

Le ceneri distali dell'eruzione del
Vesuvio del marzo 1944
raccolte a Devoli (Albania)

Quaderni di Geofisica

113



Quaderni di Geofisica

Direttore

Enzo Boschi

Editorial Board

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (INGV - RM1)

Luigi Cucci (INGV - RM1)

Nicola Pagliuca (INGV - RM1)

Umberto Sciacca (INGV - RM1)

Alessandro Settimi (INGV - RM2)

Aldo Winkler (INGV - RM2)

Salvatore Stramondo (INGV - CNT)

Gaetano Zonno (INGV - MI)

Viviana Castelli (INGV - BO)

Marcello Vichi (INGV - BO)

Sara Barsotti (INGV - PI)

Mario Castellano (INGV - NA)

Mauro Di Vito (INGV - NA)

Raffaele Azzaro (INGV - CT)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Mario Mattia (INGV - CT)

Marcello Liotta (Seconda Università di Napoli, INGV - PA)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 095 7165851

redazionecen@ingv.it

Le ceneri distali dell'eruzione del Vesuvio del marzo 1944 raccolte a Devoli (Albania)

Distal ash of Vesuvius eruption in March 1944 (Devoli - Albania)

Elena Cubellis, Aldo Marturano, Lucia Pappalardo

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano)

Le ceneri distali dell'eruzione del Vesuvio del marzo 1944 raccolte a Devoli (Albania)

Alle soglie del 70esimo anniversario dell'eruzione del Vesuvio del marzo 1944, viene donato agli autori il campione delle ceneri del Vesuvio raccolte dal Prof. Antonio Lazzari nella notte tra il 22 e il 23 marzo del 1944 a Devoli (attuale Berat, Albania) mentre era impegnato in ricerche petrolifere presso il Cantiere dell'AIPA (Azienda Italiana Petroli Albania). Tale campione, "gelosamente" custodito dal Prof. Ludovico Brancaccio, suo allievo, viene consegnato agli autori, per l'approfondimento degli studi sull'evento, nella fase di raccolta delle testimonianze sull'eruzione del 1944, pubblicate in un volume edito dall'Osservatorio Vesuviano-INGV nel 2010, a cura di Elena Cubellis e Aldo Marturano.

La cenere vulcanica raccolta in Albania è stata attribuita alla fase più violenta dell'eruzione (l'eruzione iniziò il 18 marzo e fu dichiarata conclusa il 7 Aprile), definita dall'allora Direttore dell'Osservatorio Vesuviano, Giuseppe Imbò, fase delle esplosioni miste, che iniziò alle ore 12 circa del 22 marzo e proseguì per circa 24 ore. A causa della scarsità di depositi sia prossimali che distali, la descrizione di Imbò rimane la principale fonte per lo studio di questa fase dell'eruzione. Pertanto il campione di cenere vulcanica analizzato nel presente studio riveste una particolare rilevanza, essendo la facies più distale finora esaminata. La cenere è stata sottoposta ad analisi di laboratorio geochimiche e tessiturali e i risultati, confrontati con i dati disponibili sulle altre fasi dell'eruzione, hanno permesso di formulare un'ipotesi sui meccanismi che causarono un repentino aumento del grado di esplosività dell'eruzione. In particolare, i dati ottenuti hanno evidenziato un rapido aumento dell'altezza della colonna eruttiva, che raggiunse, probabilmente, una quota maggiore (~ 10 km) di quanto riportato dalle fonti contemporanee. Tali risultati hanno importanti implicazioni sul rischio vulcanico; infatti, se un simile scenario dovesse ripetersi in futuro, gli effetti sul territorio, oggi fortemente urbanizzato, potrebbero essere critici.

About 70 years since the last eruption of Vesuvius in March 1944, the authors received a sample of volcanic ash collected on the night between 22 and 23 March 1944 at Devoli (Albania), by Prof. Antonio Lazzari engaged in oil prospecting at the Shipyard AIPA. This ash sample, "jealously" guarded by Prof. Ludovico Brancaccio, has delivered to the authors for further studies on the event, during the collection of witness on the Vesuvius 1944 eruption, published in a book edited by the Vesuvius Observatory -INGV in 2010 by Elena Cubellis and Aldo Marturano.

The volcanic ash, collected in Albania, has been attributed to the most violent phase of the eruption (the eruption began on March 18 and was declared ended April 7), defined by the then Director of the Vesuvius Observatory Giuseppe Imbò, explosions-mixed phase, which began at about 12 on March 22 and continue for approximately 24 hours. Due to the scarcity of proximal deposits, the description of Imbò remains the main track for the study of this phase of the eruption. Therefore, the sample of volcanic ash analyzed in this study, is of particular importance being the distal facies examined. The ash was subjected to laboratory analysis and geochemical and textural results, when compared with the available data on other phases of the eruption, have allowed us to formulate a hypothesis about the mechanisms causing a sudden increase in the degree of explosiveness. In particular, the obtained data showed a rapid increase in the height of the eruption column, which reached, probably, an altitude higher (~ 10 km) than that reported by contemporary sources. These results have important implications for volcanic hazard; in fact, if such a scenario would to occur in the future, the effects on the territory which today is highly urbanized, could be critical.

Introduzione

In occasione dei 60 anni dall'eruzione del Vesuvio del marzo 1944, si avviò un programma di raccolta di testimonianze dirette sull'evento eruttivo affinché un prezioso patrimonio di informazioni e di esperienze acquisite dalla comunità vesuviana e aree circostanti sull'eruzione non andasse disperso. La ricerca è stata pubblicata nel 2010 in un volume dal titolo "Testimonianze, ricordi e descrizioni dell'ultima eruzione del Vesuvio del marzo 1944" [Cubellis e Marturano, 2010] e presentato ufficialmente all'Osservatorio Vesuviano con la presenza di testimoni, studiosi e Autorità Scolastiche e Territoriali. Nella ricerca sono state coinvolte Scuole della Campania, Puglia, Basilicata e Molise. Il lavoro rientra nell'ambito delle attività istituzionali dell'Osservatorio Vesuviano, Sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, relative alla diffusione delle conoscenze sui vulcani attivi finalizzata alla mitigazione del rischio vulcanico. Le testimonianze sull'eruzione, arricchite altresì dai ricordi di personaggi illustri, quali quelli di ex direttori dell'Osservatorio Vesuviano e di docenti Universitari, costituiscono una banca dati aperta, in continuo aggiornamento, pronta a recepire altre testimonianze e dare voce a ricordi, forse mai raccontati, per arricchire sempre più la conoscenza dell'evento. Le informazioni sono oggetto di ulteriori studi sia per lo sviluppo della conoscenza dei meccanismi eruttivi al Vesuvio che per le problematiche relative alla mitigazione del rischio nell'area, ritenuta tra quelle a più alto rischio del mondo. Nella fase della raccolta delle testimonianze è stato donato all'Osservatorio Vesuviano dal Prof. Ludovico Brancaccio un campione di ceneri vulcaniche raccolte a Devoli (Albania) nella notte tra il 22 e il 23 marzo dal suo "Maestro", Professore Antonio Lazzari, docente dell'Università di Napoli: "... nella notte tra il 22 e il 23 marzo 1944, ad ora imprecisata, sul Cantiere petrolifero dell'AIPA, presso il Devoli, in Albania, si depose un sottilissimo velo di cenere abbastan-

za fine, di colore piuttosto scuro, di cui raccolsi un campione ritenendo che potesse essere di un certo interesse eseguirne lo studio." [Lazzari, 1947] (Fig. 1).

Il Prof. Lazzari intuì l'importanza del prelievo e della conservazione di questo campione che è alla base del presente studio, effettuato alle soglie dei 70 anni dall'eruzione (Fig. 2 a,b,c,d,e).

Il campione è stato sottoposto ad analisi di laboratorio geochimiche e tessiturali, che sono state confrontate con i dati disponibili sulle diverse fasi dell'eruzione nella letteratura sia coeva che successiva. I risultati ottenuti hanno consentito di ricostruire i meccanismi eruttivi che culminarono nella fase parossistica dell'eruzione associata all'emissione di grandi quantità di cenere. Inoltre attraverso l'uso di un modello numerico di dispersione della cenere vulcanica nell'atmosfera e della velocità dei venti in quota al momento dell'eruzione, sono stati valutati i tempi di trasporto delle ceneri e l'altezza massima raggiunta dalla colonna eruttiva.

1. L'eruzione del marzo 1944

L'eruzione del marzo 1944 chiuse un ciclo di attività plurisecolare al Vesuvio, aprendo, probabilmente, un lungo periodo di riposo o meglio "dinamico riposo" come affermava il Professore Giuseppe Imbò, a quel tempo Direttore



Figura 1 Devoli 1944. Cantiere Petrolifero AIPA di Kusova (bacino di Devoli, Albania). Antonio Lazzari è il secondo da sinistra; il 5° da sinistra è Stanislav Zuber, geologo; l'ultimo a destra è Enrico di Napoli Alliata, biostratigrafo (Foto gentilmente fornita dal Prof. Francesco Lazzari, figlio di Antonio).

Figure 1 Devoli 1944. Shipyard Oil Kusova of AIPA (basin Devoli, Albania). Antonio Lazzari is second from the left, the fifth from the left is Stanislav Zuber, geologist, and the last one on the right is Enrico Di Napoli Alliata, geologist (Photo courtesy of Prof. Francesco Lazzari, son of Antonio).

dell'Osservatorio Vesuviano [Imbò, 1956; Cubellis e Luongo, 1997]. Il Direttore Imbò, nonostante le vicende che interessarono l'Osservatorio durante il periodo bellico, decise di intensificare le osservazioni sul vulcano. L'eruzione è descritta in più articoli da Imbò ai quali gli autori successivi si rifanno per la rappresentazione dell'evento eruttivo [Imbò, 1945; 1949a,b]. Tra i lavori sull'evento si ricordano quelli di Parascandola [1945, 1948], Lazzari [1947], Casertano [1949], Scherillo [1949, 1953]. In tempi moderni molti studi e ricerche sono stati svolti su

questo evento, sia per affrontare l'interpretazione del meccanismo eruttivo che per tracciare un'ipotesi sul comportamento del vulcano in futuro [Scandone et al., 1986; Santacroce, 1987; Cubellis e Luongo, 1987; Pesce e Rolandi, 1994; Marianelli et. al., 1999; Chester et al., 2007; Cole e Scarpata, 2010].

Il Prof. Imbò seguì con continuità tutte le fasi dell'eruzione, dai suoi prodromi alla fase di chiusura, e il suo lavoro sull'eruzione è utilizzato come fonte principale nel presente studio per la descrizione dell'evento. Prima dell'eruzione



Figura 2 Campione di cenere dell'eruzione del Vesuvio del 1944 raccolto in Albania da Antonio Lazzari. a) bustina contenente il campione con la data della raccolta; b) contenuto della bustina con la cenere raccolta in una carta filtro bianca; c) il Prof. Ludovico Brancaccio procede ad una prima visione delle ceneri; d) contenuto della bustina e predisposizione per il prelievo del campione che è stato esaminato in laboratorio (e).
Figure 2 Ash sample from the Vesuvius eruption in 1944, collected in Albania by Antonio Lazzari. a) packet containing the sample with the date of collection b) the content of the sachet with ash collected in a filter paper c) Prof. Ludovico Brancaccio carry out an initial vision of the ashes d) sachet and sampling of the ash that was analysed in the laboratory (e).

del 1944 Imbò [1949b] riteneva che fosse prossima la fase finale del periodo eruttivo incominciato nel luglio 1913 e non prevedeva nuove manifestazioni di rilievo. Egli basava questa sua convinzione sulle osservazioni delle manifestazioni eruttive del 26 giugno del '40 quando il conetto si fratturò e da questo sgorgò un flusso lavico [Imbò 1949b; Cubellis e Luongo, 1997]. La previsione di Imbò non risultò vera, seguirono una serie di fenomeni complessi alla base del conetto eruttivo, che ne modificarono frequentemente la morfologia con collassi e costruzioni. Il 6 gennaio 1944 si verificò la fratturazione di tale conetto accompagnata da emissioni laviche; con la diminuzione dell'attività eruttiva, in seguito all'abbassamento del magma nel condotto vulcanico, il livello di allarme si ridusse e rimase tale per tutto il mese. Tale fenomeno provocò il 13 marzo il crollo del conetto nella parte orientale, dove si formò una voragine crateriforme, mentre la bocca sommitale rimase inattiva. L'attività eruttiva riprese con effusioni laviche ed esplosioni poco prima del tramonto del 18 marzo. I fumi si elevarono in ampie e rapide volute formando un gigantesco pennacchio inclinato a nord, rossiccio per il riverbero del magma incandescente. Il giorno successivo si intensificarono le esplosioni e l'alimentazione delle colate laviche. Sulla base dei fenomeni osservati e dell'attività sismica che accompagnò l'eruzione Imbò distinse 4 fasi [Imbò, 1949b]:

I - fase effusiva

Iniziò nel pomeriggio del 18 marzo del 1944 con il trabocco del magma dal cratere e formazione di colate laviche (Fig. 3a, 3b).

Imbò si recò nella parte sommitale del vulcano, fino al cratere dove poté osservare una poderosa attività stromboliana: continui lanci di scorie si accompagnavano a flussi lavici che si sviluppavano intorno al conetto, formando un vero e proprio lago di lava. Da questa distesa di lave tumultuanti si riversarono all'esterno del bordo craterico più colate di cui due molto veloci in direzione Nord e Sud rispettivamente. Il giorno 19 marzo le manifestazioni effusive ed esplosive si intensificarono e le colate si mostravano minacciose per i centri abitati di S. Sebastiano e Massa, entrambi sul versante occidentale del vulcano. Nelle prime ore del 21 la lava invase S. Sebastiano e Massa per procedere nella sua corsa verso valle e minacciare l'abitato di Cercola. Nel pomeriggio dello stesso giorno la colata rallentò per una riduzione dell'alimentazione fino ad arrestarsi definitivamente il giorno 22.

