

# Dinamica recente della caldera dei Campi Flegrei da dati GPS in continuo

Mario Dolce<sup>(a)</sup>, Giuseppe Brandi<sup>(a)</sup>,  
Giovanni Scarpato<sup>(a)</sup>, Prospero De Martino<sup>(a)</sup>

(a) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via Diocleziano 328, 80124 Napoli,  
tel. 081.6108329, e-mail [mario.dolce@ingv.it](mailto:mario.dolce@ingv.it)

## Riassunto

La caldera dei Campi Flegrei è una delle aree a più alto rischio vulcanico al mondo data l'intensa urbanizzazione. Dopo le crisi bradisismiche degli anni 80, nel 2006 è iniziata una nuova fase di *unrest* dell'area con un sollevamento di circa 43 cm ad oggi, e con una variazione dei parametri geofisici monitorati.

Nel dicembre del 2012, a seguito di tutte queste variazioni, il Dipartimento della Protezione Civile ha innalzato il livello di allerta per l'area da base ad attenzione. L'Osservatorio Vesuviano, sezione di Napoli dell'INGV, gestisce un sistema di sorveglianza multiparametrico composto da diverse reti di monitoraggio geofisico ed un importante contributo allo studio delle deformazioni del suolo è fornito dalla rete GPS in continuo (cGPS).

In questo lavoro viene presentata la rete cGPS e gli sviluppi infrastrutturali degli ultimi anni, le serie temporali ed il pattern di deformazione planimetrico e verticale della caldera flegrea durante l'attuale fase di *unrest*.

## Abstract

The Campi Flegrei caldera is one of the highest volcanic risk areas in the world given the intense urbanization. After the bradisismic crises of the 1980s, a new phase of unrest start in 2006 with an uplift of about 43 cm to date, and with a variation of the monitored geophysical parameters. In December 2012, following all these changes, the Dipartimento Protezione Civile raised the level of alert from the base to that of attention. The INGV - Osservatorio Vesuviano manages a multiparameter surveillance system and an important contribution to ground deformation is provided by the continuous GPS network (cGPS). This work presents the cGPS network, the time series and the planimetric and vertical deformation pattern of the Campi Flegrei caldera during the current phase of unrest.

## Introduzione

La caldera dei Campi Flegrei, ad ovest di Napoli, ha presentato la sua ultima attività eruttiva nel 1538 con la formazione di Monte Nuovo. La caratteristica peculiare di quest'area, dal punto di vista deformativo, è costituita dalla presenza di movimenti lenti e continui del livello del suolo (bradisismo). Nel periodo 1969-1972 e 1982-1984 l'area ha presentato due intensi fenomeni di sollevamento (con uno spostamento verticale massimo totale di circa 3.5 m) e con circa 15000 terremoti con magnitudo fino a 4. Dal 1985 in poi l'area è stata interessata da un fenomeno di bradisismo discendente con sovrapposte

minori e più veloci fasi di sollevamento (*mini-uplift*). Nel 2006, è iniziata una nuova fase di *unrest* dell'area con un sollevamento di circa 43 cm ad oggi, e con una variazione dei parametri geofisici monitorati. Nel dicembre del 2012, a seguito di tutte queste variazioni il Dipartimento della Protezione Civile ha innalzato il livello di allerta da quello base a quello di attenzione.

L'Osservatorio Vesuviano, sezione di Napoli dell'INGV, nell'ambito delle attività di monitoraggio dei vulcani campani gestisce un sistema di sorveglianza multiparametrico ed un importante contributo allo studio delle deformazioni del suolo è fornito dalla rete *GPS* in continuo (*cGPS*).

Negli ultimi anni, dopo l'innalzamento del livello di allerta, la rete *cGPS* è stata fortemente potenziata sia con un ammodernamento delle stazioni, con l'utilizzo di strumentazione di ultima generazione, che con l'installazione di nuove stazioni.

### **La rete cGPS dei Campi Flegrei**

La rete *cGPS* dei Campi Flegrei attualmente è costituita da 25 stazioni (Figura 1). Ogni stazione è dotata di un ricevitore *GNSS* a doppia frequenza ed antenne di tipo *Choke Ring*. I ricevitori sono della serie Leica GR10 e GRX1200 mentre le antenne sono LEIAT504 e LEIAR20/25.

