

Le rocce

2.1 Generalità

Le rocce e i minerali che le costituiscono

2.2 Il ciclo delle rocce

Cristallizzazione e fusione, metamorfismo

2.3 Le rocce ignee e la loro mescolanza

Tipi di magma e loro origine. Evoluzione del magma e miscelamento nelle camere magmatiche

2.3.1 Le rocce intrusive

Meccanismi di messa in posto e forme

2.3.2 Le rocce effusive

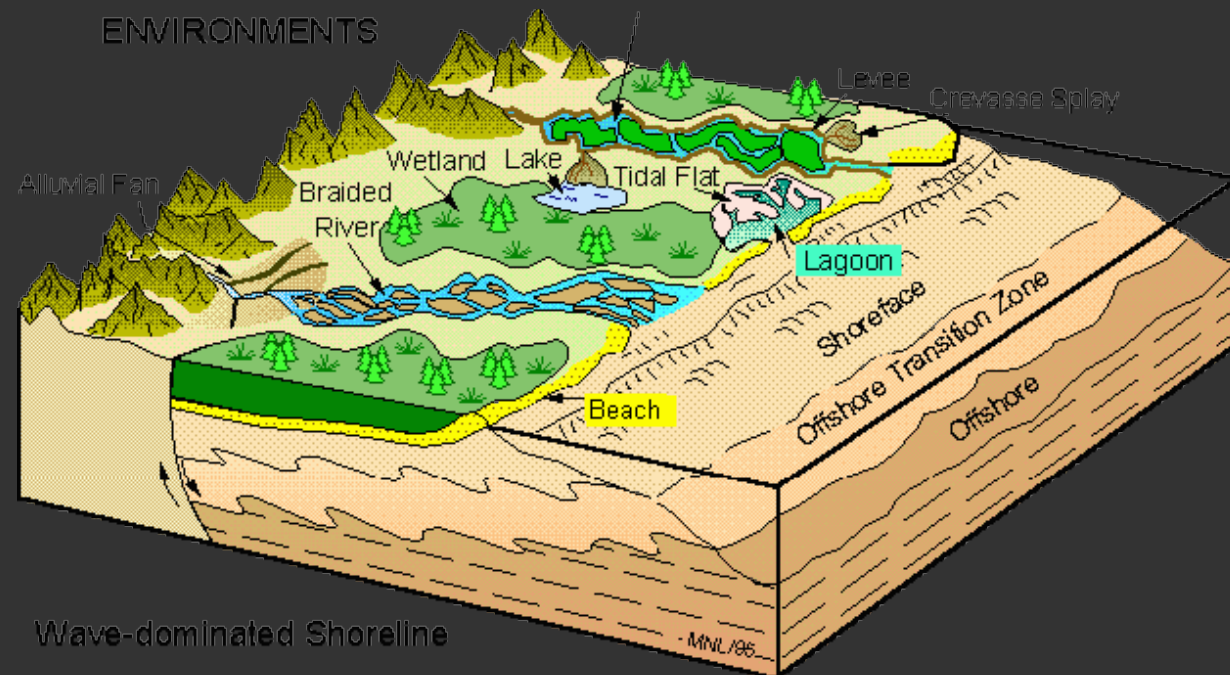
Vulcanismo, eruzioni effusive ed esplosive, vulcanismo e magmatismo freatomagmatico

2.4 Le rocce metamorfiche e il metamorfismo

Processi metamorfici e tipi di metamorfismo. Metamorfismo di alta temperatura. Metamorfismo di alta pressione e

2.5 Le rocce sedimentarie e gli ambienti di sedimentazione

Degradazione meteorica, erosione, trasporto e sedimentazione. Diagenesi e litificazione. Composizione, tessitura e struttura dei sedimenti, rapporti scheletro-matrice-cemento, bacini di sedimentazione e subsidenza.



Parte Generale
Le rocce
La dinamica della litosfera
L'interpretazione delle serie stratigrafiche
Geologia storica e regionale
La struttura della Terra

crystallizzazione frazionata,

e.

derici ed eruzioni

metamorfismo di alta pressione e

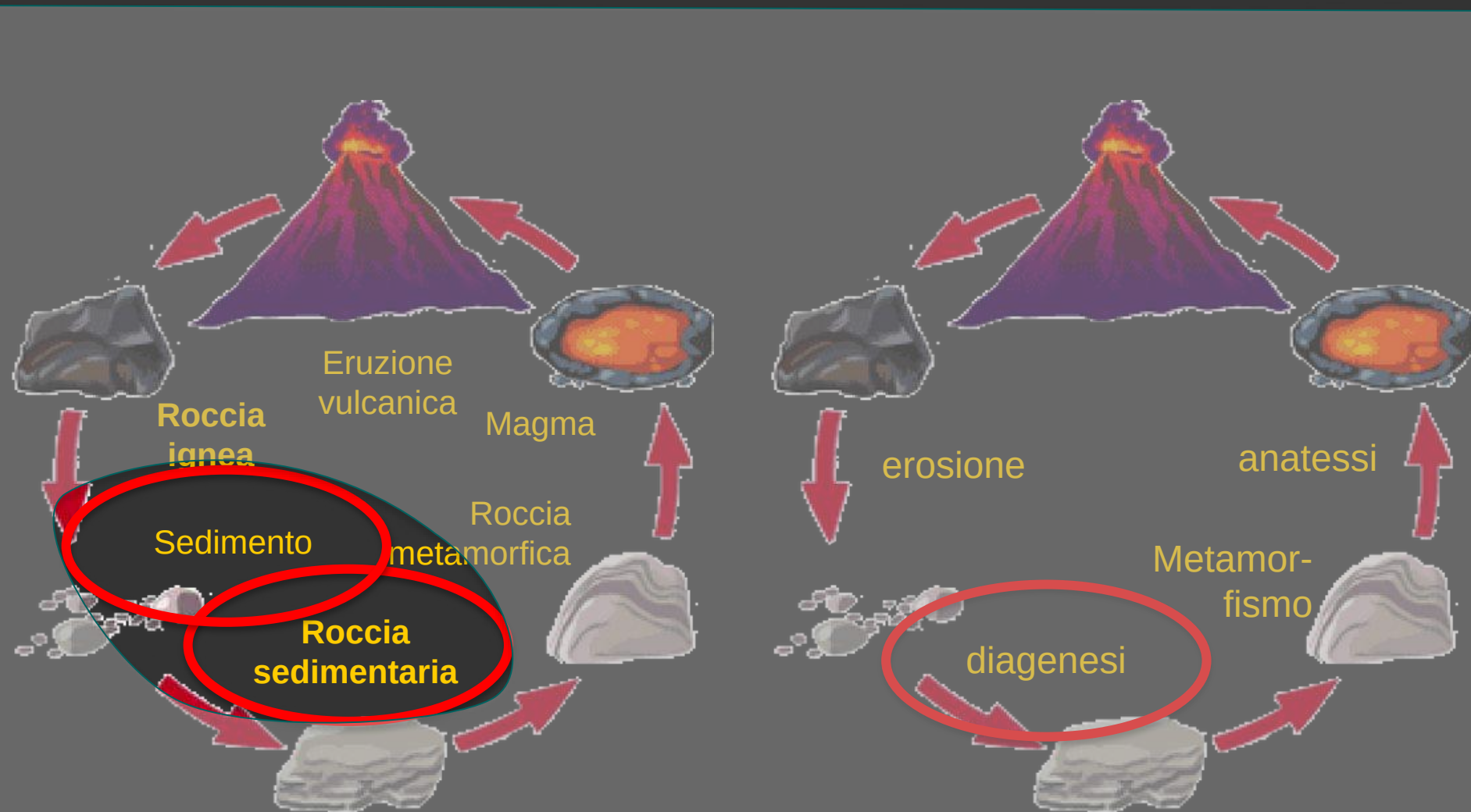
Le rocce

3.1 Generalità

Le rocce e i minerali che le costituiscono. Minerali silicatici e carbonati. Strumenti e metodi per lo studio delle rocce.

3.2 Il ciclo delle rocce

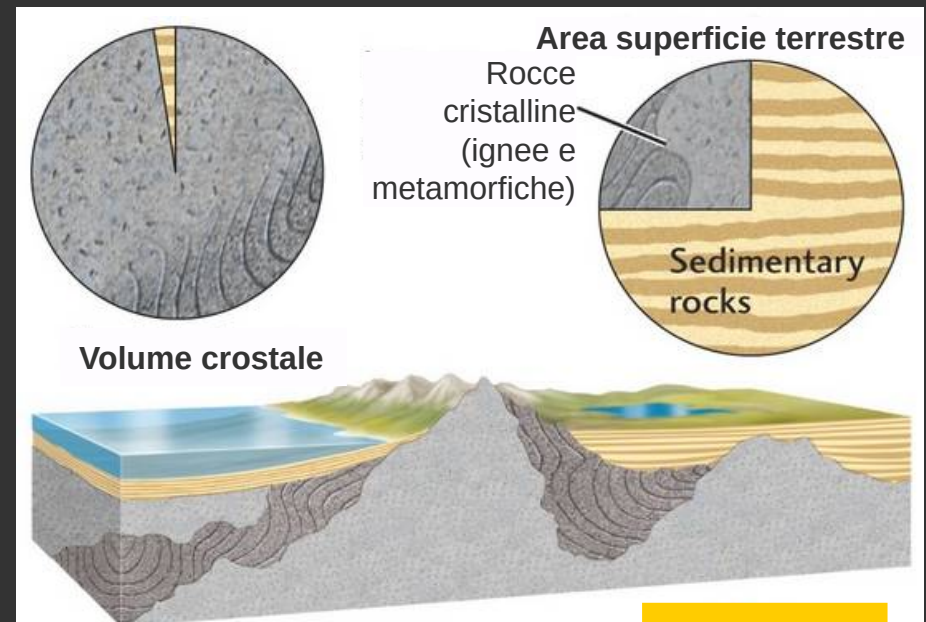
Cristallizzazione e fusione, metamorfismo e anatessi, erosione e sedimentazione.



Le rocce sedimentare

sono volumetricamente molto poche nella crosta perché una volta seppellite vengono metamorfosate. Tuttavia sono le più frequenti in affioramento (75% della superficie terrestre) e quelle dove si svolgono la quasi totalità delle attività umane e delle interazioni con la biosfera.

Ospitano molte risorse importanti (acqua, petrolio, materiali da costruzione) e sono coinvolte in molti rischi (frane, alluvioni).



Sono l'archivio dell' evoluzione fisica e biologica del pianeta, dato che gli strati si accumulano uno sull'altro. Sedimentario viene da sedere: giacere sopra

erosione

Trasporto minimo
o assente



Sedimenti
residuali



Rocce
residuali

Trasporto
solido



Sedimenti
clastici



Rocce
clastiche

Trasporto
in soluzione



Sedimenti chimici e
organogeni



Rocce chimiche e
organogene

diagenesi



La sedimentazione inizia dove termina il trasporto

il sedimento una volta deposto può essere ripreso a meno di non essere seppellito o di raggiungere una zona ad energia ambientale molto bassa (trappola sedimentaria)

sedimentazione clastica risente di:

- 1) erosione
- 2) evoluzione nel trasporto
- 3) energia ambientale nella deposizione

ghiaie in flussi ad alta energia
(torrenti spiagge esposte, ghiacciai)

sabbie flussi a velocità moderata
(fiumi, vento, spiagge, ghiacciai)

fanghi solo se velocità bassissime
(laghi, delta, fondi marini)

sedimentazione chimica dipende da reazioni chimiche,
non dalla gravità ma variazioni di T, P e saturazione

(fiume che entra nel mare, acqua evapora, idrotermalismo nelle dorsali,
attività biogena che secerne calcare per gusci)

la quantità di acqua che rientra al mare è uguale a quella che ne esce,
lo stesso avviene per gli elementi chimici che sono in equilibrio dinamico
tra apporti in soluzione e precipitazione

sedimentazione residuale accumulo in situ di alcuni minerali, per
dilavamento di tutti gli altri minerali alterati **Lateriti, bauxiti, caolino**



il sedimento



Classificazione tessiturale (granulometrica)

Utilizzando una scala lineare non si avrebbe definizione e/o si avrebbero troppe classi
 Scala di **Udden Wentworth** in Φ (PHI) logaritmo in base due delle dimensioni in mm

SCALA DI UDDEN-WENTWORTH (in phi Φ)
 logaritmo su base 2 delle dimensioni in mm

FRAZIONI DI MM	4	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{128}$	$\frac{1}{256}$	...
MM	4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.062	0.031	0.016	0.008	0.004	
μ	4000	2000	1000	500	250	125	62	31	16	8	4	
PHI	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
	GHIAIA		SABBIA					SILT			ARGILLA	
	RUDITI		ARENITI					PELITI				

phi



millimetr

i

I limiti principali sono 2mm, 62μ, 4μ.

Analisi granulometrica

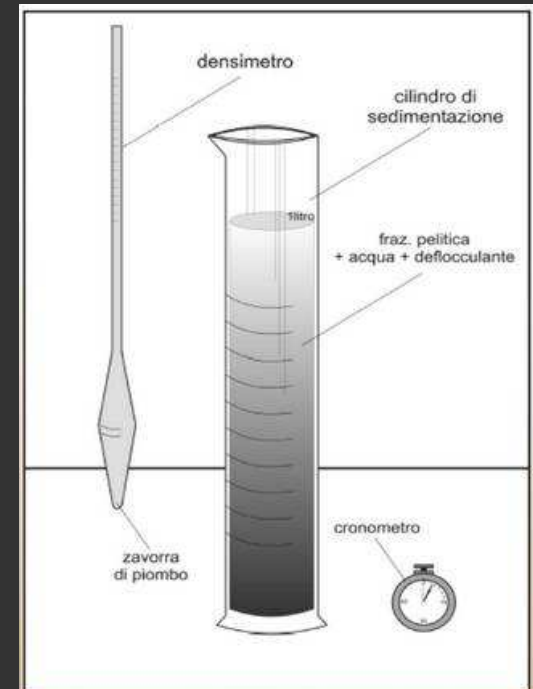
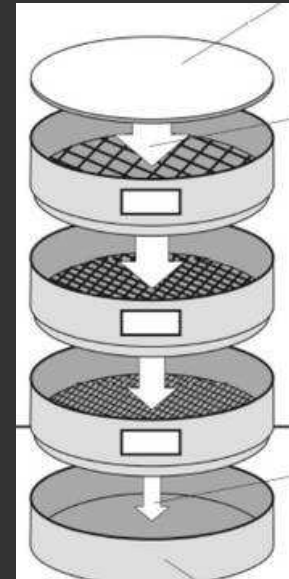
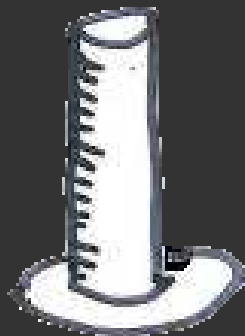
grossolani (ghiaie) misura diretta



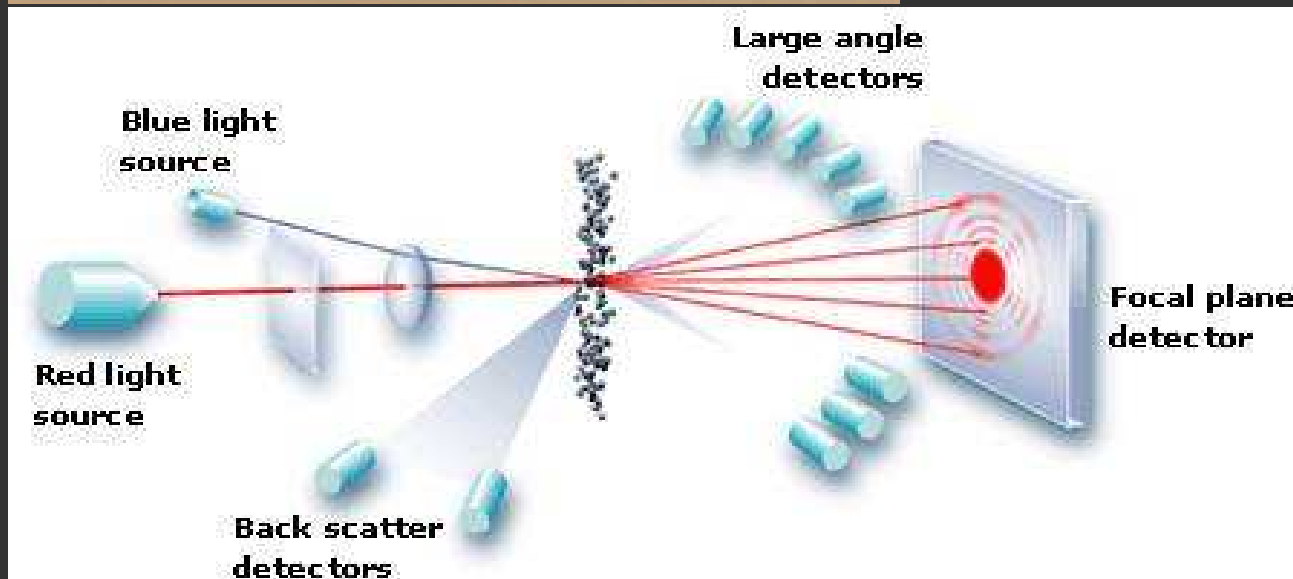
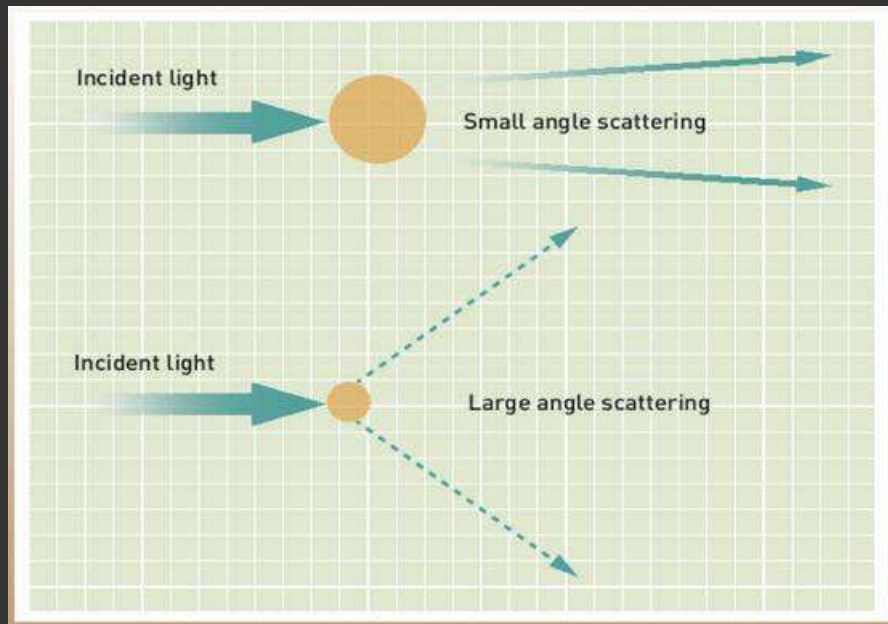
medi (sabbie) setacciatura



fini (peliti) cilindro di sedimentazione

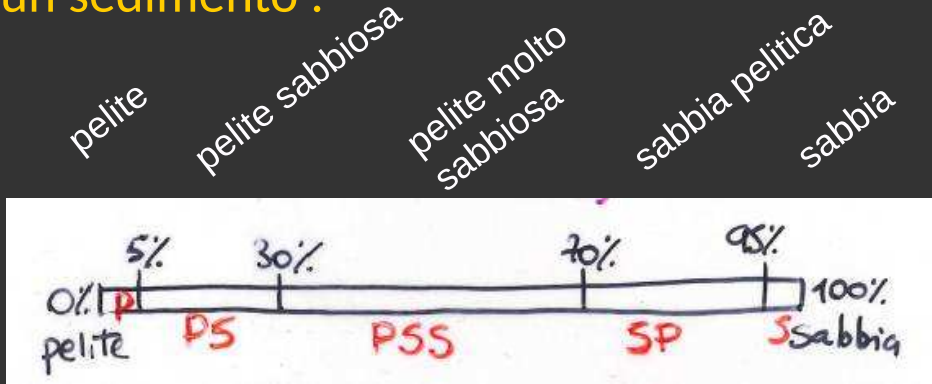


Oggi sedigrifi (rx) o granulometri (laser) permettono analisi automatiche di sabbia e peliti



Classificazione dei sedimenti clastici

Il sedimento è fatto da granuli di dimensioni diverse. Ogni classificazione semplifica la realtà tuttavia permette di sintetizzare esaurientemente le caratteristiche tessiturali di un sedimento .



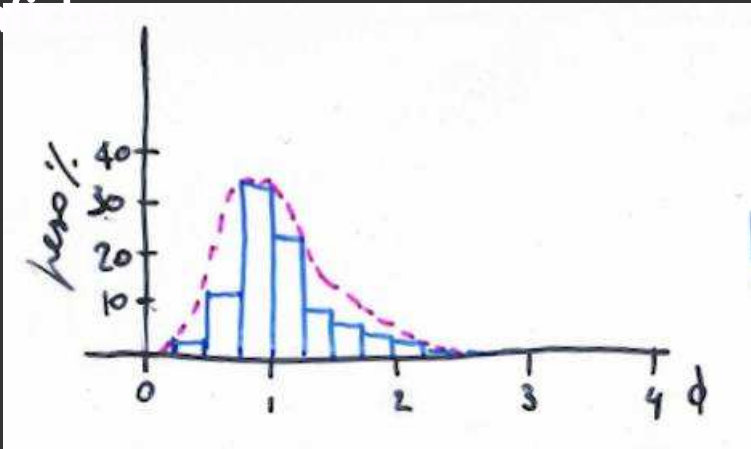
classificazione binaria (Nota 1958)



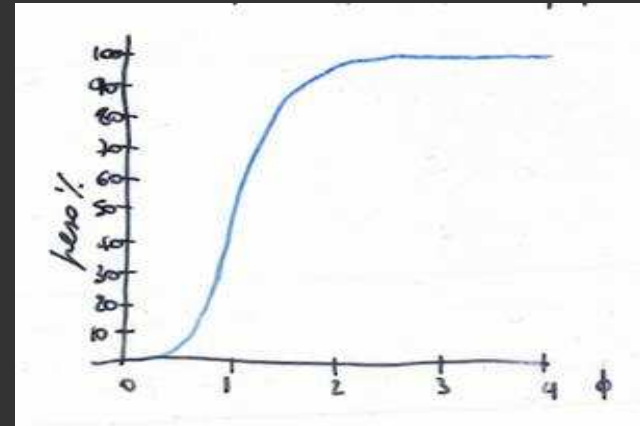
classificazione ternaria (Shepard 1954)

Rappresentazioni

graph

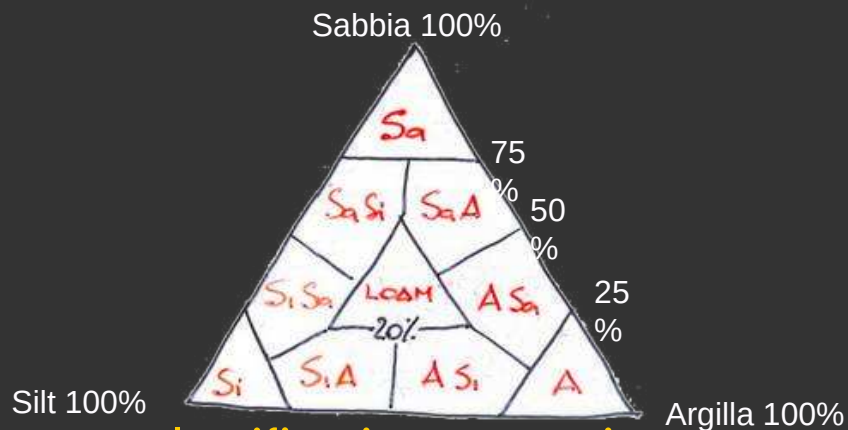


istogramma di frequenza **evidenzia** **moda**
simmetria **appuntamento** **classazione**

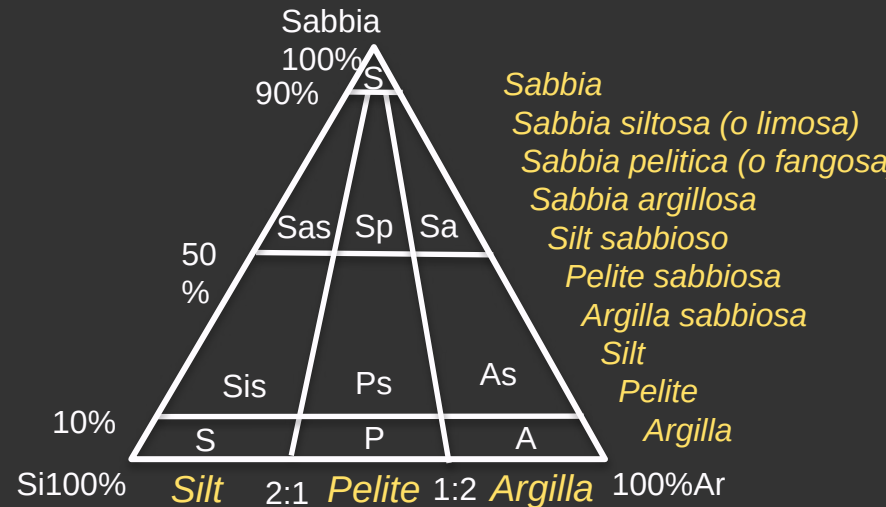


curva di frequenza cumulata
evidenzia medie e percentili

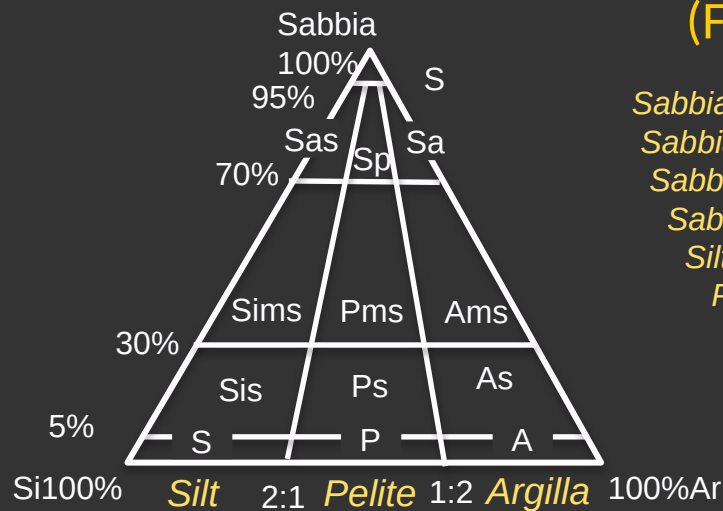
ESISTONO MOLTE CLASSIFICAZIONI (COME SEMPRE)



classificazione ternaria
(Shepard 1954)



classificazione ternaria
(Folk 1954)



classificazione ternaria
(Tortora, 1999)

Sabbia
Sabbia siltosa (o limosa)
Sabbia pelitica (o fangosa)
Sabbia argillosa
Silt molto sabbioso
Pelite molto sabbiosa
Argilla molto sabbiosa
Silt sabbioso
Pelite sabbiosa
Argilla sabbiosa
Silt
Pelite
Argilla

Parametri statistici

Moda

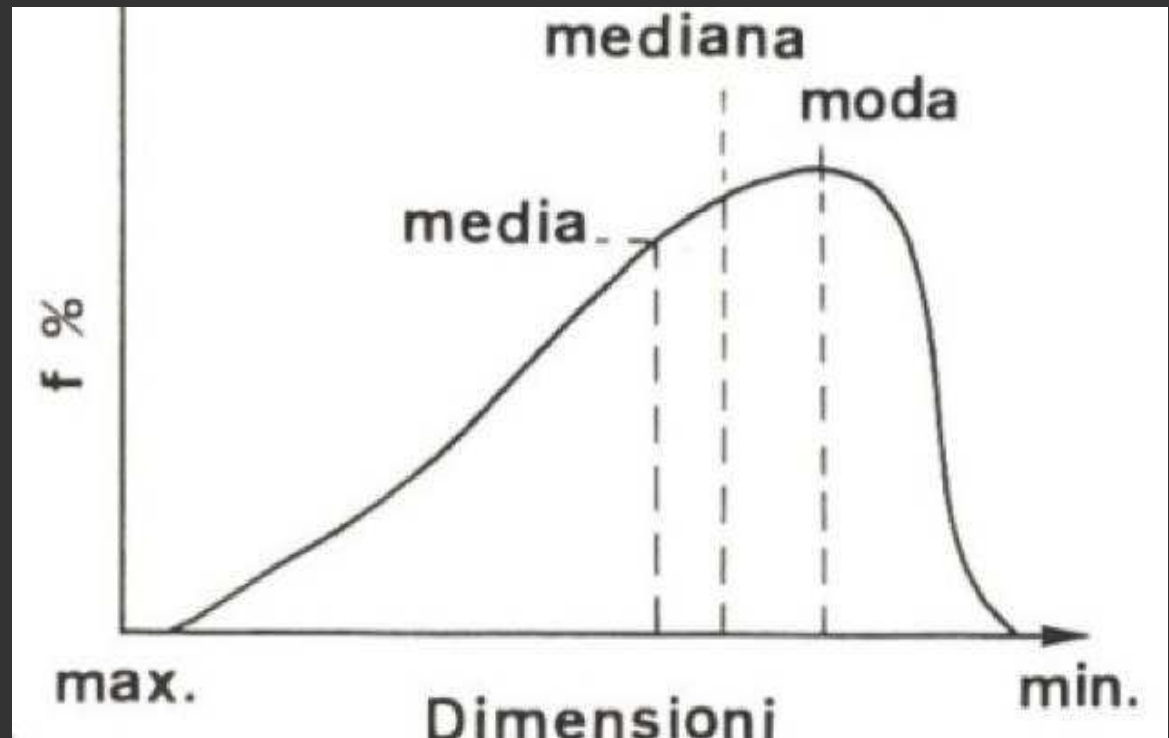
La moda è data dalla classe con frequenza relativa maggiore. Rappresenta il picco della distribuzione. Può avere distribuzione unimodale, bimodale o plurimodale.

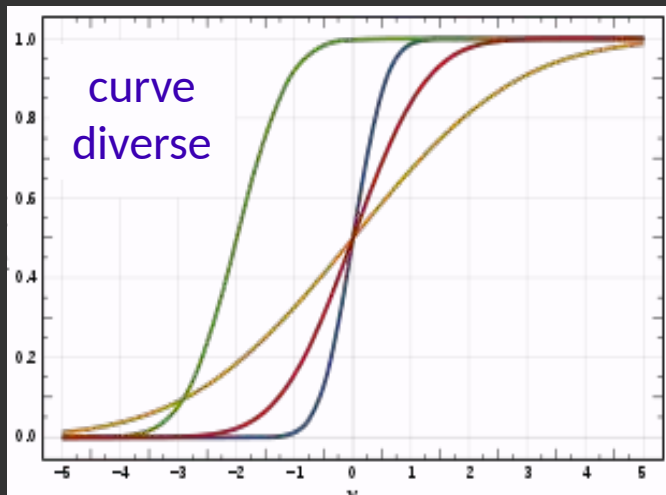
Media

Baricentro della curva di frequenza relativa calcolato come media ponderata.

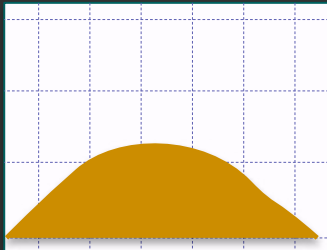
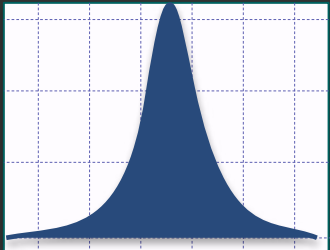
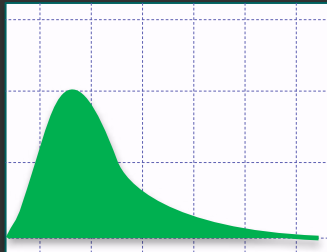
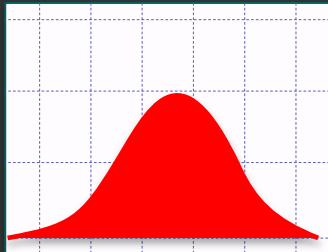
Mediana

Centro della distribuzione cumulata, data dal diametro che la divide in due parti arealmente equivalenti, ovvero il diametro percentile relativo al 50%, detto D_{50} .

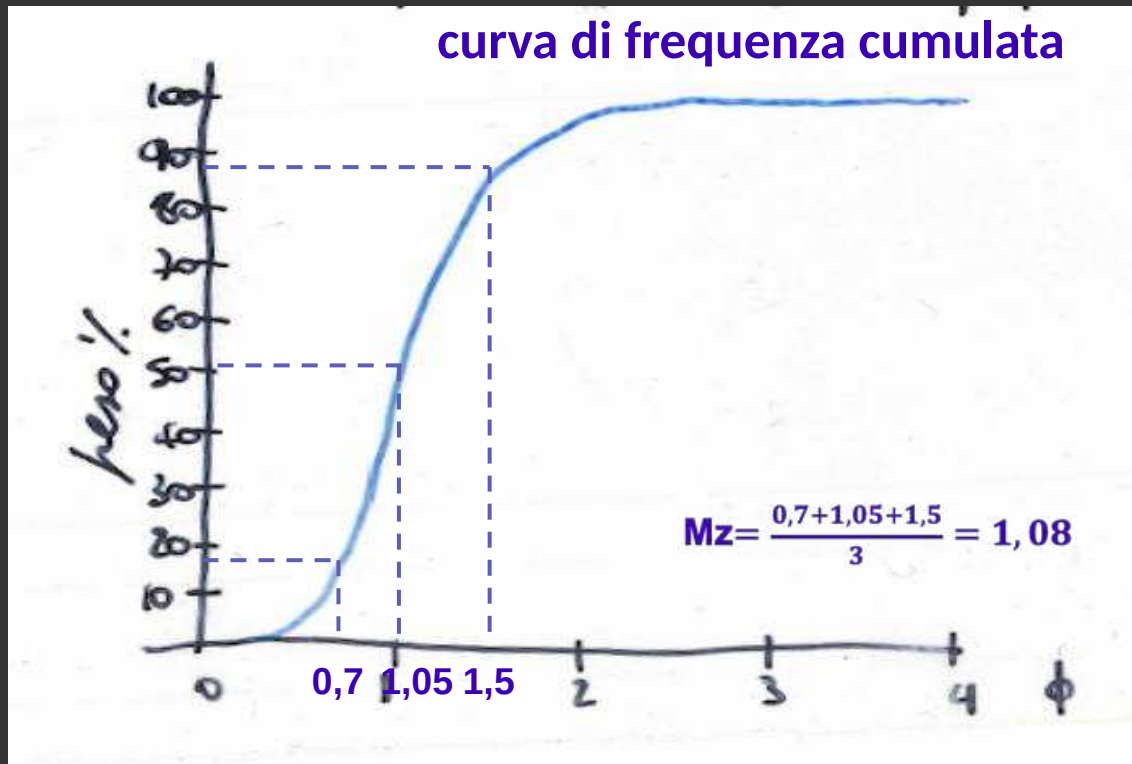




Verde il più grossolano
Giallo il meno classato

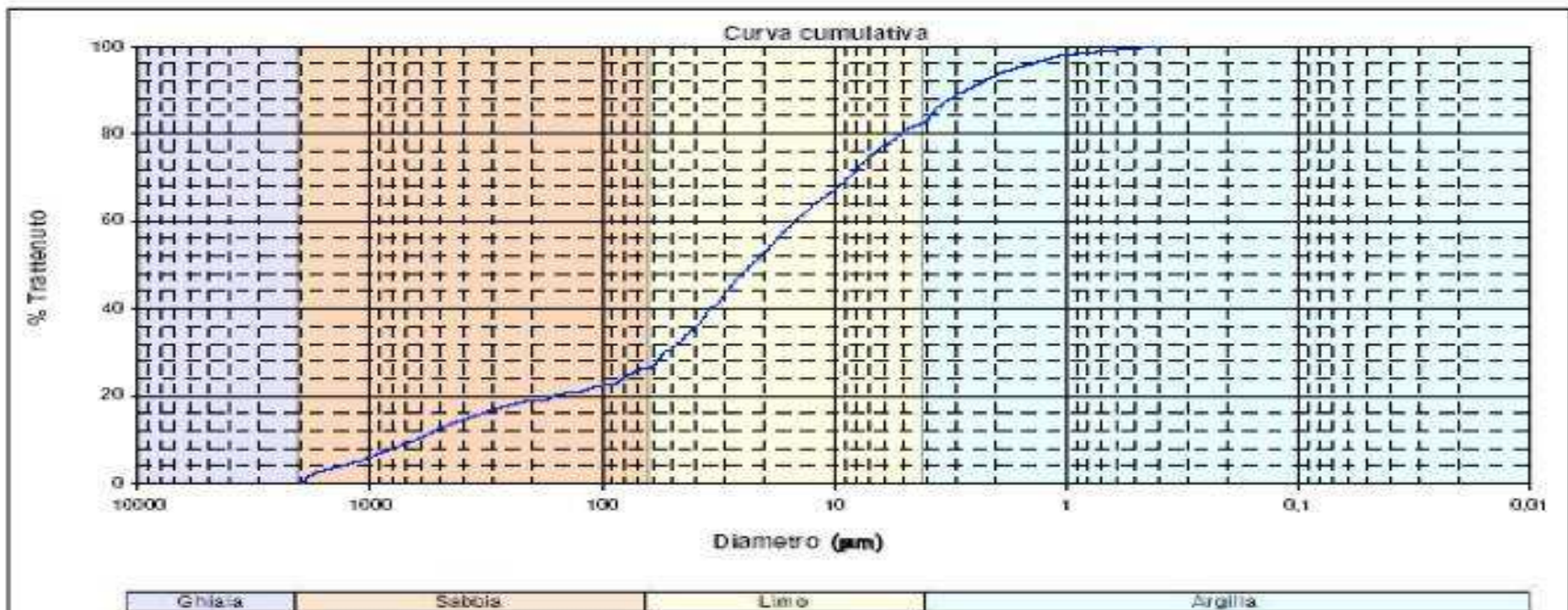
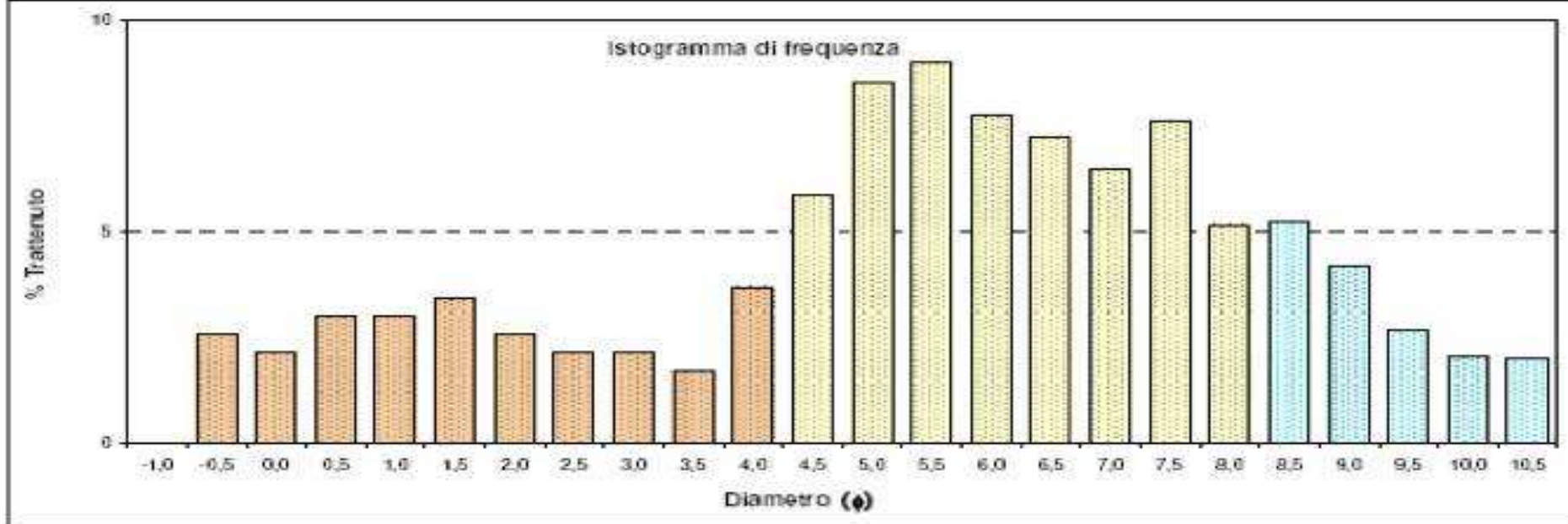


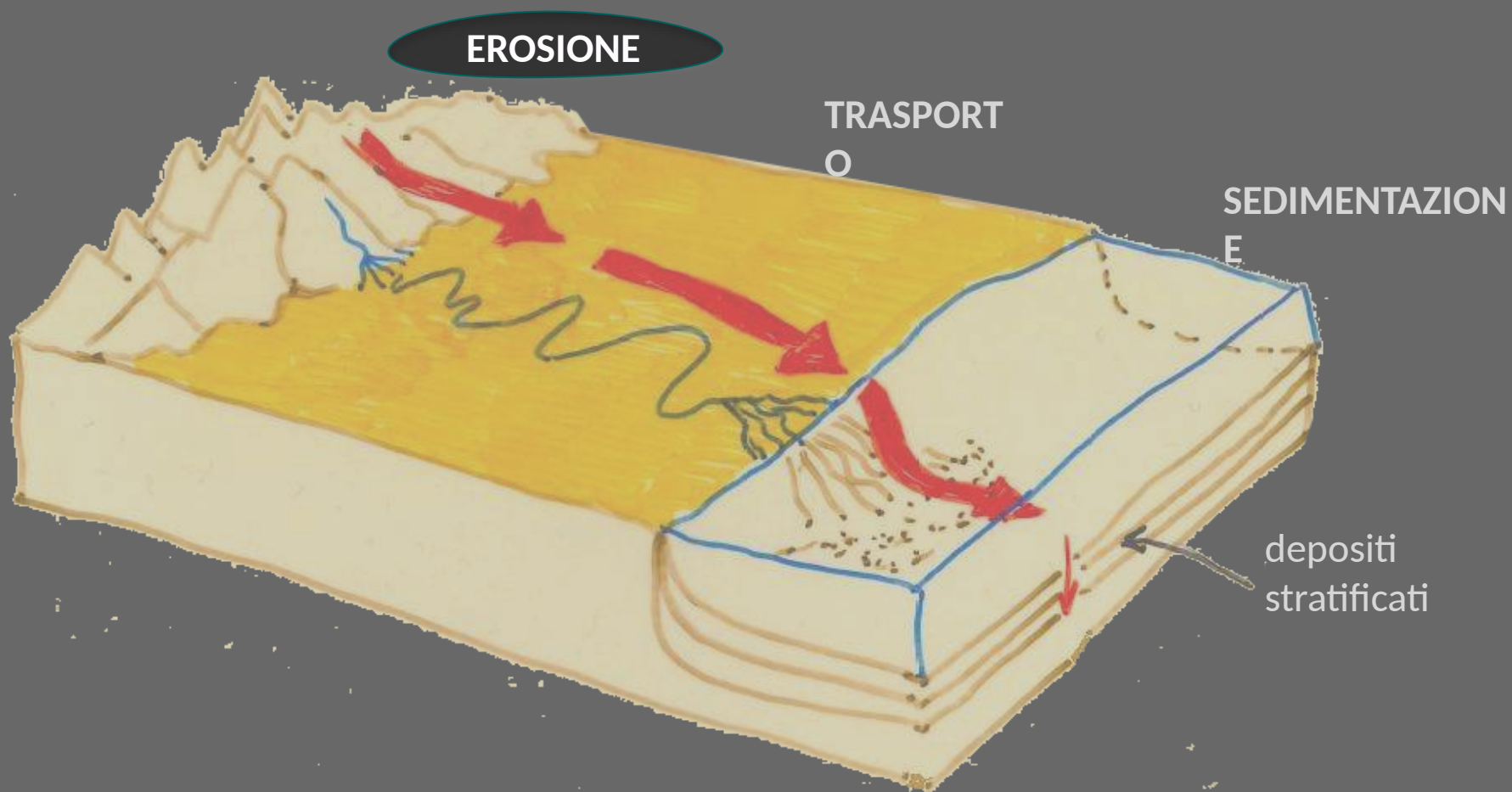
moda simmetria appuntimento



Calcolo grafico della dimensione media dei granuli
secondo Folk 1974

$$Mz = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}}{3}$$





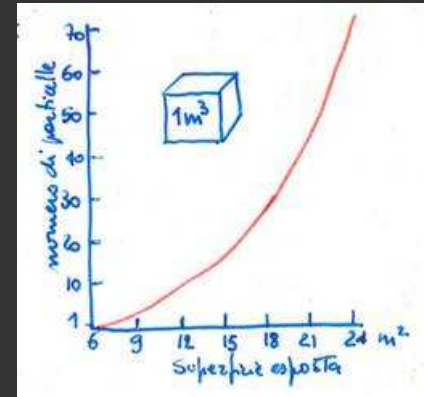
erosione

Degradazione meteorica



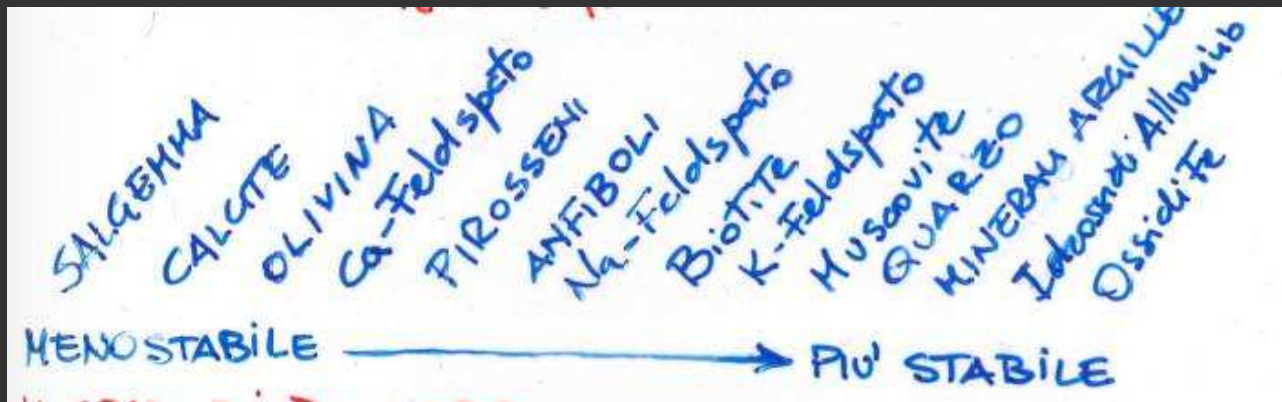
Alterazione
chimica

Disgregazione
fisica



Esiste interazione tra alterazione e disgregazione in quanto una roccia alterata si frantuma e la roccia frantumata ha una maggiore superficie sottoposta all'alterazione

Alterabilità dei minerali: prima chimici e poi silicati con serie di Bowen inversa



I minerali sono tanto più instabili quanto più le condizioni ambientali sono diverse dalle condizioni di cristallizzazione (serie di Bowen inversa)

Il grado di polimerizzazione dei silicati ne aumenta la stabilità

Le principali reazioni di alterazione chimica nei silicati sono di idratazione

Feldspato → caolinite

Biotite, olivina, pirosseni → clorite

Olivine, pirosseni → serpentino

Muscovite → illite

Es. Feldspato + acqua = caolinite



La caolinizzazione dei feldspati rende i graniti friabili e disaggregabili con le mani

FATTORI CHE CONTROLLANO L'ALTERAZIONE CHIMICA

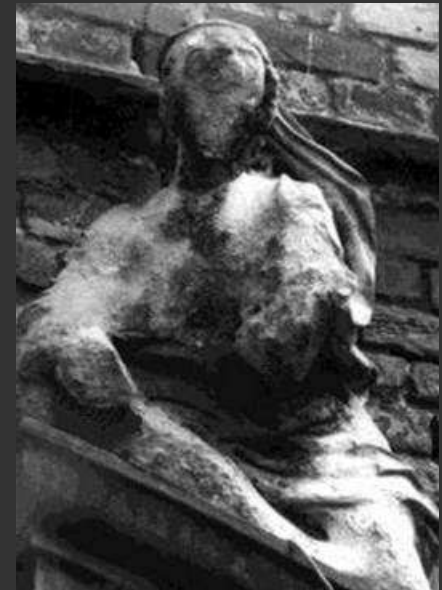
CLIMA (umidità e temperatura) in ambiente glaciale non ci sono argille, in ambiente tropicale si formano rocce residuali (ossidi e idrossidi di Fe e Al) perché viene lisciviato tutto il resto

PRESENZA DI SUOLO (umidità, acidi umici, radici) nel sottosuolo viene mantenuta l'umidità, gli acidi umici aggrediscono la roccia e le radici operano disaggregazione meccanica del regolite

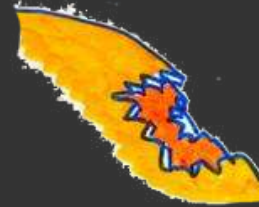
TEMPO tutti i processi di alterazione hanno velocità lentissime quindi occorrono tempi geologici

ACIDITA' DELLE PIOGGIE (l'immissione di inquinanti in atmosfera (zolfo in carbone e benzine) porta formazione di acido solforico, che attacca metalli, vernici, piante, chimismo dei laghi e altera le rocce.

Problema serio in città d'arte.



DISGREGAZIONE FISICA



ESFOLIAZIONE

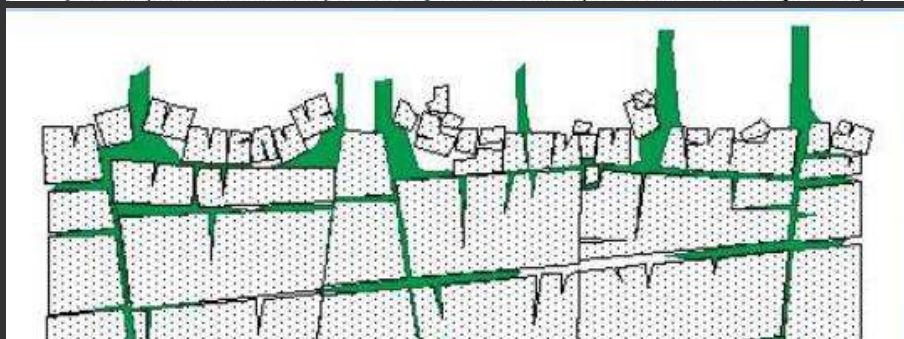
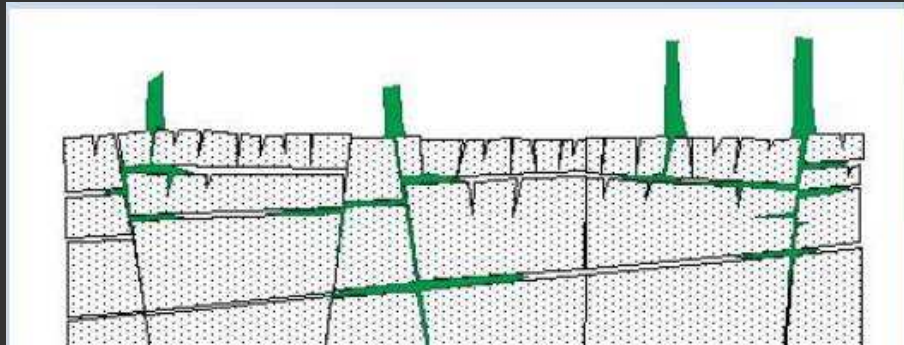
Se una roccia che si è formata a grande profondità (con forte pressione litostatica), viene esumata dall'erosione, la pressione diminuisce e la roccia si espande separandosi su livelli di spessore centimetrico. Tipica dei batoliti

DISGREGAZIONE FISICA



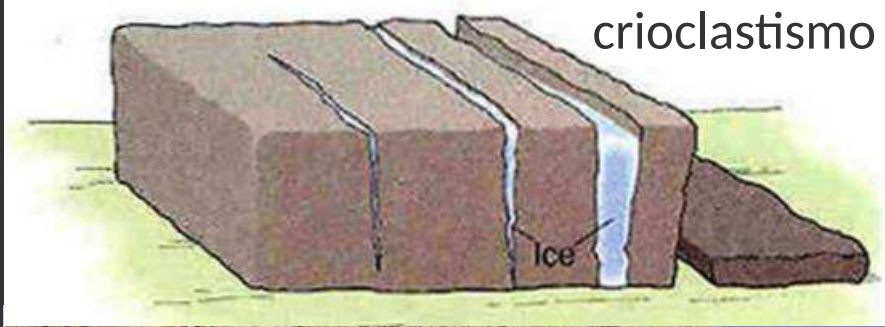
FATTORI BIOLOGICI

Attività vegetale indebolisce la roccia, con acidi umici (inizialmente muschi e licheni, poi piante superiori) e azione meccanica per espansione apparati radicali nelle fratture. Anche attività di scavo da parte di animali può contribuire



DISGREGAZIONE FISICA

crioclastismo



termoclastismo



aloclastismo



L'espansione di cristalli indebolisce la roccia. Ad alta quota si ha crioclastismo: l'acqua si infiltra nelle fessure e l'aumento di volume del ghiaccio ne causa la disgregazione. Ad alta quota o in clima desertico si può avere termoclastismo, per forte escursione termica soprattutto su rocce a tessitura granulare. In zone costiere invece si può avere aloclastismo per espansione di cristalli di sale trasportati dallo spray marino

Una volta che la degradazione meteorica ha indebolito la roccia questa viene erosa da:

vento < **Corrasione** abrasione meccanica sia sulle rocce sia sui grandi temi
Deflazione allontanamento delle particelle, è importante perché si scopre nuova superficie

ghiacciai < **Esarazione** erosione meccanica grande scala valli ad U a piccola scala (rocce montonate)
Estrazione rimozione dei materiali prodotti dal crioclastismo

mare < **Abrasione** su falesia attive ad opera dei classici su rocce indebolite da erosione biologiche chimica solchi di battente
Rimobilizzazione su coste basse per ingressione marina o su fondali marini per correnti o maree

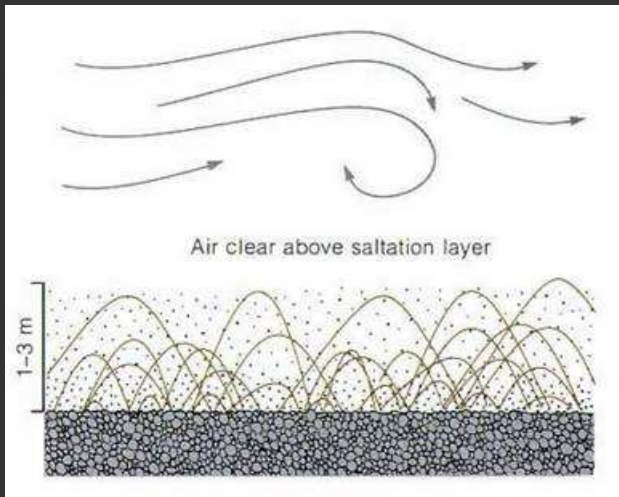
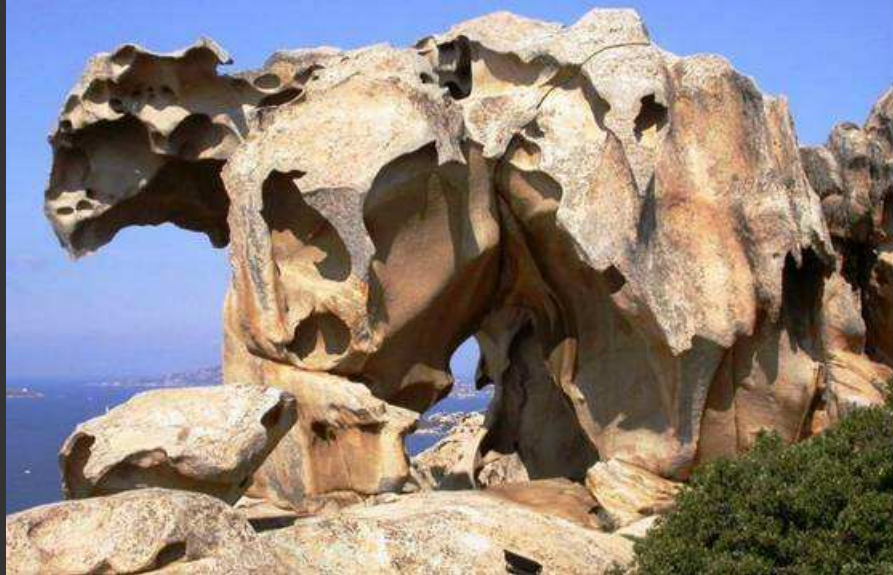
fiumi < **Destabilizzazione** versanti della valle
Rimozione del detrito tramite trasporto in alveo



È la forma di erosione più importante
produce in enormi quantità di
sedimento ed è responsabile della
modellazione del paesaggio

Una volta che la degradazione meteorica ha indebolito la roccia questa viene erosa da:

vento < **Corrasione** abrasione meccanica sia sulle rocce sia sui grandi temi
Deflazione allontanamento delle particelle, è importante perché si scopre nuova superficie

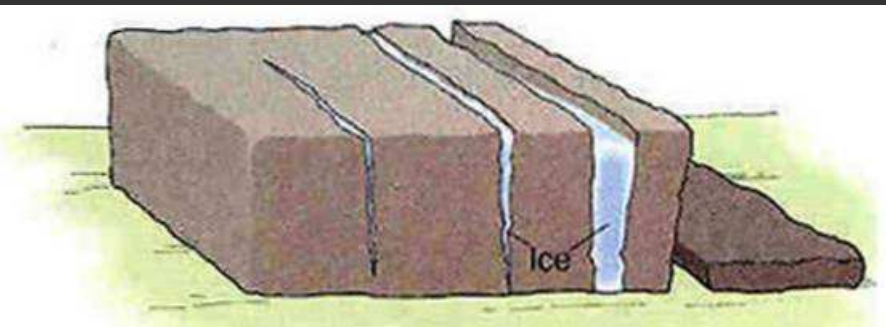
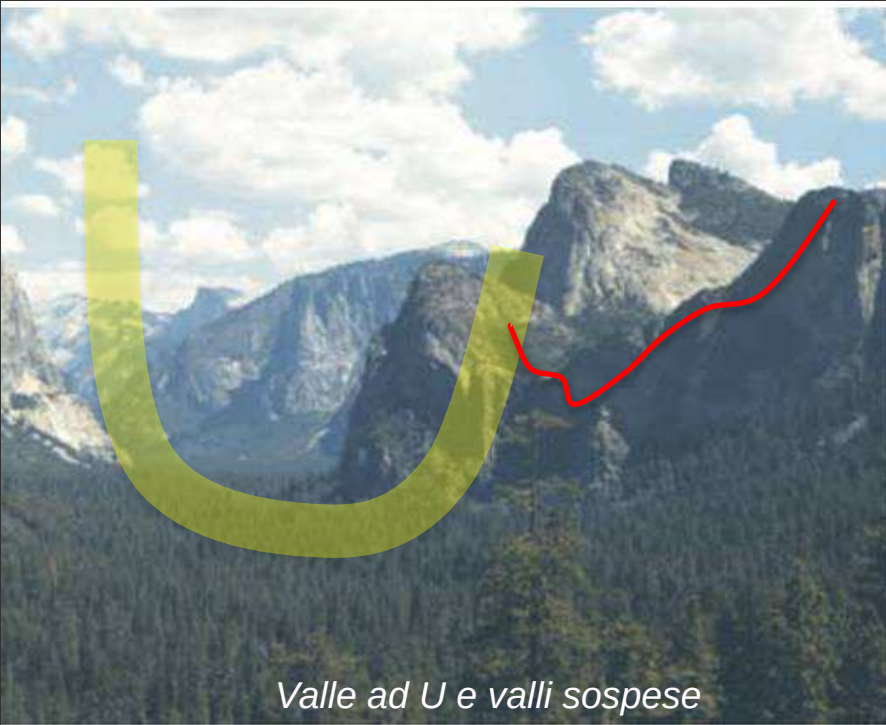


Una volta che la degradazione meteorica ha indebolito la roccia questa viene erosa da:

ghiacciai

Esarazione erosione meccanica grande scala valli ad U a piccola scala (rocce montonate)

Estrazione rimozione dei materiali prodotti dal crioclastismo



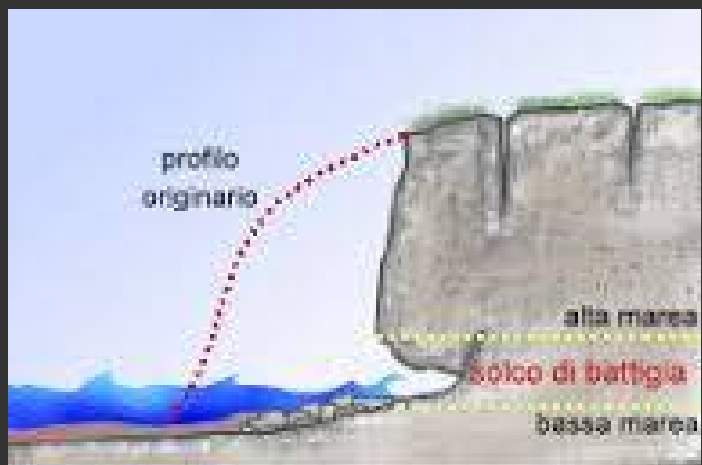
Una volta che la degradazione meteorica ha indebolito la roccia questa viene erosa da:

mare



Abrasione su falesia attive ad opera dei classici su rocce indebolite da erosione biologiche chimica solchi di battente

Rimobilizzazione su coste basse per ingressione marina o su fondali marini per correnti o maree



Una volta che la degradazione meteorica ha indebolito la roccia questa viene erosa da:

fiumi < Destabilizzazione versanti della valle
Rimozione del detrito tramite trasporto in alveo

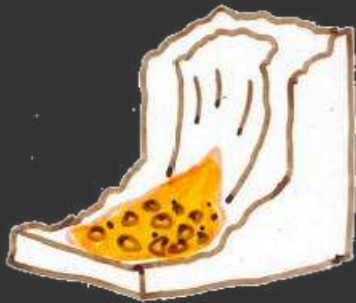
È la forma di erosione più importante, produce in enormi quantità di sedimento ed è responsabile della modellazione del paesaggio

I materiali alterati o disgregati vengono mobilizzati
essenzialmente per **instabilità gravitativa**.
Ruolo fondamentale e dell'acqua che innesca, lubrifica,
veicola il detrito.

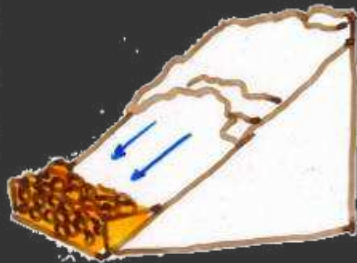
L'instabilità gravitativa forma coltri di detrito al piede dei rilievi.



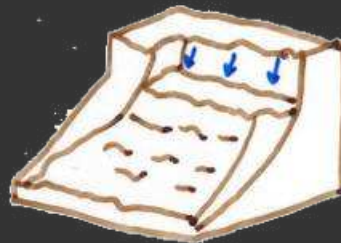
Principali tipi di frana (in genere si riconosce nicchia di distacco e accumulo di frana)



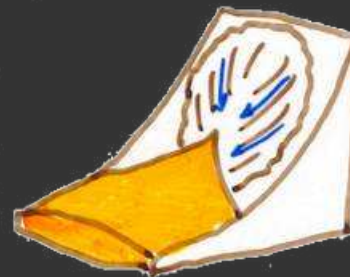
Crollo



Scivolamento



Scoscendimento
rotazionale



Smottamento



Colata

Se si superano certi sforzi una roccia si rompe
oppure se si supera l' angolo di riposo di un terreno si muove

le frane si innescano quando forze agenti superano le forze resistenti

Anche la giacitura degli strati influenza di stabilità



La granulometria determina
l'angolo di riposo

sabbia
fine



sabbia
grossa



ciottoli



il contenuto d'acqua influenza l' angolo di riposo



asciutto



umido



saturo



Ruolo dell'acqua

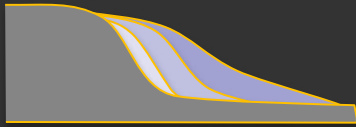


- Sempre sabbia ma diverso angolo di attrito interno (angolo di riposo)

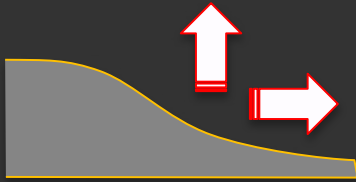


Il prevalere delle forze agenti sulle forze resistenti avviene per:

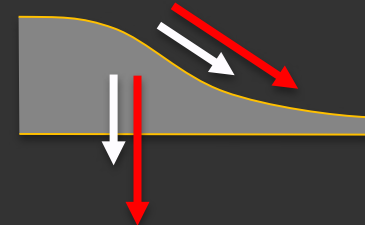
- aumento del pendio per erosione o escavo fino al superamento dell'angolo d'attrito



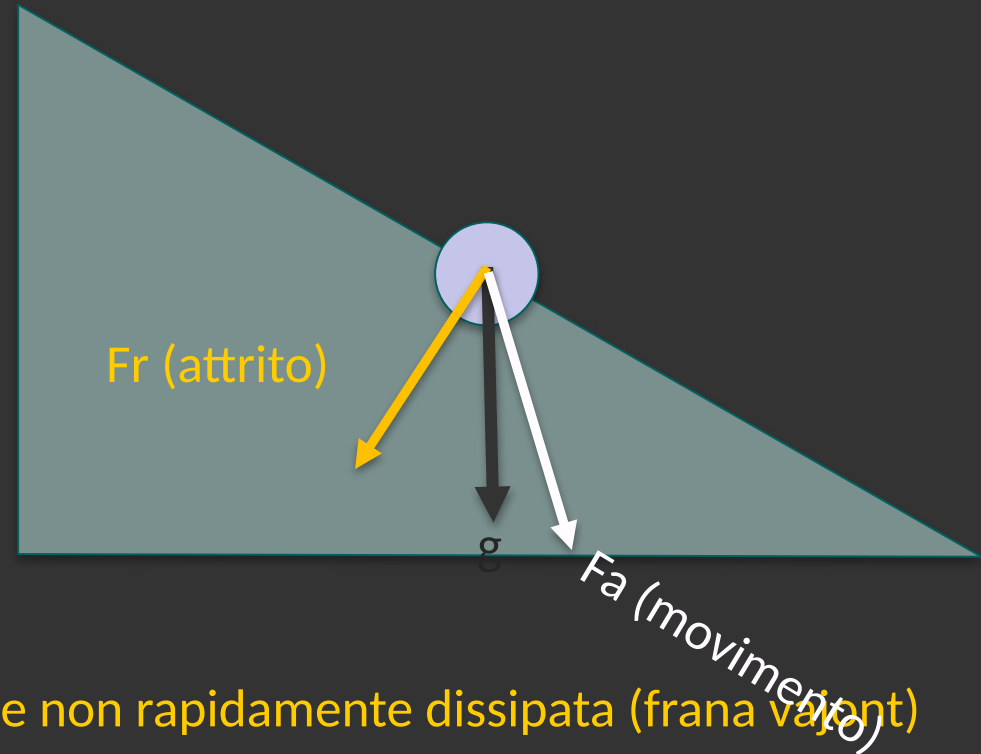
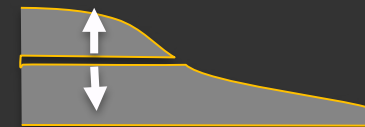
- accelerazioni causate da sismi



- aumento di peso per acqua assorbita e non rapidamente dissipata (frana valangia)



- formazione di sovrappressioni sui giunti di debolezza



fattori predisponenti:

eruzioni vulcaniche -> enormi spessori di materiali incoerenti facilmente mobilizzabili

manca di copertura vegetale -> diminuisce il ruscellamento e l'ancoraggio fisico

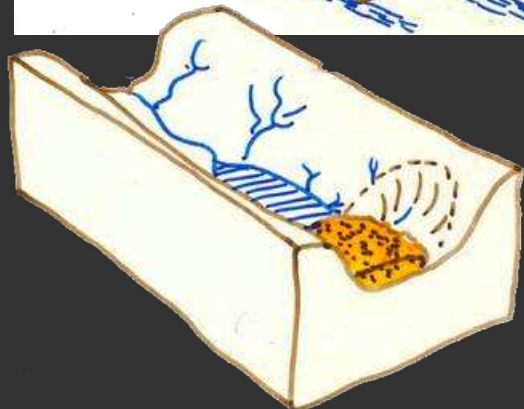
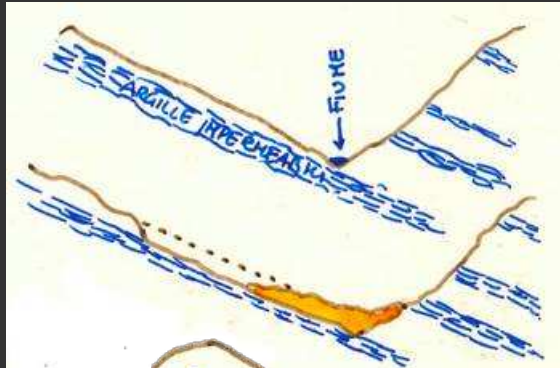
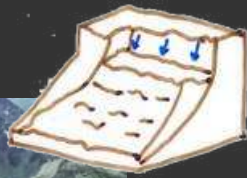
alternanza di stati permeabili e impermeabili -> favorisce formazione di sovrappressioni specie se in condizioni di franapoggio

cause antropiche

- escavi e aumenti di pendio
- aumento delle forze agenti
- variazioni di falda indotte
- insediamento in aree non idonee

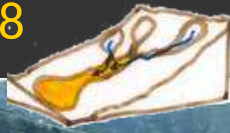
il costo della
prevenzione rilievo,
progettazione,
monitoraggio è di
ordini di grandezza
inferiore al ripristino il
costo sociale e umano
non è quantificabile

Valtellina 1987



35 vittime

Sarno 1998



137 vittime

Vajont 1959



3.000 vittime

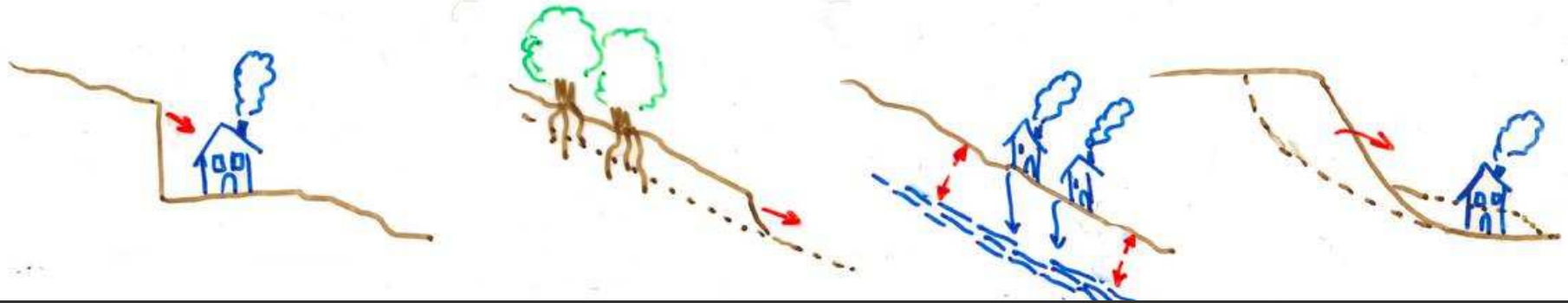
Cause di dissesto indotto

alterazione
del pendio

disboscamento

alterazione
della falda
acquifera

rimozione del
piede di una
vecchia frana



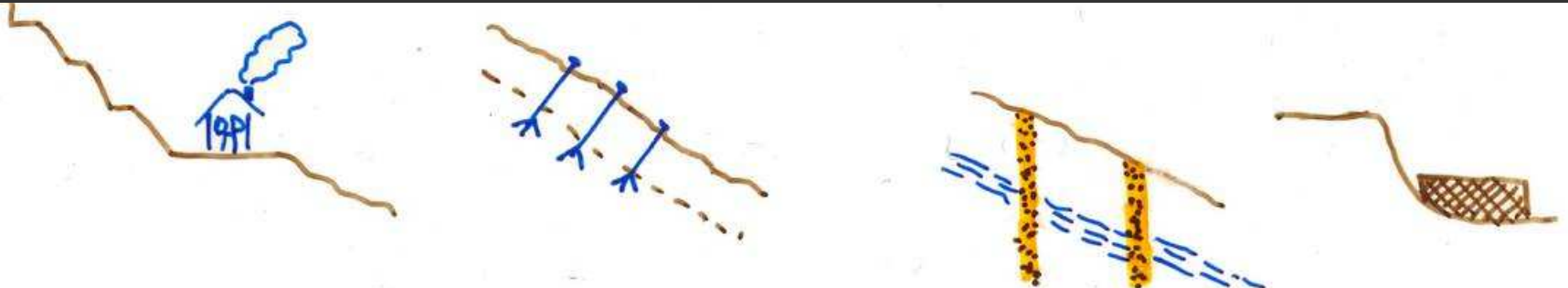
Azioni di mitigazione

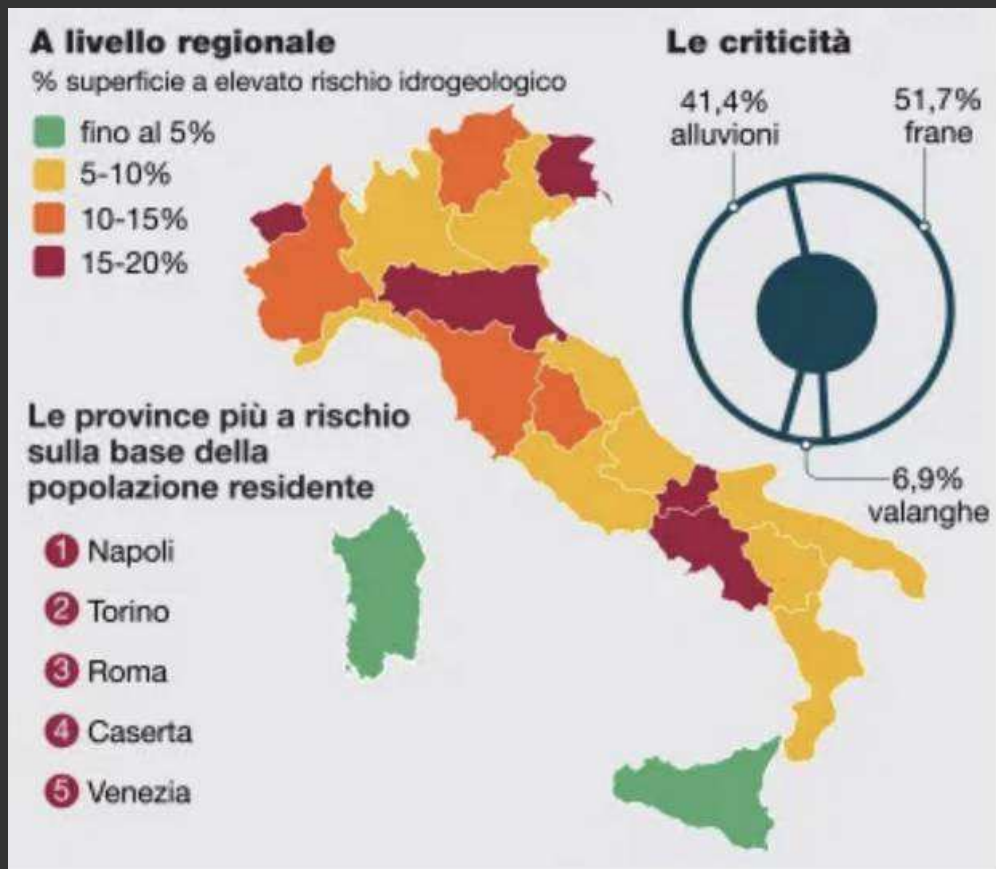
riduzione
del pendio

ancoraggi

drenaggi

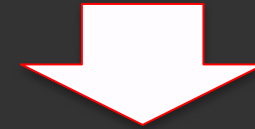
stabilizzazione
del piede





Mitigazione del rischio

- evitare zone a rischio
- non alterare la stabilità
- controllo idrogeologico



monitoraggio di:

precipitazione

movimenti lenti

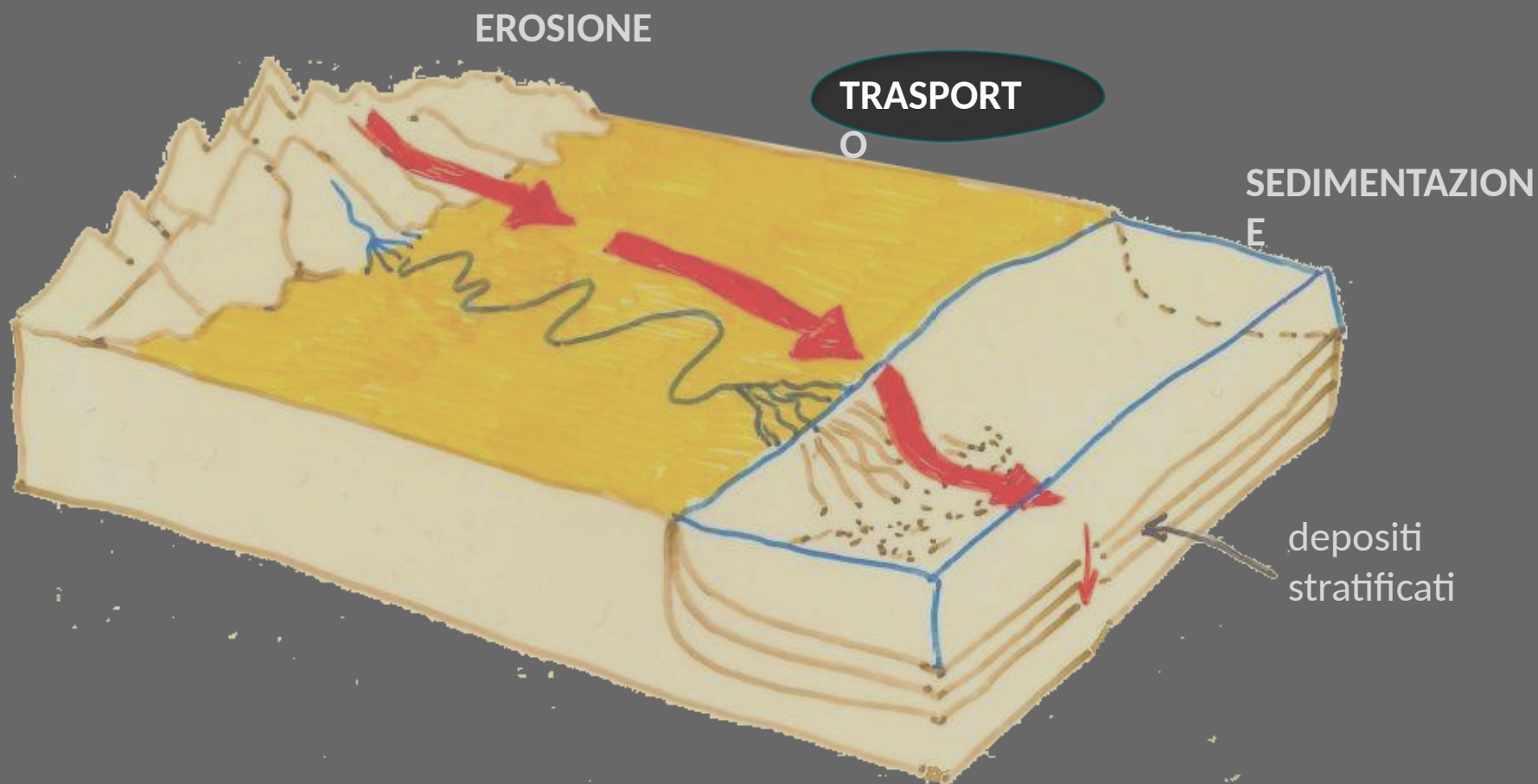
pressioni interstiziali

livello della falda

rilievo
geologico
geomorfologico
geotecnico



progettazione
accorta e specifica
delle opere



trasporto

Meccanismi di movimento dei granuli



rotolamento (e scivolamento) non si perde mai il contatto tra i granuli e il fondo

saltazione traiettorie balistiche con contatto saltuario tra granuli e fondo

sospensione la turbolenza sostiene granuli che non toccano il fondo

nella realtà il movimento è complesso e intermittente

in una corrente è possibile distinguere:

trasporto di fondo: sedimenti grossolani si muovono per rotolamento e saltazione

trasporti in sospensione: sedimenti fini tenuti in sospensione dai moti turbolenti.

il trasporto in sospensione aumenta con la densità del fluido
(poco nell'aria abbastanza nell'acqua molto nel fango)



Erosione, trasporto e sedimentazione

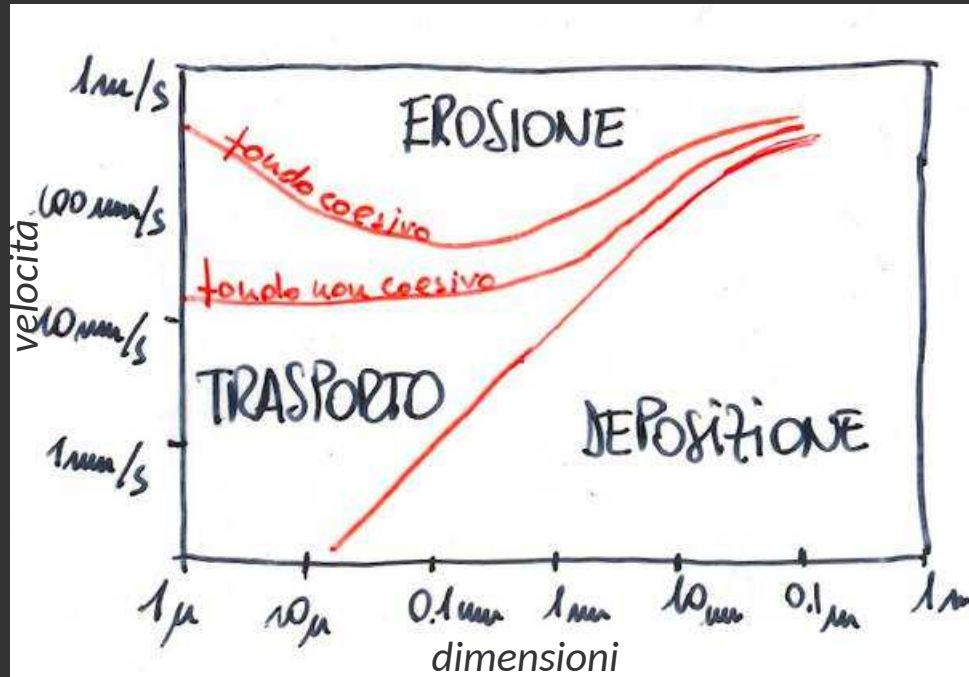


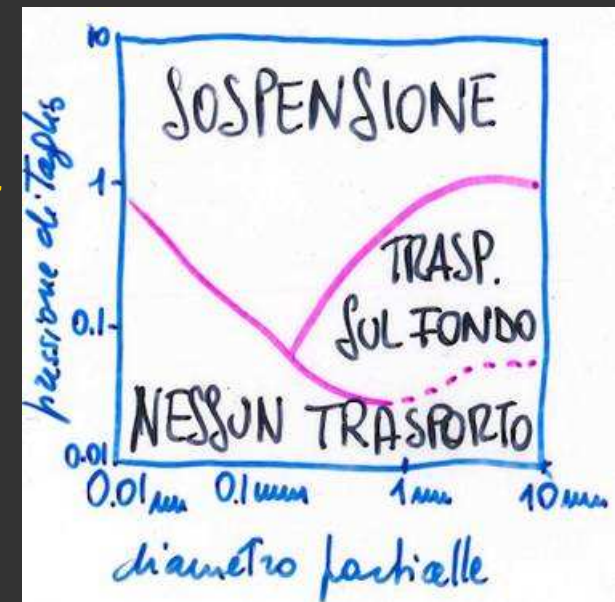
diagramma di Hjulstrom

All'aumentare delle dimensioni dei granuli aumenta la velocità necessaria per eroderli e per farli sedimentare (parte destra del diagramma).

Al di sotto dei 100 μ però la velocità per erodere è >> di quella per depositare a causa delle forze di coesione. Quindi ci vuole pochissima energia per depositare un'argilla ma, una volta deposta, tanta per eroderla.

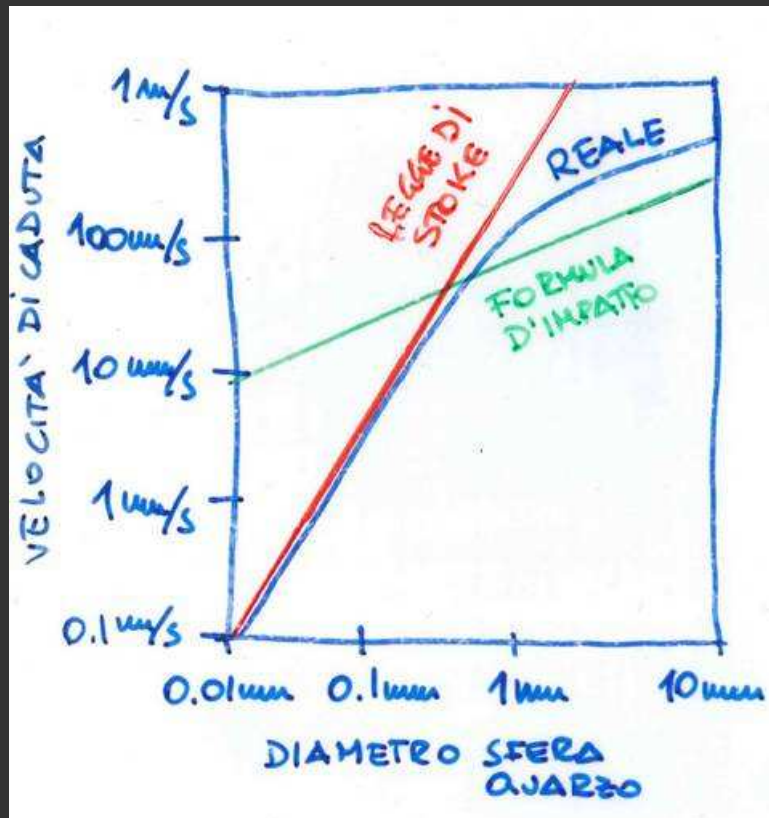
diagramma di Shields

solo granuli di una certa dimensione vengono trasportati sul fondo. Per gli altri più fini la corrente necessaria per eroderli deve vincere le forze coesive e quindi, appena il granulo viene eroso, questo va immediatamente in sospensione.

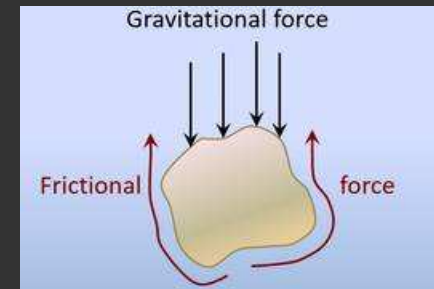


Trasporto

guidato dalla forza di gravità (tutti i sedimenti si muovono verso il basso) , ogni minimo topografico è una trappola sedimentaria
trasporto avviene ad opera di una corrente (vento, fiumi, marea, onde)
le particelle vengono trasportate se c'è sufficiente energia (sforzo di taglio) rispetto alle dimensioni del grano



Velocità di caduta
di un granulo
in un fluido



LEGGE DI STOKES
$$v = \frac{g d^2 (e_1 - e_2)}{18 \mu}$$

FORMULA DI IMPATTO
$$v = \sqrt{\frac{4}{3} g \frac{(e_1 - e_2) d}{e}}$$

la legge di Stokes funziona bene per sabbie fini e peliti perché tiene conto della viscosità

Alternanza di
sedimenti più o meno
grossolani quindi
indica una successione
di eventi a minore o
maggiore energia



Le particelle restano o meno in sospensione in funzione delle loro dimensioni (i fini vanno più lontano)

Questo genera strutture gradate: nel caso usuale di un flusso che rallenta perdendo capacità di trasporto si sedimentano granuli via via più fini (gradazione diretta) Se il flusso accelera si depositano sedimenti via via più grossolani (gradazione inversa).

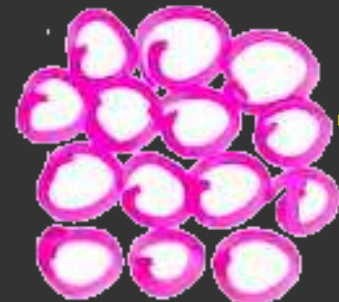
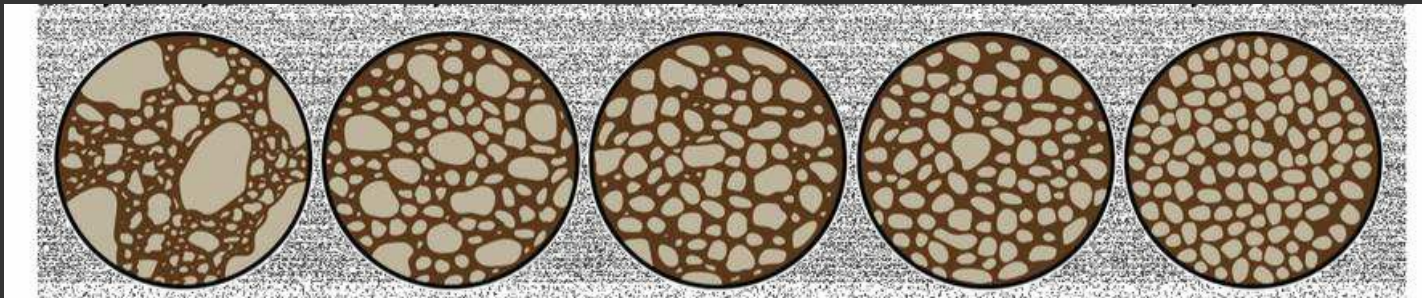


gradazione diretta



gradazione inversa

Se una corrente ha energia costante, solo una certa frazione granulometrica si potrà sedimentare formando sedimento classato. Il trasporto in genere è intermittente e spesso sporadico (fiumi onde)

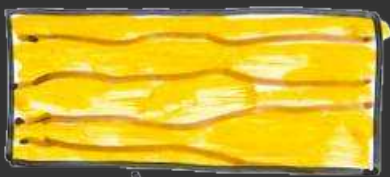


sedimento ben classato

Strutture sedimentarie

Organizzazione fisica dei depositi, fornisce informazioni sull'ambiente di sedimentazione. E' la modalità normale di disporsi dei sedimenti clastici, sovrapposti per eventi o impulsi successivi.

Stratificazione
pianoparallela



La più comune, correnti
forti o molto deboli

Stratificazione a
festoni (hummock)



Correnti deboli
non confinate

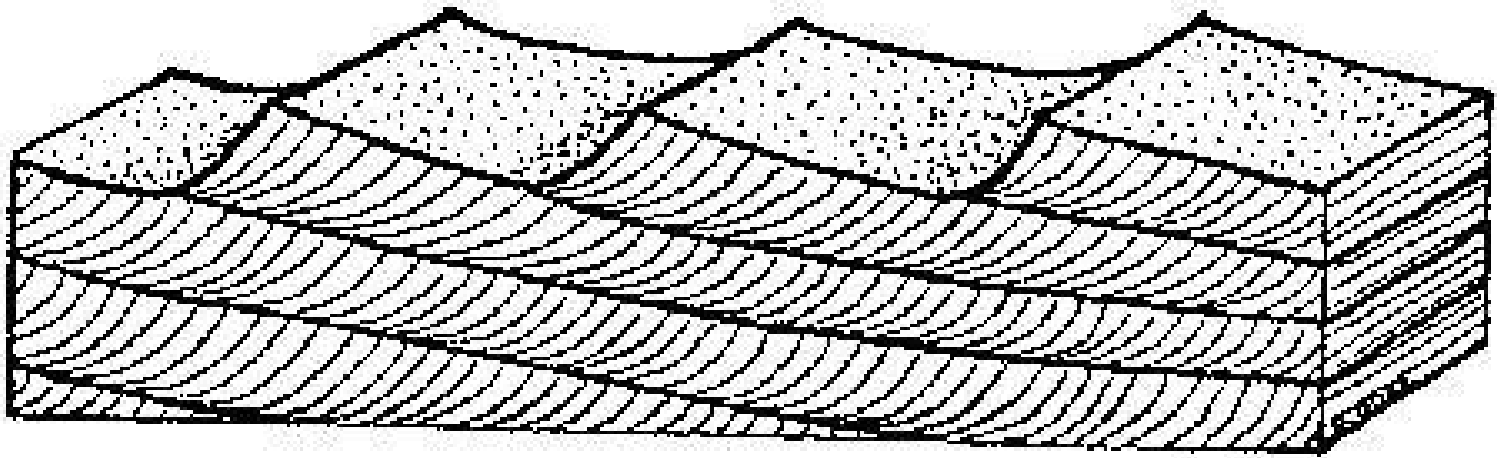
stratificazione
incrociata

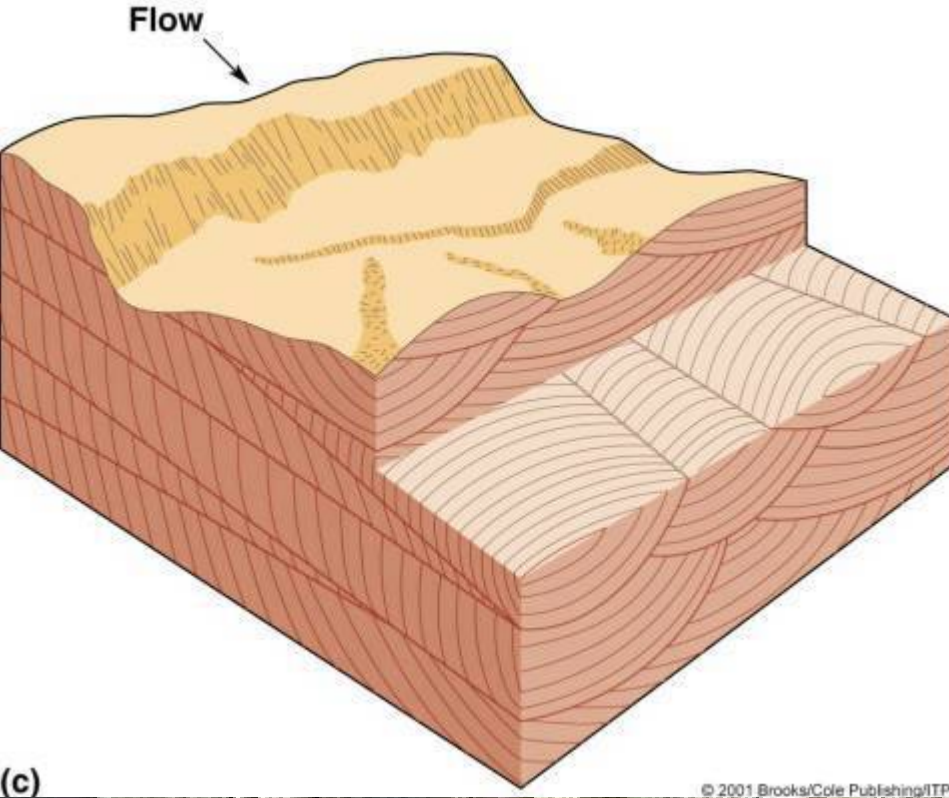


correnti intermedie
con forme di fondo
(dune, barre , ripple)



← Flow direction





Stratificazione a
festoni (hummock)



Correnti deboli
non confinate



A piccola scala la laminazione a festoni può essere anche dovuta a ripple tridimensionali

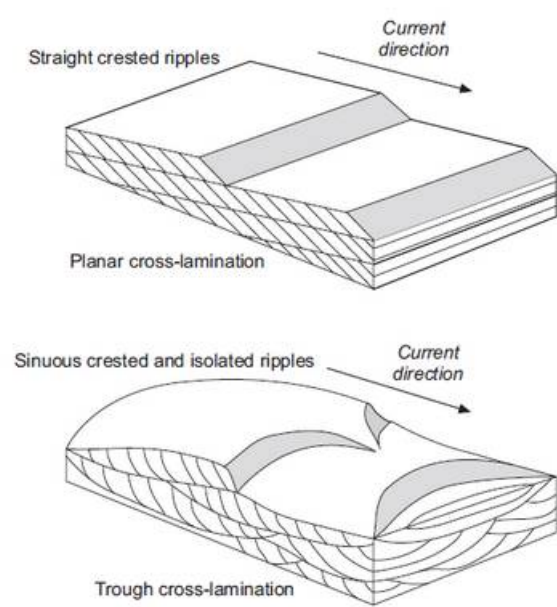
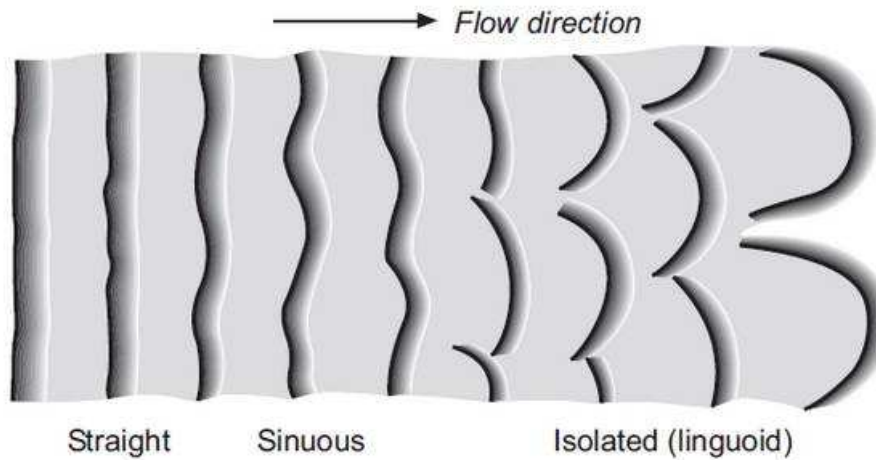


Fig. 4.11 In plan view current ripples may have straight, sinuous or isolated crests.

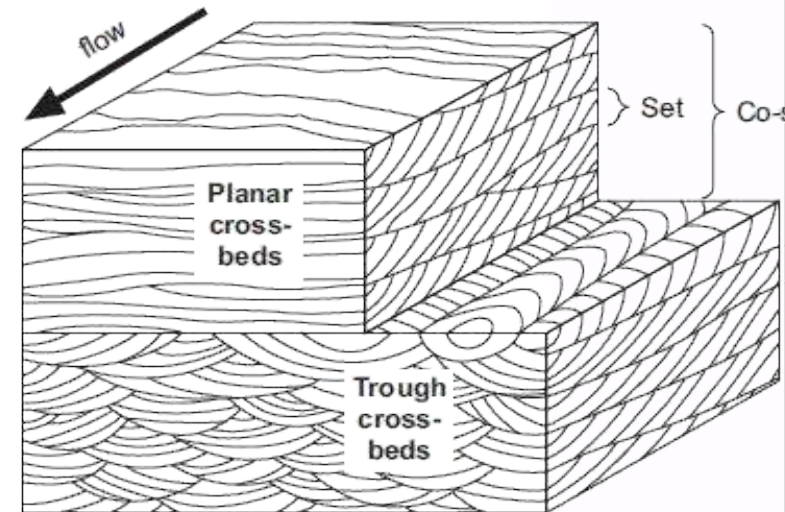
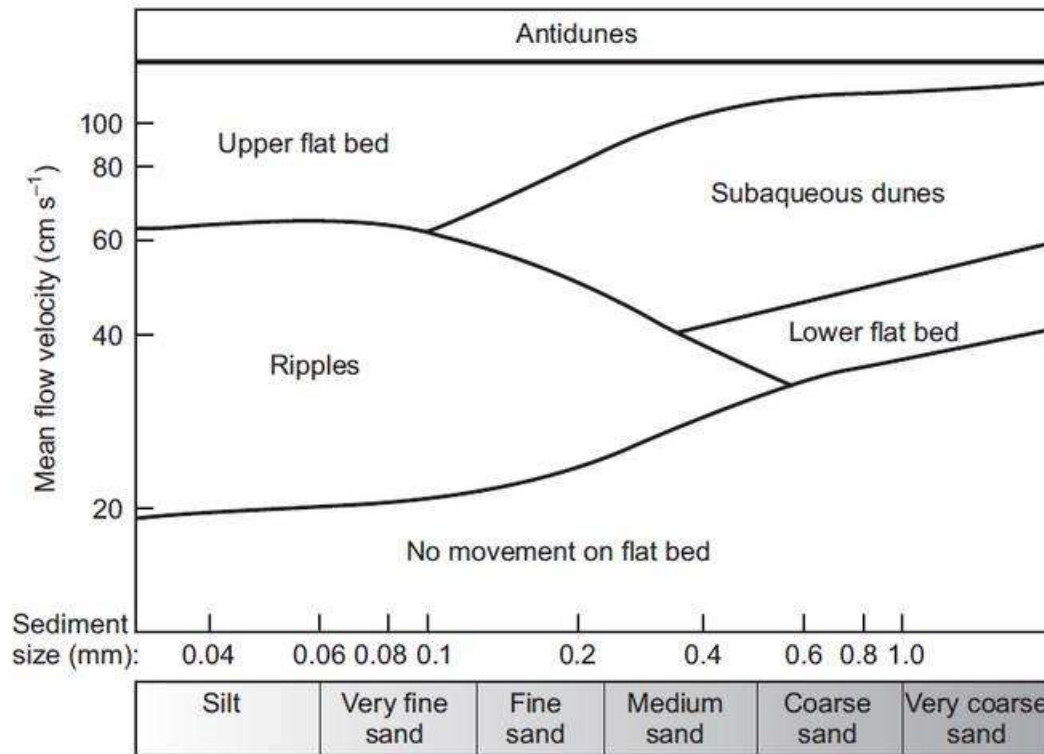
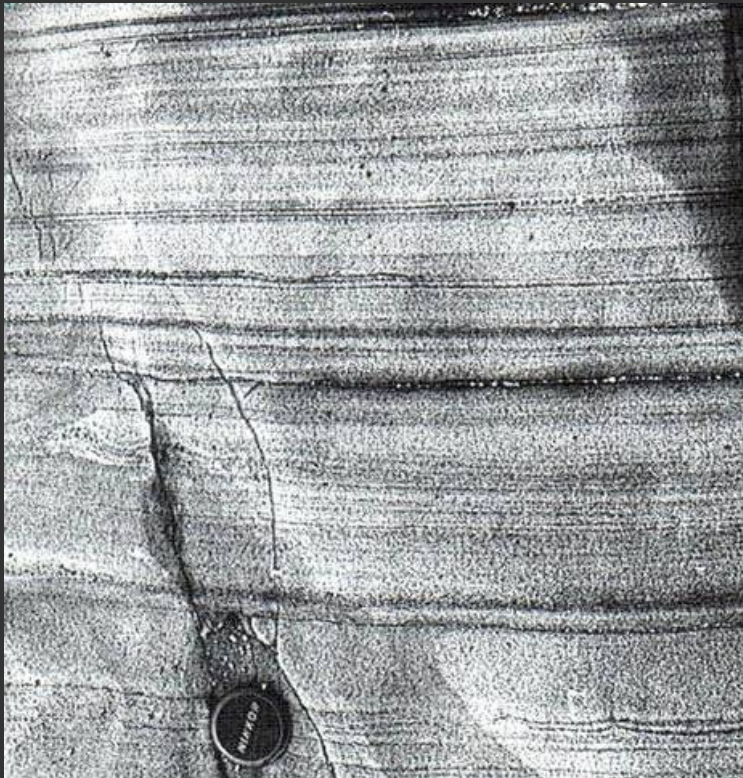
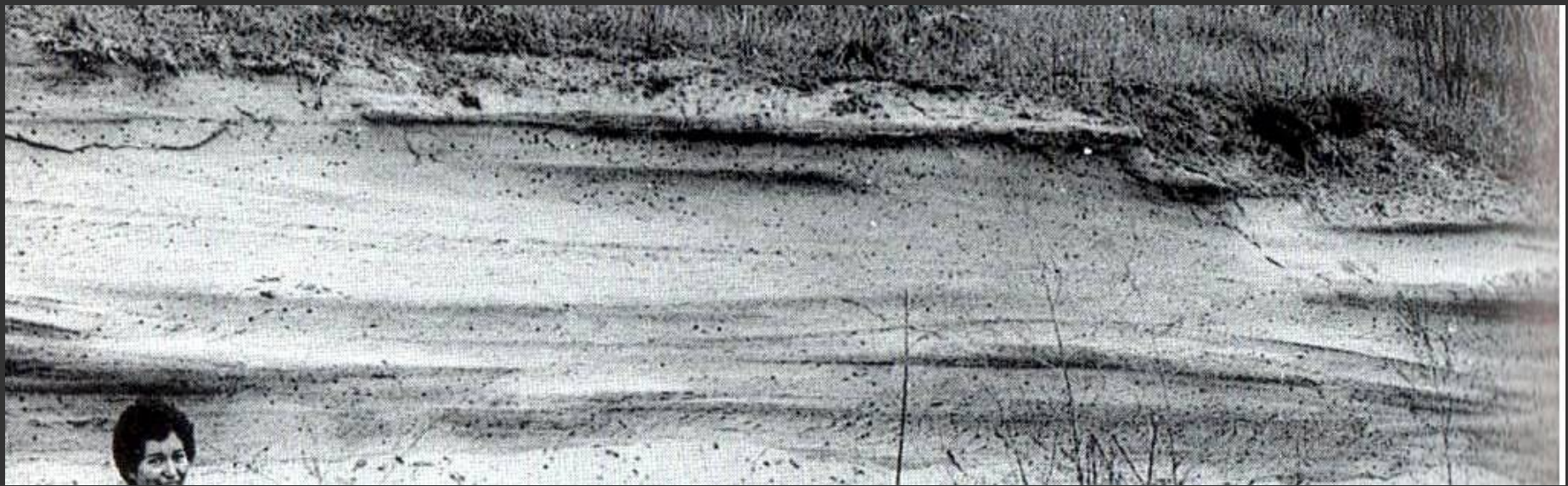
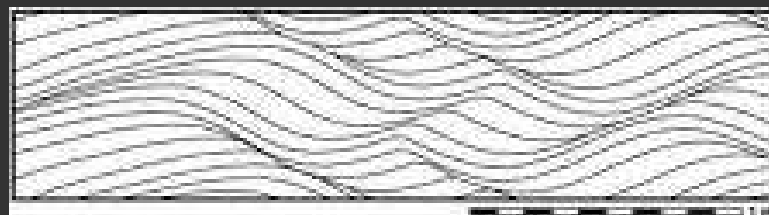


Fig. 4.20 A bedform stability diagram which shows how the type of bedform that is stable varies with both the grain size of the sediment and the velocity of the flow.



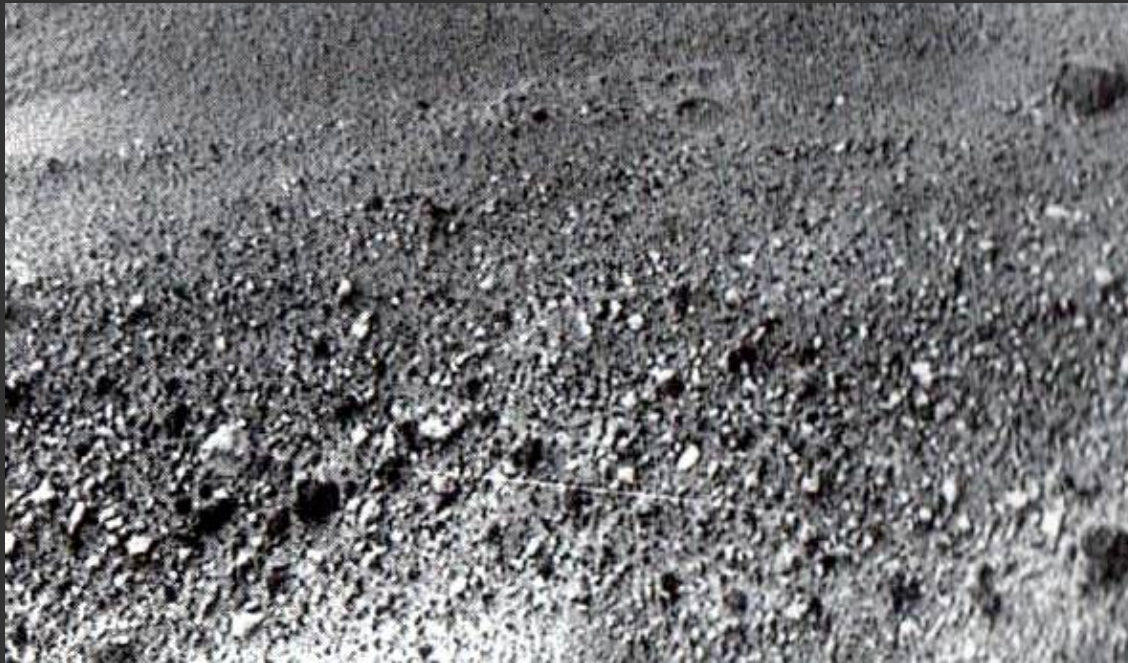
Francesco L. Chiocci – corso di geologia per scienze naturali – immagini



Gradazione

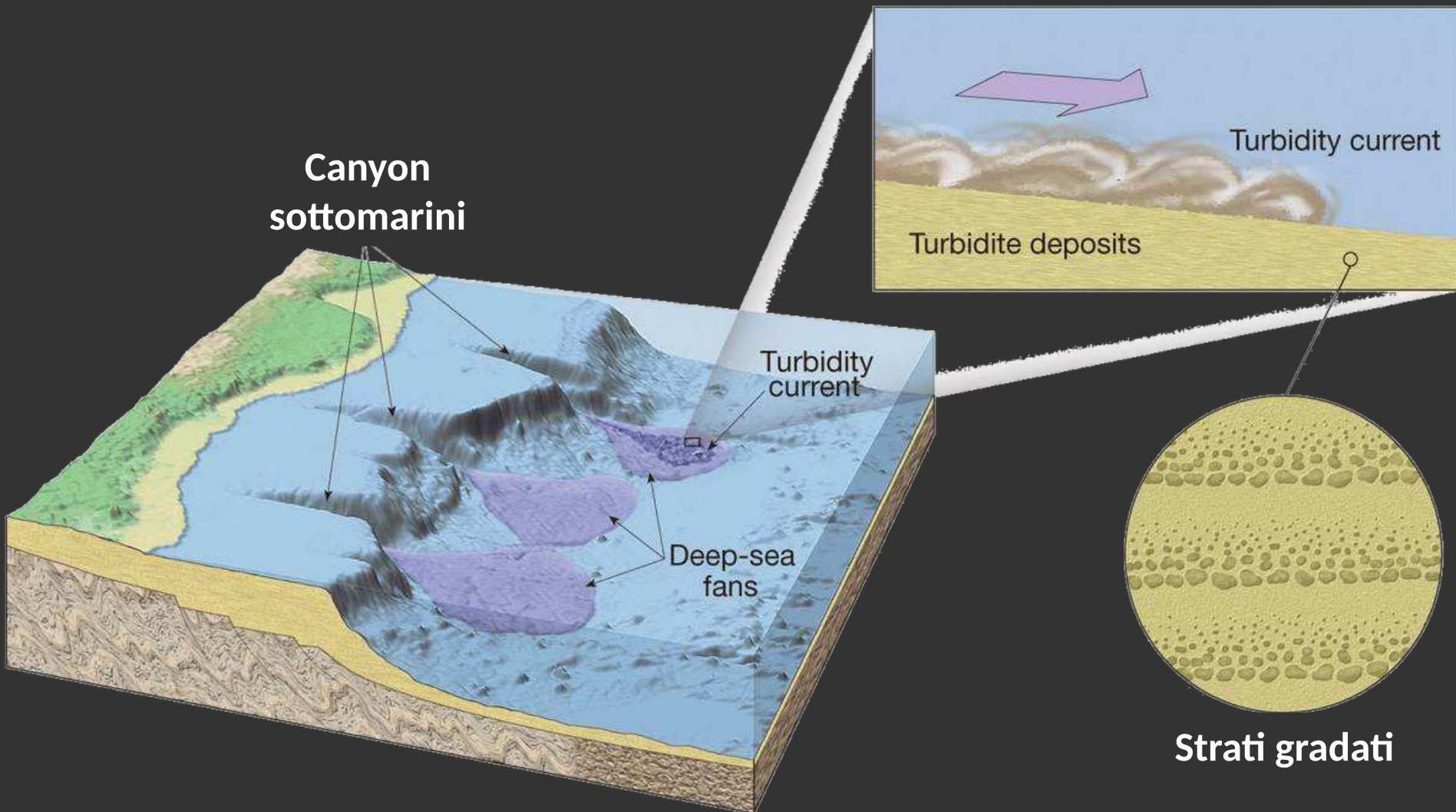
organizzazione verticale con aumento o diminuzione di granulometria verso l'altro

La gradazione diretta indica diminuzione di energia di un flusso (più comune).



In Appennino e in tutte le catene montuose frequenti successioni di strati gradati (flysh) prodotti da torbiditi

Modello di formazione dei depositi torbiditici



Classazione

Omogeneità nella dimensione dei granuli.

Un sedimento ben classato è senza matrice e si è depositato sotto un flusso a velocità costante (ad es. sabbia eolica o battigia)

Un sedimento mal classato si è depositato in un ambiente a bassa energia (molta matrice) o con scarsa selezione nel trasporto (morene glaciali).

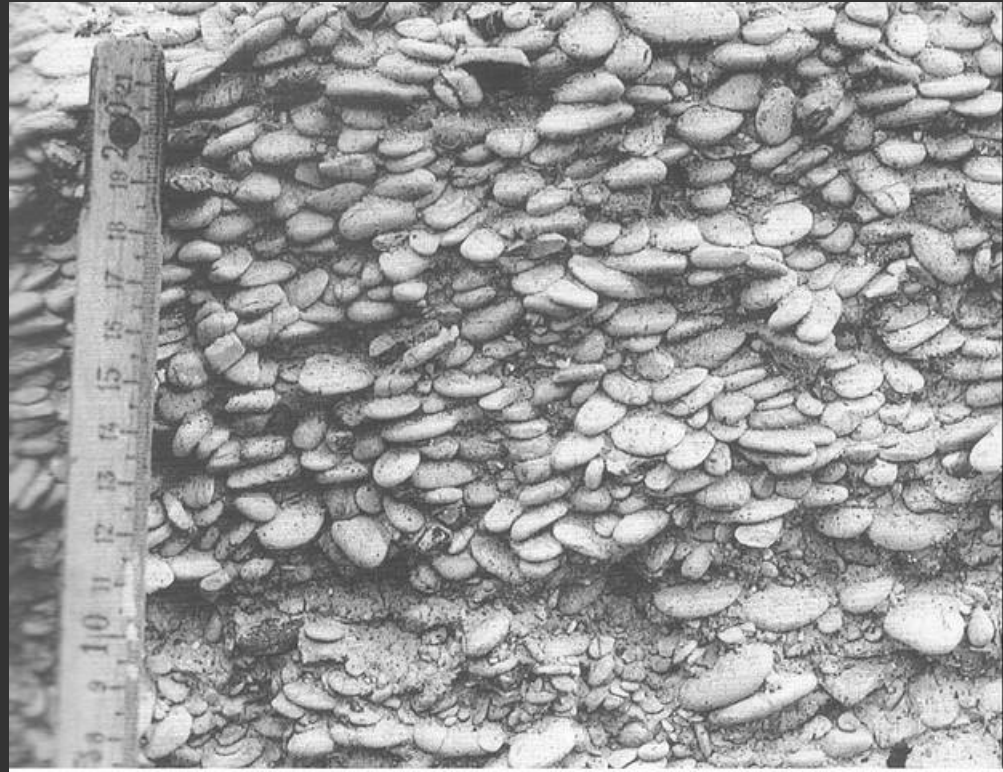
I sedimenti ben classati sono più permeabili ed hanno una cementazione più veloce



Embriciamento

Disposizione di ciottoli appiattiti parzialmente sovrapposti come le tegole su un tetto.

Tipico di spiagge ghiaiose.



Bioturbazione

in sedimenti marini, special argillosi, le strutture sedimentarie sono cancellate dall'azione degli organismi bentonici. Sono invece ben visibili tracce di limivori, tane, cumuli, spesso messi in evidenza dalla diagenesi

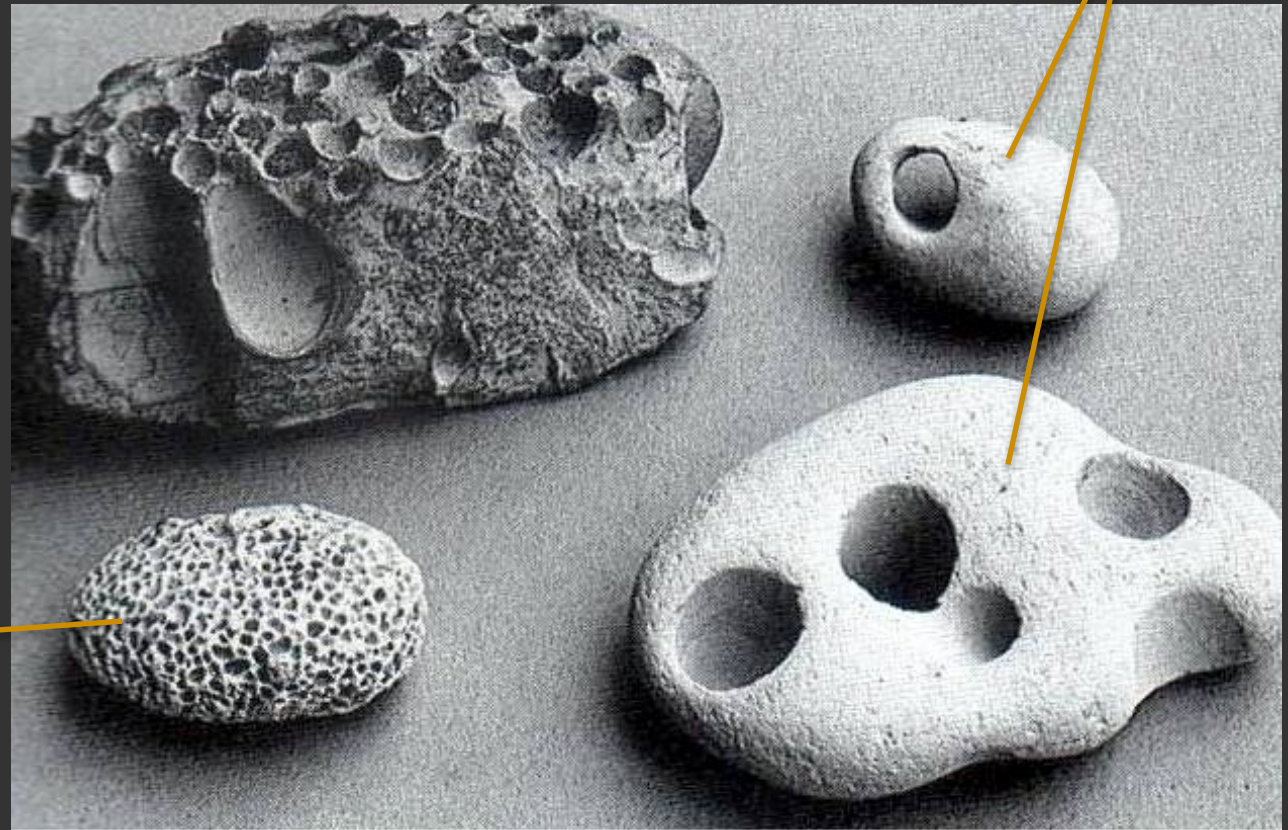


Tracce di litofagi

Su substrato roccioso, specie carbonatico, sono evidenti tracce di attività biotica o perforante o di radicamento al substrato

spugne

litodomi



Poligoni di disseccamento

(mud crack) – sulla superficie di strato –
tipico DI ambiente subaereo

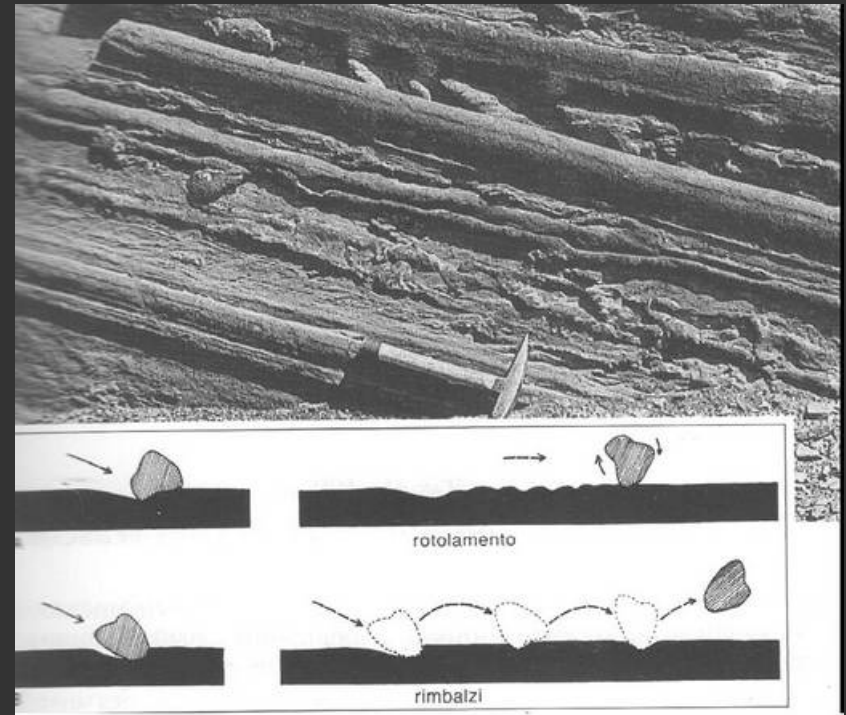
si formano per deidratazione di sedimenti
argillosi e talvolta si associano con depositi
salini (per risalita capillare)



Strutture da impatto

sulla superficie di strato - prodotte da
oggetti che urtano la superficie del
sedimento

(pioggia e grandine, ejecta vulcanici,
dropstone da iceberg)



LE ROCCE

Rocce clastiche (o detritiche)

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

Rocce organogene (o biogene)

Carbonatiche	Calcari	biocostruiti boundstone particellari grainstone packstone wakestone mudstone (micrite)
	Dolomie	
Silicee		
Depositi organici	Sapropel	torba
	Carboni	lignite litantrace antracite
	Idrocarburi	cherogene asfalti e bitumi petrolio gas scisti bituminosi

Rocce chimiche

Evaporiti	calcite gesso alite
Selci	agata nodulari
Alabastro	
Travertino	idrotermale di cascata
Ferri fe re	BIF placers noduli FeMn
Fosforiti	

Rocce Residuali

Lateriti
Bauxiti
Argille residuali

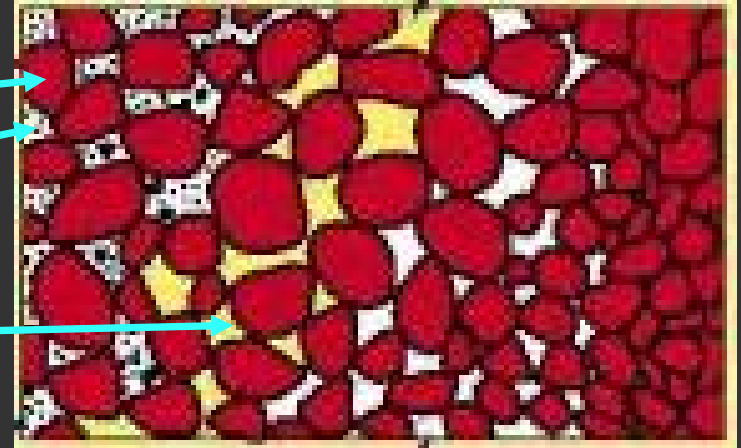
ROCCE SEDIMENTARIE CLASTICHE

in una roccia detritica si differenziano

Scheletro granuli grandi

Matrice granuli piccoli

Cemento riempimento dei pori



il cemento precipita dalle acque interstiziali, in genere è calcareo o siliceo

la quantità di cemento è inversamente proporzionale alla matrice

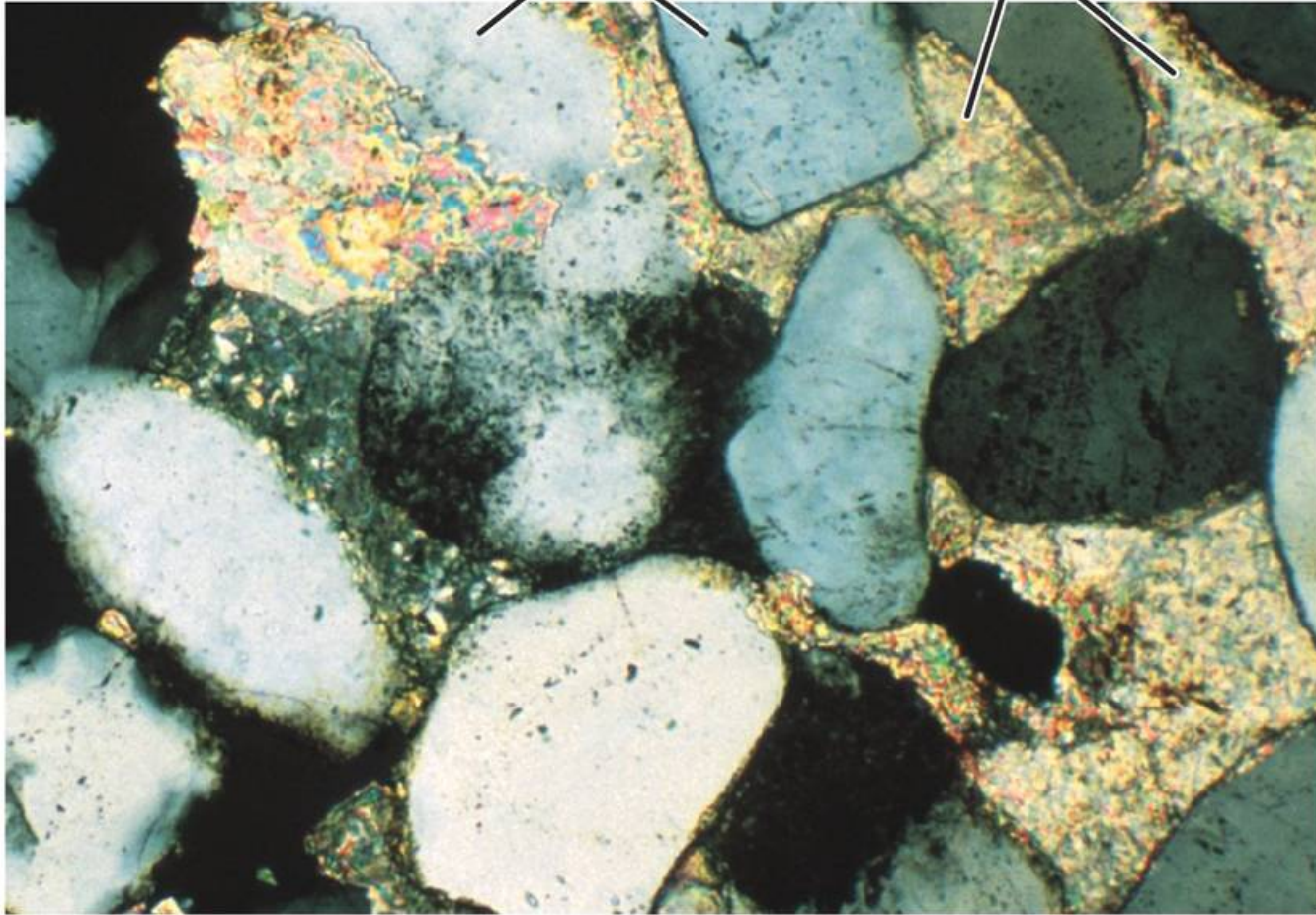
granulometria importante per classazione, moda ... come per sedimento sciolto

morfologia dipende dal trasporto e ambiente di sedimentazione

mineralogia informazioni su aree sorgente e su storia pre-sedimentazione

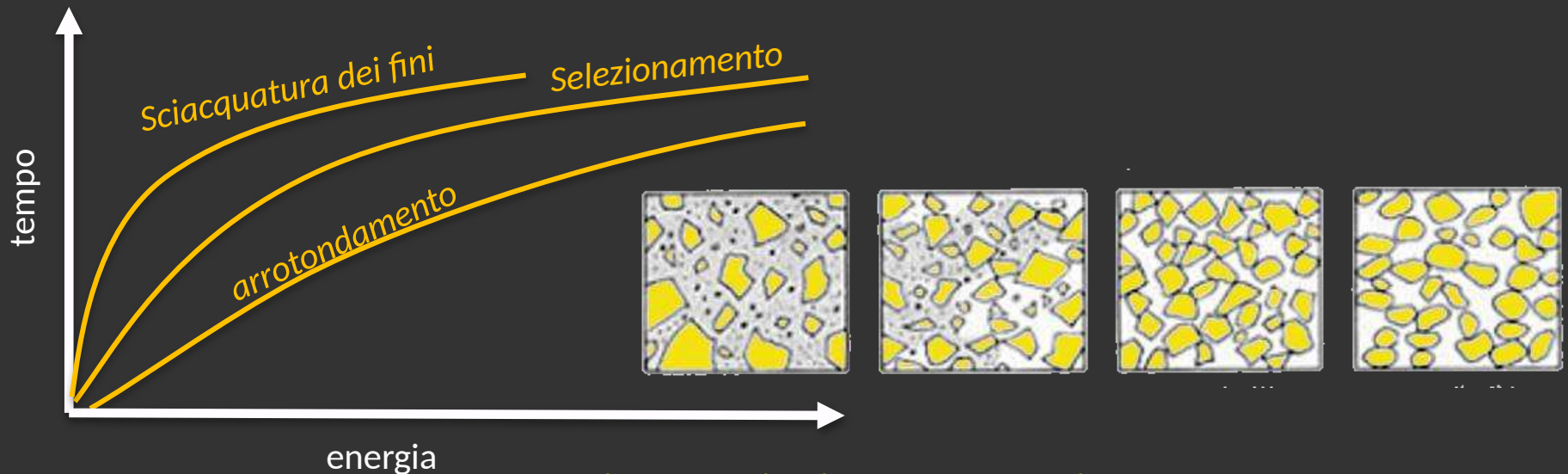
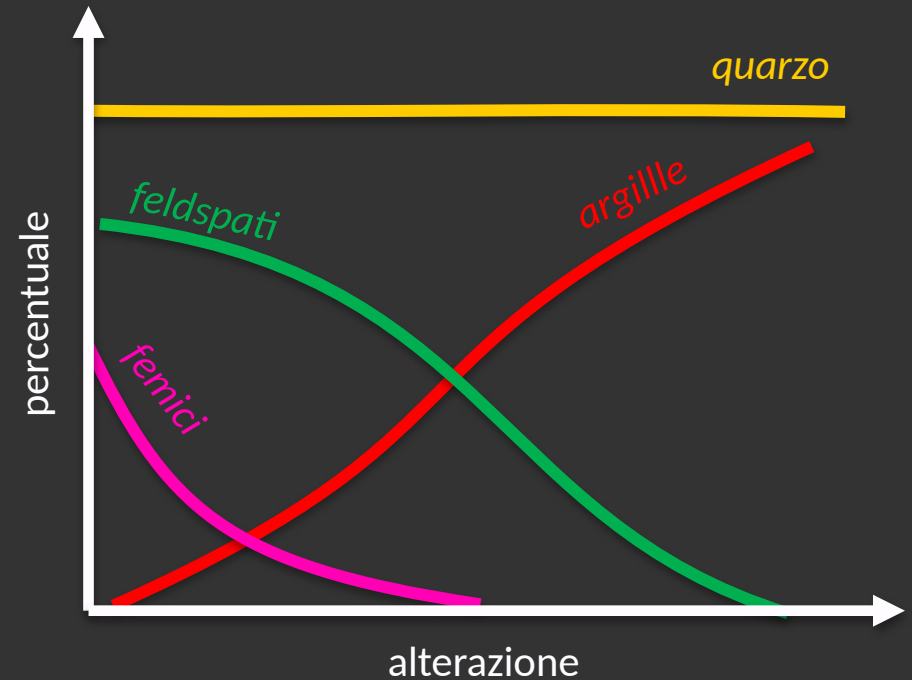
Quartz sand
grains

Calcite
cement



EVOLUZIONE NEL TEMPO (MATURITA' DEI SEDIMENTI)

La maturità tessiturale comporta
sciacquamento dei fini (meno matrice),
La maturità mineralogica comporta più
quarzo
La maturità morfologica comporta
arrotondamento e sfericità dei granuli .



Trasporto

Trasporto ad opera di ghiacciai: tutti i sedimenti vengono trasportati senza classazione e formano le morene.

Trasporto di materiali disciolti vengono trasportati come ioni in soluzione e il trasporto non è influenzato dalla velocità ma solo da eventuali reazioni di precipitazione. Per questo la maggior parte arriva al mare

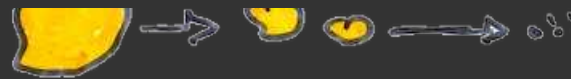


Trasporto ed evoluzione dei clasti

I processi di alterazione sono sempre attivi e se il trasporto è molto lungo il sedimento evolve perché sempre a contatto con acqua, ossigeno, CO_2 .

Effetti del trasporto

diminuzione delle dimensioni



maturità tessiturale

aumento della sfericità



arrotondamento



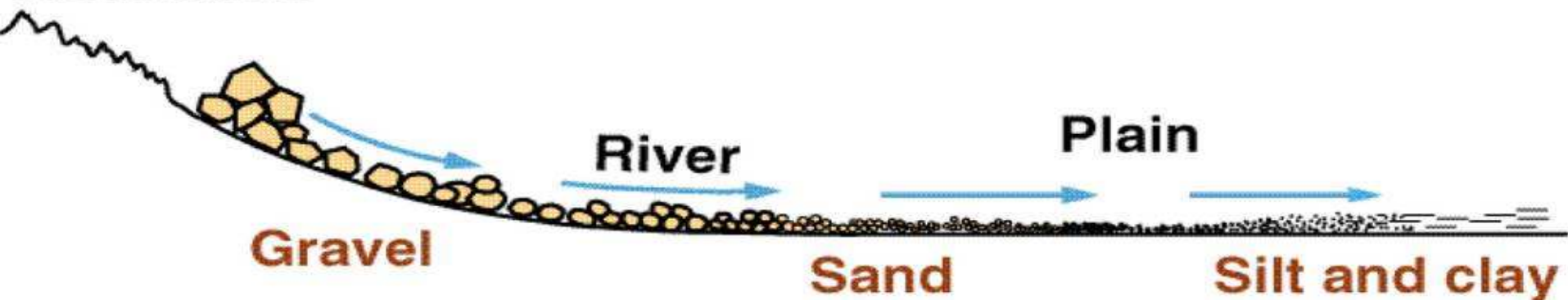
maturità morfologica

aumento delle specie mineralogiche più resistenti



maturità mineralogica

Mountains

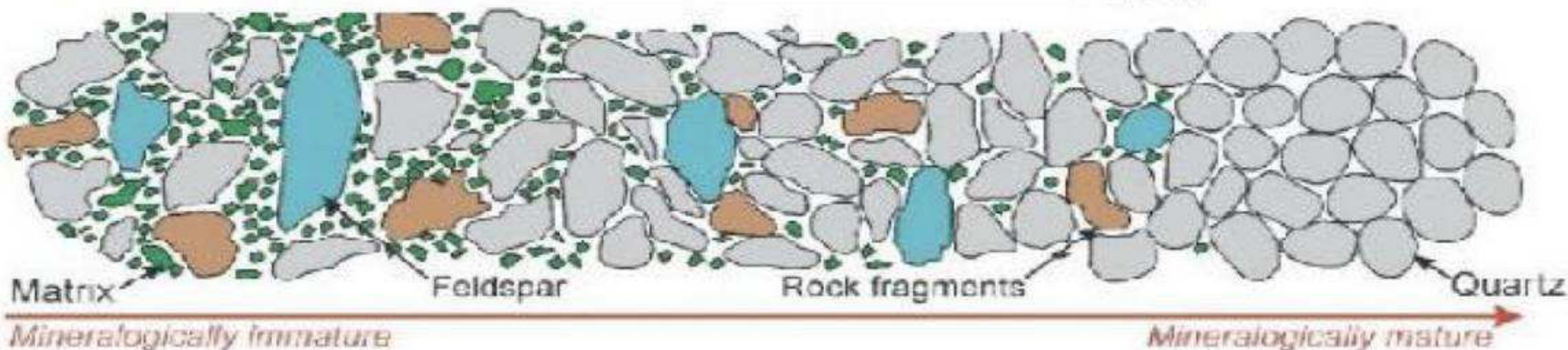


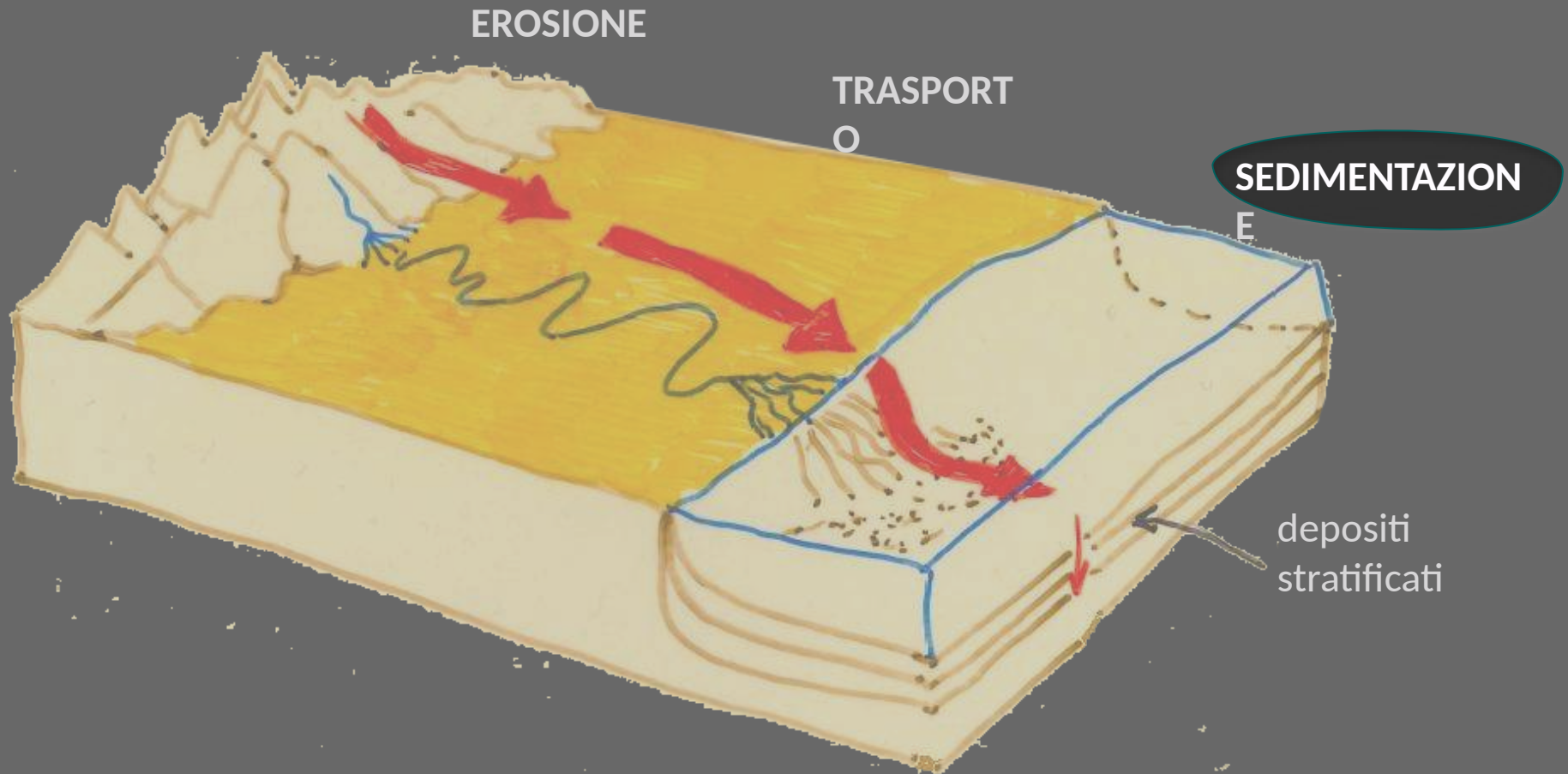
Tessitura immatura
Grani poco arrotondati
Selezione bassa
Mineralogia immatura
(e.g., feldspati)
Molta matrice

Ambiente di conoide

Tessitura matura
Grani ben arrotondati
Selezione alta
Mineralogia matura
e.g., (molto quarzo)
Assenza di matrice

Ambiente di fiumi maturi o
eolico

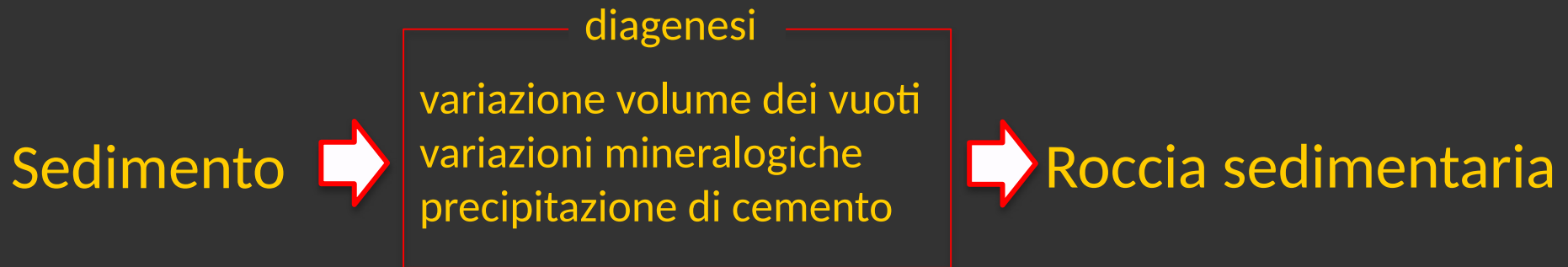




sedimentazione

diagenesi o litificazione

inizia dove termina la sedimentazione
termina dove inizia il metamorfismo



Compattazione o costipamento



Avviene per riduzione dello spazio tra i granuli. Nelle sabbie solo 10-20%, nelle argille fino al 50% per espulsione di acqua

La compattazione genera migrazione di fluidi - importante per idrocarburi

Variazioni mineralogiche



Cementazione

(precipitazione di calcite, silice, ossidi Fe)

Avviene ad opera delle acque circolanti



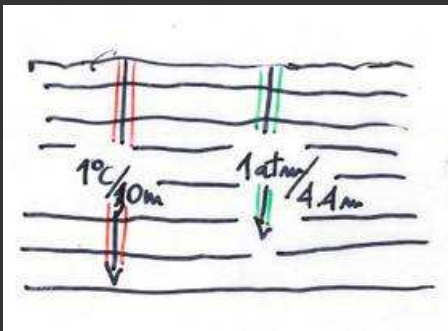
È più veloce nelle rocce permeabili



Minerali di neoformazione

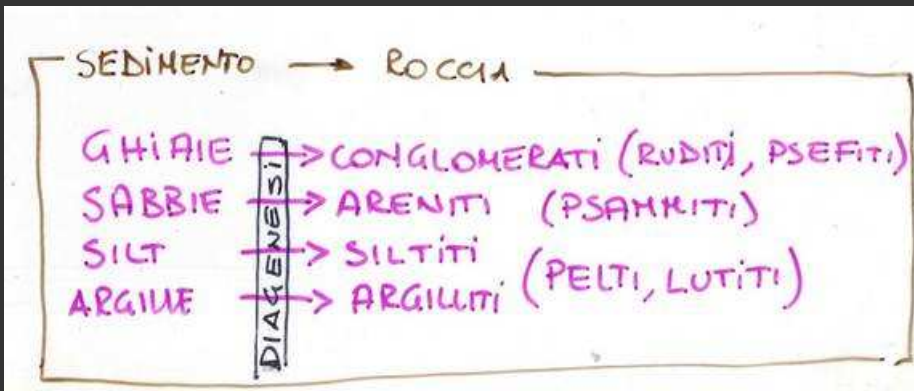
Ricristallizzazione dei minerali esistenti

La diagenesi quindi avviene in profondità perché favorita
da aumenti di temperatura (reazioni chimiche)
e aumenti di pressione (costipamento)

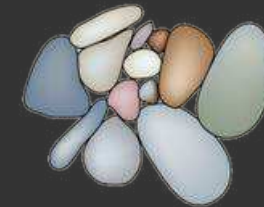


*a 1 km di profondità
50°C di temperatura
e 250 atmosfere*

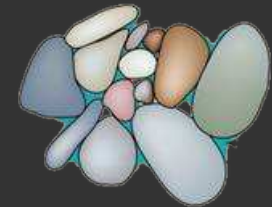
La diagenesi può essere velocissima
(beachrock) o lentissima
(argille di fondo oceanico)



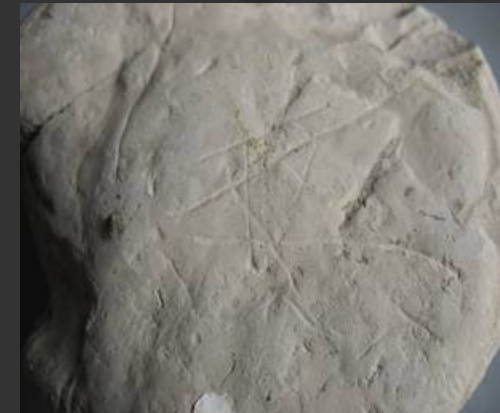
sedimentazione



compattazione



cementazione



CONGLOMERATI

Ghiaie cementate, i granuli si riconoscono a occhio nudo ($>2\text{mm}$)



Conglomerati (ruditi)

Morfometria

basata sui rapporti tra le tre dimensioni
L(lungo) I (intermedio) C (corto)

sfericità
similitudine tra i tre
assi (un cubo è
molto sferico)



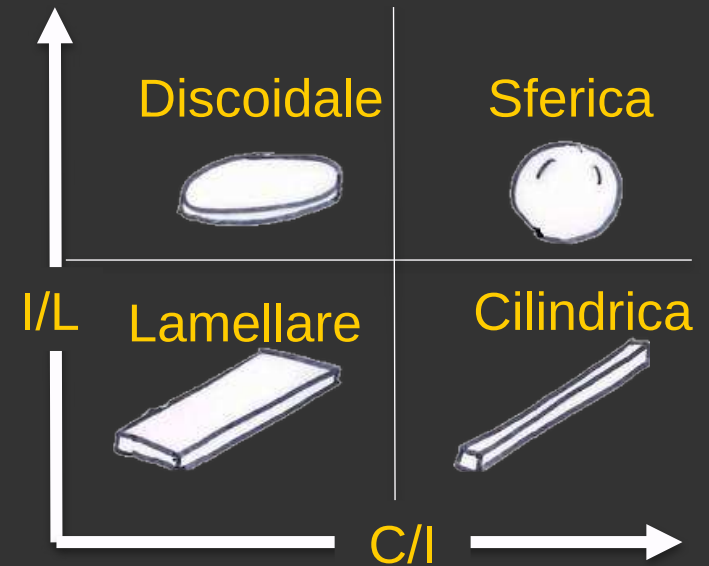
Diametro circoscritto
Diametro inscritto

arrotondamento
misura l'acutezza
degli spigoli,
indipendente da
sfericità



Minimo raggio inscritto
Massimo raggio inscritto

CLASSIFICAZIONE DI ZINGG



la forma è ereditata non
risente dell'ambiente di
sedimentazione ma dipende
da forma originale dei clasti,
dalle caratteristiche
intrinseche e da modalità e
durata del trasporto

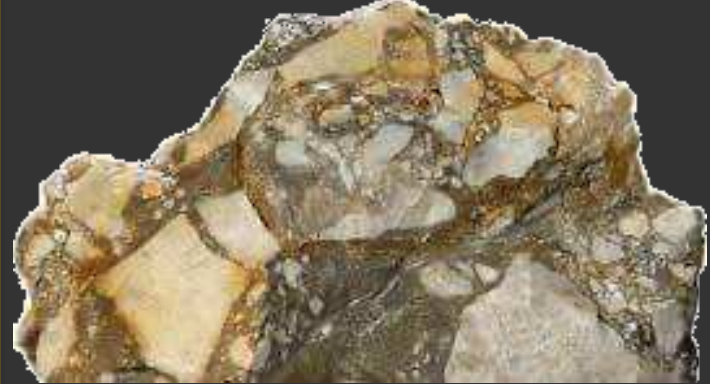
conglomerati suddivisi in:

puddinghe
clasti arrotondati



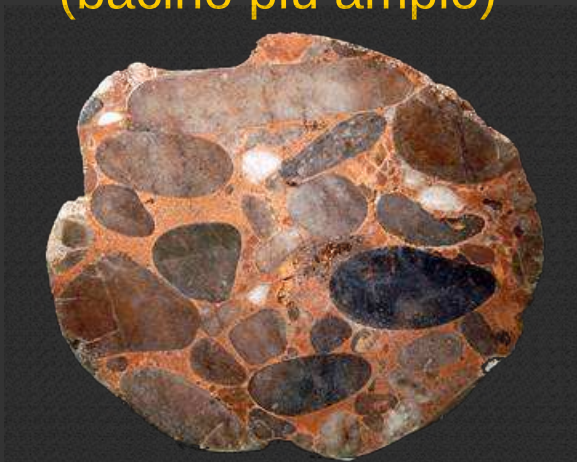
Depositi fluviali
Depositi di spiaggia

brecce
clasti spigolosi



Morene glaciali
Detrito di falda
Tettonica e vulcanismo

Poligienici
(bacino più ampio)



Monogenici
(trasporto limitato)



ortoconglomerati struttura granosostenuta



*Sedimentazione in ambiente ad alta
energia (letto di un torrente, spiaggia)*

paraconglomerati struttura fangosostenuta



*Sedimentazione in ambiente a bassa
energia (esondazione fluviale, lago)*



ARENARIE

clasti si riconoscono a occhio nudo o con la lente.
Al tatto abrasiva (come carta vetrata) se ben classata.

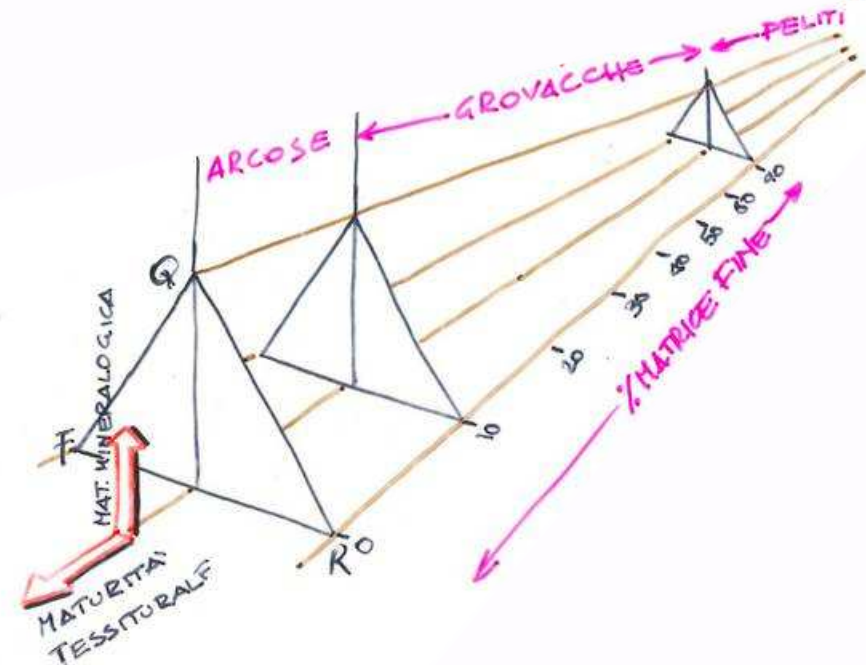
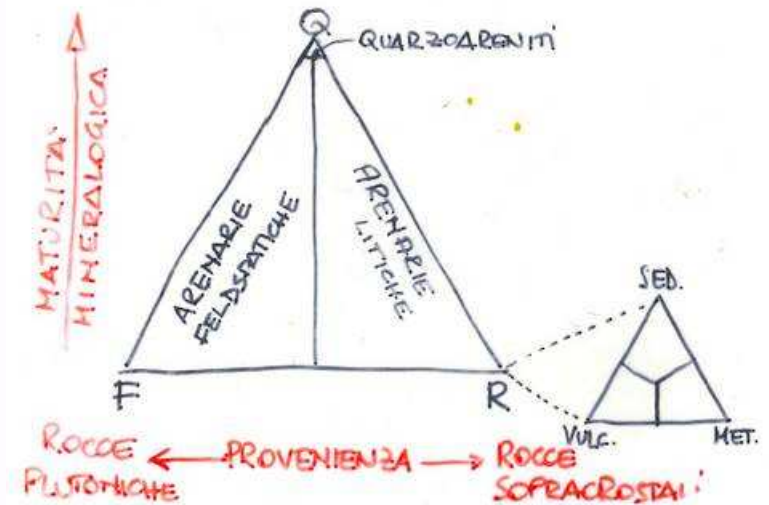
le arenarie vengono classificate in base allo scheletro

diviso in quarzo feldspati litici

quarzoareniti oltre 90% di quarzo
matrice scarsa o assente elevata maturità
morfologica e tessiturale, lungo trasporto
in ambienti stabili, es. eolianiti

arcose basso indice di maturità
mineralogica e alta maturità tessitura le
basso trasporto alta energia ambientale
deposizione

grovacche basta maturità tessiturale
(molte peliti), mineralogica e
morfologica tipiche di aree
tettonicamente attive con torbiditi







PELITI

clasti troppo piccoli per essere visti anche con la lente, sono scarsamente cementate e facilmente rigabili con l'unghia.



Argilliti e siltiti (peliti, lutiti)

- le argilliti sono le rocce sedimentarie più comuni perché ricoprono i fondi oceanici.
- Sono spesso fissili su piani orizzontali e di solito non hanno strutture sedimentarie perché bioturbate.
- la diagenesi comporta la perdita della plasticità



le argilliti indicano ambiente a bassissima energia ambientale (fondali marini profondi, laghi, piane di marea, piane di esondazione alluvionale) perché l'argilla è trasportata in sospensione anche con pochissima turbolenza del mezzo

Argilliti calcaree componente calcio in genere da fossili, entro il 10%, se >10% marne argillose o marne.

Argilliti nere ricche in materia organica alterata diageneticamente. scisti bituminosi per idrocarburi

Caoliniti argille ricche in caolino, di grande valore economico



in ambiente glaciale non ho argille perché la bassa T impedisce alterazione minerali
in ambiente marino le argille non si depositano se non per processi di flocculazione e aggregazione organica o inorganica

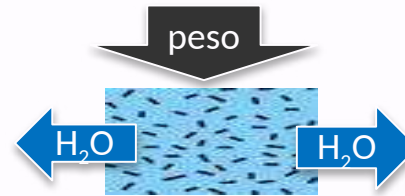


Le argilliti diagenizzate diventano scisti (non confondere con le metamorfiche),
fissili e facilmente fratturabili su piani orizzontali

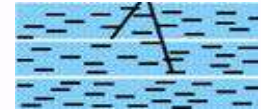
La grande riduzione di volume
per espulsione di acqua
ad opera del peso, genera la
fissilità lungo piani orizzontali



Sedimento
umido



Piani di frattura



Scisti argillosi





Mudstone

Rocce sedimentarie clastiche

ortoconglomerato
(puddinga)

ortoconglomerato
(breccia)

arenaria

siltite

Arenaria fossilifera

Rocce sedimentarie clastiche (brecce)



Breccia monogenica fangosostenuta
(paraconglomerato)



Breccia poligenica granosostenuta
(ortoconglomerato)



Rocce sedimentarie clastiche (puddinghe)



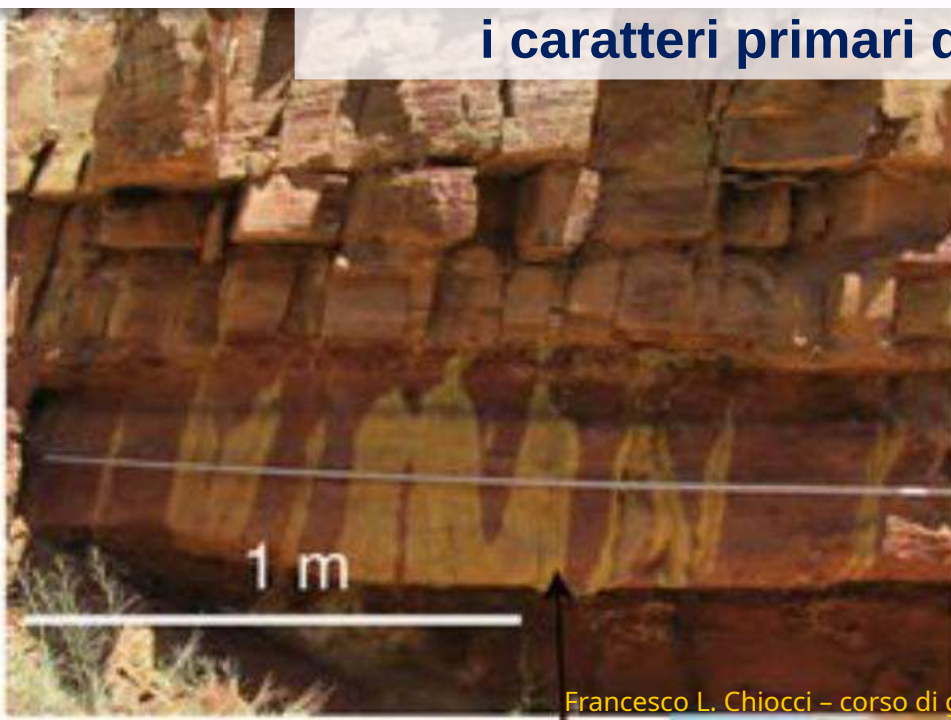
puddinga fangosostenuta
(paraconglomerato)

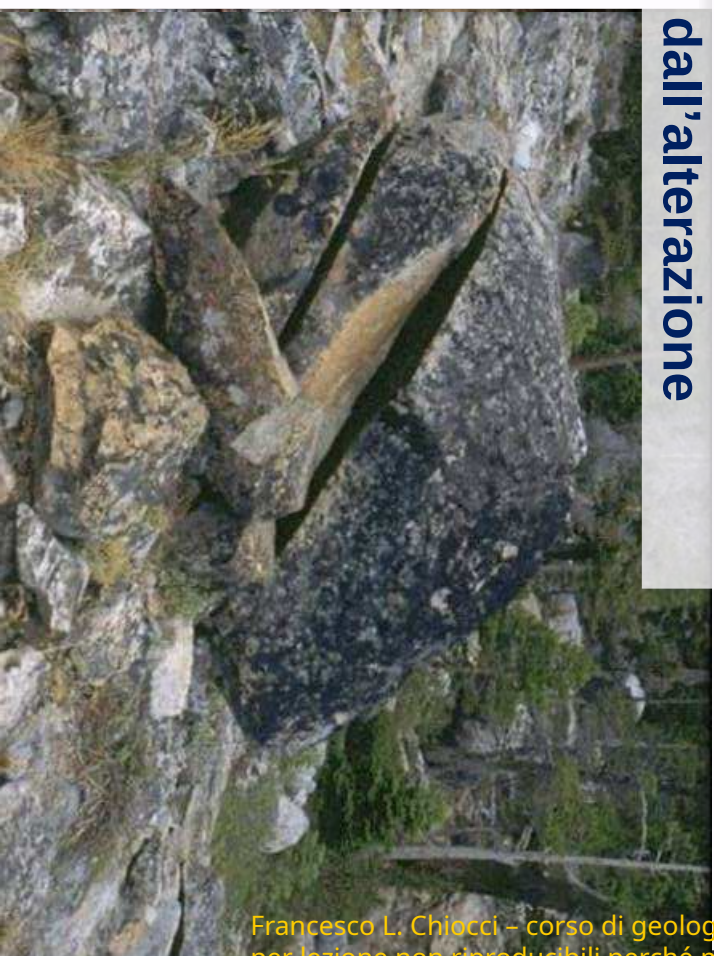


puddinga granosostenuta



Nell'osservare una roccia bisogna distinguere i caratteri primari dall'alterazione

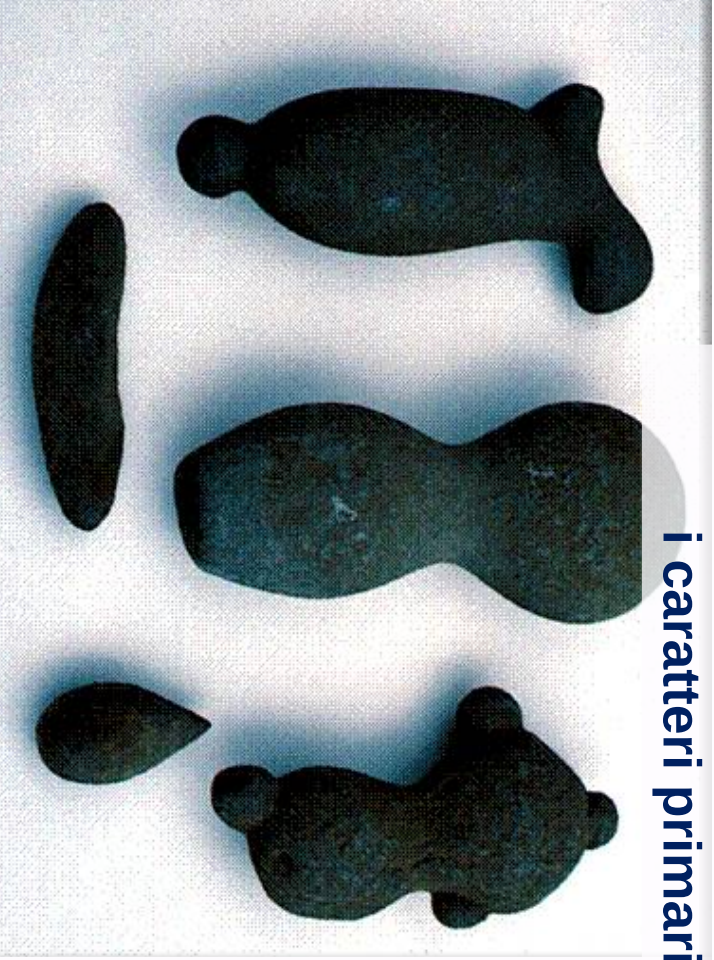




**Nell'osservare una roccia bisogna distinguere
i caratteri primari dall'alterazione**



**Nell'osservare una roccia bisogna distinguere
i caratteri primari dall'alterazione**



Rocce sedimentarie chimiche



Alabastro



Travertino



Gesso

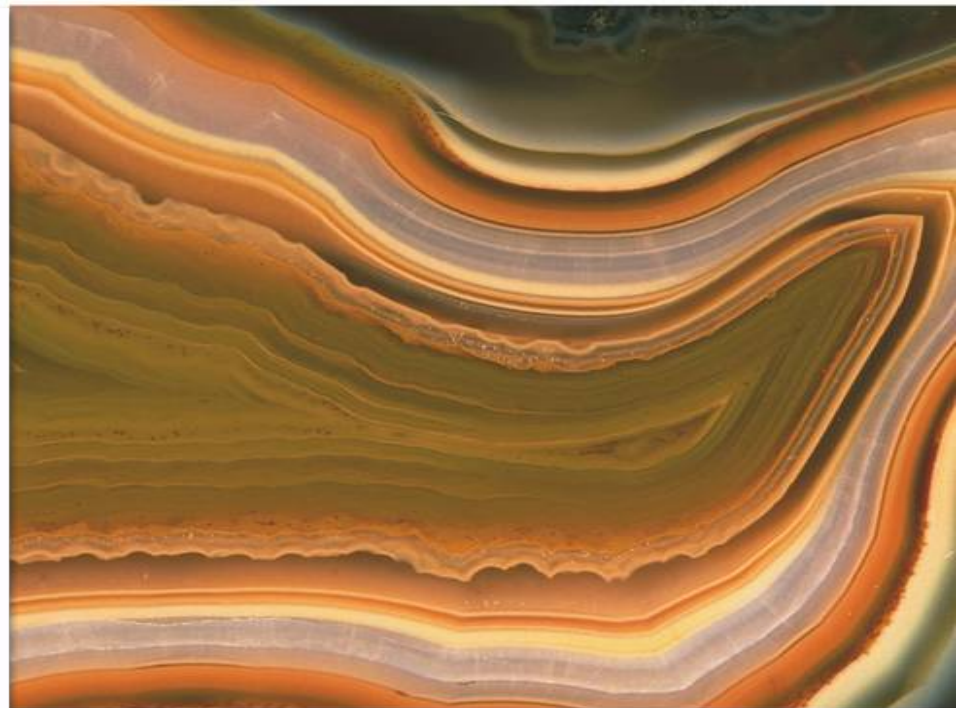
Selce

Quarzo microcristallino di origine diagenetica, si trova imballato in sedimenti carbonatici .

Massivo e molto duro, importante utilizzo nella preistoria (insieme all'ossidiana)







Se si forma in cavità per precipitazione chimica
forma selce a bande (agata) di valore anche
commerciale



Le rocce carbonatiche (20% delle rocce sedimentarie)

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



per metasomatismo di calcari



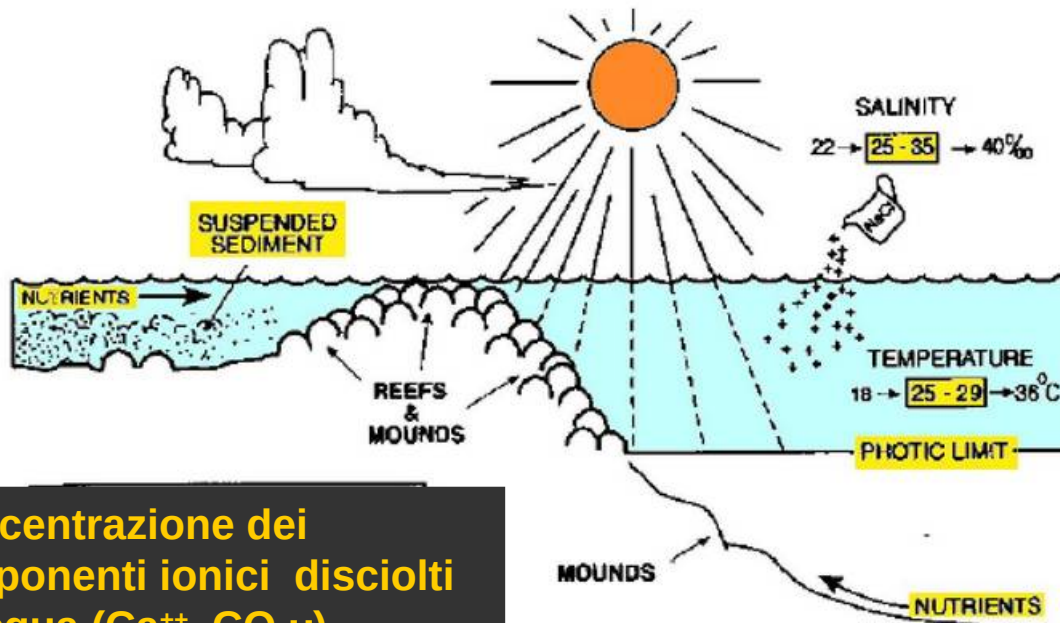
Calcare Massiccio - Monti Lepini



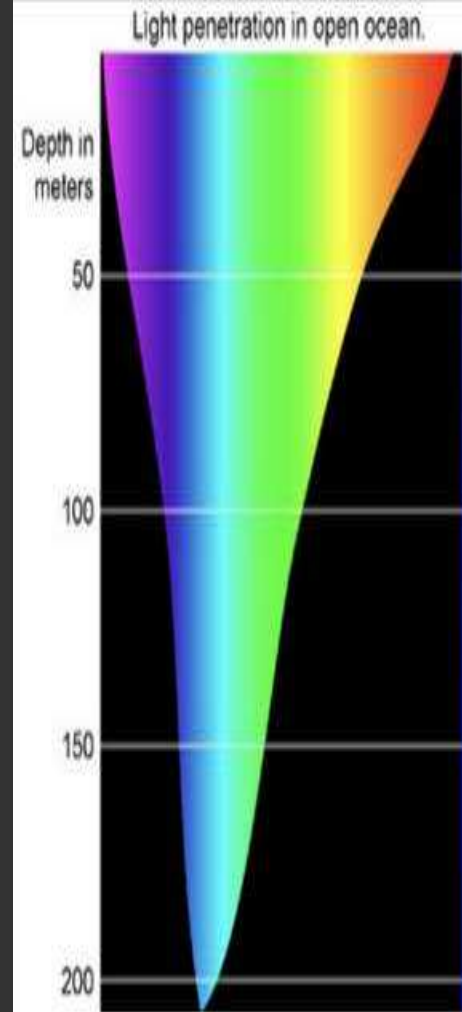
Dolomia Principale (Norico) - Jôf del Montasio

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

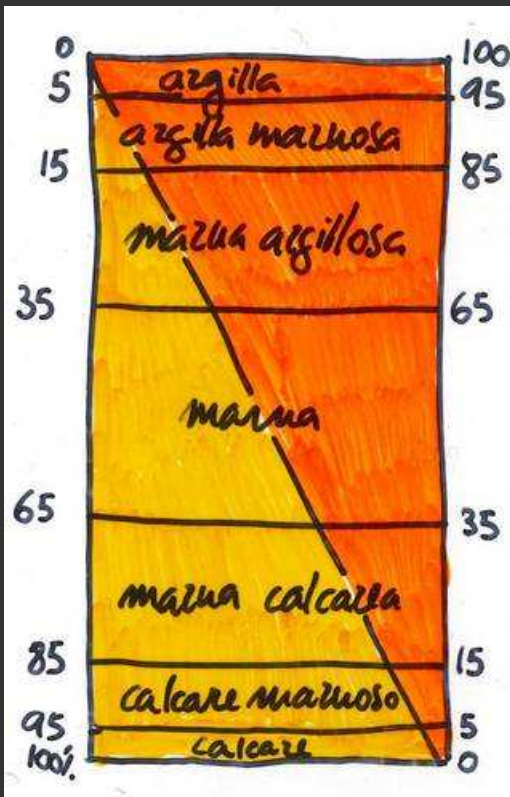
Il fango carbonatico si chiama **micrite**

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**.



Calcari

Biocostruiti

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



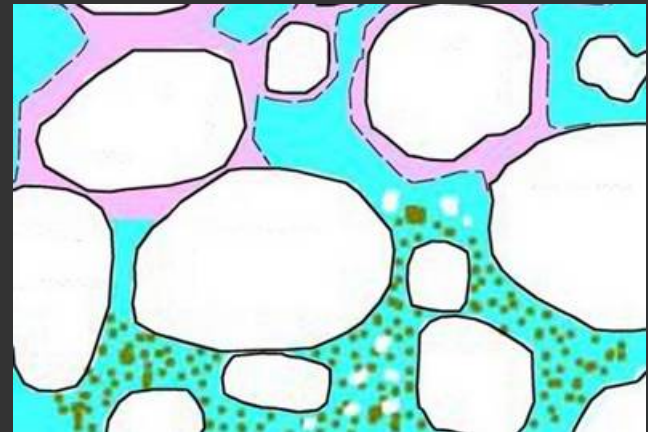
stromatoliti roccia formata da alghe cianofeece con alternanza di livelli micritici e sparitici. Sono le forme viventi più antiche (>tre miliardi di anni).
Oggi poco diffusi



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 all'interno del suolo in ambienti semi aridi

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** Halimeda 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)

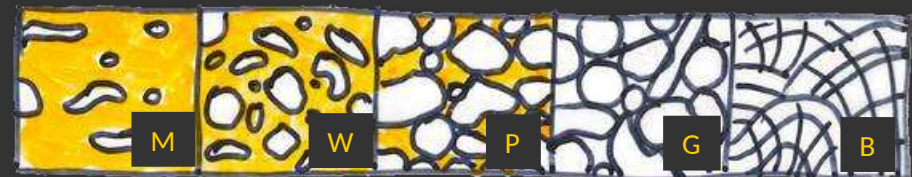
Intra-
Oo-
Bio-
Pel-
...

→ -micrite
→ -sparite



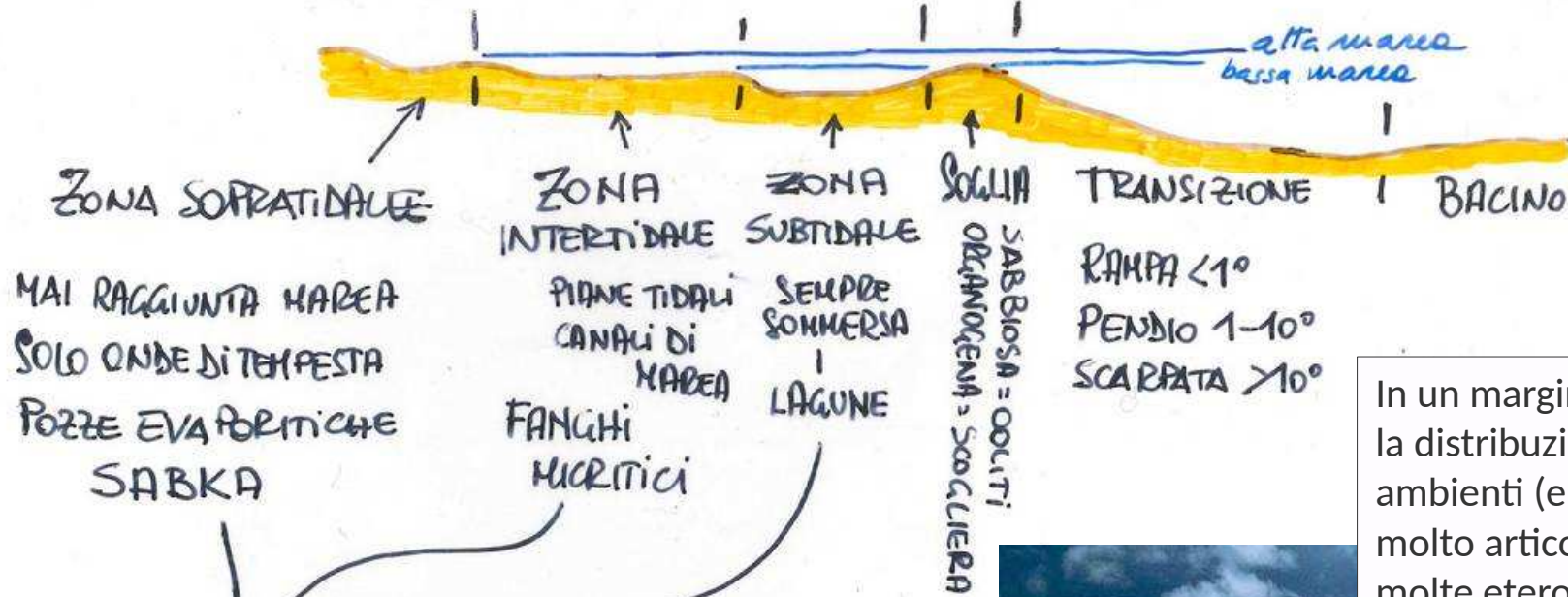
secondo Dunham 1962

tessitura riconoscibile no ⇒ Calacare cristallino
sì ↓
componenti sciolti no ⇒ **Boundstone**
sì ↓
fanghi presenti no ⇒ **Grainstone**
sì ↓
granuli dispersi no ⇒ **Packstone**
sì ↓
granuli < 10% no ⇒ **Wakestone**
sì ↓
Mudstone

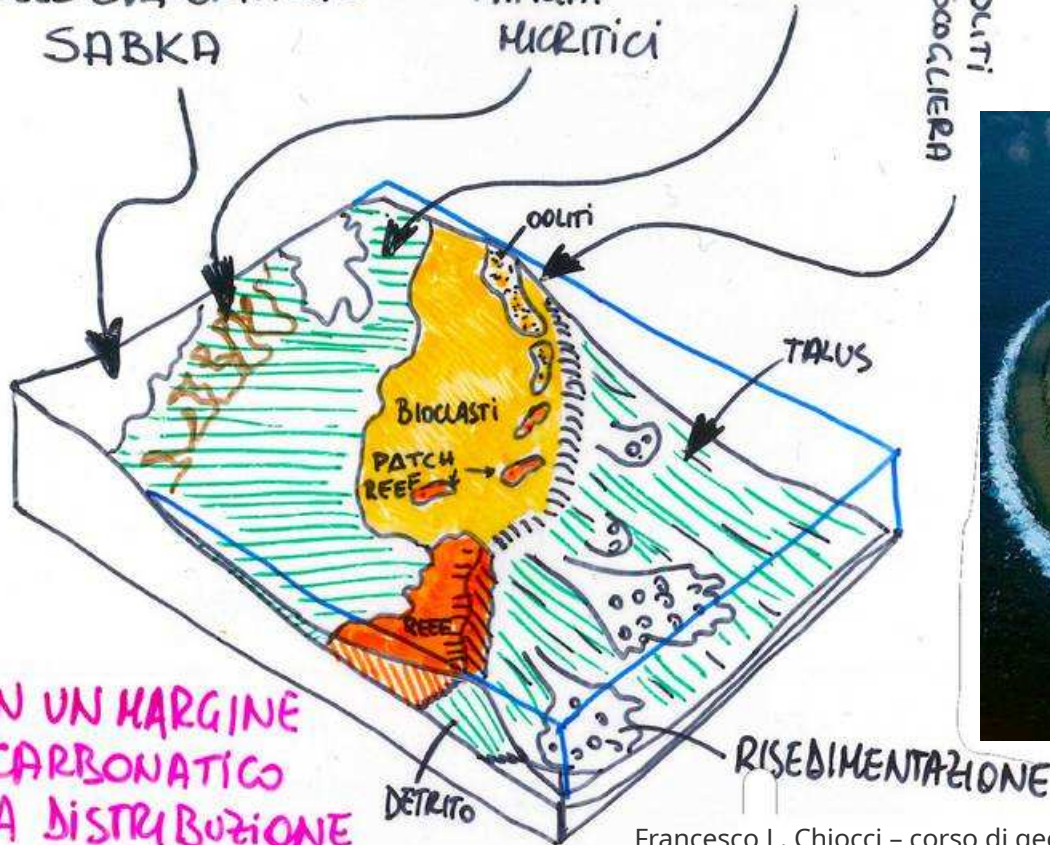


———— componenti sciolti ————
 — granosostenuta —
———— fanghi presenti ———— micrite assente —

Rocce e ambienti carbonatici



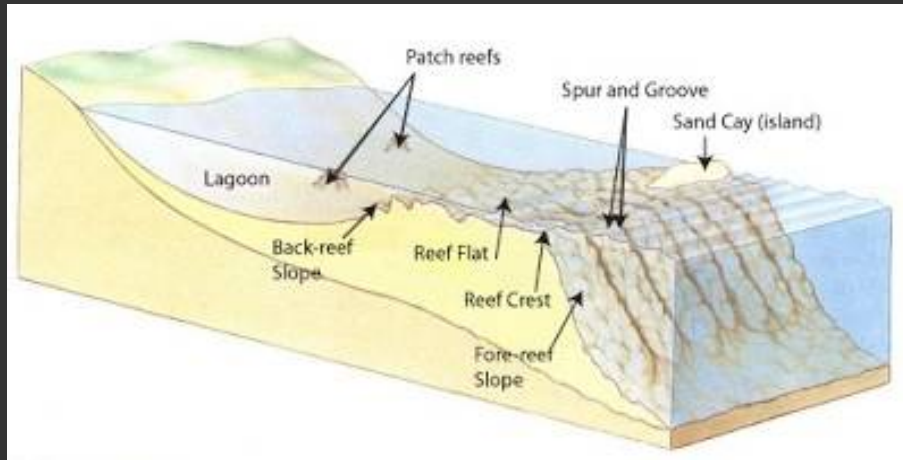
In un margine carbonatico la distribuzione degli ambienti (e delle facies) è molto articolata, con molte eteropie



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



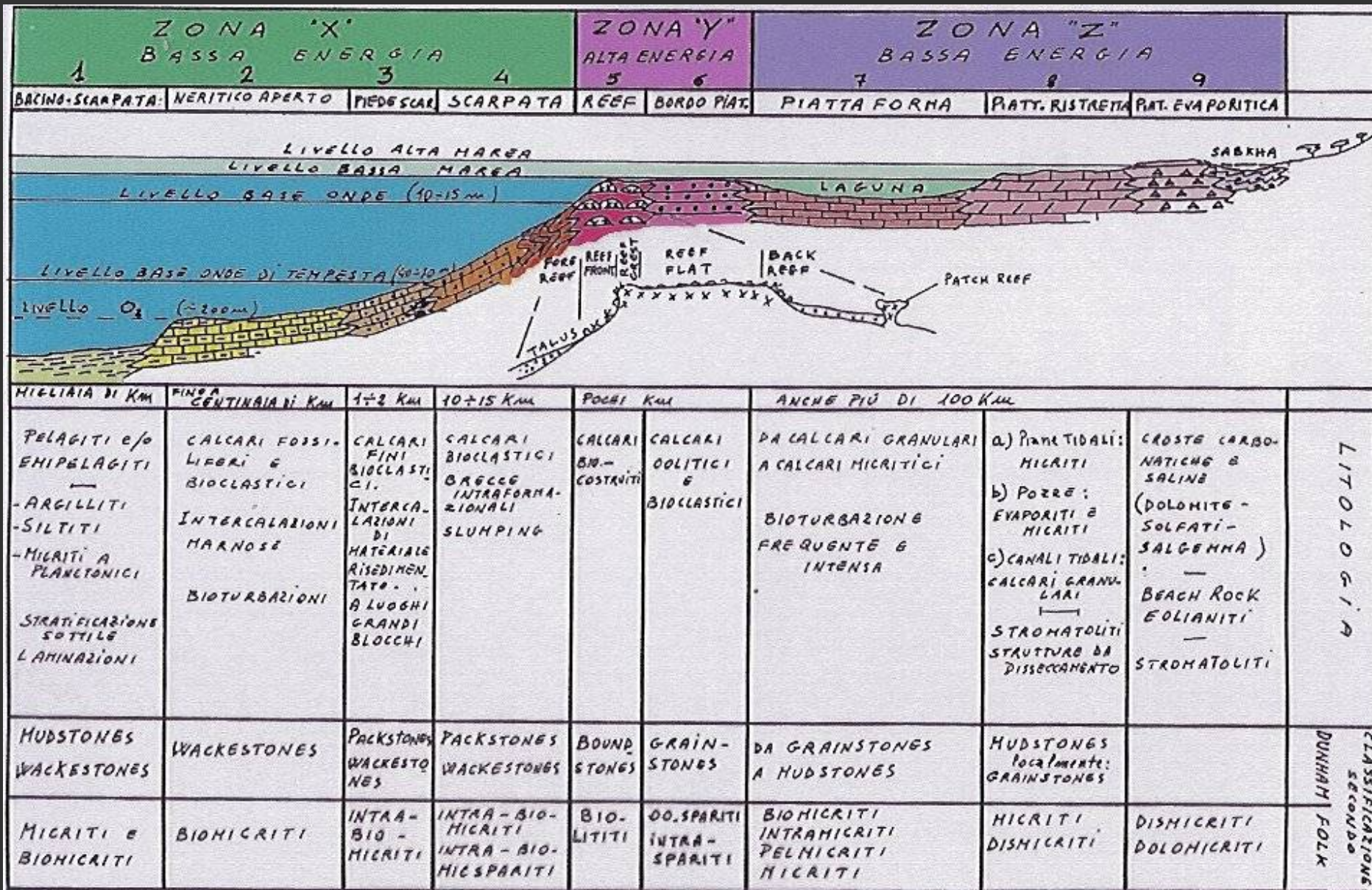
La scogliera causa la frangenza delle onde e assorbe il 90% dell'energia delle tempeste



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



Zonazione idrodinamica

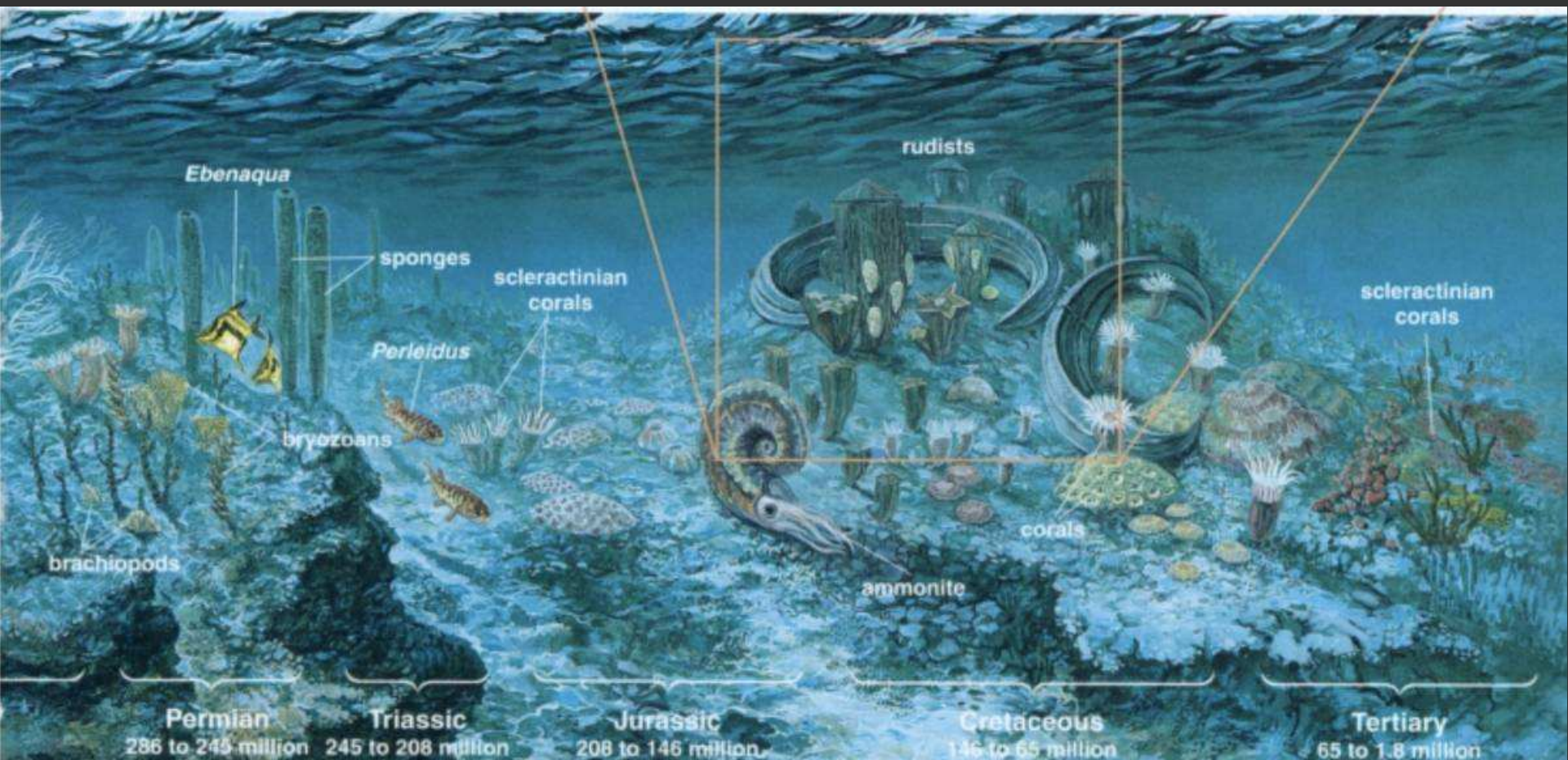




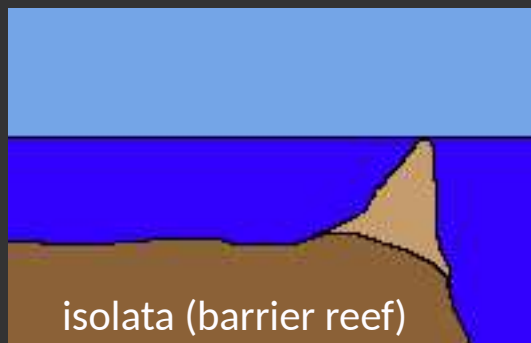
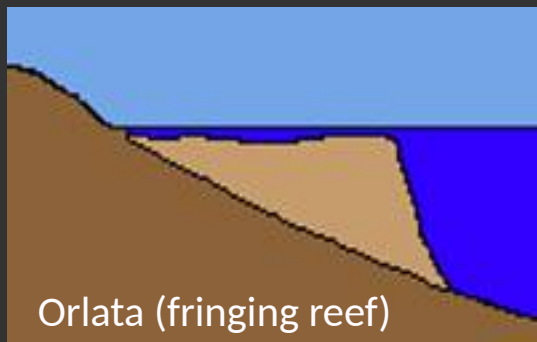
Nella storia geologica il ruolo delle scogliere è variato

- 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



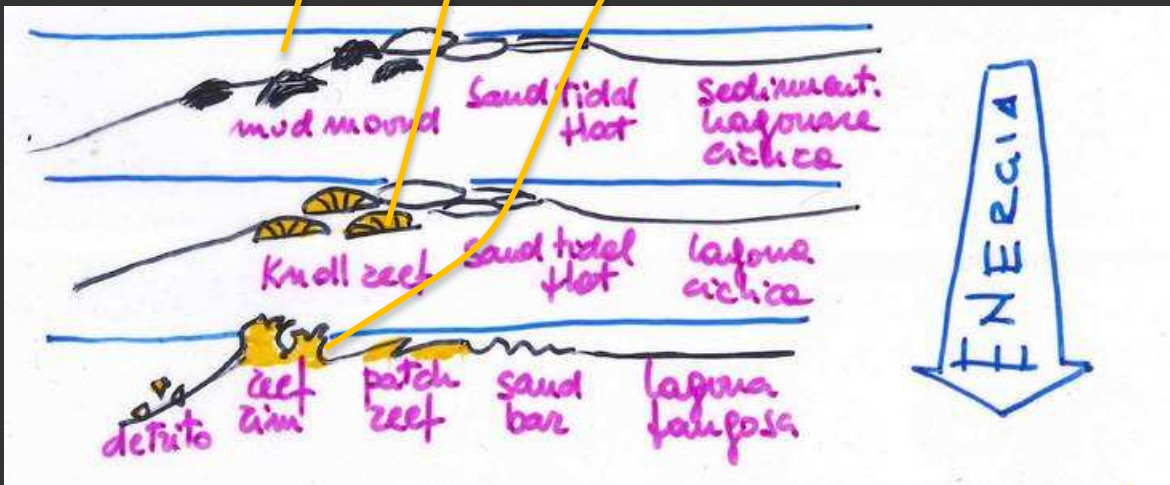
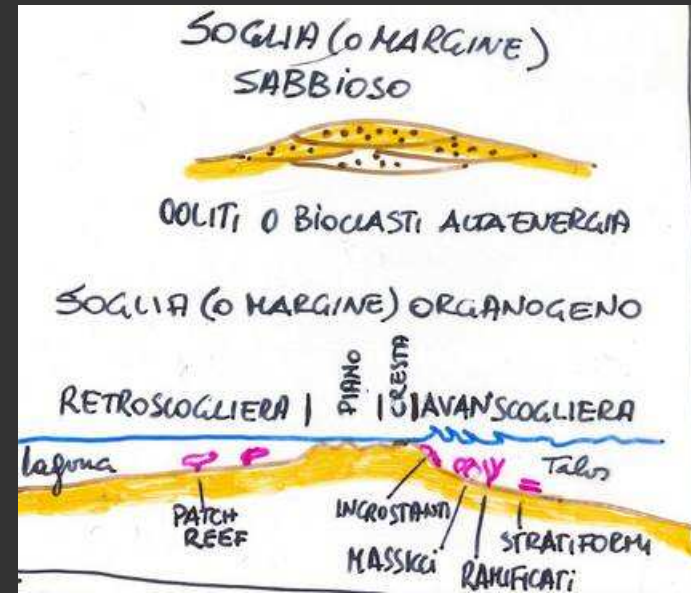
La scogliera può essere:



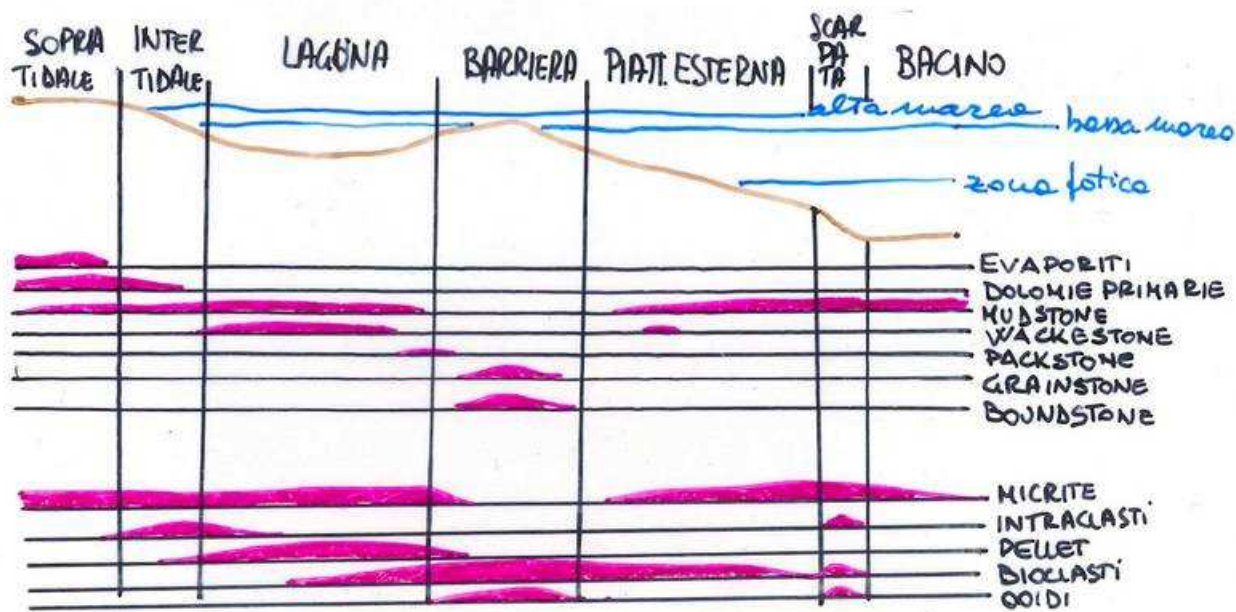
La scogliera alle spalle delimita una laguna con bassissima energia ambientale



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





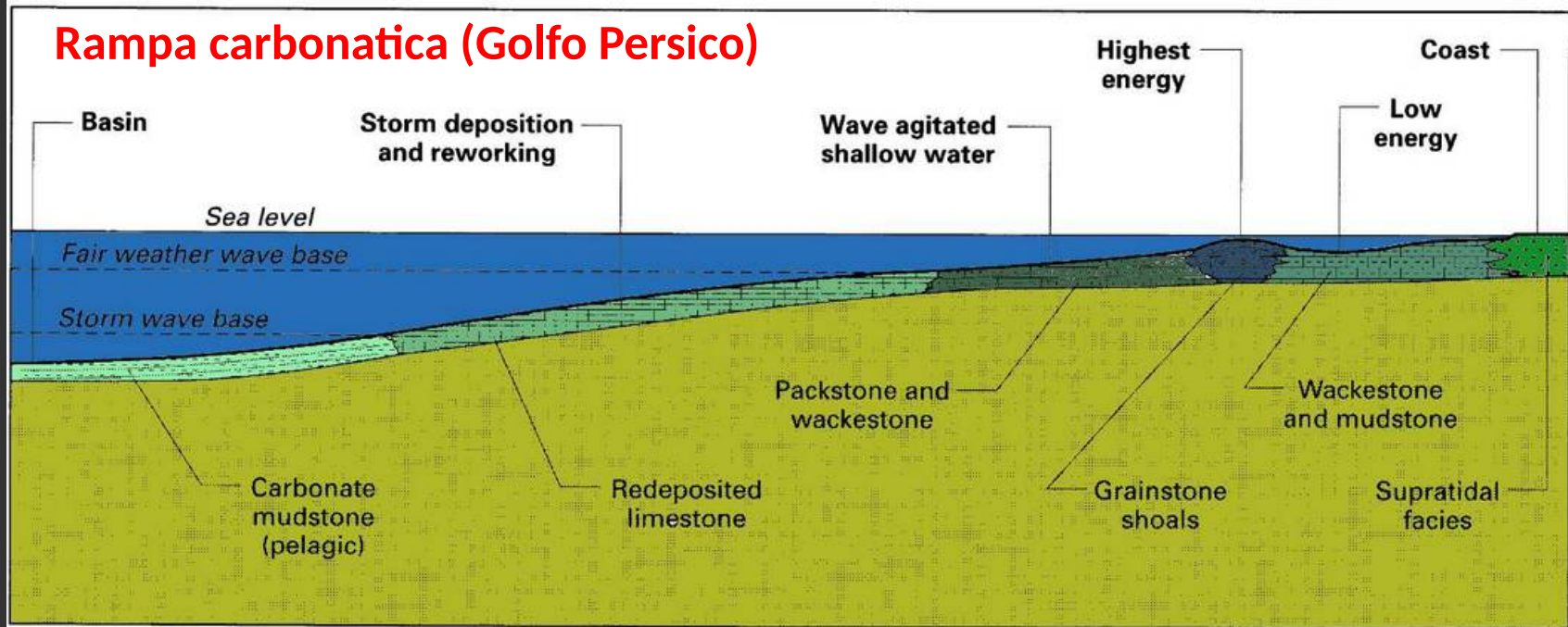


La classificazione di:
grabau privilegia le
dimensioni

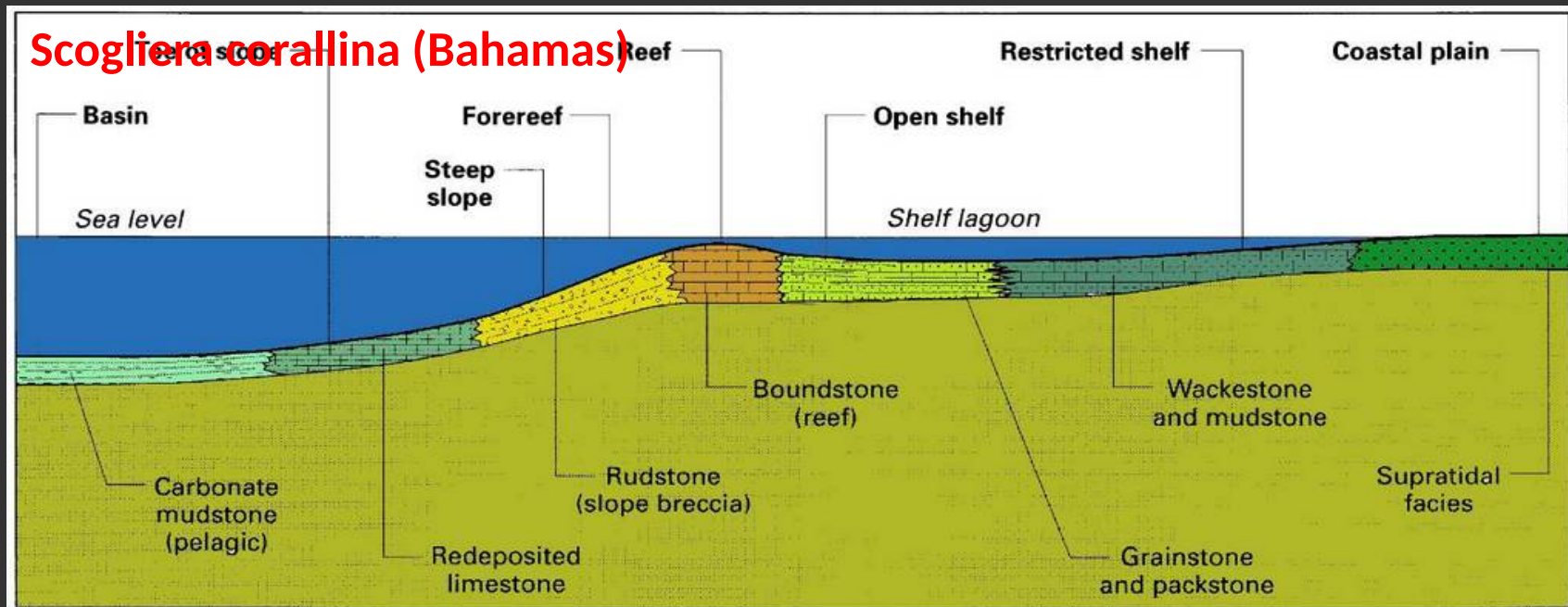
folk privilegia la natura
dei granuli (genesì)

dunham privilegia
rapporti granuli
-matrice
(idrodinamismo)

Rampa carbonatica (Golfo Persico)



Scogliera corallina (Bahamas)



ooze calcareo

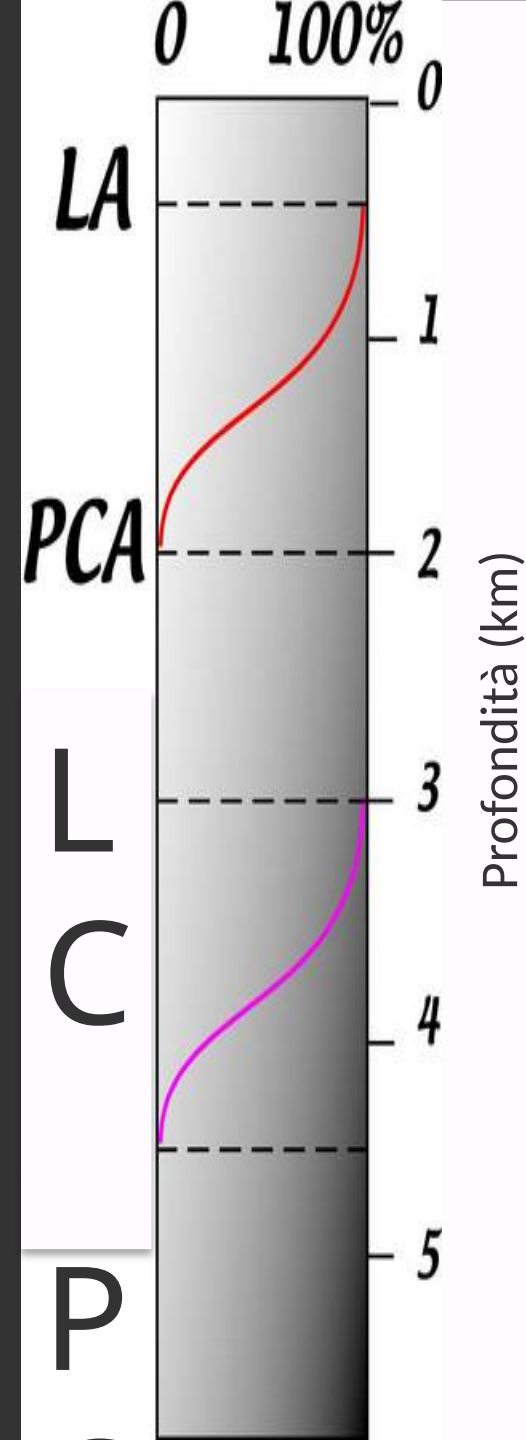


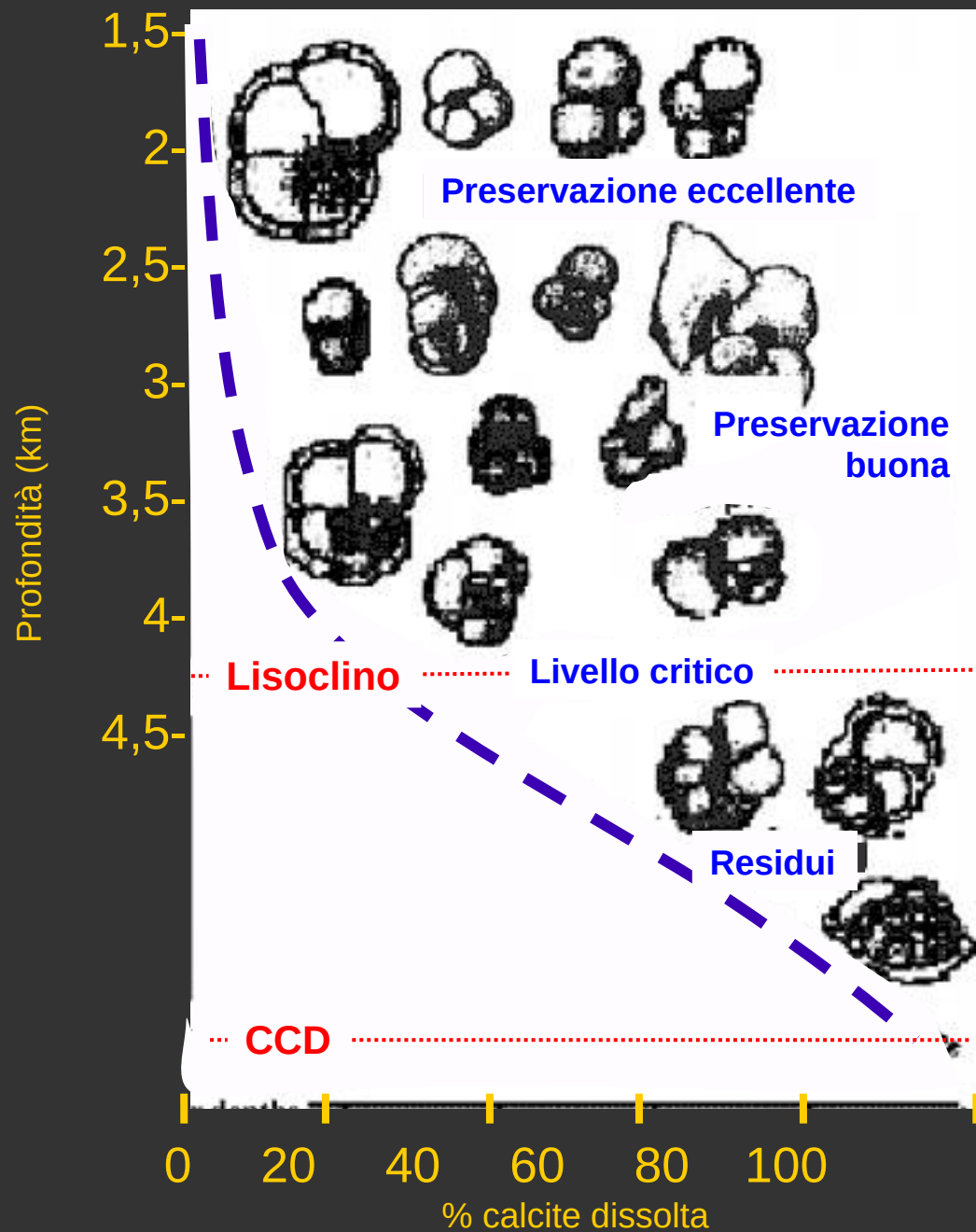
Un tipo particolare di micrite (costituisce le bianche scogliere di Dover e di Calais)
Si tratta di un fango biogeno costituito da gusci di coccolitoforidi (alghe unicellulari) e foraminiferi. Gli ooze biogeni coprono la maggior parte delle piane batiali.
Si formano solo sopra la profondità di compensazione 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 lisoclino. Sia lisoclino 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

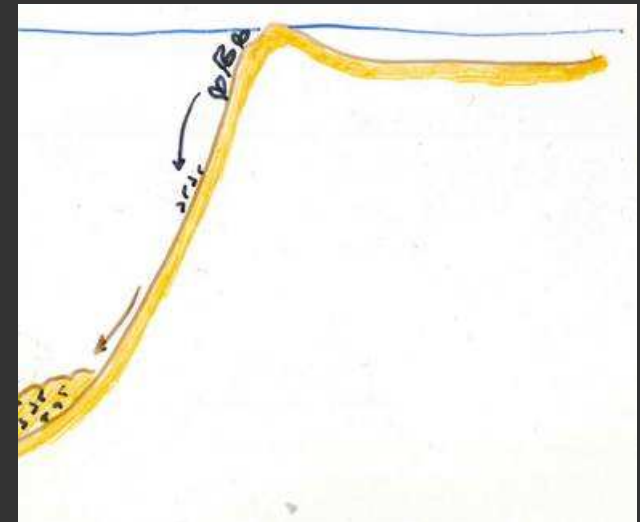
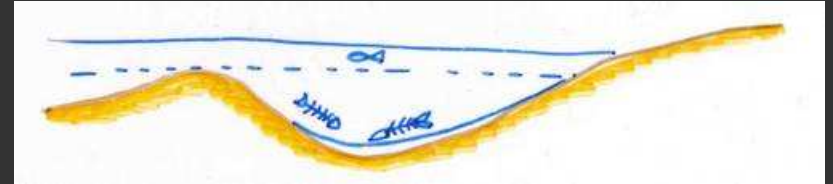
spugne sui margini delle piattaforme e sulle scarpate dove si accumulano le spicole prodotte dalla loro disgregazione.



radiolari

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

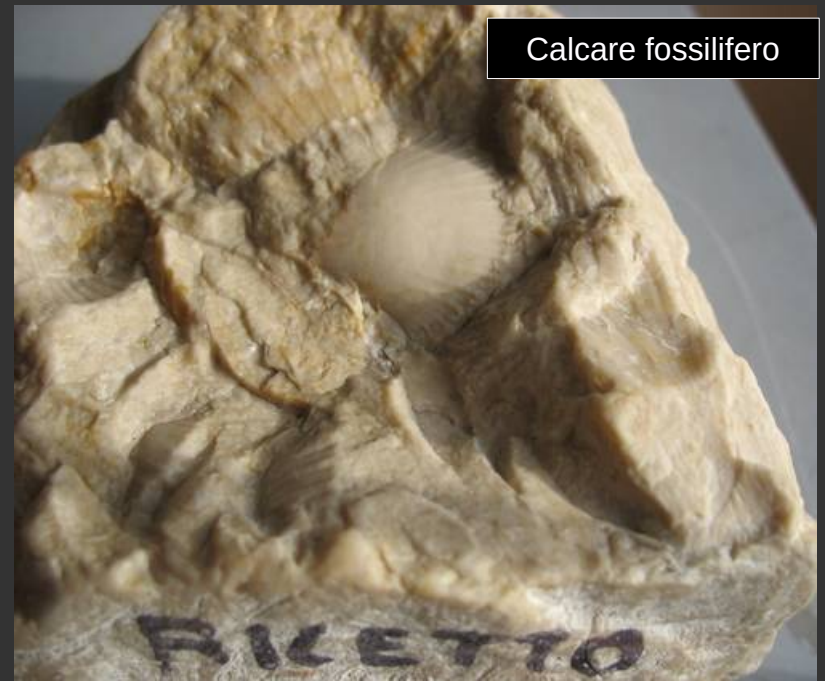
Diatomeiti essendo gusci molto delicati, si preservano solo in bacini euxinici in cui sia stratificazione delle acque con livelli profondi anossici e possibilità di preservazione



Calacari biogeni



Lumachella (roccia costituita da conchiglie)



Calcare fossilifero



Calcare a coralli (boundstone)



Calcare a nummuliti

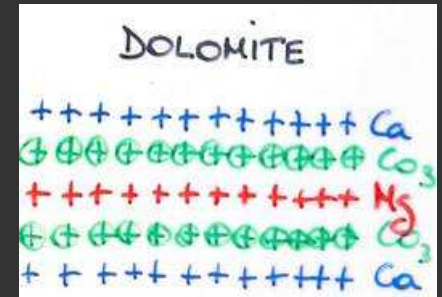
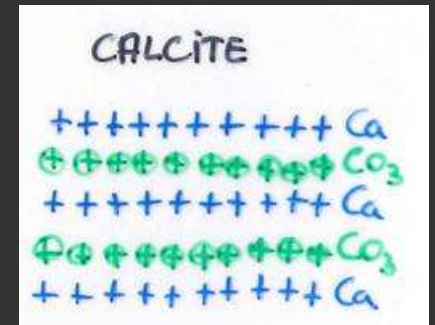
Le dolomie (carbonato doppio di calcio e magnesio)

calcarei modificati dal diagenesi

la dolomite non si forma per precipitazione chimica
nessun organismo secerne gusci dolomitici

ma

potenti successioni del passato geologico sono
costituite più o meno integralmente da dolomia



Le acque circolanti
sostituiscono il Ca
con il Mg

la dolomitizzazione
comporta un aumento di
densità (2,86->2,72) ed
un aumento di porosità
della roccia

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)

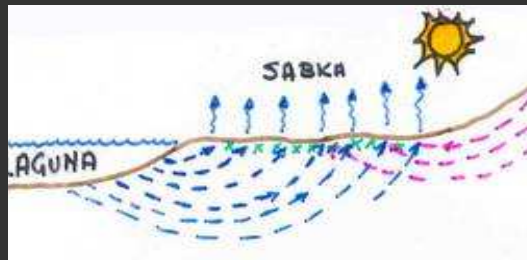
condizioni ipersaline

condizioni salmastre



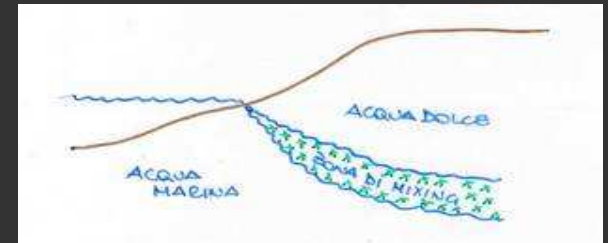
Riflusso

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



Pompaggio evaporitico

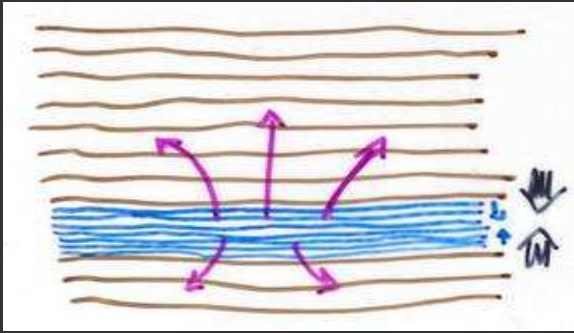
l'acqua lagunare è ricca in Mg (impoverita in calcio preso da organismi) risale, evapora e dolomitizza vicino alla superficie



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 fontis sedimentarie

terrestri e marini

granulometria = energia

fango da decantazione

sempre stessi processi sedimentari

ambiente determinato da energia

sedimenti non consolidati

emersione = erosione

Calcarei 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



TRAVERTIN

Speleotemi

Stalattiti
Stalagmiti
Veli
Mammelloni
Croste

Pisoliti (perle di grotta)

Alabastro (precipitazione chimica all'interno di cavità)



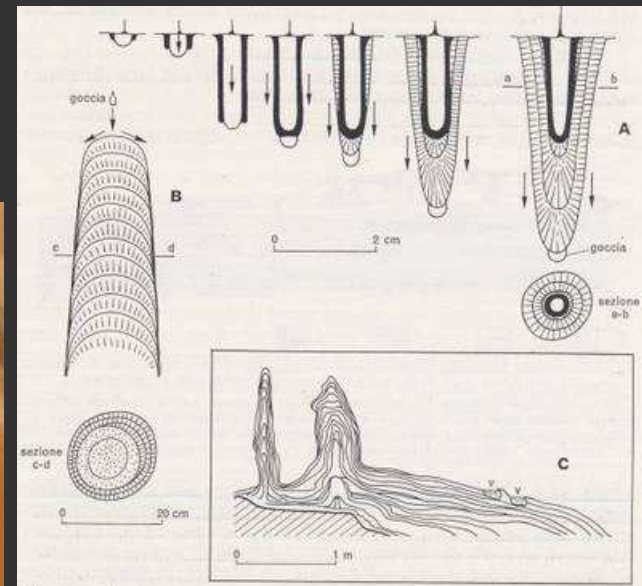
Pisoliti



Speleotemi



Alabastro

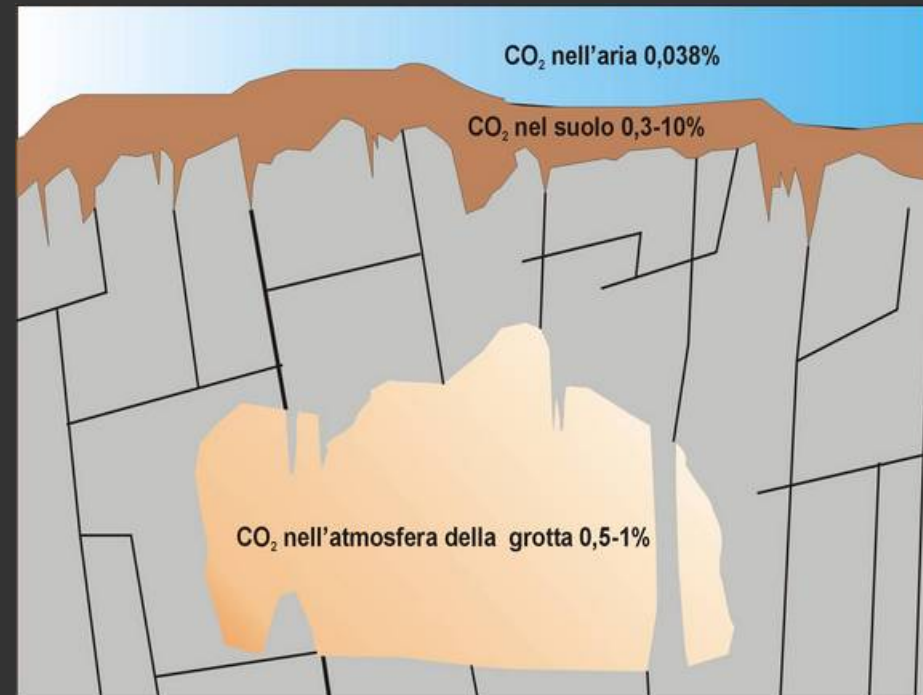
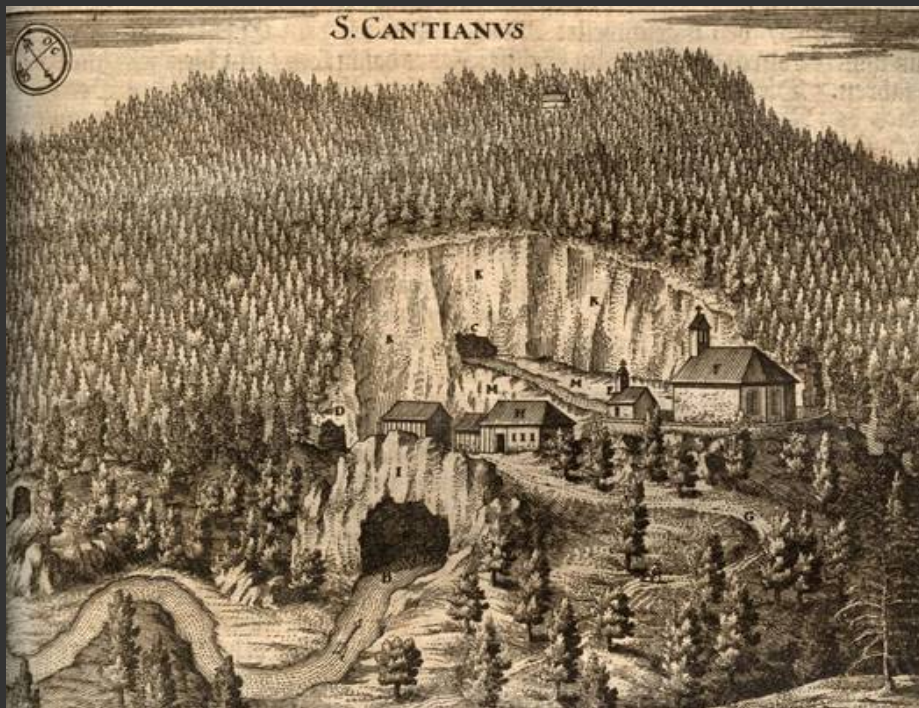


IL CARSISMO



È un fenomeno molto comune (che interessa soprattutto calcari puri (non dolomitizzati) e senza livelli marnoso/argillosi e fratturati).

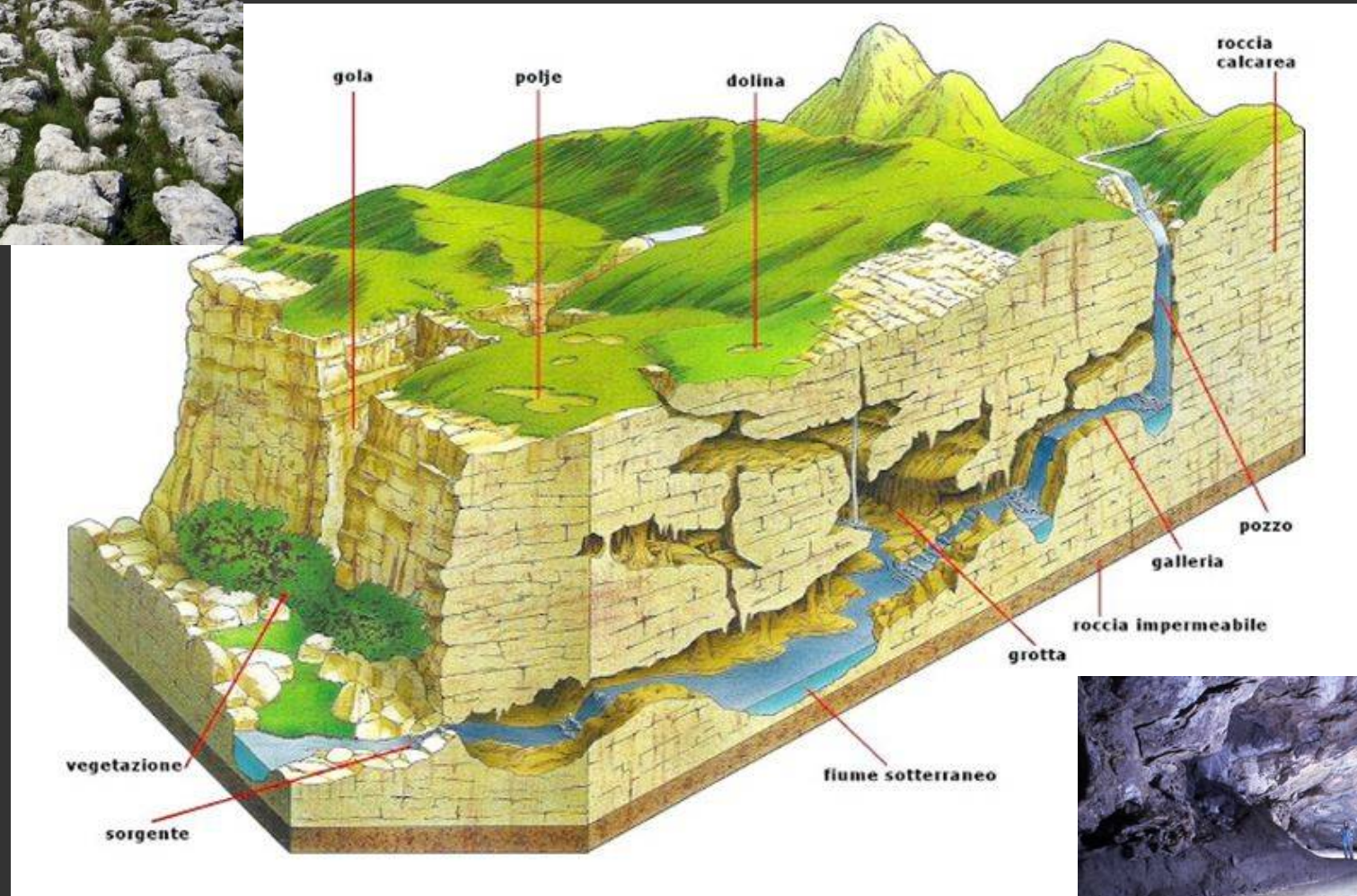
E' molto importante il ruolo della CO₂ nell'acidificare l'acqua e renderla più aggressiva



II CARSISMO



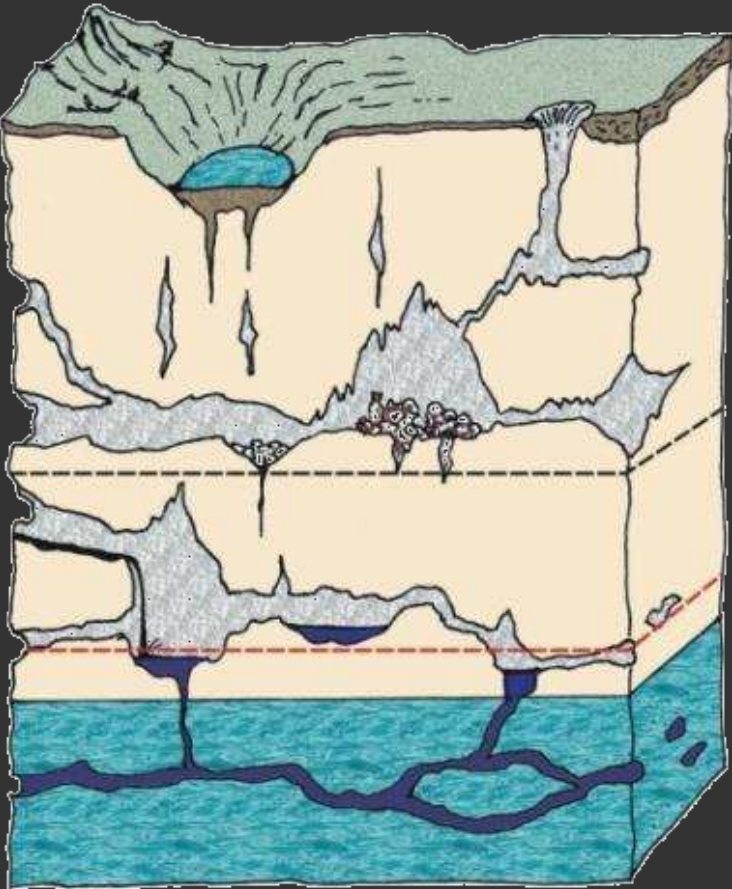
Massicci carbonatici possono essere completamente smantellati da fenomeni carsici, sia ipogei sia epigei



IL CARSISMO

Può anche rappresentare
un rischio geologico,
specie nelle aree urbane

SINKHOLE



NATURAL
E



ANTROPICO

O

Travertino

Il calcare è il meno solubile tra i sali disciolti e 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)



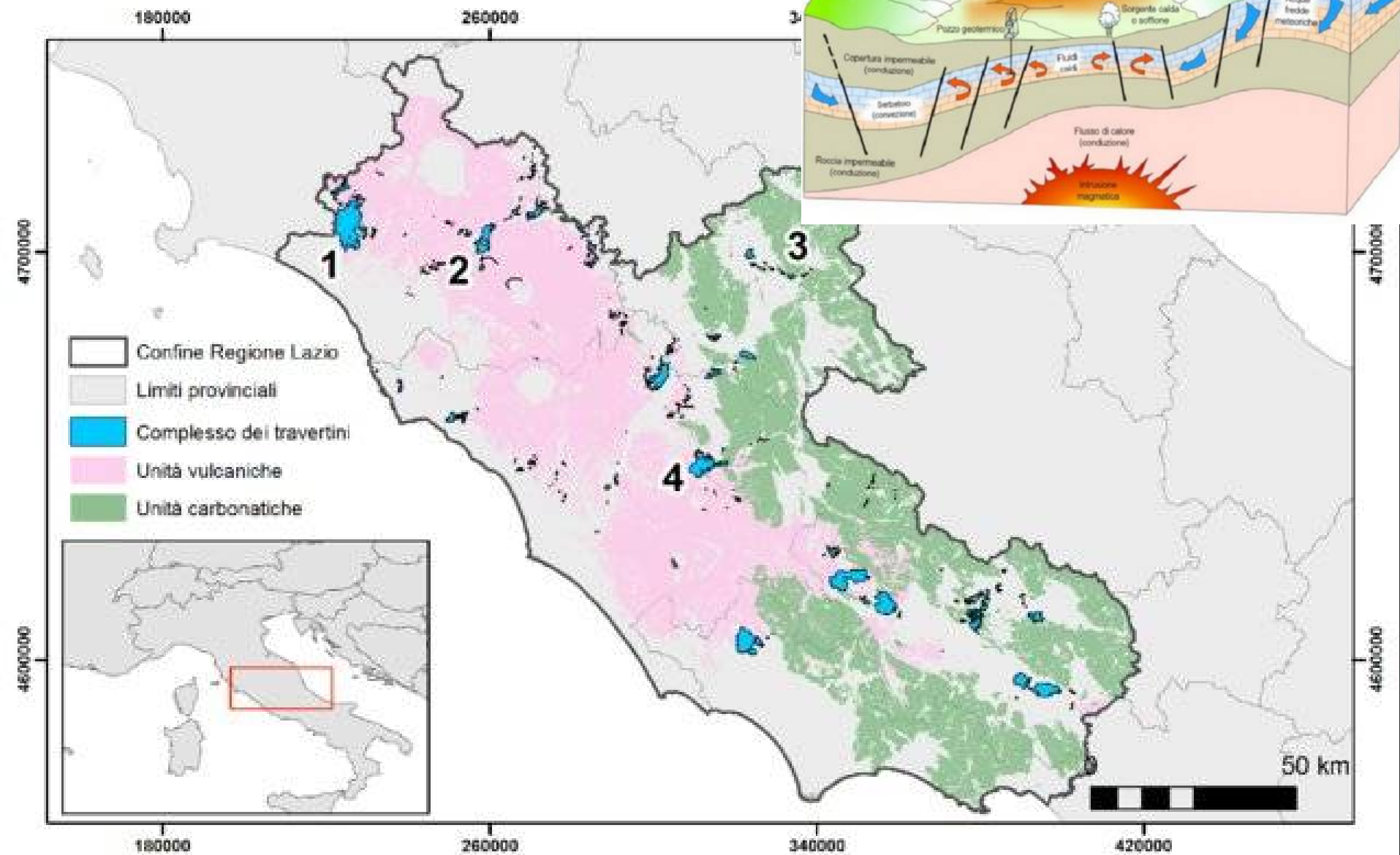
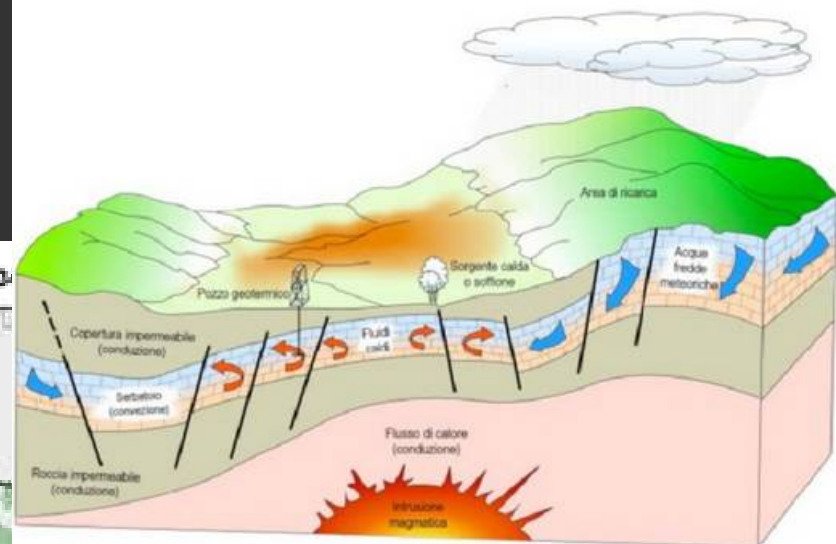
La precipitazione veloce ingloba la vegetazione presente che poi si decompone lasciando cavità che rendono il travertino molto poroso e un'ottima pietra da costruzione e ornamentale.

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

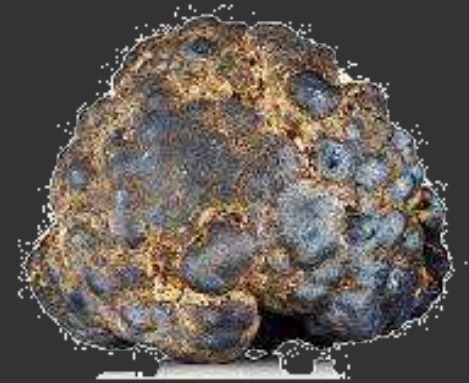


peliti ferrifere

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

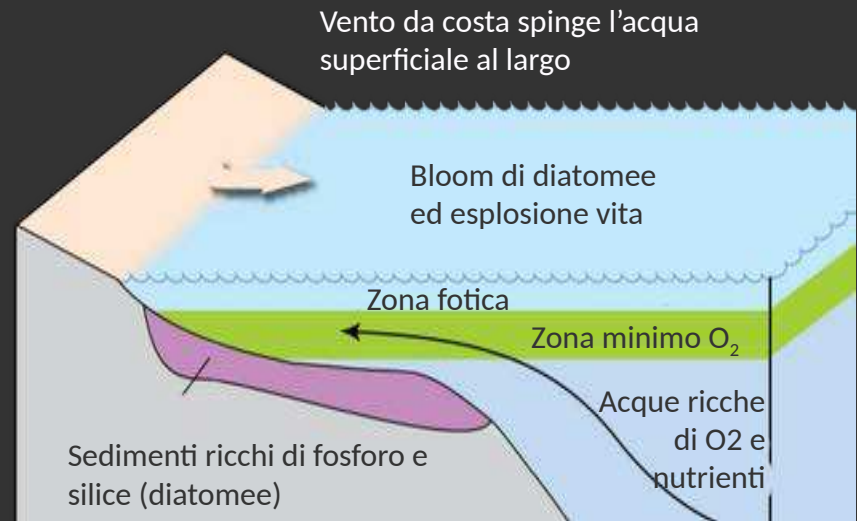
noduli polimetallici

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)
ancora più residuali
più povere in Si
più ricche in Al
bauxiti carsiche
residui insolubili
bauxiti cristalline
come lateriti



Pisoliti bauxitifere



Argille residuali

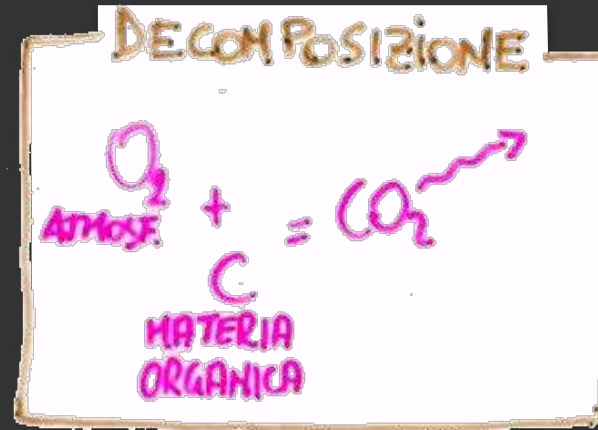
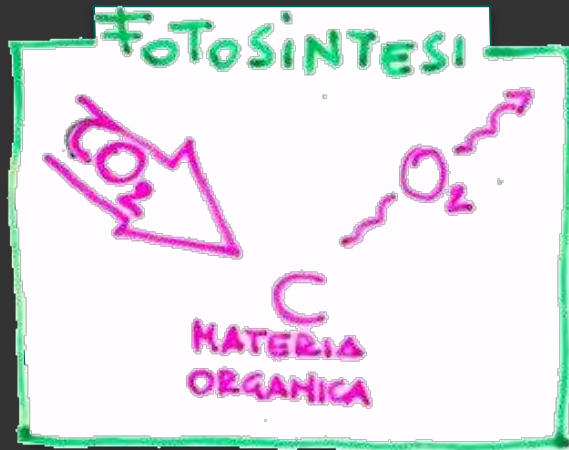
(paleosuoli)
climi temperati umidi Al-Fe
climi aridi Ca-Mg
climi caldo umidi non ci sono argille alterate ma solo lateriti

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

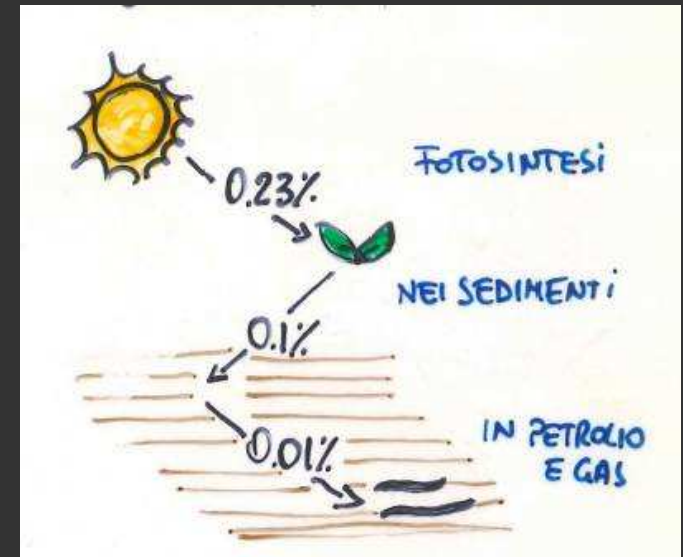
rocce organiche biogeniche

Combustibili fossili (Carboni e idrocarburi)

Il carbonio fossile è circa 10.000 volte il «vivente»



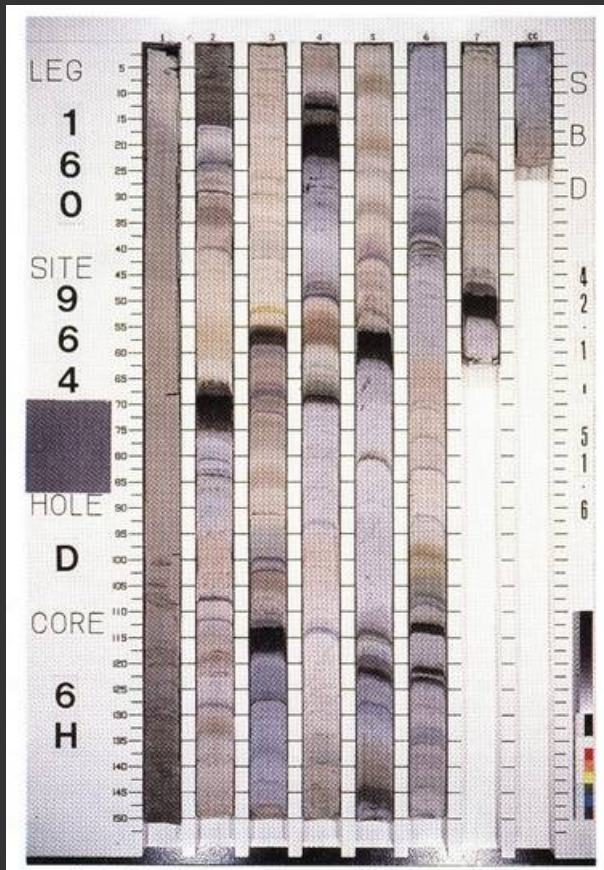
- 1) La fotosintesi trasforma l'energia luminosa in energia chimica formando materia organica.
- 2) Con la decomposizione ad opera di batteri aerobi questa viene rilasciata nell'ambiente.
- 3) Una piccola frazione della materia organica non si ossida (per condizioni anossiche dell'ambiente o per seppellimento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



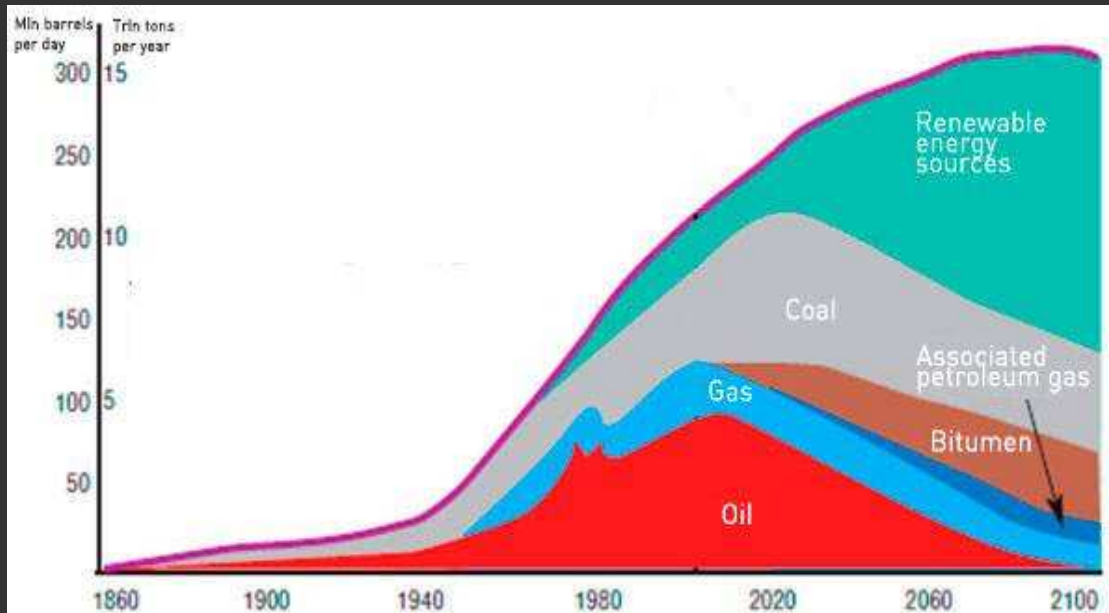
Torba(50%C) $\Rightarrow$ Lignite(70%C) $\Rightarrow$ Litantrace $\Rightarrow$ Antracite (90% C)
aumenta densità, durezza, lucentezza, contenuto in C, potere calorico

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



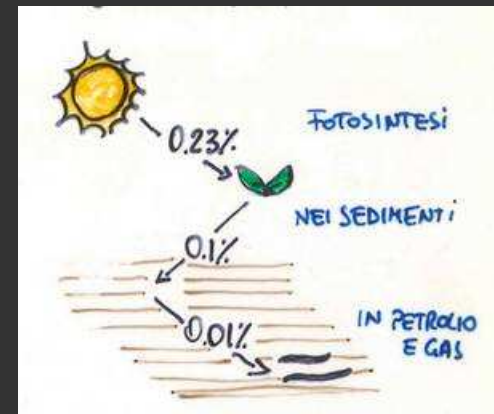
Petrolio (e idrocarburi)

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 .

