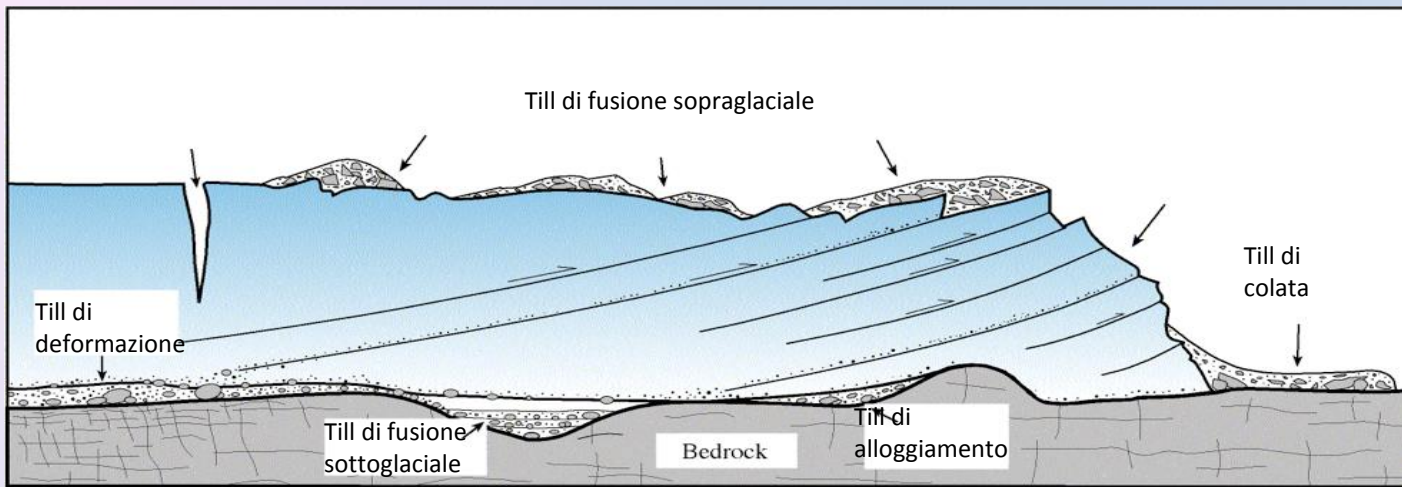


Ambiente glaciale



<http://geoserver.disat.unimib.it/valter/didattica/GeologiaQuaternario/lezioni/lez-2%20ambiente%20glaciale-introduzione.pdf>

Till or glacial till is unsorted glacial sediment. Its content may vary from silt to mixtures of silt, sand, gravel and boulders. This material is mostly derived from the subglacial erosion and transport by the moving ice of the glaciers. Bedrock can also be eroded through the action of glacial plucking and abrasion and the resulting clasts of various sizes will be incorporated to the glacier's bed. Eventually, the sedimentary assemblage forming this bed will be abandoned some distance down-ice from its various sources. This is the process of glacial till deposition. When this deposition occurs at the base of the moving ice of a glacier, the sediment is called **lodgement till**.

Till is deposited at the **terminal moraine (morena frontale)**, along the **lateral and medial moraines (morene laterali e mediane)** and in the **ground moraine (morena di fondo)** of a glacier. As a glacier melts, especially a continental glacier, large amounts of till are washed away and deposited as outwash in **sandurs (piana proglaciale)** by the rivers flowing from the glacier and as varves in any proglacial lakes which may form.

Till

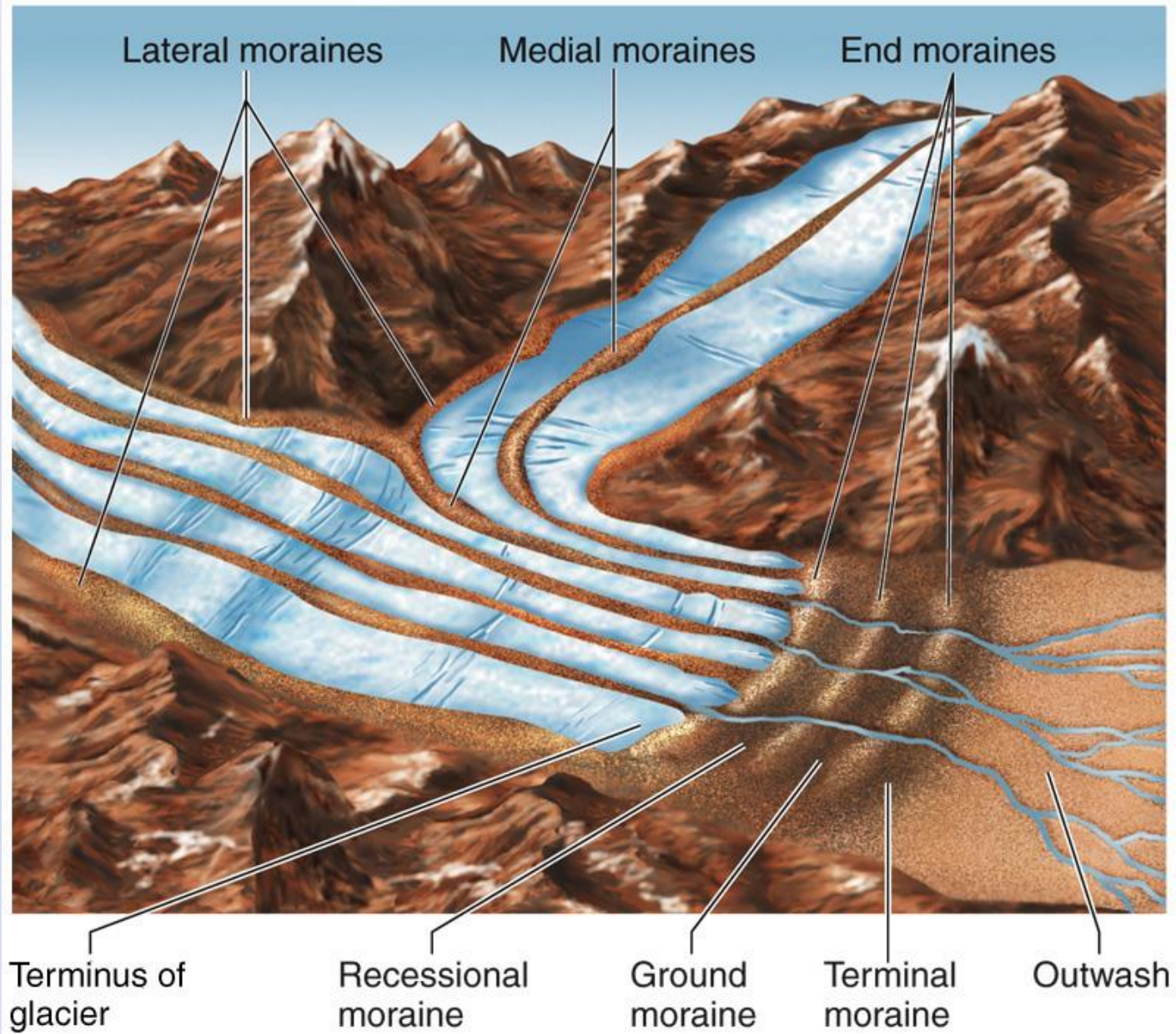
Indica i materiali deposti dal ghiacciaio, indipendentemente dalla forma del deposito. Nella moderna terminologia internazionale tende a sostituire il termine **morena**, quando si indica il materiale deposto non con un'accezione morfologica. Questo termine viene affiancato da altre parole quando è opportuno sottolineare gli aspetti genetici del deposito:

Till di fusione (Melt-out till) è prodotto dalla lenta fusione di ghiaccio stagnante in posizione sopraglaciale, senza rimescolamento; ha una struttura caotica, talora con scarsi materiali fini che sono stati dilavati dalle acque di fusione.

Till di colata (Flow till) deriva dal colamento e scivolamento di detriti sopraglaciali che si depositano ai piedi della fronte; può presentare un accenno di selezione.

L'insieme del **Till di fusione** e del **Till di colata** forma il **Till di ablazione (Ablation till)**

Till di alloggiamento (Lodgment till) materiale deposto alla base di un ghiacciaio in movimento, corrisponde alla **morena di fondo**. Si presenta più compattato rispetto agli altri tipi, con strutture che indicano fenomeni di taglio e scorrimento, abbondanza di materiali fini e di ciottoli foggianti a “proiettile” o a “ferro da stiro”, con striature e allineati nella stessa direzione.



I detriti che il ghiacciaio raccoglie e ingloba nel suo moto di scorrimento verso valle vengono rilasciati sotto forma di depositi caratteristici. Ai lati del ghiacciaio si accumulano i frammenti di roccia provenienti dai versanti della valle, a formare le cosiddette **morene laterali**.

Procedendo verso la parte terminale del ghiacciaio, i detriti tendono ad essere più abbondanti. Quando due ghiacciai provenienti da valli attigue confluiscono, si forma un unico ghiacciaio e le morene laterali interne si uniscono a formare un'unica morena, detta **mediana**, lungo l'asse mediano. Quando il ghiacciaio si ritira abbandona i detriti che ha portato con sé avanzando verso il fondovalle e il materiale roccioso caduto nei crepacci, formando una serie di collinette di forma semicircolare, dette **morene terminali o frontali**. A seconda che i detriti vengano trasportati e depositati direttamente dal ghiaccio, o dai corsi d'acqua alimentati dalle acque di fusione, si parla di **till** o di **depositi fluvioglaciali**.

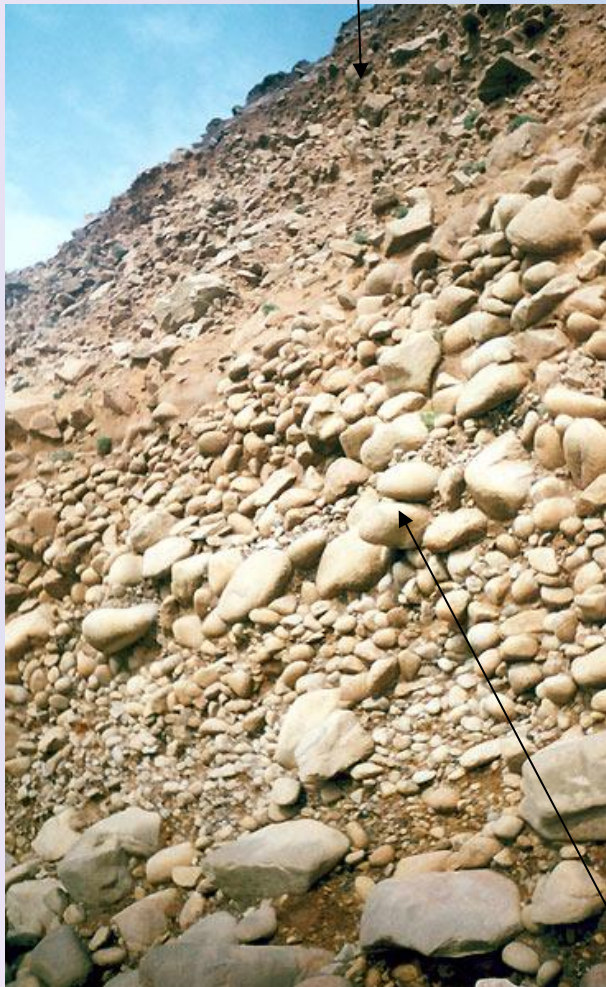


http://www2.sgl.cluster.it/joomla_1.5/index.php?option=com_content&view=article&id=82%3Adeposito-glaciale&catid=31%3Ad&Itemid=58&lang=it modificato



Detrito abbandonato dal ghiaccio a causa dello scioglimento (Till)
La caratteristica del detrito glaciale è quella di essere scarsamente o per nulla selezionato, tranne laddove l'acqua di scioglimento ha potuto fare un lungo percorso, per esempio sotto il ghiacciaio.

Detrito glaciale caotico



Sezione di depositi di detrito glaciale
La taglia dei clasti varia dai massi al limo

Detrito dilavato e parzialmente selezionato
dall'acqua



Closeup of glacial till. Note that the larger grains (pebbles and gravel) in the till are completely surrounded by the **matrix of finer material** (silt and sand), and this characteristic, known as **matrix support**, is diagnostic of till.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Till>



http://www.yosemite.ca.us/library/geologic_story_of_yosemite/final_evolution.html

Morena di fondo



Ground moraines (**morena di fondo**) are till covered areas with irregular topography and no ridges, often forming gently rolling hills or plains. It is accumulated at the base of the ice as lodgment till, but may also be deposited as the glacier retreats. In alpine glaciers, ground moraines are often found between the two lateral moraines. Ground moraine may be modified into **drumlins** by the overriding ice.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Moraine>

Morena laterale e morena mediana



Una morena è una particolare forma di accumulo di sedimenti, costituito dai detriti rocciosi trasportati da un ghiacciaio nel suo lento scorrimento verso valle.

<http://it.wikipedia.org/wiki/Morena>

The **lateral moraine** is the high snow-free bank of debris in the top left hand quarter of the picture. The **medial moraine** is the double line of debris running down the centre-line of the glacier.

Lateral moraine on a glacier joining the Gorner Glacier, Zermatt, Switzerland.

The Gorner Glacier runs along the bottom of the picture.

The moraine bank runs up the left hand side of the picture and results from rocks and earth falling onto the glacier and from rocks being pulled out by the moving ice. If the glacier then melts a little the moraine bank is left clearly visible.

Taken by Adrian Pingstone in 1963 and released to the public domain.

<http://it.wikipedia.org/wiki/File:Glacier.zermatt arp.750pix.jpg>

Elementi di Geologia - Scienze e tecnologie
per i Beni Culturali - Maria Chiara Turrini -
Università degli Studi di Ferrara



Moraine in Rocky Mountain National Park, taken by Ansel Adams in 1941



Lateral moraines of the reducing glacier in Engadin

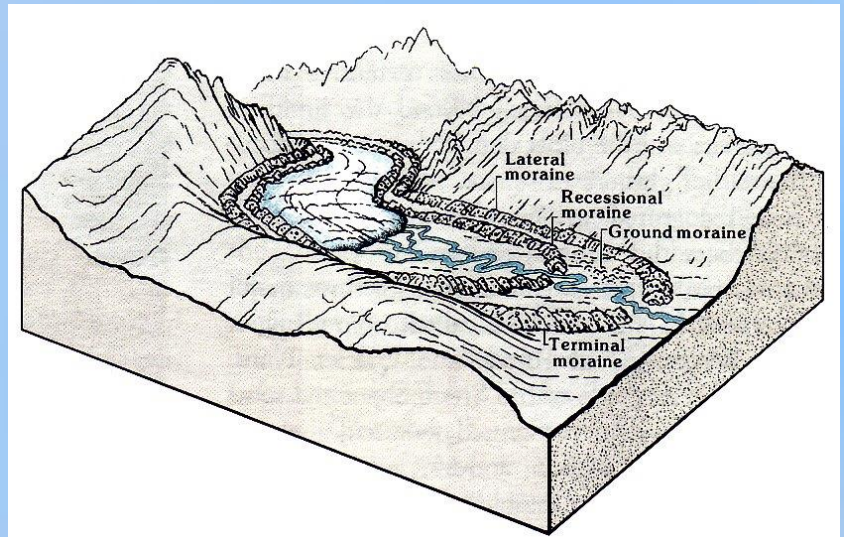


Lateral moraines above Lake Louise, Alberta, Canada.



Lateral and **terminal or recessional moraines** of a valley glacier, Bylot Island, Canada. The glacier formed a massive sharp-crested lateral moraine at the maximum of its expansion during the Little Ice Age. The more rounded terminal moraine at the front consists of medial moraines that were created by the junction of tributary glaciers upstream.

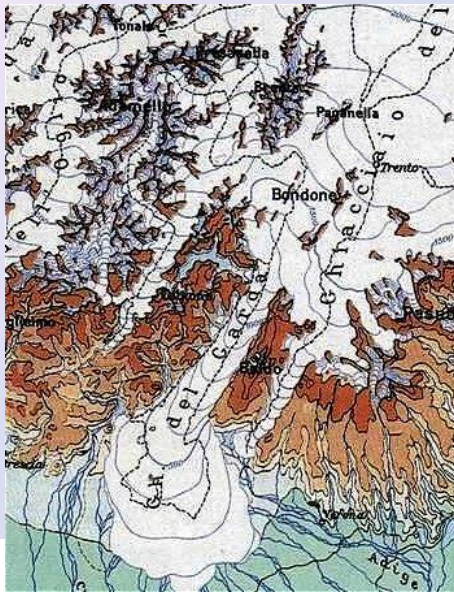
<http://nsidc.org/cryosphere/glaciers/gallery/moraines.html>



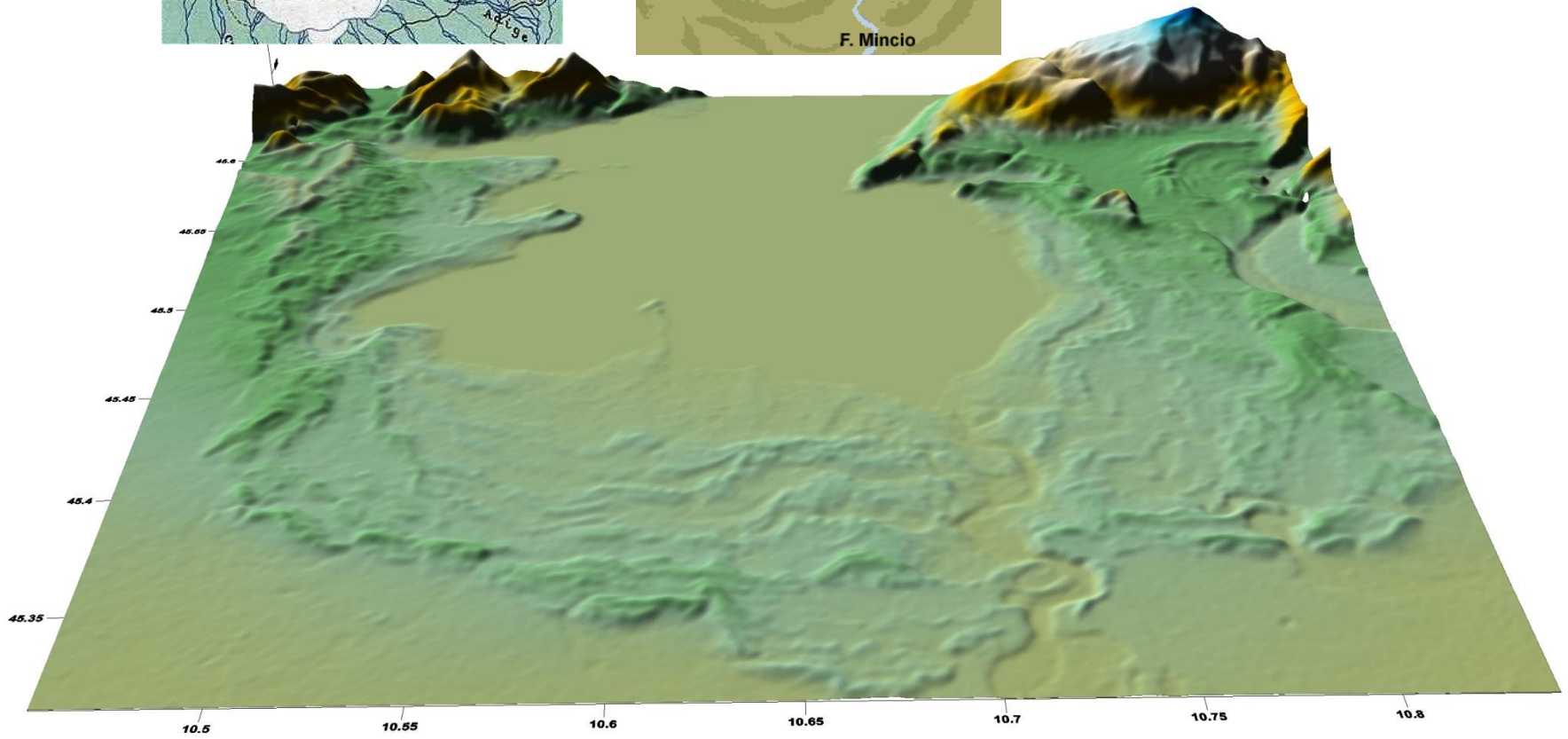


Espansione di una lingua glaciale
non più contenuta nella valle





Anfiteatro morenico del
Lago di Garda





L'anfiteatro morenico del Lago del Miage (Gruppo del Monte Bianco) è costituito da una ventina di morene concentriche deposte da altrettante fasi di oscillazione del ghiacciaio negli ultimi 5000 anni

Il **loess** è un sedimento caratteristico, di colore giallo, rosso o bruno, costituito da limo (silt) depositato dal vento: non presenta stratificazioni, è molto poroso, e i granuli di minerale che lo formano (quarzo, feldspati, miche, minerali argillosi, ecc.) sono spigolosi e poco cementati.

