

Carta Geologica del Vulcano Etna - *Geological Map of Etna Volcano*

Introduzione - *Introduction*

BRANCA S. (*), COLTELLI M. (*), GROPELLI G. (**)

Il Monte Etna, uno dei vulcani più attivi del mondo, è ubicato in corrispondenza della costa orientale della Sicilia in una delle aree più densamente popolate del bacino del Mediterraneo. Si tratta di un vasto complesso vulcano-basaltico che ricopre un'ampia superficie sub-circolare di 1178 km², con un diametro massimo di circa 45 km che si eleva dalla costa ionica fino a 3328 m di altezza. Il vulcano Etna è caratterizzato da una frequente e talvolta persistente attività eruttiva prodotta dai suoi crateri sommitali, marcata dall'occorrenza di periodiche eruzioni laviche prodotte da fessure eruttive che si aprono lungo i suoi fianchi fino a bassa quota, come storicamente riportato durante gli ultimi 2700 anni, a partire dall'età ellenica (TANGUY, 1981; BRANCA & DEL CARLO, 2004; 2005).

Un vulcano attivo, come l'Etna, costituisce un potenziale rischio per la comunità che vi risiede a causa delle sue possibili eruzioni laterali distruttive per il tessuto urbano, la cui stima ed eventuale previsione sono ampiamente basate sull'archivio delle passate eruzioni. I rilievi e i dati di campagna, la loro analisi e le relative interpretazioni forniscono utili informazioni riguardo alla frequenza, alla magnitudo, alla distribuzione e allo stile dei fenomeni vulcanici che hanno generato le forme e i depositi distribuiti sul territorio vulcanico. La carta geologica rappresenta uno straordinario archivio di dati concernenti le passate eruzioni e può essere usata per scopi pratici come, per esempio, la gestione del

territorio e la sua prevenzione dall'impatto dei fenomeni eruttivi al fine di minimizzare l'esposizione dei beni materiali ai danneggiamenti causati dalle eruzioni, specie quelle più catastrofiche, e quindi essere utile anche alla gestione delle emergenze vulcaniche. Nell'ultimo decennio, l'Etna è divenuto uno dei vulcani meglio monitorati e studiati del mondo ed è considerato un laboratorio naturale per vulcanologi e geofisici. Fino a oggi, il riferimento geologico per la comunità scientifica è stato fornito dalla carta geologica pubblicata nel 1979, alla scala 1:50.000, dal Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto Internazionale di Vulcanologia di Catania (CNR-IIV) (ROMANO *et alii*, 1979).

In questo volume delle Memorie presentiamo la traduzione in italiano della nuova carta geologica del vulcano Etna, alla scala 1:50.000, che è stata pubblicata nel 2011 (BRANCA *et alii*, 2011a) in lingua inglese dalla rivista scientifica *Italian Journal of Geosciences* (Bollettino della Società Geologica Italiana e del Servizio Geologico d'Italia), accompagnata da un lavoro sulle datazioni isotopiche ⁴⁰Ar/³⁹Ar delle unità vulcaniche mappate (DE BENI *et alii*, 2011), e da un lavoro sulla ricostruzione dell'evoluzione geologica del complesso vulcanico etneo (BRANCA *et alii*, 2011b). Nel 2012, è stato pubblicato, sempre sull'*Italian Journal of Geosciences*, un lavoro sulle datazioni archeomagnetiche e ²²⁶Ra-²³⁰Th delle colate storiche mappate sulla carta geologica (TANGUY *et alii*, 2012). Questi lavori, vagliati dalla comunità scientifica con

(*) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Etneo, Piazza Roma 2, Catania (Italia)

(**) CNR-Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali – sezione di Milano, Via Mangiagalli 34, 20133 Milano (Italia)

il metodo della *peer-review*, hanno rappresentato la base dalla quale è partita la stesura di questo volume. I testi, di seguito presentati in forma di descrizione dettagliata della carta geologica del vulcano Etna in lingua italiana che è allegata alla Memoria, sono stati approfonditi e implementati rispetto ai lavori scientifici prima citati e, inoltre, estesi e arricchiti rispetto a quanto era possibile rendere in una rivista scientifica per limiti di spazio. Tutti i testi sono stati inoltre scritti pensando a lettori con competenze geologiche operanti nell'ambito della gestione del territorio come, ad esempio, i geologi e gli ingegneri che lavorano nelle pubbliche amministrazioni locali e che hanno come obiettivo la corretta pianificazione e gestione del territorio etneo. Inoltre ci auguriamo che la presente Memoria sia utile ai geologi, ingegneri, forestali e agronomi professionali che sono chiamati a interpretare il territorio fisico etneo allo scopo di utilizzarlo al meglio per le opere edili e agricole d'interesse della comunità che ci vive e che vuole comunque servirsene nel rispetto delle leggi e della conservazione della natura così peculiare nello straordinario ambiente vulcanico etneo.

