



GRUPPO GROTTA RECANATI

**G.S. CAI Macerata - C.R.S. Nottoloni" Macerata
G.A.SP. Civitanova Marche**

PROGETTO di RICERCA

LA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA NELLA GROTTA SASSO POZZO DI GAGLIOLE

RELAZIONE TECNICA CONCLUSIVA

PREMESSA

Il progetto di ricerca si proponeva di studiare la circolazione idrica sotterranea nella grotta, sia attraverso la definizione delle condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche in cui ne è avvenuto lo sviluppo, sia attraverso il monitoraggio in continuo dell'andamento idrologico.

Il progetto è stato finanziato con i contributi previsti dalla L.R. 12/2000 e relativi all'anno 2008, con un importo pari al 50% della richiesta per le sole voci ammesse. Rispetto al progetto iniziale, la voce "consulenza geologica e coordinamento scientifico" è stata stralciata dalle voci finanziabili, con motivazione: non prevista dalla Legge.

Nonostante la riduzione dell'importo finanziato, la rimodulazione delle voci di spesa e la fornitura di ulteriori strumenti di misura da parte delle associazioni partecipanti ha consentito di completare tutte le attività di monitoraggio e misura originariamente previste, estendo il monitoraggio dei parametri idrici anche alla vicina sorgente di Mignano. È stata invece ridimensionata la parte relativa ai rilievi geologici e geomorfologici, non finanziata, sulla quale ci si riserva di effettuare ulteriori approfondimenti come autonomo completamento del progetto.

LAVORO SVOLTO

In base alle effettive disponibilità, le attività relative al progetto sono state orientate al conseguimento dei seguenti obiettivi:

- 1) studio di dettaglio della grotta, comprendente un'analisi morfologica per la definizione delle funzioni idrologiche delle sue diverse zone ed il rilievo altimetrico di dettaglio della grotta stessa, anche in relazione ai più importanti elementi idrologici e morfologici esterni (sorgenti, soglie di permeabilità, ecc.)
- 2) installazione di strumentazione per il monitoraggio in continuo dei livelli idrici e di parametri fisici delle acque, per la verifica delle modalità di circolazione delle acque sotterranee nei periodi in cui la grotta è totalmente o parzialmente allagata.

In relazione agli obiettivi sopra delineati, sono stati effettuati:

1) *rilievi morfologici e livellazioni*

- a) rilievo morfologie in grande e in dettaglio delle diverse parti della grotta;
- b) realizzazione di profilo altimetrico nella sezione principale della grotta mediante livella di precisione;
- c) livellazione e posizionamento sulla cartografia di superficie della grotta e dei principali elementi idrologici e morfologici, mediante livella di precisione;

2) *misure idrologiche*

- a) individuazione ed allestimento stazioni di monitoraggio (realizzate con strutture totalmente removibili);
- b) installazione* di un logger per la misura di conducibilità, temperatura e livello idrico nel sifone finale della grotta, permanentemente allagato;
- c) installazione* di due logger per livello idrico e temperatura, nei sifoni sospesi della grotta, temporaneamente allagati;
- d) installazione* di un logger per la pressione atmosferica in idoneo luogo presso la sorgente di Mignano (per la correzione delle misure di livello);
- e) installazione* di un logger per la misura di conducibilità, temperatura e livello idrico presso la sorgente di Mignano (stazione di misura aggiuntiva, non prevista nel progetto originario);

3) *elaborazione dati*

- a) analisi dati idrologici, anche in comparazione con dati pluviometrici forniti dalla Società Multiservizi e relativi all'area di alimentazione dell'acquifero;
- b) realizzazione di schemi relativi all'attività idrologica della grotta;
- c) pubblicazione articolo illustrativo sulla rivista "Speleologia".

* Le campagne di misura sono state effettuate dall'ottobre 2007 ad ottobre 2008.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La grotta si apre sul versante meridionale del M. Lavacelli, sul fianco occidentale della dorsale montuosa culminante con il Monte San Vicino, all'interno del bacino idrografico del Fiume Potenza. Tutta l'area di studio è ubicata nel Comune di Gagliole, in provincia di Macerata, e con riferimento alla cartografia regionale ricade:

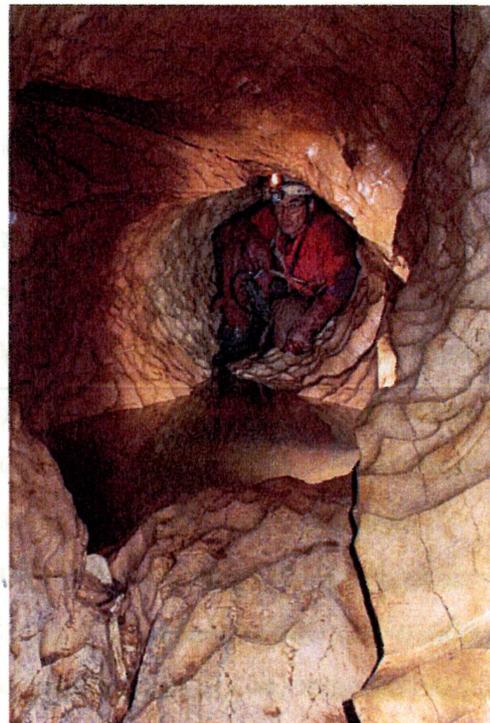
- nel quadrante IV del Foglio 124 Macerata della Carta Topografica Regionale in scala 1:25.000;
- nella zona di passaggio tra le sezioni n. 302090-302130, Foglio 302 Tolentino dell'Ortofotocarta Regionale in scala 1:10.000.

