ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

A cura delle Sezioni di Catania e Palermo

Rep. N. 49/2023 ETNA

ETNA

BOLLETTINO SETTIMANALE

SETTIMANA DI RIFERIMENTO 27/11/2023 - 03/12/2023

(data emissione 05/12/2023)

1. SINTESI STATO DI ATTIVITA'

Alla luce dei dati di monitoraggio si evidenzia:

1) OSSERVAZIONI VULCANOLOGICHE: Attività eruttiva di tipo stromboliano al cratere di Sud-Est con evento di fontana di lava e degassamento al cratere Bocca Nuova.

2) SISMOLOGIA: Bassa attività sismica da fratturazione. Ampiezza media del tremore vulcanico sul livello medio-alto.

3) INFRASUONO: Moderata attività infrasonica per gran parte della settimana, con chiaro incremento dell'attività in occasione del parossisma al Cratere di Sud-Est.

4) DEFORMAZIONI DEL SUOLO: Nel corso dell'ultima settimana le reti di monitoraggio delle deformazioni del suolo non hanno registrato variazioni significative, fatto salvo l'episodio di fontana di lava del 1 dicembre 2023.

5) GEOCHIMICA: flusso di So2 su un livello medio-alto
I flussi di CO2 dal suolo si attestano su valori medi
La pressione parziale di CO2 disciolta in falda mostra valori nell'ambito della variabilità stagionale
Il rapporto isotopico dell'elio nei siti periferici si attesta su valori medi

6) OSSERVAZIONI SATELLITARI: L'attività termica osservata da satellite è stata generalmente di livello moderato con anomalie di livello elevato in corrispondenza dell'evento di fontana di lava del 1 dicembre 2023.

2. SCENARI ATTESI

Discontinua e/o frequente attività esplosiva ai crateri sommitali eventualmente accompagnata da formazione di nubi di cenere e ricaduta di prodotti piroclastici grossolani e flussi piroclastici in area sommitale, ed attività effusiva sommitale con sviluppo di colate laviche. Non è possibile escludere un evoluzione dei fenomeni in corso verso un'attività più energetica

N.B. Eventuali variazioni dei parametri monitorati possono comportare una diversa evoluzione degli scenari di pericolosità sopra descritti.
Si sottolinea che le intrinseche e peculiari caratteristiche di alcune fenomenologie, proprie di un vulcano in frequente stato di attività e spesso con persistente stato di disequilibrio come l'Etna, possono verificarsi senza preannuncio o evolvere in maniera imprevista e rapida, implicando quindi un livello di pericolosità mai nullo.

3. OSSERVAZIONI VULCANOLOGICHE

Nel corso della settimana, il monitoraggio dell'attività dell'Etna (Fig. 3.1) è stato svolto attraverso le telecamere di sorveglianza dell'INGV – Osservatorio Etneo (INGV-OE) e un sopralluogo effettuato da personale INGV-OE in data 2 dicembre.
In generale, nell'arco della settimana di osservazione, l'attività vulcanica è stata caratterizzata da attività esplosiva a regime variabile dal cratere di Sud-Est (CSE) con un evento di fontana di lava e da degassamento continuo a tratti pulsante a carico del cratere Bocca Nuova (BN) (Fig. 3.1).

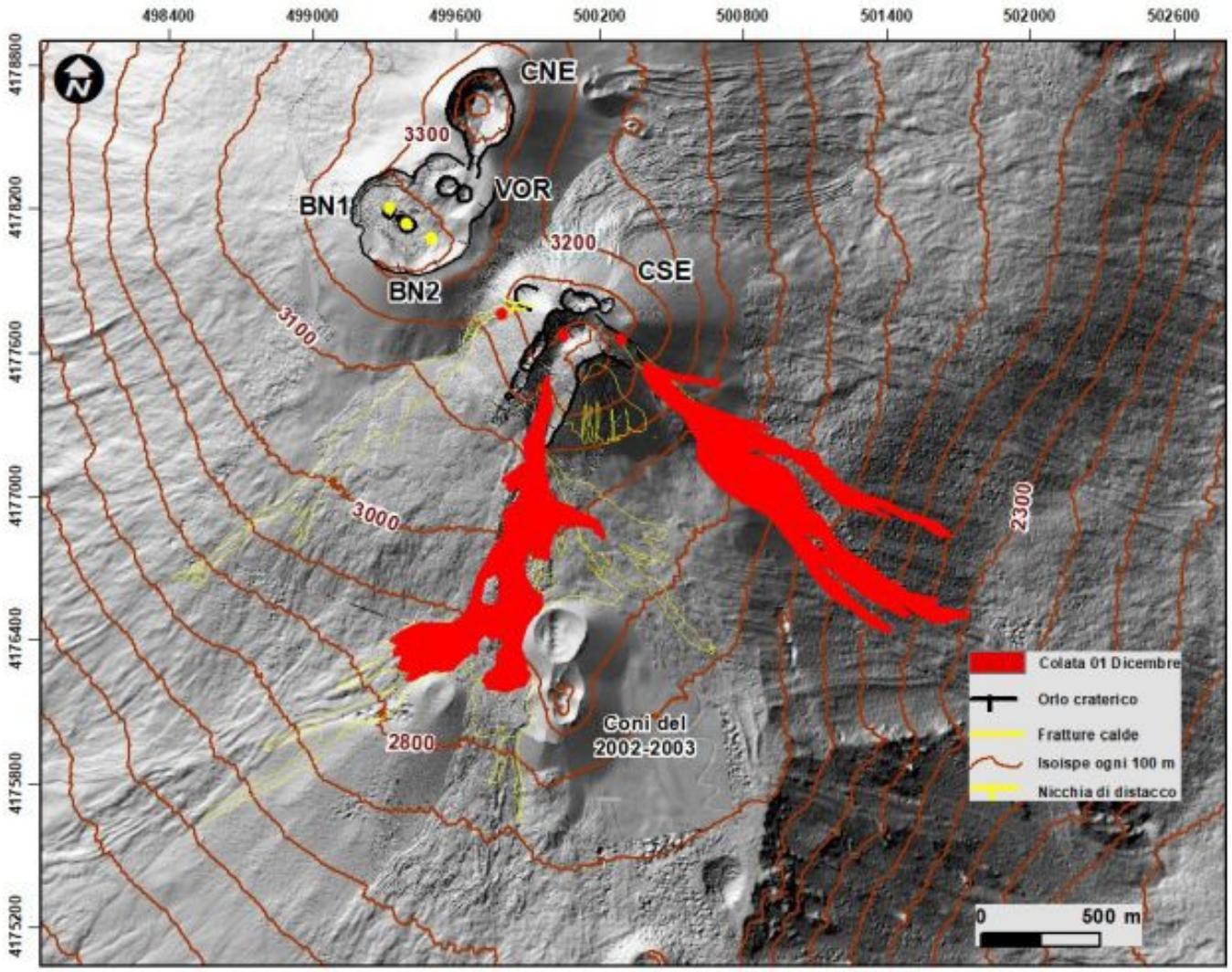

Fig. 3.1 ***Mappa preliminare della colata del 01/12/2023 ottenuta dall'immagine PlanetScope del 04/12/2023, sovrapposta al modello ombreggiato del terreno dell'area sommitale (30 cm di risol.) risultante dalle immagini da drone, acquisite durante diversi sorvoli (giugno, luglio e settembre 2023), sovrapposto al modello ombreggiato derivato da immagini Pleiades del 22/08/2020 (AO Telerilevamento). CSE = Cratere di Sud-Est, CNE = Cratere di Nord-Est, BN=Bocca Nuova, VOR= Voragine. Aggiornamento al 03/09/2023***

In particolare, durante la settimana, il CSE ha continuato ad alimentare attività esplosiva di tipo stromboliano variabile sia nell'intensità sia nella frequenza di accadimento delle singole esplosioni (Fig 3.2). L'attività eruttiva ha coinvolto solamente l'area craterica con ricaduta di prodotti balistici lungo i fianchi del cono (Fig. 3.2). L'attività stromboliana ha anche generato modeste emissioni di cenere che si sono disperse rapidamente in prossimità dell'area sommitale (Fig. 3.2). In generale, come già osservato, l'attività esplosiva è stata caratterizzata da periodi di maggior vigore con incremento del numero di esplosioni e periodi di minore intensità. Tale variabilità è avvenuta a scala di ore nel corso delle singole giornate, così come già riportato nel bollettino precedente.