Questa Memoria è stata organizzata in capitoli scritti da diversi autori con lo scopo di illustrare la nuova carta geologica del vulcano Etna attraverso la descrizione dei dati raccolti e delle metodologie utilizzate, evidenziando i principali progressi e le novità presenti in questa carta geologica rispetto a quelle pubblicate in precedenza. Il primo capitolo, successivo a questa Prefazione, "Inquadramento geologico regionale e substrato dell'Etna" è dedicato a tratteggiare le conoscenze geologiche della regione nella quale è situato il vulcano e a descrivere le unità sedimentarie e tettoniche del suo substrato. Il secondo capitolo, "La storia della cartografia geologica dell'Etna dal XIX secolo a oggi", illustra la storia del rilevamento geologico del vulcano Etna che a metà del XIX ha fornito la prima carta geologica di un vulcano e ha tracciato l'evoluzione delle metodologie utilizzate per questo fine. Il terzo capitolo, "Metodologia applicata alla realizzazione della nuova carta geologica dell'Etna", è focalizzato sulla descrizione delle metodologie stratigrafiche d'indagine utilizzate per mappare le formazioni geologiche del vulcano e per ricostruire la stratigrafia della successione etnea. Il quarto capitolo, "Descrizione delle unità stratigrafiche", rappresenta il cuore delle note illustrative e riporta in dettaglio le descrizioni delle unità litostatigrafiche, litosomatiche e sintemiche che sono state applicate nel corso di questo lavoro. Il quinto capitolo, "Datazioni isotopiche $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ della successione vulcanica etnea", si focalizza sul lavoro di datazione radiometrica assoluta delle unità vulcaniche discutendone i risultati e illustrando le sue importanti ricadute nella definizione di una colonna

stratigrafica completa per tutta la storia del vulcano. Il sesto capitolo, "Evoluzione geologica del vulcano Etna", presenta una sintesi dell'evoluzione geologica del vulcano che, attraverso l'uso delle unità sintemiche supportate dalle datazioni assolute, ha permesso di definire in maniera oggettiva le principali fasi in cui si è evoluto il complesso vulcanico etneo. Il settimo e ultimo capitolo, "L'attività eruttiva dell'Etna degli ultimi 2700 anni", descrive l'attività eruttiva effusiva più recente che ha accompagnato la vita delle popolazioni etnee sin dall'età ellenica, sulla base delle datazioni archeomagnetiche e Ra-Th di tutte le colate storiche mappate nella carta. Infine nelle appendici sono fornite le schede delle colate laviche delle formazioni Torre del Filosofo, Pietracannone, Monte Calvario e Piano Provenzana, e la descrizione delle sezioni stratigrafiche di dettaglio a supporto della carta geologica.

Questa Memoria è dedicata a Giorgio Pasquarè, un maestro che ci ha insegnato una metodologia innovativa per studiare i vulcani, e agli scomparsi Fabrizio Innocenti e Romolo Romano, il primo per aver acceso in noi l'interesse per la geologia e la storia eruttiva del vulcano Etna, e il secondo per aver prodotto la precedente carta geologica che è stata per noi un esempio per il lavoro di ricerca nella complessa storia dell'Etna attraverso gli studi geologici e stratigrafici.

PAROLE CHIAVE: vulcano Etna, carta geologica, stratigrafia, geocronologia $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, evoluzione geologica, attività eruttiva storica

Mount Etna, one of the most active volcanoes in the world, is located on the east coast of Sicily in what is now one of the most densely populated areas of the Mediterranean basin. It is a complex basaltic volcano covering a wide sub-circular area of 1178 km², with a diameter of about 45 km, which rises up to 3328 m of altitude. The Etna volcano is characterized by frequent and sometimes persistent eruptive activity produced at its summit craters, marked by the occurrence of periodic eruptions of lava generated by eruptive fissures that open along its flanks down to low altitudes, as historically reported during the last 2700 years since the Hellenic age (TANGUY, 1981, BRANCA & DEL CARLO, 2004; 2005).

