

## INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELLA GROTTA DEL RE TIBERIO: CRITERI PER DEFINIRE L'EVOLUZIONE DEI SISTEMI CARSICI NEI GESSI MESSINIANI DEL MEDITERRANEO

STEFANO LUGLI<sup>1</sup>

### Riassunto

Le grotte sono veri e propri "affioramenti sotterranei", dove si possono osservare caratteristiche geologiche mal visibili all'esterno. Lo studio degli aspetti stratigrafici e strutturali del primo tratto della Grotta del Re Tiberio fino alla Sala Gotica indica che l'ingresso si apre nella selenite ramificata della parte alta del sesto ciclo della Formazione Gessoso-solfifera, in corrispondenza di una frattura verticale orientata est-ovest. Nella Sala Gotica è visibile il passaggio stratigrafico tra la parte alta del 6° ciclo, caratterizzata da selenite ramificata, e la base del 7° ciclo, costituita da selenite massiva e selenite bandata. La parete est della Sala Gotica è delimitata da una faglia che disloca il contatto stratigrafico soltanto sulla parete nord, rivelando che il blocco est ha subito una rotazione in senso orario. I criteri geologici utilizzati in questo studio valgono per i Gessi inferiori di tutto il bacino del Mediterraneo.

**Parole chiave:** gesso, selenite, Formazione Gessoso-solfifera, rilievo geologico di grotta.

### Abstract

*The caves are "underground outcrops" where geological features poorly visible outside can be observed. The study of the stratigraphic and structural aspects of the first section of the Re Tiberio Cave up to the Sala Gotica ('Gothic Hall') indicates that the entrance opens into the branching selenite of the upper part of the sixth cycle of the Gessoso-solfifera Formation, in correspondence with a vertical fracture, oriented east-west. In the Gothic Hall it is possible to see the stratigraphic passage between the upper part of the 6th cycle, characterized by branching selenite, and the base of the 7th cycle, consisting of massive selenite and banded selenite. The eastern wall of the Gothic Hall is bounded by a fault that displaces the stratigraphic contact only on the north wall, revealing that the eastern block has undergone a clockwise rotation. The geological criteria used in this study are valid for the Lower Gypsum of the whole Mediterranean basin.*

**Keywords:** Gypsum, Selenite, Gessoso-solfifera Formation, Cave Geological Survey.

### Introduzione: gli "affioramenti sotterranei"

Nella Vena del Gesso la Formazione Gessoso-solfifera presenta caratteristiche geologiche del tutto peculiari, che rappresentano un riferimento internazionale per comprendere le modalità con le quali si è sviluppata la crisi di salinità, la catastrofe ecologica che ha sconvolto il bacino del Mediterraneo quasi sei milioni di anni fa. Un aspetto spesso sottovalutato nello studio geologico dei gessi è che la presenza di grotte e di cavità artificiali ha il vantaggio di mostrare le rocce senza gli effetti dell'alterazione superficiale. L'alterazione è un fenomeno naturale che dipende dall'azione degli agenti atmosferici e che può cancellare o rendere difficoltoso il riconoscimento delle caratteristiche originarie delle rocce. I cristalli di gesso vengono corrosi

dalla pioggia in modo irregolare, si sfaldano e vengono disgregati dall'attacco biologico di licheni, muschi e alghe. Nel sottosuolo questi fenomeni non possono avvenire, anzi l'azione del flusso delle acque sotterranee tende a levigare la superficie esponendo i cristalli e le strutture delle rocce in modo eccellente, rivelando così dettagli non apprezzabili all'esterno. Le cavità devono quindi considerarsi "affioramenti sotterranei" di primaria importanza per comprendere l'evoluzione geologica dei gessi. A questo importante aspetto se ne aggiunge un altro non meno importante: alcune parti della successione evaporitica non affiorano all'esterno e sono visibili solo nel sottosuolo. Per esempio, non esiste altra possibilità di studiare in dettaglio i primi due strati se non nelle profondità dei cunicoli sotterranei, naturali o artificiali che siano (si veda LUGLI

<sup>1</sup> Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche, Via Campi 103, 41125 Modena (MO) - stefano.lugli@unimore.it

2022).

