

## Ritrovamento della franzinite in una perforazione geotermica dei Sabatini (Lazio)

FABRIZIO FRANCESCHINI, PAOLO ORLANDI

Dipartimento di Scienze della Terra, Via S. Maria 53, 56100 Pisa

**RIASSUNTO.** — Il ritrovamento di franzinite, un raro minerale del gruppo della cancrinite, nella carota di fondo pozzo di una perforazione geotermica nel distretto vulcanico dei Sabatini (Lazio) rappresenta la prima segnalazione di questo minerale nella sua giacitura originale.

Il minerale è stato rinvenuto all'interno di un complesso termometamorfico-metasomatico originato da intrusioni filoniane di magmi alcalino-potassici in rocce dolomitico-evaporitiche.

Il ritrovamento permette di accrescere le conoscenze sulle caratteristiche di genesi di questi rari minerali.

**Parole chiavi:** Franzinite, Sabatini, sequenza dolomitico-evaporitica, termometamorfismo, metasomatismo.

**ABSTRACT.** — Franzinite, a rare member of the cancrinite group, has found in the bottom core of a deep drilling in the Sabatini volcanic area (Latium).

The mineral has been found within a thermometamorphic-metasomatic complex, produced on a dolomitico-evaporitic sequence by the contact with small intrusion of alkali-potassic magmas. The finding increases the knowledge on the conditions of occurrence of these rare minerals.

**Key words:** Franzinite, Sabatini, dolimitic-evaporitic complex, thermometamorphism, metasomatism.

### Introduzione

Molti nuovi minerali, strutturalmente o chimicamente correlati alla cancrinite, sono stati identificati e descritti nell'ultimo decennio. Alle già più o meno note cancrinite, microsommitte, davyna e vishnevite (DEER et al.,

1966) si sono aggiunte nuove specie mineralogiche quali afghanite (BARIAND et al., 1968), liottite e franzinite (MERLINO e ORLANDI, 1977a, b), sacrofanite (BURRAGATO et al., 1979), giuseppettite (MAZZI e TADINI, 1981), tutte classificate tra i minerali del gruppo della cancrinite.

La formula generale per questi minerali è:

$$(Na, Ca, K_{7-8}) Al_6 Si_6 O_{26} (CO_3, SO_4, Cl)_{1-5.2} (H_2O, OH)_{1-5}$$

Si tratta di tetrasilicati formati da anelli esagonali, costituiti da tetraedri (Si, Al)O<sub>4</sub> e sovrapposti secondo sequenze caratteristiche degli impacchettamenti compatti. Cancrinite, vishnevite, davyna e microsommitte corrispondono alla sequenza più semplice ABAB..., liottite, afghanite, franzinite, sacrofanite e giuseppettite corrispondono, invece, a sequenze più complesse (MERLINO, 1984).

Dal punto di vista chimico si notano variazioni nel contenuto di SO<sup>-2</sup><sub>4</sub>, CO<sup>-2</sup><sub>3</sub>, Cl<sup>-</sup> e di Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>. Tutti i luoghi di ritrovamento di franzinite, afghanite, liottite, sacrofanite, microsommitte e giuseppettite si trovano nella regione vulcanica di età quaternaria compresa tra il Lazio centro settentrionale e le ultime propaggini meridionali della Toscana, alla quale appartengono le aree vulcaniche di Bolsena, Vico, Bracciano e dei Colli Albani.

I minerali sono stati rinvenuti all'interno di cavità in blocchi costituiti da minerali metasomatici trascinati dal magma in risalita e che si rinvenivano associati ai prodotti dell'attività esplosiva (LEONI et al., 1979; BURRA-

GATO et al., 1979; MAZZI e TADINI 1981).

Presso Pitigliano, sul bordo della caldera di Latera, sono state trovate afghanite e microsommiti all'interno di un deposito di pomici, in proietti olocristallini formati da vesuvianite, grossularia, nonché contenenti, in minor quantità, flogopite in piccoli aggregati lamellari e, in quantità ancor minore, sanidino, apatite, hellandite e piccoli prismi aciculari di diopside.

Ad Ariccia (Colli Albani) è stata rinvenuta franzinite, anche in questo caso all'interno di uno degli ejecta, con augite, grossularia, sanidino, flogopite e wollastonite.

Sempre in ejecta all'interno di livelli di prodotti piroclastici sono state segnalate a Sacrofano (est di Bracciano) franzinite, sacrofanite, giuseppettite, afghanite.

