



ISSN 1590-2595

# quaderni di geofisica

**n. 20**

## **GEOMETRIA E VOLUME DELL'APPARATO VULCANICO ETNEO: IL CONTRIBUTO OFFERTO DALL'USO DI MAPPE DIGITALI**

Marco Neri e Massimo Rossi

**2002**

**Direttore**

Enzo Boschi

**Comitato di Redazione**

Cesidio Bianchi  
*Tecnologia Geofisica*

Rodolfo Console  
*Sismologia*

Giorgiana De Franceschi  
*Relazioni Sole-Terra*

Leonardo Sagnotti  
*Geomagnetismo*

Giancarlo Scalera  
*Geodinamica*

**Ufficio Editoriale**

Francesca Di Stefano  
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia  
Via di Vigna Murata, 605  
00143 Roma  
Tel. (06) 51860468  
Telefax: (06) 51860507  
e-mail: distefano@ingv.it

# quaderni di geofisica





# **GEOMETRIA E VOLUME DELL'APPARATO VULCANICO ETNEO: IL CONTRIBUTO OFFERTO DALL'USO DI MAPPE DIGITALI**

Marco Neri e Massimo Rossi

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania, Piazza Roma, 2 – Catania*



## INDICE

Riassunto .....	pag. 9
Introduzione .....	pag. 9
1. Quadro geologico generale .....	pag. 9
2. Mappa morfologica del basamento sedimentario sottostante il Monte Etna.....	pag. 10
3. Stima del volume dell'edificio vulcanico .....	pag. 13
4. Discussione e conclusioni .....	pag. 14
Bibliografia .....	pag. 15



## Riassunto

E' stata operata la ricostruzione della morfologia del basamento sedimentario dell'Etna, partendo da numerosi studi e ricerche di estrazione essenzialmente idrogeologica. Il risultato finale è rappresentato da una mappa del substrato con curve di livello ogni 100 metri, la cui approssimazione è giustificata dalla difficoltà di reperire dati in corrispondenza della zona sommitale del vulcano.

Successivamente sono stati digitalizzati i dati topografici attuali e quelli del basamento sedimentario così ricostruito, elaborando il calcolo del volume dei prodotti eruttivi come semplice differenza tra le due superfici.

Al fine di considerare anche il volume della porzione di apparato vulcanico franato dall'attuale Valle del Bove, è stata ricostruita l'originaria morfologia risalente a prima del collasso e sommato il volume mancante a quello precedentemente calcolato.

Il risultato finale espone un volume totale di prodotti vulcanici pari a  $374 \text{ km}^3$ , con un tasso eruttivo medio che negli ultimi 300.000 anni dovrebbe aggirarsi attorno a  $0,00125 \text{ km}^3/\text{anno}$ .

## Introduzione

Dall'alto dei suoi 3.340 m sul livello del mare, il Monte Etna è conosciuto come il più alto vulcano attivo d'Europa. La sua imponenza, tuttavia, non è dovuta soltanto alle dimensioni dell'apparato vulcanico, bensì anche alla morfologia del substrato sedimentario sul quale si appoggia, che sotto il vulcano raggiunge quote superiori a 1000 metri sul mare [Ogniben, 1966].

La ricostruzione morfologica del substrato sedimentario etneo può offrire un ventaglio di nuove opportunità speculative di ordine geologico, vulcanologico e strutturale. Infatti, la copertura vulcanica ha preservato dall'erosione sedimenti e strutture risalenti al basso Quaternario, offrendo la possibilità di confrontare le paleomorfologie di oltre mezzo milione di anni fa con quelle attuali. Inoltre, utilizzando un software specializzato nell'elaborazione tridimensionale di dati topografici, è possibile stimare il volume totale dei prodotti eruttati, calcolato come differenza tra la superficie topografica attuale e quella del relativo substrato sedimentario.

Alcune informazioni sulla natura e profondità del basamento sedimentario sottostante l'Etna sono desumibili dall'analisi degli affiora-

menti presenti ai margini dell'apparato. All'interno del perimetro vulcanico e soprattutto lungo la fascia pedemontana, fittamente antropizzata, una grande quantità di dati è fornita da studi idrogeologici che, pur avendo finalità limitate allo sfruttamento delle falde acquifere, evidenziano aspetti utili alla definizione del contatto vulcaniti-substrato sedimentario. Purtroppo tali dati non sono sempre di facile accesso, soprattutto quando provengono da rapporti tecnici di limitata diffusione.

Nella presente nota sono state raccolte le informazioni utili alla realizzazione di una mappa morfologica del substrato sedimentario sottostante l'Etna, finalizzando il lavoro al calcolo del volume totale di prodotti eruttati e, conseguentemente, alla stima del tasso eruttivo medio. Per valutare la quota di vulcaniti mancante nella zona della Valle del Bove, un'ampia depressione erosiva che si apre sull'alto fianco orientale etneo, è stata anche ricostruita la morfologia dell'apparato prima della formazione della valle stessa. Il risultato conseguito può costituire la base di partenza di più approfonditi studi paleomorfologici e dare un contributo quantitativo alla discussione critica dei modelli geologico-strutturali recentemente proposti per l'area etnea [Neri et al., 1991; Borgia et al., 1992; Lo Giudice e Rasà, 1992; Rust e Neri, 1996; Merle e Borgia, 1996].

