

Carsismo e speleogenesi:

I meccanismi di formazione delle grotte

Qualche premessa...

Rocce magmatiche-Derivano dalla solidificazione per raffreddamento dei materiali che compongono il mantello terrestre (es. Basalti, graniti...).

Rocce metamorfiche-rocce di altro tipo sottoposte a P e t° tali da alterare la loro struttura cristallina (es. Marmo).

Rocce sedimentarie-Derivano dallo smantellamento dei precedenti tipi e dalla successiva diagenesi (trasformazione in roccia) dei sedimenti risultanti; oppure dalla precipitazione chimica di minerali (es. calcare)

La maggior parte delle grotte è di tipo carsico cioè si sviluppa per dissoluzione in rocce sedimentarie calcaree.

In questa lezione cercheremo di capire come si formano...

Ci sono però anche grotte nella lava o nel ghiaccio, con meccanismi di formazione completamente diversi...

Il Calcare



E' una roccia sedimentaria di origine biogenica, cioè si forma dall' accumulo sul fondo marino di di resti di vari organismi (coralli, conchiglie etc..). L' ambiente è un mare basso, con clima caldo.

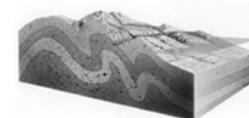
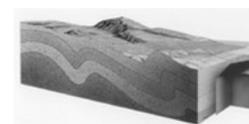
Questi depositi raggiungono centinaia di m di spessore grazie al lento sprofondamento del fondo marino (SUBSIDENZA)

A causa della pressione dovuta al carico i sedimenti si trasformano in roccia (DIAGENESI)

La roccia che si forma è composta essenzialmente da Carbonato di Calcio



L' orogenesi

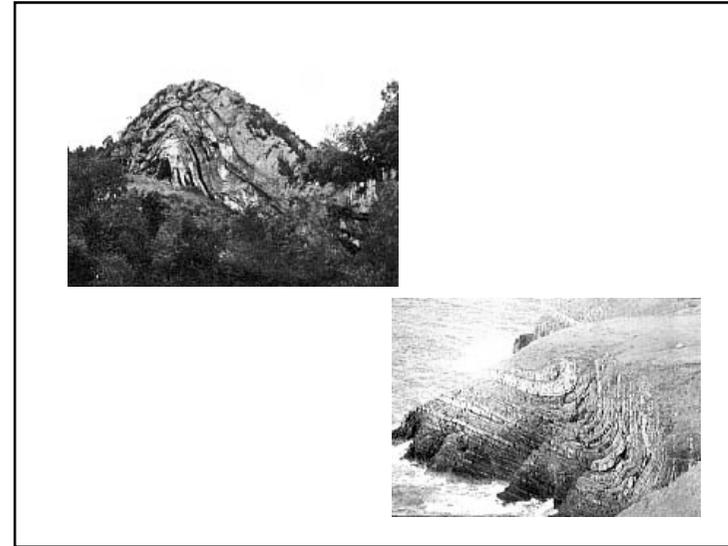
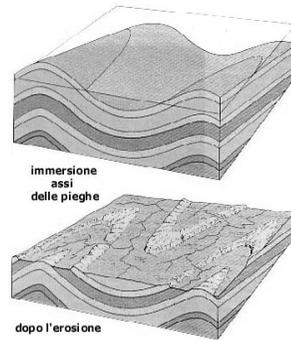


A causa dei movimenti delle zolle che costituiscono la crosta terrestre questi grandi spessori di roccia formatasi in fondo al mare, vengono compressi e sollevati; portando alla nascita delle catene montuose.

Durante l' orogenesi la roccia viene deformata e fratturata a causa dell' enorme pressione raggiunta

Deformazioni elastiche

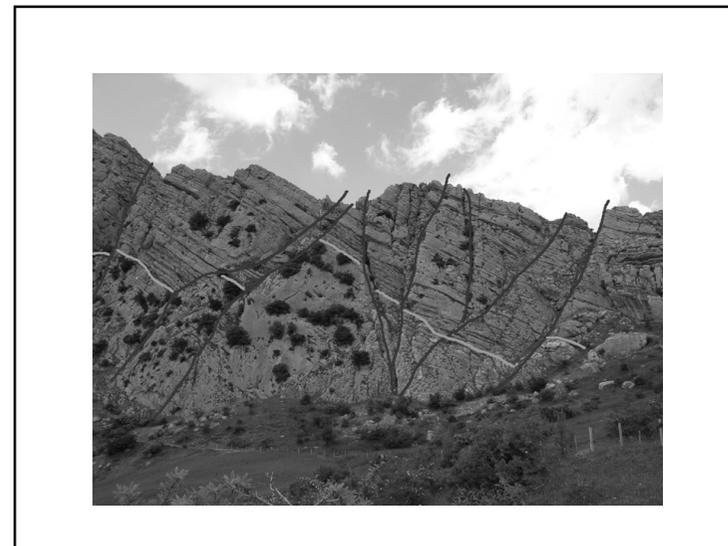
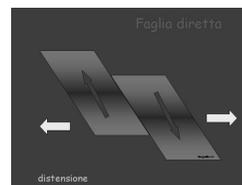
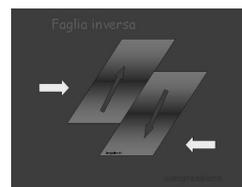
La roccia può anche comportarsi come un materiale duttile: si formano così le pieghe, concave (sinclinali) o convesse (anticlinali)



