

Rapporti tecnici

INGV

Riproduzione digitale di
sismogrammi storici del Vesuvio: prime
registrazioni sismiche su un vulcano

294



Direttore Responsabile

Stefano Gresta

Editorial Board

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (INGV - RM1)

Luigi Cucci (INGV - RM1)

Nicola Pagliuca (INGV - RM1)

Umberto Sciacca (INGV - RM2)

Alessandro Settimi (INGV - RM2)

Aldo Winkler (INGV - RM2)

Salvatore Stramondo (INGV - CNT)

Milena Moretti (INGV - CNT)

Gaetano Zonno (INGV - MI)

Viviana Castelli (INGV - BO)

Antonio Guarnieri (INGV - BO)

Mario Castellano (INGV - NA)

Mauro Di Vito (INGV - NA)

Raffaele Azzaro (INGV - CT)

Rosa Anna Corsaro (INGV - CT)

Mario Mattia (INGV - CT)

Marcello Liotta (INGV - PA)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - Referente

Rossella Celi

Barbara Angioni

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

redazionecen@ingv.it

Rapporti tecnici INGV

RIPRODUZIONE DIGITALE DI SISMOGRAMMI STORICI DEL VESUVIO: PRIME REGISTRAZIONI SISMICHE SU UN VULCANO

Stefano Fiore, Luca D'Auria, Flora Giudicepietro, Antonio Caputo, Giovanni Ricciardi

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

294

Indice

	Introduzione	7
1.	L'ortosismografo Alfani	8
2.	Il sistema di fotoacquisizione	9
3.	Processo di acquisizione	10
4.	Esempi di sismogrammi	12
5.	Conclusioni	13
	Bibliografia	14

Introduzione

Il presente rapporto descrive l'attività di riproduzione digitale di sismogrammi storici dell'Osservatorio Vesuviano. Come è noto l'Osservatorio Vesuviano, attualmente Sezione di Napoli dell'INGV, è il più antico osservatorio vulcanologico del mondo, fondato nel 1841 dal re delle due Sicilie Ferdinando II di Borbone. In un numero del marzo 2013 il prestigioso settimanale scientifico Nature, cita il monitoraggio del Vesuvio, come una delle osservazioni scientifiche di più lunga durata, seconda solo all'osservazione delle macchie solari iniziata da Galileo Galilei nel 1600 [<http://www.nature.com/news/long-term-research-slow-science-1.12623>]. Presso l'Osservatorio Vesuviano è stato sviluppato uno dei primi strumenti sismometrici di moderna concezione per la misura dei terremoti (Fig. 1). Questo strumento noto come il sismografo Palmieri, dal nome del suo ideatore, Luigi Palmieri (Faicchio, 1807 - Napoli, 1896), direttore dell'Osservatorio Vesuviano dal 1855 al 1896, fu installato al Vesuvio per la prima volta nel 1856 e sancì l'inizio delle osservazioni sismologiche sui vulcani [Giudicepietro et al., 2010]. Nel 1875 un esemplare dello strumento fu anche installato all'Osservatorio Meteorologico Centrale di Tokyo. Il sismografo Palmieri non registrava un vero e proprio sismogramma, ma in caso di terremoto ne permetteva la misura della durata, riportando su carta telegrafica tracce di moti orizzontali e verticali dei suoi sensori. Dai primi del '900 furono adottati nuovi strumenti per le osservazioni sismologiche sul Vesuvio. Con l'installazione dell'ortosismografo Alfani è iniziata la registrazione dei sismogrammi intesi come tracciati dell'evoluzione temporale delle onde sismiche.

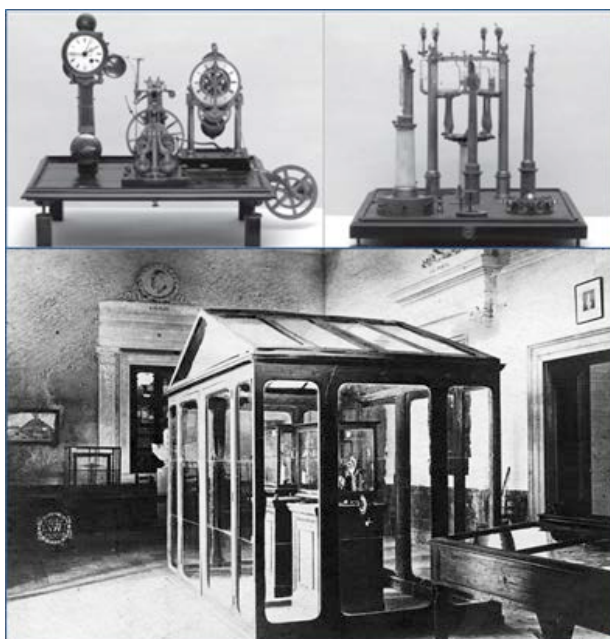


Figura 1. Il sismografo di Luigi Palmieri, nella sua originaria collocazione alla sede dell'Osservatorio Vesuviano in una foto del 1875.

