

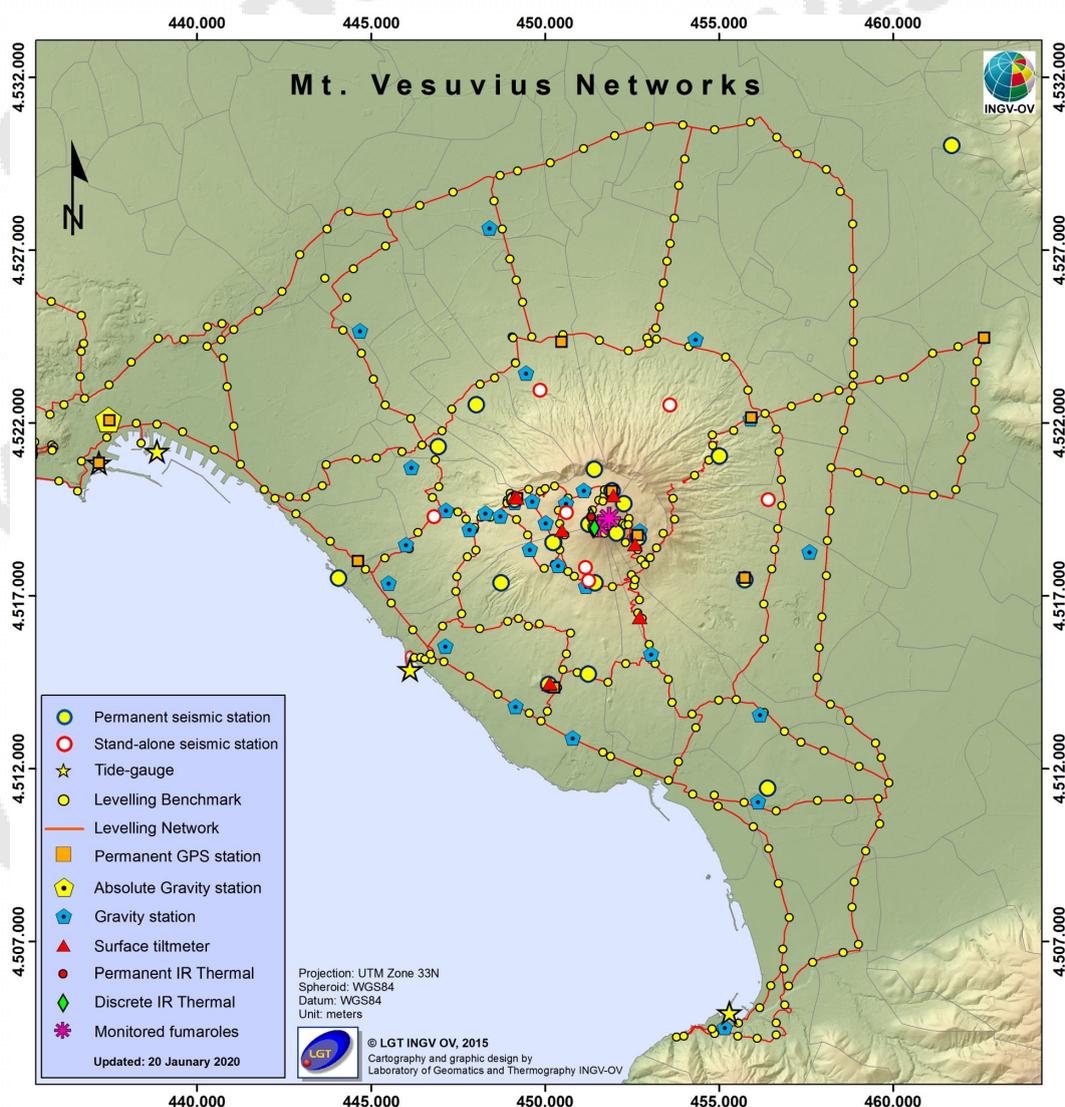


# Bollettino di Sorveglianza

## VESUVIO

### FEBBRAIO 2023

A cura della Sezione di Napoli | OSSERVATORIO VESUVIANO



# 1. SISMOLOGIA

La Rete Sismica Permanente del Vesuvio è mostrata in Figura 1.1 ed è costituita da 18 stazioni.

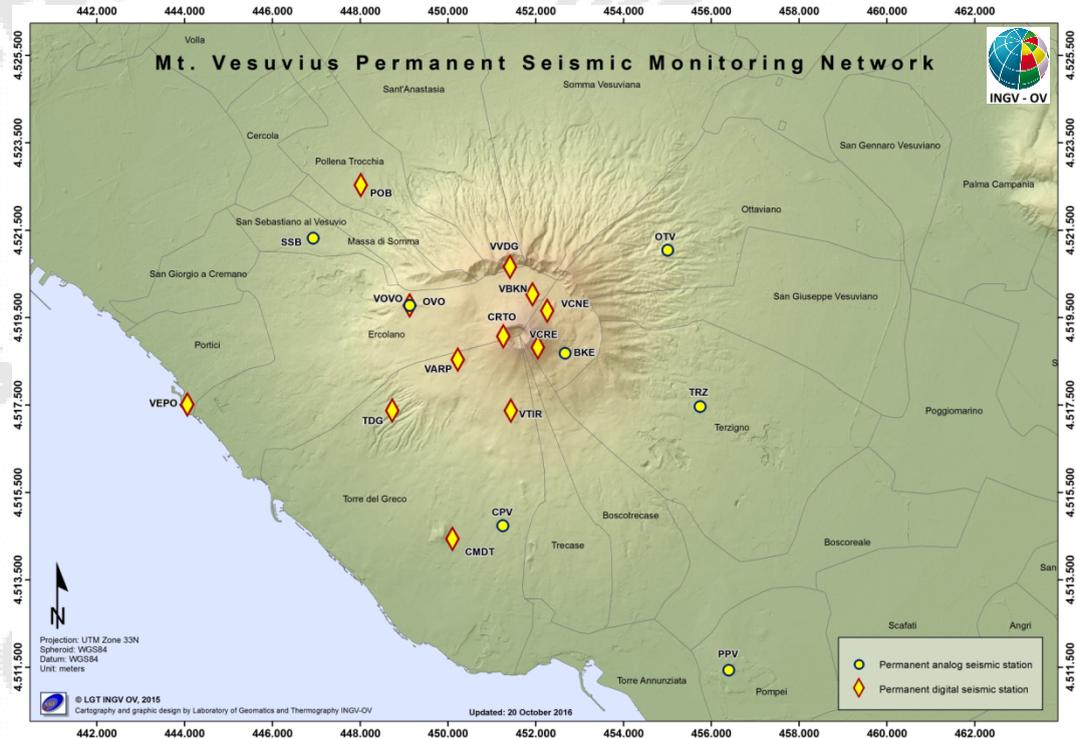


Figura 1.1 - Mappa della Rete Sismica Permanente del Vesuvio (DOI: 10.5281/zenodo.5886962).

Nel corso del mese di febbraio 2023, al Vesuvio, sono stati registrati 43 terremoti (M<sub>dmax</sub>=1.7±0.3; evento del 07/02/2023 alle ore 00:04 UTC) (Fig. 1.2).

E' stato possibile determinare i parametri ipocentrali di 33 degli eventi registrati. Le localizzazioni sono mostrate in Fig. 1.3.