Alcune stazioni sono dotate di un sistema di alimentazione tramite rete elettrica e di una batteria a tampone che ne assicura il funzionamento anche in caso di *black out* elettrico, mentre altre sono dotate di alimentazione tramite pannelli solari. I sistemi di trasmissione dei dati sono diversificati a secondo della logistica del sito, con linee *ADSL* oppure con connettività *UMTS/4G* o *HyperLan*.

Dal 2013 è iniziata una fase di *upgrade* di alcune stazioni della rete con ricevitori e antenne *GNSS* di ultima generazione, mentre dal 2015 la rete è stata potenziata con la materializzazione di 5 nuove stazioni (ASTR, CMIS, CUMA, ISMO e NAMM in Figura 1).

Alla rete sulla terraferma si aggiungono altre quattro stazioni *cGPS* del sistema di monitoraggio in mare MEDUSA, costituito da quattro boe attrezzate con strumentazione geofisica ed oceanografica (De Martino et al., 2016).

Apposite procedure permettono la completa gestione da remoto delle stazioni e provvedono, automaticamente e con cadenza giornaliera, allo scarico dei dati, al controllo di qualità, alla loro archiviazione ed alla successiva elaborazione con il software scientifico Bernese v. 5.0 (Dach et al., 2007). Una descrizione completa delle caratteristiche della rete e delle strategie di processamento sono riportate in (De Martino et al., 2014b).

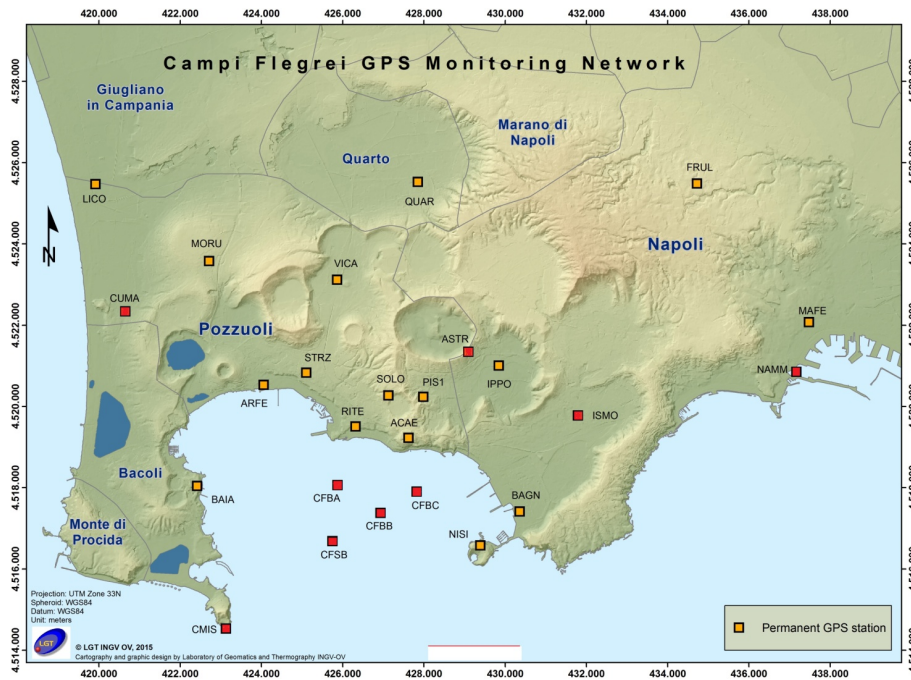


Figura 1 – Mappa della Rete cGPS dei Campi flegrei. I quadratini rossi indicano le stazioni installate dal 2015.

### Risultati (serie temporali e pattern di deformazione)

La serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione cGPS materializzata al Rione Terra a Pozzuoli, storicamente il punto di massima deformazione dell'area, ben rappresenta la storia deformativa della caldera flegrea a partire dal 2000 (Figura 2). E' evidente come dal 2006 sia iniziata una fase di *unrest*, con un sollevamento massimo di circa 43 cm ad oggi. La velocità del sollevamento è aumentata a partire dal 2011, infatti quasi 37 cm del sollevamento totale si sono verificati negli ultimi 7 anni (Figura 3c).