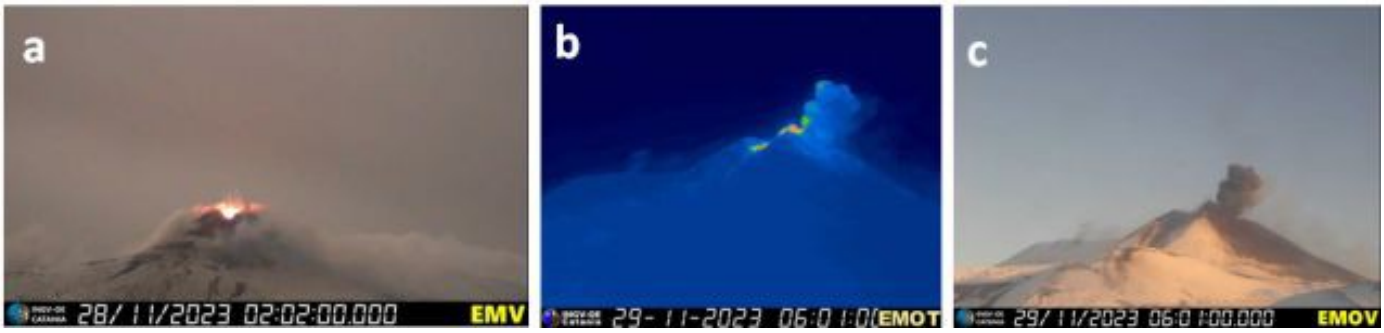

Fig. 3.2 ***Attività stromboliana al CSE ripresa il 28 novembre dalla telecamera visibile di Milo (a) e dalle telecamere termica (b) e visibile (c) de La Montagnola il 29 novembre.***

L'attività stromboliana si è intensificata divenendo continua a partire dalle 16:00 UTC circa di giorno 1 dicembre con la formazione anche di un flusso lavico che dalle 16:20 UTC si è espanso in direzione SSO (Fig. 3.3a, b, c, e). Dalle 17:00 UTC, l'attività stromboliana è aumentata ulteriormente in intensità, passando gradualmente a fontanamento di lava con formazione di un secondo flusso lavico, che a partire dalle 17:15 UTC circa si è sviluppato in direzione SE (Fig. 3.3a, b, c, f). La nube di cenere generata dalla colonna eruttiva che ha raggiunto circa 6000 m s.l.m., si è dispersa in direzione NE con ricaduta di cenere sugli abitati di Fiumefreddo, Calatabiano e Giardini Naxos (Fig. 3.3d). L'episodio di fontana si è concluso alle 20:35 UTC. Nelle giornate del 2 e 3 dicembre, il CSE non mostrava alcuna attività esplosiva ma solo degassamento ed i flussi lavici, i cui fronti più avanzati hanno raggiunto 2860 m s.l.m. a SSO e 2300 m s.l.m. a SE, erano in raffreddamento (Fig. 3.3e, f). L'area totale ricoperta dai flussi lavici è stata di 5,6 × 10^5 m2 con un volume stimato di 1,1 × 10^6 m3.

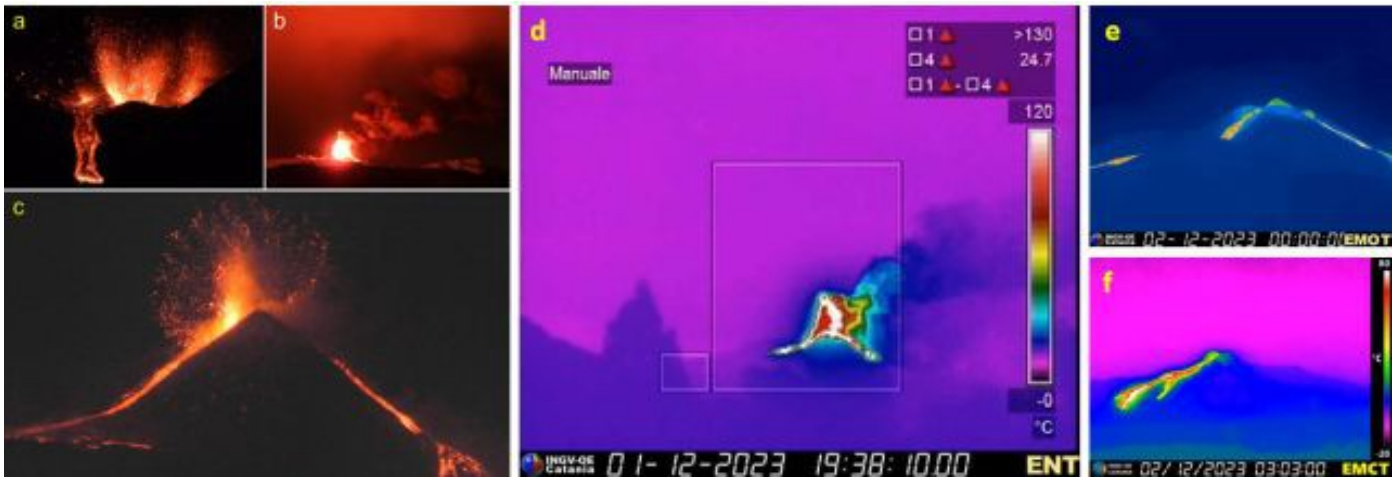

Fig. 3.3 ***(a), (b) e (c) evoluzione dell'attività stromboliana in fontana di lava e flusso lavico SSO visti da Piano Vetore (foto pers. INGV-OE); (d) immagine termica dalla telecamera di Nicolosi; (e) e (f) immagini termiche registrate il 2 dicembre da La Montagnola e M.te Cagliato.***

Il cratere BN ha prodotto degassamento a carattere pulsante con emissione di gas caldi il cui riverbero è stato osservabile nelle ore notturne (Fig. 3.4), mentre il cratere Voragine (VOR) ed il Nord-Est (CNE) continuano a non manifestare alcuna attività eruttiva.

Fig. 3.4 ***Degassamento continuo a tratti pulsante dal BN osservato dalla telecamera visibile ubicata a Piedimonte Etneo.***

4. SISMOLOGIA

SISMICITA': Nel corso della settimana in oggetto è stato registrato un solo evento sismico di magnitudo pari o superiore a 2 (Fig. 4.1). Tale evento, registrato il 30 novembre alle ore 06:52 UTC (Ml=2.3), è stato localizzato nell'alto versante nord-orientale del vulcano ad una profondità di circa 1 km sopra il livello del mare e precisamente 2.3 km ad est da Piano Pernicana (CT) (Fig. 4.2 e Tab. 4.1).

