

~~Q-3-28~~
~~R2-7-28~~

C.A.I.
Comitato Scientifico
Ligure-Piemontese-Valdostano



Stazione Scientifica
di Bossea
Club Alpino Italiano
Sezione di Cuneo

AMBIENTE CARSICO E UMANO IN VAL CORSAGLIA



Atti dell'incontro
di Bossea
14-15 settembre 1991

PIETRO MAIFREDI*

L'ACQUIFERO CARSICO DI BOSSEA E L'IDROGEOLOGIA DELL'AREA

L'alta Val Corsaglia presenta fenomeni carsici di grande interesse che condizionano tutta la circolazione delle acque sotterranee dell'area.

Tra Bossea e Colla dei Termini affiorano estesamente terreni calcarei, e pertanto carsificabili, con caratteristiche diverse, passando dai calcari quasi puri di età giurassica a quelli scistosi di età cretaceo-oceanica o ai calcari dolomitici e alle dolomie di età triassica.

La caratteristica più rimarchevole della nostra area, che sarà ben osservabile anche sul terreno durante l'escursione, è però una complessa storia tettonica che ha portato i sedimenti calcarei, originariamente sedimentatisi *sopra* ad un substrato antico di età permo-carbonifera, a trovarsi invece segmentati in grandi affioramenti separati tra di loro da imponenti superfici di dislocazione, fratture e faglie, che delimitano compartimenti idrogeologici indipendenti, talora interconnessi tra di loro in modo particolarmente complesso.

Il substrato permo-carbonifero, è rappresentato da porfiroidi praticamente impermeabili, abbastanza deformabili, e da quarziti che sono invece rocce molto fragili: è facile capire come, durante i movimenti tettonici che hanno portato all'attuale disposizione delle formazioni geologiche che costituiscono la valle, le quarziti, sottoposte a tensioni notevolissime, invece di deformarsi plasticamente si siano fratturate in modo evidentissimo e addirittura, lungo i piani più importanti di scorrimento, si siano formate ampie fasce in cui la roccia

* Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Genova.

è stata tanto frantumata, cataclasata, da essere paragonabile agli effetti idrogeologici ad una roccia permeabile.

Vedremo più avanti che questo fenomeno ha una rilevante importanza nella circolazione delle acque sotterranee di tutta l'area.

Schematizzando, le grandi faglie, dirette all'incirca da Sud Est verso Nord Ovest e quasi verticali, che hanno interessato la zona, hanno interposto agli affioramenti calcarei grandi masse di porfiroidi e quarziti che dividono la valle in due aree carsiche principali.

Quella verso la testata della valle, più meridionale, scende dalle pendici del M. Mondolé ed è caratterizzata dalla presenza di un fenomeno carsico di notevolissimo interesse, la Grotta della Mottera.

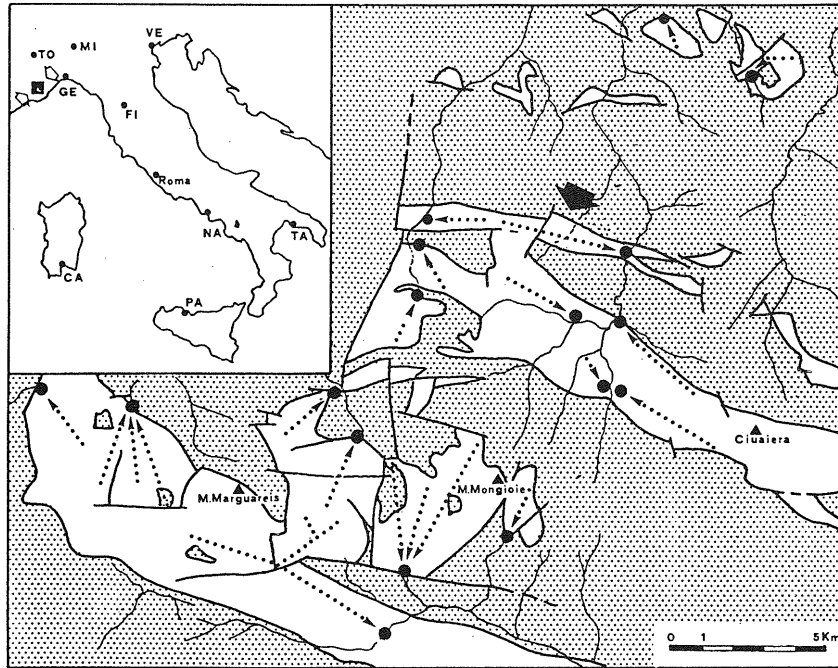
Questa grotta, scoperta a 1300 metri di quota nel Vallone di Sottocrosa, sotto Cima Verzera, esplorata per la prima volta solo nel 1961, si sviluppa per oltre 8000 metri (con un dislivello complessivo di 403 metri).

È un esempio classico di come si sviluppa il carsismo nella nostra zona: la grotta si apre infatti nei calcari giurassici al contatto con i porfiroidi permiani.

I calcari, all'origine solo fessurati, si sono progressivamente incarsiti con allargamento delle fessure per dissoluzione del carbonato di calcio aggredito dalle acque che s'infiltrano nelle fessure e che sono per diversi motivi quasi sempre leggermente acide.

Le acque meteoriche sino dai tempi più remoti, da quando queste terre sono emerse, si sono infiltrate nelle fessure della roccia, allargandole e scendendo per gravità sinché non hanno incontrato un ostacolo impermeabile e non aggredibile facilmente dall'acqua.

