

Scienze e Tecnologie per i Beni
Culturali

Corso di Geologia Applicata

Dott. Maria Chiara Turrini

Caratteristiche delle terre

<http://www.altaviamilano.it/altavia/index.php/altapedia/grandi-opere/23-infrastrutture-e-delle-grandi-opere-vol-1/140-cap-2-meccanica-delle-terre>

http://www.exquire.it/pagine%20formazione/Tecnologie/le_argille.htm

Terra (roccia sciolta, terreno sciolto)

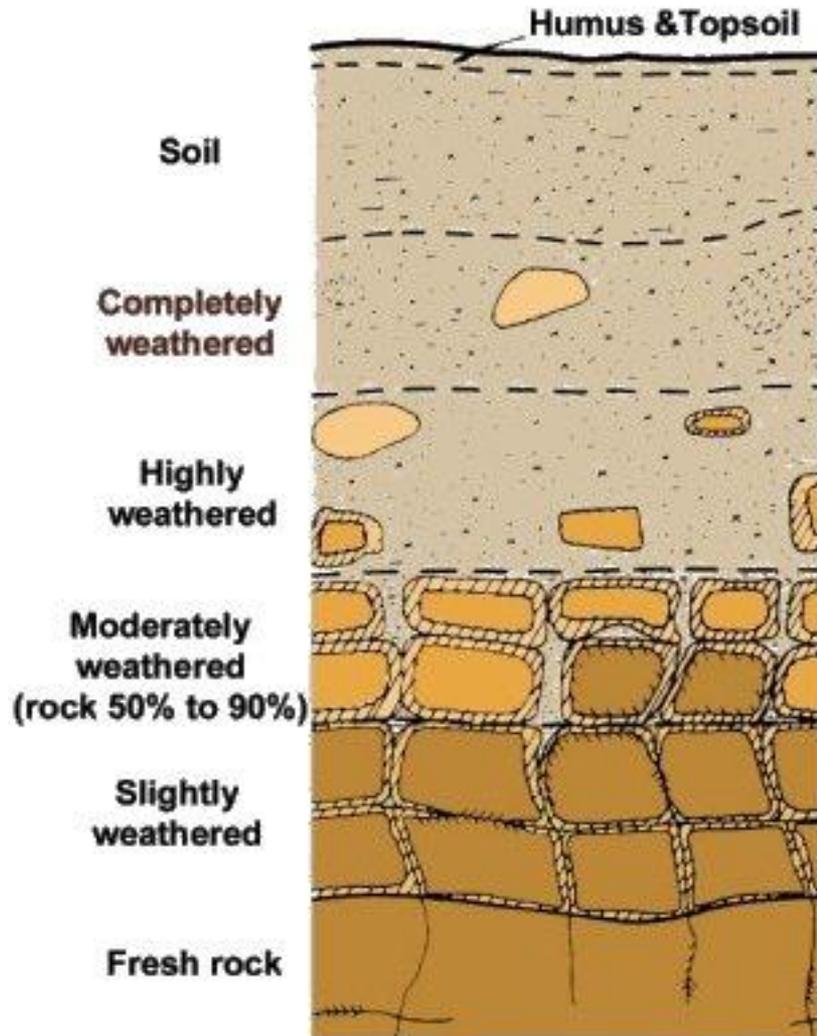
Materiale formato da aggregati di granuli non legati tra loro o che possono essere separati per mezzo di modeste sollecitazioni (agitazione meccanica o agitazione in acqua) o per mezzo di un più o meno prolungato contatto con acqua

Roccia

Materiale naturale che è dotato di elevata coesione anche dopo prolungato contatto con acqua

Vi sono poi materiali naturali di transizione aventi caratteristiche intermedie tra quelle delle terre e quelle delle rocce, quali le argille marnose, argille varicolori (argilliti), i tufi, ecc.

Le terre derivano dai prodotti dell'alterazione delle rocce.



Se tali prodotti rimangono sul posto vengono detti **terreni residuali** o **regolite (eluvium)**

Typical profile of a residual soil
(from Fredlund, 1993 after
Little, 1969)

Se tali prodotti vengono trascinati via e depositati in posti diversi, vengono detti **terreni trasportati (colluvium)**. Durante il trasporto i clasti possono subire processi di selezione e di arrotondamento.



Terra non selezionata (molto gradata) e clasti non arrotondati.

Questo deposito non ha subito trasporto o rimaneggiamento da parte dell'acqua



Poorly sorted sediment = well graded sediment

Figure 4-6. Well-graded soil.



Well-sorted sediment = poorly or uniformly graded sediment

Figure 4-7. Uniformly graded soil.



Figure 4-8. Gap-graded soil.



Deposito di ghiaia sub-angolare, abbastanza gradata. Questa terra ha subito un trasporto breve, ma l'acqua ha esercitato la sua opera di selezione



Deposito di ghiaia da sub-arrotondata a arrotondata a ben arrotondata, ben selezionata. Questa terra ha subito un trasporto lungo e l'acqua ha esercitato la sua opera di selezione e di arrotondamento

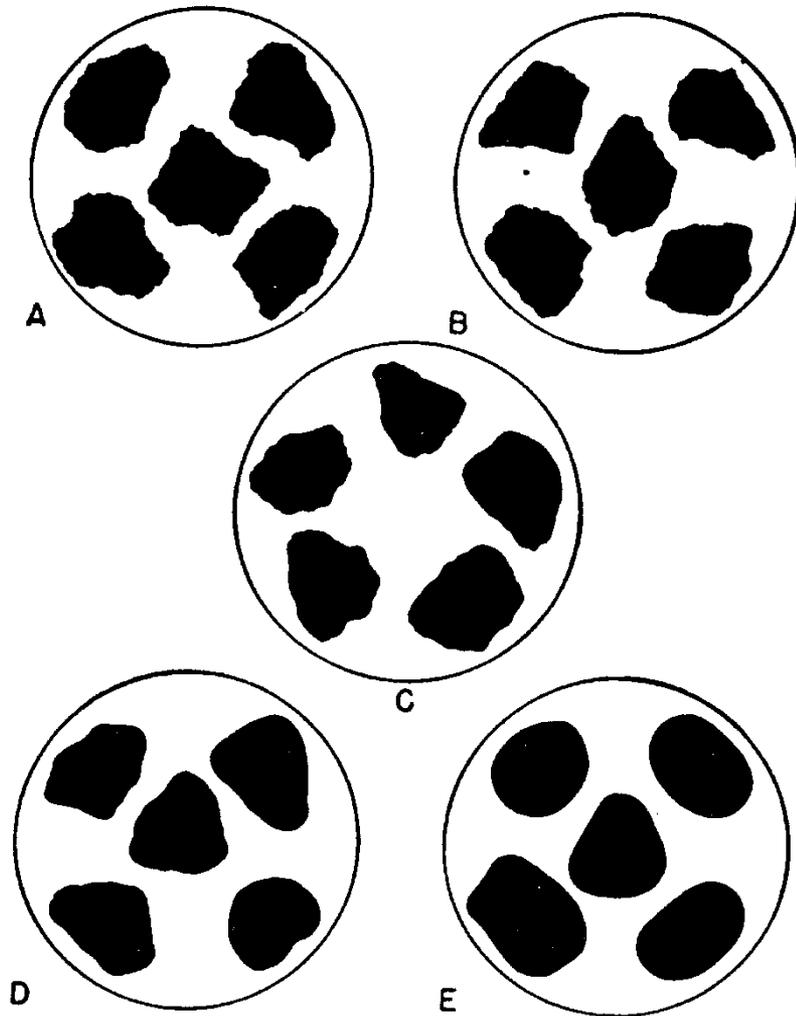
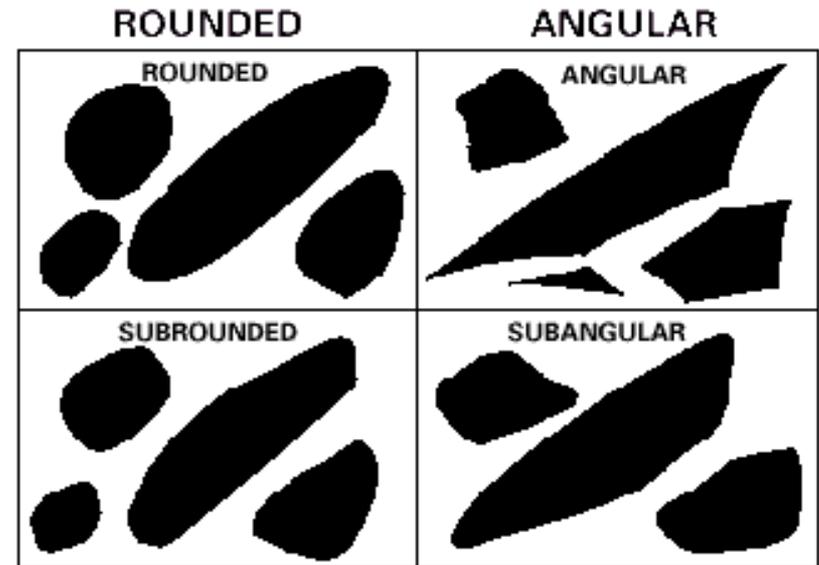


Chart to show roundness classes. A, angular; B, subangular; C, subrounded; D, rounded; E, well rounded.



