

CLASSIFICAZIONE DELLE ROCCE SEDIMENTARIE

Esistono diversi modi per classificare le rocce sedimentarie e ogni roccia può essere quindi classificata con nomi diversi a seconda dell'aspetto che si considera.

Vengono proposte quattro tipologie di classificazioni che, spesso, possono anche venir associate.

ASPETTO COMPOSIZIONALE: CLASSIFICAZIONE A TRE COMPONENTI

componente **TERRIGENA**: materiali generati dalla disgregazione e dalla frammentazione di rocce preesistenti, generalmente esposte in un'area continentale, e trasportati nel BACINO di SEDIMENTAZIONE come particelle singole (es: quarzo, feldspati, miche, etc)

componente **ALLOCHIMICA**: particelle che si originano per precipitazione chimica o secrezione organica direttamente nel bacino di sedimentazione entro il quale possono venir spostate ed accumulate (es gusci di organismi)

componente **ORTOCHIMICA**: precipitati chimici in senso stretto: vengono prodotti all'interno del bacino di sedimentazione o all'interno dello stesso sedimento. Non hanno subito trasporto (es: cementi, concrezioni, minerali di sostituzione, etc)

Le rocce sedimentarie possono essere quindi suddivise in base alle suddette 3 componenti fondamentali:

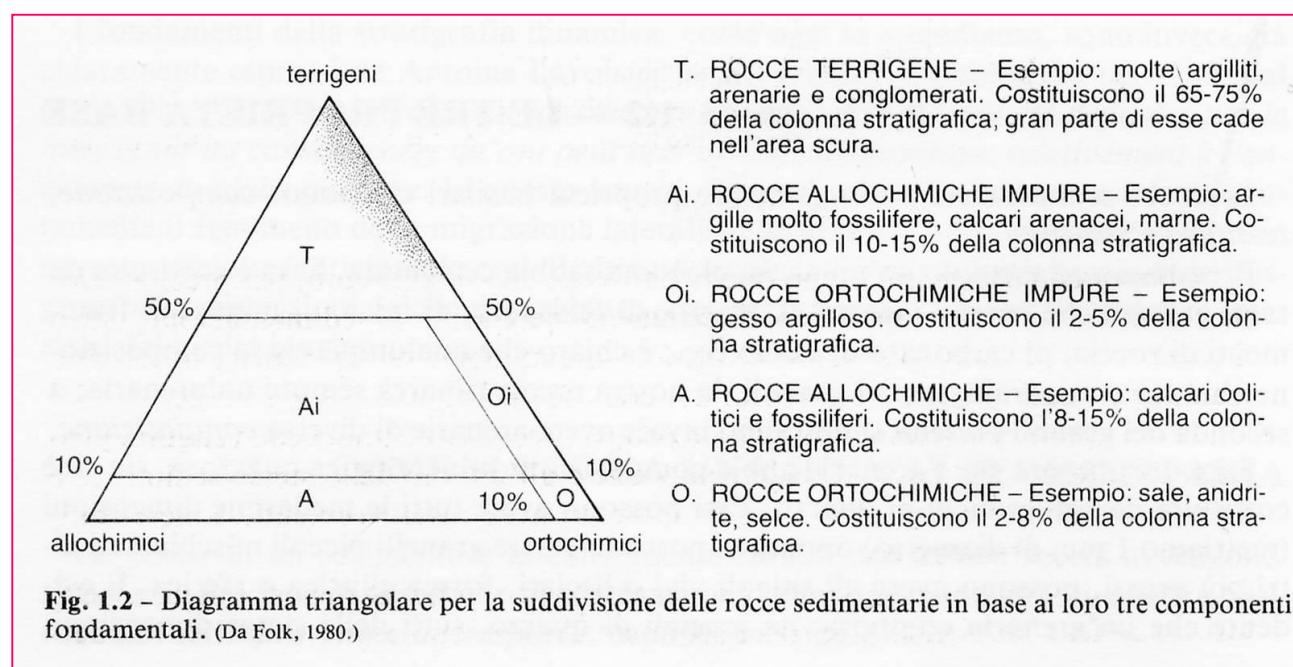


Fig. 1.2 – Diagramma triangolare per la suddivisione delle rocce sedimentarie in base ai loro tre componenti fondamentali. (Da Folk, 1980.)

(Fig. da Bosellini, Mutti e Ricci Lucchi, vedi testi consigliati)

PS: la gran parte delle rocce sedimentarie è terrigena

ASPETTO GRANULOMETRICO: CLASSIFICAZIONE DI Udden-Wentworth (1922)

La granulometria è l'analisi delle dimensioni di un granulo. Di seguito la classificazione dimensionale di sedimenti e rocce sedimentarie. In questo corso viene utilizzata la classificazione di Udden-Wentworth (1922).

TABELLA 4.5 - *Classificazione granulometrica di sedimenti (S) e rocce sedimentarie (R) secondo Udden - Wentworth (la scala ϕ indica i limiti tra le classi granulometriche ed è espressa in unità corrispondenti a $\log_2 \text{mm}$).*

