

Carsismo e grotte

Le evaporiti dell'Appennino settentrionale sono diffusamente smembrate e fratturate, cosicchè l'acqua penetra nella formazione rocciosa e scorre in profondità.

Le evaporiti dell'Appennino settentrionale sono costituite principalmente da un minerale solubile, il gesso, cosicchè l'acqua, scorrendo, lo dissolve e amplia gli ambienti sotterranei che, a volte, divengono percorribili dall'uomo.

Per queste ragioni nelle evaporiti dell'Appennino settentrionale ci sono le grotte.

Un meandro

In questo punto della galleria è visibile la frattura [1] che ha consentito all'acqua di penetrare e di scorrere in profondità.

L'ambiente, in questo caso un tipico "meandro", è stato poi ampliato dal corso d'acqua che ha dissolto il gesso.

Le "mensole" [2], poste a diverse altezze ai lati della galleria, mettono in evidenza i processi di dissoluzione.

Oggi il torrente scorre su un letto costituito prevalentemente da detriti e da blocchi di arenaria [3] provenienti dall'esterno, cioè, per lo più, dalla valle cieca del Rio Stella.



Meandro nella Grotta risorgente del Rio Basino (Vena del Gesso romagnola).

I fenomeni connessi all'azione dell'acqua sulle rocce solubili sono detti "carsici".

I fenomeni carsici antigraavitivi

È intuitivo ritenere che i processi carsici di formazione delle grotte procedano dall'alto verso il basso a seguito della progressiva dissoluzione del "pavimento" della cavità dove normalmente scorre il corso d'acqua.

Non sempre è così: a volte l'acqua, scorrendo con moto lento, deposita le particelle molto fini che trasporta in sospensione (in genere sabbia ed argilla), in tal modo il pavimento della galleria viene protetto da ogni ulteriore dissoluzione e l'acqua, a seguito del progressivo aumento dello spessore dei sedimenti depositati, è costretta a fluire a diretto contatto con il tetto della galleria, che viene lentamente disciolto e inciso dal basso verso l'alto (da qui il nome di "galleria antigraavitiva").

Un tipico esempio è costituito dai cosiddetti "canali di volta" che sono incisioni curvilinee, dalla caratteristica forma ad "U" rovesciata e con il soffitto spesso orizzontale, talvolta ondulato.

Se poi il processo antigraavitivo si prolunga nel tempo, il canale di volta può svilupparsi in altezza, anche per molti metri, dando luogo a forme che, una volta svuotate dai sedimenti, sono molto simili alle normali gallerie gravitative.

A causa del lento scorrimento del corso d'acqua e quindi della sua bassa energia, durante la formazione dei canali di volta è abbastanza comune che l'acqua "divaghi" creando veri e propri meandri sempre di modeste dimensioni. Tali canali tendono ad isolare porzioni di gesso, simili a tozze stalattiti, che prendono il nome di "pendenti antigraavitivi". È interessante notare come tutte queste forme sono visibili solamente quando cessano di svilupparsi e la galleria diviene normalmente percorribile in quanto i sedimenti sono stati in parte o completamente asportati. Ciò avviene solamente nel caso in cui alla fase di deposito fa seguito un aumento del flusso idrico con energia sufficiente per asportare gli stessi sedimenti che, fino a quel momento, hanno tamponato la galleria.

Se poi le normali condizioni erosive si mantengono nel tempo, la galleria antigraavitiva tende a trasformarsi, nella sua sezione inferiore, in un vero e proprio canyon o meandro gravitativo (foto nella pagina accanto).

I fenomeni carsici antigraavitivi sono relativamente comuni nelle grotte gessose e più rari in quelle calcaree, ne segue che i primi luoghi al mondo in cui, a partire dagli anni sessanta del secolo scorso, sono stati studiati sono i Gessi bolognesi.



Canale di volta nella Grotta della Spipola (Gessi bolognesi). Il pavimento è costituito da sedimenti dello spessore di alcuni metri. La galleria è percorribile poiché parte dei sedimenti è stata asportata da un aumento del flusso idrico successivo alla formazione del canale di volta (archivio Gruppo Speleologico Bolognese-Unione Speleologica Bolognese).



La Tanaccia (Vena del Gesso romagnola). Pendenti antigraavitivi e sedimenti nella Sala delle sabbie. La galleria è percorribile solamente nella sua parte centrale in quanto, lateralmente, i sedimenti sono stati asportati dall'aumento del flusso idrico solo in piccola parte.

Che cos'è un sistema carsico

Molte rocce sono fratturate, poche sono solubili...

In presenza di una formazione rocciosa solubile, le depressioni superficiali, quali doline e valli cieche, drenano l'acqua di superficie e la convogliano in profondità.

Viene così alimentato il torrente sotterraneo che scorre lungo gallerie, pozzi, cunicoli, sifoni e altri ambienti ipogei anche non accessibili all'uomo.

Infine, dopo aver raccolto l'eventuale contributo di affluenti provenienti da altre cavità, torna a giorno per mezzo della risorgente, posta a valle della formazione di roccia solubile.

Complessivamente questo fenomeno viene definito "sistema carsico".



Il Rio Stella scorre normalmente in superficie su rocce non solubili dando luogo ad una cosiddetta valle cieca in quanto il normale deflusso epigeo delle acque è impedito dalla presenza della bastionata gessosa.

Sezione schematica del Sistema carsico Stella-Basino-Bentini (Gessi di Monte Mauro, Vena del Gesso romagnola)



Roccia non solubile
Formazione Marnoso-arenacea
Percorso esterno delle acque



A contatto con la formazione gessosa, cioè con roccia solubile, il Rio Stella si inabissa per iniziare così il suo percorso sotterraneo.