L'origine di questi proietti sembra sempre legata alla trasformazione operata da processi termici e metasomatici che si verificano al contatto tra una roccia incassante carbonatica con un magma alcalino potassico.

Il ritrovamento di franzinite nella carota di fondo pozzo della perforazione geotermica con sigla SH2, eseguita dalla «Joint Venture» tra ENEL e AGIP a nord-ovest di Trevignano nel distretto vulcanico dei Sabatini, rappresenta la prima segnalazione di un minerale di questa famiglia rivenuto nella sua giacitura originale.

### Osservazioni geologiche e petrografiche

Tra il 1972 ed il 1975 l'ENEL sviluppò un programma di ricerche a scopo geotermico con studi vulcanologici, geofisici e geologici nel settore dei Sabatini a nord di Roma coprendo un'area di circa 1000 Km<sup>2</sup> intorno al lago di Bracciano. Ricerche più particolareggiate, effettuate nell'area di Cesano ad est del lago con perforazioni profonde (FUNICIELLO et al. 1979), confermano l'esistenza di un reservoir con fluidi geotermici ad alta salinità (70-350 g/l) e con composizione anomala (solfati molto più abbondanti di cloruri). Altre aree furono investigate ed in particolare i settori sud-ovest e nord dei Sabatini furono ritenuti di interesse geotermico. Così la appena costituita «Joint Venture» ENEL-AGIP decise la perforazione di un pozzo di esplorazione (sigla SH2) nel settore nord dell'area.

La perforazione fu eseguita a circa due Km a nord del lago di Bracciano ad una quota di 325 metri s.l.m. e raggiunse una profondità di 2498 metri (CALAMAI et al. 1983).

Nella Fig. 1 sono riportate le caratteristiche stratigrafiche e petrografiche di questa perforazione. Le mineralizzazioni secondarie dovute a termometamorfismo e metasomatismo sono evidenti e importanti da 1250 metri sino a fondo pozzo. Nella parte alta questo complesso termometamorfico è stato interessato da una debole mineralizzazione idrotermale con paragenesi a epidoto-adularia-pirite caratteristica di una facies propilitica (CHELINI, 1979). I minerali termometamorfici sono rappresentati da paragenesi di medio grado (vesuvianite, granato, wollastonite, diopside, flogopite) su tutto l'intervallo di circa 1250 metri evidenziando, con la presenza e la frequenza di minerali caratteristici, le variazioni litologiche originali. L'estensione di questo intervallo è spiegata dalla presenza di numerose apofisi magmatiche di materiale sienitico intorno alle quali si sviluppano le trasformazioni metasomatiche (FRANCESCHINI, 1987).

L'abbondanza, nell'intervallo 1250-1750 metri, di materiale pelitico, arenaceo e, in quantità crescente con la profondità, carbonatico, insieme al già citato debole fenomeno idrotermale ed ad un probabile apporto metasomatico da parte dell'apofisi magmatica presente a 1600 metri, è responsabile della grande varietà di fasi neoformate riscontrate. Da 1750 metri a 2150 metri il complesso termometamorfico è costituito esclusivamente da dolomia ricristallizzata ed anidrite con piccole quantità di calcite. Il passaggio con il livello precedente è netto ed è evidenziato dalla scomparsa quasi totale di tutte le fasi silicatiche neoformate. Si passa quindi da materiale originale marnoso-arenaceo (parte superiore della serie toscano-umbra) ad una dolomia quasi priva di calcite ricca di anidrite disseminata nella massa dolomitica ricristallizzata. Alla profondità di 2000 e 2168 metri, l'anidrite è presente nella dolomia metamorfica in sottili intercalazioni con cristalli centimetrici associata a piccole quantità di flogopite, pirite e fluorite.

