

ROBERTO GRAGNANI (*)

LE VULCANITI MELILITICHE DI CUPAELLO (RIETI)

RIASSUNTO. — Si riportano i risultati dello studio geo-petrografico condotto sull'area vulcanica di Cupaello.

L'apparato vulcanico di Cupaello può essere classificato come misto e monogenico; è costituito da una colata di lava molto allungata e da limitati orizzonti tufacei che affiorano alla base della colata stessa.

La composizione chimico-petrografica della lava è risultata piuttosto omogenea; la roccia è classificabile come una kalsilit-melilitite.

Le indagini su alcuni elementi minori hanno permesso di approfondire lo studio genetico di queste vulcaniti.

In complesso, pur con le significative differenze le rocce vulcaniche di Cupaello si ricollegano alle vulcaniti di San Venanzo.

Per quanto riguarda il problema della genesi di queste vulcaniti ed il loro inquadramento nei prodotti della provincia quaternaria vulcanico potassica del Lazio, non è stato possibile raccogliere elementi risolutivi.

1. - Introduzione.

La prima segnalazione di vulcaniti nella zona di Cupaello (Rieti) è stata effettuata da Verri (1880), in un lavoro geologico sui dintorni di Rieti. In tempi successivi, Lotti (1906) e Zattini (1970) nel quadro dei rilevamenti per la carta geologica ufficiale forniscono ulteriori descrizioni dell'assetto geolitologico del vulcano.

Il primo studio chimico-petrografico è stato condotto da Brugnattelli (1883), studi successivi sono ad opera di Folgheraiter (1902), Sabatini (1905 e 1906), Rodolico (1937). In precedenti lavori il vulcano di Cupaello è stato collegato ai due piccoli vulcani di S. Venanzo (distanza degli apparati circa 80 km), a causa della stretta somiglianza dei tipi petrografici prevalenti e dell'analoga posizione, rispetto ai grandi centri vulcanici quaternari dell'Italia Centrale. Il vulcanismo di S. Venanzo è stato recentemente discusso da Mittempergher

(*) Laboratorio Geominerario, OSN Casaccia, Roma, Italy.

(1965) in un quadro più ampio del magmatismo post-orogenico dell'Italia Centro-Meridionale. La necessità di un riesame geologico, petrografico e geochimico delle vulcaniti di Cupaello è stato motivato dalla necessità di raccogliere quegli elementi informativi, destinati a consentire un confronto con le più recenti risultanze di analoghi studi sul vulcanismo recente dell'Italia Peninsulare.

2. - L'apparato vulcanico di Cupaello.

La manifestazione vulcanica di Cupaello è situata a circa 6 km da Rieti in prossimità delle pendici occidentali del Monte Terminillo. La sua posizione è quindi molto eccentrica rispetto alla fossa che ha ospitato le imponenti manifestazioni del Lazio occidentale.

L'apparato vulcanico è costituito prevalentemente da una colata lavica lunga circa 750 m, che inizia a quota 725 e discende a quota 610. La larghezza della colata è per un lungo tratto di circa 60-70 metri; verso l'estremità inferiore si allarga fino a circa 200 metri. La potenza della colata varia da 7 a circa 2 metri (fig. 1 e 2).

Intensa è stata l'utilizzazione di questa roccia per ricavarne pietrisco e di conseguenza il fronte della cava (agosto 1970) è arrivato fino a quota 700. La colata appare priva di scorie di tetto e di letto; talora è suddivisa in grossi blocchi a forma sferoidale, con accennata una struttura di tipo cipollare, misti a prodotti terrigeni (fig. 3). La lava, di colore grigio verdastro, se fresca, contiene numerose geodi delle dimensioni del centimetro, tappezzate da frequenti zeoliti. Frequenti sono pure gli inclusi biancastri, di forma variabile e del volume di qualche centimetro cubo, costituiti nella parte periferica da nantronite e nella loro parte interna da frammenti carbonatici (della serie sedimentaria).

Alla base della colata si trovano con discontinuità due orizzonti tufacei poco coerenti. Il superiore ha colore marroncino chiaro e in alcuni punti ha la potenza di un metro. Il secondo orizzonte, a contatto con le formazioni sedimentarie di letto, è un tufo granulare di colore grigio scuro, potente pochi centimetri.

Nella parte più alta la colata è sovrapposta al calcare del Barremiano-Titoniano (fig. 1), mentre il suo fronte si arresta sopra un orizzonte lacustre, costituito da straterelli di arenarie, argille e conglomerati di età pliocenica.

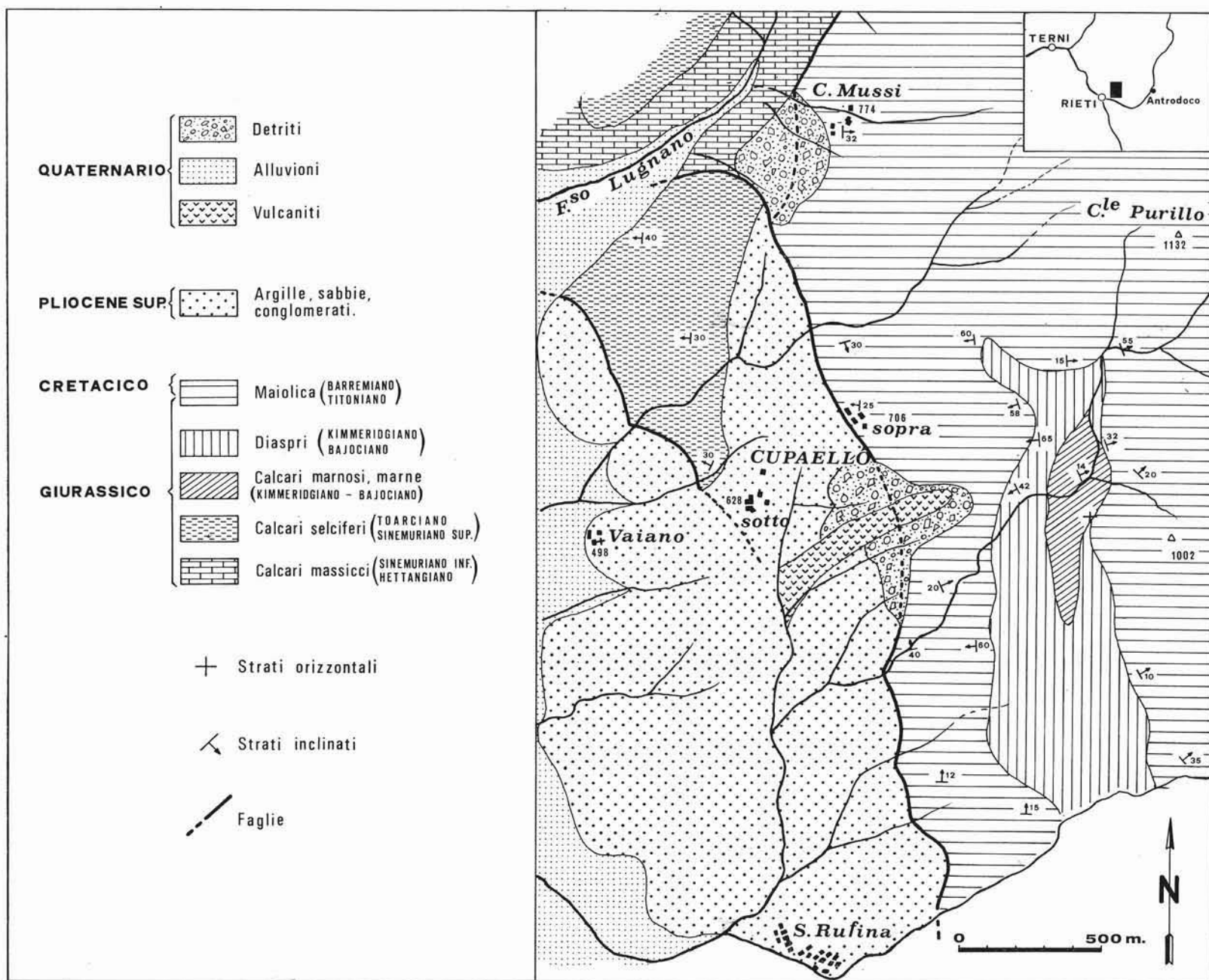


Fig. 1.

