ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

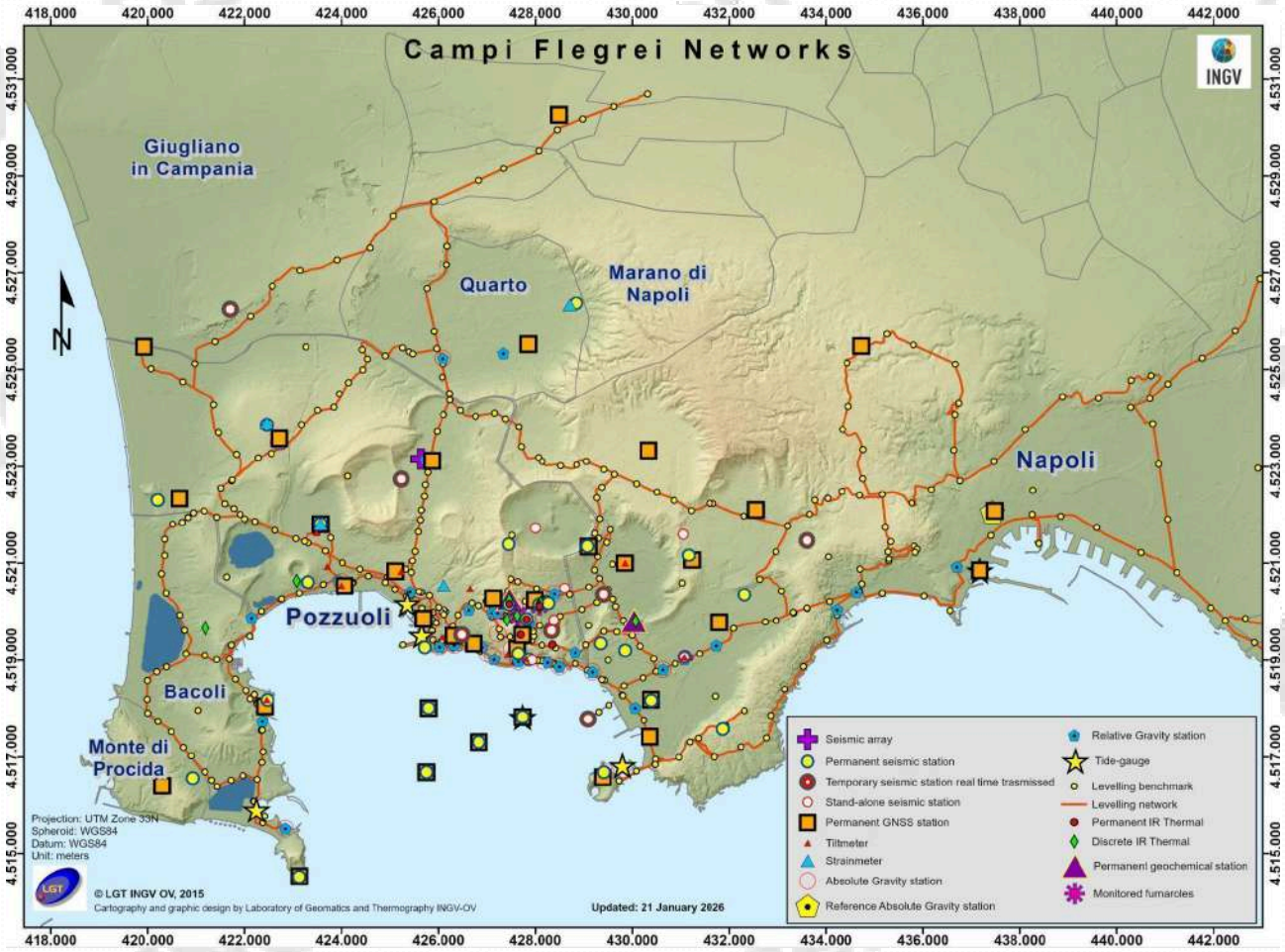
PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

Bollettino di Sorveglianza

CAMPI FLEGREI

OTTOBRE 2026

*A cura della Sezione di Napoli | **OSSERVATORIO VESUVIANO***



SEZIONE DI NAPOLI
OSSERVATORIO VESUVIANO
Via Diocleziano, 328 | 80124 Napoli | Italia | tel. +39.0816108483 | fax +39.0816100811
www.ov.ingv.it | aoo.napoli@pec.ingv.it | www.ingv.it

1. SISMOLOGIA

La Rete Sismica Permanente dei Campi Flegrei è mostrata in Figura 1.1 ed è costituita da 27 stazioni terrestri e marine, integrata da 7 stazioni della Rete Mobile in trasmissione continua. L'infrastruttura marina permanente di monitoraggio e ricerca multi-parametrica sperimentale che opera nel Golfo di Pozzuoli, denominata MEDUSA (http://medusa.ingv.it/), è costituita da 4 boe geodetiche (CFBA, CFBB, CFBC e CFSB) ed altrettanti moduli sottomarini equipaggiati con strumentazione geofisica, oceanografica e multiparametrica. Allo stato attuale, la stazione CFSB non è funzionante.

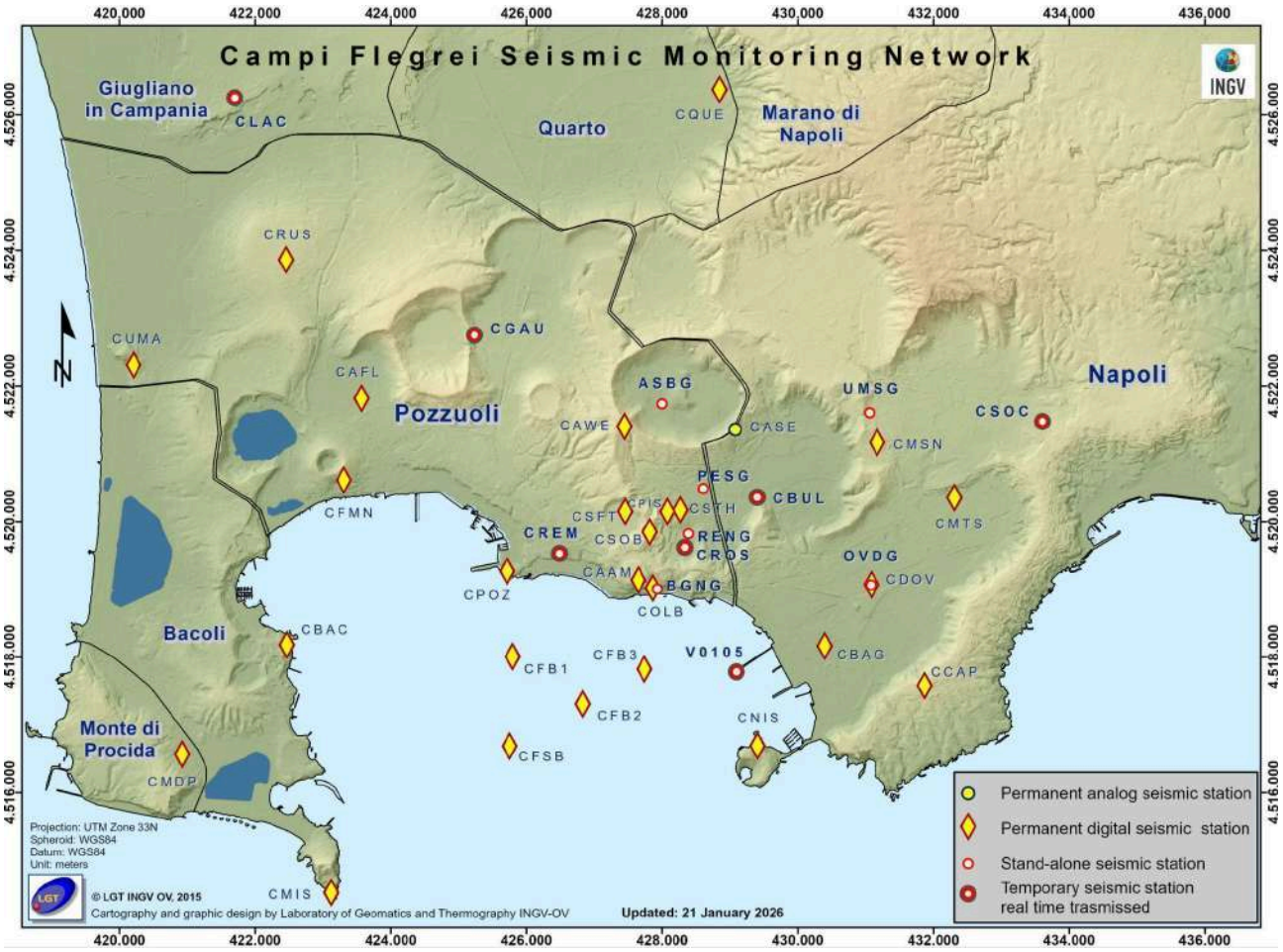


Figura 1.1 *- Mappa della Rete Sismica dei Campi Flegrei (DOI: 10.5281/zenodo.5886962).*

Nel corso del mese di ottobre 2026, ai Campi Flegrei, sono stati registrati 207 terremoti (Fig. 1.2). L'evento più energetico è stato registrato l'8/10/2026 alle ore 21:41 UTC con Md=2.8±0.3 (Fig. 1.6).

E' stato possibile determinare i parametri ipocentrali di 156 degli eventi registrati, le cui localizzazioni sono mostrate in rosso in Fig. 1.3.

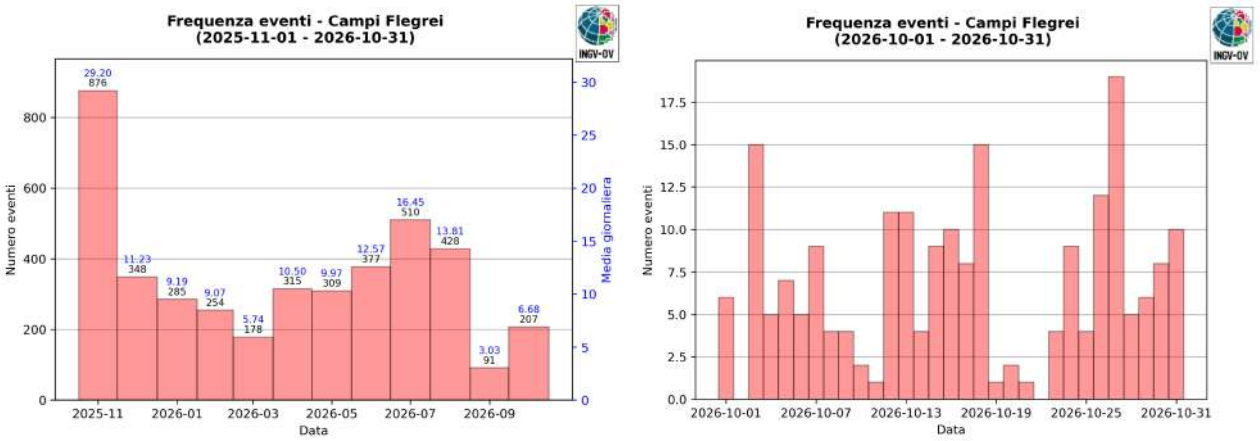


Figura 1.2 *- A sinistra numero di eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (in totale 4178), mentre a destra quelli avvenuti nell'ultimo mese (in totale 207).*

14 degli eventi registrati (Md≥0.0±0.3) sono avvenuti nel corso di 2 sciami sismici (Tab.1.1)

Tabella 1.1 *– Sciami sismici registrati nel corso del mese di settembre 2026*

Inizio sciame	Num eventi Md≥0.0	Md max (±0.3)	Area
2026/10/26 06:39 UTC	4	2.2	a sud-ovest della Solfatara
2026/10/27 16:30 UTC	10	2.4	Pozzuoli

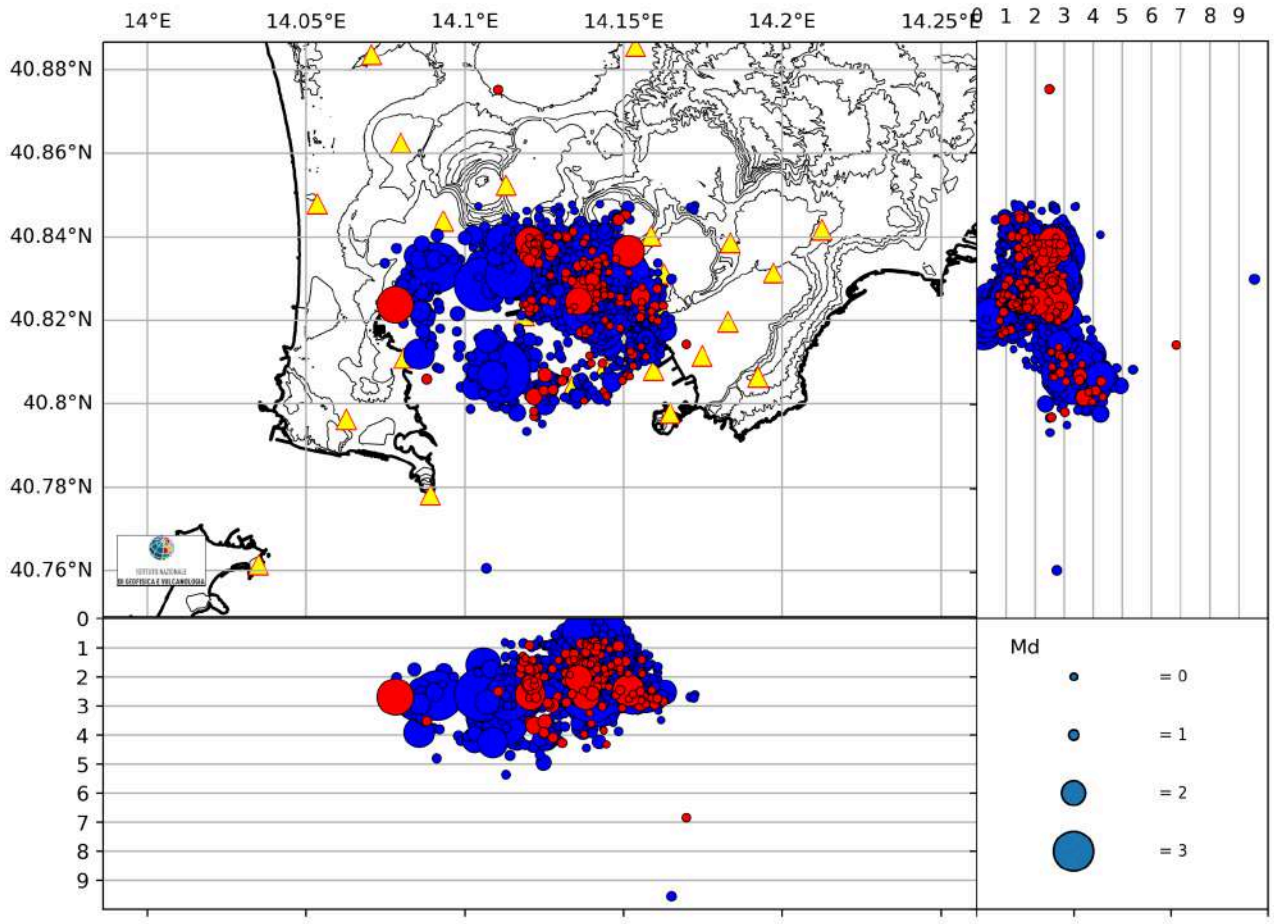


Figura 1.3 *- Localizzazioni ipocentrali ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi. La dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo, come indicato nel riquadro in basso a destra.*

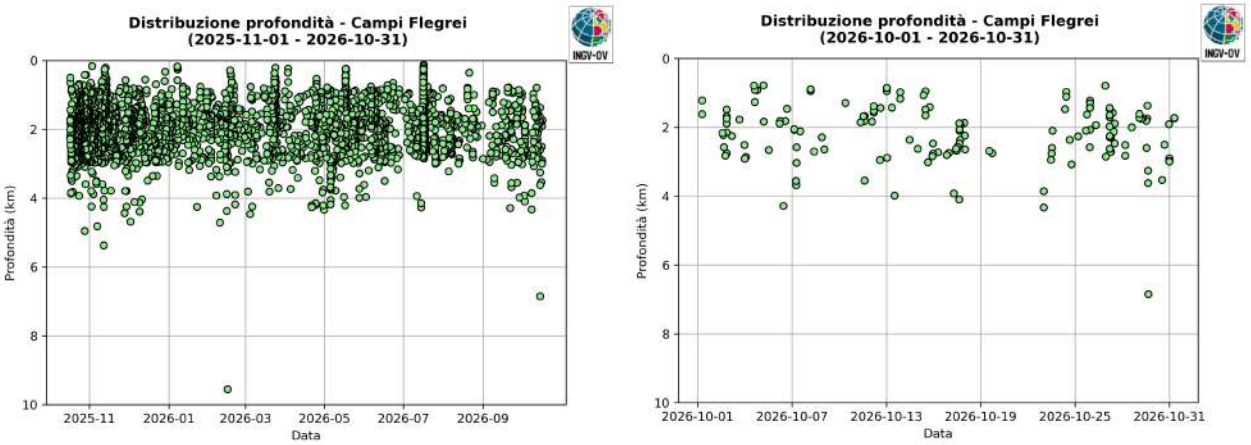


Figura 1.4 *- Profondità ipocentrali degli eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).*

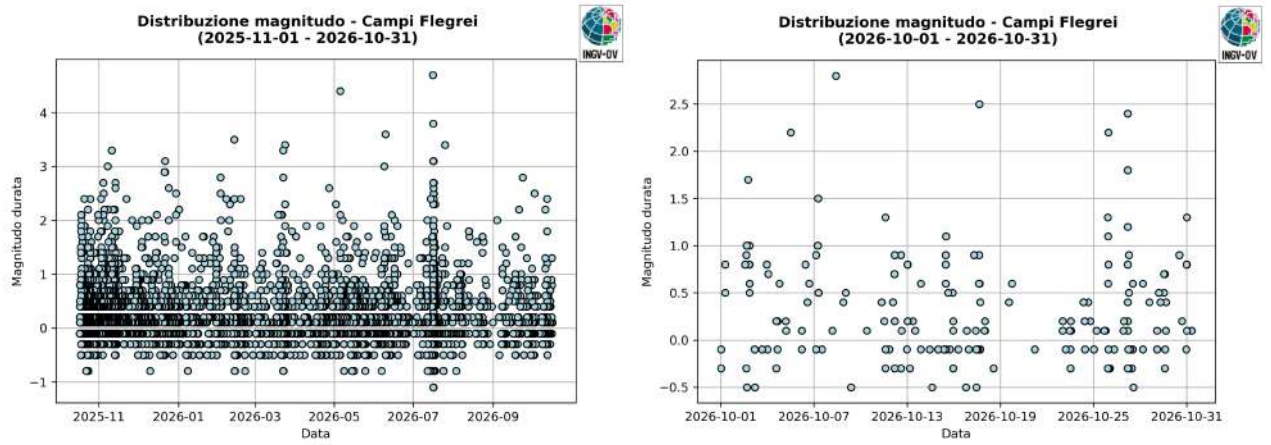


Figura 1.5 *- Magnitudo degli eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).*

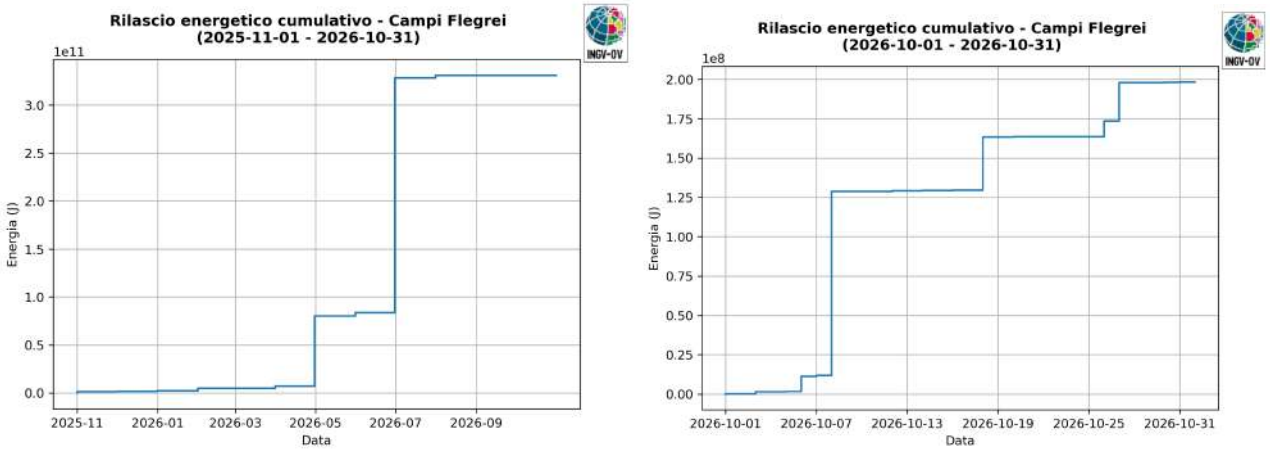
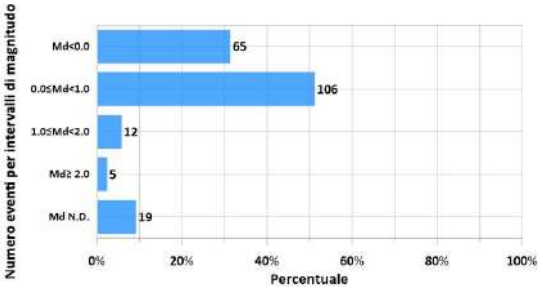


Figura 1.6 *- Rilascio cumulativo di energia sismica ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (mensile a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).*

In Tabella 1.2 è rappresentato il numero di eventi registrati, divisi per classi di magnitudo, e le relative percentuali.

Tabella 1.2 *– Riepilogo mensile della sismicità registrata ai Campi Flegrei divisa per classi di magnitudo e relative percentuali.*

Numero totale terremoti 207	**M_{dmax}= 2.8±0.3**
Numero terremoti con **Md < 0.0**	65 (31.40%)
Numero terremoti con **0.0 ≤Md< 1.0**	106 (51.21%)
Numero terremoti con **1.0 ≤Md< 2.0**	12 (5.80%)
Numero terremoti con **Md≥ 2.0**	5 (2.42%)
Numero terremoti con **Md N.D.**	19 (9.18%)



In Figura 1.7 sono rappresentati gli andamenti dei principali parametri sismologici a partire dal 2005.

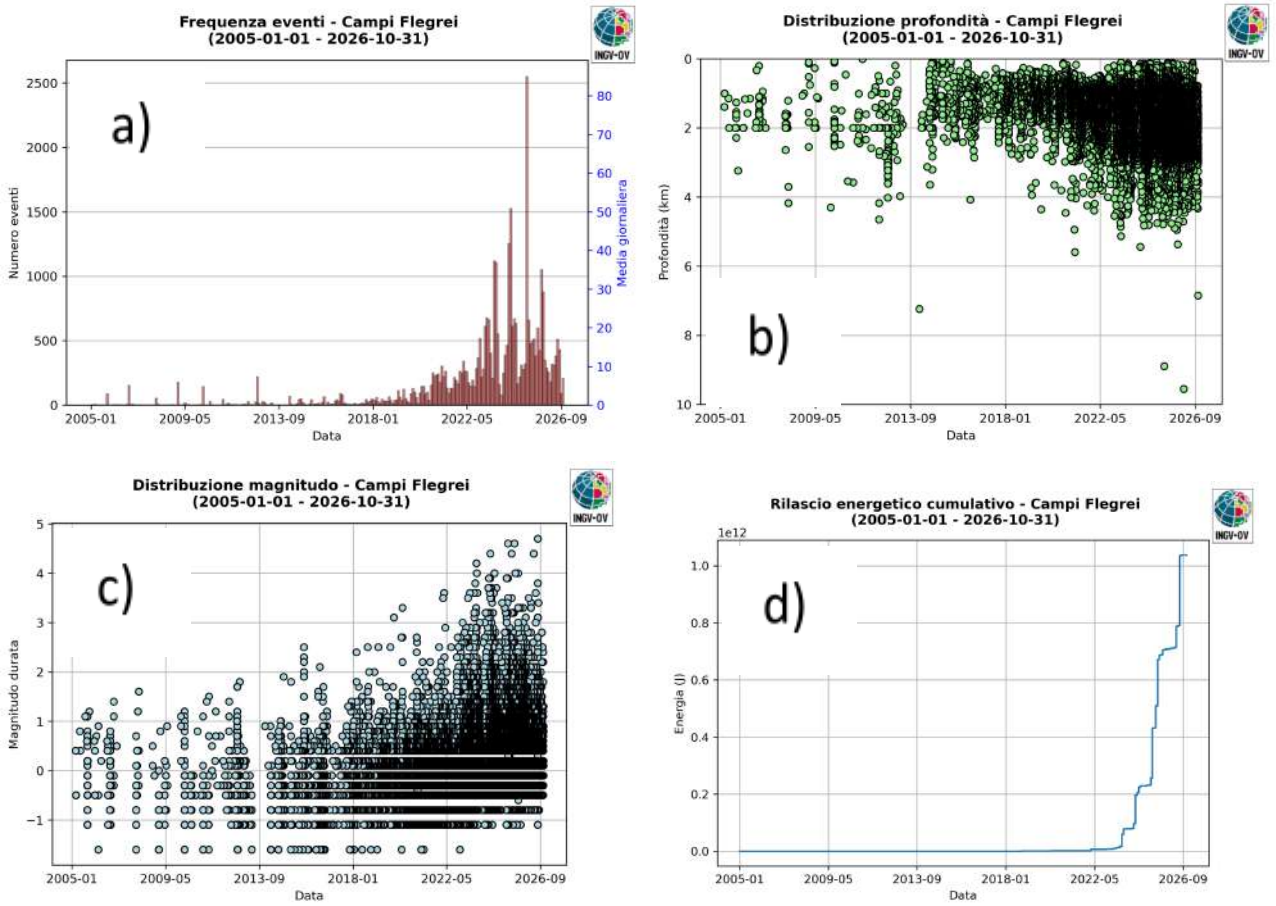


Figura 1.7 *- Andamento dei principali parametri sismologici a partire dal 2005: a) frequenza di accadimento mensile; b) profondità ipocentrali; c) magnitudo; d) energia cumulativa.*

I dati in Figura 1.7 mostrano, dal 2019, un progressivo intensificarsi della sismicità, sia per numero di eventi che per magnitudo.

In Figura 1.8 sono riportate le localizzazioni ipocentrali e gli andamenti dei principali parametri sismologici relativi ai soli eventi con **Md≥3.0** a partire dal 2019, anno in cui si è verificato il primo evento con questa energia (06.12.2019, Md=3.1).

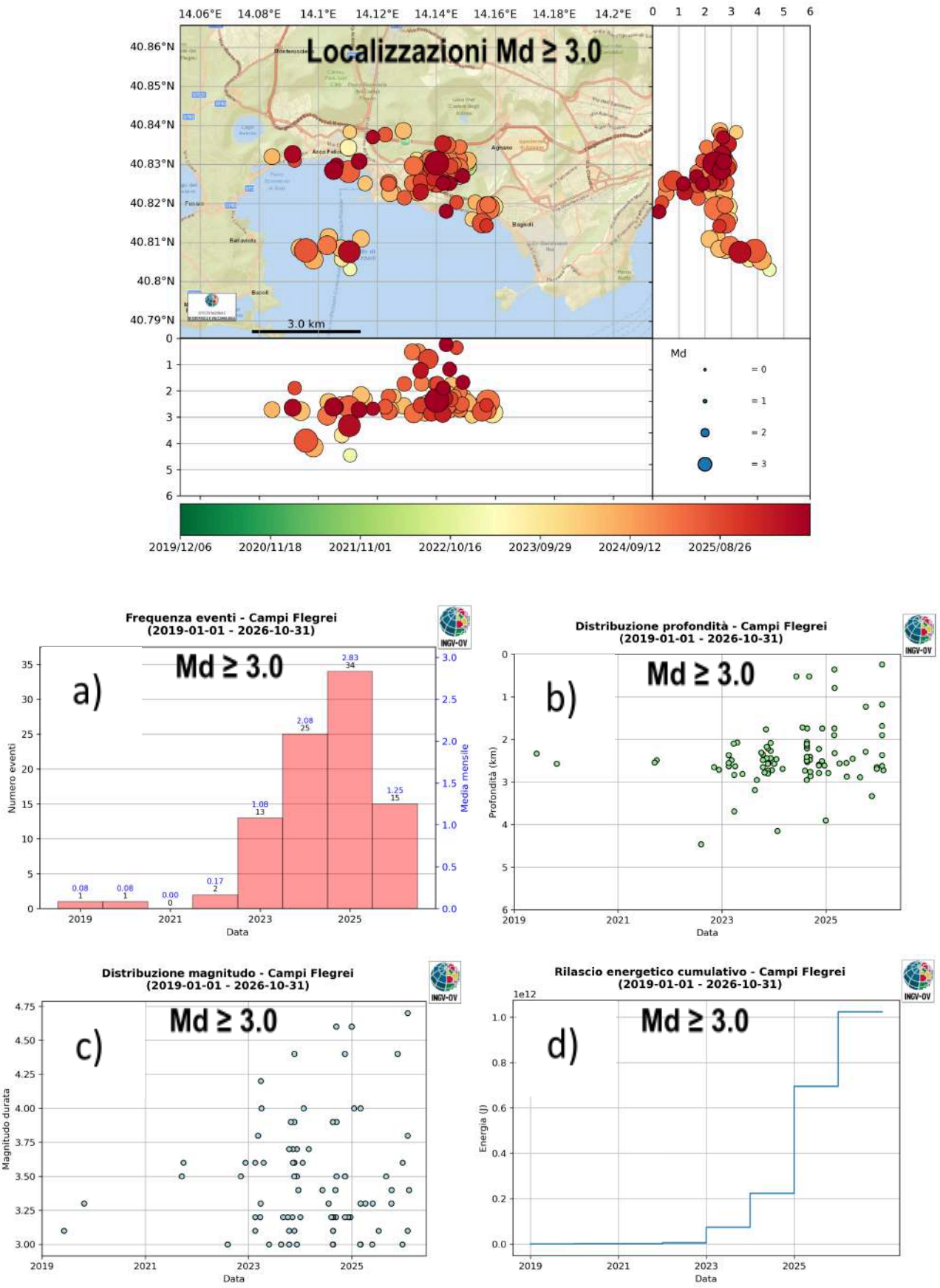


Figura 1.8 *- Localizzazioni e andamento dei principali parametri sismologici dei terremoti con* ***Md≥3.0*** *a partire dal 2019: a) frequenza di accadimento; b) profondità ipocentrali; c) magnitudo; d) energia cumulativa.*

Nella figura 1.9 è rappresentata la frequenza di accadimento dei terremoti registrati ai Campi Flegrei dal 1983 e la relativa energia cumulativa.

