

110



# SottoTerra

RIVISTA DI SPELEOLOGIA DEL G.S.B. - U.S.B.



#### **GRUPPO SPELEOLOGICO BOLOGNESE (G.S.B.)**

Fondato nel 1932 da Luigi Fantini.

#### **UNIONE SPELEOLOGICA BOLOGNESE (U.S.B.)**

Fondata nel 1957

Aderenti alla Società Speleologica Italiana

Membri della Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia e Romagna

Scuola di Speleologia di Bologna della Commissione Nazionale Scuole

di Speleologia della S.S.I.

#### **SOTTOTERRA**

Rivista semestrale di speleologia

del Gruppo Speleologico Bolognese

e dell'Unione Speleologica Bolognese.

#### **DIRETTORE RESPONSABILE:**

Carlo D'Arpe

#### **REDAZIONE:**

G. Agolini, D. Demaria, P. Grimandi, N. Lembo

#### **SEGRETERIA E AMMINISTRAZIONE:**

Unione Speleologica Bolognese - Cassero di Porta Lamae

P.zza VII Novembre 1944, n.7 - 40122 Bologna - tel e fax (051) 521133.

Autorizzazione del Tribunale di Bologna

n° 3085 del 27 Febbraio 1964.

Codice Fiscale 92005210373.

Inviato gratuitamente ai Gruppi Speleologici aderenti

alla Società Speleologica Italiana.

Sito Internet: [www.gsb-usb.speleo.it](http://www.gsb-usb.speleo.it) E-mail: [gsb-usb@iperbole.bologna.it](mailto:gsb-usb@iperbole.bologna.it)

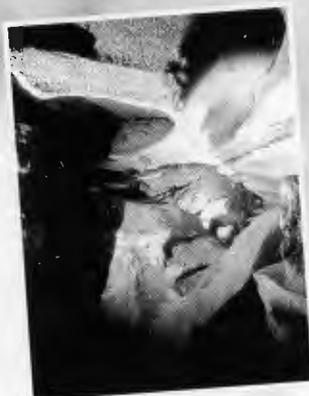
#### **REALIZZAZIONE GRAFICA:** Grafiche A&B Bologna

Tel. (051) 47.16.66 - Fax (051) 47.57.18 - E-mail: [graficheab@alinet.it](mailto:graficheab@alinet.it)

**Per scambio pubblicazioni indirizzare a:  
BIBLIOTECA "L. FANTINI" del G.S.B.-U.S.B.  
Cassero di Porta Lamae  
P.zza VII Novembre 1944, n.7  
40122 Bologna**

Gli articoli e le note pubblicate impegnano per contenuto e forma, unicamente gli autori. Non è consentita la riproduzione di notizie, articoli, foto o rilievi, o parte di essi, senza preventiva autorizzazione della Segreteria e senza citarne la fonte.

## SOMMARIO



*In copertina*  
**Il Canyon della Calindri**  
(foto D. Odorici – G.S.B.-U.S.B.)

*Retro di copertina*  
**Stalattiti e infiorescenze gessose  
nel ramo prima della Sala**  
(foto P. Grimandi – G.S.B.-U.S.B.)

*Le foto pubblicate  
in questo numero sono di:*

E. Altara: pag. 7  
C. Busi: pag. 78, 80  
G. Cipressi: pag. 44  
D. Demaria: pag. 11  
L. Fantini: pag. 13  
P. Ferrieri: pag. 33, 34/a, 36, 37  
P. Forti: pag. 31, 34/a, 35, 39, 88, 89  
P. Grimandi: pag. 18, 21, 27, 29, 43, 45, 53  
D. Odorici: pag. 17, 20, 22, 25/a, 42, 64, 73  
J. Palumbo: pag. 67  
P. Pontrandolfi: pag. 25/b  
D. Postpischl: pag. 5  
A. Rossi: pag. 48, 50  
M. Tonelli: pag. 77, 79  
M. Vianelli: pag. 23  
Archivio GSB-USB: pag. 91  
Museo Civico Arch. di Bologna: pag. 74  
Museo L. Donini: pag. 69

# SOTTO TERRA

## INDICE

<b>Abstract</b> <i>a cura di Jeremy Palumbo</i> .....	pag. 2
<b>Presentazione</b> .....	pag. 3
<b>Introduzione</b> .....	pag. 4
<b>1964: la scoperta e l'esplorazione della Grotta Serafino Calindri</b> <i>di Giancarlo Zuffa</i> .....	pag. 5
<b>Il Sistema carsico della Grotta Calindri</b> <i>di Danilo Demaria e Paolo Grimandi</i> .....	pag. 7
<b>I depositi chimici presenti nella Grotta Calindri</b> <i>di Paolo Forti</i> .....	pag. 31
<b>Androniscus dentiger</b> .....	pag. 42
<b>La circolazione dell'aria</b> .....	pag. 44
<b>Caratteri morfoscopici, petrografici e mineralogici dei riempimenti della Grotta Calindri</b> <i>di Antonio Rossi e B.S.L. Mazzarella</i> .....	pag. 45
<b>I reperti fossili würmiani</b> <i>di Paolo Reggiani</i> .....	pag. 67
<b>La frequentazione umana</b> <i>di Fiamma Lenzi</i> .....	pag. 71
<b>Indagini archeometriche sui manufatti in scagliola della Grotta Calindri</b> <i>di Antonio Rossi e Danilo Demaria</i> .....	pag. 76
<b>I Foraminiferi: un elemento alternativo di interpretazione nello studio delle grotte</b> <i>di Giuliana Panieri</i> .....	pag. 82
<b>1964 – 1987: la salvaguardia della Calindri</b> <i>di Paolo Grimandi</i> .....	pag. 87
<b>Bibliografia</b> .....	pag. 94

*Allegato il Rilievo della Grotta Calindri.*

# ABSTRACT

a cura di Jeremy Palumbo

## Riassunto

Questa pubblicazione monografica è interamente dedicata ad una delle più importanti cavità che si aprono nelle evaporiti messiniane dell'area del Parco Regionale dei Gessi Bolognesi: la Grotta Serafino Calindri, scoperta dal GSB nel 1964.

Essa fa parte di un articolato sistema carsico, con recapito nel Torrente Zena, la cui evoluzione ha seguito le profonde modificazioni ambientali intervenute all'esterno, a cui nei tempi più recenti si sono sommati fattori antropici (attività estrattive).

La Calindri rappresenta il segmento centrale del sistema, ha uno sviluppo di circa 2 km ed una profondità di 25 m.

Si presenta come un insieme di condotti e meandri sovrapposti, modificati da scarsi fenomeni graviclastici, ma costipati da grandi accumuli di sedimenti. Nel piano attualmente attivo scorre un torrente, nel quale sono convogliate le acque della valle cieca di Budriolo ed i contributi provenienti da altri punti di assorbimento posti in superficie.

La grotta deve il suo interesse all'abbondanza di notevoli concrezionamenti gessosi e carbonatici, alla presenza di testimonianze (tracce di fuochi e materiali fittili) che ne attestano la frequentazione umana nell'età del Bronzo e di cospicui reperti paleontologici contenuti all'interno dei sedimenti. Le note pubblicate si soffermano in modo specifico sulla trattazione dei singoli aspetti descritti e formulano - ove possibile - ipotesi interpretative.

## Abstract

This monographic publication is devoted entirely to one of the most important caves situated in the messinian evaporites in the Bolognese Gypsum Regional Park: the Serafino Calindri Cave, discovered by the GSB in 1964.

It belongs to an articulated karst system which empties into the Zena Stream, whose evolution has followed the profound environmental modifications of the outside, to which anthropical factors have been added in recent times (mining activity).

The Calindri represents the central segment of the system, with a development of about 2 kms and a depth of 25 m.

It consists of a series of superimposed ducts and meanders, modified by occasional graviclastic phenomena, but obstructed by large accumulations of sediments. On the layer presently active a stream flows, gathering waters from the blind valley of Budriolo as well as contributions from other points of absorption on the surface.

The cave owes its importance to the abundance of notable gypsum and carbonate concretions and numerous signs (traces of fires and clay pots) that attest to human presence during the Bronze Age as well as conspicuous palaeontological finds preserved in the sediments.

The published notes give specific, detailed accounts of the single aspects described and formulate - where possible - interpretative hypotheses.

## Presentazione

---

*Già trentasei anni sono passati dalla riscoperta della Grotta Serafino Calindri e può quindi apparire strano che solo oggi venga pubblicato uno studio completo con lo scopo di compendiare, collazionare e comprenderne gli innumerevoli aspetti che la descrivono.*

*A volte si è seduti sopra un tesoro e non si è in grado di valutarne appieno il valore; a tratti si può anche essere scossi da qualcuno che prova a farci notare di che entità sia questo tesoro, ma tale è l'abitudine a ritenere che il proprio territorio di appartenenza sia "normale" e tale la convinzione che le meraviglie della natura abbiano un'origine esclusivamente esotica, risiedendo quindi in giungle od oceani, per definizione, a migliaia di chilometri, che servono molti anni prima di poter accettare la realtà.*

*E' stato necessario che passasse molto tempo, perché potesse essere compresa a tutti i livelli l'importanza del sistema carsico che comprende la Grotta Serafino Calindri e che insiste principalmente sul nostro territorio. La comunità scientifica prima, le istituzioni amministrative poi, ne hanno apprezzato l'unicità. Ora occorre creare nella gente che risiede in questi luoghi un senso di appartenenza territoriale e culturale che sono valori alla base di una corretta valorizzazione e tutela dell'ambiente.*

*Un grazie sentito a nome del Comune di San Lazzaro di Savena al Gruppo Speleologico Bolognese ed all'Unione Speleologica Bolognese che, attraverso il loro impegno profuso senza sosta in molti anni di caparbie ricerche, ci permettono ora di conoscere ed apprezzare meglio il nostro territorio.*

**Alberto Piras**

Assessore all'ambiente e alla cultura  
del Comune di San Lazzaro di Savena.

# Introduzione

---

La Formazione Gessoso-solfifera, deposta nel Messiniano (5,5 Ma fa), nell'Appennino bolognese dà luogo ad una fascia stretta ed allungata, che si rinviene nella prima porzione collinare, dal torrente Lavino ad ovest fino al torrente Quaderna ad est. Come conseguenza delle complesse vicende geologiche che ne hanno accompagnato la storia, dal momento della sua deposizione fino ad oggi, gli affioramenti gessosi appaiono spesso discontinui, isolati e di estensione tutto sommato limitata. Il loro maggiore sviluppo è raggiunto nella zona compresa tra i torrenti Savena e Idice.

La particolarità di queste rocce evaporitiche è tale da farle risaltare rispetto al paesaggio circostante che assume quindi una spiccata identità morfologica e fisiografica.

Non sempre l'uomo ha avuto una precisa coscienza di questa identità, anzi essa è una conquista abbastanza recente. Le ricerche e gli studi che vi sono stati compiuti negli ultimi decenni non hanno potuto fare altro che metterne in evidenza la singolarità dei fenomeni naturali e, perché no, anche antropici.

Un po' alla volta, quindi, quelli che erano stati indicati genericamente come *gessi* hanno finito per acquisire una decisa connotazione geografica. Questa porzione del nostro territorio, unica ed irripetibile, è oggi indicata col nome di Gessi Bolognesi e la sua parte più grande e significativa è protetta e compresa nell'omonimo Parco Regionale.

Sopra tutti gli altri aspetti naturalistici sono i fenomeni carsici, che incidono il paesaggio esterno e sotterraneo, a costituirne l'elemento preminente. L'elevata solubilità del gesso sotto l'azione dell'acqua è responsabile del modellamento carsico della superficie topografica e della creazione delle 190 grotte fino ad oggi conosciute, con uno sviluppo complessivo superiore ai 26.000 m.

Con questa pubblicazione abbiamo inteso porre l'attenzione su uno dei più rilevanti sistemi carsici presenti nei Gessi Bolognesi: quello della Grotta Serafino Calindri. Molteplici sono i motivi che ci hanno indotto a compiere questa scelta. La Grotta Calindri, la maggiore appunto del Sistema, è stata scoperta nel 1964 e il suo ingresso è stato immediatamente chiuso con un portello, in modo da preservarla da una frequentazione non controllata. La grotta si presenta quindi intatta e questa è la condizione ottimale per compiere tutta una serie di osservazioni. Non vi era poi mai stato condotto finora nessuno studio di carattere scientifico, nonostante si tratti di una delle cavità più importanti sia in termini di sviluppo, sia per la varietà e peculiarità delle sue caratteristiche. Infine, particolare non trascurabile, è anche una delle grotte più belle dei Gessi Bolognesi.

La ricerca si è svolta quindi nell'arco di due anni e ha riguardato vari aspetti, cercando di mettere in evidenza ed affrontare le diverse tematiche relative al mondo delle grotte: sono state riviste tutte le cavità attualmente accessibili che fanno capo a questo sistema carsico; sono stati eseguiti i nuovi rilievi topografici e il posizionamento sulla carta degli ingressi; si sono compiuti campionamenti sistematici e studi sui sedimenti presenti nei vari livelli della grotta; studi sulle concrezioni e mineralizzazioni; analisi dei reperti paleontologici rinvenuti e dei microfossili contenuti negli stessi sedimenti; osservazioni geologiche e morfologiche; determinazioni sulla fauna ipogea; una rivisitazione sui materiali archeologici e sulla frequentazione antropica della grotta, nonché un accurato lavoro di documentazione fotografica.

Si è trattato di un approccio multidisciplinare, che ha visto coinvolti professori e ricercatori delle Università di Bologna, Modena, Padova, del C.N.R. di Firenze, del Museo Archeologico di S. Lazzaro, con il supporto e l'impegno costante dei componenti del Gruppo Speleologico Bolognese e dell'Unione Speleologica Bolognese.

Ciascuno di questi soggetti ha fornito un contributo importante, apportando le proprie conoscenze e osservando dal proprio punto di vista, e quindi secondo un'ottica particolare, quella che è in realtà un'entità unica e, per molti versi, straordinariamente complessa: la grotta.

Per i nostri Gessi si tratta del primo esperimento di questo genere. Come spesso accade in questi casi, forse abbiamo aperto più interrogativi di quelli a cui siamo riusciti a dare una risposta. Sicuramente abbiamo inteso che c'è ancora molto da fare, da vedere e da capire.

Ma andiamo con ordine, a cominciare da quell'ormai lontano giorno di giugno del 1964.



# 1964: la scoperta e l'esplorazione della Grotta Serafino Calindri

Giancarlo Zuffa

Sollecitato dall'amico Pino di Lamargo a collaborare a questa pubblicazione dedicata alla Grotta Serafino Calindri, faccio ritorno al clima, agli eventi ed alle emozioni di 36 anni fa, scoprendo che tutto è rimasto incredibilmente intatto, indelebile nella memoria.

Entrai nel Gruppo nel 1962, diciottenne: mio fratello Luigi, protagonista nel G.S.B. delle grandi esplorazioni speleologiche fine '50 - inizio '60 con l'inseparabile Giancarlo Pasini, era da poco scomparso in un incidente alpinistico.

Proprio lui, già nel '57, mi regalò la prima, indi-

menticabile discesa nel Buco del Belvedere e mi contagiò con il male oscuro delle grotte.

Il G.S.B. era molto diverso da come lo conosciamo oggi. Ricordo un ambiente piuttosto "duro" e gerarchizzato ed un'attività vissuta intensamente, talvolta in modo esasperato, in cui pareva che ognuno cercasse una soluzione collettiva al proprio problema esistenziale.

Gli speleologi del G.S.B. erano pochi, motivati e tenuti insieme - così almeno sembrava - solo per il fatto che la speleologia di quegli anni attirava, per la maggior parte, persone che anche allora potevano essere ritenute piuttosto "svitate". La gavetta era severa, il nonnismo imperante ed i "nuovi" erano tenuti in scarsa o nessuna considerazione.

In questo contesto non proprio ideale, pochi mesi dopo la spedizione esplorativa alla Preta, nei Lessini, e fra una scalata e l'altra, cominciai a rivivere - una ad una - le cavità del Bolognese, allora disdegnate dall'establishment di punta che governava il Gruppo.

Del resto, da tempo nessuno trovava nulla di nuovo nell'area gessosa fra Savena e Zena, abbastanza ristretta e ben battuta, ma più che altro drammaticamente priva di abissi.

Come guida avevo con me la pubblicazione della Commissione Regionale del Catasto, nella quale si faceva il punto della situazione a tutto il 1960.

Nei primi giorni di giugno del 1964 mi dirigo verso la Buca di Budriolo, la valle cieca sovrastante il Torrente Zena, di fronte al Farneto, nella quale risultano catastate tre piccole cavità (32, 149 e 150/ER).

Sono solo ed è con una certa fatica che riesco ad aprirmi un passaggio nella folta vegetazione e a raggiungere quella che risulta di maggiori dimensioni: è la 149/ER, Buco III di Budriolo o Buco del Pioppo: un'alta spaccatura che si apre sulla falesia di fondo e che si conclude quasi subito con una esigua saletta.

Lo sviluppo è di 10 m, la profondità di m - 7,5.



L'ingresso della Grotta nel 1965



Sulla parete destra, a contatto fra gesso e argilla, si intravede comunque uno stretto pertugio soffiante (pochi centimetri di diametro), che si approfondisce nel riempimento per qualche metro: vale la pena provare!

Nel corso di tre uscite successive, con un altro dei "nuovi", Enrico Fogli, si scava un cunicolo sub verticale di 3 m, lungo in tutto 5,5, nel durissimo sedimento compattato.

Quando ormai siamo prossimi a desistere, Enrico, decisamente più sottile di me, forza l'ultimo metro e sbuca in un cunicolo più alto.

La grotta prosegue più o meno con quelle dimensioni, fino ad una frana, superabile risalendo.

Tuttavia è tardi e resta la difficoltà di uscire dal basso dalla strettoia artificiale che abbiamo costruito e quindi rientriamo.

La settimana successiva vi faccio ritorno da solo, ma l'ansia e l'entusiasmo di esplorare mi riservano un brutto tiro: la tuta mimetica si impasta nell'argilla e resto bloccato inesorabilmente a metà del passaggio.

La situazione non è per niente allegra, in quanto, dopo un'ora di inutili tentativi di risalire, sono ancora più incastrato e - per di più - con qualche difficoltà di respirazione.

Decido di giocare il tutto per tutto, contando sul fatto che l'argilla sul fondo è intrisa d'acqua e quindi più plastica nonché convinto, poco scientificamente, del fatto che - se è passato Fogli - devo passare anch'io.

Forzo al massimo verso il basso e, veramente al limite, riesco ad uscire dalla morsa e a scendere.

Avanzo fino al punto che ha raggiunto Enrico, ma non vado oltre, in quanto dovrò darmi da fare per allargare il cunicolo da sotto, se mai voglio uscire.

Trascorrono meno di 24 ore e sono di nuovo lì, ancora solo e convinto che sia indispensabile ed anche urgente farmi passare la paura del giorno innanzi.

Questa volta vengo premiato davvero e quel giorno è, insieme ad altri in altre grotte, composto di un ricordo vivace e bellissimo; ciò che provo non è descrivibile e può essere inteso a pieno solo dagli amici che hanno fatto o fanno speleologia esplorativa.

Risalgo i grandi blocchi della frana, ai piedi della quale si apre un'ampia galleria subcircolare, scavata nel gesso compatto. Il torrente scorre gorgogliando fra i ciottoli e la mia fiammella si riflette su mille goccioline di condensa, che rivestono la volta.

Le pareti si avvicinano e parte un meandro a sporgenze-rientranze, con allargamenti, sale e arrivi dall'alto, che seguo estasiato ma con qualche comprensibile cautela per oltre 300 m, fino ad una

zona di crollo, sotto la quale si insinua l'acqua. Per quel giorno può bastare: ritorno sui miei passi, pregustando la sorpresa e la gioia dei compagni del G.S.B., che dovranno ritrattare le battute sui miei chimerici scavi al Budriolo.

Non sarà così, in quanto la relazione del giovedì susciterà ben scarso interesse e qualche irrisoluzione: non avrò per caso detto 300 al posto di 30 metri? Il 28 giugno i due giovanissimi del Gruppo, Enrico ed io, avanzano lungo il torrente per altri 80 m, fino alla volta inclinata di mammelloni.

A questo punto Edoardo Altara, "nuovo" anche lui, ma adulto, nel corso della tempestosa riunione settimanale mi dà credito e convince Giulio Badini e Marco Marchesini a venire almeno "a dare un'occhiata". Il 5 luglio attacchiamo per la prima volta in quattro la strettoia, che respinge Badini e Marchesini.

In quell'occasione esploriamo il ramo intermedio, salendo dal Trivio, raggiungiamo la Sala, la zona dei paleoingressi e - di qui - la Condotta. Scattiamo molte foto e raccogliamo splendide pisoliti, imbattendoci nei gruppi stalattitici in gesso più rilevanti del Bolognese e nelle prime inequivocabili tracce di frequentazione umana della cavità. Il 10 luglio e il giorno seguente sono ancora dentro, solo, ad esplorare le zone alte. In fondo alla Sala trovo il passaggio che dà accesso al Canyon, che percorro per oltre 350 metri di sviluppo, fino al suo ricongiungimento con il ramo attivo, 25 metri più in basso. Nel mio taccuino, registro uno sviluppo complessivo stimato in 1.500 metri.

Con un gesto sufficientemente magnanimo, al Gruppo nessuno si oppone seriamente alla mia proposta di dedicare la nuova Grotta a Serafino Calindri. Sul momento prudenzialmente ometto di dire che il precursore della speleologia bolognese fu anche prete.

Concludo questo ricordo con un invito, rivolto ai giovani del Gruppo, che in un diverso contesto e con nuove tecniche rappresentano il futuro e la speranza della speleologia bolognese.

L'emozione della "scoperta", nell'esplorazione speleologica, non è, non può essere cambiata nel tempo. Cercatela e fatela vostra, questa emozione.

Scoprirete facilmente, al di là dell'importanza della grotta in sé, delle ricerche e degli studi che vi saranno condotti, che le sensazioni più importanti vissute in quei momenti potrete portarle dentro di voi, per tutta la vita.

# Il Sistema carsico della Grotta Calindri

Danilo Demaria, Paolo Grimandi

## **Inquadramento geologico**

Nell'area in esame affiorano, dal basso verso l'alto stratigrafico, le seguenti unità geologiche:

**Formazione di Bismantova** (Burdigaliano-Serravalliano). Si presenta in facies di marne – marne calcaree di colore bianco avorio, a stratificazione centimetrica; è legata alla sedimentazione in ambiente di acque poco profonde.

**peliti pre-evaporitiche**, in parte eusiniche, del Tortoniano-Messiniano inferiore. In basso si presentano come argille mamose grigie fossilifere, a cui si intercalano argille grigio scure, fittamente laminate, bituminose, con rare siltiti; verso l'alto sono sempre più frequenti le argille nerastre anossiche, con livelli carboniosi e concentrazioni di solfuri, ossidati per alterazione. Precedono l'evento evaporitico, mostrando già i segni di una ristretta circolazione delle acque.

**Formazione Gessoso-solfifera** (Messiniano superiore). Appoggia in continuità e concordanza di sedimentazione sulle peliti sottostanti. È tipicamente costituita da una serie di banconi di gesso (fino a 15), separati da livelli di argille bituminose fittamente laminate ("interstrati"). Alla base, all'interno di queste argille mamose, è presente almeno un ciclo carbonatico ("calcare di base"). L'intera formazione nel suo complesso rappresenta un trend regressivo, iniziato già con le peliti pre-evaporitiche. I banconi di gesso e le associate marne di interstrato costituiscono cicli sedimentari incompleti regressivi di ordine minore. I banchi di gesso sono suddivisibili in più litofacies, ciascuna delle quali rappresenta una ben precisa situazione ambientale e batimetrica, all'interno di una laguna sovrasatura. Alla base si hanno due banconi di spessore minore (circa 10 metri) costituiti da stromatoliti gessificate; i successivi tre banconi sono caratterizzati, oltre che dallo spessore (sui 35 metri), da cristalli di gesso coi caratteristici geminati a ferro di lancia. Nel sesto



*Dal punto di vista amministrativo il territorio che ospita il Sistema appartiene principalmente al Comune di San Lazzaro di Savena. Alcune porzioni limitate dei gessi verso ovest e la parte della valle cieca di Budriolo impostata sulle argille ricadono invece nel Comune di Pianoro. Verso est il confine fra i due comuni è stato tracciato seguendo sostanzialmente la base dell'affioramento gessoso.*

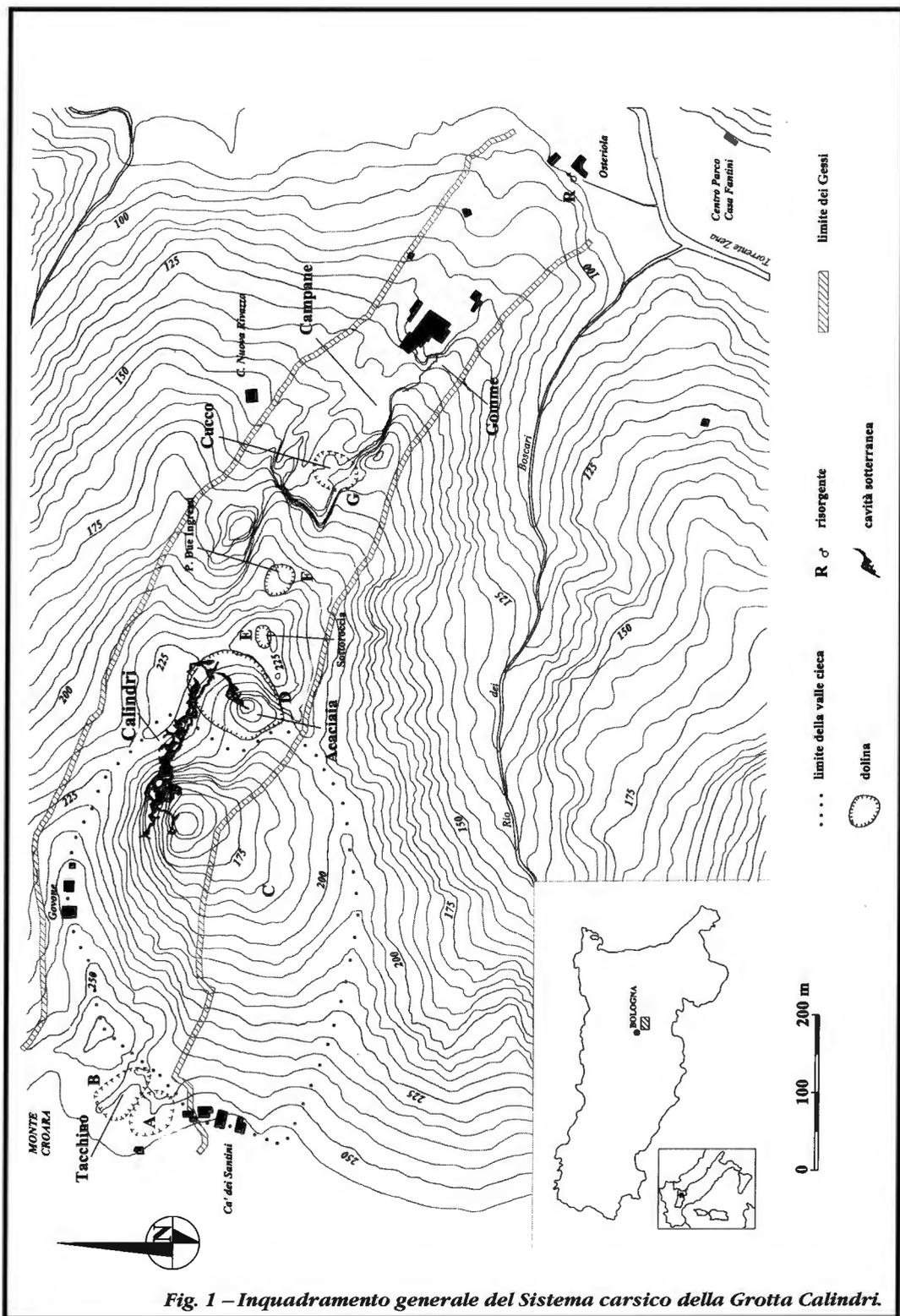


Fig. 1 – Inquadramento generale del Sistema carsico della Grotta Calindri.

bancone si ha la presenza di tutte le litofacies, con strati di gesso a bande e di gesso nodulare e clastico. Nei banconi superiori, sempre meno potenti verso l'alto (dai 25 metri ai 3-4 metri), aumenta la componente di gesso nodulare e clastico rispetto al gesso senenitico.

**Formazione a Colombacci** (Messiniano sup.). In marcata discordanza rispetto ai gessi. Alla base di questa formazione si hanno conglomerati con ciottoli derivati in massima parte dalle Unità liguri, che si evolvono superiormente a sabbie ed arenarie poco cementate giallastre, per passare ancora più in alto a marne grigie con intercalazioni sabbioso-siltose. Questi depositi, organizzati secondo più cicli incompleti (conglomerati-sabbie-argille) sono inseriti all'interno di una generale tendenza trasgressiva del Messiniano superiore - Pliocene. Nella parte alta della successione compaiono livelli di calcari marnosi o marne calcaree biancastre (i cosiddetti "colombacci"). La formazione, postevaporitica, è legata ad un ambiente continentale misto: fluviale, lagunare e lacustre.

**Argille Azzurre** (Pliocene-Pleistocene). Si tratta di depositi con prevalenti facies argillose pelagiche, nelle quali si distinguono vari cicli sedimentari minori. I principali sono: il *ciclo pliocenico inferiore*, con uno spessore sul centinaio di metri, il *ciclo pliocenico medio-superiore*, spesso fino ad alcune centinaia di metri e quello *pleistocenico inferiore* (con ospiti freddi). Gli ultimi due cicli hanno una porzione superiore regressiva marcatamente calcarenitico-sabbiosa.

**Sabbie Gialle di Imola** (Pleistocene inf.). Rappresentano più cicli di deposizione di prevalenti sabbie, dalla tipica colorazione gialla, in ambiente costiero.

**Formazione di Olmatello** (Pleistocene medio). Marca il passaggio ad ambiente continentale, è legata ad ambiente fluviale e ha dato luogo in più punti al rinvenimento di resti fossili di elefante.

**Pleistocene medio-superiore.** E' costituito da una serie di unità geologiche di recente istituzione, che rappresentano le varie fasi di

evoluzione del margine appenninico in ambiente continentale. Comprende anche i depositi dei terrazzi intravallivi.

Questa situazione stratigrafica, che vede il susseguirsi di molteplici formazioni nello spazio di pochi chilometri, è stata fortemente complicata dagli eventi tettonici che hanno interessato l'area.

Nella parte a meridione, presso Monte Calvo, le rocce della successione epiligure poggiano su terreni molto più antichi del Cretaceo inferiore, indicati genericamente come tettoniti, ovvero unità prevalentemente argillose, fortemente deformate e disposte secondo scaglie tettoniche.

Alla base dei gessi, i terreni del Tortoniano e del Messiniano inferiore mostrano una struttura a pieghe, con la presenza di una sinclinale e di un'anticlinale poste in rapida successione da sud verso nord.

Altro evidente fenomeno della tettonica locale è la presenza di un retroscorrimento, denominato "Croara-Farneto", che ha portato i terreni del Tortoniano a sovrapporsi sulla porzione settentrionale dei gessi. Le formazioni postevaporitiche (Colombacci, Pliocene, ecc.) poggiano su questo retroscorrimento con un contatto erosivo alla base e non mostrano sostanzialmente ulteriori complicazioni tettoniche, se non quelle derivate dall'azione di faglie normali che hanno dislocato in più punti e con differente potenza tale successione. Per ciò che concerne la Formazione Gessoso-solfifera, fino a non molti anni fa essa era considerata, in maniera del tutto generale, come un'ampia monoclinale, con immersione tutto sommato regolare dei banchi evaporitici verso NE. L'analisi di dettaglio ha però mostrato una situazione assai più complessa (e non poteva essere altrimenti, visto il quadro tettonico delineato sopra).

Ad esempio il retroscorrimento Croara-Farneto, nell'adiacente zona del Farneto, subisce almeno uno sdoppiamento, per cui la sequenza evaporitica ne esce raddoppiata.

Nella dorsale gessosa che scende dal Monte Croara fino al torrente Zena notiamo, a causa di questa azione di retroscorrimento, una situazione particolare.

Occorre innanzitutto precisare che l'intero affioramento gessoso posto tra Savena e Zena non è un tutt'uno omogeneo, ma è suddiviso in blocchi dalle principali faglie ad andamento antiappenninico che caratterizzano l'area. Questa situazione è in realtà più generale ed è una costante di tutte le emergenze evaporitiche dei Gessi Bolognesi.

Nel caso della porzione gessosa che fa capo al Sistema carsico della Grotta Calindri esistono almeno tre blocchi, che sono stati oggetto di un differente sollevamento. La parte più prossima a Monte Croara si presenta infatti inclinata di circa 30°, quella intermedia di 45°-50°, mentre quella affacciata sul torrente Zena è inclinata di 70° (fig. 2). Questa particolare disposizione tettonica ha esercitato un'influenza diretta sulla morfologia superficiale, determinando la struttura della dorsale gessosa ed ha assolto ad una funzione guida fondamentale nello sviluppo del carsismo sotterraneo.

### **I fenomeni carsici e le prime ricerche speleologiche**

L'affioramento gessoso compreso nel settore fra Savena e Zena è suddiviso in due distinti sistemi carsici: quello Spipola-Acquafredda e quello della Grotta Calindri. Quest'ultimo occupa la parte orientale dell'affioramento ed è delimitato ad ovest dal Monte Croara. Lo spartiacque sotterraneo corre all'incirca parallelo alla via Ca' Bianca, che unisce le località di Croara e Monte Calvo.

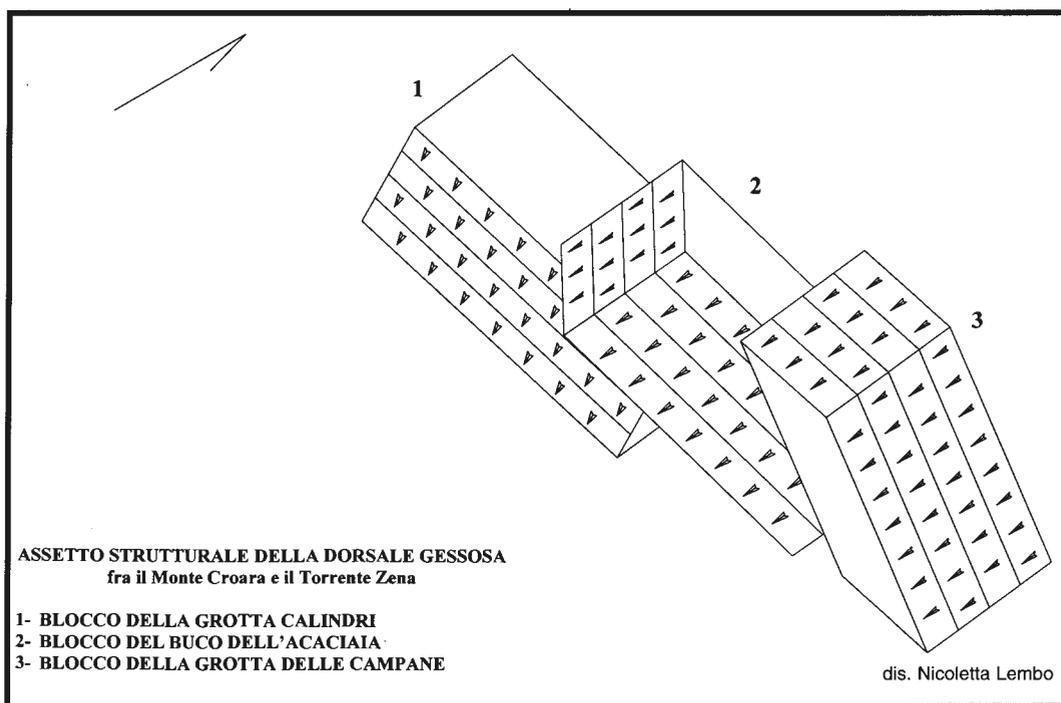
Fra Ca' dei Santini e Monte Croara sono infatti posti gli inghiottitoi più elevati del sistema, mentre la

risorgenza delle acque è situata presso la casa dell'Osteriola, a cento metri di distanza dalla sponda sinistra del torrente Zena, su un terrazzo fluviale del fondovalle.

Altimetricamente si passa dai 260 m del rilievo fra Ca' dei Santini e Govone agli 89 m della risorgente.

Giorgio Trebbi, già nel 1903, annotava che "la 'Buca d'Ariolo', assai vasta e regolare" ed un'altra, forse l'Acaciaia, "probabilmente non sono connesse col sistema idrografico dell'Acquafredda, ma alimentano le sorgenti carsiche allineate nella Valle di Zena, al contatto delle argille coi gessi".

Il termine "Buca d'Ariolo", utilizzato dal Trebbi (una delle figure di primo piano fra i precursori della speleologia emiliana) è una curiosa e paradossale italianizzazione del dialettale *Budariol*, operata dai primi topografi del Regno postunitario in ossequio ad una tendenza allora imperante, ed inserita di conseguenza nelle carte topografiche ottocentesche del nostro territorio. *Budariol* è invece uno dei pochi termini dialettali riferiti ai fenomeni carsici nel Bolognese e sta a significare appunto un luogo o una depressione chiusa a imbuto dove viene assorbita l'acqua. Lo stesso toponimo compare pure nell'adiacente zona del Farneto. A voler essere rigorosi, anche il nome Buca di Budriolo, attribuito alla valle cieca nell'at-





*La parte terminale del Buco della Acaciaia*

tuale CTR è sbagliato, perché ripetitivo: la parola Budriolo contiene già in sé il significato di Buca.

Il differente sollevamento dei blocchi gessosi, accennato nel paragrafo precedente, determina, dal punto di vista paesaggistico, una stretta dorsale, allungata per 1.350 m da NW a SE, mentre la dimensione trasversale massima è di 250 m. A causa della notevole inclinazione dei banchi selenitici, verso est nei pressi dell'ex-cava Fiorini, l'affioramento non supera l'estensione di 150 m. Complessivamente i gessi coprono un'area di 237.000 m<sup>2</sup>.

Il paesaggio carsico è dominato dalla presenza della valle cieca del Budriolo e da alcune doline (fig. 1).

Olinto Marinelli, geografo, nella tav. 4, a corredo della sua pubblicazione edita nel 1904, circa le cavità d'erosione nei gessi del Bolognese, ne indica chiaramente tre, allineate a sud-ovest della valle cieca dell'Acquafredda, che con ogni probabilità sono quelle del Tacchino (*d'la Toca*), del Budriolo e dell'Acaciaia (*Acagéra*).

La Buca di Budriolo ha un'estensione di 148.500 m<sup>2</sup>, i versanti sud e ovest sono scavati nelle marne ed argille, mentre il fianco nord-orientale è costi-

tuito da gesso e si presenta decisamente acclive, con tratti anche verticali. La valle cieca si sviluppa per 79.000 m<sup>2</sup> nelle marne e per i restanti 69.500 m<sup>2</sup> nei gessi (foto a pag. 7)

Il bordo meridionale la separa dalla vallecola del Rio dei Boscari e si snoda fra i 204 e i 250 m di quota, presso Ca' dei Santini. Qui è per un breve tratto a contatto con la valle cieca della Grotta Elena (appartenente al sistema dell'Acquafredda). Al fondo della Buca, a q. 158, si apre la Grotta Calindri, nonché un altro paio di piccole cavità, con funzione di inghiottitoi minori e per questo spesso occlusi (32 ER/BO e 150 ER/BO).

Il Budriolo raccoglie acque di origine esclusivamente meteorica, da cui discende una forte stagionalità nelle portate del corso d'acqua che percorre la Calindri. Mentre i versanti gessosi sono ricoperti da bosco ceduo, quelli argilloso-mamosi sono coltivati (graminacee e in parte vite), ma sono soggetti anche a continui movimenti franosi, sotto forma di scivolamenti e colate, fra le cui cause non sono estranee le stesse tecniche adottate nella lavorazione del terreno e la mancata regimentazione dei rivi che solcano la valle cieca.

Luigi Fantini, nel 1933, dà conto delle prime ricer-

che condotte sul terreno dal Gruppo Speleologico Bolognese: a nord di Ca' Santini (di *Santén*), al Bus d'la Toca, gli inghiottitoi sul fondo della dolina di Budriolo e risalendo, l'Acagéra, la dolina di Ca' del Cucco ed il profondo Pozzo del Bosc Per.

Aggiunge che altri buchi e dolinette sono cosparsi lungo tutto il bosco, fin giù allo Zena.

Conclude osservando che ben difficilmente la Risorgente dell'Osteriola, con la sua esigua portata, può essere ritenuta l'unico esutore del corso sotterraneo che drena il complesso reticolo carsico individuato dall'allineamento delle doline soprastanti.

A nord di Ca' dei Santini erano infatti poste due doline contigue, al fondo delle quali vi erano altrettanti inghiottitoi. Queste doline sono state coperte con il materiale sterile proveniente dall'adiacente cava IECME, scaricatovi abusivamente dalla cava stessa quando era in attività, attorno al 1968.

Delle due grotte la più interessante era sicuramente il Bucò del Tacchino (49 ER/BO). Noto già da tempo e rilevato dal GSE di Modena per 19 m, venne notevolmente ampliato nella metà degli anni '60, in seguito all'estendersi delle ricerche all'intera area, dopo la scoperta della Calindri. Una serie di disostruzioni portarono gli speleologi del Gruppo Speleologico Bolognese al raggiungimento di un torrente attivo, seguito per una cinquantina di metri, e ad alcune diramazioni fossili. Il corso d'acqua è probabilmente lo stesso che si rinviene nella parte a monte della Condotta, all'interno della Calindri. Tutto ciò indicherebbe appunto come questi inghiottitoi, posti a q. 232 e 240, siano i più alti di tutto il sistema, nonché i più distanti dalla risorgente. Come si è già detto, l'occlusione delle doline coi detriti della IECME, ha purtroppo costretto alla cessazione delle esplorazioni in questo settore, privandoci di tutte le importanti informazioni che potevano derivare da questa parte del sistema.

Il Buco dell'Acaciaia è la seconda grotta per estensione del sistema, con 250 m di sviluppo. Ha un andamento fortemente inclinato, frutto fondamentalmente della disposizione locale dei banchi gessosi che ne hanno regolato lo sviluppo, ed è costituito, nella sezione iniziale, da alcuni piccoli paleocorsi e da un ramo attivo, che parte dal fondo dell'omonima dolina. La porzione centrale della cavità si presenta con due sale sovrapposte, la cui genesi è dovuta ad un movimento di distacco ed abbassamento di quella che in origine era la volta di un'unica sala. La grotta prosegue poi con

un ramo inclinato sui 45°, correlato ancora alla superficie di strato, dove sono presenti alcuni pozzi legati ad un fenomeno di ringiovanimento della cavità (foto pag. 11). Un canale di volta completamente ostruito ne percorre la volta, diretto da sud a nord. Giunti alla profondità di 50 m, le acque si raccolgono in uno stretto passaggio, impraticabile. La Calindri è a pochi metri di distanza. Le acque ricompaiono infatti in quest'ultima grotta, al fondo di un breve ramo laterale lungo il piano attivo (punto 50 della poligonale sviluppata lungo il torrente).

L'accertamento è stato compiuto con un tracciamento delle acque eseguito dal GSB nel 1968. Le colorazioni effettuate hanno infatti dimostrato che le acque inghiottite sul fondo della valle cieca assieme a quelle drenate attraverso il Buco dell'Acaciaia e da numerosi altri punti di cattura ubicati in superficie, finora impenetrabili, fuoriescono dalla risorgente dell'Osteriola, a 100 metri di distanza dalla sponda sinistra del T. Zena.

Nella fig. 3 è riportato il rilievo schematico in pianta del Buco dell'Acaciaia, con alcune indicazioni di carattere geologico e morfologico. La sezione longitudinale, sempre schematica, è riportata a pag. 46, mentre un articolo più analitico e il rilievo complessivo sono pubblicati su *Sottoterra* n° 108. La parte a valle del sistema era costituita da diverse cavità. La più importante era sicuramente la Grotta delle Campane (53 ER/BO: 332 m di sviluppo e profondità di 36 m), a monte di essa e al fondo di una dolina si apriva il Buco del Cucco (57 ER/BO: 95 m, prof. 38 m), mentre a valle si collocava il Buco delle Gomme (56 ER/BO: 70 m). Altre cavità minori come il Buco senza nome (54 ER/BO) e il Buco Ossifero del Boscopiano (55 ER/BO) completavano il quadro del carsismo dell'area.