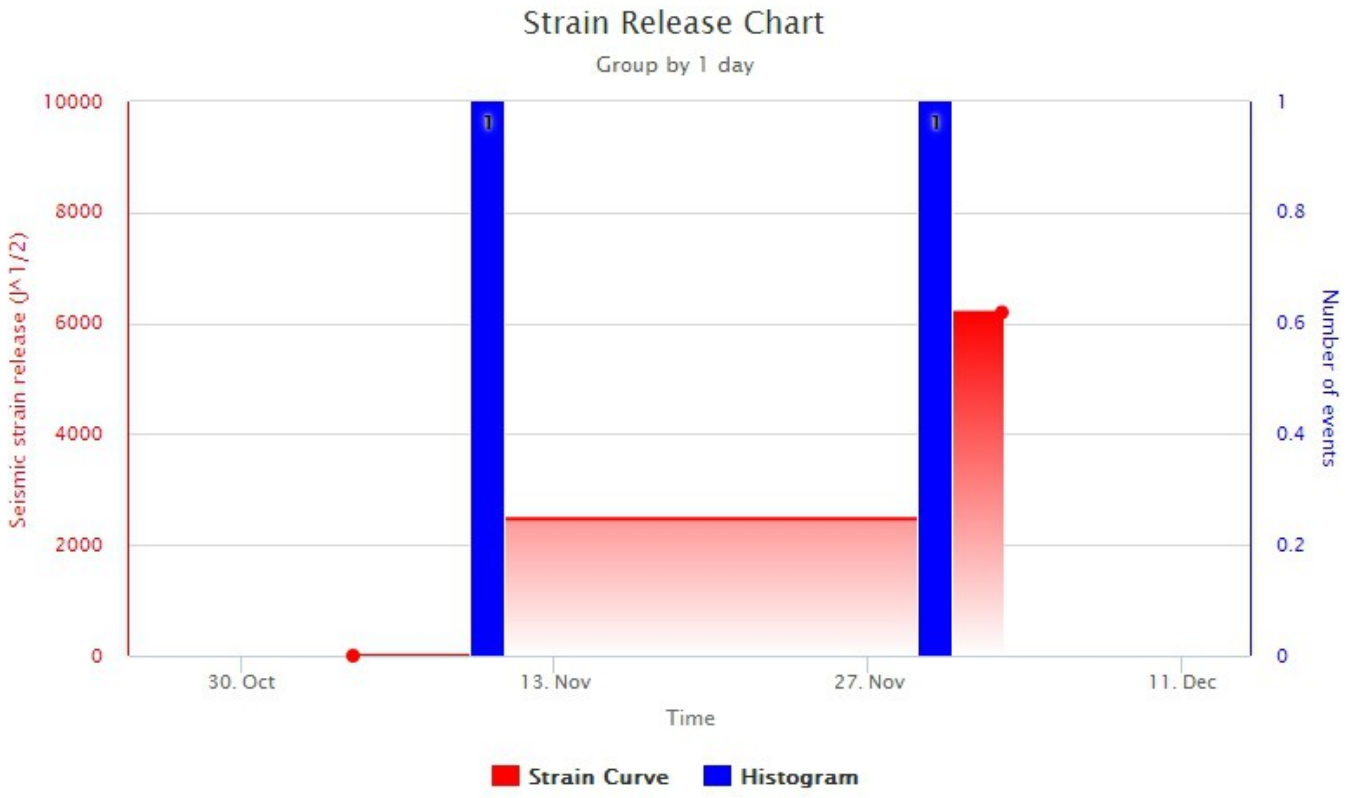

Fig. 4.1 ***Frequenza giornaliera di accadimento e curva cumulativa del rilascio di strain sismico dei terremoti con Ml pari o superiore a 2.0 registrati nell'ultimo mese.***

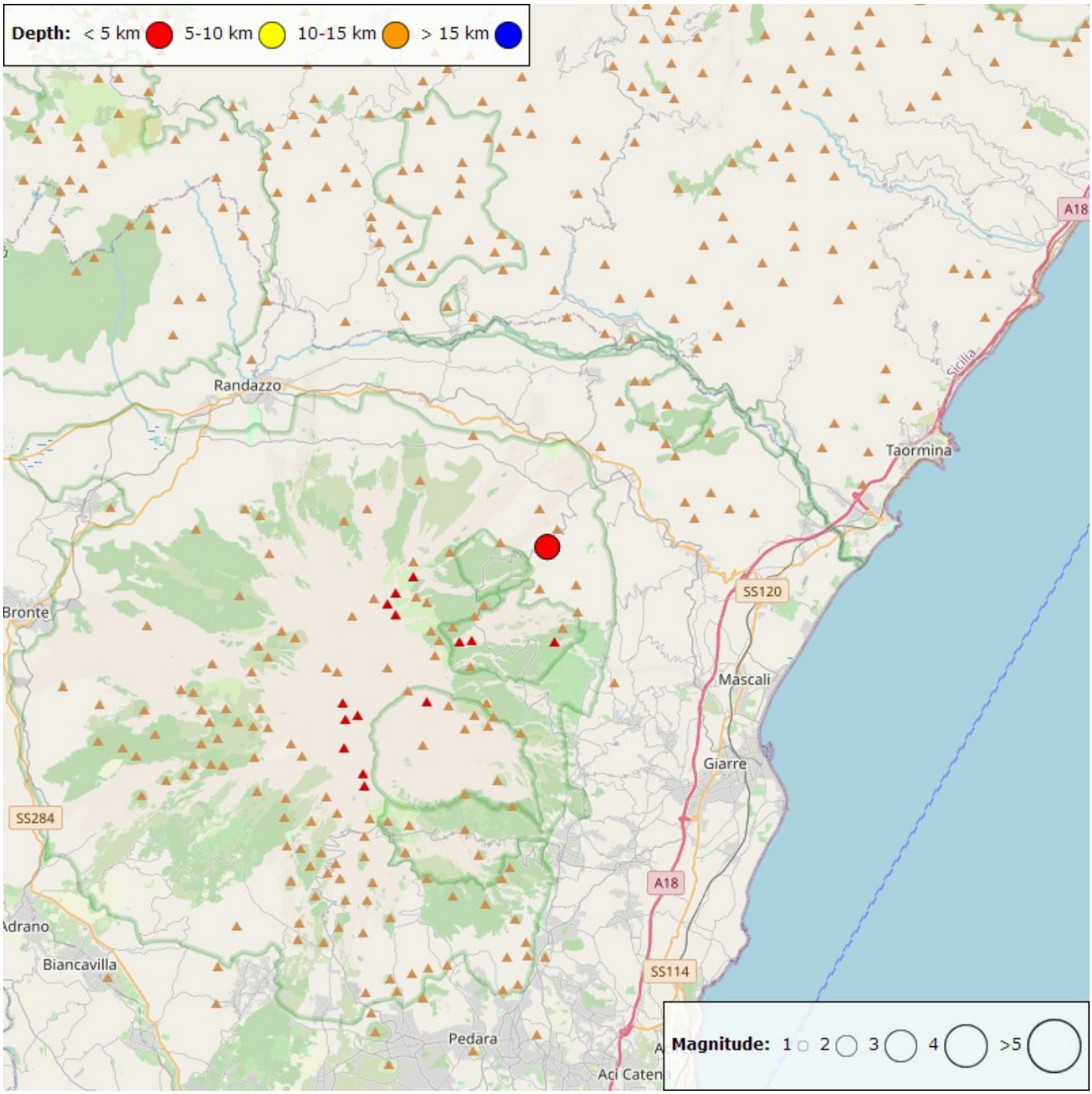

Fig. 4.2 ***Distribuzione della sismicità con Ml pari o superiore a 2.0 nell'ultima settimana.***

Tabella. 4.1 - Tabella dei terremoti con ML >= 2

DateTime	ML	Prof. (km)	Area epicentrale
30/11/2023 06:52	2.3	-1.0	2.3 km E from Piano Pernicana (CT)

TREMORE VULCANICO: L'ampiezza media del tremore vulcanico si è mantenuta per i primi 4 giorni della settimana nell'intervallo dei valori medio-alti con ampie e repentine fluttuazioni legate all'accadimento di fenomeni transienti a bassa frequenza associati all'attività esplosiva al Cratere di Sud Est (Fig. 4.3). A partire dalle ore 16:00 UTC circa del 1 dicembre l'ampiezza del tremore vulcanico ha mostrato un repentino incremento, registrato contestualmente all'intensificarsi dell'attività stromboliana al Cratere di Sud Est. L'ampiezza media del tremore, dopo aver raggiunto il valore massimo intorno alle 19:30 UTC di

giorno 1 dicembre, ha mostrato un chiaro trend in decremento ed alle 21:00 UTC circa ha raggiunto l'intervallo dei valori medi (Fig. 4.3). Nel corso dell'intera settimana le sorgenti del tremore vulcanico risultano localizzate nell'area dei crateri centrali in un intervallo di profondità principalmente compreso tra 1800 e 2800 mt. al di sopra del livello medio del mare (Fig. 4.4) ed ancora più in superficie, fino a 3000 mt., nel corso dell'attività vulcanica al Cratere di Sud-Est di giorno 1 dicembre.

