



*Carsimo pt. 1:*  
*Il processo carsico  
e le forme epigee*

Pieruccioni Diego

[diegopieruccioni@isprambiente.it](mailto:diegopieruccioni@isprambiente.it)

# Introduzione al carsismo e al paesaggio carsico



## Il processo carsico



## Le macroforme epigee



## Le microforme epigee



# Il paesaggio

Come primo passo, è bene precisare il concetto di **paesaggio**.

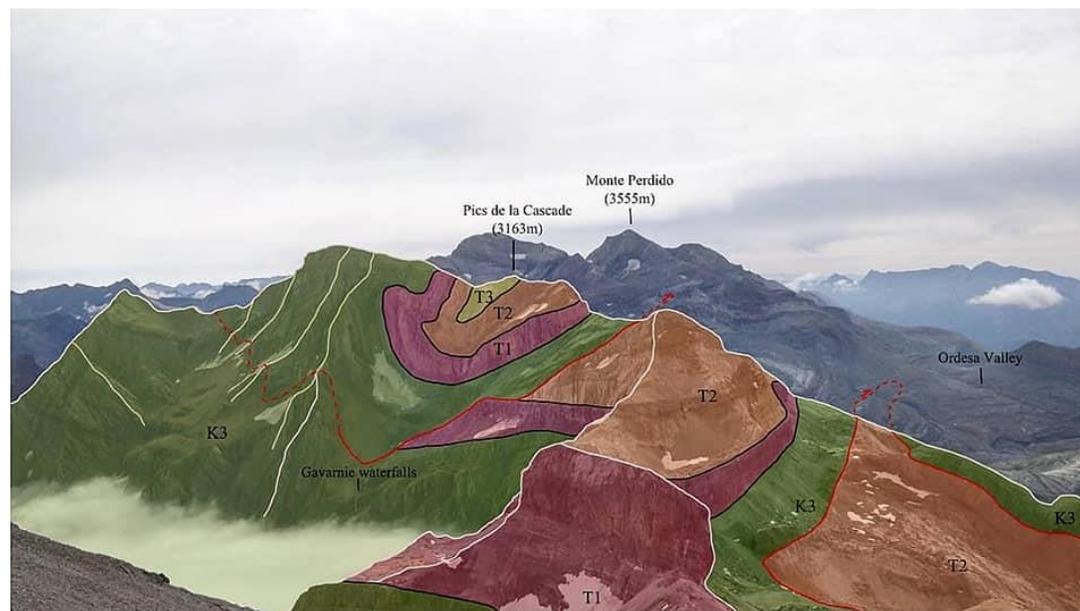
Secondo una delle concezioni più comuni, paesaggio è l'espressione sensibile di un ambiente, cioè **il modo "soggettivo" nel quale l'uomo percepisce lo scenario che lo circonda**, comunemente detto anche panorama.

Secondo la **geografia fisica**, paesaggio è **l'insieme di elementi che costituiscono lo scenario di una porzione della superficie terrestre** a partire dal substrato geologico, comprendendo le forme del rilievo, il suolo che le ammanta, l'acqua, la vegetazione e gli animali che su questa si muovono, e anche gli elementi introdotti dall'uomo, come i sentieri e le strade, le case, e tutti quei segni che risultano dal rapporto uomo-ambiente.

Cosa vede l'escursionista



Cosa vede il geologo



## Il paesaggio come insieme di elementi

Un paesaggio geografico può essere analizzato scomponendolo nei suoi elementi costituenti e descrivendo questi elementi dal punto di vista qualitativo e quantitativo e nelle loro reciproche inter-relazioni.

Così, di un paesaggio come quello delle foto, possono essere studiati e descritti la **componente geologica**, le forme del **rilievo**, l'**idrografia**, il **clima**, il **suolo**, la **vegetazione**, la fauna e tutte le strutture e le forme create dall'uomo.

Alpi Apuane



Pirenei



Isola Asinara



# Il paesaggio carsico

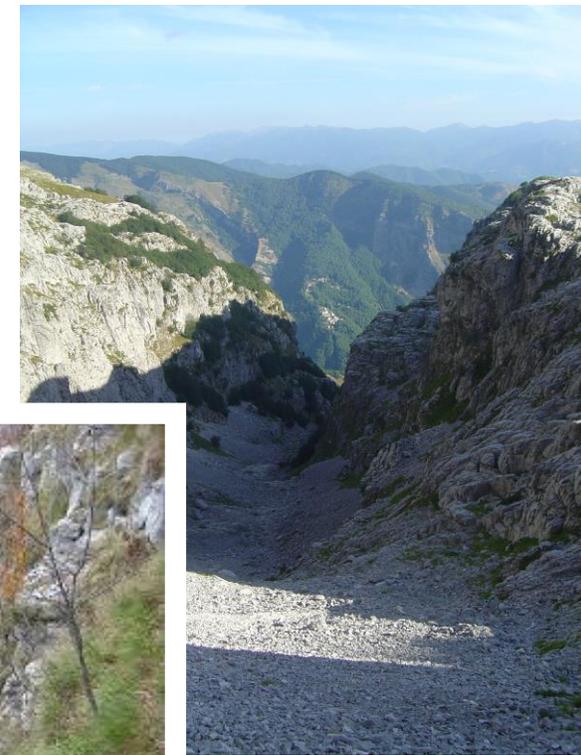
A questo punto ci si può chiedere che cos'è che permette di aggiungere al sostantivo "paesaggio" l'aggettivo "carsico".

Sono tipici, anche se non sempre esclusivi dei paesaggi carsici, uno o più dei seguenti attributi:

- ❖ l'assenza o scarsità di un'idrografia superficiale (corsi d'acqua, laghi ecc...), pur in un regime climatico caratterizzato da un coefficiente di deflusso positivo (cioè da precipitazioni superiori all'evaporazione);
- ❖ la presenza di frequenti forme carsiche tipiche, come le conche chiuse, di norma non riempite da corpi d'acqua;
- ❖ la presenza di varchi naturali che permettono di accedere a cavità sotterranee: le grotte.



Assenza reticolo idrografico e ingressi di grotte (Alpi Apuane)



Assenza reticolo idrografico



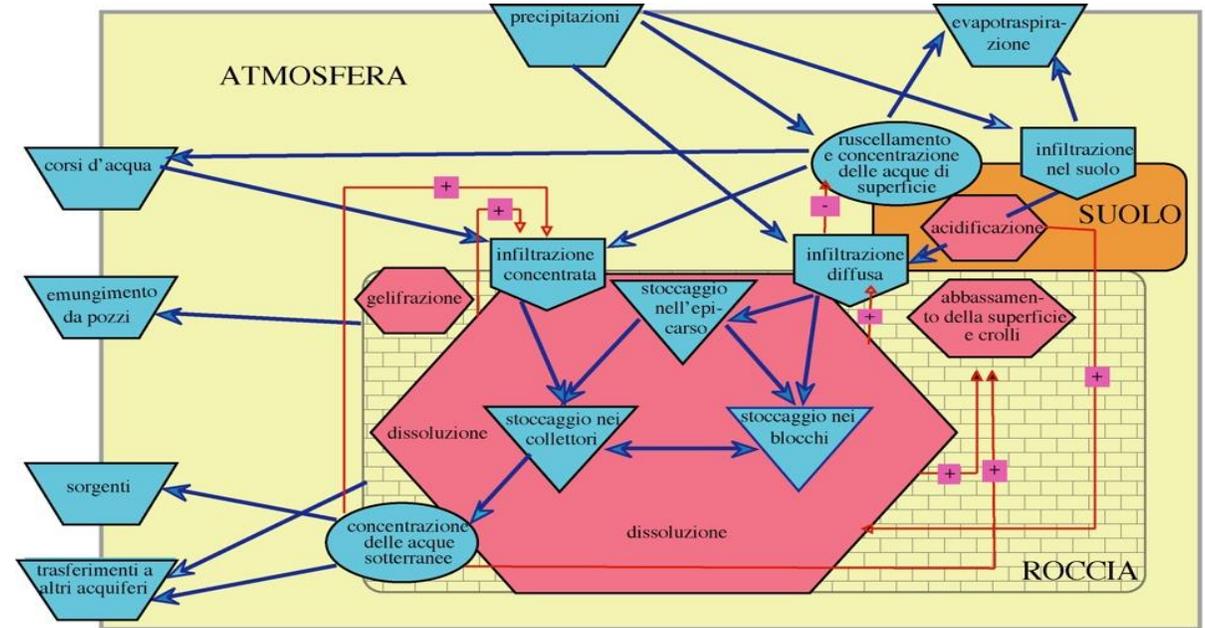
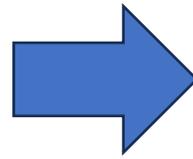
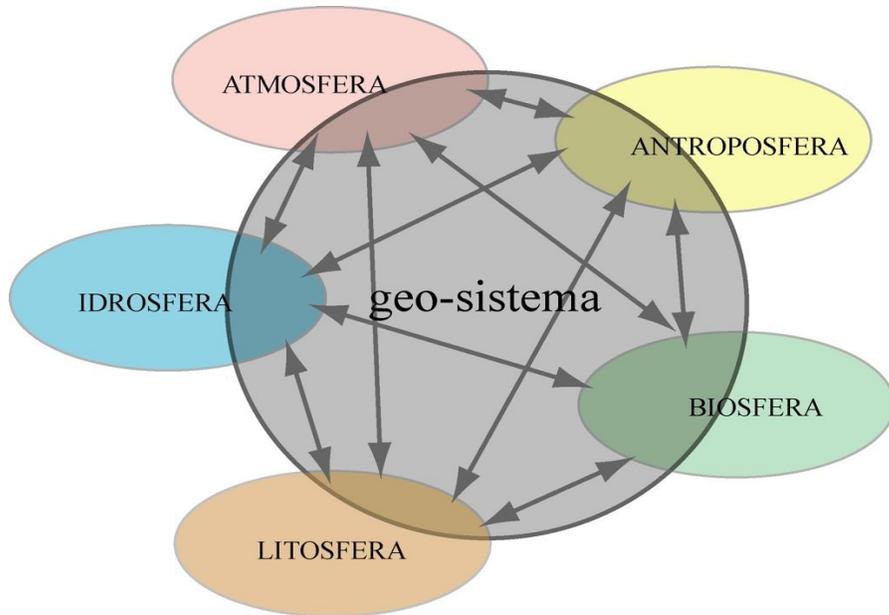
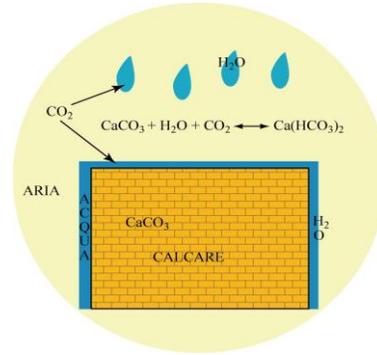
Doline (Alpi Apuane)



Scannellature (Alpi Apuane)

# Il paesaggio come frutto di un processo

Un paesaggio può essere ritenuto carsico se nella sua evoluzione ha giocato un ruolo importante il “**processo carsico**”, e quindi il processo di **disoluzione della roccia da parte dell’acqua di deflusso**, o meglio da parte delle soluzioni naturali; soluzioni che risultano dagli **interscambi** fra l’acqua, l’atmosfera, la biosfera, il suolo e la roccia.