È tipico di ambienti periglaciali (o che lo sono stati), poiché il materiale che lo costituisce proviene, nella maggior parte dei casi, da depositi morenici. I suoli che contengono loess sono molto fertili, ma anche facilmente erodibili, soprattutto in caso di siccità, come dimostrano gli ingenti fenomeni di erosione avvenuti in USA negli anni '30 del XX secolo.

I più grandi depositi di loess esistenti sulla Terra si trovano nella Cina settentrionale, con spessore di centinaia di metri.

Loess

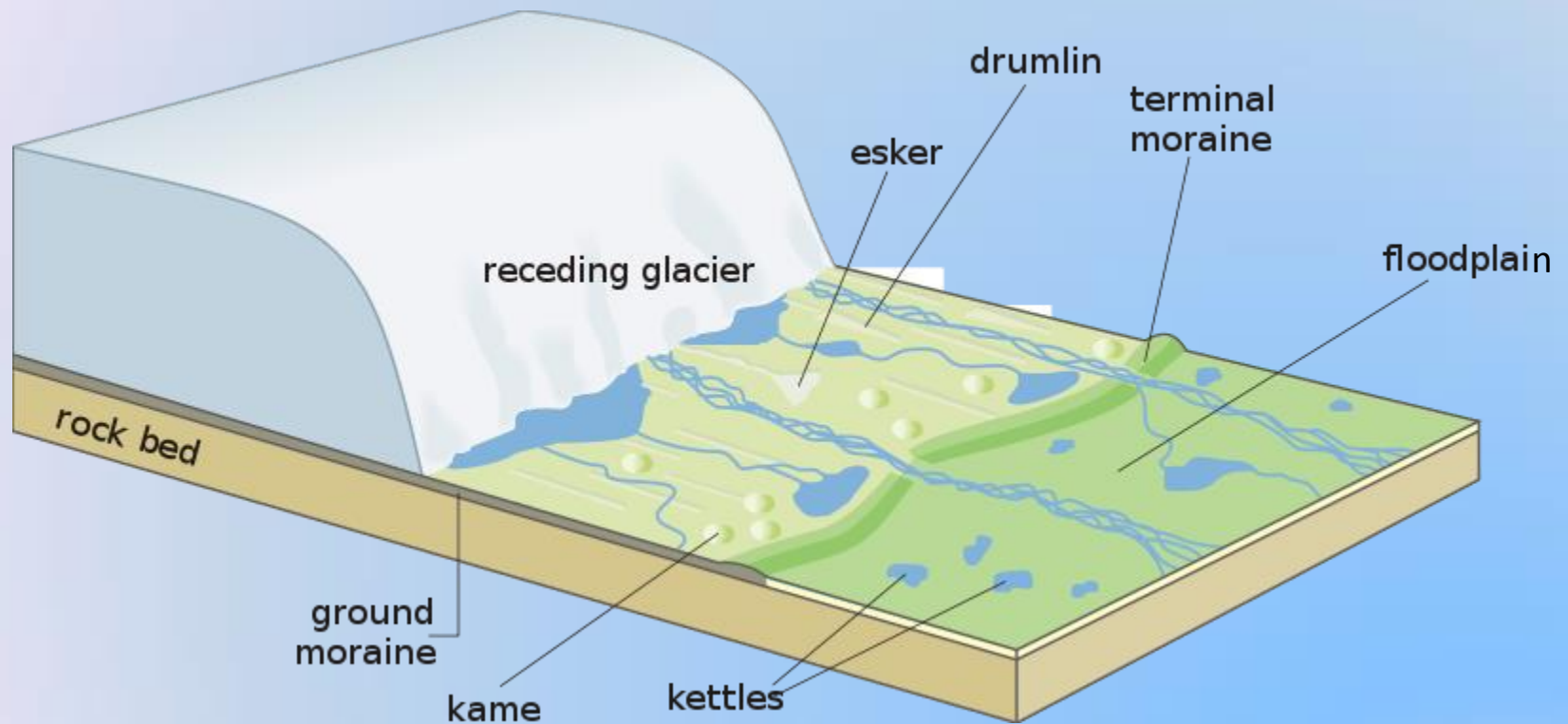


In Italia, sono ricche di loess le Prealpi occidentali e l'Appennino emiliano.

http://gallery.pianetascuola.it/albums/galleria/risorse/secondaria_sec_ondo/scienze_terra/scienzetera_pdf/077.pdf

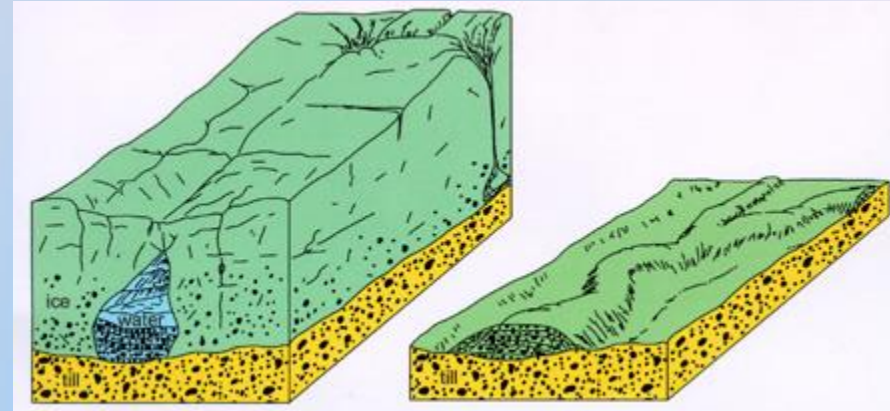


Le coltri di loess subiscono nella parte superiore una progressiva decalcificazione, mentre in profondità si ha un arricchimento in carbonato di calcio cui si deve la presenza di concrezioni calcaree dette **bambole del loess**. Tipico è il loess della Cina che ricopre, con spessori fino a 600 m, vaste aree del bacino dello Hwang He. In Italia il loess risulta geneticamente collegato alle glaciazioni quaternarie e si incontra nella fascia pedevalpina a copertura di depositi fluvioglaciali.



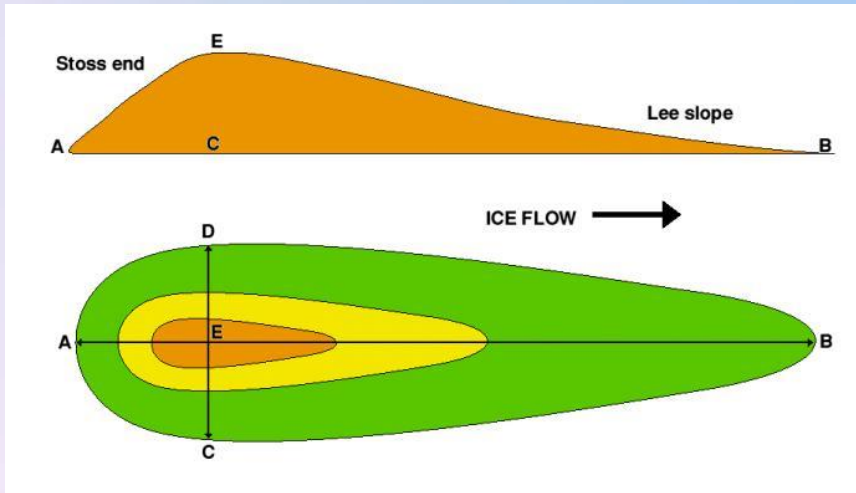
An **esker** is a long winding ridge of **stratified sand and gravel**, examples of which occur in glaciated and formerly glaciated regions of Europe and North America. Eskers are frequently several kilometres long and, because of their peculiar uniform shape, are somewhat like railway embankments

<http://en.wikipedia.org/wiki/Esker>



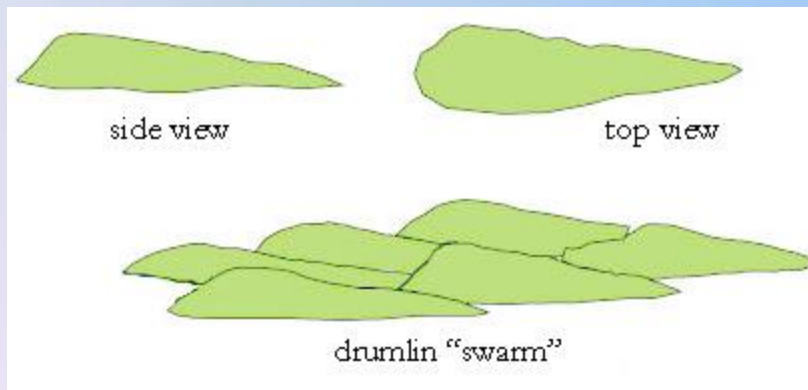
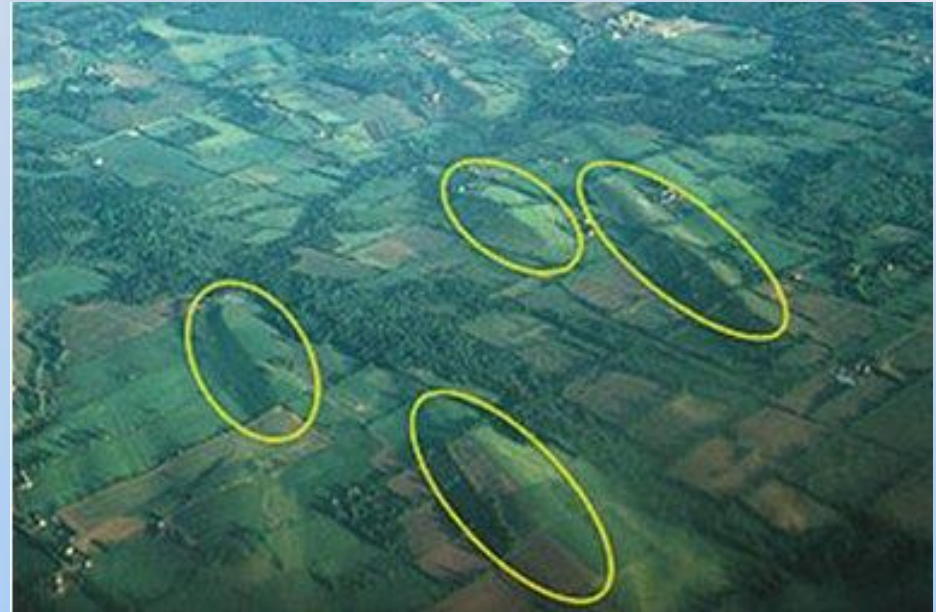


A **drumlin** is an elongated hill formed by glacial ice acting on underlying unconsolidated till or ground moraine <http://en.wikipedia.org/wiki/Drumlin> modificato



The recent retreat of a marginal outlet glacier of Hofsjökull in Iceland provided the opportunity for direct study of a drumlin field.

The Hofsjökull marginal drumlins formed through a **progression of subglacial depositional and erosional processes** with each horizontal till bed within the drumlin created by an individual surge of the glacier. Erosion under the glacier in the immediate vicinity of the drumlin can be on the order of a meter's depth of sediment per year, with the eroded sediment forming a drumlin as it is repositioned and deposited. <http://en.wikipedia.org/wiki/Drumlin> modificato



Piana proglaciale (Outwash plain – Sandur)

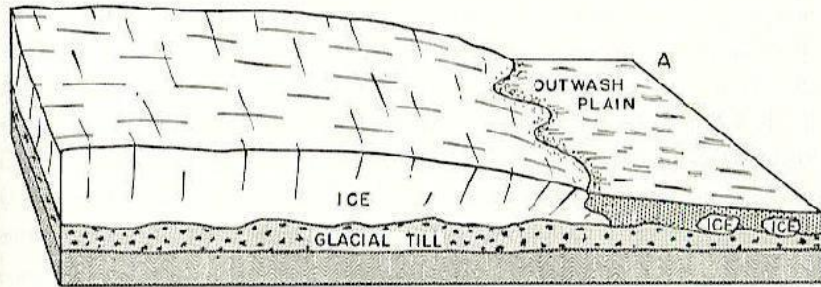


© J. Hyvönen & S. Stenroos

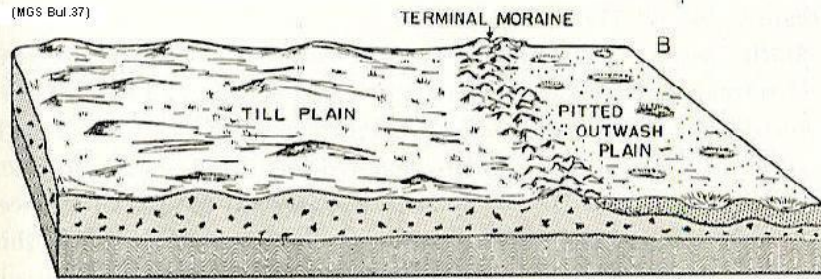
Morena frontale e sandur (outwash)

Elementi di Geologia - Scienze e tecnologie
per i Beni Culturali - Maria Chiara Turrini -
Università degli Studi di Ferrara

The Face of the Land after a Glacier.



Diagrams showing the formation of an outwash plain, terminal moraine and ground moraine or till plain.



(MGS Bul.37)



An **outwash plain**, or **sandur** is a plain formed of glacial sediment deposited by meltwater outwash at the terminus of a glacier.

The material in the outwash plain is often size-sorted by the water runoff of the melting glacier with the finest materials, like silt, being the most distantly re-deposited, whereas larger boulders are the closest to the original terminus of the glacier.

An outwash plain might contain surfacial **braided stream** complexes that rework the original deposits.

http://en.wikipedia.org/wiki/Outwash_plain
in modificato



A **glacial erratic (masso erratic)** is a piece of rock that deviates from the size and type of rock native to the area in which it rests; the name "erratic" is based on the errant location of these boulders. These rocks were carried to their current locations by glacial ice. Erratics can range in size from pebbles to large boulders. They can be found many miles away from their place of origin.

Masso erratico





Sito archeologico di Mondeval de Sora (Belluno)

Elementi di Geologia - Scienze e tecnologie
per i Beni Culturali - Maria Chiara Turrini -
Università degli Studi di Ferrara

Diagramma di Hjulström



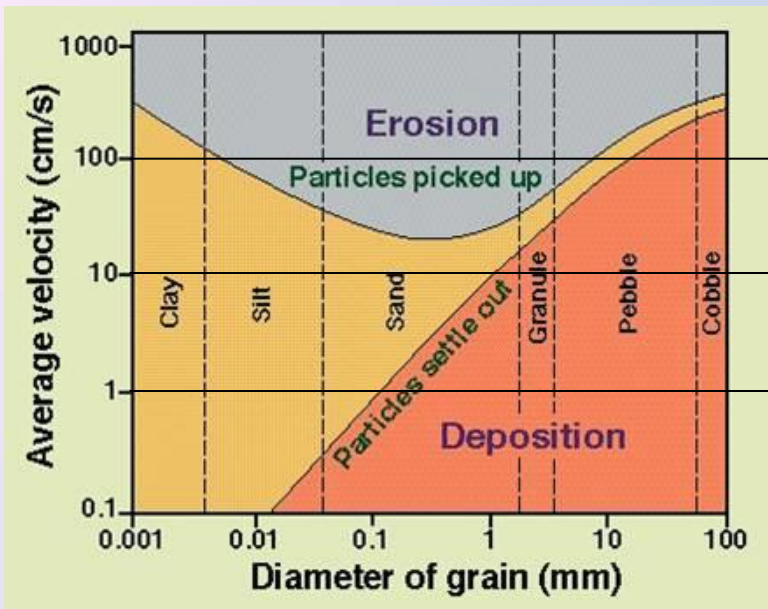
Azione di erosione

trasporto

e deposizione da parte dell'acqua

Il passaggio da un'azione all'altra dipende dall'energia dell'acqua e dalla dimensione (peso) delle particelle detritiche. Questo significa che nello stesso luogo si possono avere tutte le azioni, in tempi diversi.

La **curva di Hjulström** è un diagramma utilizzato in idrologia per determinare empiricamente le aree di erosione, di trasporto e di deposizione dei clasti nei corsi d'acqua in funzione delle loro dimensioni e della velocità della corrente.



