

## Il carsismo nei gessi triassici, i nuovi studi e le nuove scoperte

STEFANO LUGLI<sup>1</sup>

### Riassunto

Gesso, anidrite e salgemma rendono l'alta Valle del Fiume Secchia uno straordinario luogo per geodiversità e complessità di evoluzione del paesaggio e del carsismo. Non esistono al mondo rocce carsiche con evoluzione così drammaticamente veloce come in Val Secchia. I nuovi studi hanno evidenziato la presenza di enormi fratture di rilascio dei versanti orientate parallelamente alle valli, elemento strutturale sul quale si innesta la circolazione carsica e le frane per crollo che solcano i versanti delle Fonti di Poiano e del Tanone grande della Gacciolina. Nuovi studi isotopici hanno dimostrato che l'alimentazione delle Fonti di Poiano è derivante principalmente dalla circolazione idrica in sub-alveo del Fiume Secchia che innesca il fenomeno della subsidenza, con tassi di abbassamento che raggiungono quasi 2 cm all'anno e apertura di doline periodicamente riempite di ghiaia dalle piene del fiume. Lo sviluppo delle anse ipogee, circolazione carsica unica al mondo, è legato alla complessa interazione tra l'inghiottimento lungo fratture di rilascio dei versanti, l'idratazione dell'anidrite in profondità, la cattura dei flussi sotterranei lungo fratture ortogonali nei casi in cui la risorgenza è ostacolata da corpi di frana per colata dalle argille retrostanti i gessi e dalla presenza di terrazzi fluviali.

**Parole chiave:** anse ipogee, carsismo, gesso, anidrite, salgemma.

### Abstract

*Gypsum, anhydrite, and salt make the upper Secchia River Valley an extraordinary place for geodiversity and complexity of landscape and karst evolution. There are no karst rocks in the world with such dramatically fast evolution as in the Secchia Valley. New studies have shown the presence of huge slope-release fractures oriented parallel to the valleys, a structural element triggering karst circulation and collapse rockfall along the slopes of the Poiano Springs and Tanone grande della Gacciolina cave. New isotopic studies have shown that the source of the Poiano salt Springs is mainly derived from the deep river bed water circulation of the Secchia River, which induce subsidence with rates reaching almost 2 cm per year and the opening of sinkholes periodically filled with gravel by river floods. The development of the hypogean bends, the only example in the world, is related to the complex interaction between sinking along slope-release fractures, hydration of anhydrite at depth, and capture of subsurface flows along orthogonal fractures if the resurgence is hindered by mudslide fans sliding from the shales behind the gypsum outcrops and the presence of river terraces.*

**Keywords:** hypogen bends, evaporite karst, gypsum, anhydrite, salt.

### Rocce e paesaggi carsici straordinari

La presenza di gesso, anidrite e salgemma rendono l'alta valle del Fiume Secchia uno straordinario luogo per quanto riguarda la geodiversità e la complessa evoluzione del fenomeno e del paesaggio carsico. Le rocce evaporitiche e il carsismo della Val Secchia hanno attirato l'interesse degli studiosi in tempi relativamente recenti rispetto agli altri gessi dell'Appennino settentrionale che costituiscono il nuovo sito seriale UNESCO (AA.VV. 2022; LUGLI *et alii* 2022). Le esplorazioni e gli studi scientifici hanno subito un notevole impulso solo nel secondo dopoguerra a partire dal pionieristico lavoro di MALAVOLTI 1949 e poi Co-

LOMBETTI e FAZZINI 1976 e 1986; FORTI *et alii* 1988; LUGLI 1993; CHIESI, FORTI 2009, 2010; RONCHETTI *et alii* 2023.

La geodiversità associata alle condizioni climatiche della zona del crinale appenninico hanno determinato lo sviluppo di carsismo completamente diverso rispetto alla fascia collinare dove si trovano i gessi messiniani. È questo uno dei punti di forza del sito seriale UNESCO, seriale proprio perchè racchiude una varietà notevole di spettacolari attributi geologici e carsici. Tra questi spicca sicuramente la possibilità di osservare processi geologici in rapidissima evoluzione (LUGLI 2024).

<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

Le grotte nei gessi si sviluppano più velocemente di quelle nei calcari, dato che il gesso è un minerale più solubile della calcite in acqua. Ma nei gessi del Val Secchia nell'Appennino reggiano le grotte evolvono ancora più velocemente che in altre parti del mondo, soprattutto a causa dei crolli. La roccia evaporitica triassica è fortemente instabile perché profondamente deformata e smembrata da una serie di complessi processi geologici. Deposito nell'antico mare della Tetide oltre 200 milioni di anni fa per evaporazione in un sistema di lagune costiere, il gesso ha subito una prima importante trasformazione durante il seppellimento quando, a causa dell'aumento di temperatura in profondità si è completamente disidratato formando anidrite. Questa prima trasformazione si è realizzata con una significativa diminuzione di volume a causa della liberazione dell'acqua di cristallizzazione del gesso.

Con il procedere del seppellimento a vari chilometri di profondità, durante l'evoluzione della catena appenninica, l'anidrite ha agito come livello di scollamento delle falde in accavallamento e in particolare della Falda toscana. Tornata ad affiorare in superficie come conseguenza dell'orogenesi appenninica, alle deformazioni tettoniche si è sommata la ancora più rapida dissoluzione del salgemma nel sottosuolo. La rimozione del salgemma ha scompaginato ulteriormente gli strati in enormi blocchi giustapposti formando un "cappellaccio" di dissoluzione (*cap rock*, LUGLI 2001, 2009), che in termini tecnici si può definire come una vera e propria megabreccia. Questa megabreccia affiora in modo spettacolare nella scarpata di Monte Rosso, muta testimone della tormentata storia geologica delle evaporiti.

Le vie di penetrazione delle acque in profondità e lo sviluppo delle grotte sono legate alla presenza di spettacolari discontinuità che tagliano i gessi sotto forma di grandi fratture. La rapida dissoluzione delle rocce forma enormi cavità nel sottosuolo che ben presto provocano il collasso delle masse di roccia sovrastanti, già frammentate e attraversate da fratture, formando enormi frane.