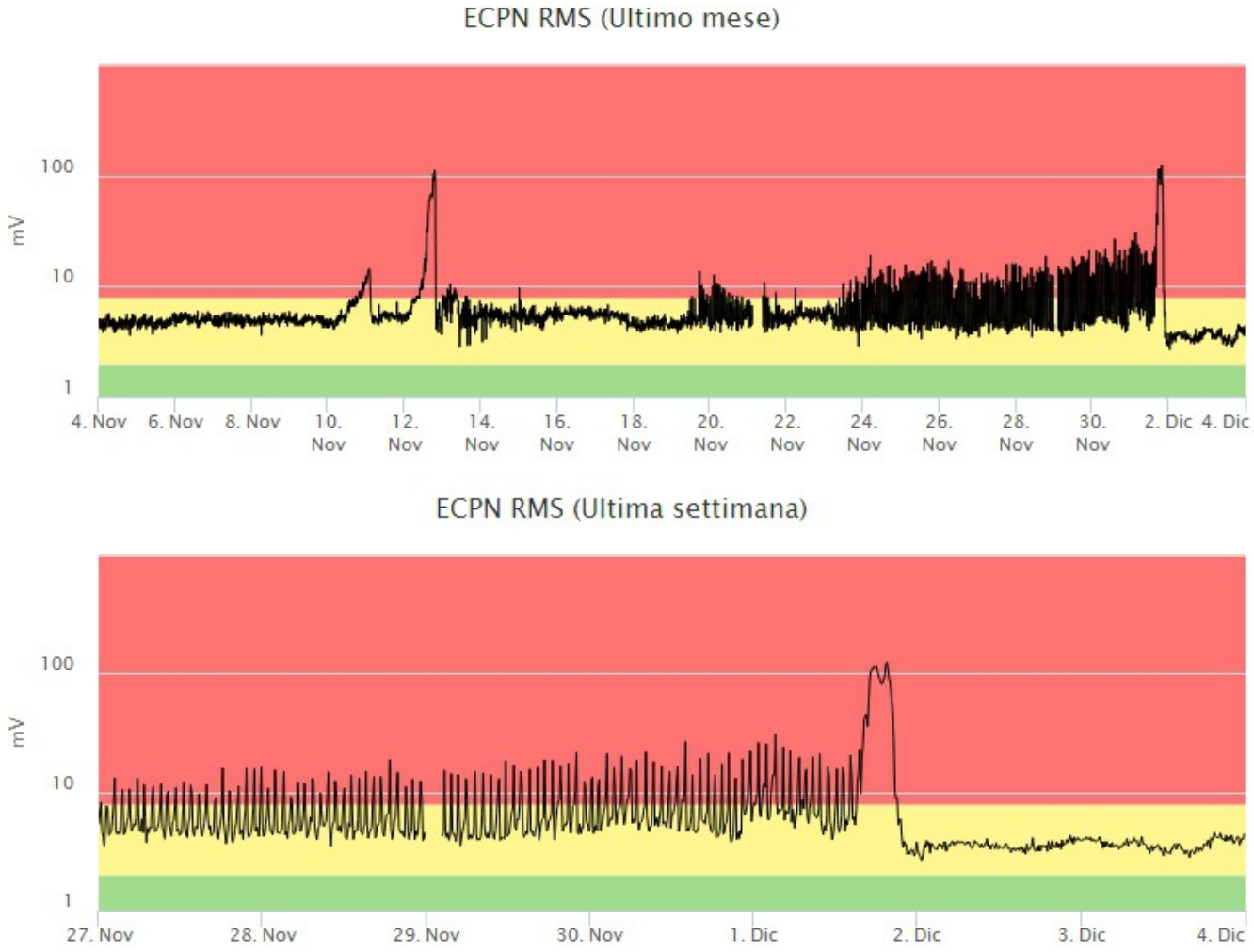

Fig. 4.3 ***Andamento temporale dell'ampiezza del tremore vulcanico: valori RMS nell'ultimo mese (in alto) e nell'ultima settimana (in basso) secondo tre livelli di ampiezza (basso=verde, medio=giallo, alto=rosso)***

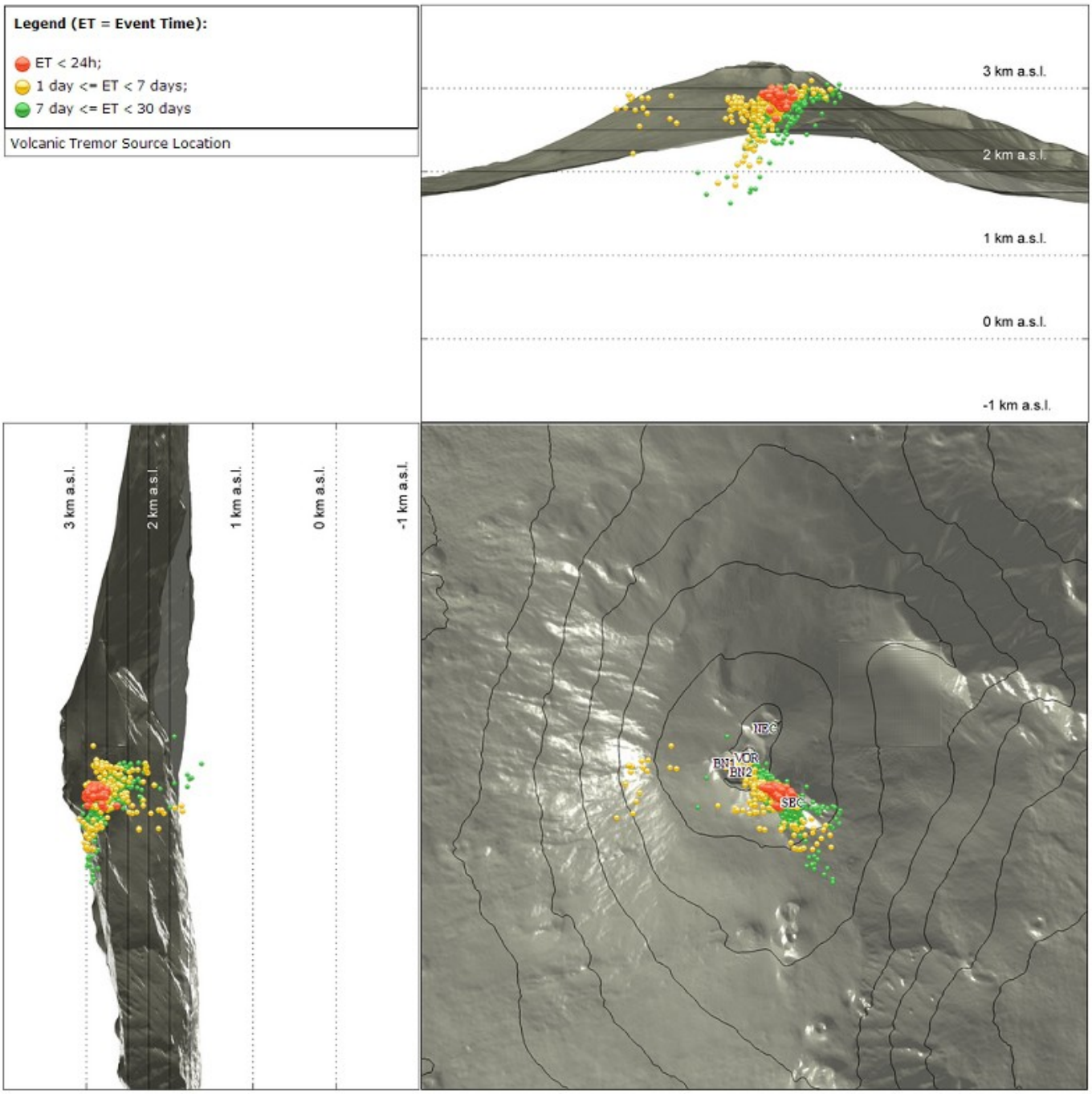

Fig. 4.4 ***Localizzazione della sorgente del tremore vulcanico. (SEC= cratere SE; VOR = cratere Voragine; NEC = cratere NE; BN1 = cratere 1 Bocca Nuova; BN2 = cratere 2 Bocca Nuova).***

5. INFRASUONO

Durante la settimana in oggetto il tasso di occorrenza relativo al conteggio degli eventi infrasonici localizzati potrebbe risultare sottostimato a causa del rumore prodotto dal forte vento che ha caratterizzato, se pur in maniera discontinua, gran parte della settimana. Tuttavia dalla visualizzazione dei sismogrammi, nei giorni in cui è stato possibile effettuare una valutazione, si è potuto osservare che il tasso di occorrenza degli eventi infrasonici localizzati ha subito un decremento rispetto alla settimana precedente (Fig. 5.1). Per quanto riguarda le sorgenti degli eventi infrasonici queste risultano localizzate prevalentemente nell'area del Cratere di SE con valori di ampiezza da medio-alti (nei primi quattro giorni della settimana)

ad elevati (in concomitanza con la fase di attività eruttiva a tale cratere; 1 dicembre). Nell'ultima parte della settimana le sorgenti sono localizzate nell'area del cratere Bocca Nuova con valori di ampiezza bassi (Fig. 5.2).

