

## Studio della radioattività di lave vesuviane.

F. BACHELET e M. FERRETTI SFORZINI

*Centro di Studio per la Fisica Nucleare del C.N.R. - Roma*

F. IPPOLITO

*Istituto di Geologia Applicata dell'Università, Centro di Studi Silani del C.N.R. - Napoli*

(ricevuto il 3 Agosto 1951)

**Riassunto.** — Si presentano e si discutono i primi risultati di uno studio, condotto col metodo delle emulsioni per fisica nucleare, sulla radioattività di alcuni campioni di «lave vesuviane» di varia antichità.

---

L'uso delle lastre per fisica nucleare nello studio della radioattività delle rocce è stato proposto da I. CURIE nel 1946 <sup>(1)</sup>, e la tecnica è stata in seguito perfezionata <sup>(2-10)</sup> ed applicata allo studio di rocce sia granitiche <sup>(2) (3) (4) (11) (12) (13)</sup> sia di altro tipo: gneiss e micascisti <sup>(13)</sup>, anortositi <sup>(5)</sup>, pegmatiti <sup>(6)</sup>.

Tali ricerche hanno dimostrato che il metodo permette non solo di deter-

---

<sup>(1)</sup> I. CURIE: *Journ. Phys. et Rad.*, **7**, 313 (1946).

<sup>(2)</sup> A. HEE: *Compt. Rend.*, **227**, 356 (1948).

<sup>(3)</sup> E. E. PICCIOTTO: *Bull. Soc. Belge Géol. Paléont. et Hydrol.*, **58**, 75 (1949).

<sup>(4)</sup> J. H. J. POOLE e J. W. BREMMER: *Nature*, **163**, 130 (1949).

<sup>(5)</sup> E. E. PICCIOTTO: *Bull. Soc. Belge Geol. Paléont. et Hydrol.*, **59**, 170 (1950).

<sup>(6)</sup> H. V. BUTTLAR: *Diplomarbeit. Göttingen* (Nov. 1950).

<sup>(7)</sup> J. W. BREMMER: *Proc. Phys. Soc.*, A **64**, 25 (1951).

<sup>(8)</sup> I. H. FORD: *Nature*, **167**, 273 (1951).

<sup>(9)</sup> R. COPPENS: *Compt. Rend.*, **232**, 724 (1951).

<sup>(10)</sup> I. CURIE et H. FARAGGI: *Compt. Rend.*, **232**, 959 (1951).

<sup>(11)</sup> J. H. J. POOLE e J. W. BREMMER: *Nature*, **161**, 884 (1948).

<sup>(12)</sup> A. HEE: *Ann. de Géoph.*, **4**, 242 (1948).

<sup>(13)</sup> R. COPPENS: *Journ. de Phys. et Rad.*, **11**, 21 (1950).

TABELLA I.

$k$	0	1	2	3	4	5
$N_k$	0	1	0	2	4	2
$N \cdot p(k; 32)$	$0,6 \cdot 10^{-11}$	$1,8 \cdot 10^{-10}$	$2,9 \cdot 10^{-9}$	$3,12 \cdot 10^{-8}$	$2,5 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-6}$

$N$  = numero totale quadretti di 800  $\mu$  di lato presi in esame = 719.

$N_k$  = numero di caselle con  $k$  tracce rilevato sulla mappa.

$N \cdot p(k; 32)$  = numero di caselle con  $k$  tracce previste in base alla legge di Poisson.

minare la distribuzione dell'attività rispetto ai vari minerali costituenti la roccia, ma anche di ottenere dei dati per il dosaggio dell'Uranio e del Torio contenuti nella roccia stessa, nell'ipotesi che le rispettive famiglie radioattive abbiano ivi raggiunto l'equilibrio secolare, e questo non sia stato successivamente turbato mediante aggiunta o sottrazione di alcuni elementi della famiglia, durante le vicende geochimiche che il materiale ha subito.

