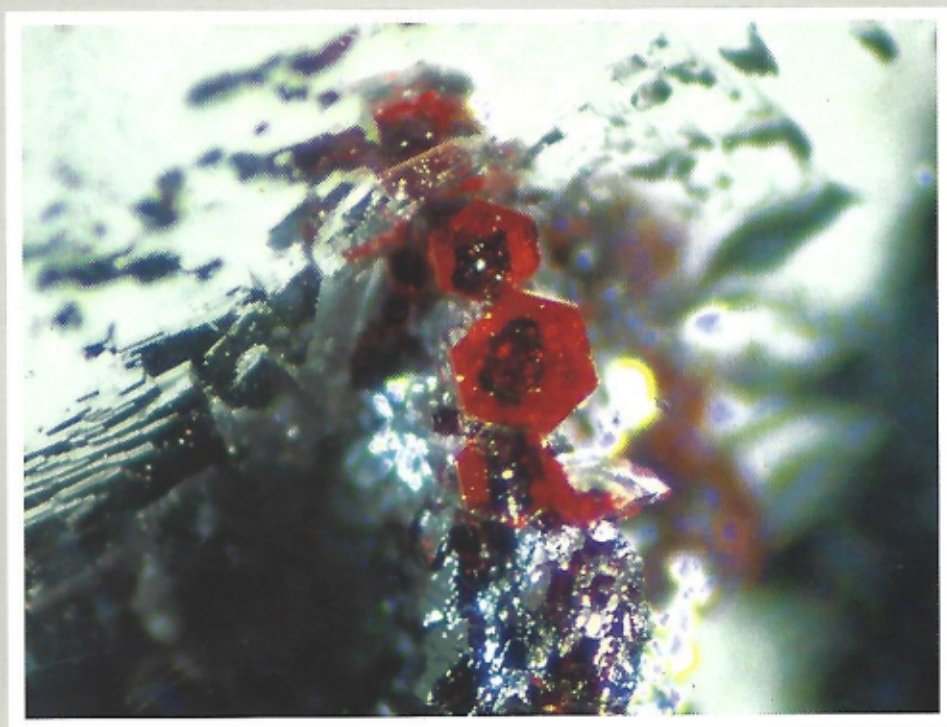




IL CERCAPIETRE

NOTIZIARIO DEL

GRUPPO MINERALOGICO ROMANO



N. 25 GENNAIO - DICEMBRE 1999

IL CERCAPIETRE

NOTIZIARIO DEL

GRUPPO MINERALOGICO ROMANO



N. 25 GENNAIO - DICEMBRE 1999

IL CERCAPIETRE

Notiziario del G.M.R.

N° 25

Edizione fuori commercio

SOMMARIO

Nuovi dati sulle metamorfiti di contatto dei monti della Tolfa (E. Tamagnini)	Pag. 3
I minerali della colata trachitica di Fosso Ricomero (E. Signoretti e E. Bellatreccia)	» 12
I minerali della miniera di S. Giovanni (Sardegna, Italia) (S. Fiori, R. Gorga, R. Pucci, M. Dessì)	» 19
I minerali delle vulcaniti del monte Amiata (A. Lucchesi)	» 26
Nuovi ritrovamenti all'isola di Santo Stefano (SS) (C. Cossu, A. Tovo)	» 30
La Cuspidina di Onano (R. Pucci)	» 37
Goethe: la natura come vestito vivente della divinità (G. Fratangeli)	» 39

Comitato di Redazione

G. CASTAGNETTA - V. NASTI - R. PUCCI

Comitato scientifico:

F. BELLATRECCIA - S. FIORI - G. FRATANGELI

Stampa:

Tipografia della Pace - Via degli Acquasparta, 25 - 00186 Roma

Foto di Copertina

Cinabro X mag. 0,4 mm; S. Giovanni - Iglesias.

Coll. e foto N. Benvegnù.

NUOVI DATI SULLE METAMORFITI DI CONTATTO DEI MONTI DELLA TOLFA

Fabio Tamagnini

Inquadramento geologico

La zona in esame è situata a sud e sud-ovest di Allumiere e copre una superficie di una decina di kmq.

La porzione periferica dell'area studiata consiste di litologie sedimentarie flyschoidi appartenenti al «complesso del palombino», di età cretacea, costituite prevalentemente da alternanze di calcari siliceo-marnosi plumbei (calcari «palombini») e di argille marnose varicolori generalmente fissili.

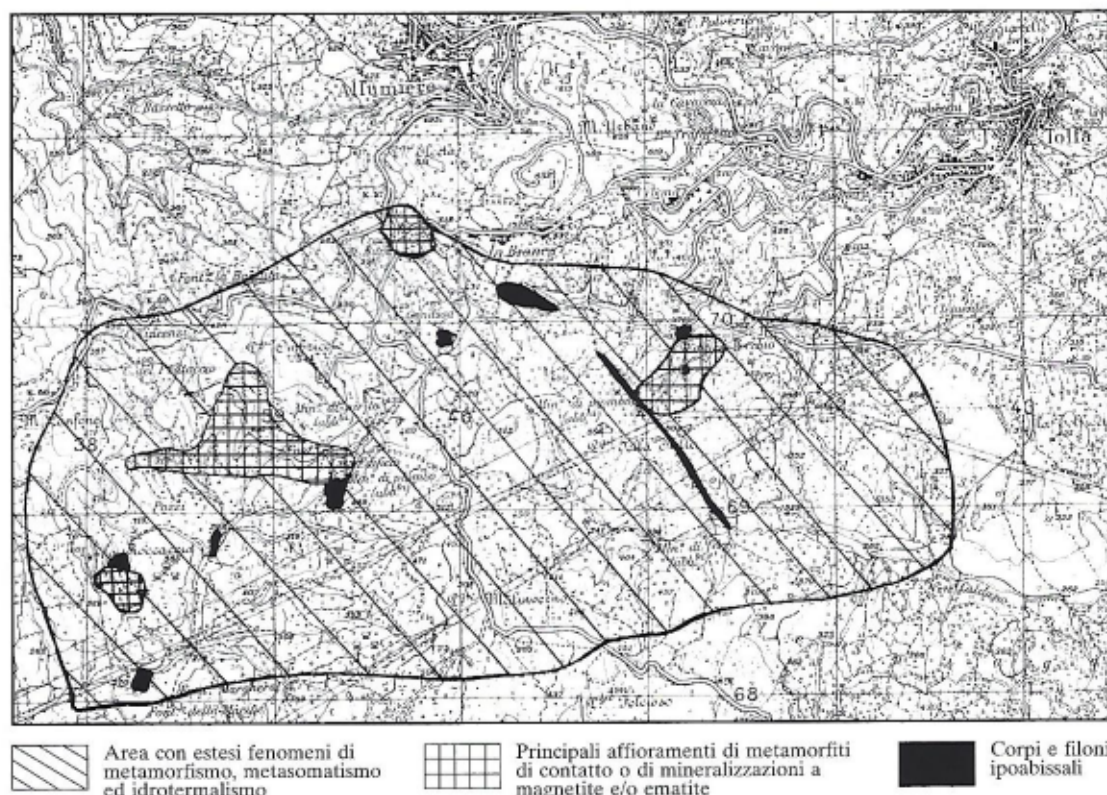
La zona più settentrionale, che è quella morfologicamente più rilevata, è costituita da vulcaniti acide (ignimbriti e lave) di composizione da riolitica a riodacitica generalmente alterate di età pliocenica superiore (Negretti et alii, 1966). De Rita et alii (1997) hanno supposto «*che le manifestazioni vulcaniche dell'area si sono messe in posto secondo modalità intrusive ed i domi possono esser considerati come domi intrusivi ... o più precisamente come criptodomi*».

Nella parte centrale sono presenti una serie di litotipi tutti riferibili, direttamente o indirettamente, a fenomeni magmatici. A testimonianza di questi ultimi esistono una serie di corpi ipoabissali alcuni dei quali identificati per la prima volta nel

corso di questo studio. Altri furono rinvenuti durante i lavori per lo sfruttamento dei giacimenti di pirite-marcasite. I corpi ipoabissali hanno giacitura filoniana o massiva, a volte non definibile a causa delle pessime condizioni di affioramento. L'aspetto macroscopico è quello di una roccia bruno-verdastra, porfirica, a grossi cristalli di sanidino. La composizione varia da quarzomonzonitica ad alcalisienitica. L'alterazione è generalmente piuttosto spinta ed a volte maschera la struttura e tessitura originale (Ferrini et alii, 1970). Datazioni K/Ar hanno fornito un'età di $3,5 \pm 0,1$ M.A. (Lombardi et alii, 1974). L'inquadramento cronologico nei confronti delle vulcaniti è impedito dal fatto che i due litotipi non vengono mai a contatto. Considerazioni magmatologiche e petrologiche hanno portato Ferrini et alii (1970) a supporre una antecedenza delle fenomenologie effusive.

In maniera discontinua ma diffusa affiorano vari tipi di metamorfiti di contatto che verranno descritti successivamente.

Il litotipo più diffuso è una facies metasomatizzata derivante dall'alterazione delle varie formazioni presenti. Le rocce interessate mostrano gradi più o meno spinti di argillificazione, più raramente di silicizzazione e sono impregnate di idrossidi di ferro. Spesso si possono riconoscere ancora i caratteri strutturali della roccia originaria. A volte plaghe di roccia inalterata sono contenute in una matrice totalmente argillificata. L'alterazione ha proceduto dal basso verso l'alto come si può notare in località Poggio della Stella, dove le pendici del rilievo sono costituite da litotipi argillificati, mentre la cima mo-



stra i caratteri del flysch di tipo «palombino» inalterato.

I calcari fanerocristallini danno luogo a corpi vagamente lentiformi (La Roccaccia-Pozzi, Fosso Caldano) o di incassamento, con morfologie simili a quelle dei domi vulcanici.

Nell'area sono presenti numerosi corpi minerari con giacitura massiva o filoniana. Sono maggiormente concentrati nella facies metasomatizzata o nei calcari fanerocristallini ma si rinvenivano anche associati alle contattiti a formare skarns o nelle parti inalterate del flysch.

Metamorfiti di contatto

Il primo ad occuparsi di tali rocce, nell'area in esame, fu il Lotti (1900) il quale, giustamente, notò che i fenomeni di alterazione non erano in relazione con le vulcaniti. Segnalò «*calcari cristallini ceroidi e saccaroidi con granato, clorite e wollastonite*» nelle località Fosso delle Carriole (ad est della località Pozzi), Edificio del Piombo ed Edificio del Ferro. In prossimità di quest'ultimo descrisse «*calcari, compresi fra scisti argillosi, ridotti in silice con produzione di vene e listerelle di epi-*

doto». Riconobbe inoltre, nelle vicinanze dell'Edificio del Piombo, «nel calcare granatifero non molto alterato, dei filoncelli di ematite compatta». Attribui le fenomenologie osservate alla presenza di una massa intrusiva granitica profonda, alla quale considerò collegate le vulcaniti tolfetane.

Successivamente, il Millosevich (1904) condusse uno studio petrografico sulle metamorfiti tolfetane. Si occupò in particolare di tre affioramenti da lui individuati. Uno di calcare cristallino granatifero in località Passo della Carriola «a grana minutamente cristallina, che mostra abbondanti punticini rossicci dovuti a cristallini di granato. ... In sezione sottile in mezzo alla abbondante calcite, caratterizzata da una distintissima geminazione polisintetica lamellare secondo (110) e che è propria, come è noto, dei calcari nettamente cristallini, si notano numerosi cristalli di granato e come accessori piuttosto scarsi epidoto, wollastonite, clorite, pirite, limonite».

Nei pressi de La Roccaccia raccolse una «roccia a granato» che si presentava «macroscopicamente con l'aspetto di un fitto intreccio di cristalli di granato di colore grigio giallastro tenuti insieme da poca quantità di calcite con accessori epidoto, wollastonite, pirite, quarzo».

Infine, nei pressi dell'edificio del Piombo, vicino al Fontanile rinvenne una roccia metamorfica a magnetite e granato con quarzo accessorio e wollastonite pseudomorfa di granato.

Gli ultimi due affioramenti non sono oggi riconoscibili.

L'autore concluse confutando l'ipotesi del Lotti che i litotipi descritti fossero dovuti ad una massa magmatica sepolta, ritenendoli strettamente dipendenti dalle manifestazioni metallogenetiche.

In tempi più recenti, Ferrini et alii (1970), in un lavoro riguardante le ipoabissaliti, si sono brevemente occupati delle metamorfiti tolfetane suggerendo una connessione più o meno diretta con il magmatismo del settore ma ritenendo meno probabile un immediato rapporto di causalità con i corpi ipoabissali attualmente a giorno. Sono state riconosciute ambientazioni relative alla transizione «*orneblenda hornfels-piroseno hornfels*» ed alla facies «*albite-epidoto hornfels*»; la presenza sporadica della wollastonite in alcune facies ha portato a ritenere probabile, nel caso in esame, il raggiungimento di temperature intorno ai 600 °C.

Un sondaggio per la ricerca di forze endogene, in località Poggio Ombricolo, attraversato il flysch, a 330 m di profondità, ha raggiunto una «formazione calcarea metamorfosata con notevoli mineralizzazioni»; quindi, da m 620 fino a m 930, ha attraversato «cornubianiti con quarzo ed albite» (Alberti et alii, 1970).

De Rita et alii (1997) hanno riferito i fenomeni metamorfici all'esistenza del «criptodomo» lavico in precedenza menzionato ed al quale gli autori hanno attribuito una continuità sotterranea, dagli affioramenti de «La Bianca» a quelli del «Monte Tolfaccia» situato circa sei km a SW dell'area rilevata.

Effettuando le proprie osservazioni nell'arco di alcuni anni, lo scrivente ha potuto approfittare di alcuni eventi (incendi che hanno eliminato la vegetazione, messa a pascolo di alcuni terreni, ceduzione di alcuni boschi), per rilevare aree solitamente inaccessibili o comunque con cattive condizioni di affioramento. Ciò ha

consentito di cartografare con una certa precisione gli affioramenti di rocce metamorfiche e di individuare elementi che erano sfuggiti negli studi precedenti.

Sono stati rinvenuti altri corpi ipoabisali con caratteristiche analoghe a quelli già conosciuti; affioramenti di facies metamorfiche prima non individuate; mineralizzazioni ad ossidi di ferro (magnetite-ematite) che vanno ad aggiungersi a quelle segnalate dagli antichi autori, purtroppo non rintracciate.