Fig. 5.1 ***Andamento della frequenza giornaliera di accadimento degli eventi infrasonici localizzati.***

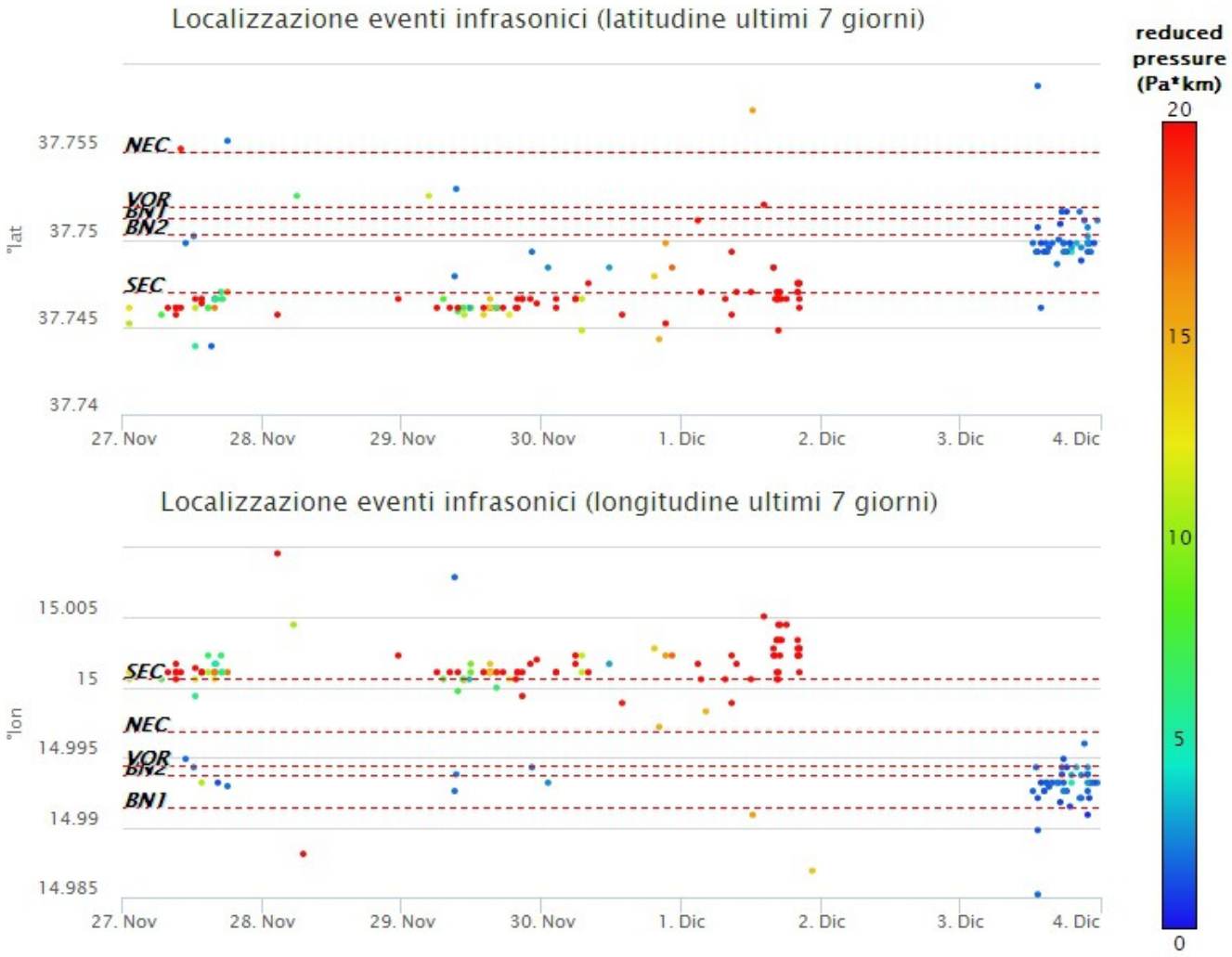

Fig. 5.2 ***Andamento temporale dei parametri di localizzazione (longitudine e latitudine) degli eventi infrasonici localizzati***

nell'ultima settimana. (SEC= cratere SE; VOR = cratere Voragine; NEC = cratere NE; BN1 = cratere 1 Bocca Nuova; BN2 = cratere 2 Bocca Nuova). A destra nel grafico, il colore dell'indicatore è funzione dell'ampiezza degli eventi.

6. DEFORMAZIONI DEL SUOLO

I segnali della rete di stazioni GNSS permanenti non hanno mostrato variazioni significative durante l'ultima settimana. Come esempio si riporta la baseline compresa tra le stazioni Monte Egitto (EMEG) e Monte Gallo (EMGL) nel medio settore occidentale del vulcano.

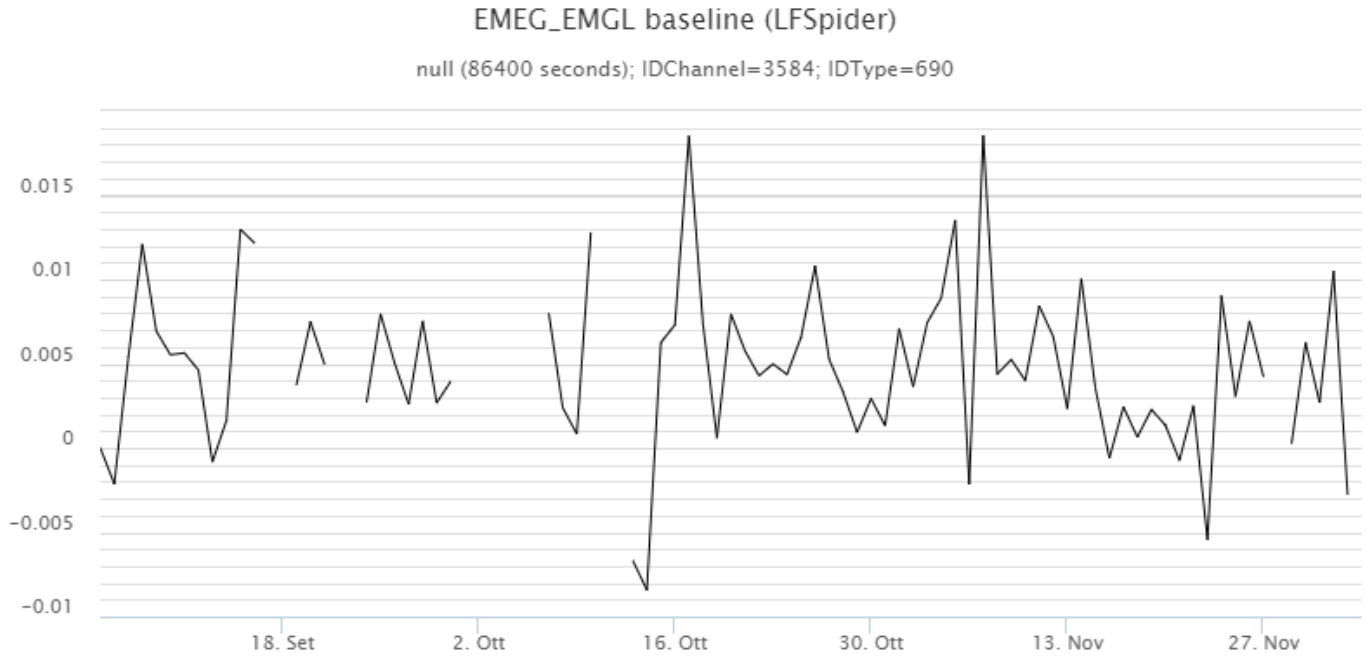

Fig. 6.1 ***Serie temporale della variazione della baseline compresa tra le stazioni Monte Egitto (EMEG) e Monte Gallo (EMGL) nel medio settore occidentale del vulcano.***

I segnali della rete clinometrica non hanno mostrato variazioni significative durante questa ultima settimana ma hanno evidenziato la deformazione che ha accompagnato l'attività eruttiva di giorni 1 dicembre. Come esempio si riporta la stazione sommitale di Cratere del Piano (ECP) che ha registrato una variazione complessiva di oltre 3.5 microradianti.

