

LE ROCCE
SEDIMENTARIE:
ROCCE CLASTICHE

sono rocce **DETRITICHE (CLASTICHE)** prevalentemente
SILICOCLASTICHE derivanti dalla degradazione meteorica
di rocce preesistenti (weathering)

fra le sedimentarie, sono le più diffuse

Il materiale prodotto dipende da vari fattori :

litologia delle rocce esposte

tipo di rilievo (morfologia)

clima (temperatura e grado di umidità)

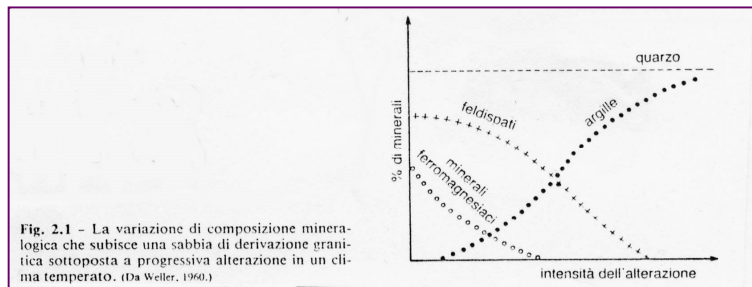
tempo che gli agenti di alterazione ed erosione hanno a disposizione
per agire

attività tettonica

Si tratta quindi di **rocce particellari** in cui l'impalcatura granulare è
data da grani detritici (= grani terrigeni, clasti). Fra i grani c'è
matrice e/o cemento

La classificazione maggiormente utilizzata è in base alla
granulometria, che in queste rocce dà indicazioni sulla corrente di
trasporto (energia).

Minerali e frammenti di roccia più comuni



Costituenti principali (>1% circa)

Minerali stabili (grande resistenza alla decomposizione chimica)

Quarzo: costituisce approssimativamente il 65% di un'arenite media, il 30% di un'argillite media e il 5% di una roccia carbonatica media.

Selce: costituisce circa l'1-4% delle rocce sedimentarie silicoclastiche

Minerali meno stabili

Feldspati: includono i feldspati potassici (ortoclasio, microclino, sanidino, anortoclasio) ed i plagioclasti (albite, oligoclasio, andesina, labradorite, bytownite, anortite); costituiscono circa il 10-15% di un'arenite media, il 5% di un'argillite media e meno dell'1% di una roccia carbonatica media

Costituenti argillosi e frazione micacea fine: i minerali argillosi comprendono il gruppo della caolinite, il gruppo dell'illite, il gruppo delle smectiti (di cui la montmorillonite è uno dei termini principali) e il gruppo della clorite; la frazione micacea fine è costituita principalmente da muscovite (sericite) e da biotite; questa frazione costituisce approssimativamente il 25-35% del totale dei minerali silicoclastici, ma costituisce più del 60% dei componenti delle argilliti

Costituenti accessori (<1% circa)

Miche grossolane: principalmente muscovite e biotite

Minerali pesanti (peso specifico >2.8)

Minerali stabili non opachi: zircone, tormalina, rutilo

Minerali metastabili non opachi: anfiboli, pirosseni, clorite, granato, apatite, staurolite, epidoto, olivina, titanite (o sfene), zoisite, clinozoisite, topazio, monazite, più circa un centinaio di altri minerali volumetricamente meno importanti

Minerali stabili opachi: ematite, limonite

Minerali metastabili opachi: magnetite, ilmenite, leucoxeno

Frammenti di roccia o frammenti litici costituiscono circa il 10-15% dei granuli silicoclastici in una arenite media e la maggior parte dei clasti nei conglomerati; le argilliti contengono pochi frammenti litici di roccia.

Frammenti di rocce magmatiche: possono includere clasti di qualsiasi roccia magmatica, ma i più comuni nelle areniti sono i frammenti a grana fine di rocce vulcaniche e di vetro vulcanico.

Frammenti di rocce metamorfiche: includono clasti di metaquarziti, filladi, argilloscisti, scisti, e meno comunemente, di gneiss.

Frammenti di rocce sedimentarie: nei conglomerati è possibile trovare frammenti di qualsiasi tipo di rocce sedimentaria; nella areniti sono più comuni clasti di arenite fine, di siltite, di argillite; sono rari nelle areniti i clasti carbonatici.

Elementi di origine chimica inclusi i cementi (% variabile)

Silicati: in predominanza quarzo; altri silicati possono comprendere la selce, l'opale, i feldspati e le zeoliti.

Carbonati: principalmente calcite; meno comunemente aragonite, dolomite, siderite. Ossidi di ferro: ematite, limonite

Solfati: anidrite, gesso, barite

MATURITA' COMPOSIZIONALE

L'abbondanza di un minerale terrigeno in una roccia sedimentaria dipende da tre fattori:

disponibilità

resistenza meccanica

stabilità chimica : l'ordine di stabilità chimica è circa il rovescio della serie di Bowen

Un sedimento è composizionalmente tanto più maturo quanto più presenti sono i minerali stabili chimicamente e resistenti meccanicamente.

MATURITA' TESSITURALE

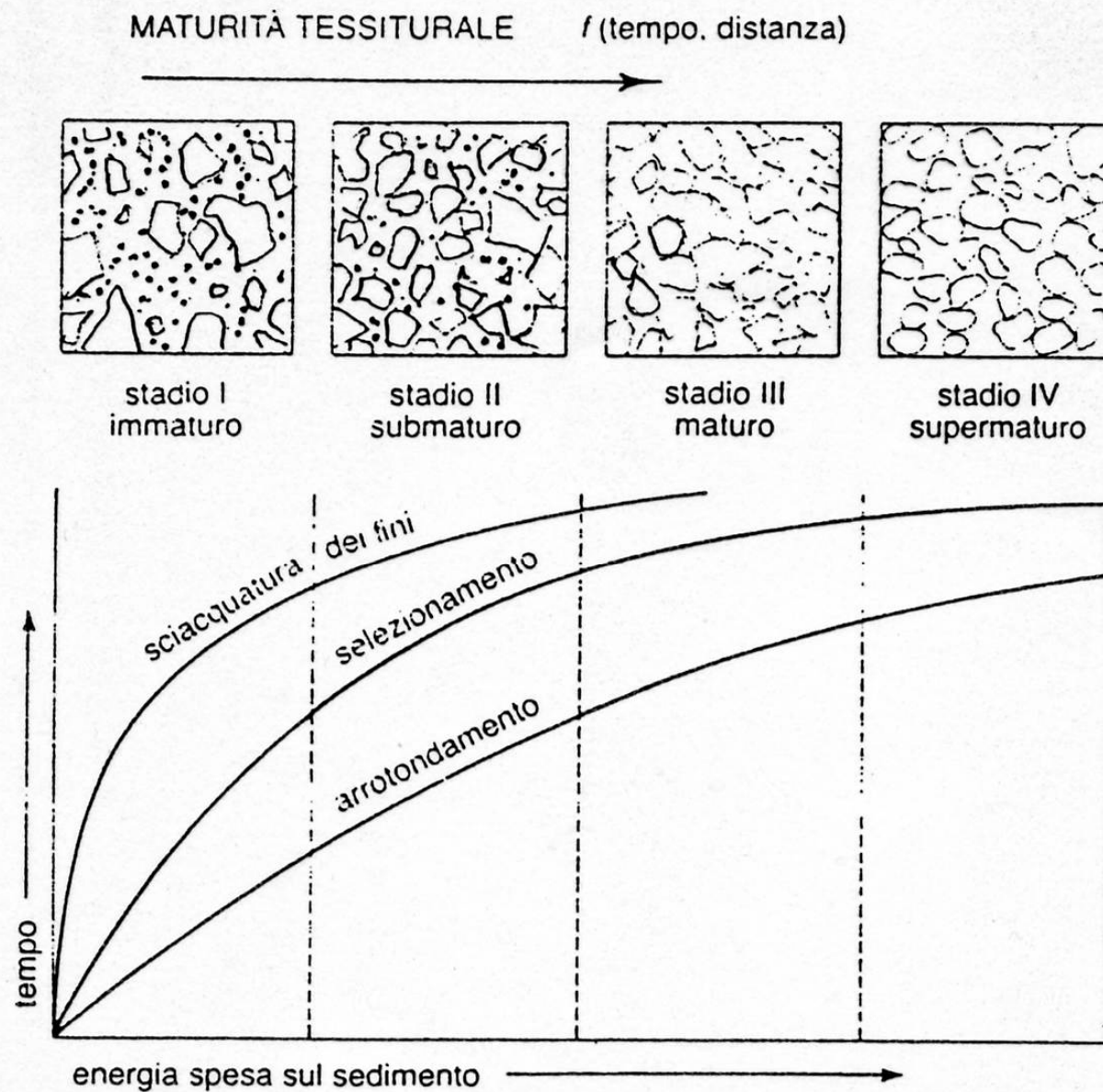


Fig. 2.18 - I progressivi stadi della maturità tessiturale, in funzione della matrice, del selezionamento e dell'arrotondamento, secondo lo schema di Folk (1951).

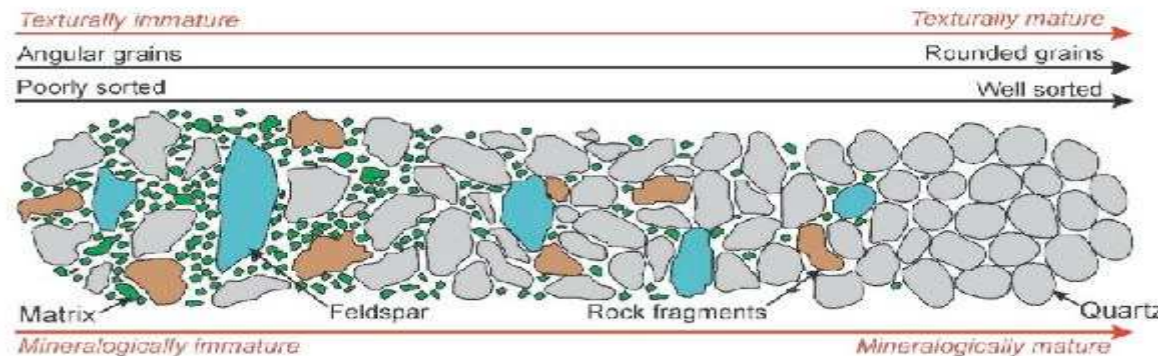
La maturità tessiturale si stabilisce in base a: (1) contenuto in matrice; (2) grado di selezionamento (sorting); (3) grado di arrotondamento (roundness).

Un sedimento (e.g., arenaria) IMMATURO ha matrice $>5\%$, è mal selezionato con clasti mal arrotondati. Un sedimento SUBMATURO ha poca matrice ($<5\%$), è moderatamente selezionato con clasti moderatamente arrotondati. Un sedimento MATURO non ha matrice, è ben selezionato con clasti ben arrotondati.