Classi di arrotondamento:

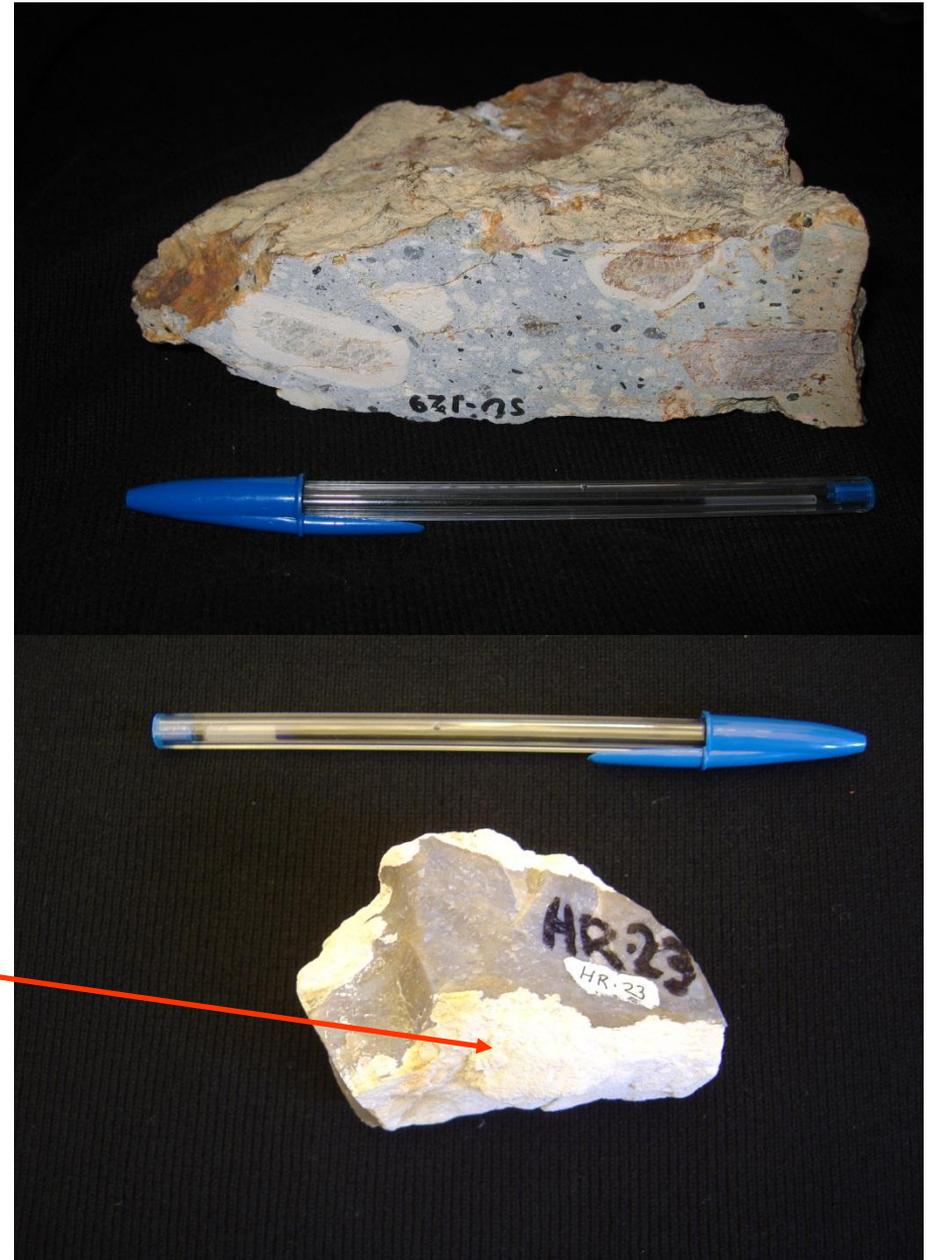
- A. Angolare
- B. Sub-angolare
- C. Sub-arrotondato
- D. Arrotondato
- E. Ben arrotondato

Se i processi di formazione e trasporto delle terre sono solo processi fisici, le particelle di terreno avranno la stessa composizione della roccia di origine.



Se si hanno anche trasformazioni chimiche si formano altri materiali. I più importanti nell'ambito della geotecnica sono i minerali argillosi fra i quali i più comuni sono la caolinite, l'illite e la montmorillonite.

Argilla di neo-formazione



I principali termini usati in geotecnica per descrivere le terre sono: **ghiaia, sabbia, limo (silt) e argilla.**

Le terre consistono in una miscela di due o più di questi costituenti e talvolta contengono materiale organico parzialmente o totalmente decomposto (**suolo**). Inoltre possono essere completamente sciolte o leggermente cementate e gli spazi vuoti tra le particelle possono contenere acqua e/o aria.

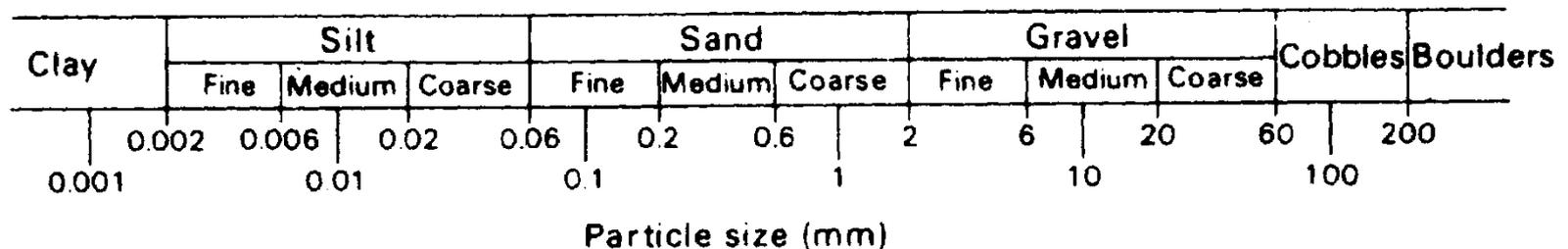
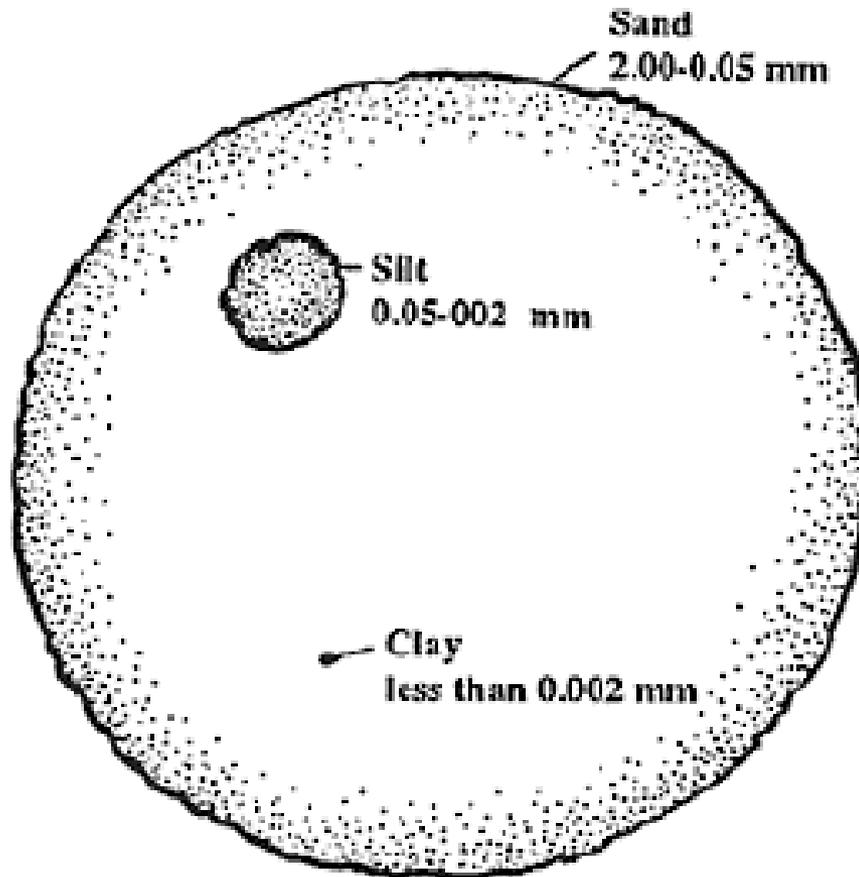


Fig. 1.5 Particle size ranges.



