



ATTI  
DELLA  
SOCIETÀ TOSCANA  
DI  
SCIENZE NATURALI

MEMORIE • SERIE A • VOLUME CXXX • ANNO 2023



Edizioni ETS



PAOLO SAMMURI <sup>(1)</sup>, WALTER SCAPIGLIATI <sup>(2)</sup>

## LA MINIERA DI RAME DI ROCCATEDERIGHI (ROCCA STRADA, GROSSETO): STORIA DELLE RICERCHE GEOLOGICHE E DELLE ATTIVITÀ INDUSTRIALI

**Abstract** - P. SAMMURI, W. SCAPIGLIATI, *The copper mine of Roccatederighi (Roccastrada, Grosseto): history of geological research and industrial activities.*

The copper deposit of Roccatederighi is located in the Tuscan ophiolites, rocks that come from the ancient Ligurian-Piedmontese ocean and have been incorporated into the structural building of the Apennines. Unlike the Alpine ophiolites, the Apennine ophiolites containing deposits of volcanogenic massive sulfide ores (VMS) have maintained the characters they had in the original oceanic context, having suffered little or no metamorphic actions. It is presumed that the deposit of Roccatederighi was already used in the Copper Age, and certainly it was exploited by the Etruscans but then completely abandoned by the Romans. Little used in medieval times, the mine was reopened in 1834 and continued work irregularly with many changes of ownership until 1872. The mine had its most productive period with the Poggio Alto company from 1872 to 1886. After a long period of abandonment, there was a short period of activity between 1942 and 1945, followed by final closure. All geological studies on the deposit and the characteristics of mineralisation are also examined and discussed in this paper.

**Key words** - ophiolite, copper mine, Roccatederighi, Southern Tuscany, Italy

**Riassunto** - P. SAMMURI, W. SCAPIGLIATI, *La miniera di rame di Roccatederighi (Roccastrada, Grosseto): storia delle ricerche geologiche e delle attività industriali.*

Il giacimento di rame di Roccatederighi si trova nelle ofioliti toscane, rocce che provengono dall'antico oceano Ligure-Piemontese e sono state incorporate nell'edificio strutturale dell'Appennino. Diversamente dalle ofioliti alpine, le ofioliti appenniniche contenenti giacimenti di solfuri massivi vulcanogenici (VMS) hanno mantenuto i caratteri che avevano nell'originario contesto oceanico, avendo subito scarse o nulle azioni metamorfiche. È presumibile che il deposito di Roccatederighi fosse utilizzato già nell'età del rame, e certamente sia stato sfruttato dagli etruschi ma poi completamente abbandonato dai romani. Poco utilizzata in epoca medievale, la miniera fu riaperta nel 1834 e proseguì i lavori irregolarmente con molti passaggi di proprietà fino al 1872. La miniera ebbe il suo periodo più produttivo con la società Poggio Alto dal 1872 al 1886. Dopo un lungo periodo di abbandono, ci fu un breve periodo di attività tra il 1942 e 1945, seguito dalla chiusura definitiva. In questo lavoro sono inoltre esaminati e discussi tutti gli studi geologici sul deposito e le caratteristiche della mineralizzazione.

**Parole chiave** - ofiolite, miniera di rame, Roccatederighi, Toscana meridionale, Italia

### INTRODUZIONE

È difficile sottovalutare l'importanza del rame, primo metallo utilizzato dall'uomo, estratto fin dall'antichità a Cipro proprio dai solfuri massivi contenuti nelle rocce ofiolitiche. Elemento fondamentale del bronzo, è tuttora ricercatissimo per le sue qualità di ottimo conduttore elettrico e componente di numerose altre leghe metalliche impiegate per usi specialistici. Oggi il rame a basso tenore viene estratto in enormi miniere a cielo aperto soprattutto in Cile, Perù, Cina, Congo e Stati Uniti. L'Italia non è mai stato un paese ricco di rame, nonostante fossero presenti numerose miniere, tutte medio-piccole, disperse nel territorio. Nelle formazioni ofiolitiche appenniniche sono molto numerose le zone in cui si trovano manifestazioni cuprifere, e quasi tutte in passato sono state oggetto di ricerche minerarie che però molto raramente hanno individuato mineralizzazioni di qualche entità. Tra le più importanti erano Libiola e Montecatini Val di Cecina, ma di regola in queste miniere, come a Roccatederighi, il rame si trovava in piccole quantità e spesso i minerali estratti erano distribuiti irregolarmente. Anche il giacimento di rame di Roccatederighi si trova nelle rocce verdi toscane (ofioliti). Al magmatismo ofiolitico sono associati depositi di varie dimensioni e tenori, che sono stati in passato anche fonti di altre materie prime come la magnesite, o la pietra ornamentale di colore verde scuro nota come «verde di Prato» o «ranocchiaia». Tra le numerose località minerarie toscane in cui fu estratto il rame si trovano Montecatini Val di Cecina e Roccatederighi, purtroppo di scarsa importanza economica per le limitate dimensioni dei depositi. Poiché la miniera da tempo non è più in attività, questo studio si basa necessariamente su notizie ricavate dalla letteratura o dalle Relazioni del Servizio Minerario, ma anche su molti documenti inediti o generalmente poco accessibili come alcuni rapporti interni delle Società Minerarie. I dati raccolti, precedentemente dispersi o sconosciuti, consentono di approfondire la conoscenza di una delle più significative manifestazioni cuprifere nelle rocce verdi toscane. La storia della miniera di

<sup>(1)</sup> Via Pietro Sensi 60, 00176 Roma; science.sam@tiscali.it

<sup>(2)</sup> Via Liguria 16, 58027 Ribolla (GR); wscapigliati@gmail.com

Corresponding author: Paolo Sammuri (science.sam@tiscali.it); Walter Scapigliati (wscapigliati@gmail.com)

Roccatederighi nell'ottocento appartiene al periodo della riattivazione delle antiche miniere, caratterizzato da uno stretto legame tra studi scientifici e mondo imprenditoriale minerario. In particolare la speculazione finanziaria, alla ricerca di materie prime, fu protagonista di una vera e propria corsa al rame in Toscana. Le vicende storiche dello sfruttamento del deposito come risorsa economica ed i suoi legami con il territorio e la popolazione sono dati fondamentali per la conoscenza di questo sito minerario del Parco Nazionale delle Colline Metallifere.

#### STUDI SUL RAME DI ROCCATEDERIGHI E LE ROCCE VERDI TOSCANE

Baldassarri fu il primo a parlare delle rocce verdi toscane. Nel 1763 visitò Roccatederighi ed osservò il gabbro, il talco e il *Sasso Serpentino*, e riconobbe che la roccia sottostante l'abitato era simile a quella del Monte Amiata, costituita da *Pietra Salina* o *Sasso Peperino*. Visitando le cave abbandonate a oriente del castello, vide nelle discariche ciottoli verdi con minerale giallo di rame (calcopirite), e ipotizzò che il giacimento fosse una continuazione di quello della Merse e di Cagnano. Rilevò l'amianto nel gabbro e nel talco e notò un deposito di allume nei pressi del torrente Asina (Baldassarri, 1763). Santi a Roccatederighi osservò gabbro rossastro, ma prevalentemente verde cupo con asbesto in fibre. Trovò il *Serpentino Siliceo* verde scuro, pietra dura adatta per i lavori artistici, e nel vicino torrente Asina individuò allume terroso. Visitò i resti degli scavi e le discariche della miniera di rame ormai chiusa da tempo, ma non credette alla tradizione che il minerale contenesse quantità non trascurabili d'oro e d'argento (Santi, 1806). Brongniart fu il primo a definire il termine ofioliti (Brongniart, 1813) per indicare le comuni "rocce serpentine", che in seguito raggruppò insieme alle rocce vulcaniche massicce, gabbri eufotidi e diaspri (Brongniart, 1827). Nel 1820 fece un viaggio geologico in Italia, per studiare i terreni e le rocce italiane. Esaminò la posizione stratigrafica delle ofioliti negli Appennini e affrontò la grande questione della giacitura delle rocce verdi rispetto alle altre rocce della crosta terrestre (Brongniart, 1821). Egli osservava che la conoscenza delle ofioliti era incompleta ed imprecisa, per la poca frequenza, la confusione tra rocce serpentinose di diverse formazioni, spesso emergenze isolate senza stratificazione. Con le sue osservazioni stratigrafiche in Liguria e Toscana concluse che le ofioliti, trovandosi sopra il calcare secondario, erano posteriori ai terreni secondari. Porte notò le analogie tra Roccatederighi e Montecatini Val di Cecina: «*La formazione geologica della miniera di Rocca Tederighi è la medesima di quella di Monte-Catini, ed è di egual sorte il minerale che vi si è incominciato a tro-*

*vare*» (Porte, 1833). Nel suo studio sulle rocce ofiolitiche della Toscana Savi non classificò le rocce serpentinose come più antiche o primitive, ma le considerò più recenti dei terreni secondari delle montagne appenniniche (Savi, 1838-1839 e 1839). Egli affermò la somiglianza delle masse serpentinose toscane con quelle in Dalmazia, Grecia e Turchia. Classificò le rocce che costituivano i monti ofiolitici in cinque categorie: ofiolitiche, modificate dalle ofioliti, miscele ofiolitiche con rocce nettuniane, filoni che attraversano le ofioliti e terreni ofiolitici terziari. Rappresentò la situazione di Roccatederighi con due sezioni stratigrafiche, in cui interpretava il complesso ofiolitico come una massa magmatica che si era sollevata tra il calcare e lo scisto della formazione del Macigno e aveva convertito la roccia soprastante in gabbro rosso (Fig. 1), poi seguita dalla effusione della trachite che aveva sconvolto i terreni terziari. Questa interpretazione della ofiolite "in posto" era errata, ma molto diffusa all'epoca, poiché le ofioliti erano considerate come masse eruttive autoctone. A Roccatederighi, Savi notò anche la presenza di ofite o porfido verde, una bella pietra ornamentale. Considerò l'origine e la composizione dei filoni che si trovano nelle masse serpentinose, tra i quali trattò in dettaglio solo i filoni e le vene cuprifere, individuate dai minatori toscani come guida per la ricerca dei minerali di rame. Descrisse i filoni metalliferi di Montecastelli, Monte Vaso e Montecatini, ma studiò meglio i filoni di Roccatederighi perché visitò la miniera nel 1836 percorrendone le gallerie, in cui osservò che il filone ramifero «impastato» nella steatite argillosa si trovava tra il letto di serpentina ed il tetto costituito da diorite e gabbro rosso (Fig. 2). Basandosi sulle osservazioni compiute nelle miniere visitate, Savi ipotizzò che l'acqua o vapore ad alta temperatura e pressione avevano trasportato e depositato i solfuri metallici e i minerali serpentinosi all'interno dei filoni; questi erano posteriori alla formazione del serpentino ed alla consolidazione del gabbro rosso, e in essi la miscela del rame con l'ofiolite dimostrava che questa fu disciolta ed impastata dalle azioni dei filoni sulle rocce circostanti. Pilla, dopo la scoperta di Montecatini, scrisse: «*Tanto dunque è vero che le rocce ofiolitiche sono state sempre il ricettacolo delle più grandi masse di minerali di rame!*», ragionamento che indirizzò la ricerca di ricchi depositi ramiferi in tutti i monti della stessa natura, tra cui Roccatederighi (Pilla, 1845). Haupt nel suo libro affermò: «*Il terreno ofiolitico, quantunque sporgente in montagne isolate, pur nonostante è uno dei più importanti in riguardo del suo intrinseco metallico, racchiudendo esso la formazione ramifera di Montecatini e di Roccatederighi*». Poi, nelle considerazioni sulle formazioni metallifere toscane, collocò Roccatederighi nel ramo principale della *Formazione ramifera diagonale*, orientata verso NO e parallela ai tratti di serpentino e

gabbro, che procede da Montenero di Livorno per Montecatini, Pari, Montenero d'Orcia e va verso Arcidosso ed Acquapendente (Haupt, 1847). Nelle considerazioni sulla geologia della Toscana, Savi e Meneghini espongono una cronologia delle eruzioni serpentinosi dedotta dalle intersezioni dei filoni (Murchison, 1850). Essi scrivono che a Roccatederighi «*osservasi chiara la penetrazione delle dicche di serpentina di seconda eruzione attraverso la serpentina antica o diallagica*», e che eufotide e ofite dovevano essere precedenti perché si trovavano come inclusi nei dicchi. Cocchi confermò la distinzione tra serpentino diallagico antico del Terziario inferiore e serpentino moderno del Terziario medio. Egli rilevò che solo il serpentino moderno contiene solfuri di ferro e rame e più raramente di zinco e piombo, talvolta in filoni ma più spesso disseminati in una ganga nota come pasta di filone o *losima*, costituendo i «*filoni impastati*» di Savi. Concluse che, pur essendo più o meno metallifero, ma non sempre allo stesso grado, questo genere di giacimento non si presta sempre favorevolmente allo sfruttamento minerario (Cocchi, 1856). Meneghini descrisse le ofioliti come unico sistema orografico indipendente, che riuniva tutte le eruzioni serpentinosi anche se disperse in allineamenti di serie parallele. Spiegava le concentrazioni di solfuri metallici come risultato della eruzione di masse ferree, posteriori alle ofiolitiche ma anteriori alle granitiche. Descriveva le mineralizzazioni cuprifere toscane come potenti iniezioni di minerali metallici fusi, formanti vene o stockwork e costituiti da calcopirite, erubescite e calcosina, molto raramente con blenda e galena, frequentemente con pirrotina ed in alcuni rari casi con ematite (Meneghini, 1860). Perazzi riprese la cronologia e le classificazioni di Savi, sia per le rocce eruttive ofiolitiche che per le metamorfiche modificate dalle ofioliti, cioè le argillose (galestri, diaspri, gabbri) e le calcaree (oficalci). Tra i giacimenti cupriferi serpentinosi citò Montecatini, Montecastelli, Impruneta e Roccatederighi. Per quest'ultima miniera descrisse il giacimento come un filone a noccioli impastato in argilla steatitosa che seguiva la linea di contatto tra serpentina e gabbro rosso, considerato come metamorfico (Perazzi, 1865). Von Rath esaminò ad oriente di Roccatederighi il cosiddetto gabbro rosso, che descrisse come roccia densa, rossa ferruginosa, fratturata, a volte apparentemente stratificata, decomposta in arenaria siliceo-terrosa, solitamente collegata a vero gabbro e serpentino. Riferì che da poco era stata riaperta la vecchia miniera di rame e che il giacimento, di calcopirite molto pura, formava un filone irregolare tra il gabbro rosso ed il gabbro verde diallagico connesso al serpentino (Von Rath, 1873). Lotti evidenziò che il complesso di rocce ofiolitiche di Roccatederighi costituiva una massa allungata N-S tra calcari alberesi eocenici a ponente e trachiti e depositi miocenici a levante. Descrisse la se-

