

# GEOLOGIA DEI GESSI DI BRISIGHELLA E RONTANA

STEFANO LUGLI<sup>1</sup>, VINICIO MANZI<sup>2</sup>, MARCO ROVERI<sup>3</sup>

## Riassunto

L'area di Brisighella (Ravenna) rappresenta un eccellente laboratorio naturale per comprendere la prima fase della crisi di salinità, lo straordinario evento geologico che nel Messiniano (Miocene superiore), tra 5.970.000 e 5.600.000 di anni fa, ha trasformato il bacino del Mediterraneo in una gigantesca salina inospitale per la maggior parte delle forme di vita. La crisi di salinità messiniana ha prodotto 16 strati di selenite della Vena del Gesso (Gessi Inferiori Primari) con cristalli lunghi fino a due metri che contengono fossilizzati al loro interno filamenti di cianobatteri. Appena terminata la deposizione del gesso l'area è stata coinvolta da importanti eventi tettonici che hanno innescato enormi frane sottomarine provocando lo smembramento della formazione gessosa e la deposizione dei Gessi Inferiori Risedimentati.

**Parole chiave:** gesso, selenite, crisi di salinità messiniana, Messiniano, evaporiti.

## Abstract

*The Brisighella area (Ravenna, Northern Italy) is an excellent natural laboratory for understanding the first phase of the salinity crisis, the dramatic geological event that has turned the Mediterranean Sea into a giant salina inhospitable to most life forms during the Messinian (Upper Miocene), between 5.97 million and 5.6 million years ago. The Messinian salinity crisis has produced 16 layers of selenite Vena del Gesso (Primary Lower Gypsum) with crystals up to two meters tall containing fossilized filaments of cyanobacteria. As soon as the deposition of gypsum finished, the area has been affected by tectonic events that have triggered massive submarine landslides causing the dismantlement of the gypsum formation and the deposition of the Resedimented Lower Gypsum unit.*

**Keywords:** Gypsum, Selenite, Messinian Salinity Crisis, Evaporites.

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

<sup>2</sup> Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra, Università degli Studi di Parma, Parco Area delle Scienze 157/A, 43124 Parma (PR) - vinicio.manzi@unipr.it

<sup>3</sup> Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra, Università degli Studi di Parma, Parco Area delle Scienze 157/A, 43124 Parma (PR) - marco.roveri@unipr.it

## Introduzione

I Gessi di Brisighella e Rontana sono parte di uno straordinario e poco conosciuto capitolo della storia geologica del bacino del Mediterraneo. Poco meno di 6 milioni di anni fa una catastrofe ecologica di proporzioni inimmaginabili ha cancellato la maggior parte delle forme di vita dal nostro mare. Molti aspetti di questo evento eccezionale, noto con il nome di crisi di salinità messiniana, restano da chiarire, ma recentemente alcuni punti fermi sono stati definiti a livello internazionale partendo da uno schema geologico elaborato con dati raccolti anche nel Brisighellese (ROVERI *et alii* 2014b). L'importanza di questa area per la comprensione della storia geologica del Mediterraneo è sottolineata dai recenti convegni ed escursioni che abbiamo organizzato, cui hanno partecipato esperti di tutto il mondo: l'escursione del congresso internazionale RCMNS (*Regional Committee on Neogene Stratigraphy*), tenutosi a Parma nel 2006 (ROVERI *et alii* 2006), e il convegno "Dream" (*Deep-sea Record of Mediterranean Messinian events*), organizzato a Brisighella nel 2013.

Nelle pagine che seguono riassumiamo brevemente i risultati delle nuove ricerche che hanno mutato il quadro delle conoscenze sulla crisi di salinità del Mediterraneo e sulla Vena del Gesso. Fino ad oggi queste scoperte sono apparse su riviste specializzate internazionali in lingua inglese e hanno avuto poca risonanza nel pubblico italiano. Scopo di questo nostro scritto è far conoscere per la prima volta in lingua italiana una parte della affascinante storia della crisi di salinità del Mediterraneo, così come emersa dalle più recenti analisi geologiche.

## La crisi di salinità del Mediterraneo

Per oltre 640.000 anni tra 5.970.000 e 5.330.000 di anni fa all'interno del lasso di tempo geologico definito come Messiniano (Miocene superiore), il Mediterraneo si è trasformato prima in una gigantesca sa-