## 1. Quadro geologico generale

Il vulcanismo della Sicilia orientale è riconducibile al complesso contesto geodinamico che governa i margini di contatto tra la Zolla Eurasiatica e quella Africana [Barberi et al., 1974]. L'Etna, infatti, è collocato nella zona in cui l'Avanpaese Ibleo, estremo margine settentrionale della Zolla Africana, subduce sotto le falde di ricoprimento della Catena Appennino-Maghrebide [Lentini, 1982]. Verso Est l'apparato si appoggia al bordo della Scarpata Ibleo-Maltese, un fascio di strutture distensive di valenza crustale che delimitano il bacino del Mare Ionio producendo un rigetto complessivo di oltre 2.000 m (Figura 1).

Nella Sicilia sud-orientale le manifestazioni eruttive hanno avuto un prevalente carattere fissurale, dando luogo ad ampi espandimenti lavici a chimismo basico [Beccaluva et al., 1997]. I prodotti più antichi ancora oggi affioranti si trovano lungo l'Altopiano Ibleo e risalgono al Cretaceo [Carbone, Grasso, Lentini et al., 1984]. Lungo il margine settentrionale dell'Altopiano affiorano vulcaniti del Miocene-Pleistocene inferiore, generalmente intercalate

o sovrapposte a coevi sedimenti di mare poco profondo [Di Grande, 1969;1972; Cristofolini, 1967; 1969; Carbone e Lentini, 1981; Di Grande & Neri, 1987; Carveni et al., 1993]. Più a nord, nella Piana di Catania, sono conosciuti alcuni apparati vulcanici sepolti entro sedimenti prevalentemente argillosi infrapleistocenici [Ferrari, 1991], gli stessi che costituiscono il basamento sedimentario del settore sud-orientale del Monte Etna [Lentini, 1982].

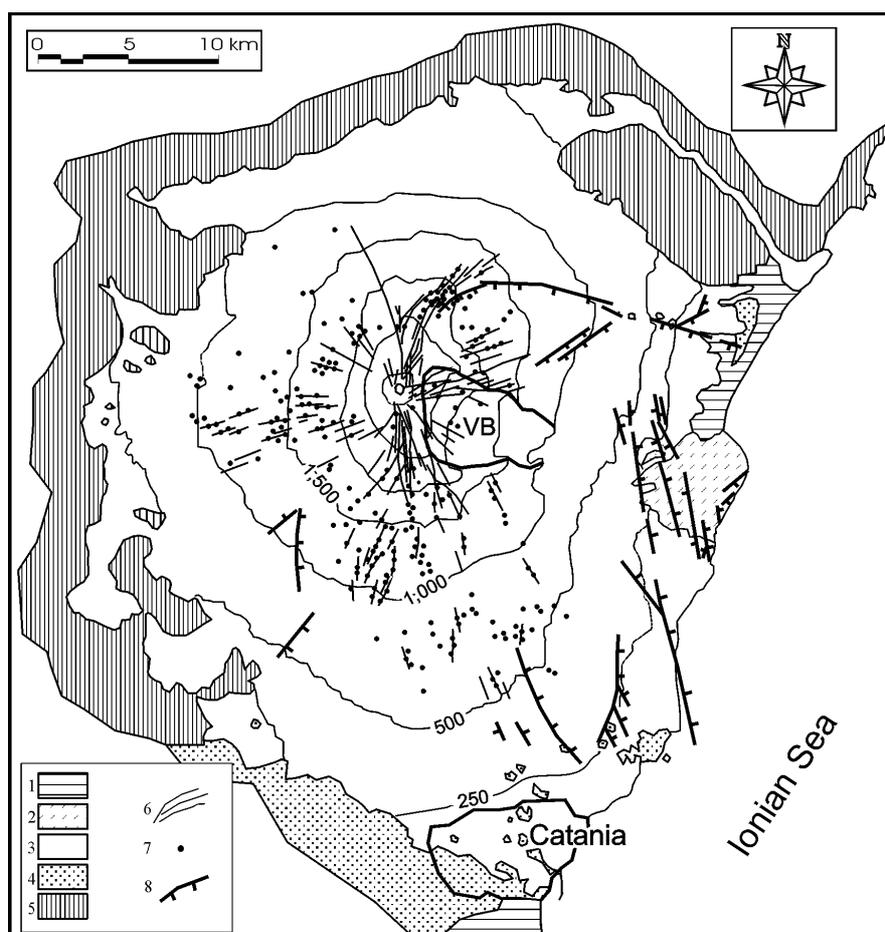
Durante gli ultimi 800.000 anni il vulcanismo è rimasto concentrato nell'area etnea, attraverso eruzioni a carattere fissurale nelle prime fasi [Cristofolini, 1972; Kieffer, 1985] e successivamente a carattere centrale, costruendo, prevalentemente negli ultimi 300.000 anni, l'imponente strato-vulcano ancora oggi attivo [Aa. Vv., 1979; Gillot et al., 1994, Coltelli et al., 1994, Calvari et al., 1994].

Nel quadrante settentrionale ed in quello occidentale il substrato sedimentario sottostante l'Etna è costituito dalle successioni argilloso-torbiditiche mioceniche appartenenti alla Catena Appennino-Maghrebide, mentre a Sud e ad Est

sono presenti argille e sabbie infrapleistoceniche [Ogniben, 1966; Lentini, 1982] cui si intercalano i prodotti delle prime manifestazioni eruttive etnee [Sturiale, 1968; Cristofolini, 1975]. In base alle quote degli affioramenti, si può desumere che la morfologia del substrato, nel settore orientale del vulcano, è complessivamente inclinata verso SE, con un gradiente di almeno 1000 m lungo una direttrice orientata NO-SE (Figura 1).