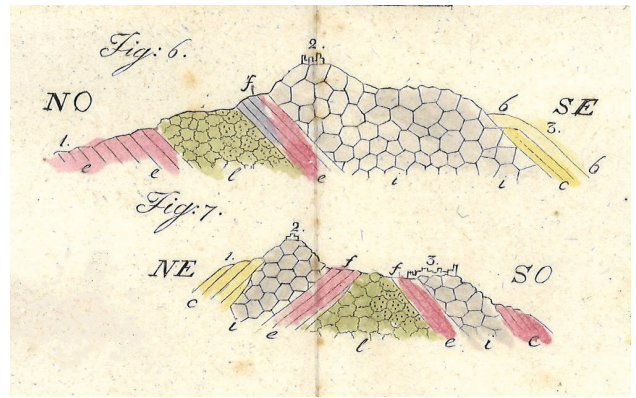


Figura 1. Sezioni di Roccatederighi: *b* e *c* terreni terziari, *e* macigno, *f* gabbro rosso, *i* trachite, *l* rocce ofiolitiche (Tav. I, fig. 6 e 7, da Savi, 1839).

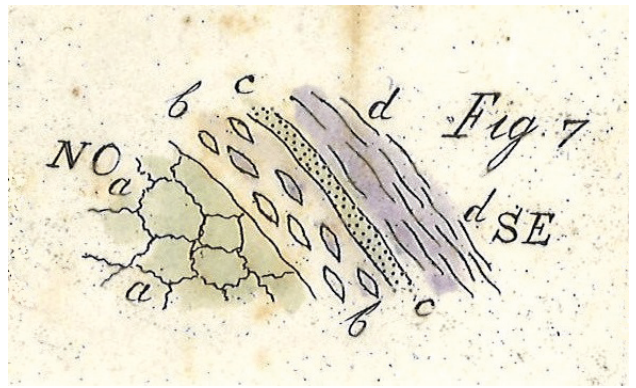


Figura 2. Filone Leopoldo nella Cava Bonelli: *a* serpentina (a letto), *b* filone, *c* diorite (a tetto), *d* gabbro rosso (Tav. II, fig. 7, da Savi, 1839).

rie andando da Est a Ovest come «*schisti diasprini rossi o verdastri; gabbro rosso; steatite serpentinosi con vene e noccioli di calcopirite ed erubescite; serpentina; diabase porfiroide, eufotide*». Rimarcò l'analogia col giacimento di Montecatini, sottolineando che «*la sola differenza sta in ciò che a Montecatini la steatite metalifera trovasi racchiusa totalmente nel gabbro rosso, mentre che qui sta fra il gabbro e la serpentina*». Infine, pur mantenendo l'interpretazione autoctona, si espresse per una genesi metamorfica ritenendo inammissibile l'eruzione plutonica (Lotti, 1877). Nel suo successivo lavoro definiva le ofioliti come rocce peridotitiche-piroseniche di tre tipi principali, cioè serpentina, eufotide (o gabbro) e diabase, osservando che erano disseminate nella formazione calcareo-argillosa eocenica dell'Italia superiore e centrale (Lotti, 1889). Steinmann definì la tipica associazione ofiolitica (serpentina, lava a cuscinetti e radiolarite) una «*trinità*», e fu il primo a ad interpretarla in termini geodinamici, come caratteristica della parte assiale della geosinclinale del fondo oceanico abissale (Steinmann, 1905). Tuttavia Bernoulli osserva che Steinmann non

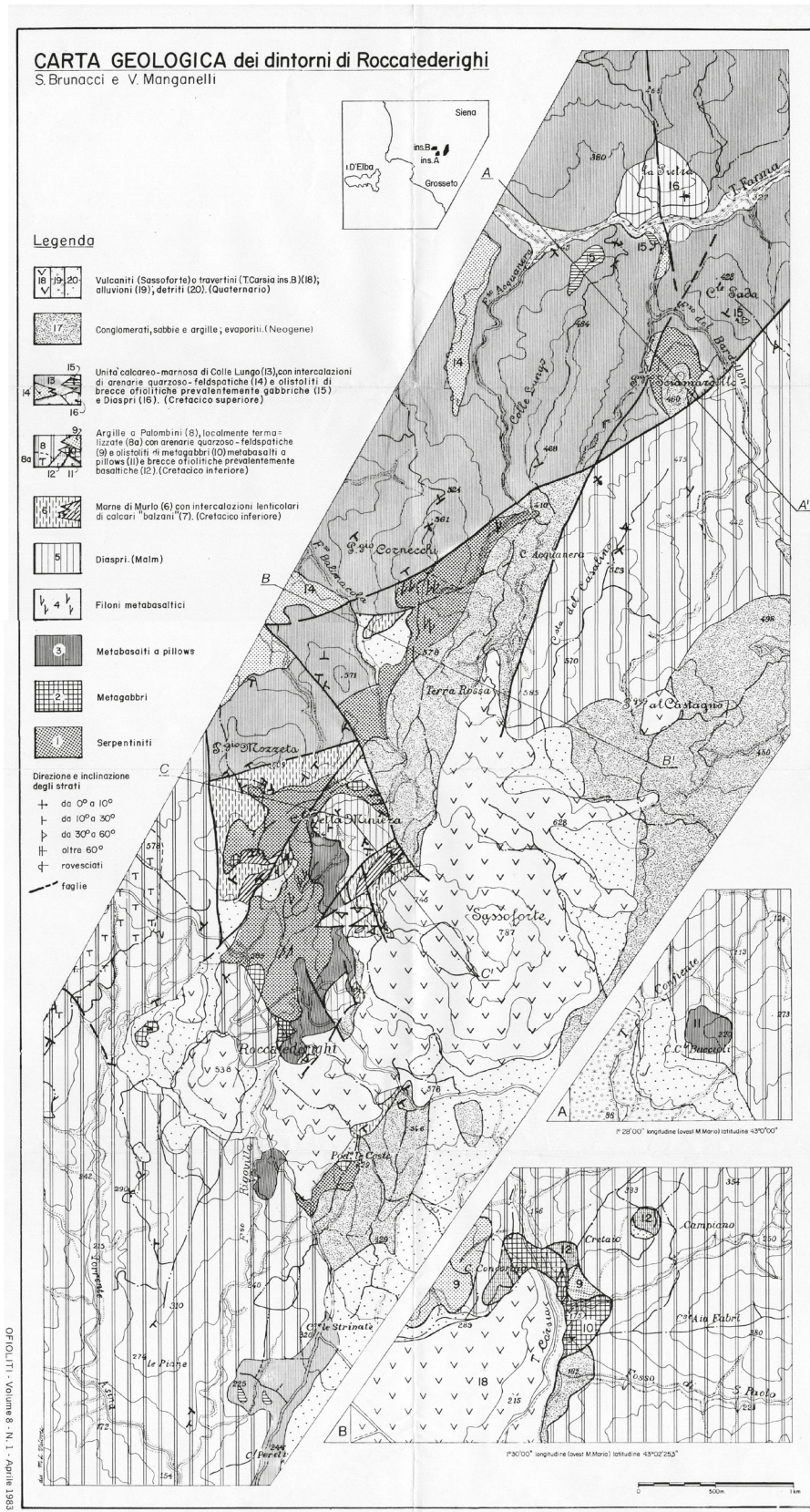


Figura 3. Carta Geologica 1:10.000 dei dintorni di Roccatederighi, con inserti: A (C. Le Buccioli, 3 km a SW di Tatti) e B (T. Carsia, 5,5 km a NW di Tatti) (da Brunacci *et al.*, 1983).

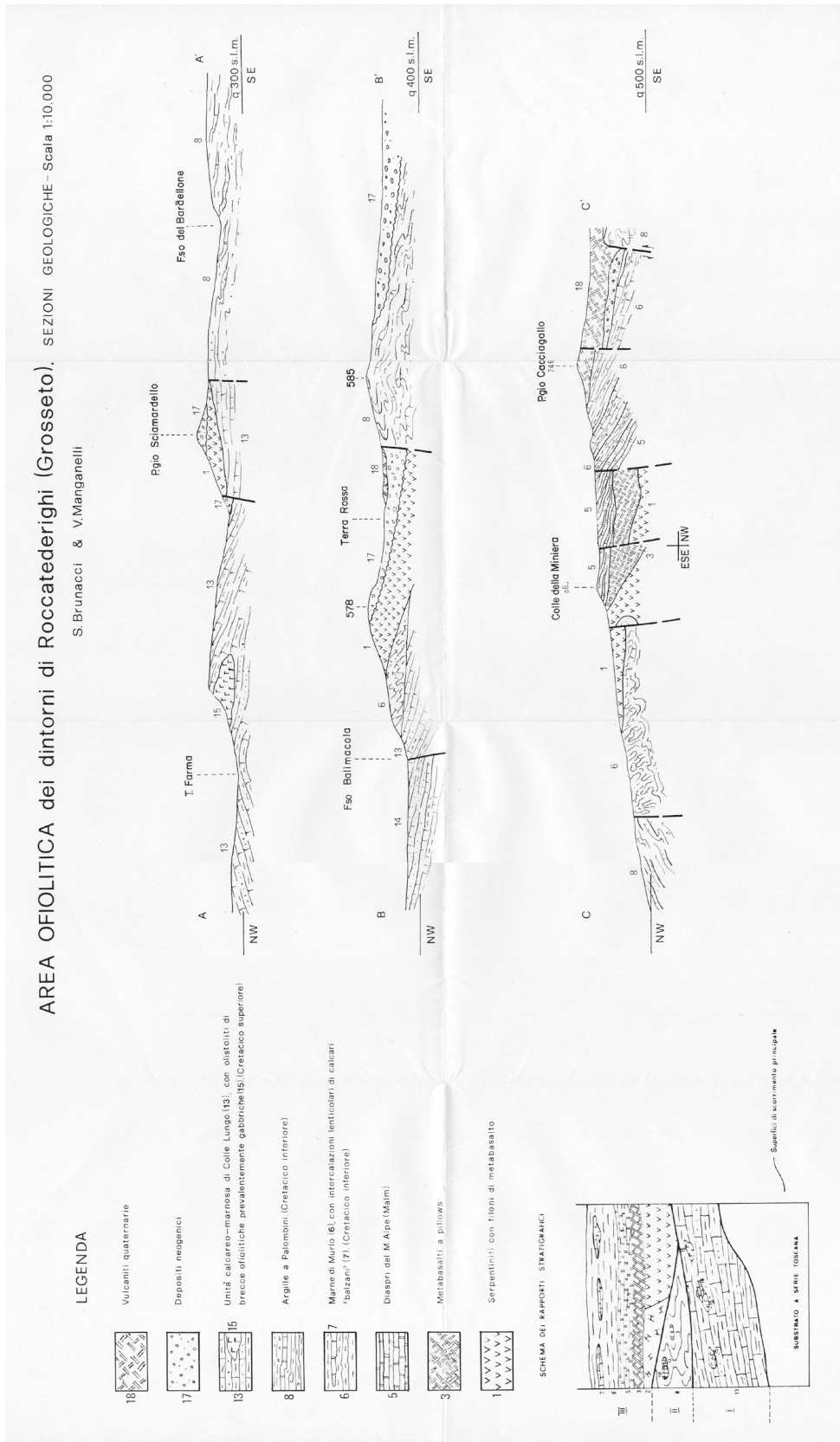


Figura 4. Sezioni Geologiche dell'area ofiolitica di Roccatederighi (da Brunacci *et al.*, 1983).