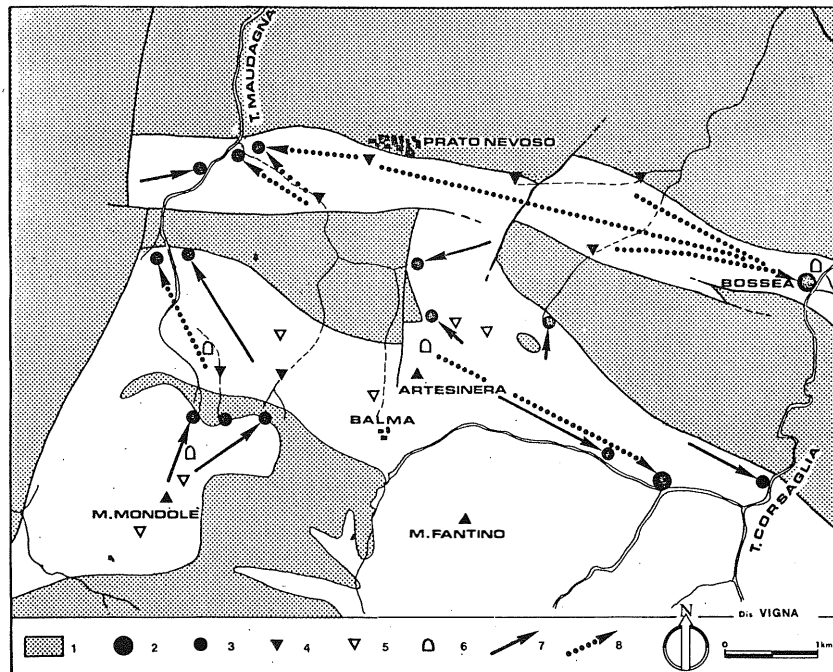
Nel nostro caso questo ostacolo è costituito dagli affioramenti di porfiroidi, sopra ai quali le acque sotterranee hanno dovuto accumularsi, saturando dapprima le fratture e poi, nel punto più basso dell'affioramento, trovando una via di deflusso verso la superficie.



Ubicazione dell'area di alimentazione del sistema carsico di Bossea (indicatedo con la freccia) e degli altri sistemi carsici delle Alpi Liguri. Le sorgenti principali sono indicate dai cerchi neri.

La circolazione dell'acqua sotterranea si è così concentrata lungo una direttrice preferenziale, dove il più rapido ricambio di acqua ha esasperato lo sviluppo del carsismo dando origine a condotte ben gerarchizzate che costituiscono la grotta della Mottera.

Questo reticolo carsico è ancora attivo e pertanto la grotta è percorsa da un suggestivo corso d'acqua sotterraneo, con laghi e cascate di rara bellezza.



Carta idrostrutturale dei principali sistemi carsici nella zona Monte Mondolè, Cima Artesinera, Bossea. In bianco sono indicati gli acquiferi carsici, in puntinato i complessi impermeabili; 2) sorgenti con portata media < 50 l/s; 3) sorgenti con portata media > 50 l/s; 4) inghiottitoi attivi; 5) inghiottitoi semiattivi; 6) cavità attive; 7) linee di deflusso; 8) collegamenti accertati con traccianti (Vigna B., 1990).

Più a Nord l'erosione ha profondamente inciso i diversi affioramenti, compresi quelli calcarei, generando ripidissime falesie, come quelle che caratterizzano la valle del Rio Sbornina. Qui i fenomeni di distensione degli ammassi rocciosi, conseguenti al diminuito carico statico dovuto all'allontanamento di milioni di tonnellate di roccia asportata dai fenomeni erosivi,

ha aperto numerose fratture subverticali nelle quali penetra l'acqua meteorica sviluppando complessi reticoli carsici.

La maggior parte di queste fratture non è direttamente esplorabile; solo in alcune di esse gli speleologi hanno potuto mettere piede, ma l'esplorazione di queste "finestre" sulla circolazione sotterranea è stata particolarmente fruttifera d'informazioni preziose.

Tra questi punti di accesso ai misteri del carsismo della zona vi sono l'Abisso Bacardi e l'abisso dell'Artesinera.

Fra i due abissi è stata recentemente accertata l'esistenza di un collegamento, anche se il primo è sul versante della Val Corsaglia, o meglio del suo affluente Rio Sbornina, ed il secondo sul versante della Valle Maudagna.

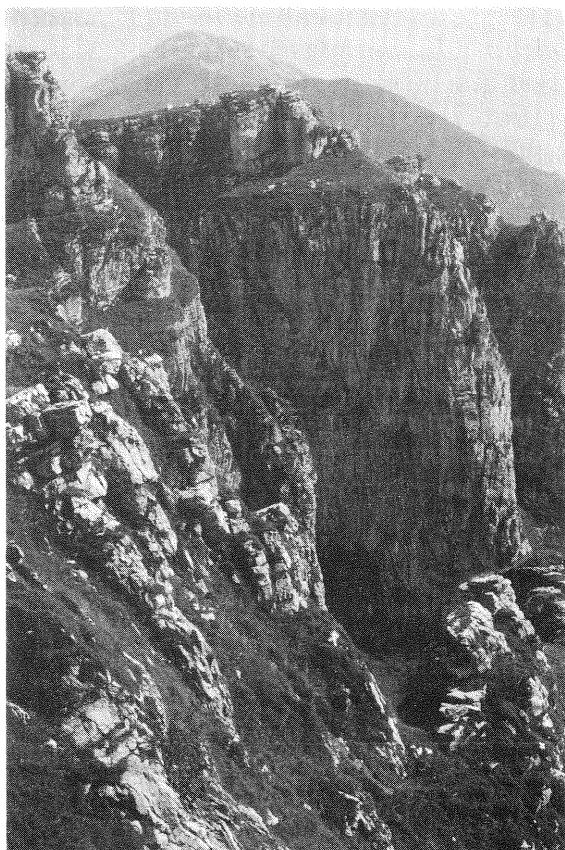
È un'impressionante serie di pozzi e gallerie che sprofondano per oltre 450 metri in prossimità di una precipite falesia calcarea che domina il vallone di Sbornina la cui esistenza pone in risalto l'importanza della fessurazione nello sviluppo del reticolo carsico.

Ma ancora più interessante per noi, è l'area carsica che si estende a nord degli affioramenti impermeabili permiani, il cui baricentro è proprio nella zona di Bossea.

Qui i fenomeni tettonici sono esasperati: gli sforzi di compressione a cui sono stati sottoposti questi terreni durante la genesi della catena alpina (e che hanno sviluppato le grandi faglie di cui si è parlato prima), hanno originato estese linee di dislocazione in due direzioni principali.