## 2. Mappa morfologica del basamento sedimentario sottostante il Monte Etna.

Il primo tentativo di compilare una carta morfologica del substrato etneo risale ad Ogniben [1966], che utilizza prevalentemente dati di geoelettrica e di pozzi eseguiti per l'approvvigionamento idrico dei principali centri urbani etnei. L'Autore colloca gli acquiferi nell'ambito delle vulcaniti, sostenuti dal substrato impermeabile sedimentario prevalentemente argilloso. Altri lavori di identica impostazione



**Figura 1.** Schema geologico del Monte Etna. 1) prodotti vulcanici; 2) Chiancone; 3) Alluvioni continentali; 4) Argille marnose infrapleistoceniche; 5) Sedimenti della Catena Appennino-Maghrebide; 6) fessure eruttive; 7) Coni avventizi; 8) Faglie, dentini sul labbro ribassato.

hanno approfondito le conoscenze sulla circolazione idrica sotterranea del settore occidentale [Aureli, 1973; Aureli e Musarra, 1975; Lo Giudice et al., 1981] ed orientale dell'Etna [Ferrara, 1975]. Molti altri dati sono desumibili da studi idrogeologici di carattere locale, che hanno fittamente indagato l'area pedemontana del vulcano soprattutto nell'ultimo trentennio (Figura 2).

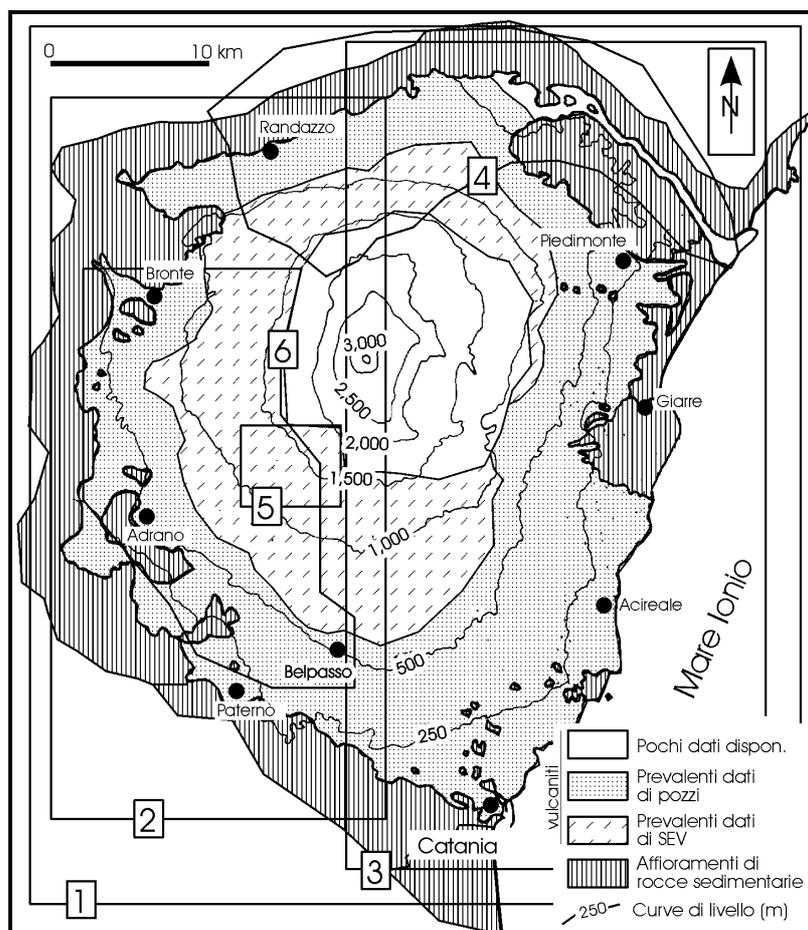
La gran parte dei pozzi per acqua riportati in letteratura non raggiunge il substrato sedimentario, limitandosi ad addentrarsi per poche decine di metri negli acquiferi da sfruttare. Informazioni sul substrato impermeabile degli acquiferi derivano, perlopiù, da indagini indirette [Sondaggi Elettrici Verticali, SEV; Patella e Quarto, 1987; Loddo et al., 1989], che tuttavia non sempre offrono la certezza di evidenziare il basamento sedimentario. Infatti, la pratica di campagna ha mostrato come la caduta nei valori di resistività riscontrabile nei terreni sedimentari del substrato a volte risulti assai simile a quella di un acquifero in vulcaniti con copiosa circolazione idrica. Tale errore può produrre una sottostima dello spessore dei prodotti vulcanici,

valutabile nel 10-30% della misura effettuata.

Sia i pozzi per acqua che i SEV si diradano nell'area sommitale del vulcano (Figura 2), determinando una notevole incertezza nella ricostruzione del relativo basamento sedimentario.

Valutando criticamente sia i dati riportati in letteratura che numerosi studi idrogeologici condotti da vari enti pubblici e privati, è stata ricostruita la morfologia del basamento sedimentario sottostante l'apparato etneo. Il criterio utilizzato è stato quello di attribuire un maggiore peso alle informazioni desumibili da indagini dirette, confrontandole con quelle di tipo indiretto ricadenti nella stessa area e sintetizzando in un secondo tempo tutte le informazioni al fine di rappresentarle con una scala grafica ed interpretativa omogenea. Nell'analisi dei SEV, il più delle volte non è stato possibile ottenere i dati delle singole indagini effettuate, ma soltanto l'interpretazione delle curve di resistività.