vide mai nelle Alpi una ofiolite completamente sviluppata come quelle in Oman e a Cipro, poiché nell'area che studiò non si trovano i complessi di dicchi e i gabri hanno un ruolo subordinato (Bernoulli *et al.*, 2003). Gli studi di Steinmann aprirono la strada per la scoperta delle falde alloctone, che Piero Elter individuò studiando la struttura e l'evoluzione dell'Appennino settentrionale da lui sintetizzata in una fondamentale sezione geologica ormai classica (Elter, 1960). Egli propose innovative ricostruzioni paleogeografiche del dominio ligure, ipotizzando l'esistenza di una dorsale sottomarina (Ruga del Bracco) come fonte di materiale clastico grossolano per i bacini cretacei. Inoltre con le sue ricerche propose una struttura ed un meccanismo di formazione delle ofioliti, ipotizzando che le serpentine e gabri, più antichi, rappresentino la parte superiore del mantello e si siano differenziate al di sotto di una crosta sialica, mentre i più recenti diabasi effusivi discordanti si sarebbero espansi in un hiatus geosinclinale oceanico originatosi in seguito alla lacerazione della crosta sialica (Decandia & Elter, 1969). In questa ricostruzione la geosinclinale ligure è confrontabile con una area oceanica attuale, e i rilievi del Bracco potrebbero rappresentare l'equivalente di una dorsale medio-oceanica. Dewey avvalorò la ricostruzione preorogena di Elter, descrivendo il sistema Alpino-Mediterraneo come una collisione continente/continente molto complessa, in cui la catena a pieghe alpina è un complesso intrico di suture che rappresentano i siti di vecchie trincee (Dewey *et al.*, 1970). Nell'Appennino settentrionale Elter distinse un insieme esterno umbro-toscano ossatura della catena, ed un insieme interno ligure interamente alloctono e carreggiato sul precedente, che rappresenta un antico fondo oceanico scomparso nel corso dell'orogenesi e testimoniato da grandi masse di ofioliti (Elter, 1975)

Anche Brigo, esaminando le mineralizzazioni cuprifere legate ai complessi ofiolitici, classificò le ofioliti toscane come frammenti non metamorfici provenienti dalla crosta oceanica ligure-tirrenica (Brigo

*et al.*, 1976). Classificò il giacimento di Roccatederighi come una mineralizzazione Fe-Cu in una falda ofiolitica interna ad affinità oceanica, che mostra la successione classica con l'ulteriore «presenza di filoni diabasici, probabile relitto di camini di alimentazione di lave a cuscini, fratturati e mineralizzati». Brunacci svolse una indagine approfondita sugli affioramenti ofiolitici di Roccatederighi (Brunacci *et al.*, 1983). Riconobbe che le unità liguri appartenevano a un'unica sequenza stratigrafica oceanica suddivisa in tre scaglie tettoniche sovrapposte, costituite dal basso in alto da un'unità calcareo-marnosa con olistoliti di ofioliti e di diaspri, seguita da argille a palombini con olistoliti ofiolitici ed infine superiormente dal basamento ofiolitico conservante porzioni della copertura sedimentaria di diaspri. Descrisse quindi gli affioramenti e la petrografia delle serpentiniti, dei metagabbri, dei metabasalti, delle brecce ofiolitiche e delle formazioni sedimentarie presenti nella sequenza ligure locale. Realizzò una carta geologica 1:10.000 dei dintorni di Roccatederighi (Fig. 3), corredata di tre sezioni geologiche (Fig. 4). Strutturalmente ipotizzò un'anticlinale coricata a nucleo di serpentinite, con vergenza occidentale, intersecata e dislocata dai vari sistemi di fratture, non escludendo la possibilità che si tratti invece di un unico grande olistolite entro l'unità calcareo-marnosa. Valutò il quadro evolutivo e paleogeografico come riferibile alle Liguridi interne, ma la presenza di vulcanismo ed alcuni caratteri differenziati della successione sedimentaria alloctona, comuni ai bacini dei fiumi Fiora e Albegna, lo spinse a proporre per la sequenza di Roccatederighi il nome di "Gruppo Ligure-maremmano". Una revisione delle mineralizzazioni e degli assetti giacimentologici delle ofioliti della Toscana meridionale si può trovare in Dini (Dini *et al.*, 2017). Riproduciamo nel nostro testo (Fig. 5) le sue sezioni relative alle ofioliti dei settori ligure-emiliano e toscano-emiliano, rimandando al suo lavoro per gli ulteriori approfondimenti circa la sezione toscano-emiliana, che interessa nel suo lato SW la Toscana meridionale.

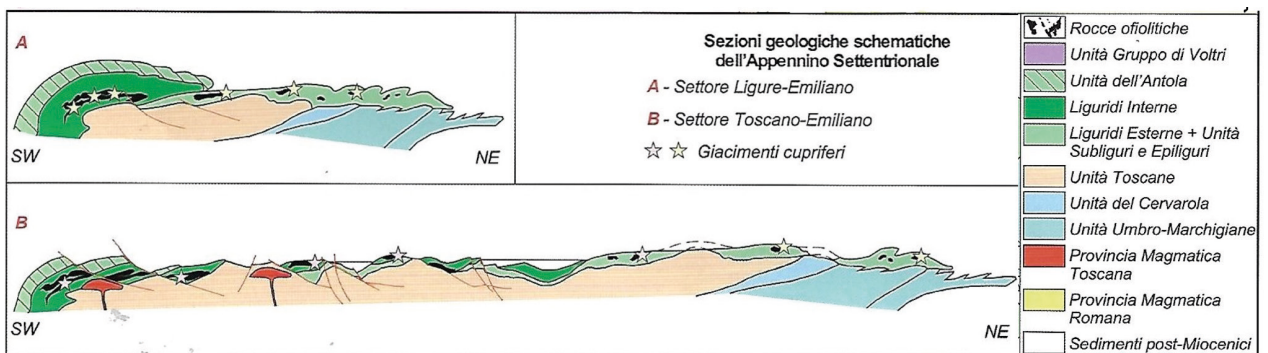


Figura 5. Sezioni di ofioliti appenniniche ospitanti i giacimenti cupriferi (da Dini *et al.*, 2017).



## STUDI SUI CARATTERI MINERALOGICI E L'ORIGINE DEL DEPOSITO

Giuli così descrisse i colori dei minerali del filone di Roccatederighi, con l'iridescenza dell'erubescite e le alterazioni in malachite-azzurrite: «*Il filone per ora è basso e non sarà più di due pollici; il rame solforato consiste di varie tinte, come di carbonato di simil metallo*» (Giuli, 1834). Nel suo rapporto minerario Porte parlò solo di «*minerale piritoso di rame*» (calcopirite) presente nei filoni (Porte, 1835). Savi osservò in miniera che la *pirite di rame* (calcopirite) nel filone era disposta in grandi noccioli uniti tra loro da vene, qualche volta con la presenza di *rame solforato* (erubescite) (Savi, 1839). Burat considerò Roccatederighi fondamentale nello studio del modo di formazione dei minerali cupriferi, per i suoi lavori minerari molto sviluppati nei quali si era potuto valutare situazioni di giacimento più complesse di quelle di Montecatini (Burat, 1845). Osservò che in affioramento il filone principale era un filone argilloso, riempito di ganga argillosa verde che conteneva piccoli noduli o piccole vene di *rame piritoso* (calcopirite) o *rame variegato* (erubescite), e che in profondità il minerale si trovava in vene ma soprattutto in noduli isolati, che sembravano essere il carattere principale del giacimento. Anche Corridi citò soltanto due minerali: *rame giallo* o calcopirite e *rame paonazzo* o erubescite (bornite) (Corridi, 1851). Cocchi, descrisse la presenza dei solfuri di ferro e di rame nelle rocce verdi come talvolta in filoni, ma più frequentemente disseminati, e li giudicò contemporanei alle *eruzioni idroplutoniche* delle ofioliti, trasportati in direzione ascendente formando i *filoni impastati* di Savi nelle serpentine moderne (Cocchi, 1856). Nel suo studio sulle miniere toscane, Caillaux affermò che il più notevole dei giacimenti di contatto che si conoscono in Toscana è, senza dubbio, quello di Roccatederighi (Caillaux, 1857-1858); rappresentò il giacimento di rame, con andamento nord-sud e inclinato di circa 45° verso est, compreso lungo la linea di contatto fra le ofioliti e il gabbro rosso (Fig. 6). Secondo la sua descrizione, il giacimento si presentava sotto forma di nuclei di rame, composti di *civre panaché* (erubescite) o pirite, compatti ed impastati nelle argille serpentine. Perazzi aggiunse un terzo minerale: «*i noccioli di minerale (calcopirite, filipsite e calcosina) sono sovente molto voluminosi; alcune volte invece vi si trovano ridotti in piccoli grani disseminati nell'argilla*». La filipsite o phillipsite era il nome utilizzato in Francia per l'erubescite, ma nessun autore prima di Perazzi aveva inserito la calcosina tra i minerali della paragenesi (Perazzi, 1865). Von Rath nel suo ampio studio inserì solo una breve descrizione del giacimento di Roccatederighi come rete di vene di calcopirite molto pura, non citando altri minerali (Von Rath, 1873). Anche Parodi osservò che insieme alla calcopirite come mi-

nerale dominante non era raro trovare pezzi di diverse forme e vene di erubescite e calcosina (Parodi *et al.*, 1878). Il primo ad occuparsi della minerogenesi dei giacimenti cupriferi delle ofioliti fu Lotti. Egli precisò che insieme ai solfuri di rame, cioè calcopirite, philipsite e calcosina si trova anche la pirite di ferro, e rara la blenda. Osservò che, diversamente dai giacimenti liguri o parmensi costituiti da calcopirite associata a pirite disseminate nella roccia, in quelli toscani i minerali si trovano piuttosto concentrati in noduli (Lotti, 1889). Egli delinè il processo che dall'eufotide inalterato porta all'argilla steatitosa, cioè la pasta argillo-magnesiaca che costituisce la ganga che i minatori chiamano *Losima*, e quindi alla concentrazione del minerale disseminato. Individuò nell'azione chimica e meccanica delle acque sotterranee circolanti la causa della decomposizione della roccia e della metallogenesi tramite la dissoluzione e concentrazione delle particelle metalliche in vene e noduli. Poiché la materia metallifera è disseminata in particelle minute, e si trova in tracce in quasi tutte le masse ofiolitiche, Lotti concluse che il minerale si era deposto contemporaneamente alla roccia eruttiva che lo contiene. Infine, pur considerando indispensabili per spiegare la struttura concrezionata dei noduli i successivi processi di concentrazione, pensò che per il loro peso specifico le particelle metalliche si erano già agglomerate prima o durante la consolidazione del magma eruttivo. Delkeskamp nel suo lavoro fece una rassegna di tutti i giacimenti cupriferi liguri, toscani ed emiliani noti del tipo di Montecatini (Delkeskamp, 1907). Tra i giacimenti simili trattò anche Poggio Alto nei pressi di Roccatederighi, descrivendo calcopirite e calcosina contenute nell'argilla steatitosa come piccoli granuli, noduli e in parte masse considerevoli, e cristalli di pirite che ricoprivano le pareti delle fenditure e formavano druse, citando anche la presenza di erubescite nel grezzo estratto. Ardigò raccolse i dati dispersi sulle mineralizzazioni cuprifere nelle ofioliti elaborando un quadro sinottico per la società RIMIN (Ardigò, 1975). Per i caratteri mineralogici di Roccatederighi, indicò tipo di mineralizzazione (stockwork, filoniana e disseminata), paragenesi (Cu-Fe), minerali presenti (calcopirite e bornite abbondanti, calcocite e malachite scarsi, quarzo e clorite abbondanti con tracce di gesso) e alterazioni (argillitica e cloritica). Klemm evidenziò il fatto che il gruppo dei giacimenti di rame toscani poteva essere facilmente distinto da quelli liguri (Klemm *et al.*, 1982). Mentre i depositi liguri si trovano generalmente al contatto tra lave a cuscino e brecce basali, i toscani si trovano al contatto ofiolite-sedimenti o nelle faglie delle ofioliti. In Liguria si osserva in alcuni depositi la zonazione verticale, mentre in Toscana ci sono solo occasionali zonazioni causate dall'ossidazione. Il minerale principale in Liguria è la pirite con calcopirite accessoria, mentre in Toscana la calcopiri-

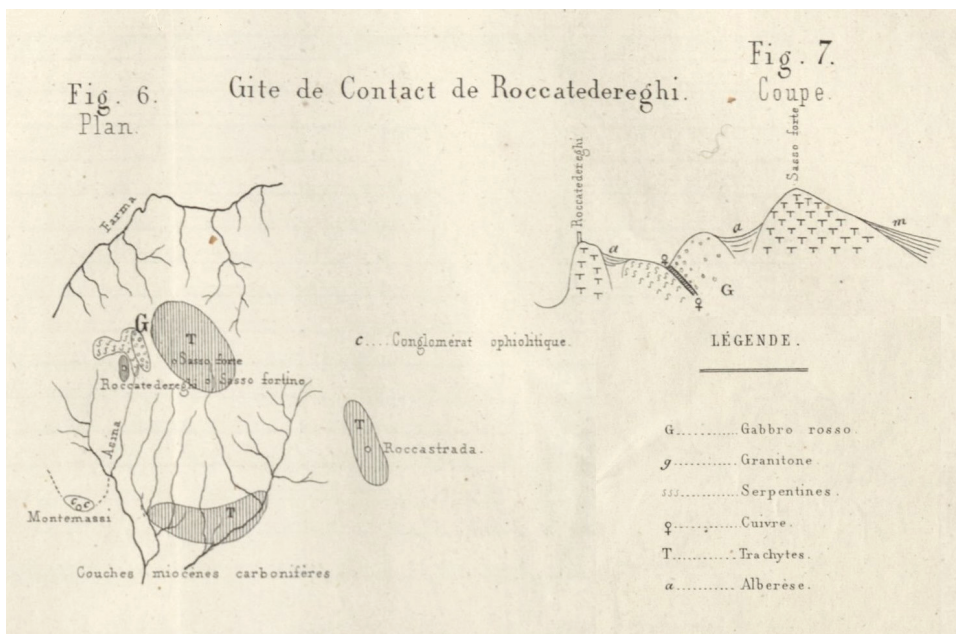


Figura 6. Pianta e Sezione del giacimento di contatto di Roccatederighi (da Caillaux, 1857-1858).

te è il minerale prevalente associato con vari solfuri di rame. Le mineralizzazioni liguri sono compatte con ganga quarzosa e/o carbonatica, mentre le toscane possono contenere quarzo o calcite, ma presentano abbondanti segni di decomposizione idrotermale e di alterazione della roccia. Klemm spiegò queste differenze regionali col fatto che, pur essendo le due aree ugualmente influenzate dall'orogenesi appenninica, in Toscana il magmatismo mio-pliocenico aveva aggiunto un'altra importante caratteristica, le attività idrotermali. Gelati definì il vulcanismo ofiolitico come un'epoca metallogenica che si svolse in uno stadio successivo all'apertura della Tetide (Gelati *et al.*, 1986), ma rilevò che tutti i depositi di questo periodo erano di scarso interesse economico, perché anche i più importanti giacimenti erano di piccole dimensioni. Anche il gruppo di lavoro di Zuffardi inserì il vulcanismo ofiolitico tra gli eventi geo-dinamici della Tetide (Zuffardi *et al.*, 1986). L'apertura dell'oceano iniziò nel Trias superiore, la prima deposizione di rocce mafiche avvenne nel Lias, ma il picco della fase distensiva e del vulcanismo ofiolitico si svolse nel Giurassico medio-superiore, seguito subito dopo dall'inizio della chiusura del bacino oceanico Ligure-Piemontese. In questa sequenza cronologica sono stati generati in connessione con il vulcanismo ofiolitico un certo numero di depositi di rame, ferro, manganese, (zinco, piombo, oro), amianto, talco e steatite di varie dimensioni e tenori, ma quasi tutti di modesta entità. Nonostante la dispersione delle ofioliti dovuta alle intense deformazioni orogenetiche, che le ha tettonizzate e dislocate come olistoliti o olistostromi (Abbate *et al.*, 1970), la fonte delle ofioliti toscane e

liguri è stata identificata nella dorsale medio oceanica. È in questa posizione, dove le placche divergono che la nuova crosta oceanica viene formata continuamente mediante l'effusione di magma basaltico e la messa in posto di intrusioni gabbriche nella parte più superficiale del mantello peridotitico. Gli studi di Spooner sulle rocce ofiolitiche della Liguria orientale hanno chiarito i fenomeni geotermici metamorfico-idrotermali che avvengono sotto il fondo marino delle dorsali oceaniche (Spooner *et al.*, 1973). Bonatti ha delineato le differenze tra i depositi idrogenici dei fondali oceanici e quelli idrotermali che si generano in corrispondenza delle dorsali (Bonatti, 1976). L'elevato flusso di calore innesca dei circuiti idrotermali, in cui l'acqua di mare penetra lungo le fratture della crosta oceanica riscaldandosi progressivamente fino a raggiungere temperature di 300-450 °C a pochi chilometri sotto il fondale oceanico, per poi risalire fino alla superficie del fondale oceanico. I fluidi idrotermali ad alta temperatura estraggono molti metalli, ma soprattutto ferro e rame dalle rocce che attraversano, depositandoli sotto forma di solfuri sia durante la risalita che al momento della loro emissione in acqua di mare. Questi sono i cosiddetti "black smokers", per la nuvola di particelle scure di solfuri che precipitano quando il fluido idrotermale caldo si mescola con l'acqua di mare a circa 5° C. Intorno ed al disotto dei black smokers si formano i grandi accumuli di solfuri massivi (VMS, o *Volcanogenic Massive Sulfide Ores*), principalmente pirite, calcopirite, pirrotina e sfalerite, associati a fillosilicati e solfati derivanti dall'alterazione idrotermale delle rocce basaltiche del fondale oceanico (Dini *et al.*, 2017)

## LE ATTIVITÀ MINERARIE

Come premessa, è necessario comprendere che, in assenza di dati archeologici certi, per i periodi più antichi è necessario basarsi su ipotesi e sulle considerazioni degli ingegneri minerari dell'800, che hanno potuto osservare direttamente i resti degli antichi lavori minerari, ancora esistenti all'epoca.

### *Età del Rame*

Anche se non esistono prove certe, è presumibile che il deposito di Roccatederighi sia stato utilizzato già dal quarto millennio a.C., insieme agli altri giacimenti di rame toscani, come le coeve e ben studiate miniere di rame liguri di Libiola e di Monte Loreto (Campana *et al.*, 2011). Certamente negli affioramenti verdi delle rocce ofiolitiche le masse mineralizzate erano facilmente individuabili per le vistose colorazioni blu-verdi dei minerali di alterazione, i carbonato-idrossidi di rame (malachite, azzurrite). Queste mineralizzazioni, non essendo mai state sfruttate in precedenza, all'epoca erano certamente molto superficiali e facilmente sfruttabili anche con i soli strumenti in pietra e senza necessità di scavare in profondità. Inoltre nel corredo di Ötzi, l'uomo ritrovato sulle Alpi, si trovava un'ascia di rame quasi puro proveniente dalla Toscana, che quindi potrebbe pure essere stato estratto da Roccatederighi (Artioli *et al.*, 2017).

### *Epoca Etrusca e Romana*

Nel libro sulle miniere toscane Haupt espose le sue osservazioni sui periodi minerari e sulla cultura mineraria antica, basandosi sull'esame delle antiche miniere (Haupt, 1847). In merito al periodo etrusco, sostenne che il rame era abbondante e ben conosciuto, come testimoniato dalle monete, dalla abilità nelle fusioni in bronzo, e dal commercio con i greci. Egli espresse questa riflessione: «*Se è luogo a presumere che presso Arezzo vi fossero attivate importanti miniere di rame, è però certezza che in quei tempi n'esistessero presso Volterra, Massa Veternense e Rocca Tederighi, dove tuttora si conservano numerose tracce*». Basandosi sulla assenza di citazioni nel periodo medievale, concluse che: «*Da ciò risulta con certezza che i residui delle miniere propriamente ramifere presso Volterra e presso Rocca Tederighi debbano quasi esclusivamente attribuirsi al tempo degli Etruschi*». Anche Simonin nel suo studio sulla storia delle miniere e metallurgia in Toscana affermò che a Roccatederighi delle miniere di rame molto importanti sono state sfruttate dagli etruschi (Simonin, 1858). Quindi affermò che le miniere etrusche furono completamente abbandonate dai romani con la conquista delle ricche zone minerarie di Sardegna e Spagna, e a causa della legge del Senato che imponeva di rispettare il suolo italiano che Plinio aveva citato nella sua *Naturalis historia*.

### *Epoca Medievale e Rinascimentale*

Targioni Tozzetti nei suoi viaggi inserì alcune memorie storiche sulle miniere in vicinanza del Massese (Targioni, 1770). Tra queste notizie riferì circa un istruimento rogato il 2 giugno 1323: «*La nobile donna Tora, del già Bolgaruccio conte di Sarteano, vendè al Comune di Siena tutte le Possessioni che aveva nella Rocca Tederighi, colle miniere d'oro, d'argento, e di rame*» e poi di quanto aveva trovato nella «Nota di alcuni saggi di Miniere, che si trovano nel Dominio Sanese» dell'Anonimo Senese, della fine del secolo XVI: «*a Rocca Tederighi è una miniera di rame, contenuta di sugo da congelarlo, ed è cosa bellissima*». Simonin descrisse così i lavori medievali: «*a Rocca Tederighi, su un filone cuprico di contatto, analogo a quello di Monte Catini, e deposto tra le serpentine da una parte e i gabbri dall'altra, si sono fatti lavori poco estesi, ma ben condotti. Vi si incontra ancora una serie di pozzi verticali che, aperti a monte dell'affioramento del filone, che avrebbero raggiunto quest'ultimo in profondità. Sulle discariche è stato trovato molto minerale*» (Simonin, 1858). Boisseuil ha pubblicato i contratti di molte concessioni minerarie senesi del XV secolo, che accordavano la possibilità di scavare pozzi e gallerie per estrarre argento, rame, ferro, piombo, vetriolo e zolfo in tutta la giurisdizione di Siena, eccetto il contado di Massa Marittima; in tutte le concessioni, tra le località citate si trovava Rocca Tederighi (Boisseuil, 2014).

### *La proposta di Luigi Porte del 1833*

Luigi Porte fu un imprenditore francese molto attivo in Toscana, sua terra di elezione. Egli fu ideatore e infaticabile realizzatore di numerose imprese ed affari in diversi settori, tra cui la gestione dell'allumiera di Montioni in società con Le Blanc e Kleiber. Sempre con questi due capitalisti nel 1827 iniziò i lavori nelle miniere di rame a Montecastelli e Montecatini in Val di Cecina (Leoni, 1843). Nel 1832 Porte riadattò una antica fonderia di ferro all'Accesa, poco distante da Massa Marittima, come stabilimento per il trattamento meccanico e metallurgico del rame di Montecatini, dotandola di un edificio per la macinazione e lavatura del minerale e di tre forni a manica e due bacini di raffinazione (Salvagnoli, 1846). Luigi Porte non credeva che le miniere toscane fossero completamente esaurite, si era invece convinto che l'esaurimento fosse solo relativo alla difficoltà di estrazione dovuta alla profondità a cui erano giunti i lavori, che le conoscenze ed i metodi antichi non erano in grado di superare (Porte, 1833). Per questo pensava che le miniere a maggiori profondità potevano considerarsi vergini, e che con le tecniche moderne (esplosivi e macchine a vapore) si poteva facilmente estrarre l'acqua e sgombrare lo sterile. I documenti storici e l'abbondanza delle loppe (scorie di fusione) in vicinanza

delle antiche miniere ne testimoniavano la ricchezza e l'attività per lunghi periodi. Quindi Porte proponeva una nuova associazione di persone per avviare la riattivazione della miniera di argento di Montieri, di quella di rame a Rocca Tederighi e di quelle di rame e piombo a Massa Marittima. In seguito ai primi lavori avviati a Rocca Tederighi, affermava che la formazione geologica della miniera era la stessa di quella di Montecatini, ed uguale era il minerale che si è iniziato a trovare. Consigliava di impiegare subito la macchina a vapore per arrivare ad una discreta profondità, e solo dopo i primi profitti di pensare alla galleria di scolo; quindi di iniziare la coltivazione delle miniere di Massa solo dopo i risultati positivi di Montieri e Rocca Tederighi.

*La costituzione a Firenze della Società Porte per la riattivazione delle miniere nel 1834*

In seguito alla pubblicazione a stampa della sua proposta di riattivazione, Porte propose il progetto di una Società per la Riattivazione delle Miniere di Montieri, Rocca Tederighi e Massa Marittima. Tra i diritti di scavo della società erano compresi quelli relativi ai tenimenti di Vignori e del poggio di Tacchina (proprietà Bonelli) nel territorio di Rocca Tederighi, acquisiti l'anno precedente a Massa Marittima. Il capitale di 20.000 scudi, ristretto al massimo, doveva essere impiegato solo per dimostrare l'esistenza e l'utilità delle miniere, quindi per macchine e lavori di scavo per poco più di due anni. Circa 12.000 scudi erano necessari per le spese di scavo a Montieri e Rocca Tederighi, e 8.000 per tutte le altre spese, compresa la macchina a vapore per Rocca Tederighi. Il progetto prevedeva una gradualità di spese col progredire dei risultati, per evitare rischi eccessivi. Raggiunte le cento azioni, attraverso riunioni tra gli azionisti presso la Camera di Commercio di Firenze fu redatto il Contratto della Società in Accomandita, che prese il nome sociale di Compagnia Porte (Porte, 1834). Anche la Camera di Commercio, per interesse dell'Imperiale e Real Governo, partecipava con 15 azioni dimostrando l'approvazione e sostegno del Granduca Leopoldo II, con la seguente dichiarazione: «*Non potrà far parte della speculazione qualunque minerale di ferro fosse ritrovato nei terreni da escavarci per conto della Società*». Porte doveva prestare la sua opera per la direzione dei lavori, senza possibilità di altri impieghi, eccezione fatta per la direzione della Società d'Industria Minerale di Montecatini per conto dei soci Kleiber e Le Blanc, in cui era già impegnato. Nel contratto di 36 articoli i dettagli finanziari erano previsti con cura, compresa l'ulteriore necessità di finanziamento al termine dei due anni, la durata per diciotto anni e le norme per lo scioglimento o conferma della Società.

*Il rapporto sui lavori di ricerca e preparatori a Roccatederighi svolti nel 1834*

La relazione sui lavori eseguiti a Rocca Tederighi nel primo anno di esercizio, distingueva le due antiche miniere di rame, Cava Bonelli nel poggio di Tacchina, e Cava Vignori nel poggio di Vignori. Nella cava Bonelli si trovava una galleria orizzontale con diramazioni, un pozzo interno detto Primo e un pozzo esterno detto di Sant'Antonio. La galleria era tortuosa, ma aveva consentito di individuare due filoni, il più promettente di minerale piritoso di rame (calcopirite) con direzione E-W e l'altro con direzione N-S, ma mineralizzato solo nella parte settentrionale. Lo scavo del pozzo Primo, aperto nel sotterraneo, fu arrestato solo a 3 metri per abbondante acqua. Quindi fu aperto il pozzo Sant'Antonio 12 metri sopra la galleria di ingresso che, incontrato il filone, estraendo l'acqua con le pompe poi raggiunse i 10 metri sotto il piano della galleria. Questo pozzo consentì l'uscita dell'acqua ad un livello più basso e rese possibile lo scavo del pozzo Primo, che incontrò prima il filone sterile, poi quello E-W mineralizzato e a 7 metri attraversò una antica galleria con resti di armature malridotte. Infine Porte progettava di realizzare una galleria di scolo a circa 60 metri di distanza dal Pozzo Sant'Antonio, nel fossato presso la fonte dell'Amore per guadagnare 9 metri di profondità. Una volta raggiunta la Fonte dell'Amore la galleria di scolo, chiamata Santa Barbara, doveva proseguire fino al pozzo Primo. Nella cava Vignori si trovava il pozzo della Provvidenza, una galleria di scolo ed un pozzetto di estrazione della galleria di scolo. Nel poggio Vignori si vedevano i resti di tre antichi pozzi, con discariche che arrivavano fino al fossato. Porte notò un avvallamento vicino ai tre pozzi, in cui scavando seguì i lavori di un antico pozzo circolare, ed in fondo trovò un'antica galleria interrotta da una frana dopo 12 metri. Questo pozzo della Provvidenza aveva raggiunto 32 metri, ma fu arrestato per l'acqua perché non era ancora stato raggiunto dalla galleria di scolo. Questa fu iniziata a 82 metri di distanza dal pozzo, con il guadagno di 40 metri di profondità, ed incontrò a 7 metri dal pozzo un filone mineralizzato, chiamato Dio mercè. Il pozzetto di estrazione era necessario per evitare di intasare con i materiali il bottaccio di un mulino. In conclusione Porte sostenne la necessità di realizzare le gallerie di scolo, indispensabili per evitare le spese di estrazione dell'acqua ed i rischi di danneggiamento dei lavori minerari, e rimanda l'acquisto della macchina a vapore, indispensabile per la cava Bonelli, per la maggior spesa costituita dall'apertura della cava Vignori (Porte, 1835).

*La chiusura della società e le ulteriori ricerche di Porte (1836-1843)*

Savi scrisse: «*nel 1836 quando visitai la miniera, vi erano molto attivi i lavori, e di tale estensione e profondità, da permettere di esaminar bene una parte delle*

viscere di quel monte», e poi: «Questa miniera fu anticamente lavorata, come lo attestano lo stesso Targioni ne' suoi Viaggi, ed il Baldassarri, e come lo provano gli amassi di antichi getti, i pozzi, e le antiche gallerie che vi furono ritrovate. Essa si riaprì dalla Società d'Industria Minerale, come si è già detto, nel 1833, ed i lavori poi cessarono intieramente nel 1836, non per difetto della miniera, ma per varie vicende sofferte dalla Società stessa. In questo periodo rese tanto minerale, che fuso e ridotto in metallo fruttò la somma di Lire 14,630» (Savi, 1839). Sappiamo che Porte continuò le ricerche nel 1837-1838, prima da solo, quindi per poter proseguire l'impresa firmò il 4 novembre 1842 una convenzione con i banchieri parigini Ballon e Marque in cui, mentre cedeva la proprietà della miniera, si riservava una partecipazione agli utili, ma poi Porte morì nel 1843, e la società mandò altri a dirigere i lavori (Grotanelli, 1876).

*Lavori saltuari e passaggi di proprietà tra società minerarie francesi (1843-1872)*

Pilla scrisse: «Non ho ancora visitato la miniera di Rocca Tederighi; ma il Sig. Burat, ch'è il Direttore consulente della medesima, mi fa sapere ch'ella presenta le medesime circostanze favorevoli della miniera di Monte Catini ... I lavori che vi sono eseguiti hanno messo a scoperto diversi sistemi di filoni che s'incrociano e che racchiudono tutti del minerale. La porzione che ora se ne raccoglie è rimessa allo Stabilimento di Campiglia, dove si fonde insieme coll'altro minerale appartenente alla medesima Società» (Pilla, 1845). Infatti gli eredi di Porte vendettero i loro diritti minerari ad una società francese, diretta da Angelo Montel. «Questa società nel 1845 ne intraprese in grande la escavazione, ed intanto ha formate quattro estese gallerie; e sebbene fin qui non abbia sopravanzate le antiche, che ha sempre seguitate, pure col minerale raccolto, e che sembra quello rifiutato dagli antichi escavatori, ha quasi che compensate le spese ... Montel tiene ora (maggio 1846) in esercizio oltre cento lavoranti» (Salvagnoli, 1846). Tuttavia Burat riferiva che erano stati necessari due anni di lavori assidui e 600 metri di pozzi e gallerie per constatare i fatti preliminari che hanno risolto solo la questione geologica, ma osservava che restava ancora incerta la ricerca di grandi concentrazioni metallifere (Burat, 1846). Nel suo esame della Mineraria toscana del secolo XIX, Haupt cita la miniera tra le miniere di rame in regolare produzione «Anche di presente v'hanno in attività non poche altre miniere, di cui molte trovansi in uno stato di continua produzione. Tra queste meritano d'essere specialmente ricordate ... quelle di rame a Castellina, Cavinna, Monte Castelli, Monte Vaso, Miemo, Terriccio e Rocca Tederighi nella Maremma» (Haupt, 1847). Nel suo rapporto Corridi scriveva: «La società francese Bourbon e Comp. fabbricò presso la Madonna di Fu-

cinaja (Campiglia Marittima) i forni fusori, ove non solo si verificava la bellissima calcopirite estratta dalla miniera del Temperino, ma ancora quella proveniente dalla miniera di Rocca Tederighi, appartenente essa pure alla medesima società» (Corridi, 1851). Successivamente Simonin nel 1858 affermava che Rocca Tederighi era ancora sfruttata molto debolmente, ma avrebbe potuto rinascere e tornare alla antica grandezza. A Burat seguì come direttore delle miniere di Campiglia e Rocca Tederighi l'ingegnere Frédéric Blanchard, così qualificato nella lista dei membri della Société de l'Industrie Minérale al 30 settembre 1859. Nel 1861 sia le miniere del Campigliese che quella di Rocca Tederighi furono poste in vendita all'asta, con una inserzione sul Journal des débats politiques et littéraires (Fig. 7). De Castro scriveva che i lavori nella miniera Fossato furono ripresi nel 1862 da Chabrier e continuati fino al 1868. Perazzi nel suo lavoro sui giacimenti cupriferi citava anche i lavori svolti nella miniera di Rocca Tederighi, all'epoca estesi per una lunghezza di 800 m ed una profondità di 80 m (Perazzi, 1865). Simonin, nel suo libro su miniere e minatori, cita tra i minatori toscani Salvestroni come caporale della miniera di Roccatederighi, dotato di mente prudente e osservatore (Simonin, 1867). Simonin sottolinea che Salvestroni conosce la storia della miniera, in cui ha sempre lavorato nonostante i numerosi cambi di proprietà, per essere intelligente, riflessivo e un po' geologo. Ogni proprietario ha confermato nel lavoro il caporale, comprendendo tutti i benefici che poteva trarne e di quale aiuto siano certe esperienze e ricordi nei lavori che si svolgono nel sottosuolo.

**MINES DE CUIVRE ET DE FER**

Etude de M<sup>r</sup> RAMOND DE LA CROISSETTE, avoué à Paris, avenue Victoria, 9.

Vente en l'audience des criées, au Palais-de-Justice, à Paris, le 27 novembre 1861, à deux heures,

En trois lots :

1<sup>o</sup> D'une MINE DE CUIVRE, dite *Mine de Campiglia ou Temperino*, sise commune de Campiglia, sous-préfecture de Volterre et préfecture de Pise (Toscane).  
Mise à prix. .... 30,000 fr.

2<sup>o</sup> D'une MINE DE CUIVRE, dite *Mine de Rocca Tederighi*, située sur le territoire de Rocca Tederighi, commune de Rocca Strada, préfecture de Grosseto (Toscane), et d'une créance de 14,585 fr. environ sur les héritiers de Louis Porte.  
Mise à prix. .... 30,000 fr.

3<sup>o</sup> Et d'une MINE DE FER, dite *Mine de Monte Valerio*, située commune de Campiglia, sous-préfecture de Volterre, préfecture de Pise (Toscane).  
Mise à prix. .... 5,000 fr.

S'adresser, pour les renseignements;  
1<sup>o</sup> A M. Ramond de La Croisette, avoué à Paris, avenue Victoria, 9;  
2<sup>o</sup> A M<sup>r</sup> Devant, avoué à Paris, rue de la Monnaie, 9.

Figura 7. Journal des débats politiques et littéraires, 18 novembre 1861.

*La Società Anonima delle Miniere di Poggio Alto e la ripresa delle attività (1872-1886)*

La Società Anonima delle Miniere di Poggio Alto fu costituita a Firenze il 6 febbraio 1872, con un consiglio di amministrazione formato dal presidente De Larderel, De Tschudy, Forini, Pitiot ed altri. Nel rapporto del primo esercizio 1872-73 si specificava che il capitale sociale era formato da 1200 azioni di 500 lire, di cui 540 erano state consegnate all'ingegnere Francesco Pitiot come pagamento delle sue concessioni sulla miniera (Società Poggio Alto, 1873). Quindi venivano dettagliate le spese di impianto, di esercizio e di amministrazione. La giustificazione delle spese per i lavori alla miniera di Roccatederighi era distinta in due partite, forniture e lavori murati e di escavazione, a loro volta suddivise in categorie. Nell'allegato n° 2, che riguardava le spese di coltivazione, erano riportate le cifre impiegate per i lavori di superficie e sotterranei indispensabili per l'impianto della miniera, che erano poi descritte nel rapporto del direttore tecnico Cocchi, coadiuvato da Pitiot come ispettore. In questa sede emergeva che il pozzo Gastone (ellittico, di  $3 \times 2,20$  m) aveva raggiunto gli 80 m, e che erano stati scavati buona parte dei 322 m previsti per le discenderie Emilia e Samminiatella e per numerose gallerie tra cui la Marzia e la Traversa, e si dettagliavano i lavori di costruzione, allargamento e riattamento di strade e gli edifici realizzati, riedificati o restaurati. Nel rapporto del secondo esercizio 1873-74, si affermava che dopo le spese di impianto del primo esercizio e le spese straordinarie del secondo, entro altri due esercizi si sarebbe raggiunto l'attivo della miniera che avrebbe compensato i sacrifici (Società Poggio Alto, 1874). Non era stato possibile inserire nel bilancio la partita attiva *estrazione di minerale* perché il rame, estratto negli ultimi due mesi, per legge si doveva attribuire al terzo esercizio. La direzione tecnica della miniera veniva affidata all'ingegnere Augusto Schneider, per poter ripetere a Poggio Alto i risultati da lui ottenuti a Montecatini. Nella sua relazione Schneider sottolineava che aveva preso in consegna i lavori solo il 7 febbraio e che, con il limite del 31 marzo, doveva necessariamente parlare anche dei lavori svolti da altra persona nei precedenti 10 mesi. Con brevi cenni geologici sulla zona e sul giacimento, esprimeva un giudizio favorevole sul valore della miniera. Quindi esponeva lo stato in cui si trovavano i lavori, con i rischi e le necessità della miniera. Rilevava le minacce di franamento del pozzo Gastone, osservava che per i problemi esistenti sarebbe stato meglio fare un pozzo al posto della discenderia Emilia e che nella galleria Marzia esisteva l'opportunità di fare traverse. Specificava che, essendo subentrato a lavori già iniziati, era stato inevitabile continuare nello stesso senso opere che forse avrebbero potuto avere un diverso punto di partenza. Per

ragioni economiche aveva seguito il sistema di utilizzare per quanto possibile i lavori già in corso, cercando di concluderli nel più breve tempo possibile. Per il pozzo Gastone, dotato di macchina a cavalli o maneggio, per l'incertezza del risultato finale sospendeva le riparazioni, mentre per la discenderia Emilia realizzava le opere di ristrutturazione necessarie anche per sfruttare al meglio la forza della locomobile (trattore a vapore) per l'estrazione dell'acqua. Esponeva quindi i progetti di diramazioni dalle gallerie Marzia e Samminiatelli e di una galleria di scolo di 80 m dalla discenderia Emilia al confine tra Poggio Alto e la concessione della Società Chabrier, che avrebbe facilitato anche il lavoro di pompaggio svolto dalla locomobile. Concludeva non nascondendo le preoccupanti difficoltà esistenti per i lavori della miniera e che, pur mantenendo la riserva necessaria per i lavori sotterranei, Poggio Alto presentava tutti le caratteristiche per una sicura remunerazione dei sacrifici affrontati. Grottanelli scriveva che Augusto Schneider era morto il 21 giugno 1874, e che dopo pochi mesi moriva anche il figlio Aroldo Schneider che era succeduto al padre nella direzione della miniera di Poggio Alto. Le difficoltà di sfruttamento ed in particolare l'abbondanza di acque sotterranee che aveva provocato l'arresto dei lavori, sono state evidenziate nel rapporto dei redattori degli annali del genio civile francese (Les Rédacteurs, 1878). Nello stesso rapporto si riferiva che, con la riunione avvenuta nel 1876 delle due miniere di Poggio Alto e Fossato, si era potuto facilitare l'estrazione delle acque mediante una unica galleria di scolo di 1200 m, che prima era stata costruita per consentire lo sfruttamento della miniera Fossato. Grazie a quest'opera si erano potuti creare 4 livelli di lavoro fino a 160 m di profondità, ma si osservava che la miniera era ancora nel periodo di sviluppo e non produceva più di 400-500 tonnellate di minerale per anno. Questo minerale veniva selezionato e classificato in 3 categorie all'uscita del pozzo: calcopirite, erubescite e terra cuprifera, e quest'ultima era sottoposta con i residui ad una preparazione meccanica speciale. Parodi nella sua relazione presentata all'esposizione di Parigi, allegata ad un piano generale dei lavori (Fig. 8) descriveva la posizione e la costituzione geologica delle miniere di rame di Roccatederighi (Parodi, 1878). Seguivano le caratteristiche del giacimento, tra cui evidenziava le irregolarità presenti nella vena e nelle concentrazioni di minerale che si presentava a luoghi molto ricchi, con disseminazioni troppo povere o con zone del tutto sterili. Riportava numerose opinioni di geologi e ingegneri (Savi, Burat, Haupt, Cocchi, Marchal, Fabri, Fuchs) che si esprimevano positivamente sulle potenzialità della miniera. Quindi descriveva i lavori interni, che con l'acquisizione della miniera di Fossato avevano consentito di terminare la



Figura 8. Piano generale dei lavori della miniera di Poggio Alto (da Parodi, 1878).

galleria di scolo nel 1877, e realizzare il collegamento tra le due miniere con la suddivisione nei quattro livelli a crescente profondità: Marzia, Luisa, Bianca e Felice. Osservava comunque che se i lavori avevano già raggiunto un grande sviluppo in direzione, erano ancora da svilupparsi in profondità e a nord del pozzo Gastone. Circa la preparazione e concentrazione dei minerali, la calcopirite e l'erubescite erano trattati con la cernita al martello, mentre i residui e le terre ramifere venivano inviati alla concentrazione tramite cilindri macinatori (*cylindres broyeur*), tamburi (*trommes*), crivelli (*cribles*) e tavole a scosse. Dopo svolgeva le considerazioni sui tenori di rame dei minerali, e sui trasporti dalla stazione ferroviaria di Roccastrada al porto di Livorno per l'imbarco e la vendita in Inghilterra. Concludeva che nonostante i lavori fossero incompleti, si aveva già la produzione giornaliera di una tonnellata di minerale, e che tra il 1876 ed il 1877 la produzione era raddoppiata e si poteva contare su un lungo e prospero avvenire. Nel 1882 il *Monitore Industriale Italiano* elencava oltre a 5 cantieri 3 pozzi principali d'estrazione murati: S. Angelo, Deodato e Gastone oltre alla discenderia Emilia; indicava inoltre che sotto la direzione tecnica

di Lorenzo Parodi si producevano annualmente 470 tonnellate di minerale col tenore medio del 18%, venduto in Inghilterra (Baccini, 1882). Concludendo segnalava le difficoltà intervenute alla Società per il ribasso fortissimo del prezzo del rame, unito ai limitati capitali disponibili. Infatti lo stesso anno nelle inserzioni della *Gazzetta Ufficiale del Regno d'Italia* veniva pubblicato l'annuncio di una adunanza generale straordinaria degli azionisti per deliberare sulla proposta di scioglimento e liquidazione della Società Anonima delle Miniere di Poggio Alto e nomina dei liquidatori (G.U., 1882). Nel 1884 in base ad una convenzione fra la Società di Poggio Alto e la Società Anonima Italiana di Miniere di Rame e di Elettrometallurgia di Genova la miniera fu riaperta, ma senza alcuna produzione. Probabilmente la società esistette fino al 1885, anno in cui la *Rivista del Servizio Minerario* scriveva: «*Cessarono affatto i lavori nella miniera di Rocca Tederighi. Le esplorazioni ivi eseguite dalla Società Elettro-Metallurgica, di accordo coi proprietari della miniera non ebbero l'esito che la Società si riprometteva*». Questo fu l'ultimo tentativo compiuto nel XIX secolo prima dell'abbandono della miniera nel 1886.

*Gli studi sulla miniera durante il periodo di abbandono dei lavori (1886-1940)*

Nella relazione di De Castro si trova la notizia di un breve periodo di lavoro di circa 6 mesi nel 1913 a cura del Conte della Rosée che aveva fatto regolare contratto col Marchese Fossi, allora proprietario della miniera. Nel 1920 Lotti, pur riconoscendo l'irregolarità nella distribuzione del minerale e mancanza di criteri oggettivi per dedurne la ricchezza, osservava la presenza di notevoli indicazioni positive collegate allo sviluppo della mineralizzazione e alle favorevoli condizioni tettoniche e topografiche nel giacimento di Roccatederighi (Lotti, 1920). Ricordava la favorevole impressione riportata nella sua visita del 1876 che era impossibile ripetere perché i lavori minerari ormai abbandonati da anni, erano in parte franati ed in parte allagati. Al termine di un esame della storia della miniera, esprimeva il parere che fosse consigliabile la ripresa dei lavori per la vastità e relativa regolarità del giacimento e, basandosi sull'esempio di Montecatini, concludeva che l'esperimento di Roccatederighi era stato troppo breve per ritenersi decisivo. De Castro

distingueva la miniera Fossato, riaperta da Porte e con le tracce dei lavori antichi, da quella di Poggio Alto, più recente, in cui era stata incorporata (De Castro, 1921). Esaminava le condizioni geologiche, descrivendo il giacimento come costituito da solfuri di rame in noduli e vene entro la steatite serpentinoso, tra gabbri a tetto e serpentina a letto. Rilevava le irregolarità e le discontinuità della mineralizzazione e la distribuzione non uniforme del minerale, con zone ricche separate da tratti sterili. Esaminando il piano dei lavori interni concludeva che non esistevano veri filoni ma semplicemente zone in cui il minerale si trovava concentrato in masse o colonne mineralizzate che dall'affioramento scendevano in profondità. I lavori sotterranei erano sviluppati in quattro livelli: Marzia (-80), Luisa (-110), Bianca (-130) e Felice (-160). I livelli erano collegati da pozzi e discenderie, con un totale di 4900 m di gallerie fra livelli principali e intermedi e più di 700 m fra pozzi esterni, interni, discenderie e fornelli (Fig. 9). Seguiva la descrizione dello stato e dei lavori svolti in ogni livello e del lavoro di ricerca svolto nel 1877 a nord di Poggio Alto nel versante della Farma, per esaminare la probabile continuazione



Figura 9. Piano e Sezione della miniera di Roccatederighi (da De Castro, 1921).



del giacimento. Rilevava che non si avevano dati attendibili circa la produzione della miniera, che riteneva di circa 350 tonnellate all'anno, comunque con elevatissimi tenori di rame. Considerava i lavori nella miniera come superficiali, svolti al solo scopo di ricavare la maggior quantità possibile di minerale ricco ad alto tenore, trascurando razionali lavori di ricerca soprattutto nei gabbri. Proponeva di prosciugare con pompe il livello Felice, allagato dal 1886, per sfruttare il minerale che doveva trovarsi più in profondità, di prolungare le gallerie per coltivare la zona vergine a nord del pozzo Gastone e di esplorare i gabbri a levante del giacimento. Non potendo contare solo sui minerali ad alto tenore, per aumentare la produzione proponeva di utilizzare anche i minerali poveri ancora presenti nei lavori antichi, nelle ripiene e nelle zone a minerale diffuso. Valutando la possibilità di arricchire i minerali poveri in una laveria con apparecchi moderni, calcolava di ottenere un margine di guadagno sufficiente. Infine concludeva: «*Quindi la miniera di Roccatederighi presenta, tra le miniere congeneri della Toscana, una grande probabilità di riuscita per una economica e remunerativa lavorazione*». Gerbella segnala che un modesto tentativo di ripresa dei lavori nel 1922 fu presto abbandonato. Nella sua relazione al Ministro dell'Economia Nazionale, Cortese classificò in quattro categorie tutti i giacimenti di minerali di rame esistenti in Italia, sia vergini o inattivi in cui fossero state aperte miniere o ricerche in passato (Cortese, 1927a). La prima categoria comprendeva i giacimenti importanti in cui era consigliabile l'immediata riapertura, la seconda i giacimenti promettenti in cui erano consigliabili lavori di ricerca, la terza quelli da non prendere in considerazione ed infine la quarta i giacimenti di rame grigio. Roccatederighi fu classificata nella seconda categoria, tra i giacimenti cupriferi da prendere in considerazione, come miniera abbandonata 50 anni prima per la grande quantità di acque sotterranee. Cortese in un rapporto interno della società Montecatini relativo ai giacimenti cupriferi toscani, esprimeva i motivi del cattivo esito di Roccatederighi (Cortese, 1927b). Secondo la sua opinione i lavori erano stati aperti senza prima riconoscere l'andamento e l'ubicazione delle impregnazioni di rame, svolti troppo in alto rispetto ai filoni e ostacolati dalla grande quantità di acque interne provenienti dai gabbri. L'ingegnere minerario Luigi Gerbella, autore del famoso trattato di arte mineraria, esaminando le possibilità dei giacimenti di rame in Italia rilevava che era impossibile valutare i quantitativi accertati di minerale cuprifero in base ai quali svolgere programmi estrattivi ed ubicare impianti di arricchimento e metallurgici. Tra i giacimenti toscani citava come ex-miniera Roccatederighi che, non estraendo il minerale povero, in attività aveva prodotto giornalmente poco più di una tonnellata di minerale al 30% in rame (Gerbella, 1940).

#### *L'ultimo periodo di lavori minerari 1942-1945*

Esisteva un precedente permesso di ricerca per Roccatederighi, che fu lasciato decadere nel 1940 dopo una trivellazione che diede risultati piuttosto scarsi; nell'aprile 1941 l'Ing. Pietro Monaci di Siena ottenne un nuovo permesso di ricerca (Muscagli, 1941), ma nel gennaio 1942 la miniera era ancora abbandonata e non accessibile. Nel giugno 1943 in una nota riassuntiva sullo stato della miniera Monaci scrive «*ho acquisito la convinzione della convenienza non solo, ma dico addirittura della imperiosa necessità dal punto di vista nazionale nelle attuali contingenze, di riattivare al più presto questa miniera ...*» (Monaci, 1943). Nello stesso rapporto comunica che già da un anno si lavorava al restauro della galleria principale di scolo "Bianca" e dei pozzi S. Angelo e Deodato, e che si era costruita una cabina di trasformazione elettrica ed una linea ad alta tensione ed acquistato un argano elettrico per pozzo ed un elettro-pompa centrifuga per l'eduzione delle acque. Conclude con un elenco di opere e macchinari efficienti della miniera di Roccatederighi, per un valore di 3 milioni di lire, notando tuttavia che ancora necessitava un capitale di 2 milioni di lire per completare il ripristino e lo sviluppo della miniera. Nella relazione del 1944 si affermava che il permesso di ricerca era già stato rinnovato per altri due anni (fino al 1945) e, rinnovando le ottimistiche valutazioni circa la quantità ed i tenori del minerale cuprifero "accertato", si richiedeva la concessione mineraria per una durata di 50 anni (Monaci, 1944). Nel febbraio 1945 viene delimitata l'area della concessione mineraria per minerali di rame con un verbale del Distretto Minerario di Grosseto, nel quale è scritto che il Monaci si proponeva di arricchire il minerale per la produzione di solfato di rame. Nel 1950 viene accolta l'istanza di rinuncia alla concessione mineraria degli eredi dell'ing. Monaci, morto nel 1946; nel documento si legge che «*Gli ultimi lavori eseguiti risalgono al 1945; dopo tale anno il sotterraneo è stato abbandonato ed attualmente esso è invaso dalle acque e presumibilmente franato in diversi tratti di gallerie*». Inoltre si affermava che, a parte il riattamento di alcune gallerie e la coltivazione di alcune zone più ricche di calcopirite, la maggiore attività del concessionario era stata quella di ritrattare le antiche discariche per produrre solfato di rame per uso agricolo, ormai non più conveniente per la ripresa delle importazioni di rame (Carlino, 1950).

#### *Ricerche minerarie di rame nelle ofioliti 1970-1990*

Durante gli anni '70 del secolo scorso la società italiana Montecatini-Edison svolse attività di ricerca mineraria finalizzata all'individuazione di nuove mineralizzazioni cuprifere legate alle ofioliti dell'Appennino settentrionale con numerosi studi, compendati nel lavoro di Arisi Rota (Arisi Rota *et al.*, 1971). Dopo la

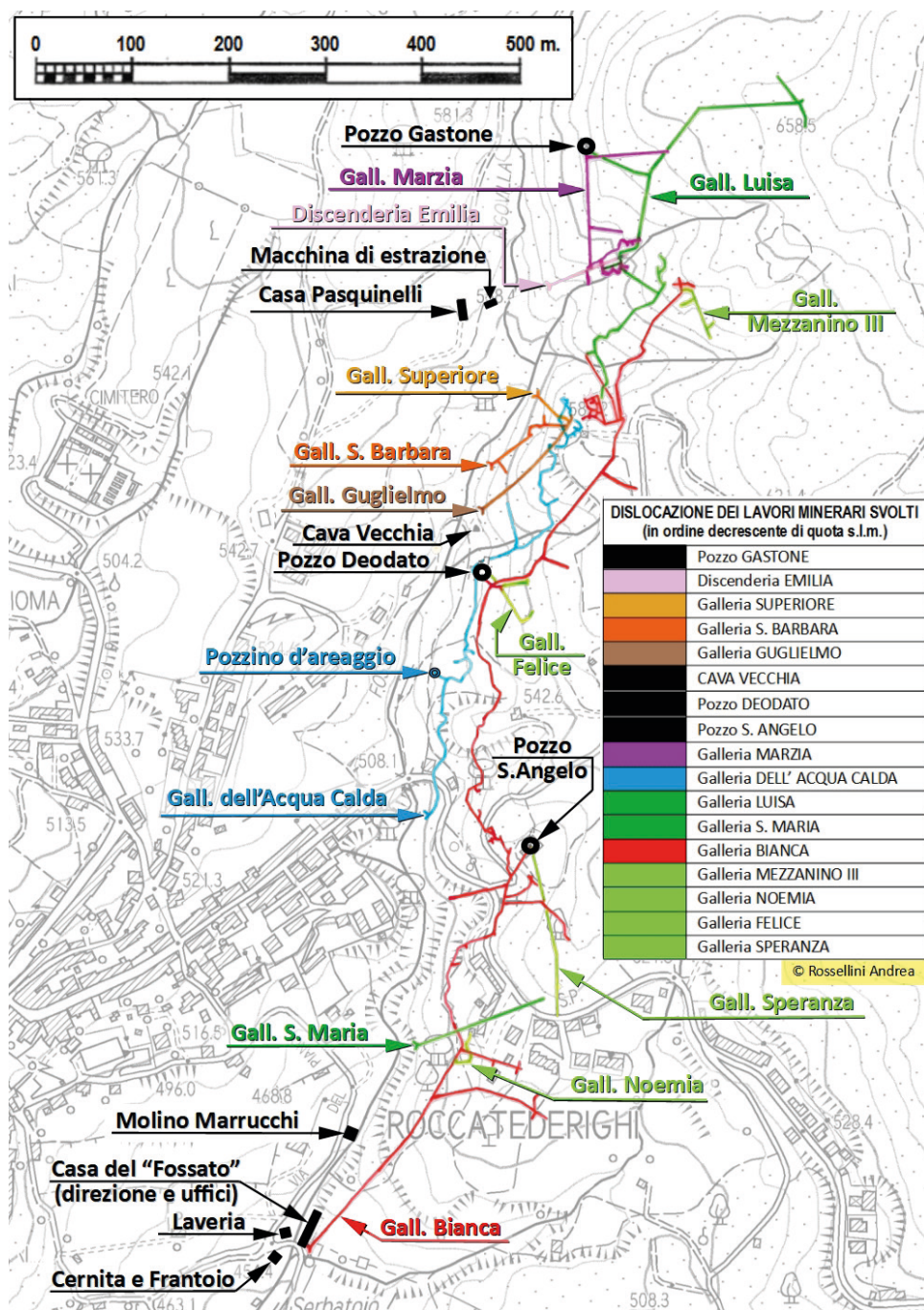


Figura 10. Mappa topografica dei Lavori ed Edifici minerari (Andrea Rossellini, 2023).

cessione di tutto il settore minerario da parte della Montecatini-Edison all'EGAM, la Società RIMIN continuò l'attività di ricerca sui giacimenti di rame, realizzando un quadro sinottico delle mineralizzazioni cuprifere nelle ofioliti (Ardigò, 1975). In seguito alla Legge 6.10.1982, n. 752 – norme per l'attuazione della politica mineraria – l'ENI, del quale la Società RIMIN era entrata a far parte, con la stipulazione di una convenzione tra il Ministero di Agricoltura, In-

dustria e Commercio avviò un programma per valutare le risorse minerarie cupro-nichelifere nelle regioni Liguria, Emilia-Romagna e Toscana (Rimin, 1990). Purtroppo in questo lavoro, che rappresentava la più imponente ricerca geogiacimentologica mai condotta sulle ofioliti appenniniche, la zona di Roccatederighi, non essendo ritenuta tra quelle più interessanti dal punto di vista minerario, fu oggetto solo di limitate indagini esplorative.

## I RESTI DEGLI EDIFICI MINERARI

Abbiamo effettuato un sopralluogo insieme alla Associazione Mineralogica Fiorentina per verificare quanto ancora oggi è rimasto visibile della miniera. La ricognizione si è svolta seguendo il piano dei lavori storici della miniera, realizzato sulla mappa topografica della zona da Andrea Rossellini (Fig. 10). Procedendo dalle quote superiori, si individuano gli scarsi resti del pozzo Gastone, e la Casa Pasquinel- li (ora abitata) che probabilmente era stata la prima sede di uffici minerari della Poggio Alto. Più in basso è visibile l'ingresso della galleria Guglielmo, internamente armata in muratura (Fig. 11) e soprattutto gli imponenti resti delle mura del pozzo Deodato oggi purtroppo coperti dalla vegetazione. L'edificio del pozzo S. Angelo oggi è ancora esistente, anche se è stato modificato e riutilizzato per altri scopi. Infine, al termine inferiore della miniera, è ancora ben conservata la sede della direzione della miniera unificata, la cosiddetta "Casa del Fossato" riconoscibile anche nell'unica foto storica disponibile, che probabilmente la raffigura negli anni '70 del XIX secolo (Fig. 12). Sotto la casa è visibile l'uscita della galleria Bianca,

di carreggio e di scolo delle acque della miniera; Nei pressi si trovano i ruderi dei due edifici Cernita-Fran- toio e Laveria. In molti punti si trovano le antiche di- scariche minerarie eredità dell'attività di estrazione, ma oggi riconoscibili solo morfologicamente perché ormai coperte da terreno e vegetazione.

## CONCLUSIONI

L'attività di estrazione a Roccatederighi, forse iniziata nell'età del rame, probabilmente continuata in epoca etrusca e con lunghe pause ed alterne fortune in epoca medievale, fu infine ripresa nel XIX secolo e giunse a conclusione nella prima metà del XX secolo. È comprensibile che la precisa sequenza storica dei lavori di una miniera minore sia piuttosto complessa e difficile da stabilire, a causa dell'avvicinarsi di varie piccole società e di numerosi direttori di miniera. È più saggio confessare che relativamente ad alcuni periodi tormentati mancano notizie precise, o quanto meno restano molte incertezze, anche se in molti casi è stato possibile utilizzare dati certi e verificati, ricostruendo sufficientemente la lunga storia della miniera di Roccatederighi. Questa è stata una miniera difficile, perché non si trattava di una ordinaria mineralizzazione filoniana di solfuri idrotermali, ma di una mineralizzazione dispersa in piccole vene e disseminata in filoni steatitici, solo in parte riconcentrata in grandi noduli dalle acque circolanti, generando depositi colonnari di sostituzione. Inoltre gli ingegneri minerari hanno sempre dovuto affrontare il problema della grande quantità di acque sotterranee che hanno limitato la profondità dei lavori ai livelli più superficiali. Forse si sarebbe dovuto scendere più in profondità come a Montecatini, ma non è detto che poi si sarebbero trovati grandi concentrazioni di minerale utile. In ogni caso, anche se l'Italia non è mai stata una grande produttrice di rame, che ha sempre importato, la miniera di Roccatederighi è sempre stata considerata importante, anche per le notevoli somiglianze geologiche con la miniera di Montecatini Val di Cecina.

## RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per la insostituibile collaborazione Andrea Rossellini e Fabio Senesi dell'Associazione Mineralogica Fiorentina, Gilberto Galloni della Pro Loco Roccatederighi, ed inoltre Marco Pantaloni, il personale della biblioteca ISPRA e Silke Frank komm. Bibliotheksleiterin, Technical University Clausthal per l'aiuto nelle ricerche iconografiche e bibliografiche.



Figura 11. Ingresso in muratura della galleria Guglielmo (foto dell'autore).

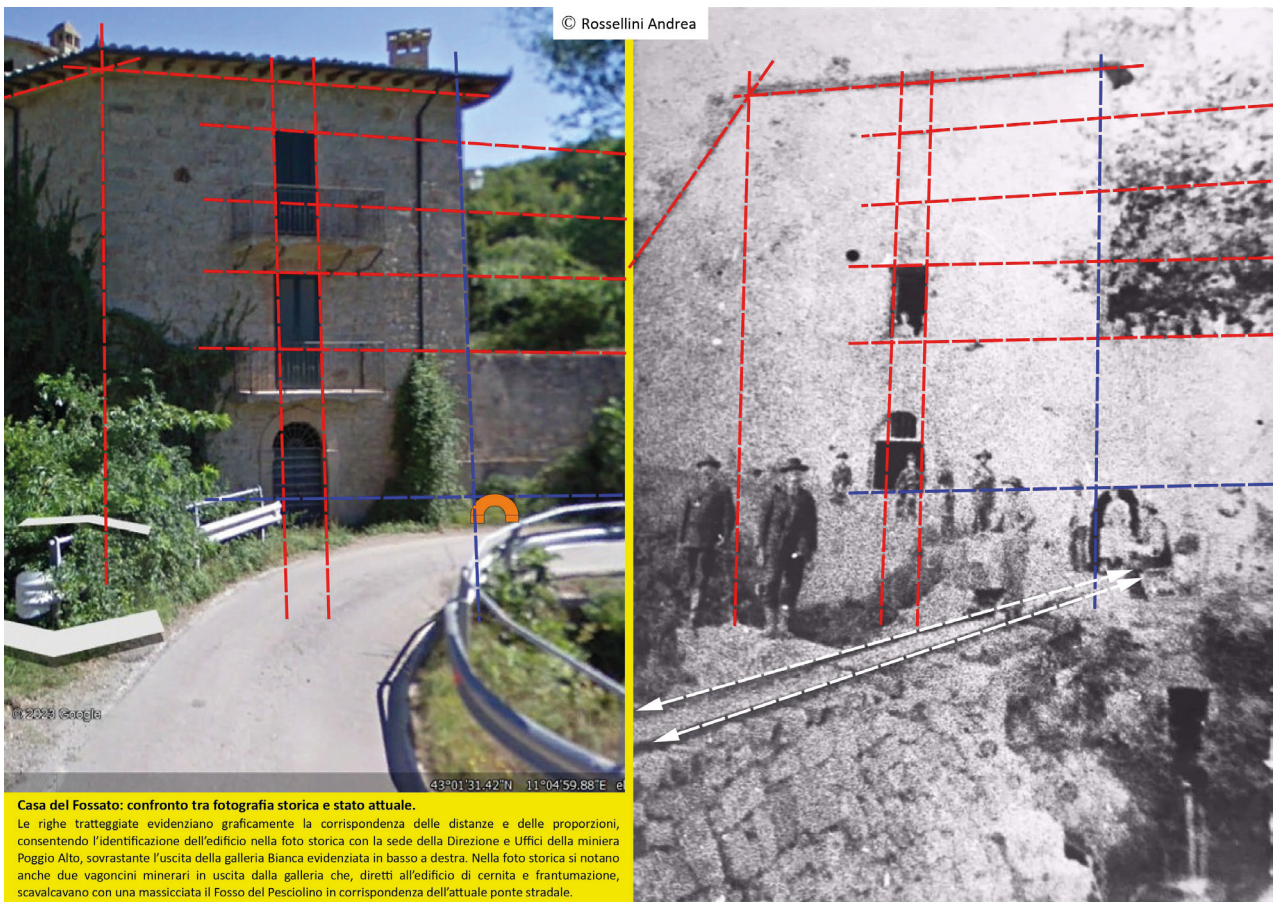


Figura 12. Casa del Fossato: confronto grafico con foto storica (Andrea Rossellini, 2023).

## BIBLIOGRAFIA

- ABBATE E., BORTOLOTTI V., PASSERINI P., 1970. *Olistostromes and Olistoliths*. In: Sestini G. (ed.), *Developments of the Northern Apennines Geosyncline. Sedimentary Geology*, 4: 521-557.
- ARDIGÒ G., 1975. Presentazione di un quadro sinottico delle mineralizzazioni cuprifere nelle ofioliti. *Rapporto Interno RIMIN*, Scarlino, 6 pp.
- ARISI ROTA F., VIGHI L., 1971. Le manifestazioni cuprifere nelle rocce verdi della Toscana Meridionale. *Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia*, fascicolo speciale "La Toscana Meridionale", 27: 361-370. Società Italiana di Mineralogia e Petrologia, Milano.
- ARTIOLI G., ANGELINI I., KAUFMANN G., CANOVARO C., DAL SASSO G., VILLA I.M., 2017. Long-distance connections in the Copper Age: New evidence from the Alpine Ice-man's copper axe. – *PLOS ONE* 12(7): e0179263. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179263> PMID:28678801
- BACCINI G., 1882. Le miniere di rame di Poggio Alto (Provincia di Grosseto). *Monitore Industriale Italiano* Anno 7, 24: 1-2, 26: 1, 28: 1-2, 31: 1-2, 32: 2-3.
- BALDASSARRI G., 1763. Saggio di osservazioni intorno ad alcuni prodotti naturali fatte a Prata, ed altri luoghi della Maremma di Siena. *Atti dell'Accademia delle Scienze di Siena detta de' Fisocritici* Tomo 2: 1-43, Appresso il Bonetti nella Stamperia del Pubblico, Siena.
- BERNOULLI D., MANATSCHAL G., DESMURS L., MÜNTENER O., 2003. Where did Gustav Steinmann see the trinity? Back to the roots of an Alpine ophiolite concept. *Geological Society of America*, Special Paper, 373: 93-110.
- BOISSEUIL D., 2014. *Regestes des concessions minières du territoire siennois au XVe siècle*. In: "Honos Alit Artes". Studi per il settantesimo compleanno di Mario Ascheri. Gli universi particolari. Città e territori dal medioevo all'età moderna, a cura di P. Maffei e G.M. Varanini. *Reti Medievali E-Book*, 19(2): 161-170. Firenze University Press, Firenze.
- BONATTI E., 1978. The Origin of Metal deposits in the Oceanic Lithosphere. *Scientific American* 239(2): 54-61.
- BRIGO L., DAL PIAZ G. V., FERRARIO A., 1976. Le mineralizzazioni cuprifere legate ai termini effusivi di alcuni complessi ofiolitici nell'area mediterranea. *Bollettino della Associazione Mineraria Subalpina* 13(3): 352-371.
- BRONGNIART A., 1813. Essai de Classification minéralogique des roches mélanges. *Journal des Mines* 34: 190-199.
- BRONGNIART A., 1821. Sur le gisement ou position relative des Ophiolites, Euphotides, Jaspes, etc., dans quelques parties des Apennins. *Annales des Mines* 6: 177-238.