Per la classificazione delle metamorfiti incontrate in campagna si è ritenuto opportuno utilizzare la semplice nomenclatura proposta da Barberi & Innocenti (1965) nel loro studio sulle rocce cornubianitiche-calcaree dell'Isola d'Elba. Si è riservato il termine «*marmo*» alle rocce contenenti fino al 15% in peso di silicati; quello di «*cornubianiti calcitiche*» alle rocce contenenti dal 15% all'85% di silicati; infine il termine di «*cornubianiti*» a quelle rocce che ne contengono più dell'85%. A questi nomi generici si aggiunge poi, volta a volta, il nome del minerale o dei due minerali più caratteristici ed importanti, in modo da individualizzare e qualificare in modo univoco la roccia stessa. La distinzione tra i vari tipi è stata effettuata in campagna su base empirica ed è quindi esclusivamente orientativa.

L'affioramento di contattiti più esteso e continuo che è stato rilevato è quello, di forma assai irregolare, situato a SW di Poggio Ombricolo. È costituito principalmente da *cornubianiti calcitiche a granato*, *scapolite ed albite* e *cornubianiti calcitiche a scapolite-albite*. Nella parte più settentrionale si rinvencono *marmi a granato* e, in blocchi erratici, *cornubianiti a granato*,

epidoto ed albite e *cornubianiti a quarzo ed albite*. Frequentemente, associati a queste facies, sono presenti cospicue quantità di ossidi di ferro (magnetite-ematite) e di pirite, a formare dei veri e propri «*skarns*». Lungo la mulattiera che dagli impianti della miniera de «La Rocaccia» conduce alla località Pozzi, si può osservare un passaggio graduale dal flysch di tipo «Palombino» (fig. 1) alla facies metasomatizzata e, successivamente, da questa alle *cornubianiti a quarzo ed albite* (fig. 2), poi a *scapolite-albite* (fig. 3), infine a *granato-scapolite-albite* (fig. 4), fino ad incontrare i calcari fanerocristallini, il



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

contatto coi quali non è purtroppo osservabile. Lungo la carrareccia che dal Praticcio va all'Edificio del Piombo si nota una situazione analoga; manca qui, tra flysch e cornubianiti, l'interposizione della facies metasomatizzata. Il contatto tra cornubianiti e calcari fanerocristallini è generalmente netto e questi ultimi contengono a volte brandelli di metamorfiti ancora riconoscibili.

A SW de La Roccaccia, nelle vicinanze di una ipoabissalite osservabile per brevissimo tratto a causa della cattiva esposizione, affiorano, in un'area intensamente caolinizzata estesa alcune centinaia

di mq, vene e filoncelli di ematite che, superficialmente è spesso profondamente alterata in limonite.

Nei pressi dell'Edificio del Piombo si trova uno dei due affioramenti petrologicamente più interessanti della zona, rinvenuto dall'amico Dario Di Domenico al quale si devono molte delle scoperte geologiche e mineralogiche effettuate negli ultimi anni sui Monti della Tolfa. All'immediato contatto con una ipoabissalite avente una giacitura apparentemente massiva, si sviluppa una *cornubianite* con caratteristiche del tutto peculiari: è composta da *pirosseno di tipo diopsidico*, *anfibolo tremolitico*, *flogopite fluorifera*, un *Mg-Al spinello*, *clinocloro* e *poca calcite*. Nelle parti più prossime al contatto, compaiono dei cristalli con l'abito della forsterite ma che risultano composti da un'associazione flogopite-prehnite. Lo spinello, pur presente in tutto l'affioramento, tende a concentrarsi lungo le fratture della roccia. Dove non è contigua all'ipoabissalite, la *cornubianite* è sempre a contatto con il calcare fanerocristallino che probabilmente ha operato una sostituzione metasomatica su di essa, come sembrerebbe testimoniare l'esistenza di brandelli di *cornubianite* all'interno del calcare e, a maggior distanza dal contatto, esclusivamente di piccoli aggregati di spinello, indubbiamente più refrattari alla sostituzione.

A NW di questo punto, in prossimità del Fontanile, affiora, per brevissimo tratto, dal terreno vegetale, un'altra *cornubianite* caratteristica: essa è costituita pressoché esclusivamente da *wollastonite* e si presenta macroscopicamente come una roccia bianco-rosata di notevole com-

pattezza. A volte è attraversata da sottili vene di epidoto che riempiono alcune fratture. Risulta purtroppo impossibile ricostruire i rapporti con la facies metasomatizzata che si nota in alcuni punti prossimi all'affioramento.

In località Edificio del Ferro, affiora estesamente uno *skarn a granato, epidoto ed ematite con pirite e calcopirite accessorie*. Il metamorfismo sembra aver interessato soprattutto gli strati calcarei del flysch mentre quelli argillosi si presentano parzialmente indenni. Spesso i minerali costituenti si presentano in bande alternate a volte intercalate da vene di calcite. In alcuni punti il granato mostra una spinta alterazione cloritica.

Da notare infine, in località Croce di Bura, il ritrovamento di una massa di magnetite inclusa nella facies metasomatizzata. Nella zona non sono state ritrovate metamorfiti ma, nel letto della parte iniziale del sottostante Fosso di Santa Lucia, sono stati rinvenuti blocchi erratici di cornubianiti simili a quelle rinvenute in altre aree, che probabilmente testimoniano l'esistenza di affioramenti allo stato attuale non accessibili.

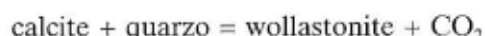
Conclusioni

Nonostante molti aspetti dell'argomento preso in esame debbano ancora essere approfonditi, i dati emersi dall'indagine di campagna e dalle analisi diffrattometriche effettuate sono di notevole importanza poiché permettono fin d'ora alcune deduzioni di carattere petrologico, magmatologico e geologico.

Le facies metamorfiche riscontrate so-

no quasi tutte inquadrabili nel basso-medio grado metamorfico (*facies ad albite-epidoto* e *facies ad orneblenda*). Fanno eccezione due affioramenti inquadrabili nella *facies a pirosseno* (alto grado metamorfico). Sono quelli situati nei pressi dell'Edificio del Piombo. La paragenesi diopside-tremolite-calcite-forsterite (punto invariante IV, Winkler, 1979) è caratteristica, per basse pressioni (< 1 kb), del medio stadio metamorfico dato che testimonia temperature comprese tra 520 °C e 550 °C. Tuttavia la sostituzione del clinocloro da parte dello spinello indica il raggiungimento dell'alto grado metamorfico con temperature di circa 600 °C (Winkler, 1979). Tale anomalia è spiegabile supponendo un locale innalzamento della pressione dei fluidi, determinato dall'intrusione della massa ipoabissale. Infatti, già ad una pressione di 2 kb la paragenesi incontrata esiste per temperature intorno ai 600 °C.

Per quanto riguarda la *cornubianite a wollastonite*, l'inquadramento petrologico è meglio definibile. La wollastonite è un minerale che si forma dalla reazione:



e non si trova mai in rocce metamorfosate a temperature al di sotto dei 500 °C. La temperatura di formazione varia in funzione della concentrazione molare di anidride carbonica nella fase fluida. Più questa è alta, più la temperatura di formazione si innalza (Winkler, 1979). Poiché alcune considerazioni petrologiche, che verranno in seguito discusse, indicano un valore elevato per la concentrazione molare di CO₂ nei fluidi, la temperatura di formazione della wollastonite, nel nostro caso, si aggira sicuramente intorno ai 600 °C.

I dati emersi permettono indubbiamente di riconoscere che le manifestazioni ipoabissali non sono altro che apofisi di un corpo magmatico di notevole entità. Non è altrimenti spiegabile infatti, in un contesto esente da metamorfismo regionale, l'esistenza di facies appartenenti ad un grado metamorfico medio-alto. La superficie di affioramento di tali facies non è molto grande (circa 10 kmq) ma, probabilmente, esiste una zona piuttosto ampia, non riconoscibile all'osservazione macroscopica, interessata da metamorfismo di basso grado come sembrerebbero dimostrare le *cornubianiti calcitiche a quarzo-albite* apparentemente identiche alle facies originarie e riconosciute solamente dopo aver effettuato delle analisi diffrattometriche. Inoltre, come dimostra il sondaggio di Poggio Ombricolo, i fenomeni metasomatici e metamorfici interessano spessori di oltre 600 m.

Considerazioni petrologiche e geologico-stratigrafiche permettono di effettuare alcune considerazioni sulla natura della massa magmatica sepolta.

All'immediato contatto con l'intrusione, la temperatura delle rocce circostanti è pari circa al 60% della temperatura del magma + T_C dove T_C è la temperatura delle rocce prima dell'intrusione del magma (Winkler, 1979). Un magma granitico generalmente possiede una T° intorno ai 700 °C, raramente fino ad 800 °C. Per poter scaldare le rocce circostanti fino ad una T° di 600 °C, dovrebbe intrudere ad una profondità di oltre 3000 m. Nel nostro caso, in base a dati stratigrafici non è ragionevole pensare ad uno spessore rocioso superiore ai 2000 m al di sopra dell'intrusione, quindi, pur volendo invocare

imponenti fenomeni convettivi di trasporto del calore, la presenza della wollastonite rende assai remota l'eventualità che il magma sia di natura granitica. In ogni modo, sono rarissimi i casi di magmi granitici in grado di dar luogo a metamorfismo di alto grado e comunque questo si verifica solo all'immediato contatto con l'intrusione. Magmi basici, al contrario, possono generare temperature assai elevate ma, per la loro povertà in fluidi, difficilmente potrebbero produrre fenomeni metasomatici di entità pari a quella riscontrabile nella zona in esame (D'Amico et alii, 1987). Una composizione sienitico-monzonitica del fuso potrebbe generare nelle rocce circostanti l'intrusione, ad una profondità di 1500 m, temperature di quasi 600 °C e quindi in accordo coi dati rilevati. Tale eventualità sarebbe confermata anche dal chimismo monzonitico ed alcalisienitico delle ipoabissaliti.

La formazione della wollastonite non ha luogo a distanze troppo elevate dal contatto magmatico ed a pressioni inferiori a 400 bars (Winkler, 1979), corrispondenti ad una profondità di circa 1600 m. Tale constatazione, confrontata con i dati stratigrafici a disposizione, rende probabile, nel nostro caso, una profondità di intrusione compresa tra i 1600 m ed i 2000 m; forse poco minore se si considera che la ricchezza in fluidi del magma, testimoniata dagli estesi fenomeni metasomatico-idrotermali, può aver contribuito localmente ad innalzare la pressione della fase fluida. La zona più prossima al tetto dell'intrusione dovrebbe essere quella in cui si trovano le due facies di alto grado metamorfico. Da questo punto, procedendo verso NW è anche possibile osservare

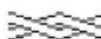
una zonazione metamorfica in quanto si passa da una *pirosseno-hornfels facies* (*cornubianite a diopside, tremolite, spinello e forsterite; cornubianite a wollastonite*), di alto grado metamorfico, ad una *ornblendite hornfels facies* (*cornubianite calcitiche a scapolite, granato ed albite*), di medio grado metamorfico, fino ad arrivare ad una *albite-epidoto-quarzo facies*, di basso grado metamorfico e successivamente a litologie inalterate.

Si può sicuramente escludere in base ai dati disponibili che i fenomeni metamorfici siano dovuti ad «una intrusione di lave acide». Infatti queste, oltre a non avere la temperatura necessaria per generare la maggior parte delle facies metamorfiche osservate, essendo intruse ad un livello subsuperficiale, non avrebbero potuto dar luogo alla formazione della Wollastonite la quale oltre che temperature molto alte richiede pressioni di almeno 400 bars, esistenti soltanto a profondità piuttosto elevate.

Improbabile appare anche l'antecedenza delle fenomenologie ipoabissalistiche rispetto a quelle vulcaniche, dato che in questo caso si avrebbe una collocazione subsuperficiale dell'intrusione.

La presenza diffusa della scapolite di tipo mizzonitico, tipico minerale del medio-alto grado metamorfico, indica l'esistenza di un particolare metasomatismo con partecipazione consistente di cloro e/o CO_2 ai fluidi del sistema metamorfico (Turner, 1968). Un « CO_2 metasomatismo» sembrerebbe testimoniato anche dalla presenza dei grossi corpi di calcare fanerocristallino.

Tutta questa serie di fenomenologie meriterebbero sicuramente un approfondimento specifico e circostanziato anche in virtù del fatto che potrebbero apportare degli importanti contributi alla questione ancora aperta dei rapporti tra il magmatismo «toscano» e quello «laziale».



BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- ALBERTI A., BERTINI M., DEL BONO G.L., NAPPI G., SALVATI L. (1970), Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, Foglio 136 Toscana - Foglio 142 Civitavecchia, *Servizio Geologico d'Italia*, pp. 141.
- D'AMICO C., INNOCENTI F., SASSI F.P. (1991), Magmatismo e Metamorfismo, *Tipografia Sociale Torinese*, pp. 536.
- DE RITA D., BERTAGNINI A., FACCENNA C., LANDI P., ROSA C., ZARLENGA F., DI FILIPPO M., CARBONI M.G. (1997), Evoluzione geopetrografica strutturale dell'area tolfetana, *Boll. Soc. Geol. It.*, 116, pp. 143-175.
- FERRINI V., LOMBARDI G., MORBIDELLI L., NEGRETTO G.C. (1970), Studio geopetrografico del complesso vulcanico tolfetano-cerite (Lazio), VI, Le manifestazioni ipoabissali, *Università degli Studi di Roma, Centro di Studi del C.N.R., Istituto di Petrografia*, pp. 58.

- LOTTI B. (1900), I giacimenti metalliferi di Tolfa, in provincia di Roma, *Rass. Min.*, 13, pp. 257-260.
- MILLOSEVICH F. (1904), Osservazioni mineralogiche sulle rocce metamorfiche nei dintorni di Tolfa, *Boll. Soc. Geol. It.*, 23, pp. 275-291.
- MILLOSEVICH F. (1905), Rocce propilitiche dei dintorni di Tolfa, *Boll. Soc. Geol. It.*, 24, pp. 73-83.
- NEGRETTI G.C., LOMBARDI G., MORBIDELLI L. (1966), Studio geopetrografico del complesso vulcanico tolfetano-cerite (Lazio), IV, Le manifestazioni vulcaniche acide del settore Civita-vecchiese-Tolfetano, *Università degli Studi di Roma, Centro di Studi del C.N.R., Istituto di Petrografia*, pp. 172.
- TAMAGNINI F. (1998), Facies particolari del flysch de «La Roccaccia» (Monti della Tolfa-Lazio), *Tesina di laurea inedita*.
- TURNER F.J. (1968), *Metamorphic Petrology. Mineralogical and field aspects*, McGraw Hill Book Co., pp. 403.
- WINKLER H.G.F. (1979), *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*, Springer Verlag, New York, Fifth Edititon, pp. 601.