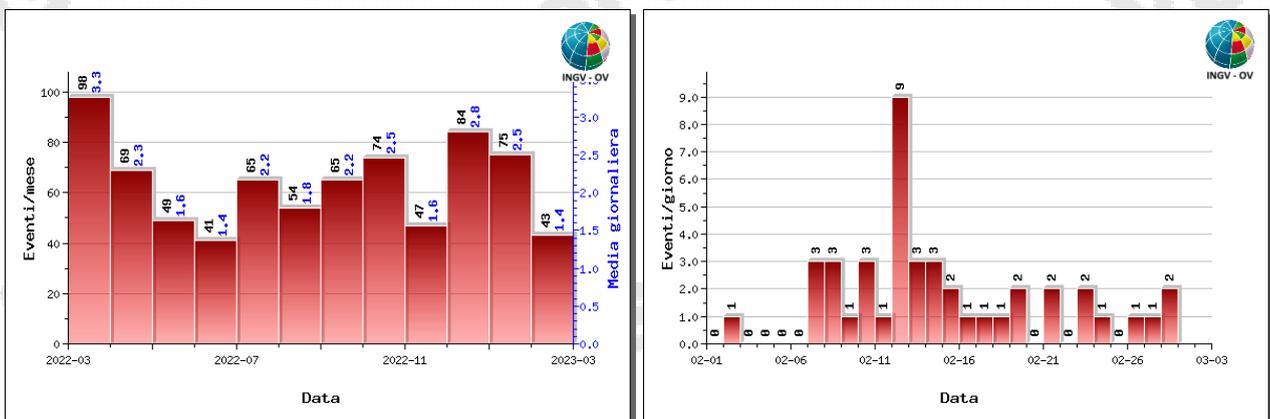
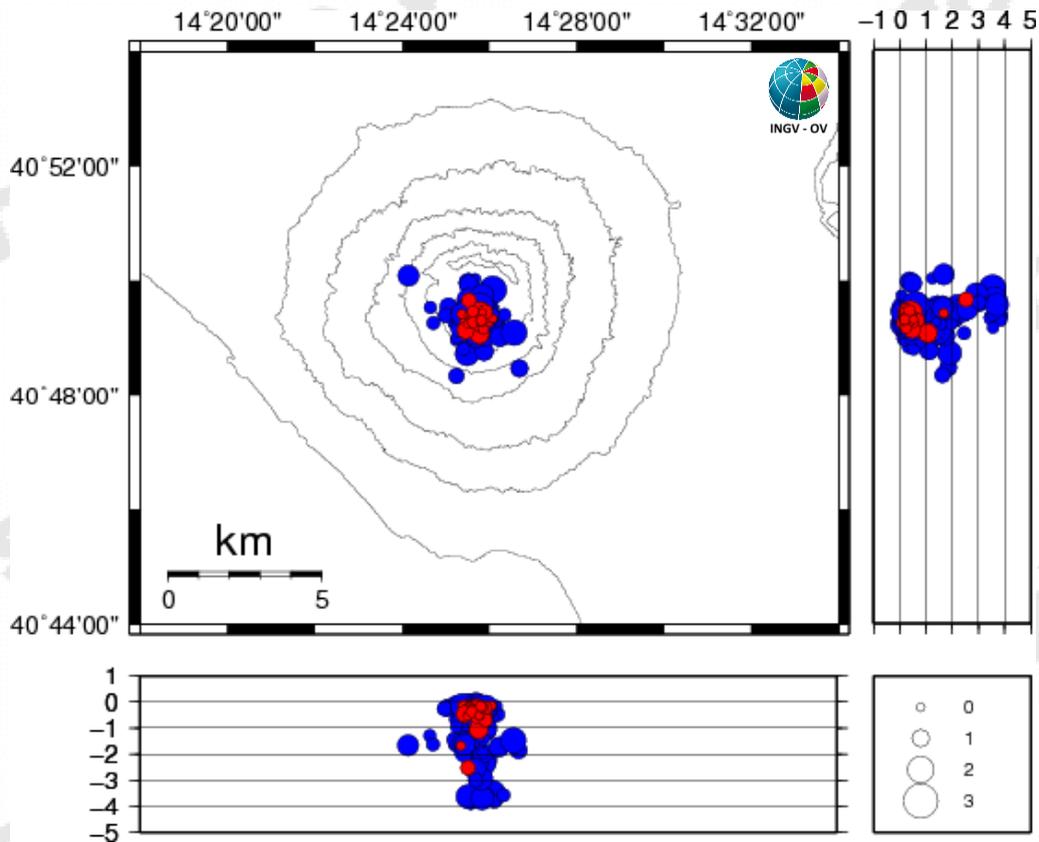
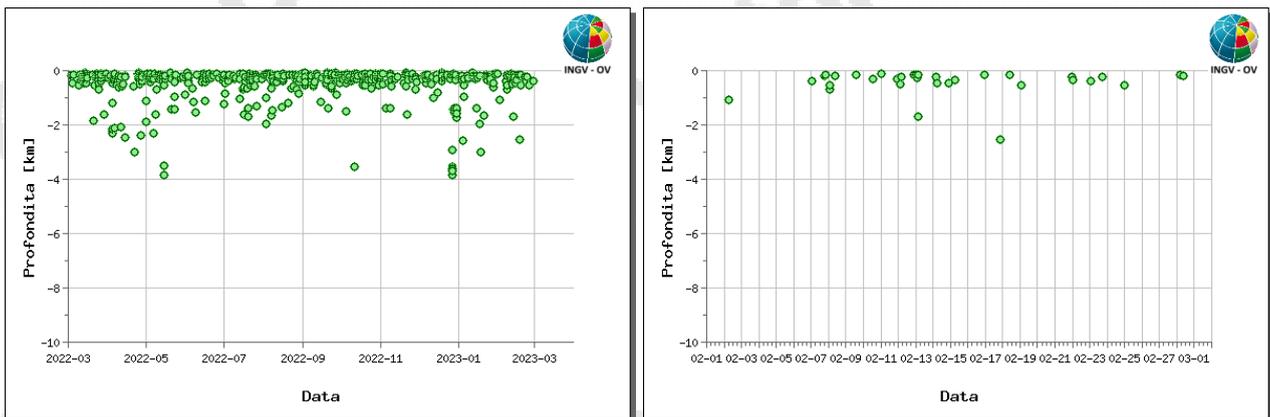


Figura 1.2 - A sinistra il numero di eventi registrati al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (in totale 764), mentre a destra quelli avvenuti nell'ultimo mese (in totale 43).