Deformazioni fragili

La roccia può comportarsi da struttura rigida, le spinte di sollevamento allora creano una fitta rete di fratture, chiamate faglie (se c'è spostamento dei pezzi) o diaclasi (se lo spostamento non c'è)

E' su questa rete di fratture e discontinuità che l'acqua agisce per formare le grotte





...facciamo un esempio...

Le Alpi Apuane
 Geologicamente fanno parte dell' Appennino settentrionale.

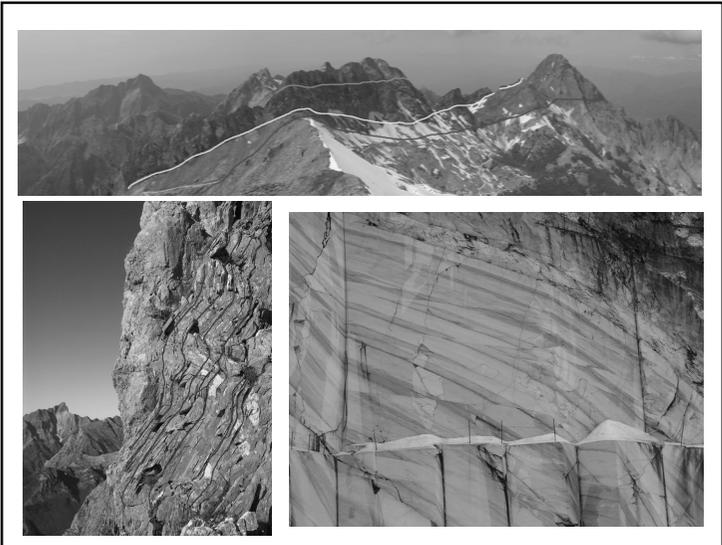
Hanno un basamento paleozoico (420-250 MA) a cui sono sovrapposti i calcari mesozoici-terziari (fase di sedimentazione, 250-30 MA).

L' orogenesi Appenninica e Apuana è avvenuta in due fasi principali:

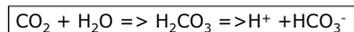
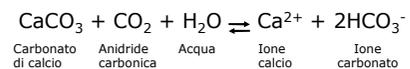
Compressiva- Si ha collisione lungo il margine tirrenico e formazione di una catena a falde sovrapposte. Le parti spinte più in profondità subiscono metamorfismo.

Distensiva- provoca sollevamento ed esumazione delle unità profonde, si formano faglie dirette.

Le Apuane rappresentano le unità strutturali più profonde dell' Appennino Settentrionale. (finestra tettonica)



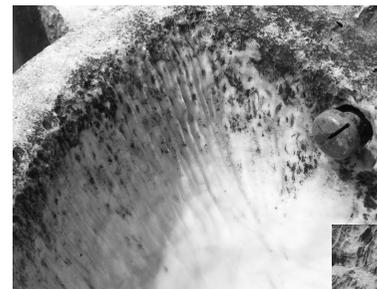
La dissoluzione del calcare



Le acque meteoriche passando attraverso l'atmosfera e il suolo si arricchiscono in anidride carbonica e diventano acide, riescono così ad aggredire il carbonato di calcio, solido, e trasformarlo in bicarbonato di calcio, solubile.



Questa reazione chimica è responsabile del fenomeno carsico



Il carsismo superficiale

Un tipico paesaggio carsico è caratterizzato dalla mancanza di un' idrografia superficiale (l' acqua non scorre all' esterno ma nel sottosuolo) e da una serie di forme caratteristiche che vengono classificate in base alle loro dimensioni in Microforme (scala centimetri-metri) e Macroforme (scala metri ed oltre)

Microforme

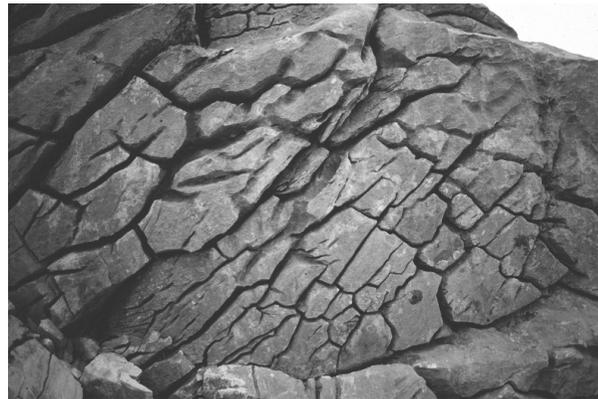
Scannellature



Campi solcati (o Karren)