Nella mappa di Figura 3 sono riportate le curve di livello del substrato ogni 100 metri. Secondo questa ricostruzione, esiste un rilievo di circa 1.300 m di altezza ad ovest e a nord



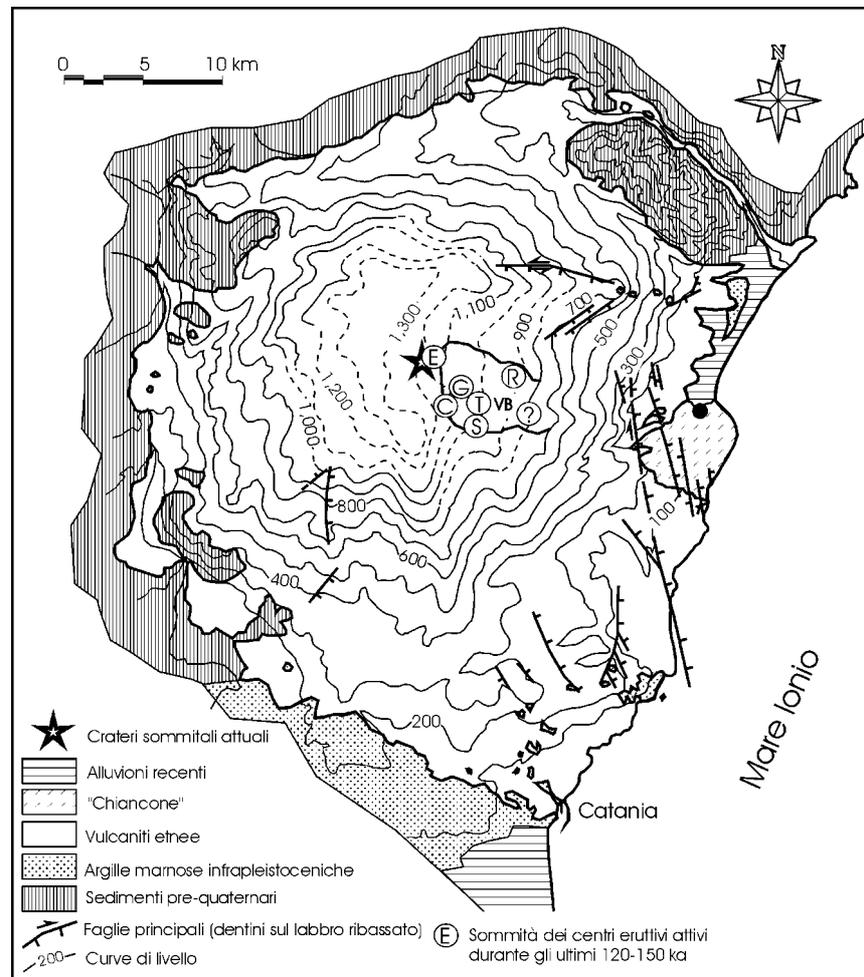
**Figura 2.** Distribuzione schematica dei dati utilizzati per la costruzione della mappa morfologica del substrato sedimentario del Monte Etna. Modificato da Rust e Neri [1996].

rispetto alla posizione degli attuali Crateri Sommitali, che potrebbe costituire il prolungamento di alcune creste della circostante catena montuosa peloritana e delle Madonie. Tale rilievo separa i bacini idrogeologici dei Fiumi Simeto ed Alcantara, il cui spartiacque affiora nella zona del Lago di Gurrída (settore NO del vulcano).

Nella zona di Giarre affiora un deposito denominato "Chiancone" [Figure 1 e 3; Romano, 1982]. Si tratta di conglomerati e sabbie provenienti dalla zona dell'attuale Valle del Bove, un'ampia depressione che si apre sul medio-alto versante orientale dell'Etna formata negli ultimi 5.000-15.000 anni per il collasso di parte dell'apparato vulcanico [Mc Guire, 1982; Guest et al., 1984; Coltelli et al., 1994]. Tali depositi occupano una depressione tettonica [Lanzafame et al., 1996], delimitata a Sud dalle faglie della Timpa di Acireale (NO-SE e

NNO-SSE) ed a Nord dalle faglie del Sistema Messina-Comiso (NE-SO).

Nella zona del Chiancone non si conosce con esattezza nè la morfologia nè la natura del suo substrato. Alcuni pozzi per acqua hanno attraversato oltre cento metri di conglomerati, mentre in lavori basati su indagini sismiche e magnetiche [Cassinis et al., 1970] si parla di oltre 400 m di spessore del Chiancone nella zona di Giarre. Un'ulteriore porzione di sedimenti riferibili al Chiancone si ritrova in mare e si estende per una distanza di alcuni km dalla costa [Bousquet et al., 1998]. Considerando l'incertezza dei dati di distribuzione e spessore del Chiancone, e conseguentemente della morfologia del suo substrato, in questa sede si preferisce non considerare tale area nella ricostruzione morfologica del substrato sedimentario etneo.



**Figura 3.** Mappa morfologica del substrato etneo. Le curve di livello sono tratteggiate nelle zone di dubbia interpretazione. Nella parte centrale della mappa è rimarcata una zona dove sono concentrati i principali sistemi di alimentazione degli apparati vulcanici durante gli ultimi 120-150,000 anni: E=Ellittico; C=Cuvigghiani; G=Giannicola Grande; S=Salifizio; T=Trifoglietto; R=Rocca Capra; ?=Calanna. La posizione dei centri eruttivi è estratta da Coltelli et al. [1994], Calvari et al. [1994] e da Romano [1982].

### 3. Stima del volume dell'edificio vulcanico

Utilizzando la ricostruzione morfologica del substrato illustrata al paragrafo precedente, si è proceduto al calcolo del volume di vulcaniti compreso tra quella superficie e la topografia attuale (Figura 4), ottenendo una stima del volume totale dei prodotti eruttati dal vulcano.