La Grotta delle Campane rappresentava indubbiamente la porzione più significativa del complesso di risorgenza del Sistema. Celebrata per l'abbondanza e la varietà dei concrezionamenti, questa cavità complessa era agibile dall'alto, attraverso una profonda diaclasi a pozzo e dal basso, mediante la galleria principale, sezionata per prima dalla cava. Nel rilievo del G.S.E. (1958) sono ben distinguibili almeno quattro principali linee e piani di flusso, situati a quote decrescenti da q. 140, che interessano il banco gessoso per una potenza di circa 30 m, più o meno il campo all'interno del quale si sviluppa la Calindri.

Del Buco del Cucco scarsissime sono le annotazioni in bibliografia, se si esclude il rilevamento parziale curato dal G.S.E. nel '58. Esiste tuttavia una relazione dell'esplorazione condotta il

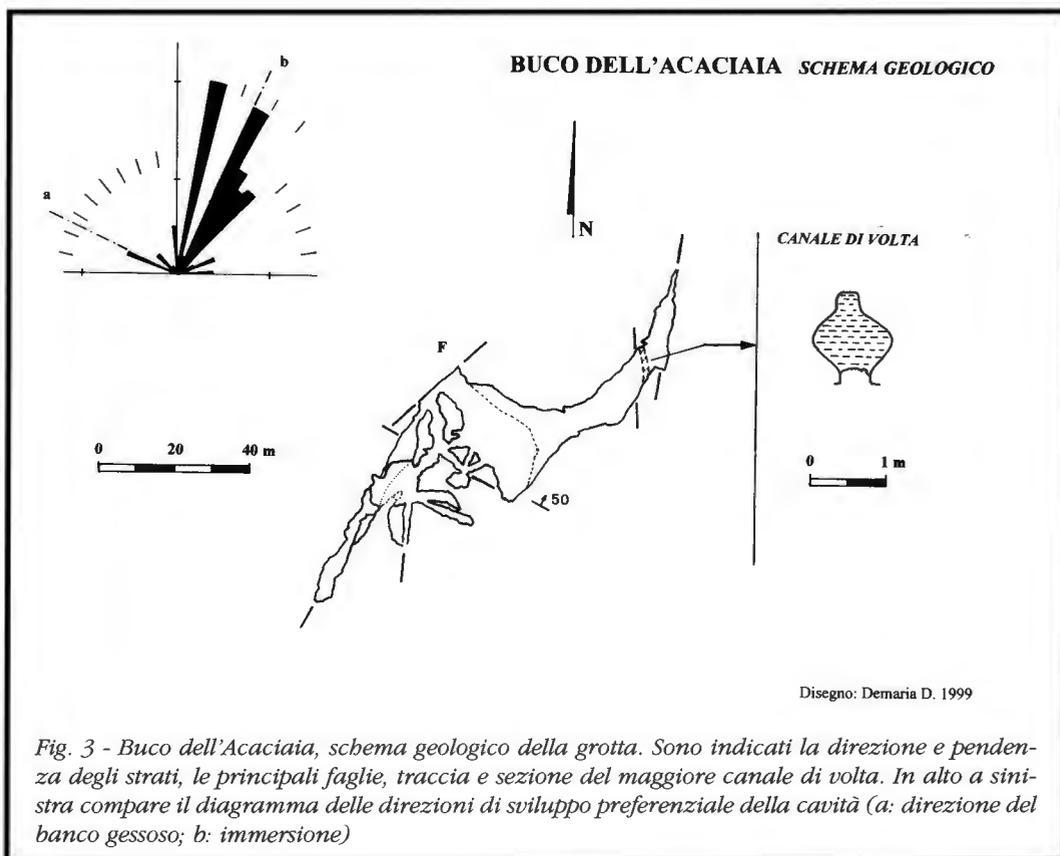


Fig. 3 - Buco dell'Acaciaia, schema geologico della grotta. Sono indicati la direzione e pendenza degli strati, le principali faglie, traccia e sezione del maggiore canale di volta. In alto a sinistra compare il diagramma delle direzioni di sviluppo preferenziale della cavità (a: direzione del banco gessoso; b: immersione)

7.01.1960 da G. Badini, P. Grimandi, G. Pasini e V. Veratti, del G.S.B. In quell'occasione fu raggiunto e percorso il torrente sotterraneo, verso valle, per una cinquantina di metri. Nel testo si fa cenno al fatto che il cunicolo parzialmente allagato era investito dalle onde d'urto causate dal brillamento delle mine nella soprastante cava Fiorini.

Si era pertanto giunti quasi al contatto con l'attivo della Grotta delle Campane, nel '60 già impraticabile dall'esterno, a causa dell'avanzamento del fronte di cava.

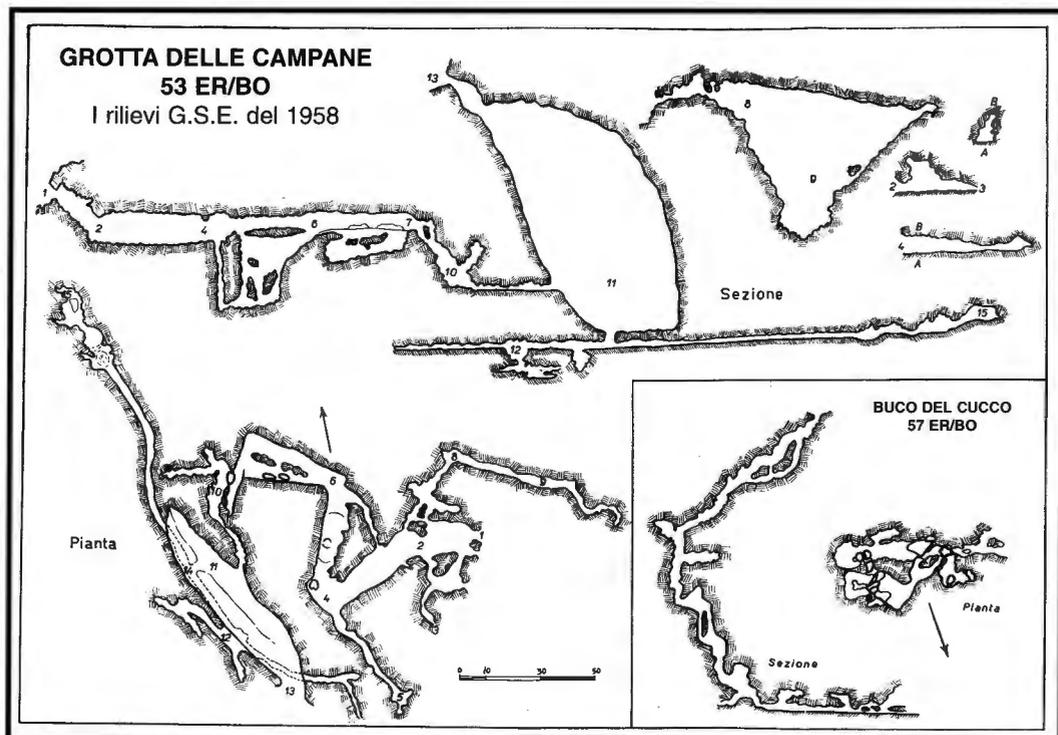
L'attività della cava Fiorini ha infatti progressivamente distrutto buona parte di questo patrimonio speleologico, giungendo ad intercettare anche la Calindri.

All'interno delle gallerie di cava si trovava un ultimo lembo di questo complesso di cavità, fra loro collegate: la "Metropolitana", non catastata. Questa grotta fu rilevata da Luigi Donini nel 1960. Il rilievo originale, conservato nel nostro archivio catastale e rimasto finora inedito, riporta anche uno schizzo a matita indicante la posizione reciproca delle diverse grotte, cosa utilissima data la



**Grotta del Bosco Pari. Scodellette con le pisoliti**

devastazione a cui l'area è stata soggetta. Sul fondo della Metropolitana è poi indicato il punto in cui la PASS raggiunse il torrente sotterraneo del



Buco del Cucco, posto ad una quota inferiore di circa dieci metri. Lo stesso torrente si rinveniva poi nella parte bassa della Grotta delle Campane.

L'unica grotta sopravvissuta all'attività estrattiva era il Buco delle Gomme, il cui accesso si trovava a metà di una parete, a fianco del vecchio e dismesso stabilimento di lavorazione del gesso. La cavità, costituita da un meandro ad andamento orizzontale, ha visto il crollo dell'ingresso in anni recenti, andando quindi incontro allo stesso destino delle altre grotte dell'area. E' da ricordare il fatto che, in seguito all'esperimento di tracciamento delle acque del 1968, nel Buco delle Gomme si rinvennero abbondanti tracce di fluoresceina. Questo ci indica come tale cavità assolve effettivamente ad una funzione di troppo pieno del sistema carsico. Il tratto terminale sull'attivo della Calindri, con i tre piccoli sifoni, anticipa indubbiamente le caratteristiche della sezione posta più a valle del Sistema e dei bassi cunicoli allagati presenti nel Buco del Cucco.

La risorgente del sistema è posta, come si diceva, all'Osteriola, a q. 89.

Qui le acque vengono a giorno da un pozzetto, alle spalle della casa, e sono incanalate attraverso i campi, fino a riversarsi nel torrente Zena. Il torrente conclude il suo tragitto sotterraneo con una

strettoia artificiale, creata da una struttura muraria che raccorda tubazioni di diametro insufficiente ad assicurare il transito delle massime portate.

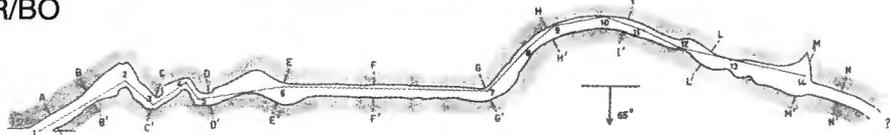
In effetti, mediamente una volta ogni 10-15 anni, si registrano piene eccezionali, che fanno risalire le acque fino a 4 metri di altezza lungo il piano attivo della Calindri, e cioè fino a q. 137.

Quando questo accade, non solo si attiva la paleorisorgente (ora risorgente di troppo pieno) del Buco delle Gomme, ma le acque invasate a monte raggiungono, evidentemente, letti di sedimenti o saccature di detriti, imbibiti da olii esausti e da altri prodotti petroliferi, in passato abusivamente dispersi a terra nel piazzale di cava (F.lli Fiorini) e infiltratisi sottoterra, che raggiungono improvvisamente l'esterno, causando l'inquinamento del T. Zena.

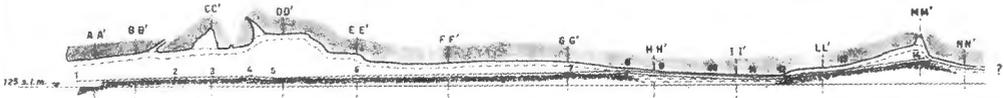
Talvolta nei terreni agricoli attraversati dal torrente sotterraneo, ormai prossimo ad emergere in superficie, si producono piccole voragini, causate dalla strozzatura operata dalle tubazioni dell'Osteriola. Lungo la strada che si diparte dalle abitazioni adiacenti alla Cava, e quindi in prossimità del Buco delle Gomme, un ex cavatore ha dichiarato di aver visto aprirsi, in più di un'occasione, profonde fenditure verticali nel gesso, che la cava provvedeva a colmare con massi e sterile.

## BUCO DELLE GOMME 56 ER/BO

Pianta



Sezione longitudinale



RILIEVO G.S.B. - 1967

Ricorda di esservi disceso, assicurato da una corda, per più di 10 metri, e di non essere giunto sul fondo, ove si sentiva scorrere acqua.

La descrizione del vecchio "gessarolo" pare veritiera, in quanto rappresenta il classico meandro, alto e stretto, a sporgenze e rientranze.

Idealmente corretta sarebbe inoltre la posizione del condotto, sull'asse Gomme - Osteriola.

L'unico studio completo sulle portate è quello condotto da Giorgio Trebbi antecedentemente al 1926, che ne fissa il valore medio annuo a 0,65 l/s. Alcune misure effettuate nel 1997 confermano tale valore, che però può non essere rappresentativo del sistema, come già aveva avuto modo di osservare Fantini, valutando l'estensione dell'area drenata.

Assumendo infatti questa portata media si ha un deflusso annuo di 20.500 m<sup>3</sup>, che diviso per i 316.000 m<sup>2</sup> di estensione complessiva del bacino (gessi e mame) fornisce un contributo di circa 65 l/m<sup>2</sup>. Questo valore di infiltrazione efficace è decisamente basso se confrontato con quello del vicino sistema dell'Acquafredda, pari a circa 220 l/m<sup>2</sup>, cioè un terzo di quella che è la piovosità.

Potremmo quindi trovarci di fronte ad una dispersione delle acque nelle alluvioni dei terrazzi, accompagnata da una sottostima della portata, dovuta alla irregolarità della stessa e alla discontinuità nel tempo delle misure effettuate.

La testimonianza dei residenti nell'abitato dell'Osteriola circa le notevoli variazioni di portata in corrispondenza dei maggiori eventi meteorici è un'ulteriore prova della forte stagionalità del regime del corso d'acqua. Durante il periodo estivo la parte a monte del torrente è completamente asciutta, quindi la modesta portata a livello della risorgente è giustificabile anche con il solo feno-

meno della condensazione dell'umidità atmosferica all'interno delle cavità.

Nei pressi dell'Osteriola l'unità paesaggistica dominante è quella dei terrazzi fluviali, che ricoprono i gessi.

Come si è detto, l'intera dorsale gessosa è suddivisa in blocchi e all'interno di ciascuno di essi sono presenti fratture e faglie minori, disposte secondo ben precisi orientamenti. Questa disposizione strutturale è la condizione su cui si imposta e avviene poi lo sviluppo del fenomeno carsico sotterraneo, perlomeno nelle sue linee principali. Il ruolo delle discontinuità all'interno dell'ammasso roccioso varia però nel tempo. Per molte di esse si può riscontrare l'importanza in determinati momenti come direzioni fondamentali su cui ha proceduto il processo di carsificazione. Una volta però che il livello di base carsico si è portato più in basso, tali lineazioni hanno finito per assumere un ruolo decisamente subordinato. Molte sono state sostanzialmente abortite, altre ancora hanno funzionato come vie di drenaggio verticale delle acque penetrate nel massiccio gessoso. Anche in questi casi si tratta però di modestissimi flussi idrici, che non hanno svolto un'azione carsificante rilevante, ma hanno piuttosto prodotto estesi concrezionamenti, tanto gessosi quanto carbonatici (vedi FORNÌ P., *ivi*). Questo ci indica che tali discontinuità hanno uno sviluppo tutto sommato modesto e tendono a richiudersi, talvolta nello spazio di pochi metri.

Solamente le faglie e le diaclasi maggiori interessano, attraversandola in senso trasversale, tutta la dorsale gessosa. È lungo queste lineazioni principali che si impostano i maggiori fenomeni carsici superficiali (le doline e la valle cieca) e vengono veicolate in profondità le acque meteoriche.

Trattandosi nel nostro caso di una porzione di territorio abbastanza ristretta, è evidente come il numero di tali punti di assorbimento sia limitato. Ricordiamo appunto le due doline affiancate, poste nella zona altimetricamente più elevata del sistema, nonché la Buca dell'Acaciaia e quella del Cucco.

Da questa situazione strutturale consegue uno schema idrologico estremamente semplice, con la presenza di un collettore unico, a cui convergono pochi affluenti. Il Sistema carsico della Calindri è perciò ben inquadrabile - all'interno dei modelli di idrogeologia carsica - come una *rete a primario fortemente dominante*, caratteristica comune anche agli altri sistemi sviluppati nei gessi. Questo giustifica pienamente il regime idrico particolare che vi si osserva, caratterizzato da basse portate per la maggior parte del tempo, con eventi di piena in corrispondenza dei principali fenomeni meteorici esterni. In queste situazioni la portata del corso sotterraneo aumenta notevolmente. Pur rimanendo su valori assoluti non molto elevati (dell'ordine di alcune decine di l/s), il rapporto fra le portate di piena e quella del flusso di base può arrivare a superare le 120 volte. Anche quest'ulti-

mo valore è abbastanza caratteristico dei sistemi carsici della nostra zona ed è analogo a quanto riscontrato da Giorgio Trebbi (1926) nell'adiacente Sistema dell'Acquafredda.

#### Dati di Giorgio Trebbi (1926) sulla risorgente dell'Osteriola

Portata media	0,65 l/s
Salinità	2,415 g/l
Sostanze in sospensione	0,072 g/l
Efflusso annuo	20.500 m <sup>3</sup>
Ablazione annua sost. saline	49,5 t
Ablazione annua sost. sospese	1,48 t
Ablazione totale annua	50,98 t
Volume asportato	22 m <sup>3</sup>

#### Una particolarità della Grotta Calindri: i megacrystalli a "specchio d'asino" e il loro significato speleogenetico

Un fenomeno particolare che, per quanto si è potuto finora osservare nelle grotte del Bolognese, si rinviene quasi esclusivamente all'interno della Grotta Calindri, è la presenza di megacrystalli di

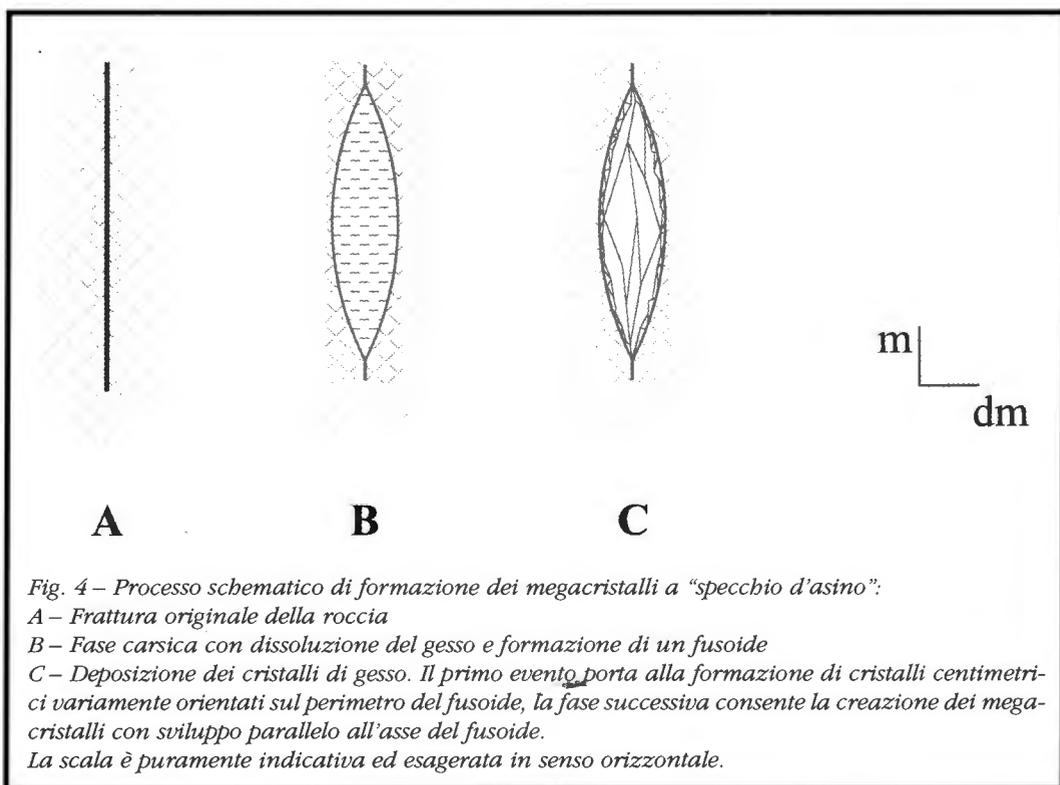


Fig. 4 - Processo schematico di formazione dei megacrystalli a "specchio d'asino":

A - Frattura originale della roccia

B - Fase carsica con dissoluzione del gesso e formazione di un fusoido

C - Deposizione dei cristalli di gesso. Il primo evento porta alla formazione di cristalli centimetrici variamente orientati sul perimetro del fusoido, la fase successiva consente la creazione dei megacrystalli con sviluppo parallelo all'asse del fusoido.

La scala è puramente indicativa ed esagerata in senso orizzontale.



***Il ramo attivo della grotta, poco dopo l'ingresso.***

selenite secondaria.

In diversi punti della cavità, concentrati principalmente nella zona centrale e terminale, è agevole osservare la presenza di diaclasi riempite appunto da tali formazioni mineralogiche. Le diaclasi hanno per lo più lunghezza plurimetrica e dimensioni

trasversali di alcuni decimetri. Si presentano completamente riempite da gesso secondario, trasparente e di colore debolmente giallo, formante appunto dei megacristalli. Gli individui cristallini non presentano quasi mai geminazioni, ma assumono uno sviluppo planare, evidenziando i soli





*Parte terminale di un cristallo a "specchio d'asino" lungo il ramo attivo della grotta.*

piani di sfaldamento. In molti casi si sono accresciuti parallelamente al piano della diaclasi e in tale occasione possono appunto assumere

dimensioni plurimetriche. In altre situazioni la crescita è avvenuta secondo direzioni casuali o quasi normali rispetto allo stesso piano. In tal caso i cristalli, crescendo, si sono disturbati a vicenda e le dimensioni ne risultano ridotte, ma comunque spesso superiori al decimetro. In altri casi ancora si possono osservare due generazioni di cristalli, la prima costituita da individui sostanzialmente normali alle pareti della diaclasi e di dimensioni minori, la seconda con sviluppo assiale, che dà luogo ai cristalli maggiori. La pasta cristallina è in ogni caso priva di inclusioni visibili e i cristalli sono impiantati direttamente sul gesso selenitico.

Di queste diaclasi, ove possibile, è stata misurata la giacitura. È risultato evidente che le direzioni di sviluppo delle fratture corrispondono ad un ben preciso sistema e devono quindi essere messe in relazione con un evento tettonico di sollevamento della catena appenninica.

L'altra osservazione immediata che si può compiere è quella per cui la formazione dei cristalli e il riempimento delle fratture è antecedente alla creazione della grotta. Infatti il torrente sotterraneo, scavando la cavità, ha sezionato questi riempimenti chimici e solo in alcuni punti la carsificazione è avvenuta sfruttando le medesime lineeazioni tettoniche, ma si tratta di situazioni di esclusivo valore locale. Tutto ciò rende problematico ricostruire lo sviluppo reale delle diaclasi, ma nei



*Grande cristallo a "specchio d'asino" lungo il meandro.*

pochi casi in cui è possibile seguirle lungo tutta la sezione del meandro, si può dedurre che, almeno per quelle maggiori, tale sviluppo sia quanto meno decametrico.

Si può quindi tentare un inquadramento genetico di queste formazioni (fig. 4).

Inizialmente all'interno delle fratture deve essere circolata acqua che ha prodotto un effetto carsificante, in quanto le diaclasi presentano spesso la forma di fusoidi, allungati lungo il piano stesso di frattura. Successivamente l'acqua deve essere circolata con un diverso chimismo.

La deposizione dei cristalli avviene infatti a partire da acque sovrassature in solfato di calcio, che evidentemente dovevano riempire le fratture, mentre il processo deve essere stato abbastanza lungo e avvenuto in condizioni idrodinamiche particolari, che vedevano un moto lento dell'acqua, tale da garantire continuamente il ricambio e la presenza della soluzione soprassatura, senza disturbare al contempo la crescita dei cristalli, che hanno quindi potuto svilupparsi raggiungendo le notevoli dimensioni che oggi osserviamo.

Durante questo processo di deposizione si possono distinguere, come detto, due fasi differenti, la prima delle quali ha dato luogo a cristalli decimetrici orientati normalmente alle pareti. In alcuni casi, per le diaclasi minori, già questa prima fase ha comportato l'occlusione del condotto. Le diaclasi maggiori hanno invece visto lo sviluppo anche della seconda fase, con la creazione degli individui megacristallini, fino a giungere, anche in tale situazione, al completo riempimento dei vuoti.

Come si è visto, all'inizio del fenomeno si è avuta una prima fase carsificante delle diaclasi e tutto il processo è antecedente alla formazione della grotta. Siamo quindi di fronte ad un vero e proprio ciclo carsico che è più vecchio di tutto ciò che ci era finora noto e che si è sviluppato con modalità completamente differenti, sia per quanto riguarda le direzioni lungo cui ha agito la carsificazione sia per le morfologie originarie.

Crediamo pertanto che il meccanismo formativo ipotizzato si possa concepire come un ciclo carsico avvenuto esclusivamente all'interno della primigenia rete di fratture e da essa strettamente controllato, con un ampliamento limitato dei meati, arrestatosi sostanzialmente ad uno stadio di proto-grotta.

Quanto all'età da attribuirvi si possono fare alcune considerazioni. Da diversi dati di carattere geologico si può stimare per il carsismo locale e nelle

forme in cui lo conosciamo, un'età di circa 120-130.000 anni. Il ciclo carsico evidenziato dai megacristalli della Calindri è quindi antecedente a tale data, ma per essersi sviluppato occorre che i gessi fossero già in condizione di esposizione. Tutti i terreni che ricoprivano le evaporiti dovevano essere già stati in buona parte asportati, in modo da consentire la circolazione sotterranea delle acque provenienti dalla superficie esterna. Per la situazione geologica locale non è infatti possibile pensare ad un'alimentazione per afflusso dal basso.

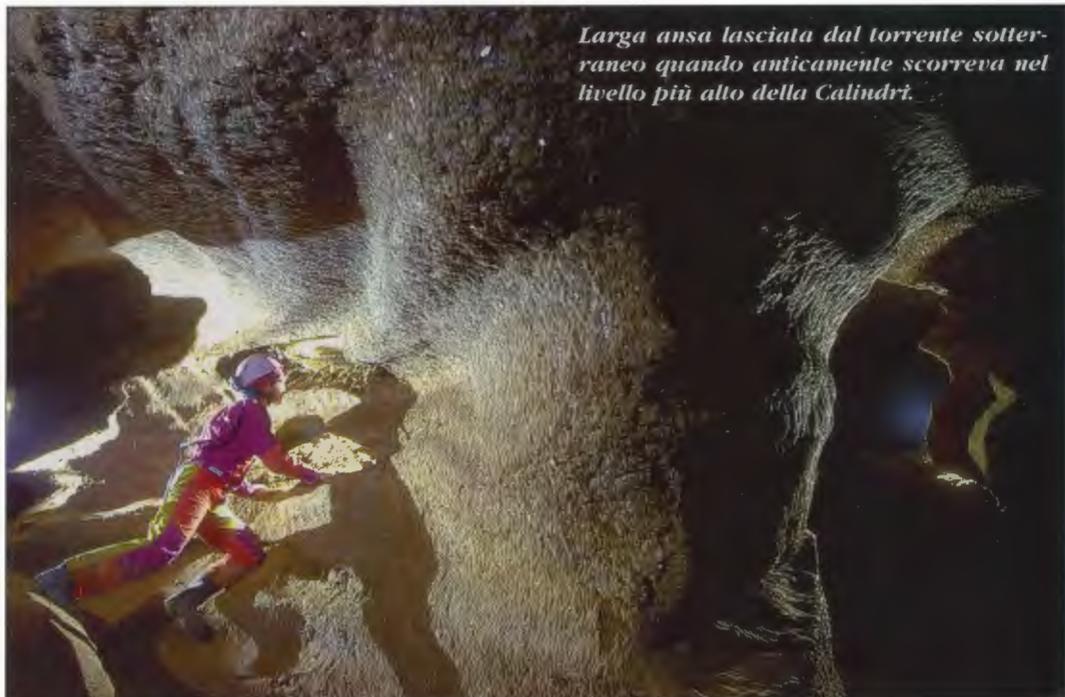
Allo stesso modo il sistema di fratture è indubbiamente legato ad un evento tettonico, per cui si può tentativamente collegarne l'origine ad una delle fasi di sollevamento della catena, probabilmente nel Pleistocene medio.

Un altro aspetto ancora da chiarire è quello della presenza o meno di questo ciclo anche all'interno delle altre grotte. Alcune cristallizzazioni analoghe a quelle della Calindri si rinvengono ad esempio anche nelle gallerie della ex cava Ghelli, al Prete Santo, ma in quel caso i lavori di cava hanno in buona parte asportato il materiale, per cui la lettura di questo fenomeno ne risulta compromessa. Un'eventuale assenza potrebbe avere una doppia spiegazione. Trattandosi di un ciclo carsico alquanto particolare e temporalmente precoce, è possibile che solo alcune porzioni limitate dei gessi ne siano state coinvolte. Inoltre, il fatto che le direzioni lungo cui si è sviluppato siano diverse da quelle seguite nei cicli di carsificazione successivi e siano state solo in alcuni casi riattivate potrebbe averne impedito l'esposizione.

### **Descrizione ed evoluzione delle cavità.**

A prescindere dal ciclo carsico più antico, di cui si è detto sopra, la Calindri ha visto la presenza di diversi cicli di carsificazione. Possiamo senz'altro dire che esistono cinque distinti livelli sovrapposti (in analogia con quanto si osserva anche nella Grotta della Spipola), anche se la particolare morfologia a meandro della Calindri crea talvolta qualche problema in merito ad un loro esatto riconoscimento. Tali livelli sono infatti sostanzialmente sovrapposti e il dislivello totale tra quello più alto (e più antico) e quello più basso (attualmente attivo e percorso dal torrente) è di soli 25 metri. In ciascun livello sono poi presenti depositi sedimentari, che marciano veri e propri momenti di riempimento della cavità e che sono strettamente connessi all'evoluzione della stessa.





*Larga ansa lasciata dal torrente sotterraneo quando anticamente scorreva nel livello più alto della Calindri.*

Il passaggio da un determinato livello a quello immediatamente inferiore è chiaramente il risultato di un processo erosivo instauratosi in un certo momento della storia della grotta. Il ripetersi ciclico di tale evento ha quindi consentito la formazione dei distinti livelli che possiamo osservare.

Su questo meccanismo speleogenetico di base interviene però un ulteriore fattore evolutivo, legato proprio alla formazione di consistenti depositi fisici, anch'essi chiaramente strutturati secondo veri e propri cicli sedimentari, come evidenziato dallo studio condotto da Rossi e MAZZARELLA riportato più avanti e dalle numerose osservazioni compiute in grotta. La deposizione di sedimenti da parte del torrente che percorre la grotta innescava infatti il ben noto processo di evoluzione anti-gravitativa. La costante deposizione sedimentaria nell'alveo torrentizio costringe infatti l'acqua a scorrere a contatto con la volta del condotto, inducendo una consistente azione carsica, grazie alla notevole solubilità del gesso. Per il fatto di svilupparsi dal basso verso l'alto, tale azione è detta appunto anti-gravitativa e produce morfologie carsiche ben caratteristiche: canali di volta ad andamento variamente sinuoso e talvolta anastomizzati, nonché pendenti di gesso delle più disparate classi dimensionali.

Abbiamo detto che la cavità si è evoluta all'inter-

no di un dislivello complessivo di 25 m, con cinque differenti livelli. Dal punto di vista altimetrico i vari livelli differiscono quindi in media di 5 m l'uno rispetto all'altro. Dove i riempimenti sedimentari si presentano maggiormente intatti (ad esempio nella Condotta) abbiamo potuto constatare come il loro spessore raggiunga facilmente anch'esso i 5 m. Quindi la risalita del livello del torrente per l'azione anti-gravitativa è talvolta dello stesso ordine di grandezza dell'abbassamento che si era verificato in precedenza come effetto dell'erosione gravitativa. Ne consegue perciò un intreccio, spesso clamorosamente complesso, tra fasi evolutive a vergenza opposta (gravitative e anti-gravitative), con il sovrapporsi delle relative forme carsiche.

Quello che viene quindi chiamato per comodità *meandro* o *canyon* si mostra, in realtà, come un'entità assai più composita. Possiamo infatti trovare i tipici caratteri meandrici, con mensole di gesso lavorate a sporgenze e rientranze associati a canali di volta della più ampia gamma dimensionale, tranquillamente divergenti e talvolta riempiti completamente di sedimenti.

Un'altra struttura assai particolare che è possibile osservare in diversi punti della grotta è quella a "sifone", anch'essa presente a varia scala, da pochi decimetri alla decina di metri di lunghezza. In questi casi la volta del condotto, sempre estrema-

mente levigata, si abbassa fino a toccare un punto di flesso, per poi risalire e riportarsi alla stessa quota iniziale, senza che ci siano variazioni nelle dimensioni trasversali del condotto ma solo, per l'appunto, una forte riduzione della sezione utile al passaggio dell'acqua. Nonostante le ripetute osservazioni compiute, l'origine di questa particolare forma resta, allo stato attuale delle nostre conoscenze, sostanzialmente enigmatica, non essendo legata ad alcuna evidente variazione dei caratteri litologici o strutturali della roccia e non trovando nemmeno un riscontro in un'eventuale variazione nei caratteri dei sedimenti presenti prima e dopo la strozzatura. Possiamo solo dire che tutto il flusso dell'acqua era concentrato all'interno di un unico condotto, ma restano sconosciuti sia l'entità delle portate, sia il regime idraulico, ovvero l'energia posseduta dall'acqua in tali situazioni locali.

Come si è accennato, l'interpretazione genetica di dettaglio di tutte le varie strutture si presenta quindi estremamente complessa, dato l'elevato livello di interferenza fra i vari fattori speleogenetici, tanto da lasciare spesso interdetto e privo di risposte esaustive chi si accinga a svolgere tale compito. Possiamo sicuramente affermare che la Grotta Calindri rappresenta un ottimo compendio delle morfologie carsiche nei gessi e proprio queste

caratteristiche ne costituiscono uno degli aspetti più intriganti e, allo stesso tempo, affascinanti. Occorre quindi non farsi coinvolgere eccessivamente dai particolari e procedere in maniera sostanzialmente sintetica per delineare l'evoluzione della grotta.

Classicamente, e per comodità, sono stati individuati tre principali livelli: quello superiore, il medio e l'inferiore, che risultano perciò essere rispettivamente il primo, il terzo e il quinto. A questa suddivisione continuiamo quindi a fare riferimento anche se, come già detto, fra il livello superiore e quello medio se ne colloca un altro (il secondo) e lo stesso dicasi per il quarto, posto fra il medio e l'inferiore.

L'elemento centrale della cavità è la Sala: ad essa convergono e da essa partono i principali rami della zona fossile. La parte più alta della grotta è quella che presenta, al tempo stesso, la maggiore complessità, proprio per l'intrecciarsi di più diramazioni.

A monte della Sala troviamo due diverse unità: la Condotta e la zona dei paleoingressi.

La Condotta è costituita da un'ampia galleria ad andamento orizzontale, proveniente appunto dalle zone a monte del Sistema, ed ha caratteri morfologici tali da differenziarla nettamente rispetto alle altre zone della grotta. Ne costituisce



*La Condotta è un ampio paleocorso corrispondente ad un particolare momento evolutivo della grotta. A destra è visibile il passaggio sul diedro di roccia, utilizzato per raggiungere la Sala Archeologica, su cui erano ben evidenti i segni delle torce.*





*Una veduta generale della Sala con le stalattiti gessose inclinate.*

inoltre la porzione altimetricamente più elevata. Alla diversità morfologica si associa anche quella dei sedimenti che vi sono contenuti (Rossi & MAZZARELLA, *ivi*). Le recenti ricerche condotte in quest'area hanno evidenziato, anche per questa unità morfologica, una complessità superiore a quella riscontrabile a prima vista. Discendendo infatti un piccolo salto, posto all'incirca a metà della Condotta, si perviene ad un breve ramo della lunghezza di 5 m, scavato completamente all'interno di ghiaie. Questo ci permette di intuire che, alla base, la Condotta doveva essere in origine costituita da una galleria ampia almeno una decina di metri, che è stata appunto completamente riempita da ghiaie di deposizione torrentizia. La zona della Condotta nella quale noi oggi transitiamo rappresenta solamente la parte più alta della struttura originaria, come illustrato nella fig. 5.

Nel tratto verso monte la Condotta "termina" per l'ostruzione dei sedimenti, mentre nella parte mediana si riscontra la presenza, in destra, di un paleoingresso, utilizzato anche in epoca protostorica per accedere alla grotta. Al di sopra della Sala si rinvengono inoltre due spezzoni che sono ricollegabili, tanto altimetricamente quanto morfologicamente alla Condotta, isolati da riempimenti sedimentari e caratterizzati da un ricco concrezionamento, prevalentemente di natura gessosa.

La zona dei paleoingressi è posta lateralmente alla

destra della Condotta e in corrispondenza di tali arrivi la cavità si allarga e assume una maggiore articolazione. Questi paleoingressi, in numero di due o tre, rappresentano antichi punti di inghiottimento delle acque, quando il fondo della Buca di Budriolo doveva trovarsi appunto ad una quota superiore a quella attuale. Attraverso i paleoinghiottitoi venivano quindi veicolate all'interno della Calindri le acque della valle cieca, che confluivano assieme a quelle circolanti nella Condotta. Proprio per questo motivo assistiamo, in zona, ad un notevole allargamento della grotta. L'ampliamento delle sezioni e l'asportazione parziale dei sedimenti ha quindi contribuito a innescare fenomeni di crollo, qui particolarmente diffusi, che si manifestano principalmente sotto forma di distacchi di porzioni di roccia dalla volta e, in minor misura, dalle pareti. Tutta l'area dei paleoingressi è interessata da un abbondante concrezionamento, favorito dalla vicinanza alla superficie esterna e dalla rete di fratture e microfrazture, attraverso cui l'acqua, sotto forma di veli o di stillicidio, penetra all'interno della grotta.

Questi antichi ingressi, sicuramente abbastanza ampi, dovettero rimanere a lungo aperti e furono anch'essi utilizzati dai nostri antenati per accedere alla grotta. La loro occlusione è avvenuta in tempi successivi a causa di colate di argilla, distaccatesi dai versanti del Budriolo. Questo ha



*Concrezionamento carbonatico nella zona dei paleoingressi.*

comportato un'autentica "sigillatura" della zona fossile della grotta, con la possibilità di preservare sostanzialmente intatte tutte le tracce di frequentazione umana ed inducendo, al tempo stesso, un probabile cambiamento delle condizioni microclimatiche locali della grotta (FORN P., *ivi*).

La Sala è il maggiore ambiente della Calindri, lungo una quarantina di metri e largo in media una decina. Ad essa si accede provenendo dalla Condotta o dai rami inferiori, attraverso la Sala archeologica, oppure dalla zona dei paleoingressi tramite un ramo costituente un paleocorso (il secondo livello), posto ad una quota leggermente inferiore. La volta, quasi totalmente piatta, è interessata localmente da fratture orientate secondo la direzione SW-NE, su cui si è impostata un'azione carsica minore, ed è diffusamente interessata da cristallizzazioni di gesso secondario, fra cui sono da ricordare le stalattiti gessose curve. Sul pavimento si trovano numerosi massi, dovuti a fenomeni di distacco del tutto analoghi a quelli già evidenziati nella zona dei paleoingressi alla confluenza della Condotta. Diversi sono anche i punti attraverso i quali si può accedere ai rami sottostanti (il ramo medio), lungo sprofondamenti legati al processo di ringiovanimento carsico.

Dalla Sala, risalendo, si può accedere ad alcuni rami laterali e parzialmente sovrapposti alla stessa che, come già si diceva, sono da ricollegare al livello della Condotta. Qui, grazie a successivi fenomeni erosivi, fanno bella mostra alcune sezioni che ci illustrano in spaccato l'entità dei sedimenti che hanno riempito la Condotta, mentre il concrezionamento è esaltato dalle più belle concrezioni in gesso del Bolognese, alcune delle quali raggiungono quasi un metro di lunghezza.

Giunti al termine della Sala si può risalire verso l'alto per raggiungere il meandro (denominato anche Canyon), che può essere percorso brevemente verso monte, fino all'ennesima occlusione di sedimenti. Verso valle si segue invece l'antico percorso del torrente, che scorre adesso 25 metri più in basso.

Qui ha inizio quello che è il tratto speleologicamente più bello della grotta. Non è azzardato sostenere che lungo questo tracciato l'acqua abbia lasciato di sé un'espressione quasi artistica, nel costante lavoro di modellamento della roccia, nel creare quella lunga serie di sporgenze e rientranze che costringono lo speleologo ad una continua progressione in opposizione, nel passare da un'ansa alla successiva, il tutto spesso esaltato dai particolari giochi di luci ed ombre creati dall'ac-

tilene. Basta fermarsi un attimo, in un punto qualsiasi, per scorgervi un particolare curioso, talvolta bizzarro o incomprensibile, per notare le evoluzioni dei canali di volta o la dissoluzione differenziata, che ha messo in risalto le diverse generazioni dei cristalli selenitici della roccia.

Lungo il corso del Canyon sono presenti diversi arrivi, provenienti sia da destra che da sinistra. Il più importante è sicuramente quello che vi confluisce da sinistra, nel punto denominato *Secondo Trivio*. Può essere risalito per una ventina di metri, prima di essere fermati dall'ennesimo riempimento di sedimenti e dalle sue dimensioni si configura come un affluente dalla portata consistente. Dallo stesso punto possiamo accedere ad alcuni rami più bassi. Il primo, posto a destra, consente di percorrere a ritroso un largo paleocorso, corrispondente al 2° livello, fino a sbucare nella Sala. Viceversa si può scendere fino al ramo intermedio, seguibile sia verso valle che a monte. In quest'ultima ipotesi il ramo si apre con quella che è la maggiore struttura a "sifone" della grotta (foto pag. 29) e riporta anch'esso a sbucare nella Sala.

Procedendo oltre il Secondo Trivio si incontrano dapprima diversi arrivi laterali, da entrambe le direzioni, legati probabilmente ad un drenaggio verticale del massiccio gessoso soprastante. Poco dopo ci si trova di fronte ad una biforcazione. In alto a destra si può proseguire lungo il livello più alto della grotta, mentre in basso a sinistra ci si può inoltrare nel secondo livello. Dopo una trentina di metri le due diramazioni tornano a congiungersi in una zona di allargamento della grotta, per poi dividersi nuovamente.

Ci troviamo ormai nella parte terminale della zona fossile, che si presenta con una certa complessità topografica, dovuta al particolare stato di fratturazione della roccia. Qui passa infatti una delle faglie maggiori, quella che separa i blocchi della Calindri e dell'Acaciaia. La rete di fratture e faglie minori ad essa associate determina appunto il particolare sviluppo locale del carsismo. Il Canyon si chiude con un cunicolo terminale interessato da consistenti depositi concrezionari (carbonatici e gessosi). L'origine di tali speleotemi è dovuta appunto al rapido veicolamento dell'acqua in profondità lungo le discontinuità tettoniche.

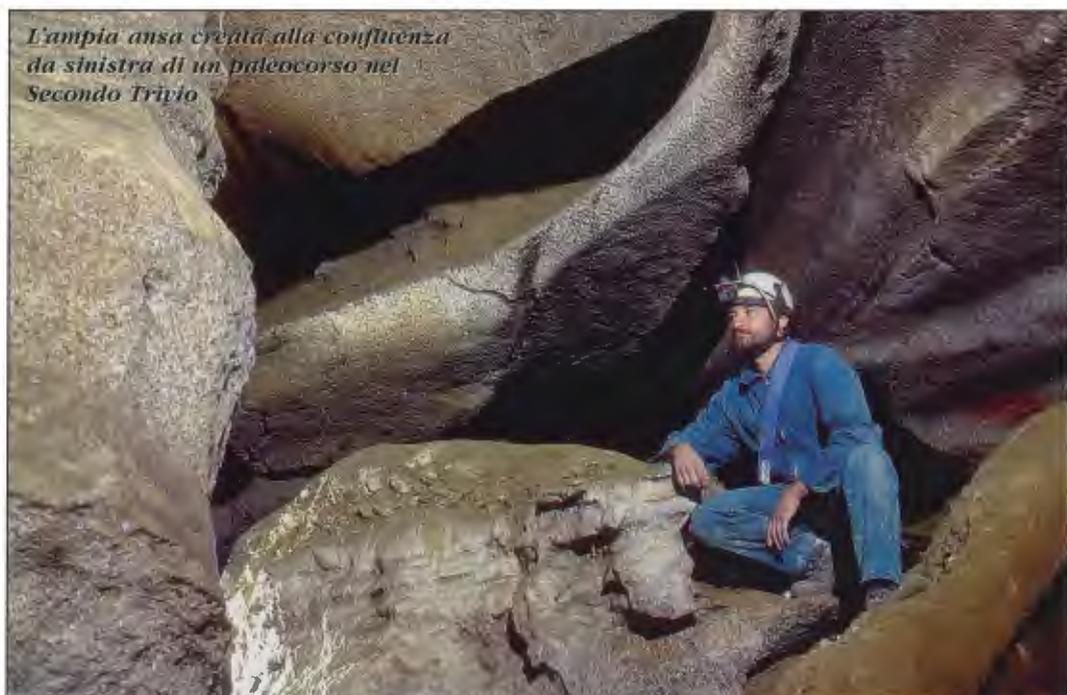
Il ramo attivo interessa invece tutta la porzione inferiore della grotta. L'ingresso attuale della Calindri è costituito da un'ampia spaccatura posta al fondo della Buca di Budriolo, scesa la quale si giunge direttamente sul corso del torrente. Le acque vengono in realtà drenate da più punti



*La Sala, con il suo caratteristico soffitto piatto, rappresenta il maggiore ambiente della Grotta Calindri.*

prossimi all'ingresso (gli inghiottitoi minori) e si rinnovano nella prima parte solo in periodo invernale o durante eventi piovosi abbastanza intensi e prolungati. Risaliti brevemente si percorre il tratto

di grotta disostruito durante le prime esplorazioni della cavità, per poi tornare a scendere di nuovo sul torrente. Da qui in avanti si segue sempre il corso d'acqua e la grotta assume quell'andamen-



*L'ampia ansa creata alla confluenza da sinistra di un paleocorso nel Secondo Trivio*

to spiccatamente meandreggiante che la caratterizza per quasi tutto il percorso.