Percorrendo le cavità si possono studiare al meglio le caratteristiche che esercitano influenza diretta sullo sviluppo ed evoluzione delle grotte: presenza e spaziatura delle discontinuità strutturali (fratture e faglie), delle discontinuità stratigrafiche (interstrati pelitici, livelli carbonatici e selciferi), spessore degli strati, dimensione dei cristalli e tessitura e struttura delle rocce.

Nonostante questo importante vantaggio, sono praticamente inesistenti gli studi stratigrafici condotti nel sottosuolo, mentre quelli strutturali eseguiti fino ad oggi nei gessi messiniani dell'Emilia Romagna sono ormai un certo numero (FORTI *et alii* 1997; BLOIS, BERRY 2011; GHISELLI *et alii* 2011; CURZIO 2016; PISANI *et alii* 2018). La maggior parte di questi lavori manca però di riferimenti stratigrafici, un aspetto fondamentale perché la valutazione corretta dei rigetti, l'entità del movimento delle faglie, si può fare solo se viene condotta anche l'analisi delle associazioni di *facies* deposizionali degli strati deformati. Il primo punto degli studi dovrebbe essere la risposta alla domanda: in quale tra i 16 strati della successione si trova l'ingresso la grotta? E quali altri strati della successione sono attraversati dai condotti carsici? Queste informazioni sono quasi sempre assenti negli studi fino ad oggi pubblicati.

Questa nota illustra gli aspetti stratigrafici e strutturali del primo tratto della Grotta del Re Tiberio fino alla Sala Gotica. Lo scopo è fornire i criteri geologici per inquadrare la problematica dei livelli stratigrafici lungo i quali si apre la cavità. Deve quindi intendersi come il punto di partenza per il rilevamento stratigrafico e strutturale di dettaglio dell'intero sistema carsico. La metodologia qui illustrata può essere utilizzata non solo in tutti gli affioramenti della Formazione Gessoso-solfifera, in Emilia-Romagna e in Italia, ma anche per tutti i Gessi inferiori messiniani nell'intero bacino del Mediterraneo, utilizzando le colonne stratigrafiche e la descrizione di *facies* di LUGLI *et alii* 2010.

### *Organizzazione stratigrafica della Vena del Gesso*

La Vena del Gesso presenta una organizzazione verticale degli strati spettacolare, descritta da LUGLI *et alii* 2010 integrando e aggiornando le caratteristiche individuate da VAI, RICCI LUCCI (1977). L'architettura generale consiste in una sequenza di spessi strati che può superare lo spessore di 200 m, separati da sottili livelli di argilla. Sono 16 gli strati di gesso che compongono la Vena, separati da sottili strati argillosi di spessore inferiore al metro (fig. 1). I due cicli più bassi

affiorano raramente, sono i più sottili e sono costituiti da cristalli giganti di selenite, fino a più di 1,5 m di lunghezza. Il 3°, 4° e 5° cicli sono i più spessi, fino a 30 m, e contengono selenite massiva e selenite bandata. La parte superiore della formazione, dal ciclo 6° al 16°, è invece caratterizzata da strati più sottili (spessore medio 15 m) costituiti alla base da selenite massiva seguita dalla selenite bandata e infine dalla selenite ramificata.

Questa organizzazione ciclica dipende dal fatto che la sedimentazione della successione è stata influenzata dalle variazioni climatiche naturali provocate da cause astronomiche e in particolare dalla precessione degli equinozi (LUGLI *et alii* 2010). I gessi si sono formati nelle fasi climatiche aride, quando la forte evaporazione dell'acqua marina favoriva la cristallizzazione dei minerali evaporitici. L'argilla che separa gli strati gessosi è invece riferibile alle fasi climatiche umide, quando piogge intense provocavano il ruscellamento delle aree emerse. Ciascuna coppia di strati gesso/argilla registra la deposizione avvenuta nell'arco di circa 21.000 anni (fig. 1). Ne consegue che i 16 strati della Vena del Gesso sono stati deposti in circa 340.000 anni.