Il calcolo volumetrico è stato effettuato utilizzando uno specifico software che tratta elaborazioni tridimensionali di dati topografici. La base topografica del substrato è stata digitalizzata partendo dalla rappresentazione di Figura 3, mentre per la topografia superficiale sono state utilizzate basi in scala 1:10.000 edite dall'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Siciliana e basi in scala 1:50.000 edite dall'Istituto Geografico Militare, queste ultime solo per l'estrema periferia del vulcano. Il risultato, ottenuto mediante la semplice differenza tra le due superfici, porta ad un volume totale dei prodotti emessi pari a circa 326 km<sup>3</sup>.

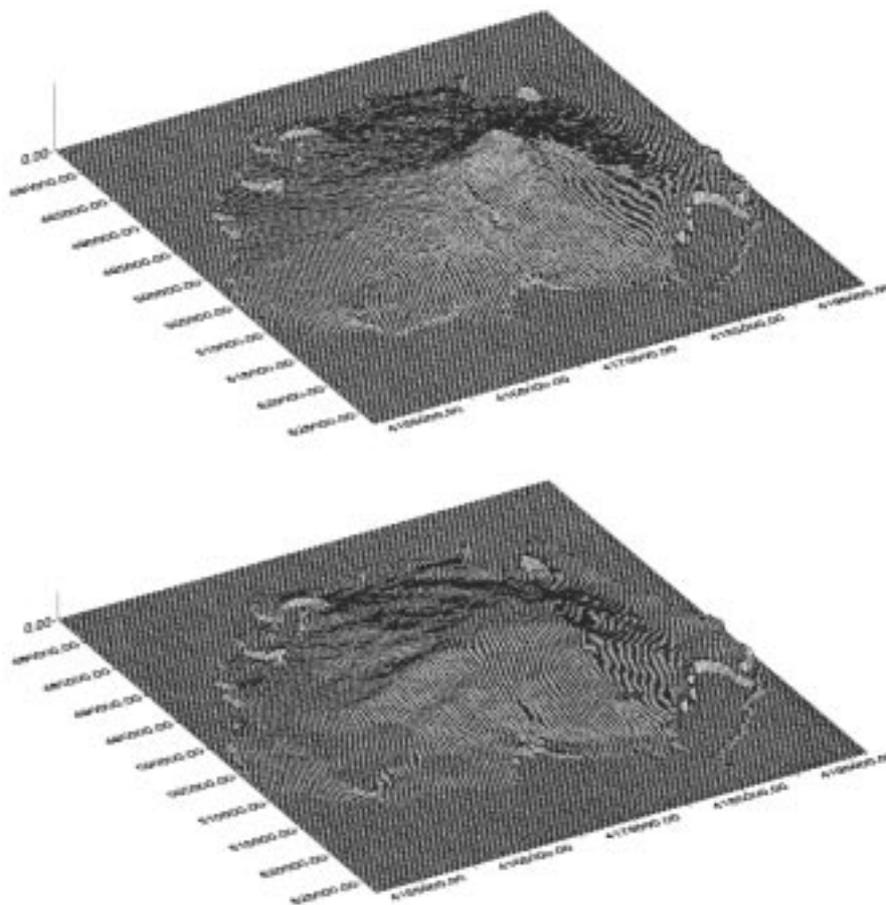
Questo volume, però, non tiene conto dell'ampia porzione di vulcano che è stata erosa nell'area della Valle del Bove. Volendo quantificare approssimativamente tale volume mancan-

te, è stata digitalizzata la morfologia apicale del vulcano risalente ad un periodo precedente la formazione della Valle del Bove (15.000-20.000 anni fa), sulla base della ricostruzione operata nel 1995 da Neri et al. (Figura 5).

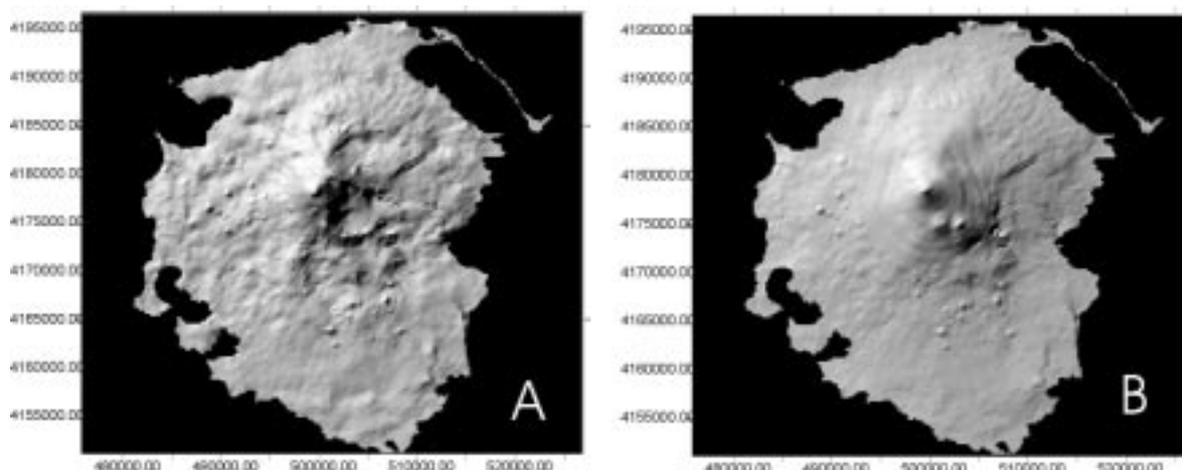
Secondo tale modello l'apparato vulcanico attivo era l'Ellittico, che raggiungeva un'altezza superiore di qualche centinaio di metri rispetto alle bocche sommitali attuali, mentre nella zona della Valle del Bove erano presenti alcuni apparati vulcanici precedenti ed ormai estinti [Cuvigghiuni, Serra Giannicola Grande, Salifizio, Trifoglietto, Rocca Capra, vedi Calvari et al., 1994 e Coltelli et al., 1994], sui quali l'Ellittico si appoggiava.

