

Miniere di Zolfo nella Romagna orientale

Giovanni Belvederi^{1,2,4}, Massimo Ercolani^{1,3}, Maria Luisa Garberi^{1,2,4}, Sabrina Gonnella¹, Fabio Peruzzi¹, Giovanni Rossi¹, Garibaldi (Baldo) Sansavini^{1,3}

Riassunto

Il progetto di ricerca "Gessi e solfi della Romagna Orientale" si prefigge di rilevare, documentare e studiare le cavità naturali e artificiali della Romagna orientale. Il territorio interessato si estende dalla valle del Savio (provincia di Forlì-Cesena) fino al nuovo confine regionale con le Marche, dopo l'annessione dei sette comuni dell'alta Valmarecchia nella provincia di Rimini. La miniera più importante dell'area è sicuramente la miniera di Perticara che nel momento di massimo splendore era la miniera di zolfo più grande d'Europa. Per poterla esplorare è necessario utilizzare degli strumenti di autoprotezione per zone confinate e con Ambienti a Carezza di Aria Respirabile (ACAR). Nella valle del Savio l'estrazione dello zolfo è documentata fin dall'epoca Romana. Formignano è la principale miniera della zona e ha lavorato fino al 1962. Gli speleologi della Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna hanno esplorato anche la miniera dell'Inferno, la solfatara di Predappio e altre. Il lavoro presenta un quadro delle miniere esplorate.

Parole chiave: Miniere, Perticara, Formignano, Inferno, Predappio, gesso, zolfo, speleologia in cavità artificiali, autorespiratore, misuratore di gas.

Abstract

Sulphur Mines in the eastern Romagna

The Emilia-Romagna Regional Speleological Federation launched a complex research project: "Eastern Romagna Gypsum and Sulphur", aimed at surveying and studying the artificial and natural cavities in Eastern Romagna (northern Italy). Many important artificial cavities are present in the area, which hold impressive industrial archaeology, historical and social values. Among these, the mines that quarried sulphur from the Gessoso-solfifera Formation.

Undoubtedly the most interesting one is the Perticara Mine (Novafeltria), that was, in its heyday, the most important sulphur mine in Europe. To walk through the mine with relative security, it is necessary to use breathing apparatus for confined spaces and breathable air lack (ACAR) and gas detectors. Sulphur extraction in the Savio valley is documented since the Roman period. Formignano is the main mine in the area; the extraction works ended in 1962. The speleologists explored other sulphur mines, too: the Inferno Mine in Sapigno, and the Solfatara of Predappio, among the others. The paper presents the works and re-exploration by the speleologists of Emilia-Romagna Speleological Federation in these and other mines.

Key words: Perticara, Formignano, Inferno, Predappio Mine, gypsum, sulphur, artificial cavities, breathing apparatus, gas detector.

Introduzione

Gli speleologi della Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna (FSRER), per il periodo 2014-2015, nell'ambito del progetto "Gessi e Solfi della Romagna orientale" hanno riesplorato numerose miniere di zolfo che hanno lavorato con certezza almeno fin dal periodo rinascimentale e che sono state una realtà economica molto importante per il territorio.

Il programma di ricerca si prefigge anche il recupero di mappe minerarie e cartografia storica della zona, con digitalizzazione e georeferenziazione del materiale reperito, e la raccolta di documentazione fotografica e video delle cavità esplorate.

Il territorio interessato si estende dalla valle del Savio (provincia di Forlì-Cesena) fino al nuovo confine regionale con le Marche, dopo l'annessione dei sette comuni dell'alta Valmarecchia nella provincia di Rimini (fig. 1).

¹ Federazione Speleologica Regionale dell'Emilia-Romagna

² Gruppo Speleologico Bolognese-Unione Speleologica

³ Speleo GAM

⁴ Commissione Nazionale Cavità Artificiali - SSI

Autore di riferimento: Giovanni Belvederi - giovanni.belvederi@regione.emilia-romagna.it



Fig. 1 - Inquadramento geografico (cartografia Regione Emilia-Romagna).

Fig. 1 - Geographical sketch (cartography of Emilia Romagna Region).

Miniera di Perticara

L'emergenza storicamente più interessante è sicuramente quella di Perticara (Novafeltria) che, negli anni trenta, epoca del suo massimo splendore, fu la miniera di zolfo più importante d'Europa.

Il complesso minerario di Perticara comprende una serie di emergenze minerarie di cui la miniera di Perticara rappresenta la maggiore evidenza; segue la miniera Marazzana, che è stata unita a Perticara e ne è diventata la porzione meridionale. In seguito il complesso inglobò la miniera di Monte Pincio, porzione a sud-est, e la ricerca Tornano a est. Fecero parte del complesso anche le piccole ricerche Tomba e Fanante, isolate a nord-ovest (fig. 2). La miniera di Perticara si apre in comune di Novafeltria, un tempo Mercatino Marecchia, in destra idrografica del Torrente Fanantello, quella di Marazzana si apre in sinistra idrografica, in parte in comune di Sant'Agata Feltria.

Lo sviluppo complessivo delle gallerie raggiunse una lunghezza di 100 chilometri (fig. 3).

Inquadramento geologico

Perticara sorge lungo il crinale tra Marecchia e Savio, al passaggio tra gli affioramenti di arenarie plio-

ceniche che formano il massiccio di Monte Aquilone, Monte Perticara e Monte Pincio e una successione di sedimenti in prevalenza argillosi, miocenici, che si sviluppa lungo la valle del Torrente Fanantello, in direzione del fiume Savio (Regione Emilia-Romagna, 2012a). Tra gli strati miocenici argillosi (Formazione dei Ghioli di tetto) si trovano peculiari livelli di gesso risedimentato, formato da frammenti di gesso dalle dimensioni svariate, la cui origine è legata all'erosione di preesistenti strati di gesso cristallino (selenitico), che, poco dopo essersi sedimentato, si trovava già esposto agli agenti erosivi (Roveri & Manzi, 2007). A questo tipo di gesso "clastico" sono associati i giacimenti di zolfo di Perticara.

Inquadramento storico

L'estrazione dello zolfo in Romagna e nelle Marche viene fatta risalire a volte all'epoca etrusca o a quella romana. Uno dei più antichi documenti che indica notizie dell'estrazione nella zona di Perticara è la concessione pontificia del 1490 ai Malatesta e ai loro sudditi per fabbricare salnitro e polvere sulfurea nell'area della Peticaja o Peticaglia (Bartolini, 1974).

Innumerevoli proprietari si sono succeduti durante i secoli; tra questi si ricorda il conte Giovanni Cisterni

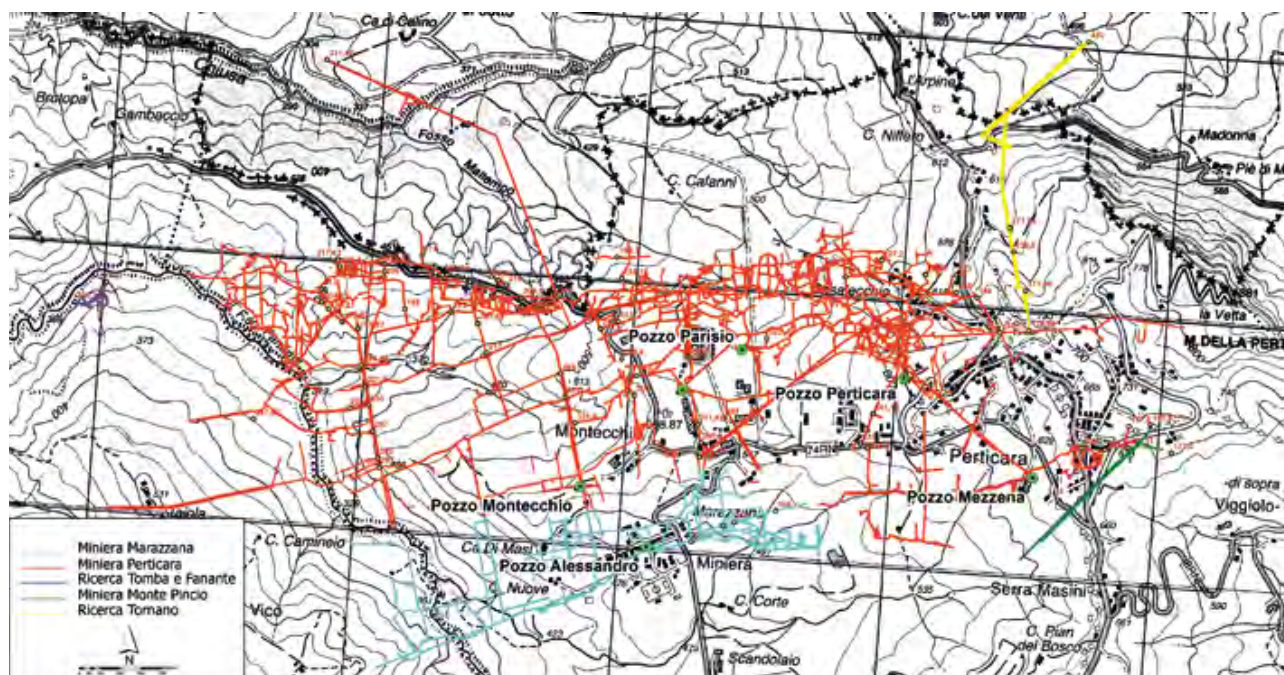


Fig. 2 - Il complesso minerario (elaborazione M. L. Garberi).

Fig. 2 - The mining complex (processing M. L. Garbieri).



Fig. 3 - La mappa della miniera nel 1962 (Società Montecatini).