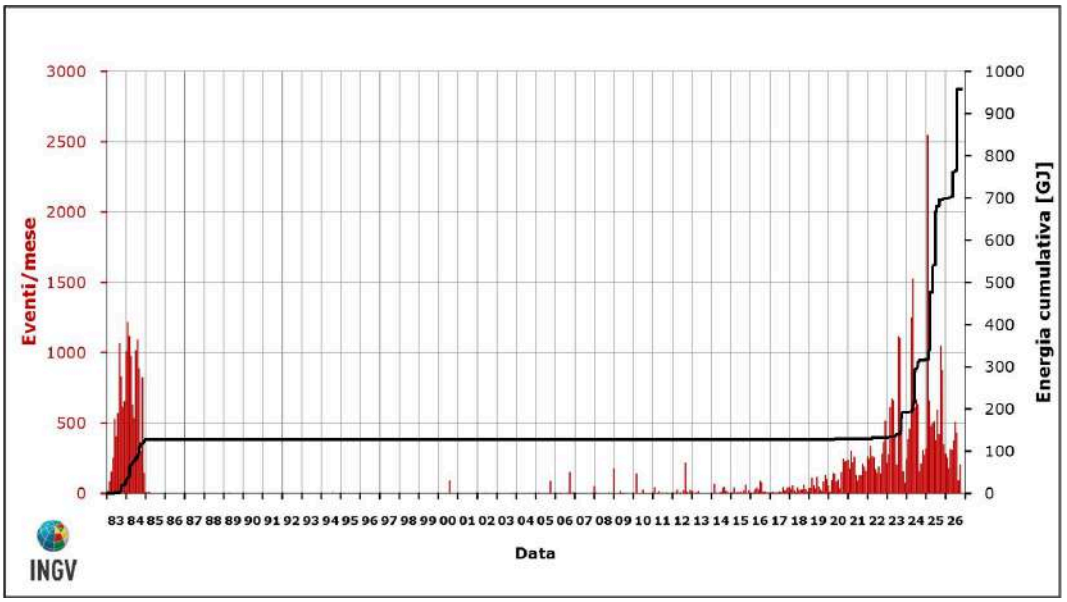


Figura 1.9 *– Frequenza di accadimento dei terremoti registrati ai Campi Flegrei dal 1983. La linea nera rappresenta l'energia cumulativa.*

2. DEFORMAZIONI DEL SUOLO

2.1 GNSS

La Rete GNSS permanente dei Campi Flegrei (De Martino et al., 2021) è costituita da 39 stazioni terrestri e marine (Figura 2.1.1). La stazione GNSS di SOLO (Solfatara) è stata dismessa in quanto l'edificio sul quale era materializzata (Plesso Scolastico "A. Trincone") è stato demolito. L'infrastruttura marina permanente di monitoraggio e ricerca multi-parametrica sperimentale che opera nel Golfo di Pozzuoli, denominata MEDUSA (http://medusa.ingv.it/), è costituita da 4 boe geodetiche (CFBA, CFBB, CFBC e CFSB) ed altrettanti moduli sottomarini equipaggiati con strumentazione geofisica, oceanografica e multiparametrica (Iannaccone et al., 2018; De Martino et al., 2020; Guardato et al, 2022). Allo stato attuale, la stazione CFSB non è in funzione.

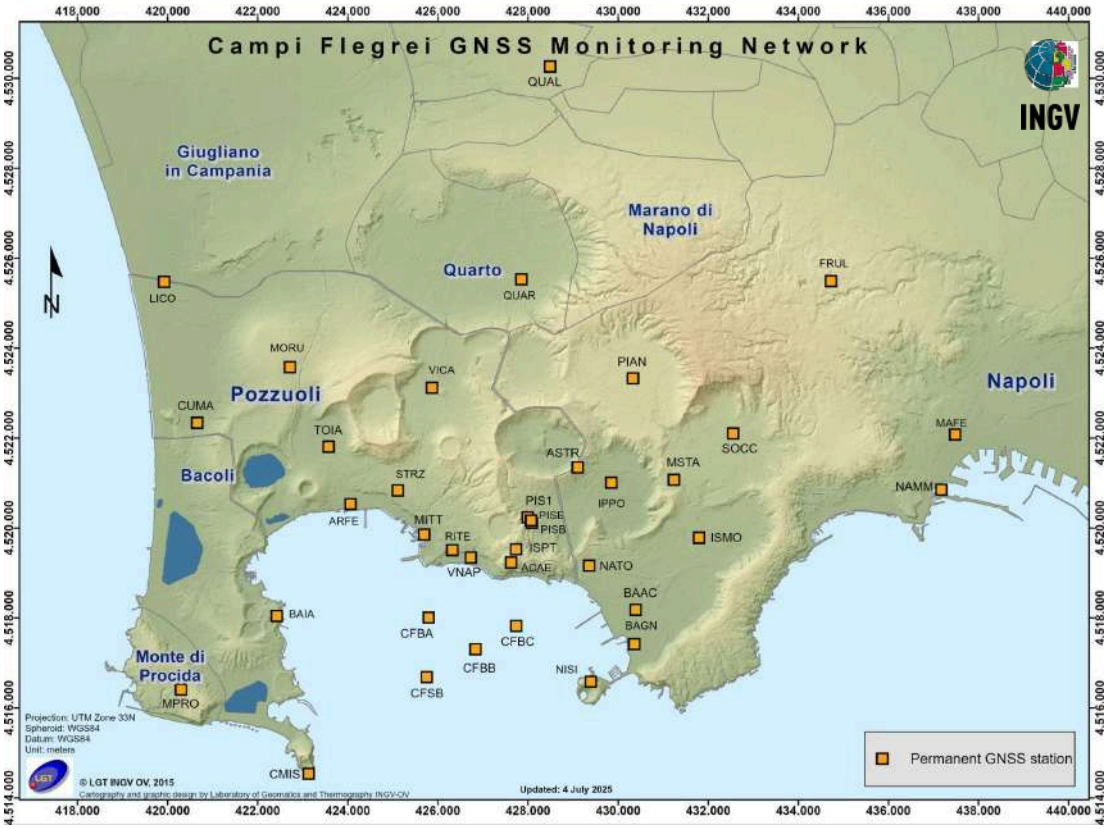


Figura 2.1.1 *- Rete GNSS Permanente dei Campi Flegrei (DOI: 10.5281/zenodo.5886962).*

In concomitanza dell'evento sismico del 31 luglio di Md=4.7 e del successivo sciame, diverse stazioni GNSS nell'area centrale della caldera hanno registrato delle discontinuità cosismiche nelle serie temporali, sia sulle componenti planimetriche che verticali (vedi precedenti Bollettini settimanali e mensili).

Dalle serie temporali corrette con i valori delle discontinuità cosismiche non si evidenziano variazioni significative dei pattern deformativi (planimetrici e verticali) successivamente all'evento sismico del 31/07 e relativo sciame.

Le serie temporali GNSS giornaliere (componenti Nord, Est e UP), unitamente alle rispettive incertezze, sono state analizzate attraverso un modello a spazio di stati risolto mediante filtro di Kalman e smoother RTS. Tale approccio metodologico ha permesso di estrarre in maniera più accurata il trend cinematico associato alla deformazione del suolo, isolandolo dalle componenti periodiche annuali, da eventuali offset di natura strumentale o cosismica/tettonica e dal rumore di

fondo. L'adeguatezza dell'adattamento del modello è valutata attraverso l'analisi dei residui (definiti come differenza tra i dati osservati e il modello complessivo, ovvero trend + componente annuale + offset) al fine di escludere la persistenza di segnali non modellati, quali trend residui, oscillazioni o valori anomali. L'RMS e l'IQR quantificano la dispersione statistica dei residui, affiancati da specifici test per la valutazione dell'autocorrelazione seriale. A titolo esemplificativo, la Figura 2.1.2 illustra i risultati di tale scomposizione applicata alla componente UP della stazione GNSS RITE.

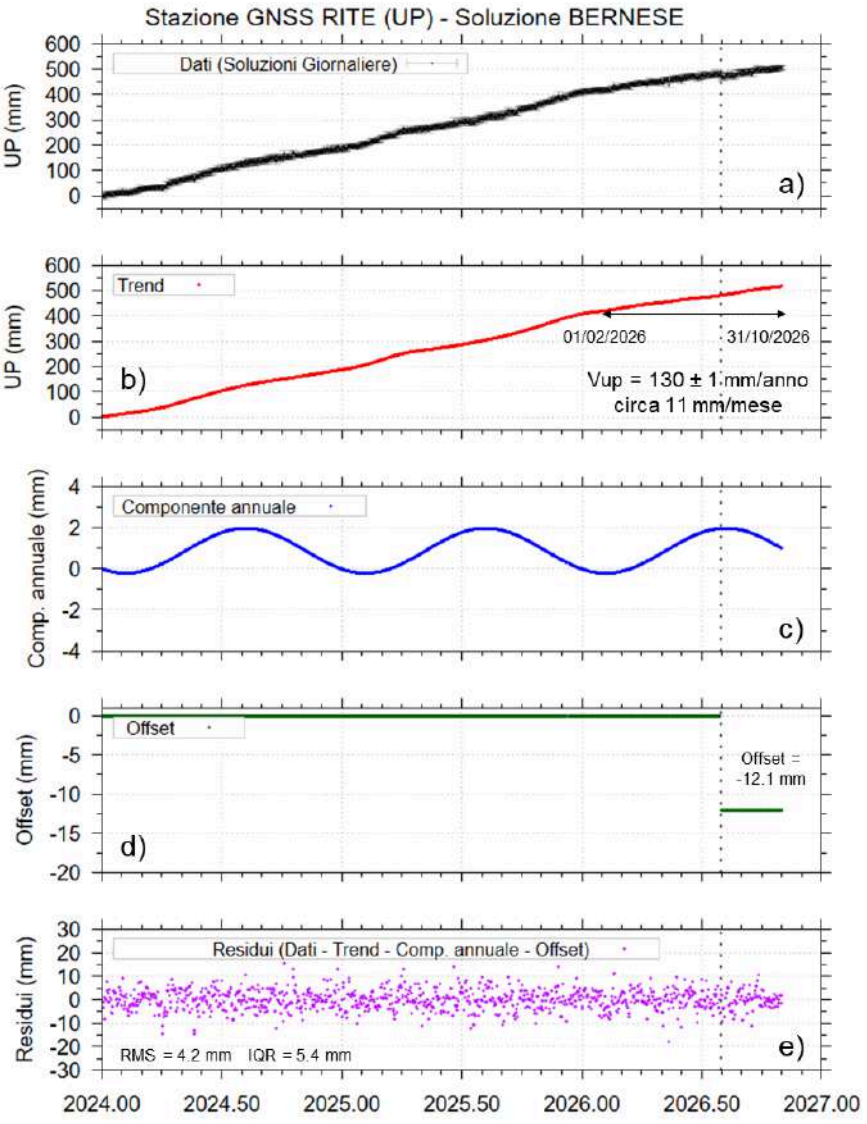


Figura 2.1.2 *- Risultati dell'analisi della serie temporale GNSS della stazione RITE (componente UP), ottenuti mediante filtro di Kalman e smoother RTS. I cinque pannelli mostrano la scomposizione del segnale originale: (a) dati giornalieri (soluzioni BERNESE), (b) trend deformativo stimato, (c) oscillazione stagionale annuale, (d) offset (in corrispondenza dell'evento sismico di Md=4.7 del 31 luglio 2026), (e) residui del modello (Dati - Trend - Comp. annuale - Offset)*

Tale metodologia di analisi è stata applicata all'intero set di serie temporali derivanti dall'elaborazione dei dati GNSS mediante il software BERNESE; sono inoltre in fase di sviluppo analoghe routine per il trattamento delle serie temporali prodotte con i software PRIDE PPP-AR e SPIDER. Inoltre, i futuri sviluppi dell'analisi saranno orientati alla derivazione delle velocità di deformazione a partire dai trend stimati e all'introduzione di nuovi criteri di validazione per migliorare e verificare l'adeguatezza complessiva del modello.

In Figura 2.1.3 sono riportate le mappe dei vettori degli spostamenti orizzontali (a) e le isolinee degli spostamenti verticali (b) registrati alle stazioni GNSS ai Campi Flegrei dal 2024 a ottobre 2026. Nella realizzazione delle mappe sono stati utilizzati i valori dei trend stimati con l'analisi descritta in precedenza.
Si conferma la forma radiale del campo di deformazione con la caratteristica forma a campana, simile a quelle già individuate nelle precedenti fasi del sollevamento (De Martino et al., 2021), e la conseguente stabilità della posizione della sorgente di deformazione localizzata qualche centinaio di metri a sud della stazione RITE.

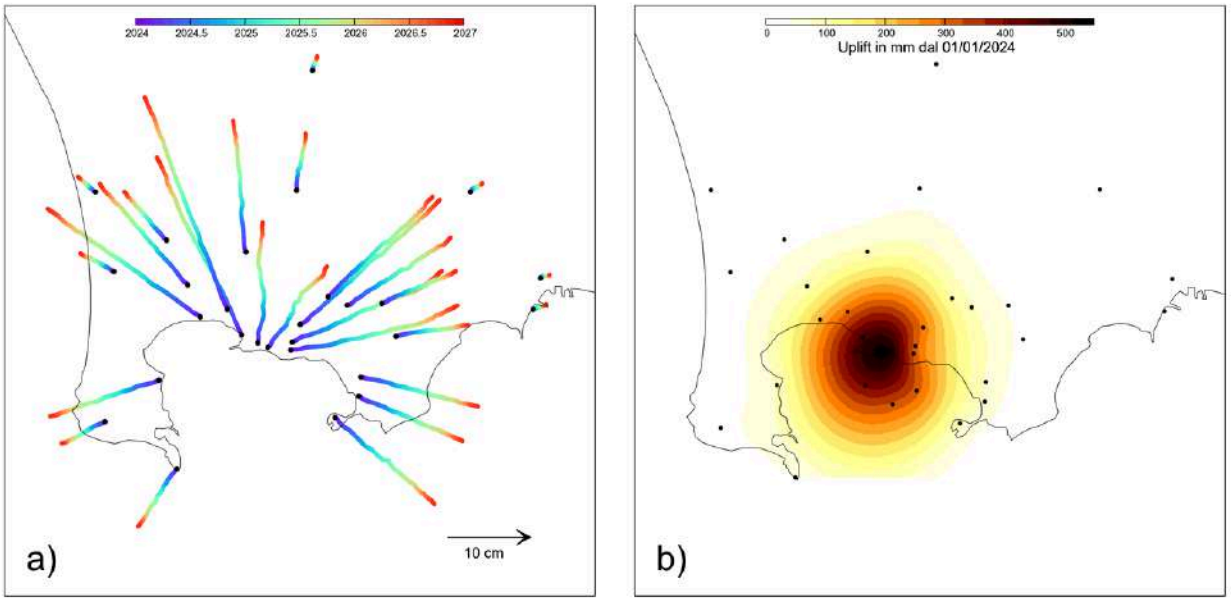


Figura 2.1.3 *- Mappa degli spostamenti GNSS orizzontali (a) e verticali (b) registrati nell'area flegrea da gennaio 2024 a ottobre 2026, realizzate con i valori dei trend stimati mediante l'analisi descritta nel testo.*

Permane l'anomalia locale nella zona dei duomi lavici di Accademia - Monte Olibano, già riportata nei precedenti bollettini (si veda anche Giudicepietro et al., 2024).
La metodologia di analisi implementata ha permesso di ricostruire con maggior dettaglio i trend deformativi alle stazioni GNSS di ACAE (Accademia Aeronautica) e ISPT (Monte Olibano) ubicate nell'area oggetto dell'anomalia (Figure 2.1.4 e 2.1.5). Tali stazioni GNSS hanno registrato a partire dal 2024 diversi offset in concomitanza di eventi sismici più energetici (01/09/2025 Md=4 e 31/07/2026 Md=4.7) e/o sciami sismici localizzati nell'area.
In Figura 2.1.6 sono riportati gli spostamenti planimetrici a partire dal 2024 delle stazioni GNSS di ACAE e ISPT confrontando (1) i valori dei trend stimati con la nuova analisi con (2) i valori delle soluzioni giornaliere (elaborazione BERNESE). Per entrambe le stazioni GNSS si registra nell'ultimo anno uno spostamento planimetrico coerente con il pattern tipico dell'unrest registrato fino al 2021.

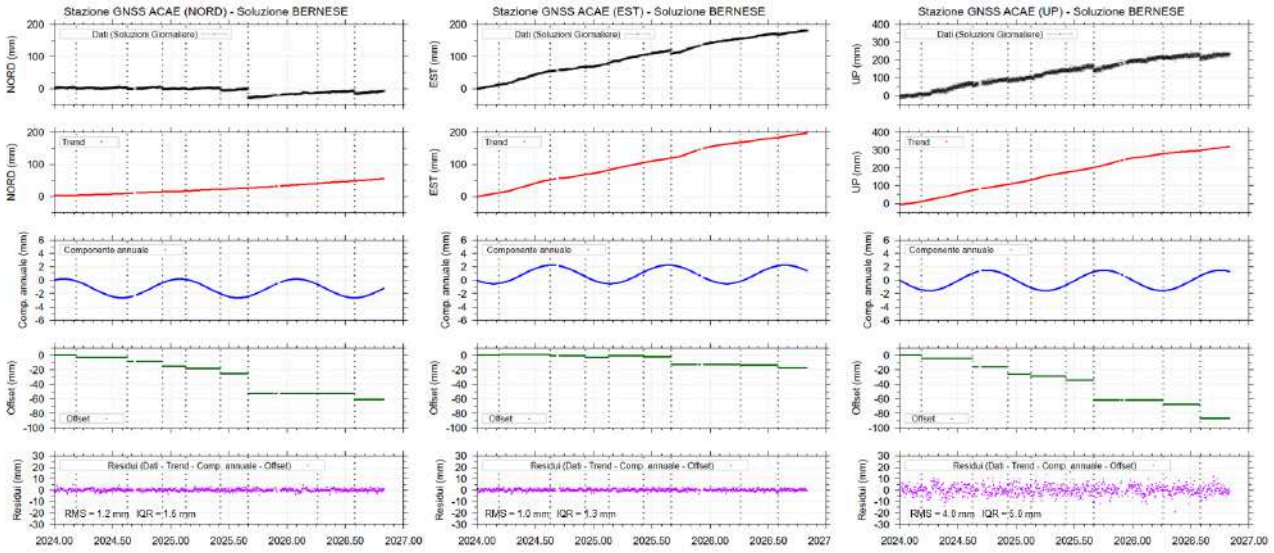


Figura 2.1.4 *- Analisi delle serie temporali GNSS della stazione ACAE (componenti Nord, Est e UP), ottenuta mediante filtro di Kalman e smoother RTS. Per ogni componente, i cinque pannelli verticali mostrano dall'alto verso il basso la scomposizione del segnale originale: dati giornalieri (soluzioni BERNESE), trend deformativo stimato, oscillazione stagionale annuale, offset in corrispondenza delle linee verticali tratteggiate, residui del modello (Dati - Trend - Comp. annuale - Offset)*

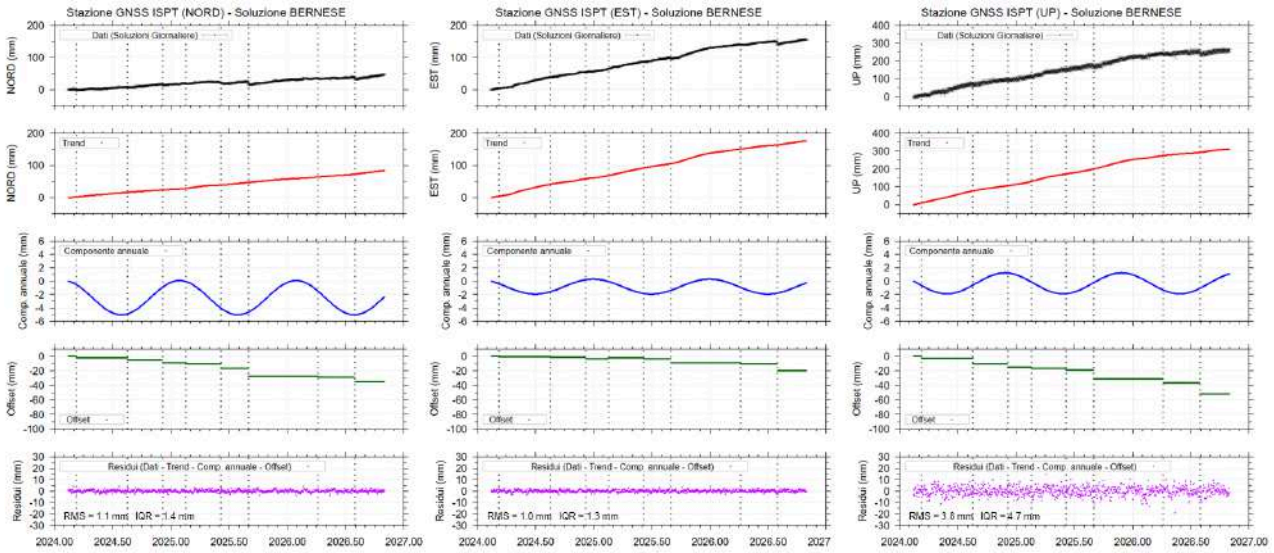


Figura 2.1.5 *- Analisi delle serie temporali GNSS della stazione ISPT (componenti Nord, Est e UP), ottenuta mediante filtro di Kalman e smoother RTS. Per ogni componente, i cinque pannelli verticali mostrano dall'alto verso il basso la scomposizione del segnale originale: dati giornalieri (soluzioni BERNESE), trend deformativo stimato, oscillazione stagionale annuale, offset in corrispondenza delle linee verticali tratteggiate, residui del modello (Dati - Trend - Comp. annuale - Offset)*

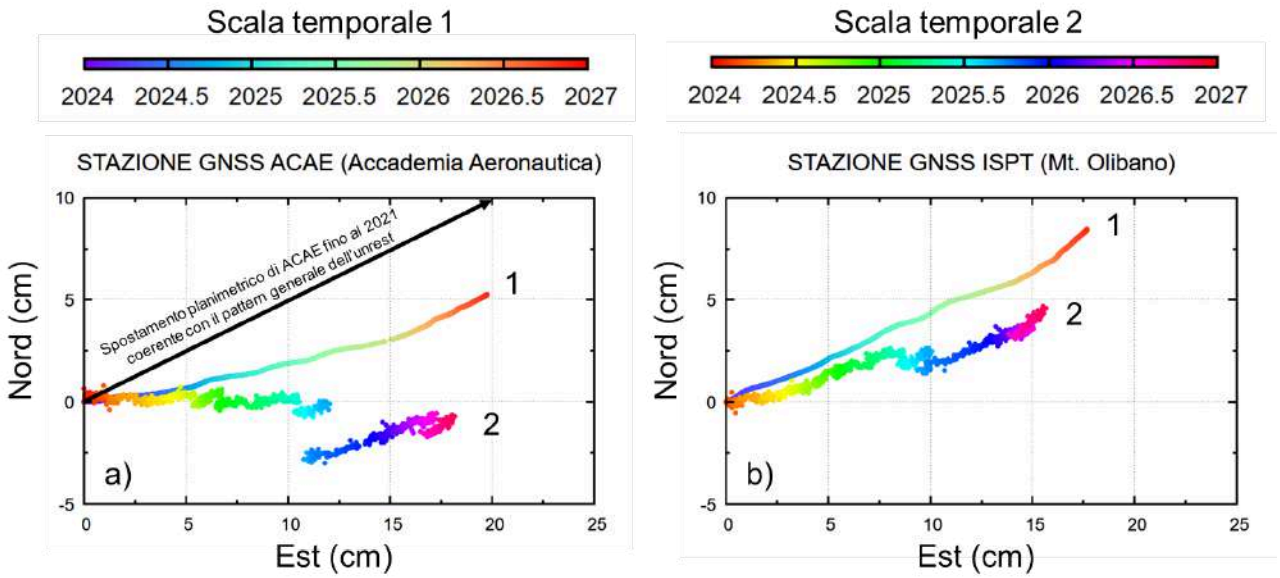


Figura 2.1.6 *- Spostamenti GNSS planimetrici delle stazioni (a) ACAE e (b) ISPT. Per ognuna delle stazioni GNSS sono riportati (1) i valori dei trend stimati con la nuova analisi e (2) le soluzioni giornaliere dall'elaborazione BERNESE.*

Dagli inizi di febbraio 2026 si registra una velocità di sollevamento del suolo, con un valore medio di velocità mensile di circa 10±3 mm/mese (fascia grigia in Figura 2.1.8).
Il sollevamento totale registrato alla stazione GNSS di RITE è di circa 170.5 cm da novembre 2005 (Figura 2.1.7) e di circa 33 cm da gennaio 2025 (Figure 2.1.8b), calcolato sulle serie temporali corrette per la discontinuità cosismica registrata il 31/07. Con la discontinuità cosismica registrata il 31/07, il sollevamento totale registrato alla stazione GNSS di RITE è di circa 169.5 cm da novembre 2005 e di circa 32 cm da gennaio 2025 (Figure 2.1.8a).

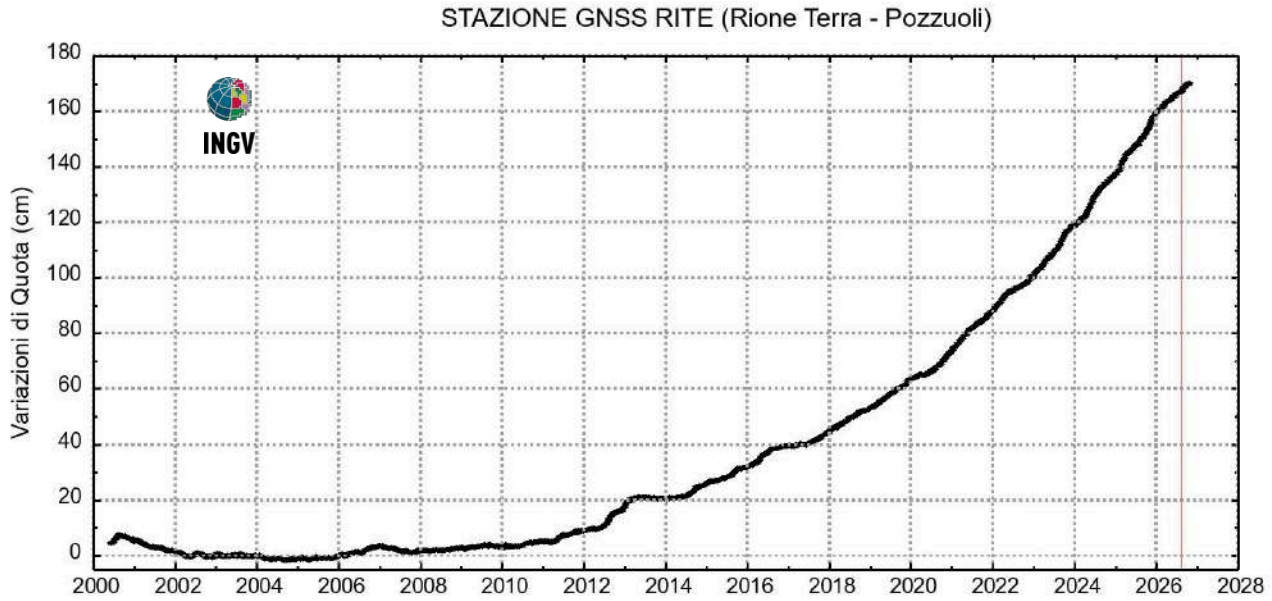


Figura 2.1.7 - *Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione GNSS di RITE (Pozzuoli - Rione Terra) dal 2000 a settembre 2026, senza la discontinuità cosismica del 31/07. La linea verticale rossa indica la data del 31/07.*

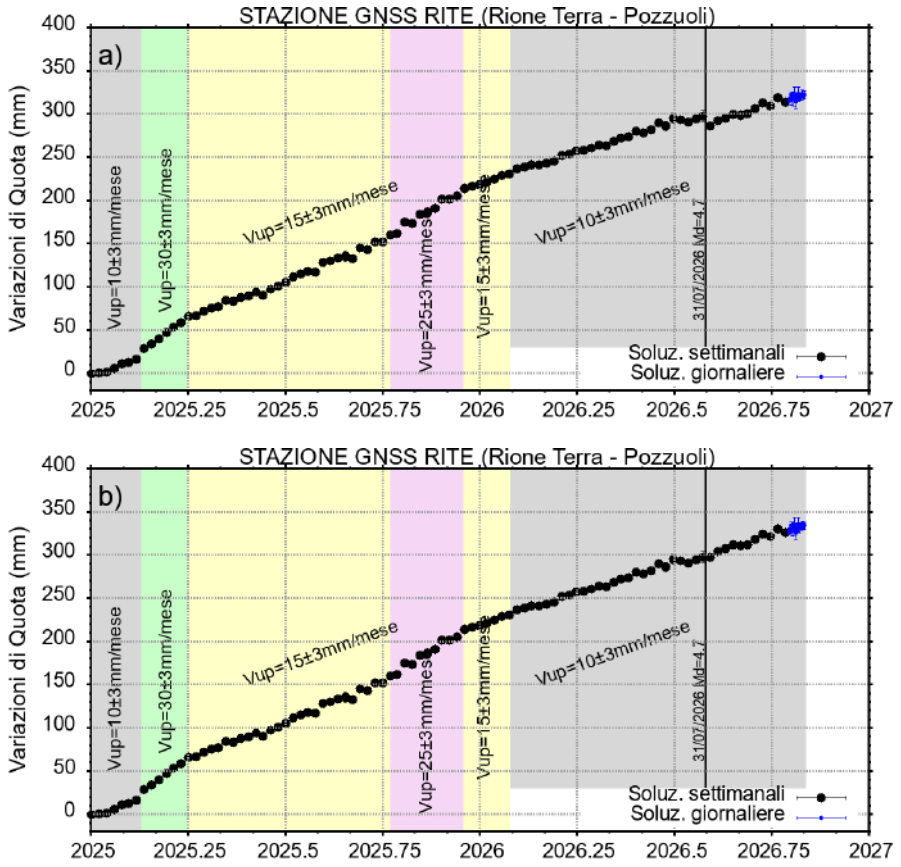


Figura 2.1.8 *- Serie temporale delle variazioni in quota della stazione GNSS di RITE dal 01/01/2025 al 01/11/2026 con (a) e senza (b) la discontinuità cosismica del 31/07. Elaborazione dati in modalità differenziale singola baseline con software GNSS Spider.*

Le deformazioni verticali del fondale marino della caldera flegrea registrate dall'infrastruttura MEDUSA da gennaio 2024 sono riportate in Figura 2.1.8. Alla stazione CFBA il sollevamento dal 2024 è di circa 40 cm.