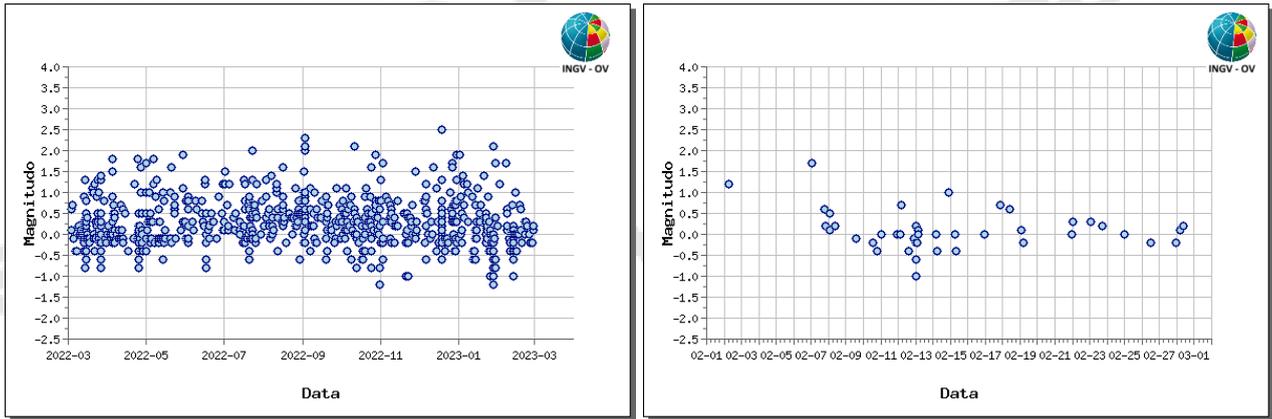


**Figura 1.3** - Localizzazioni ipocentrali al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (in blu) e dell'ultimo mese (in rosso). La dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo, come indicato nel riquadro in basso.

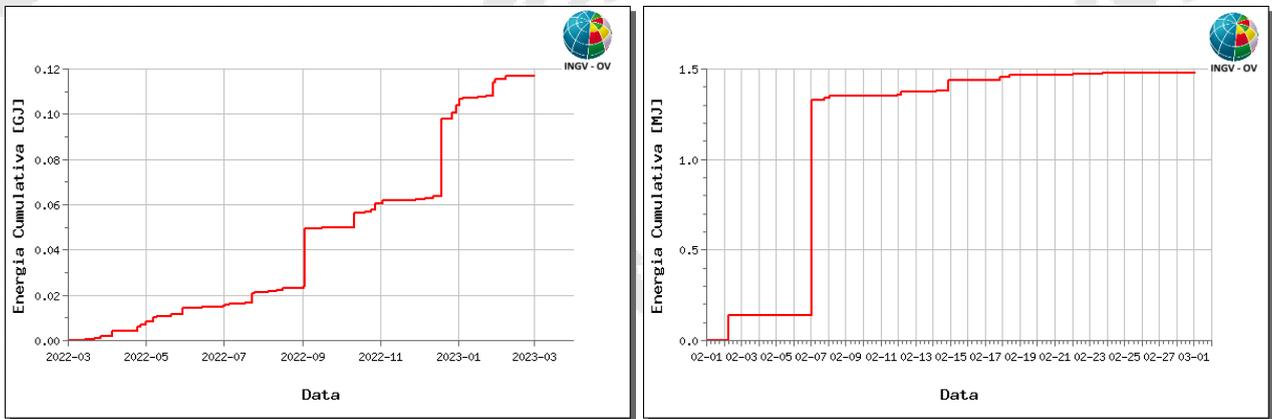
L'analisi dei dati non evidenzia variazioni significative nei parametri sismologici (Figg. 1.2-1.6).



**Figura 1.4** - Profondità ipocentrali degli eventi registrati al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).



**Figura 1.5** - Magnitudo degli eventi registrati al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).



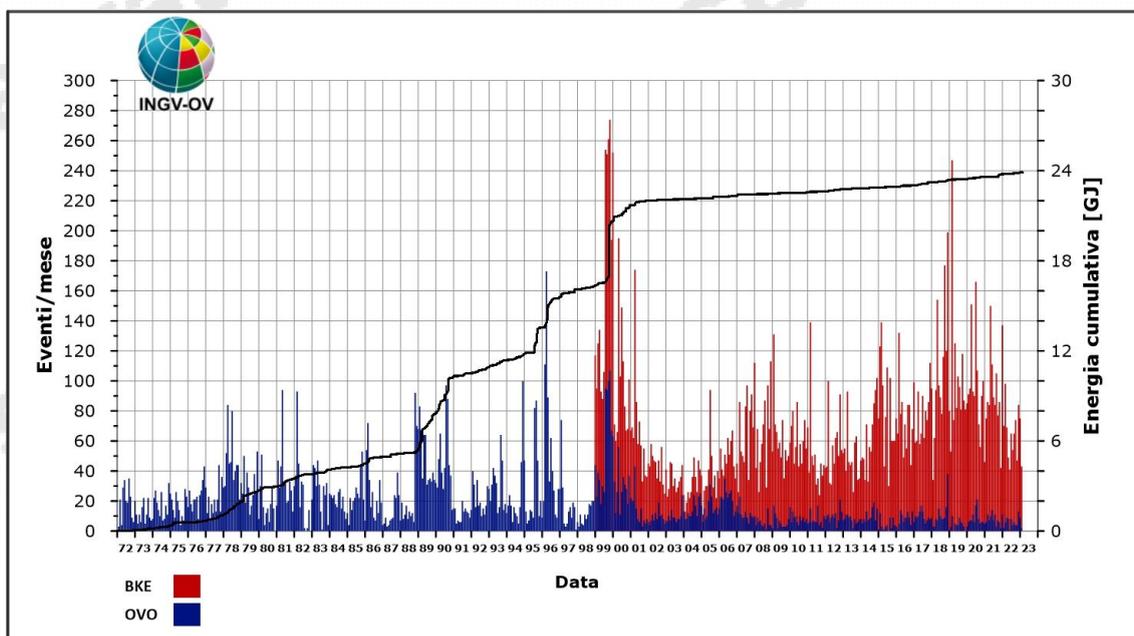
**Figura 1.6** - Rilascio cumulativo di energia sismica al Vesuvio nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

In Tabella 1.1 è riportato il numero di eventi registrati suddivisi per classi di magnitudo e le relative percentuali.

**Tabella 1.1** – Riepilogo mensile della sismicità registrata al Vesuvio, suddivisa per classi di magnitudo, e relative percentuali.

Numero totale terremoti: 43		$M_{dmax}=1.6\pm 0.3$
Numero terremoti con <b>Md &lt; 0.0</b>	14	(32.56%)
Numero terremoti con <b>0.0 ≤ Md &lt; 1.0</b>	25	(58.14%)
Numero terremoti con <b>1.0 ≤ Md &lt; 2.0</b>	3	(6.98%)
Numero terremoti con <b>Md ND</b>	1	(2.33%)

In Figura 1.7 è rappresentata la frequenza di accadimento dei terremoti registrati al Vesuvio dal 1972 e la relativa energia cumulativa.



**Figura 1.7** – Frequenza di accadimento dei terremoti registrati dal 1972 alla Stazione OVO (in blu) e dal 1999 alla stazione BKE (in rosso). La linea nera rappresenta l'energia cumulativa.

Da questa figura si può osservare come l'incremento del numero di eventi registrato negli ultimi anni sia legato essenzialmente ad una sismicità di bassa energia confinata nell'area craterica e rilevabile alla stazione OVO (Sede Osservatorio Vesuviano) solo in alcune occasioni.

## 2. DEFORMAZIONI DEL SUOLO

### 2.1 GNSS

In Figura 2.1.1 è mostrata la Rete GNSS Permanente operativa al Vesuvio con 8 stazioni ubicate sull'edificio vulcanico.

