



istituto per il rilevamento  
elettromagnetico  
dell'ambiente

**Relazione sulle attività svolte nell'ambito dell'Accordo 2019-2021 tra la Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile e l'Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente del Consiglio Nazionale delle Ricerche**

***WP1 - Monitoraggio DInSAR di aree vulcaniche***  
**Task 1.3 – Monitoraggio di Vulcano e Stromboli**

**Analisi DInSAR di Vulcano tramite dati Sentinel-1**  
**Aggiornamento al 22 gennaio 2020**

Gruppo di lavoro:

Manuela Bonano, Raffaele Castaldo, Francesco Casu, Claudio De Luca, Vincenzo De Novellis, Michele Manunta, Mariarosaria Manzo, Susi Pepe, Giuseppe Solaro, Pietro Tizzani, Emanuela Valerio, Ivana Zinno

Rif: WP1\_EOLI\_SNT\_20\_01\_V

6 febbraio 2020



istituto per il rilevamento  
elettromagnetico  
dell'ambiente

## Introduzione

La presente relazione fornisce una descrizione degli spostamenti del suolo misurati nell'isola di Vulcano, nel periodo 24 aprile 2015 – 22 gennaio 2020, mediante tecniche di Interferometria Differenziale Radar ad Apertura Sintetica (DInSAR) applicate ai dati acquisiti dai sensori Sentinel-1 del programma europeo Copernicus.

Lo stato delle deformazioni osservate si può riassumere come segue:

- **Vulcano** è interessato da una subsidenza costante dell'area del cratere de La Fossa nell'intero periodo di osservazione, con valori massimi dei tassi di deformazione verticale di circa 2 cm/anno. Inoltre, sono interessati da subsidenza anche i versanti del vulcano, con valori massimi intorno a 1,5 cm/anno.

In generale, non sono state registrate variazioni significative dei tassi di deformazione rispetto al mese precedente.

### Vulcano: Analisi delle velocità medie e delle serie temporali di deformazione

L'analisi delle velocità medie di deformazione dell'isola di Vulcano (Figura 1a-b), per tutto il periodo di osservazione (24 aprile 2015 – 22 gennaio 2020), mostra un comportamento di subsidenza de La Fossa, il quale interessa il fondo del cratere ed i suoi versanti. Inoltre, l'intera isola di Vulcano mostra in generale un *pattern* di deformazione che evidenzia la presenza di fenomeni d'instabilità dei versanti orientali dell'isola lungo costa.

Nel seguito, ci si focalizza sulle deformazioni registrate in corrispondenza de La Fossa, per la quale la Figura 2 mostra uno zoom delle mappe di velocità media di spostamento di Figura 1a-b. In particolare, la componente verticale mostra un abbassamento del cratere de La Fossa (P2 in Figura 2a), con tassi massimi di circa 2 cm/anno, pari a circa 9 cm di spostamento totale da aprile 2015 (Figura 2e). La componente est-ovest mostra valori positivi e negativi, rispettivamente sul versante occidentale (P1 in Figura 2b) e su quello orientale (P3 in Figura 2b) interni al cono, pari a circa 0,7-1 cm/anno. Il comportamento descritto è congruente con una subsidenza, pressoché radiale, del cono de La Fossa. Tale comportamento si evince anche dall'analisi delle serie temporali di deformazione (Figura 2c-h), le quali, inoltre, mostrano un'evoluzione lineare dello spostamento nel tempo, fatta eccezione per il punto P1.

Inoltre, sono stati registrati degli abbassamenti anche lungo tutti i versanti esterni de La Fossa. In queste aree gli spostamenti massimi sono di circa 1,5 cm/anno (si veda ad esempio il punto P4 in Figura 2a). Anche in questo caso, il comportamento nel tempo della deformazione è pressoché lineare (Figura 2i, 2j).