Ci è parso interessante applicare il metodo allo studio delle lave del Vesuvio, il cui contenuto in sostanze radioattive risultava, da misure precedenti eseguite con altri metodi <sup>(14)</sup>, piuttosto elevato rispetto ad altre rocce ignee non differenziate, e presentava una variazione piuttosto uniforme colla data di eruzione, non riscontrata finora per altri vulcani. L'esame dell'andamento di tale variazione aveva già suscitato tentativi di spiegazione <sup>(15)</sup> <sup>(16)</sup> basati su particolari ipotesi sulla formazione e sulla trasformazione del magma.

Abbiamo perciò esposto 12 lastre Ilford C2 di 50  $\mu$  all'irraggiamento di altrettante sezioni sottili di lava <sup>(17)</sup>, appartenenti a eruzioni di diversa età, per 23 giorni, e poi le abbiamo sviluppate con soluzione D19L. Riferiamo qui sull'esplorazione finora effettuata al microscopio, con ingrandimento 760 (obbiettivo ad immersione) sulle lastre relative a lave del 1899 (I) e del 79 (II) <sup>(18)</sup>.

L'attività globale media, detratto l'effetto di fondo, è risultata per la lava I di  $2,3 \cdot 10^{-3}$  e per la lava II di  $3,8 \cdot 10^{-4}$  tracce di particelle  $\alpha$  per

<sup>(14)</sup> J. JOLY: *Phil. Mag.*, **18**, 577 (1909).

<sup>(15)</sup> B. GUTENBERG: *Handbuch der Geophysik*, Bd. II, Lief 1 (Borntträger, Berlin, 1931).

<sup>(16)</sup> A. RITTMANN: *Vulcani, attività e genesi* (E.P.S.A., Napoli, 1944).

<sup>(17)</sup> Le sezioni sottili preparate col solito noto metodo sono state messe a contatto dell'emulsione con moderata pressione.

<sup>(18)</sup> All'esplorazione hanno collaborato la dott. M. SPADA e il laureando O. MENDOLA, che qui ringraziamo.

6	7	8	9	10	12	14
1	3	5	0	2	3	1
$0,85 \cdot 10^{-5}$	$3,85 \cdot 10^{-4}$	$1,55 \cdot 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-4}$	$1,63 \cdot 10^{-3}$	$1,27 \cdot 10^{-2}$	$0,7 \cdot 10^{-1}$

cm<sup>2</sup> e s <sup>(19)</sup>: la lava del 1899 risulta cioè circa 6 volte più attiva di quella del 79.

Mentre è in corso la misura dell'attività globale di lave di altre eruzioni, per verificare se l'andamento crescente della attività trovato da JOLY risulta confermato col metodo fotografico anche per date intermedie e posteriori, abbiamo cercato di mettere in relazione il contenuto in sostanze radioattive e la loro distribuzione con la composizione e la struttura mineralogica dei due campioni.

Riportiamo nelle figg. 1 e 3 le microfotografie delle sezioni I e II, e nelle figg. 2 e 4 le mappe delle tracce di particelle  $\alpha$  osservate.

Si è proceduto all'analisi statistica della distribuzione delle tracce nelle due mappe. Poichè già a una prima ispezione la mappa I (fig. 2) si presenta con evidenti disuniformità, si è applicato il metodo di Poisson per studiare  $\alpha$ ) la frequenza delle caselle con poche tracce che sarebbe stata da attendersi se la distribuzione fosse stata perfettamente casuale;  $\beta$ ) l'analoga frequenza delle caselle con molte tracce. Nel caso  $\alpha$ ) risulta (vedi tab. I) che la probabilità di trovare caselle di  $800 \times 800 \mu^2$  con meno di 14 tracce è praticamente nulla, e nel caso  $\beta$ ) che è praticamente nulla la probabilità di trovare caselle di  $400 \times 400 \mu^2$  con più di 17 tracce.

