

BOSSEA MMIII

CONVEGNO NAZIONALE

L'AMBIENTE CARSICO E L'UOMO

**MANIFESTAZIONE CELEBRATIVA UFFICIALE DEL CAI
PER IL "2003: ANNO INTERNAZIONALE DELL'ACQUA DOLCE"**

**LABORATORIO DIDATTICO DEL COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE DEL CAI
LABORATORIO CARSOLOGICO SOTTERRANEO
GROTTE DI BOSSEA (FRABOSA SOPRANA- CN) 5-8 SETTEMBRE 2003**

ATTI

**STAZIONE SCIENTIFICA DI BOSSEA - CAI CUNEO
PROVINCIA DI CUNEO**

PROGETTO RIO MARTINO

Federico Magri¹ · Bartolomeo Vigna²

¹ Associazione Gruppi Speleologici Piemontesi, Gruppo Speleologico Valli Pinerolesi - CAI Pinerolo

² Associazione Gruppi Speleologici Piemontesi, Dipartimento Georisorse e Territorio, Politecnico di Torino

RIASSUNTO

Il progetto Rio Martino si propone di coordinare ed approfondire le attuali conoscenze di questo sistema carsico sotto il profilo esplorativo, chimico, fisico ed idrogeologico, per renderlo disponibile agli enti che gestiscono il territorio e successivamente divulgarlo ad un ampio pubblico.

Il progetto, articolato in diversi settori di ricerca, avrà durata di almeno tre anni con possibilità di prolungamento.

LA GROTTA DI RIO MARTINO

Nota da sempre ai valligiani e meta di numerosi gruppi di "speleologi domenicali" e di scolaresche, la grotta di Rio Martino si apre alla quota di circa 1.530 m, all'interno dell'area protetta del Parco del Po - tratto Cuneese, in territorio del Comune di Crissolo (CN). La cavità, percorsa quasi interamente da un corso d'acqua con una discreta portata (Foto 1), costituisce la parte terminale di un importante sistema idrogeologico che viene alimentato da una vasta area assorbente caratterizzata dall'assenza delle rocce carbonatiche affioranti in superficie. Una coltre detritica di origine morenica ubicata a quota compresa fra circa 1900 e 2200 metri di quota, nel settore compreso tra il Monte Granè e Punta Gardetta ricopre infatti l'acquifero carbonatico sottostante, sviluppato nella successione calcareo-dolomitica del Trias. La grotta ha uno sviluppo complessivo di poco superiore ai 3000 m, con un dislivello massimo di circa 190 m (Fig. 1). Nel 1878 il ramo inferiore, ad andamento suborizzontale, è stato reso turistico (per gli standard dell'epoca!) mediante lo scavo di un sentiero e la posa di passerelle in legno, ancora oggi utilizzato dai molti visitatori fino alla spettacolare Sala del Pissai, dove il torrente ipogeo precipita da una cascata di oltre 40 m di altezza. L'accesso alla grotta non è per ora regolamentato in alcun modo. Malgrado la sua frequentazione, pochi sono i lavori scientifici che descrivono la cavità, la struttura idrogeologica che alimenta il corso d'acqua principale, la fauna cavernicola. Per tale motivo sono iniziati una serie di ricerche specifiche per approfondire le conoscenze relative a questa interessante cavità, denominate "Progetto Rio Martino"

IL PROGETTO RIO MARTINO

Elaborato nel 2001 dalla Associazione dei Gruppi Speleologici Piemontesi, successivamente approvato e finanziato dalla Regione Piemonte ai sensi della L.R. 69/81 (legge regionale sulla "Tutela del patrimonio speleologico della regione Piemonte"), il Progetto è caratterizzato dalla molteplicità di enti ed associazioni che vi partecipano: la Regione Piemonte (Ente promotore e finanziatore), l'Associazione dei Gruppi Speleologici Piemontesi (organismo che ha proposto il progetto e svolge funzioni di coordinamento), il Dipartimento Georisorse e Territorio del Politecnico di Torino (che cura le indagini idrogeologiche e le analisi chimiche), l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare del CNR (che cura le indagini microclimatiche). Attraverso la AGSP partecipano al progetto speleologi di vari gruppi piemontesi.

Il progetto si propone di raccogliere ed approfondire le attuali conoscenze di questo sistema carsico dal punto di vista esplorativo, carsologico, fisico ed idrogeologico e, successivamente, di divulgarle ad un ampio pubblico ed agli enti che gestiscono il territorio. La durata del progetto è di tre anni, con la possibilità di un prolungamento dell'attività di studio e di ricerca. Il progetto è articolato su una serie di ricerche ora brevemente illustrate.

Rilevamento topografico

Queste ricerche sono mirate ad un aggiornamento della topografia della cavità e dei punti assorbenti per inquadrare in dettaglio l'andamento dell'estensione del reticolo carsico con all'assetto geologico e strutturale dell'intera zona. Parte della cavità non è correttamente rilevata, in particolare alcuni rami del tratto superiore, poco frequentati ed esplorati. Si sta quindi procedendo al rilievo completo sia del ramo principale, sia dei rami laterali.

Il progetto prevede anche una serie di immersioni speleosubacquee nel sifone terminale (due sono già state effettuate, giungendo a circa 60 metri di sviluppo) per sondarne lo sviluppo e tentarne il superamento. L'attività di esplorazione procede anche mediante arrampicate e disostruzioni di nuovi passaggi.

Studio idrogeologico e climatologico

Questo studio ha come finalità il rilevamento di una serie di dati e di informazioni relative al flusso idrico sotterraneo ed alla circolazione delle masse d'aria all'interno della cavità.

Per quanto attiene al primo aspetto, è stata installata una centralina di rilevamento automatico che provvede a monitorare in continuo i dati relativi alla portata del torrente sotterraneo, alla temperatura dell'acqua ed alla sua conducibilità elettrica. Questo strumento, posizionato in corrispondenza di uno stramazzo appositamente realizzato, è in funzione dal 17 marzo 2002, ed i dati finora acquisiti sono stati abbinati alle misure meteoclimatiche rilevate da una stazione della Regione Piemonte, ubicata nell'area assorbente sulla verticale del sifone finale della cavità.

Tali rilevamenti, integrati da periodici campionamenti manuali e relative analisi chimiche effettuate in laboratorio delle acque del collettore principale e di diversi arrivi secondari, unitamente ad una prova di tracciamento eseguita con l'ausilio di un sistema automatico di rilevamento, hanno permesso di formulare interessanti ipotesi sul funzionamento dell'acquifero carsico. E' inoltre in fase di installazione una seconda centralina di acquisizione, che verrà posizionata su un arrivo d'acqua secondario, in modo da poter indagare la risposta di un affluente che sembra presentare caratteristiche chimico-fisiche assai differenti dal collettore principale.

Il secondo campo di indagine, riguarda la situazione climatica della cavità e si occupa del rilevamento delle temperature e dei flussi d'aria interni alla grotta.

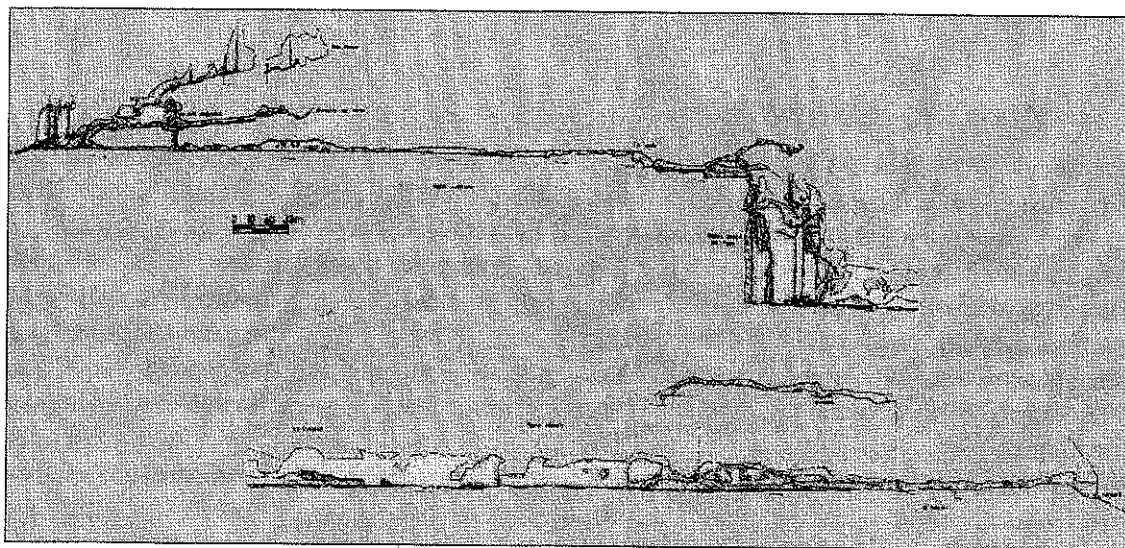


Fig. 1 - Sezione della Grotta di Rio Martino.

La cavità si comporta secondo il classico schema del “tubo a vento”, nelle gallerie del ramo inferiore (caratterizzate da una sezione ampia ed un profilo abbastanza regolare) le prime misure hanno evidenziato una stratificazione delle temperature: più alte nella parte superiore, più basse in prossimità del corso d'acqua.

Lo studio si propone di posizionare tre serie di sonde termometriche automatiche con sensibilità $1/100^\circ$ di grado, distanziate di circa 80 m una dall'altra, in modo da misurare le variazioni della stratificazione delle temperature al variare della direzione del flusso d'aria, sia nel tempo, sia nello spazio. I dati raccolti permetteranno di studiare l'influenza dei flussi d'aria sul delicato equilibrio fra evaporazione e condensazione.

In aggiunta a tali settori di studio, è in corso di svolgimento anche un accurato studio biospeleologico, volto a censire le specie animali che popolano la cavità e le grotte minori ad essa adiacenti.

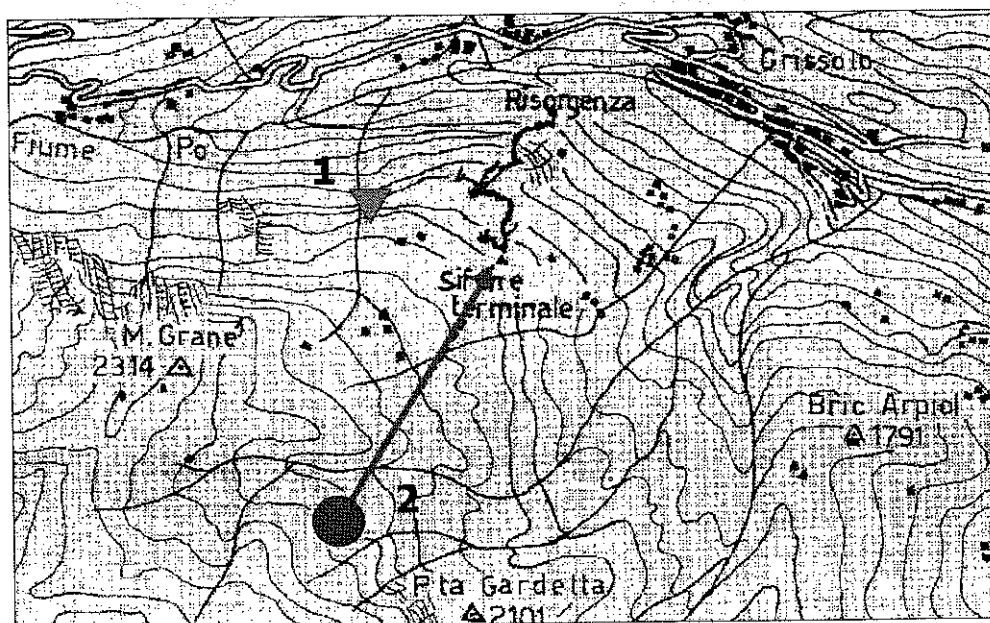


Fig. 2 - Punti di immissione del tracciante.

Pubblicazioni

Parte integrante del progetto, e non semplice appendice allo stesso, è la pubblicazione dei risultati acquisiti. E' quindi prevista la pubblicazione di due volumi: l'uno a carattere estremamente divulgativo, destinato al pubblico di visitatori della grotta ed ai turisti della valle Po, l'altro rivolto ad un pubblico di esperti del settore, che raccolga l'insieme dei dati derivanti dal monitoraggio, il frutto delle altre attività esplorative e di studio e le conclusioni tratte dall'analisi del tutto. Il primo volume andrà a colmare il vuoto informativo che attualmente riguarda la grotta di Rio Martino; l'ultima pubblicazione specificamente dedicata ad essa si poteva trovare in vendita a Crissolo fino a 15 anni fa circa: si tratta del volume intitolato “Rio Martino”, scritto da Giuseppe Gallo insieme a Nilo e Roberto Marocchino, con le fotografie di Valerio Bergerone, nel 1972 ed edito dal CAI di Saluzzo.

In questo lavoro verranno presentati i primi risultati dello studio idrogeologico effettuato su questo interessante sistema carsico.

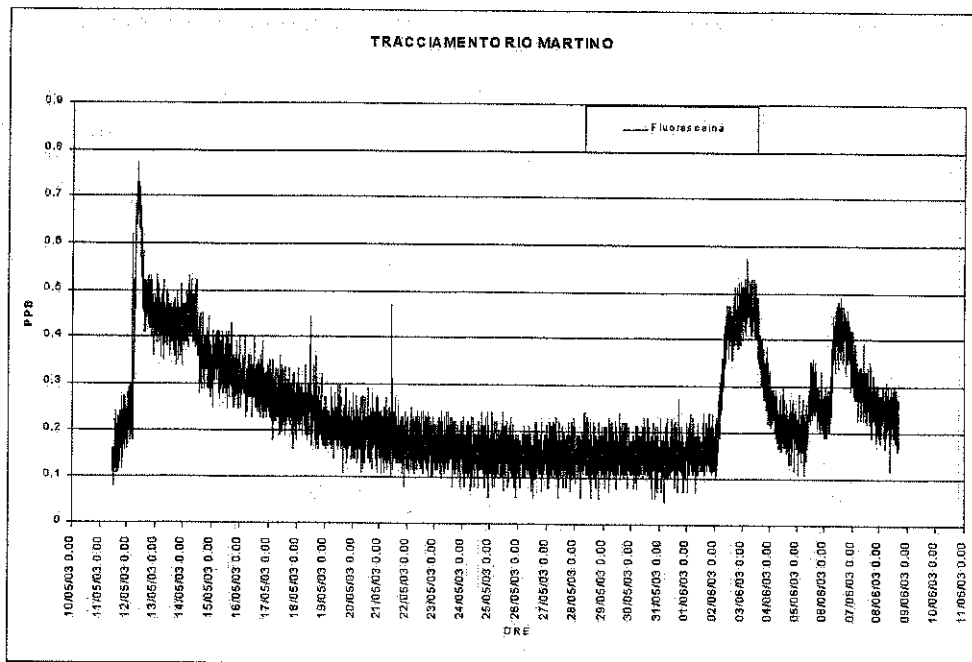


Fig. 3 - Curva di restituzione del tracciante.

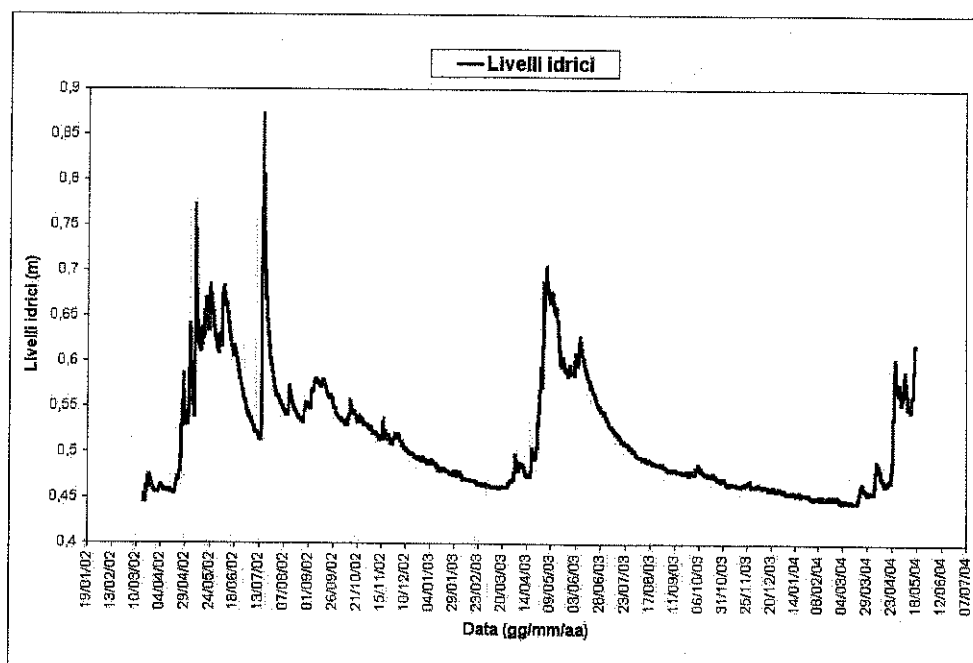


Fig. 4 - Misure dei livelli idrici registrate tra marzo 2002 e maggio 2004..

L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il sistema carsico che alimenta il corso d'acqua presente nella cavità, costituisce uno dei più rappresentativi esempi, nel panorama carsico nazionale, di un acquifero impostato in rocce carbonatiche quasi totalmente coperto da una potente successione di depositi morenici. Ad eccezione dei ripidi versanti sovrastanti la cavità e di alcuni limitati lembi nell'area di alimentazione, l'ammasso calcareo-dolomitico non è affiorante e la principale area di ricarica del sistema è impostata in corrispondenza di un ampio settore con pendii piuttosto blandi solcati da una serie di valloni dove è presente unicamente una potente coltre di ghiaie molto grossolane con abbondante matrice siltoso-sabbiosa riferibili ai depositi legati alle diverse fasi glaciali pleistoceniche. Lo spessore di tali sedimenti non è misurabile ma, sulla base dell'aspetto morfologico superficiale si può affermare che in genere supera le diverse decine di metri. L'area assorbente principale è ubicata grossomodo tra i 1900 ed i 2200 m di quota, ed è caratterizzata da una prateria alpina con assenza di alberi di alto fusto, limitata da ampi affioramenti di grossi massi, blocchi e detriti morenici. In seguito ad abbondanti precipitazioni o alla fusione del manto nevoso, sono presenti una serie di correvi superficiali che, in parte vanno ad alimentare l'acquifero sottostante, in parte ruscellano verso i ripidi pendii dell'ampia vallata in sinistra orografica del Fiume Po.

In corrispondenza di questi piccoli rii è stata eseguita una prova di multitracciamento, immettendo due diverse sostanze fluorescenti: 2 kg di Tinopal sono stati sciolti in corrispondenza di un torrentello ubicato in prossimità del limite meridionale dell'idrostruttura, mentre 1.5 kg di fluoresceina sono stati riversati in un rio presente verso il lato settentrionale dell'area (Fig. 2).

Nella grotta di Rio Martino è stato installato un acquisitore automatico, in grado di misurare in continuo la concentrazione dei due coloranti immessi nell'area di alimentazione. I risultati del test hanno mostrato che il primo corso d'acqua non concorre all'alimentazione dell'acquifero carbonatico mentre le acque del secondo rio, raggiungono il collettore principale.

Le modalità di restituzione del tracciante (Fig. 3) evidenziano una notevole complessità della circolazione idrica. Un primo picco di arrivo della fluoresceina è stato registrato dopo soli 2 giorni dall'immissione, dimostrando l'esistenza di un esteso reticolo carsico che sembrerebbe svilupparsi fino in prossimità del punto di immissione del colorante.

La concentrazione è invece risultata essere piuttosto bassa evidenziando come solo una parte della sostanza immessa sia giunta nella cavità. Dopo circa 15 giorni sono stati infatti registrati altri due picchi, in concomitanza di altrettanti periodi piovosi, e che sembrano sottolineare come il restante tracciante sia fluuito nell'acquifero impostato nei depositi morenici ed in tempi molto più lunghi sia stato poi restituito alla sottostante struttura carbonatica.

LE MISURE DI PORTATA, TEMPERATURA E CONDUCIBILITA' ELETTRICA DELLE ACQUE

Per lo studio idrogeologico del sistema carsico, si è dovuto innanzitutto costruire uno stramazzo all'interno della cavità, indispensabile per effettuare le misure di portata in continuo del corso d'acqua. Tale impegnativo lavoro ha visto in opera l'intero Gruppo Speleologico Valli Pinerolesi che, nell'arco di diversi mesi, trasportando diverse decine di quintali di materiali, è riuscito a costruire, a circa 200 m dall'ingresso, uno sbarramento in cemento armato, dotato di una bocca a stramazzo rettangolare (Foto 2). Quest'opera ha creato un piccolo invaso a monte nel quale è stata installata una sonda multiparametrica per la misura in continuo dell'altezza dei livelli idrici, della temperatura e della conducibilità elettrica delle acque. Con opportune formule matematiche le altezze dei livelli idrici vengono poi successivamente trasformate in portate. Ad intervalli regolari, circa ogni tre mesi, un addetto dello stesso gruppo, scarica i dati acquisiti su un personal computer.

I primi dati relativi a questo studio hanno messo in luce una interessante risposta idrodinamica ed idrogeochimica del sistema agli input infiltrativi, che conferma la situazione idrogeologica prima esposta, evidenziando la complessità della circolazione idrica dell'area in esame e l'importanza dei travasi dall'acquifero morenico verso la struttura carbonatica.

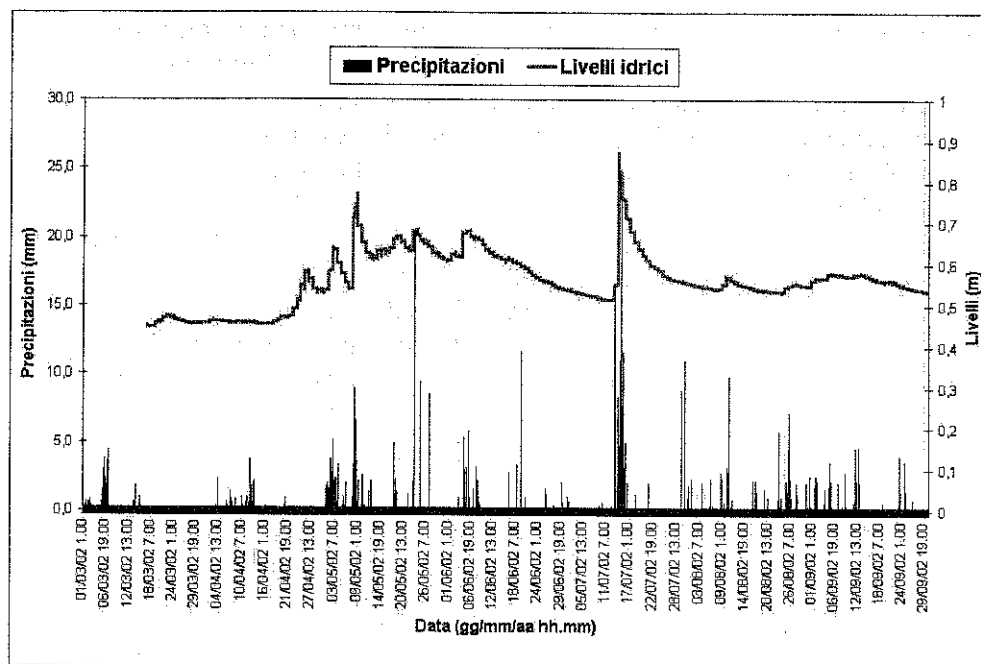


Fig. 5 - Confronto tra precipitazioni e livelli idrici tra marzo e ottobre 2002.

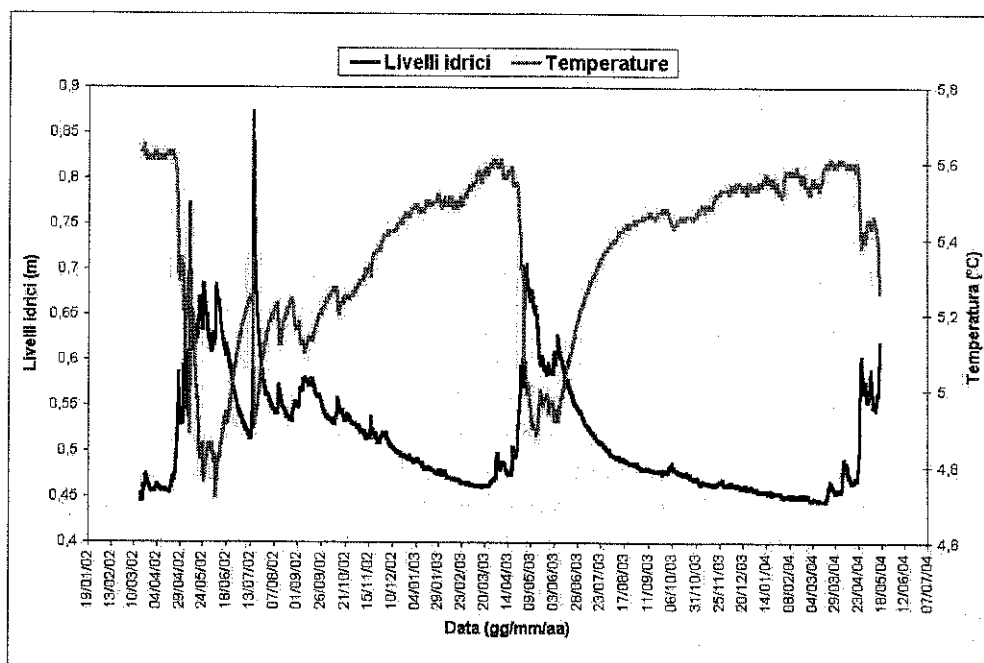


Fig. 6 - Confronto tra i livelli idrici e la temperatura delle acque.

Le misure di portata

Le misure di portata fin ora registrate, per oltre due anni (Fig. 4), mostrano un andamento molto particolare, caratterizzato dall'assenza di grandi variazioni dei livelli idrici, tipiche degli acquiferi carbonatici altamente carsificati, ma da una risposta alle precipitazioni piuttosto rapida. Il trend generale è caratterizzato da una importante piena primaverile, seguita da una serie di picchi di portata più o meno importanti, a seconda delle condizioni meteorologiche del periodo estivo ed autunnale, con una progressiva e lenta diminuzione dei livelli fino alla primavera successiva.

Più in dettaglio possiamo osservare come verso la fine del mese di marzo vengano raggiunti i valori minimi della portata, intorno ai 50 l/s, legati all'assenza delle infiltrazioni nei mesi invernali dovute alle basse temperature ed al suolo gelato registrate nell'area di alimentazione. Segue poi una importante piena primaverile, anticipata da picchi secondari, legati a temporanee risalite delle temperature dell'aria. In genere la piena più importante inizia verso la fine del mese di aprile, raggiungendo i valori massimi prossimi ai 300 l/s a maggio.

La sua durata è di diversi mesi ed è condizionata dalla importante fusione del manto nevoso a cui si assommano gli apporti delle precipitazioni liquide del periodo.

Tali apporti originano una serie di picchi secondari che vengono assorbiti nell'arco di pochi giorni. Le portate a partire dal mese di giugno iniziano poi gradualmente a scendere ma possono subire temporanei aumenti legati all'intensità delle precipitazioni estive. La curva di esaurimento si protrae fino alla primavera successiva ed è pesantemente condizionata dagli apporti (denominati travasi) provenienti dall'acquifero impostato nei depositi morenici che, essendo dotati di una permeabilità piuttosto ridotta, cedono lentamente ai calcari sottostanti l'importante volume idrico che si accumula, durante l'anno, nell'acquifero poroso.

Il confronto tra i dati di precipitazioni registrati nell'area assorbente e le portate misurate (Fig. 5), evidenzia una stretta correlazione di questi dati con un ritardo tra gli apporti e gli aumenti di livello di solo poche ore. Tali aumenti risultano però essere sempre piuttosto contenuti come, ad esempio il picco di piena legato all'evento alluvionale di metà luglio del 2002, tristemente famoso in diverse zone del Piemonte, dove in seguito alle intensissime precipitazioni, la portata è passata dai 100 a circa 400 l/s, con un incremento quindi di soli 300 l/s.

Tale comportamento rispecchia molto bene la situazione presente nell'area assorbente e conferma i dati acquisiti attraverso i test con traccianti. La potente copertura morenica presente in quota e dotata di una permeabilità piuttosto ridotta impedisce infatti l'infiltrazione diretta delle precipitazioni che avviene solo in alcune zone, arealmente piuttosto ridotte, dove i calcari risultano essere molto vicini alla superficie topografica. In questi settori modesti volumi idrici riescono ad infiltrarsi ed ad arrivare rapidamente alla sorgente attraverso una ipotetica estesa rete carsica. Come si può osservare dal grafico di correlazione precipitazioni - portate, alcuni incrementi della portata non possono essere messi in relazione con gli apporti, oppure alcuni episodi piovosi non forniscono aumenti dei livelli idrici sotterranei.

Nel primo caso occorre ribadire che gli incrementi della portata dei mesi primaverili sono in parte dovuti esclusivamente alla fusione del manto nevoso e quindi il pluviografo presente nell'area assorbente non può registrare tali episodi infiltrativi. Nel secondo caso bisogna sottolineare che nel periodo estivo le precipitazioni sono sovente di carattere temporalesco ed anche arealmente piuttosto limitate. E' quindi probabile che l'unico pluviometro presente in quota non sia ubicato in prossimità delle poche aree di assorbimento diretto dell'acquifero carbonatico.

Le misure di temperatura e conducibilità elettrica

Anche i parametri chimico-fisici delle acque registrate dalla sonda multiparametrica forniscono dati estremamente interessanti che confermano la situazione idrogeologica ed idrodinamica precedentemente descritta. Il confronto tra l'andamento della portata con quello della temperatura e della conducibilità elettrica delle acque evidenzia una risposta del sistema in studio del tipo a "sostituzione prevalente" (Vigna 2002) tipico di acquiferi piuttosto carsificati, con una zona satura piuttosto ridotta o assente ed alte velocità della rete di flusso (sistemi a dreno dominante).

Tale comportamento è caratterizzato da un andamento speculare dei diversi valori misurati: ad incrementi del flusso corrispondono relativi decrementi dei parametri idrogeochimici legati all'arrivo nel sistema delle acque di neoinfiltrazione, caratterizzate da una minore mineralizzazione ed in genere da temperature più basse rispetto alle acque circolanti nel sistema carsico.

Le variazioni misurate nel corso d'acqua di Rio Martino sono però molto più contenute rispetto a quelle che si registrano nei tipici sistemi carsici a dreno dominante, in quanto l'acquifero in esame è pesantemente condizionato dalla copertura morenica presente nell'area di alimentazione.

Nel sistema, in seguito ad importanti apporti, arrivano rapidamente solo una parte delle acque di neoinfiltrazione che poi si mescolano con quelle provenienti dal lento e continuo contributo dei depositi detritici.

Osservando il grafico relativo al confronto tra i livelli idrici e la temperatura delle acque (fig.6), si osserva che nel periodo invernale-inizio primaverile, in concomitanza delle portate minime, si registrano i più alti valori delle temperatura che raggiungono circa i 5.6°C .

Con l'arrivo della piena primaverile e delle acque di neoinfiltrazione la temperatura scende piuttosto rapidamente, di circa 1°C , conseguendo il valore minimo intorno ai 4.7°C in concomitanza con i picchi di massima piena. Durante questo periodo il sistema riceve il contributo delle acque di fusione nivale che presentano temperature molto basse, vicino allo 0, ma che solo in minima parte finiscono direttamente nel sistema carsico mentre un volume rilevante va ad alimentare l'acquifero presente nei depositi morenici.

Progressivamente la temperatura ritorna a salire, con interruzioni secondarie legate agli episodi infiltrativi ed a conseguenti temporanee diminuzioni termiche di pochi decimi di grado. Nella stagione invernale vengono poi raggiunti i valori più elevati di temperatura essendo il sistema alimentato unicamente dai travasi provenienti dal morenico dove le basse velocità di deflusso e l'intimità di contatto con tali sedimenti, permettono alle acque di raggiungere un certo equilibrio termico con l'ammasso roccioso.

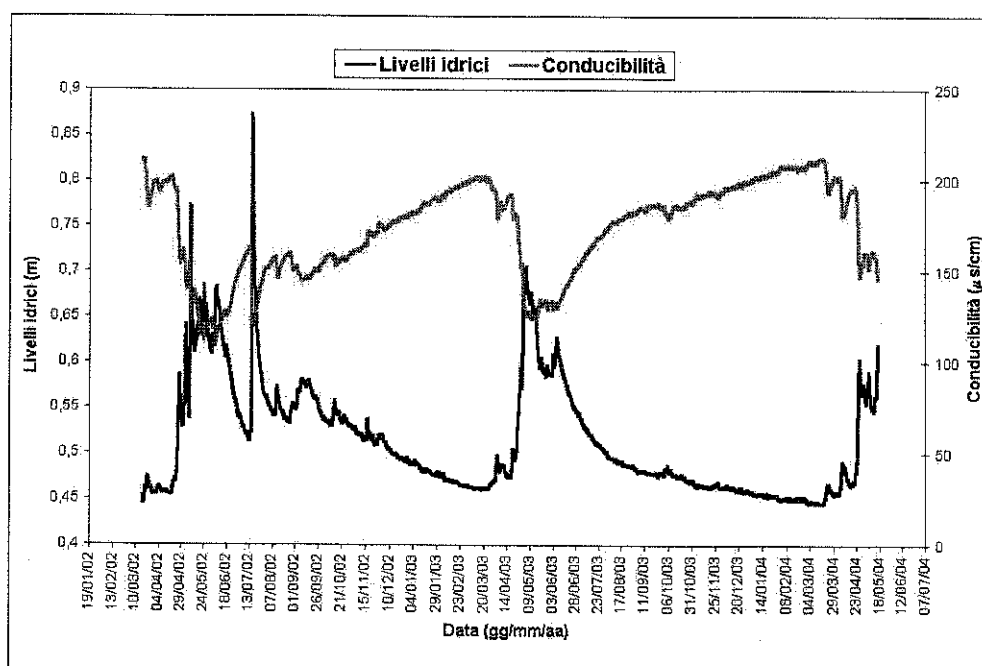


Fig. 7 - Confronto tra livelli idrici e conducibilità delle acque.

Il grafico relativo al confronto tra i livelli idrici e la conducibilità elettrica delle acque (Fig.7) mostra un andamento molto simile a quello descritto in precedenza. Particolarmente interessante risulta essere la misura media della conducibilità elettrica, intorno ai 160 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valore piuttosto ridotto ed anormale per le acque circolanti in un sistema carsico. Occorre evidenziare ancora una volta il ruolo svolto dai depositi morenici di copertura: la circolazione idrica è impostata in un ammasso costituito in prevalenza da clasti di rocce cristalline e metamorfiche e, quindi, la mineralizzazione di queste acque risulta essere piuttosto bassa. I volumi ceduti poi ai calcari sottostanti attraversano rapidamente l'ammasso carbonatico impostato lungo importanti vie di drenaggio e non hanno quindi tempo di raggiungere una elevata mineralizzazione delle acque.

L'andamento annuale mostra come i valori maggiori della conducibilità vengano raggiunti nel periodo invernale, di poco superiori ai 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, per poi scendere piuttosto rapidamente durante le piene primaverili, dove vengono sempre raggiunti valori inferiori ai 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tale decremento è sicuramente legato all'apporto delle acque di neoinfiltrazione, caratterizzate da una mineralizzazione molto ridotta. Come osservato per la temperatura, progressivamente la conducibilità elettrica cresce, legata in particolar modo alla velocità del flusso sotterraneo che diventa sempre più lenta e quindi ai maggiori tempi di permanenza delle acque nell'acquifero e conseguenti incrementi della mineralizzazione.

Aumenti più o meno importanti di portata legati all'apporto delle acque di neoinfiltrazione fanno poi scendere temporaneamente la conducibilità delle acque nel corso della stagione estiva o autunnale.

CONCLUSIONI

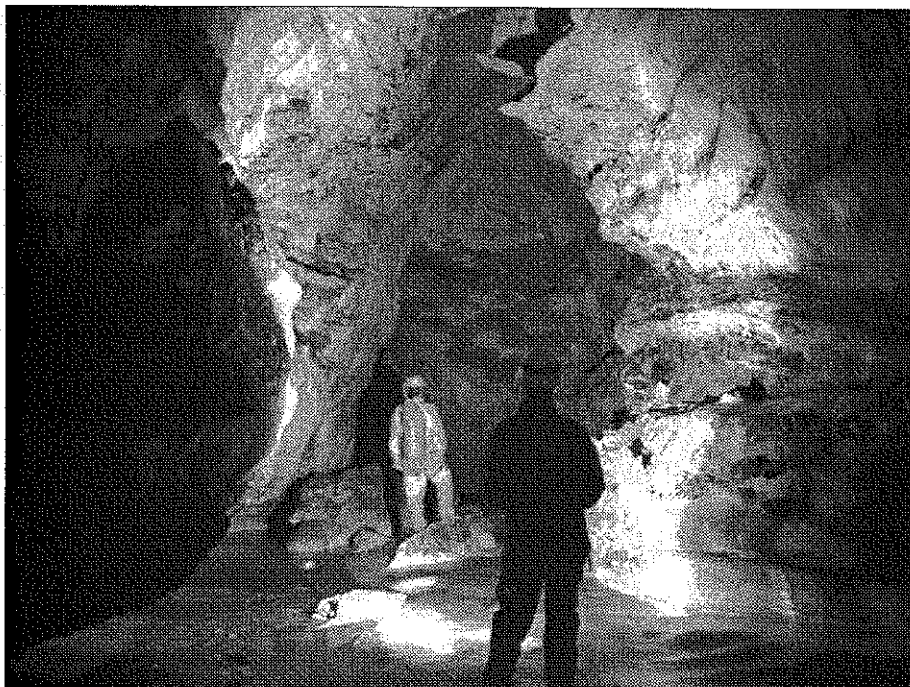
Anche se presentato in modo preliminare il "Progetto Rio Martino" mette in luce l'importanza delle ricerche che si stanno portando avanti in questa cavità, non solo legate alle conoscenze dell'importante sistema carsico, ma anche alla sperimentazione di nuove tecniche ed attrezzature di rilevamento in campo idrogeologico e fisico.

I risultati che si potranno ottenere nel corso di tali studi saranno molto utili dal punto di vista scientifico ed anche per l'aspetto didattico-divulgativo e più in generale per la conoscenza dei fenomeni carsici presenti nella nostra regione.

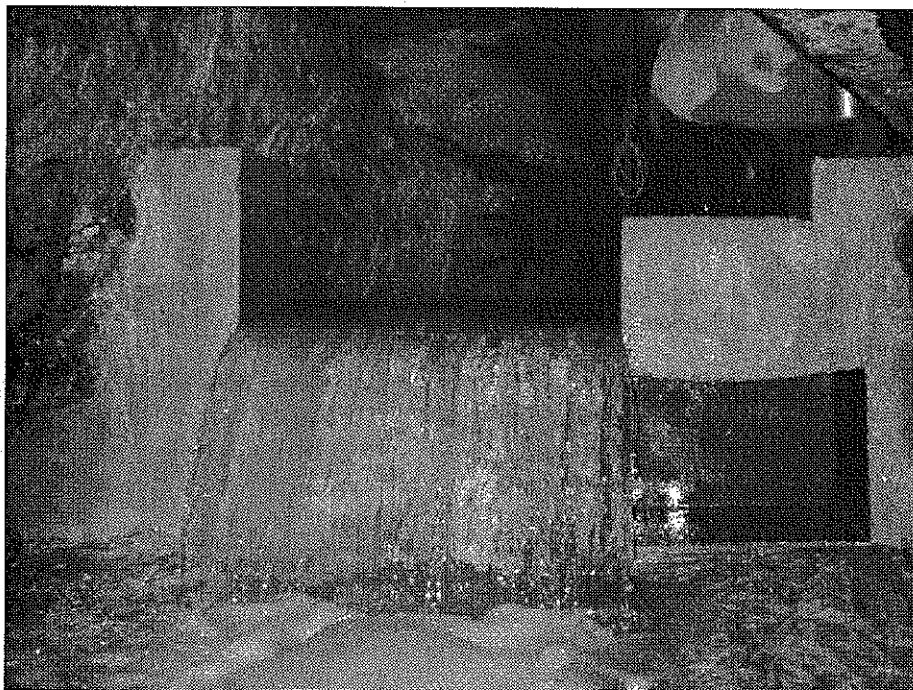
Fin ora la collaborazione tra gli speleologi, gli enti pubblici e quelli di ricerca sembra essere stata molto produttiva e sicuramente apprenderà in futuro ad interessanti risultati.

BIBLIOGRAFIA

- Civita M., Manzone L., Olivero G., Vigna B. (1991) - *Approcci sinergici nelle ricerche sui sistemi idrogeologici carbonatici del Piemonte meridionale*. Proc. Congr. "Ricerca e Protezione delle Risorse idriche sotterranee delle aree montuose", Brescia, pp. 53-86.
- Uggeri A., Vigna B. (1991) - *Nuovi traccianti ed esperienze di valutazione delle velocità di flusso negli acquiferi carsici*. Proc. Congr. "Ricerca e Protezione delle Risorse idriche sotterranee delle aree montuose", Brescia, pp. 29-51.
- Civita M., Peano G., Vigna B. (1999) - *Primi risultati dello studio dell'insaturo carbonatico nel sistema di Bossea (Alpi Liguri - Piemonte Meridionale)*. Atti "3° Conv. Naz. sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee per il III Millennio", Parma 13-15/10/1999.
- Vigna B., Calandri G. (2001) - *Gli acquiferi carbonatici*. Quaderni didattici della Società Speleologica Italiana, Erga Edizioni Genova, pp. 48
- Vigna B. (2002) - *Monitoraggio e valutazione della vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi carsici*. Atti Conv.: "Le risorse idriche sotterranee delle Alpi Apuane: conoscenze attuali e prospettive di utilizzo", Forno 22 Giugno 2002, pp 23-35



▲ Foto 1
La galleria principale ed il corso d'acqua.



▲ Foto 2
Stramazzo costruito nella galleria principale.