II - fase delle fontane laviche

Questo fenomeno si manifestò in seguito ad un profondo cambiamento nell'attività del vulcano, avvenuto circa alle ore 17 del giorno 21 con un'intensa attività esplosiva caratterizzata da "fontane di lava", accompagnata dalla cessazione



Figura 3a Eruzione del Vesuvio, 18 marzo 1844, da Pompei. La lava inizia a traboccare e si riversa lungo le pendici del Gran Cono [Imbò, 1949b].
Figure 3a Eruption of Vesuvius, March 18, 1844, from Pompeii. The lava begins to overflow and flows along the slopes of the Gran Cono [Imbò, 1949b].



Figura 3b Eruzione del Vesuvio, 1944. Principali flussi di lava [Cubellis e Luongo, 1997].

Figure 3b Eruption of Vesuvius, 1944. Main lava flows [Cubellis and Luongo, 1997].

dell'alimentazione delle colate che avevano già invaso S. Sebastiano e Massa.

In questa fase "...L'innalzamento compatto sulla bocca della colonna lavica fu di oltre 2 km, ...". Il materiale magmatico lanciato nell'atmosfera sotto forma di brandelli lavici, scorie, lapilli, nel ricadere sulla parte sommitale del vulcano formava una pseudo colata che appariva, nell'oscurità della notte, come un corpo a macchie incandescenti intercalato da ampie zone scure. Durante questa fase le scorie e i lapilli più leggeri raggiunsero altezze fino a circa 4 km e spinti dal vento ricadevano prevalentemente nei quadranti orientali, nella zona di Angri e Pagani, mentre le ceneri, trasportate dai venti verso Est e Nord-Est, si spinsero fino a un centinaio di chilometri di distanza dal Vesuvio. La prima fontana durò poco meno di 1 ora con un massimo di attività nei primi 15 minuti. A questa fece seguito l'arresto delle manifestazioni eruttive e sismiche, come mostravano le registrazioni perfettamente piatte dei sismografi. All'Osservatorio Vesuviano, durante le crisi esplosive l'agitazione sismica era tanto elevata da rendere difficile l'equilibrio delle persone in moto, quasi come su una nave in mare aperto. Ad intervalli non regolari seguirono altre 7 fontane con durata variabile, però tutte inferiori all'ora, esclusa l'ultima che durò oltre 5 ore (7:30-12:30 del 22 marzo), ma questa più che una singola fon-

tana fu una successione di fontane distinte da massimi e minimi di attività. I prodotti associati a questa fase esplosiva si diressero in direzione Est ricoprendo i centri abitati vesuviani e dell'Agro Nocerino-Sarnese.

III - fase delle esplosioni miste

La fine della fase delle fontane di lava e l'inizio di una nuova fase, detta "fase delle esplosioni miste", fu annunciata, poco dopo le 12 del 22 marzo, da un rapido cambiamento nella natura del materiale emesso.

Nella nube vulcanica prevalevano ceneri scure che si elevavano molto velocemente al di sopra della bocca in ampie volute. In questa fase la nube raggiunse l'altezza di oltre 5000 metri al di sopra dell'orlo del cratere. Le ceneri erano accompagnate da lanci di bombe mentre, per il collasso parziale della colonna eruttiva, si generavano piccole nubi ardenti che scivolavano ad alta velocità lungo i fianchi del Gran Cono Vesuviano fino alla sua base. Questa fase fu accompagnata da scariche elettriche che squarciavano la nube vulcanica. Circa 6 ore dopo l'inizio di tale attività seguì una calma eruttiva e sismica. La fase delle esplosioni miste unitamente all'ultima fontana lavica, della durata di circa 10 ore, rappresentano la massima intensità del parossismo eruttivo.

IV - fase sismo esplosiva

Il passaggio tra la III e IV fase è collocato alle ore 12 circa del 23 marzo.

Le esplosioni presentavano carattere di discontinuità e tra il materiale emesso prevaleva quello più freddo rispetto a quello incandescente. Le esplosioni immettevano nell'atmosfera ceneri fino ad altezze di 2 km dall'orlo del cratere ed erano intervallate da continue esalazioni e da frequenti sismi. Questi precedevano, accompagnavano e seguivano le fasi esplosive più intense. Nel corso di questa attività si osservavano lanci di materiale incandescente, la formazione di piccole nubi ardenti o valanghe lungo i fianchi del Gran Cono e scariche elettriche nell'atmosfera. La fase sismo-esplosiva sarà correlata ad ostruzione del condotto per crolli interni al cratere e/o ad un aumento della viscosità del magma [Cubellis e Luongo, 1997].

La mattina del 24 marzo l'attività eruttiva diminuì sensibilmente. Nella mattinata del 25 marzo un forte vento di NNE spinse la nube vulcanica in direzione SSW generando un'intensa pioggia di ceneri. Tale evento colpì fortemente la cittadinanza nella Penisola Sorrentina, al punto che la memoria sul fenomeno è registrata nel detto popolare "è 25 chiuvette à cenere!" [Testimonianna da Meta di Sorrento, in Cubellis e Marturano, 2010]. Mentre queste si andavano accumulando sul fianco SSW del vulcano, nella direzione opposta si depositavano i proietti di maggiori dimensioni lanciati dalle esplosioni. Questa diversa distribuzione dei prodotti pesanti e dei prodotti leggeri dalla stessa nube vulcanica fu interpretata con la presenza di un condotto eruttivo obliquo che con-

dizionava la traiettoria dei proietti in direzione NNE, mentre le ceneri erano deviate in direzione opposta proprio dallo spirare del forte vento di NNE [Imbò, 1949b] (vedi Tabella 1 descritta in seguito).

L'intensità del fenomeno eruttivo nei giorni 26 e 27 marzo diminuì sensibilmente. Nelle prime ore del 27, tuttavia, si registrò una recrudescenza dell'attività sismica alla quale si accompagnarono numerose frane che investirono la parte sommitale del vulcano. Così il mattino del 27 l'orlo craterico risultò più basso di quanto fosse stato rilevato il giorno precedente.

I crolli e gli sprofondamenti al cratere, iniziati il mattino del 27, continuarono e così, il giorno 29, si poté osservare la formazione di una vasta voragine, profonda almeno 300 metri con un perimetro di circa 1.5 Km, dalla quale si avevano lanci di cenere molto contenuti; questa voragine subì, a causa delle frane, continue ostruzioni e riaperture.

L'attività osservata il 29 marzo continuò con minore intensità fino al 7 aprile, quando la bocca rimase permanentemente chiusa. Da questa data può farsi iniziare l'attuale periodo di riposo del Vesuvio.

2. Analisi delle ceneri vulcaniche raccolte in Albania

2.1. Altezza della colonna eruttiva e tempo di percorrenza della cenere vulcanica

Dalla ricostruzione della dinamica dell'eruzione del 1944 e dalla testimonianza di A. Lazzari si evince che il campione di cenere vulcanica raccolto in Albania è associato alla fase più violenta dell'eruzione, definita da G. Imbò fase delle "esplosioni miste", che iniziò intorno alle 12 del 22 marzo terminando 24 ore dopo.



Figura 4 Eruzione del Vesuvio, 24 marzo 1944 [Imbò, 1949b].
Figure 4 Eruption of Vesuvius, March 24, 1944 [Imbò, 1949b].

Secondo le testimonianze, durante questa fase la colonna eruttiva raggiunse i 5000 m al di sopra della vetta del vulcano [Imbò, 1949b]; secondo altri autori [Chester et al., 2007] tuttavia la copertura del cielo non consentiva di stabilire l'altezza massima raggiunta dalla colonna. Abbiamo verificato quest'ultima ipotesi esaminando l'archivio della stazione meteorologica dell'Istituto di Fisica Terrestre dell'Università di Napoli (Tabella 1) localizzata al centro storico della città, in Largo San Marcellino 10, da cui emerge che il cielo il giorno 22 marzo 1944 mostrava una copertura alle ore 14 di soli 3/10, tuttavia alle 19 è riportata una copertura totale (10/10), che durò anche per tutto il giorno successivo. Pertanto, tenuto conto che la fase delle esplosioni miste inizia alle 12 del 22 marzo, si può ragione-

volmente ritenere che la nube fosse osservata nel suo sviluppo totale soltanto prima della copertura del cielo verificata nel tardo pomeriggio-sera del 22 marzo. Dalle osservazioni di Imbò risulterebbe che la fase delle "esplosioni miste", iniziata alle ore 12, avrebbe subito una brusca cessazione alle ore 18 e una nuova ripresa, più debole e discontinua, alle 21, e si sarebbe sviluppata fino alla mattina del 23, divenendo sempre più discontinua e manifestando recrudescenze con la formazione di piccole nubi ardenti il giorno 24. In quest'ultima data le emissioni di cenere si elevarono fino a quasi 3000 metri e furono convogliate sui versanti sud e sud-ovest del vulcano dai forti venti di Nord-NordEst (Fig. 4-8). Mancano, tuttavia, immagini della nube relative al pomeriggio del 22 marzo. Sono inve-



Figura 5 Eruzione del Vesuvio, 24 marzo 1944. Primo stadio della nube ardente. Dalla base della nube vulcanica "masse cineree" (flussi piroclastici) si riversano lungo le pendici occidentali del Gran Cono [Imbò, 1949b].

Figure 5 Eruption of Vesuvius, March 24, 1944. First stage of the *nuée ardente*. From the base of the volcanic cloud, pyroclastic flows flowed along the western slopes of the Great Cone [Imbò, 1949b].

ce disponibili immagini serali con fenomeni elettrici sviluppatasi nella nube (Fig. 9) e foto del 23 marzo (Fig. 10-12), con copiose cadute di lapilli nei quadranti orientali del vulcano, che investirono il campo di aviazione americano a Terzigno (Fig. 13).

Per avere informazioni sull'altezza massima raggiunta dalla colonna eruttiva durante questa fase dell'eruzione, abbiamo utilizzato un modello numerico di dispersione della cenere vulcanica nell'atmosfera [Mastrolorenzo et al., 2008] in cui sono stati inseriti sia i parametri dinamici (velocità iniziale, massa eruttata, densità e dimensione della cenere) di questa fase dell'eruzione [Scandone et al., 1986; Pfeiffer et al., 2005; Macedonio et al., 2008] che la velocità del vento misurata nel marzo del 1944 a diverse quote fino

a 12.000 m (Fig. 14 database della NOAA's National Geophysical Data Center, <http://www.ngdc.noaa.gov/>).

I risultati delle simulazioni effettuate, riportate in figura 15, indicano che la colonna eruttiva raggiunse un'altezza intorno ai 10 km per giustificare l'accumulo di un sottile livello (circa 1 mm) di cenere in Albania a circa 450 km di distanza dal Vesuvio.

Il dato ottenuto è in accordo con quello calcolato da altri autori dall'analisi delle isoplete di scorie e litici [Cole e Scarpati, 2010]. In figura 15 sono riportati inoltre i valori degli spessori della cenere accumulata nella terza fase lungo l'asse di dispersione, come riportati dalle testimonianze dirette raccolte nel volume di Cubellis e Marturano [2010] e nella banca dati sull'evento, in corso



Figura 6 Eruzione del Vesuvio, 24 marzo 1944. Secondo stadio della nube ardente. “Masse cineree” (flussi piroclastici) si sviluppano e si ramificano alla base del Gran Cono, mentre la nube vulcanica raggiunge quote più elevate [Imbò, 1949b].
Figure 6 Eruption of Vesuvius, March 24, 1944. Second stage of the nuée ardente. Ash flows grow and branch at the base of the Great Cone, whereas the volcanic cloud reaches higher altitudes [Imbò, 1949b].



Figura 7 Eruzione del Vesuvio, 24 marzo 1944. Terzo stadio della nube ardente. Le masse cineree raggiungono la base del Gran Cono e tendono ad arrestarsi. Anche lo sviluppo della nube vulcanica si arresta [Imbò, 1949b]

Figure 7 Eruption of Vesuvius, March 24, 1944. Third stage of the nuée ardente. The ash flows reach the base of the Great Cone and tend to stop. The development of the volcanic ash cloud stops [Imbò, 1949b].

di aggiornamento e disponibile on-line (www.ingv.it) (Tabella 2, Fig.16).

Inoltre, tenuto conto che la distanza Vesuvio-Devoli è di circa 450 km, e utilizzando i dati della velocità del vento alla quota calcolata di 10 km, tra le 12 del 22 marzo fino alle 6 del 23 marzo, che risulta compresa mediamente tra 50 e 70 km /h, il tempo di tragitto delle ceneri risulta mediamente compreso tra 7 e 9 ore circa. Questo dato è coerente con la testimonianza relativa alla raccolta della cenere.

2.2 Analisi geochemica e tessitura delle ceneri

Il campione di cenere vulcanica è stato analizzato al microscopio ottico a luce polarizzata e alla microsonda elettroni-

ca (EMPA, JEOL-JXA-8200) per le analisi tessiturali e la determinazione della concentrazione degli elementi maggiori e volatili (Cl, F, S) nel vetro e nelle fasi mineralogiche. Le misure sono state effettuate presso il laboratorio di microsonda elettronica dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma.

2.2.1 Analisi tessiturali

Forma e dimensioni dei clasti

Le immagini ottenute alla microsonda elettronica sono state elaborate con il programma per analisi d'immagine ImageJ per la misurazione delle dimensioni, forma dei clasti e distribuzione granulometrica.