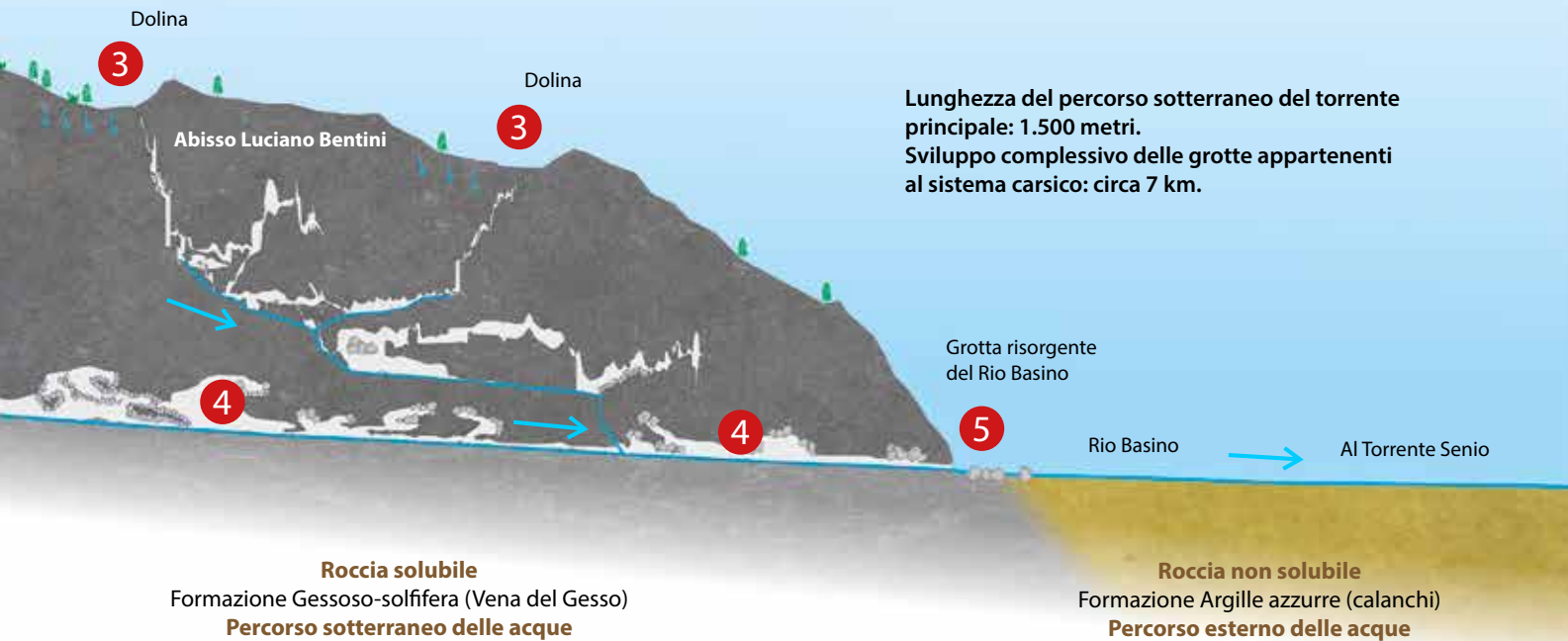
La dissoluzione superficiale dei gessi porta allo sviluppo di grandi depressioni imbutiformi che prendono il nome di doline. Esse drenano le acque di superficie e le immettono nel torrente sotterraneo.



Tutti i principali sistemi carsici sono caratterizzati da un "livello di base attivo" cioè da una galleria dove scorrono le acque.



Nel punto in cui le acque sotterranee giungono in contatto con rocce non solubili, esse tornano a scorrere a cielo aperto. Ora il corso d'acqua assume il nome di Rio Basino.



La circolazione idrica nei gessi messiniani

Nulla è più duro d'una pietra e nulla più molle dell'acqua.
Eppure, la molle acqua scava la dura pietra.

Ovidio

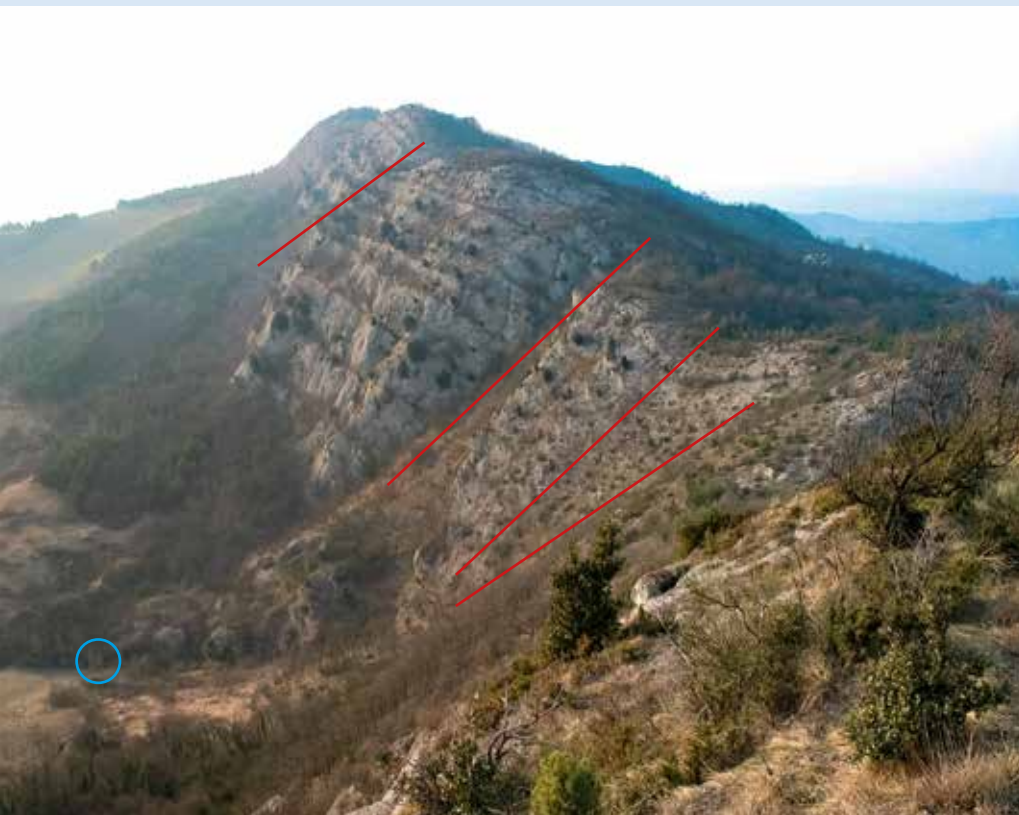
Il paesaggio delle evaporiti dell'Emilia-Romagna è caratterizzato dal fatto che esse, pur avendo un'elevata solubilità ed essendo facilmente erodibili, si trovano spesso in posizione più rilevata rispetto alle formazioni circostanti.

