

RICCARDO SERSALE

PROBLEMI DI MINERALOGIA APPLICATA

COSTITUZIONE E REATTIVITA' DI TUFI, DI POZZOLANE E DI CENERI DELLA REGIONE VULCANICA DEI COLLI ALBANI

Riassunto. — Si procede in primo luogo allo studio sistematico della composizione mineralogica e chimica di una serie di prodotti incoerenti, coerenti e litoidi, appartenenti tutti alla regione vulcanica dei Colli Albani, prelevati in differenti località, e corredati delle indispensabili notizie concernenti la loro giacitura e la loro stratigrafia. Si stabilisce altresì la costituzione delle « geodi » biancastre, disseminate fra il materiale delle cave di « pozzolana di Segni », facendo riferimento alla loro probabile genesi.

Sulla base dei dati sperimentali acquisiti, si pongono di volta in volta in luce le possibili relazioni che intercorrono fra i differenti campioni prelevati, sia nella medesima località sia in località limitrofe, individuando inoltre un tufo che con ogni probabilità rappresenta l'equivalente autocementato delle pozzolane nere (« pozzolana di Segni »).

Si segnala ancora il tipo di minerale « argilloso » che prevale nei prodotti più cospicuamente « argillificati », con riferimento alla natura delle azioni che presumibilmente hanno presieduto al decorso dello stesso processo di « argillificazione ».

Si convalidano infine le deduzioni tratte in base ai risultati conseguiti attraverso le varie indagini, con alcuni saggi atti ad apprezzare il comportamento tecnologico dei singoli materiali studiati.

Facendo seguito alle ricerche che, sulla base di risultanze sperimentali, mi hanno consentito di precisare, in un primo tempo, le relazioni che intercorrono fra la pozzolana del secondo periodo flegreo ed i corrispondenti tufi: giallo (1) e verde (2), di stabilire, successivamente, che una serie numerosa di tufi vulcanici di differente tipo mineralogico e chimico (3) si origina, al pari del tufo napoletano, a seguito di un processo di zeolitizzazione — che interessando la base vetrosa, reattiva, dei corrispondenti materiali incoerenti ne provoca l'autocementazione —, di prevedere e di documentare, infine, il comportamento di tali materiali litoidi allorchè cementati con la soluzione d'idrossido di calcio (4), ho creduto utile estendere le ricerche ad un gruppo di materiali appartenenti alla regione vulcanica dei Colli Albani, con lo scopo di far luce sulle possibili relazioni che intercorrono fra alcune tipiche pozzolane

laziali ed alcuni tufi del medesimo distretto eruttivo, i quali, con ogni probabilità, sono da ritenersi gli equivalenti trasformati delle prime. Si è reso perciò indispensabile lo studio sistematico della composizione mineralogica e chimica di una numerosa serie di materiali: sia incoerenti, che litoidi, collezionati tanto nella medesima località — e pertanto costituenti una serie continua di passaggi graduali — quanto in località vicine, per poter risalire, sulla base delle differenze costituzionali e di comportamento, riscontrate fra le due surricordate categorie di materiali, alla qualificazione del processo di trasformazione che ha presieduto al passaggio: materiale incoerente → materiale litoide e, di conseguenza, alla precisazione dei loro rapporti reciproci.

Il problema della chiarificazione delle relazioni che intercorrono fra i vari materiali piroclastici che si rinvengono a contatto, si rivela utile non solo per l'interesse da un punto di vista strettamente geologico e geo-mineralogico, ma anche per quanto concerne le possibili applicazioni di tali materiali, in quanto lo studio della composizione mineralogica e chimica di un campione isolato — particolarmente per materiali eterogenei come le pozzolane — porta inevitabilmente ad inesattezze, le quali, oltre a riflettersi sulla valutazione del comportamento pratico dei materiali medesimi, causano discordanze fra i risultati conseguiti dai differenti sperimentatori.

I campioni che costituiscono oggetto di questa ricerca sono tutti stati collezionati sul posto dal Prof. SCHERILLO e dallo scrivente.

Appartengono, come innanzi precisato, alla regione vulcanica dei Colli Albani e sono stati prelevati nelle seguenti quattro differenti località:

a) nella cava di pozzolana coltivata dalla Società Cementi Segni in Colleferro;

b) nella cava di tufo, non più in esercizio, presso Mola dei Piccoli (Paliano). Per l'ubicazione topografica di detta cava, confrontare F^o 151, III. N. O. della Carta d'Italia a cura dell'Ist. Geograf. Milit.;

c) nella cava di pozzolana del Divino Amore, lungo la via di accesso al Santuario del Divino Amore, (località, sulla via Ardeatina, fra i Colli Laziali ed il mare);

d) al Albano, lungo la formazione ai margini della via dei Laghi, nei pressi del bivio con la strada che scende verso il lago.

I campioni reperiti nelle singole località verranno descritti e studiati nell'ordine sopra riportato.

Nella cava di « pozzolana di Segni » in Colleferro ⁽¹⁾ sono stati collezionati i seguenti campioni, separatamente:

- 1) pozzolana e parti coerenti nella pozzolana;
- 2) vene di materiale « argillificato », nella pozzolana;
- 3) sostanza biancastra, molle, pastosa, che si rinviene in forma di piccoli grumi disseminati a caso nella pozzolana e viene localmente chiamata: « burro dei cavatori »;
- 4) tufo di copertura della pozzolana, in due varietà distinte: l'una, superiore, di color giallastro, litoide; l'altra, inferiore, di color rosso scuro, coerente ⁽²⁾.

Ogni singolo campione è stato sottoposto alle analisi: chimica, ottica e roentgenografica, nonché alle indagini complementari, quali: analisi: termo-ponderale e termica differenziale, procedendo successivamente alla valutazione dell'attività « pozzolanica » dei prodotti più significativi.

Della impostazione delle ricerche e dei relativi risultati, riferisco qui di seguito.

Pozzolana di Segni (pozzolana nera).

Per la pozzolana di Segni, che ha già costituito argomento di studio da parte di precedenti ricercatori (5), le indagini sono state orientate in particolar modo al rilevamento dell'eventuale presenza di minerali della famiglia delle zeoliti. Ciò per ragioni di due ordini: in primo luogo, perchè detti minerali sono caratterizzati da una reattività particolarmente alta e pertanto, se presenti nelle pozzolane in quantità determinante, accelerano il processo di fissazione della calce, il quale decorre sia in virtù della reattività di tali minerali, sia in virtù di quella, più bassa, della frazione vetrosa delle pozzolane stesse (4); in secondo luogo, perchè in una recente comunicazione presentata dal dr. F. GUYE (Cementfabrik Holderbank-Wildegg) al Congresso del Cemento di Lisbona, viene affermato fra l'altro (6) che nella pozzolana di Segni è presente *analcime* in notevole quantità (intorno al 18%).

(1) Mi è gradito ringraziare la Società Cementi Segni per avermi consentito l'accesso in cava ed il prelievo dei campioni.

(2) Si riserva la denominazione di *coerente* al materiale compatto, ma che si frantuma sotto la semplice pressione delle dita.

La supposizione che nella pozzolana di Segni sia presente l'analcime, insieme con la cabasite, è stata inoltre precedentemente avanzata anche dall'ing. CHAPELLE (7).

Ho perciò sottoposto ad indagine ottica, per trasparenza, la pozzolana in istudio ed ho potuto riconoscere, fra i costituenti cristallini, solo quelli già individuati da precedenti studiosi (5), (7), e cioè: la *leucite* in cristalli ben sviluppati e spesso in scheletri cristallini cruciformi (fig. 1 (*), microfotografia n° 1) ed il *pirosseno* in grossi cristalli (microfotografia n° 2). Leucite e pirosseno sono entrambi abbondanti; più rara è la mica bruna.

Nonostante le limitazioni del metodo, un primo indizio, sia pure indiretto, della presenza di minerali zeolitici in quantità determinante, e cioè tale da influenzare seriamente il comportamento alle pratiche applicazioni del materiale esaminato, è talvolta rilevabile anche attraverso l'indagine ottica. Si noti infatti che i granelli vetrosi (microfotografie n.ri 1 e 2), a contorno tondeggiante, appaiono completamente opachi, diversamente da quanto si constata ripetendo la medesima osservazione a partire da polvere ricavata per macinazione di un « tufo zeolitico ». I granuli della massa si presentano questa volta a contorno frastagliato (microfotografia n° 3 della stessa fig. 1). In corrispondenza della frastagliatura si nota, a nicols incrociati, una netta birifrangenza (microfotografia n° 4).

La caratteristica frastagliatura dei granelli appare, come è ovvio, ancor più evidente all'osservazione in microscopia elettronica (micrografia n° 5 della stessa fig. 1). Termine di paragone: i granelli di una pozzolana (micrografia n° 6).

L'indagine roentgenografica, assai più precisa, non porta — per quanto attiene alla presenza di minerali zeolitici — a conclusioni dissimili da quelle tratte a mezzo dell'esame ottico.

In fig. 2 riporto infatti il diffrattogramma (B) rilevato a partire dalla pozzolana in istudio. Si possono riconoscere con sicurezza le linee che, più intense, caratterizzano lo spettro delle leucititi.

Il diffrattogramma (A) della stessa fig. 2, ottenuto dal « selce romano », reca infatti le medesime linee che si riconoscono nel diffrattogramma (B), le quali sono pertanto da attribuirsi alla leucite ed al pirosseno, in armonia con i risultati delle osservazioni ottiche.

(*) Tutte le microfotografie che corredano questo lavoro, raccolte in quattro figure: 1, 5, 9, 12, compaiono in tavole fuori testo alla fine della memoria (Tavv. I, II, III, IV).

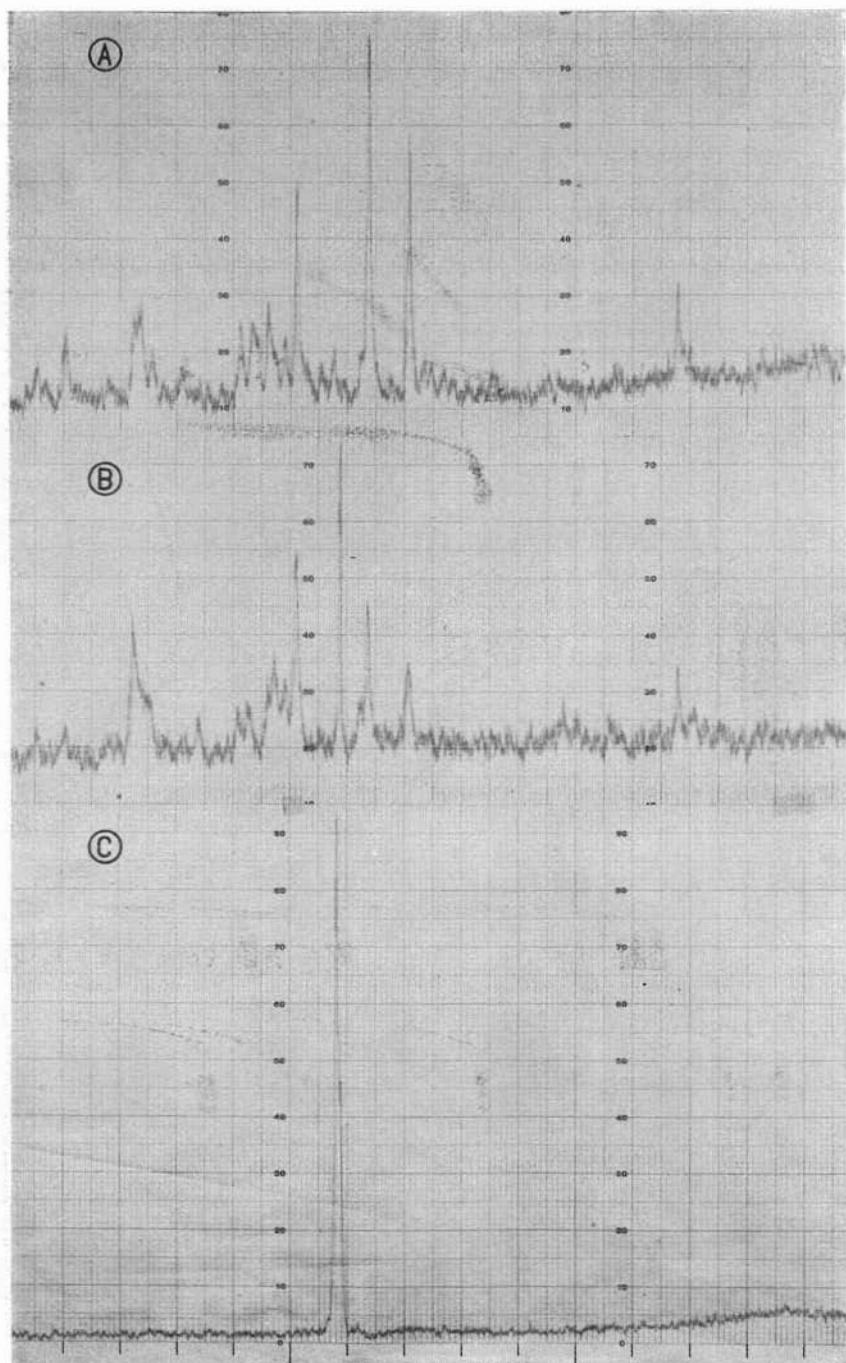


Fig. 2. — Radiazione $\text{Cu K}\alpha$. Zona compresa fra 5 e $20^\circ \theta$. (A), « selce romano » (leucitite); (B), pozzolana di Segni; (C), fluorite (Tavistock; Devonshire, Inghilterra).

L'unica differenza di rilievo che intercorre fra i due diffrattogrammi (B) ed (A), differenza che conviene sottolineare in quanto non segnalata dalla letteratura, è la presenza, nel diffrattogramma (B) relativo alla pozzolana di Segni, di un riflesso a $3,11 \text{ \AA}$, il quale, come mostra il diffrattogramma (C), è presente nello spettro della fluorite e deve pertanto attribuirsi alla presenza di piccole quantità di fluoruro di calcio nella pozzolana, quantità che è possibile rilevare mediante in-

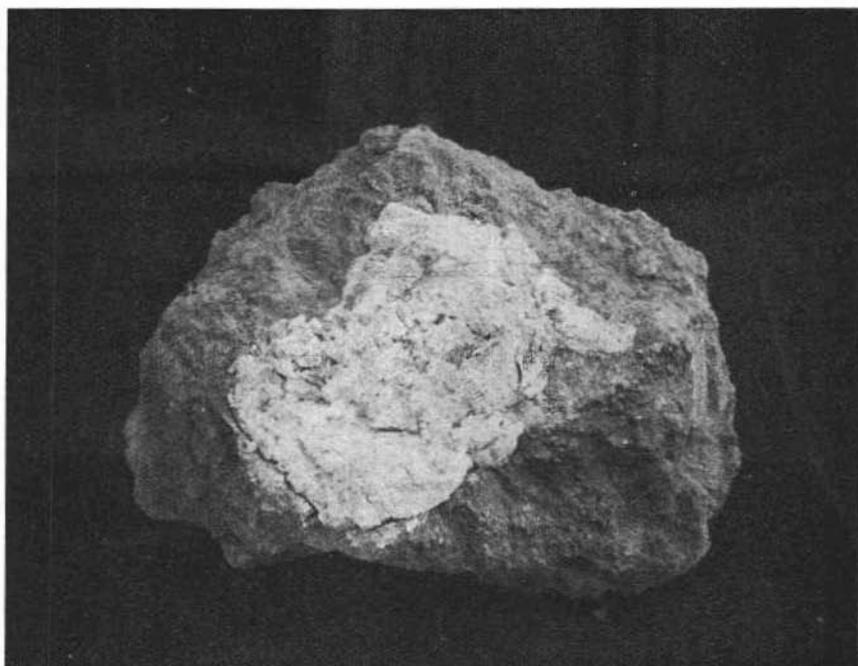


Fig. 3. — Parti coerenti nella pozzolana di Segni, con « burro dei cava-
tori » (riproduz. fot.).

dagine roentgenografica solo in virtù dell'alto potere « coprente » della fluorite. La comparsa, poi, più o meno accentuata di detta linea nei diffrattogrammi della pozzolana di Segni risulta, fra l'altro, influenzata in modo particolare dalla facilità di sfaldatura del materiale secondo $\{111\}$.