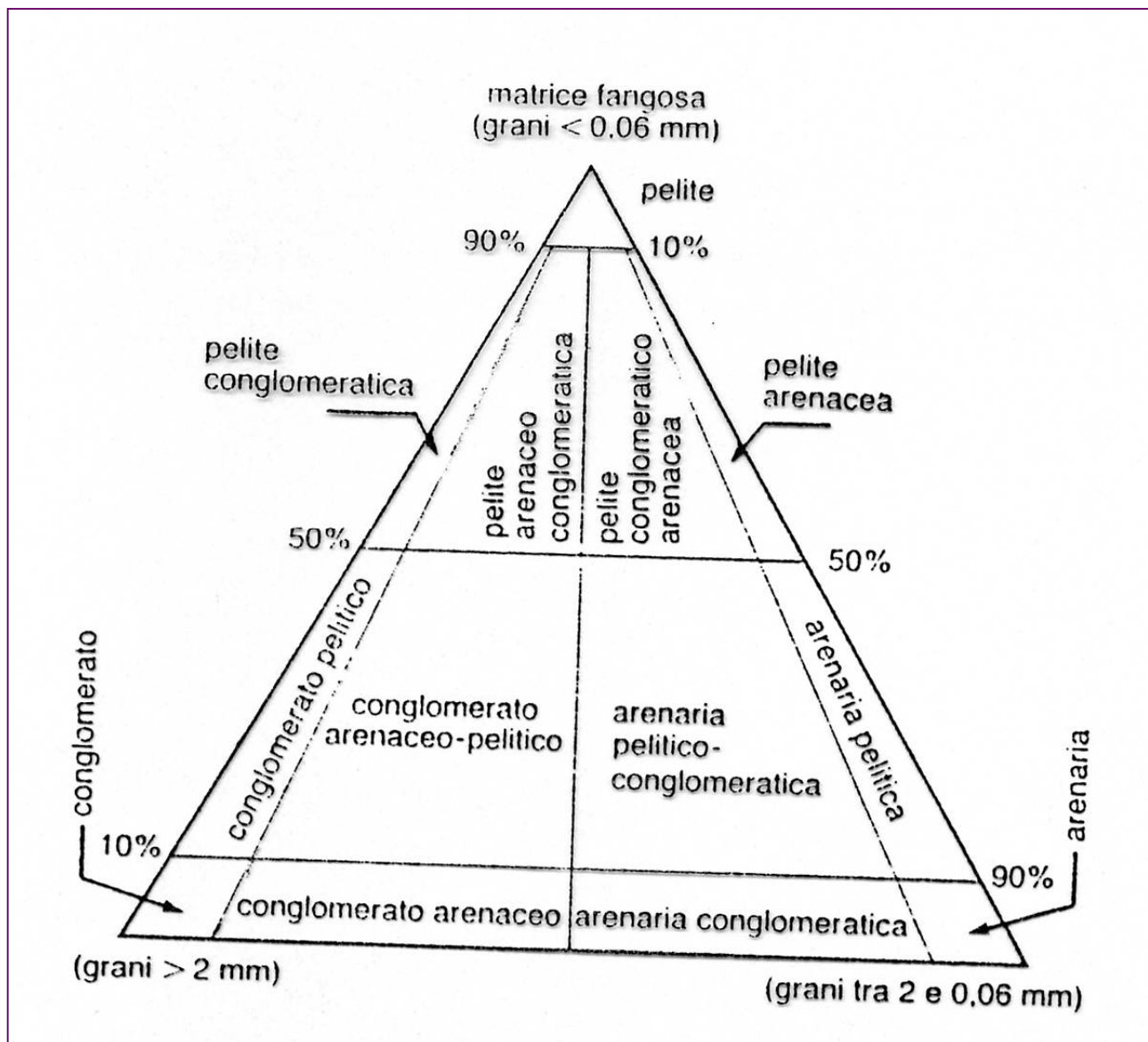
Tessitura immatura
Grani poco arrotondati
Selezione bassa
Mineralogia immatura
(e.g., feldspati)
Molta matrice
Ambiente di conoide



Tessitura matura
Grani ben arrotondati
Selezione alta
Mineralogia matura
e.g., (molto quarzo)
Assenza di matrice
Ambiente di fiumi maturi o
eolico



CLASSIFICAZIONI DELLE ROCCE DETRITICHE



RUDITI (CONGLOMERATES)

Granuli >2 mm

Termini usati: **CONGLOMERATO** se i granuli sono arrotondati
BRECCIA se i granuli non sono arrotondati

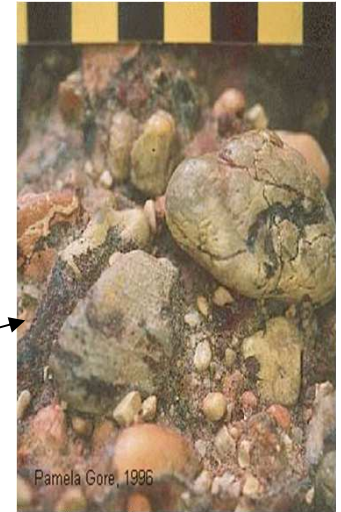
Sono i prodotti più grossolani dell'erosione.

In genere subiscono un trasporto limitato

I granuli sono soprattutto frammenti litici

La matrice è data da granuli di quarzo, feldspati, miche, minerali argillosi

Il cemento è carbonatico o siliceo



Quando è possibile riconoscere la provenienza degli elementi che costituiscono la roccia:

INTRAFORMATIZIONALI (provenienza all'interno del bacino di deposizione)

EXTRAFORMATIZIONALI (provenienza esterna al bacino)

Intraformatizionale=INTRABACINALE ☐ indica processi deposizionali o tettonici sinsedimentari (per lo più brecce)

ORTOCONGLOMERATI (<15% di matrice)
extraformatizionale = EXTRABACINALE ☐

PARACONGLOMERATI (>15% di matrice)

OLIGOMITTICI (monogenici) =☐ unica litologia degli elementi conglomerati (s.l.)

POLIMITTICI (poligenici) =☐ litologia composita

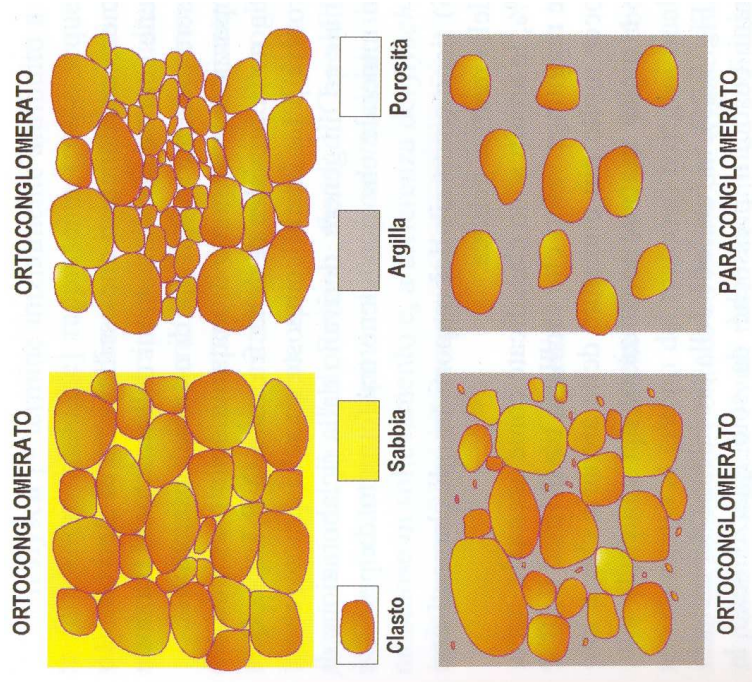


Tabella 9.10 - Classificazione schematica delle rocce terrigene rudittiche

RUDITI OLIGOMITTICHE		
Ambiente di sedimentazione	Nomenclatura dei tipi incoerenti	Nomenclatura dei tipi coerenti
Subaereo	Detriti di falda	Brecce di falda
	Detriti di frana	Brecce di frana
Glaciale	Detriti morenici	Brecce moreniche
	Ciottolame torrentizio	Conglomerati torrentizi
Subacqueo	Detriti di erosione marina	Conglomerati di erosione marina
	Detriti di scarpata sottomarina	Conglomerati di scarpata sottomarina
	Detriti intraformazionali	Brecce intraformazionali
RUDITI POLIMITTICHE		
Subacqueo	Detriti di conoidi alluvionali	Fanglomerati
	Colate di fango e detrito	
Glaciale	Detriti morenici di grandi ghiacciai	Tilliti
Subacqueo	Ciottolame fluviale	Conglomerati fluviali

ARENITI

Rocce i cui granuli hanno dimensioni comprese fra 2 mm e 62.5 μm

Arenarie ss

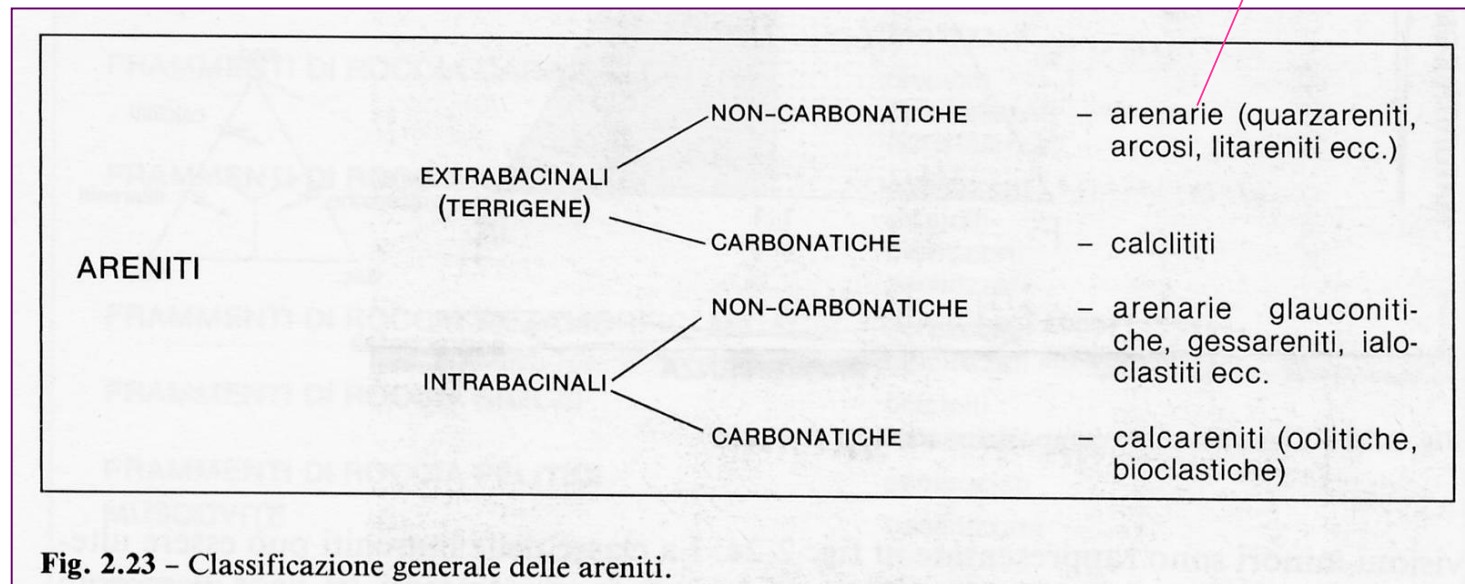


Fig. 2.23 - Classificazione generale delle areniti.