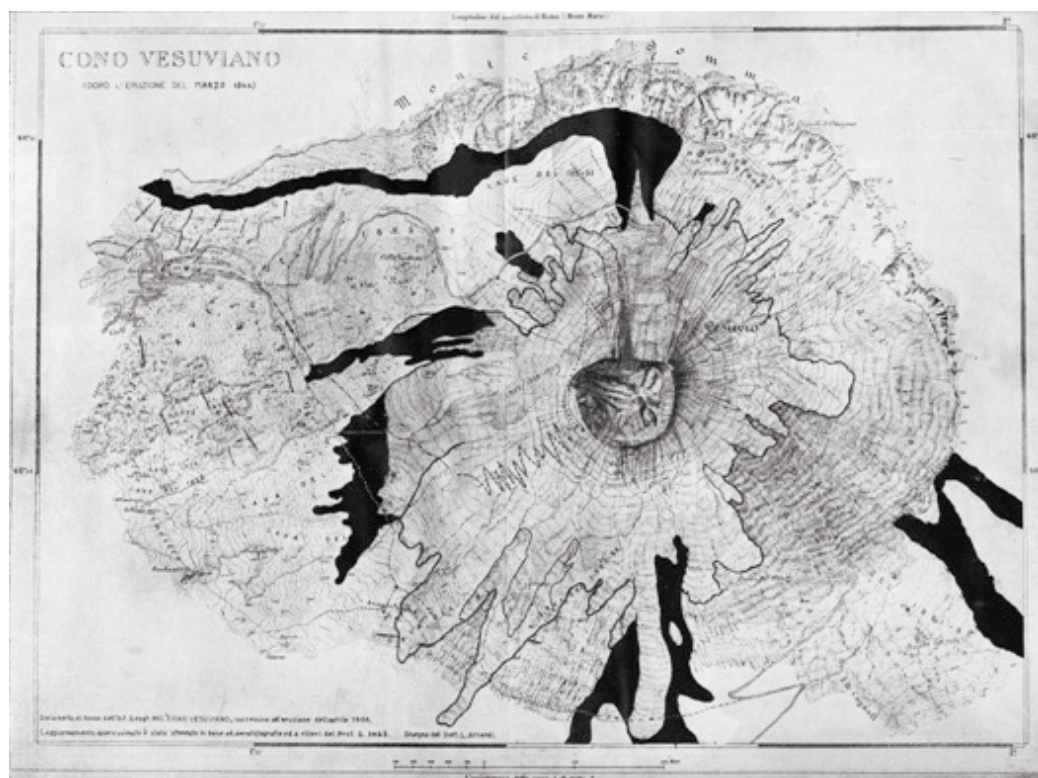


Figura 8 Eruzione del Vesuvio, 1944. Distribuzione delle colate laviche nel periodo eruttivo 1913-1944 e delle nubi ardenti (fase IV, sismo esplosiva) [Imbò, 1949b].

Figure 8 Eruption of Vesuvius, 1944. Distribution of lava flows in the period 1913-1944 eruption and hot avalanches (stage IV) [Imbò, 1949b].

Il campione di cenere è costituito da clasti di dimensioni comprese tra circa 20 e 350 micron; l'istogramma delle dimensioni dei clasti mostra una moda tra i 20 e i 30 micron (Fig. 17).

La forma è generalmente tabulare o allungata (aspect ratio = valore modale ~ 1.5 ; circularity = moda ~ 0.7), e con angoli mediamente smussati (roundness = moda ~ 0.7) (Fig. 18).

2.2.2 Analisi dei componenti al microscopio binoculare e polarizzatore

Il campione è costituito in prevalenza da minerali (70-80%) ed in misura minore da vetro vulcanico scuro poco vescicolato (20-30%). Le principali fasi mineralogiche sono clinopirosseno (30%), leucite (20-30%) e feldspato (20-30%); meno abbondanti olivina (5%), magnetite (5%), apatite (<1%), titanite (<1%) e granato (<1%), in accordo a quanto riportato anche da Lazzari [1947].

Inoltre sono presenti in misura minore cristalli di quarzo (<<1%) di origine secondaria (estranei all'eruzione), probabilmente inglobati nelle fasi di deposizione e campionamento.

2.2.3 Analisi geochimiche delle principali fasi mineralogiche e del vetro vulcanico

Le analisi geochimiche della concentrazione degli elementi

maggiori e volatili (Cl, F, S), eseguite alla microsonda elettronica (EMPA), sono state effettuate sul vetro vulcanico (20 analisi) e sui minerali principali; in particolare sono stati analizzati 20 cristalli di leucite, 10 di pirosseno, 9 di plagioclasio. In Tabella 3 è riportata la composizione rappresentativa delle fasi mineralogiche.

Feldspati

Le analisi dei feldspati alcalini sono riportate nel diagramma composizionale albite – ortoclasio – anortite in Figura 19. Il campione di cenere è caratterizzato da plagioclasio con composizione bytownitica-labradoritica ($Ab_{84}-An_{64}$).

Pirosseni

Le analisi dei fenocristalli di pirosseno sono riportate nel triangolo classificativo enstatite-ferrosilite-wollastonite (Figura 19). I pirosseni analizzati cadono nel campo del diopside e mostrano una generale evoluzione verso termini sempre più ricchi in ferro (Fs_4-Fs_{14}).

Leucite e Olivina

I fenocristalli di leucite mostrano composizione abbastanza omogenea ($K_2O=19.2-19.8$ wt%); le olivine hanno un contenuto di forsterite di Fo_{71} (Figura 19).

In generale la composizione chimica dei fenocristalli presenti nel campione di cenere è simile (clinopirosseni) oppure, più differenziata (leucite, feldspato, olivina) rispetto a quella dei minerali presenti nelle rocce eruttate durante le altre fasi dell'eruzione del 1944, che sono riportate nei diagrammi (Figura 19) per confronto.

Vetro vulcanico

Il vetro vulcanico presente nel campione di cenere ha composizione fono-tefritica (Fig. 20 diagramma classificativo di Le Bas et al., [1986]), comparabile con quella delle rocce emesse nelle altre fasi dell'eruzione del 1944, disponibile in letteratura e misurata con una diversa tecnica di analisi (XRF).

In figura 21 sono rappresentati i diagrammi di variazione più rappresentativi per gli elementi maggiori (diagrammi di Harker) in funzione del MgO, utilizzato come indice di differenziazione magmatica; nei diagrammi di Harker la composizione delle rocce totali (vetro + cristalli) è sempre meno differenziata di quella dei corrispondenti vetri vulcanici, la cui composizione riflette quella del liquido magmatico residuale separato dall'assemblaggio mineralogico. Al diminuire del MgO le concentrazioni degli elementi maggiori descrivono andamenti regolari senza intervalli composizionali. In particolare si osserva un aumento di SiO₂ (da 47 a 49 wt%), Al₂O₃ (da 13 a 19 wt%), Na₂O (da 1 a 5 wt%), un decremento di FeO*_{tot} (da 11 a 7%) e CaO (da 14 a 8%),



Figura 9 Eruzione del Vesuvio, 22 marzo 1944. Scariche elettriche sul Gran Cono [Imbò, 1949b].
Figure 9 Eruption of Vesuvius, March 22, 1944. Lightnings over the Gran Cono [Imbò, 1949b].

mentre TiO_2 (~1%), P_2O_5 (circa 0.7 wt%) e MnO (~0,2%) presentano composizione costante. Al contrario il K_2O aumenta nelle rocce meno differenziate per valori del MgO compresi tra 8 e 5, mentre diminuisce nei campioni a maggior grado di evoluzione (MgO compreso tra 5 e 3) rappresentati dai campioni di vetro vulcanico e dalle ceneri della terza fase dell'eruzione.

Considerate complessivamente, le variazioni geochemiche descritte possono essere ricondotte al frazionamento delle fasi mineralogiche osservate nelle rocce. In particolare il decremento di MgO , FeO^{tot} , CaO sono consistenti con la predominanza del frazionamento di minerali mafici (ricchi in Mg e Fe , quali olivina e clinopirosseno) e di plagioclasio calcico, mentre le concentrazioni costanti di TiO_2 e P_2O_5 indicano la formazione di minerali ricchi in Ti e P (magnetite, apatite, spinello) come fasi accessorie. Inoltre, l'inversione di pendenza mostrata dal K_2O che, da un iniziale arricchimento, decresce nei campioni meno ricchi in MgO , (<5%) indica una tardiva

cristallizzazione della leucite, nel cui reticolo cristallino si concentra il K che viene di conseguenza sottratto al fuso magmatico più evoluto.

Per ottenere informazioni sulle condizioni di temperatura e pressione a cui sono cristallizzate le diverse fasi mineralogiche, abbiamo elaborato le composizioni chimiche dei minerali e del vetro ottenute alla microsonda elettronica tramite calcoli di termodinamica (Fig. 22) basati sulla minimizzazione dell'energia libera di Gibbs [CODICE MELTS, Ghiorso et al., 1994]. Inoltre, le concentrazioni delle fasi volatili misurate nei vetri vulcanici (che rappresentano le frazioni di magma residuale degassato nel condotto) sono state confrontate con quelle disponibili in letteratura [Marianelli et al., 1999; Fulignati et al., 2004] sulle inclusioni vetrose (piccole gocce di magma non degassato) intrappolate nei cristalli durante la loro crescita (Fig. 23).

I risultati ottenuti indicano che la cristallizzazione è avvenuta in due fasi distinte caratterizzate da diverse condizioni di pressione e temperatura. Una prima fase in cui il magma



Figura 10 Eruzione del Vesuvio, 23 marzo 1944 (cortesia Giovanni Ricciardi).

Figure 10 Eruption of Vesuvius, March 23, 1944 (courtesy of Giovanni Ricciardi).

meno evoluto raffredda ($T = 1150^{\circ}\text{C} - 950^{\circ}\text{C}$) in una camera magmatica crostale a profondità compresa tra 16 e 8 km (P tra > 400 e 200 Mpa), confermando i dati sulle inclusioni vetrose [Marianelli et al. 1999; Fulignati et al., 2000]. In questa prima fase cristallizzano principalmente olivina e pirosseno ed in misura minore plagioclasio, magnetite ed apatite (Fig. 22). Una seconda fase di più bassa pressione (< 200 Mpa) e temperatura ($< 950^{\circ}\text{C}$) probabilmente durante la risalita del magma nel condotto vulcanico, in cui si formano la leucite e la salite in equilibrio con liquidi magmatici via via più evoluti (Fig. 23).

Indicazioni sulla velocità di risalita del magma nel con-

dotto vulcanico durante le diverse fasi dell'eruzione, possono essere dedotte dal contenuto di acqua misurato nel vetro vulcanico (Fig. 24), la cui composizione corrisponde a quella del magma residuale durante il degassamento nel condotto vulcanico. In particolare, i bassi contenuti di acqua (H_2O wt% ~ 0.5), che caratterizzano i campioni di lava emessi durante la fase effusiva, sono compatibili con una lenta decompressione del magma nel condotto vulcanico che favorisce l'essoluzione e l'allontanamento dei volatili (tra cui H_2O) dal liquido magmatico (degassamento all'equilibrio); mentre i più alti contenuti di acqua (H_2O wt% 1.5-3), nel vetro delle scorie e della cenere



View of the eruption of Mt. Vesuvius on 23 March 1944. A North American B-25 of the 340th Bomb Group is silhouetted in the foreground. Italy.

Figura 11 Eruzione del Vesuvio, 23 marzo 1944, dal campo di aviazione di Terzigno.
Figure 11 Eruption of Vesuvius, March 23, 1944, from the Terzigno airfield.



Figura 12 Fase III dell'eruzione del Vesuvio, marzo 1944 [Chester et al., 2007].
Figure 12 Phase III of the eruption of Vesuvius, March 1944 [Chester et al., 2007].



A battered North American B-25 of the 310th Bomb Group rests useless on the dispersal strip under Mt. Vesuvius after the eruption on 23 March 1944.

Figura 13 Terzigno, 23 marzo 1944. Campo di aviazione "Pompei Air Field" con aereo bombardiere coperto da lapilli. Sullo sfondo il vulcano in eruzione, sul lato destro il Monte Somma.

Figure 13 Terzigno, March 23, 1944. Airfield "Pompeii Air Field" with bomber aircraft covered by ash. In the background the volcano, on the right side, the Monte Somma.

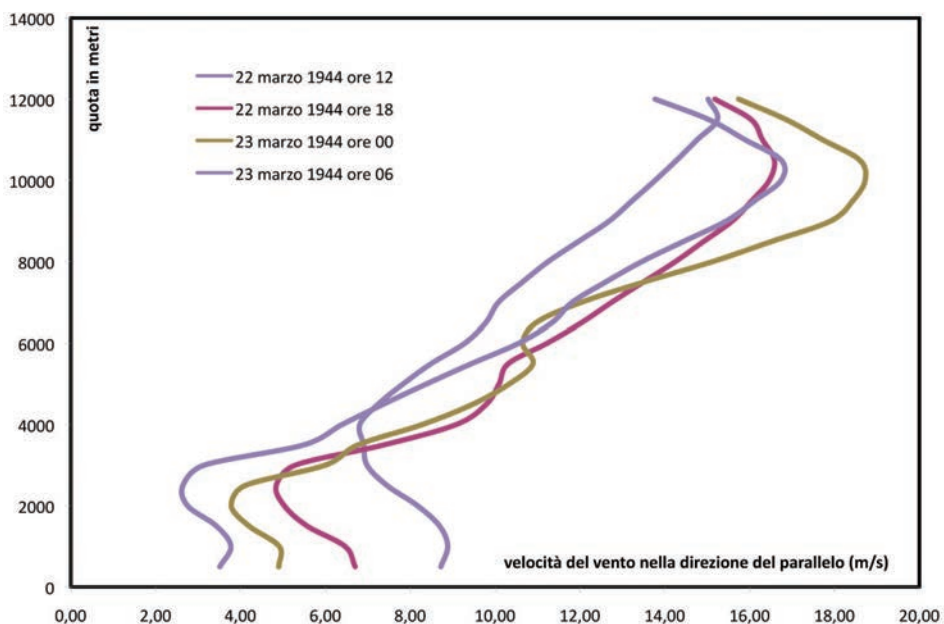


Figura 14 La figura mostra la velocità del vento in direzione del parallelo (verso est) riferito alle coordinate LON 14-LAT 40 misurata a diverse quote nei giorni 22 e 23 marzo 1944, durante la fase parossistica dell'eruzione in cui è documentato l'arrivo delle ceneri vulcaniche in Albania.