I MINERALI DELLA COLATA TRACHITICA DI FOSSO RICOMERO

Edgardo Signoretti e Fabio Bellatreccia

A Nord dell'abitato di Vetralla la via Cassia, piegando decisamente verso Viterbo, sembra voler tracciare con quell'ampio giro una sorta di recinto a quella vasta area che attraverso vigneti, frutteti, fossi e contrade si estende verso Est fino ai rilievi del Vulcano Cimino.

È l'area nota ed assai cara ad ogni appassionato e che tanto ha dato alla mineralogia laziale e nazionale in termini di rare ed importanti specie mineralogiche. In località come Tre Croci, Le Carcarelle, Capo Acqua, Tobia, generazioni di mineralogisti e ricercatori hanno potuto raccogliere un gran numero di quei blocchi vulcanici localmente noti come SANIDINITI, alcuni dei quali sono entrati nella «leggenda» per la loro dimensione e ricchezza di contenuto.

Un'altra località, fino a poco tempo fa nota soprattutto per la presenza di grossi cristalli di sanidino, è quella di FOSSO RICOMERO, presso l'abitato di Vetralla.

In questa zona affiorano estese colate trachitiche nelle quali, oltre ai grossi cristalli di sanidino, si trovano dei noduli sporgenti a forma sferoidale messi in evidenza dalla lenta erosione esercitata sulla lava dagli agenti meteorici. Tali noduli sono anche rinvenibili, ma con estrema rarità, sciolti nel terreno per totale disfaccimento della lava che li avvolgeva.

Una attenta osservazione del nodulo prima di tentarne l'apertura, ci può permettere di valutarne la densità: la maggior parte di essi risulteranno «pesanti», perché relativamente compatti, essendo composti, infatti, da un intreccio fittissimo di cristalli di sanidino. Altri, rinvenibili con più difficoltà, risulteranno più «leggeri» per la presenza di grosse geodi al loro interno.

Queste geodi possono ospitare i più appetibili cristalli di questa zona di ricerca con campioni fino ad un centimetro di spigolo, mentre i noduli più compatti possono contenere invece i minerali più rari quali l'Osumilite-Mg e la Pseudobrookite (fig. 1-4).

Questa colata di lava trachitica affiora appena fuori l'abitato di Vetralla, a circa 8 o 9 km ad Ovest del Lago di Vico e ha un'estensione di circa 20 kmq, e si estende prevalentemente lungo un canalone denominato Fosso Ricomero che dal 72° km della Via Cassia si allontana verso NW in direzione di Tuscania (fig. 5).

Questa formazione lavica viene attribuita da alcuni autori alle «Formazioni laviche di Petrignano» o «Trachiti di Petrignano» (Mattias e Ventriglia 1970).

Il centro di emissione di queste lave non è stato definito, ed in ogni modo non sembra riconducibile all'apparato di Vico. In base alla morfologia questi affioramenti vengono ricondotti ad una o più cupole laviche, di cui non è possibile in alcun punto individuare la base.

Fosso Ricomero è un canalone impervio, raggiungibile con difficoltà nella parte che ospita il letto del torrente e caratterizzato da un greto a volte scosceso e selvaggio. Il luogo è disseminato di grossi bloc-



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

Noduli inclusi nella Trachite

Fig. 1: con apatite ed ematite.

Fig. 2: con grossularia, tridimite e titanite.

Fig. 3: con grossularia (visibili sull'esterno fenocristalli di sanidino).

Fig. 4: con titanite, flogopite ed ematite.

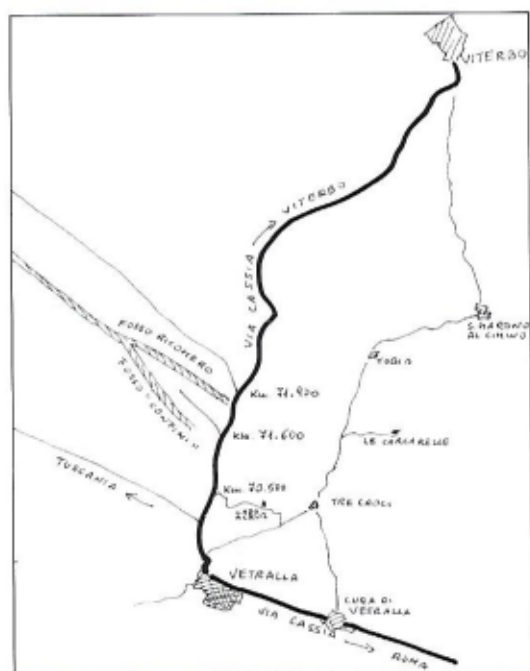


Fig. 5

chi di lava dalle suggestive forme che appaiono là dove la vegetazione si dirada.

Esistono diversi punti attraverso cui accedere al fosso, ma due sono gli itinerari più semplici da seguire ed ambedue hanno come riferimento la Via Cassia rispettivamente al km 71.600 ed al km 71.900.

In corrispondenza di questi punti si può voltare verso sinistra su due strade poderali non asfaltate.

La prima corre parallela al fosso e termina dopo circa un chilometro in prossimità di un altro fosso detto «dei Confini» che, dopo poche centinaia di metri, si congiunge con Fosso Ricomero.

Da questa parte la colata è maggiormente visibile, crosa verso il basso dal-

l'acqua di una sorgente che fino a pochi anni fa sgorgava abbondantemente dalla roccia formando una piccola cascata e dando origine al Fosso dei Confini, disputata per anni tra il Comune di Viterbo e quello di Vetralla.

La seconda strada segue la sponda destra del fosso dal quale si discosta dopo alcuni chilometri allontanandosi verso il fondo valle. In ambedue i casi è necessario lasciare l'auto e proseguire a piedi.

Anche nell'attraversamento del terreno, tra i sassi ammassati dopo le arature, è possibile trovare dei noduli già separati dalla lava.

Poiché la disposizione del terreno rende difficile la ricerca seguendo il letto del torrente, diventa necessario calpestare appezzamenti coltivati: questa pratica deve vederci sempre attenti a dove e come la si attui, memori che la natura della nostra passione ci porta a cercare minerali quasi sempre su terreni che non ci appartengono e sui quali non siamo autorizzati a transitare.

Descrizione dei minerali

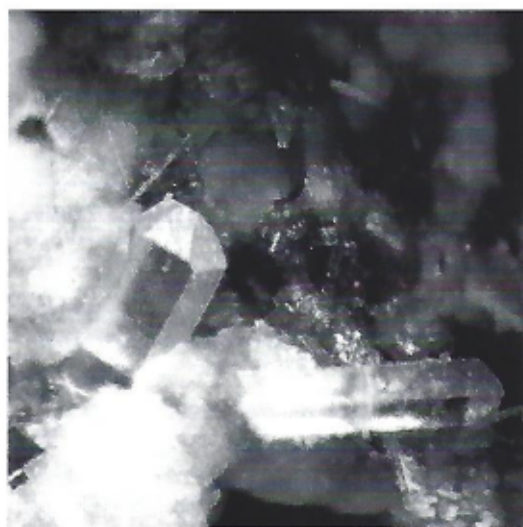
Apatite - Questo fosfato si osserva con frequenza: l'abito è sempre esagonale prismatico molto allungato, spesso in individui biterminati.

Di colore variabile (incolore, bianco, rosato, bruno) con lucentezza da madreperlacea a vitrea. Eccezionalmente sono stati rinvenuti cristalli vitrei verde chiaro o celesti fino ad un centimetro di lunghezza all'interno si alcuni noduli ricchi di granati a ricoprire le geodi (fig. 6 e 7).



Apatite: XX verdi di 0,6 mm
Coll. E. Signoretti, foto N. Benvegnù.

Fig. 6

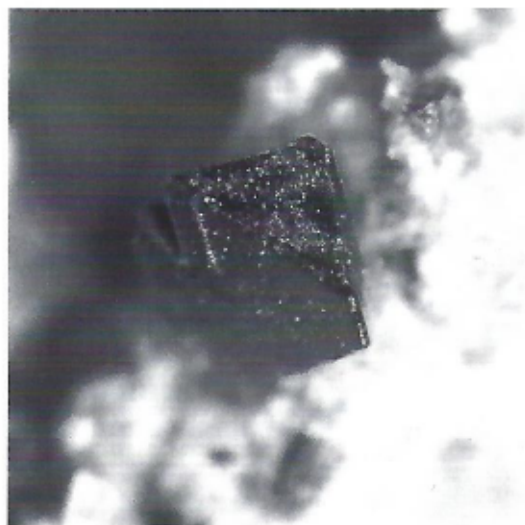


Apatite: XX ialini di 0,8-1 mm
Coll. e foto E. Signoretti.

Fig. 7

Ematite - Comune, in cristalli con abito prevalentemente romboedrico (con minor frequenza lamellare o lenticolare); è sempre di colore nero o grigio acciaio con lu-

centezza metallica fino a 2 mm di spigolo. È associato con quasi tutti i minerali presenti, più strettamente con flogopite su cui si dispone dando vita a stupende composizioni (figg. 8 e 9).



Ematite: X = 0,8 mm
Coll. E. Signoretti, foto N. Benvegnù.

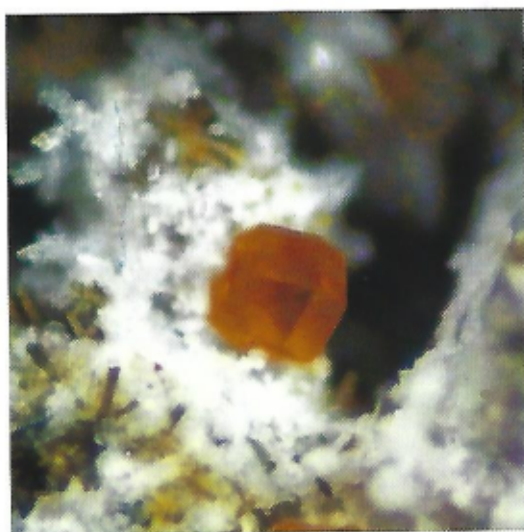
Fig. 8

Flogopite - Comune in cristalli tabulari a contorno esagonale fino a 5 mm di spigolo. È un minerale rinvenibile nella maggior parte dei noduli. Il colore varia dal giallo dorato ad un tipico rosso mattone e non è raro incontrare stupende associazioni di cristalli lamellari color rosso sangue con lucentezza metallica. È associata con ematite, titanite, tridimite e pirosseni (fig. 9).

Granato - Questo minerale è presente in piccoli e brillanti rombododecaedri giallo dorato in alcuni noduli meno compatti insieme a titaniti e pirosseni (fig. 10). Nei noduli con geodi più ampie sono stati rinvenuti cristallini trasparenti con nucleo scuro, geminati, fino ad un centimetro di spigolo.



Ematite su flogopite (flogopite X = 1,5 mm) Fig. 9
Coll. E. Signoretti, foto N. Benvegnù.



Grossularia: X = 0,25 mm Fig. 10
Coll. E. Signoretti, foto N. Benvegnù.

Magnetite - Poche sono le segnalazioni di questo ossido di ferro in questa località. Il minerale si presenta in cristalli submillimetrici spesso alterati con abito sempre

ottaedrico. In associazione con pirosseni, titanite, ematite.

Osumilite-Mg - (Parodi G.C. et al. 1989). Insieme alla pseudobrookite è uno dei minerali più interessanti di questa località. Si trova con estrema rarità all'interno delle geodine in cristalli dall'abito prismatico esagonale schiacciato di colore grigio celeste spesso con ottima trasparenza. Le dimensioni dei cristalli non superano gli 0.5 mm. È associato con la pseudobrookite ed ematite.

Pirosseno - In cristalli generalmente mal formati ed opachi è da ritenersi un minerale comune, anche se solo saltuariamente sono stati rinvenuti campioni esteticamente validi. In cristalli di dimensioni al di sotto di 0.5 mm, il colore torna ad essere verde bottiglia con buona trasparenza.

Pseudobrookite - È un minerale piuttosto raro, (De Casa et al. 1987; Parodi et al. 1989) rinvenuto alcune volte all'interno di noduli con intreccio assai fitto di cristalli di K-Feldspato. Il colore varia dall'arancio al rosso al bruno con lucentezza molto viva. Si presenta in cristalli isolati, di abito appiattito, tozzo od allungato fino ad aghiforme, o in gruppi raggiati distribuiti in maniera disordinata all'interno delle geodi. In associazione con ematite, flogopite ed eccezionalmente con l'osumilite-Mg (fig. 11).

Sanidino - Si trova in cristalli che a volte possono raggiungere dimensioni notevoli (anche 10 cm) inclusi nella lava. Questi cristalli presentano, tuttavia, sempre un fitto intreccio di fratture che rendono dif-



Pseudobrookite: XX = 0,6 mm
Coll. e foto R. Pucci.

Fig. 11

ficile il ritrovamento di campioni intatti. Quasi sempre geminati secondo la legge di Carlsbad, i cristalli sono di colore grigio-marrone con aspetto vetroso (fig. 12).



Sanidino: X = 4,5 mm
Coll. e foto R. Pucci.

Fig. 12

Il sanidino è inoltre il principale costituente dei noduli, nei quali si presenta in individui vitrei di dimensioni mai superiori ai 10 mm.

Titanite - Molto comune in questa località con un abito dalla caratteristica geminazione. Di un bel colore arancio con lucentezza adamantina, è associata con quasi tutti i minerali qui rinvenibili (fig. 13). Le dimensioni dei cristalli difficilmente superano i 5 mm (eccezion fatta per il ritrovamento di un nodulo con geodi molto ampie nelle quali sono stati osservati cristalli fino ad un centimetro di spigolo).



Titanite: X = 1,5 mm
Coll. e foto S. Fiori.

Fig. 13

Tridimite-Quarzo - La tridimite si presenta in cristalli tabulari a contorno esagonale o in ciuffetti cotonosi di colore biancastro.

Il quarzo è in cristalli submillimetrici dal tipico abito prismatico trasparenti e brillanti. Si osservano inoltre degli aggregati microcristallini a forma sferoidale con evidente struttura fibrosa e sferule trasparenti attribuibili probabilmente ad una delle fasi della SiO_2 (Cristobalite?) (fig. 14).