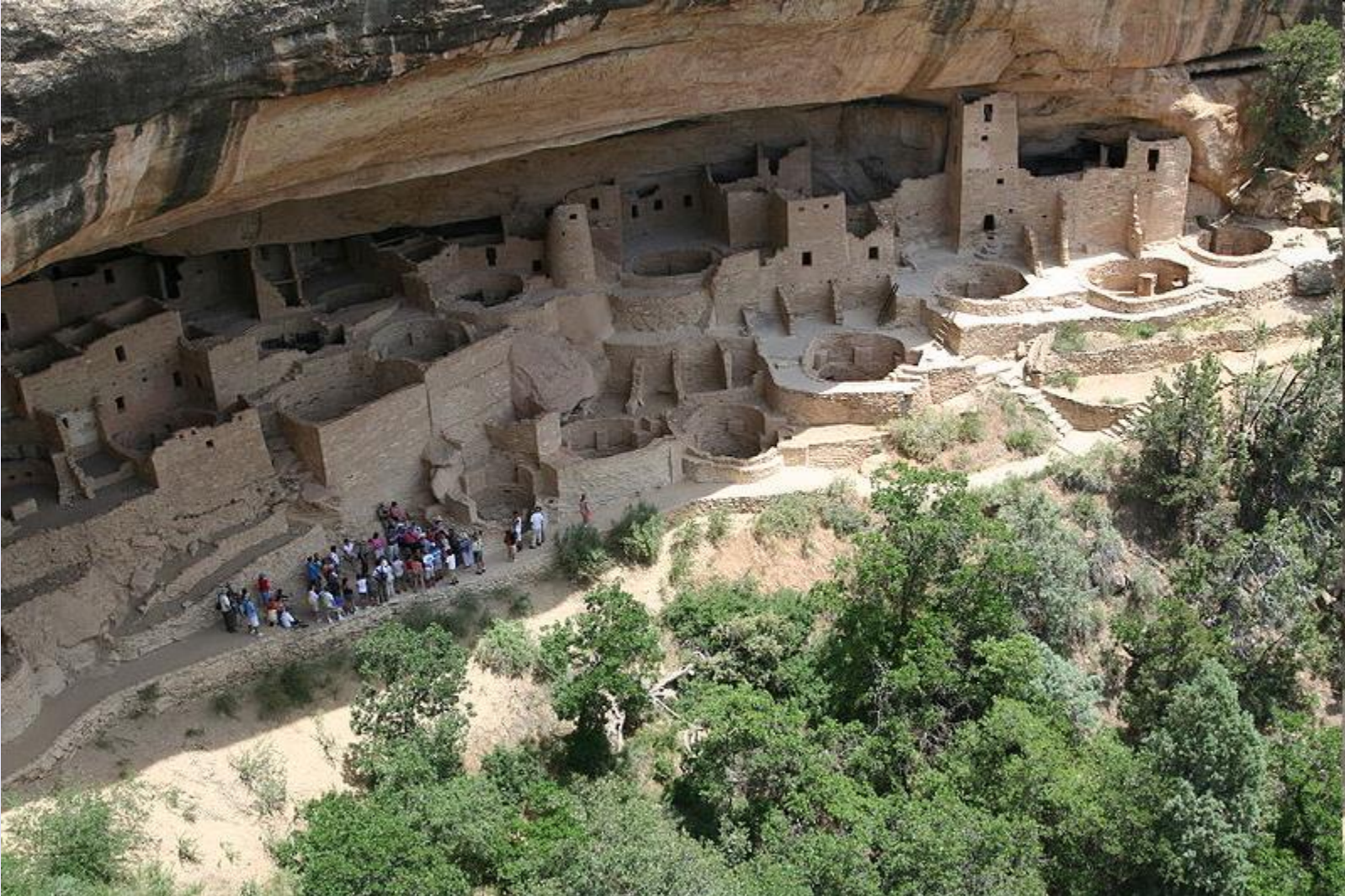
La **curva di Hjulström** mette in relazione il logaritmo delle velocità di un corso d'acqua (in ordinata nella figura a lato) col logaritmo del diametro dei clasti (in ascissa). Come si evidenzia dal diagramma, a seconda che la velocità del corso d'acqua e dimensioni del materiale possono essere definite le aree di erosione, le aree di trasporto e quelle di sedimentazione.

L'andamento della curva che separa l'area del trasporto da quella della sedimentazione (la curva inferiore, nella figura) mostra come il logaritmo della sedimentazione sia proporzionale alle dimensioni (e al peso) dei clasti. Gli elementi di diametro < 0.01 mm rimangono in sospensione.

L'andamento della curva che separa l'area dell'erosione da quella del trasporto mostra che per erodere gli elementi più piccoli, attorno a 0.001 mm, occorrono velocità di flusso molto elevate, verosimilmente a causa della maggiore coesione; velocità molto minori permettono l'erosione degli elementi tra 0.01 e 0.1 mm; per elementi di diametro superiore a 0.1 mm l'andamento della curva diventa parallela a quella, vista sopra, che limitava le aree fra il trasporto e la sedimentazione, in quanto gli elementi più grossi possono essere erosi con velocità di flusso maggiori.

Grotte e ripari

Grotte e ripari



Mesa Verde National Park, Colorado (popoli Anasazi e Navajo)

Elementi di Geologia - Scienze e tecnologie
per i Beni Culturali - Maria Chiara Turrini -
Università degli Studi di Ferrara

A **rock shelter (riparo roccioso)** is a shallow cave-like opening at the base of a bluff or cliff. Another term is rock house.

Rock shelters form because a rock stratum such as sandstone that is resistant to erosion and weathering has formed a cliff or bluff, but a softer stratum, more subject to erosion and weathering, lies just below the resistant stratum, and thus undercuts the cliff.

This same phenomenon commonly occurs at waterfalls, and, indeed, many rock shelters are found under waterfalls, or they form at the foot of a creek or river bank, due to the erosion of the water.

Rock shelters are often important archeologically. Because rock shelters form natural shelters from the weather, prehistoric humans often used them as living-places, and left behind trash, tools, and other artifacts. In mountainous areas the shelters can also be important for mountaineers.



Strato più soggetto
all'erosione

Formazione di un riparo sotto roccia





*This site would have been an ideal shelter for Aboriginal people.
Australia*

This interesting rock shelter is one of the special features along the North Country Trail.
Wayne USA





*A Native American rock shelter with paintings
Death Valley California*



Il **Riparo Tagliente**, localizzato sui Monti Lessini sul versante occidentale del monte Tregnago, si apre sul lato sinistro della Valpantena ai piedi di una piccola parete rocciosa formata da un banco di calcari oolitici. Il riparo, situato a pochi metri sopra il fondovalle attuale ove scorre il torrente Progno, si trova a circa 250 m slm, nei pressi dell'abitato di Stallavena di Grezzana (VR).



Per **grotta (cave)** si intende qualsiasi tipo di vuoto sotterraneo, naturale o artificiale.

GROTTE NATURALI

Le **grotte primarie** si formano contestualmente alla formazione della roccia che le racchiude:

Tubi di lava

Grotte blister (bolla)

Grotte in travertino

Grotte nella barriera corallina

Le **grotte secondarie** si formano all'interno di rocce già consolidate

Grotte nel detrito

Grotte per fessura (diaciasi)

Grotte tettoniche

Grotte carsiche (per dissoluzione)



Tubo di lava Lava tube



Lava tubes are formed when an active low-viscosity lava flow develops a continuous and hard crust, which thickens and forms a roof above the still-flowing lava stream.





Il tubo di lava svuotato diventa una grotta allungata

Elementi di Geologia - Scienze e tecnologie
per i Beni Culturali - Maria Chiara Turrini -
Università degli Studi di Ferrara



Blister cave

Si forma quando una grossa bolla di gas resta intrappolata nella lava che, raffreddandosi, forma la grotta



La Grotta dei Cristalli è stata incontrata per caso nelle profondità della Miniera di Naica, stato di Chihuahua, Messico.

Si tratta di un vero e proprio geode: una caverna completamente ricoperta di trasparenti cristalli di selenite, cioè gesso purissimo, alcuni dei quali superano i 12 metri di lunghezza.



Un geode è una cavità interna ad una roccia, di forma tendenzialmente sferica, rivestita di cristalli. Con lo stesso termine si può intendere sia la cavità che la formazione cristallina al suo interno. Può avere dimensione variabile da pochi centimetri fino ad arrivare, in casi eccezionali, ad alcuni metri, delle vere e proprie grotte. Il geode è originato da infiltrazioni di minerali in soluzione acquosa che, tramite mineralizzazione secondaria, creano la cristallizzazione interna, che può essere totale o parziale.

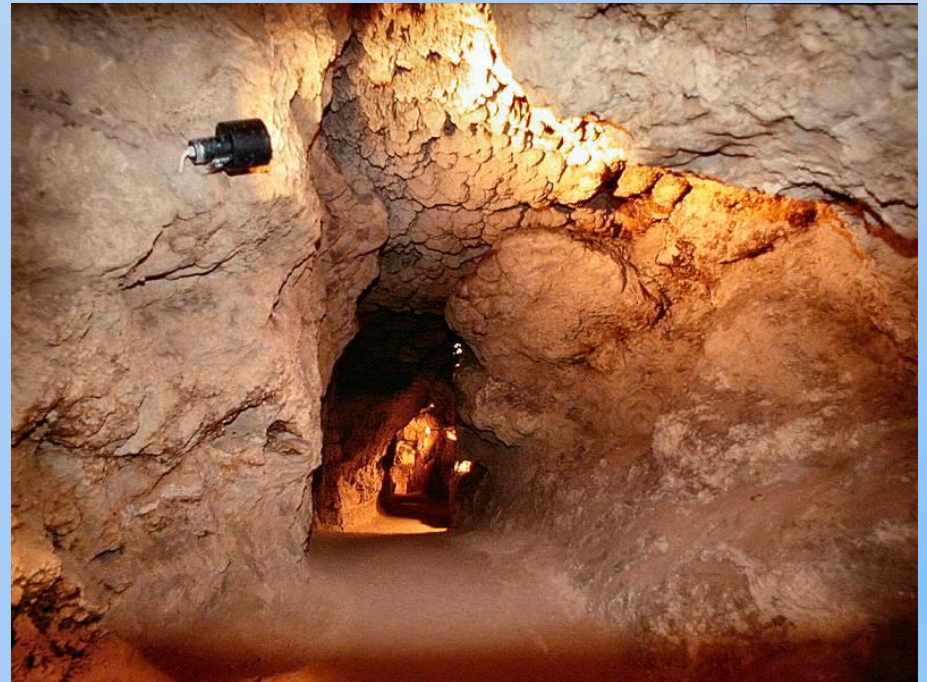




Tivoli (Italy)
Villa Gregoriana, grotta di Nettuno

Grotte in travertino

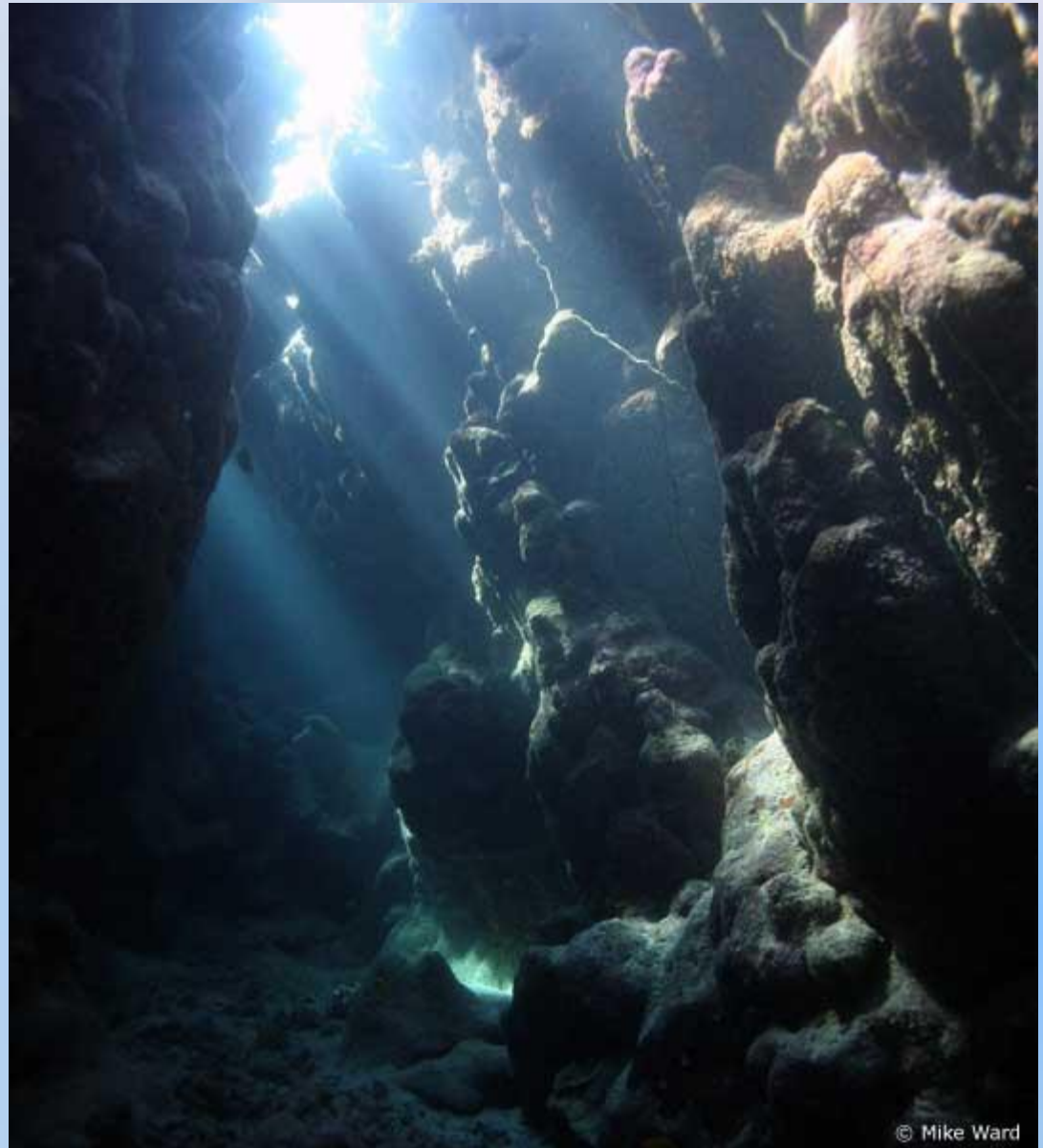
La grotta si forma contestualmente alla deposizione subaerea del travertino (tufa cave)





Reef cave

La grotta si forma
contestualmente alla
costruzione della barriera
corallina



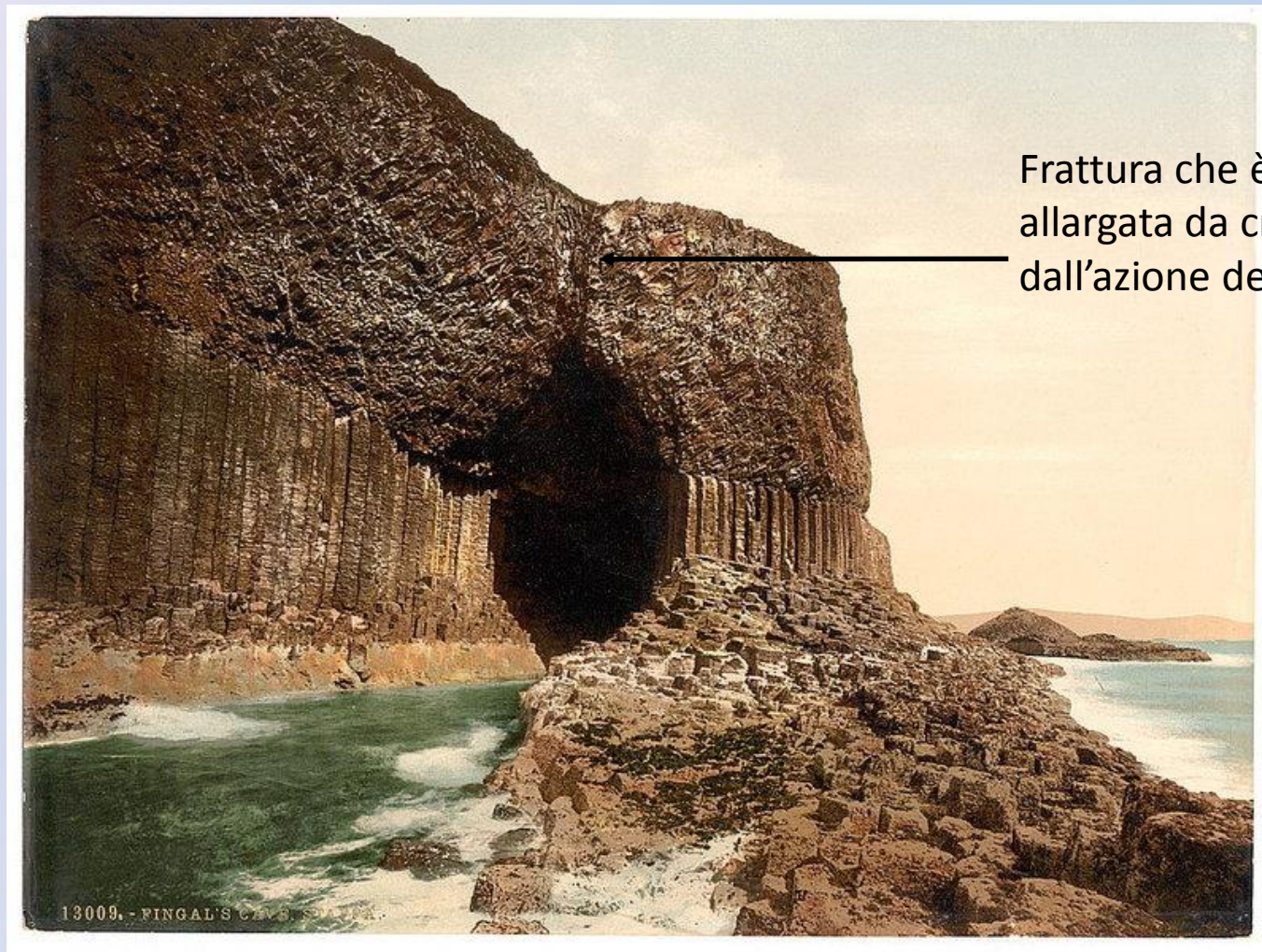
© Mike Ward

Talus cave



Grotta secondaria formatasi per la giustapposizione di grossi blocchi

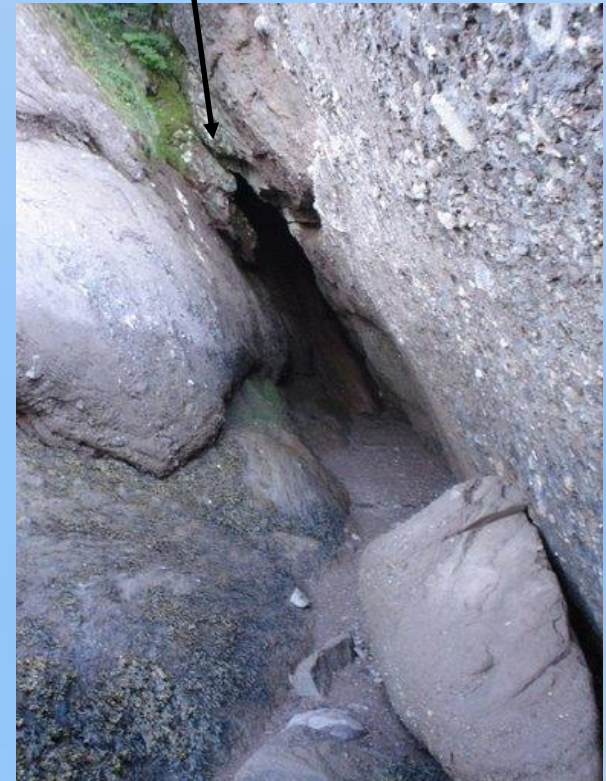
Grotta secondaria per fessura (diaciasi)



Scotland, isle Staffa, Fingal's Cave



Frattura che poi è stata
allargata dal passaggio
dell'acqua e da crolli
dalle pareti e dal
soffitto



Grotte secondarie dovute all'allargamento di
una fessura



Tectonic cave

Grotta di origine tettonica: si differenzia dalle grotte per fessura solo per il fatto che si sviluppano lungo una faglia, cioè una frattura della crosta terrestre lungo la quale c'è stato un movimento relativo dei due lembi

Nella maggioranza dei casi, le grotte derivano dalla corrosione (scioglimento o dissoluzione chimica) di rocce solubili, quali:
i calcari,
i marmi,
i gessi,
i depositi di salgemma (sale).



