

**Vulcanologia.** — *L'attività recente del cratere del Lago Albano di Castelgandolfo.* Nota di RENATO FUNICIELLO, GUIDO GIORDANO, DONATELLA DE RITA, MARIA LUISA CARAPEZZA e FRANCO BARBERI, presentata (\*) dal Socio F. Barberi.

ABSTRACT. — *The recent activity of the lake Albano (Castelgandolfo, Italy) maar.* Lake Albano is a complex maar that fed the last phases of Colli Albani volcanic activity. The study of several new stratigraphic sections opened by archeological excavations and civil works has revealed the existence of two previously unknown, primary explosive volcanic deposits, and of several lahar deposits, distributed mainly in the Ciampino plain. Morphological analysis, radiometric dating, the distribution of the early human settlements in the area and the revision of the ancient history and myths of Roma, are coherent in indicating that the activity of lake Albano is much younger than previously believed and extends into Holocene. Until the 4th century B.C. catastrophic exondations have occurred from the lowest rim of the lake, with lahar emplacement on the northern slope. The repetition of these phenomena was prevented by a drain-tunnel dug by the Romans. The overflows were possibly triggered by sudden injections, in the lake bottom, of hot and CO<sub>2</sub>-rich fluids that are certainly present underneath the volcano. The presence of several gas emission sites, the high CO<sub>2</sub> flux in zones corresponding to structural highs of the carbonate basement, the existence of pressurised aquifers also at shallow depth and the reported sudden increase of water temperature and gas release in relation to earthquakes, indicate that a similar hazard persists nowadays.

KEY WORDS: Holocene activity; Lahar; Lake Albano maar; Gas emissions.

RIASSUNTO. — Il Lago Albano è una depressione craterica complessa, che ha alimentato le ultime fasi di attività eruttiva del vulcano dei Colli Albani. Lo studio di numerose nuove sezioni stratigrafiche aperte da scavi archeologici e per lavori stradali ha messo in evidenza l'esistenza di due depositi vulcanici primari, entrambi esplosivi, mai prima riconosciuti e di vari depositi da colate di fango, distribuiti prevalentemente nella Piana di Ciampino. Le analisi morfologiche, le datazioni radiometriche, la distribuzione dei primi insediamenti umani nell'area e la revisione della storia antica e dei miti di Roma concordano nell'indicare che l'attività del cratere del Lago Albano è molto più recente di quanto ritenuto, estendendosi all'Olocene. Fino a circa il IV secolo a.C. si sono verificati fenomeni catastrofici di esondazione del lago, con fuoriuscita delle acque dalla soglia più bassa del bordo craterico prospiciente la piana di Ciampino, poi prevenuti dai Romani con l'escavazione di un tunnel di drenaggio. Questi fenomeni potrebbero essere stati provocati dall'improvvisa iniezione sul fondo del lago di fluidi caldi ricchi di CO<sub>2</sub>, sicuramente presenti nel sottosuolo del vulcano. Le numerose manifestazioni di gas della zona, l'alto flusso di CO<sub>2</sub> in corrispondenza di alti strutturali del basamento carbonatico, l'evidenza di acquiferi pressurizzati anche a debole profondità, l'improvviso aumento del rilascio del gas e della temperatura delle acque, in occasione di eventi sismici, indicano che un simile pericolo esiste anche ai giorni nostri.

#### INTRODUZIONE

Nell'area dei Colli Albani, un vulcano quaternario appena a sud di Roma, l'esistenza di zone a forte emanazione di gas (prevalentemente CO<sub>2</sub> con minore H<sub>2</sub>S) è nota da tempo (Giggenbach *et al.*, 1988; Quattrocchi *et al.*, 2001; Chiodini e Frondini, 2001; Carapezza *et al.*, 2002a). Di recente analoghi fenomeni sono stati osser-

(\*) Nella seduta del 25 giugno 2002.

vati anche in zone di intensa urbanizzazione che non risultavano in precedenza sedi di emanazione gassosa. Infatti nell'anno 2000 alcuni residenti dell'area di Ciampino, situata a sud est di Roma sul fianco dei Colli Albani, si rivolsero alla Protezione Civile perché scavi connessi alle costruzioni avevano prodotto intense emissioni di CO<sub>2</sub> (ed H<sub>2</sub>S). Apparve subito chiaro che queste emissioni erano dovute alla rimozione di uno strato superficiale di sedimenti fini impermeabili, che consentiva l'emissione superficiale del gas che risale da fratture profonde. Ai fini della mitigazione del rischio divenne così importante identificare e mappare questi sedimenti fini, individuare le zone di emissione gassosa e stimarne il flusso, caratterizzare le condizioni idrogeologiche dell'area. Tutto questo si è tradotto in un progetto di ricerca approvato dal Gruppo Nazionale per la Vulcanologia dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, che è andato ad integrare i rilevamenti geologici che il Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università di Roma Tre andava conducendo nell'ambito del progetto del Servizio Geologico Nazionale (1961), per la realizzazione della nuova Carta Geologica d'Italia.

Questo progetto ci ha offerto l'opportunità di studiare in dettaglio la stratigrafia recente dell'area: ciò ha portato a nuove importanti scoperte sull'attività recente del cratere del Lago Albano che hanno rilevanti implicazioni sul rischio geologico della Campagna Romana e possono contribuire ad una rilettura della storia degli insediamenti umani in quest'area.

#### L'ATTIVITÀ PIÙ RECENTE DEI COLLI ALBANI: IL MAAR DI ALBANO

##### *Cenni storici ed inquadramento.*

Il vulcano dei Colli Albani (fig. 1) appartiene alla provincia vulcanica potassica romana che si estende nella fascia di retroarco tirrenica e che si evolve con una certa continuità a partire da circa 700.000 anni sino ad oggi, dalla Toscana meridionale alla Campania (Fornaseri, 1985). Si tratta di un vulcano prevalentemente esplosivo la cui attività è stata suddivisa in tre epoche, caratterizzate da un decremento esponenziale del volume dei prodotti emessi (De Rita *et al.*, 1995a) (fig. 2).

I prodotti delle eruzioni più recenti dei Colli Albani sono stati oggetto di vivace dibattito sia per motivi legati alla loro interpretazione genetica e vulcanologica, sia per la loro collocazione temporale, che ha ovvie implicazioni sullo stato, estinto o quiescente, del vulcano (De Rita *et al.*, 1995b). Civitelli *et al.* (1975) avevano attribuito tali prodotti al deposito di *surges* freatomagmatici tipici delle eruzioni tardive dei vulcani del Lazio in generale e dei Colli Albani in particolare. Recenti lavori (Giordano *et al.*, 2002a, b) hanno precisato i meccanismi eruttivi e di messa in posto dei depositi più recenti attribuiti al cratere di Albano. Gli elementi fondamentali per la genesi ed i meccanismi di messa in posto di tali eruzioni sono stati individuati nei limitati volumi dei magmi coinvolti, nella presenza di acquiferi in serbatoi carsici o in orizzonti fratturati nei calcari mesozoici sottostanti il vulcano e negli effetti della tettonica estensionale. Le eruzioni freatomagmatiche, dovute all'interazione esplosiva tra magma ed acqua esterna,

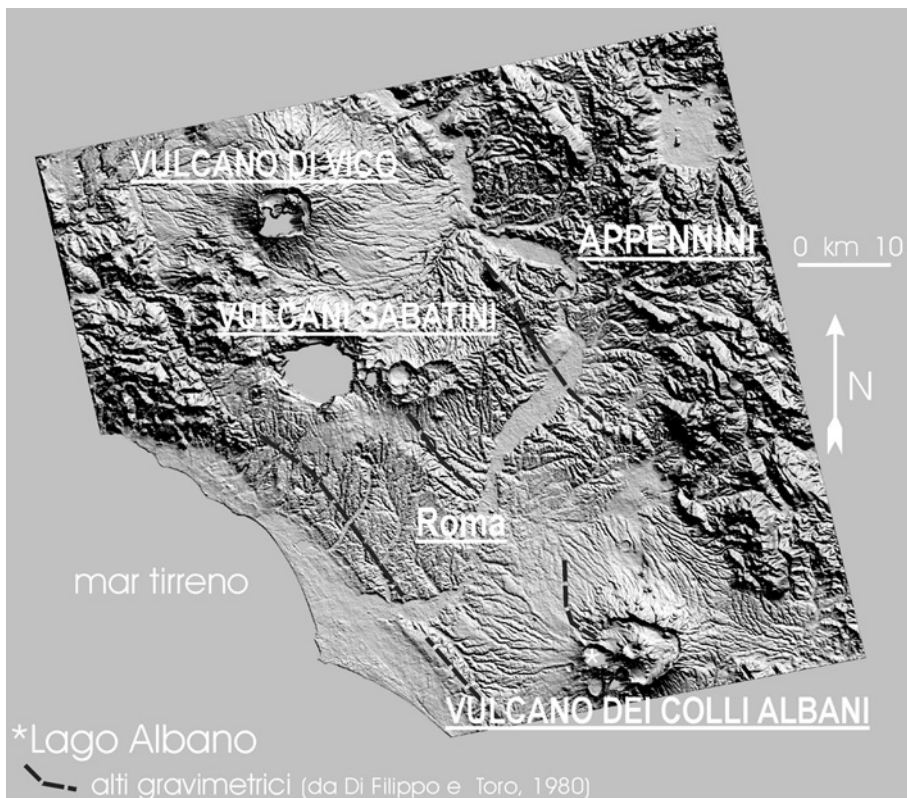


Fig. 1. – Modello digitale del terreno dell'area laziale, con ubicazione dei principali centri vulcanici quaternari e del Lago Albano rispetto alla città di Roma.

caratterizzano la fase più recente dell'attività eruttiva di tutti i distretti alcalino-potassici del Lazio. Nei Colli Albani tale fase è nota come «Epoca Idromagmatica» (De Rita *et al.*, 1988, 1995a) ed è usualmente considerata estendersi tra i 260.000 anni del cratere di Castiglione a sud di Tivoli (fig. 2) e l'eruzione dell'unità nota come Peperino Albano (o di Marino), datata con vari metodi tra  $\sim 50$  ka e 19 ka (Voltaggio e Barbieri, 1995).

Il cratere di Albano è un centro freatomagmatico poligenetico, costituito da crateri coalescenti disposti a formare un'ellisse con 3,5 km di diametro massimo, allungata in direzione NW-SE ed oggi occupato dal Lago Albano di Castelgandolfo, che, con i suoi 175 m, è il lago craterico più profondo d'Italia (fig. 3). Fino ad oggi sono state descritte e mappate cinque unità freatomagmatiche che affiorano all'interno del bordo craterico e sono separate da paleosuoli di varia entità (De Rita *et al.*, 1987, 1988), a testimonianza di un'attività persistente nel tempo, non usuale per centri freatomagmatici di questa natura. Con l'eruzione del Peperino Albano è stata generalmente fatta coincidere la fine dell'attività del centro di Albano e dei Colli Albani in generale.

Nel tempo alcune pubblicazioni hanno riportato datazioni di prodotti albanici a tempi anche molto recenti, ad esempio i 7.000 anni proposti da Andretta e Voltaggio (1988).