### LEGENDA

- limiti del sistema
- input-output
- flussi
- ambienti - filtri
- infiltrazioni di flussi
- concentrazioni di flussi
- retroazioni positive (+) e negative (-)
- stoccaggio
- reazioni fisiche e/o chimiche



# Quando avviene il processo carsico?

Il processo carsico avviene:

- ❖ in presenza di **rocce solubili**: rocce evaporitiche (gesso, salgemma), rocce carbonatiche (calcari, dolomie, marmi ...);
- ❖ in presenza di **acqua**: zone temperate e tropicali (attuali o passate). Al di sopra del circolo polare artico l'acqua, generalmente, è sempre presente sotto forma di ghiaccio;
- ❖ in presenza delle **condizioni strutturali e tessiturali adatte**: (i) porosità secondaria (diaciasi, fratture, stratificazione ...); (ii) permeabilità (capacità di lasciar passare l'acqua).



Dissoluzione in **marmi** (Alpi Apuane)



Dissoluzione in **marmi** (Alpi Apuane)



Corso d'**acqua** in grotta (Alpi Apuane)



Intensa **fratturazione** in **marmi** (Alpi Apuane)

# La dissoluzione

Tutte le rocce, in un certo senso, sono solubili in acqua!

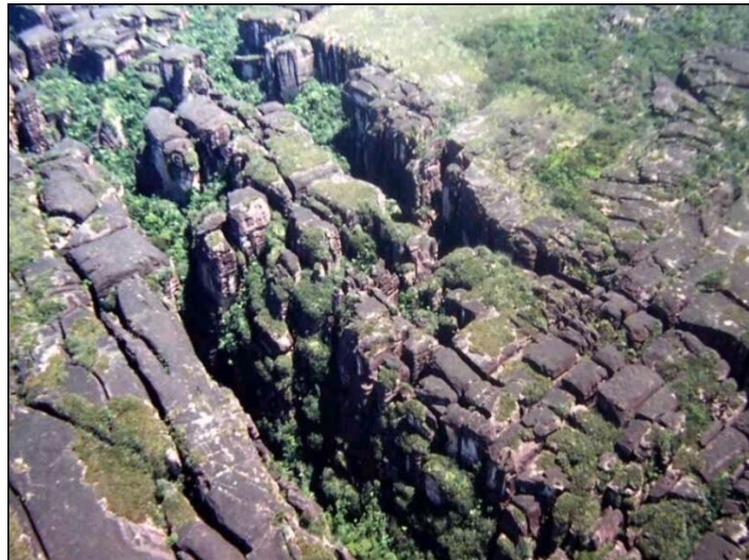
MA

solo alcune portano, in certe condizioni morfo-climatiche, allo sviluppo del tipico assetto idrologico e di forme carsiche:

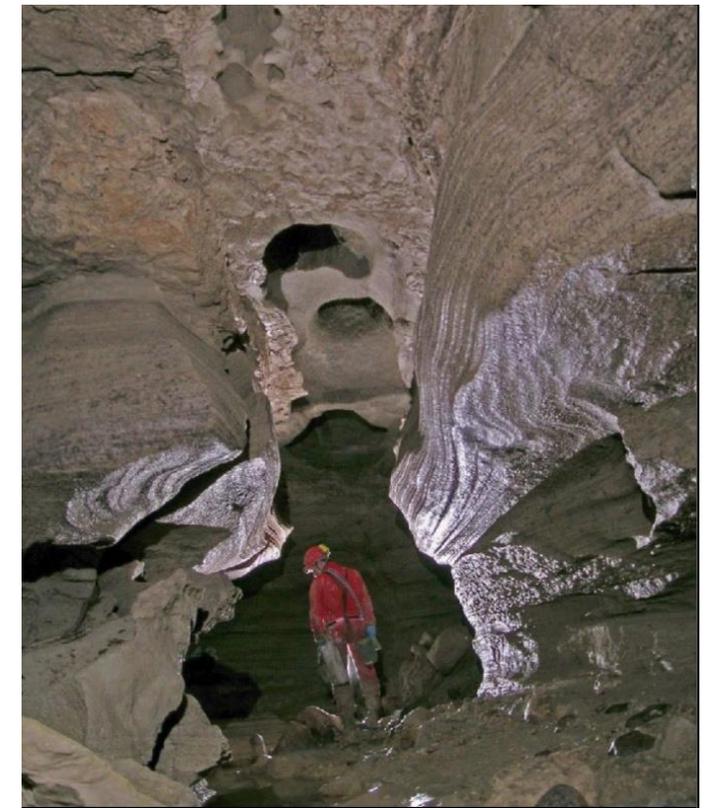
- ❖ rocce carbonatiche (composte da calcite, dolomite etc...);
- ❖ rocce evaporitiche (composte da salgemma, gesso, anidrite ecc...);
- ❖ quarziti o arenarie (composte da quarzo).



Dolina di crollo in una discarica di sale (Sicilia; da U. Sauro)



Dissoluzione in quarziti (Venezuela; da La Venta)



Cupole scolpite nel soffitto marnoso che è intercalato nella formazione gessosa nell'Inghiottitoio di Monte Conca, Sicilia, Italia (da M. Vattano)

# La solubilità dei minerali in acqua

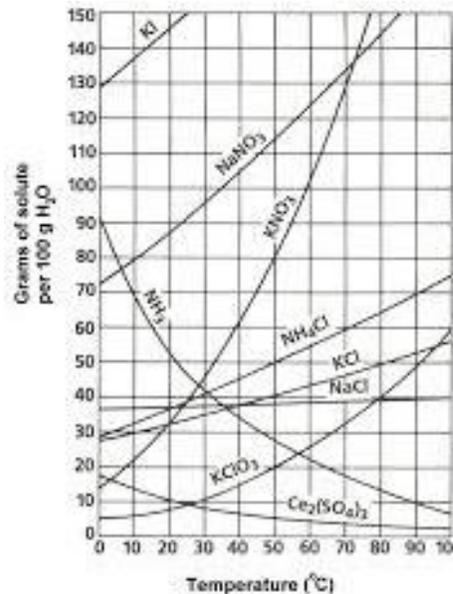
Con piccole quantità di CO<sub>2</sub> disciolto (P<sub>co2</sub> = 0,001 bar) e a temperatura di 25°C diversi minerali sono più o meno solubili:

- ❖ calcite (CaCO<sub>3</sub>): 14 mg/l
- ❖ dolomite (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>): 12 mg/l
- ❖ quarzo (SiO<sub>4</sub>): 8 mg/l
- ❖ gesso (CaSO<sub>4</sub> \* 2H<sub>2</sub>O): 2400 mg/l
- ❖ salgemma (NaCl): 360000 mg/l

Quando invece la P<sub>co2</sub> è più alta (0,1 bar), alla stessa temperatura la solubilità dei carbonati aumenta di diversi ordini di grandezza:

- ❖ calcite (CaCO<sub>3</sub>): 400 mg/l
- ❖ dolomite (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>): 300 mg/l

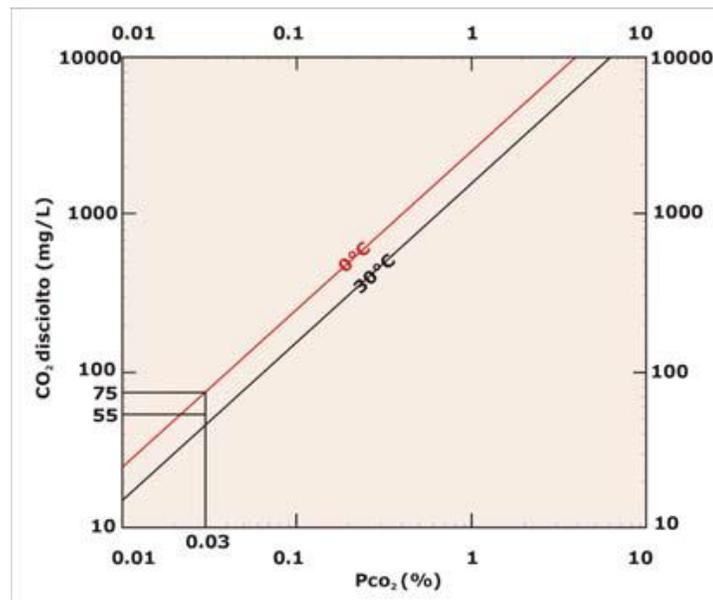
mentre quella degli altri minerali non varia.



## SOLUBILITY OF THE ACIDS, HYDROOXIDES AND SALTS IN WATER

P soluble    H insoluble    M less soluble    - do not exist or dissolve in water

anions	cations																					
	H <sup>+</sup>	Li <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Rb <sup>+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	
OH <sup>-</sup>		P	P	P	P	P	M	H	H	H	H	H	H	H	H	H	-	-	H	H	H	H
F <sup>-</sup>	P	H	P	P	P	M	H	H	P	P	M	H	H	M	M	M	P	H	H	P	H	H
Cl <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P	P
Br <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P	P
I <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P	P	P	H	H	H	M	-	-
S <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	-	-	H	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	H	H	H	-	-	H	-	H	H	H	H	H	-	H	-	-	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	H	M	P	P	P	P	P	P	P	P	P	M	P	H	P	P	P
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	P	H	P	P	P	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	H	H	H	-	-	H	-	H	H	H	H	H	-	H	H	H	H
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	H	P	P	P	-	H	H	H	-	-	H	-	-	-	H	H	-	-	H	-	-	H
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	M	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

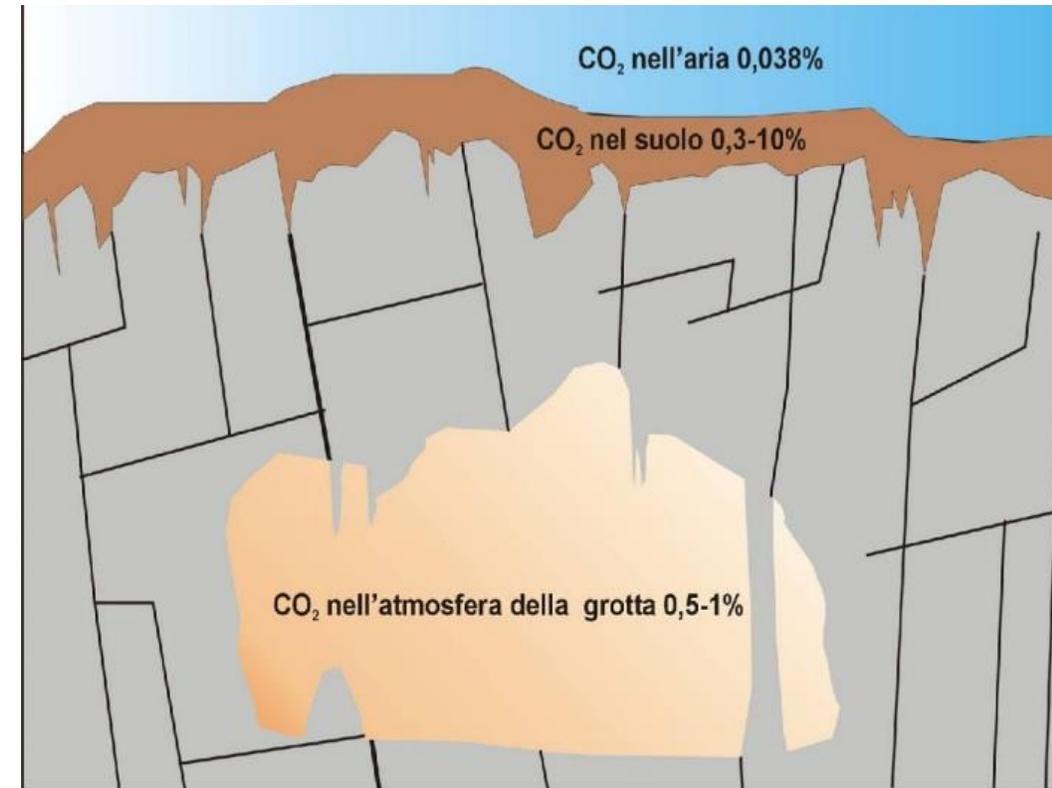
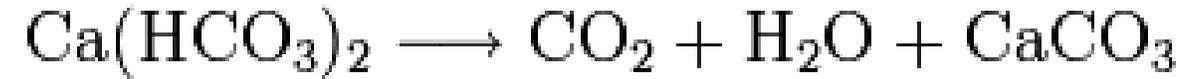


## Il ruolo della CO<sub>2</sub> nel processo di dissoluzione

La solubilità della calcite (CaCO<sub>3</sub>) in acqua pura a 25°C è intorno a 14 mg/L, quindi soltanto di poco superiore alla solubilità del quarzo (ca. 8 mg/L).