Le caratteristiche descritte hanno contribuito a creare uno straordinario esempio di evoluzione carsica, unico al mondo.

### Le grandi fratture

La possibilità di disporre di immagini aeree opportunamente orientate attraverso le riprese da drone ha determinato la recentissima scoperta delle enormi fratture di cui si supponeva l'esistenza sulla base di considerazioni geologiche e sulla base dall'analisi delle mappe dello sviluppo delle grotte (LUGLI 1993). Si tratta non tanto di fratture tettoniche, legate ai movimenti delle faglie, ma di fratture verticale di rilascio

dei versanti parallele allo sviluppo delle principali incisioni vallive che solvano i gessi. L'origine di queste discontinuità è dovuta alla rapida decompressione della massa rocciosa connessa al veloce approfondimento delle valli. Le fratture e l'erosione al piede esercitata dai corsi d'acqua provocano il collasso o il ribaltamento dei prismi di roccia isolati dalle fratture più esterne, che vengono immediatamente sostituite da nuove fratture di rilascio parallele a formare delle vere e proprie gradinate. In questo modo le scarpate verticali arretrano sempre più e la valle del Secchia mantiene la caratteristica sezione a forma di U, che diventa sempre più ampia.

Le fratture verticali rappresentano le vie principali attraverso cui si sviluppano le anse ipogee, le principali grotte della zona, ma solo recentemente, e per la prima volta, è stato possibile visualizzare direttamente il gigantesco sviluppo di queste discontinuità che tagliano i gessi.

La più spettacolare è l'enorme frattura che corre parallelamente allo sviluppo della valle del Secchia per più di 1 km di lunghezza su Monte Rosso. Essa costituisce l'elemento strutturale sul quale è impostata la spettacolare scarpata bagnata dal Fiume Secchia (fig. 1). Nel lato occidentale della scarpata sono visibili anche altre fratture parallele alla principale che formano una vera e propria gradinata. Nel lato più orientale della scarpata, dove sono presenti diverse cavità verticali denominate pozzi di M. Rosso, la frattura principale è suddivisa in vari lembi, probabilmente perché grandi volumi di roccia sono già precipitati nell'alveo del Secchia in passato e il detrito è stata completamente asportato dal fiume.

Analoga situazione strutturale è presente anche lungo la valle del Torrente Sologno, dove una enorme frattura corre sulla parete occidentale di Monte Cafaggio e intercetta il letto del torrente proprio in corrispondenza dell'inghiottitoio del sistema carsico dei Tanoni (fig. 2). A partire da questo punto la valle del torrente rimane in secca e viene occupata dal flusso delle acque soltanto in occasione di forti piogge. È questa la discontinuità principale che ha determinato la formazione della grotta più lunga della Val Secchia. Le acque, una volta penetrate nelle viscere di M. Cafaggio grazie alla frattura non ritornano nell'alveo del Sologno, ma scendendo a valle vengono catturate dal sistema di fratture ortogonali sviluppate parallelamente alla valle del Secchia e che trova sua spettacolare espressione nella scarpata della dolina del Tanone grande della Gacciolina. Percorso un lungo tratto lungo il sistema di fratture parallelo al Secchia, vengono finalmente a risorgenza a monte delle Fonti di Poiano.