La grotta Sasso Pozzo, rappresenta sicuramente il fenomeno di maggior interesse e dimensioni nella zona, ed è iscritta al catasto speleologico regionale con il numero 93 Ma/Mc con il nome di Risorgente di Gagliole. Ha uno sviluppo complessivo di circa 600 m e funge da risorgente di troppo pieno, occasionalmente attiva, di un acquifero carsico sviluppato all'interno della Formazione della Scaglia rossa.



L'ingresso della grotta durante una piena (Foto E. Pistolesi).

Tipico aspetto delle gallerie nella grotta (a lato)



STUDI PRECEDENTI

La grotta è già stata oggetto di studi e ricerche, e in precedenza si sono occupati di essa Bocchini *et al.* (1980), che la confrontano con una grotta di simili caratteristiche presente in Trentino, ne discutono le morfologie ed i riempimenti, costituiti da ghiaie arrotondate per effetto del trasporto subito all'interno della grotta.

Galdenzi (1988) ne illustra le caratteristiche nelle Journées Internationales de Karstologie tenutosi a Metz (Francia) nel 1985. Viene proposta come migliore e più esteso esempio di risorgente a tubo semplice nell'ambito di uno studio sulla tipologia dei fenomeni carsici nelle formazioni di Maiolica e Scaglia.

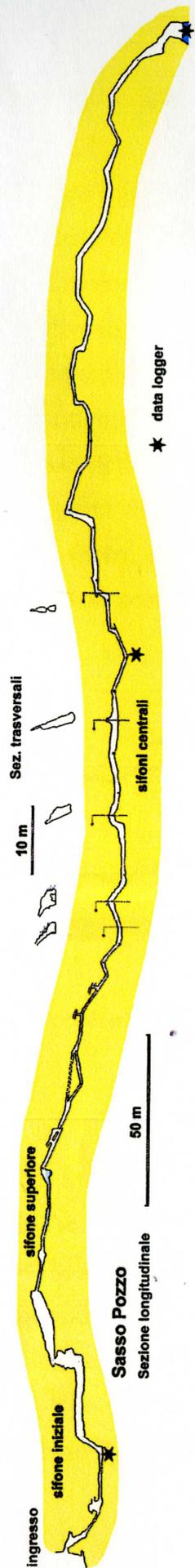
Galdenzi (1996) ne discute l'importanza nell'ambito del carsismo profondo della regione marchigiana all'International Congress "Alpine Caves" di Asiago del 1992.

Ulteriori riferimenti si hanno anche in Bambini & Galdenzi (1997), che nella discussione delle caratteristiche delle grotte epigeniche della regione marchigiana propongono uno schema idrologico e carsico per l'area compresa tra il Monte Lavacelli e la grotta. Una dettagliata descrizione a carattere divulgativo è stata proposta recentemente da Galdenzi *et al.* (2008).

IL RILIEVO

La pre-esistente carta topografica della grotta (Bocchini *et al.*, 1980) è stata revisionata. Una poligonale di controllo per i dislivelli è stata realizzata ex novo utilizzando una livella elettronica di precisione, fissando 40 stazioni di misura dall'ingresso al fondo della grotta (precisione misure: ~3 mm ogni lettura). Le stazioni di misura sono state scelte in modo da poter essere riferite ai preesistenti rilievi, utilizzando quindi punti marcati della precedente poligonale, biforcazioni, sifoni, cambi pendenza e altro.

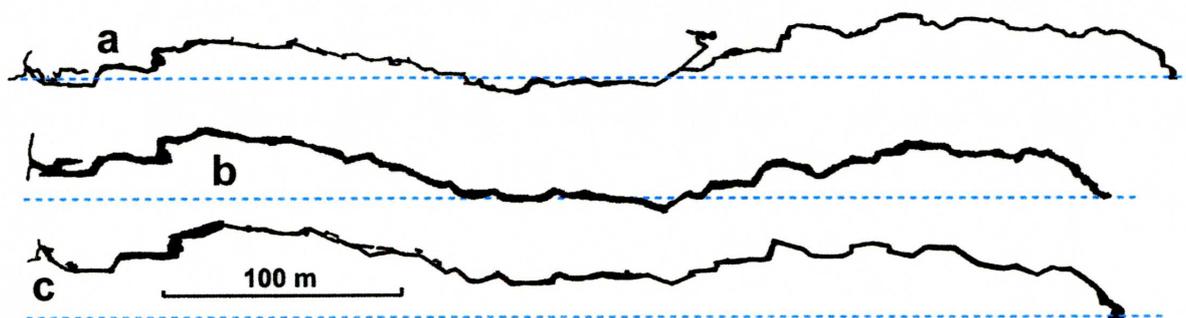
Il rilievo della grotta è stato poi ridisegnato basandosi sui dati originali della poligonale effettuata con bussola, inclinometro e fettuccia metrica da Bocchini *et al.* nel periodo 1979-1981. I dati sono stati elaborati con foglio elettronico e le quote ottenute nella poligonale sono state corrette utilizzando i dati delle livellazioni e le nuove osservazioni



morfologiche. La revisione del rilievo si è resa indispensabile per la corretta interpretazione del regime idrologico.