Visualizzazione delle differenze tra le dimensioni dei clasti che compongono una terra

Una prima suddivisione delle terre è basata sulle dimensioni dei singoli granuli:

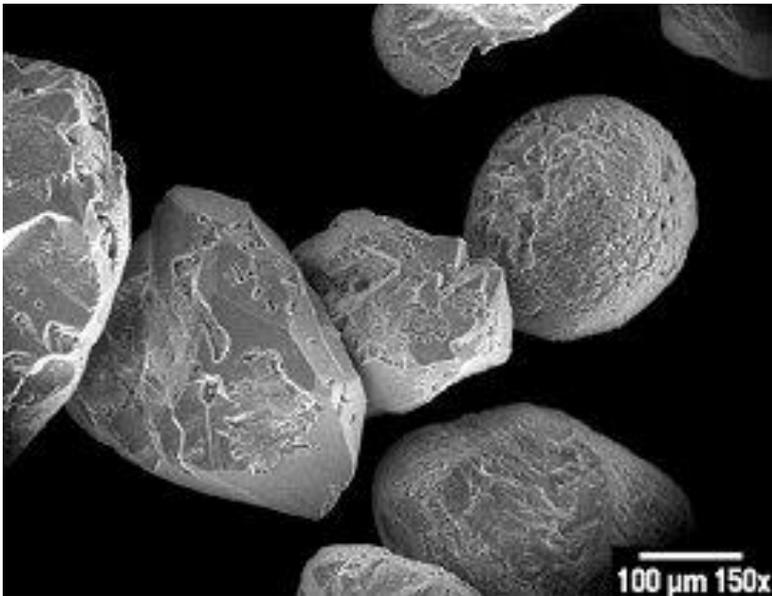
terre incoerenti o non coesive o a grana grossa che comprendono la **ghiaia** e la **sabbia** e il **silt** più grossolano, le cui particelle sono riconoscibili a occhio nudo

terre coesive o a grana fine che comprendono il **limo (silt)** fine e l'**argilla**, cioè la frazione microscopica e submicroscopica

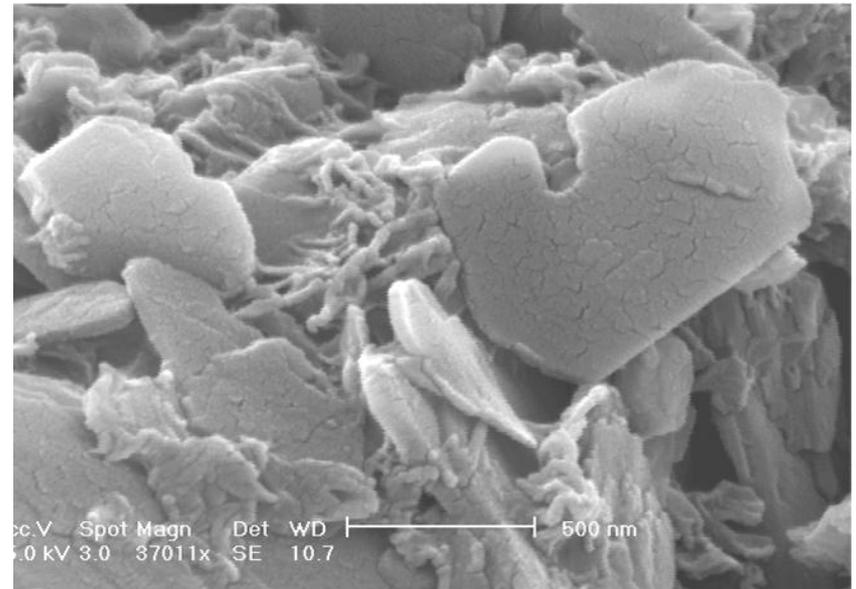
La descrizione della sabbia e della ghiaia richiede una stima della quantità di materiale compreso tra i vari diametri e la conoscenza della forma e della composizione mineralogica dei grani.

Fra le terre a grana fine il limo costituisce la parte più grossa della frazione di terreno microscopica, possiede poca o nulla plasticità e coesione ed è compreso tra il limite inferiore delle sabbie e il limite superiore delle argille

La forma delle particelle può essere abbastanza varia ma, mentre per la ghiaia, la sabbia e il limo la forma è in genere relativamente sferoidale, per l'argilla è decisamente lamellare.



SEM image of sand



SEM image of kaolin clay

I granuli delle ghiaie e delle sabbie grosse sono costituiti da frammenti di rocce. L'acqua che si trova nei pori non influenza quasi per nulla il comportamento delle ghiaie e delle sabbie grossolane in quanto la loro permeabilità non consente il formarsi di sovrappressioni.



Accumulo di ghiaia a litologia varia

Da arrotondata a molto ben arrotondata

Abbastanza gradata

I pori sono grandi e permettono la rapida fuoriuscita dell'acqua interstiziale



Ghiaia

Litologia: calcare

Abbastanza gradata

Da sub-arrotondata a sub-angolare



Detail of poorly sorted and sub-rounded gravels

In questo caso i pori sono riempiti da materiale a grana fine, che rende il deposito quasi impermeabile

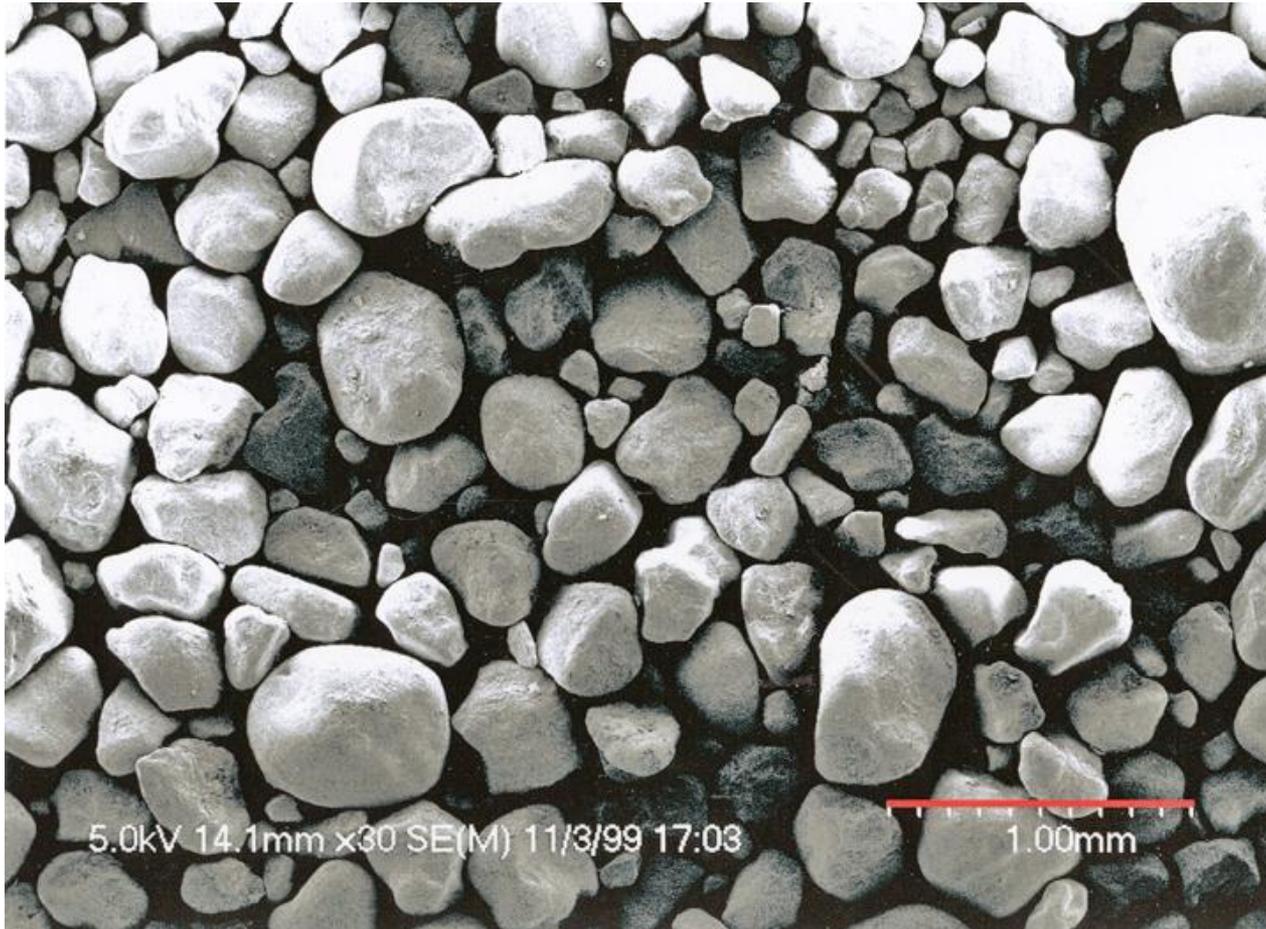
I granuli delle sabbie medie e fini sono costituiti da minerali o frammenti di minerali stabili e resistenti (quarzo, feldispati, mica, ecc.). L'acqua influenza abbastanza il comportamento meccanico dei limi e delle sabbie fini, in quanto la permeabilità di queste terre può permettere la fuoriuscita dell'acqua interstiziale con una velocità medio-bassa.

In determinate condizioni di sollecitazione il terreno può rompersi.