Figure 14 The figure shows the wind speed in the direction of the parallel (to the east), measured at different altitudes on 22 and 23 March 1944, during the paroxysmal phase of the eruption in which is documented the arrival of volcanic ash in Albania.

delle fasi esplosive dell'eruzione, sono indicativi di una rapida decompressione magmatica che ostacola l'essoluzione e l'allontanamento della fase gassosa (degassamento in condizioni di disequilibrio), che rimane a contatto con il liquido fino alla frammentazione esplosiva.

3. Discussione

In questo studio è stata analizzata per la prima volta la composizione della cenere vulcanica del Vesuvio caduta in

Albania nella notte tra il 22 e 23 marzo del 1944, campionata dal Prof. Antonio Lazzari che si trovava a Devoli per ricerche petrolifere. La cenere fu eruttata durante la fase parossistica dell'eruzione (fase III, nota come fase delle esplosioni miste), durante la quale fu osservato un aumento dell'altezza della colonna eruttiva che come riportato dalle cronache del tempo, da 2 km, raggiunta nella fase precedente delle fontane di lava, superò i 5 km. Tuttavia, non è nota la quota precisa raggiunta dalla colonna a causa della presenza di nubi (strato-cumuli, altezza 1-2 km) nel tardo pomeriggio-sera e per tutta la giornata del 23.

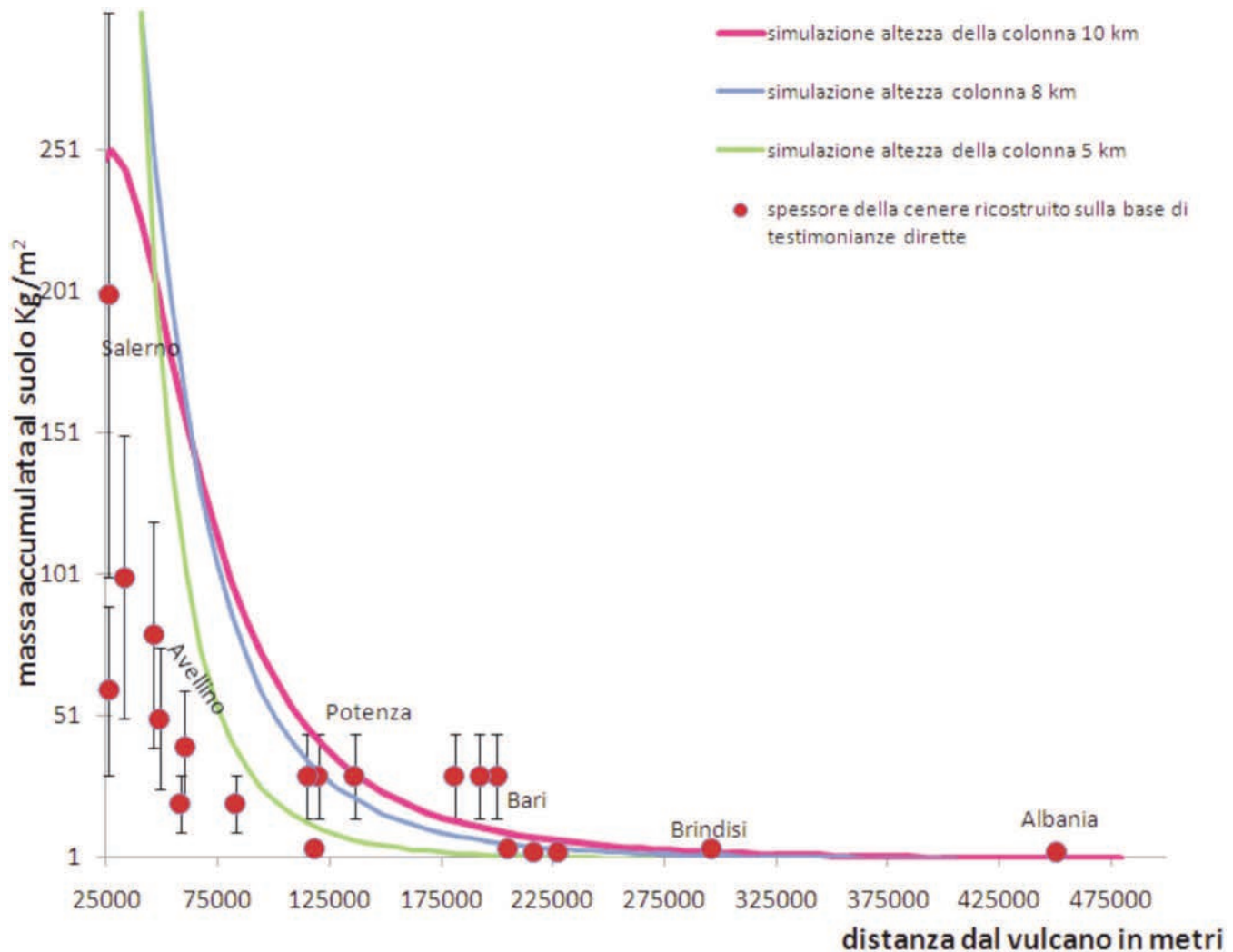


Figura 15 Simulazione numerica di dispersione della cenere vulcanica nell'atmosfera, effettuata utilizzando i parametri dinamici dell'eruzione del 1944 [Scandone et al., 1986] e la velocità del vento misurata nel marzo del 1944 (velocità iniziale = 200m/s, massa eruttata = 0.4×10^{12} Kg, densità media = 1000 kg/m^3 e dimensione media della cenere = 1.5 phi). Dalla figura si osserva che, per un'altezza della colonna eruttiva di 5 km, la cenere raggiunge circa 200 km di distanza dal vulcano; per un'altezza di 8 km, la cenere supera i 300 km di distanza; mentre per una colonna eruttiva più alta, di 10 km, la distanza raggiunta supera i 400 km. Sono altresì riportati i dati sullo spessore della cenere ricavati dalle testimonianze dirette [Lazzari, 1947; Cubellis e Marturano, 2010]. Si osserva che, per distanze inferiori ai 100 km, gli spessori osservati sono compatibili con un'altezza della nube di circa 5 km, mentre gli spessori accumulati a distanze maggiori riflettono un'altezza della colonna eruttiva tra 8 e 10 km.

Figure 15 Numerical simulation of dispersion of volcanic ash in the atmosphere, carried out using the dynamic parameters of the 1944 eruption (Scandone et al., 1986) and the wind speed measured in March 1944 (initial velocity = 200 m / s, erupted mass = 0.4×10^{12} Kg, average density = 1000 kg/m^3 and average size of the ash = 1.5 phi). The figure shows that, for height of the column of 5 km, the ash reaches about 200 km away from the volcano, for a height of 8 km, ash exceeds 300 km away, while an eruptive column higher than 10 km, the distance reached is more than 400 km. Thickness of ash resulting from direct evidence [Lazzari, 1947; Cubellis and Marturano, 2010] is also reported. It is observed that, for distances below 100 km, the observed thickness are consistent with a cloud height of about 5 km, while the thickness accumulated at greater distances reflect height of the column between 8 and 10 km.

Utilizzando un modello numerico di dispersione della cenere nell'atmosfera, in cui sono stati inseriti sia i parametri dinamici di questa fase dell'eruzione che la velocità del vento a diverse quote fino a 12000 m, abbiamo stimato che la colonna eruttiva si sarebbe spinta fino ad un'altezza di 10 km. La cenere, trasportata dai venti di alta quota che spiravano verso EST ad una velocità compresa tra i 50-70 km/h, sarebbe giunta in Albania, distante 450 km dal Vesuvio, in circa 7-9 ore.

I nostri dati sulla composizione chimica della cenere, confrontati con quelli disponibili per le altre fasi dell'eruzione, indicano che il passaggio a questa fase parossistica dell'eruzione è associato a una più rapida risalita nel condotto vulcanico di magma a composizione più evoluta. Calcoli di termodinamica basati sull'equilibrio chimico tra cristalli e liquido, indicano che la differenziazione magmatica sarebbe avvenuta in due fasi di cristallizzazione caratterizzate da diversa temperatura e pressione. In

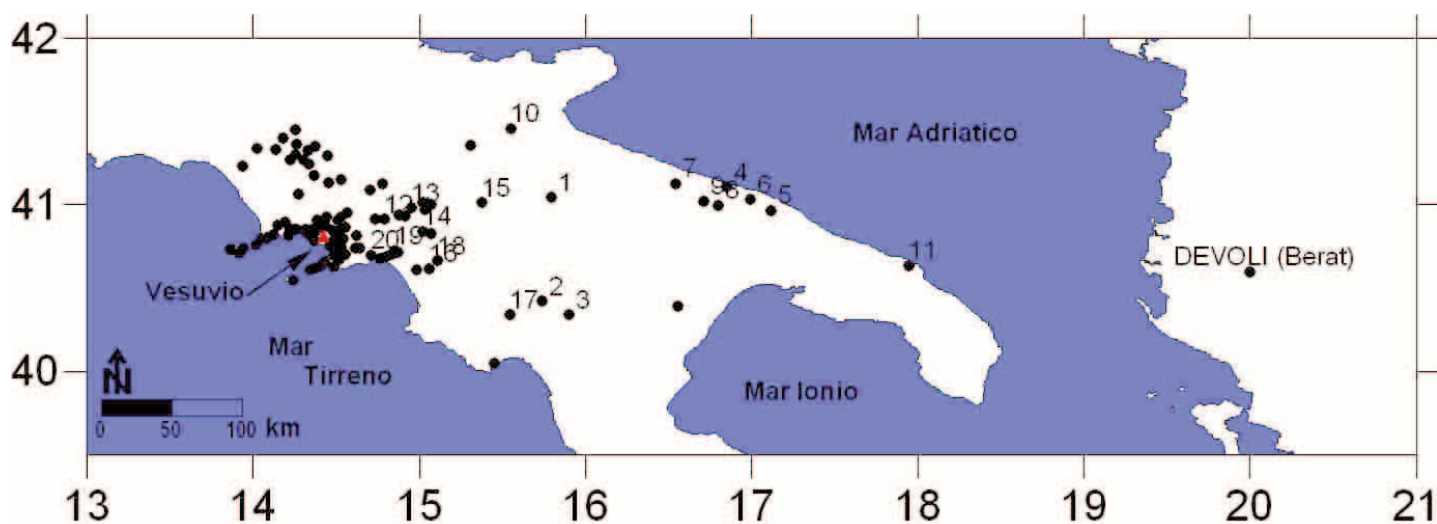


Figura 16 Nella mappa sono mostrati i luoghi di osservazione della cenere segnalati dalle testimonianze dirette (base cartografica cortesia Laboratorio Geomatica e Cartografia dell'OV-INGV).
Figure 16 The map shows the sites of ash accumulation reported by eyewitness accounts (base-map courtesy of the Laboratory Geomatics and Cartography OV-INGV).

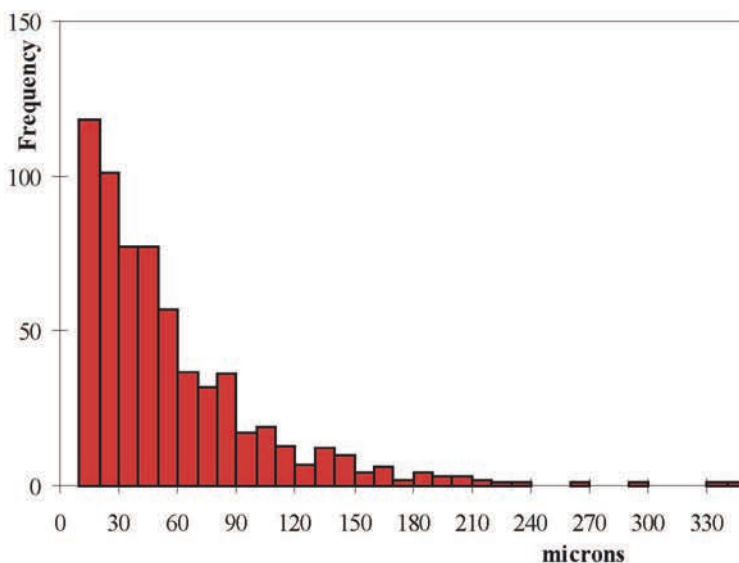
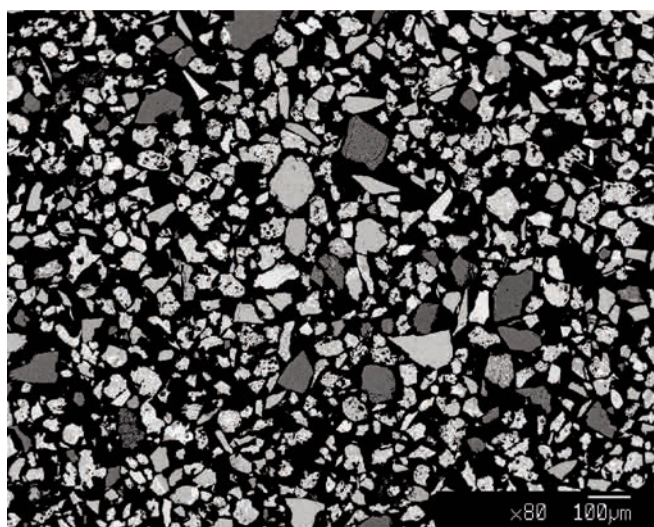


Figura 17 Immagine backscattered alla microsonda elettronica (EMPA) del campione di cenere vulcanica dell'eruzione del Vesuvio del 1944 raccolta a Devoli e istogramma delle dimensioni dei clasti. Le dimensioni dei clasti sono comprese tra circa 20 e 350 micron, con prevalenza dei clasti più piccoli (tra i 20 e i 30 micron).
Figure 17 Backscattered image obtained by electron microscope (EMPA) of the sample of volcanic ash collection at Devoli and histogram of the clast size. The dimension of the clasts is between about 20 and 350 microns, with a prevalence of smaller clasts (between 20 and 30 microns).

una prima fase a più alta pressione, in seguito al raffreddamento del magma meno evoluto in una camera magmatica crostale (tra i 16 e gli 8 km di profondità), frazionarono principalmente olivina, diopside ed in misura minore plagioclasio, magnetite ed apatite; mentre nella successiva fase a più bassa pressione (profondità < 8 km), probabilmente associata alla risalita del magma nel condotto vulcanico, cristallizzarono principalmente la leucite e salite in equilibrio con magmi via via più evoluti. Questo processo di cristallizzazione sin-eruttiva nel condotto vulcanico, associato ad una più rapida risalita del magma, potrebbe spiegare l'emissione di magma più ricco in gas e quindi il repentino aumento del grado di esplosività nelle fasi intermedie dell'eruzione (II e III fase), con l'emissione di una maggiore quantità di cenere. Di conseguenza, i nostri dati mostrano che i processi di degassamento e cristallizzazione che accompagnano la risalita del magma nel condotto vulcanico, possono essere causa anche nel caso di eventi eruttivi di modesta entità, di un repentino incremento dell'altezza della colonna eruttiva e quindi dell'estensione ad eruzione già in corso, dell'area esposta alla caduta di cenere vulcanica.