In natura l'elevata solubilità delle rocce carbonatiche è imputabile alla presenza di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) che, andando in soluzione nell'acqua (H<sub>2</sub>O), forma l'acido carbonico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) che, a sua volta, dissocia contribuendo a rendere acida la soluzione con la produzione di protoni (H<sup>+</sup>).

L'anidride carbonica è presente nell'atmosfera e nell'aria contenuta nel suolo. La sua concentrazione in una miscela di gas viene normalmente espressa in Pressione parziale di CO<sub>2</sub> (in percentuale).



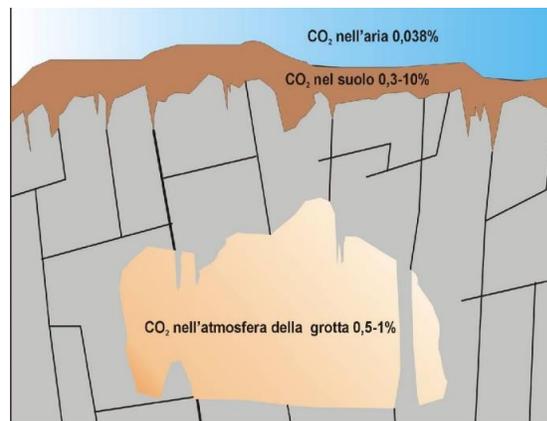
# Da dove arriva la CO<sub>2</sub>?

Il suolo è indubbiamente la più importante fonte di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) che rende le acque aggressive nei confronti delle rocce carbonatiche.

La quantità di CO<sub>2</sub> in un suolo dipende da una serie di fattori:

- ❖ la porosità del suolo;
- ❖ l'attività biologica;
- ❖ la temperatura;
- ❖ la presenza dell'acqua;
- ❖ la profondità.

Da questo si deduce facilmente che la quantità di CO<sub>2</sub> nei suoli dipende largamente dal tipo di substrato e di suolo, dal clima e dalla stagione. In suoli ben sviluppati le attività biologiche, responsabili per la produzione della CO<sub>2</sub>, sono molto intense soprattutto nell'orizzonte B.

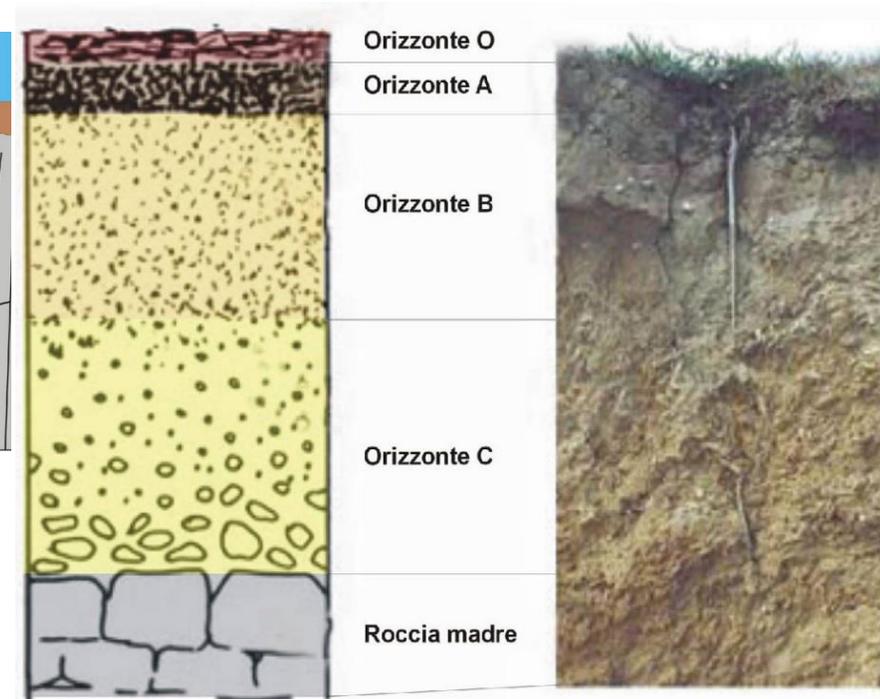


Quali sono i valori di anidride carbonica?

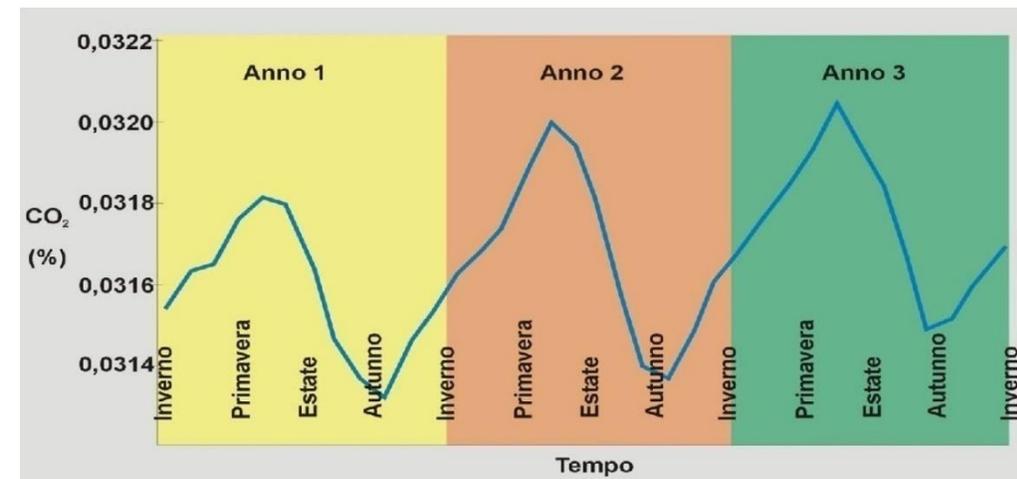
Aria  
circa **0,038%**

Suolo  
0,1-15%  
(media **0,3-10%**)

Grotta  
**0,5-1%**  
(2-20 volte superiore alla concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera!)



Profilo stratigrafico di un suolo



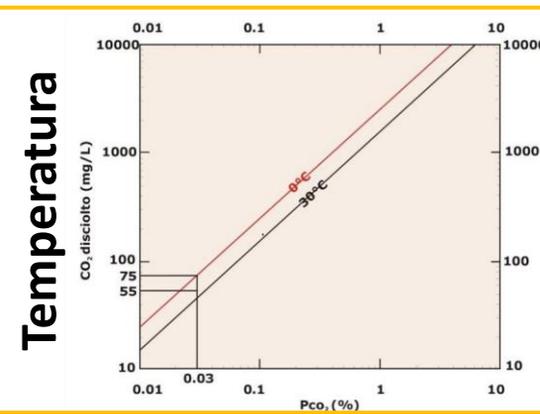
Variazione della CO<sub>2</sub> nel suolo durante l'anno

# La dissoluzione e la CO<sub>2</sub>: è tutto qua?

Valori più alti di CO<sub>2</sub> aumentano il potere solvente dell'acqua, verissimo, ma esistono altri fattori che influiscono, sia direttamente sia indirettamente, sulla solubilità di un carbonato in acqua.

Questi fattori sono:

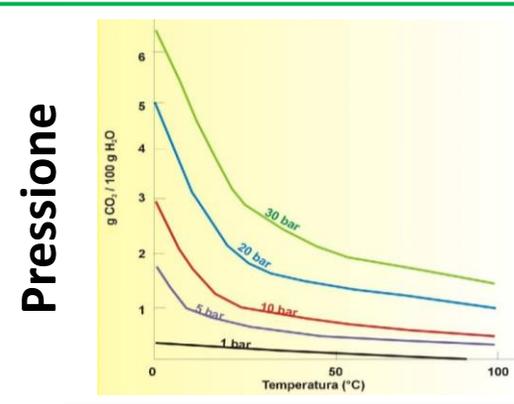
- ❖ temperatura;
- ❖ pressione;
- ❖ altri acidi (piogge acide, acidi organici, ossidazione di metalli ecc ...);
- ❖ ione comune;
- ❖ forza ionica;
- ❖ accoppiamento ionico;
- ❖ miscelazione;
- ❖ elementi in tracce.



Con P<sub>CO<sub>2</sub></sub> = 0,03% a 25°C si sciolgono 55 mg/L di CaCO<sub>3</sub> nell'acqua.

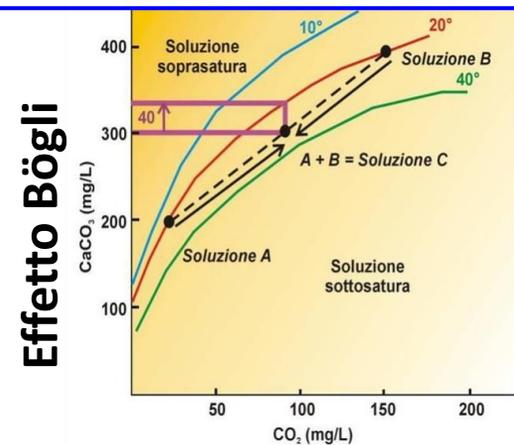
Abbassando la temperatura di 25°C tale valore aumenta fino a 75 mg/L.

Questo è dovuto al fatto che la CO<sub>2</sub> è più solubile in acqua a temperatura più bassa.



Un aumento nella pressione idrostatica fa incrementare la solubilità della CO<sub>2</sub> e conseguentemente del carbonato in acqua.

Questo processo è significativo nelle prime centinaia di metri dell'acquifero, con aumenti della solubilità di circa 6 mg/L per ogni 100 metri di colonna d'acqua.



Il mescolamento di due soluzioni sature a una certa temperatura porta a una nuova soluzione sottosatura alla stessa temperatura e quindi aggressiva (potrà sciogliere ulteriore calcare).

Soluzione A: 20 mg/L CO<sub>2</sub> → 200 mg/l CaCO<sub>3</sub>

Soluzione B: 150 mg/L CO<sub>2</sub> → 400 mg/l CaCO<sub>3</sub>

Miscela (Soluzione C): 85 mg/L → 300 mg/l

In grado di sciogliere circa altri 40 mg di calcare!

# Le discontinuità litologiche

Le discontinuità presenti in un ammasso roccioso influenzano, e per certi aspetti guidano, il processo carsico. Possono essere di tre tipi:

- ❖ **stratificazione**: superfici primarie di deposizione;
- ❖ **fratturazione**: superfici secondarie prodotte per rottura meccanica;
- ❖ **clivaggio/scistosità**: superfici secondarie in rocce deformate prodotte da sforzi di taglio e/o compressivi (es. calcari metamorfici).



Stratificazione in metadolomie (Alpi Apuane)



Faglia in marmi (Alpi Apuane)



Scistosità in marmi (Alpi Apuane)

# Le forme carsiche

Le macroforme carsiche si intendono quelle **forme presenti in superficie all'interfaccia litosfera/atmosfera.**

Un ponte naturale, o l'imboccatura di una grotta sono forme superficiali, anche se la grotta è prevalentemente una forma sotterranea.

Una forma superficiale può essere definita **carsica se è la conseguenza diretta o indiretta del processo carsico,** cioè del processo di dissoluzione della roccia da parte delle soluzioni acquose.