Cristobalite (?): aggregati globulari di cristallini 0,6 mm. Coll. e foto E. Signoretti.

Fig. 14

Zircone - È piuttosto raro. Si rinviene in minutissimi cristalli prismatici bipiramidali trasparenti da incolore a rosa pallido con spiccata lucentezza adamantina. È associato preferibilmente con pirosseni, titanite, ematite.



BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- DE CASA G.C., DELLA VENTURA G.C., PARODI G.C., STOPPANI F.S. (1987), Minerali del Lazio (3). *Rivista Mineralogica Italiana*, 4, 189-194.
- MATTIAS P.P. (1966), Lave dell'apparato Vicano. Zone occidentali: Tavole di Castello d'Asso, *Periodico di Mineralogia*, 35, 93-160.
- MATTIAS P.P., VENTRIGLIA V. (1970), La regione vulcanica dei monti Sabatini e Cimini, *Memoria della Società Geologica Italiana*, 9, 331-334.
- PARODI G.C., DELLA VENTURA G.C., LORAND J.P. (1989), Mineralogy and petrology of an unusual osumilite+vanadium - Rich pseudobrookite assemblage in an eyectum from the Vico Volcanic Complex (Latium, Italy), *American mineralogist*, 74, 1278-1284.
- STOPPANI F.S., CURTI E. (1982), I Minerali del Lazio, *Ed. Olimpia*, Firenze, pp. 291.

I MINERALI DELLA MINIERA DI S. GIOVANNI (Sardegna, Italia)

*Salvatore Fiori, Roberto Gorga,
Roberto Pucci, Martino Dessì*

Il giacimento di S. Giovanni si trova a pochi chilometri a sud della cittadina di Iglesias in provincia di Cagliari.

In questa zona la coltivazione dei corpi mineralizzati per l'estrazione di piombo e argento ha storia molto antica. Già nel VI secolo a.C. i Cartaginesi estraevano il minerale scavando pozzi che, seguendo gli affioramenti, arrivavano a profondità di 10-15 m; in seguito i Romani (II secolo a.C.) spinsero questi scavi fino a 60-70 m fondendo nelle vicinanze il minerale e creando grandi depositi di scorie relativamente ancora ricche di materiale utile.

Verso il IV secolo d.C., con il declino dell'Impero Romano, si spense quasi del tutto l'attività estrattiva, che conobbe nuovo sviluppo solo dopo circa otto secoli di silenzio.

Nel successivo mezzo millennio si alternarono momenti di ripresa dell'attività estrattiva a momenti di stasi dovuti all'incuria e ai diversi interessi delle «potenze» che si alternarono nella dominazione dell'isola, ma anche a congiunture dei mercati internazionali e a calamità naturali.

Nel 1720, con l'integrazione dell'isola nel Regno Sabauda, si ebbe un rilancio dell'attività estrattiva che, seppure con alterne fortune, portò l'industria mineraria al livello europeo. L'impulso determinante fu dato, intorno al 1860, dalla introduzione ed al perfezionamento delle nuove tecniche di separazione dello zinco dai mine-

rali associati, consentendo lo sfruttamento delle calamine fino ad allora trascurate.

Gli ultimi decenni dell'ottocento, nonostante le innovazioni introdotte, conobbero un altro momento di crisi dovuto al crollo dei prezzi del minerale sul mercato internazionale. Gli sforzi delle Società di gestione maggiori consentirono, attraverso una vasta opera di elettrificazione e meccanizzazione dei sistemi di perforazione, di arrivare ai primi anni del novecento di nuovo a livelli competitivi, ma le sorti dell'attività estrattiva furono fortemente condizionate dalle grandi crisi economiche e dagli eventi bellici mondiali. Dopo gli anni '50 tutto il comparto dell'attività mineraria entrò in crisi e, nonostante tutti i tentativi di salvataggio, negli ultimi decenni, una ad una le miniere hanno cessato le attività.

Nella regione dell'Iglesiente i corpi mineralizzati a piombo e zinco sono ubicati nella parte sommitale della formazione calcareo dolomitica del Cambriano medio, nota con il nome di «Metallifero». Nei tipi litologici di questo complesso, costituito da «Arenarie», dolomia rigata, calcare ceroidale fino ai calcescisti, si associano preferenzialmente minerali di piombo con minerali di zinco nei quali l'evoluzione pressoché costante e graduale, da solfuri a ossidati, aumenta con il diminuire della profondità (fig. 1).

Si distinguono quattro tipi di mineralizzazioni:

1) Sfalерite e galena sviluppata al contatto tra i calcari dolomitici a letto e i calcescisti a tetto.

La concentrazione di questi due principali solfuri interessa unicamente il tratto

di zona di faglia che corre lungo la zona carbonatica mentre diviene sterile nei calcescisti ricchi di quarzo, clorite e sericite.

Contrariamente alle aspettative, in affioramento, non si nota la presenza di minerali ossidati, probabilmente a causa della totale assenza di pirite e allo stato di diffusione dei principali due minerali di piombo e zinco entro la massa rocciosa che sono stati preservati dal contatto con le acque discendenti o comunque con gli agenti ossidanti.

2) Mineralizzazione ricca di argento.

Filoncelli di forma colonnare con altezza limitata con ganga di quarzo e barite sono mineralizzati a galena argentifera, frei-

bergite, proustite, clorargirite, covellite, bournonite, cinabro, mercurio, bismutinite, arsenico nativo, stefanite, argentite, pirargirite, betekhtinite, imiterite, jalpaite, carrolite, calcopirite, cuprite, anglesite, cerussite.

3) Mineralizzazione a sfalerite.

Caratteristiche tipologiche fondamentali dei minerali, dei caratteri strutturali e giaciture fanno sì che questo tipo di mineralizzazione potrebbe essere correlabile con quella di contatto con gli scisti. Il solfuro di zinco si ritrova in impregnazione diffusa insieme ai solfuri di piombo e ferro dentro i calcari mentre è assente nella dolomia.

4) Minerali ossidati.

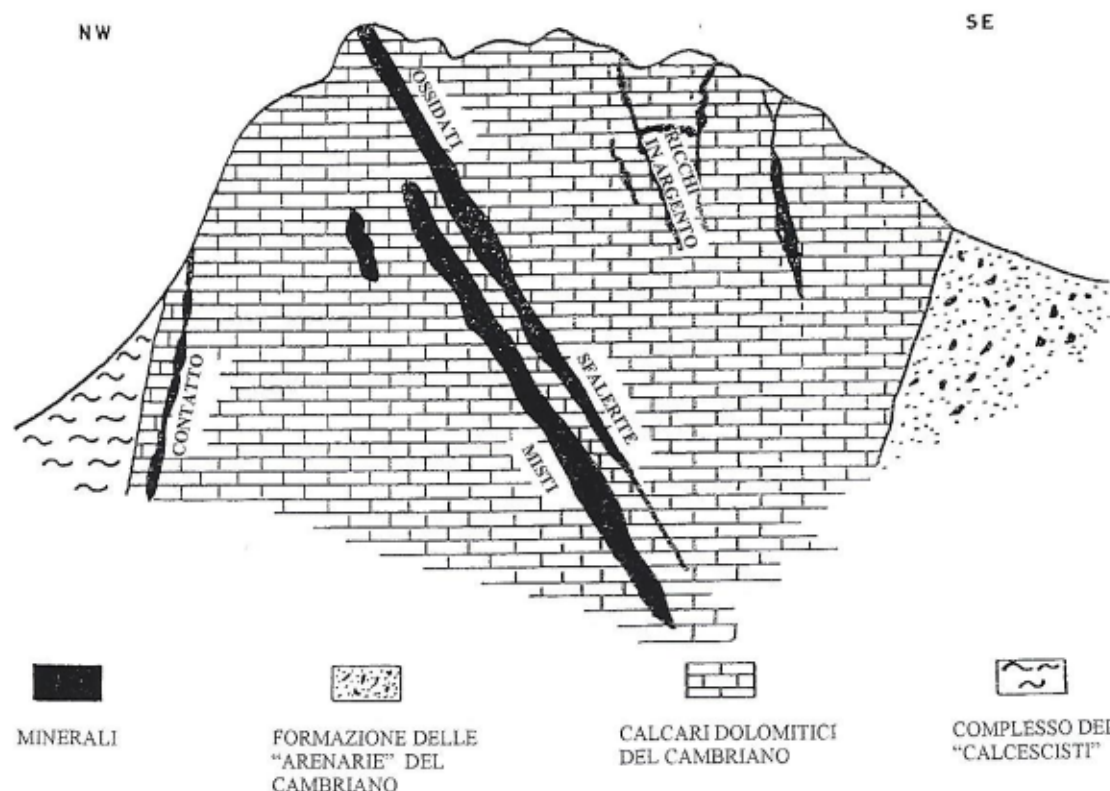


Fig. 1.

L'ossidazione delle fasi primarie non è mai totale per cui si ritrovano a livelli superficiali e perfino in affioramento residui di mineralizzazioni a sfalerite.

A favorire l'alterazione superficiale del solfuro di zinco e della galena, oltre gli agenti ossidanti, è la presenza di pirite e marcasite, che nella zona ossidata rivestono un ruolo molto importante nella formazione dei minerali ossidati come idrozincite, cerussite, smithsonite, anglesite, emimorfite, limonite, dundasite, renierite, caledonite, linarite, leadhillite, piro-morfite, fosgenite, fosfosiderite, gesso, azzurrite, malachite.

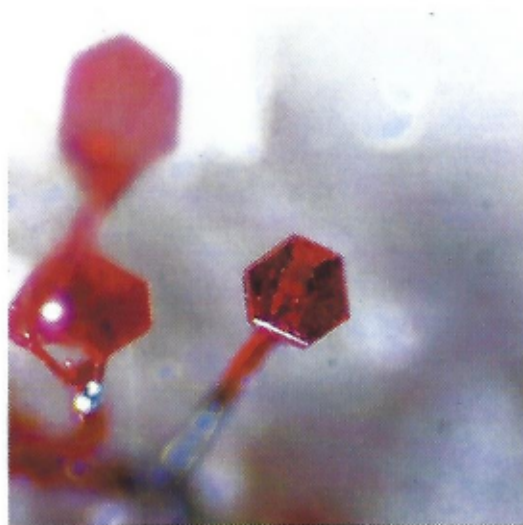
A S. Giovanni i tipi di mineralizzazione sono favoriti dall'ambiente geologico interessato da un intenso fenomeno carsico e dalla permeabilità delle rocce calcaree e dolomitiche che consentono una notevole reattività chimica mediante la sostituzione degli elementi carbonatici con i solfuri. Infatti splendidi campioni con cristalli di calcite e aragonite si ritrovano in grotte carsiche.

Nella tabella che segue è riportato l'elenco dei minerali che abbiamo rinvenuti nella miniera di S. Giovanni o di cui abbiamo trovata notizia in letteratura.

I MINERALI DELLA MINIERA DI S. GIOVANNI					
MINERALE	SISTEMA	FORMULA CHIMICA	DUREZZA	PSPEC.	COLORE
Anglesite	rombico	$PbSO_4$	2,75	6,38	bianco, verde, giallo,
Aragonite	rombico	$CaCO_3$	3,75	2,94	bianco, celeste, verde
Argentite	cubico	Ag_2S	1,75	7,22	grigio-piombo, nero
Argento	cubico	Ag	2,75	10,60	bianco-argento, nero
Arsenico	trigonale	As	2,75	5,72	bianco-stagno, grigio
Arsenopirite	monoclino	$FeAsS$	6,50	6,07	giallo-ottone
Azzurrite	monoclino	$Cu^{2+}_3(CO_3)_2(OH)_2$	3,75	3,77	azzurra, blu
Barite	rombico	$BaSO_4$	3,25	4,50	bianco, verde, marrone
Bianchite	tetragonale	$(Zn,Fe^{+2})(SO_4) \cdot 6H_2O$	2,50	2,03	bianco, giallino
Bismutinite	rombico	Bi_2S_3	2,25	6,78	grigio-piombo
Betekhtinite	rombico	$Cu_{10}(Fe,Pb)_6S_6$	3/3,5	5,96/6,05	grigio scuro
Bornite	rombico	Cu_5FeS_4	3,00	5,21	bronzo, rame, iridescente
Bourbonite	rombico	$PbCuSbS_3$	4,00	5,83	grigio- ferro, nero
Calcite	trigonale	$CaCO_3$	3,00	2,71	bianco, marrone, avana
Calcopirite	tetragonale	$CuFeS_2$	4,00	4,35	giallo-ottone
Carrollite	cubico	$Cu(Co,Ni)_2S_4$	4,80	4,50	grigio-ferro
Celadonite	monoclino	$K(Mg,Fe^{+2})(Fe^{+3},Al)Si_4O_{10}(OH)_2$	2,00	3,00	verde-mela, verde-scuo
Cerussite	rombico	$PbCO_3$	3,75	6,55	bianco, verde, marrone
Cinabro	trigonale	HgS	3,50	8,18	rosso, rosso-scuo
Clinocloro	monoclino	$(Mg,Fe^{2+})_5Al(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$	2,50	2,60	bianco, verde, giallo



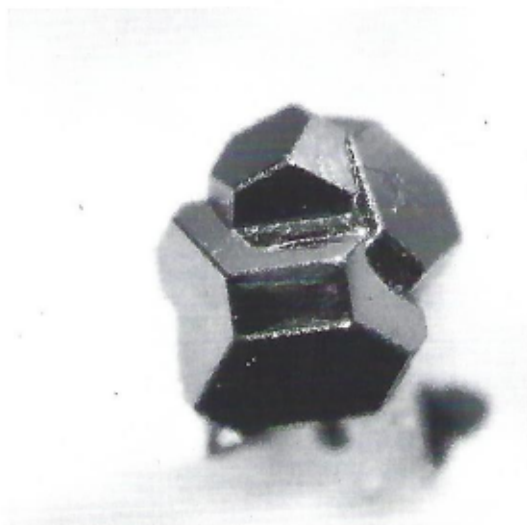
Argento: XX = 2,5 x 1,4 mm; S. Giovanni, Iglesias.
Coll. e foto S. Fiori.



Cinabro: X = 0,15 mm; S. Giovanni, Iglesias.
Coll. e foto S. Fiori.

