

VULCANISMO MESO-PLEISTOCENICO NELL'APPENNINO LAZIALE-ABRUZZESE(***)

INDICE

| | |
|---------------------------|----------|
| RIASSUNTO | pag. 319 |
| ABSTRACT | ” 319 |
| INTRODUZIONE | ” 319 |
| CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE | ” 320 |
| DATI GEOCHIMICI | ” 322 |
| DISCUSSIONE | ” 323 |
| CONCLUSIONI | ” 324 |
| TESTI CITATI | ” 324 |

RIASSUNTO

In varie zone dell'Appennino laziale-abruzzese affiorano orizzonti sedimentari, caratterizzati dalla predominanza di minerali di origine vulcanica che si mantiene costante su spessori anche di parecchi metri; l'età di questi orizzonti, dedotta da determinazioni radiometriche e da stime stratigrafiche, è dell'ordine di poche centinaia di migliaia di anni.

Argomentazioni a carattere geologico basate su vari elementi (caratteristiche sedimentologiche delle successioni a tuffiti, ubicazione delle loro zone di affioramento, evoluzione geologica delle aree ad occidente delle stesse) sembrano precludere la possibilità di individuare la fonte delle tuffiti nei grandi apparati vulcanici del versante tirrenico (da quelli campani a quelli nord laziali).

Queste successioni mostrano, d'alta parte, analogie geochemiche con i piccoli apparati radicati di Cupaello, Vicovaro, Tivoli e Carsoli, significativamente diversi, sotto lo stesso profilo, dai grandi apparati peritirrenici (Roccamonfina, Ernici, Albani, Sabatini e Vico).

La geochemica delle Terre Rare e degli elementi incompatibili delle tuffiti e dei piccoli apparati radicati indica, con la loro affinità, una sorgente comune nel mantello. Il maggiore arricchimento e tipo di frazionamento degli elementi incompatibili nelle vulcaniti in questione rispetto ai prodotti dei grandi vulcani costieri, è caratteristico di una tendenza carbonatitica. Si delinea così una estesa sottoprovincia magmatica simile e coeva con quella della "provincia romana", ma probabilmente derivata da settori più profondi del mantello per un minor grado di fusione parziale in presenza di fluidi metasomatizzanti dominati dall'anidrite carbonica.

ABSTRACT

Sedimentary horizons whose peculiar feature is the constant presence of predominant volcanic minerals in their composition even within thicknesses of several meters, outcrop in various parts of the Latium-Abruzzi portion of the Apennine chain. The age of the deposits as given by radiometric

(*) Centro di Studio per la Geologia Tecnica, Roma.

(**) Istituto di Scienze della Terra, Messina.

(***) Contributo C.N.R. e M.U.R.S.T. per il programma "Processi petrologici e geodinamici in aree orogenetiche".

age determinations and stratigraphic information, is in the order of a few hundred thousand years.

Geological considerations based on the sedimentological features of the tuffite sequences, location of their outcrops, and the geological evolution of the areas on the west of such outcrops would exclude the provenance of the volcanic materials from the great volcanic centres of the Tyrrhenian side of the peninsula (from the Campania centres to the northern Latium ones). On the other hand, the tuffite sequences are geochemically analogous to the materials from the small rooted volcanoes of Cupaello, Vicovaro, Tivoli and Carsoli which, from the geochemical point of view, are markedly different from the large Tyrrhenian volcanoes such as Roccamonfina, Ernici Mts., Albani Hills, Sabatini Mts. and Vico.

The rare earth and incompatible elements geochemistry of both tuffite and small rooted volcanoes suggests an affinity between them and a common mantle source. The greater enrichment in incompatible elements of the studied volcanic products and the type of fractionation of these elements with respect to the products of the Tyrrhenian coast large volcanoes are typical of a magma carbonatic tendency. This is indicative of a wide magmatic subprovince which is similar to and coeval of the "Roman province" but which probably derives from deeper mantle sectors because of a smaller partial fusion due to the presence of CO₂ rich metasomatizing fluids.

PAROLE CHIAVE: Vulcanismo, Pleistocene, Appennino centrale.

KEY WORDS: Volcanism, Pleistocene, Central Apennines.

INTRODUZIONE

Nell'Appennino calcareo laziale-abruzzese è abbastanza frequente il ritrovamento di orizzonti a clasti vulcanici intercalati nelle successioni continentali pleistoceniche⁽¹⁾. La litologia di questi orizzonti è quanto mai varia: nei casi più diffusi si passa infatti da sedimenti sciolti (sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi), con basso contenuto di minerali vulcanici, a siltiti ed arenarie costituite quasi interamente da minerali di questo tipo. Altrettanto variabili sono gli spessori che, da pochi centimetri, possono raggiungere parecchi metri (BOSI *et alii*, in questo volume). In tutti i casi finora noti si tratta chiaramente di clasti risedimentati.

L'età di questi orizzonti ricade generalmente nel Pleistocene medio (BERTINI *et alii*, 1989; ZARLENGA, 1990; BOSI & MESSINA, in questo volume), anche se alcuni livelli sono stati segnalati localmente nella parte alta del Pleistocene inferiore (BERTINI *et alii*, 1989) e

⁽¹⁾ Per la bibliografia si rinvia a Bosi *et alii*, in questo volume.

nel Pleistocene superiore-Olocene (GIRAUDI, 1988; FREZZOTTI & GIRAUDI, 1989). In assenza di apparati vulcanici riconoscibili in zona, la tendenza diffusa è di attribuire al materiale piroclastico una origine per ricaduta da grandi nubi eruttive dei noti apparati vulcanici laziali e campani (NARCISI & SPOSATO, 1989, e relativa bibliografia). Nel campo della stratigrafia del Quaternario questa attribuzione ha innescato il tentativo di utilizzare i minerali vulcanici contenuti nelle successioni continentali come indicatori cronologici; ciò sia in una prospettiva regionale, riferendo ad esempio contenuti di tipo alcalino-potassico all'attività degli apparati tirrenici nel Pleistocene medio (v. ad esempio SPOSATO & NARCISI, 1989; ZARLENGA, 1990; GIRAUDI, 1986), sia in ipotesi di corrispondenze più specifiche (FREZZOTTI & GIRAUDI, 1989; FREZZOTTI & NARCISI, 1989).