La riscontrata presenza delle piccole quantità di fluoruro di calcio nella pozzolana di Segni non deve sorprendere, in quanto emanazioni fluorifere hanno sicuramente interessato la zona. Ne è testimonianza

quella sostanza biancastra e molle, collezionata a parte, che, come è stato più su sottolineato, si rinviene sparpagliata quà e là in più punti della cava.

La fig. 3 riproduce appunto la fotografia di un blocco di parti coerenti nella pozzolana, il quale, come si vede, supporta la sostanza biancastra in oggetto. Ci si può pertanto fare un'idea dell'aspetto e della giacitura di tale materiale.

Com'è altresì rilevabile dalla stessa fig. 3, è possibile separare la sostanza biancastra dal supporto ed analizzarla a parte.

L'analisi qualitativa ha consentito di accertare la presenza del fluoro in notevole quantità, per semplice riscaldamento della sostanza

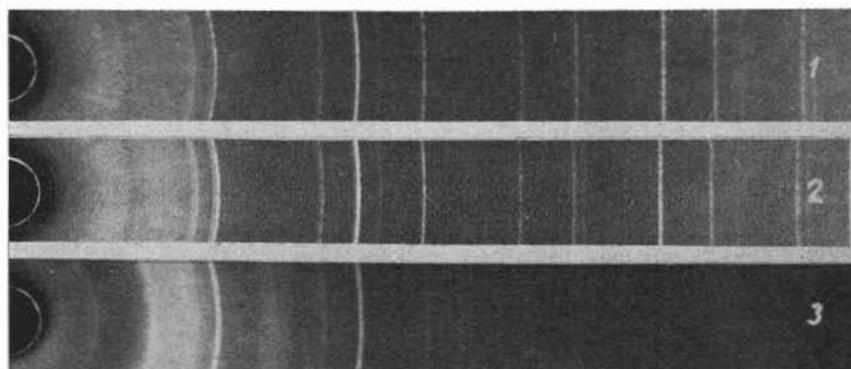


Fig. 4. — Radiazione Cu K. Diam. camera mm. 114,59. (1), fluorite (Tavistock; Devonshire, Inghilterra); (2), «burro dei cavatori» (separato dal materiale della cava di pozzolana di Segni); (3), «burro dei cavatori», frazione più fine.

in esame, preventivamente associata a sabbia silicea, in presenza di acido solforico. La determinazione quantitativa del fluoro (8), eseguita su di un campione di sostanza essicata a 105°C fino a costanza di peso, ne ha indicato un tenore pari al 51,23%, espresso in CaF_2 .

L'indagine roentgenografica ha poi consentito di stabilire che detto fluoro è presente, nella sostanza biancastra in istudio, sotto forma di fluoruro di calcio. Il computo dello spettrogramma relativo alla suddetta sostanza, il quale spettrogramma compare nella fig. 4 al n° 2, accanto a quello di uno «standard» di fluorite (n° 1), ha infatti consentito di accertare nel primo la presenza di tutte le linee principali che caratterizzano il secondo.

I risultati dei quali or ora ho dato conto trovano nella letteratura un precedente di rilievo. A. SCACCHI (9) in una nota presentata all'Accademia delle Scienze di Napoli nel 1887, segnalava la presenza di «geodi» (1), riempite di sostanze quasi pastose, molli ed in parte bianche, nelle pozzolane romane: delle Tre Fontane e di San Sebastiano, ne descriveva minuziosamente l'aspetto, la consistenza e le condizioni di giacitura, sottolineando altresì le differenze riscontrate fra le «geodi» delle due località, ne rilevava la presenza, in tutte, di abbondante fluoro, e ne attribuiva la genesi alle antiche emanazioni di fluoruro di silicio, così come ipotizzato in un precedente lavoro sulla regione vulcanica fluorifera della Campania.

Ritornando alla pozzolana di Segni, ho creduto opportuno, a conferma delle precedenti deduzioni, procedere al dosaggio del fluoro. Ho scelto il metodo colorimetrico (10) ed ho rilevato, come media di una serie di misure eseguite, un tenore di fluoro dell'ordine del 0,15%, espresso in CaF_2 . In tab. I riporto poi l'analisi chimica completa della pozzolana in istudio.

TABELLA I.

(percentuale sul secco a 105°C)

SiO_2	45,05
$\text{Al}_2\text{O}_3(+ \text{TiO}_2 + \text{Mn}_3\text{O}_4)$	17,46
Fe_2O_3	8,73
FeO	2,34
CaO	10,02
MgO	4,10
K_2O	6,67
Na_2O	2,22
H_2O^+	3,90
F_2	0,07
	<hr/>
	100,56
— O/F_2	0,03
	<hr/>
	100,53

(1) Geodi non nel senso dato oggi in litologia a questa parola.

Da quanto fin qui esposto appare chiaro che fra i costituenti mineralogici della pozzolana di Segni devono escludersi i minerali zeolitici, almeno in quantità tale da poter esser posti con tutta sicurezza in luce a mezzo delle differenti indagini fra le quali, particolarmente, quella roentgenografica, e, di conseguenza, in quantità tale da esercitare influenza sul comportamento tecnico globale della pozzolana in istudio. Ho voluto sottolineare l'importanza dell'indagine roentgenografica ai fini del rilevamento della presenza dei minerali zeolitici, in quanto, il più spesso, s'incontrano materiali piroclastici «cripto-zeolitici» (1), (2), (3), (11); in tal caso, com'è ovvio, la presenza di minerali della famiglia delle zeoliti sfugge all'indagine ottica.

Per quanto attiene, in particolare, al preteso cospicuo quantitativo di analcime nella pozzolana di Segni, di cui alla citata memoria del dr. GUYE (6), non si può non rilevare che fra i costituenti cristallini che sono stati enumerati nella descrizione della costituzione mineralogica della pozzolana in oggetto, il predetto autore ha omesso la leucite, ed il pirosseno; la prima, sicuramente, fra i costituenti cristallini è uno dei predominanti. Una tale omissione è particolarmente significativa in quanto, com'è noto, analcime e leucite sono isotipici.

Parti coerenti nella pozzolana di Segni.

Nell'ammasso incoerente di piccole scorie e di frammenti cristallini che caratterizzano la pozzolana di Segni, si rinvencono anche dei grumi di scorie cementate, delle quali ho in primo luogo eseguito l'esame ottico, in sezione sottile. Detto esame ha rivelato che le parti coerenti in oggetto sono sostanzialmente costituite da un impasto di scorie, circondate da una sostanza cementante, consentendo altresì di stabilire che quest'ultima è di natura zeolitica. La tessitura del materiale in istudio è visibile in fig. 5, microfotografia n. 7. Si riconoscono inclusi lavici vetrosi con fenocristalli di leucite, circondati dalla sostanza cementante. Come può constatarsi dall'esame della microfotografia n. 8 della stessa fig. 5 il cemento è birifrangente.

Le microfotografie n.ri 9 e 10 riproducono le medesime osservazioni eseguite su sezioni sottili di altri campioni delle stesse parti coerenti rinvenute nella pozzolana e consentono di trarre le medesime deduzioni ora esposte.

Nell'impasto sono altresì riconoscibili frammenti di cristalli di leucite (microfotografia n. 11), nonchè inclusi leucitici (microfotografia n. 12).

L'esame roentgenografico ha consentito di stabilire che il minerale zeolitico predominante nelle parti coerenti frammiste alla pozzolana è la *cabasite*. Come mostra la fig. 6 e com'è stato accertato mediante computo delle righe, sono riconoscibili nello spettrogramma n. 5, relativo a tali parti coerenti, gli stessi riflessi che, più intensi, caratterizzano lo spettrogramma n. 4, ottenuto da un campione di tipico tufo «lionato» studiato in una precedente nota (12), nella quale si pose in luce la sua natura zeolitica e la presenza della *cabasite* nella sua massa di fondo.

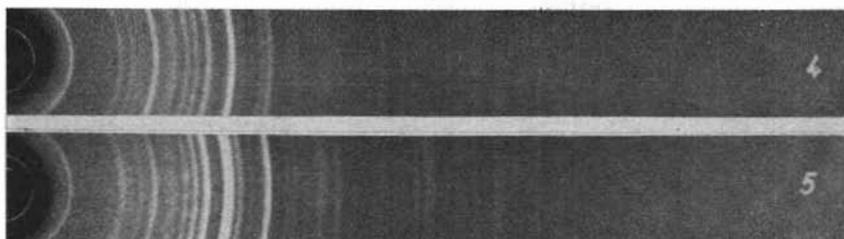


Fig. 6. — *Radiazione Cu K*. *Diam. camera mm. 114,59*. (4), tufo «lionato», cava Quarti dell'Olmo, via Prenestina (efr. citaz. bibl. (12)); (5), parti coerenti nella pozzolana di Segni.

I risultati sperimentali fin qui esposti convergono pertanto nell'escludere la presenza di minerali zeolitici nella pozzolana di Segni, almeno in quantità rilevabili con tutta sicurezza con gli appropriati mezzi d'indagine e nell'indicare invece la loro localizzazione nelle parti coerenti che si rinvenivano nella pozzolana, le quali si diversificano dal prodotto incoerente appunto per l'incipiente cementazione cui, a seguito di un processo di zeolitizzazione, la materia vetrosa è andata soggetta.

Vene di materiale « argillificato » nella pozzolana di Segni.

Il problema della qualificazione dei « minerali delle argille » presenti, in modesto quantitativo, nei campioni di tipica pozzolana di Segni risulta molto complesso. Stante le surricordate piccole quantità, i diagrammi rilevati mediante le analisi: termo-ponderale (fig. 7, n° 1), e termo-differenziale (fig. 17, A) ⁽¹⁾ segnalano infatti la presenza di

⁽¹⁾ Le analisi termo-differenziali sono state eseguite mediante un'apparecchio *Leeds e Northrup*, munito di registratore *Speedomax* tipo: G X₁ — X₂.

punti singolari o di effetti termici appena accennati e, pertanto, difficilmente attribuibili con sicurezza.

Sulla base dei risultati dell'analisi termica è stato, ad esempio, recentemente affermato (6) che i « minerali delle argille » presenti nella pozzolana di Segni appartenrebbero al gruppo muscovite-illite.

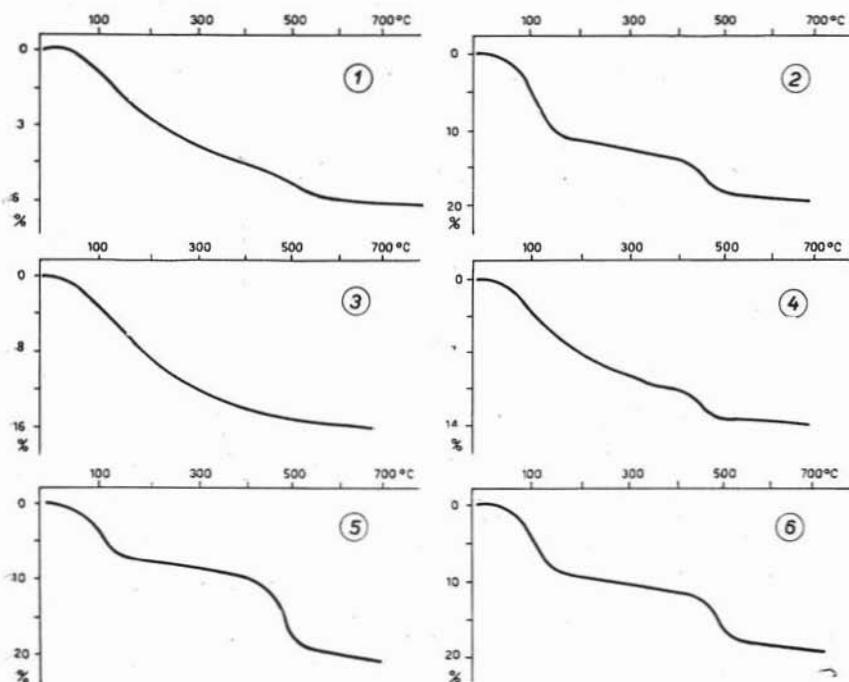


Fig. 7. — Diagrammi: perdita di peso/temperatura. (1), pozzolana di Segni; (2), vene di materiale « argillificato », nella suddetta pozzolana; (3), tufo litoide di copertura della stessa pozzolana, varietà chiara, superiore alla varietà scura; (4) tufo coerente di copertura della stessa pozzolana, inferiore alla varietà chiara ed a contatto con la pozzolana; (5), halloysite idrata; (6), « cappellaio » sulla pozzolanella di via di Cori (strada Cisterna di Latina - Cori).

Ho creduto utile, a tale proposito, cercare di apportare un contributo — sia pure indiretto — alla risoluzione del surricordato problema, sottoponendo ad indagine alcuni campioni di materiale « argillificato » che ho talvolta incontrato percorrendo la cava di « pozzolana di Segni » in Colferro, raccolto sia in mucchio, che in vene, e che ho campionato separatamente.

I risultati dell'analisi chimica relativa ad un campione di tale prodotto « argillificato », coerente e di color giallo-rossiccio, compaiono in tab. II.

I dati analitici pongono in rilievo l'alto tenore di allumina e di acqua, il basso titolo di ossido di calcio e di alcali, nonchè il discreto contenuto di solfati.

TABELLA II.

(percentuale sul secco a 105°C)

SiO ₂	43,76
Al ₂ O ₃ (+ TiO ₂ + Mn ₃ O ₄)	25,30
Fe ₂ O ₃	12,13
FeO	0,54
CaO	2,26
MgO	2,09
K ₂ O	1,68
Na ₂ O	1,06
SO ₃	0,75
H ₂ O ⁺	11,22
	100,79

Tale acqua viene espulsa a seguito di trattamento termico fornendo un diagramma perdita di peso/temperatura che, come mostra la fig. 7, n° 2, è caratterizzato dalla presenza di due punti singolari in corrispondenza di due disidratazioni, la prima che inizia intorno ai 50°C e la seconda che inizia intorno ai 450°C.

L'indagine roentgenografica, a sua volta, fornisce uno spettrogramma (fig. 8, n° 8) che presenta notevolissime analogie con quelli di prodotti « argillificati » raccolti in località vicine (fig. 8, n° 7), le righe dei cui spettrogrammi, come più avanti mostrerò, ho potuto attribuire allo spettro dell'halloysite idrata (fig. 8, n° 6).

E' opportuno rilevare che tale deduzione si accorda con i risultati delle indagini: termo-differenziale e termo-ponderale, ed è pertanto probabile che anche nella tipica pozzolana di Segni il « minerale delle argille » predominante sia di tipo halloysitico.