Dolina (Slovenia; da U. Sauro)



# La dolina

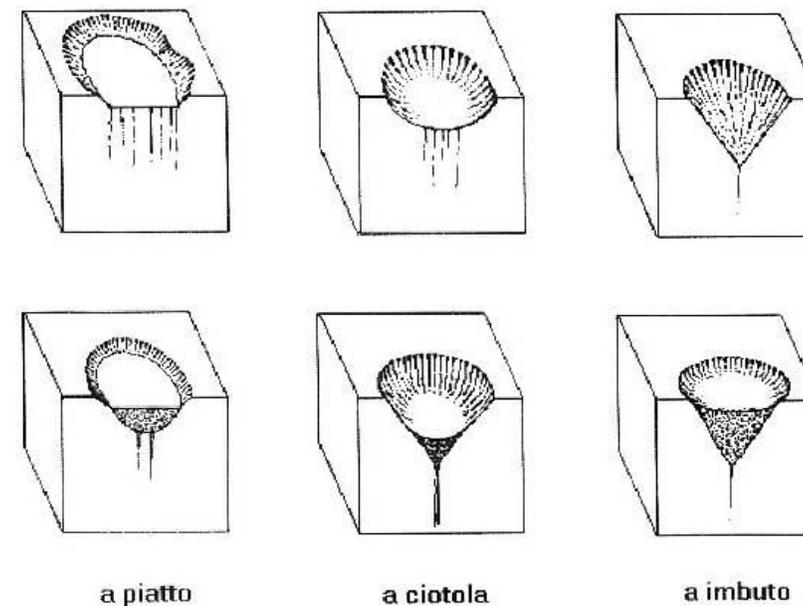
La **dolina** è una qualsiasi **conca o depressione chiusa a contorno circolare** o sub-circolare, o allungato, con diametro massimo compreso tra pochi metri e oltre un chilometro, **con fondo drenante**, formatasi direttamente o indirettamente in seguito a **processi di dissoluzione**, e pertanto di norma priva di un corpo d'acqua, come un lago, ospitato al suo interno.

Vengono distinte **vari tipi di doline**:

- ❖ **dolina di depressione idrogeologica**;
- ❖ **dolina di ricarica puntuale**;
- ❖ **dolina di intercettazione di strutture idrogeologiche**;
- ❖ **dolina di crollo**;
- ❖ **dolina di subsidenza**;
- ❖ **dolina nelle coperture**;
- ❖ **dolina di intersezione**.



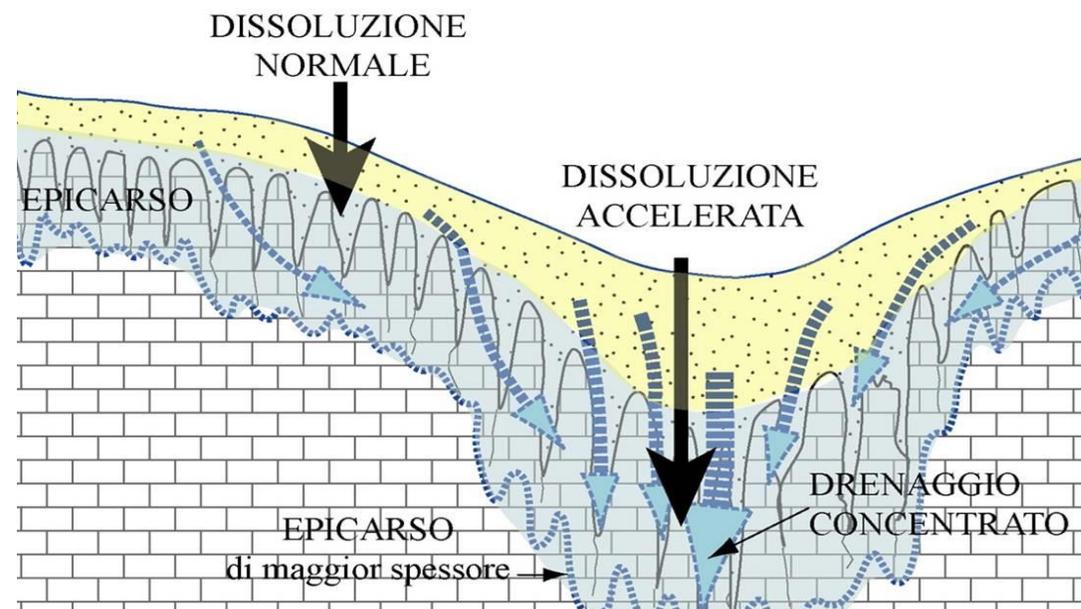
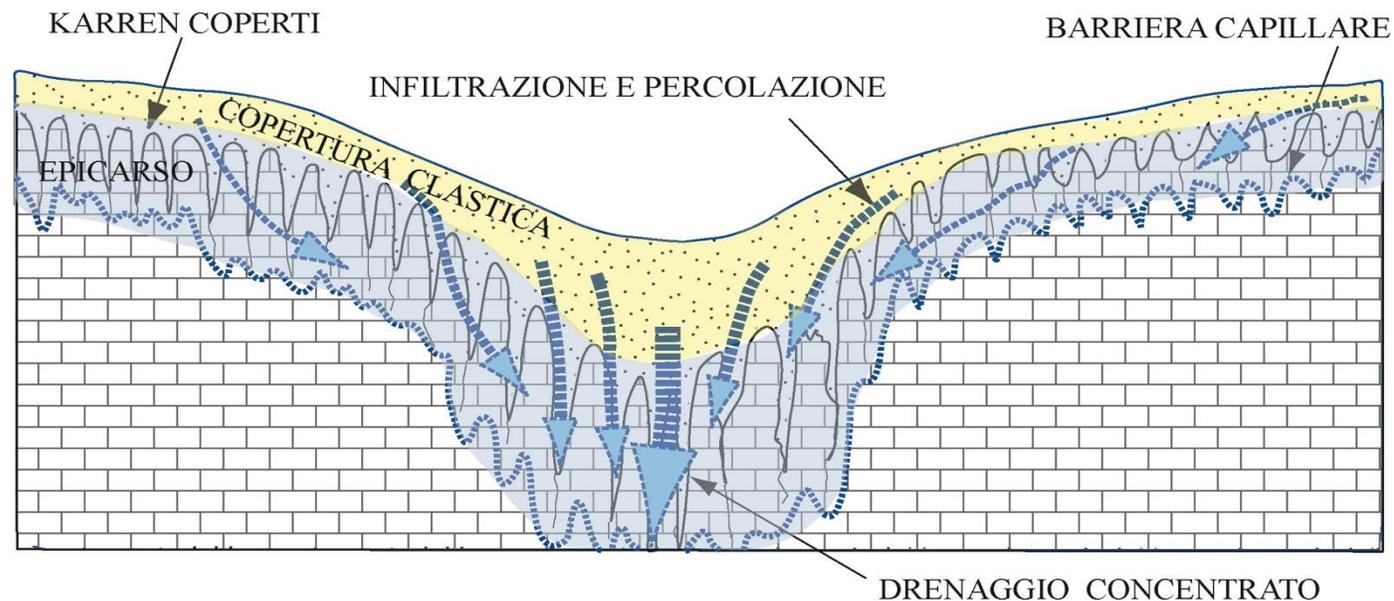
Dolina (Slovenia; da U. Sauro)



# Dolina di depressione idrogeologica

La **dolina di depressione idrogeologica** corrisponde alla dolina di dissoluzione normale (*Auctt.*), detta anche dolina di corrosione accelerata, con l'unica differenza che vi si riconosce il ruolo fondamentale della zona più superficiale della roccia solubile.

Nell'ambito della stratificazione verticale di un massiccio carsico è infatti possibile riconoscere una zona sub-superficiale, resa maggiormente porosa di quella sottostante dal processo di dissoluzione, detta **epicarso**, con spessore compreso tra qualche metro e una decina di metri. Infatti, **la roccia subito al di sotto del suolo viene maggiormente aggredita dal processo carsico** sia perché l'acqua dispone di **maggiori quantità di anidride carbonica** prelevata dal suolo, sia perché le superfici di **discontinuità**, come le fratture e i piani di stratificazione, sono in condizioni di rilascio tensionale a causa della scarsa pressione esercitata dalle masse sovrastanti; pertanto l'acqua vi penetra con maggior facilità. **Nell'area di convergenza la soluzione risulta quindi "accelerata"** e la superficie topografica si abbassa più velocemente di quella circostante.



# Dolina di ricarica puntuale

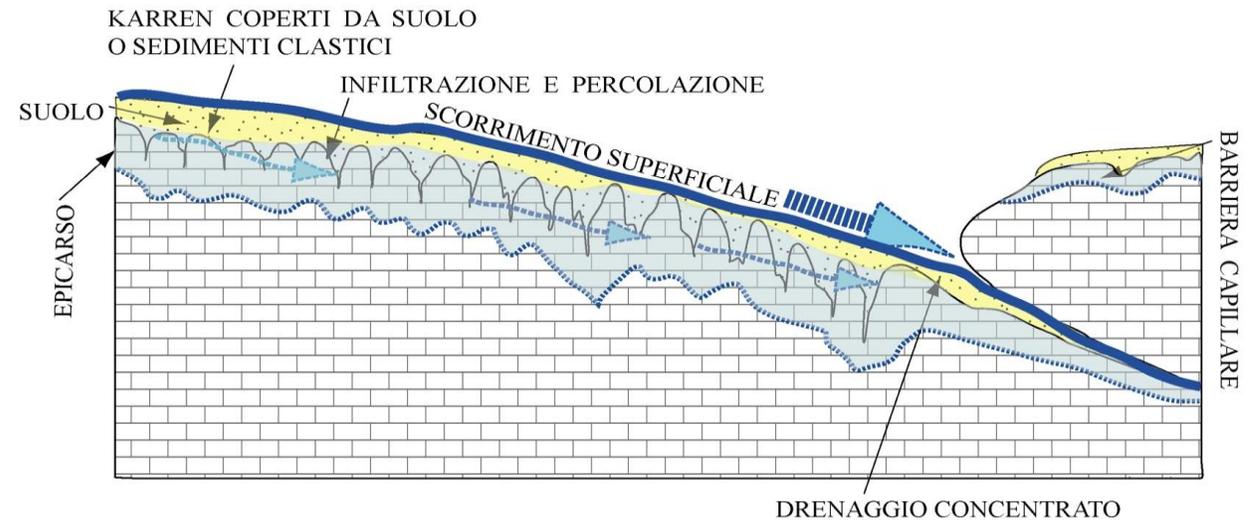
La dolina di ricarica puntuale si origina in corrispondenza dell'inghiottitoio di un piccolo corso d'acqua, generalmente effimero, in quanto generato durante le precipitazioni più intense.

L'inghiottitoio viene alimentato anche dalle acque di ruscellamento superficiale provenienti dai versanti della dolina.

È evidente che questo tipo di dolina presenta analogie con una piccola valle cieca, nel cui ambito può anche venirsi a trovare.

Le doline di ricarica puntuale si trovano in genere in rocce dove non si sviluppa facilmente l'epicarso, o la cui importanza idrogeologica resta moderata, ma possono invece evolversi poche cavità drenanti.