Dopo essere avanzati per una cinquantina di m si giunge al primo punto notevole: il Trivio.

Da qui è infatti possibile risalire ai rami fossili o continuare lungo l'attivo. Il Trivio possiede anche altre particolarità. Morfologicamente ci si presenta ancora una volta una struttura a "sifone", abbastanza grande, ed è inoltre in contatto con la Condotta, posta più in alto di 13 m. Qui confluiscono infatti le acque provenienti dal Buco del Tacchino, prima che la dolina in cui si apriva quest'ultima cavità venisse occlusa dai detriti scaricati dalla cava IECME. Questo affluente percorreva infatti per un certo tratto la porzione più a monte della Condotta, per poi compiere due salti verticali. Il primo, di 6 m, avveniva a contatto con la roccia e ha generato un piccolo ramo, raggiungibile dalla Condotta e caratterizzato appunto da belle erosioni verticali e concrezioni. Il secondo, ancora di 6 m, era parzialmente nel vuoto e dava quindi luogo ad una piccola cascata, il cui regime variava fortemente con la stagionalità delle piogge.

Proseguendo lungo il ramo inferiore si continua appunto a percorrere il meandro, che a più riprese si allarga e si restringe, mentre sul fondo, oltre ai sedimenti trasportati dalle acque, si notano le prime concrezioni pavimentali, costituite da cola-

te e piccole vaschette. Nella stagione più secca, quando la portata del corso sotterraneo è fortemente ridotta, l'acqua si attarda nelle varie vasche, che danno rifugio ad una consistente popolazione di *Niphargus*, i piccoli crostacei millimetrici e depigmentati che costituiscono un elemento tipico della fauna sotterranea.

Verso il fondo della grotta le morfologie cambiano nettamente. Il meandro lascia il posto ad una sala col soffitto a mammelloni inclinato e il torrente si fa largo fra i grandi blocchi di crollo accumulati sul fondo. In questa zona ci troviamo all'interno di una fascia tettonizzata e qui transita la faglia, già ricordata in precedenza, che separa i blocchi della Calindri e dell'Acaciaia. Fino a questo punto tutta la grotta, con la sua incisione meandreggiante profonda 25 metri, si è sviluppata all'interno di un unico bancone di gesso. Il movimento relativo dei blocchi, con il maggiore basculamento di quello posto a valle, ha avuto come effetto quello di portare verso l'alto il banco gessoso sottostante, e l'acqua ha quindi provveduto a scavare il suo percorso all'interno di quest'ultimo. I crolli, avvenuti in corrispondenza dell'interstrato marnoso che separa i due banchi e che costituisce quindi di per sé una superficie di debolezza strutturale, hanno messo allo scoperto il letto del banco superiore, caratterizzato appunto da una superficie a mammelloni. Nella stessa sala, dal fondo di

Al Trivio si notano tracce di precedenti visite all'interno della grotta. Vi compaiono graffite infatti alcune scritte, riportate qui sotto:

**ALPE**  
**23-6**  
**XIII**  
**M.A. P.W.**

Le ricerche svolte in un primo tempo, anche con l'aiuto di Fantini, accertano che un possibile riferimento potrebbe essere con la rivista forestale "L'Alpe", edita a Bologna dal 1905, dove però non compaiono notizie speleologiche.

Recentemente, nel corso dei rilievi svolti all'interno del Buco del Prete Santo (il tratto terminale del Sistema carsico dell'Acquafredda) è stata rinvenuta una scritta in minio, ancora nitida, in cui compare il nome di un certo Cap. Alpe Ferrari. Nella sua *Relazione della spedizione del 15 Giugno 1933*, sempre relativa al Prete Santo, il nostro Socio Raffaele Suzzi menziona un tale ing. Carlo Alberto Ferrari che "come era già a conoscenza, ha effettuato qualche escursione nelle grotte del tratto fra la Croara e S. Ruffillo alcuni anni or sono".

Se così dovesse essere potrebbe trattarsi dello stesso personaggio di cui compare la scritta presso il Trivio della Grotta Calindri. Di lui, come degli altri che evidentemente lo accompagnavano, non è possibile, allo stato attuale delle nostre conoscenze, dire nulla di più. Dovette trattarsi comunque di un'attività estemporanea, di cui non è rimasto alcun risultato consistente. Anche per la Calindri resta l'impressione che chiunque vi sia penetrato nei primi anni del '900 deve essersi avventurato ben poco oltre quella scritta.



un cunicolo laterale, affluiscono le acque del Buco dell'Acaciaia. Lungo il corso del torrente una stretta spaccatura verticale modellata dall'acqua conduce ad un altro ramo della grotta, impostatosi anch'esso in corrispondenza dell'interstrato marnoso e caratterizzato dallo stesso soffitto a mammelloni. In questa zona si è verificata l'intercettazione della grotta da parte delle gallerie inferiori della cava Fiorini. Ancora pochi metri e la volta si abbassa per dare origine ad uno stretto laminaio, che costituisce l'attuale limite esplorativo della Grotta Calindri.

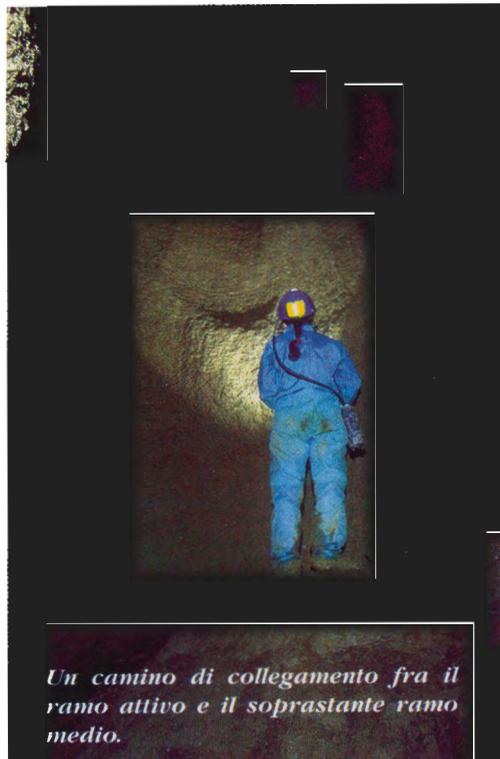
Nell'ultima porzione della grotta si assiste ad un'altra particolarità, cioè al cambiamento delle direzioni lungo cui si è sviluppata la carsificazione, fenomeno legato ancora una volta alla particolare situazione tettonica e strutturale locale. Mentre tutto il resto della cavità presenta infatti una direzione a grandi linee omogenea, con sviluppo da NW a SE, nella parte terminale prevalgono direzioni orientate verso N e NE.

I livelli intermedi fra quelli superiori e l'attivo si sviluppano anch'essi con caratteristiche analoghe e sono sostanzialmente sovrapposti gli uni agli altri, con leggeri sbandamenti, dovuti all'andamento meandreggiante. Questa situazione crea parecchi punti di contatto fra i diversi livelli e rende quindi possibile spostarsi dall'uno all'altro, grazie anche alla particolare sagomatura a mensole dello stesso meandro. Fanno eccezione i punti in cui l'evoluzione del meandro ha dato luogo a tratti a conformazione spiccatamente verticale.

Altre considerazioni che è utile svolgere riguardano l'evoluzione della cavità nel tempo.

I rami superiori (la Condotta, la Sala e la parte alta del Canyon) sono caratterizzati da sezioni molto ampie che, come abbiamo visto, superano la decina di metri come dimensione trasversale. Il ramo intermedio e l'attivo mostrano invece sezioni più ridotte, spesso inferiori al metro. Un'altra differenza che emerge è relativa all'andamento e alle caratteristiche del meandro. Nei rami superiori si presenta con curve molto ampie e con anse di dimensione anche decametrica, mentre i rami inferiori presentano una morfologia meandriforme, che potremmo definire più esasperata, con anse e curve molto più ravvicinate e con frequenti cambi di direzione.

Un altro dato molto importante ci viene dall'entità dei depositi sedimentari. Nei rami alti tali depositi sono davvero ingenti, sia come spessore (almeno 5 m nella Condotta) sia come quantità complessiva del materiale trasportato nella cavità, qua-



*Un camino di collegamento fra il ramo attivo e il soprastante ramo medio.*

lora si consideri che le sezioni trasversali sono molto sviluppate. Nei rami inferiori, pur riscontrando delle potenze che si aggirano ancora sui 5 m, siamo in presenza di sezioni decisamente più ristrette e di conseguenza abbiamo volumi complessivi di sedimenti proporzionalmente ridotti.

Un ulteriore elemento che occorre valutare e che emerge in maniera evidente dall'analisi topografica della cavità è lo spostamento degli inghiottitoi da est verso ovest, con una distanza di 40-50 m fra i paleoinghiottitoi (più alti di quota) e quelli attualmente attivi. Questo potrebbe essere legato ad una attivazione, o meglio riattivazione, di faglie e fratture in seguito ad uno o più eventi tettonici, che si sono susseguiti durante le varie fasi di vita della grotta e che hanno finito per caratterizzare l'evoluzione più recente.

È infatti altrettanto evidente che in antico il paleo-corso principale era quello proveniente dalla Condotta, mentre le acque in ingresso dalla zona dei paleoinghiottitoi costituivano un arrivo certamente importante, ma subordinato. Inoltre, la Condotta è un ramo della Calindri che punta verso direzioni abbastanza interne della dorsale gessosa e si distacca nettamente rispetto al corso d'acqua attualmente attivo.



Uno schema estremamente utile per visualizzare la complessità dei fenomeni che si sono succeduti nella Grotta Calindri (e come in essa, anche nelle altre grotte dell'area) può essere ricavato dalla sezione trasversale della cavità rilevata fra il caposaldo 68 della Condotta e il Trivio (fig. 5). In questa zona, oltre ad avere un punto di contatto fra le parti fossili più alte della grotta e il corso d'acqua attualmente attivo, abbiamo la possibilità di confrontare le diverse morfologie e i differenti caratteri dei riempimenti che hanno interessato la Calindri.

Nella parte superiore la Condotta può essere suddivisa in due unità che hanno caratteristiche parzialmente diverse. La fase 1 vede la formazione e il riempimento di un'ampia galleria di almeno dieci metri di larghezza e cinque di altezza con prevalenti ghiaie di deposizione torrentizia. In questo caso è difficile capire se il riempimento sia successivo alla formazione della galleria (e occorrerebbe quindi valutarne quale sia lo sfasamento temporale) oppure penecontemporaneo alla stessa. Possiamo quindi supporre un periodo di stazionamento del livello del torrente, affiancato da un'eventuale azione antigraavitativa. Nella fase 2 si ha una modificazione e riduzione delle dimensioni trasversali della Condotta associata ad un cambiamento consistente nella sedimentazione, intesa sia come variazione granulometrica che come litologia. Si passa infatti da materiali grossolani di provenienza esterna a sedimenti più fini derivanti principalmente dallo smantellamento di concrezioni interne al sistema carsico (ROSSI & MAZZARELLA, *ivi*). Anche in questa fase dobbiamo supporre un

livello sostanzialmente stazionario con un eventuale processo antigraavitativo.

Successivamente è intervenuto un primo episodio di erosione gravitativa dovuto all'abbassarsi del livello di base. Ciò ha comportato l'erosione ed asportazione dei sedimenti precedentemente accumulati e lo svuotamento parziale della Condotta. Questo processo non è stato però a senso unico. Infatti nel ramo laterale alla Condotta dove sono presenti le incisioni fanno la loro comparsa anche dei canali di volta, che indicano un primo arresto dell'attività erosiva a favore di una ripresa della deposizione con sviluppo di morfologie antigraavitative caratterizzate da un riempimento argilloso, un materiale quindi completamente diverso da quello riscontrato in precedenza nella Condotta. Queste forme antigraavitative sono state a loro volta successivamente isolate da una ulteriore ripresa dell'attività erosiva. L'abbassamento totale è stato pari a circa 6 m, dopodiché troviamo, nella parte alta del sottostante meandro, i resti di un paleocorso relativamente ampio (oltre 2 m di larghezza) a cui si deve far corrispondere un periodo di stazionamento del torrente. In corrispondenza di questo paleocorso si riscontrano nuovi canali di volta, quindi è lecito supporre che anche in questa fase si sia sviluppato un processo di sedimentazione a cui è correlata una parziale evoluzione antigraavitativa. Infine l'ultima fase di ringiovanimento ha prodotto un'incisione profonda 4 m caratterizzata da sezioni abbastanza ristrette fino all'attuale livello di scorrimento del torrente. Come si vede da questo esempio ancora una volta possiamo riscontrare la

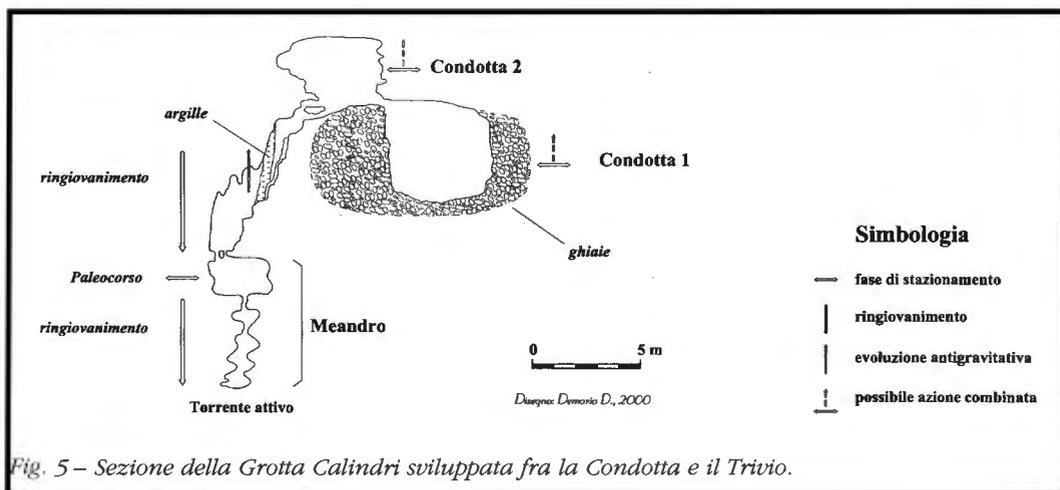


Fig. 5 – Sezione della Grotta Calindri sviluppata fra la Condotta e il Trivio.



complessità evolutiva delle nostre grotte, dove si sommano facilmente più eventi differenziati nel tempo e nelle modalità d'azione, che portano allo sviluppo di forme spesso fortemente compenstrate perché sviluppate in stretti intervalli di spazio. La ricostruzione evolutiva delle cavità necessita quindi di un'attenta analisi delle morfologie e dei dati speleometrici perché ogni segno lasciato sulla roccia può effettivamente raccontarci un pezzo della loro storia.

Tutti questi elementi, considerati globalmente, ci portano a ritenere che nella fase più antica all'interno della Calindri fosse presente un torrente con una portata decisamente superiore rispetto a quella odierna, responsabile perciò della creazione delle grandi sezioni che osserviamo, delle morfologie a grandi anse e degli altrettanto notevoli depositi sedimentari, prevalentemente ghiaiosi. In una fase successiva, che non è possibile attualmente quantificare dal punto di vista temporale, i flussi hanno subito una riduzione davvero consistente, generando quindi sezioni più ristrette e più spiccatamente meandreggianti, riducendo anche la quantità complessiva del materiale trasportato, anche se alcune osservazioni ci indicano che i livelli energetici raggiunti dalle acque in alcune fasi particolari restano comunque elevati.

Si pone quindi un duplice problema, cioè quello di spiegare, da una parte, le notevoli portate e la loro variazione nel tempo e, dall'altra, quello di individuare un'area di origine dei materiali sedimentari che sono poi stati veicolati all'interno della grotta. Una soluzione possibile è quella di ipotizzare che il bacino imbrifero che costituisce la valle cieca della grotta, e che quindi apporta le sue acque all'interno del sistema carsico, fosse in origine molto più esteso di quello odierno.

Un altro elemento di valutazione lo ricaviamo dai resti fossili che si rinvencono all'interno dei depositi, appartenenti tutti ad animali tipici di climi più freddi. La presenza preponderante del bisonte e del megacero ci indica un ambiente aperto, di prateria, con scarsa o limitata presenza di boschi, come confermano anche i diagrammi pollinici dell'inghiottitoio della Cava Filo. Questo implica che, in assenza di una copertura boschiva e in corrispondenza di periodi di maggiore piovosità, si possono innescare più facilmente e più intensamente tutti quei fenomeni di erosione del suolo e degradazione dei versanti che consentirebbero quindi di spiegare l'abbondanza dei depositi fisici in grotta.

La maggiore piovosità che si è avuta nel nostro

Appennino in corrispondenza di momenti climatici particolari del glaciale würmiano è sicuramente un fattore che occorre tenere ben presente, ma non può essere considerato esclusivo perché, date le dimensioni abbastanza contenute della valle cieca nella sua attuale conformazione, risulta assai problematico individuare all'interno di essa l'area da cui provengono le centinaia di migliaia di metri cubi di sedimenti che si rinvencono in grotta.

Ecco allora che la soluzione più corretta, e sulla quale bisognerà lavorare in futuro, è quella di combinare fra loro più fattori (ambientali, climatici, morfologici, paleogeografici) che, in maniera sicuramente complessa, hanno concorso a determinare quelle situazioni e quelle forme del paesaggio che ci sono oggi familiari.

## BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1965 - *La Grotta Serafino Calindri* - Sottoterra, a. III, n° 9, pp. 19-28
- DEMARIA D., 1999 - *Il Buco dell'Acaciaia e il Sistema della Grotta Calindri*. Sottoterra, a. XXXVIII, n° 108, pp. 22-34 + 2 tav. f.t.
- DEMARIA D., GRIMANDI P., 1994 - *La 51 ER/BO: una grotta per due*. Sottoterra, a. XXXIII, n° 98, p. 20.
- DONINI L., 1961 - *Nuove scoperte speleologiche nel Bolognese* - Natura e Montagna, s. 2, a. I, n° 3, pp. 35-38.
- DONINI L., 1965 - *Brevi note sulle grotte dei Gessi Bolognesi* - Natura e Montagna, s. 2, a. V, n° 4, pp. 151-167.
- FANTINI L., 1970 - *Il Buco delle Gomme* - Sottoterra, a. IX, n° 26, pp. 6-9, pp. 6-9.
- GRIMANDI P., 1969 - *Il Buco dell'Acaciaia* - Sottoterra, a. VIII, n° 22, pp. 26-32.
- G.S.E.-C.A.I. MODENA, 1960 - *Le cavità naturali dell'Emilia Romagna. Parte prima: Le grotte del territorio gessoso tra i Torrenti Savena e Zena (Bologna)*. Le Grotte d'Italia, III, 1959-60, pp. 143-169.
- PASINI G., 1967 - *Osservazioni sui canali di volta delle grotte bolognesi*. Le Grotte d'Italia, s. 4, vol. I, pp. 17-57.
- PASINI G., 1967 - *Nota preliminare sul ruolo speleogenetico dell'erosione antigrafitiva*. Le Grotte d'Italia, s. 4, vol. I, pp. 75-88.
- TREBBI G., 1926 - *Fenomeni carsici nei gessi emiliani* - Giornale di Geologia, s. II, vol. I, Bologna, pp. 20-48.

# I depositi chimici presenti nella Grotta Calindri



Paolo Forti <sup>1</sup>

## Introduzione

La Grotta Serafino Calindri fu scoperta ed esplorata solamente nel 1964 (Altara, 1966) e immediatamente chiusa con un portello. Questo ha permesso di preservare al meglio i notevoli speleotemi presenti al suo interno che, a distanza di quasi 40 anni, sono ancora sostanzialmente intatti.

D'altro canto, la presenza di un accesso ristretto ha, se non ostacolato, certo reso meno facile la pianificazione dello studio mineralogico della cavità, anche perché la grotta era sede di importanti depositi archeologici e conseguentemente, per lungo tempo, è stata oggetto esclusivo di ricerche in questo campo (Bardella & Busi 1972, 1978). Pertanto, nonostante fosse ben noto l'interesse sia estetico che scientifico dei depositi chimici secondari esistenti al suo interno, nessuno studio specifico era stato effettuato sino ad oggi.

Le indagini condotte hanno evidenziato come la grotta sia sede tanto di concrezionamenti carbonatici, esteticamente molto validi ma poco estesi, quanto di speleotemi gessosi di grande varietà ed estensione, alcuni dei quali sono assolutamente peculiari e, in parte, di probabile origine antropica. A prescindere dal gesso e dalla calcite, gli unici altri minerali secondari della Grotta Calindri sono risultati essere alcuni piccoli aggregati di pirite sviluppatasi su microfossili presenti all'interno dei sedimenti fisici della grotta.

In questo lavoro, dopo aver descritto morfologicamente e geneticamente i vari depositi osservati, sulla base delle risultanze sperimentali si è cercato di inquadrare cronologicamente e climaticamente l'evoluzione della Grotta Calindri negli ultimi 5.000 anni

<sup>1</sup> GSB-USB e Istituto Italiano di Speleologia,  
Via Zamboni 67, 40127 Bologna, e-mail: forti@geom.in.unibo.it

## Le concrezioni di carbonato di calcio

A differenza di molte altre grotte del Bolognese, le concrezioni di carbonato di calcio non sono gli speleotemi dominanti nella Calindri: esse sono infatti subordinate ai depositi secondari di gesso, che rappresentano la vera peculiarità di questa grotta.

Gli speleotemi carbonatici sono essenzialmente concentrati in poche aree (Fig. 1). Nella porzione centrale della cavità si osservano in generale colate, stalattiti, cannule, vaschette di piccole dimensioni, mentre verso il fondo della grotta sono presenti crostoni sul pavimento lungo il corso del torrente.

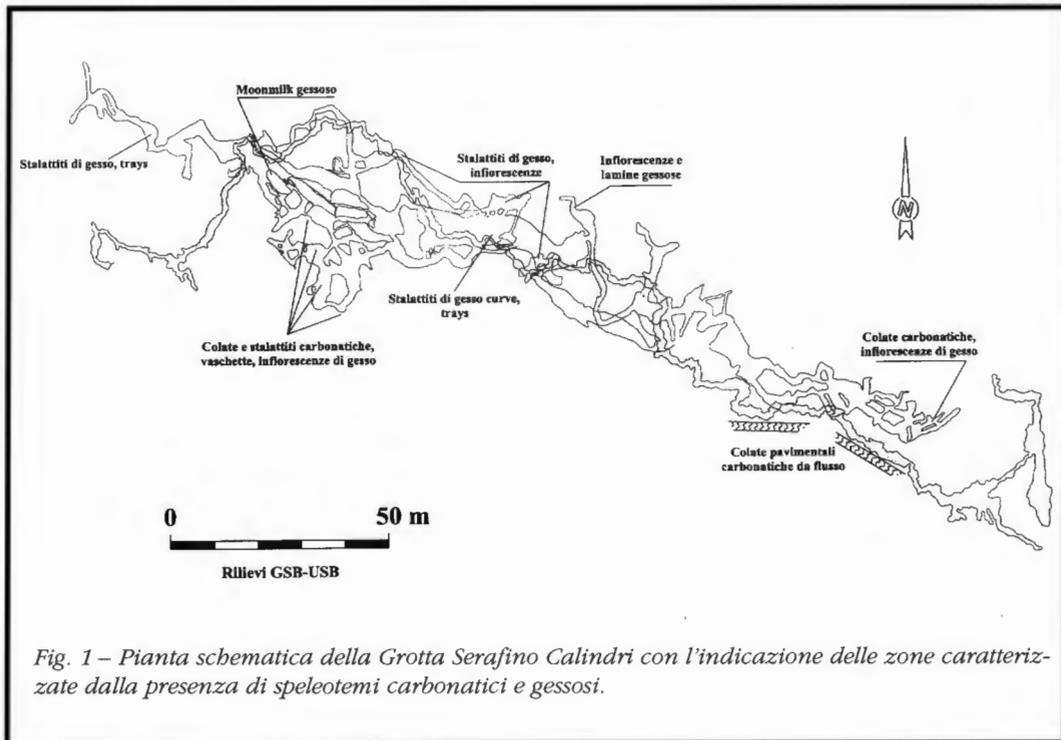
Il colore è essenzialmente rosso-marrone: tale colorazione, come nelle altre grotte dei Gessi Bolognesi, non è causata dalla presenza di agenti cromofori o pigmentanti (Hill & Forti, 1997), ma è essenzialmente dovuta ad acidi umici e fulvici intrappolati all'interno delle lamine di accrescimento: a conferma di questo le concrezioni di calcite della Calindri evidenziano sempre una elevata luminescenza giallastra se eccitate con luce ultravioletta.

In rari casi sono presenti anche concrezionamenti di colore biancastro o avorio pallido, delle stesse

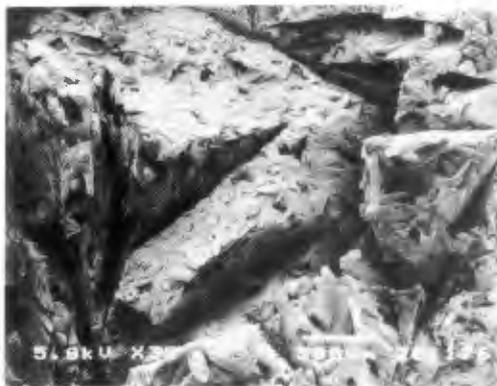
caratteristiche di quelli presenti in altre grotte dei Gessi Bolognesi, per esempio nel sistema carsico Spipola-Acquafredda. Di norma gli speleotemi carbonatici sono attivi, cioè ancora in accrescimento, anche se il progressivo espandersi delle stagioni secche, evidenziatosi in questi ultimi anni, ha fatto sì che per alcuni mesi all'anno le concrezioni carbonatiche siano del tutto asciutte, o al massimo bagnate da acque di condensazione e quindi aggressive: a differenza di altre grotte quali la Novella (Forti & Piancastelli, 1998), comunque, non si dispone di dati sperimentali per affermare se tale cambiamento di clima abbia già portato ad una effettiva regressione di questi speleotemi.

Tutti i depositi carbonatici della Calindri, devono la loro genesi al processo della dissoluzione incongruente della roccia gessosa ad opera delle acque di infiltrazione meteorica, che si sono arricchite di anidride carbonica attraversando il sottile strato di suolo che ricopre i gessi stessi (Cazzoli et al., 1999).

La dimostrazione che tutti i depositi carbonatici della Calindri abbiano effettivamente questa origine è data dal fatto che essi sono sempre sovrapposti a gesso fortemente corrosivo e spesso la struttura dei primi strati del concrezionamento carbonatico mostra laminazioni successive, che hanno



“seguito” il progressivo abbassarsi del substrato gessoso. Tale fenomeno è poi assolutamente evidente se si osserva al microscopio elettronico la struttura cristallina della concrezione di calcite stessa: essa risulta essere compatta e con sviluppo essenzialmente planare (Fig. 2) quando la deposi-



*Fig. 2 - La parte della la concrezione carbonatica un tempo in contatto con la roccia gessosa evidenzia come i cristalli di calcite abbiano seguito nella loro crescita essenzialmente la struttura cristallina del gesso, che andava sciogliendosi per effetto della dissoluzione incongruente (Foto SEM).*



*Fig. 3 - Se la calcite aveva modo di depositarsi in vacui già liberati dal gesso allora la struttura cristallina risulta essere a “covoni” (Foto SEM).*

zione avveniva al contatto diretto con il gesso (essenzialmente, ma non solo, sul piano di sfaldamento principale 110). Nel caso in cui il carbonato di calcio si sia depositato in vacuoli originati dalla contemporanea solubilizzazione del gesso, allora la deposizione è avvenuta con la formazio-

ne di druse di cristalli scalenoedrici disposti a “covoni” (Fig. 3).

Attraverso la dissoluzione incongruente si può spiegare anche perché nella Grotta Calindri le concrezioni di calcite siano piuttosto rare, se confrontate ad altre grotte dell’area: infatti tale processo, per essere attivo, necessita di acqua di infiltrazione “rapida”, dato che la reazione si esplica non appena l’acqua meteorica arriva in contatto appunto con il gesso.

La Calindri è una cavità che è caratterizzata dall’avere al suo interno rare e scarse venute d’acqua direttamente dalla superficie, dato che praticamente tutto l’apporto idrico viene convogliato attraverso il corso d’acqua che si genera al fondo della Buca di Budriolo ed entra in grotta direttamente dall’inghiottitoio.

La scarsità della percolazione è probabilmente dovuta alla particolare situazione strutturale dell’area (Demaria e Grimandi, *ivi*) che rende, in questo settore dei Gessi Bolognesi, meno agevole la circolazione verticale delle acque di precipitazione meteorica.

Oltre che rare, le concrezioni di carbonato di calcio sono in genere poco potenti, cosa che fa supporre una loro relativa maggiore giovinezza rispetto alle omologhe formazioni presenti nelle altre grotte bolognesi. Pur mancando analisi radiometriche che possano confermarlo, si ritiene che esse siano assai più giovani rispetto a quelle del ramo principale della Grotta della Spipola, ove il concrezionamento è iniziato circa 5.000 anni fa. Per una trattazione più dettagliata di questo problema si rimanda al paragrafo relativo al concrezionamento e paleoclimi.

### **Le concrezioni di gesso**

La Grotta Calindri è senza dubbio la cavità dei Gessi Bolognesi con le più grandi e interessanti concrezioni di gesso, che sono presenti in varie parti della grotta e soprattutto nella sua zona centrale (Fig. 1). Oltre alle infiorescenze gessose, che sono comuni anche a molte altre grotte dell’area, nella Calindri possono essere osservate stalattiti, stalagmiti e colonne anche di dimensione metrica. Tra tutti gli speleotemi gessosi le stalattiti curve (Fig. 4) sono le più importanti, sia dal punto di vista estetico sia da quello scientifico.

Si tratta di trays (Calaforra e Forti, 1994), che si sono sviluppate in condizioni di rapida evaporazione localizzata, dovuta alla presenza di forti cor-



*Fig. 5 - Particolare della sommità di una trays di gesso della Calindri: si noti l'allargamento apicale e le stalattiti monocristalline che crescono al di sotto.*

renti d'aria che favoriscono l'evaporazione delle acque di percolazione.

La loro caratteristica è quella di essere inclinate in direzione contraria al flusso d'aria e di presentare un ampio allargamento a "piede d'elefante" all'estremità inferiore, corrispondente alla zona in cui il flusso d'aria è massimo.

Sino ad oggi le trays di gesso erano state segnalate esclusivamente in alcune grotte del Nuovo Messico, ove il clima è molto più arido e caldo di quello di Bologna.

Un altro particolare speleotema gessoso presente nel Parco dei Gessi Bolognesi esclusivamente nella Grotta Calindri sono le "palle di gesso", concre-

zioni emisferiche o subsferiche di gesso microcristallino, descritte per la prima volta nel 1993 nelle grotte di Sorbas in Spagna (Calaforra e Forti 1993): anche in questo caso un'area con clima caldo secco. Si tratta di speleotemi che si sviluppano per l'affiorare localizzato di acque capillari sature di gesso in ambienti non saturi di umidità e che permettono pertanto una certa evaporazione.

Sia le trays che le palle di gesso, come del resto la stragrande maggioranza delle infiorescenze gessose della Calindri, sono attualmente in ridissoluzione ad opera delle acque di condensazione, oggi abbondanti nella zona di massima espansione di questi speleotemi. Il processo di condensazione, se da un lato porta alla ridissoluzione di gran parte dei depositi di gesso, dall'altra consente lo sviluppo per evaporazione, soprattutto nella parte inferiore delle trays, di piccole stalattiti monocristalline di gesso (Fig.5).

Con ogni probabilità il processo di ridissoluzione degli speleotemi gessosi ha avuto inizio solo dopo che la frequentazione umana della cavità si era arrestata:



*Fig. 6 - Una rosetta di gesso sviluppatasi all'interno dei sedimenti argilloso-limosi della Calindri (Foto al microscopio ottico).*

infatti all'interno di alcune infiorescenze tale processo ha messo in luce la presenza di nerofumo, chiaramente correlabile ai fuochi che per lungo



*Fig. 7 - Visione generale delle "chiazze bianche" presenti sulle pareti rocciose gessose della Condotta.*



*Fig. 8 - Chiazze bianche sul fondo di un vecchio focolare: la struttura cristallina del gesso originale è conservata, ma il materiale presenta lucentezza vitrea-opalescente e una durezza molto elevata.*

tempo sono stati accesi all'interno della grotta (Bardella & Busi, 1978). Oltre agli speleotemi di gesso appena descritti, nella Grotta Calindri sono stati recentissimamente scoperti (Rossi & Mazzarella, *ivi*), all'interno di sedimenti argilloso-limoso-sabbiosi, degli aggregati di cristalli lenticolari di gesso (rosette) (Fig. 6), del tutto simili a quelli descritti per altre grotte del Bolognese (Casali et al., 1983). La peculiarità di queste rosette sta nella loro dimensione, che raramente supera i pochi millimetri di diametro. La loro genesi è quella classica, correlata cioè alla circolazione capillare delle acque solfate all'interno dei sedimenti con parziale evaporazione e conseguente sovrassaturazione rispetto al gesso.

### **Il moonmilk gessoso e la frequentazione antropica**

Forse la maggiore peculiarità della Grotta Calindri è rappresentata dalla presenza di diffuse chiazze bianche, che molto spesso conservano la struttura della preesistente roccia gessosa (Fig.7).

Tali chiazze, che coprono molti metri quadrati si rinvencono solamente nella zona archeologica della cavità e sono state inizialmente interpretate come "gesso cotto" ad opera dei frequentatori preistorici della grotta (Bardella & Busi, 1978).

Certamente una buona parte di queste chiazze deriva dalla disidratazione della roccia gessosa scaldata dai fuochi (Fig. 8), di cui si trovano molte tracce nella zona, ma risulta difficile da giustificare l'attuale espansione delle chiazze, soprattutto per quelle poste su soffitti a una distanza tale dal pavimento da rendere molto complessa l'eventuale operazione di cottura. Inoltre queste aree sulla volta non presentano alcuna traccia di

nerofumo, che invece è sempre presente nei focolari e sulle pareti su cui sono state appoggiate delle fiaccole; tracce di fumo, come detto precedentemente, sono anche presenti all'interno di alcune infiorescenze gessose ora in ridissoluzione. Un'ultima osservazione, poi, sembra avvalorare il sospetto che almeno alcune di esse non siano la conseguenza diretta dell'attività antropica: le chiazze più estese, infatti, e che maggiormente (a prescindere dal colore) hanno mantenuto l'aspetto della roccia originale, risultano essere completamente intrise di acqua e hanno in realtà la consistenza del moonmilk.

Al contrario, le zone bianche sicuramente correlate ai fuochi, pur conservando abbastanza la struttura della roccia gessosa, hanno chiare forme concoidi di ridissoluzione, tonalità translucide, forte coesione e una durezza assolutamente superiore a quella caratteristica del gesso (non si rigano con l'unghia e in alcuni casi è necessario imprimere una certa forza a una punta di ferro per scalfirle). L'analisi per diffrazione ai raggi X di queste porzioni di gesso "alterato" ha comunque evidenziato come la sola fase cristallina sia rappresentata da gesso. Al microscopio elettronico in questi campioni è stato possibile osservare piccoli geodi di cristallini di gesso ben formati (Fig. 9) e anche rare e piccole strutture con caratteristiche fratture da disidratazione, che potrebbero essere correlate alla presenza di silice amorfa dispersa nella loro struttura, minerale che potrebbe ben spiegare la maggiore durezza e la loro caratteristica frattura concoide.

Sempre le masse bianche direttamente correlate ai fuochi, poi, non hanno in alcun caso evidenziato la presenza di strutture organiche che, al contrario, sono assolutamente comuni nel moonmilk: ove sono presenti strutture filiformi mucose e soprattutto catene di sferulette chiaramente di origine batterica (vedi fig. 10). La presenza nel moonmilk gessoso di un'alta percentuale di materiale organico è anche confermata dal fatto che all'interno del moonmilk sono stati osservati isopodi troglobi, che evidentemente lo utilizzano come supporto trofico.

Al microscopio elettronico la struttura di questo moonmilk è risultata essere assai differente da quella delle chiazze bianche correlate ai fuochi: in questo caso il materiale è costituito esclusivamente da uno spesso feltro di microcristalli molto allungati di gesso, isolati tra loro, che risultano essere del tutto privi di quelle strutture di essiccamento presenti invece nelle chiazze bianche (fig.



Fig. 9 - Piccolo geode di cristalli di gesso all'interno di una "chiazza bianca" chiaramente correlata ai fuochi preistorici.

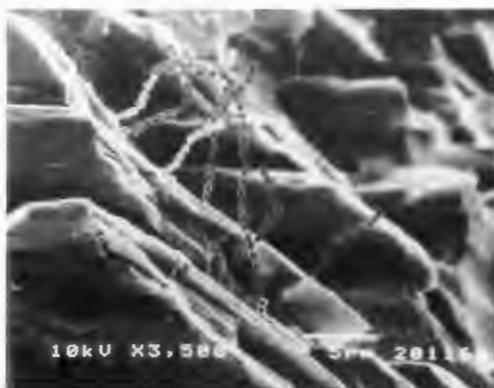


Fig. 10 - Catenelle di sferulette di chiara origine batterica, osservate in un campione di moonmilk gessoso non direttamente correlato con i fuochi preistorici (Foto SEM).



Fig. 11 - I cristalli di gesso a "bastoncino" caratteristici del moonmilk gessoso (Foto SEM).

11). Le grandi differenze morfologiche e composizionali tra moonmilk e chiazze bianche sembrano chiaramente indicare una differente genesi per questi due speleotemi: nel caso del moonmilk, con ogni probabilità il fattore che ne controlla la genesi e lo sviluppo è la presenza di microrganismi, anche se, allo stato attuale delle conoscenze non è possibile arrivare ad una conclusione definitiva per mancanza di prove oggettive.

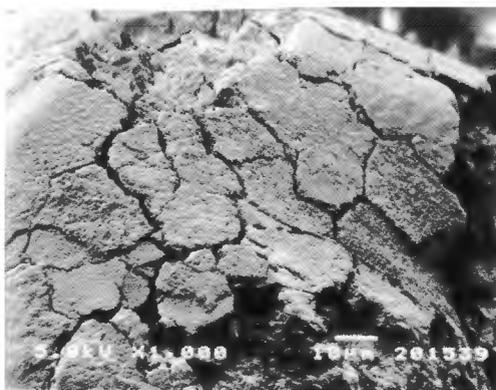
### **Gli aggregati di pirite limonitizzata su microfossili**

A prescindere dagli speleotemi di calcite e di gesso appena descritti, la Calindri non presenta nessun'altra evidente mineralizzazione secondaria di grotta.

Recentemente però, lo studio di dettaglio dei microfossili presenti nei sedimenti fisici della cavità (Panieri, *ivi*) ha messo in evidenza come alcuni di essi fossero "piritizzati" e quindi "limonitizzati" (Fig. 12).

Solo una minima parte dei microfossili separati dai sedimenti della grotta risultavano mineralizzati e inoltre il livello di ossidazione di tale mineralizzazione variava notevolmente da individuo ad individuo e da campione a campione.

Questo dimostra come, non tanto la piritizzazione (che probabilmente è avvenuta al momento dell'incapsulamento dei microfossili nei sedimenti primari) ma la successiva parziale ossidazione a ossidi-idrossidi idrati del solfuro di ferro sia avvenuta



*Fig. 12 – Particolare di un microfossile piritizzato e quindi limonitizzato presente nei sedimenti argilloso-limosi della Calindri: si notino le forme di essiccaamento caratteristiche degli ossidi idrossidi idrati di ferro che hanno sostituito la parte esterna del fossile medesimo (Foto SEM).*

nuta all'interno dei singoli sedimenti della cavità ad opera delle acque di infiltrazione meteorica ricche di ossigeno, che ne hanno, di volta in volta, condizionato il maggiore o minore sviluppo.

In questo senso quindi le sottili crosticine limonitiche che ricoprono questi microfossili debbono essere a tutti gli effetti considerate mineralizzazioni secondarie di grotta.

Data l'esiguità del materiale a disposizione e la sua scarsissima o nulla cristallinità non è stato possibile arrivare ad una esatta determinazione delle specie mineralogiche presenti: pertanto non è stato possibile definire in maniera esatta le condizioni microambientali in cui le croste stesse si sono andate formando.

### **Le concrezioni come indicatori microclimatici**

È stata recentemente avanzata l'ipotesi (Calaforra & Forti, 1999) che il concrezionamento, che si sviluppa all'interno delle grotte in gesso, possa fornire importanti indicazioni sul microclima esistente nella grotta e conseguentemente sui paleoclimi che si sono succeduti durante il periodo in cui nella grotta è stato attivo il fenomeno della deposizione chimica.

Infatti i due minerali che normalmente danno luogo a concrezionamenti nelle grotte in gesso sono la calcite ed il gesso, ma il meccanismo attraverso cui avviene il loro deposito è completamente differente (diffusione di CO<sub>2</sub> o dissoluzione incongruente per la calcite, evaporazione per il gesso): ora un clima caldo-umido o temperato-umido è la condizione necessaria per lo sviluppo degli speleotemi calcitici, mentre per lo sviluppo di quelli di gesso è preferibile un clima secco o caldo secco (Fig. 13).

Lo studio di dettaglio dei depositi chimici all'interno della Grotta Calindri ha evidenziato almeno 3 differenti periodi nel concrezionamento, che conseguentemente indicano altrettanti microclimi e/o paleoclimi.

Nel più antico, che si è avuto non appena le gallerie paragenetiche più alte sono state, almeno parzialmente, svuotate dai sedimenti che avevano obliterato la cavità, si è depositato, in grande abbondanza, solamente gesso. La presenza di porzioni di crostoni di gesso parzialmente distaccati dalla base di alcune di queste gallerie dimostra come la precipitazione del CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O sia iniziata quando i sedimenti siltosi-limosi non erano stati ancora del tutto asportati ed erano

ancora imbibiti d'acqua, occupando quindi un volume maggiore.

A questo periodo sono da ascrivere la quasi totalità dei depositi di gesso presenti nella Calindri e tra essi particolare importanza dal punto di vista paleoclimatico rivestono senza dubbio le stalattiti curve (trays) e le palle di gesso, che sino ad oggi erano state osservate solamente in grotte di climi caldi-aridi quali quello di Sorbas in Spagna e quello di Rosewall nel Nuovo Messico (Calaforra & Forti, 1993, 1994).

Si deve ipotizzare quindi che, anche nel caso della Calindri, il clima, durante questo periodo, dovesse essere abbastanza caldo-secco, con forte prevalenza del fenomeno di evaporazione.

Questo fatto viene confermato anche dalla totale assenza di concrezionamento carbonatico coevo: infatti il meccanismo di dissoluzione incongruente del gesso, che normalmente porta alla formazione di concrezioni di carbonato di calcio nelle grotte bolognesi, necessita di copertura vegetale per poter essere attivo (Forti, 1997). Evidentemente, in quel periodo, dato il clima caldo-secco, la vegetazione locale doveva essere assente o comunque molto meno sviluppata di quella attuale.

