaps because carbon dioxide and nutrients are regulated by coral host.*  
*Risk of eviction: may be expelled from coral host (especially high during bleaching events)*

*Compounded sensitivity to stresses that affect plants, animals or both*  
*Restricted range of tolerance to light, temperature and sediment conditions*

## Indirect Effects

*Maximize surface area : volume ratio*

*Dispersal by corallivorous fish and invertebrates*



# Acropora palmata

Kingdom: Animalia  
Phylum: Cnidaria  
Class: Anthozoa  
Order: Scleractinia  
Family: Acroporidae  
Genus: *Acropora*  
Species: *palmata*

- Elkhorn coral, like many corals, receive most of their energy and oxygen from symbiotic organisms called zooxanthellae.
- Like counting rings in the trunk of a tree, the age of corals can be determined by examining coral growth rings.





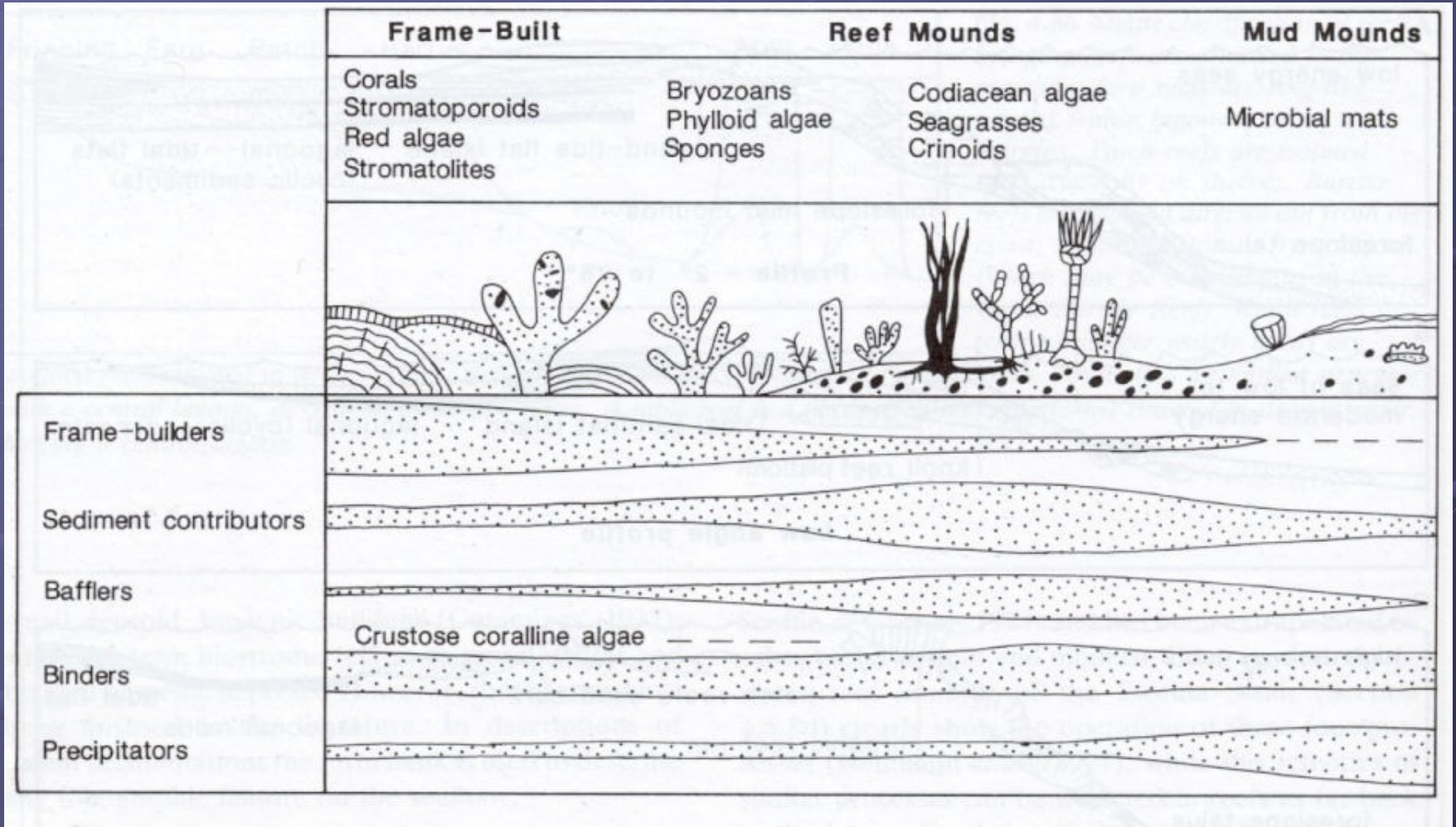


*Colpophyllia natans*, brain coral



**Millepora alcicornis, fire coral**

# Konstruktivní procesy



# Destruktivní procesy

- Vrtavá činnost: řasy, cynobaktérie, Porifera, měkkýši
- Hrabavá činnost: sesilní bentos, infauna, u útesových kup
- Oškrabování: Gastropoda, Echinodermata

# Sedimentace

Zdroje sedimentu:

- Rozrušování vlastního útesu
- Rozpad schránek organismů žijících na útesu
- Přínos materiálu zvenčí

# Procesy sedimentace a facie

## Procesy sedimentace:

- Progradace útesu na okraji platformy

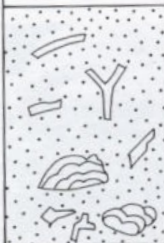




## Facie

### ☛ Převaha destruktivních procesů na konstruktivními: rozpad útesu

- Floatstone, rudstone

### ☛ Převaha konstruktivních procesů nad destruktivními

- Bafflestone (zachycování sedimentu, větevnatí koráli, Amphipora)
- Bindstone (převažuje činnost povlékačů – encrusters – řasy, mechovky)
- Framestone (převažuje činnost stavitelů kostry – koráli, řasy, stromatoporoidea)

Allochthonous		Autochthonous		
Original components not organically bound during deposition		Original components organically bound during deposition		
>10% grains >2mm				
Matrix supported	Supported by >2mm component	By organisms which act as baffles	By organisms which encrust and bind	By organisms which build a rigid framework
Floatstone	Rudstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone
				



# Silur, Gotland



**Jádro izolovaného útesu (patch reef)**

**Masivní karbonáty**

**Čočkovité těleso**

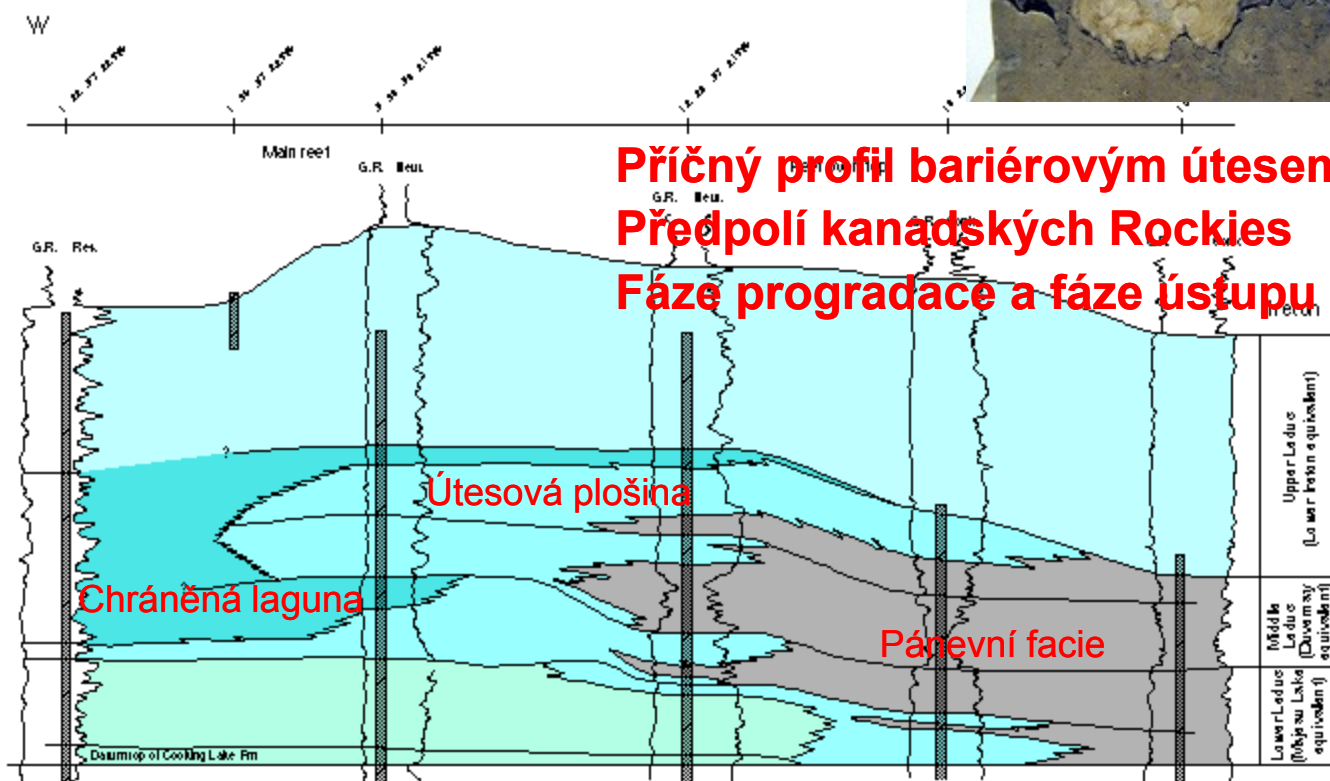
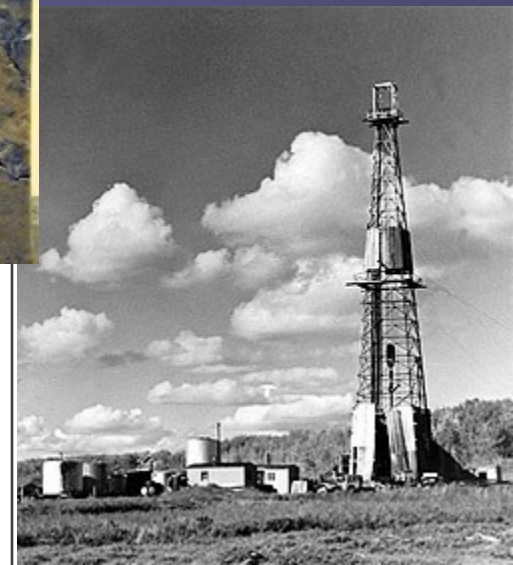
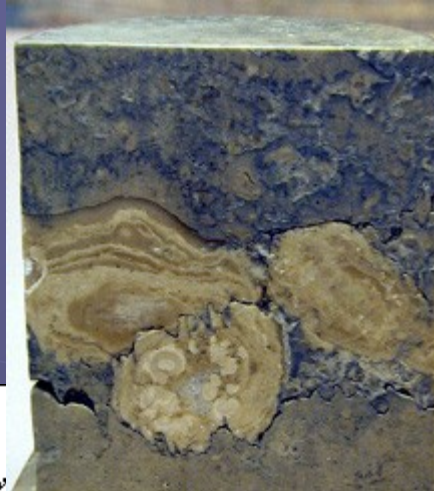
# Silur, Gotland



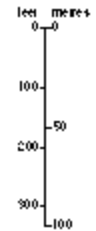
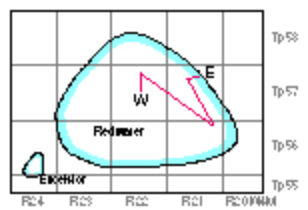
„Raukar“

Erodovaná jádra silurských útesů, ostrov Faro, Gotland

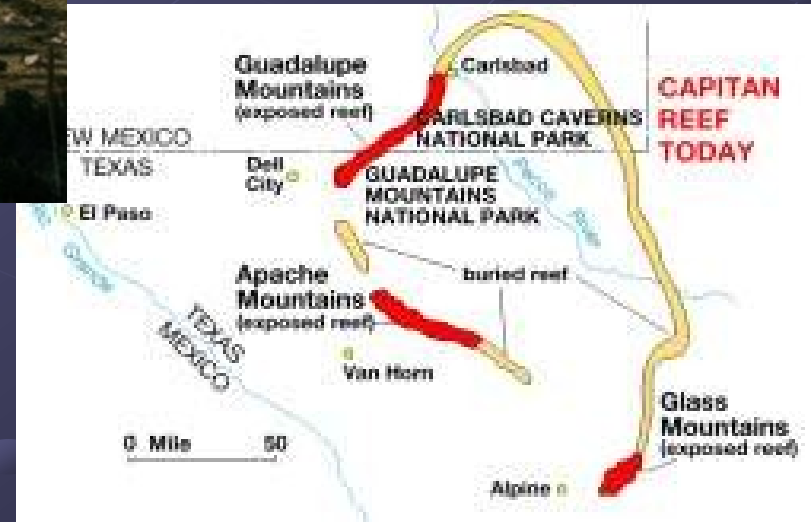
# Redwater reef, Alberta, Kanada, sv. devon

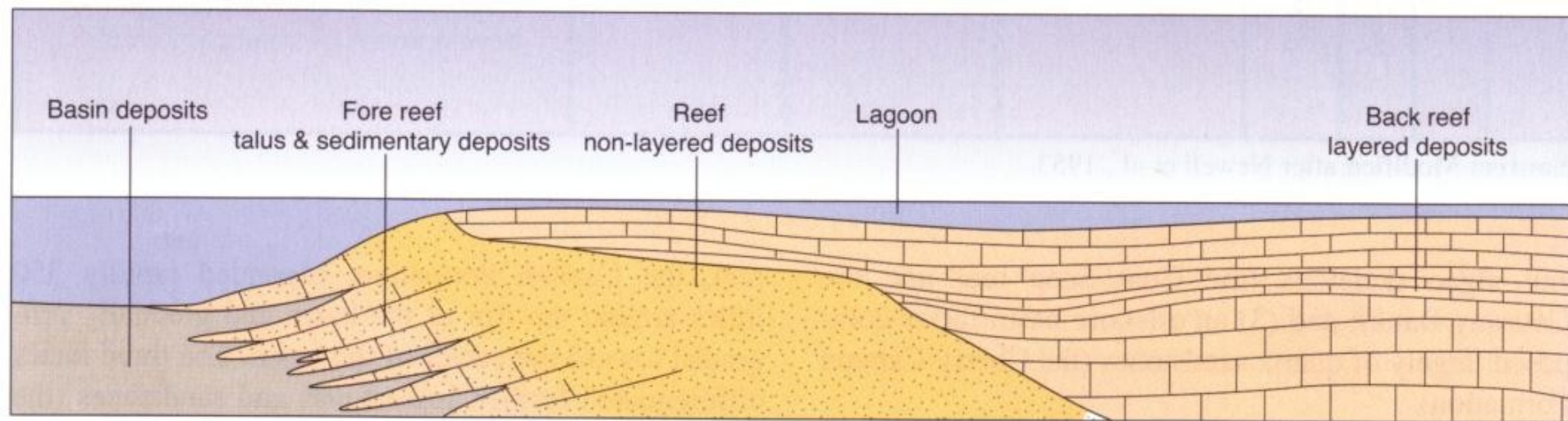


- Undifferentiated grainstones and tidal flat facies
- High energy (flat margin and upper slope) facies
- Low energy restricted reef interior
- Basal reef laggon
- Low energy slope and deep water
- Cored Interval



# Capitan Reef, Texas, perm

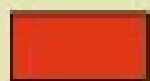
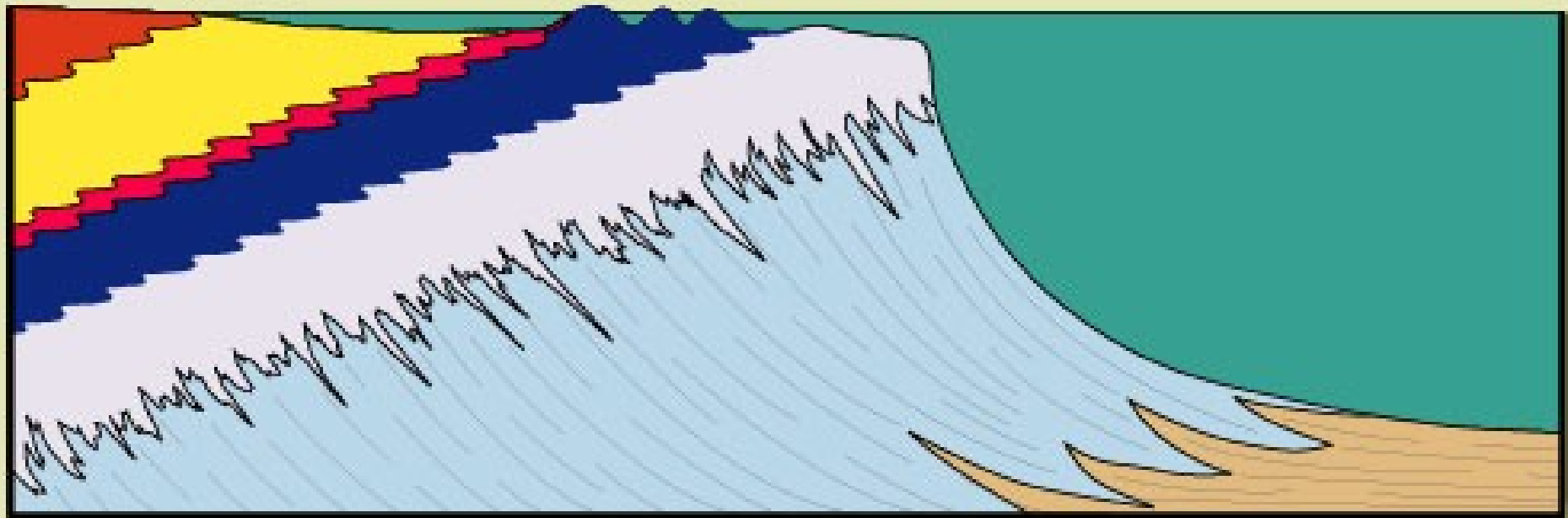




**FIGURE 17.6**

Cross section through the western side of Capitan Reef, looking southward. As the basin subsided, the reef grew upward and outward toward the basin center (left). Late in Permian time, as the equatorial sea dried up, the basin filled with evaporites. From D. Murphy, *The Guadalupes*. © 1984 Carlsbad Caverns/Guadalupe Mountains National History Association. Used by permission.