Il primo lavoro che ipotizza un'origine locale di successioni tufitiche è quello di BIAGI *et alii* (1981), relativo alla zona di Raiano (conca di Sulmona). Un'altra successione a tufiti per la quale è stata ipotizzata, con argomenti di vario tipo, l'origine locale è quella di Carapelle Calvisio (BIAGI *et alii*, 1991; BOSI *et alii*, in questo volume).

Un elemento di interesse in relazione all'argomento in esame è rappresentato dall'esistenza, in posizione più prossima ai grandi centri vulcanici tirrenici, di piccoli apparati già noti da tempo (Cupaello, S. Venanzo) o di scoperta recente (Polino, Acquasparta, Colle Fabbrì) (STOPPA, 1988; STOPPA *et alii*, 1990; STOPPA & VILLA, 1991; MICHETTI, 1990). Parimenti radicato è da con-

siderare un complesso di vulcaniti idromagmatiche affioranti nella zona di Carsoli, nel quale sono riconoscibili prodotti da "surge", da ricaduta e da colata, con inclusi del basamento carbonatico. Tutti questi apparati avrebbero un'età di 0.4-0.6 MA (BOSI *et alii*, 1991); allo stesso intervallo appartarrebbe pure l'età di una tufite incontrata a circa cento metri di profondità nella conca del Fucino (FOLLIERI *et alii*, 1991).

E' evidente che la valenza geodinamica di questi piccoli apparati verrebbe a cambiare sostanzialmente se essi risultassero associati a centri vulcanici ancora più "esterni", corrispondenti in qualche modo alle successioni tufitiche laziali-abruzzesi: dalla situazione di evento eccezionale, quale essi occupano nel contesto delle conoscenze attuali, si passerebbe, infatti, alla individuazione di una vera provincia vulcanica di grande estensione.

Scopo di questa nota è quello di presentare dati ed argomentazioni a carattere geologico e geochemico che sembrano avvalorare quest'ultima ipotesi.

CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE

E' innanzitutto da precisare che, se nell'ampio spettro litologico degli orizzonti a clasti vulcanici dell'Appennino laziale-abruzzese, si considerano solo quelli dotati di costituzione mineralogica in assoluta prevalenza vulcanica (oltre 80-90%) e aventi spessori di almeno 70-80 centimetri, quali sono quelli riconosciuti nelle località indicate nella Fig. 1, si viene a delimitare un insieme di strati che risultano abbastanza ben caratterizzati anche per i seguenti aspetti:

- età generalmente compresa nel Pleistocene medio;
- presenza di clasti anche di grandi dimensioni (5-10 mm);
- necessità di ipotizzare connessioni genetiche con esplosioni vicine o con esplosioni lontane purché di forte intensità (per energia e per quantità di materiali eruttati).

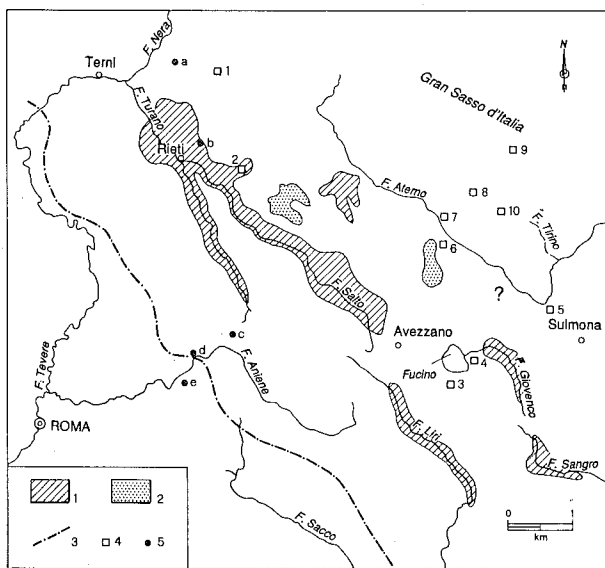
In relazione all'ultima caratteristica è da osservare che solo esplosioni di quel tipo possono dare origine a strati per i quali l'apporto vulcanico rende percentualmente irrilevante quello sedimentario proprio dei vari bacini di sedimentazione (generalmente di tipo lacustre), per tutto il tempo, verosimilmente breve, necessario alla formazione dell'orizzonte tufitico.

Per orizzonti aventi le caratteristiche indicate la provenienza dagli apparati tirrenici presupporrebbe una fenomenologia articolata come segue:

- a) esplosioni di forte intensità;
- b) trasporto per via eolica verso N-NE-E e sedimentazione di materiali eruttati sulla morfologia al tempo esistente;
- c) concentrazione dei materiali vulcanici in zone depresse ad opera dell'erosione esplicantesi sulle superfici da essi originariamente coperte.

Un meccanismo di questo tipo appare scarsamente verosimile per una serie di obiezioni che si possono sollevare in relazione ai fenomeni indicati per le fasi b) e c).