Alla corrosione si aggiunge, subordinatamente, anche il fenomeno dell'erosione meccanica (abrasione) dovuta all'azione dell'acqua e dei detriti da questa trasportati e della gravità.



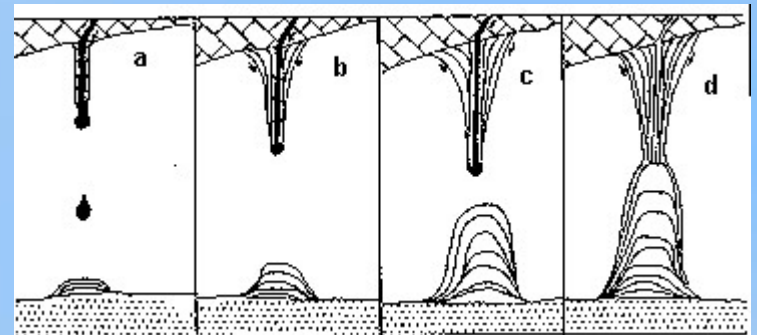
Grotta in gesso per dissoluzione





Grotta formata nel sale per dissoluzione

Salt caves are dissolved simply by water, not requiring the presence of acidity as does the production of solution caves in carbonate rocks. And the salt speleothems inside also grow much faster than those in limestone



I carbonati sono i litotipi che più comunemente danno luogo alla formazione delle grotte, in quanto sono i più diffusi sulla superficie terrestre.

Essi sono una categoria di rocce che comprende i calcari, le dolomie e i marmi, e ogni tipo di roccia ad essi riconducibili, cioè tutte le rocce contenenti lo ione carbonato CO_3^{2-} .

Nei carbonati, ed a loro spese, avviene un fenomeno denominato **carsismo**.

La corrosione avviene per opera delle acque meteoriche che, contenendo disciolta al loro interno una certa quantità di anidride carbonica atmosferica (biossido di carbonio), intaccano la roccia calcarea, asportando in particolare il carbonato di calcio. Con il passare del tempo l'acqua piovana, talora localmente acidificata dall'azione biologica, scioglie la roccia, sia superficialmente che in profondità, infiltrandosi per vie di penetrazione spesso impostate sulle linee di frattura o di faglia.

Il complesso fenomeno chimico della **dissoluzione carsica** può essere così sintetizzato:



Contrariamente al carbonato di calcio (CaCO_3) praticamente insolubile, il carbonato acido di calcio ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) (detto anche, con terminologia attualmente superata, bicarbonato di calcio) si dissocia in acqua in ioni Ca^{++} e HCO_3^- che vengono asportati dall'acqua dilavante.

Il materiale non disciolto (es. silice e ossidi metallici) vanno a costituire i cosiddetti **depositi residuali**, sovente associati alle forme carsiche.

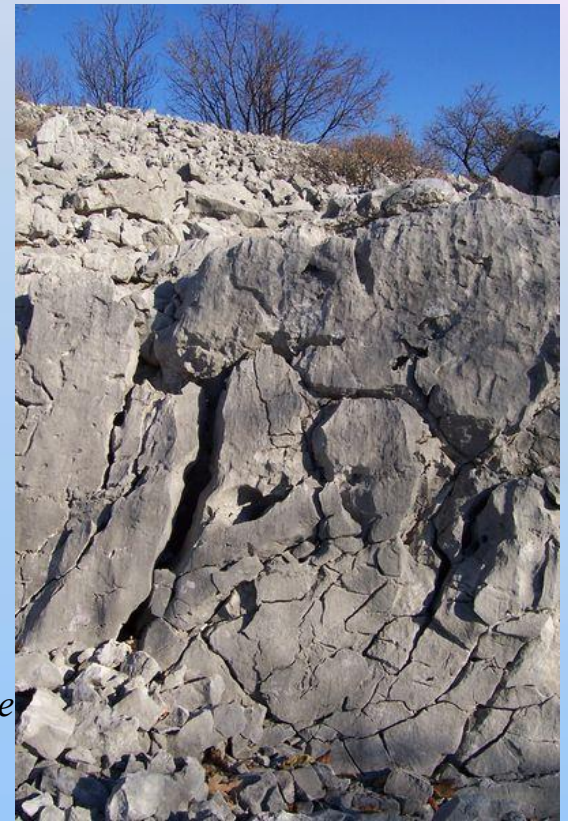
L'evoluzione del carsismo procede in profondità creando cavità ipogee, arrestandosi solo al contatto con rocce non sottoposte, per contenuto mineralogico, al fenomeno di dissoluzione carsica.

Ogni sistema carsico è legato alla presenza di fattori ed agenti, necessari e determinanti. Il principale fattore è la **fratturazione**, il principale fra gli agenti è l'**acqua**.

La fratturazione è la condizione indispensabile per l'evoluzione di un sistema carsico, l'acqua è il suo agente modellante.

Le fratture (siano esse faglie o giunti) sono le strutture all'interno delle quali le acque si introducono nella roccia, per dare inizio al processo corrosivo.

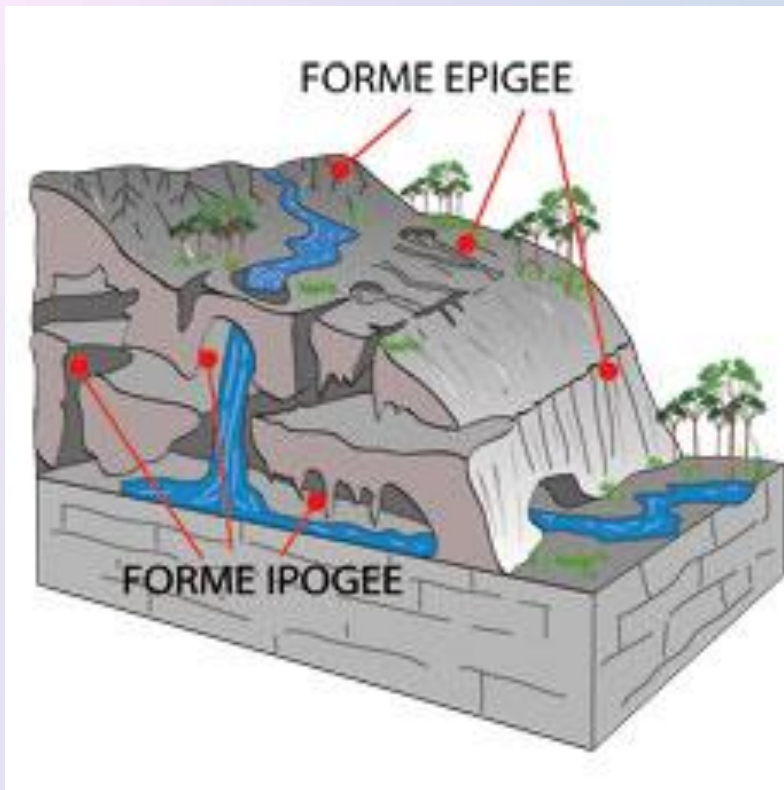
Fratture nell'ammasso roccioso calcareo allargate per dissoluzione del carbonato di calcio



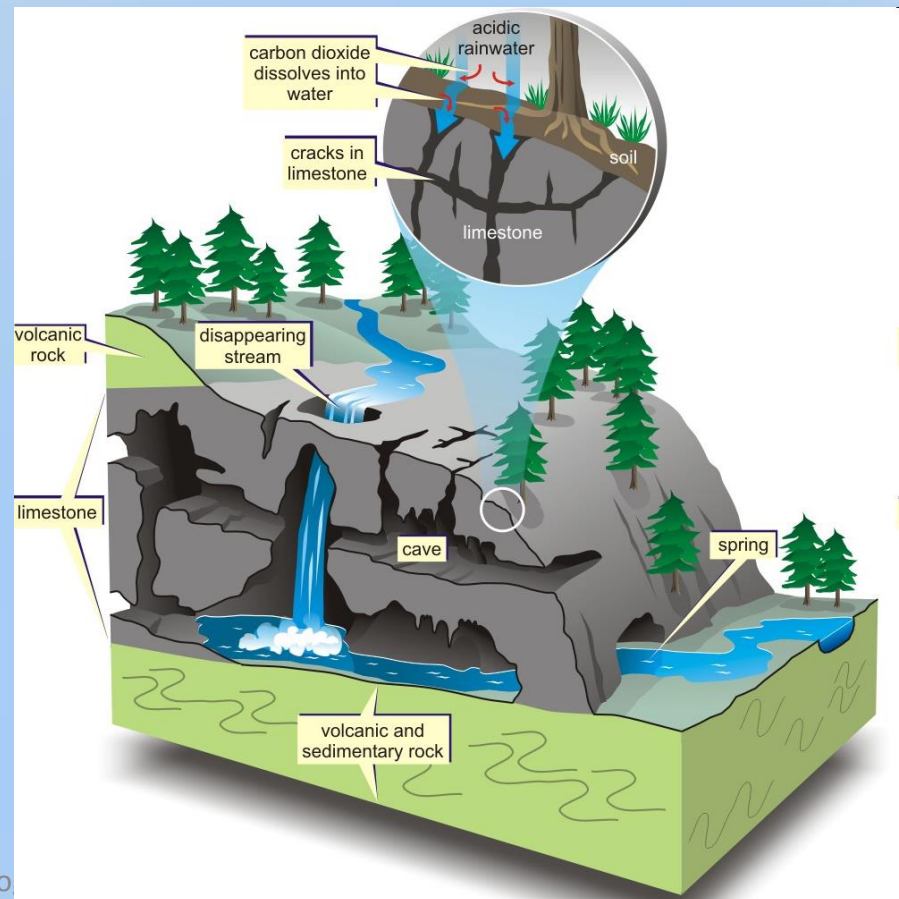
Semplificando, le fasi secondo cui un sistema ipogeo si crea, sono tre.

- 1 - La fratturazione, che crea le vie di deflusso idrico preferenziali.
- 2 - L'invasione da parte delle acque, che crea i grandi vuoti ipogei, allargando le fratture. In questa fase il fenomeno del concrezionamento esiste, ma limitatamente.
- 3 - L'abbandono delle acque, che dà vita al vuoto percorribile.

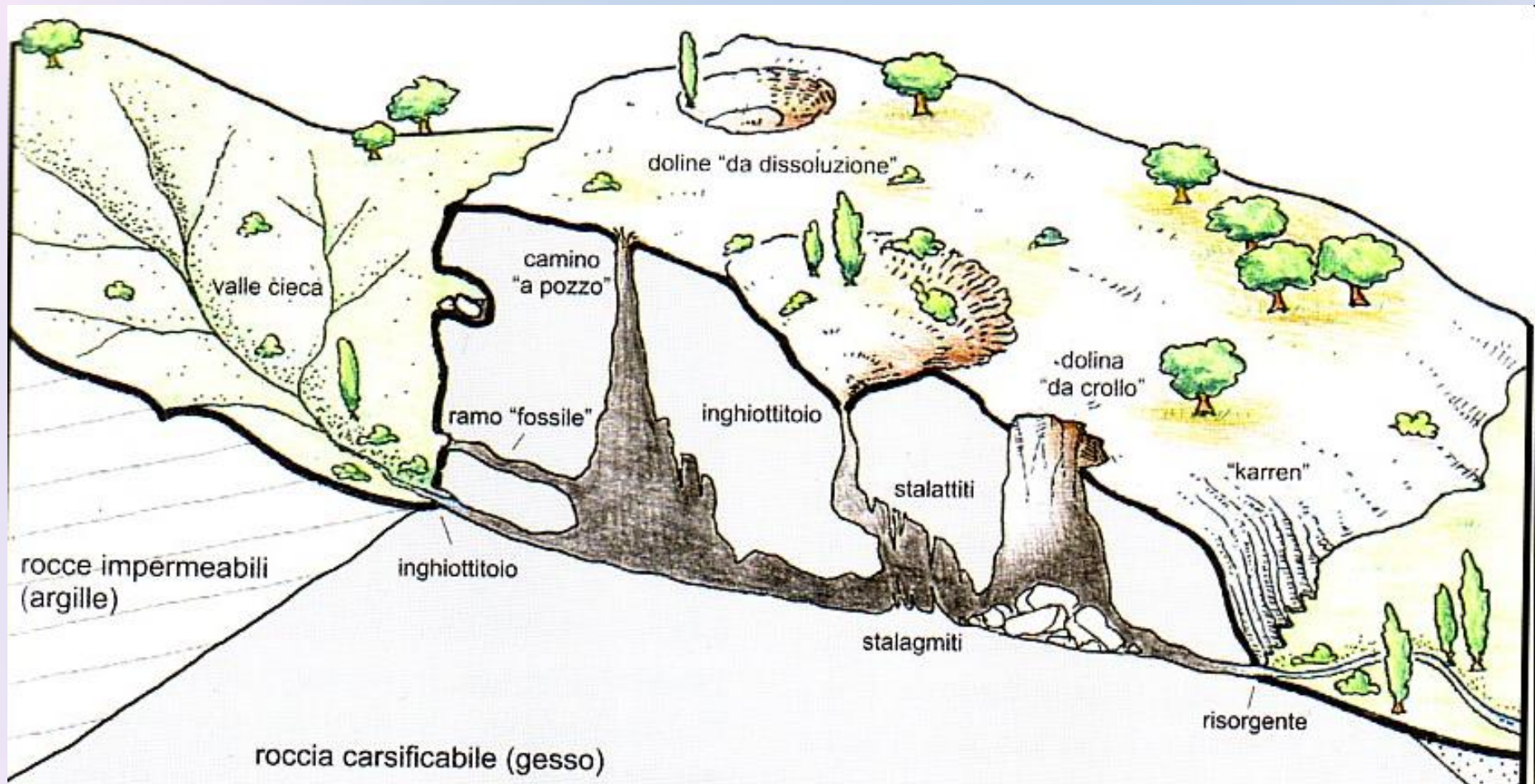
In quest'ultima fase avvengono i fenomeni di **percolazione** che formano le concrezioni più diffuse (**speleotemi**). L'abbandono delle acque è responsabile anche dei riempimenti sabbiosi e fangosi, depositati per sedimentazione.

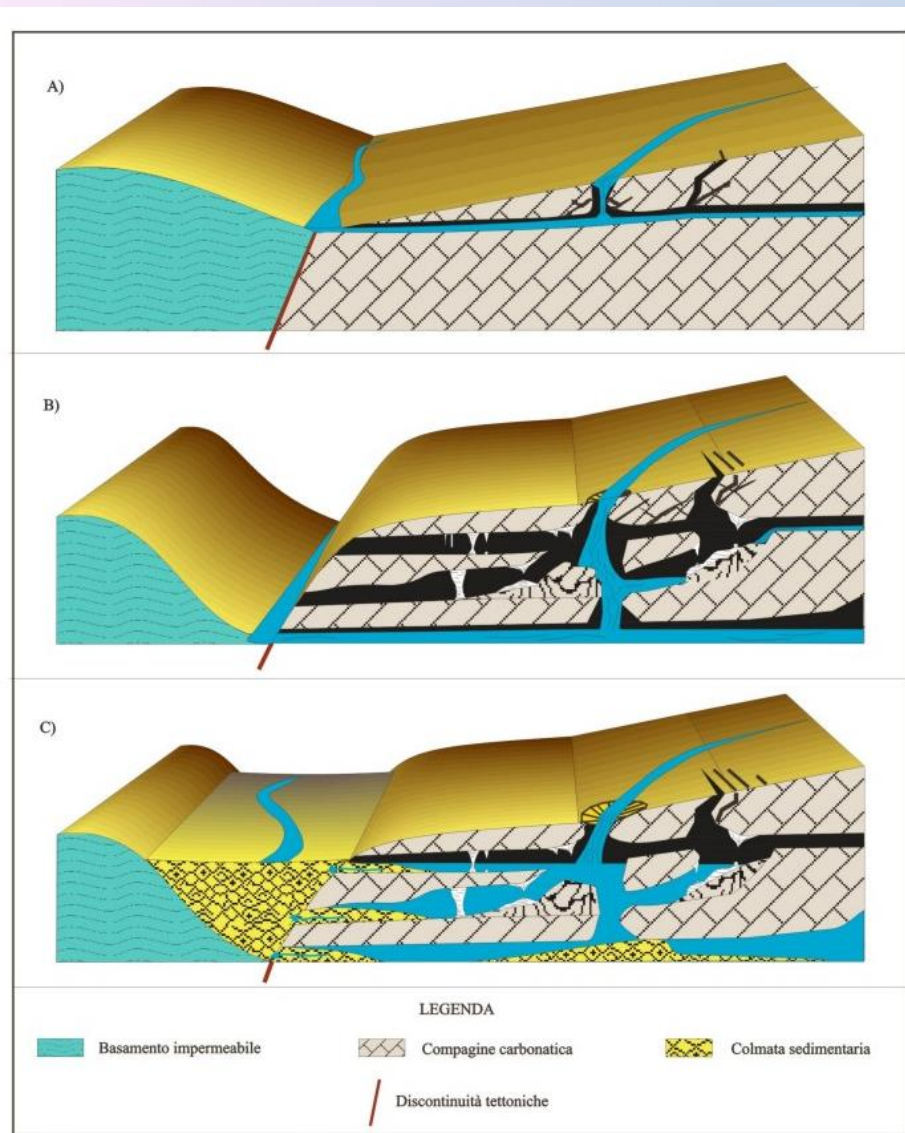


Schema riassuntivo dei fenomeni carsici superficiali (epigei) e profondi (ipogei). Anche se sono espressione dello stesso fenomeno e sono strettamente collegate e dipendenti, si suole distinguere forme carsiche epigee o superficiali da quelle carsiche ipogee o profonde.