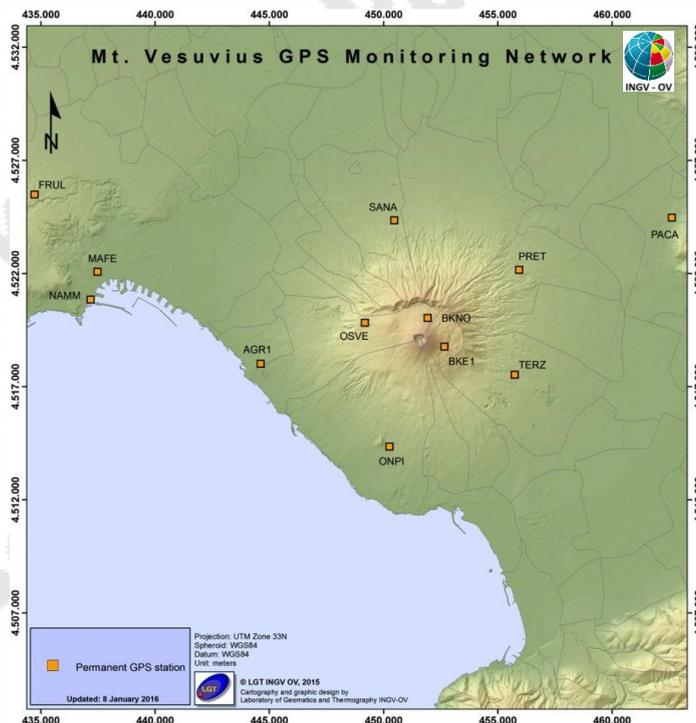


Figura 2.1.1 - Rete GNSS Permanente del Vesuvio (DOI: 10.5281/zenodo.5886962).

Dall'analisi dei dati GNSS non si evidenziano deformazioni del suolo riconducibili a sorgenti vulcaniche. Le stazioni GNSS ubicate nella parte alta dell'edificio vulcanico mostrano una significativa subsidenza e spostamenti orizzontali coerenti con una fase di contrazione del Gran Cono (Figura 2.1.2), verosimilmente dovuta ad effetti gravitativi e processi di compattazione e/o scivolamento di terreni poco coerenti ed in forte pendenza.

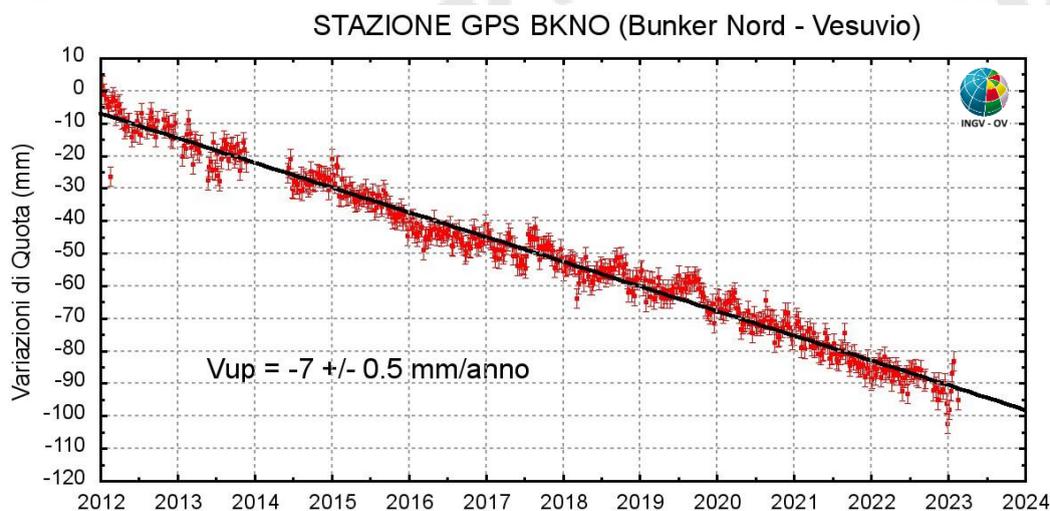
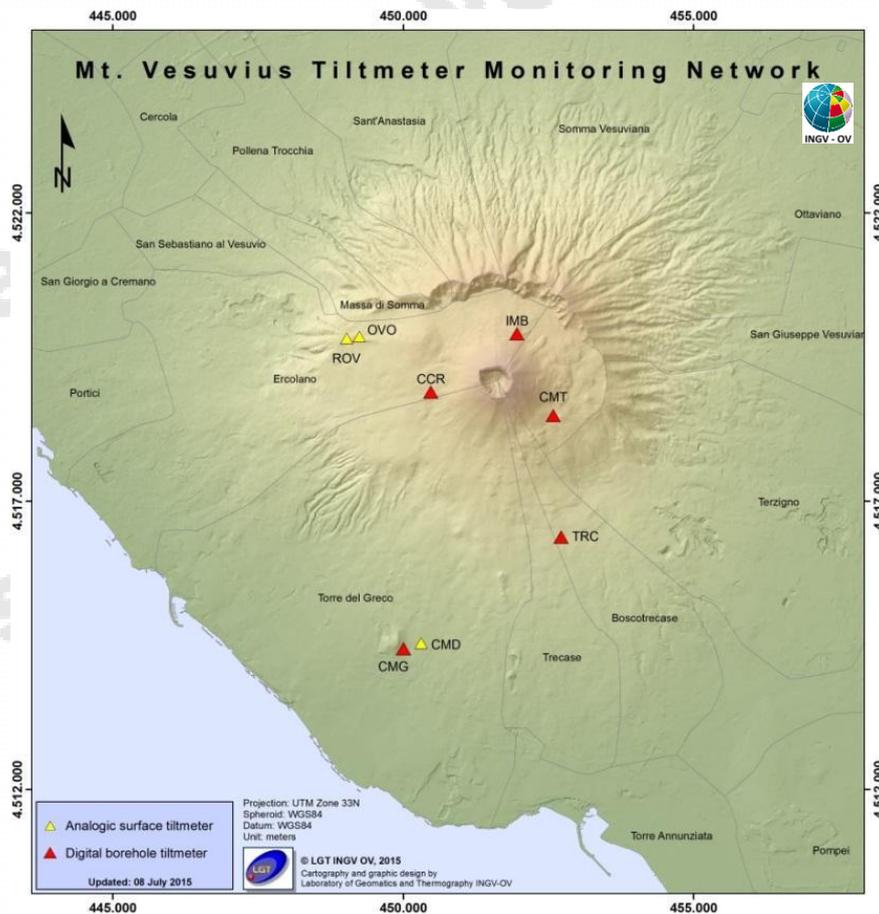


Figura 2.1.2 - Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione BKNO (Vesuvio) da gennaio 2012 a febbraio 2023.