Una delle due direzioni, approssimativamente da Ovest Nord-Ovest a Est Sud-Est mette in contatto alternanze di porfiroidi e affioramenti calcarei. L'altra, praticamente perpendicolare a questa, interrompe e disturba la continuità degli affioramenti.

Entro un ridotto lembo di calcare, largo in alcuni punti non più di 250 metri, costituito da scaglie molto fratturate "strizzate" tra la linea di dislocazione detta linea di Prel, a Nord, e la linea di Fontane a Sud, si sviluppa un interessante reticolo carsico sotto il profilo della circolazione idrica sotterranea ed una delle maggiori cavità turistiche italiane, la grotta di Bossea.



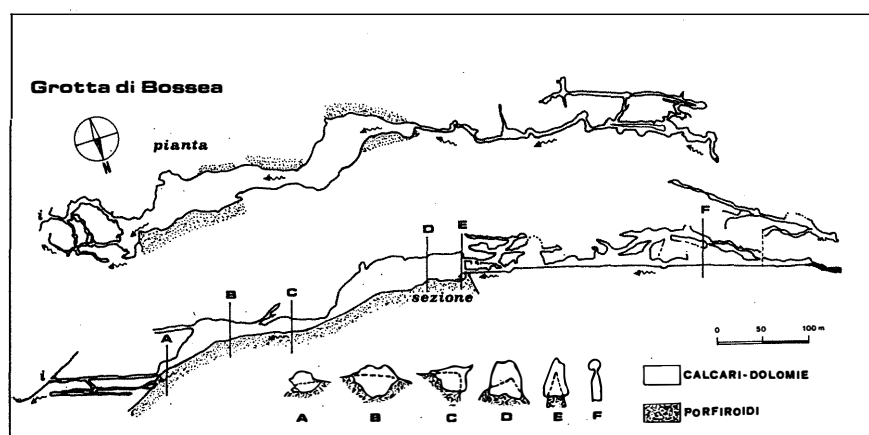
Le falsie calcaree che precipitano dalla Cima Artesinera nel vallone del rio Sbornina. Qui si apre l'Abisso Bacardi, la grotta più profonda dell'area.

Con i suoi enormi saloni, il suo dislivello di quasi 200 metri, uno sviluppo che si avvicina ai tre chilometri, percorsa integralmente da un torrente molto suggestivo e di notevole portata è anche una grotta di tutto rispetto nel panorama del carsismo italiano, di particolare interesse per gli studi approfonditi che si sono sviluppati sull'idrogeologia dell'area.

Prima di addentrarci però nel complesso problema della circolazione idrica sotterranea dell'area di Bossea, è opportuno fare mente locale su quali sono le caratteristiche di una

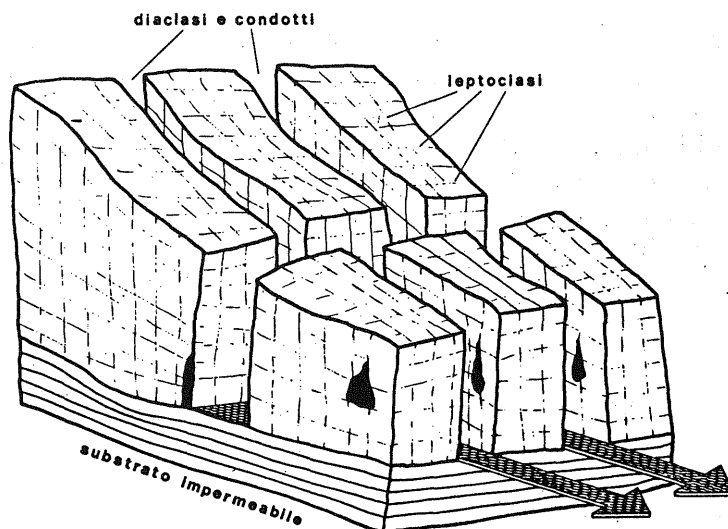
circolazione carsica e, soprattutto in che cosa questa circolazione si differenzia da quella che si verifica in una normale falda in rocce porose, come ad esempio le sabbie.

Abbiamo già visto che nei terreni carsificabili, come i nostri, sulle fratture generate dai fenomeni tettonici s'impone una circolazione che tende ad allargare le fratture e a collegarle tra di loro.

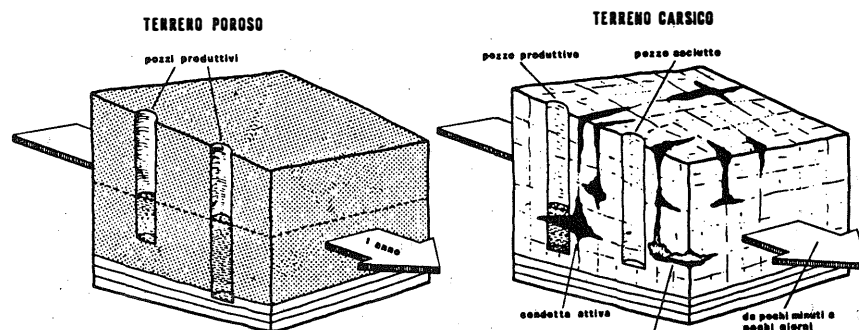


Caratteristiche geologiche della cavità di Bossea (Olivero G., Vigna B., 1990).

Vi sono due situazioni particolari che possono coesistere nello stesso reticolo carsico: una circolazione in condotte ben drenate, in cui l'acqua circola liberamente e dove il reticolo si organizza in modo molto simile a quello dell'idrografia di superficie; una circolazione in zone completamente sommerse dove ogni fessura viene aggredita dalle acque in modo uniforme in modo tale da generare condotte a sezione quasi circolare che si collegano tra di loro con complesse anastomosi formando labirinti oppure disgregando le zone molto fratturate che pian piano si svuotano del materiale roccioso dando origine a giganteschi saloni. Questa situazione di saturazione



Schema di terreno carsico: la permeabilità è legata sia a fessure molto piccole (leptociasi) che a diaciasi e condotti di grandi dimensioni (qui disegnati molto ampi).