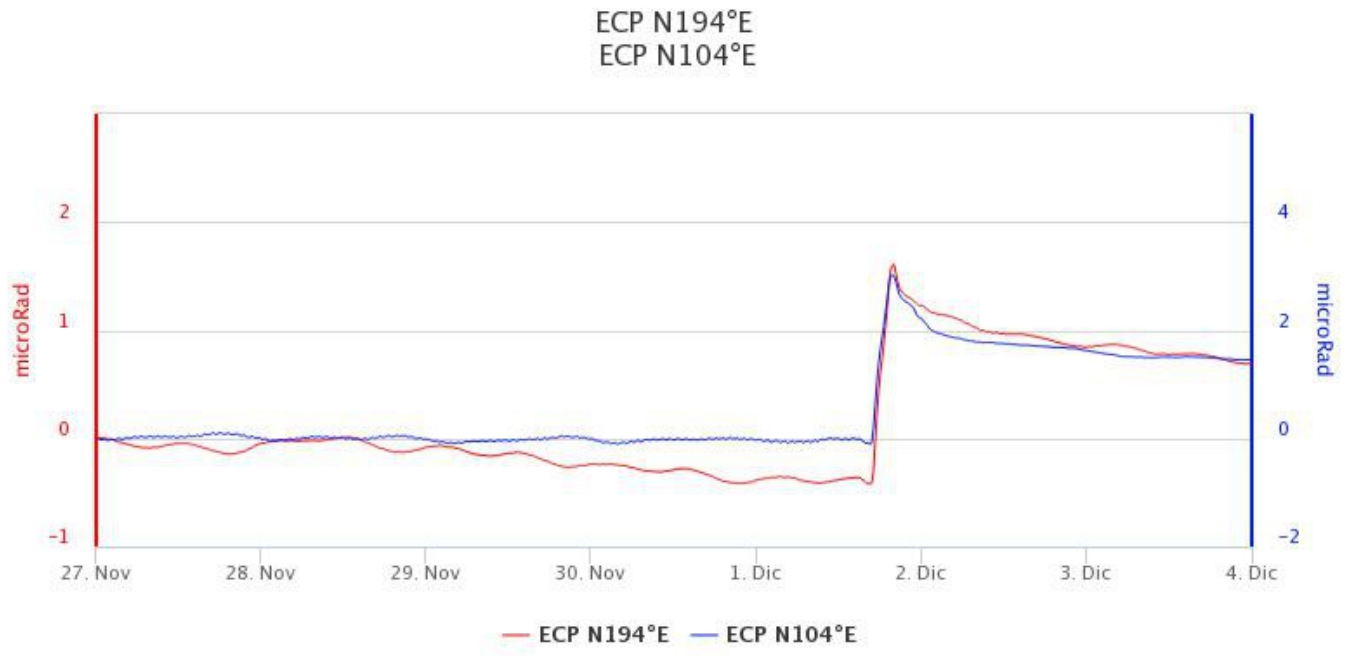

Fig. 6.2 ***Serie temporale delle componenti N296E e N206E del clinometro della stazione ECP dell'ultima settimana.***

7. GEOCHIMICA

Il flusso di SO2 medio-giornaliero misurato nel plume vulcanico dell'Etna ha indicato dall'inizio del mese di ottobre un graduale incremento da un livello medio-basso a medio-alto dalla prima settimana di novembre, a alto il 28 novembre. I valori infra giornalieri hanno indicato misure su livello alto.

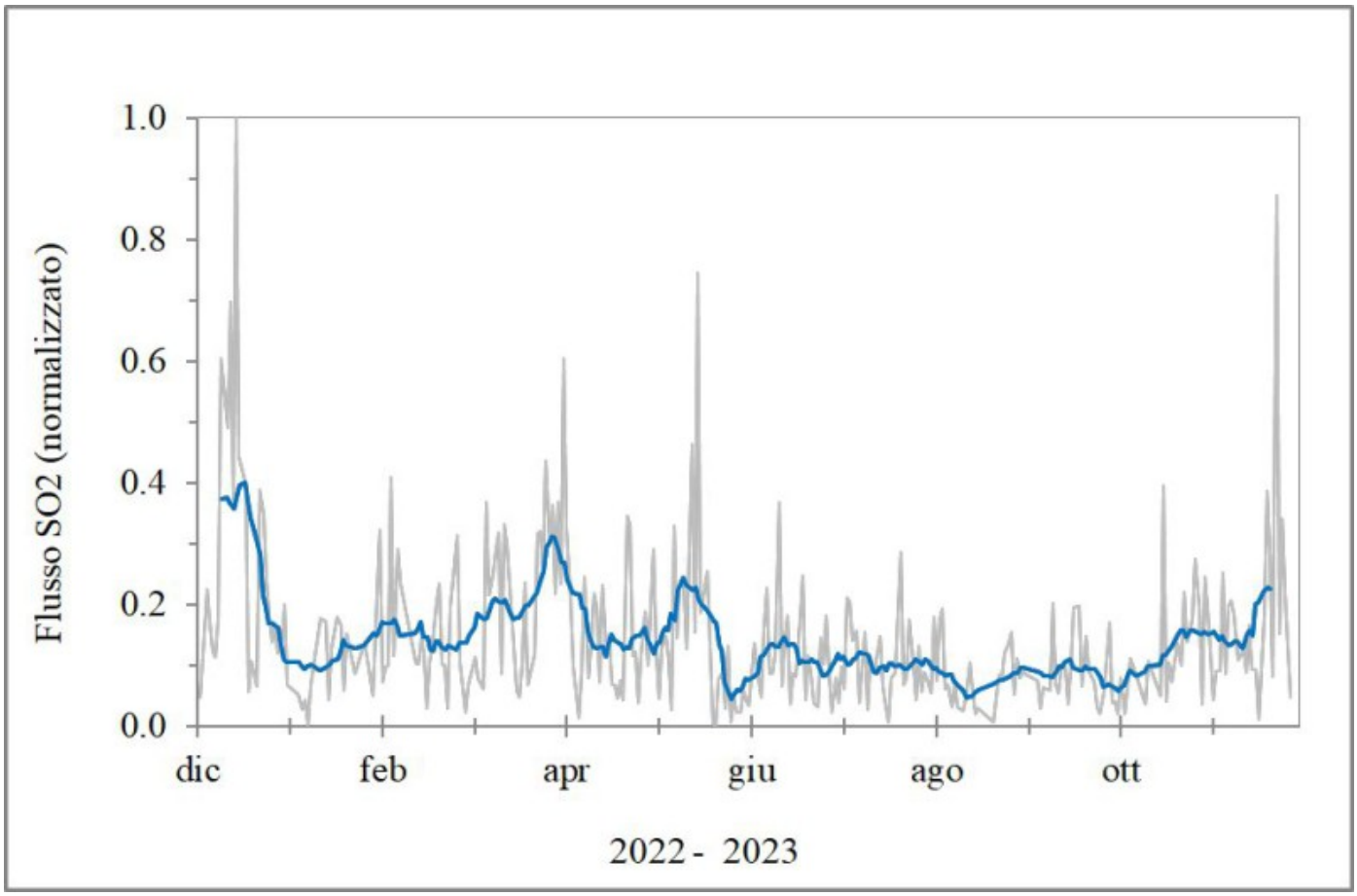

Fig. 7.1 ***Misure normalizzate del flusso di SO2 registrato dalla rete FLAME nell'ultimo anno***

Flussi CO2 dal suolo (Rete Etnagas). I flussi di CO2 dal suolo, in crescita rispetto alla settimana precedente, si attestano su valori medi