I sistemi di monitoraggio sismico al Vesuvio hanno poi seguito l'evoluzione tecnologica generale della sismologia fino all'attuale configurazione, prevalentemente basata su stazioni digitali a larga banda [Giudicepietro et al., 2010; Castellano et al., 2012; Orazi et al., 2013]. In questo contesto appare chiaro che all'Osservatorio Vesuviano sono state effettuate per la prima volta al mondo registrazioni di segnali sismici di ambiente vulcanico. Parte di questo materiale ha superato due guerre mondiali ed è stato conservato e tramandato giungendo fino a noi. Il presente lavoro, iniziato nell'ambito del progetto di servizio civile "Noi e i vulcani", svoltosi presso l'Osservatorio Vesuviano nel 2012, si pone l'obiettivo della conservazione attraverso la riproduzione digitale di un insieme di sismogrammi storici del Vesuvio che coprono un intervallo temporale dall'inizio del '900 agli anni '70 del Novecento. Questo periodo è di grande interesse perché riguarda una fase di transizione in cui il Vesuvio è passato da condizioni di condotto aperto, con

frequenti fenomeni eruttivi, alla condizione attuale di condotto chiuso. In particolare, rientra nel periodo considerato l'ultima eruzione del Vesuvio avvenuta nel marzo del 1944, i cui sismogrammi sono compresi nel dataset digitalizzato.

1. L'ortosismografo Alfani

I sismogrammi digitalizzati sono stati registrati con un ortosismografo Alfani, realizzato da Guido Alfani, direttore dell'Osservatorio Ximeniano e ideatore e costruttore di strumentazione sismica, che si ispirò nella realizzazione del suo ortosismografo al sismometro Omori. Lo strumento è un ortosismografo verticale privo di smorzamento, con registrazione su carta affumicata e fu acquistato dall'Osservatorio Vesuviano, come riferisce Malladra [Malladra, 1914], nel 1914 e fu voluto da Giuseppe Mercalli, il quale morì pochi mesi prima che andasse in funzione.

L'ortosismografo fu installato nel giugno dello stesso anno, sul muro settentrionale della stanza dei sismografi. Il suo acquisto avvenne con la ripresa delle attività eruttive del Vesuvio del luglio 1913 e fu utilizzato per lo studio della componente verticale [Malladra, 1914].

