

Le rocce silicoclastiche



Sono le più diffuse tra le rocce sedimentarie. Derivano da processi di alterazione meccanica che producono la frazione detritica (granuli e matrice) e in misura minore da processi vulcanici. La diagenesi compatta e cementa i sedimenti detritici incoerenti e li trasforma in rocce.



Le rocce silicoclastiche

Tab 4.7 D'argenio

Classificazione granulometrica Udden - Wentworth

R	S	Classi granulometriche	Millimetri	Micron	Scala ϕ	
Ruditi	Ghiaia	Blocchi	4096		- 12	
			256		- 8	
		Ciottoli				
		Ciottoletti	64		- 6	
			4.00		- 2	
		Granuli	3.36 2.83 2.38 2.00		- 1.75 - 1.50 - 1.25 - 1	
Areniti	Sabbia	Sabbia molto grossa	1.68		- 0.75	
			1.41		- 0.50	
			2.19		- 0.25	
			1.00	1000	0	
		Sabbia grossa	0.84		0.25	
			0.71		0.50	
			0.59		0.75	
			0.50	500	1	
		Sabbia media	0.42	420	1.25	
			0.35	350	1.50	
			0.30	300	1.75	
			0.25	250	2	
		Sabbia fine	0.210	210	2.25	
			0.177	177	2.50	
			0.149	149	2.75	
			0.125	125	3	
Sabbia molto fine	0.105	105	3.25			
	0.088	88	3.50			
	0.074	74	3.75			
	0.0625	62.5	4			
Lutiti	Fango	Silt (limo)	Silt grosso	0.053	53	4.25
				0.044	44	4.50
				0.037	37	4.75
				0.031	31	5
			Silt medio	0.0156	15.6	6
		Silt fine	0.0078	7.8	7	
		Silt molto fine	0.0039	3.9	8	
		Argilla	0.0020	2	9	
			0.00098	0.98	10	
			0.00049	0.49	11	
0.00024	0.24		12			



La scala phi ϕ è la scala log in base 2 della taglia dei granuli. $\phi = -\log_2 S$, dove S = diametro granuli in mm.

Classificazione granulometrica

R	S	Classi granulometriche	Millimetri	
Ruditi	Ghiaia	Blocchi	4096 256	
		Ciottoli	64	
		Ciottoletti	4.00 3.36 2.83 2.38 2.00	
		Granuli	1.68 1.41 1.19 1.00 0.84 0.71 0.59 0.50 0.42 0.35 0.30 0.25 0.210 0.177 0.149 0.125 0.105 0.088 0.074 0.0625	
		Sabbia molto grossa	0.053 0.044 0.037 0.031	
Areniti	Sabbia	Sabbia grossa	0.0156	
		Sabbia media	0.0078	
		Sabbia fine	0.0039 0.0020 0.00098 0.00049 0.00024	
		Sabbia molto fine		
		Silt grosso		
		Silt medio		
Lutiti	Fango	Silt (limo)	Silt fine	
			Silt molto fine	
			Argilla	

Le rocce silicoclastiche



Arenaria



Argillite

Le rocce silicoclastiche

Classificazione in relazione ai rapporti tra costituenti principali

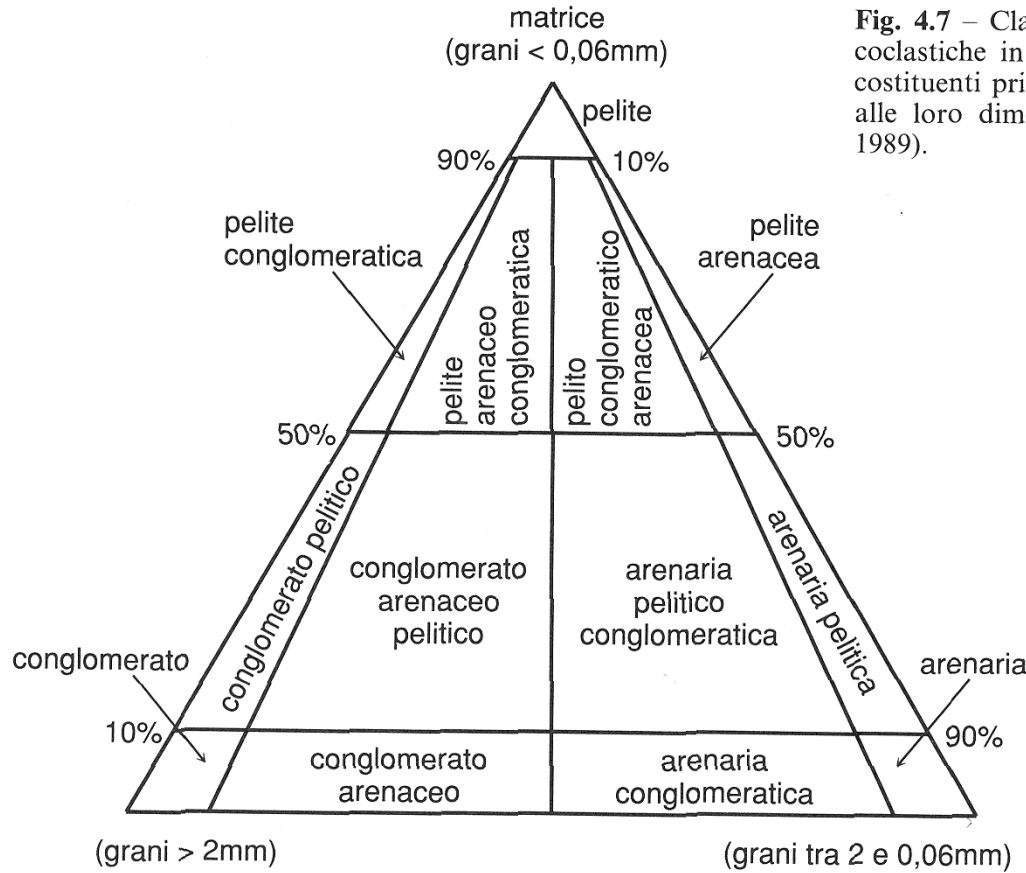


Fig. 4.7 – Classificazione delle rocce silicoclastiche in relazione ai rapporti tra i costituenti principali (granuli e matrice) e alle loro dimensioni (da Bosellini et al. 1989).

Composizione mineralogica delle rocce silicoclastiche

Quarzo e feldspati

Quarzo: costituisce la frazione prevalente delle rocce silicoclastiche di qualunque granulometria. Raggiunge in media il 65% nelle arenarie ed il 30% nelle peliti. Per la sua resistenza all'alterazione e all'usura, può essere riciclato più volte nei sedimenti, concentrandosi spesso sopra la media dei valori sopra citati.

Feldspati: meno abbondanti, rappresentano il secondo costituente più diffuso nelle rocce silicoclastiche. Raggiungono il 10-15% nelle arenarie ed il 5% nelle peliti. Sono maggiormente soggetti all'alterazione chimica. Ciò ne limita la possibilità di riciclo nei sedimenti. Alte percentuali di feldspati nei sedimenti indicano la provenienza diretta da rocce cristalline.