Nomenclatura delle diverse forme del paesaggio carsico



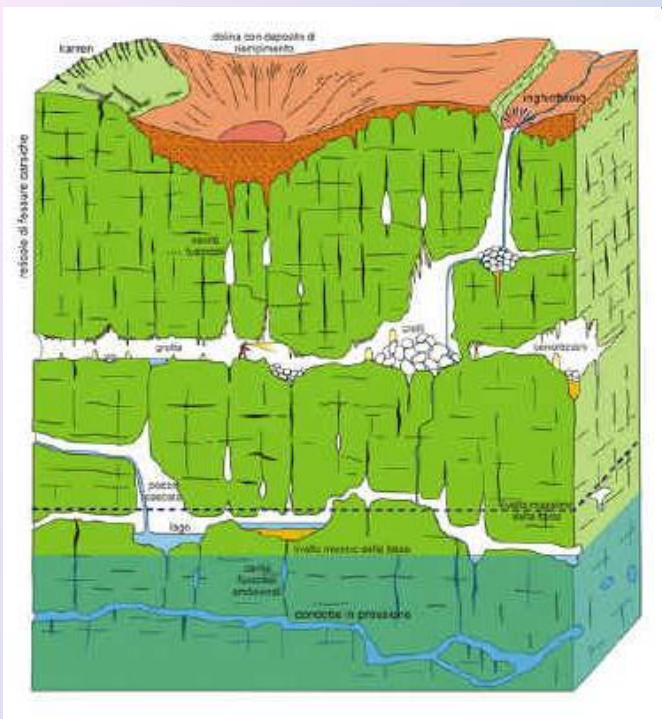


A) La falda è in equilibrio col livello del fiume: si forma un sistema di grotte superficiale, riempito stagionalmente dall'acqua di infiltrazione

B) All'abbassarsi del fiume, per erosione di questo, si abbassa anche il livello della falda, con costruzione di nuovi livelli del sistema ipogeo

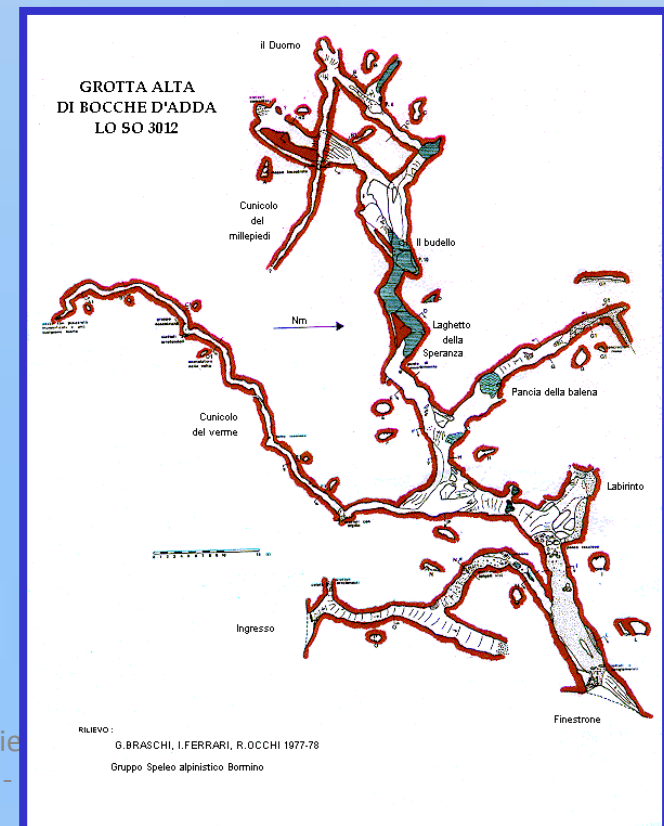
C) Se la valle viene sovralluvionata e tutto il materasso di detriti è saturo, allora tutta la parte bassa del sistema ipogeo, in relazione con la valle, è completamente pieno di acqua

Evoluzione del sistema carsico ipogeo al variare del livello di base della falda



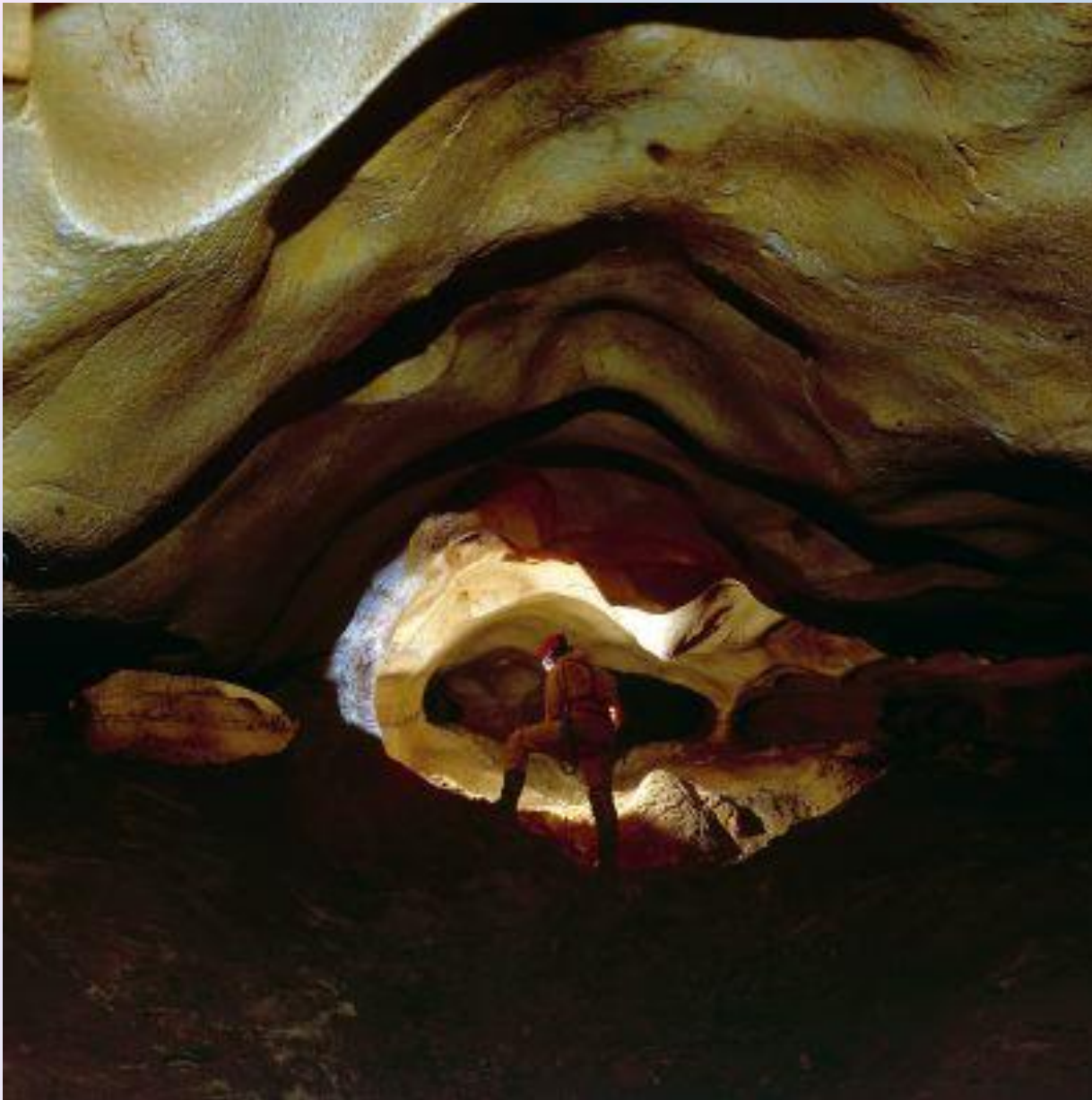
Il sistema carsico si è evoluto all'abbassarsi del livello di base della falda. Attualmente solo il livello più basso è saturo, mentre nei due livelli superiori si ha evoluzione per gravità e la formazione delle concrezioni per percolazione dell'acqua di infiltrazione

Planimetria di una grotta carsica



Stalattiti embrionali





Grotta carsica senza
concrezioni



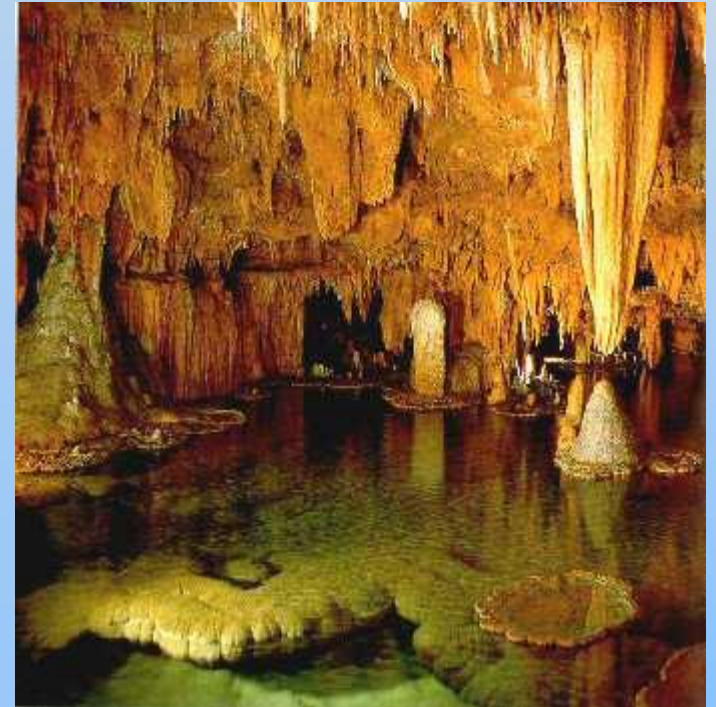
Stalagmiti in formazione



Embrione di
stalattite



Cascata di carbonato di calcio

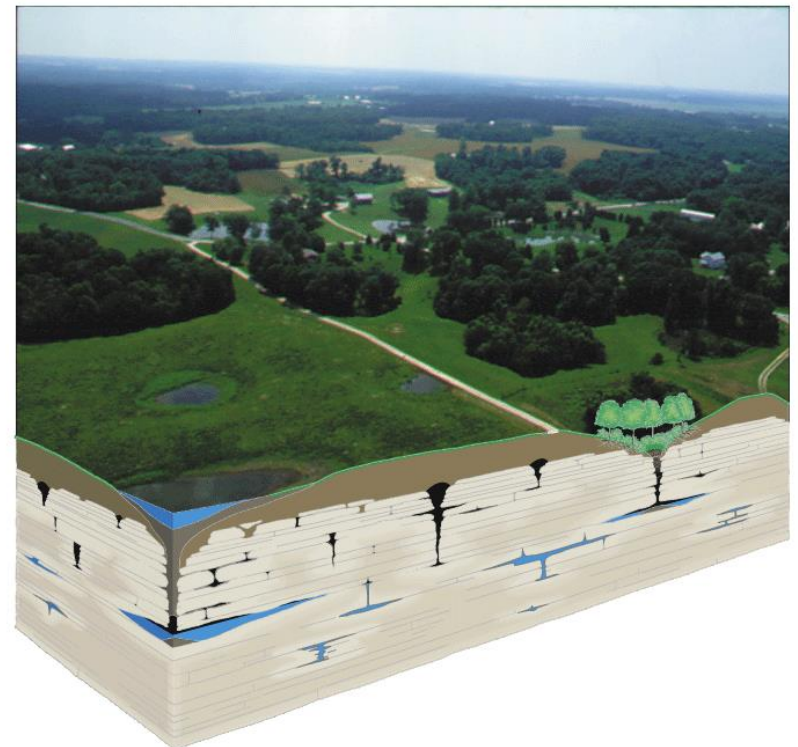


Lago ipogeo con stalattiti e stalagmiti in formazione



Paesaggio carsico

Tipicamente non esiste un'idrografia superficiale e la superficie topografica è caratterizzata dalla presenza di depressioni circolari (doline)





Forme epigee: vaschette di corrosione

Elementi di Geologia - Scienze e tecnologie
per i Beni Culturali - Maria Chiara Turrini -
Università degli Studi di Ferrara



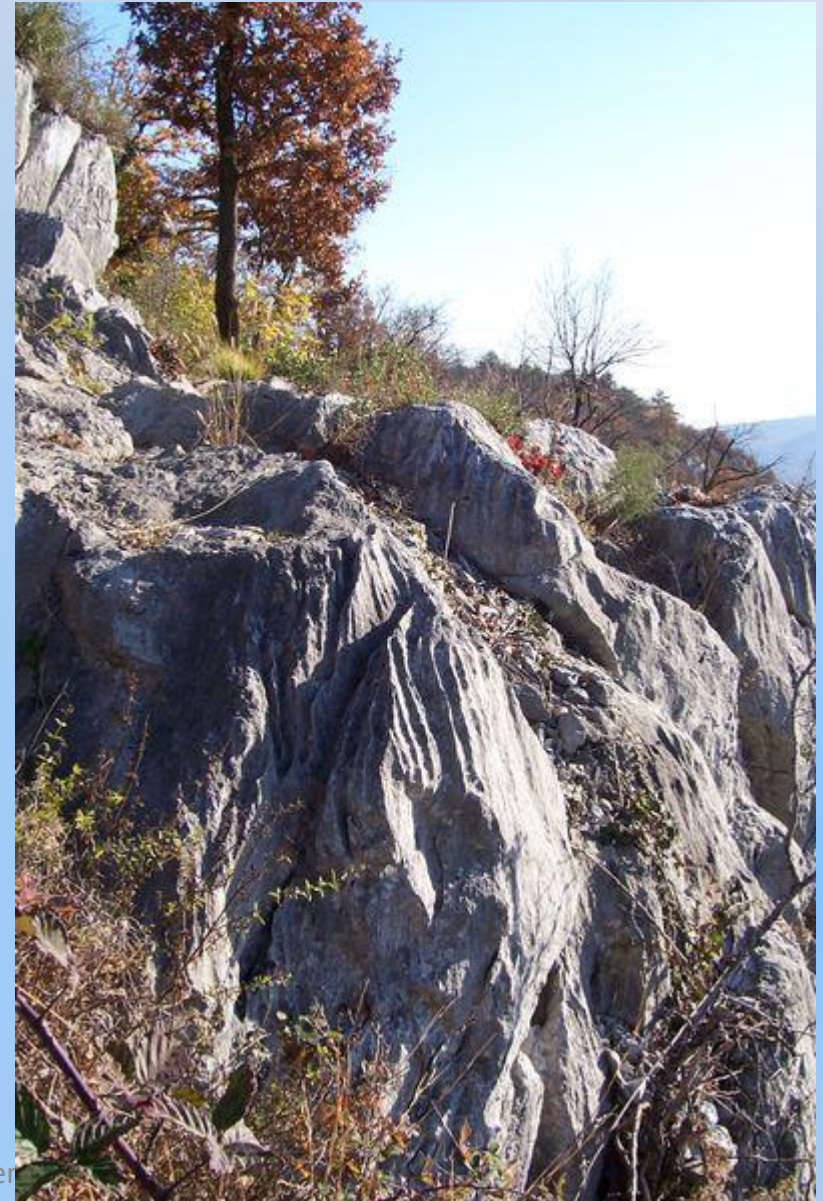
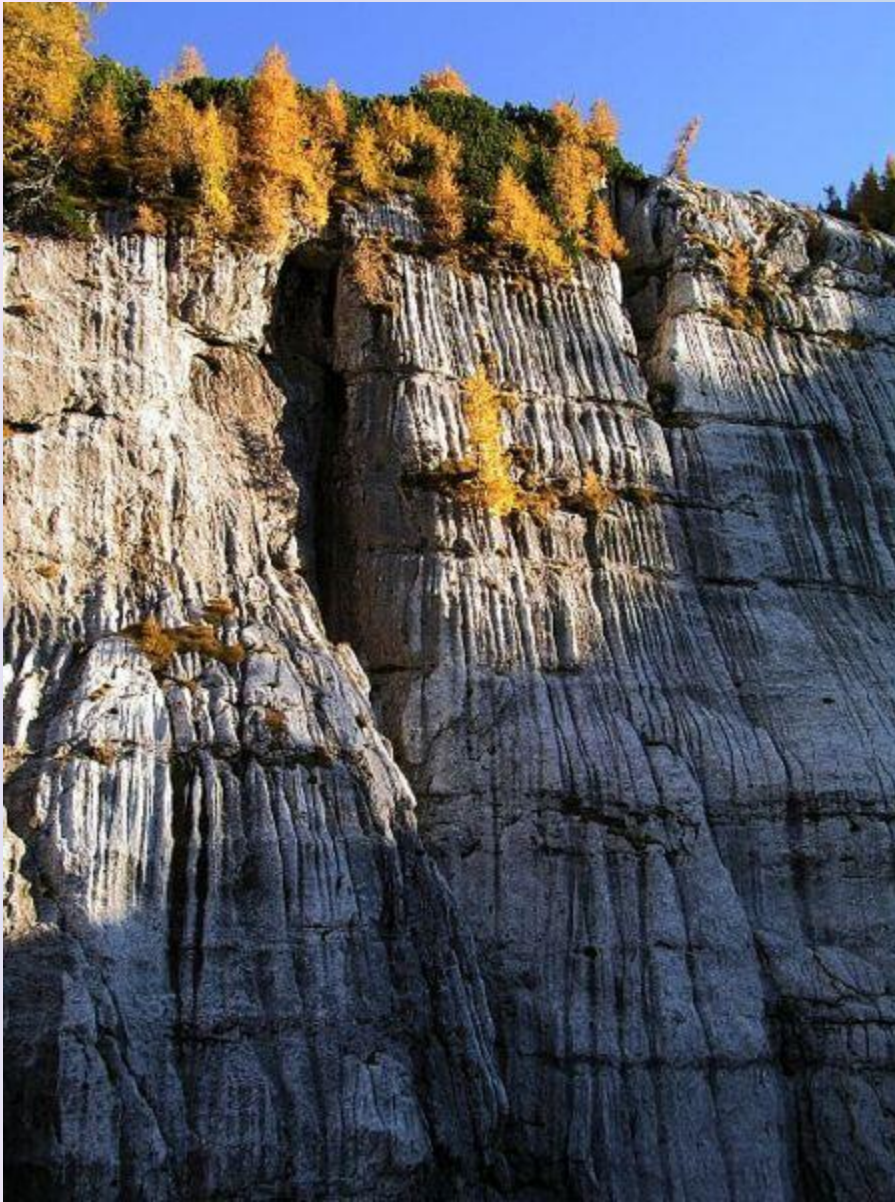
Forme epigee: campi carreggiati