lina e poi in una sorta di enorme lago di acqua salmastra (Lago Mare). L'origine di questa crisi è dovuta ad un drastico cambiamento delle connessioni con l'oceano Atlantico legate ai movimenti tettonici di convergenza della placca africana verso quella europea. Questi movimenti hanno più volte mutato la geografia dello stretto di Gibilterra e il risultato più spettacolare è stato l'aumento della salinità delle acque del Mediterraneo che si sono trasformate in salamoie inospitali, dove potevano vivere solo alcuni gruppi di batteri. Le modalità con cui questo evento estremo si è sviluppato hanno acceso una grande controversia internazionale. Secondo alcuni studiosi il Mediterraneo si sarebbe totalmente disseccato, mentre i nostri dati indicano una drastica riduzione delle connessioni senza che si raggiungesse una caduta significativa del livello del mare e sicuramente senza che si verificasse un disseccamento (ROVERI *et alii* 2014a). La forte evaporazione che ancora oggi caratterizza il nostro mare avrebbe provocato l'aumento della salinità proprio come in una salina commerciale per l'estrazione del sale marino. E proprio come in una salina, pompando acqua di mare nelle vasche grazie alla intensa evaporazione si possono accumulare i minerali disciolti nell'acqua di mare che precipitano in sequenza: prima il carbonato in piccole quantità, poi il gesso e infine il sale. Questo processo potrebbe procedere a lungo se continuassimo a introdurre l'acqua di mare, mentre avremmo solo una piccola quantità di sali se lasciassimo evaporare completamente l'acqua nelle vasche senza aggiungerne di nuova. Nel Mediterraneo la nuova acqua entrava dall'Atlantico lungo un antico precursore dello stretto di Gibilterra, richiamata dalla evaporazione di quella già presente nel bacino, proprio come succede oggi. Oggi la salamoia densa formata dall'evaporazione sfugge verso l'Atlantico ma nel Messiniano lo stretto aveva dimensioni inferiori rispetto a quelle attuali e la salamoia si accumulava sul fondo del Mediterraneo fino a provocare la precipitazione dei minerali evaporitici. Questo processo si protrasse