Il nuovo profilo è riportato per confronto con il disegno originale del rilievo di Andrea Bocchini e con quello più vecchio di Sandro Polzinetti, realizzato all'inizio degli anni '70 con strumenti pionieristici dal CRS "Nottoloni" di Macerata. Anche se in apparenza molto simili, le tre sezioni hanno significative differenze, in particolare se ci si riferisce al livello idrico nel lago terminale. Un'interpretazione idrologica basata su di esse risulterebbe ben diversa rispetto a quanto ottenuto tramite livellazione di precisione.

In base ai dati raccolti, risulta che l'ingresso della grotta si trova a 538 m di quota e la galleria principale ha una lunghezza misurata di 500 metri esatti, con alcune brevi diramazioni, per un totale di circa 600 metri. La zona più elevata è a +9 sopra l'ingresso, mentre nelle zone più profonde si scende fino a -29 m di profondità; il dislivello totale è quindi 38 m.



Confronto tra le sezioni della grotta. (a: C.R.S. Nottoloni; b: G.S. CAI Jesi; c: versione revisionata)

IDROLOGIA

L'attività idrologica è stata ricostruita in base ai dati idrometrici registrati, a osservazioni dirette ed annotazioni storiche. Le stazioni di monitoraggio sono state scelte in base a sopralluoghi effettuati nel biennio 2006 – 2007, piuttosto siccitoso per l'Appennino Marchigiano. In questo periodo la grotta è risultata molto asciutta e liberamente percorribile al momento delle visite. I logger sono stati posizionati, come nella sezione allegata, in tre località: nel lago sifone terminale (conducibilità, livello idrico e temperatura), nel punto più depresso del settore centrale e nel sifone iniziale

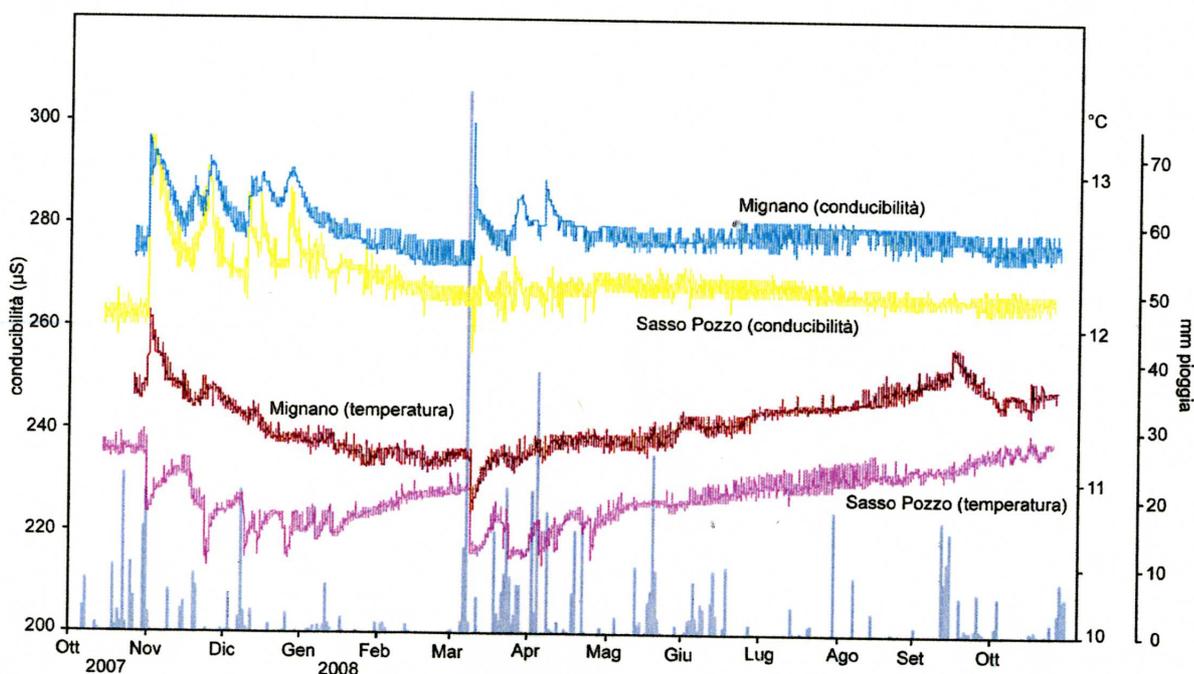
(livello idrico e temperatura). Un ulteriore logger (conducibilità, livello idrico e temperatura) è stato posizionato presso la Sorgente Mignano.

Nel periodo di monitoraggio (ottobre 2007 – ottobre 2008), l'autunno è risultato siccitoso, e solo in primavera si sono avute abbondanti precipitazioni.

Caratteristiche delle acque di falda

Lo studio delle variazioni nelle acque della falda idrica può avvalersi del confronto tra i dati acquisiti presso la sorgente e nel lago terminale della grotta. Essi, seppur ubicati a distanza di ~ 500 m, evidenziano un comportamento sostanzialmente uniforme.