Questo avviene perché, in ambiente carsico, il flusso delle acque di superficie è molto scarso e temporaneo e quindi poco incide sull'erosione superficiale.

Questa si esplicita quindi maggiormente sulle formazioni limitrofe che vengono "consumate" ad una velocità più elevata di quella delle evaporiti, che invece vengono erose prevalentemente lungo vie sotterranee.

Un esempio particolarmente evidente di questo processo è rappresentato dalle dorsali dei gessi messiniani della Vena del Gesso romagnola, che, per diversi chilometri, svettano sulla più antica formazione Marnoso arenacea e sulle più recenti Argille azzurre plioceniche (calanchi).

Anche le Evaporiti triassiche dell'Alta val Secchia risultano in rilievo rispetto alle formazioni limitrofe, ma questo è causato soprattutto dal fatto che esse sono state soggette, in passato, al fenomeno di "sollevamento diapirico", dovuto alla risalita delle stesse a causa della loro minore densità rispetto alle rocce adiacenti.



La falesia gessosa che "chiude" la valle cieca del Rio Stella obbligando l'omonimo corso d'acqua ad inabissarsi in prossimità di una vasta frana di grandi blocchi gessosi (cerchio azzurro). Qui la falesia, in posizione più rilevata rispetto alle formazioni circostanti, è interessata dalla presenza di faglie (segmenti rossi) che provocano la dislocazione in blocchi della massa rocciosa. Non è certo un caso che in corrispondenza di una zona così "tormentata" si sviluppi uno dei sistemi carsici più vasti e articolati di tutta la Vena del Gesso romagnola: il Sistema Stella-Basino-Bentini (vedi alle pagine precedenti). Infatti l'acqua, per farsi strada all'interno della formazione gessosa, deve seguire le fratture e le discontinuità che qui sono appunto ben presenti. La vegetazione che interrompe la continuità della parete gessosa evidenzia la presenza di interstrati argillosi. Parte delle condotte percorse dal torrente all'interno della cavità, è determinata dall'andamento e dalla direzione di questi interstrati.

Lo scorrimento delle acque sotterranee è il fattore determinante che condiziona la formazione delle grotte

La roccia gessosa presenta proprietà chimiche e fisiche diverse rispetto al calcare che costituisce, di gran lunga, la roccia carsificabile maggiormente diffusa al mondo.

Una prima, importante, caratteristica che distingue i gessi, è che essi sono assai più solubili e più facilmente erodibili rispetto ai calcari, quindi l'evoluzione delle gallerie interessate da corsi d'acqua è molto più rapida.

Il gesso ha poi una permeabilità molto più bassa rispetto alle rocce calcaree, di conseguenza l'infiltrazione e la circolazione idrica ipogea avvengono quasi esclusivamente lungo fratture, fessurazioni o faglie.

I gessi messiniani risultano poi spesso intercalati a potenti interstrati di materiale argilloso. Le argille sono rocce impermeabili, tuttavia sono facilmente erodibili e asportabili per azione meccanica delle acque e possono quindi condizionare, in maniera anche preponderante, la direzione e lo sviluppo delle gallerie di scorrimento dei corsi d'acqua sotterranei.

Insieme, queste caratteristiche favoriscono la genesi e l'evoluzione di grandi gallerie che collegano direttamente i punti in cui l'acqua penetra nella formazione gessosa fino alla risorgente posta a valle, con conseguente formazione di cavità relativamente semplici e lineari.

In pratica, le grotte in gesso sono costituite da lunghi tratti di gallerie suborizzontali, raccordati da pozzi verticali ai punti di ingresso delle acque meteoriche, per lo più inghiottitoi che si aprono al fondo delle numerose doline, diffusamente presenti nei gessi messiniani e, in misura minore, nei gessi triassici.



Tratti verticali raccordano i punti di ingresso delle acque meteoriche, tipicamente inghiottitoi che si aprono al fondo delle doline, con i corsi sotterranei delle acque che si sviluppano per lo più lungo tratti sub-orizzontali (pozzo di ingresso nell'Abisso Carnè, Gessi di Rontana, Vena del Gesso romagnola).

Le acque carsiche provenienti dalle formazioni gessose non sono utilizzabili per usi idropotabili

La conseguenza dei meccanismi speleogenetici dei gessi assieme alla loro scarsa porosità fa sì che il potere di immagazzinamento delle risorse idriche da parte di queste aree carsiche sia praticamente quasi nullo se paragonato alla grande capacità che invece hanno le omologhe cavità in calcare, che sono oggi giustamente considerate una delle principali risorse idropotabili del nostro pianeta.

In ogni caso, però, è corretto aggiungere che le acque che attraversano le formazioni gessose non potrebbero mai essere direttamente utilizzate per usi idropotabili a causa del loro chimismo: infatti l'alta concentrazione naturalmente presente dello ione solfato le rende inadatte all'immissione negli acquedotti pubblici senza un preventivo costoso e lungo processo preliminare.

Questo fatto, però, non deve in alcun modo far pensare che inquinare le falde carsiche nei gessi sia meno grave: infatti la particolare idrodinamica caratteristica dei gessi fa sì che, in queste grotte, l'eventuale sostanza inquinante si mantenga altamente concentrata per tutto il suo tragitto sotterraneo, causando quindi un'alterazione irreversibile globale di tutti gli ecosistemi sotterranei, spesso rarissimi, se non addirittura unici, presenti in quel dato sistema carsico.

Purtroppo però, soprattutto nella seconda metà del secolo scorso, si sono verificati vari episodi di inquinamento antropico, tra cui i più gravi hanno riguardato il Sistema carsico Spipola-Acquafredda nel Bolognese e il Sistema carsico dei Crivellari nella Vena del Gesso romagnola.

Nel primo caso si è trattato di un'immissione diretta illegale di acque reflue urbane provenienti da una lottizzazione all'interno del bacino di ricarica del sistema carsico (vedi foto a pagina 132): fortunatamente il Parco dei Gessi bolognesi è riuscito, dopo una lunga lotta legale, a far captare tali acque prima che raggiungano l'Acquafredda e a farle convogliare nella condotta fognaria più vicina.