La presenza costante di copertura detritica impedisce di osservare con continuità i contatti tra la lava e le rocce sottostanti.

Sulla base delle osservazioni di campagna si può concludere che l'età della colata è molto probabilmente post-lacustre e che l'eruzione è avvenuta a morfologia attuale già consolidata. Infatti se la colata si fosse messa in posto durante il Pliocene qualche suo lembo potrebbe

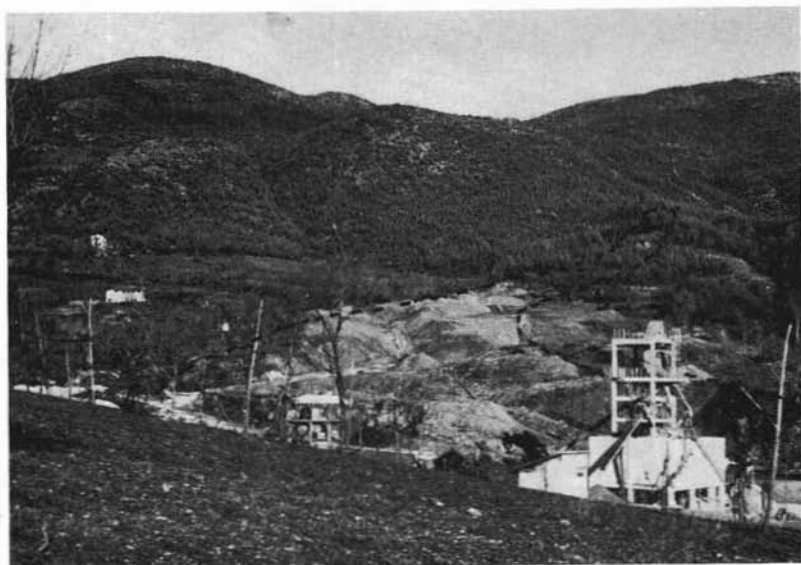


Fig. 2. — Panoramica della colata e delle zone limitrofe. La linea tratteggiata delimita approssimativamente la colata.

essere coperto dal lacustre. Inoltre la collinetta di sedimenti pliocenici, su cui sorge Cupaello paese, ha palesemente condizionato la messa in posto della colata lavica.

Il condotto effusivo è localizzabile su una delle faglie dirette secondo le quali avvenne la subsidenza del bacino lacustre. Tale faglia è situata appunto al contatto tra la maiolica ed i terreni pliocenici e passa presso la parte superiore della colata. Queste faglie, ricollegabili alla fase disgiuntiva post-orogenetica, hanno notevole importanza anche dal punto di vista vulcanologico come risulta dalla vicina regione tirrenica.

La diffusione di prodotti piroclastici è confermata dal rinvenimento del pirosseno che caratterizza i prodotti vulcanici di Cupaello, in alcune alluvioni; lo studio mineralogico delle alluvioni ha mostrato che l'alone di dispersione del pirosseno è molto più esteso di quello che competerebbe al bacino di deposizione della colata lavica.



Fig. 3. — Fronte di cava a q. 715. Si osservano alcuni blocchi sferoidali che si sono formati a seguito dei processi di alterazione.

3. - Petrografia della lava e dei tufi.

I campioni esaminati sono rappresentativi di tutte le porzioni della colata anche se prevalgono numericamente quelli corrispondenti al fronte di cava a quota 615.

3.A. - ANALISI DIFFRATTOMETRICA AI RAGGI X.

La scarsità di fenocristalli e la presenza di una massa di fondo vetroso-microcristallina nelle vulcaniti di Cupaello ha imposto l'ausilio di determinazioni qualitative e semiquantitative ai raggi X come premessa allo studio petrografico con mezzi ottici.

Sono state eseguite separazioni e concentrazioni dei vari minerali, utilizzando le normali metodologie.

I minerali rilevati nello studio diffrattometrico, in ordine di abbondanza, sono: diopside, melilite, kalsilite, monticellite, feldspato potassico. La monticellite non era stata segnalata nei precedenti lavori petrografici (Rodolico 1937) mentre la kalsilite era stata, solo recentemente, segnalata da Mittempergher (1965). In precedenti studi era stata indicata la presenza di nefelina non confermata dallo studio ai raggi X.

L'analisi diffrattometrica è stata anche eseguita su due campioni del banco tufaceo, su alcuni inclusi che frequentemente si ritrovano nella lava e sui minerali che tappezzano le geodi.

Nei tufi sono presenti diopside, mica, saponite e caolino. Gli inclusi risultano essere costituiti in massima parte da calcite e natronite, mentre tra i minerali delle cavità figura in primo luogo la phillipsite (Fornaseri 1963), più raramente, la barite e l'antofillite.

3.B. - OSSERVAZIONI MICROSCOPICHE.

Viene di seguito riportata la descrizione delle strutture e della composizione mineralogica delle vulcaniti e successivamente quella dei minerali.

Prodotti lavici.

La roccia ha struttura porfirica ipoeristallina, in quanto costituita da fenocristalli, microliti e vetro. I fenocristalli, nella percentuale variabile dal 15% al 30% della massa totale (valori più frequenti 20%), sono rappresentati dal pirosseno e dalla flogopite. La flogopite fresca è presente solo in alcuni campioni con percentuale oscillante fra 3 e 6% circa, mentre in altri campioni sono presenti i suoi prodotti di trasformazione.

I fenocristalli hanno dimensioni massime di 3 mm; alcune volte sono a contorno regolare mentre altre volte il contorno è irregolare e ricco di inclusioni. La distribuzione dei fenocristalli è in genere piuttosto omogenea; raramente sono presenti piccole plaghe glomeroporfiriche di pirosseno. I fenocristalli di alcuni campioni presentano una leggera isoorientazione per fluitazione.

I microliti sono costituiti in massima parte da kalsilite, melilite e in quantità minore da monticellite, pirosseno, flogopite, perowskite e minerali opachi, tra cui la magnetite e l'ematite; hanno dimensioni in genere inferiori al decimo di millimetro; la percentuale dei microliti oscilla dal 40% (Cp 13) al 65% (Cp 9) con valore medio del 45%. Con l'aumentare della percentuale dei microliti diminuisce la quantità del

vetro e dei fenocristalli di pirosseno. Al diminuire di questi ultimi cresce la percentuale di microliti di mililite. I microliti non sempre hanno distribuzione omogenea nei vari campioni. In alcuni casi i microliti si saldano a feltro dando luogo ad una struttura pilotassitica più o meno pronunciata.

La massa di fondo vetrosa, di colore variante dal giallo al verdastro, è presente nella percentuale tra il 15 ed il 35% con valori più frequenti del 20%. Il vetro è spesso poco limpido perché cosparso di granuletti opachi o poco trasparenti; a nicols incrociati appare punteggiato da prodotti birifrangenti. Sono sempre presenti cavità microscopiche riempite da minerali secondari. Questi minerali, in alcuni casi, come nei campioni Cp 5 e Cp 4, sostituiscono in prossimità di dette cavità i normali costituenti della roccia.