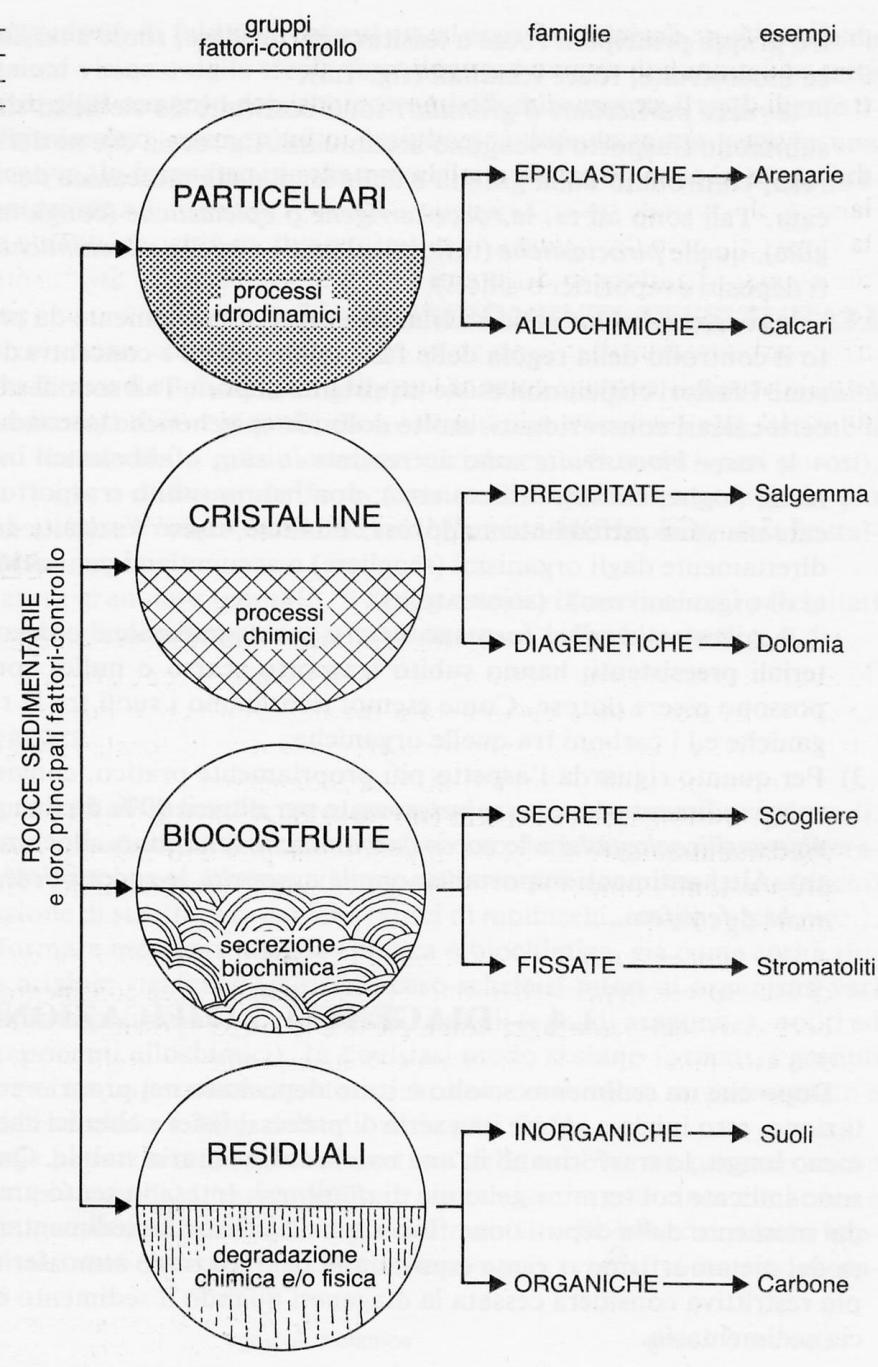
R	S	Classi granulometriche	Millimetri	Micron	Scala ϕ
Ruditi	Ghiaia	Blocchi	4096		- 12
			256	—	- 8
			64	—	- 6
		Ciottoletti	4.00	—	- 2
			3.36	—	- 1.75
	Sabbia	Granuli	2.83	—	- 1.50
			2.38	—	- 1.25
			2.00	2000	- 1
		Sabbia molto grossa	1.68	—	- 0.75
			1.41	—	- 0.50
Areniti	Sabbia		2.19	—	- 0.25
			1.00	1000	0
		Sabbia grossa	0.84	—	0.25
			0.71	—	0.50
			0.59	—	0.75
		Sabbia media	0.50	500	1
			0.42	420	1.25
			0.35	350	1.50
			0.30	300	1.75
		Sabbia fine	0.25	250	2
Lutiti	Silt (limo)		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
		Silt grosso	0.053	53	4.25
			0.044	44	4.50
Fango	Silt medio		0.037	37	4.75
			0.031	31	5
		Silt medio	0.0156	15.6	6
			0.0078	7.8	7
		Silt fine	0.0039	3.9	8
Argilla	Silt molto fine		0.0020	2	9
			0.00098	0.98	10
			0.00049	0.49	11
			0.00024	0.24	12

In questo corso non si considera la scala Φ (phi).

CLASSIFICAZIONE SECONDO LE CARATTERISTICHE GENETICO-TESSITURALI

Classificazione fondamentale delle rocce sedimentarie 5

Fig. 1.3 – Schema generale delle rocce sedimentarie in base alle loro caratteristiche genetico-tessiturali.



PS: le rocce sedimentarie sono soprattutto rocce particellari.

CLASSIFICAZIONE IN BASE AGLI ELEMENTI CLASITI E NON CLASTICI (Nichols, 1999)