Sabbia marina con numerosi frammenti organogeni

Microscope Photo of Periplatform Sands (250-500 μm) from the Bahamas



Sabbia

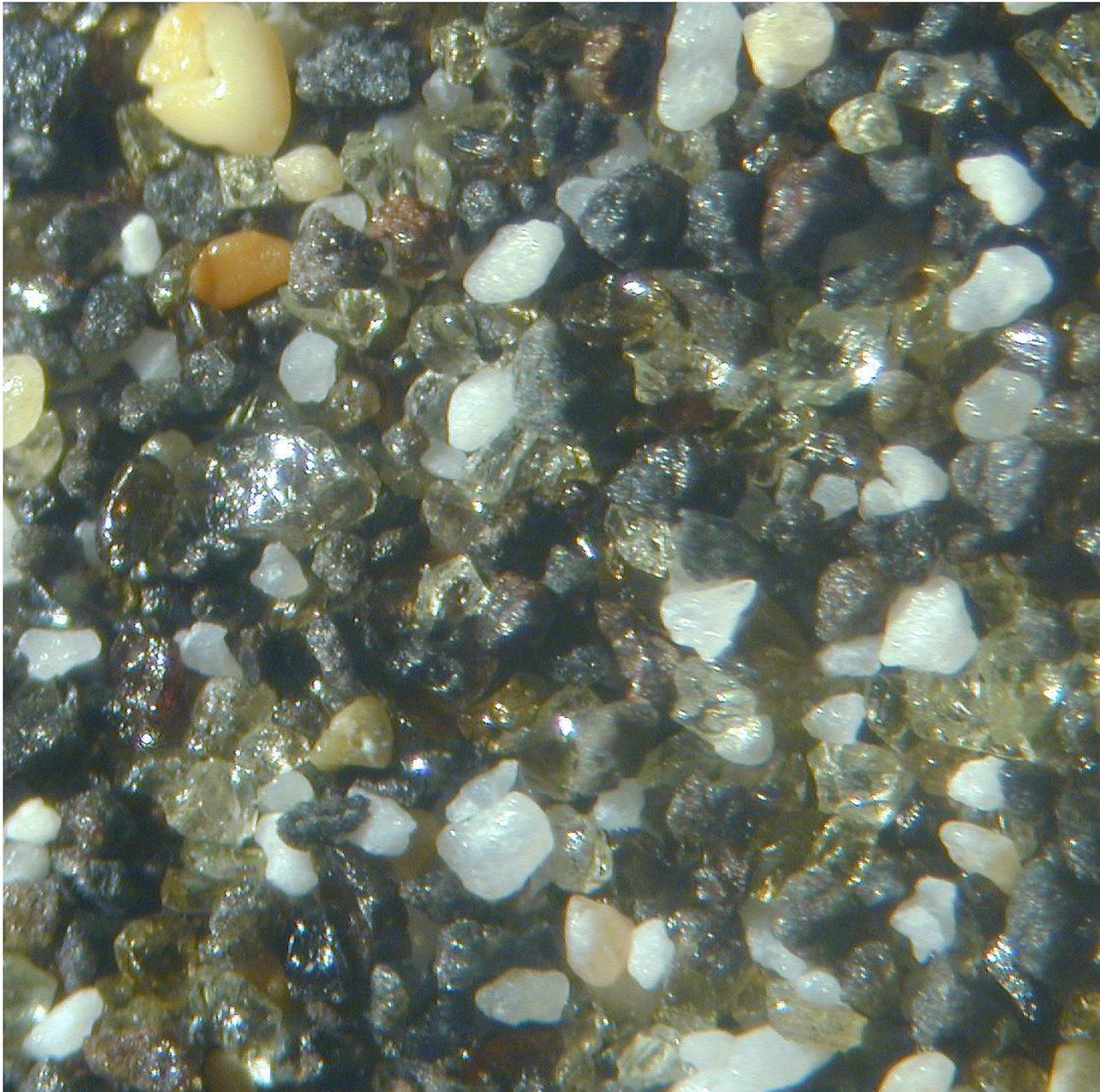
Abbastanza gradata (poco selezionata)

Da sub-angolare a sub-arrotondata



Beach (Fire Island, Long Island, New York)

Key to identification is the medium sorting, somewhat rounded and the presence of a few shell fragments.



Napoopoo Beach, Hawaii

The beach sand is dominated by olivine grains and basalt fragments. The abundance of shell fragments clearly indicates its beach environment



Dune (Kelso Dunes California)

Key to identification is the fine grained nature of the sand and the high degree of sorting



Coral pink sand dunes State Park Utah.

Note the high degree of sorting, rounding and fine grained nature of this sample.



River (Ford Canyon, California)

Key to identification is the very angular nature of the sand, presence of feldspar and the fact that it is very poorly sorted.



San Pedro River, Arizona

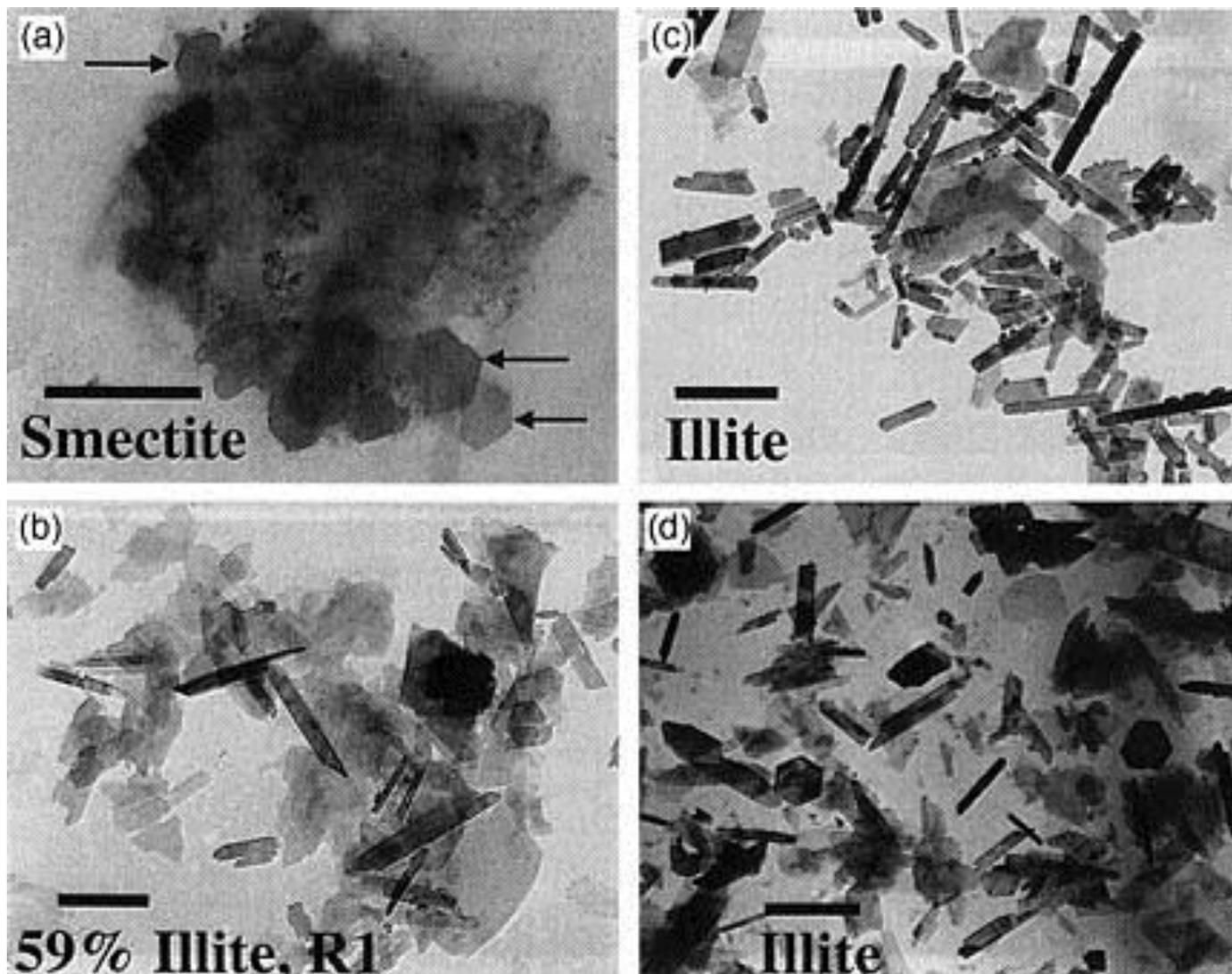
This is a classic example of a river (or fluvial) sand. It is very poorly sorted and angular. Quartz is the dominant mineral in the sample but there are grains of feldspar present

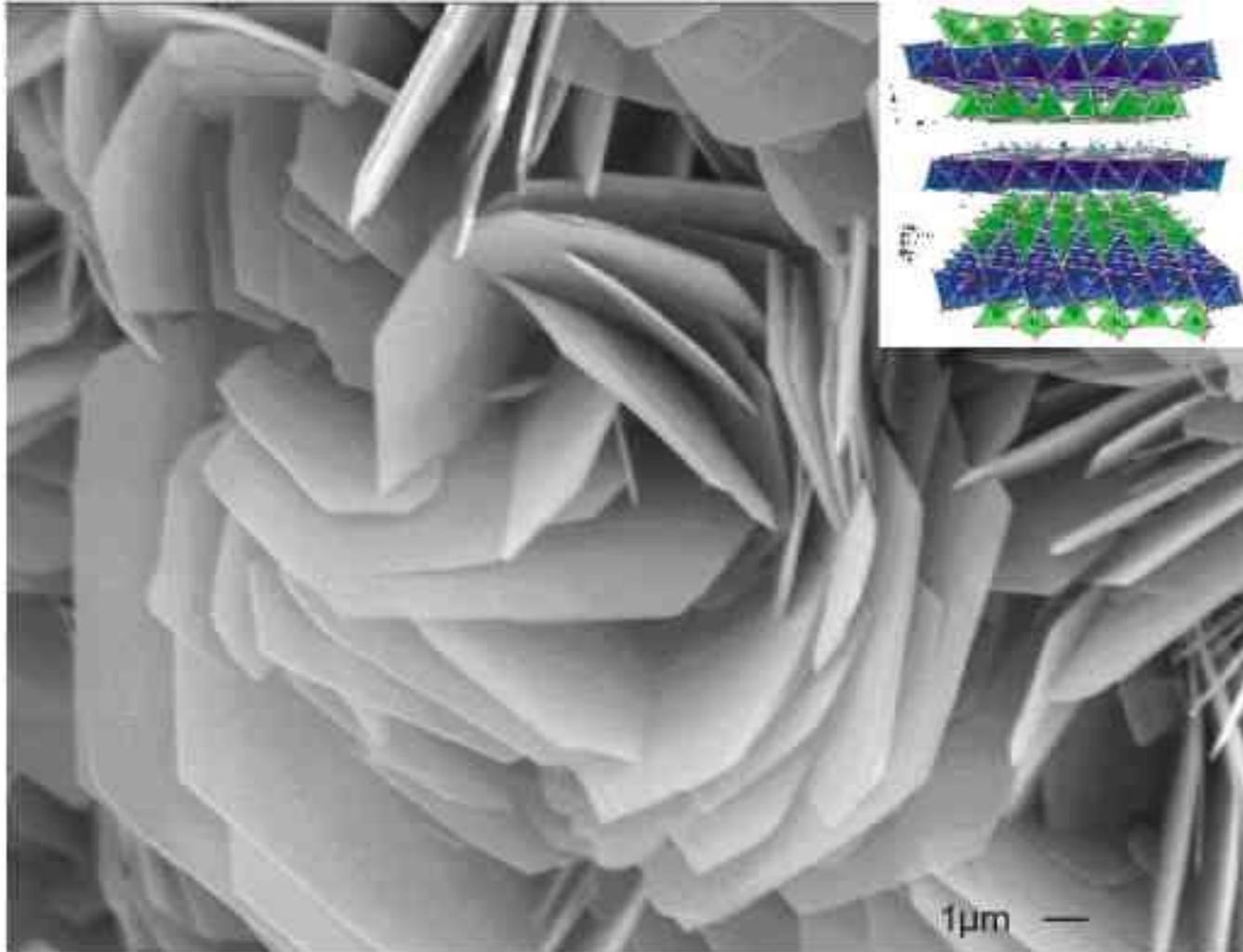
L'argilla è principalmente un aggregato di particelle minerali microscopiche e submicroscopiche a forma lamellare. Il comportamento meccanico delle argille è essenzialmente dipendente dall'acqua