L'anidrite è un minerale frequente degli

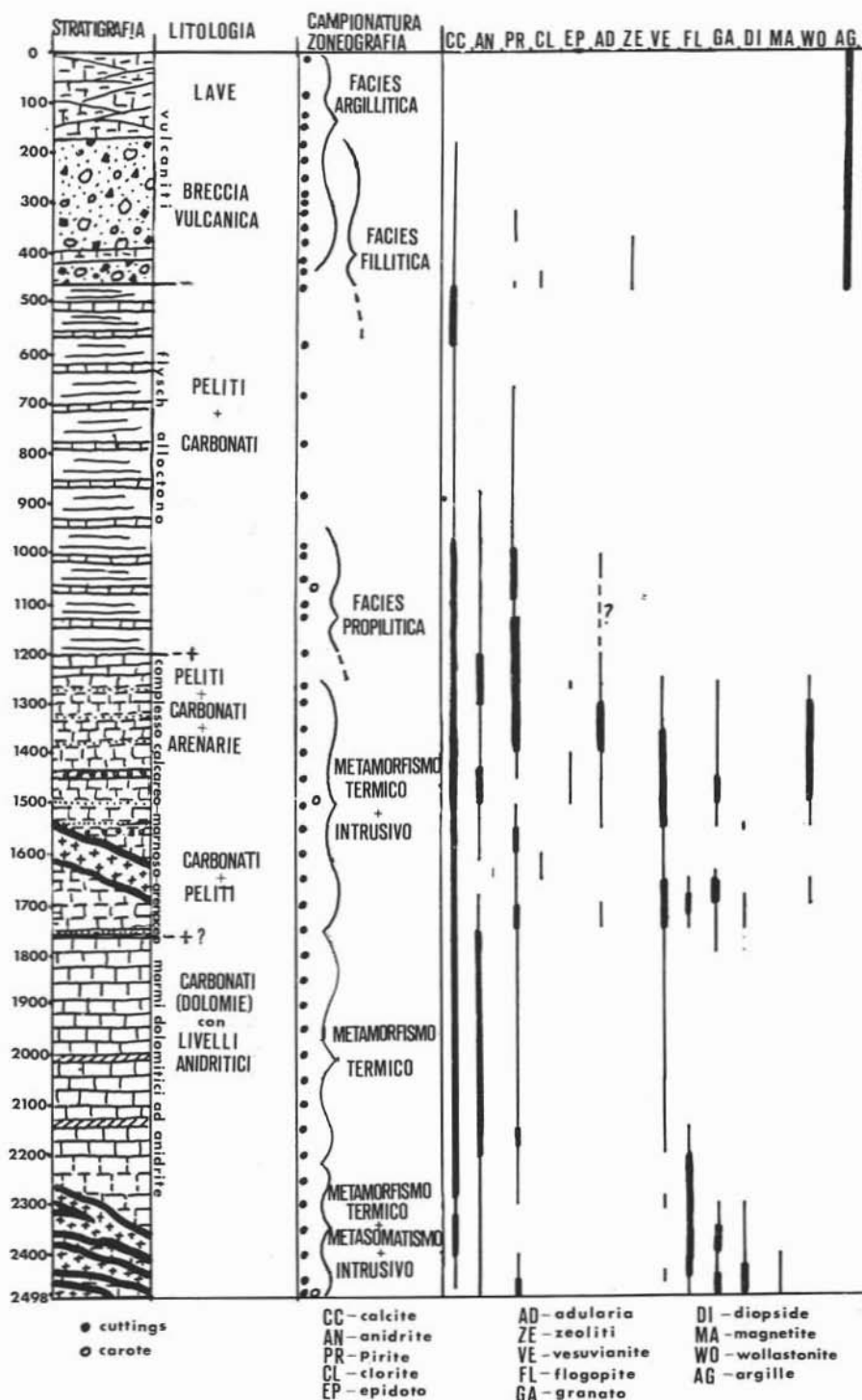


Fig. 1. — Caratteristiche stratigrafiche e petrografiche della perforazione SH2 - Stratigraphic and petrographic features of well SH2.

«ore copper porphyry», tipi di giacimenti che si trovano in aree vulcano-sedimentarie interessate da piccole intrusioni alcali-calciche. Sembra però difficile che una tale concentrazione all'interno e nella parte inferiore di una successione dolomitica sia attribuibile a fenomeni analoghi. Per questi motivi riteniamo più probabile che si tratti di residui della serie evaporitica triassica costituita spesso da strati di dolomite stechiometrica alternati con livelli anidritici.

Il passaggio quasi netto tra complesso calcareo-marnoso-arenaceo e complesso dolomitico-evaporitico è probabilmente da attribuirsi ad un contatto tettonico la cui conseguenza è stata quella di laminare fino ad elidere le formazioni carbonitiche liassiche stratigraficamente sempre presenti nelle successioni toso-umbre, ma qui assenti o al massimo di spessori ridottissimi.

Dato che generalmente la ricristallizzazione metamorfica delle dolomie della serie evaporitica toscana è molto meno evidente rispetto a quella dei calcari, possiamo estendere anche a questa zona la definizione di termometamorfismo di medio grado, che qui ha la caratteristica di essere strettamente isochimico.