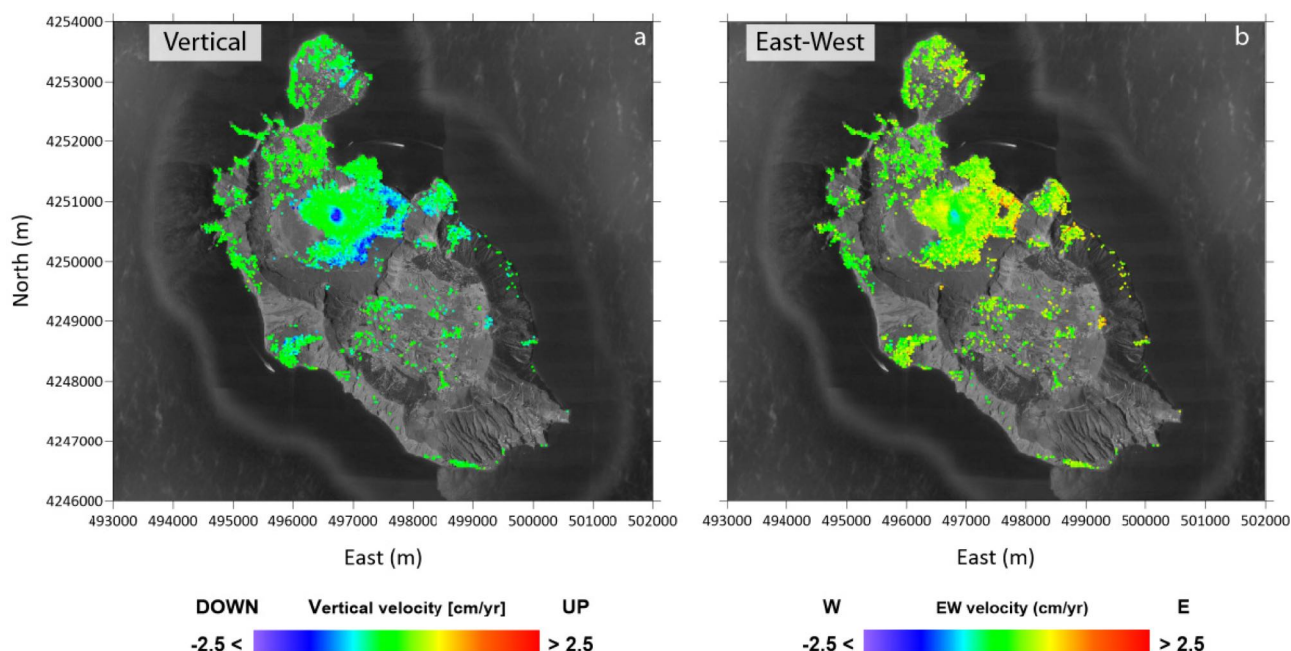


Figura 1. Vulcano: mappe delle componenti Verticale ed Est-Ovest della velocità media di deformazione relative al periodo 24 aprile 2015 – 22 gennaio 2020 generate a partire da dati Sentinel-1. a) Componente Verticale. b) Componente Est-Ovest.