Anche sull'altro lato della valle del Torrente Sologno,

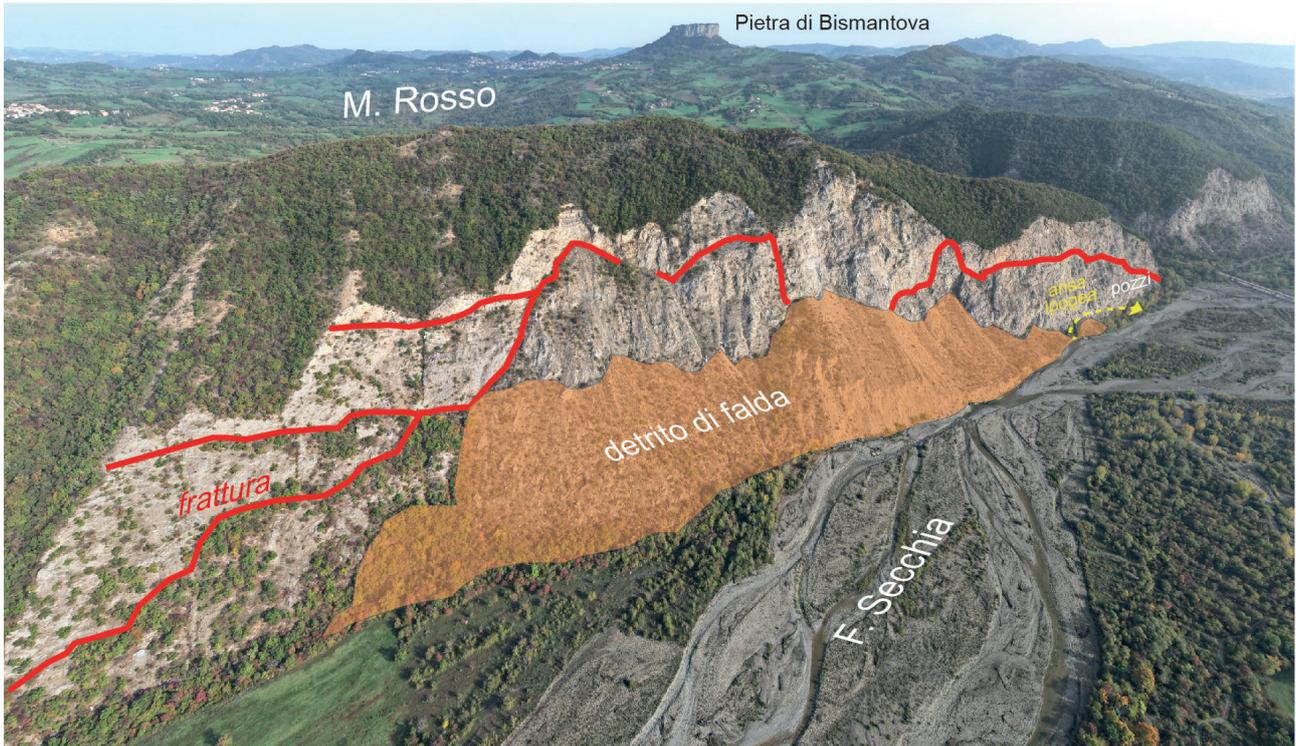


Fig. 1 – Immagine aerea della suggestiva parete verticale dei gessi Triassici a Monte Rosso, attraversata da una gigantesca frattura che forma una gradinata verso ovest. Sul lato est si aprono i pozzi e l'ansa ipogea di M. Rosso. Sullo sfondo lo spettacolare prisma roccioso delle calcareniti mioceniche della Pietra di Bismantova (foto P. Lucci).

in sinistra idrografica, è visibile la corrispondente frattura parallela già evidenziata dall'orientazione e sviluppo dei pozzi di Monte Carù e che ha formato la risorgente del Mulino della Gacciola, ancora una volta per cattura delle acque da parte delle fratture orientate parallelamente al Secchia (fig. 2). Questa

volta però la cattura porta le acque verso ovest in apparente contropendenza rispetto alla valle del Secchia (LUGLI *et alii* 2004). Naturalmente l'acqua della risorgente non scorrere verso monte, verso l'alto, le pendenze sono rispettate dato che la risorgente nel fondovalle Secchia si trova ad una quota leggermen-



Fig. 2 – Il nastro argenteo delle acque del Torrente Sologno si interrompe nel punto in cui una enorme frattura interseca la valle. Le acque vengono qui totalmente inghiottite lasciando la valle in secca se non durante forti piogge. Gli affioramenti gessosi sono tagliati da due sistemi di fratture che hanno determinato lo sviluppo dell'ansa ipogea dei Tanoni (a sinistra) e dei pozzi di M. Carù e dell'ansa ipogea del Mulino della Gacciola, a destra (foto aerea P. Lucci).

te più bassa rispetto al fondovalle Sologno dove avviene l'inghiottimento.

Una gradinata di frattura con sviluppo parallelo al corso del Secchia è presente anche nell'affioramento delle fonti di Poiano (fig. 3).

È proprio lungo queste enormi fratture, e in particolare ai margini, che si sviluppano estese frane per crollo, come vedremo nel prossimo paragrafo.

### Le grandi frane e il diapirismo

Le scenografiche pareti gessose verticali della Valle del Secchia Monte Rosso e Monte Merlo sono continuamente solcate da nuovi crolli, l'ultimo di grandi proporzioni è avvenuto in seguito alle forti piogge di fine giugno 2024 (fig. 4). A franare per collasso o ribaltamento sono prismi di roccia isolati dalla parete dalle fratture verticali di rilascio dei versanti. La frane

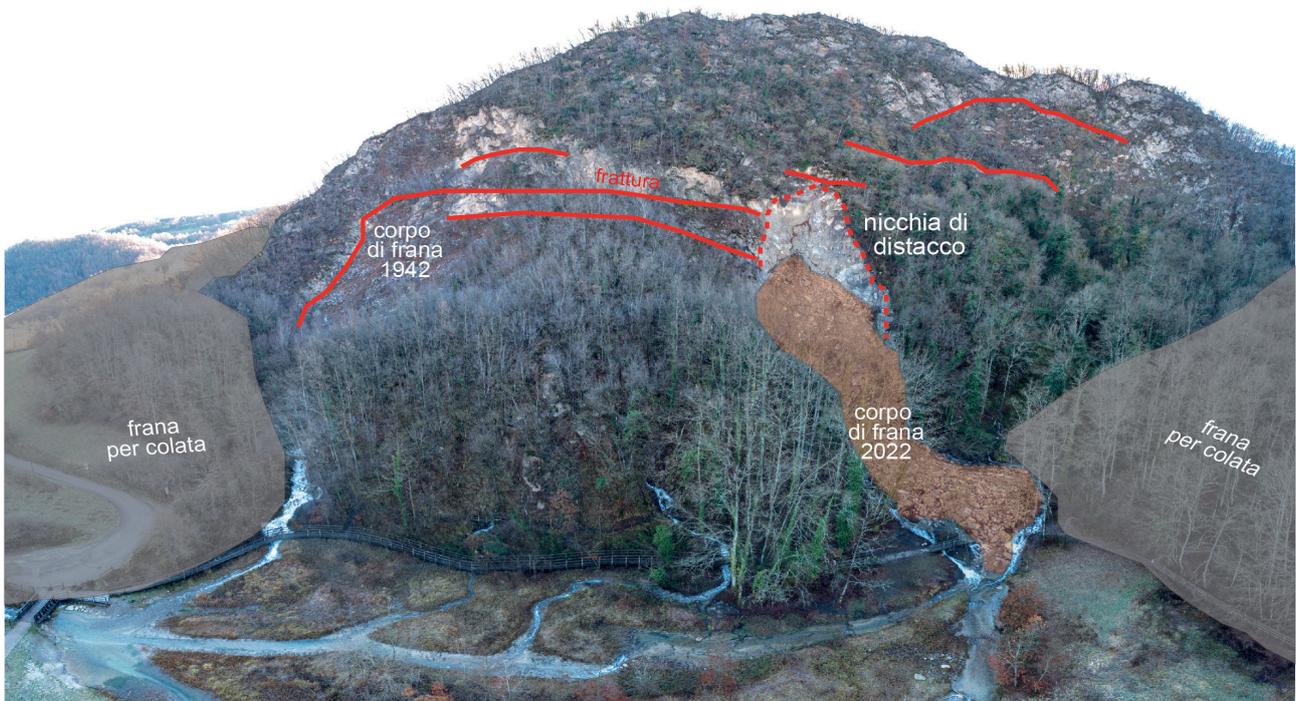


Fig. 3 – Immagine aerea delle Fonti di Poiano scattata il 10/12/2023. Ad oltre un anno dalla caduta della frana la nicchia di distacco continua ad arretrare con nuovi crolli lungo il bordo del sistema di fratture a gradinata parallele alla valle del Secchia. Ben visibile anche l'area di distacco della frana del 1942 (a sinistra) e altre aree franate precedentemente (a sinistra) (foto P. Lucci).

per crollo sono rivelate, oltre che per le strie di polvere di roccia che appaiono lungo le pareti, anche dai dati satellitari grezzi dell'*European Ground Motion Service* (EGMS), pubblicamente disponibili (<https://egms.land.copernicus.eu/>), che indicano perdita di materiale dalla cima e dalla scarpata di M. Rosso con valori di abbassamento verticale che superano in media 8 mm all'anno (fig. 5).