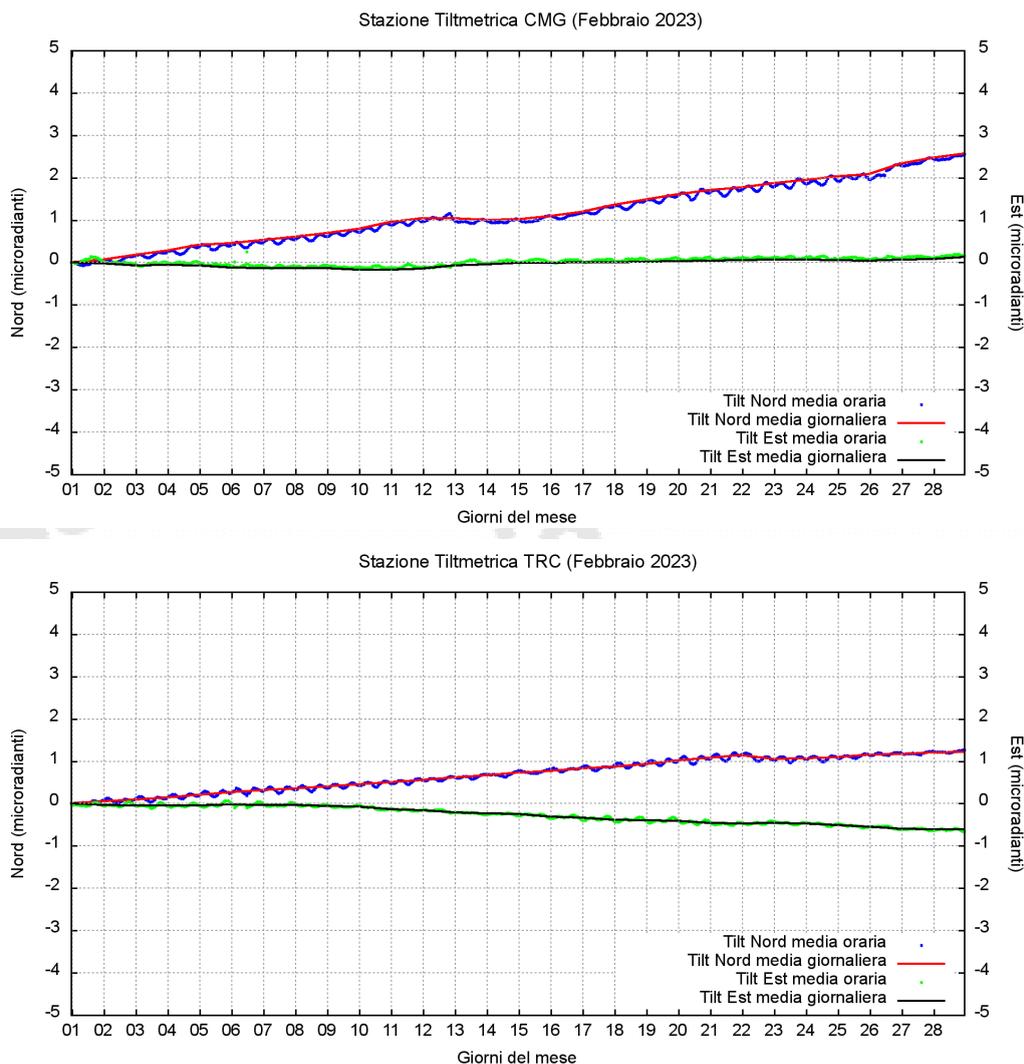
## 2.2 Tiltmetria

La Rete di Monitoraggio delle inclinazioni del suolo del Vesuvio consiste in 7 stazioni (Fig. 2.2.1) di cui 3 equipaggiate con sensori analogici di superficie (OVO, CMD, ROV) e 4 con sensori digitali da pozzo (IMB, TRC, CMT, CMG installati a 25 m di profondità).



**Figura 2.2.1** – Rete Tiltmetrica del Vesuvio. La stazione CCR è in corso di completamento (DOI: 10.5281/zenodo.5886962).

In Figura 2.2.2 sono riportati gli andamenti delle componenti tiltmetriche registrate da alcune delle stazioni borehole (CMG e TRC in Figura 2.2.1) nel mese di febbraio 2023.



**Figura 2.2.2** – Serie temporali dei segnali registrati nel mese di febbraio 2023 da alcune stazioni “borehole” della rete flegrea (CMG e TRC in figura 2.2.1). Ogni grafico riporta le componenti NS ed EW (media oraria e media giornaliera) in  $\mu$ radianti della stazione.

Nel mese di Febbraio 2023 non si registrano variazioni significative dei parametri di inclinazione del suolo riconducibili a sorgenti vulcaniche

### 2.3 Mareometria

**N.B.** Nel presente Bollettino non sono riportate le informazioni relative alla Mareometria del Vesuvio in quanto, a partire dal mese di giugno 2021, è in atto una riorganizzazione dell'intera Rete Mareografica che verrà inserita a pieno titolo nelle infrastrutture di monitoraggio marino in corso di potenziamento.

Appena completata la nuova organizzazione, i contributi relativi alla Rete Mareografica torneranno ad essere presenti nei Bollettini di Sorveglianza.

### 3. MONITORAGGIO TERMICO AD IMMAGINE

#### 3.1 Rete Permanente Monitoraggio Termico ad Immagine

La stazione della Rete Permanente di Monitoraggio Termico (TIRNet) VES1 acquisisce immagini all'infrarosso del versante interno sud occidentale del cratere del Vesuvio (Fig. 3.1.1; Sansivero et al., 2013).

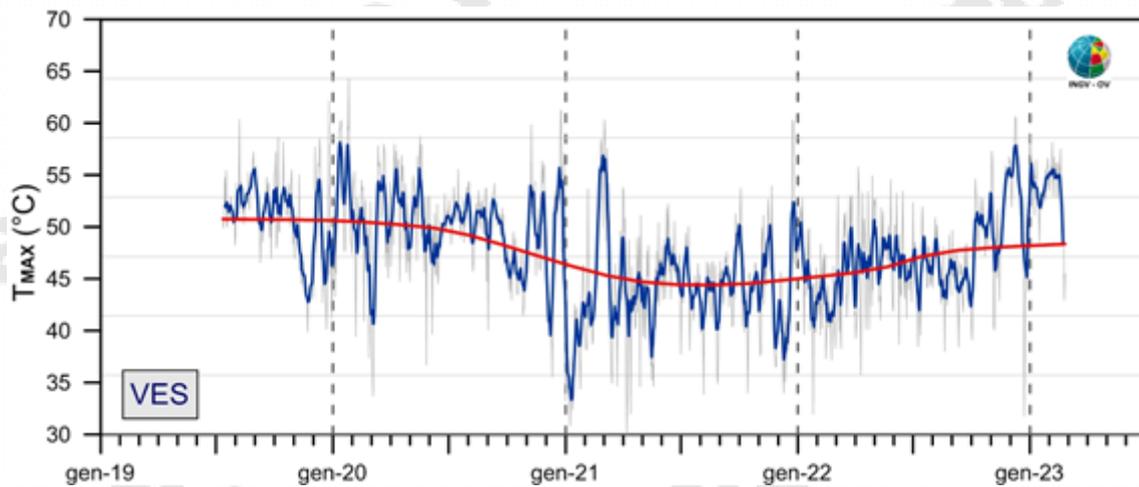


**Figura 3.1.1** - Ubicazione della stazione della Rete Permanente di Monitoraggio Termico ad immagine (TIRNet) operante al Vesuvio. Punto giallo: posizione della stazione; base del triangolo: area campionata.

La stazione, installata nel 2013, è stata aggiornata nel mese di giugno 2019 con un sensore a risoluzione geometrica di 640x480 pixel in sostituzione del precedente sensore radiometrico da 320x240 pixel.

Il risultato di tali elaborazioni è rappresentato dalle serie temporali dei valori di temperatura massima delle immagini IR ottenute mediante processamento effettuato con l'utilizzo dell'algoritmo di destagionalizzazione analitica STL (Seasonal Trend Decomposition) implementato nel software A.S.I.R.A. (Sansivero et al., 2019).