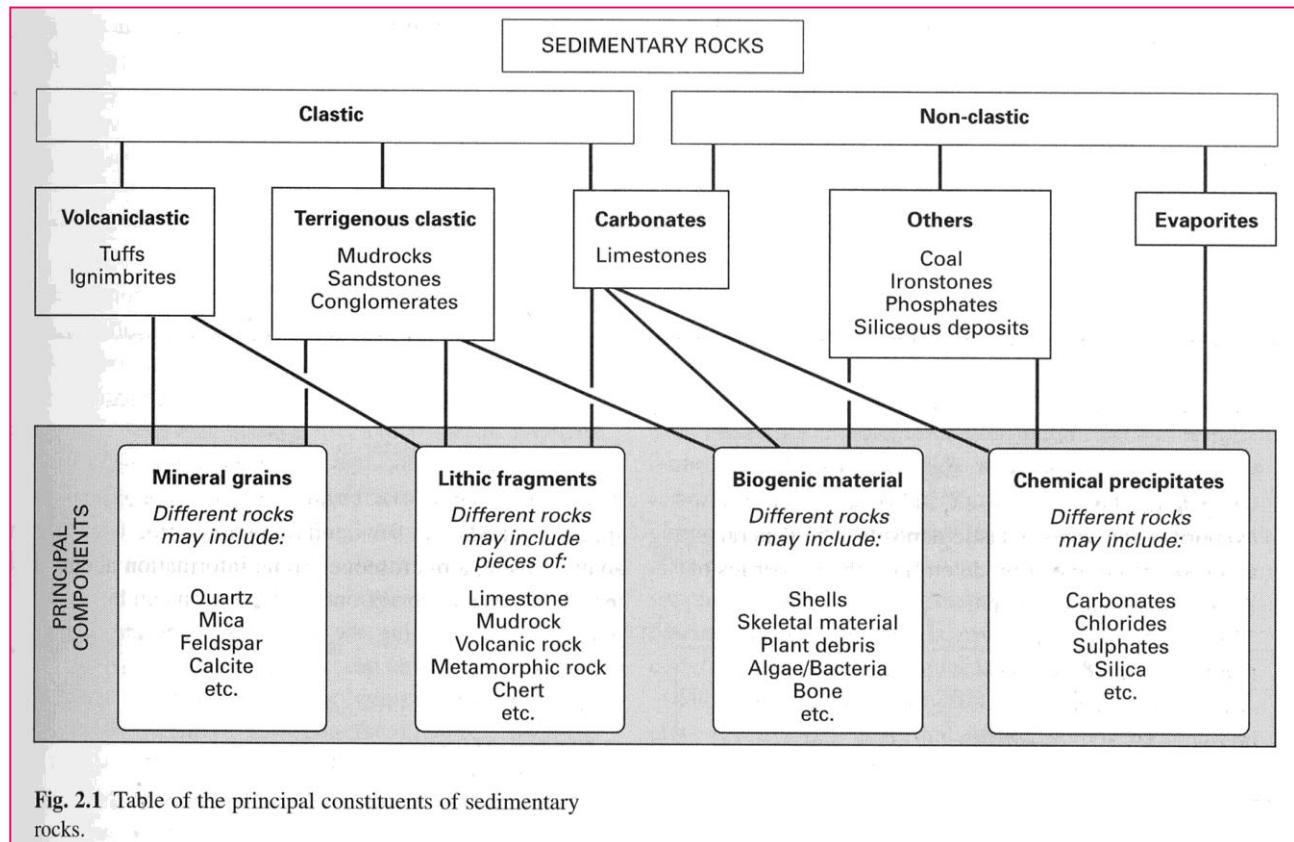


Fig. 2.1 Table of the principal constituents of sedimentary rocks.

PS: la gran parte delle rocce sedimentarie è clastica

COMPONENTI TESSITURALI

Osservando le varie classificazioni proposte, si vede che la maggior parte delle rocce sedimentarie è costituita da 3 componenti:

GRANULI (impalcatura granulare data soprattutto da materiale detritico)

MATRICE (materiale detritico più fine di deposizione contemporanea o penecontemporanea)

CEMENTO (precipitato chimico penecontemporaneo alla sedimentazione e/o tardivo)

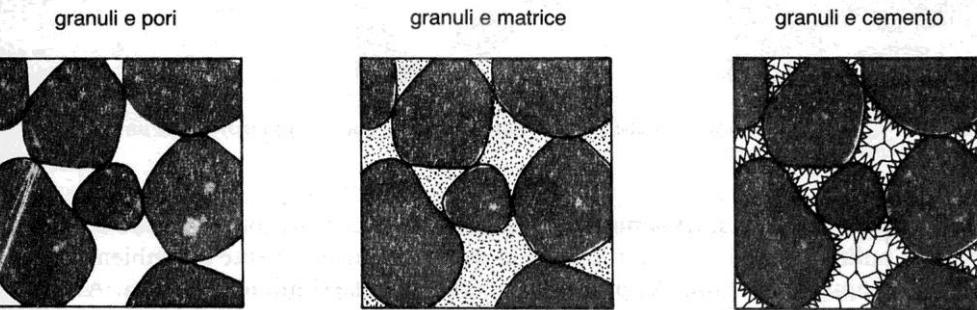
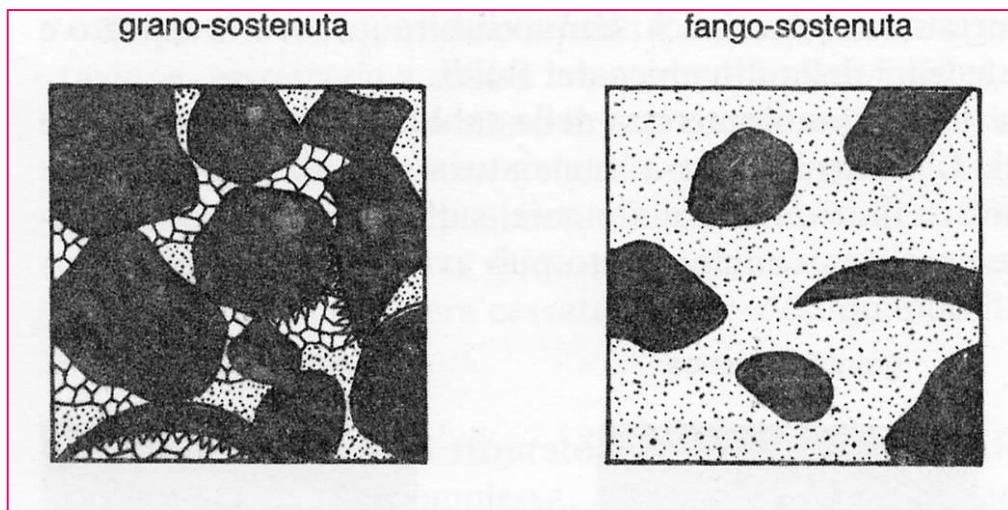


Fig. 1.4 – I fondamentali componenti tessiturali delle rocce particellari: granuli, matrice e cemento.

La matrice viene definita in rapporto alle dimensioni dell’impalcatura granulare. In generale, nelle rocce carbonatiche la matrice ha dimensioni <20-30 um (fango carbonatico), mentre nelle rocce terrigene è <60 um (silt ed argilla).

In base alla matrice si parlerà di sedimento/roccia:



Il cemento va ad occludere parzialmente o totalmente i pori e le cavità. Nelle rocce carbonatiche generalmente è calcite, raramente dolomite, in quelle terrigene è calcite, quarzo.