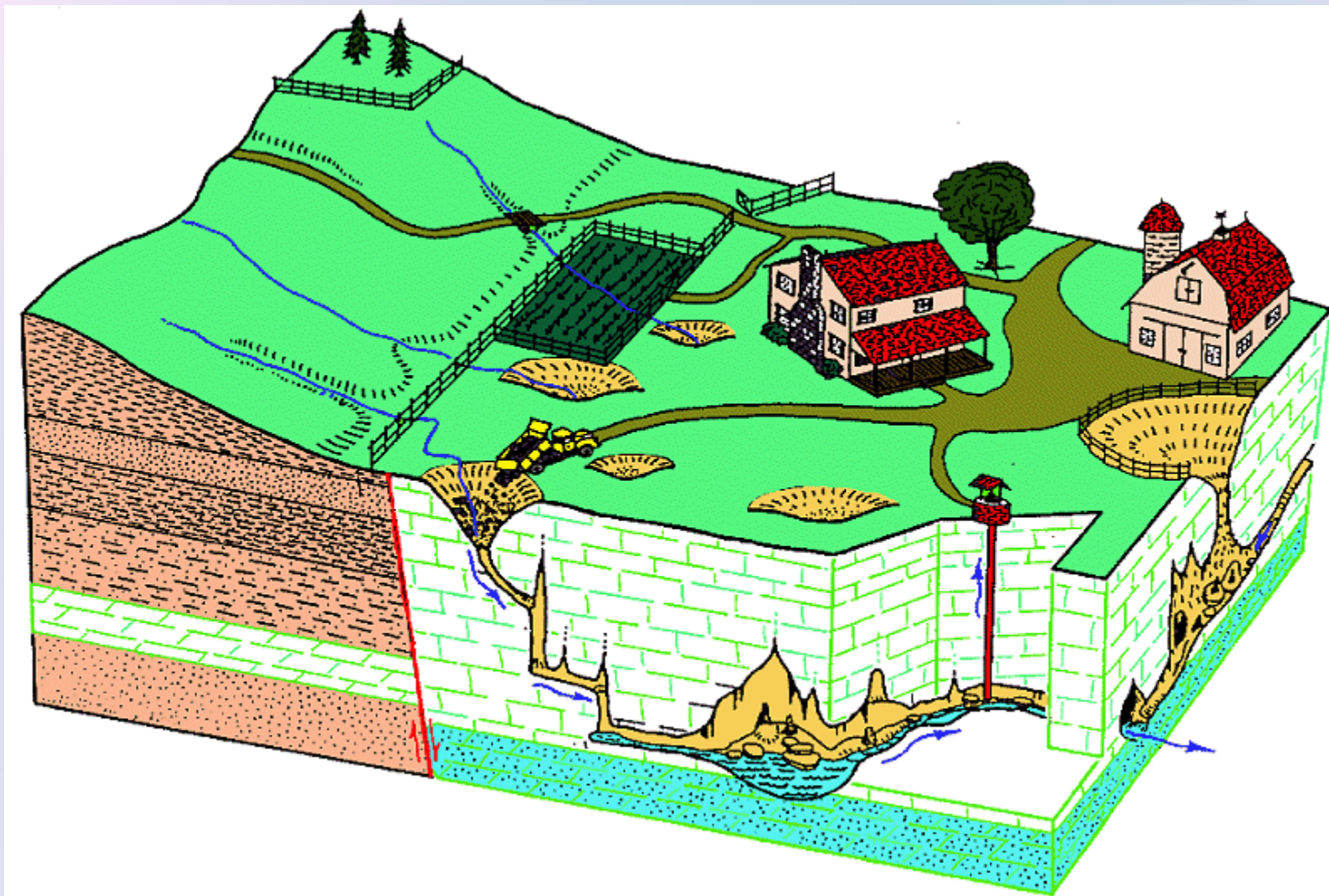
Elementi di Geologia - Scienze e tecnologie
per i Beni Culturali - Maria Chiara Turrini -
Università degli Studi di Ferrara



Forme epigee: campi carreggiati

Forme epigee di corrosione





Forme epigee: doline (sinkholes)



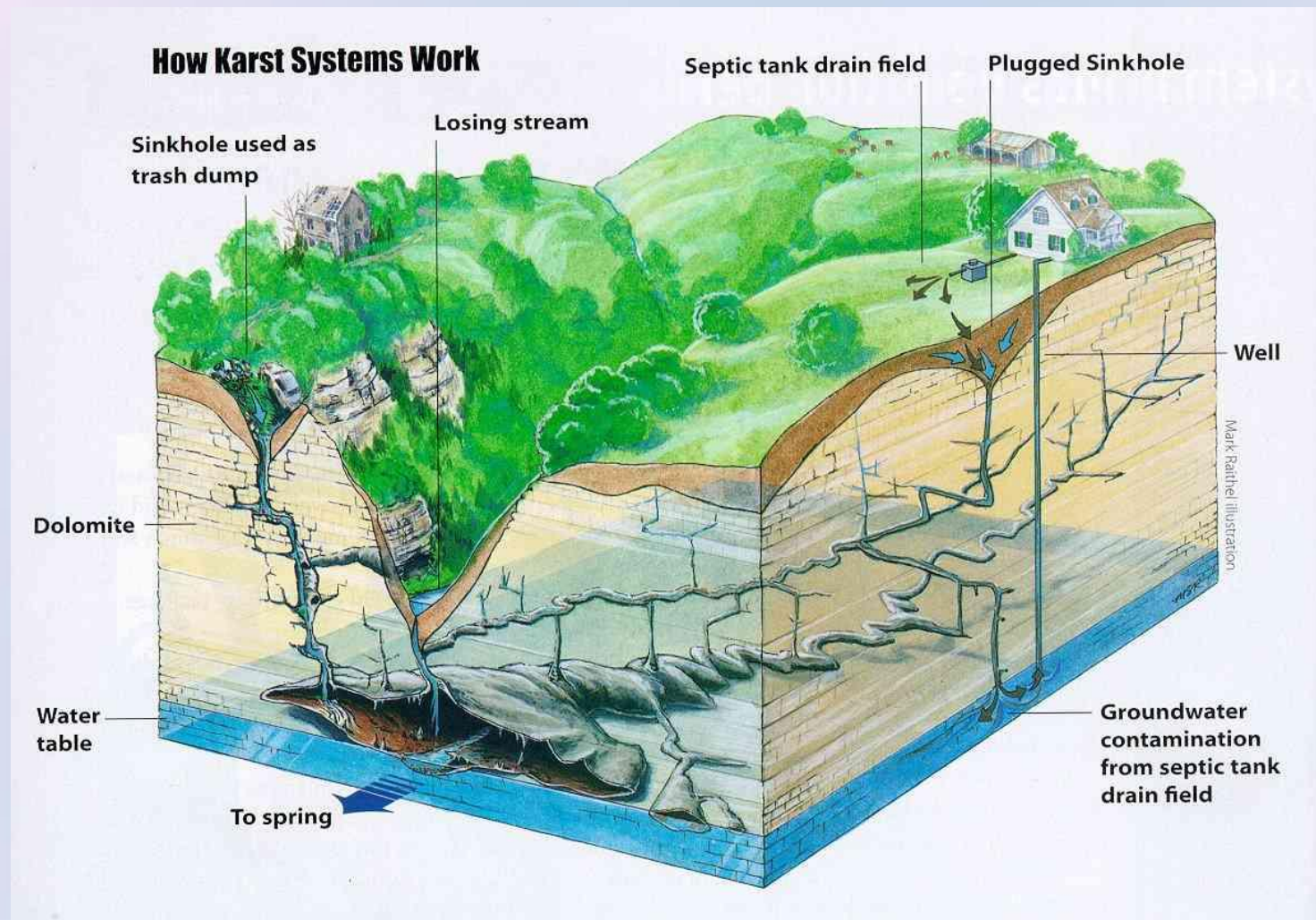
Esempi di doline





Forme epigee: stagno carsico in una dolina

Elementi di Geologia - Scienze e tecnologie
per i Beni Culturali - Maria Chiara Turrini -
Università degli Studi di Ferrara



Le acque sotterranee delle zone carsiche sono molto vulnerabili all'inquinamento in quanto l'inquinante può arrivare facilmente alla falda e manca la capacità di filtrazione e di depurazione del terreno granulare

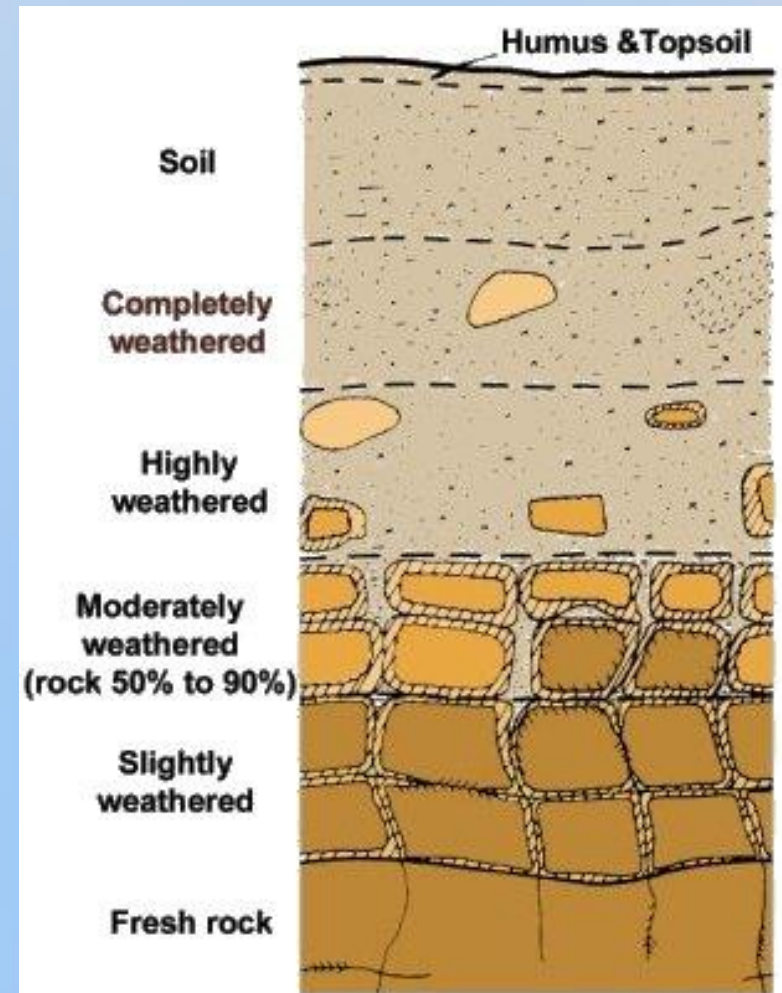
Terre (geotecnica)

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



Figure 4-6. Well-graded soil.

Poorly sorted sediment = well graded sediment

Poco selezionato = molto ben gradato



Figure 4-7. Uniformly graded soil.

Well-sorted sediment = poorly or uniformly graded sediment

Molto selezionato = poco gradato



Figure 4-8. Gap-graded soil.

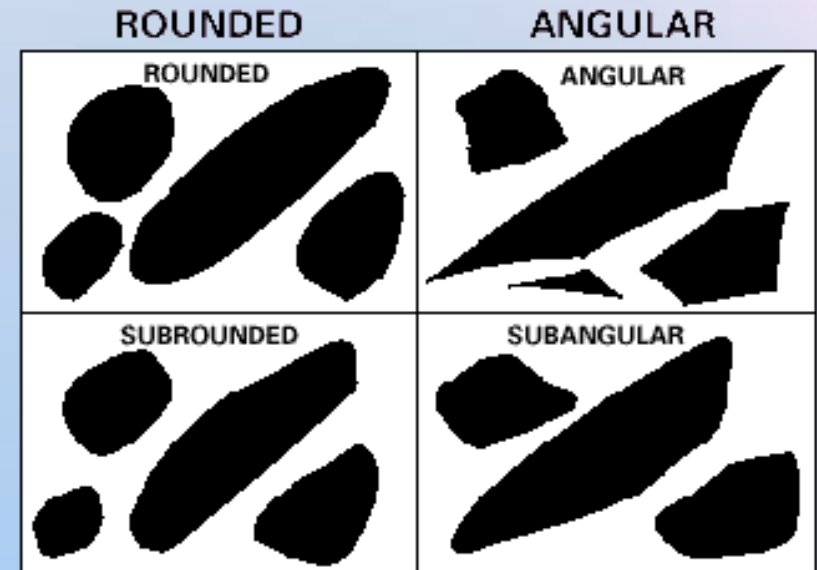
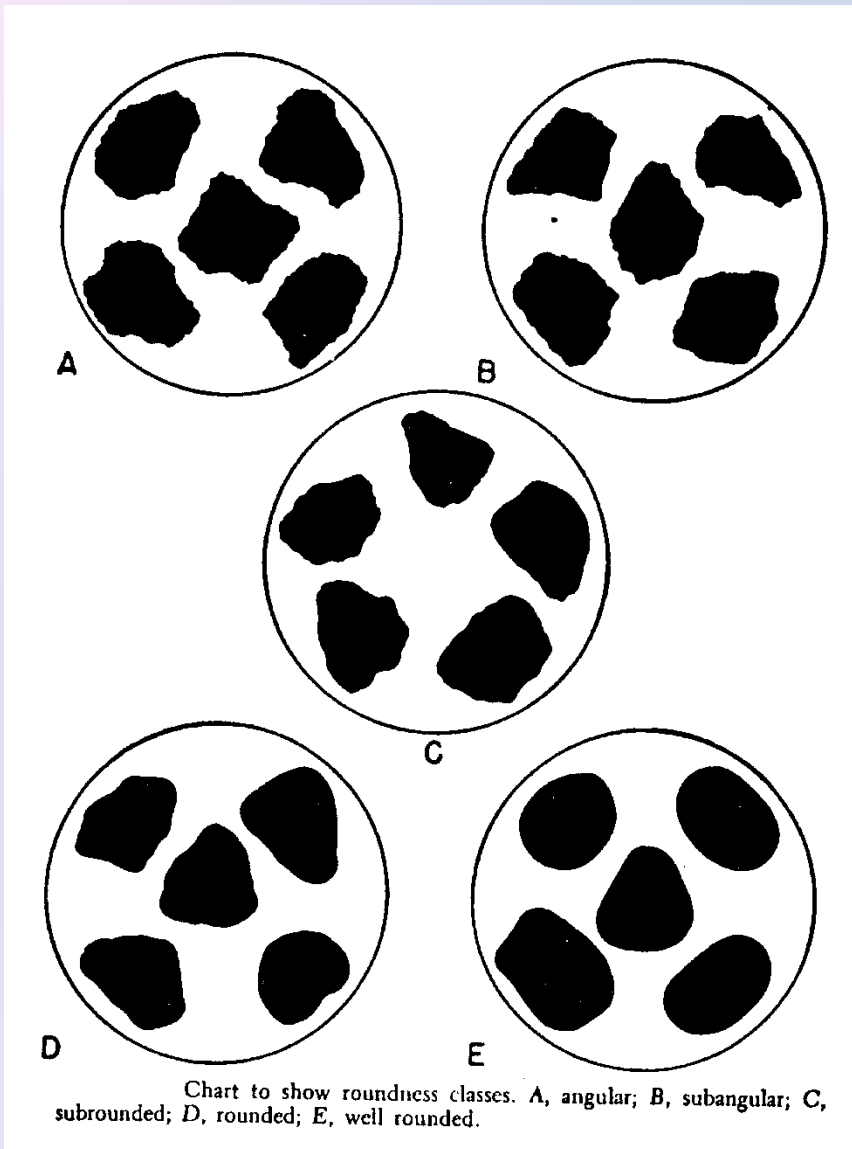
Molto gradato ma non continuo



Deposito di ghiaia da sub-angolare a sub-arrotondata, 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.



Classi di arrotondamento:

A. Angolare

B. Sub-angolare

C. Sub-arrotondato

D. Arrotondato

E. Ben arrotondato

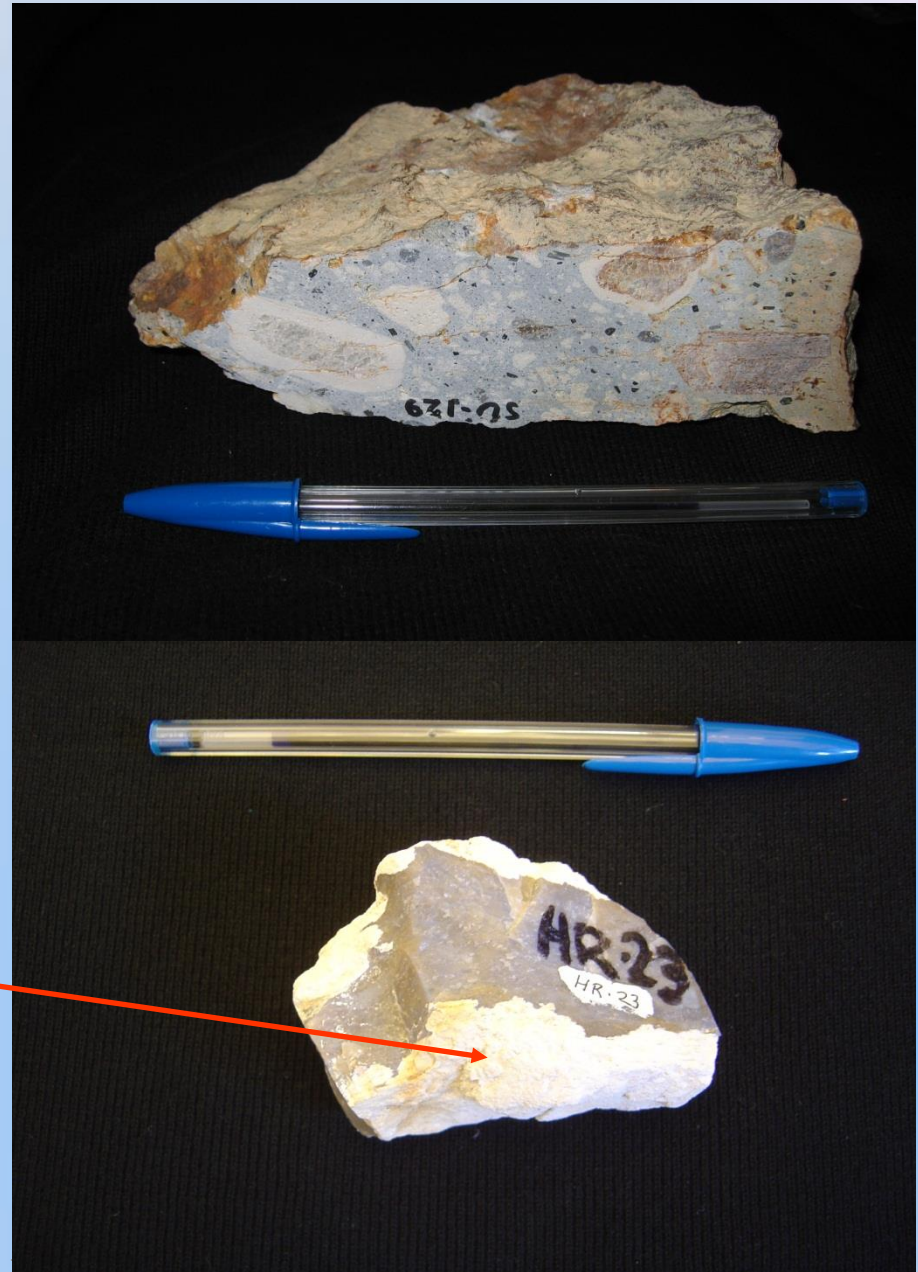
Se i processi di formazione e trasporto delle terre sono solo processi fisici, le particelle di terreno avranno la stessa composizione della roccia di origine.