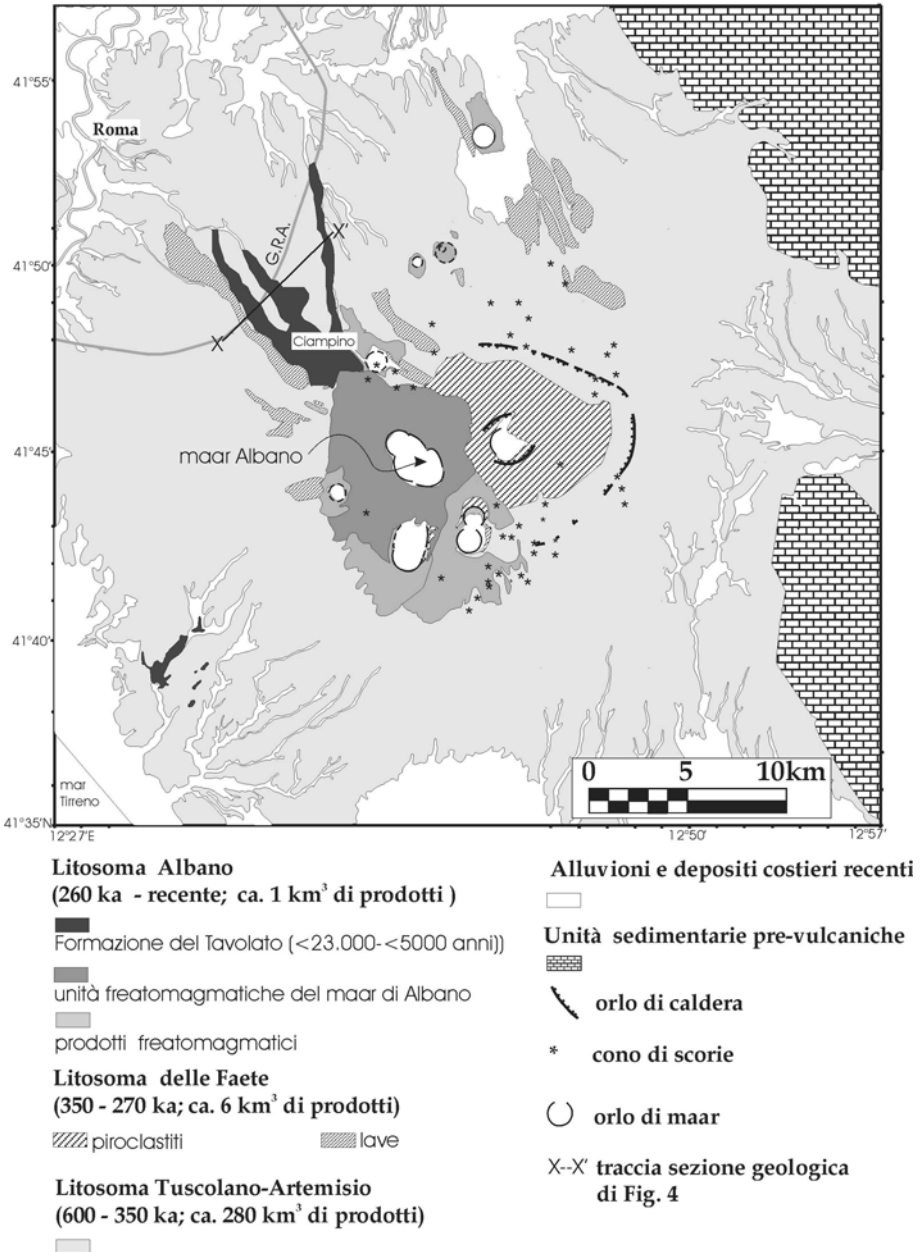
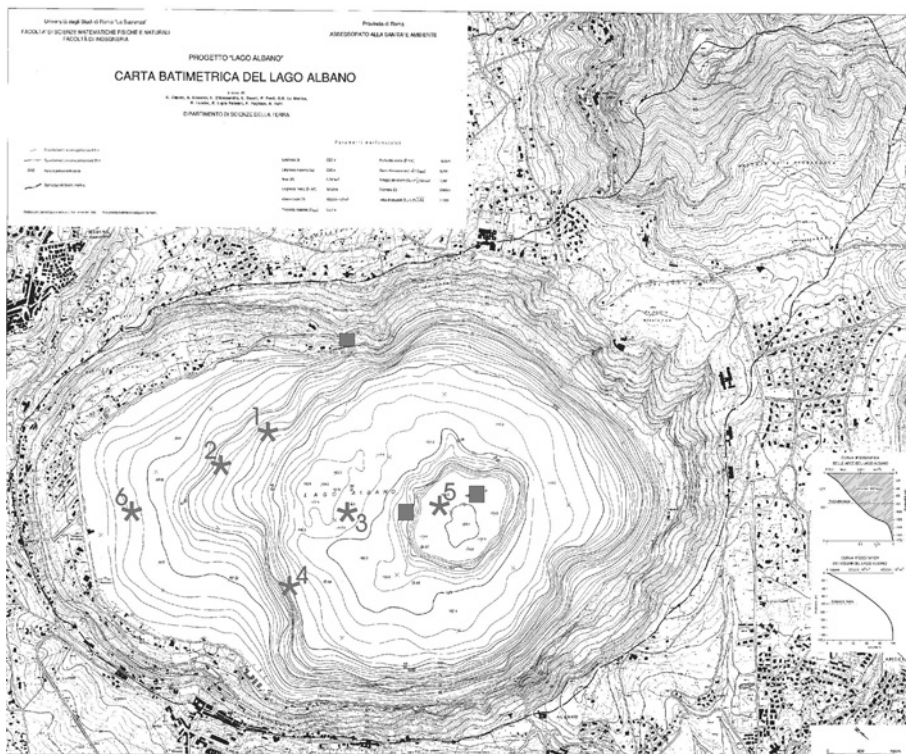


Fig. 2. – Carta geologica del vulcano dei Colli Albani. Da notare la distribuzione della Formazione del Tavolato che comprende i prodotti più recenti dal centro di Albano.

Tuttavia questi lavori non hanno mai chiarito quali fossero con certezza i livelli stratigrafici indagati, di fatto inficiando la validità del dato proposto, che non è mai stato acquisito dalla comunità scientifica.



- punti emissione CO<sub>2</sub>  
 \* sondaggi PALICLAS (da Guillizzoni e Oldfield, 1996)

Fig. 3. – Carta batimetrica del Lago Albano (da Caputo *et al.*, 1987) con ubicazione dei principali punti di emissione di anidride carbonica subaerei e subacquei, e dei sondaggi del progetto PALICLAS discussi nel testo.

Molti studiosi, nel XVIII secolo, attratti dalle caratteristiche straordinarie del paesaggio della Campagna Romana annotarono osservazioni che oggi, alla luce dei nuovi studi, si rivelano di grande interesse scientifico. La prima citazione dei bacini di Albano e di Nemi come crateri esplosivi è del 1758, in una conferenza di Leopoldo Gmelin, presso l'Accademia dei Lincei, pubblicata solo nel 1814. Più strettamente pertinenti al tema di questa *Nota* sono le osservazioni di Brocchi (1820) che nella sua memoria sullo stato fisico del suolo di Roma riconosce e definisce l'unità del «Conglomerato del Tavolato». L'individuazione di tale unità come deposito protostorico connesso alla fase conclusiva di attività dei Colli Albani è di Ponzi (1875). Struver (1876) riconosce nel Conglomerato del Tavolato dei grossi blocchi di una lava ad hauyna successivamente studiati da Washington (1920). Ponzi, successivamente (1882, 1885), descrive con estremo dettaglio le sezioni dei depositi del Tavolato (realizzate dal suo assistente Meli), ne definisce i caratteri geologici e stratigrafici principali e fornisce i dati storici utili per la loro interpretazione. Egli propone una correlazione con alcuni depositi affioranti nell'area a

valle del punto in cui il bordo craterico di Albano è più basso. Ponzi riconosce quindi l'esistenza di fenomeni esondativi correlati con la fase di chiusura dell'attività vulcanica. Egli fa notare la natura vulcanica dei componenti del Conglomerato del Tavolato e riconosce come deposito vulcanico primario un banco di peperino ritrovato lungo il bordo del cratere di Albano, in località Pascolare di Castello, recentemente da noi riconosciuto anche nelle nuove sezioni del Tavolato e cioè nella Piana.

Tra gli Autori di fine '800 è da ricordare anche il lavoro di Portis (1893) nel quale vengono descritte con dovizia di particolari le varie unità che compongono il complesso insieme dei conglomerati del Tavolato, e vengono forniti dati inediti che ne definiscono i limiti areali. Di minore pregio appaiono le considerazioni stratigrafiche di questo Autore, francamente errate, e le interpretazioni genetiche che risentono di un'inaccettabile impostazione riferita ad un modello «nettunista», la cui discussione infiammava il dibattito geologico di quei tempi.

Alcune indicazioni pervengono anche da studi archeologici (Lanciani, 1981: cap. II, p. 39) che hanno segnalato la presenza di manufatti del Bronzo medio sepolti da depositi vulcanici simili a quelli del Peperino Albano ma indubbiamente più recenti. Tali segnalazioni sono rimaste prive di attenzione da parte degli studiosi almeno per 100 anni, sino a quando l'attività di scavo archeologico all'interno dell'area universitaria di Tor Vergata, i nuovi lavori stradali per lo scavalco dell'Appia Antica da parte del Gran Raccordo Anulare (G.R.A.) e l'apertura dei grandi cantieri archeologici di Via Lucrezia Romana, Gregna Santandrea, Romanina, Tor Vergata, Centro Commerciale Ikea, hanno messo in luce la successione stratigrafica delle unità recenti, le loro connessioni con i livelli di interesse archeologico e la loro distribuzione spaziale mai finora osservabile a causa degli scarsissimi affioramenti disponibili. Le prime ricostruzioni indicano che l'estensione dei depositi recenti segue i limiti, morfologicamente evidenti, di una coltre a superficie planare che, dal limite settentrionale del Lago Albano, si estende verso la piana di Ciampino (figg. 2, 4). L'insieme dei nuovi dati stratigrafici consente di affermare che si tratta di un complesso vulcano-sedimentario costituito da almeno quattro unità distinte, deposte dopo l'eruzione del Peperino di Albano con caratteri che ne fanno ascrivere l'origine sia a meccanismi sedimentari di flusso concentrato sia a vere e proprie eruzioni vulcaniche (Funicello *et al.*, 2002).

*Stratigrafia e facies dei depositi più recenti di 23.000 anni: i tagli del Grande Raccordo Anulare (G.R.A.).*

I prodotti dell'attività freatomagmatica del Lago Albano sono distribuiti in maniera radiale fino a circa 3 km dal cratere ad eccezione dell'unità, finora considerata finale, del Peperino Albano che arriva, quando incanalata lungo paleovalli, fino a circa 10 km dal punto di emissione (Giordano *et al.*, 2002a) (fig. 2). Le zone più distali che raccordano il maar di Albano alle piane circostanti sono invece ricoperte da coltri vulcanoclastiche generate dalla rideposizione del materiale freatomagmatico con meccanismi di colate di fango o lahar (dati inediti, progetto CARG, Fogli 1:50000 n. 374 Roma e n. 387 Albano della Carta Geologica d'Italia).

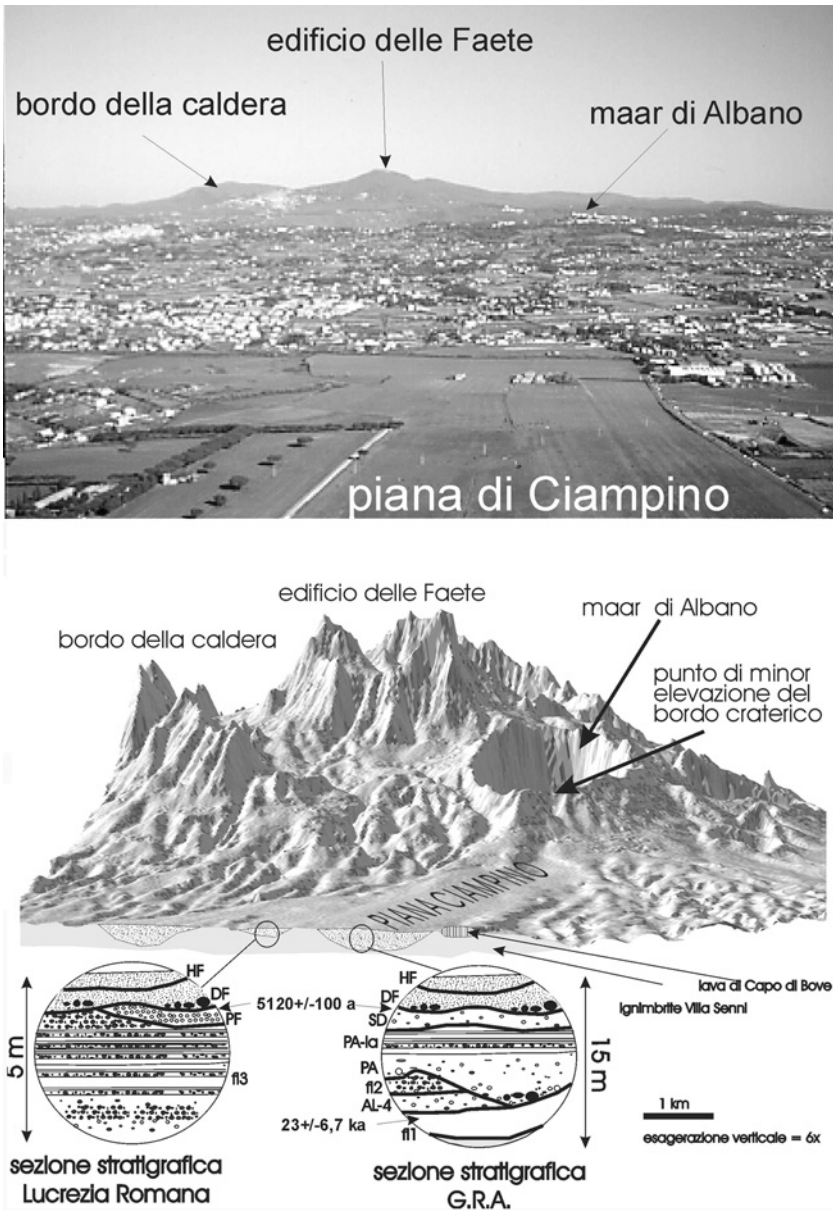


Fig. 4. – In alto: foto da elicottero del vulcano dei Colli Albani, con vista verso sud. In basso: modello digitale del terreno del Complesso vulcanico dei Colli Albani. La sezione geologica (la traccia è indicata in fig. 2) illustra le unità stratigrafiche che compongono la Formazione del Tavolato e la posizione dei livelli datati. Legenda: fl1, fl2, fl3 = depositi fluviali e fluvio-lacustri; AL-4 = depositi di surge relativi alla quarta unità freatomagmatica di Albano; PA = Peperino di Albano; PA-la = lahar sineruttivi relativi al Peperino di Albano; SD = depositi di surge freatomagmatico; PF = depositi di pomice da ricaduta; DF = deposito da lahar in facies *debris-flow*; HF = deposito da lahar in facies da flusso iperconcentrato.

Una sezione rappresentativa della loro stratigrafia è esposta lungo l'anello autostradale G.R.A., all'uscita orientale del nuovo tunnel sotto l'Appia Antica, in cui appaiono interstratificati terreni vulcano-sedimentari, lahar e prodotti esplosivi freatomagmatici, quasi tutti più recenti dell'unità del Peperino Albano e non correlabili ad altri depositi vulcanici noti (fig. 4). L'intera successione è deposta in una paleovalle, ed ha di fatto colmato l'intera area posta a oriente della Appia Antica e della colata di lava di Capo di Bove. I depositi sono in diretto contatto con l'unità ignimbratica nota come tufo di Villa Senni che copre gran parte della Campagna Romana, e che fu eruttata dall'apparato centrale dei Colli Albani circa 350.000 anni fa (Bernardi *et al.*, 1982), causando lo sprofondamento calderico della zona sommitale del vulcano, tra il Tuscolo ed il Monte Artemisio (cinta Tuscolano-Artemisia, De Rita *et al.*, 1988).

La sezione stratigrafica (fig. 4) è costituita dalle seguenti unità sovrapposte dalla base al tetto:

1) *Unità fl1*. Alternanze di livelli siltosi, argillosi e calcarei con spessore massimo di 2,5 m depositati in ambiente fluvio-palustre. Un livello carbonatico è stato datato con il metodo dell'Uranio/Torio ed ha fornito un'età di  $23 \pm 6,7$  ka che fornisce un limite per i depositi sovrastanti (Soligo *et al.*, 2002).