Fig. 3 - The Perticara map of 1962 (Montecatini company).

che acquista la miniera nel 1816 (Bartolini, op.cit.). Più tardi si susseguirono la Società Anonima delle miniere Zolfuree di Romagna e la Trezza Albani.

Nel 1917 la Montecatini rilevò la miniera da quest'ultima società ad un prezzo fallimentare: sui piazzali era depositato un quantitativo di zolfo che valeva ben oltre il prezzo pagato (Scicli, 1972). La Montecatini gestì la miniera, potenziandola e razionalizzando i metodi di scavo e produzione fino alla fine della Seconda Guerra Mondiale. Negli anni successivi alla Guerra traspare chiaramente l'intenzione al lento abbandono

e la politica volta alla chiusura, definitiva, che avvenne nel 1964 (Rinaldi, 1987).

Problematiche della ri-esplorazione

Nell'affrontare la ri-esplorazione e la documentazione delle zone ancora accessibili della miniera di Perticara, il primo e più importante problema da risolvere è la peculiare situazione delle gallerie della miniera: a parte poche zone, comunque rischiose, nelle gallerie

non c'è aria respirabile. La Montecatini, cessando le attività nel 1964, in accordo e seguendo le direttive del Distretto Minerario, chiuse tutti gli ingressi (discenderie e pozzi di areazione), interrompendo per sempre la ventilazione forzata che permetteva la sopravvivenza nel sotterraneo. Con la chiusura dell'impianto cessò anche il drenaggio delle acque di circolazione, causando l'allagamento dei livelli inferiori a quello di carreggio, il livello 0. Le gallerie si snodano principalmente nei calcari, nei gessi e nelle marne bituminose: l'ossidazione del kerogene contenuto nelle marne, l'ossidazione dell'ingente quantitativo di materiale legnoso abbandonato nelle gallerie in aria e soprattutto allagate, l'ossido-riduzione dei solfati e dell'acido solfidrico presenti in atmosfera e soprattutto disciolti in acqua, hanno creato una situazione di forte carenza di ossigeno. La situazione estremamente stabile del contatto tra aria e zone allagate e la presenza di pellicole di zolfo colloidale in superficie, rendono lentissima la diffusione dei gas disciolti. L'evento perturbante dato dalla presenza degli speleologi, anche con la semplice vibrazione dei passi in prossimità del livello di falda, produce una improvvisa degassazione dell'acqua con una immediata immissione in aria di gas velenosi o esplosivi tipo H_2S , SO_x , CH_4 , CO_2 , ecc. Oltre alla carenza di aria respirabile altri ostacoli si incontrano durante la ri-esplorazione della miniera: la presenza di interstrati di anidrite contenuti nelle marne bituminose, i quali, idratandosi ed aumentando di volume, producono dilatazioni della roccia con conseguenti frane e costante instabilità delle strutture stesse delle gallerie. Per affrontare questa sfida, tra gli speleologi della FSRER è stata formata una squadra con la volontà e l'impegno di trovare le soluzioni migliori per riesplorare, documentare e diffondere la conoscenza di questi luoghi: il 15 febbraio 2014 si è costituita la "Squadra Solfi". La FSRER si è, quindi, dotata di quattro autorespiratori Dräger PSS 3000 equipaggiati con bombole in materiale composito da 9 litri di capacità e 300 atmosfere di carico, più altre 8 bombole in acciaio da 6 litri. Gli autorespiratori sono forniti di maschera facciale completa e di erogatore in sovrappressione: le gallerie sono sature di gas che non devono entrare in contatto con le vie respiratorie e con gli occhi. L'attrezzatura completa pesa circa 14 kg (fig. 4). Il PSS 3000 della Dräger è un apparecchio molto sofisticato, tutti i materiali che lo compongono sono ignifughi e difficilmente attaccabili dalla corrosione, se esposti a sostanze acide o aggressive in genere (Draegerwerk, 2013). Quest'apparato viene considerato un Dispositivo di Protezione Individuale (DPI) di Terza categoria, come definito dal D. Lgs 475/1992; tale categoria include i DPI che proteggono da danni gravi e/o permanenti e dalla morte. Tali attrezzature richiedono uno specifico corso di formazione essendo pericoloso l'utilizzo in sé del DPI. Nel procedere all'esplorazione di sotterranei con problematiche degli Ambienti a Carenza di Aria Respirabile (ACAR) è essenziale poter controllare costantemente la qualità dell'aria che s'incontra; gli autorespiratori hanno un'autonomia limitata, al massimo 45/50 minuti, quindi è essenziale risparmiarli per quando sia effetti-



Fig. 4 - Autorespiratori PSS 3000 Dräger (Draegerwerk Ag&Co).
Fig. 4 - Breathing apparatus PSS 3000 Dräger (Draegerwerk Ag&Co).

vamente necessario il loro utilizzo. Per questo motivo, per completare l'attrezzatura, la FSRER ha acquistato due misuratori di gas MSA: un Altair-4x multigas, che rileva le percentuali di acido solfidrico (H_2S), di monossido di carbonio (CO), dei gas esplosivi (Comb/EX) e dell'ossigeno (O_2) presenti nell'atmosfera (MSA AUER GMBH, 2012), e un Altair Pro monogas, che misura la sola percentuale di ossigeno (MSA AUER GMBH, 2006). Alcuni componenti della Squadra Solfi si sono dotati di un ulteriore misuratore di gas Altair-5x multigas, più sofisticato dei precedenti e che ha un sistema attivo di campionamento dell'aria, che misura oltre ai gas standard anche la presenza di CO_2 e SO_2 (fig. 5). La figura 6 contiene un'elaborazione dei picchi del log dei misuratori di gas, rilevati durante un periodo della campagna di ri-esplorazione.

Documentazione cartografica

Per potere effettuare una buona pianificazione delle esplorazioni era necessario possedere una documentazione cartografica delle gallerie della miniera. Il Museo Sulphur possiede un ricco fondo cartografico di mappe, che gli speleologi hanno consultato per potersi documentare. Tra i partner del progetto figura il Servizio Statistica, Comunicazione, Sistemi Informativi geografici, educazione alla sostenibilità e Partecipazione della Regione Emilia-Romagna, che attraverso i servizi dell'Archivio Cartografico Regionale ha scansionato un cospicuo numero di mappe del fondo. Le mappe sono state georiferite sulla cartografia tecnica regionale, in questo modo le mappe hanno assunto la loro dimensione nello spazio diventando misurabili



Fig. 5 - Misuratori di gas MSA, da sinistra Altair Pro, Altair 4x e Altair 5x (MSA AUER GMBH).

Fig. 5 - Gas detector MSA from the left Altair Pro, Altair 4x e Altair 5x (MSA AUER GMBH).

Data	CombEX %	O2 %	CO ppm	H2S ppm
	Picco	Picco	Picco	Picco
26/04/2014	0	0,1	0	20
27/04/2014	0	3,5	0	0
11/05/2014	0	4,9	0	1
02/06/2014	13	1,2	0	1
30/11/2014	0	16	1	1
06/12/2014	17	0,1	1	22
20/12/2014	11	0,2	0	1
21/12/2014	11	3,3	0	0
21/12/2014	18	0	0	8
05/01/2015	0	16	1	1
10/01/2015	13	6	1	1
10/01/2015	0	17	1	1
11/01/2015	10	3	1	1
25/01/2015	0	16	1	1
01/02/2015	27	0	1	12
14/02/2015	7	10,5	1	1
08/03/2015	7	10,6	1	1
21/03/2015	0	17,9	1	1
29/03/2015	7	10,9	1	1
02/05/2015	7	10,3	1	1

	Discenderia Ovest
	Fondi Vecchi
	Livello 0
	Livello 1

Fig. 6 - Tabella dei picchi elaborata dai log dei misuratori di gas (elaborazione M. L. Garberi).

Fig. 6 - Log gas detector, with maximum values (processing M. L. Garberi).

con uno strumento GIS. Gli speleologi hanno digitalizzato le mezzerie delle gallerie, in modo da creare un grafo connesso su cui era possibile avere le lunghezze delle gallerie, in modo da pianificare la riesplorazione in relazione alle distanze da percorrere e alla valutazione del consumo di aria. Dal grafo complessivo (fig. 2) delle gallerie sono state stralciate tutte le gallerie che verosimilmente non potranno essere raggiunte, ottenendo un grafo ridotto con indicate le lunghezze dei tratti di galleria espresse in metri (fig.7).