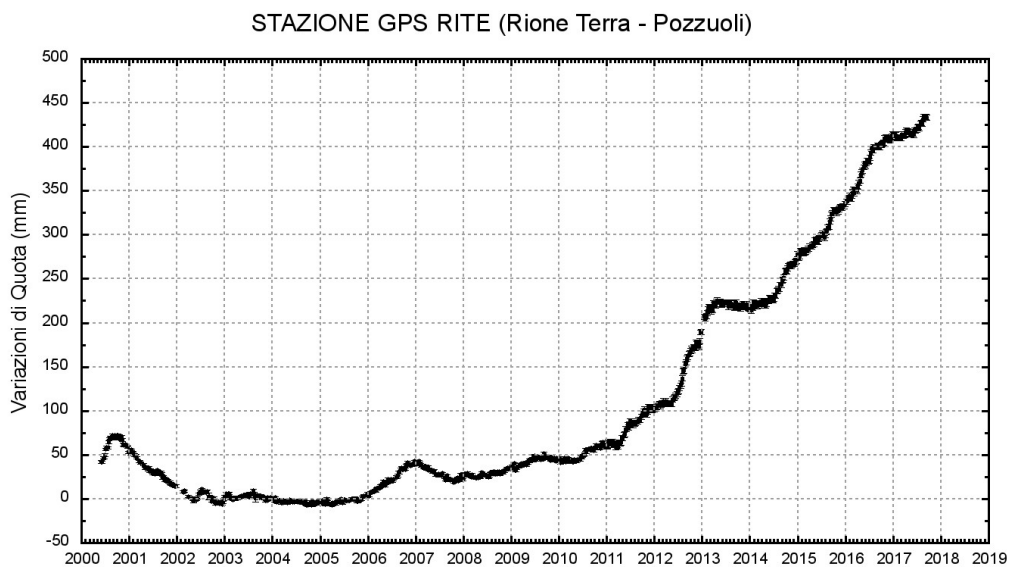


Figura 2 - Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione cGPS di RITE (Pozzuoli) dal 2000 a settembre 2017.

Negli stessi periodi sono state registrate anche significative deformazioni lungo le componenti Nord-Sud ed Est-Ovest delle stazioni cGPS (Figura 3a e 3b).