Il confronto con i dati sperimentali suggerisce quindi l'ipotesi che nelle zone  $\alpha$ ) si abbia una concentrazione di materiale non attivo e nelle zone  $\beta$ ) una concentrazione di materiale attivo rispetto al resto della lastra. Alcune delle zone  $\alpha$ ) sono state contraddistinte sulla mappa colle lettere *a, b, c, d*, e quelle  $\beta$ ) sono state indicate mediante le caselle stesse adoperate per l'analisi.

Il numero medio di tracce per casella è stato calcolato su 4886 tracce e risulta di circa 35 per casella di  $800 \mu$  di lato; l'esame statistico sulle celle del tipo  $\alpha$ ) e  $\beta$ ) è stato condotto sull'intera sezione (circa 21 000 tracce). Gli scarti che appaiono in tab. I fra i risultati numerici e quelli sperimentali rientrano come ordine di grandezza nell'effetto di fondo la cui intensità è stata trovata pari a  $\sim 2,4$  tracce per casella di  $800 \times 800 \mu^2$ .

<sup>(19)</sup> Abbiamo tenuto conto solo delle tracce la cui proiezione orizzontale era maggiore di  $\sim 5.5 \mu$ .

Lo studio della mappa II (fig. 4) ha dato, su 2105 tracce, una media di  $\sim 2,21$  tracce per casella di  $400 \times 400 \mu^2$ . Il metodo di Poisson è stato questa volta esteso all'intera superficie, tenendo conto anche dei valori intermedi delle densità si riportano in tab. II i risultati ottenuti.

TABELLA II.

$k$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$N_k$	165	169	189	110	75	57	31	15	11	7	4	4	0	0	1
$N \cdot p(k; 2,21)$	101	222	245	181	100	44	17	6	2	0,4	0,8	0,015	0,003	0,0005	0,00008

$N$  = numero totale quadretti con  $400 \mu$  di lato presi in esame = 910.

$N_k$  = numero di caselle con  $k$  tracce rilevato sulla mappa.

$N \cdot p(k; 2,21)$  = numero di caselle con  $k$  tracce previste in base alla legge di Poisson.

Si rileva anche qui che la distribuzione non è uniforme, il che è assai meno evidente a una prima ispezione che non nel caso della mappa I.

L'analisi petrografica delle due sezioni sottili delle lave I e II (figg. 1 e 3) è stata particolarmente difficile a causa del notevole spessore (di poco superiore a  $50 \mu$ ).

La lava I è una vesuvite a struttura porfirica con fenocristalli, talora aggregati, di leucite (delle dimensioni di qualche mm) e più raramente di augite. La massa fondamentale è costituita da un feltro di microliti di plagioclasio (bitownite), leucite (ambidue anche in microfenocristalli), augite, magnetite; subordinatamente si notano sanidino, nefelina (nella mesostasi xenomorfa) ed altri minerali accessori (apatite, biotite, anfiboli, ecc.). I fenocristalli di leucite e di augite sono ricchi talvolta di inclusioni di impossibile determinazione per quanto detto sullo spessore della sezione. Il campione dal quale è stata ricavata la sezione sottile proviene da una colata lavica del 1899; esso è conservato presso l'Istituto di Geologia Applicata di Napoli.

La lava II è una tefrite a leucite a struttura porfirica, con massa fondamentale olocristallina a grana fine. I fenocristalli (delle dimensioni di qualche mm) sono costituiti essenzialmente da augite e da leucite; quelli di augite sono più abbondanti e un po' più sviluppati (fino a  $2,5$  mm), presentano per lo più forma prismatica e contengono quasi sempre numerosi inclusi; quelli di leucite sono per lo più abbastanza limpidi, e contengono, in genere, pochissimi inclusi molto piccoli. Va infine notata la presenza di qualche fenocristallo di olivina completamente alterato, o quasi, in ematite e limonite. La massa fondamentale è costituita da plagioclasio (del tipo labrador-bitownitico), augite,