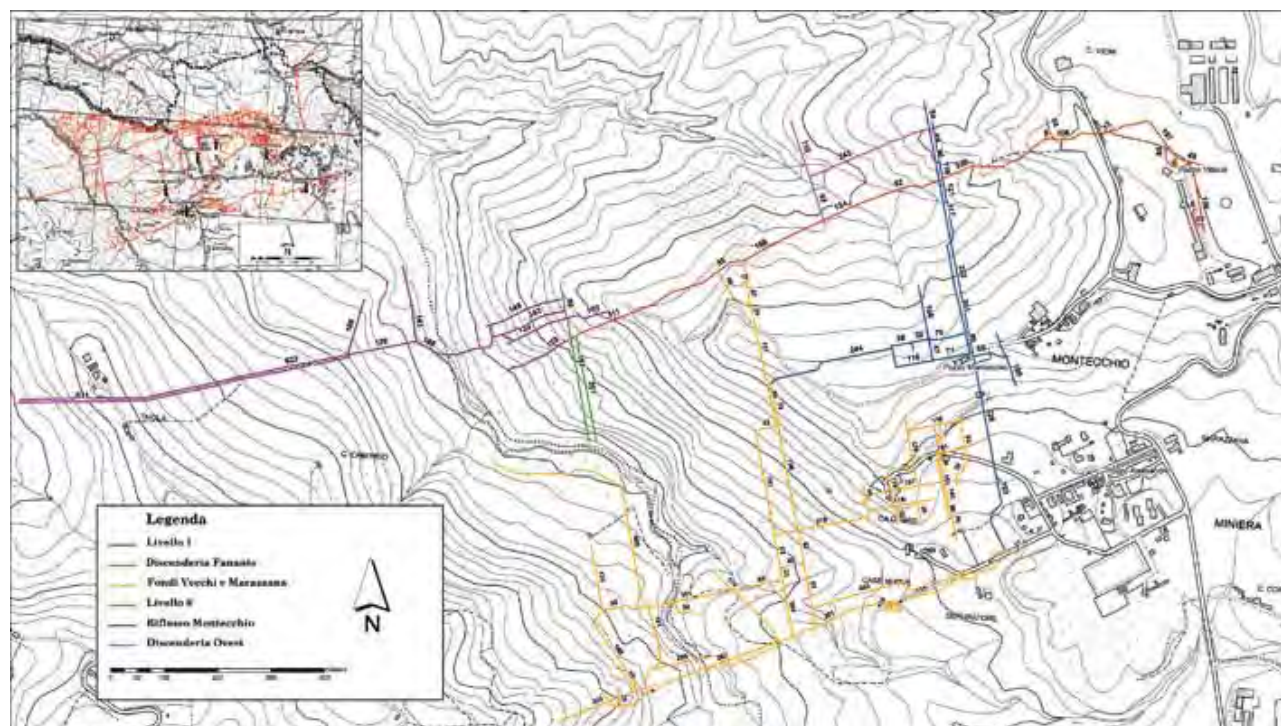


Fig. 7 - Grafo ridotto delle gallerie esplorabili quotate con strumenti GIS (elaborazione M. L. Garberi).

Fig. 7 - Potentially explorable tunnels (processing M. L. Garberi).



Fig. 8 - Discenderia Fanante (foto di G. Belvederi).

Fig. 8 - Fanante Winze (photo G. Belvederi).



Fig. 9 - Discenderia Fanante, limite del livello di falda (foto G. Belvederi).

Fig. 9 - Fanante Winze, the phreatic aquifer level (photo G. Belvederi).

Discenderia Fanante

Allo stato attuale delle conoscenze la Discenderia Fanante è l'unico ingresso percorribile che dà accesso alla miniera di Perticara; si tratta di un complesso di 3 gallerie parallele, con pendenza media di circa 25-30 gradi. La più facilmente percorribile ed accessibile, lunga circa 200 metri, era un accesso con carreggio per l'ingresso del materiale di ripiena che, in seguito, tolse le rotaie, servì per l'accesso dei muli dei carreggi profondi e degli operai; essa collega la superficie al livello 0 o livello di carreggio principale (fig. 8). Si apre lungo il Torrente Fanantello in destra idrografica, dove terminava la vecchia strada carrabile che conduceva al cantiere Fanante, pochi metri al di sopra al torrente. Lo stato della galleria è molto degradato, ma permette ancora, con le dovute attenzioni, l'accesso al sotterraneo. La seconda delle tre gallerie, con pendenza leggermente superiore, è la galleria di carreggio che serviva all'estrazione del minerale; essa incrocia il livello 0 e prosegue verso le zone profonde della miniera, oggi completamente allagate (fig. 9).

Livello 0

Il Livello 0 era l'asse di carreggio fondamentale dell'intera miniera. All'incrocio con la Discenderia Fanante, descritta in precedenza, si presenta come una grande

galleria fornita di tre linee di carreggio che s'innestano nella linea che portava all'esterno (fig. 10). Percorrendola da ovest verso est, cioè dall'incrocio con la Discenderia Fanante verso le zone remote del Riflusso Montecchio, la galleria perde rapidamente le sue ampie dimensioni e, dopo aver superato la prima porta pneumatica, diventa ad un solo binario con muri di ripiena laterali (fig. 11).

Discenderia Ovest

La Discenderia Ovest parte dalla sala argano del Livello 0, il "Giro Cavalli", e si inabissa per circa 120 metri verso le zone profonde della miniera, raggiungendo in breve il livello di falda sotto cui la miniera è totalmente allagata. La galleria inizia con una pendenza di circa 45° che si spiana progressivamente, ed è fiancheggiata da muri di ripiena che la isolano dai cantieri delle Cellette inferiori. Il carreggio e le strutture delle armature e della ripiena sono in buone condizioni, il metallo delle rotaie non è ossidato e il legno del guarnissaggio laterale è in buono stato; di conseguenza la galleria è abbastanza sgombra e di facile percorrenza (fig. 12). La percentuale di ossigeno crolla in pochi metri allo 0%, le strutture sono state preservate da una atmosfera non ossidante. Normalmente in questo ultimo tratto di discenderia l'ossigeno rimane allo 0% e c'è presenza di acido solfidrico (H_2S), metano (CH_4)



Fig. 10 - Livello 0, carreggio (foto G. Belvederi).
Fig. 10 - Level 0, the haulage (photo G. Belvederi).



Fig. 11 - Livello 0 (foto G. Belvederi).

Fig. 11 - Level 0 (photo G. Belvederi).



Fig. 12 - Discenderia Ovest (foto G. Belvederi).

Fig. 12 - West Winze (photo G. Belvederi).



Fig. 13 - Discenderia Ovest, limite del livello di falda (foto G. Belvederi).

Fig. 13 - West Winze, the phreatic aquifer level (photo G. Belvederi).

e CO₂. Raggiunta l'area allagata, si può notare come al contatto con il livello di falda la galleria presenta notevoli crolli, derivanti dal degradarsi delle strutture dell'armatura a contatto con l'acqua. L'acqua è densa e nerastra, al pari della fanghiglia sul fondo, con uno strato superficiale cristallizzato di colore bianco, probabilmente zolfo (fig. 13).

Fondi Vecchi e Pozzo Montecchio

Lungo il Livello 0, dopo circa 400 metri dall'incrocio con la Discenderia Fanante, procedendo verso est si incontra una galleria a destra che risale verso sud. Dalle mappe si riconosce come una galleria che, scavata nello sterile, collegava la miniera di Perticara con la miniera Marazzana. Questa galleria è un importante collegamento tra le zone più accessibili del Livello 0 e le aree dei Celloni ottocenteschi nei pressi del Pozzo Montecchio. La denominazione "Fondi Vecchi", che normalmente si usa per indicare questa area, in realtà non è esatta: i veri "Fondi Vecchi", così denominati nelle mappe, si trovano molto più lontano. Più propriamente questa area si dovrebbe indicare come galleria verso Marazzana, che in relativa salita (fig. 14) incontra vari accessi ad antichi cantieri di coltivazione e gallerie parzialmente ostruite. Dopo circa 260 metri sulla sinistra, procedendo verso sud, si incontra il bivio per il Pozzo Montecchio. Proseguendo, la galleria

si spiana e, successivamente, inizia ad abbassarsi di quota cominciando a presentare condizioni di scarsità di ossigeno fino al 4% e con presenza di piccole percentuali di metano e acido solfidrico. Dopo circa 140 metri si raggiunge una zona allagata con la volta ribassata, che impedisce la progressione. Lungo l'asse della galleria a 140 metri dal bivio si incontra un altro bivio a destra, non indicato sulla mappa, che è interrotto da un paio di muri che chiudevano l'accesso. Il secondo muro è stato smontato per poter passare con gli autorespiratori e affacciarsi su una galleria parallela alla salita indicata sulle mappe, che poteva essere molto interessante per evitare il tratto allagato e raggiungere la galleria principale di Marazzana. Con delicati passaggi, indossando gli autorespiratori, si raggiunge la galleria parallela: a destra il passaggio è occluso da un crollo che ingombra totalmente lo scavo, mentre a sinistra si prosegue per circa 80 metri fino ad un accumulo artificiale che, intenzionalmente, sbarrava il passaggio. Curiosamente l'accumulo è attraversato da un condotto a sezione quadrata in legno di 20 cm di lato e lungo un paio di metri, che assicurava la circolazione dell'aria (fig. 15). Tale condotto testimoniava la volontà di impedire il passaggio, allo stesso tempo mantenendo una circolazione forzata dell'aria per garantire la percorribilità e la sopravvivenza nel sotterraneo anche quando le zone di coltivazione della miniera di Marazzana erano già state abbandonate. Il lavoro svolto dagli speleologi della FSRER è stato



Fig. 14 - Salita verso i Fondi Vecchi (foto G. Belvederi).

Fig. 14 - Rise to "Fondi Vecchi" (photo G. Belvederi).



Fig. 15 - Sbarramento artificiale, attraversato da un probabile condotto di areazione (fotogramma video M. L. Garberi).

Fig. 15 - Artificial barrier, crossed by a probable ventilation duct (video frame M. L. Garberi).

molto intenso con più di 40 uscite, caratterizzato da un'esplorazione resa molto difficile dalle problematiche legate alla situazione dell'atmosfera interna della miniera e dal degrado delle gallerie e delle strutture. Le aree ancora percorribili si trovano in zone molto antiche, che essendo le più elevate di quota non sono state allagate al termine del pompaggio, quindi gli speleologi percorrono un sotterraneo, che nel migliore dei casi risale alla fine dell'800.

Tutte queste considerazioni portano a evidenziare che la miniera di Perticara può rivelarsi una trappola mortale, come disse Oscar Wilde "(...) *L'esperienza è il tipo di insegnante più difficile. Prima ti fa l'esame, poi ti spiega la lezione (...)*".