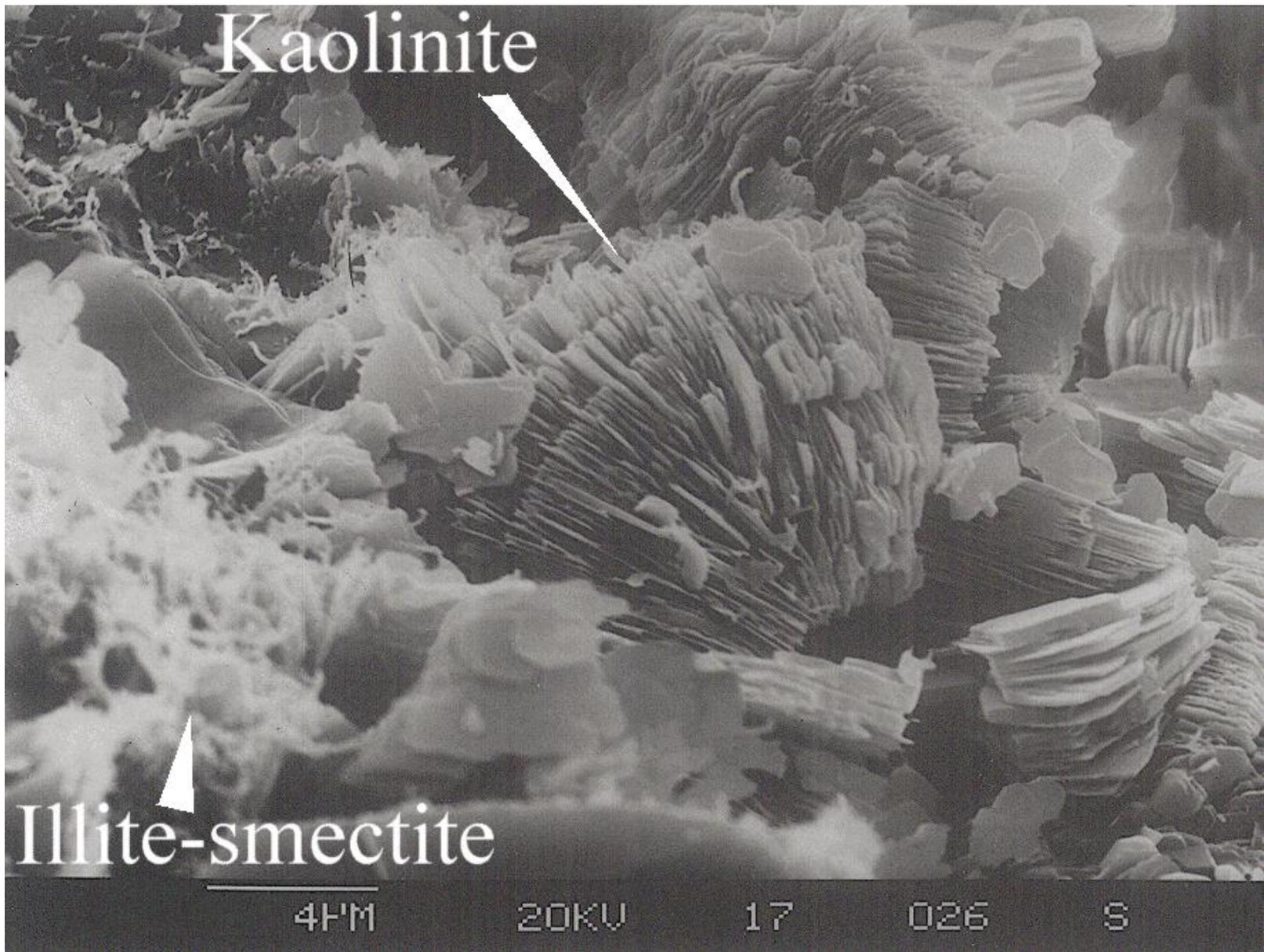
Le dimensioni dei pori sono piccolissime e l'acqua interstiziale può muoversi solo molto lentamente, dando la possibilità all'acqua di entrare in pressione e di portare a rottura il terreno, se adeguatamente sollecitato

Struttura laminare delle argille





Chlorite (SEM-photograph) and structural model

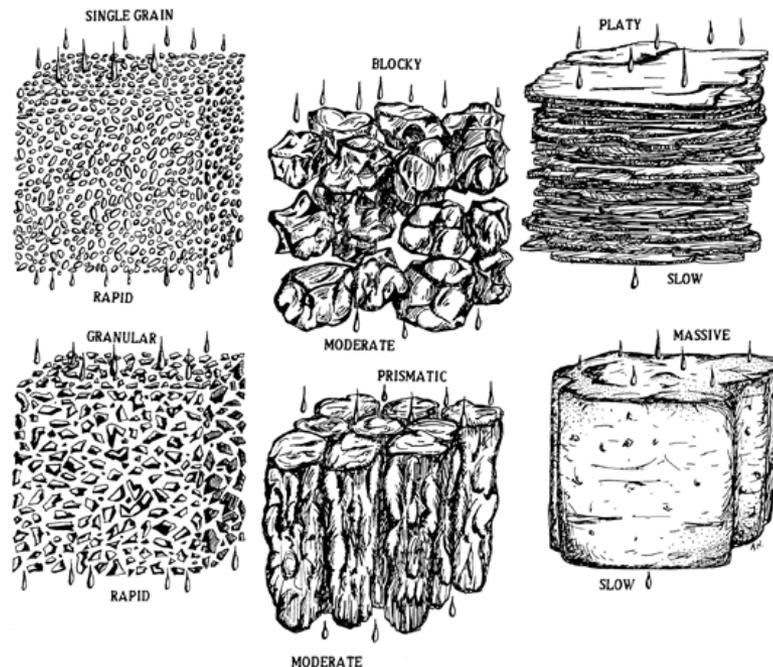


Il comportamento meccanico di un terreno sottoposto a sollecitazione dipende dalla sua struttura, che dipende dalla granulometria e dal tipo di assemblaggio dei clasti, dalla presenza di fluidi interstiziali e dalla storia evolutiva del deposito.

La **struttura del terreno** è determinata dai rapporti geometrici fra le particelle e dagli eventuali legami esistenti fra di esse.



Struttura prismatica in un suolo



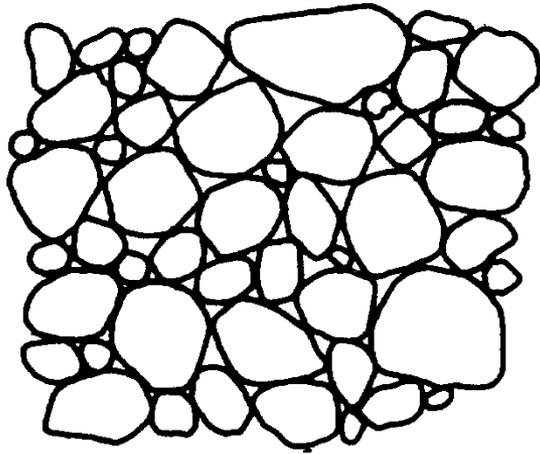


Fig. 1.1 Single grain structure.

Struttura granulare

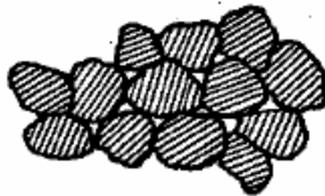
Le proprietà dipendono dall'interazione meccanica fra le particelle.

La struttura dipende dalla distribuzione granulometrica delle particelle, dalla loro forma e dal grado di addensamento.

Aumentando il mutuo incastro fra le particelle aumenta la resistenza al taglio e diminuiscono la porosità e la compressibilità.