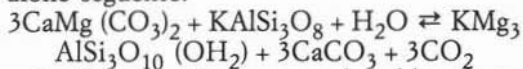
Da 2150 metri fino a fondo pozzo la formazione dolomitico-anidritica triassica è interessata da un effetto metasomatico progressivo che si sovrappone a quello termico e che porta alla completa ristrutturazione delle paragenesi originali sia dal punto di vista chimico che da quello tessiturale. Queste trasformazioni, che potremmo definire di termometamorfismo allochimico, sono state favorite dalle numerose apofisi di materiale intrusivo che probabilmente indicano la presenza nelle immediate vicinanze di un corpo magmatico di dimensioni più grandi.

L'inizio di questo complesso metamorfico è marcato, a 2150 metri, dalla scomparsa dei carbonati sostituiti da una roccia composta da granato e vesuvianite e da aggregati di cristalli di piccole dimensioni di flogopite. Tali minerali, insieme ad esigue quantità di fluorite e di talco, probabilmente dovuto alla reazione:

$$3\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 + 4\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_2 + 3\text{CaCO}_3 + 3\text{CO}_2$$

testimoniano un apporto di sostanze chimiche di probabile origine magmatica. Ricordia-

mo a tale proposito che la presenza di un fuso magmatico è anche necessaria per spiegare la formazione della flogopite. Questa mica infatti deriva probabilmente dall'interazione tra feldspato potassico e dolomia secondo la reazione seguente:



La flogopite si ritrova molto abbondante ed in cristalli di grandi dimensioni a 2200 metri di profondità. In questo livello la presenza di notevole quantità di K-feldspato (sanidino) farebbe pensare ad un primo fenomeno di contatto con la roccia intrusiva.

A 2250 metri il K-feldspato scompare lasciando alla flogopite il ruolo di minerale più abbondante ma ricompare in grandi quantità a 2300 metri associato a clinopirosseno, biotite verde, granato marrone (melanite) e titanite. Una situazione analoga si ritrova alla profondità di 2350 e 2400 metri. A 2450 metri un clinopirosseno incolore (diopside) associato a flogopite, un granato poco colorato, spinello verde, rara vesuvianite e fosterite indicano una paragenesi termometamorfica a cui si intercalano a 2480 e 2490 metri altri dicchi sienitici.

Alla profondità di 2490 metri si rinvencono frammenti di una roccia sienitica con struttura granulare ipidiomorfa costituita da K-feldspato (biassico negativo A.A.O. circa 40°, normal-simmetrico), biotite, clinopirosseno verde, melanite, magnetite e un raro anfibolo pleocroico sul verde. La presenza di sericite, la parziale sostituzione di granato da parte di calcite e l'aspetto generalmente corrosivo di fasi quali il clinopirosseno, la fosterite, il granato e la vesuvianite testimoniano l'esistenza di un processo retrometamorfico e quindi di un abbassamento della temperatura. Quest'ultimo fenomeno appare molto più evidente nella carota di fondo pozzo (2498 metri). Ad un esame macroscopico questa carota presenta due porzioni diverse che testimoniano una evidente inomogeneità composizionale. Essa è infatti costituita da una porzione più scura, verde bottiglia, ricca in miche e tagliata da vene e da una porzione più chiara con cristalli di dimensioni maggiori, che è macroscopicamente simile ad una roccia intrusiva evoluta.

In sezione sottile si nota che il contatto tra

le due parti è quasi sempre netto. In particolare sembra che intorno ad una vena principale formata da grossi cristalli di flogopite, anidrite e apatite si sviluppi un alone costituito nella parte più scura da flogopite, anidrite, apatite, spinello verde pallido, clinopirosseno incolore, granato, fosterite e probabile wolastonite. Questi minerali si presentano quasi sempre in grossi cristalli vicino alla vena ed in aggregati microcristallini più lontano. La parte più chiara, invece, è formata da grossi cristalli anedratati di feldspato alcalino e clinopirosseno verde in parte con bordi arrotondati, granati di grosse dimensioni, senza forme proprie e in parte sbriciolati, apatite, biotite pecilica nel feldspato, titanite, magnetite talvolta associata a pirite e rara fluorite. In plaghe interstiziali sono presenti calcite, anidrite e compare qui, in quantità significative, il minerale identificato come franzinite.