Miniera di Formignano

L'area della valle del Savio è stata teatro di estrazione dello zolfo fin da epoche remote, con numerose miniere che hanno lavorato con alterne fortune fino all'inizio degli anni Sessanta del XX secolo. Sicuramente il complesso minerario Formignano, Busca, Montemauro è stato il maggiore dell'area e ha rappresentato una realtà economica molto importante per il territorio in esame. Il complesso minerario si apre sulle prime colline, in sinistra orografica, della valle del fiume Savio, nella provincia di Forlì-Cesena. L'entrata principale del complesso è situata a quota 217 s.l.m., approssimativamente a tre chilometri a SW del villaggio di Borello nel comune di Cesena (fig. 1).

Inquadramento geologico

La miniera di Formignano si apre nella Formazione di Sapigno, che è caratterizzata da gessi risedimentati alternati ad argille marnose bituminose scure e a calcari dolomitici grigi o biancastri a grana fine massicci, laminati e/o brecciati, in strati sottili e medi, bituminosi; diatomiti; sabbie fini gialle. Può affiorare alla base della formazione un banco di calcare e calcare dolomitico biancastro o grigio-chiaro, con frequenti ondulazioni alla base (Regione Emilia-Romagna, 2012b).

Inquadramento storico

Durante il periodo romano sono documentate attività minerarie nella valle del Savio: una miniera chiamata Solfaranaccia fu un luogo noto per essere stata coltivata dai "*Damnata ad metalla*". Nella vallata esisteva una chiesa parrocchiale dedicata a San Pietro in Sulferina, localizzata nell'attuale villaggio di Borello (Magalotti, 1998). La solfatara di Formignano è citata da Giuliano Fantaguzzi (1452-1521) nel suo testo *Occhurentie et nove* (Magalotti, op.cit.). Innumerevoli proprietari si sono succeduti durante i secoli; tra questi si ricorda il conte Giovanni Cisterni che acquista la miniera nel 1823 (Riva & Magalotti, 2006). Più tardi si susseguirono la Società Anonima delle Miniere Zolfuree di Romagna e la Trezza Albani. Nel 1917 Guido

Donegani, direttore della Montecatini, riesce con una mossa astuta ad impossessarsi dell'intero pacchetto azionario della Trezza-Albani e quindi di quasi tutte le concessioni minerarie possedute (Scicli, 1972). La Montecatini gestì la miniera, ammodernandola e approfondendo le gallerie fino ad una quota di 90 metri sotto il livello del mare. La chiusura della miniera avvenne il giorno 8 giugno 1962; la Società Montecatini, secondo i dettami ricevuti dal Corpo delle Miniere, Distretto Minerario di Bologna interdì con muri tutte le entrate e fece franare i forni Gill.

Situazione attuale

Attorno all'entrata principale di Formignano fu costruito un villaggio minerario a scopo funzionale (laboratori, officine, uffici) e residenziale per il direttore e gli impiegati che provenivano da altre province. Il villaggio fu abbandonato una decina di anni dopo la chiusura della miniera; oggi la sua situazione è di estremo degrado, specialmente dopo le forti nevicate del 2012. La maggioranza dei tetti è caduta e molti edifici sono collassati.

Riscoperta

Quando gli speleologi della FSRER decisero di tentare la ri-esplorazione del complesso di Formignano, capirono immediatamente che l'azione più importante da fare era documentarsi per sapere dove si trovavano gli ingressi delle varie miniere. Dalle notizie raccolte era chiaro che la grande discenderia, lunga 500 metri lineari e profonda 300, costituiva l'ingresso più importante del complesso ed era situata al centro del piazzale del villaggio minerario. Evidenze architettoniche, come ad esempio finestre per il passaggio dei cavi dell'argano, ora murate, nell'edificio che ospitava appunto l'argano, indicano con chiarezza dove era situata la discenderia, completamente ostruita da macerie e ricoperta da terra come prescritto dal distretto minerario nel 1962. In un testo, che descriveva un progetto di restauro del villaggio minerario (Aloisi, 1991), fu trovato un indizio fondamentale per il proseguimento della riscoperta: nel piazzale della discenderia si apriva anche una scala d'ingresso degli operai, sotto una loggetta in mattoni a fianco della lampisteria (fig. 16). Una piccola porzione della loggia esisteva ancora, sebbene molto danneggiata, con il pavimento ostruito di rovine: qui gli speleologi decisero di scavare alla ricerca della scala d'entrata alla miniera. Il giorno 10 ottobre 2015, dopo alcune ore di arduo scavo in mezzo alle macerie, fu trovata la scala di ingresso operai: le informazioni si rivelarono esatte. Il passaggio era molto angusto, troppo perché si potesse passare muniti di respiratori: la miniera poteva presentare problemi di carenza di ossigeno o di presenza di gas velenosi o tossici nell'aria. L'aria della scala operai, durante la prima entrata si presentava con l'ossigeno al 17,5%. La scala, quando gli speleologi sono entrati il 10 ottobre 2015,



Fig. 16 - Loggetta accanto alla lampisteria (foto G. Belvederi).
Fig. 16 - The little loggia (photo G. Belvederi).



Fig. 17 - La scala operai (foto P. Lucci).
Fig. 17 - The worker's staircase (photo P. Lucci).



Fig. 18 - La scala operai (foto G. Belvederi).
Fig. 18 - The worker's staircase (photo G. Belvederi).



Fig. 19 - La scala operai vista dall'ambiente di crollo alla base (foto G. Belvederi).
Fig. 19 - The collapse of the staircase (photo G. Belvederi).



Fig. 21 - La partenza per la prima esplorazione della discenderia (fotogramma video P. Lucci).
Fig. 21 - The departure of first descent (video frame P. Lucci).



Fig. 20 - La discenderia, vista dalle rotaie il 18 ottobre 2015 (foto M. L. Garberi).
Fig. 20 - The big winze (photo M.L. Garberi).



Fig. 22 - La discenderia viene armata con la corda (foto G. Belvederi).

Fig. 22 - The big winze, equipped with ropes (photo G. Belvederi).

era ricoperta da uno strato di terra, depositatasi nei 54 anni di chiusura; qualcuno finalmente entrava di nuovo in quei luoghi dopo tanto tempo (fig. 17). La scala operai è lunga, oggi, 81 gradini con un'alzata di 25 centimetri e una pendenza del 45% (fig. 18); si interrompe a seguito di un crollo, che forma un breve salto verticale di circa tre metri che dà accesso ad un ambiente con il pavimento completamente coperto da terra, macerie e massi (fig. 19). Da questo ambiente gli speleologi sono penetrati, attraverso un crollo nella grande discenderia (fig. 20). La discenderia ha una pendenza di circa 50 gradi, il pavimento si presenta ingombro di fango, pietre e molto scosceso. Gli speleologi decisero di effettuare la prima discesa parancati dall'alto, per poter effettuare un eventuale recupero in sicurezza (fig. 21). La discenderia è stata percorsa per 80 metri lineari e circa 90 metri di profondità, dove un accumulo di frana ha fermato l'esplorazione. Durante uscite successive la discenderia è stata armata per la discesa con le corde e per le operazioni di scavo sull'accumulo di frana del fondo (fig. 22). Le operazioni di scavo stanno proseguendo; è stato aperto un passaggio nell'accumulo e gli speleologi hanno raggiunto una specie di camera formata all'interno dell'accumulo di una decina di metri, dove l'acqua sparisce tra i massi e il fango. Un'ipotesi

che lascia qualche speranza di prosecuzione è quella che la frana si sia fermata su una discontinuità della pendenza della discenderia, probabilmente data da un incrocio con una galleria laterale oppure da un ostacolo. All'Archivio di Stato di Bologna è stata consultata e fotografata una mappa molto dettagliata alla scala 1:200 del complesso minerario, risalente al 1879 (Archivio di Stato, 1879). La discenderia nel 1879 arrivava solo al 6° livello (circa 120 metri lineari); negli anni successivi sarà affondata fino al 14° ed oltre per un totale di 450-500 metri lineari ed a una profondità di - 93 metri sotto il livello del mare. La mappa mostra chiaramente che, tra i 60 e gli 80 metri lineari dall'ingresso, dove circa è arrivata l'esplorazione e si trova l'accumulo di detrito, sono disegnati un paio di incroci con scambi nelle rotaie del carreggio. È ipotizzabile che l'accumulo si sia fermato nel suo scivolamento lungo la galleria al primo cambio di pendenza, cioè alla piazzola d'intersezione con una galleria, dove uno scambio circolare permetteva la manovra d'innesto di un vagone sulle rotaie della discenderia stessa. Una piazzola di questo tipo deve essere pianeggiante, per permettere le operazioni di scambio (fig. 23). Ulteriori lavori di scavo presso la bocca della discenderia, l'hanno liberata completamente dalle macerie che la ostruivano, ora