Il cronogramma della serie temporale ottenuta dall'elaborazione delle temperature massime delle acquisizioni IR notturne (figura 3.1.2) mostra nella prima metà del mese di febbraio 2023 un trend delle temperature superficiali dell'area monitorata sostanzialmente stabile. Nella seconda metà del mese si osserva un picco negativo delle temperature. Si precisa che le cattive condizioni meteo non hanno consentito di acquisire in modo continuativo i dati relativi al mese in corso.



**Figura 3.1.2** - Stazione Vesuvio VES1. Serie temporali dei valori di temperatura massima giornaliera rilevata nelle immagini IR destagionalizzate mediante applicazione dell'algoritmo BR (medie settimanali termocamera 640x480).

### 3.2 Monitoraggio Termico con Termocamera Mobile e Termocoppia

La sorveglianza vulcanologica tramite Telecamere Termiche Mobili (TTM) e termocoppie rigide ha come principale obiettivo l'individuazione di eventuali variazioni nel tempo dei valori di temperatura misurati al suolo in punti discreti e/o di aree a temperatura maggiore in modo da evidenziare eventuali modifiche nella distribuzione areale del campo fumarolico.

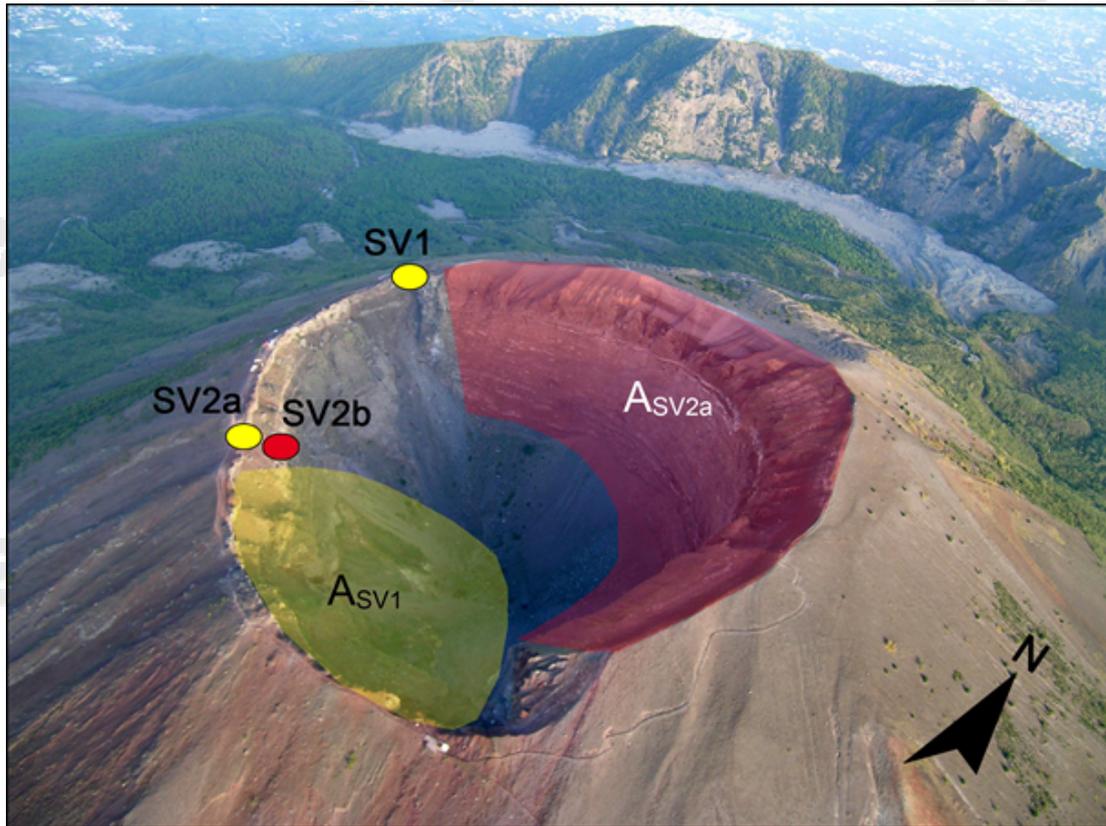
I rilievi sono eseguiti mensilmente in condizioni di non irraggiamento solare (essenzialmente di notte), utilizzando una termocamera portatile FLIR SC640 ad alta risoluzione (640 x 480 pixel) e sensibilità ( $<0.06^{\circ}\text{C} +30^{\circ}\text{C}$ ). La termocoppia utilizzata è di tipo K, con errore strumentale di circa  $0.1^{\circ}\text{C}$  nell'intervallo  $-200\div 1260^{\circ}\text{C}$ . Le misure ottenute con la termocamera sono confrontate, quando possibile, con quelle eseguite con termocoppia rigida.

Da gennaio 2021 si utilizza una nuova termocamera FLIR T1020 con una maggiore risoluzione (1024 x 768 pixel). Quando possibile, contemporaneamente alla FLIR T1020 si continua ad utilizzare anche la FLIR SC640. La doppia misura ha consentito di calibrare i valori rilevati con la nuova termocamera.

Da maggio 2022, in alcuni siti e quando le condizioni lo consentono, contestualmente alla FLIR T1020 le misure di temperatura vengono rilevate anche con l'ausilio di un drone equipaggiato con una termocamera FLIR VUEPRO ad alta risoluzione (640x512 pixel) e precisione  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### **Ubicazione dei punti di misura al Vesuvio**

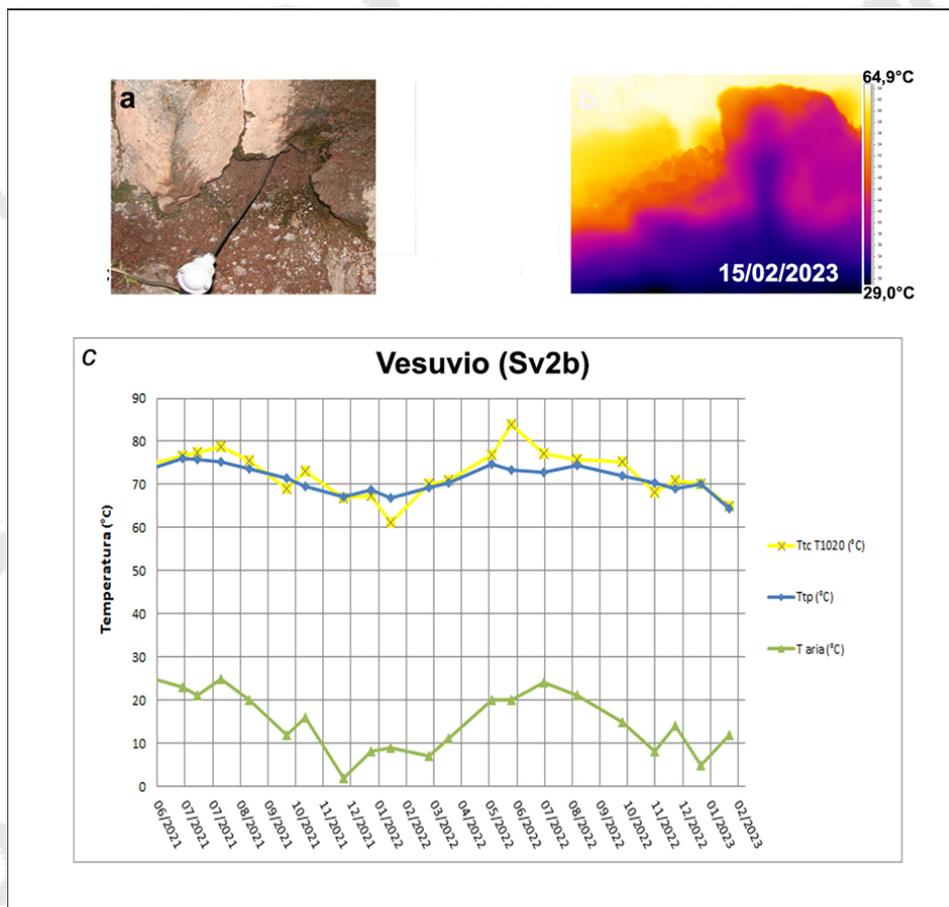
I rilievi vengono eseguiti solamente con telecamera termica dai punti stazione SV1 e SV2a, e con l'ausilio di termocoppia rigida al punto stazione SV2b (Fig. 3.2.1).