Il detrito ha lo stesso colore della roccia madre

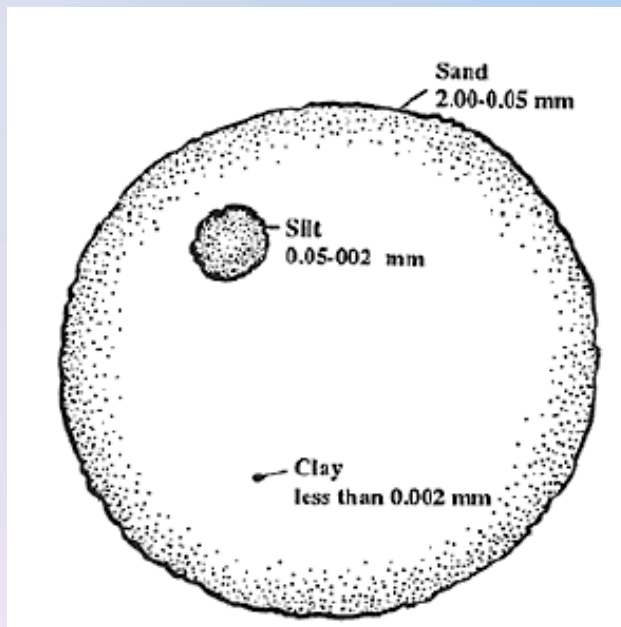
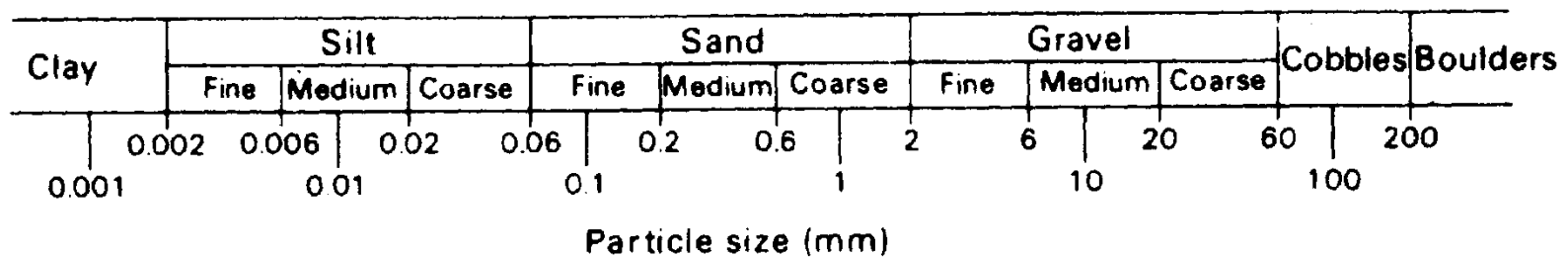
Se si hanno anche trasformazioni chimiche si formano altri materiali. I più importanti nell'ambito della geotecnica sono i minerali argillosi fra i quali i più comuni sono la caolinite, l'illite e la montmorillonite.

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 (**pori**) possono contenere acqua e/o aria.



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 **granulari medio-grossolane** che comprendono la ghiaia e la sabbia e il silt più grossolano, le cui particelle sono riconoscibili a occhio nudo;

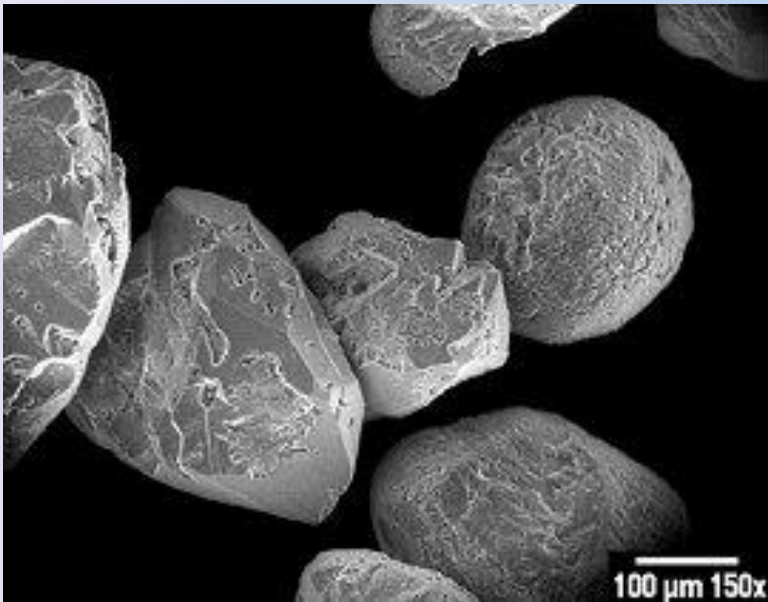


terre coesive o **a grana fine** che comprendono il **limo (silt) fine** e l'**argilla**, cioè la frazione microscopica e submicroscopica.

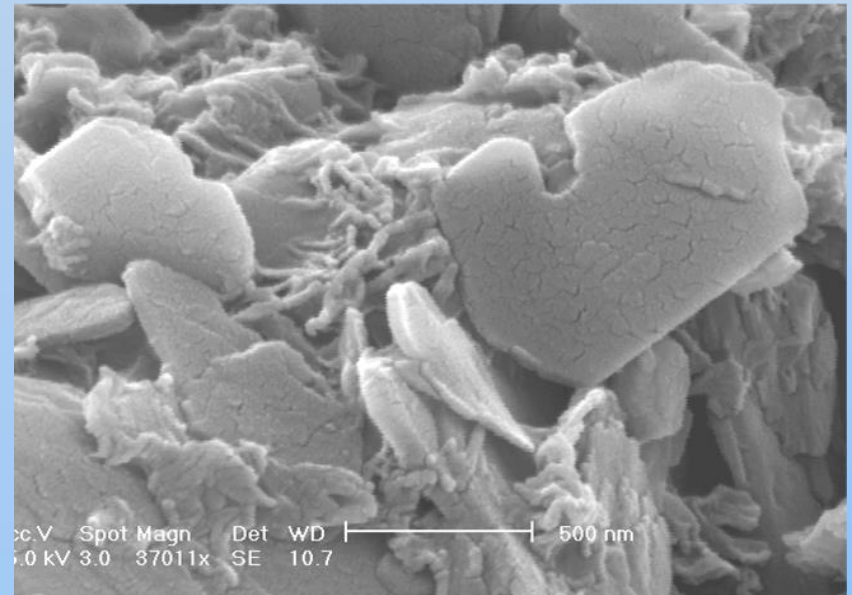
La descrizione della sabbia e della ghiaia richiede una stima della quantità di materiale compreso tra i vari diametri e la conoscenza della forma e della composizione mineralogica dei grani.

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, feldspati, 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

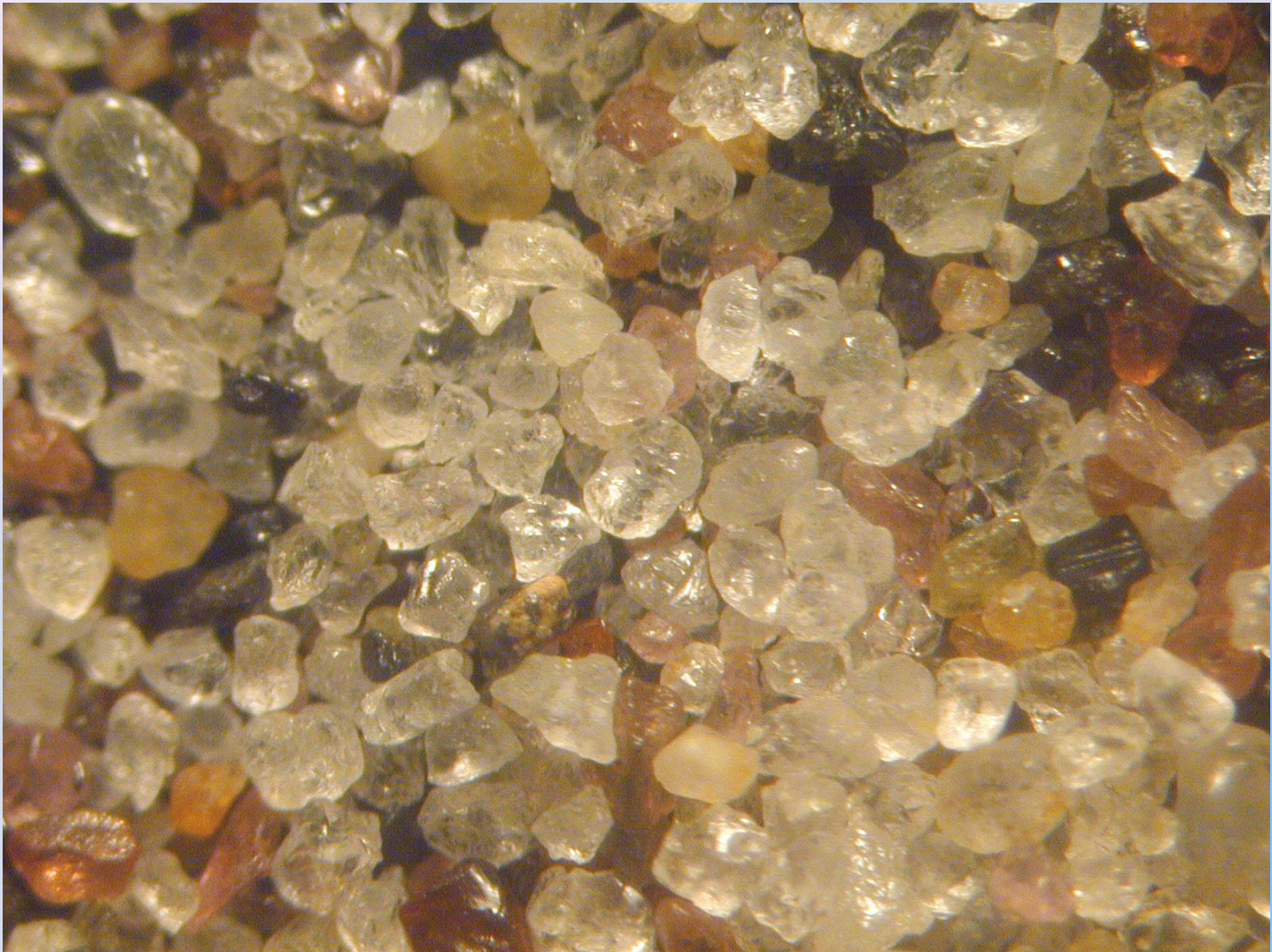
*Microscope Photo of Periplatform
Sands (250-500 μ m) from the
Bahamas*



Sabbia

Abbastanza gradata (poco selezionata)

Da sub-angolare a sub-arrotondata



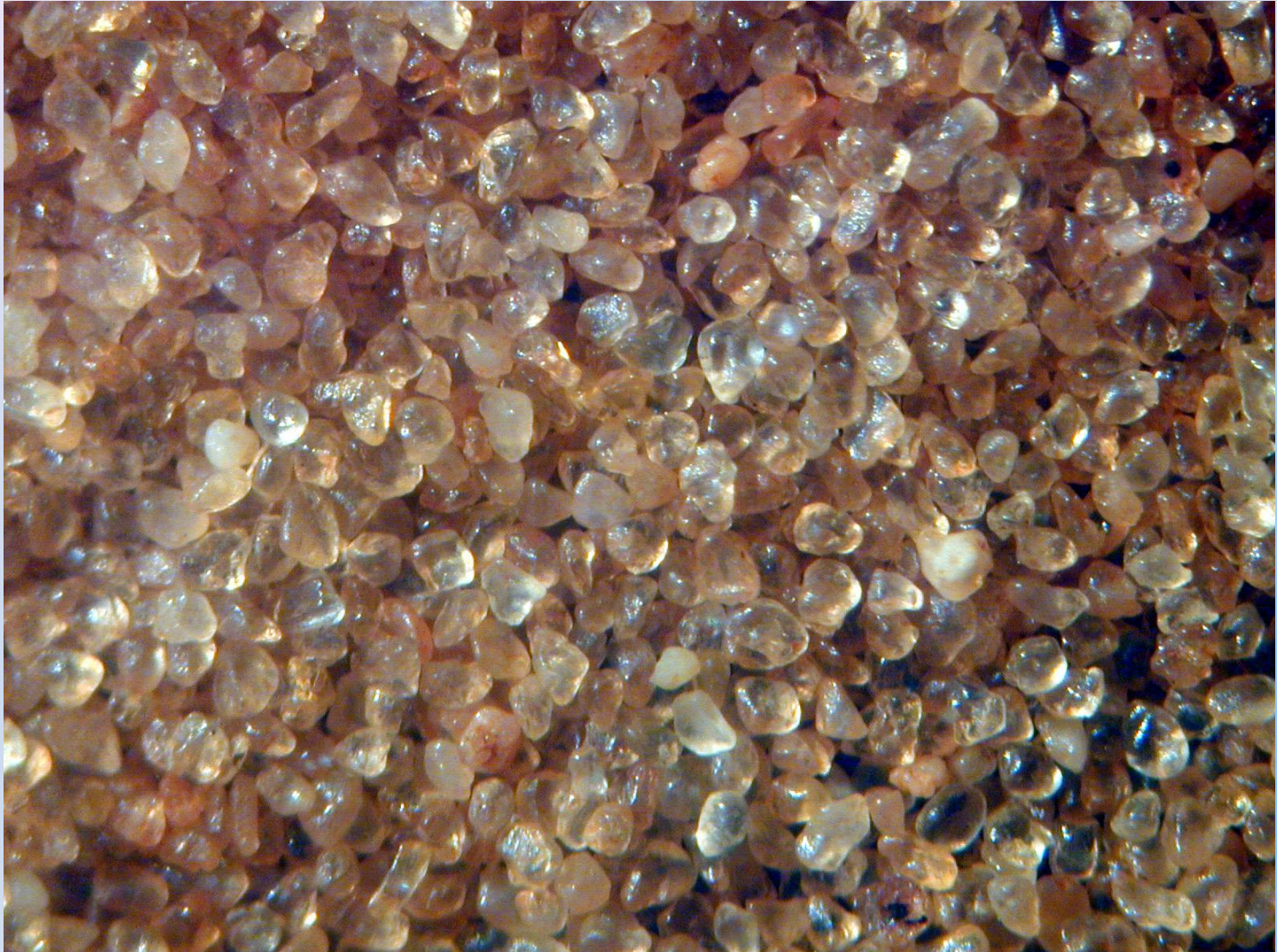
Beach (Fire Island, Long Island, New York)

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



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)

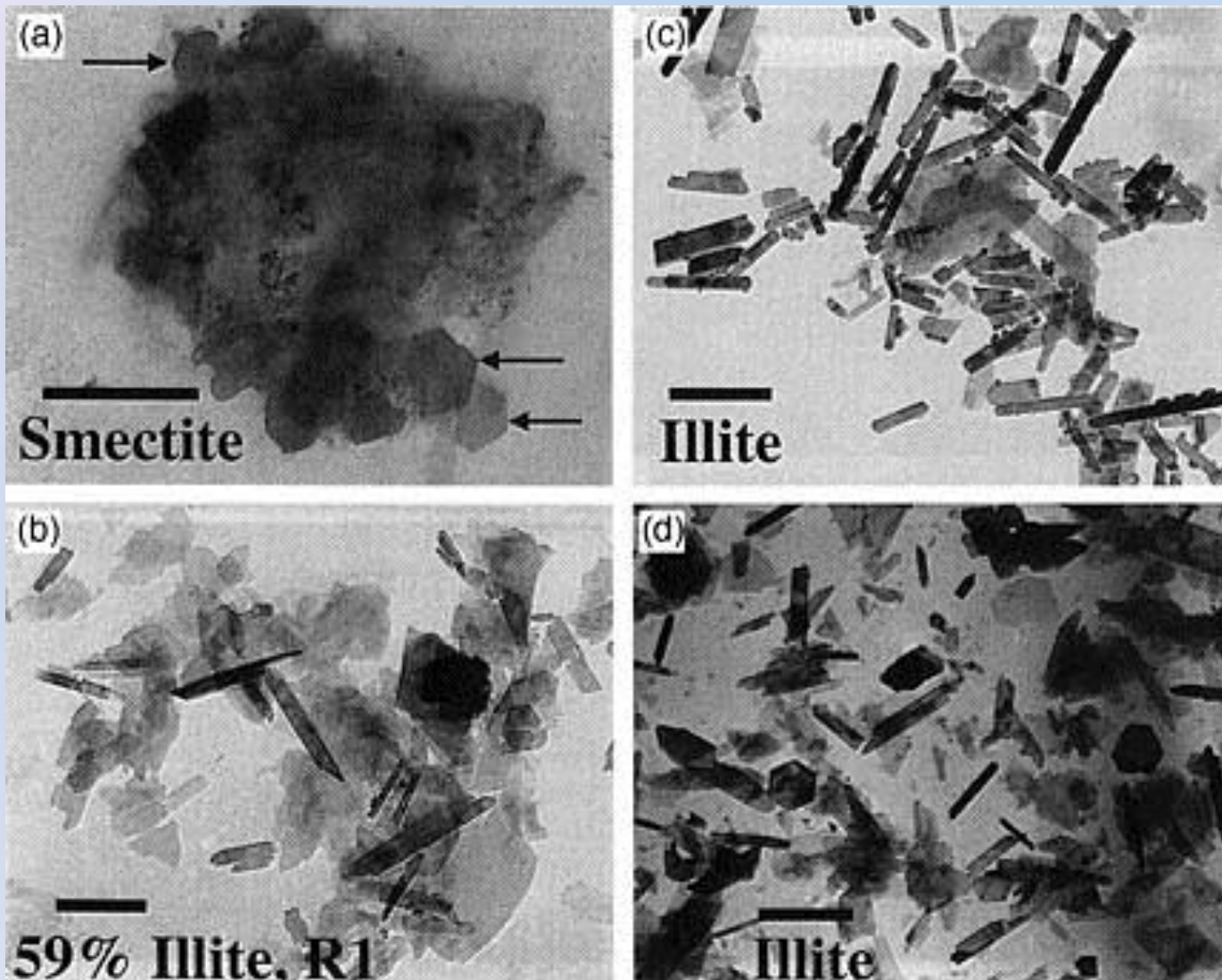
Key to identification is the very angular nature of the sand, presence of feldspar and the fact that it is very poorly sorted.