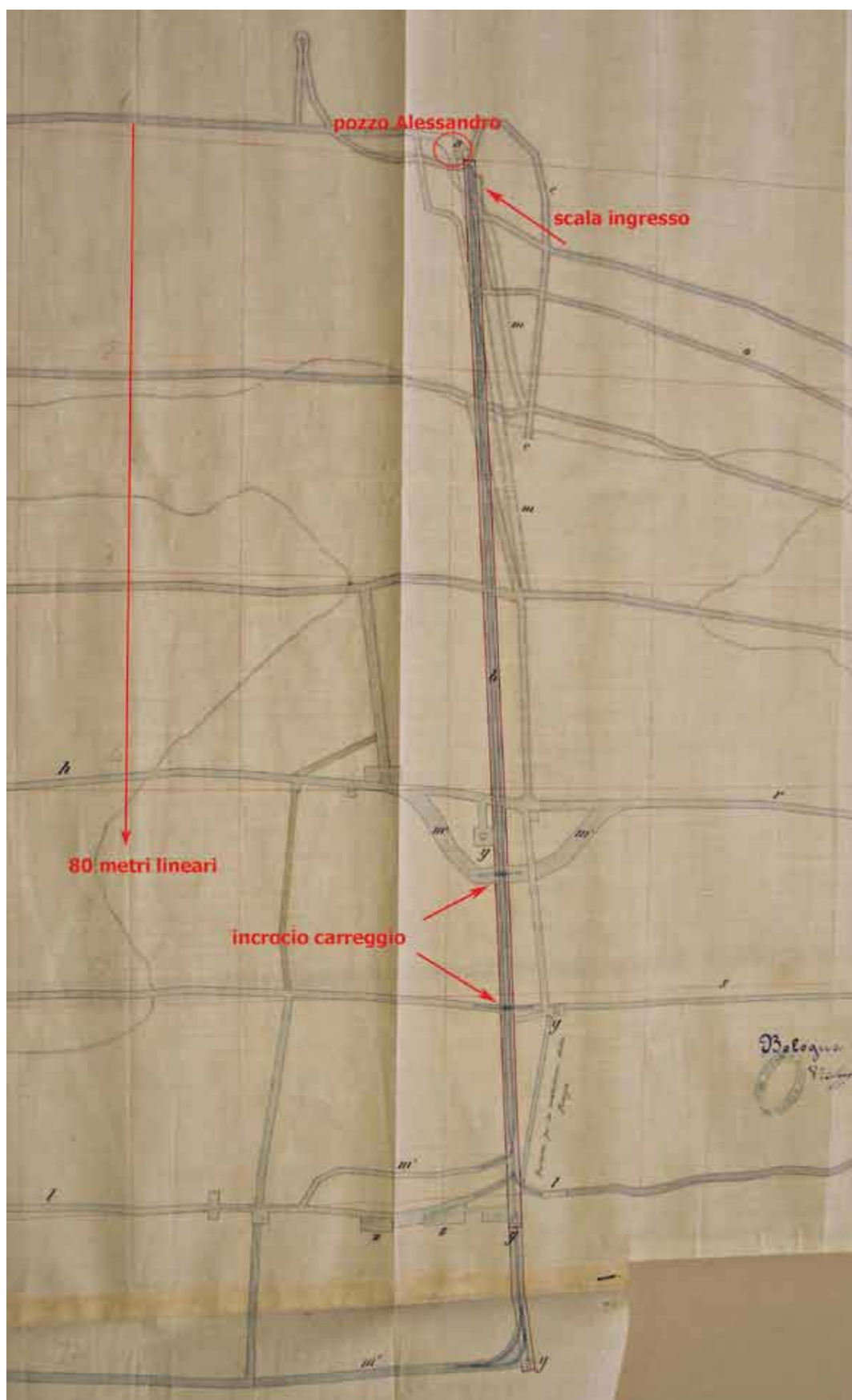


Fig. 23 - Stralcio della mappa del 1879 con la discenderia (Archivio di Stato di Bologna).
 Fig. 23 - The old map of the winze (Bologna State Archives).



Fig. 24 - Situazione attuale della discenderia (foto P. Lucci).

Fig. 24 - The mouth of the winze today (photo P. Lucci).



Fig. 25 - Cabina elettrica e camino della macchina a vapore per l'argano a Luzzena (foto P. Lucci).

Fig. 25 - Transformer room and chimney to steam engine (photo P. Lucci).

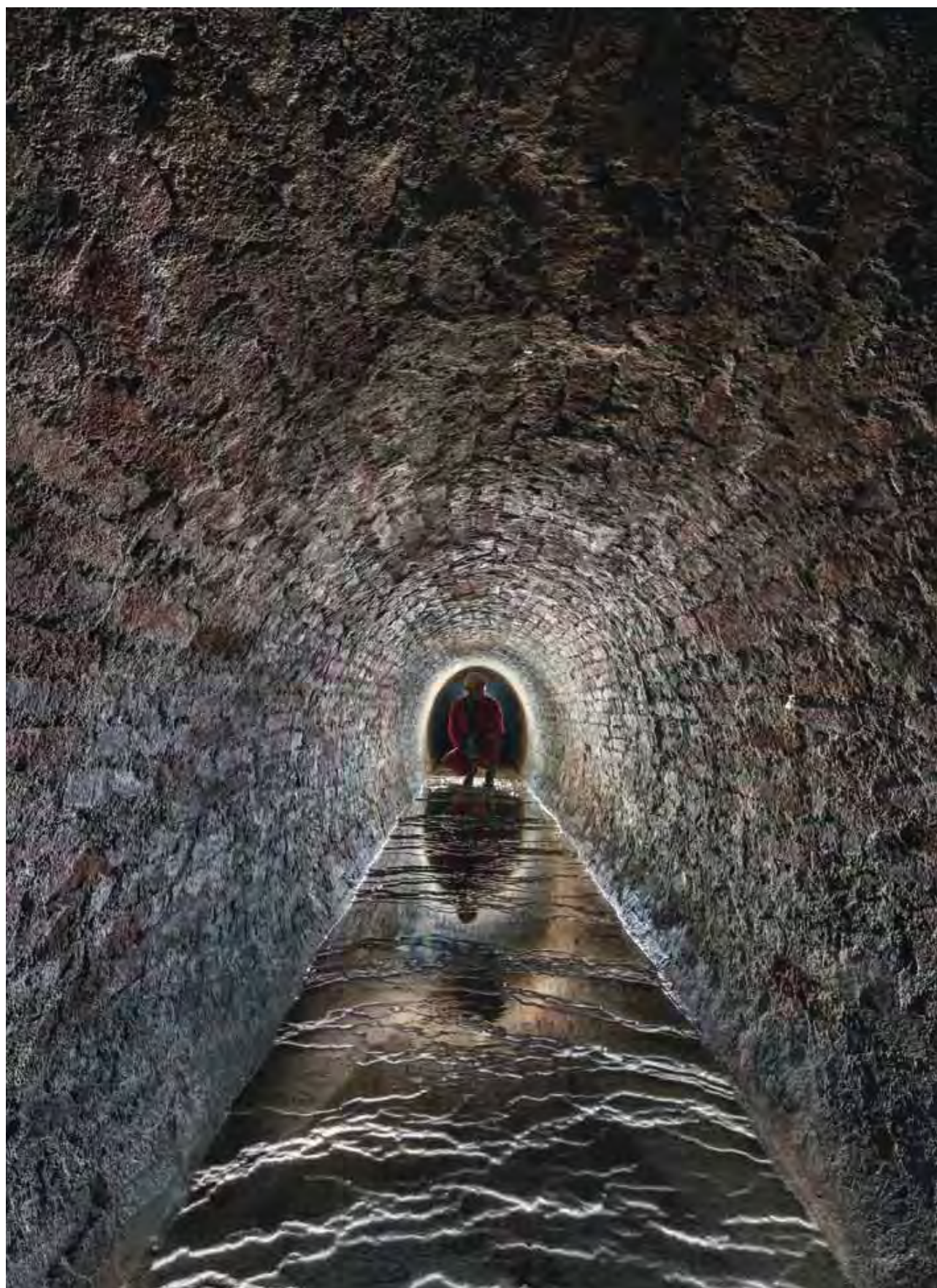


Fig. 26 - Chiavica di scolo a Luzzena (foto P. Lucci).
Fig. 26 - Drainage tunnel (photo P. Lucci).



Fig. 27 - Piano planimetrico del 1864 (Archivio di Stato di Bologna).
Fig. 27 - Old map of Sapigno 1864 (Bologna State Archives).

si presenta nelle sue forme originali (fig. 24). L'esplorazione del complesso Formignano è ancora in corso; gli speleologi oltre a lavorare nella frana della discenderia, stanno scavando nelle altre possibili entrate (i camini di aerazione), che sono già state localizzate. La mole di lavoro fin qui svolta dagli speleologi della FSRER è stata notevole e ha permesso alla miniera di Formignano di passare da un non-luogo ad un luogo vero, connotato fisicamente e conosciuto attraverso esperienze dirette di esplorazione da parte di persone, che ne hanno respirato l'aria, scavato le gallerie e cercato di carpirne lo spirito. Gli speleologi confidano che nonostante la vecchia miniera sia avara nel mostrarsi, sarà in grado di dare loro ancora soddisfazioni, perché il Genius loci di Formignano sta camminando al loro fianco e non ha intenzione di abbandonarsi all'oblio del tempo a cui alcuni uomini vorrebbero continuare a condannarlo.

Miniera di Luzzena

La miniera di Luzzena non ha una storia molto connotata e non se ne hanno molte notizie; nel 1857 fu accordata alla Società Anonima delle Miniere Zolfuree di Romagna per 50 anni, nel 1921 era di proprietà della Società Montezolfi di Milano, passò poi alla Montecatini nel 1933 (Scicli, 1972). La miniera di Luzzena coltivava il medesimo giacimento di Formignano, ma in una zona più povera, dove la resa era dell'8% e lo spessore dello strato solfifero di circa un metro (Scicli, op.cit.).

Durante le ricerche in campagna gli speleologi hanno trovato, su indicazione di persone del territorio, tutto ciò che presumibilmente resta: alcuni manufatti esterni come una cabina elettrica e il camino della macchina a vapore che faceva funzionare l'argano (fig. 25); una galleria di scolo, molto concrezionata (fig. 26), e un pozzo completamente allagato. All'Archivio di Stato di Bologna è stata consultata e fotografata una mappa molto dettagliata alla scala 1:200 dell'intero complesso minerario, risalente al 1879 che contiene anche un rilievo delle gallerie di Luzzena. È stato fatto un tentativo di georeferenziazione della porzione di mappa, ma purtroppo le poche evidenze esterne non sono sufficienti a permettere un posizionamento corretto, per il quale sarà necessario attendere l'intera scansione della mappa.