Minerali argillosi

Formano circa il 25-35% della media di tutte le rocce silicoclastiche e oltre il 60% delle peliti. Hanno dimensioni sub-microscopiche e la loro identificazione richiede per tecniche diverse dalla microscopia ottica (diffrazione ai raggi X, microscopia elettronica). Tra i minerali argillosi più comuni ci sono l'illite, la caolinite, la montmorillonite e la clorite. Questi minerali si formano per degradazione superficiale e alterazione chimica e sono buoni indicatori dell'ambiente di formazione (marino o continentale).

Composizione mineralogica delle rocce silicoclastiche

Minerali accessori

Presenti in percentuali $< 1\%$. Corrispondono a miche (muscovite, biotite) e minerali a elevata densità. Tra questi, zircone e rutilo sono i più stabili (non degradabili), magnetite, pirosseni e anfiboli sono i più degradabili.

Frammenti di roccia

Nelle varietà più grossolane delle rocce silicoclastiche (conglomerati, brecce, arenarie) sono prevalenti i frammenti (detti *litici*) delle rocce preesistenti. Frammenti comuni: rocce cristalline, arenarie, calcari, dolomie.

Cemento e matrice

Le rocce silicoclastiche derivano dal consolidamento di originari sedimenti incoerenti. Oltre alla componente detritica (ciottoli, granuli) esse contengono una componente **autigenica**, data dal **cemento** che consolida i granuli e riempie gli spazi intergranulari, e una costituita dalla **matrice**.

La **matrice** è un materiale a grana più fine dei granuli ed occupa gli spazi intergranulari. In genere si tratta di materiale a grana più fine sin-deposizionale, anche se in alcuni casi può derivare dall'alterazione chimica dei granuli (e.g. feldspati) costituenti la roccia. I rapporti tra granuli e matrice permettono di definire il grado di maturità di una roccia silicoclastica (vedi granulo sostenute vs fango o matrice-sostenute).

Il cemento (quarzo, opale, calcite, gesso, etc.) spesso ha la stessa composizione e orientazione cristallografica dei clasti (cemento coerente sintassiale) ma può anche essere di natura diversa (cemento incoerente). E' depositato dalle acque che percolano i sedimenti in consolidazione e che precipitano i componenti trasportati in soluzione.

Le rocce silicoclastiche

La caratterizzazione e classificazione delle rocce silicoclastiche richiede una misura accurata della taglia dei granuli e l'elaborazione statistica dei dati.

Per i sedimenti **non consolidati** si utilizza la setacciatura. Sono inoltre diffuse tecniche che misurano i tempi di caduta delle particelle del sedimento in una colonna d'acqua: i tempi sono legati al diametro della particella.

Il sedigraph è uno strumento di analisi automatica delle particelle di un sedimento in sospensione attraversato da raggi X.

Si tratta di strumentazioni computerizzate che forniscono come output la granulometria del sedimento analizzato e permettono l'analisi statistica e grafica dei campioni.

Per i sedimenti **consolidati** (che non possono essere adeguatamente disaggregati) queste tecniche non sono applicabili ed occorre eseguire analisi in sezione sottile (e.g. arenarie) o al microscopio elettronico (e.g. peliti) a cui associare l'analisi di immagine.

Le tecniche di misura forniscono un gran numero di dati, da trattare in modo statistico prima di procedere all'interpretazione del sedimento. Si possono utilizzare

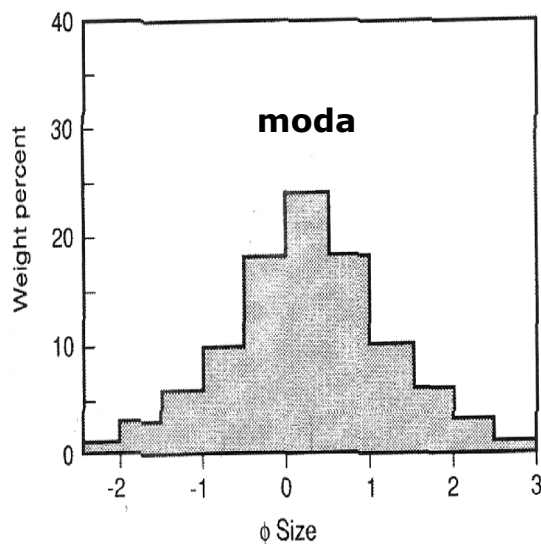
Figura A: istogrammi, costruiti proiettando in ascissa le classi di valori di phi e in ordinata la frequenza dei valori;

Figura B: curve di frequenza, costruite unendo i punti medi di ogni classe di phi che risultano dall'istogramma;

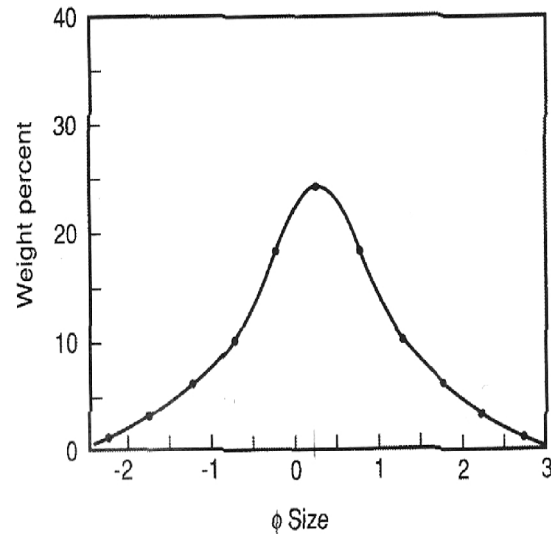
Figura C: curve cumulative.

Moda: taglia dei granuli che si misura più frequentemente. Corrisponde al diametro dei granuli che coincide con il picco dell'istogramma

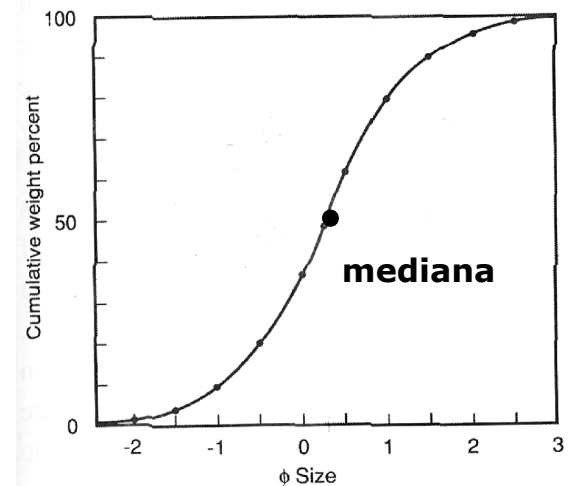
Mediana: taglia dei granuli che corrisponde al 50% dei granuli in una curva cumulative, metà dei granuli ha taglia < della mediana, metà ha taglia > della mediana.