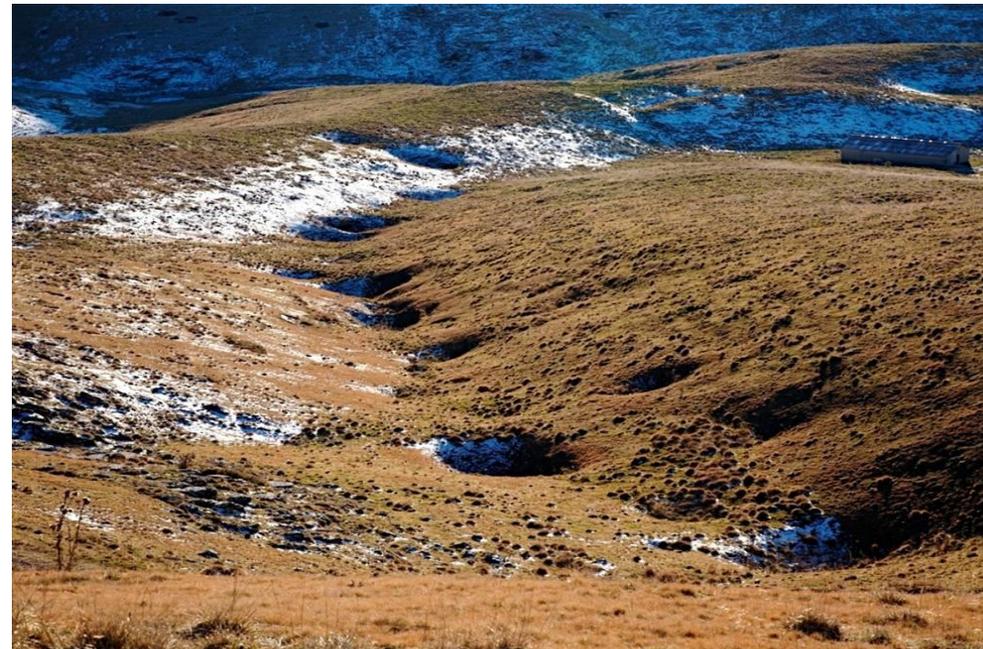
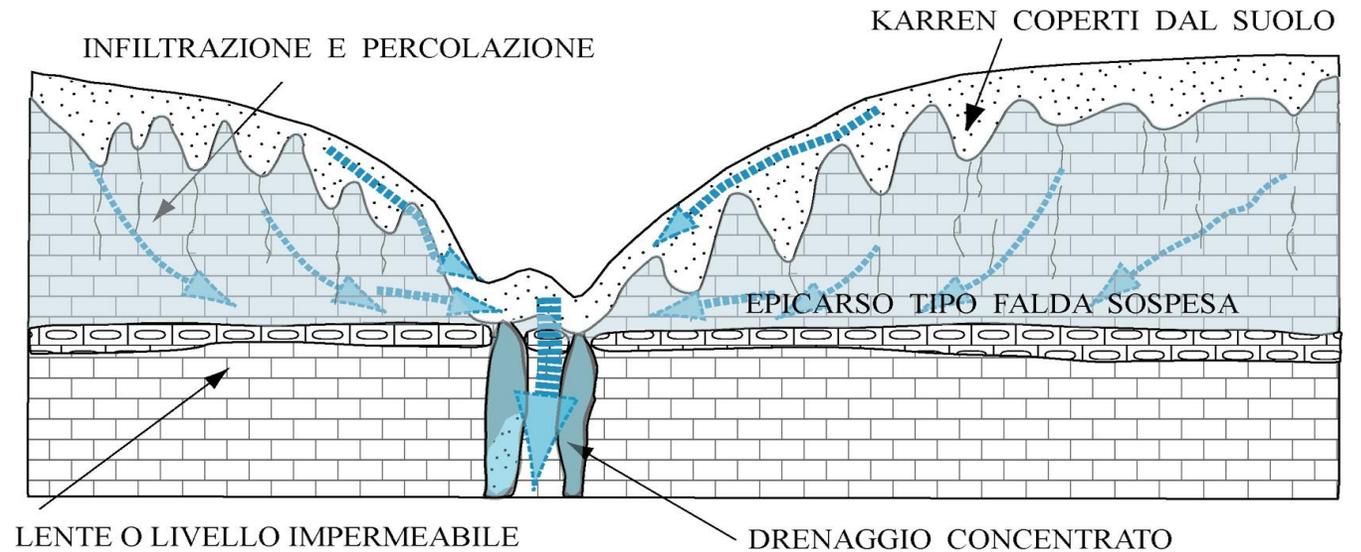
Buona parte delle doline sviluppate nei gessi appartengono a questa categoria.



Dolina di ricarica puntuale (Sicilia; da U. Sauro)

# Dolina di intercettazione di strutture geologiche

Le doline di intercettazione di strutture idrogeologiche (che possono essere chiamate anche “doline preformate”) sono il risultato di una focalizzazione del drenaggio determinata da una particolare situazione litologico-strutturale, come la presenza di un livello impermeabile con pochi “varchi” per l’acqua, o il contatto stratigrafico tra due formazioni diversamente fratturate.



Dolina di intercettazione di strutture geologiche al contatto tra la Maiolica ed il Rosso Ammonitico (Monti Lessini; da U. Sauro)

# Dolina da crollo

Le doline di crollo sono il frutto del crollo del soffitto di una cavità sotterranea.

In genere si presentano con forma a pozzo (doline cilindriche); ma nel tempo tendono a evolversi come forme coniche.

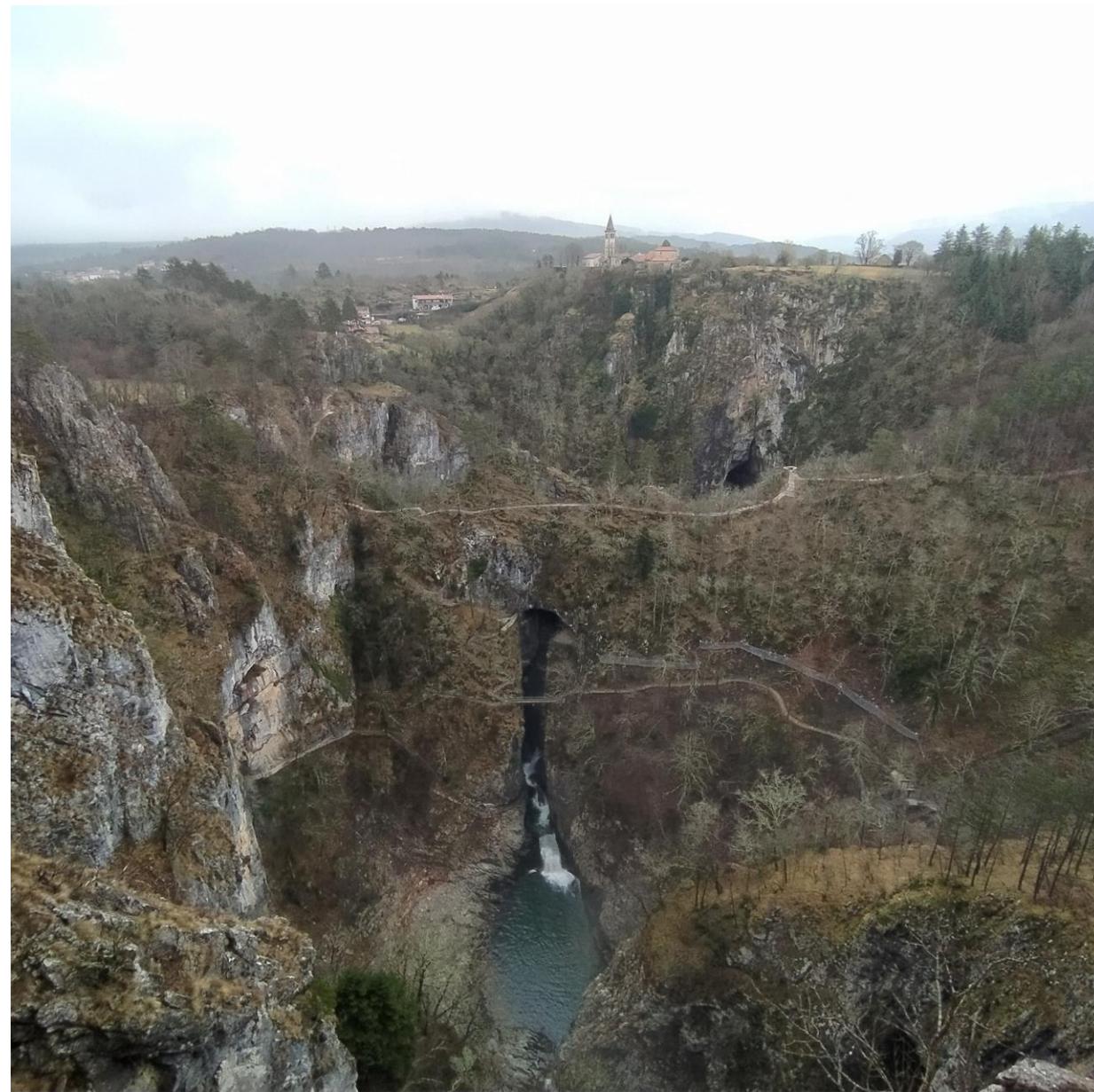


*DOLINA DI CROLLO*



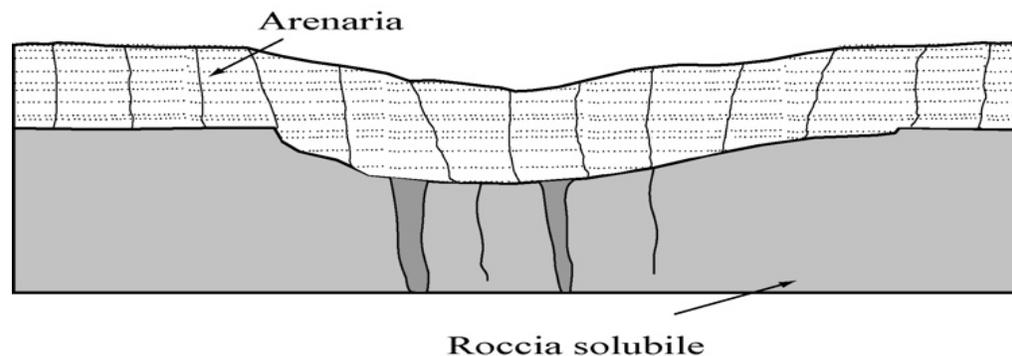
Dolina di crollo Prealpi venete; da U. Sauro)

Dolina di crollo (San Canziano)



# Dolina di subsidenza

Le doline di subsidenza sono depressioni chiuse, presenti nell'ambito di rocce non carsificabili e poco carsificabili, causate dalla subsidenza conseguente la soluzione di una roccia solubile profonda. Possono essere ampie e ospitare al loro interno un lago.



*DOLINA DI  
SUBSIDENZA*



Dolina di subsidenza (Sicilia; da U. Sauro)



Dolina di subsidenza (Sicilia; da M. Vattano)

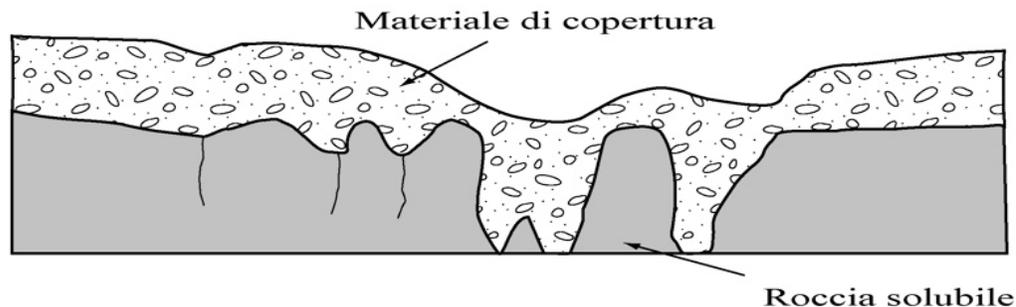
# Dolina nelle coperture

Le doline nelle coperture, o “doline alluvionali” (Auctt.), sono forme simili a doline presenti all’interno di sedimenti di tipi diversi (alluvionali, morenici, eolici, colluviali etc...), i quali coprono rocce carsificate.