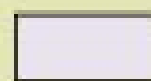
## Standard Guadalupian Facies Spectrum



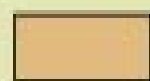
Redbeds & sabkha  
or salina evaporites



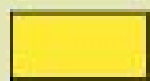
Pisolitic &  
grainstones



Reef



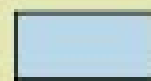
Basin



Lagoonal  
mudstones



Back-reef  
grainstones



Forereef



Ca. 1 km



**Shelf-slope transition with vertical fractures**



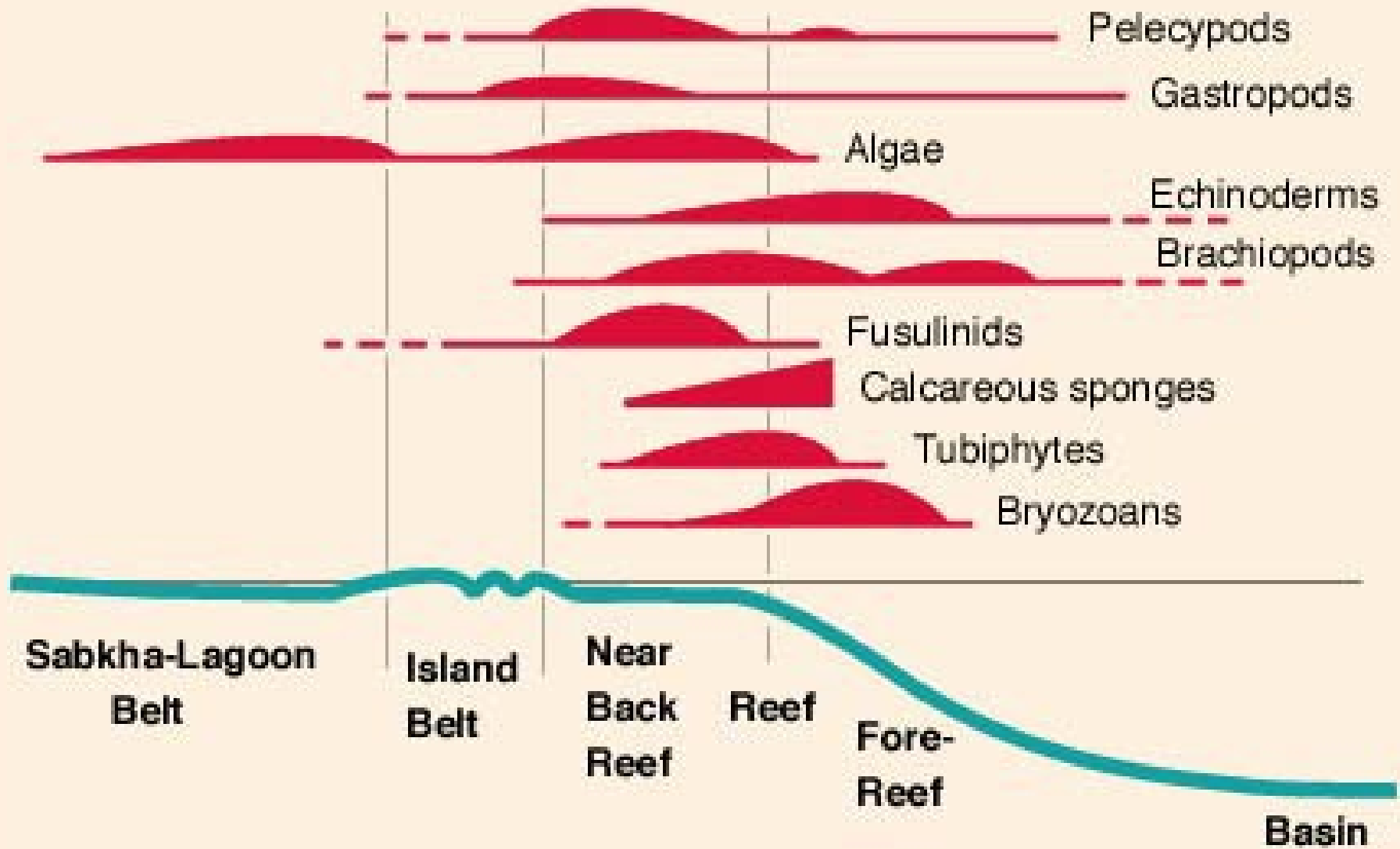
**Fenestrate bryozoan. Forereef slope dweller.**



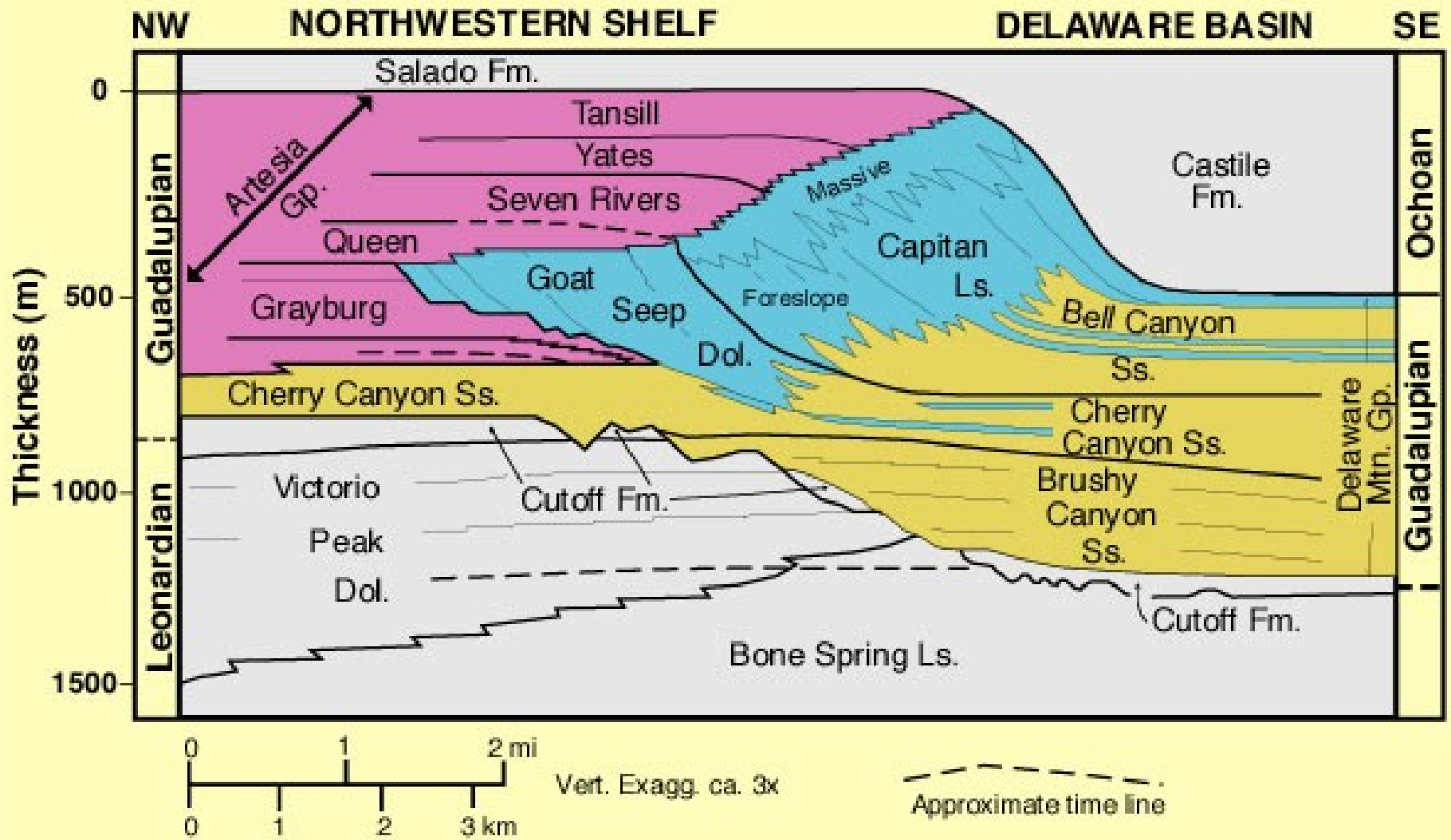


**Calcareous Sponges**

# Faunal Distribution — Permian Reef Complex



# Delaware Basin Stratigraphy



After King (1948), Hayes (1964), Tyrrell (1969) and Pray (1988)

**Castile Fm. Evaporite buries reef.**

# Sedimenty přílivově-odlivových plošin (peritidální sedimenty)

## Přílivově-odlivové plošiny:

- Nízký sklon pobřeží
- Nízkoenergetické prostředí s dominujícím vlivem dmutí

## Zonace podle hloubky:

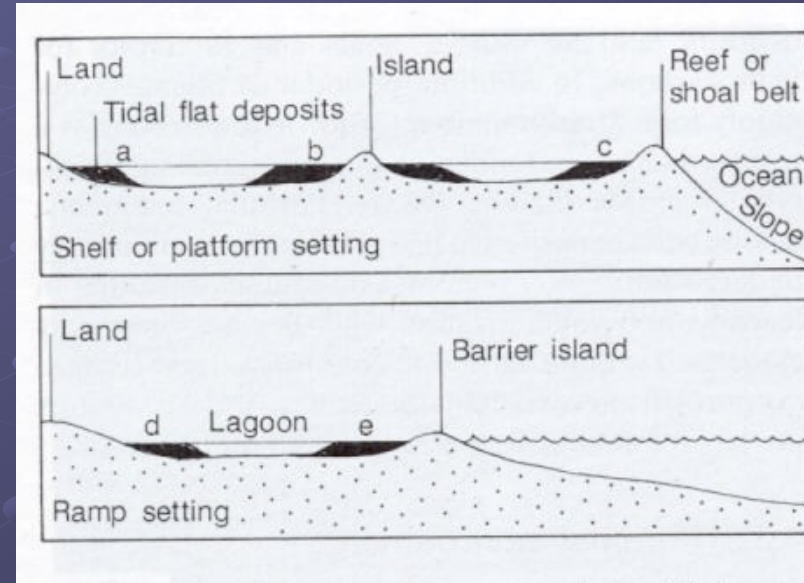
- Subtidální
- Intertidální
- Supratidální

## Morfologické prvky

- Plošiny
- Kanály (cca 3m hloubka, až 100m šířka)

## Procesy sedimentace:

- Progradace přílivových plošin (do nadloží: subtidální -> intertidální -> supratidální sedimenty)

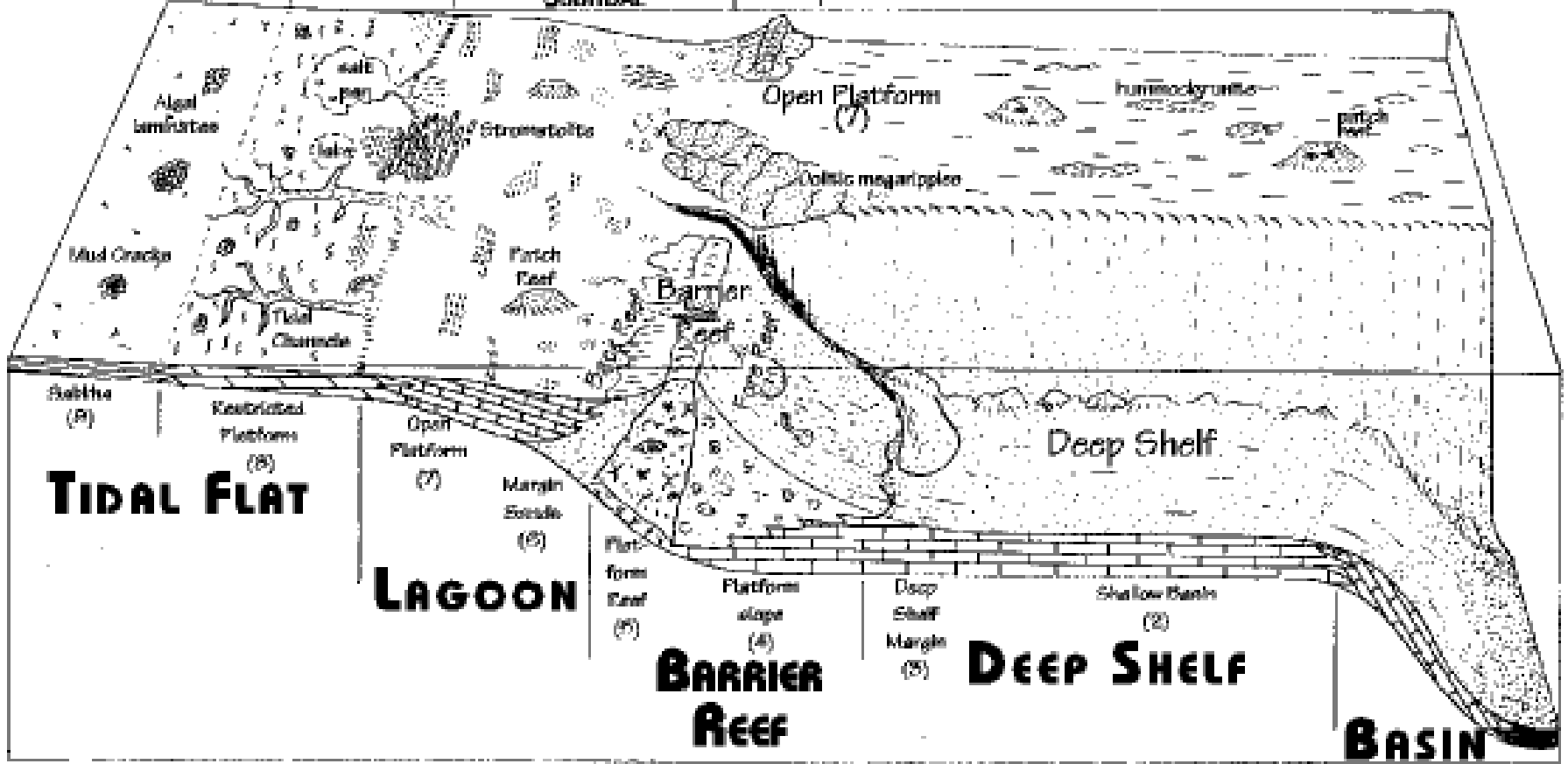


SUPERTIDAL

INTERTIDAL

SUBTIDAL

# SHALLOW SHELF



## TIDAL FLAT

## LAGOON

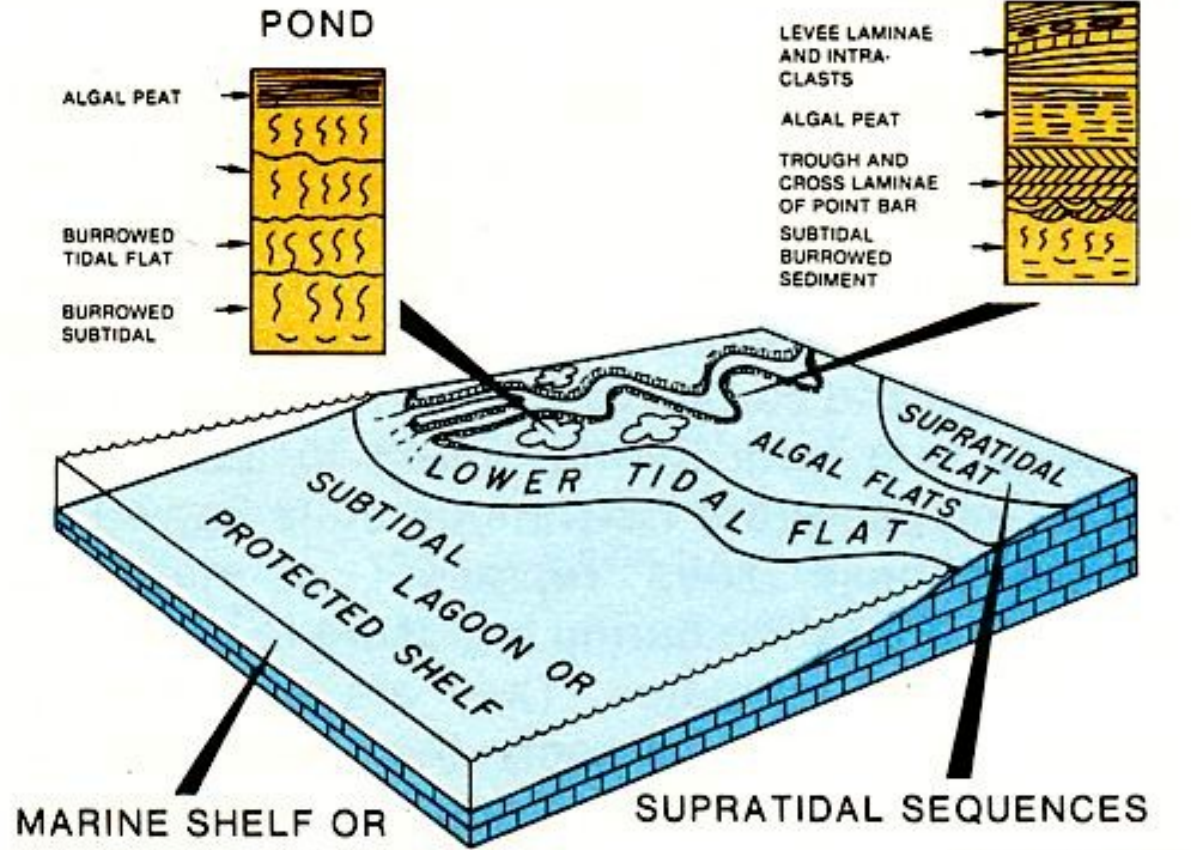
## BARRIER REEF

## DEEP SHELF

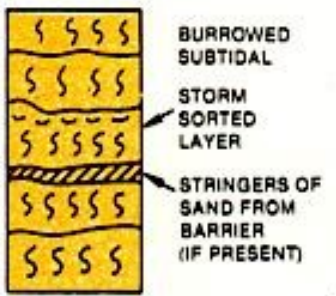
## BASIN

Deep Basin (1)

# TIDAL CREEK AND LEVEE



## MARINE SHELF OR SUBTIDAL LAGOON



## SUPRATIDAL SEQUENCES

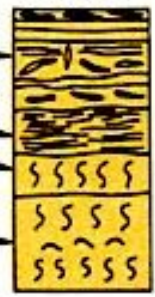
### ARID

SUPRATIDAL ANHYDRITE AND STORM WASHOVER  
ALGAL PEAT AND GYPSUM



### HUMID AND ARID

INTRACLASTS AND STORM LAYERS  
ALGAL PEAT  
BURROWED TIDAL FLAT  
SUBTIDAL BURROWED SEDIMENT AND STORM SORTED LAYERS

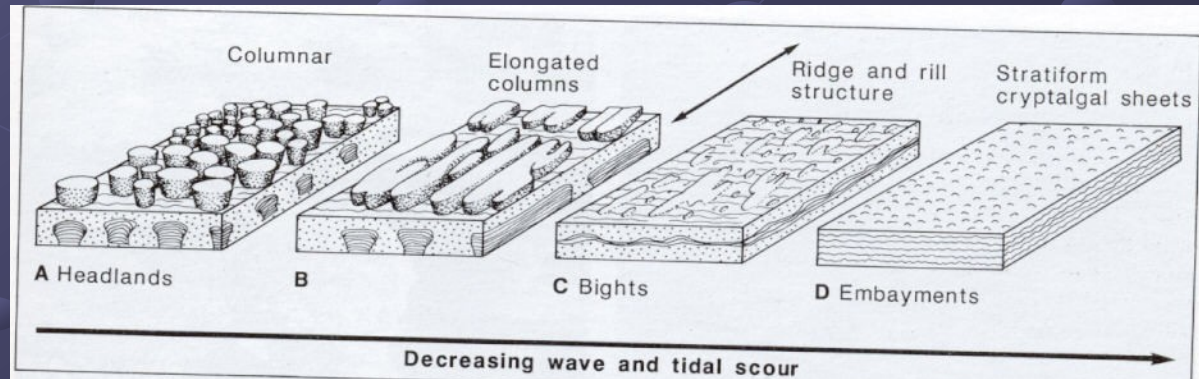
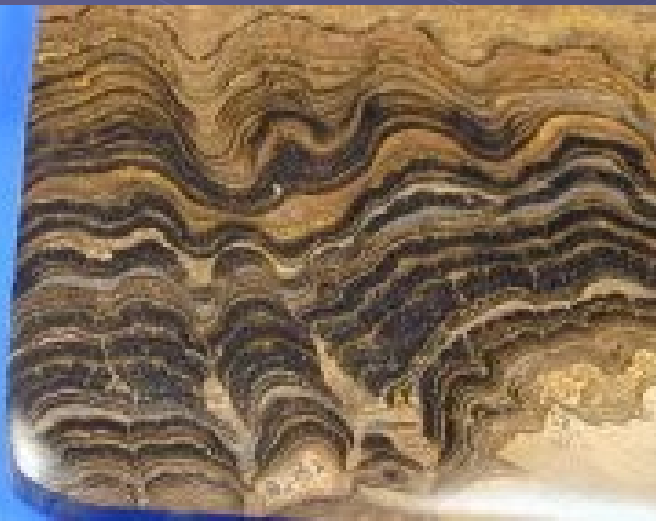


# Facie peritidálních sedimentů

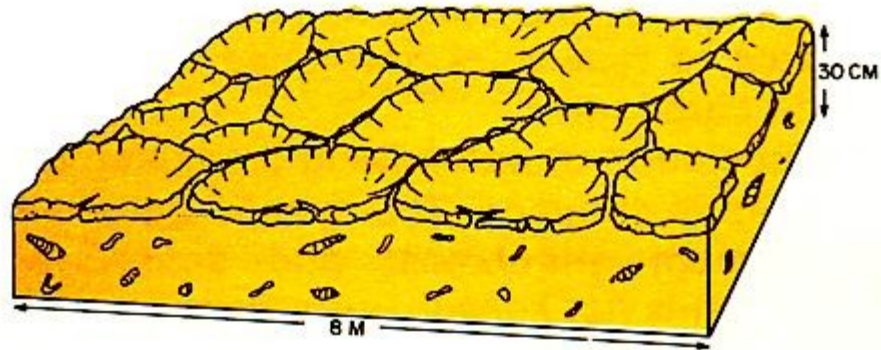
Facie:

Plošiny:

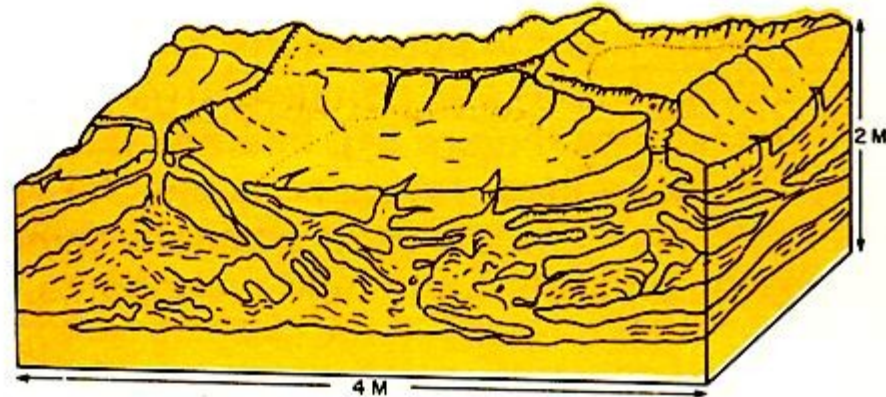
- laminace mikrobiálního původu (řasové koberce), střídání bindstone, packstone a grainstone, hojné peloidy,
- Stromatolity, Tepee textury, fenestrální textury – dutiny v sedimentu
- Evapority (sádrovec, anhydrit)



# Tepee structures



RECENT EXPANSION MEGAPOLYGONS OF SURFACE CRUST WITH TEPEE MARGINS FILLED WITH SEDIMENT AND CEMENT



ANCIENT MEGAPOLYGONS WITH TEPEE MARGINS, EXPANSION FRACTURES AND SOLUTION CAVITIES FILLED BY A VARIETY OF MARINE TRAVERTINES.