Nella maggior parte dei casi, tenendo conto delle caratteristiche descritte, è possibile individuare in quale ciclo evaporitico tra i sedici della sequenza si apre una grotta. Quando questo non è possibile bisognerebbe almeno indicare se lo strato si trova nella parte bassa o nella parte alta individuando la presenza o meno della selenite ramificata (*branching selenite* di LUGLI *et alii* 2010). Queste informazioni sono disponibili per le aree dove si trovano i Gessi inferiori messiniani in Italia e in tutto il bacino del Mediterraneo, utilizzando le colonne stratigrafiche pubblicate in LUGLI *et alii* 2010 (compreso il Bolognese, si veda la colonna della sezione Idice di LUGLI *et alii* 2010, fig. 13).

### *Assetto strutturale della Vena del Gesso*

Gran parte della Vena del Gesso è caratterizzato da deformazioni estensionali e compressive (MARABINI, VAI 1985), con blocchi gessosi grandi quanto intere montagne e sovrascorrimenti poco profondi. Gran parte dei blocchi sono ruotati e troncati al tetto dalla superficie erosiva messiniana e in gran parte drappeggiati dalla Formazione a Colombacci (Messiniano terminale) e dalle Argille Azzurre (Pliocene basale). Le discontinuità non interessano gli strati sovrastanti e sottostanti la Vena, ma si propagano a partire da una superficie di scollamento nella parte superiore delle argille eusiniche. Attribuito a "tettonica compressiva tangenziale" (o "pellicolare") lungo faglie orientate