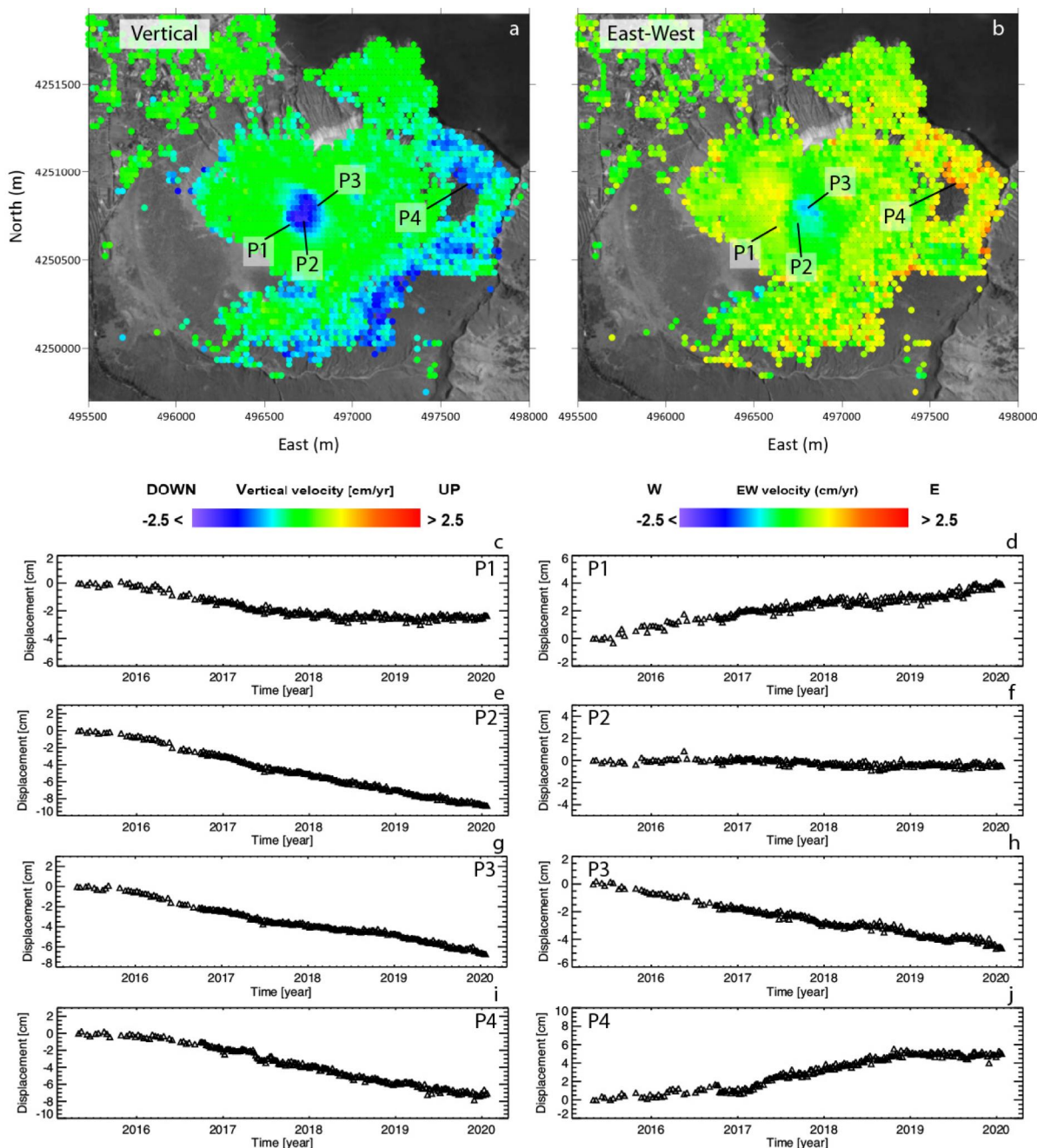


Figura 2. Vulcano – La Fossa: mappe delle componenti Verticale ed Est-Ovest della velocità media di deformazione relative al periodo 24 aprile 2015 – 22 gennaio 2020 generate a partire da dati Sentinel-1. a) Componente Verticale. b) Componente Est-Ovest. c-j) Andamento temporale della deformazione lungo la direzione Verticale (c)(e)(g)(i) ed Est-Ovest (d)(f)(h)(j) in corrispondenza di quattro punti identificati come P1, P2, P3 e P4 in (a)-(b).



istituto per il rilevamento  
elettromagnetico  
dell'ambiente

## Appendice A

### Stato delle acquisizioni Sentinel-1 utilizzate e dettagli tecnici dell'elaborazione DInSAR

La deformazione superficiale dell'isola di Vulcano è stata studiata tramite i dati acquisiti dai sensori SAR della costellazione Sentinel-1. Entrambi i satelliti Sentinel-1A e Sentinel-1B hanno operato regolarmente nel periodo analizzato (24 aprile 2015 – 22 gennaio 2020). In particolare, entrambi i satelliti non hanno mostrato anomalie di acquisizione durante l'ultimo mese. Per generare i risultati interferometrici di seguito presentati sono state utilizzate nello specifico 235 e 239 immagini SAR acquisite rispettivamente da orbite ascendenti (*Track* 44) e discendenti (*Track* 124).

In Tabella A1 sono riassunte le principali caratteristiche dei dati Sentinel-1 utilizzati. In Figura A1 è mostrata la distribuzione delle acquisizioni nel piano Tempo/Baseline Perpendicolare nell'intervallo temporale 24 aprile 2015 – 22 gennaio 2020. Da questi dati sono state generate, per ciascun'orbita, le relative serie temporali di deformazione e le mappe di velocità media nella linea di vista del sensore (LOS), sfruttando l'algoritmo di interferometria SAR differenziale denominato SBAS (Small Baseline Subset) [1]. Per l'elaborazione SBAS è stato impiegato un DEM SRTM dell'area con una risoluzione spaziale di 30 m. Sia gli interferogrammi differenziali sia le successive mappe e serie storiche di deformazione hanno una risoluzione spaziale di circa 30 m, ottenuta a valle di un'operazione di *multilooking*. La disponibilità di informazioni da entrambe le orbite (ascendente e discendente) ha permesso di scomporre lo spostamento in LOS osservabile dal SAR lungo le direzioni Verticale ed Est-Ovest, seguendo l'approccio presentato in [2] (si noti che la proiezione della componente Nord-Sud dello spostamento lungo la linea di vista del sensore è trascurabile, dal momento che i satelliti percorrono orbite polari). Essendo lo scarto temporale fra passaggi ascendenti e discendenti di circa 12 ore e assumendo che la variazione di deformazione sia trascurabile in un intervallo così breve, è stato possibile combinare le singole acquisizioni ascendenti e discendenti per generare le serie temporali delle componenti di deformazione Verticale ed Est-Ovest. Ciò è valido da settembre 2016, in concomitanza della piena operatività di Sentinel-1B. Per il periodo antecedente (aprile 2015 – settembre 2016), per il quale si dispone di un unico sensore, si è assunto che la variazione di deformazione fra acquisizioni ascendenti e discendenti in 6 giorni fosse trascurabile. In generale, tali assunzioni sono valide nel momento in cui non avvengano deformazioni