An active volcano like Etna is clearly a potential risk for the community living there owing to its possible and eventually destructive flank eruptions, whose assessing and forecasting is largely based on the knowledge of past eruptions. Analysis and related interpretations of field surveys and recorded data provide useful information on the frequency, magnitude, distribution and style of volcanic activity that generated landforms and deposits form-

ing Etna edifice. The geological map represents an extraordinary archive of data on past eruptions and can be used for practical purposes, such as land management in order to minimize exposure to damage and protect against the impact of eruptive phenomena, but also for emergency management purposes particularly in case of catastrophic eruptions.

In the last decade, Etna has become one of the better monitored and studied volcanoes in the world and is considered a natural laboratory for volcanologists and geophysicists. Nevertheless, until now, the geological reference for the scientific community has been provided by the geological map published in 1979, 1: 50,000 scale, from the National Research Council of Italy, International Institute of Volcanology in Catania (CNR-IIV) (ROMANO *et alii*, 1979).

In this monograph we present the new Geological Map of Etna Volcano, at 1:50,000 scale in Italian language. This was originally published in English in 2011 (BRANCA *et alii*, 2011a) by the *Italian Journal of Geosciences* (Bulletin of Italian Geological Society and the Geological Survey of Italy), accompanied by a paper on $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isotopic dating of the volcanic units (DE BENI *et alii*, 2011), and one on the reconstruction of the geological evolution of Etna volcano (BRANCA *et alii*, 2011b). Another paper on archeomagnetic and ^{226}Ra - ^{230}Th dating of historical lavas recognized on the geological map was published in 2012 (TANGUY *et alii*, 2012) in the same journal. These papers, examined by the scientific community by peer review, were the basis from which we began writing this monograph. The texts, presented below in the form of a detailed description of the Geological Map of Etna Volcano in Italian, which is annexed to this monograph, were investigated and implemented with respect to the abovementioned scientific papers and also extended and improved. All texts were written also with a view to readers with geological expertise operating in land management such as, for example, geologists and engineers working in public administration whose focus is on the proper planning and management of Etna's region. We also trust that this monograph may prove useful to geologists, engineers, agronomists and forestry professionals who are called on to interpret the physical territory of Etna in order to use it well for future planning of the volcano environment.

This monograph is organized into chapters written by different authors with the aim of illustrating the new Geological Map of Etna Volcano through the description of the data collected and the methods used, highlighting the main advances and innovations of this geological map compared

to those previously published. The chapter "Geological setting and the substratum of Etna volcano" outlines the geological knowledge of the region, where the volcano is located and describes the tectonic and sedimentary units of its substrate. The chapter "Geological maps of Etna volcano along the history" describes the history of the geological surveys of Etna volcano, which in the mid-19th century provided the first geological map of a volcano, and has traced the evolution of methodologies used to this end. The chapter "Methodological approach for the new Geological Map of Etna Volcano" focuses on the description of the stratigraphic methodologies used to map geological units of the volcano and to reconstruct the stratigraphic succession of Etna. The chapter "Explanatory notes of the stratigraphic units belonging to the Mount Etna Volcanic District" is the heart of the notes and contains detailed descriptions of the lithostratigraphic, lithosomatic and synechic units that have been used in this work. The chapter " $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isotopic dating of Etna volcanic succession" focuses on the work of absolute radiometric dating of volcanic units, discussing the results and explaining its important implications in defining a complete stratigraphic column for the entire history of the volcano. The chapter "Geological Evolution of Mount Etna" presents a summary of the geological evolution of the volcano which, through the use of synechic units supported by absolute dating, allowed us defining the main phases in which Etna evolved in a volcanic complex. The final chapter "The Etna eruptive activity of the last 2700 years" describes the historical eruptive activity that accompanied the life of the people living there from the Hellenic age, based on the archeomagnetic and ^{226}Ra - ^{230}Th dating of the historical lava flows. Finally, the descriptions of the volcanic products of the Torre del Filosofo, Pietracannone, Monte Calvario and Piano Provenzana formations, and the descriptions of the stratigraphic logs to support the geological map, are given in the Appendices.

We wish to dedicate this monograph to Giorgio Pasquare, a teacher who has helped us to bring an innovative methodology in the study of volcanoes, and to the late Fabrizio Innocenti and Romolo Romano, the former for inspiring our interest in geology and the eruptive history of Mount Etna, and the latter for publishing the previous geological map that was an example to all of us in the researches on the complex history of Etna through geological and stratigraphic studies.

KEY WORDS: Etna volcano, geological map, stratigraphy, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology, geological evolution, historical eruptive activity