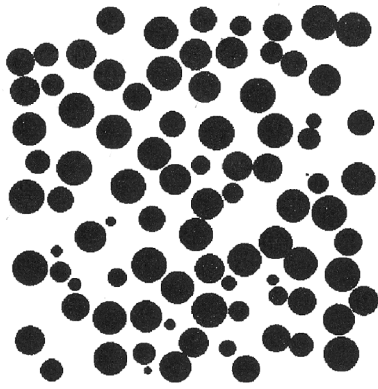
A



B

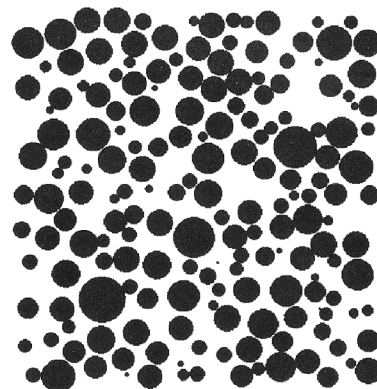


Da queste misure è possibile misurare il sorting dei sedimenti.



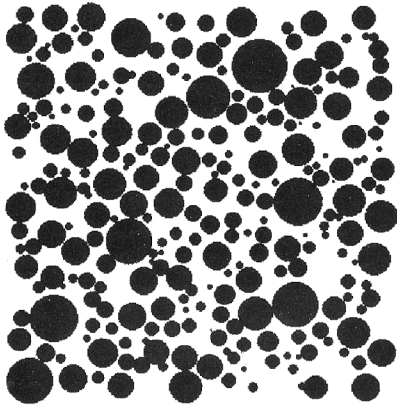
Very well sorted

$\phi = 0.0$



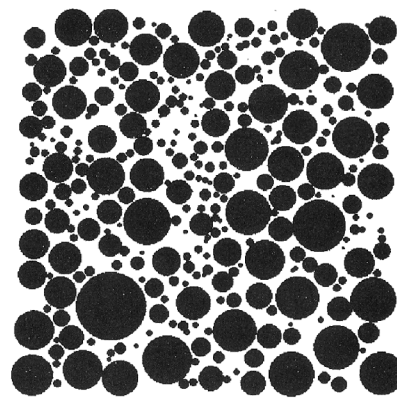
Well sorted

$\phi = 0.36$



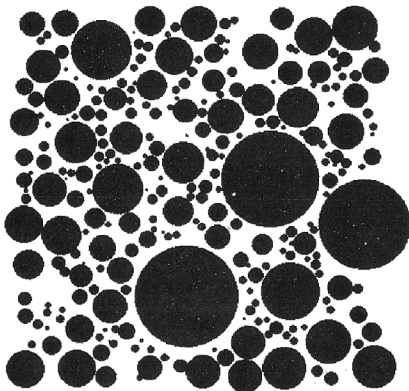
Moderately well sorted

$\phi = 0.67$



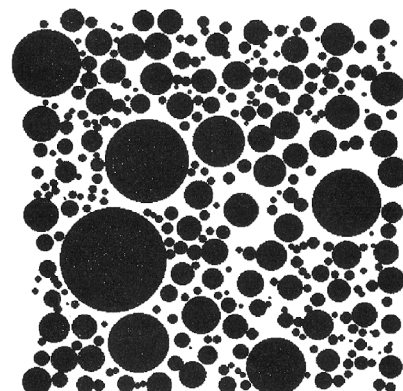
Moderately sorted

$\phi = 0.74$



Poorly sorted

$\phi = 1.06$



Poorly sorted

$\phi = 1.15$

2.2 Grain size

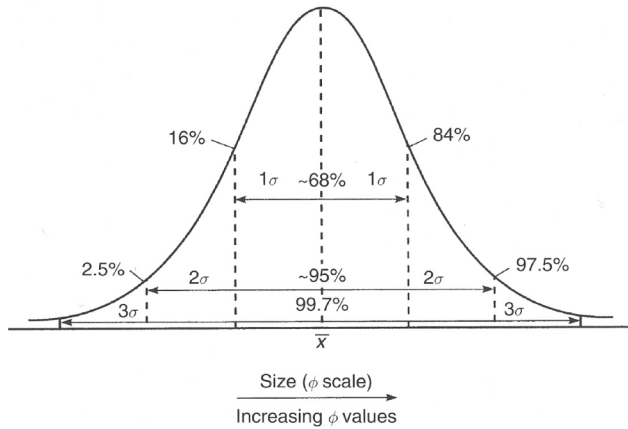


Figure 2.4 Frequency curve for a normal distribution showing the relation of standard deviation (σ) to the population mean (\bar{x}). One standard deviation (1σ) accounts for approximately 68 percent of the area under the curve, two standard deviations (2σ) account for approximately 95 percent, and three standard deviations (3σ) account for 99.7 percent.

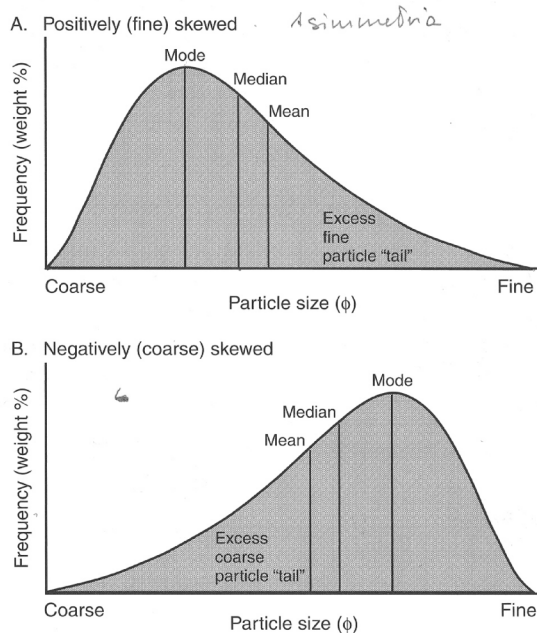


Figure 2.5 Skewed grain-size frequency curves, illustrating the difference between positive (fine) and negative (coarse) skewness. Note the difference between these skewed, asymmetrical curves and the normal frequency curve shown in Fig. 2.4.

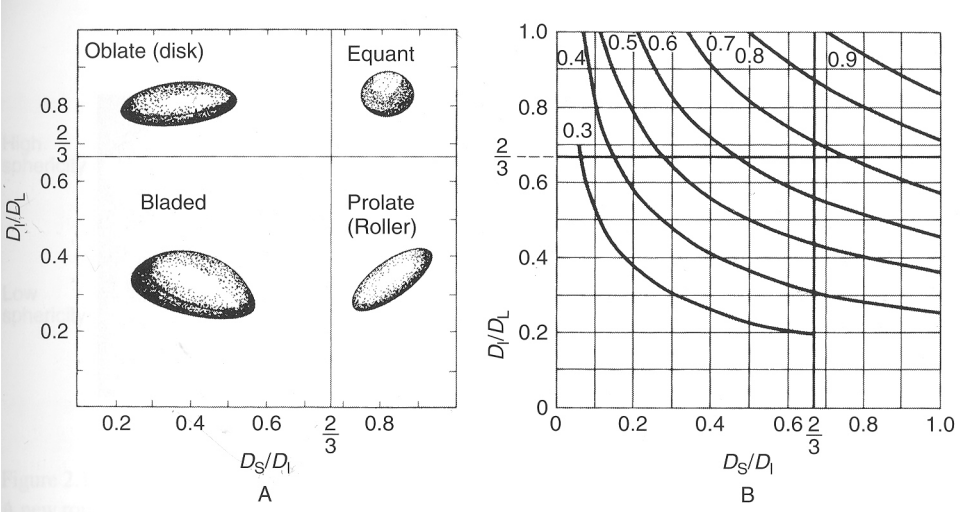
Dalla simmetria o asimmetria della curva di frequenza della distribuzione delle taglie dei granuli è possibile quantificare il materiale fine e/o grossolano ed il sorting del sedimento. Proiettata in una curva di frequenza, la distribuzione della taglia dei granuli spesso non descrive una curva perfetta a campana, indicativa della distribuzione normale della taglia dei granuli.