Cavità carsiche sottostanti possono “drenare” parzialmente i materiali di copertura, provocando la formazione di conche imbutiformi al loro interno.



Dolina nelle coperture (Pirenei; da U. Sauro)



*DOLINA NELLE COPERTURE*



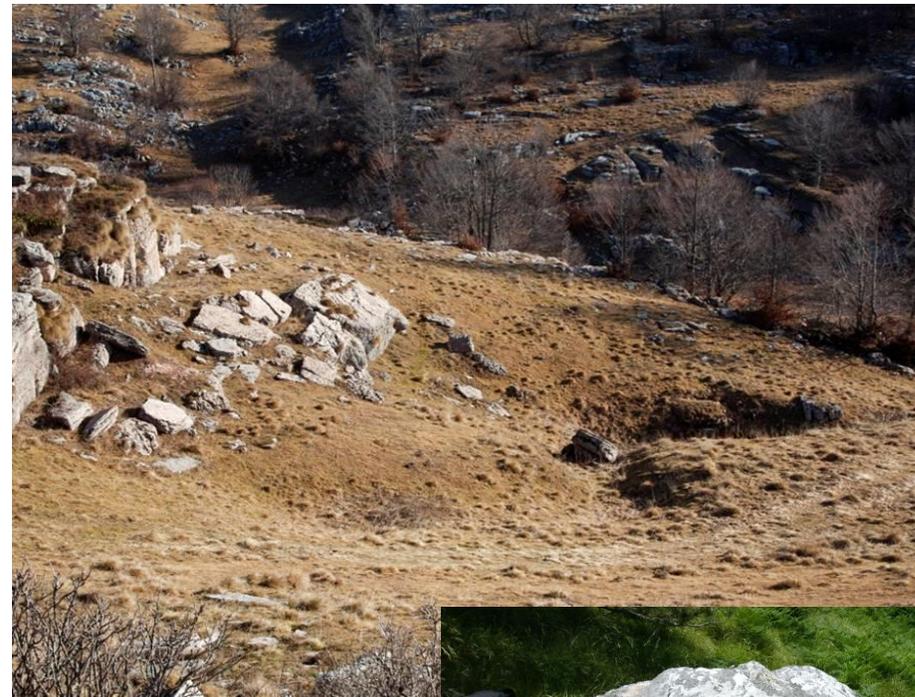
Dolina nelle coperture (Monti Lessini; da U. Sauro)

# Dolina di intersezione

Le doline di intersezione sono il risultato dell'intersezione di una "grotta fossile", cioè di un vano carsico sotterraneo riempito di sedimenti, in seguito all'abbassamento della superficie topografica.

Nella "grotta fossile" intersecata si verifica una riattivazione della circolazione idrica, con parziale evacuazione dei materiali di riempimento, fatto che determina la formazione di una depressione chiusa, spesso allungata, sul cui fondo possono emergere stalagmiti e colate concrezionali.

Nel Carso classico le doline di intersezione sono state anche chiamate con il termine di "unroofed caves" (cioè "grotte senza soffitto"), dove è possibile trovare resti di concrezioni.



Dolina di intersezione (Monti Lessini; da U. Sauro)



Stalagmite in unroofed cave (Alpi Apuane)



*DOLINA DI INTERSEZIONE*

# I polje

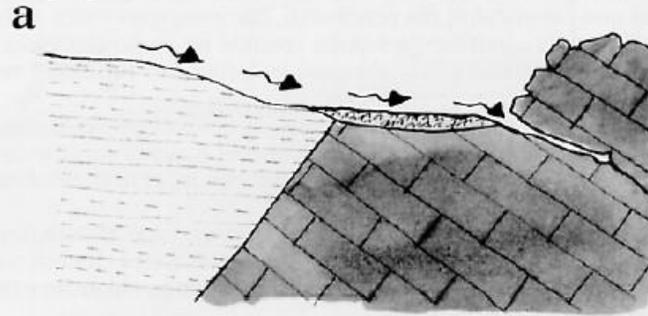
I polje, o piani carsici (Auctt.), sono delle conche chiuse che al loro interno ospitano una pianura estesa per almeno un chilometro.

Queste forme tipicamente presentano un fondo orizzontale e dei versanti relativamente ripidi, e l'angolo di raccordo tra le due superfici è brusco.

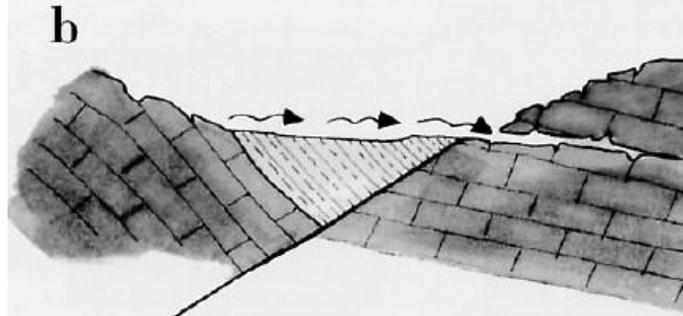
Il fondo dei polje si allaga stagionalmente e a causa dell'inondazione si verifica una corrosione carsica su tutta la superficie provocando un fenomeno di spianamento da dissoluzione.

Va precisato che non si tratta di forme puramente carsiche, ma di origine mista: tettonica e carsica, oppure fluviale e carsica.

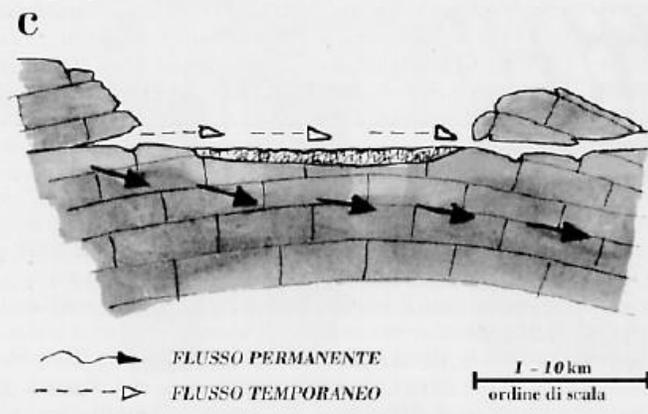
Polje perimetrale



Polje di attraversamento



Polje piezometrico



Classificazione dei polje (da Piccini, 1999)



Polje (Slovenia; da U. Sauro)



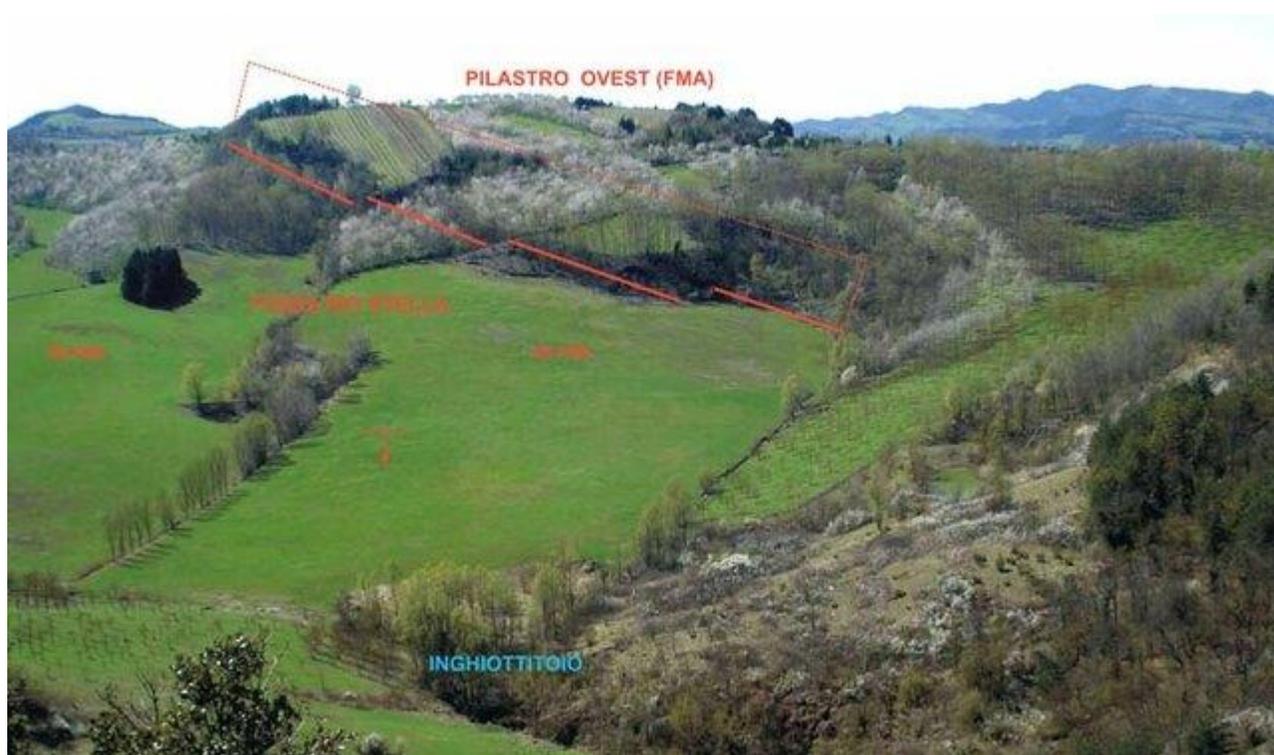
Polje (Piana di Castelluccio)

## Forme di origine mista

Alle medie e alte latitudini o nelle catene montuose esistono molte forme di origine mista che possono essere definite a seconda dei casi:

- ❖ fluvio-carsiche;
- ❖ glacio-carsiche;
- ❖ carsico-periglaciali;
- ❖ carsico-costiere;
- ❖ tettono-carsiche;
- ❖ combinazione di altri fattori.

Si tratta di forme che si evolvono per effetto di un insieme di processi che possono combinarsi o alternarsi nel tempo.



Valle cieca del Rio Stella (da Forti & Lucci, 2010)



Conca glacio-carsica (Prealpi venete; da U. Sauro)



Gola fluvio-carsica (Stretti di Giaredo)



Valle secca (Prealpi venete; da U. Sauro)

# Forme fluvio-carsiche

## Valle cieca

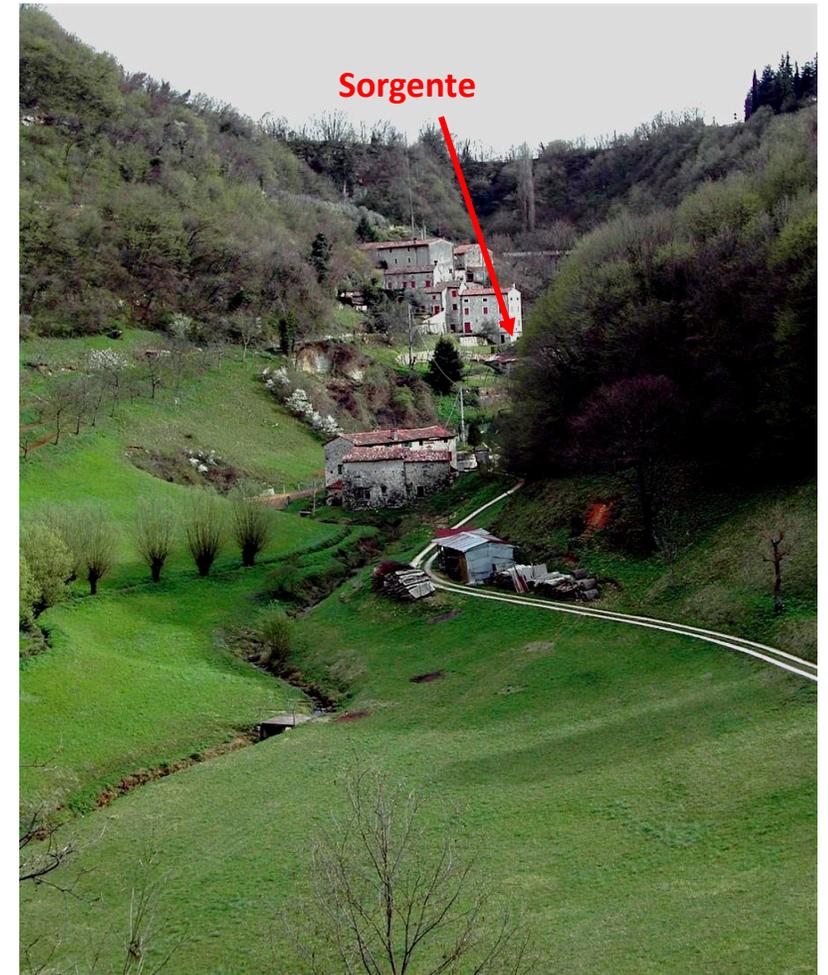
Una **valle cieca** è una valle di incisione fluviale, che può avere parte del suo corso anche su rocce insolubili, e che **termina in corrispondenza di un inghiottitoio** a cui segue una contropendenza.