**Figura 3.2.1** – Cratere del Vesuvio. In giallo sono riportati i punti stazione dai quali vengono effettuati i rilievi termici con telecamera termica, in rosso quello nel quale vengono effettuati anche rilievi con termocoppia rigida. L'area in rosso (ASV2a) è quella ripresa dal punto stazione SV2a, mentre l'area in giallo (ASV1) è ripresa dal punto stazione SV1.

La comparazione delle fotocomposizioni delle immagini termiche rilevate nel mese di febbraio 2023 dal punto stazione SV1 e SV2 (Fig. 3.2.1) con quelle dei mesi precedenti non evidenzia significative modificazioni nella distribuzione areale del campo fumarolico.

I valori di temperatura rilevati con telecamera termica e termocoppia rigida al punto stazione SV2b sono stabili a meno di variazioni stagionali (Fig. 3.2.2).



**Figura 3.2.2** – Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese al punto SV2b di Figura 3.2.1, di una fumarola ubicata sul settore occidentale del cratere del Vesuvio. Valori massimi di temperatura rilevati con la termocamera FLIR T1020 (TtcT1020) e con la termocoppia (Ttp), confrontati con la temperatura dell'aria (Taria) misurata nel momento del rilievo termico, da giugno 2021 a febbraio 2023 (c).

#### 4. GEOCHIMICA DEI FLUIDI

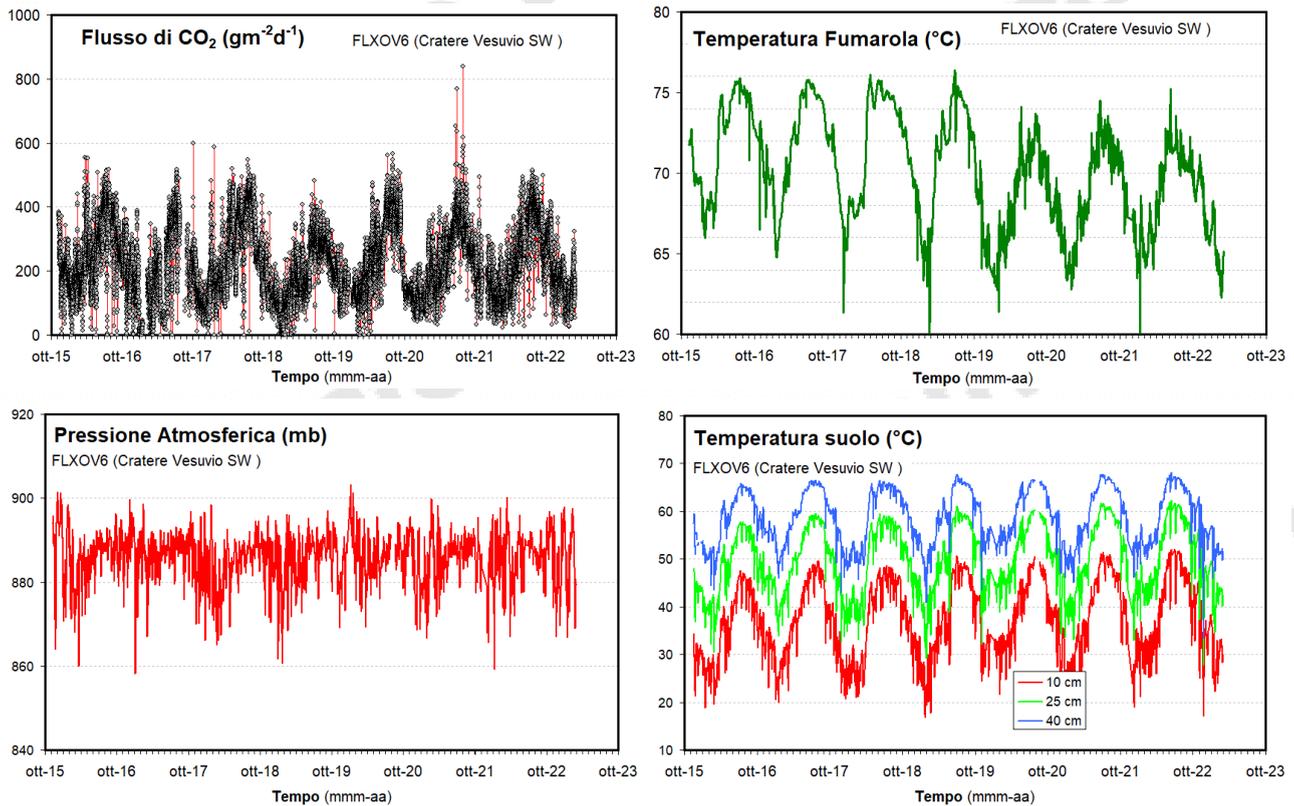
L'attività di monitoraggio svolta nel mese di febbraio 2023 ha riguardato:

- l'acquisizione in continuo di dati di flusso di CO<sub>2</sub> dal suolo, della temperatura della fumarola principale e del gradiente di temperatura del suolo tramite la stazione multiparametrica FLXOV6, installata in area bordo cratere (settore SW, Fig. 4.1); non sono state eseguite misure in area craterica a causa delle avverse condizioni meteoriche del mese.



**Figura 4.1** - Ubicazione delle stazioni multiparametriche FLXOV6 e FLXOV7, e dei siti oggetto delle attività di sorveglianza geochimica in area craterica. In particolare, sono riportate le principali fumarole di bordo cratere (B1-B3) e di fondo cratere (FC2, FC5), sono inoltre riportati i punti fissi per la misura del flusso di CO<sub>2</sub> dal suolo e della temperatura del suolo, in area bordo cratere (simboli bianchi).

La stazione multiparametrica, installata in area bordo cratere (FLXOV6, settore SW) misura: flusso di CO<sub>2</sub> dal suolo (ogni due ore), gradiente di temperatura nel suolo, temperatura della maggiore emissione fumarolica dell'area, pressione atmosferica e temperatura dell'aria (ogni 10 minuti). I parametri rilevati nel periodo di interesse, non hanno mostrato variazioni significative (Fig. 4.1). Le lievi variazioni osservate sono da mettersi in relazione a variazioni stagionali e a particolari eventi meteorologici (pioggia, vento forte, bassa pressione, temperatura atmosferica etc.).