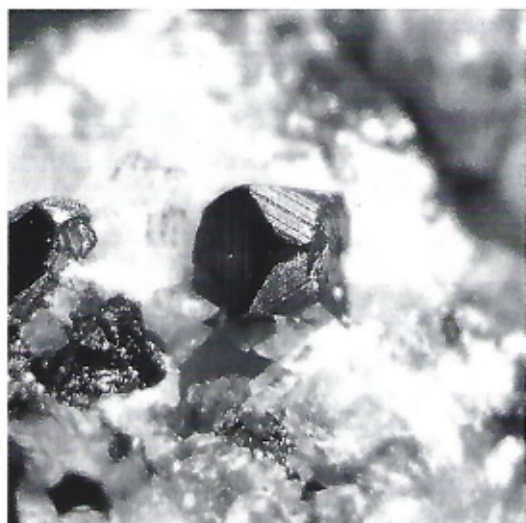


Galena: X = 2,25 mm; S. Giovanni, Iglesias.
Coll. e foto S. Fiori.



Galena: XX = 1,4 mm; S. Giovanni, Iglesias.
Coll. e foto S. Fiori.

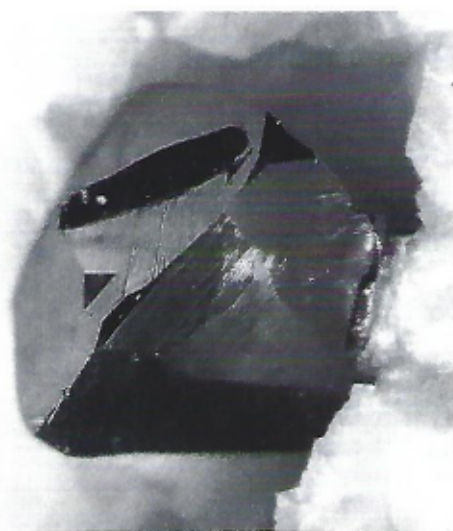
MINERALE	SISTEMA	FORMULA CHIMICA	DUREZZA	PSPEC.	COLORE
Clorargirite	cubico	AgCl	1,5/3	5,5/5,6	grigio, giallastro, bruno
Covellite	esagonale	CuS	3,50	4,68	blu-indaco, iridescente
Cuprite	esagonale	Cu ₂ S	4,00	6,14	rosso, rosso-scuro
Devillina	monoclino	CaCu ²⁺ ₄ (SO ₄) ₂ (OH) ₆ ·3H ₂ O	2,50	3,13	verde-smeraldo, blu
Dolomite	trigonale	CaMg(CO ₃) ₂	3,75	2,85	bianco, rosa, marrone
Dundasite	rombico	PbAl ₂ (CO ₃) ₂ (OH) ₄ ·H ₂ O	2,00	3,50	bianco
Ematite	trigonale	Fe ₂ O ₃	5,25	5,23	nero
Emimorfite	rombico	Zn ₆ Si ₂ O ₇ (OH) ₂ ·H ₂ O	4,75	3,45	bianco, grigio, marrone
Enargite	rombico	Cu ₃ AsS ₄	4,50	4,45	grigio-scuro, nero
Eritrite	monoclino	Co ₃ (AsO ₄) ₂ ·8H ₂ O	2,00	3,18	rosso-vino, porpora
Fluorite	cubico	CaF ₂	3,75	3,18	bianco, viola, verde, rosa
Fosfosiderite	monoclino	Fe ³⁺ PO ₄ ·2H ₂ O	3,5/4	2,76	violetto, rosa, bianco, giallo
Fosgenite	tetragonale	Pb ₂ (CO ₃)Cl ₂	2,50	6,13	bianco, giallo, marrone
Freibergite	cubico	(Ag,Cu,Fe) ₁₂ (Sb,As) ₄ S ₁₃	4,50	5,41	grigio-scuro, nera
Galena	cubico	PbS	3,00	7,58	grigio-piombo
Geocronite	monoclino	Pb ₁₄ (Sb,As) ₆ S ₂₃	3,75	6,46	grigio, grigio-scuro
Gesso	monoclino	CaSO ₄ ·2H ₂ O	2,00	2,32	bianco, grigio, marrone
Goethite	rombico	Fe ³⁺ O(OH)	5/5,5	3,6/3,7	marrone giallastra
Greenockite	esagonale	CdS	3,25	4,82	rosso, giallo-arancio
Idrozincite	monoclino	Zn ₃ (CO ₃) ₂ (OH) ₆	2,25	3,65	bianco, grigio
Imiterite	monoclino	Ag ₂ HgS ₂	3,00	7,85	grigio, grigio-scuro
Jalpaite	tetragonale	Ag ₃ CuS ₂	2,00	6,82	grigio, grigio-piombo
Jordanite	monoclio	Pb ₁₄ (As,Sb) ₆ S ₂₃	3,50	6,44	grigio-piombo
Leadhillite	monoclino	Pb ₄ (SO ₄)(CO ₃) ₂ (OH) ₂	2,75	6,55	bianco
Linarite	monoclino	PbCu ²⁺ (SO ₄)(OH) ₂	2,50	5,30	blu, azzurro
Luanheite	esagonale	Ag ₃ Hg	2,50	12,50	grigio-ferro
Malachite	monoclino	Cu ²⁺ ₂ (CO ₃)(OH) ₂	3,75	4,05	verde, verde-scuro
Marcasite	rombico	FeS	6,50	4,20	giallo-ottone
Mercurio	trigonale	Hg	LIQUIDO	13,60	grigio, argento
Metacinnabarite	cubico	HgS	3,00	7,65	grigio-scuro, nero
Minio	tetragonale	Pb ²⁺ ₂ Pb ⁴⁺ O ₄	2,50	9,05	rosso-arancio, giallo
Pearceite	monoclino	(Cu,Ag) ₁₆ As ₂ S ₁₁	3,50	8,13	grigio-scuro, nero
Pirargirite	trigonale	Ag ₃ SbS ₃	2,50	5,80	rosso, rosso-scuro
Pirite	cubico	FeS ₂	7,50	5,01	giallo-oro
Piromorfite	esagonale	Pb ₃ (PO ₄) ₂ Cl	3,75	7,20	verde, giallo, marrone
Proustite	trigonale	Ag ₃ AsS ₃	3,00	5,60	rosso, rosso-scuro
Quarzo	trigonale	SiO ₂	6,50	2,65	bianco, viola, rosso, giallo



Jalpaite: X = 1,2 mm; S. Giovanni, Iglesias.
Coll. e foto S. Fiori.

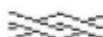


Tetraedrite su Sfalerite: X = 0,7 mm; S. Giovanni, Iglesias.
Coll. e foto S. Fiori.



Tetraedrite: X = 3,5 mm; S. Giovanni, Iglesias.
Coll. e foto S. Fiori.

MINERALE	SISTEMA	FORMULA CHIMICA	DUREZZA	PSPEC.	COLORE
Ranceite	esagonale	$(\text{Ca}, \text{Mn}^{2+})\text{Mn}^{4+}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	5,50	3,20	grigio-ferro, nero
Renierite	tetragonale	$(\text{CuZn})_{11}(\text{Ge}, \text{As})_2\text{Fe}_6\text{S}_{16}$	4,75	4,50	bronzo
Romanechite	rombico	$(\text{Ba}, \text{H}_2\text{O})(\text{Mn}^{4+}, \text{Mn}^{3+})_5\text{O}_{10}$	5,75	4,71	grigio-scuro, nero
Rutilo	tetragonale	TiO_2	6,25	4,25	rosso, giallo, marrone
Sfalerite	cubico	$(\text{Zn}, \text{Fe})\text{S}$	4,25	4,00	nera, marrone, mielata
Serpierite	monoclino	$\text{Ca}(\text{Cu}^{2+}, \text{Zn})_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	3,75	3,07	azzurro, blu
Smithsonite	trigonale	ZnCO_3	4,25	4,39	bianco, giallo, verde
Stefanite	rombico	Ag_5SbS_4	2,25	6,25	grigio-scuro, nero
Talco	monoclino	$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	1,00	2,60	bianco, vrde, grigio
Tennantite	cubico	$(\text{Cu}, \text{Ag}, \text{Fe}, \text{Zn})_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$	4,75	4,67	grigio-ferro, nera
Tetraedrite	cubico	$(\text{Cu}, \text{Fe}, \text{Ag}, \text{Zn})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$	4,75	4,85	grigio-ferro, nera
Zolfo	rombico	S	2,00	3,9	giallo



BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

BINETTI A. (1935), Alcune considerazioni sul metodo di coltivazione delle miniere dell'Iglesiente, *Ind. Min.*, Roma, 9, 3.

BONI M., CRESCENZI E. (1988), Caratteri della mineralizzazione del Contatto Ovest, Miniera di S. Giovanni (Iglesias, Sardegna sud-occidentale), *Rend. Soc. Geol. It., Roma*, 11, 93.

BRUGNATELLI L. (1897), Sulla linarite della miniera di S. Giovanni (Sardegna), *Rend. Ist. Lomb. Sc. Lett., Milano*, 30.

BRUSCA L., DESSAU G. (1968), I giacimenti piombo-zinciferi di S. Giovanni (Iglesias) nel quadro della geologia del Cambrico sardo, *Industria Min., Roma*, 19.

CONTI-VECCHI G., STARA P. (1991), *Minerali della Sardegna*, Ed. della Torre, Cagliari.

FIORI S. (1998), Breve segnalazione di alcuni minerali rari della miniera di S. Giovanni (CA), *Il*

Cercapietre, notiziario del Gruppo Mineralogico Romano - Roma, 24, 13-14.

GORGA R. (1996), Environmental geology study for the recovery and enhancement of the area contaminated by the Tiny and Arenas mines in Oridda county (Sardinia, South-Western, Italy), *Second International symposium on conservation of our Geological Heritage*, Roma Italy.

GRAMACCIOLI C.M., CAMPOSTRINI I., DEMARTIN F., PILATI T. (1996), Presenza di nuove interessanti specie mineralogiche in Sardegna, *Atti del Congr. Internaz. per il Centenario dell'Ass. Mineraria Sarda 1896-1996*, Iglesias 12-13/10/1996, Sessione III, 217-225.

PAVAN G. (1968), Mercurio dalla miniera di S. Giovanni, *Boll. R. Com. Geol. It. Roma*, 38.

ROSSETTI V., ZUCCHINI A. (1956), Baritina della grotta di Santa Barbara (miniére di S. Giovanni, Iglesias), *Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari*, 26, 240.

STARA P., RIZZO R., TANCA G.A. (1996), *Iglesiente-Arburese, Miniére e Minerali*, Vol. 1, *Ass. Min. Sarda (CA)*.

I MINERALI DELLE VULCANITI DEL MONTE AMIATA

Alberto Lucchesi

(Gruppo Naturalistico Amiantino)

Introduzione

Fra gli appassionati di mineralogia, la zona del m.te Amiata, situata fra le province di Siena e di Grosseto, era nota fino a qualche anno fa per le miniere di mercurio che, per più di un secolo, hanno rappresentato uno dei principali siti d'approvvigionamento, a livello mondiale, di questo metallo.

Molto apprezzate erano le mineralizzazioni di cinabro che, specie nelle miniere dell'area grossetana (Siele e Solforate), si presentavano, seppure raramente, sotto forma di splendide concrezioni chiamate localmente «fragole» in associazione talvolta a cristalli di millerite. Alla fine degli anni '70, la crisi internazionale del mercurio portò, assieme alla chiusura delle miniere e alla cessazione dell'attività estrattiva, anche all'esaurimento per l'interesse mineralogico per la zona. Da qualche anno c'è stata, per merito di alcuni appassionati fra cui lo scrivente, una ripresa delle ricerche, supportata dall'uso dello stereomicroscopio. L'attenzione è stata rivolta a piccoli, ma interessanti affioramenti ofiolitici (idrotermalitici) presenti nel comune di Abbazia San Salvatore in terreni argillosi con calcari palombini del Cretaceo inferiore. Tutto ciò ha portato al ritrovamento di diverse specie fra cui la millerite, la jamborite e l'anatasio in cristallizzazioni e giacitura del tutto simili a quelle più fa-

mose dell'Appennino Bolognese. Sono stati presi in considerazione anche gli inclusi delle vulcaniti amiatine che, seppure in casi estremamente rari, possono fornire campioni di un discreto interesse mineralogico, ed è proprio di questi ritrovamenti che si parlerà qui di seguito.

Brevi cenni geologici

L'apparato vulcanico del m.te Amiata (1734 m) appartiene alla provincia magmatica toso-laziale.

La sua formazione è stata stimata, mediante datazione col metodo K/Ar, attorno ai 0,28-0,30 m.a. (Laurenzi e Villa, 1991) ed è legata ai processi geodinamici appenninici. L'edificio vulcanico, così come lo vediamo, è stato costruito da una serie di eruzioni di tipo prevalentemente ignimbritico che hanno portato alla copertura di una superficie di c.a. 85 km² con un volume di effusi di c.a. 25-30 km³.

Sono stati descritti quattro complessi lavici con caratteristiche petrografiche diverse. Secondo il Barberi (Barberi, 1971 in Lazzarotto, 1993), rifacendosi ai precedenti studi di Mazzuoli e Pratesi del 1963, ad un primo complesso quarzo-latitico, se ne sovrappose un altro di simile composizione, formato da sei cupole di ristagno allineate lungo quella che doveva essere la frattura da cui risaliva il magma.

Come terza manifestazione, si ebbero tre altri flussi lavici. Il più imponente è rappresentato da un domo di lava riodacitica attualmente chiamato Corno di Bellaria. (Secondo studi più recenti — Marinelli, 1975 — anche per i primi due flussi si avrebbero lave a composizione riodacitica seppur con caratteristiche diverse).

Il periodo finale fu caratterizzato, invece, da due piccole colate a composizione più basica, di tipo latitico. Una caratteristica assai singolare per le vulcaniti acide del monte Amiata è data dalla presenza d'inclusioni ignee e metasedimentarie e per questo sono state oggetto di accurati studi (Van Bergen, 1983) in quanto possono fornire interessanti informazioni sulla natura geologica del sottosuolo dove si sono formate.

I minerali

Se le rocce vulcaniche dell'Amiata sono state oggetto di svariate ricerche, visto il loro interesse scientifico, non hanno mai avuto però alcun interesse dal punto di vista collezionistico, e questo per l'impossibilità, dovuta alla loro natura, di fornire un qualche tipo di cristallizzazione. Però, come accennato precedentemente, qualcosa si può, con pazienza e un po' di fortuna, anche trovare.

Quello che segue è un elenco delle specie fino ad oggi rinvenute.