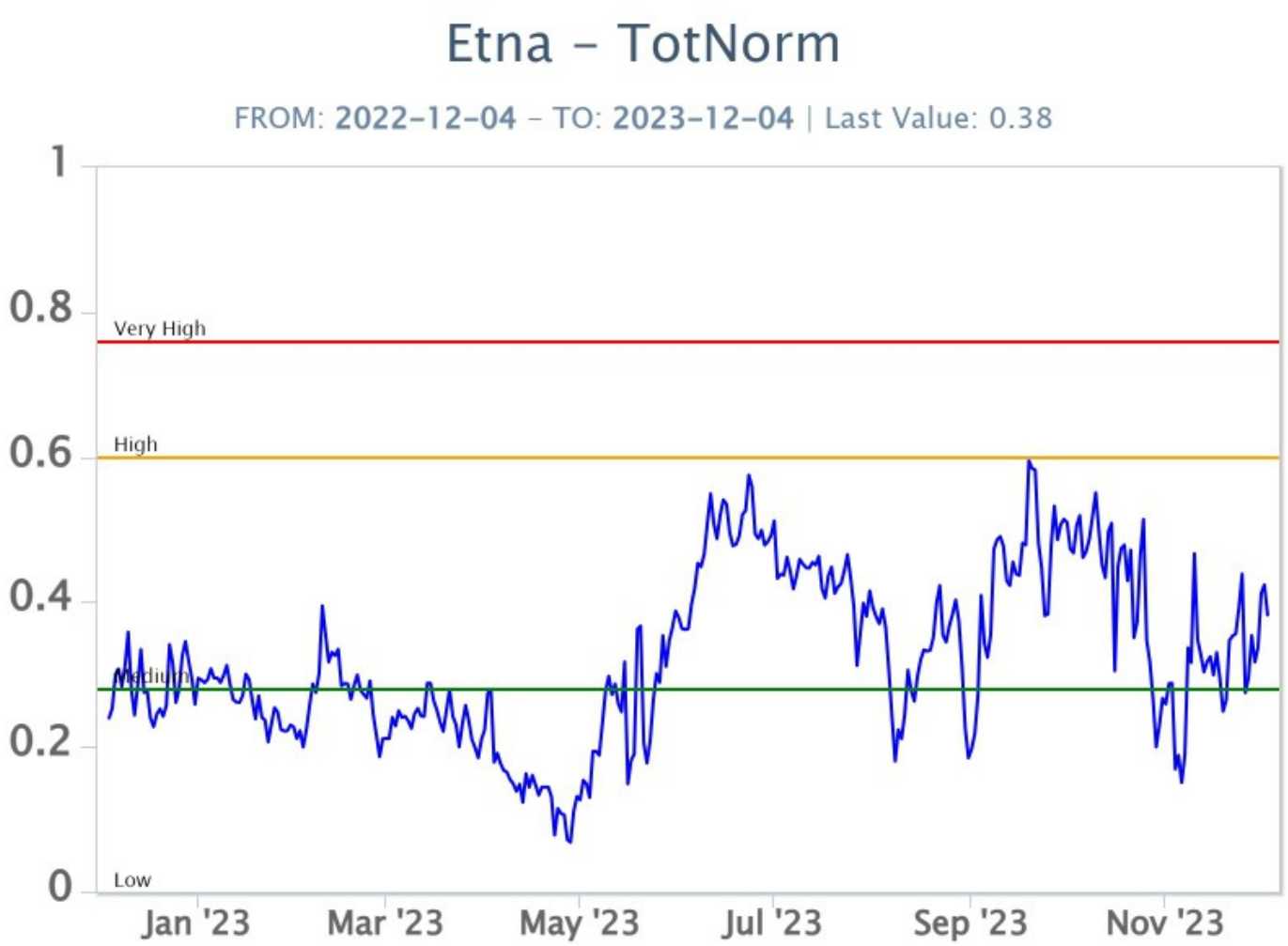

Fig. 7.2 ***Curva normalizzata dei flussi complessivi della CO2 esalante dal suolo registrati dalla rete EtnaGAS nell'ultimo anno (running average su base bi- settimanale).***

CO2 in falda (Rete EtnaAcque). La pressione parziale della CO2 disciolta nell'acqua della galleria drenante in località Ponteferro (Santa Venerina) non mostra variazioni significative al di fuori del tipico andamento stagionale.

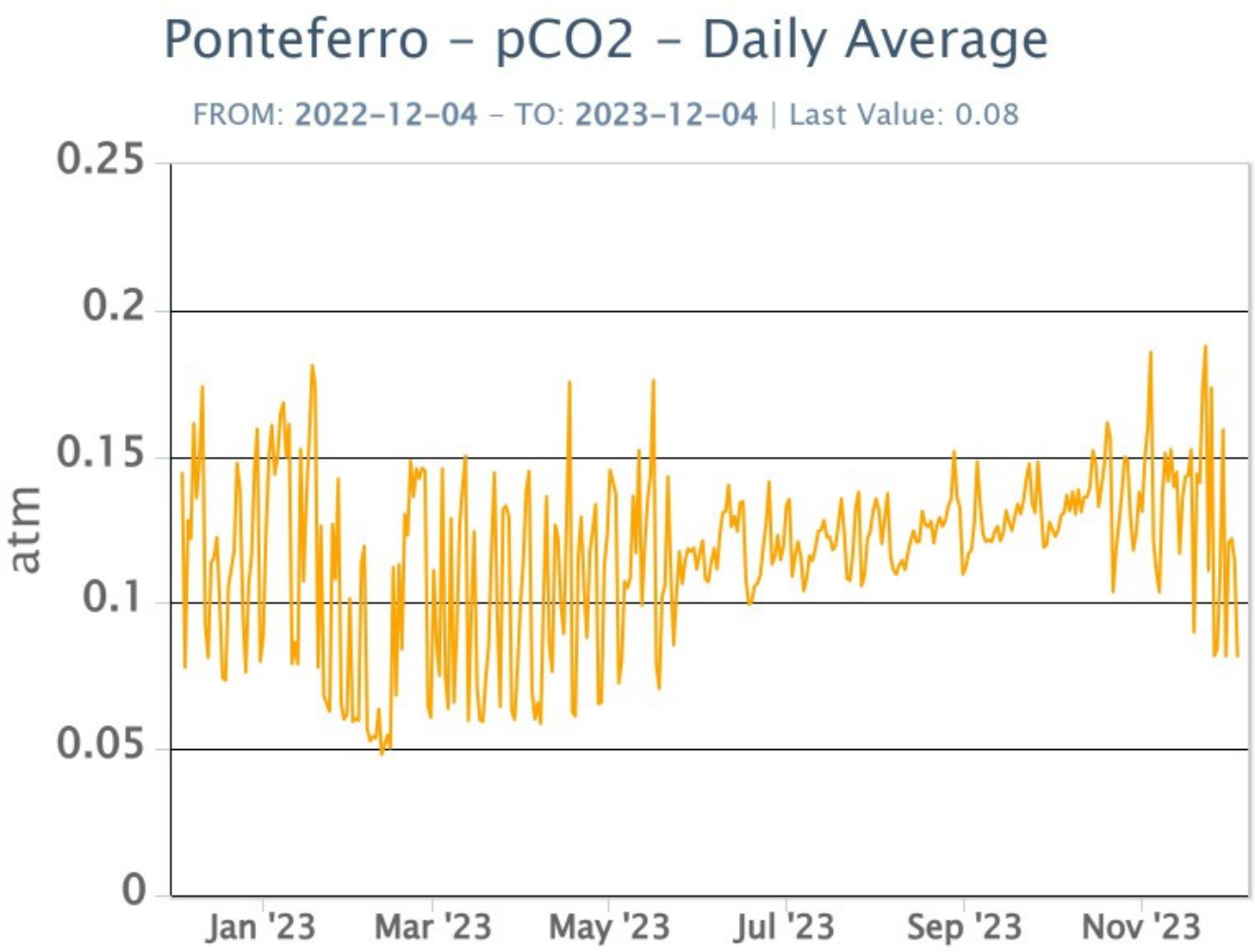

Fig. 7.3 ***Andamento temporale della pressione parziale di CO2 disciolta nelle acque della galleria drenante di Ponteferro (medie giornaliere).***

Il rapporto isotopico dell'elio misurato nei siti periferici è in lieve diminuzione e si attesta su valori medi (ultimo campionamento del 16 novembre 2023).