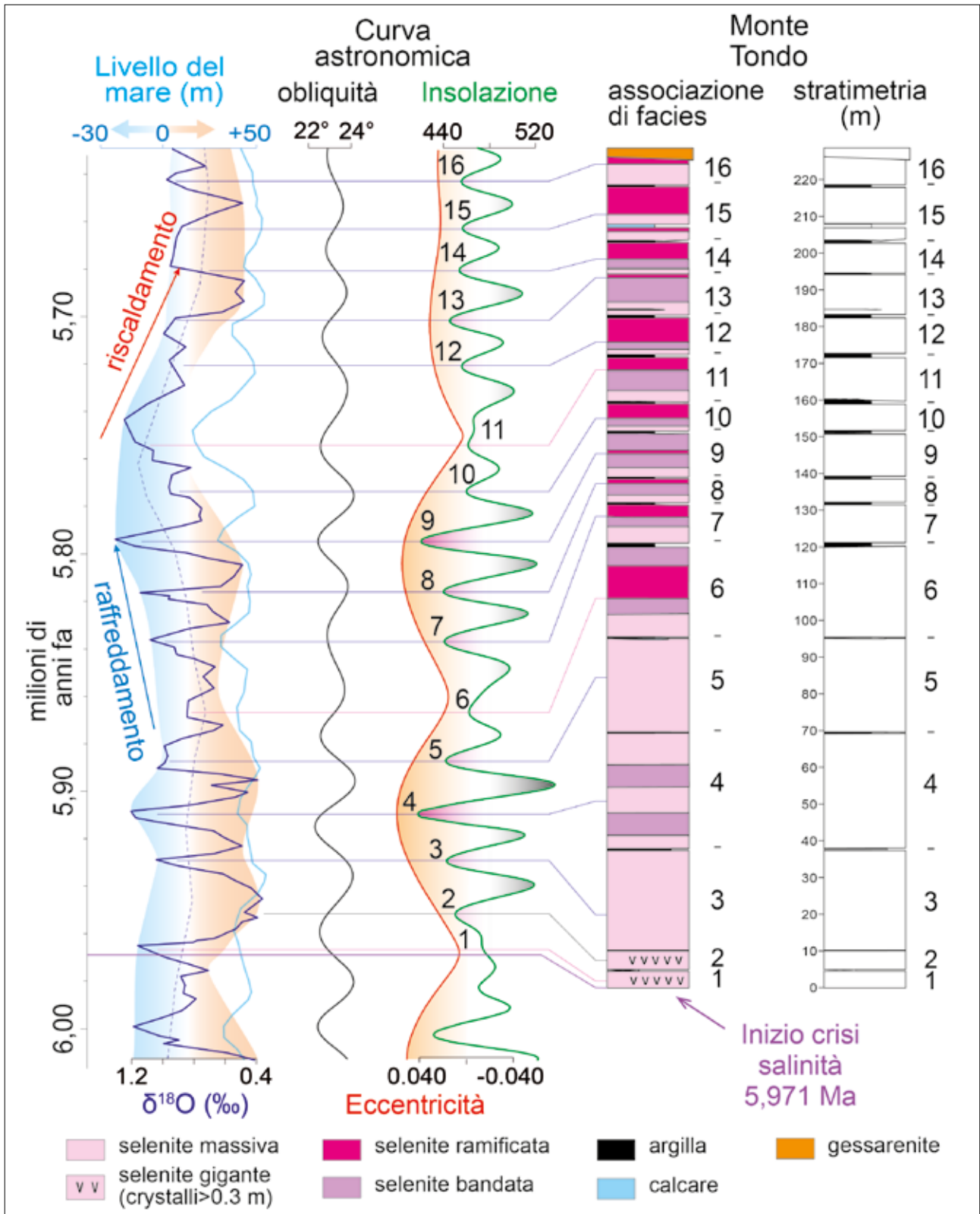


Fig. 1 – L'organizzazione degli strati nella Vena del Gesso è una diretta conseguenza delle variazioni nell'entità dell'insolazione legata alle variazioni dei parametri astronomici (semplificato da LUGLI *et alii* 2010).



Fig. 2 – Assetto stratigrafico e strutturale della Vena del Gesso lungo la valle del Senio. L'ingresso della Grotta del Re Tiberio si apre nell'ultimo banco di grande spessore, il sesto (foto P. Lucci).

verso nord-est (MARABINI, VAI 1985; MONTANARI *et alii* 2007), l'assetto a blocchi ruotati non è compatibile con movimenti tettonici post-Messiniano, ma è riferibile allo scivolamento indotto da enormi frane sottomarine innescate da una fase tettonica che ha coinvolto l'intero bacino del Mediterraneo subito dopo la deposizione dei Gessi Inferiori. In particolare nella Vena sono state innescate dalla deformazione tettoniche riferibili alla crescita dell'anticlinale di Riolo, oggi sepolta tra Riolo Terme e Castel Bolognese (ROVERI *et alii* 2003).

Le faglie che tagliano i gessi non sono quindi vere e proprie dislocazioni tettoniche, ma le superfici di contatto tra blocchi che si sono accatastati in seguito ad una antica frana

#### *Organizzazione stratigrafica e strutturale dell'ingresso della Grotta del Re Tiberio*

I rapporti tra gli spessori degli strati visibili, la distribuzione di diversi tipi di cristalli di selenite e il modo nel quale questi sono associati e impilati permette di riconoscere la parte della successione dove si trova l'ingresso della grotta del Re Tiberio.

Come è possibile notare osservando la sequenza degli strati nella parete erosa dal Torrente Senio, la grotta si apre proprio nell'ultimo strato spesso, mentre lo strato al di sopra dell'ingresso è il primo tra quelli più sottili (fig. 2). L'informazione derivante dalla organizzazione degli strati indica quindi che l'ingresso si trova nel sesto strato.