Inoltre, la circolazione d'aria, almeno in alcune parti della grotta, doveva necessariamente essere molto maggiore e assai differente da quella che si osserva attualmente: esistevano infatti, quasi certamente, altri collegamenti diretti con l'esterno oggi obliterati. Tale presenza è infatti richiesta dalla posizione e l'orientamento delle trays, che non sono compatibili con il regime attuale delle correnti d'aria all'interno della grotta.

Rispetto ad una repentina variazione del clima esterno, infatti, è molto più probabile che sia stata proprio la brusca interruzione della circolazione d'aria, conseguente all'occlusione degli ingressi alti, a causare la fine di questa fase concrezionaria e a dare inizio ad un nuovo periodo, caratterizzato dalla generale solubilizzazione degli speleotemi di gesso formati precedentemente.

Quello che si osserva oggi nella Condotta è che quasi la totalità delle concrezioni di gesso sono in realtà relitti di quel primo periodo, di cui rappresentano una minima frazione, data l'ampia porzione che è stata ridisciolta e/o asportata. Ancora oggi comunque il fenomeno della ridissoluzione per condensazione è particolarmente attivo, tanto che quasi tutte le stalattiti e le concrezioni parietali di gesso hanno generalmente una consistenza farinosa e porosa, presentando, a livello microscopico, evidenti morfologie da ridissoluzione. La struttura porosa, poi, contribuisce a trattenere costantemente una certa quantità d'acqua, tanto che all'interno di questi relitti di concrezioni gessose si sviluppa una fiorente attività microbiologica in grado di produrre sufficiente supporto trofico anche per organismi superiori, come dimostrato dagli isopodi troglobi rinvenuti.

Durante il periodo di dissoluzione per condensazione si è anche avuta (e ancora si ha) una piccola rideposizione di gesso non più sotto forma di speleotemi quali crostoni, stalattiti colonne ecc., ma sotto forma di cristalli singoli o stalattiti mono-

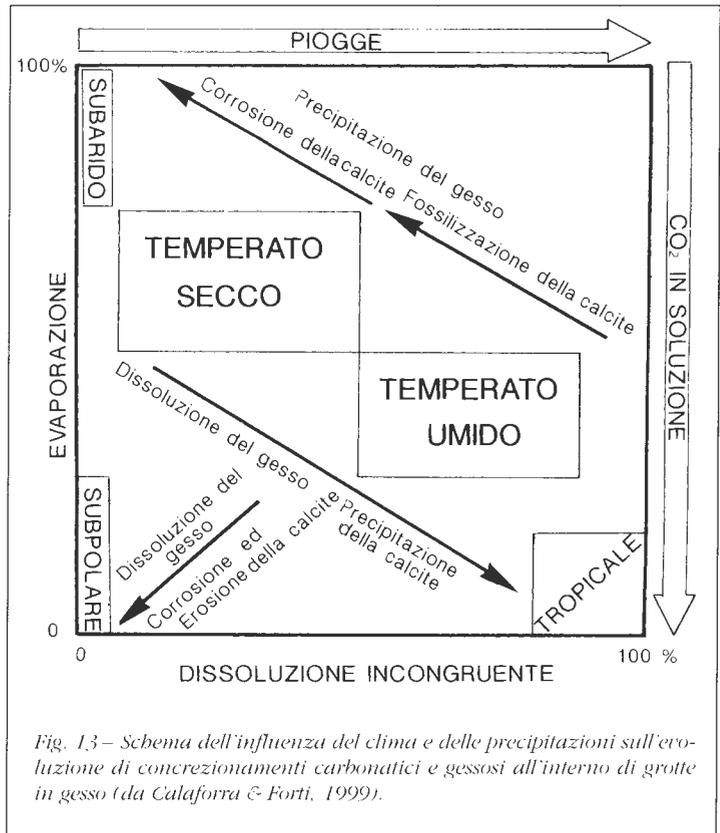


Fig. 13 - Schema dell'influenza del clima e delle precipitazioni sull'evoluzione di concrezionamenti carbonatici e gessosi all'interno di grotte in gesso (da Calaforra & Forti, 1999).



*Fig. 14 - Visione d'insieme di alcune concrezioni di carbonato di calcio presenti nella Grotta Calindri.*

cristalline, che si sviluppano essenzialmente al piede delle trays, per quel poco di sovrassaturazione che può essere raggiunto a seguito di una parziale evaporazione dell'acqua di condensazione. Il terzo periodo concrezionario che, in parte, coincide con l'attuale, è quello che ha portato all'evoluzione di tutti gli speleotemi carbonatici (Fig. 14) che, comunque, sono abbastanza scarsi se paragonati a quelli presenti in altre grotte del Parco dei Gessi quali la Novella, la Spipola, il Buco dei Buoi ecc...

L'inizio della formazione dei depositi di carbonato di calcio, legati al processo della dissoluzione incongruente, è coinciso non con una vera variazione climatica ma, più probabilmente, con un aumento relativo della copertura vegetale dell'area immediatamente sovrastante la grotta stessa.

Che l'evoluzione delle concrezioni di calcite sia iniziata solo recentemente e dopo la ridissoluzione di gran parte delle formazioni secondarie di gesso è dimostrato dal fatto che tali speleotemi si impostano sempre e comunque sopra un substrato di gesso in parte ridissolto, sia esso costituito dalla roccia originale o da speleotemi.

In questo ultimo periodo, fino all'attuale, nella Grotta Calindri il processo di condensazione è di

gran lunga prevalente rispetto a quello di evaporazione e conseguentemente la formazione di infiorescenze gessose al di sopra di concrezioni attive di carbonato di calcio è assolutamente rara, anche se a volte presente.

Gli stadi evolutivi del concrezionamento che si sono succeduti all'interno della Grotta Calindri sono riportati in Fig.15, ove sono anche messi in relazione alle condizioni climatiche che li hanno accompagnati.

Allo stadio attuale della ricerca, purtroppo, non è possibile datare in maniera precisa questi stadi, anche se, sulla base delle osservazioni condotte in altre grotte della stessa area, si possono trarre alcune indicazioni cronologiche di massima.

E' infatti molto probabile che il riempimento alluvionale totale della cavità, che ha preceduto l'inizio del concrezionamento gessoso, sia avvenuto alla fine dell'ultima glaciazione, come verificato nel caso della non lontana Grotta della Spipola (Elmi & Forti, 2001).

Nel caso di quest'ultima grotta l'inizio del concrezionamento ha coinciso con lo svuotamento pressoché totale dei depositi alluvionali (5.000 anni B.P.) e sembra logico ritenere che tale processo abbia richiesto anche per la Calindri lo stesso lasso

di tempo: pertanto i depositi più antichi di gesso dovrebbero risalire a quel periodo.

E' difficile definire il momento in cui dalla formazione si è passati alla ridissoluzione degli speleotemi gessosi: questo, comunque, deve essere avvenuto dopo che i nostri antenati avevano utilizzato la cavità (Bardella & Busi 1978).

Infatti è del tutto assodato che tale comunità protostorica non ha utilizzato l'ingresso attuale per raggiungere l'area da essa frequentata, ma si è certamente servita di un ingresso superiore, posizionato molto più vicino all'area archeologica e occluso in epoca successiva.

E' altamente probabile che l'occlusione o il crollo di tale ingresso, alterando profondamente la circolazione dell'aria nella cavità, sia stata la causa diretta per la fine del concrezionamento gessoso e l'inizio della sua ridissoluzione. Sulla base dei dati archeologici disponibili quindi, si può ragionevolmente ipotizzare che il secondo periodo sia iniziato all'incirca 3.000 anni B.P.

L'inizio del terzo periodo, quello che ha visto lo sviluppo del concrezionamento carbonatico, non può assolutamente essere inquadrato in una cronologia assoluta, dato che, come accennato precedentemente non corrisponde ad un vero e proprio cambio climatico ma, molto più semplicemente ad un aumento della copertura vegetale nella verticale diretta delle concrezioni di calcite. Proprio per questo motivo lo sviluppo di questi speleotemi può essere iniziato in epoche differenti nelle varie zone della grotta, anche se in ogni caso esso non può essere antecedente ai 5.000 anni B.P.

## Conclusioni

Lo studio di dettaglio dei depositi chimici rinvenuti all'interno della Serafino Calindri ha evidenziato come in questa cavità, diversamente dalla maggioranza delle altre grotte del Bolognese, vi sia una netta prevalenza degli speleotemi gessosi rispetto a quelli carbonatici e inoltre ha mostrato la totale assenza di ogni altro minerale secondario di grotta, se si escludono alcuni piccoli aggregati di pirite limonitizzata, sviluppatasi sopra dei microfossili inglobati all'interno dei depositi fisici della grotta.

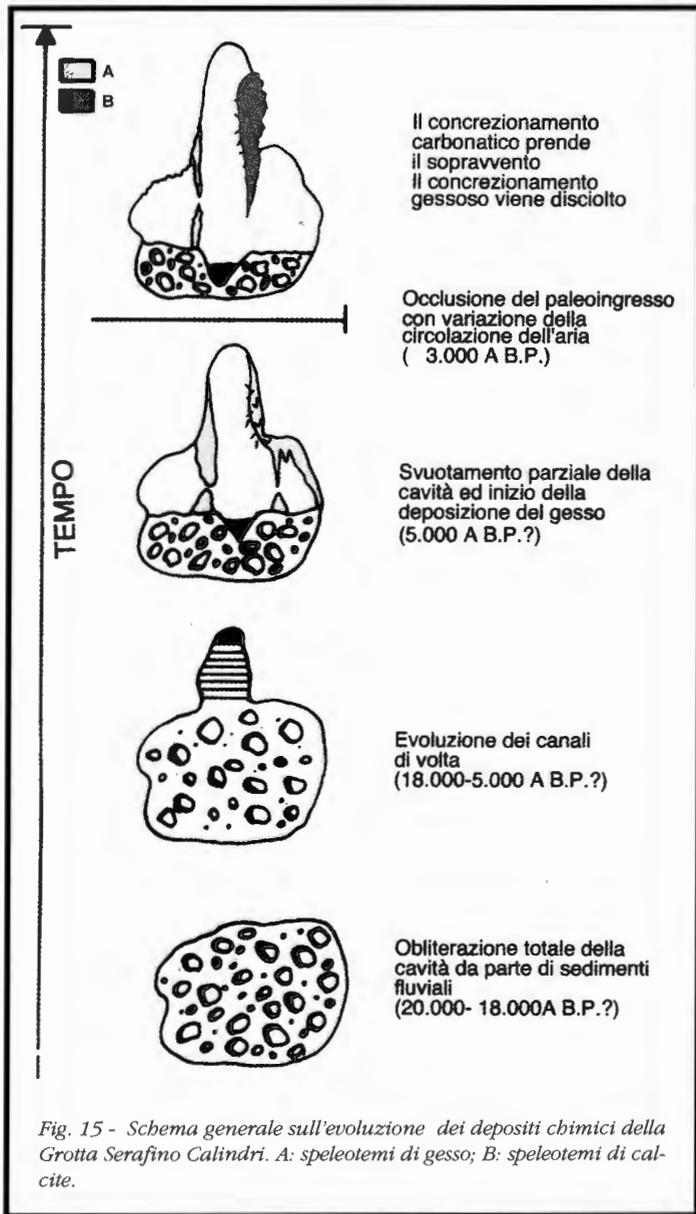


Fig. 15 - Schema generale sull'evoluzione dei depositi chimici della Grotta Serafino Calindri. A: speleotemi di gesso; B: speleotemi di calcite.

Tra le concrezioni gessose sono risultate di notevole interesse le trays e le palle di gesso, speleotemi che, sino ad oggi, erano stati osservati solamente in grotte in gesso di aree caratterizzate da un clima molto caldo e secco: la loro presenza nella Calindri è stata qui interpretata sulla base di particolari microclimi che si erano instaurati all'interno della grotta quando gli accessi alla stessa erano molto diversi da quelli attuali.

Assolutamente unico nel suo genere è risultato poi un particolare tipo di moonmilk di gesso, in parte

probabilmente di origine antropica, il cui meccanismo genetico ed evolutivo non è stato del tutto spiegato anche se è con ogni probabilità controllato da microrganismi.

Infatti, per arrivare a comprendere compiutamente il modo in cui questo moonmilk si è sviluppato esclusivamente all'interno di questa cavità è necessario porre in atto una ricerca multidisciplinare in cui siano coinvolti microclimatologi, microbiologi e mineralogisti.

Le concrezioni di carbonato di calcio, a differenza degli speleotemi di gesso che sono quasi tutti in regressione, sembrano essere ancora attive, almeno per un certo periodo dell'anno, anche se la tendenza climatica degli ultimi anni, con concentrazione delle piogge in periodi ristretti alternati a lunghi periodi di siccità potrebbe portare ad una futura regressione di questi depositi.

Con i dati attualmente disponibili, non è stato possibile ricostruire su una base cronologica accurata l'evoluzione dei depositi chimici di questa grotta per mancanza di dati radiometrici, anche se per analogia con grotte limitrofe si può ragionevolmente ritenere che tutti i depositi chimici presenti siano successivi all'ultima glaciazione ed in particolare quelli carbonatici non più antichi di 5.000 anni.

Naturalmente per inquadrare meglio l'evoluzione della Grotta Calindri nell'ambito dei Gessi Bolognesi sarà necessario, in un prossimo futuro, procedere alla datazione con il metodo U/Th dei differenti speleotemi carbonatici.

## Bibliografia

ALTARA E., 1966 - *La Grotta Serafino Calindri - Croara (Bologna)*. Atti VI° Conv. Spel. Emilia-Romagna, Bologna, pp. 79-85.

BARDELLA G., BUSI C., 1972 - *Testimonianze della civiltà subappenninica nella Grotta Serafino Calindri*. Speleologia Emiliana, s. 2, a. 4, n° 7, pp. 25-36 + 6 tav. f.t.

BARDELLA G., BUSI C., 1978 - *Nuove scoperte nei Gessi Bolognesi effettuate dall'Unione speleologica Bolognese*. Atti Convegno "Salviamo i Gessi", Bologna, pp. 45-51.

CALAFORRA J.M., FORTI P., 1993 - *Le palle di gesso e le stalagmiti cave: due nuove forme di concrezionamento gessoso scoperte nelle grotte di Sorbas (Andalusia, Spagna)*. XVI Congr. Naz. Spel., Udine 1990, vol.1, pp. 73-88.

CALAFORRA J.M., FORTI P., 1994 - *Two new types of gypsum speleothems from New Mexico: Gypsum trays and Gypsum dust*. NSS Bulletin 56, pp. 32-37.

CALAFORRA J.M., FORTI P., 1999 - *Le concrezioni all'interno delle grotte in gesso possono essere utilizzate come indicatori paleoclimatici?* Speleologia Emiliana, s. IV, n° 10, pp.10-18.

CASALI R., FORTI P., GNANI S., 1983 - *I cristalli di gesso del Bolognese*. Ed. Calderini, Bologna, pp. 1-82.

CAZZOLI M.A., DEMARIA D., FORTI P., 1999 - *Il Carsismo nei Gessi Bolognesi*. Regione Emilia Romagna "Gessi Bolognesi e Calanchi dell'Abbadessa", Aree Protette della Regione Emilia Romagna n.10, Compositori, Bologna, pp. 62-91.

ELMI C., FORTI P., 2001 - *Inquadramento cronologico dell'evoluzione morfologica del sistema carsico Spipola-Acquafredda (Gessi Bolognesi) da datazioni radiometriche: primo contributo*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria: in stampa.

FORTI P., 1997 - *Speleothems in gypsum caves*. In. J. of Speleol. 25 (3-4), pp. 91-104.

FORTI P., PIANCASTELLI S., 1998 - *L'accrescimento di concrezioni carbonatiche in grotte in gesso: nuovi dati dalla Grotta Novella (Bologna, Italia)*. Sottoterra n° 105, pp. 21-29.

HILL C.A., FORTI P., 1997 - *Cave Minerals of the World*. Nat. Spel. Soc, Huntsville, pp.1-464.



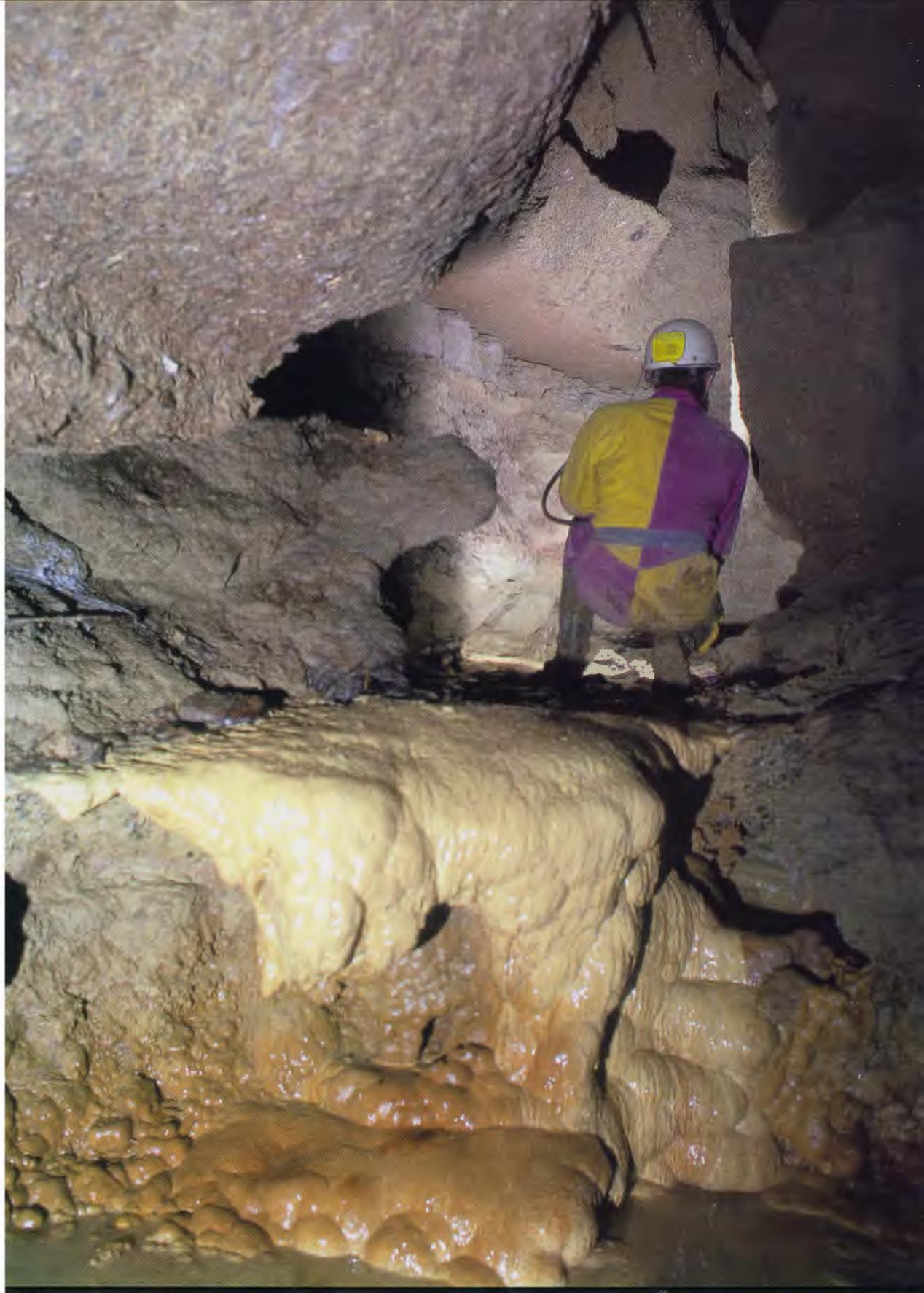
# ANDRONISCUS DENTIGER

**D**urante le operazioni di campionamento del moonmilk situato nella Condotta della Grotta Calindri è stato rinvenuto all'interno di tale mineralizzazione un esemplare di isopode, mentre altri sono stati rintracciati nel sedimento soffice nelle immediate vicinanze. Due individui sono stati perciò prelevati e inviati per la determinazione specifica al Centro di Studio per la Faunistica ed Ecologia Tropicali del C.N.R. di Firenze. L'identificazione è dovuta alla cortesia del dott. Stefano Taiti. Si tratta di due esemplari (un maschio ed una femmina) di *Androniscus dentiger* Verhoeff, 1908 (fam. Trichoniscidae), una specie endogea e troglifila largamente distribuita in Europa, molto comune nelle grotte dell'Appennino. Data la sua ampia diffusione, tale specie era già stata rinvenuta nelle nostre grotte (Spipola, Buco del Belvedere, Anemone Bianca, Grotta della Lepre) ma le indicazioni erano relative a vecchie raccolte faunistiche risalenti agli anni '30 e ai primi anni '50 (Badini G., 1967 - *Le grotte bolognesi*, pp. 31-38).

La notevole diffusione di questo isopode e il suo essere sostanzialmente ubiquitario nasconde però una realtà più complessa. Un recente studio condotto nelle Grotte di Frasassi ha messo in evidenza una fauna differenziata in due gruppi, fra loro distinti, all'interno della cavità. Il primo è costituito da una biocenosi che utilizza come risorsa trofica la materia organica prodotta in posto dai solfobatteri presenti nei rami della grotta in cui si ha presenza di acqua sulfurea. Il secondo è invece legato alla materia organica che penetra nella cavità dall'esterno (principalmente foglie, altri detriti vegetali e guano). Delle 67 specie finora censite solo quattro sono comuni ad entrambi gli habitat (rami solfurei e non solfurei). Fra esse figura proprio l'*Androniscus dentiger*, ma con una particolarità: le analisi sulla struttura genetica condotte sui diversi individui hanno evidenziato che le due popolazioni di *A. dentiger* presenti nella stessa grotta sono sostanzialmente indipendenti l'una dall'altra e con limitato scambio genico, anche quando i due habitat risultano molto vicini (Galdenzi S. & Sarbu S.M., 2000 - *Le Grotte d'Italia*, s. V, n. 1, pp. 3-18).



*Tipica morfologia del meandro nel ramo superiore della grotta.*



## LA CIRCOLAZIONE DELL'ARIA

**G**li ingressi più "alti" del Sistema sono da considerare innanzi tutto quelli ubicati nella ex dolina del Tacchino, intorno a q. 245 s.l.m., colmata dai detriti della Cava IECME nel 1968 ed il Buco del Soffione (440 ER/BO), una fessura situata a metà altezza della parete sovrastante l'accesso alla Calindri, a q.175. Più a valle, il Buco dell'Acaciaia, a q.184 s.l.m.

La stessa Calindri, a q. 158 s.l.m., e gli altri inghiottitoi di fondo del Budriolo (32 ER/BO, 150 ER/BO) sono del resto definibili come ingressi "alti", in relazione all'altimetria del Sistema, che copre un dislivello di 156 m. La circolazione dell'aria all'interno della Calindri e dell'Acaciaia è tutto sommato rapida, sia in entrata che in uscita, in relazione ai mutamenti barometrici, con particolare accentuazione della velocità in corrispondenza degli ingressi (strette) e dei numerosi cunicoli disseminati lungo il percorso ipogeo.

Per quanto riguarda la Calindri, il fatto di avere ripristinato, mediante il portello d'accesso, le originarie condizioni climatiche antecedenti alla scoperta della grotta, fa sì che la circolazione dell'aria sia comunque complessivamente abbastanza ridotta. Questo comporta che l'effetto di condensazione dell'umidità atmosferica sulle pareti sia limitato ad alcune porzioni della cavità, mentre altre zone, particolarmente nei rami fossili, ne sono sostanzialmente prive.

Tutta la sezione "bassa", compresa nel settore che va dal fronte di cava (q. 190 s.l.m. circa) al piazzale (q. 118 s.l.m.) è stata distrutta dall'attività estrattiva.

Si rammenta comunque che all'interno del Buco delle Campane furono rilevate dal G.S.E., nel '58, le temperature in assoluto più basse fra quelle registrate nelle cavità situate fra i T. Savena e Zena (6,6° su una media di 12°), a testimonianza del ruolo che la grotta svolgeva al momento in funzione di bocca fredda del Sistema.

Vivacissima la corrente d'aria fredda rilevata nel Buco delle Gomme, parzialmente risparmiato per alcuni decenni in virtù della sua posizione marginale, sulla quinta sud del fronte di cava, ma di recente reso impraticabile dal crollo del versante.

Si trattava, dopo l'annientamento delle altre cavità da parte della Cava Fameto, dell'unico residuo ingresso "basso", che assicurava buona parte della circolazione di scambio.



*Il Secondo Trivio. Costituisce il punto di confluenza, da sinistra, di un vecchio paleocorso nel corso principale del torrente.*

Antonio Rossi\*  
& Bianca Serena Lucia Mazzarella



## Caratteri morfoscopici, petrografici e mineralogici dei riempimenti della Grotta Calindri

### **Riassunto**

Sulla Grotta Calindri sono stati condotti negli ultimi anni studi multidisciplinari (paleontologici, mineralogico-petrografici, geologici) che hanno evidenziato la peculiarità di questa cavità. La presente indagine, che rappresenta la prosecuzione di una precedente ricerca (Rossi & Mazzarella, 1998), ha lo scopo di apportare ulteriori dati, informazioni e considerazioni su uno degli aspetti geologici di maggior rilevanza presenti all'interno di questo e di altri sistemi carsici sotterranei, quali appunto sono i riempimenti fisici.

*\*Dipartimento di Scienze della Terra,  
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia-Italia,  
Gruppo Speleologico Bolognese del C.A.I-Italia.*



## Premessa

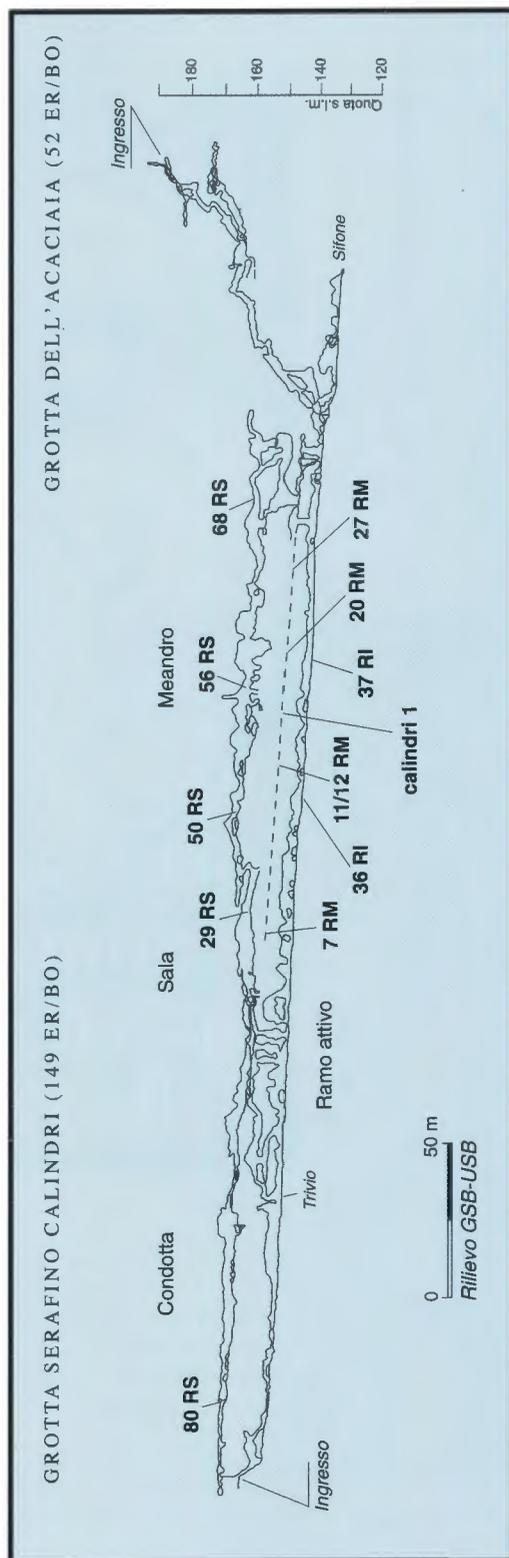
Lungo il fronte appenninico padano le rocce solfatiche di età messiniana si presentano in genere sotto forma di corpi lentiformi a sviluppo anche chilometrico che, con soluzione di continuità, si estendono dalla colline reggiane fino a quelle romagnole. Tali rocce appartenenti alla *Formazione Gessoso-solfifera*, sono caratterizzate dalla presenza di numerosi fenomeni carsici superficiali ed ipogei, talora anche di notevole sviluppo. All'interno di molti dei sistemi sotterranei si incontrano depositi clastici secondari, estremamente variabili soprattutto nella dimensione dei frammenti componenti. Queste presenze all'interno della Grotta Calindri, complesso ipogeo che si sviluppa su una serie di livelli collegati fra loro, rappresentano i relitti di antichi fenomeni di riempimento fisico ricollegabili a fasi climatiche eccezionalmente piovose e a situazioni geologiche e ambientali del tutto particolari.

Nel presente lavoro vengono esposti i risultati di indagini morfoscopiche, mineralogiche e petrografiche condotte su campioni prelevati da riempimenti dei tre livelli principali che contraddistinguono lo sviluppo di tale cavità (Fig. 1).

## Metodologia d'indagine

Oltre a 16 campioni di riempimenti fisici, ne sono stati studiati anche alcuni di roccia del bancone gessoso entro cui si è sviluppato il sistema carsico, prelevati all'altezza dei 3 piani principali. Su di essi è stata effettuata, dapprima, una descrizione macroscopica completata da osservazioni con stereomicroscopio fino a 100 ingrandimenti; successivamente su provini specifici è stato effettuato un esame mediante microscopio polarizzante per riconoscere, oltre alle fasi mineralogiche componenti, anche i caratteri tessiturali della roccia stessa. Sugli stessi campioni sono state anche effettuate determinazioni diffrattometriche mediante raggi X per discriminare soprattutto i carbonati principali, talora di difficile distinzione al microscopio. Le stesse indagini analitiche sono state condotte anche su alcuni frammenti di un crostone calcareo (vedi Fig. 2a), di spessore decimetrico, presente nella parte inferiore del riempimento della Condotta.

Di ogni campione proveniente dai riempimenti fisici (generalmente del peso di alcuni chilogrammi), operando ad umido, si sono suddivisi i clasti componenti secondo le classi granulometriche di



Wentworth. Si sono così definiti:

1. Ciottoli:
  - a. Ciottoli grossolani, diametro 128-64 mm
  - b. Ciottoli medio-grossolani, diametro 64-32 mm
  - c. Ciottoli medi, diametro 32-16 mm
  - d. Ciottoli medio-fini, diametro 16-8 mm
  - e. Ciottoli fini, diametro 8-4 mm
2. Granuli:  $\varnothing$  4-2 mm
3. Sabbia:
  - a. Sabbia molto grossolana, diametro 2-1 mm
  - b. Sabbia grossolana, diametro 1-0,5 mm
  - c. Sabbia media, diametro 0,5-0,25 mm
  - d. Sabbia fine, diametro 0,25-0,125 mm
  - e. Sabbia molto fine, diametro 0,125-0,0625 mm
4. Limo o Silt: diametro 0,0625-0,0039 mm
5. Argilla: diametro < 0,0039 mm

Per semplificare la presentazione dei dati, si è fatto riferimento ai 5 raggruppamenti principali (sopra riportati), ciascuno dei quali corrisponde alla somma delle singole classi granulometriche che lo compongono.

Fino alla frazione sabbiosa molto fine si è operato utilizzando normali setacci della serie DIN, mentre le classi inferiori (silt e argilla) sono state determinate con il metodo dei Levigatori di Appiani.

Tutti i clasti delle frazioni granulometriche di diametro > 1mm sono state sottoposte a diagnostica petrografia mediante riconoscimento macroscopico affiancato da osservazioni con stereomicroscopio. I litotipi riconosciuti sono: *Gesso*, *Calcere*, *Arenarie*, *Concrezioni gessose*, *Concrezioni calcaree e Selci*.

Sono stati individuati anche frammenti osteologici e di organismi (probabilmente Bivalvi e Gasteropodi) che, date le loro ridotte dimensioni e la loro rara frequenza, non sono stati considerati significativi.

Sulle frazioni granulometriche di diametro < 1 mm sono state eseguite determinazioni della composizione mineralogica mediante diffrattometro a raggi X. In quest'ultimo caso, avendo operato in condizioni strumentali e con quantità di campione pressoché costanti, oltre al riconoscimento delle fasi mineralogiche presenti, sono state anche espresse soggettive valutazioni semiquantitative della loro variabile presenza nelle singole frazioni granulometriche.

Con i raggi X sono stati riconosciuti i seguenti minerali:

- tra gli ossidi: *Quarzo*

- tra i silicati: *Feldspato*, *Illite/Mica argillosa*, *Clorite*
- tra i carbonati: *Calcite* e *Dolomite*
- tra i solfati: *Gesso*
- *Sostanza amorfa*: solitamente costituita da materiale vegetale carbonizzato, ossidi vari e quant'altro privo di organizzazione cristallina e derivato dalla alterazione-distruzione di frammenti delle litologie riconosciute.

Va ricordato che, per quanto riguarda la *Sostanza amorfa*, le valutazioni semiquantitative soggettive della sua presenza si sono basate sulla particolare posizione assunta nel diagramma diffrattometrico da ogni singolo tracciato.

Nel presente studio non sono stati presi in considerazione, fra i minerali, la *Caolinite*, la *Montmorillonite* e l'*Ematite* dei quali erano state espresse valutazioni semiquantitative nello studio del campione Calindri 1 (ROSSI & MAZZARELLA, 1998). Ciò in quanto le analisi diffrattometriche, effettuate su tutte le frazioni medio-fini dei 16 campioni indagati, non hanno fornito picchi di interferenza indicativi di dette fasi cristalline.

### **La petrografia del bancone gessoso**

#### *Descrizione macroscopica dei campioni di roccia*

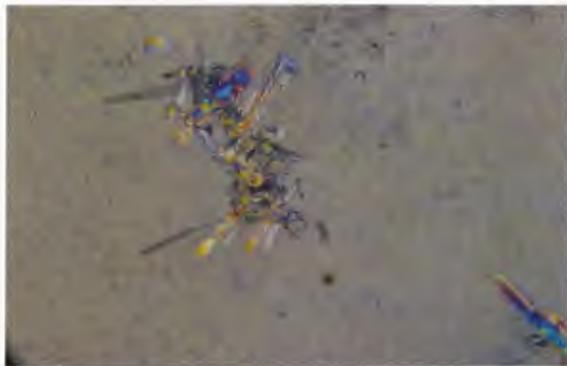
Si tratta sempre di aggregati cristallini di colore grigio scuro in corrispondenza delle zone media ed inferiore della cavità, e di colore grigio-nocciola, nei livelli più alti. Da notare che lungo tutta la cavità non sono mai stati osservati interstrati argillosi in posto, anche se non è da escluderne la presenza, ma solo come piccole tasche o in sottili lenti. I cristalli di *Gesso* hanno dimensioni quasi decimetriche nelle zone inferiori e centimetriche nelle parti alte del bancone carsificato; si intrecciano fittamente fra di loro ed hanno una prevalente disposizione spaziale, che vede in particolare gli individui geminati "a ferro di lancia" secondo il pinacoidale {101} disposti pressoché verticalmente all'andamento della stratificazione (regola di Mottura). In molti casi si tratta di cristalli tabulari, pressoché idiomorfi, originati dalla combinazione di un pinacoidale laterale {010} con un prisma verticale {110} ed uno obliquo {111}. Le sfaldature più facili e perfette, avvengono secondo il piano (010) (BERTOLANI E ROSSI, 1988).

Alla percussione si avverte il tipico odore fetido emanato da rocce contenenti sostanza organica; appaiono poi molto limitate le zone in cui compaiono spalmature di ossidi di Fe.

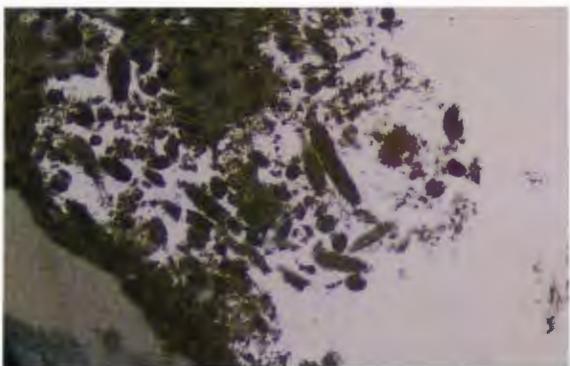




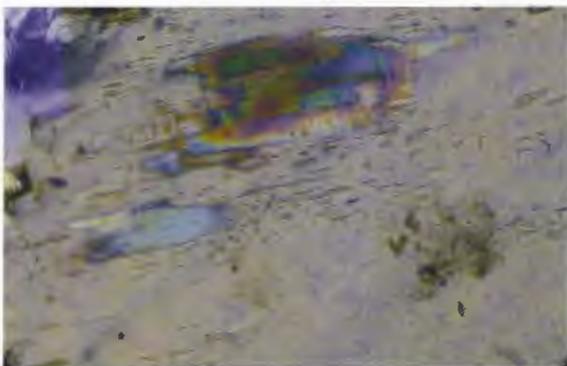
**Foto 1.** Livello inferiore: contatti indentati fra cristalli di Gesso (Nicol X., dimensioni 3 x 2 mm).



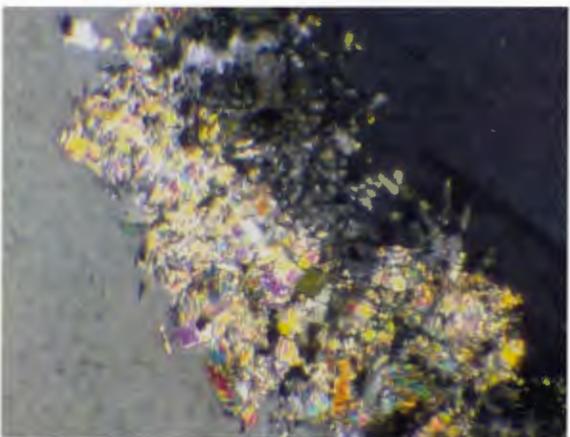
**Foto 4.** Livello inferiore: intreccio di cristalli aciculari colorati di Anidrite immersi in un grande individuo di Gesso (Nicol X., dimensioni 1,2 x 0,8 mm).



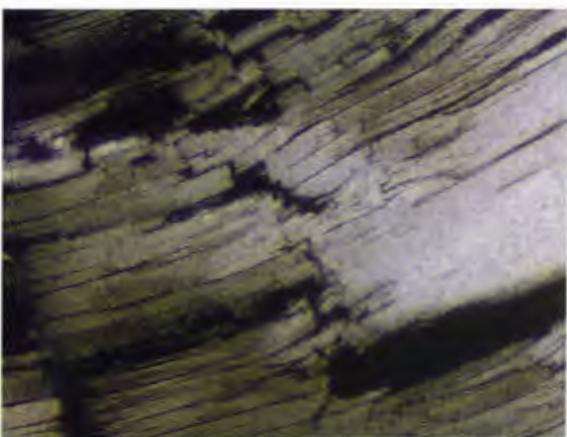
**Foto 2.** Livello inferiore: tracce stromatolitiche incluse nel Gesso (Nicol X., dimensioni 3 x 2 mm).



**Foto 5.** Livello inferiore: relitti colorati di Anidrite ed inclusioni fluido-gassose, immersi in un cristallo di Gesso (Nicol X., dimensioni 0,5 x 0,34 mm).



**Foto 3.** Livello inferiore: cristallo di Anidrite in fase di gessificazione (Nicol X., dimensioni 2,5 x 1,7 mm).



**Foto 6.** Livello intermedio: Cristallo di Gesso con deformazioni da stress (Nicol X., dimensioni 3 x 2 mm).

Va inoltre ricordato che sulle pareti della cavità, a luoghi, è possibile osservare manifestazioni di Gesso secondario, sia fibroso (tipo "Sericolite") che in grandi individui limpidi e trasparenti detti "specchio d'asino".

#### Descrizione microscopica delle sezioni sottili

##### Campioni del livello inferiore

Si riconoscono plaghe di grandi individui geminati di Gesso idiotopico (CIARAPICA et Al., 1985) con contatti intercristallini, talora sinuosi o indentati (Foto 1), oppure bande di termini xenotopici ricristallizzati, che si associano formando una evidente tessitura a mosaico. Rari gli aggregati a "rosetta" e a "palizzata". Sia ai bordi dei cristalli (in modo concentrato) che all'interno (in forma dispersa) si riconoscono micriti carbonatiche talora associate a finissimo materiale argilloso. Dove le micriti sono maggiormente concentrate si riconoscono talora piccoli individui pressoché euedrali di Quarzo. Sempre in forma micritica sono presenti piccoli cristalli che l'indagine diffrattometrica ha indicato essere di Calcite, i quali hanno completamente sostituito corpi tondeggianti, allungati o schiacciati, interpretabili come originarie presenze algali (Foto 2) di natura stromatolitica (VAI E RICCI LUCCHI, 1977). Rari e solitamente localizzati in prossimità dei bordi degli individui di Gesso, sono presenti cristalli prismatici fratturati di Anidrite ( $\text{CaSO}_4$ ) avvolti da sottili bande di materiale solfatico diverso, probabilmente di Bassanite ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), a conferma di un fenomeno progressivo di gessificazione del solfato anidro (Foto 3). L'Anidrite può anche presentarsi sotto forma di sottilissimi aghetti che, a luoghi, sembrano identificare una tessitura feltrosa (Foto 4). All'interno dei cristalli di Gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), in corrispondenza dei loro piani di sfaldatura, a forti ingrandimenti, sono riconoscibili piccole inclusioni di forma diversa e, in parte, di probabile natura fluida o gassosa (Foto 5).

##### Campioni del livello intermedio

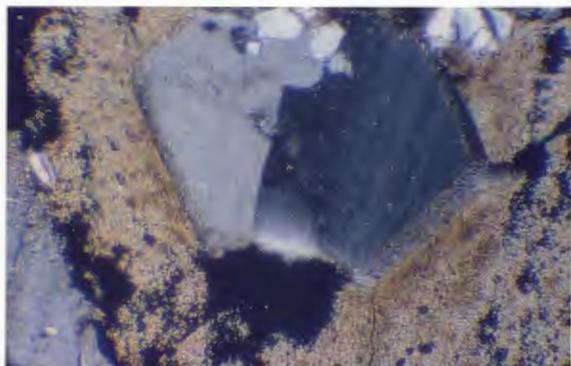
Dal punto di vista compositivo anche la zona intermedia dal bancone presenta forti analogie con quella inferiore. Va tuttavia notata una maggior presenza di Gesso secondario in bande a "palizzata" oppure in plaghe di individui xenotopici allungati e strettamente associati fra loro, probabili effetti di locali azioni deformative. Nei campioni

esaminati particolarmente evidenti sono i contatti indentati mentre all'interno di alcuni grandi cristalli di Gesso sono riconoscibili i tipici effetti legati ad azioni di stress (Foto 6). Meno abbondante che nella parte sottostante del bancone è la componente carbonatica micritica che tuttavia continua a localizzarsi soprattutto negli spazi infracristallini. Meno frequenti, ma ancora riconoscibili, sono le testimonianze della originaria presenza di stromatoliti. Molto rara è la componente anidritica, per lo più costituita da sottili prismi allungati che si concentrano in prossimità dei bordi dei cristalli di Gesso lungo i tratti terminali dei piani di sfaldatura. Non mancano, anche se rari, relitti di prismi anidritici dai contorni non ben definibili a causa dei fenomeni di progressiva idratazione. Infine nel Gesso, quando presente in grandi cristalli, sono numerose le sfaldature occluse da materiale argilloso bruno, intensamente pigmentato da ossidi.

##### Campioni del livello alto

Anche nella parte superiore del bancone la dominante componente gessosa presenta caratteristiche analoghe a quelle osservate nelle zone sottostanti. Va tuttavia rimarcato che qui numerosi grandi cristalli idiotopici di Gesso presentano, perifericamente, bande che testimoniano fasi di blastesi secondaria (Foto 7), rimarcate dalla presenza di pellicole di materiale micritico interposte fra i cristalli avvolti e le parti di neoformazione. Non mancano gli individui isolati o in aggregazioni di termini più piccoli, dalle perfette forme cristalline (Foto 8). Nei campioni di questa zona si rivela particolarmente abbondante la componente micritica, spesso anche concentrata in corpi torbidi di forma irregolare e di discrete dimensioni. All'interno di questa massa, che l'analisi diffrattometrica indica di Dolomite e in subordine di Calcite, talora compare Gesso sia in neomorfi perfettamente euedrali che in individui allotriomorfi, perifericamente aggrediti dalla componente carbonatica avvolgente. Sempre all'interno della massa micritica si possono osservare limitate plaghe di cristalli di Gesso xenotopico nuvoloso ameboide (Foto 9) oppure con tessitura granulare (Foto 10) o in sottili bande a "palizzata" (CIARAPICA et Al., 1985). I raggi X hanno inoltre indicato la presenza, non confermata al microscopio, di Quarzo probabilmente associato a impurezze argillose. Anche se non molto abbondante ma significativa è la presenza di Anidrite, confermata anche dai raggi X. Si tratta di frammenti isolati di





**Foto 7.** Livello alto: individui di Gesso geminato con bande grigio-scure di accrescimento ricche di inclusioni micritiche (Nicol X., dimensioni 2,5 x 1,7 mm).