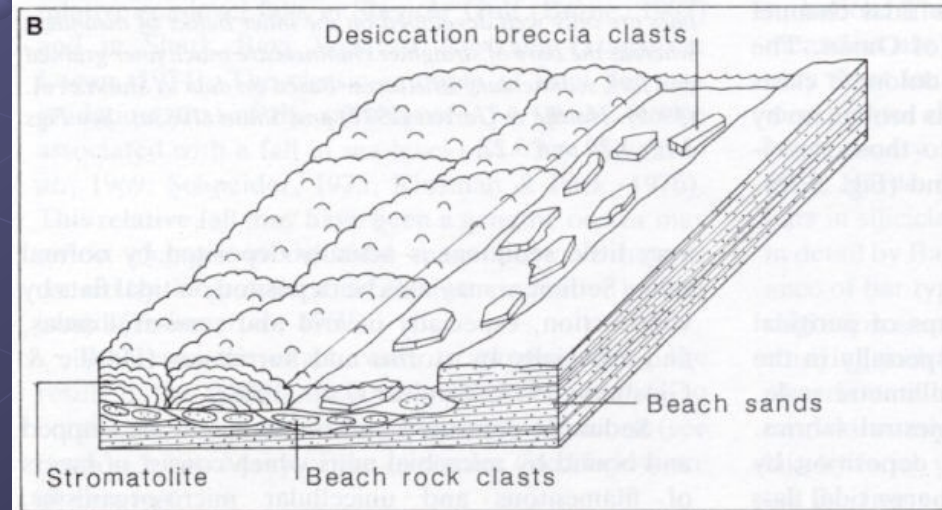
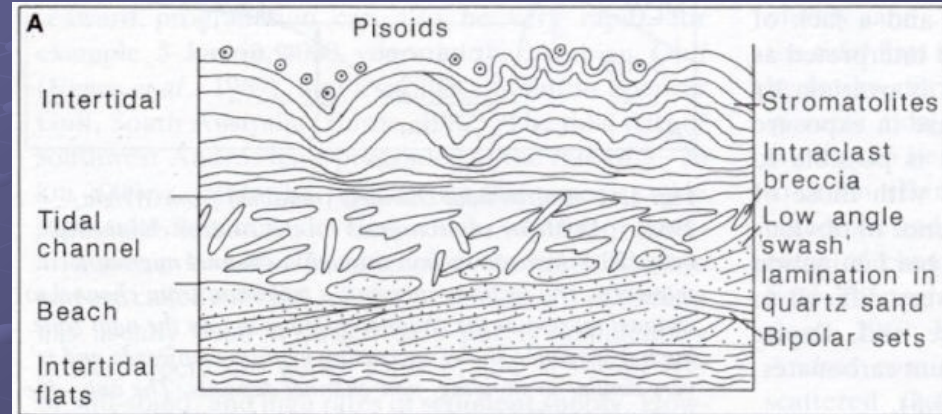


# Facie peritidálních sedimentů

Facie:

Kanály přílivových plošin:

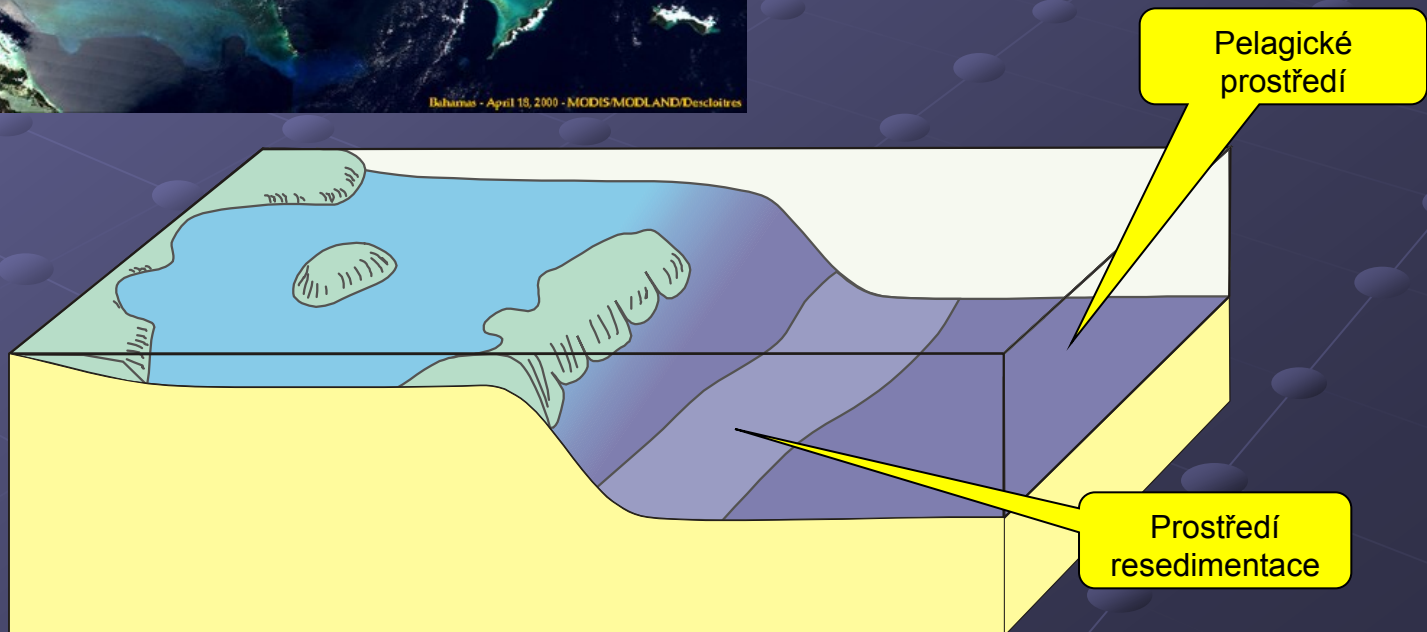
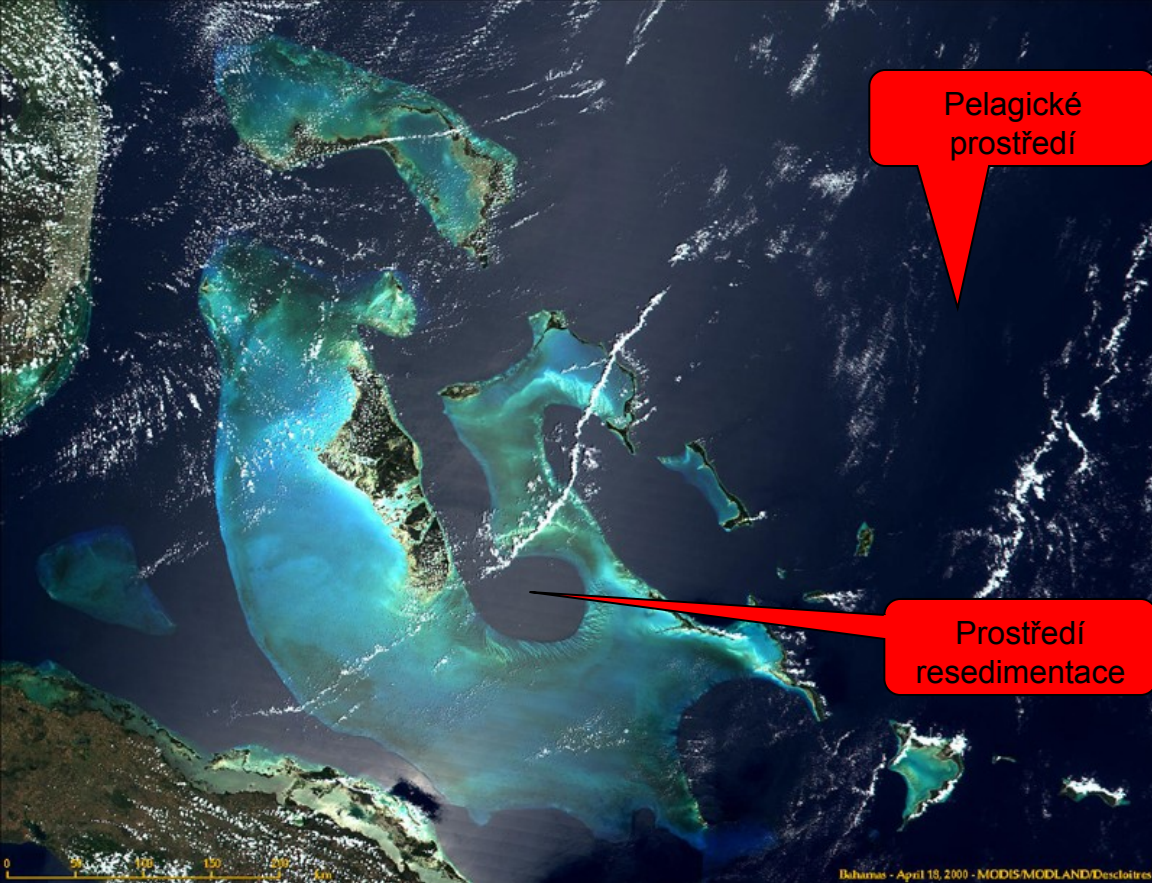
- Rezidua – „intraformační brekcie“ – rudstone s intraklasty
- Bioturbace
- Písečné vally – planární šikmé zvrstvení,





# Hlubokomořská depoziční prostředí

- Pelagické prostředí
- Prostředí resedimentace
  - Báze svahu platformy



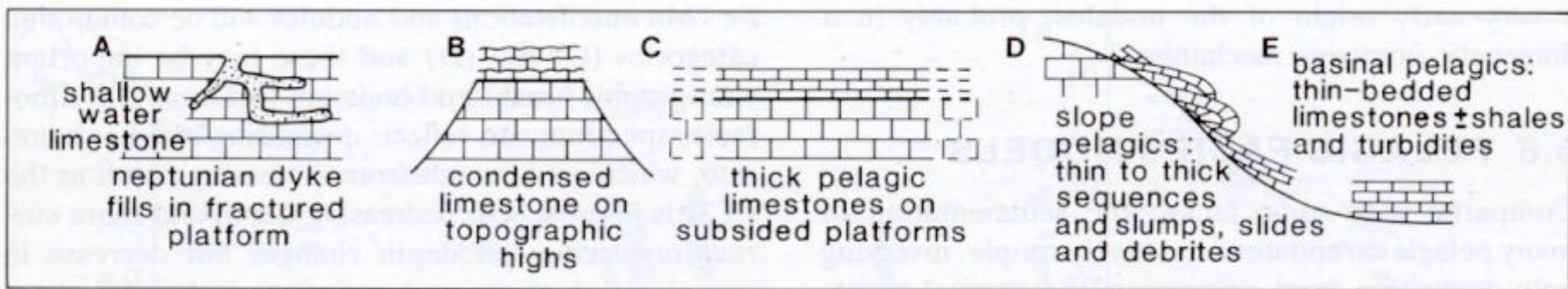
# Pelagické prostředí

## ■ Pelagické karbonáty:

- > 95% materiálu ze suspenze (spad z vodního sloupce)
  - Karbonátový materiál biogenního původu - planktonní a nektonní organismy
  - Eolický materiál (zrnka Q siltové frakce)
  - Kosmogenní materiál (kosmický prach)
  - Vulkanogenní materiál (jílové minerály a zeolity – produkty rozkladu vulkanických hornin oceánské kůry)
- < 5% terigenního materiálu

## ■ Prostředí vzniku pelagických karbonátů:

- Oceánské pánve
- potopené karbonátové platformy a aseismické podmořské hřbety
- šelfy a intrakratonní pánve

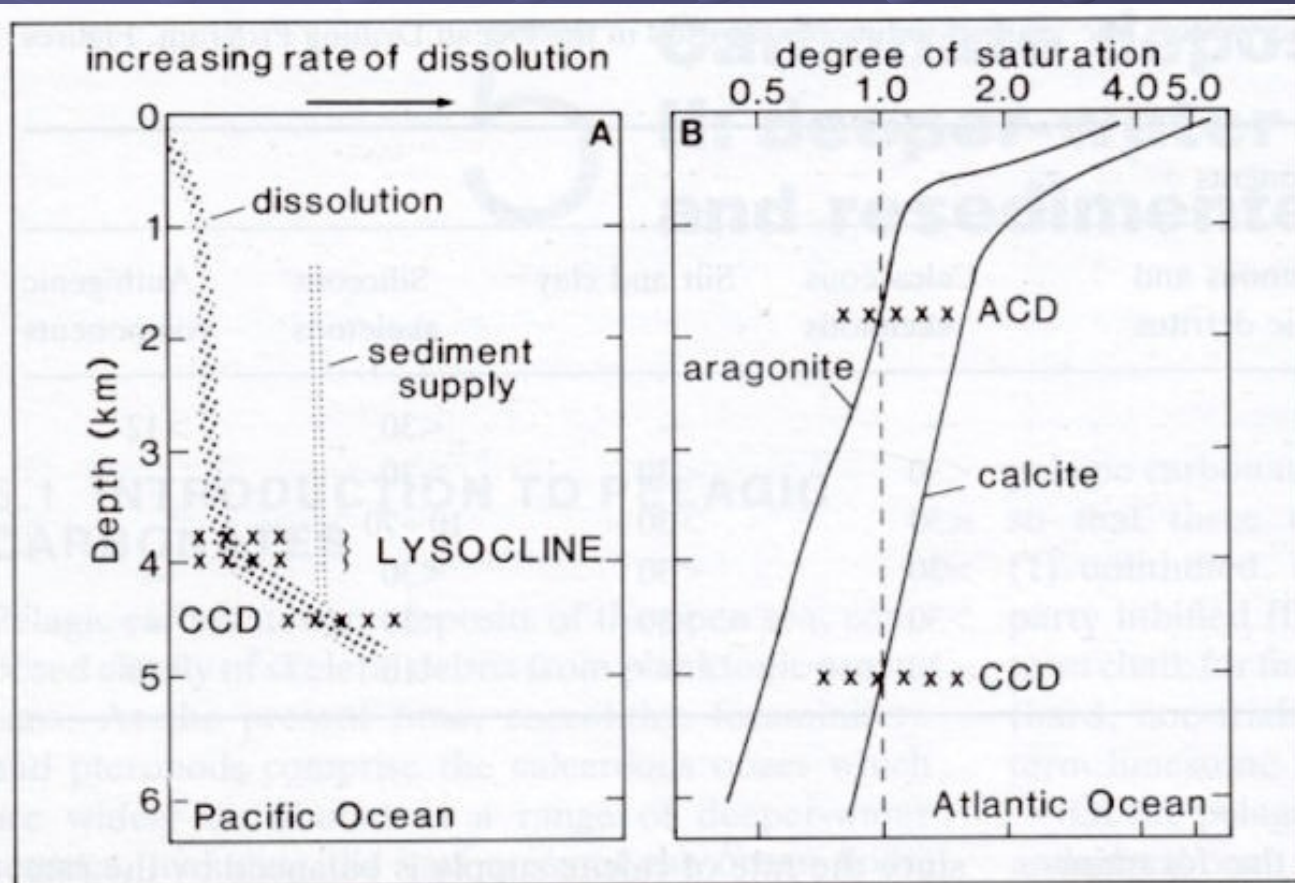
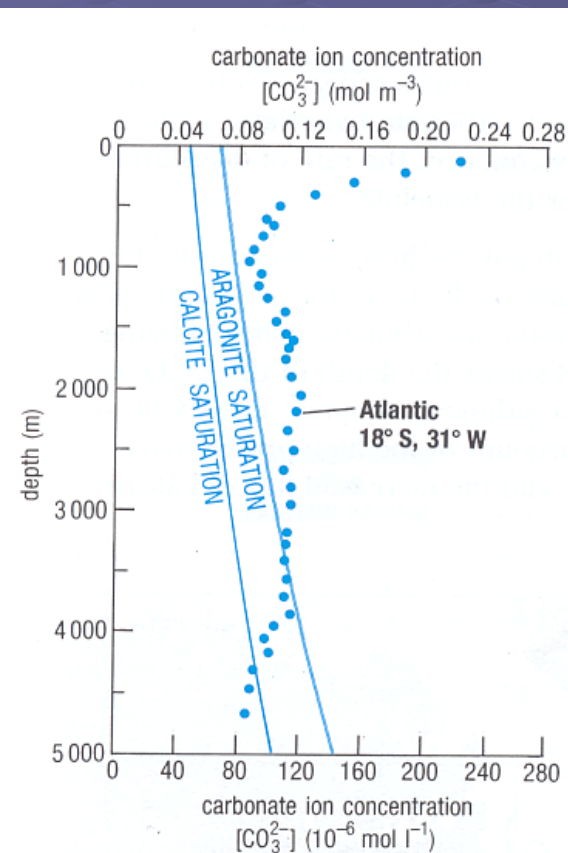