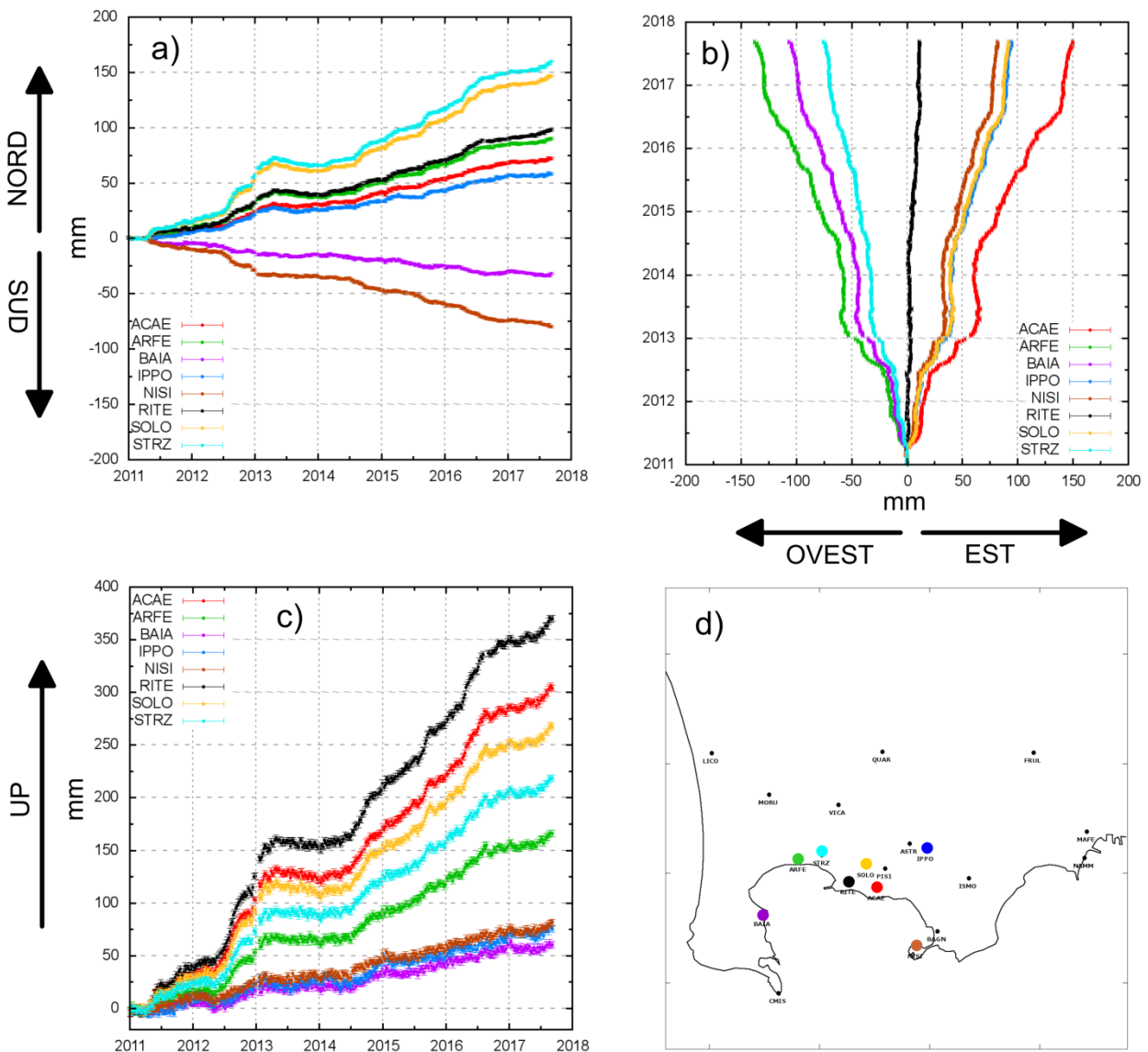


Figura 3 - Serie temporale delle variazioni settimanali lungo le componenti Nord-Sud (a), Est-Ovest(b) ed Up (c) di alcune delle stazioni cGPS dei Campi Flegrei nel periodo 2011-2017.

In Figura 4 è riportata la mappa dei vettori degli spostamenti orizzontali registrati alle stazioni cGPS ai Campi Flegrei dal 2011 ad oggi. La forma del campo di deformazione è simile a quelle già individuate nelle precedenti fasi di mini-uplift del 2000 e del 2006 e suggerisce una stabilità della sorgente di deformazione, localizzata nel Golfo di Pozzuoli a qualche centinaio di metri a sud della stazione di RITE (De Martino et al., 2014b).

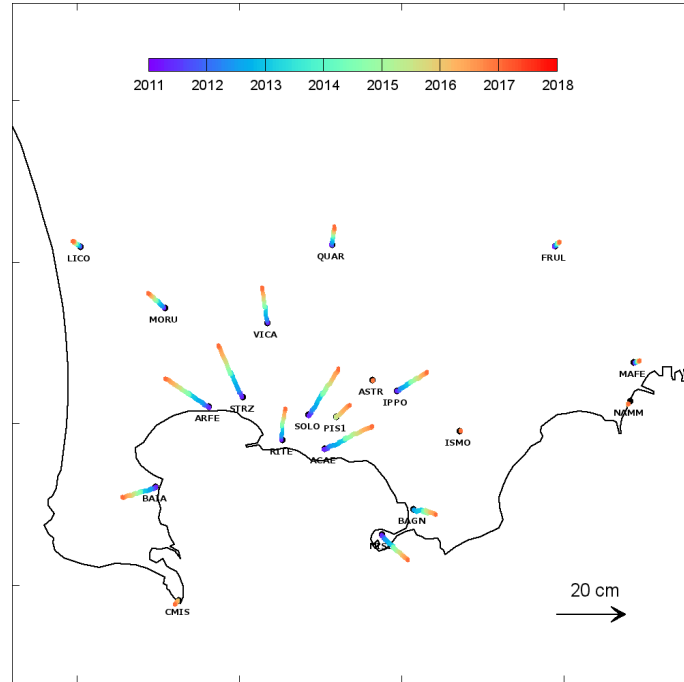


Figura 4 - Mappa degli spostamenti orizzontali registrati nell'area flegrea dal 2011 ad oggi.