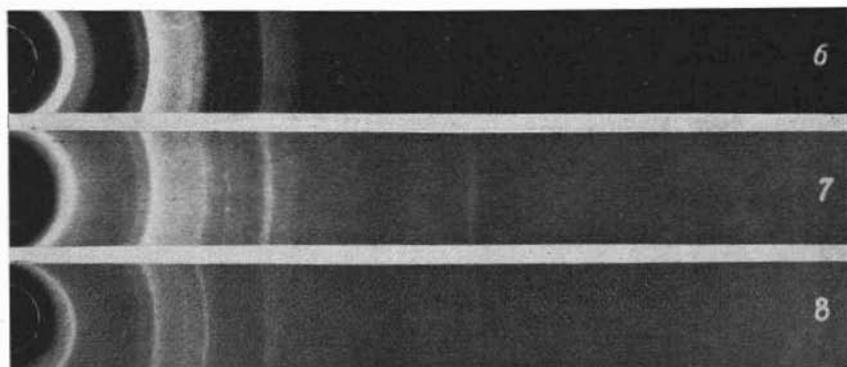


Fig. 8. — *Radiazione Cu K. Diam. camera mm. 114,59.* (6), halloysite idrata; (7), « cappellaccio » sulla pozzolanella di via di Cori; (8), vene di materiale « argillificato », nella pozzolana di Segni.

Sostanza biancastra, molle, pastosa (« burro dei cavatori »).

Del costituente principale di tale sostanza si è già detto a proposito della pozzolana di Segni e delle sue relazioni con quest'ultima, dimostrando che detto costituente è del fluoruro di calcio.

Si è creduto utile approfondire le ricerche analitiche su tale sostanza, nell'intento di individuare i costituenti accessori che accompagnano il fluoruro e che sono responsabili della caratteristica consistenza pastosa della massa. Si è pertanto eseguita l'analisi chimica di diversi campioni di sostanza biancastra ed in tab. III si riporta l'analisi relativa al campione di cui allo spettrogramma n° 2 in fig. 4. L'analisi pone in evidenza che, a parte la calce ed il fluoro, i costituenti maggiori sono: silice, allumina, magnesia ed acqua.

L'acqua stabilmente fissata viene espulsa per trattamento termico della sostanza, secondo il diagramma riportato in fig. 11 al n° 7, caratterizzato da una cospicua perdita di peso nell'intervallo di temperatura 50-200°C, al disopra del quale la disidratazione procede gradualmente con un'inflexione, appena percettibile, un pò prima dei 500°C.

TABELLA III.

(percentuale sul secco a 105°C)

SiO ₂	15,22
Al ₂ O ₃	10,10
Fe ₂ O ₃	2,82
FeO	0,39
CaO	36,80
MgO	10,35
K ₂ O	0,42
Na ₂ O	0,68
SO ₃	0,38
F ₂	24,93
CO ₂	ass.
H ₂ O ⁺	7,54
	<hr/>
	109,63
— O/F ₂	10,50
	<hr/>
	99,13

Al fluoruro di calcio si accompagna pertanto della sostanza « argillosa ». E' probabile che, anche questa volta, in essa predomini un minerale di tipo halloysitico, la quale supposizione risulterebbe rafforzata dalla riscontrata presenza di piccole quantità di solfato (15), (18), nella composizione chimica della sostanza in esame. I dati a disposizione non consentono però di escludere che nella sostanza « argillosa » in parola predominino invece minerali di tipo montmorillonitico o del gruppo illiti-idromiche. L'ausilio dell'indagine roentgenografica si rivela infatti questa volta oltremodo precario, in quanto la separazione della sostanza « argillosa » dal fluoruro di calcio — per fluidificazione in acqua della sostanza tal quale e successivo recupero della frazione sospesa nella torbida ottenuta — risulta incompleta, cosicchè nel relativo spettrogramma, riportato in fig. 4 al n. 3, le righe relative alla fluorite « coprono » quelle dei « minerali delle argille ».

Ciò che si può dire con sicurezza è che, in dipendenza delle cospicue variazioni che le analisi chimiche hanno segnalato in riguardo alla com-

posizione del materiale che costituisce le singole « geodi », il rapporto: fluoruro di calcio/sostanza « argillosa » varia sensibilmente da campione a campione analizzato. Tutte le analisi eseguite hanno però sempre concordato nel segnalare tenori assai elevati di fluoruro in ciascuna « geode » analizzata.

Tufo di copertura della pozzolana di Segni.

Come più sopra è stato precisato, se ne riscontra l'esistenza di due varietà distinte: una varietà, superiore, di color giallastro, litoide, ed una varietà inferiore, immediatamente sopra la pozzolana, di color rosso scuro, coerente, delle quali due varietà riporto in tab. IV le relative analisi chimiche.

TABELLA IV.
(percentuale sul secco a 105°C)

	varietà litoide	varietà coerente
SiO ₂	46,00	41,98
Al ₂ O ₃ (+ TiO ₂ + Mn ₃ O ₄)	18,55	19,15
Fe ₂ O ₃	7,61	10,98
FeO	0,54	1,63
CaO	8,87	10,87
MgO.	3,04	4,06
K ₂ O	5,29	3,10
Na ₂ O	1,53	1,71
H ₂ O ⁺	8,95	7,07
F ₂	0,18	0,09
	<hr/>	<hr/>
	100,56	100,64
— O/F ₂	0,08	0,04
	<hr/>	<hr/>
	100,48	100,60

Come può constatarsi dall'esame della suddetta tabella, si registrano fra le due varietà delle differenze di costituzione chimica che più che altro riguardano il contenuto di: silice, allumina, ferro ed alcali. Il titolo di acqua stabilmente fissata è poi leggermente superiore per la varietà litoide, gialla. Se detto tenore di acqua è all'incirca dello

stesso ordine di grandezza per le due varietà, completamente diverso è però il loro comportamento alla disidratazione termica. Come infatti mostrano i diagrammi perdita di peso/temperatura che compaiono in fig. 7 con i numeri 3 e 4, per la varietà litoide (n° 3) si registra un diagramma ad andamento del tutto regolare, del tipo, cioè, di quelli che caratterizzano i « tufi zeolitici ». Il diagramma n. 4 della stessa fig. 7, con due netti punti singolari, denuncia due disidratazioni: l'una, graduale, che inizia a circa 50°C e prosegue fino ai 400°C, l'altra, più rapida, intorno ai 450°C, segnalando la presenza nel prodotto in esame di minerali delle argille, di tipo, probabilmente, halloysitico.

Esaminiamo ora separatamente le due varietà di tufo.

Varietà litoide, di color giallastro, superiore.

L' esame ottico, in sezione sottile, ha consentito di rilevare che la tessitura della roccia è, questa volta, simile a quella di un tufo « lionato » (12). Le microfotografie n.ri 13 e 14 della fig. 9 mostrano, in luce ordinaria ed in luce polarizzata, rispettivamente, che, ad esempio, minerali della famiglia delle zeoliti si sono insediati laddove, in precedenza, vi era un cristallo di leucite. Come successivamente confermerà l' indagine roentgenografica, detti minerali zeolitici risultano essere: la *cabasite* e la *phillipsite*, in analogia con i tufi « lionati ». Nella roccia sono altresì riconoscibili frammenti di leucite con inclusioni regolarmente disposte (microfotografia n. 15 della stessa fig. 9).

L' indagine roentgenografica eseguita sul tufo in istudio, tal quale, (diffattogramma E della fig. 10) ha consentito di confermare la sua natura zeolitica, riconoscendo le linee principali dello spettro della *cabasite* (diffattogramma D) accanto a quelle, principali, dello spettro della *phillipsite* (diffattogramma G), tutte rilevabili nel diffattogramma (E) del campione in istudio, anch' esso riportato in fig. 10.

Varietà coerente, di color rosso scuro, inferiore.

Le osservazioni ottiche, eseguite sulle sezioni sottili di tale varietà, hanno mostrato che il cemento d' impasto delle scorie ha comportamento isotropo.

L' indagine roentgenografica, eseguita sulla varietà coerente, ha fornito il diffattogramma (F) riportato in fig. 10, nel quale le linee relative alla *cabasite* ed alla *phillipsite*, appena riconoscibili, sono d'in-

tensità assai più bassa di quelle che compaiono nel diffrattogramma (E) della stessa figura, relativo alla varietà litoide. Si registrano altresì fra i due diffrattogrammi (E ed F) differenze che riguardano i minerali di base della roccia.

La divergenza sostanziale nella costituzione mineralogica delle due varietà di tufo: litoide e coerente, risiede pertanto nel fatto che la prima varietà presenta tutti i caratteri comuni ai tufi tipicamente zeolitici, come il « tufo lionato », poco o nulla « argillificati », mentre la seconda, quella di color rosso scuro e coerente, si rivela un prodotto in istato avanzato di « argillificazione », secondo quanto già sottolineato in base ai risultati delle indagini relative al comportamento alla demolizione termica delle due varietà di tufo in istudio.

Le ricerche delle quali fin qui ho dato conto hanno consentito di stabilire la composizione mineralogica e chimica dei prodotti principali che si rinvencono, a contatto della « pozzolana di Segni », nelle cave di Colleferro.

I risultati convergono nell'indicare che la pozzolana di Segni consiste essenzialmente di un ammasso incoerente di piccole scorie. La frazione cristallina è prevalentemente costituita da leucite e pirosseno.

Minerali della famiglia delle zeoliti, specificatamente: cabasite e phillipsite, sono presenti in alto tenore in una delle varietà di tufo di copertura della pozzolana stessa: la varietà litoide, la quale per tessitura e composizione mineralogica è identica al classico tufo « lionato ».

Minerali zeolitici sono inoltre presenti, in minor misura, sia nei grumi di scorie cementate, di color grigio-nerastro come la pozzolana, grumi che si rinvencono saltuariamente nella pozzolana stessa, sia nella varietà coerente di tufo di copertura della pozzolana, varietà di color rosso scuro, nella quale predominano, come si è visto, « minerali delle argille ».

« Minerali delle argille » sono altresì presenti nelle vene di materiale precedentemente descritto, che percorrono la formazione di pozzolana di Segni, e, con tutta probabilità, sono di tipo halloysitico.

Come più avanti verrà documentato, le deduzioni or ora tratte trovano conferma nel comportamento alle pratiche applicazioni dei più significativi prodotti studiati, per quanto attiene, segnatamente, alla loro reattività con la soluzione satura d'idrossido di calcio.

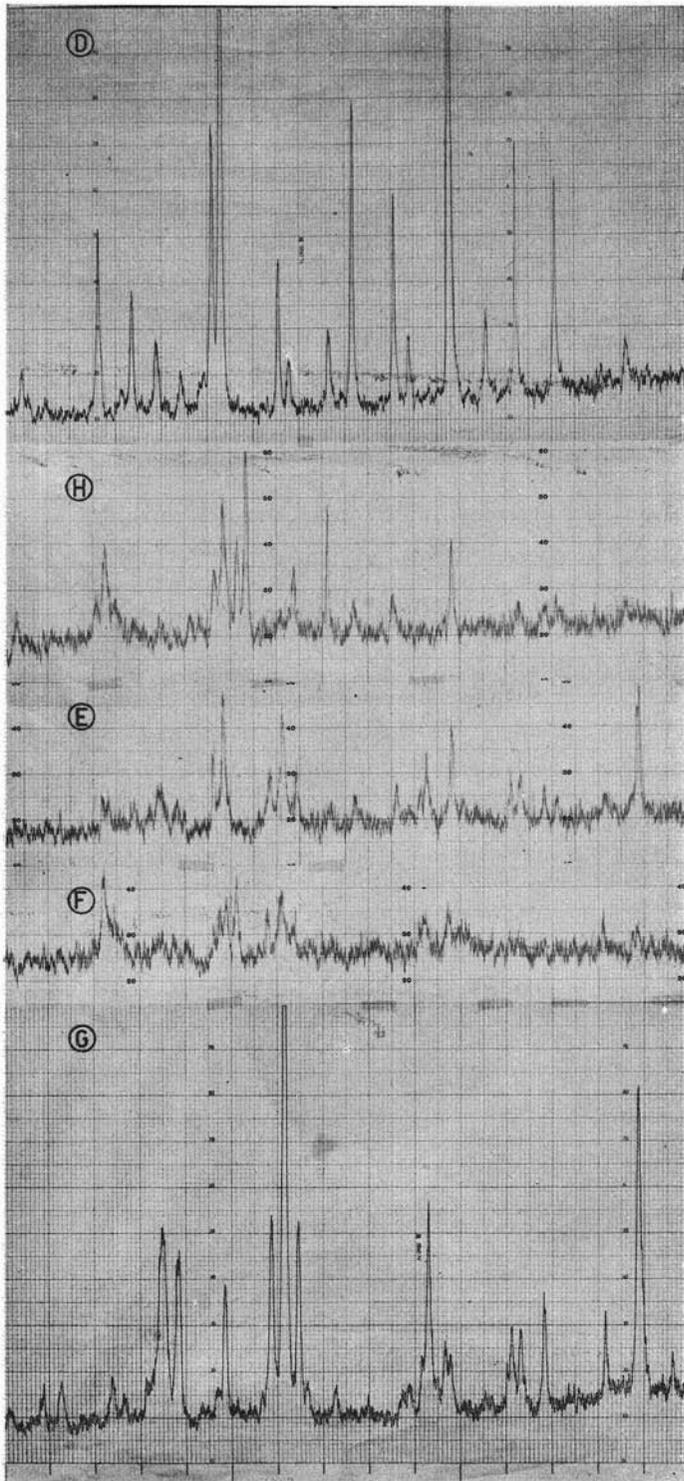


Fig. 10

Nell'intento di individuare il tufo che presumibilmente rappresenta l'equivalente trasformato della pozzolana di Segni, or ora studiata, ho rilevata la composizione mineralogica e chimica di un campione di tufo litoide reperito, su segnalazione dei Proff. SCHERILLO e VENTRIGLIA in un'antica cava, non più in esercizio, lungo il Fosso del Ceraso, presso Mola dei Piscoli in comune di Paliano.

Detto tufo litoide è di color grigio scuro, ricco di inclusi ed attraversato da vene di calcite.

In tab. V riporto l'analisi chimica del tufo in parola.

TABELLA V.
(percentuale sul secco a 105°C)

SiO ₂	39,99
Al ₂ O ₃ (+ TiO ₂ + Mn ₃ O ₄)	16,14
Fe ₂ O ₃	7,43
FeO	1,84
CaO	16,01
MgO	3,89
K ₂ O	4,12
Na ₂ O	0,89
CO ₂	4,32
H ₂ O ⁺	5,98
	100,61

In fig. 11 compare, contrassegnato con il n. 8, il diagramma termoponderale del campione di tufo grigio di cui all'analisi in tab. V.

Il diagramma rivela la presenza di una disidratazione graduale, compresa nell'intervallo di temperatura 50 ÷ 300°C circa cui fa seguito, intorno ai 700°C, un inizio di perdita di peso, che è da attribuirsi

← Fig. 10. — Radiazione Cu K_α. Zona compresa fra 5 e 20° θ. (D), Caba-site (Rubendörfel; Leitmeritz, Boemia); (E), tufo di copertura della pozzolana di Segni, varietà chiara, superiore; (F), tufo di copertura della pozzolana di Segni, varietà scura, inferiore; (G), phillipsite, Monte Somma; (H), tufo grigio, Mola dei Piscoli, Paliano.

alla decarbonatazione della calcite contenuta, come si è detto, nel campione di tufo in esame.