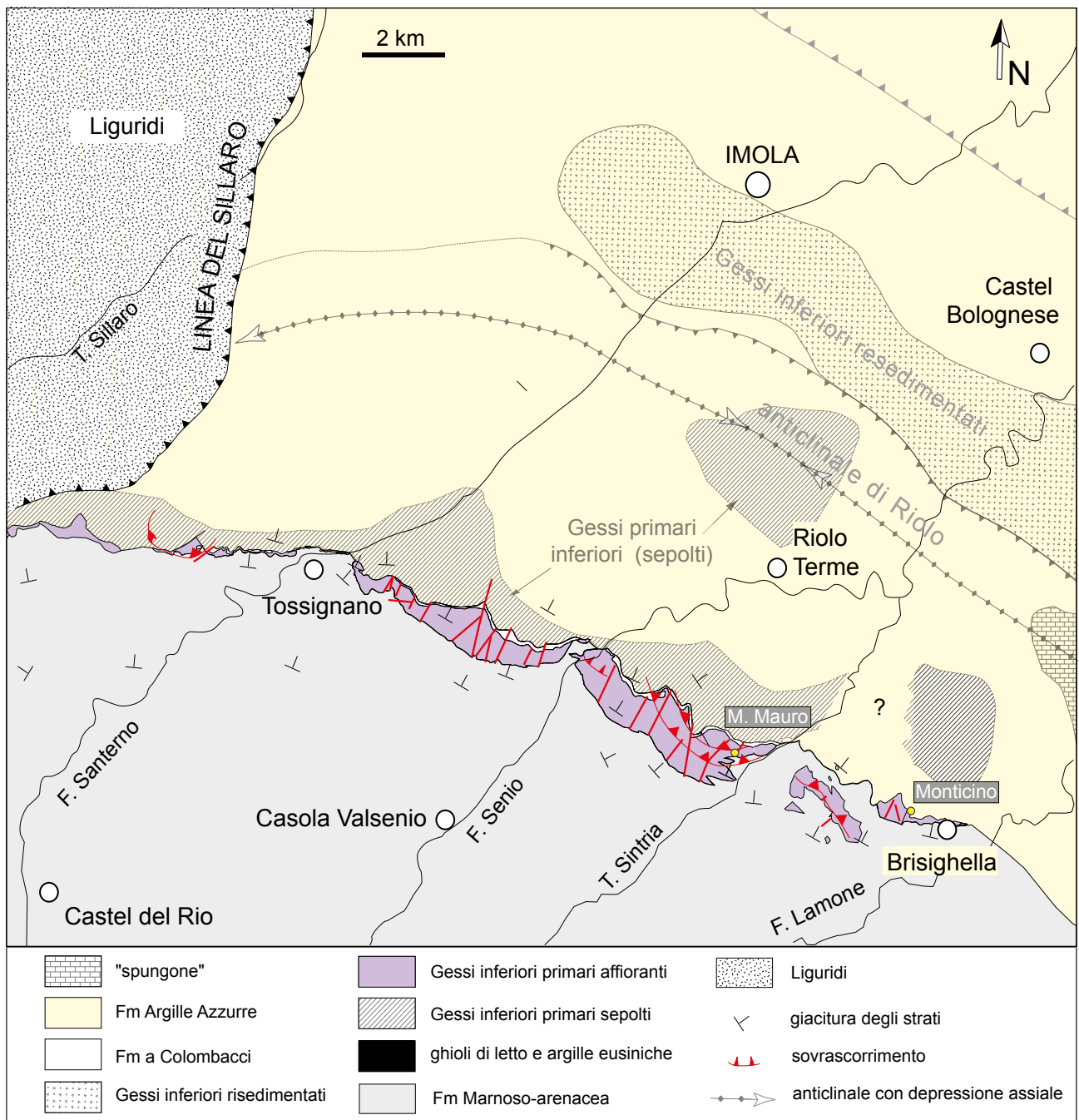


Fig. 1 – Carta geologica schematica della Vena del Gesso e zone limitrofe con indicazione dei depositi e delle strutture geologiche sepolte al di sotto della pianura padana (semplificato da ROVERI *et alii* 2006).

fino a formare ben due chilometri di spessore di sale nelle zone più profonde e oltre 200 metri di spessore di gesso nelle zone marginali, come la Vena del Gesso.

La deposizione delle rocce evaporitiche è avvenuta attraverso tre fasi principali (ROVERI *et alii* 2008b; MANZI *et alii* 2009; LUGLI *et alii* 2010; ROVERI *et alii* 2014b):

- nella fase 1 (5.970.000–5.600.000 milioni di anni fa) si sono formati i Gessi Inferiori Primari, costituiti da cristalli di se-

lenite cresciuti sul fondo, esclusivamente in acque poco profonde (meno di 200 m di profondità), mentre nei bacini più profondi avveniva la deposizione di argille eusiniche e di carbonato;

- con la fase 2 (5.600.000- 5.530.000 milioni di anni fa) le zone di acque poco profonde vengono sottoposte a erosione lungo la cosiddetta superficie erosiva messiniana (MES) con formazione di gesso clastico dell'unità dei Gessi Inferiori Risedimentati

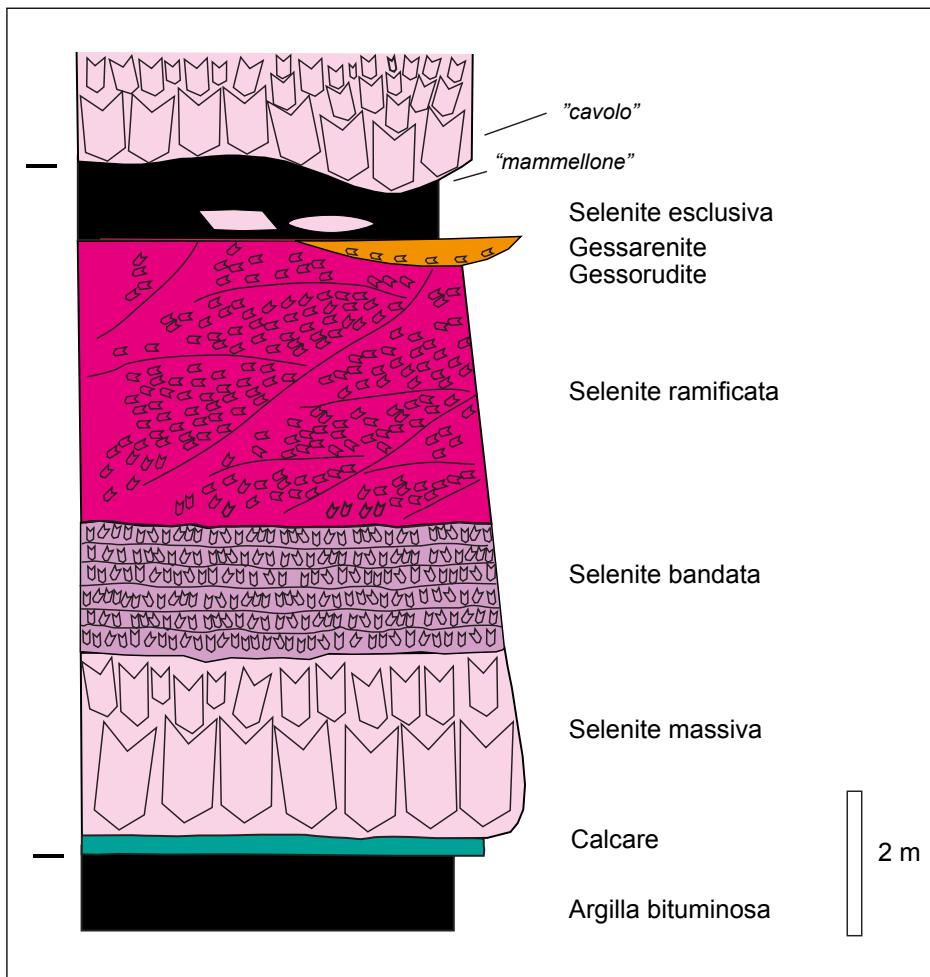


Fig. 2 – Colonna stratigrafica schematica dei diversi sedimenti e dei tipi di selenite negli strati della Vena del Gesso (modificato da LUGLI et alii 2010).