Miniera dell'Inferno

L'area investigata si trova in provincia di Rimini, in comune di Sant'Agata Feltria, località Sapigno (fig. 1), ed è racchiusa tra il corso dei Torrenti Chiusa e Fanantello; oggi si presenta fittamente boscata nel versante del Chiusa, mentre il versante del Fanantello è più spoglio, con presenza di aree calanchive.

Gli speleologi hanno ricercato tracce dell'attività mineraria che si presume appartengano alla Miniera Inferno; l'ubicazione dei lavori in sotterraneo si era persa totalmente, probabilmente perché le attività

cessarono più di un secolo fa e, a seguito della completa rinaturalizzazione del territorio, si sono cancellate completamente tutte le testimonianze. Il lavoro degli speleologi ha permesso di localizzare e documentare alcune strutture di questa antica area mineraria.

Inquadramento storico

Nel territorio di Sapigno si aprivano, a partire dal XIV secolo, alcune piccole miniere di zolfo. Le fonti storiche non sono chiare: parlano a volte alternativamente e a volte con sinonimia di "Solfanara", miniera Inferno e miniera di Sapigno, senza mai chiarire completamente le reciproche posizioni, ma sovrapponendo i nomi e le storie (Battistelli, 1975). La testimonianza certa più antica dell'estrazione dello zolfo nel territorio del comune di Sant'Agata Feltria è il documento del gennaio 1542 in cui Marino fu Filippo di Maiano di Sant'Agata promette di lavorare 20.000 libbre di zolfo e di consegnarle al compratore (Battistelli, 1994). Il Masini, nel libro secondo del suo famoso Poema Il Zolfo, cita lo zolfo di Sapigno come un minerale conosciuto ed apprezzato anche da «popoli lontani» (Masini, 1759). Al passaggio tra il dominio dello Stato Pontificio e il Regno d'Italia, la miniera è di proprietà della Municipalità di Sant'Agata Feltria. Negli anni successivi il comune affittò la miniera a vari locatari fino al 1893. La concessione venne definitivamente revocata al Comune con Regio Decreto nel 1893 (Scicli, 1995).

Inquadramento geologico

La miniera dell'Inferno si apre nella località che dà il nome alla Formazione di Sapigno; la formazione racchiude in sé le evaporiti clastiche risedimentate, è estesa nei bacini dell'avanfossa appenninica e dell'arco calabro, e ha come area-tipo di affioramento i bacini interni dell'Appennino romagnolo-marchigiano (Roveri & Manzi, 2007).

Posizionamento della miniera

Il primo problema che si poneva per poter individuare le tracce delle antiche coltivazioni dell'area di Sapigno, consisteva nel posizionare su una mappa recente gli antichi ingressi delle gallerie e dei pozzi di coltivazione per facilitarne il ritrovamento sul territorio. Oggi la zona è completamente rinaturalizzata, con estesa vegetazione che ha ricoperto tutta l'area e ha cancellato quasi completamente le tracce del lavoro dell'uomo. Una prima testimonianza reperita è stata un contributo di Scicli (1995), dove, nel breve capitolo sulle miniere di Sapigno, venivano riportate le coordinate degli ingressi. Lo Scicli riportava vari punti notevoli della zona delle concessioni dell'area di Sapigno ed uno di questi faceva riferimento alla miniera Inferno; una volta ubicati sulla cartografia moderna, mentre gli altri posizionamenti erano sufficientemente attendibili, proprio la coordinata dell'Inferno si posizionava



Fig. 28 - Pilastro strutturale del primo vuoto di coltivazione (foto G. Belvederi).
Fig. 28 - The big column (photo G. Belvederi).

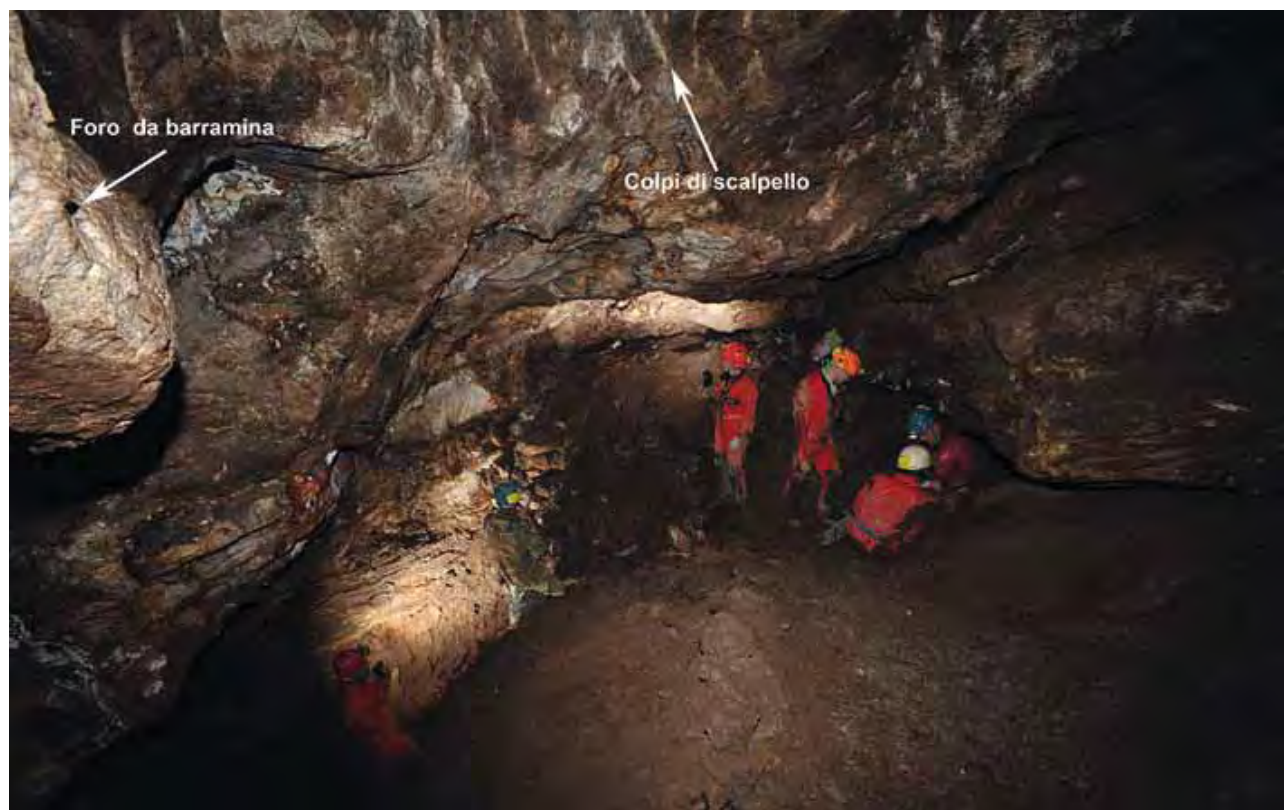


Fig. 29 - Secondo vuoto di coltivazione con tracce di lavorazione (foto G. Belvederi).
Fig. 29 - The excavation void with work traces (photo G. Belvederi).



Fig. 30 - Esempio di armatura con butta di legno (foto G. Belvederi).

Fig. 30 - Old reinforcement (photo G. Belvederi).

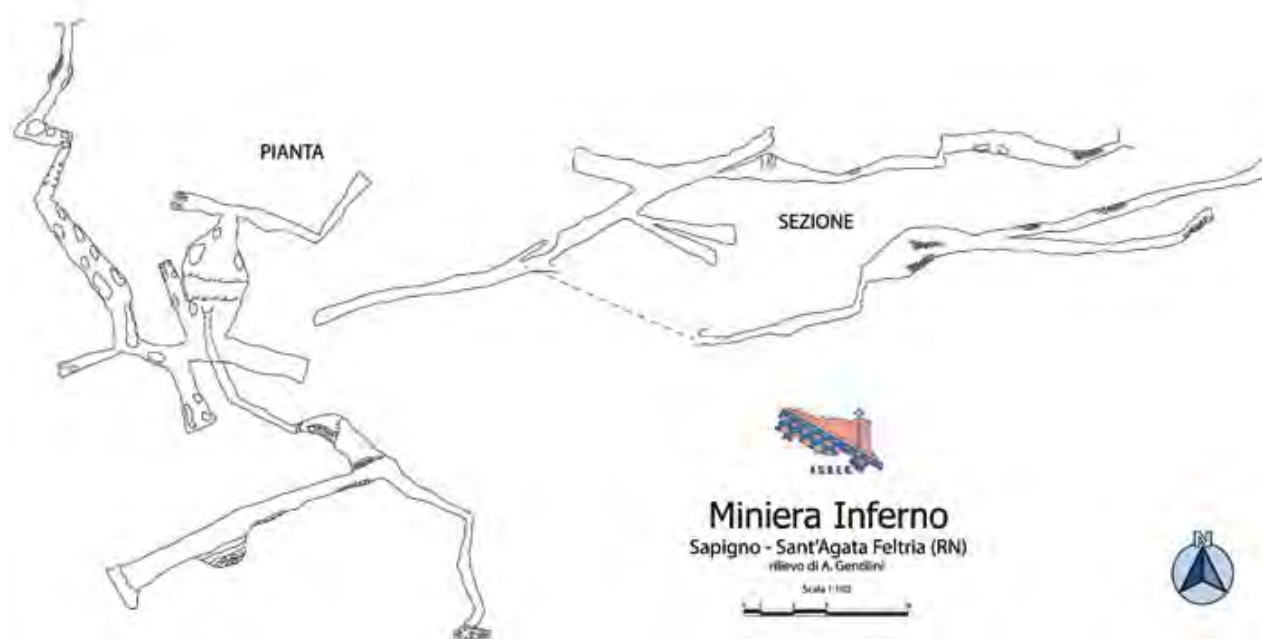


Fig. 31 - Rilievo della "Miniera Inferno".