Valle cieca (Australia; da U. Sauro)

## Valle chiusa

Una **valle chiusa** è una valle **scavata da un corso d'acqua alimentato da una sorgente**. Nel tempo la testata sorgentizia tende ad arretrare e ad approfondirsi originando una testata valliva alta e ripida.



Valle chiusa (Veneto; da U. Sauro)

# Forme fluvio-carsiche

## Valli secche

Le valli secche (dette anche dry valleys) sono valli che perdono acqua per via carsica. Tendono tuttavia a conservare la loro forma in quanto l'acqua dell'epicarso converge verso il fondovalle, il quale è pertanto soggetto a dissoluzione accelerata.

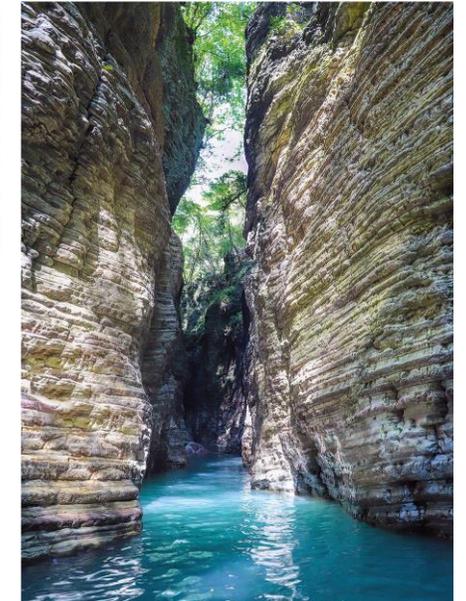


Valle secca (Prealpi venete; da U. Sauro)

## Gole fluvio-carsiche

Le gole in rocce solubili sono strette valli con versanti subverticali, costituiti da rocce dure, che si evolvono per una combinazione di processi di erosione meccanica e di erosione chimica.

Il fondo può essere privo di corsi d'acqua o presentare corsi d'acqua che si perdono in corrispondenza di inghiottitoi.



Gola fluvio-carsica (Stretti di Giaredo)

## Forme glacio-carsiche

### Conche glacio-carsiche

Le **conche glacio-carsiche** sono conche chiuse risultanti sia da **processi carsici**, sia dal **modellamento glaciale**.

Può trattarsi di “doline” che si formano all’interno di conche scavate dai ghiacciai (conche di circo o di valle), oppure di doline riscavate e rimodellate da ghiacciai



Conca glacio-carsica (Prealpi venete; da U. Sauro)

### Nicchie nivo-carsiche

Le **nicchie carsico-periglaciali**, dove i processi di nivazione (degradazione crioclastica della roccia) facilitano la formazione di **nicchie le quali si evolvono anche per processi carsici**, in seguito all’azione solvente delle acque di fusione della neve accumulata dal vento nelle stesse nicchie (fenomeno di retroazione positiva).



Nicchia nivo-carsica (Monti Lessini; da U. Sauro)

# Le microforme carsiche: i karren

Per definizione, **karren**, o campi solcati, è una forma percepibile e quindi visibile.

Per esserlo deve necessariamente **caratterizzare una superficie di roccia esposta** o solo parzialmente mascherata da suolo o da altri materiali di copertura.

Tuttavia, forme tipo karren si sviluppano anche all'interfaccia copertura/roccia, dove si possono evolvere dei "criptokarren", cioè dei karren nascosti, i quali diventano karren nel momento in cui le coperture vengono erose o asportate dall'uomo.

L'individuazione di queste forme può essere influenzata da fattori quali:

- ❖ la composizione della roccia;
- ❖ la grana della roccia;
- ❖ l'attività biologica.



Karren n gessi (Sicilia; da U. Sauro)

Micro-rills in gessi (Calabria; da U. Sauro)



# La classificazione dei karren

Molte sono le classificazioni dei karren.

## Classificazione di Bögli

Alfred Bögli in un suo lavoro fondamentale del 1960 ha proposto la terminologia dei principali tipi di karren, ottenuta aggiungendo al termine karren un prefisso che ne chiarisce il tipo morfologico, come:

- ❖ Rillen-karren;
- ❖ Rinnen-karren;
- ❖ Tritt-karren;
- ❖ Kluft-karren, ecc...

## Classificazione di Sauro

Da un punto di vista concettuale, sembra più logico distinguere le microforme in base ai processi genetici che le hanno generate, individuando i seguenti gruppi:

- ❖ forme controllate prevalentemente dall'idrodinamica dell'acqua;
- ❖ forme controllate prevalentemente dalla fratturazione della roccia;
- ❖ forme biocarsiche;
- ❖ forme complesse e poligenetiche.

Ciò aiuta a capire come, in realtà, nell'evoluzione di queste forme possano entrare in gioco più agenti e fattori condizionanti.

# Forme controllate prevalentemente dall'idrodinamica dell'acqua

## Microrills

I **microrills** (rillenstain) sono **piccoli solchi con larghezza millimetrica** e lunghezza fino ad alcuni centimetri.

Sono il risultato del flusso di una sottile lama d'acqua controllato dalla capillarità o dal vento, oltre che dalla gravità. Questi solchi minuti possono intersecarsi e originare minute creste e punte.



Microrills (Puglia; da U. Sauro)

## Piccoli crateri da pioggia

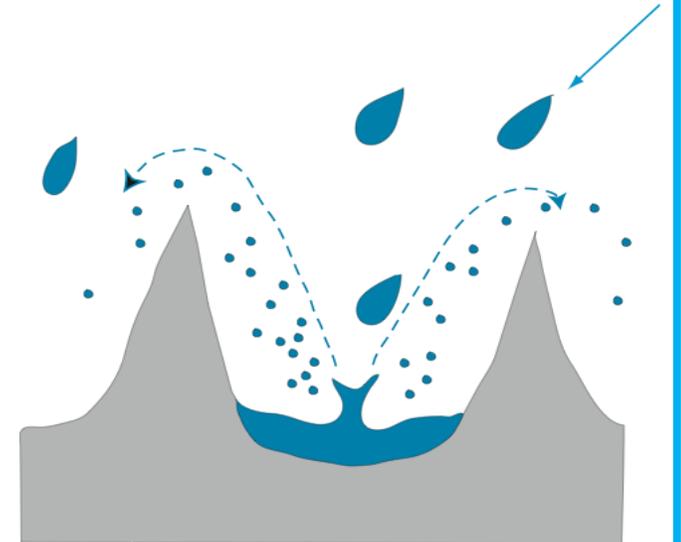
I **piccoli crateri da pioggia** (kraterkarren) sono **piccole conche chiuse di pochi millimetri di diametro** delimitate da creste e punte aguzze.

Si formano in seguito all'impatto delle gocce di pioggia sulla roccia. Le gocce possono infrangersi in goccioline minute, le quali asportano in soluzione materiale roccioso; in questo modo si crea una conca che può accogliere al suo interno un po' di soluzione acquosa.

Sono molto comuni nei gessi e rari nei calcari.



Crateri da pioggia in gessi (Calabria; da U. Sauro)



# Forme controllate prevalentemente dall'idrodinamica dell'acqua

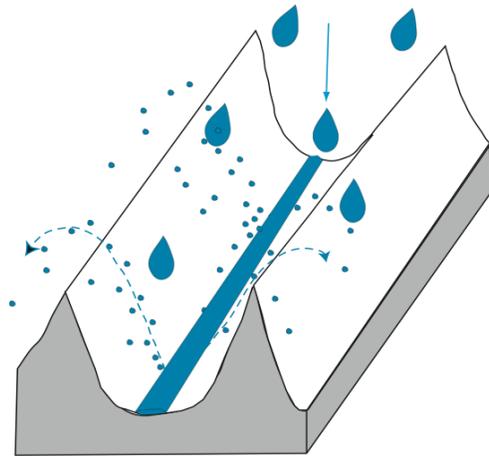
## Scannellature

Le scannellature carsiche, o rillenkarren, sono dei **piccoli solchi con profilo trasversale a U**, separati da creste aguzze, larghi da pochi millimetri a pochi centimetri, e lunghi da alcuni centimetri a quasi un metro e profondi sino a circa due centimetri.

Si formano dallo scorrimento di un filetto di corrente che, per effetto della gravità, ne percorre il fondo e che viene sia alimentato sia "disturbato" dall'impatto delle gocce di pioggia



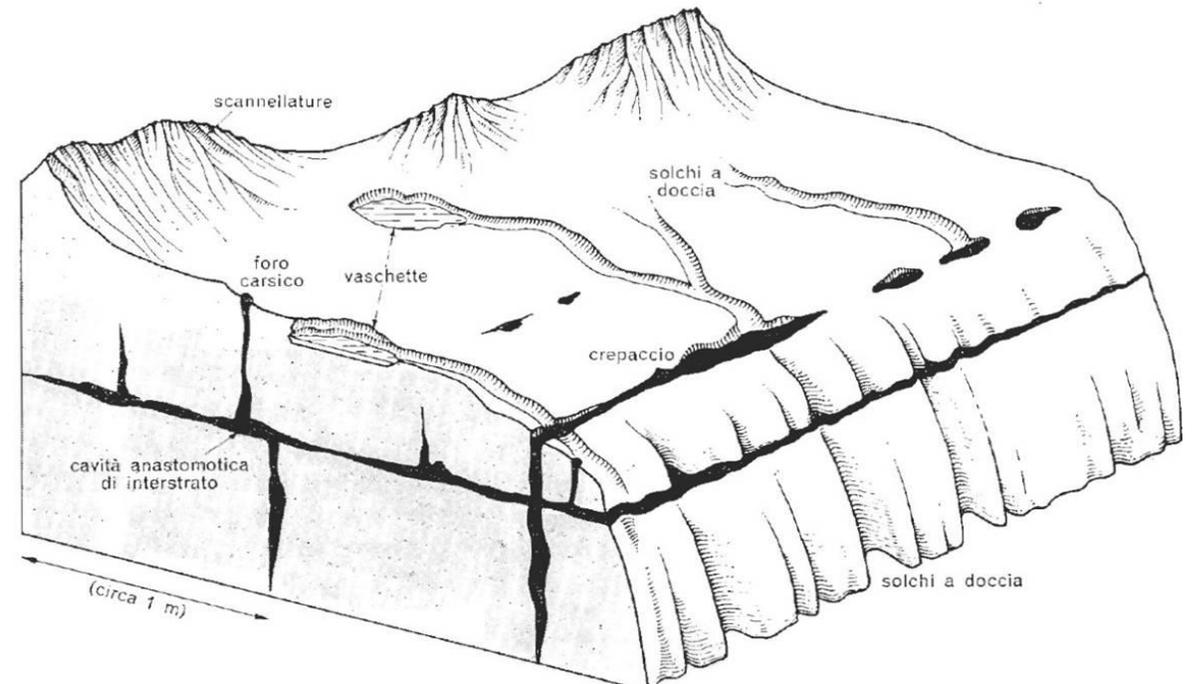
Scannellature (Veneto; da U. Sauro)



## Spianate da dissoluzione

Le spianate di soluzione, o ausgleichflache, sono delle superfici lisce che si trovano a valle della fascia delle scannellature.