2) *Unità AL-4*. Deposito piroclastico stratificato grigio, fortemente zeolitizzato, con abbondanti cristalli di clinopirosseno, flogopite e leucite analcimizzata, correlabile con la quarta unità freatomagmatica di Albano di De Rita *et al.* (1988). Spessore complessivo di circa 50 cm.

3) *Unità fl2*. Deposito vulcanoclastico di sabbie e conglomerati, prevalentemente vulcanici caratterizzato da laminazione incrociata e deposto in ambiente fluviale. Spessore complessivamente non superiore a 2 m.

4) *Unità PA*, Peperino Albano. Deposito vulcanico massivo molto eterometrico, grigio con matrice prevalente, ricco di elementi vulcanici a spigoli vivi, frammenti di calcare ricristallizzato, frammenti di litici cristallini a leucite e clinopirosseno, frammenti di skarn a granato, flogopite e pirosseno, bombe vulcaniche, cristalli di leucite, clinopirosseno, granato melanitico, feldspatoidi alterati in analcime, flogopite, rari cristalli di olivina e magnetite. Il deposito presenta una gradazione normale con un maggior contenuto in clasti di dimensioni sino ad alcuni decimetri verso il basso. Il deposito ha uno spessore complessivo di 3 m. Questa unità poggia sulla superficie erosiva di un canale intagliato nelle sottostanti unità, i cui livelli carbonatici hanno dato l'età di circa 23 ka. I caratteri petrografici e sedimentologici, e la datazione indicano che si tratta dell'affioramento più distale noto del Peperino di Albano.

5) *Unità PA-la*. Deposito conglomeratico-sabbioso, da matrice- a clasto-sostenuto, ad elementi vulcanici arrotondati, con alternanze di livelli massivi e stratificati, con strutture di deposizione da pianoparallele ad incrociate, di spessore complessivo di 6,5 m. Le caratteristiche petrografiche, sedimentologiche e la giacitura complessiva indicano che tale deposito è penecontemporaneo al sottostante Peperino (sin-eruttivo *sensu* Smith, 1991) e si è probabilmente originato per il rapido smantellamento del Peperino stesso.



6) *Unità SD*. Deposito piroclastico in parte massivo in parte laminato, grigio, con spessore di circa 30 cm, con litici olocristallini e carbonatici, frammenti di cristalli di clinopirosseno, granato e leucite, fortemente zeolitizzato, molto eterometrico, con litici e cristalli a spigoli vivi, e caratteri generali di deposizione primaria. I caratteri giacitureali, deposizionali e paleomagnetici (M. Porreca e M. Mattei, dati inediti, Dipartimento di Scienze Geologiche, Università di Roma Tre) consentono di considerarlo il prodotto freatomagmatico più recente della successione del G.R.A. A questa unità è sovrapposto un deposito sabbioso-conglomeratico con scarsa matrice che costituisce la facies di smantellamento penecontemporanea alla messa in posto dell'unità freatomagmatica esplosiva.

7) *Unità DF*. Deposito vulcanoclastico mal classato, in facies di *debris-flow* (Scott *et al.*, 1985), con il consueto assortimento di minerali vulcanici e frammenti di rocce vulcaniche arrotondati da processi di trasporto in un mezzo fluido (fig. 5, in alto a sinistra). Presenta gradazione normale ed uno spessore di 1,3 m. È sovrapposto ad un paleosuolo e contiene alla base un livello a pomici biancastre con diametro compreso tra 0,8 e 0,4 cm, con cristalli di feldspati, leucite analcimizzata e clinopirosseno, strappate da un livello di pomici discontinuo riconosciuto *in situ* in altri affioramenti dell'area (*Unità PF* in fig. 5, in basso a sinistra, presso il bowling di Ciampino; *PF* è noto inoltre nel sito di Via Lucrezia Romana, fig. 5, in alto a destra) al di sotto del *debris-flow* con spessore complessivo di circa 10 cm ed interpretabile come un deposito da ricaduta, la cui origine non è nota. Le analisi preliminari del rapporto  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  indicherebbero una provenienza albana (M. Barbieri, dati inediti, Dipartimento Scienze della Terra, Università di Roma «La Sapienza»). Si tratterebbe, quindi, dell'ultimo evento magmatico esplosivo del vulcano, mai descritto prima d'ora. Sul paleosuolo alla base del deposito di *debris-flow* *DF* sono state effettuate due datazioni radiometriche con il metodo del radiocarbonio in due località differenti (fig. 5 in alto a sinistra e al centro a destra) che hanno fornito età perfettamente confrontabili e dunque attendibili, rispettivamente di  $5090 \pm 100$  anni e di  $5150 \pm 70$  anni (M. Paterne, Laboratoire des Faibles Radioactivités, Gif sur Yvette).

8) *Unità HF*. Deposito massivo, classato, composto di sabbia vulcanica, con abbondanti cristalli poco arrotondati di leucite analcimizzata, flogopite e clinopirosseni. Il deposito si sovrappone ad un paleosuolo poco evoluto e presenta alla base pochi centimetri di cenere grigia a laminazione diffusa, con impronte di piante erbacee. Lo spessore di tale deposito non supera il metro e la parte superiore appare poco modificata rispetto alla morfologia originale. La morfologia, le facies petrografica e sedimentologica suggeriscono un meccanismo di deposito da flusso iperconcentrato.

La geometria generale dell'intera successione si presenta lenticolare in sezione e risulta costituita da varie unità deposizionali che riempiono progressivamente la paleovalle scavata tra la colata di lava di Capo di Bove a ovest e la futura zona di Ciampino ad est, conferendo all'area l'attuale aspetto planare (fig. 4). Le varie unità di lahar e i piccoli flussi piroclastici hanno comunque avuto l'energia per raggiungere aree che distano oltre 10 km dal punto di emissione, come si evince dalle sezioni poste alcuni chilometri più a nord, in località Quarto Miglio, descritte da Ponzi (1875, 1885) e da Portis (1893).

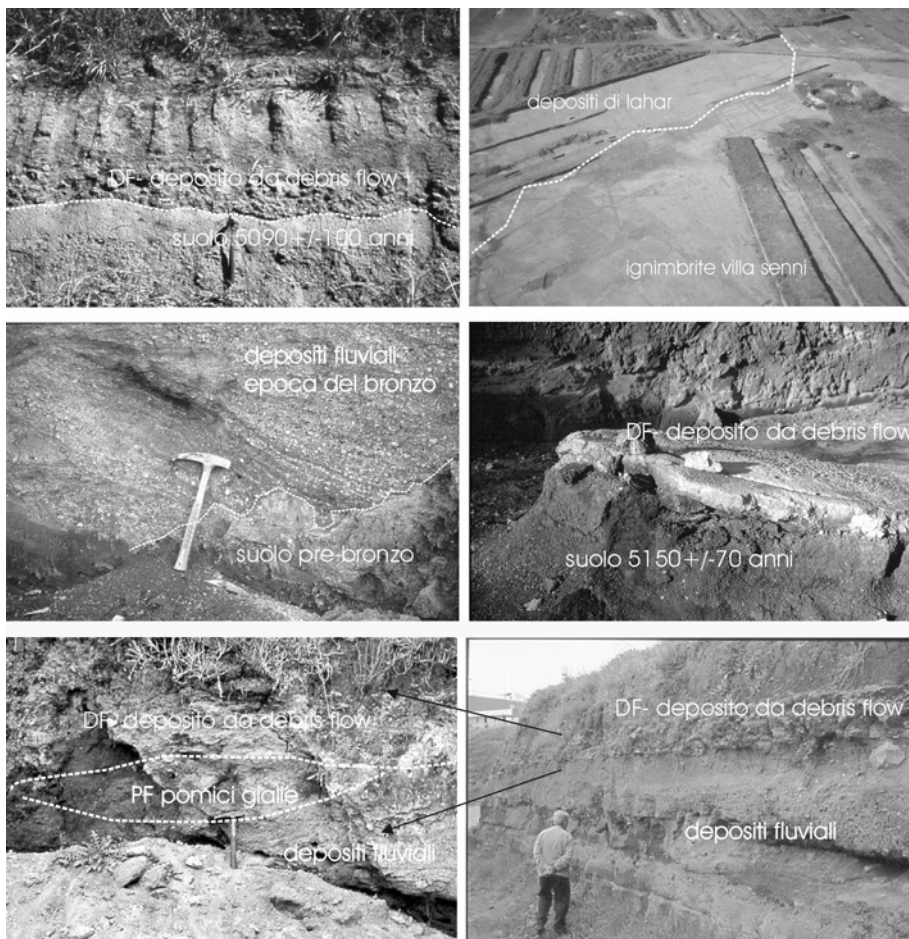


Fig. 5. – In alto a sinistra: particolare del deposito da lahar in facies *debris-flow* DF e del sottostante suolo datato, nella sezione del G.R.A. In alto a destra: foto aerea dei cantieri di Via Lucrezia Romana (auto in sosta sulla destra per scala). Al centro a sinistra: sito di Via Lucrezia Romana, dove ghiaie e sabbie vulcanoclastiche in facies fluviale si sovrappongono al suolo sviluppato al tetto dei lahar HF e DF. Al centro a destra: sito di Via Lucrezia Romana, particolare del deposito da *debris-flow* DF e del sottostante suolo datato. In basso: sezione stratigrafica del bowling di Ciampino, dove sono esposte le pomici da ricaduta immediatamente sottostanti il deposito di lahar in facies *debris-flow* DF.

La scarsità degli affioramenti ha costituito fino ad ora un limite per determinare l'estensione ed i caratteri dei depositi prodotti dall'attività più recente del cratere di Albano. Il rilevamento di dettaglio dell'area, oggi possibile grazie agli scavi connessi alle estese opere di costruzione, ha permesso di stabilire che le ultime due unità di lahar hanno coperto, seppur con forti variazioni laterali, l'intera piana di Ciampino-Capannelle. L'espansione areale dei lahar fu probabilmente facilitata dall'assenza di un significativo reticolo fluviale che era stato già colmato dalla messa in posto delle sottostanti unità freatomagmatiche e vulcano-sedimentarie.

Il dato più significativo ricavato dall'analisi di questa sezione è l'esistenza di almeno due depositi di origine esplosiva più recenti del Peperino Albano. Le due unità sono separate tra loro da paleosuoli che, per quanto poco sviluppati, indicano età significativamente più recenti dei 23.000 anni determinati sul livello carbonatico al disotto del Peperino. Ancor più recenti sono i depositi da lahar che colmano la paleovalle e spianano definitivamente l'area. La datazione a circa 5000 anni del paleosuolo sottostante l'Unità DF permette di affermare che la successione del G.R.A. entra nell'Olocene.

#### *Caratteri geomorfologici della piana di Ciampino-Capannelle.*

La geometria della sezione del G.R.A. offre una straordinaria chiave interpretativa per l'origine della piana di Ciampino-Capannelle, un'unità geomorfologica di non facile interpretazione.

L'estensione della piana, nel modello digitale del terreno tratto dai dati topografici dell'IGM alla scala 1:10.000 e cortesemente messi a disposizione dall'ESRIN di Frascati, mostra continuità morfologica dal margine settentrionale del cratere del Lago Albano, ovvero in corrispondenza della sua parte più depressa (fig. 6, in basso), verso nord dove si apre una vasta area piatta a forma trapezoidale ampia almeno 30 km<sup>2</sup>, e limitata, ad ovest, dal blando rilievo ad andamento NW-SE della colata di lava di Capo di Bove, e ad oriente dal Fosso del Giardino dell'Incastro (fig. 7).

L'area è caratterizzata dal contrasto morfologico più basso dell'intera Campagna Romana, ed il reticolo fluviale appare, a differenza delle aree circostanti, appena accennato. Queste caratteristiche sono tipiche delle aree in subsidenza o ad alto tasso di sedimentazione. L'area tuttavia non rappresenta affatto rispetto alle aree limitrofe una particolare zona di basso, né vi sono motivi strutturali che ne possano determinare la subsidenza; anzi la piana è situata in corrispondenza di un alto gravimetrico corrispondente ad un alto strutturale del substrato carbonatico profondo (Di Filippo e Toro, 1980).

La sezione del G.R.A. mostra inequivocabilmente che è l'alto tasso di sedimentazione la corretta chiave interpretativa, laddove la rapida deposizione di varie unità vulcaniche e vulcano-sedimentarie nel corso degli ultimi 23.000 anni ha progressivamente suturato un paleopaesaggio la cui articolazione in valli e rilievi è tutt'oggi perfettamente visibile in tutte le circostanti aree, che non hanno ricevuto analoga sedimentazione. Una morfologia simile a quella della piana di Ciampino si osserva nel settore sud-occidentale dei Colli Albani che si estende dal cratere di Giuturna verso Ardea e dove si trovano depositi in parte sincroni a quelli della formazione del Tavolato (Giordano *et al.*, 2002b; figg. 2, 7).