In definitiva ad una convergenza nella composizione mineralogica qualitativa si contrappone una certa variabilità nella sua composizione quantitativa. Le dimensioni dei cristalli sono pure variabili e questo è il caso soprattutto del pirosseno che in alcuni campioni copre tutta la gamma di dimensioni dal fenocristallo al microlito.

Prodotti tufacei.

I prodotti piroclastici sono sostanzialmente di due tipi; un primo tipo è costituito da un insieme di lapilli rotondeggianti, di dimensioni di 0,2-2 millimetri. Alcuni lapilli sono vacuolari; le bollicine, che in alcuni casi costituiscono circa il 30% del volume dei lapilli, hanno in genere forma rotondeggiante e un diametro massimo di 0,5 millimetri.

TABELLA I.

Percentuali, riferite all'intera sezione, dei minerali rinvenuti nelle lave di Cupaello.

	fenocristalli %	microliti %
Diopside	15-30	3-10
Fluogopite	0-6	0-2
Melilite		3-30
Kalsilite		5-10
Monticellite		1-2
Perowskite		1-2
Magnetite e minerali opachi		1

Le scorie sono saldate sia da un minerale di color bruno arancio birifrangente, sia da un altro tipo a birifrazione più bassa che cristallizza in sferuliti. Taluni lapilli alterati sono opachi, altri sono costituiti da fenocristalli, microliti e vetro o da microliti e vetro: i microliti sono talora trasformati in materiale isotropo.

Il secondo tipo tufaceo è costituito da una massa di fondo compatta isotropa di colore marroncino, entro la quale si osservano porzioni rotondeggianti di dimensioni massime di 0,5 millimetri, a distribuzione uniforme, con struttura ipocristallina, costituite da microliti e vetro (Campione Cpt 12).

I fenocristalli dei prodotti piroelastici sono il pirosseno e la flogopite; tra i microliti è otticamente riconoscibile la sola flogopite. Come accennato, caolino e saponite sono stati determinati ai soli raggi X.

Caratteri dei minerali.

Si riporta di seguito la descrizione particolareggiata dei principali costituenti mineralogici riconosciuti nelle vulcaniti.

Pirosseno. - E' il minerale più abbondante; le sue dimensioni sono comprese tra 3 mm e il decimo di mm. I cristalli di pirosseno della lava dal punto di vista della forma, si possono riunire in tre gruppi:

- cristalli ad abito prismatico, con bordo piuttosto netto e contorno poco ricco di inclusioni;
- cristalli a contorno piuttosto irregolare e bordo ricco di inclusioni; è il più rappresentato;
- pirosseno ad abito irregolare con numerose inclusioni dal nucleo alla periferia (fig. 4).

E' incoloro, privo di zonature visibili e solo una piccola differenza si nota tra gli angoli di estinzione misurati al centro ed alla periferia. Frequentemente geminato, con piano di geminazione (100). L'angolo di estinzione c/γ è di 40°. Da questi dati risulta che il pirosseno in esame ha caratteri vicini a quelli del diopside. Nel pirosseno ben cristallizzato è inclusa, sotto forma di piccoli frammenti, la flogopite. Più spesso include i prodotti di trasformazione della mica. Alla periferia più frequenti sono le inclusioni di kalsilite e di melilite.

Data la diffusione del pirosseno nella roccia e la relativa facilità con la quale si riescono ad ottenere concentrati sufficientemente puri, si è ritenuto utile eseguire tre analisi chimiche su tre concentrati di questo minerale proveniente da diverse porzioni della colata. In tab. II sono riportati i valori analitici ed il calcolo della formula sulla base di sei ossigeni.

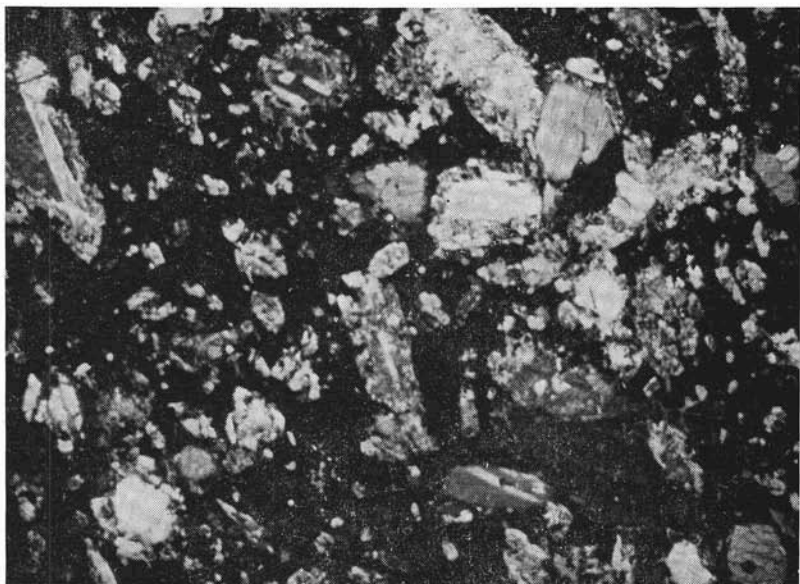


Fig. 4. — I minerali visibili sono costituiti in massima parte da pirosseno; si noti la presenza di bordi di rapido accrescimento del pirosseno ed il passaggio continuo, dal punto di vista delle dimensioni, tra i cristalli più grossi ed i microliti. (nicols incr.; ingr. lin. 46)

Le analisi eseguite dimostrano che il pirosseno delle lave di Cu-paello ha composizione praticamente costante ed è classificabile come un tipico termine diopsidico (Deer ed altri 1962). Il pirosseno della massa di fondo (dimensioni inferiori a 0,1 mm) ha, in genere un angolo di estinzione massimo (c/γ) sui 45°. Dovrebbe trattarsi ancora di un termine diopsidico ed il valore più elevato dell'angolo di estinzione potrebbe indicare un contenuto in ferro superiore a quello dei fenocristalli.

TABELLA II.

Composizione chimica del diopside e della flogopite.

	Pirosseno Cp 1		Pirosseno Cp 4		Pirosseno Cp 10		Flogopite
	% in peso	n. ioni	% in peso	n. ioni	% in peso	n. ioni	% in peso
SiO ₂	51.86	1.9256	51.65	1.9204	50.80	1.8971	
TiO ₂	0.57	0.0158	0.66	0.0185	0.76	0.0213	
Al ₂ O ₃	2.02	0.0883	1.67	0.0732	2.07	0.0911	12.50
Fe ₂ O ₃	1.36	0.0383	1.22	0.0344	1.38	0.0390	
FeO	1.94	0.0602	2.10	0.0652	2.36	0.0736	
MnO	0.04	0.0013	0.03	0.0089	0.04	0.0013	
MgO	16.51	0.9130	17.44	0.9658	16.86	0.9378	21.20
CaO	22.60	0.8985	22.78	0.9070	22.99	0.9194	
Na ₂ O	0.16	0.0116	0.13	0.0094	0.23	0.0166	0.14
K ₂ O	2.01	0.0950	0.69	0.0326	1.16	0.0552	11.10
H ₂ O	0.46		0.59		0.65		
P.C.	0.64		0.91		1.05		
	100.17		99.87		100.35		
Ca	47.00		45.78		46.64		
Mg	47.77		48.74		47.56		
Fe ⁺⁺ + Fe ⁺⁺⁺ + Mn	5.22		5.48		5.78		

Nei campioni provenienti dai livelli tufacei il pirosseno ha caratteristiche identiche a quelle del pirosseno sopra descritto.