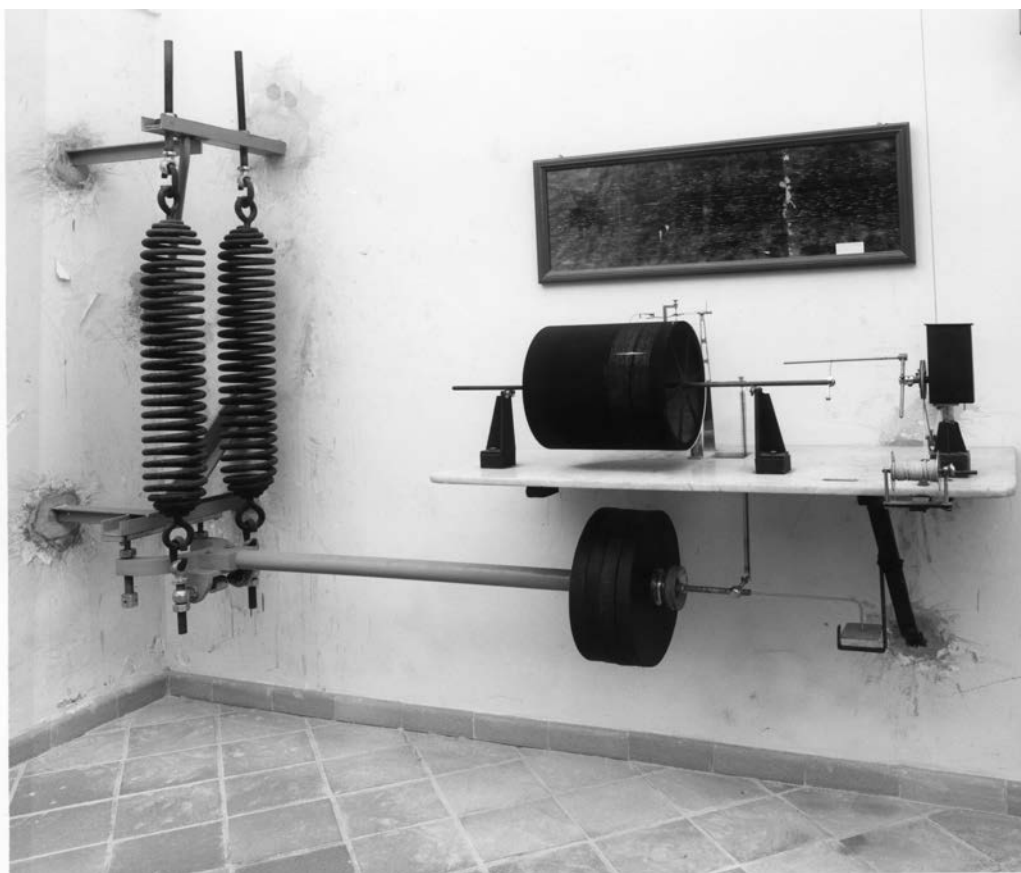


Figura 2. L'ortosismografo Alfani nella sua collocazione alla sede dell'Osservatorio Vesuviano.

L'ortosismografo (Fig. 2) era costituito da una sbarra di acciaio alle cui estremità era collegata da un lato, una massa di 200 kg, e dall'altro una forcella semicircolare. Quest'ultima era attraversata da due viti le cui estremità venivano a contatto con due cuscinetti d'acciaio saldati a loro volta su una forte mensola di ferro ad U fissata a muro. Le punte delle due viti erano tenute a contatto contro i cuscinetti tramite due grosse

molle a spirale agganciate da un'estremità sulla sbarra tramite un traverso e dall'altra a due viti collegate ad un'altra mensola di ferro murata. Secondo le stime di Malladra, lo sforzo esercitato dalle due molle per tenere in equilibrio la leva era complessivamente di 1579 kg. Il periodo completo proprio di tutto il sistema oscillante, sempre secondo Malladra, era di 3,24 s. Il registratore invece, era costituito da un tamburo a carta affumicata della circonferenza di un metro e con un perno a vite che lo spostava di 3 mm ad ogni rivoluzione. Questo perno era mosso da un sistema meccanico ad orologeria collegato ad un peso che necessitava di essere ricaricato da una manovella ogni 3 giorni. Il tracciato sismico era realizzato da un pennino di alluminio che sfiorava la carta affumicata posizionata sul tamburo. Le oscillazioni della sbarra erano trasferite al pennino tramite due leve di ingrandimento.

L'ingrandimento del tracciato era variabile e bisognava tararlo opportunamente per evitare sovrapposizione di tracciati. Quest'apparecchio faceva uso di molle, pertanto era molto sensibile alle dilatazioni termiche, così anche il tracciato poteva risentire delle escursioni termiche a cui era sottoposto lo strumento.

Dal 20 febbraio 1921 l'ortosismografo fu modificato dallo stesso Malladra [Vittozzi, 1952] che modificò il collegamento dell'estremità libera del pendolo al sistema registratore. Questi accorgimenti, secondo l'autore, sarebbero stati tali da diminuire il coefficiente di dilatazione e il coefficiente di flessione.

2. Il sistema di fotoacquisizione

La fase di riproduzione digitale dei sismogrammi storici è stata realizzata tramite un sistema di fotoacquisizione (Fig. 3) composto da diversi profilati in alluminio fissati tra di loro da dadi in gabbia regolabili. Questo tipo di elementi ha fornito al sistema robustezza e modularità allo stesso tempo.