Anche in questo caso il rilievo topografico ricostruito è stato digitalizzato e sottratto alla topografia attuale, ottenendo un volume di 13,4 km<sup>3</sup>, che porta il volume totale dei prodotti eruttivi etnei a circa 340 km<sup>3</sup>. La tabella 1 riassume analiticamente i dati elaborati.

Considerando i limiti di alcune metodologie utilizzate per la compilazione della mappa morfologica del substrato, che possono produrre sottostime della copertura vulcanica tra il 10 ed il 30%, il valore di 340 km<sup>3</sup> deve essere consi-



**Figura 4.** Ricostruzione tridimensionale del basamento sedimentario etneo (in basso) e della superficie topografica attuale (in alto). Scala verticale esagerata ( $1=2/3h$ ).



**Figura 5.** Ricostruzione bidimensionale della superficie topografica attuale (A) e di quella risalente a 15.000-20.000 anni fa (B) in corrispondenza delle vulcaniti etnee (in nero le formazioni sedimentarie ed il Mare Ionio). Il quadro B evidenzia un apparato vulcanico attivo predominante, l'Ellittico, che probabilmente raggiungeva un'altezza di circa 3800 m [Kieffer, 1985, Neri et al., 1995]. Verso sud i suoi prodotti si appoggiavano sopra altri centri vulcanici già allora estinti, che occupavano la porzione meridionale della futura Valle del Bove. E', inoltre evidente la corrispondenza tra la sommità dell'Ellittico e le bocche sommitali oggi attive, poiché il vulcano ha mantenuto lo stesso asse di alimentazione centrale.

derato un valore minimo.

#### 4. Discussione e conclusioni

La prevalenza di dati di tipo indiretto utilizzati nella ricostruzione morfologica del basamento sedimentario sottostante l'Etna non consente di affermare con certezza che la mappa di Figura 3 riporti fedelmente la situazione reale. Infatti, pur esistendo una documentata corrispondenza tra substrato impermeabile e sedi-

menti lungo la fascia pedemontana etnea, sopra quota 600-800 m è possibile che l'alterazione di prodotti vulcanici antichi o altri fattori quali fenomeni di termometamorfismo abbiano determinato la formazione di un livello poco permeabile in seno alla copertura vulcanica, rilevato dai SEV come substrato impermeabile della falda acquifera superficiale. Analizzando la quota degli affioramenti sedimentari di Bronte (1.000 m s.l.m.), di Vena (700 m), di Adrano (500 m) ed a N di Catania (300 m), emerge che tale problematica esiste soprattutto per il settore meri-

	dimensione maglia	quota sul mare	
		min	max
Topografia Etna attuale	200 x 200 m	0	3,340
Topografia Ellittico zona Valle del Bove	200 x 200 m	0	3,600
Substrato sedimentario	326 km <sup>3</sup>		1,300
Volume Etna attuale	13,4 km <sup>3</sup>		
Volume mancante zona Valle del Bove	339,4 km <sup>3</sup>		
Volume totale	374 km <sup>3</sup>		
Volume totale corretto	0,00125km <sup>3</sup> /anno		

**Tabella 1.** Principali dati analitici risultati dall'elaborazione tridimensionale delle mappe elaborate. Le dimensioni della maglia si riferiscono al "passo" utilizzato dal programma nell'elaborazione dei dati tridimensionali. Il "tasso eruttivo medio" rappresenta una stima che tiene conto dei limiti di approssimazione della mappa del substrato ed è calcolato, di conseguenza, considerando un "volume totale corretto" che aumenta del 10% il valore di volume stimato dalla modellizzazione.

dionale ed orientale della mappa di Figura 3, mentre per la restante parte l'eventuale errore dovrebbe essere contenuto entro il 10-15 %.

Inoltre, occorre evidenziare che nella parte centrale dell'apparato vulcanico il substrato è stato interessato da migliaia di intrusioni che potrebbero avere sostituito in varia misura gli originari sedimenti incassanti [Ferrari et al., 1991]. In quella zona, pertanto, ci si deve chiedere se ha senso continuare a parlare di substrato sedimentario e non, piuttosto, di un complesso a dicchi [Hirn et al., 1991; Borgia et al., 1992; Cardaci et al., 1993; Rust e Neri, 1996] che costituisca l'elemento di raccordo tra un substrato sedimentario più profondo (alcune migliaia di metri) ed il corpo vulcanico superficiale.

In definitiva, alcuni dubbi possono permanere sulla precisione della ricostruzione morfologica di Figura 3. E' per questo motivo che si preferisce offrire una rappresentazione grafica di sintesi con curve di livello spaziate di 100 metri, anche se il numero di dati avrebbe consentito di raggiungere un dettaglio maggiore.

Sulla base di queste considerazioni, il volume totale di prodotti eruttati dal vulcano, in precedenza stimato in 340 km<sup>3</sup>, può ragionevolmente essere aumentato di circa il 10%, per raggiungere un valore pari a 374 km<sup>3</sup>. L'entità di questo maggior volume è ottenuto considerando l'errore indotto dall'uso di dati derivati da SEV, che possono sottostimare del 10-30% lo spessore di vulcaniti, soprattutto in alcune aree prossime alla costa; tuttavia i SEV sono stati utilizzati prevalentemente alla periferia del vulcano, in settori dove lo spessore di vulcaniti non è quasi mai rilevante, per cui anche l'errore introdotto non può essere molto grande.