La fase b) dovrebbe aver portato a coprire, con spessori non irrilevanti, buona parte dell'area interposta tra gli apparati peritirrenici e le zone di affioramento delle successioni tufitiche considerate (vedi nota 5). Ciò appare in netto contrasto con la distribuzione generale delle successioni a tufiti; dai dati riportati nella Fig. 1 risulta infatti evidente che quest'area è del tutto priva di successioni del tipo di quelle considerate.



Legenda: 1,2 = Depressioni (1) e spianate (2) certamente esistenti nel Pleistocene medio e prive delle successioni tufitiche considerate nel testo; 3 = limite nord-est delle vulcaniti direttamente connesse con i grandi apparati peritirrenici; 4 = successioni tufitiche considerate (1: Leonessa, MICHETTI, 1991; 2: Antrodoco, MICHETTI, com. pers.; 3: Conca di Amplero, MANFREDINI, com. pers.; 4: Pescara, ZARLENGA, 1990; 5: Raiano, BIAGI *et alii*, 1981; 6,7: Stiffe e S. Eusanio, BOSI *et alii*, in questo volume; 8: Valle Force, idem; 9: Campo Imperatore, GIRAUDI, com. pers.; 10: Carapelle, BOSI *et alii*, in questo volume); 5 = piccoli apparati radicati (a: Polino; b: Cupaello; c: Carsoli; d: Vicovaro; e: Tivoli).

Fig. 1 - Successioni tufitiche nell'Appennino calcareo laziale-abruzzese.

A questo proposito occorre sottolineare che questa assenza è verificata anche per morfologie particolari, quali depressioni e spianate certamente esistenti al tempo dei supposti flussi eolici (Pleistocene medio), le quali dovrebbero aver funzionato come vere e proprie "trappole sedimentarie" nei riguardi di flussi di materiali trasportati per via eolica.

Per quanto riguarda le depressioni, i dati editi (BOSI & MESSINA, in questo volume; BOSI *et alii*, 1989; CAVINATO, 1991) ed inediti a disposizione dimostrano che a quel tempo erano certamente ben pronunciate ed oggetto di ripetute fasi deposizionali le depressioni corrispondenti alle valli del Salto, del Turano e del Liri, nonché delle conche di Rieti e dell'alto Aterno (L'Aquila-Scoppito)⁽²⁾. L'assenza di orizzonti tufitici del tipo indicato in queste depressioni⁽³⁾ deve essere ritenuta significativa, a meno di non ammettere che esse ne siano state completamente asportate per erosione; questa eventualità risulta scarsamente credibile, se si tiene conto del numero spesso elevato di unità stratigrafiche mesopleistoceniche tuttora conservate nelle stesse depressioni. A questo proposito si può citare il caso dell'alta valle del Salto (conche di Corvaro e di Borgorose) nelle quali sono presenti i prodotti di almeno tre distinti cicli di sedimentazione di età mesopleistocenica incassati l'uno nell'altro⁽⁴⁾.

Per quanto riguarda le spianate sono da citare gli estesi lembi della superficie dell'Aquilente, esistente fino dal Pliocene o, tutt'al più dal Pleistocene basale (BOSI & MESSINA, in questo volume), il cui rimodellamento non appare tale da aver provocato la completa asportazione di spessi orizzonti tufitici⁽⁵⁾.

In relazione, poi, alla fase c) della fenomenologia sopra prospettata è da sottolineare innanzitutto che la concentrazione di materiali vulcanici ad opera dell'erosione, comprovata peraltro dalle tracce di rimaneggiamento presenti nelle varie sezioni (v. BOSI *et alii*, in questo volume), è necessaria per spiegare i forti spessori di alcune successioni⁽⁶⁾. I percorsi effettuati dai materiali che sono oggetto di questo rimaneggiamento devono, peraltro, essere stati molto modesti: percorsi più rilevanti sarebbero in contrasto sia con la presenza di elementi molto fragili (pomici anche di parecchi mil-

limetri), sia con la scarsità (molto spesso addirittura con l'assenza) di clasti provenienti dal substrato. In relazione a quest'ultimo argomento non si comprende infatti quale tipo di processo potrebbe avere eroso e trasportato su distanze ragguardevoli⁽⁷⁾ la copertura vulcanica, senza praticamente coinvolgere i terreni e le rocce che costituiscono il substrato (in prevalenza calcari e depositi eluvio-colluviali).

Tutte queste obiezioni sembrano rendere difficilmente sostenibile l'ipotesi che gli orizzonti tufitici considerati provengano, tutti, dai grandi apparati vulcanici peritirrenici. D'altra parte occorre però fare i conti anche con l'assenza di tracce morfologiche di apparati vulcanici nelle zone circostanti gli affioramenti tufitici; come già accennato, questa assenza costituisce l'obiezione principale all'ipotesi di una provenienza locale delle tuffi.

A questo proposito si possono però formulare alcune osservazioni in grado di ridurre notevolmente la forza di questa obiezione. Si può osservare in primo luogo che le emissioni vulcaniche locali potrebbero essere state troppo modeste e/o di caratteristiche tali (eruzioni prevalentemente gassose da piccoli apparati fissurali) per dare origine a forme sufficientemente pronunciate, tali cioè da mantenere una qualche evidenza anche dopo le intense fasi morfogenetiche del Pleistocene superiore.

Si può osservare inoltre che forme morfologicamente evidenti potrebbero addirittura mancare fino dall'origine, qualora le eruzioni fossero avvenute sul fondo di depressioni occupate da piccoli ed effimeri laghi. E' da evidenziare al riguardo che eruzioni di questo tipo dovrebbero dare origine a successioni tufitiche di caratteristiche praticamente identiche a quelle delle tuffi di Carapelle (BOSI *et alii*, in questo volume).

