

MARINO MARTINI *

SORVEGLIANZA GEOCHIMICA DI AREE INTERESSATE DA VULCANISMO ATTIVO: UN MODELLO PER VULCANO

RIASSUNTO. — Nel quadro del Progetto Finalizzato Geodinamica è in corso da quasi due anni un ciclo di ricerche geochimiche riguardante l'isola di Vulcano. L'attenzione è stata rivolta alle manifestazioni esalative ed alle acque freatiche, localizzate queste ultime quasi esclusivamente nella zona di Vulcano Porto.

Per quanto riguarda le fumarole l'indagine ha interessato la temperatura, la composizione chimica dei gas e dei loro condensati; sono stati dosati, oltre ai costituenti maggiori (CO_2 , HCl , H_2S , SO_2 , F , H_3BO_3 , NH_4 , Br) anche metalli in tracce (Cu , Zn , Cd , Pb , Sb , Bi).

Per le acque freatiche è stata presa in considerazione la composizione chimica fondamentale e la distribuzione di un certo numero di costituenti minori (F , H_3BO_3 , Li , Rb , Sr , NH_4 , NO_3 , Br , Fe , Mn , Cu , Zn , Cd , Pb).

I risultati delle osservazioni effettuate sul terreno e delle analisi dei campioni raccolti nel corso di sette missioni, già parzialmente pubblicati, hanno consentito di proporre per Vulcano un modello di attività.

Utilizzando tale ipotesi di lavoro, vengono svolte alcune considerazioni sulla probabilità di eventi esplosivi e sui parametri la cui osservazione sembra acquisire maggiore importanza ai fini di una previsione.

ABSTRACT. — In the frame of the Geodynamic Project geochemical researches on fumaroles and phreatic waters of the island of Vulcano were since two years undertaken.

Chemical composition of gases and gas condensates with respect to main constituents (CO_2 , HCl , H_2S , SO_2 , F , H_3BO_3 , NH_4 , Br) and trace metals (Cu , Zn , Cd , Sb , Bi , Pb) was taken into account.

For phreatic waters the distribution of a number of minor constituents (F , H_3BO_3 , Li , Rb , Sr , NH_4 , NO_3 , Br , Fe , Mn , Cu , Zn , Cd , Pb) besides fundamental chemical picture was investigated.

Informations obtained by field observations and laboratory analyses allowed to work out a model of activity for the volcanic system.

By using this working hypothesis, the main factors possibly affecting the evolution of volcanic activity were taken into consideration.

Nel quadro del Progetto Finalizzato Geodinamica è in corso da quasi due anni un ciclo di ricerche geochimiche riguardanti l'isola di Vulcano. Oggetto principale di queste indagini è l'approfondimento delle conoscenze riguardo ai fenomeni termali che caratterizzano l'isola successivamente all'ultima eruzione del 1888-1890,

* Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università di Firenze. Centro di Studio per la Mineralogia e la Geochimica dei Sedimenti (C.N.R.) - Firenze. Pubblicazione n. 219 del Progetto Finalizzato Geodinamica.

TABELLA 1
Temperature massime osservate alle fumarole del cratere

Giugno	1977	°C	216
Dicembre	1977		210
Febbraio	1978		246
Marzo	1978		275
Maggio	1978		291
Settembre	1978		301
Marzo	1979		300

allo scopo di mettere in evidenza i rapporti esistenti fra l'attività magmatica profonda e le fluttuazioni delle manifestazioni superficiali.

Nel corso di sette missioni svoltesi dal giugno 1977 al marzo 1979 sono state quindi prese in considerazione sia le esalazioni fumaroliche ubicate in corrispondenza della frattura principale presente nel sistema vulcanico, sia le acque freatiche, localizzate per lo più nella piana di Vulcano Porto.

TABELLA 2
Composizione chimica dei costituenti acidi e condensabili della fumarola a più alta temperatura

		HCl	CO ₂	H ₂ S	SO ₂	H ₂ O
A)	Settembre 1978	1,7	28,8	0,2	2,1	67,2
	Marzo 1979	0,32	15,7	0,1	1,3	82,6
B)	Settembre 1978	5,2	87,8	0,6	6,4	
	Marzo 1979	1,8	90,2	0,6	7,4	
C)	Settembre 1978	1,0	14,7	0,1	0,7	83,5
	Marzo 1979	0,15	7,2	0,05	0,4	92,2
D)	Settembre 1978	6,0	89,1	0,7	4,2	
	Marzo 1979	1,9	92,4	0,6	5,1	

(A) Percentuale in peso, (B) Percentuale in peso come gas anidri, (C) Percentuale in volume, (D) Percentuale in volume come gas anidri.