METODI INDAGINE DIRETTI ED INDIRETTI

In questa parte del corso sono affrontati alcuni metodi di indagine per lo studio del materiale sedimentario focalizzato soprattutto sull'ambiente marino, dove le indagini sono più complicate (i sedimenti si trovano in fondo al mare) e generalmente più costose in quanto prevedono l'uso di imbarcazioni e di strumenti più complessi.

I metodi di indagine sui sedimenti nei corpi d'acqua sono diretti ed indiretti.

I principali **metodi diretti** si basano sul prelievo di campioni mediante diverse tecniche (benna, box corer, multicorer, carotiere a gravità e a pistone etc etc): questi possono limitarsi a campioni (carote/bennate etc) di sedimenti prelevati fino a pochi metri di profondità sotto il fondo del mare, oppure possono raggiungere le centinaia di metri, come nel caso delle perforazioni petrolifere. Poiché il prelievo dei campioni è molto costoso, è necessario che i punti di prelievo siano accuratamente individuati in modo da fornire quante più informazioni possibili sull'area che si sta studiando. Inoltre, i campioni forniscono una informazione puntuale e potrebbero essere influenzati da situazioni locali e quindi non essere rappresentativi.

I **metodi indiretti** sono costituiti dalle indagini geofisiche, finalizzate alla ricostruzione dell'andamento degli strati nel sottosuolo in funzione delle loro caratteristiche fisiche. Il metodo di gran lunga più diffuso si basa sulla propagazione delle onde elastiche ed è denominato sismica a riflessione. Una sorgente di energia trainata a rimorchio da una nave genera un impulso che si propaga attraverso l'acqua e raggiunge il fondo marino. Qui, una parte dell'energia viene riflessa in superficie ed una parte penetra nel sottosuolo fino ad incontrare una qualsiasi discontinuità dove verrà nuovamente in parte riflessa in parte trasmessa e così via per tutti gli strati sottostanti fino a profondità che possono arrivare ad alcuni km sotto il fondo del mare. L'energia riflessa dalle varie discontinuità ritorna in superficie dove viene rilevata e registrata per mezzo di sensori (idrofoni) disposti in acqua lungo un cavo (*streamer*) trainato dalla nave stessa. Il cavo può superare i 3 km di lunghezza e contenere oltre mille sensori. Ripetendo ad intervalli regolari le energizzazioni lungo le rotte prestabilite ed elaborando opportunamente i dati registrati, si possono ricostruire delle vere e proprie sezioni del sottosuolo. La sismica a riflessione, oltre ad individuare la località da campionare, serve anche a studiare la distribuzione, le geometrie e gli spessori dei sedimenti.

I due metodi si integrano!!

Durante la lezione vengono illustrati alcuni esempi di strumenti (anche con video) ed il prodotto che si ottiene.

CAMPIONAMENTO DEI SEDIMENTI

Ci sono alcune regole che vanno osservate quando si pianifica/o si fa un campionamento:

- 1) il campione NON va prelevato a caso (geometria dell'affioramento, litologia, strutture sedimentarie)
- 2) la quantità di campione da prelevare deve essere proporzionale alle dimensioni del granulo più grossolan
- 3) il campione da esaminare deve rappresentare una UNITA' di SEDIMENTAZIONE e deve essere costituito dal materiale deposto durante un medesimo episodio di sedimentazione

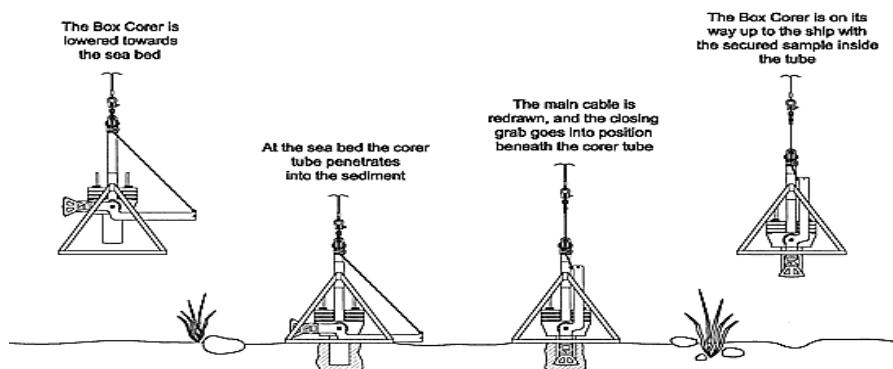
Attenzione: i campioni forniscono comunque una informazione puntuale e potrebbero essere influenzati da situazioni locali e quindi non essere rappresentativi: vanno sempre contestualizzati.

Durante la lezione sono illustrati (anche con video) diversi tipi di indagine che vengono utilizzate per studiare il corpo d'acqua e dei sedimenti: misure correntometriche, caratterizzazione del corpo d'acqua attraverso sonde multiparametriche, mooring e trappole; sistemi di campionamento del corpo d'acqua; retino da plancton.