SABBIA SCIOLTA



SABBIA DENSA



Struttura laminare delle argille

Caratteri chimici delle argille

Dal punto di vista **chimico**, le argille sono principalmente composte da **silicati**, **alluminio** e **acqua** in percentuali diverse.

La gran parte delle argille può essere definita come silicati idrati di alluminio e magnesio: la loro formula chimica generale è



base di numerose varianti.

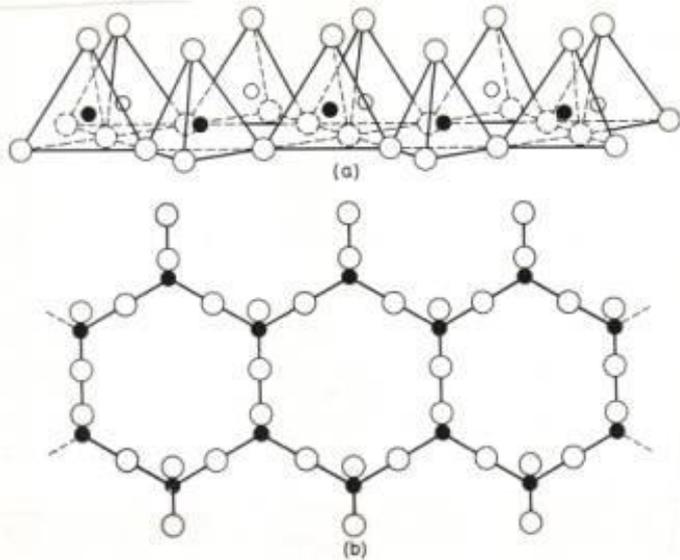


Figure 2: Diagrammatic sketch of sheets of silicon tetrahedra: (a) in perspective; (b) looking down on the tetrahedra, i.e., projected on the plane of the base of the tetrahedra; after Grim, 1968.

Alla base di tutti i silicati vi è una struttura a **tetraedro** formata dalla combinazione del silicio con l'ossigeno, con un catione (ione con carica elettrica positiva) di silicio al centro circondato da quattro atomi di ossigeno.

I tetraedri sono collegati in anelli esagonali che uniti tra loro formano lo **strato tetraedrico (silica sheet)**.

Un altro strato ha come motivo strutturale degli **ottaedri** formati da cationi di alluminio al centro, circondati da due atomi di ossigeno e quattro ioni idrossido (OH). Anche gli ottaedri sono collegati tra loro in anelli esagonali che uniti tra loro formano lo **strato ottaedrico (alumina sheet)**.

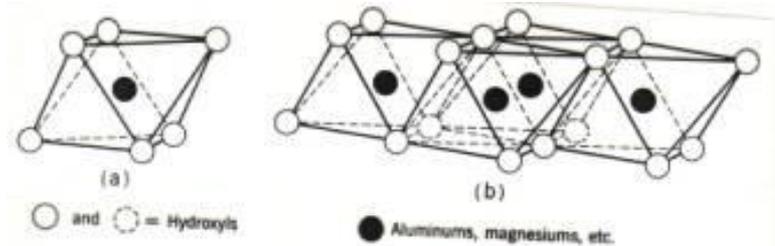
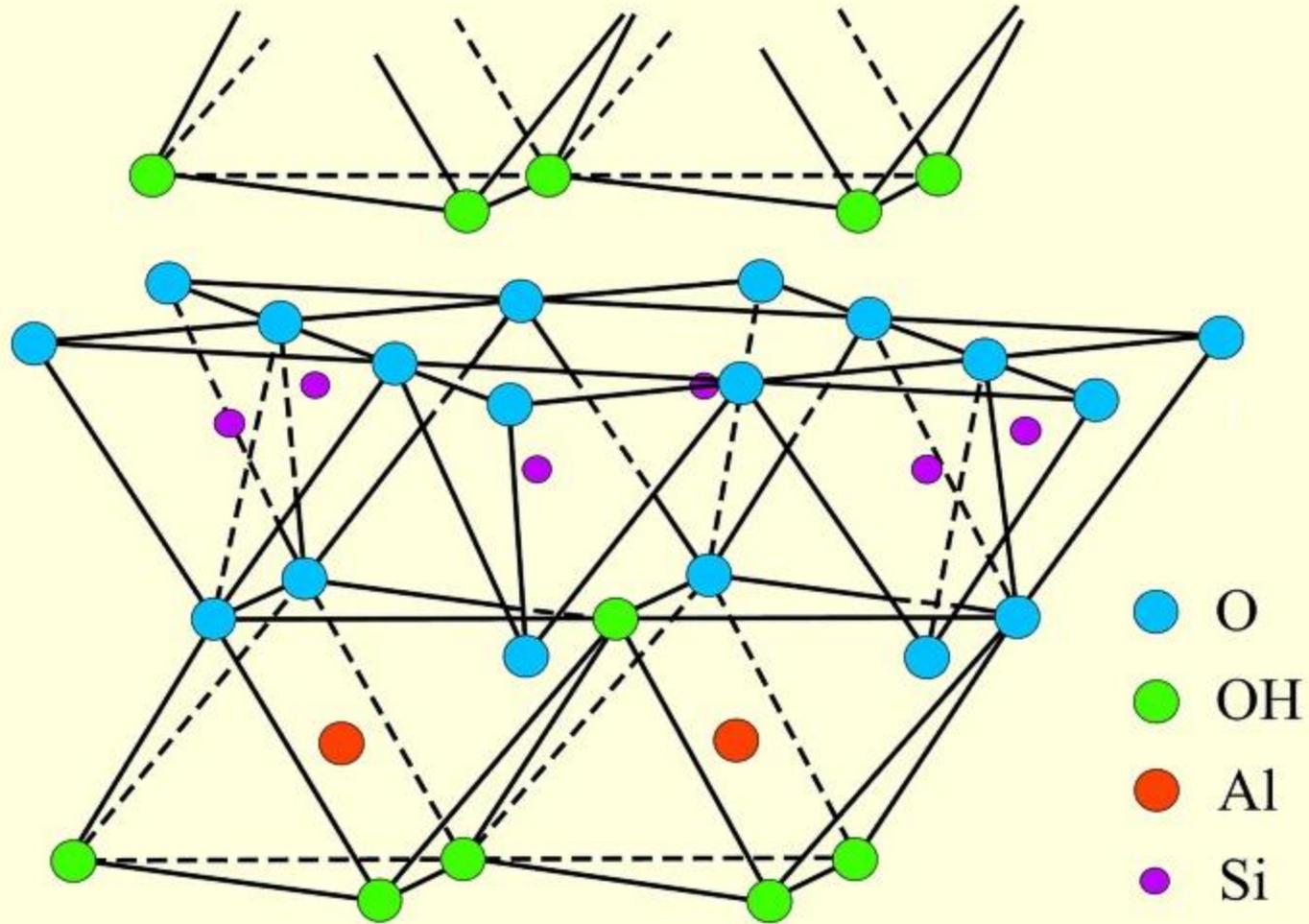


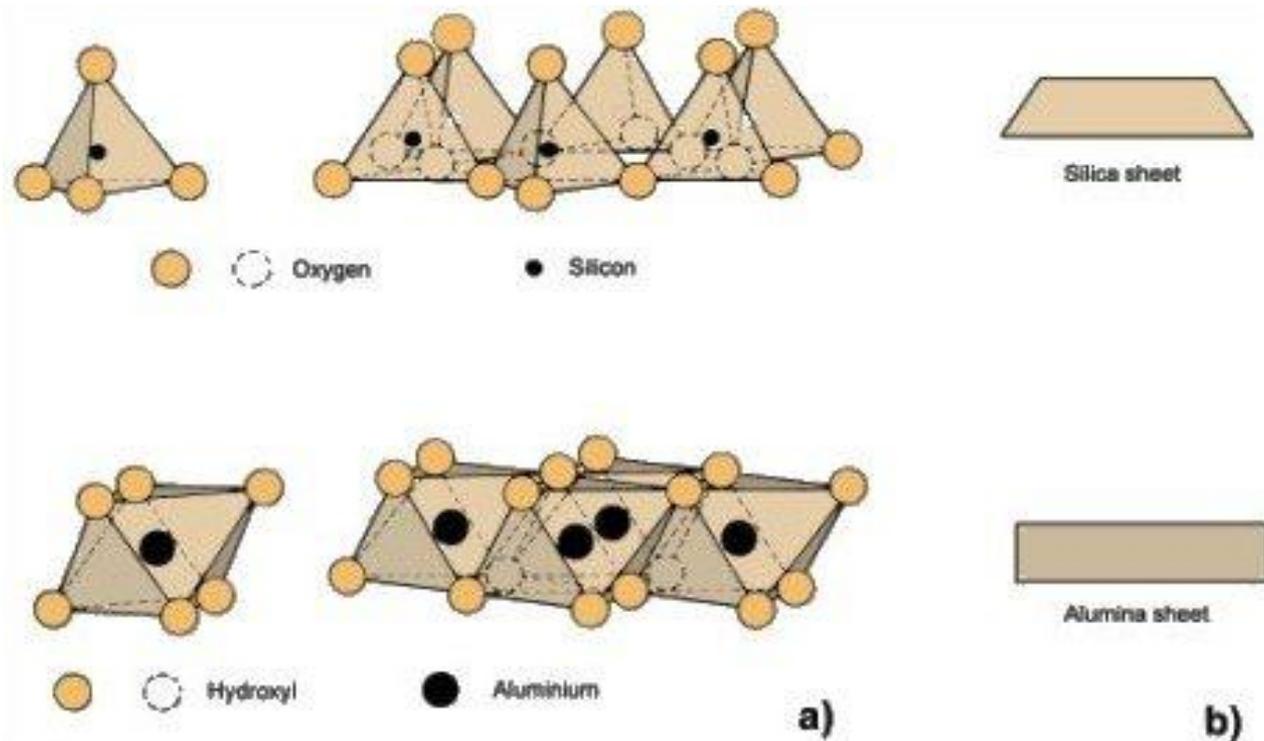
Figure 3: Diagrammatic sketch showing (a) a single octahedron and (b) the sheet structure of octahedra. After Grim, 1968.