**Foto 10.** Livello alto: Gesso con tessitura Ipidiotopica granulare (Nicol X., dimensioni 1,2 x 0,8 mm).



**Foto 8.** Livello alto: idiomorfo di Gesso con microinclusioni di Anidrite e Calcite (Nicol X., dimensioni 1,2 x 0,8 mm).



**Foto 11.** Crostone calcareo: veli di accrescimento nella concrezione calcarea (Nicol X., dimensioni 3 x 2 mm).



**Foto 9.** Livello alto: prismi relitti di Anidrite colorata a contatto con Gesso dalla tessitura xenotopica nuvoloso ameboide e microcristallina (Nicol X., dimensioni 3 x 2 mm).



**Foto 12.** Crostone calcareo: estinzione a ventaglio nella concrezione calcarea (Nicol X., dimensioni 3 x 2 mm).

prismi spesso fratturati ma con ancora ben riconoscibile l'originaria connessione cristallina. Questo minerale può talora presentarsi anche in sottili aghetti, fra loro paralleli, localizzati soprattutto ai bordi degli individui di Gesso di maggiori dimensioni. Nei campioni di questa zona del bancone gessoso sono rare le tracce algali riconosciute nelle zone sottostanti.

### **La petrografia del crostone calcareo**

Del crostone decimetrico di concrezione calcarea (campioni: 80 ERS e 80 RSF) che ricopre il materiale pelitico posto alla base del riempimento della Condotta (Fig. 2a), si sono ottenute, mediante osservazioni al microscopio polarizzatore, le seguenti informazioni composizionali e tessiturali. Si tratta di un deposito chimico, poroso ai margini e molto compatto nella parte centrale, costituito da innumerevoli veli di accrescimento (Foto 11) di spessore decimillimetrico, in genere subparalleli fra loro ma anche ondulati e deformati attorno a vacuoli o a microinclusioni cristalline. Ogni singola banda è esternamente delimitata da una sottile pellicola bruno-rossastra mentre nella parte interna sono allineati limpidi cristallini di calcite allungati perpendicolarmente rispetto ai bordi. Dove la concrezione è particolarmente compatta, si riconoscono ampie plaghe colonnari con estinzione a ventaglio o arborescente (Foto 12). Nella parte inferiore del crostone, oltre ad un bordo appena centimetrico ricco di vacuoli, si osserva una banda costituita da veli di accrescimento molto ravvicinati e pigmentati da ossidi di Fe o Mn oppure da materiale argilloso. I bordi interni di molti dei vuoti sono coronati da microscopici cristalli allungati di calcite le cui terminazioni apicali sono rivolte verso l'interno del vacuolo stesso.

Nella parte superiore della concrezione, in corrispondenza della superficie di molti veli di accrescimento, appaiono inglobate sottili lamelle di mica *Muscovite* e frammenti allungati di *Quarzo* e di *Feldspato* geminato, depositati dalle acque che fluivano sulle antiche superfici del crostone e inglobati dal carbonato che continuava a depositarsi.

Sempre inclusi nella concrezione si osservano anche individui sub-millimetrici di Gesso che, come precipitato secondario, può anche aver occluso alcuni dei vuoti presenti. E' in corrispondenza delle inclusioni che si riconoscono le maggiori deformazioni "a fungo" dei veli di accrescimento. Sono riconoscibili, anche se rari, neomorfi

sub-millimetrici di *Calcite* sempre occludenti vacuoli.

Ogni livello di concrezione è una evidente testimonianza della continua variabilità dei caratteri chimici delle acque che su di esso fluivano. Tali variazioni sono ricollegabili ad una ripetitività prolungata di micropulsazioni climatiche esterne legate a particolari fasi di piovosità, forse anche di tipo stagionale, che risultavano ognuna diversificata durante la formazione della parte interna o dell'orlo delle singole bande di concrezionamento. Queste condizioni si sono ripetute in modo costante durante tutto il meccanismo genetico di formazione della concrezione.

### **I riempimenti fisici**

#### *Caratteri macroscopici e ubicazione dei riempimenti studiati*

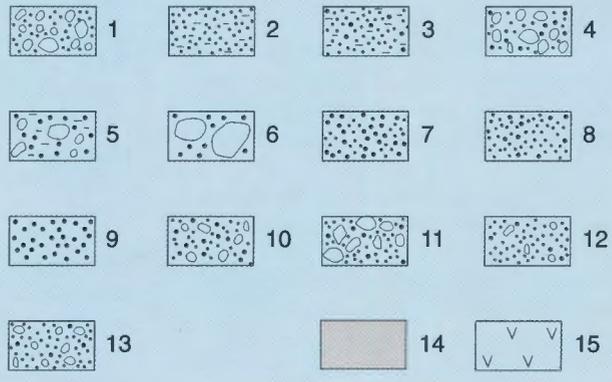
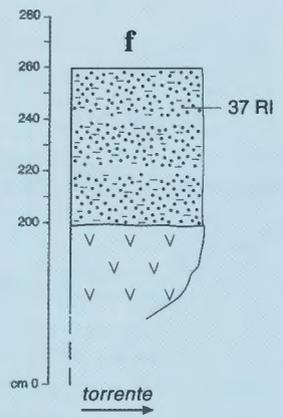
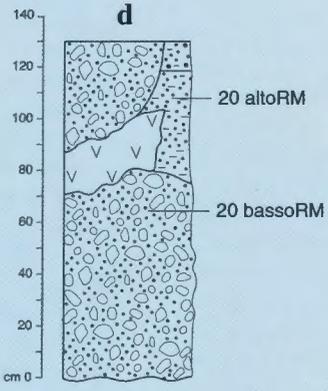
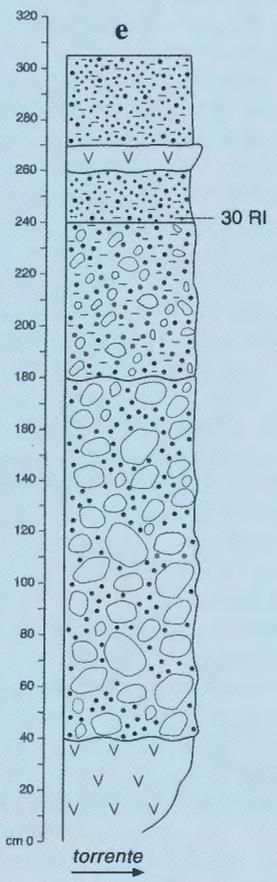
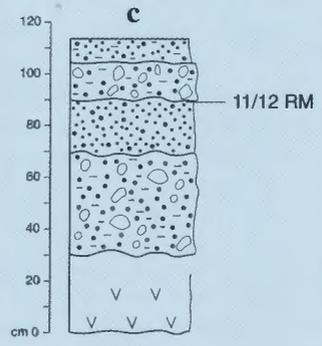
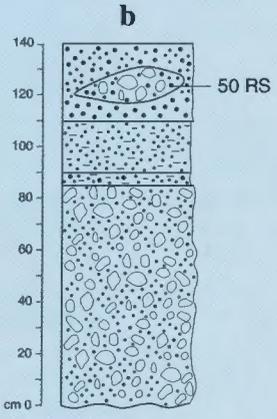
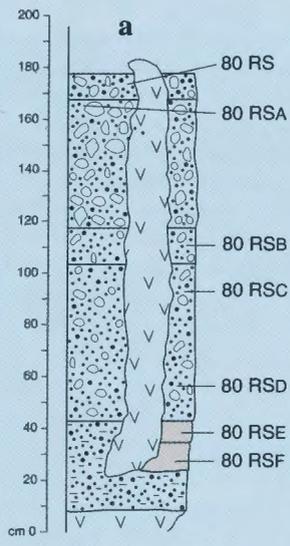
I nuovi campioni studiati provengono da 11 diverse posizioni della grotta e sono rappresentativi dei depositi presenti nei tre principali livelli da cui è costituito il sistema carsico. L'appartenenza a detti livelli viene indicata con le sigle RS (ramo superiore), RM (ramo intermedio) e RI (ramo inferiore), rispettivamente posti circa alle seguenti quote: 160 m, 155-150 m e 145-140 m s.l.m. (Fig. 1).

Alcuni materiali provengono da serie clastiche eterogenee indicative di cicli deposizionali completi, altri sono testimonianze relitte e isolate di fasi intermedie degli stessi eventi, senza escludere la possibilità che essi possano essere ricollegabili ad episodi di sedimentazione del tutto diversi.

I 5 campioni 80 (80RS, 80 RSA, 80 RSB, 80 RSC, 80 RSD), provenienti da un riempimento dello spessore di 170 cm ubicato nel tratto iniziale della Condotta, appartengono ad una successione di strati sovrapposti a granulometria prevalentemente fine (Fig. 2a).

Il campione 50 RS rappresenta il passaggio tra due diversi livelli, a granulometria da ciottolosa a sabbiosa-siltosa, di un riempimento esposto per circa 140 cm di altezza, caratterizzato da classazione diretta e con sottili intercalazioni di sedimenti fini nella parte alta, dove si riconoscono lenti di ciottoli (fig. 2b). Alla base di questa serie i clasti si dispongono in modo embriciato, sono poco arrotondati o, al massimo, debolmente smussati, e possono raggiungere dimensioni fino a 20 cm di diametro (Fig. 2b). Dallo stesso livello della grotta







**Foto 14.** Il riempimento di provenienza del campione 30 RI

**Fig. 2. (a fianco)**

**Sezioni stratigrafiche di alcuni dei riempimenti fisici indagati.**

**Principali composizioni granulometriche:**

- 1 ciottolame con silt
- 2 silt debolmente argilloso
- 3 silt argilloso-sabbioso
- 4 ciottolame con sabbia e silt
- 5 ciottolame con sabbia ed argilla
- 6 ciottolame anche decimetrico con sabbia
- 7 sabbia siltosa
- 8 silt sabbioso
- 9 sabbia
- 10 silt ciottoloso-sabbioso
- 11 silt molto ciottoloso e sabbioso
- 12 silt con scarsa sabbia e pochi ciottoli
- 13 silt sabbioso-ciottoloso

**Principali litologie in posto:**

- 14 crostone calcareo
- 15 roccia gessosa

provengono anche: il campione 68 RS caratterizzato da eterogeneità dimensionale in prevalenza grossolana; il campione 29 RS costituito da quantità pressoché equivalenti di ciottolame e di sedimento fine ed il campione 56 RS in cui alla prevalente frazione pelitica si associano ghiaie e sabbia. Dei riempimenti di appartenenza degli ultimi tre campioni non è stato possibile riconoscere i caratteri strutturali a causa degli scarsi spessori delle loro superfici esposte.

Dal livello intermedio provengono i campioni 20 basso RM e 20 alto RM appartenenti ad un deposito contraddistinto da clasti estremamente grossolani, con diametro fino a 15 cm nella sua parte inferiore, e da peliti siltose, in quella alta. Si tratta di un riempimento della potenza di 130 cm, con regolare ed evidente classazione diretta che, nella sua parte superiore, presenta testimonianze di una ripresa di episodi di sedimentazione molto grossolana con ciottoli centimetrici a spigoli vivi (Fig. 2d). A questo stesso livello della grotta appartiene il riempimento dello spessore di 80-85 cm da cui proviene il campione 11/12 RM. Si tratta, in particolare, del sedimento localizzato al passaggio tra due strati diversi, a componente fine e con spessore di 20 cm quello inferiore e più grossolano quello sovrastante che raggiunge i 15 cm di potenza. I caratteri granulometrici di detto riempimento sono chiaramente riferibili ad almeno due cicli deposizionali caratterizzati da notevoli variazioni dell'energia idraulica del paleotorrente sotterraneo a cui erano collegati (Fig. 2c).

Da questo stesso livello della cavità provengono il campione 27 RM, costituito in prevalenza da ciottolame assai grossolano frammisto a materiale soprattutto siltoso, ed il campione 7 RM, nel quale è assolutamente dominante la componente clastica fine. Entrambi questi materiali, per la limitata esposizione dei depositi di appartenenza, forniscono soltanto indicazioni sui meccanismi fisici della loro formazione e non su quelli, più complessi che, nello stesso livello, hanno invece portato alla sedimentazione dei più potenti riempimenti dai quali provengono i campioni 11/12 RM e i due del 20 RM.

Lungo il ramo inferiore sono stati prelevati i campioni 30 RI (Foto 14) e 37 RI, entrambi posti ad una altezza di oltre 2,4 m dall'alveo attuale del torrente ipogeo. Si tratta di sedimenti che probabilmente rappresentano le fasi terminali dei cicli deposizionali che occlusero un tempo questa parte della cavità. Il campione 30 RI, proveniente da un riempimento dello spessore di circa 265 cm, rappre-



senta il sedimento posto al passaggio tra clasti a media grossolanità nella parte inferiore e superiormente assai più fini. Alla base di questo riempimento sono numerosi i ciottoli di dimensioni anche decimetriche (Fig. 2e). Infine il campione 37 RI, posto su di una mensola naturale di roccia gessosa, appare in netta dominanza costituito da sedimento assai fine nel quale sono intercalati sottili livelli di piccoli ciottoli (Fig. 2f). Date le notevoli analogie macroscopiche e la vicinanza spaziale (circa 45 m) tra questi ultimi due campioni, non è da escludersi una loro coesività genetica.

### **Considerazioni suggerite dai dati granulometrici**

La composizione granulometrica (Tab.1, Grafico 1), particolarmente indicativa in quanto ottenuta su campioni quantitativamente rappresentativi, porta alla seguente classificazione:

Campione:

80 RS	silt sabbioso-ciottoloso
80 A RS	silt con abbondanti ciottoli e sabbia
80 B RS	silt sabbioso con scarsi ciottoli
80 C RS	silt ciottoloso-sabbioso
80 D RS	silt sabbioso-ciottoloso
29 RS	silt con numerosi ciottoli e scarsa sabbia
50 RS	ciottolame siltoso-sabbioso
56 RS	silt ciottoloso-sabbioso
68 RS	ciottolame siltoso-sabbioso
7 RM	silt argilloso
11/12 RM	silt ciottoloso con scarsa sabbia
20 basso RM	ciottolame siltoso
20 alto RM	silt argilloso con scarsi ciottoli
27 RM	ciottolame siltoso con scarsa sabbia e argilla
30 RI	silt argilloso-sabbioso
37 RI	silt argilloso con scarsa sabbia

A questi materiali può essere affiancato un altro campione proveniente dal ramo intermedio (RM) della stessa grotta e già studiato in precedenza (ROSSI & MAZZARELLA, 1998), che per la sua composizione granulometrica (Tab. 2) può essere classificato come ciottolame siltoso con scarso contenuto di argilla e sabbia. Tale campione fu prelevato nel punto in cui si rinvennero i resti fossili di mammiferi (REGGIANI P., *ivi*).

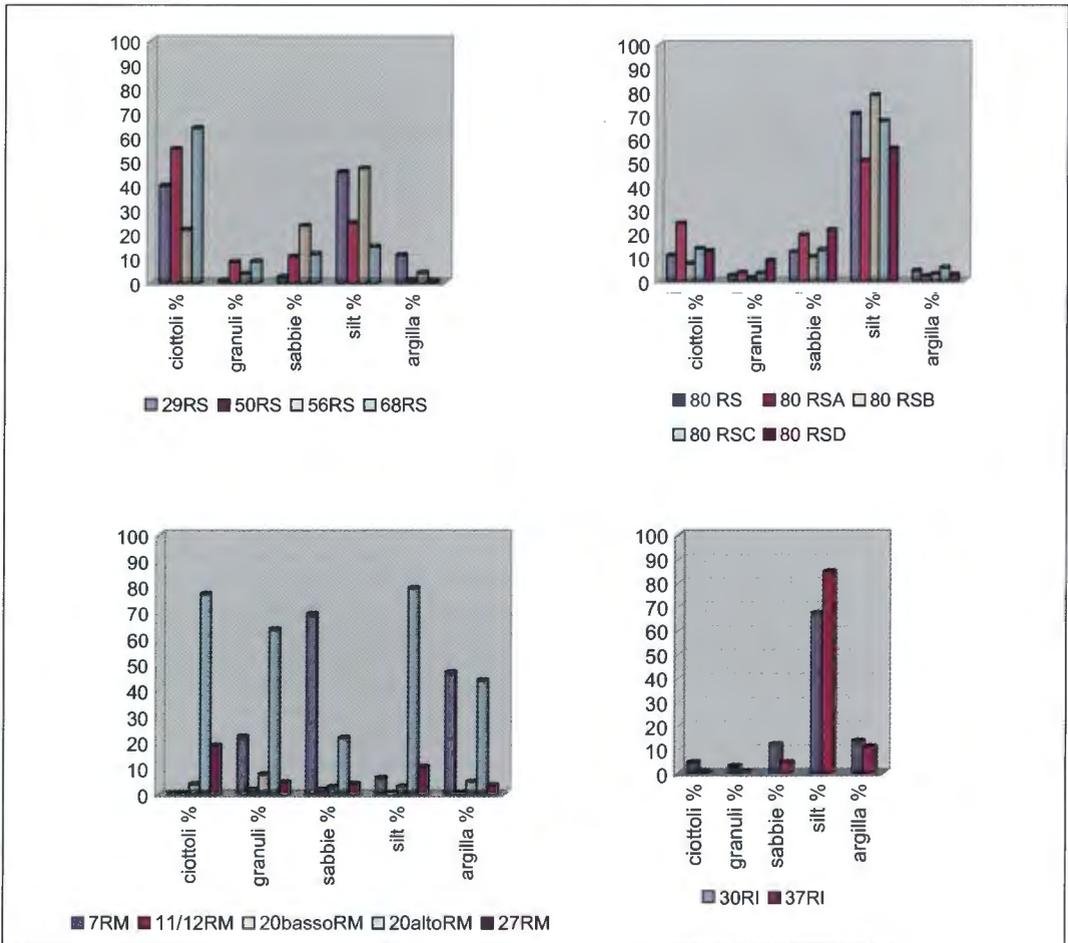
Raffrontando in modo analitico i dati morfoscopici di sedimenti eterometrici provenienti da alcune delle principali cavità dei gessi emiliani tra cui quelli della Grotta Calindri, si può sicuramente incorrere in generalizzazioni interpretative. Tuttavia, in base ai dati della Tab. 1, è possibile proporre alcune considerazioni sui riempimenti indagati relative alla loro provenienza, alla loro natura petrografica, ai loro meccanismi genetici e alla eventuale ripetitività di tali meccanismi.

Dalla Tab. 1 appare evidente che nel ramo superiore (RS) esiste una netta differenza tra i cinque campioni 80 e gli altri prelevati dallo stesso livello. Anche l'esame macroscopico di ciottoli e granuli conferma questa differenza; infatti, mentre nei primi materiali la maggior parte dei clasti componenti indica chiaramente che essi sono stati interessati da scarso o nullo trasporto e che provengono soprattutto dalla frammentazione di concrezioni in prevalenza gessose, negli altri campioni risultano scarsamente rappresentati i depositi chimici e molto evidenti nei clasti presenti gli effetti morfologici dovuti ad un trasporto meccanico da parte di un agente ad alta energia idraulica. Si può inoltre affermare che, diversamente da questi ultimi, i riempimenti della Condotta (campioni 80) sono ricollegabili a meccanismi fisici contraddistinti da energie deposizionali più tranquille e costanti, caratterizzate da una elevata torbidità dovuta ad un trasporto di sedimento fine, ed in grado di provocare soltanto limitati spostamenti spaziali dei frammenti clastici della roccia gessosa e dei crostoni calcarei e solfatici asportati dalle pareti della cavità.

A loro volta gli altri campioni del ramo superiore (29 RS, 50 RS, 56 RS e 68 RS) risultano essere il prodotto della sedimentazione di un agente fisico ad elevata energia idraulica che ha favorito la deposizione di grandi quantità di clasti di diametro superiore a 2 mm. In questi stessi materiali la contemporanea presenza, assieme ai ciottoli, di sabbia, silt e argilla porta ad ipotizzare che dette frazioni fini si siano depositate durante le fasi terminali, a più debole energia, del meccanismo fisico che ha originato detti depositi. E' durante tali stadi di chiusura deposizionale che ogni singolo riempimento avrebbe acquisito le sue definitive caratteristiche morfoscopiche. Maggiori differenze si rilevano fra i campioni del livello intermedio (RM) dove sono presenti sia

	Ciottoli %	Granuli %	Sabbie %	Silt %	Argilla %
80 RS	10,71	2,16	12,11	70,76	4,26
80 RSA	24,32	3,44	19,31	50,87	2,06
80 RSB	7,22	1,24	10,03	78,55	2,96
80 RSC	13,55	3,19	13,04	67,74	5,48
80 RSD	12,66	8,50	21,51	55,97	2,56
29 RS	39,98	0,83	2,31	45,61	11,27
50 RS	55,22	8,51	10,54	24,70	1,03
56 RS	21,68	3,54	23,52	47,17	4,09
68 RS	63,80	8,67	11,88	14,91	0,74
7 RM	0,00	0,02	3,94	77,28	18,76
11/12 RM	22,31	1,71	7,73	63,62	4,63
20 basso RM	69,54	1,70	2,89	21,85	4,02
20 alto RM	6,37	0,45	3,03	79,48	10,77
27 RM	47,06	0,53	4,95	43,97	3,49
30 RI	4,60	2,92	12,11	66,96	13,41
37 RI	0,03	0,06	4,58	84,38	10,95

**Tabella 1.** Dati granulometrici. Vengono indicati come: Ciottoli, i clasti con diametro > 4mm; Granuli, quelli con diametro 4-2 mm; Sabbia, quelli con diametro 2-0,0625; Silt, la frazione con diametro 0,0625-0,0039; Argille, la frazione con diametro < 0,0039.



**Grafico 1.** Rappresentazione della distribuzione percentuale delle frazioni granulometriche riportate in Tabella 1.



serie sedimentate a prevalente composizione clastica fine che altre dove la frazione ciottolosa è dominante. E' difficile, se non impossibile, effettuare sicure correlazioni stratigrafiche e sedimentologiche fra questi depositi; tuttavia, attraverso l'esame visivo dei depositi fisici da cui provengono i campioni ora analizzati e di quello già studiato in precedenza (ROSSI & MAZZARELLA, 1998), è possibile avere una conferma dei meccanismi deposizionali ipotizzati per i riempimenti clastici del livello superiore della grotta. Si ha inoltre riscontro che durante le fasi finali di ogni evento deposizionale, oltre alla completa occlusione con sedimenti fini dei vuoti esistenti fra i ciottoli più grossolani, si è avuta anche la deposizione di strati decimetrici a quasi esclusiva componente clastica fine.

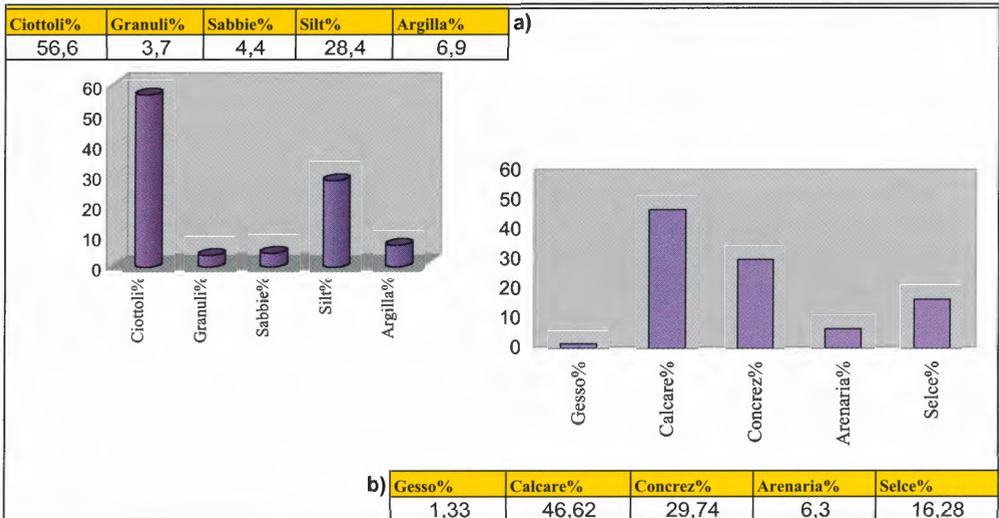
Osservando poi la parte più alta del riempimento 20 RM, dove ciottolame a pezzatura grossolana ricopre sedimenti siltosi-argillosi, è possibile ipotizzare una probabile ripetitività delle stesse condizioni e dei meccanismi sedimentari che avevano già permesso l'accumulo dell'abbondante componente ciottolosa presente nella parte inferiore dello stesso deposito.

Per quanto riguarda i campioni provenienti dal ramo inferiore (RI), in base alla loro granulometria abbastanza omogenea (Tab. 1) e alle caratteristi-

che strutturali dei riempimenti di appartenenza, sembra plausibile l'idea di una loro formazione praticamente coeva. Pertanto, sebbene fra essi il solo campione 30 RI provenga da un consistente riempimento fisico con evidente classazione diretta (Foto 14), entrambi i materiali analizzati si sarebbero sedimentati durante le fasi terminali del medesimo evento deposizionale, iniziato con l'accumulo di ciottolame di dimensioni anche decimetriche da parte di un torrente ad elevatissima energia idraulica e proseguito con una graduale diminuzione della capacità di trasporto grossolano del corso d'acqua stesso a cui faceva diretto riscontro una progressiva riduzione dimensionale dei clasti depositati. Anche in questo livello della cavità l'evento deposizionale si sarebbe evoluto e concluso con la sedimentazione di materiale progressivamente più fine, dapprima occludente gli spazi fra i clasti, poi in accumulo diretto a formare strati poco più che decimetrici al tetto di riempimenti di spessore metrico.

#### **Considerazioni litologiche sui clasti di diametro superiore ad 1 mm**

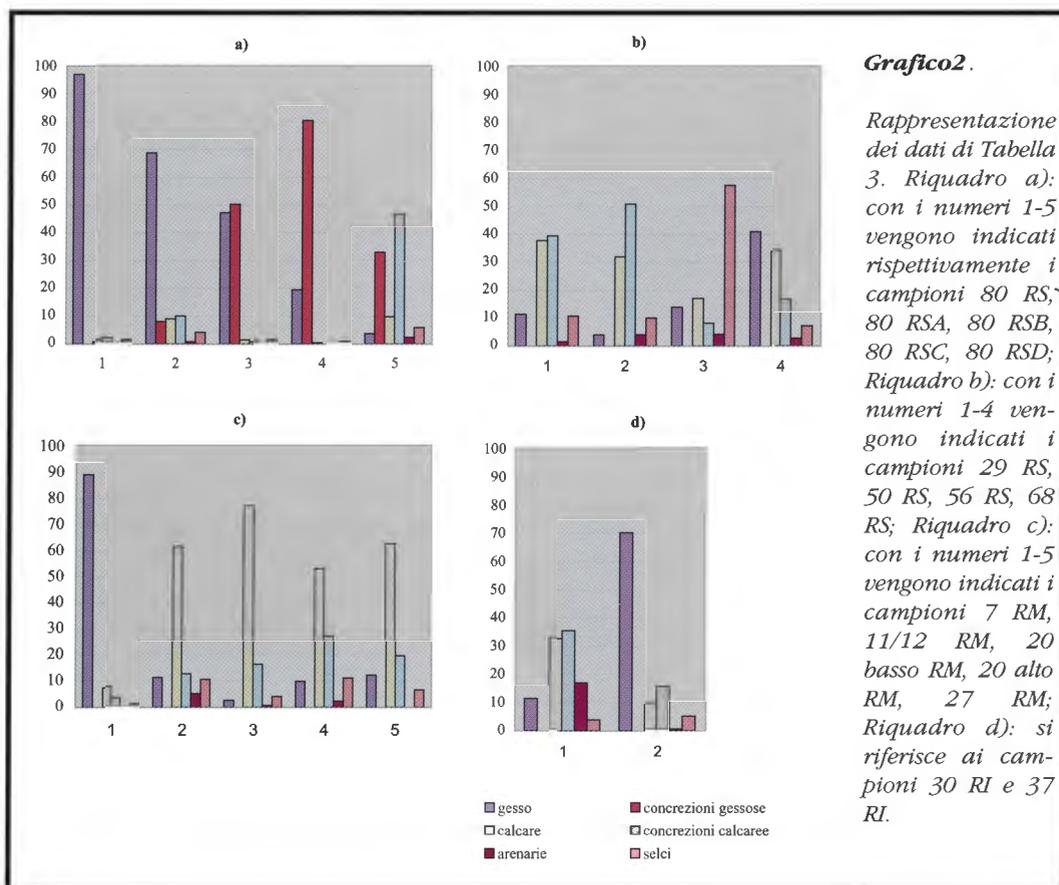
In base a quanto anticipato nel paragrafo "metodologia d'indagine" sono stati identificati i seguenti litotipi:



**Tabella 2.** Dati granulometrici e litologici e loro rappresentazione grafica dei clasti del campione Calindri 1 (Rossi & Mazzarella, 1998).

	Gesso %	Conc.Gessose %	Calcare %	Conc.Calcaree %	Arenarie %	Selci %
80 RS	96,91	0,00	0,75	1,59	0,04	0,71
80 RSA	68,61	7,89	8,84	9,93	0,72	4,01
80 RSB	47,12	50,25	1,32	0,68	0,00	0,63
80 RSC	19,28	80,25	0,30	0,00	0,00	0,17
80 RSD	3,53	32,74	9,63	46,28	2,17	5,65
29 RS	11,22	0,00	37,68	39,30	1,28	10,52
50 RS	3,88	0,00	31,76	50,70	3,84	9,82
56 RS	13,71	0,00	16,87	8,03	3,98	57,41
68 RS	40,85	0,00	33,76	15,97	2,59	6,83
7 RM	89,06	0,00	7,32	3,01	0,00	0,61
11/12 RM	11,15	0,00	60,99	12,51	5,00	10,35
20 BASSO RM	2,49	0,00	76,82	16,12	0,62	3,95
20 ALTO RM	9,66	0,00	52,67	26,61	2,20	10,86
27 RM	11,97	0,00	62,21	19,26	0,04	6,52
30 RI	11,17	0,00	32,62	35,50	16,82	3,89
37 RI	70,04	0,00	9,33	15,14	0,50	4,99

**Tabella 3.** Distribuzione percentuale delle litologie identificate nei 16 nuovi campioni studiati.



**Gesso:** si tratta di frammenti di cristalli o della roccia entro la quale si è sviluppato il sistema carsico della Grotta Calindri.

**Calcare:** rappresenta una testimonianza dei litotipi affioranti a monte della cavità oppure di quelli presenti nelle antiche alluvioni che ricoprivano la formazione messiniana.

**Arenarie:** come i calcari, questo litotipo è indicativo di litologie affioranti lungo la dorsale appenninica dell'area centro-emiliana oppure di litotipi, anch'essi presenti nelle coperture alluvionali quaternarie, i quali, convogliati all'interno della grotta, hanno rifornito la componente clastica trasportata dal torrente.

**Concrezioni gessose:** si tratta di frammenti di depositi chimici di natura solfata formati all'interno della cavità, che azioni di smantellamento e di trasporto da parte del corso d'acqua ipogeo hanno accumulato soprattutto in un cunicolo nella parte alta della grotta.

**Concrezioni calcaree:** anche in questo caso si ha conferma di fenomeni secondari di deposizione chimica, in questo caso però carbonatici, interni alla grotta; essi pure sottoposti ad azioni di smantellamento, frammentazione e trasporto sotto forma di clasti detritici, da parte del torrente sotterraneo.

**Selci:** si tratta di ciottoli di esclusiva provenienza esterna. Appartengono a questo gruppo sia frammenti di roccia silicea che frammenti di singoli cristalli di *Quarzo*.

Di notevole interesse e particolarmente indicativi risultano i dati percentuali relativi alla natura litologica dei clasti di diametro superiore ad 1 mm (Tab. 3, Grafico 2) e quelli sulla composizione mineralogica di tutte le frazioni granulometriche inferiori a tale valore dimensionale. Va inoltre ricordato che i valori numerici riportati nella Tab. 3 corrispondono alle medie complessive delle frazioni comprese fra 1 e 128 mm.

I dati litologici confermano, nonostante la loro variabilità distributiva, la particolarità dei campioni provenienti dal riempimento della Condotta. Si tratta, ad eccezione del campione 80 RSD, di sedimenti costituiti in netta prevalenza da materiale gessoso, sia come frammenti della roccia circostante, sia come clasti provenienti da concrezioni smantellate e, in base alle loro forme, assai poco trasportati. Oltre a questa le altre litologie riconosciute (calcari e concrezioni calcaree, arenarie e

selci) sono poco rappresentate, ad eccezione del campione 80 RSA dove esse assommano complessivamente a circa il 92%. Sembra chiaramente diverso il campione 80 RSD nel quale continuano ad essere presenti gli stessi litotipi ma con netta diminuzione di quelli gessosi; in esso è indicativa la presenza delle *concrezioni calcaree* (46,28%) e delle *selci* (5,65%).

Quanto sopra esposto conferma che i 5 campioni del riempimento della Condotta possono essere considerati il risultato di un evento deposizionale del tutto indipendente (o quasi) da quelli che hanno portato alla formazione degli altri depositi clastici presenti nella cavità. Forse solo nella fase di sedimentazione iniziale di questa serie si è avuto un parziale apporto di materiali detritici provenienti dall'esterno oppure dal rimaneggiamento di altri riempimenti presenti nello stesso ramo superiore della grotta e costituiti da clasti provenienti dalle coperture alluvionali esterne. E' inoltre elemento certo che la Condotta costituisca un tratto di grotta estremamente ricco di concrezioni sia gessose che calcaree, il quale, in un determinato periodo della sua evoluzione carsica, è stato percorso da un corso d'acqua in grado di smantellare, asportandoli dalle pareti, tutti i depositi chimici presenti, ma non capace di trasportare per lunghi tratti e di usare la componente detritica liberata. In pratica avveniva una frammentazione delle concrezioni ed una loro quasi immediata deposizione. Nella fase conclusiva di tale evento, quando ormai non esistevano più concrezioni da smantellare, le acque del torrente avrebbero asportato frammenti della roccia gessosa incassante o di singoli cristalli depositandoli dopo un breve percorso, come è testimoniato dalle loro scarse forme arrotondate o smussate.

Diversi, soprattutto nella distribuzione percentuale dei litotipi componenti, sono gli altri riempimenti fisici presenti nello stesso ramo della grotta. In essi la componente clastica, sia per la natura litologica che per le forme in essa presenti, è chiaramente riconducibile ad azioni di trasporto prolungate e ad una provenienza ricollegabile soprattutto a coperture alluvionali esterne. In detti campioni mancano del tutto le concrezioni gessose, assenza che esclude i fenomeni di smantellamento di depositi chimici secondari di natura solfata, che avevano invece caratterizzato i riempimenti della Condotta. Nei campioni 29 RS, 50 RS, 56 RS e 68 RS sono invece ben rappresentate le concrezioni calcaree, testimonianza di un contributo detritico da parte di depositi chimici secondari

però di natura carbonatica; a loro volta i calcari, le arenarie e le selci, in quantità complessiva superiore al 40% e appartenenti a litologie estranee alla formazione evaporitica, confermano apporti detritici non solo dall'esterno della grotta ma anche da affioramenti sicuramente molto lontani dalle limitrofe aree appenniniche. Fra questi ultimi materiali va sottolineata la peculiarità del campione 56 RS, nel quale oltre il 57% dei suoi clasti di dimensioni superiori ad 1 mm è costituito da selci. Si tratta sicuramente di un episodio di deposizione nel quale l'abbondante presenza silicea era di provenienza diretta da coperture alluvionali esterne ricche di tale litologia, oppure rappresentava il risultato di un prolungato meccanismo selettivo di concentrazione litologica, ricollegabile a rimaneggiamenti ripetuti di riempimenti precedenti durante i quali le selci, litologia ad elevata resistenza alle azioni di abrasione e di alterazione, tendevano indirettamente ad aumentare in quantità ogni qualvolta avveniva la formazione di un nuovo deposito.

Diversa è la distribuzione petrografica dei clasti presenti nei riempimenti del ramo intermedio. Infatti, pur essendo presenti gli stessi litotipi, nella maggior parte dei campioni analizzati è prevalente il ciottolame di natura calcarea che raggiunge, ma può anche superare, il 75-80%. Mancano le concrezioni gessose ed è insignificante la componente arenacea. Sono invece ben rappresentate le selci le cui percentuali variano dal 4% (campione 20 basso RM) al 16% (campione Calindri 1) (Tab. 2). Si tratta quasi sempre di sedimenti fra i più ciottolosi la cui natura petrografica, assolutamente diversa dal tipo di roccia in cui si è sviluppato il sistema carsico, testimonia una loro provenienza prevalente da coperture esterne ed un loro trasporto e deposizione in ambiente ipogeo da parte di un corso d'acqua che, periodicamente e talora con fasi temporali prolungate, possedeva una elevata energia idraulica.

Nel campione Calindri 1, proveniente sempre da questo stesso livello, risulta dominante la componente calcarea, legata sia a frammenti di roccia che di concrezione; trascurabile è la presenza del gesso, mentre arenarie e selci raggiungono percentuali superiori rispetto agli altri riempimenti analizzati.

Fra tutti i campioni provenienti da questo tratto della grotta, la composizione petrografica evidenzia la particolarità del 7 RM, che già anche i dati granulometrici avevano indicato come differente dagli altri a causa della sua quasi esclusiva

composizione siltoso-argillosa. In questo campione la componente detritica di diametro superiore ad 1 mm è costituita in prevalenza da frammenti di roccia e di cristalli di Gesso; mancano le concrezioni gessose e le arenarie mentre sono presenti, ma in quantità poco indicativa, i ciottoli di roccia calcarea o provenienti da depositi chimici secondari di natura carbonatica; è infine assolutamente insignificante la componente selciosa (selci, frammenti di cristalli di Quarzo, ecc.). Quest'ultimo campione dal punto di vista litologico, pur non presentando elementi per una sicura correlazione stratigrafica, rivela profonde analogie con il campione 80 RS del ramo superiore. Due sono le possibili interpretazioni sulla sua genesi: o nella fase di deposizione si sono create le stesse particolari condizioni che poi avrebbero controllato la deposizione del campione sovrastante, oppure il deposito 7 RS è successivo alla formazione del riempimento della Condotta e proviene dal dilavamento, asporto localizzato e successiva deposizione nel ramo inferiore del materiale clastico dilavato dai sedimenti di questa particolare zona della grotta.

Dei due riempimenti fisici del ramo più basso della cavità, granulometricamente fra loro abbastanza simili, sono da rimarcare le notevoli differenze nella distribuzione percentuale delle litologie dei clasti componenti. Si tratta in entrambi i materiali, degli stessi tipi di roccia, in netta dominanza gessosi nel campione 37 RI mentre nel 30 RI sono quelli calcarei, o provenienti da concrezioni calcaree, i prevalenti. Nel primo le arenarie risultano praticamente assenti mentre nell'altro tale litologia è invece presente in modo significativo (16,82 %); in entrambi poi è abbastanza costante la componente selciosa.

In base ai caratteri tessiturali e composizionali di questi due ultimi riempimenti, è possibile attribuirne la formazione ad apporti detritici esterni ai quali si potevano associare numerosi frammenti provenienti dalla roccia gessosa incassante oppure da concrezioni calcaree. Va inoltre fatto notare che, nelle fasi iniziali di formazione, soprattutto del riempimento 30 RI, dove sono numerosi i ciottoli di diametro decimetrico, l'energia idraulica del torrente sotterraneo era elevatissima e capace non solo di trasportare clasti di pezzatura elevata ma anche di favorire un discreto smussamento-arrotondamento. La progressiva attenuazione di detta energia sarebbe stata accompagnata da una graduale diminuzione dimensionale del ciottolame trasportato e depositato, con conseguente

progressiva, fino a totale, occlusione degli spazi infraclasti e la sedimentazione al tetto dei riempimenti, di materiali, a luoghi, o quasi esclusivamente, siltoso-argillosi oppure siltoso-argillosi con scarso scheletro sabbioso.

Da ultimo va ricordata una particolarità comune a diversi campioni quali: 80 RS, 80 RSB, 50 RS, 20 alto RM, 11/12 RM e 37 RI. In essi si riconoscono numerosissime millimetriche "rosette di Gesso". Esse sono testimonianza di fenomeni di ricristallizzazione secondaria legati ad acque arricchite di ioni solfato che percolavano all'interno dei riempimenti clastici.

### **Composizione mineralogica delle frazioni granulometriche inferiori ad 1 mm**

E' opportuno ribadire che le valutazioni sulla distribuzione di *Quarzo*, *Feldspato*, *Illite*, *Clorite*, *Calcite*, *Dolomite*, *Gesso* e *Sostanza amorfa* sono da considerarsi soggettive e non corrispondenti a specifiche percentuali quantitative. Dette valutazioni sono valide soprattutto per un raffronto incrociato delle presenze di ogni specifico minerale nelle diverse frazioni granulometriche di ciascun campione. Per comodità espositiva le informazioni distributive della Tab. 4 vengono sintetizzate indicando le classi dimensionali contraddistinte dalle massime frequenze di presenza di ogni singola fase cristallina identificata. Va inoltre sottolineato che rispetto alla frazione con la maggiori presenza quantitativa, quelle appartenenti alle classi granulometricamente contigue, presentano una diminuzione progressiva abbastanza regolare del minerale considerato.

**Quarzo.** Nel ramo superiore questo minerale prevale nella frazione sabbiosa molto fine del riempimento della Condotta mentre negli altri campioni dello stesso livello è soprattutto presente nelle frazioni comprese tra 1 e 0,25 mm. Nei materiali dei due rami sottostanti sono le classi granulometriche sabbiose che vanno da 0,25 a 0,0625 mm le più ricche di questa fase che, tuttavia, in un paio di campioni sembra concentrarsi preferenzialmente nella sabbia media.

**Feldspato.** Nei campioni dei tre livelli è la sabbia molto fine la frazione in cui è più abbondante questo silicato, il quale talvolta si rivela significativamente presente anche nelle frazioni comprese tra 0,5 e 0,125 mm e in quella siltosa.

**Illite e Clorite.** Si tratta di due minerali tipicamente argillosi quindi dalle dimensioni in genere molto fini. E' questa caratteristica che favorisce una loro concentrazione preferenziale nei silt e nelle argille.

**Calcite.** Nei campioni di tutta la grotta la *Calcite* tende a concentrarsi nelle varie classi sabbiose, pur essendo presente anche nei silt e nelle argille. Solo nel campione 56 RS esistono frazioni in cui questo minerale manca o è molto scarso.

**Dolomite.** Nel livello superiore la *Dolomite* si concentra nei silt dei campioni della Condotta mentre negli altri riempimenti della stessa quota questo minerale si concentra senza un vero criterio preferenziale. Nel ramo intermedio è occasionalmente presente sia nelle sabbie che nei silt e nelle argille. Nel livello inferiore è la frazione compresa tra 0,0625 e 0,0039 quella più ricca di questo carbonato. Va inoltre sottolineato che in varie classi dimensionali di molti dei campioni analizzati questo minerale può anche essere del tutto assente o molto scarso.

**Gesso.** In tutti i riempimenti dei tre livelli questo solfato è costantemente abbondante nelle frazioni granulometriche comprese fra 1 e 0,125 mm, con maggiore frequenza soprattutto nelle sabbie medie e in quelle grossolane. Solo in qualche campione del ramo superiore tale minerale può essere considerato quantitativamente significativo anche nell'argilla.

**Sostanza amorfa.** Si tratta delle valutazioni quantitative più soggettive e passibili di critica dato il criterio utilizzato per stimarne la presenza. E' tuttavia inconfutabile un elemento costante, forse perché intrinseco alla sua particolare natura, che la vede concentrarsi preferenzialmente nel silt e nell'argilla.