I valori di conducibilità e temperatura sono stati abbastanza costanti durante il periodo di osservazione, rispettivamente con valori medi di 279 μS e 11,4 $^{\circ}\text{C}$ per la sorgente di Mignano e 269 μS e 10,9 $^{\circ}\text{C}$ nel lago terminale della grotta. Le variazioni di conducibilità seguono trend simili nelle due località. In occasione di importanti eventi meteorici si registrano rapidi incrementi dei valori, che si riequilibrano entro 2 settimane, più rapidamente nella grotta che alla sorgente. Da osservare che dopo l'evento del 6-7 marzo (oltre 90 mm in 24 ore) nel lago interno è stato registrato un



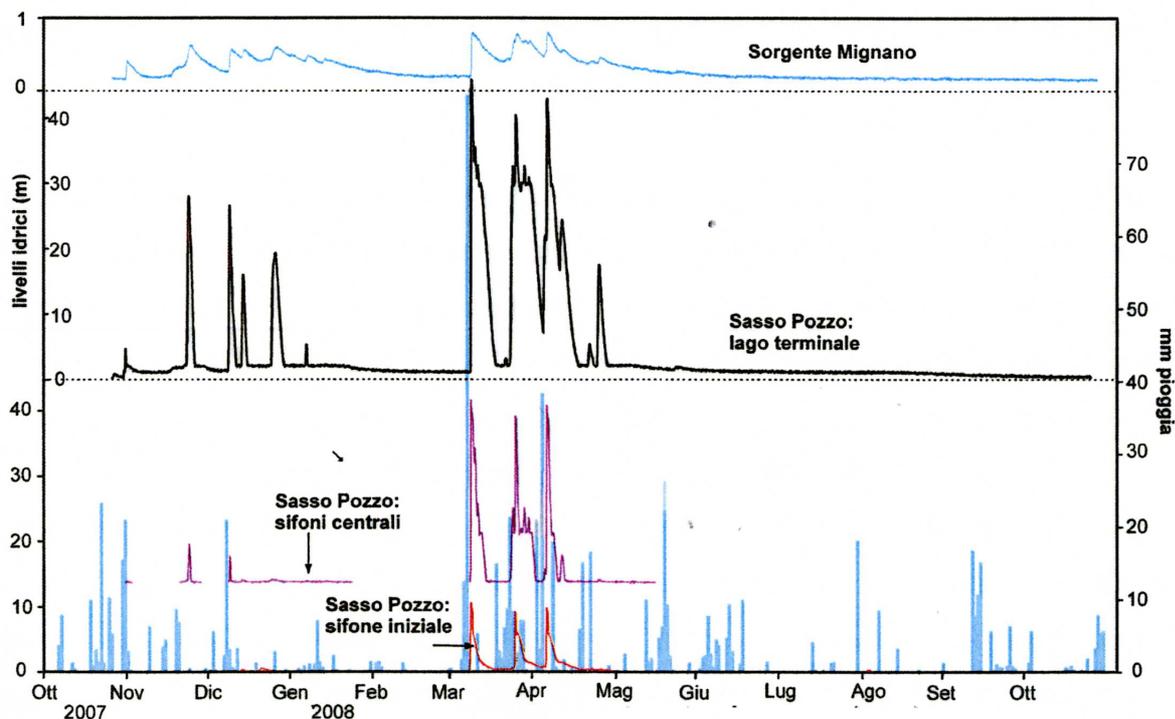
Variazioni di conducibilità e temperatura per la Sorgente Mignano ed il lago terminale della grotta Sasso Pozzo, in relazione alle precipitazioni atmosferiche.

iniziale abbassamento dei valori di conducibilità, da imputare ad un diretto arrivo di acque superficiali.

Le variazioni termiche stagionali sono inferiori a 1°C in entrambe le postazioni, ma la sorgente di Mignano risente maggiormente dei cicli termini stagionali. Da osservare come le prime piogge importanti del 30-31 ottobre 2007, che pongono fine alle condizioni estive, causano effetti termici opposti, con innalzamento di temperatura alla sorgente e brusco abbassamento nel lago interno.

Variazioni piezometriche

Il livello assoluto delle acque sotterranee è più elevato nella grotta che nelle emergenze superficiali. In condizioni normali le acque del lago terminale restano a quota 509 m, mentre la sorgente di Mignano si trova a ~ 460 m ed una piccola emergenza nella forra di Sasso Pozzo a ~ 490 m. Importanti variazioni dei livelli idrici sono state registrate durante il periodo di osservazione, sia nelle acque della falda idrica, sia nei sifoni sospesi all'interno della grotta; tutte le variazioni sono direttamente correlabili agli apporti piovosi.



Variazioni del livello piezometrico nelle diverse località monitorate, riferite al livello di magra di ogni singola stazione, in relazione alle precipitazioni atmosferiche.

L'ampiezza delle oscillazioni varia fortemente, mantenendosi al di sotto di 1 m nella vasca di decantazione nel principale bottino di presa della sorgente Mignano. Nel lago interno si sono riscontrati incrementi di livello di ~ 2 m con picchi del livello piezometrico fino a oltre 45 m sul livello normale, in occasione dei quali si è verificata anche la riattivazione dell'emergenza temporanea di Sasso Pozzo.