La franzinite si presenta in aggregati di cristalli allungati ad estinzione retta con geminazioni polisintetiche parallele all'estinzione. È limpida e incolore con rifrangenza molto bassa (minore del K-feldspato) e bassi i colori di birifrangenza (massimo grigio del primo ordine). Spesso una probabile variazione composizionale ne modifica leggermente la potenza birifrattiva, che appare più elevata in zone allungate parallele all'estinzione, forse seguendo possibili piani di sfaldatura. Queste caratteristiche e il segno ottico uniassico positivo ne fanno un minerale non facilmente classificabile. Solo con un'analisi diffrattometrica è stato possibile determinare la sua appartenenza alla serie cancrinite-vishnevite-davyna.

La composizione della roccia di fondo pozzo indica una successione di eventi di non facile interpretazione.

Si tratta infatti di un originario prodotto intrusivo di composizione sienitica, cui si sono sovrapposti dei fenomeni termometamorfici con i loro minerali caratteristici, associati, lungo una linea di frattura, ad altre fasi derivate dal trasporto di materia ad alta temperatura.

A questa paragenesi è seguito un arretramento termico. Un'ipotesi plausibile potrebbe essere la seguente. Il pozzo a 2490 metri di profondità ha raggiunto la parte alta di un

corpo magmatico sienitico (con apofisi evidenti fin da 2200 metri) intruso all'interno di un complesso dolomitico-anidritico. Questa formazione evaporitica è attraversata nella parte profonda da dicchi sienitici e metasomatici. A fondo pozzo si incontra un corpo magmatico probabilmente di dimensioni maggiori che potrebbe essere il diretto responsabile del termometamorfismo. Le vene osservate in questa zona sarebbero testimonianza della originaria presenza di fratture legate ad uno stress dovuto a due effetti: uno tensionale provocato dalla spinta ascensionale del magma caldo e leggero ed uno termico, successivo, dovuto alle contrazioni da raffreddamento. All'interno di queste fratture sono circolati fluidi di alta temperatura che hanno metasomatizzato la roccia delle salbande delle fratture con scambi chimici tra fasi solide presenti e fluido senza arrivare ad una completa omogeneizzazione. All'interno delle fratture, per deposizione diretta, si è formata un'associazione di flogopite, apatite e anidrite.

Mancano o sono scarsamente rappresentati effetti termometamorfici e metasomatici legati alla circolazione di fluidi di temperature più basse. Cloriti, epidoti e talco sono, infatti, assai poco frequenti. Gli scambi di materia ad alta temperatura, dovuti a mobilitazioni più o meno estese, hanno quindi portato ad un prodotto finale del tutto impermeabile. Nel pozzo SH2, infatti, pur avendo rinvenuto una temperatura elevata (quasi 300°C a 2498 metri), non è stata riscontrata nessuna circolazione di fluidi.

### Determinazioni cristallografiche e analisi chimiche

La franzinite è stata identificata utilizzando metodologie diverse. I vari minerali del gruppo della cancrinite possono essere caratterizzati sia dal punto di vista strutturale che chimico.

Strutturalmente essi differiscono tra loro, come già accennato, per la diversa modalità di successione, lungo la direzione *c*, degli anelli costituiti da sei tetraedri (Si, Al) O<sub>4</sub>. Pertanto, mentre il parametro *a* è costante, il parametro *c* può assumere valori diversi. Nella Tab. 1 sono riportati i valori dei parametri

TABELLA 1

*Dati cristallografici dei vari termini del gruppo della cancrinite - Crystallographic data of compounds in the cancrinite groups*

|         | DAVYNA                      | LOSOD                          | LIOTTITE                           | AFGHANITE                   | FRANZINITE                         | FRANZINITE       | GIUSEPPEPITTITE                |
|---------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------|--------------------------------|
|         | BARIAND<br>et Al.<br>(1968) | SIFBER<br>e<br>MEIER<br>(1974) | MERLINO<br>e<br>ORLANDI<br>(1977a) | BARIAND<br>et Al.<br>(1968) | MERLINO<br>e<br>ORLANDI<br>(1977b) | QUESTO<br>LAVORO | MAZZI<br>e<br>TADINI<br>(1981) |
| $a$ (Å) | 12.70                       | 12.91                          | 12.84                              | 12.77                       | 12.88                              | 12.89 (1)        | 12.85                          |
| $c$ (Å) | 5.33                        | 10.54                          | 16.09                              | 21.35                       | 26.58                              | 26.63 (9)        | 42.22                          |
| $n^*$   | 2                           | 4                              | 6                                  | 8                           | 10                                 | 10               | 16                             |

$n^*$ =Numero di strati di anelli esagonali nella sequenza - Number of layers of six-membered rings in the sequence.