Un altro dato rilevabile dalle misure satellitari esclude il fenomeno del diapirismo, la risalita cioè del livello del suolo a causa di movimenti verticali dovuti alla presenza di salgemma nel sottosuolo ipotizzato in passato (CHIESI, FORTI 2009). Le uniche zone in sollevamento rilevabili sono riconducibili alla migrazione di barre ghiaiose lungo il fiume o alle aree di accumulo delle frane per colata delle argille circostanti i gessi. Probabilmente il diapirismo era in atto in epoche remote, da migliaia a centinaia di migliaia di anni fa, prima che gli enormi spessori di salgemma fossero quasi totalmente disciolti.

### La frana del Tanone grande della Gacciolina

La velocità di evoluzione dei versanti è ancora più drammatica in corrispondenza degli ingressi e degli inghiottitoi, dove le pareti gessose franano continuamente. E così alcune grotte scompaiono, come il Tanone di Secchia, oggi ufficialmente estinto, e questo è il destino che toccherà in un futuro più o meno prossimo anche al suggestivo ingresso del Tanone grande della Gacciolina, modellato da recenti crolli. Il nucleo della spettacolare piega di dolomia e gesso che torreggia sulla parete sopra all'ingresso si sta progressivamente disgregando, solcato da fratture verticali parallele alla parete stessa, e fa precipitare enormi massi sull'ingresso. La nicchia di distacco sta progressivamente arretrando e importanti volumi del detrito di falda parzialmente cementato che si trova ad est dell'ingresso si trovano oggi ampiamente in aggetto per mancanza di sostegno al piede, prima o poi crolleranno rovinosamente.



Fig. 4 – L'ultimo grande crollo nella parete di Monte Rosso di fine giugno 2024 è probabilmente il più esteso degli ultimi 40 anni almeno. Il nuovo cono di detrito di frana al piede della scarpata ha occupato in parte il ramo attivo del sistema a canali intrecciati del Fiume Secchia e verrà presto asportato per dissoluzione e erosione (foto P. Lucci).

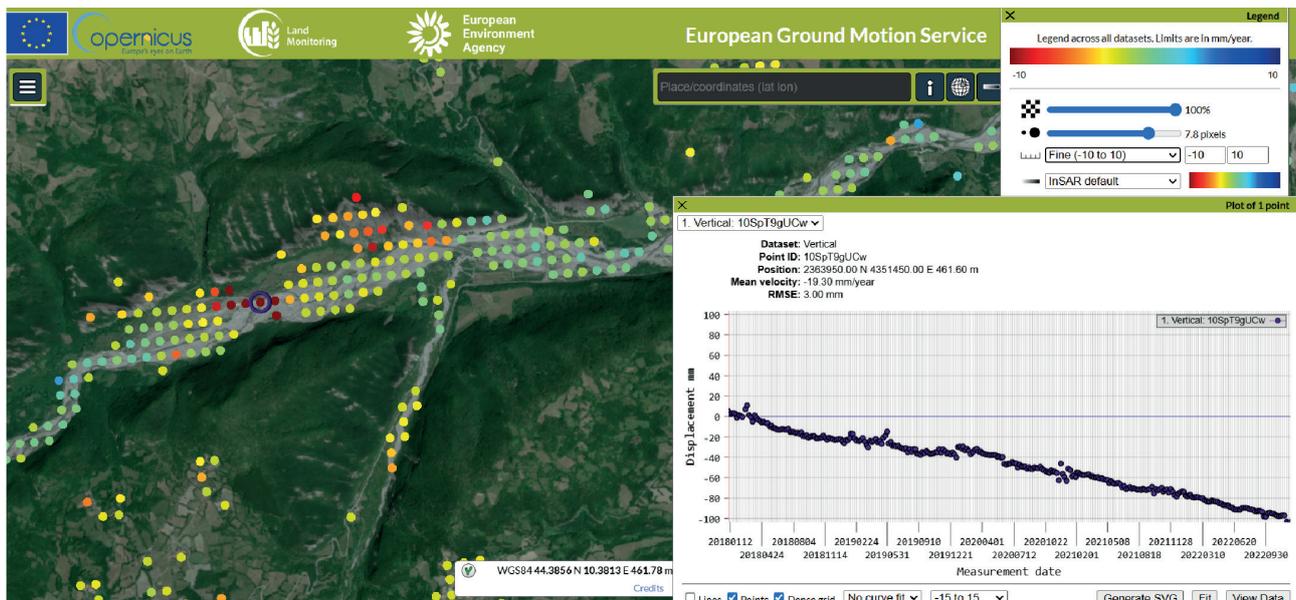


Fig. 5 – Immagine delle deformazioni del suolo nell'area dei gessi Triassici. In giallo e rosso le aree in abbassamento. Le uniche aree in sollevamento (azzurro) sono legate alla migrazione di barre di ghiaia e alle zone di accumulo delle frane per colata che scendono nella valle dalle argille retrostanti i gessi. Il grafico mostra il punto di massima subsidenza nei pressi della dolina di fig. 5 e 6. Anche l'area nei pressi dell'inghiottitoio del Torrente Sologno si sta abbassando al ritmo di 4,4 mm/anno. Interferometria Radar ad Apertura Sintetica (InSAR) dell'European Ground Motion Service (EGMS).

Le riprese con il drone (in collaborazione con T. Santagata) hanno dimostrato che anche il lato occidentale del pendio è già ampiamente distaccato da fratture verticali parallele alla valle, preludio di imminente collasso o ribaltamento di un volume notevole di roccia. Doveroso è quindi il richiamo agli aspetti della sicurezza per i visitatori che devono rimanere a distanza, senza scendere dall'orlo della dolina. Lo stesso vale per gli speleologi che possono accedere al sistema carsico utilizzando il relativamente meno instabile ingresso del Tanone piccolo della Gacciolina.

### La frana delle Fonti di Poiano

Le Fonti di Poiano con la portata media di 400 litri al secondo sono la risorgente carsica salata più importante d'Europa. Raccolgono gran parte delle acque di infiltrazione carsica negli affioramenti gessosi che qui sono costrette ad emergere perché a valle, anche nel sottosuolo, sono presenti solo rocce argillose praticamente impermeabili.

Il 2 ottobre 2022 si è verificato un crollo della parete rocciosa in corrispondenza di una delle bocche maggiori, quella occidentale. I massi crollati hanno travolto due ponticelli in legno del percorso di visita e il flusso d'acqua ha allagato temporaneamente la zona immediatamente circostante. Oggi l'acqua emerge direttamente attraverso i massi del nuovo corpo di frana, mentre la nicchia di distacco arretra progressivamente con nuovi crolli localizzati, formando una

nuova scarpata.

In realtà tutte le scaturigini attraversavano i massi di numerosi corpi di frana multipli dovuti a crolli precedenti, di cui il più esteso, avvenuto nel 1942, aveva ricoperto le due bocche orientali formando un'unica scaturigine (MALAVOLTI 1949).

I nostri rilievi hanno messo in luce come anche qui il pendio sia solcato da una gradinata di fratture parallele allo sviluppo della valle (orientate E-O). Una di queste era stata esplorata con uno scavo condotto dallo Speleo GAM Mezzano che aveva consentito di individuare, ad alcuni metri di profondità, l'emersione del corso ipogeo delle acque dalla parete di roccia viva, ma senza alcuna possibilità di prosecuzione verso monte a causa del flusso impetuoso delle acque.

La nuova scarpata formatasi con l'ultimo crollo si ricorda con la cicatrice di altri crolli precedenti ed è ben visibile nelle foto da drone (fig. 3).

Anche la frana delle Fonti di Poiano è parte della naturale evoluzione delle rocce evaporitiche profondamente deformate e smembrate da complessi processi geologici. Risulta evidente come un nuovo percorso di visita debba tener conto delle possibili traiettorie balistiche di nuovi crolli, che avverranno sicuramente nel tempo e che potrebbero interessare tutto il pendio. Così come le grotte scompaiono, o sono in procinto di scomparire, allo stesso modo nuove grotte si aprono per poi richiudersi, come la Grotta della frana sopra le Sorgenti di Poiano, apertasi in seguito alla frana del 1942 e oggi estinta (LUGLI *et alii* 2022).



Fig. 6 – L'evoluzione della dolina nel letto del Fiume Secchia. Nel 2016 erano presenti tre bocche principali, poi riunite a formare un'unica cavità imbutiforme nel 2022, raggiunta da un ramo del fiume nel 2023 (Foto S. Lugli in alto e S. Bergianti in basso).

### Le doline nell'alveo del Secchia

Nelle ghiaie del letto del fiume Secchia periodicamente appaiono e scompaiono alcune doline. Una in particolare si trova nella zona in prossimità della confluenza con Rio Vei, a poco più di 2 km a monte del ponte della Pianellina su di una barra di ghiaia allagata dall'acqua soltanto durante le piene (fig. 6). Grazie alla collaborazione del Gruppo Speleologico e Paleontologico Gaetano Chierici (GSPGC) e della Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna (FSRER) è stato possibile monitorarne l'evoluzione della dolina sia sul posto che utilizzando voli con il drone. I nostri sopralluoghi avevano messo in luce nel 2016 tre inghiottitoi principali che, nell'ottobre 2022, risultarono fusi in un'unica cavità imbutiforme più grande e più profonda, dove erano rimasti intrappolati i tronchi di tre alberi trascinati dalla corrente di piena (fig. 6). Nel novembre 2023 la dolina appariva allagata a causa dello spostamento di un ramo attivo del sistema a canali intrecciati che la lambiva direttamente (fig. 6). In quel periodo le Fonti di Poiano hanno registrato un significativo aumento di portata, forse da mettere in relazione a collassi nel sottosuolo o all'apertura di nuovi condotti nella circolazione

carsica al di sotto dell'alveo. La recente installazione da parte della Regione Emilia-Romagna di uno strumento per misurare portata e conducibilità in continuo delle acque delle Fonti consentirà di monitorare l'evoluzione futura delle complesse relazione tra subsidenza a monte e portata, oltre che il carico salino, delle fonti.

Con la piena del dicembre 2023 la dolina è stata completamente riempita di ghiaia, scomparendo alla vista (fig. 7). Ad oggi non si sono formati nuovi sprofondamenti localizzati nell'area.

La serie di immagini satellitari storiche di Google Earth Pro, disponibili con sufficiente dettaglio a partire dal 2014, dimostrano che un ramo del Secchia aveva raggiunto la dolina almeno nel 2017 mentre le immagini e i resoconti pubblicate da COLOMBETTI, FAZZINI 1976 e 1987 e la carta pubblicata da G.U.E.S.C. 1976 dimostrano che la dolina in questione era già attiva quasi cinquanta anni fa ed è stata periodicamente riempita di ghiaia più volte, per poi riaprirsi di nuovo. Grazie ai dati satellitari EGMS sappiamo che l'area dell'alveo dove si trova la dolina sta sprofondando per un tratto largo quasi un chilometro (fig. 5). I dati grezzi indicano che il punto di massimo abbassamento medio si trova una quota di circa 461 m di altitu-



Fig. 7 – Immagini aeree dell'area di sprofondamento nel letto del Fiume Secchia prima e dopo il cambio di tracciato del ramo principale della corrente del sistema a canali intrecciati. Con la piena del dicembre 2023 la dolina è stata completamente riempita di ghiaia (foto P. Lucci).

dine e ha raggiunto un tasso di subsidenza di 19,30 mm all'anno nel periodo tra gennaio 2018 e dicembre 2022. In quasi 5 anni si è verificato uno sprofondamento totale di poco più di 10 cm.

L'andamento del grafico nel punto di massima subsidenza lascia intuire spostamenti di ghiaia che hanno ricoperto solo parzialmente la zona in sprofondamento in seguito alle piene del marzo 2018, febbraio e maggio 2019 e gennaio 2021, senza che l'apporto sedimentario riuscisse a ripianare il forte abbassamento. Le doline possono quindi riempirsi temporaneamente di ghiaia, ma l'intera area è soggetta ad una subsidenza generalizzata.

Nell'area dove si sta verificando lo sprofondamento lo spessore della ghiaia alluvionale del Secchia è impressionante, raggiunge addirittura 90 m (COLOMBETTI, FAZZINI 1987), mentre nel resto della valle la profondità del substrato roccioso si mantiene attorno a 50 m, così come nel tratto terminale della valle del Torrente Sologno (BERETTI 2018).

Dove le evaporiti sono più vicini alla superficie e la copertura detritica è più sottile possono formarsi grandi voragini di crollo. Un esempio è quello di Sassalbo (Fivizzano, Massa-Carrara) con l'imponente crollo che nel 2017 ha formato una grande voragine di origine carsica, una dolina per crollo di copertura (*cover collapse sinkhole*).

Per consentire la formazione di doline al di sopra di un materasso di ghiaia alluvionale di così grande spessore deve verificarsi la dissoluzione accelerata di enormi volumi di roccia evaporitica nel sottosuolo, forse in corrispondenza di lenti saline che vengono rapidamente asportate a causa della loro elevata solubilità. Tracce di salgemma erano state rilevate nel carotaggio al di sotto del ponte della Pianellina, dove il materasso alluvionale raggiunge lo spessore di 47 m, intercalati ai gessi tra 90,5 e 100 m di profondità (fondo pozzo; COLOMBETTI, FAZZINI 1987).

Considerando che lo spessore anomalo di 50-90 m delle ghiaie nella valle del Secchia si riduce a soli 7 m in corrispondenza del ponte della Gatta, circa 2,5 km a valle delle Fonti, dove il substrato è costituito da argille impermeabili e non da gessi, si riesce ad avere una idea del motivo della notevole portata delle Fonti di Poiano. Esse sono infatti localizzate nel punto della valle dove tutte le acque infiltrate nei gessi e nel sub-alveo del Secchia sono costrette ad emergere in superficie, come vedremo nel prossimo paragrafo.

### **La circolazione idrica sotterranea e l'alimentazione delle Fonti di Poiano**

Tre ipotesi principali sono state formulate sull'origine delle acque salate che sgorgano copiose nelle Fonti di Poiano.

I primi studi di MALAVOLTI 1949 suggerivano una circolazione carsica relativamente superficiale, per infiltrazione delle acque piovane nelle doline del massiccio di M. Cafaggio-M. Pianellina, all'interno del quale si ipotizzava fossero presenti lenti di salgemma.

Secondo COLOMBETTI, FAZZINI 1976 e 1986 il contributo principale deriverebbe dal Fiume Secchia attraverso la venuta a giorno della circolazione delle acque nel sub-alveo. Per FORTI *et alii* 1988 e CHIESI, FORTI 2010 invece l'origine della gran parte delle acque sarebbe da ascrivere a infiltrazione carsica dal Torrente Lucola, come indicato da colorazioni con traccianti chimici.

Grazie all'impulso e al contributo della FSRER, il gruppo di lavoro dell'Università di Modena e Reggio Emilia ha impostato un progetto di revisione dei dati disponibili e una campagna di nuove analisi e misure (responsabile Prof. Francesco Ronchetti) con la collaborazione del GSPGC e del Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano, i cui risultati sono stati pubblicati recentemente da RONCHETTI *et alii* 2023.

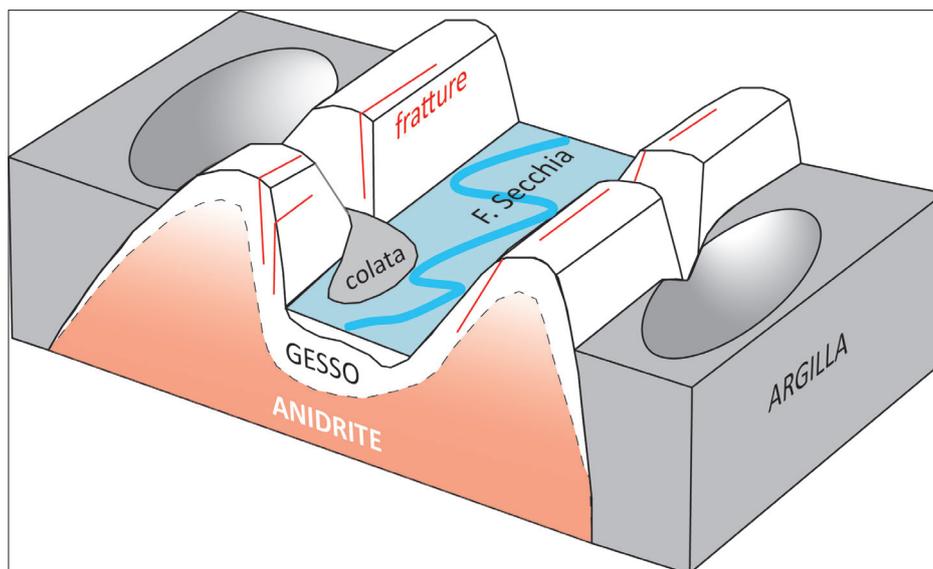
Il punto di partenza del progetto è stata l'osservazione da parte dello Speleo GAM Mezzano che il flusso idrico del Torrente Lucola appare limitato rispetto a quella delle Fonti di Poiano e che lungo tutta la valle non sono visibili perdite di portata significative. Date queste osservazioni, sono state misurate sistematicamente le portate dei corsi d'acqua e la loro composizione isotopica ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$  e trizio) per tracciare i flussi negli acquiferi del sottosuolo. Tutti i corsi d'acqua che solcano il bacino imbrifero della Val Secchia presentano una composizione isotopica diversa, consentendo di identificare e calcolare i possibili contributi che ciascuno fornisce ad alimentare le sorgenti carsiche delle Fonti di Poiano.

Le misure di portata effettuate lungo tutto il corso del Lucola hanno permesso di escludere perdite per infiltrazione. Le portate del Sologno (11-133 L/s, media 24 L/s) e del Lucola (50-195 L/s, media 123 L/s) rappresentano rispettivamente solo il 22% e il 4% della portata media delle Fonti di Poiano (352-768 L/s media 548 L/s).

I risultati delle analisi isotopici dimostrano che l'alimentazione principale delle fonti proviene dal Fiume Secchia (portata media circa 10000 L/s e portata minima circa 1000 L/s alla Gatta) e solo subordinatamente dal Torrente Sologno. Il contributo del Torrente Lucola risulta invece del tutto trascurabile.

I nuovi risultati non escludono che la situazione idrologica possa essere mutata nel tempo, con contributi intermittenti dalle diverse zone di alimentazione, ma l'ipotesi dovrebbe essere verificata. Le frane per colata dei sedimenti argillosi lungo la valle del Torrente Lucola potrebbero aver oggi disconnesso il contributo

Fig. 8 – Sezione geologica schematica della valle del Fiume Secchia con gli elementi che influenzano lo sviluppo del carsismo: i nuclei anidritici all'interno dei rilievi, le fasce periferica gessificate dove si formano le grotte, le fratture di rilascio dei versanti e le frane per colata (da LUGLI 1993).



idrico lungo quella valle, che a sua volta potrebbe forse riprendere una volta che i corpi di frana venissero eventualmente erosi dal torrente stesso, denudando i gessi e consentendo di nuovo l'inghiottimento delle acque. Altro fattore da considerare potrebbe essere il collasso di cavità nel sottosuolo, molto frequenti come abbiamo visto, che possono disattivare o attivare nuovi percorsi carsici anche in relazione alla sismicità dell'area. I risultati di questo studio, però, indicano anche che le colorazioni con tracciati chimici possono non essere sufficienti a districare situazioni idrologiche complesse.

Riassumendo, possiamo affermare che oggi le Fonti di Poiano ricevono la maggior parte delle acque direttamente dal Fiume Secchia, con un contributo anche dal Torrente Sologno, ma non dal Torrente Lucola. Il principale punto di inghiottimento lungo il Secchia è sicuramente la zona in sprofondamento che si trova a circa 2 km a monte del ponte della Pianellina, quasi di fronte a Rio Vei. Le acque carsiche infiltrate nei gessi e quelle di sub-alveo del Secchia, che si sono arricchite sciogliendo salgemma in profondità, sono costrette ad emergere in superficie nel punto dove i gessi lasciano il posto alle argille impermeabili.

Ma c'è un altro aspetto straordinario del fenomeno carsico nei gessi Triassici, le anse ipogee.

### Le anse ipogee, un esempio unico al mondo

Le particolari caratteristiche geologiche dei gessi Triassici hanno determinato lo sviluppo di una tipologia di condotti carsici unica al mondo, le anse ipogee. Descritte per la prima volta da MALAVOLTI 1949 come: «ramo di un corso d'acqua che, penetrato nelle rocce carsiche della sponda, attraverso multipli e piccoli inghiottitoi, forma un condotto che segue, generalmente a piccola distanza, il cor-

so esterno per ritornare ad esso, dopo un percorso di varia lunghezza, mediante una risorgenza solitamente piuttosto ampia».

Il motivo per cui i condotti penetrano solo nel bordo esterno degli ammassi gessosi è duplice. La presenza delle fratture di rilascio è il primo, esse costituiscono percorsi di deflusso preferenziale sia per le acque carsiche che per quelle fluviali. In quest'ultimo caso è sufficiente che un ramo di un corso d'acqua esterno giunga a lambire le pareti gessose per esserne rapidamente inghiottito, come nel caso del Torrente Sologno, il cui letto a valle viene occupato dalle acque soltanto in caso di forti piogge (fig. 2). Il secondo motivo è la presenza dell'anidrite in profondità. I nuclei centrali dei singoli corpi evaporitici sono costituiti da rocce anidritiche in via di gessificazione che presentano scarsa o nulla porosità e vengono «evitati» dai condotti carsici principali. Questi ultimi si localizzano nella fascia più esterna degli affioramenti, dove prevalgono le rocce gessose, più facilmente solubili ed erodibili, e dove un costante approvvigionamento idrico è assicurato dalla vicinanza dei corsi d'acqua e dalla presenza di imponenti fratture di rilascio (LUGLI 1993).

A valle la risorgenza delle acque può essere ostacolata o impedita dalla presenza delle estese conoidi di frana per colata delle argille retrostanti i gessi (fig. 8). In tal caso i torrenti sotterranei vengono costretti ad abbandonare le fratture parallele alle incisioni trasversali agli affioramenti evaporitici, per essere catturati da quelle, ad esse ortogonali, parallele alla Valle del F. Secchia. Catture del tutto simili si verificano anche quando la risorgenza nell'alveo di origine è ostacolata dalla presenza di depositi alluvionali (terrazzi e conoidi). Tipici esempi sono il sistema carsico del Tanone Grande della Gacciolina e del Mulino della Gacciola



Fig. 9 – Il salone di crollo Mario Bertolani nel sistema dei Tanoni. Notare l'accumulo di giganteschi blocchi di crollo e le precarie condizioni di stabilità del soffitto, attraversato da numerose fratture aperte. I crolli sono favoriti dalla tipologia di roccia costituita da mega-breccia da dissoluzione di salgemma con numerosi livelli argillosi (color ocra) e nuclei di dolomia insolubile (nero) (foto P. Lucci).

le cui acque, inghiottite lungo la valle del T. Sologno, si riversano nel F. Secchia, aggirando, rispettivamente a valle ed a monte, i lembi relitti del potente deposito fluviale terrazzato da Cà Rabacchi e del Mulino della Gacciola (fig. 2).

Non appena un torrente sotterraneo si è aperto la via dissolvendo le rocce, a causa delle numerose fratture grandi blocchi si staccano dalle pareti e dal soffitto dei condotti per mancanza di sostegno al piede e il torrente li scioglie velocemente lasciando spazio per nuovi crolli. In questo modo si è formata la spettacolare salone intitolato a Mario Bertolani nel sistema carsico dei Tanoni, lungo 100 m, largo 28 m e alto 18 m. Queste grandi cavità sono da mettere in relazione agli incroci di fratture e alla presenza di litologie evaporitiche particolarmente ricche in livelli argillosi, che favoriscono i distacchi di blocchi dalle pareti e dal soffitto (fig. 9).

Non esistono al mondo altre rocce carsiche che presentino una evoluzione così complessa e drammaticamente veloce come in Val Secchia.

## Bibliografia

- AA.VV. 2022, *Nomination Dossier – Proposal of the 'Evaporitic Karst and Caves of Northern Apennines' for inscription on the UNESCO Natural world heritage list*. Emilia-Romagna Region, Bologna.
- P. BERETTI 2018, *Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica*, in: *Progettazione esecutiva per la sistemazione e messa in sicurezza del ponte sul Rio Sologno. Al km 8+500, della S.P. 108 "Castelnovo né Monti – Bondolo – Carù"*, in comune di Villa Minozzo (RE), Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia.
- M. CHIESI, P. FORTI 2009, *Il progetto Trias: studi e ricerche sulle evaporiti triassiche dell'alta Val di Secchia e sull'acquifero carsico di Poiano*, in M. CHIESI e P. FORTI (a cura di) *Il progetto Trias*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s.II, 22), Bologna, pp. 69-98.
- M. CHIESI, J. DE WAELE, P. FORTI 2010, *Origin and*

- evolution of a salty gypsum/anhydrite karst spring: the case of Poiano (Northern Apennines, Italy)*, (Hydrogeology Journal, 18, 5) pp. 1111-1124.
- A. COLOMBETTI, P. FAZZINI 1976, *L'alimentazione e l'origine della sorgente salso-solfata di Poiano (Reggio Emilia). Fenomeni di dissoluzione nella valle del Fiume Secchia*, (Bollettino della Società Geologica Italiana, 95), pp. 403-421.
- A. COLOMBETTI, P. FAZZINI 1987, *Idrogeologia carsica nella formazione di Burano nell'Alta Valle del Fiume Secchia* (Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena, 118), pp. 93-113.
- P. FORTI, F. FRANCAVILLA, E. PRATA, E. RABBI 1988, *Idrochimica ed idrogeologia della formazione evaporitica triassica dell'alta Val di Secchia con particolare riguardo alle Fonti di Poiano*, in: *L'area carsica dell'alta Val di Secchia, studio interdisciplinare dei caratteri ambientali*, Regione Emilia-Romagna - Studi e documentazioni, 42, p. 303.
- G.S.U.E.G. 1976, *Geomorfologia dell'area circostante la Pietra di Bismantova (Appennino reggiano)*, (Bollettino Servizio Geologico Italiano 97) pp. 107-214.
- S. LUGLI 1993, *Considerazioni geologiche sulla genesi delle cavità ad "ansa ipogea" nelle evaporiti triassiche dell'alta val di Secchia*, (Atti XVI Congresso Nazionale di Speleologia, Le Grotte D'Italia (4) XVI) pp. 257-266.
- S. LUGLI 2001, *Timing of post-depositional events in the Burano Formation of the Secchia Valley (Upper Triassic, northern Apennines), clues from gypsum-anhydrite transitions and carbonate metasomatism* (Sedimentary Geology, 140/1-2) pp. 107-122.
- S. LUGLI 2009, *La storia geologica dei gessi triassici della Val Secchia*, in M. CHIESI E P. FORTI (a cura di) *Il progetto Trias*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s.II, 22), Bologna, pp. 25-36.
- S. LUGLI 2024, *"Carsismo e grotte nelle evaporiti dell'Appennino settentrionale", un nuovo sito UNESCO per l'Italia*, (Geologicamente 13), pp. 18-26.
- S. LUGLI, M. DOMENICHINI, C. CATELLANI 2004, *Peculiar karstic features in the Upper Triassic sulphate evaporites from the Secchia Valley (Northern Apennines, Italy)*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, 16, Istituto Italiano di Speleologia), Bologna, pp. 95-102.
- S. LUGLI, M. COSTA, P. FORTI, S. PIASTRA, J. DE WAELE, P. GRIMANDI, G. NENZIONI, D. BIANCO, P. LUCI, A. CUROTTI, S. FURIN 2022, *Geological field trip guidebook, proposal for the 'Evaporitic Karst and Caves of Northern Apennines' for inscription on the UNESCO Natural world heritage list*, Emilia-Romagna Region (ed.), Bologna.
- F. MALAVOLTI 1949, *Morfologia carsica del Trias gessoso - calcareo nell'alta valle dei Secchia*, (Memorie Comitato Scientifico Centrale, CAI Modena, I), pp. 129-225.
- F. RONCHETTI, M. DEIANA, S. LUGLI, M. SABATTINI, V. CRITELLI, A. AGUZZOLI, M. MUSSI 2023, *Water isotopes and flow measures for understanding the stream and meteoric recharge contributions to the Poiano evaporite karst spring*, (Hydrogeology Journal), pp. 1-19.