Tali dati hanno forte implicazione sul rischio vulcanico. Infatti, il rapido aumento dell'altezza della colonna eruttiva comporta: 1) in area prossimale, un aumento della granulometria e dello spessore dei depositi piroclastici (lapilli) che si accumulano al suolo e sui tetti, con forti ripercussioni sulla viabilità, crollo dei tetti etc; 2) in area distale, un aumento dell'area esposta alla caduta di cenere che include zone via via più distanti dal centro di emissione, con ripercussioni sulla distruzione dei raccolti agricoli su vaste aree; 3) una maggiore quantità di cenere dispersa nell'atmosfera con forte influenza sul traffico aereo.

Un interessante parallelismo emerge tra questa eruzione e quella del vulcano islandese Eyjafjallajökull dell'Aprile del 2010 [Gudmundsson et al., 2010; Dellino et al., 2012]. Anch'essa di modesta entità (VEI = 3), disperse cenere in quantità maggiore di quanto attesa in relazione all'intensità. La durata dell'eruzione e venti persistenti da Nord-Ovest trasportarono cenere verso Sud-Est su una larga parte dell'Europa sebbene con concentrazioni non elevate. Le ripercussioni sul traffico aereo furono comunque notevoli e le implicazioni sulla vulnerabilità di una società complessa come quella

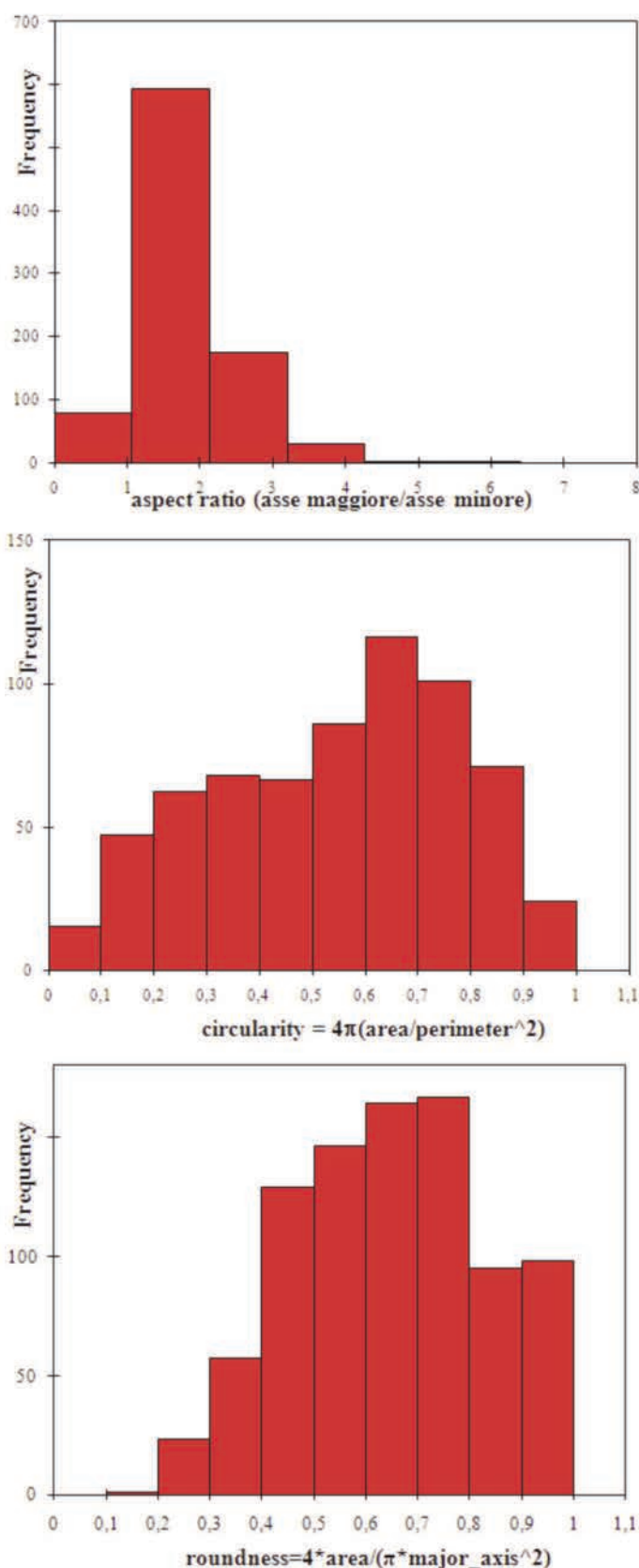


Figura 18 Istogramma del valore di aspect ratio dei clasti (in alto); dell'indice di sfericità (al centro) e dell'indice di arrotondamento dei clasti (in basso). I diagrammi mostrano che i clasti hanno forma tabulare o allungata, con angoli mediamente smussati.

Figure 18 Histogram of the value of aspect ratio of the clasts (upper), index of sphericity (center) and the index of rounding (bottom). The diagrams show that the clasts have tabular or elongated form.

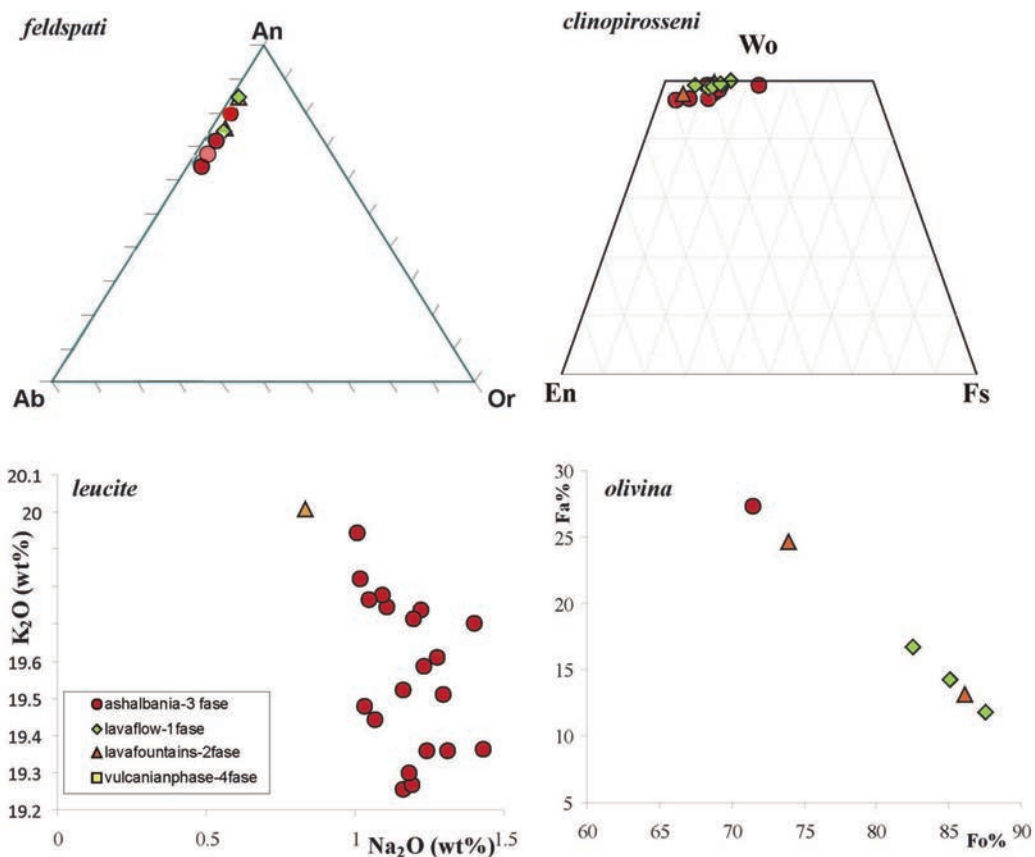


Figura 19 Composizione chimica delle principali fasi mineralogiche del campione di cenere vulcanica raccolta a Devoli (cerchi pieni) e confronto con i dati disponibili sulle altre fasi dell'eruzione [da Marianelli et al., 1999; Fulgianti et al., 2004].

Figure 19 Chemical composition of the main mineral phases of volcanic ash (filled circles) and comparison with the available data on other phases of the eruption [from Marianelli et al., 1999; Fulgianti et al., 2004].

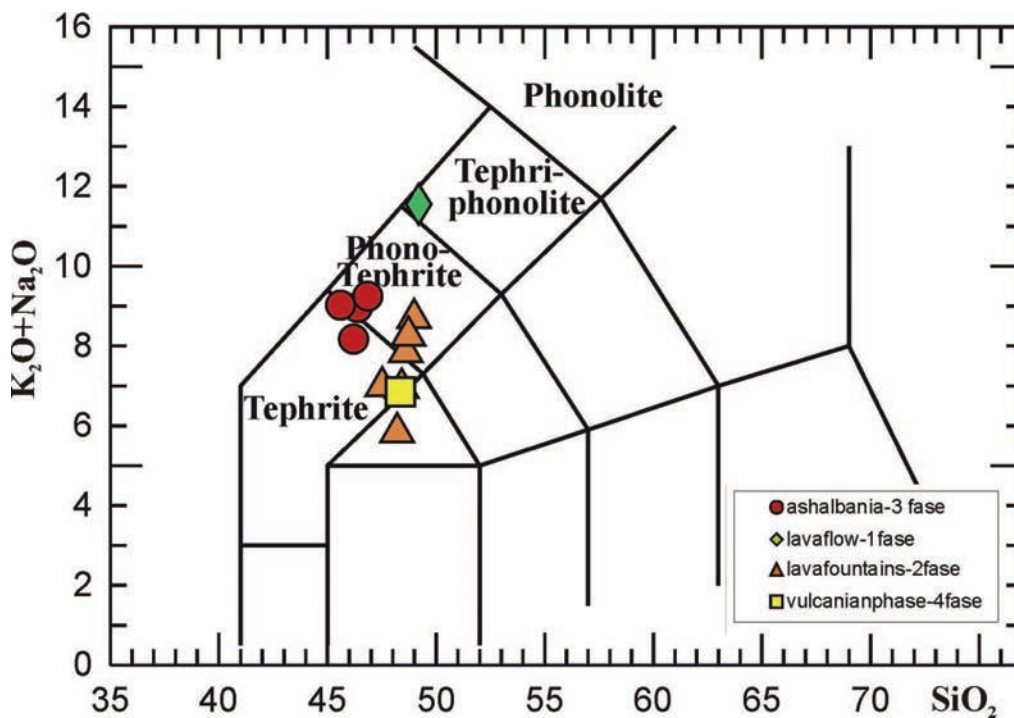


Figura 20 Diagramma classificativo TAS di Le Bas et al. [1986]. Il campione di cenere raccolto in Albania cade nel campo delle fonotefriti.

Figure 20 Classification TAS diagram of Le Bas et al. [1986]. The sample of ash collected in Albania falls in the field of phonotephrite.

attuale, anche se causate da una relativamente modesta eruzione, hanno fatto dell'eruzione dell'Eyjafjallajökull un evento di riferimento. La successione di varie fasi, le prime con emissione di lava e fontane di lava seguite da attività esplosiva, l'altezza della colonna eruttiva (5 – 10 km), la durata della fase parossistica con venti che spinsero le ceneri verso S-E, il volume dei prodotti emessi nell'atmosfera ($5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$), la dimensione media dei clasti (40 μm) e lo spessore del deposito ($\sim 1 \text{ mm}$) alle Isole Faroe (a $\sim 300 \text{ km}$ di distanza dal cratere), sono tutti valori comparabili

con quelli relativi all'eruzione vesuviana del 1944. Di particolare interesse rimane la visione satellitare del fenomeno in cui si può stimare l'estensione della nube di cenere ($> 2000 \text{ km}$) che va ben oltre i limiti di accumulo dei prodotti rilevati a terra. Comunque, l'evoluzione dell'eruzione verso dinamiche a maggiore esplosività innescate da un repentino cambiamento della composizione del magma e amplificate da processi di interazione magma-acqua (Islanda) e/o di cristallizzazione sin-eruttiva nel condotto (Vesuvio) caratterizzano entrambe le eruzioni.