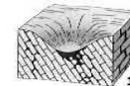


(se di dimensioni ancora maggiori si chiamano docce)



Macroforme

Doline



Di soluzione



Di crollo



Di subsidenza

Depressioni circolari, con uno o più punti di assorbimento idrico

Sono di vario tipo e le loro dimensioni variano da pochi m a molte centinaia di m





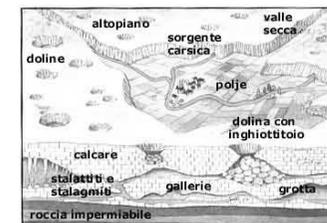
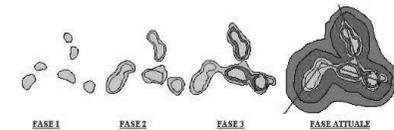
N.B. Gli ingressi di solito si trovano lungo i bordi delle doline, non sul fondo..

Su scala ancora maggiore troviamo

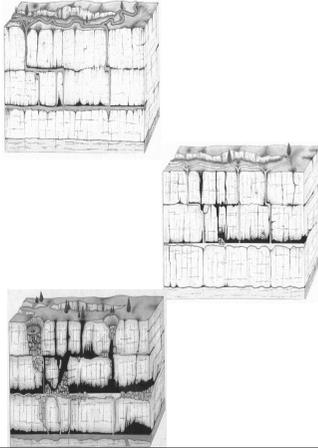
Polje: vastissime doline a fondo piatto, formate in tempi molto lunghi

Valli cieche: Solitamente al passaggio tra rocce impermeabili e calcari

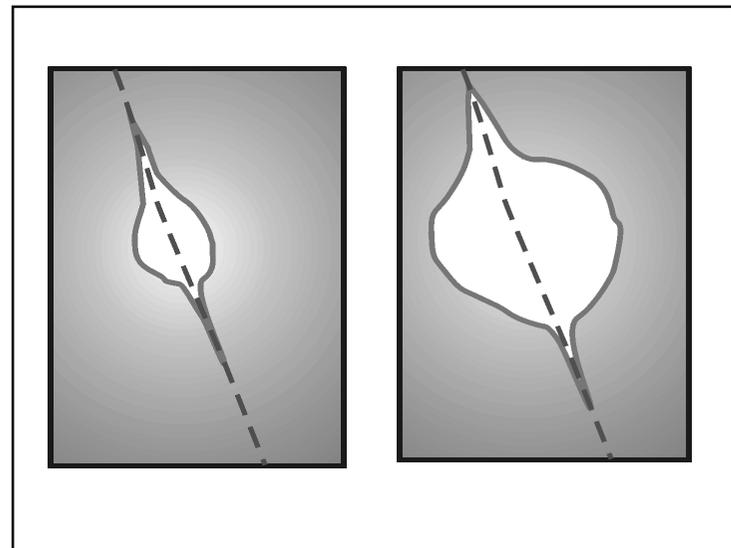
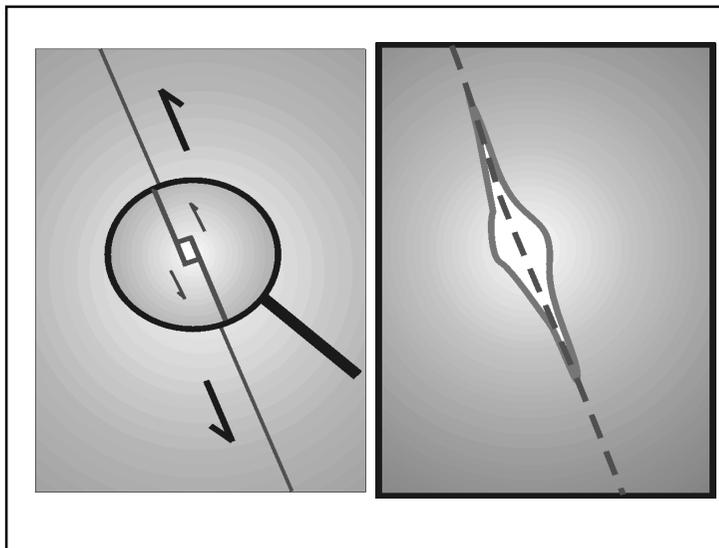
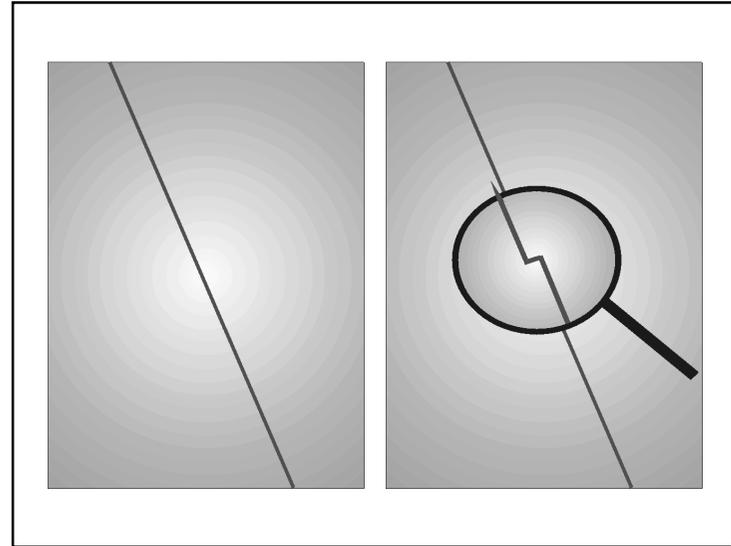
Uvala: Unione di molte grandi doline a formare un' unica valle composta