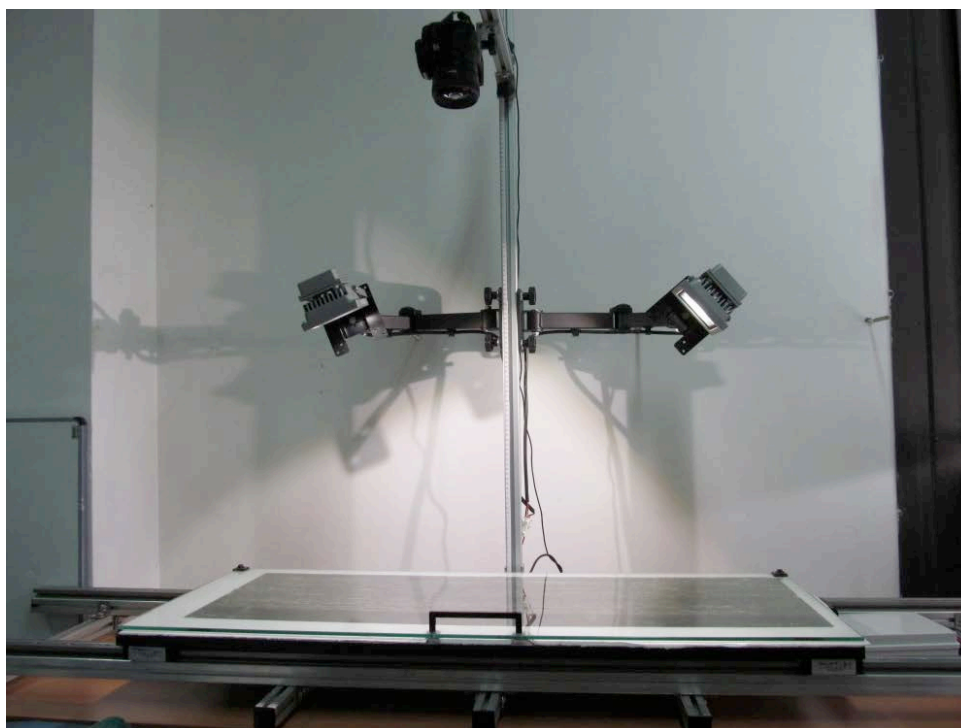


Figura 3. Il sistema di fotoacquisizione.

Su questi profilati è stata posizionata una tavola scorrevole 110x50 cm in truciolo. Lo scorrimento della tavola è garantito da guide lineari in alluminio costituite da due binari e due coppie di pattini (Fig. 4).

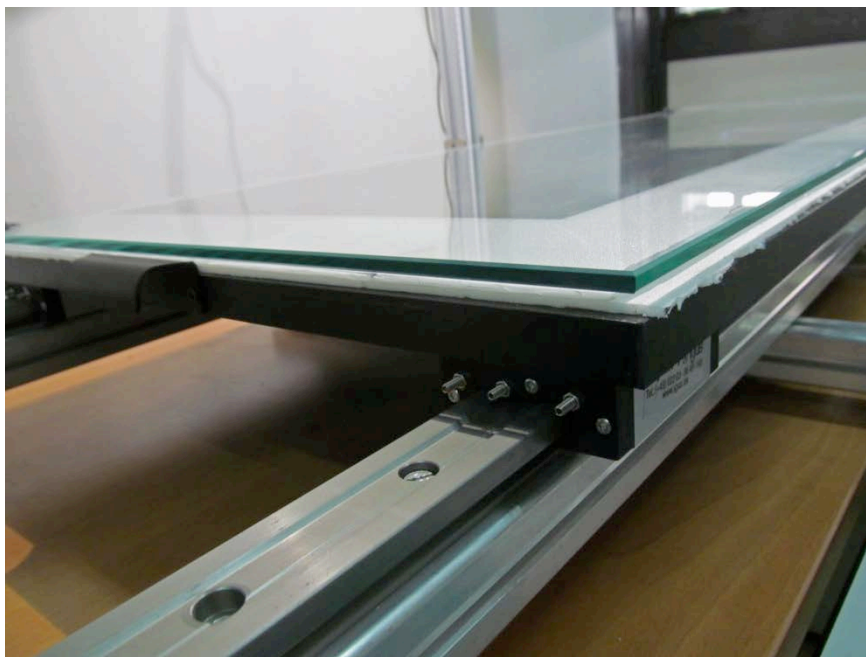


Figura 4. Particolare delle guide lineari.

Al di sopra della tavola è stata posizionata una lastra di vetro, fissata con due cerniere che ne consentono l'apertura permettendo così la completa stesura della carta; inoltre il peso della lastra permette il completo appiattimento del sismogramma e ne impedisce qualsiasi movimento durante la fotoacquisizione.

Perpendicolarmente alla struttura è stato fissato un profilato in alluminio dell'altezza di 120 cm sul quale è posizionato un braccio perpendicolare su cui assicurare la fotocamera. Il suddetto braccio è regolabile e può scorrere su quasi tutta la lunghezza del profilato.

Infine, per quel che riguarda il sistema di illuminazione, è stata posizionata una staffa, solidale all'asse centrale, dotata di due bracci snodabili, su cui sono stati posizionati due faretto led da 10W con temperatura di colore 4000K, anch'essi regolabili.

3. Processo di acquisizione

Data la dimensione del sismogramma, è stato necessario effettuare più scatti, dividendo il sismogramma in frammenti consecutivi, il cui numero risulta variabile a seconda delle dimensioni del sismogramma (per un'immagine di circa 12000x4000 pixel, sono state utilizzate in media 5-6 scatti per un sismogramma Alfani).