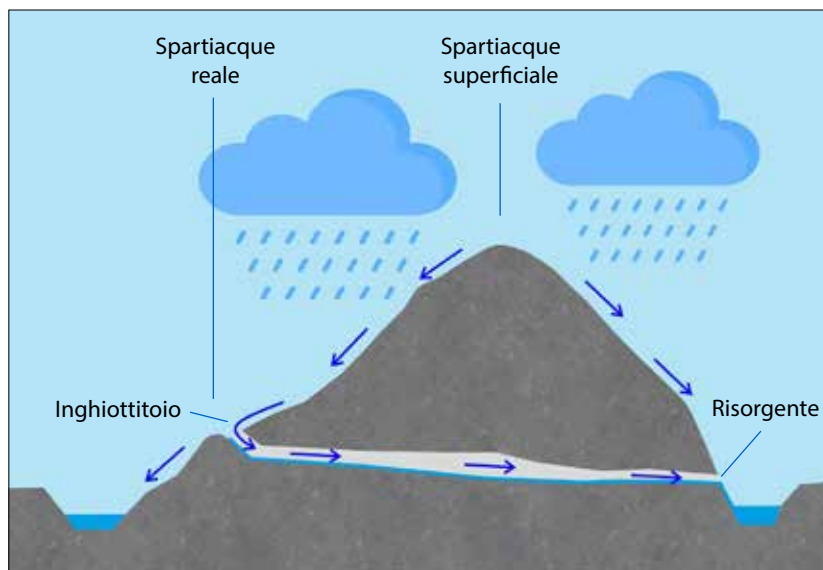
Nel secondo caso, l'inquinamento, o comunque l'alterazione del percorso ipogeo delle acque, ha cause molteplici ed, in massima parte, non risolvibili (per un dettaglio vedi la tavola alle pagine 86-87).

I bacini di alimentazione delle acque carsiche

Nelle aree carsiche il bacino di alimentazione superficiale e quello reale, di norma, non coincidono.

Lo spartiacque reale è determinato dalla presenza di cavità.

Ciò ha implicazioni notevoli per quanto riguarda la conoscenza e la salvaguardia delle zone carsiche. Spesso, infatti, è necessaria un'indagine diretta degli ambienti sotterranei (del resto non sempre possibile) per definire, in dettaglio, i bacini esterni e i percorsi ipogei delle acque.



Un esempio (tra i tanti possibili nelle evaporiti della nostra regione) di come il bacino superficiale non coincida con il bacino reale è dato dal Sistema carsico della Tanaccia (Gessi di Brisighella, Vena del Gesso romagnola). In questo caso le creste dei calanchi, seppure in gran parte alterate dall'azione dell'uomo, delineano, con buona approssimazione, lo spartiacque di superficie, separando, in apparenza, il bacino dei torrenti Sintria e Senio dal bacino del Fiume Lamone. La valle cieca e la dolina delle grotte Biagi e Brussi, ubicate superficialmente nella Valle del Torrente Sintria, drenano le acque che poi alimentano il torrente sotterraneo del Sistema carsico della Tanaccia (in colore azzurro punteggiato). Questo corso d'acqua ipogeo "interseca" perpendicolarmente lo spartiacque superficiale così che la sua risorgente è ubicata nella Valle del Lamone (vedi rilievo di dettaglio a pag. 115).

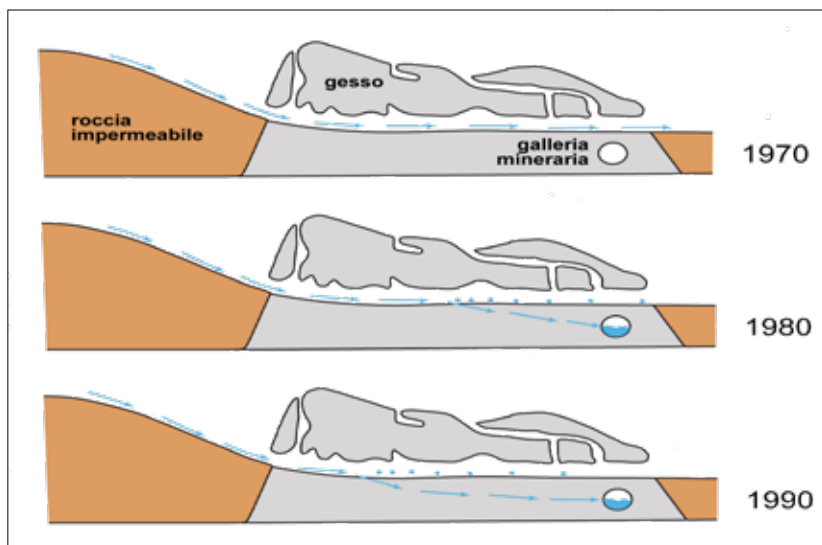
La valle cieca e la dolina del Sistema carsico della Tanaccia drenano le acque di un'area interessata da coltivi. Ad oggi non è dato conoscere l'impatto ambientale sui corsi d'acqua ipogei in quanto non è stato effettuato alcun monitoraggio in continuo degli stessi.

L'alterazione dei percorsi ipogei ad opera dell'uomo nel Sistema carsico Spipola-Acquafredda

In un caso è stato possibile calcolare la velocità con cui il sistema ipogeo si è ricreato un profilo di equilibrio dopo un repentino abbassamento del livello di base.

Infatti, nel sistema carsico Spipola-Acquafredda (Gessi bolognesi), dopo che una vicina cava di gesso, con i propri lavori, aveva abbassato di 10 metri il livello di scorrimento delle acque nei pressi della risorgente si è attivato un processo di erosione regressiva che nell'arco di un ventennio ha portato alla completa fossilizzazione di oltre 500 metri di condotta principale.

Ciò a conferma del fatto che i fenomeni di dissoluzione nei gessi sono molto veloci.



Evoluzione del sistema carsico Spipola-Acquafredda dopo che, nel 1970, l'intersezione con una galleria di una cava di gesso ha causato un improvviso abbassamento artificiale del livello di base di scorrimento del torrente (disegno Paolo Forti).