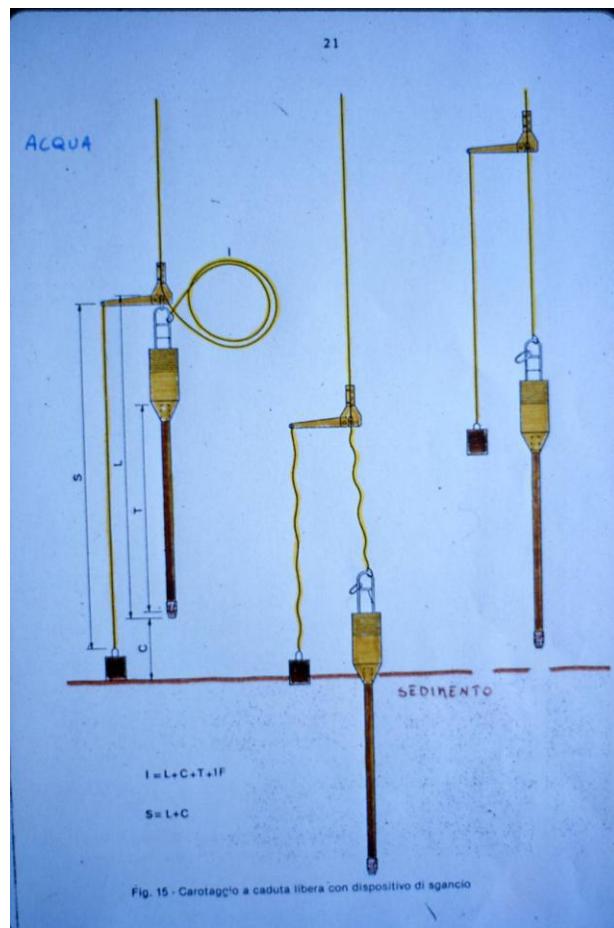
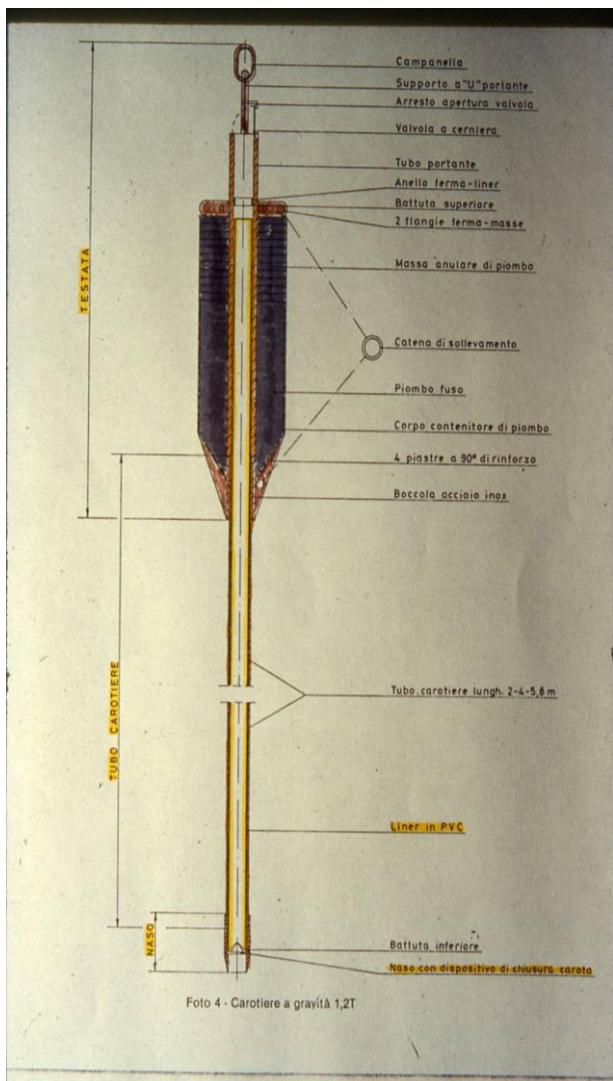
In generale, la strumentazione che viene utilizzata per la raccolta del sedimento di fondo deve avere alcune precise specifiche:

- appoggio dello strumento resistente all'erosione
- strumento ben robusto da resistere all'impatto sul fondo
- ben tollerato (come peso ed ingombro) sul ponte
- correttamente orientato prima del contatto con il fondo
- peso e potenza sufficiente per riuscire a penetrare alla profondità desiderata
- al ritiro, lo strumento non deve perdere campione ed una volta a bordo il campione deve essere facile da rimuovere

Esempi di strumenti per la raccolta di sedimenti di fondo: draga, benna (Van Veen; Shippek; Pettersen); box corer; multicorer; carotiere a gravità con leva e senza leva; carotiere a pistone; perforazione. Durante le lezioni sono descritti gli strumenti. Viene fatto un laboratorio dove gli strumenti più semplici vengono mostrati con dimostrazione dell'utilizzo.



Come funziona un box corer



Carotiere a gravità

Il campionamento a terra prevede attrezzatura e metodi diversi che vengono illustrati brevemente durante la lezione.

ANALISI in LABORATORIO

I campioni una volta presi possono essere sottoposti “sul campo” ad alcune analisi, ma la gran parte delle analisi viene fatta nei vari laboratori.

Di seguito uno schema su alcune tipiche analisi che si fanno su sedimenti sia coerenti che incoerenti.

Ovviamente a seconda che siano rocce o sedimenti sciolti gli strumenti utilizzati sono diversi. Le analisi possono essere conservative (ad esempio: raggi X, misure di suscettività magnetica, paleomagnetismo, di caratterizzazione chimica via XRF core scanner) o distruttive (geotecniche, granulometriche, analisi sulla sostanza organica, mineralogiche, micropaleontologiche, isotopiche etc)

LA TESSITURA DELLE ROCCE SEDIMENTARIE

Nelle rocce sedimentarie la tessitura è l’insieme delle proprietà di un aggregato di particelle e viene definito da: granulometria, forma ed arrotondamento delle particelle, morfologia superficiale, relazione fra i grani e matrice, orientamento (fabric).

I processi che hanno agito durante il trasporto e la deposizione, ed il comportamento dinamico del sedimento si possono dedurre dall’insieme delle proprietà tessiturali.

ANALISI GRANULOMETRICHE

Scopo della misura dei grani nei sedimenti è di conoscere i processi che portano alla formazione dei sedimenti stessi.

Molte procedure di analisi dimensionali rappresentano il tentativo di studiare il comportamento delle particelle sotto condizioni volti a simulare processi naturali.

In genere gli esperimenti sono volti a misurare il tasso di sedimentazione delle particelle e, attraverso modelli – per es. la legge di Stokes che, semplificando, si basa sulla relazione fra dimensione delle particelle, la loro densità, la forza della gravità e la velocità di caduta in un mezzo a densità nota –, a riferire la velocità di sedimentazione a una scala granulometrica.