**Figura 4.1** - Parametri misurati dalla stazione geochimica (FLXOV6) installata in area bordo cratere del Vesuvio (settor SW). I valori, eccetto il flusso di CO<sub>2</sub> dal suolo, sono riportati come medie giornaliere.

La stazione (FLXOV7) di fondo cratere fortemente danneggiata da una frana e dagli eventi meteorologici sarà sostituita a breve con una stazione di tipo nuovo. La difficoltà di reperire componentistica elettronica sul mercato sta influenzando sui tempi di consegna della nuova stazione da installare a fondo cratere, ora prevista per fine marzo. La nuova tipologia di stazioni andrà nel tempo a sostituire le stazioni della rete geochimica

## 5. QUADRO DI SINTESI DELLO STATO DEL VULCANO NEL MESE DI FEBBRAIO 2023 E VALUTAZIONI

---

**1) SISMOLOGIA:** Al Vesuvio permane una sismicità di fondo con 43 terremoti registrati ( $M_{dmax}=1.7\pm 0.3$ ) di cui 33 localizzati prevalentemente in area craterica con profondità fortemente concentrate nel primo chilometro e profondità massima di circa 3.0 km.

**2) DEFORMAZIONI:** Dai dati GNSS e Tiltmetrici non si osservano deformazioni riconducibili a sorgenti vulcaniche.

**3) TERMOGRAFIA:** I dati della telecamera termica permanente mostrano nella prima metà del mese di febbraio 2023 un trend delle temperature superficiali massime sostanzialmente stabile e nella seconda metà del mese un picco negativo delle temperature.

Le misure con telecamera termica mobile evidenziano un andamento sostanzialmente stazionario della temperatura massima.

**4) GEOCHIMICA:** Non si evidenziano variazioni significative dei dati di monitoraggio acquisiti.

Sulla base dell'attuale quadro dell'attività vulcanica sopra delineato, non si evidenziano elementi tali da suggerire significative evoluzioni a breve termine.

**N.B. Eventuali variazioni dei parametri monitorati possono comportare una diversa evoluzione degli scenari di pericolosità sopra descritti.**

### Bibliografia

Bellucci Sessa, E., Borriello G., Cirillo F. & Working Group NAPLES (2022). NAPLES (moNitoring mAps of camPania voLcanoES) (1.0) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5886962>.

Berrino G. (2000). Combined gravimetry in the observation of volcanic processes in Southern Italy. *Journal of Geodynamics*, 30(3), 371-388.

Caliro S., Chiodini G., Avino R., Minopoli C. and Bocchino B. (2011). Long time-series of chemical and isotopic compositions of Vesuvius fumaroles: evidence for deep and shallow processes. *Annals Geophysics* 54, 137-149. doi: 10.4401/ag-5034.

Del Pezzo E., Bianco F. (2013). Inside Mt. Vesuvius: a new method to look at the seismic (velocity and attenuation) tomographic image. *Annals of Geophysics*, Vol 56, n. 4: p. S0443, nov. 2013. ISSN2037-416X. 2013. doi: 10.4401/ag-6449.

Del Pezzo E., Chiodini G., Caliro S., Bianco F., Avino R. (2013). New insights into Mt. Vesuvius hydrothermal system and its dynamic based on a critical review of seismic tomography and geochemical features. *Annals of Geophysics*, Vol 56, n. 4p. S0444, nov. 2013. ISSN 2037-416X. doi:10.4401/ag-6450.

De Siena L., Del Pezzo E., Bianco F., Tramelli A. (2009). Multiple resolution seismic attenuation imaging at Mt. Vesuvius. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 173, 17 – 32

Ricco C., Aquino I., Borgstrom S.E. and Del Gaudio C. (2013). 19 years of tilt data on Mt. Vesuvius: State of the art and future perspectives. *Ann. Geophys.* 2013, Vol. 56 n. 4.

Ricco C., Petrosino S., Aquino I., Cusano P and Madonia P. (2021). Tracking the recent dynamics of Mt. Vesuvius from joint investigations of ground deformation, seismicity and geofluid circulation. *Sci Rep* 11, 965 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79636-w>

- Sansivero F., Scarpato G. and G. Vilardo (2013). The automated infrared thermal imaging system for the continuous long-term monitoring of the surface temperature of the Vesuvius crater. *Annals of Geophysics*, 56, 4, S0454; doi:10.4401/ag-6460.
- Sansivero, F. and Vilardo, G. (2019). Processing Thermal Infrared Imagery Time-Series from Volcano Permanent Ground-Based Monitoring Network. Latest Methodological Improvements to Characterize Surface Temperatures Behavior of Thermal Anomaly Areas. *Remote Sens.*, 11, 553; <https://doi.org/10.3390/rs11050553>.
- Scarpa R., Tronca F., Bianco F. and E. Del Pezzo, (2002). High resolution velocity structure beneath Mt. Vesuvius from seismic array data. *Geophys. Res. Lett.*, 29, no 21, 2040 doi:10.1029/2002GL015576.
- 

#### **Responsabilità e proprietà dei dati**

*L'INGV, in ottemperanza a quanto disposto dall'Art.2 del D.L. 381/1999, svolge funzioni di sorveglianza sismica e vulcanica del territorio nazionale, provvedendo alla organizzazione della rete sismica nazionale integrata e al coordinamento delle reti sismiche regionali e locali in regime di convenzione con il Dipartimento della Protezione Civile.*

*L'INGV concorre, nei limiti delle proprie competenze inerenti la valutazione della Pericolosità sismica e vulcanica nel territorio nazionale e secondo le modalità concordate nella convenzione biennale attuativa per le attività di servizio in esecuzione dell'Accordo Quadro tra il Dipartimento della Protezione Civile e l'INGV (Periodo 2022-2025), alle attività previste nell'ambito del Sistema Nazionale di Protezione Civile. In particolare, questo documento, redatto in conformità all'Allegato Tecnico del suddetto Accordo Quadro, ha la finalità di informare il Dipartimento della Protezione Civile circa le osservazioni e i dati acquisiti dalle reti di monitoraggio gestite dall'INGV su fenomeni naturali di interesse per lo stesso Dipartimento.*

*L'INGV fornisce informazioni scientifiche utilizzando le migliori conoscenze scientifiche disponibili; tuttavia, in conseguenza della complessità dei fenomeni naturali in oggetto, nulla può essere imputato all'INGV circa l'eventuale incompletezza ed incertezza dei dati riportati e circa accadimenti futuri che differiscano da eventuali affermazioni a carattere previsionale presenti in questo documento. Tali affermazioni, infatti, sono per loro natura affette da intrinseca incertezza.*

*L'INGV non è responsabile dell'utilizzo, anche parziale, dei contenuti di questo documento da parte di terzi, e/o delle decisioni assunte dal Dipartimento della Protezione Civile, dagli organi di consulenza dello stesso Dipartimento, da altri Centri di Competenza, dai membri del Sistema Nazionale di Protezione Civile o da altre autorità preposte alla tutela del territorio e della popolazione, sulla base delle informazioni contenute in questo documento. L'INGV non è altresì responsabile di eventuali danni arrecati a terzi derivanti dalle stesse decisioni.*

*La proprietà dei dati contenuti in questo documento è dell'INGV. La diffusione anche parziale dei contenuti è consentita solo per fini di protezione civile ed in conformità a quanto specificatamente previsto dall'Accordo Quadro sopra citato tra INGV e Dipartimento della Protezione Civile.*