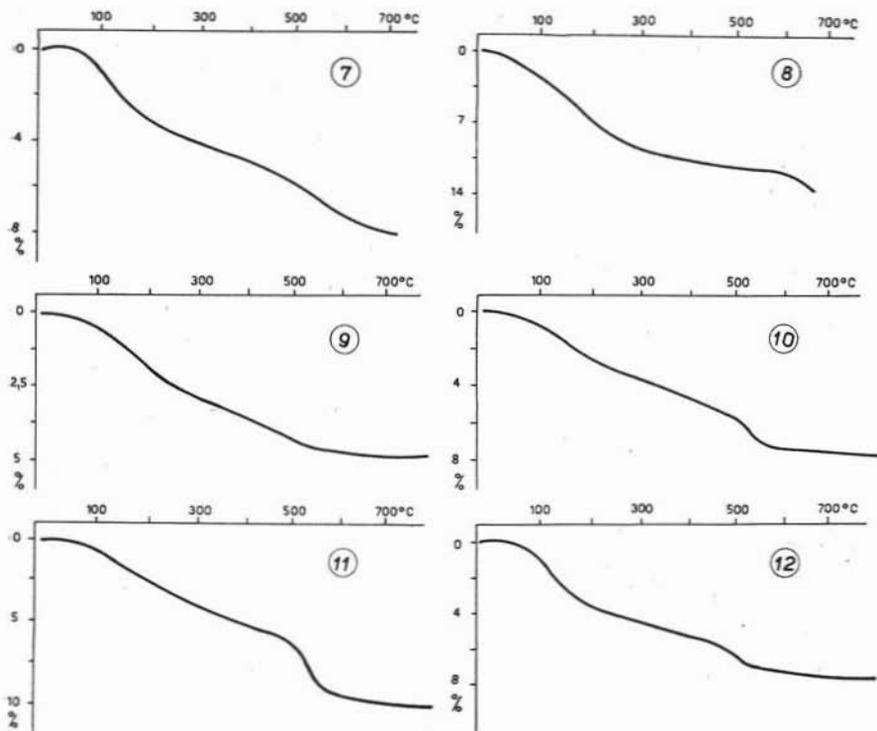


Fig. 11. — Diagrammi: perdita di peso/temperatura. (7), «burro dei cavatori» (separato dal materiale delle cave di pozzolana di Segni); (8), tufo grigio, Mola dei Piscoli, Paliano; (9), «pozzolanella» incoerente, Divino Amore; (10), «pozzolanella» più coerente, inferiore alla (9); (11), tufo litoide, inferiore alla (10); (12), lapillo leucititico di Voecomune (Rocca Priora).

Analoghe deduzioni si possono trarre in base al diagramma dell'analisi termica differenziale, relativo al medesimo campione (diagramma C della fig. 17). Come verrà successivamente dimostrato sulla base delle risultanze delle indagini: ottica e roentgenografica, la disidratazione a bassa temperatura che le analisi termiche segnalano, è da attribuirsi alla presenza nel tufo in esame di minerali zeolitici.

L'esame ottico, eseguito sulle sezioni sottili ricavate dal campione di tufo di cui all'analisi chimica in tab. V, ha consentito di rilevare che il tufo in esame è essenzialmente costituito da un impasto di scorie e di frammenti di cristalli. La microfotografia n. 17 della fig. 9 dà un esempio del tipo di tessitura della roccia in istudio e mostra un frammento di cristallo di leucite, al centro, contornato, al pari delle piccole scorie della massa, da un cemento che — come risulta dalla microfotografia n. 18, la quale ripete l'identica osservazione a nicols incrociati —, è birifrangente. Come si confermerà più avanti mediante indagini roentgenografica, detto cemento è di natura zeolitica. Minerali zeolitici sono altresì presenti in forma di vene più o meno grosse, rilevabili nelle microfotografie n.ri 19 e 20 in fig. 12 le quali riproducono delle osservazioni, eseguite sempre sul tufo grigio in esame, in luce ordinaria ed in luce polarizzata, rispettivamente, ponendo appunto in evidenza la presenza delle suddette vene di minerali zeolitici. Il termine zeolitico è essenzialmente: la *cabasite*.

La microfotografia n. 16 della fig. 9 mostra poi la calcite di un incluso nel tufo grigio, in accordo con le deduzioni tratte sulla base delle analisi: chimica e termiche.

L'indagine roentgenografica ha consentito di riconoscere nel diffrattogramma ottenuto dal tufo in istudio, accanto alle linee degli spettri: della leucite, del pirosseno e della calcite, la presenza delle linee più intense dello spettro della *cabasite*, come può rilevarsi dalla relativa documentazione riportata in fig. 10. (D), come già detto, è il diffrattogramma della *cabasite*, (H) quello del tufo in esame, nel quale sono presenti i riflessi a 4,32 Å ed a 2,92 Å che corrispondono a quelli di più alta intensità che caratterizzano lo spettro della *cabasite* (D).

A conferma delle deduzioni tratte in base alle indagini delle quali ho dato conto, riporto in fig. 13 la rappresentazione grafica dei risultati ottenuti valutando la capacità di scambio basico dei prodotti studiati.

Per le modalità operative con le quali si è proceduto alla suddetta valutazione, rimando ad una mia precedente memoria (1) e mi limito qui a ricordare che ho adoperato polvere, ottenuta per macinazione dei differenti campioni, passante al vaglio di 10.000 maglie/cm² e mantenuta in costante agitazione a contatto con soluzione N/10 di cloruro ammonico (13). Soltanto per la pozzolana di Segni, ho eseguito analogha determinazione anche con soluzione N/10 di nitrato d'argento e ciò con

lo scopo di confermare l'assenza di analcime attraverso una più appropriata scelta dello ione vicariante del sodio.

La fig. 13, la quale risulta da determinazioni eseguite in condizioni sperimentali del tutto simili, mostra che l'attività di scambio basico, che ad eccezione della pozzolana di Segni e delle altre pozzolane,

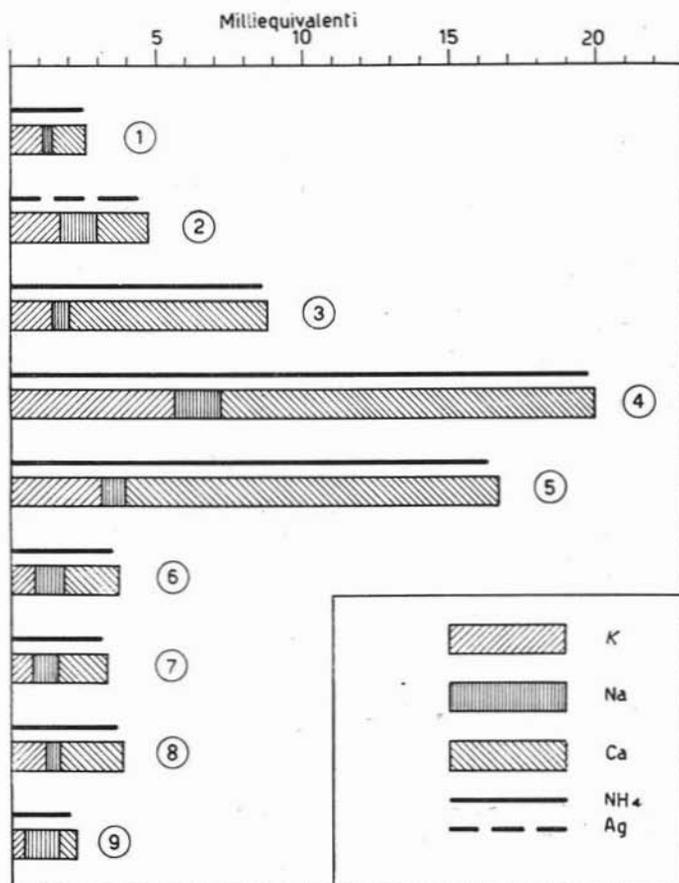


Fig. 13. — Rappresentazione dei risultati delle prove di valutazione della capacità di scambio basico, effettuate con soluzione $N/10$ di NH_4Cl , o con soluzione $N/10$ di $AgNO_3$ (2). (1), (2), pozzolana di Segni; (3), parti coerenti nella stessa pozzolana; (4), tufo di copertura della suddetta pozzolana, varietà chiara, superiore; (5), tufo grigio, Mola dei Piscoli, Paliano (privato degli inclusi di calcite); (6), « pozzolanella » incenerente, Divino Amore; (7), « pozzolanella » più coerente, Divino Amore; (8), pozzolana di Salone; (9), pozzolana di San Paolo.

è apprezzabile per tutti i prodotti, è maggiormente elevata per i due « tufi zeolitici ». Partecipano attivamente allo scambio gli ioni calcio e potassio, secondo la costituzione chimica dei termini zeolitici di cui si è detto a proposito delle indagini: roentgenografica ed ottica.

* * *

Per quanto attiene alla genesi del tufo grigio lungo il Fosso del Ceraso, presso Mola dei Piscoli in comune di Paliano, constatato che la roccia appartiene al medesimo tipo chimico cui appartiene la pozzolana di Segni ed accertata la natura zeolitica di detto tufo, può ritenersi assai probabile che esso abbia preso origine per zeolitizzazione della pozzolana di Segni e che pertanto rappresenti il suo equivalente auto-cementato.

Accettata una simile possibilità, si potrebbe intravedere una relazione fra gli inclusi di calcite nel tufo grigio di Mola dei Piscoli e la presenza fra la pozzolana di Segni delle « geodi » di fluoruro di calcio.

Gli inclusi nel tufo grigio, infatti, venendosi a trovare in località non sede di manifestazioni fluorifere, avrebbero conservata intatta la loro costituzione originaria. I blocchetti di calcite nella pozzolana di Segni, invece, sotto l'azione delle emanazioni fluoridriche che hanno interessata la zona, si sarebbero trasformati in fluoruro di calcio. Una simile supposizione si accorda, in particolare, con la giacitura, eminentemente localizzata, delle « geodi » delle quali ho riferito.

Passando ora al comportamento alle pratiche applicazioni dei materiali dei quali si è stabilita la costituzione mineralogica e chimica, poichè era prevedibile che quelli nei quali si è riscontrata presenza di minerali zeolitici in quantità determinante fossero dotati di elevata reattività in genere — o, in ogni caso, di reattività maggiore degli equivalenti non zeolitizzati — ho ritenuto doveroso fornire documentazione, sia pure limitata solo a qualche campione, della suddetta reattività.

Ho pertanto scelto il tufo grigio di Mola dei Piscoli e la pozzolana presumibilmente corrispondente, la pozzolana di Segni, ed ho valutata la loro reattività, in condizioni normalizzate, nei rispetti della soluzione satura d'idrossido di calcio. Le modalità che ho seguite sono quelle in uso per le tipiche pozzolane e sono state da me dettagliatamente ripor-

tate in precedenti lavori (3), (4), (14). Ho potuto così costruire il grafico in fig. 14, nel quale i punti contraddistinti da triangoli rappresentano i tempi necessari al materiale per fissare l'idrossido di calcio presente come corpo di fondo nelle sospensioni acquose a differente rapporto percentuale iniziale (R) calce/materiale. L'insieme di questi punti individua la curva cinetica del processo di fissazione della calce.

Come il grafico in fig. 14 chiaramente dimostra, conformemente

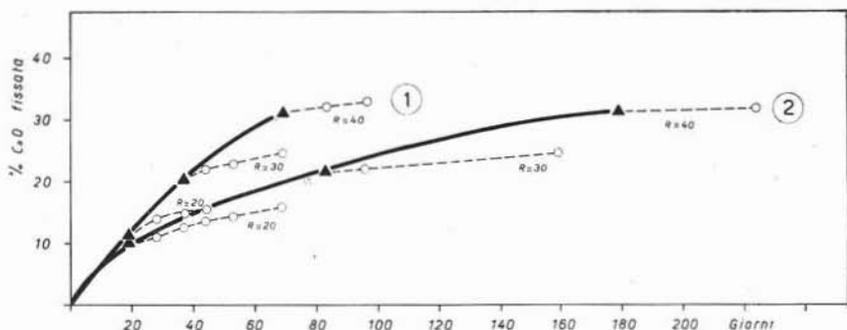


Fig. 14. — Decorso del processo di fissazione della calce da parte di: (1), tufo grigio, Mola dei Piscoli, Paliano; (2), pozzolana di Segni. (R = rapporto percentuale iniziale CaO/materiale. I punti contraddistinti da triangoli corrispondono alla prima determinazione analitica che ha rivelato l'insaturazione della soluzione rispetto al $\text{Ca}(\text{OH})_2$. I cerchietti corrispondono a titolazioni di controllo, su soluzioni non più sature di $\text{Ca}(\text{OH})_2$).

alla sua natura zeolitica posta più sopra compiutamente in evidenza, il tufo grigio di Mola dei Piscoli (1) ha « attività pozzolanica » superiore alla stessa pozzolana di Segni.

* * *

Passo ora a dar conto dei risultati ottenuti sottoponendo alle stesse indagini i prodotti collezionati nella cava di pozzolana del Divino Amore.

In detta cava si è campionata una serie continua di prodotti, par-

(1) Si è evidentemente tenuto conto dell'influenza esercitata dalla presenza in soluzione degli alcali e si è altresì calcolato, sulla base dei dati analitici a disposizione, il quantitativo di calce fissata addebitabile ad un semplice scambio di ioni, quantitativo che è risultato una frazione trascurabile di quello totale (cfr. a tale proposito note bibliog. (4)).

tendo dalla pozzolana e spostandosi via via, attraverso il materiale coerente, fino a quello litoide.

I prodotti più significativi, lo studio della cui composizione mineralogica e chimica ho completato e dei quali riferirò in questa nota, sono, nell'ordine di giacitura dall'alto in basso:

- 1) « Pozzolanelle » incoerente (1);
- 2) « Pozzolanelle » più coerente;
- 3) Tufo inferiore, litoide, prelevato nella zona più lontana dal passaggio a pozzolana.

Si noti che il passaggio dei prodotti l'uno nell'altro avviene senza soluzione di continuità.

Delle indagini espletate e dei risultati conseguiti riferisco qui di seguito.

« Pozzolanelle » incoerente del Divino Amore.

In tab. VI è riportata l'analisi chimica del campione di « pozzolanelle » in istudio.

TABELLA VI.
(percentuale sul secco a 105°C)

SiO ₂	48,00
Al ₂ O ₃ (+ TiO ₂ + Mn ₃ O ₄)	21,07
Fe ₂ O ₃	6,38
FeO	2,01
CaO	7,06
MgO	2,84
K ₂ O	6,24
Na ₂ O	1,88
SO ₃	0,41
CO ₂	ass.
F ₂	ass.
H ₂ O ⁺	4,80
	100,69

(1) Con il nome locale di « pozzolanelle » (o pozzolana grigia) s'intende una pozzolana più recente della pozzolana rossa (o di S. Paolo) e della pozzolana nera (o pozzolana delle Tre Fontane) (cfr. carta geologica della regione vulcanica dei Colli Albani, F. 150-158 (I-IV) della carta 1:100.000 dell'I.G.M., a cura del Prof. Ing. U. Ventriglia).

Il diagramma perdita di peso-temperatura relativo alla suddetta « pozzolanella » compare in fig. 11 con il numero 9 e quello termico differenziale in fig. 17 con la lettera (B).

Il diagramma termo-ponderale segnala una prima perdita di peso con inizio intorno alla temperatura di 50°C circa e con proseguimento graduale fino alla temperatura di circa 450°C, alla quale temperatura si registra una rapida perdita di peso. L'analisi termica differenziale conferma quanto sopra e localizza con miglior precisione le temperature che interessano le due disidratazioni ora ricordate.