Risposta agli eventi meteorici

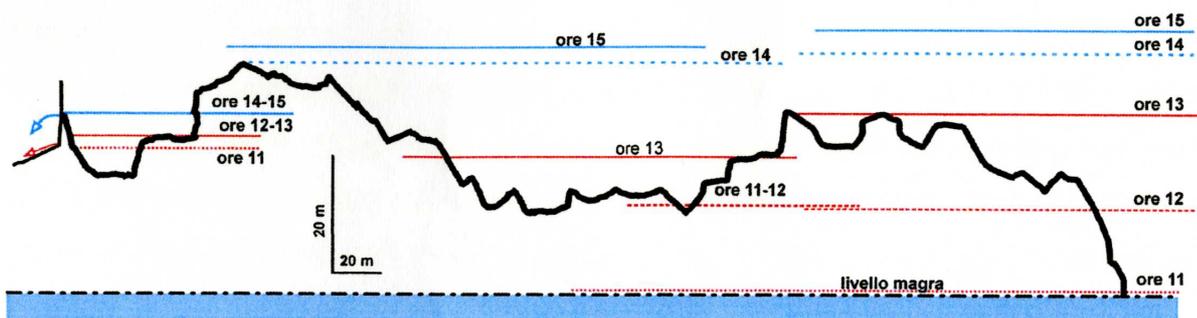
I dati idrometrici evidenziano una risposta molto rapida agli eventi meteorici, sia nella sorgente che nel lago terminale, con tempistica simile. Le variazioni di livello nel lago terminale sono state registrate con poco ritardo dalle piogge (~8 ore), mentre il livello massimo delle acque è stato raggiunto ~24 ore dopo le precipitazioni. Le risposte presso la sorgente di Mignano risultano leggermente meno rapide, oltre che con minor ampiezza delle variazioni di livello.

ATTIVITÀ IDRICA DELLA GROTTA

La grotta si sviluppa ben al di sopra del livello normale delle acque, e risulta coinvolta sia nel flusso discendente delle acque vadose, sia nella risalita del livello piezometrico delle acque freatiche.

L'attività idrica della grotta si è rivelata fortemente discontinua, con brevi periodi di attività intrcalati a lunghe pause in cui i sifoni sospesi restano solo parzialmente allagati da acque di ristagno. Nonostante la lunga siccità autunnale ed invernale, l'acqua per ben undici volte è risalita dal fondo, arrivando a tracimare dalla bocca in tre occasioni. La risalita del livello delle acque di fondo in occasione dei principali eventi meteorici è stata la causa della completa riattivazione della grotta.

Il 7 marzo si è verificato l'evento più importante, ed il livello piezometrico è salito fino a + 45,5 nel sifone terminale rispetto ai livelli minimi, mentre nei sifoni sospesi sono stati rilevati carichi idrostatici fino a +28 m nei sifoni centrali e +11 in quello iniziale. Le quote assolute massime raggiunte dal livello piezometrico sono rispettivamente 555, 550,5 e 539,5 m, con valori decrescenti verso l'ingresso della grotta. In occasione di



Variazioni livelli piezometrici in risposta alla piena del 7 marzo 2008.

questo evento, il sifone iniziale si è parzialmente colmato quando i livelli piezometrici all'interno della grotta erano ancora bassi, consentendo un deflusso idrico dalle fessure sottostanti l'ingresso. La tracimazione delle acque dalla bocca è avvenuta però più tardi, dopo la risalita dei livelli piezometrici interni.

In occasione dei principali eventi di piena la risalita dell'acqua è pressoché simultanea in tutti i siti analizzati, anche se nel lago terminale inizia generalmente prima che nei sifoni sospesi. La velocità di risalita delle acque è veramente elevata, fino a più di un metro di risalita ogni 5 minuti (16 m/h). Al termine della piena, l'abbassamento del livello idrico è altrettanto rapido, anche se l'acqua può ristagnare più a lungo nei sifoni sospesi, in particolare in quelli iniziali.

Mentre la totale riattivazione della grotta è dovuta alla generale risalita dei livelli piezometrici, il comportamento dei sifoni sospesi è più complesso e risente anche di apporti diretti di acque vadose.

In particolare, il raggiungimento dei livelli piezometrici massimi nei sifoni centrali avviene soltanto quando il livello piezometrico del lago terminale ha superato la quota di +32 m. In questo caso infatti l'acqua può traboccare direttamente verso i sifoni centrali, superando la soglia superiore del sifone, creando una facile connessione idraulica e consentendo un flusso idrico continuo nelle gallerie della grotta.

Il riempimento dei sifoni sospesi più esterni può essere causato anche dai soli apporti di acque vadose, come nella piena del 7 marzo. Ciò si evidenzia chiaramente in occasione dei temporali estivi, che causano la risalita del livello nei sifoni più esterni senza produrre effetti rilevabili sulle acque di fondo.

Questi sifoni esterni, a differenza dei sifoni centrali, non hanno rapide vie di svuotamento e possono rimanere chiusi anche per tempi lunghi dopo gli eventi piovosi. Il sifone superiore, in particolare, rappresenta la vera porta di accesso alla grotta. Esso non è stato monitorato in quanto nelle nostre visite preliminari si era sempre presentato aperto, con pochi decimetri d'acqua in due pozze, mentre in stagioni più umide può risultare chiuso anche nei mesi di giugno e settembre per una lunghezza di oltre 15 m.

Nella grotta si riconoscono quattro zone a diverso regime idrico, in base ai dati forniti dai logger e alle osservazioni dirette.