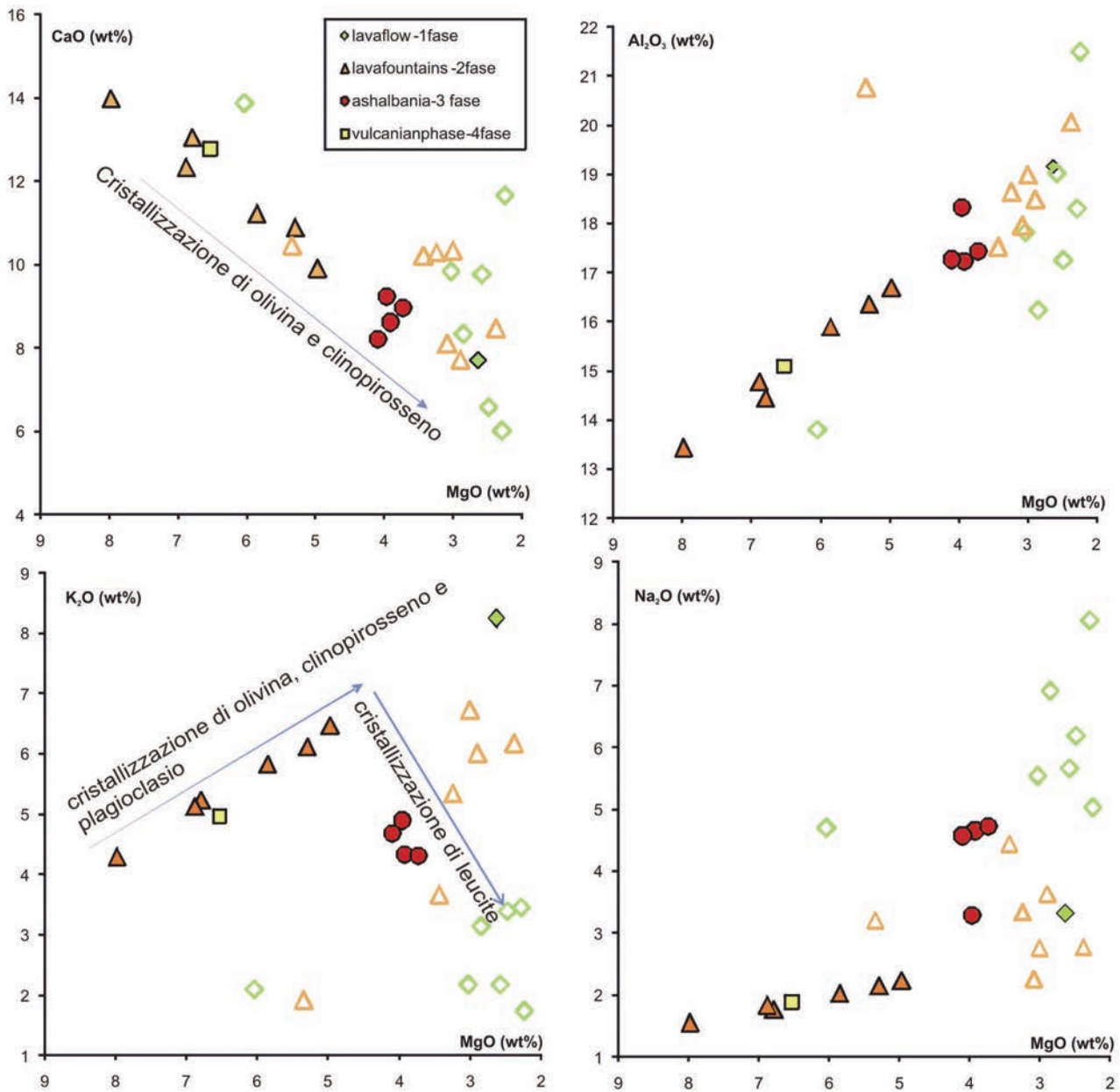


Figura 21 Diagrammi di Harker più rappresentativi delle rocce (simboli pieni) e dei vetri vulcanici (simboli vuoti) emessi durante l'eruzione del Vesuvio del 1944. Gli andamenti regolari delle concentrazioni degli elementi maggiori rispetto all'indice di differenziazione magmatica (MgO), indicano un processo di cristallizzazione graduale e continuo nel sistema magmatico.

Figure 21 Representative Harker diagrams of the rocks (filled symbols) and volcanic glass (open symbols) emitted during the eruption of 1944. The regular patterns of major element concentrations versus the index of magmatic differentiation (MgO), indicate a gradual and continuous process of crystallization in the magmatic system.

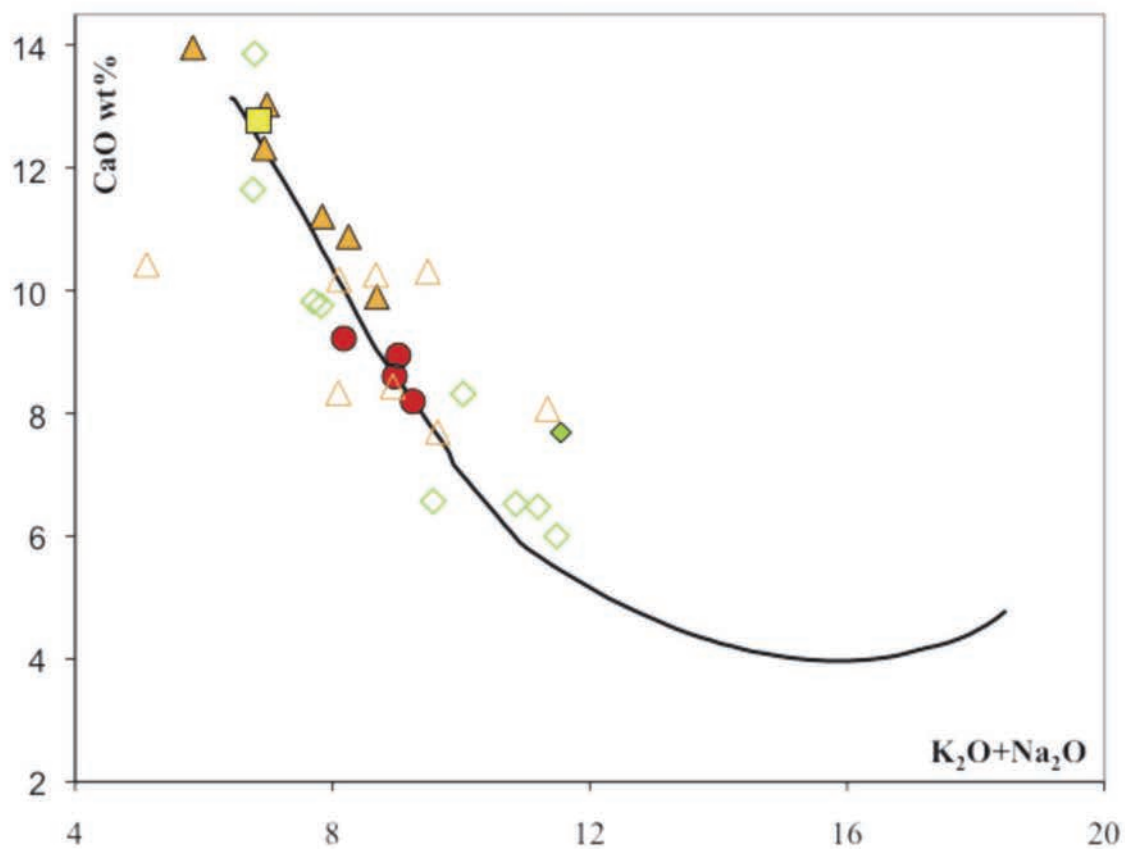
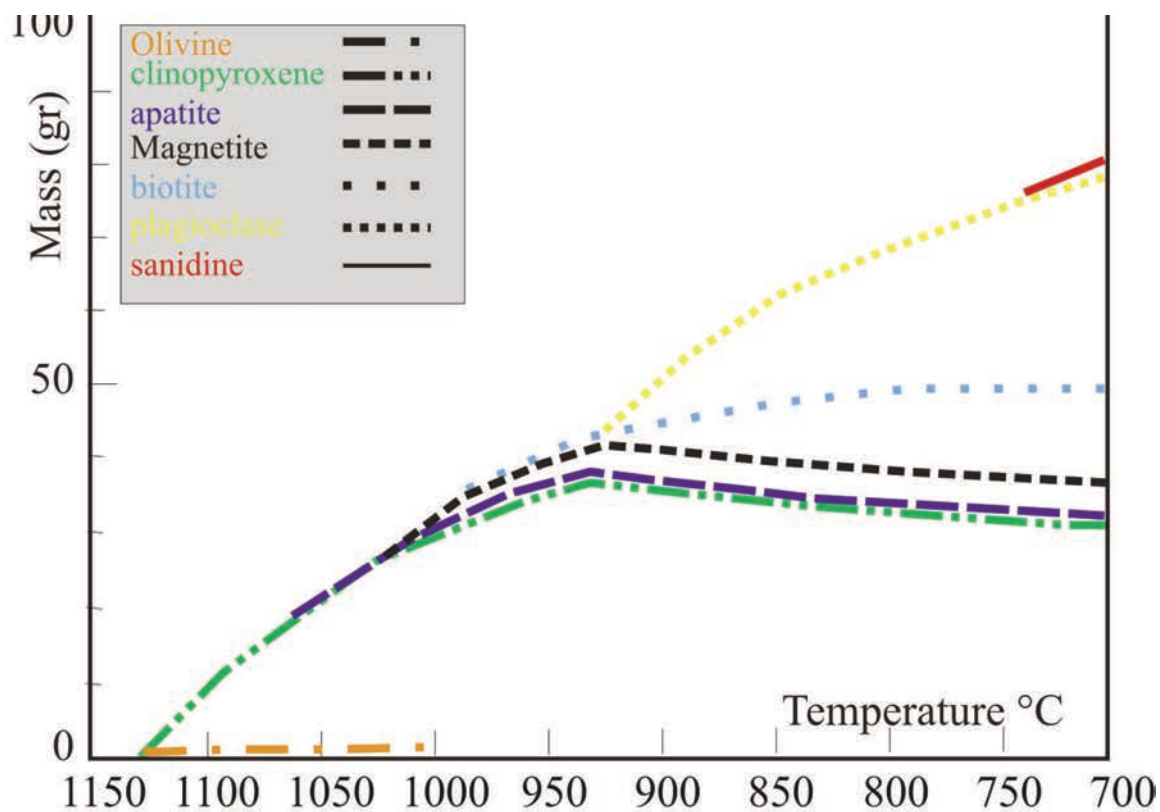


Figura 22 Composizione dell'assemblaggio mineralogico (in alto) e del magma (in basso) durante il processo di cristallizzazione simulato utilizzando il programma Melts seguendo la procedura utilizzata da Pappalardo e Mastrolorenzo [2010].

Figure 22 Mineralogical composition of the mineralogical assemblage (top) and of the magma (bottom) during the process of crystallization simulated using the program Melts following the procedure used by Pappalardo and Mastrolorenzo [2010].

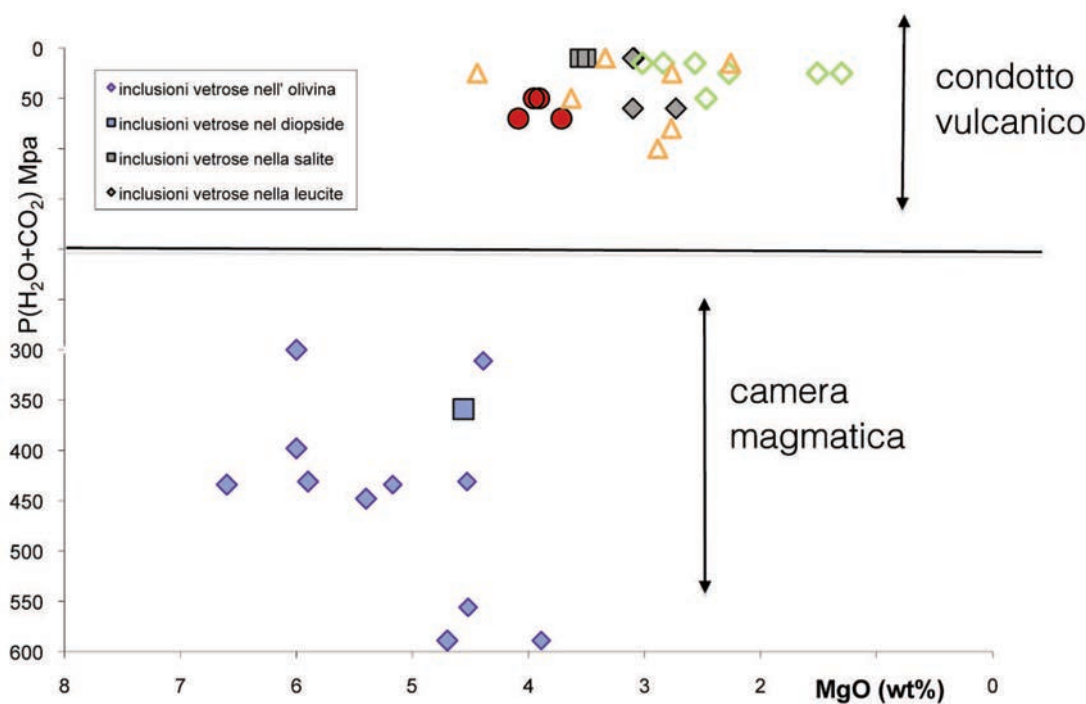


Figura 23 Composizione delle inclusioni vetrose intrappolate nelle principali fasi mineralogiche dell'eruzione del 1944 [dati: Marianelli et al., 1999; Fulignati et al., 2004] confrontate con le ceneri di Devoli e con la composizione dei vetri vulcanici.