E’ NELLE ROCCE DETRITICHE CHE LA DIMENSIONE DA’ INDICAZIONI SULLA CORRENTE DI TRASPORTO

SCALA GRANULOMETRICA			
MILLIMETRI	MICRON	SCALA Ø	CLASSI GRANULOMETRICHE (Wentworth)
4096		- 12	
256		- 8	Blocchi
64		- 6	Ciottoli
4.00		- 2	Ciottoletti
3.36		- 1.75	
2.83		- 1.50	Granuli
2.38		- 1.25	
2.00	2000	- 1	Sabbia molto grossa
1.68		- 0.75	
1.41		- 0.50	Sabbia grossa
2.19		- 0.25	
1.00	1000	0	Sabbia media
0.84		0.25	
0.71		0.50	Sabbia fine
0.59		0.75	
0.50	500	1	Sabbia molto fine
0.42	420	1.25	
0.35	350	1.50	Silt grosso
0.30	300	1.75	
0.25	250	2	Silt medio
0.210	210	2.25	
0.177	177	2.50	Silt fine
0.149	149	2.75	
0.125	125	3	Silt molto fine
0.105	105	3.25	
0.088	88	3.50	
0.074	74	3.75	
0.0625	62.5	4	
0.053	53	4.25	
0.044	44	4.50	
0.037	37	4.75	
0.031	31	5	
0.0156	15.6	6	
0.0078	7.8	7	
0.0039	3.9	8	
0.0020	2	9	
0.00098	0.98	10	
0.00049	0.49	11	
0.00024	0.24	12	
			ARGILLA
			↓

Sedimenti incoerenti

→ separazione delle 3 grosse componenti mediante setacciatura

Metodi più comuni:

Ghiaia: calibri – crivelli - setacci

Sabbia: setacci – bilancia di sedimentazione

Fango: sedigrafo – laser

Sedimenti coerenti

→ Ghiaccia: calibri
→ Sabbia – silt: osservazione al microscopio ottico

Per i sedimenti coerenti, operativamente sul terreno, la granulometria si stabilisce ad occhio nudo e con l'ausilio di una lente di terreno da 10X e/o con un comparatore granulometrico.

E' previsto un laboratorio in cui sono mostrate alcune tecniche e strumenti d'indagine

Le metodologie di laboratorio saranno approfondite in altri corsi dedicati

I dati ottenuti con le varie analisi vengono successivamente elaborati. Anche questo argomento sarà approfondito in altri corsi.

Nell'ambito del corso di GEOLOGIA 1 si ricorda un parametro granulometrico molto importante: la classificazione

CLASSAZIONE (o SORTING): indica il grado di uniformità granulometrica di un sedimento. dipende da:

- tipo e durata dei processi di trasporto e sedimentazione
- regolarità della corrente e della viscosità del mezzo

regole generali sono che:

+ durano i processi, + è la selezione
+ la regolarità della corrente, + è la selezione
- la viscosità del mezzo, + la selezione

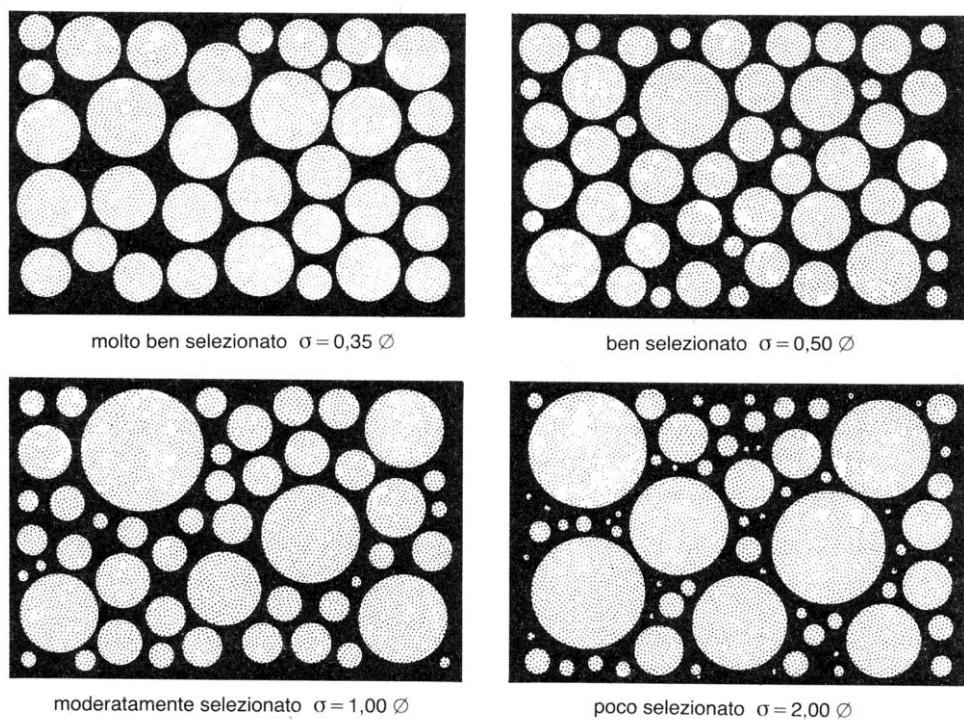


Fig. 2.7 – Carta di comparazione per la stima visiva del selezionamento (σ).

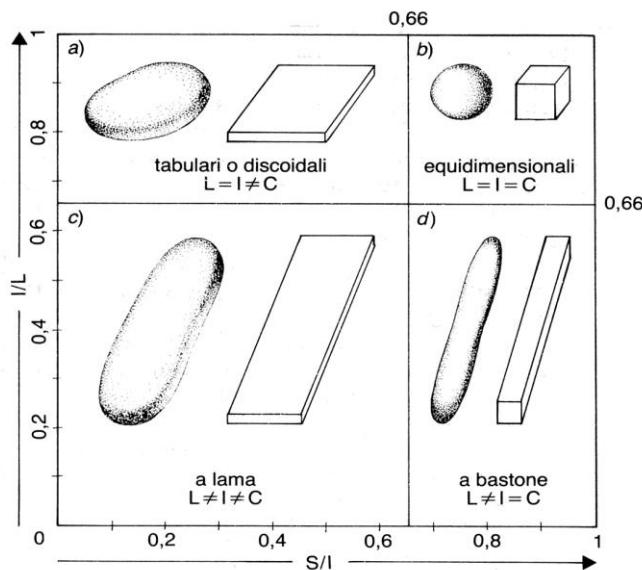
Per il sedimento coerente si usano delle tavole di comparazione.