Dal 2016 sono operative nel Golfo di Pozzuoli 3 boe (tipo meda elastica e/o a palo) equipaggiate con stazioni GPS in continuo per il monitoraggio delle deformazioni della parte sommersa della caldera flegrea (De Martino et al., 2016). Le tre nuove stazioni (CFBA, CFBB e CFBC in Figura 1) affiancano la preesistente stazione cGPS installata alla fine del 2011 sull'infrastruttura marina CUMAS (De Martino et al., 2014a).

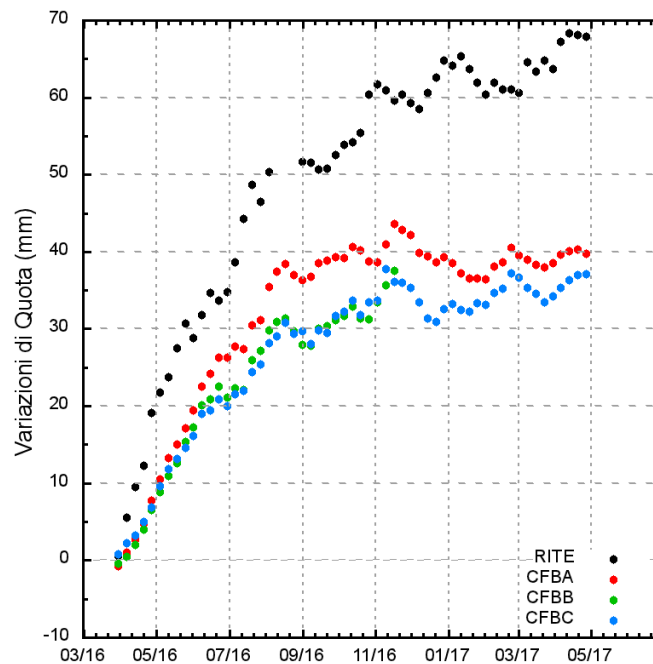


Figura 5 - Serie temporali delle variazioni settimanali in quota delle stazioni cGPS installate su boe nel Golfo di Pozzuoli e confronto con la stazione cGPS sulla terraferma di RITE.

Da marzo a novembre 2016, si è registrato un sollevamento totale di circa 4 cm alla stazione di CFBA e di circa 3 cm alle stazioni di CFBB e CFBC (Figura 5). Grazie ai risultati ottenuti, l'estensione del monitoraggio delle deformazioni del suolo alla parte sommersa della caldera flegrea contribuirà ad una migliore modellazione del campo deformativo dell'area.

### **Bibliografia**

- Dach, R., U. Hugentobler, P. Fridez, and M. Meindl (2007). User Manual of the Bernese GPS Software 5.0, Astron. Inst., Univ. of Bern, Bern, Switzerland.
- De Martino, P., Guardato, S., Tammaro, U., Vassallo, M., Iannaccone, G. (2014a). A first GPS measurement of vertical seafloor displacement in the Campi Flegrei caldera (Italy). *J. Volcanol. Geother. Res.* 276, 145-151, doi:10.1016/j.jvolgeores.2014.03.003.
- De Martino P., Umberto Tammaro, Francesco Obrizzo (2014b), GPS Time Series at Campi Flegrei Caldera (2000 - 2013). ", *Annals of Geophysics.*, 57, 2, 2014, S0213, doi:10.4401/ag-6431S0213
- De Martino, P., M. Dolce, G. Brandi, S. Guardato, G. Scarpato (2016). Le nuove stazioni CGPS per il monitoraggio delle deformazioni del fondo marino ai Campi Flegrei. *Rapporti Tecnici, INGV*, n. 358, 2016, ISSN 2039-7941.