derivata dalla erosione e risedimentazione dei Gessi Inferiori Primari; la deposizione evaporitica primaria migra nelle parti più profonde del bacino formando i depositi di sale (come in Sicilia);

- nella fase 3 (5.530.000-5.330.000 milioni di anni fa) si verifica la deposizione di una nuova unità evaporitica, i Gessi Primari Superiori sia in acqua poco profonda (selenite) che in profondità (gesso clastico e cumuliti di gesso laminato) in Sicilia, Cipro e Grecia, mentre in Spagna e nell'Appennino settentrionale si depongono due unità di depositi fluvio-deltaici grossolani seguiti da sedimenti a grana fine (Formazione a Colombacci).

### *Stratigrafia dell'area di Brisighella*

La successione sedimentaria della zona di Brisighella (fig. 1) è classicamente suddivisa in quattro formazioni (VAI 1988):

1. Formazione Marnoso-arenacea (Langhiano-Messiniano), costituito da torbiditi di acqua profonda formate da detrito derivante dalla erosione della catena alpina, si tratta del riempimento del grande bacino di avanfossa della catena appenninica sviluppato in direzione nord-ovest sud-est, la cui parte più profonda si è spostata nel tempo verso nord est seguendo la migrazione della catena appenninica. La parte superiore di questa unità è costituita principalmente da peliti di scarpata (informalmente chiamata ghioli di letto) contenenti arenarie torbiditiche e corpi caotici; queste rocce sono ricoperte da un sottile orizzonte di laminiti ricche in materia organica, informalmente denominate argille eusiniche (Tortoniano superiore- Messiniano inferiore);
2. Formazione Gessoso-solfifera (Messiniano), è costituito sia da gesso primario (Vena del Gesso) che clastico (Romagna orientale), deposti durante la crisi di salinità;

3. Formazione a Colombacci (Messiniano superiore), costituita da sedimenti clastici derivati da fonti appenniniche, deposti in acqua salmastra e dolce durante la finale fase della crisi di salinità del Messiniano (Lago Mare);

4. Formazione delle Argille Azzurre (Pliocene inferiore) è costituita da peliti deposte in un ambiente marino relativamente profondo. Contengono localmente corpi conglomeratici e arenacei e piccole piattaforme carbonatiche, localmente chiamate “spungone”.

### *I gessi della Vena*

I Gessi di Brisighella e Rontana fanno parte della Formazione Gessoso-solfifera della Vena del Gesso (fig. 1) e rappresentano la prima fase della crisi di salinità, tra 5.970.000 e 5.600.000 di anni fa, registrata nelle acque mediterranee poco profonde, prima che si deponesse il sale nelle zone profonde. Un totale di 16 strati di gesso sono stati depositati rapidamente in meno di 350.000 anni formando una sequenza di oltre 200 m di spessore del tutto



Fig. 3 – Cristalli di selenite gigante appartenenti al secondo banco gessoso nel Parco Museo geologico cava Monticino, Brisighella.