Flogopite. - I fenocristalli di questo minerale hanno dimensioni che variano dai 3 mm a poco meno di 1 millimetro e sono parzialmente trasformati in minerali a debole birifrangenza, di aspetto ciuffiforme e di colore marrone-grigiastro. Talvolta questa trasformazione ha interessato tutto il cristallo altre volte invece i nuclei sono ancora freschi. La mica è talvolta zonata con nucleo fortemente pleocroico, con α marroncino-grigiastro, $\beta = \gamma$ marrone intenso grigiastro, mentre la parte più esterna ha α quasi incolore e $\beta = \gamma$ giallo marroncino. Il passaggio tra le due zone a diversa composizione è molto netto (fig. 5). La mica più intensamente colorata, ha indice di rifrazione più alto, potenza bi-

rifrattiva più forte ed un 2V leggermente più grande rispetto alla mica a colorazione più debole. Anche i prodotti di trasformazione della mica ad intenso pleocroismo sono più ricchi di minerali opachi. I caratteri delle miche in esame corrispondono a quelle delle flogopiti. In quella a pleocroismo più intenso è presente un maggior contenuto in Fe; ciò è confermato anche dalla presenza di minerali opachi tra i prodotti di trasformazione di questa flogopite.

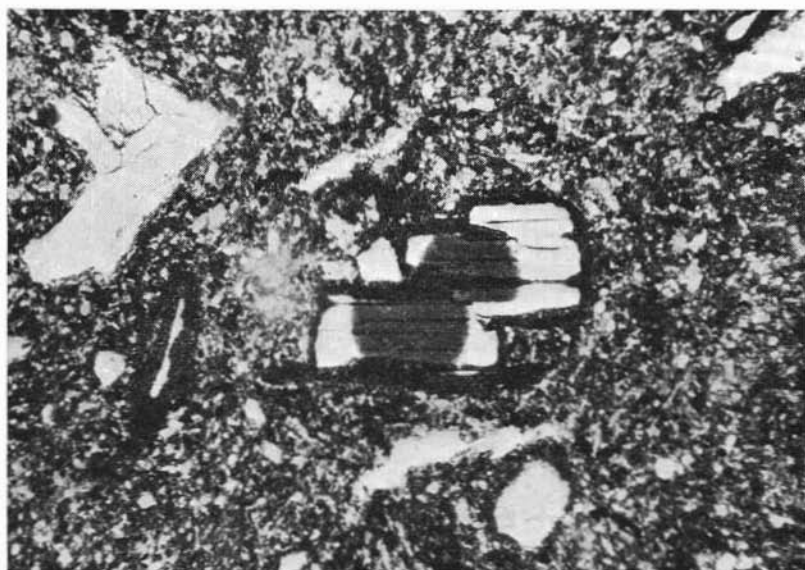


Fig. 5. — Tipo di struttura che può essere considerata media tra quelle dei vari campioni esaminati, ben visibile il diopside, il fenocristallo di flogopite è fortemente zonato e presenta un nucleo più ricco in ferro.
(solo polar.; ingr. lin. 60)

Per una migliore definizione delle caratteristiche della mica in esame, è stata eseguita l'analisi chimica, limitata ad alcuni costituenti, su un concentrato del suddetto minerale. Il campione analizzato rappresenta un campione medio dei due tipi di mica prima descritti. I risultati, riportati in Tab. II confermano che la mica in esame è un termine flogopitico.

Nei prodotti piroclastici ritroviamo gli stessi tipi di mica riscontrati nelle lave. La flogopite dei microliti è sempre fresca, ha un pleo-

croismo sensibilmente diverso, con α marrone arancio β e γ quasi incolori.

Melilite. - E' presente sotto forma di microliti prismatici ricchi di numerose inclusioni. I microliti spesso hanno i bordi sfumati nella massa di fondo altre volte invece sono ben terminati e privi di inclusioni (fig. 6). I microliti di melilite sono zonati e mostrano un nucleo



Fig. 6. — Sono evidenti il diopside, la flogopite e la melilite. In questo campione la melilite è più sviluppata che altrove e presenta una certa isoorientazione. La zona nera, a destra, vicina alla flogopite, è costituita dai prodotti di trasformazione della mica. (solo polar.; ingr. lin. 30)

a segno ottico positivo, una zona intermedia isotropa e quindi un bordo esterno negativo. La melilite a segno ottico negativo è percentualmente la più abbondante.

I dati ottici indicherebbero che la composizione dei nuclei è spostata verso i termini akermanitici mentre quella delle parti più esterne è spostata verso i termini gehlenitici. E' stato però messo in evidenza da vari autori lo scarso accordo esistente tra segno ottico e composizione chimica della melilite.

Kalsilite. - Questo minerale si presenta in sezione sotto forma di prismetti molto limpidi, raramente qualche microlito presenta una fitta punteggiatura microscopica. La kalsilite è osservabile in tutti i campioni.

Monticellite. - Si presenta sotto forma di piccoli prismi frequentemente tozzi più raramente allungati. Si trova distribuita uniformemente nei campioni esaminati.

Perowskite. - Si presenta sotto forma di piccoli cristalli isotropi, irregolari. I cristalli a forte illuminazione appaiono di colore bruno violaceo. La sua distribuzione non è uniforme perchè spesso si trova associata in plaghe insieme ai prodotti di trasformazione della flogopite.

Un minerale indeterminato si presenta sotto forma di cristalli delle dimensioni 0,2-0,3 mm. L'abito è spesso irregolare ma qualche volta le sezioni hanno contorno romboidale. Le tracce di sfaldatura non sono evidenti. L'indice di rifrazione è superiore a quello del balsamo e circa uguale a quello del pirosseno. La potenza birifrattiva è debole e rientra nei toni bassi del primo ordine. Il minerale è biassico negativo con 2V piuttosto grande. Le sezioni a contorno rombico presentano l'emergenza della bisettrice acuta, mentre il piano degli assi ottici biseca i vertici ottusi.

I minerali che più si avvicinano alle caratteristiche di quello in esame sono la saffirina e la axinite. Da considerazioni paragenetiche la presenza di questi minerali sembra poco probabile.

4. - Chimismo delle vulcaniti di Cupaello.

4.A. - ANALISI CHIMICHE DELLA LAVA DI CUPAELLO.

Analisi chimiche della lava di Cupaello erano già state eseguite da Brugatelli (1883) e Rodolico (1937). Queste analisi mostrano una variabilità piuttosto forte specie per quanto riguarda i tenori in K_2O . Si è pertanto ritenuto opportuno eseguire due nuove analisi chimiche per avere un quadro più completo e attendibile. I campioni analizzati appartengono a tipi normali di lava.

La procedura adottata è quella riportata da Falehi G. e Tonani F. (1964).

Nella tab. III a si riportano a confronto i valori ottenuti con quelli delle analisi esistenti in letteratura.

TABELLA IIIa.

Composizione chimica delle lave di Cupaello e S. Venanzo.