# Faktory limitující pelagickou karbonátovou sedimentaci

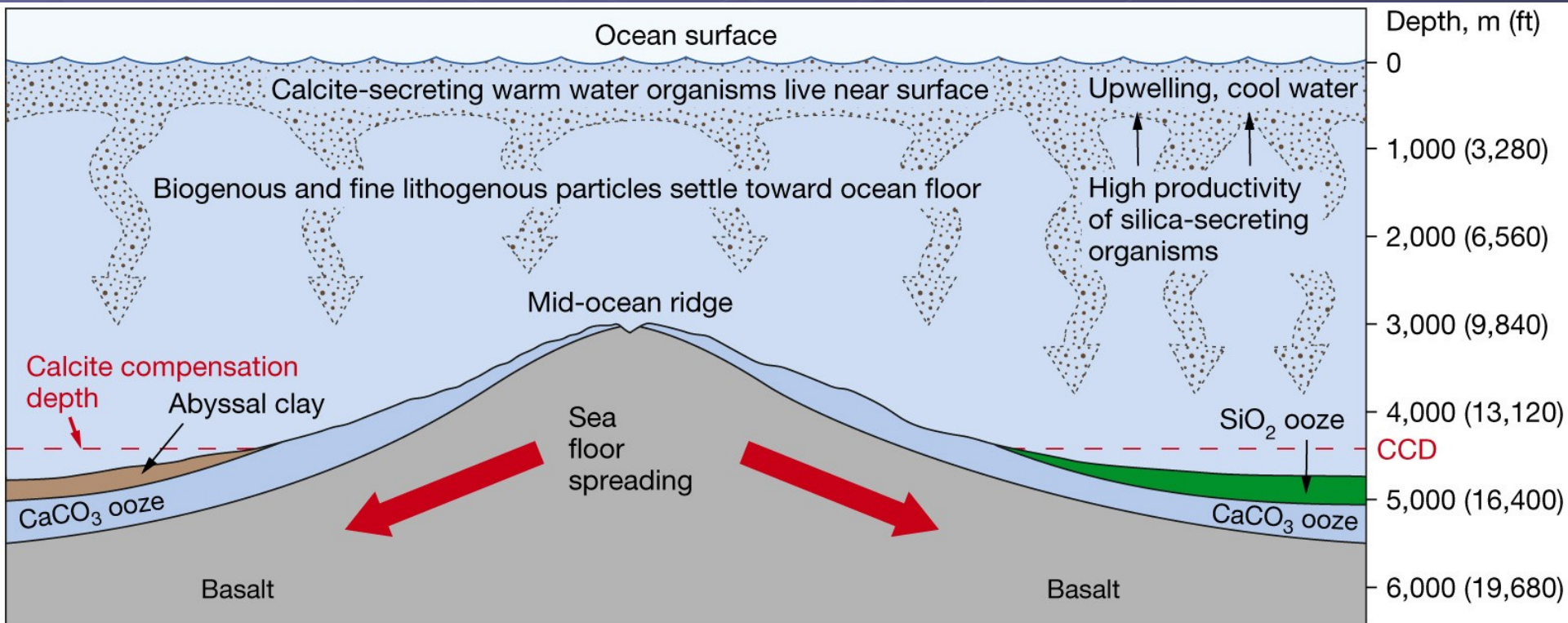
- Rozpouštění  $\text{CaCO}_3$  v závislosti na hloubce (CCD, lysoklina, ACD)  
(Obsah  $\text{CO}_2$  ve vodě: závislost na teplotě vody, proudění)
- Produkce  $\text{CaCO}_3$  v přípovrchové zóně oceánů
  - Klima
  - Biotické krize a vymírání
- Hydrodynamická energie prostředí u dna (proudění)

# Hloubka moře 2: ACD, lyzoklina a CCD

- CCD (karbonátová kompenzační hloubka): rychlost rozpouštění > rychlost sedimentace kalcitu
- ACD (kompenzační hloubka aragonitu): rychlost rozpouštění > rychlost sedimentace aragonitu
- Lyzoklina: rychlost rozpouštění rychle vzrůstá



# CCD



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



# „sněžná čára“



Melissa Binde

[http://www.mbinde.com/hiking/mountains-0203/pictures/img\\_0428.jpg](http://www.mbinde.com/hiking/mountains-0203/pictures/img_0428.jpg)

# Pelagické karbonáty

## Procesy sedimentace:

- Sedimentace ze suspenze
- Oceánské proudění
- Gravitační přemístění pelagických sedimentů na svazích

## Facie:

- ☐ Lime mudstone, wackestone, packstone (nižší vs. vyšší energie prostředí)
- ☐ Skeletální alochemy: planktonní foraminifery (Globigerinaceae), kokolitky, pteropodi (recentní), amoniti, belemniti, někteří mlži (Bositra, Posidonia, Halobia), radiolárie, kalcipionely, Nautiloidea, Dacryoconarida, někteří krinoidi (Saccoccoma) (fossilní)
- ☐ Nodulární textura (diageneze)
- ☐ Hardgroundy (přerušení sedimentace)
- ☐ Bioturbace – Chondrites, Zoophycos

## Příklady:

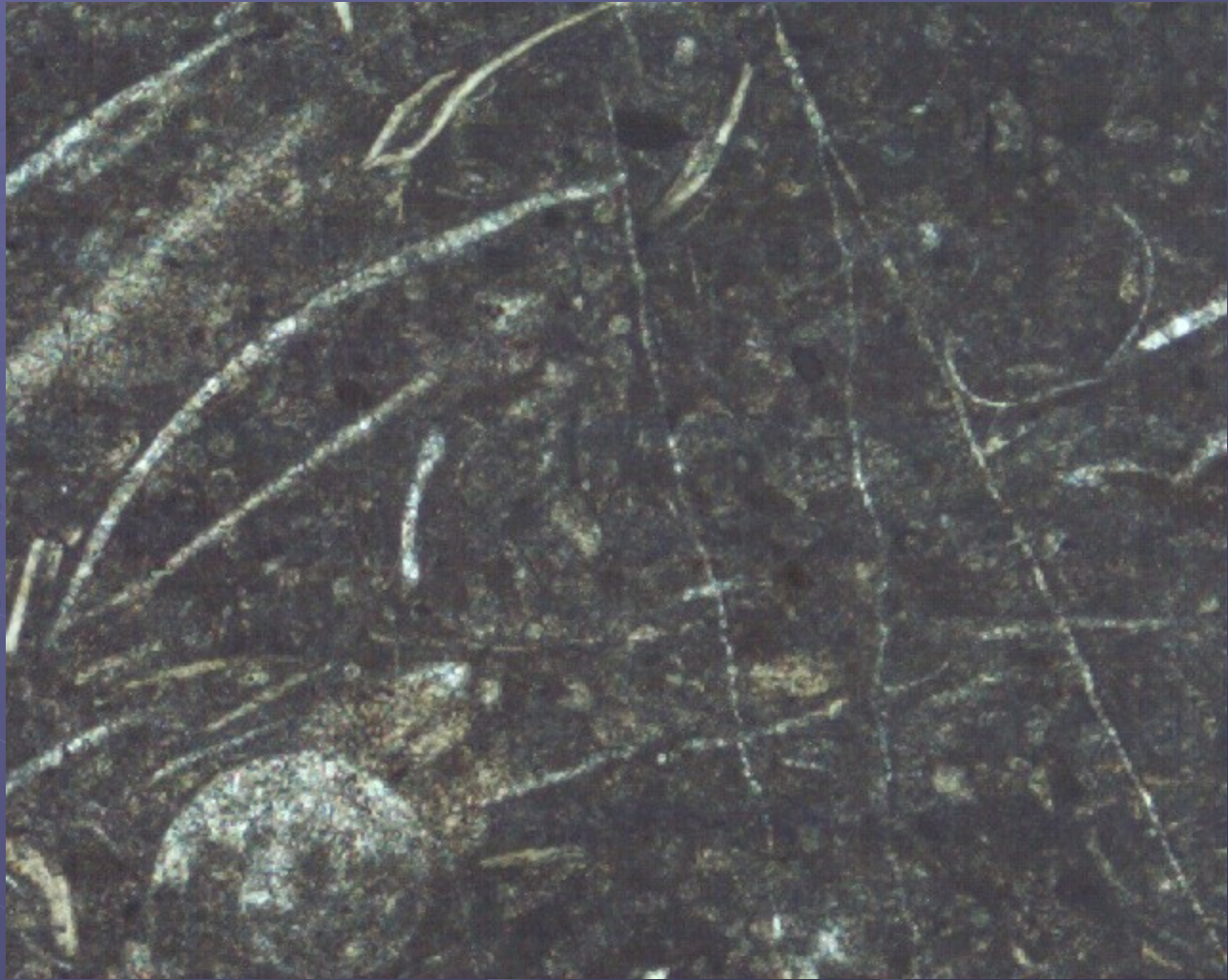
- ☐ Pterodpodová bahna (recent)
- ☐ Psací křída (křída), biancone-maiolica (jura – křída)
- ☐ Rosso Ammonitico Veronese (jura),
- ☐ Scaglia Rossa (sv. křída)
- ☐ griotte (sv. devon)
- ☐ Cephalopoden kalk (devon – sp. karbon)





Nikon

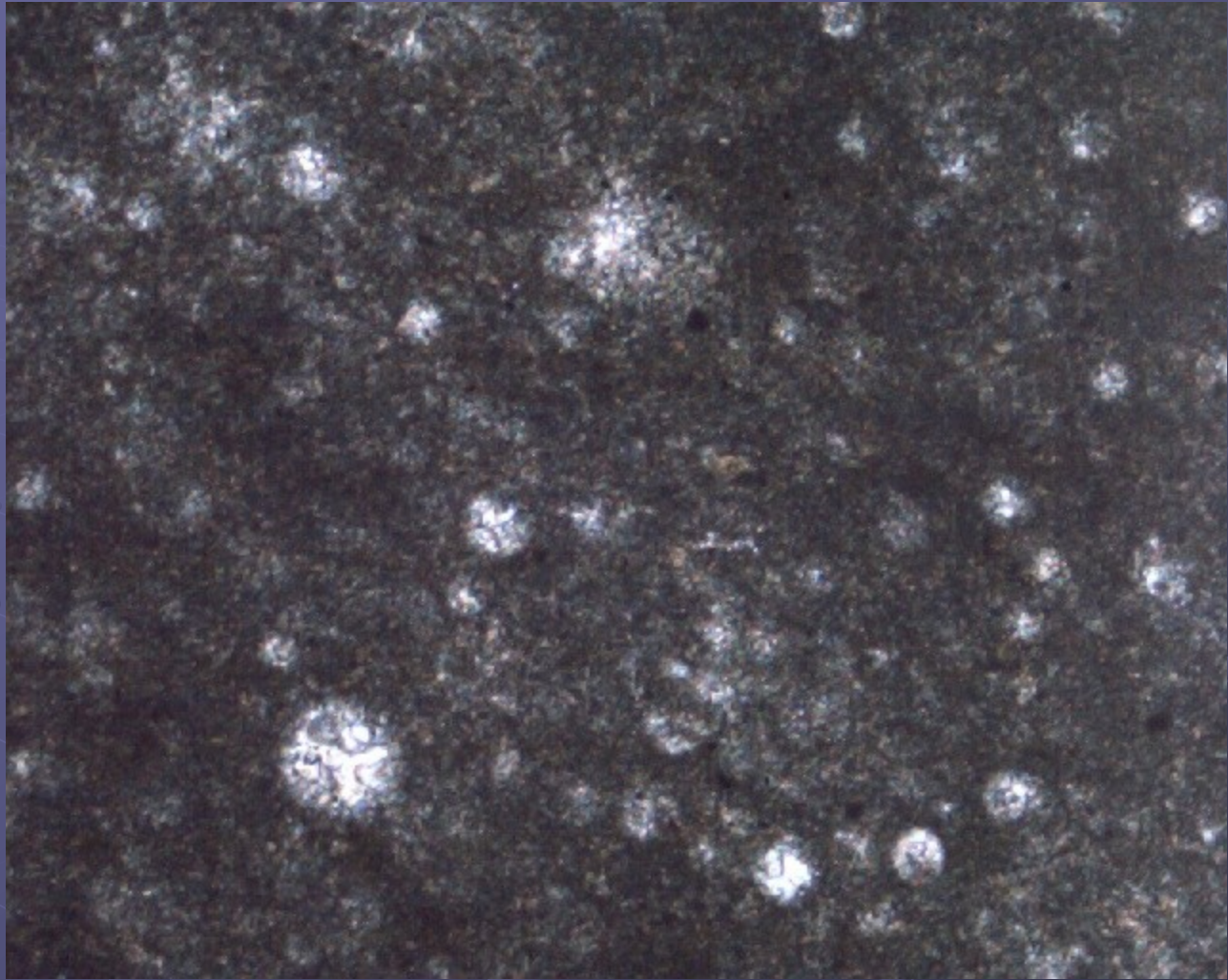








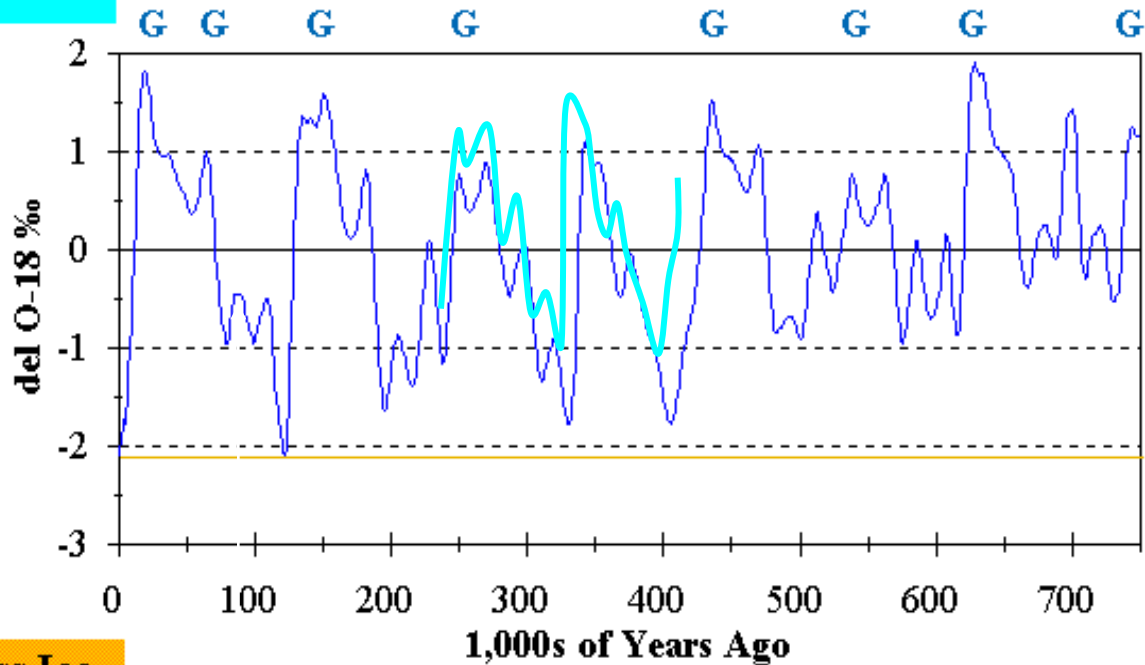




# Záznam izotopů kyslíku v pelagických mořských sedimentech za posledních 700 tisíc let

**Ice Volume**  
Planktonic Foram O-18 as Proxy

More Ice



Less Ice

Vrtné projekty  
DSDP a ODP

Pelagické  
sedimenty, cca  
konstantní rychlost  
sedimentace,  
datování

$^{18}\text{O}$  v schránkách  
plaktonních  
foraminifer ( $\text{CaCO}_3$ )

Časové řady

# Resedimentované karbonáty

Gravitační transport a sedimentace: topografický gradient (např. svah platformy)

Procesy sedimentace a facie

## Bahnotoky, úlomkotoky

**Binghamovské plastické látky, soudržné**

**Uvedení do pohybu:** překonání prahového napětí – přetížení svahu, zemětřesení, likvefakce (zkapalnění),

**Ukládání:** zpomalení toku (snížení kinetické energie toku)

**Facie:** ostré spodní a svrchní hranice vrstev, inverzní gradace, špatné vytřídění, floatstone, rudstone, hojné intraklasty

## Turbiditní proudy

**Newtonovské kapaliny, vyšší hustota v důsledku nasycení sedimentárními částicemi, převažuje turbulentní proudění,**

**Uvedení do pohybu:** zemětřesení, zvržení části v důsledku bouřky, převýšení kritického sklonu svahu

**Ukládání:** zpomalení proudu

**Facie:** ostré spodní a svrchní hranice vrstev, normální gradace, Boumova sekvence, grainstone, packstone, wackestone, lime mudstone, cizorodé alochemy

## Sesuvy, skluzy

Elastické pevné látky, turbulentní pohyb, laminární pohyb

**Ukládání:** zmírnění sklonu svahu

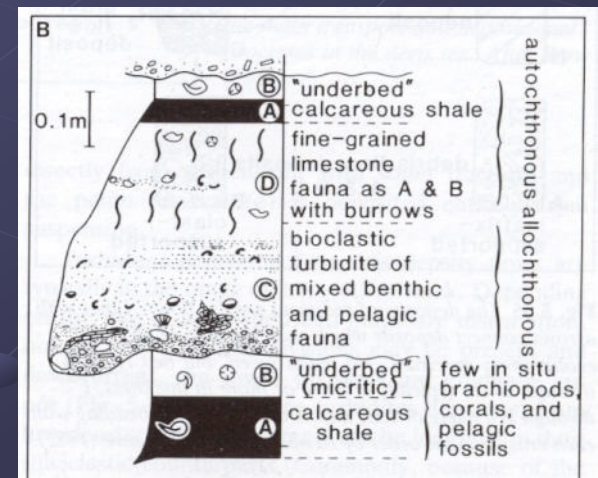
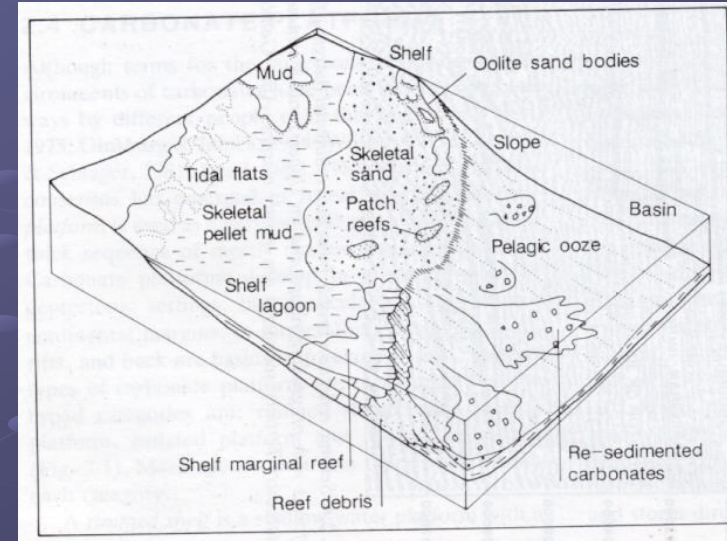
**Facie:** zvrásněné a zprohýbané vrstvy pelagických karbonátů (lime mudstone, wackestone s pelagickou faunou),