$a$  e  $c$  ottenuti dal raffinamento, mediante il metodo dei minimi quadrati, dei dati diffrattometrici ricavati da pellicola (camera Gandolfi:  $\varnothing$  114.6 mm, radiazione  $\text{FeK}\alpha$ ).

L'analisi diffrattometrica è stata eseguita su un cristallo preventivamente esaminato mediante diffrattogrammi di cristallo rotante e Weissenberg. Le pellicole con le registrazioni degli effetti di diffrazione relative ad un rotante ( $c$  asse di rotazione) e ad un Weissenberg strato 0 (effetti di diffrazione  $hKO$ ) sono risultate identiche a quelle del cristallo olo tipo studiato da MERLINO e ORLANDI (1977b).

Sempre nella Tab. 1 vengono dati i valori di  $a$  e  $c$ , ricavati dalla bibliografia, per i vari minerali del gruppo della cancrinite.

Per quanto riguarda la composizione chimica di questo minerale, i parametri da considerare per l'identificazione sono i seguenti:

- 1) Il rapporto Si/Al. Tutte le analisi dei minerali di questa famiglia danno un rapporto Si/Al vicino a uno. In accordo con ciò nel nostro caso Si/Al = 1.013.
- 2) Il contenuto cationico. Considerando solo il sodio, il calcio e il potassio (dato che il magnesio e il ferro sono presenti solo in piccole quantità) si possono notare lievi differenze di concentrazioni cationiche non sufficienti però a differenziare in maniera apprezzabile i vari termini.
- 3) Il contenuto anionico. Le differenti concentrazioni anioniche tra le varie fasi sembrano più importanti.

Per la franzinite in particolare si notano bassi valori nel contenuto di Cl e  $\text{CO}_2$  e alti valori di  $\text{SO}_3$ . I dati chimici da noi ottenuti sul

campione del sondaggio SH2 (Tab. 2) si accordano con quelli della bibliografia.

## Conclusioni

I minerali del gruppo della cancrinite sono comuni costituenti di molte sieniti nefeliniche e di pegmatiti nefelin-sienitiche. Essi si formano durante gli stadi tardivi della cristallizzazione magmatica, ossia al momento in cui si concentrano nel fuso residuale tutti quegli elementi legati poco stabilmente al fuso silicatico quali  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , Cl,  $\text{SO}_3$  ecc. In questi stadi tardomagmatici pegmatitici e pneu-

TABELLA 2

*Media di nove analisi eseguite su sei granuli diversi. Analisi condotta con microscopio elettronico Philips SEM 515 in microanalisi EDAX PV9900 - Average make on six several fragments. Analysis carried out with electron microprobe Philips SEM 515, with EDAX PV9900 microanalyzer*

|                         | Wt%   | val.min e max | R.A   |
|-------------------------|-------|---------------|-------|
| $\text{Na}_2\text{O}$   | 11.08 | (10.08-11.55) | 21.35 |
| $\text{K}_2\text{O}$    | 6.41  | (5.56-7.53)   | 8.12  |
| $\text{CaO}$            | 8.88  | (7.43-9.92)   | 9.46  |
| $\text{MgO}$            | 1.10  | (0.98-1.23)   | 1.63  |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 0.03  | (0.00-0.07)   | 0.02  |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 25.46 | (24.60-26.12) | 29.81 |
| $\text{SiO}_2$          | 30.38 | (29.41-31.30) | 30.17 |
| $\text{SO}_3$           | 12.69 | (11.67-13.53) | 9.46  |
| Cl                      | 0.10  | (0.06-0.13)   | 0.17  |
| $\text{CO}_2$           | n.d.  | --            | --    |
| $\text{H}_2\text{O}$    | n.d.  | --            | --    |
| TOT.                    | 96.13 |               |       |

motolitici (GOTTARDI, 1978) si possono avere concentrazioni localizzate di soluzioni ricche in  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_3$  ecc. che contribuiscono, a seconda della loro quantità, a sostituire minerali sia della roccia magmatica che delle rocce incassanti con altri più stabili nel nuovo ambiente. La sovrapposizione di fenomeni metasomatici a fenomeni termometamorfici origina, quindi, nella roccia incassante attorno all'intrusione magmatica un'aureola termometamorfico-metasomatica. Va però tenuto presente che lo scambio chimico tra magma e roccia incassante può avvenire nei due sensi ed è molto frequente una contaminazione del magma da parte di sostanze mobili appartenenti alla roccia incassante.