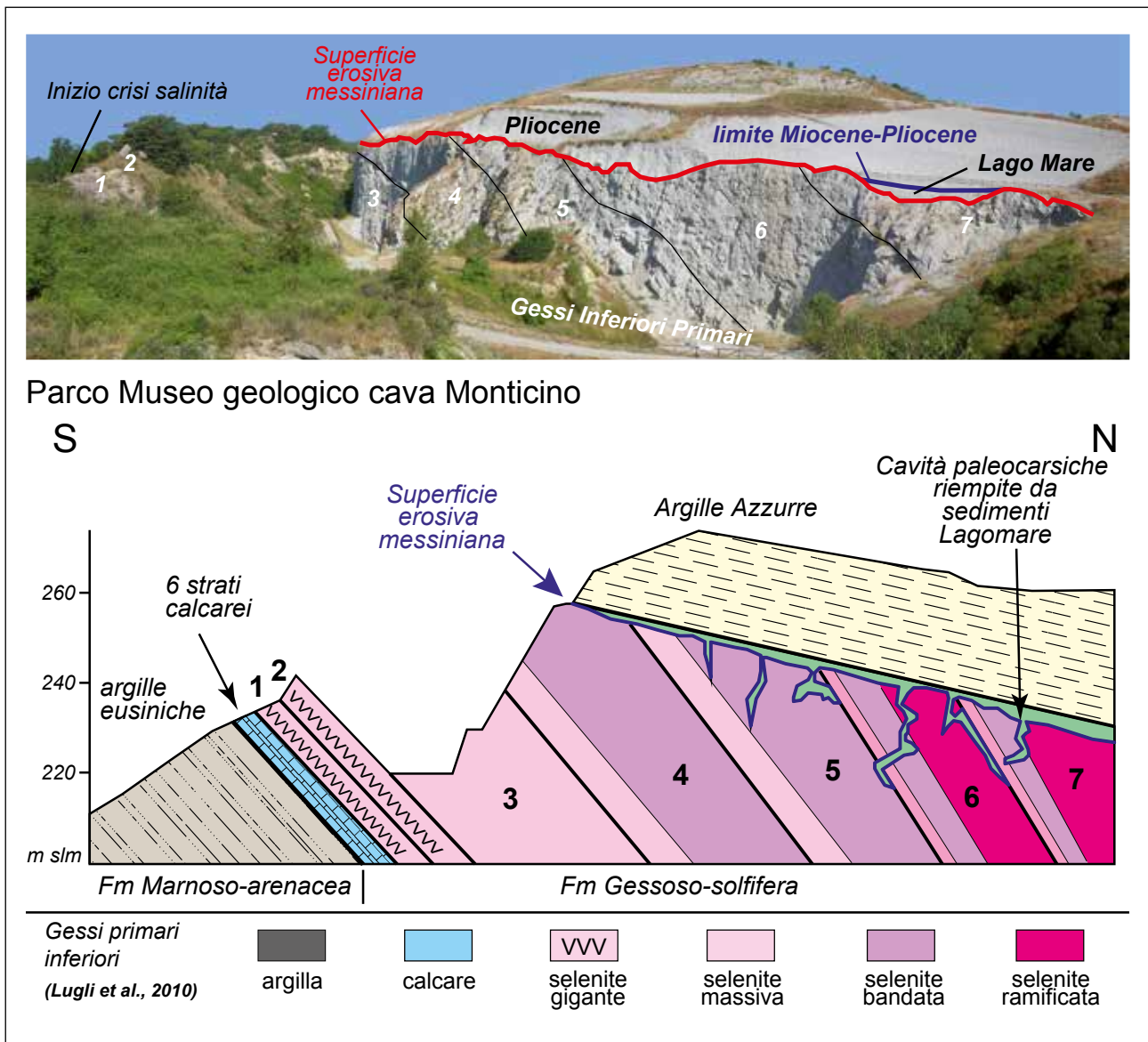


Fig. 4 – Schema stratigrafico del Parco Museo geologico cava Monticino (modificato da MARABINI, VAI 1989). Notare la spettacolare discordanza angolare tra i depositi evaporitici e i sedimenti Lago Mare e pliocenici sovrastanti.

simile e ben correlabile con le altre formazioni gessose presenti nel Mediterraneo, i Gessi Inferiori Primari di Spagna, Sicilia, Grecia e Cipro. Gli strati di gesso sono separati da sottili livelli di argilla (fig. 2). Ciascuna di queste coppie di strati gesso/argilla è stata deposta in circa 21.000 anni e registra le variazioni climatiche dei cicli arido/umido indotti dalle perturbazioni dei parametri orbitali del nostro pianeta note come precessione degli equinozi. L'argilla rappresenta la fase umida caratterizzata da piogge intense, quando le zone continentali erano sottoposte a forte dilavamento e ruscellamento e le particelle più fini erano trasportate in sospensione nel

bacino. I gessi si sono invece formati nella fase arida, condizione indispensabile per lo sviluppo di efficace evaporazione dell'acqua marina.

I due cicli più bassi sono i più sottili e sono costituiti da cristalli giganti di selenite (fino a più di 2 m di lunghezza; fig. 3). 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 6 al ciclo 15) è costituita da strati più sottili (spessore medio 15 m) con alla base selenite massiva e bandata, seguite da selenite ramificata (fig. 2). Nel Museo geologico del Monticino sono visibili i primi 7 banchi di gesso troncati dalla

superficie erosiva messiniana a sua volta sigillata dalla Formazione a Colombacci e dai sedimenti della Formazione delle Argille Azzurre (fig. 4).

I cristalli di gesso della Vena sono famosi per il loro abito cristallino geminato a “ferro di lancia” o “coda di rondine”. Una delle caratteristiche più sorprendenti degli strati di selenite è che i cristalli sono orientati verticalmente con l'angolo rientrante del geminato verso l'alto e la punta verso il basso (fig. 4). Questa organizzazione peculiare dei cristalli è stata notata da MOTTURA (1871) ed è stato utilizzato con successo per determinare la polarità degli strati nelle operazioni minerarie. La disposizione verticale può essere spiegata con la competizione per lo spazio dei cristalli che hanno favorito solo la crescita dei nuclei che sono stati orientati verso l'alto, l'unico spazio libero possibile. Tutti gli altri cristalli orientati casualmente prima o poi terminano la loro crescita contro quelli orientati verticalmente, che sono quindi i “vincitori” della competizione (fig. 5).