	Cp 1 ⁽¹⁾	Cp 13	Analisi I Rodolico	Analisi II Rodolico	Analisi Brugnatelli	SV 5 ⁽²⁾
SiO ₂	41.40	42.09	42.64	42.64	43.36	40.52
TiO ₂	1.19	1.28	0.87	1.16	—	0.74
Al ₂ O ₃	7.55	7.16	7.01	6.71	9.37	10.43
Fe ₂ O ₃	4.41	4.71	5.78	6.40	8.88	4.66
FeO	2.95	2.59	1.66	1.28	—	2.92
MnO	0.14	0.07	0.16	0.10	—	0.11
MgO	11.20	11.03	10.86	10.32	10.42	12.65
CaO	15.99	15.43	14.53	13.93	15.38	16.23
BaO	—	—	—	0.52	—	—
Na ₂ O	0.55	0.22	0.71	1.25	1.49	1.11
K ₂ O	5.33	5.57	5.61	10.25	3.21	7.41
P ₂ O ₅	1.20	0.99	1.26	1.22	—	0.32
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	—	0.31
SO ₃	—	—	0.62 ⁽²⁾	0.23	—	—
Cl	—	—	—	0.12	—	0.02
F	—	—	—	0.32	—	0.12
CO ₂	2.11	—	—	2.59	—	2.11
H ₂ O ⁺	3.08	4.57	6.22	0.92	6.66	0.16
H ₂ O ⁻	2.32	3.98	2.28	0.81	—	0.40
	99.42	99.69	100.21	100.77	98.77	100.22

⁽¹⁾ Analisi di G. Falchi.⁽²⁾ S.⁽³⁾ Vulcanite di S. Venanzo, facies normale, da Mittempergher (1965).

TABELLA IIIb. — *Norme molecolari secondo il calcolo CIPW.*

	Cp 1	Cp 13	Analisi II Rodolico	Analisi I Rodolico	Analisi Brugnatelli	SV 5 ⁽¹⁾
or	—	—	2.22	—	—	—
le	24.87	25.74	27.05	25.75	14.84	34.47
ne	1.74	0.77	—	1.93	4.63	3.47
an	2.22	2.50	—	—	9.46	2.78
ks	—	—	6.63	—	—	—
ac	—	—	1.50	0.37	—	—
ns	—	—	1.95	—	—	—
di	38.54	38.96	34.45	43.08	47.83	9.09
ol	6.96	6.47	6.82	4.92	2.53	19.94
es	1.80	5.51	—	2.58	1.72	15.41
mt	6.48	4.36	—	3.01	—	6.71
hm	—	1.44	6.39	3.67	8.94	—
il	2.28	2.43	2.28	1.68	—	1.36
ap	2.96	2.30	2.96	2.96	—	0.99
c	4.80	—	5.90	—	—	4.80
q	5.40	8.55	1.73	8.55	6.66	0.56

⁽¹⁾ Vulcanite di S. Venanzo, facies normale, da Mittempergher (1965).

TABELLA IIIc. — *Norma molecolare secondo il calcolo delle Associazioni Mineralogiche Stabili di Rittmann.*

	Cp 1			SV 5 ⁽¹⁾		
	facies vulcanica pura	facies pneuma- tolitica	facies subvul- canica	facies vulcanica pura	facies pneuma- tolitica	facies subvul- canica
Ortoclasio	—	—	21.6	—	—	21.5
Leucite	32.7	20.5	—	24.2	11.9	—
Kalsilite	—	—	—	9.7	2.3	—
Augite	37.0	44.0	32.3	6.4	6.2	8.7
Olivina	10.7	—	—	17.9	—	—
Biotite	—	21.3	30.6	—	⁽²⁾ 39.8	45.4
Mellilite	9.3	4.2	—	33.2	32.2	—
Magnetite	⁽²⁾ 1.4	1.4	1.3	1.9	1.8	1.5
Ilmenite	0.4	0.2	—	0.7	—	—
Perovskite	0.1	—	—	0.1	0.1	—
Apatite	2.7	2.7	2.6	0.6	0.6	0.6
Calcite	5.7	5.7	11.6	5.3	5.1	22.3

⁽¹⁾ Vulcanite di S. Venanzo, facies normale, da Mittempergher (1965).

⁽²⁾ Comprende Hz.

⁽³⁾ Comprende Il.

4.B. - DISTRIBUZIONE DEGLI ALCALI E STATO DI ALTERAZIONE DELLA ROCCIA.

Dall'esame della tab. III a risulta che i componenti che variano maggiormente sono K_2O , Al_2O_3 e CaO . Le più forti variazioni si notano in particolare per il K_2O infatti la percentuale oscilla dal 3,21% al 10,25%. Per controllare il significato di tali variazioni sono state eseguite dieci determinazioni di alcali usando il metodo fotometrico e aggiungendo litio come standard interno.

I risultati ottenuti sono riportati in tab. IV.

TABELLA IV.

N. camp.	$K_2O\%$	$Na_2O\%$	% umidità	% perdita di calcinazione
Cp 1	5.31	0.43	2.52	4.95
Cp 2	4.91	0.29	4.70	5.11
Cp 3	4.22	0.26	5.07	5.18
Cp 4	3.73	0.25	4.00	6.37
Cp 5	3.77	0.22	6.01	5.69
Cp 8	7.35	0.35	2.15	3.48
Cp 9	5.22	0.38	4.02	4.30
Cp 10	7.34	0.32	3.20	3.91
Cp 13	5.57	0.22	3.98	4.29
Cpt 12	1.78	0.08		

Da questi dati risulta chiaramente che nei campioni di Cupaello esiste una forte variabilità del tenore di K_2O al di là di ogni possibile errore analitico. Solo il valore 10.25 trovato da Rodolico sembra veramente eccessivo non essendo stato nemmeno avvicinato da nessuna delle determinazioni eseguite sugli altri campioni che possono considerarsi nell'insieme largamente rappresentativi della colata. Queste variazioni del tenore K_2O non appaiono giustificabili sulla base delle differenze mineralogiche dei diversi campioni. Abbiamo già visto infatti che la kal-silite, principale minerale di potassio della roccia presenta variazioni molto basse da campione a campione, lo stesso vale per altri minerali di potassio e per il vetro. Questi fatti possono far supporre che la variazione del tenore in K_2O sia da imputarsi piuttosto a fenomeni se-

condari di alterazione che abbiano portato ad una lisciviazione di questo elemento in alcune parti della colata.

Per controllare questa possibilità sono state eseguite, su tutti i campioni, determinazioni della perdita di calcinazione. I risultati sono riportati in tab. IV.

Nella fig. 7 i risultati della perdita di calcinazione sono correlati con i tenori in K_2O . Si nota che esiste realmente una correlazione piuttosto stretta tra i due parametri; i campioni a più alto K_2O sono quelli che presentano valori più bassi della perdita di calcinazione. Da ciò si

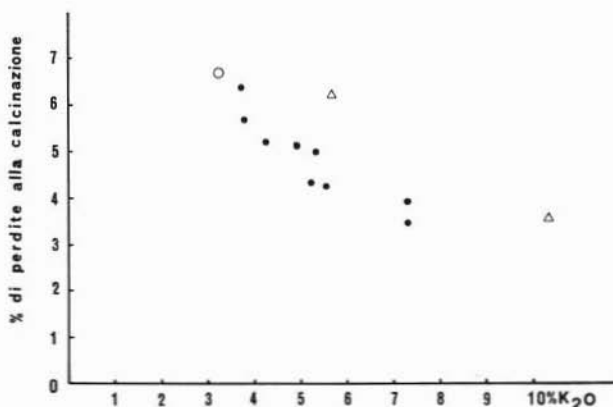


Fig. 7. — Nel diagramma è riportato in ascisse il contenuto in K_2O della roccia e sulle ordinate la perdita di calcinazione. I due parametri sono ben correlati; al crescere del contenuto in K_2O diminuisce la perdita alla calcinazione. Il cerchietto si riferisce al campione analizzato da Brugnatelli, i triangoli a quelli di Rodolico.

può dedurre che effettivamente la variazione del K_2O nei campioni è in gran parte attribuibile a fenomeni di alterazione. Riportando sul diagramma di fig. 7 anche i dati di K_2O e perdita di calcinazione, relativi alle analisi eseguite da Brugnatelli e Rodolico, si osserva che i dati del primo ben si accordano con i risultati qui esposti, mentre sono sensibilmente discordanti quelli del secondo autore che, a parità di perdita di calcinazione, presentano entrambi tenori in K_2O più elevati rispetto all'andamento medio di correlazione.