La fotoacquisizione è avvenuta tramite una fotocamera Canon EOS 7D, con una risoluzione del sensore di 18 Mpx e dotata di obiettivo 50mm f 1.2 L USM collegata tramite porta USB ad un computer. Tramite il sistema di scatto remoto del pacchetto EOS Utility fornito dalla Canon, si è potuto controllare da computer il processo riproduzione digitale dei sismogrammi (Fig. 5).

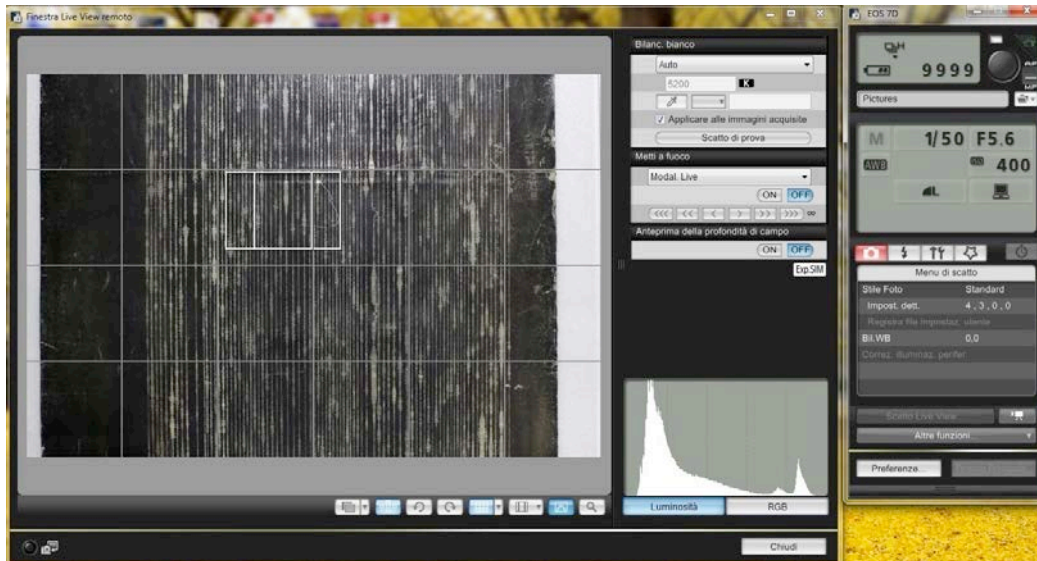


Figura 5. Screenshot del software di scatto remoto.

Grazie alla funzione Live View è stato infatti possibile configurare ed impostare al meglio i valori di diaframma e di esposizione, visualizzando su monitor un'anteprima dell'immagine da acquisire, ottimizzando così il processo di riproduzione.

Quando i valori erano impostati correttamente, un ulteriore comando permetteva l'azionamento dell'otturatore. Ad ogni scatto ottenuto, veniva fatta scorrere la tavola manualmente e si procedeva allo scatto successivo, tenendo conto di lasciare margini di sovrapposizione fra porzioni di sismogramma consecutivi, al fine di facilitare la successiva fase di fusione dei frammenti di sismogramma. Le immagini così ottenute sono state poi raggruppate nei vari frammenti facenti parte di ogni singolo sismogramma.

Una volta acquisiti i diversi frammenti del sismogramma, (acquisiti sia in formato ad alta qualità TIFF che in formato JPEG) si è proceduto con *l'image stitching*, ossia l'assemblaggio dei diversi frammenti in un'unica immagine. Per questa procedura si è utilizzato un software open source quale Hugin (Fig. 6), che permette appunto la ricomposizione dei diversi spezzoni in un'unica immagine.