Oltre alle dimensioni, vengono considerati anche altri aspetti:

La forma dei granuli

MORFOMETRIA = ASPETTI GEOMETRICI DELLA FORMA DEI GRANULI.

Fig. 2.10 – Le quattro principali classi della forma dei ciottoli, basate sui rapporti dei tre assi: lungo (L), intermedio (I) e corto (C).
(Da Zingg, 1935.)



1. FORMA:
relazione fra le 3 dimensioni di un oggetto (clasto):

L= asse lungo; I= asse intermedio; C= asse corto

Su ciottoli di stessa natura e stesse dimensioni

2. **Indici di APPIATTIMENTO** (Cailleux 1945) (basati su formule che si applicano a misure di ciottoli di stessa natura e stesse dimensioni)
3. **SFERICITA'**: indica quanto un clasto si avvicina alla forma sferica (è il grado di uguaglianza delle tre dimensioni dei clasti)
4. **ARROTONDAMENTO**: indica il grado di angolosità del contorno dei clasti. E' indipendente da forma e sfericità

L'arrotondamento dipende dalla litologia del granulo, dalle sue dimensioni (a parità di litologia, maggiore è la dimensione del granulo, maggiore è il suo potenziale di arrotondamento) e dal tipo e durata dei processi di trasporto.

La valutazione dell'arrotondamento è fatta per confronto con delle tavole di comparazione

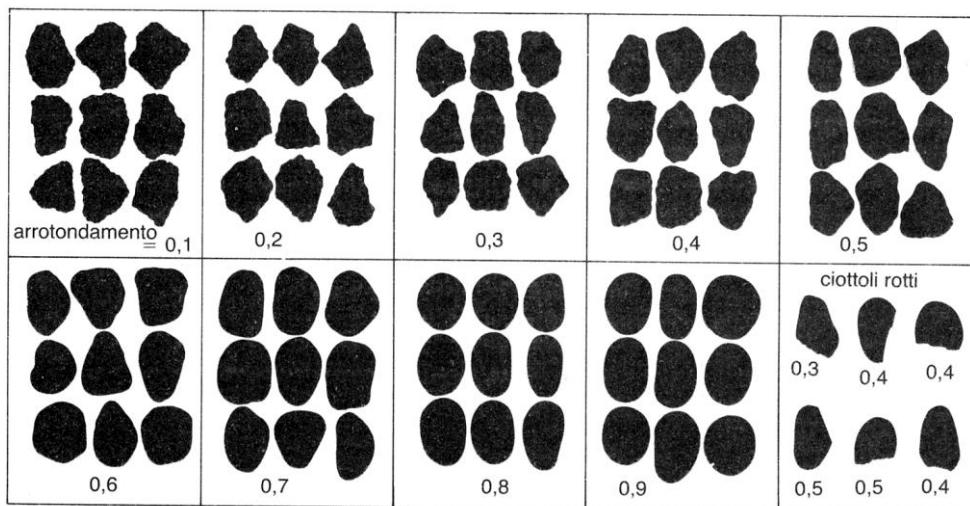


Fig. 2.12 – Carta di comparazione visiva per la stima dell'arrotondamento dei ciottoli. (Da Pettijohn, 1975.)

Per i ciottoli si confrontano rocce della stessa litologia.

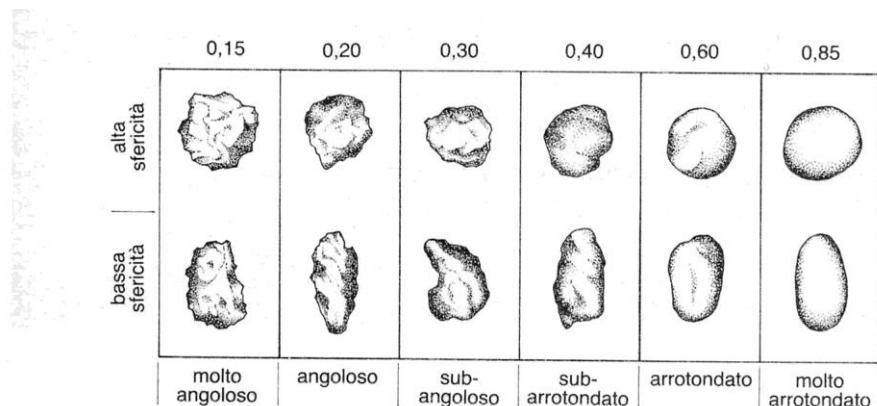
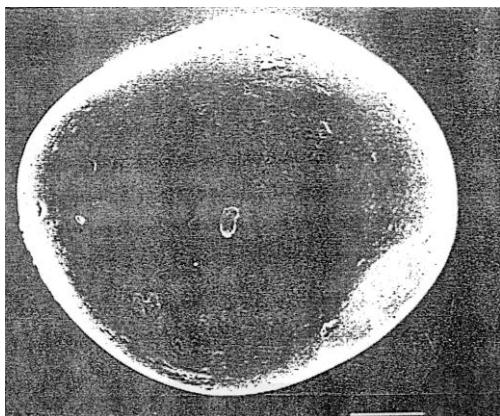


Fig. 2.13 – Carta di comparazione visiva per la stima dell'arrotondamento dei granuli di sabbia. Per ogni categoria, è mostrato un granulo di bassa e alta sfericità. (Da Powers, 1953, ridisegnato.)

Per la sabbia si utilizzano i granuli di quarzo, minerale in genere abbondante e resistente dal punto meccanico e chimico.