Fig. 31 – "Inferno Mine" complex survey.



Fig. 32 - Consolidamenti all'interno della Solfatara di Predappio Alta (foto G. Belvederi).
Fig. 32 - Reinforcement in the Solfatara of Predappio Alta (photo G. Belvederi).



Fig. 33 - Muri di ripiena (foto G. Belvederi).
Fig. 33 - The stuffing wall (photo G. Belvederi).

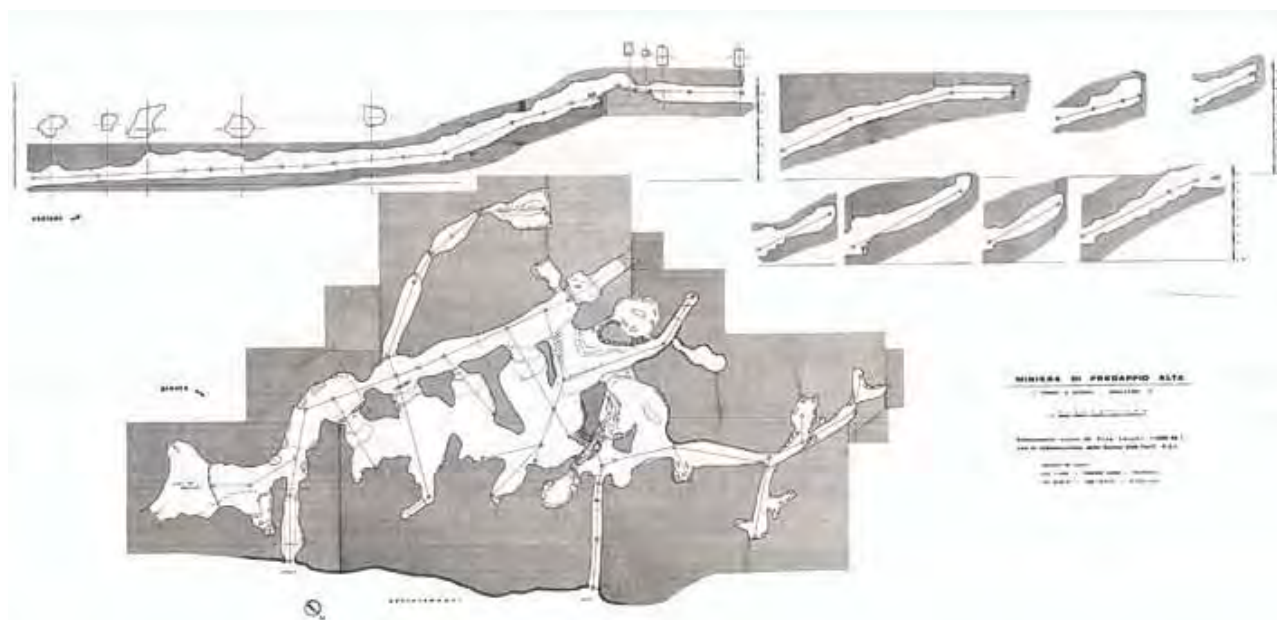


Fig. 34 - Rilievo effettuato nel 1985-86 (grafica E. Lucchi con la collaborazione dello Speleo Club Forlì).
 Fig. 34 - Survey of Solfatara of Predappio Alta (drawing E. Lucchi with the collaboration of Speleo Club Forlì).

in una zona estremamente improbabile: oltre i limiti della formazione mineralizzata e oltre i confini delle concessioni.

Consultando la concessione mineraria del 1864, conservata all'Archivio di Stato di Bologna, è stato trovato il "Piano planimetrico dell'ubicazione della Solfatara di Sapigno" che riporta i punti dove si trovavano alcune gallerie e alcuni pozzi (Archivio di Stato, 1864; fig. 27). Il piano è stato scansionato e quindi georiferito, utilizzando alcune case con toponimi presenti sia nel piano ottocentesco sia ancora oggi sulla cartografia regionale. Con il software ArcGis è stato creato uno shape file con i punti notevoli del vecchio piano, che sovrapposti alla CTR in scala 1:5000 e hanno permesso di preparare una base dati in formato gpx da utilizzare in un GPS portatile.

Ricerca e ritrovamento della miniera

Gli speleologi si sono confrontati con alcuni abitanti della località Sapigno Pietra Bassa, appartenenti al Circolo Culturale "Il Boccalino", ed è stata effettuata una battuta di ricerca congiunta nella zona indicata dalle posizioni suggerite dal vecchio piano planimetrico (fig. 27), che coincideva con la zona che la tradizione orale voleva come ubicazione della miniera scomparsa. Durante la battuta gli abitanti hanno indicato una cavità, che si apriva ai piedi di una paretina di gesso e che si è rivelata quello che resta di una discenderia fortemente in pendenza, purtroppo occlusa da una frana imponente a circa 40 metri dall'ingresso. La cavità è stata rilevata e posizionata. È stata individuata anche

una sorgente sulfurea, particolarmente ricca d'acqua che, come particolarità, emette grandi quantità di acido solfidrico, già pericolose per brevi esposizioni. Una così alta concentrazione (oltre a 10 ppm) si spiegherebbe se la sorgente fosse in realtà lo sbocco dell'acqua proveniente da un'antica galleria mineraria nascosta da una frana. Durante la battuta è stata osservata una piccola fessura soffiante aria particolarmente fredda, ai piedi di un altro costone di gesso, in mezzo al bosco. Effettuato un modesto scavo nella fessura, gli speleologi sono penetrati in una galleria di inequivocabile natura mineraria, fiancheggiata da muri di ripiena, parzialmente ostruita da una frana, che rendeva difficile la prosecuzione. Un nuovo lavoro di disostruzione ha permesso di continuare la ri-esplorazione in gallerie parzialmente franate, ma che permettevano il passaggio, fino a giungere in un piccolo vuoto di coltivazione, di modeste proporzioni. Il vuoto presenta un grande pilastro, lasciato come sostegno, secondo una tecnica antica di sfruttamento minerario, detta "a camere e pilastri" (fig. 28). Si è rivelato particolarmente interessante un altro piccolo vuoto di coltivazione (fig. 29) nella cui volta sono presenti evidenti tracce di scavo effettuato con mazza e scalpello, quindi senza utilizzo della polvere pirica; in altre zone della piccola coltivazione sono presenti anche tracce di scavo effettuato con barramina e mazza (uso di esplosivo), sicuramente antecedenti all'utilizzo dei perforatori ad aria compressa, essendo cessata l'attività negli ultimi anni del XIX secolo. È ipotizzabile che in miniere di così piccola estensione, coltivate sempre in regime di totale economia, nella logica del risparmio la polvere pirica fosse usata il più raramente possibile. In una galleria

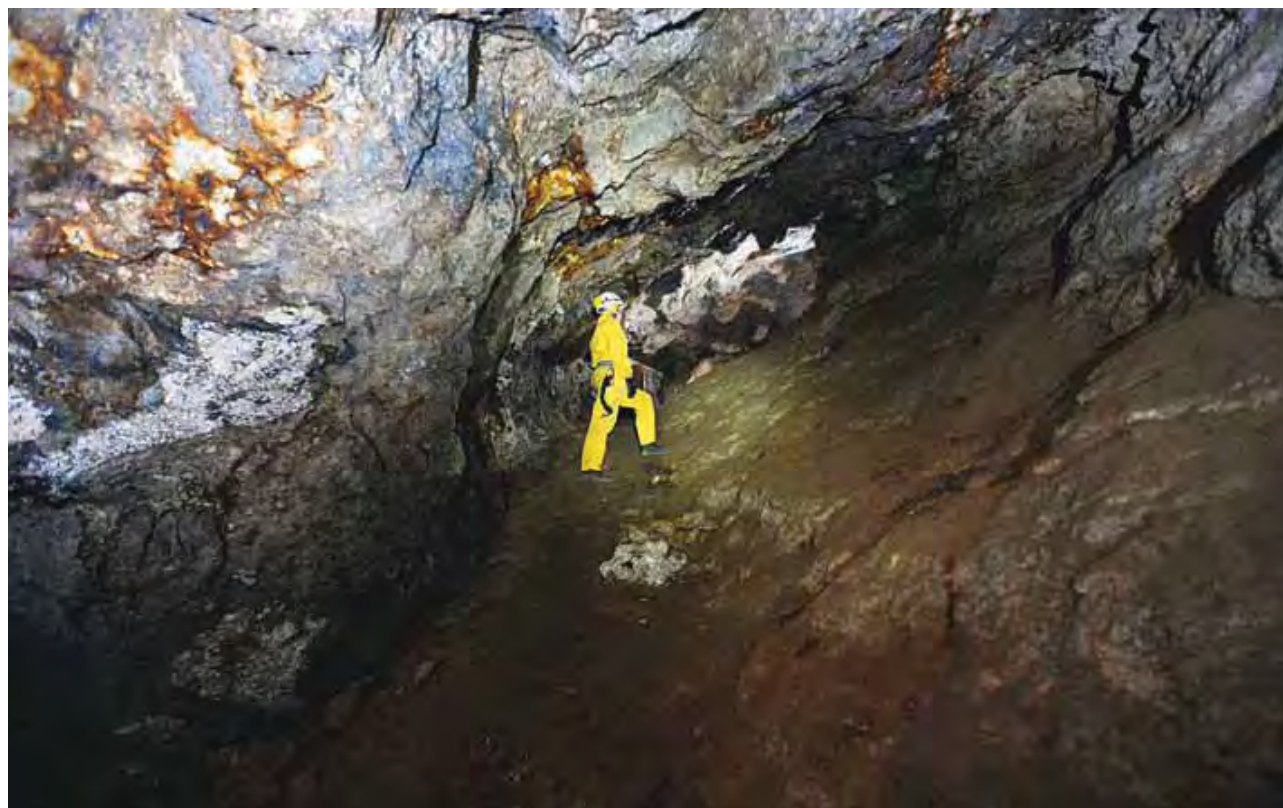


Fig. 35 - Vuoto di coltivazione (foto G. Belvederi).
Fig. 35 - The excavation void (photo G. Belvederi).