Salendo lungo il sentiero verso la grotta si ha la possibilità di osservare che lo strato sottostante a quello dove si apre l'ingresso i cristalli di selenite sono costituiti dalla *facies* massiva e da quella bandata, ma non è presente la *facies* ramificata. Giunti nell'antro di ingresso si nota la presenza nella parte alta e nel soffitto

della grotta di cristalli di selenite ramificata, che sono presenti anche nella parte alta dello strato soprastante. L'ingresso della grotta si trova quindi nel primo strato a presentare la selenite ramificata e questa caratteristica conferma, insieme alle indicazioni derivante dagli spessori degli strati, che la grotta si apre nel sesto strato della successione.

L'esame della parete lungo la val Senio mostra anche una delle discontinuità più marcate visibili nella zona. Si tratta di uno spettacolare raddoppio strutturale, un sovrascorrimento che ha portato un blocco appartenente alla parte alta della successione, tra il 5° e l'11° strato, a sovrapporsi ad un blocco della parte bassa della successione, rappresentata dalla sequenza dal 3° fino all'8° strato (fig. 2).

Questa discontinuità è stata denominata faglia Scarabelli (FORTI *et alii* 1997) e rappresenta una situazione simile a quella visibile a Monte Penzola (LUGLI *et alii* 2022) e a Monte Mauro, dove addirittura si è avuta la triplicazione della sequenza (REGHIZZI *et alii* 2019).

#### *Organizzazione stratigrafica e strutturale fino alla Sala Gotica*

Il tratto iniziale della grotta segue una discontinuità verticale orientata grossomodo est-ovest che non presenta dislocazioni: si tratta quindi di una frattura, e non di una faglia (fig. 3). All'interno della grotta, le prime dislocazioni si trovano nella Sala Gotica, dove una faglia orientata grossomodo nord-sud ne delimita la parete est (fig. 4). Nella Sala Gotica affiora in modo spettacolare il passaggio stratigrafico tra il 6° e il 7° banco (fig. 5). Del 6° banco è visibile soltanto la selenite ramificata, la quale chiude lo strato verso l'alto che qui, al contrario di quanto rilevato all'interno della vicina cava di Monte Tondo, non presenta un nuovo strato di selenite bandata al tetto. Sono queste