E' inoltre possibile, attraverso un raffronto analitico dei dati della Tab. 3 (relativi alle percentuali litologiche) e della Tab. 4 (che riporta le valutazioni semiquantitative della presenza di alcuni minerali nelle classi granulometriche medie e fini), riconoscere una regolare effettiva continuità distributiva fra i dati numerici della prima e le valutazioni soggettive della seconda. Infatti, ogni minerale considerato in quest'ultima può essere rapportabile alle litologie riconosciute macroscopicamente.

Campione 80 RS								
Diam. in mm	Quarzo	Feldspato	Illite	Clorite	Calcite	Dolomite	Gesso	Amorfa
1-05	**	**	--	*	***	*	*****	*
0,5-0,25	***	***	--	*	***	**	***	*
0,25-0,125	***	***	--	*	***	*	***	*
0,125-0,0625	****	***	**	*	***	*	*****	*
0,0625-0,0039	****	***	***	***	**	***	**	**
< 0,0039	*	*	**	**	*	*	*****	0
Campione 80 RSA								
Diam. in mm	Quarzo	Feldspato	Illite	Clorite	Calcite	Dolomite	Gesso	Amorfa
1-05	***	--	0	0	***	*	*****	0
0,5-0,25	**	**	0	0	***	--	*****	0
0,25-0,125	****	***	--	0	**	--	*****	0
0,125-0,0625	****	***	--	--	***	0	***	0
0,0625-0,0039	***	***	**	**	*	**	**	*
< 0,0039	**	**	**	**	*	*	***	*
Campione 80 RSB								
Diam. in mm	Quarzo	Feldspato	Illite	Clorite	Calcite	Dolomite	Gesso	Amorfa
1-05	**	**	0	**	**	*	*****	**
0,5-0,25	**	*	0	*	**	0	*****	*
0,25-0,125	***	**	0	*	**	--	***	**
0,125-0,0625	****	***	*	--	***	--	**	**
0,0625-0,0039	***	**	**	**	**	**	--	***
< 0,0039	**	*	*	*	*	--	*	**
Campione 80 RSC								
Diam. in mm	Quarzo	Feldspato	Illite	Clorite	Calcite	Dolomite	Gesso	Amorfa
1-05	**	**	0	*	**	*	***	**
0,5-0,25	*	--	0	0	**	0	***	*
0,25-0,125	**	*	0	0	**	*	***	*
0,125-0,0625	***	**	*	**	**	0	***	*
0,0625-0,0039	***	**	**	**	**	**	*	***
< 0,0039	**	*	*	**	***	*	*****	**
Campione 80 RSD								
Diam. in mm	Quarzo	Feldspato	Illite	Clorite	Calcite	Dolomite	Gesso	Amorfa
1-05	**	*	0	*	***	0	**	**
0,5-0,25	***	**	0	--	***	0	**	*
0,25-0,125	****	***	--	*	***	--	**	*
0,125-0,0625	***	***	0	0	**	*	*	***
0,0625-0,0039	**	*	**	*	**	**	--	***
< 0,0039	**	*	*	*	*	**	--	***
Campione 29 RS								
Diam. in mm	Quarzo	Feldspato	Illite	Clorite	Calcite	Dolomite	Gesso	Amorfa
1-05	**	**	0	*	**	--	**	**
0,5-0,25	***	***	--	*	***	*	*	***
0,25-0,125	****	****	**	*	***	*	--	*
0,125-0,0625	***	***	*	*	***	--	--	***
0,0625-0,0039	***	**	***	***	**	**	0	**
< 0,0039	*	*	**	**	***	--	0	**
Campione 50 RS								
Diam. in mm	Quarzo	Feldspato	Illite	Clorite	Calcite	Dolomite	Gesso	Amorfa
1-05	****	**	*	0	***	0	**	0
0,5-0,25	*****	**	0	0	***	0	***	0
0,25-0,125	***	**	0	--	***	--	***	0
0,125-0,0625	***	***	*	0	***	--	**	0
0,0625-0,0039	***	**	**	*	**	--	--	*
< 0,0039	*	--	*	--	*	0	*	--
Campione 56 RS								
Diam. in mm	Quarzo	Feldspato	Illite	Clorite	Calcite	Dolomite	Gesso	Amorfa
1-05	****	**	*	0	--	*	***	**
0,5-0,25	***	**	*	0	--	*	***	*
0,25-0,125	**	**	*	--	**	*	***	--
0,125-0,0625	***	**	**	0	***	*	***	--
0,0625-0,0039	****	**	***	*	0	*	**	**
< 0,0039	*	***	***	**	**	***	***	--

**Tabella 4.** (pag.59-60)  
 Valutazioni semiquantitative delle presenze mineralogiche nelle varie frazioni granulometriche di diametro < 1 mm suggerite dall'indagine diffrattometrica. Con la seguente simbologia si indica:

- 0 : assente
- : tracce
- \* : scarsa
- \*\* : presente
- \*\*\* : ben presente
- \*\*\*\* : abbondante
- \*\*\*\*\* : molto abbondante
- \*\*\*\*\* : assolutamente dominante



Campione 68 RS								
Diam. in mm	Quarzo	Feldspato	Illite	Clorite	Calcite	Dolomite	Gesso	Amorfa
1-05	***	*	--	*	***	*	***	--
0,5-0,25	*****	**	--	--	***	--	*****	0
0,25-0,125	****	***	*	*	***	*	*****	0
0,125-0,0625	***	***	*	--	**	*	--	*
0,0625-0,0039	***	**	**	**	**	*	--	*
< 0,0039	**	**	*	**	*	--	*****	--
Campione 7 RM								
Diam. in mm	Quarzo	Feldspato	Illite	Clorite	Calcite	Dolomite	Gesso	Amorfa
1-05	**	**	--	--	***	**	*****	0
0,5-0,25	*****	***	0	--	***	*	*****	0
0,25-0,125	****	**	--	--	****	--	***	**
0,125-0,0625	***	***	*	*	*****	--	**	*
0,0625-0,0039	****	***	***	***	***	**	--	**
< 0,0039	**	--	**	***	**	**	--	**
Campione 11/12 RM								
Diam. in mm	Quarzo	Feldspato	Illite	Clorite	Calcite	Dolomite	Gesso	Amorfa
1-05	***	***	--	0	***	--	***	0
0,5-0,25	***	**	--	0	***	--	**	0
0,25-0,125	****	**	0	0	****	--	**	0
0,125-0,0625	****	***	--	*	****	0	*	0
0,0625-0,0039	***	**	**	**	**	**	--	**
< 0,0039	*	*	**	*	*	*	*	**
Campione 20 basso RM								
Diam. in mm	Quarzo	Feldspato	Illite	Clorite	Calcite	Dolomite	Gesso	Amorfa
1-05	***	**	--	--	***	**	*	0
0,5-0,25	***	**	0	*	***	*	**	0
0,25-0,125	****	***	--	*	****	--	***	0
0,125-0,0625	****	****	*	*	****	*	*	0
0,0625-0,0039	***	**	**	**	***	**	--	--
< 0,0039	**	*	*	*	**	**	--	*
Campione 20 alto RM								
Diam. in mm	Quarzo	Feldspato	Illite	Clorite	Calcite	Dolomite	Gesso	Amorfa
1-05	***	***	--	*	*****	**	*	0
0,5-0,25	****	**	*	*	***	**	**	*
0,25-0,125	****	***	*	*	**	--	--	***
0,125-0,0625	*****	****	**	--	****	*	--	0
0,0625-0,0039	***	**	***	**	**	**	--	**
< 0,0039	**	--	***	**	**	**	--	***
Campione 27 RM								
Diam. in mm	Quarzo	Feldspato	Illite	Clorite	Calcite	Dolomite	Gesso	Amorfa
1-05	***	**	--	*	***	**	***	0
0,5-0,25	*****	****	--	*	***	**	****	0
0,25-0,125	***	***	*	*	***	*	***	--
0,125-0,0625	***	**	*	*	****	--	*	--
0,0625-0,0039	****	***	**	***	**	**	--	*
< 0,0039	**	*	**	***	*	--	--	+
Campione 30 RI								
Diam. in mm	Quarzo	Feldspato	Illite	Clorite	Calcite	Dolomite	Gesso	Amorfa
1-05	**	**	--	--	****	--	****	0
0,5-0,25	***	**	--	--	****	--	****	0
0,25-0,125	****	***	--	--	****	*	***	0
0,125-0,0625	****	***	*	--	****	*	*	0
0,0625-0,0039	****	**	**	**	***	**	--	*
< 0,0039	**	--	***	*	***	*	--	**
Campione 37 RI								
Diam. in mm	Quarzo	Feldspato	Illite	Clorite	Calcite	Dolomite	Gesso	Amorfa
1-05	***	**	0	0	**	**	***	0
0,5-0,25	***	**	0	--	**	**	***	--
0,25-0,125	****	*	--	--	****	**	***	0
0,125-0,0625	*****	**	*	*	****	*	*	--
0,0625-0,0039	****	**	**	***	**	***	--	**
< 0,0039	**	*	*	**	*	**	--	**

Il *Quarzo* infatti può essere ricollegato alla componente selciosa-silicea o, eventualmente, ad arenarie quarzose; la *Calcite* a litologie carbonatiche quali calcari, peliti calcaree e concrezioni carbonatiche; il *Gesso* a clasti sia asportati dalla roccia incassante che provenienti dallo smantellamento di depositi chimici secondari di natura solfata; il *Feldspato*, i minerali argillosi (*Illite* e *Clorite*) e, con ogni probabilità, anche la *Dolomite* possono essere ricollegati a peliti sia esterne che presenti, come intercalazioni, nella *Formazione Evaporitica*. Quest'ultimo gruppo di minerali può anche rappresentare la componente a granulometria medio-fine, delle coperture alluvionali esterne, in prevalenza ghiaioso-ciottolose, da cui proviene buona parte dei riempimenti fisici della cavità. Infine la componente amorfa, in prevalenza di natura carboniosa ma anche costituita da ossidi vari, è attribuibile al trasporto, alla alterazione, disgregazione e distruzione, totale o parziale, dei clasti movimentati dall'esterno e poi depositati internamente alla grotta.

### **Considerazioni conclusive**

La presenza in tutta la cavità di riempimenti fisici, in genere caratterizzati da caratteri sedimentologici e strutturali analoghi, suggerisce l'ipotesi che essi rappresentino la testimonianza di un evento deposizionale prolungato nel tempo e legato ad un agente genetico (il torrente ipogeo) la cui capacità di asporto, trasporto e sedimentazione, variava o si ripeteva nel tempo in funzione della sua energia idraulica.

Secondo questa ipotesi, il sistema carsico della Grotta Calindri, rappresenterebbe una struttura ipogea preesistente e indipendente dai suoi riempimenti fisici, in particolare legata a fasi di sviluppo ed ampliamento soprattutto di tipo chimico per dissoluzione di roccia gessosa.

Non esistono elementi certi per datare i vari stadi di formazione dei piani sovrapposti della grotta e del suo progressivo sviluppo verso il basso, ma numerose sono le cavità emiliano-romagnole aventi gli stessi caratteri di morfologia carsica ricollegabili ad una fenomenologia comune e ripetitiva. E' quindi logico supporre che ogni piano suborizzontale corrisponda ad un ben definito profilo interno di equilibrio idraulico legato a cambiamenti delle quote di risorgenza del torrente ipogeo stesso. Al variare esterno di dette quote si sarebbe avuta una immediata ricerca da parte dello stesso corso d'acqua di un nuovo profilo

d'equilibrio con altezza inferiore. Questo meccanismo, oltre che ripetutosi diverse volte per una stessa cavità, è comune a tutti i maggiori sistemi carsici in rocce gessose della regione. Ciò rende giustificata l'ipotesi che le reali cause di questa continua ricerca da parte del torrente ipogeo di nuovi profili idraulici di equilibrio siano da ricercarsi in fenomeni geologici non di tipo locale ma arealmente molto estesi.

Al problema del progressivo sviluppo verticale della Grotta Calindri, si affianca quello del significato dei suoi riempimenti fisici. Detti depositi clastici possono con certezza, anche se senza una sicura successione temporale, essere ricollegati alla deposizione, da parte di un corso d'acqua a variabile energia, di materiale detritico proveniente, in prevalenza, da coperture alluvionali esterne che, dilavate e smantellate dagli agenti meteorici, venivano trasportate verso l'interno della cavità. Molto più rari sono i riempimenti nei quali la componente detritica esterna è subordinata, quand'anche mancante, rispetto a quella di origine interna. In questo caso si tratta di depositi nei quali è dominante una componente clastica gessosa proveniente o dalla roccia in cui si è sviluppato il sistema carsico, oppure da concrezioni della stessa natura composizionale. Per questi ultimi riempimenti, data la loro prevalente granulometria medio-fine, è certa una minore energia idraulica dell'agente che li ha depositati. Il progressivo accumulo di sedimenti eterometrici potrebbe aver portato alla pressoché totale occlusione di tutto il sistema carsico, nel quale si sarebbero sedimentati molti metri di ciottolame da grossolano a prevalentemente siltoso. Detto fenomeno occlusivo, sicuramente favorito anche da situazioni morfologiche interne quali rallentamenti del deflusso per restringimento dell'ambiente carsico, ostruzioni o sbarramenti per crolli sotterranei di roccia o per frane di materiale incoerente, minore capacità di emittenza idrica della risorgente, ecc., avrebbe enormemente ridotto lo spazio per lo scorrimento delle acque del torrente ipogeo che, così, si sarebbe venuto a trovare in condizioni idrauliche di condotta forzata con flusso laminare a diretto contatto con la volta della cavità. Createsi queste condizioni, si sarebbero impostati fenomeni di erosione-dissoluzione inversa, testimoniati in particolare dalla presenza di "canali di volta". Al totale, o pressoché totale, intasamento clatico della grotta avrebbe poi fatto seguito una ripresa della capacità erosiva del torrente sotterraneo, favorita forse da una progressiva



migliore capacità di risorgenza delle sue acque. Queste avrebbero quindi progressivamente inciso i riempimenti fisici occludenti creando nella grotta ampi tratti con morfologia a "canyon" dell'altezza anche di molti metri oppure svuotando completamente ampie sale e cunicoli ostruiti da sedimenti torrentizi.

Le quote più basse raggiunte in passato sarebbero sottostanti all'attuale profilo d'equilibrio idraulico del torrente ipogeo. Infatti, dato che il letto attuale del corso d'acqua solo per brevi tratti coincide con roccia in posto ma quasi sempre con materiale ciottoloso, appare giustificata l'ipotesi che la parte inferiore dell'antico sistema carsico ipogeo sia ancora totalmente intasata da sedimenti che, solo con un ulteriore abbassamento dell'attuale quota di risorgenza del torrente sotterraneo, potranno essere asportati fino a raggiungere il livello di base più profondo, in corrispondenza del quale un tempo scorrevano le sue acque.

Numerose e diverse sono le considerazioni suggerite dalle analisi dimensionali e composizionali dei clasti da cui si sono formati i riempimenti fisici. Si tratta in genere di ipotesi interpretative basate in parte su dati numerici e in parte su correlazioni fra fenomeni deposizionali presenti, come relitti, nella zona esterna limitrofa alla Grotta Calindri o, più estesi, affioranti in altre aree della fascia collinare emiliano-romagnola.

La componente clastica dei riempimenti analizzati, ad eccezione di un limitato contributo pelitico proveniente dagli interstrati marnoso-argillosi della *Formazione Gessoso-solfifera*, è proveniente probabilmente dai depositi alluvionali quaternari, marini e torrentizi, da cui erano ricoperte sia le evaporiti messiniane che le argille plioceniche. E' una testimonianza certa di apporti marini la presenza di selci policrome, buona parte delle quali di sicura provenienza dalla *Serie Umbro-Marchigiana*, trasportate all'interno dell'antico golfo padano da paleocorrenti di spiaggia. Queste selci, ripetutamente coinvolte in processi sedimentari, avrebbero subito un processo di miscelazione con la componente clastica trasportata al mare dai fiumi, i cui bacini imbriferi si sviluppavano all'interno delle formazioni sedimentarie dell'Emilia centrale. Questa commistione di clasti avrebbe contribuito alla formazione di vaste e spesse coltri alluvionali a componente detritica estremamente eterometrica, dal ciottolame molto grossolano fino all'argilla. Non è da escludere la possibilità che una parte di questi materiali alluvionali sia stata fornita dagli affioramenti ciottolosi,

depositati durante la trasgressione pliocenica sulla formazione gessosa e, attualmente, osservabili lungo il versante settentrionale della vicina lente evaporitica del Farneto, laddove essa risulta incisa dal Torrente Idice. Qui infatti affiorano potenti bancate plurimetriche di ghiaia che si immergono verso l'alta pianura e che rappresentano le testimonianze relitto di più vaste coperture alluvionali marine post-messiniane.

Rimane aperto il problema della reale provenienza della componente selciosa individuata nella maggior parte dei campioni studiati. In accordo con Vezzani (1965) e Parea (1972) appare quanto mai plausibile l'ipotesi di una sua provenienza dall'area marchigiana. Questa litologia doveva essere ben rappresentata nei sedimenti litorali sovrastanti le rocce evaporitiche in progressiva fase di emersione orogenetica. Di dette coperture attualmente se ne rinvencono soltanto scarsi lembi, sia perché in buona parte inghiottite dai sistemi carsici sia perché le originarie morfologie di queste zone hanno subito profonde modifiche in seguito alle azioni orogenetiche di sollevamento del fronte padano della catena appenninica e, in età più recente, anche dagli effetti morfogenetici, sicuramente intensi, avvenuti durante le fasi precedenti, contemporanee e posteriori dell'ultimo evento glaciale quaternario.

Come considerazioni conclusive vengono ipotizzati alcuni dei meccanismi responsabili del trasporto e deposizione in ambiente ipogeo, sotto forma di riempimenti fisici anche dello spessore di vari metri, del ciottolame proveniente dalle coperture alluvionali esterne. Infatti, dopo che si era sviluppata la maggior parte del sistema carsico, soprattutto per dissoluzione chimica della roccia gessosa da parte di acque sia di infiltrazione capillare che di percolazione parietale o di condensazione, sia di quelle del torrente ipogeo, queste ultime caratterizzate da energia idraulica variabile, come testimoniano le numerose mensole e le nette superfici incise create sulle pareti durante i vari stadi di approfondimento della incisione a "canyon", si sarebbero regionalmente impostate differenti condizioni climatiche caratterizzate da maggiore piovosità.

L'abbondante apporto di acque meteoriche, oltre a modificare totalmente il meccanismo morfogenetico responsabile dell'evoluzione carsica della grotta, avrebbe creato condizioni ambientali esterne favorevoli sia ad un forte dilavamento di tutto quanto faceva parte della superficie topografica, sia all'erosione delle coperture alluvionali

e ad un trasporto dei loro clasti, laddove le condizioni morfologiche superficiali lo permettessero (le doline esterne), verso le posizioni di inghiottimento o di accesso alla cavità.

E' stato attraverso siffatti meccanismi che enormi volumi di ciottolame e di altri sedimenti più fini sono stati trasportati all'interno non solo della Grotta Calindri ma di tante altre cavità della regione. Si è sicuramente trattato di una fenomenologia ripetitiva nel tempo durante la quale l'agente idrico di asporto, trasporto e deposizione della parte clastica era contraddistinto da una energia idraulica con attenuazioni ed aumenti, anche repentini, strettamente ricollegabili al variare della piovosità esterna. Attraverso il ripetersi dei meccanismi di sedimentazione si poteva arrivare anche ad una totale occlusione delle cavità, in seguito all'accumularsi di tanto materiale clastico. Diretta ed estrema conseguenza di un tale fenomeno poteva essere il passaggio delle doline esterne da aree di dilavamento superficiale e di provenienza di almeno una parte del ciottolame inghiottito a invasi naturali in cui si raccoglievano le acque che la grotta, momentaneamente intasata da sedimenti non riusciva a ricevere e a smaltire.

Con le successive variazioni degli apporti piovosi, dapprima lentamente per percolazione attraverso i riempimenti occludenti, poi in modo più energetico per progressivo aumento della capacità di deflusso dell'acqua sotterranea sempre più in grado di incidere i riempimenti, si potevano riaprire le naturali vie di risorgenza. Questo ringiovanimento erosivo poteva essere talora rallentato o momentaneamente bloccato, da particolari situazioni interne alla cavità, quali crolli di massi di roccia, frane, confluenze di corsi d'acqua, ecc.

Purtroppo al momento attuale non si hanno dati certi su quando, sulla durata e sulla ripetitività di questa fenomenologia, tuttavia alcuni elementi che la accompagnano portano a collegarla ad eventi che hanno accompagnato l'ultima glaciazione. Qualche utile informazione temporale e sul particolare chimismo delle acque, almeno di un determinato periodo, potrebbe venire dalla datazione del crostone calcareo presente nella parte bassa del riempimento situato nella Condotta. Tuttavia suddetto deposito clastico, per le sue caratteristiche composizionali e granulometriche potrebbe anche essere più recente degli altri studiati e legato ad un evento deposizionale cronologicamente indipendente dagli eventi della glaciazione würmiana ai quali sembrano ricollegabili i meccanismi genetici dei riempimenti fisici pre-

senti anche in numerose altre cavità dei gessi emiliano-romagnoli.

## Bibliografia

APPIANI G., 1929 - *Gli apparecchi di levigazione nelle analisi dei terreni e delle argille e il Levigatore di Appiani*, pp. 5-22.

BERTOLANI M. & ROSSI A., 1988 - *Le aree carsiche nei gessi messiniani del basso Appennino Reggiano*. Guida alla speleologia nel Reggiano, Amministrazione Provinciale e G.S.P. Gaetano Chierici, pp. 20-28.

CIARAPICA G., PASSERI L.S. & SCHREIBER C.B., 1985 - *Una proposta di classificazione delle evaporiti solfatiche*. Geol. Rom. 24, pp. 219-232.

PAREA G.C., 1972 - *Osservazioni geomorfologiche e sedimentologiche*. Gruppo Speleologico Emiliano C.A.I.-Modena: *Studio della Grotta di fianco alla chiesa di Gaibola nei gessi delle colline bolognesi*, Rass. Speleol. It., a. IV, Fasc. 2, pp. 113-130.

ROSSI A. & MAZZARELLA B.S.L., 1998 - *La Grotta Calindri: dati e considerazioni sui suoi riempimenti fisici*. Sottoterra, n° 107, pp. 33-51.

VAI G.B. & RICCI LUCCHI F., 1977 - *Algal crusts, autochthonous and clastic gypsum in a cannibalistic evaporite basin: a case history from the Messinian of Northern Apennines*. Sedimentology, 24, pp. 211-244.

VEGGIANI A., 1965 - *Trasporto di materiale ghiaioso per correnti di riva dall'area marchigiana all'area emiliana durante il Quaternario*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. 84 (1-2), pp. 315-328.

WENTWORTH C.K., 1922 - *A scale of grade and class terms for clastic sediments*. Jour. Geol., Vol. 30, pp. 377-392.

## Ringraziamenti

*Gli Autori ringraziano per la collaborazione fornita la dott.ssa Milena Bertacchini e il dott. Stefano Lugli del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Modena e Reggio Emilia.*

*Il presente studio, effettuato con il supporto finanziario del M.U.R.S.T. (ex 60%), ha fruito anche di un contributo economico da parte del GSB-USB.*

# I reperti fossili würmiani

*La mandibola di iena al momento dell'estrazione dal sedimento che la inglobava.*

Paolo Reggiani

All'interno dei sedimenti presenti nella Grotta Calindri sono stati a più riprese rinvenuti resti fossili, appartenenti principalmente ai grandi mammiferi che nel Würm frequentavano le prime propaggini appenniniche. Tali reperti, fluitati all'interno della cavità assieme ai sedimenti in cui si trovano inglobati, presentano generalmente un buono stato di conservazione e il loro studio consente quindi di derivare dati utili ad inquadrare l'originario ambiente di vita di questi animali. In particolare il ritrovamento di una mandibola di iena delle caverne integra le nostre conoscenze sulla fauna würmiana, acquisite nel passato attraverso lo studio dei reperti provenienti dall'Inghiottitoio della Cava Filo (ancora oggi il maggiore giacimento fossilifero della regione) e dagli inghiottitoi della Cava IECME, località poste a poche centinaia di metri dalla grotta.

Il materiale paleontologico che qui viene presentato è il frutto di un rinvenimento effettuato nel 1993. Alla prima segnalazione è seguito un piccolo saggio di scavo teso ad evidenziare la giacitura dei resti fossili e la consistenza del deposito, collocato poco a valle del secondo trivio, ad una quota di 13 metri al di sopra dell'attuale torrente che percorre la grotta. Questo articolo, limitato all'analisi di pochi reperti, ha quindi un valore preliminare, essendo il giacimento intero assai più cospicuo.

## **Le iene delle caverne.**

Tra le iene viventi, quella macchiata, *Crocota crocuta* (Erxleben, 1777), è la più massiccia. I premolari molto robusti le servono per spaccare le ossa e i denti ferini, molto grandi e acuminati, vengono usati per tagliare la pelle e i tendini. I canini sono invece ridotti

rispetto a quelli di altri predatori.

La iena macchiata appare in Europa con il Pleistocene medio (Sala *et alii*, 1992) ma raggiunge la sua massima diffusione durante il Pleistocene superiore con una sottospecie di notevoli dimensioni, *Crocota crocuta spelaea* Goldfuss, 1810 o iena delle caverne. Kurten (1958) ritiene che la iena rinvenuta



nelle caverne sia la variante settentrionale più grande di una specie che occupa ancora oggi la regione etiopica. Infatti oggi in Africa, nell'area equatoriale, vivono iene di piccole dimensioni, mentre spostandoci dall'equatore verso nord e verso sud, si possono osservare esemplari di dimensioni via via crescenti.

Nel Pleistocene medio-superiore la iena macchiata era diffusa in Africa, Asia ed Europa: questo grande areale di distribuzione è paragonabile a quello di pochi altri carnivori. Con la fine dell'ultima era glaciale questa specie si estingue in Asia ed in Europa (Kurten, 1968).

In alcune grotte europee, utilizzate dall'animale come riparo, sono state trovate grandi quantità di resti appartenuti a iene morte in età diverse, da neonate a senili. Resti del predatore sono spesso associati ai suoi coproliti ed alle ossa delle sue

prede (Cardoso, 1996; Kurten, 1968). I resti di questi carnivori si trovano frequentemente anche nelle caverne dell'Italia peninsulare e in Sicilia.

Dall'analisi palinologica dei coproliti, trovati in alcuni giacimenti francesi, si è potuto stabilire che *Crocota crocuta spelaea* era un animale ubiquitario, adattabile agli ambienti più vari, dalle savane alle steppe microtermiche (Argant, 1991).

### Descrizione della mandibola di iena.

Dalla Grotta Calindri proviene una emimandibola sinistra, conservata presso il Museo Archeologico Luigi Donini. Di questo reperto è rimasto il ramo orizzontale con infissi il canino e i primi due premolari (P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>).

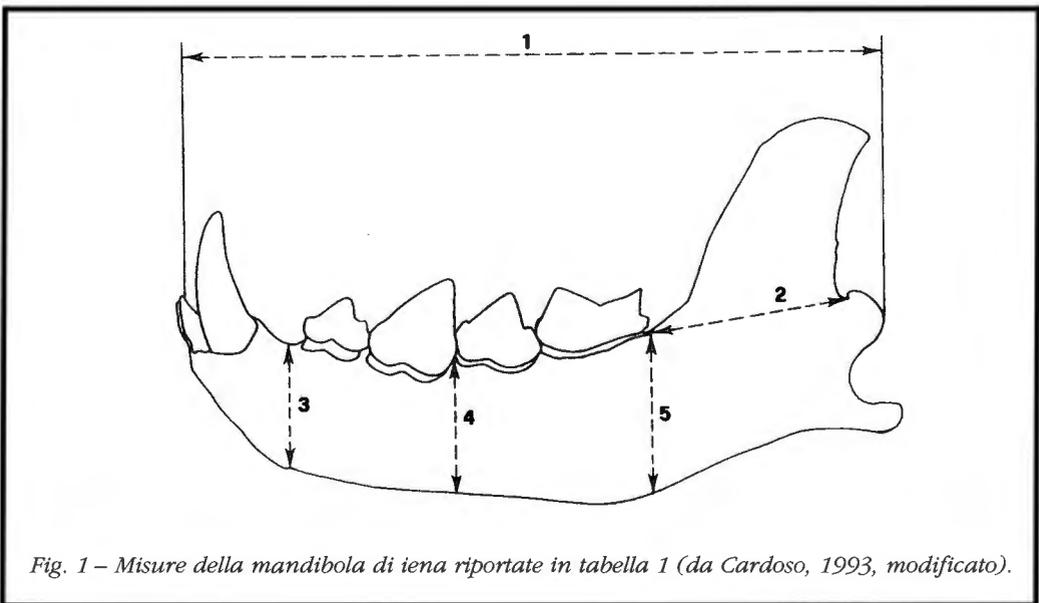


Fig. 1 – Misure della mandibola di iena riportate in tabella 1 (da Cardoso, 1993, modificato).

Lunghezza margine processo condiloideo-infradentale (1)	178	Lunghezza P <sub>2</sub>	16,5
Distanza margine mesiale processo condiloideo-lato distale M <sub>1</sub> (2)	51	Larghezza P <sub>2</sub>	12,7
Altezza della branca orizzontale davanti al P <sub>2</sub> (3)	37	Altezza P <sub>2</sub>	13
Altezza della branca orizzontale fra il P <sub>3</sub> ed il P <sub>4</sub> (4)	34	Lunghezza P <sub>3</sub>	21,6
Altezza della branca orizzontale dietro l'M <sub>1</sub> (5)	45	Larghezza P <sub>3</sub>	16,2
Altezza della corona del canino	30	Altezza P <sub>3</sub>	24

Tab. 1 – Dimensioni della mandibola e dei denti di *Crocota crocuta spelaea* rinvenuta nella Grotta Calindri. Tutte le misure sono espresse in mm.

**Mandibola di iena dalla Grotta Calindri, in visione guanciaie.**



L'altezza del canino, che presenta due carene longitudinali in posizione linguale, coincide con le altezze di nove canini inferiori isolati ritrovati nella cava di Bristie, nel Carso Triestino e descritti da Maretto (1971). La larghezza del  $P_2$  si avvicina a quella dei grandi esemplari di *Crocota crocuta spelaea*, di età würmiana, scoperti nelle grotte francesi di Gargas e Jaurens (Cardoso, 1993a; Ballesio, 1979), mentre è superiore a quella di *Crocota crocuta intermedia* de Serres, 1828 del giacimento fossilifero di Lunel-Viel, attribuito cronologicamente al Mindel-Riss (Bonifay, 1971).

Inoltre, nel  $P_2$  della Grotta Calindri, la parte posteriore si presenta decisamente allargata rispetto alla parte anteriore. Secondo Bonifay (1971) questa sarebbe una caratteristica tipica delle iene würmiane; nelle iene più antiche il lato linguale e quello guanciaie del  $P_2$  sono infatti quasi paralleli. Le larghezze dei premolari infissi nella mandibola sono superiori alle massime larghezze dei  $P_2$  e  $P_3$  di *Hyaena hyaena prisca* de Serres, 1828 scoperti in Portogallo e descritti da Cardoso (1993b).

Le dimensioni della mandibola rientrano nella gamma di valori attribuiti da Argant a *Crocota crocuta spelaea* Goldfuss, 1810. La morfologia è la stessa di alcuni reperti conservati presso il Museo di Geologia e Paleontologia dell'Università di



**Visione occlusale del canino e dei premolari della iena della Calindri.**

Padova (Piccoli *et alii*, 1979).

Il  $P_3$  presenta un protoconide appena spuntato, è quindi probabile che l'animale a cui apparteneva fosse un adulto morto in età non avanzata; infatti in esemplari senili i premolari e i molari si presentano spesso molto usurati, come si può vedere nei reperti descritti da Capasso Barbato e Ghiozzi (1995) e da Ballesio (1979).

#### **Gli altri reperti osteologici**

Dallo stesso punto della grotta provengono altre ossa fossili, pertinenti a bovini. Alcune di esse sono costituite da piccoli frammenti, mentre altre



si trovano in discrete condizioni di conservazione. Tra i reperti meglio conservati ci sono: una vertebra toracica (n. 2), una costola (n. 3), due scapole (n. 4, n. 5), due radi (n. 6, n. 7) e un metatarso destro (n. 8).

I resti post-craniali dei bovidi europei ed americani presentano alcune caratteristiche morfologiche che permettono di distinguere il genere *Bison* dal genere *Bos* (Olsen, 1974; Sala, 1987).

Della scapola sinistra n.4 si è conservata la parte articolare, il collo e la parte centrale compresa una porzione di spina. Questo reperto presenta una cavità glenoidea ovale, delimitata da un grosso margine, caratteristica del genere *Bison*. La morfologia è simile a quella delle scapole di *Bison priscus* della Cava Filo, conservate presso il Museo Donini. In particolare l'articolazione glenoidea presenta la porzione craniale decisamente più stretta di quella caudale.

Sulla superficie articolare prossimale del radio sinistro n. 6 l'incavo tra le cavità glenoidee è poco profondo e molto largo, mentre in *Bos* è più profondo e stretto. Anche il metatarso presenta caratteri bisontini; in visione dorsale o plantare, l'epifisi distale è ingrossata in prossimità della linea di sutura con la diafisi.

Le misure di tutti i resti di bovide rientrano quindi nella gamma di valori attribuiti da Sala (1987) a *Bison priscus*. Questo bisonte doveva vivere in grandi spazi aperti prativi o steppici, dove probabilmente veniva cacciato da branchi di iene, come ancora oggi avviene in Africa per i grandi ungulati.

## Ringraziamenti

Ringrazio il Prof. G. Piccoli dell'Università di Padova e il Prof. B. Sala dell'Università di Ferrara per la lettura critica del lavoro. Sono grato inoltre al Dott. G. Nenzioni, Direttore del Museo Archeologico L. Donini e ai Gruppi Speleologici Bolognesi per aver agevolato lo studio dei reperti e alla Dott.ssa M. Fornasiero per aver permesso l'esame dei resti conservati nel Museo di Geologia e Paleontologia dell'Università di Padova.

## Bibliografia

- ARGANT A., 1991 – *Carnivores Quaternaires de Bourgogne*. Docum. Lab. Geol. Lyon, 115, pp. 1-301.
- BALLESIO R., 1979 – *Le gisement Pleistocene superieur de la grotte de Jaurens a Nespouls, Correze, France: les carnivores (Mammalia, Carnivora) - I Canidae et Hyaenidae*. *Nouv. Arch. Mus. Hist. nat. Lyon*, 17, pp. 25-55.
- BONIFAY M. F., 1971 – *Carnivores quaternaires du Sud-Est de la France*. *Mem. Mus. natl. Hist. nat. Paris*, c, 21 (2), pp. 1-378.
- CAPASSO BARBATO L., GLIOZZI E., 1995 – *Biochronological and palaeogeographical implications of a well-balanced late Middle Pleistocene fauna from Quisisana - Certosa (Capri, Southern Italy)*. *Boll. Soc. Paleont. Ita.*, 34 (2), pp. 235-261.
- CARDOSO J. L., 1993 – *La Hyene des "Oubliettes" de Gargas, Crocuta crocuta spelaea (Mammalia, Carnivora)*. *Bull. Mus. natl. Hist. nat. Paris*, T, 15 (4), pp. 79-104.
- CARDOSO J. L., 1996A – *Les grands mammiferes du Pleistocene superieur du Portugal, essai de synthese*. *Geobios*, 29 (2), Villeurbanne, pp. 235-250.
- CARDOSO J. L., 1996B – *Contribuicao para o conhecimento dos grandes Mamiferos do Plistoceno superior de Portugal*. *Camara Municipal de Oeiras*, pp.1-567.
- KURTEN B., 1958 – *The Bears and Hyenas of the Interglacials*. *Quaternaria*, 4, pp. 69-81.
- KURTEN B., 1968 – *Pleistocene Mammals of Europe*. Weidenfeld & Nicolson, London, pp. 1-303.
- MARETTO P., 1971 – *Studio di nuovi resti fossili di iena cavernicola e revisione della specie*. *Dissertazione di Laurea inedita*, Università degli Studi di Padova, Anno Acc. 1970-71.
- OLSEN S. J., 1960 – *Post-cranial skeletal characters of Bison and Bos*. *Papers Peabody Mus. Arch. and Ethnol., Harvard University*, 35 (4) (ed. 1974).
- PICCOLI G., FRANCO F., MIOR S., BACCHIN M. L., MARETTO P., TARUNA M.F., 1979 – *Grandi carnivori fossili quaternari conservati nel Museo Universitario padovano di Geologia e Paleontologia*. *Mem. Sc. Geol.*, 32, pp. 1-20.
- SALA B., 1986 – *Bison schoetensacki Freud. From Isemia la Pineta (early Mid-Pleistocene-Italy) and revision of the european species of bison*. *Palaeont. Italica*, 74, pp. 113-170.
- SALA B., MASINI F., FICcarelli G., ROOK L., TORRE D., 1992 – *Mammal dispersal events in the middle e late Pleistocene of Italy and Western Europe*. *Courier Forsch.-Ist. Senckenberg, Frankfurt*, 153, pp. 59-68.

# La frequentazione umana

Fiamma Lenzi<sup>(1)</sup>

L'occupazione non episodica da parte dell'uomo delle cavità disseminate nella zona dei Gessi è fenomeno certamente rimontante a non prima dell'avanzata età del Rame e per ora connesso nei suoi episodi iniziali esclusivamente a pratiche di tipo culturale-funerario, documentate nel ben noto giacimento del Sottoroccia del Farneto, le cui caratteristiche topografiche e quelle relative al trattamento delle spoglie mortali fanno per tradizione includere il sito nelle manifestazioni archeologiche dei sepolcreti collettivi in "grotticella", poste a cavaliere fra Calcolitico finale e primo Bronzo.

Al presente non sono conosciuti altri dati probanti circa utilizzi diversi anche solo transitori dei vani ipogei, se non a partire dalle fasi mature del Bronzo antico quando si registra una presenza più significativa dell'uomo nelle due principali emergenze dell'area carsica, la Grotta del Farneto e la Grotta Serafino Calindri, e isolatamente nella zona di Monte Croara.

Anche se tali espressioni non paiono più collegate ad aspetti funerari, bensì attengono alla quotidianità e a forme di carattere insediativo in senso lato, la sporadicità delle attestazioni archeologiche - visto il numero trascurabile e tipologicamente poco variato di reperti - non consente di addentrarsi in ipotesi interpretative sulla natura di questi soggiorni, a carattere forse null'altro che occasionale.

Non può sfuggire comunque che testimonianze del genere concorrono a rimarcare una continuità di frequentazione antropica del quadrante collinare che affonda le sue radici nelle età precedenti, relazionandosi alle ecopotenzialità e all'ampio spettro di risorse naturali del territorio, ove le grotte costituiscono tra l'altro un ottimo appoggio logistico, facile rifugio per ogni necessità, senza tuttavia che ciò richiami un popolamento di tipo stabile.

L'uso delle cavità si intensifica e assume contorni di maggiore spessore con la media età del Bronzo, per poi continuare nel successivo Bronzo recente, periodi durante i quali le grotte del

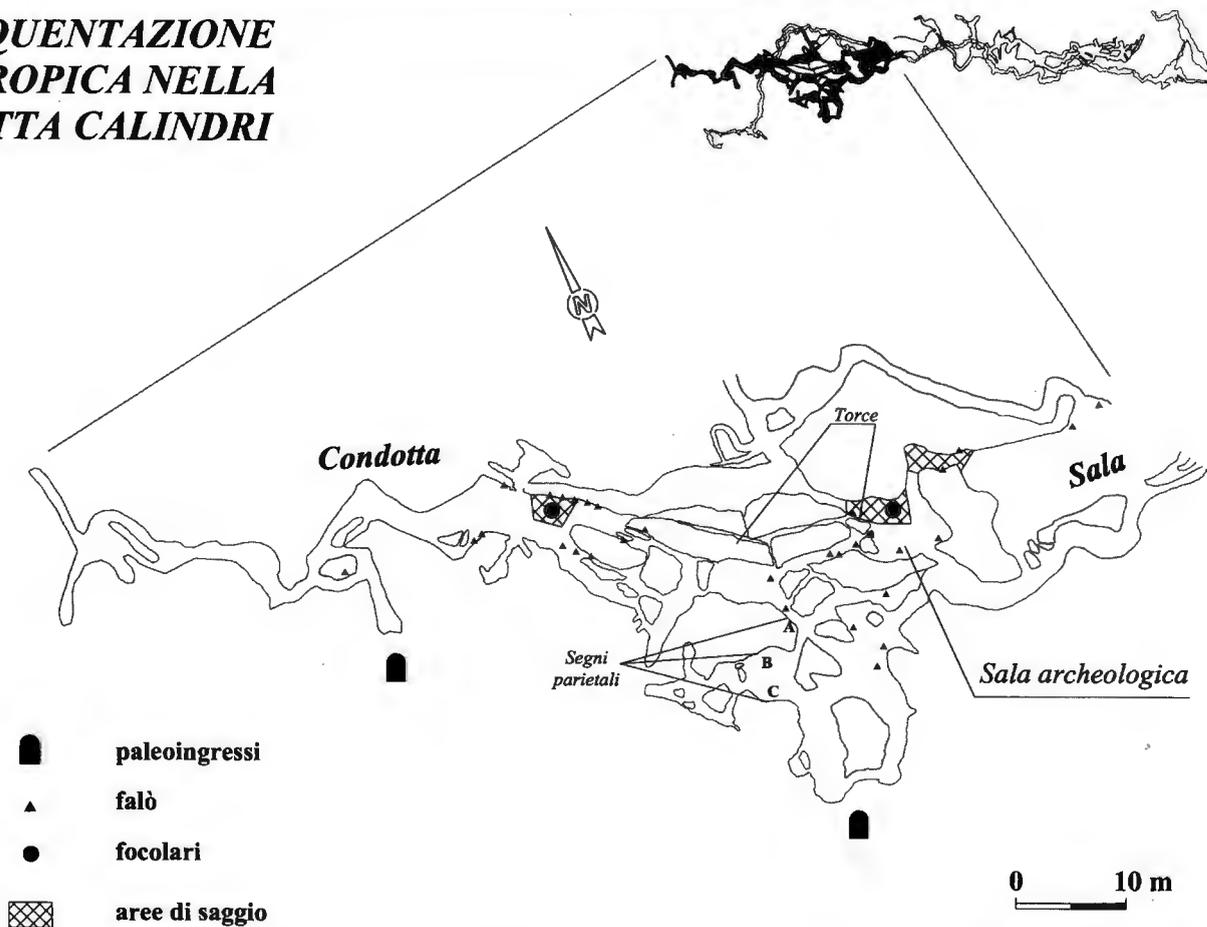
Farneto e Calindri mostrano un corposo incremento dei resti antropici, ma anche una diversificazione che è rivelatrice di un differente approccio da parte dell'uomo con le due stazioni.

La rilevanza dei depositi archeologici e la copiosa cultura materiale rinvenuta al Farneto, pur non provando l'esistenza di un vero e proprio stanziamento permanente, mostrano un prolungato interesse di tipo insediativo, corrispondente forse ad una sistematica rioccupazione del sito secondo cicli stagionali scanditi dalla transumanza, dall'esercizio della caccia o da altre pratiche di sussistenza, che si orienta all'impiego preferenziale dell'area a ridosso dell'ingresso superiore per la sua maggiore accessibilità e per la disponibilità di un riparo naturale fornito dall'aggetto roccioso sovrastante l'imboccatura.

Nella Grotta Calindri l'apparente assenza di stratigrafia, il debole spessore dei lembi antropizzati - assoggettati forse anche a fenomeni postdeposizionali - unitamente alla dispersione dei resti e alla loro dislocazione nel profondo della cavità, ad una certa distanza dagli antichi accessi divenuti con il tempo impraticabili, escludono qualsiasi residenzialità stabile, mentre altri molteplici indizi che meglio verranno analizzati nel proseguo offrono inequivocabili prove di un'attività particolare come la lavorazione del gesso, che appare qui documentata per la prima volta in tutta la storia di questo sistema territoriale così intrinsecamente legato allo sfruttamento di simile materia grezza.