Risorgente dell'Acquafredda nei Gessi bolognesi in una foto datata 3 dicembre 1933. Il torrente scorre lungo la galleria poichè le attività estrattive non avevano ancora interrotto la continuità del sistema (foto Luigi Fantini; archivio Gruppo Speleologico Bolognese-Unione Speleologica Bolognese).



Risorgente dell'Acquafredda, l'alveo abbandonato del Torrente Acquafredda, come appare oggi, dopo che il corso d'acqua è stato intercettato da una sottostante galleria di cava (foto Francesco Grazioli).



L'insostituibile ruolo dell'acqua di origine carsica

Con l'aumento inarrestabile della popolazione mondiale verificatosi già a partire dalla metà del secolo scorso e il concomitante, diffuso, processo di inquinamento, la risorsa idropotabile globale si è rapidamente ridotta, mentre la richiesta è aumentata esponenzialmente. A partire dalla seconda metà del secolo scorso, anche le falde profonde delle aree maggiormente antropizzate sono divenute sempre più inquinate al punto che non possono più essere usate a scopo idropotabile.

Già dagli anni '70 del secolo scorso la FAO aveva lanciato un allarme mondiale in cui evidenziava come l'unica risorsa che poteva salvare l'umanità dalla sete erano le enormi riserve idriche di ottima qualità che sono immagazzinate all'interno degli acquiferi carsici che, trovandosi in aree generalmente montuose e quindi relativamente poco antropizzate, potevano garantire il mantenimento della qualità delle stesse. La stessa FAO supponeva che a metà del XXI secolo oltre il 30% di tutta l'acqua potabile mondiale doveva necessariamente essere prelevata da aree carsiche.

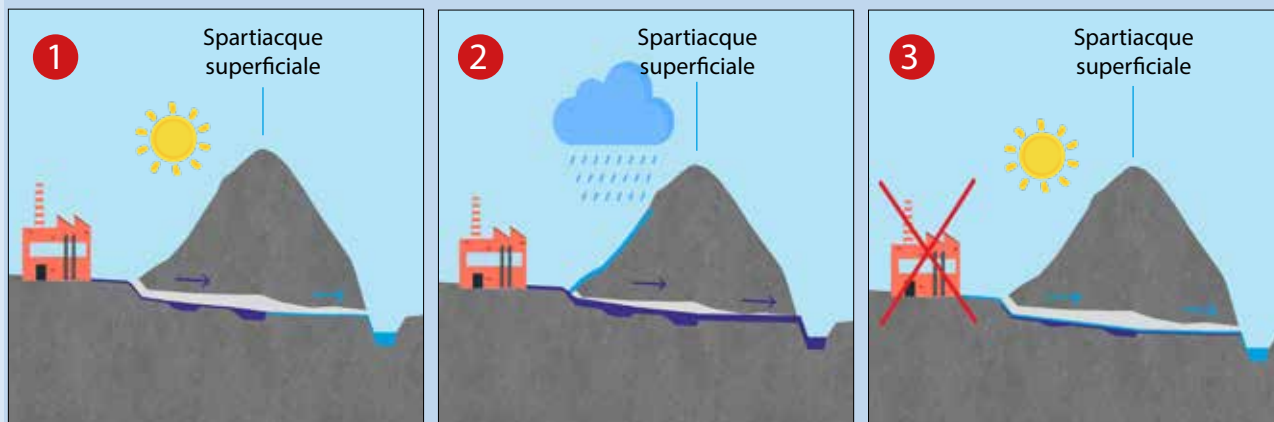
Gli studi effettuati in questo mezzo secolo hanno però evidenziato come questi acquiferi sono estremamente vulnerabili e, se divenuti oggetto di un inquinamento, ben difficilmente, e comunque solo dopo un lungo periodo, possono essere, a volte, depurati. Per questo motivo gli speleologi di tutto il mondo sono costantemente attivi per promuovere la salvaguardia di tutte le aree carsiche anche e soprattutto mediante la diffusione della conoscenza delle loro peculiarità e intrinseche fragilità.

In conclusione: le aree carsiche custodiscono il bene più prezioso e indispensabile per l'uomo, l'acqua potabile che, già oggi, è praticamente negato a quasi un miliardo di persone.

Inquinamento

In condizioni di magra [1] le sostanze inquinanti possono depositarsi nel greto dei corsi d'acqua ipogei e, in particolare, in zone a bassa energia cinetica come laghi o pozze d'acqua, raggiungendo gradualmente una concentrazione assai elevata. In questo caso, un esame delle acque della risorgente potrebbe invece rivelare una concentrazione più ridotta di inquinanti.

In caso di piena [2] questi vengono in gran parte asportati grazie ad una maggiore energia delle acque e, in brevissimo tempo, veicolati nei corsi d'acqua esterni con concentrazioni anche molto elevate, spesso molto superiori alle concentrazioni di immissione. Comunque sia, le sostanze inquinanti permangono nel greto del torrente anche a distanza di tempo e anche nel caso in cui la fonte di inquinamento sia rimossa [3] come è il caso del corso d'acqua presente nel Sistema carsico dei Crivellari (vedi pagine successive). Ciò a sottolineare, ancora una volta, la peculiarità e la vulnerabilità degli acquiferi carsici, soprattutto in caso di inquinamento.



L'importanza degli acquiferi carsici nel bacino del Mediterraneo e in Italia

Gli acquiferi carsici rappresentano oggi circa il 40% delle fonti di approvvigionamento idrico, per uso potabile e non, nel bacino del Mediterraneo. La loro importanza socio-economica è destinata ad aumentare nei prossimi anni a causa del progressivo degrado quantitativo e qualitativo delle falde idriche delle pianure alluvionali, a seguito di fenomeni di sovrasfruttamento ed inquinamento.

È chiaro che tali risorse strategiche devono essere tutelate adeguatamente anche perché sono sempre più esposte a rischio di contaminazione a causa della crescente antropizzazione dei territori carsici, della diffusione di pratiche agricole e attività industriali ad alto impatto, ad inquinamenti accidentali o deliberatamente dolosi.

Attualmente in Italia le sorgenti carsiche forniscono circa il 40% delle acque potabili.

Si stima che il patrimonio idrico carsico italiano sia pari a circa 410 mc/s, ossia circa 13 miliardi di mc/anno; esso è costituito da grandi sorgenti con portata superiore ai 15 mc/s, ma anche da numerose sorgenti piccole ma localmente importanti. Una sorgente di 5 mc/s fornisce in un anno circa 160 miliardi di litri di acqua, ed è in grado di soddisfare le necessità di un bacino di utenza di 1.200.000 abitanti.