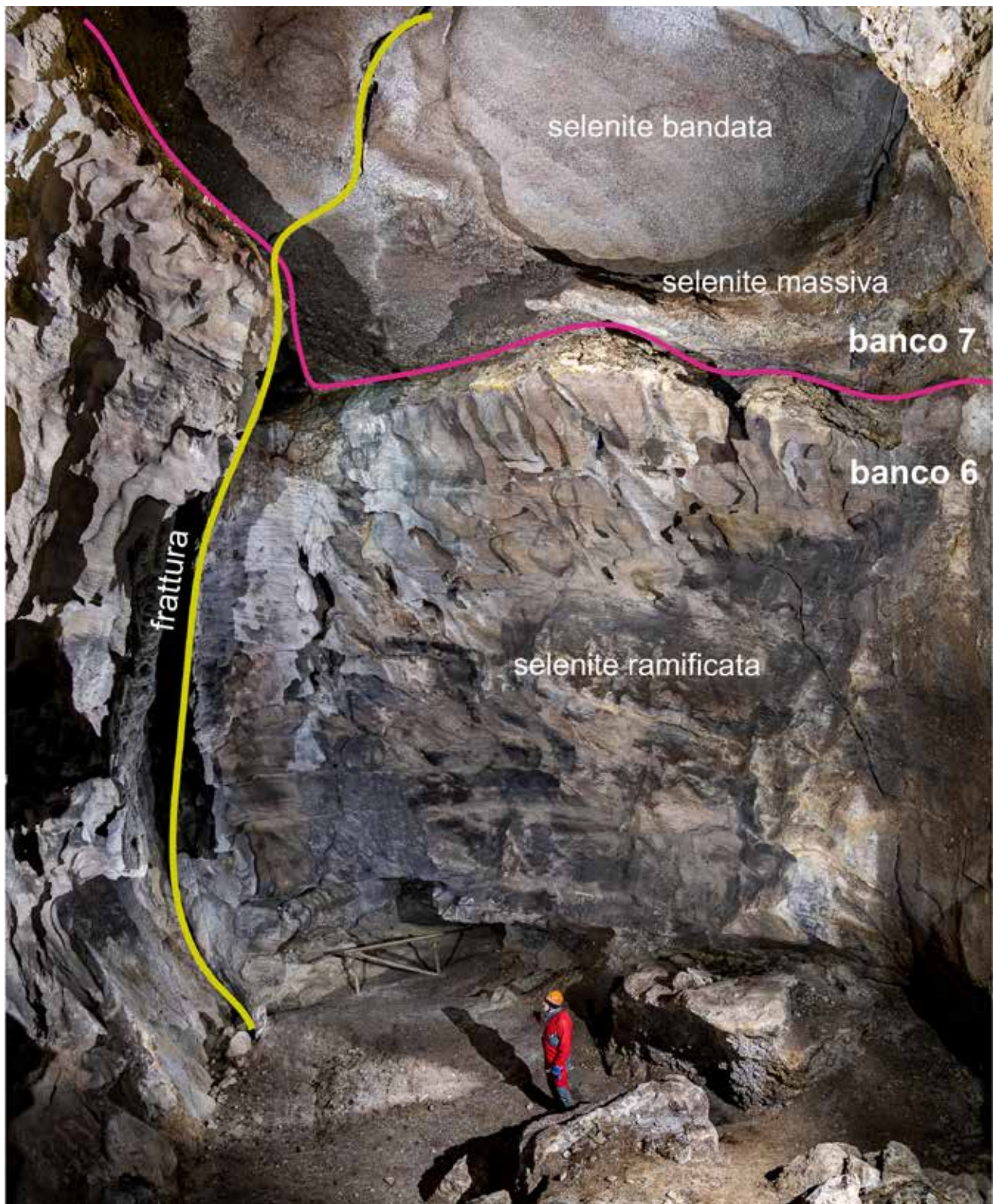


Fig. 3 – Faglia con modesto rigetto sulla parete nord della Sala Gotica. Sul lato opposto della sala la dislocazione si riduce notevolmente. Il blocco di destra è quindi ruotato rispetto al blocco di sinistra (foto P. Lucci).

variazioni laterali di *facies* che si sviluppano a distanze brevissime e appaiono del tutto normali. Il passaggio stratigrafico tra il 6° e il 7° banco è dislocato di un paio di metri sul lato nord della sala, ma non sul lato opposto della parete sud. Questa differenza di assetto sulle due pareti indica che il blocco sulla parete est ha subito una rotazione in senso orario.

#### Considerazioni conclusive

Le caratteristiche descritte indicano che la Grotta del Re Tiberio rappresenta uno straordinario esempio di “affioramento sotterraneo”, dove si possono ammirare spettacolari passaggi stratigrafici marcati dalla presenza di diversi tipi di selenite (massiva, bandata e ramificata), attraversati da fratture e faglie lungo le quali si sono sviluppati i condotti carsici.

I criteri da seguire per rilevare gli assetti stratigrafici e strutturali delle grotte che si aprono nei Gessi inferiori messiniani qui illustrati valgono per l'intero bacino del Mediterraneo.

Questa nota vuole anche essere uno stimolo e il punto di partenza per realizzare il rilevamento stratigrafico e strutturale di dettaglio dell'intero sistema carsico del Re Tiberio.

#### Bibliografia

- L. BLOIS, B. BERRY 2008, *Measurements to characterize discontinuities of quarry faces of chalk “Monte Tondo” in Riolo Terme (Italy) through terrestrial 3d laser scanning method and to compare them at survey techniques data traditional*, “Electronic Journal of Geotechnical Engineering” 13, pp. 1-29.