Arenaria fine

Arenaria media



Arenaria da grossolana a molto grossolana



ARENARIA (SANDSTONE)

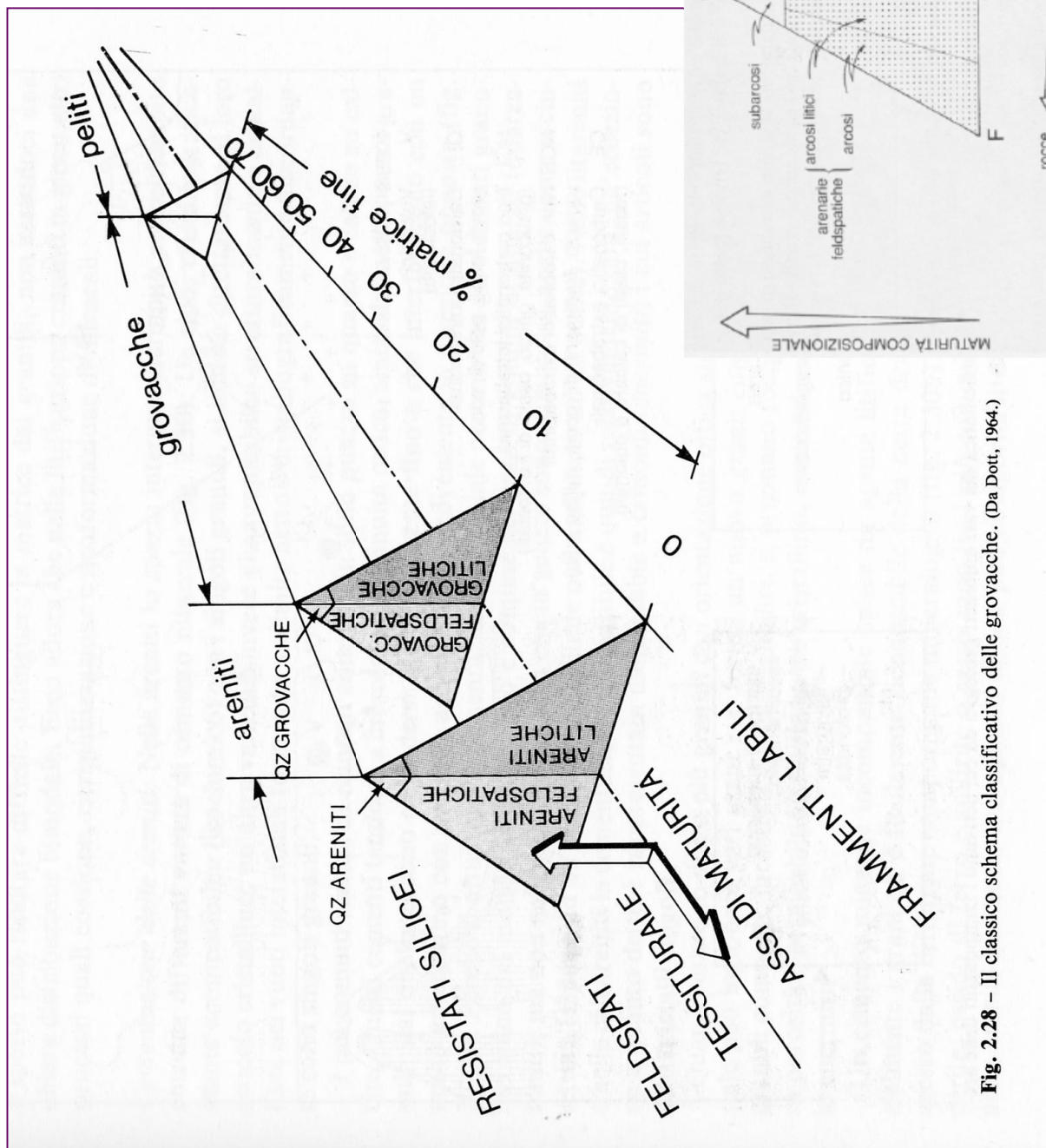


Fig. 2.28 - Il classico schema classificativo delle grovacche. (Da Dott., 1964.)

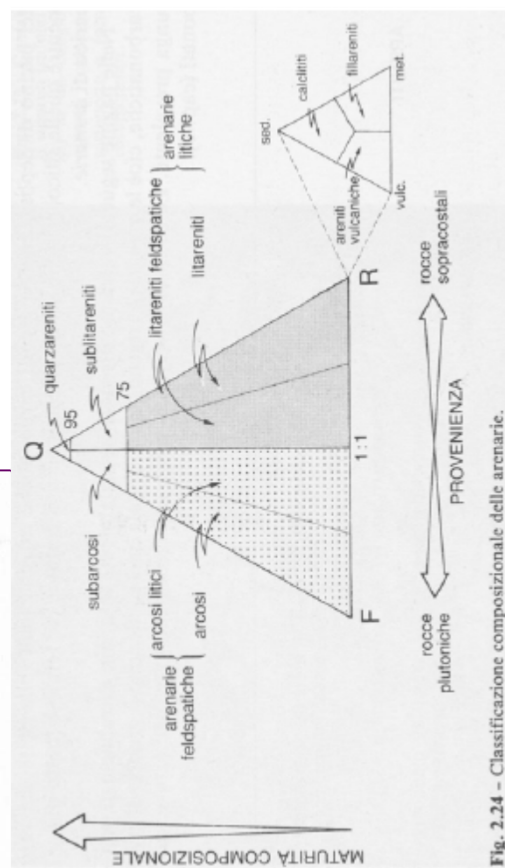


Fig. 2.24 - Classificazione composizionale delle arenarie.

GROVACCHE (litiche o feldspatiche) : matrice presente
cemento scarso o assente
 $Q < 75\%$ (rocce immature)

caratteristica: gradazione dei granuli, da più grossolani a più fini salendo
stratigraficamente sono il prodotto di correnti di torbida;
deposito sinorogenetico.

ARENARIE LITICHE: prevalenza di frammenti di roccia ($>25\%$) sui feldspat
matrice scarsa o assente
cemento prevalente

caratteristiche di ambiente costiero
ambiente orogenico successivo alle arenarie arcosiche

ARENARIE ARCOSE: prevalenza di feldspati ($>25\%$) sui frammenti di roccia
matrice scarsa o assente
cemento prevalente

interruzione del processo di alterazione del feldspato per:
fatto climatico (clima estremo, assenza di acqua)
contatto con l'acqua di breve durata dovuto a trasporto rapidissimo
deposito sinorogenetico

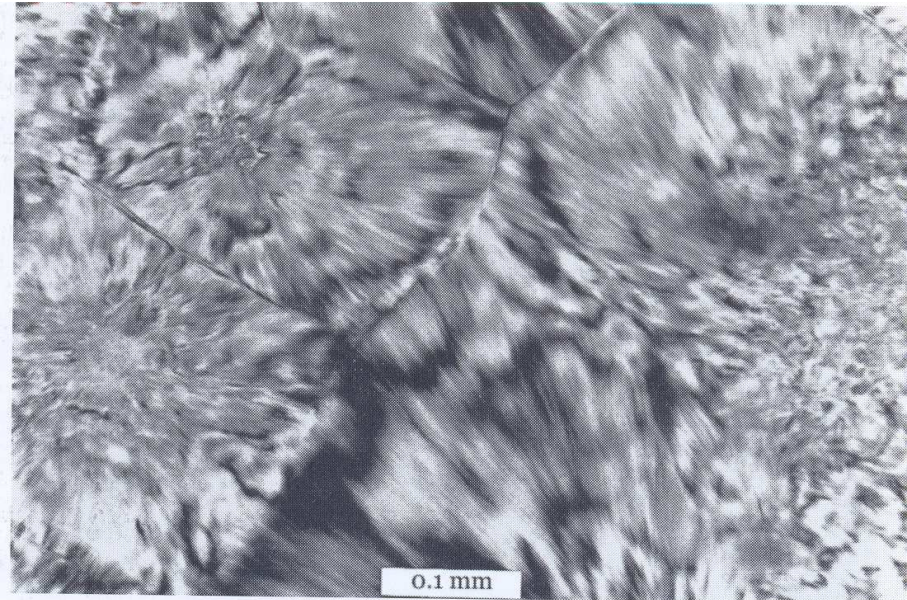
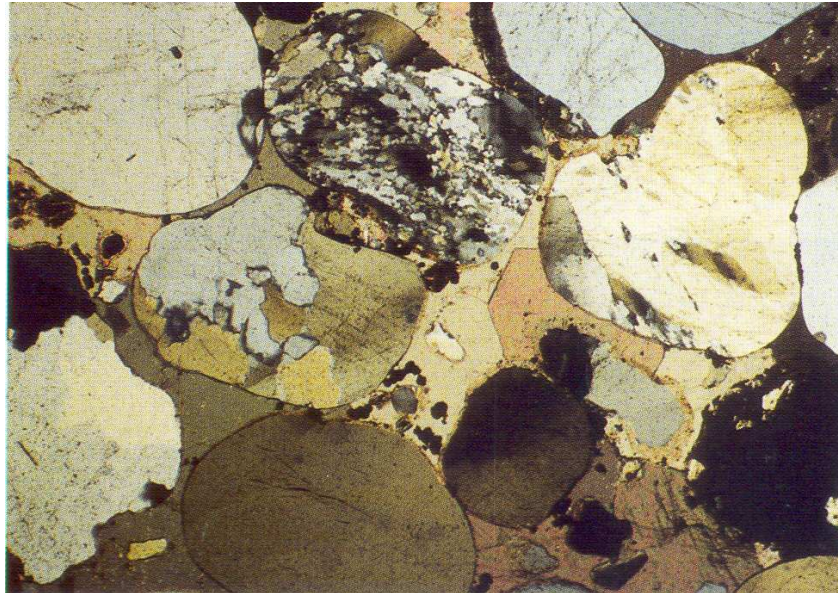
Quarzo

Il minerale più comune nelle arenarie è il quarzo. Si distingue il quarzo monocristallino (Qm) e quello policristallino (Qp). È difficile assegnare la corretta provenienza ai diversi granuli di quarzo, ma alcuni caratteri sono considerati abbastanza distintivi.

Il quarzo derivante da rocce ignee vulcaniche ad esempio è monocristallino, con estinzione retta e nessuna inclusione.

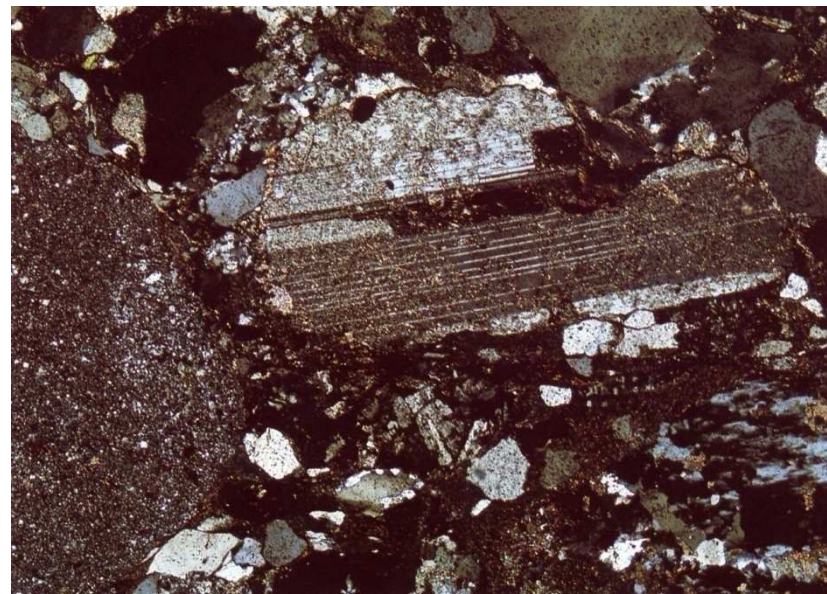
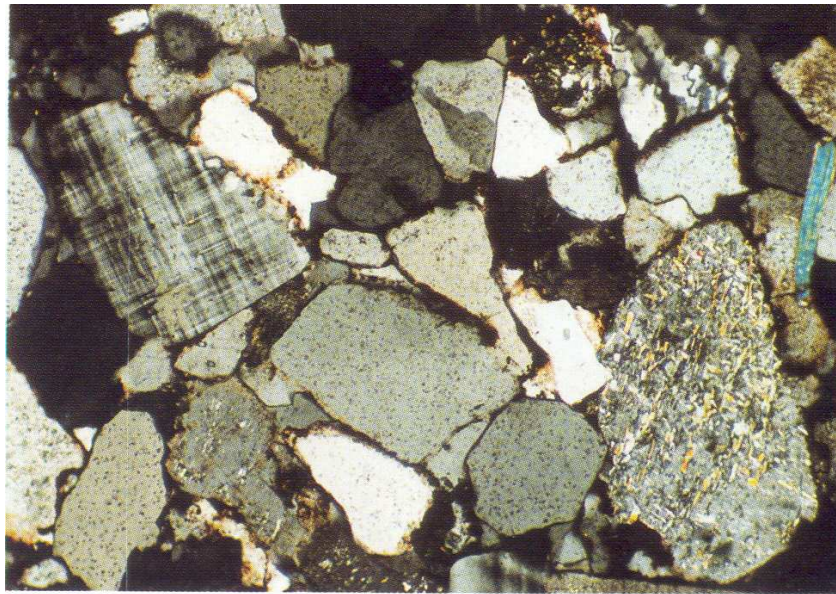
Quello proveniente da vene idrotermale può essere monocristallino o policristallino ma con numerose inclusioni.

Granuli policristallini di quarzo generalmente allungati e con una orientazione preferenziale sono metamorfici. L'estinzione ondulata può essere sinonimo sia di metamorfismo che di cristalli di quarzo magmatici. Si possono trovare anche calcedonio e opale.



Feldspati

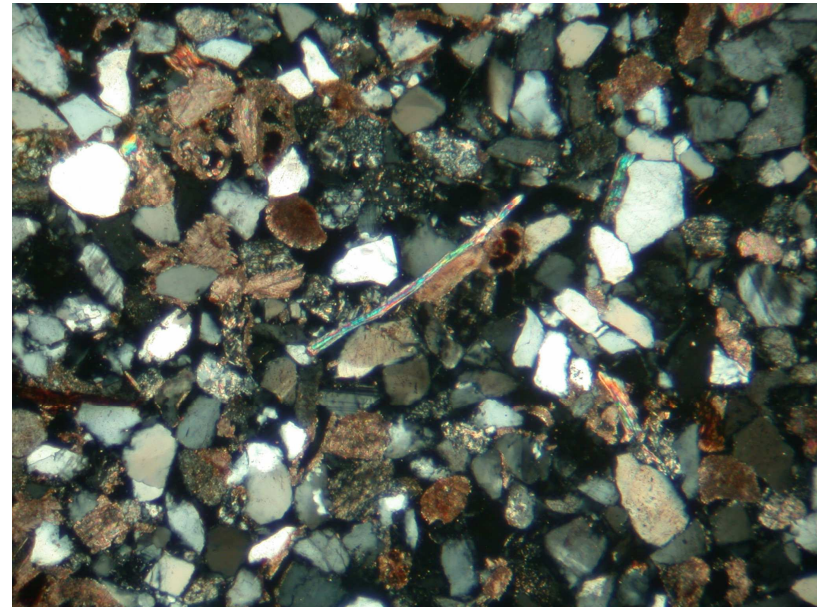
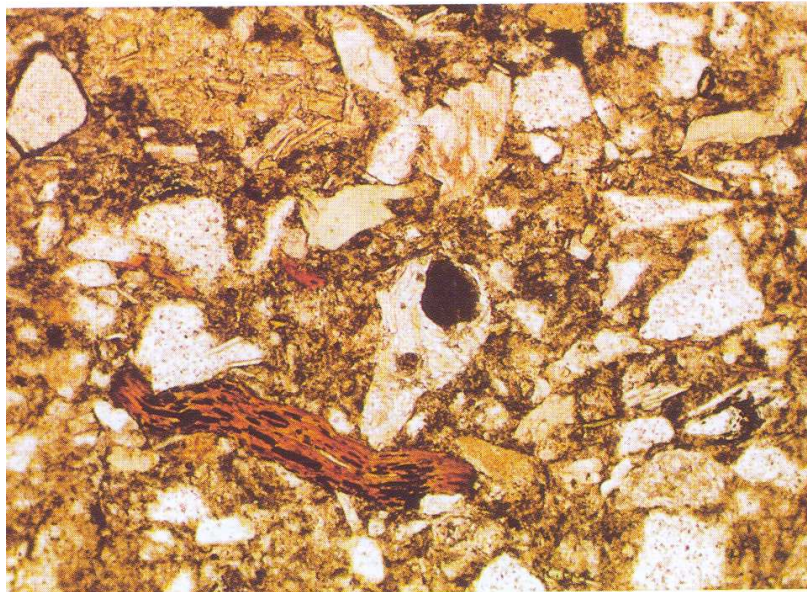
Il feldspato è diagnostico per distinguere arenarie e arcose ($F > 50\%$). La stabilità meccanica del feldspato è inferiore a quella del quarzo, in quanto ha una durezza inferiore e una maggior sfaldabilità che porta alla disintegrazione dei cristalli. Anche la stabilità chimica è inferiore in quanto è più soggetto ad un attacco per idrolisi che comporta la sua alterazione in sericite, caolinite e illite. Una sostituzione diagenetica del quarzo da parte di calcite è possibile. Generalmente nelle arenarie è più facile trovare i feldspati alcalini rispetto ai plagioclasti in quanto sono più stabili e sono comunque relazionabili a rocce del basamento cristallino che sono più spesso rocce sorgenti di arenarie.

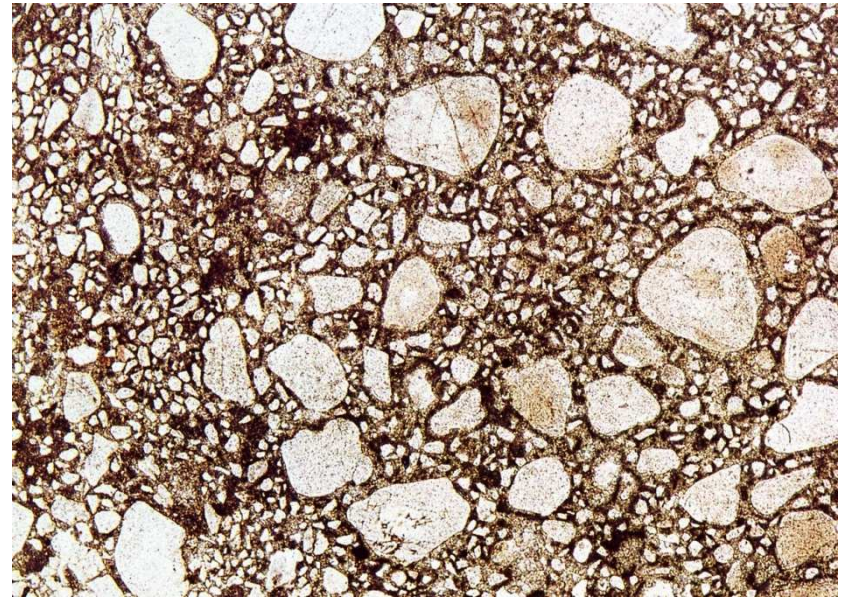
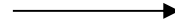
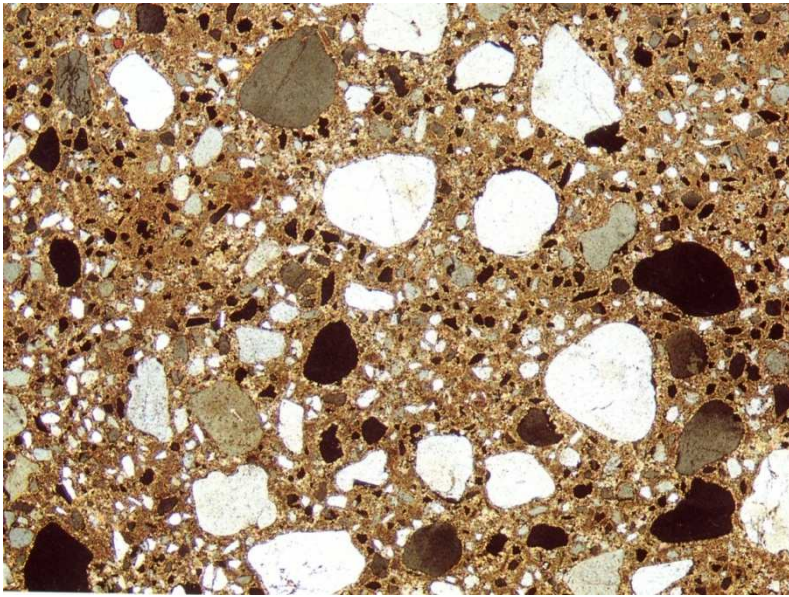


Miche e argille

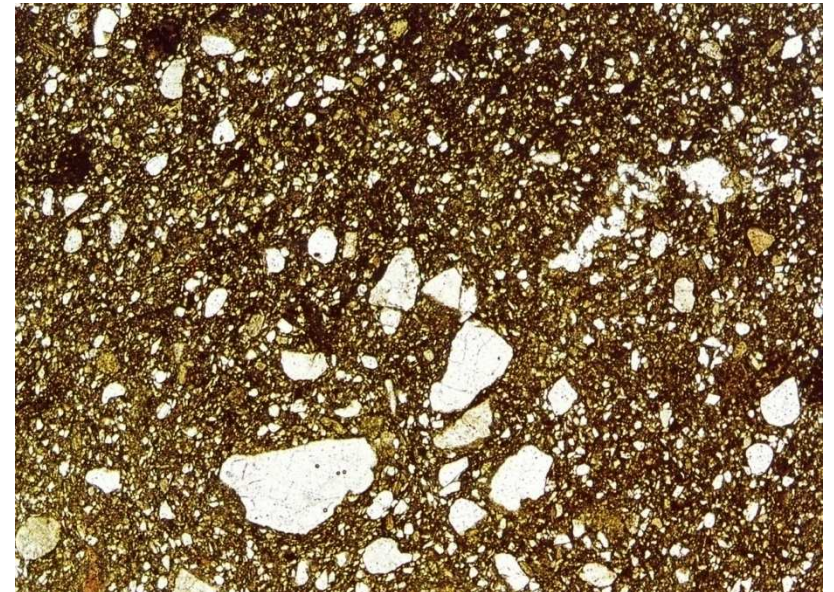
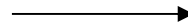
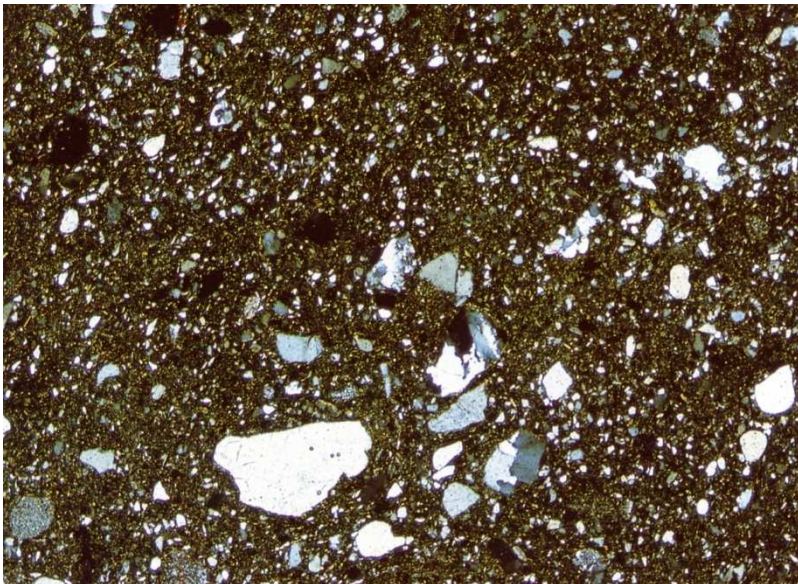
Sono tra i componenti principali delle marne e sono comuni nella matrice di arenarie. Biotite e muscovite si trovano come lamine che possono essere concentrate lungo lamine e piani di stratificazione.

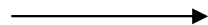
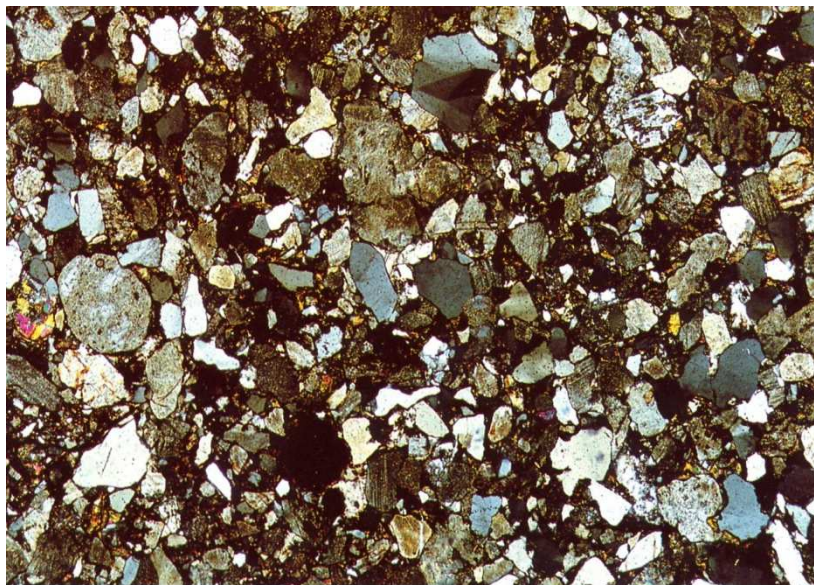
I minerali argillosi possono essere sia detritici che autigeni.



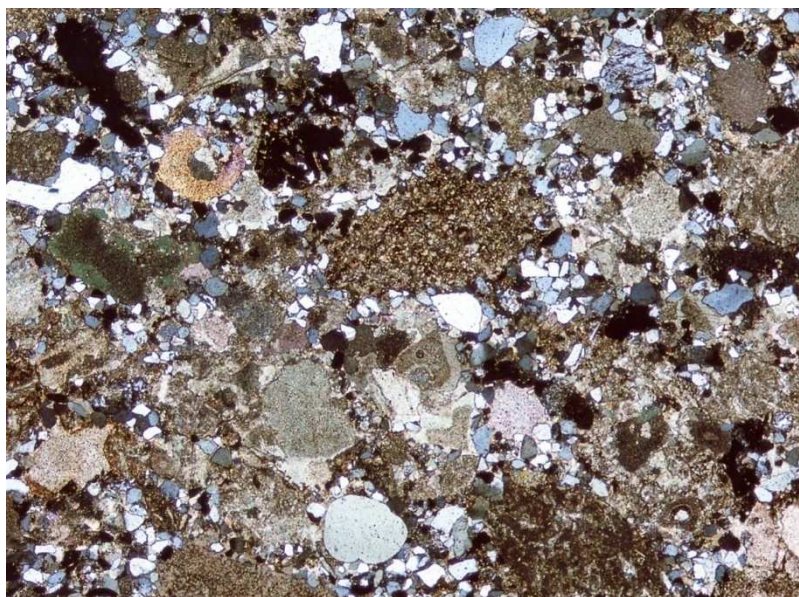
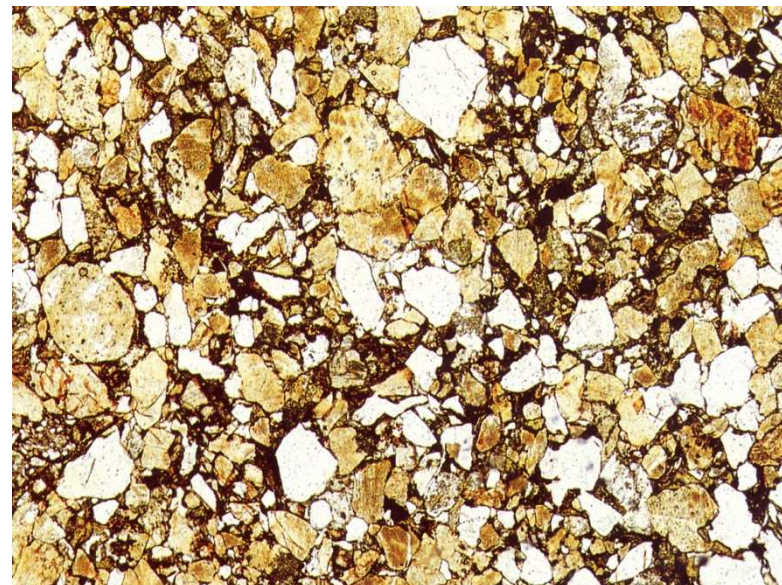


GROVACCHE

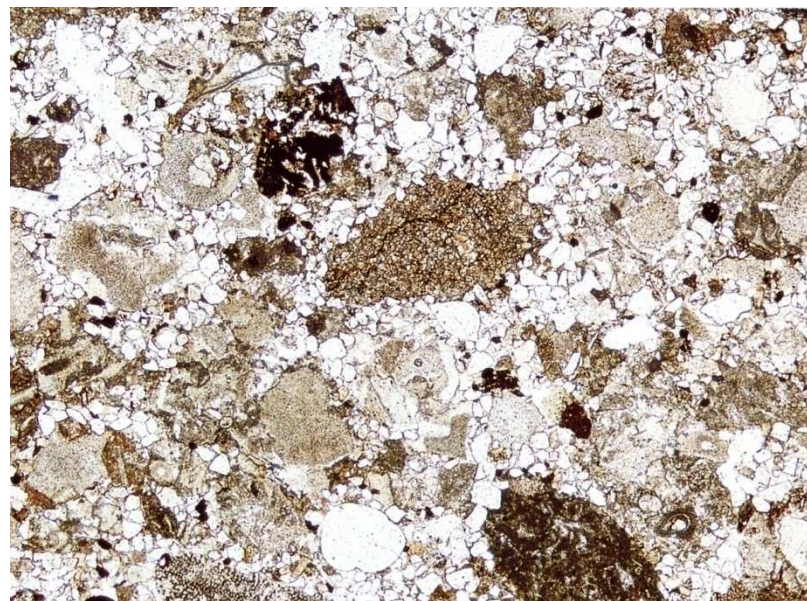
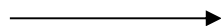




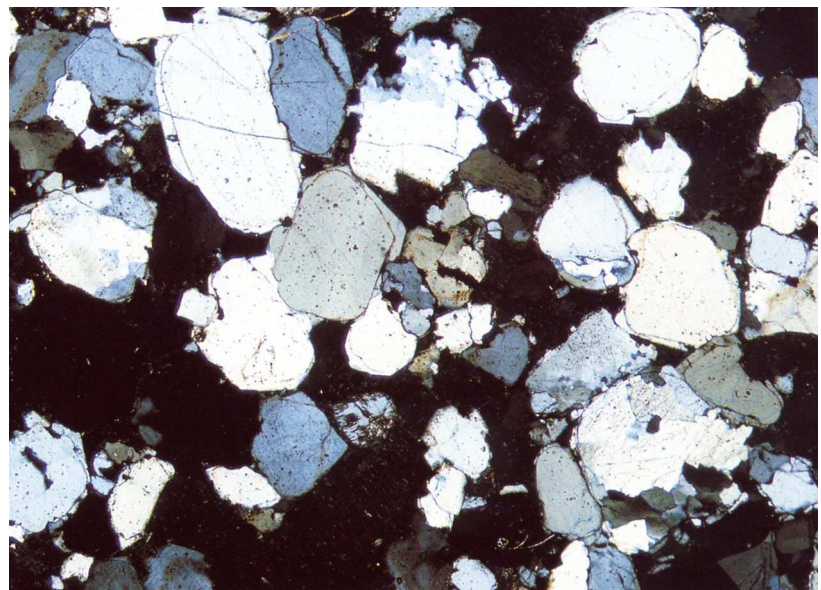
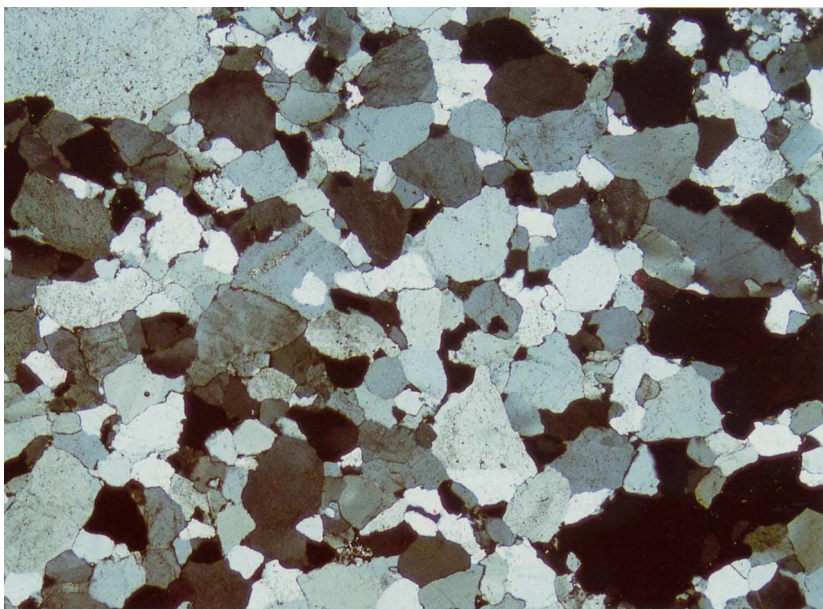
ARENARIA
FELDSPATICA



ARENARIA
LITICA

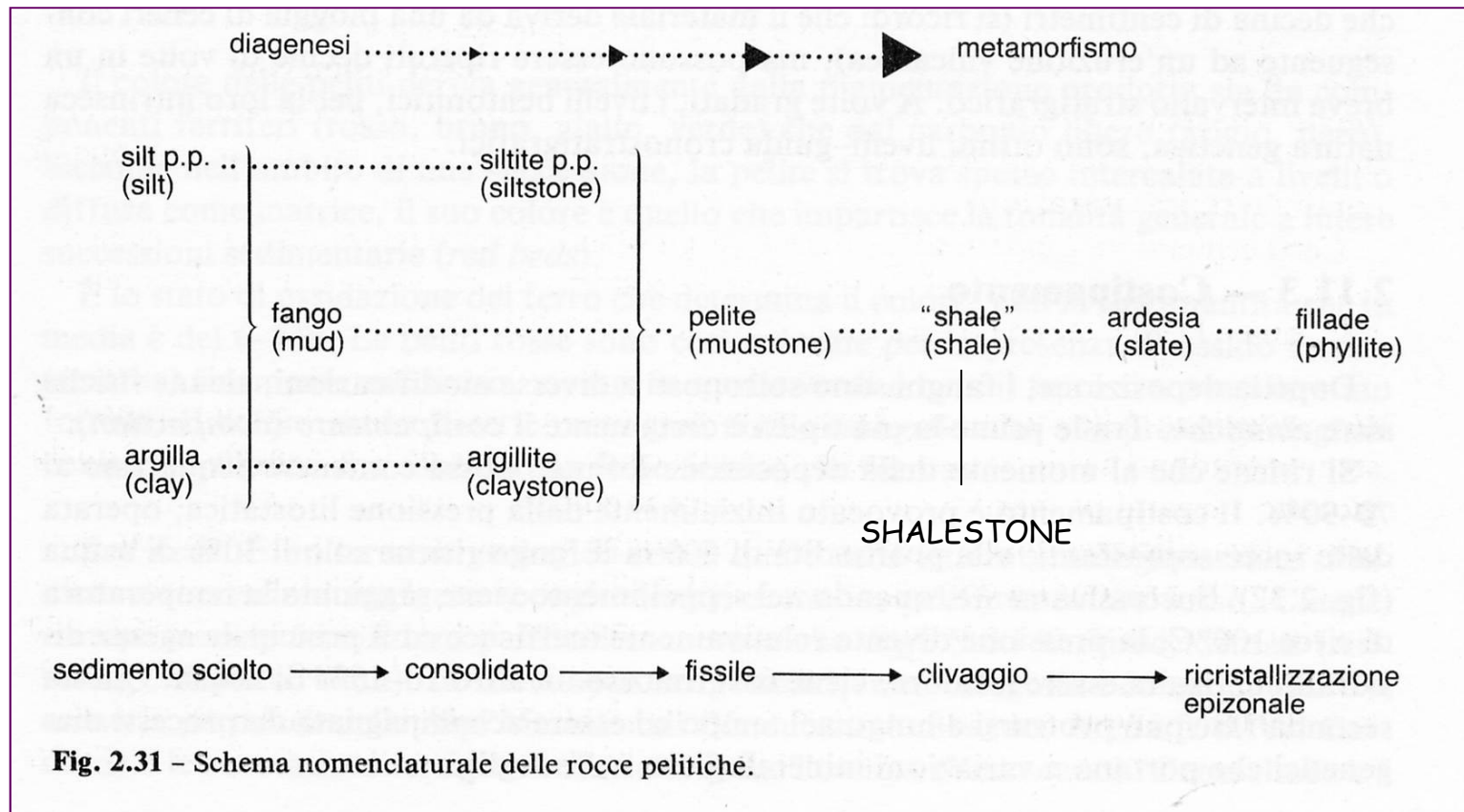


ARENARIA QUARZOSA



LUTITI (PELITI) (MUDSTONE)

Materiale di granulometria inferiore a 62.5 μm



Mudstone: blocco di roccia non fissile
Shale: blocco di roccia fissile

Caratteristica (non sempre presente)
sono le **LAMINAZIONI**



Struttura laminata



Struttura massiva

siltiti

62.5-4 um)



MG 7



Composizione mineralogica:
grani monomineralici e
minerali argillosi

argilliti

<4 um



Costituite essenzialmente da minerali argillosi.