STRUCTURE OF A KAOLINITE LAYER



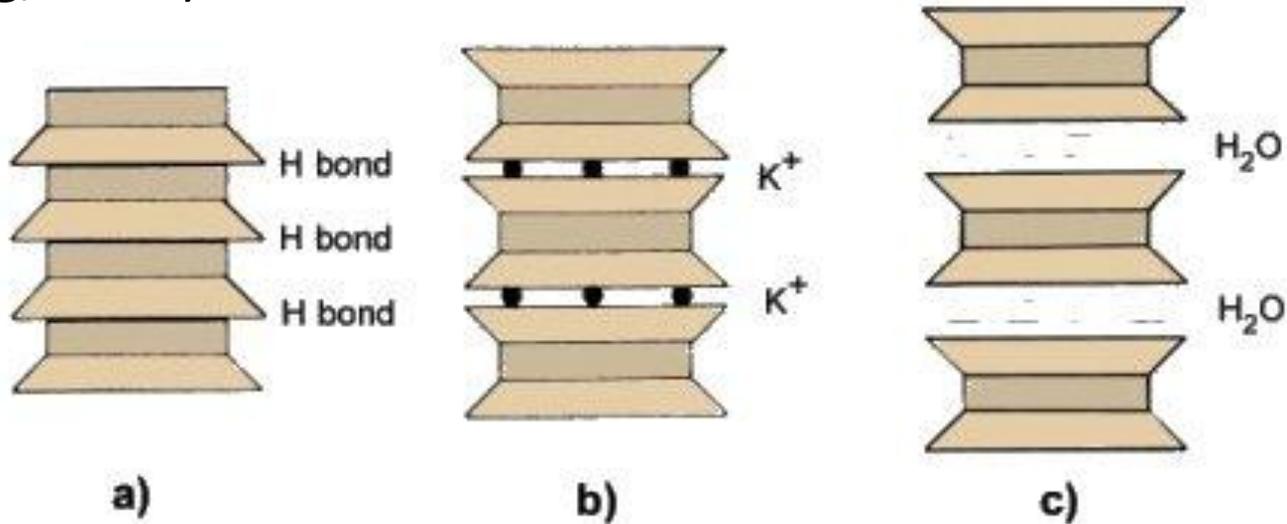
MODIFIED FROM GRIM (1962)

La maggior parte dei minerali argillosi è formata da strati di silice e di allumina disposti a formare delle lamine; il modo in cui questi strati sono messi insieme, con differenti legami e differenti ioni metallici nel reticolo cristallino, dà luogo ai differenti minerali argillosi, tra i quali i principali sono la caolinite, la montmorillonite e la illite.



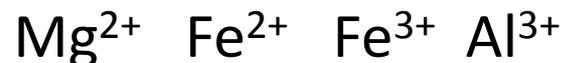
Basic units of clay minerals and the silica and alumina sheets (from Mitchell, 1993)

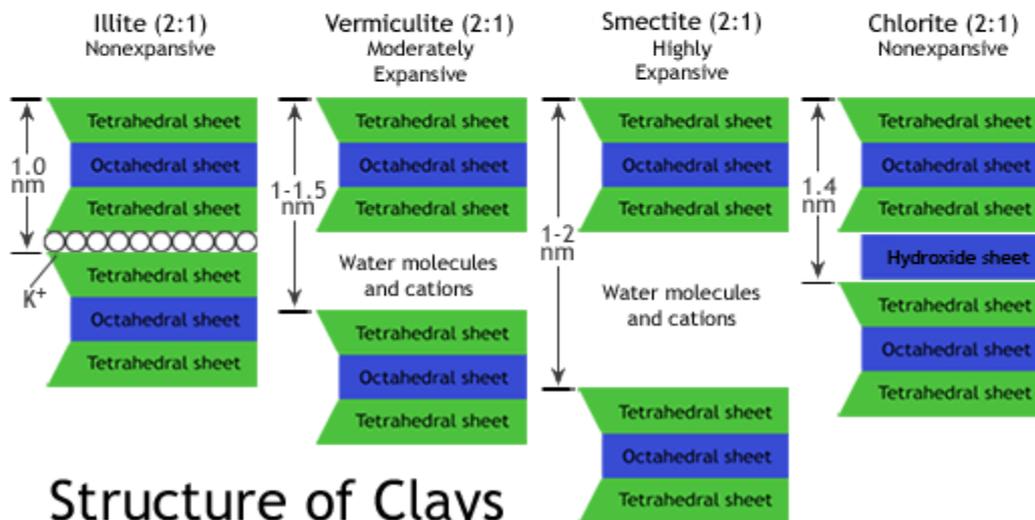
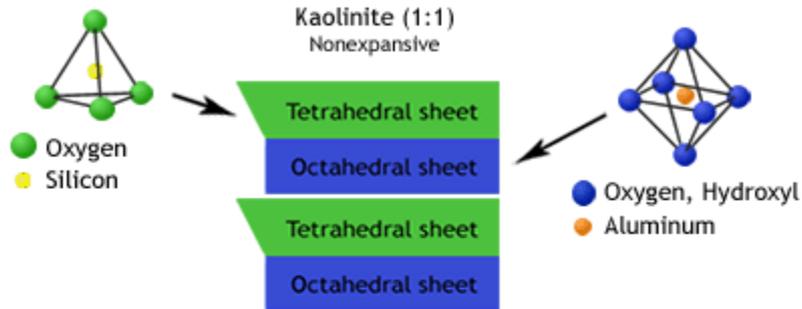
Struttura del reticolo dei principali minerali argillosi: (a) caolinite, (b) illite and (c) montmorillonite, basata sulla combinazione dei diversi strati (Craig, 1990)



Dalla sovrapposizione di strati tetraedrici e ottaedrici, legati tra loro da un comune ione O, si ottiene il motivo strutturale fondamentale dei fillosilicati, chiamato **pacchetto**.

Questa è la struttura ideale della composizione di una pura argilla di silicati, ma in realtà le variazioni sono molteplici, perché silicio e alluminio possono essere sostituiti da altri elementi, come





Structure of Clays

Created by Josh Lory for www.soilsurvey.org



Gli ioni con carica positiva (cationi di silicio, alluminio, potassio, magnesio ecc.) occupano una posizione interna nel reticolo, mentre gli ioni ossidrili o di ossigeno con carica negativa occupano la parte esterna per cui la particella di argilla, pur essendo nel suo insieme neutra, presenta una carica negativa superficiale che costituisce la forza di superficie che dà luogo all'interazione con l'acqua e con gli ioni che sono in essa.

L'influenza della carica elettrica è legata direttamente alla superficie specifica della particella

Superficie specifica [l^2/g]

Sabbia (2 mm) $S_s = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^2/g$

Caolino (1 -4 μm) $S_s = 10 - 20 \text{ m}^2/g$

Montmorillonite (10 Å) $S_s = 800 \text{ m}^2/g$

$$S_s = \frac{S}{P}$$

S_s Superficie specifica

S Superficie

P Peso

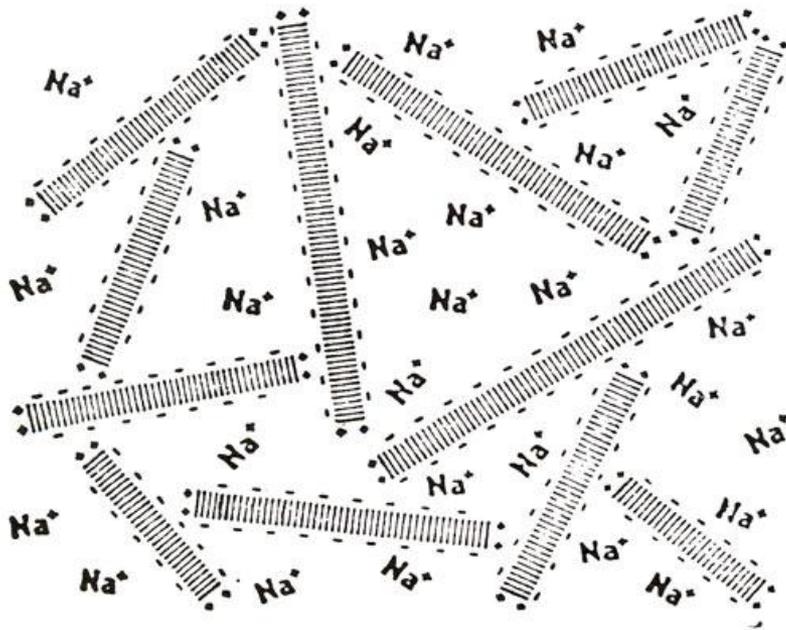
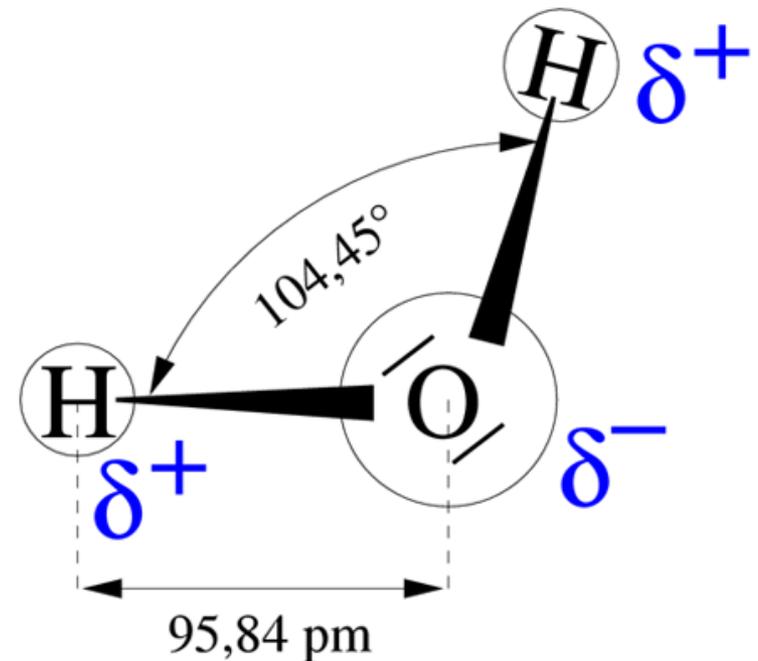