Nonostante l'ampio sfruttamento degli acquiferi carsici, soprattutto nelle regioni meridionali, la loro tutela è ancora del tutto insufficiente, spesso anche perché il loro studio e la loro conoscenza sono ancora molto approssimativi.



Tra i tanti tipi di rocce che affiorano nella nostra penisola, calcari e dolomie (le cosiddette rocce carbonatiche, in colore giallo nella carta) hanno un posto di primo piano, distribuite su quasi tutto il territorio nazionale e in particolare nel settore alpino nord-orientale e nell'Appennino centro-meridionale.

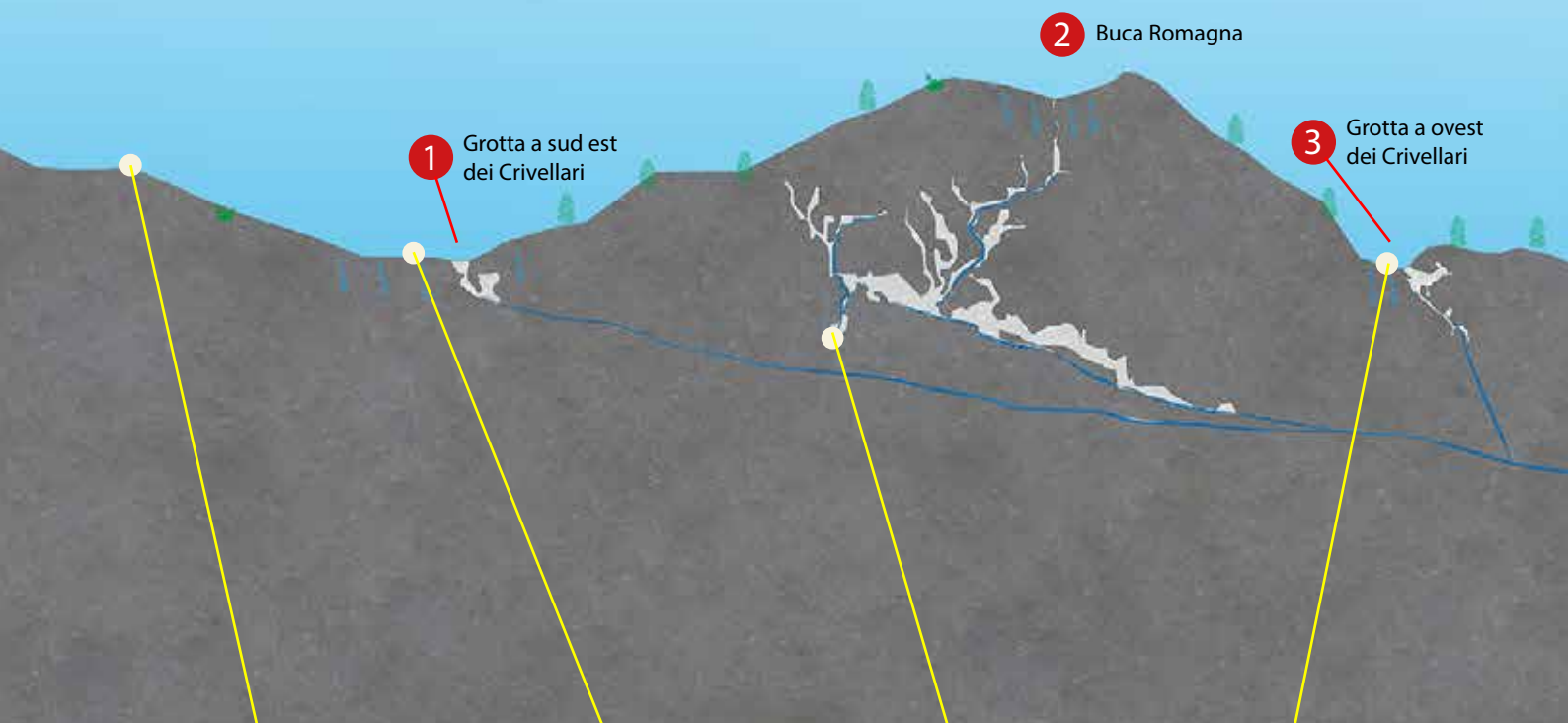
Le rocce carbonatiche possono infatti ospitare ingenti risorse idriche sotterranee, quando soggette a precipitazioni abbondanti, cosa che avviene in particolare nelle aree montuose. Questa ingente risorsa non è però distribuita omogeneamente su tutto il territorio italiano. Questo è ben evidente osservando la carta che riporta la posizione delle sorgenti carsiche, con portata media superiore a 200 litri al secondo (cerchi blu).

Va infine sottolineato che l'Emilia-Romagna è l'unica regione ad avere una importante sorgente alimentata da rocce evaporitiche (Fonti salse di Poiano).

Sezione del sistema carsico dei Crivellari (Vena del Gesso romagnola) ovvero come l'uomo altera (spesso irreparabilmente) le acque carsiche

"Io sono qui per godermi la natura, per favore non mi parli di ambiente."

Dalla serie televisiva americana "Boston legal". La scena si svolge lungo un fiume; un personaggio sta pescando salmoni; un altro personaggio gli fa notare che si stanno estinguendo a causa di una malattia dovuta agli allevamenti intensivi.



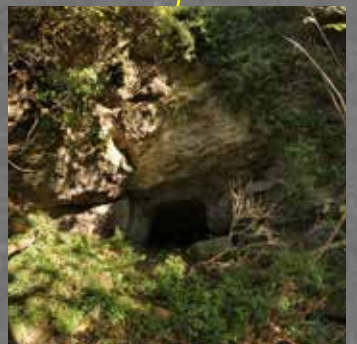
La porcilaia a monte del sistema carsico è dismessa da alcuni decenni, tuttavia i liquami riversati nella sottostante dolina sono ancora presenti lungo gran parte del corso sotterraneo delle acque.



La dolina a sud est dell'abitato dei Crivellari è una delle pochissime ancora coltivate. Concimi, diserbanti e anticrittogamici vengono drenati nel sistema carsico sottostante.