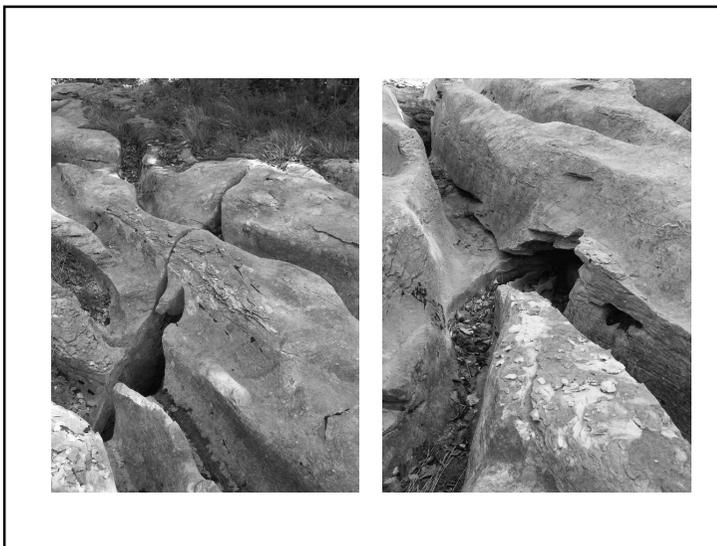
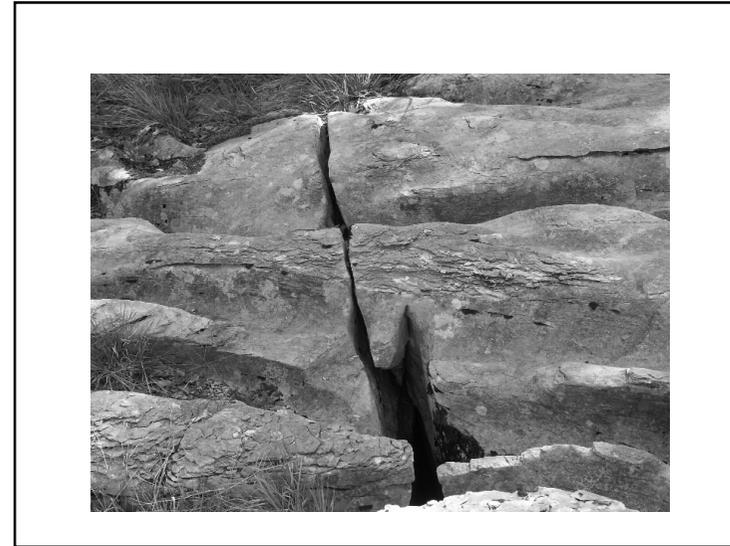
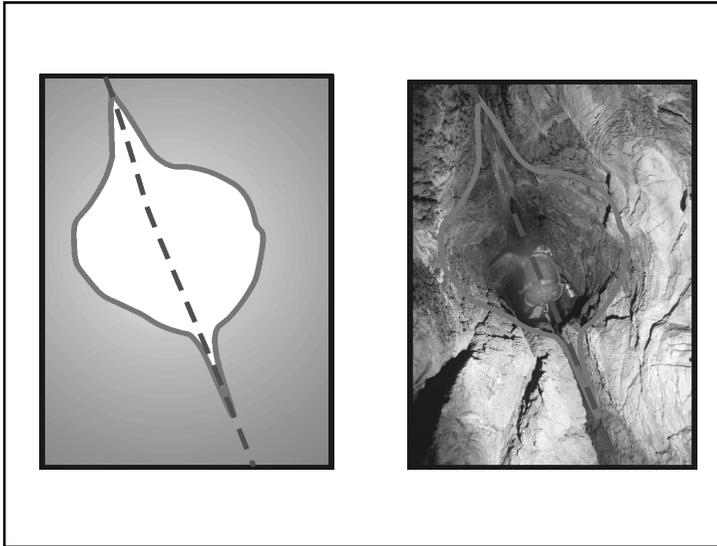


Carsismo profondo



L'acqua penetra nelle fratture preesistenti della roccia e comincia lentamente ad allargarle, scendendo verso il basso i vari rivoli tendono a concentrarsi, formando cavità sempre più ampie, la cui forma e il cui andamento dipendono dalle fratture originali e dal tipo di trasferimento delle acque, orizzontale o verticale