Figure 23 Composition of glass inclusions trapped in the main mineral phases of the eruption of 1944 [data: Marianelli et al., 1999; Fulignati et al., 2004] compared with the ash of Devoli and the composition of volcanic glass.

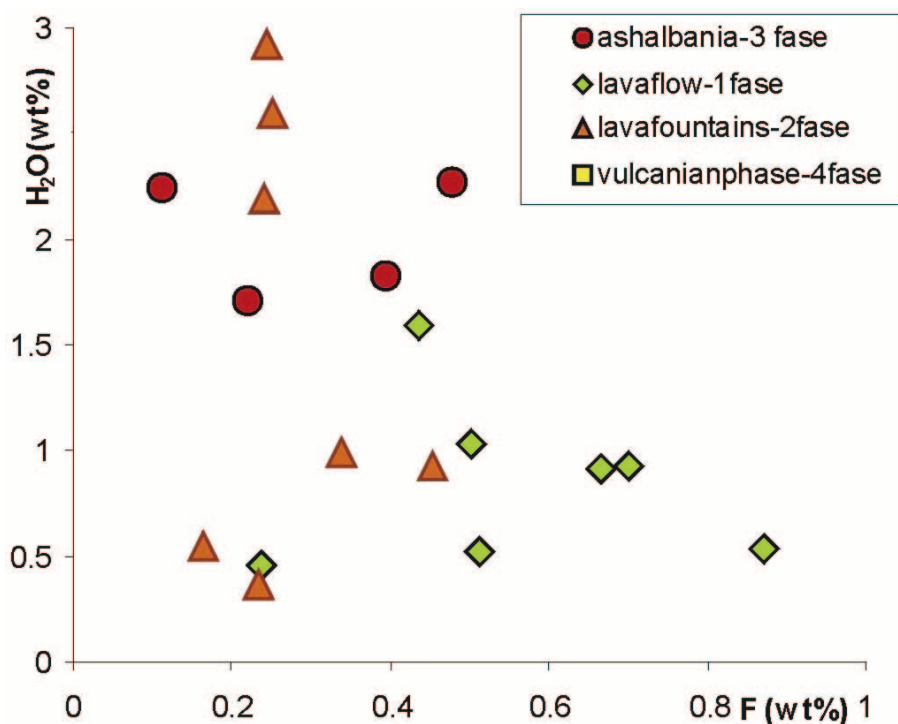


Figura 24 Contenuto in acqua nel vetro vulcanico delle diverse fasi dell'eruzione, calcolato per differenza dai dati di microsonda elettronica ("by difference method"). Le lave emesse durante la prima fase effusiva dell'eruzione mostrano i più bassi contenuti di acqua, che sono compatibili con una lenta risalita del magma nel condotto, che favorisce l'essoluzione e l'allontanamento dei volatili tra cui principalmente H₂O (degassamento all'equilibrio); al contrario le scorie e le ceneri delle fasi esplosive mostrano più alti contenuti di acqua che indicano una risalita più rapida che ostacola l'essoluzione e l'allontanamento dei gas magmatici (degassamento in condizioni di disequilibrio).

Figure 24 Water content in the volcanic glass of the different phases of the eruption, calculated by difference from the data of electron microprobe ("by difference method"). The lavas emitted during the first effusive phase show the lowest content of water, which are compatible with a slow ascent of the magma in the conduit, which favors the exsolution and the expulsion of volatile including mainly H₂O (equilibrium degassing); on the contrary, glass samples of explosive phases show higher water content indicating a faster rising hindering the exsolution and escaping of magmatic gas (degassing conditions of disequilibrium).



Figura 25a Cantiere Petrolifero AIPA di Kusova (bacino di Devoli, Albania) [Lazzari, 2013].
Figure 25a Shipyard Oil Kusova of AIPA (basin Devoli, Albania) [Lazzari, 2013].

Pertanto un incremento dell'intensità dello scenario di pericolosità ad eruzione in corso, come mostrato dal nostro studio, dovrebbe essere cautelativamente tenuto in considerazione anche in caso di eruzioni minori al Vesuvio come quella del 1944. Una tale considerazione si inserisce nel più ampio contesto della ricostruzione di un evento storico che è legata alle tecniche di rilevamento ed analisi contemporanee all'evento ma che è effettuata per rispondere alle odierne esigenze di un territorio con varie caratteristiche di vulnerabilità e valore esposto.

Breve nota biografica su Antonio Lazzari

Antonio Lazzari (Castro, 1905 – Napoli, 1979) si laureò in Fisica a Pisa e successivamente in Scienze Naturali a Napoli, dove fu allievo di Giuseppe De Lorenzo (Lagonegro, 1871 – Napoli, 1957), luminare della geologia napoletana ed intellettuale di grande rilievo. Immediatamente dopo la sua seconda laurea, egli fu reclutato dall'AIPA (Azienda Italiana Petroli Albania) nell'ottobre 1938, per partecipare alla esplorazione geologica del campo petrolifero di Devoli, in Albania [Lazzari, 2013]. Qui venne a contatto con numerosi e valenti geologi del petrolio, tra i quali Stanislaw Zuber ed Enrico di Napoli Alliata, biostratigrafo, che contribuirono a far accrescere ancora le sue conoscenze scientifiche (Fig. 25A e B). In due anni, grazie alle sue *non comuni capacità*, divenne,

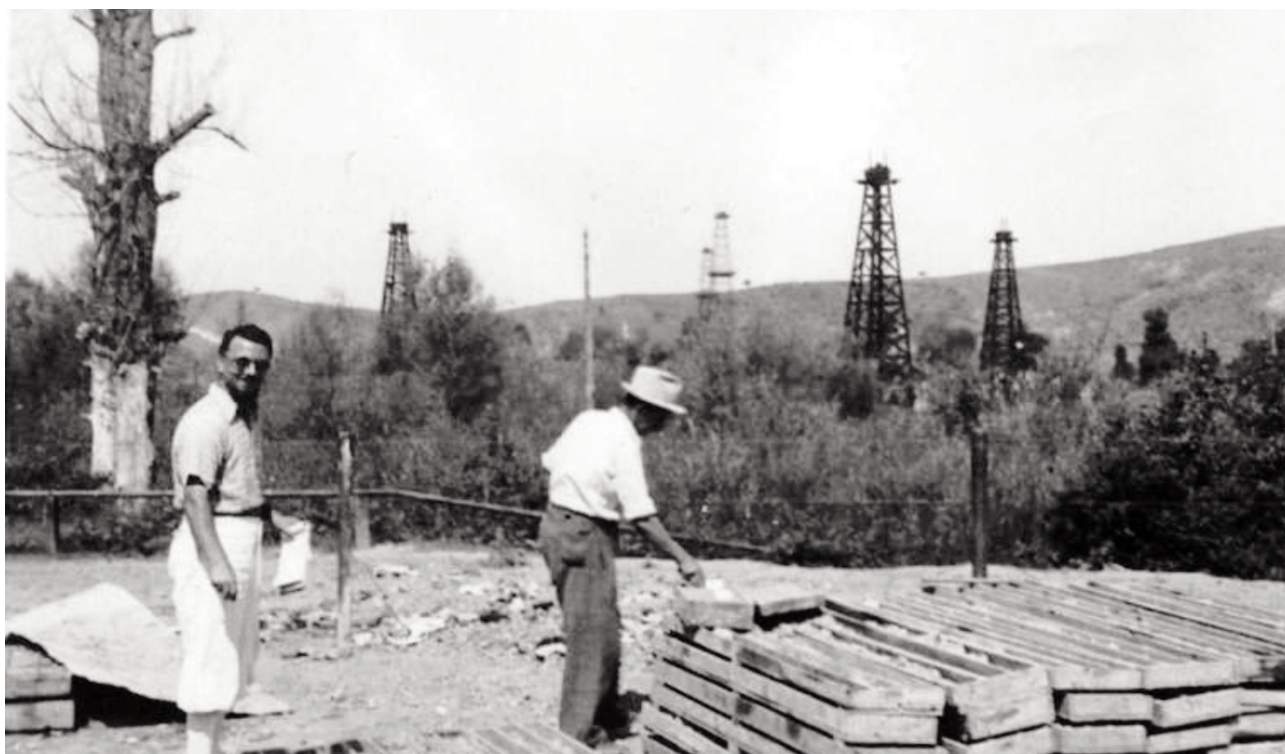


Figura 25b Antonio Lazzari nel cantiere petrolifero AIPA di Kusova (bacino di Devoli, Albania) [Lazzari, 2013].
Figure 25b Antonio Lazzari. Shipyard Oil Kusova of AIPA (basin Devoli, Albania) [Lazzari, 2013].

nel 1940, capo dell'Ufficio Geologico dell'AIPA, carica che tenne fino al giugno 1944, quando venne portato dalle truppe tedesche in nord Italia. È singolare e significativo della passione geologica di A. Lazzari, il fatto che, prelevato di notte, armi alla mano, da una pattuglia dell'esercito tedesco, la persona si sia ricordata di portare tra i suoi effetti personali, la bustina contenente le ceneri vesuviane! Dal 1949 al 1975 è stato docente dell'Università di Napoli, impartendo diverse discipline come Geologia, Geologia applicata e Geografia fisica, e, nella prima parte di questo intervallo di tempo, è stato consulente dell'AGIP per la ricerca petrolifera nell'Italia meridionale. Egli intuì la presenza di un importante giacimento in val d'Agri, Basilicata, che molto più tardi sarebbe stato individuato e adeguatamente sfruttato. Egli raccolse, nella notte tra il 22 ed il 23 marzo del 1944, un campione di ceneri accumulata sul terrazzo di un edificio nel villaggio di Kuçova, dove si trovavano gli Uffici dell'AIPA e le abitazioni dei dipendenti. Dunque, un campione raccolto da un "addetto ai lavori", che peraltro, in seguito, avrebbe anche pubblicato una nota in merito!

Il campione, che aveva seguito tutte le vicissitudini post-belliche vissute da Antonio Lazzari e dalla sua famiglia, fu donato nel 1975, all'atto del pensionamento del Prof. Lazzari, al suo assistente, dott. Ludovico Brancaccio (Ordinario di Geografia Fisica dell'Università di Napoli "Federico II" fino al 1999, poi Preside della Facoltà di Scienze dell'Università del Molise). È nel 2010 che, alla ricerca di informanti che potessero apportare testimonianze dirette sulla eruzione vesuviana del 1944, il Prof. Ludovico Brancaccio è stato contattato da noi, ignari dell'esistenza del campione di ceneri raccolto in Albania: il campione era stato gelosamente conservato ed è arrivato, in questo modo, intatto fino ai nostri giorni.

Ringraziamenti

Si ringraziano i testimoni dell'eruzione del Vesuvio del marzo 1944 per la disponibilità a trasferire i loro ricordi sull'evento. Un ringraziamento particolare al Prof. Ludovico Brancaccio che, attraverso la donazione del campione di cenere raccolto in Albania dal Prof. Antonio Lazzari, ha reso possibile questo studio di approfondimento sull'eruzione, e per i preziosi suggerimenti e le stimolanti discussioni. Si è grati al Prof. Francesco Lazzari per avere concesso la pubblicazione di alcune foto del padre, Antonio Lazzari, durante il suo soggiorno a Devoli.

Si ringraziano inoltre Giovanni Macedonio per avere fornito i dati dei venti in quota del marzo 1944 e per gli utili consigli; il Prof. Adriano Mazzarella per avere reso disponibili i dati dell'archivio meteo della Stazione dell'Università di Napoli "Federico II" e per le valide discussioni sull'argomento; A. Cavallo (INGV-Roma) per l'utile contributo durante le analisi alla microsonda elettronica.

Si ringrazia, altresì, l'editor associato Mauro Di Vito per l'attento lavoro di referaggio.