TABELLA 3
Composizione chimica dei principali costituenti condensabili relativa alla fumarola a temperatura più elevata

		Cl ⁻	Br ⁻	H ₃ BO ₃	F ⁻	S _{cond}	NH ₄ ⁺	H ⁺
Giugno	1977	1076	1,0	14,8	2,6	5,2	0,63	1040
Dicembre	1977	720	0,34	8,4	6,7	11,8	0,34	707
Febbraio	1978	627	1,3	17,3	10,5	22	9,3	610
Maggio	1978	533	0,77	6,3	11,6	18,8	1,9	529
Settembre	1978	530	0,52	6	10	19	0,10	500
Marzo	1979	350	0,23	6,2	10	22	0,32	351

Le concentrazioni sono espresse in millicequivalenti/litro; per l'acido borico la concentrazione è data in millimoli/litro.

Vengono qui sintetizzati i risultati analitici, considerati più in dettaglio in altre note attualmente in corso di stampa (MARTINI, 1979; MARTINI et al., 1979; PICCARDI et al., 1979 a, 1979 b).

Le fumarole

La tabella 1 riporta l'andamento della temperatura massima registrata alle fumarole del cratere.

Le tabelle 2 e 3 forniscono i risultati delle analisi eseguite sui gas e sui loro condensati, relativamente alla fumarola a temperatura più alta.

I coefficienti di correlazione fra i costituenti dosati sull'insieme dei condensati raccolti sembrano indicare che alla loro composizione chimica contribuiscono due componenti fondamentali: una caratterizzata da H^+ , Cl^- , Br^- , NH_4^+ , e l'altra da temperatura, F^- , S .

La prima è ritenuta connessa ad un ambiente di tipo marino, mentre la seconda dovrebbe esprimere l'influenza dei gas più direttamente originati dal magma.

Le acque freatiche

L'ubicazione dei campioni raccolti è indicata in fig. 1, mentre il diagramma quadrato di fig. 2 fornisce una visione d'insieme del chimismo delle soluzioni esaminate.

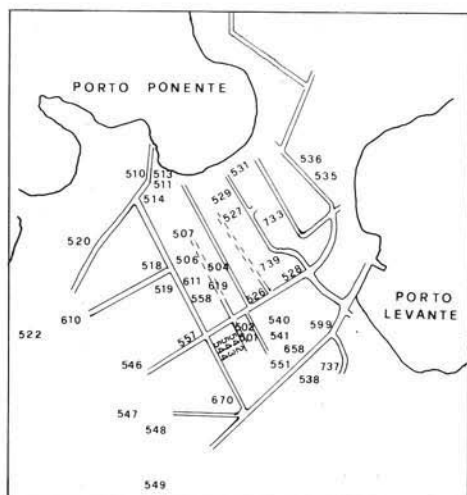


Fig. 1. — Ubicazione dei campioni di acque freatiche (da MARTINI, 1979).

Si evidenziano due tipi chimici principali: acque clorate alcaline ed acque solfate alcalino-terrose, che si ritengono rappresentare il contributo di un acquifero salmastro situato a piccola profondità e quello di acque risultanti da alterazione delle rocce ad opera di fluidi idrotermali.

Tale circostanza è stata anche confermata dall'analisi fattoriale che ha consentito inoltre di mettere in evidenza l'esistenza di due fattori minori che concorrono a determinare il chimismo delle soluzioni studiate, caratterizzati rispettivamente dallo ione bicarbonato e da acido borico, pure attribuiti all'influenza di emanazioni gassose.

I risultati delle osservazioni hanno suggerito la possibile esistenza di un acquifero di composizione simile a quella marina al di sotto dell'apparato vulcanico propriamente detto, che avrebbe come effetto principale quello di livellare le fluttua-

zioni termiche e composizionali originate dalla massa magmatica posta ad una profondità stimata circa 2 km (LATTER, 1971).

La fig. 3 schematizza il modello qui formulato circa l'origine delle manifestazioni termali di Vulcano, che ha soprattutto il valore di un'ipotesi di lavoro.

Un acquifero, di geometria e spessore indefiniti, interposto fra la camera magmatica e la superficie, assorbe il flusso convettivo di calore proveniente dal magma; la temperatura massima è quella di ebollizione per la pressione esistente.