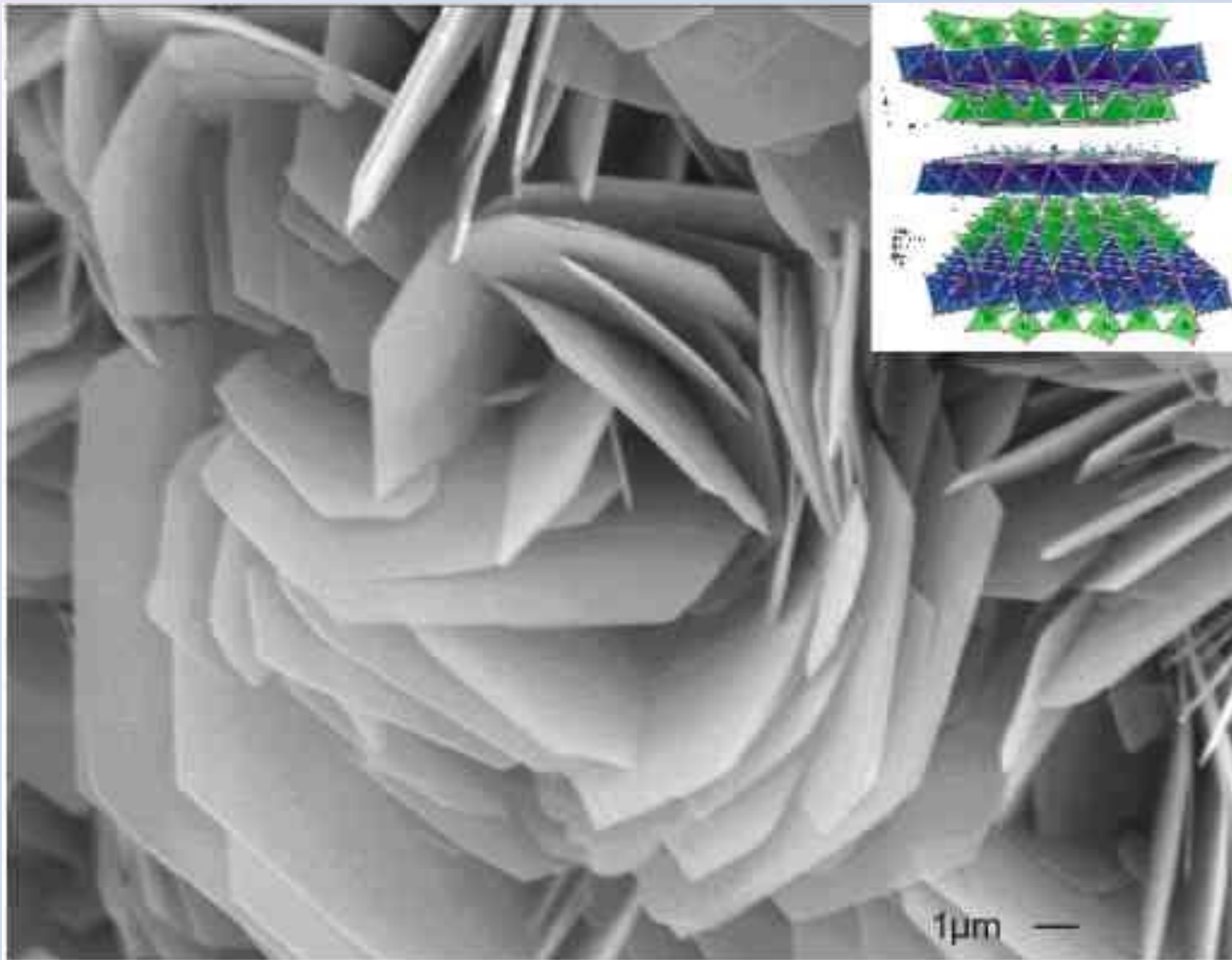
L'argilla è principalmente un aggregato di particelle minerali submicroscopiche a forma lamellare. Il comportamento meccanico delle argille è essenzialmente dipendente dall'acqua.



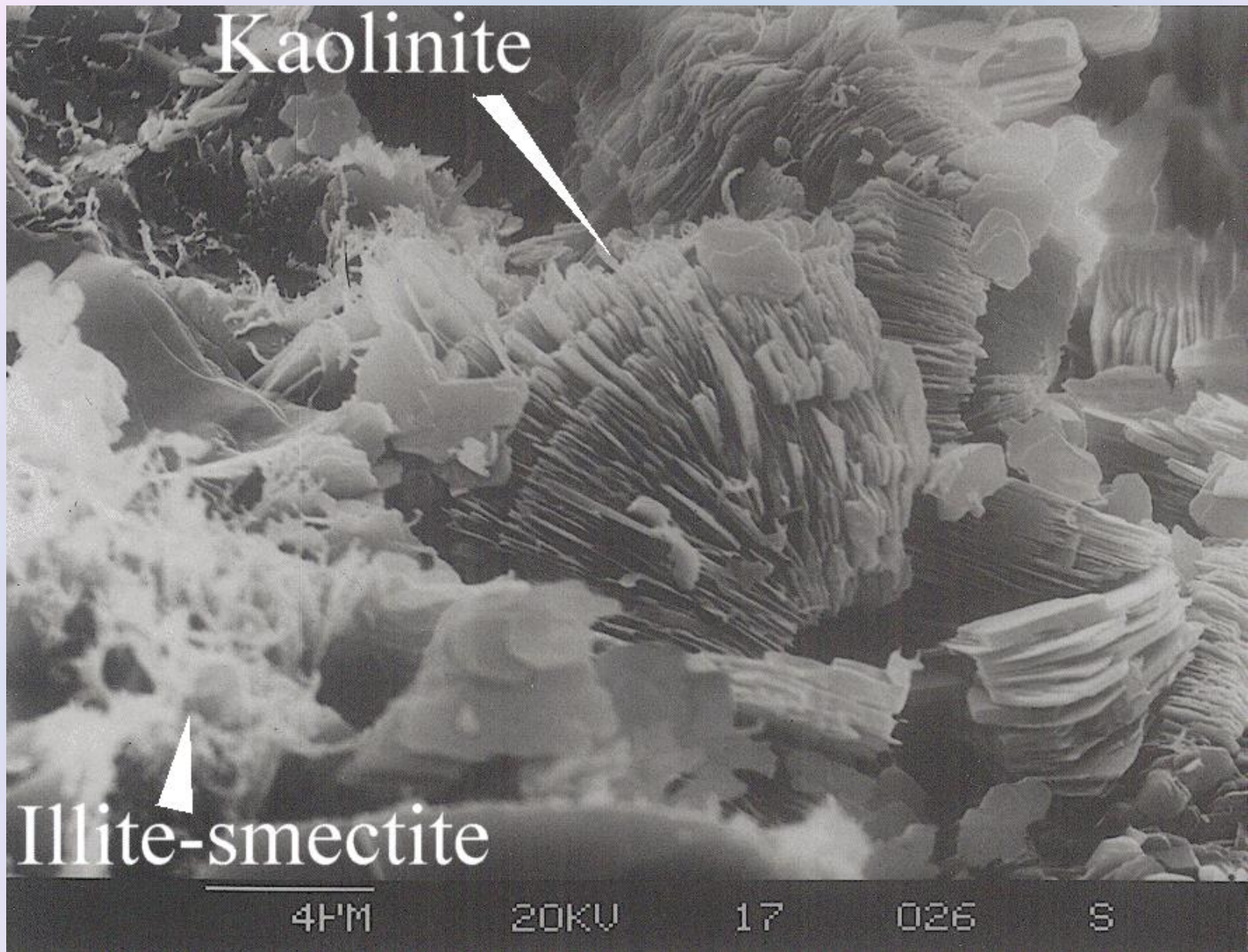
Le dimensioni dei pori sono piccolissime e l'acqua interstiziale può muoversi solo molto lentamente, dando la possibilità all'acqua di entrare in pressione e di portare a rottura il terreno, se adeguatamente sollecitato.

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, dai rapporti geometrici fra le particelle ed eventuali legami, dalla presenza di fluidi interstiziali e dalla storia evolutiva del deposito.

Struttura granulare per diametro dei clasti > 0.002 mm

Struttura lamellare per diametro dei clasti < 0.002 mm (argille)

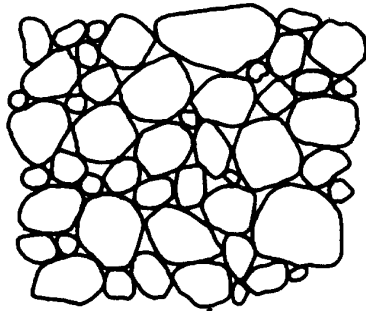


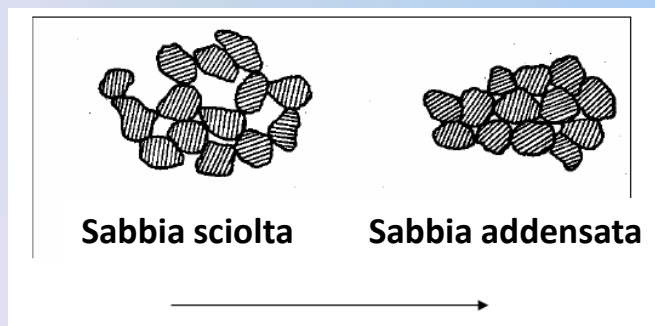
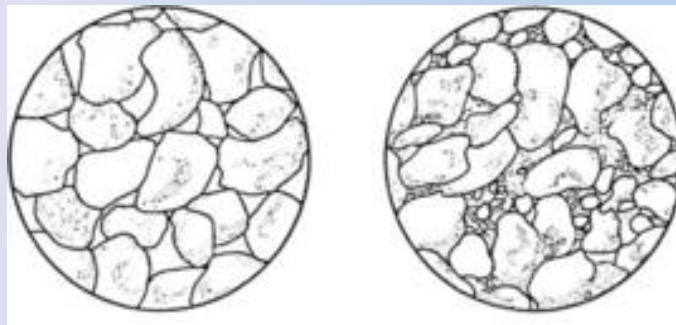
Fig. 1.1 Single grain structure.

Struttura granulare

Le proprietà meccaniche dipendono dall'interazione meccanica fra le particelle.

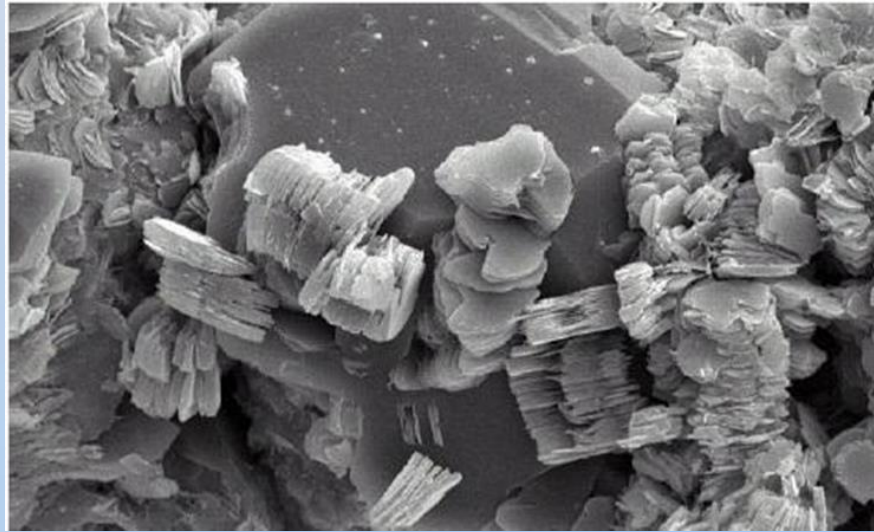
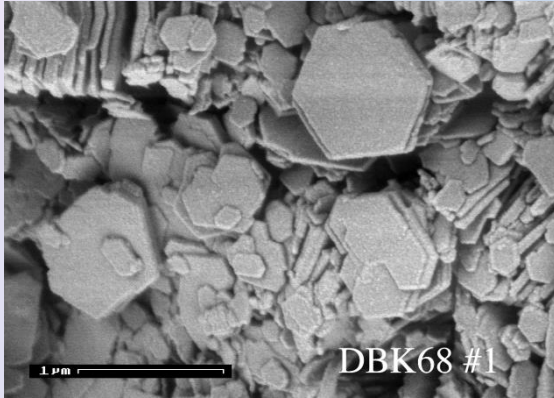
La struttura dipende dalla **distribuzione granulometrica** delle particelle, dalla loro **forma** e dal grado di **addensamento**.

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



Argille

Struttura lamellare delle argille (fillosilicati)

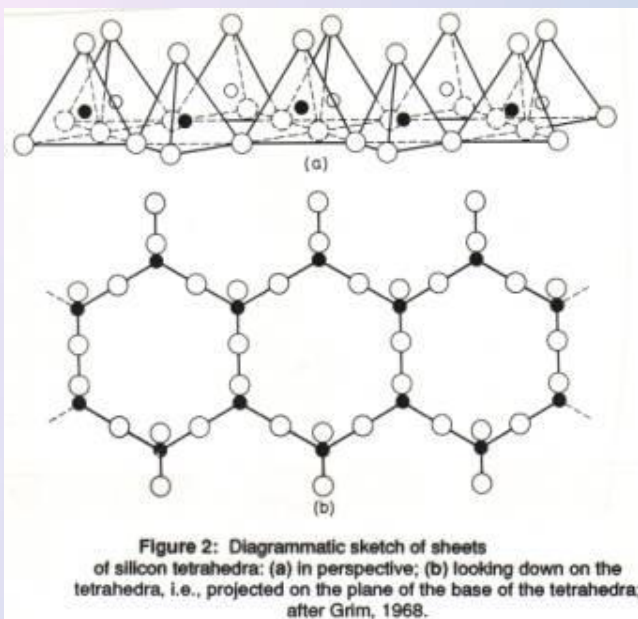


Dal punto di vista chimico, le **argille** sono principalmente composte da **silicati**, **alluminio** e **acqua** in percentuali diverse.

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



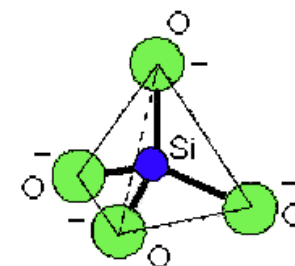
base di numerose varianti.



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.

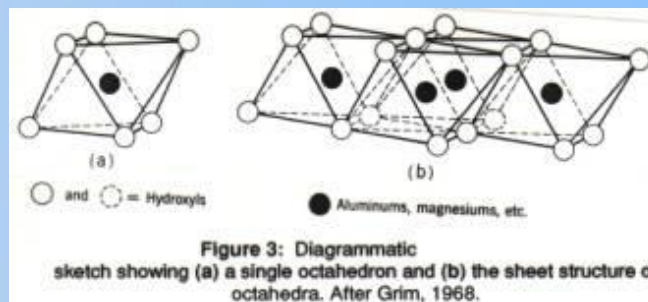
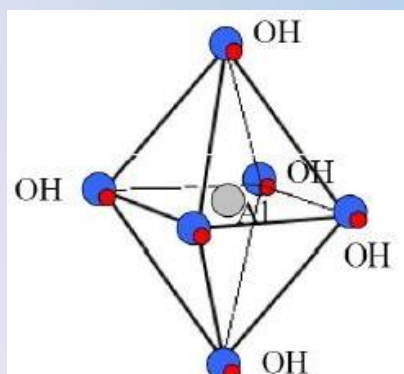
I tetraedri sono collegati in **anelli esagonali** che uniti tra loro formano lo **strato tetraedrico** (silica sheet).

gruppo fondamentale SiO_4

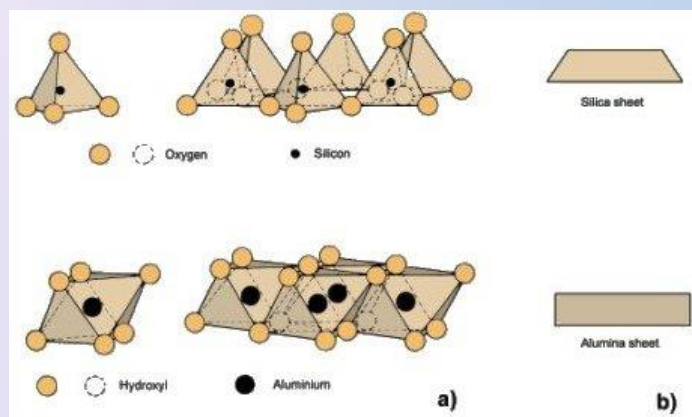


Un altro strato ha come motivo strutturale degli **ottaedri** formati da cationi di alluminio al centro, circondati da due atomi di ossigeno e quattro ioni idrossido (OH).

Anche gli ottaedri sono collegati tra loro in **anelli esagonali** che uniti tra loro formano lo **strato ottaedrico** (alumina sheet).



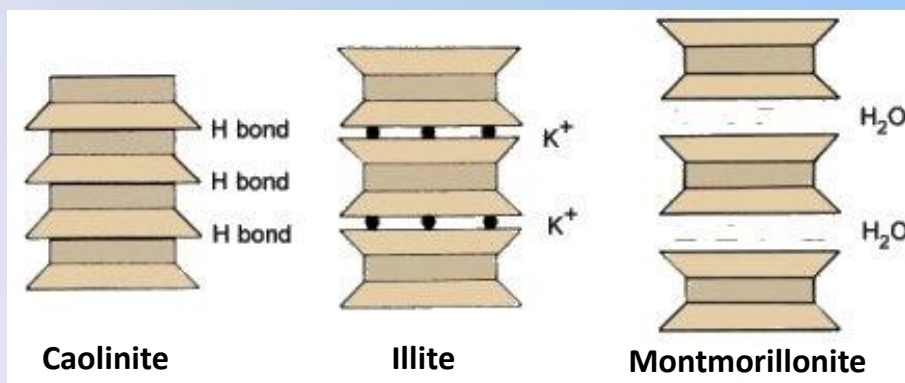
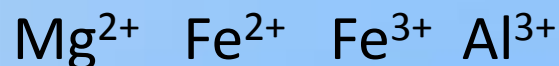
La maggior parte dei minerali argillosi è formata da strati di silice e di allumina disposti a formare delle lamine; il modo in cui questi strati sono messi insieme, con differenti legami e differenti **ioni metallici nel reticolo cristallino**, dà luogo ai differenti minerali argillosi, tra i quali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



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

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



Struttura del reticolo dei principali minerali argillosi basata sulla combinazione dei diversi strati (Craig, 1990)