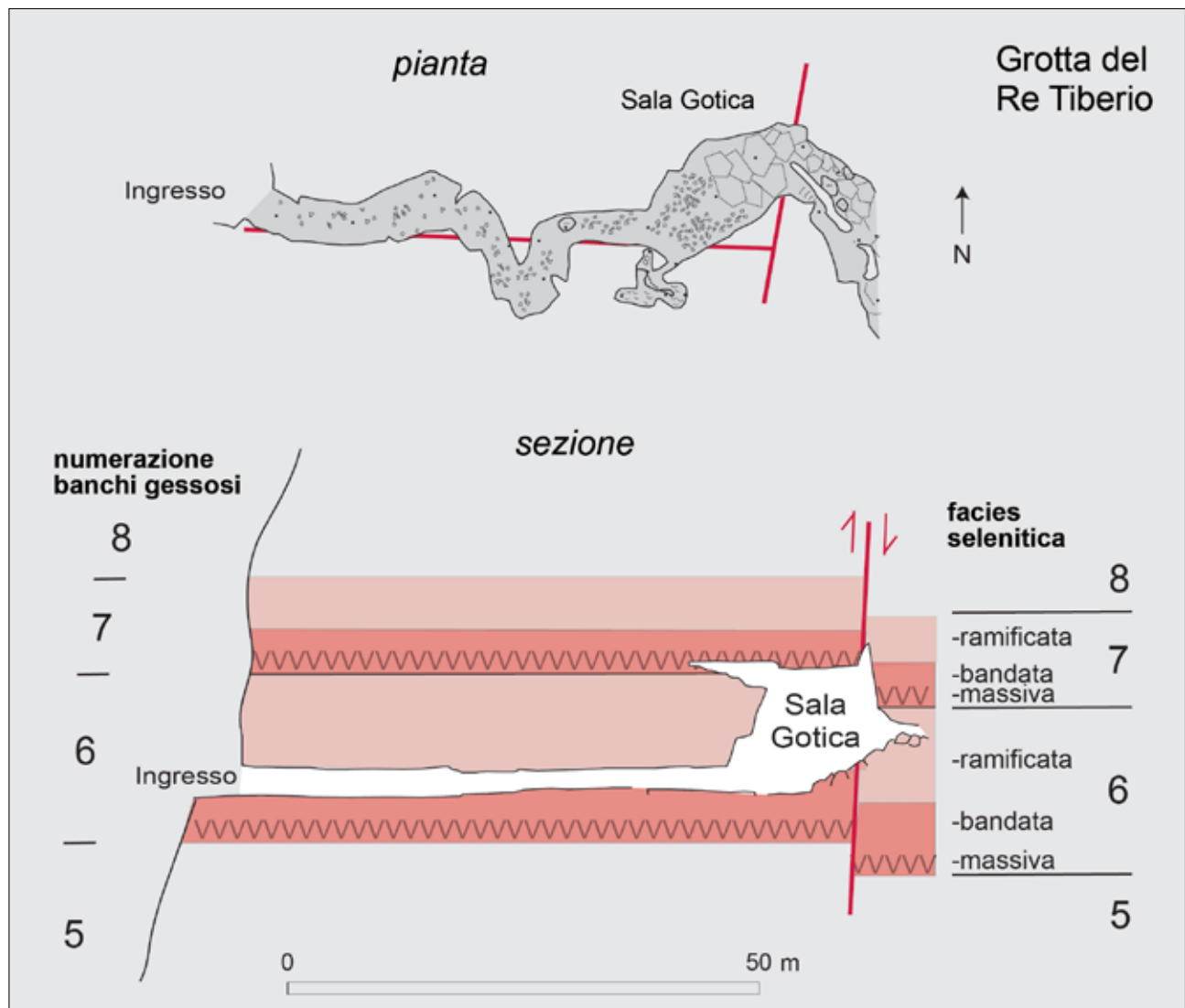


Fig. 4 – Rilievo delle discontinuità strutturali nella parte iniziale della Grotta del Re Tiberio in funzione delle *facies* deposizionali degli strati gessosi (mappa di base tratta da ERCOLANI et alii 2015).



Fig. 5 – Frattura sulla parete ovest della Sala Gotica e passaggio stratigrafico nel soffitto della cavità. Notare come il passaggio stratigrafico tra il banco 6 e il banco 7 non sia dislocato dalla discontinuità (foto P. Lucci).