Sifone iniziale – Ubicato poco oltre l'ingresso, è asciutto per larga parte dell'anno, ma può riempirsi rapidamente (oltre 1 metro in un'ora) anche prima che l'acqua inizi a risalire nel lago terminale. Ha mostrato di risentire anche di isolati temporali estivi.

Sifone superiore – Corrisponde alla parte più alta della grotta, ma rappresenta la vera porta di ingresso alle zone interne. Trovato chiuso dai primi esploratori, è stato poi superato da quattro ragazzi di Gagliole che hanno così raggiunto il fondo della grotta. Non è stato monitorato, in quanto nelle nostre visite si era sempre presentato aperto, con pochi decimetri d'acqua in due pozze. Gli appunti raccolti da Bocchini all'inizio degli anni '80 testimoniano invece che assai spesso risultava chiuso, per un tratto di oltre 15 metri, anche durante il mese di giugno e a fine agosto. Anche nel giugno 2009 è risultato chiuso. La sua alimentazione, come per il sifone iniziale, è legata a rapidi apporti di acque dalla superficie.

Sifoni centrali – La parte depressa centrale è costituita da una serie di tratti sifonanti disposti a quota simile. Anche in questo caso un parziale riempimento dei sifoni può essere causato da apporti vadosi. Un piccolo cunicolo di deflusso ubicato in uno dei punti più depressi, presso il data logger, assicura però un parziale smaltimento delle acque e impedisce il raggiungimento di elevati livelli. L'acqua risale con quote piezometriche fino a +28 m solo in occasione delle piene che interessano il lago terminale. La velocità di risalita può essere molto elevata, fino a oltre 16 metri in un'ora.

Lago terminale – La sua superficie rappresenta il livello permanente delle acque all'interno della grotta e subisce oscillazioni di circa 2 metri di ampiezza correlate ai

cicli stagionali. Durante le piene, la superficie piezometrica sale fino a oltre +40 m, con variazioni di livello fino a 16 metri in un'ora.

I dati raccolti sull'idrologia mostrano quindi come il riempimento dei sifoni dipenda da differenti meccanismi. Quelli iniziali, sospesi rispetto al livello di base, sono alimentati da apporti di acque vadose e possono risultare chiusi anche quando il livello della falda non ha subito incrementi rilevanti. La zona intermedia può essere invasa da acque di infiltrazione, analogamente ai sifoni iniziali, ma viene completamente riempita solo per effetto del generale aumento dei livelli piezometrici durante i principali eventi meteorologici. In queste occasioni, l'intera grotta viene invasa dalle acque che arrivano a sgorgare dall'ingresso.

Riferimenti Bibliografici

Bocchini A., Fontana A. & Melelli P. (1980) – Note di confronto tra le cavità 29 V.T. Bus del Diaol e 93 Ma Mc Risorgenza di Gagliole. Atti 1° Congresso Triveneto Speleologia, 18-24. Treviso.

Galdenzi S. (1988) – Il carsismo nei calcari pelagici dell'Appennino Umbro Marchigiano: il ruolo degli orizzonti impermeabili nella canalizzazione sotterranea in una catena a pieghe. In: Actes XIV Cong. Nat. Speleol. (Nancy-Metz, 1985). Spelunca Memories, 14, 143-146.

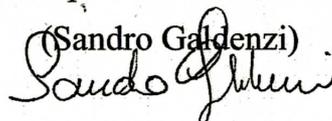
Galdenzi S. (1996) – Il carsismo profondo nell'Appennino Umbro Marchigiano (Italia). Proc. Intern. Congr. "Alpine Caves: alpine karst systems and their environmental context", Asiago, 11-14 June 1992, 229-242, Malo.

Bambini R. & Galdenzi S. (1997) – Le grotte epigeniche nell'Appennino Umbro - Marchigiano. Atti XVII Congr. Naz. Speleol. Castelnuovo Garfagnana (LU), 253-258.