Per controllare ulteriormente questa ipotesi ed in particolare per vedere se la variazione riscontrata nel tenore in K_2O potesse essere imputata a fenomeni di lisciviazione della roccia sono state effettuate prove di lisciviazione di breve durata (5 minuti). Lo scopo era di verificare l'eventuale esistenza nella roccia di prodotti contenenti K_2O facilmente solubili.

Un grammo di campione macinato finemente (al di sotto di 200 mesh) è stato posto in una beuta con 100 cc di H_2O bidistillata. Dopo 5 minuti di agitazione la soluzione filtrata è stata analizzata per K, Na, [Ca + Mg], HCO_3 , secondo la procedura riportata da Dall'Aglio M. e Tonani F. (1960). I risultati ottenuti sono riportati in tab. V.

TABELLA V.

N. camp.	Contenuto in K, Na, Ca + Mg e HCO_3 espresso in equiv./litro nella soluzione derivante dalla lisciviazione di alcuni camp. di lava				Perdita % di K_2O e Na_2O dei camp. di lava dopo lisc.	
	K	Na	Ca+Mg	HCO_3	% K_2O	% Na_2O
Cp 1	66.10^{-5}	20.10^{-5}	16.10^{-5}	82.10^{-5}	0.30	0.062
Cp 2	35.10^{-5}	12.10^{-5}	14.10^{-5}	60.10^{-5}	0.17	0.038
Cp 3	40.10^{-5}	11.10^{-5}	44.10^{-5}	48.10^{-5}	0.19	0.034
Cp 4	39.10^{-5}	35.10^{-5}	30.10^{-5}	71.10^{-5}	0.18	0.027
Cp 5	34.10^{-5}	70.10^{-5}	29.10^{-5}	58.10^{-5}	0.16	0.022
Cp 8	45.10^{-5}	70.10^{-5}	31.10^{-5}	85.10^{-5}	0.22	0.022
Cp 9	21.10^{-5}	82.10^{-5}	57.10^{-5}	82.10^{-5}	0.096	0.026
Cp 10	39.10^{-5}	62.10^{-5}	40.10^{-5}	88.10^{-5}	0.18	0.019
Cp 13	39.10^{-5}	60.10^{-5}	29.10^{-5}	74.10^{-5}	0.18	0.019

Da quanto precede è possibile osservare:

- esistono nei campioni esaminati composti facilmente solubili, probabilmente K_2CO_3 ,
- la quantità di K_2CO_3 lisciviabile non è tale da far supporre che le variazioni del contenuto di K_2O siano legate esclusivamente alla lisciviazione del K_2CO_3 ; resta pur positiva l'acquisizione dei risultati emersi da questa prova.

Le correlazioni tra i tenori di K_2O e Na_2O della roccia e quelli di K_2O e Na_2O lisciviabili sono riportati in fig. 8.

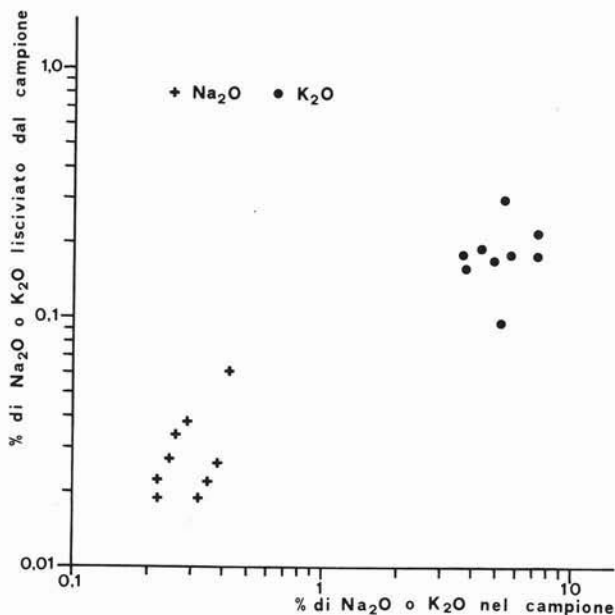


Fig. 8. — Nel diagramma è riportato in ascisse il contenuto di K_2O e di Na_2O della roccia e sulle ordinate il contenuto di K_2O e di Na_2O lisciviato dalla roccia. I dati relativi al K_2O sono riportati con il punto, quelli di Na_2O con la croce. I parametri relativi al Na_2O sono ben correlati ed al crescere del contenuto in Na_2O nella roccia cresce il relativo Na_2O lisciviato.

In detto diagramma si noti, per quanto concerne i contenuti in Na_2O , che esiste una buona correlazione tra i due parametri investigati in accordo con le ipotesi formulate.

In conclusione dalle prove eseguite, la variazione del tenore di K_2O osservata per i vari campioni della lava di Cupaello può essere ascritta a fenomeni di alterazione della roccia, alterazione che ha interessato soprattutto le frazioni vetrose. Viene comunque escluso che tale variazione corrisponda ad una variabilità primaria nella composizione mineralogica della roccia o che sia dovuta all'abbondanza di minerali di K_2O facilmente solubili.

4.C. - CLASSIFICAZIONI PETROCHIMICHE.

Dalle analisi chimiche eseguite sulla lava di Cupaello, riportate in tab. III a risultano evidenti alcune caratteristiche del chimismo:

- basso tenore di SiO_2
- alto contenuto in K_2O e relativo basso contenuto in Na_2O
- basso tenore in Al_2O_3
- forte contenuto in MgO
- alto contenuto in P_2O_5 .

Nella tab. III b sono riportati i calcoli normativi eseguiti secondo il sistema CIPW. Viene messo in evidenza il carattere nettamente sottosaturato di queste rocce in cui è presente olivina ed una forte quantità di leucite normative. Mancano sostanzialmente i feldspati normativi, se si escludono le piccole quantità di ortose, del secondo campione analizzato da Rodolico (1937) (R II) e di anortite presente in tutti i campioni. Sulla base dei valori normativi ottenuti, le rocce di Cupaello risultano quindi, in modo più evidente, dei tipi femici, sottosaturi e potassici. Nel diagramma QAPF (Streckeisen, 1967), utilizzando i parametri CIPW, le rocce in esame cadono evidentemente nel campo più vicino al vertice dei feldspatoidi, cioè nel campo generico delle rocce feldspatoiditiche.

Nella tab. III c è riportata la norma secondo il calcolo dell'AMS di Rittmann (1967), unica norma che tenga presente la reale composizione dei minerali e che contempra in alcuni casi la formazione di melilite. La roccia Cp 1 è classificabile come una leucit-melilitite. Tenendo presente che in tutti i campioni esaminati è presente la kalsilite e non la leucite, si può concludere che le rocce di Cupaello debbono ritenersi delle kalsilit-melilititi.

4.D. - DETERMINAZIONE DEGLI ELEMENTI MINORI.

Per una migliore definizione delle caratteristiche chimiche delle vulcaniti in studio sono stati determinati alcuni elementi in tracce. Le determinazioni di Pb, Cu, Zn, Sr, Li, Ba, Rb, Cs sono state eseguite per spettrofotometria di assorbimento atomico, U per via fluorimetrica (attaccando il campione con Na_2O_2 e facendo due separazioni, una su

TABELLA VI.