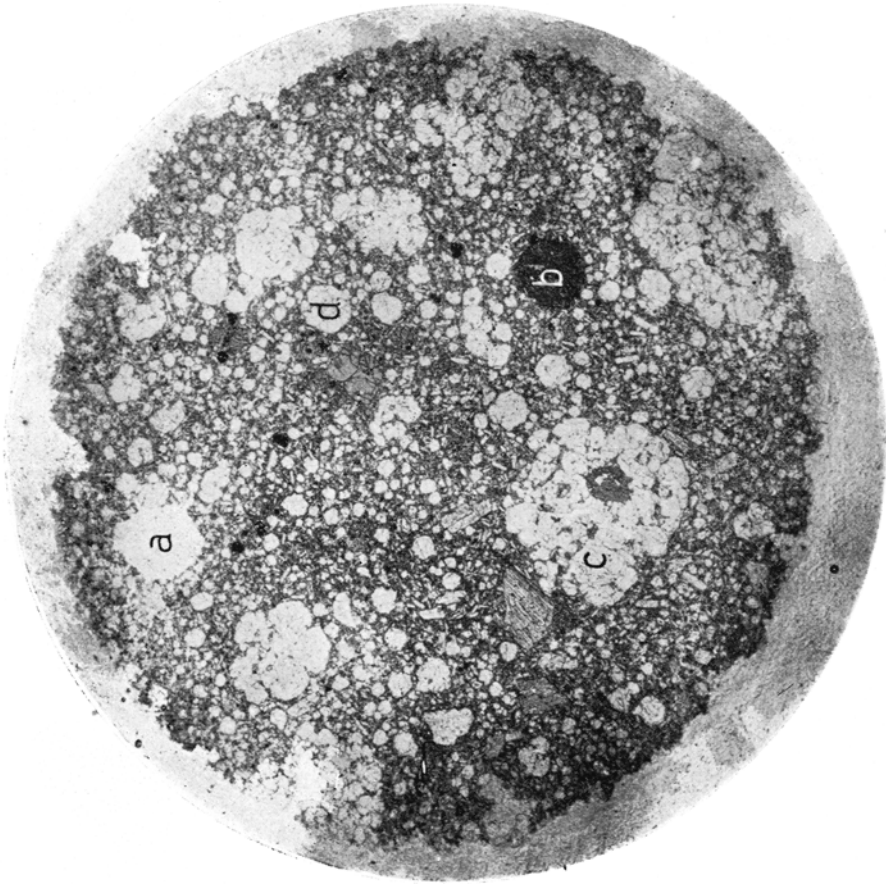


Fig. 1. - Microfotografia della vesuvite del 1899 (I). Nicols paralleli; ingr.  $\times 5$ . Sono visibili grossi fenocristalli o grossi aggregati sferulitici di leucite (chiaro) e piú rari fenocristalli di augite (cristalli prismatici, grigiastri, striati). Nella massa fondamentale si nota: leucite (cristallini chiari rotondeggianti), plagioclasio (cristallini limpidi allungati), augite e minerali opachi. Per il significato delle lettere *a*, *b*, *c*, *d*, vedi testo.