Andalusite: è stata rinvenuta in bei microcristallini di color giallo miele in un incluso nella zona del Prato delle Macinaie.

Corindone: costituisce uno dei ritrovamenti più interessanti. È stato ritrovato dall'autore in un piccolo incluso nella zona della Capanna di Pietro. I cristallini ad abito esagonale bipiramidale e dalle caratteristiche facce striate, sono immersi in una matrice grafitica. Hanno una lunghezza che può arrivare fino a sei millimetri, in genere sono incolori ma possono assumere, in qualche caso, un bel colore viola tenue.



Corindone: X = 1,8 mm; «Capanna di Pietro»
Monte Amiata. Coll. e foto N. Benvegnù.

Ferrosilite: questa rara specie, appartenente al gruppo dei pirosseni, è stata rinvenuta dall'autore nel 1998 in un piccolo incluso presso il Corno di Bellaria. Il



Ferrosilite: X = 1,4 mm; Corno di Bellaria
Monte Amiata. Coll. e foto N. Benvegnù.

Tab. 1 - Confronto dei dati diffrattometrici della Ferrosilite di Corno di Bellaria e della «Ortoferrosilite magnesian» — scheda JCPDS n° 19-607.

Scheda J.C.P.D.S.			Dati osservati
d Å	I/I ₀	hkl	d Å
6,42	25	210	6,41
4,58	35	400	4,59
4,05	16	211	4,06
3,34	12	121	3,34
3,21	100	420	3,20
2,979	45	321	2,97
2,892	75	610	2,89
2,847	20	511	2,85
2,737	35	421	2,73
2,577	50	131	2,569
2,504	55	521	2,498
2,403	20	302	2,405
2,267	10	711	2,271
2,126	50	322	2,122
2,075	20	721	2,079
2,047	10	820	2,045
2,019	12	440	2,014
1,983	25	631	1,980
1,904	10	821	1,905
1,851	12	702	1,854
1,816	6	712	
1,801	8	541	1,797
1,768	20	250	1,773
1,717	6	013	1,713
1,696	4	051	1,696
1,678	6	251	1,666
1,625	18	023	1,627
1,607	20	840	1,604
1,553	12	650	1,547

minerale si presenta in cristallini millimetrici ben formati di colore marrone, associati ad altre specie che presentano segni di «fusione».

L'identificazione è stata effettuata, presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Roma «La Sapienza», mediante esame diffrattometrico delle polveri (su diffrattometro Saifert MZ4, Cu, K, 40kV, 20mA) i cui risultati sono compatibili con quelli riportati, per la «ortoferrosilite magnesian», nella scheda J.C.P.D.S. n° 19-607 (ortoferrosilite = termine discredito dalla CNMMN il 20/5/1987) - vedi Tab. 1.

Nella tab. 2 è riportato il confronto tra i parametri di cella della «ortoferrosilite magnesian» e quelli calcolati per il minerale rinvenuto a Corno di Bellaria.

Tab. 2 - Parametri di cella della ferrosilite.

	Ferrosilite di Corno di Bellaria	«Ortoferrosilite magnesian»
a (Å)	18,389(3)	18,401
b (Å)	8,963(1)	9,078
c (Å)	5,237(1)	5,238
v (Å) ³	863,2474	874,9779

Del campione è stata effettuata, inoltre, analisi chimica alla microsonda elettronica (CAMECA CAMEBAX MICROBEAM 15kV 30nA - Sistema WDS); i risultati, riportati in Tab. 3, sono raffrontati con quelli relativi alla ferrosilite del complesso igneo di Guadalupe (California - USA), (Best M.G., 1963 in Deer W.A. et al., 1994).

Tab. 3 - Composizione chimica percentuale della ferrosilite.

	Ferrosilite di Corno di Bellaria	Ferrosilite di Guadalupe, California
Si O ₂	51,15	50,00
Ti O ₂		0,49
Al ₂ O ₃	1,43	0,47
Fe ₂ O ₃		0,56
Fe O	30,13	33,83
Mn O	0,58	0,84
Mg O	14,90	11,51
Ca O	1,33	1,74
Na ₂ O		0,20
K ₂ O		0,05
H ₂ O ⁺		0,49
H ₂ O ⁻		0,19
Totale	99,52	100,37

Opale: varietà fiorite: è presente sotto forma di concrezioni di color bianco madreperlaceo (lacrime) nelle vulcaniti del primo complesso. I campioni più belli si rinvenivano fino a qualche tempo fa nei comuni di S. Fiora e di Casteldipiano. Attualmente, anche per le lamentele dei proprietari dei terreni in cui si trova, è di difficile reperimento.

Sillmanite: in cristalli, anche centimetrici, è presente con una certa frequenza negli inclusi metasedimentari, soprattutto in quelli del secondo complesso. Il colore è grigio scuro opaco a causa delle abbondanti inclusioni presenti in questo minerale.

Tridimite: questa modificazione della silice, stabile a temperature comprese tra gli 870 e i 1470 °C, è stata osservata sotto forma di perfetti esagoni giallastri in alcune bollosità delle vulcaniti.

Ringraziamenti

L'autore ringrazia il sig. Salvatore Fiori che ha effettuato le analisi diffrattometriche ed il dott. Lucio Martarelli, del Centro di Studio per gli equilibri sperimentali in minerali e rocce del CNR, per le analisi alla microsonda elettronica. Ringrazia inoltre il sig. Nello Benvegnù del GMR per il suo interessamento nell'identificazione della ferrosilite.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- BROTHERS R.N., YOKOYAMA K. (1990), Fe-rich pyroxenes from a microdiorite dike, Whangarei, New Zeland, *Am. Min.*, 75, 620-630.
- JAFFE H.W., ROBINSON P., TRACY R.J. (1978), Orthoferrosilite and other iron-rich pyroxenes in micropertthite gneiss of the Mount Marcy area, Adirondak Mountains, *Am. Min.*, 63, 1116-1136.
- LAURENZI M.A., VILLA I.M. (1991), The age of early volcanic activity of m.te Amiata, Tuscany: evidence for a paleomagnetic reversal at 300 Ka bp., *Plinius*, 6, 160-161.
- LAZZAROTTO A. (1993), Elementi di geologia, in *Storia naturale della Toscana merid.*, Ed. A. Pizzi, 67-70.
- MARINELLI G. (1975), Magma evolution in Italy, in *Geology of Italy*, The Heart Sc. Soc. of the Libyan Arab Republic, Tripoli, 165-219.
- MAZZUOLI R., PRATESI M. (1963), Rilevamento e studio chimico petrografico delle rocce vulcaniche del m.te Amiata, *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem.*, Ser. A, 70, 355-442.
- SUENO S., CAMERON M., PREWITT C.T. (1976), Orthoferrosilite: High-temperature crystal chemistry, *Am. Min.*, 61, 38-53.
- TEALDI E. (1989), (traduzione) Nomenclatura dei Pirosseni, Sottocommissione sui Pirosseni, IMA, *R.M.I.*, Suppl. al n° 1.
- VAN BERGEN M.J. (1983), *Geologische Rundschau*, 72, 637-662.
- DEER W.A., HOWIE R.A., ZUSSMAN J. (1994), *Introduzione ai minerali che costituiscono le rocce*, Ed. Zanichelli, 143.

NUOVI RITROVAMENTI ALL'ISOLA DI SANTO STEFANO (SS)

Carmelo Cossu, Adriano Tovo

Con questo articolo vogliamo far seguito a quanto già scritto sul Cercapietre lo scorso anno in merito ai minerali dei filoni aplitici dell'Isola della Maddalena (Cossu *et al.* 1998) aggiungendo, con la descrizione dei minerali rinvenuti sull'Isola di S. Stefano, un nuovo tassello al panorama mineralogico dell'Arcipelago Maddalenino.

L'Isola di S. Stefano è interamente granitica e i suoi caratteri geologico-petrografici, sono del tutto simili a quelli delle altre isole dell'Arcipelago (L. Conti, 1964, 1966;

Conti *et al.* 1968), differenziandosi solo per la mancanza di aree metamorfiche.

A S. Stefano, mancano quasi del tutto quelle fessurazioni meridiane e trasversali, che invece sono molto diffuse nei graniti delle Isole Maddalena e Caprera; le rocce filoniane qui esistenti, presentano gli stessi caratteri di quelli delle isole maggiori, anche se nelle aree prossime alla costa sud-occidentale, questi cortei filoniani risultano ridotti. Il più importante per grandezza e continuità è il filone che taglia l'Isola in senso meridiano; esso costituisce una nervatura che s'inserisce nella dorsale longitudinale che da Poggio Tondo arriva sino a P.ta S. Stefano.

In prossimità del porticciolo di Vela Marina (fig. 1) si trovano alcune cave di granito. La prima (figg. 2-3) si trova sulla strada a destra della banchina, le altre,





Fig. 1 - Cala di Vela Marina: al centro il porticciolo, sulla destra le cave.

tutte più a nord, sono note soprattutto per la molibdenite, la powellite, l'opale ialite e la ferromagnetite, che qui si presenta, nelle fratture del granito, in ammassi a covone o raggiati veramente spettacolari che ricoprono superfici fino ad un metro quadrato.

Negli ultimi anni sono state scavate alcune gallerie per scopi militari, che hanno portato alla luce rocce e minerali assai diversi, per giacitura e tipologia, da tutto il contesto geologico e mineralogico dell'Arcipelago.

Le gallerie sono state scavate in prossimità della costa, al livello del mare, una a nord dell'isola in una località denominata S. Stefano «Nafta», l'altra nel versante sud orientale in località denominata S. Stefano «Polveriera». Con il materiale roccioso cavato è stata creata una zona di discarica che, all'interno dell'isola, va dal versante meridionale di Poggio Tondo fin quasi a M.te Zucchero.



Fig. 2 - Cava di Vela Marina: quel che resta di un monumento raffigurante G. Ciano, scolpito ai tempi del fascismo e mai collocato nella sede destinata di Livorno.

La visita sistematica delle vecchie cave ha consentito il ritrovamento di minerali già citati in letteratura ed ha permesso di verificare la totale mancanza di pegmatiti



Fig. 3 - Cava di Vela Marina: attrezzature abbandonate sul piazzale.

(L. Conti *et al.* 1968) e la conseguente assenza di tutta una serie di silicati presenti invece sull'isola della Maddalena. Un attento esame dei materiali delle discariche delle gallerie ha dato luogo al ritrovamento di diverse specie mai segnalate; nelle descrizioni che seguono, salvo indicazioni diverse, i rinvenimenti si intendono effettuati in tali «discariche».

Minerali rinvenuti:

Anatasio - Questo ossido di titanio, peraltro molto bello, lo abbiamo ritrovato in pochissimi campioni sull'isola di S. Stefano nella «discarica» del Monte Zuccherò. I cristalli si presentano sul granito, nel classico abito bipiramidale, e di colore blu (fig. 4).

Axinite - I cristalli di questo minerale si presentano, impiantati sulla pirite alterata, nel loro abito tipicamente obliquo a

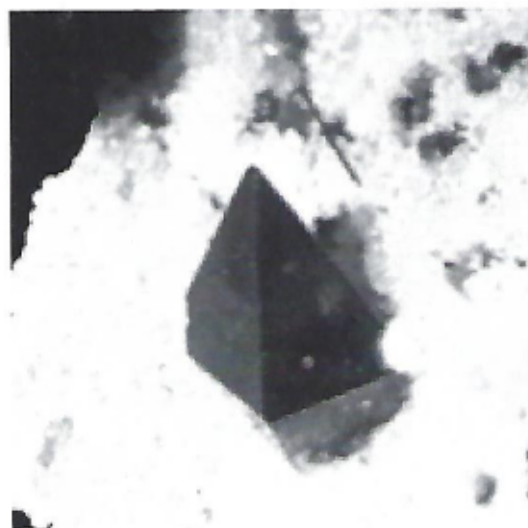


Fig. 4 - Anatasio: X = 0,5 mm; S. Stefano.
Coll. e foto C. Cossu.

spigoli taglienti, trasparenti di colore grigiastro. Le dimensioni dei cristalli sono dell'ordine di 0,5 mm; per dimensioni e colore sono del tutto simili a quelli rinvenibili all'Isola della Maddalena a Cava Francese, Puntiglione ecc.

Azzurrite - Lassù in cima al Monte Zuccherò, un centinaio di metri sul livello del mare, abbiamo rinvenuto anche l'azzurrite. Il minerale si presentava come una patina azzorrogna sul granito, associata a globuli verdi (identificati come brochantite). Nel marzo del '97 il prof. Sabelli, dell'Università di Firenze, cui avevamo inviato i campioni per l'identificazione, ci comunicava il risultato delle analisi. Entrambi i minerali risultano nuovi per l'Arcipelago.

Brochantite - Associata all'azzurrite l'abbiamo trovata con quest'ultima nella «discarica» di M.te Zuccherò.

Calcite - Lungo la strada sterrata in prossimità di Poggio Tondo, scavando tra i detriti nella «discarica», venne fuori un blocco di roccia grigio scuro sul quale erano impiantati due cristalli di calcite. Per quanto possa sembrare strano, in tutto l'arcipelago, pur essendo molto diffusa in forma massiva, non è molto frequente il rinvenimento di questo minerale in cristalli.

Calcopirite - Questo solfuro di rame e ferro, si presenta in cristalli di colore giallo ottone con riflessi verdastri. Non comunissimo, è reperibile un po' in tutti i siti mineralogici di questo Arcipelago. Nella «discarica» dell'isola di Santo Stefano,

nelle cavità della pirite massiva, associata a cristalli di vari minerali, si può trovare anche la calcopirite (fig. 5).



Fig. 5 - Calcopirite: X = 3 mm; S. Stefano.
Coll. e foto C. Cossu.

Clorite - Riconoscibile facilmente dal suo colore verde è molto diffusa all'interno di quella roccia tenera dalla consistenza argillosa che è fuoriuscita dalle viscere di Santo Stefano, è invece rarissima in cristalli ben formati. Poco appariscente e poco attraente dal punto di vista estetico è comunque un minerale nuovo per questo sito.

Ferrorneblenda - Durante l'estate del 1979, a Vela Marina, in una delle vecchie cave di granito, all'interno di una spaccatura, uno degli autori raccolse della orneblenda, identificata poi come ferrorneblenda. È facilmente reperibile ed il suo aspetto è raggiato fascicolare. Molti anni dopo, cioè nel 1996, l'abbiamo trovata in cristalli disordinati su una matrice pegmatitica, in località Monte d'Arena sull'isola della Maddalena.