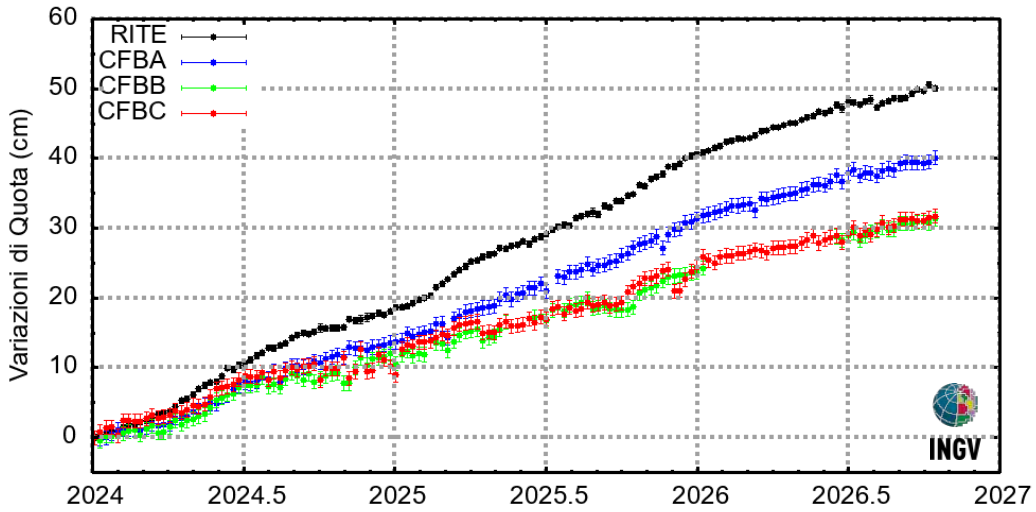


Figura 2.1.8 – *Serie temporali delle variazioni settimanali in quota delle stazioni GNSS dell'infrastruttura marina MEDUSA nell'intervallo gennaio 2024 - ottobre 2026, confrontate con quella della stazione RITE*

2.2 Tiltmetria

La Rete di Monitoraggio delle inclinazioni del suolo dei Campi Flegrei consiste di 12 stazioni di cui 4 equipaggiate con sensori analogici di superficie (BAI, SLF, OLB, CSO), 3 con tiltmetri analogici da pozzo (PSC, ARC, TOI installati da 1 a 7 m di profondità) e 5 con sensori digitali da pozzo (Fig. 2.2.1). Nel mese di maggio 2025 sono state installate 2 nuove stazioni in pozzo a 25 m di profondità (IPA e CSP in Fig. 2.2.1) e si stanno concludendo le operazioni per l'installazione di un'ulteriore stazione (VAP in Fig. 2.2.1).

L'alta risoluzione dei sensori tiltmetrici da pozzo consente di rilevare variazioni di inclinazione del suolo riconducibili sia ad eventi sismici sia a fenomeni locali legati alla migrazione di fluidi in aree ad elevata fratturazione. Tali segnali si sovrappongono alle variazioni generate dal campo di deformazione principale associato all'uplift in corso nella caldera flegrea (Falanga et al., 2023).

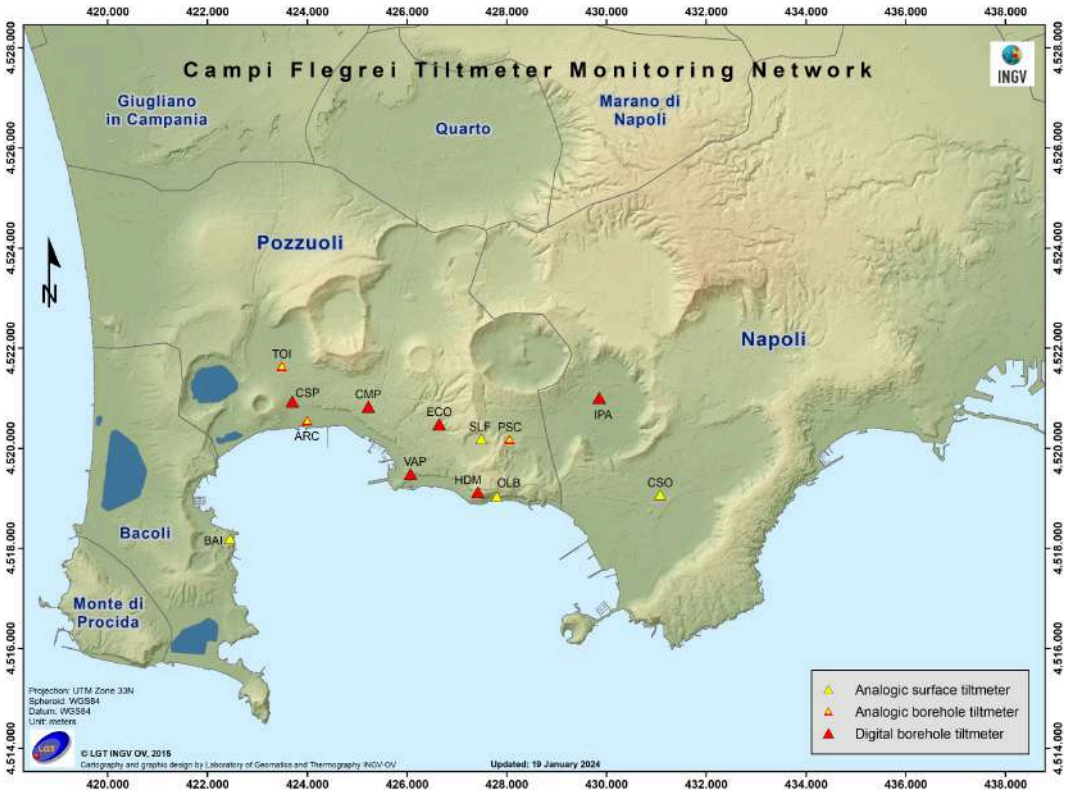


Figura 2.2.1 *– Rete Tiltmetrica dei Campi Flegrei (DOI: 10.5281/zenodo.5886962).*

Di seguito sono rappresentate le serie temporali e il plot (ultimi 12 mesi) del tilt delle stazioni digitali da pozzo (HDM, ECO e CMP). I segnali nei grafici sono filtrati dalle componenti mareali diurna e semidiurna. In particolare nei diagrammi sono riportati :

a) Componente NS (valori di tilt crescenti nel tempo indicano la variazione di inclinazione del suolo a N)
b) Componente EW (valori di tilt crescenti nel tempo indicano la variazione di inclinazione del suolo a E)
c) Rappresentazione del vettore inclinazione nel tempo

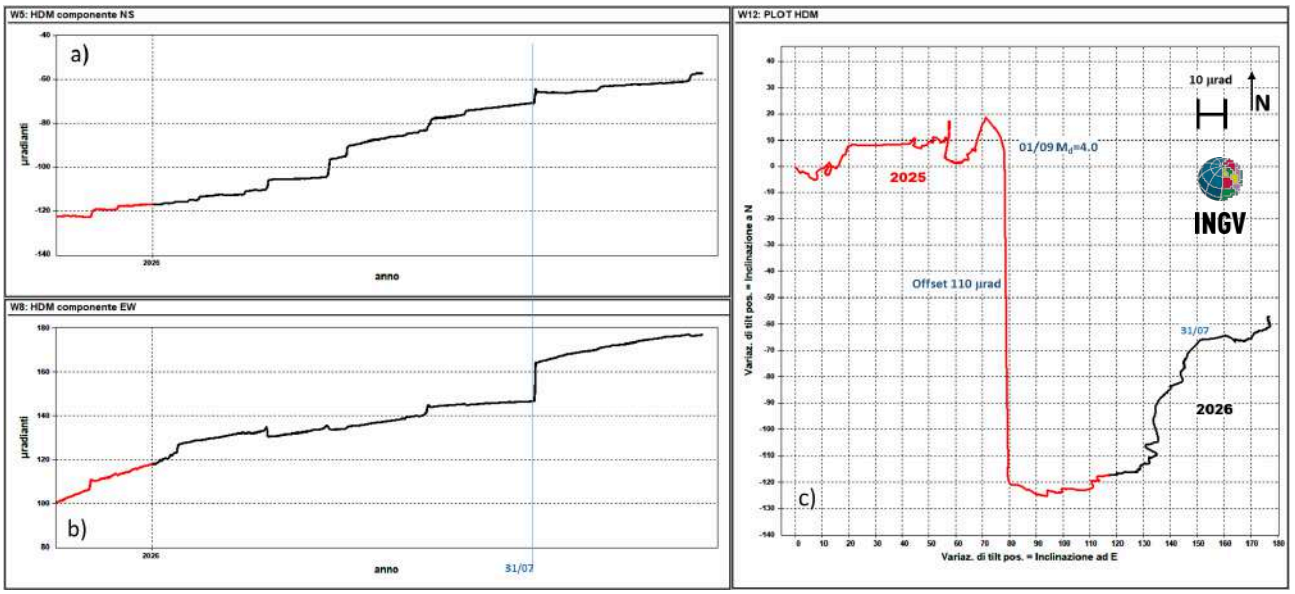


Figura 2.2.2 *– Serie temporali e plot (ultimi 12 mesi) del tilt della stazione HDM della rete dei Campi Flegrei.*

I segnali registrati alla stazione HDM (Fig. 2.2.2) mostrano una dinamica associata alla deformazione radiale correlata alla fase di uplift dell'area flegrea, sulla quale si sovrappongono effetti locali legati alla dinamica dell'area di Solfatara-Pisciarelli e del duomo lavico dell'Accademia-Monte Olibano. Inoltre sono stati registrati numerosi offset in corrispondenza degli eventi sismici più energetici localizzati nell'area. L'evento di Md=4.0 del 01/09/2025 ha generato un offset cosismico totale di 110 μrad in direzione Sud. Successivamente, si è osservata una ripresa dell'inclinazione a NE. Durante lo sciame del 31/07/2026 gli eventi di maggiore energia hanno generato diversi offset e cambiamenti nella direzione di inclinazione. L'evento sismico di Md=4.7 ha generato un offset di 12 μrad in direzione NE.

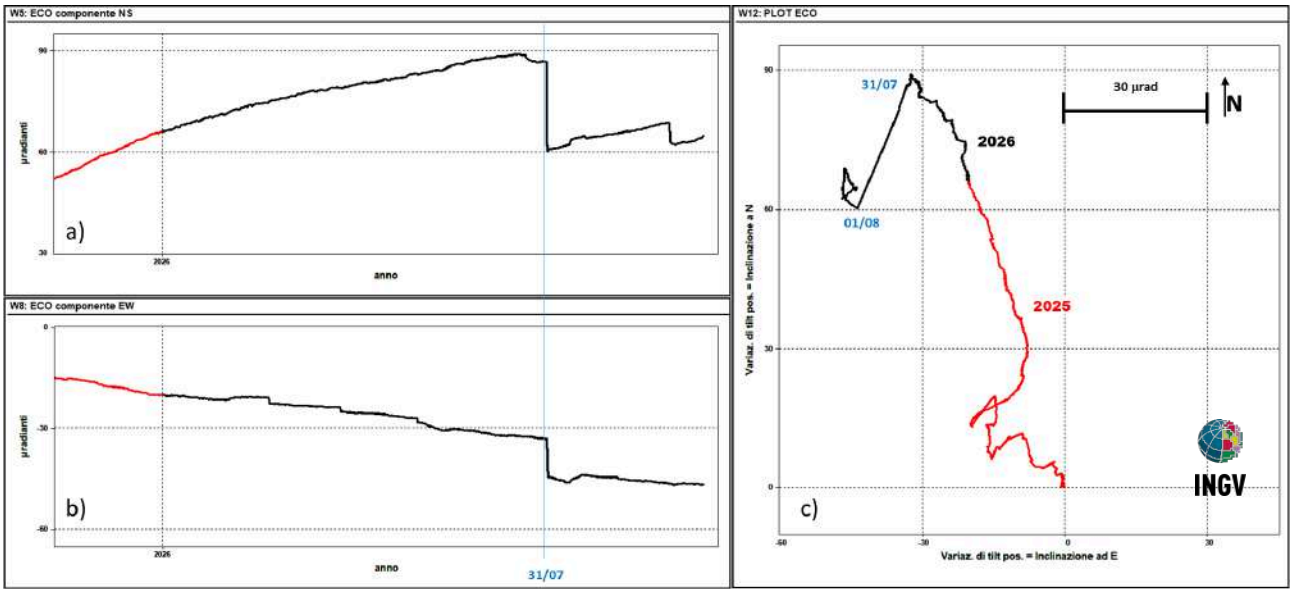


Figura 2.2.3 *– Serie temporali e plot (ultimi 12 mesi) del tilt della stazione ECO della rete dei Campi Flegrei.*

I segnali registrati alla stazione ECO (Figura 2.2.3) mostrano una prevalente inclinazione del suolo in direzione NNW, con diversi offset in direzione SW in corrispondenza degli eventi sismici più energetici.

In occasione degli eventi sismici più energetici del 2026 si registrano piccoli offset cosismici in direzione W. Lo sciame sismico del 31/07 ha provocato un offset di 29 μrad in direzione SW per poi riprendere l'inclinazione a NW.
In Figura 2.2.3 sono riportati i dati fino al 25/10, successivamente la stazione ECO registra sulla componente NS valori che si discostano notevolmente dal trend abituale (più di 200 μrad in pochi giorni in direzione Sud). Tuttavia, le stazioni GNSS prossime all'area e le serie temporali InSAR aggiornate al 30 ottobre (fornite dal CNR-IREA) non rilevano variazioni significative rispetto ai consueti andamenti deformativi. Sono pertanto in corso le necessarie verifiche diagnostiche sulla strumentazione e un'analisi delle condizioni ambientali presso il sito di misura.

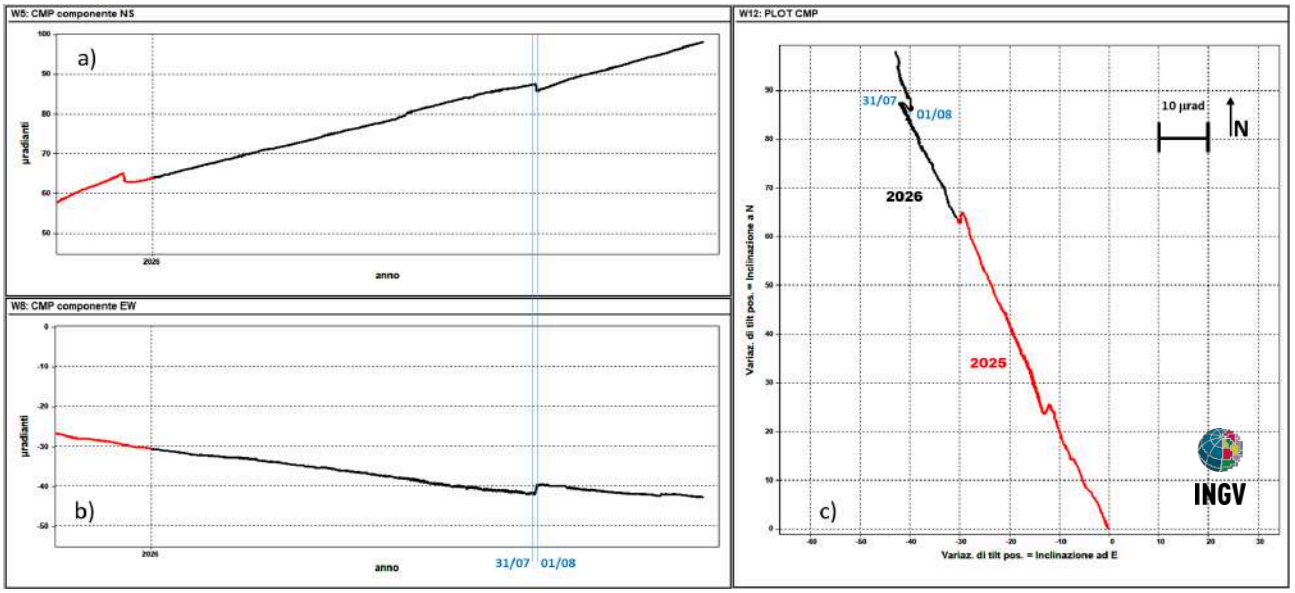


Figura 2.2.4 *– Serie temporali e plot (ultimi 12 mesi) del tilt della stazione CMP della rete dei Campi Flegrei.*

I segnali registrati alla stazione CMP (Fig. 2.2.4) mostrano, complessivamente, una inclinazione del suolo in direzione NNW seguendo una simmetria radiale correlata all'evoluzione temporale del campo di deformazione generato dalla fase di uplift che interessa l'area flegrea. Durante lo sciame del 31/07/2026 gli eventi di maggiore energia hanno generato diversi offset e cambiamenti nella direzione di inclinazione, per poi riprendere la consueta inclinazione a NNW. L'evento sismico di Md=4.7 ha generato un offset di 4.4 μrad in direzione SE.

2.3 Mareometria

La Rete Mareografica dei Campi Flegrei, riportata in Figura 2.3.1, è costituita da cinque stazioni con strumentazione basata su sistema a shaft encoder e tecnologia radar (stazioni CFB3 e POPT).

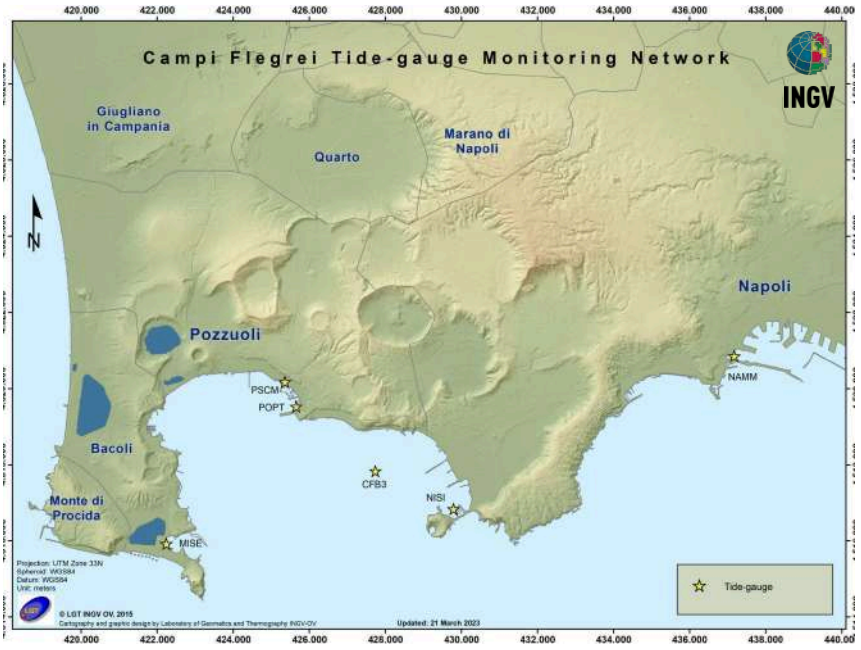


Figura 2.3.1 *- Rete Mareografica dei Campi Flegrei.*

Nella Figura 2.3.2 è mostrata la stima della deformazione verticale del suolo ottenuta dall'analisi dei dati mareografici registrati dalla stazione di **Pozzuoli Porto** (POPT), dai quali si evince un sollevamento locale di circa **127.7 cm** nel periodo **gennaio 2016 – ottobre 2026**.

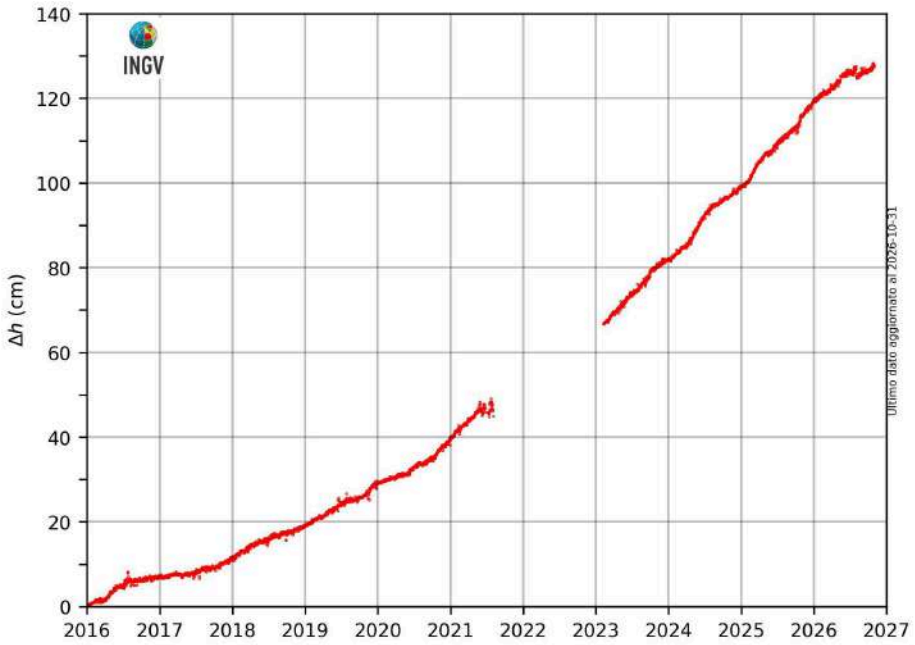


Figura 2.3.2 *– Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2016 – ottobre 2026, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dalla stazione mareografica di Pozzuoli Porto (POPT), area centrale della caldera Flegrea. Le variazioni, riportate in cm, rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione mareografica di Napoli, molo San Vincenzo (NAMM).*

Nella Figura 2.3.3 è mostrata la stima della deformazione verticale del suolo ottenuta dall'analisi dei dati mareografici registrati dalla stazione di Pozzuoli Porto (POPT) nel periodo **gennaio 2006 – ottobre 2026**.

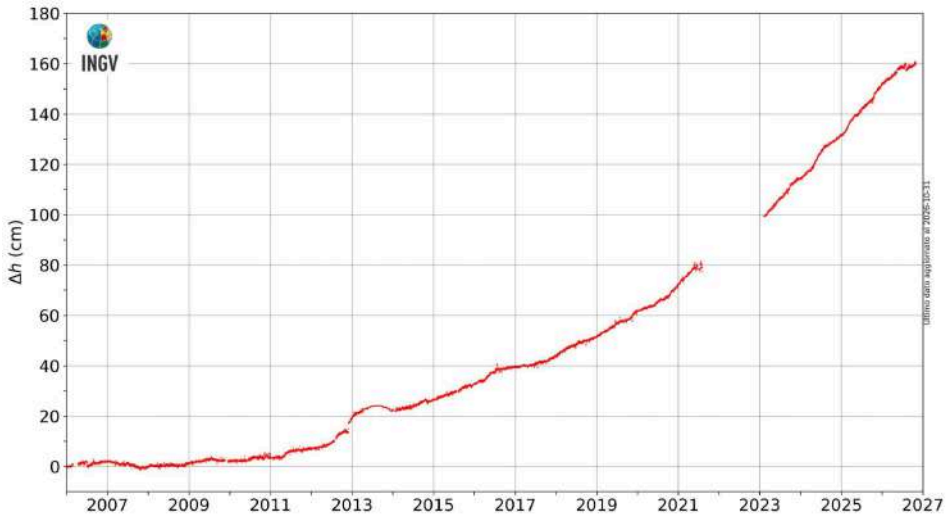


Figura 2.3.3 *- Movimenti verticali del suolo nel periodo gennaio 2006 – ottobre 2026, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dalla stazione mareografica di Pozzuoli Porto (POPT) (area centrale della caldera Flegrea). Le variazioni, riportate in cm, rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione mareografica di Napoli, molo San Vincenzo (NAMM).*

Dal 2006 a oggi, alla stazione mareografica di Pozzuoli Porto si registra un sollevamento del suolo di circa **160.2 cm**.

Nella Figura 2.3.4, infine, sono mostrate le stime della deformazione verticale del suolo ottenute dall'analisi dei dati mareografici registrati da tutte le stazioni dell'area dei Campi Flegrei nel periodo gennaio 2006 – ottobre 2026.

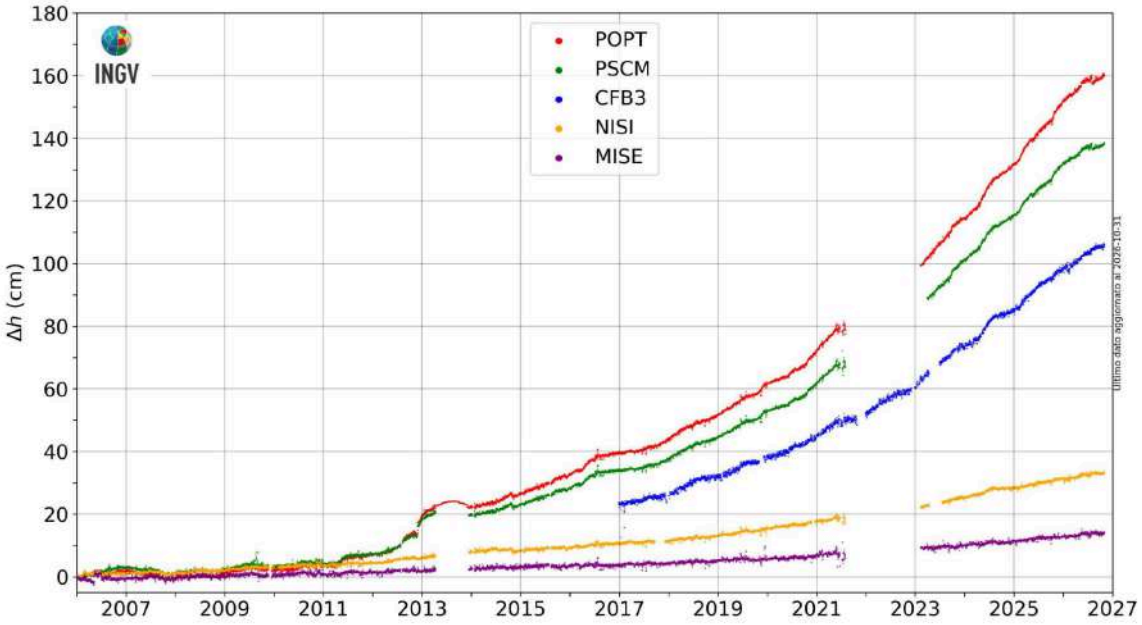


Figura 2.3.4 *- Movimenti verticali del suolo nel periodo gennaio 2006 – ottobre 2026, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti da tutte le stazioni mareografiche dell'area della caldera Flegrea. Le variazioni, riportate in cm, rappresentano le medie giornaliere e sono tutte riferite alla stazione mareografica di Napoli, molo San Vincenzo (NAMM).*

2.4 Gravimetria relativa (campagne periodiche)

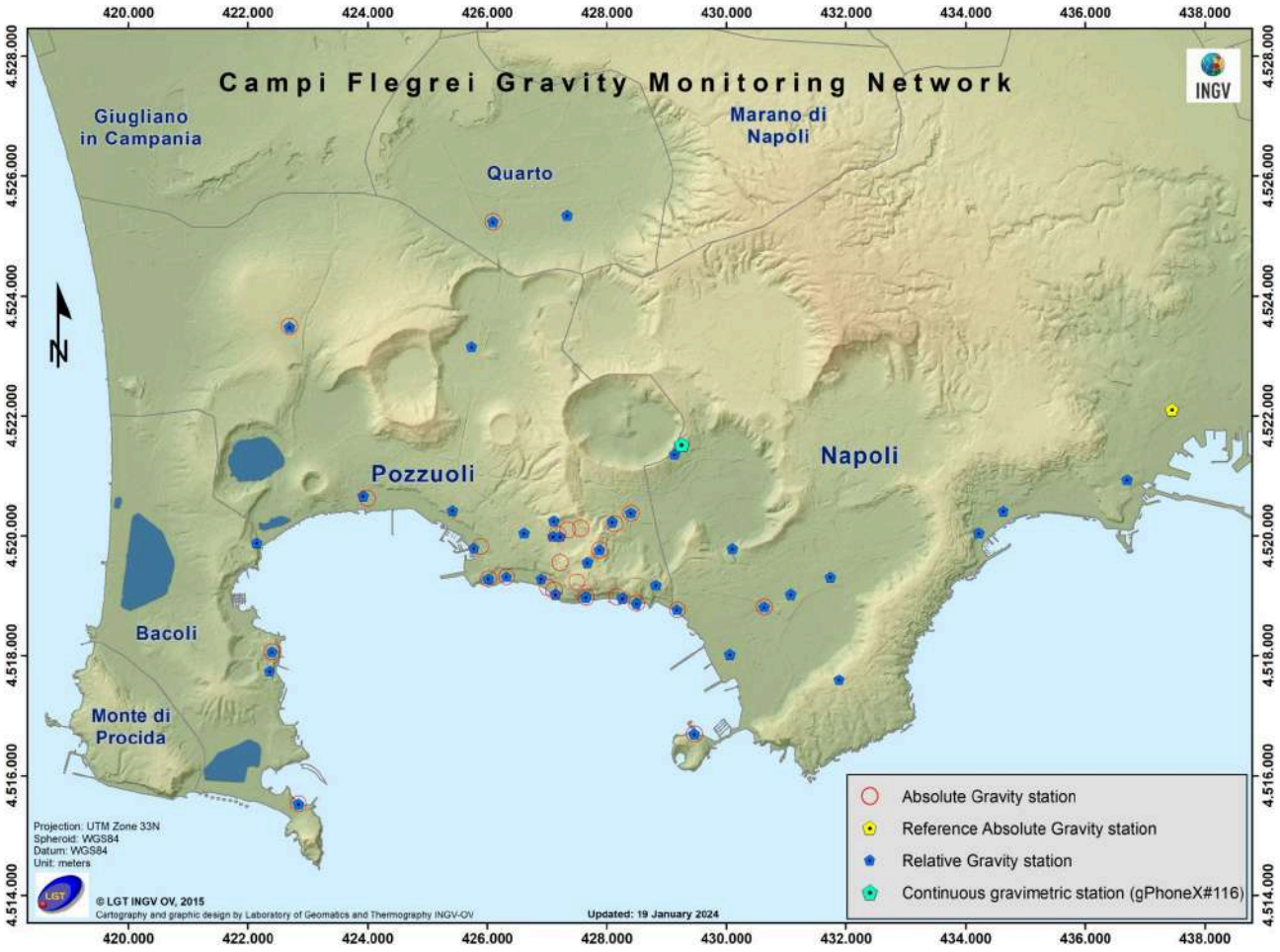


Figura 2.4.1. *- Vertici della rete gravimetrica dell'OV-INGV (www.ov.ingv.it). Il punto giallo, che rappresenta il caposaldo assoluto di riferimento, è localizzato presso il complesso monumentale di Largo San Marcellino (Napoli).*

Nel mese di ottobre 2026 è stata condotta una nuova campagna di misure gravimetriche relative, nell'area dei Campi Flegrei. Le misure sono state eseguite su 40 vertici della rete (Figura 2.4.1), collegati alla stazione gravimetrica assoluta di Napoli (Largo San Marcellino), assunta come riferimento. Le misure gravimetriche relative sono state eseguite con il gravimetro Scintrex CG6 e corrette per gli effetti di variazione della marea della Terra solida, della pressione atmosferica e della deriva strumentale. La compensazione degli errori di chiusura è stata eseguita sui sei circuiti concatenati dell'intera rete, avvalendosi del codice GSadjust (Kennedy, 2020), ottenendo un errore medio sulla rete pari a ±5μGal (1 μGal = 10^{-8} m/s^{2,} equivalente a 10^{-9}g). I valori sono stati confrontati con quelli ottenuti (con le medesime procedure di calcolo) nella precedente campagna di febbraio 2026. In Figura 2.4.2 si riportano le differenze di gravità osservate, non corrette per il contributo dovuto al sollevamento del suolo registrato tra ottobre 2026 e febbraio 2026, il cui valore massimo alla stazione GNSS di RITE è stato pari a circa 7 cm. Il pattern spaziale del dato osservato continua a presentare una anti-correlazione con il campo dei movimenti verticali nella zona centrale della caldera, dove si individuano i valori negativi (Δg) più bassi, mentre persiste, anche se con minore evidenza rispetto alle campagne precedenti, l'anomalia per effetto del deficit del sollevamento nella zona di Accademia. Le stazioni periferiche, mostrano variazioni prossime all'errore statistico. In Figura 2.4.3 è mostrato invece il campo dei residui gravimetrici (Δgr) ottenuto sottraendo ai Δg osservati nei diversi vertici le rispettive variazioni di gravità dovute al

sollevamento del suolo, nel periodo considerato, pervenendo così alle variazioni di gravità indicative di possibili variazioni di massa e/o densità nel sottosuolo. Il valore di Free-Air gradient (FAG) utilizzato per modellare l'effetto dovuto al sollevamento del suolo e il conseguente calcolo dei residui gravimetrici è quello ottenuto da Berrino et al., (1992) per i Campi Flegrei, pari a -289 µGal/m. Permangono variazioni del campo gravimetrico negative minori di -20µGal, nell'area tra Solfatara e Pisciarelli.

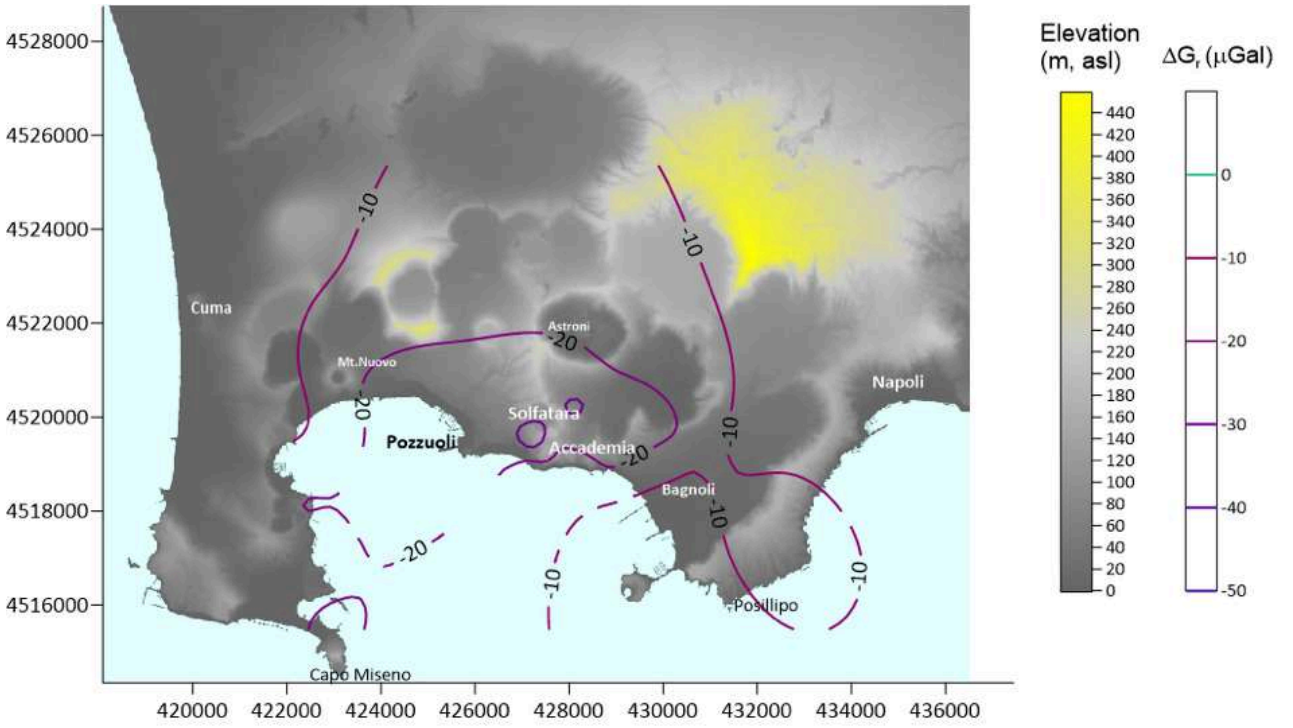


Figura 2.4.2 *- Differenze di gravità ottenute tra le campagne gravimetriche ottobre 2026 e febbraio 2026. I valori osservati non sono corretti per il contributo del sollevamento. Valori anti-correlati rispetto alla zona di sollevamento (intorno ai – 20, -30 µGal) si individuano nel settore centrale nella zona di Solfatara*

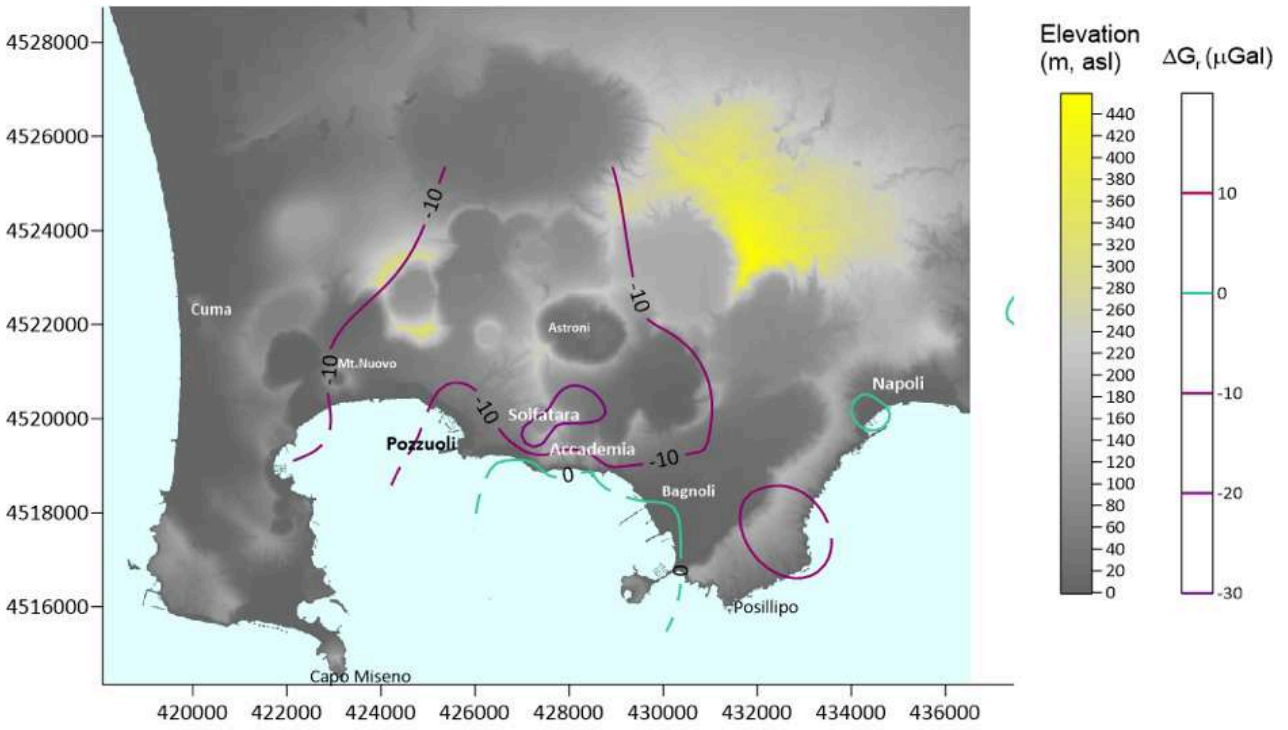


Figura 2.4.3. *- Residui di gravità (Δgr) ottenuti dalla mappa precedente, eliminando il contributo dovuto al sollevamento della caldera (FAG). Persistono valori negativi in tutto il settore centrale della caldera fino a variazioni minime di oltre -20 μGal nell'area della Solfatara.*

In Figura 2.4.4 sono riportate invece le serie temporali gravimetriche acquisite dal 2015 e aggiornate a ottobre 2026. Questo intervallo temporale è stato scelto sulla base del numero stabile di stazioni con serie continue di variazioni di gravità. Dal 2015, inoltre, sono disponibili, in collaborazione con il CNR-IREA, le serie temporali DInSAR (satellite Sentinel-1) degli spostamenti verticali alle stazioni gravimetriche. Le serie temporali residue, aggiornate, mostrano un trend di lungo termine lievemente positivo nelle stazioni centrali della caldera (Figura 2.4.4). Le variazioni massime osservate sono dell'ordine di +70 μGal ±15 (come ad esempio riportato in Solfatara) e si attenuano fino a diventare quasi nulle alle stazioni più periferiche al di fuori della caldera (vedi es. Napoli Palazzo Reale).

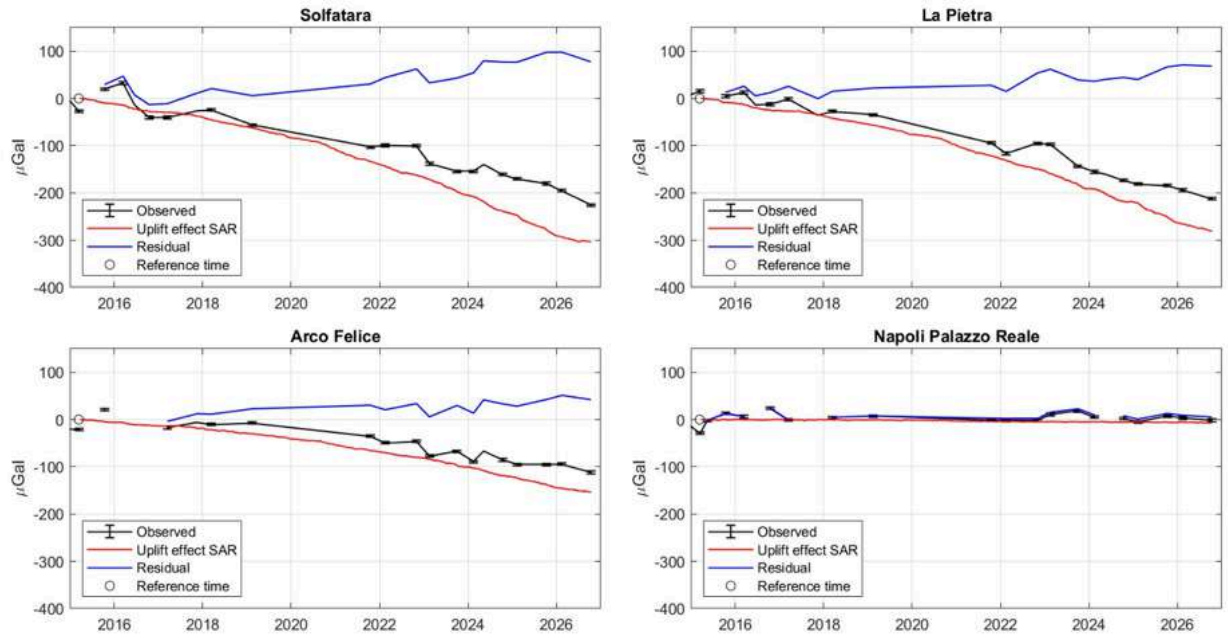


Figura 2.4.4. *– Serie temporali dei residui di gravità (Δgr, linea blu) dal 2015 a ottobre. Sono riportate anche le serie gravimetriche osservate (linea nera) e l'effetto del sollevamento sulla gravità dal dato SAR.*

2.4 Gravimetria relativa (misure in continuo)

A partire dal 29/6/2026, un problema tecnico ha causato l'interruzione della serie temporale del gravimetro gPhoneX#116 installato ad Astroni, e tuttora i dati non sono acquisiti. In attesa del ripristino della stazione di Astroni, si riportano le serie temporali della stazione gravimetrica, installata presso il parco archeologico di Rione Terra, nell'ambito di una cooperazione scientifica con l'Università di Strasburgo. La stazione è equipaggiata con un gravimetro superconduttore (iGrav#029) e il processamento riflette in maniera speculare quanto si applica per il gravimetro di Astroni (Casolaro et al., 2026).

Nella Figura 2.4.5a si riporta la serie osservata dal gravimetro nel periodo 29/9-29/10/2026, in cui si osservano gli effetti mareali, dominanti in ampiezza, e di alcuni terremoti relativi alla sequenza sismica occorsa nel Mar Tirreno (Mmax= 5.5 Mw). Una volta rimossi questi contributi, si ottiene la serie residua (Figura 2.4.5b), che mostra variazioni limitate entro i ±2 μGal

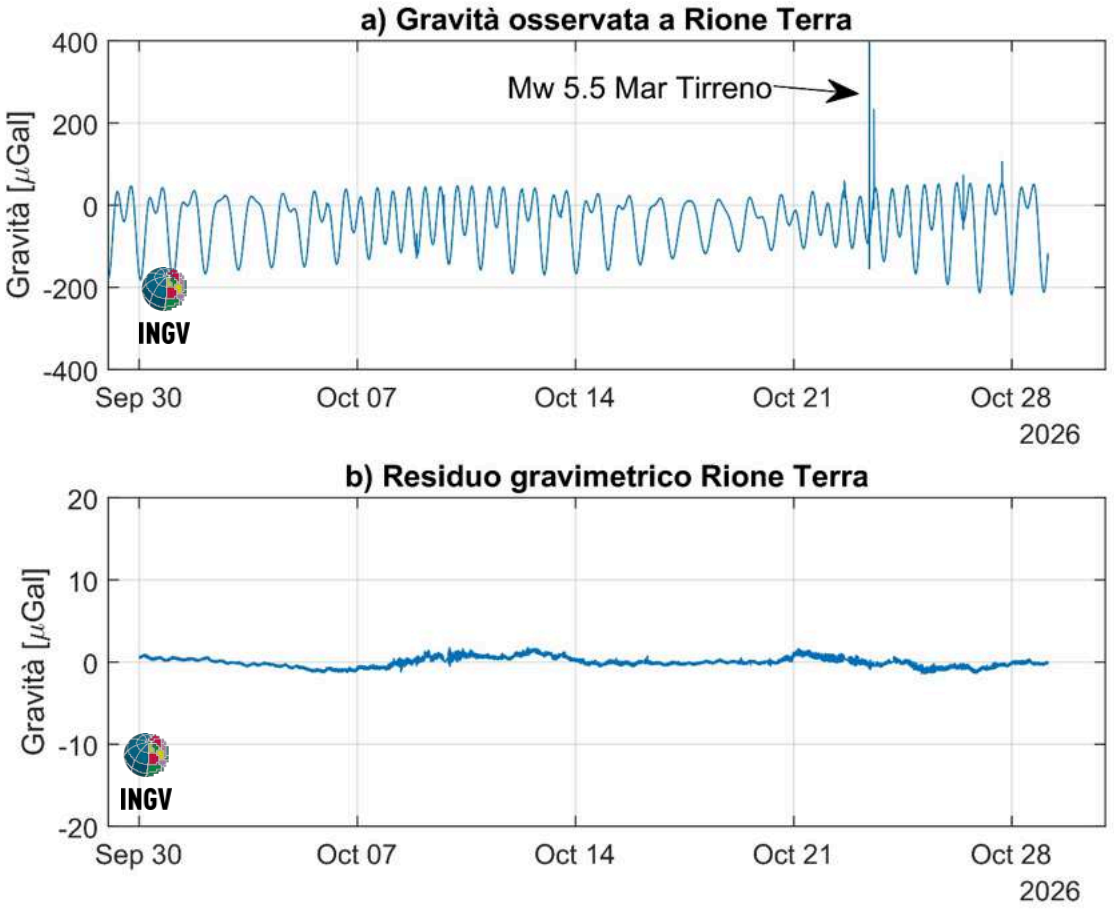


Figura 2.4.5 - *a: serie temporale (risoluzione temporale 1 minuto) raw registrata dal gravimetro iGrav a Rione Terra. Si osserva il contributo dominante delle maree. b: serie residua di gravità.*

2.5 Dilatometria

La rete dilatometrica installata ai Campi Flegrei consta di 4 siti d'acquisizione (Figura 2.5.1), equipaggiati con dilatometri Sacks-Evertson installati a partire dal 2004 grazie al progetto DINEV (siti Quarto, Monterusciello e Rione Toiano) e VULCAMED (sito Pozzuoli), in collaborazione con il gruppo di ricerca della Carnegie Institution of Washington DC (USA). Nel mese di maggio è stato ripristinato il funzionamento del dilatometro sito a Monterusciello (MRUS in figura 2.5.1), tramite l'utilizzo di una sistema combinato SOC-box + Affinity datalogger. Il dilatometro di Quarto è in acquisizione tramite il proprio datalogger SHOE-box. Gli altri 2 dilatometri saranno ripristinati a breve nell'ambito delle attività di riorganizzazione della rete Dilatometrica.

I dilatometri di Sacks-Evertson hanno precisioni nominali dell'ordine di 10^{-12}, rispetto ad ampi intervalli di frequenze (da 10^{-7} fino a 10^{2} Hz), e sono caratterizzati da un'elevata dinamica (140 dB). Tali strumenti sono installati in pozzi di profondità compresa tra 120 e 180 m per minimizzare l'effetto sui segnali acquisiti delle variazioni termiche in superficie e delle attività antropiche. Essi misurano le variazioni del campo di strain locale: il dato così acquisito è espresso come una grandezza adimensionale e rappresenta la variazione relativa della dimensione del volume monitorato.

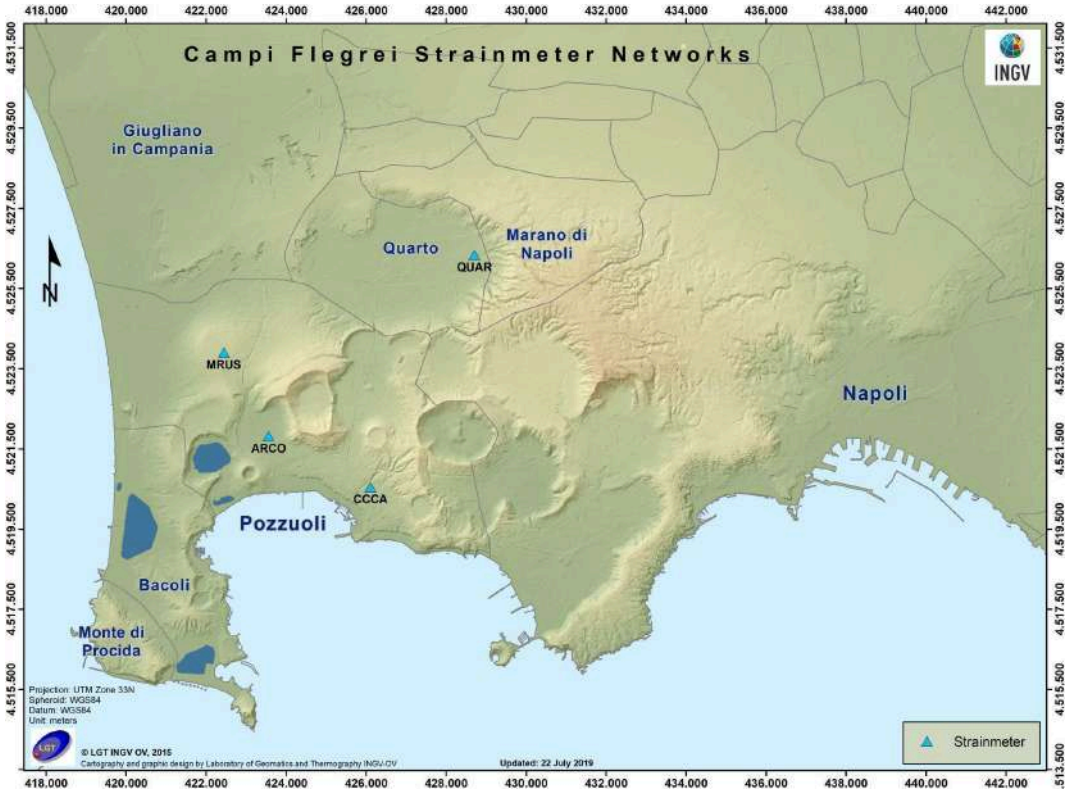


Figura 2.5.1 *– Rete Dilatometrica dei Campi Flegrei*

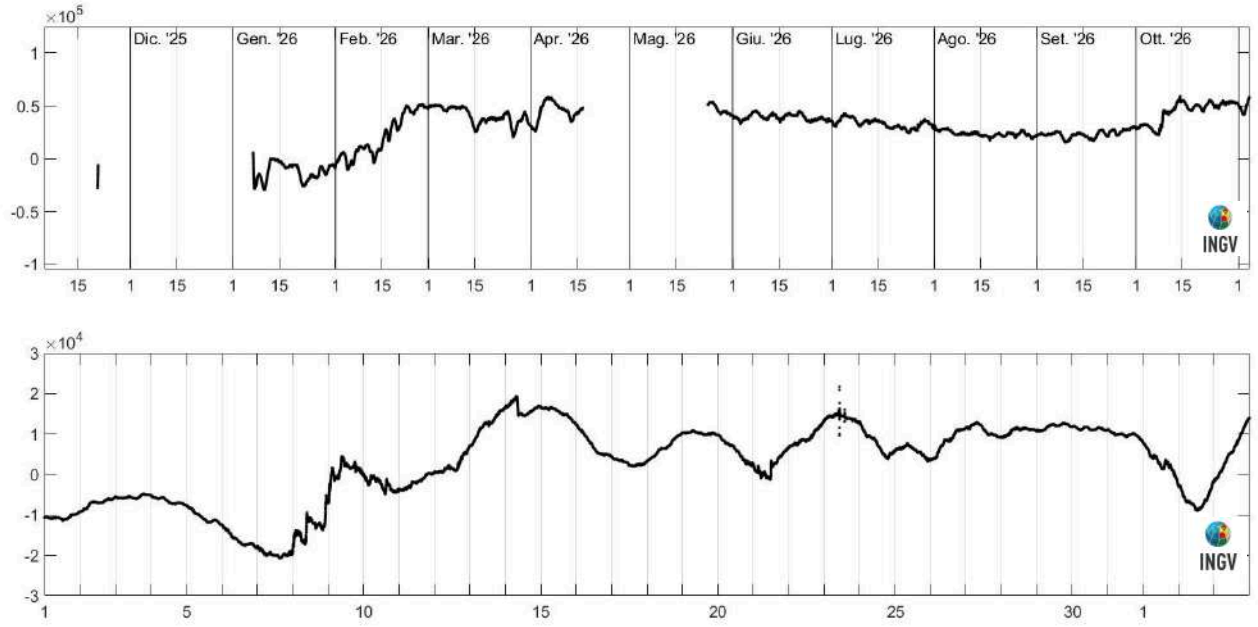


Figura 2.5.2 *- Strain registrato dalla stazione dilatometrica di Quarto. In alto è mostrato lo strain registrato nell'ultimo anno, dalle 00:00 UTC del 04/11/2025 alle 24:00 UTC del 3/11/2026. In basso, i dati di strain disponibili nell'ultimo periodo, dalle 00:00 UTC del 01/10/2026 alle 24:00 UTC del 3/11/2026.*

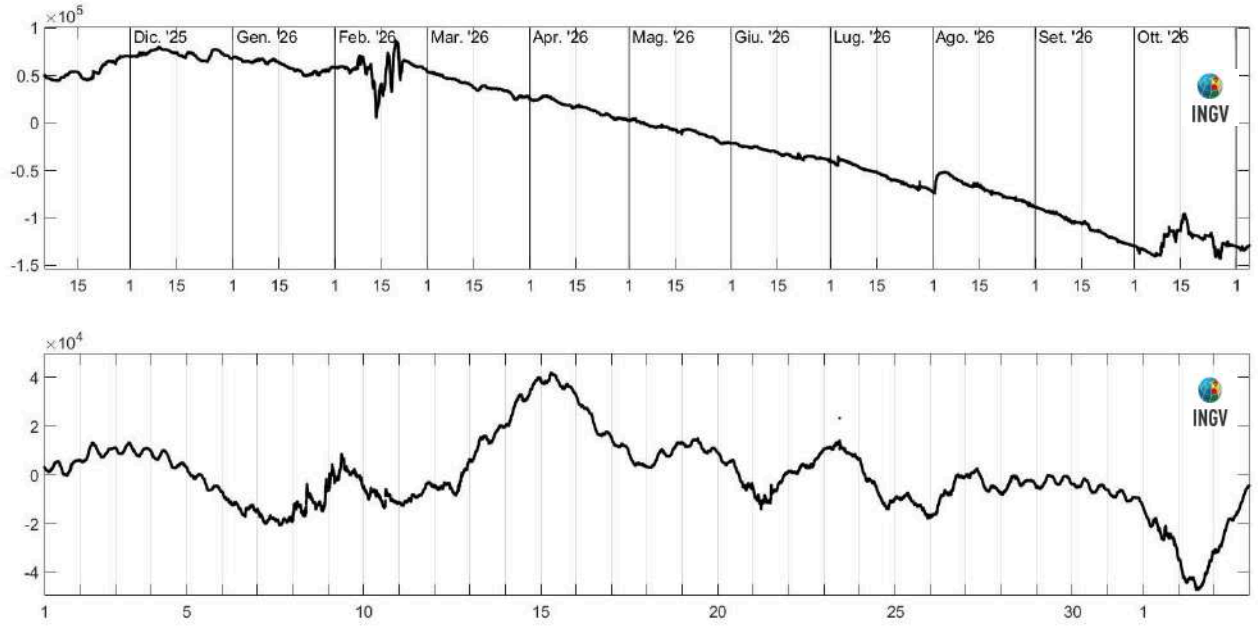


Figura 2.5.3 *- Strain registrato dalla stazione dilatometrica di Monterusciello. In alto è mostrato lo strain registrato nell'ultimo anno, dalle 00:00 UTC del 04/11/2025 alle 24:00 UTC del giorno 3/11/2026. In basso, i dati di strain disponibili nell'ultimo periodo, dalle 00:00 UTC del 01/10/2026 alle 24:00 del 03/11/2026.*

Non si registrano variazioni significative nel dato dilatometrico di entrambe le stazioni.

3. MONITORAGGIO TERMICO AD IMMAGINE

3.1 Rete Permanente Monitoraggio Termico ad Immagine

La stazione SF2 della Rete Permanente di Monitoraggio Termico dei Campi Flegrei (TIRNet) acquisisce immagini notturne all'infrarosso termico con risoluzione 640x480 pixel del settore settentrionale del versante interno del cratere della Solfatara, mentre la stazione PS1 acquisisce immagini della parte alta del versante ad ovest della fumarola principale in località Pisciarelli (Fig. 3.1.1; Sansivero & Vilardo, 2024).

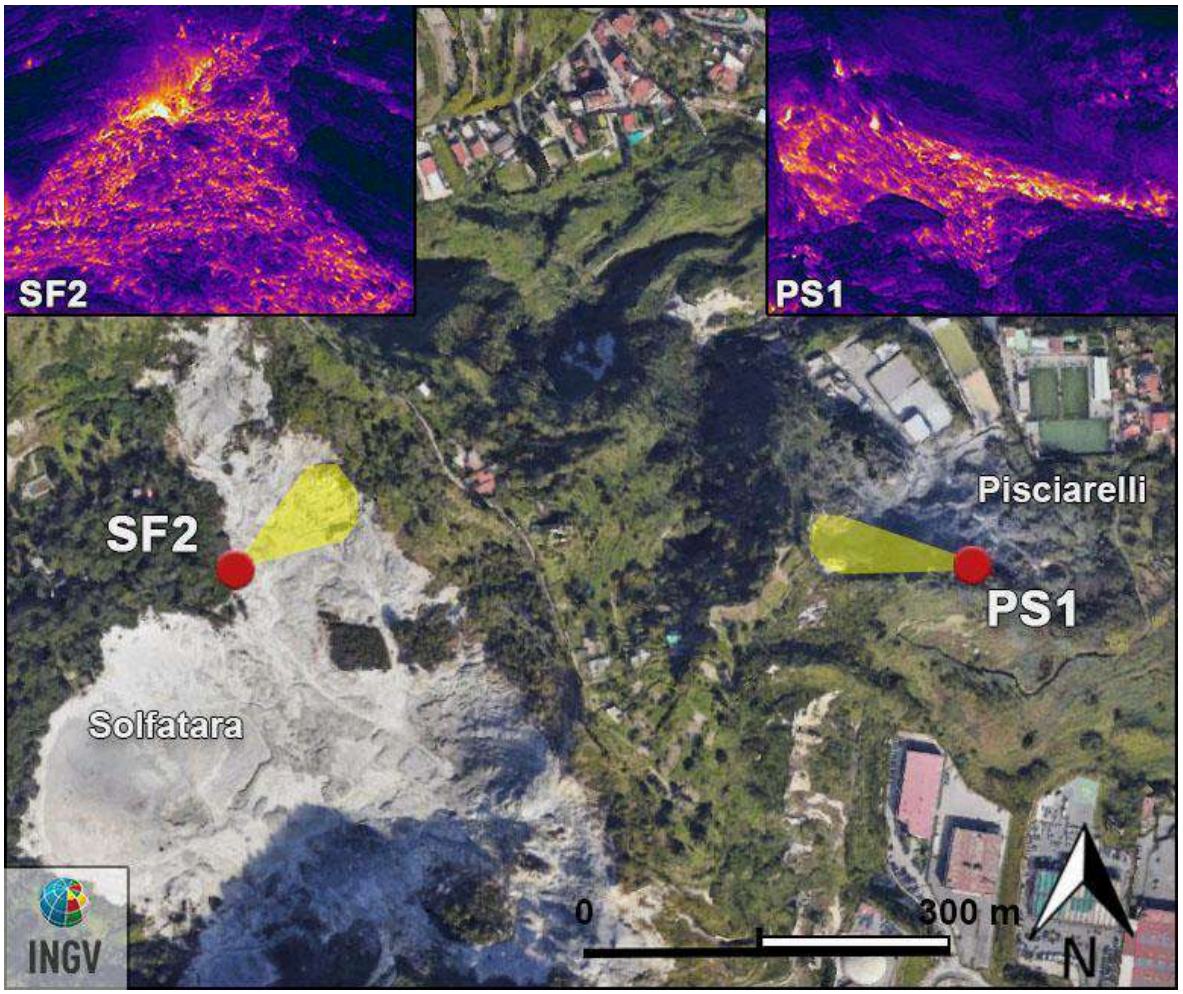


Figura 3.1.1 *- Mappa della Rete Permanente di Monitoraggio Termico ad immagine (TIRNet) con l'ubicazione delle stazioni SF2 e PS1. Pallini rossi: indicano i punti di ripresa; aree gialle: indicano schematicamente le aree acquisite.*

Le figure seguenti mostrano l'elaborazione delle serie temporali dei valori di temperatura massima delle immagini IR acquisite dalle stazioni SF2 (Fig. 3.1.2) e PS1 (Fig. 3.1.3), processati con metodologia di rimozione della stagionalità basata sull'algoritmo di destagionalizzazione analitica STL (Seasonal Trend Decomposition; Sansivero et al., 2025; Sansivero & Vilardo, 2024). I trend a lungo termine sono ottenuti applicando un fitting LOESS di 2° alle temperature massime destagionalizzate con STL.

I valori di temperatura massima al suolo rilevati dalla **stazione SF2** (Fig. 3.1.2) mostrano un incremento (circa 5 °C), con forti oscillazioni, nella seconda metà del mese di ottobre. Il trend a lungo termine (in rosso) conferma tale aumento.

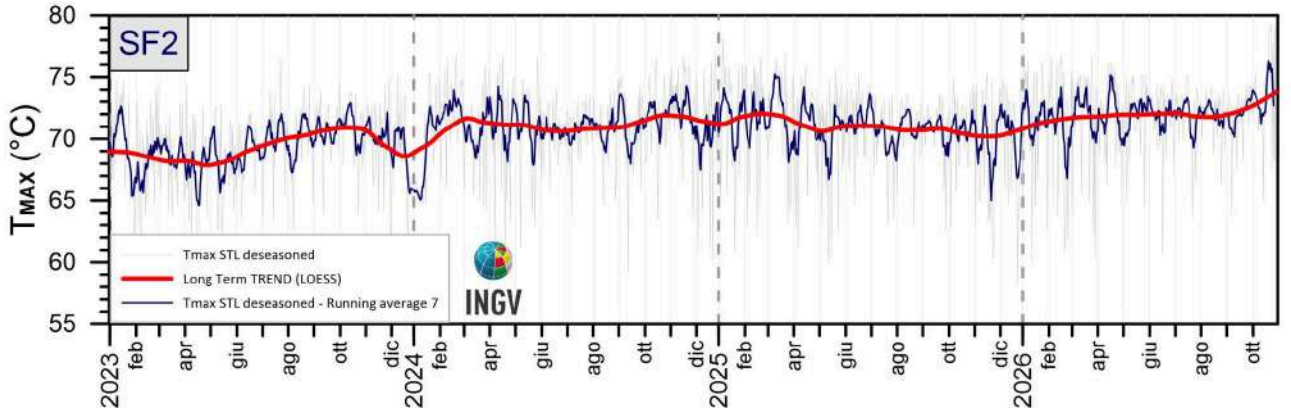


Figura 3.1.2 *- Stazione SF2: Serie temporali dei valori di temperatura massima giornaliera rilevata nelle immagini IR, destagionalizzate mediante applicazione dell'algoritmo STL [medie settimanali (blu); trend a lungo termine (rosso)]. Il trend a lungo termine è ottenuto applicando un fitting LOESS di 2° alle temperature massime destagionalizzate.*

La **stazione PS1** (Fig. 3.1.3) nel corso del mese di ottobre 2026 evidenzia sensibili oscillazioni dei valori delle temperature massime superficiali (±10°C) intorno ad un valore medio superiore di circa 5°C rispetto ai valori medi dei mesi precedenti. Il trend a lungo termine, ottenuto con fitting LOESS di 2°(in rosso) evidenzia il lieve aumento.

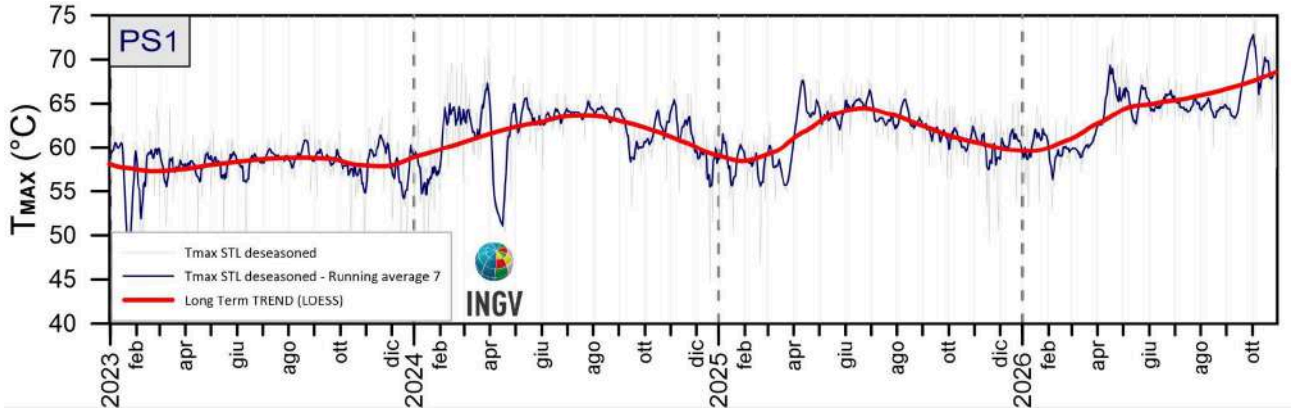


Figura 3.1.3 *- Stazione PS1. Serie temporali dei valori di temperatura massima giornaliera rilevata nelle immagini IR destagionalizzate mediante applicazione dell'algoritmo STL [medie settimanali (blu); trend a lungo termine (rosso)]. Il trend a lungo termine è ottenuto applicando un fitting LOESS di 2° alle temperature massime destagionalizzate.*

Il Trend a lungo termine (ottobre 2007 – ottobre 2026) delle temperature massime superficiali rilevate dalle immagini IR acquisite alla **stazione PS1**, ottenuto mediante applicazione dell'algoritmo STL (Fig. 3.1.4), mostra valori lievemente in aumento.



Figura 3.1.4 *- Stazione PS1: Trend a lungo termine dei valori di temperatura massima rilevati nelle immagini IR ottenuto mediante applicazione dell'algoritmo STL.*

3.2 Monitoraggio Termico con Termocamera Mobile, Termocoppia e Drone

La sorveglianza vulcanica tramite Telecamere Termiche Mobili (TTM) e termocoppie rigide ha come principale obiettivo l'individuazione di eventuali variazioni 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 ÷ +30 °C). La termocoppia utilizzata è di tipo K, con errore strumentale di circa 0.1°C nell'intervallo -200÷1260 °C. Le misure ottenute con la termocamera sono confrontate, quando possibile, con quelle eseguite con termocoppia rigida.

Da dicembre 2020 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 aprile 2019, 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 ±5 °C. Da dicembre 2025 si utilizza anche una Zenmuse H30T della DJI a più alta risoluzione (1280x1024 pixel) e sensibilità di 0.05 °C.

Ubicazione dei punti di misura ai Campi Flegrei

Le aree e i punti in cui sono effettuate le misure termiche nella caldera dei Campi Flegrei sono distribuite in varie zone del fondo della caldera (Fig. 3.2.1).

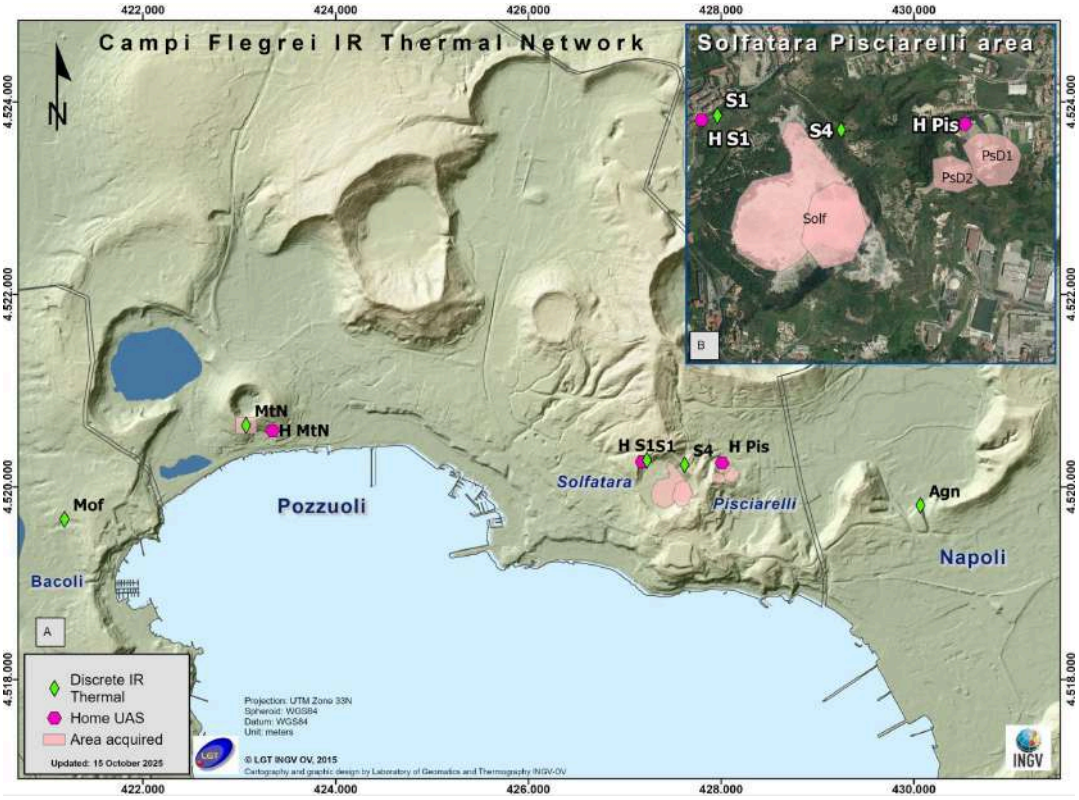


Figura 3.2.1 *– Ubicazione dei punti di misura e dei settori indagati ai Campi Flegrei. I rombi verdi indicano i punti stazione in cui sono stati effettuati rilievi termici con termocoppia rigida e telecamera termica. In rosa sono evidenziate le aree riprese da termocamera a mano o da drone, mentre gli esagoni fucsia indicano la Home da cui il drone decolla e atterra. Il riquadro B offre una visione dettagliata dei punti di misura nelle aree de La Solfatara e di Pisciarelli.*

Di seguito, i dati e le osservazioni relative al mese in esame per tre siti: Pisciarelli, Solfatara e Monte Nuovo (Fig. 3.2.1).

Pisciarelli

A Pisciarelli l'allargamento dell'area della polla è aumentato al punto da impedire l'accesso a tutti i siti di misura (Fig. 3.2.1B). Di conseguenza, il rispetto delle procedure di sicurezza non ha consentito di effettuare le misure strumentali dirette nell'area più prossima alla polla. Pertanto dal mese di aprile 2019 i rilievi sono effettuati prevalentemente con l'ausilio di un drone.

La fotocomposizione termica, come mostrato nei bollettini dei mesi precedenti, evidenzia due aree con maggiore anomalia termica, denominate PsD1 e PsD2. L'area PsD2 include il versante rilevato dalla telecamera termica fissa TIMNet dell'Osservatorio Vesuviano. I valori di temperatura massima rilevati non presentano variazioni significative rispetto ai mesi precedenti (Fig. 3.2.2b).

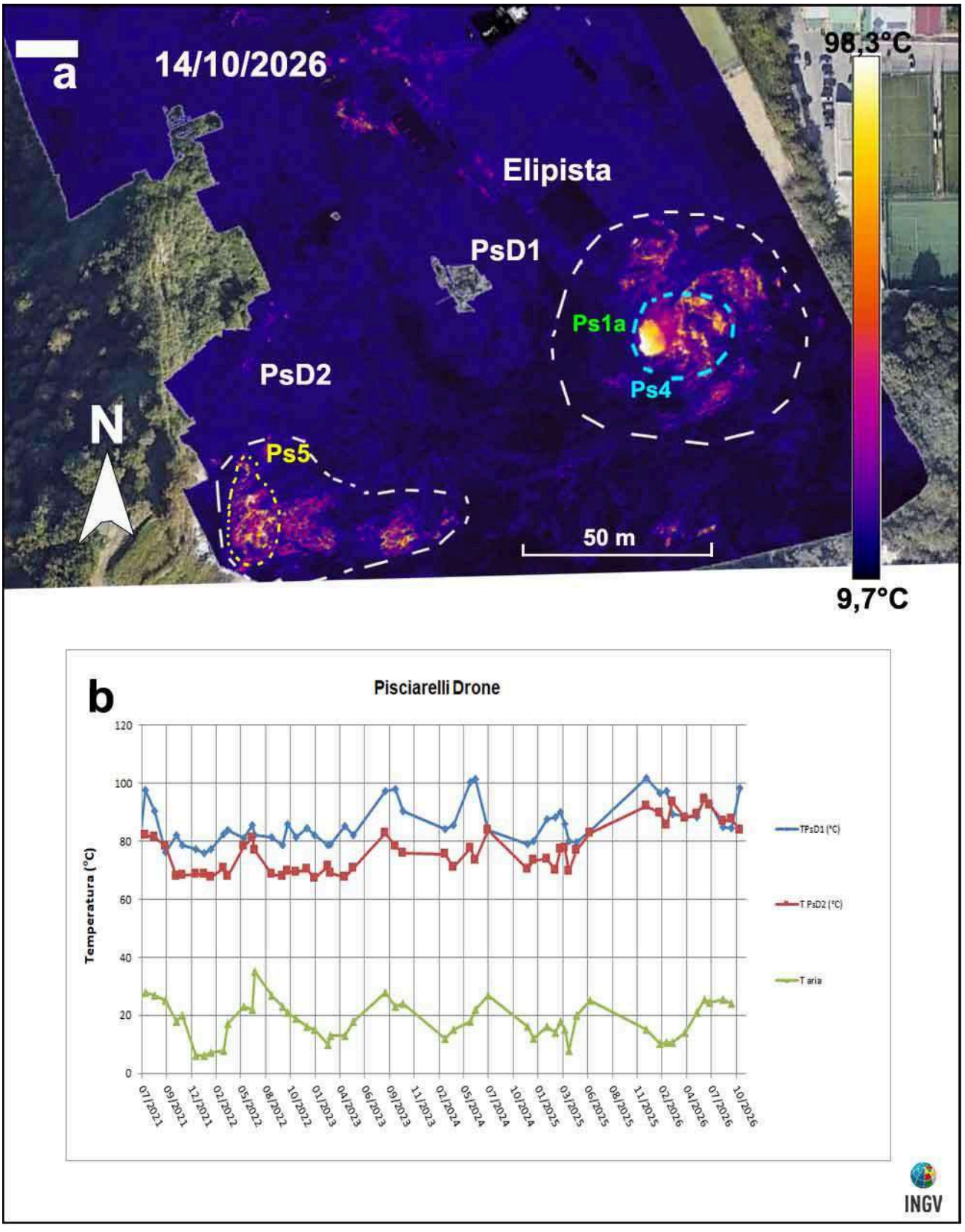


Figura 3.2.2 *– Fotocomposizione di immagini termiche rilevate da drone nel mese di ottobre 2026 (a) e valori massimi di temperatura (T) delle aree a maggiore anomalia termica (PsD1 e PsD2), confrontati con la temperatura dell'aria misurata nel momento del rilievo termico, da luglio 2021 ad ottobre 2026 (b).*

Monte Nuovo

I valori di temperatura rilevati con telecamera termica e termocoppia rigida, lungo il versante meridionale dell'edificio di Monte Nuovo (MtN, Fig. 3.2.1), sono piuttosto stabili, a meno di variazioni stagionali (Fig. 3.2.3c).

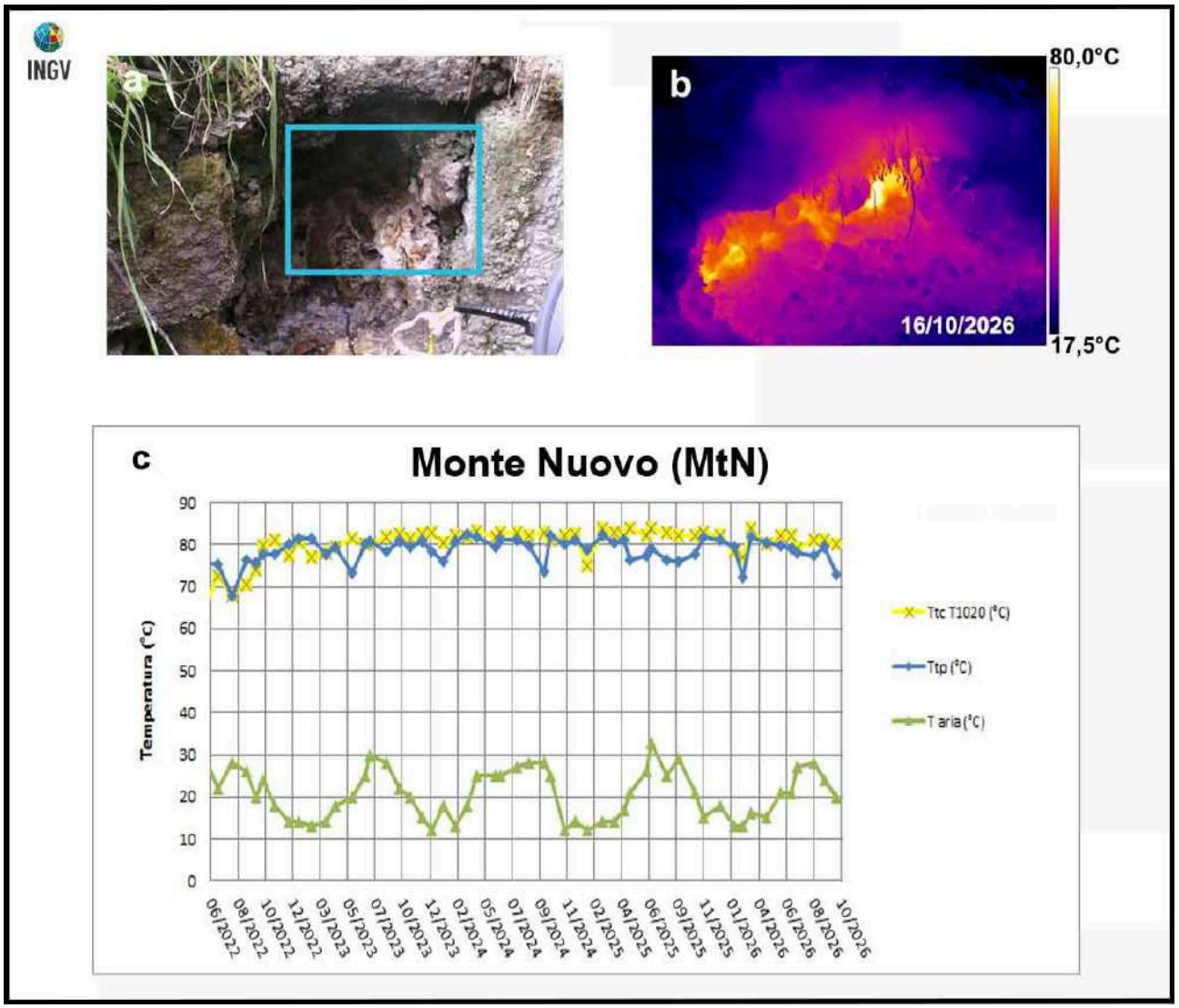


Figura 3.2.3 *– Fumarola lungo il versante meridionale di Monte Nuovo. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto MTN di Figura 3.2.1; il riquadro azzurro in (a) indica l'area inquadrata nella termografia. Il grafico (c) riporta la serie temporale (giugno 2022 – ottobre 2026) dei valori massimi di temperatura con termocamera FLIR T1020 (TtcT1020) e con termocoppia (Ttp), confrontati con la temperatura dell'aria (Taria) misurata nel momento del rilievo termico.*

Solfatara

La Figura 3.2.4 riporta una fotocomposizione termica del cratere de La Solfatara acquisite tramite drone (Solf, Fig. 3.2.1). I rilievi sono stati condotti a una quota costante di 55 m dal suolo, garantendo una risoluzione spaziale (GSD) di circa 10,4 cm/pixel.

Nel mese di ottobre, si segnala una temperatura massima nell'area Bocca Nuova e Bocca Grande di 150,8°C, in linea con l'andamento dei mesi precedenti.

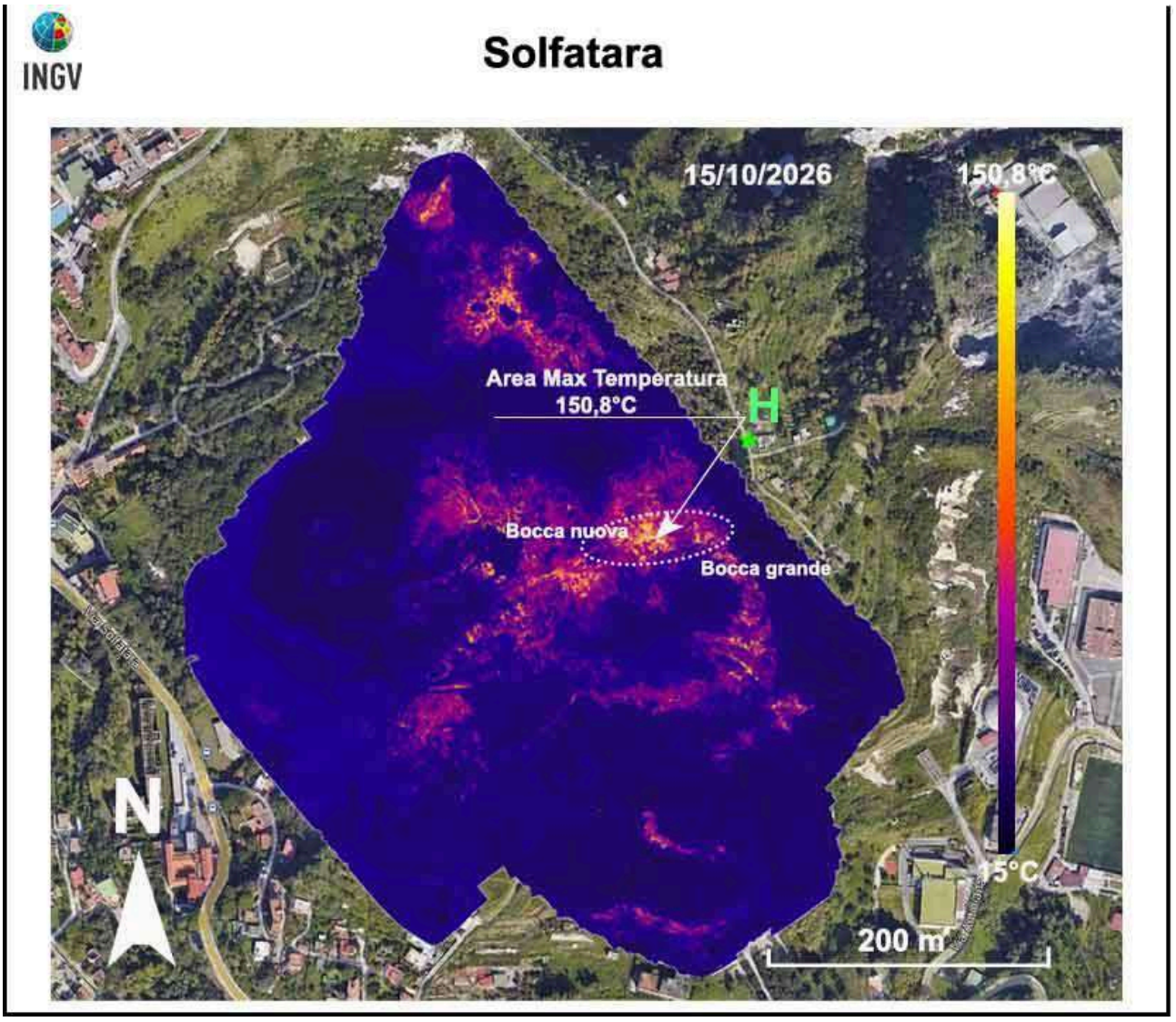


Figura 3.2.4 *– Fotocomposizione di immagini termiche rilevate da drone nel mese di ottobre 2026 su La Solfatara (Solf in figura 3.2.1.B). H* indica il sito di decollo e di atterraggio del drone corrispondente al punto S1 di Fig.3.2.1.B.*

4. GEOCHIMICA DEI FLUIDI

L'attività di monitoraggio svolta nel mese di ottobre 2026 ai Campi Flegrei (Fig. 4.1) ha riguardato:

- l'acquisizione in continuo del flusso di CO_2 dal suolo, della temperatura della fumarola BG e del gradiente termico nel cratere della Solfatara (stazioni multiparametriche V03, V11, V202, e GTS1); la misura della concentrazione in aria di CO_2, H_2S, SO_2, H_2O tramite tre stazioni multigas (MG1, MG2, MG3).
- l'acquisizione in continuo dei dati di flusso di CO_2 dal suolo e della temperatura della fumarola tramite la stazione multiparametrica FLXOV8 e la stazione V07 installate a Pisciarelli;
- il campionamento delle fumarole principali Bocca Grande e Bocca Nuova nel cratere della Solfatara;
- misure di flusso di CO_2 dal suolo e temperatura del suolo su punti fissi selezionati nell'area della Solfatara e di Pisciarelli.

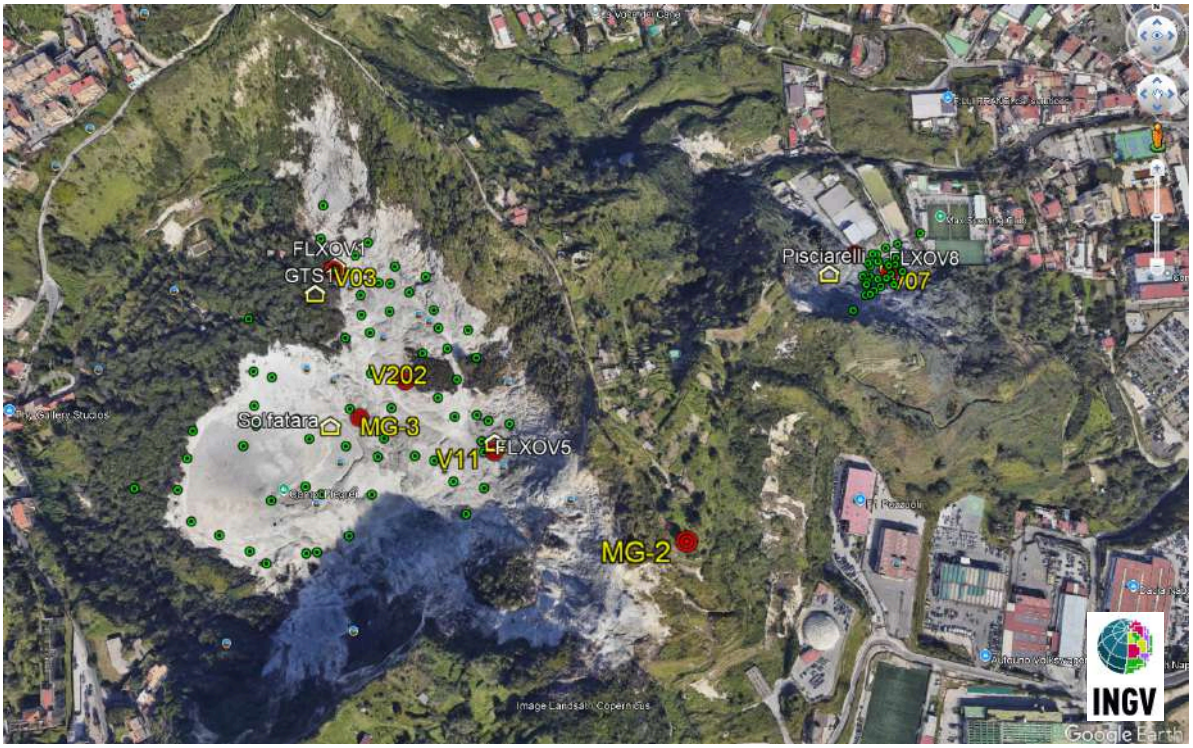


Figura 4.1 *- Ubicazione delle stazioni della rete geochimica ai Campi Flegrei e dei siti dove sono eseguite le attività di monitoraggio geochimico. Sono riportate:i) la stazione geochimica del tipo GEMMA (FLXOV8); ii) le nuove stazioni multiparametriche (V03, V07, V11, V202); iii) e le tre nuove stazioni per le misure multigas (CO_2, H_2S, SO_2, H_2O) e del vento con un sensore 3D sonico, ubicate in area Solfatara-Pisciarelli tutt'ora in fase di test; iv) le principali fumarole della Solfatara (BG e BN) e di Pisciarelli. Sono inoltre riportati i punti fissi per la misura del flusso di CO_2 dal suolo e della temperatura del suolo in area Solfatara (simboli verdi) e in area Pisciarelli (simboli verdi).*

Di seguito sono riportate le osservazioni più rilevanti sui dati acquisiti nel periodo in esame.
Una dettagliata descrizione del modello geochimico interpretativo del sistema idrotermale della Solfatara, delle variazioni composizionali registrate e delle possibili interpretazioni sono riportate nei seguenti lavori scientifici: Caliro et al., (2007, 2014, 2025); Chiodini (2009); Chiodini et al., (2010, 2011, 2012, 2015a, b, 2016, 2021), ai quali si rimanda per approfondimento.

Le analisi di laboratorio dei campioni prelevati evidenziano il perdurare dei trend di riscaldamento e pressurizzazione del sistema idrotermale già identificati in precedenza (vedi Bollettini di Sorveglianza precedenti; Figg. 4.2 - 4.6).
Il rapporto CO_2/H_2O delle fumarole (Fig. 4.2) nei campioni di ottobre 2026 mostra una lieve diminuzione pur rimanendo su valori elevati (~0.44 per la fumarola BG e ~0.46 per la fumarola BN), che in generale testimoniano una elevata frazione di gas magmatici presente nei fluidi fumarolici (Caliro et al., 2007; Chiodini et al., 2010).
In particolare, l'interpretazione di queste variazioni risulta più complessa alla luce degli studi che mettono in evidenza come possibili processi di condensazione del vapore nel sistema idrotermale, in risposta ad un aumento del flusso dei fluidi magmatici (e della pressione) e allo stato termico del sistema, possano influenzare il rapporto CO_2/H_2O misurato alle fumarole (Chiodini et al., 2015a, 2016, 2021; Caliro et al., 2025). Inoltre, è possibile che una frazione della CO_2 emessa dalle fumarole sia prodotta, in seguito all'aumento di temperatura del sistema, da reazioni che coinvolgono la calcite di origine idrotermale presente nel sistema (Chiodini et al., 2015b; Buono et al., 2023).

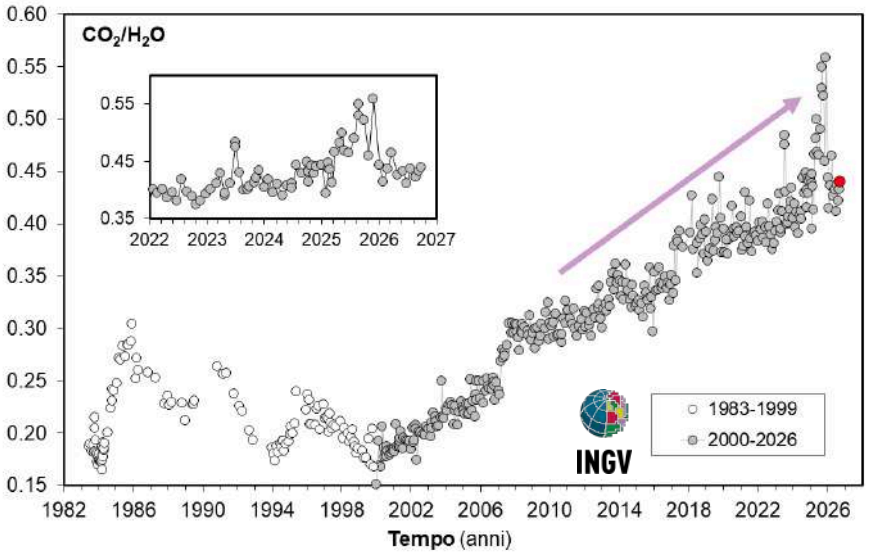


Figura 4.2 *- Cronogramma del rapporto CO_2/H_2O per la fumarola BG. In grigio sono riportati i dati a partire dal 2000, quando è iniziato un trend d'aumento del rapporto CO_2/H_2O, in generale, indicativo di una crescente frazione della componente magmatica nei fluidi fumarolici. Con il simbolo rosso è evidenziato il campione di ottobre 2026. Nel riquadro un dettaglio dal 2022.*

L'analisi di geoindicatori di Temperatura e Pressione, basati sulle composizioni delle fumarole BG e BN, indica il progressivo riscaldamento e pressurizzazione delle parti più superficiali del sistema idrotermale della Solfatara. In particolare, i valori di concentrazione di monossido di carbonio (CO), disponibili alla Solfatara di Pozzuoli fin dalla crisi del 1983-84, mostrano a partire dagli inizi degli anni 2000 un evidente trend di crescita, particolarmente marcato dai campioni del 2018-2022. Questo incremento ha raggiunto un massimo nel luglio 2020, seguito da una fase di diminuzione fino ai primi mesi del 2022, quando inizia un nuovo aumento (fumarola BG, Fig. 4.3). I campioni degli ultimi mesi confermano il trend di aumento delle concentrazioni di CO. Tale variazione è rilevante poiché il CO è fra le specie fumaroliche analizzate quella più sensibile alla temperatura. Assumendo come buffer delle condizioni redox del sistema idrotermale la funzione di (DP) D'Amore and Panichi (1980), che in generale ben descrive la f_{O2} in molti sistemi idrotermali del mondo, il trend del CO corrisponderebbe a un aumento di temperatura di circa 40 °C dagli inizi

degli anni 2000 (T circa 215 °C) a oggi (T circa 255 °C), raggiungendo un massimo (T ~ 263 °C) nel 2018 (Fig. 4.4). In particolare, i campioni del mese di ottobre 2026 evidenziano variazioni della concentrazione di CO e della temperatura stimata (~255 °C), in accordo con il suddetto trend d'aumento di lungo termine.
Il processo di riscaldamento del sistema flegreo e le possibili cause sono trattate nei lavori scientifici di Chiodini et al. (2015a; 2016; 2021) a cui si rimanda per approfondimento.

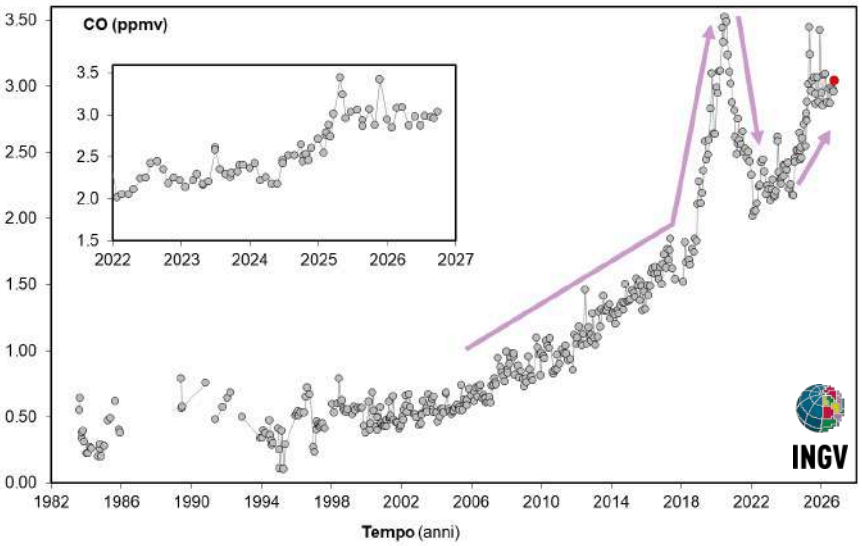


Figura 4.3 *– Variazioni della concentrazione di monossido di carbonio (CO) misurato alla fumarola BG a partire dal 1983. Con il simbolo rosso è evidenziato il campione di ottobre 2026. In generale alti contenuti di CO caratterizzano sistemi vulcanici a elevata temperatura, mentre fumarole alimentate da sistemi idrotermali mostrano concentrazioni più basse, in tali sistemi un aumento delle concentrazioni di CO può riflettere un incremento delle condizioni di pressione e temperatura. Nel riquadro un dettaglio dal 2022.*

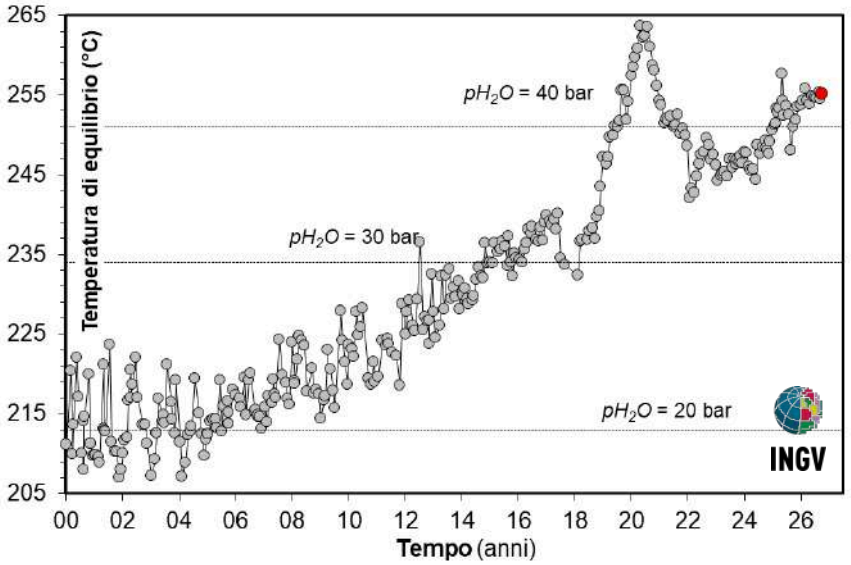


Figura 4.4 *– Cronogramma delle temperature di equilibrio per il sistema CO-CO_2, relativo alla fumarola BG, stimate assumendo condizioni redox fissate dalla relazione di D'Amore and Panichi (1980). Tali temperature, rappresentative della parte più superficiale del sistema idrotermale (Caliro et al., 2007), mostrano un trend in aumento a partire dai primi anni del 2000. Con il simbolo rosso è evidenziato il campione di ottobre 2026 .*

Contemporaneamente all'aumento di temperatura descritto, dal 2018 viene rilevato anche un aumento del rapporto H_2S/CO_2 (Fig. 4.5). In particolare nel diagramma sono riportati i rapporti di concentrazione misurati (simboli grigi), e quelli calcolati in condizioni di equilibrio con la pirite alle temperature e condizioni redox riportate in Figura 4.4 (vedi Caliro et al., 2025). La figura evidenzia una forte similitudine dei valori misurati e calcolati sin dalla fine della fase bradisismica degli anni '80 (non nel diagramma). Tale similitudine suggerisce che per circa 40 anni le concentrazioni dello zolfo sono state controllate da condizioni di equilibrio nella parte più superficiale del sistema. I due andamenti cominciano a mostrare un lieve scostamento a partire dal 2018, scostamento che diventa significativo a partire dal 2021 raggiungendo un massimo a ottobre 2022, per poi ritornare a valori di equilibrio a settembre 2024, seguiti da una nuova divergenza. Tale variazione è stata interpretata (Caliro et al., 2025) come compatibile con un processo di degassamento di un magma in risalita nella crosta terrestre, tra i 9 e i 6 km di profondità. Le concentrazioni di zolfo nei campioni degli ultimi mesi mostrano un nuovo ritorno verso condizioni di equilibrio idrotermale.

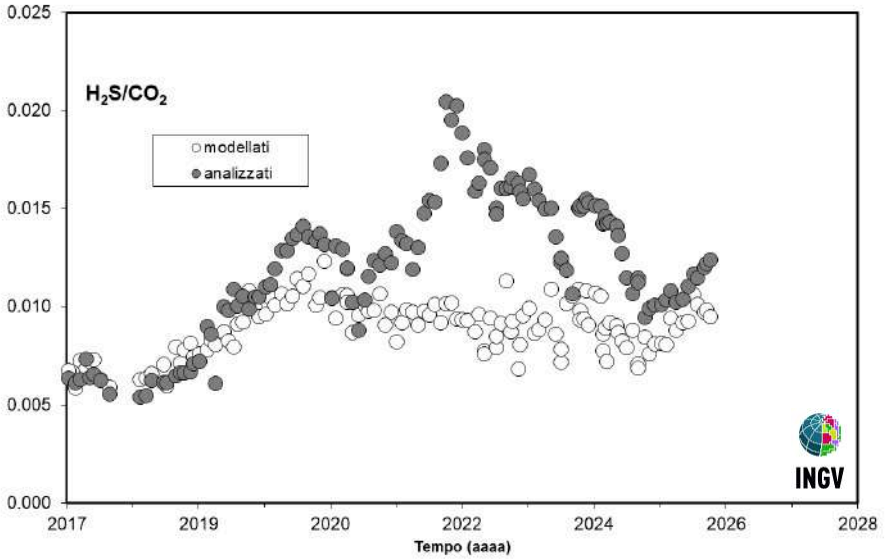


Figura 4.5 *- Cronogramma del rapporto H_2S/CO_2 per la fumarola BG a partire dal 2017. I simboli grigi rappresentano i valori misurati, mentre i simboli bianchi i valori di equilibrio con i minerali idrotermali presenti nella porzione superficiale del sistema (Caliro et al., 2025).*

Il cronogramma del rapporto CO_2/CH_4 (Fig. 4.6) mostra picchi interpretati come dovuti all'arrivo di fluidi magmatici ossidanti e a basso contenuto in CH_4 nel sistema idrotermale (Chiodini 2009; Chiodini et al., 2010, 2011, 2012). I vari picchi corrisponderebbero, quindi, a eventi di degassamento magmatico, avvenuti in precedenza, con conseguente immissione di fluidi magmatici nel sistema idrotermale che alimenta le fumarole della Solfatara. Per maggiori dettagli su tale processo si rimanda a specifici lavori scientifici (Chiodini et al., 2012, 2016). Inoltre, in Figura 4.6 è possibile riconoscere un generale trend d'aumento del rapporto a partire dal 2000, interrotto da fasi discendenti, con valori che hanno raggiunto i picchi massimi nel 2017, 2023 e nel settembre 2025.

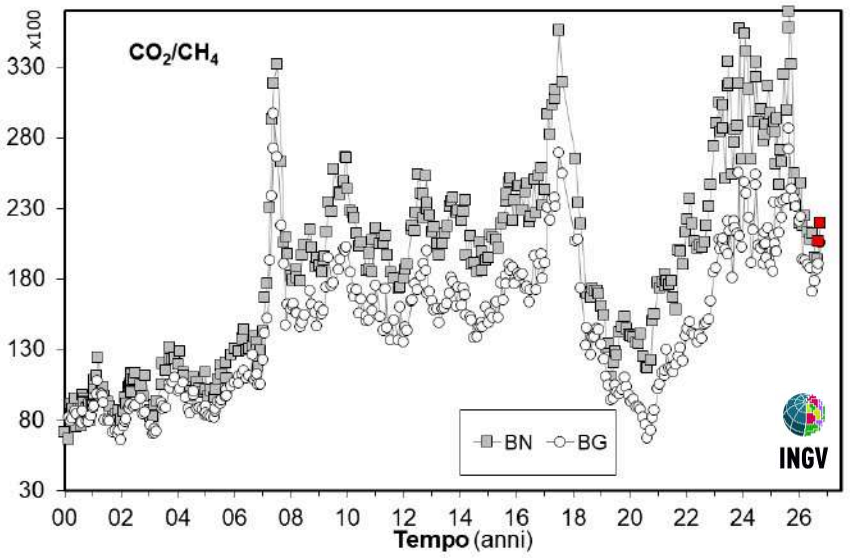


Figura 4.6 *– Variazioni del rapporto CO_2/CH_4 per le fumarole BG e BN a partire dal 2000. I picchi nel rapporto, registrati in superficie con circa un anno di ritardo, evidenziano episodi di degassamento magmatico avvenuti ai Campi Flegrei (Chiodini et al., 2012). Con il simbolo rosso sono evidenziati i campioni di ottobre 2026.*

In particolare, dalla fine del 2020 è iniziato un nuovo trend d'aumento del rapporto CO_2/CH_4, che continua fino a raggiungere un massimo nel dicembre 2023. Il basso valore del rapporto CO_2/CH_4 (i.e. elevate concentrazioni di CH_4) mostrato nel periodo 2018-2021, contemporaneamente all'aumento della concentrazione del monossido di carbonio e dell'idrogeno, ma in generale di tutte le specie di gas ridotte, evidenzia una variazione del comportamento del sistema idrotermale in risposta all'iniezione di fluidi magmatici, rispetto a quanto mostrato nei periodi precedenti. I fluidi emessi dal sistema idrotermale, nel periodo 2018-2021, mostrano caratteristiche più riducenti, che secondo le più recenti interpretazioni possono essere indotte da estesi processi di condensazione del vapore nella parte superficiale del sistema in risposta all'aumento delle condizioni di pressione e temperatura. Il rapporto CO_2/CH_4 mostra un massimo dei valori raggiunto tra dicembre 2023 e febbraio 2024, per poi diminuire. I campioni degli ultimi mesi mostrano un'ampia variabilità ma indicando in generale un trend in diminuzione.

Il processo di riscaldamento e pressurizzazione del sistema idrotermale è supportato dalle misure periodiche, su punti fissi nel cratere della Solfatara, del flusso di CO_2 dal suolo e della temperatura del suolo che mostrano trend di aumento pluriennali (Fig. 4.7). In particolare, i valori di flusso di CO_2 dal suolo relativi alle campagne mensili di misura, mostrano un andamento caratterizzato da una periodicità annuale, rientrando in un trend di aumento dei valori a partire dal 2006 (Fig. 4.7). Queste misure (~60 punti, Target area in Fig. 4.7a), sono state confrontate con i dati di flusso totale emesso dall'area di degassamento, misurato nelle campagne estese eseguite fino al 2016 (~400 misure per campagna, Chiodini et al., 2021). La correlazione tra i valori di flusso misurati nell'area target e l'area estesa, ha permesso di stimare un valore medio del flusso dell'intera area di degassamento in ~3200 t/d nel 2020 (Chiodini et al., 2021) e ~3500 t/d nel 2023, valori paragonabili al flusso medio di CO_2 nel *plume* di vulcani attivi a degassamento persistente.

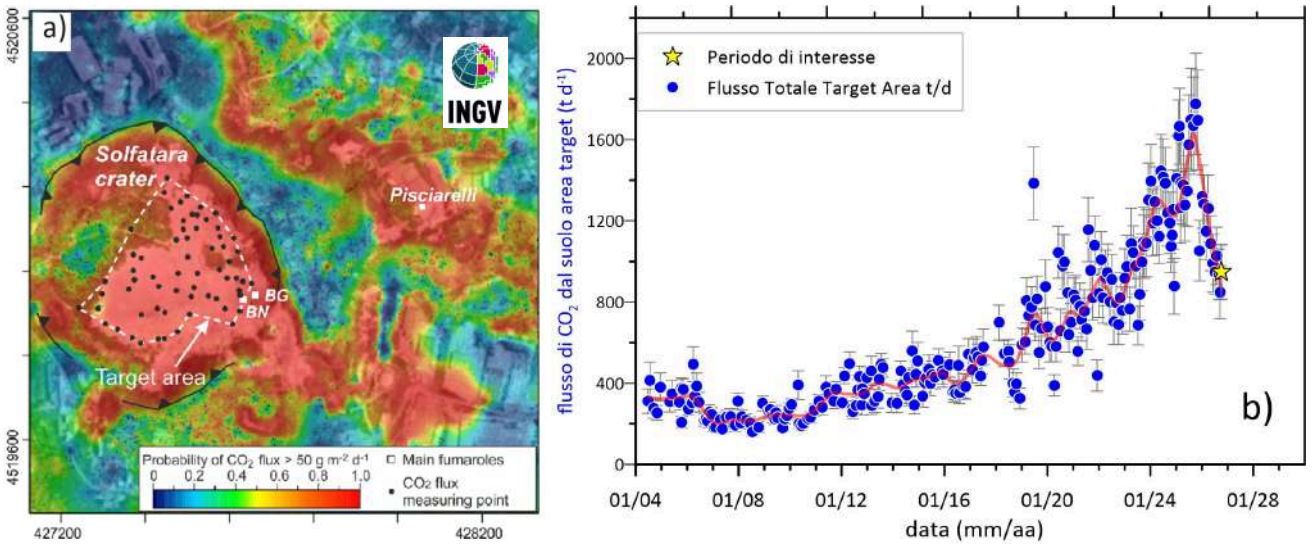


Figura 4.7 *– a) Mappa dell'area di degassamento diffuso della Solfatara-Pisciarelli (Cardellini et al., 2017), con l'ubicazione dell'area target; b) Cronogramma dei flussi di CO_2, i punti blu si riferiscono all'emissione dall'area target in tonnellate al giorno (td^{-1}) calcolata con il codice sGs UnMix (Bini et al., 2025).*

La relazione tra i valori stimati di flusso relativi alle campagne estese e il flusso delle misure mensili risulta essere cambiata negli ultimi anni (Bini et al., 2026) rispetto a quella riportata in Chiodini et al. (2021). Questa differenza suggerisce una variazione del pattern di degassamento diffuso nell'area, con un incremento relativo nell'area craterica (misurata mensilmente) rispetto a quella esterna interessata dalle misure estese di flusso di CO_2, con conseguente diminuzione del fattore di proporzione definito in Chiodini et al. (2021). Tali variazioni del pattern del degassamento e dell'aumento dei flussi sono trattate in dettaglio in un recente lavoro dove i flussi diffusi dal suolo vengono correlati con le deformazioni del suolo e la sismicità nel periodo 2005-2025 (Bini et al., 2026); In questo lavoro viene anche evidenziata l'energia associata al processo di degassamento che risulta essere un ordine di grandezza maggiore dell'energia necessaria per la deformazione del suolo registrata dal 2005 e vari ordini di grandezza rispetto a quella sismica.
Pertanto, ai fini del monitoraggio vengono riportati i valori di flusso stimati sulle misure mensili della sola area target interna alla Solfatara (Fig. 4.7a). Per questa area le misure di ottobre 2026 indicano un valore di ~ 950 t/d, in linea col trend di diminuzione del flusso nell'area target mostrato negli ultimi mesi.

La media delle temperature del suolo a 10 cm di profondità, misurate mensilmente sulla stessa maglia di punti, mostra un chiaro andamento stagionale sovraimposto a un trend d'aumento (Fig. 4.8), con un incremento del valore medio delle temperature misurate di circa 10 °C nel periodo 2002-2026. Nella mappa di Figura 4.9a è riportato l'aumento di temperatura espresso in °C/anno calcolato per ogni punto di misura a partire dal 2002. L'incremento di temperatura interessa diffusamente tutta l'area craterica con un massimo nella zona centrale; naturalmente, l'incremento di temperatura non interessa le aree delle fumarole e del bordo del cratere a NE, dove le temperature sono vicine al limite fisico di condensazione per i fluidi emessi dalla Solfatara (~95°C, Fig. 4.9b).

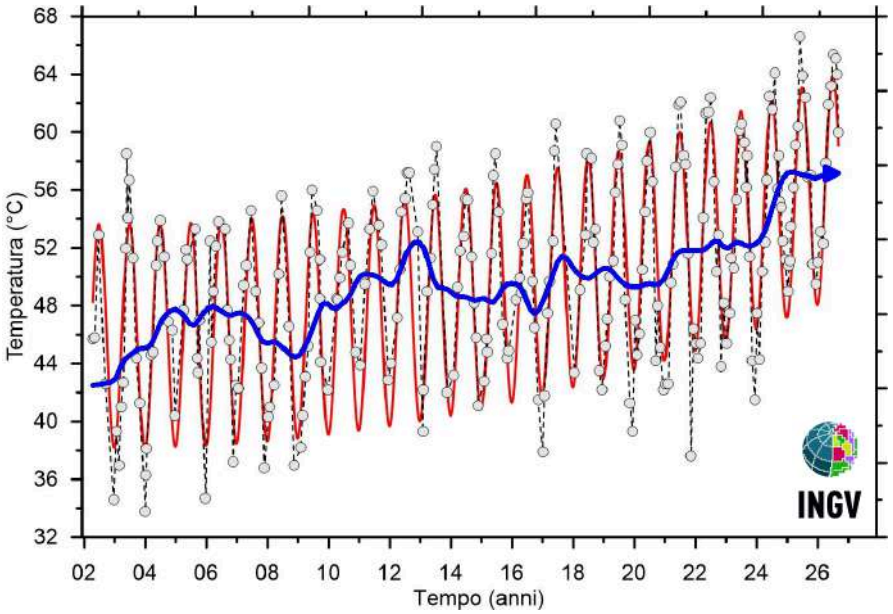


Figura 4.8 *– Cronogramma della media delle temperature del suolo (a 10 cm di profondità) misurate su 61 punti fissi nell'area craterica della Solfatara. Va evidenziato l'aumento del valore medio nel periodo 2002-2024 di oltre 8 °C. Il trend depurato dalla componente stagionale mediante l'utilizzo dell'algoritmo di destagionalizzazione STL (Seasonal-Trend decomposition based on Loess, Cleveland et al., 1990), è riportato con la linea blu.*

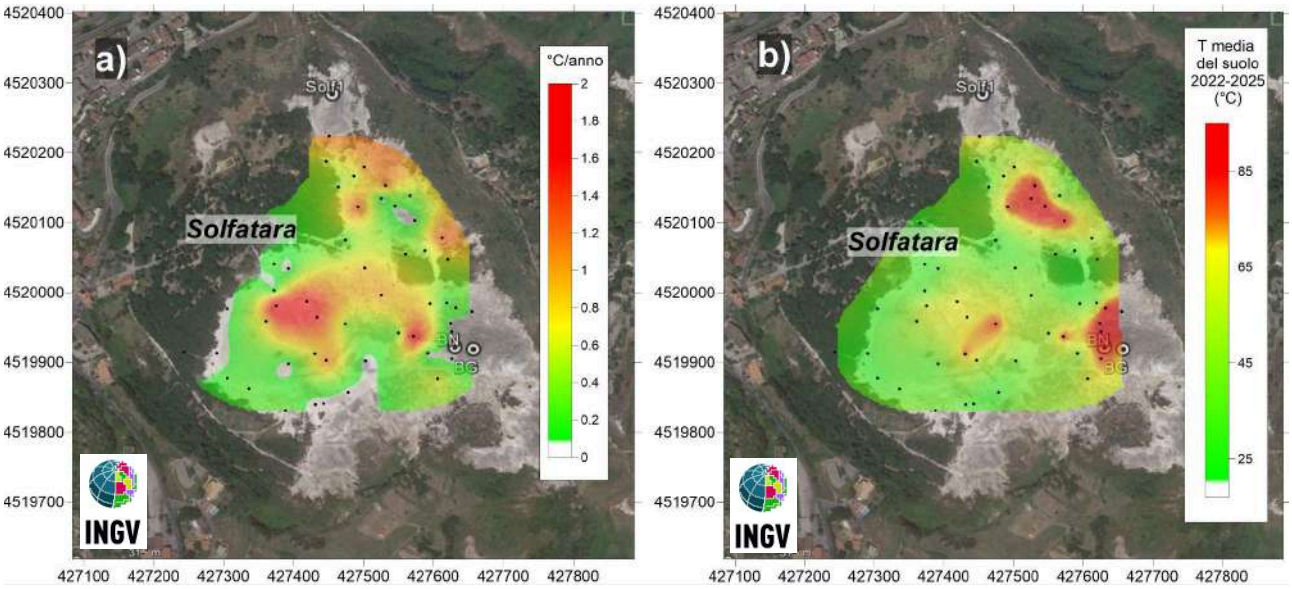


Figura 4.9 *– a) Mappa dell'incremento di temperatura in °C/anno calcolato per ogni punto misurato a partire dal 2002. L'incremento di temperatura interessa diffusamente tutta l'area craterica con un massimo nella zona centrale. L'incremento di temperatura non interessa le aree delle fumarole e del bordo del cratere a NE dove le temperature sono vicine al limite fisico di condensazione per i fluidi emessi dalla Solfatara (~95°C). b) mappa delle temperature dei punti misurati (media dal 2022 al 2025).*

Tale processo di riscaldamento è evidenziato anche da misure analoghe di flusso di CO_2 dal suolo e temperatura del suolo, eseguite periodicamente su 25 punti fissi nell'area di Pisciarelli. In Figura 4.10 è riportata la media delle temperature del suolo, misurate a 10 cm di profondità, che dal 2009 mostra un rilevante trend d'aumento, con un incremento del valore medio di circa 6 °C. A partire dal 2022, l'incremento di temperatura risulta meno marcato, per poi mostrare un nuovo trend d'aumento a partire dal 2024.

A causa della inaccessiblità della maggior parte dei punti periodicamente misurati nell'area di Pisciarelli, dovuta all'allargamento e all'incremento di attività della polla, i punti di misura non più raggiungibili sono stati sostituiti con altri nelle immediate vicinanze. La mappa dove è riportata la distribuzione areale dell'incremento annuo di temperatura mette in evidenza un aumento diffuso delle temperature in tutta l'area indagata e la presenza di zone interessate da processi di fumarolizzazione locale.

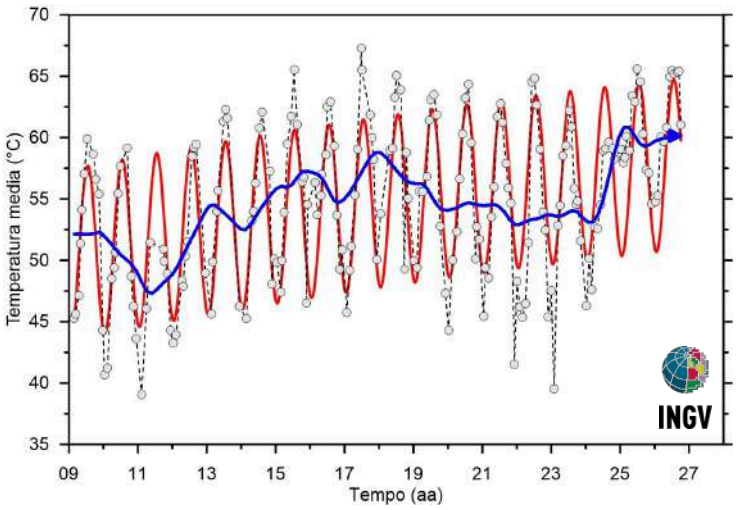


Figura 4.10 *– Cronogramma della media delle temperature del suolo (a 10 cm di profondità) misurate su 25 punti fissi nell'area di Pisciarelli dal 2009. Il trend destagionalizzato, mediante l'utilizzo dell'algoritmo di destagionalizzazione STL (Seasonal-Trend decomposition based on Loess, Cleveland et al., 1990), è riportato con la linea blu.*

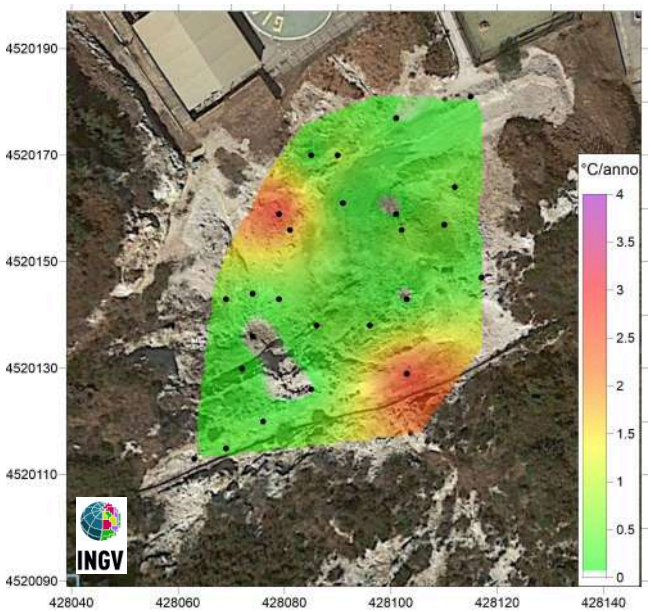


Figura 4.11 *– Mappa dell'incremento di temperatura in °C/anno calcolato per ognuno dei 25 punti fissi nell'area di Pisciarelli misurati a partire dal 2009. L'incremento di temperatura interessa tutta l'area indagata con le zone di maggiore riscaldamento legate a processi di fumarolizzazione locale.*

La stazione multiparametrica FLXOV5, attiva dal 2015 nel cratere della Solfatara dal mese di febbraio 2026 a causa di un malfunzionamento è stata dismessa, non essendo più riparabile. In Figura 4.12 sono riportati i valori di flusso di CO_2 dal suolo e della temperatura della fumarola BG

acquisiti dalla stazione fissa V11 installata a marzo 2023 a pochi metri dalla fumarola BG e nelle vicinanze della stazione FLXOV5. Nel mese di ottobre 2025 è stato installato un nuovo sensore di temperatura, nell'area di emissione della fumarola BG che presenta la temperatura più elevata. Il valore medio di temperatura acquisito da questa stazione nel periodo di riferimento è ~173 °C (Fig. 4.12). Questa stazione acquisisce anche la temperatura nel sito di misura della vecchia stazione FLXOV5, che mostra un valore medio di circa 171 °C. E' da evidenziare dal 2023 il significativo aumento di temperatura delle fumarola BG, confermato anche dalle misure periodiche eseguite mensilmente durante il campionamento dei fluidi, che hanno mostrato valori fino a circa 173°C.

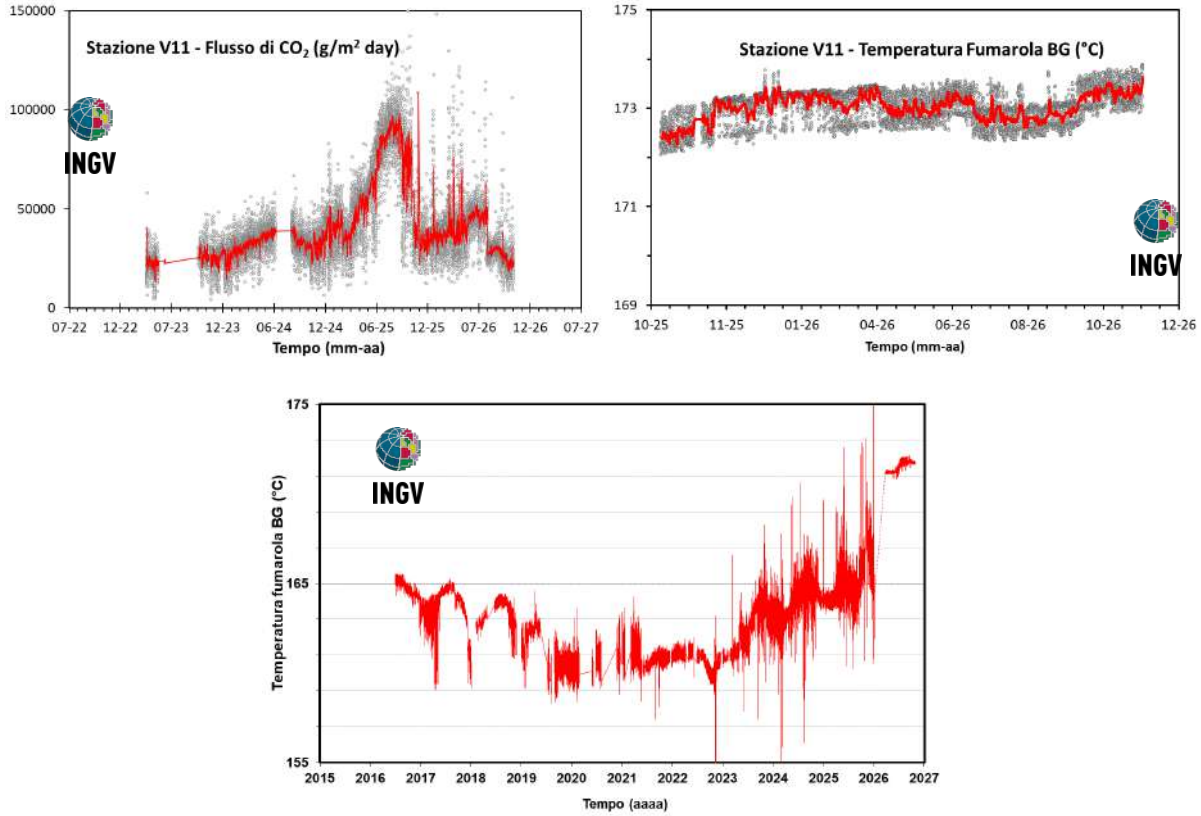


Figura 4.12 *– Valori del flusso di CO_2 dal suolo e della temperatura della fumarola BG misurati dalla stazione V11 installata nel cratere della Solfatara, a pochi metri dalla fumarola principale BG.*

Il processo di riscaldamento e pressurizzazione della parte più superficiale del sistema idrotermale, iniziato a partire dal 2007 (Chiodini et al., 2011) e tuttora in corso, è presumibilmente la causa delle variazioni macroscopiche osservate nel sito di Pisciarelli e che negli ultimi anni sono consistite nell'apertura di nuovi *vent* fumarolici e di polle bollenti, nell'emissione di fango, in attività sismica localizzata, nell'aumento della temperatura della fumarola principale (Fig. 4.13) e nell'aumento dei flussi di CO_2 dal suolo misurati in continuo dalla stazione geochimica (Fig. 4.14). Il flusso di CO_2 dal suolo misurato dalla stazione FLXOV8, così come la concentrazione di CO_2 in aria, nel mese di ottobre 2026 hanno mostrato un ulteriore lieve aumento dei valori rispetto ai periodi precedenti (Fig. 4.15).

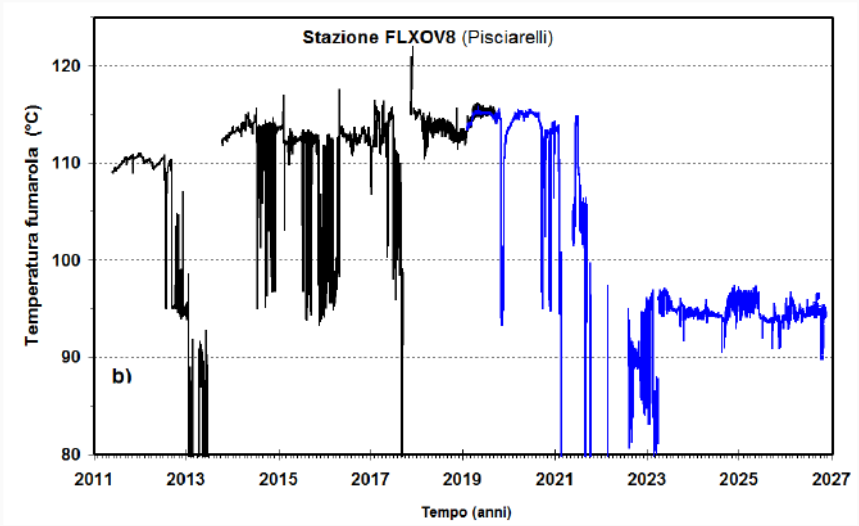


Figura 4.13 *– Cronogramma dal 2011 della temperatura della fumarola principale di Pisciarelli. Con la linea blu sono riportati i valori di temperatura misurati in continuo, a partire dal mese di ottobre 2018, in un'altra emissione fumarolica nell'area di Pisciarelli sita a pochi metri di distanza dalla fumarola principale e caratterizzata da una minore temperatura di emissione.*

Nella polla di Pisciarelli nel mese di ottobre 2026 il livello del liquido ha avuto oscillazioni correlate alle precipitazioni meteoriche verificatesi. Tale fenomeno, già osservato negli ultimi anni (dal 2020), è verosimilmente legato a un diminuito apporto del liquido che alimenta la polla, composto da una miscela di condensati fumarolici e di acque di origine meteorica. Appare evidente, quindi, il crescente controllo delle condizioni meteo rispetto all'attività vulcano-idrotermale sulla dinamica della polla, sulla temperatura della fumarola e più in generale sulle variazioni locali del sito di degassamento.

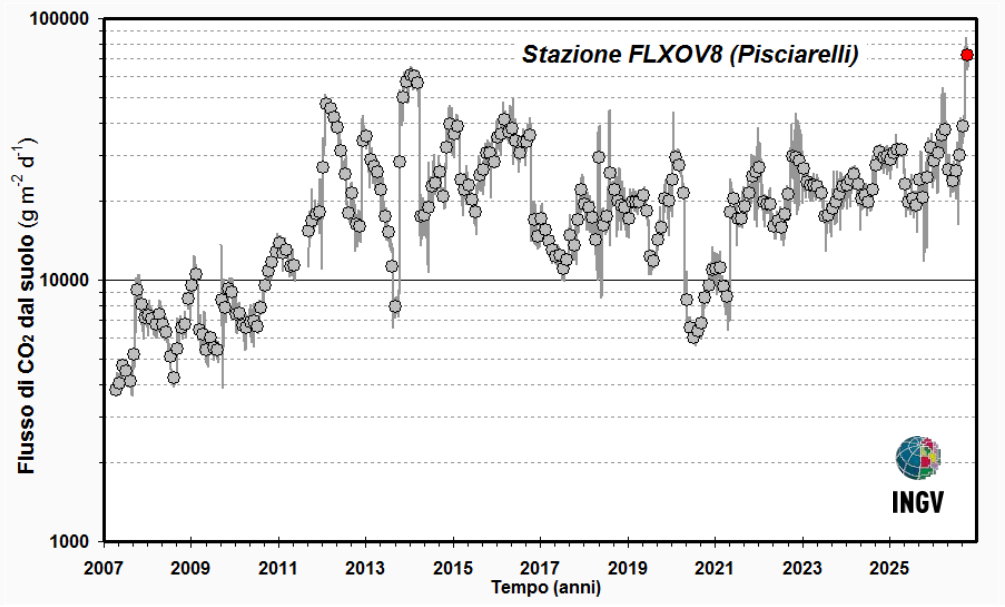


Figura 4.14 *- Medie giornaliere (linea) e medie mensili (cerchi) dei flussi di CO_2 misurati dalla stazione automatica a Pisciarelli. È da evidenziare il continuo trend d'aumento nel tempo a partire dal 2007 del flusso CO_2. La media dei flussi relativa al mese di ottobre 2026 è riportata con il simbolo rosso.*

In Figura 4.13 (linea blu) sono riportati i valori di temperatura misurati in continuo a partire dal mese di ottobre 2018 in un'altra emissione fumarolica nell'area di Pisciarelli, caratterizzata da una

minore temperatura di emissione e sita a pochi metri di distanza dalla fumarola principale. Nel mese di ottobre 2026 i valori di temperatura misurati hanno mostrato un valore medio di ~95 °C, temperatura prossima alla condensazione del fluido fumarolico.
L'incremento del processo di degassamento nell'area a partire dal 2009 è supportato dalle misure del flusso di CO_2 delle fumarole (Tamburello et al., 2019) (Fig. 4.14). In particolare, la stazione FLXOV8, posizionata a Pisciarelli nel mese di ottobre 2026, ha rilevato un incremento rilevante nel flusso di CO2, a fronte di un aumento più contenuto registrato dalla vicina stazione V07. La persistenza di tali livelli elevati andrà a confermare il trend crescente del degassamento nel settore di Pisciarelli.
Inoltre, l'aumento dell'attività di degassamento nell'area di Pisciarelli è anche indicato dalla misura in continuo della concentrazione di CO_2 in aria e dall'ampiezza del segnale sismico associato al tremore fumarolico (RSAM, Real-time Seismic Amplitude Measurement) misurato dalla stazione sismica CPIS, sostituita nel 2023 da una nuova stazione installata in prossimità della precedente per problemi di accessibilità del sito (Fig. 4.15). Tali parametri sono strettamente correlati all'intensità dell'attività idrotermale (Chiodini et al., 2017; Giudicepietro et al., 2019, 2020). In particolare, l'RSAM rappresenta un indicatore dell'attività fumarolica locale riferita alla polla di Pisciarelli e può mostrare una variabilità, legata anche all'influenza di fenomeni meteorici (Morelli et al., 2025).

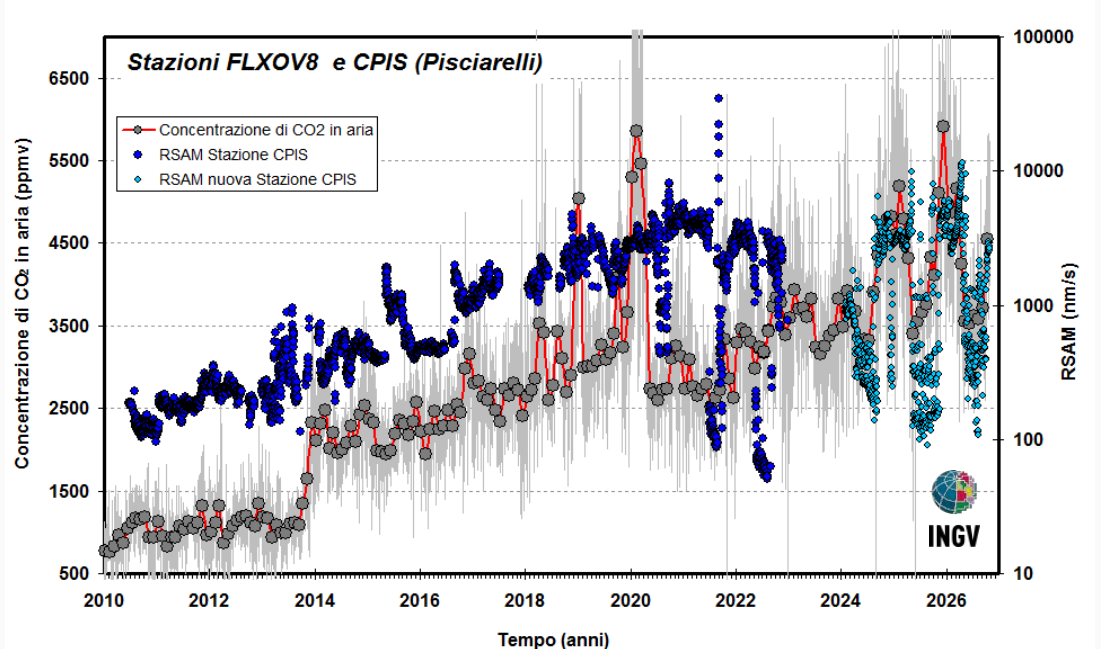


Figura 4.15 *- Cronogramma delle medie giornaliere (linea) e medie mensili (cerchi) della concentrazione di CO_2 registrata in aria con frequenza bioraria dalla stazione geochimica per la misura del flusso di CO_2 dal suolo di Pisciarelli (FLXOV8). Nel cronogramma è riportata anche la serie temporale dell'ampiezza del tremore fumarolico su base giornaliera registrata dalla stazione sismica CPIS, installata a pochi metri dalla fumarola principale. Il velocimetro della stazione sismica CPIS è stato sostituito a fine 2023 da un nuovo sensore di pari caratteristiche situato a 26 m di distanza in linea d'aria in direzione NW e ad una quota più elevata di circa 10 m per motivi di sicurezza.*
In blu scuro sono riportati i valori ottenuti dalla vecchia stazione CPIS e in ciano quelli ottenuti dalla nuova stazione sismica situata ad una maggiore distanza dalla polla. Questi parametri risultano strettamente correlati tra di loro e all'intensità dell'attività idrotermale (Chiodini et al., 2017, Giudicepietro et al., 2019, Morelli et al., 2026). E' da evidenziare il continuo trend d'aumento nel tempo delle concentrazioni di CO_2 in aria e dell'ampiezza del tremore fumarolico dal 2013 al 2021, successivamente, le serie mostrano una fase di diminuzione e maggiore variabilità.

La serie temporale di concentrazione di CO_2 in aria (registrata con frequenza bioraria dalla stazione geochimica FLXOV8) mostra un significativo aumento nel tempo delle concentrazioni

(come medie mensili) da ~ 1000 ppm nel 2012, con un massimo di ~ 5000 ppm registrato nei periodi gennaio-marzo 2019 e gennaio-marzo 2020. Dopo il 2020 si osserva una fase caratterizzata da valori più variabili e, in parte, da una diminuzione rispetto ai massimi precedenti; tuttavia, negli anni più recenti la concentrazione di CO_2 in aria mostra nuovamente valori elevati, con una media mensile di circa 4500 ppm nel mese di ottobre 2026.
Analogamente, l'ampiezza del tremore fumarolico (RSAM) mostra, a partire dal 2013, un rilevante aumento nel tempo raggiungendo un massimo nel 2021. Successivamente, il segnale mostra una maggiore variabilità, tuttavia la correlazione tra la concentrazione di CO2 in aria e il tremore fumarolico riferito alla polla di Pisciarelli, risulta evidente anche dopo lo spostamento nel 2023 della stazione sismica a causa di problemi di accessibilità del sito.
In considerazione di tali evidenti variazioni, in osservanza al principio di precauzione e al fine di operare in sicurezza nel sito di emissione sono al momento sospese le attività di misura e di manutenzione delle strumentazioni nell'area interessata dalla polla.

Monitoraggio geochimico temporaneo in aree con anomalie di CO_2

Su richiesta del Dipartimento della Protezione Civile, la rete di monitoraggio geochimico è stata integrata con il completamento dell'installazione di due nuove stazioni per il monitoraggio in continuo della CO_2 in aree nelle quali erano state segnalate anomalie nella concentrazione di CO_2 e termiche: una presso l'Istituto "Lucio Petronio" di Pozzuoli, e all'interno della galleria della Linea 2 della Metropolitana di Napoli, tratta Pozzuoli Solfatara–Napoli Campi Flegrei. Le attività sono state svolte dall'INGV-Osservatorio Vesuviano nell'ambito delle proprie competenze tecnico-scientifiche, al fine di fornire elementi conoscitivi utili alle istituzioni e agli enti competenti per le successive valutazioni e determinazioni. La prosecuzione dell'acquisizione dei dati sarà mantenuta compatibilmente con le condizioni operative, tecniche, logistiche e di sicurezza, con l'obiettivo di seguire l'evoluzione temporale delle anomalie di CO_2 segnalate.

In particolare a seguito della segnalazione di concentrazioni anomale di CO_2 all'interno di alcuni locali dell'Istituto Professionale "Lucio Petronio", in Via San Gennaro Agnano n. 25 a Pozzuoli, ubicato in prossimità del versante sud-orientale del cratere della Solfatara, la rete geochimica è stata temporaneamente integrata con una stazione per il monitoraggio in continuo del flusso di CO_2 dal suolo, delle temperature del suolo e dei principali parametri atmosferici.



Figura 4.16 *- Stazione geochimica installata il 19 maggio 2026 presso l'Istituto Professionale "Lucio Petronio" per la misura del flusso di CO_2 dal suolo, delle temperature del suolo e dei parametri atmosferici.*

La stazione è stata posizionata in corrispondenza dell'area nella quale erano state rilevate le principali evidenze del fenomeno (Fig. 4.16) ed è configurata per l'acquisizione, con cadenza oraria, dei seguenti parametri:

- flusso di CO_2 dal suolo, misurato con il metodo della camera di accumulo;
- temperatura del suolo, misurata mediante sensori PT100 in cinque punti caratterizzati da valori compresi indicativamente tra ~60 °C e ~93 °C;
- parametri atmosferici, utili a contestualizzare le variazioni osservate in funzione delle condizioni ambientali.

L'interruzione dell'acquisizione dei dati è legata al danneggiamento della stazione in seguito all'incendio che ha interessato una vasta area (Fig. 4.17).
L'analisi dei dati acquisiti in continuo evidenzia la persistenza del processo di degassamento e dell'anomalia termica nell'area monitorata, alcuni sensori di temperatura mostrano un trend decrescente dei valori.

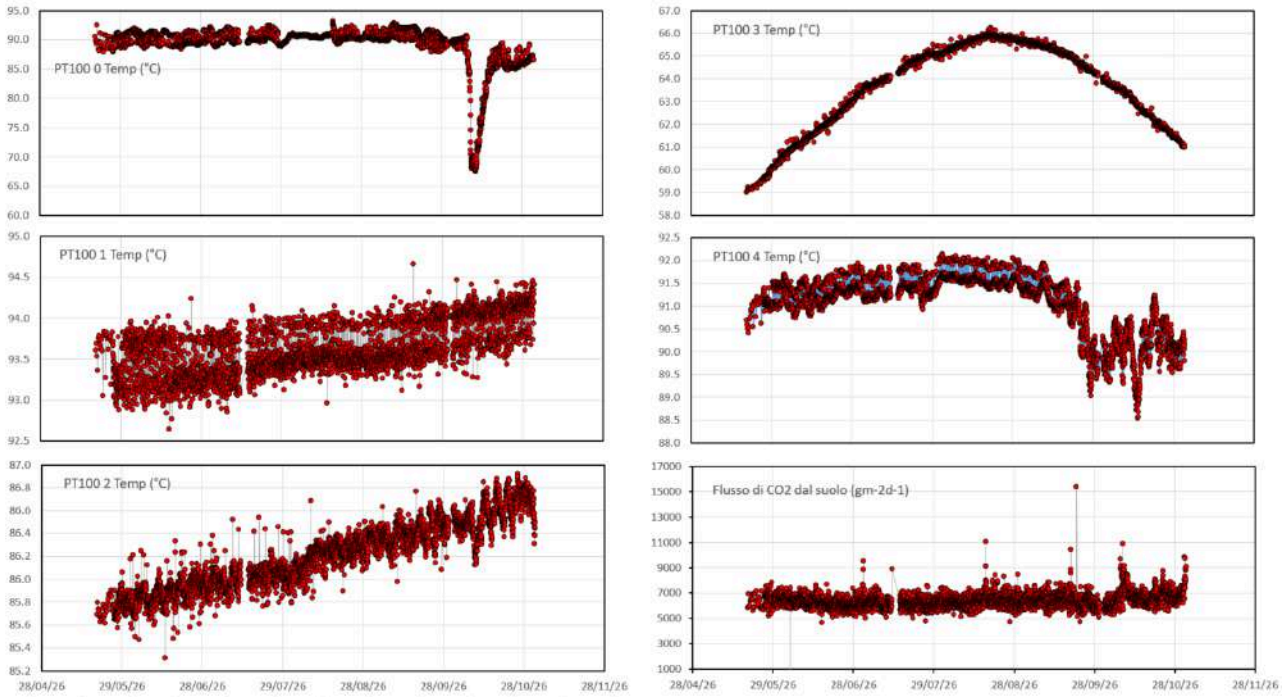


Figura 4.17 *- Alcuni parametri acquisiti dalla stazione geochimica installata il 19 maggio 2026 presso l'Istituto Professionale "Lucio Petronio".*

Non ci sono ulteriori aggiornamenti per quanto riguarda la galleria della Linea 2 della Metropolitana di Napoli, tratta Pozzuoli Solfatara–Napoli Campi Flegrei. La stazione di monitoraggio installata al suo interno, come riportato nei precedenti bollettini, è stata danneggiata durante le attività di movimentazione programmate da RFI in galleria.

5. AGGIORNAMENTO ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO NELL'AREA CIRCOSTANTE IL POZZO "GEOGRID"

5.1 Misure di flusso diffuso di CO_2 dal suolo in area del cantiere del pozzo del Progetto GEOGRID

Al fine di rilevare eventuali variazioni locali del processo di degassamento diffuso dal suolo, a partire dal mese di settembre 2020, sono state ripetute mensilmente le campagne di misura del flusso di CO_2 dal suolo in circa 30 punti distribuiti in un'area di circa 0.25 km^2, centrata sul cantiere della perforazione eseguita nell'ambito del progetto GEOGRID (Fig. 5.1.1a). Le misure sono state confrontate con quelle relative al database di misure del flusso di CO_2 diffuso eseguite dal 1998 al 2016 (Cardellini et al., 2017), riguardanti la stessa area (Fig. 5.1.1b).

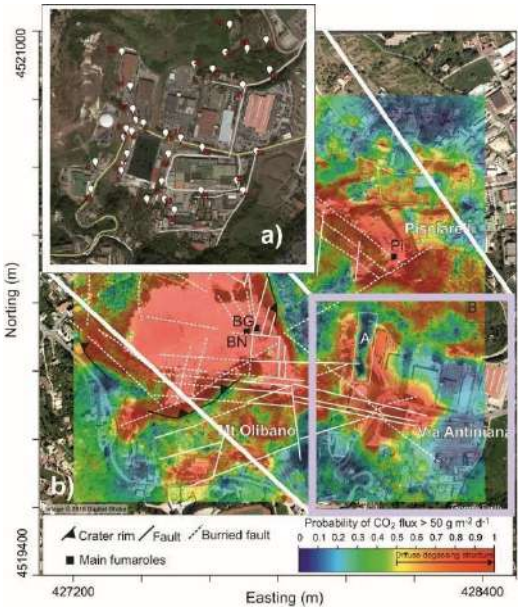


Figura 5.1.1 *- a) Distribuzione dei punti di misura del flusso di CO_2 dal suolo nell'area della perforazione GEOGRID; b) Mappa di probabilità del flusso di CO_2 della struttura a degassamento diffuso della Solfatara, basata sull'intero set di dati dal 1998 fino al 2016 (da Cardellini et al., 2017).*

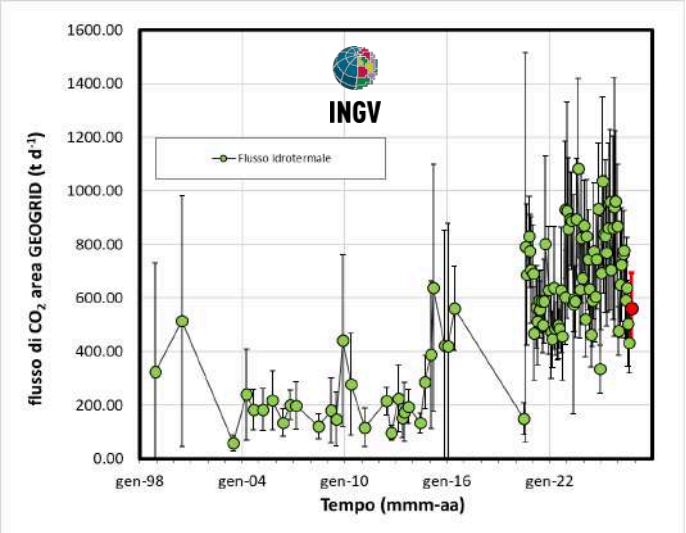


Figura 5.1.2 *- Cronogramma dell'output di CO_2 diffuso dal suolo stimato per l'area di interesse. Le misure eseguite ad agosto 2020 hanno mostrato un valore tra i più bassi misurati, mentre quelle successive mostrano un aumento medio dei valori, con ~550 tonnellate di CO_2 al giorno per le misure di luglio 2026 (simbolo rosso). Le barre verticali rappresentano l'intervallo di confidenza del 95%.*

I valori di flusso di CO_2 stimati nell'area indagata (0.25 km^2) hanno mostrato un *range* compreso tra 58 e 638 t/d nel periodo dal 1998 al 2016, con un valore medio di circa 250 t/d. Tuttavia è da notare che gli ultimi valori disponibili fino al 2016 mostravano un trend in aumento, mentre il valore stimato per le misure eseguite nel mese di agosto 2020, di circa 150 t/d, risulta tra i valori più bassi misurati nell'area. Le misure successive mostrano un aumento dei valori fino a ~900 t/d nei primi mesi del 2023, in linea con il trend d'aumento mostrato fino al 2016; le ultime misure del mese di luglio 2026 mostrano un valore del flusso di CO_2 in diminuzione stimato in ~550 t/d (Fig. 5.1.2).

5.2 Monitoraggio Termico ad Immagine – Stazione ANTN

La stazione ANTN della Rete Permanente di Monitoraggio Termico dei Campi Flegrei (TIRNet) acquisisce immagini all'infrarosso termico dell'area di Antiniana, compresa tra il versante esterno sud-orientale del cratere della Solfatara e il versante a sud dell'area di Pisciarelli, laddove è stata effettuata la perforazione realizzata nel contesto del Progetto Geogrid (Fig. 5.2.1).

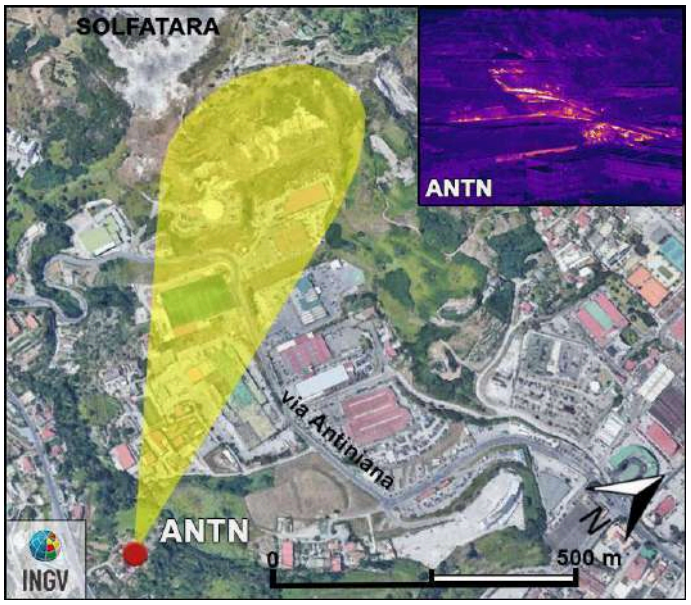


Figura 5.2.1 *- Stazione ANTN. Pallino rosso: punto di ripresa; area gialla: indica schematicamente l'area acquisita.*

La figura seguente mostra l'elaborazione della serie temporale dei valori di temperatura massima delle immagini IR acquisite dalla stazione ANTN (Fig. 5.2.2).
Tali dati sono relativi ad una zona circoscritta, interessata dal maggiore rilascio termico dell'area indagata, e sono stati processati con metodologia di rimozione della stagionalità basata sull'algoritmo di destagionalizzazione analitica STL (Seasonal Trend Decomposition; Sansivero et al., 2025; Sansivero & Vilardo, 2024). Il trend a lungo termine è ottenuto applicando un fitting LOESS di 2° alle temperature massime destagionalizzate con STL.

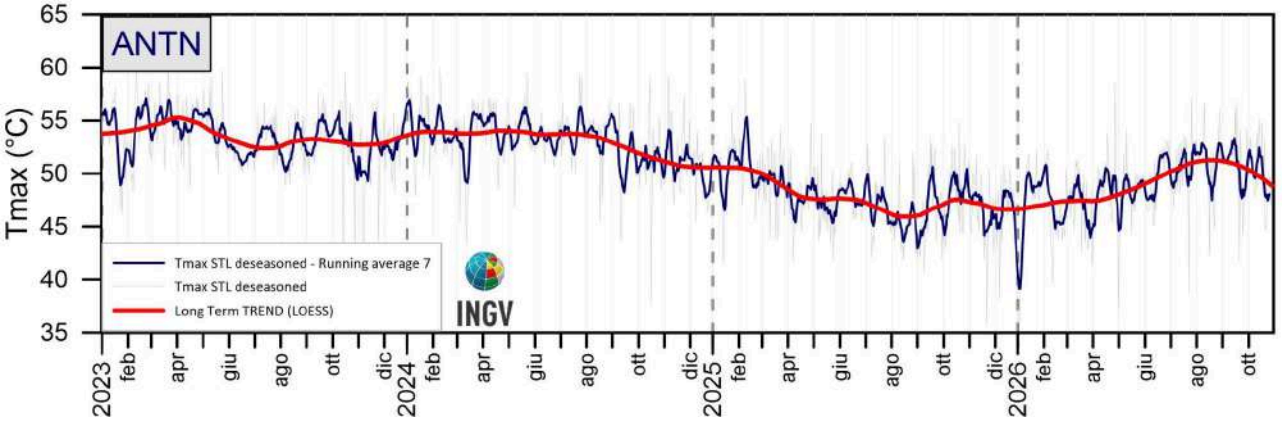


Figura 5.2.2 *- Stazione ANTN. Serie temporale dei valori di temperatura massima giornaliera rilevata nelle immagini IR destagionalizzate mediante applicazione dell'algoritmo STL [medie settimanali (blu); trend a lungo termine (rosso)].*

I valori massimi di temperatura al suolo rilevati dalla **stazione ANTN** (Fig. 5.2.2) nel mese di ottobre 2026 mostrano una netta diminuzione nella seconda metà del mese di ottobre dopo sensibili oscillazioni nella prima metà. Il trend a lungo termine (in rosso) evidenzia una lieve diminuzione dei valori delle temperature massime.

QUADRO DI SINTESI DELLO STATO DEL VULCANO NEL MESE DI RIFERIMENTO E VALUTAZIONI

1) **SISMOLOGIA**: Nell'area dei Campi Flegrei sono stati registrati 207 terremoti (Mdmax=2.8±0.3), di cui 156 localizzati, avvenuti prevalentemente tra Pozzuoli, Agnano, l'area Solfatara-Pisciarelli, Bagnoli e il Golfo di Pozzuoli, con profondità concentrate prevalentemente nei primi 3 km.
2) **DEFORMAZIONI**: Dagli inizi di febbraio 2026 si registra una velocità di sollevamento del suolo, con un valore medio di velocità mensile di circa 10±3 mm/mese. In concomitanza dell'evento sismico del 31 luglio di Md=4.7 e del successivo sciame, diverse stazioni GNSS nell'area centrale della caldera hanno registrato discontinuità nelle serie temporali. Il sollevamento registrato alla stazione GNSS di RITE è di circa 170.5 cm da novembre 2005, di cui circa 33 cm da gennaio 2025, corretto per la discontinuità cosismica registrata il 31/07.
Dal confronto tra le campagne gravimetriche di ottobre 2026 e febbraio 2026 si registrano variazioni negative in tutto il settore centrale della caldera fino a variazioni minime di oltre -20 µGal nell'area della Solfatara.
3) **TERMOGRAFIA**: Nel mese corrente le serie temporali delle temperature massime superficiali acquisite dalla rete permanente di telecamere TIR mostrano un aumento nell'area di Pisciarelli e di Solfatara, con sensibili oscillazioni. Una lieve diminuzione caratterizza invece l'area di Agnano-via Antiniana.
Le misurazioni tramite droni e termocamere mobili nei Campi Flegrei evidenziano andamenti stabili, con un lieve aumento negli ultimi mesi nell'area di Bocca Grande Bocca Nuova (Solfatara).
4) **GEOCHIMICA**: La composizione delle fumarole e i parametri monitorati indicano il perdurare dei trend pluriennali di riscaldamento e pressurizzazione del sistema idrotermale che ha raggiunto un massimo nel luglio 2020, per poi invertirsi fino ai primi mesi del 2022, quando è iniziato un nuovo trend d'aumento tuttora in corso.
Il flusso di CO_2 dal suolo misurato nella sola area target interna alla Solfatara mostra un valore tra i più bassi registrati negli ultimi mesi stimato in circa 950 t/d, un valore comunque elevato e comparabile a quelli misurati nel plume di vulcani attivi a degassamento persistente.

Nella Figura 6.1 sono rappresentati i parametri di monitoraggio più indicativi in un confronto temporale a breve e medio termine.

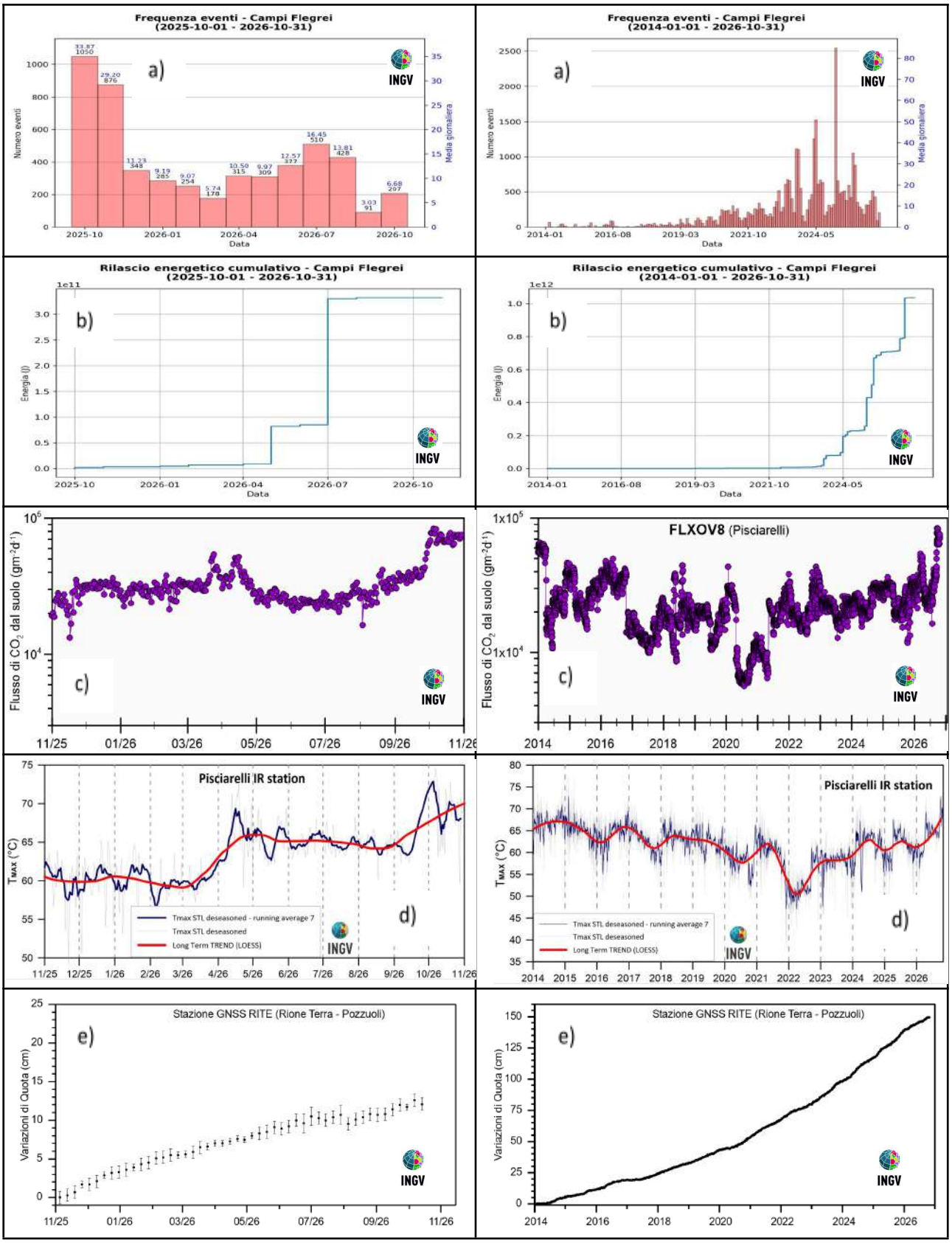


Figura 6.1 *– Frequenza di accadimento degli eventi sismici (a), rilascio di energia sismica cumulativa (b), variazioni del flusso di CO_2 alla stazione geochimica di Pisciarelli (c), trend delle temperature massime superficiali destagionalizzate delle telecamera all'infrarosso termico a Pisciarelli (d) e andamento delle deformazioni del suolo alla stazione GNSS di RITE (e), negli ultimi dodici mesi (a sinistra) e dal 2014 (a destra).*

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, che possano comportare una diversa evoluzione dei fenomeni sopra descritti, saranno oggetto di approfondimenti tempestivamente comunicati.

Il monitoraggio dell'area flegrea permane al Livello di Allerta "Giallo - Disequilibrio Medio".

Bibliografia

Astort, A., Trasatti, E., Caricchi, L., Polcari, M., De Martino, P., Acocella, V., & Di Vito, M. A. (2024). Tracking the 2007–2023 magma-driven unrest at Campi Flegrei caldera (Italy). Communications Earth & Environment, 5(1), 506.

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., Rymer, H., Brown, G. C., & Corrado, G. (1992). Gravity-height correlations for unrest at calderas. Journal of volcanology and geothermal research, 53(1-4), 11-26.

Bini, G., Chiodini, G., Avino, R., Santi, A., Rufino, F., Cardellini, C., Tamburello, G., Ricci, T., De Martino, P., Carandente, A., Cuoco, E., Iovine, R.S., Minopoli, C., Rouwet, D., Sciarra, A., Palmieri, R., Tieri, M. and Caliro, S., 2026. Escalating soil CO2 degassing correlates with ground uplift and seismicity during the ongoing unrest of Campi Flegrei (2005-2025). Science Advances, 12(41). https://doi.org/doi:10.1126/sciadv.aei8075 .

Bini, G., Tamburello, G., Cacciaguerra, S., Perfetti, P. (2025). sGs UnMix: a web application for spatial prediction and mixture modeling with a case study on volcanic soil CO2 fluxes. Environmental Modelling & Software, 106652.

Buono G., Caliro S., Paonita A., Pappalardo L., Chiodini G. (2023). Discriminating carbon dioxide sources during volcanic unrest: The case of Campi Flegrei caldera (Italy). *Geology* ; doi: https://doi.org/10.1130/G50624.1

Caliro, S., Chiodini, G., Avino, R., Carandente, A., Cuoco, E., Di Vito, M.A., Minopoli, C., Rufino, F., Santi, A., Lages, J., Mangiacapra, A., Monteleone, B., Pappalardo, L., Taracsák, Z., Tramati, C., Vizzini, S. and Aiuppa, A., 2025. Escalation of caldera unrest indicated by increasing emission of isotopically light sulfur. Nature Geoscience. https://doi.org/10.1038/s41561-024-01632-w

Caliro S., Chiodini G., Moretti R., Avino R., Granieri D., Russo M. and Fiebig J. (2007) The origin of the fumaroles of La Solfatara (Campi Flegrei, South Italy). Geochimica et Cosmochimica Acta 71, 3040-3055. https://doi.org/10.1016/j.gca.2007.04.007

Caliro S., Chiodini G., and Paonita A. (2014) Geochemical evidences of magma dynamics at Campi Flegrei (Italy). Geochim. Cosmochim. Acta 132, 1-15. https://doi.org/10.1016/j.gca.2014.01.021

Chiodini, G., G. Vilardo, V. Augusti, D. Granieri, S. Caliro, C. Minopoli, and C. Terranova (2007) Thermal monitoring of hydrothermal activity by permanent infrared automatic stations: Results obtained at Solfatara di Pozzuoli, Campi Flegrei (Italy). J. Geophys. Res., 112, B12206, https://doi.org/10.1029/2007JB005140

Casolaro, R., Riccardi, U., Pivetta, T., Carlino, S., Hinderer, J., & Littel, F. (2026). First superconducting gravity station at Campi Flegrei caldera: Installation, data processing and noise assessment for future volcano monitoring. Journal of Applied Geophysics, 106378. 10.1016/j.jappgeo.2026.106378

Chiodini, G. (2009), CO_2/CH_4 ratio in fumaroles a powerful tool to detect magma degassing episodes at quiescent volcanoes., Geophys. Res. Lett., doi: 10.1029/2008GL036347

Chiodini, G., S. Caliro, C. Cardellini, D. Granieri, R. Avino, A. Baldini, M. Donnini and C. Minopoli (2010), Long-term variations of the Campi Flegrei, Italy, volcanic system as revealed by the monitoring of hydrothermal activity, J. Geophys. Res., 115, B03205, https://doi.org/10.1029/2008JB006258

Chiodini, G., R. Avino, S. Caliro, C. Minopoli (2011) Temperature and pressure gas geoindicators at the Solfatara fumaroles (Campi Flegrei). Annals Geophysics, 54, 2. https://doi.org/10.4401/ag-5002

Chiodini G., Caliro S., De Martino P., Avino R. and Gherardi F. (2012). Early signals of new volcanic unrest at Campi Flegrei caldera? Insights from geochemical data and physical simulations. Gelogy, https://doi.org/10.1130/G33251.1

Chiodini G., Vandemeulebrouck J., Caliro S, D'Auria L., De Martino P, Mangiacapra A., Petrillo Z. (2015a) Evidence of thermal driven processes triggering the 2005-2014 unrest at Campi Flegrei caldera. Earth Planet. Sci. Lett. 414, 58–67. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.01.012

Chiodini G., Pappalardo L., Aiuppa A. and Caliro S. (2015b) The geological CO_2 degassing history of a long-lived caldera. Geology. https://doi.org/10.1130/G36905.1

Chiodini G., Paonita A., Aiuppa A., Costa A., Caliro S., De Martino P., Acocella V. and Vandemeulebrouck J. (2016) Magmas near the critical degassing pressure drive volcanic unrest towards a critical state. Nat. Commun. 7, 13712. https://doi.org/10.1038/ncomms13712

Chiodini G., Caliro S., Avino R., Bini G., Giudicepietro F., De Cesare W., Ricciolino P., Aiuppa A., Cardellini C., Petrillo Z., Selva J., Siniscalchi A., Tripaldi S. (2021) Hydrothermal pressure-temperature control on CO2 emissions and seismicity at Campi Flegrei (Italy). J. Volcanol. Geotherm. Res. 414 (2021). https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2021.107245 .

Cleveland, R.B., Cleveland, W.S., McRae, J.E., and Terpenning, I., (1990). STL: A seasonal-trend decomposition procedure based on loess: Journal of Official Statistics, v. 6, p. 3–73.

Cusano P., Petrosino S. and Saccorotti G. (2008) Hydrothermal origin for sustained Long-Period (LP) activity at Campi Flegrei Volcanic Complex, Italy. J. Volcanol. Geotherm. Res. doi:10.1016/j.jvolgeores.2008.07.019.

D'Amore F. and Panichi C. (1980) Evaluation of deep temperatures of hydrothermal systems by a new gas geothermometer. Geochim. Cosmochim. Acta 44, 549-556.

D'Auria, L., Giudicepietro, F., Aquino, I., Borriello, G., Del Gaudio, C., Lo Bascio, D., Martini, M., Ricciardi, G. P., Ricciolino, P., and Ricco, C. (2011), Repeated fluid-transfer episodes as a mechanism for the recent dynamics of Campi Flegrei caldera (1989–2010), J. Geophys. Res., 116, B04313, doi:10.1029/2010JB007837.

De Martino, P.; Guardato, S.; Donnarumma, G.P.; Dolce, M.; Trombetti, T.; Chierici, F.; Macedonio, G.; Beranzoli, L.; Iannaccone, G.(2020), Four Years of Continuous Seafloor Displacement Measurements in the Campi Flegrei Caldera. Front. Earth Sci. 2020, 8, 615178. https://doi.org/10.3389/feart.2020.615178

De Martino P, Dolce M, Brandi G, Scarpato G, Tammaro U. The Ground Deformation History of the Neapolitan Volcanic Area (Campi Flegrei Caldera, Somma–Vesuvius Volcano, and Ischia Island) from 20 Years of Continuous GPS Observations (2000–2019). Remote Sensing. 2021; 13(14):2725. https://doi.org/10.3390/rs13142725

Falanga, M., Aquino, I., De Lauro, E., Petrosino, S., & Ricco, C. (2023). New insights on ground deformation at Campi Flegrei caldera inferred from kinematics and dynamics investigation of borehole tilt. Earth and Space Science, 10, e2022EA002702. https://doi.org/10.1029/2022EA002702

Geng J., Chen X., Pan Y., Mao S., Li C., Zhou J., Zhang K. (2019). PRIDE PPP-AR: an open-source software for GPS PPP ambiguity resolution. GPS Solutions, 23(91):1-10. doi:10.1007/s10291-019-0888-1

Giudicepietro F., Casu F., Bonano M., De Luca C., De Martino P., Di Traglia F., Di Vito MA., Macedonio G., Manunta M., Monterroso F., Striano P., Lanari R. (2024). First evidence of a geodetic anomaly in the Campi Flegrei caldera (Italy) ground deformation pattern revealed by DInSAR and GNSS measurements during the 2021–2023 escalating unrest phase, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol 132, 2024, 104060, https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.104060. https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.104060

Giudicepietro F., Chiodini G., Caliro S., De Cesare W., Esposito A. M., Galluzzo D., D. Lo Bascio, G. Macedonio, M. Orazi, P. Ricciolino, and J. Vandemeulebrouck. (2019). Insight into Campi Flegrei Caldera Unrest through seismic tremor measurements at Pisciarelli Fumarolic Field. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 20, 5544–5555. https://doi.org/10.1029/2019GC008610.

Giudicepietro, F., Chiodini G., Avino R., Brandi G., Caliro S., De Cesare W., Galluzzo D., Esposito A., La Rocca A., Lo Bascio D., Obrizzo F., Pinto S., Ricci T., Ricciolino P., Siniscalchi A.,Tramelli A., Vandemeulebrouck J. and Macedonio G. (2020). Tracking Episodes of Seismicity and Gas Transport in Campi Flegrei Caldera Through Seismic, Geophysical, and Geochemical Measurements, Seismol. Res. Lett. XX, 1–11, https://doi.org/10.1785/0220200223

Guardato, S., Donnarumma G.P., Riccio R., et al. InSEA Project: Initiatives in Supporting the Consolidation and Enhancement of the EMSO Infrastructure and Related Activities (2022), Frontiers in Marine Science Vol. 9, https://doi.org/10.3389/fmars.2022.846701

Hector, B., Hinderer, J. (2016). PyGrav, a Python-based program for handling and processing relative gravity data. Comput. Geosci. 91, 90–97. https://doi.org/10.1016/j.cageo.2016.03.010.

Iannaccone, G.; Guardato, S.; Donnarumma, G.P.; De Martino, P.; Dolce, M.; Macedonio, G.; Chierici, F.; Beranzoli, L. Measurement of Seafloor Deformation in the Marine Sector of the Campi Flegrei Caldera (Italy). J. Geophys. Res. Solid Earth 2018, 123, 66–83. https://doi.org/10.1002/2017JB014852

Kennedy, J., 2020, GSadjust v1.0: U.S. Geological Survey Software Release, 20 December 2020, https://doi.org/10.5066/P9YEIOU8

Morelli, R. S., Delle Donne, D., Caliro, S., Nardone, L., Orazi, M., Aiuppa, A., et al. (2026). Seismo-acoustic evidence for Meteoric water modulation of hydrothermal fluid discharge. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 131, e2025JB032703. https://doi.org/10.1029/2025JB032703

Riccardi U., Pivetta T., Fedele A., Ricciardi G., Carlino S., (2024) Continuous Gravity Observations at Campi Flegrei Caldera: An Accurate Assessment of Tidal and Non-Tidal Signals and Implications for Volcano Monitoring. Pure Appl. Geophys. 182, 1047–1074. https://doi.org/10.1007/s00024-024-03555-4

Ricciolino P., Lo Bascio D., Esposito R. (2024). GOSSIP - Database Sismologico Pubblico INGV-Osservatorio Vesuviano. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). https://doi.org/10.13127/gossip

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., Del Gaudio, C. and Falanga, M. (2019) Some Investigations on a Possible Relationship between Ground Deformation and Seismic Activity at Campi Flegrei and Ischia Volcanic Areas (Southern Italy). Geosciences. 2019, Vol. 9 Pag. 1-24. ISSN:2076-3263.

Sansivero, F., Vilardo, G., & Buonocunto, C. (2025). Development of a Thermal Infrared Network for Volcanic and Environmental Monitoring: Hardware Design and Data Analysis Software Code. Sensors, 25(13), 4141.

Sansivero, F., & Vilardo, G. (2024). Twenty Years of Thermal Infrared Observations (2004–2024) at Campi Flegrei Caldera (Italy) by the Permanent Surveillance Ground Network of INGV-Osservatorio Vesuviano. Remote Sensing, 16(17), 3352. https://doi.org/10.3390/rs16173352

Sansivero, F.; Vilardo, G.; Buonocunto, C. (2025). Development of a Thermal Infrared Network for Volcanic and Environmental Monitoring: Hardware Design and Data Analysis Software Code. Sensors (Basel, Switzerland), 25.13: 4141. https://doi.org/10.3390/s25134141

Schüller, K. (2020). Theoretical basis for earth tide analysis and prediction. Manual-01-ET34-X-V, Surin, Thailand, PP. 217.Beilin, J. (2006). Apport de la gravimétrie absolue à la réalisation de la composante gravimétrique du Réseau Géodésique Français. Inst. Géogr. Natl., Paris, France.

Silvestri M., Diaz J.A., Marotta E., Dalla Via G., Bellucci Sessa E., Caputo T., Buongiorno M.F., Sansivero F., Musacchio M., Belviso P., Carandente A., Peluso R., Nave R., Vilardo G., Doumaz F. and E. Corrales (2017). The 2016 field campaign of la Solfatara volcano: monitoring methods and instruments for volcanic surveillance. Rapporti Tecnici INGV, ISSN 2039-7941, Anno 2017, Numero 380.

Tamburello G., S. Caliro, G. Chiodini, et al. (2019). Escalating CO2 degassing at the Pisciarelli fumarolic system, and implications for the ongoing Campi Flegrei unrest, Journal of Volcanology and Geothermal Research, https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2019.07.005.

Trombetti, T., Burigana, C., De Martino, P., Guardato, S., Macedonio, G., Iannaccone, G. and Chierici, F. On the seafloor horizontal displacement from cGPS and compass data in the Campi Flegrei caldera. J Geod 97, 62 (2023). https://doi.org/10.1007/s00190-023-01751-z

---

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 2024-2026), 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.