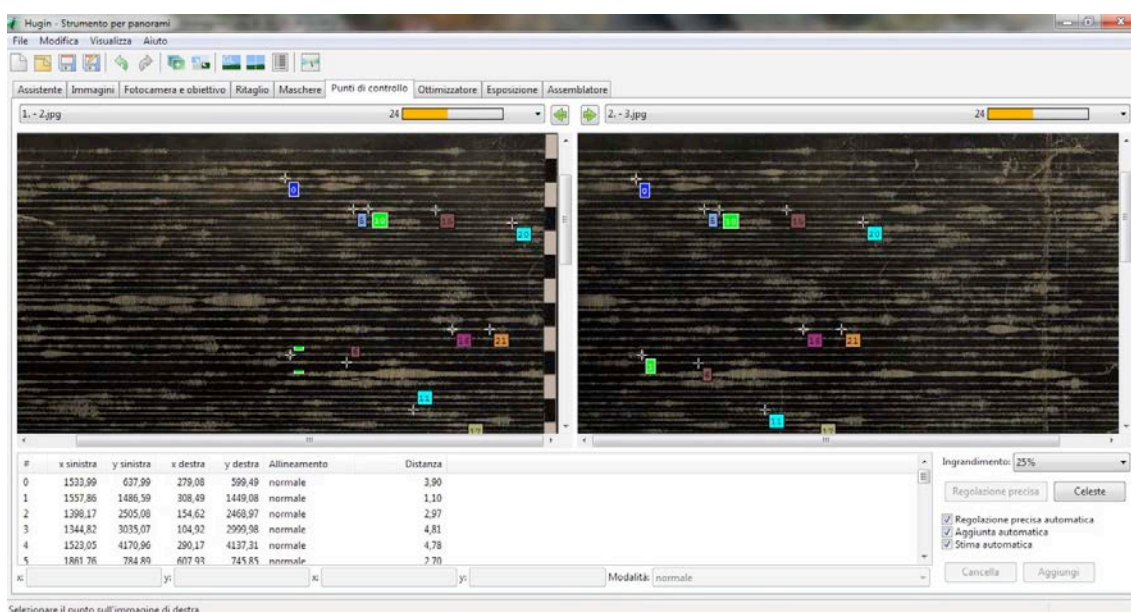


Figura 6. Processo di *image-stitching* tramite Hugin.

Tramite il software è possibile impostare correzioni di esposizione, correggere distorsioni della lente, selezionare punti di controllo per permettere il perfetto assemblaggio delle immagini acquisite e selezionarne il formato di uscita (TIFF o JPEG a seconda dell'utilizzo). Per evitare problemi di distorsione, il software è dotato di una libreria per il riconoscimento, tramite i dati EXIF delle immagini, del modello dell'obiettivo con i valori di distorsione della lente, che il software correggerà automaticamente. Inoltre, per ottimizzare il processo di allineamento delle immagini, è stato impostato come tipo di proiezione dell'immagine quello equirettangolare e si sono scelti punti di controllo orizzontali sulle immagini, in corrispondenza dei bordi del ripiano, così da ottimizzare il processo di allineamento delle immagini stesse.

Una volta realizzato l'assemblaggio completo della carta, si è proceduto alla sua catalogazione e archiviazione.

4. Esempi di sismogrammi

Di seguito sono mostrati alcuni esempi dei sismogrammi riprodotti digitalmente (Figure 7 -10). Di particolare interesse sono i sismogrammi relativi all'ultima eruzione del Vesuvio avvenuta nel 1944 (18 marzo- 7 aprile). La Fig. 7 mostra il sismogramma registrato nei giorni 18 e 19 marzo del 1944, durante la fase iniziale dell'eruzione. La Fig. 8 è un particolare di esplosioni registrate al Vesuvio durante la seconda fase eruttiva, immediatamente precedenti all'inizio della quarta fontana di lava. La Fig. 9 rappresenta invece il sismogramma registrato nei giorni 23-27 marzo 1944, quando l'intensità dell'eruzione iniziava a diminuire. La Fig. 10 infine, mostra il tracciato di due eventi sismici del Vesuvio registrati il 17 settembre 1915. Quest'ultimo sismogramma potrebbe essere la più antica registrazione sismica su un vulcano pervenuta fino a noi.

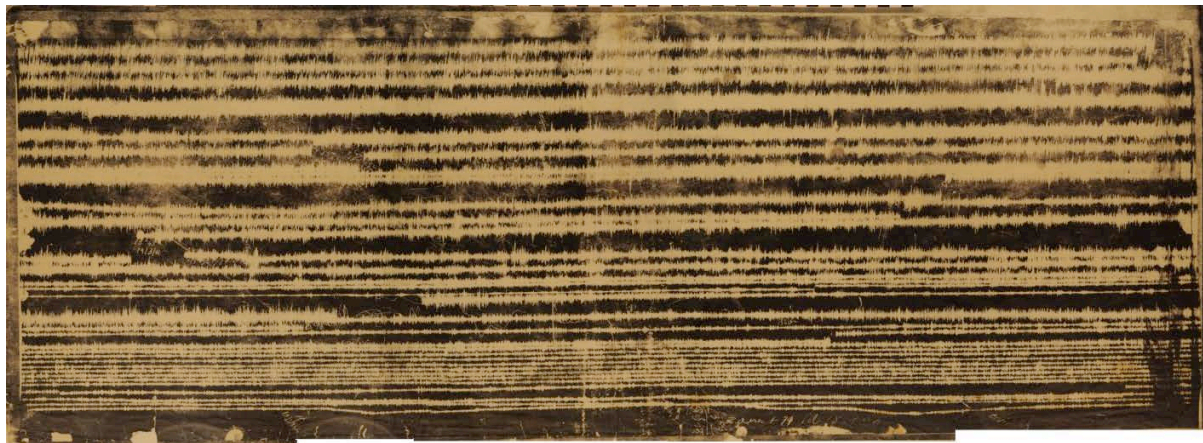


Figura 7. Immagine completa di un sismogramma del 18-19 marzo 1944.