La stima di questo volume, pur con i limiti insiti in ogni ricostruzione paleomorfologica, offre un parametro quantitativo decisamente più preciso di quanto fino ad ora riportato in bibliografia. Riteniamo che il suo uso possa agevolare più precise modellizzazioni dei fenomeni che indagano la deformazione gravitativa dell'apparato eruttivo etneo indotta dal suo stesso peso, già invocata nel recente passato quale principale responsabile sia di numerose deformazioni fragili, sia di fenomeni di compressione rilevati alla periferia dell'Etna [Borgia et al., 1992; Merle e Borgia, 1996].

Infine, conoscendo lo sviluppo dimensionale del vulcano nel tempo, è possibile stimare i tassi effusivi medi che hanno portato alla costruzione dell'apparato attuale. Sappiamo che l'Etna si è accresciuto significativamente soltanto negli ultimi 300.000 anni, anche se è solo da poco più di 100.000 anni che il vulcano si è

“centralizzato”, costruendo imponenti e ripidi strato-vulcani. Tenendo conto di ciò, è possibile ipotizzare un tasso effusivo medio non inferiore a 0,00125 km<sup>3</sup>/anno. Il passo successivo di questo lavoro può essere individuato in una più precisa ricostruzione paleogeografica degli apparati eruttivi che si sono succeduti nell'evoluzione dell'Etna, dalla sua formazione ad oggi. Ciò dovrebbe consentire una stima dei tassi di crescita di tali apparati, rendendo possibile il confronto con il vulcanismo attuale per definire, se possibile, probabili scenari evolutivi.

## Bibliografia

- Aa.Vv. (1979). *Carta geologica del Monte Etna, scala 1:50.000*, C.N.R., P.F.G., I.I.V., Litografia Artistica Cartografica, Firenze, Allegato a Mem. Soc. Geol. It., 23 (1982).
- Aureli, A. (1973). *Idrogeologia del fianco occidentale etneo*, Atti 2° Conv. Intern. Acque sotterranee, Palermo.
- Aureli, A. e F. Musarra (1975). *Idrogeologia del bacino del Fiume Alcantara (Sicilia)*, Atti 3° Conv. Intern. Acque Sotterranee, Palermo.
- Barberi, F., L. Civetta, P. Gasperini, F. Innocenti, R. Scandone and L. Villari (1974). *Evolution of a section of the Africa-Europe plate boundary: paleomagnetic and volcanologic evidence from Sicily*, Earth Planet. Sc. Lett., 22, 123-132, Amsterdam.
- Beccaluva, L., A. Di Grande, A. Lo Giudice, G. Macciotta e F. Siena (1997). *Carta geopetrografica dell'area centro-settentrionale iblea*, Selca Firenze.
- Bousquet, J.C., G. Gabbianelli, G. Lanzafame, M. Neri and A. Negri (1998). *Evolution volcanotectonique de l'Etna (Sicile): nouvelles donnees de geologie marine et terrestre*, XXXVth Congress CIESM (Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée), Brevi note. Cavtat - Dubrovnik: 1-5 giugno 1998.
- Borgia, A., L. Ferrari and G. Pasquarè (1992). *Importance of gravitational spreading in the tectonic and volcanic evolution of Mt. Etna*, Nature, Vol.357, Letters.
- Calvari, S., G.L. Gropelli G. and Pasquarè G. (1994). *Preliminary geological data on the south-western walls of Valle del Bove, Mt.Etna (Sicily)*, Acta Vulcanol. 5, 15-30.
- Carbone, S., M. Grasso, F. Lentini et al. (1984). *Carta Geologica della Sicilia Sud-Orientale, scala 1:100.000*, In: Lineamenti geologici del Plateau Ibleo (Sicilia S.E.), Presentazione delle carte geologiche della Sicilia Sud-Orientale. Mem. Soc. Geol. It., 38, 127-135.
- Carbone, S. e F. Lentini (1981). *Caratteri deposizionali delle vulcaniti del Miocene superiore negli Iblei (Sicilia sud-orientale)*, Geol. Romana, 20, 79-101.
- Cardaci, C., M. Coviello, G. Lombardo, G. Patanè, and R. Scarpa (1993). *Seismic tomography of Etna volcano*. J. Volcanol. Geoth. Res., 56, 357-368, Elsevier Sci. Pub. B.V., Amsterdam.