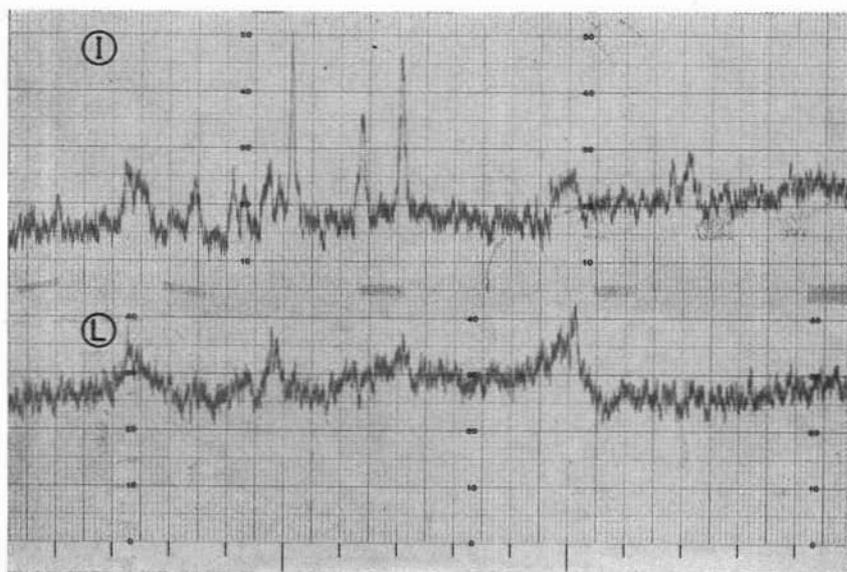


Fig. 15. — Radiazione Cu K_{α} . Zona compresa fra 5 e 20° θ . (I), « pozzolanella » incoerente, superiore, Divino Amore; (L), tufo litoide, inferiore, Divino Amore.

L'indagine ottica consente di riconoscere fra i costituenti cristallini soltanto quelli che caratterizzano il tipo chimico di roccia in esame. In fig. 12 la microfotografia n° 21 mostra come si presenta all'esame microscopico la « pozzolanella » incoerente del Divino Amore. Fra i costituenti cristallini sono riconoscibili: la leucite, molto abbondante, ed il pirosseno.

L'indagine roentgenografica eseguita sul medesimo campione di « pozzolanella » ha fornito un diffrattogramma, riportato in fig. 15, e

contraddistinto dalla lettera (I), nel quale sono chiaramente riconoscibili i riflessi: a 3,42 Å ed a 3,27 Å della leucite, ed a 2,98 Å del piro-seno augite, in conformità di quanto rilevato mediante indagine ottica. Anche per questo campione di « pozzolanella », nessuna evidenza di minerali della famiglia delle zeoliti attraverso indagine roentgenografica ed ottica.

« **Pozzolanella** » più coerente, del **Divino Amore**.

In tab. VII è riportata l'analisi chimica di questo campione di « pozzolanella ».

TABELLA VII.

(percentuale sul secco a 105°C)

SiO ₂	46,26
Al ₂ O ₃ (+ TiO ₂ + Mn ₃ O ₄)	21,70
Fe ₂ O ₃	7,25
FeO	1,28
CaO	7,15
MgO	3,00
K ₂ O	4,37
Na ₂ O	2,98
CO ₂	ass.
H ₂ O ⁺	5,98
	99,97

L'analisi chimica non segnala differenze degne di rilievo rispetto alla composizione della « pozzolanella » incoerente di cui alla tab. VI, ma soltanto delle fluttuazioni nei quantitativi dei singoli costituenti. Il titolo di acqua stabilmente fissato è leggermente più elevato per la « pozzolanella » coerente, mentre gli alcali sono in quantità minore.

Detta acqua viene espulsa per trattamento termico fornendo un diagramma, riportato in fig. 11 e contraddistinto con il n. 10, analogo a quello rilevato per la « pozzolanella » incoerente della stessa cava. Unica differenza da sottolineare è che la disidratazione rapida intorno ai 450° è per il diagramma n° 10 nettamente delineata, mentre è solo appena accennata per il diagramma n° 9 relativo alla « pozzolanella » incoerente.

All' esame ottico la « pozzolanella » coerente appare costituita da un impasto di scorie rinsaldate, nel quale impasto sono riconoscibili frammenti di cristalli in gran numero, fra i quali predominano quelli di leucite e di pirosseno. La microfotografia n° 22 della fig. 12 mostra la tessitura della « pozzolanella » in istudio. Nell' impasto di scorie sono riconoscibili il pirosseno e la mica. Il cemento dell' impasto è opaco.

L' indagine roentgenografica eseguita sul medesimo campione di « pozzolanella » di cui all' analisi in tab. VII, ha fornito un diffrattogramma analogo a quello rilevato a partire dalla « pozzolanella » incoerente della stessa cava, con linee chiaramente attribuibili alla leucite ed al pirosseno. Tanto per via roentgenografica, quanto per via ottica, non si sono riconosciuti minerali zeolitici.

In accordo con i risultati delle indagini termiche, l' incipiente cementazione del prodotto in istudio, il quale come è stato precedentemente sottolineato è più o meno coerente, è pertanto da attribuirsi ad un processo di « argillificazione ».

Tufo inferiore, litoide, del Divino Amore.

In tab. VIII viene riportata l' analisi chimica di questo campione di tufo, che, come è stato precedentemente specificato, è stato raccolto, nella medesima cava di pozzolana del Divino Amore, nella zona più lontana dal passaggio a pozzolana.

TABELLA VIII.

(percentuale sul secco a 105°C)

SiO ₂	51,23
Al ₂ O ₃ (+ TiO ₂ + Mn ₂ O ₄)	21,13
Fe ₂ O ₃	8,80
FeO	0,16
CaO	3,16
MgO	1,83
K ₂ O	4,24
Na ₂ O	0,97
SO ₃	0,40
CO ₂	ass.
H ₂ O ⁺	8,77
	<hr/>
	100,69

L'analisi chimica segnala un sensibile calo del titolo di ossido di calcio e del titolo di quello di sodio, rispetto ai dati delle due analisi precedentemente riportate in tab. VI e VII, relative alla « pozzolanella » incoerente ed a quella più coerente della medesima cava, con conseguente innalzamento del titolo di acqua stabilmente fissata, in particolare. Anche il titolo di silice aumenta leggermente. Si noti, sempre con riferimento alle due precedenti analisi, che al crescere del grado di compattezza del materiale cresce il suo titolo di acqua stabilmente fissata e che in nessuno dei campioni della cava del Divino Amore si è registrata presenza di quelle piccole quantità di fluoro che caratterizzano invece i prodotti di Colleferro. In corrispondenza, nei relativi diffrattogrammi è assente il riflesso a $3,11 \text{ \AA}$ presente nello spettro del fluoruro di calcio.

In fig. 11, contraddistinto con il n. 11, compare poi il diagramma perdita di peso/temperatura relativo a questo campione di tufo ed in fig. 18, alla lettera D, il corrispondente diagramma rilevato mediante analisi termica differenziale. I suddetti diagrammi concordano nel segnalare due disidratazioni che interessano i medesimi intervalli di temperatura riscontrati nella disidratazione termica dei due precedenti prodotti della stessa cava: « pozzolanella » incoerente e più coerente, ma che sono, però, assai più nettamente delineate.

L'indagine ottica, in sezione sottile, rivela che il tufo in esame consiste di un impasto di scorie e di frammenti di cristalli. La microfotografia n. 23 in fig. 12 mostra il tipo di tessitura della roccia. Al centro si riconosce un frammento di cristallo di leucite e, distribuite nell'impasto, scorie con leucite. Sono altresì presenti frammenti di cristalli di pirosseno. La microfotografia n. 24 della stessa fig. 12 mostra poi che in questo tufo talvolta la leucite si è, come si dice, « caolinizzata ».

Il cemento che rinsalda scorie e frammenti cristallini è opaco. L'indagine roentgenografica ha fornito il diffrattogramma (L) che compare in fig. 15, caratterizzato da sole linee « diffuse » e di assai bassa intensità. Si noti la diversità fra questo diffrattogramma e quello (I), della stessa figura, relativo alla « pozzolanella » incoerente della medesima cava. Nel diffrattogramma (L) i riflessi relativi alla frazione cristallina (leucite e pirosseno) sono ormai difficilmente riconoscibili.

In base all'indagine roentgenografica bisogna pertanto escludere che il tufo in esame sia un tufo « lionato », ancorchè per aspetto e colore ne sia affatto simile, in quanto il tipico tufo « lionato » appartiene

alla categoria dei « tufi zeolitici » (12) e pertanto è profondamente diverso dal campione in esame per costituzione mineralogica.

In accordo con le osservazioni ottiche (cfr. microfotografia n. 24 in fig. 12), il campione in oggetto anzicchè alla categoria dei « tufi zeolitici » deve ascrivere a quella dei « tufi argillificati ». Come può dedursi dal diffrattogramma (L) i « minerali delle argille » presenti nel campione di tufo in istudio hanno basso grado di cristallinità.

Ho ritenuto doveroso approfondire le indagini sulla costituzione del campione di tufo in istudio, con lo scopo di individuare il tipo di « minerale delle argille » predominante nella sua massa di fondo, cementante. Ho pertanto proceduto alla fluidificazione in acqua del campione di tufo tal quale, provvedendo successivamente alla raccolta del fine, dopo aver prelevato, trascorso qualche tempo, la torbida sovrastante. Ho constatato che — in accordo con quanto già risultava al Prof. SCHERILLO ed al dr. FRANCO — le modalità di recupero del solido sospeso influenzano notevolmente gli spettrogrammi ottenibili ai raggi X, nel senso che gli spettrogrammi ottenuti dalla medesima frazione recuperata: la prima volta, per centrifugazione della torbida e successiva essiccazione all'aria della massa pastosa, e la seconda, per evaporazione a bagnomaria della fase acquosa, sono dissimili. Come può rilevarsi dalla fig. 16, la dissomiglianza degli spettrogrammi: n. 10, ottenuto con prodotto secco all'aria, e n. 11, ottenuto con il medesimo prodotto secco a bagnomaria, consiste nello spostamento della riflessione da 10,1 Å nello spettrogramma n. 10, a 7,2 Å nello spettrogramma n. 11, a seguito di essiccazione del solido alla temperatura del bagnomaria.

Un tale spostamento è segnalato dalla letteratura (15) nel passaggio: halloysite idrata → halloysite normale. Ed infatti il roentgenogramma n. 11 della fig. 16 mostra notevolissime analogie con quello n. 12, relativo ad un campione di argilla dell'Eureka (Utah), prevalentemente costituita da halloysite normale, studiato dal Dr. W. F. BRADLEY (16) e da lui stesso cortesemente inviati. Il roentgenogramma n. 9 è invece ottenuto da un campione di argilla prevalentemente costituita da halloysite idrata (cfr. anche fig. 7, diagramma n. 5). Detto roentgenogramma mostra, a sua volta, cospicue analogie con quello n. 10, sempre in fig. 16. Identico comportamento ho riscontrato altresì sperimentando su di un « cappellaccio » (1), raccolto sulla « pozzola-

(1) Denominazione dialettale che indica il materiale costituente la parte superiore dei tufi, oppure gli strati di materiale compatto che ricoprono la pozzolana.

nella » della formazione sulla strada che da Cisterna di Latina conduce a Cori, « cappellaccio » che ho sottoposto ad indagine roentgenografica tanto dopo semplice essiccazione del prodotto alla temperatura ambiente (spettrogramma n. 14 della fig. 16), quanto dopo essiccazione dello



Fig. 16. — *Radiazione Cu K_α*. *Diam. camera mm. 114,59.* (9), halloysite idrata; (10), tufo litoide, inferiore, Divino Amore, essiccato a temperatura ambiente; (11), come (10), ma essiccato a bagnomaria; (12), halloysite normale; (13), « cappellaccio » sulla pozzolanella di via di Cori, essiccato a bagnomaria; (14), come (13), ma essiccato a temperatura ambiente.

stesso a bagnomaria (spettrogramma n. 13). Risultando il « cappellaccio » altamente « argillificato » ho potuto operare su materiale tal quale, senza procedere alla preventiva fluidificazione in acqua, per poter disporre soltanto del più fine.

Assunto detto « cappellaccio » come termine di riferimento, in quanto, come ho detto, in istato assai avanzato di « argillificazione »,

mi sembra utile riportare anche i dati relativi alla sua costituzione chimica ed al suo comportamento alla disidratazione termica.

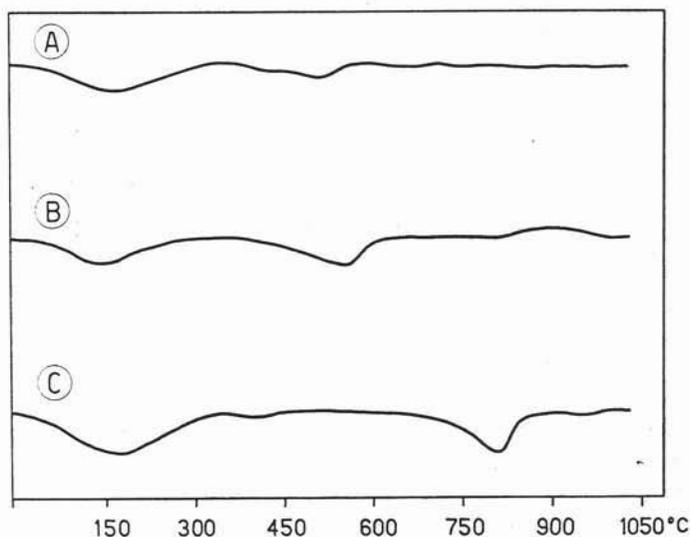


Fig. 17. — *Diagrammi dell'analisi termica differenziale.* (A), pozzolana di Segni; (B), « pozzolanella » incoerente del Divino Amore; (C), tufo grigio, Mola dei Piseoli, Paliano.

L'analisi chimica in tab. IX riporta appunto la costituzione chimica di tale « cappellaccio », mentre il relativo diagramma perdita di peso/temperatura compare in fig. 7 contraddistinto con il n. 6 e quello ottenuto con l'analisi termica differenziale compare in fig. 18 alla lettera F.

TABELLA IX.

(percentuale sul secco a 105°C)

SiO ₂	42,02
Al ₂ O ₃ (+ TiO ₂ + Mn ₃ O ₄)	29,86
Fe ₂ O ₃	9,93
FeO	0,89
CaO	1,57
MgO	1,68
K ₂ O	1,16
Na ₂ O	0,85
SO ₃	0,43
H ₂ O+	12,21
	<hr/>
	100,60

Si noti l'alto tenore di allumina e l'alto tenore di acqua stabilmente fissata, il titolo, assai basso, di alcali e di ossidi: di calcio e di magnesio, nonché la presenza di solfati.

Come mostra il surricordato diagramma termo-ponderale in fig. 7 n. 6, detta acqua stabilmente fissata viene espulsa per trattamento termico in due tempi. Una prima disidratazione inizia infatti intorno ai 50°C e termina a circa 150°. Non appena raggiunta tale temperatura, una perdita modesta e graduale procede fino intorno ai 470°C, tempe-

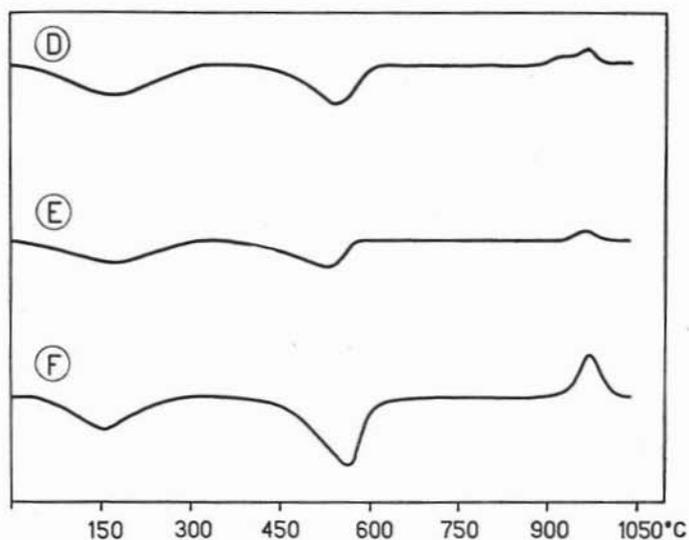


Fig. 18. — Diagrammi dell'analisi termica differenziale. (D), tufo litoide, inferiore, del Divino Amore; (E), lapillo leucititico di Vocecomune (Rocca Priora); (F), « cappellaccio » sulla pozzolanella di via di Cori.

ratura alla quale si registra una disidratazione rapida, che termina non appena superati i 500°C.