In un terreno poroso omogeneo (per esempio una sabbia) l'acqua filtra lentamente e qualsiasi pozzo incontra la falda, ad adatta profondità. In un terreno carsico la velocità di filtrazione è in genere molto maggiore; due pozzi, anche vicini, incontrano o meno l'acqua a seconda che intercettino o meno cavità e fratture (Maifredi P., Perna G., 1978).

può essere perenne, quando la quota del substrato impermeabile si trova al di sotto del livello di base locale (che è la quota di sfioro delle sorgenti carsiche, in questo caso), oppure può essere temporanea, limitata ai periodi di piena.

Un altro fatto notevole è che, a causa della grande quantità di fessure di notevole dimensione, il ruscellamento superficiale nelle zone carsiche è normalmente molto ridotto e quasi tutta l'acqua che non evapora durante una pioggia s'infiltra nel sottosuolo: questa è un'altra caratteristica peculiare delle aree carsiche con un'infiltrazione che normalmente è di gran lunga superiore a quella di un normale terreno poroso.

La portata delle sorgenti carsiche è in genere rilevante rispetto a quella delle sorgenti in rocce porose, con variazioni di portata molto rapide e percentualmente molto rilevanti; può così accadere che una sorgente passi in poche ore da una portata di qualche litro al secondo a quella di alcune migliaia di litri al secondo.

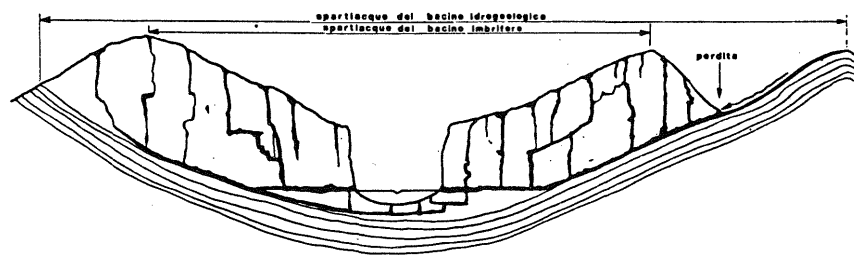
L'acqua che raggiunge il reticolo carsico proviene normalmente dalle precipitazioni liquide e solide, pioggia e neve, ma vi è un'altra preziosa fonte da cui proviene l'acqua che alimenta le sorgenti carsiche e che, pur non essendo caratteristica solo delle aree carsiche, ha in queste il suo massimo sviluppo: la condensazione.

In ambiente carsico infatti un'enorme quantità di aria circola nelle fessure a causa della differenza di temperatura tra ambiente interno e quello esterno.

In estate l'aria calda scende nelle fessure e, raffreddandosi bruscamente, può contenere meno vapore d'acqua di quello che conteneva alla temperatura esterna. L'aria si satura in umidità ed è costretta a cedere l'acqua in esubero che si deposita per condensazione sulle pareti delle fessure. Un carattere tipico delle sorgenti carsiche, in certe condizioni di esposizione ai venti umidi di parti importanti del bacino di alimentazione, è infatti quella di mantenere discrete portate anche in estate, spesso superiori a quelle che sono giustificate dal bacino di alimentazione della sorgente, proprio per merito della condensazione.

Di questo fatto si accorsero anche gli antichi, che, a Teodosia, costruivano grandi condensatori fatti con cumuli di pietre esposti alla brezza marina; i nostri contadini d'altra parte evidenziano il fenomeno sostenendo, anche in zone molto lontano dalla catena alpina, che le sorgenti carsiche sono alimentate dai ghiacciai: la logica è stringente, se le sorgenti aumentano la portata in estate, è evidente che sono alimentate da un ghiacciaio che sta fondendo!

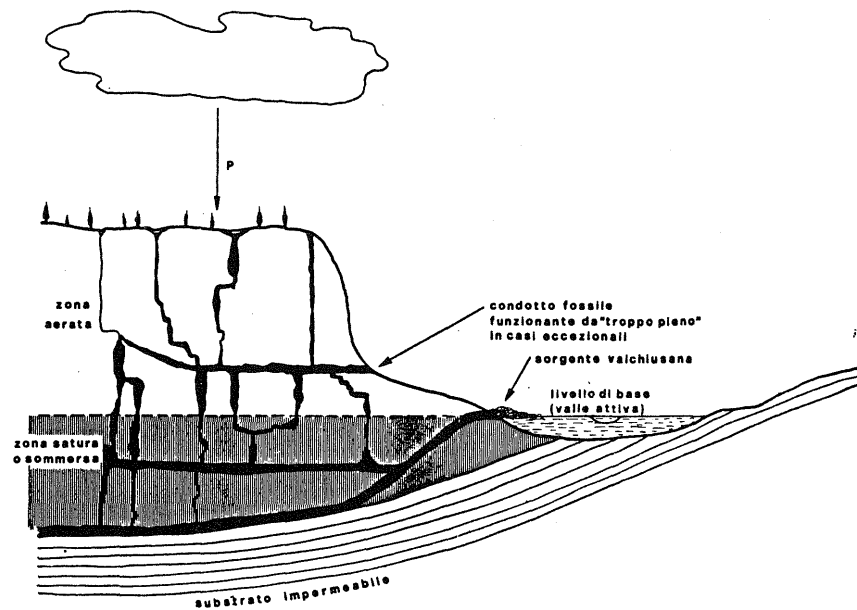
Anche se oggi sappiamo che è un fenomeno di condensazione, questo non toglie nulla alla saggezza e allo spirito di osservazione di chi è abituato ad un diuturno contatto con la natura da molte generazioni.