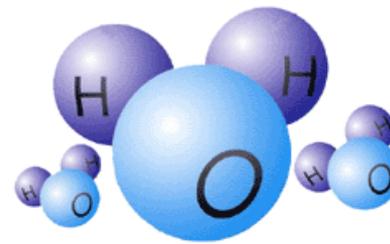
Fig. 4

Per la disposizione relativa tra cationi e anioni all'interno del reticolo cristallino dei minerali argillosi, le cariche negative si dispongono lungo la superficie della particella argillosa, mentre quelle positive sono disposte lungo il bordo. Questa distribuzione della carica controlla l'interazione della particella con le molecole d'acqua e con gli ioni presenti in essa. Inoltre tale distribuzione controlla la struttura delle argille

L'interazione tra le particelle di argilla e l'acqua dipende naturalmente anche dalla disposizione della carica elettrica nei dipoli che costituiscono le molecole di acqua



Interazione fra le particelle e l'acqua



Le particelle d'argilla, grazie alla loro carica negativa superficiale, attraggono e legano con forze elettriche l'idrogeno facente parte delle molecole d'acqua che dunque si dispongono in modo caratteristico rispetto alla particella (**acqua adsorbita**). Al crescere della distanza dalla particella stessa, le forze elettriche vengono neutralizzate e le molecole d'acqua non risentono più di esse. Queste molecole costituiscono l'acqua libera o interstiziale.

L'insieme delle cariche negative superficiali e delle molecole d'acqua adsorbite, formano il **doppio strato elettrico**.

Con l'aumento della distanza dalle particelle l'acqua risente sempre meno dei legami elettrostatici, perdendo le caratteristiche di acqua adsorbita e assumendo quelle di acqua libera.

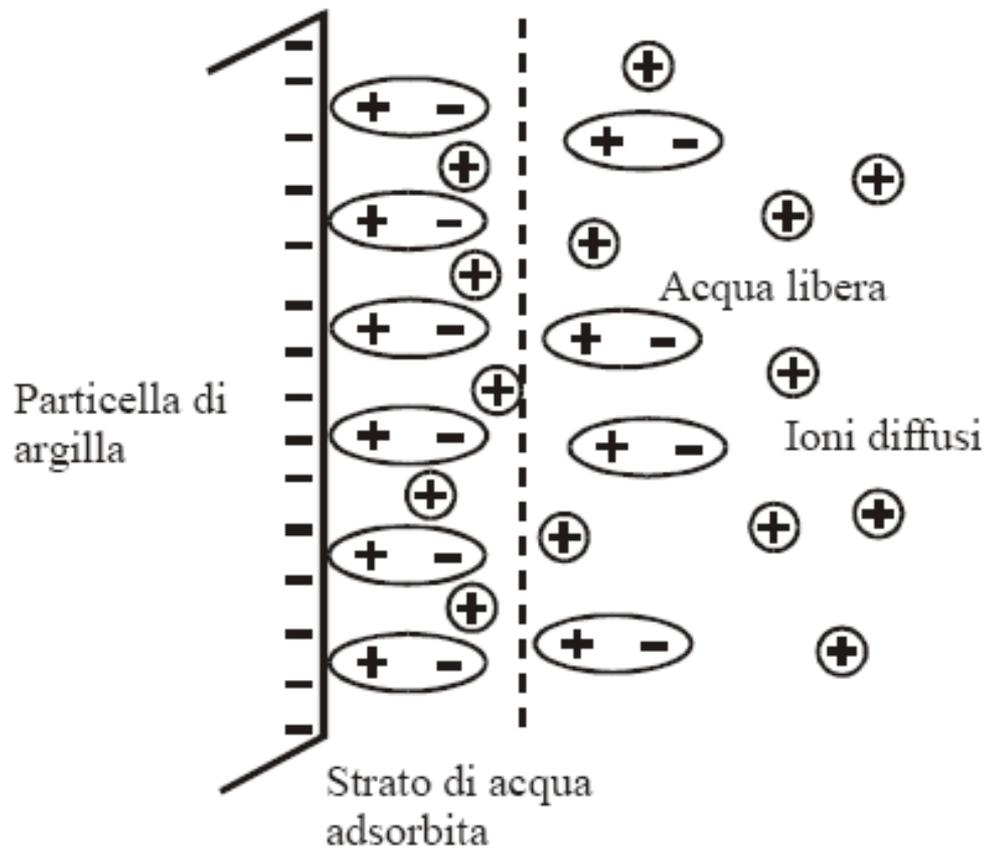
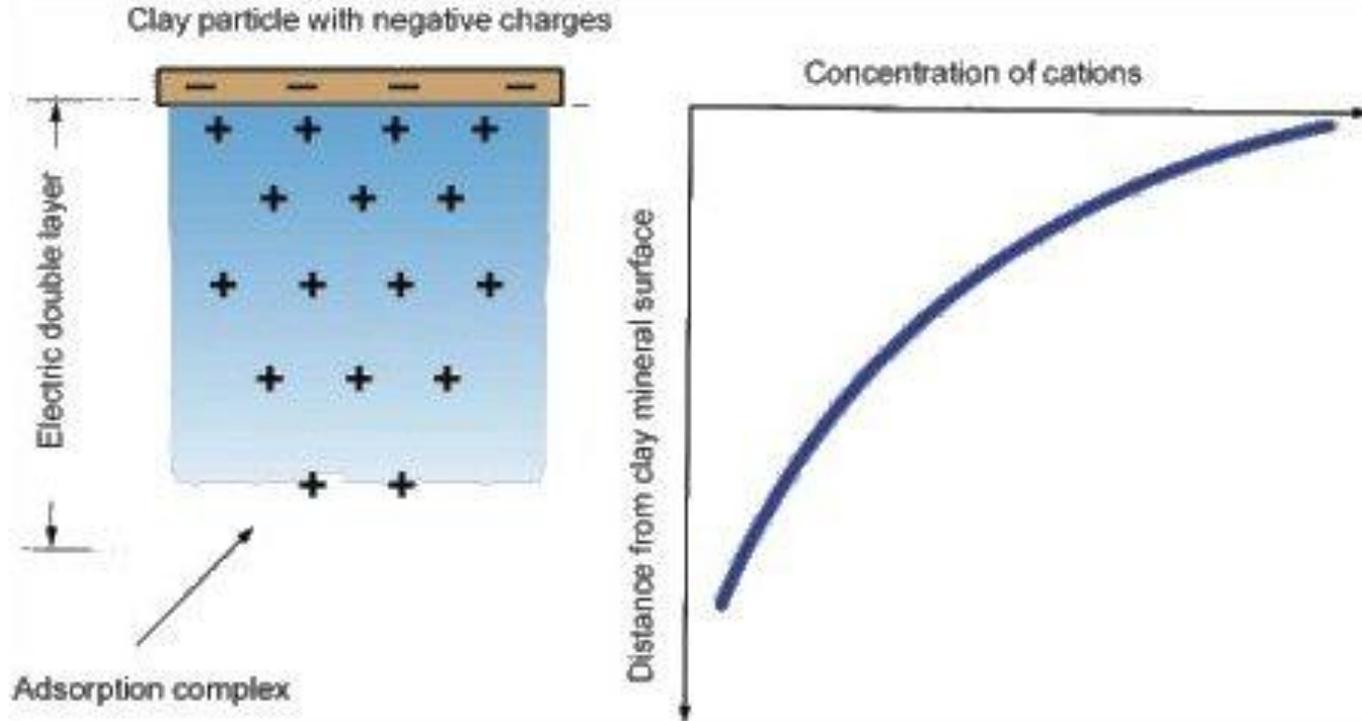


Fig. 1.3 – Schema di una particella di argilla con gli strati di acqua adsorbita e di ioni diffusi.



The adsorption complex created at the surface of a clay particle (modified after Cernica, 1995)

La capacità delle argille di adsorbire le molecole d'acqua fa sì che quando l'argilla viene bagnata rigonfia, cambiando drasticamente le sue proprietà meccaniche