Figura 8. Esplosioni del Vesuvio del 22 marzo 1944 precedenti l'inizio della quarta fontana di lava.

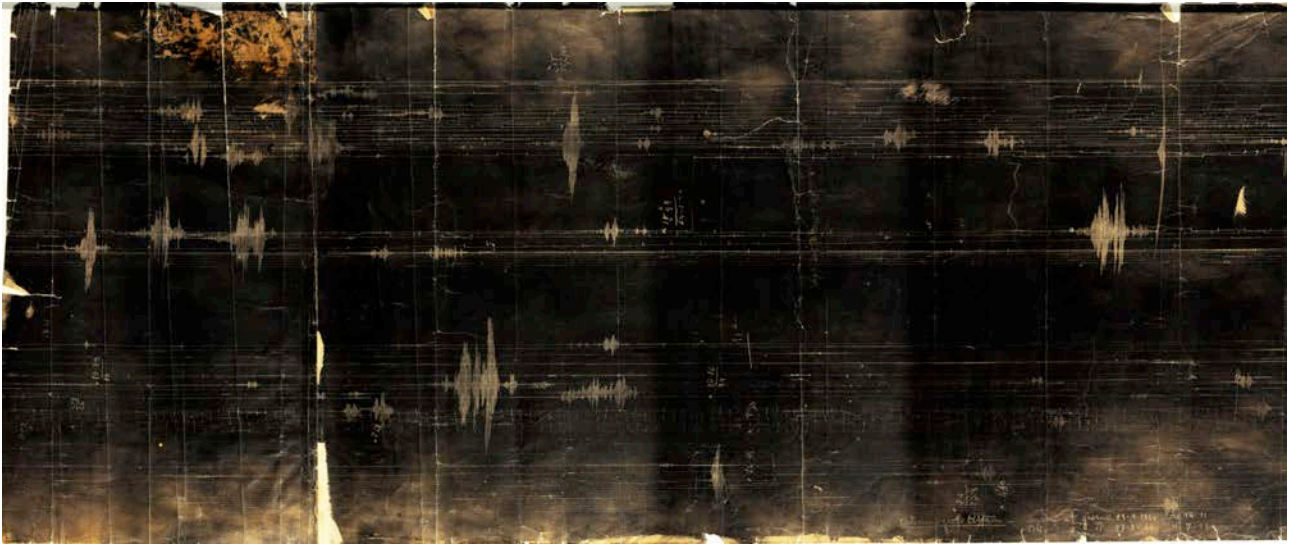


Figura 9. Sismogramma del 23-27 marzo 1944.

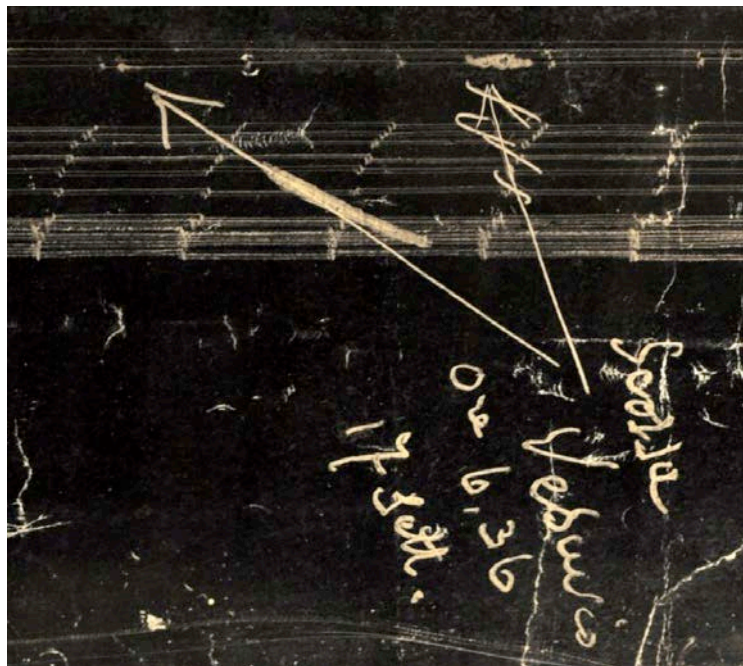


Figura 10. Registrazione di due scosse del Vesuvio avvenute il 17 settembre 1915.