The diagram illustrates the hydrological cycle in a karst system. At the top, 'grotta superficiale' (surface cave) and 'epicarso' (epikarst) are shown. Below them is the 'zona di infiltrazione' (infiltration zone). The water then moves through a 'zona di trasferimento verticale' (vertical transfer zone) to a 'risorgenza' (spring). The 'epifreatico' (epifreatic) zone is also indicated. The base of the system consists of 'roccia impermeabile' (impermeable rock) and a 'falda' (aquifer). A secondary diagram at the bottom shows a cross-section of the ground with 'ZONA INTERMEDIA', 'ZONA VADOSA', and 'ZONA SATURA O FREATICA' layers, with 'base dello spartimento esterno' (external compartment base) and 'Mare' (sea level) marked.

L' acqua penetra nella zona di percolazione (epicarso), comincia a concentrarsi e tende a scendere verso il basso (circolazione vadosa) fino a che non arriva al livello di falda, cioè il livello di base, oltre il quale tutto è sommerso e lo scorrimento avviene in orizzontale (circolazione freatica) fino alla risorgenza, dove le acque interne tornano all' esterno

Uno degli aspetti più affascinanti della speleologia "scientifica" è proprio la ricostruzione dei percorsi sotterranei delle acque...

Tramite l'uso di appositi coloranti (in grotta) e adeguati filtri (alle sorgenti), è possibile capire dove riemergono le acque che piovono in determinate zone.

può sembrare scontato ma non lo è affatto...



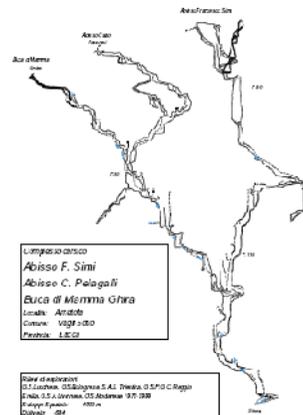
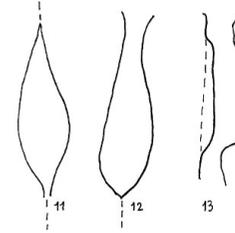
Guardiamo ad esempio le Apuane: la maggior parte dell'acqua che piove sulla Garfagnana torna alla luce in Versilia tramite un numero ristretto di sorgenti!

Questo oggi si sa grazie al lavoro degli speleologi

Morfologie vadose

Zone di trasferimento verticale delle acque

Pozzi e meandri



Le cavità con andamento tipicamente vadoso si chiamano spesso abissi



Morfologia freatica

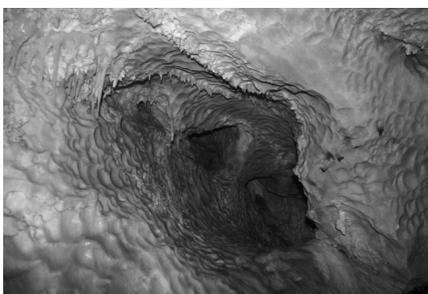
Forme create da acqua che si muoveva prevalentemente in senso orizzontale, riempiendo completamente lo spazio disponibile (scorrimento sotto pressione)



L'andamento della grotta è labirintico, la forma delle gallerie è tendenzialmente circolare



Spesso sulle pareti troviamo "le impronte" lasciate dallo scorrimento sotto pressione dell'acqua:



Sono chiamate "scallops"

In molti casi la variazione del livello di base provoca la sovrapposizione di morfologie freatiche e vadose:

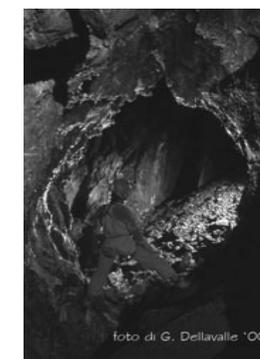
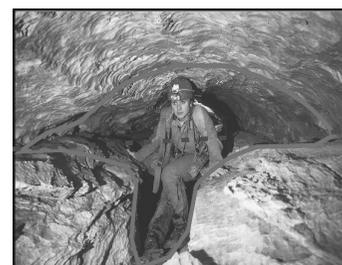
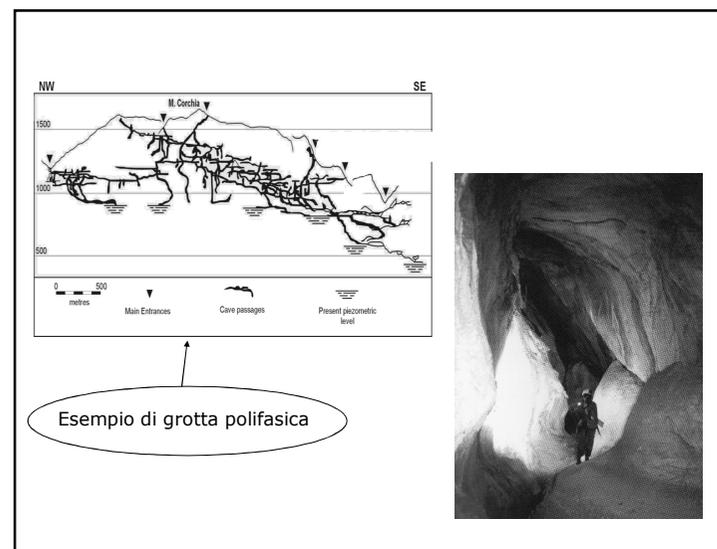


foto di G. Dellavalle '00

In molti casi, l'abbassamento del livello di base (e quindi il passaggio tra freatico e vadoso) è evidenziato da morfologie di crollo.