## Zrnotoky

Nesoudržné, převýšení prahového sklonu svahu, turbulentní pohyb

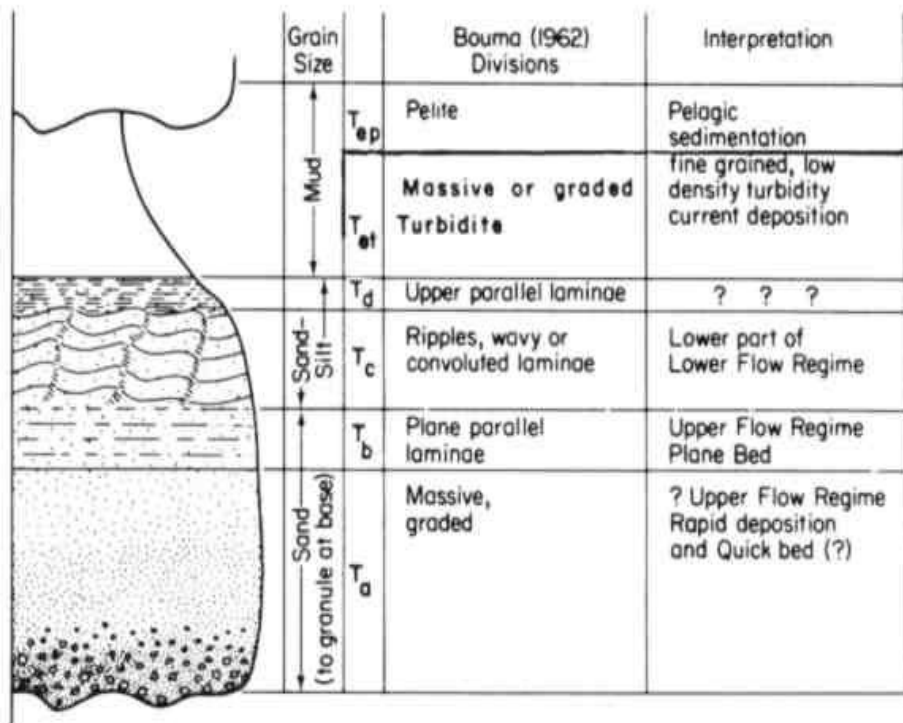
**Ukládání:** zmírnění sklonu svahu

**Facie:** inverzní gradace, velmi dobré vytřídění, grainstone



# Turbidity: Boumova sekvence

## CLASSICAL TURBIDITE



# Rychlost proudění vs. velikost zrna

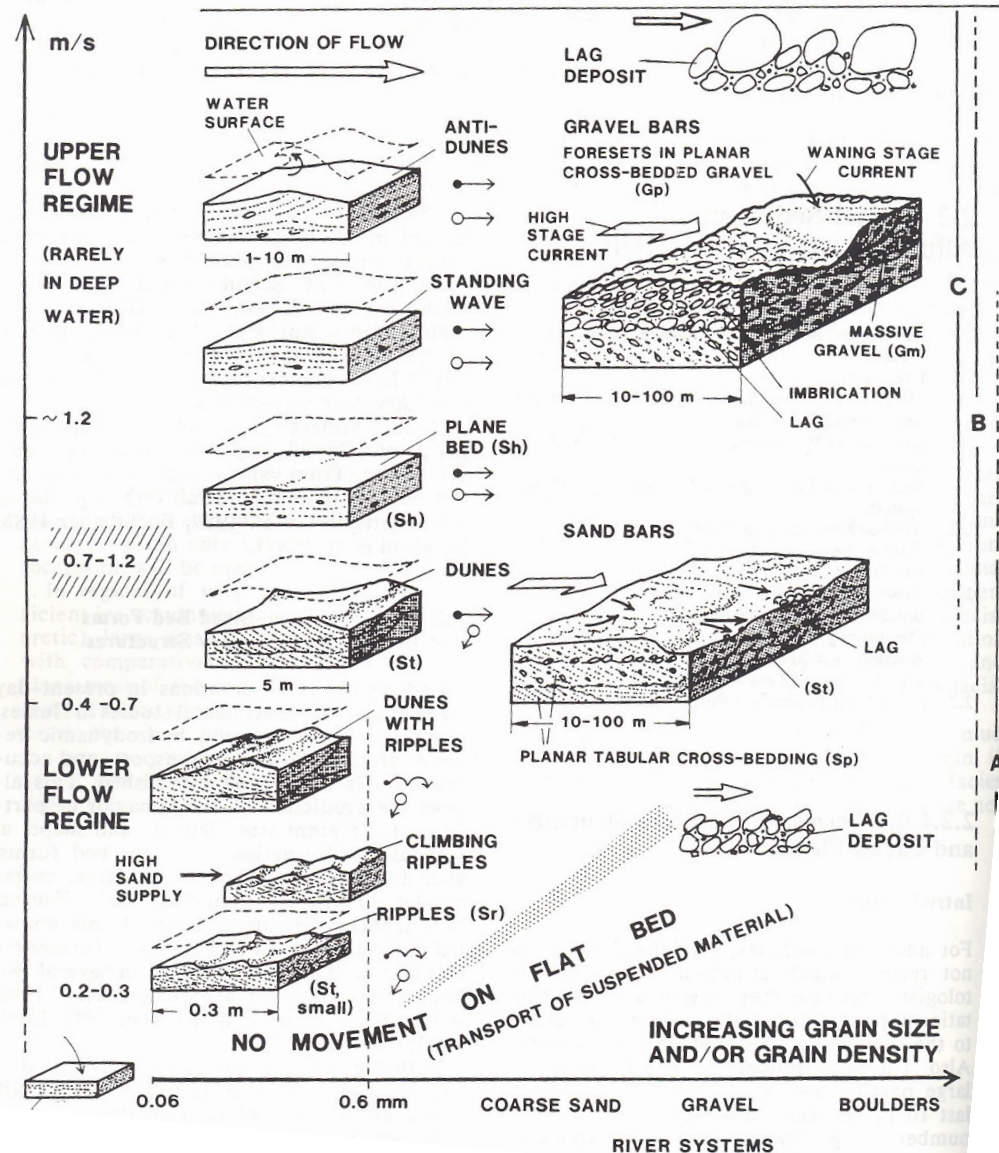
INCREASING CURRENT VELOCITY

BED FORMS AND INTERNAL STRATIFICATION

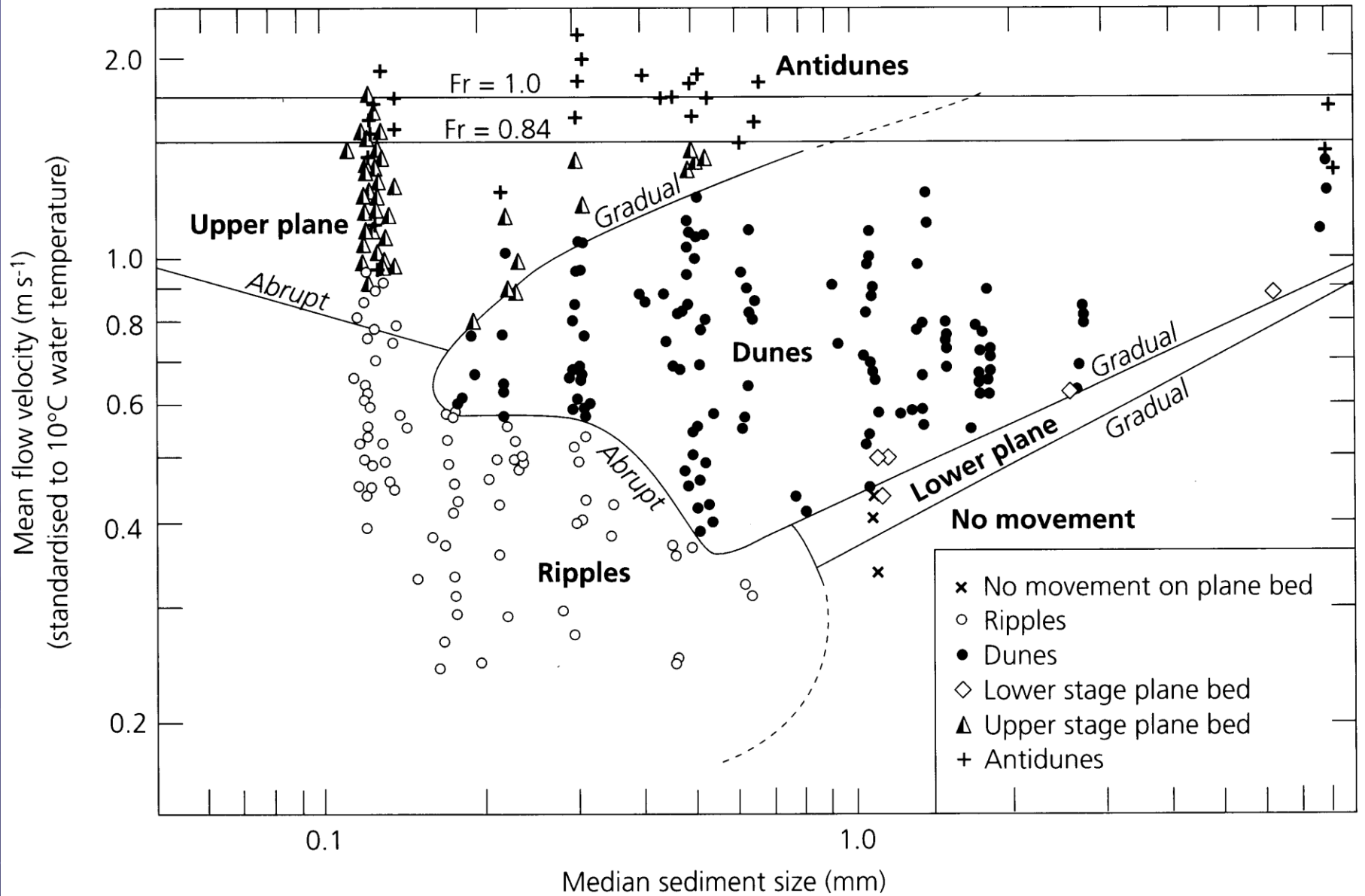
TRANSPORT BEHAVIOR OF SAND AND GRAVEL

LARGER COMPOSITE BED FORMS AND INTERNAL STRUCTURES

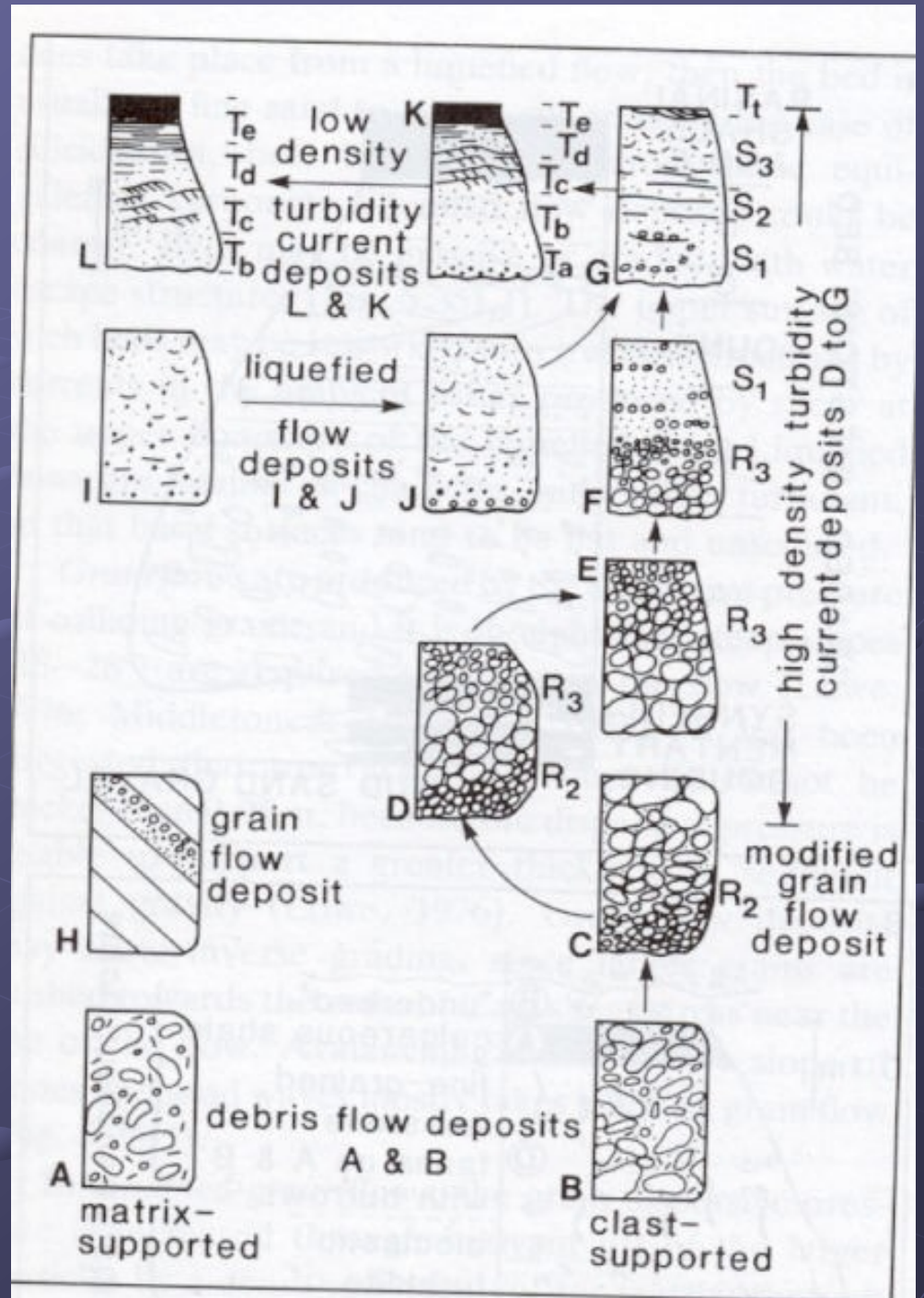
RIVER SYSTEM



RIVER SYSTEMS



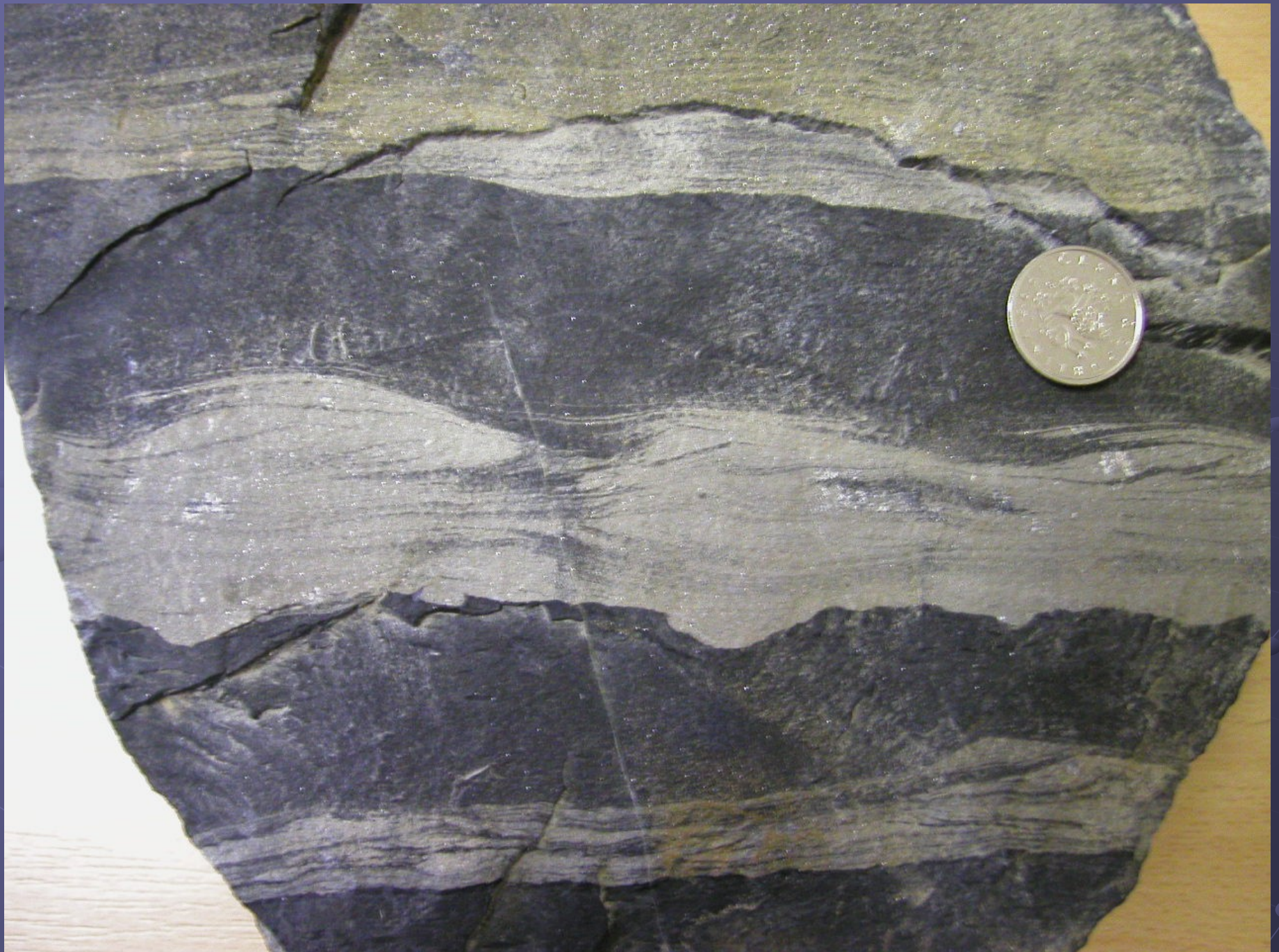
- Turbidity
- Vysokohustotní turbidity
- Zrnotoky (grain flow)
- Úlomkotoky (debris flows)

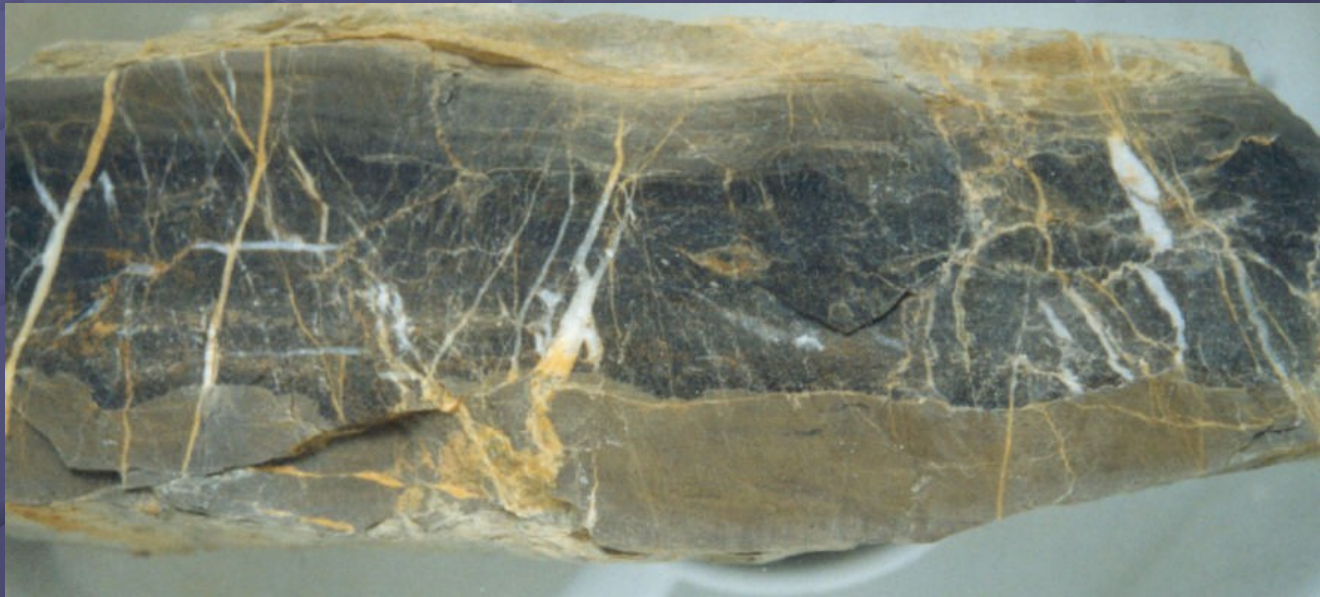


# Turbidity









# Resedimentované karbonáty

Prostředí sedimentace:

## Podmořský vějíř

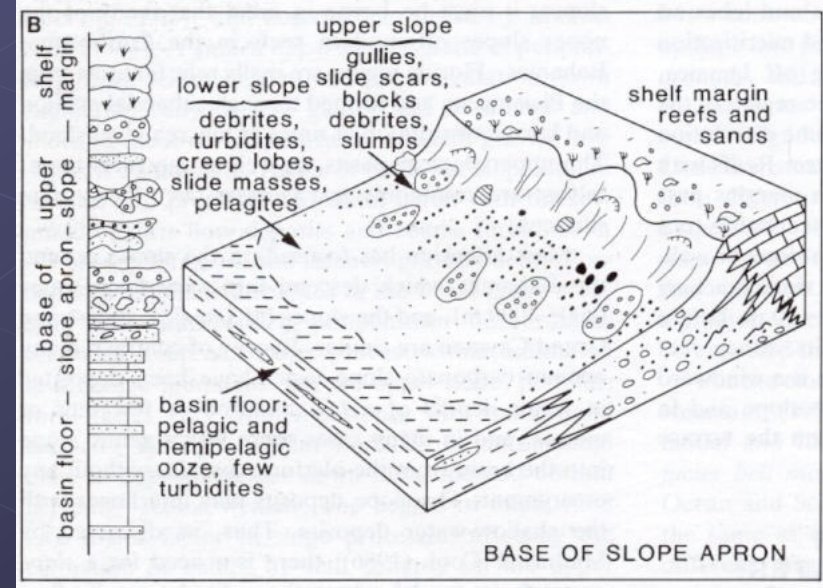
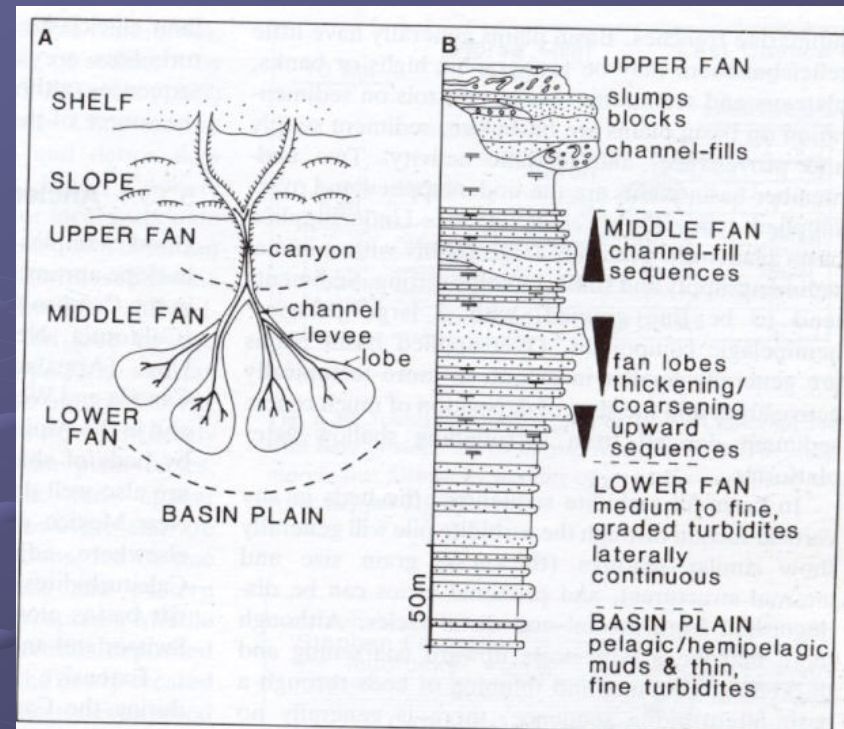
- Vnitřní vějíř (proximální, úlomkotoky, hrubozrnné turbidity, sesuvy, skluzy)
- Střední vějíř
- Vnější vějíř (distální, jemnozrnné turbidity)

Procesy sedimentace: progradace vějíře  
(do nadloží: distální -> proximální)

## Svahový osyp

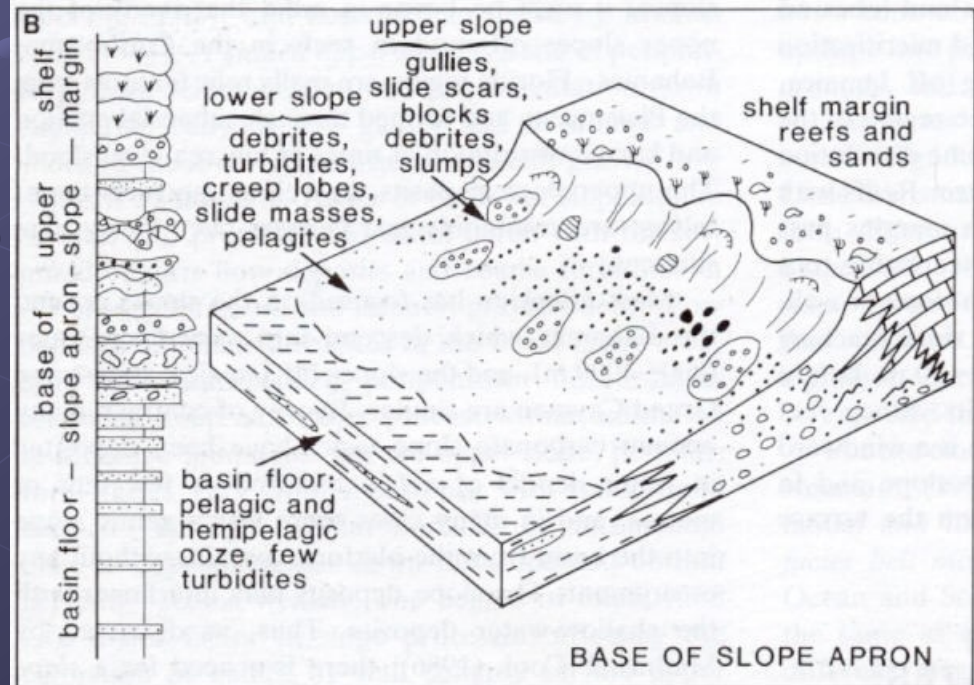
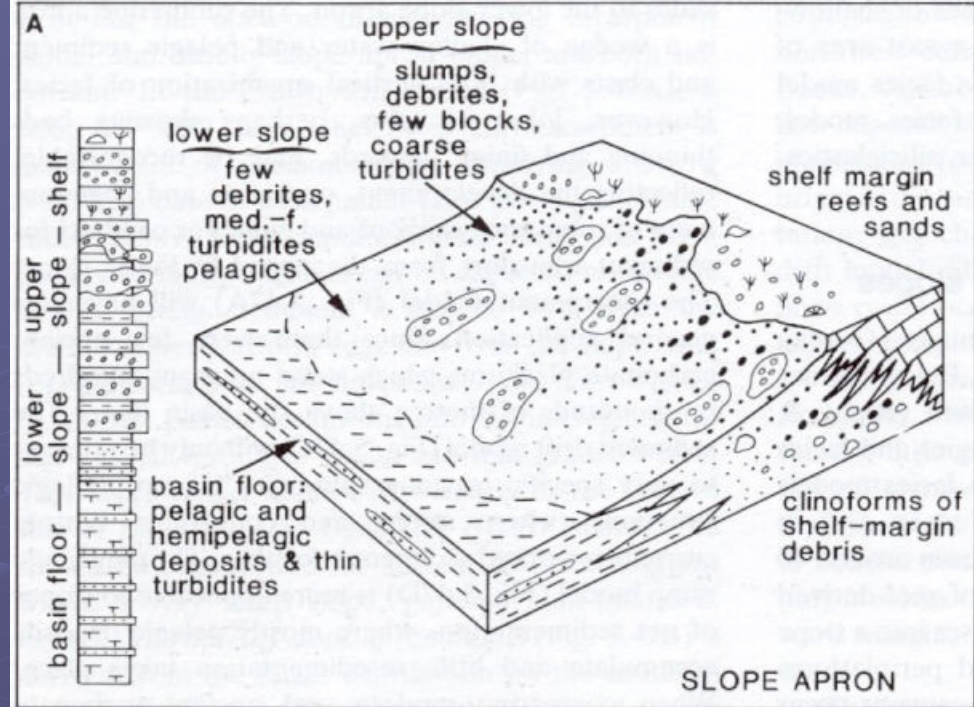
- Svrchní svah (proximální, úlomkotoky, hrubozrnné turbidity, sesuvy, skluzy)
- Spodní svah (distální, jemnozrnné turbidity)

Procesy sedimentace: progradace osypu  
(do nadloží: distální -> proximální)



■ Svahový osyp

■ Osyp báze svahu



# Diagenese

**Soubor fyzikálních, chemických a biologických procesů, které vedou k přeměně sedimentu na sedimentární horninu**

Diagenese může pokračovat i po zpevnění horniny a měnit její strukturu a mineralogické složení

Diagenese vzniká, pokud se minerály sedimentu v důsledku změny podmínek nebo chemismu stanou chemicky nestabilní (hranice mezi zrny a vodou nebo vzduchem – změna chemismu, změna tlaku, změna teploty)

Procesy směřující k ustanovení chemické rovnováhy:

Nestabilní minerály (aragonit, high-Mg kalcit) -> stabilní minerály (low-Mg kalcit, dolomit)

Cílem systému je dosáhnout stabilního ekvilibria

## ☐ Diagenetické procesy:

- Kompakce
- Rekrystalizace
- Rozpouštění (včetně tlakového)
- Cementace (tmelení)
- Nahrazování (+ neomorfismus)
- Bioturbace

# Diagenetické procesy

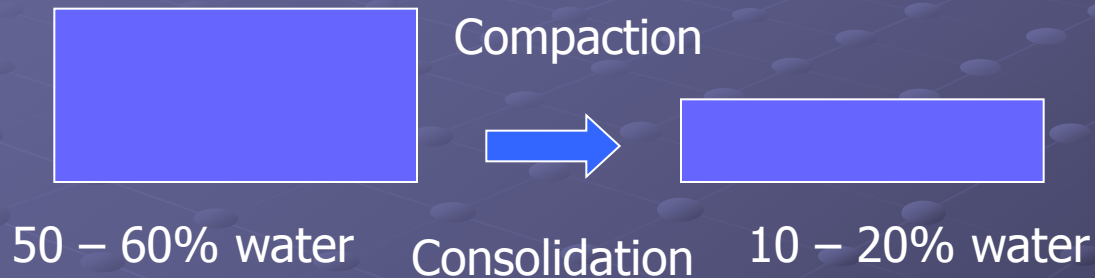
## Kompakce

- Zvýšení tlaku nadloží
- Snížení porozity
- Faktory, které ovlivňují možnou míru kompakce - velikost zrna, tvar zrna, zaoblení, třídění, původní porozita, objem fluid v pórech
  - ▣ Mechanická kompakce (necementované horniny)
  - ▣ Chemická kompakce (rozpuštění, cementované horniny)

# Kompakce

Pressure squeezes out pore water

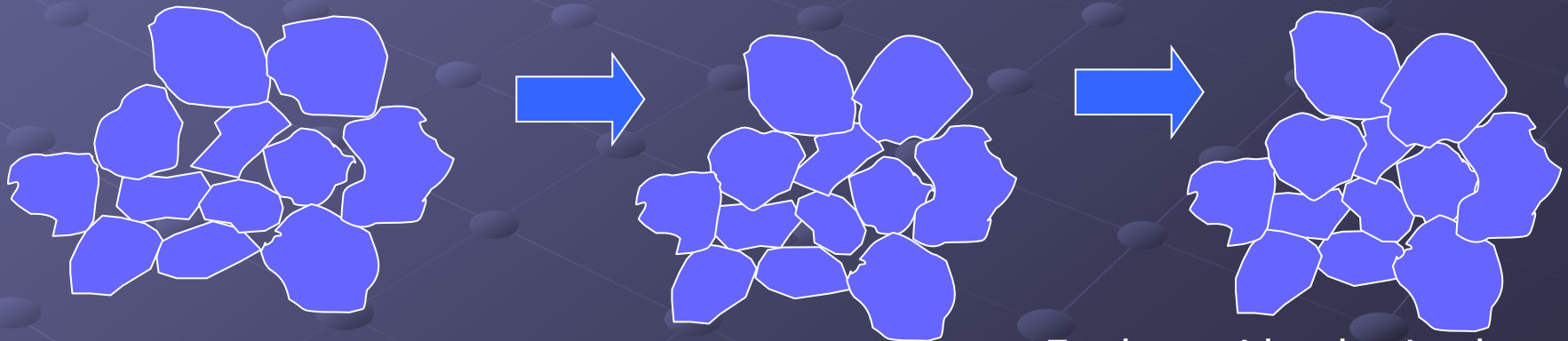
Clay rich sediments



Volume of voids

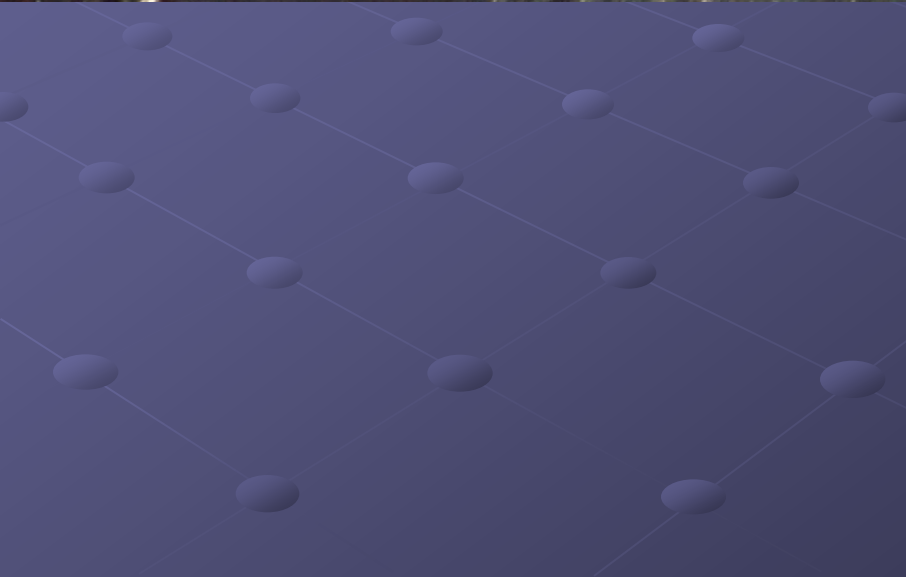
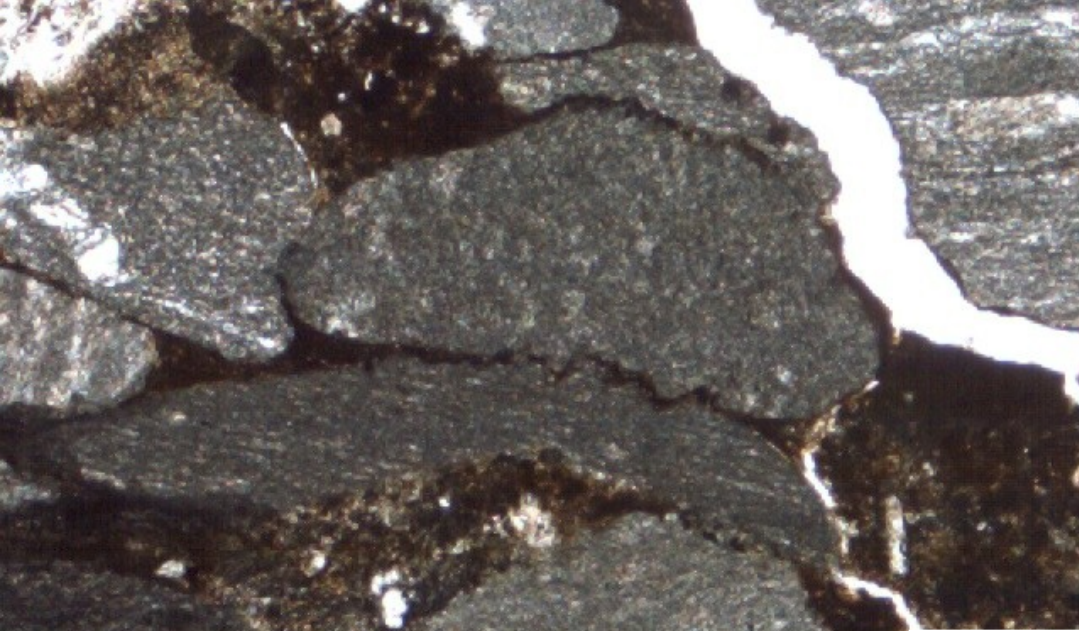


Granular sediments - Sands

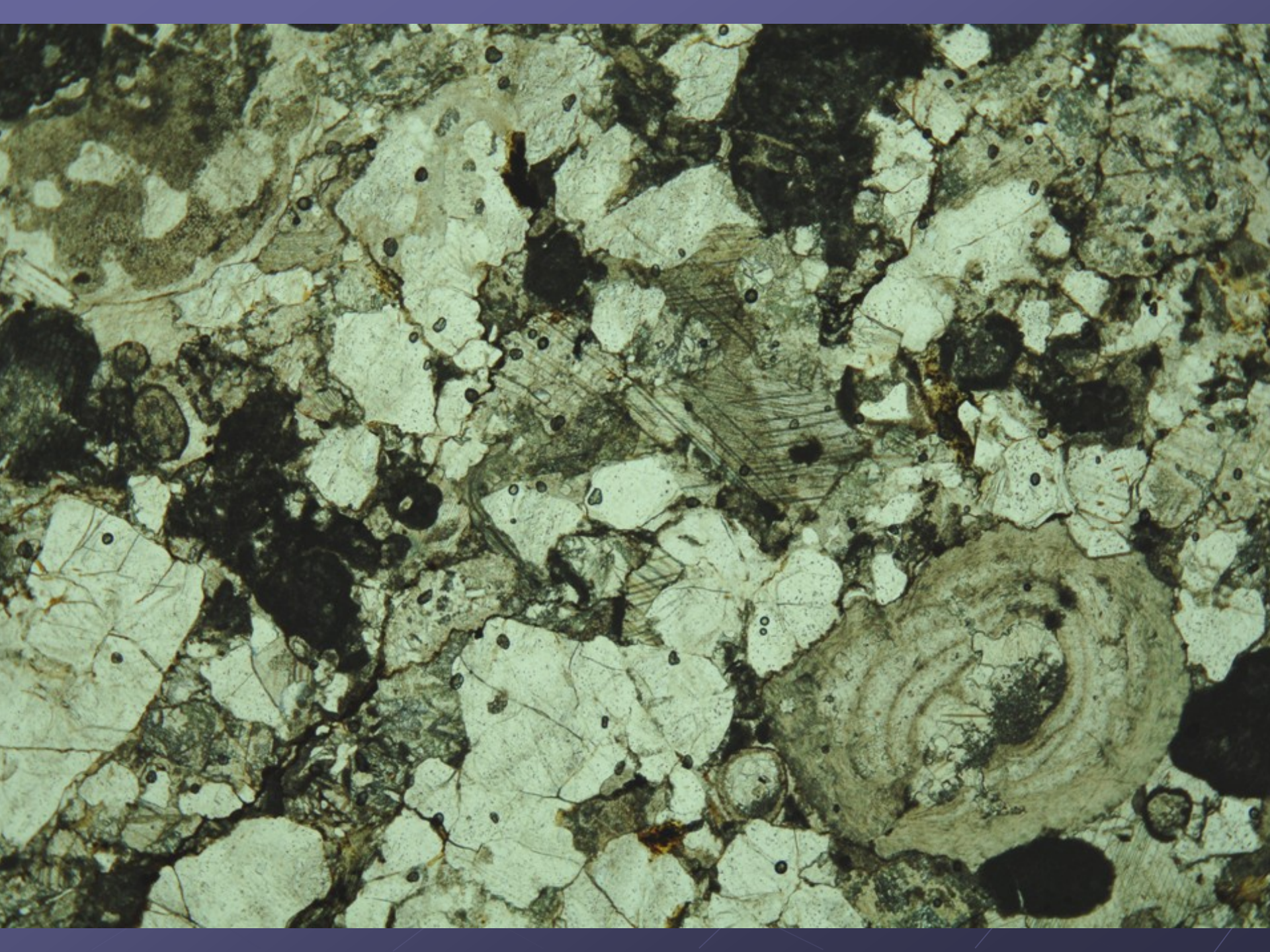


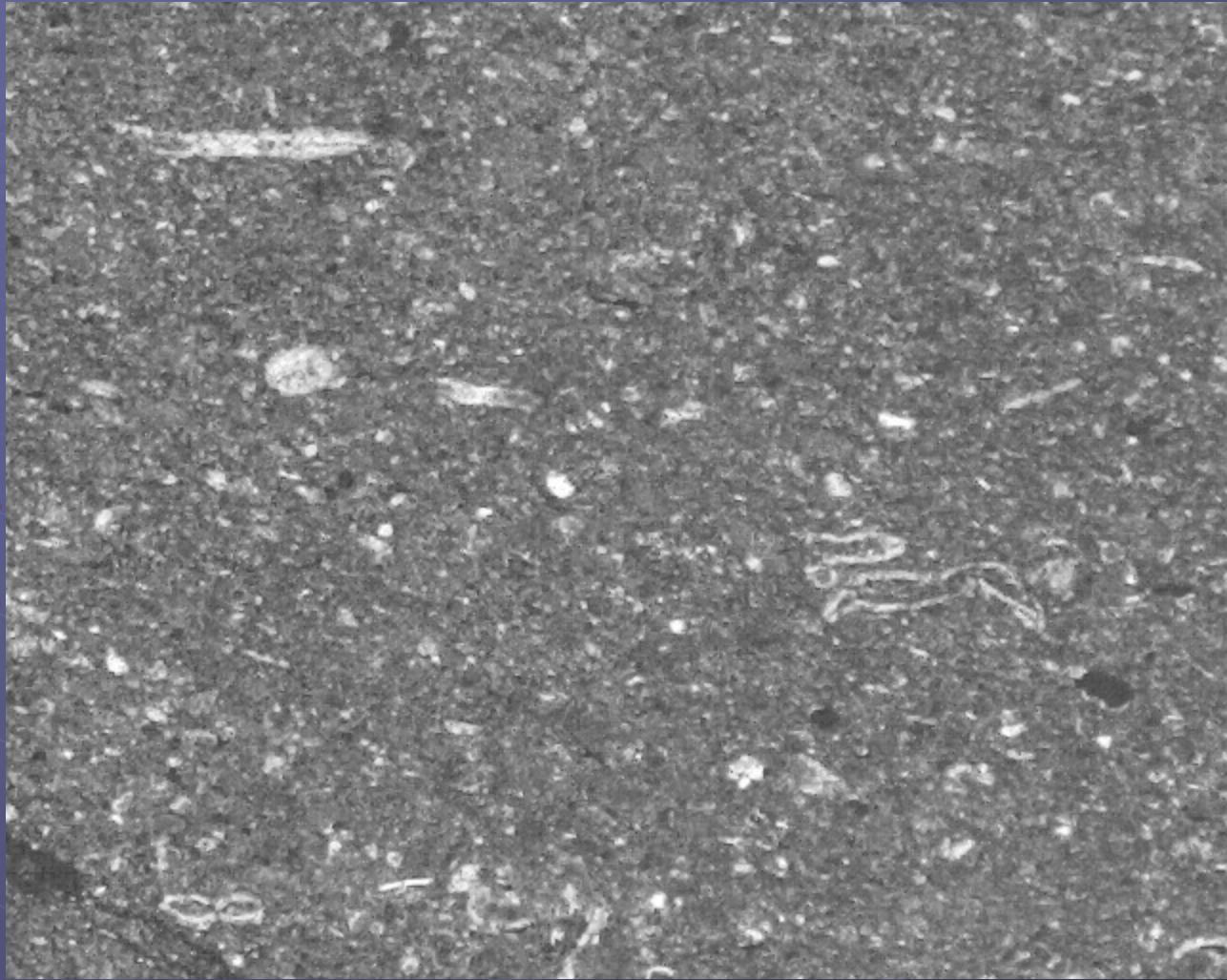
Reduction in voids through particle re-arrangement