Le argilliti possono essere :
RESIDUALI (suoli)
TRASPORTATE

Pigmentazione dovuta a :

1- minerali ferriferi...rosso, verde

2- carbonio libero (sostanza organica)...nero

Red beds: sedimenti pelagici di ambiente diagenetico ossidante

Black shale: di ambiente diagenetico riducente

LE ROCCE
SEDIMENTARIE:
ROCCE CHIMICHE E
BIOCHIMICHE
(CARBONATI)

Esse sono essenzialmente monomineraliche e la loro genesi è strettamente legata all'azione diretta o indiretta della biosfera. Pertanto le rocce carbonatiche mostrano differente composizione, tessitura e struttura oltre che per il variare delle condizioni ambientali anche per i mutamenti di composizione della biosfera che i processi evolutivi provocano con il trascorrere del tempo geologico. Analogamente alle rocce clastiche, anche nelle rocce carbonatiche si può riconoscere una tessitura caratterizzata da tre componenti:

- a) granuli, formati da materiale organogeno (frammenti di gusci, foraminiferi ecc.), ooidi e frammenti di rocce carbonatiche preesistenti;
- b) matrice, formata da materiali di taglia minore che riempie gli spazi interstiziali;
- c) cemento, formato da cristalli spatici (calcite spatica) che si formano nelle varie fasi della diagenesi.

A differenza delle rocce clastiche, le rocce carbonatiche sono costituite da strutture organogene che si formano e si accrescono nel luogo della deposizione, per l'azione di organismi di vario tipo che secernono carbonato di calcio (es. coralli) o ne favoriscono la precipitazione anche all'interno dei loro tessuti (es. coralli, spugne, alghe calcaree).

Chimicamente le rocce carbonatiche sono essenzialmente composte da CaCO_3 e da $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. I più comuni minerali che formano i sedimenti carbonatici sono la calcite, l'aragonite, e la dolomite; meno comuni sono la siderite, la rodocrosite, la magnesite, l'ankerite, ecc.

SKELETAL GRAINS

MOST AQUEOUS ENVIRONMENTS



PISOLITES & ONCOIDS



TIDAL FLAT
INTRACLASTS



PELLETS

SHALLOW PROTECTED
WATERS



GRAPESTONES

SHALLOW WATERS WITH
MODERATE WAVE ENERGY



OOLITES
HIGH ENERGY
TIDAL SHOALS



DEEP WATER
INTRACLASTS



REEFAL SKELETAL
BOUNDSTONE



BLUE-GREEN
ALGAL ONCOLITES

MARGINAL TO HIGH
ENERGY SHOAL



LITHOCLASTS

FRAGMENTS OF OLDER
CARBONATE



MUD SIZED
CARBONATE
OR MICRITE

PROTECTED DEEP
OR SHALLOW WATER

ALGAL
STROMATOLITES



Granuli

I principali tipi di granuli che formano l'impalcatura delle rocce carbonatiche sono:

Granuli scheletrici: scheletri calcarei di organismi, interi e/o in frammenti (questi ultimi chiamati bioclasti). La grande varietà degli organismi e delle loro strutture scheletriche (forma, struttura interna, mineralogia) influisce sia sul comportamento idrodinamico che sulla successiva diagenesi del sedimento carbonatico. Il riconoscimento dei granuli scheletrici è di grande importanza nella interpretazione genetica dei sedimenti carbonatici.



Planktonic foraminifera showing nicely preserved prismatic calcite (originally aragonite). Chambers show some remnant spiny ornamentation and apertures (a). The forams are encased in carbonate-rich mud. Plane polarized light.
Image credit: Image cropped from Mark Lawrence, GNS P602874 Polar Database
https://polaris.cri.nz/pdb/pdb_506.jpg



Ooliti: Sono formate da granuli subsferici di taglia arenitica (in maggioranza compresa tra 0.2 e 2 mm.), con un nucleo e una serie di involucri concentrici di aghetti di aragonite o calcite; questi possono avere disposizione tangenziale, ovvero essere disposti radialmente attorno un nucleo (ooliti fibroso-raggiate). Talora processi di micritizzazione possono colpire le ooliti (ooliti micritizzate). Quando le ooliti hanno taglia superiore a 2 mm prendono il nome di pisoliti. Tuttavia l'origine delle pisoliti è molto variabile; esse possono anche formarsi per processi diagenetici in ambiente meteorico (ad es. pisoliti vadose).



Oncoliti e noduli algali: Sono strutture più o meno concentriche dovute all'attività di alghe incrostanti (cianoficee, rodoficee); possono raggiungere anche i 10 cm di diametro.



Peloidi e botroidi: I peloidi sono granuli subsferici di variabili dimensioni, talvolta aggregati in grappoli (botroidi); di non sempre chiara origine (fecale, diagenetica), essi sono caratterizzati dall'assenza di una chiara struttura interna.



Granuli clastici: Possono essere di natura extraformazionale (litoclasti) ovvero derivare dal bacino di deposizione (intraclasti). In quest'ultimo caso possono raggiungere notevole sviluppo volumetrico, derivando dalla frammentazione di depositi semiconsolidati, che vengono ridistribuiti precocemente.

Matrice

Come nelle rocce clastiche, la matrice delle rocce carbonatiche è costituita da materiali di taglia nettamente minore di quella degli elementi e può occludere gli spazi intergranulari. In essa possono perciò riconoscersi molti dei granuli descritti prima (es. peloidi, piccoli intraclasti e bioclasti) nei sedimenti di mare basso, o microfossili nei sedimenti di mare aperto. Talora la matrice risulta composta da calcite microcristallina (micrite) con cristalli della taglia del silt o minore. La micrite caratterizza molte rocce carbonatiche antiche (vedi calcilutite) ed è presente nei sedimenti attuali come fango, formato prevalentemente da aragonite in microcristalli aciculari.

Cementi

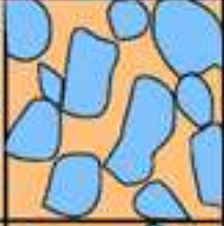
Nelle rocce carbonatiche i processi di cementazione avvengono molto precocemente, soprattutto nelle favorevoli condizioni climatiche tropicali (mari poco profondi, scogliere, zone costiere intertidali e di spiaggia, e perfino zona vadosa).

Classificazione di Dunham

Divide i carbonati sulla base dell'originaria tessitura deposizionale. La distinzione è basata su carbonati grano-sostenuti (particelle a contatto fra loro) e fango-sostenuti (grani dispersi nella micrite). I primi sono detti "grainstone", se la micrite è inesistente e quindi se è precipitata sparita, "packstone" se esiste una certa quantità di micrite. I "wackestone" sono calcari con una percentuale di grani superiore al 10% a tessitura fango-sostenuta; il termine "mudstone" identifica la roccia con grani inferiori al 10% a tessitura fango-sostenuta. La classe a parte è quella dei "boundstone" (rocce biocostruite) e dei carbonati cristallini, che indicano il fenomeno della ricristallizzazione., specialmente quando la roccia è aragonitica, tendente a ricristallizzare perché instabile a condizioni ambientali subaeree, oppure viene sostituita da cristalli di calcite sotto la pressione di altri sedimenti (in tal caso si parlerà di neomorfismo che aumenta le dimensioni dei cristalli ed elimina eventuali particelle scheletriche).

L'importanza della classificazione di Dunham sta nel suo significato idrodinamico: sabbie senza fango indicano ambienti dilavanti ad elevata energia, fanghi mescolati con grani indicano condizioni ambientali idrodinamiche tranquille. Va sottolineato che ci riferiamo sempre a rocce carbonatiche di mare sottile, cioè di ambiente neritico (0-200 metri di profondità).

DUNHAM CARBONATE ROCK CLASSIFICATION

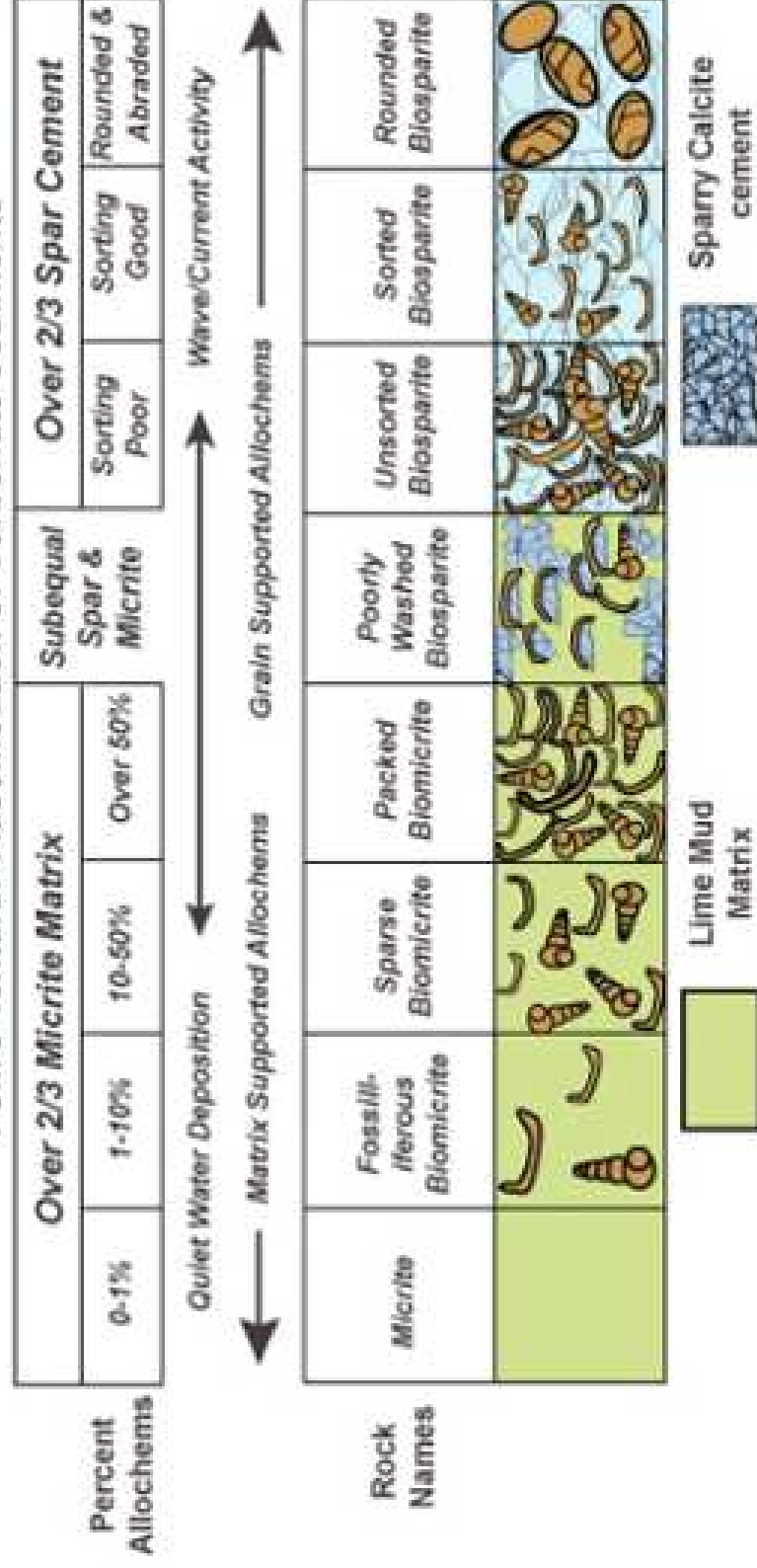
Depositional Texture Recognizable					Depositional Texture Not Recognizable
Components Not Bound Together During Deposition				Original Components Bound Together During Deposition	
Contains Mud (clay and silt size particles)		Lacks Mud, Grain- Supported			Boundstone
Mud Supported	Grain Supported	Grainstone			
<10 % Grains	>10 % Grains	Packstone	Grainstone	Crystalline Carbonate	
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone		
					