Anche l'incontro tra gallerie diverse può causare frane e collassi della struttura



Gli speleotemi

Speleotemi è un nome generico che si usa per indicare i depositi chimici che troviamo dentro le grotte.

Stalattiti (dal soffitto al pavimento)

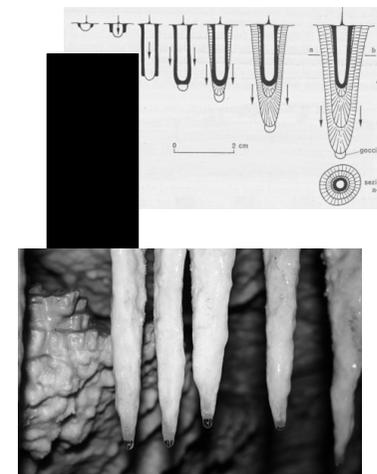
Stalagmiti (dal pavimento al soffitto)

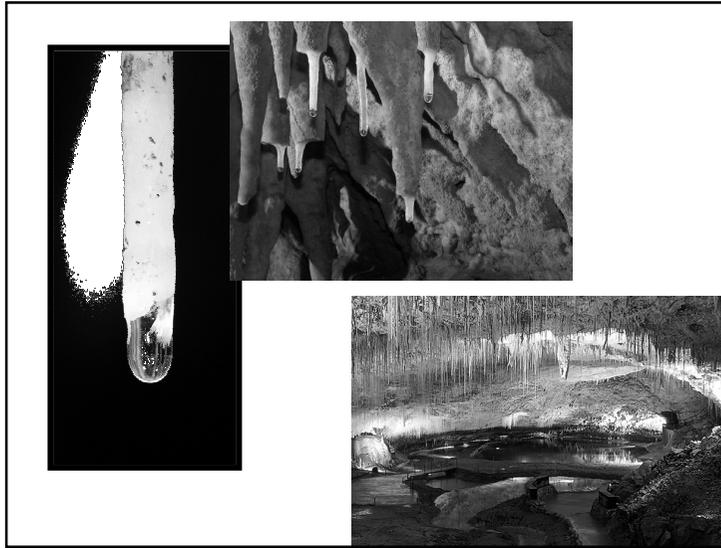
Colate (lungo le pareti o il pavimento)



Questi depositi si formano per degassamento (perdita di CO_2) e precipitazione di carbonato di calcio da acque saturate provenienti dalla zona di percolazione, la loro forma dipende dal modo in cui scorre l'acqua e dalla posizione della frattura da cui esce.

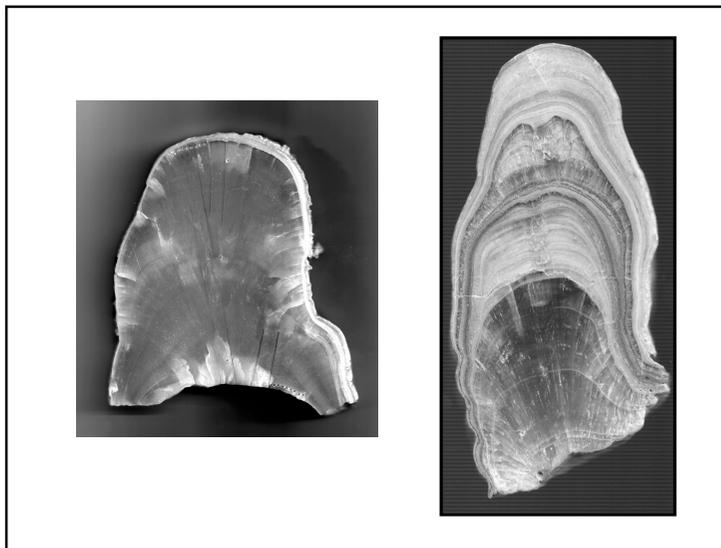
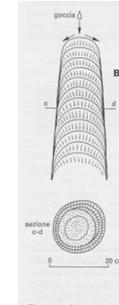
Stalattiti: l'acqua arriva da una frattura posta sul soffitto, ogni goccia prima di cadere depone un anellino di calcite, dalla deposizione di moltissimi anellini deriva uno "spaghetto" che poi (per occlusione del forellino iniziale) comincia ad accrescersi in diametro.