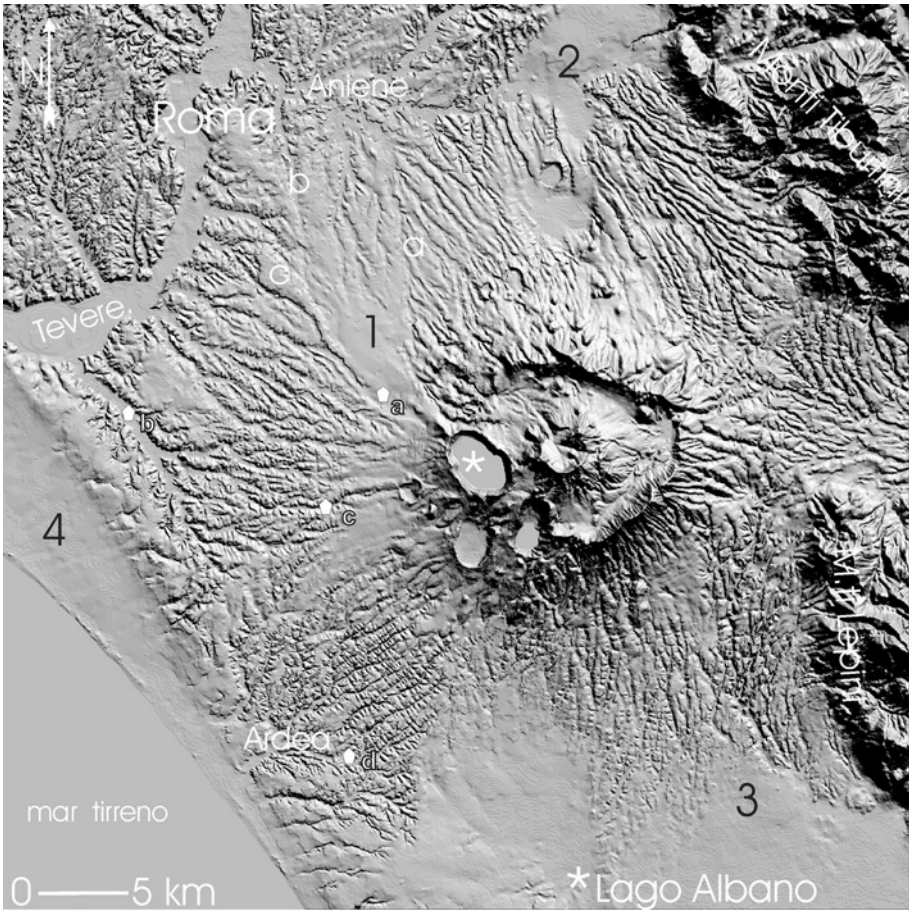
Il reticolo fluviale odierno è stato principalmente scavato durante gli intervalli climatici freddi (periodi pluviali; Ambrosetti e Bonadonna, 1967), ed in particolare nell'ultimo glaciale, il Würm, tra 60.000 e 20.000 anni fa, in corrispondenza del quale si è avuto un abbassamento del livello del mare di oltre 120 m ed un incremento dei fenomeni erosivi lineari. L'erosione ha indotto, tra l'altro, processi di inversione topografica per cui le lave, notoriamente resistenti all'erosione, eruttate dal vulcano dei Colli Albani nell'epoca delle Faete (350.000-270.000 anni fa) come la lava di Capo di Bove, costituiscono oggi dei rilievi.



Fig. 6. – In alto: foto aerea del Lago Albano con localizzazione dei siti del Bronzo medio e del Bronzo recente e probabile livello del lago raggiunto durante quest'ultima epoca (vedi testo). In basso: vista del lago verso la piana di Ciampino, in corrispondenza del punto più basso del bordo craterico.

Le osservazioni geomorfologiche hanno permesso di raggiungere le seguenti conclusioni:

- La prima è la conferma indiretta dell'età estremamente recente dei depositi che non hanno, infatti, ancora subito processi di re-incisione. Quest'area, non a caso nota come «Il Tavolato», il cui livello di base è rappresentato dal Tevere a Roma, contrasta con le altre zone, ad esempio intorno ad Ardea, dove i depositi, che avevano riempito le valli würmiane, sono invece stati incisi durante l'Olocene, conferendo all'area caratteristiche di reticolo «giovanile», a volte interpretato impropriamente come evidenza di sollevamento.



- 1 - Piana di Ciampino (a - Fosso Giardino dell'Incastro;  
b - Fosso Acqua Bullicante; c - lava di Capo di Bove)
- 2 - Piana Castiglione-Bagni di Tivoli
- 3 - Piana Pontina
- 4 - delta del Tevere
- ⬠ punti di emissione di gas (a: Cava dei Selci; b: Trigoria; c: Zolforata; d) Acqua Solfata)

Fig. 7. – Modello Digitale del Terreno dell'area del vulcano dei Colli Albani, dove si può apprezzare l'estensione della piana di Ciampino e la sua connessione con il maar del Lago Albano di Castelgandolfo (cortesia della ESRIN). Sono indicati i siti delle principali manifestazioni di gas.

• La seconda è che esiste una chiara connessione tra i depositi più recenti vulcano-sedimentari della piana di Ciampino-Capannelle ed il Lago Albano, che rappresenta, dove il suo bordo craterico ha la minore quota (fig. 6 in basso), l'alto bacino idrografico della piana. Non si può infatti altrimenti giustificare il fatto che i depositi di lahar abbiano riempito solo le depressioni a oriente della colata di Capo di Bove. Questo

dato è di estremo interesse in relazione al problema dell'origine degli eventi idrologici che hanno portato alla messa in posto dei lahars. Due sono infatti i fattori necessari per la formazioni di lahar: una ingente quantità di materiale vulcanoclastico sciolto e una ingente quantità di acqua. L'acqua sembra dunque dover provenire dal lago per fuoriuscita dal suo bordo più basso, altrimenti non si spiegherebbe la natura unidirezionale dei lahar. Ciò inoltre apre un'importante questione circa le cause di tale fenomeno, che si riflettono anche sulla natura del sedimento vulcanico trasportato dai lahar, in quanto lungo i fianchi del maar sono esposti depositi freatomagmatici che presentano invariabilmente estesi fenomeni di zeolitizzazione che li rendono compatti e litoidi, tanto da rendere difficile la loro estesa rimobilizzazione. Resta dunque da indagare, con attenzione e con analisi sistematiche *ad hoc*, la natura dei depositi da lahar, per accertare se essi rappresentino la rimobilizzazione di sedimenti sciolti lacustri presi in carico durante il fenomeno esondativo, o addirittura testimonino ulteriori fenomeni esplosivi.

### *Caratteristiche del Lago Albano di Castelgandolfo.*

Le evidenze stratigrafiche e geomorfologiche e le nuove datazioni radiometriche indicano che i depositi della piana di Ciampino-Capannelle si sono messi in posto tra circa 23.000 e meno di 5.000 anni fa. I depositi vulcanici e quelli vulcano-sedimentari appaiono connessi all'attività del cratere di Albano. È dunque probabile che, nei depositi lacustri del lago, vi siano tracce relative sia agli eventi esplosivi sia ai fenomeni, probabilmente di natura catastrofica, che hanno generato i lahar.

Il Lago Albano è caratterizzato da un profilo batimetrico unico nel suo genere, con una «piattaforma» che degrada da nord-ovest verso sud-est dapprima più o meno uniformemente fino ad un ripiano posto a circa -100 m e poi bruscamente fino al fondo di un cono rovescio dove la profondità massima è 175 m (fig. 3). Questa forma, già indicata come peculiare da Martini *et al.* (1994), è molto «fresca» ed indica come almeno la parte più profonda del cratere sia recente e con sedimentazione scarsa. Il fondo del lago, ed anche le sue sponde, è sede di manifestazioni ad anidride carbonica (fig. 3) con emergenze diffuse rilevate durante una campagna con il batiscafo Forel II di Jacques Picard (Caputo *et al.*, 1986).

Recentemente sono stati pubblicati i risultati del progetto di ricerca internazionale PALICLAS, dedicato allo studio delle variazioni climatiche recenti (Guilizzoni e Oldfield, 1996), che in parte chiarisce alcune tematiche importanti circa la dinamica del lago durante l'Olocene, ed in parte apre quesiti circa la cronologia degli eventi. Il progetto ha realizzato e studiato una serie di carotaggi nei laghi vulcanici dei Colli Albani (Albano e Nemi) ed una serie di sondaggi nella parte centrale del mar Adriatico. I sondaggi eseguiti nel Lago Albano sono sei e vanno da una batimetria -30 m sino a -170 m nella parte più depressa del bacino lacustre. Di essi solo tre sono stati analizzati: il 6A, 1E e 3B (fig. 3) carotati rispettivamente a partire da -30 m, -70 m e -120 m dal livello del lago.

Il primo importante dato è che le carote presentano stratigrafie di difficile correlazione. Nel sondaggio 6A, il meno profondo e ubicato a circa 200 m dalla linea di riva

nordoccidentale, la colonna stratigrafica contiene sedimenti depositi apparentemente tra circa 25 ka e 15 ka datati con il radiocarbonio e nessun sedimento più recente. Una datazione  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  di cristalli di leucite alla base della carota ha dato un'età di  $45 \pm 3$  ka (Villa *et al.*, 1999). Il sondaggio 1E presenta uno spessore di quasi 6 m di depositi olocenici nei quali vi è uno hiatus di sedimenti tra 7,5 e 4,1 ka (Calanchi *et al.*, 1996) confermato da dati magnetici, pollinici e microfloristici (diatomee), in corrispondenza del quale, peraltro, gli spettri pollinici mostrano la fine dello *Stefanodiscus hantzschii* a 7,5 ka ed invece l'esplosione della Clorofilla, dei Carotenoidi, di *Cyclotella ocellata*, di *Olea* e *Castanea* dopo 4,1 ka. Ciò indica che l'attività umana antica è bassa o nulla sino al Mesolitico (Ryves *et al.*, 1996) e che l'attività agricola nelle aree circostanti il lago avviene solo a partire dall'età del Bronzo (Manca *et al.*, 1996; Lowe *et al.*, 1996). Un'ulteriore interruzione nella sedimentazione si trova alla base della successione olocenica. Un'età  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  di  $26 \pm 1$  ka è stata misurata sui cristalli di leucite alla base della carota (Villa *et al.*, 1999). L'intera colonna stratigrafica del sondaggio 3B (circa 11 m), ubicato a 120 m di profondità all'interno di un cratere indicato dalla batimetria e dai profili sismici, rimane nell'Olocene e non sembra esservi lo hiatus di sedimentazione.

Queste apparenti incongruenze sono state attribuite da De Rita *et al.* (1987) e Villa *et al.* (1999) alla formazione di cinque successivi crateri nel Lago di Albano, con fenomeni di drenaggio delle acque nelle depressioni via via più recenti. Vi sono, tuttavia, a nostro avviso altre due possibili spiegazioni. La prima è che le datazioni dei sedimenti, quasi tutte con il metodo del radiocarbonio, potrebbero non essere del tutto attendibili a causa della  $\text{CO}_2$  presente nelle acque del fondo del lago (Calderoni e Turi, 1998). Questa problematica è stata messa in luce dagli stessi Autori ed evidenziata dalla decarbonatazione dei gusci degli ostracodi e dei molluschi nei sondaggi 6A e 1E (Manca *et al.*, 1996; Calanchi *et al.*, 1996). La seconda possibilità, che comunque non esclude la prima, è che siamo in presenza di un lago che ha oscillato più volte di diverse decine di metri, forse anche svuotatosi in misura rilevante e riempitosi di nuovo, giustificando in tal modo gli hiatus di sedimentazione e forse l'erosione di sedimenti dalle aree più rilevate, nei periodi con basso livello dell'acqua, dando dunque luogo ad una complessa stratigrafia di difficile correlazione laterale. Le oscillazioni del lago sono state peraltro ben messe in luce, ma non quantificate, dalle variazioni delle associazioni faunistiche, dei caratteri sedimentologici e degli isotopi dell'ossigeno (Chondrogianni *et al.*, 1996; Manca *et al.*, 1996) e relazionate dagli Autori ad oscillazioni climatiche di 2-3000 anni e suboscillazioni di 200-500 anni, con cicli molto produttivi, più caldi, alternati a cicli freddi (Ryves *et al.*, 1996; Oldfield, 1996). Tuttavia già gli stessi Autori avevano sottolineato come il «caldo» in un lago vulcanico si può originare sia per cause climatiche sia per cause endogene di natura vulcanica o sismica e come la risoluzione dei dati fosse insufficiente per dirimere la questione.

Gli aspetti più interessanti di questa ricerca, in relazione all'origine dei depositi della Piana di Ciampino-Capannelle, sono dunque la certezza che il lago abbia oscillato più volte condizionandone la sedimentazione e la presenza di abbondante  $\text{CO}_2$  nelle acque profonde del lago. Meno chiara invece appare la cronologia degli eventi laddove

mancono evidenze dirette nei sondaggi dei depositi delle eruzioni post-Peperino Albano e non è chiaro il numero degli hiatus sedimentari. Senz'altro il cratere a -175 m è una forma molto recente e, tra 7.500 e 4.100 anni orsono, qualche evento erosivo o non deposizionale può avere determinato l'assenza di sedimenti relativi. È rilevante osservare come i nostri dati, esposti nel paragrafo precedente, indicano come proprio in corrispondenza di questo intervallo temporale si siano verificati dal Lago Albano fenomeni eruttivi ed esondativi.

La tabella I mette in relazione la successione degli eventi eruttivi del cratere Albano e di quelli legati alle supposte esondazioni del Lago Albano, con la variazione delle distribuzioni temporali degli spettri pollinici, delle opere di bonifica idraulica, e della presenza dell'uomo nella piana del Tavolato (Ciampino-Capannelle-Quarto Miglio).

#### GLI EFFETTI DEI FENOMENI ERUTTIVI ED ESONDATIVI DEL LAGO ALBANO SULLE ATTIVITÀ DELL'UOMO

##### *Gli scavi archeologici.*

Gli studi effettuati dalle Soprintendenze Archeologiche sulla storia insediativa olocenica nell'area compresa tra la Via Appia e la Via Casilina, a sud est della città di Roma, hanno permesso di accertare che la piana di Ciampino (area del Tavolato) non è stata interessata da insediamenti precedenti al Bronzo antico (circa 4.000 anni fa). A partire invece almeno dal Bronzo finale (circa 3.000 anni fa) fino all'età arcaica, l'area è stata ripetutamente bonificata tramite la realizzazione di una fittissima rete di drenaggio (fig. 5, in alto a sinistra).

L'analisi dei tagli aperti recentemente nel cantiere di Via Lucrezia Romana, poco ad est di Capannelle (fig. 5, in alto a sinistra), si è rivelata estremamente significativa per capire come la distribuzione degli insediamenti dell'età del Bronzo sia probabilmente connessa all'attività del Lago Albano.