La frequentazione riguarda una parte comunque cospicua della cavità, più facilmente raggiungibile in antico da almeno un paio di paleoingressi, posteriormente occlusi da frane d'argilla (fig. 1). Tracce di falò e di focolari si rinvennero pressoché lungo tutta la Condotta, spesso associate a frammenti fittili. Il luogo maggiormente indagato è la cosiddetta Sala archeologica, interessata da una strato antropico esteso per 25 m<sup>2</sup>. In questo punto gli esploratori della grotta hanno reperito in superficie i primi frammenti di dolii, mentre sulle pareti dei massi sono tuttora ben visibili i segni delle

# FREQUENTAZIONE ANTROPICA NELLA GROTTA CALINDRI



Rilievi GSB-USB

torce, responsabili della cottura e della disidratazione del gesso (foto 1).

Una seconda zona di particolare rilievo è quella che congiunge la Sala archeologica alla Condotta: qui, alla sommità di un diedro di roccia e in una posizione di passaggio obbligato, si sono registrati ulteriori fenomeni di annerimento delle pareti. Per compiere tale passaggio, oggi come in passato, si è costretti ad appoggiare la mano per mantenere l'equilibrio; è del tutto evidente che recando in mano una torcia accesa si finisce per marcare la superficie con il nerofumo (foto 2).

Da ricordare inoltre la presenza di veri e propri segni, tracciati verosimilmente con un carbone al di sopra delle concrezioni e localizzabili in tre punti fra la Condotta e uno dei paleoingressi. Si tratta di tre croci, in un paio di casi affiancate sulla sinistra da altri due segni di difficile interpretazione (uno è in cattivo stato di conservazione). Le ultime testimonianze si spingono ancora oltre, nella Sala, ove non mancano ennesime tracce di fuochi accesi sopra mensole e massi di gesso. Allo stato attuale delle conoscenze si è quindi in

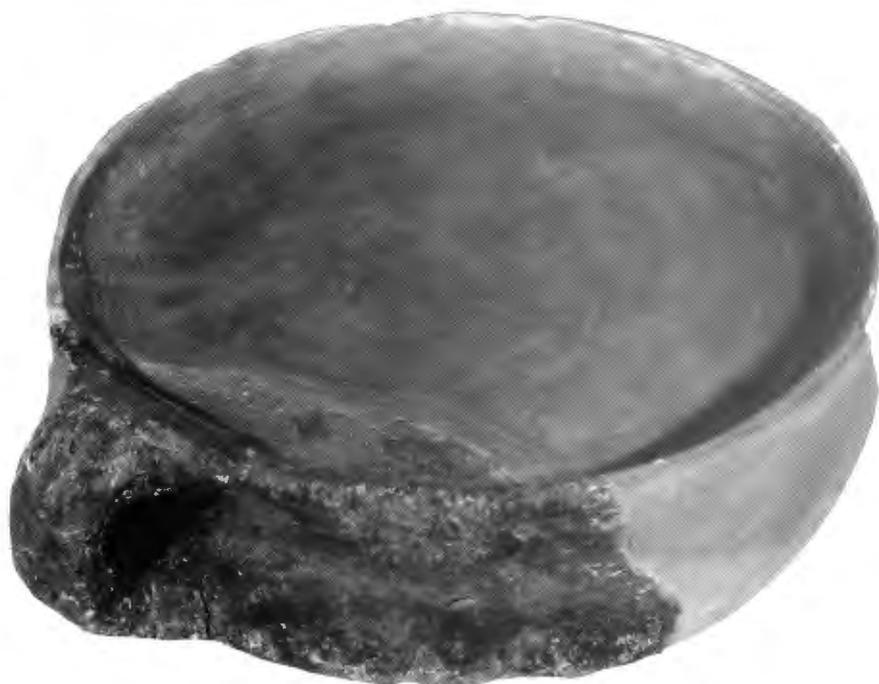
grado di affermare che l'antropizzazione ha interessato un tronco di grotta di circa 80 m in linea d'aria, mentre i luoghi più distanti sono posti ad oltre 50 m dagli antichi ingressi. Si tratta di una penetrazione abbastanza "interna" della cavità, peculiarità quest'ultima che differenzia la Calindri dagli altri siti archeologici in grotta della dorsale dei Gessi (Farneto, Tanaccia di Brisighella, Re Tiberio) dove essa è limitata sostanzialmente al vano iniziale ed ha chiara e inoppugnabile relazione con utilizzazioni insediative nell'accezione ampia del termine oppure con frequentazioni a fini culturali.

La segnalazione di un interesse anche archeologico del sito, oltre a quelli di ordine speleologico, naturalistico e geologico, risale alla metà degli anni Sessanta per opera di membri dell'Unione Speleologica Bolognese che hanno descritto in dettaglio le vestigia antropiche disseminate nel livello fossile della grotta, facendo sostanzialmente riferimento ad alcune categorie già in parte menzionate: un insieme di frammenti fittili, svariati resti litici e ossei, un consistente nucleo di manu-



*I segni delle torce sui massi della sala archeologica.*





*Foto 2 - Grotta Calindri: tazza carenata, ampiamente integrata, munita di ansa ad anello (Museo Civico Archeologico di Bologna).*

fatti realizzati in scagliola e appariscenti accensioni di fuochi sul piano pavimentale e lungo le pareti rocciose.

Nell'ambito delle ceramiche prevalgono i frammenti di contenitori/dolii di notevoli dimensioni, ma si annoverano anche altre morfologie come una teglia discoidale, un boccaletto monoansato e una piccola serie di tazze carenate ed emisferiche da inquadrarsi tutti entro l'orizzonte iniziale del Bronzo medio, intorno al XVI a.C. (foto 3).

Meritano speciale attenzione i reperti in scagliola, non solo perché attestano un precoce sfruttamento della vena gessosa e il possesso di cognizioni sulle qualità materiche e la duttilità del gesso disidratato e polverizzato in miscelazione con acqua, ma anche perché lasciano intuire a quali scopi fosse destinato questo "nuovo" materiale, mai prima di allora entrato nei cicli produttivi.

In taluni casi, impronte generate dal contatto con pareti e con fondi di recipienti fanno intravedere un uso dei manufatti come sostegno (?) per vasellame. Ben più frequenti sono però gli elementi che, conservando il calco in negativo di stami vegetali, graticciati e fibre legnose, si riconnettono a possibili funzioni strutturali di razionalizzazione

ed ottimizzazione dello spazio (pavimentazioni, pareti divisorie, recinzioni), testimoniate pure nella Grotta del Farneto con l'impiego di argilla cotta al posto della scagliola.

Tali funzioni non sono incompatibili con uno spettro - peraltro non ampio - di attività economiche, fra le quali si possono citare a titolo di esempio quelle riguardanti la sfera pastorale, ove si utilizzano in maniera transitoria e a cadenza annuale stazzi e recinti per il bestiame. Per i recipienti di maggiori dimensioni, più abbondanti rispetto ad altre forme, non è inoltre da escludere un rapporto con necessità di immagazzinamento di derrate o di prodotti di raccolta. L'esiguità e la non perspicuità dei documenti archeologici in ogni caso sconsiglia di avanzare ulteriori proposte sulla destinazione dei vani ipogei.

Nello scarno panorama di datazioni assolute relative all'archeologia preistorica bolognese, si segnala che la Calindri può contare su due date radiometriche al C<sup>14</sup> eseguite su materiale carbonioso di un focolare, che ha fornito un'età di 1250-1140 anni a.C. in cronologia non calibrata (età cal. 1230 ± 100 e 1340 ± 80 a.C.). Collegandosi ad una singola struttura archeologica qual è appunto il

focolare oggetto del prelievo, tali termini temporali non possono ovviamente dare conto né di eventuali e più complesse articolazioni degli eventi antropici, né di probabili discontinuità di uso correlate all'occupazione di differenti segmenti della grotta in tempi diversi. Essi comunque rinviano al Bronzo recente (fine XIV sec.- inizi XII sec. a.C.), evidenziando il limite cronologico più basso, qui come al Farneto, per la frequentazione delle cavità.

Resta da citare in ultimo il recupero di una mandibola di infante, avente senza dubbio carattere sporadico: la sua presenza nella grotta deve considerarsi incidentale e giustificata dai ripetuti fenomeni di ruscellamento e impluvio tipici del carsismo dei Gessi.

#### **Bibliografia :**

ALESSIO M., BELLA F., CORTESI C., TURI B., 1969 - *University of Rome Carbon-14 dates VII*. Radiocarbon, vol. 11, n° 2, pp. 482-498.

BARDELLA G., BUSI C., 1968 - *I reperti fittili e litici della Grotta Calindri*. Sottoterra, a. VII, n° 21, pp. 30-34.

BARDELLA G., BUSI C., 1972 - *Testimonianze della civiltà subappenninica nella Grotta Serafino Calindri. Croara-Bologna*. Speleologia Emiliana, s. II, a. IV, n° 7, estratto.

BARDELLA G., BUSI C., 1978 - *Nuove scoperte archeologiche nei Gessi Bolognesi effettuate dall'Unione Speleologica Bolognese*. Salviamo i Gessi, Atti del Convegno, Bologna 17-18 maggio 1975, pp. 45-51.

BERMOND MONTANARI G., 1978 - *Aspetti archeologici dei Gessi Bolognesi*. Salviamo i Gessi, Atti del Convegno, Bologna 17-18 maggio 1975, pp. 17-22.

LENZI F., 1993 - *Alle origini del popolamento : dal Paleolitico all'età romana*, W. Romani ( a cura di), San Lazzaro di Savena. *La storia, l'ambiente, la cultura*, Ed. Luigi Parma, Bologna, pp. 3-23.

LENZI F., NENZIONI G. (a cura di), 1991 - *Il tempo e la natura. Culture e insediamenti preistorici nella zona dei Gessi*, Bologna, pp. 1-63.

*Le testimonianze antropiche della Grotta Calindri sono conservate presso il Museo Civico Archeologico di Bologna e presso il Museo Archeologico "Luigi Donini" di S. Lazzaro di Savena.*

# Indagini archeometriche sui manufatti in scagliola della Grotta Calindri

Antonio Rossi<sup>1,2</sup>, Danilo Demaria<sup>1</sup>

La presenza di manufatti in scagliola all'interno del deposito archeologico della Grotta Calindri fu segnalata da Bardella e Busi (1968, 1972). Gli stessi autori hanno poi provveduto a compiere una classificazione dei campioni rinvenuti, riconducibili fondamentalmente a due tipologie: forme impostate su una base vascolare e altre su un supporto costituito da vari vegetali intrecciati.

Il rinvenimento, avvenuto ultimamente, di una superficie ricoperta da moonmilk gessoso, sicuramente più sviluppata in passato, aveva fatto pensare alla possibilità che questo materiale potesse essere stato utilizzato per la fabbricazione dei manufatti. Un altro elemento che poteva supportare questa ipotesi è il fatto che gli oggetti in scagliola sono stati finora segnalati solo in questa cavità, mentre non sono documentati nella vicina Grotta del Farneto e il moonmilk è stato rinvenuto solo nella Calindri ed in particolare nella zona oggetto di frequentazione protostorica. Inoltre questa sorta di impasto fortemente idratato di microcristalli gessosi, se lasciato essiccare naturalmente, fornisce un materiale assai simile alla scagliola. Si tratterebbe, così, di una sostanza già pronta per l'uso che, una volta raschiata dalle pareti, può essere immediatamente utilizzata.

Al fine di dirimere l'interrogativo relativo all'origine del materiale impiegato nei manufatti, dalla Sala Archeologica sono stati prelevati quattro campioni di tali reperti.

La prima analisi è stata effettuata al microscopio ottico (50 ingrandimenti) in modo da fornire una descrizione morfoscopica dei campioni ed individuare le principali caratteristiche tessiturali e strutturali. Le determinazioni diffrattometriche e i saggi chimici hanno poi consentito di ottenere

dati sulla loro composizione mineralogica; infine l'analisi al microscopio elettronico ha permesso di evidenziare al meglio le microstrutture presenti nel materiale.

Il primo campione (A) è costituito da una piccola parte di una struttura vascolare, mentre gli altri (B, C, D) sono piccoli frammenti, la cui appartenenza o funzione originaria non può essere determinata. Sono stati comunque esaminati per verificare la possibilità che almeno una parte dei corpi gessosi che si rinvenono nell'area archeologica potesse essere eventualmente di origine naturale, dovuti quindi a fenomeni di modificazione di gesso selenitico.

## Descrizione dei campioni

### Campione A

*Composizione diffrattometrica* – Gesso praticamente puro con tracce di quarzo.

*Saggio chimico* – assenza di effervescenza se trattato con acido cloridrico.

*Descrizione stereomicroscopica* – materiale molto poroso, in parte pulverulento ed in parte microcristallino, nel quale sono impastati frammenti millimetrici di cristalli di gesso e rari piccoli frustoli carboniosi. Sono presenti microfratture ad andamento irregolare forse formatesi durante l'essiccamento dell'impasto. Si riconosce una superficie più chiara, interna, concava e liscia, assai tenera, con numerosi vacuoli talora contenenti polvere bianca gessosa; e una superficie esterna nocciola, convessa, leggermente più compatta, meno ricca di vacuoli, con piccoli rigonfiamenti, forse modellati da fenomeni di microdissoluzione chimica. Sulle

1 - G.S.B. - U.S.B.

2 Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Modena e Reggio-Emilia

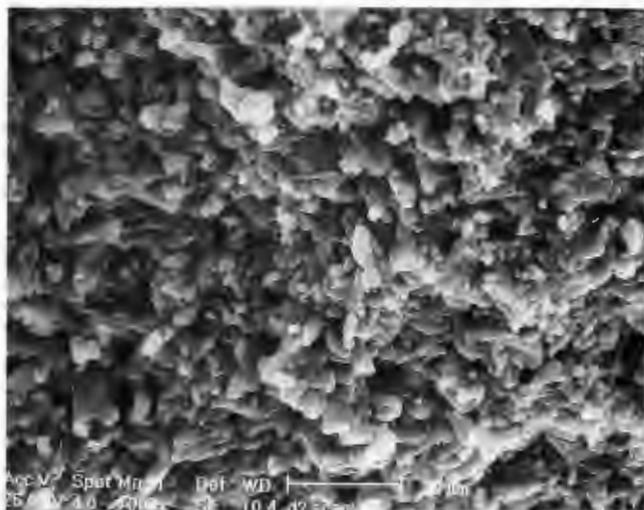


Foto 1- Visione generale dei cristalli micrometrici costituenti la pasta di fondo dei manufatti in scagliola (campione D, dim. dei cristalli circa 5  $\mu\text{m}$ )

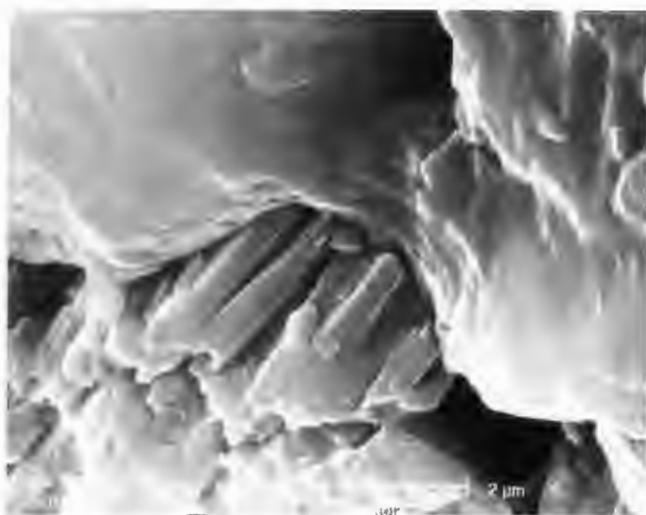


Foto 2- Il cristallo al centro si presenta con un'apertura lungo il piano di sfaldatura e con lamine divergenti, molto probabilmente per effetto della perdita di una parte dell'acqua di cristallizzazione dovuta all'azione termica causata dalla cottura (campione A, dim. del cristallo 2  $\mu\text{m}$ ).

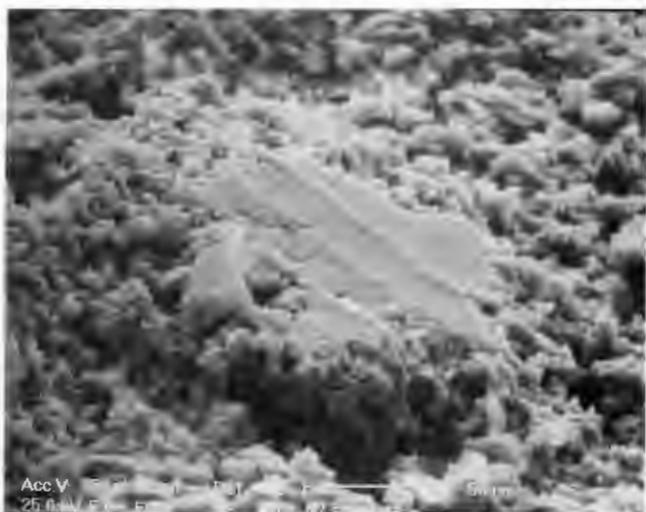


Foto 3 - Cristallo incluso nella pasta di fondo. Lungo i bordi è presente una polvere bianca, imputabile al processo di disidratazione termica (campione A, dim. del cristallo 70  $\mu\text{m}$ ).

pareti trasversali, che corrispondono alla parte interna del campione, si osservano gli stessi caratteri descritti in precedenza, anche se la somiglianza è soprattutto con la superficie più chiara.

#### Campione B

*Composizione diffrattometrica* – Gesso dominante; sono presenti: calcite, dolomite e quarzo; in tracce l'alunite.

*Saggio chimico* – discreta effervescenza se trattato con acido cloridrico.

*Descrizione stereomicroscopica* – si tratta di un unico cristallo di gesso sottoposto ad azione termica che, perifericamente, lo ha reso pulverulento. Sono ben riconoscibili i contatti sofferenti (non ben definibili) tra il cristallo e il materiale avvolgente, in cui sono incluse impurezze mineralogiche (vedi dati diffrattometrici). All'interno del cristallo, in corrispondenza dei suoi piani di sfaldatura, si riconoscono tenui veli di bianca polvere gessosa, parziali prodotti iniziali di un'azione termica disidratante.

#### Campione C

*Composizione diffrattometrica* – Gesso dominante, calcite presente, quarzo scarso.

*Saggio chimico* – leggera effervescenza se trattato con acido cloridrico.

*Descrizione stereomicroscopica* – si tratta di un frammento assolutamente analogo al campione A.

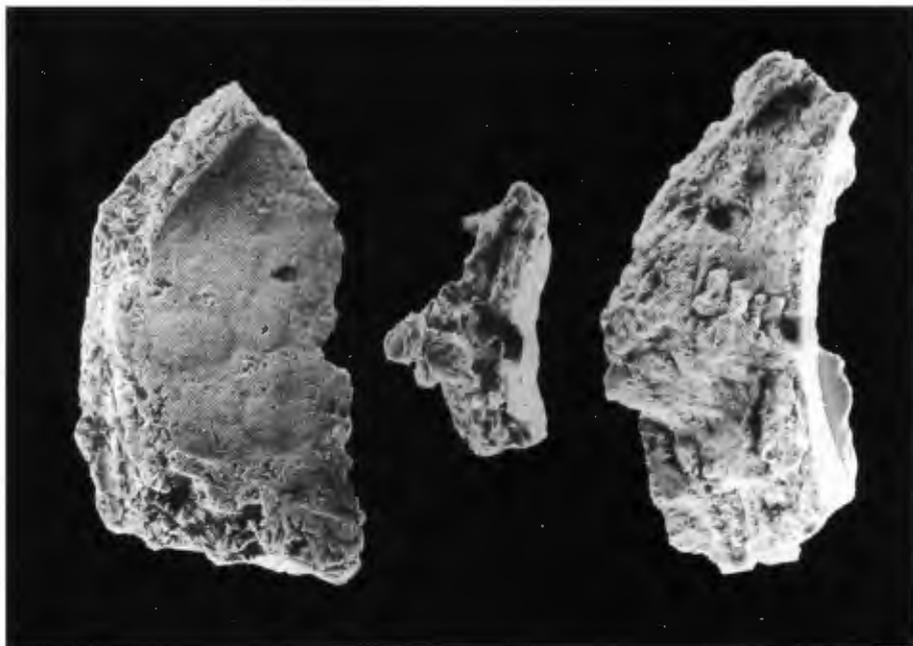
Tuttavia, su di uno dei suoi orli laterali sono riconoscibili due livelli contigui, che potrebbero essere dovuti ad una sovrapposizione di veli di malta; la loro superficie di contatto è particolarmente ricca di piccoli vacuoli. All'interno di alcuni di essi si riconoscono superfici tappezzate da microindividui di gesso di neoformazione. Anche in questo impasto sono inglobati piccoli frammenti di cristalli, più che millimetrici, di gesso dalle forme irregolari che potrebbero essere state in parte acquisite durante un'operazione di grossolana macinatura. Non si riconoscono tracce di lisciatura.

#### Campione D

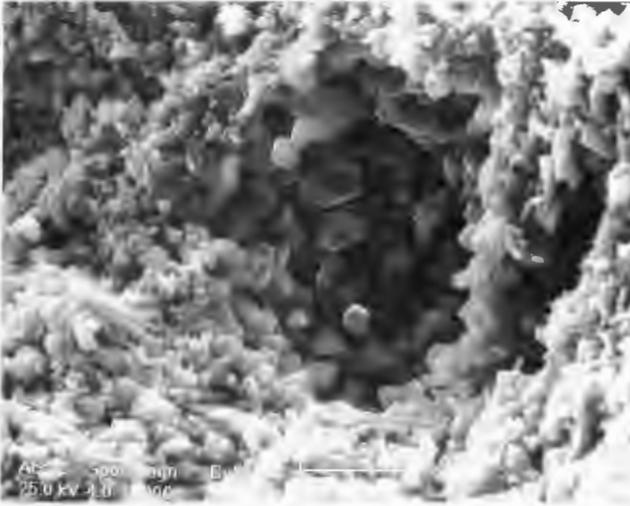
*Composizione diffrattometrica* – Gesso dominante; sono presenti: calcite, dolomite, quarzo e feldspato; sono scarsi: illite, clorite, alunite.

*Saggio chimico* – forte effervescenza se trattato con acido cloridrico.

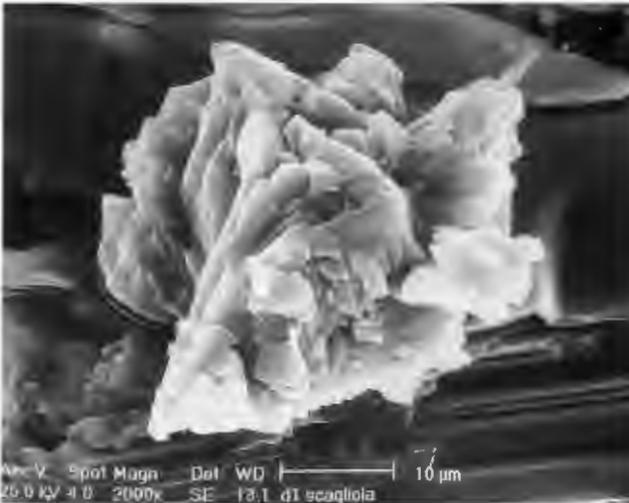
*Descrizione stereomicroscopica* – tipico aspetto di una malta solfata contenente numerosi frammenti di cristalli di gesso. Non presenta tracce di lisciatura ma molti dei caratteri descritti per i precedenti campioni: eterogranularità degli inclusi, loro aspetto farinoso ai bordi, impurezze molto fini sulle superfici esterne, rari e microscopici frustoli carboniosi, fratture di disseccamento, una certa isorientazione dei clasti di gesso presenti.



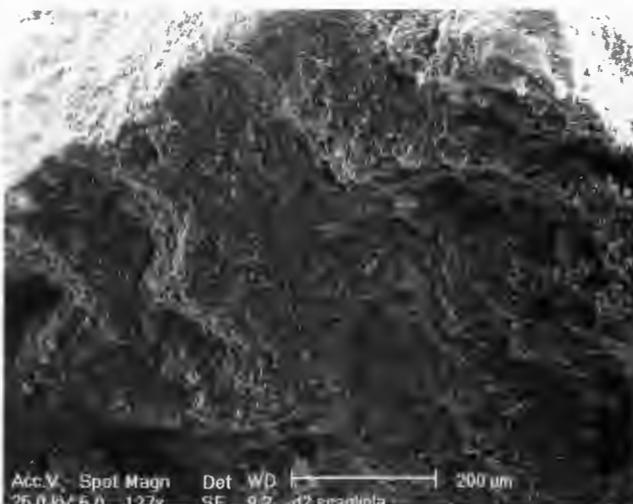
*Manufatti  
in scagliola,  
dalla Grotta  
Calindri*



*Foto 4 - Cristalli di neoformazione di gesso geminato, ospitati all'interno di una microscopica geode (campione C, dim. della geode 30  $\mu$ m).*



*Foto 5 - Piccolo aggregato a rosetta di cristalli di neoformazione (campione D, dim. max 30  $\mu$ m)*



*Foto 6 - Sovrapposizioni di strati di malta gessosa (campione D, spessore degli strati circa 200  $\mu$ m.)*



*Colate  
di scagliola  
su supporti  
vegetali*

Le analisi diffrattometriche hanno quindi indicato che siamo in presenza di un gesso molto puro e che gli altri minerali presenti, soprattutto quarzo e carbonati, compaiono in quantità decisamente subordinata (o in tracce) e che, probabilmente, costituiscono impurezze finite accidentalmente nell'impasto, oppure cementatesi su una delle superfici esterne quando il frammento giaceva nel terreno.

Alcuni dei caratteri già evidenziati al microscopio ottico saranno poi ulteriormente confermati a quello elettronico.

#### **Analisi SEM - EDAX**

Al microscopio elettronico a scansione, a sufficienti ingrandimenti (1000 x), appare subito evidente la notevole omogeneità dimensionale dei cristalli costituenti la pasta di fondo a cui si associano, in quantità subordinata, inclusi di impalcature gessose di dimensioni maggiori. Per i primi siamo attorno a grandezze di 5  $\mu\text{m}$ , mentre i secondi variano dai 100  $\mu\text{m}$  ad oltre un millimetro (foto 1). La stessa tessitura si ripete in tutti i campioni senza sostanziali differenze. Altro elemento comune è la presenza negli impasti di una sostanziale isorientazione dei frammenti dei cristalli di gesso, particolarmente evidente quando essi pre-

sentano forma allungata.

Gli inclusi permettono di effettuare ulteriori osservazioni. Essi sono costituiti da clasti di gesso selettivo e si presentano spesso con il bordo ad angoli tendenzialmente smussati, effetto evidente di una acquisizione di forma a seguito di un'operazione di macinatura per fregamento prolungato del materiale (lo stesso aspetto si presenta peraltro anche nei più minuti cristallini della pasta di fondo). Talora i piani di sfaldatura dei cristalli sono aperti e le lamine formatesi si presentano divergenti, molto probabilmente per effetto della perdita di una parte dell'acqua di cristallizzazione dovuta all'azione termica causata dalla cottura (foto 2).

Come già osservato al microscopio ottico, in corrispondenza dei piani di sfaldatura di alcuni cristalli, è presente polvere bianca, anch'essa imputabile al processo di disidratazione termica (foto 3).

Nella pasta di fondo si rinvengono cristalli idiomorfi di neoformazione di gesso geminato, ospitati all'interno di microscopiche geodi (foto 4) oppure presenti sotto forma di piccoli aggregati a rosetta (foto 5).

Anche al microscopio elettronico nei campioni A e C si riconoscono sovrapposizioni di strati di malta gessosa (foto 6).

## Conclusioni

Dalle osservazioni effettuate appare evidente che siamo di fronte ad un materiale derivante da un processo di cottura di gesso opportunamente trattato. Va quindi esclusa l'ipotesi che per la preparazione dei manufatti possa essere stato utilizzato il moonmilk presente nella grotta. Parimenti deve essere scartata anche l'ipotesi che possa trattarsi del prodotto di una cottura casuale di gesso da parte di torce o fuochi accesi per altri scopi. La serie di reazioni chimiche che portano alla formazione di solfato anidro è la seguente:



La prima reazione avviene a 107 °C e porta alla formazione di gesso semidrato per perdita di una molecola d'acqua, mentre la seconda avviene in due fasi: a 150 °C si forma l'anidrite  $\alpha$  (anidrite solubile) e a 250 °C l'anidrite  $\beta$  (anidrite insolubile). Queste reazioni sono reversibili e l'anidrite  $\beta$ , per progressiva reidratazione, ritorna a gesso.

Come si vede si tratta di reazioni che avvengono a temperature modeste, facilmente raggiungibili con una normale combustione, così come è agevole l'operazione di successiva macinazione del prodotto disidratato o parzialmente disidratato, stante la scarsa durezza che contraddistingue questo materiale.

Nel caso dei manufatti della Grotta Calindri siamo di fronte a materiale di buona qualità, sia perché si tratta di scagliola abbastanza pura, sia per il discreto grado di omogeneità granulometrica a cui è stata portata la polvere. Pur trattandosi quindi di un processo di lavorazione semplice, per poter giungere a tale livello qualitativo occorre che fossero adottati alcuni accorgimenti. Era necessaria una fase preliminare di selezione del minerale, che doveva poi essere ridotto ad una pezzatura di non grande dimensione, in modo che il processo di disidratazione (cottura) interessasse completamente il frammento, senza lasciare alcun nucleo inalterato. La successiva fase di triturazione era poi svolta in maniera accurata, forse utilizzando gli stessi strumenti impiegati per le graminacee, cioè una lastra di arenaria basale (macina) e un'altra che fungeva da macinello e serviva quindi per rendere fine (sfarinare) il materiale granulare cotto.

Se non possiamo quindi ancora parlare di una vera e propria tradizione nella lavorazione del gesso per produrre scagliola, stante la mancanza di altri riferimenti di carattere archeologico coevi o anche più antichi, si può sicuramente ipotizzare una consolidata esperienza in questo campo da parte del

gruppo umano che frequentava la grotta. Non è poi da escludere che la tecnica di calcinazione di quei tempi fosse molto simile a quella storicamente documentata a partire dal Medioevo e in uso fino all'800 nelle cave di Monte Donato (Bologna), consistente nel creare un cumulo di blocchi gessosi, disposti in funzione della loro pezzatura, conservante alla base uno spazio vuoto nel quale veniva acceso e mantenuto il fuoco.

Comunque sia, una volta ottenuta la "scagliola", essa veniva poi impastata con acqua. Il composto che si otteneva, a quanto è dato di supporre, non era plastico (e quindi lavorabile direttamente con le mani come la creta), ma molto idratato ed adatto per essere spalmato a sottili strati su un supporto, che poteva essere un'altra forma vascolare o un graticciato vegetale, sul quale esso veniva dapprima colato. Questo spiegherebbe l'isorientamento tendenziale dei cristalli frammentati (come si osserva al microscopio) in conseguenza dell'azione meccanica di spalmatura di un amalgama semifluido, nonché la presenza di superfici concave molto lisce, sulla faccia che appoggiava contro lo stampo di supporto, prive di ingobbature o altre tracce di lisciatura. O durante la fase di manifattura oppure durante quella di essiccazione successiva si potevano poi creare tutti i vacuoli nei quali successivamente si sarebbero formati i cristallini gessosi di neoformazione.

Vale infine la pena di ricordare che, indipendentemente dalla fattura dell'oggetto finale (forse più fine per le forme vascolari e più grossolana per quelle su supporto vegetale) la qualità della scagliola impiegata risulta sempre la stessa.

*Per la microscopia elettronica si ringrazia il dott. Massimo Tonelli del Centro Interdipartimentale Grandi Strumenti (C.I.G.S.) dell'Università di Modena e Reggio Emilia. Lo strumento utilizzato è un microscopio elettronico a scansione (SEM) Philips XL 40 con abbinata microsonda elettronica a dispersione di energia (EDS-EDAX 9900).*

## Bibliografia

BARDELLA GIORGIO, 1968 - *I reperti fittili e litici della grotta Serafino Calindri*. Sottoterra, a. VII, n° 21, pp. 30-34.

BARDELLA GIORGIO, BUSI CLAUDIO, 1972 - *Testimonianze della civiltà subappenninica nella Grotta Serafino Calindri - Croara (Bologna)*. Speleologia Emiliana, s. 2, a. 4, n° 7, pp. 25-36 + 6 tavole fot. f.t.



# I Foraminiferi:

## *un elemento alternativo di interpretazione nello studio delle grotte*

Giuliana Panieri

I Foraminiferi sono organismi che appartengono al Regno dei Protisti, sono quindi unicellulari e l'unica cellula svolge tutte le funzioni vitali (riproduzione, costruzione del guscio, alimentazione, respirazione, ecc...). Hanno dimensioni variabili, da 0,1 a 5 mm circa, e alcune forme possono raggiungere i 200 µm e oltre (Nummulitidi, Orbitoidi, ecc...).

I foraminiferi sono organismi marini e possono essere bentonici, quando vivono in relazione al fondo, o planctonici quando vivono nella colonna d'acqua. I bentonici possono appartenere all'infaua se vivono infossati a diverse profondità nel sedimento (possono arrivare anche a 20cm di profondità) o all'epifaua ed in questo caso vivono sopra l'interfaccia acqua sedimento. Il substrato su cui vive il foraminifero può essere anche un'alga (Fig. 11 *Cibicides variabilis*) o il guscio di un altro organismo.

La natura del loro plasmotraco, o guscio, che ricopre la cellula vivente ed è secreto da essa, può essere arenaceo o agglutinante (Fig. 1 *Bigenerina nodosaria*), calcareo perforato (Fig. 2 *Globigerinoides ruber*) o imperforato (Fig. 3 *Pyrgo bulloides*) e siliceo. Il guscio arenaceo è composto da particelle detritiche cementate che costituiscono una parete; in molti casi le particelle appaiono disposte in maniera casuale e l'organismo seleziona dal sedimento il materiale disponibile nell'ambiente; di solito le particelle aggregate hanno dimensioni simili. Il plasmotraco calcitico è composto da cristalli di calcite prodotti dal protoplasma e depositati sulla superficie della cellula. Può essere perforato o imperforato; dai pori fuoriescono gli pseudopodi, prolungamenti del pro-

toplasma, tramite i quali il foraminifero svolge tutte le sue azioni vitali come, alimentarsi, catturare la preda nel caso di specie carnivore, spostarsi, riprodursi, ecc...

L'accrescimento nei foraminiferi bentonici può avvenire in modo continuo ed in questo caso il guscio risulta composto di una sola camera (Fig. 5 *Lagena clavata*), oppure può avvenire a intervalli periodici ed in questo caso è formato da tante camere quanti sono gli stadi di accrescimento. Si avranno così foraminiferi a tassa (= disposizione delle camere) uniseriale (Fig. 4 *Nodosaria raphanus*) oppure a tassa biseriale, dove le camere si accrescono a due a due (Fig. 6 *Brizalina alata*) oppure a tassa planispirale (Fig. 7 *Lenticulina rotulata*) o trocospirale (Fig. 8 *Buccella frigida granulata*) dove le camere sono sviluppate in un piano oppure nello spazio o a tassa elicoidale (Fig. 9 *Uvigerina mediterranea*). Il guscio può essere provvisto di ornamentazioni tipo tubercoli, spine, coste e carene (Fig. 10).

### Metodi di studio

I foraminiferi data la loro piccola taglia e l'ampia distribuzione areale, sono presenti in tutti i mari per cui si trovano allo stato fossile in tutti i sedimenti che si sono depositati sul fondo marino. Per questa ragione, campioni per uno studio micropaleontologico si possono raccogliere in superficie oppure mediante sondaggi su terreni o in fondali marini. Dopo aver campionato i sedimenti da studiare, si procede ad un lavoro di laboratorio che consiste in diversi trattamenti, a seconda della consistenza del campione. Se il campione è costituito da sedimento che può essere disgregato si

Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali,  
via Zamboni 67, 40131 Bologna.

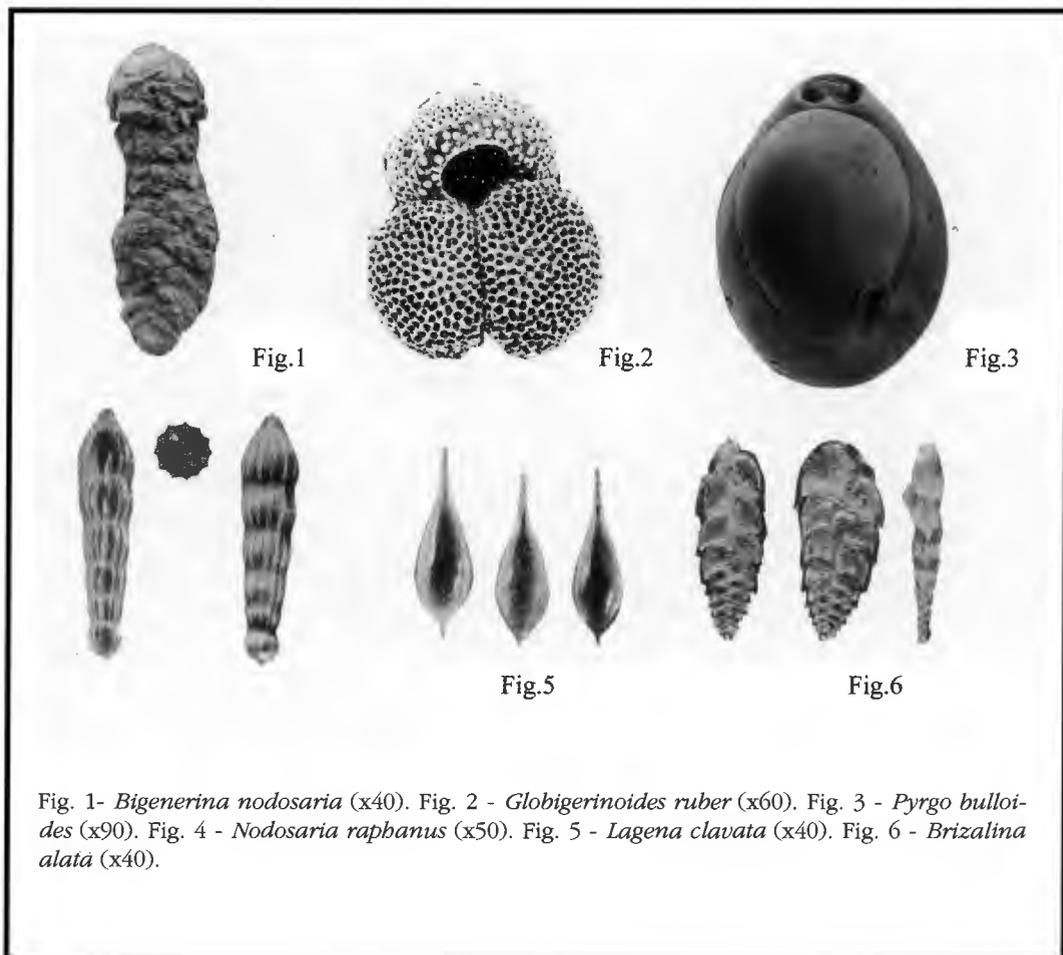


Fig. 1- *Bigenerina nodosaria* (x40). Fig. 2 - *Globigerinoides ruber* (x60). Fig. 3 - *Pyrgo bulloides* (x90). Fig. 4 - *Nodosaria raphanus* (x50). Fig. 5 - *Lagena clavata* (x40). Fig. 6 - *Brizalina alata* (x40).

procederà ad un semplice lavaggio, così da ottenere un residuo visibile ed analizzabile al microscopio ottico. Quando il campione è costituito da un sedimento molto compatto, tale da non permettere l'isolamento dei foraminiferi inglobati, si procederà alla preparazione di sezioni sottili, in modo da poter essere osservate in trasparenza tramite microscopio ottico.

#### Studi sui Foraminiferi e loro applicazioni

Il gruppo dei foraminiferi si presta a diversi tipi di studio, biostratigrafico e paleoecologico.

Si utilizzano i foraminiferi per ricostruire il paleoambiente di un'area, considerando che la fauna fossile trovata nei sedimenti possa essere stata influenzata dalle condizioni ambientali così come i foraminiferi attuali testimoniano l'ambiente in cui vivono. Per cui le osservazioni fatte sulla fauna attuale possono essere utilizzate per l'inter-

pretazione delle associazioni fossili (Attualismo). Innanzitutto va detto che l'ecologia è lo studio delle interrelazioni tra l'ambiente e gli organismi ed esistono fattori che possono influenzare queste interrelazioni. Possono essere fattori abiotici come temperatura, salinità, tipo di substrato, torbidità dell'acqua, luce, nutrienti, contenuto di ossigeno, profondità e fattori biotici come ad esempio la competizione tra specie diverse.

#### Ricerche biostratigrafiche

Vengono eseguite per datare sedimenti del passato mediante lo studio del loro contenuto in fossili. I foraminiferi, e tutti gli altri organismi, sono soggetti all'evoluzione biologica che non si ripete nel tempo e per questo motivo ogni specie presenta distinti limiti di distribuzione stratigrafica, cioè le diverse specie di foraminiferi possono determinare un certo intervallo di tempo.



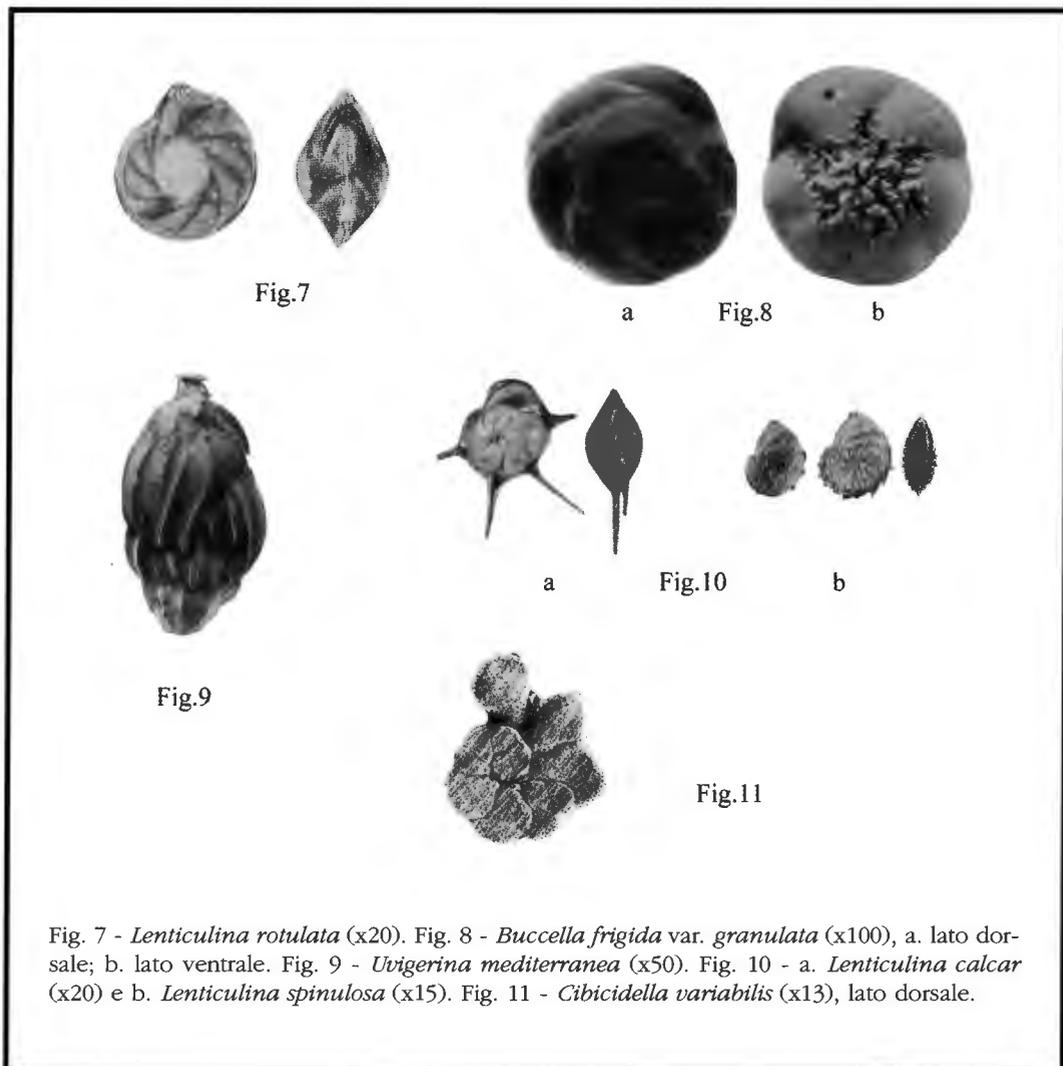


Fig. 7 - *Lenticulina rotulata* (x20). Fig. 8 - *Buccella frigida* var. *granulata* (x100), a. lato dorsale; b. lato ventrale. Fig. 9 - *Uvigerina mediterranea* (x50). Fig. 10 - a. *Lenticulina calcar* (x20) e b. *Lenticulina spinulosa* (x15). Fig. 11 - *Cibicidella variabilis* (x13), lato dorsale.