Stalagmiti: La goccia che cade sul pavimento contiene ancora una certa quantità di calcite.

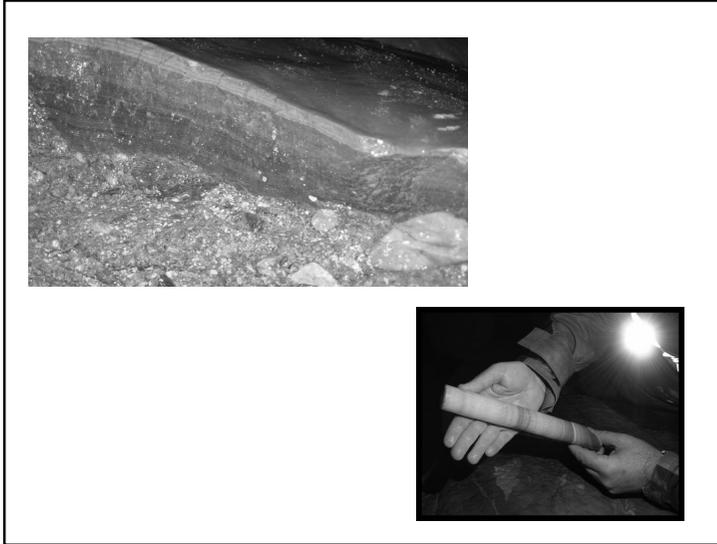
La diversa forma delle stalagmiti dipende, tra l'altro, dalla velocità di gocciolamento



Colate (flowstones)

Le gocce scivolano lungo le pareti o il pavimento, depositando strati sovrapposti di calcite. Il deposito assume la forma della parete che riveste.



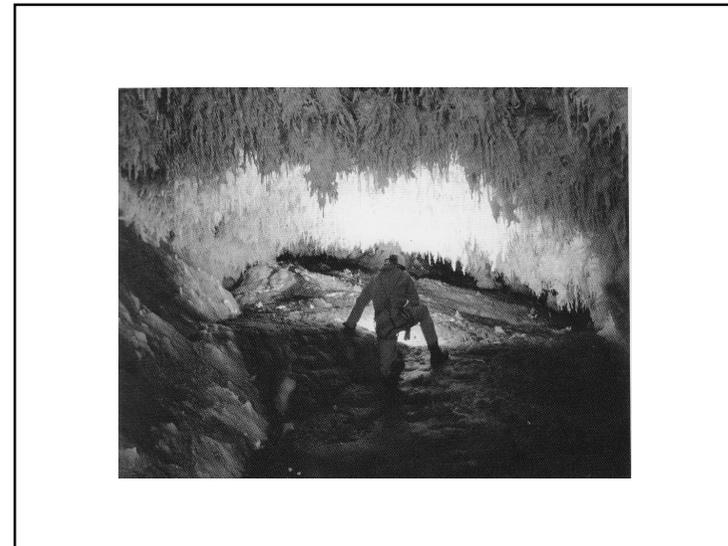
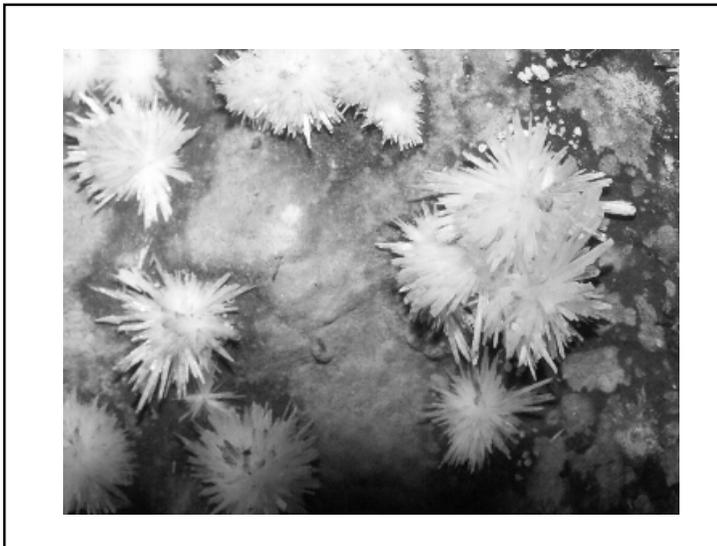
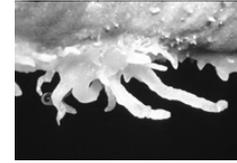


Le eccentriche

Sono un particolare tipo di concrezione, composte sempre da CaCO_3 ma cristallizzato come aragonite anziché come calcite.

Si formano probabilmente in ambienti in cui la precipitazione è veloce e/o si ha assenza di forti correnti d'aria).

Assumono le forme più disparate.