Le figg. 4 e 5 illustrano la stratigrafia del sito ricostruita in collaborazione con la Soprintendenza Archeologica di Roma (gruppo di lavoro del dott. Roberto Egidi) e che è ancora oggetto di studio da parte del Dipartimento di Scienze Geologiche di Roma Tre. L'analisi di terreno ha permesso di ricostruire l'evoluzione della paleotopografia dell'area. L'elemento più significativo è la presenza di una paleovalle würmiana incisa nel deposito ignimbrítico del Villa Senni e colmata dai depositi di lahar provenienti dal Lago Albano. Le caratteristiche sedimentologiche e petrografiche delle unità riconosciute permettono la loro correlazione con le unità della sezione del G.R.A. già descritta (vedi fig. 4). Il suolo alla base dell'Unità DF è stato, come già detto, datato a  $5150 \pm 70$  anni (fig. 5, al centro a destra). L'unità è caratterizzata alla base dalla presenza di pomici gialle incorporate come *rip up clasts* nel deposito in facies di *debris-flow* non coesivo. Le stesse pomici compaiono invece in un livello primario o solo parzialmente rimaneggiato in un taglio isolato nel settore orientale dello scavo. Le pomici di questo livello, che ha uno spessore di circa 50 cm, contengono cristalli di leucite analcimizzata, sanidino e pirosseno subordinato, sono ben classate, di dimensioni millimetriche, subarrotondate, a stratificazione da incrociata alla base (dovuta probabilmente a rimaneggiamento sin-deposizionale) a piano parallela



TABELLA I. – Sintesi degli eventi naturali del Lago Albano ed evidenze paleobotaniche ed archeologiche sulla presenza ed attività dell'uomo.

		OLOCENE							
		PLEISTOCENE SUPERIORE							
ETÀ (ka)	< 23.0	< 23.0-17.0	17.-0-5.0	5,0-4,1 ENEOLITICO -NEOLITICO	4,1-3,7 BRONZO ANTICO	3,7-3,3 BRONZO MEDIO	3,2-3,0 BRONZO FINALE	3,0-2,75 PERIODO LAZIALE	ETÀ REGIA-REPUBBLICANA
EVENTI ERUTTIVI	Peperino Albano	Surge piroclastici e pomici di ricaduta							
EVENTI CONNESSI AD ESONDAZIONI DEL LAGO ALBANO			Lahar e flussi ipercentrati ed assenza di sedimenti in alcune parti del Lago di Albano				Depositi fluviali		
ESPANSIONE VEGETALE (DA SPETTRI POLLINICI)			Forestazione; diffusione vegetazione	Espansione piante decidue	Deforestazione e presenza di cereali			Aumento ciliegi, ulivi, vite, castagno. Deforestazione	
OPERE DI BONIFICA					Canalizzazioni		Canalizzazioni	Canalizzazioni	Costruzione dell'emissario di Albano
UOMO NELL'AREA DI CIAMPINO-CAPANNELLE					SI	NO	SI	SI	SI

al tetto. Il livello pomiceo poggia su sabbie e conglomerati vulcanoclastici in facies fluviale che affiorano per uno spessore di almeno 1 m.

I suoli interposti tra le varie unità sono molto poco evoluti (Giuseppina Dowgiallo, Università di Roma «La Sapienza», comunicazione personale, 2002), indicando il rapido seppellimento e dunque la rapida successione degli eventi che hanno immediatamente preceduto l'insediamento nell'area. Al di sopra dell'ultimo suolo immaturo sviluppatosi sull'Unità HF, infatti, sono stati rinvenuti i resti di un villaggio del Bronzo finale, in cui si riconoscono tuttavia anche tracce di attività umana del Bronzo antico, epoca alla quale va perciò ascritta l'iniziale presenza umana nella zona. Le caratteristiche di questo suolo (andosuolo) indicano la persistenza di condizioni non deposizionali per un periodo valutabile dalle centinaia alle poche migliaia di anni. Quindi, poco prima del Bronzo, deve essersi verificato un drastico cambiamento nel regime di drenaggio dell'area indicato dalla presenza, sopra il suolo, di un deposito vulcanoclastico ghiaioso-sabbioso a stratificazione incrociata di ambiente fluviale ad energia relativamente elevata (fig. 5, al centro a sinistra). Questo deposito, infatti, testimonia l'instaurarsi nell'area di un regime fluviale caratterizzato da un cospicuo trasporto d'acqua e di materiale solido.

Il villaggio del Bronzo finale nasce ai margini di questo corso d'acqua ed i manufatti umani scavati indicano che l'uomo si preoccupò di costruire un complesso sistema di regimazione e drenaggio, unico per complessità di progettazione e realizzazione.

Le informazioni ricavate dagli scavi archeologici dei cantieri di Via Lucrezia Romana diventano ancora più significative se inquadrare nel più ampio tema della storia insediativa in relazione alle condizioni idrogeologiche della Campagna Romana.

È noto che tra il Bronzo medio (circa 3.500 anni fa) ed il Bronzo finale (circa 3.000 anni fa), gli insediamenti più vicini al Lago Albano, che si trovavano ad una quota inferiore a quella del lago odierno (fig. 6, Villaggio delle Macine, Carandini, 1997), furono abbandonati per essere ricostruiti sulle colline intorno al lago ad una quota compresa tra 516 m e 556 m s.l.m. (fig. 6, sito di Albalonga). Considerata la storia dell'area di Via Lucrezia Romana e le ormai credibili oscillazioni del livello del lago è possibile ipotizzare che tale spostamento sia stato indotto proprio da una risalita del livello del lago. Il confronto con la situazione idrologica attuale, in cui il livello del lago sta progressivamente abbassandosi, ci induce a ritenere che al momento dell'insediamento presso il lago del Villaggio delle Macine nel Bronzo medio, la falda acquifera nella zona di Ciampino-Capannelle fosse ben al di sotto del piano di campagna e perciò i fossi dovevano avere portate effimere se non nulle. Durante il Bronzo medio il livello del lago e della falda dovevano dunque essere bassi e la piana di Ciampino-Capannelle priva di corsi d'acqua superficiali. Non è sorprendente quindi che in questo periodo l'uomo costruisse i suoi villaggi vicino alle fonti idriche e quindi in prossimità del lago. La risalita del livello del lago nel Bronzo finale indusse gli abitanti dei villaggi più prossimi alle rive del lago a riparare in siti a quote più elevate. La risalita della falda riportò l'acqua anche nell'area di Ciampino-Capannelle, dove si instaurò di nuovo un regime fluviale, sostenuto da ricche sorgenti a monte rendendola di nuovo ospitale. La tipologia del contatto tra il suolo ed il successivo deposito fluviale ci indica che il fenomeno dell'innalzamento del lago fu repentino (fig. 5, al centro a sinistra). Questo

dato è anche in accordo con l'ottimo stato di conservazione del sito del Villaggio delle Macine che non ebbe il tempo di essere deteriorato dall'esposizione all'erosione ma fu subito sepolto dalle acque del lago. A questo proposito diviene interessante anche l'esistenza di leggende sulla storia antica di Roma narrate da Dionigi di Alicarnasso che riferisce di una dinastia dei Silvi, discendenti diretti di Enea, spazzata via dall'improvviso innalzamento del livello del lago (vedi paragrafo successivo).

I dati in nostro possesso non ci permettono di stabilire se, durante ogni innalzamento, il livello delle acque del lago riuscì a superare la soglia del bordo craterico e ad alimentare un emissario, ma sicuramente le oscillazioni dovettero essere dell'ordine delle diverse decine di metri, difficilmente spiegabili con le variazioni climatiche dell'Olocene. Inoltre è logico pensare che, in condizioni di alto stazionamento del livello del lago, la fuoriuscita delle acque per cause endogene diviene molto più facile.

La complessità e la geometria dei sistemi di canali di bonifica del Bronzo finale, infine, indicano che l'area di Ciampino-Capannelle riceveva apporti di lahar e di sedimenti alluvionali già prima del Bronzo antico. È infatti evidente che il regime di piana alluvionale dovette instaurarsi nell'area dopo che la paleotopografia würmiana scavata nell'Unità di Villa Senni, caratterizzata da buona permeabilità, fu colmata da depositi alluvionali poco permeabili. A questo punto è logico ipotizzare che il sistema di canalizzazione più volte rinnovato avesse lo scopo di regimare le acque di efflusso del lago, e si hanno peraltro le prove che le azioni di bonifica non furono organizzate solo in età romana ma, al contrario di quanto sostenuto da Cicerone, iniziarono ben prima, in età arcaica con piena attività nell'età del Bronzo (Ghini, 1999).

### *I prodigi del Lago Albano nelle fonti letterarie.*

La letteratura classica, sia greca sia latina, è ricca di resoconti di prodigi verificatisi durante la nascita e lo sviluppo della civiltà romana. Spesso vengono citati eventi soprannaturali, che furono ascritti alla volontà degli dei, a supporto o contro la fortuna della città nascente (Plutarco, Dionigi d'Alicarnasso, Tito Livio, Cicerone nel suo trattato sulla Divinazione, Plinio il Vecchio, Seneca nelle sue *Questioni Naturali*, Dione Cassio, Valerio Massimo e Giulio Ossequente). Questi eventi sono descritti in gran dettaglio e trattati alla pari dei più importanti fatti militari e politici, ma spesso così commisti alla mitologia da essere stati per anni oggetto di approfonditi dibattiti per verificarne la veridicità. Una lettura critica delle fonti, che non trascura di interpretare i miti legati alla città di Roma in funzione degli eventi storici, è stata di recente pubblicata da Carandini (1997).

I nuovi dati geologici in nostro possesso potrebbero rivelarsi una chiave di lettura imprescindibile e pongono in risalto la necessità di sviluppare studi multidisciplinari integrati per la comprensione corretta dell'evoluzione iniziale di una civiltà, che, per molti aspetti, dovette la sua fortuna alle caratteristiche geologiche del territorio. D'altro canto se alcuni degli eventi dovessero rivelarsi connessi a fenomeni geologici, essi rappresenterebbero un prezioso riferimento per la valutazione della pericolosità, la prevenzione dei rischi e la programmazione dell'uso del territorio. In questo paragrafo viene presentata

una rivisitazione in chiave geologica di alcuni eventi prodigiosi riportati nella letteratura classica.

*Gli eventi naturali del Lago Albano di Castelgandolfo.*

Dionigi d'Alicarnasso, storico di origine greca vissuto a Roma tra il 60 e il 7 a.C., nelle *Antiquitates Romanae* XII, 9,3, in parte ispirati dagli scritti di Pisone Frugi, riferisce degli effetti catastrofici delle esondazioni del Lago Albano dall'età arcaica sino alla storia romana.

Le descrizioni di Dionigi vengono riprese poi anche da altri Autori (Plutarco, Tito Livio), che parlano di un prodigioso evento di improvvisa salita delle acque ed esondazione accaduto al Lago Albano durante l'assedio, da parte dei Romani, della città di Veio. Per molto tempo questo strano episodio è rimasto privo di interpretazione. Adesso i tagli archeologici e stradali e gli studi stratigrafici confermano in modo inequivocabile che alla leggenda corrispondono elementi di veridicità. Per poter capire cosa realmente avvenne è importante riassumere gli elementi fondamentali della cronaca storica:

- l'episodio si sarebbe verificato in un periodo compreso tra il 23 luglio e il 24 agosto del 398 a.C. (e quindi un anno dopo la data indicata da Tito Livio, *Historia Romanae*, libro V, 15:4-7);
- la crescita improvvisa del livello del lago fu considerata prodigiosa perché non poté essere imputata a cause climatiche. Infatti, la fuoriuscita del lago avvenne in seguito ad un inverno molto rigido ed un'estate secca, molto calda, quindi non in un periodo di forte alimentazione delle falde acquifere. Anche Plutarco annota che l'efflusso del lago avvenne all'inizio dell'autunno, quando nei regimi idrogeologici dell'Italia Centrale attualmente si ha il minimo livello delle falde;
- la crescita del lago avvenne senza agitarsi e ribollire; l'acqua crebbe e si gonfiò a vista d'occhio, lambì le falde dei rilievi circostanti sino ad arrivare al margine estremo;
- i pastori e gli agricoltori furono stupiti; quando la massa e il peso dell'acqua fecero crollare l'ultima barriera che si frapponeva al paese sottostante (manca, purtroppo, l'indicazione di quale fosse), una enorme massa d'acqua scese verso il mare attraverso i campi;
- gli assediati di Veio, quando vennero a sapere di tale prodigio, inviarono delegati all'oracolo di Delfi per l'interpretazione del fenomeno;
- l'interpretazione del prodigio portò alla costruzione di una galleria drenante che fungesse da emissario artificiale del lago tuttora visibile e funzionante. Il dreno ha mantenuto il livello del lago a 293 m s.l.m., ovvero circa 70 m al di sotto del punto più basso del cratere, che guarda verso la piana di Ciampino (fig. 6).

L'analisi delle cronache storiche ci fornisce un altro dato molto interessante. Dionigi d'Alicarnasso (*Antiquitates romanae*, I, 71, 3; vedi Carena *et al.*, 1983) riporta della morte di Allodio Silvio (riportata anche da altri Autori), uno degli ultimi re di Alba, o di Amulio Silvio (Dione Cassio, *apud* Zonara, VII i) e Aremulo Silvio (*Origo gentis romanae*, 18, 2-4), quest'ultimo probabilmente sinonimo di Allodio Silvio, annegati insieme a tutti i domestici per l'improvvisa fuoriuscita del Lago Albano. Dionigi d'Alicarnasso

afferma che, in condizioni di calma del lago, era ancora possibile (ai suoi tempi) vedere i resti e gli avanzi dei portici dell'abitazione. Forse il sito della residenza di Allodio Silvio potrebbe coincidere con il sito del Villaggio delle Macine, individuato oggi sul bordo settentrionale del lago (fig. 6). L'evento catastrofico causò la perdita di tutti i beni e delle ricchezze accumulati nel corso del lungo periodo di asfissiante egemonia della famiglia. Nelle cronache si riferisce di una crescita improvvisa del livello di una «palude» che poi non rimase mai in condizioni stazionarie ma fu caratterizzato da oscillazioni positive e negative. L'interpretazione dell'evento fu quella di una vendetta dei Numi, molto adirati ed indignati per la eccessiva durata della monarchia della stirpe di Enea, e dei Silvi in particolare. Queste cronache indicano che quella relativa al 398 a.C. non fu l'unica esondazione del lago; ce n'erano state anche altre in tempi precedenti.