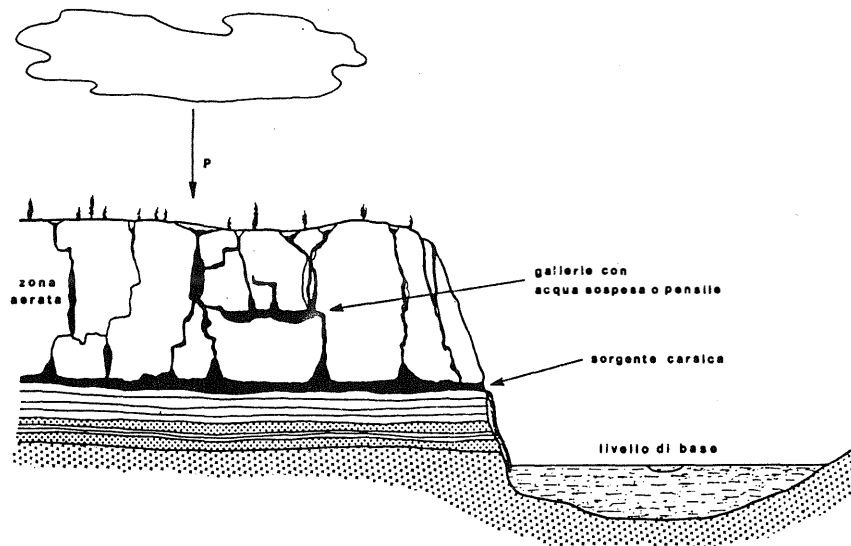
Nelle aree carsiche ben raramente vi è coincidenza tra bacino imbrifero e bacino idrogeologico. Nella figura è illustrato il caso di un bacino idrogeologico più ampio di quello imbrifero (Maifredi P, Perna G., 1978).

Un'altra conseguenza di una circolazione attraverso grandi condotti è quella che non si ha di norma nessuna filtrazione naturale; almeno una parte dell'acqua che attraverso il reticolo carsico penetra nella montagna e ne fuoriesce nel giro di poche ore, ben poca cosa se confrontata con i diversi mesi od anni che servono all'acqua per coprire la stessa distanza in rocce porose.

Da un lato questo è un difetto grave, poiché la protezione di una sorgente carsica richiede la tutela di tutto il bacino di alimentazione, ma dall'altra è paradossalmente un pregio,



Quando il substrato impermeabile si spinge al di sotto del livello di base, può esistere una zona satura con tutti i condotti allagati (*olocarso* o *carso profondo*): l'acqua dei condotti profondi viene chiamata *acqua di fondo*. Quando il complesso è fortemente carsificato, la superficie di separazione tra zona aerata (o zona vadosa) e zona satura (o zona freatica) è praticamente orizzontale; è inclinata (da sinistra a destra) più o meno a seconda dello sviluppo minore o maggiore del carsismo.



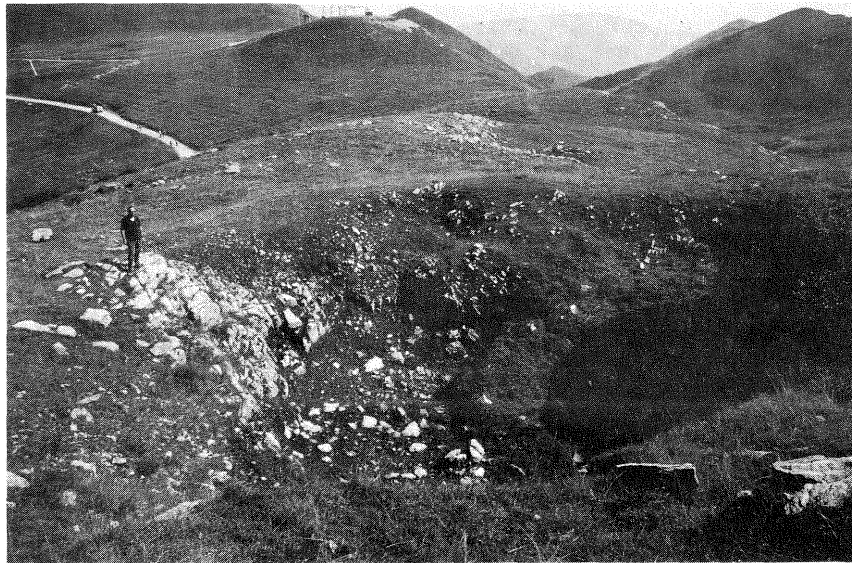
Quando il substrato impermeabile si trova sopra il livello di base (rappresentato dal fondovalle), manca la zona satura. Si può verificare anche il caso, non certo frequente, di gallerie con acqua pensile (Maifredi P., Perna G., 1978).

poiché, essendo facilmente inquinabili, le acque carsiche sono rimaste ai giorni nostri tra le poche non sfruttate e quindi particolarmente appetibili.

Nei punti dove si concentra l'assorbimento delle acque si generano particolari forme di corrosioni carsiche superficiali, paragonabili ad un imbuto o in altri casi ad un'ampia tazza con il fondo coincidente con il punto di assorbimento più importante, costituito in genere da un *inghiottitoio*: sono le *doline* e le *valli carsiche*, depressioni chiuse da tutti i lati, con deflussi che sono di norma sotterranei.

In alcuni casi anche un corso d'acqua superficiale che scorre su terreni non carsici può raggiungere il contatto con le rocce carsificabili: può originarsi così una *perdita* che va ad alimentare un reticolo carsico.

Studiare la complessa circolazione delle acque in zona carsica impegna qui a Bossea molte energie degli speleologi cuneesi, del Politecnico e dell'Università, catalizzati dalla



Una grande dolina alle falde della Cima Artesinera.