Distribuzione di alcuni elementi in traccia nelle vulcaniti di Cupaello e S. Venanzo.

I tenori sono espressi in ppm.

	Pb	Cu	Zn	Sr	Li	Ba	Rb	Cs	U	rU	Th	Cr	Zr	F	Cl	V	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr ⁽²⁾
Cp 1	187	51	162	4450	28	5750	581	≤ 275	30.8	27	146	≤ 50	841	1600 ⁽¹⁾	700 ⁽¹⁾	27	0,710
Cp 4	202	44	156	3200	21	5342	559	≤ 275	33.4	25	130	≤ 50	1008	2300 ⁽¹⁾	2100 ⁽¹⁾	25	
Cp 10	200	44	155	4450	21	5660	554	≤ 275	29.0	25	127	≤ 50	969			64	
PCp 1	32	7	53	2480													
SV 5	25	25	88	2600			560		7.8		40	1000	455	1200 ⁽¹⁾	200 ⁽¹⁾		0,711
SV 7	96	80	91	2700			400		23.1	23	120	2463 ⁽¹⁾	970	4500 ⁽¹⁾	500 ⁽¹⁾		
SV 8a	144	197	96								264	2737 ⁽¹⁾		4600 ⁽¹⁾	600 ⁽¹⁾		

⁽¹⁾ Determinazioni di G. Falchi (Cr ai raggi X).⁽²⁾ Determinazione di S. Borsi.

PCp 1 Pirosseno del campione CP 1.

SV 5 Lava di S. Venanzo, facies normale.

SV 7 Lava di S. Venanzo, facies pegmatitoide.

SV 8a Lava di S. Venanzo, facies nera.

resina ed una cromatografica), Cr e V per via spettrofotometrica (Grillot ed altri 1964), Zr per fluorescenza a raggi X, rU e Th per spettrometria gamma. Il Cl e F sono stati prima distillati dal campione e successivamente determinati rispettivamente per via argentometrica e spettrofotometrica.

Insieme ai campioni di lava e di pirosseno di Cupaello sono stati analizzati anche alcuni campioni provenienti da San Venanzo, i risultati sono riportati in tab. VI.

Dall'esame di detta tabella risultano evidenti alcune caratteristiche dei campioni di Cupaello. In particolare appaiono notevolmente elevati i tenori del Pb, Sr, Ba in misura minore quelli del Cu, Zn, Rb e di alcuni tipici elementi pneumatofili quali U, Th, Zr, F, Cl mentre è basso il tenore in Cr.

5. - Inquadramento delle vulcaniti di Cupaello.

Dal punto di vista geografico, come già visto, la manifestazione vulcanica di Cupaello è notevolmente isolata; anche i legami geologici con gli altri centri vulcanici sono tutt'ora scarsamente definiti. Dallo studio chimico e petrografico le lave di Cupaello sono risultate piuttosto omogenee, di conseguenza non è possibile individuare alcun « trend » evolutivo all'interno della colata; perciò ai fini di un inquadramento si può solo procedere ad un confronto tra le caratteristiche chimiche e petrografiche della manifestazione in studio e quelle delle zone vulcaniche più vicine.

Si inizierà con San Venanzo che è la manifestazione vulcanica situata, rispetto ai grandi centri del Lazio Occidentale, in posizione analoga a quella di Cupaello. L'evoluzione vulcanologica è stata per le due manifestazioni differente. Da un lato a San Venanzo i fenomeni vulcanici si sono svolti con una certa durata ed hanno determinato la formazione di un cono di scorie, una fase transitoria di lago di lava, quindi il trabocco lento della lava stessa in una zona collinare.

Nel caso di Cupaello invece i fenomeni vulcanici si sono svolti molto più rapidamente e sono centrati in prevalenza sulla messa in posto di una singola colata lavica su un pendio molto ripido; ciò ha comportato condizioni diverse di raffreddamento, condizioni diverse che possono avere il loro riflesso sul tipo di struttura e sul diverso assetto mineralogico anche a parità di composizione.

Dal punto di vista chimico-petrografico le lave di San Venanzo sono più diversificate; esistono vicino alla lava normale, differenziati che Mittempergher (1965) ha chiamato facies pegmatitoidi e facies nera.

Le caratteristiche mineralogiche delle lave normali dei vulcani di San Venanzo e Cupaello, tenuto conto dei diversi ambienti di cristallizzazione, sono molto simili. Le differenze del chimismo, seppur non rilevanti, riguardano soprattutto l' Al_2O_3 .

Per quanto concerne i costituenti minori è confermato anche per Cupaello l'arricchimento di elementi pneumatofili, mentre le differenze più notevoli riguardano il tenore del Cr. A San Venanzo il cromo per la facies normale è di 1.000 ppm, a Cupaello ≤ 50 ppm. Non è possibile valutare attualmente il significato di tale differenza.

In conclusione, con le pur accennate differenze, la stretta parentela tra le vulcaniti di Cupaello e San Venanzo è confermata.

Va ricordato come la genesi delle rocce di San Venanzo sia da imputare secondo Mittempergher (1965) ad una spinta assimilazione di carbonati da parte del magma in profondità, magma che così si è venuto progressivamente arricchendo in fluidi di tipo carbonatitico. Secondo il calcolo dell'AMS di Rittmann (1967) anche le rocce di Cupaello rivelano, come quelle di San Venanzo, per la facies sub-vulcanica, la presenza di CaCO_3 (11,6%) (tab. III c).

Per quanto concerne la natura del magma originario, per i differenziati estremi del tipo di quelli in esame, la definizione appare problematica; d'altro lato tale problema non è stato ancora completamente risolto neppure per le vulcaniti alcalino-potassiche (Marinelli e Mittempergher, 1966; Burri, 1966; Marinelli, 1967; Savelli, 1967). Tuttavia i valori isotopici dello $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ escludono che il magma di Cupaello e di San Venanzo derivi direttamente, attraverso una differenziazione più o meno complessa, da un magma subcrustale. I valori 0,710 e 0,711 del rapporto $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ denunciano infatti significativi apporti cristallini.

Nel fare i confronti con le vulcaniti del Lazio Occidentale bisogna tener presente:

- che la quantità dei prodotti emessi a Cupaello è esigua per cui è difficile prevedere quanto le caratteristiche chimiche rilevate nella parte più apicale del condotto magmatico siano estrapolabili a porzioni più profonde di questo ultimo;
- che i dati di riferimento spesso risultano dalla media di centinaia di campioni e sono rappresentativi di migliaia di m^3 di prodotti vulcanici.

Il chimismo delle lave di Cupaello è molto diverso, ad eccezione del contenuto in K_2O , da quello dei vulcani potassici laziali; qualche analogia si riscontra nella presenza di melilite in alcune lave dei Colli Albani e nella elevata concentrazione di alcuni elementi in traccia quali U, Th, Zr, F, Cl, Rb, Sr (Fornaseri ed altri, 1963; Taddeucci, 1964; Locardi, 1967; Locardi e Mittempergher, 1967; Barbieri ed altri, 1968 e 1969), elementi che caratterizzano appunto i prodotti di Cupaello.

Maggiore affinità chimica si riscontra invece con alcuni proietti enallogeni (tab. VII) inclusi nei tufi del vulcano Laziale. Tali inclusi rappresentano varie fasi di equilibrio raggiunto nel corso della assimilazione di rocce carbonatiche da parte del magma (Fornaseri ed altri, 1963).

TABELLA VII.