Le gallerie della cava di Monte Tondo hanno intercettato un corso d'acqua della "Buca Romagna": l'idrologia sotterranea è irrimediabilmente alterata.

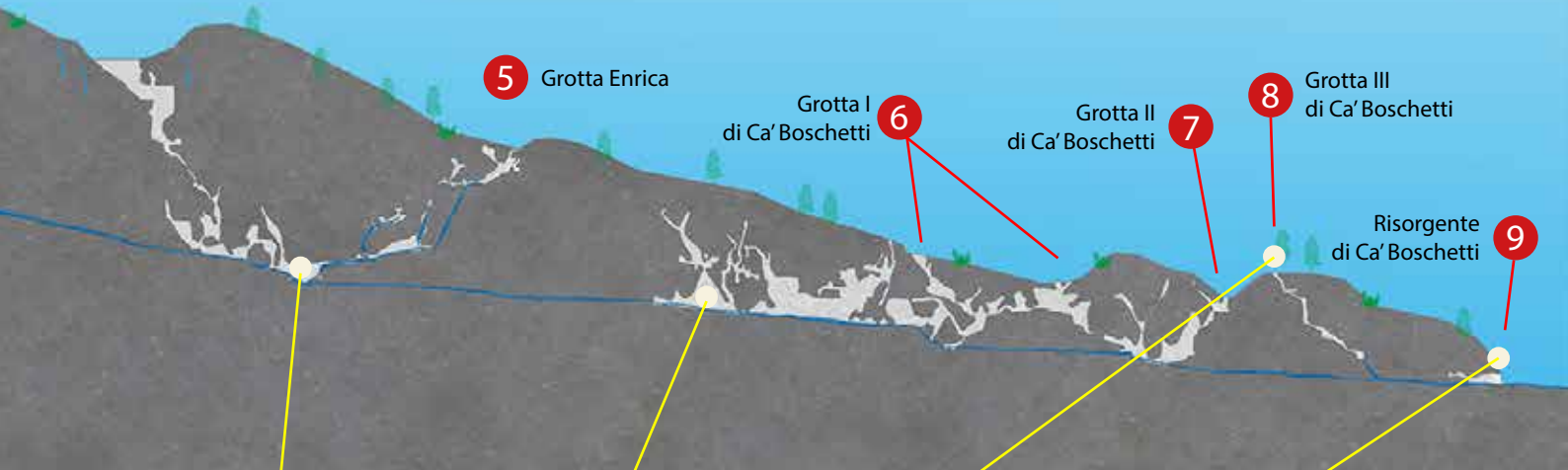


La dolina della Grotta a ovest dei Crivellari, oggi in parte bonificata, è stata usata per decenni come discarica dagli abitanti del soprastante borgo.



Ubicazione degli ingressi delle grotte del sistema carsico dei Crivellari, lungo il versante settentrionale di Monte della Volpe.

4 Grotta grande dei Crivellari



L'inquinamento causa la scomparsa della fauna endemica dei corsi d'acqua sotterranei. Per contro, i liquami determinano il proliferare di batteri assolutamente estranei all'ambiente ipogeo.



Nel corso d'acqua che attraversa le grotte di Ca' Boschetti, a valle del sistema carsico, sono ancora presenti i liquami della porcilaia.



Parte dei rifiuti asportati dalla Grotta III di Ca' Boschetti. Alcuni recipienti, molto degradati, contenevano anticrittogamici. Non è stato possibile asportare tutti i rifiuti poichè in parte finiti in ambienti non accessibili.



Tramite questa risorgente le acque del sistema carsico tornano a giorno e si immettono nel Torrente Senio, riversandovi quindi anche le sostanze inquinanti.

Come evolve un sistema carsico nei gessi messiniani

L'evoluzione di un sistema carsico è strettamente correlata al clima.

L'esame degli speleotemi, dei sedimenti, delle forme carsiche e del rapporto con le morfologie esterne consente di determinare con precisione i cicli climatici del passato.

La complessità è la ricchezza della vita,
dove ogni elemento, anche il più piccolo,
contribuisce a un disegno più grande e affascinante,
in cui la bellezza nasce dall'interconnessione delle parti.

ChatGPT

Speleotemi: importanti archivi per lo studio del clima e degli ambienti del passato

Uno speleotema è un deposito minerale che si è formato in grotta. Tipici speleotemi sono le stalattiti e le stalagmiti, composte per lo più da carbonato di calcio (calcite).

Le caratteristiche geochemiche e fisiche del carbonato di calcio possono essere utilizzate per comprendere le variazioni del clima e del paesaggio che si sono succedute nelle ere geologiche.

In particolare, nelle grotte di gesso la formazione di speleotemi calcarei richiede la presenza di anidride carbonica prodotta dall'attività biologica dei suoli prima di infiltrarsi sottoterra. Quindi gli speleotemi si formano durante climi relativamente caldo-umidi, cioè con suoli coperti di vegetazione.

Il campione di speleotema della foto a destra, ad esempio, dimostra che la deposizione di calcite è stata molto rapida fra ~132 e ~123 mila anni fa, ovvero durante un periodo climatico detto "ultimo interglaciale". Questo periodo aveva un regime climatico molto simile all'interglaciale odierno. La colata dimostra che la deposizione di carbonato di calcio in grotte in gesso è appunto favorita durante regimi climatici simili a quello attuale.

Conoscere l'età degli speleotemi

Per esplorare il passato si deve sapere, per prima cosa, l'età dei campioni.

Questo è possibile utilizzando il metodo "uranio-torio" (due elementi chimici radioattivi). La calcite infatti contiene minime tracce di uranio. L'uranio decade (cioè si trasforma) in torio in un tempo noto, che in chimica è detto "tempo di dimezzamento". Analizzando i campioni è possibile conoscere il contenuto attuale di uranio e di torio, risalendo quindi all'età dello speleotema analizzato. Estruendo campioni multipli lungo l'asse di accrescimento dello speleotema (i solchi e i punti nel campione della foto) è possibile ricostruire la cronologia della sua crescita e costruire così un "modello delle età".