Piuttosto le curve di frequenza sono asimmetriche e mostrano una coda nella distribuzione. Se la coda va verso valori positivi elevati di phi, il sedimento ha un eccesso di particelle fini. Se la coda si estende verso valori bassi di phi, il sedimento ha un eccesso di componente a grana grossa.

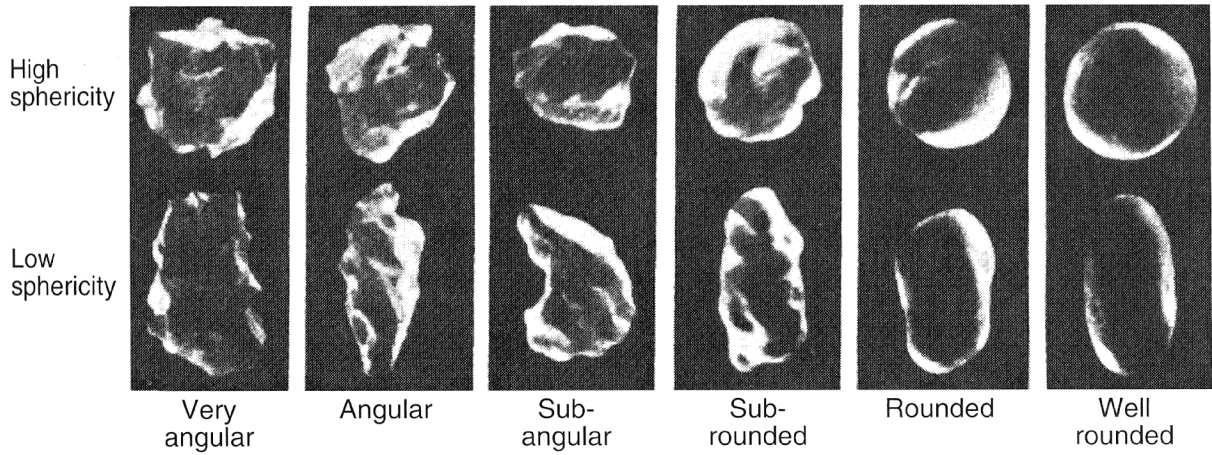
Da questo è possibile valutare se un sedimento è granulo sostenuto oppure fango sostenuto.

Le rocce silicoclastiche

La forma dei granuli di un sedimento è indicativa del trasporto e della sua maturità. Questo parametro è difficile da quantificare ed esistono studi morfologici e trattazioni statistiche per la definizione di questo parametro, considerandone la forma e la sfericità.



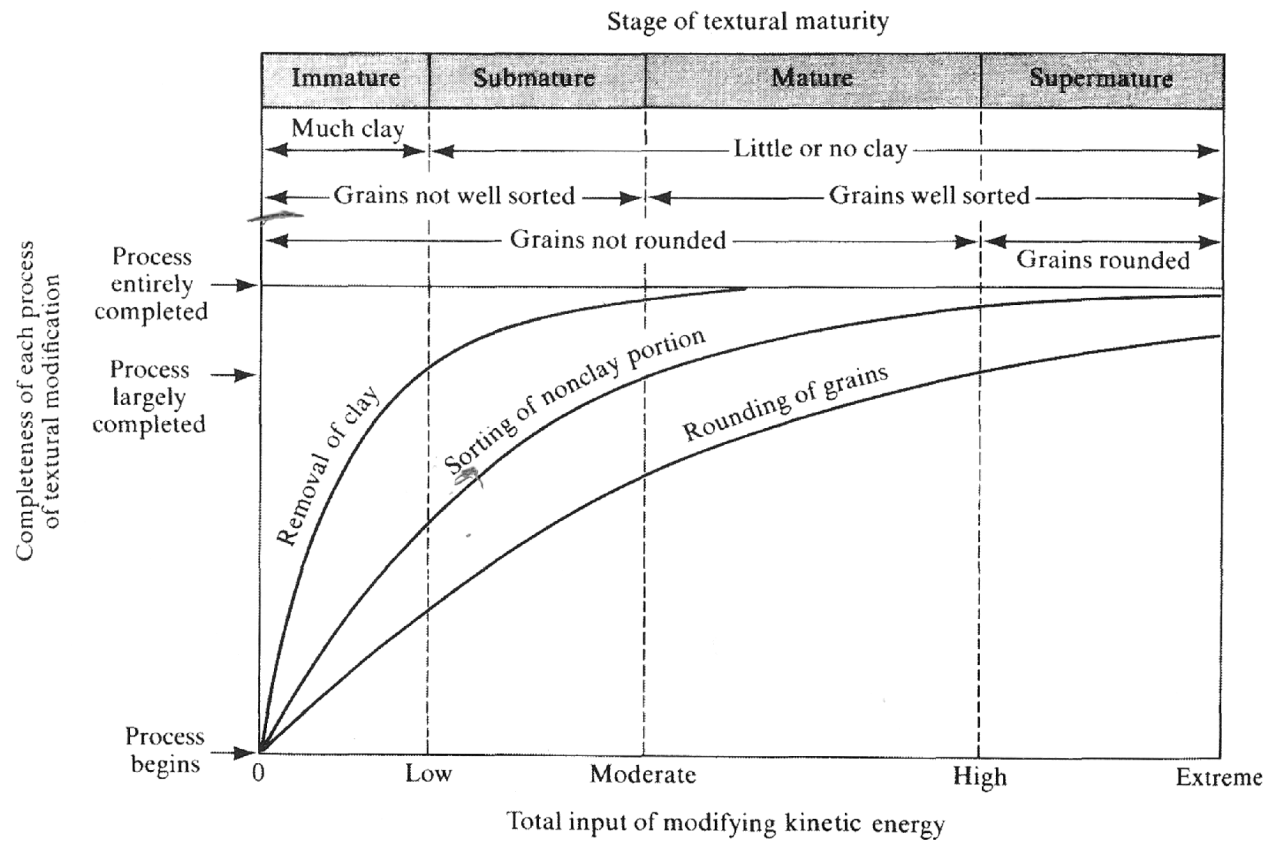
Lo studio di Zingg (1935) ha aperto la strada alla classificazione dei granuli in base alla forma utilizzando i rapporti tra gli l'asse corto (D_s), intermedio (D_i) e lungo (D_L) di una particella.