È evidente che, a parità di altre condizioni, tali fenomeni sono tanto più importanti quanto maggiore è la superficie di contatto magma-roccia incassante. In altre parole questi scambi sono legati all'importanza della fratturazione, che favorisce l'intrusione di numerose apofisi filoniane. In particolare, nella zona da noi studiata, il verificarsi di una situazione tipo «oak» o intrusione ramificata (FRANCESCHINI e MARINELLI, 1989) comporta la presenza di una vastissima superficie di contatto tra un magma alcalino-potassico di composizione sienitica e la roccia incassante formata da rocce carbonatiche prevalentemente dolomitiche con intercalazioni anidritiche (formazione evaporitica triassica). L'ampia interfaccia e le temperature medio-alte di questo tipo di magma (circa  $800^\circ\text{C}$ ; DI SABATINO et al., 1978) comportano l'instaurarsi di condizioni favorevoli ad una diffusa metasomatizzazione nella quale viene coinvolto anche il materiale evaporitico. Si rendono pertanto disponibili notevoli quantità di cloruri, solfati ecc. insieme ad una importante produzione di  $\text{CO}_2$  dovuta alle reazioni termometamorfiche di decarbonatazione.

Prendiamo, ad esempio, in considerazione la presenza di anidrite in vena associata a flogopite ed apatite nella facies di contatto tra il magma e la serie termometamorfico-metasomatica. Poiché le camere magmatiche del vulcanismo di questa area dovevano trovarsi all'interno della serie evaporitica triassica, o di poco sottostanti, è molto probabile che proprio dal radicale solforico e dai cloru-

ri spesso associati alle evaporiti si siano originati feldspatoidi del gruppo della cancrinite e del gruppo della sodalite, la cui presenza è stata segnalata innumerevoli volte sia nell'area in studio sia nelle analoghe zone vulcaniche laziali (FANTAPPIE, 1878; ZAMBONINI, 1900; FORNASERI, 1951; CIVITELLI et al., 1975; STEVENSON e HOFFMAN, 1975; BURRAGATO et al., 1982). La bassissima solubilità dell'anidride ad alta temperatura (HOLLAND e MALININ, 1967) sembrerebbe opporsi a circolazione di fluidi ricchi in solfato di calcio all'interno del magma. Una possibile spiegazione potrebbe essere questa: tutte le rocce a chimismo trachitico e trachi-fonolitico della zona in esame, sia intrusive che effusive, contengono sempre, in discreta quantità, cristalli di melanite. In questo granato prevalgono i termini della serie grossularia-andradite, il cui calcio non può certo provenire dal magma che ne è molto povero. È quindi probabile che la melanite cristallizzi utilizzando il calcio dell'anidrite e liberando un solfato alcalino che — assieme al poco cloro contenuto nel magma o nelle evaporiti — andrà a formare feldspatoidi del gruppo della sodalite o della cancrinite.

In questo contesto si inquadra l'ipotesi di formazione di rari minerali che, come quelli descritti, devono la loro genesi a locali arricchimenti di sostanze quali  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ecc. nelle zone di contatto attraversate da apofisi filoniane.

Un ambiente di formazione legato a prodotti molto mobili ha la caratteristica di essere fortemente mutevole nel tempo sia nella sua geometria che nelle sue caratteristiche chimico-fisiche. Ciò potrebbe spiegare la presenza simultanea, all'interno di uno stesso campione, di più fasi mineralogiche del gruppo della cancrinite come notato da LEONI et al. (1979).

*Ringraziamenti.* — Ringraziamo la «Joint Venture» ENEL-AGIP che molto gentilmente ha messo a nostra disposizione cuttings e carote della perforazione geotermica.

Ringraziamo inoltre il Prof. G. Marinelli per i consigli durante lo svolgimento del lavoro e per la lettura critica del manoscritto.

Questo lavoro rappresenta l'ampimento di un aspetto trattato nella mia tesi di laurea.