I dati e le argomentazioni fino a qui esposti, nel loro complesso, inducono a ritenere probabile che almeno alcune delle successioni indicate nella Fig. 1 siano di provenienza locale, nel senso che siano state prodotte da centri vulcanici, non ancora localizzati, ubicati in zone abbastanza prossime a quelle di affioramento. Da questa ipotesi deriverebbe che su gran parte dell'area nella quale ricadono questi affioramenti ci si dovrebbe aspettare la presenza di orizzonti a clasti vulcanici di almeno tre tipi diversi:

— orizzonti di provenienza locale, depositi nelle immediate vicinanze dei centri di emissione o, addirittura, nella stessa depressione nelle quali i centri sono ubicati: di questo tipo dovrebbero essere quasi tutti gli orizzonti di Fig. 1;

— orizzonti di provenienza locale, in posizione distale rispetto agli apparati di provenienza, che potrebbero essere rappresentati da sottili orizzonti a prevalenti clasti vulcanici depositi sui versanti circostanti gli apparati di provenienza⁽⁸⁾;

— orizzonti di provenienza peritirrenica, in giacitura "primaria" (per caduta da nuvole di materiale vulcanico) o "secondaria" (da rimaneggiamento di livelli primari), di caratteristiche variabili in funzione delle modalità delle fasi esplosive che ne sono all'origine, della

⁽²⁾La delimitazione delle depressioni mesopleistoceniche è stata effettuata nella figura 1 in modo cautelativo in quanto sono state trascurate numerose conche minori, probabilmente al tempo esistenti, ma non sufficientemente studiate.

⁽³⁾Nella conca di Rieti una successione tufitica molto potente (cortese segnalazione di A.M. MICETTI) affiora solo all'estremità nord-orientale della conca stessa.

⁽⁴⁾Tesi inedite di V. FEDERICI e M. BUSINO.

⁽⁵⁾In occasione della presentazione di questo lavoro (Roma, 28-29 Novembre 1991) sono state sollevate da parte di D. De Rita alcune riserve sulla significatività dell'assenza di tuffi nelle aree comprese fra gli attuali affioramenti e gli apparati vulcanici peritirrenici, derivanti dalla marcata direzionalità e discontinuità che possono caratterizzare il deposito di particolari eruzioni vulcaniche. Questa obiezione potrebbe invalidare l'argomento proposto solo se fosse possibile riferire tutte le successioni indicate in figura 1 a pochissime esplosioni per così dire "anomale". Questa possibilità è però praticamente nulla se si tiene conto del fatto che nella sola parte affiorante della successione di Carapelle (BOSI *et alii*, in questo volume) sono probabilmente presenti cinque eventi sedimentari distinti, separati da lacune di durata apprezzabile, tale cioè da permettere l'impostazione di una sia pur debole pedogenesi.

⁽⁶⁾D'altra parte se questi spessori fossero quelli originari, dovuti cioè all'accumulo verificatosi nell'ambito della precedente fase b), l'obiezione riferita alla fase c) risulterebbe ancora rafforzata.

⁽⁷⁾Quali dovrebbero essere state quelle idonee ad annullare l'obiezione riportata per la fase b) del processo di sedimentazione sopra riportato.

⁽⁸⁾Orizzonti con queste caratteristiche sono già stati riconosciuti su alcuni versanti nella zona compresa tra l'Aterno e il Tirino.

circolazione atmosferica che ha presieduto al trasporto, eccetera.

DATI GEOCHIMICI

Allo scopo di acquisire ulteriori elementi di valutazione sul problema in esame si è proceduto al campionamento di alcune successioni tufitiche (Fucino, Fossa-S. Demetrio e Carapelle) e dei piú meridionali dei piccoli apparati radicati laziali (Cupaello, Leonessa, Polino e Carsoli); tra questi ultimi sono state incluse anche le manifestazioni della valle dell'Aniene nella zona di Vicovaro-Castel Madama⁽⁹⁾.

Dei campioni prelevati, quaranta sono stati analizzati per attivazione neutronica strumentale, con determinazione di 56 elementi per ogni campione (ACTLAB, Canada).

Dai dati piú immediati risulta che le tufite, come le vulcaniti radicate, hanno un tenore in SiO_2 inferiore al 50% ed un contenuto molto alto in K_2O . Il primo dato rende improbabile una provenienza non locale delle piroclastiti, perché le grandi esplosioni capaci di formare nubi eruttive che scaricano materiali a grande raggio in genere corrispondono a magmi già differenziati in senso acido. Il secondo dato restringe la provenienza del materiale all'area occupata dal vulcanismo potassico.

⁽⁹⁾Recenti rilevamenti nella zona di Vicovaro (GIORDANO & CHIARABBA, 1990 comunicazioni degli stessi Autori) non hanno trovato evidenze di apparati radicati in questa zona ("necks" della valle dell'Aniene, *auct.*) e sulla base di considerazioni a carattere stratigrafico hanno portato a correlare la successione ivi affiorante con quelle diffuse a sud della dorsale carbonatica dei monti Tiburtini, che separa il bacino di Vicovaro dall'area dei Colli Albani. Caratteristiche di giacitura (150 metri di quota piú in alto del bacino di Vicovaro rispetto all'area albana), di struttura e di tessitura dell'ignimbrite di Vicovaro suggeriscono invece una provenienza locale.