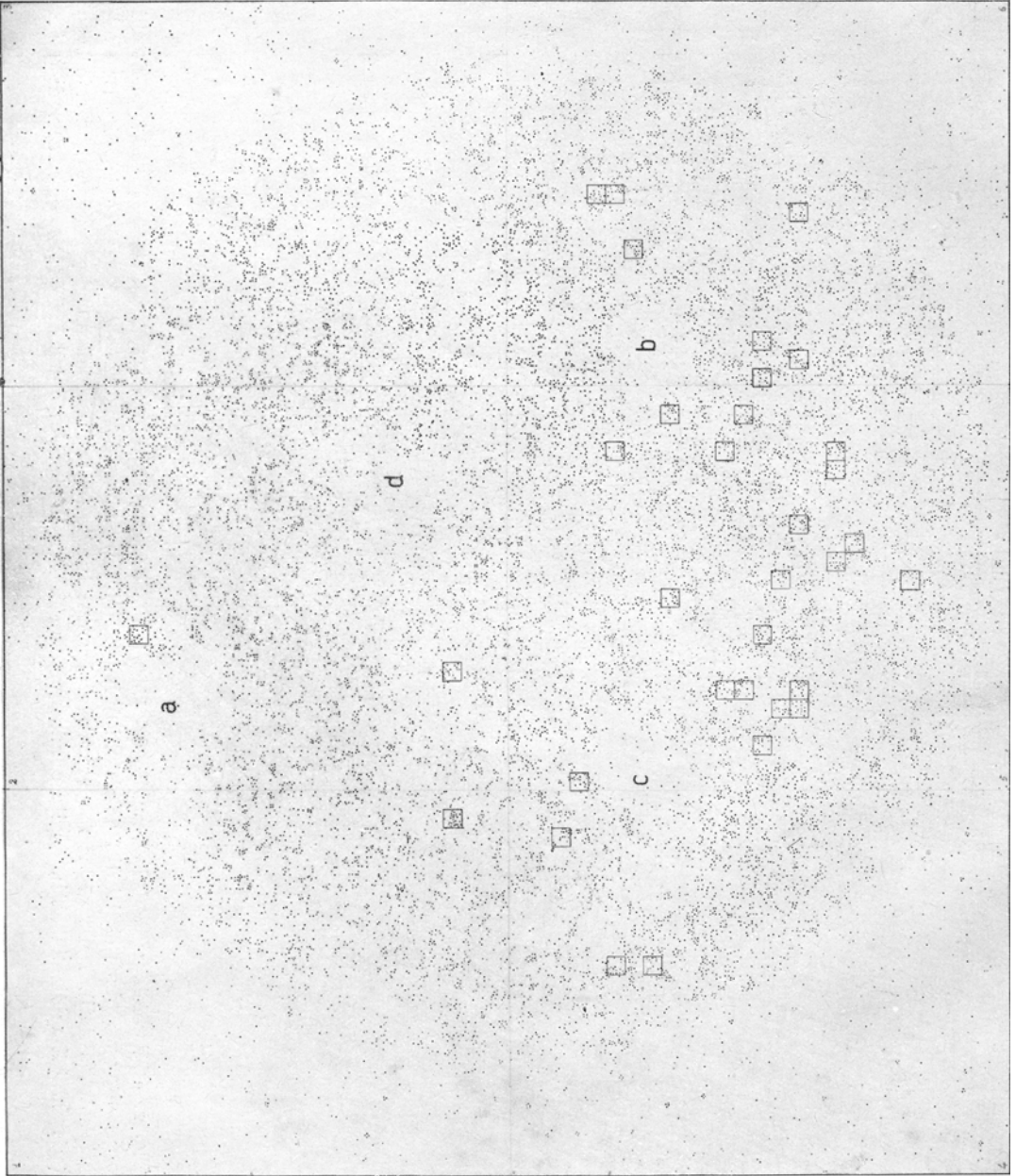


Fig. 2. - Mappa dell'attività della lava I.