La precisione della ricostruzione storica di Dionigi è oggetto di dibattito soprattutto per la lunga elencazione della stirpe dei Silvi con l'annotazione degli anni di regno di ogni singolo Silvio, che sembrano non essere confermati dalle altre fonti di riscontro. Tuttavia la correlazione del dato storico con i ritrovamenti archeologici e con la situazione geologica rendono l'evento molto plausibile, confermando l'assoluta necessità di confronto e di integrazione dei dati mitologici, archeologici e geologici per la ricostruzione delle realtà antiche.

La ricerca geologica, di fatto, è finora rimasta da parte non potendo fornire un contributo di conoscenze valido per la ricostruzione di eventi relativi alle parti più recenti dell'Olocene. A tale proposito si fa notare che in località Pascolare di Castello (fig. 6), sul bordo settentrionale del cratere, in una trincea per una vigna, furono trovate urne cinerarie della tarda età del Bronzo (circa X secolo a.C.) chiaramente ricoperte da un deposito vulcanico apparentemente primario, molto simile al peperino, dello spessore di 90 cm. Tale ritrovamento risale al 1817 e Ponzi (1868) confermò la situazione stratigrafica e concluse che vi doveva essere stata una fase di vulcanismo più recente, simile a quella che aveva consentito la messa in posto del corpo principale dei peperini. Orbene, sommando la durata supposta e discussa della dinastia tirannica dei Silvi alla mitica età di Roma, siamo intorno al 1190 a.C. e quindi in corrispondenza delle culture laziali della tarda età del Bronzo, dislocate generalmente in siti scelti strategicamente per evitare l'esposizione agli effetti nefasti degli efflussi del Lago Albano (fig. 6).

La ripetizione di tali eventi nei periodi della storia più recente è testimoniata sia dai racconti mitologici sia dalla storiografia classica. Alle cronache già descritte, è utile aggiungere quella di un Autore minore, Giulio Ossequente, uno storico epitomatore della *gens Iulia* vissuto intorno al I secolo d.C., che ha riportato, con la proverbiale *realitas* romana, le cronache e le descrizioni dei prodigi avvenuti a Roma e dintorni dal 562 al 741 *ab Urbe condita (Iulii Obsequentis ab anno urbis conditae quingentesimo quinto prodigiorum liber imperfectus. Supplementus Lycosthenis* (Biblioteca classica latina). Lemaire, Parisiis, 1823). Purtroppo si tratta degli unici frammenti conservati e tramandati, che però testimoniano di alcuni eventi geologici interessanti:

- nel 585 e nel 586 a.C. si verificarono manifestazioni di gas in aria presso Lanuvio;
- nel 600 a.C. si ebbero lanci di pietre dal cratere di Ariccia (eruzione freatica?)

(l'informazione è riportata anche da Dionigi d'Alicarnasso);

- nel 639 a.C. si ebbero manifestazioni di gas al Monte Albano;
- nel 653 a.C. in occasione di un evento sismico, dei sublimati colorati si posarono sui rivestimenti del tempio di Giunone a Lanuvio.

Si tratta, in sostanza, di fenomeni che indicano come, anche nei tempi antichi, vi fossero dei fluidi in pressione contenuti negli acquiferi superficiali della parte occidentale dei Colli Albani. Fenomeni analoghi sono stati osservati anche in tempi moderni (tab. III) e, come vedremo in seguito, si hanno prove inconfutabili della presenza di un acquifero pressurizzato ricco in gas.

Una volta provata la ricorrenza di fenomeni di esondazione del lago e di manifestazioni di violenta fuoriuscita di gas, si può provare ad interpretare la distribuzione dei siti dei primi insediamenti umani nella Campagna Romana in funzione dei processi geologici allora in atto.

### *I miti.*

Alla luce dei nuovi ritrovamenti archeologici e geologici anche alcuni episodi della mitologia classica potrebbero essere reinterpretati in chiave di eventi catastrofici. Per esempio, Virgilio chiama la Campagna Romana: *Saturnia tellus*, una definizione che fa pensare a scuotimenti del suolo e che forse si ricollega al mito di Crono (Saturno), il più giovane dei Titani, figlio di Gea (Terra) e di Urano (Cielo), divoratore della propria progenie. Si narra che Crono, la divinità che distrugge le proprie creazioni, avesse divorato i propri figli: Estia, Demetra, Era, Ades e Poseidone. Zeus, l'ultimogenito, fu sottratto a questa sorte dalla moglie di Crono, Rea, che lo nascose sostituendolo con una pietra che il padre ingoiò. Zeus venne allevato segretamente dalla Ninfa a Creta, e da adulto mosse contro il padre obbligandolo a rigettare i figli (per natura immortali) e, con i fratelli, iniziò la lotta per porre fine all'egemonia paterna. Crono nella mitologia è sempre rappresentato con la falce in mano poiché rappresenta il tempo che miete e stermina ogni cosa.

Le connessioni, non del tutto dirette, tra l'evento prodigioso del Lago Albano e l'assedio di Veio, possono essere meglio comprese, seguendo le argomentazioni di Plutarco e Tito Livio, tenendo conto che la divinità protettrice di Veio era Nettuno (Poseidone), il dio delle acque ma anche la divinità dalle chiome azzurre che scuote la terra che i Greci chiamavano con l'epiteto di Enosigeo (Boschi e Dragoni, 1988). L'ira di Poseidone contro i Romani fu blandita con riti propiziatori e con azioni riparatrici più concrete come la realizzazione del canale emissario. Appare peraltro ragionevole l'interpretazione di Ruch (1966), che richiama l'azione di rigenerazione e bonifica dei campi circostanti il cratere di Albano dopo gli eventi esondativi come quella di una palingenesi rurale benefica per le sorti di Roma come la conclusione vittoriosa del decennale assedio di Veio.

Anche le notazioni di Carandini (1997) sulla posizione dei siti del Bronzo medio di Roma (tra 1700 e 1350 a.C.), ripartiti tra il rilievo del colle Capitolino e quello

Gianicolense e il successivo ampliamento verso sud est della città, che si estese progressivamente verso le propaggini settentrionali del grande edificio vulcanico dei Colli Albani, possono trovare una plausibile spiegazione con i dati geologici e paleobiologici di recente acquisiti. I dati indicano, infatti, che a partire da quell'epoca l'area settentrionale del distretto vulcanico divenne progressivamente frequentabile ed esente da ulteriori esplosioni ed esondazioni del lago.

Per quanto riguarda i centri arcaici, Carandini (1997) mette a confronto l'evoluzione di Alba e quella di Roma riferite ai miti di Enea e di Romolo e suggerisce le relazioni e la storicizzazione dei miti a partire dal IX secolo a.C. alla fondazione di Roma. Carandini mostra con precisione la posizione degli insediamenti indicati con il mitico nome di Alba all'interno della parte più rilevata del cratere Albano tra la località Tofetti (556 s.l.m.) e la località Cappuccini (quota 516 s.l.m.). È opportuno rilevare come l'ubicazione della mitica città di Alba, antagonista di Roma nei periodi della sua fondazione, corrispondeva al sito più rilevato e strategico sia per il controllo dell'Agro e della Campagna Romana sottostanti, sia per evitare i negativi effetti degli agenti naturali tra i quali le fuoriuscite improvvise del lago.

#### LE MANIFESTAZIONI GASSOSE DELL'AREA DEI COLLI ALBANI E LA TERMALITÀ DELL'ACQUIFERO PROFONDO

I dati idrogeologici indicano che nell'area dei Colli Albani vi sono due acquiferi principali, uno contenuto nella coltre vulcanica superficiale e il secondo nei sottostanti terreni carbonatici (Funciello e Parotto, 1978). La falda più importante delle vulcaniti è quella di base, che ha per letto i depositi terrigeni impermeabili plio-quadernari, prevalentemente argillosi con intercalazioni di sabbia e conglomerati. La coltre vulcanica contiene anche falde sospese minori, separate da livelli a bassa permeabilità e comunicanti tra loro (Capelli *et al.*, 2000). L'acquifero profondo è separato da quelli più superficiali, oltre che dalle argille plioceniche, dai depositi impermeabili flyschoidi liguri e dai terreni calcareo-marnosi presenti al tetto della serie carbonatica. Non vi sono evidenze che i due acquiferi principali siano in comunicazione tra loro, ma certamente, in corrispondenza degli alti strutturali del basamento carbonatico e in zone di alta permeabilità verticale (faglie e fratture), gas profondi risalgono alla superficie e vi producono alcune importanti manifestazioni di gas (Giggenbach *et al.*, 1988; Giordano *et al.*, 2000; Chiodini e Frondini, 2001; Carapezza *et al.*, 2002a). Le manifestazioni principali si trovano in due settori dell'area (fig. 7) rispettivamente a nord ovest (Acque Albule nella zona dei famosi depositi di travertino di Tivoli e Cava dei Selci) e a sud ovest del Lago Albano (Trigoria, Solforata, Acqua Solfa, Lavinio) e sono condizionate dall'assetto geologico-strutturale (Faccenna *et al.*, 1994) La composizione chimica ed isotopica di questi gas è riportata nella tabella II. L'anidride carbonica è sempre il componente principale, seguito da contenuti variabili di  $H_2S$ ,  $N_2$ ,  $CH_4$ . L'unico campione che si discosta si trova sul bordo del Lago Albano (fig. 3), con il 54,8 % di  $CO_2$  ed un alto contenuto di  $N_2$ , e riflette una forte contaminazione d'aria dovuta alle difficoltà di campionamento in questa sorgente captata e oggi non più alimentata. Purtroppo non

TABELLA II. — Composizione chimica e isotopica dei gas.

Località	Data <i>g/m/aa</i>	He <i>ppm</i>	H <sub>2</sub> <i>ppm</i>	O <sub>2</sub> <i>% vol</i>	N <sub>2</sub> <i>% vol</i>	CO <i>ppm</i>	CH <sub>4</sub> <i>ppm</i>	CO <sub>2</sub> <i>% vol</i>	H <sub>2</sub> S <i>% vol</i>	δ <sup>13</sup> C <sub>co2</sub> <i>‰ PBD</i>	<sup>3</sup> He/ <sup>4</sup> He <i>R/Ra</i>
Lago Regina (Acque Albuie)	13/03/2000	19.0	n.d.	0.0	8.8	0.6	631.0	92.5	n.a	-2.99	0.68
Lago Albano (bordo nord)	14/03/2000	n.d.	n.d.	9.9	37.9	1.4	n.d.	54.8	n.a	-0.40	1.21
Cava dei Selci	15/03/2000	n.d.	n.d.	0.4	1.6	n.d.	417.5	98.1	0.8	1.39	1.46
Zolfiorata	16/03/2000	5.3	n.d.	0.0	0.8	n.d.	108.7	99.2	n.a	1.23	0.95
Trigoria*	14/07/1982	0.002	<0.001	1.12	5.2		0.03	981	12.5	-0.3	
Acqua Soffa*	14/07/1982	0.014	0.012	0.004	42.2		5.6	939	13	-1.2	
Lavinio*	14/07/1982	0.006	0.001	0.007	10.6		1.56	913	74.7	-1.2	

\*da Giggenbach *et al.*, 1988.



sono disponibili dati chimici sulle emissioni di CO<sub>2</sub> dal fondo del lago riportate da Picard (in Caputo *et al.*, 1986). Di notevole interesse sono i valori relativamente alti del rapporto isotopico <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He (da 0.68 a 1.46 volte più alto che nell'aria) che indicano un contributo di un componente profondo, probabilmente magmatico. La composizione isotopica della CO<sub>2</sub> (da -2.99 a 1.39δ<sup>13</sup> contro PBD) è compatibile sia con un'elevata temperatura d'origine (magmatica) sia con una provenienza dal basamento carbonatico marino (Giggenbach *et al.*, 1988). L'importanza dell'emissione di anidride carbonica in alcune di queste zone è indicata dagli alti valori di pCO<sub>2</sub> nelle acque (Pizzino *et al.*, 2002) e dai valori elevati del flusso di CO<sub>2</sub> dal suolo nei dintorni delle manifestazioni. A Cava dei Selci è stato misurato un flusso pari a 61.2 ton/giorno di CO<sub>2</sub> da una superficie di 12.000 m<sup>2</sup> (Carapezza *et al.*, 2002a). È qui che si sono verificati di recente numerosi incidenti mortali ad animali e purtroppo anche ad un uomo. Nel vicino quartiere residenziale di Vigna Fiorita, nel Comune di Ciampino, si sono misurati valori di flusso fino a 4 ton/giorno (su 75 m<sup>2</sup>) nelle zone dove lavori di scavo avevano asportato i terreni limosi di copertura. In quest'area ogni pozzo d'acqua che perfora la copertura impermeabile diventa un pericoloso punto di emissione di gas. A Cava dei Selci, nei periodi di assenza di vento, le concentrazioni in aria di CO<sub>2</sub> ed H<sub>2</sub>S superano spesso le soglie pericolose (Carapezza *et al.*, 2002a, b). Alla Zolforata Chiodini e Frondini (2001) hanno misurato un flusso di CO<sub>2</sub> di 46,2 ton/giorno da una superficie di 5,5 ettari.