Il record stratigrafico dei foraminiferi è molto ampio e va dal Paleozoico a tutt'oggi; un gran numero di specie planctoniche e bentoniche hanno un ampio *range* stratigrafico, per questo motivo vengono largamente utilizzati in studi biostratigrafici e sono eccellenti elementi di studio per ricostruzioni paleoecologiche.

La ricerca inizia con lo studio delle singole sezioni stratigrafiche eseguite sul terreno e quindi con l'analisi delle caratteristiche litologiche, sedimentologiche e il contenuto in fossili. I dati raccolti vengono poi correlati e confrontati con altre sezioni stratigrafiche note in letteratura.

#### Ricerche paleoecologiche

Fare una ricerca paleoecologica significa ricostruire un ambiente, passato o attuale. Per fare ciò, ci si basa su studi ecologici eseguiti su popolazioni di individui attuali. Per questo motivo è indispensabile avere informazioni sulle biocenosi (associazioni di animali o vegetali viventi) e poter così trarre deduzioni analoghe sulle tanatocenosi (associazioni di animali o vegetali morti). I fattori che influenzano l'attività vitale e la distribuzione orizzontale dei foraminiferi sono descritti qui di seguito. Considerando il parametro temperatura, si può affermare che svolge un forte controllo sull'attività vitale dei foraminiferi, in quanto ogni specie ha determinati limiti di tolleranza.

Dato che le specie tollerano in modo diverso i limiti di temperatura, il controllo geografico sulla distribuzione dei foraminiferi appare evidente e per questo motivo è stata anche redatta una zonazione in province geografiche considerando questo parametro.

Le specie si definiscono euriterme, quando tollerano variazioni di temperatura e stenoterme, quando mostrano bassa tolleranza alle variazioni di temperatura. Le variazioni annuali ed anche diurne possono influenzare la distribuzione delle singole specie. La riproduzione avviene normalmente a determinate temperature, dette "ottimali".

Anche la morfologia dei foraminiferi sembra essere influenzata dalla temperatura; per le forme planctoniche si sono osservate inversioni negli avvolgimenti, a seconda che la specie viva in acque fredde o calde. Alcune specie di foraminiferi bentonici presentano un minor numero di ornamentazioni in acque fredde, rispetto agli individui trovati in acque calde.

Il parametro salinità, che misura i sali disciolti in acqua e viene definita come il peso in grammi di sali disciolti in un kg di acqua di mare, è importante per gran parte di foraminiferi bentonici. Sono stenohalini quelli che tollerano piccole variazioni di salinità ed eurialini quelli che tollerano ampie variazioni di salinità e vivono in acque iposaline e ipersaline. Negli ambienti lagunari, che presentano ampie variazioni stagionali ed anche giornaliere, le associazioni a foraminiferi sono costituite da un numero limitato di specie e alto numero di individui.

Anche la natura chimica e mineralogica del substrato e la tessitura sono parametri che influenzano fortemente la distribuzione e la morfologia dei foraminiferi bentonici. I substrati siltosi e fangosi sono spesso ricchi di materia organica e conseguentemente di batteri; per questo motivo vi possono essere abbondanti popolazioni di foraminiferi che si presentano con gusci sottili e forme allungate. I sedimenti sabbiosi invece contengono generalmente meno nutrienti quindi le popolazioni di foraminiferi sono meno abbondanti e presentano forme biconvesse o fusiformi, provviste di ornamentazioni.

I foraminiferi che vivono sul substrato e su vegetali, hanno forma piatta o concava e possono adattarsi al tipo di substrato, deformandosi (Fig. 11).

La quantità di luce che penetra nella colonna d'acqua dipende dalla profondità e dall'ora della giornata. E' un parametro molto importante perché influenza direttamente la produzione di nutrienti

delle acque superficiali e conseguentemente la distribuzione dei foraminiferi sia planctonici che bentonici.

Lo sviluppo della vegetazione marina è connesso alla penetrazione dell'energia solare ed è per questa ragione che si possono fare suddivisioni all'interno della colonna d'acqua. La zona eufotica si estende dalla superficie ad una profondità di 60-120 m (dipende dalla latitudine); l'illuminazione è buona e la quantità di fitoplancton e zooplancton è abbondante; la zona disfotica, da 60-120 a 200 m ha bassa illuminazione e sono presenti alcuni generi di diatomee, alghe verdi, bassa produzione di fitoplancton e abbondante zooplancton. La zona afotica >200m è caratterizzata dall'assenza di luce; lo zooplancton è ricco e diversificato nella porzione più superficiale della zona.

Considerando i nutrienti, i foraminiferi si cibano soprattutto di fitoplancton, particolarmente di diatomee, alghe e spore, ma anche di flagellati, batteri, copepodi, piccoli echinodermi, nematodi, spore, microcrostacei, ciliati ed altri foraminiferi.

Certe specie vivono in simbiosi con esacoralli presenti nelle barriere coralline favorendo la funzione clorofilliana. L'alta diversità specifica nelle associazioni a foraminiferi presuppone risorse notevoli di cibo. Nelle acque fredde si può notare un'esplosione del numero degli individui, ma una bassa diversità specifica nelle associazioni. Queste specie sono chiamate opportuniste, e sono relativamente di piccole dimensioni.

La variazione stagionale dei nutrienti può influenzare la morfologia dei foraminiferi. Durante i periodi con scarsità di cibo può portare a delle stasi nel processo di crescita e gli individui possono essere piccoli rispetto alla taglia media o affetti da anomalie. Generalmente il numero di individui all'interno di un sedimento è tanto grande quanto maggiore l'abbondanza dei nutrienti all'interno di quel sedimento.

La presenza dell'ossigeno disciolto nell'acqua di mare permette agli organismi di vivere ed è necessaria per l'ossidazione della materia organica. Il contenuto di ossigeno nell'acqua marina dipende dalla temperatura e da esplosioni algali che si verificano durante la primavera e nei primi mesi d'estate in quanto arricchiscono di ossigeno gli strati superficiali degli oceani. Un aumento della temperatura dell'acqua diminuisce la capacità della massa d'acqua di disciogliere ossigeno. L'ossigeno è indispensabile per la respirazione animale e la richiesta da parte dei foraminiferi è variabile. Si nota però che un basso tenore di ossigeno nelle

acque può ridurre il numero di specie e può quindi influire sulla composizione dell'associazione. In alcuni casi si è notata l'alterazione morfologica degli individui.

Altro parametro è la solubilità del carbonato di calcio, che viene controllato da salinità, temperatura e contenuto di ossigeno nell'acqua. In generale il carbonato di calcio è facilmente disponibile in acque tropicali o ipersaline e meno disponibile in acque iposaline fredde. Le aree caratterizzate da bassa disponibilità di carbonato di calcio sono più favorevoli alla vita di specie con guscio agglutinante.

Il parametro profondità, di per sé, non è un vero fattore limitante; il fatto è che molti parametri sono collegati alla profondità e variano con essa come pressione idrostatica, densità, penetrazione della luce, temperatura, pH, contenuto di ossigeno, carbonato di calcio. In un ambiente naturale, è impossibile determinare gli effetti isolati che possono essere provocati da questo fattore. Nonostante questo, alcune variazioni a livello morfologico e distributivo possono essere collegate alla profondità.

Il fattore pH non sembra influenzare la vita e la distribuzione dei foraminiferi, anche se in ambienti lagunari, un basso pH provoca la soluzione dei gusci di foraminiferi morti così da portare a volte, ad interpretazioni non attendibili.

### La Grotta Calindri

I foraminiferi sono assenti in ambienti particolari come le grotte, ma all'interno di esse possono esserci depositi di sedimenti che contengono foraminiferi sia planctonici sia bentonici. Come descritto nei capitoli precedenti, i foraminiferi sono validi indicatori biostratigrafici e paleoambientali e, in una grotta, possono indicare l'età dei sedimenti che l'hanno riempita ed eventualmente l'ambiente della loro deposizione.

Per la Tana della Mussina di Borzano (Albinea, RE) (Panieri, 2001) sono stati studiati campioni prelevati all'interno della grotta. Le analisi micropaleontologiche hanno permesso di datare i sedimenti, che costituivano strati pelitici tra intervalli di gesso e nei riempimenti di frattura, al Messiniano (Miocene superiore) e al Pliocene. Per i campioni studiati è stata data un'interpretazione anche paleoambientale.

Anche per la Grotta Calindri si è provveduto ad isolare gli esemplari di foraminiferi presenti all'interno dei sedimenti oggetto di analisi (Rossi A., Mazzarella B.S.L., *ivi*).

In via preliminare si può accennare al fatto che nei campioni esaminati i foraminiferi sono assenti o non particolarmente abbondanti, ma le specie presenti sono in corso di studio per un'interpretazione stratigrafica e paleoambientale dei sedimenti nella grotta.

### Ringraziamenti

L'Autore desidera ringraziare la prof. Sara D'Onofrio per la revisione critica del manoscritto, il prof. Antonio Rossi per la disponibilità del materiale studiato ed infine il prof. Paolo Forti che ha dato la possibilità di realizzare questa ricerca.

### Bibliografia

- AGIP MINERARIA, 1982 - *Foraminiferi Padani (Terziario e Quaternario)*. Atlante iconografico e distribuzione stratigrafica. Milano, seconda ed., LII tavole.
- BARMAWIDJAJA D.M., JORISSEN F.J., PUSKARIC S. & VAN DER ZWAAN G.J., 1992 - *Microhabitat selection by benthic foraminifera in the Northern Adriatic Sea*. Journal of Foraminiferal Research, vol. 22, n. 2, pp. 297-317.
- BOLTOVSKOY E. & WRIGHT R., 1976 - *Recent Foraminifera*. Dr. W. Junk b.v. Publisher. The Hague 1976.
- MURRAY J.W., 1971 - *An Atlas of British Recent Foraminiferids*. Heinemann Education Books, pp. 1-244.
- MURRAY J.W., 1973 - *Distribution and Ecology of Living Foraminiferids*. Heinemann Education Books, pp. 1-274.
- MURRAY J.W., 1991 - *Ecology and distribution of benthic foraminifera*. In *Biology of foraminifera*, edited by J.J. Lee and Anderson O.R., pp. 221-253.
- MURRAY J.W., 1991 - *Ecology and Paleoecology of Benthic Foraminifera*. Longman Scientific and Technical, pp. 1-397.
- PANIERI G., 2001 - *I Foraminiferi della Tana della Mussina*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, serie 2°, vol. 11.

1964 – 1987:

# la salvaguardia della Calindri

## Documento

**(come gli speleologi hanno impedito  
la distruzione della Grotta)**

*Paolo Grimandi*

Nel 1964 la Grotta Serafino Calindri è la seconda cavità (dopo il tentativo esperito alla Spipola da Luigi Fantini, nel 1936) ad essere protetta a cura degli speleologi del G.S.B.: questa volta con un portello in acciaio.

Nel '69 e nel '70 due piccoli movimenti franosi ostruiscono il pozzo, ma nell'inverno del 1972 una slavina di fango ed alberi si abbatte sull'ingresso e scava una voragine al di sotto del manufatto.

Nel gennaio del '73 costruiamo un nuovo portello, venti metri più all'interno della grotta e realizziamo all'esterno una grande traversa subcircolare in legname, che contrasta l'avanzamento della pendice e favorisce l'instaurarsi di un nuovo equilibrio (1988) dell'articolata rete di drenaggio della valle cieca.

Tuttavia la Calindri ha ben altri problemi: la cavità naturale più bella ed interessante dei Gessi Bolognesi rischia infatti di essere annientata dalle attività estrattive, tanto a monte quanto a valle del Sistema carsico di cui fa parte e questo ci è ben chiaro nel momento stesso in cui si concludono le fasi delle prime esplorazioni e del rilevamento topografico, nel 1965.

A monte l'insidia viene dalle discariche della cava IECME (Gruppo Rosmino), a valle dalla prosecuzione dei lavori in galleria della cava Farneto (Gruppo F.lli Fiorini), attiva dal 1948, ma ancora il 7.11.1959 autorizzata dal Comune di S. Lazzaro di Savena a condurre escavazioni a cielo aperto e da quell'anno coltivata anche in sotterraneo.

Anni difficili per gli speleologi, protoambientalisti senza saperlo, che - dopo la scoperta della Calindri - nel corso del VI Convegno Speleologico Regionale dell'Emilia Romagna (Formigine, 19.09.65), sottoscrivono un'accorata mozione ufficiale, con la quale sembrano invitare gli enti locali ed i responsabili almeno a non ostacolare la loro opera di tutela delle grotte nell'area Croara-Farneto.

Nei primi anni '70 le cave di gesso del nostro territorio registrano un'ulteriore impennata della produzione, che oscilla annualmente fra i 127.000 mc dichiarati ed i 200.000 mc stimati: rispettivamente da 5 ad 8 volte il quantitativo impiegato dai Romani nel III sec.d.C. per erigere intorno a Bologna la prima cerchia di mura, fatta quasi interamente in gesso, lunga 2 km, alta 7 m e larga 2 alla sommità.

Nel marzo del '72 noi del G.S.B., che quatti sorvegliamo nottetempo e sotto terra il rapidissimo avanzamento delle gallerie, mettiamo insieme i nostri risparmi e scriviamo all'Ospizio S. Anna, proprietario della vasta area del Budriolo, proponendoci quali acquirenti dei tre mappali (ha 1.78.14) che individuano il fondo della valle cieca, ove si aprono i tre inghiottitoi della Calindri.

Apprendiamo purtroppo che l'intera area del Budriolo risulta essere stata alienata cinque mesi prima alla Ditta Fiorini e che pertanto, constatata la regolarità della procedura, a nulla vale l'esposto presentato dagli speleologi alla Prefettura, cui sono demandate funzioni di controllo sugli atti delle cosiddette opere pie.

In poche parole, si può dire che la sorte della Calindri sia segnata: le gallerie finiranno prima o poi per intersecarla, lungo la direttrice che le porterà a sbucare a cielo aperto, a circa 500 m di distanza dagli ingressi ubicati in Val di Zena.

Cerchiamo quindi di abbozzare, attraverso contatti diretti con i cavaatori e con il Corpo delle Miniere, dai quali si evince con estrema chiarezza che nel settore non esistono controllati né controllori, ma solo corruzione ed inefficienza.

I nostri interlocutori tuttavia ci rassicurano: le direzioni delle escavazioni, preventivamente autorizzate e monitorate in tempo reale dai vigili funzionari del Distretto Minerario di Bologna (Corpo delle Miniere), escludono categoricamente ogni interferenza con la Grotta.

Ci contestano la "risibile precisione" dei nostri rilevamenti, fatti con bussola ed eclimetro, che evidenziano l'estrema vicinanza fra cava e Grotta, nei confronti dei loro, esito di poligonali tacheometriche chiuse, planimetrie costituenti atti d'ufficio, ai quali non possiamo avere accesso, noi beceri privati.

E' questione di pochi mesi: il 19.01.75 una squadra in Calindri, a 450 m dall'ingresso, si trova di fronte ad una frana, che ha ostruito il torrente. Una ventina di candelotti esplosivi fa capolino dalle pareti o giace fra i massi.

Ergo: i nostri rilievi non saranno la fine del mondo, ma i loro sono di merda.

In Grotta la roccia vibra e – a non più di 4 metri di distanza – rombano i motori degli autocarri che percorrono le gallerie di cava.

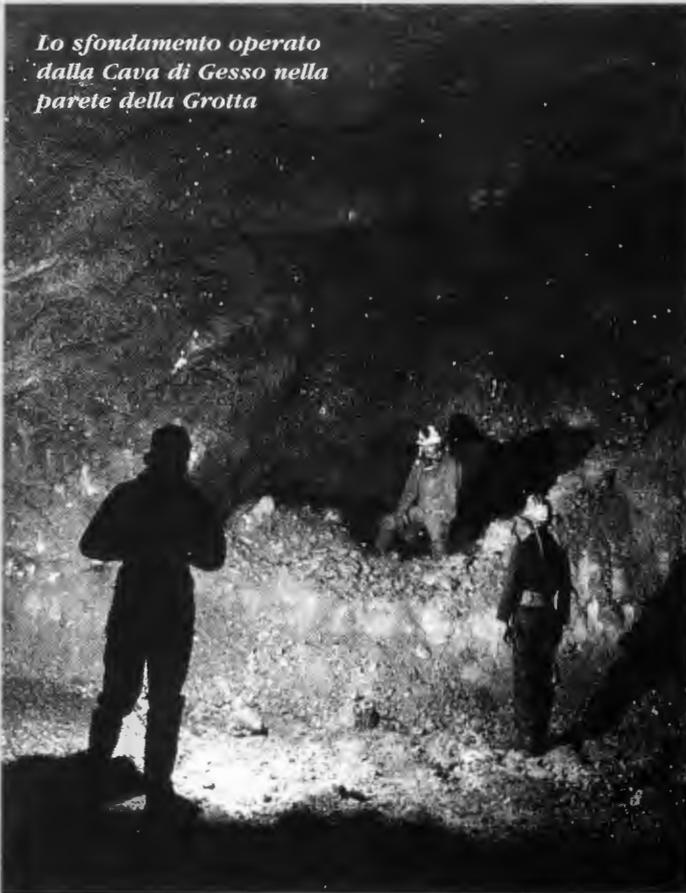
Riusciamo a convocare una riunione (la terza) sul piazzale di cava, cui partecipano Fiorini, il suo augusto rilevatore e l'ing. capo del Comune di S. Lazzaro.

I tre amiconi ci confermano che le nostre cartografie sono da buttare, poi ci raccontano che risulta evidente un'interferenza casuale provocata da un saggio di scavo, già abbandonato, in quanto da quella parte c'è troppa "argilla", e che quindi le gallerie devieranno verso il fondo



**6.7.76**  
**Grotta Calindri**  
**il margine dello**  
**squarcio,**  
**i candelotti di**  
**esplosivo**  
**e la miccia**

*Lo sfondamento operato  
dalla Cava di Gesso nella  
parete della Grotta*



del Budriolo, senza toccare la Grotta, per realizzare un'efficace condotta di aerazione. I candelotti, "che non sono affatto pericolosi", saranno recuperati da un loro fuochino, che cortesemente accompagneremo in Calindri.

L'1 febbraio raccattiamo gli esplosivi, ma temiamo il peggio.

Il 17.05.75 ha luogo il Convegno "Salviamo i gessi", nel corso del quale bombardiamo l'unico cavatore convenuto, il Tura della Cava a Filo, convinto di essere un michelangiolo del gesso. L'Assessore Regionale F. Bocchi, mortalmente annoiato dall'argomento, conclude il Convegno dicendoci in buona sostanza che ognuno è libero di divertirsi come preferisce, ma che dobbiamo imparare a lasciare in pace la gente che lavora.

Riusciamo finalmente – per vie traverse – a mettere le mani sui famosi "Piani di cava" depositati al Corpo e passiamo qualche notte abusiva dentro, a controllare. Portiamo a termine intanto il rilievo esterno con teodolite (punto Grotta).

Risulta che lo stato di avanzamento delle gallerie, "continuamente aggiornato", è assolutamente inattendibile: fantasia, cecità e collusioni hanno disorientato il Nord di 60°, abbassato di 25/30 metri l'altimetria, dimenticato 300 m di linee di scavo principali e secondarie.

Tracciamo un perimetro che delimita un'area minima di rispetto, che contiene la Grotta; lo inviamo il 26.05.75 a Fiorini e agli Enti preposti.

Il 26.01.76, con Legge n° 8, la Regione Emilia Romagna disciplina il settore delle attività estrattive, delegando ampi spazi di decisionalità ai Comuni.

Il 4.07.76 la cava entra prepotentemente dentro la Calindri, con un buco di 4 x 2 m, nello stesso punto in cui sono stati estratti i candelotti un anno e mezzo prima.

Il materiale franato ostruisce tutto l'alveo del torrente interno.

Facciamo un casino della madonna con il Corpo, la Regione, la Provincia, la Soprintendenza ed il Comune, che fissa una riunione per il 14 luglio.

La Società Speleologica Italiana interviene autorevolmente, con un esposto alla Pretura di Bologna, che denuncia a piede libero il trio F.lli Fiorini (Reato art. 734 C.P.).

G.S.B. ed S.S.I. sollecitano al Ministero dei Beni Culturali ed Ambientali l'adozione di provvedimenti di tutela (vincolo archeologico) della Grotta Calindri.

Alla riunione in Comune chiediamo venga impedito lo sfruttamento in direzione del Budriolo (in base al D.M. P.I. 25.10.65 sulla salvaguardia della Croara), la chiusura del setto di comunicazione fra cava e Grotta, il ripristino dell'alveo del torrente ipogeo ed il riconoscimento ufficiale dell'area di rispetto propostà.

L'immediato accoglimento di tutte le nostre richieste da parte del Corpo (che funge piuttosto impropriamente da controparte) ci sorprende e insospettisce.

Divertente il megasopralluogo del 15 luglio, al quale prendono parte una dozzina di ingegneri e tecnici, nessuno dei quali - tranne l'Arch. Rosini, della Provincia - viene a vedere le gallerie di cava e il buco.

Il Corpo si abbronzia, immobile sotto il sole del piazzale ed impartisce disposizioni diverse da quelle formulate il giorno innanzi, forse perché suggerite dallo stesso esercente.

Non si darà corso quindi alla costruzione del muro in calcestruzzo, in corrispondenza del setto cava/grotta, preteso dagli speleologi, ma all'isolamento dell'intero piano inferiore delle gallerie (che sta allagandosi), mediante l'accumulo di sterile alla base dei tre punti di contatto con la discenderia.

Obiettiamo che i cumuli si costiperanno presto, riaprendo i varchi, ma veniamo zittiti dal generale e condiviso apprezzamento rivolto all'elevata professionalità dei cavaatori, che ci san fare.

Il 7 settembre andiamo alla Calindri e l'8 in cava: i lavori prescritti sono stati diligentemente ultimati.

Il 16.09.76 il Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali decreta il vincolo archeologico a tutela dell'area esterna ed ipogea che circonda la Grotta, vietando l'immissione di scarichi di qualsiasi genere e le attività estrattive "sia all'aperto che ad ingrottamento".

Il 25.10.76 il Corpo, apparentemente ancora vivo, ci trasmette copia di un'aggiornatissima planimetria della cava, un capolavoro di autore a noi noto, in cui sono vistosamente errate le quote di riferimento, in cui mancano centinaia di metri di gallerie ed è perfino inventato il punto di intersezione con la Calindri.

Fiorini intanto, giovandosi della collaborazione di uno Studio professionale, sta predisponendo la documentazione da presentare al P.I.C. ed al Comune (27.07.76), a corredo della domanda di rinnovo della concessione di scavo, prescritta dalla Legge Regionale.

E' una vera fortuna per tutti (cavaatori esclusi) che proprio gli speleologi vengano invitati dal P.I.C. a collaborare - gratis, s'intende - alla verifica degli elaborati presentati dagli esercenti: se ne vedranno delle belle!

Per limitare la trattazione alla sola cava Farneto, di cui stiamo parlando, scopriamo nella Relazione generale il manifestarsi di una profonda sensibilità ambientalista: Fiorini risulta aver deciso, pur di salvare la Calindri, la cessazione dello sfruttamento in sotterraneo e la predisposizione di opere in muratura necessarie per reintegrare la parete della grotta danneggiata. La nuova cartografia contiene sì, qualche metro di gallerie in più rispetto alle precedenti, "verificate" dal Corpo, ma parecchi metri in meno di quelle realmente scavate.

Ci è fin troppo facile dimostrare che la cava si è spinta 100 m al di là dei limiti autorizzati, (è ormai a 20 m dalla Sala archeologica), ha chiuso con sterile alcuni bracci laterali, forse per impedirne l'ispezione, ha - in più - gravissimi problemi di stabilità, che stanno coinvolgendo all'esterno l'intero versante volto al T. Zena.

Forniamo al contempo (gennaio '97) una corposa documentazione alla Soprintendenza Archeologica dell'E.R. e all'Avvocatura dello Stato, per avvalorare le controdeduzioni da addurre avverso l'opposizione al vincolo di tutela apposto dal Ministero alla Grotta Calindri ed all'ambiente circostante, avanzata dai Fiorini.

Il 4.04.77 il Corpo finalmente sforna una planimetria decorosa, dalla quale emerge clamorosamente l'immane sviluppo raggiunto dalle escavazioni sotterranee.

Gli speleologi constatano (1.05.77) nuovi crolli nei punti in cui le gallerie sfiorano la Grotta. Alla luce di questi fatti e con quella planimetria Corpulenta, vero documento canonico, che

*La costruzione del muro fra le gallerie della  
Cava Farneto e la Calindri, nel 1987.*



attesta l'invasione dell'area vincolata dal Ministero, il 30.06.77 chiediamo perentoriamente a tutti gli Enti la chiusura della cava.

Il Corpo, spinto da un sussulto di vigore e da un intervento della Soprintendenza, compie l'ultimo atto il 07.07.77, sospendendo i lavori "con ordine di immediata attuazione".

Il 19.07 la Commissione Cave (L.R. 8/76) esprime parere negativo al rinnovo della concessione, in quanto i lavori "hanno provocato situazioni di precarietà sotto il profilo statico e intercettato grotte di cospicua rilevanza naturalistica ed archeologica e corsi idrici ipogei".

Il Comune di S. Lazzaro di Savena, il 20.10.77, delibera il diniego dell'autorizzazione alle escavazioni in galleria "per i gravi danni ai profili orografici della collina interessata", senza citare la Calindri. E' tuttavia "dell'avviso che possa consentirsi la prosecuzione delle attività a cielo aperto, per il riassetto dei terreni, al fine di riassorbire i descritti danni". Questo previa presentazione, da parte dell'esercente, di un progetto di ripristino, cui potranno seguire la sottoscrizione di una convenzione con il Comune e l'esecuzione dei lavori, sotto la tenera vigilanza degli speleologi.

E' indubbio che i quantitativi e la natura stessa del materiale recuperabile attraverso gli interventi di sistemazione sono poco appetibili e le condizioni imposte non gradite, sicché Fiorini smobilita l'area del Farneto e - come s'usa dire - si fa di gesso a Zola Predosa.

Nel maggio del '78 si fa vivo un Geom., C.T.U. incaricato dal Tribunale di Bologna di esprimere un parere tecnico in merito alla credibilità dei rilevamenti effettuati dai professionisti, dal Corpo e da tutti gli altri al soldo dei cavaatori, nonché dei nostri, nell'ambito del procedimento penale in atto per i misfatti del '76.

L'impressione è che l'ansioso topografo voglia limitarsi a dare un punteggio alla qualità degli strumenti impiegati, convinto che il problema centrale nella tragicomica vicenda della Calindri sia rappresentato dalla precisione degli elaborati.

Non ne sapremo più nulla.

Passano quattro anni tranquilli, poi il 31.01.82 scopriamo che 3 dei 4 varchi tombati con sterile dalla cava si sono riaperti, come previsto. Chiediamo alla Ditta almeno l'immediata ricostruzione delle occlusioni artificiali, di cui la Soprintendenza Archeologica ribadisce l'urgenza (26.03).

Fiorini si sbraccia per impegnarsi (25.02.82) a farvi fronte quanto prima. Dopo numerose quanto inutili sollecitazioni e logoranti rinvii, che si susseguono per 15 mesi, gli indichiamo (16.05.83) il termine ultimo di 60 gg. per il compimento dei lavori, scaduto il quale denunceremo il fatto alla Magistratura.

Il 26.05 la Ditta ci chiede di organizzare un incontro con tutti gli Enti interessati, negando l'esattezza delle contestazioni: i passaggi sarebbero semichiusi, non semiaperti.

Gli Enti "interessati", del resto, stanno per andare in ferie e non ci pensano nemmeno di invischiarci in una faccenda che ritengono risolta o affar nostro.

Il mese di giugno dell'83 è particolarmente caldo, ma solo per noi, che tempestiamo di telefonate lo stabilimento di Zola dei Fiorini, dai quali otteniamo solo sberleffi e mafiosissime minacce di morte. Per stare al giuoco e chiarire che non abbiamo paura, notificiamo loro (23.06), con un cartello affisso al cancello degli uffici di Zola, che "per ogni speleologo ucciso verranno fatti saltare in aria dieci cavaatori di gesso".

In novembre si registrano i primi danneggiamenti delle rare concrezioni gessose della Calindri, degna opera dei collezionisti di mineralizzazioni, che penetrano nella Grotta attraverso la cava. Interviene l'Istituto Italiano di Speleologia, che si fa promotore di una riunione, tenutasi il 26.11.83 all'Istituto di Geologia. Vi prendono parte la Soprintendenza, la Provincia, la Regione, il G.S.B. ed - eccezionalmente - l'amministratore della Fiorini.

G.S.B. e Soprintendenza premono per una soluzione immediata, ma la Ditta lamenta l'elevato costo delle lavorazioni, propone in alternativa di chiudere i buchi con il filo spinato e chiede impudentemente un contributo pubblico alla spesa.

In conclusione, viene fissato il tempo utile di 30 giorni per il ripristino dei varchi; ove ciò non dovesse accadere, provvederà d'ufficio la Soprintendenza, addebitandone i costi ai Fiorini.

Passano tre mesi ed il 13.03.84 il G.S.B. è costretto a comunicare alla Soprintendenza che in cava la situazione è immutata. Lettera dello stesso tenore il 22.05 ed il 9.11, senza risposta.

Con la nota del G.S.B. del 24.11.84 si cambia registro e si annuncia l'intenzione di denunciare la Soprintendenza alla Magistratura, per omissione di atti d'ufficio.

Riceviamo allora, p.c., una nota della Soprintendenza, in data 3.12, in cui si intima ai F.lli Fiorini l'esecuzione dei lavori entro 10 giorni.

Non sorprende la risposta da Zola, del 10.12: si conferma l'impegno, ma si richiede una proroga a tutto gennaio. Proroga accordata.

Nuova richiesta di proroga il 15.01.85, anch'essa concessa dalla Soprintendenza, che invita Fiorini a concordare con il G.S.B. le modalità tecniche (il muro, di cui sono stati trasmessi i disegni).

Esito dei contatti: il 25.01 Fiorini sta partendo per gli States, il 14.02 c'è, ma occupatissimo, prega di chiamarlo a casa l'indomani. Il 14 però a casa non c'è: dicono che è a Roma, dal Papa. Il 19.02 la segretaria fissa l'appuntamento in cava, per il 23, che il 22 viene disdetto, causa un impegno del boss.

Il 25 la stessa impiegata legge un appunto del suo capo: se proprio si vuol fare un sopralluogo, il G.S.B. deve chiedere il parere ed il permesso al Corpo delle Miniere, in quanto la cava è pericolante.

Il 26.02 elenchiamo alla Soprintendenza la lunga serie di prese per il culo che abbiamo dovuto subire, facendo presente che il deprecato Corpo - fra l'altro - non esiste più.

Il 13.03.85 riunione in Soprintendenza e il 20 sopralluogo in cava. Salta fuori l'ipotesi che - per risolvere il problema - occorra un'ordinanza da parte del Comune di S. Lazzaro, che ci dichiariamo (26.03) disponibili a richiedere e ottenere in breve.

Tutto tace fino all'11.06, quando scriviamo alla Soprintendenza facendo presente che si è nuovamente alle soglie delle ferie e che, dopo, ricominceranno le pioggerelle che pare rendano fin troppo inagibili gli accessi alle gallerie.

Ci risponde un po' alterata, solo per dirci che l'ordinanza di effettuazione dei lavori, richiesta il 20.03, è stata emessa dal Comune l'11.04, che sono in corso contatti operativi con Fiorini e che, ove occorra la nostra collaborazione, ci verrà richiesta.

All'anima!

Il 31.10.1985 ci permettiamo di contattare la Soprintendenza, ancorché la nostra collaborazione non sia stata richiesta, per far sapere che Grotta e cava sono nello stato descritto il giorno 11.02.1982 e chiedere un vaticinio sulle prospettive per il 1986.

Restiamo poi diciannove mesi in attesa di un cenno di riscontro, ma invano.

Il 25.05.1987, previ contatti con l'Assessorato Ambiente del Comune di S. Lazzaro, formuliamo al Comune la proposta di risolvere definitivamente il problema Calindri, impegnandoci a costruire noi, del G.S.B.-U.S.B., il famoso muro di tamponamento a difesa della Grotta. L'Amministrazione dovrà ottenere i permessi e fornire il materiale necessario.

Il 4.07 Fiorini – bontà sua – autorizza il Comune all'accesso nei suoi possedimenti e ne approfitta – già che c'è – per dichiararsi pronto “a trattare la vendita del terreno che interessa le cave”. Siamo pronti a partire, ma l'ineffabile Ufficio Tecnico del Comune, che di licenze in giro ne ha date a iosa, ci fa presente che occorre la licenza edilizia, per costruire un muro, anche 20 metri sotto terra.

Il 5 ottobre presentiamo il progetto di dettaglio, firmato da un ing. professionista, che il 27 novembre si guadagna, se non la parcella da parte nostra, almeno il consenso della commissione edilizia.

I lavori possono avere inizio il 12 dicembre 1987, proseguiranno il 13, 19, 20 dicembre (piove e nevicata) e saranno ultimati il 10 gennaio 1988, da 25 speleologi del G.S.B.-U.S.B., che trasportano a mano, a 300 m dall'ingresso, al piano inferiore allagato delle gallerie, le 5,5 t di materiali necessari e che con essi realizzano il muro.

L'11 gennaio ne approfittiamo per dare l'incredibile notizia alla Soprintendenza: sono trascorsi 13 anni dai primi candelotti e 6 dalla riapertura dei varchi.

Non – una volta tanto - per avere riscontro, né per ricevere attestazioni di consenso ad un intervento certamente onerosissimo, che speravamo ed eravamo convinti spettasse ad altri Enti responsabili.

La risposta dell'8.02.88 della Soprintendenza è una perla di cortese ironia: ci ringrazia per il lavoro svolto per la salvaguardia della Grotta Calindri e si augura di poter fruire ancora, in futuro, della nostra “serena e amichevole collaborazione”.

Ossi duri, gli speleologi, che però – bisogna dirlo onestamente - non hanno mai sostenuto di avere un buon carattere.

Nell'ambito del programma triennale 1994/1996 il Parco Regionale dei Gessi Bolognesi ha acquisito gli ettari che costituiscono il fondo del Budriolo, ove si apre la Grotta Calindri.

## Bibliografia inerente alle cavità del Sistema carsico della Grotta Calindri

---

- 1903: Trebbi G. - *Ricerche speleologiche nei gessi del Bolognese. Nota preliminare (continuazione)*. Rivista Italiana di Speleologia, a. 1, n° 4, pp. 1-8.
- 1905: Marinelli O. - *Nuove osservazioni sui fenomeni di tipo carsico nei gessi appenninici*. Atti V Congresso Geografico Italiano, Napoli, vol. 1, pp. 164-172.
- 1933: Fantini L. - *Relazione inedita*. Archivio Storico L. Fantini - GSB-USB, Bologna
- 1933: Loreta G. - *Relazione inedita*. Archivio Storico L. Fantini - GSB-USB, Bologna
- 1961: G.S.E. - *Le cavità naturali dell'Emilia-Romagna*. Le Grotte d'Italia, s. 3, v. 3, pp. 11-30.
- 1964: Badini G. - *La Grotta S. Calindri: Introduzione*. Sottoterra, a. 3, n° 9, pp. 19-21.
- 1964: Grimandi P. - *La Grotta S. Calindri: Descrizione*. Sottoterra, a. 3, n° 9, pp. 24-25.
- 1964: Grimandi P. - *La Grotta S. Calindri: Note sul rilievo*. Sottoterra, a. 3, n° 9, p. 28.
- 1964: Zuffa G. - *La Grotta S. Calindri: Note esplorative*. Sottoterra, a. 3, n° 9, pp. 22-23.
- 1965: Altara E. - *La Grotta "Serafino Calindri", Croara (Bologna)*. Atti del VI Convegno Speleologico dell'Emilia-Romagna, Formigine (19.09.1965), Sottoterra e Speleologia Emiliana, pp. 79-85.
- 1965: Donini L. - *Brevi note sulle grotte dei gessi bolognesi*. Natura e Montagna, Bologna, s. 2, a. 5, n° 4, pp. 151-167.
- 1967: Badini G. - *Le grotte bolognesi*. Rassegna Speleologica Italiana, pp. 69-76.
- 1968: Balbiano D'Armenigo C. - *Una visita alla Grotta Calindri*. Grotte, a. 11, n° 37, pp. 33-34.
- 1968: Bardella G. - *I reperti fittili e litici della Grotta Serafino Calindri*. Sottoterra, a. 7, n° 21, pp. 30-34.
- 1968: Pasini G. - *Osservazioni sui canali di volta delle grotte bolognesi*. Le Grotte d'Italia, Istituto Italiano di Speleologia, s. 4, v.1, Bologna, 1967, pp.17-57.
- 1968: Pasini G. - *Nota preliminare sul ruolo speleogenetico dell'erosione antigrafitiva*. Le Grotte d'Italia, Istituto Italiano di Speleologia, s. 4, v.1, Bologna, 1967, pp. 75-88.
- 1969: Grimandi P. - *Il Buco dell'Acaciaia*. Sottoterra, a. 8, n° 22, pp. 26-32.
- 1970: Fantini L. - *Il Buco delle Gomme*. Sottoterra, a. 9, n° 26, pp. 6-9.
- 1972: Bardella G., Busi C. - *Testimonianze della civiltà Subappenninica nella Grotta Serafino Calindri, Croara (Bologna)*. Speleologia Emiliana, s. 2, a. 4, n° 7, pp. 25-36.
- 1975: Grimandi P. - *Dinamite!*. Sottoterra, a. 14, n° 40, pp. 10-12.
- 1976: Grimandi P., Rivalta G. - *L'untore*. Sottoterra, a. 15, n° 43, p. 22.
- 1976: Grimandi P. - *Cave canem*. Sottoterra, a. 15, n° 44, p. 3.
- 1976: Grimandi P. - *Il padrone delle miniere*. Sottoterra, a. 15, n° 44, pp. 7-9.
- 1976: Grimandi P. - *Jaws*. Sottoterra, Sottoterra, a. 15, n° 45, p. 4.
- 1976: Grimandi P., Forti P. - *Cave story (III parte)*. Sottoterra, a. 15, n° 45, pp. 29-30.
- 1978: Montanari Bermond G. - *Aspetti archeologici dei gessi Bolognesi*. Atti del Convegno Salviamo i Gessi, U.B.N., Bologna, 1975, pp. 17-22.
- 1978: Bardella G., Busi C. - *Nuove scoperte archeologiche nei Gessi bolognesi effettuate dall'Unione Speleologica Bolognese*. Atti del Convegno Salviamo i Gessi, U.B.N., Bologna, 1975, pp. 45-51.
- 1978: Rivalta G. - *La distruzione delle grotte nella provincia di Bologna*. Atti del Convegno Salviamo i Gessi, U.B.N., Bologna, 1975, pp. 59-66.
- 1987: Grimandi P. - *L'azione distruttiva delle cave nell'area del Parco*. Atti del Convegno per il rilancio del Parco dei Gessi, U.B.N., Bologna, 1986, pp. 31-46.
- 1987: Grimandi P. - *Il Muro*. Sottoterra, a. 26, n° 77, pp. 20-26.
- 1995: Grimandi P. - *Serafino Calindri (1733-1811)*. Speleologia Emiliana, s. 4, a. 21, n° 6, pp. 32-40.
- 1998: Grimandi P. - *La Grotta Serafino Calindri*. Sottoterra, a. 37, n° 107, pp. 29-32.
- 1998: Reggiani P. - *La iena della Grotta Serafino Calindri*. Sottoterra, a. 37, n° 107, pp. 52-55.
- 1998: Rossi A., Mazzarella B.S.L. - *La Grotta Calindri: dati e considerazioni sui suoi riempimenti fisici*. Sottoterra, a. 37, n° 107, pp. 33-51.
- 1998: Demaria D. - *Il Buco dell'Acaciaia e il Sistema carsico della Grotta Calindri*. Sottoterra, a. 37, n° 108, pp. 22-35.

**Danilo Demaria,  
Paolo Forti,  
Paolo Grimandi,  
Antonio Rossi e Giancarlo Zuffa,  
del G.S.B.-U.S.B.**

*ringraziano*

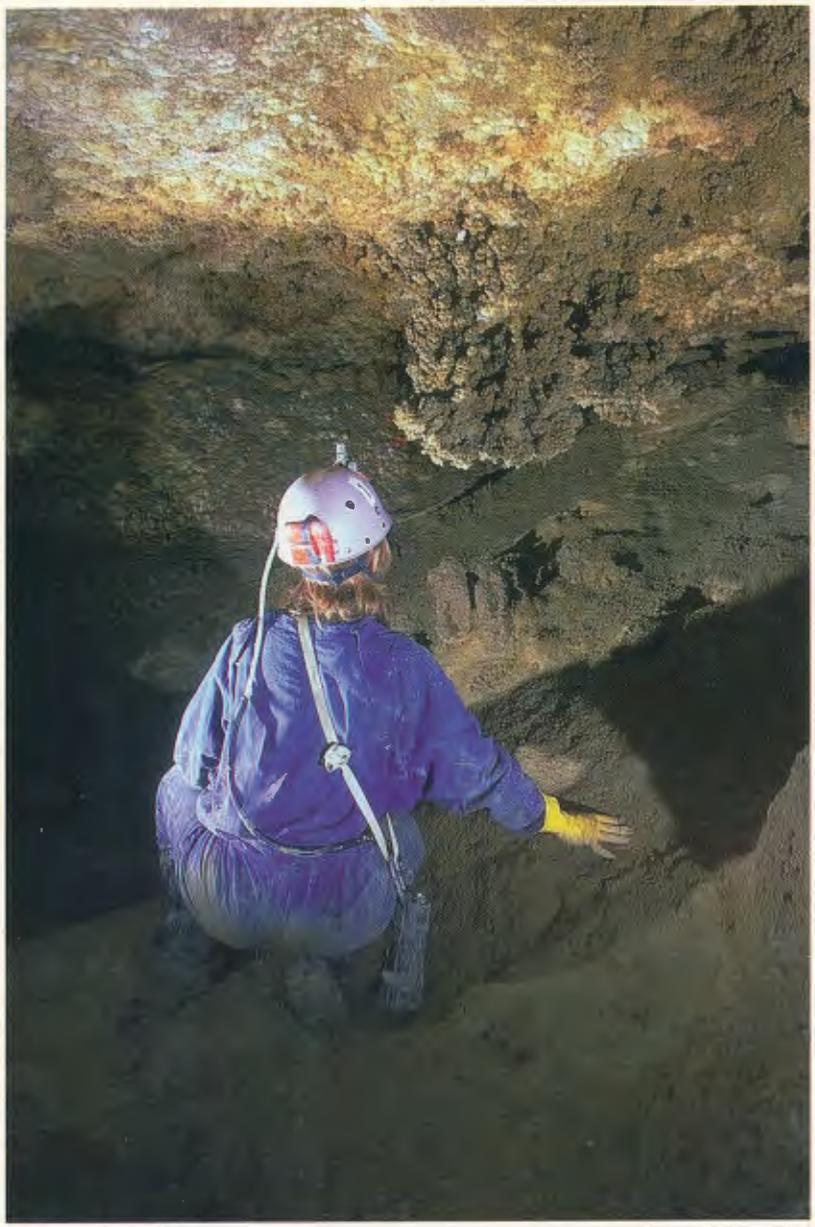
*i colleghi speleologi*

*Stefano Cattabriga, Gabriele Cipressi, Raffaella Cossarini, Franco Facchinetti, Alessandro Gentilini, Nicoletta Lembo, Giorgio Longhi, Daniele Odorici, Jeremy Palumbo, Pietro Pontrandolfi, Walter Tassinari, Yuri Tomba, Emanuele Zerbini e Diego Zuccato, la cui partecipazione alle ricerche ed ai rilevamenti della campagna 1999-2000 ha reso possibile questo studio sulla Grotta Serafino Calindri e l'Assessorato all'Ambiente del Comune di San Lazzaro di Savena che ha contribuito alla pubblicazione di questa monografia.*

---

*Grafiche **A&B** - Bologna*  
*Tel. 051.471666 - Fax 051.475718*  
*E-mail: [graficheab@alinet.it](mailto:graficheab@alinet.it)*





**SOTTOTERRA N° 110**

**Spedizione in abbonamento postale 70% - filiale di Bologna**