S. CURZIO 2016, *Rilevamento geologico della Grotta della Spipola*, Tesi di Laurea in Scienze Geologiche, Alma Mater Studiorum Università di Bologna.

M. ERCOLANI, P. LUCCI, B. SANSAVINI 2013, *Le grotte di Monte Tondo*, in M. ERCOLANI, P. LUCCI, S. PIASTRA, B. SANSAVINI (a cura di), *I Gessi e la cava di Monte Tondo*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia s. II, vol. XXVI), Faenza, pp. 115-167.

P. FORTI, S. MARABINI, G.B. VAI 1997, *Convenzione con il Comune di Riolo Terme sullo studio geologico, idrogeologico e carsico della porzione della Vena del Gesso romagnola interessata dalla cava di gesso di Borgo Rivola*, Relazione Preliminare, Bologna.

A. GHISELLI, M. MERAZZI, A. STRINI, R. MARGUTTI,

M. MERCURIALI 2011, *Hypogeal geological survey in the "Grotta del Re Tiberio" natural cave (Apennines, Italy): a valid tool for reconstructing the structural setting*, "Central European Journal of Geosciences" 3, 2, pp. 155-168.

S. LUGLI 2022, *Ex cava SPES, dentro e fuori la Vena del Gesso*, in P. LUCCI, S. PIASTRA (a cura di), *I Gessi di Tossignano*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia s. II, vol. XL), Bologna, pp. 25-28.

S. LUGLI, V. MANZI, M. ROVERI 2022, *I Gessi di Tossignano, una storia straordinaria*, in P. LUCCI, S. PIASTRA (a cura di), *I Gessi di Tossignano*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia s. II, vol. XL), Bologna, pp. 13-24.

S. LUGLI, V. MANZI, M. ROVERI, B.C. SCHREIBER

- 2010, *The Primary Lower Gypsum in the Mediterranean: A new facies interpretation for the first stage of the Messinian salinity crisis*, "Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology" 297, pp. 83-99.
- S. MARABINI, G.B. VAI 1985, *Analisi di facies e macro-tettonica della Vena del Gesso in Romagna*, "Bollettino della Società Geologica Italiana" 104, pp. 21-42.
- D. MONTANARI, C. DEL VENTISETTE, M. BONINI, F. SANI 2007, *Passive-roof thrusting in the Messinian Vena del Gesso Basin (Northern Apennines, Italy): constraints from field data and analogue models*, "Geological Journal" 42, 5, pp. 455-476.
- L. PISANI, M. ANTONELLINI, J. DE WAELE 2018, *Struttura e carsismo dei Gessi Bolognesi*, in G. NENZIONI, F. LENZI (a cura di), *Geopaleontologia dei Gessi Bolognesi, nuovi dati sui depositi carsici del Pleistocene Superiore*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, vol. XXXII), Bologna, pp. 15-34
- M. REGHIZZI, S. LUGLI, V. MANZI, M. ROVERI 2019, *Aspetti geologici dei Gessi di Monte Mauro*, in M. COSTA, P. LUCCI, S. PIASTRA (a cura di), *I Gessi di Monte Mauro, studio multidisciplinare di un'area carsica nella Vena del Gesso romagnola*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, vol. XXX-IV), Bologna, pp. 17-34.
- M. ROVERI, V. MANZI, F. RICCI LUCCHI, S. ROGLEDI 2003, *Sedimentary and tectonic evolution of the Vena del Gesso basin (Northern Apennines, Italy): Implications for the onset of the Messinian salinity crisis*, "Geological Society of America Bulletin" 115, 4, pp. 387-405.
- G.B. VAI, F. RICCI LUCCHI 1977, *Algal crusts, autochthonous and clastic gypsum in a cannibalistic evaporite basin; a case history from the Messinian of Northern Apennine*, "Sedimentology" 24, pp. 211-244.