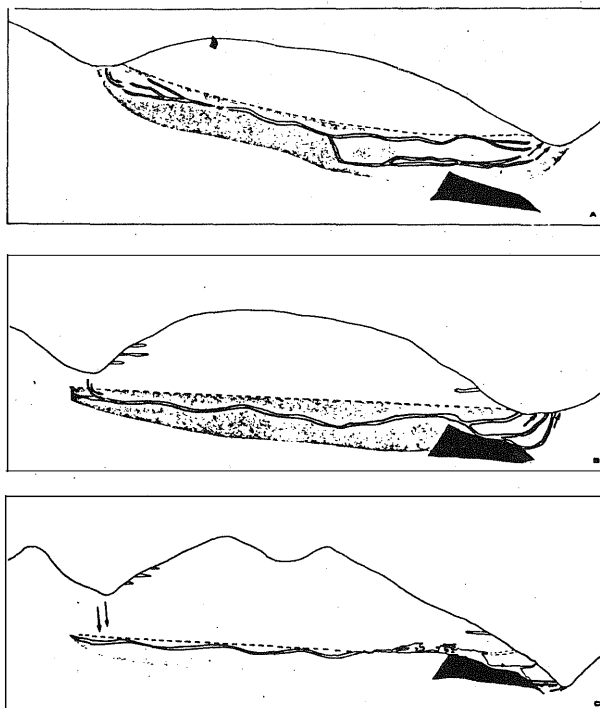
“Stazione Scientifica” della grotta di Bossea, un attrezzatissimo laboratorio sotterraneo che da decenni tiene sotto controllo tra le altre cose le portate, il chimismo e la temperatura del corso d’acqua che attraversa la grotta.

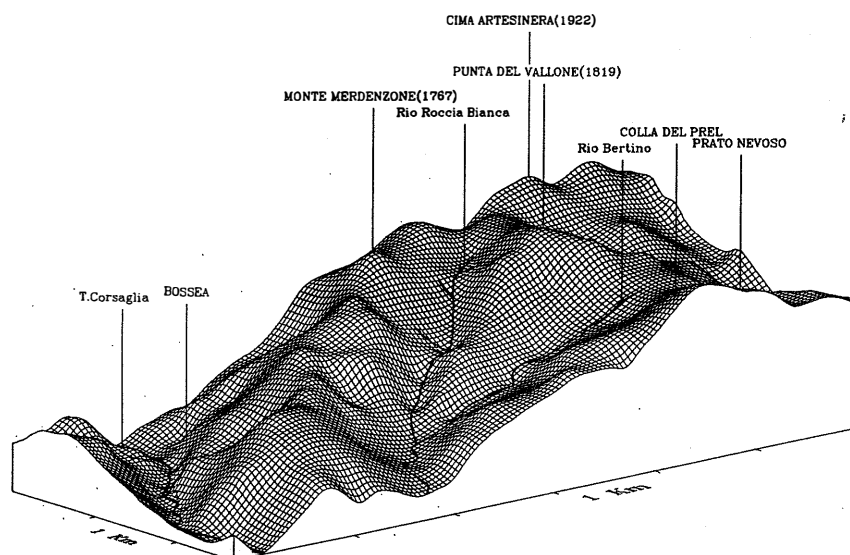
Si è cominciato con lo studio del corso d’acqua, evidenziando portate che vanno da poco meno di 50 litri al secondo in magra a poco oltre i milleduecento litri al secondo in piena.

La portata media annua oscilla tra 120 e 200 litri al secondo, e questo significa che il sistema carsico drena una quantità di acqua variabile nei diversi anni da quattro a sei milioni di metri cubi circa.

Evoluzione temporale del sistema di Bossea: A) Fase iniziale con circolazione profonda che caratterizza tutto il sistema; B) Sollevamento e relativa disattivazione di numerose cavità (Garbo del Crociato, Garbo della Raina); inizia a delinearsi la paleo-Bossea; C) Situazione attuale.

(Olivero G., Vigna B., 1990).





Blocco-diagramma relativo alla morfologia dell'area di alimentazione del sistema carsico di Bossea (Olivero G., Vigna B., 1990).

Si tratta di una quantità di acqua notevole che testimonia l'importanza del sistema carsico ma ha posto anche non pochi problemi ai ricercatori che hanno studiato il suo bacino di alimentazione.

In questi casi si procede, dopo un attento esame della geologia della zona, per successive approssimazioni immettendo, nelle zone dove si presume s'infiltrino le acque, coloranti o sali, innocui (*traccianti* in linguaggio idrogeologico), che vengono poi rivelati nel torrente di Bossea con opportuni metodi.

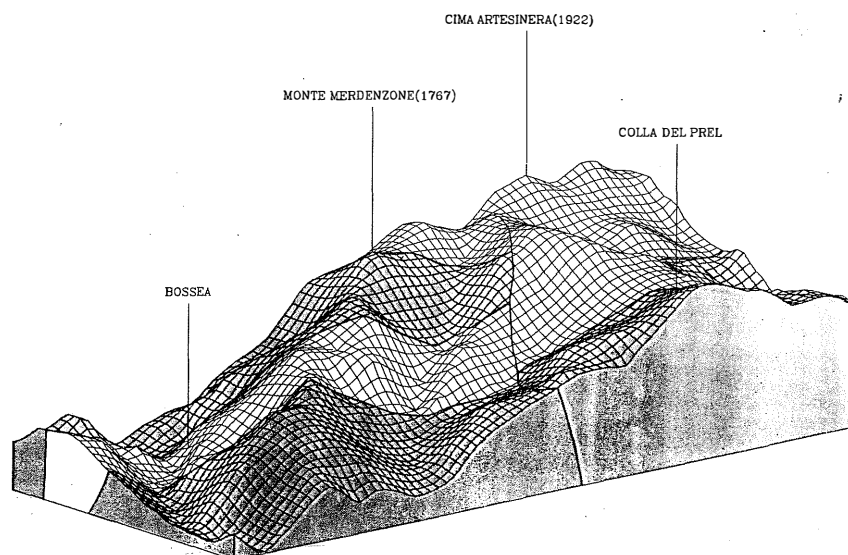
Le ricerche iniziate già nel 1968, proseguite poi nel 1975 e nel 1986 e 1989, da parte del G.S.P. e del G.S.A.M. prima, dalla Stazione Scientifica di Bossea e dal Politecnico di Torino poi,

Il vallone del Rio Rocciabianca inizia con un'ampia conca carsica sospesa fra i due versanti (Valle Maudagna e Valle Sbornina).