- BRONGNIART A., 1827. *Classification et Caractère Minéralogique des roches homogènes et heterogènes*. F.G. Levrault, Paris, 144 pp.
- BURAT A., 1845. *Études sur les mines. Théorie des gîtes métallifères appuyée sur la description des principaux types du Harz, de la Saxe, des Provinces Rhénanes, de la Toscane, etc.* Langlois et Leclercq, Paris, 355 pp.
- BURAT A., 1846. *Études sur les mines (Supplément). Description de quelques gîtes métallifères de l'Algérie, de l'Andalousie (Espagne), du Taunus et du Westerwald (Prusse) et de la Toscane*. Langlois et Leclercq, Paris, 163 pp.
- CAILLAUX A., 1857-1858. *Études sur les mines de la Toscane. Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale* 3: 216-247.
- CAMPANA N., MAGGI R., PEARCE M., 2011. *Le miniere di rame di Libiola e di Monte Loreto (Genova-Italia)*. In: Nicolis F. (ed.), *Bell Beakers Today*, Riva del Garda, 11-16 May 1998: 633-635. Ufficio Beni Archeologici, Trento.
- CARLINO M., 1950. *Rapporto sulla visita eseguita alla miniera di rame e ferro "Roccatederighi" esercita dal signor Pietro Monaci in territorio di Roccastrada (Grosseto) il 30 gennaio 1950 per sopralluogo a seguito di istanza di rinuncia*. Rapporto interno Distretto Minerario di Grosseto, 4 pp.
- COCCHI I., 1856. Description des roches ignées et sédimentaires de la Toscane, suivie d'un catalogue détaillé de ces roches dans leur ordre de succession géologique. *Bulletin de la Société Géologique de France* 2<sup>e</sup> Serie, 13: 226-301.
- CORRIDI F., 1851. Rapporto generale della pubblica esposizione dei prodotti naturali e industriali della Toscana fatta in Firenze nel novembre 1851 nell'I. e R. Palazzo della Crocetta. Tipografia della Casa di Correzione, Firenze, 538 pp.
- CORTESE E., 1927a. Giacimenti cupriferi italiani, *Nuovi Annali dell'Agricoltura* 7: 471-498.
- CORTESE E., 1927b. *Giacimenti cupriferi in Italia. Circuito esterno della Toscana, Rapporto Interno Montecatini*. Società Generale per l'Industria Mineraria e Chimica., Milano, 24 pp.
- DECANDIA F.A., ELTER P., 1969. Riflessioni sul problema delle ofioliti nell'Appennino Settentrionale (nota preliminare). *Atti Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie, Serie A* 75: 1-9.
- DE CASTRO C., 1921. *Note sulla miniera di rame di Roccatederighi, Rapporto interno Montecatini*. Società Generale per l'Industria Mineraria e Chimica, Milano, 30 pp.
- DELKESKAMP R., 1907. Das Kupfererzvorkommen zu Riparbella (Cecina) in der Toscana. Genesis der Kupferkieslagerstätten der eocänen basischen Eruptivgesteine der Toscana, Liguria, Emilia etc. vom Typus des Monte Catini. *Zeitschrift für praktische Geologie mit besonderer Berücksichtigung der Lagerstättenkunde, der Bergwirtschaftlehre, der Bergbaugeschichte und der Montanstatistik* 15: 393-437.
- DINI A., BOSCHI C., 2017. I giacimenti cupriferi delle ofioliti toscane. Geologia e ipotesi genetiche. *Rivista Mineralogica Italiana* 2: 84-101.
- ELTER P., 1960. I lineamenti tettonici dell'Appennino a nordovest delle Apuane. *Bollettino Società Geologica Italiana* 79: 273-312.
- ELTER P., 1975. Introduction a la géologie de l'Apennin septentrional. *Bulletin de la Société Géologique de France* 7: 956-962.
- Gazzetta Ufficiale del Regno d'Italia, n. 184, 7 agosto 1882, Tipografia Eredi Botta, Roma.
- GELATI R., PRATURLON A., ZUFFARDI P., 1986. *The Apennines: Geo-tectonic evolution and metallogeny - An overview*. In: Geotectonic Evolution and Metallogeny of the Mediterranean Area and Western Asia, Proceedings of the Final Symposium of IGCP Project 169 Leoben, October 1984: 145-165. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Springer Verlag, Wien.
- GERBELLA L., 1940. Il problema del rame in Italia. *L'Ingegnere* 15(4): 281-288.
- GIULI G., 1834. Granducato di Toscana. *Biblioteca Italiana* Tomo 73, 19: 350-352.
- GIULI G., 1843. *Saggio statistico di mineralogica utile della Toscana per servire ai possidenti, ai medici, agli artisti e manifattori, ed ai commercianti*. Pei tipi di Jacopo Marsigli, Bologna, 177 pp.
- GROTTANELLI L., 1876. *La Maremma Toscana. Studi storici ed economici. II. Montepescali - Sticciano - Torriella - Sassoforte e Sassoformino - Roccatederighi - Montemassi*. Ignazio Gatti Editore-Libraio, Siena, 247 pp.
- HAUPT T., 1847. *Delle miniere e della loro industria in Toscana*. Tipografia Le Monnier, Firenze, 251 pp.
- KLEMM D.D., WAGNER J., 1982. Copper deposits in ophiolites of southern Tuscany. *Ofoliti* 7(2-3): 331-336.
- LES RÉDACTEURS DES ANNALES DU GÈNE CIVIL, 1878. *Études sur l'Exposition de 1878, Tome troisième: La Métallurgie - Les arts textiles*, Appendice. Librairie Scientifique, Industrielle et Agricole, Eugène Lacroix Imprimeur-Éditeur, Paris, 599 pp.
- LOTTI B., 1877. Descrizione geologica dei dintorni di Roccastrada nella Maremma Toscana, *Bollettino del Regio Comitato Geologico d'Italia* 8(3-4): 100-114.
- LOTTI B., 1889. La genèse des gisements cuprifères des dépôts ophiolitiques tertiaires de l'Italie. *Bulletin de la Société Belge de Géologie de Paléontologie & d'Hydrologie* Tome 3: 179-186.
- LOTTI B., 1920. Per una ripresa dei lavori del giacimento cuprifero di Roccatederighi (Grosseto). *Rassegna Mineraria, Metallurgica e Chimica* 52(5): 77-78.
- MENEGHINI G., 1860. *Della presenza del ferro oligisto nei giacimenti ofiolitici di Toscana* (estratto dal *Nuovo Cimento*, genn.-febb. 1860), Tipografia Pieraccini, Pisa, 28 pp.
- MONACI P., 1943. *Nota riassuntiva sulla miniera di rame di Roccatederighi (Grosseto). Rapporto interno Montecatini*. Società Generale per l'Industria Mineraria e Chimica, Milano, 5 pp.
- MONACI P., 1944. *Relazione sui lavori eseguiti e risultati ottenuti nel permesso di ricerca di Roccatederighi. Rapporto interno Distretto Minerario di Grosseto*. Grosseto, 6 pp.
- MURCHISON R.I., 1850. *Memoria sulla struttura geologica delle Alpi degli Apennini e dei Carpazi*, traduzione dall'inglese ed Appendice sulla Toscana dei professori P. Savi e G. Meneghini. Stamperia Granducale, Firenze, 528 pp.
- MUSCAGLI C., 1941. *Alcuni appunti sulla miniera di Roccatederighi (Comune di Roccastrada-Provincia di Grosseto). Rapporto interno Terni-Società per l'Industria e l'Elettricità*. Terni, 3 pp.
- PARODI L., CAROTTI F., 1878. *Mines de cuivre de Roccatederighi (Toscane) (Poggio-Alto et Fossato), Notices illustratives annexées au plan général des travaux, pour l'Exposition de Paris de 1878*. Établissement de Joseph Civelli, Florence, 23 pp.
- PERAZZI C., 1865. Intorno ai giacimenti cupriferi contenuti nei monti serpentinosi dell'Italia centrale. *Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino* Serie seconda, 22: 313-351.
- PILLA L., 1845. *Breve cenno sulla ricchezza minerale della Toscana*. Tipografia Rocco Vannucchi, Pisa, 226 pp.

- PORTE L., 1833. *Ragionamento intorno alla riattivazione che si propone d'intraprendere di alcune miniere in Toscana*, Edizione seconda. Dai Torchi di Luigi Perazzi, Firenze, 48 pp.
- PORTE L., 1834. *Pubblico istrumento di Società in Accomandita per la riattivazione delle miniere di Montieri, Rocca Tederighi e Massa Marittima*. Dai Torchi di Luigi Perazzi, Firenze, 43 pp.
- PORTE L., 1835. Società per la riattivazione di alcune miniere della Toscana. Rapporto annuo letto li 6 dicembre 1834 ai signori soci azionisti della Compagnia Porte, aventi voto deliberativo. *Giornale Agrario Toscano* 9: 13-38.
- RIMIN S.p.A., 1990. *Convenzione tra il Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato e l'Ente Nazionale Idrocarburi - E.N.I. "Mineralizzazioni nelle ofioliti". Relazione conclusiva sui lavori svolti. Rapporto interno Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato*. Roma, 87 pp.
- SALVAGNOLI-MARCHETTI A., 1846. *Memorie economico-statistiche sulle Maremme Toscane*. Felice Le Monnier, Firenze, 253 pp.
- SANTI G., 1806. *Viaggio terzo per le due provincie senesi*. Ranieri Prosperi Stamperia dell'Almo Studio, Pisa, 432 pp.
- SAVI P., 1838-1839. Delle masse ofiolitiche toscane, e delle miniere che in esse si trovano. *Nuovo Giornale de' Letterati* Tomo 37, 100: 47-80, 101: 126-153, Tomo 38, 103: 67-94, 104: 188-198, 105: 235-247.
- SAVI P., 1839. *Memorie per servire allo studio della costituzione fisica della Toscana*. Presso i Fratelli Nistri, Pisa, pp. 121.
- SIMONIN L., 1858. De l'exploitation des mines et de la metallurgie en Toscane pendant l'antiquite et le Moyen âge. *Annales des Mines* Série 5, 14: 557-615.
- SIMONIN L., 1867. *La vie souterraine ou les mines et les mineurs*. Librairie de L. Hachette et Cie, Paris, 604 pp.
- SOCIETÀ DELLE MINIERE DI RAME DI POGGIO ALTO PRESSO ROCCATEDERIGHI, 1873. *Adunanze Generali del 25 maggio e 10 agosto 1873*. Stabilimento Giuseppe Civelli, Firenze, 31 pp.
- SOCIETÀ DELLE MINIERE DI RAME DI POGGIO ALTO PRESSO ROCCATEDERIGHI, 1874. *Adunanza Generale Ordinaria del 31 maggio 1874*. Stabilimento Giuseppe Civelli, Firenze, 48 pp.
- SPOONER E.T.C., Fyfe W.S., 1973. Sub-sea floor metamorphism heat and mass transfer. *Contribution to Mineralogy and Petrology* 42: 287-304.
- STEINMANN, G., 1905. Geologische Beobachtungen in den Alpen, II. Die Schardsche Überfaltungstheorie und die geologische Bedeutung der Tiefseeabsätze und der ophiolitischen Massengesteine. *Berichte der Naturforschenden Geselleschaft zu Freiburg im Breisgau* V(16): 18-67.
- TARGIONI TOZZETTI G., 1770. *Miniere in vicinanza del Massese*. In: Relazioni d'alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana per osservare le produzioni naturali, e gli antichi monumenti di essa, edizione seconda, Tomo quarto: 204-206. Nella Stamperia Granducale per Gaetano Cambiagi, Firenze.
- VON RATH G., 1873. Geognostisch-mineralogische Fragmente aus Italien. 9. Aus der Umgebung von Massa Marittima. *Zeitschrift der Deutschen geologischen Geselleschaft* 2: 117-248.
- ZUFFARDI P. (ed.) (Italian W.G. for I.G.C.P. Project 169), 1986. *Geo-tectonic evolution and Metallogeny of Italy in the Tethys Realm: A Summary of Data and Hypotheses*. In: Geotectonic Evolution and Metallogeny of the Mediterranean Area and Western Asia, Proceedings of the Final Symposium of IGCP Project 169 Leoben, October 1984: 135-144., Österreichische Akademie der Wissenschaften, Springer Verlag, Wien.

(ms. pres. 13 maggio 2023; ult. bozze 15 dicembre 2023)