Classificazione di Folk

In un calcare o in una dolomia, Folk distingue gli ortochimici (che non hanno subito trasporto) e gli allochimici (che hanno subito trasporto). Tra i componenti ortochimici si distingue la calcite (fango) microcristallina (1-5 micron) e la calcite spatica (10 micron). In un calcare o in una dolomia essi costituiscono la massa di fondo o matrice. Tra gli allochimici si distinguono: gli intraclasti (frammenti irregolari), le ooliti, i fossili, i pellets. In un calcare o in una dolomia essi sono immersi nella matrice. In generale, calcari e dolomie sono costituiti da ortochimici e da allochimici, ma esistono rocce costituite solo dai componenti ortochimici. Sulla base della natura degli ortochimici la classificazione comprende due serie ognuna delle quali è a sua volta suddivisa in quattro tipi a seconda dei diversi allochimici presenti (indicati con un prefisso di poche lettere: intra=intraclasto, oo=oolite, bio=fossile, pel=pellet). In presenza di calcite microcristallina (identificate dal suffisso "micrite") si distinguono: intramicrite, oomicrite (rara), biomicrite e pelmicrite. Testimoniano un ambiente con moto medio o intermittente delle acque. In presenza di calcite spatica (identificate dal suffisso "sparite") si distinguono: intrasparite, oosparite, biosparite e pelsparite. Testimoniano un ambiente con forte moto delle acque. Le rocce con sola calcite microcristallina sono dette micriti. Testimoniano un ambiente privo di moto e di apporti esterni. Termini più complessi sono intrabiomicrite, oopelsparite, intraomicrite. Le rocce calcaree composte solo da resti fossili sono dette biolititi.

Folk Classification

Folk's Textural Classification of Carbonate Sediments



Prendendo in considerazione sia la tipologia dei granuli che quella del materiale dominante negli interstizi la nomenclatura può considerare sia i caratteri della frazione clastica (componenti allobiochimici) che il carattere della matrice. Micrite indica una componente microcristallina con carattere di matrice fangosa, sparite rappresenta una matrice dominante formata da cristalli di maggiori dimensioni.

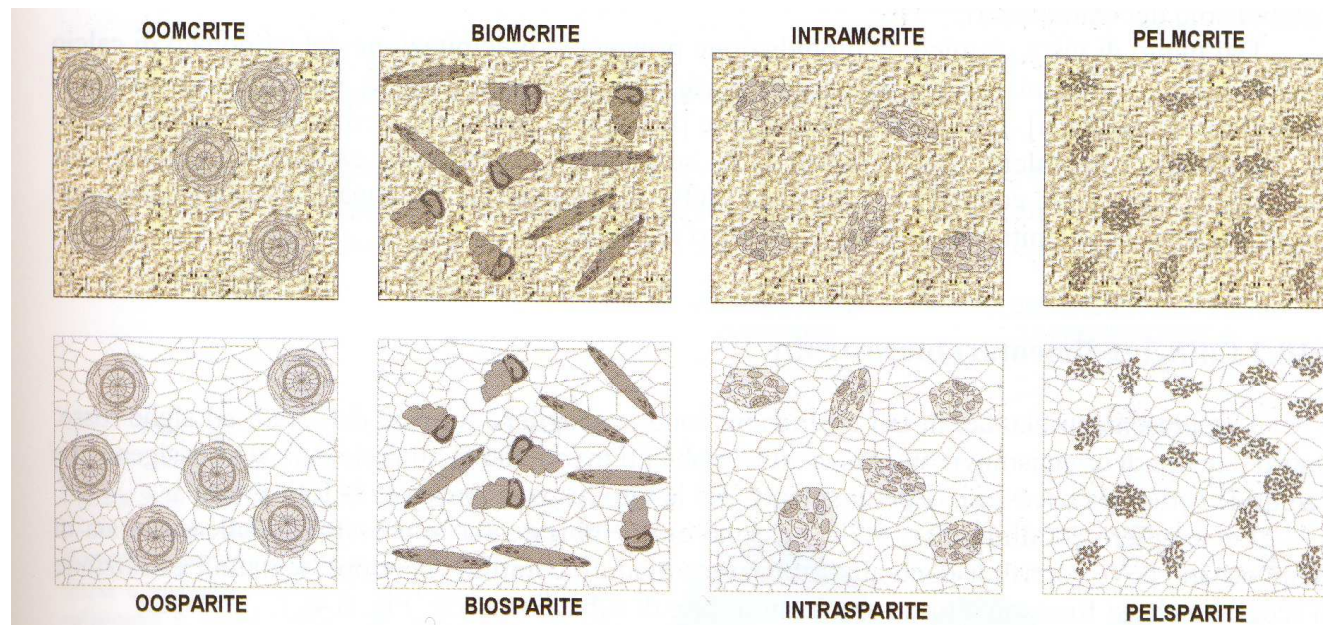
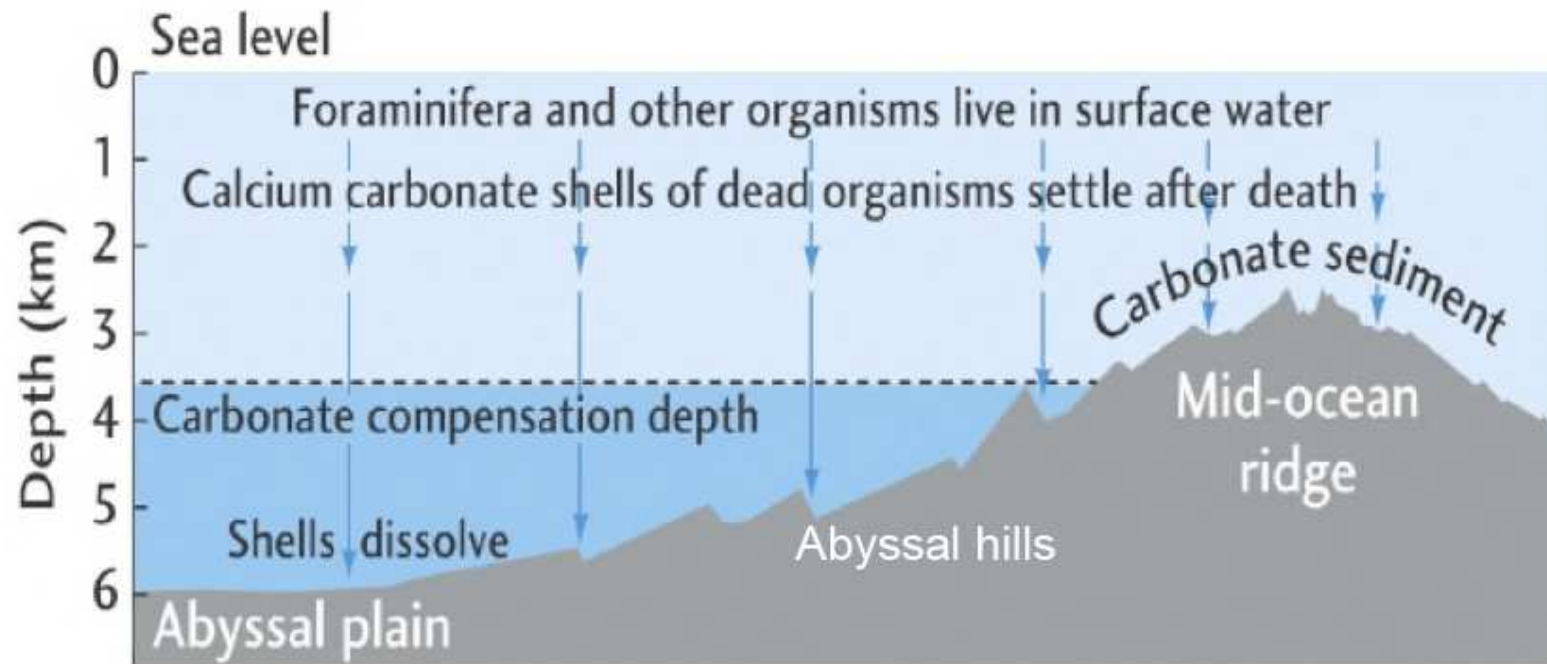


Figura 9.28 Tipologia e nomenclatura delle rocce carbonatiche basata sui caratteri strutturali e la tipologia della componente allobiochimica (v. testo).

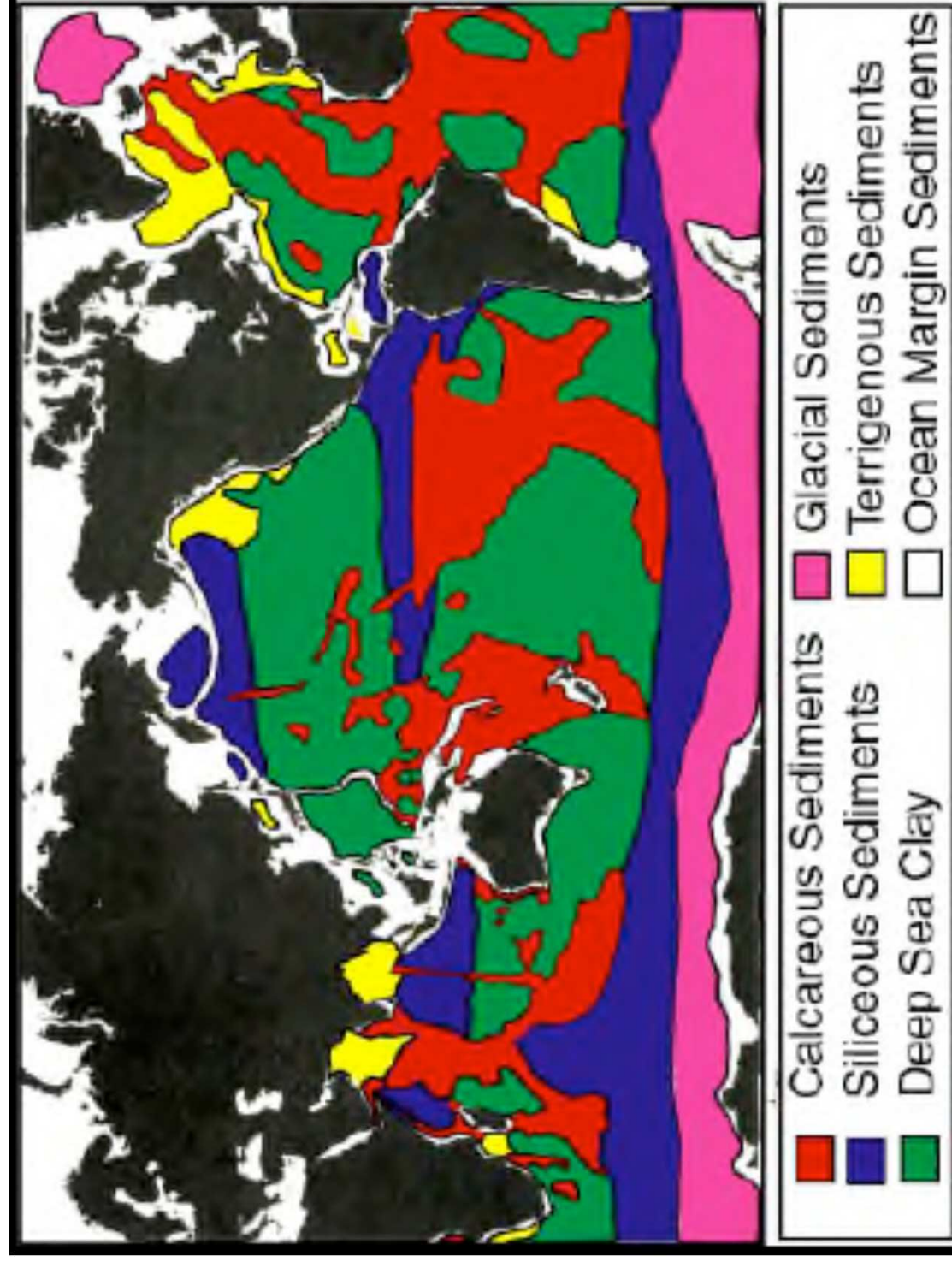
Le acque profonde sono fredde e ricche in CO_2 e leggermente acide. La solubilità del CaCO_3 aumenta con la profondità poiché in presenza di CO_2 , ad alte pressioni e basse temperature il CaCO_3 si scioglie più facilmente. La profondità alla quale il CaCO_3 dei gusci non si preserva è chiamata 'profondità di compensazione dei carbonati (CCD)', dell'ordine dei 3000-4000 m.