Esse corrispondono alla zona dove l'acqua della pioggia crea uno strato laminare continuo, in grado di esercitare un'azione corrosiva uniforme su tutta la superficie e quindi di livellare eventuali irregolarità.



# Forme controllate prevalentemente dall'idrodinamica dell'acqua

## Solchi a doccia

I solchi a doccia, o rinnenkarren, sono solchi con sezione trasversale a U, larghi e profondi sino a qualche decimetro e lunghi sino a qualche decina di metri.

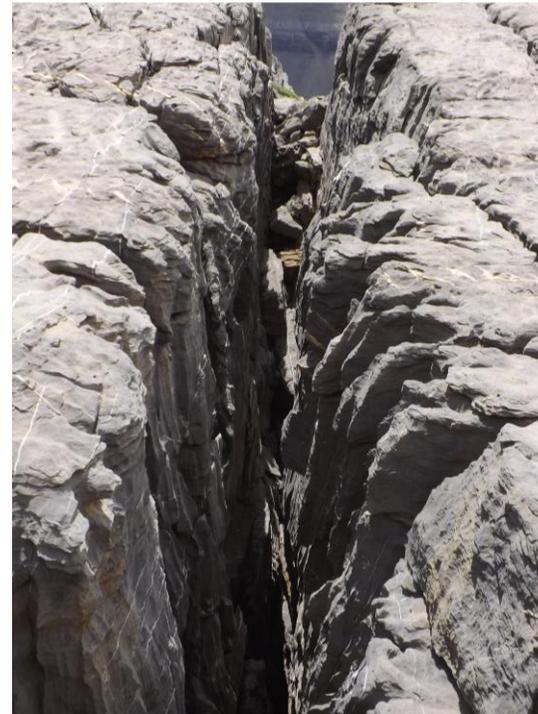
Si formano dove si individuano dei filoni di corrente più veloci e turbolenti della stessa lamina, i quali determinano il contatto di un maggior numero di molecole d'acqua/unità di superficie di roccia/unità di tempo.



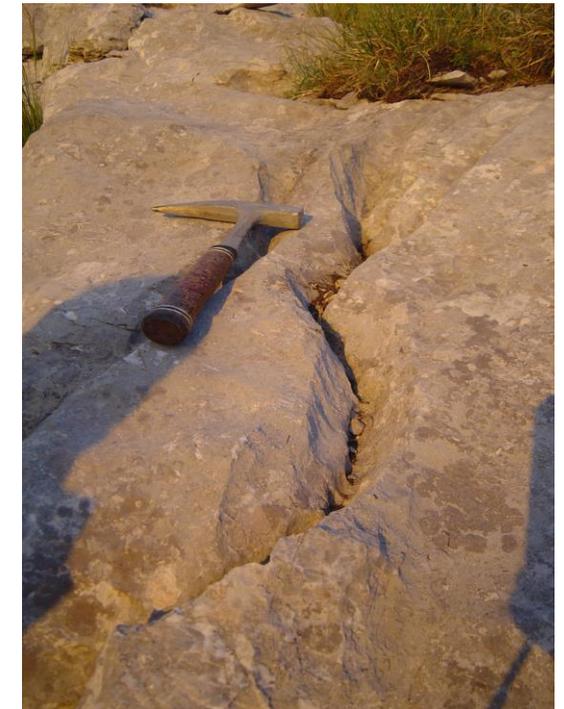
Solchi a doccia (Alpi Apuane)

## Solchi di parete e solchi a meandri

I solchi di parete, o wand-karren, e i solchi a meandri, o määnderkarren, sono tipi di forme simili ai solchi a doccia, in cui tuttavia giocano un ruolo significativo sia fenomeni di decantazione, cioè di percolazione dell'acqua da un "serbatoio" situato a monte, sia di rilascio di CO<sub>2</sub> e acidi umici da parte di suolo ricco di humus.



Solchi di parete (Pirenei)



Solchi a meandri (Alpi Apuane)

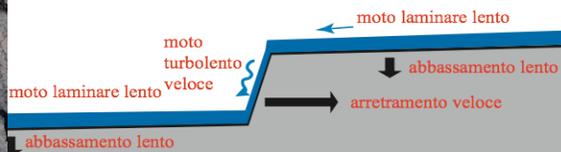
# Forme controllate prevalentemente dall'idrodinamica dell'acqua

## Impronte carsiche

Le **impronte carsiche**, o trittkarren, sono elementi morfologici in cui coesistono **lombi di superficie piana orizzontale con piccole scarpate** che li delimitano a monte. Si formano in seguito a variazioni nella circolazione dello strato laminare d'acqua. Se, ad esempio, su una superficie liscia esiste una piccola scarpata, il moto dello strato d'acqua a monte e a valle della stessa è relativamente lento e di tipo laminare, mentre nell'ambito della scarpata è più veloce e di tipo turbolento.



Impronte carsiche (Austria; da U. Sauro)



## Forme tipo scallops

Forme di tipo **scallops** sono sempre legate a variazioni della circolazione dello strato laminare d'acqua, e possono essere presenti anche all'interno di solchi a doccia.

Forme tipo scallops (Sicilia; da U. Sauro)



## Ripiani da dissoluzione



Ripiani di dissoluzione (Spagna; da U. Sauro)

I **ripiani di dissoluzione** sono estese superfici, simili a terrazze in roccia, che si trovano a valle della fascia delle scannellature e che si evolvono per meccanismi simili a quelli delle impronte, o che rappresentano la fusione tra più impronte.

# Forme controllate prevalentemente dalla fratturazione della roccia

A questa categoria appartengono tutti quei tipi di karren che **si sviluppano lungo punti o piani di debolezza della roccia** e che tendono a penetrare al suo interno.

Infatti i calcari sono quasi sempre caratterizzati da zone di debolezza lungo piani di stratificazione e di fratturazione, o in punti di incrocio fra queste discontinuità. La maggior porosità che caratterizza queste zone facilita l'attacco della roccia con formazione di fessure, **crepacci**, **fori carsici** e **cavità di interstrato** di dimensioni molto varie.

Nel tempo queste cavità tendono a costituire una vera rete di microcaverne, la quale permette all'acqua di penetrare all'interno della compagine rocciosa.



Crepacci carsici (Alpi Apuane)



Fori carsici (Dolomiti bellunesi; da M.L. Perissinotto)

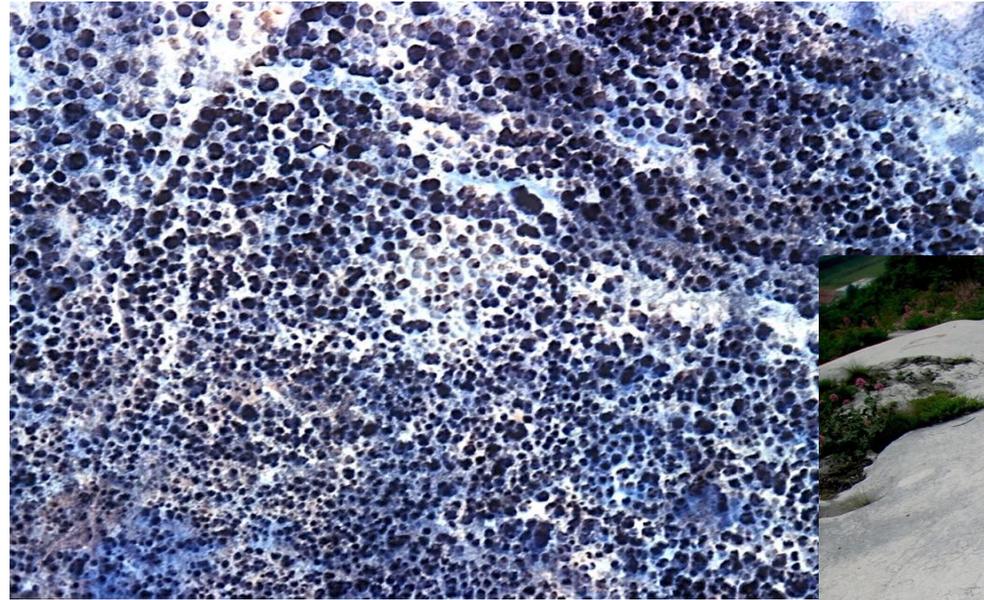


Cavità interstrato (Alpi Apuane)

# Forme biocarsiche

La categoria delle forme biocarsiche sono originate da processi di **dissoluzione bio-indotta**. Comprende numerosi tipi tra cui caratteristici sono:

- ❖ gli alveoli carsici;
- ❖ vaschette carsiche, o napfkarren;
- ❖ solchi di radici, o wurzelkarren.



Alveoli carsici (Veneto; da U. Sauro)



Vaschetta carsica (Veneto; da U. Sauro)

# Forme complesse e poligenetiche

Alcune forme sono di fatto complesse o poligenetiche poiché dipendono da più fattori o da generazioni differenti di processi che si sono susseguiti nel tempo.

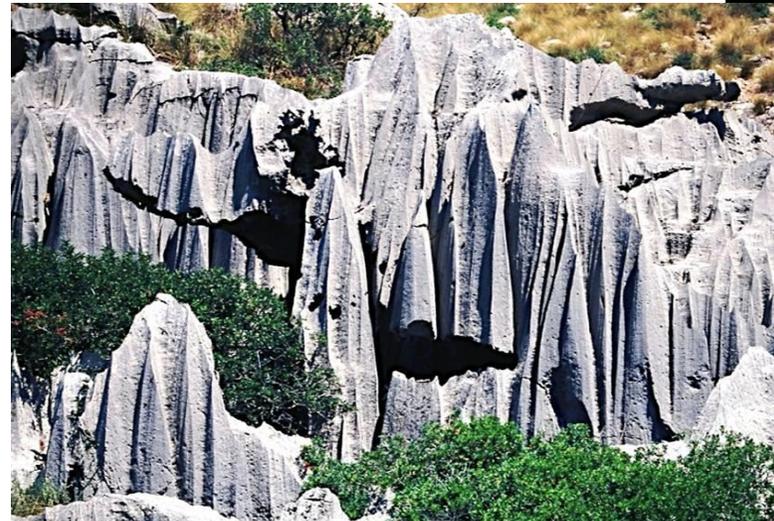
Tra le forme complesse ricordiamo:

- ❖ i **campi solcati a tavole carsiche**, sono sviluppati in corrispondenza di piani di stratificazione e sono caratterizzati da tavole di roccia suborizzontali o poco inclinate separate da crepacci carsici;
- ❖ le **città di roccia**, sono paesaggi ruderali in cui monoliti e spuntoni di roccia sono separati da corridoi;
- ❖ le **foreste di pietra**, date da complessi di pinnacoli e torri di roccia scolpiti dai karren;
- ❖ i campi solcati glaciocarsici a gradinate strutturali;
- ❖ i campi solcati glaciocarsici su rocce montonate;
- ❖ i karren marini.



Campi solcati a tavole carsiche (Veneto; da U. Sauro)

Città di roccia (Monti Lessini; da U. Sauro)



Foreste di pietra (Spagna; da U. Sauro)

*Grazie per  
l'attenzione!!*