I cristalli di selenite contengono i cosiddetti “spaghetti” fossili cianobatteri filamentosi (VAI, RICCI LUCCHI 1977). Questi rappresentano un caso molto particolare di fossilizzazione all'interno del gesso preservando il materiale originale a tal punto

che una recente indagine riuscito a estrarre quello che ora è il più antico DNA di cianobatteri mai isolata (PANIERI *et alii* 2010). I filamenti sono situati principalmente nel nucleo triangolare dei cristalli perché l'angolo rientrante dei geminati nella porzione superiore era in grado intrappolate efficacemente i tappeti di cianobatteri che si trovavano sul fondo del bacino (fig. 5).

La selenite ramificata è costituita da cristalli trasparenti di selenite con l'asse maggiore inclinato oppure orizzontale raggruppati in noduli e lenti allungati quasi a disegnare dei rami di alberi. I rami appaiono proiettarsi verso l'esterno formando delle strutture a forma di cono rovesciato (fig. 2). Il modo in cui i cristalli di gesso possono crescere inclinati e non verticali è legato alla presenza di correnti nelle salamoie che favoriscono la crescita competitiva dei cristalli orientati controcorrente, dato che sono quelli i primi a ricevere il soluto disciolto nella salamoia e sono quindi i nuovi “vincitori”. Le strutture coniche ramificate, appaiono solo dal 6° ciclo in su, non solo nella Vena del gesso ma anche in Spagna, Sicilia, Grecia. La loro comparsa indica quindi un importante cambio idrologico a scala dell'intero bacino del Mediterraneo, dove per la prima volta le salamoie si muovono trascinate da correnti.

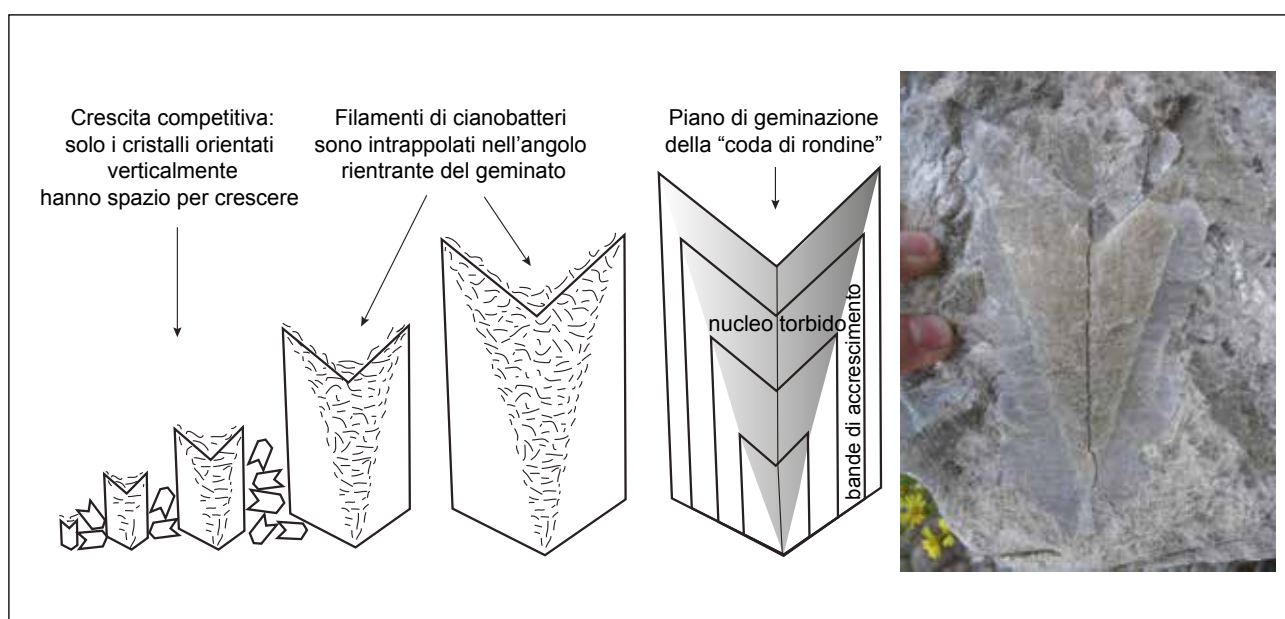


Fig. 5 – Modalità di crescita verticale competitiva dei cristalli gessosi geminati a coda di rondine. Notare come il nucleo torbido dei cristalli include filamenti di cianobatteri intrappolati durante la crescita (modificato da LUGLI *et alii* 2010).