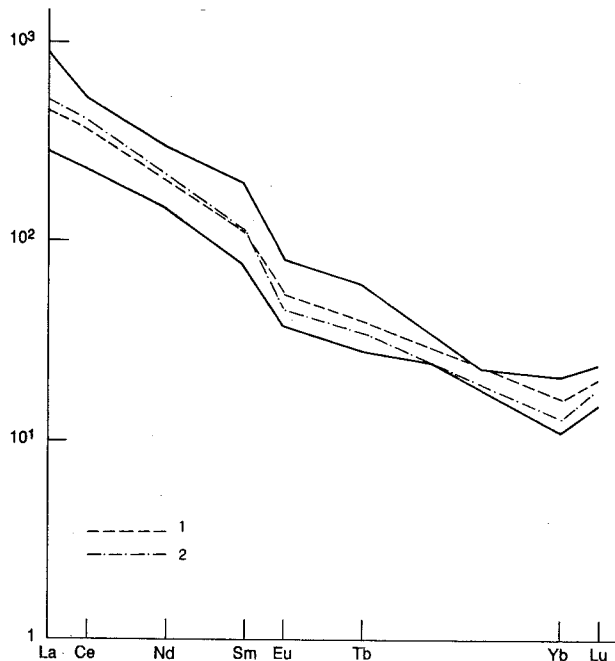


Fig. 2a - Campo di variazione delle Terre Rare, normalizzato alle condriti, nelle vulcaniti basiche della serie alta in potassio dei grandi apparati peritirrenici. 1 = trend tipico degli Albani; 2 = trend tipico di Vico-Sabatini.

Il vulcanismo potassico è caratterizzato geochimicamente dall'abbondanza di elementi incompatibili a grande raggio ionico (oltre al K, il Cs, Rb, Ba, Th, U, La, Ce, ecc.), e dalla povertà di elementi ad alta forza di campo (Nb, Ta, Hf, Zr, Ti). Piú che i contenuti in elementi maggiori, sono diagnostici nel caratterizzare l'uno o l'altro centro vulcanico potassico proprio i contenuti di questi elementi in tracce.

L'abbondante letteratura specifica sull'argomento è concorde nell'attribuire l'arricchimento in elementi incompatibili ad un processo di apporto metasomatico, che avrebbe interessato il mantello dal quale poi sono stati estratti i magmi potassici. Altamente diagnostico dei caratteri geochimici della regione sorgente nel mantello e del meccanismo d'estrazione dei magmi è il contenuto relativo in Terre Rare (CAMERON & CAMERON, 1984; SUN & HANSON, 1975).

In Fig. 2 è messa a confronto la distribuzione relativa delle TRR nelle vulcaniti dei grandi apparati potassici, eventuali alimentatori delle piroclastiti intrappenniniche, con quella degli apparati intrappenninici radicati. Sono stati inoltre riportati i contenuti relativi di TRR di alcune tufite dell'Appennino carbonatico laziale-abruzzese.

L'estrazione di magmi per fusione parziale del mantello mantiene inalterato il suo contenuto relativo di TRR, proprio per le caratteristiche chimiche di omogeneità che questo gruppo possiede. Nei diagrammi di Fig. 2 si vede come i valori delle TRR nelle lave, rapportati ai valori delle condriti, anziché disporsi su una retta orizzontale corrispondente alla composizione normale del mantello (WOOD, 1979), mostrano un forte frazionamento con arricchimento delle TRR leggere. C'è di nuovo concordia fra i petrologi nell'indicare che questo frazionamento è una caratteristica dell'agente metasomatico che ha investito la regione sorgente dei magmi (MENZIES & MURTHY, 1980; HAWKESWORTH & VOLLMER, 1979), nella fattispecie un fluido dominato

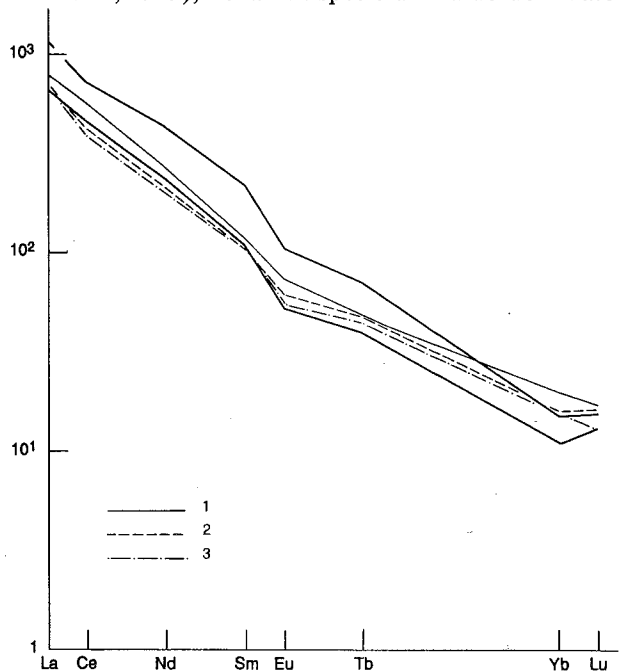


Fig. 2b - Campo di variazione delle Terre Rare, normalizzato alle condriti, negli apparati di Tivoli, Vicovaro, Carsoli, Cupaello. 1,2,3 = tufite della formazione di S. Mauro, della successione del cimitero di Pescina e della successione di Carapelle, rispettivamente (vedi testo).

da CO₂ (WENDLAND & HARRISON, 1979). Nei centri vulcanici di Roccamonfina, Ernici, Albani, Sabatini, Vico c'è una certa variazione nel contenuto TRR (Fig. 2), ma non nei loro rapporti relativi. I più probabili candidati per quanto riguarda gli apporti piroclastici all'Appennino sono i vulcani Albani, Sabatini e Vico: i loro contenuti in TRR sono segnati a tratteggio nel diagramma superiore di Fig. 2.