L'insieme dei dati indica, quindi, la presenza di serbatoi di gas pressurizzati ricchi di CO<sub>2</sub>, probabilmente contenuti nella parte alta dell'acquifero della serie carbonatica. Il gas risale alla superficie lungo le fratture, interagisce con le acque più superficiali, le arricchisce in CO<sub>2</sub> e genera le manifestazioni superficiali di gas. La presenza di questi sistemi pressurizzati è dimostrata, oltre che dai dati geochimici, dall'esplosione accidentale avvenuta nel gennaio 1986 in un pozzetto di esplorazione geotermica ubicato sul versante dei Colli Albani, circa 6 km a sud ovest di Ariccia. In questo caso l'acquifero pressurizzato era contenuto in un livello di sabbie pre-vulcaniche a 230 m di profondità. Interessante è anche il rilascio di CO<sub>2</sub> registrato nella zona di Ciampino-Rocca di Papa osservato nel novembre 1995, forse in relazione ad eventi sismici (vedi la descrizione riportata da Chiodini e Frondini, 2001). Più difficile è stabilire se insieme al gas risalgono anche acque calde e più in generale valutare la termalità del serbatoio profondo. Aumenti di temperatura, in relazione a terremoti anche lontani, sono segnalati per le Acque Albule (Tivoli), in un pozzo presso la Zolforata nel 1980 e nel pozzo Barozze a Rocca di Papa nel 1988 (da 10 a oltre 50 °C).

L'interferenza di vari processi subsuperficiali e la probabile mancanza di equilibrio chimico rendono aleatoria l'applicazione dei geotermometri geochimici, sia per le acque sia per i gas, per la stima della temperatura dell'acquifero profondo. I gas delle manifestazioni principali hanno caratteristiche geochimiche, come l'assenza o la bassa concentrazione di idrogeno, che, nonostante l'origine profonda di alcuni componenti indicata dalla composizione isotopica dell'elio e dell'anidride carbonica, suggeriscono una lunga permanenza in ambienti a temperatura inferiore a 150 °C (Giggenbach *et al.*, 1988). Dai pozzetti di gradiente geotermico perforati dall'Enel negli anni '80 si estrapola una temperatura di 100-110 °C al tetto del serbatoio permeabile nel carbonatico.

Poiché vi sono evidenze dell'esistenza di livelli permeabili (sabbie e conglomerati), anche piuttosto potenti, nella serie terrigena pliocenica (per esempio nel pozzo Falcognana 1 ubicato 5 km a ovest-nord-ovest di Castelgandolfo), è possibile che la percolazione in profondità di acque meteoriche fredde abbia raffreddato una porzione rilevante del substrato del vulcano. In ogni caso i dati suggeriscono che è probabile che, in occasione di eventi sismici che aumentano la permeabilità verticale, risalgano verso la superficie importanti masse di CO<sub>2</sub> e acque calde (e forse vapore) con temperature da 50 ad oltre 100 °C. Come vedremo nel seguito, improvvise iniezioni di gas e fluidi caldi sul fondo del Lago Albano potrebbero averlo destabilizzato fino a produrre i fenomeni esondativi prima descritti. Infatti il lago è stratificato in funzione della densità delle acque, con una temperatura nelle acque profonde intorno a 9 °C, che sale progressivamente da circa 90 m di profondità alla superficie. La temperatura dell'acqua superficiale risente ovviamente delle condizioni climatiche e stagionali, mentre quella dell'ipolimnio rimane intorno a 8-9 °C (Martini *et al.*, 1994; Cioni *et al.*, 2002; Carapezza *et al.*, 2002*b*).

#### CONCLUSIONI

I dati presentati indicano che vi sono una serie impressionante di evidenze di natura geologica, geocronologica, archeologica, storica, paleobiologica, tutte convergenti nell'indicare che dal cratere del Lago Albano si sono verificati eventi eruttivi e vari eventi catastrofici di fuoriuscita violenta delle acque con formazione di colate di fango (lahar) che hanno devastato la zona della piana di Ciampino, in epoca successiva alla messa in posto del Peperino Albano (circa 23 ka), finora considerato l'ultimo episodio eruttivo dei Colli Albani.

Le datazioni radiometriche collocano i due nuovi episodi eruttivi riconosciuti, entrambi esplosivi ma con carattere rispettivamente freatomagmatico e magmatico, a un periodo vicino a 5000 anni fa. Gli episodi di alluvionamento, alcuni con carattere catastrofico (lahar), si estendono fino ad epoca romana e al loro ripetersi è possibilmente dovuta l'escavazione del canale di drenaggio del Lago Albano, alle soglie del IV secolo a.C. ed anche un precedente simile intervento da parte degli Etruschi (Ghini, 1999). Tali opere rappresenterebbero così uno dei primi esempi al mondo di prevenzione del rischio idrogeologico.

Quanto alle cause delle ripetute, improvvise e violente fuoriuscite di acqua dal Lago Albano, sembra probabile che esse siano dovute a fenomeni di destabilizzazione, con ribaltamento dei livelli a varia densità del lago ed emergenza delle acque profonde, ricche in CO<sub>2</sub>, analoghi a quelli catastrofici verificatisi di recente nei laghi craterici africani di Monoun e Nyos (Sigurdsson *et al.*, 1987; Barberi *et al.*, 1989; Rice, 2000). La diminuzione di densità per riscaldamento porterebbe gli strati d'acqua profondi a risalire alla superficie, probabilmente in connessione ad immissione di acque calde sul fondo del lago durante eventi sismici che attivano il sistema idrotermale profondo, con liberazione di volumi crescenti di CO<sub>2</sub> e forte innalzamento della superficie del lago, fino alla fuoriuscita dell'acqua (e di una nube di CO<sub>2</sub>) dal bordo più basso del cratere prospiciente la piana di Ciampino.

TABELLA III. — *Fenomeni anomali nell'area dei Colli Albani in relazione ad eventi sismici (dati inediti e da Mercalli, 1883; De Rossi, 1874; INGV, 2002).*

<b>Tipo di manifestazione</b>	<b>Data e luogo della manifestazione</b>	<b>Possibile evento sismico correlato</b>
<i>Emissione di gas, vapore e fuoco</i>	361 B.C., Roma	361 A.C. Roma ?
<i>Emissione di H<sub>2</sub>S</i>	1754, Ariccia	7-8 Giugno, Colli Albani
<i>Rumori e tuoni</i>	1762, Colli Albani	Gennaio-Febbraio, Colli Albani, sciami sismico
<i>Emissione di H<sub>2</sub>S</i>	1773-1774, Ariccia	18 Genn.-15 Ott. 1773, Colli Albani
<i>Aumento di concentrazione di H<sub>2</sub>S nelle sorgenti</i>	26-30 Agosto 1806, M. Faiola	26-30 Agosto, Colli Albani
<i>Emissioni di vapore</i>	1809 Montecompatri	Montecompatri
<i>Improvviso abbassamento del livello del lago (5 m)</i>	Maggio 1829, laghi di Albano e Nemi	Maggio-Luglio, Colli Albani, sciami sismico
<i>Tremori ed emissioni di gas</i>	1848, 1849, 1850 lago Albano, valle Cona?	Molti eventi nell'area romana
<i>Emissioni di gas</i>	Settembre 1862, Roma	?
<i>Aumento di temperatura e emissioni di gas</i>	24 Aprile 1872, edificio delle Faete	25-26 Aprile, Rocca di Papa
<i>Emissioni di gas e aumento della temperatura delle acque</i>	Fine Aprile 1872, Bagni di Tivoli	idem
<i>Emissioni di gas, vapori e aumento della temperatura delle acque, «nebbie»</i>	1873, Frattocchie, Cava dei Selci, lago Albano	19 Gennaio, Colli Albani
<i>Emissioni di gas e vapori</i>	1877, Acque Albule, Zolforata	Dal 16 Agosto in poi, dai Colli Albani alla Valle Latina, sciami sismico
<i>Aumento della temperatura delle acque (da 10 °C a 50 °C) e variazione della composizione chimica, emissione di CO<sub>2</sub></i>	24 Novembre 1980, Acque Albule, Zolforata	23 Novembre, Appennino meridionale, Irpinia
<i>Fine della variazione di temperatura delle acque iniziata dopo l'evento 1980 Irpinia</i>	Maggio 1981, Zolforata	Maggio, Colli Albani
<i>Aumento della temperatura delle acque</i>	1982, lago di Nemi, M. Gentile	Colli Albani
<i>Aumento della temperatura delle acque (&gt;51 °C)</i>	7 Dicembre 1988, Rocca di Papa (pozzo Barozze)	?
<i>Aumento della temperatura delle acque (&gt;40° C)</i>	1989, Ciampino	1989-90, Colli Albani
<i>Emissione generalizzata di CO<sub>2</sub>, diminuzione pH acque</i>	2 Novembre 1995, Ciampino, Marino	2 Novembre 1995, Terni 3 Novembre 1995, Tivoli
<i>Emissione di CO<sub>2</sub></i>	2000, Bagni di Tivoli	Appennino centrale, Monti Ruffi

La presenza, intorno al Lago Albano, di zone a forte emissione di CO<sub>2</sub> e la connessione ripetutamente osservata anche in anni recenti tra terremoti ed aumento dell'emana- zione gassosa e della temperatura di alcuni pozzi e sorgenti (tab. III), indicano che ancor oggi esistono nell'area acquiferi geotermici pressurizzati, ricchi di anidride carbonica e con una temperatura fino a circa 100 °C. Alla luce di queste considerazioni, assumono grande rilevanza i fenomeni sismici e il sollevamento del vulcano (*e.g.* Chiarabba *et al.*, 1997) che possono indicare una dinamica in atto del sistema vulcanico-geotermico dei Colli Albani.

L'abbassamento della falda acquifera riscontrato negli ultimi 40 anni ed imputato al suo eccessivo sfruttamento (Capelli *et al.*, 2000), aggrava la situazione per la maggiore quantità di CO<sub>2</sub> che dovrebbe essersi accumulata. Un risentimento sismico potrebbe causare un'eruzione freatica sublacustre, o comunque produrre una forte iniezione di fluidi caldi ricchi di CO<sub>2</sub> sul fondo del lago che a loro volta potrebbero innescare un processo di rovesciamento dell'acqua. Il basso livello attuale del lago non dovrebbe consentire il superamento della soglia del bordo craterico e quindi la formazione di lahar, mentre la liberazione di pericolose nubi di CO<sub>2</sub> rimane purtroppo un evento possibile dal lago Albano, anche se la concentrazione di CO<sub>2</sub> è attualmente lontana dal livello di saturazione (Carapezza *et al.*, 2002a, b).

Con questi nuovi dati il vulcano dei Colli Albani viene fortemente ringiovanito e deve essere considerato non estinto ma quiescente, come peraltro già indicato da De Rita *et al.* (1995b). Alla prospettiva di riattivazione eruttiva in un futuro più o meno lontano, si aggiunge la pericolosità connessa a fenomeni di esondazione o alla formazione di nubi di gas tossici, che sono ripetutamente avvenuti in un passato geologicamente molto recente. L'intensa urbanizzazione dei suoi versanti e la prossimità di Roma ne fanno un vulcano a rischio potenziale molto elevato.

#### RINGRAZIAMENTI

Lavoro realizzato con i finanziamenti dei progetti di ricerca dell'Università di Roma Tre, Laboratorio di Geoarcheologia e, in parte, con i fondi del progetto triennale del Gruppo Nazionale di Vulcanologia/Protezione Civile.

In memoria di Richard V. Fischer capostipite della scuola vulcanologica internazionale che tratta il vulcanismo esplosivo, amico e maestro di tutti noi.

#### BIBLIOGRAFIA

- AMBROSETTI P., BONADONNA F.P., 1967. *Revisione dei dati sul Plio-Pleistocene di Roma*. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, 18: 33-70.
- ANDRETTA D., VOLTAGGIO M., 1988. *La cronologia recente del vulcanismo dei Colli Albani*. Le Scienze, 41 (243): 26-36.
- BARBERI F., CHELINI F., MARINELLI G., MARTINI M., 1989. *The gas cloud of Lake Nyos (Cameroon, 1986): results of the italian technical mission*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 39: 125-134.
- BERNARDI A., DE RITA D., FUNICIELLO R., INNOCENTI F., VILLA I.M., 1982. *Chronology and structural evolution of Alban Hills volcanic complex, Latium, Italy*. 5<sup>th</sup> Int. Conf. Geochron. Isot. Geochem., Nikko: 23-24.
- BOSCHI E., DRAGONI M., 1988. *L'ira di Poseidone. Cos'è un terremoto e come difendersi*. Galileo Galilei ed.
- BROCCHI G.B., 1820. *Dello stato fisico del suolo di Roma e illustrazione della carta geognostica di questa città*. Roma, 281 pp., 2 tavv., 1 carta.