- Carveni, P., A. Leopardi e M. Romeo (1993). *Rapporti tra vulcaniti submarine e depositi Plio-Pleistocenici dei dintorni di Palagonia (Avanpaese Ibleo, Sicilia)*. Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat., v.26, n.342: 207-237, Catania.
- Cassinis, R., M. Cosentino, G.S. Ponzini e M. Ruscetti (1970). *Contributo alla esplorazione geofisica lungo la costa etnea*. Atti Conv. Intern. Sulle acque sotterranee, 6-8 dicembre 1979, Palermo.
- Coltelli, M., V.H. Garduño, M. Neri, G. Pasquarè and M. Pompilio (1994). *Geology of northern wall of Valle del Bove, Etna (Sicily)*. Acta Vulcanol., Vol. 5, 55-68.
- Cristofolini, R. (1967). *Le vulcaniti Plio-Pleistoceniche al margine settentrionale dell'Altopiano Ibleo*. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat., s.6, v.18: 265-270, Catania.
- Cristofolini, R. (1969). *Le vulcaniti del Miocene superiore e del Pliocene inferiore della zona compresa tra Mineo, Palagonia e Vizzini (Altopiano Ibleo)*. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat., s.7, v.1: 211-238, Catania.
- Cristofolini, R. (1972). *I basalti a tendenza tholeiitica dell'Etna*. Per. Min., 41, 167-200.
- Cristofolini, R. (1975). *La massa subvulcanica di Acitrezza (Etna)*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 30, 741-770.
- Di Grande, A. (1969). *L'alternanza neogenico-quadernaria di vulcaniti e sedimenti al margine nord-occidentale dell'Altopiano Ibleo*. Atti Acc. Gioenia Sci. Nat., (Suppl. Sc. Geol.), s.7, v.1:99-125, Catania.
- Di Grande, A. (1972). *Geologia dell'area a Nord di Augusta-Francofonte (Sicilia SE)*. Atti Acc. Gioenia Sci. Nat., s.7, v.4:3-32, Catania.
- Di Grande, A. e M. Neri (1987). *Il Quaternario dei dintorni di Lentini-Carlentini*. Atti Acc. Gioenia Sci. Nat., v.20, n-330: 87-103, Catania.
- Ferrara, V. (1975). *Idrogeologia del fianco orientale dell'Etna*. Atti 3° Conv. Intern. Acque sotterranee, Palermo.
- Ferrari, L. (1991). *Evoluzione vulcanologica e strutturale del Monte Etna e suoi rapporti con il vulcanismo ibleo*. Tesi di dottorato IV Ciclo, Univ. Di Milano.
- Ferrari, L., V.H. Garduño e M. Neri (1991). *I dicchi della Valle del Bove, Etna: un metodo per stimare le dilatazioni di un apparato vulcanico*. Mem. Soc. Geol. It., 47, 495-508.
- Gillot, P.Y., G. Kieffer and R. Romano (1994). *The evolution of Mount Etna in the light of potassium-argon dating*. Acta Vulcanol. 5, 81-87.
- Guest J.E., D.K. Chester and A.M. Duncan (1984). *The Valle del Bove: its origin and relation to the stratigraphy and structure of the volcano*. J. Volcanol. Geoth. Res., 21, 1-23.
- Hirn, A., A. Nercessian, M. Sapin, F. Ferrucci and G. Wittlinger (1991). *Seismic heterogeneity of Mt. Etna: structure and activity*. Geophys. J. Int., 105, 139-153.
- Kieffer, G. (1985). *Evolution structurale et dynamique d'un grand volcan poligenique: stades d'edification et activite actuelle de l'Etna (Sicile)*. An. Sc. Univ. Clermont-Ferrand, 84, 1-497.
- Lanzafame, G., M. Neri, and D. Rust (1996). *Active tectonics affecting the eastern flank of Mount Etna: structural interactions at a regional and local scale*. In: Etna: Fifteen Years On, Eds Gravestock, P. and McGuire, W., Centre for Volcanic Research, CGCHE, 25-33.
- Lentini, F. (1982). *The geology of the Mt. Etna base-ment*. Mem. Soc. Geol. It., v.23, 7-25.
- Lo Giudice, E., C. Pandolfo and G. Patanè (1981). *Dynamic evidence and hydrogeological implications of structures in recent volcanic areas. A multidisciplinary approach in the etnean area*. Acqua & Aria, n.7, Sept., 1981, Milano.
- Lo Giudice, E. and R. Rasà, (1992). *Very shallow earthquakes and brittle deformations in active volcanic areas: the Etnean region as an example*. Tectonophysics, 202, 257-268.
- Loddo, M., D. Patella, R. Quarto, G. Ruina, A. Tramacenero and G. Zito (1989). *Application of gravity and deep dipole geoelectrics in the volcanic area of Mt. Etna (Sicily)*. J. Volcanol. Geoth. Res., 39, 17-39, Elsevier Sci. Pub. B.V., Amsterdam.
- Mc Guire W.J. (1982). *Evolution of the Etna volcano: information from the southern wall of the Valle del Bove caldera*. Jour. Volc. Geoth. Res., 13, 241-271.
- Merle O. and A. Borgia (1996). *Scaled experiments of volcanic spreading*. J. Geophys. Res., 101, 13805-13817.
- Neri, M., V.H. Garduño, G. Pasquarè e R. Rasà, (1991). *Studio strutturale e modello cinematico della Valle del Bove e del settore nord-orientale etneo*. Acta Vulcanol., 1, 17-24.
- Neri, M., G. Orombelli, G. Pasquarè and M. Pelfini (1995). *Possible existence and extent of a late-Pleistocene glacier on Mt. Etna*. Project Seavolc: Sea-level change and the stability and activity of coastal and island volcanoes, Commission of the European Communities, Environment programme contract EV5V-CT92-0170, Final Report, May 1995.
- Ogniben, L. (1966). *Lineamenti idrogeologici dell'Etna*. Riv. Min. Sic., anno XVII, n.100-102, 1,24, Palermo.
- Patella, D. and R. Quarto (1987). *Interpretation of shallow Schlumberger soundings in the western sector of Mt. Etna, Sicily*. Boll. Geof. Teor. Appl., Vol. XXIX, n.116, 309-320.
- Romano, R. (1982). *Succession of the volcanic activity in the etnean area*. Mem. Soc. Geol. It., 23, 27-38.
- Rust, D. and M. Neri (1996). *The boundaries of large-scale collapse on the flanks of Mount Etna, Sicily*. In: McGuire, W.C., Jones, A.P. & Neuberg, J. (Eds), Volcano instability on the Earth and Other Planets, Geological Society, Special Publication N°110, 193-208.
- Sturiale C. (1968). *Le formazioni eruttive submarina a Nord di Catania*. Rend. Soc. Ital. Min. e Petr., Vol. 24, Pavia.