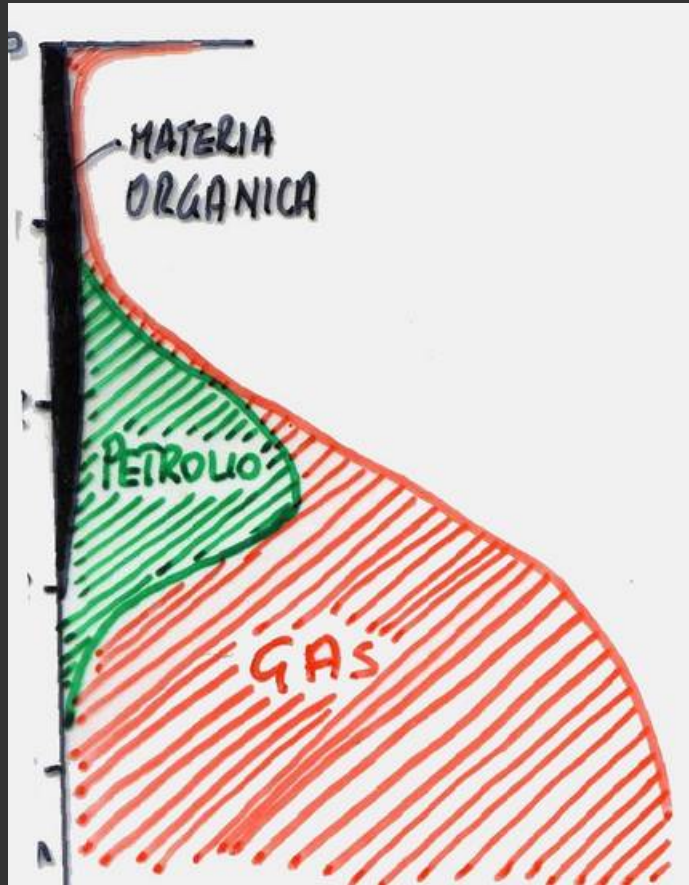


Se viene sepolta inizia decomposizione anaerobica:

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

età	% giacimenti
Neogene	18
Paleocene	21
Cretacico	27
Giurassico	21
Permo-Triassico	6
Carbonifero	5
Devoniano	1
Cambriano-Siluriano	1

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

Aumentano

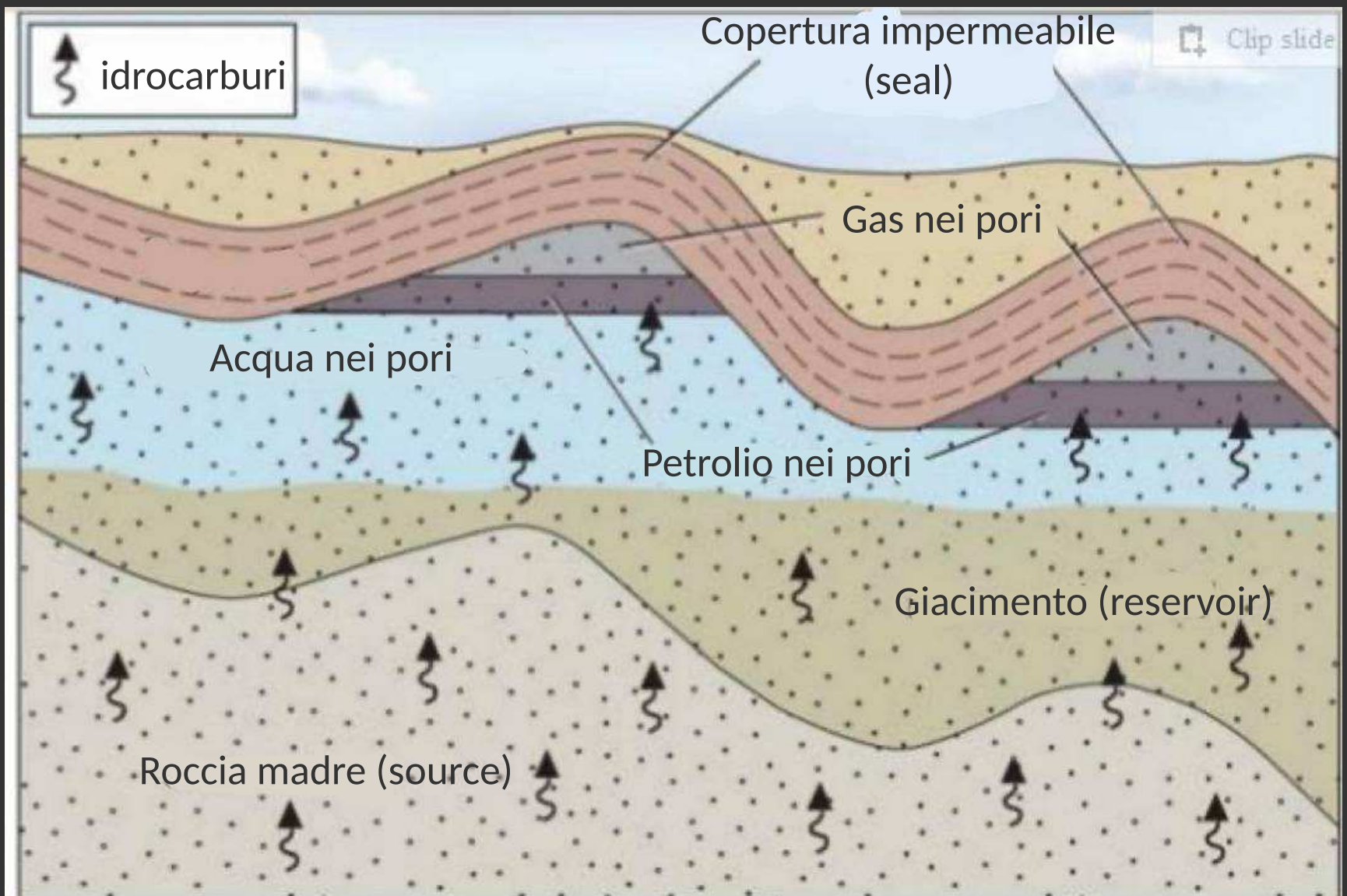
tempo, temperatura, pressione di seppellimento

Sviluppo

Petrolio

Carbone

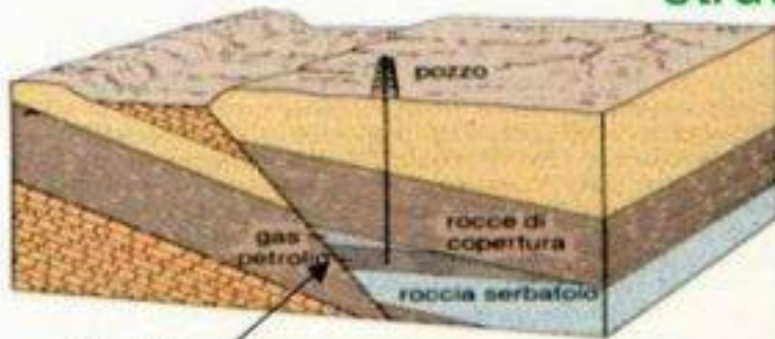
Diagenesi (immaturo)	Gas secco		Gas biogenico	Lignite
Catagenesi (maturo)	Olio	Olio		Litantrace e bitumi
	Gas umido		Gas termogenico	
Metagenesi/ metamorfismo di basso grado (sovramaturo)	Gas secco decomposizione idrocarburi			Antracite



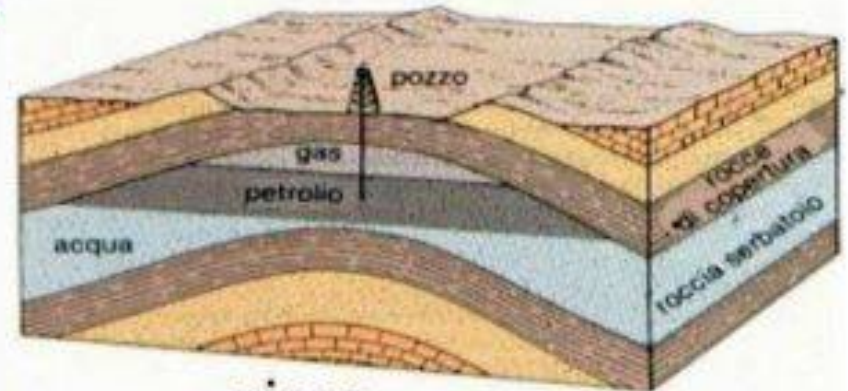
Una volta formati, gli idrocarburi migrano verso l'alto per densità, si concentrano e si accumulano in giacimenti (trappole) fatti da rocce permeabili, con sigillante al tetto

Trappole geologiche per giacimenti di idrocarburi

Trappole struttura"



faglia



piega

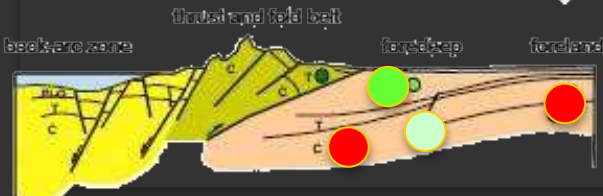
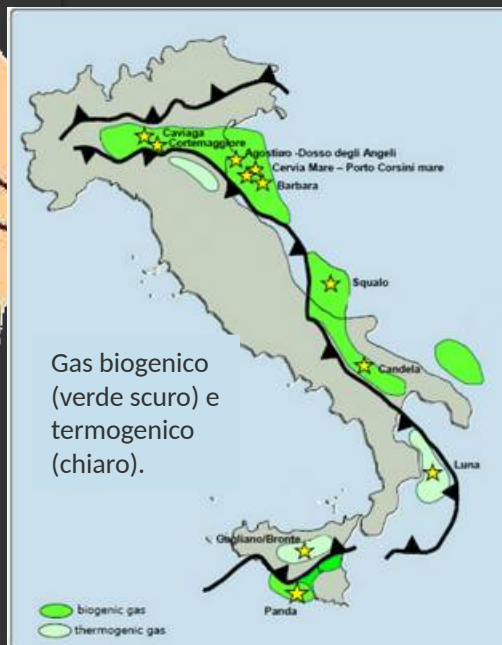
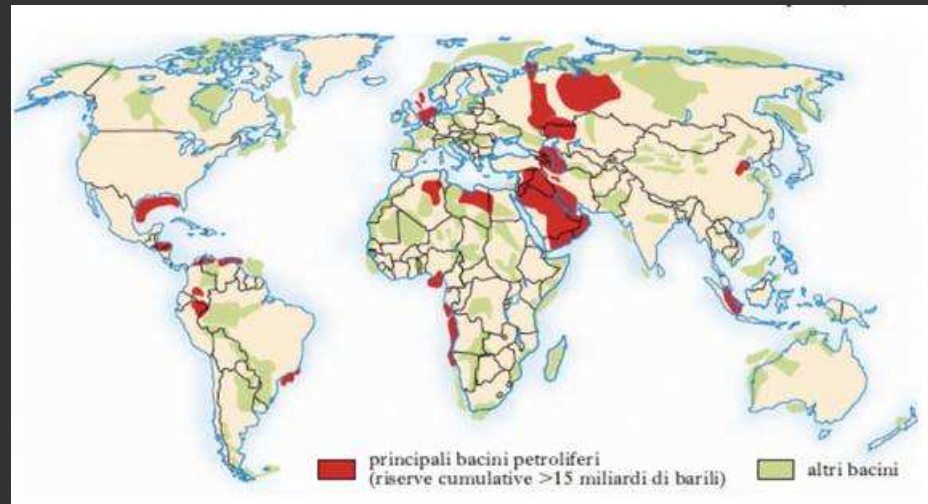
Trappola stratigrafica



Trappola diapirica



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



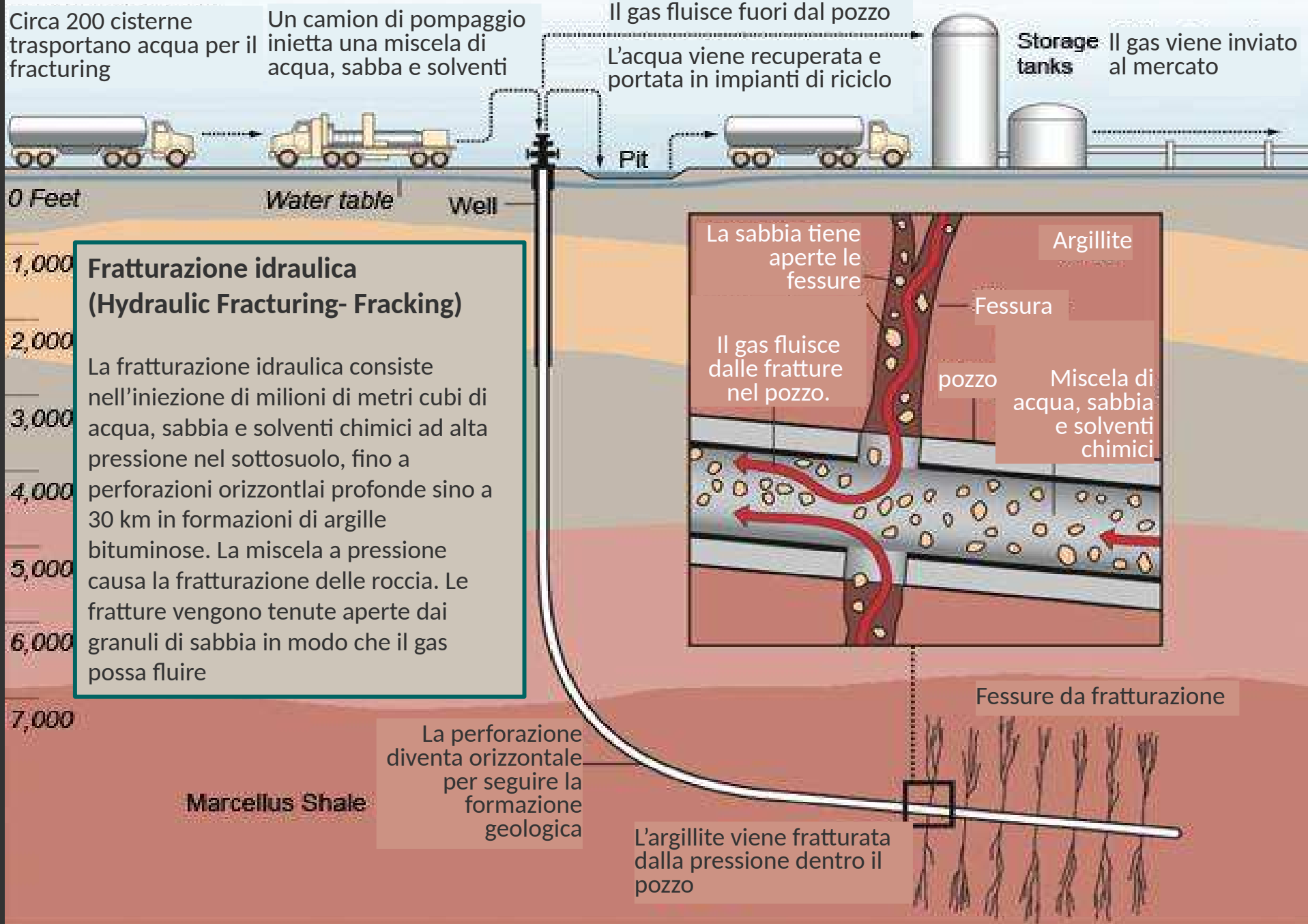
Shale oil/gas (scisti bituminosi)

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 shale 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 sono diventati energeticamente indipendenti (anzi esportatori) grazie agli scisti bituminosi





Le rocce evaporitiche

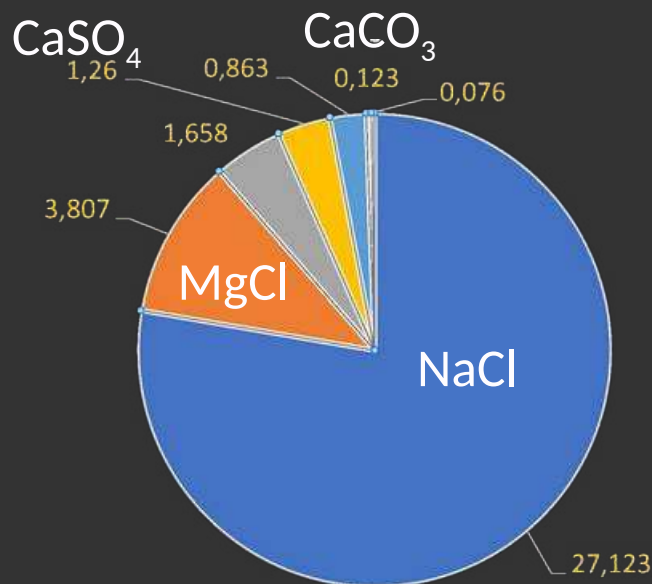
Costituite da sali che si formano per la precipitazione diretta da acqua di mare iperconcentrata per evaporazione. I più importanti carbonato di calcio, gessi e anidridi e alite (NaCl)

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

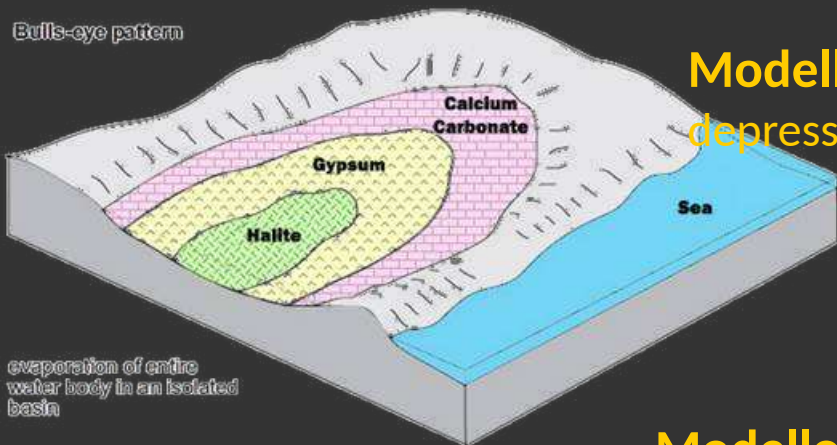


Calcite $\Rightarrow$ Gesso $\Rightarrow$ Alite $\Rightarrow$ Solfato Mg e Cl $\Rightarrow$ Bromuro $\Rightarrow$ Silvite

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



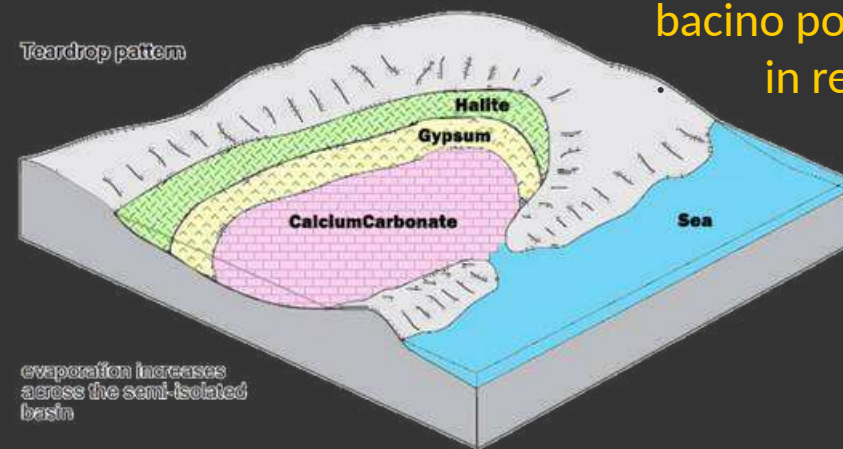
Bulls-eye pattern



evaporation of entire water body in an isolated basin

Modello bacino desertico (occhio di bue)
depressioni continentali in climi aridi
normalmente di piccole dimensioni

Teardrop pattern



evaporation increases across the semi-isolated basin

Modello salina

bacino poco profondo alimentato costantemente
in regioni con clima caldo e arido,
forte evaporazione crea lama d'acqua soprasatura

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



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

PER AVERE 1M DI
GESSO DEVE EVA-
PORARE 2500M DI
ACQUA

Credit: www wwftorresalsa.com

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

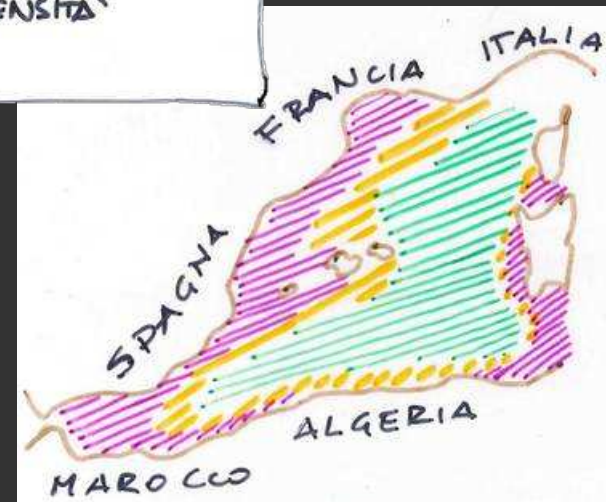
Modello di deposizione in sistema aperto (lago-mare)



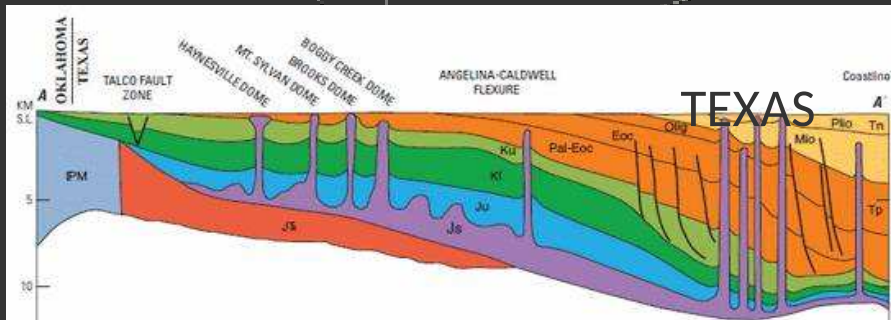
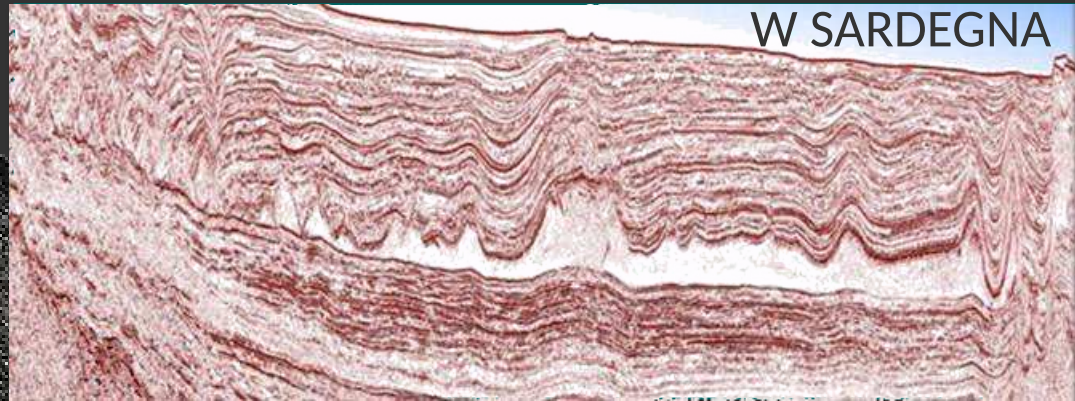
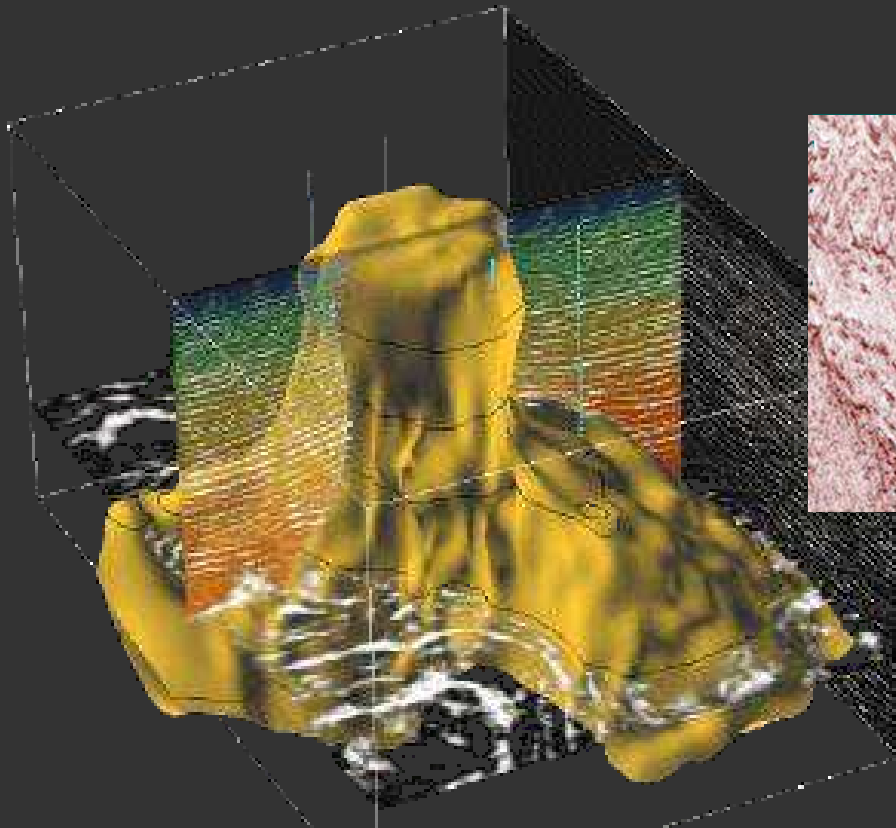
attualmente
non si
conoscono
bacini
profondi
evaporitici in
sistemi
aperti

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

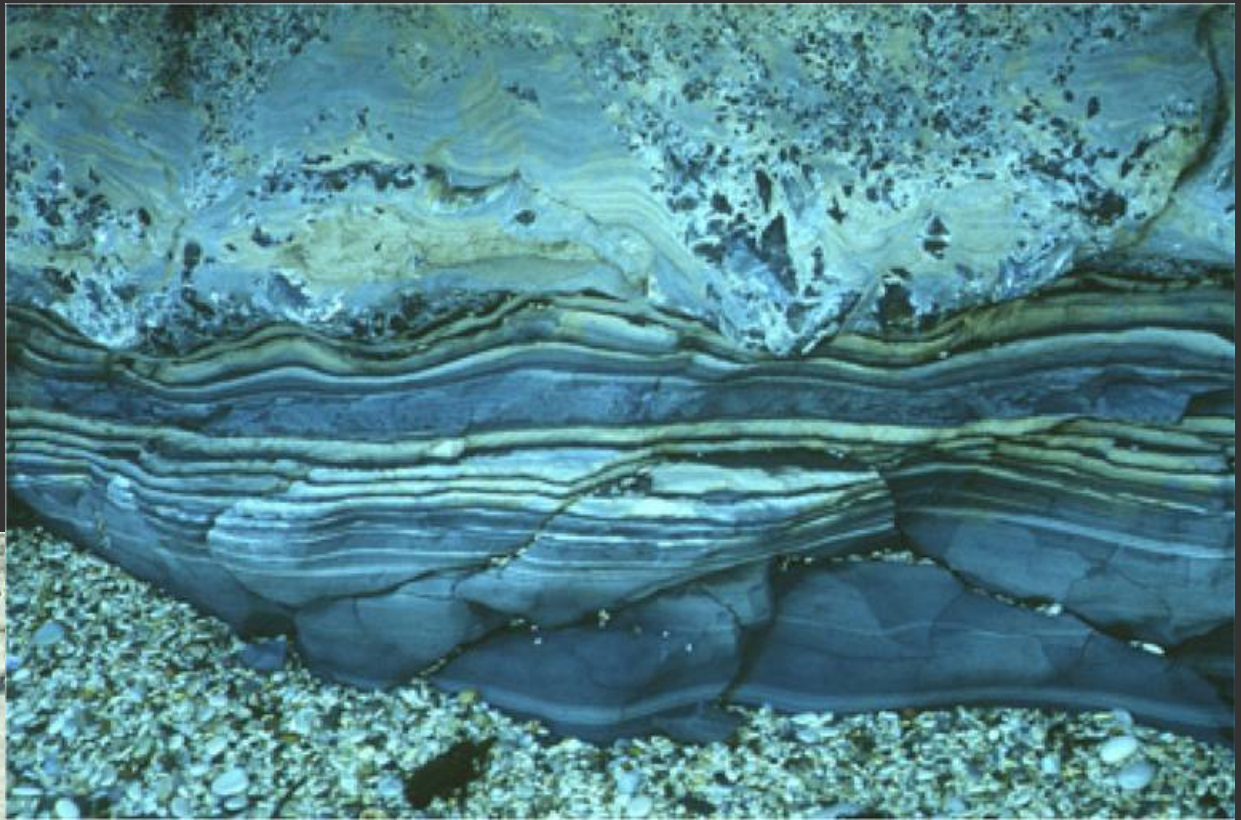


Le evaporiti spesso generano **diapiri** per differenza di densità tra sale e sedimenti. La tettonica diapirica **deforma** i sedimenti soprastanti.



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

<https://drive.google.com/drive/folders/1PnMhwEP2l8RWy17-5wjOyxst7QwQ71A8?usp=sharing>

Rocce clastiche (o detritiche)

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

Rocce organogene (o biogene)

Carbonatiche	Calcarei	biocostruiti boundstone
		grainstone packstone wakestone mudstone (micrite)
	particellari	
	Dolomie	
Silicee		
Depositi organici	Sapropeli	torba
	Carboni	lignite litantrace antracite
	Idrocarburi	cherogene asfalti e bitumi petrolio gas scisti bituminosi

Rocce chimiche

Evaporiti	calcite gesso alite
Selci	agata nodulari
Alabastro	
Travertino	idrotermale di cascata
Ferri fe re	BIF placers noduli FeMn
Fosforiti	

Rocce Residuali

Lateriti
Bauxiti
Argille residuali