5. Conclusioni

L'attività oggetto del presente rapporto ha consentito di digitalizzare oltre 300 sismogrammi storici dell'Osservatorio Vesuviano ed è finalizzata alla conservazione e tutela di un patrimonio storico unico, essendo l'Osservatorio Vesuviano il più antico osservatorio vulcanologico del mondo. Questa operazione è anche di grande importanza per il recupero di dati scientifici relativi a periodi in cui il Vesuvio era in

condizioni diverse da quella attuale. In particolare, fino al 1944 il Vesuvio presentava la sismicità tipica dei vulcani a condotto aperto, caratterizzata da tremore, terremoti LP e frequenti segnali di esplosione (explosion quakes). Inoltre, il recupero di questi sismogrammi ha consentito uno studio delle fasi parossistiche dell'eruzione del Vesuvio del 1944 [Pappalardo et al., 2014]. In questo studio l'indagine combinata di indicatori petrologici e sismici è stata applicata per la prima volta ad una eruzione del Vesuvio, contribuendo a chiarire l'evoluzione delle dinamiche del condotto che hanno portato, nella terza fase dell'eruzione ad un improvviso aumento dell'esplosività vulcanica [Imbò, 1949; Imbò, 1952].

Dal punto di vista storico, come già accennato nel paragrafo precedente, il sismogramma con le "scosse" del 17 settembre 1915, con ogni probabilità, potrebbe rappresentare, se non la più antica, una delle più antiche registrazioni sismiche su un vulcano pervenute fino a noi. Gli sviluppi futuri di questa attività prevedono la realizzazione di un database delle riproduzioni digitali delle carte storiche del Vesuvio, che ne assicuri l'archiviazione e la distribuzione.

Bibliografia

- Castellano, M., Galluzzo D., La Rocca M. and Capello M., (2012). *Lo studio dei vulcani attivi e delle strutture crostali con reti sismiche temporanee: storia, evoluzione e prospettive della Rete Sismica Mobile dell'Osservatorio Vesuviano (INGV)*. Quaderni di Geofisica, No. 97, Gennaio 2012, INGV.
- Giudicepietro, F., Orazi M., Scarpato G., Peluso R., D'Auria L., Ricciolino P., Lo Bascio D., Esposito A.M., Borriello G., Capello M., Caputo A., Buonocunto C., De Cesare W., Vilardo G. and Martini M., (2010). *Seismological Monitoring of Mount Vesuvius (Italy): More than a Century of Observations*. Seismol. Res. Lett. 81, pp. 625-634.
- Imbò, G., (1949). *L'attività eruttiva vesuviana e relative osservazioni nel corso dell'intervallo 1906-1944 ed in particolare del parossismo del Marzo 1944*. Ann. Oss. Ves., Ser. V, 185-380
- Imbò, G., (1952). *Sismicità del parossismo vesuviano del marzo 1944*. Ann. Oss. Ves., S. VI, Napoli 1952.
- Malladra, A., (1914). *L'impianto sismico dell'Osservatorio Vesuviano*. Boll. Soc. Sism. It., XVIII 1914.
- Orazi, M., D'Auria L., Tramelli A., Buonocunto C., Capello M., Caputo A., De Cesare W., Giudicepietro F., Martini M., Peluso R. and Scarpato G., (2013). *The seismic monitoring network of Mt. Vesuvius*. Annals of Geophysics, 56 (4), S0450; doi:10.4401/ag-6456.
- Pappalardo, L., D'Auria L., Cavallo A. and Fiore S., (2014). *Petrological and seismic precursors of the paroxysmal phase of the last Vesuvius eruption on March 1944*. Sci. Rep. 4, Article number, 6297 (2014).
- Vittozzi, P., (1952). *Il periodo eruttivo vesuviano 1913-1944 attraverso le registrazioni sismiche*. Ann. Oss. Ves., S. VI, Napoli 1952.

Quaderni di Geofisica

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/quaderni-di-geofisica/>

I Quaderni di Geofisica coprono tutti i campi disciplinari sviluppati all'interno dell'INGV, dando particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari, che per tipologia e dettaglio necessitano di una rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. La pubblicazione on-line fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

Rapporti tecnici INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/rapporti-tecnici-ingv/>

I Rapporti Tecnici INGV pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico e di rilevante interesse tecnico-scientifico per gli ambiti disciplinari propri dell'INGV. La collana Rapporti Tecnici INGV pubblica esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

Miscellanea INGV

ISSN 2039-6651

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/miscellanea-ingv/>

La collana Miscellanea INGV nasce con l'intento di favorire la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV (sismologia, vulcanologia, geologia, geomagnetismo, geochimica, aeronomia e innovazione tecnologica). In particolare, la collana Miscellanea INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli ecc..

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2015 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