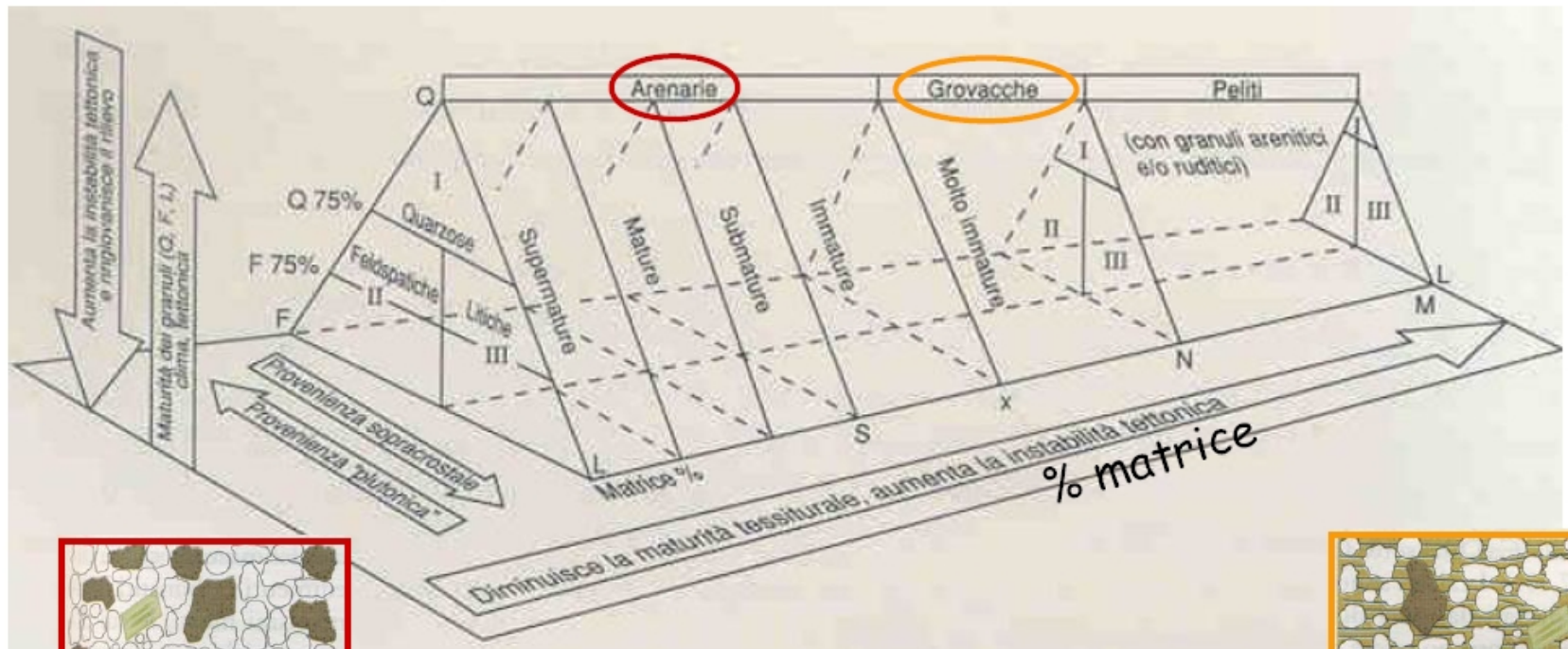
Distanza di trasporto
breve → **moderato** → **lungo**

Le rocce silicoclastiche

Maturità tessiturale rocce silicoclastiche Fi2.9 Boggs + pg 54-55 e figs 2.20 e 2.21



Areniti



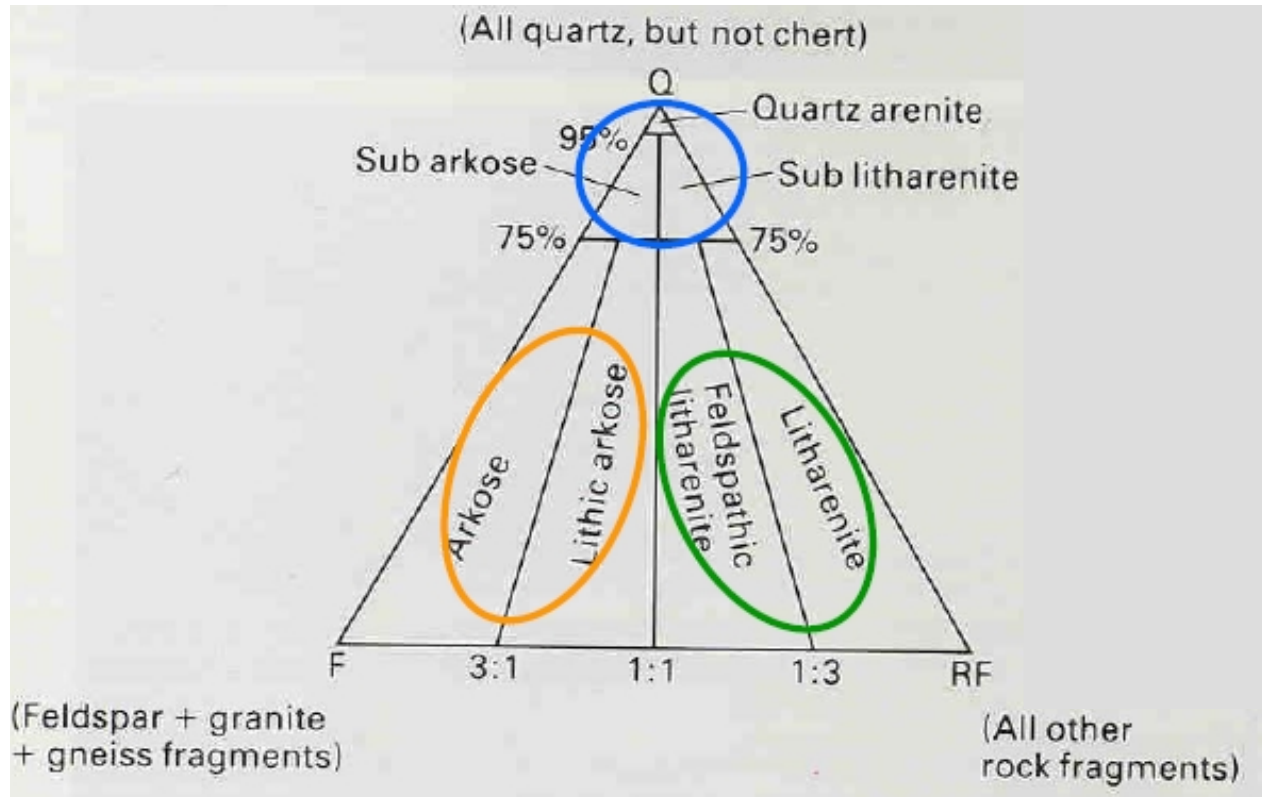
ARENARIE - GROVACCHE - PELITI

→
% matrice



I criteri utilizzati per classificare le areniti si basano sulla maturità, rappresentata dalle proporzioni tra i tipi di granuli (quarzo, feldspati ed elementi litici) e dalla percentuale di matrice presente. Le areniti con matrice < 15% sono chiamate arenarie, quelle con matrice sino a 50% sono chiamate grovacche.

I tre principali tipi di areniti sono le quarzo areniti, le areniti feldspatiche e le areniti litiche. I corrispondenti più ricchi in matrice sono le grovacche quarzose, feldspatiche e litiche.



Quarzo areniti. Hanno oltre il 75% di granuli di quarzo. Alte concentrazioni di qz suggeriscono il riciclo di qz da altre arenarie. Il cemento è siliceo o carbonatico. Hanno poca matrice. Le grovacche quarzose sono rare.