Il diagramma dell'analisi termica differenziale mostra, a sua volta, un primo effetto endotermico con massimo alla temperatura di circa 150°C, seguito da un nuovo effetto endotermico, con massimo intorno ai 550°C, e da un effetto esotermico, con massimo alla temperatura di circa 975°C.

Tali dati si accordano con quelli relativi alla demolizione termica dell'halloysite idrata. Il primo effetto endotermico corrisponde infatti al passaggio: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, mentre il se-

condo corrisponde alla disidratazione totale. L'effetto esotermico, poi, è da attribuirsi alla formazione di γ - Al_2O_3 (17).

L'insieme dei dati rilevati attraverso le indagini complementari concorda pertanto con le risultanze dell'analisi roentgenografica ed indica come « minerale delle argille » predominante nel campione di « cappellaccio » di via di Cori un minerale di tipo halloysitico ad alto grado d'idratazione.

Per quanto attiene poi al tipo di « minerale delle argille » predominante in alcuni dei prodotti che sono stati precedentemente studiati — sulla base delle concordanze rilevate fra il comportamento alle varie indagini dei detti prodotti rispetto al comportamento del campione di « cappellaccio » di via Cori, come di volta in volta è stato documentato e sottolineato — si crede di poter estendere la conclusione relativa al tipo di minerale presente anche alle vene di materiale « argillificato » nella pozzolana di Segni, al tufo di copertura, coerente, rosso scuro, della stessa pozzolana, nonchè alla « pozzolanella » ed al tufo litoide della cava del Divino Amore ed affermare pertanto che anche nei surricordati prodotti il « minerale delle argille » presente è prevalentemente di tipo halloysitico. Ritengo interessante far incidentalmente rilevare a tale proposito che uno studio eseguito tempo addietro in questo Istituto su alcune argille provenienti dal territorio di Fiano Romano (18) individuò nell'halloysite idrata il minerale « argilloso » in esse predominante.

Ritornando ai prodotti del Divino Amore, credo interessante sottolineare che, come risulta dalla documentazione fornita, l'« argillificazione » diviene più intensa a mano a mano che dai prodotti superiori ci si sposta verso quelli inferiori. Come si è visto, la « pozzolanella » incoerente risulta infatti meno « argillificata » del tufo inferiore, litoide. Una tale constatazione non può non porsi in relazione con il tipo di azioni che presumibilmente hanno favorito il decorso del processo di « argillificazione » stesso. Dette azioni, a lume di quanto or ora è stato ricordato a proposito della giacitura dei diversi prodotti della cava del Divino Amore, devon essere state di tipo idrotermale, in quanto se fossero da attribuirsi ad agenti atmosferici, sarebbero piuttosto i prodotti superiori a dover risultare più intensamente « argillificati ». Una simile ipotesi non è in disaccordo con la genesi dell'halloysite, in quanto si

ritiene (15) che l'halloysite si formi, di preferenza, nelle regioni delle sorgenti minerali od in quelle di attività vulcanica particolarmente intensa e che abbia una origine simile a quella della caolinite. Si presume, però, che la formazione di halloysite richieda condizioni idrotermali di particolare acidità (ad es. presenza di acidi forti, quali: acido solforico). E' infatti sintomatico che le argille halloysitiche sono comunemente accompagnate da alunite: $(K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 4SO_3 \cdot 6H_2O)$, (15), (18).

Con riferimento a quanto esposto a proposito della relazione: « argillificazione »/giacitura, faccio risultare che ho esteso le indagini anche ad un campione di lapillo leucititico di Voeccomune (cerchia vulcanica Tuscolo-Artemisio, Rocca Priora) — appositamente scelto in quanto sicuramente non alterato ad opera di agenti atmosferici, perchè si tratta di un prodotto recente, prelevato in profondità in un taglio recente — ottenendo risultati che indicano che il minerale delle argille predominante è anche questa volta di tipo halloysitico. A documentazione di tale affermazione riporto le analisi termiche: ponderale (fig. 11 n. 12) e differenziale (fig. 18, (E)), relative al campione di lapillo in oggetto. Come può constatarsi, il profilo dei suddetti diagrammi è identico a quello riscontrato per quei prodotti prevalentemente « argillificati » ad halloysite idrata.

A completamento delle ricerche eseguite sui prodotti collezionati nella cava del Divino Amore, in fig. 13 viene riportata anche la documentazione relativa alle prove di valutazione della capacità di scambio basico effettuate sulla « pozzolanella » incoerente e su quella coerente. Termini di paragone sono, insieme con la pozzolana di Segni (n° 1 della stessa fig. 13), le pozzolane di Salone (19) (pozzolana nera) e di San Paolo (pozzolana rossa). Conforme all'aspettativa si constata che nessuno dei campioni cimentati possiede apprezzabile capacità di scambio basico.

In fig. 19, infine, riporto la curva cinetica del processo di fissazione della calce da parte della « pozzolanella » incoerente (superiore), della surricordata cava del Divino Amore. Poichè il paragone con analogo determinazione eseguita sulla pozzolana di Segni (cfr. fig. 14) è omogeneo sotto ogni aspetto, se ne deduce che entrambi le pozzolane possiedono attività fissatrice della calce in misura, non troppo diversa. Tale constatazione conferma ed avvalorava quanto è stata stabilito in riguardo alla loro costituzione mineralogica e chimica.

Per quanto concerne poi le relazioni fra i tre prodotti della cava del Divino Amore, le indagini espletate convergono nell'indicare che i predetti prodotti si diversificano l'un l'altro sostanzialmente per stato di « argillificazione »: appena accennato per il prodotto superiore e ben

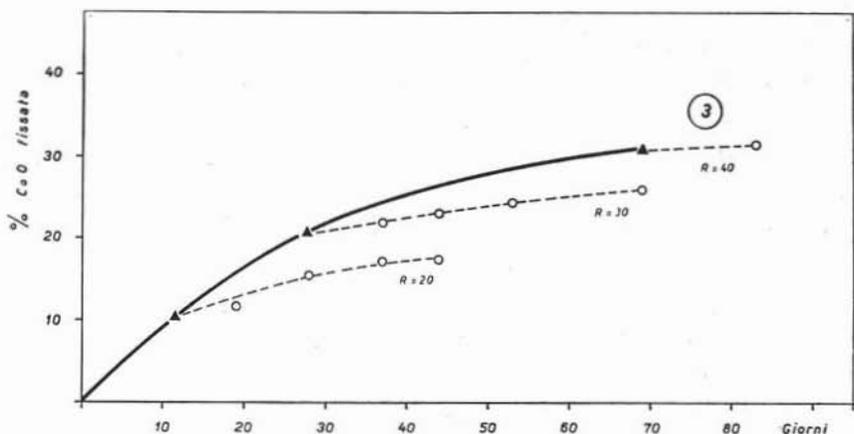


Fig. 19. — Decorso del processo di fissazione della calce da parte della « pozzolanella » incoerente del Divino Amore (3).
(per la spiegaz. cfr. fig. 14).

più avanzato per il tufo inferiore. Tale tipo di tufo, che si diversifica fondamentalmente dai tufi « lionati », con i quali ha in comune aspetto e colore ed è costituito da una pasta di fondo di natura « argillosa » che rinsalda scorie e frammenti cristallini, rappresenta il corrispondente « argillificato » della pozzolana incoerente della stessa formazione.

* * *

Passo ora alla trattazione dei campioni prelevati ad Albano, dalla formazione lungo la via dei Laghi, nei pressi del bivio con la strada che scende al lago. In tale località si sono collezionati due distinti campioni: il primo, di materiale terroso sovrastante ed il secondo, di materiale stratificato sottostante. Quest'ultimo, a sua volta, giace al disopra del « peperino » tipico.

Poichè il « peperino » ha già costituito oggetto di una mia ricerca a parte — nella quale, fra l'altro, posi in luce la sua natura zeolitica — rimando alla relativa memoria (20) per tutti i dettagli concernenti la

sua costituzione mineralogica e chimica e qui mi limito a richiamare soltanto quelle notizie che si rendono indispensabili a stabilire un raffronto con i due prodotti sovrastanti al « peperino », dei quali riferisco in questa nota.

In tab. X riporto le analisi chimiche relative ai campioni ora citati, nonchè al « peperino » di Ariccia.

TABELLA X.
(percentuale sul secco a 105°C)

	materiale terroso	materiale stratificato	« peperino » (Ariccia)
SiO ₂	39,81	34,06	42,04
Al ₂ O ₃ (+ TiO ₂ + Mn ₃ O ₄)	15,48	11,43	16,17
Fe ₂ O ₃	6,32	4,99	6,05
FeO	1,74	2,11	2,29
CaO	15,46	23,97	11,92
MgO	3,53	5,42	4,51
K ₂ O	3,90	3,39	7,57
Na ₂ O	2,36	2,08	2,52
CO ₂	6,43	10,29	1,26
H ₂ O ⁺	5,69	3,04	5,81
	100,72	100,78	100,14

Si noti che le differenze di maggior rilievo fra la composizione chimica dei due prodotti: terroso e stratificato, rispetto a quella del « peperino » tipico sottostante, discendono, più che altro, dall'alto tenore di ossido di calcio e di anidride carbonica entrambi elevati, particolarmente, per il prodotto stratificato.

L'indagine roentgenografica eseguita sui tre campioni di cui alla tab. X ha fornito i diffrattogrammi che compaiono in fig. 20.

Il diffrattogramma (M) si riferisce al materiale terroso, i cui caratteri morfologici sono quelli delle ceneri vulcaniche. In tale diffrattogramma, a parte le linee più intense che appartengono ai minerali che definiscono il tipo chimico di roccia (leucite e pirosseno), nonchè alla calcite, ho potuto riconoscere riflessi a 5,58 Å, a 3,42 Å ed a 2,92Å, pre-

senti nello spettro dell'analcime, analogamente a quanto io stesso ho riscontrato per le « pozzolane » del Vesuvio (20).

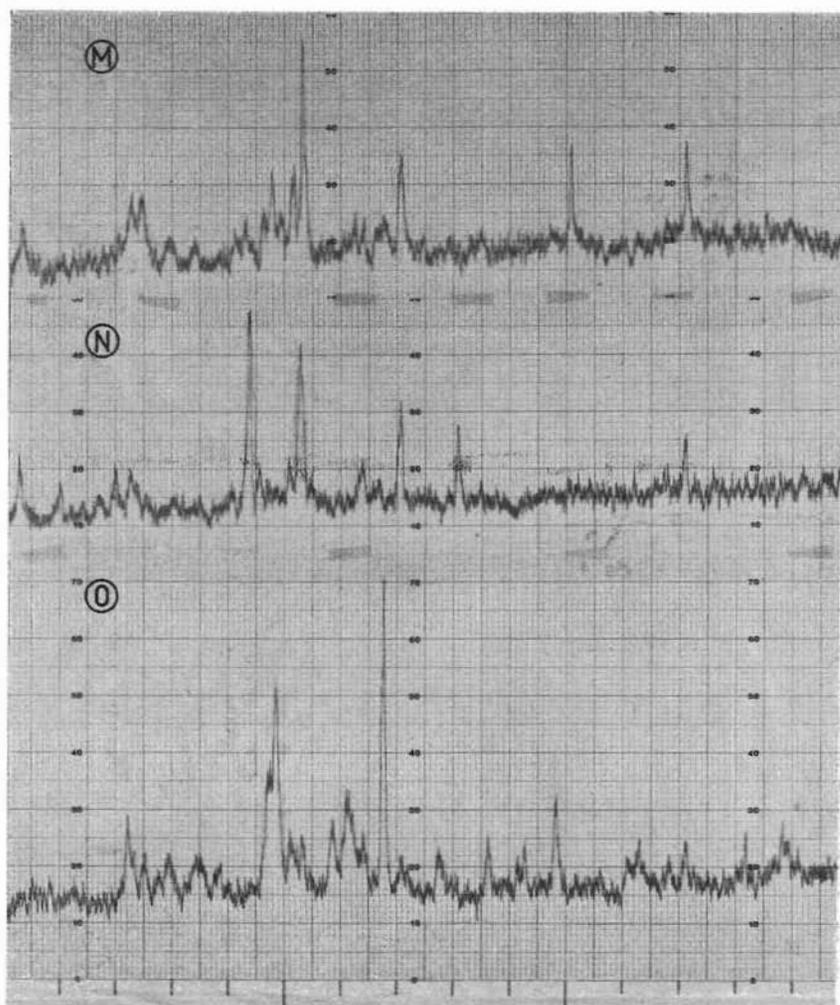


Fig. 20. — Radiazione Cu K_α . Zona compresa fra 5 e $20^\circ \theta$. (M), materiale terroso, superiore, Albano (via dei Laghi); (N), materiale stratificato, intermedio; (O), « peperino », sottostante.

Nel diffrattogramma (N) della medesima figura, relativo al materiale stratificato, sottostante a quello terroso di cui al diffrattogramma (M), nessuna evidenza di minerali della famiglia delle zeoliti.

Nel diffrattogramma (O) relativo al « peperino » di Ariccia, ho potuto riconoscere accanto ai riflessi dei minerali: di base ed accessori, taluni riflessi che caratterizzano lo spettro della cabasite (a 2,92 Å) nonché il « tripletto » di linee della phillipsite con riflesso di massima intensità a 3,20 Å.

Ritengo interessante far risultare che nessuno dei tre campioni in istudio contiene « minerali delle argille » in quantità apprezzabile, secondo quanto ho accertato con indagini complementari.

L'alto tenore di calcite presente nei due prodotti: stratificato e terroso, di cui alle analisi in tab. X, mi ha impedito di eseguire le prove di valutazione della capacità di scambio basico e differenziare in tal modo il loro comportamento in relazione a quanto or ora detto. La leggera acidità della soluzione N/10 di cloruro ammonico esercita infatti azione solubilizzante sul calcio presente come carbonato (12).

Ho potuto, però, con le stesse modalità precedentemente adoperate, differenziare il comportamento dei tre campioni di cui alla tab. X ed alla fig. 20, saggiando la loro reattività, allorché cimentati con la soluzione d'idrossido di calcio in condizioni normalizzate.

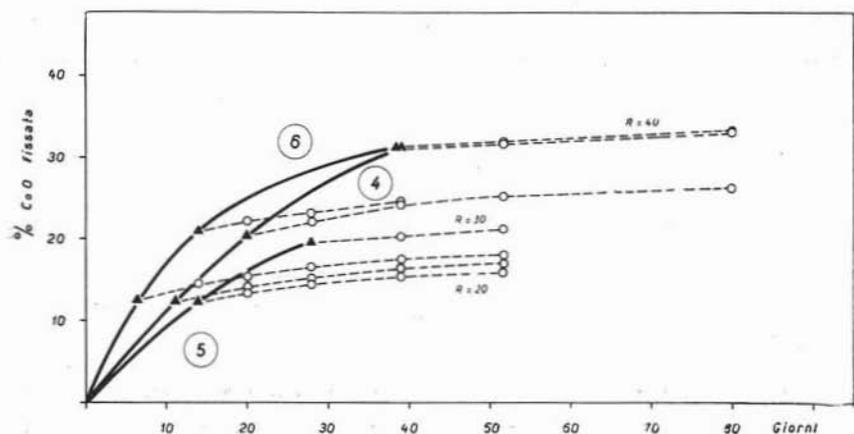


Fig. 21. — Decorso del processo di fissazione della calce da parte di: (4), materiale terroso, superiore, Albano (via dei Laghi); (5), materiale stratificato, intermedio; (6), « peperino », sottostante.