Fig. 36 - Sorgente sulfurea, detta "Il lago" (foto G. Belvederi).
Fig. 36 - The Sulphur spring named "the lake" (photo G. Belvederi).

che si diparte dal vuoto di coltivazione è stata rinvenuta una vecchia armatura che sosteneva la volta (fig. 30); la sua lunghezza piuttosto esigua dimostra che le gallerie fossero molto anguste, poco diverse da come si presentano oggi. All'interno della miniera non sono stati trovati che due esempi di armatura, nonostante la franosità della roccia incassante, tipico aspetto dello sfruttamento di queste miniere settecentesche, in regime di assoluta economia e probabilmente a gestione familiare, che non prevedeva l'acquisto di grandi quantità di legna per consolidare le gallerie (Fantuzzi 1804). Gli speleologi hanno effettuato il rilievo della miniera ritrovata (fig. 31).

Purtroppo oggi è molto probabile che non esistano altre testimonianze del lavoro di queste piccole miniere; tra gli obiettivi degli speleologi ci sarà comunque l'approfondimento della ricerca in campagna di eventuali altre cavità sia nella zona già investigata sia nelle zone suggerite dalle coordinate di Scicli, per capire se vi siano altre strutture relitte. Il versante è molto accidentato, funestato da alcune grandi frane che hanno sicuramente occultato le tracce del lavoro minerario e dalla vegetazione di arbusti e rovi molto intricata, che rendono poco agevole l'esplorazione.

Solfatara di Predappio Alta

La Solfatara di Predappio Alta, oggi in gestione alla Pro Loco della frazione, si apre poco fuori dell'abitato, circa 500 metri a nord, sul versante sinistro del Fosso Predappio, a circa quindici chilometri dalla zona mineraria della valle del Savio (fig. 1). Gli strati mineralizzati si trovano sovrapposti alle arenarie micacee e marne azzurre, sottoposti ad un banco di conglomerato di ciottoli calcarei, silicei e serpentinosi a cemento calcareo. Le coltivazioni furono praticate entro spezzoni di strato dislocati e sconvolti e sempre a poca profondità (Scicli, 1972). La Solfatara di Predappio lavorò fin dal XVII secolo; fu Francesco Rainieri di Villa Salto che nel 1645 segnalò per primo la presenza di zolfo nella conca della solfatara dominata dal Monte Pennino. La coltivazione aveva luogo per pozzi e gallerie sfruttando delle masse discontinue di minerale, i lavori furono sempre molto vicini alla superficie raggiungendo un massimo di 33 metri con un pozzo denominato Manzoni. Il minerale si presentava sotto

forma di filetti o noduli di solfo quasi puro a struttura cristallina in una matrice marnosa calcarea o gessosa. Sembra che questo tipo di minerale si prestasse meglio alla fusione con il metodo dei dopponi piuttosto che con quello dei calcaroni: infatti per tutto il 1800 rimase in uso tale sistema (Scicli, op. cit.). Negli anni precedenti il secondo conflitto mondiale i lavori furono condotti in modo disordinato ma con grande dovizia di mezzi, con la costruzione di centrali elettriche e teleferiche, strade e infrastrutture. Quest'attività, com'è facile intuire, non era suggerita da un'effettiva importanza del giacimento, ma da convenienze di propaganda politica legate all'importanza che il paese di Predappio aveva assunto in quella particolare epoca storica (Perini, 2000).

Oggi la miniera è in gestione alla Pro Loco della frazione di Predappio Alta ed è utilizzata come attrazione turistica, organizzandovi il presepio natalizio ed altre iniziative pubbliche. Le attività di sistemazione per rendere le gallerie accessibili ai visitatori hanno comportato rimaneggiamenti e consolidamenti (fig. 32) che potrebbero dare adito a certe critiche di tipo estetico e conservativo della funzione che ebbe il sotterraneo, ma quanto meno mantengono in parte la memoria delle attività minerarie del territorio, riconoscibili anche dai muri di ripiena originali che si incontrano in alcune gallerie (fig. 33).

Il rilievo della miniera, effettuato nel 1985 con la collaborazione dello Speleo Club Forlì (Lucchi, 1991; fig. 34), ci mostra un andamento degli scavi che hanno presumibilmente seguito la stratificazione del calcare che qui ha una giacitura monoclinale (Lucchi, op. cit.), approfondendosi lungo la mineralizzazione sulfurea. La miniera non presenta oggi grandi vuoti di coltivazione: le sale maggiori, infatti, misurano al massimo 30x17 metri (fig. 35). Durante gli scavi minerari è stata intercettata una sorgente sulfurea, oggi raccolta in una vasca, detta "il Lago" (fig. 36). Lo sfruttamento turistico odierno, durante il periodo natalizio, rappresenta l'unico esempio di tentativo di conservazione effettuato a tutt'oggi nel territorio romagnolo di un'emergenza mineraria legata all'estrazione dello zolfo. Sicuramente non rappresenta un esempio didattico, perché nato in assoluta spontaneità, senza il supporto di quelle conoscenze storiche e minerarie necessarie per il recupero di un luogo di questo tipo.

Conclusioni

Nel presente articolo sono state trattate le principali miniere ri-esplorate durante il progetto Gessi e Solfi, mentre numerose altre sono state ricercate e trovate dagli speleologi. Purtroppo la maggioranza di queste, aprendosi in rocce particolarmente fragili, presentano crolli, a volte imponenti, che non permettono lo scavo oppure necessitano lo spostamento di ingenti masse di roccia. Il progetto si è concluso alla fine del 2016 con la pubblicazione di una monografia multidisciplinare che tratta tutti gli studi effettuati in numerosi campi relativi al territorio trattato.

Il lavoro esplorativo non è però terminato, gli speleologi continueranno ad investigare e a cercare qualche porta che consenta loro di penetrare nell'affascinante mondo di queste cavità, che raccontano, a chi le sa ascoltare.

Bibliografia

- Aloisi P., Casadei F., Magnani G., 1991, *La miniera di Formignano. Rilievo e progetto*. In: Lolletti S., Tozzi Fontana M. (a cura di), *La miniera tra documento, storia e racconto, rappresentazione e conservazione*, Bologna, pp. 339-353.
- Archivio di Stato di Bologna, Distretto Minerario di Bologna, 1879, *Planimetria Formignano - Busca Scala 1:200*. Società delle Miniere Zolfuree di Romagna.
- Bartolini A., 1974, *Perticara nel Montefeltro*, Rimini.
- Battistelli M., 1975, *Le miniere di zolfo del Santagatese*. Ed. Studi Montefeltrani, 3, pp. 38-63.
- Battistelli M., 1994, *Le miniere di zolfo di Maiano di Sant'Agata*. Ed. Studi Montefeltrani, San Leo.
- Draegerwerk AG&CO., 2013, *Draeger PSS 3000 Compressed Air Breathing Apparatus*, s.l.
- Fantuzzi M., 1804, *Memorie di vario argomento del Conte Marco Fantuzzi*. Memoria XVII, pp. CLXXIII-CCX.
- Magalotti P.P., 1998, *Paesi di zolfo, le miniere di zolfo nel cesenate*. Ed. Il Ponte Vecchio, Cesena.
- Lucchi E., 1991, *Miniera di Predappio alta. Storia ed evoluzione della miniera dalla Escavazione all'utilizzo turistico-culturale*. In: Lolletti S., Tozzi Fontana M. (a cura di), *La miniera tra documento, storia e racconto, rappresentazione e conservazione*, Bologna, pp. 125-139.
- Masini V., 1759, *Il Zolfo. Poema del Conte Vincenzo Masini Cesenate*. Cesena.
- MSA AUER GMBH 2012, *Operating manual Altair 4x*. Germany.
- MSA AUER GMBH 2006, *Operating manual Altair Pro*. Germany.
- Perini P., 2000, *La miniera di Predappio*. Paesi di zolfo, a. I, 5, pp. 6-8.
- Regione Emilia-Romagna, 2012a, *I geositi dell'Emilia-Romagna - Miniere di Perticara 2152*. Online <http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/geositi/> [consultato il 19 ottobre 2016].
- Regione Emilia-Romagna, 2012b, *I geositi dell'Emilia-Romagna - Miniere di Formignano 2041*. Online <http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/geositi/> [consultato il 1 giugno 2016].
- Rinaldi I., 1987, *Perticara, la miniera di zolfo, la sua gente*. Ed. Pazzini, Verucchio.
- Riva C., Magalotti P.P., 2006, *Fede e zolfo a Formignano*. Cesena.
- Roveri M., Manzi V., 2007, *Gessoso-Solfifera*. In: Cita M.B. et al. (a cura di), *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Catalogo delle formazioni. Unità tradizionali*, Quaderni SGI, s. III, 7, Roma, pp. 303-310.
- Scicli A., 1972, *L'attività estrattiva e le risorse minerarie della Regione Emilia-Romagna*. Poligrafico Artioli, Modena.
- Scicli A., 1995, *I bacini solfiferi marchigiani*. In: Mattias P., Crocetti G., Scicli A., *Lo zolfo nelle Marche. Giacimenti e vicende*, Roma, pp. 59-63.