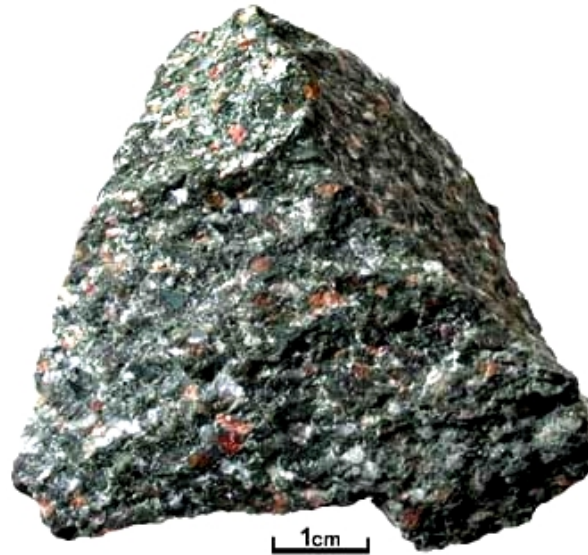
Areniti litiche. Queste rocce e le corrispondenti grovacche sono caratterizzate da colori grigi e da percentuale molto variabile di elementi litici che può superare il 50%.

Areniti feldspatiche. Possono essere di vari colori, generalmente rosa o rosso, ma anche bianco o grigio. Quarzo abbondante, il feldspato può essere > 25% nelle **arkose**. Hanno scarsa matrice, che in parte può essere cemento diagenetico. In qs arenarie l'entità del trasporto (che può essere molto basso) ne influenza le caratteristiche. Il cemento è spesso calcitico.

Arenaria



Grovacca



Argillite - pelite



Le rocce silicoclastiche

Ruditi

Nelle ruditi almeno il 30% dei granuli secondo Folk, o il 10% secondo Pettijohn sono di taglia > 2 mm. Sono classificate con criteri in parte analoghi a quelli delle areniti. Per le ruditi si usa generalmente il termine **conglomerato** (che mostra clasti arrotondati); quando gli elementi sono angolari si usa il termine **breccia**. Le breccie sono formate da materiali meno elaborati, sono caratterizzate da basso trasporto e costituiscono depositi formati quasi in situ. Gli elementi delle ruditi possono essere quarzosi, granitici (derivanti da rocce feldspatiche quali graniti, granodioriti e sieniti) e litici (derivanti da rocce sedimentarie, ignee e metamorfiche). La matrice è composta da granuli di quarzo, feldspati, miche, cloriti, minerali argillosi. Il cemento è siliceo oppure calcitico.



Le rocce silicoclastiche

Ruditi e conglomerati sono considerati depositi **epiclastici**, generati dalla disgregazione di rocce più vecchie per via di erosione e alterazione.

Si possono distinguere ruditi **extraformazionali**, derivanti da rocce esterne al bacino di deposizione, oppure **intraformazionali**, derivanti da rocce interne al bacino di deposizione.

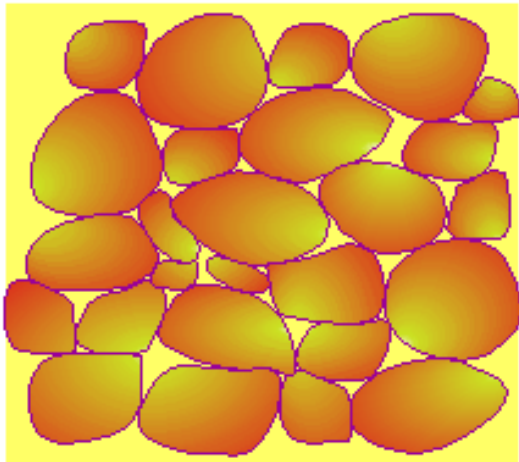
Le ruditi si classificano anche in base alla percentuale di matrice: 1) con poca matrice; 2) con matrice abbondante (diamictiti).

Il termine **granulo sostenuto** implica che i clasti **formano** una struttura continua con poca matrice. Gli **ortoconglomerati** hanno matrice < 15%.

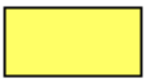
Il termine **matrice sostenuto** implica che i clasti della rudite **non** formano una struttura continua e

Ruditi

ORTOCONGLOMERATO

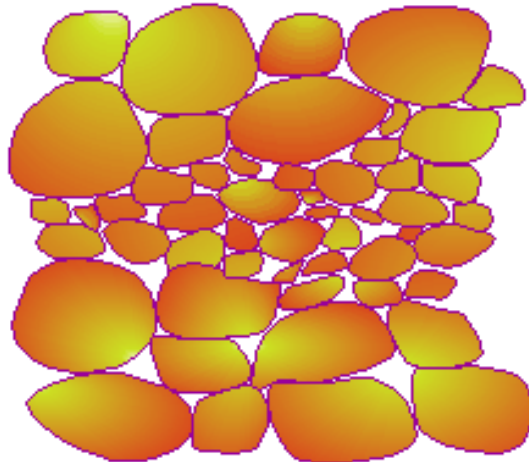


Clasto

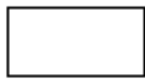


Sabbia

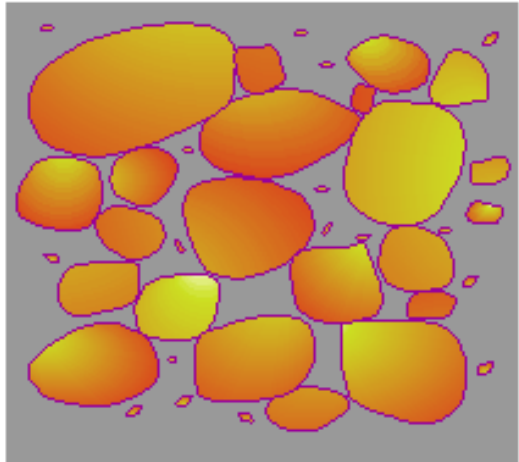
ORTOCONGLOMERATO



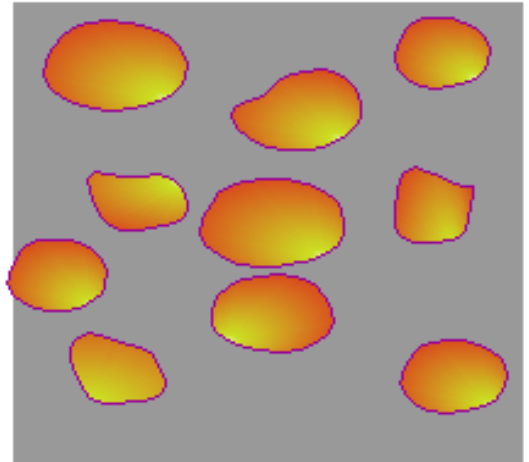
Argilla



Porosità



ORTOCONGLOMERATO



PARACONGLOMERATO

Esempi di paraconglomerati



I clasti di questo conglomerato sono arrotondati e smussati.



I clasti di questo conglomerato sono angolari e spigolosi. Si tratta quindi di una *Breccia*.