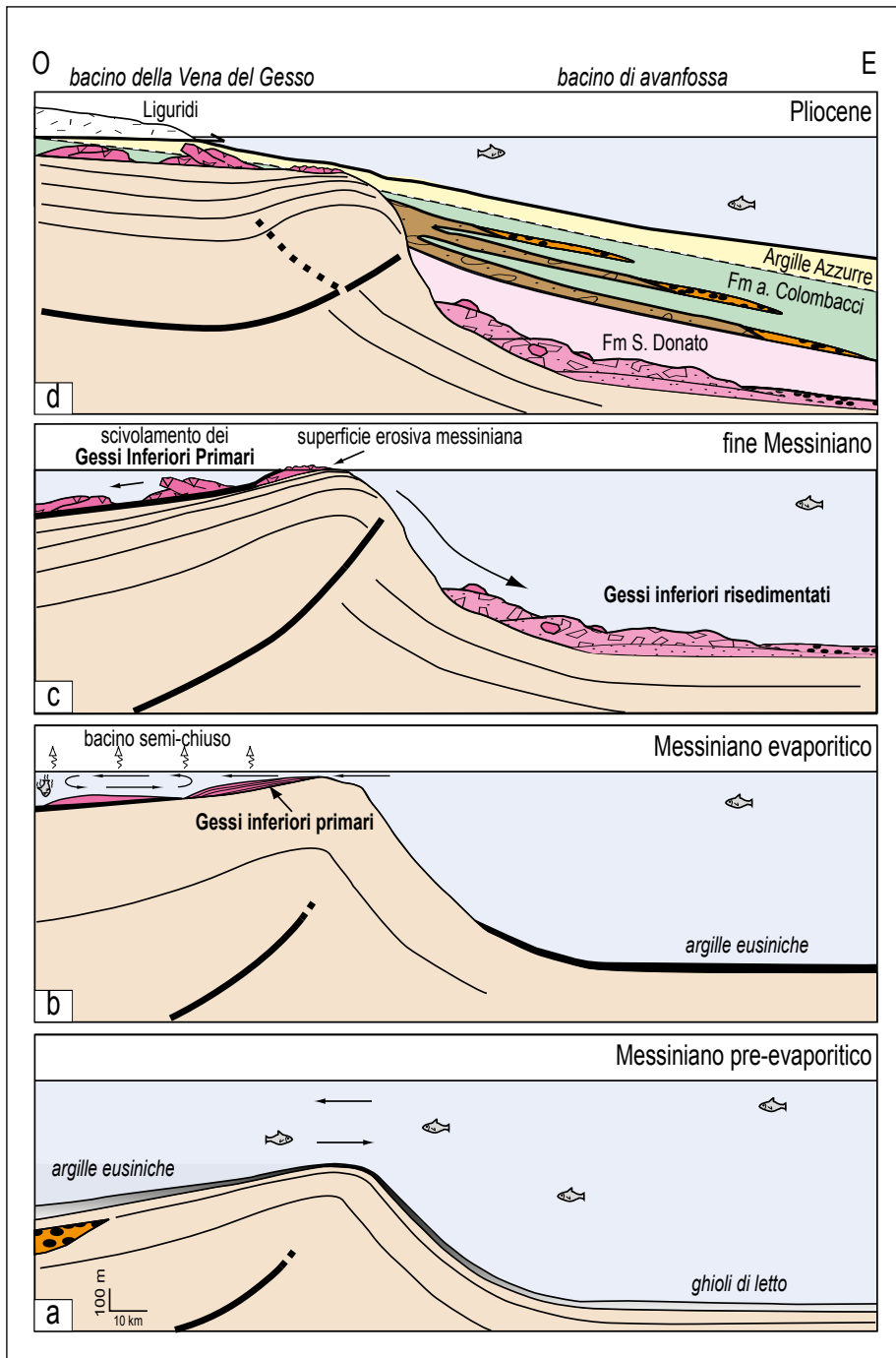


Fig. 6 – Evoluzione geologica dell’area della Vena del Gesso prima, durante e dopo la deposizione dei gessi messiniani (semplificato da ROVERI *et alii* 2003).

### La tettonica e le frane sottomarine

Gran parte della Vena del Gesso è caratterizzata da deformazioni estensionali e compressive (MARABINI, VAI 1985), con blocchi gessosi ruotati grandi quanto intere montagne e sovrascorrimenti poco profondi. Tutte queste discontinuità non interessano gli strati sovrastanti e sottostanti ma si propagano da una superficie di scollamento localizzata nella parte superiore delle argille eusiniche. Queste deforma-

zioni erano state attribuite a “tettonica compressiva tangenziale” (o “pellicolare”) lungo faglie orientate verso nord-est (MARABINI, VAI 1985; MONTANARI *et alii* 2007). Gli studi condotti negli ultimi anni hanno invece dimostrato che l’assetto a blocchi ruotati della Vena non è compatibile con movimenti tettonici ma appare essere il frutto di scivolamento dei grandi blocchi indotto da enormi frane sottomarine innescati da una fase tettonica (ROVERI *et alii* 2003), fenomeni gravitativi che ritroviamo



mo nello stesso periodo in tutte le aree del Mediterraneo, dalla Sicilia (ROVERI *et alii* 2008a) a Cipro (MANZI *et alii* c.s.) e Israele (LUGLI *et alii* 2013). Questi fenomeni gravitativi si sono verificati immediatamente dopo la deposizione della intera sequenza evaporitica dei Gessi Inferiori Primari e sono stati innescati dalle deformazioni tettoniche legate alla crescita dell'anticlinale di Riolo Terme, attualmente sepolta tra Riolo Terme e Castel Bolognese (fig. 6).