## BIBLIOGRAFIA

- BARIAND P., CESBRON F., GIRAUD R. (1968) - *Une nouvelle espèce minérale: l'afghanite de Sar-e-Sang, Badakhashan, Afghanistan. Comparaison avec les minéraux du groupe de la cancrinite*. Bull. Soc. Franç. Minér. Crist., 91, 34-42.
- BURRAGATO F., PARODI G.C., ZANNAZZI P.F. (1979) - *Sacrofanite. A new mineral of the cancrinite group*. N. Jb. Miner. Abh., 140, 102-110.
- BURRAGATO F., MARAS A., ROSSI A. (1982) - *The sodalite group minerals in the volcanic area of Latium*. N. Jb. Miner. Mh., 10, 433-445.
- CALAMAI A., FIORELISI A., PANDELI E., VALENTI P. (1983) - *First exploratory well in the Sabatini area (northern Latium)*. Third International Seminary «result of EC research and demonstration projects in the field of geothermal energy» European Geothermal Update, 29 Nov. - 1 Dic. 1983, Munich.
- CHELINI W. (1979) - *Gli equilibri idrotermali in sistemi geotermici: studio petrografico comparativo di cuttings e carote di pozzi geotermici ed implicazioni chimico fisiche*. Tesi di laurea inedita. Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa.
- CIVITELLI G., FUNICIELLO R., PAROTTO M. (1975) - *Caratteri deposizionali dei prodotti del vulcanismo freatico nei Colli Albani*. Geologica Romana, 14, 1-39.
- DEER W.A., HOWIE R.A., ZUSSMAN J. (1966) - *An introduction to the rocks forming minerals*. Longmans, London.
- DI SABATINO B., GIANPAOLO C., NEGRETTO G. (1978) - *Una nuova ipotesi sull'evoluzione dei magmi alcalino potassici sulla base delle conoscenze acquisite sul sistema vulcanico Sabatino, sulla natura e struttura del substrato e sui più recenti dati della petrologia sperimentale*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 34, 425-436.
- FANTAPPIE L. (1898) - *Sui proietti vulcanici trovati presso Pitigliano*. Att. R. Acc. Lincei, Mem., 2, 547-575.
- FORNASERI M. (1951) - *Ricerche petrografiche sul Vulcano Laziale. I proietti inclusi nei tufi*. Per. Min. 20, 211-235.
- FRANCESCHINI F. (1987) - *Ricerche geovulcanologiche e petrografiche per una modellizzazione geotermica di una zona prossima al lago di Bracciano (nord-ovest dei monti Sabatini)*. Tesi di Laurea inedita, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa.
- FRANCESCHINI F., MARINELLI G. (1989) - *The oak tree effect*. Inviato a Bull. Volc.
- FUNICIELLO R., MARIOTTI G., PAROTTO M., PREITE-MARTINEZ M., TECCE F., TONAETTI R., TURI B. (1979) - *Geology, mineralogy, and stable isotope geochemistry of the Cesano geothermal field (Sabatini Mts. volcanic system, northern Latium, Italy)*. Geothermics, 8, 55-73.
- GOTTARDI G. (1978) - *I minerali*. Boringhieri, Bologna.
- HOLLAND H.D., MALININ S.D. (1967) - *The solubility and occurrence of non ore minerals*. In: H.L. Barnes (Ed.), Geochemistry of hydrothermal ore deposits. pp. 461-501, Holt Rinehart and Winston, New York.
- LEONI L., MELLINI M., MERLINO S., ORLANDI P. (1979) - *Cancrinite like minerals: new data and crystal-chemical considerations*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 35, 713-719.
- MAZZI F., TADINI C. (1981) - *Giuseppettite: a new mineral from Sacrofano (Italy) related to cancrinite group*. N. Jb. Miner. Mh., 3, 103-110.
- MERLINO S., ORLANDI P. (1977a) - *Liottite, a new mineral in the cancrinite-davyna group*. Amer. Mineral., 62, 321-326.
- MERLINO S., ORLANDI P. (1977b) - *Franzinite, a new mineral phase from Pitigliano (Italy)*. N. Jb. Miner. Mh., 4, 163-167.
- MERLINO S. (1984) - *Feldspathoids: their average and real structures*. In: W.L. Brown (Ed.), Feldspar and feldspathoids. pp. 435-470.
- SIEBER W., MEIER W.M. (1974) - *Formation and properties of Losod, a new sodium zeolite*. Helv. Chim. Acta, 57, 1533-1549.
- STEVENSON L., HOFFMANN E.L., DONNAY G. (1974) - *Sodalite from Latium, Italy, mislabelled Lazurite*. Can. Miner., 12, 285-293.
- ZAMBONINI F. (1900) - *Sull'esistenza della sodalite nei blocchi erratici del viterbese*. Riv. Min. Crist. It., 24, 1-3.