| Tabella A1                                                                              |                                          |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------|
| Caratteristiche principali dei dati <b>S1</b> utilizzati per l'analisi interferometrica |                                          |                         |
|                                                                                         | Ascendente                               | Discendente             |
| Lunghezza d'onda                                                                        | 5,5 cm                                   |                         |
| Modalità di acquisizione                                                                | Terrain Observation by Progressive Scans |                         |
| Angolo di vista a centro scena                                                          | ~39°                                     |                         |
| Risoluzione spaziale dato interferometrico                                              | ~30 m x 30 m                             |                         |
| Track                                                                                   | 44                                       | 124                     |
| Periodo di osservazione                                                                 | 30/04/2015 – 22/01/2020                  | 24/04/2015 – 22/01/2020 |
| Numero di acquisizioni                                                                  | 235                                      | 239                     |

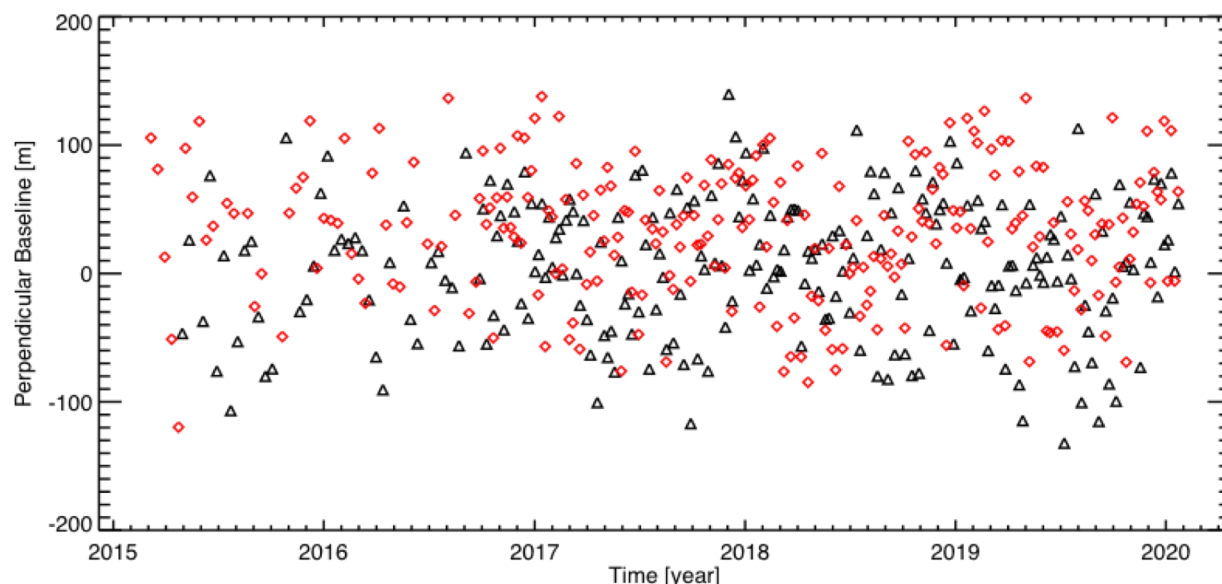


Figura A1. Distribuzione nel piano Tempo/Baseline Perpendicolare dei dati SAR Sentinel-1 utilizzati per l'analisi interferometrica SBAS. In nero e rosso sono rappresentati i dati acquisiti, rispettivamente, da orbite ascendenti e discendenti.

improvvisi e di elevata entità (ad esempio terremoti di elevata magnitudo o eruzioni) nel periodo che intercorre fra i due passaggi, come nel caso in esame.

Infine si rimarca che le misure relative a Vulcano sono riferite spazialmente ad un punto localizzato nell'area della località Piano.

### Riferimenti

- [1] P. Berardino, G. Fornaro, R. Lanari, and E. Sansosti, "A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms", *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 40, no. 11, pp. 2375–2383, Nov. 2002.
- [2] F. Casu and A. Manconi, "Four-dimensional surface evolution of active rifting from spaceborne SAR data", *Geosphere*, 2016, doi: 10.1130/GES01225.1.