La soluzione calda, migrando verso la superficie attraverso le fratture del sistema,

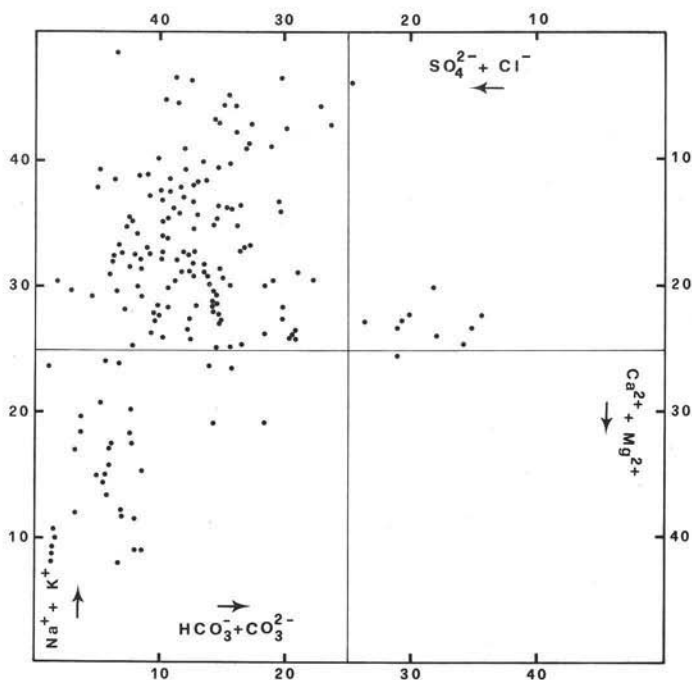


Fig. 2. — Diagramma quadrato indicante le caratteristiche chimiche delle acque freatiche (da MARTINI, 1979).

per la caduta di pressione vaporizza in quantità via via maggiori, fino a produrre un miscuglio di gas e vapore.

Tale fluido può raggiungere direttamente la superficie dando luogo alle manifestazioni fumaroliche, oppure può « spegnersi » nella falda freatica, dando luogo a modificazioni composizionali del tipo di quelle messe in evidenza dall'analisi di quest'ultima. Le manifestazioni termali della Baia di Levante sono da considerarsi l'analogo delle fumarole; la sola differenza è data dal contatto con l'acqua marina che introduce modifiche di temperatura e di composizione.

La presenza di zone impermeabili può impedire l'ascensione del fluido verso la superficie e causarne il raffreddamento e la condensazione; i condensati così formati rifluiscono verso il basso, seguendo l'andamento delle stratificazioni, riaffio-

rando verso la base del cono craterico dove l'azione del mare o la perforazione di pozzi ne consentono la fuoriuscita.

I fluidi ascendenti possono incontrare anche falde di acque di percolazione, dovute a piogge o a condensazioni notturne; si origineranno così fluidi a temperatura inferiore e più ricchi in vapor d'acqua, che potranno dare successivamente luogo a fumarole con caratteristiche analoghe, com'è possibile verificare in vari punti del cratere.

La temperatura e la composizione chimica delle fumarole saranno tanto più simili a quelle originarie dell'acquifero profondo quanto più diretto sarà il moto ascensionale, mentre reazioni con rocce incassanti o soluzioni discendenti potranno modificare più o meno intensamente il valore di tali parametri.

Un regime di attività del tipo delinato potrà modificarsi per aumento della permeabilità del sistema che consentirà un affioramento più diretto dei fluidi con minori modificazioni delle condizioni originarie.

Tale aumento di permeabilità può derivare da cause sismotettoniche od essere provocato da spinta dal basso. Nel primo caso l'effetto più visibile dovrebbe essere un aumento di temperatura e di flusso; nel secondo caso, poichè una maggiore spinta dal basso dovrebbe essere provocata da maggiore vaporizzazione, a sua volta conseguenza di un maggiore flusso termico dalla massa magmatica, dovremmo osservare una significativa variazione anche della composizione, nel senso che composti di