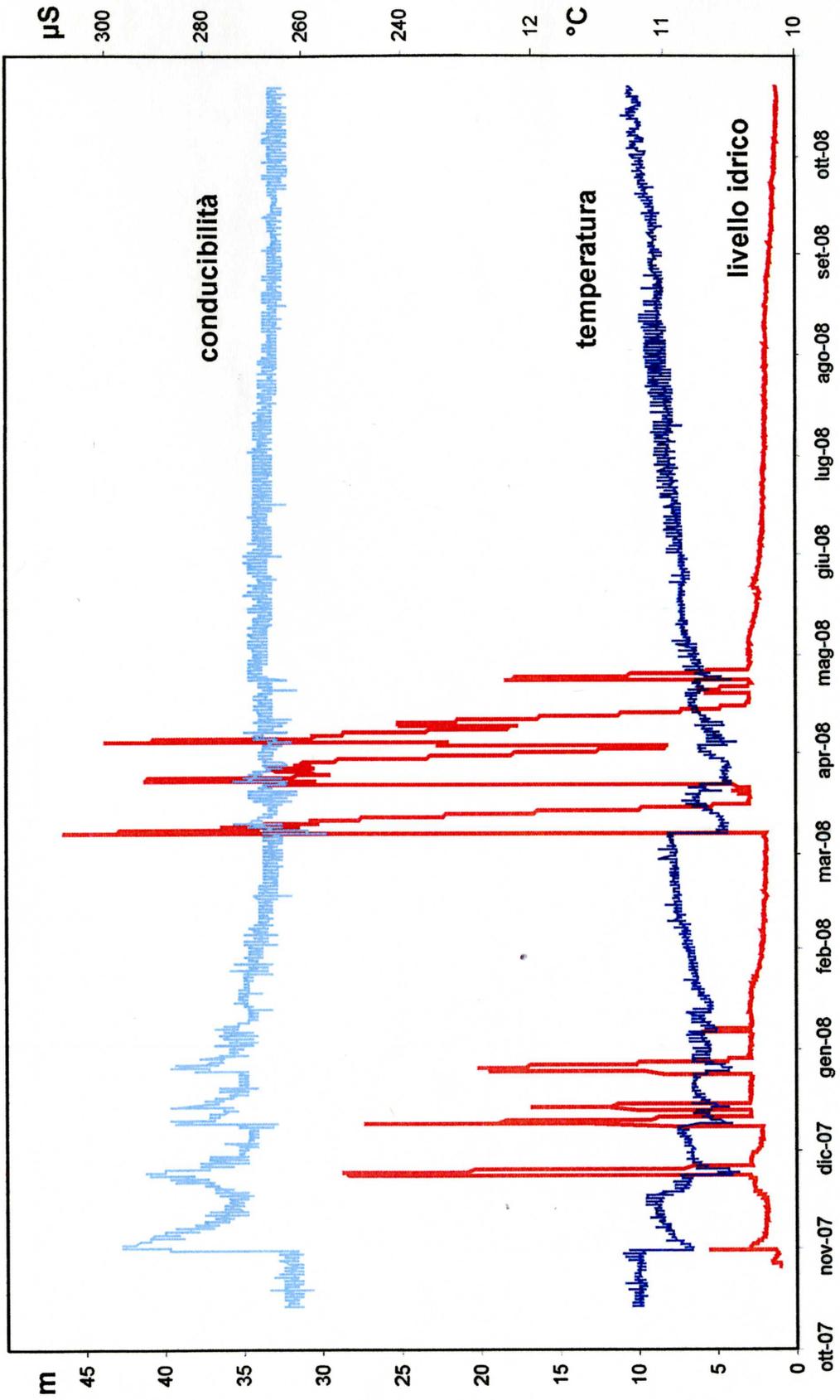
Galdenzi S., Paggi S. & Pistolesi E. (2008) – Gagliole: le rocce, le grotte. Tipografia Grafostil, Matelica, 96 pp.