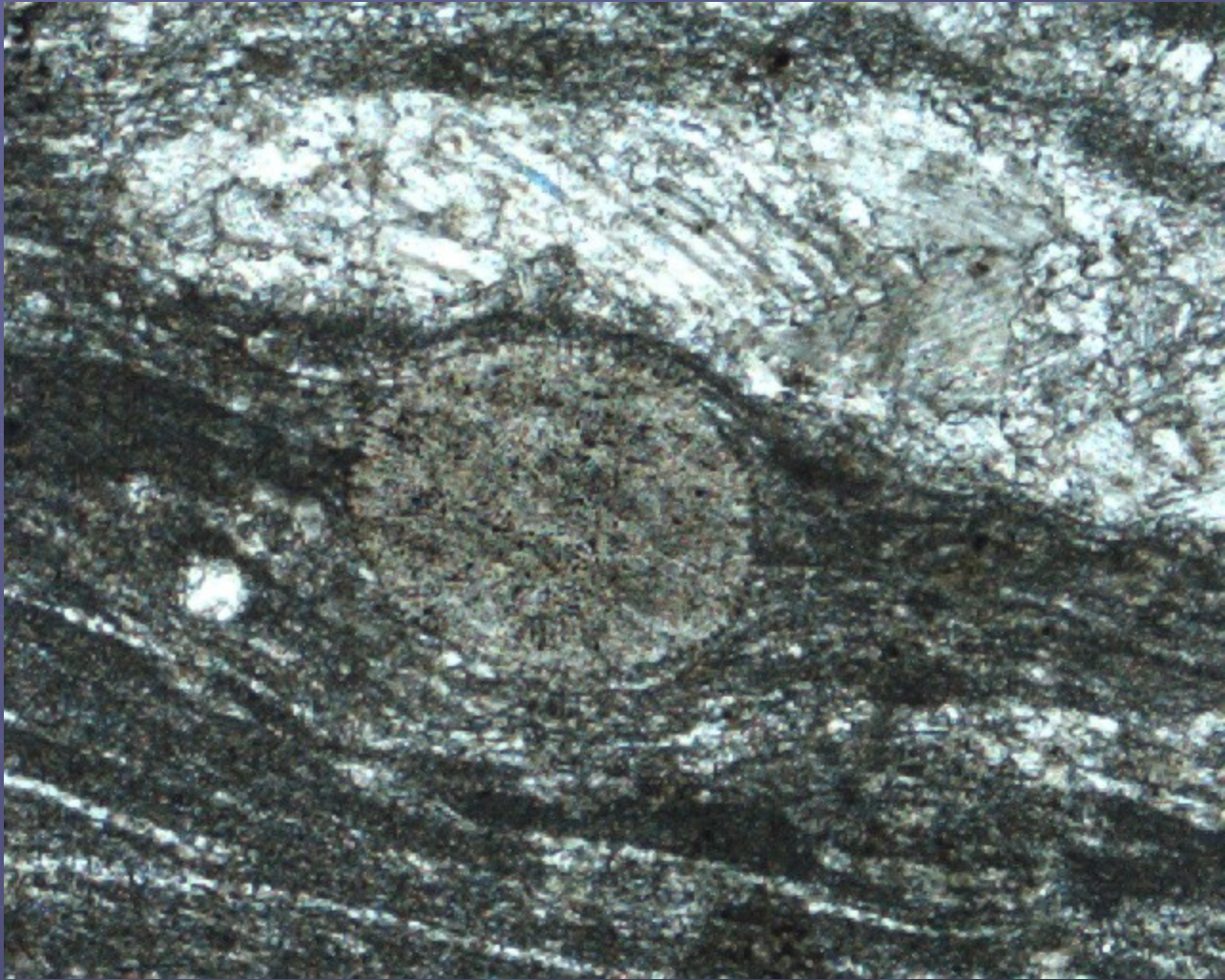
Further void reduction by pressure dissolution – produces a locked sand











# Rekrystalizace

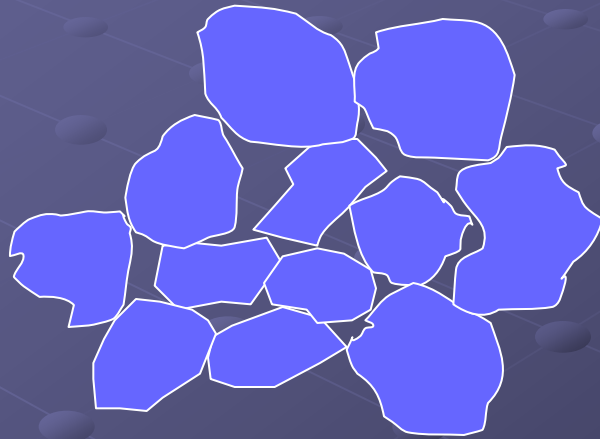
Reorientace krystalových mřížek  
minerálů, změna velikosti zrna

(chemismus se nemění)

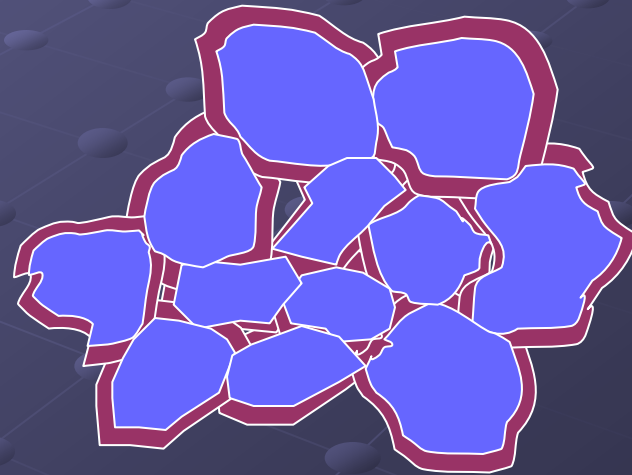
Tlak, teplota, fluidní fáze

Obecně zvyšování velikostí zrna –  
snížení povrchu zrn – snížení  
povrchové volné energie – ekvilibrium

Mineral grains forming sand increase in  
size due to crystallisation around the  
grains of the same mineral. For example if  
mineral grains are quartz then more quartz  
grows around original grains



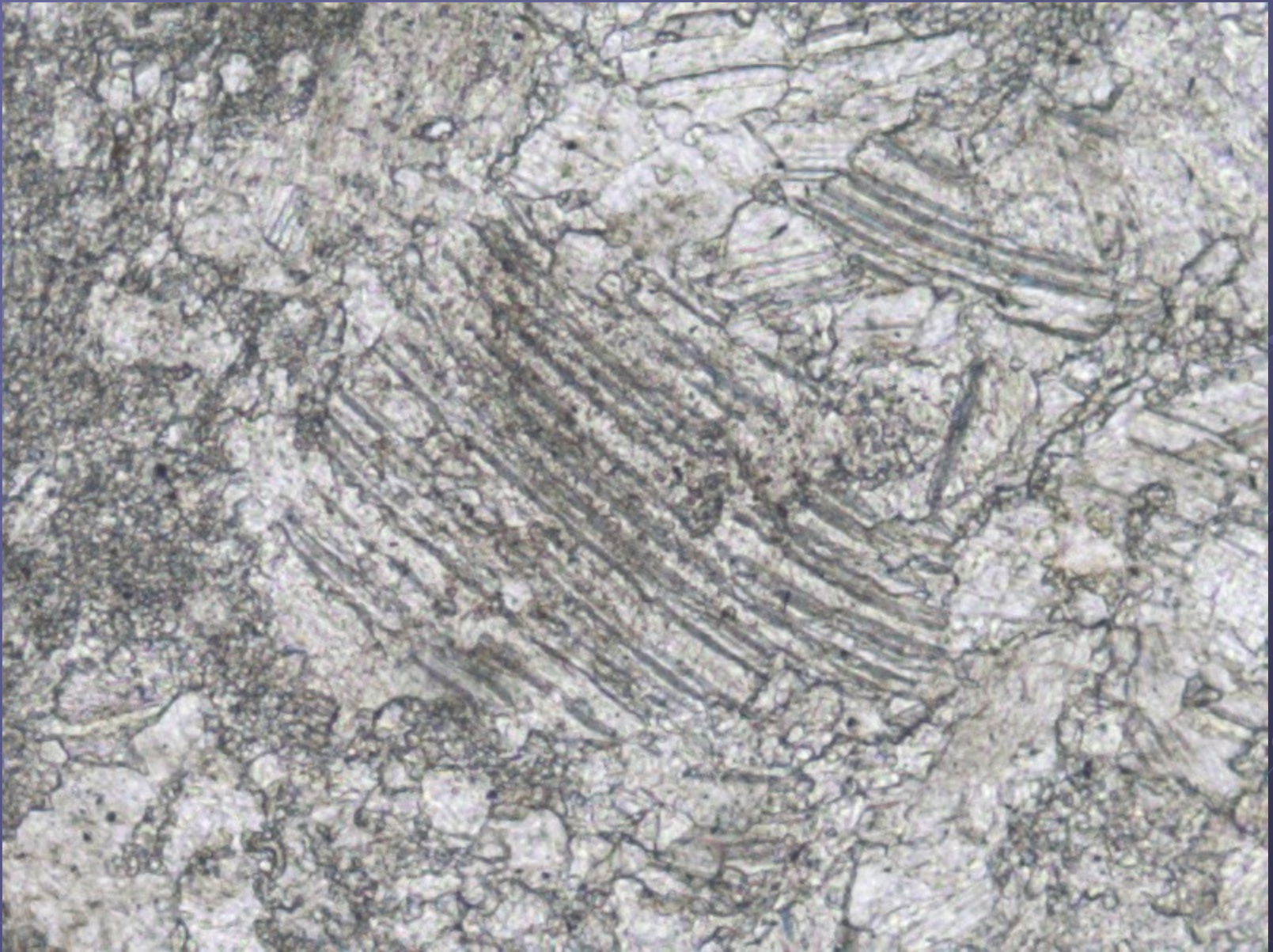
Sand



Sandstone e.g. quartzite

End product has crystalline texture

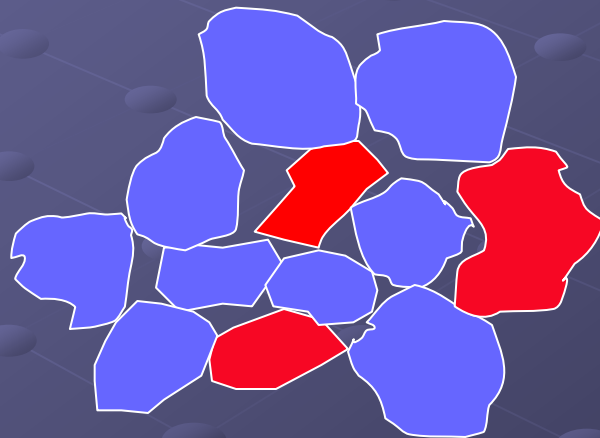




# Rozpouštění

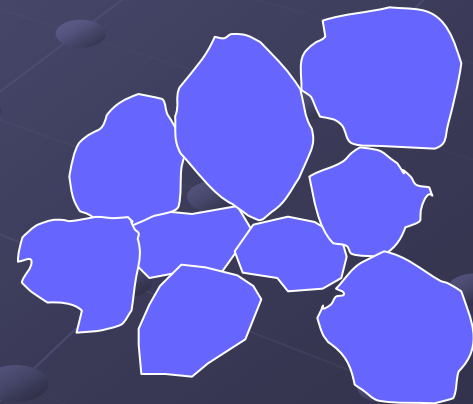
## Rozpouštění

- Podsyacení pórových fluid vzhledem k okolním minerálům, nestabilní minerály
- Zvýšená teplota, tlak
- Tlakové rozpouštění – v místě maximálního kontaktu – krystalizace v místě menšího tlaku



Mixed carbonate and quartz sand

Dissolution of carbonate grains

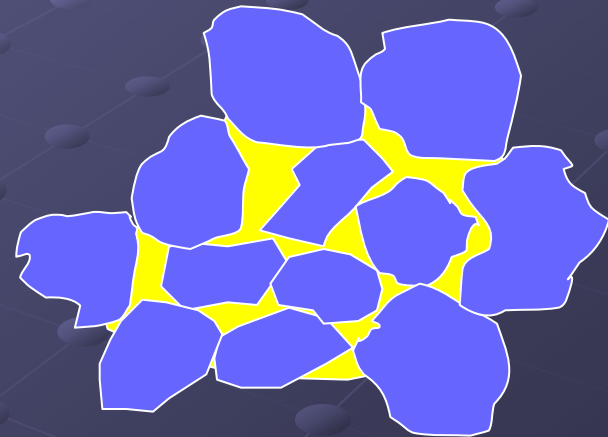
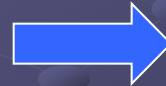
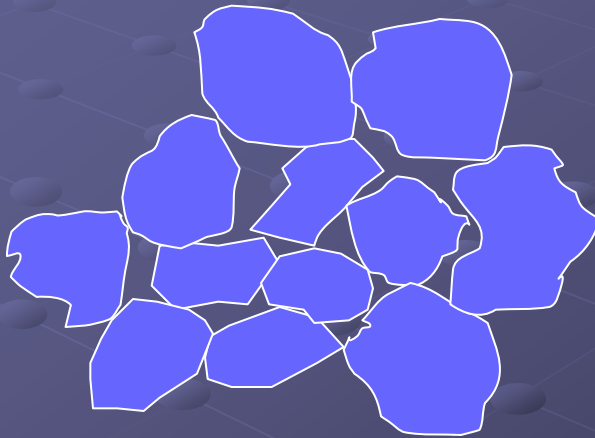


Quartz sand + particle rearrangement

# Cementace

- Krystalizace nových minerálů z roztoků v pórech horniny – křemen, kalcit, hematit, aragonit, sádrovec, dolomit,
  - Snižování porozity, zpevňování
- Podmínky
- Průchod fluid póry, přesycení fluid vůči cementačnímu minerálu
  - Absence kinetických faktorů zabraňujících cementaci

Cemented sand = sandstone



- Iron oxide
- Calcium Carbonate
- Clay minerals
- Silica



# Mikrobiální mikritizace

Chemické leptání substrátu mikroorganismy

Výplň leptaných dutin mikritem

mikritické obálky, úplné nahrazení zrna

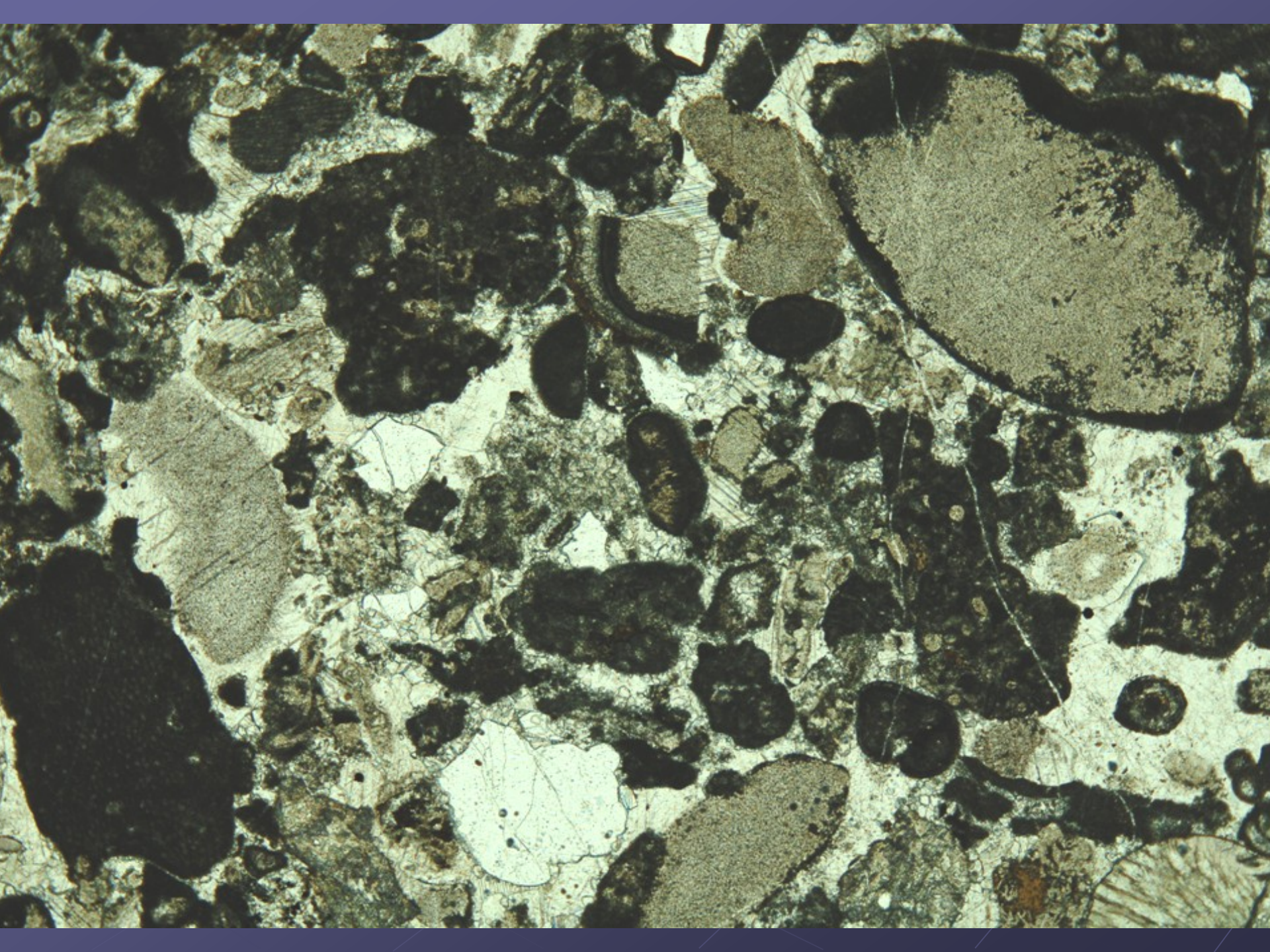
Substrát: skeletální alochemy (echinodermata, mollusca), ooidy