Il campo di variazione delle TRR negli apparati vulcanici intrappenninici è simile a quello dei grandi centri costieri pur presentando alcune differenze significative. I contenuti sono più alti, il frazionamento è più accentuato e secondo un andamento più regolare, meno marcata è la anomalia negativa dell'Eu. Poiché i contenuti relativi in TRR, anomalia negativa dell'Eu compresa, sono stati considerati caratteri propri della regione sorgente nel mantello (HAWKESWORTH & VOLLMER, 1979), si dovrebbe concludere che la regione sorgente del magmatismo intrappenninico è simile, pur con delle differenze rispetto a quella del magmatismo peritirrenico. Se si fa il confronto dei contenuti relativi delle TRR in altre province alcaline della terra, tali differenze segnalano i caratteri propri dei magmi alcalini rispetto a quelli a tendenza carbonatitica (BELL *et al.*, 1989). L'attività carbonatitica dei centri di Cupaello, San Venanzo, Colle Fabbri, Polino era peraltro già stata indicata (CUNDARI & FERGUSSON, 1991, con bibliografia).

Una caratterizzazione geochemica più completa viene data dagli elementi incompatibili contenuti nelle vulcaniti, ossia dagli elementi che per dimensioni di raggio ionico o per carica elettrica tendono a non entrare come costituenti dei minerali, e quindi a concentrarsi nel fuso residuo. Anche se nei magmi sono avvenute delle separazioni mineralogiche per cristallizzazione frazionata, i rapporti relativi di questi elementi restano, nelle linee generali, costanti.

In Fig. 3 gli elementi sono ordinati per gradi di incompatibilità decrescente. I valori sono normalizzati a quelli corrispondenti al mantello primordiale (WOOD, 1979) per poter valutare il grado di arricchimento rispetto ad un valore di base. Dal confronto dei contenuti in elementi incompatibili delle vulcaniti della serie alta in potassio e da contenuti in silice inferiore al 50% dei grandi apparati peritirrenici (Ernici, Albani, Sabatini, Vico, Vulsini) e delle vulcaniti dei piccoli apparati intrappenninici (Tivoli, Vicovaro, Carsoli, Cupaello) si vede che l'andamento è analogo, ma con alcune diversità.

Maggiore è infatti la quantità di elementi incompatibili negli apparati appenninici, ma soprattutto maggiore è il frazionamento fra gli elementi stessi. In copie di elementi tra loro chimicamente omogenei come Cs-Rb, Th-U, La-Ce, Ba-Sr, sono quelli a raggio ionico leggermente maggiore ad essere fortemente arricchiti: questa estrema selettività di estrazione di elementi dal mantello viene attribuita a fluidi acquosi dominati dalla CO₂. Notiamo inoltre che, rispetto ai grandi centri vulcanici costieri, sono il Ba, Th, La, P ad essere i più arricchiti, elementi questi che caratterizzano con la loro abbondanza i magmi carbonatitici (WOLLEY & KEMPE, 1989).

Non sono stati rappresentati in diagramma i valori relativi degli elementi incompatibili per le tuffiti intrappenniniche, perché trattasi di materiale variamente alterato, contenente circa il 10% di acqua di imbibizione, che non si presta ad un confronto con le lave

fresche. Considerando solo gli elementi più stabili, i loro tenori rientrano nel campo di variazione presentato dai piccoli apparati vulcanici radicati, a conferma di quanto indicato dalle TRR.

Comuni ad entrambe le aree vulcaniche sono le anomalie negative in elementi ad alta forza di campo (Nb, Ta, Hf, Zr, Ti), caratteri che assieme alla ricchezza in elementi incompatibili a grande raggio ionico erano state ritenute diagnostiche di magmi orogenetici calcocalcinali. Recenti lavori di petrologia sperimentale (ARCULUS, 1987; DUDAS, 1991; FOLEY & WHELLER, 1990) hanno dimostrato invece che tali caratteri, più che rivestire un significato di ambiente geotettonico dipendono piuttosto dai meccanismi di estrazione e di risalita dei magmi.

DISCUSSIONE

I dati qui presentati, unitamente a quelli relativi ad analoghi apparati vulcanici pleistocenici in Umbria (STOPPA *et alii*, 1990) permettono di individuare nella regione umbro-abruzzese una sottoprovincia magmatica simile e contemporanea a quella potassica della provincia "romana", ma più differenziata in senso carbonatitico.

Quanto indicato dagli studi petrogenetici sulle vulcaniti di San Venanzo e Cupaello (CUNDARI & FERGUSSON, 1991, e bibliografia inclusa) va esteso a tutta una regione dell'Appennino centrale situata ad est e nord-est dei centri vulcanici potassici peritirrenici. Come San