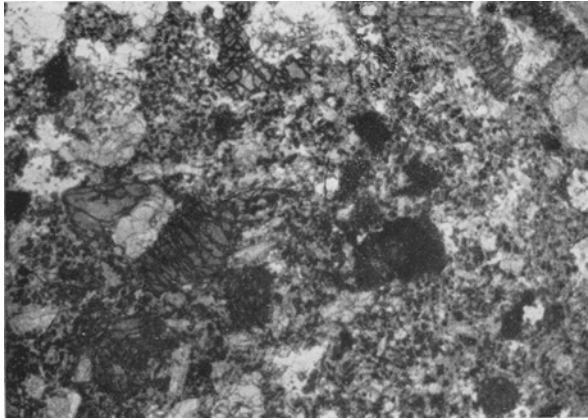


Fig. 3. - Microfotografia della tefrite a leucite di Castel Cisterna (eruzione pliniana del 79) (II). Nicols paralleli; ingr.  $\times 7$ . Sono visibili grossi fenocristalli di leucite e di augite; quasi al centro un grosso fenocristallo di olivina quasi completamente trasformato in ematite. Nella massa fondamentale si notano cristalli di feldspati (chiari, allungati), augite (grigiastri), leucite (chiari, rotondeggianti) e minerali opachi.

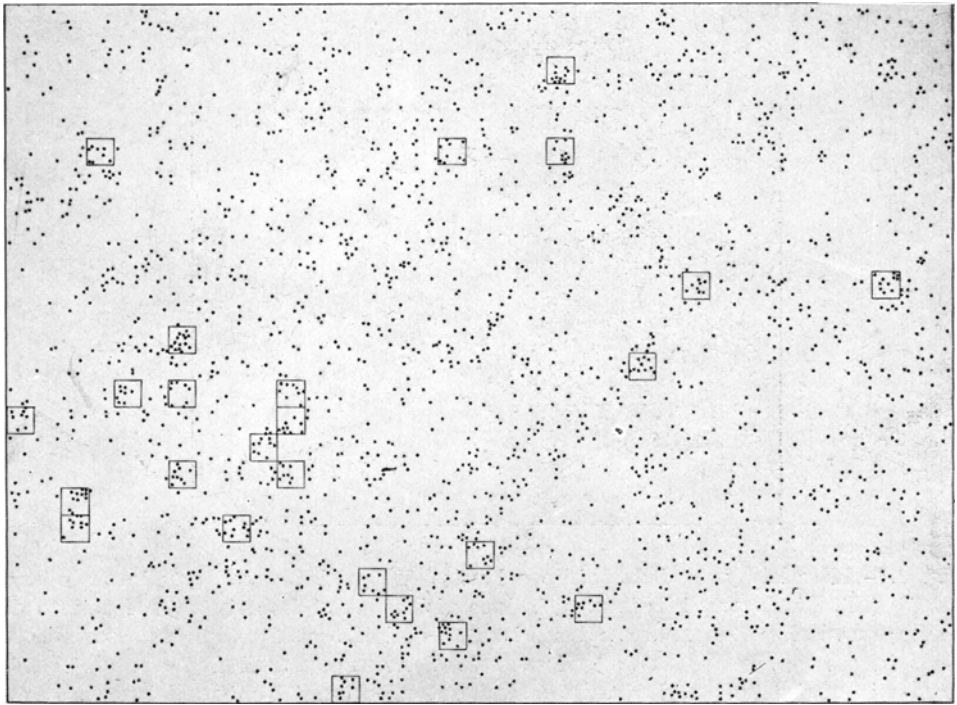


Fig. 4. - Mappa dell'attività della lava II.



leucite e minerali opachi (magnetite); subordinatamente si notano microliti di sanidino, olivina, biotite, orneblenda e apatite. La biotite in particolare nella sezione esaminata è piuttosto rara e per lo più priva di inclusi. La lava in esame proviene dalla colata di Castel Cisterna, attribuita, come è noto, all'eruzione pliniana del 79; il campione relativo è presso l'Istituto di Geologia Applicata di Napoli.

Come chimismo la lava di Castel Cisterna è notevolmente più acida di quella del 1899 ed ha un minore contenuto di potassio. Non può dirsi di più in merito, perchè mentre per la lava del 79 possediamo l'ottima analisi del NARICI (20), quella del 1899 non è stata mai chimicamente analizzata.