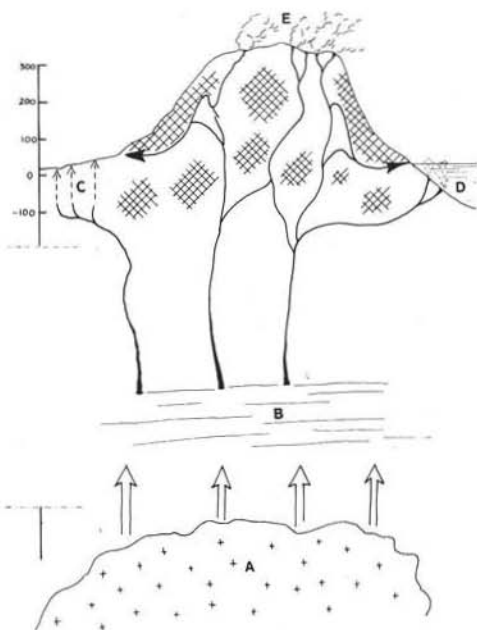


Fig. 3. — Modello della possibile origine delle manifestazioni termali di Vulcano. (A) Magma, (B) Acquifero profondo, (C) Falda freatica, (D) Baia di Levante, (E) Fumarole.

fluoro e solfo, che come detto in precedenza vengono considerati di più diretta provenienza magmatica, dovrebbero incrementare la loro concentrazione.

Fermo restando dunque che un'aumentata attività delle fumarole, che si esprime soprattutto mediante temperature e flussi maggiori, è connessa a maggiore permeabilità, appare plausibile che un contemporaneo arricchimento in composti solforati e fluorurati ne indichi una causa « magmatica » piuttosto che una sismotettonica.

Questa causa « magmatica », che potrebbe essere dovuta a risalita del magma nel condotto, dovrebbe esprimersi sull'acquifero profondo soprattutto come maggiore apporto di calore, ma, finchè la massa liquida ha volume sufficiente, ossia finchè non si raggiungono condizioni per la completa vaporizzazione e non si

producono fumarole secche, non sono da aspettarsi condizioni critiche nel manifestarsi in superficie dell'attività vulcanica.

Se invece la massa liquida è insufficiente a «tamponare» il flusso di calore, il sistema potrà evolvere verso una sensibile accentuazione dell'attività. Questa evoluzione dovrebbe essere testimoniata da brusco aumento della temperatura e del rapporto gas/vapore.

Allo stato attuale delle conoscenze, sembra quindi che il controllo periodico della temperatura e della composizione dei fluidi che alimentano le fumarole renda possibile un qualche grado di previsione sulla probabile attività vulcanica.

Le osservazioni sistematiche sono però troppo recenti perchè possano includere una casistica sufficientemente varia da confortare sperimentalmente questo primo tentativo di previsione; e, d'altra parte, ogni sistema vulcanico ha storia e caratteri propri, sì che scarso contributo portano ad un obiettivo come quello qui perseguito le osservazioni più o meno sporadiche effettuate su altri sistemi.

La procedura più corretta sembra quella di proseguire le osservazioni, in base alle quali sia possibile formulare modelli di attività, la cui validità verrà progressivamente confermata o modificata in base ai dati di nuova acquisizione.

È comunque da tenere presente che tutto quanto sopra esposto costituisce una possibile evoluzione del sistema vulcanico considerato in assenza di fenomeni sismici di grande rilievo i quali potrebbero invece modificare in grande la permeabilità, facilitando la venuta in superficie di fluidi a temperature relativamente elevate e/o consentendo l'afflusso in profondità di grandi masse d'acqua.

Sarebbe in entrambi i casi accentuato il rischio di bruschi processi di vaporizzazione massiccia, con possibilità di esplosioni.

Una situazione del genere, per la natura dei fenomeni che potrebbero provocarla, sembra però al di fuori di ogni ragionevole possibilità di previsione.

BIBLIOGRAFIA

- LATTER J. H. (1971) - *Near surface seismicity of Vulcano, Aeolian Islands, Sicily*. Bull. Volc., 35, 117-142.
- MARTINI M. (1979) - *Geochemical survey on the phreatic waters of Vulcano (Aeolian Islands, Italy)*. Bull. Volc., 43-1 (in press).
- MARTINI M., PICCARDI G., CELLINI LEGITTIMO P. (1979) - *Geochemical surveillance of active volcanoes: data on the fumaroles of Vulcano (Aeolian Islands, Italy)*. Bull. Volc., 43-1 (in press).
- PICCARDI G., MARTINI M., CELLINI LEGITTIMO P. (1979) - *Sulla presenza di metalli pesanti nei gas fumarolici di Vulcano*. (In corso di stampa).
- PICCARDI G., CELLINI LEGITTIMO P., MARTINI M. (1979) - *Campionamento ed analisi di gas fumarolici di Vulcano*. (In corso di stampa).