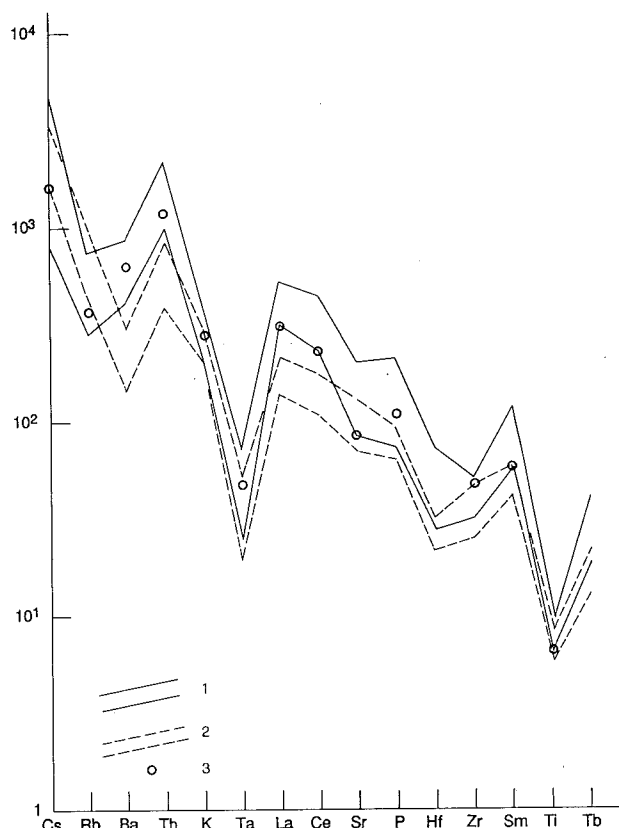


Fig. 3 - Campo di variazione degli elementi incompatibili, normalizzati ai valori del mantello primordiale, per le vulcaniti basiche della serie alta in potassio dei grandi apparati peritirrenici (1) e per le vulcaniti degli apparati di Tivoli, Vicovaro, Carsoli e Cupaello (2); 3 = valori relativi alle tuffiti di Carapelle.

Venanzo e Cupaello, nonostante le differenze mineralogiche mostrino relazioni cogenetiche con la stessa sorgente del mantello (CUNDARI & FERGUSON, lav. cit.), anche gli altri apparati radicati e le tufiti esaminati in questo lavoro mostrano relazioni cogenetiche con la stessa zona sorgente nel mantello.

Le conclusioni del lavoro petrologico sperimentale di CUNDARI e FERGUSON sono che un apporto di fluidi acquosi, ricchi in C ed F al mantello, porterebbero all'arricchimento in elementi incompatibili a grande raggio ionico ed alle composizioni magmatiche osservate. Tali condizioni si verificano in corrispondenza di un forte gradiente geotermico nel mantello e ad una pressione minima di circa 30 kb, corrispondente alla base della litosfera. Le stesse situazioni bariche per i magmi iperpotassici di Cupaello e San Venanzo vengono indicate da PECCERILLO & MANETTI (1985), mentre i magmi potassici degli apparati costieri verrebbero estratti in condizioni di minor pressione, ossia in settori più alti della litosfera.

Anche in base ai dati isotopici su carbone, piombo, ossigeno, risulta il tipo carbonatitico dei fluidi che hanno interagito con il mantello, metasomatizzandolo. In prima approssimazione si potrebbe concludere che la sottoprovincia magmatica centro-appenninica si differenzia da quella peritirrenica per un maggior contributo di fluidi carbonatitici nella regione sorgente dei magmi. Il carattere geochimico delle vulcaniti intrappenniniche, volumetricamente meno abbondanti di quelle costiere, si può anche inquadrare in una minor percentuale di fusione parziale a parità di apporto di fluidi, in accordo con i dati di flusso termico. Infatti il limite tra le due sottoprovincie corrisponde alla fascia di brusca caduta del gradiente geotermico tra la zona costiera e quella montana.

CONCLUSIONI

L'ipotesi di una origine locale delle successioni tuffitiche dell'Appennino laziale-abruzzese appare avvalorata da dati ed argomentazioni geologici e geochimici.

I primi risiedono, sostanzialmente, nella scarsa verosimiglianza dei fenomeni che sarebbe necessario invocare per giustificare tutte le situazioni osservate, nel caso in cui i materiali vulcanici provenissero, tutti, dagli apparati peritirrenici; i secondi sono rappresentati soprattutto dalle significative differenze fra le caratteristiche del vulcanismo peritirrenico, da un lato, e quelle dei piccoli apparati radicati e delle successioni tuffitiche, dall'altro.

La convergenza tra questi due insiemi di dati ed argomentazioni, fra loro completamente indipendenti e ricavati da campi disciplinari molto diversi, non può che confortare l'ipotesi avanzata.