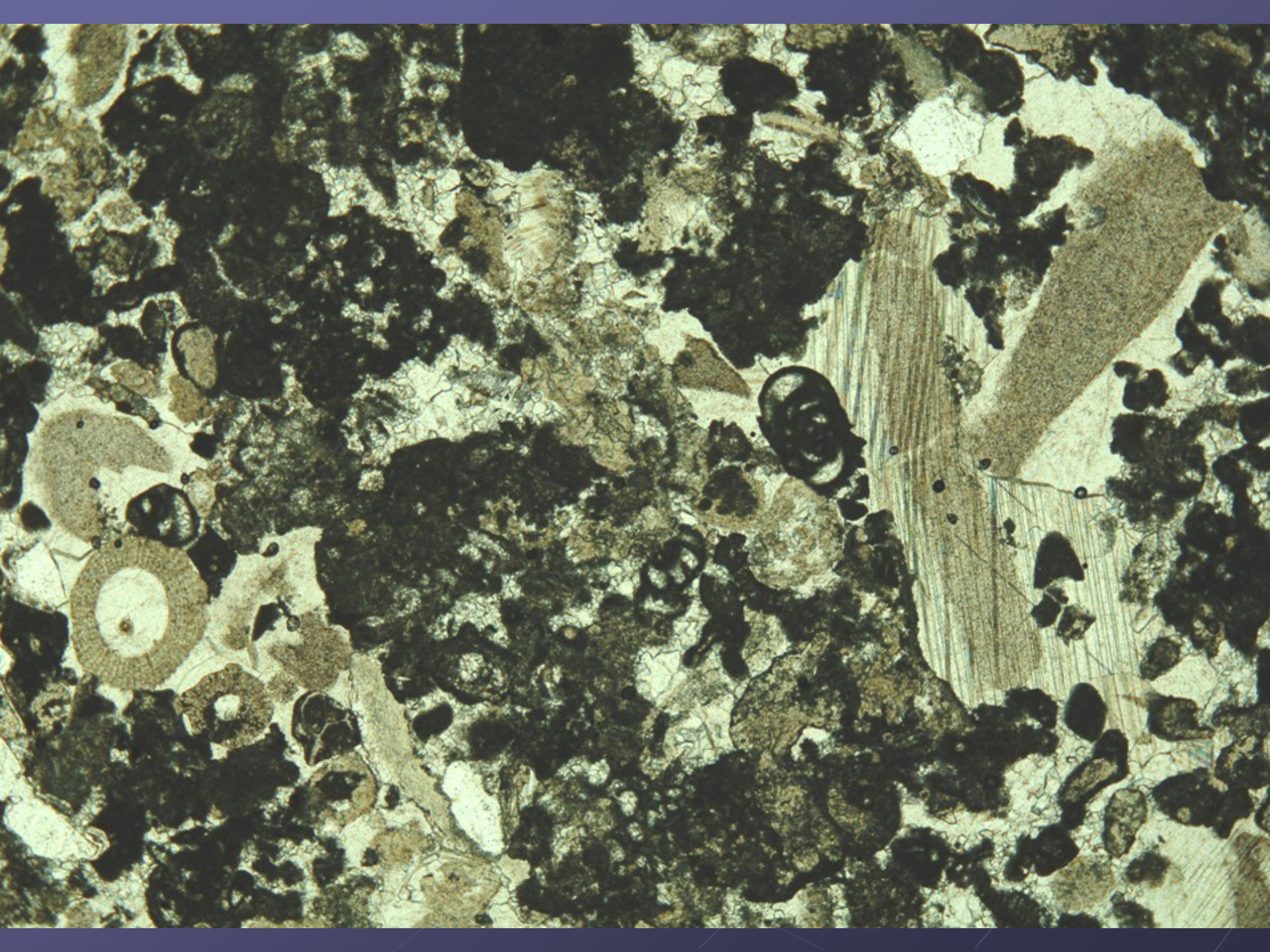
Vrtavé mikroorganismy: (vápnité houby /Cliona/, endolitické řasy, aktérie)

## Neomorfismus: nahrazování a rekrystalizace

Změna velikosti zrna a změna chemismu zrn

- ▣ Agradace: zvětšování velikosti zrna (mikrit → mikrosporit)
- ▣ Kalcitizace: nahrazení aragonitu kalcitem





## Autigeneze

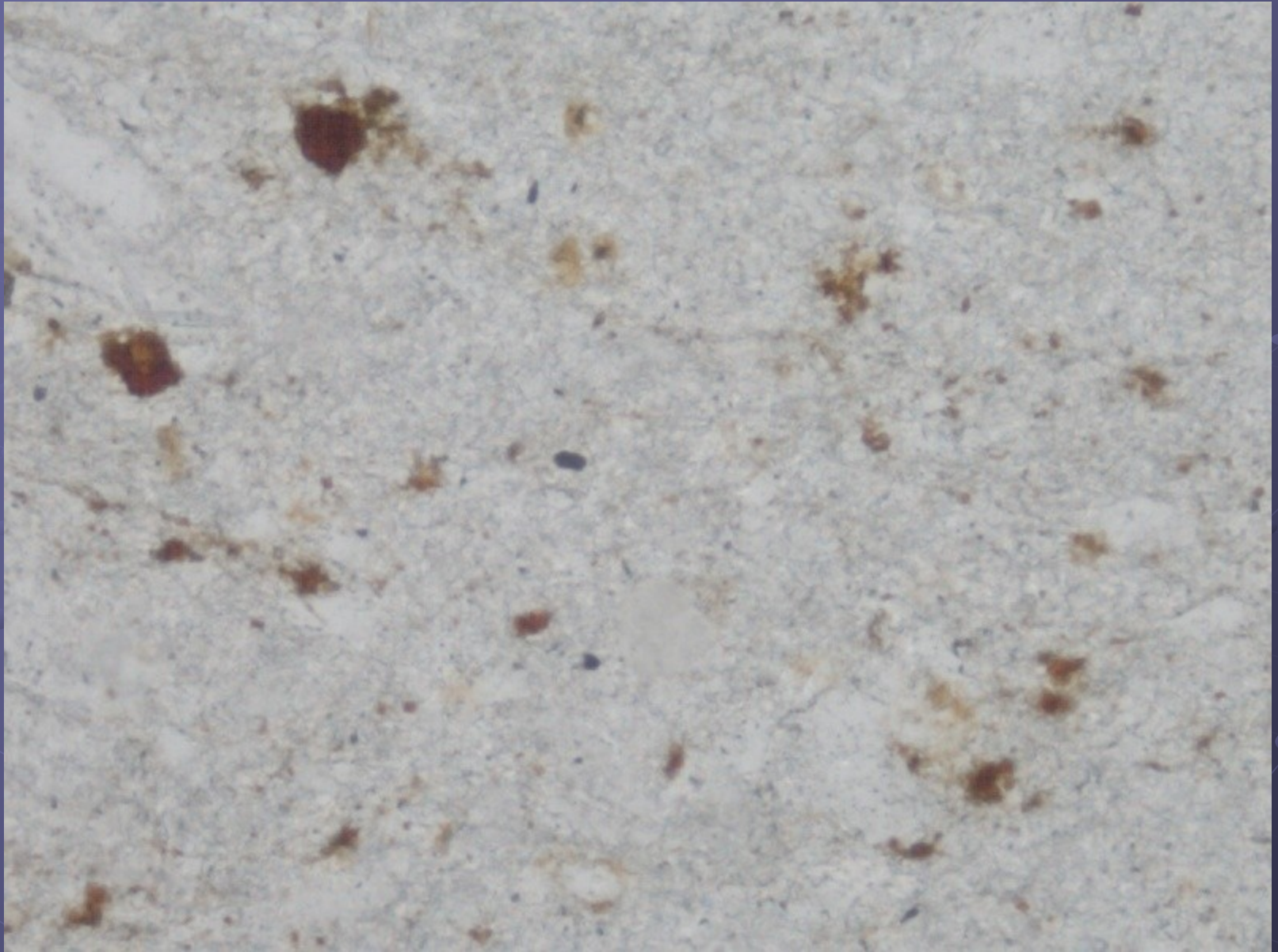
- Krystalizace nových minerálů mimo póry v sedimentu – zpravidla nahrazení
- křemen, živce, jíly, zeolity, kalcit, hematit, aragonit, sádrovec, dolomit, fosfáty (apatit)
- Snižování porozity, zpevňování

## Nahrazování

- Nové minerály krystalizují na místě původních minerálů
- **Neomorfismus** – nové zrno je stejné fáze jako původní (sejný minerál)
- **Pseudomorfismus** – nové zrno napodobuje vnější tvar původního zrna
- **Alomorfismus** – nový minerál o jiném tvaru nahrazuje původní minerál  
Dolomit, opál, křemen, illit

## Bioturbace

- Zvíření sedimentu v důsledku činnosti živých organismů
- Při povrchu sedimentu
- Někdy doprovodná cementace



# Fáze diagenese

- Raná diagenese (eogeneze)
- Středí fáze diagenese (mesogeneze)
- Pozdní diagenese (telogeneze)
- Mělká diagenese (shallow-water)
- Diagenese pohřbením (burial)

# Fluida při diagenезi

Fluida přítomna v každém sedimentu

## Funkce fluid

- Srážení cementů
- Tvorba autigenních a náhražkových minerálů
- Rozpouštění

## změna složení fluid během diagenéze

### Typy fluid

- syndepoziční (voda)
- meteorická fluida (sladká voda)
- mořská voda
- dehydratační rozklad minerálů – další voda
- metan
- uhlovodíky

# Diagenetická prostředí

## Marinní diageneze

Procesy: cementace, mikritizace,

Typy cementu:

aragonitové (vějířový, jehlicový)

High-Mg kalcit (blokový izometrický)

**Hardground:** zpomalení sedimentace, diageneze v přípovrchové zóně sedimentu, mikritizace, bioturbace

**Beachrock** (peritidální karbonáty): cementované sedimenty pláží, vrtání, mikritické a jehlicovité cementy,

**Nodulární textura** (karbonáty s obsahem mikritu a vyšším obsahem nečistot /pelity/)



# Meteorická diageneze

Procesy: rozpouštění, cementace,

Typy cementu:

Mikritové, low-Mg kalcit, meniskové

Kalkrety:

V půdních horizontech,

Mikritické – mikrosparitické cementy, výplň pórů nebo nahrazování

Různá morfologie

## Diageneze pohřbením

Podmínky: tlak nadloží, zvýšená teplota,  
nízká porozita

Procesy: neomorfismus, chemická a  
mechanická kompakce (stylolitizace)

Typy cementu:

Izometrický, syntaxiální

Hrubozrnný low-Mg kalcit, siderit, ankerit,  
dolomit



# Dolomitizace

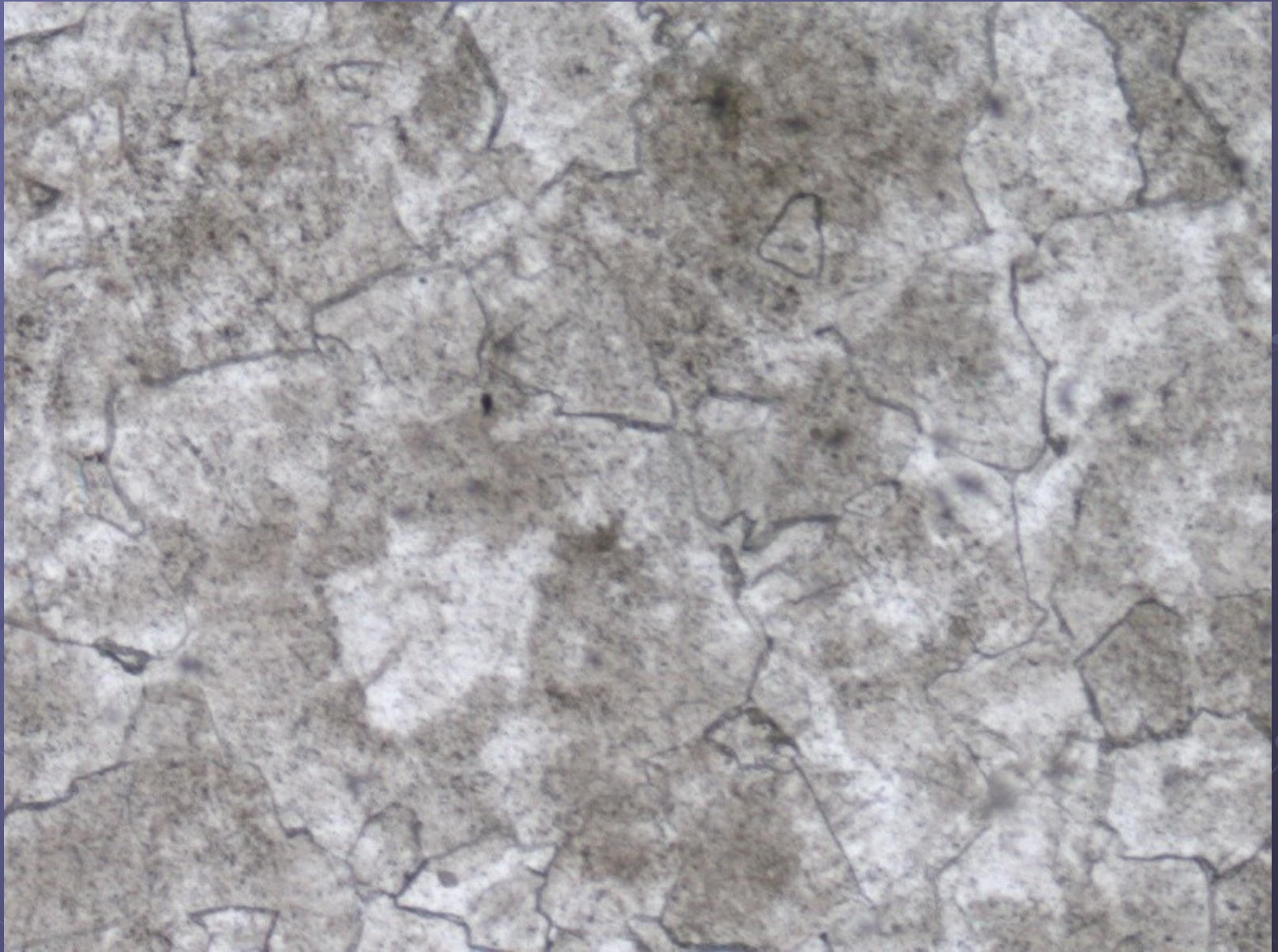
Nahrazování  $\text{CaCO}_3$  dolomitem

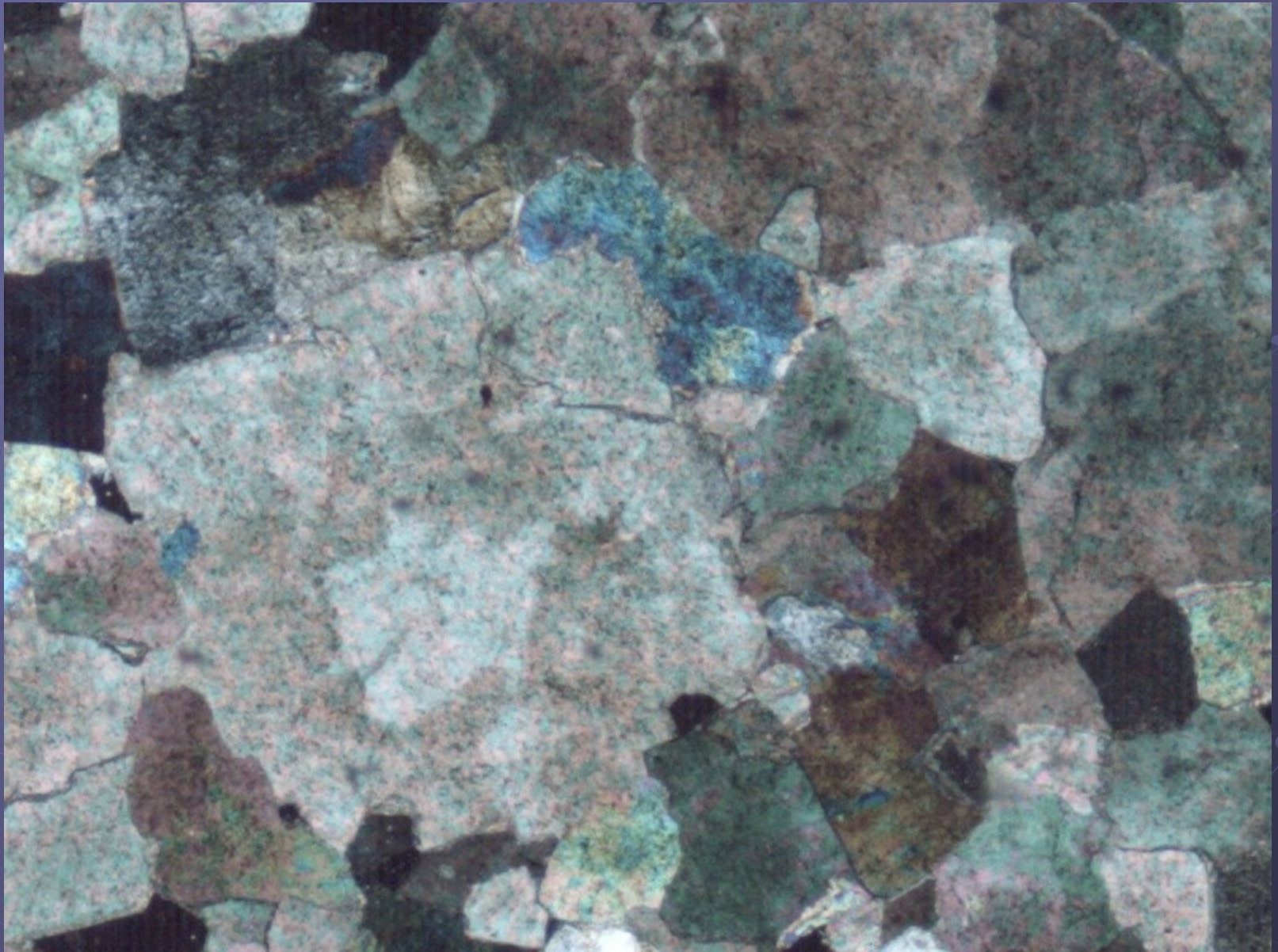


Zdroj  $\text{Mg}^{2+}$ : mořská voda, jíly obohacené o  $\text{Mg}^{2+}$

Procesy dolomitizace:

- Cementace (vzácně)
- Nahrazování







# Modely dolomitizace

## Evaporační dolomitizace

Aridní prostředí (sebchy, solná jezera)

Kapilární vztlínání podzemní vody v důsledku odpařování vody

Míšení mořských a terigenních nasycených vod

## Dolomitizace v zóně míšení

Míšení mořských a terigenních podzemních vod

Mg z mořské vody

Terigenní voda: hybný mechanismus, pumpuje dolomitizující fluida horninou

# Dolomitizace pohřbením

- Ztráta vody kompakcí z jílových hornin a migrace fluid nasycených Mg
- Dolomitizace vápenců okraje šelfu

## Dedolomitizace

- Nahrazování dolomitu low-Mg kalcitem