Le rocce sedimentarie biochimiche più diffuse sono i calcari, costituiti principalmente da carbonato di calcio sotto forma di calcite.

I calcari sono sedimenti carbonatici litificati. Oltre alla calcite, la maggior parte dei sedimenti carbonatici contengono aragonite. Altre rocce carbonatiche sono le dolomie.





LE ROCCE
SEDIMENTARIE:
ALTRE ROCCE

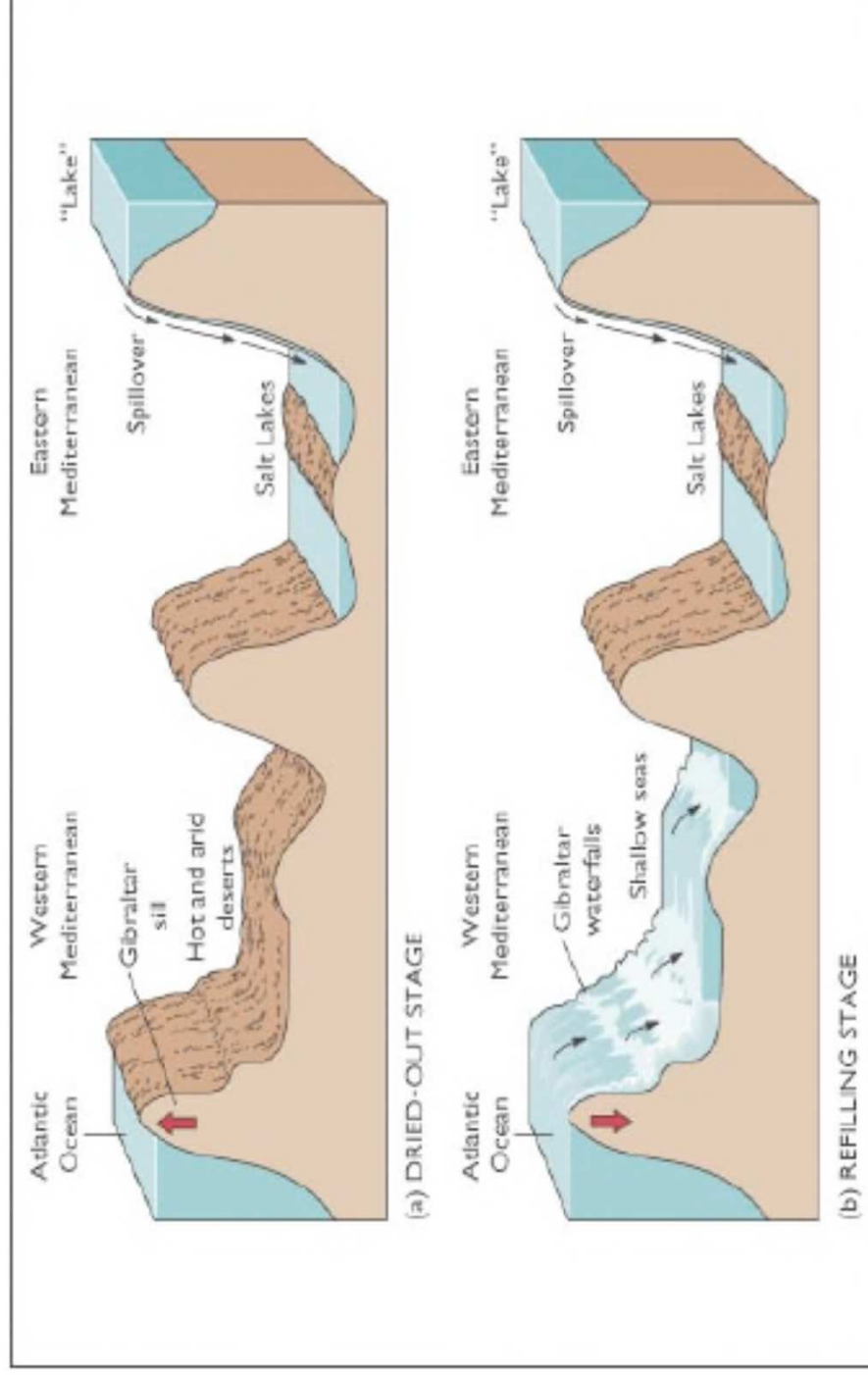
Evaporiti

Uno dei più comuni sedimenti chimici che si formano dall'evaporazione dell'acqua di mare è il salgemma. Un altro minerale è il gesso. Questi sono i principali costituenti delle evaporiti marine. Quando l'acqua di mare evapora i composti chimici disciolti si concentrano: alcuni precipitano come precipitati primari (salgemma) altri come prodotto di una reazione diagenetica (dolomite). La sequenza di precipitazione è carbonati, gesso, salgemma, cloruri e solati di Mg e K.



Sali NaCl (Salgemma), $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Gesso).

Crisi di salinità del Messiniano



Sedimenti autigeni:

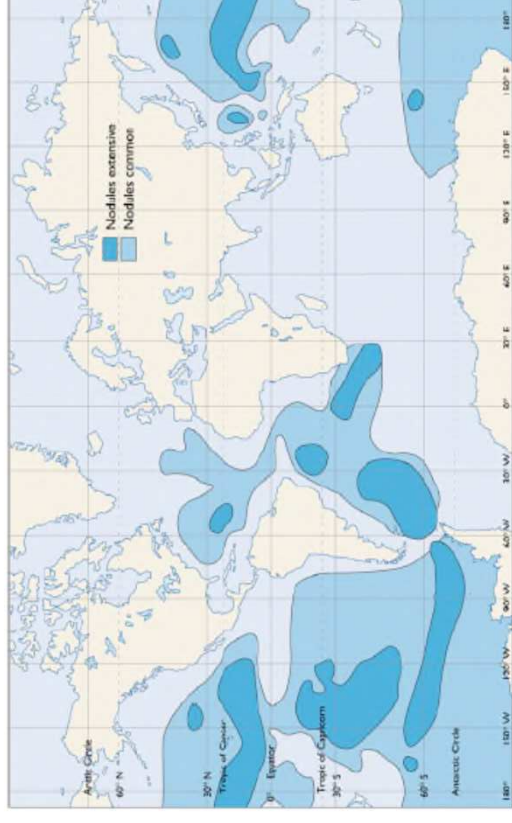
Diversi tipi, tra cui i **noduli di ferro-manganese**.

Noduli centimetrici ricchi in manganese, ferro, nickel, rame e cobalto.



Sedimenti autigeni:

I noduli di ferro-manganese si accumulano sulle piane abissali a bassissima velocità di sedimentazione (cm per milione di anni).



(b) GLOBAL DISTRIBUTION OF FERROMANGANESE NODULES

Carbon fossile: roccia sedimentaria prodotta biochimicamente, costituita da C organico formato dalla diagenesi della vegetazione delle paludi.

Petrolio e gas naturale: il seppellimento in profondità di scisti bituminosi altera la materia organica depositata insieme al sedimento, trasformandolo in un fluido che poi migra verso formazioni porose dove rimane intrappolato.

Selce: è una roccia sedimentaria costituita da silice precipitata chimicamente o biochimicamente. La silice può essere sotto forma di quarzo microcristallino oppure di opale. Gran parte dei sedimenti silicei sono precipitati biochimicamente secreti da organismi marini che una volta morti si depositano sul fondo marino.

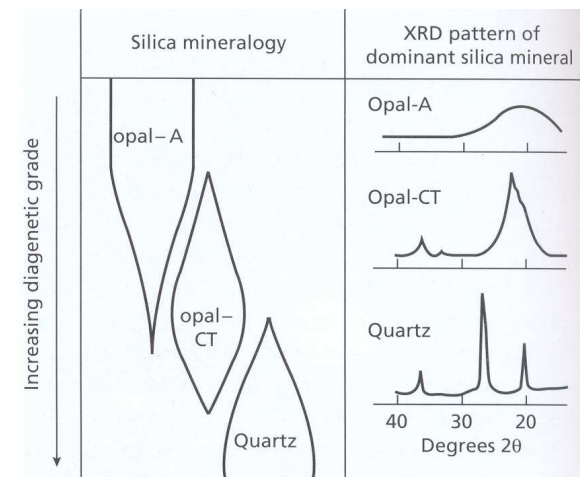
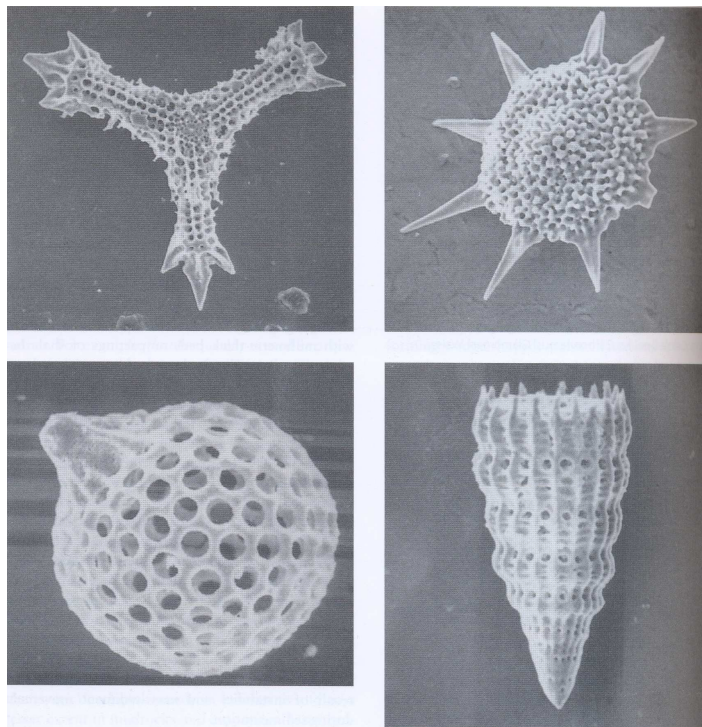


Fig. 9.6 Schematic changes in silica mineralogy with increasing diagenesis, and X-ray diffraction patterns for opal-A, opal-CT and quartz showing the increasing crystallinity. After Pisciotto (1981).