Le rocce silicoclastiche

Ruditi

Ulteriore elemento di classificazione consiste nel tipo di clasti che costituiscono i conglomerati. Il termine **oligomittico** indica un conglomerato principalmente composto da un solo tipo di clasto. **Polimittico** si riferisce a conglomerati con un assortimento di clasti.

I conglomerati polimittici costituiti da una serie di clasti largamente metastabili (i.e. soggetti ad alterazione) quali basalti, calcari, argilliti e filliti sono detti **petromittici**

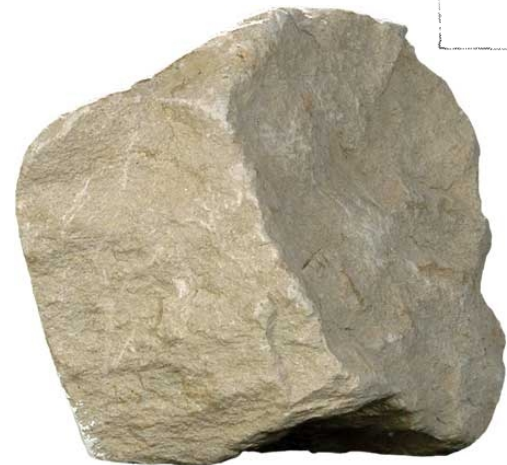
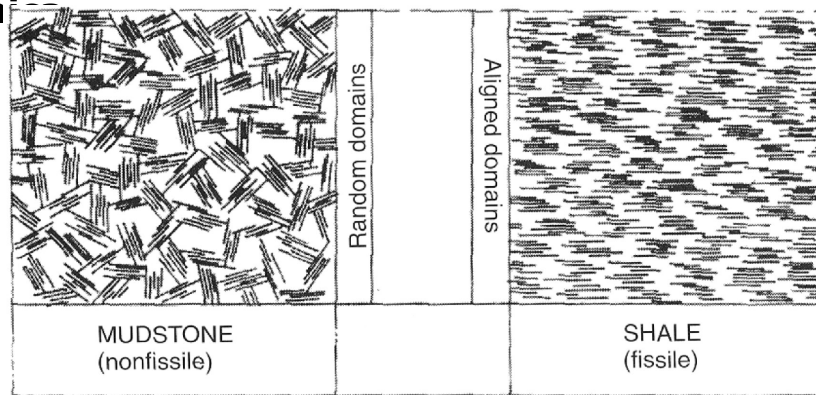
Epiclastici	Extraformazionali Clasti estranei al bacino di deposizione	Ortoconglomerati matrice < 15%	Paraconglomerati matrice > 15%	Conglomerati quarzitici oligomittici, clasti metastabili < 10% Conglomerati petromittici, clasti metastabili > 10% Tilliti (glaciali) Paraconglomerati non glaciali fango sostenuti
	Intraformazionali Clasti interni al bacino di deposizione	Conglomerati e brecce intraformazionali Brecce di frana e scivolamento subacqueo		
Cataclastici		Brecce di faglia		
Piroclastici		Brecce vulcaniche		

Pur rappresentando il 50-60% delle rocce sedimentarie, le peliti sono le meno conosciute a causa della loro grana finissima. Sono inoltre facilmente alterabili, quindi affioramenti non sono continui.

Si

usa il termine di *pelite* (*mudstone*, *mudrock*, inglese) per indicare rocce a grana finissima mentre si adotta il termine inglese *shale* per definire rocce pelitiche fissili, strutturate secondo piani di stratificazione finissimi.

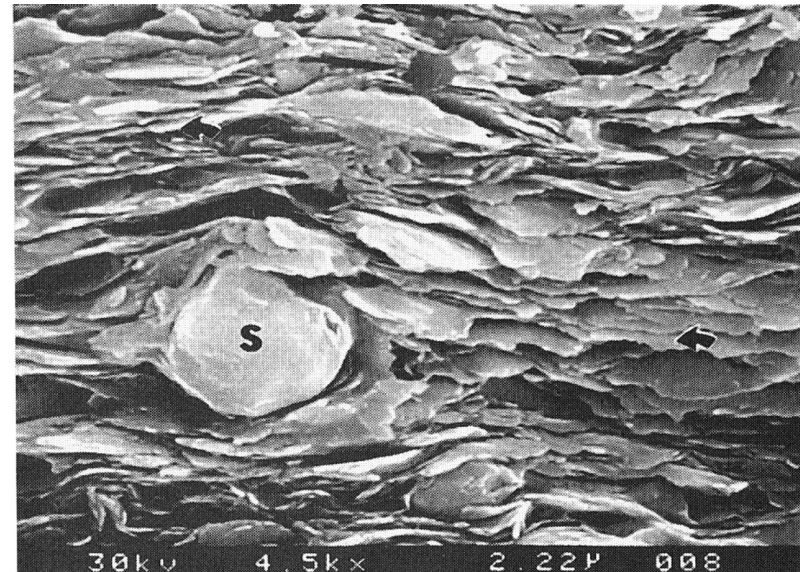
I sedimenti pelitici sono formati da particelle della taglia del silt (62-4 microns) e delle argille (< 4 micron). La granulometria viene misurata mediante strumenti che prevedono la precipitazione delle particelle in una colonna d'acqua. A causa della grana finissima i minerali dei sedimenti pelitici (in particolare quelli argillosi) non possono essere identificati sul terreno e al microscopio ottico. Occorre utilizzare la diffrazione RX e la microscopia elettronica.



mudstone



shale



Pelite (shale) al microscopio elettronico. Visibile un granulo di silt e di minerali argillosi orientati (in lamine)

I minerali costituenti le peliti

Quarzo: costituisce sino al 20-30% delle rocce pelitiche. Di probabile origine detritica.

Feldspato: meno abbondante del quarzo.

I minerali argillosi più importanti

Gibbsite: Prodotto di alterazione molto prolungata in clima umido tropicale (viene lisciviato tutto tranne l'Al). Praticamente solo Al $[\text{Al}(\text{OH})_3]$.

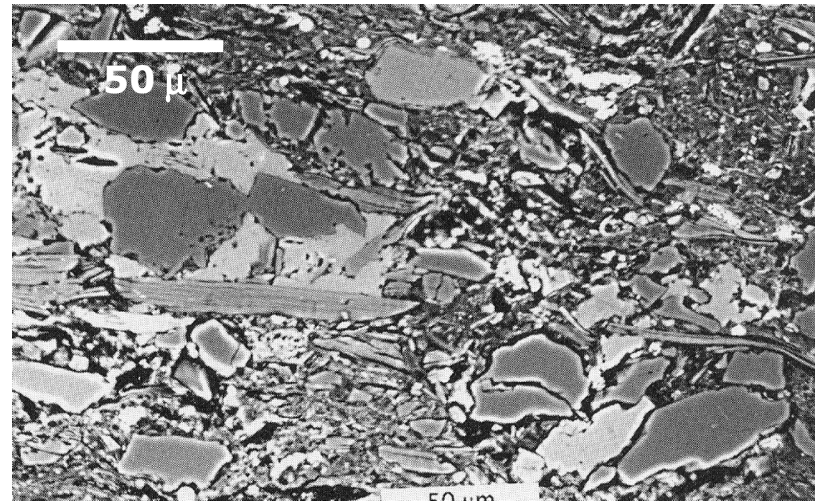
Caolinite: Prodotto di intensa alterazione con rimozione di K. $\text{SiO}_2 \sim 45\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 37\%$; $\text{K}_2\text{O} \sim 1\%$
 $[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$