## Bibliografia

- 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. LUGLI, R. GENNARI, Z. GVIRTZMAN, V. MANZI, M. ROVERI, B.C. SCHREIBER 2013, *Evidence of clastic evaporites in the canyons of the Levant basin (Israel): implications for the Messinian salinity crisis*, "Journal of Sedimentary Research" 83, pp. 942-954.
- V. MANZI, S. LUGLI, M. ROVERI, B.C. SCHREIBER 2009, *A new facies model for the Upper Gypsum (Sicily, Italy): chronological and palaeoenvironmental constraints for the Messinian salinity crisis in the Mediterranean*, "Sedimentology" 56, pp. 1937-1960.
- V. MANZI, S. LUGLI, M. ROVERI, F. DELA PIERRE, R. GENNARI, F. LOZAR, M. NATALICCHIO, B.C. SCHREIBER, M. TAVIANI, E. TURCO c.s., *The Messinian salinity crisis in Cyprus: a further step towards a new stratigraphic framework for Eastern Mediterranean*, "Basin Research", pp. 1-30.
- S. MARABINI, G.B. VAI 1985, *Analisi di facies e macrotettonica della Vena del Gesso in Romagna*, "Bollettino della Società Geologica Italiana" 104, pp. 21-42.
- S. MARABINI, G.B. VAI 1989, *Geology of the Monticino Quarry, Brisighella, Italy. Stratigraphic implications of its late Messinian mammal fauna*, "Bollettino della Società Paleontologica Italiana" 28, 2-3, pp. 369-382.
- 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.
- A. MOTTURA 1871, *Sulla formazione terziaria della zona solfifera della Sicilia*, "Mem. Descr. Carta Geol. d'It." 1, pp. 50-140.
- G. PANIERI, S. LUGLI, V. MANZI, M. ROVERI, B.C. SCHREIBER, K.A. PALINSKA 2010, *Ribosomal RNA gene fragments from fossilized cyanobacteria identified in primary gypsum from the late Miocene, Italy*, "Geobiology" 8, pp. 101-111.
- 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.
- M. ROVERI, S. LUGLI, V. MANZI, R. GENNARI, S.M. IACCARINO, F. GROSSI, M. TAVIANI 2006, *The record of Messinian events in the Northern Apennines foredeep basins. RCMNS IC Parma 2006 "The Messinian salinity crisis revisited II"*, Pre-Congress Field Trip Guidebook, Acta Naturalia de "L'Ateneo Parmense" 42, 1.
- M. ROVERI, S. LUGLI, V. MANZI, R. GENNARI 2008a, *Large-scale mass wasting processes in the Messinian Ciminna Basin (northern Sicily)*, "Geoacta" 7, pp. 45-62.
- M. ROVERI, S. LUGLI, V. MANZI, B.C. SCHREIBER 2008b, *The Messinian Sicilian stratigraphy revisited: toward a new scenario for the Messinian salinity crisis*, "Terra Nova" 20, pp. 483-488.
- M. ROVERI, V. MANZI, A. BERGAMASCO, F.M. FALCIERI, R. GENNARI, S. LUGLI, B.C. SCHREIBER 2014a, *Dense shelf water cascading and Messinian canyons: a new*

- scenario for the Mediterranean salinity crisis*, "American Journal of Science" 314, pp. 751-784.
- M. ROVERI, R. FLECKER, W. KRIJGSMAN, J. LOFI, S. LUGLI, V. MANZI, F.J. SIERRO, A. BERTINI, A. CAMERLENGHI, G. DE LANGE, R. GOVERS, F.J. HILGEN, C. HÜBSCHER, P.TH. MEIJER, M. STOICA 2014b, *The Messinian Salinity Crisis: past and future of a great challenge for marine sciences*, "Marine Geology" 352, pp. 25-58.
- G.B. VAI 1988, *A field trip guide to the Romagna Apennine geology, The Lamone valley*, in C. DE GIULI, G.B. VAI (eds.), *Fossil vertebrates in the Lamone valley, Romagna Apennines. International Workshop: Continental Faunas at the Mio-Pliocene Boundary*, (Faenza, Italy, March 28-31, 1988), Field Trip Guidebook, Faenza, pp. 7-37.
- 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.