Bibliografia

- Casertano L., (1949). *L'azione del vento su proietti vesuviani durante il parossismo del marzo 1944*. Annali Osservatorio Vesuviano, V serie, volume unico, 381–395.
- Cole P. D. & Scarpati C., (2010). *The 1944 eruption of Vesuvius, Italy: combining contemporary accounts and field studies for a new volcanological reconstruction*. Geological Magazine, 147 (3), 391–415. doi:10.1017/S0016756809990495.
- Chester D. K., Duncan A. M., Wetton P. & Wetton R., (2007). *Responses of the Anglo-American military authorities to the eruption of Vesuvius, March 1944*. Journal of Historical Geography 33, 168–196.
- Cubellis E. & Luongo, G., (1997). *L'eruzione del marzo 1944*. In: Mons Vesuvius, a cura di G. Luongo, 273–294. Fausto Fiorentino editore, Napoli.
- Cubellis E. & Marturano A., (2010). *Testimonianze, ricordi e descrizioni dell'ultima eruzione del Vesuvio del marzo 1944*. Osservatorio Vesuviano-INGV, 1-250.
- Dellino P., Gudmundsson M. T., Larsen G., Mele D., Stevenson J. A., Thordarson T., and Zimanowski B., (2012). *Ash from the Eyjafjallajökull eruption (Iceland): Fragmentation processes and aerodynamic behavior*. J. Geophys. Res., 117, B00C04, doi:10.1029/2011JB008726.
- Fulginiti P., Marianelli, P., Métrich, N., Santacroce, R., Sbrana A., (2004). *Towards a reconstruction of the magmatic feeding system of the 1944 eruption of Mt Vesuvius*. J. Volcanol. Geotherm. Res. 133, 13–22.
- Fulginiti P., Marianelli P., Sbrana A., (2000). *Glass-bearing felsic nodules from the crystallizing sidewalls of the 1944 Vesuvius magma chamber*. Mineralogical Magazine, 64, 263-278.
- Ghiorso M. S. and Sack R. O., (1995). *Chemical Mass Transfer in Magmatic Processes. IV. A Revised and Internally Consistent Thermodynamic Model for the Interpolation and Extrapolation of Liquid-Solid Equilibria in Magmatic Systems at Elevated Temperatures and Pressures*. Contributions to Mineralogy and Petrology, 119, 197-212.
- Gudmundsson T. et al., (2010). *Ash generation and distribution from the April-May 2010 eruption of Eyjafjallajökull, Iceland*. Scientific Reports 2:572, doi: 10.1038/srep00572.
- Imbò G., (1984). *Il Vesuvio e la sua storia*. A cura di L. Casertano. Edizioni Scientifiche Italiane.
- Imbò G., (1945). *Il parossismo vesuviano del marzo 1944*. Rendiconti Accademia delle Scienze fisiche e matematiche, Società Reale di Napoli, Serie 4°, Vol. XIII, 309-325.
- Imbò G., (1949a). *L'Osservatorio Vesuviano e le sue vicende durante il periodo bellico (1940-45)*. Annali

- dell'Osservatorio Vesuviano, V Serie, Vol. unico, 1949. Pubblicato il 30 giugno 1951.
- Imbò G., (1949b). *L'attività eruttiva vesuviana e relative osservazioni nel corso dell'intervallo eruttivo 1906-1944 ed in particolare del parossismo del marzo 1944*. Annali dell'Osservatorio Vesuviano, V Serie, Vol. unico, 1949. Pubblicato il 30 giugno 1951.
- Imbò G. (1956). *Sul dinamico riposo del Vesuvio*. Annali dell'Osservatorio Vesuviano, Vol. secondo, 79-94.
- Lazzari A., (1947). *Segnalazione della caduta in Albania delle ceneri del Vesuvio dell'eruzione del Marzo 1944*. Bollettino Società dei Naturalisti di Napoli 57, 3-6.
- Lazzari de Sio F., (2013). *Antonio Lazzari dall'Albania alla Val d'Agri*. sito Associazione Pionieri e Veterani ENI (Apve) <http://www.pioniereni.it/wp/wp-content/uploads/Ricordo-del-geologo-Antonio-Lazzari.-Di-F-Lazzari.pdf>.
- Le Bas M.J., Le Maitre R.W., Streckeisen A., Zanettin B., (1986). *A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali - silica diagram*. J. Petrol., 27, 745-750.
- Macedonio G, Costa A., Folch A., (2008). *Ash fallout scenarios at Vesuvius: numerical simulation and implications for hazard assessment*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 148, 366-377.
- Marianelli P, Metrich N., Sbrana A., (1999). *Shallow and deep reservoirs involved in magma supply of the 1944 eruption of Vesuvius*. Bulletin of Volcanology 61, 48-63.
- Mastrolorenzo, G., Pappalardo L., Troise C., Panizza A., and De Natale G., (2008). *Probabilistic tephra hazard maps for the Neapolitan area: Quantitative volcanological study of Campi Flegrei eruptions*. J. Geophys. Res., 113, B07203, doi:10.1029/2007JB004954.
- Pappalardo L., Mastrolorenzo G., (2010). *Short residence times for alkaline Vesuvius magmas in a multi-depth supply system: Evidence from geochemical and textural studies*. Earth and Planetary Science Letters, 296, 1-2, 133-143.
- Parascandola A., (1945). *L'eruzione vesuviana del marzo 1944, i prodotti piroclastici*. Rendiconti Accademia Scienze Fische Matematiche di Napoli, Serie IV, 13, 285-305.
- Parascandola A., (1948). *Se sia stato esclusivamente terminale l'afflusso lavico nella eruzione vesuviana del marzo 1944*. Bollettino Società dei Nataturalisti di Napoli, 56, 141-64.
- Pfeiffer A., Costa A., Macedonio G., (2005). *A model for the numerical simulation of tephra fall deposits*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 140, 273- 294.
- Pesce A. & Rolandi G., (1994). *Vesuvio 1944. L'ultima eruzione*. San Sebastiano al Vesuvio, pp. 213.
- Santacroce R., (1987). *Somma Vesuvius*. Quaderni de "La Ricerca Scientifica" del CNR, 114, Vol. 8.
- Scandone R., Iannone F., Mastrolorenzo G., (1986). *Stima dei parametri dinamici dell'eruzione del 1944 del Vesuvio*. Atti Convegno GNV, 487-512.
- Scherillo A., (1949). *Le lave e le scorie dell'eruzione vesuviana del 1944*. Annali Osservatorio Vesuviano 5, 169-84.
- Scherillo A., (1953). *Nuovo contributo allo studio dei prodotti dell'eruzione vesuviana del 1944*. Bulletin of Volcanology 13, 129-44.

allegato tabelle

Dati meteorologici estratti dal Catalogo osservazioni meteorologiche Istituto di Fisica Terrestre dell'Università di Napoli								
	18-03-44				19-03-44			
	Ore 8:00	Ore 14:00	Ore 19:00		Ore 8:00	Ore 14:00	Ore 19:00	
Pressione atmosferica (bar)	762,46	761,84	763,61		765,14	762,67	763,29	
Venti	E	N	N		N	S	S	
Velocità (km/h)	3	3	15		6	8	9	
Nuvolosità	0	0	0	sereno	4(cumuli)	6(cumuli)	3(cumuli)	mista
Temperatura(°C)	10,4	13,4	12	min 5,8, max 14,4	10	14	11	min 6,2, max 15,2
Umidità relativa (%)	44	32	33		53	39	47	
Pioggia (mm)	0	0	0		0	0	0	
	20-03-44				21-03-44			
	Ore 8:00	Ore 14:00	Ore 19:00		Ore 8:00	Ore 14:00	Ore 19:00	
Pressione atmosferica (bar)	762,39	759,2	758		753,79	752,48	750,91	
Venti	W	W	N		calma	S	calma	
Velocità (km/h)	10	18	8		0	7	0	
Nuvolosità	3(cumuli)	6(cumuli)	9(cumuli)	mista	3(cumuli)	6(cumuli)	9(cumuli)	mista
Temperatura(°C)	11	14,2	12	min 8, max 15,0	10	12,2	9,8	min 8,2, max 14,8
Umidità relativa (%)	85	36	60		79	83	74	
Pioggia (mm)	0	0	0		0,9	7,8	0,8	Totale 9,2mm, Max in 1 ora, 12- 13 (5,4mm)
	22-03-44				23-03-44			
	Ore 8:00	Ore 14:00	Ore 19:00		Ore 8:00	Ore 14:00	Ore 19:00	
Pressione atmosferica (bar)	748,78	748,40	750,61		752,49	754,24	758,71	
Venti	SE	SE	NNE		E	NNE	NE	
Velocità (km/h)	6	14	6		22	27	12	
Nuvolosità	0	3 (cumuli)	10 (cumuli)	mista	10 (cumuli)	10 (cumuli)	10 (cumuli)	Coperta
Temperatura(°C)	9,6	14,2	11,0	min.8,8, max 14	6,2	7,0	5,2	min.4,2, max 9,2
Umidità relativa (%)	79	69	75		53	74	54	
Pioggia (mm)	1,5	0	0	Totale 1,5 mm Max in 1 ora, 7-8 (1,2 mm)	0,2	3,3	0	Totale 3,5 mm Max in 1 ora, 10- 11(1,8 mm)
	24-03-44				25-03-44			
	Ore 8:00	Ore 14:00	Ore 19:00		Ore 8:00	Ore 14:00	Ore 19:00	
Pressione atmosferica (bar)	762,58	762,18	761,86		757,32	757,31	758,43	
Venti	E	E	assenza		E	E	E	
Velocità (km/h)	7	16	assenza		4	45	26	
Nuvolosità	0	0	0	serena	10 (cumuli)	8 (cumuli)	7 (cumuli)	mista
Temperatura(°C)	7	9	7,2	min.2,6, max 11,4	5,4	7,2	4	min.4,6, max 8
Umidità relativa (%)	52	27	42		69	39	36	
Pioggia (mm)	0	1,3	0	Totale 1,3 mm Max in 1 ora, 11-12 (0,9 mm)	0,4	0	0	Totale 0,4 mm Max in 1 ora, 23- 24(0,4 mm)

Tabella 1 Dati meteorologici estratti dal Catalogo osservazioni meteorologiche Istituto di Fisica Terrestre dell'Università di Napoli. Anno 1944 [40° 50' 48" N, 1° 48' 20,3" da Monte Mario, Altitudine del Barometro 40,3 m].

Table 1 Meteorological data extracted from the catalog of meteorological observations Institute of Geophysics, University of Naples. Year 1944 [40° 50' 48" N, 1° 48' 20,3" from Monte Mario, Altitude Barometer 40,3 m].

<i>Spessore della cenere vulcanica depositata durante la fase parossistica dell'eruzione ricostruito sulla base di testimonianze dirette</i>			
Località	Distanza (km)	testimonianza	spessore
1. Lavello (PZ)	118	un velo di cenere	2-5 mm
2. Marsico Nuovo (PZ)	120	cenere	10-40 mm
3. Viggiano (PZ)	136	cenere sui tetti, per strada, nei campi	10-40 mm
4. Bari	205	nuvole di cenere avvolgono la città	2-5 mm
5. Conversano (Ba)	227	caduta di cenere	2-3 mm
6. Noi Cattaro (Ba)	216	caduta di cenere	2-3 mm
7. Terlizzi (Ba)	181	caduta di cenere	30 mm
8. Sannicandro (Ba)	200	cenere per strada e nei campi	10-40 mm
8. Sannicandro (Ba)	200	cenere per strada, nei campi e sui tetti	10-40 mm
9. Binetto (Ba)	192	coltre di cenere, danni alle colture	10-40 mm
10. Foggia	115	caduta di cenere per alcuni giorni	10-40 mm
11. Brindisi	296	cenere	2-5 mm
12. Avellino	33	cenere e buio durante il giorno	100 mm
13. Lapio (Av)	46	pioggia di cenere per diverse ore	80 mm
14. Montella (Av)	49	pioggia di cenere per giorni	50 mm
15. Bisaccia (AV)	83	cenere	20 mm
16. Eboli (Sa)	58	cenere	20 mm
17. Monte San Giacomo (Sa)	107	cenere tra il 22 e 23 marzo	20 mm
18. Campagna(Sa)	60	cenere sui tetti, per strada, nei campi	30-50 mm
19. Castiglione dei Genovesi (Sa)	26	danni alle colture, crolli abitazioni antiche	30-80 mm
20. Cava dei Tirreni (Sa)	26	cenere sui tetti, per strada, nei campi	200 mm
21. Devoli (Albania)	450	cenere	1 mm

Tabella 2 Eruzione del Vesuvio marzo 1944. Spessore della cenere vulcanica depositata durante la fase parossistica dell'eruzione ottenuto dalle testimonianze dirette.

Table 2 Eruption of Vesuvius, March, 1944. Thickness of volcanic ash deposited during the paroxysmal phase of the eruption, deduced by eyewitnesses.

Composizione rappresentativa delle principali fasi mineralogiche misurata alla microsonda elettronica

	leucite	plagioclasio	Mg-diopside	Fe-diopside	magnetite	olivina	apatite	granato	titanite
SiO ₂	55,43	51,37	51,35	46,91	0,04	38,74	0,32	37,93	31,31
TiO ₂	0,07	0,05	0,57	1,27	10,72	0,03	-	0,12	36,64
Al ₂ O ₃	23,21	29,82	3,15	7,85	2,17	0,04	-	21,94	1,73
FeO	0,46	0,60	4,69	8,33	78,25	25,72	0,33	31,45	0,65
MnO	0,02	0,07	0,11	0,12	1,32	0,50	0,07	0,62	0,05
MgO	0,00	0,10	16,48	13,02	1,21	37,72	0,26	1,70	-
CaO	0,01	13,15	23,44	23,05	0,04	0,48	54,59	8,21	29,48
Na ₂ O	1,24	3,54	0,11	0,38	0,02	-	0,02	0,04	0,06
K ₂ O	19,36	0,73	-	0,03	0,05	-	0,03	0,01	0,01
P ₂ O ₅	0,08	0,01	-	0,01	-	0,04	42,09	-	0,03
SrO	0,04	0,10	-	-	0,01	0,01	0,26	0,04	0,02
BaO	0,12	0,08	-	0,06	-	-	0,02	0,04	0,11
Cl	0,02	-	-	-	-	-	0,72	-	0,01
F	-	-	-	-	-	-	3,25	-	0,41
S	0,35	-	-	-	0,17	-	0,28	-	0,27
Total	100,40	100,02	99,90	101,05	93,98	103,28	100,72	102,10	100,59

Tabella 3 Eruzione del Vesuvio, marzo 1944. Composizione rappresentativa delle principali fasi mineralogiche della cenere raccolta a Devoli (Albania), misurata alla microsonda elettronica (l'intero data base è disponibile su richiesta).

Table 3 Eruption of Vesuvius, March, 1944. Chemical composition of the main mineralogical phases of ash collected at Devoli (Albania) measured by electron microprobe (the whole data base is available on request).

Indice

Introduzione	5
1. L'eruzione del marzo 1944	5
2. Analisi delle ceneri vulcaniche raccolte in Albania	9
2.1 Altezza della colonna eruttiva e tempo di percorrenza della cenere vulcanica	9
2.2 Analisi geochimica e tessiturale delle ceneri	12
2.2.1 Analisi tessiturali	12
2.2.2 Analisi dei componenti al microscopio binoculare e polarizzatore	13
2.2.3 Analisi geochimiche delle principali fasi mineralogiche e del vetro vulcanico	13
3. Discussione	19
Breve nota biografica su Antonio Lazzari	26
Ringraziamenti	27
Bibliografia	27
Allegato: tabelle	29

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2013 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia