



INGV
terremoti
vulcani
ambiente

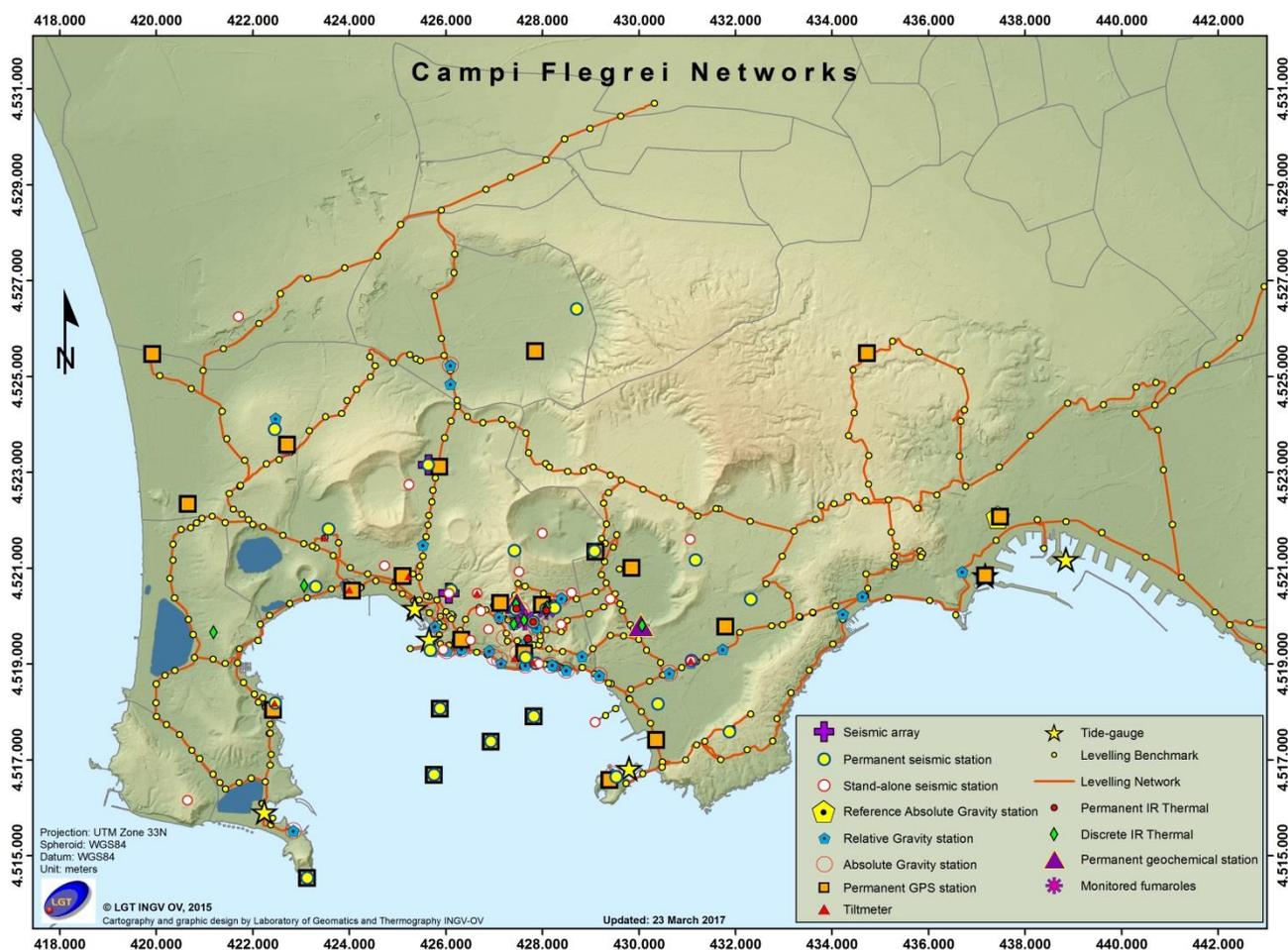
ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Bollettino di Sorveglianza

CAMPI FLEGREI

SETTEMBRE 2017

Sezione di Napoli
OSSERVATORIO VESUVIANO



Via Diocleziano, 328
80124 NAPOLI | Italia
Tel.: +39 0816108483
Fax: +39 0816102304
aoo.napoli@pec.ingv.it
www.ov.ingv.it

CAMPI FLEGREI

1 - Sismicità

Nel corso del mese di settembre 2017 ai Campi Flegrei sono stati registrati 42 terremoti di bassa magnitudo ($M_{Dmax}=0.9$; eventi del 26/09 alle 14:16:04 e del 28/09 alle 15:54:39 UTC) (Fig. 1.1).

E' stato possibile determinare l'ipocentro di 24 degli eventi registrati. Le localizzazioni sono mostrate in Fig. 1.2.

La maggior parte degli eventi è stata registrata durante due brevi sciami sismici:

- il primo, registrato tra le 13:56 e le 14:45 (UTC) del 26/09, è consistito in una sequenza di 19 terremoti di magnitudo compresa tra -1.1 e 0.9, localizzati nell'area tra la Solfatara e Pisciarelli, a profondità inferiori ai 2.5 km;
- il secondo, registrato tra le 15:21 e le 16:03 (UTC) del 28/09, è consistito in una sequenza di 18 terremoti di magnitudo compresa tra -1.1 e 0.9, localizzati nell'area tra la Solfatara e Pisciarelli, a profondità inferiori ai 2.5 km.

Il volume sismogenetico associato all'accadimento di tali sciami, risulta essere localizzato ad est e con una profondità lievemente maggiore rispetto a quello attivatosi fino al mese scorso (Fig. 1.2 e 1.3).

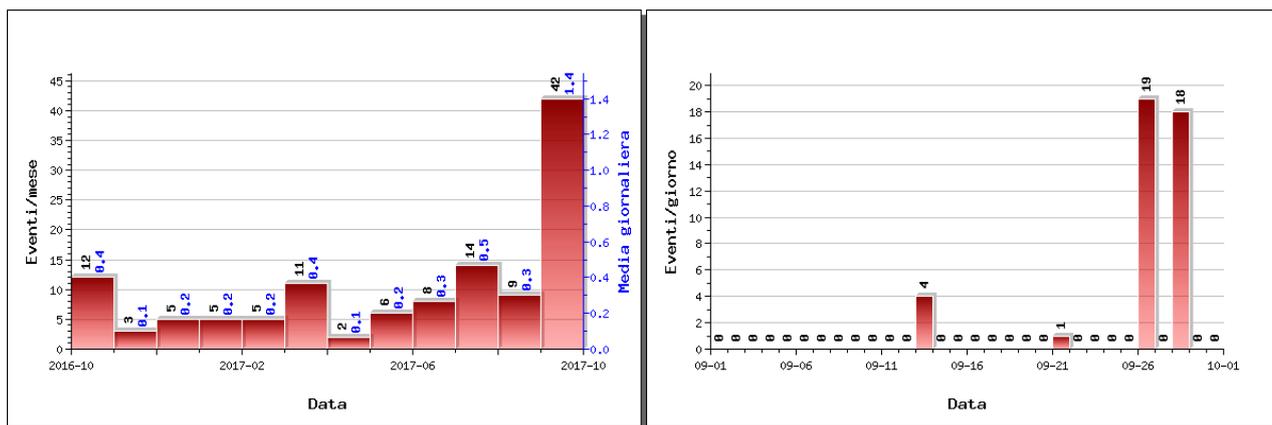


Figura 1.1 - A sinistra numero di eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (in totale 92), mentre a destra quelli avvenuti nell'ultimo mese (in totale 9).

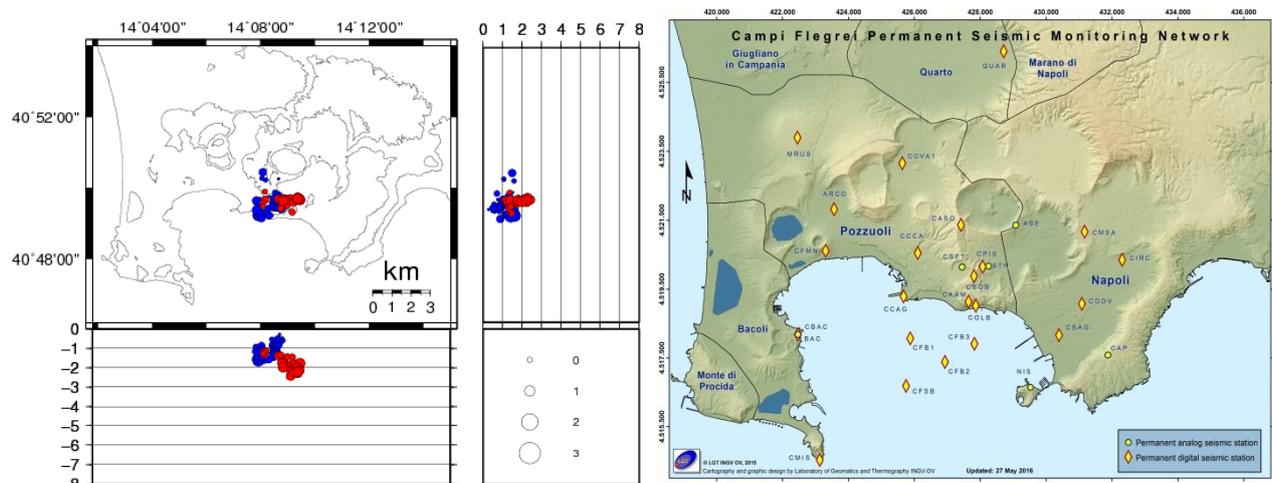


Figura 1.2 - Localizzazioni ipocentrali ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (in blu) e dell'ultimo mese (in rosso). La dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo, come indicato nel riquadro in basso. A destra è mostrata la mappa con la Rete Sismica Permanente dei Campi Flegrei.

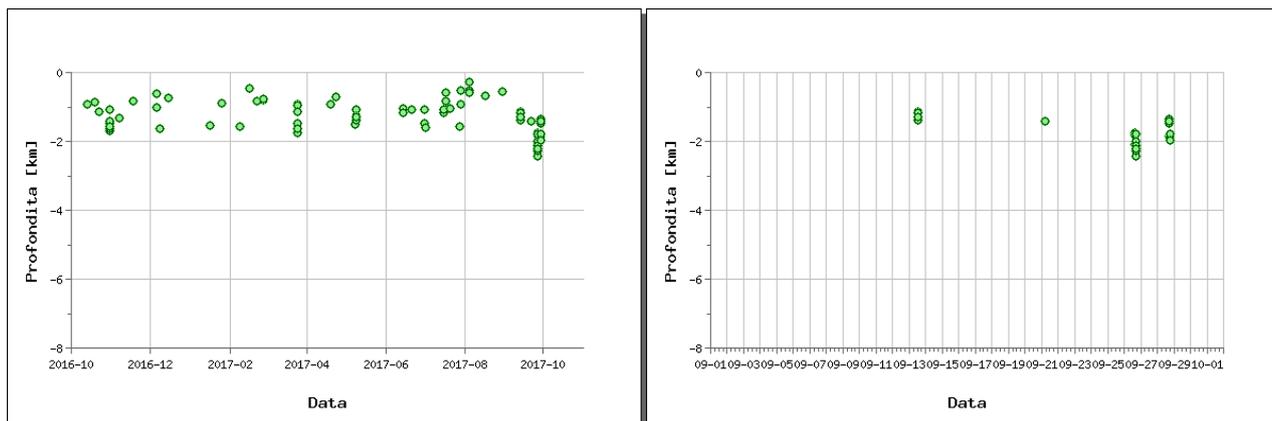


Figura 1.3 - Profondità ipocentrali degli eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

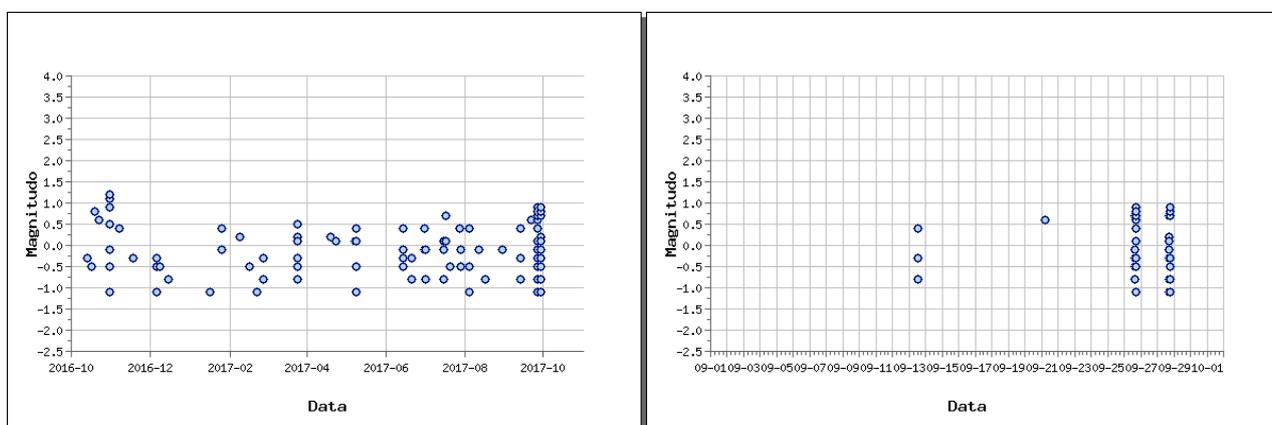


Figura 1.4 - Magnitudo degli eventi registrati ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

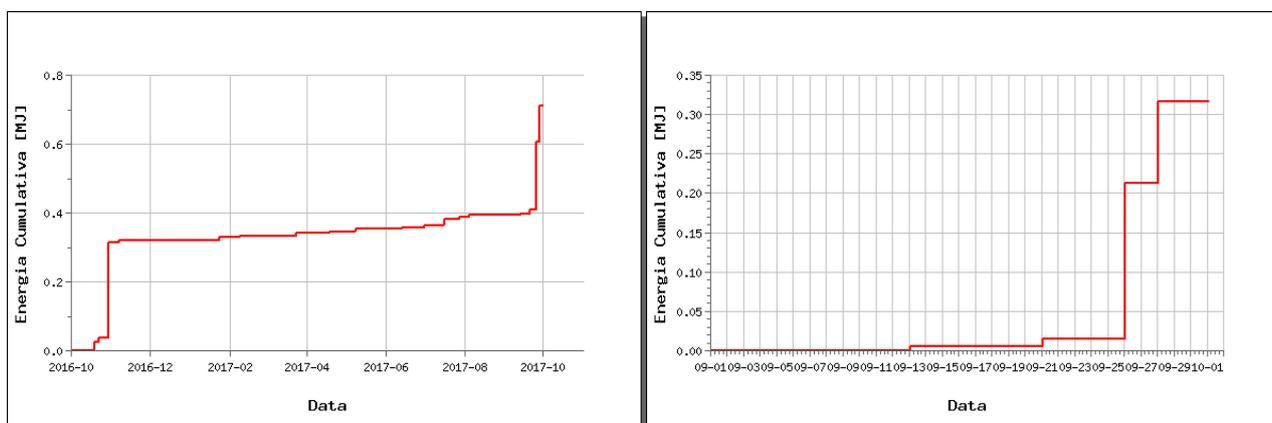


Figura 1.5 - Rilascio cumulativo di energia sismica ai Campi Flegrei nel corso degli ultimi 12 mesi (a sinistra) e dell'ultimo mese (a destra).

2 - Deformazioni del Suolo

GPS

Dopo il leggero incremento della velocità di sollevamento dell'area evidenziato negli ultimi mesi, non si osservano deformazioni del suolo significative nelle ultime settimane. Il sollevamento registrato alla stazione GPS di RITE è di circa 21 cm a partire da gennaio 2014, di cui circa 9.5 cm da gennaio 2016 (Fig. 2.2 e Fig. 2.3).

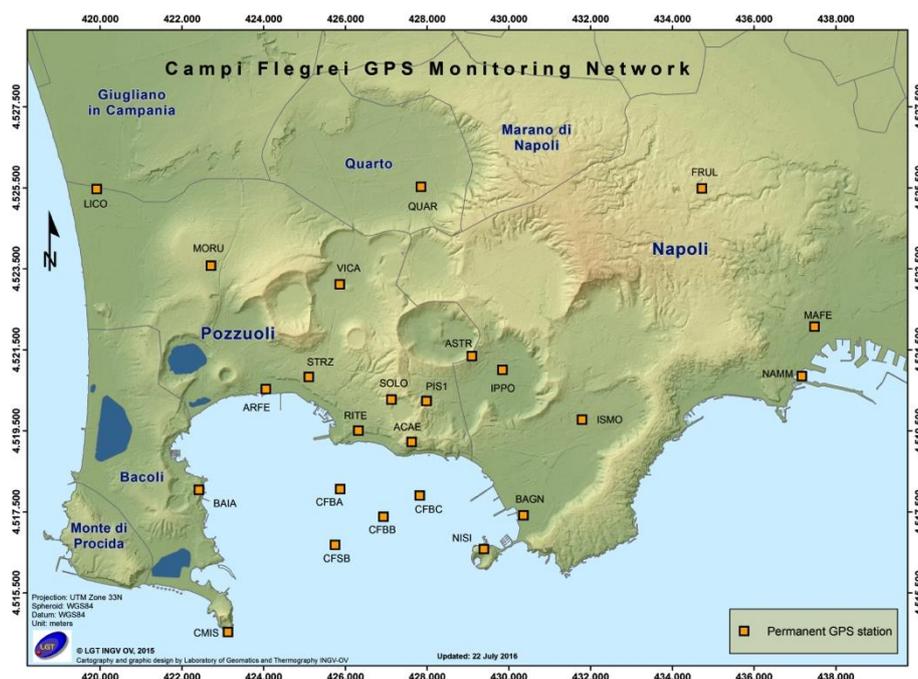


Figura 2.1 - Rete GPS Permanente dei Campi Flegrei.

STAZIONE GPS RITE (Rione Terra - Pozzuoli)

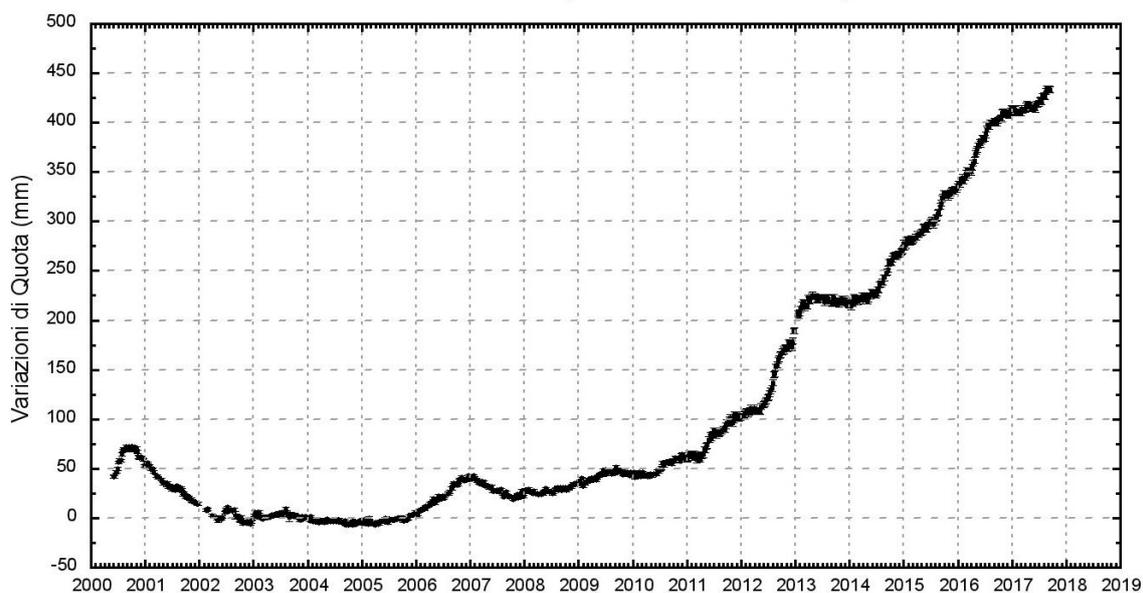


Figura 2.2 - Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di RITE (Pozzuoli – Rione Terra) dal 2000 ad settembre 2017.

La figura 2.2 riporta le serie temporali delle variazioni in quota di alcune stazioni GPS ubicate nella zona di massima deformazione dei Campi Flegrei. I punti in nero, rosso, verde e viola rappresentano le variazioni settimanali calcolate con i prodotti finali IGS (effemeridi precise e parametri della rotazione terrestre) i quali vengono rilasciati con un ritardo di 12-18 giorni. I punti in blu rappresentano le variazioni giornaliere calcolate con prodotti rapidi IGS in attesa della rielaborazione con i prodotti finali IGS appena disponibili.

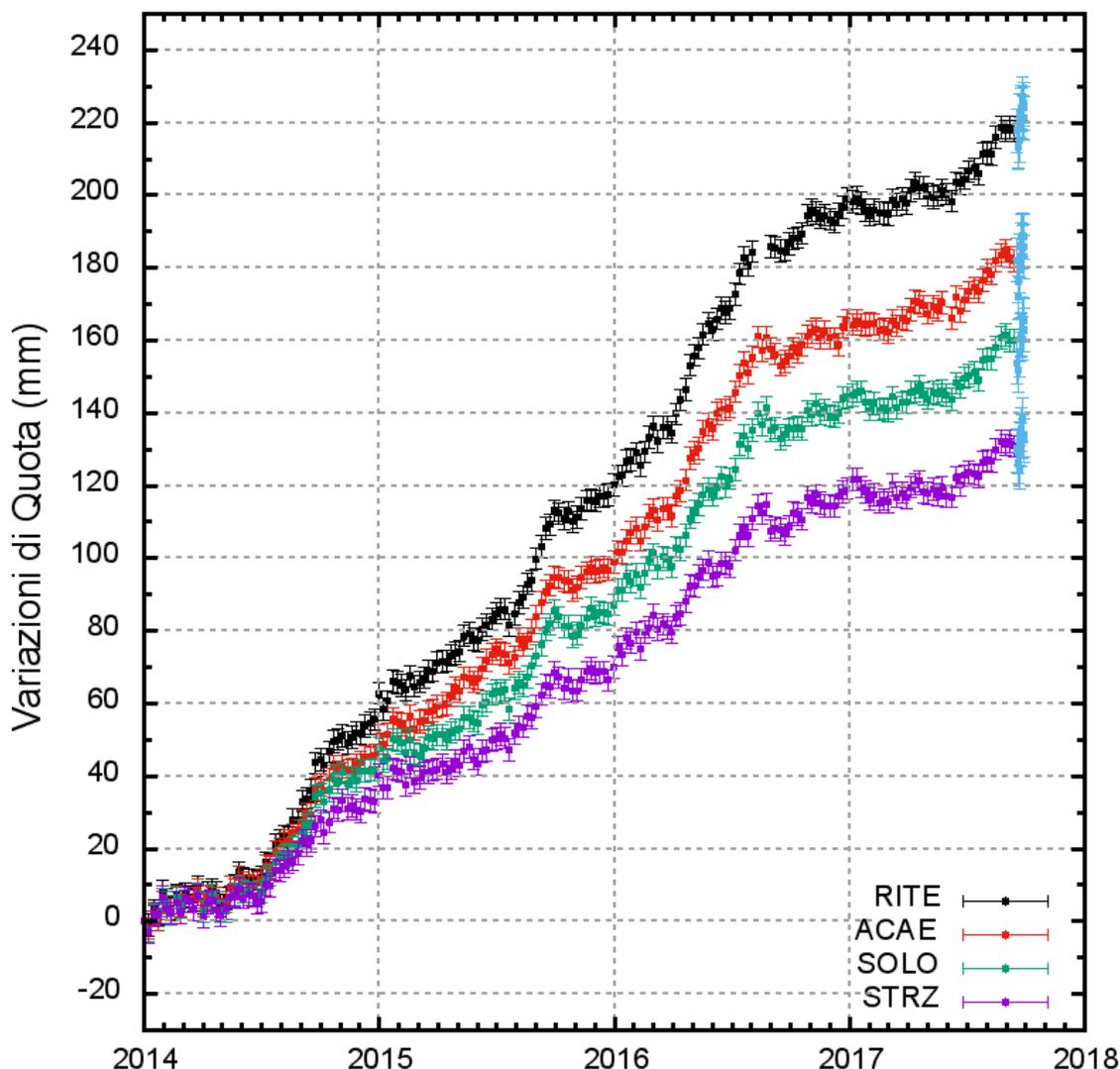


Figura 2.3 - Serie temporale delle variazioni in quota della stazione di RITE (Pozzuoli - Rione Terra), ACAE (Accademia Aeronautica), SOLO (Solfatara) e STRZ (Pozzuoli - Cimitero) dal 01 gennaio 2014 al 30 settembre 2017.

In Figura 2.4 è riportata la mappa dei vettori degli spostamenti orizzontali registrati alle stazioni CGPS ai Campi Flegrei dal 2014.

La forma del campo di deformazione è simile a quelle già individuate nelle precedenti fasi del sollevamento e suggerisce una stabilità della sorgente di deformazione, localizzata nel Golfo di Pozzuoli a qualche centinaio di metri a sud della stazione di RITE.

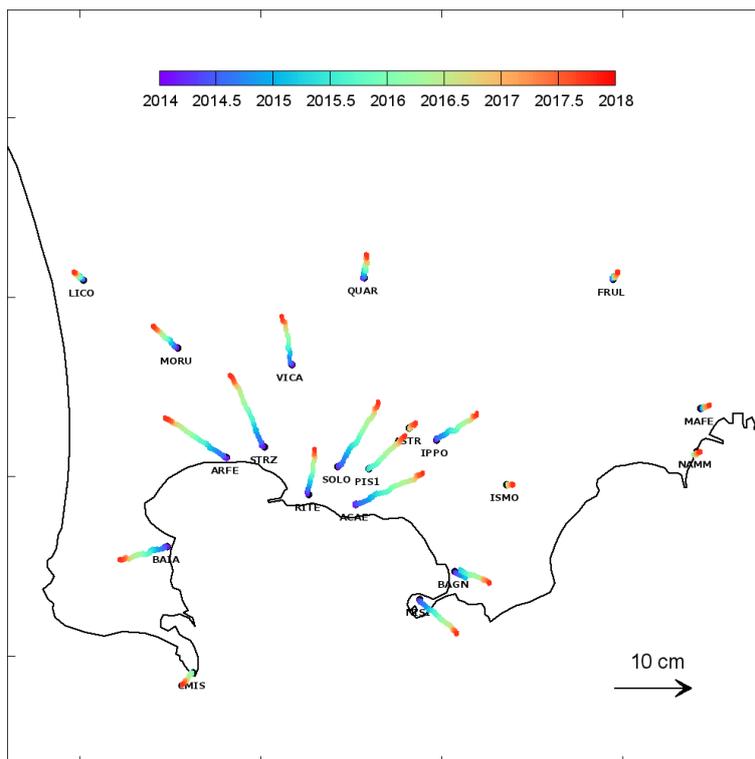


Figura 2.4 - Mappa degli spostamenti GPS orizzontali registrati nell'area flegrea dal 01 gennaio 2014 al 30 settembre 2017.

Mareometria

La Rete Mareografica è riportata in Figura 2.5.

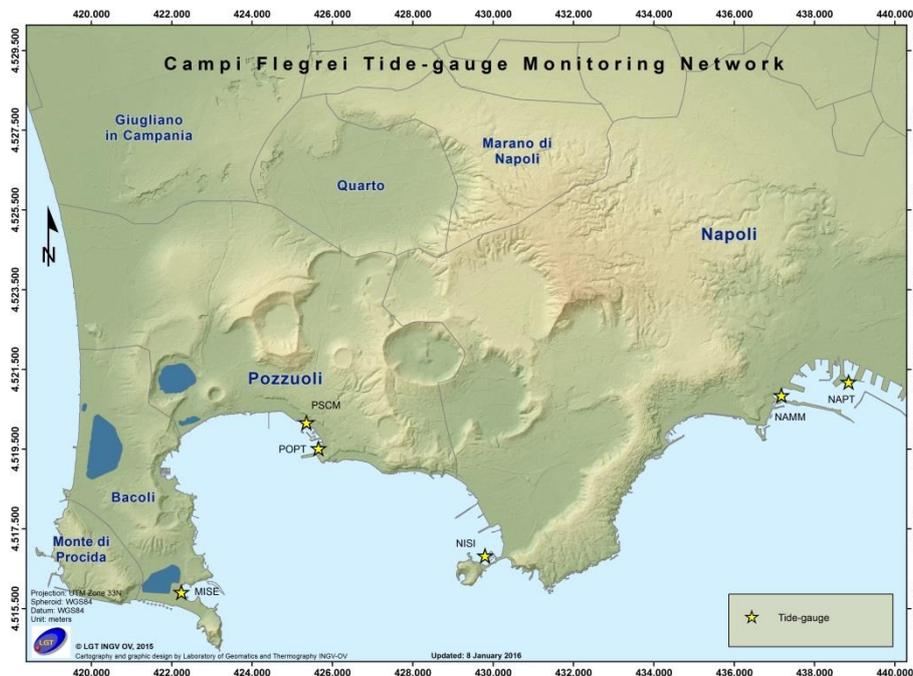


Figura 2.5 - Rete Mareografica di Campi Flegrei.

I dati mareografici relativi alla stazione di Pozzuoli Porto nel periodo gennaio 2014 – settembre 2017 mostrano l'andamento di Figura 2.6a, dal quale si evince un sollevamento di poco superiore ai 20 cm. Da gennaio 2016 a settembre 2017 si ha un contributo di circa 9 cm di sollevamento (Figura 2.6b).

Nell'ultimo mese non si riscontrano variazioni significative.

Il picco visibile verso la fine del mese di luglio 2016 è stato determinato dal malfunzionamento temporaneo del sensore della stazione di riferimento NAMM.

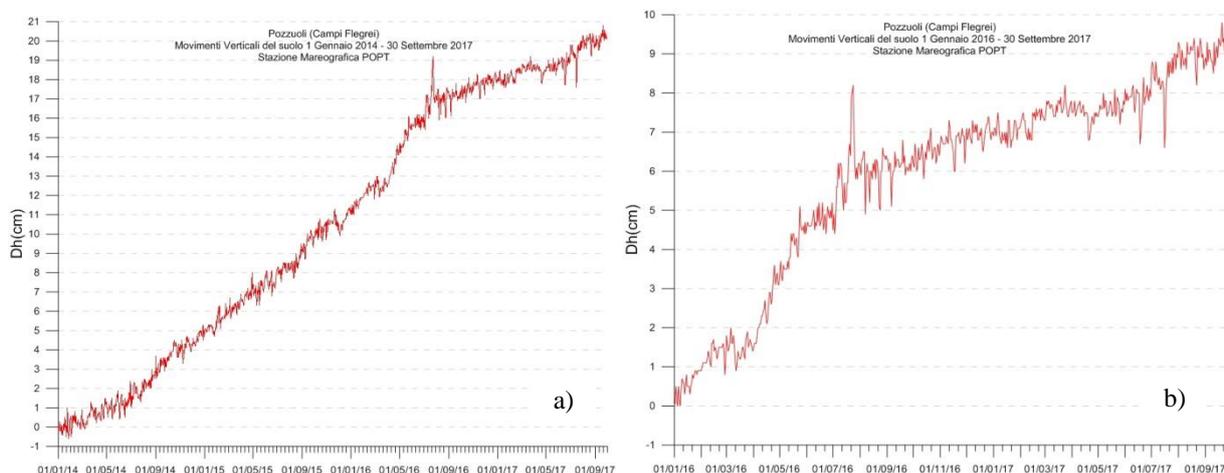


Figura 2.6 - Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2014 - settembre 2017 (a) e gennaio 2016 - settembre 2017 (b), ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore digitale alla stazione mareografica di Pozzuoli Porto (POPT) (area centrale della caldera flegrea). Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione di Napoli molo S.Vincenzo (NAMM).

Tiltmetria

La Rete di Monitoraggio delle inclinazioni del suolo dei Campi Flegrei consiste in 10 stazioni di cui 4 equipaggiate con sensori analogici di superficie (BAI, SLF, TOI, CSO), 3 con tiltmetri analogici da pozzo (PSC, ARC, TOI installati da 1 a 7 m di profondità) e 3 con sensori digitali da pozzo (CMP, ECO, HDM installati a 25 m di profondità) (Fig. 2.7).

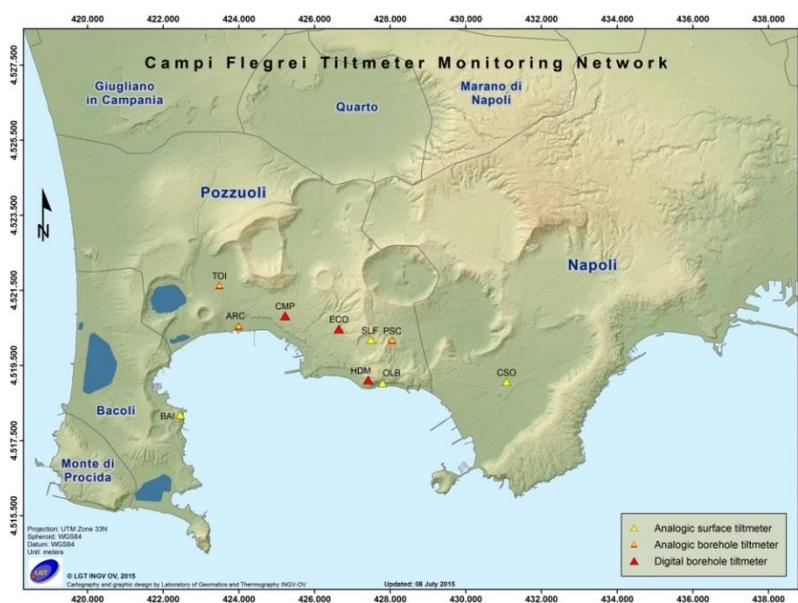


Figura 2.7 – Rete Tiltmetrica dei Campi Flegrei.

Il pattern di inclinazione calcolato ai Campi Flegrei nel periodo gennaio-settembre 2017 non concorda in modo semplice con un uplift quasi radiale ed è visibile in Figura 2.8.

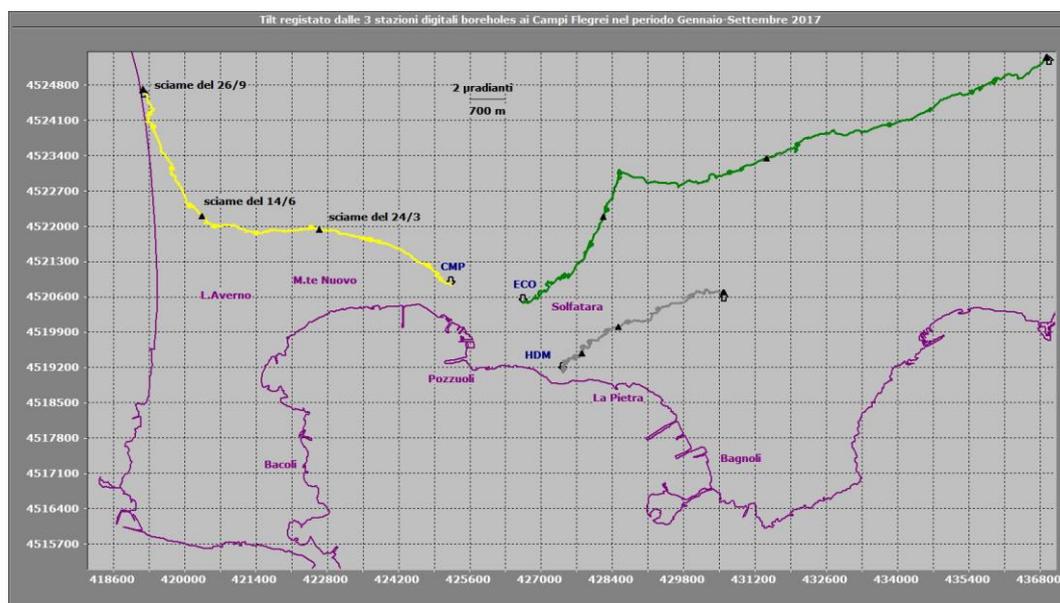


Figura 2.8 - Odografo del tilting registrato a 3 stazioni dei Campi Flegrei nel periodo gennaio-settembre 2017. Per chiarezza di rappresentazione grafica sono state selezionate solo le stazioni borehole con sensori ubicati a 25 m di profondità. I triangolini neri sovrapposti al tilt cumulativo indicano i 3 sciame sismici di bassa energia occorsi fino al 26/9.

La deformazione relativa ad ogni sito-stazione è rappresentata con segmenti orientati di colore diverso; l'origine di ogni vettore tilt è siglata con il nome del sito stesso ed evidenziata con una freccia puntata verso il basso mentre l'estremo libero è indicato con una freccia puntata verso l'alto. Il verso di ogni vettore (che indica settori di crosta in abbassamento) è univocamente definito dal suo estremo libero.

Nella Tabella seguente sono riportati, per ogni stazione, i valori di inclinazione del suolo, la direzione di tilting e la variazione di temperatura registrata a fondo pozzo (≈ -25 m dal p.c.) acquisiti nei primi nove mesi del 2017.

Sito	Inclinazione e direzione	Temperatura
Stazione ECO (89 m s.l.m.)	32.7 μ radianti a ENE	0.11 °C
Stazione CMP (62 m s.l.m.)	20.5 μ radianti a WNW	0.00 °C
Stazione HDM (112 m s.l.m.)	10.1 μ radianti a NE-ENE	- 0.02 °C

Dalla risultante vettoriale dei singoli segnali registrati in 9 mesi dalle 3 stazioni, si ottiene una direzione media di tilting orientata a NNE; considerando invece solo gli ultimi 5 mesi e quindi la conseguente variazione tiltmetrica da quando, tra il 2 ed il 4 maggio, è stata osservata alla stazione ECO una vistosa anomalia in azimuth, tale direzione ruota ad ENE. Quest'ultima si allinea dunque alla direzione di tilt della stazione HDM che, come è stato detto più volte, risulta praticamente invariata dal mese di agosto 2016.

Dalla orientazione dei vettori tilt risultano dunque due centroidi di deformazione, il primo dei quali è coerente con i dati di ECO e CMP, mentre il secondo è spostato più a S e sembrerebbe condizionare il tilting esibito da HDM.

Entrambi, però, possono rappresentare due parti di una singola sorgente geometricamente complessa.

Inoltre, la variazione repentina di azimuth che si nota a CMP a partire dagli inizi di giugno e visibile in Fig. 2.8, rappresenta un forte incremento della deformazione del suolo che, in tal caso, precede lo sciame sismico di bassa energia occorso il 14/6.

Se si considera inoltre anche lo sciame precedente del 24/3, risulta evidente come ad entrambi i raggruppamenti di eventi sismici, seppure poco energetici, seguono a CMP altrettante variazioni di azimuth nella direzione prevalente del tilting.

Va segnalato infine il perdurare di un aumento di temperatura alla stazione ECO.

Per quanto riguarda la zona della Solfatara di Pozzuoli, dal confronto tra le serie termiche registrate dai sensori di temperatura presenti nei tiltmetri installati nella stessa Solfatara (SLF, installata in superficie) ed a Pisciarelli (PSC, sensore a -1 m da p.c.), emerge una sostanziale invarianza delle temperature nelle 2 aree durante il 2015 ed il 2016 e, limitatamente alla sola Solfatara, nel 2017. Da marzo del 2017, invece, si nota un netto incremento della temperatura di Pisciarelli che però tende a diminuire dagli inizi di settembre. Tale incremento risulta superiore a quello registrato in Solfatara, che invece è mutuato dall'irraggiamento termico solare (Fig. 2.9).

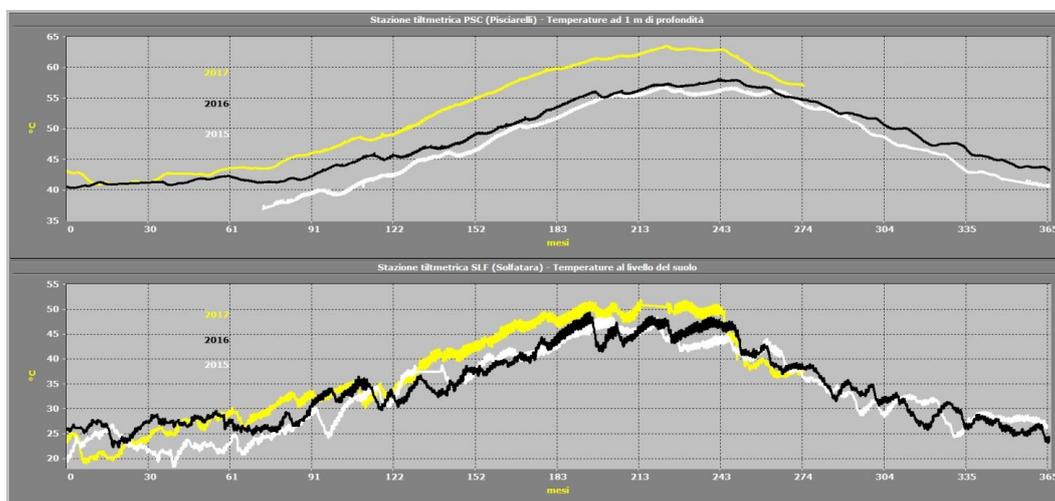


Figura 2.9 - Confronto tra le temperature registrate dal sensore termico del tiltmetro borehole in località Pisciarelli (stazione PSC, sensore a -1 m da p.c.) e da quello del tiltmetro superficiale installato in Solfatara (stazione SLF). I diversi colori differenziano nei 2 pannelli le 3 time-series a partire dal 2015.

3 – Geochimica dei Fluidi

L'attività di monitoraggio svolta nel mese di settembre 2017 ha riguardato:

- l'acquisizione in continuo di dati di flusso di CO₂ dal suolo e della temperatura della fumarola principale a Pisciarelli;
- l'acquisizione in continuo di dati di flusso di CO₂ dal suolo e del gradiente termico nel cratere della Solfatara;
- misure di flusso di CO₂ dal suolo e temperatura del suolo su punti fissi selezionati nell'area di Pisciarelli.

Per il periodo di interesse non sono disponibili nuove analisi delle fumarole del cratere della Solfatara (BG e BN), in quanto attualmente non è consentito l'accesso all'area dei campionamenti. Sono comunque riportati i risultati relativi al mese di agosto 2017.

Di seguito vengono riportate le osservazioni più rilevanti sui nuovi dati acquisiti.

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); Chiodini (2009); Chiodini et al., (2010; 2011; 2012; 2015a,b; 2016), ai quali si rimanda per approfondimento.

Le analisi di laboratorio dei campioni prelevati evidenziano il perdurare dei trend già identificati in precedenza (vedi Rapporti di Sorveglianza precedenti; Figg. 3.1-3.4).

Il rapporto $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ delle fumarole (Fig. 3.1) nei campioni di agosto 2017 ha mostrato valori elevati (~ 0.38 per la fumarola BG; ~ 0.36 per la fumarola BN), confermando quelli misurati nel periodo precedente, valori 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 dei recenti 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 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ misurato alle fumarole (Chiodini et al., 2015a, 2016). 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).

L'analisi di geindicatori di Temperatura e Pressione, basati sulle composizioni delle fumarole BG e BN, indicano il progressivo riscaldamento delle parti più superficiali del sistema idrotermale della Solfatara. In particolare, le concentrazioni di CO, disponibili alla Solfatara di Pozzuoli fin dalla crisi del 1983-84, a partire dagli inizi degli anni 2000 mostrano un evidente trend di crescita, che è particolarmente marcato negli ultimi mesi (fumarola BG, Fig. 3.2). Tale crescita è a nostro parere 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 D'Amore and Panchi (1980), che in generale ben descrive la $f\text{O}_2$ in molti dei sistemi idrotermali del mondo, il trend del CO corrisponderebbe ad un aumento di temperatura di 20-25 °C fra gli inizi degli anni 2000 (T circa 215 °C) e il 2014-2017 (T circa 240°C, Fig. 3.3). Tale processo di riscaldamento del sistema flegreo e le possibili cause sono trattate in modo approfondito nei lavori scientifici Chiodini et al. (2015a, 2016) a cui si rimanda per approfondimento.

Il cronogramma del rapporto CO_2/CH_4 (Fig. 3.4) mostra picchi positivi, interpretabili 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). Nei campioni di agosto il rapporto CO_2/CH_4 mostra una lieve diminuzione dopo i valori massimi raggiunti nel campione precedente. I vari picchi corrisponderebbero, quindi, ad eventi di degassamento magmatico e conseguente immissione di fluidi magmatici nel sistema idrotermale che alimenta le fumarole della Solfatara. Per maggiori dettagli su tale processo si rimanda ad uno specifico lavoro scientifico (Chiodini et al., 2012). Inoltre, in Figura 3.4, è possibile riconoscere un trend d'aumento del rapporto a partire dal 2000.

Sia l'aumento della temperatura di equilibrio della parte più profonda del sistema idrotermale che variazioni delle sue condizioni redox (verso condizioni più ossidanti, magmatiche) possono essere la causa dell'aumento del rapporto CO_2/CH_4 (i.e. diminuzione relativa delle concentrazioni di CH_4) (Chiodini et al., 2015a).

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, causa a nostro avviso le variazioni macroscopiche osservate a Pisciarelli (Fig. 3.5) 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 (Figg. 3.6, 3.7), nell'aumento dei flussi misurati in continuo dalla stazione FLXOV3 (Fig. 3.8). Nel mese di riferimento, la temperatura della fumarola principale di Pisciarelli, in seguito agli eccezionali eventi piovosi del 10-11 settembre, ha mostrato ampie oscillazioni con un valore minimo registrato di $\sim 58^{\circ}\text{C}$. Tale variazione è legata alla modifica dell'area di emissione della fumarola, che dopo gli eventi piovosi risultava coperta dal detrito trasportato dalle copiose precipitazioni. La temperatura registrata dalla stazione, in generale, e in particolare a seguito delle recenti modifiche dell'area di emissione, potrebbe non essere rappresentativa della temperatura massima del fluido emesso.

A causa del malfunzionamento del sensore di temperatura, dal 18 settembre, non sono disponibili dati in continuo di temperatura della fumarola principale. Al momento non è possibile operare in sicurezza nel sito di emissione della fumarola per la sostituzione ed il riposizionamento del sensore di temperatura.

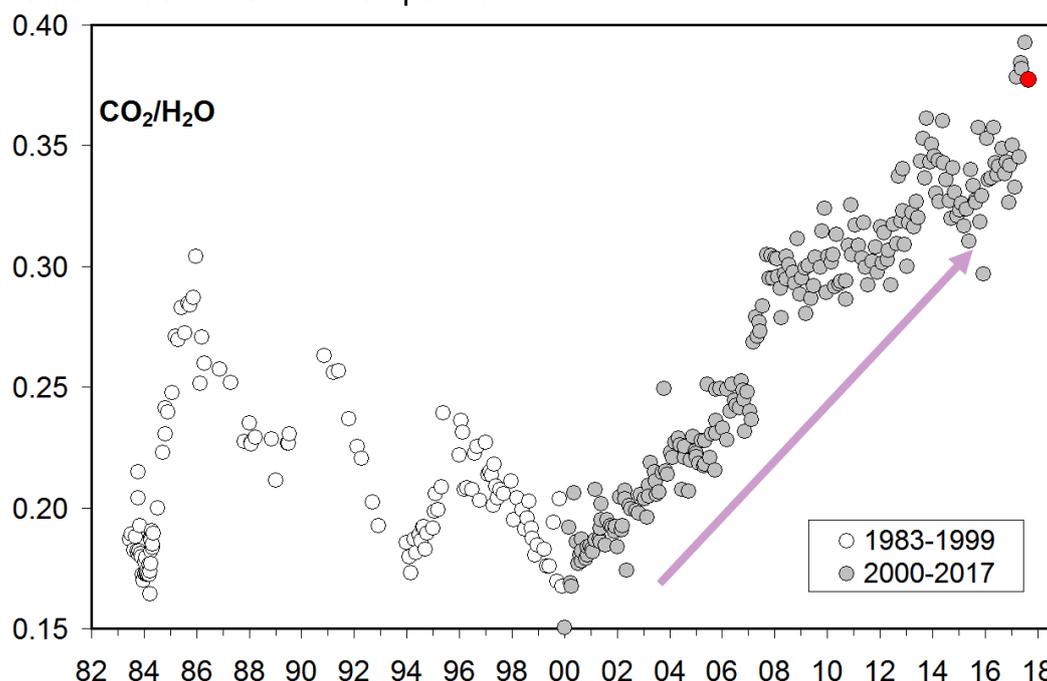


Figura 3.1 - Cronogramma del rapporto $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ per la fumarola BG. In grigio sono riportati i dati a partire dal 2000, quando è iniziato un trend d'aumento del rapporto $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ indicativo, in generale, di una crescente frazione della componente magmatica nei fluidi fumarolici. Con il simbolo rosso è evidenziato il campione di agosto 2017.

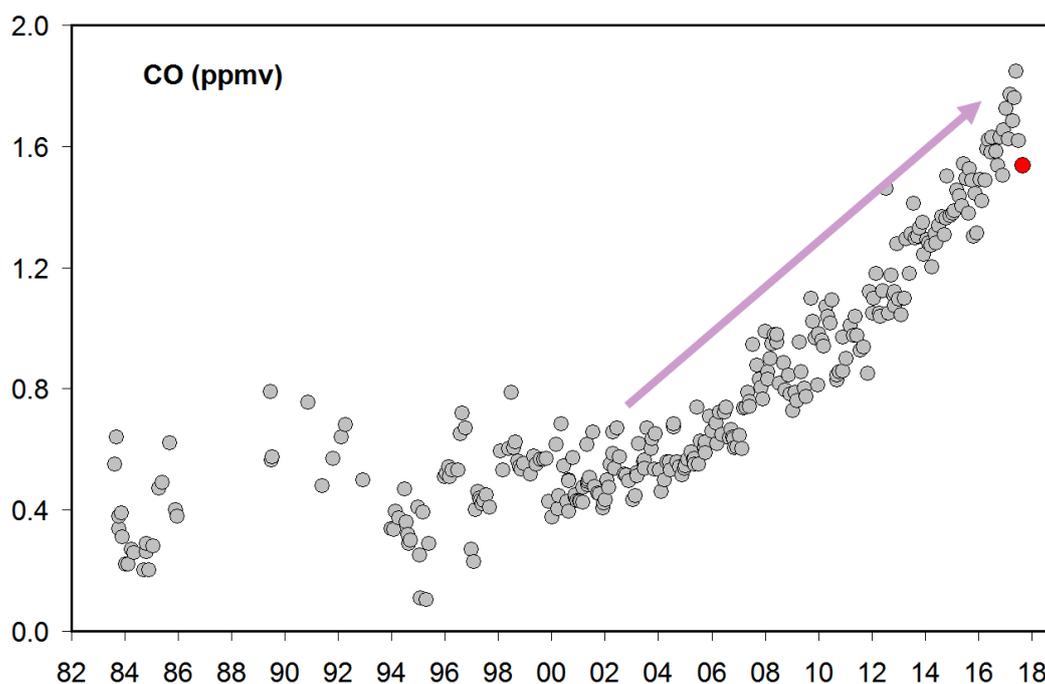


Figura 3.2 - Variazioni della concentrazione di monossido di carbonio (CO) misurato alla fumarola BG a partire dal 1983. Con il simbolo rosso è evidenziato il campione di agosto 2017. In generale alti contenuti di CO caratterizzano sistemi vulcanici ad elevata temperatura mentre fumarole alimentate da 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.

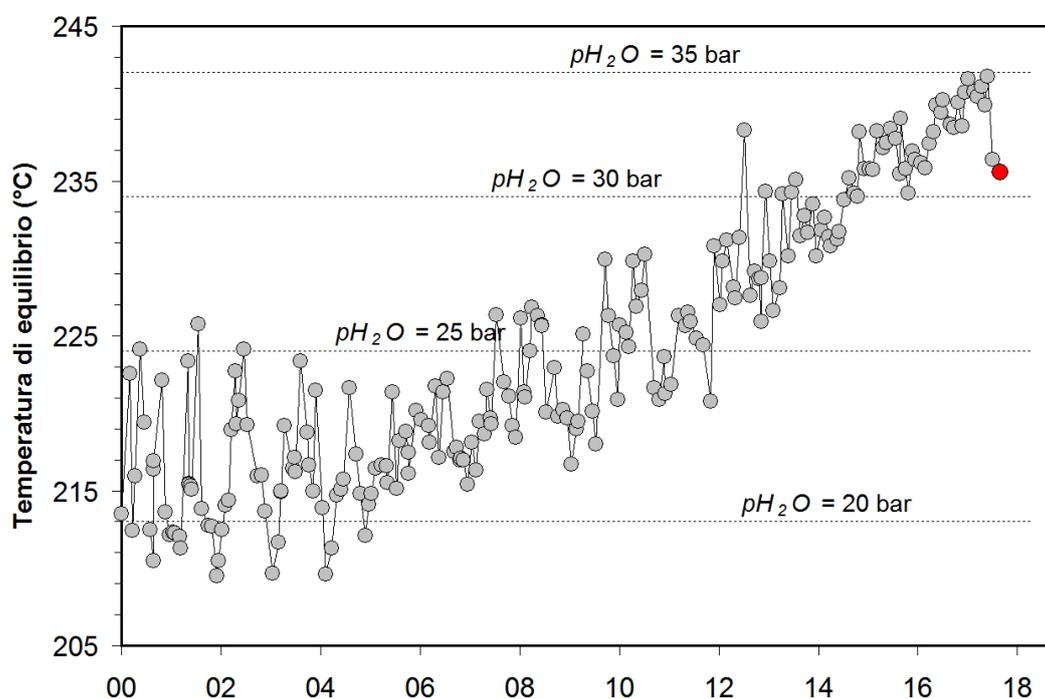


Figura 3.3 - Cronogramma delle temperature di equilibrio per il sistema CO-CO₂, stimate assumendo condizioni redox fissate dalla relazione di D'Amore and Panichi (1980). Tali temperature, rappresentative della parte più superficiale del sistema idrotermale (Caliro et al., 2007), mostrano un trend d'aumento a partire dai primi anni del 2000. Con il simbolo rosso è evidenziato il campione di agosto 2017 relativo alla fumarola BG.

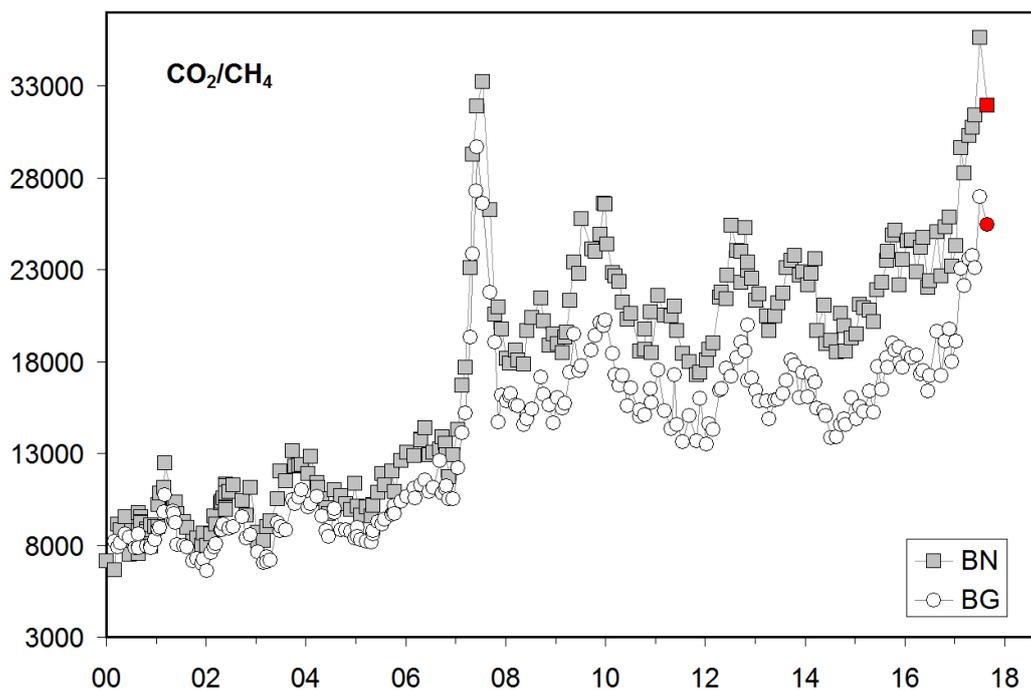


Figura 3.4 - Variazioni del rapporto CO_2/CH_4 per le fumarole BG e BN a partire dal 2000. I picchi nel rapporto, registrati in superficie con circa un anno di ritardo, evidenziano episodi di degassamento magmatico occorsi ai Campi Flegrei (Chiodini et al., 2012). Con i simboli rossi sono evidenziati i campioni di agosto 2017.



Figura 3.5 - Variazioni macroscopiche dell'area di emissione di Pisciarelli dal 2005.

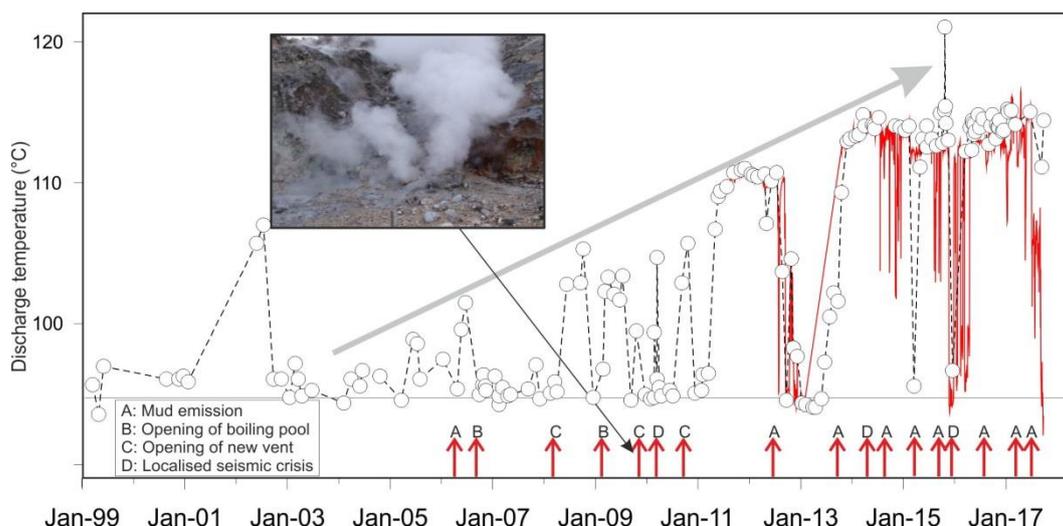


Figura 3.6 - Cronogramma delle temperature (°C) della fumarola di Pisciarelli e dei maggiori eventi occorsi legati all'aumento dell'attività idrotermale (i cerchi si riferiscono a misure discrete riferite al punto di prelievo dei gas, la linea rossa si riferisce alle medie giornaliere delle misure in continuo). La temperatura di ~95°C rappresenta la temperatura di ebollizione per i fluidi fumarolici di Pisciarelli. Nella foto è riportata la vigorosa fumarola sorta il 20 dicembre 2009.

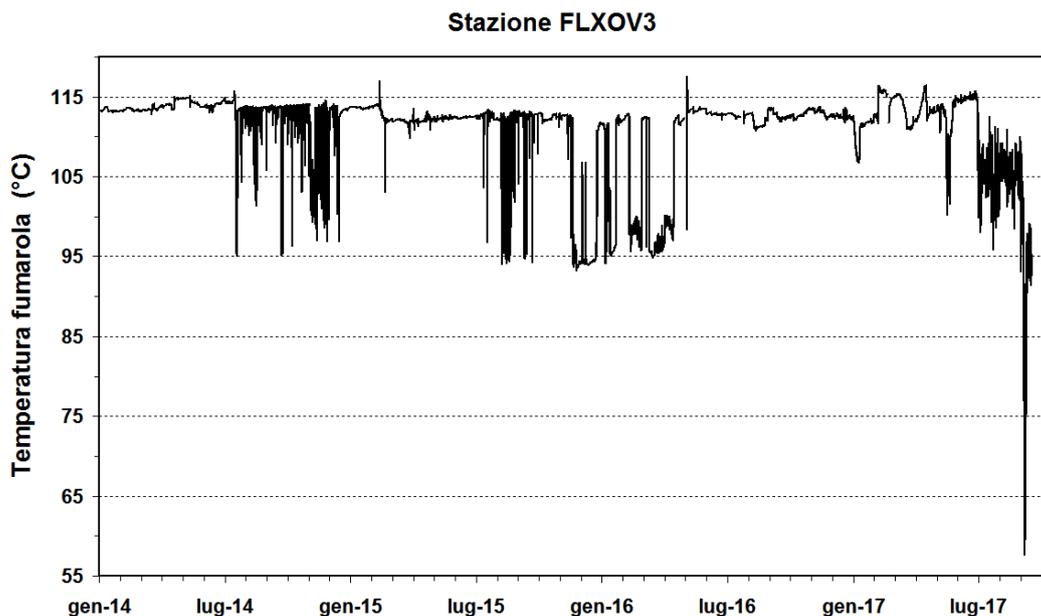


Figura 3.7 - Temperature registrate in continuo della fumarola di Pisciarelli. Da notare le variazioni degli ultimi periodi (da Febbraio u.s.), collegate verosimilmente ad emissioni di una fase liquida (fango) dal vent.

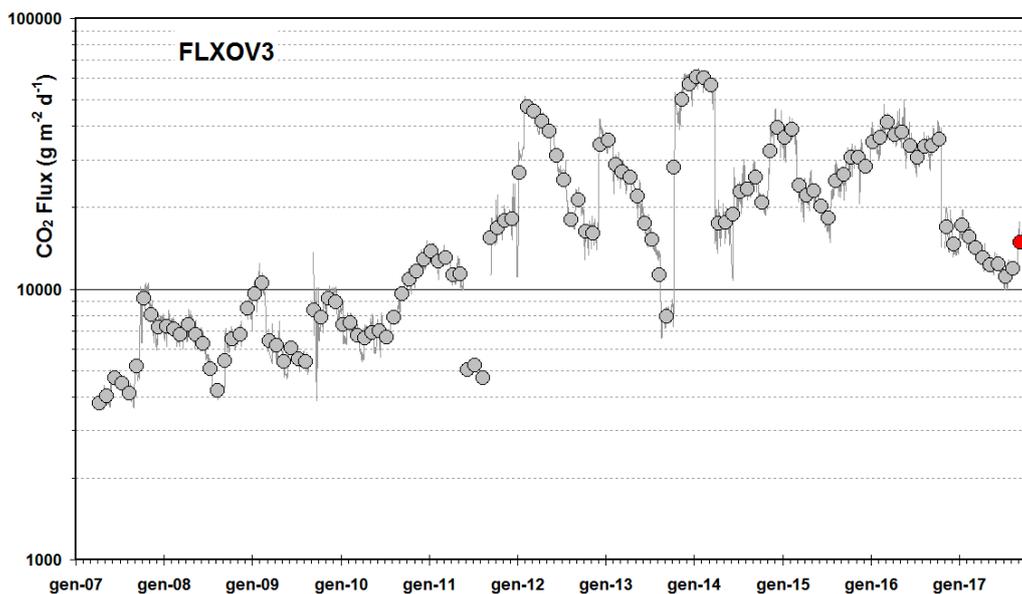


Figura 3.8 - Medie giornaliere (linea) e medie mensili (cerchi) dei flussi di CO₂ misurati a Pisciarelli (FLXOV3). E' da evidenziare il continuo trend d'aumento nel tempo del flusso CO₂. La media dei flussi relativa al mese di settembre 2017 è riportata con il simbolo rosso. L'intervento di riparazione della stazione, effettuato nel mese di novembre 2016, resosi necessario per ripristinare il sistema per la misura del flusso di CO₂ dal suolo, ha inevitabilmente comportato una modifica del sito con valori misurati di flusso di CO₂ più bassi.

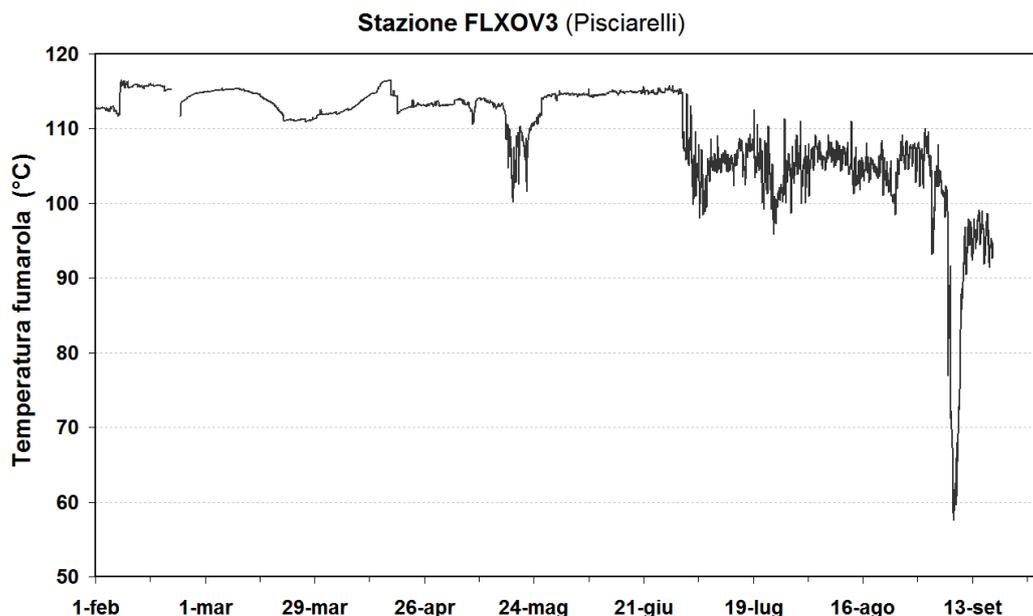


Figura 3.9 - Dettaglio della temperatura della fumarola principale nel sito di Pisciarelli registrata in continuo dalla stazione FLXOV3.

4 - QUADRO DI SINTESI DELLO STATO DEL VULCANO NEL MESE DI SETTEMBRE 2017 E VALUTAZIONI

Nel corso del mese di settembre 2017 sono stati registrati 42 terremoti di bassa magnitudo ($M_{Dmax}=0.9$). Il volume sismogenetico associato a tali eventi si colloca ad est e ad una profondità lievemente maggiore rispetto a quello attivatosi fino al mese scorso.

Nello stesso periodo non si osservano deformazioni verticali del suolo significative. Il sollevamento registrato alla stazione GPS di RITE è di circa 21 cm a partire da gennaio 2014, di cui circa 9.5 cm da gennaio 2016.

Dalla orientazione dei vettori tilt risultano due centroidi di deformazione, il primo dei quali è coerente con i dati di ECO e CMP, mentre il secondo è spostato più a sud e sembrerebbe condizionare il tilting esibito da HDM.

Entrambi, però, possono rappresentare due parti di una singola sorgente geometricamente complessa.

I parametri geochimici rientrano nei trend già identificati in precedenza. A causa del malfunzionamento del sensore di temperatura di Pisciarelli, dal 18 settembre non sono disponibili dati in continuo di temperatura della fumarola principale. Al momento non è possibile operare in sicurezza nel sito di emissione della fumarola per la sostituzione ed il riposizionamento del sensore di temperatura.

Nella Figura 4.1 sono rappresentati i parametri di monitoraggio più indicativi in un confronto temporale a breve e medio termine.

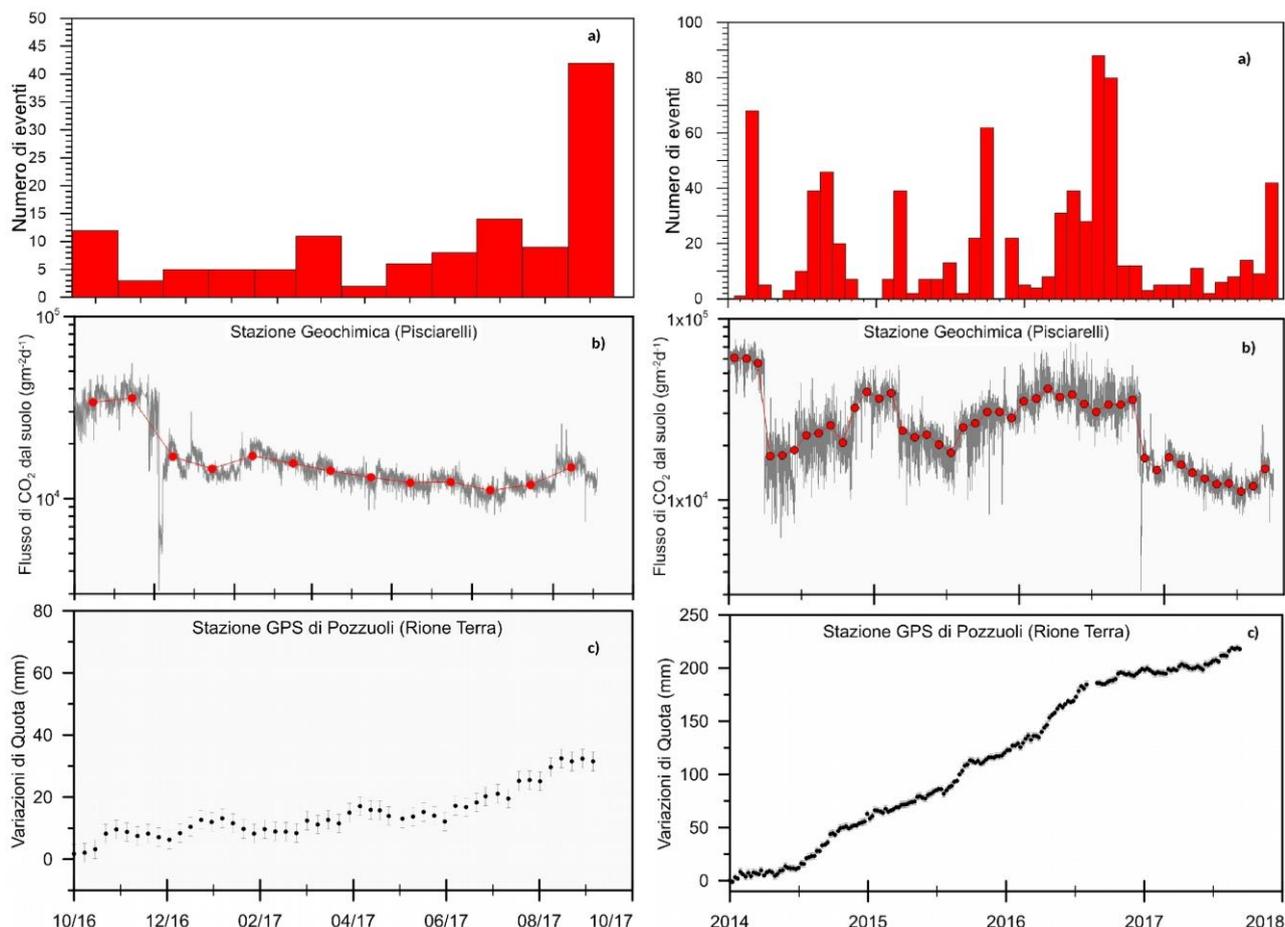


Figura 4.1 – Frequenza di accadimento degli eventi sismici (a), variazioni del flusso di CO_2 alla stazione FLXOV3 di Pisciarelli (b) e andamento delle deformazioni del suolo alla stazione GPS di RITE negli ultimi dodici mesi (a sinistra) e dal 2014 (a destra).

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

Il monitoraggio dell'area flegrea permane al livello di "Attenzione".

Bibliografia

- 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. doi: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. doi:10.1016/j.gca.2014.01.021.
- 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](https://doi.org/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, doi: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. doi: 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. *Geology*, doi: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. doi:10.1016/j.epsl.2015.01.012

Chiodini G., Pappalardo L., Aiuppa A. and Caliro S. (2015b) The geological CO₂ degassing history of a long-lived caldera. *Geology*. doi: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. doi: 10.1038/ncomms13712

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.

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 dall'Accordo di programma decennale stipulato tra lo stesso INGV e il DPC in data 2 febbraio 2012 (Prot. INGV 2052 del 27/2/2012), alle attività previste nell'ambito del Sistema Nazionale di Protezione Civile. In particolare, questo documento, redatto in conformità all'Allegato A 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 recati 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.