L'osservazione ed il paragone delle figg. 1-2 e 3-4 ci permette di emettere qualche prima conclusione sulla radioattività di queste due rocce. Anzitutto nelle due rocce esaminate la distribuzione delle tracce delle particelle  $\alpha$  indica — e lo studio al microscopio lo conferma — che non esistono minerali specifici di U e di Th come del resto era da attendersi per ragioni magmalogiche.

Nella fig. 2 la zona *a*, dove praticamente vi è la stessa distribuzione delle  $\alpha$  del fondo, corrisponde, nella microfotografia (fig. 1) ad un cristallo di leucite che, durante la preparazione della sezione sottile, è stato asportato dall'azione dell'abrasivo. Risulta ancora dal paragone delle due figure (vedi *b*, *c*, *d*) che le aree corrispondenti a fenocristalli presentano una densità minore di particelle  $\alpha$ . Ciò indica che nei fenocristalli intratellurici, formatisi nella massa magmatica prima della sua estrusione, non vi è stata una sensibile sostituzione isomorfica di elementi radioattivi ad altri di prossimo raggio ionico. Dobbiamo dunque ammettere che le sostituzioni isomorfe di altri metalli da parte degli elementi radioattivi avvengano in presenza della fase gassosa del magma, all'atto dell'eruzione e della successiva rapida cristallizzazione della lava. Questo fatto si inquadra perfettamente col noto comportamento degli elementi radioattivi, che tendono a restare nella fase gassosa.

Per quanto concerne le concentrazioni di particelle superiori alla media nella fig. 2, siamo indotti ad attribuirle alla presenza, nei minerali essenziali (in fenocristalli o in microliti del feltro) di qualche incluso (zircone, ilmenite, titanite, ecc.) i quali, come è noto, sono relativamente ricchi di U o Th in sostituzione isomorfogena.

Le restanti zone della fig. 2, con la loro distribuzione di particelle  $\alpha$  abbastanza omogenea, ci autorizzano a ritenere che gli elementi radioattivi abbiano sostituito isomorficamente altri ioni di prossimo raggio ionico più o meno in tutti gli altri minerali della massa fondamentale.

Le figg. 3 e 4, relative alla tefrite leucitica di Castel Cisterna, non ci permettono un esame molto dettagliato. L'osservazione della fig. 4 conferma il

---

(20) E. NARICI: *Zeits. f. Vulk.*, 14, 210 (1932).

dato numerico sopra riportato della minore attività di questa lava. Si suggerisce anche qui l'ipotesi che l'esistenza di un certo numero di caselle con nessuna traccia e tutte quelle con più di 7 (fig. 4) sia dovuta a localizzazioni rispettivamente inattive, o particolarmente attive, e si può pensare di attribuire le zone a maggior densità di tracce a minerali accessori inclusi negli essenziali.

Nulla possiamo dedurre dal lavoro fin qui eseguito su una distinzione tra le famiglie dell'U e del Th basata sull'attività. Non abbiamo ritenuto di applicare le formule usualmente adoperate per il dosaggio (v. per esempio <sup>(1)</sup> e <sup>(6)</sup>) perchè non abbiamo elementi sicuri sul raggiunto equilibrio radioattivo; tanto più in quanto l'evoluzione del magma Somma-Vesuviana ha probabilmente dato luogo a fenomeni geochimici selettivi, per l'azione delle masse magmatiche sulle rocce incassanti il bacino.

È nostra intenzione dedurre informazioni sullo stato di evoluzione delle famiglie radioattive nei materiali eruttati dal Vesuvio, dalla misura degli spettri di energia delle particelle  $\alpha$ .

Nel chiudere questa nota compiamo il grato dovere di ringraziare il prof. E. AMALDI per i suggerimenti nell'impostazione della ricerca, il prof. B. FERRETTI e la dott. A. MANFREDINI per gli utili consigli e l'ing. P. NICOTERA per la gradita collaborazione.

---

#### SUMMARY

Some preliminary results on the photographically recorded radioactivity of differently aged samples of « vesuvian lava » are reported and discussed.