Il grafico in fig. 21 mostra infatti la notevole reattività del « peperino » tipico, in accordo con la sua natura zeolitica (20). Comporta-

mento più o meno simile mostra il prodotto terroso sovrastante, la cui reattività è da ripartirsi fra la frazione vetrosa ed i minerali zeolitici.

Nettamente distaccato il comportamento del prodotto intermedio, stratificato, stante l'assenza di minerali zeolitici e l'alto tenore di calcite che « diluisce » la frazione vetrosa.

Riassumendo, posso quindi dire che i risultati delle indagini espletate sui prodotti di via dei Laghi (Albano) confermano che nel « peperino » il cemento della pasta di fondo è di natura zeolitica e che minerali zeolitici sono altresì presenti in vene, o tappezzano le cavità delle scorie (20); indicano inoltre che nel prodotto intermedio, stratificato e coerente — nel quale non ho potuto riconoscere minerali zeolitici, data la presenza di cospicue quantità di altri minerali, — la tenue compattezza è più che altro da addebitarsi alla calcite, in parte « diffusa » nell'agglomerato; rivelano infine che il prodotto terroso superiore, incoerente, con i caratteri tipici di una cenere vulcanica, è parzialmente zeolitizzato ad analcime.

Può pertanto ritenersi molto probabile che il « peperino » sottostante derivi dalla cementazione delle piccole scorie vetrose, che insieme con i frammenti cristallini costituiscono il prodotto terroso, a seguito di un processo di zeolitizzazione per azioni idrotermali o pneumatolitiche.

* * *

L'insieme delle risultanze sperimentali converge nell'indicare che:

- fra i costituenti mineralogici della pozzolana di Segni (pozzolana nera) non sono da annoverarsi minerali zeolitici in quantità determinante;
- minerali zeolitici sono invece presenti nei grumi di scorie cementate, reperibili nell'ammasso incoerente di piccole scorie che caratterizzano la pozzolana suddetta; il minerale zeolitico predominante appartiene alla serie delle cabasiti;
- nelle vene di materiale « argillificato » che si rinvengono nelle cave di « pozzolana di Segni » in Colferro, predomina un minerale di tipo halloysitico, ad alto grado d'idratazione;

- nelle « geodi » di sostanza biancastra e pastosa (« burro dei cava-
tori »), disseminate qua e là nella suddetta pozzolana, è presente
fluoruro di calcio in alta percentuale; si accompagna alla fluorite
della sostanza « argillosa », responsabile della consistenza pastosa
della massa; i rapporti fluorite/sostanza « argillosa » variano cospicuamente da « geode » a « geode »;
- il fluoruro di calcio è altresì presente in piccola percentuale in quella
pozzolana; è assente, invece, in altri campioni di pozzolane laziali
da me esaminate, quali: le « pozzolanelle » del Divino Amore (pozzolane
grigie) o la pozzolana di San Paolo (pozzolana rossa);
- il tufo di copertura della pozzolana di Segni si presenta in due va-
rietà distinte: una, superiore, litoide, appartiene alla categoria
dei « tufi zeolitici » e, anche in base ad osservazioni geologiche com-
piute nella zona insieme con il Prof. Scherillo, si deve considerare
come l'ultima propagine del tufo « lionato »; l'altra, inferiore,
coerente, appartiene a quella dei « tufi argillificati »;
- il tufo della formazione lungo il Fosso del Ceraso, presso Mola dei
Piscoli in Comune di Paliano, rappresenta, con tutta probabilità,
l'equivalente autocementato della pozzolana di Segni;
- la « pozzolanella » incoerente, la « pozzolanella » più coerente ed il
tufo litoide, inferiore, del Divino Amore, si diversificano sostanzial-
mente perchè il prodotto superiore è assai poco « argillificato »,
mentre quello inferiore (tufo litoide) lo è notevolmente di più;
- il « minerale delle argille » predominante nel tufo litoide, inferiore,
del Divino Amore è anch'esso di tipo halloysitico, ad alto grado
d'idratazione; detto tufo per aspetto e colore è del tutto simile al
tufo « lionato », ma ne è profondamente diverso per costituzione
mineralogica;
- il tufo inferiore, litoide, del Divino Amore, rappresenta l'equiva-
lente « argillificato » della « pozzolanella » superiore;
- l'« argillificazione » ad halloysite idrata dei prodotti del Divino
Amore ha origine idrotermale;

- il « peperino » romano, con tutta probabilità, deriva dalla cementazione — a seguito di zeolitizzazione — delle piccole scorie vetrose che, insieme con i frammenti cristallini, costituiscono la cenere sovrastante; detta cenere — separata dal « peperino » da una fascia di materiale stratificato, ricchissimo di calcite —, è debolmente zeolitizzata ad analcime, come le « pozzolane » del Vesuvio;
- la reattività verso la calce (« attività pozzolanica ») del tufo che deriva dalle pozzolane nere, ad esempio il tufo della formazione lungo il Fosso del Ceraso presso Mola dei Piscoli, è maggiore di quella delle pozzolane nere (pozzolana di Segni);
- l'attività pozzolanica della « pozzolanella » incoerente del Divino Amore, (pozzolana grigia), non è inferiore a quella della pozzolana di Segni (pozzolana nera).

Mi è gradito ringraziare vivamente il Prof. A. SCHERILLO per l'incoraggiamento ed i consigli ricevuti durante l'espletamento delle ricerche.

Istituto di Chimica Industriale dell'Università di Napoli.

BIBLIOGRAFIA

- (1) SERSALE R., *Genesi e costituzione del tufo giallo napoletano*. Rend. Acc. Sc. fis. e mat., [4], XXV, pp. 181-207. Napoli, 1958.
- (2) SERSALE R., *Costituzione dei tufi verdi della regione flegrea*. Rend. Acc. Sc. fis. e mat., [4], XXVI, pp. 355-373. Napoli, 1959.
- (3) SERSALE R., *Ricerche sperimentali sulla costituzione, sulla genesi e sul comportamento chimico dei tufi vulcanici*. Rend. Soc. Miner. Ital., XVII, pp. 499-536. Pavia, 1961.
- (4) SERSALE R., SABATELLI V., *Sull'attività « pozzolanica » delle zeoliti*. Nota I. *Reattività dell'herschelite con soluzione d'idrossido di calcio*. Nota II. *Reattività dell'analcime con soluzione d'idrossido di calcio*. Rend. Acc. Sc. fis. e mat., [4], XXVII-XXVIII, pp. 263-282; 45-64. Napoli, 1960-1961.
- (5) SESTINI Q., SANTARELLI L., *Ricerche sulle pozzolane*. I. *Prove sulla natura zeolitica delle pozzolane*. Ann. Chim. Appl., XXVI, pp. 193-196. Roma, 1936.

- SANTARELLI L., *Ricerche sulle pozzolane. V. Osservazioni microscopiche su alcune tipiche pozzolane italiane.* Ann. Chim. Appl., XXVII, pp. 3-14. Roma, 1937.
- TAVASCI B., *Struttura della pozzolana di Segni.* Il Cemento, XLIII, pp. 4-7; 25-29. Milano, 1946.
- (6) GUYE F., *Propriétés des pouzzolanes naturelles et artificielles.* Atti del Congresso del Cemento. Lisbona, 1960 (in corso di stampa).
- (7) CHAPPELLE J., *Attaque sulfo-calcique des laitiers et des pouzzolanes.* Rev. Mat. Constr., n. 513, pag. 161. Paris, 1958.
- (8) TREADWELL F. P., *Trattato di Chimica Analitica.* Vol. II, pag. 498. Vallardi, Milano, 1929.
- (9) SCACCHI A., *I composti fluorici de' Vulcani del Lazio.* Rend. Acc. Sc. fis. e mat., XXVI, pp. 19-24. Napoli, 1887.
- (10) GROVES A. W., *Silicate Analysis,* pag. 160. Allen e Unwin, London, 1951.
- (11) SERSALE R., *Sulla natura zeolitica del tufo «carpato» della regione vulcanica del Monte Vulture.* Rend. Acc. Sc. fis. e mat., [4], XXVII, pag. 543. Napoli, 1960.
- (12) SERSALE R., *Sulla natura zeolitica del tufo «lionato» della regione vulcanica dei Colli Albani. I e II.* Rend. Acc. Sc. fis. e mat., [4], XXVI, pp. 110-116; 206-221. Napoli, 1959.
- (13) EITEL W., *The physical chemistry of the silicates,* pag. 1020. The University of Chicago Press. Chicago, 1954.
- (14) SERSALE R., GIORDANO-ORSINI P., *Idratazione e trasformazione della loppa d'alto forno per contatto con soluzione d'idrossido di calcio.* Atti Acc. Sc. fis. e mat., III, 3, n. 9, pp. 1-14. Napoli, 1960.
- (15) GRIM R. E., *Clay Mineralogy,* pag. 91. Mac Graw-Hill Book Comp., New York, 1953.
- HENDRICKS S. B., JEFFERSON M. E., *Structures of Kaolin and talc-pyrophyllite hydrates and their bearing on water sorption of the clays.* Amer. Miner. XXIII, pp. 863-875. Menasha, 1938.
- SEARLE A. B., GRIMSHAW R. W., *The chemistry and physics of clays and other ceramic materials,* pag. 135. E. Benn, London, 1959.
- (16) GRIM R. E., MACHIN J. S., BRADLEY W. F., *Amenability of various types of clay minerals to alumina extraction by the lime sinter and lime-soda sinter processes.* State Geol. Survey, Bull. n. 69, pag. 11. Urbana, 1945.
- (17) DE KEYSER W. L., *Le comportement thermique du kaolin et des matériaux argileux.* Silicates Industr., n.ri 3-4, pp. 117-129; 190-196. Bruxelles, 1959.
- (18) CIRILLI V., GIANNONE A., *Sulla costituzione di terre refrattarie provenienti dai territori di Civitacastellana, Fiano Romano e Roccastrada.* La Ric. Sc. XI, 12, pp. 978-984. Roma, 1940.
- CIRILLI V., *Indagini sulle terre refrattarie di Fiano Romano.* Rend. Acc. Sc. fis. e mat., [4], XI, pp. 37-40. Napoli, 1941.

- (19) SANTARELLI L., GUZZINI A., SENESI A., *Criteri di valutazione dell'attività pozzolanica esaminata dal punto di vista chimico e da quello fisico-meccanico.* Rend. Soc. Miner. Ital. VI, pp. 119-134. Pavia, 1950.
- (20) SERSALE R., *Sulla natura zeolitica del « peperino » romano.* Rend. Acc. Sc. fis. e mat., [4], XXVI, pp. 222-234. Napoli, 1959.
- (21) SERSALE R., *Ricerche sulla zeolitizzazione dei vetri vulcanici per trattamento idrotermale. Nota VI. Zeolitizzazione delle pomici e delle « pozzolane » del Vesuvio.* Rend. Acc. Sc. fis e mat., [4], XXVI, pp. 423-440. Napoli, 1959.

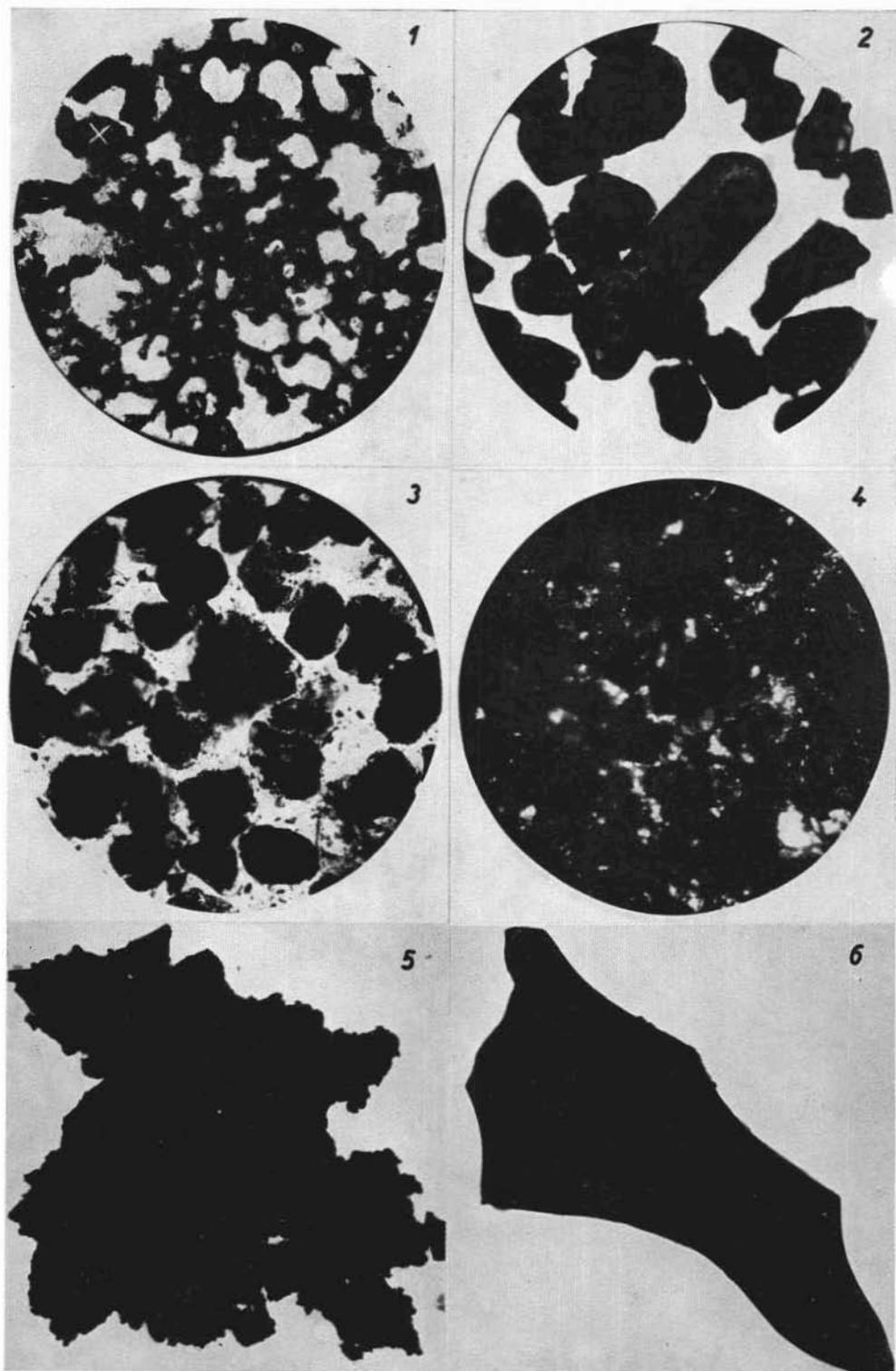


Fig. 1. — (1), (2), (3), (4), *microfotografie*; (5), (6), *micrografie elettroniche*.
(1), nicols //, 80X; (2), (3), nicols //, 40X; (4), nicols +, 40X; (5), (6), 3000X.