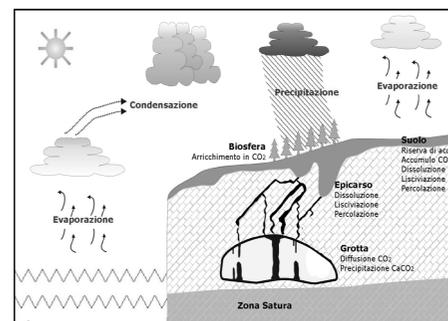
Colori degli speleotemi:

Il carbonato di calcio (CaCO_3) di per sé è bianco ma gli speleotemi possono assumere vari colori quando insieme al carbonato nell'acqua di formazione troviamo altre sostanze disciolte.

Le più comuni sono gli ossidi di ferro, che danno colori dal giallo al rosso, gli ossidi di manganese e le sostanze organiche, che danno colori dal marrone fino al nero.



Speleotemi e ciclo idrogeologico



Le acque che formano gli speleotemi acquisiscono le loro caratteristiche chimiche ed isotopiche all'interno del ciclo idrogeologico. Poiché esso è controllato essenzialmente dal clima, studiando queste acque si possono ricavare informazioni sulle condizioni ambientali esistenti al momento della precipitazione: area di provenienza delle precipitazioni, caratteristiche della massa d'aria (temperatura, umidità...) ma anche attività biologica del suolo e interazioni aria-acqua-roccia all'interno del sistema.

Tutte queste informazioni portate dalle acque rimangono anche conservate nella calcite depositata

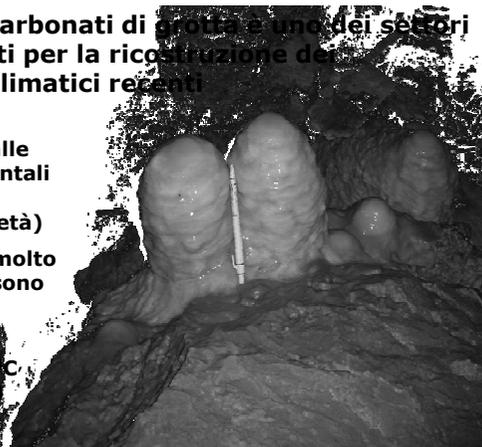
Speleotemi e Paleoclimatologia

Lo studio dei carbonati di calcio è uno dei settori più promettenti per la ricostruzione dei cambiamenti climatici recenti

- Sono sensibili alle condizioni ambientali ("registrate" da numerose proprietà)

-Coprono tempi molto lunghi e spesso sono eccellentemente conservati

-Sono databili con le serie dell'Uranio



Cenni di meteorologia ipogea

Temperatura

In grotta è COSTANTE in ogni periodo dell'anno e corrisponde, grosso modo, alla media annuale delle temperature esterne (all'ingresso)

La variabilità climatica tra un anno e l'altro non influisce sul clima interno

I tempi di risposta dei sistemi carsici sono lenti: la temperatura interna cambia nell'ordine delle centinaia-migliaia di anni, per cambiamenti climatici profondi e continuati all'esterno.

Umidità:

In grotta l'umidità relativa è quasi sempre intorno al 100%

L'umidità relativa è il rapporto percentuale tra il valore dell'umidità assoluta dell'aria ed il massimo valore raggiungibile alla temperatura dell'atmosfera che si considera. In tal modo, se l'umidità relativa è del 100% significa che si è al grado di saturazione; cioè in quel determinato ambiente, cioè in quella certa grotta che abbiamo in esame ipoteticamente, sotto forma di vapore non potrebbe esser contenuto nessun ulteriore quantitativo di acqua: oltre tale limite abbiamo il fenomeno della condensazione dell'acqua sulla roccia della caverna.



Circolazione dell'aria

Le correnti d'aria in movimento nelle grotte sono estremamente importanti per la conoscenza della cavità e per conoscere con una certa approssimazione l'andamento generale: se vi possono essere altre uscite oppure se certi passaggi sifonati sono percorribili o meno.

Si distinguono due tipi di circolazione dell'aria:

estiva e invernale.

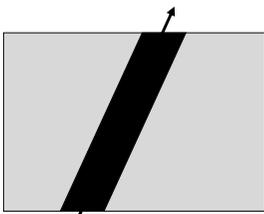
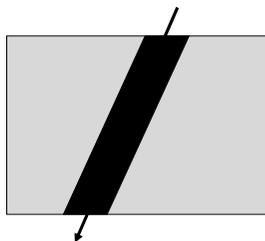
Consideriamo il caso di una grotta con due ingressi, il più comune dalle nostre parti...

(N.B. Uno dei due può essere sconosciuto e di piccole dimensioni)

ESTATE:

L'aria dentro la grotta è più fredda di quella esterna, quindi è più pesante e tende a scendere verso il basso

-Gli ingressi alti **ASPIRANO**
-gli ingressi bassi **SOFFIANO**



INVERNO:

L'aria dentro la grotta è più calda di quella esterna, quindi è più leggera e tende a salire verso l'alto

-Gli ingressi alti **SOFFIANO**
-gli ingressi bassi **ASPIRANO**

La lezione è finita e ora potete anche abbandonarvi al sonno...