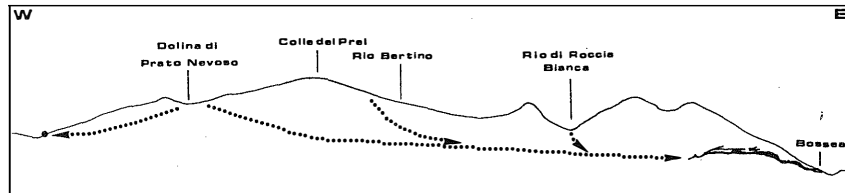
hanno messo in evidenza che la zona di alimentazione si spinge sino al Rio Rocciabianca ed al Rio Bertino, superando persino il Colle del Prel e raggiungendo la dolina di Prato Nevoso, già in Val Maudagna.

Le esperienze su quest'ultima area di assorbimento hanno fatto conoscere un fatto interessante: in periodo di magra le acque di Prato Nevoso alimentano le sorgenti di case Bergamino sul versante della Val Maudagna; in periodo di piena una parte delle acque defluisce anche verso il sistema carsico di Bossea.

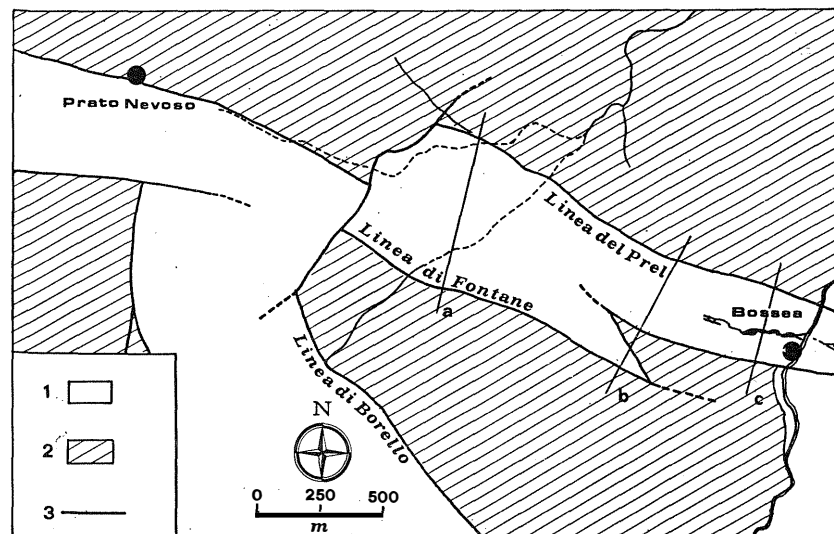


Blocco-diagramma relativo all'idrostruttura dell'area di alimentazione del sistema di Bossea. In bianco è indicato l'acquifero carsico, in grigio la serie basale (Olivero G., Vigna B., 1990).

È un caso di *diffluenza* che si può presentare in sistemi carsici complessi come il nostro, quando l'evoluzione del reticolo carsico mette in contatto condotte perennemente attive relativamente piccole, come quelle che vanno verso Case Bergamino, con condotte più ampie ma a quota diversa, ormai attive solo in condizioni particolari, come quelle che vanno verso Bossea. Quando si verifica una piena idrologica, le condotte piccole non riescono a smaltire tutta la piena, il massiccio carsico si satura e le acque "traboccano" verso le condotte più ampie normalmente ormai abbandonate.



Sezione interpretativa dei deflussi sotterranei, accertati per mezzo dei traccianti, nel settore compreso fra la Val Maudagna, a sinistra, e la Val Corsaglia, a destra. Il Colle del Prel è posizionato sullo spartiacque superficiale. (Olivero G., Vigna B., 1990).



Schema tettonico dell'area Prato Nevoso - Bossea (da Vanossi, 1974, mod.).
1) copertura carbonatica; 2) successione basale vulcano-clastica; 3) principali linee tettoniche (Olivero G., Vigna B., 1990).

Le ricerche hanno messo anche in luce che esiste un altro importante circuito carsico che, nella valle del Rio Sbornina tende ad alimentare una grande sorgente, quella di stalle Buorch, molto interessante per la valle ma che non contribuisce al bilancio idrico della grotta di Bossea.

Alla ricerca dei confini della zona di alimentazione della Grotta di Bossea le analisi, eseguite anche su modello numerico da parte del Politecnico di Torino, hanno riconfermato che parte dell'acqua di Bossea proviene da aree adiacenti agli affioramenti carsificabili, dove sono presenti rocce poco permeabili. Dopo un percorso in superficie le acque raggiungono la zona carsica, dove s'infiltrano.

Quasi un terzo dell'acqua che transita per il torrente sotterraneo di Bossea proviene da zone non carsiche ed un contributo importante viene dato dalle già citate quarziti che funzionano come una gigantesca opera di drenaggio spesso interposta al contatto tra substrato e affioramenti calcarei.

Un altro interessante dato che scaturisce dallo studio idrogeologico del sistema carsico è che esistono vaste zone completamente allagate dove l'acqua immagazzinata impiega tempi relativamente lunghi a transitare.

In genere solo una parte del tracciante immesso arriva alla risorgente dopo tempi che possono variare in funzione della portata tra un giorno e dodici giorni.

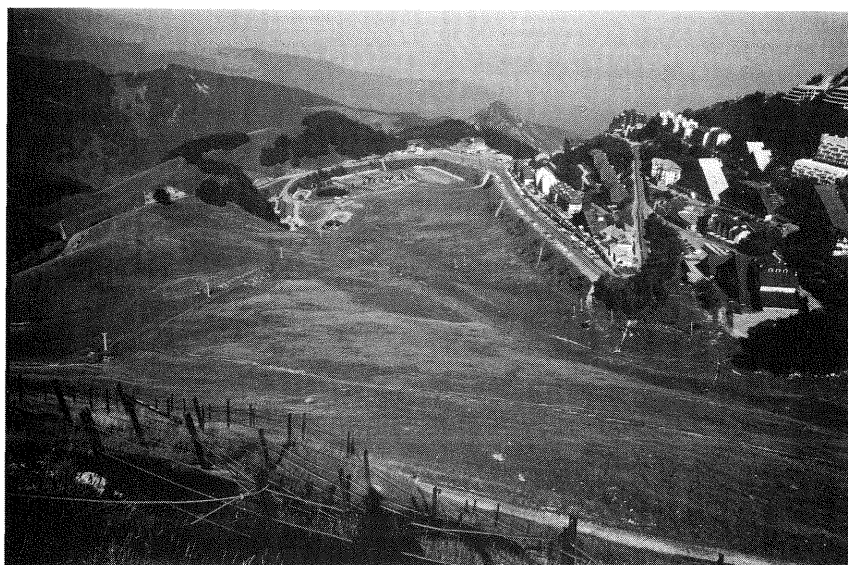
La restante parte fuoriesce in occasione di piene successive, molto diluita, evidentemente immagazzinata in vaste zone sature.

Questi risultati ci hanno portato a cercare di sciogliere un altro dilemma: sono zone sature costituite da fessure sottili molto estese, cioè roccia fratturata ma non incarsita, o si tratta anche, almeno in parte di un vero reticolo carsico, forse esplorabile?

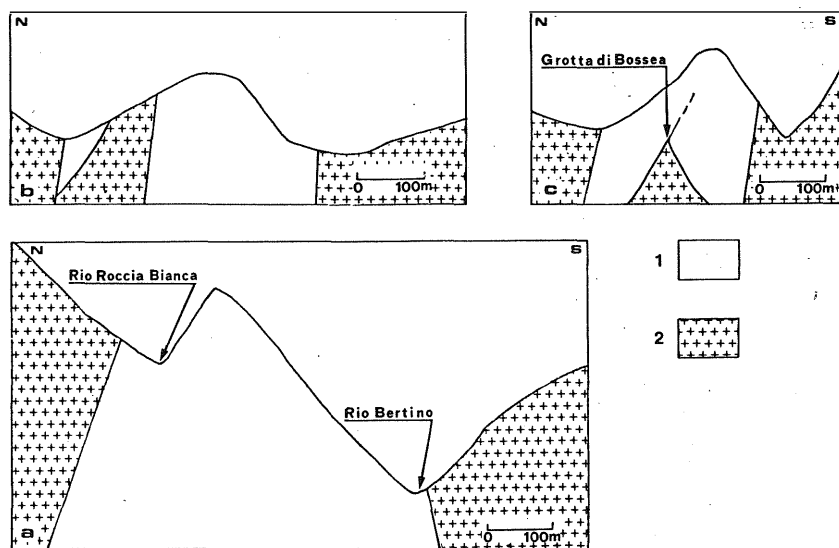
È stata così organizzata una nuova sezione del laboratorio della stazione scientifica che si occupa di prelevare campioni di acqua con continuità durante la piene e poi di analizzare i campioni per vedere le variazioni nel contenuto di sali di calcio.

Mettendo in relazione l'andamento delle piogge con quello delle portate, le oscillazioni della temperatura dell'acqua ed il suo contenuto salino, si cerca di valutare se esistono o meno importanti rami ancora sconosciuti.

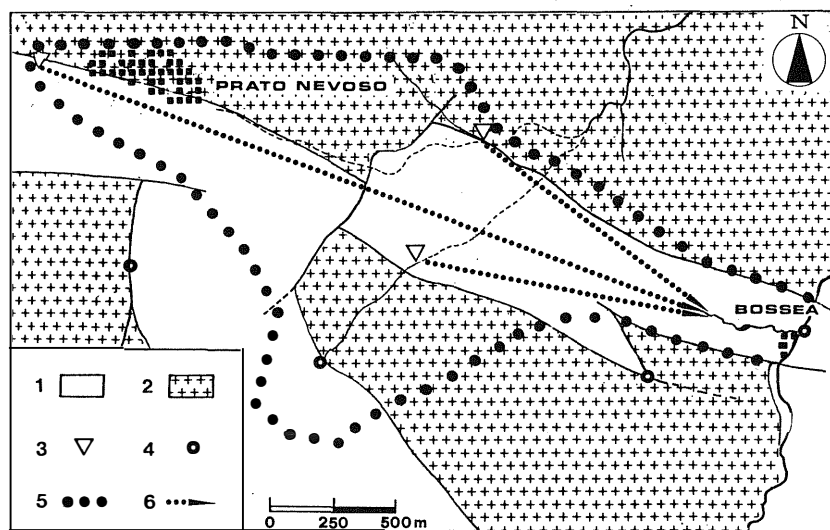
Come si vede la sfida tra gli speleologi, i ricercatori e la montagna continua e, ne siamo quasi sicuri, sarà prodiga di altre interessanti sorprese.



La conca di Prato Nevoso, grande valle carsica intensamente antropizzata.



Sezioni interpretative dell'idrostruttura di Bossea. 1) acquifero carbonatico; 2) basamento indifferenziato.



Schema idrogeologico del sistema di Bossea. 1) acquifero carbonatico; 2) basamento indifferenziato; 3) inghiottitoi attivi; 4) sorgenti carsiche; 5) limiti dell'idrostruttura; 6) collegamenti accertati con traccianti (Olivero G., Vigna B., 1990).

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- Autori vari, 1990, *Atti della Stazione Scientifica della grotta di Bossea*. G.S.A.M. CAI Cuneo, Politecnico di Torino, Dipartimento Georisorse e Territorio.
- Calleris V., 1988, *Abisso Bacardi*, Mondo ipogeo, n. 12, G.S.A.M. CAI Cuneo.
- Maifredi P. e Perna G., 1978, *La scienza della terra, geologia e idrogeologia* (con particolare riferimento alle aree carsiche) in "Manuale di Speleologia", Longanesi, Milano.
- Peano G., 1975, *Il fenomeno carsico nel Cuneese*, Montagne Nostre, C.A.I. Cuneo.
- Peano G., 1991, *L'acquifero carsico di Bossea*, Mondo Ipogeo, G.S.A.M. C.A.I. Cuneo.