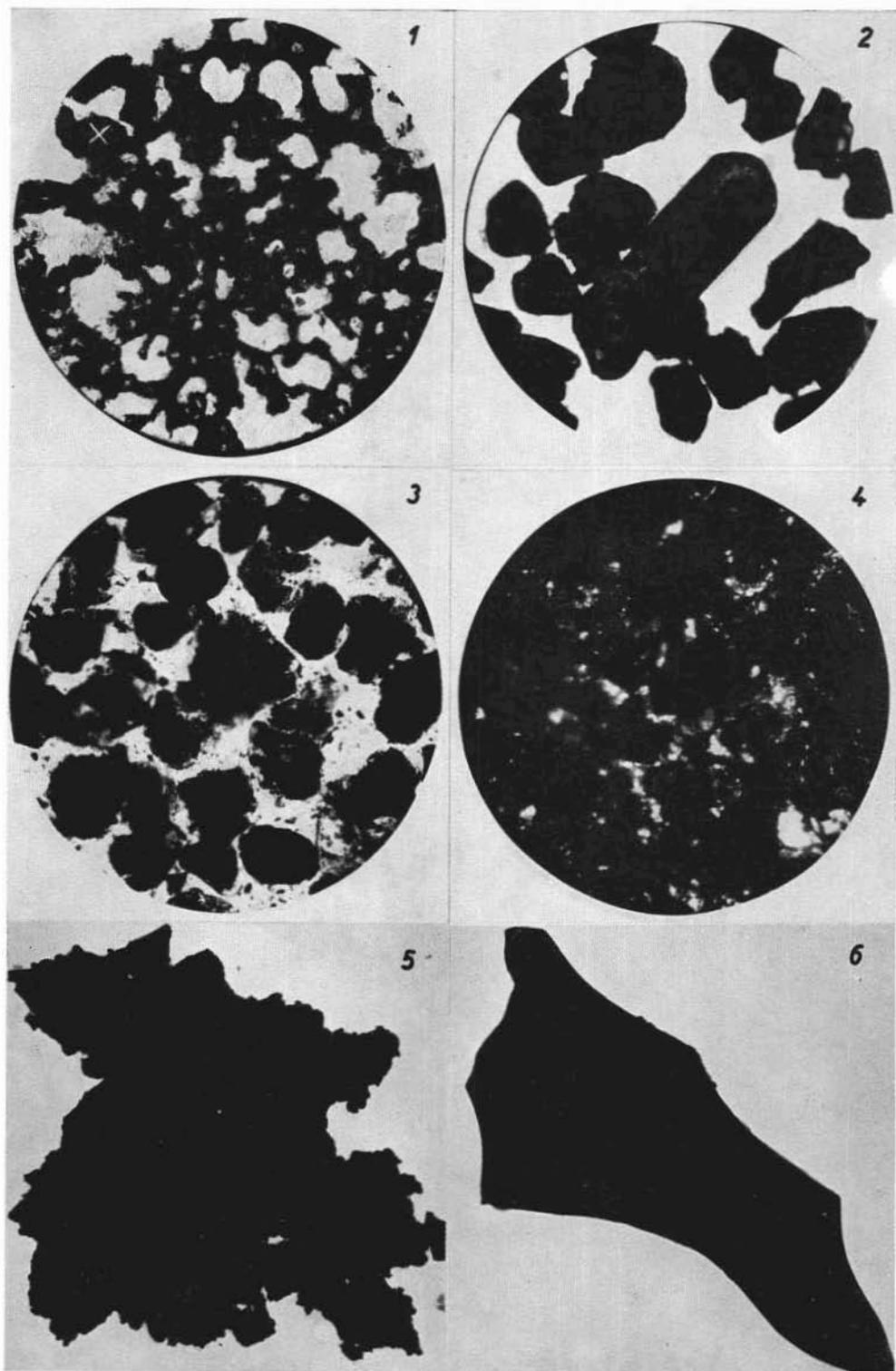


Fig. 1. — (1), (2), (3), (4), *microfotografie*; (5), (6), *micrografie elettroniche*.
(1), nicols //, 80X; (2), (3), nicols //, 40X; (4), nicols +, 40X; (5), (6), 3000X.

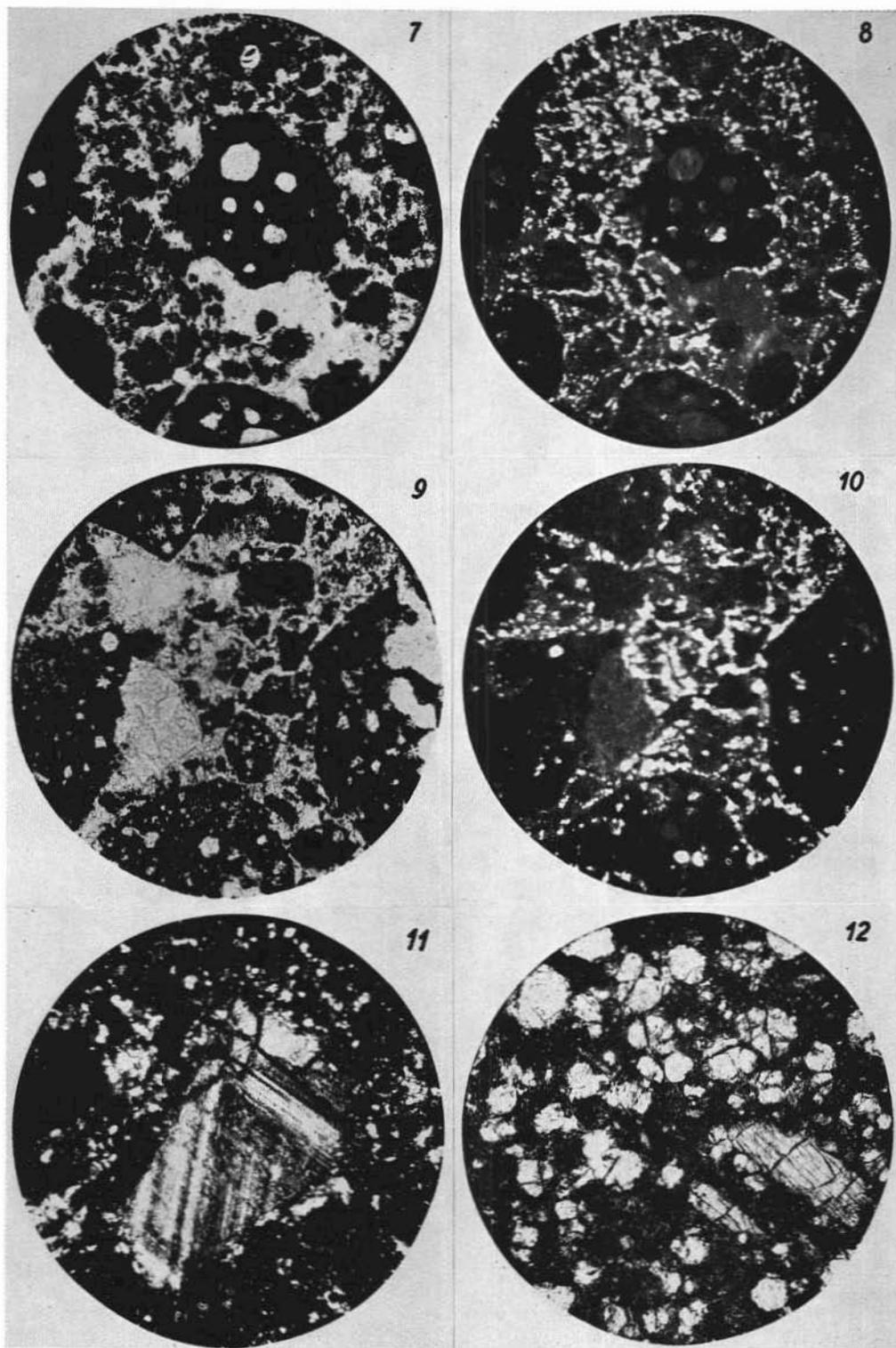


Fig. 5. — *Sezioni sottili.* (7), (9), (11), nicols //, 40X; (8), (10), (12), nicols +, 40X.

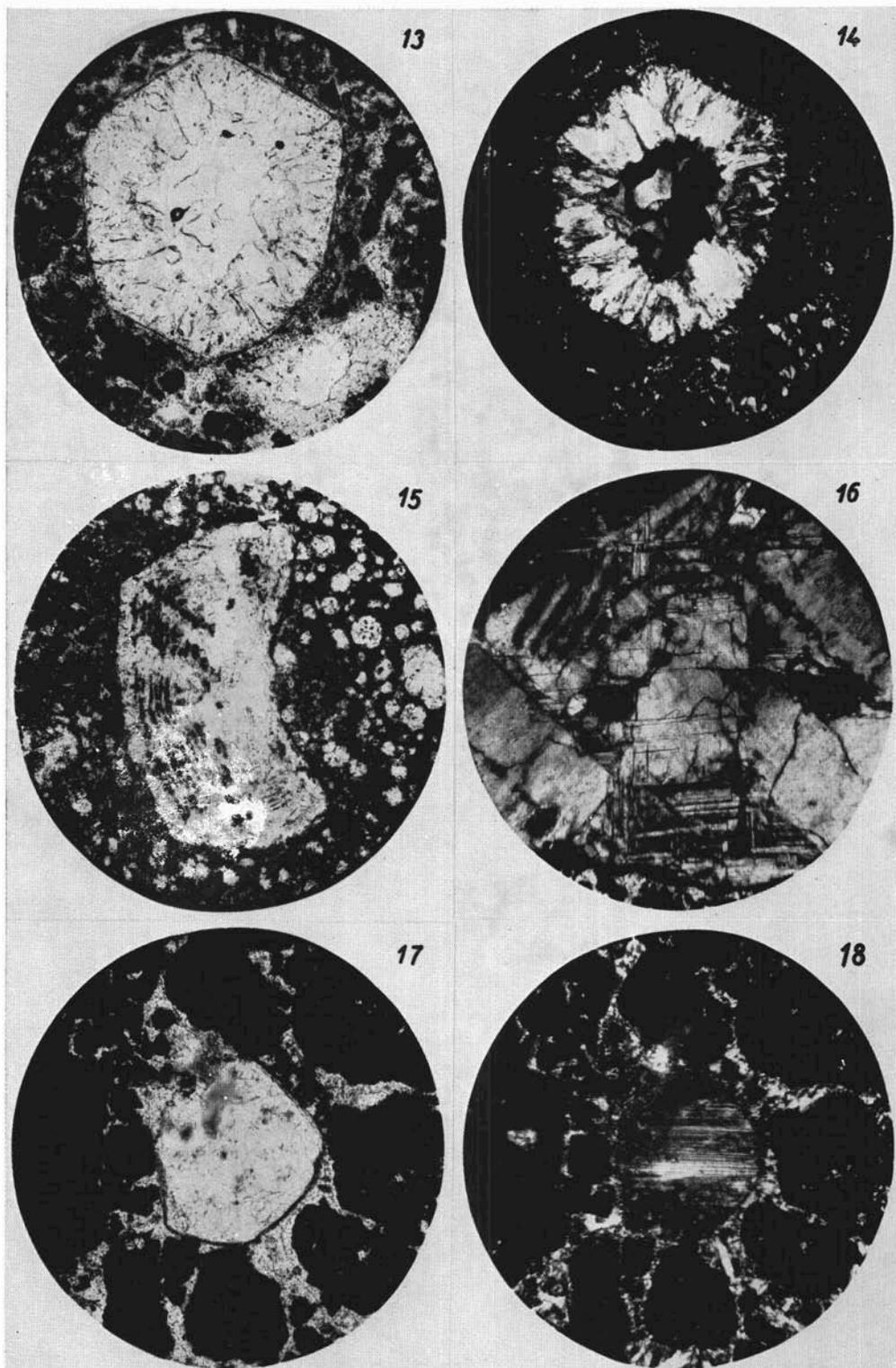


Fig. 9. — *Sezioni sottili.* (13), (15), (17), nicols //, 40X; (14), (16), (18), nicols +, 40X.

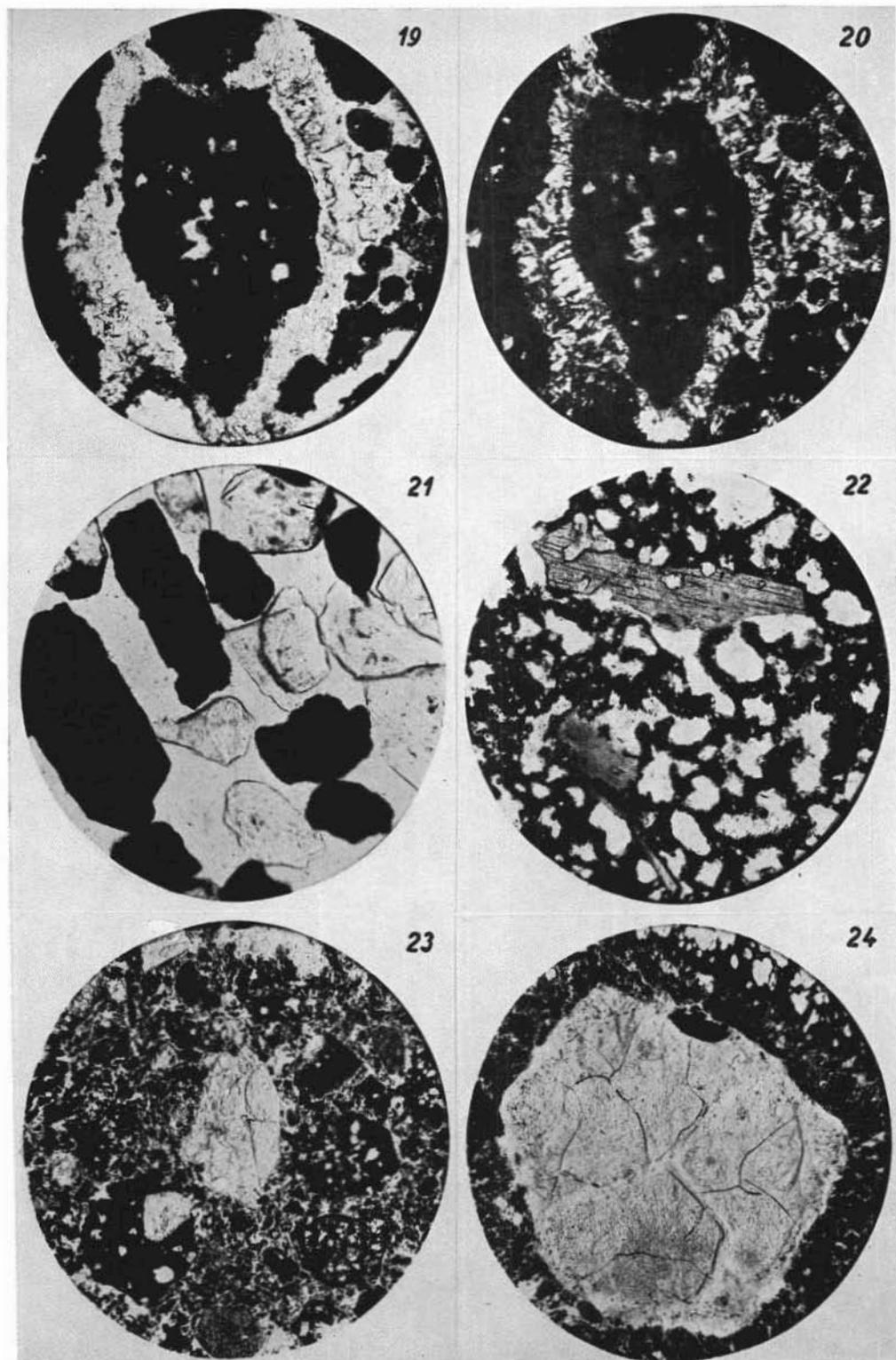


Fig. 12. — (19), (20), (22), (23), (24), *sezioni sottili*. (19), (21), (22), nicols //, 40X; (20), nicols +, 40X; (23), (24), nicols //, 21X.