Illite: Prodotto con meno K_2O della muscovite ma più del caolino. $\text{SiO}_2 \sim 45\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 37\%$; $\text{K}_2\text{O} \sim 7\%$
 $(\text{K}, \text{H}_3\text{O})(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2, (\text{H}_2\text{O})]$

Sericite: Assimilabile a muscovite a grana fine. $\text{SiO}_2 \sim 45\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 38\%$; $\text{K}_2\text{O} \sim 12\%$.
 $[\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2]$

Montmorillonite: Si forma in ambienti ricchi di Mg, soprattutto per alterazione di cenere vulcanica (tufi) e di rocce basiche. $\text{SiO}_2 \sim 55\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 18\%$; $\text{K}_2\text{O} \sim 0,5\%$; $\text{MgO} \sim 5\%$.
 $(\text{Na}, \text{Ca})_{0,3}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n(\text{H}_2\text{O})$

Clorite: Si forma in ambienti marini ricchi in Fe. Comune in sabbie marine formate per disfacimento di rocce ignee basiche. Si forma anche per metamorfismo. $\text{SiO}_2 \sim 25\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 20\%$; $\text{FeO} \sim 40\%$.



Pelite (mudstone) al microscopio elettronico. Visibili i granuli di quarzo (in blocchetti) e di minerali argillosi (in lamine)

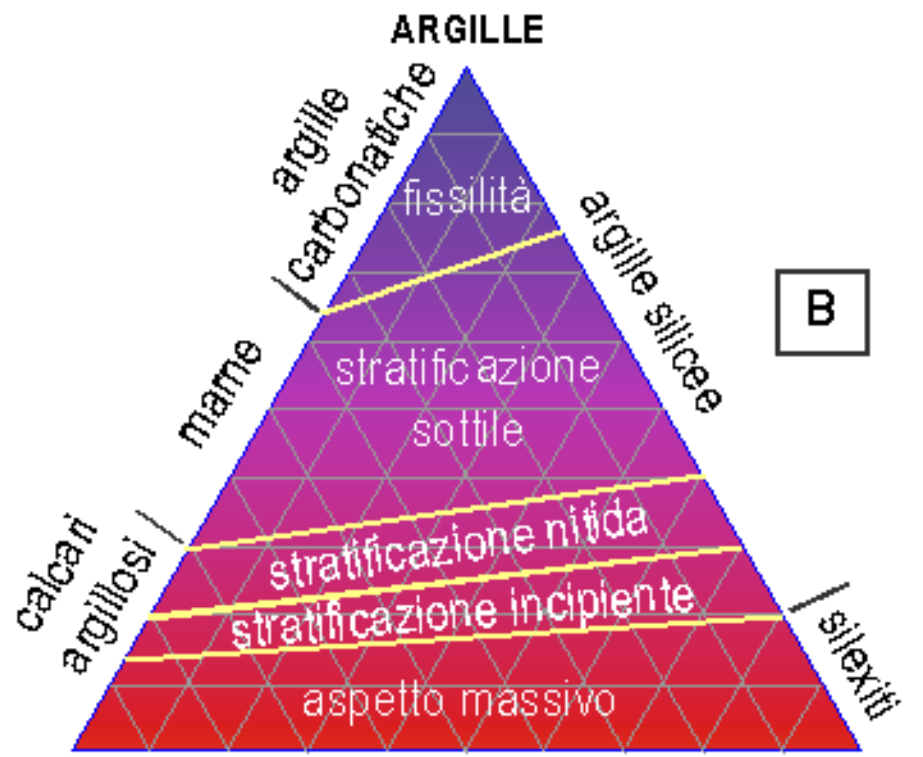
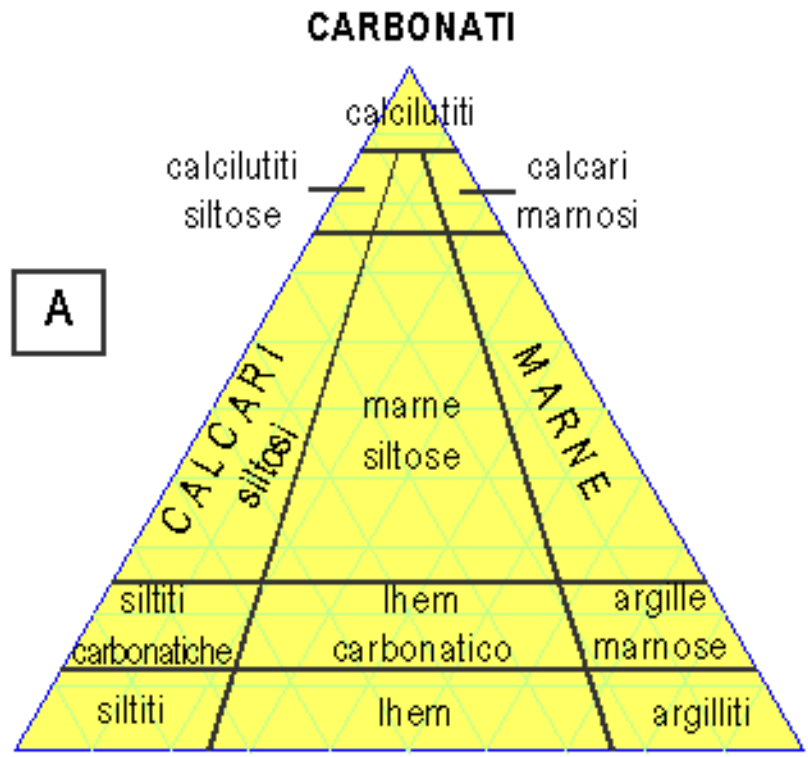
Colore

Le peliti possono mostrare una serie di colori rosso, marrone, giallo, verde, grigio chiaro, grigio scuro sino a nero. Le variazioni di colore sembra siano funzione prevalentemente del contenuto in carbonio e dello stato di ossidazione del ferro.

La progressione di colori da grigio chiaro a nero si correla all'aumento del contenuto in carbonio. Le variazioni di colore da rosso a viola a grigio-verde ci correlano a valori decrescenti del rapporto $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$. Lo stato di ossidazione del Fe (Fe^{3+} dà colori rossi, Fe^{2+} dà colori verdi) sembra essere più determinante sul colore delle peliti del contenuto totale in Fe presente nelle rocce. Alcuni lavori dimostrano comunque che alcune peliti verdi contengono meno Fe totale rispetto a peliti rosse associate.



Possibili combinazioni dei materiali pelitici (lutiti) e loro nomenclatura; in A) figurano, oltre ai materiali terrigeni, anche i carbonati. B) Il diagramma si differenzia dal precedente perché il terzo componente è rappresentato da materiale esclusivamente siliceo al posto del silt. La stratificazione tende a divenire più netta con l'aumentare della componente argillosa caratterizzata da una tipica fissilità cioè dalla capacità di suddividersi in sottili strati di spessore anche sub-millimetrico.



A

B