Fluorapatite - Il sito migliore per la ricerca di questo minerale è sicuramente la «discarica» alta sulla cima del Monte Zuccherò. Il prof. P. Orlandi dell'Università di Pisa, ci ha analizzato un campione che era costituito da un cristallo ialino di due millimetri, con abito molto compresso, appoggiato su un cristallo di pirite.

Gesso - Nella solita «discarica», tra i cristalli di pirite, abbiamo rinvenuto il gesso in simpatici aghetti.

Marcasite - In un ammasso di pirite, proveniente dagli scavi della galleria militare, all'interno di un blocco alterato rinvenimmo gli unici due campioni di marcasite che, per quanto ci risulta, siano mai stati trovati in questo Arcipelago (fig. 6). Il minerale, in aggregati raggiati di cristallini, è associato a siderite, smithsonite, paragasite, pickeringite e fluorapatite.



Fig. 6 - Marcasite: aggregato 4 mm; S. Stefano.
Coll. e foto A. Tovo.

Molibdenite - La molibdenite, in passato, la si riteneva un minerale raro a Cava Francese e soltanto in tracce si riconosceva la sua presenza presso la cava di Vela Marina a S. Stefano. I ritrovamenti effettuati, in tante altre cave, ci inducono a ritenere oggi che la molibdenite sia, insieme alla pirite, il solfuro più comune un po' ovunque ed in particolare a S. Stefano.

Opale-jalite - Minerale non comunissimo, rinvenibile specialmente nella cava alta a sinistra del Puntiglione e ai Colmi nell'Isola di Maddalena ma anche a Vela Marina sull'isola di S. Stefano. Il suo aspetto è quello di tante bollicine vetrose ialine o lattee sul granito; presenta una luminescenza verde se esposto ai raggi U.V.

Pirite - Che a Santo Stefano, nella «discarica», si trova anche la pirite, ormai si è capito. Essa si presenta sia massiva che in cristalli millimetrici di forma cubica o pentagonododecaedrica.

Pargasite - Il minerale, rinvenuto in un grosso campione costituito da ammassi di cristalli allungati e fascicolati di colore verde, fu inizialmente scambiato per hedenbergite. Analizzato, in seguito (1997), presso il Dipartimento di Scienze della Terra della Università di Roma «La Sapienza» fu identificato come pargasite; probabilmente è il primo ritrovamento di questo minerale per la Sardegna.

Pickeringite - Il prof. C. Sabelli, nel marzo del 1997, ci ha analizzato alcuni campioni: uno di questi, proveniente da Poggio Tondo, a S. Stefano, è risultato essere pickeringite. I suoi cristalli aghiformi di

colore bianco candido sono poggiati e aggrovigliati a ciuffi fra i cristalli di pirite sul granito.

Powellite - Trovato per la prima volta nell'Arcipelago (1983), dal naturalista scomparso Giovanni Cesaraccio, questo raro minerale è stato ritrovato sull'isola di S. Stefano presso la cava di Vela Marina. Si tratta di una patina giallognola che circonda talvolta i cristalli di molibdenite. Successivamente, negli anni novanta, il filone aptitico di Padule a La Maddalena ci regalava dei nuovi campioni di questo interessante minerale. Anche in questo caso i suoi micro-cristalli formano delle lamine color crema attorno ai noduli raggiati di molibdenite. Il solo modo di individuare la sua presenza è quello di sottoporlo alla luce U.V.

Quarzo - Già citato, si riporta qui di seguito per esigenze di nomenclatura. In ogni caso su Santo Stefano il quarzo scarseggia anche perché scarseggiano sia le pegmatiti, sia i filoni aptitici. Non si trovano neppure filoni di quarzo massivo. Ci è stato raccontato che dagli scavi di una galleria militare sono state estratte addirittura della cassette piene di grossi cristalli affumicati ma che sono stati portati sul continente dal personale della ditta che ha eseguito i lavori di scavo. Ma sarà poi vero? Forse non lo sapremo mai.

Sfalerite - A Santo Stefano, nell'autunno 1998, nella solita discarica tra Poggio Tondo e M.te Zuccherò, abbiamo trovato un unico campione che il Professor Galli, dell'Università degli Studi di Modena, ci ha confermato (giugno 1999) essere sfale-

rite, la presenza di qualche elemento che il Professore definisce «strano» richiederebbe altre analisi.

Siderite - Anche a Santo Stefano, come pure a La Maddalena, abbiamo trovato la siderite. Questa si trova sia sulla pirite che sul granito e i suoi cristalli si presentano macroscopicamente in tre forme: la prima a barilotto, la seconda romboedrica e la terza lenticolare. In quest'ultima forma la Siderite è quasi identica alla smithsonite con la quale può essere facilmente confusa tenuto conto che dentro la stessa cavità si possono trovare entrambe le specie e che la differenza tra le due è soltanto una pallida sfumatura di colore. È stato possibile sottrarsi all'inganno solo grazie a ripetute analisi.

Smithsonite - Nel marzo del 1997, il prof. Sabelli ci aveva confermato la presenza di smithsonite su un campione proveniente da S. Stefano e su un altro proveniente dal filone baritico di Punta Rossa a Caprera. La smithsonite rinvenuta a S. Stefano, si presenta sia in cristalli romboedrici con le facce ricurve quasi come una lenticchia, sia in cristalli a forma di barilotto nella pirite massiva associata spesso a cristalli, di marcasite, pargasite, fluorapatite, siderite e pickeringite. Il suo colore varia dal giallo scuro al marrone, talvolta con riflessi iridescenti. Nella stessa località è stata rinvenuta anche sul granito e in questo caso i cristallini, isolati, erano di colore giallo chiaro. La smithsonite rinvenuta a Caprera si presenta in netti cristalli romboedrici di colore marrone racchiusi nella barite massiva.

Titanite - La titanite è stata rinvenuta nella «discarica» delle gallerie che, ricordiamo, sono state scavate al livello del mare a diverse centinaia di metri di profondità e verso l'interno dell'isola. Ne abbiamo trovato un solo campione, un cristallo singolo color miele associato a pirite e smithsonite.

Al termine di questo articolo, a completamento di quanto scritto lo scorso anno su questo stesso Bollettino (C. Cossu *et al.* 1998), vogliamo segnalare il rinvenimento di altre quattro specie minerali che il Prof. Galli ci ha recentemente (giugno 1999) identificate e che riteniamo nuove per l'Arcipelago.

Cromite - Il minerale, rinvenuto nel gennaio 1999 ed identificato come uno spinello ricco di cromo (probabilmente cromite), si presentava come un nodulo di colore nero lucente metallico, con frattura concoide, immerso nella calcite con ematite ed ilmenite ed è stato rinvenuto nei pressi della Crucitta di Caprera.

Idrossiapatite - Si presenta in cristallini aciculari di colore bianco gialliccio ed è stata trovata a La Maddalena sia in un filoncello di quarzo idrotermale di Cava Francese che nel filone aplitico n° 1 (C. Cossu *et al.* 1998) associata a titanite pumpellyite, ortoclasio e albite.

Piromorfite - Rinvenuta nel 1997 nelle geodi di un filoncello di quarzo idrotermale a Cava Francese a La Maddalena, il minerale si presenta in cristallini allungati singoli o raggruppati in forma raggiata di

colore bianco. È spesso associata a bismoclite, bismutinite, clorite, cosalite, epidoto, idrossiapatite, pirite, quarzo ialino, wulfenite e zoisite.

Tetradimite - Trovata nel 1997 al Passo della Pecora a Caprera sul quarzo contenuto negli gneiss, fu in un primo tempo confusa con la molibdenite, ma degli strani aloni gialli con sfumature verdastre consigliarono delle analisi. Il minerale risulta contenere bismuto al 59,27%, zolfo al 4,55%, tellurio al 36,18% con presenza di selenio, oro, rame e piombo.

Per quanto ci risulta dovrebbe essere addirittura il primo ritrovamento in Italia,

essendo la segnalazione più vicina, reperita nella letteratura, quella relativa ad un ritrovamento effettuato sulle Alpi Marittime nel versante francese (Picot *et al.* 1963).

Ringraziamenti

Ringraziamo i proff. E. Galli dell'Università degli Studi di Modena, C. Sabelli dell'Università degli Studi di Firenze, P. Orlandi dell'Università degli Studi di Pisa e il sig. S. Fiori dell'Università degli Studi di Roma per le analisi effettuate su molti dei nostri campioni.



BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- BALDACCI O. (1961), Ricerche sull'Arcipelago di La Maddalena, *Mem. Soc. Geogr. It.*, 25.
- CESARACCIO G. (1983), Su alcuni minerali presenti nelle druse e geodi pegmatitiche nel granito di Cala Francese nell'Isola della Maddalena, Sardegna NE, *Not. Min. e Paleont.* (organo uff. FE-SPERM), n° 36, 1/7/1983, 27-32.
- CONTI L. (1964), Studio Geopetrografico dell'Arcipelago de La Maddalena. Nota I «L'Isola de La Maddalena», *Bollettino della Soc. Geolog. Ital.*, Vol. LXXXIII, fasc. 3, 6-31.
- CONTI L. (1966), Studio Geopetrografico dell'Arcipelago de La Maddalena. Nota 2 «L'Isola di Caprera», *Per. Min.*, anno XXXV, n° 2, Roma, 603-701.
- CONTI L., TRAVERSA G. (1968), Studio Geopetrografico dell'Arcipelago de La Maddalena. Nota 3 «L'Isola di S. Stefano», *Per. Min.*, anno XXXVII, n° 1, Roma, 145-207.
- COSSU C., TOVO A., FIORI S., PUCCI R. (1998), I minerali presenti nelle apliti dell'Isola di La Maddalena (SS), *Il Cercapietre - Notiziario del G.M.R.*, n° 24, Roma, 15-38.
- GAMBONI A., GAMBONI T., NONNIS O. (1997), *I minerali dell'Arcipelago di La Maddalena*, Ed. Sorba, La Maddalena.
- PICOT P., VERNET J. (1963), Sur la Présence de quelques minéraux rares de bismuth dans une minéralisation plombifère de la région de Tende (Alpes-Maritimes), *Bull. Soc. franc. Minér. Crist.*, LXXXVI, 87-88.

LA CUSPIDINA DI ONANO

Roberto Pucci

Onano è un piccolo centro del Lazio settentrionale, prossimo ai confini con la Toscana, edificato sul versante settentrionale esterno della caldera di Latera, sui prodotti piroclastici del vulcano Vulsino. La località è già nota da tempo tra i ricercatori ed i collezionisti di minerali del Lazio per gli inclusi rinvenibili nelle cave di «lapillo» poste: una sulla strada SS 74, in prossimità del bivio per Gradoli, le altre a poca distanza lungo la strada che dalla statale 74 porta al paese di Onano.

Tra i minerali più conosciuti di queste cave sono da ricordare la titanite che, quasi sempre geminata, si presenta con abito del tutto particolare, riscontrabile nel Lazio soltanto a Fosso Ricomero (Viterbo), nell'apparato vicano, e una «can-crinite» che, in trasparentissimi e perfetti cristalli ialini, solo recentemente è stata identificata come afghanite (c.p. S. Fiori).

All'inizio dell'estate di quest'anno in una escursione di ricerca, i soci del G.M.R. Paolo Bosco e Mauro Papacci si sono recati nella cava vicina alla SS 74, che solo recentemente aveva ripreso i lavori di estrazione dopo un lungo periodo di inattività.

Il ritrovamento più interessante è stato un grosso incluso «lavico», del diametro di quasi un metro, con delle caratteristiche del tutto particolari.

La roccia, che non ci avventuriamo a definire con precisione, si presenta di un colore variabile dal grigio al verdastro più o meno chiaro; nella pasta di fondo si os-

servano, nelle fratture, numerosi fenocristalli di forma allungata verde scuro (pirosseni?) e di forma tondeggiante di colore lattiginoso, variamente fratturati (molto probabilmente leucite). La massa dell'incluso si presenta come costituita da alcuni «nuclei» più compatti ai quali si sovrappongono strati di roccia meno coerente e ricca di fessurazioni che si intersecano tra loro e che hanno spessore da frazioni di millimetro a centimetri, formando delle vistose litoclasti.

Nelle fessure è presente una patina mineralizzata di colore bianco sporco (che talvolta le riempie completamente) rispetto alla quale si può dire soltanto che non è calcite. Su tale patina sono disseminati sciami di cristallini submillimetrici di grossularia di colore da bruno a miele, e di un minerale nero lucente, spesso malformato, che, per la «polarità magnetica», è attribuibile a magnetite.



Cuspidina XX = 5-6 mm; Onano.
Coll. e foto R. Pucci.



Cuspidina: numerosissimi cristalli di 2-3 mm tappezzano una litoclase; Onano.
Coll. e foto R. Pucci.

Sono presenti pure cristalli di apatite nel loro abito caratteristico di prisma esagonale molto allungato terminato da una piramide; il loro colore va dallo ialino al bianco e in questo caso mostrano segni di una alterazione che ha interessato in modo variabile il minerale fino a conservarne soltanto una sottile struttura esterna che contiene materiale pulverulento. Talvolta l'apatite forma addirittura degli strati costituiti da un intreccio «feltrato» di cristallini.

Ai minerali già descritti se ne aggiunge un altro che si presenta in cristalli di dimensioni che vanno dal millimetro a superare abbondantemente il centimetro, e che per forma e colore hanno fatto imme-

diatamente pensare alla cuspidina. Tali cristalli, fragilissimi, si presentano a forma di «punta di lancia» molto allungati di colore dal rosaceo molto chiaro al bianco con aspetto da vitreo-ceroso a gessoso con tracce di profonda alterazione; spesso in associazione parallela sono quasi sempre ricoperti, come accade sovente in queste cave, da uno strato uniforme di piccolissimi, trasparentissimi cristalli di calcite.

L'eccezionalità del ritrovamento è nella misura e nella quantità di cristalli di cuspidina che non trovano riscontro in nessun altro sito laziale. Ricordiamo che la cuspidina nel Lazio è stata rinvenuta in diverse località (M.te Gentile - Ariccia, Case Collina - Pitigliano, M.te S. Angelo - Anguillara, M.te Ficoreto - Campagnano), ma che questo raro silicato è sempre stato rinvenuto in rari cristalli millimetrici e solo eccezionalmente sopra il centimetro. La particolarità del ritrovamento di Onano, nonostante le caratteristiche morfologiche così evidenti, ha consigliato l'esecuzione di analisi che sono state effettuate (su un campione che presentava, però, tracce di profonda alterazione) mediante esame diffrattometrico delle polveri presso il Dipartimento di Scienze della Terra della Università di Roma «La Sapienza». L'esame ha rilevato solo presenza di fluorite e calcite, ma la sua attendibilità, viste le condizioni dei cristalli presi in esame, è poco consistente; sarà perciò necessario il sacrificio (chi lo farà?) di cristalli freschi per avere risultati probanti.

GOETHE: LA NATURA COME VESTITO VIVENTE DELLA DIVINITÀ *

Giancarlo Fratangeli

*«Se desiderate inoltrarvi nell'infinito
muovetevi in ogni direzione del finito»*

Johann Wolfgang Goethe (1749-1831), l'autore del *Faust* e della *Teoria dei colori* e di molte altre opere letterarie e scientifico-filosofiche, nume tutelare della cultura tedesca, *praeceptor Germaniae*, ebbe in tutta la sua vita un impulso irresistibile verso la ricerca naturalistica e l'attività di «cercapietre» in particolare.

Chi ha letto il *Viaggio in Italia* o *Gli anni di vagabondaggio* di Guglielmo Meister conosce le numerose osservazioni e considerazioni geologiche e mineralogiche nonché le descrizioni di «raccolte di pietre».

Nel *Viaggio in Italia* si parla di spato pesante di Bologna (barite), dei «molti cristalli bianchi raggruppati in forma di granito» in Civita Castellana, dei «zeoliti estratti dalle rocce scoscese che sono nel mare sotto Jaci», della collezione dell'Etna del Cavalier Gioeni, conosciuto tramite un commerciante di lava di Catania. Nel Meister compare il «Katzengold» che poi sarebbe la «mica gialla, aurina», insieme alla «staurolite». Tratto costante è la polemica, anche vivace, contro coloro che ritenevano che tutte le rocce fossero nate dalla forza ignea e fossero quindi prodotti vulcanici, dal porfido di Egna ai basalti della Sicilia. Goethe fu un raccoglitore e

un collezionista formidabile ed infaticabile; a lui fu dedicato un nuovo minerale, la goethite, appunto (Lenz, 1806), come riconoscimento del suo posto di rilievo in quelle che oggi chiamiamo scienze della terra e che allora annoveravano, insieme alla mineralogia e alla geologia, l'orittologia** e la geognosia.**

Ci piace vedere il poeta tra paesaggi verdeggianti, monumenti diroccati, colonne infrante, curioso di ogni frammento di natura, animato dal desiderio della conoscenza, dell'armonia, della bellezza. Eppure lunghi anni di lavoro e di ricerca non producono un'opera scientifica strutturata e definitiva. Proprio in quegli anni J.B.L. Romè de l'Isle (1736-1790) e Renè Just Hauy (1743-1822) gettavano le basi della cristallografia e della mineralogia moderna, sviluppando le geniali intuizioni di Niccolò Stenone (Niels Stensen, 1638-1686) sulla costanza degli angoli interfacciali dei «cristalli» (per noi quarzo) e degli altri «corpi angolati» come la «marcasite» (per noi pirite).

Abraham Gottlob Werner (1749-1817), amico di Goethe, fondatore della teoria cosiddetta nettunista sull'origine delle rocce e della «geosofia», unione di geologia e filosofia, procedeva alla descrizione di oltre trecento minerali basandosi sulle loro caratteristiche fisiche e sulla lo-

* Quest'anno ricorre il 150° anniversario della nascita di J.W. Goethe, celebrato anche a Roma, a cura del Goethe Institut. Il G.M.R. ha voluto aggiungere il tassello della passione del grande intellettuale per le scienze della terra. È anche l'occasione per presentare un esempio d'intreccio fecondo tra la storia delle idee e la storia della scienza. (N.d.r.)

** Termini usati in passato per indicare: Orittologia: disciplina che studia i fossili; Geognosia: geologia descrittiva.

ro composizione chimica, su basi, peraltro, incomplete.

Grande studioso delle miniere della Sassonia, Werner ereditò e modernizzò il linguaggio e i criteri di riconoscimento empirico dei minatori tedeschi, continuando l'opera del grande Agricola (Georg Bauer, 1494-1555), universalmente riconosciuto come padre della mineralogia «scientifica».

Goethe si autodefiniva geologo e lo era, ma in modo del tutto particolare, e vediamo perché, servendoci di un interludio storico-filosofico. Per il poeta di Weimar la natura è vivente e divina e ciò vale per tutta la *Naturphilosophie* tedesca o concezione romantica della natura. L'ispiratore è il filosofo Baruch Spinoza (1632-1679) per il quale la sostanza, unica, è il *Deus sive natura*, Dio, ovvero la Natura. E la natura, divino proteo, si manifesta in infinite «sfaccettature» pur restando una. La varietà e ricchezza delle manifestazioni della natura devono essere ricondotte all'Uno-tutto, siano esse pianta o animale, colore o pietra.

Il ricercatore naturalista si sofferma con ammirazione e poetico stupore sulle cose particolari ma non perde mai di vista l'universale, l'idea che in esse si annida. Tutta la realtà non presenta forme già compite ma in continua formazione (*Bildung*), secondo un processo armonioso e dinamico. Questa visione del mondo ci dà il significato di alcune affermazioni a prima vista sibilline. «Le pietre sono taciti maestri, esse rendono muto l'osservatore e il meglio che si possa imparare da esse non è comunicabile». ¹ Oppure: «la cristallografia ... dà allo spirito una certa limitata soddisfazione [...] osserviamo che pro-

prio la mineralogia si trova sul punto di essere divorata dalle scienze vicine più generali, sicché per un po' di tempo essa dovrà combattere per la sua indipendenza. Il cristallografo padroneggia in quel campo e certo non senza ragione». ²

In natura non esistono forme immobili, per così dire, stabili ma un continuo processo di strutturazione morfogenetica, una metamorfosi che realizza un'idea. Anche la più morta materia è animata, nell'interpretazione organicistica e pan-teistica della natura, è animata da un'idea, da una forza interna. «Dalla natura, da qualunque parte la si contempi, scaturisce l'infinito». ³

W. Jablonski ci narra che il poeta, quasi settantenne, si trovava a pranzo con amici a Dornburg e parlava della capacità di nobilitare ogni dato sensibile come garanzia della nostra origine soprasensibile, leva della nostra indagine e della nostra meditazione, il delicato legame tra poesia e realtà. Ma ad un tratto il poeta si alzò «Lasciatemi correre alle mie pietre: dopo una tale conversazione s'addice infatti al vecchio Merlino associarsi di nuovo agli elementi originari ... Lo si vede quindi, coperto del suo cappotto grigio-chiaro, scendere solennemente nella valle e indugiare ora presso un mucchio ora presso un altro mucchio di pietre, soffermandosi anche di pianta in pianta. Provava poi le pietre con il martello mineralogico». ⁴

L'autore del *Faust* cercava, nei vari oggetti della natura, il «fenomeno originario», scaturigine di tutto ciò che nasce muore e rinasce. Così teorizzò l'esistenza di una *Urpflanze* (pianta originaria), di cui le singole piante sono derivazioni e manifestazioni (*La metamorfosi delle*

piante, 1790). Analogamente la scoperta dell'osso intermascellare nell'uomo e la teoria vertebrale del cranio, gli permisero di parlare di *Urtypus osteologico* e di ipotizzare la derivazione di tutti gli animali da un animale «originario» (*Anatomia comparata*, 1795). Anche nell'ottica ricercò il fenomeno fondamentale, il colore iniziale. Nella *Teoria dei colori* (1810), l'opera scientifica più compiuta, affermò che il bianco è il colore fondamentale non analizzabile, in vivace polemica con il prisma di Newton. Gli altri colori sono combinazione di luce bianca e di ombra. Anche qui una visione organicistica della «natura vivente» viene contrapposta al riduzionismo, al materialismo, alla casualità meccanica. Ma qual è il fenomeno fondamentale in geologia? Goethe ebbe stimolo ad interessi mineralogici e geologici dal tentativo, fallito, di soprintendere i lavori di riattivazione della miniera di argento e rame di Ilmenau, su incarico di Carlo Augusto (1777). Questi interessi trovarono il loro senso sullo sfondo della filosofia spinoziana della natura e della teoria nettunista di Werner. Il tentativo di creare un «osteologia della terra» e completare così il «romanzo dell'universo», con l'aggiunta di un fenomeno fondamentale geologico al mondo delle piante e degli animali, impegnò sicuramente Goethe in tutta la sua attività di «cerca pietre». Rudolf Steiner sostiene che l'estensione delle leggi dell'organico alla geologia è la prima azione di Goethe, è il principio vivificante che il poeta istilla nella «morta crosta terrestre». ⁵ Il cenacolo dei romantici di Jena, legato anche alla «geosofia» di Werner, si muoveva intorno al tentativo di trovare il principio organico di tutto



Goethe nella campagna romana, J.H.W. Tischbein.

il sapere, di vivere la natura come unità. Un altro poeta, Novalis (Friedrich von Hardenberg, 1722-1801), cercava corrispondenze tra il regno animale, quello vegetale e quello astrale e minerale. Anche Novalis è appassionato di minerali, funzionario delle miniere della Sassonia e assessore alle saline. E F.W.J. Schelling (1777-1854), il maggiore esponente della *Naturphilosophie* romantica, a testimonianza di quale fosse lo spirito dei tempi, scrive a Goethe che «i corpi ritenuti semplici ... sono tutti derivazioni del ferro e vengono alla luce da esso attraverso una metamorfosi originaria». ⁶

Ma torniamo a Goethe. «Non gli bastava vedere qua il granito, là il porfido. Partiva da ciò che distingue, per risalire all'elemento comune ... Egli cercava il principio comune che, secondo le diverse circostanze in cui si estrinseca, genera una volta questa, un'altra volta quella qualità di pietre ... Goethe cercava quel che manca alla geologia attuale, l'idea, il principio che costituisce il granito prima che sia divenuto tale; e questa idea è la mede-

sima che sta alla base anche delle altre formazioni. Parla del trapasso di una pietra in un'altra, non intende una trasformazione effettiva, bensì uno sviluppo dell'idea obiettiva... Ciò che gli importa, è il posto che il materiale prende nel complesso terrestre. Critica Werner che ordina i minerali secondo caratteristiche accidentali esteriori e non secondo la distribuzione che c'illumina sulla loro formazione».⁷

A prescindere da questo disinvoltato passaggio da minerali a rocce e viceversa, sembra che il fenomeno originario per delineare una «osteologia della terra» sia proprio il granito. Nello scritto *Il granito* (1784), «I faraoni eressero in onore del sole obelischi di granito, la cui tinta spruzzata di rosso evoca il bagliore policromo del fuoco».⁸ Questa roccia fiammeggiante è la «colonna vertebrale della terra» è «la chiave di volta della terra» perché «salde sulle sue basi granitiche la terra palpita». Secondo A.G. Werner il granito e lo gneiss sono rocce primitive, formatesi per cristallizzazione di una massa fluida, su cui il mare primigenio (Urmeer) avrebbe depositato sedimenti chimici organici e meccanici generando tutte le altre rocce. Abbiamo già parlato della vis polemica di Goethe contro la scuola dei plutonisti, specialmente nel «viaggio in Italia». Anche nello scritto «Confessioni di un vecchio nettunista (1829-1831)»⁹ il nostro poeta, pur con qualche timida apertura nei confronti della teoria rivale, in onore di una onesta accettazione del progresso scientifico, afferma che il nettunismo ha pur sempre lasciato in lui «un'impressione duratura e un orientamento generale per l'avvenire». Goethe

non può accettare le tesi di James Hutton (*Theory of the earth*, 1788) per cui gli scisti cristallini sono sedimenti trasformati dal calore, dalla pressione e dall'azione «metamorfica» dello stesso granito (Charles Lyell, *Principi di geologia*, 1830).

«Non posso cambiare modo di sentire a favore di una teoria che parte da una visione opposta e in cui non si parla più di nulla di fisso e regolare, ma di fenomeni casuali e privi di ogni rapporto reciproco. Secondo il mio modo di vedere, la terra si costruiva da se stessa; qui sembra dovunque scoppiata, e queste fratture riempite da profondità misteriose e abissali».¹⁰

Il poeta che è passato dall'inquietudine esistenziale dello *Sturm und Drang* alle forme ideali ed eterne, apollinee dello spirito, che ha concepito un armonico ciclo di metamorfosi delle piante, rifiuta le catastrofi, i sussulti improvvisi dei vulcani «rombanti» i capricci inaspettati dei sollevamenti e sprofondamenti della litosfera, come sostenuto dai plutonisti o vulcanisti. È il granito, che con la incessante modificazione del rapporto tra le sue parti (quarzo, feldspato e mica) genera le altre rocce come il porfido e la grovacca, i metalli e gli altri minerali.¹¹ Fin qui il Goethe mineralogista e geologo. Ci ha insegnato che la più umile pietra ci dischiude l'orizzonte della natura vivente, l'Uno-tutto di cui siamo parte e che non dobbiamo considerare come oggettività inanimata.

«Un granito plasmato, valutato è stato un cordiale invito della realtà. Ricevete ora dalla stessa mano un'immagine, largita dal Cosmo anch'essa nel mattino di dio ciò si avvivò ...».¹²

RIFERIMENTI

- ¹ W. GOETHE: *Teoria della natura*, a cura di M. Montinari, Torino 1958, p. 129.
- ² *Ivi*, p. 130.
- ³ *Ivi*, p. 227.
- ⁴ W. JABLONSKI: *Goethe e le scienze naturali*, Bari 1938, pp. 220-221.
- ⁵ R. STEINER: *Le opere scientifiche di Goethe*, Genova 1988, p. 176.
- ⁶ F.W.J. SCHELLING: Lettera a Goethe del 26-01-1801, *Briefe*, Bonn 1962, I, p. 240.
- ⁷ R. STEINER: *op. cit.*, p. 177.
- ⁸ W. GOETHE: *Il granito*, in *Opere*, vol. V, a cura di L. Mazzucchetti, Firenze 1961, p. 247.
- ⁹ *Ivi*, p. 256 e segg.
- ¹⁰ *Ivi*, p. 260.
- ¹¹ W. GOETHE: *Il dinamismo in geologia*, in *Opere*, vol. V, cit., pp. 253-254.
- ¹² W. GOETHE: *Liriche*, in *Opere*, vol. V, cit., p. 916.