25 agosto 2010

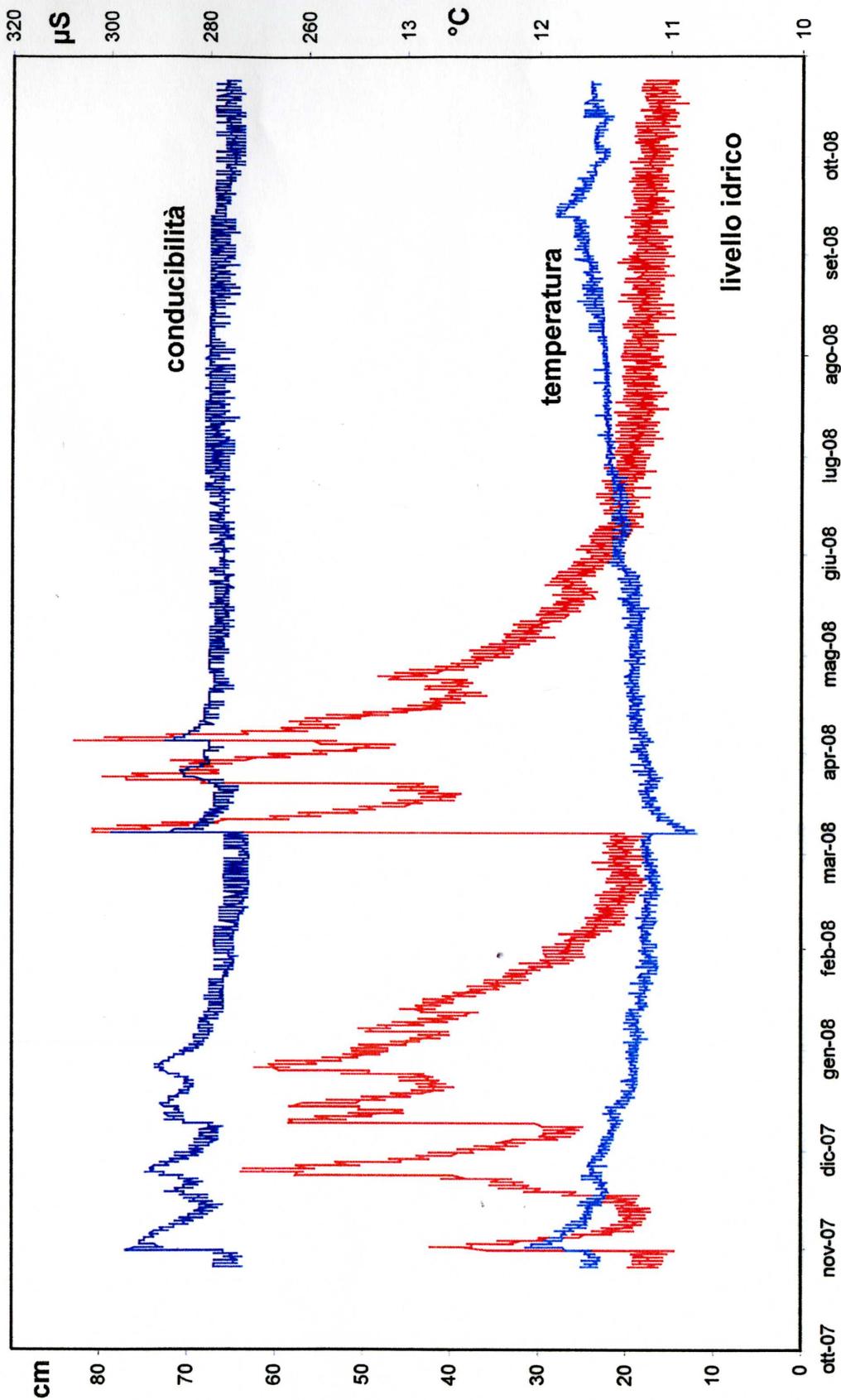
Il responsabile scientifico

(Sandro Galdenzi)


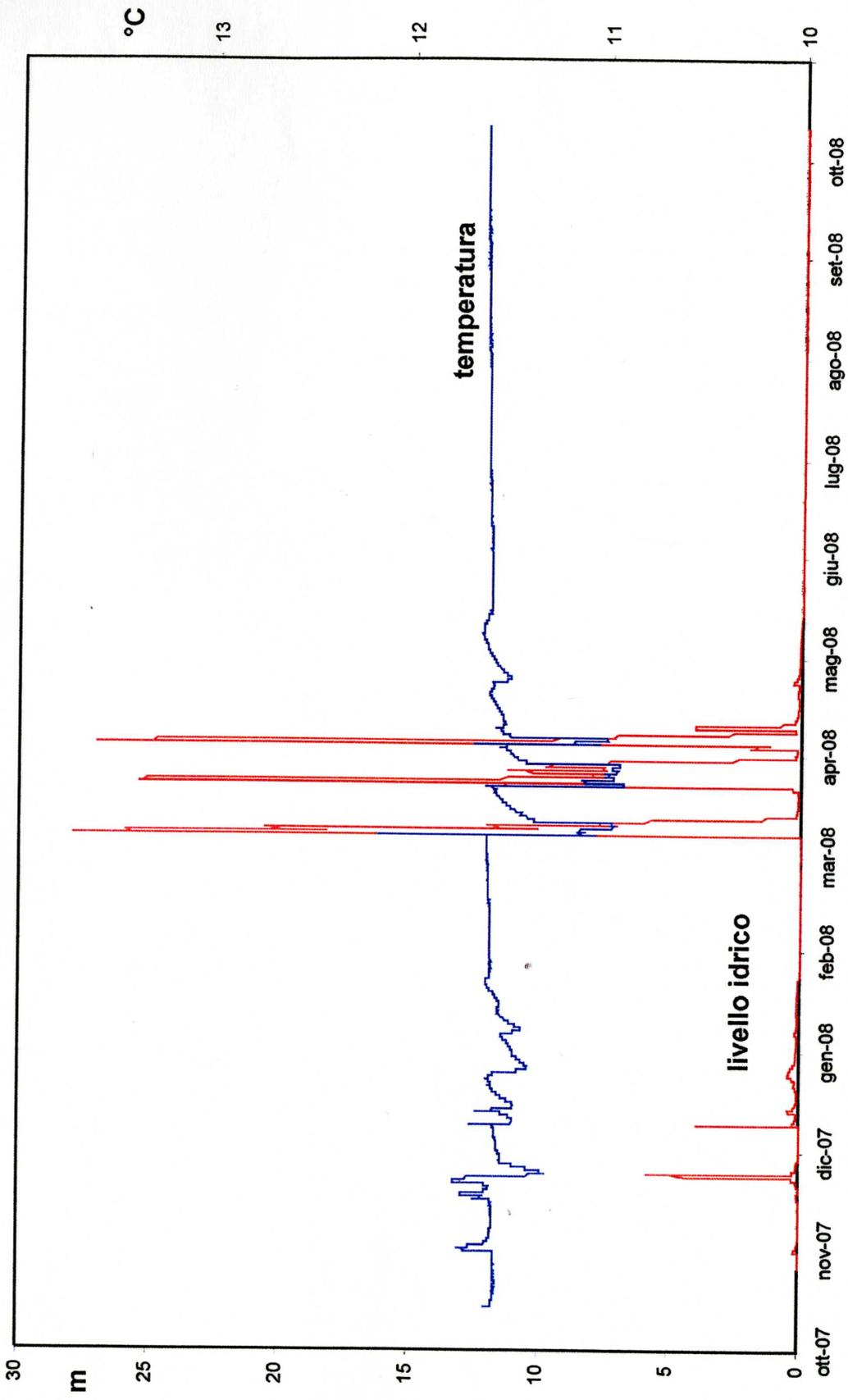
Grotta Sasso Pozzo - sifone terminale



Sorgente Mignano



Grotta Sasso Pozzo - sifoni centrali



Grotta Sasso Pozzo - sifone iniziale