MORFOSCOPIA-ESOMETRIA: CIOE' L'ASPETTO DELLA SUPERFICIE DEI GRANULI

Viene utilizzato il microscopio elettronico a scansione (SEM). I granuli sono di quarzo.
ESEMPI:

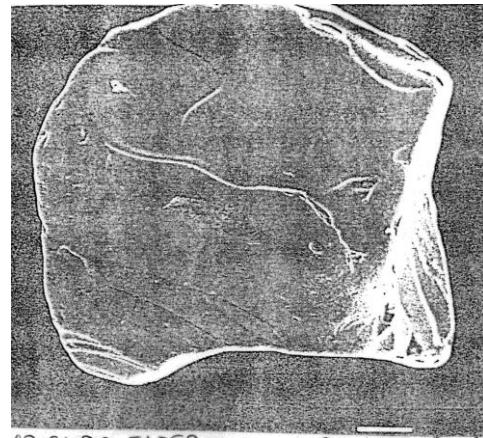
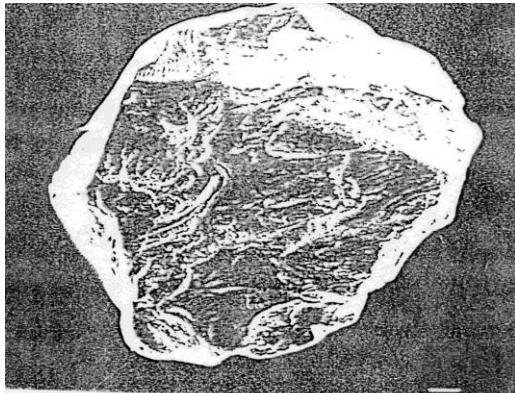


AMBIENTE EOLICO

- molto ben arrotondato
- forma sferica
- superficie smerigliata

AMBIENTE GLACIALE

- granulo angoloso
- numerose fratture concoidi e strie



AMBIENTE MARINO

- bordi smussati
- piccole impronte di percussione a V

Si ricorda il **concepto di FABRIC** cioè orientazione e disposizione spaziale degli elementi che compongono una roccia

La forma dei grani può condizionare il fabric

Fig. 2.15 – Orientazione spaziale (in sezione) di elementi discoidali depositati sotto il controllo della sola gravità (*a*) e della gravità più una corrente unidirezionale (*b*). In questo secondo caso i ciottoli risultano embriciati (si veda anche fig. 2.17). (Ridisegnato da Potter e Pettijohn, 1963.)

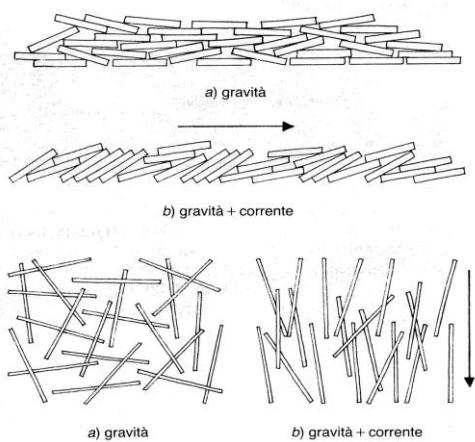
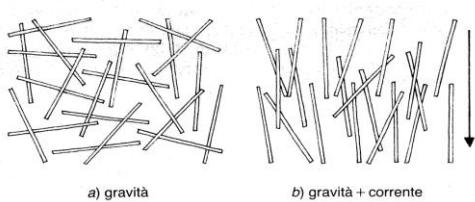


Fig. 2.16 – Orientazione areale di elementi allungati depositati sotto il controllo della gravità della gravità più corrente (*a*). (Ridisegnato da Potter e Pettijohn, 1963.)



ALCUNE NOTE SUL MICROSCOPIO OTTICO sulle OSSERVAZIONI AL MICROSCOPIO utili per il laboratorio di Geologia 1

Il microscopio è uno strumento ottico che, attraverso l'ingrandimento del preparato consente di vederne i particolari non visibili ad occhio nudo.

Esistono microscopi ottici a luce riflessa e a luce trasmessa.

Luce riflessa: la luce viene dall'alto, colpisce il piatto porta oggetti e quindi il preparato e viene riflessa (si usa per esempio per i sedimenti sciolti).

Luce trasmessa: la luce viene da sotto e intercetta il preparato costituito da “sezioni sottili”.

Le sezioni sottili sono dei campioni preparati in lamine sottili (20-50 um): con questi spessori la più parte dei corpi cristallini e no è trasparente.

Per l'osservazione dei minerali, si utilizzano microscopi monoculari (da mineralogia) dotati di lenti che consentono osservazioni particolari: sono monoculari perché alcune osservazioni vanno fatte con un occhio solo (la lente è legata ad un solo oculare).

Per i nostri scopi si utilizza il microscopio binoculare a luce riflessa per sedimenti incoerenti e binoculare a luce trasmessa per i sedimenti coerenti.

Materiali coerenti: le osservazioni su minerali in sezione sottile sono molteplici e tutte insieme concorrono a dare “nome e cognome” ad ogni minerale che osserviamo. Per i nostri scopi però bastano poche informazioni deducibili dalle osservazioni messe dalla presenza di due elementi nel microscopio: l'analizzatore e il polarizzatore.

Quando si fa l'analisi al microscopio, il fascio di raggi luminosi che attraversano la sezione sottile sono parallele (osservazione a luce parallela) quindi i fenomeni ottici che si riscontrano sono riferibili ad onde piane vibranti nel piano della sezione sottile. Al di sopra ed al di sotto della piattaforma porta sezione sottile vengono inseriti due strumenti che trasmettono solo raggi luminosi polarizzati in un solo piano (vibrazione su un solo piano): il **polarizzatore**, che invia la luce alla sezione sottile ed è inamovibile (contenuto nel condensatore) e l'**analizzatore**, che riceve la luce trasmessa attraverso la sezione sottile (in genere sono “**Nichols**”, polarizzatori che sfruttano la birifrangenza della calcite) e può inserirsi o togliersi dal cammino dei raggi con rapida manipolazione. Se inserito, è orientato con la propria direzione di vibrazione a 90° rispetto a quella del polarizzatore. Quindi si può passare facilmente da osservazioni a luce parallela senza Nichol analizzatore (solo con il polarizzatore, si dice “osservazioni a Nichol parallelo”) ad osservazioni a luce parallela con l'inserimento del Nichol (“osservazioni a Nichol incrociati”).

Queste poche indicazioni possono venir usate per l'osservazione di sezioni sottili di materiale sedimentario silicoclastico e carbonatico.

Ulteriori ed approfondite informazioni saranno affrontate durante il corso di mineralogia/petrografia ed altri corsi dedicati.