- CALANCHI N., DINELLI E., LUCCHINI F., MORDENTI A., 1996. *Chemostratigraphy of Late Quaternary sediments from Lake Albano and central Adriatic sea cores*. In: P. GUILIZZONI, F. OLDFIELD (eds.), *Palaeoenvironmental analysis of Italian crater lakes and Adriatic sediments (PALICLAS)*. Mem. Ist. It. Idrobiol., 55: 247-264.
- CALDERONI G., TURI F., 1998. *Measure constraints on the use of  $^{14}\text{C}$  datings*. Quatern. Intern., 47-48: 153-159.
- CAPELLI G., MAZZA R., GIORDANO G., CECILI A., DE RITA D., SALVATI R., 2000. *The Colli Albani volcano (Rome, Italy): equilibrium breakdown of a hydrogeological unit as a result of unplanned and uncontrolled over exploitation*. Hydrogéologie, 4: 63-70.
- CAPUTO C., CICCACCI S., D'ALESSANDRO L., DAVOLI L., FREDI P., LA MONICA G.B., LUPIA PALMIERI E., PUGLESE F., RAFFI R., 1986. *Progetto «Lago Albano». Indagini climatiche, geomorfologiche e sedimentologiche*. Provincia di Roma: 1-14.
- CARANDINI A., 1997. *La nascita di Roma: dei, Lari, eroi e uomini all'alba di una civiltà*. Einaudi ed., Torino, 766 pp.
- CARAPEZZA M.L., BADALAMENTI B., CAVARRA L., SCALZO A., 2002a. *Gas hazard assessment in a densely inhabited area of Colli Albani volcano (Cava dei Selci, Roma)*. J. Volcanol. Geotherm. Res., submitted.
- CARAPEZZA M.L., CIONI R., GUIDI M., PESCIA A., 2002b. *Historic Nyos-type catastrophic events at Albano lake crater (Roma) and present hazard assessment*. Colloque International, M.ge Pelee 2002, Abstract vol.: 68.
- CARENA G., MANFREDINI M., PICCIRILLI L. (a cura di), 1983. *Plutarco, Le vite di Temistocle e Camillo*. Fondazione Lorenzo Valla, Mondatori, Milano.
- CHIARABBA C., AMATO A., DELANEY P.T., 1997. *Crustal structure, evolution, and volcanic unrest of the Alban Hills, Central Italy*. Bull. Volcanol., 59: 161-170.
- CHIODINI G., FRONDI F., 2001. *Carbon dioxide degassing from the Alban Hills volcanic region, Central Italy*. Chem. Geol., 177: 67-83.
- CHONDROGIANNI C., ARIZTEGUI D., GUILIZZONI P., LAMI A., 1996. *Lakes Albano and Nemi (central Italy): an overview*. In: P. GUILIZZONI, F. OLDFIELD (eds.), *Palaeoenvironmental analysis of Italian crater lakes and Adriatic sediments (PALICLAS)*. Mem. Ist. It. Idrobiol., 55: 17-22.
- CIONI R., GUIDI M., RACO B., MARINI L., GAMBARDELLA B., CHIODINI G., 2002. *Water chemistry of Lake Albano (Italy)*. J. Volcanol. Geotherm. Res., in corso di stampa.
- CIVITELLI G., FUNICIELLO R., PAROTTO M., 1975. *Caratteri deposizionali dei prodotti del vulcanismo freatico nei Colli Albani*. Geol. Rom., XIV: 1-39.
- COARELLI F., 1991. *Gli emissari dei laghi laziali: tra mito e storia*. In: F. COARELLI (ed.), *Gli Etruschi maestri di idraulica*. Lecta Ed., Perugia: 35-41.
- DE RITA D., FUNICIELLO R., PANTOSTI D., 1987. *Dynamics and evolution of the Albano crater, south of Roma*. Proc. IAVCEI Int. Conf., Kagoshima: 502-505.
- DE RITA D., FUNICIELLO R., PAROTTO M., 1988. *Geological Map of the Alban Hills Volcanic Complex*. CNR, Roma.
- DE RITA D., FACCENNA C., FUNICIELLO R., ROSA C., 1995a. *Stratigraphy*. In: R. TRIGILA (ed.), *The Volcano of the Alban Hills*. Tipografia SGS, Roma: 31-65.
- DE RITA D., GIORDANO G., ROSA C., SHERIDAN M.F., 1995b. *Volcanic risk at the Alban Hills volcano and numerical simulations*. In: R. TRIGILA (ed.), *The Volcano of the Alban Hills*. Tipografia SGS, Roma: 267-283.
- DE ROSSI M.S., 1874. *Attività straordinaria delle mofete nella solfatara delle Acque Albule verificata il 26 aprile 1872*. Atti Acc. Pont. N. Lincei, 1: 84-85.
- DI FILIPPO M., TORO B., 1980. *Analisi gravimetrica delle strutture del Lazio meridionale*. Geol. Rom., 19: 285-294.
- FACCENNA C., FUNICIELLO R., MATTEI M., 1994. *Late Pleistocene N-S shear zones along the Latium Tyrrhenian margin: structural characters and volcanological implications*. Boll. Geof. Teor. Appl., XXXVI, 141-144: 507-522.
- FORNASERI M., 1985. *Geochronology of volcanic rocks from Latium (Italy)*. Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., 40: 73-106.
- FORNASERI M., CORTESI C., 1989. *Recenti acquisizioni sull'età del «Peperino» di Albano*. Docum. Albana, II Serie, 11: 7-10.

- FUNICIELLO R., PAROTTO M., 1978. *Il substrato sedimentario nell'area dei Colli Albani: considerazioni geodinamiche e paleogeografiche sul margine tirrenico dell'Appennino centrale*. Geol. Rom., 17: 233-287.
- FUNICIELLO R., GIORDANO G., DE RITA D., 2002. *The Albano Maar Lake (Colli Albani volcano, Italy): Recent volcanic activity and evidences of pre-Roman age catastrophic lahar events*. J. Volcanol. Geotherm. Res., in corso di stampa.
- GHINI G., 1999. *Interventi di scavo e restauro della Soprintendenza archeologica per il Lazio nell'area sismica dei Colli Albani*. Proceed. 1st Conf. Archeol. Vulcan. Remote Sensing, Roma: 49-63.
- GIGGENBACH W.F., MINISSALE A.A., SCANDIFFIO G., 1988. *Isotopic and chemical assessment of geothermal potential of the Colli Albani area, Latium region, Italy*. Appl. Geochem., 3: 475-486.
- GIORDANO G., MAZZA R., CECILI A., CAPELLI G., DE RITA D., BIGI G., RODANI S., 2000. *GIS for groundwater management in cities on volcanoes: examples from the Colli Albani region, Roma, Italy*. J. Nepal. Geol. Soc., spec. vol., 22: 315-326.
- GIORDANO G., DE RITA D., CAS R.A.F., RODANI S., 2002a. *Valley pond and ignimbrite veneer deposits in small volume phreatomagmatic basic ignimbrite, Lago Albano Maar, Colli Albani volcano, Italy: influence of topography*. J. Volcanol. Geotherm. Res., spec. vol., in corso di stampa.
- GIORDANO G., DE RITA D., FABBRI M., RODANI S., 2002b. *Facies associations of rain-generated versus crater lake-withdrawal lahar deposits from Quaternary volcanoes, central Italy*. J. Volcanol. Geotherm. Res., spec. vol., in corso di stampa.
- GMELIN L., 1814. *Observationes orthognosticae et chemicae de Hauyna et de quibusdam fossilibus quae cum concreta inveniuntur; praemissis animadversionibus geologicis de montibus Latiis Veteris*. Heidelbergae, 1-53 pp., 1 tav.
- GUILIZZONI P., OLDFIELD F. (eds.), 1996. *Palaeoenvironmental analysis of Italian crater lakes and Adriatic sediments (PALICLAS)*. Mem. Ist. It. Idrobiol., 55.
- INGV, 2002. Banche dati, open file, [www.ingv.it/banchedati](http://www.ingv.it/banchedati).
- LANCIANI R., 1981. *L'antica Roma*. Laterza, Bari (trad. ital.: *Ancient Rome in the light of recent discoveries*, Macmillan, London 1888).
- LOWE J.J., ACCORSI C.A., BANDINI MAZZANTI M., BISHOP A., VAN DER KAAERS S., FORLANI L., MERCURI A.M., RIVALENTI C., TORRI P., WATSON C., 1996. *Pollen stratigraphy of sediment sequences from lakes Albano and Nemi and from central Adriatic*. In: P. GUILIZZONI, F. OLDFIELD (eds.), *Palaeoenvironmental analysis of Italian crater lakes and Adriatic sediments*. Mem. Ist. It. Idrobiol., 55: 71-98.
- MANCA M., NOCENTINI A.M., BELIS C., COMOLI P., CORBELLA L., 1996. *Invertebrate fossil remains and palaeoenvironmental reconstruction*. In: P. GUILIZZONI, F. OLDFIELD (eds.), *Palaeoenvironmental analysis of Italian crater lakes and Adriatic sediments*. Mem. Ist. It. Idrobiol., 55: 160-173.
- MARTINI M., GIANNINI L., PRATI F., TASSI F., CAPACCIONI B., IOZZELLI P., 1994. *Chemical characters of crater lakes in the Azores and Italy: the anomaly of Lake Albano*. Geochem. J., 28: 173-184.
- MERCALLI G., 1883. *Vulcani e fenomeni vulcanici*. Casa Editrice Dott. F. Vallardi, Milano: 1-374.
- MERCIER N., 1993. *The thermo-luminescence dating technique: applications and possibilities*. INQUA Symp., Rome, Abstr. vol.: 52.
- OLDFIELD F., 1996. *The PALICLAS Project: synthesis and overview*. In: P. GUILIZZONI, F. OLDFIELD (eds.), *Palaeoenvironmental analysis of Italian crater lakes and Adriatic sediments (PALICLAS)*. Mem. Ist. It. Idrobiol., 55: 329-356.
- PIZZINO L., GALLI G., MANCINI C., QUATTROCCHI F., SGARLATO P., 2002. *Natural Gas Hazard within a quiescent volcanic region and its relations with tectonics: The case of the Ciampino-Marino area, Alban Hills Volcano, Italy*. Natural Hazards, in corso di stampa.
- PONZI G., 1868. *Lettera a Pigorini sul modo di seppellimento di sotto uno strato litoide di peperino dell'intera necropoli Albana nel lazio e dell'età cui debbesi riferire*. Gazz. Uff. del Regno, n. 326.
- PONZI G., 1875. *Storia dei vulcani laziali*. Mem. Fis. R. Acc. Lincei, serie II, vol. I: 26-42.
- PONZI G., 1882. *Intorno alla sezione geologica scoperta al Tavolato sulla via Appia nuova nella costruzione del Tramway per Marino, con una nota dell'ing. Romolo Meli, sulle fenditure delle mura del Pantheon*. Mem. Fis. R. Acc. Lincei, serie III, vol. XIII: 10-18.
- PONZI G., 1885. *Conglomerato del Tavolato*. Mem. Fis. R. Acc. Lincei, serie IV, vol. I: 349-365.
- PORTIS A., 1893. *Osservazioni sopra la formazione stata chiamata Conglomerato del Tavolato*. Storia fisica del bacino di Roma: 259-293.

- QUATTROCCHI F., GALLI G., PIZZINO L., CAPELLI G., DE RITA D., FACCENNA C., FUNICIELLO R., GIORDANO G., GOLETTI D., MAZZA R., MANCINI C., 2001. *The Ardea Basin fluid geochemistry, hydrogeology and structural patterns: new insights about the geothermal unrest activity of the Alban Hills quiescent volcano (Rome, Italy) and its geochemical hazard surveillance*. In: R. CIDU (ed.), *Proceedings X Intern. Conf. on Water-Rock Interaction, WRI-10 (Villasimius, 10-15 July 2001)*. A.A. Balkema ed., Lisse-Abingdon: 11-13.
- RICE A., 2000. *Rollover in volcanic crater lakes: a possible cause for Lake Nyos type disasters*. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 97: 233-239.
- RYVES D.B., JONES V.G., GUILIZZONI P., LAMI A., MARCHETTO A., BATTARBE R.W., BETTINETTI R., DEVOY E.C., 1996. *Late Pleistocene and Holocene environmental changes at lake Albano and Nemi as indicated by algal remains*. In: P. GUILIZZONI, F. OLDFIELD (eds.), *Palaeoenvironmental analysis of Italian crater lakes and Adriatic sediments (PALICLAS)*. *Mem. Ist. It. Idrobiol.*, 55: 119-148.
- RUCH M., 1966. *Revue des études latines*, XLIV.
- SCOTT K.M., VALLANCE J.W., PRINGLE P.T., 1995. *Sedimentology, behavior and hazard of debris-flows at Mount Ranier, Washington*. U.S. Geological Survey Professional Papers, 1547. United States Government Printing Office, Washington D.C.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1961. *Foglio Geologico n. 150 - Roma*. Carta Geologica d'Italia, Poligrafico dello Stato, Roma.
- SIGURDSSON H., DEVINE J.D., TCHOVA F.M., PRESSER T.S., PRINGLE M.K.W., EVANS W.C., 1987. *Origin of the lethal gas burst from lake Monoun, Cameroon*. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 31: 1-16.
- SMITH G.A., 1991. *Facies sequences and geometries in continental volcanoclastic sediments*. In: R.V. FISHER, G.A. SMITH (eds.), *Sedimentation in volcanic settings*. *SEPM Spec. Publ.*, 45: 109-121.
- SOLIGO M., TUCCIMEI P., GIORDANO G., FUNICIELLO R., DE RITA D., 2002. *New U-series dating of a carbonate level underlying the Peperino Albano phreatomagmatic ignimbrite (Colli Albani, Italy)*. *Il Quaternario (It. J. Quatern. Sc.)*, in corso di stampa.
- STRUVER G., 1876. *Über die erste Abteilung seiner Studie über die Mineralien des Albaner Gebirges*. *N. Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal.*, Vol. 1: 1-28.
- VENTRIGLIA U., 1971. *La geologia della città di Roma*. *Ammin. Prov. Roma*.
- VILLA I.M., CALANCI M., DIELLI E., LUCCHINI F., 1999. *Age and evolution of the Albano crater lake (Roman Volcanic Province)*. *Acta Vulcanol.*, 11(2): 305-310.
- VOLTAGGIO M., BARBIERI M., 1995. *Geochronology*. In: R. TRIGILA (ed.), *The Volcano of the Alban Hills*. *Tipografia SGS, Roma*: 167-193.
- WASHINGTON H.S., 1920. *Italite, a new leucite rock*. *Amer. J. Sc.*, 50: 33-47.

---

Pervenuta il 24 giugno 2002,  
in forma definitiva il 1 agosto 2002.

F. Barberi, D. De Rita, R. Funicello, G. Giordano:  
Dipartimento di Scienze Geologiche  
Università degli Studi di Roma Tre  
Largo S. Leonardo Murialdo, 1 - 00146 ROMA  
funicel@uniroma3.it

M.L. Carapezza:  
INGV- Sezione Roma 1  
Via di Vigna Murata, 605 - 00143 ROMA