TESTI CITATI

- ARCULUS R.J. (1987) - *The significans of source versus process in the tectonic controls of magma genesis*. J. Volcan. Geotherm. Res., 32.
- BELL K. (Ed.) (1989) - *Carbonatites, genesis and evolution*. Unwin Hyman, London.
- BERTINI T., BOSI C. & GALADINI F. (1989) - *La conca di Fossa-S. Demetrio dei Vestini*. In "Elementi di tettonica pliocenico-quadernaria ed indizi di sismicità olocenica nell'Appennino laziale-abruzzese". Guida all'escursione della S. G. I., Esa Grafica.
- BIAGI P.F., DELLA MONICA G., FERRINI V. & PICCONE A. (1981) - *Rilievi geomagnetici e geopetrografici nell'area di affioramento della piroclastite di Raiano (Conca Peligna, L'Aquila, Abruzzo)*. Period. Mineral., 50, 257-268.
- BIAGI P.F., FERRINI V., ROSSI A. & SANTEDDU B. (1991) - *Indagini geofisiche e minero-petrografiche preliminari sulla vulcanoclastite di Carapelle Calvisio (L'Aquila, Abruzzo)*. Il Quaternario, 4 (2), 411-418.
- BOSI C. & BERTINI T. (1970) - *La geologia della media valle dell'Aterno*. Mem. Soc. Geol. It., 9.
- BOSI C., CITTADINI A., DE CASA G., MESSINA P. & PALIERI L. (in questo volume) - *Dati preliminari su alcune successioni tuffitiche pleistoceniche dell'appennino abruzzese*.
- BOSI C., LOCARDI E. & VILLA I.M. (1991) - *Il distretto magmatico abruzzese*. Atti Workshop SIMP, Pisa 12-13 Luglio 1991.
- BOSI C. & MESSINA P. (in questo volume) - *Ipotesi di correlazione fra successioni morfo-litostratigrafiche plio-pleistoceniche nell'Appennino laziale-abruzzese*.
- BOSI C., MESSINA P. & SPOSATO A. (1989) - *La depressione del Salto*. In "Elementi di tettonica pliocenico-quadernaria ed indizi di sismicità olocenica nell'Appennino laziale-abruzzese". Guida all'escursione della S. G. I., Esa Grafica. Roma.
- CAMERON K.L. & CAMERON M. (1985) - *Rare earth element, 87Sr/86Sr, and 143Nd/144Nd compositions of Cenozoic orogenic dacites from Baja*.
- CAVINATO G.P. (1991) - *Geological map of the southern area of the Rieti basin (Central Apennines)*. CNR, Roma.
- CUNDARI A. & FERGUSON A.K. (1991) - *Petrogenetic relationships between melilitite and lamproite in the Roman Comagmatic region: the lavas of S. Venanzo and Cupaello*. Contrib. Mineral. Petrol., 107.
- DUDAS F.O. (1991) - *Geochemistry of igneous rocks from the Crazy Mountains, Montana, and tectonic models for the Montana alkalic province*. J. Geoph. Research, 96, n. B8.
- FOLEY S.F. & WHELLER G.E. (1990) - *Parallels in the origin of the geochemical signatures of island arc volcanics and continental potassic igneous rocks*. Chem. Geol., 85.
- FOLLIERI M., MAGRI D., SADORI L. & VILLA I.M. (1991) - *Palinologia e datazione radiometrica 39Ar/40Ar di un sondaggio nella piana del Fucino (Abruzzo)*. Atti Workshop SIMP, 12-13 Luglio 1991.
- FREZZOTTI M. & GIRAUDI C. (1989) - *La conca di Aremogna*. In "Elementi di tettonica pliocenico-quadernaria ed indizi di sismicità olocenica nell'Appennino laziale-abruzzese". Guida all'escursione della S. G. I., Esa Grafica. Roma.
- FREZZOTTI M. & NARCISI B. (1989) - *Identificazione di un andosuolo, possibile livello guida per la cronostatigrafia olocenica dell'Appennino centrale*. Mem. Soc. Geol. It., 42.
- GIRAUDI C. (1988) - *Evoluzione geologica della Piana del Fucino (Abruzzo) negli ultimi 30.000 anni*. Il Quaternario, 1 (2), 131-159.
- GIRAUDI C. (1986) - *Inversione pleistocenica del drenaggio in alta Val Roveto (Abruzzo sud-occidentale)*. Mem. Soc. Geol. It., 35 (1986), 847-853. Roma.
- HAWKESWORTH C.J. & VOLMER R. (1979) - *Crustal contamination versus enriched mantle: 143Nd/144Nd and 87Sr/86Sr evidence from the Italian volcanics*. Contrib. Mineral. Petrol., 69.
- MENZIES M. & MURTHY V.R. (1980) - *Mantle metasomatism as a precursor to the genesis of alkaline magmas - isotopic evidence*. Am. J. Sc., 280/a.

- MICHETTI A.M. (1990) - *Nuovi dati sulle vulcaniti della "Cava dell'Oro" presso Polino (Terni)* - 75° Congr. S. G. I., sezione Poster
- NARCISI B. & SPOSATO A. (1989) - *Elementi di cronologia dell'attività vulcanica*. In "Elementi di tettonica pliocenico-quadernaria ed indizi di sismicità olocenica nell'Appennino laziale-abruzzese". Guida all'escursione della S.G.I., Esa Grafica. Roma.
- PECCERILLO A. & MANETTI P. (1985) - *The potassium alkaline volcanism of central-southern Italy: a review of the data relevant to petrogenesis and geodynamic significance*. Trans. Geol. S. Afr., **88**.
- STOPPA F. (1988) - *L'euremite di Colle Fabbri (Spoleto): un litotipo ad affinità carbonatitica in Italia*. Boll. Soc. Geol. It., **107**.
- STOPPA F. & VILLA I.M. (1991) - *Primi dati cronologici del distretto ultra-alciano umbro-laziale*. Atti Workshop SIMP, Pisa 12-13 Luglio 1991.
- SUN S.S. & HANSON G.N. (1975) - *Origin of ross island basanitoids and limitations upon the heterogeneity of mantle sources for alkali-basalts and nephelinites*. Contrib. Mineral. Petrol., **52**.
- ZARLENGA F. (1990) - *I depositi continentali del Bacino del Fucino (L'Aquila, Italia centrale)*. Geol. Romana, **26**, 223-253.
- WENDLANDT R.F. & HARRISON W.J. (1979) - *Rare earth partitioning between immiscible carbonate and silicate liquids and CO₂ vapour: results and implications for the formations of light rare earth-enriched rocks*. Contrib. Mineral. Petrol., **69**.
- WOOD D.A. (1979) - *A variably veined suboceanic upper mantle. Genetic significants for mid-ocean ridge basalts from geochemical evidence*. Geology, **7**.
- WOOLEY A.R. & KEMPE D.R.C. (1989) - *Carbonatites: nomenclature, average chemical compositions and elements distributions*. In BELL, 1989.

