

Le rocce carbonatiche (20% delle rocce sedimentarie)

Essenzialmente calcari CaCO_3 e dolomie $\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)_2$



per metasomatismo di calcari



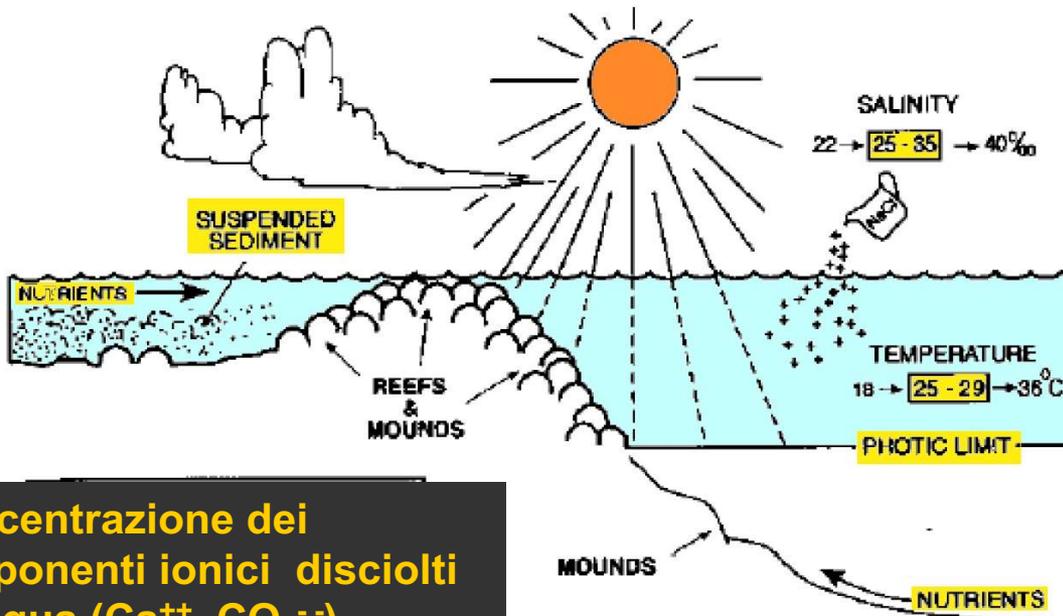
Calcare Massiccio - Monti Lepini



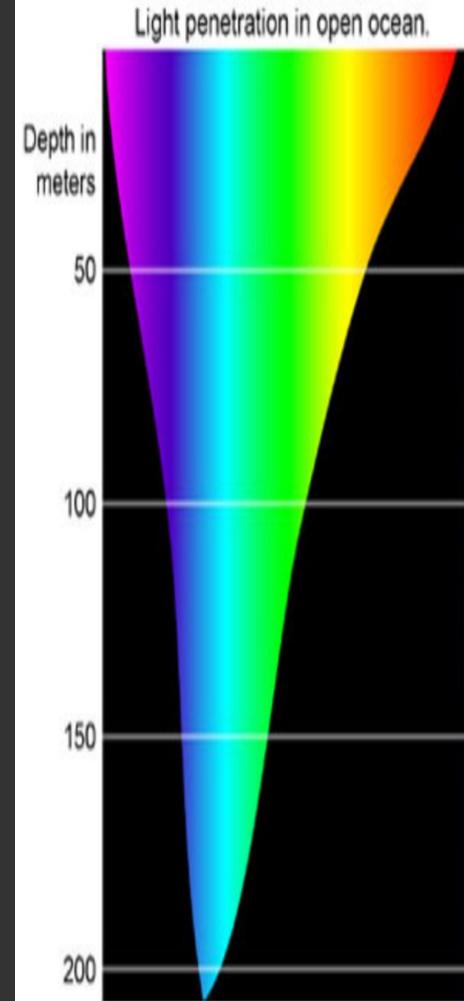
Dolomia Principale (Norico) - Jôf del Montasio

La finestra per la "Fabbrica del Carbonato" (Carbonate Factory):

Temperatura, luce, salinità, torbidità, nutrienti



Concentrazione dei componenti ionici disciolti in acqua (Ca^{++} , CO_3^{--})



La maggior parte della produzione si ha nella zona eufotica (5-25 m)

il trasporto avviene con ioni disciolti quindi non c'è bisogno di apporti dal continente

A volte i carbonati aumentano verso il largo perché, se ci sono fiumi presenti, diminuisce la diluizione con i silicoclastici

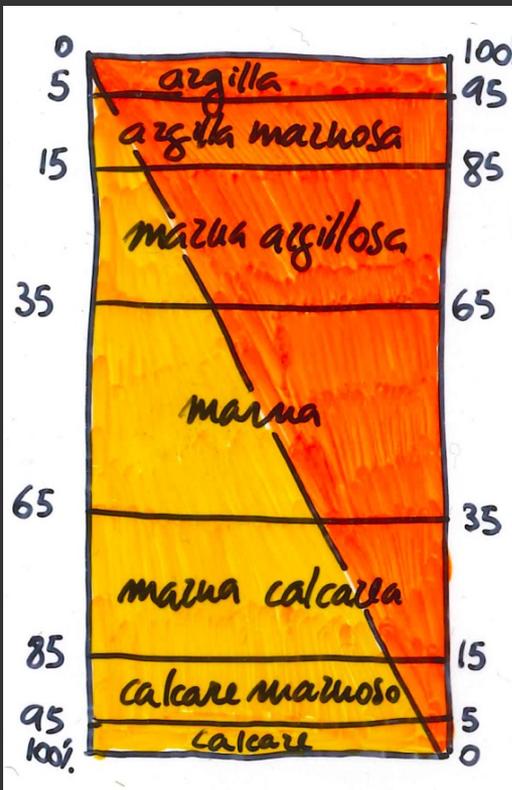
Il fango carbonatico si chiama **micrite**

Si forma in ambiente a bassa energia (laguna o mare profondo).

Spesso ricca di microfossili.

Forma rocce compatte a frattura concoide.

Se la roccia è costituita in parte da micrite e in parte da argilla si chiama **marna**.



Calcarei

Biocostruiti

biolitite roccia formata da organismi viventi preservati integri come nelle attuali scogliere coralline (coralli, alghe, briozoi, spugne) cavità riempite & da detrito



stromatoliti roccia formata da alghe cianoficer con alternanza di livelli micritici e sparitici. Sono le forme viventi più antiche (>tre miliardi di anni).

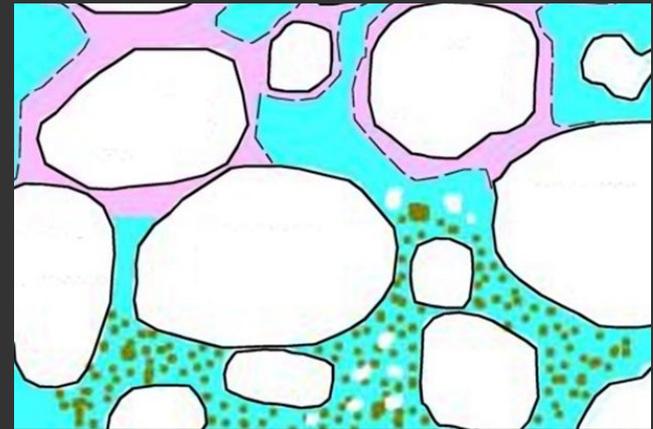
Oggi poco diffusi



Particellari (clastici)

si caratterizzano in base a rapporto tra:

- 1) scheletro (i granuli)
- 2) matrice (il fango tra i granuli)
- 3) cemento (i cristalli precipitati dalle acque circolanti che legano i grani)



NB il cemento è inversamente proporzionale alla matrice

Lo scheletro può essere costituito da:

GRANULI DETRITICI

Intraclasti: frammenti di sedimento

semiconsolidato erosi e rideposti

Extraclasti: frammenti di rocce calcaree provenienti dall'esterno del bacino



GRANULI SCHELETRICI

Guaine e spicole per disgregazione di spugne, alghe, tunicati

Segmenti per smembramento crinoidi, echinidi, alghe

Forme ramificate coralli, briozoi, alghe rosse

Forme cave foraminiferi, gasteropodi

Croste alghe rosse, briozoi, anellidi

Forme massicce coralli coloniali



GRANULI OVOIDALI

Ooidi granuli subsferici, 0,2-2mm (sabbie) si trovano in barre tidali nei canali di marea, precipitazione CaCO_3 per riscaldamento o fotosintesi (sottrazione di CO_2)

Pisoidi simili agli ooidi ma molto più grandi (cm). Si formano in ambienti continentali (grotte, cascate, pisoidi vadosi in ambienti semi aridi all'interno del suolo)

Oncoidi di origine algale alternanza di lamine micritiche (fango su feltro algale) e lamine di calcite spatica (sostituisce la materia organica)

Pellet o Peloidi aggregati micritici sub sferici di origine organica (fecal pellet)



La matrice è fango calcareo (micrite) $<30\mu$

origine
inorganica

chimica improvvise fioriture di diatomee esauriscono CO_2 e provocano precipitazione

meccanica per abrasione e frammentazione bioclasti

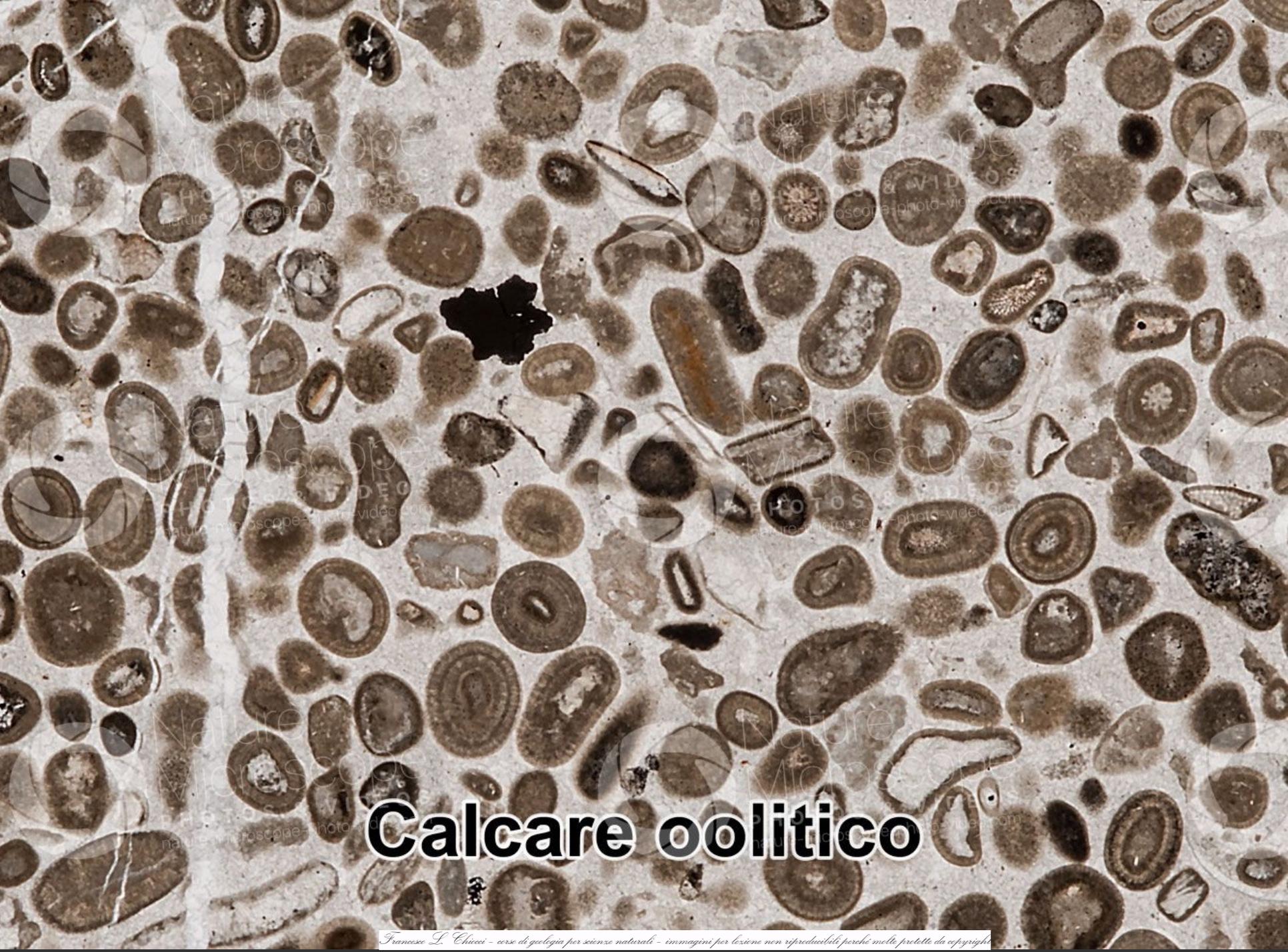
origine
organica

alghe verdi aHalimeda che smembrandosi perdono aghi aragonitici in enormi quantità

perforanti Alghe, spugne, foraminiferi producono «trucioli»

masticanti pesci pappagallo trituran gusci fino a $100 \text{ ton/anno/km}^2$

Il cemento è costituito da cristalli di **calcite spatica** precipitati chimicamente nei pori (pochi se c'è molta micrite)



Calcare oolitico

Classificazione delle rocce carbonatiche

secondo Grabau 1913

- Calciruditi
- Calcareniti
- Calcilutiti

secondo Folk 1959

prefisso (tipo granulo) suffisso (matrice o cemento)

Intra- -micrite
 Oo- -sparite
 Bio- -sparite
 Pel- -sparite
 ...



secondo Dunham 1962

tessitura riconoscibile no ⇒ Calacare cristallino
 sì ↓

componenti sciolti no ⇒ **Boundstone**
 sì ↓

fango presente no ⇒ **Grainstone**
 sì ↓

granuli dispersi no ⇒ **Packestone**
 sì ↓

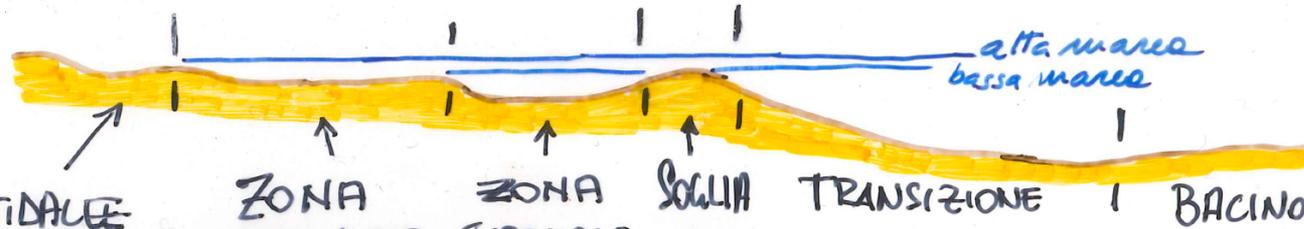
granuli <10%no ⇒ **Wakestone**
 sì ↓

MudStone



———— componenti sciolti ————
 — granosostenuta —
 ————— fango presente ————— micrite assente —

Rocce e ambienti carbonatici



ZONA SOPRATIDALE

MAI RAGGIUNTA MARE
SOLO ONDE DI TEMPESTA
POZZE EVAPORITICHE
SABKA

ZONA INTERTIDALE

PIANE TIDALI
CANALI DI MARE
FANGHI MICRITICI

ZONA SUBTIDALE

SEMPRE SOMMERSA
LAGUNE

SOLIA
ORGANOGENA = SCOCILERA

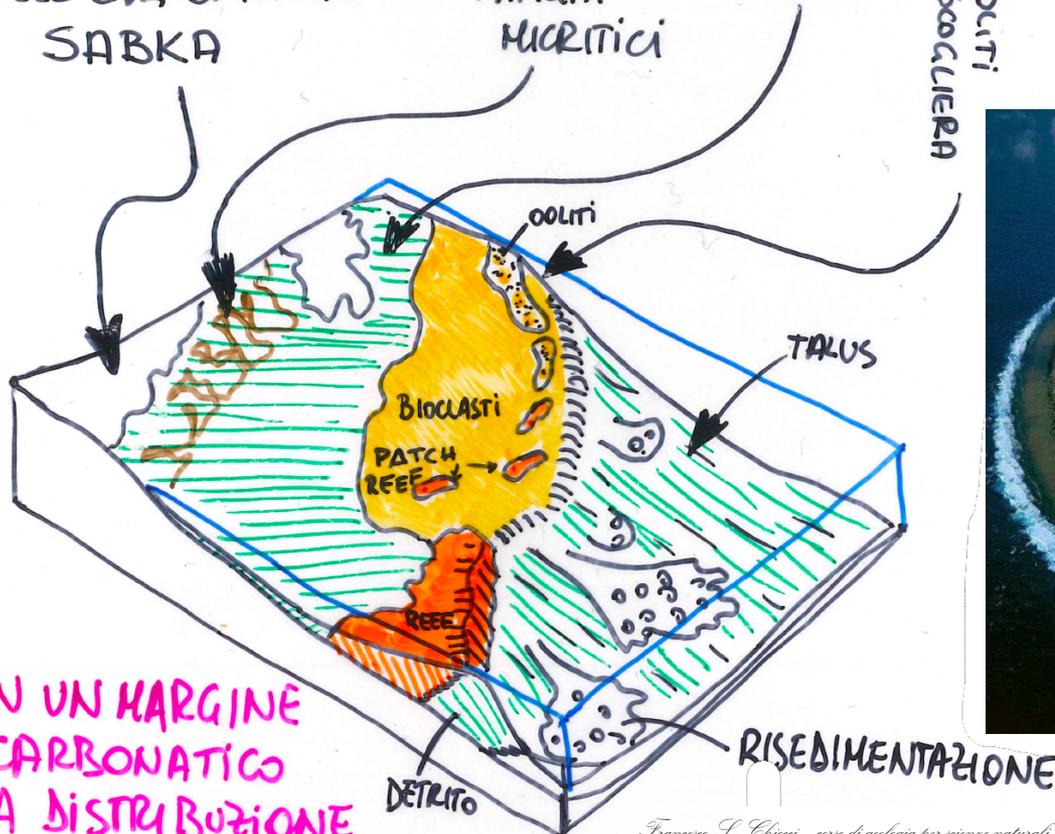
SABBIOSA = OOLITI

TRANSIZIONE

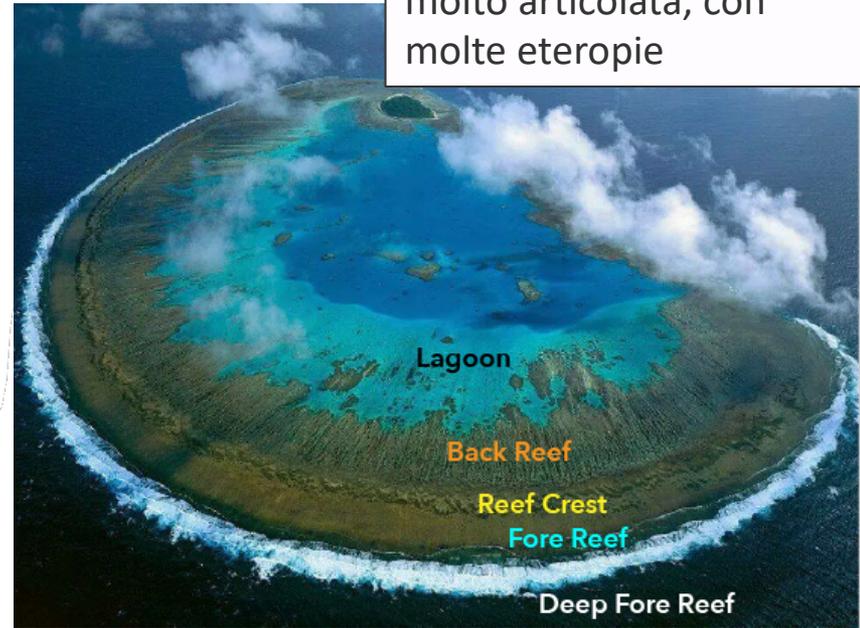
RAMPA $< 1^\circ$
PENNO $1-10^\circ$
SCARPATA $> 10^\circ$

BACINO

In un margine carbonatico la distribuzione degli ambienti (e delle facies) è molto articolata, con molte eteropie

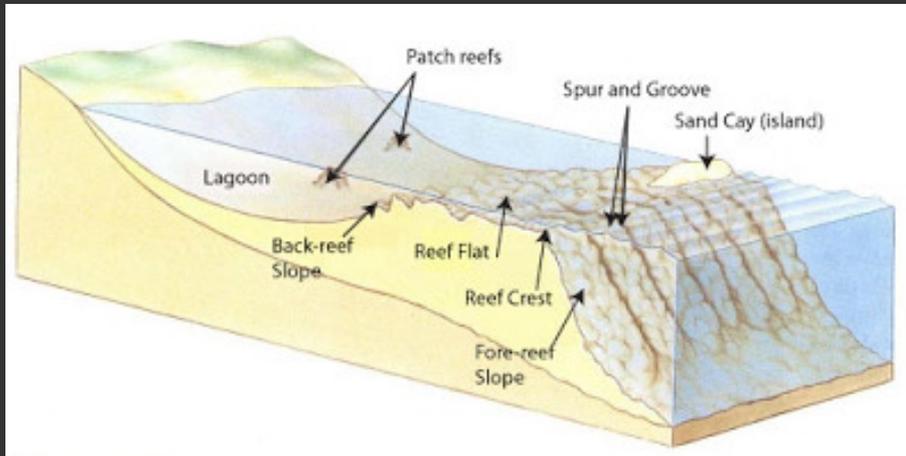


IN UN MARGINE CARBONATICO LA DISTRIBUZIONE



Un ruolo fondamentale è giocato dalla scogliera corallina (coral reef)

Attenua il moto ondoso, creando ambienti a diverso idrodinamismo



La scogliera è la zona di massima energia



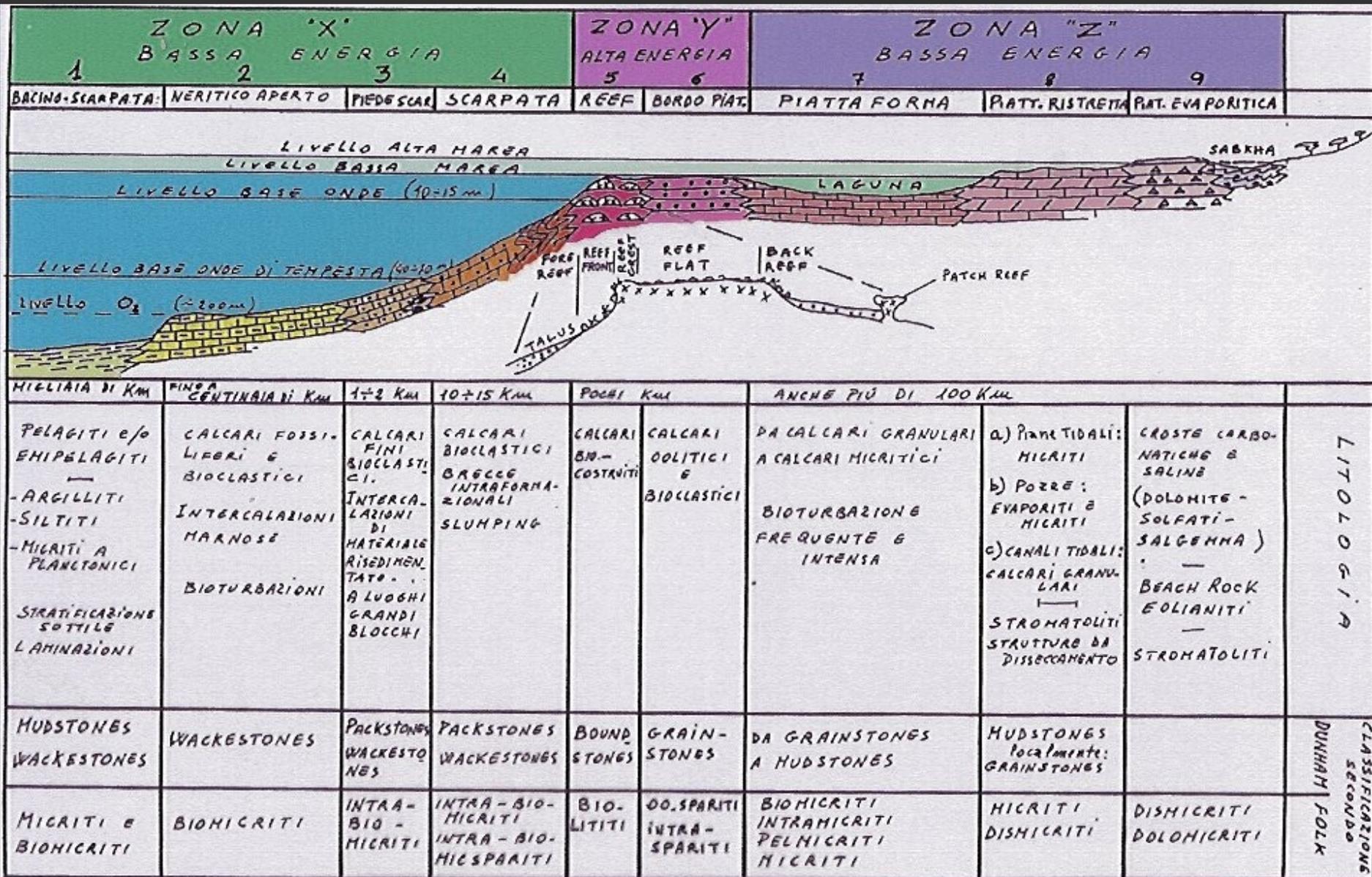
La scogliera causa la frangenza delle onde e assorbe il 90% dell'energia delle tempeste



nelle scogliere solo 10% corallo in posizione vitale (max 50% con detrito)
Importanti le alghe calcaree e briozoi



Zonazione idrodinamica

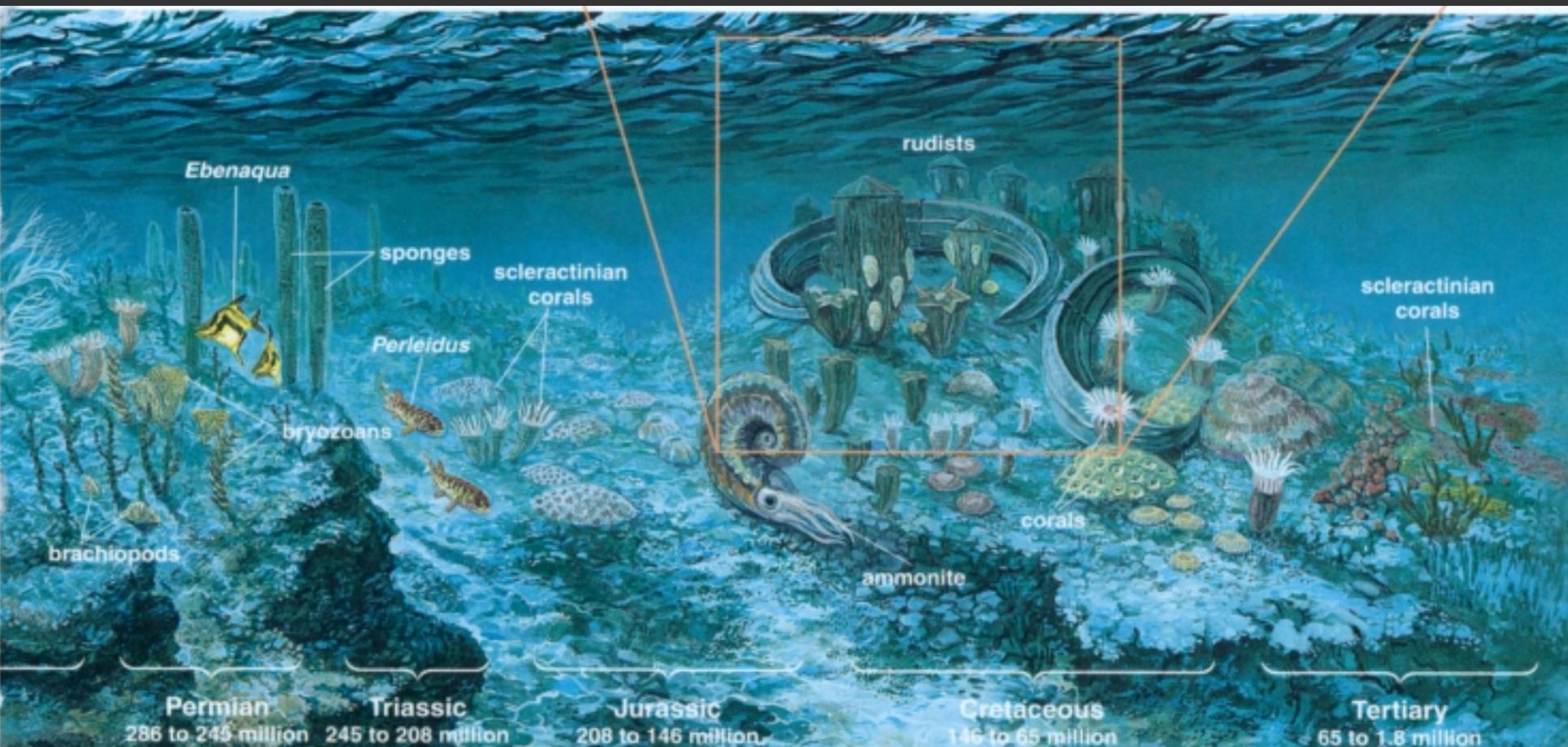




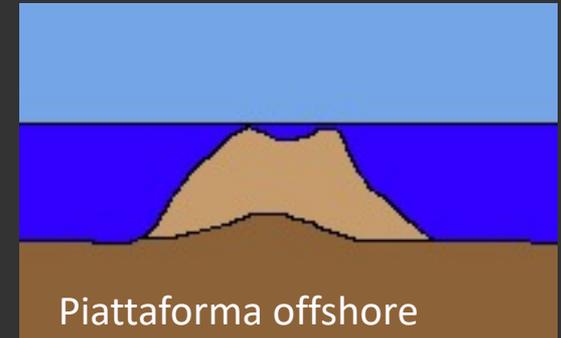
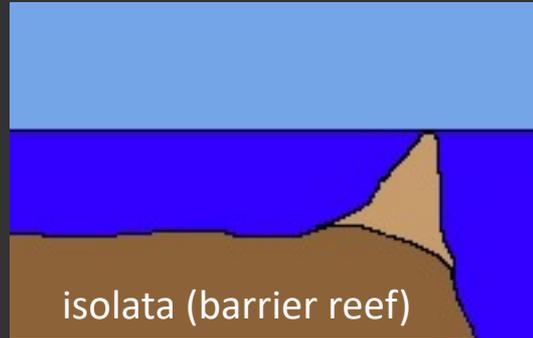
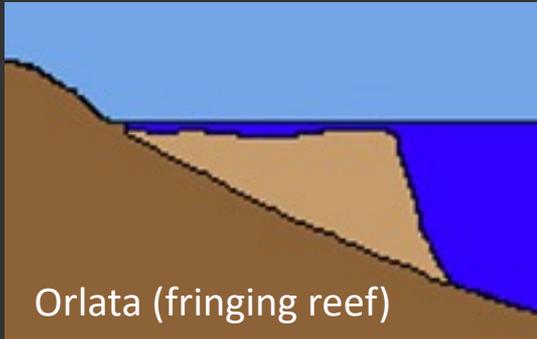
Nella storia geologica il ruolo delle scogliere è variato

- gruppi estinti nel tempo geologico (rudiste)
- piattaforme più estese nel passato (glacioeustatismo)
- mancanza foraminiferi planctonici e nannoplancton fino a 100Ma fa

importante per il ciclo del carbonio



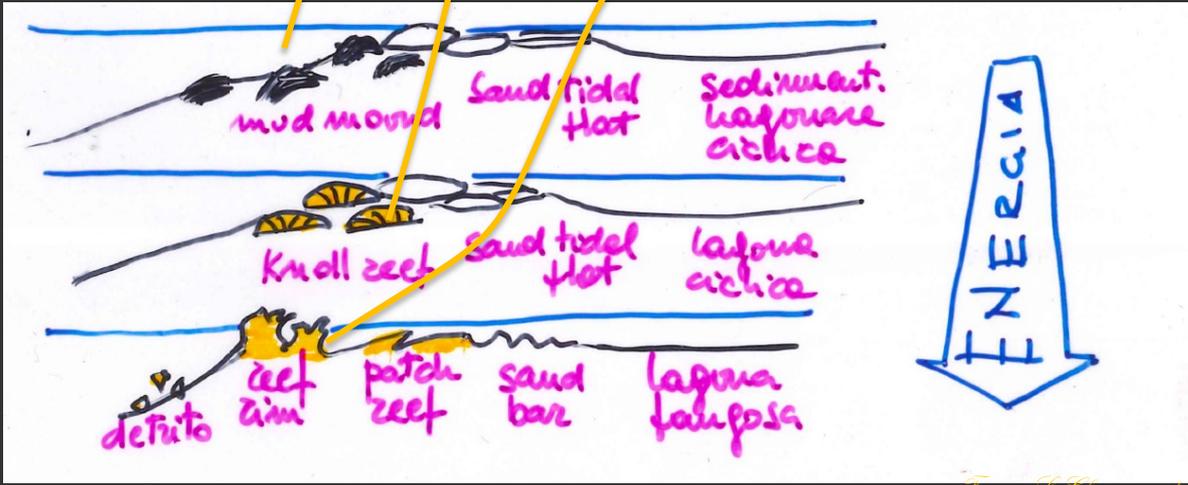
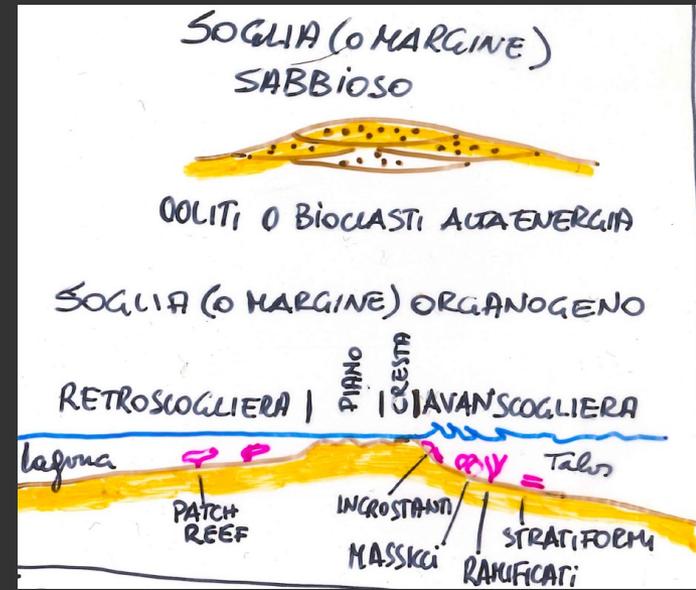
La scogliera può essere:



La scogliera alle spalle delimita una laguna con bassissima energia ambientale



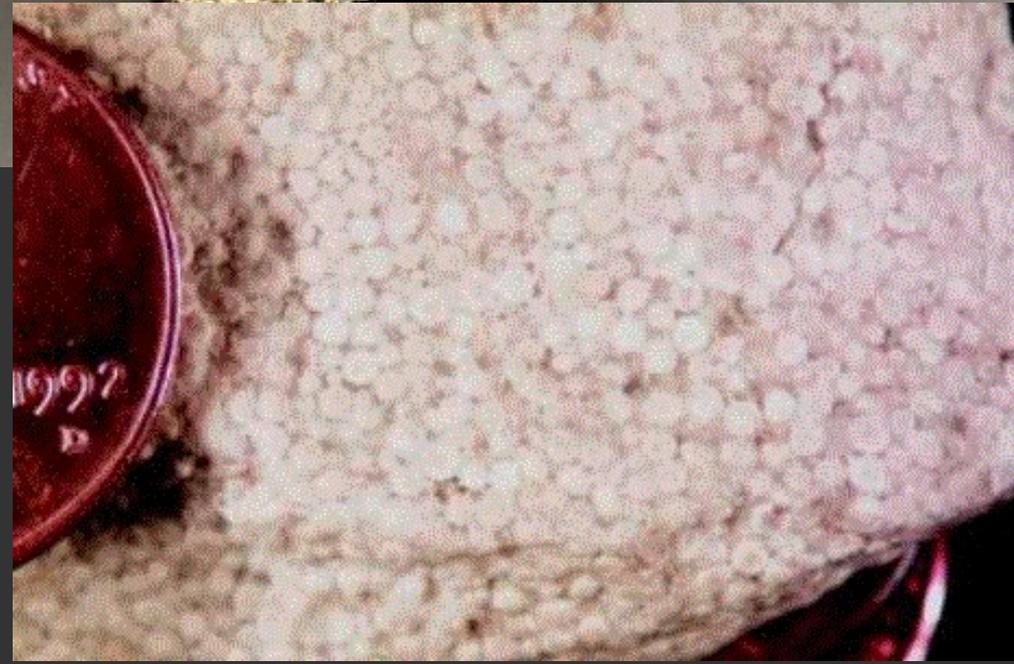
Al posto della barriera corallina, come limite alla laguna, si possono anche avere delle barre sabbiose (ooliti)

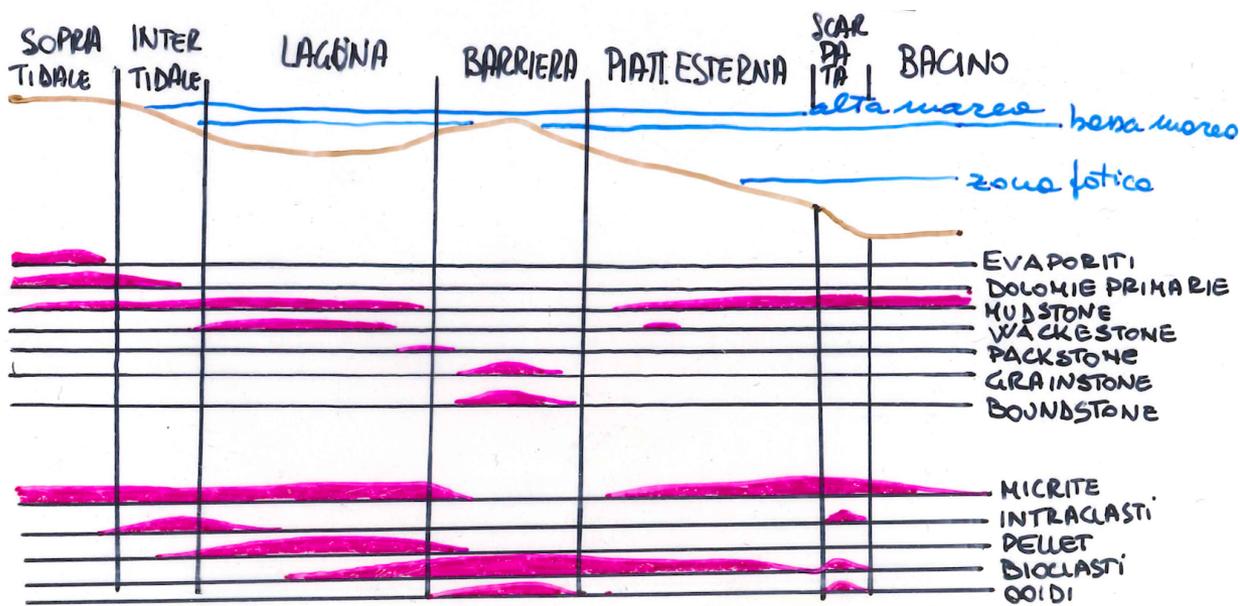


Famose, F. China - very atypical for science materials - some may be fossils or some other material - not the same as the rest of the page



Oolitic
Limestone
Rounded grains
of calcite



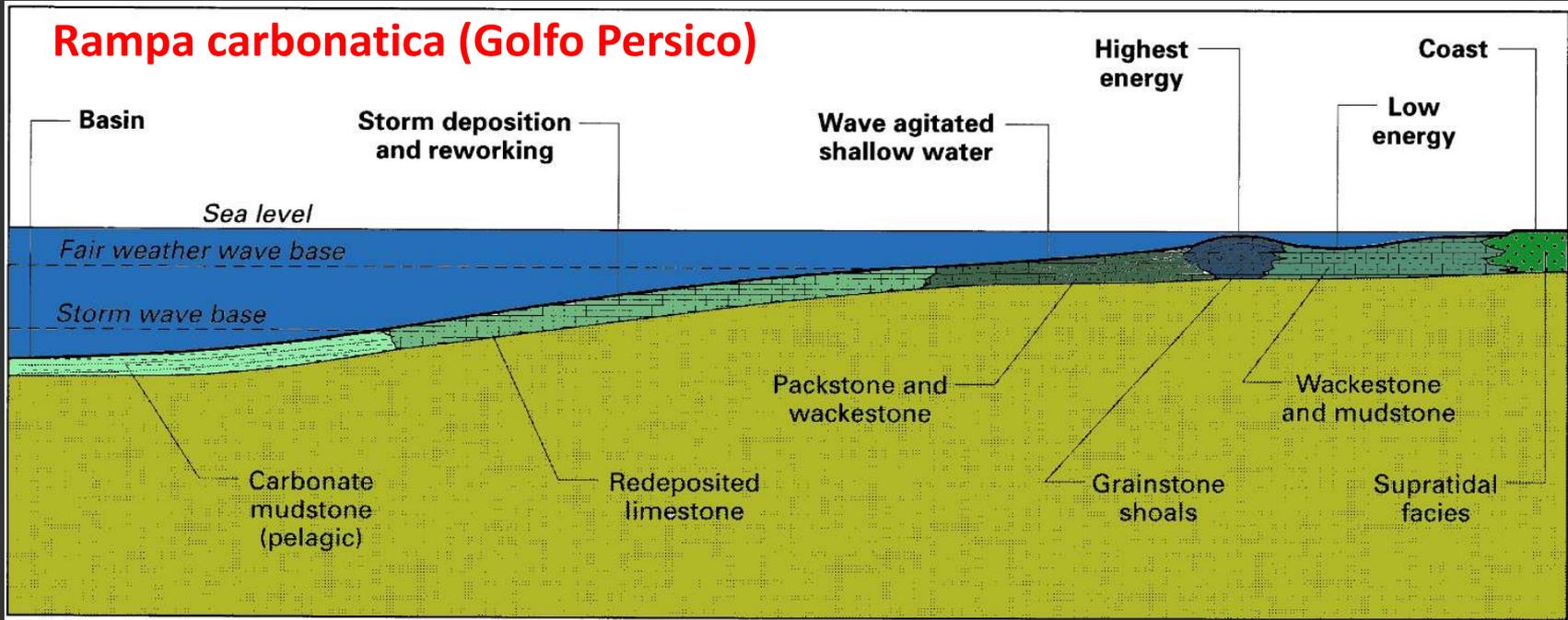


La classificazione di grabau privilegia le dimensioni

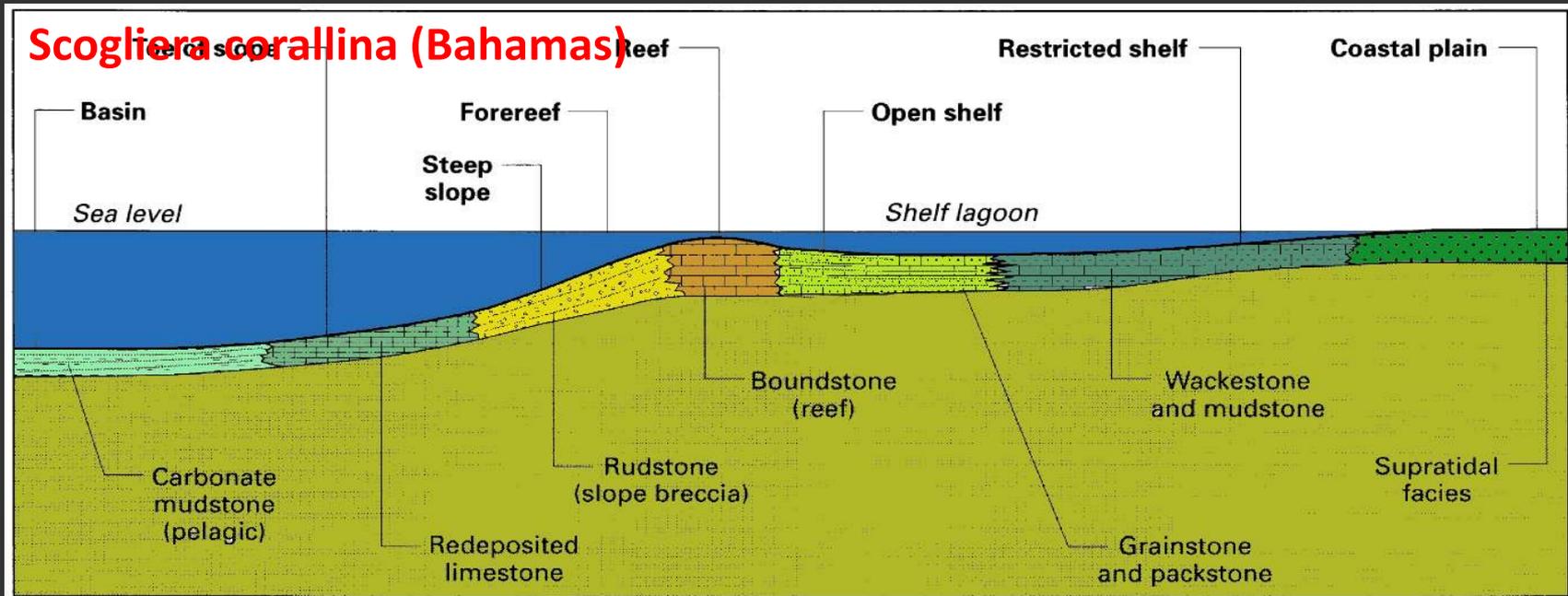
folk privilegia la natura dei granuli (genesi)

dunham privilegia rapporti granuli - matrice (idrodinamismo)

Rampa carbonatica (Golfo Persico)



Scogliera corallina (Bahamas)



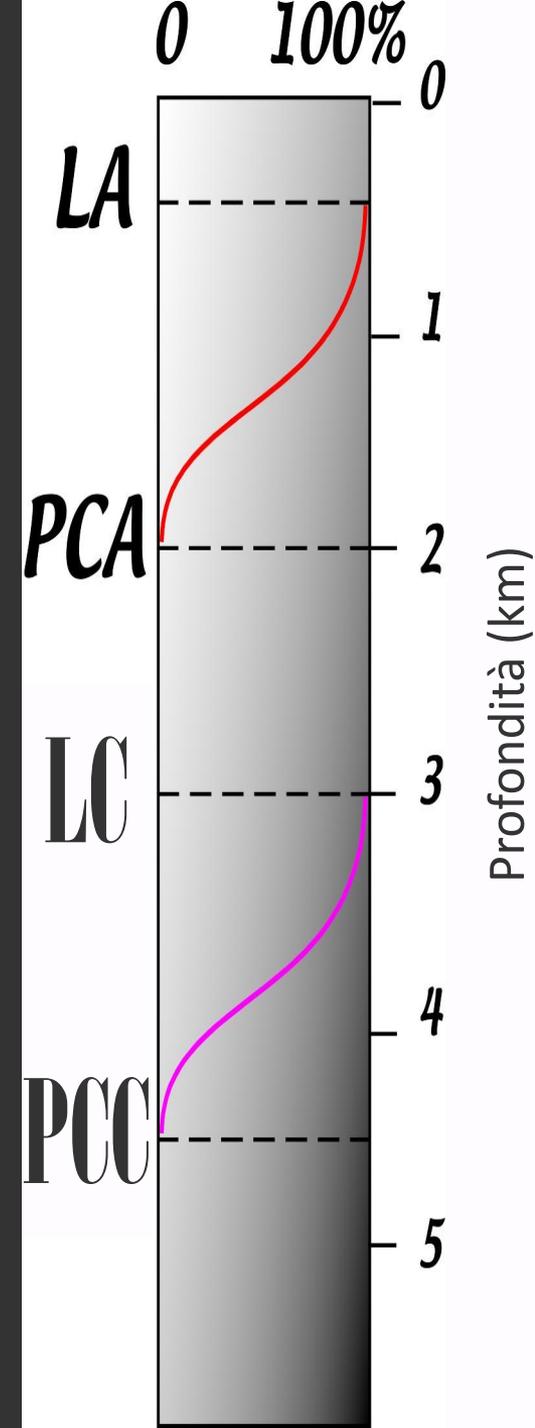
ooze calcareo

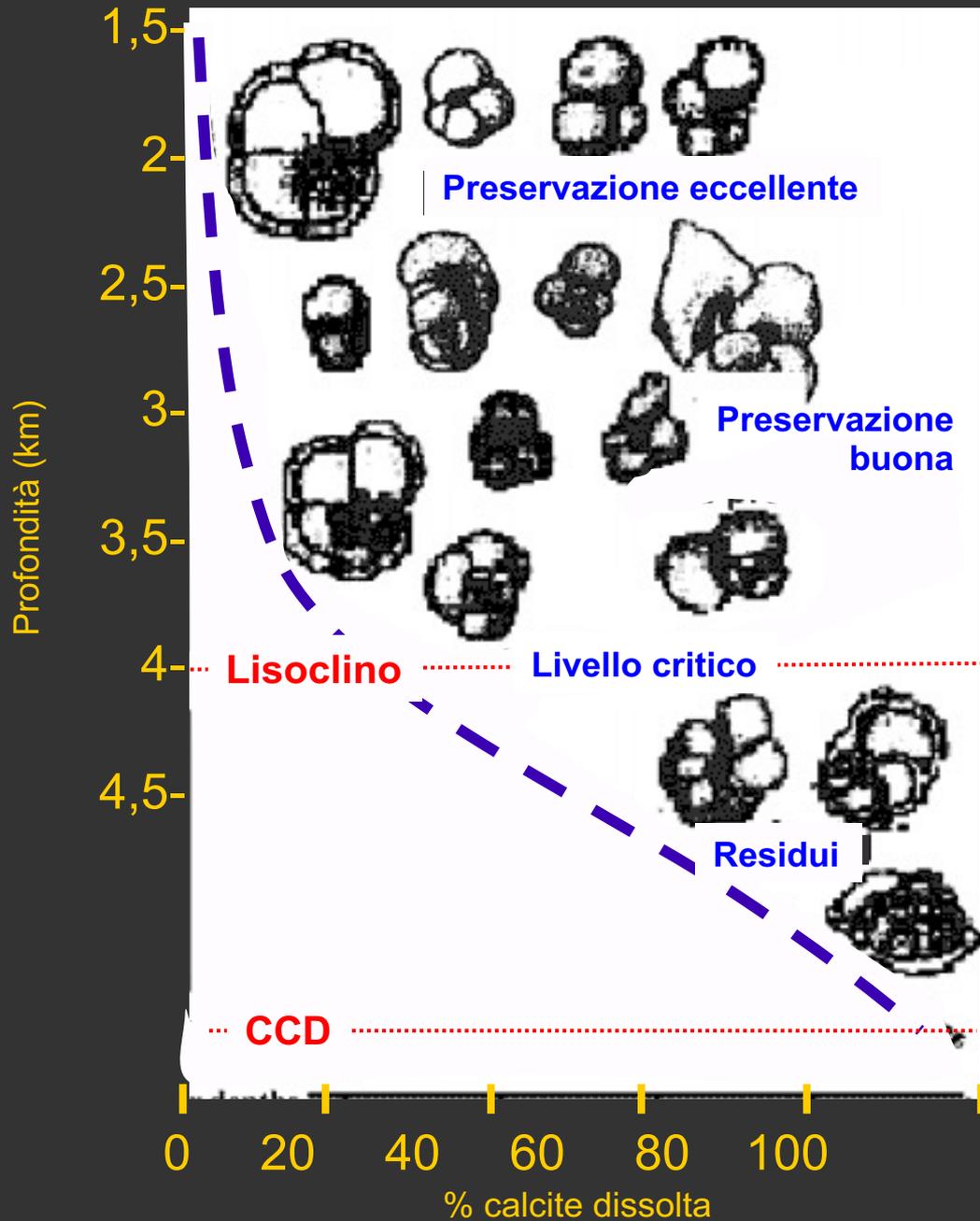
Un tipo particolare di micrite (costituisce le bianche scogliere di Dover e di Calais)
Si tratta di un un fango biogeno costituito da gusci di coccolitoforidi (alghe unicellulari) e foraminiferi.
Gli ooze biogeni coprono la maggior parte delle pianie batiali.
Si formano solo sopra la profondità di compensazione dei carbonati (CCD, Carbonate Compensation Depth)



Gli inglesi lo chiamano *chalk* che vuol dire gesso della lavagna che invece è veramente gesso (CaSO_4)

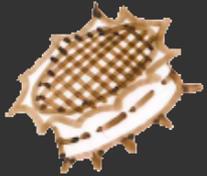
- L'oceano tende ad eliminare l'eccesso di Ca (lisciviato nelle dorsali o apportato dai fiumi) precipitando CaCO_3 come ooze (implicazioni CO_2)
- Scendendo in profondità la pressione (idrostatica) aumenta e l'aragonite prima e la calcite poi iniziano a sciogliersi
- la profondità di compensazione dei carbonati è una linea di equilibrio tra precipitazione e dissoluzione (come il limite delle nevi perenni)
- la profondità di compensazione dei carbonati dipende da P e T e dalla pressione parziale di CO_2 che acidifica le acque rendendole più aggressive
- i carbonati iniziano a dissolversi ben prima della CCD, a partire da una profondità che è il lisocline. Sia lisocline che CCD sono diversi per calcite e aragonite





Rocce silicee (di origine biogenica)

Prodotte da organismi a guscio o con parti silicee



diatomee

alghe unicellulari planctoniche abbondanti anche in laghi e lagune si trovano in zone a bassa temperatura ed elevata produttività



spicole di spugna

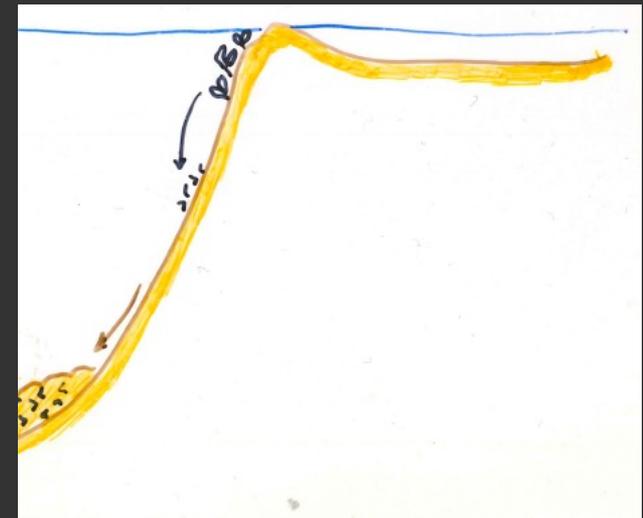
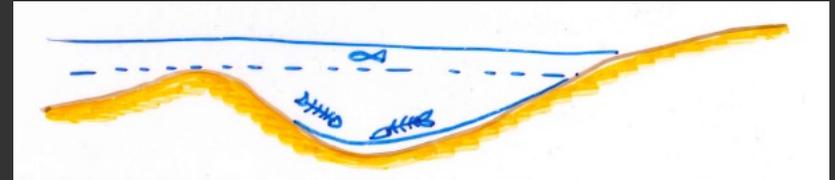
spugne sui margini delle piattaforme e sulle scarpate dove si accumulano le spicole prodotte dalla loro disgregazione.



radiolari

foraminiferi planctonici abbondante in zone di upwelling (aree polari, fascia equatoriale, bordi orientali oceani)

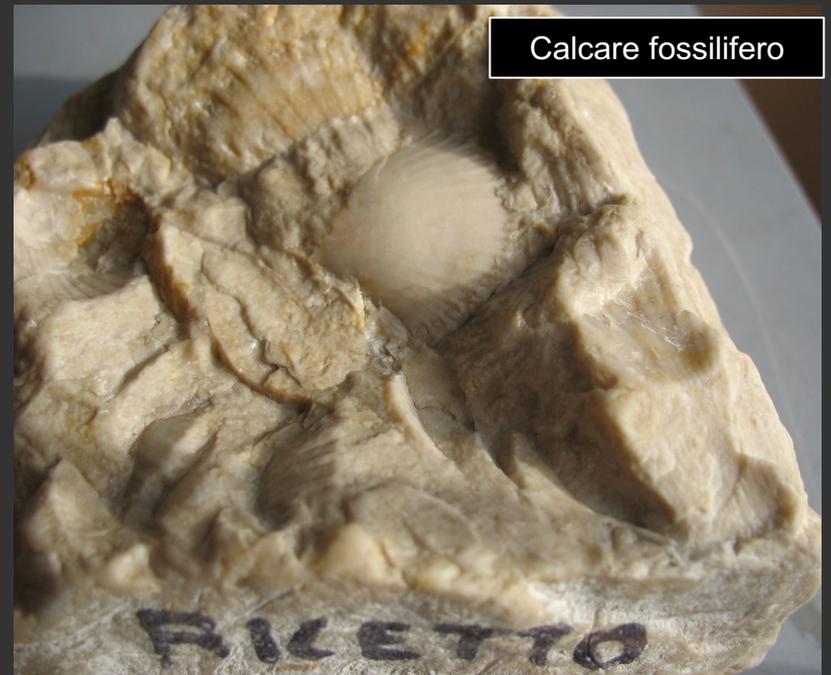
Diatomeiti essendo gusci molto delicati, si preservano solo in bacini euxinici in cui sia stratificazione delle acque con livelli profondi anossici e possibilità di preservazione



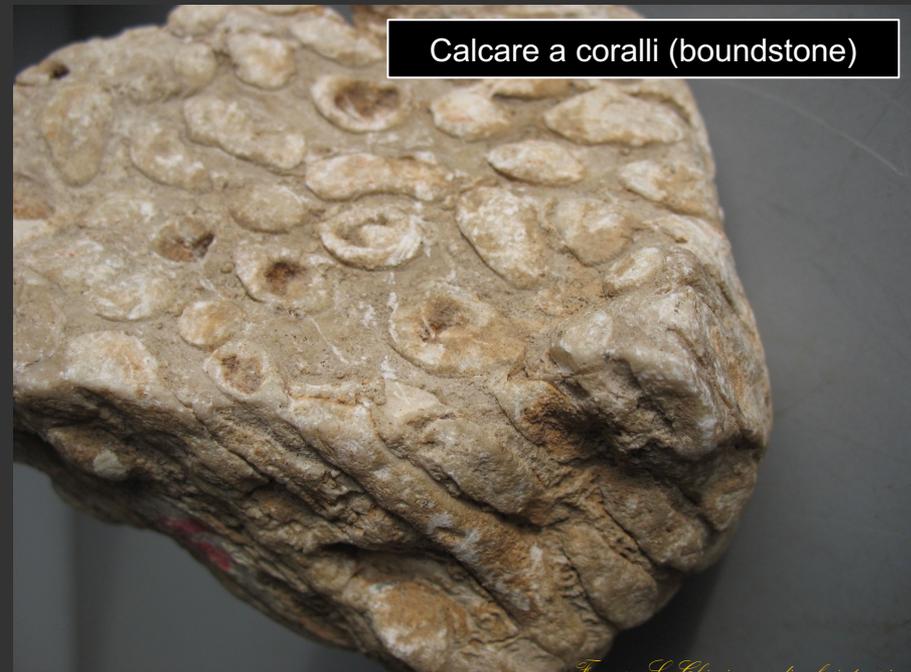
Calacari biogeni



Lumachella (roccia costituita da conchiglie)



Calcare fossilifero



Calcare a coralli (boundstone)



Calcare a nummuliti

Dolomitizzazione

la maggior parte delle rocce dolomitiche sono di origine secondaria e si generano per sostituzione di un sedimento carbonatico pre-esistente.

Occorre flusso costante prolungato di soluzione ricche in Mg nel sedimento

La dolomitizzazione può avvenire precocemente o tardivamente

prima della cementazione
(diagenesi precoce)

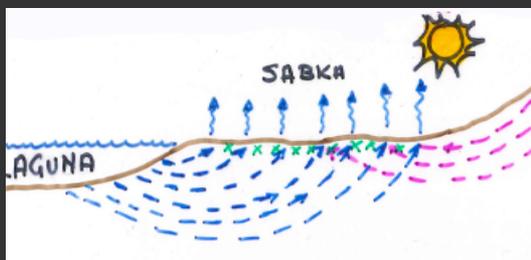
condizioni ipersaline

condizioni salmastre



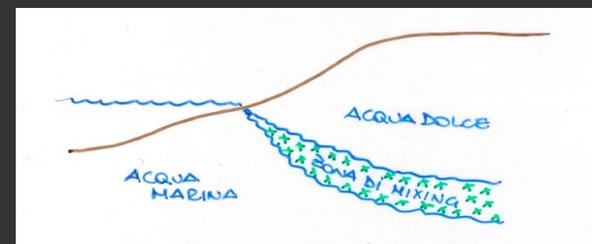
Riflusso

l'acqua lagunare forma salamoie che, più dense, fluiscono al mare attraverso calcareniti



Pompaggio evaporitico

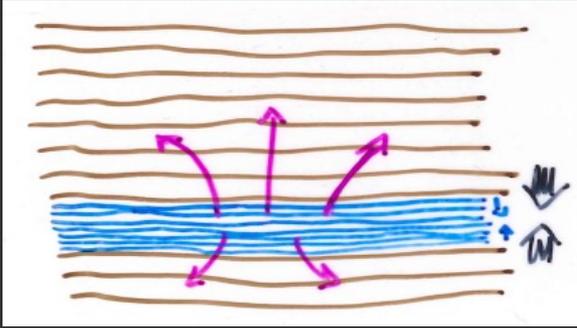
l'acqua lagunare è ricca in Mg (impoverita in calcio preso da organismi) risale, evapora e dolomitizza vicino alla superficie



Dorag

la dolomitizzazione avviene nella zona di interfaccia tra acqua dolce e acqua salata che fluttua ampiamente, dolomitizzando tutta la roccia

dopo la cementazione (diagenesi tardiva)



acque di formazione
compattazione delle argille
espelle acqua interstiziale ricche
in Mg (prodotto smectite->illite)
che dolomitizza le rocce calcaree
presenti a grande profondità

La dolomite a causa della
ricristallizzazione ha perso le
strutture primarie (fossili),
presenta cavità (porosa).

* Non reagisce ad HCl



Differenze tra la sedimentazione carbonatica e la silicoclastica

Sedimenti carbonatici

solo in aree tropicali

Indipendenti da sorgenti sedimentarie

essenzialmente marini

granulometria = origine

fango da alghe

evoluzione nel tempo

ambiente determinato da organismi

cementazione precoce

emersione = diagenesi

Sedimenti silicoclastici

ovunque

prossimi alle fontisedimentarie

terrestri e marini

granulometria = energia

fango da decantazione

sempre stessi processi sedimentari

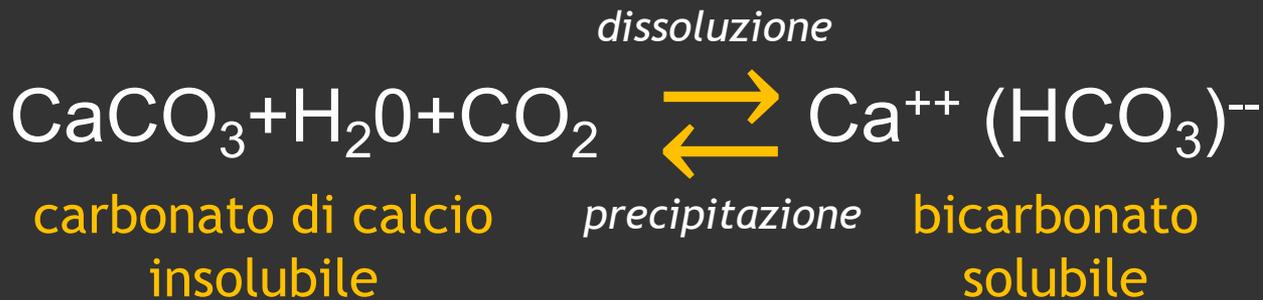
ambiente determinato da energia

sedimenti non consolidati

emersione = erosione

Calcari concrezionati

per precipitazione chimica in ambiente continentale



equilibrio controllato da

- Sottrazione o Produzione CO₂
- evaporazione (concentrazione)
- Temperatura
- Pressione

H₂O + CO₂ atmosferica = H₂CO₃ acido carbonico
se roccia calcarea fratturata $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

necessarie

- acqua
- roccia calcarea
- permeabilità

Forme ipogee di precipitazione

Forme epigee di precipitazione



TRAVERTINO

Speleotemi

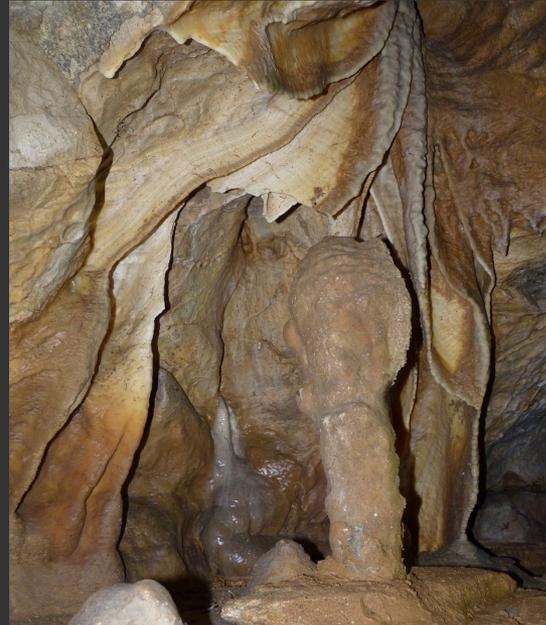
Stalattiti
Stalagmiti
Veli
Mammelloni
Croste

Pisoliti (perle di grotta)

Alabastro (precipitazione chimica all'interno di cavità)



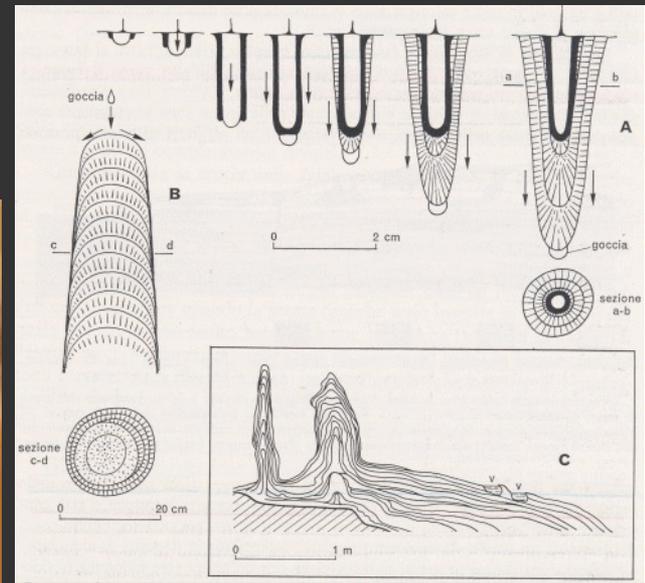
Pisoliti



Speleotemi



Alabastro



Travertino

Il calcare è il meno solubile tra i sali disciolti è il primo a precipitare



Quando l'acqua sotterranea incontra l'aria, la CO_2 esce dalla soluzione e causa la precipitazione di CaCO_3

Questo è favorito da:

sorgenti termali (aumento T)

e

cascate (polverizzazione, evaporazione)



© 2011 Fabio Gori

La precipitazione veloce ingloba la vegetazione presente che poi si decompone lasciando cavità che rendono il travertino molto poroso e un'ottima pietra da costruzione e ornamentale.

La maggior parte dei monumenti a Roma (e la città universitaria) sono fatti di travertino.



Tivoli



Rocce ferrifere

rocce ferrifere detritico chimiche

B.I.F. (Banded Iron Formation)
alternanze selce e letti ferriferi
Precambriche (atmosfera non ossidante)
accumulo in bacini poco profondi



Placers

accumuli di sabbia selezionate in
specifici ambienti sedimentari

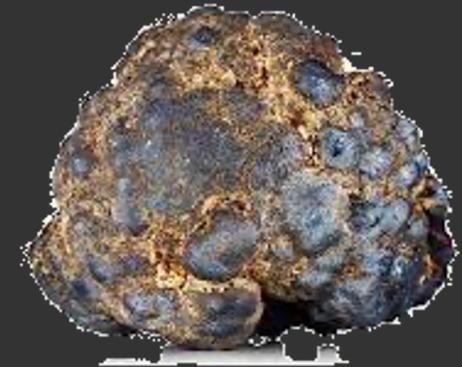


peliti ferrifere

Pyritic black shale
fanghi ferrosi depositi in
condizioni anossiche,
spesso ricchi di zolfo e
pirite

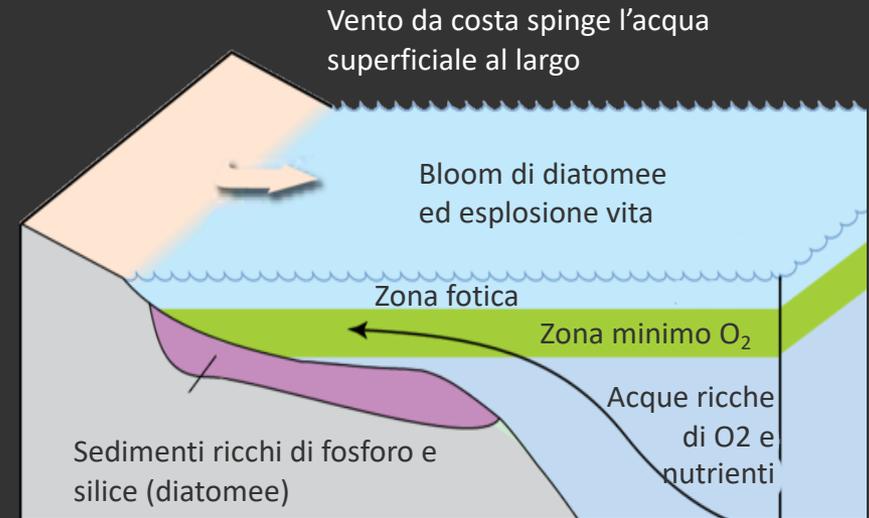
noduli polimetallici

noduli ferromanganesiferi
su fondali oceanici con
bassissimi tassi di
sedimentazione (1mm/Ma)



Rocce fosforitiche

in genere si trovano in sezioni condensate (bassi tassi di sedimentazione) in zone ad alta produttività (upwelling) presenti come croste di apatite al ciglio delle piattaforme continentali grande valore economico



Diatomee - fitoplancton

Il 50% della biomassa marina viene prodotto nel 5% della superficie degli oceani

rocce residuali

la degradazione meteorica molto spinta altera e rimuove quasi tutti gli elementi



concentrazione in loco di minerali insolubili

Lateriti

le rocce residuali più importanti povere in silice ricche in ossidi e idrossidi di Ferro (anche Al, Ti, Mn)



Bauxiti (milioni di anni)
di ancora più residuali
più povere in Si
più ricche in Al
bauxiti carsiche
residui insolubili
bauxiti cristalline
come lateriti



Pisoliti bauxitifere



Argille residuali

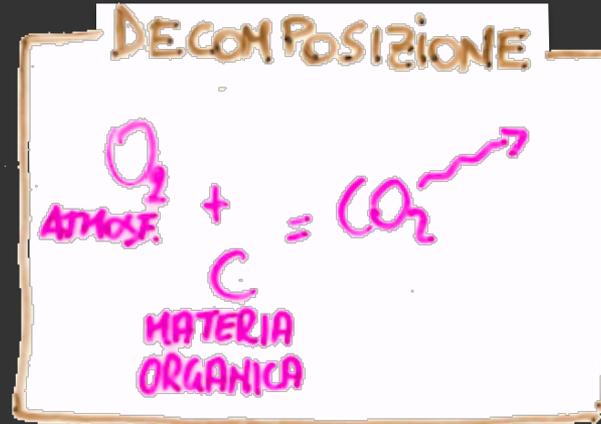
(paleosuoli)
climi temperati umidi Al-Fe
climi aridi Ca-Mg
climi caldo umidi non ci sono argille alterate ma solo lateriti

- La bauxite è la fonte mineraria di Alluminio
- Bauxiti e lateriti indicano climi tropicali

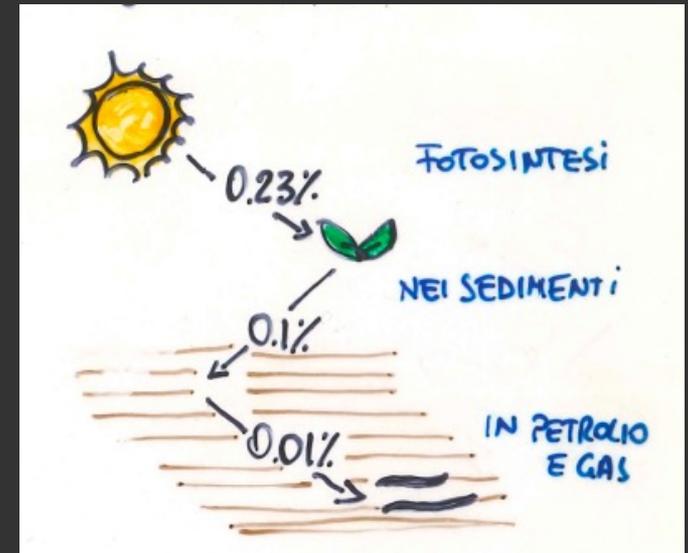
rocce organiche biogeniche

Combustibili fossili (Carboni e idrocarburi)

Il carbonio fossile è circa 10.000 volte il «vivente»



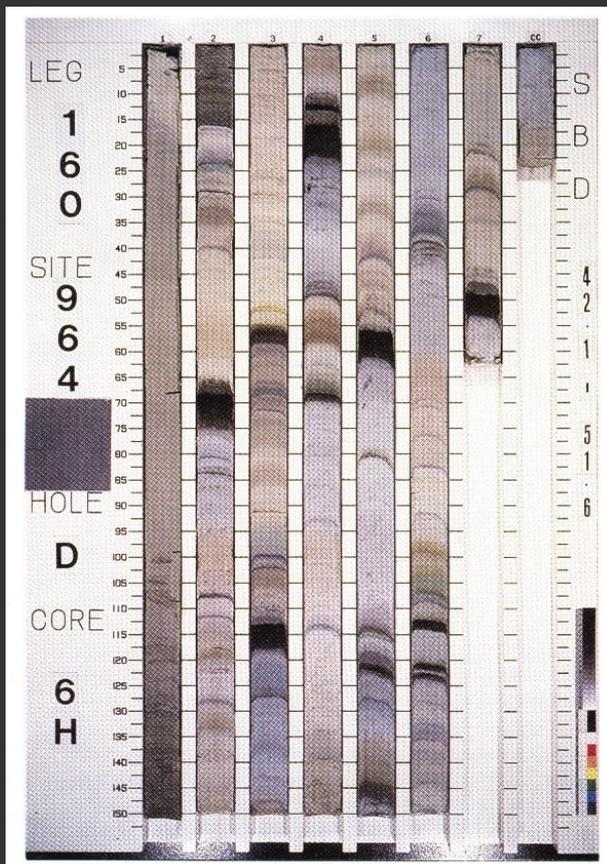
- 1) La fotosintesi trasforma l'energia luminosa in energia chimica formando materia organica.
- 2) Con la decomposizione ad opera di batteri aerobi questa viene rilasciata nell'ambiente.
- 3) Una piccola frazione della materia organica non si ossida (per condizioni anossiche dell'ambiente o per seppellimento in sedimenti poco permeabili) e può essere incorporata nel sedimento



sapropel

depositi organici per sedimentazione in condizioni anossiche di organismi planctonici in matrice argillosa. Lucenti, con pirite e odore di zolfo

Si formano in bacini semi chiusi (es. Mar Nero); stratificazione per densità non fa scambiare O_2 con atmosfera = Anossia sul fondo, nessuna comunità bentonica, sedimenti laminati non bioturbati



In Appennino livelli di scisti bituminosi (Bonarelli, Selli, Faraoni) indicano eventi anossici a scala oceanica .
Importanti per correlazioni stratigrafiche

Carbone

depositi organici di origine vegetale accumulati in condizioni anaerobiche

torbe accumuli di resti vegetali. ancora riconoscibili rami o tronchi, molto ricche in acqua, arricchimento relativo in C 50%, basso potere calorico

si formano in paludi e in lagune (meno di 1 m d'acqua) in climi molto umidi.

con il tempo....

Seppellimento



Compressione e riscaldamento



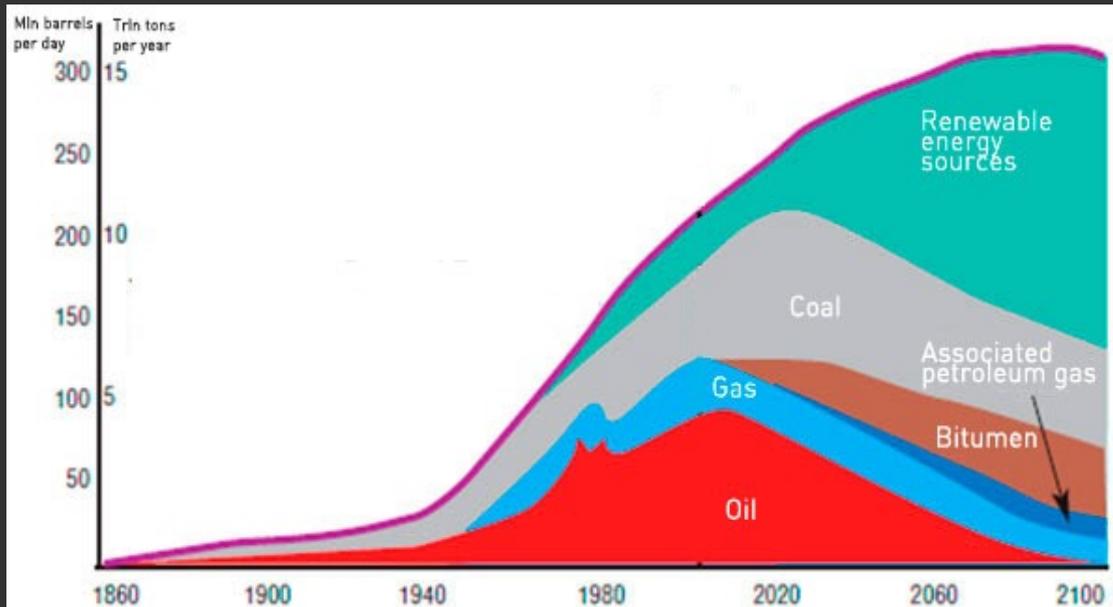
Torba(50%C) \Rightarrow Lignite(70%C) \Rightarrow Litantrace \Rightarrow Antracite (90% C)
aumenta densità, durezza, lucentezza, contenuto in C, potere calorico

Le riserve di carbone sono ingenti ma i costi attuali non lo rendono competitivo.

In prospettiva anche strategica riprenderà (petrolio sintetico?).

Tuttavia carbone:

- 1) contiene molto S che nell'atmosfera genera piogge acide (anche gli scisti bituminosi)
- 2) produce molte ceneri da smaltire
- 3) molti incidenti per l'estrazione dal sottosuolo



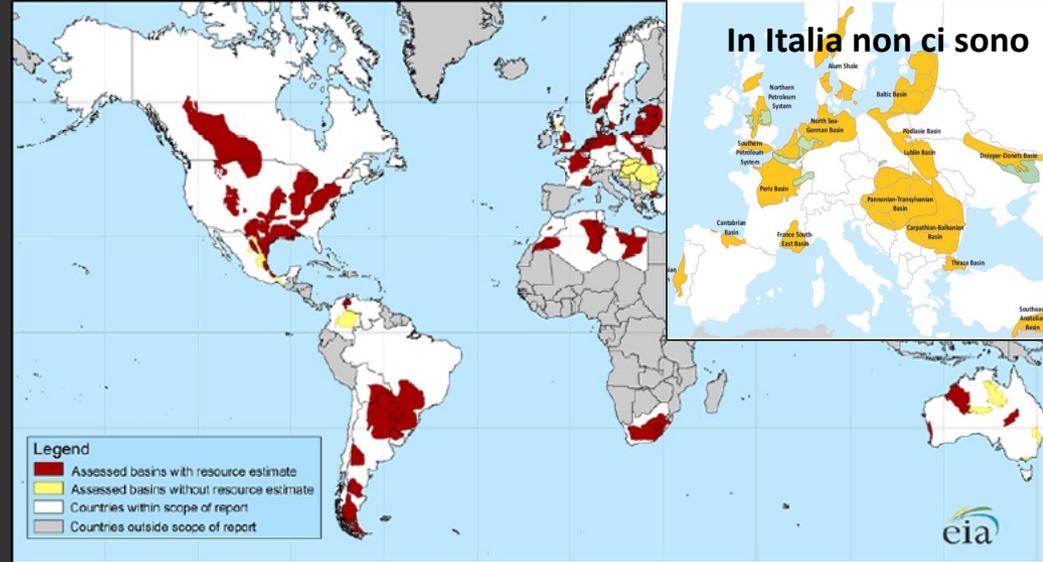
Shale oil/gas (scisti bituminosi)

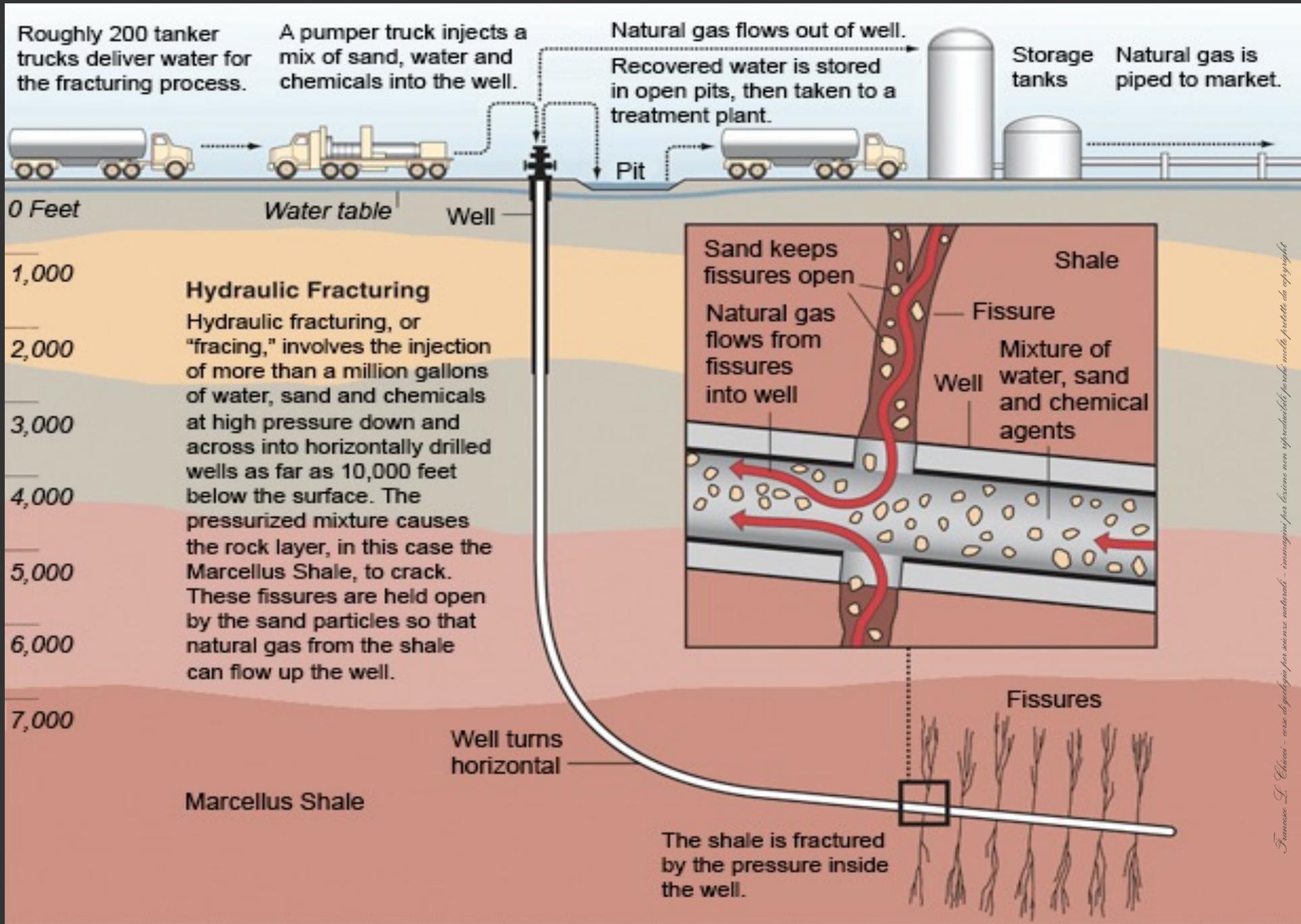
Scisti argillosi di color nerastro o marrone scuro, ricco di idrocarburi che non possono migrare per la bassa permeabilità.

Utilizzando tecniche di «fracking» possono si producono shale oil e gas

L'estrazione di idrocarburi da scisti bituminosi è più costosa rispetto alla produzione convenzionale sia finanziariamente (10\$/24\$ barile) sia in termini di impatto ambientale.

Ciò nonostante è previsto un forte aumento e gli USA stanno diventando energeticamente indipendenti grazie agli scisti bituminosi





Francesca L. Chiocci - case di politica per scienze naturali - immagini per lezione non riproducibili perché molte protette da copyright

Graphic by Al Granberg courtesy of ProPublica under Creative Commons

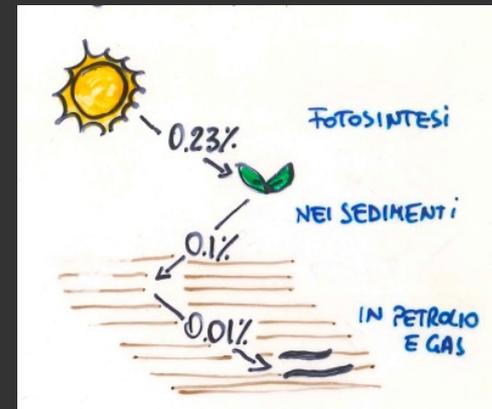
Petrolio (e idrocarburi)

Gli idrocarburi sono una riserva di energia solare fossilizzata, non rinnovabile.

Il petrolio è una miscela di idrocarburi fatti da materiale organico derivato primariamente da fitoplancton marino e una riserva di energia solare fossilizzata. Tutti i sedimenti marini contengono materia organica ma essa si accumula preferenzialmente nelle peliti (grana fine impedisce circolazione acqua con ossigeno).

La materia organica viene attaccata

- 1) nella colonna d'acqua.
- 2) dagli organismi bentonici.
- 3) dalla bioturbazione che diffonde O_2 .

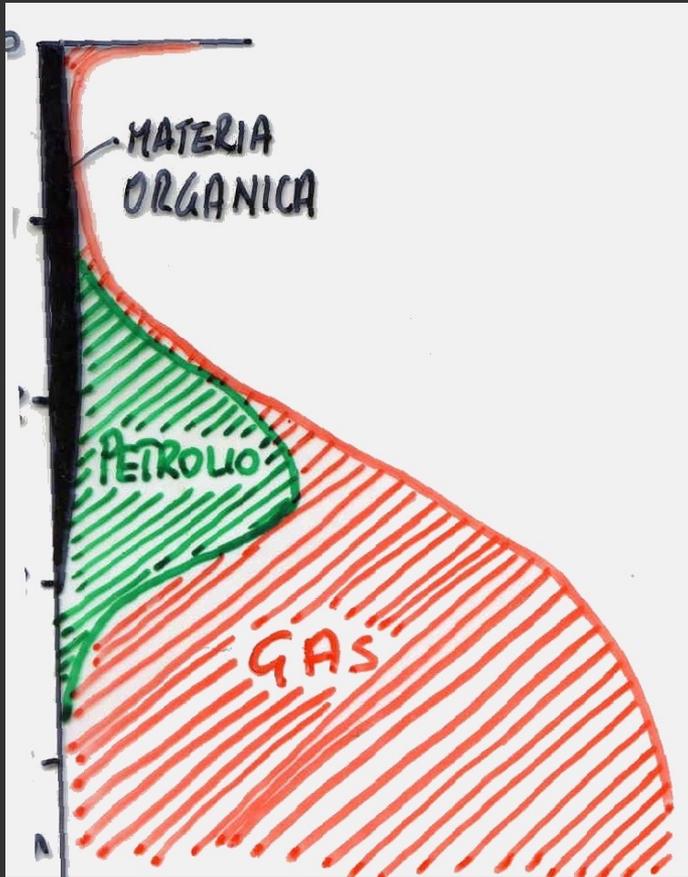


Se viene sepolta inizia decomposizione anaerobica:

proteine e carboidrati distrutti, eliminazione dei gruppi carbossilici, solo anelli benzenici collegati da catene di idrocarburo. Si forma il **CHEROGENE**

Il cherogene è la forma di materia organica più abbondante sulla terra 1.000 volte più abbondante di petrolio e gas, 50 volte più del bitume nelle rocce.

Con il seppellimento aumento di P e T reazione di cracking porta alla formazione di idrocarburi nella roccia madre (in genere peliti marine).



Per questo processo (“maturazione”) occorrono:

1. Tempo
 2. Temperatura
 3. Pressione
- } Funzione di profondità e gradiente geotermico

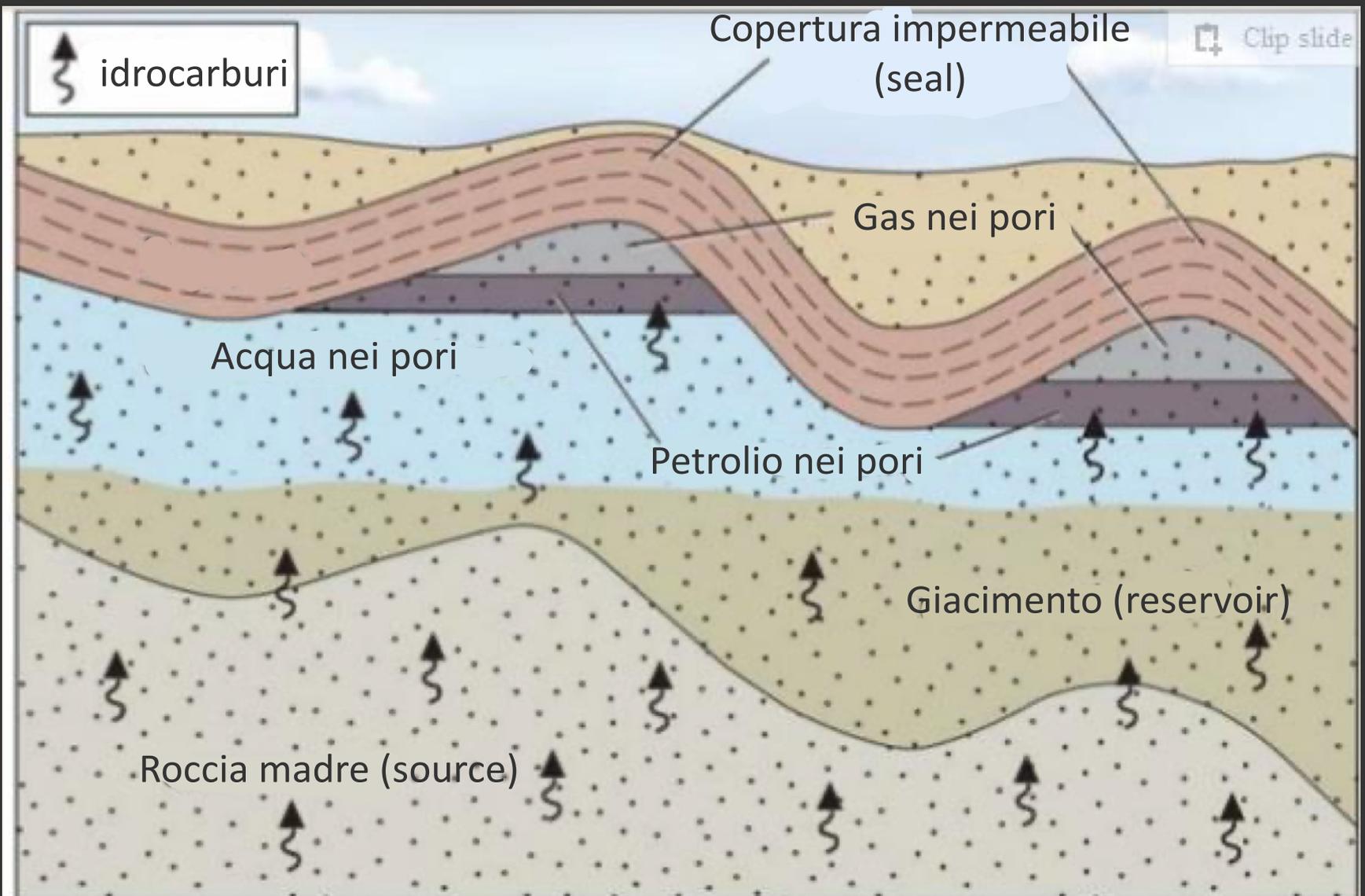
idrocarburi

liquidi petrolio

gas metano

solidi asfalti e bitumi

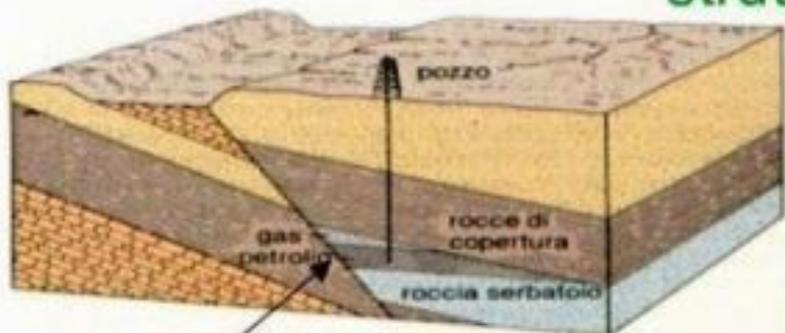
Dopo la formazione il petrolio viene espulso per costipamento. Essendo meno denso migra verso l'alto in strati adiacenti permeabili fino a fermarsi in rocce serbatoio



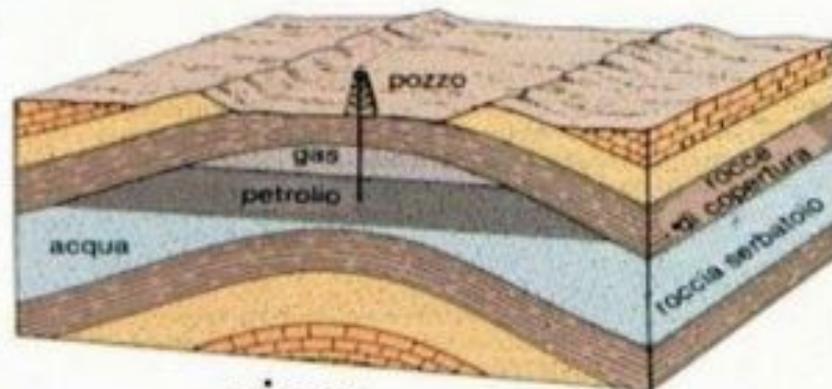
Una volta formati, gli idrocarburi migrano verso l'alto per densità, si concentrano e si accumulano in giacimenti (trappole) fatti da rocce permeabili, con sigillante al tetto

Trappole geologiche per giacimenti di idrocarburi

Trappole strutturali



faglia



piega

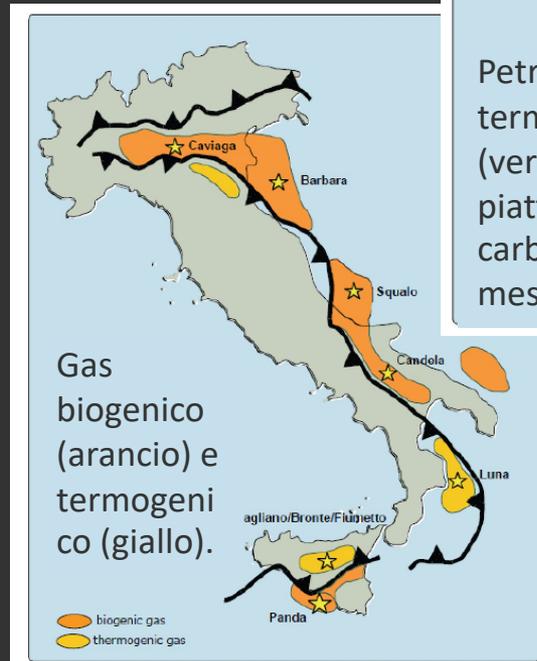
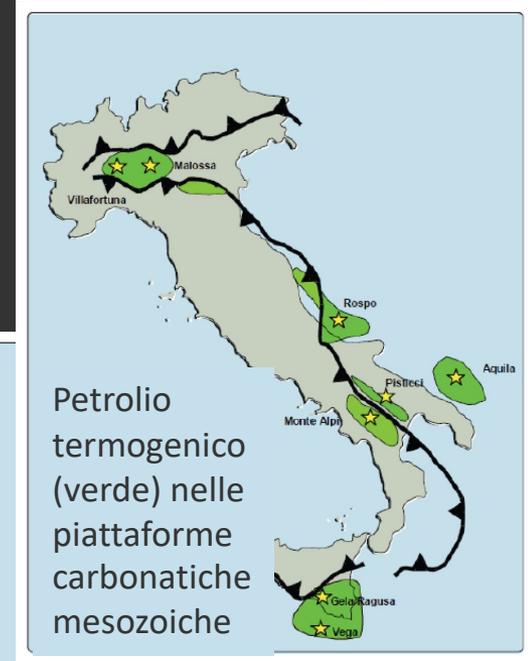
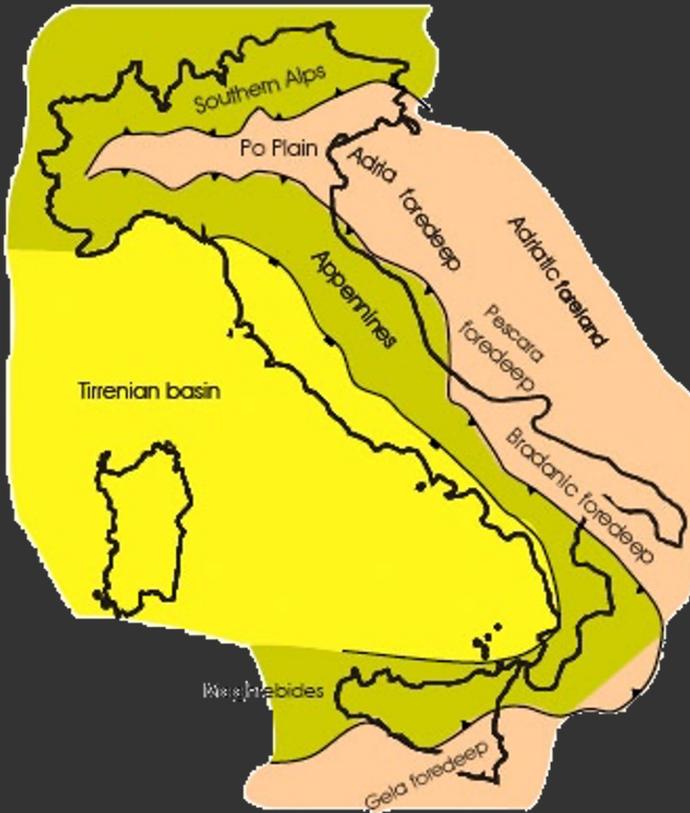
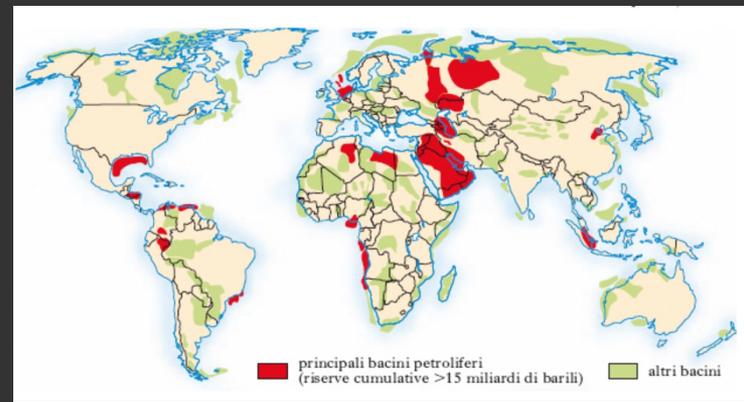
Trappola stratigrafica



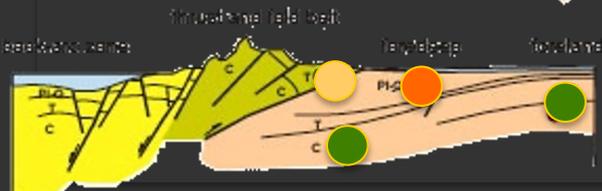
Trappola diapirica



Italia 3° produttore europeo di oil and gas (dopo UK e Norvegia), idrocarburi in genere nell'avanfossa o in raddoppi crostali



Francesco Di Chiara - corso di geologia per scienze naturali - immagini per licenze non specifiche per uso didattico prodotte da espi.org



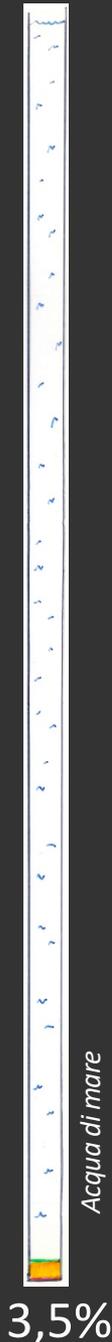
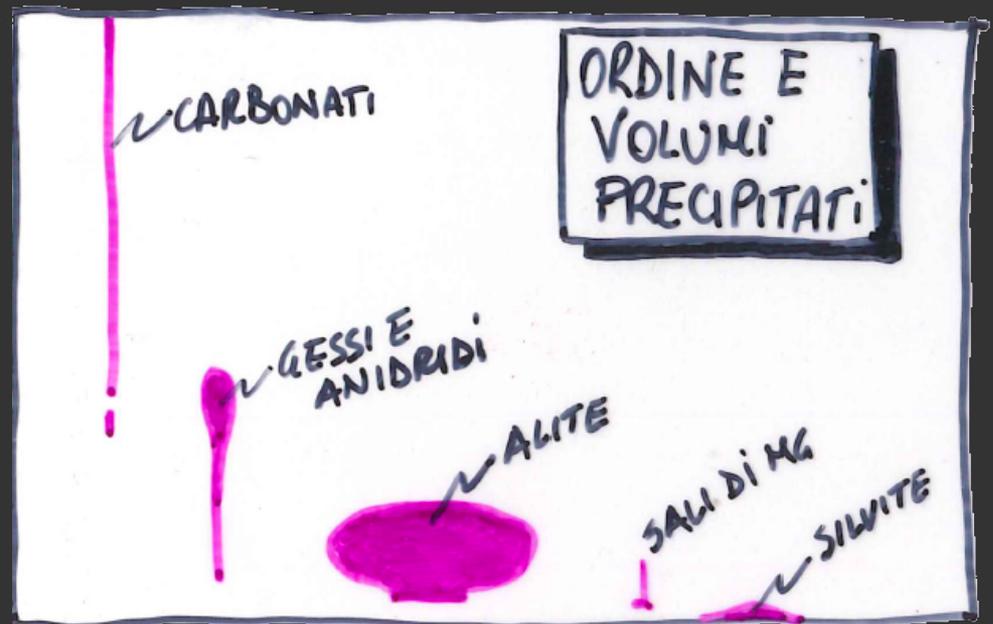
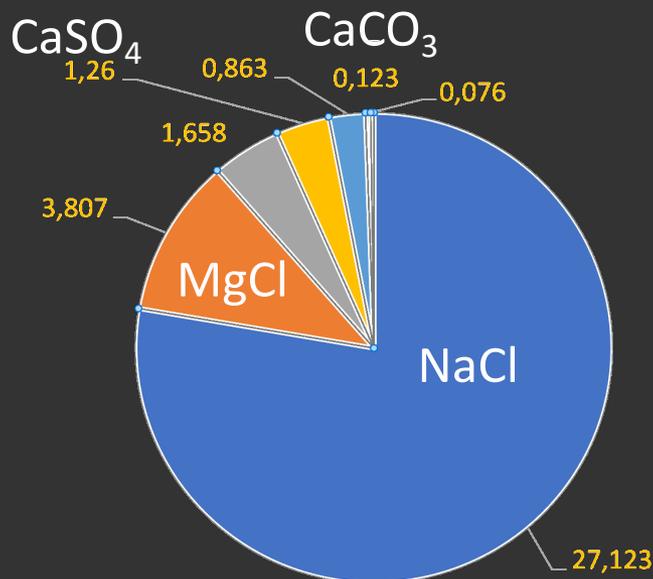
Le rocce evaporitiche

Formate da sali che si formano per la precipitazione diretta da acqua di mare iperconcentrata per evaporazione. I più importanti carbonato di calcio, gessi e anidridi e alite (NaCl)

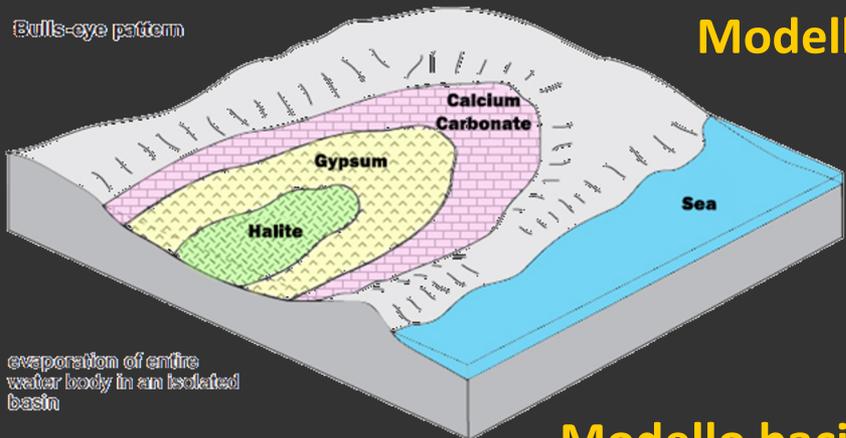
La precipitazione di sali avviene in maniera inversa rispetto alla loro solubilità



il carbonato precipita quando soluzione al 50%,
gessi e anidriti quando al 20%, NaCl al 10%,



Bulls-eye pattern



evaporation of entire water body in an isolated basin

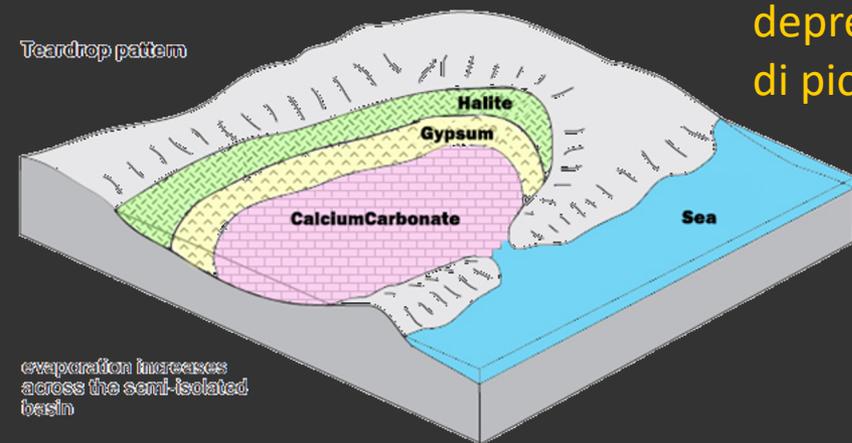
Modello salina

bacino poco profondo costantemente alimentato in regione il clima caldo e arido, forte evaporazione crea lama d'acqua soprassatura

Modello bacino desertico (occhio di bue)

depressioni continentali in climi aridi normalmente di piccole dimensioni

Teardrop pattern



evaporation increases across the semi-isolated basin



Formazione a Bellerophon (Permiano)
Anidridi di Burano (Trias)
Gessoso solfifera (Messiniano)

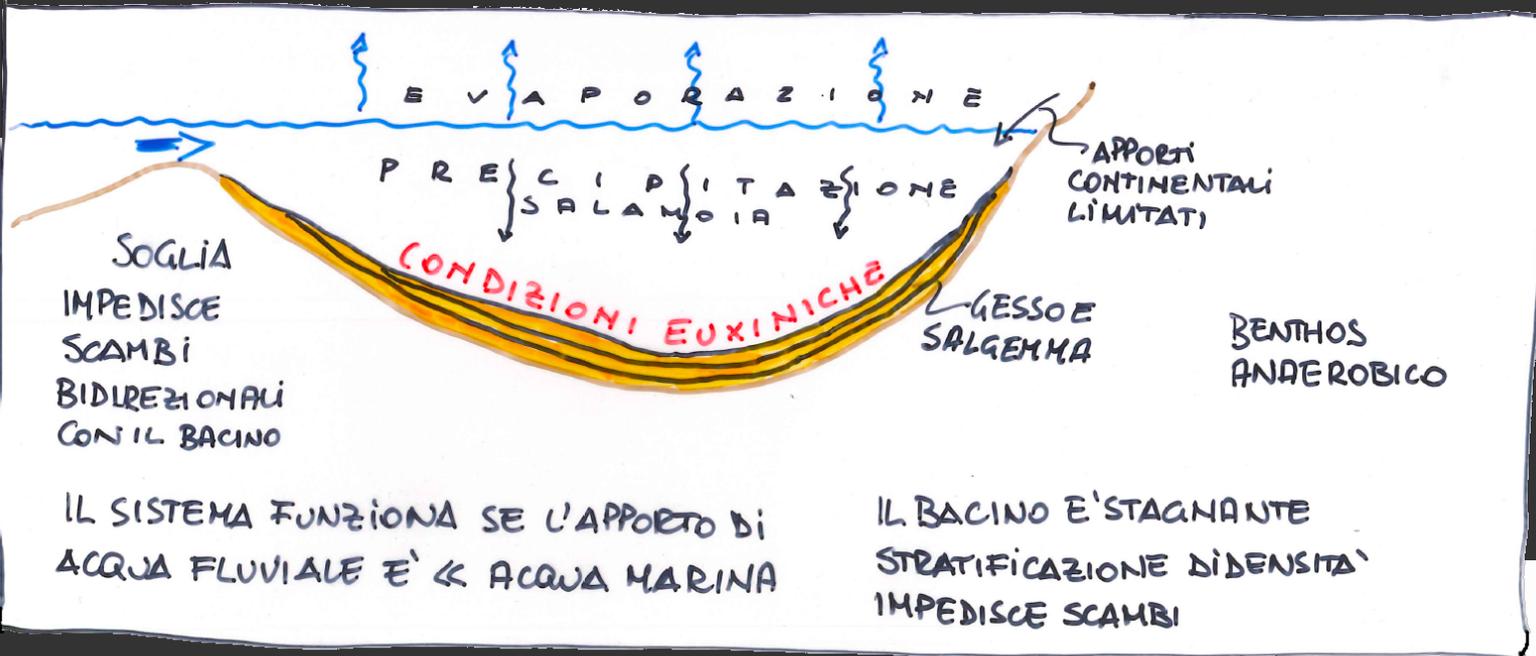
PER AVERE 1M DI GESSO DEVE EVAPORARE 2500M DI ACQUA

Credit: www wwftorresalsa.com

Nella realtà geologica le formazioni evaporitiche hanno spessori di centinaia di metri con banchi di 5-6 m di gesso che richiederebbero l' evaporazione di enormi spessori d'acqua. Inoltre non si riconosce la sequenza ordinata

Ma per depositare centinaia di metri di evaporiti dovrei avere subsidenza enorme.
 Inoltre non si osserva la zonazione dei Sali che si dovrebbe avere.
 Con i modelli attuali non possono spiegare i potenti depositi evaporitici

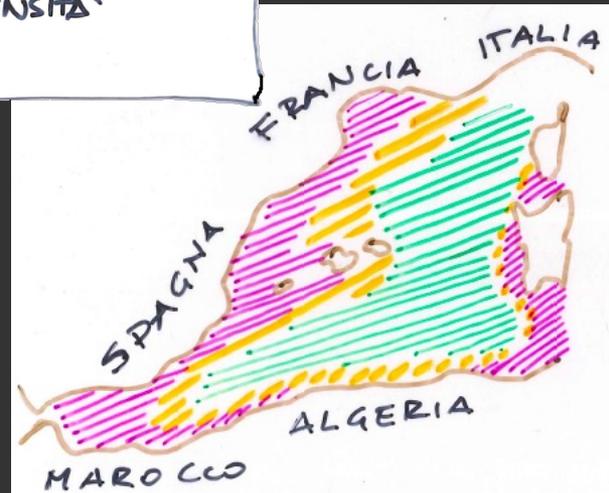
Modello di deposizione in sistema aperto (lago-mare)



attualmente non si conoscono bacini profondi evaporitici in sistemi aperti

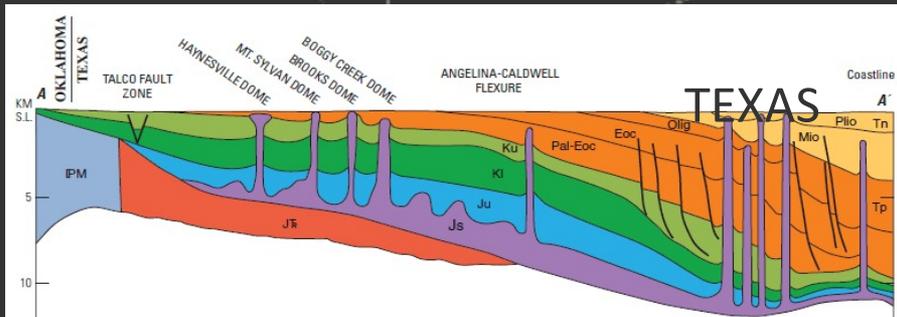
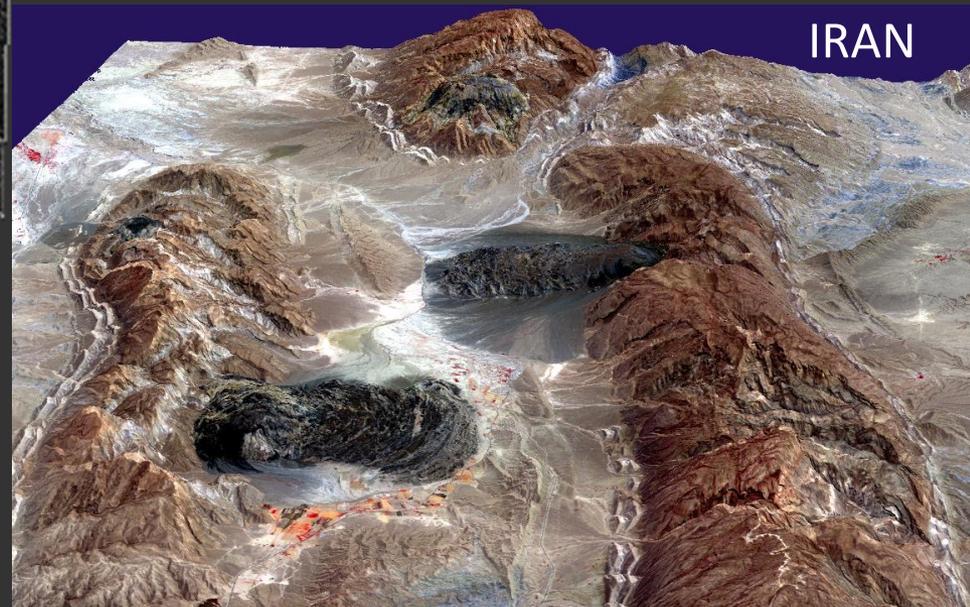
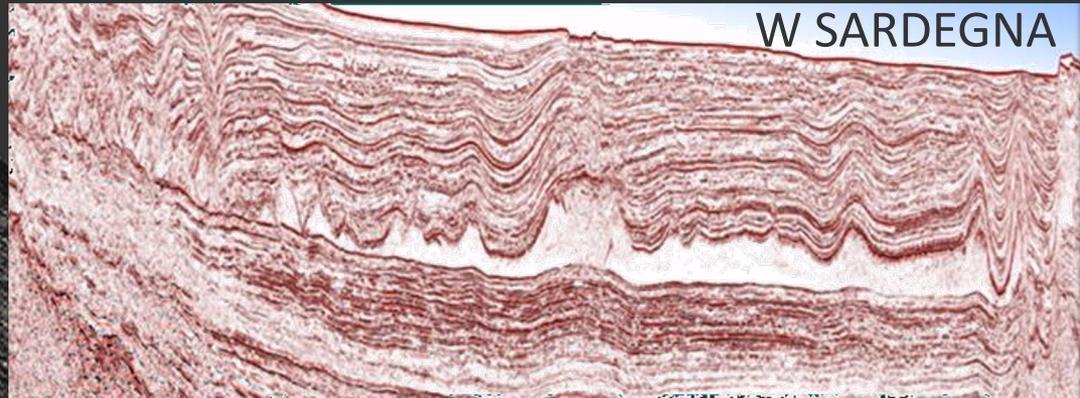
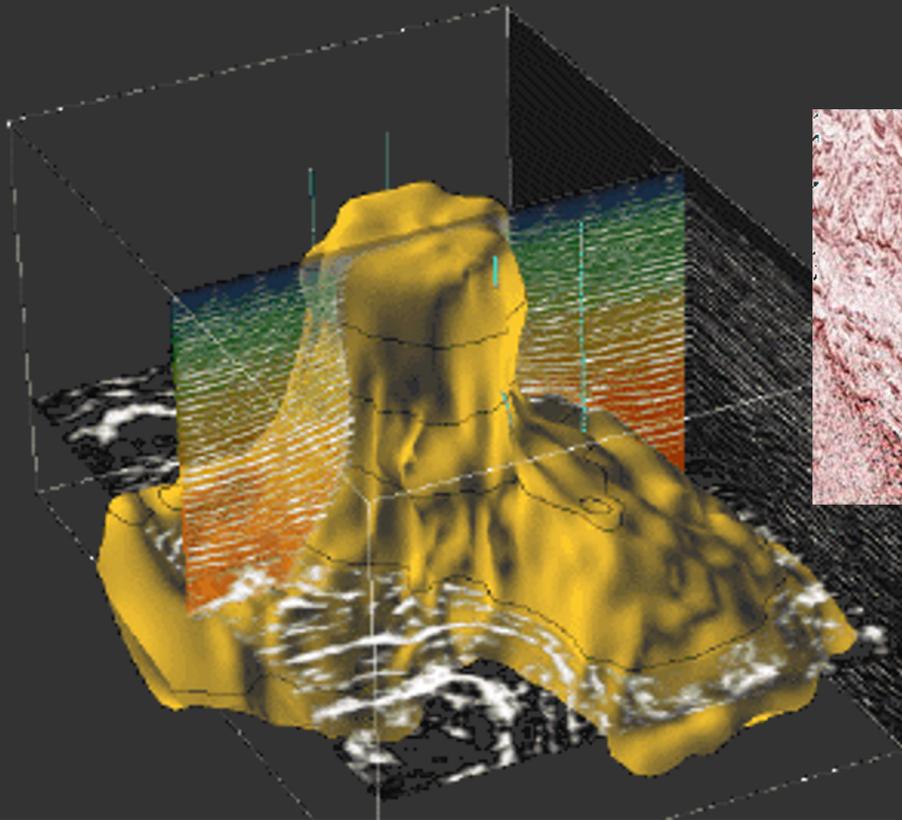
CRISI EVAPORITICA MESSINIANA

5,5 milioni di anni fa, fino a 2-3.000 m di anidridi e alite tutta l'acqua del Mediterraneo produrrebbe 70 m probabile sedimentazione evaporitica in un lago-mare



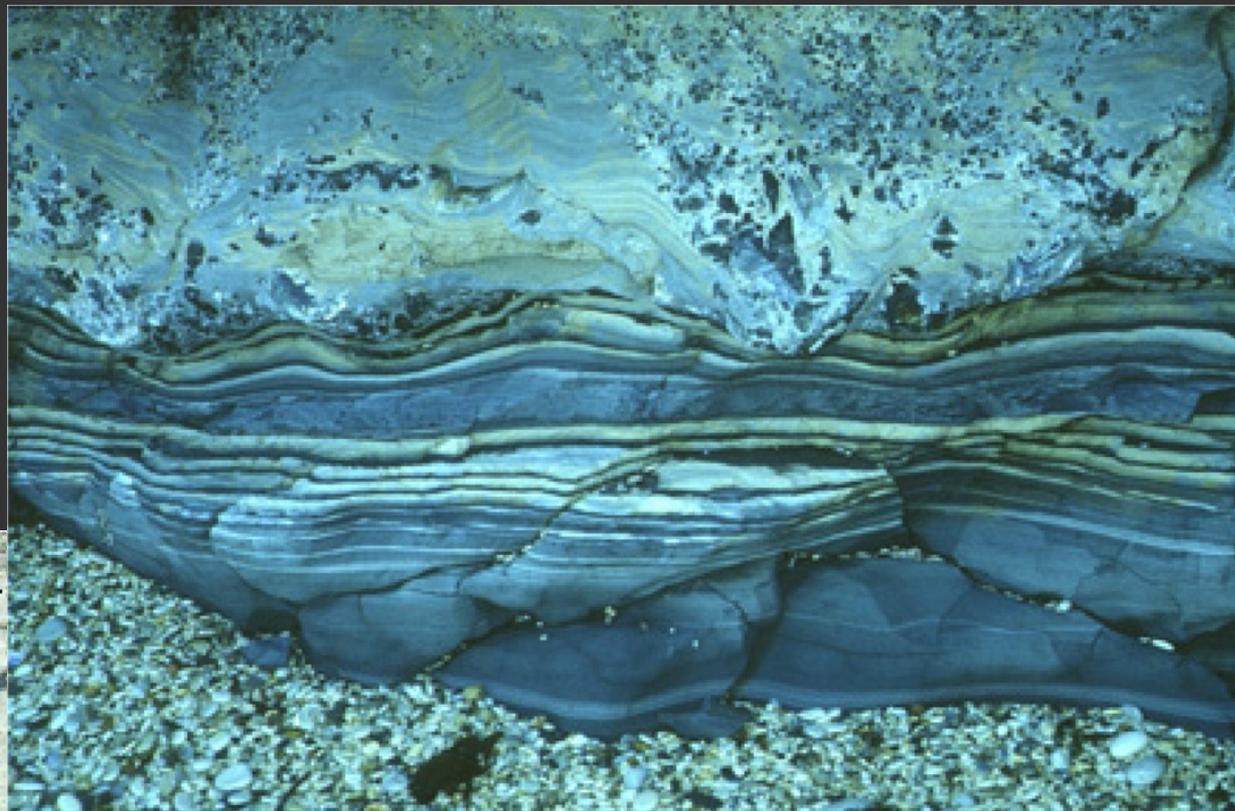
Francesco L. Chiocci - corso di geologia per scienze naturali - immagini per lezioni non riproducibili perché molte protette da copyright

Le evaporiti spesso generano **diapiri** per differenza di densità tra sale e sedimenti soprastanti. La tettonica diapirica deforma i sedimenti soprastanti.



Dove la tettonica ha sollevato i bacini, troviamo le evaporiti in affioramento.

In Italia nella fascia adriatica, in Sicilia, in Calabria



Rocce molto tenere, a bande di diverso colore, grandi cristalli



Alite



Gesso

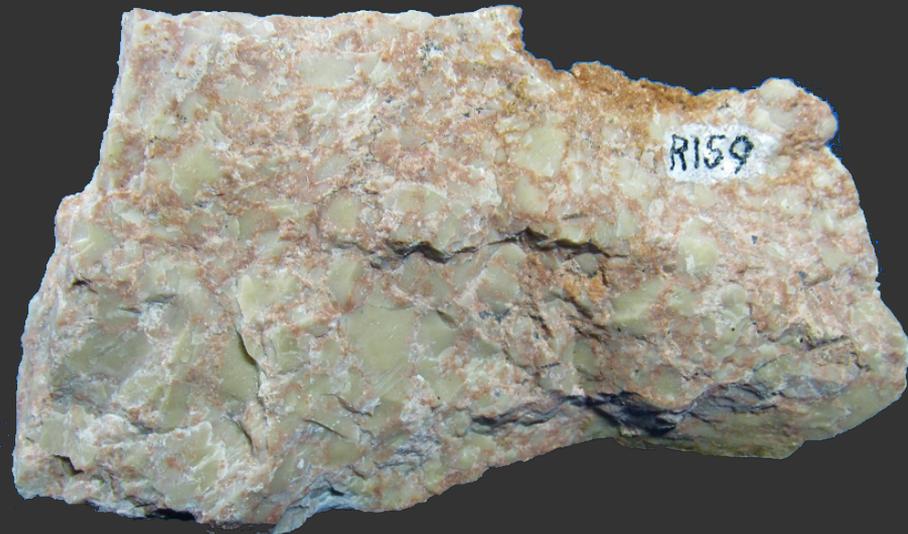


© S. Papeschi

Alite



Anidride



LE ROCCE

Rocce clastiche (o detritiche)

- Conglomerati
 - Brecce
 - Puddinghe
- Arenarie
 - Quarzoareniti
 - Arcose
 - Grovacche
- Peliti
 - Siltiti
 - Argilliti
 - Scisti argillosi
- Marne
- Piroclastiti

Carbonatiche

- Calcari
 - biocostruiti
 - boundstone
 - particellari
 - grainstone
 - packstone
 - wakestone
 - mudstone (micrite)
- Dolomie

Rocce chimiche

- Evaporiti
 - calcite
 - gesso
 - alite
- Selci
 - agata
 - nodulari
- Alabastro
- Travertino
 - idrotermale di cascata
- Ferrifere
 - BIF
 - placers
 - noduli FeMn
- Fosforiti

Rocce organogene (o biogene)

Silicee

Depositi organici

Sapropel

Carboni

Idrocarburi

- torba
- lignite
- litantrace
- antracite
- cherogene
- asfalti e bitumi
- petrolio
- gas
- scisti bituminosi

Rocce Residuali

- Lateriti
- Bauxiti
- Argille residuali