



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 Stromboli 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_S

29 gennaio 2020

www.irea.cnr.it

1 mbox@irea.cnr.it

I-80124 NAPOLI Via Diocleziano, 328 tel. +39 081 5707999 / 5704945 fax +39 081 5705734 C.F. 80054330586 Part. IVA 02118311006





Introduzione

La presente relazione fornisce una descrizione degli spostamenti del suolo misurati nell'isola di Stromboli, 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 osservazioni si può riassumere come segue:

- Le deformazioni del suolo nella parte centrale e lungo costa del settore settentrionale della Sciara del Fuoco non presentano variazioni significative rispetto al periodo precedente al parossismo del 3 luglio 2019;
- La parte sommitale della Sciara del Fuoco mostra un leggero cambiamento dei tassi di deformazione a seguito del parossismo del 3 luglio 2019;
- Le serie temporali di deformazione nei settori occidentale e meridionale della Sciara del Fuoco risultano invece particolarmente rumorose, per via di una forte riduzione della coerenza (come già riportato nelle precedenti relazioni), e sono quindi ritenute poco affidabili;
- Dal 31 agosto 2019 fino al 22 gennaio 2020 (ultima acquisizione considerata), l'analisi dei singoli interferogrammi lungo orbita discendente mostra che il settore meridionale della Sciara del Fuoco è interessato da un *pattern* di deformazione caratterizzato da un allontanamento del suolo dal sensore;
- L'andamento del tasso di deformazione, così come la sua estensione areale, per il settore meridionale della Sciara del Fuoco è in progressiva diminuzione a partire dalla fine di settembre 2019.





Analisi degli interferogrammi e delle serie temporali di deformazione

Nel periodo aprile 2015 – giugno 2019 (precedente al parossismo del 3 luglio 2019), lo Stromboli è stato interessato da uno spostamento pressoché continuo lungo il versante occidentale dell'isola, caratterizzato da una componente di subsidenza ed una orizzontale (lungo la direzione est-ovest) verso occidente.



Figura 1. 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-h) Andamento temporale della deformazione lungo la direzione Verticale (c)(e)(g) ed Est-Ovest (d)(f)(h) in corrispondenza di tre punti identificati come P1, P2 e P3 in (a)-(b) nel periodo gennaio 2017 – gennaio 2020. La linea rossa tratteggiata indica il parossismo del 3 luglio 2019.

www.irea.cnr.it

mbox@irea.cnr.it





A seguito dei parossismi del 3 luglio 2019 e 28 agosto 2019, nella Sciara del Fuoco si è riscontrato un peggioramento della qualità del segnale di fase (rumore di decorrelazione) a causa principalmente del deposito del materiale emesso durante i suddetti eventi, che ha modificato la scena dal punto di vista elettromagnetico. Ne consegue che, successivamente al 3 luglio, le serie temporali di deformazione sono da considerarsi affidabili nel settore



10.01.2020 - 16.01.2020

16.01.2020 - 22.01.2020



Figura 2. Interferogrammi differenziali, in geometria radar, generati a partire da dati acquisiti lungo orbite discendenti dai sensori Sentinel-1. a-e) Interferogrammi consecutivi a 6 giorni a partire dall'acquisizione del 23 dicembre 2019 fino a quella del 22 gennaio 2020. In nero sono indicati i confini della Sciara del Fuoco, per riferimento.

www.irea.cnr.it

4 mbox@irea.cnr.it





settentrionale della Sciara del Fuoco, mentre nella parte centro-meridionale sono affette da un elevato livello di rumore. Resta invariato lo scenario per il resto dell'isola.

Ciò premesso, in Figura 1 sono mostrate le serie temporali di deformazione, relative ad alcuni punti della Sciara del Fuoco, a partire dal 2017 fino al 22 gennaio 2020. Si può notare come le zone lungo costa e centrali del settore settentrionale siano interessate da un andamento della deformazione la cui entità va a ridursi col tempo (punti P1 e P2 in Figura 1a-b). Tale andamento è presente sia nelle componenti verticali (Figura 1c-e) sia Est-Ovest (Figura 1d-f) della deformazione. Inoltre gli eventi parossistici di luglio (indicato con una linea rossa tratteggiata nei grafici di Figura 1) e agosto sembrano non aver influenzato in maniera significativa lo spostamento di queste aree.

Al contrario, l'area più vicina alla sommità presenta, successivamente al 3 luglio 2019, una variazione del tasso di deformazione (punto P3 in Figura 1a-b) rispetto al periodo precedente. In particolare, la componente verticale (Figura 1g) mostra uno spostamento massimo verso il basso di oltre 4 cm dal 3 luglio al 22 gennaio 2020. La componente Est-Ovest (Figura 1h), leggermente più rumorosa nella parte terminale della serie, non mostra spostamenti di significativa entità successivamente al 3 luglio.

Come premesso, le serie temporali relative all'area centro-meridionale della Sciara del Fuoco (non presentate) mostrano un elevato grado di rumorosità della misura in seguito al 3 luglio 2019. Ciò implica che la parte terminale (successiva all'evento del 3 luglio) delle serie temporali di deformazione in questo settore del vulcano sia da ritenersi poco affidabile.

Tuttavia, a partire dal 31 agosto (prima acquisizione successiva al parossismo del 28 agosto), è stato notato un incremento della coerenza nel settore meridionale della Sciara del Fuoco, rivelando un chiaro segnale di fase interferometrica, già evidenziato nelle precedenti relazioni. La Figura 2a-e mostra, in geometria radar, gli interferogrammi differenziali consecutivi a 6 giorni, generati con i dati acquisiti nell'ultimo mese (dal 23 dicembre 2019 al 22 gennaio 2020) lungo orbite discendenti. Si può notare come, mediamente, nell'ultimo mese analizzato sia ancora presente un segnale di fase (il cui massimo è inferiore a 4 mm/giorno) nella porzione sommitale del settore centro-meridionale del versante. Rispetto a quanto osservato nei periodi precedenti (oggetto delle relazioni passate) si evidenzia una progressiva riduzione delle entità della deformazione. Infine, è da sottolineare che anche l'estensione dell'area interessata da tali spostamenti risulta in diminuzione allo scorrere del tempo.

La corrispondenza spaziale (già evidenziata nelle precedenti relazioni) di tale *pattern* di deformazione con la colata lavica successiva agli eventi di luglio e agosto 2019, così come l'attenuazione del tasso di deformazione nel tempo, suggeriscono che gli spostamenti osservati siano legati alla presenza della suddetta colata.



Appendice A

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

La deformazione superficiale dell'isola di Stromboli 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). Si segnala che l'acquisizione dell11 novembre da orbite ascendenti non è stata effettuata. Per generare le serie storiche di deformazione presentate sono state utilizzate nello specifico 235 e 239 (fino al 22 gennaio 2020) 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 S1 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 | ~30 m x 30 m | |
| interferometrico | | |
| Track | 44 | 124 |
| Periodo di osservazione | 30/04/2015 - 22/01/2020 | 24/04/2015 – 22/01/2020 |
| Numero di acquisizioni | 235 | 239 |

www.irea.cnr.it

mbox@irea.cnr.it

6



201520162017201820192020Figura 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

improvvise 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 per Stromboli sono riferite ad un punto individuato nell'abitato dell'isola.

Riferimenti

e discendenti.

- [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.