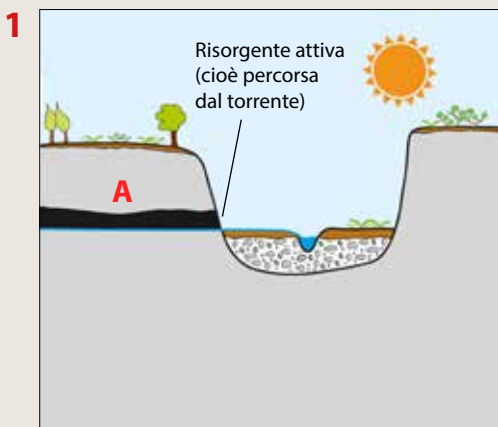
Età ~ 123.000 anni

Speleotema
proveniente
dalla Grotta
del Re Tiberio.



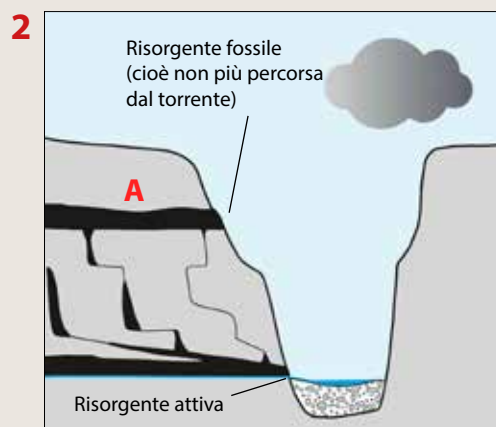
Età ~ 132.000 anni

Durante i periodi di clima relativamente caldo come l'attuale, il livello del corso d'acqua esterno resta piuttosto stabile. La parte terminale del sistema carsico (cioè quella prossima alla risorgente) è costituita da una galleria suborizzontale [A] quasi a livello del corso d'acqua esterno.



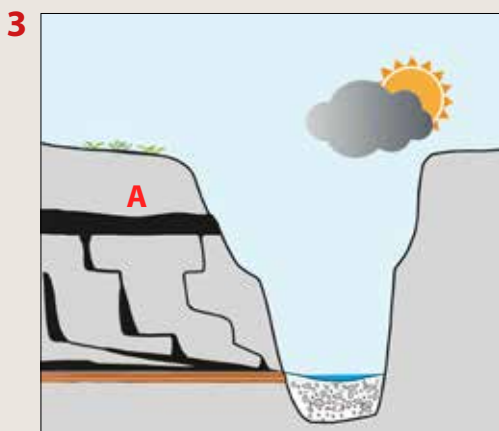
La presenza di vegetazione fa sì che l'acqua piovana assorba anidride carbonica, pertanto, in questa fase, si formano gli speleotemi calcarei. La loro datazione suggerisce l'età minima del livello carsico nel quale lo speleotema si è formato.

Durante le fasi di deterioramento del clima, il livello del mare cala poiché l'evaporazione è maggiore rispetto all'apporto fluviale, in quanto una grossa porzione di acqua dolce è "intrappolata" nei ghiacciai di alta quota e calotte polari. I sistemi fluviali reagiscono abbassando il proprio livello. Ne consegue l'approfondimento della valle, agevolato dalla lenta ma costante risalita della catena montuosa appenninica. Nel sistema carsico si forma un nuovo livello di gallerie. La nuova risorgente attiva si raccorda al livello del corso d'acqua esterno in meno di mille anni.



In questa fase si formano nuove grotte, ma la scarsa presenza di vegetazione limita la formazione di speleotemi calcarei. Di contro, vi è una grande abbondanza di sedimenti grossolani sia in grotta che all'esterno.

Quando le condizioni climatiche iniziano gradualmente a migliorare, la vegetazione ricompare lentamente sui versanti. In questa situazione, i sedimenti grossolani sono meno abbondanti rispetto a quelli fini. Questi ultimi possono causare una parziale o totale occlusione dei condotti carsici.



Il progressivo miglioramento climatico comporta il ripristino della copertura vegetale. Il fiume esterno tende ad erodere i materiali alluvionali accumulati in precedenza. Si crea così un "terrazzo fluviale", che risulta alla stessa altitudine della risorgente. In grotta i materiali fini vengono progressivamente erosi dai corsi d'acqua sotterranei. In questo stadio è di nuovo abbondante la deposizione di speleotemi.



Dopo questo stadio, il ripristino delle condizioni di clima relativamente caldo dà luogo ad un nuovo ciclo, ma con le gallerie e le risorgenti attive ubicate a quote inferiori rispetto al ciclo precedente.

I riempimenti fisici delle grotte ovvero uno straordinario archivio sotterraneo

Le verità scientifiche non si decidono a maggioranza.

Galileo

Le grotte sono caratterizzate da temperatura e umidità molto più stabili rispetto all'esterno.

Le grotte hanno ambienti in massima parte privi di luce.

Queste caratteristiche facilitano la conservazione dei materiali che, nel corso dei millenni, le acque raccolgono e trascinano lungo il loro cammino.

Nei sedimenti di grotta si rinvencono resti di piante o di animali, nonché manufatti abbandonati dall'uomo in epoche passate.

In particolare, i pollini sedimentati nel fango parlano della vegetazione che, in tempi lontani, interessava le aree carsiche.

I sedimenti di grotta consentono di ricostruire la velocità di flusso dei corsi d'acqua, di riconoscerne la portata e i momenti di piena.

Questi dati contribuiscono a ricostruire il clima del passato: informazione che può essere fondamentale anche per lo studio delle modificazioni climatiche attuali.

I sedimenti di grotta sono quindi una preziosa testimonianza dell'ambiente esterno al momento della loro deposizione. Scienze come l'archeologia, la paleontologia, la geologia e la climatologia non possono prescindere, dove presente, dal mondo sotterraneo per ricostruire quello che esisteva, in una determinata area, migliaia di anni orsono.

Oggi, a causa dell'azione dell'uomo, le acque immettono nelle grotte rifiuti e sostanze inquinanti che lì si possono accumulare oppure, dopo un percorso sotterraneo, possono defluire, in parte, nei corsi d'acqua esterni.



A destra, in primo piano, depositi fisici costituiti da argilla, sabbia e ciottoli di varie dimensioni. Abisso Luciano Bentini (Vena del Gesso romagnola) (foto Francesco Grazioli).