	1	2	3	4	5
SiO ₂	45.44	44.49	49.00	43.37	36.22
TiO ₂	1.60	2.26	0.80	4.44	4.76
Al ₂ O ₃	8.30	8.72	9.15	10.34	8.21
Fe ₂ O ₃	2.44	4.54	2.86	4.02	7.58
FeO	3.85	4.55	2.44	5.54	4.55
MnO	—	0.10	—	0.17	0.18
MgO	17.85	12.38	10.72	11.60	9.76
CaO	15.40	17.81	18.14	14.16	13.98
BaO	—	—	0.10	—	0.28
Na ₂ O	0.68	0.80	0.62	1.77	1.28
K ₂ O	3.91	2.42	5.75	3.55	7.29
H ₂ O ⁺	0.18	0.68	0.35	0.43	1.55
H ₂ O ⁻	0.10	0.03	0.04	0.13	1.03
P ₂ O ₅	0.09	0.77	0.22	0.58	1.09
F	0.77	—	0.18	—	0.14
SrO	—	—	—	—	0.26
	100.61	99.55	100.37	100.10	99.68

1 - 2 - 3 Proietti inclusi nei tufi dei Colli Albani da Fornaseri e altri 1963. Analisti Raoult, Keyes.

4 Leucitite. Visoke, da Bell e Powell 1969. Analista W. B. Wiik.

5 Mafurite. Lower Kabirenge lave, Bunyaruguru Holmes, 1945.

Dalle analogie di composizione chimica riscontrate tra le lave di Cupaello e gli inclusi metasomatizzati di cui sopra, si può trarre l'indicazione che il chimismo delle rocce di Cupaello sia condizionato da una spinta assimilazione di rocce carbonatiche. Una genesi di questo tipo è stata ipotizzata da Schneider (1965).

Per restare nei termini analogici va peraltro ricordato come il carattere alcalino associato ad una netta tendenza femica nonchè alla concentrazione di alcuni elementi minori facciano assomigliare le lave di Cupaello ad alcune rocce alcaline femiche (mafuriti e katungiti) dei Rift africani (tab. VII). Queste ultime vulcaniti si rinvengono associate alle carbonatiti in condizioni geologiche che escludono i processi di assimilazione dei carbonati nella loro genesi.

Si ringrazia il dr. G. Falchi per l'aiuto prestato nelle determinazioni analitiche, la dr. O. Ferretti per l'esecuzione delle analisi diffrattometriche ai raggi X, il prof. E. Locardi ed il prof. M. Mitterpergher per i numerosi suggerimenti forniti.

BIBLIOGRAFIA

- BANNISTER F. A., SAHAMA TH. (1953) - *Kalsilite in Venanzite from San Venanzo*. Min. Mag., 30.
- BARBIERI M., FORNASERI M., PENTA A. (1968) - *Rubidio e potassio nelle vulcaniti dei Colli Albani, di Vico e del Cimino*. Periodico di Mineralogia, 37, 243-303.
- BARBIERI M., MITSAKI V., PENTA A. (1969) - *Una provincia geochimica ricca in stronzio: i Colli Albani. Contenuto in stronzio e fenomeni di zeolitizzazione delle piroclastiti*. Periodico di Mineralogia, 38, 117-153.
- BELL K., POWELL J. L. (1969) - *Strontium Isotopic Studies of Alkaline Rocks: The Potassium-rich lavas of the Birunga and Toro-Ankole Regions, East and Central Equatorial Africa*. J. Petrology 10, 536-572.
- BRUGNATELLI L. (1883) - *Note sulla composizione di una roccia pirossenica dei dintorni di Rieti*. Boll. R. Com. Geol. d'Italia, XIV.
- BURRI C. (1966) - *Problemi petrochimici del vulcanismo italiano*. Mem. Acc. Pat. SS.LLAA., U. Sc. Mat. Nat., 78.
- DALL'AGLIO M., TONANI F. (1960) - *L'analisi chimica delle acque naturali come mezzo di indagine geochimica*. Studi e Ricerche della Div. Geomineraria, CNRN, III, 329-351.
- DEER W. A., HOWIE B. A., ZUSSMAN J. (1962) - *Rock Forming Minerals*. Longmans.
- FALCHI G., TONANI F. (1964) - *Procedura rapida per l'analisi delle rocce*. RT/GEO (64) 6, CNEN.
- FOLGHERAITER G. (1902) - *Il Vulcanetto di Coppaeli (Rieti)*. Boll. Soc. Sism., VII, 8.

- FORNASERI M., SCHERILLO A., VENTRIGLIA U. (1963) - *La regione vulcanica dei Colli Albani - Vulcano Laziale*. Aziende Tipografiche Ered. Dott. G. Bardi, Roma.
- GRILLOT H., BEGUINOT J., BOUCETTA M., ROQUETTE C., SIMA A. (1964) - *Méthodes d'analyse quantitative appliquées aux roches et aux prélèvements de la prospection géochimique*. Mem. du B.R.G.M., 30.
- HOLMES A. (1945) - *Leucitized Granite Xenoliths from the Potash-rich Lavas of Bunyaruguru, Southwest Uganda*. Am. J. Sci., 243 A, 313.
- LOCARDI E. (1967) - *Uranium and thorium in the volcanic Processes*. Boll. Volc. 31, 235-260.
- LOCARDI E., MITTEMPERGER M. (1967) - *Relationship between some Trace Elements and Magmatic Processes*. Geol. Rundschau, 57, 313-334.
- LOTTI B. (1926) - *Descrizione geologica dell'Umbria*. Mem. Deser. Carta Geol. d' It., vol. XXI.
- MARINELLI G., MITTEMPERGER M. (1966) - *On the Genesis of Some Magmas of Typical Mediterranean (Potassic) Suite*. Boll. Vole., XIX, 113-140.
- MARINELLI G. (1967) - *Genèse des magmas du volcanisme plio-quadernaire des Apennins*. Geol. Rundschau, 57.
- MITTEMPERGER M. (1965) - *Vulcanismo e petrogenesi della zona di San Venanzo (Umbria)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., serie A, vol. LXXII.
- RITTMANN A. (1967) - *Calcolo delle associazioni mineralogiche stabili nelle rocce ignee*. Catania (in stampa).
- RODOLICO F. (1937) - *Le rocce vulcaniche di San Venanzo e Cupaello*. Boll. Soc. Geol. It., vol. 56, fasc. 1.
- SABATINI V. (1903) - *La pirossenite melilitica di Coppaeli*. Boll. R. Com. Geol. d' It., VII.
- SABATINI V. (1906) - *Ancora sulla pirossenite melilitica di Coppaeli*. Boll. R. Com. Geol. d' It., VII.
- SAVELLI C. (1967) - *The problem of Rock Assimilation by Somma-Vesuvius Magma*. Contr. Mineral. and Petrol., 16, 328-353.
- SCHNEIDER H. (1965) - *Petrographie des Latera Vulkans und die Magman Entwicklung der Monti Volsini*. Inaugural Dissertation. Universität Zürich, 333-454.
- SERVIZIO GEOLOGICO D' ITALIA (1970) - *Carta Geologica d' Italia*. F. 138, Terni.
- STRECHSEISEN A. (1967) - *Classification and Nomenclature of Igneous Rocks*. N. Jb. Miner. Abb. 107, 144-240.
- TADDEUCCI A. (1964) - *Il boro ed il fluoro nelle regioni vulcaniche dei Colli Albani del Cimino e del Vico*. Periodico di Mineralogia, 33, 73.
- VERRI A. (1883) - *Studi geologici sulle conche di Terni e di Rieti*. Mem. R. Acc. Lincei, 3, XV.