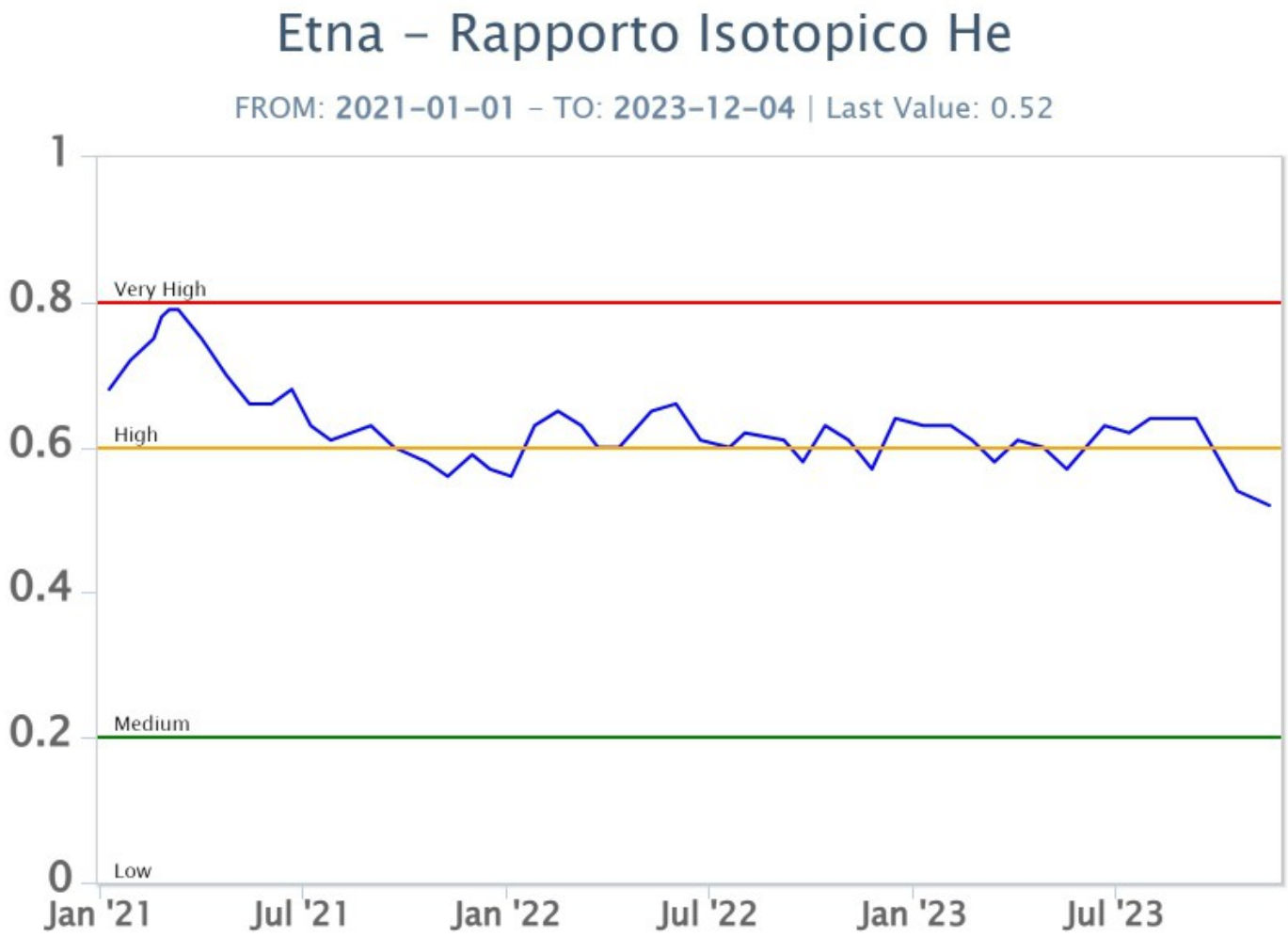

Fig. 7.4 ***Andamento medio del rapporto isotopico dell'elio nelle cinque manifestazioni periferiche (dati normalizzati).***

8. OSSERVAZIONI SATELLITARI

L’attività termica dell'Etna è stata seguita tramite l'elaborazione di una varietà di immagini satellitari con differenti risoluzioni temporale, spaziale e spettrale.
In Figura 8.1 sono mostrate le stime del potere radiante dal 16 settembre al 4 dicembre 2023 calcolate usando immagini multispettrali MODIS, VIIRS e SENTINEL-3 SLSTR. L'evento di fontana di lava del 1 dicembre 2023 è stato caratterizzato da valori di flusso termico di livello elevato (max 142 MW, SLSTR).
Nell’ultima settimana le cattive condizioni meteorologiche hanno drasticamente condizionato l’analisi delle immagini satellitari. Tuttavia, utilizzando le immagini satellitari S1-SAR ad alta risoluzione spaziale è stato possibile identificare la colata in direzione Valle del Bove, i depositi in area sommitale, e una porzione della colata in direzione SO.
In Figura 8.2a è mostrata l’estensione areale dei prodotti eruttati utilizzando le immagini S1-SAR acquisite prima della fontana (pre-eruttiva del 20/11/23 05:05 UTC) e dopo la fontana (post-eruttiva, 02/12/23 05:04 UTC). In particolare, la False RGB immagine ottenuta dalla combinazione delle 2 acquisizioni S1-SAR (considerando le bande di polarizzazione VH pre, VH post, VV post) ha permesso di stimare l’estensione del campo lavico, pari a 0.4 kmq (curva rossa), e l’area ricoperta dai depositi esplosivi, pari a circa 0.28 kmq. La quota più bassa raggiunta dal braccio in direzione VdB è di circa 2200m s.l.m. Tuttavia, a causa della presenza della neve e della elevata copertura nuvolosa, le immagini acquisite hanno permesso solo delle stime parziali delle estensioni areali.
In Figura 8.2b sono mostrati i valori del tasso effusivo e del volume totale della lava calcolati usando le

immagini SEVIRI che sono stati fortemente sottostimati dalla copertura nuvolosa. Per stimare il tasso effusivo medio (TADR) e il volume totale di lava eruttata è stato usato il metodo di fitting del raffreddamento del campo lavico successivo alla fine della fontana di lava [Torrisi et al., 2022, Annals of Geophysics].
Sono state ottenute tre stime di volume: minima = 1.2 Mm3 (curva verde); media = 1.8 Mm3; (curva rossa); massima = 2.2 Mm3 (curva viola).

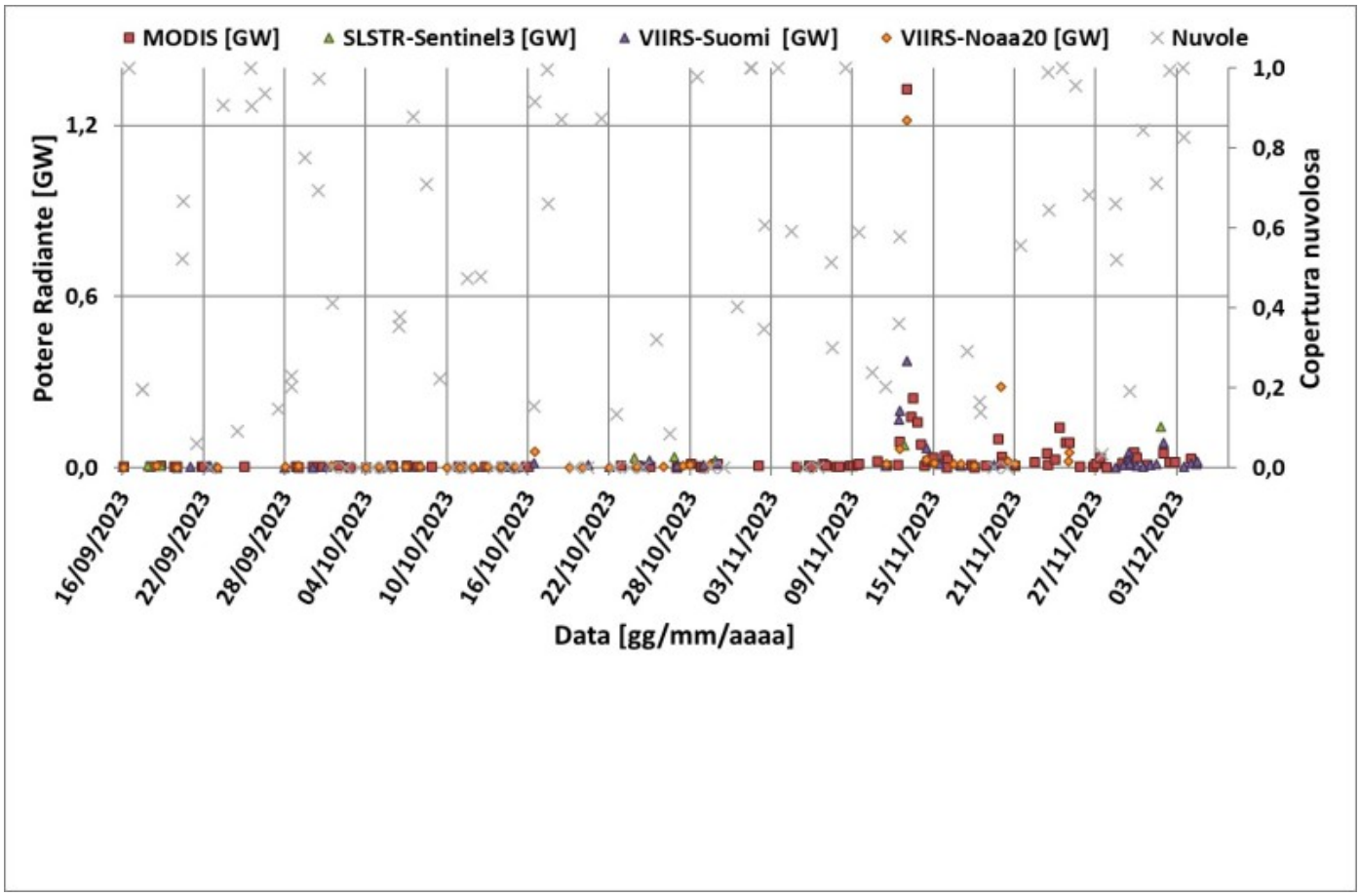

Fig. 8.1 ***Potere radiante calcolato da dati MODIS (quadrato rosso), SENTINEL-3 SLSTR (triangolo verde) e VIIRS (triangolo viola e rombo giallo) dal 16 settembre al 4 dicembre 2023. Per l'intero periodo analizzato è anche riportato l'indice di nuvolosità***

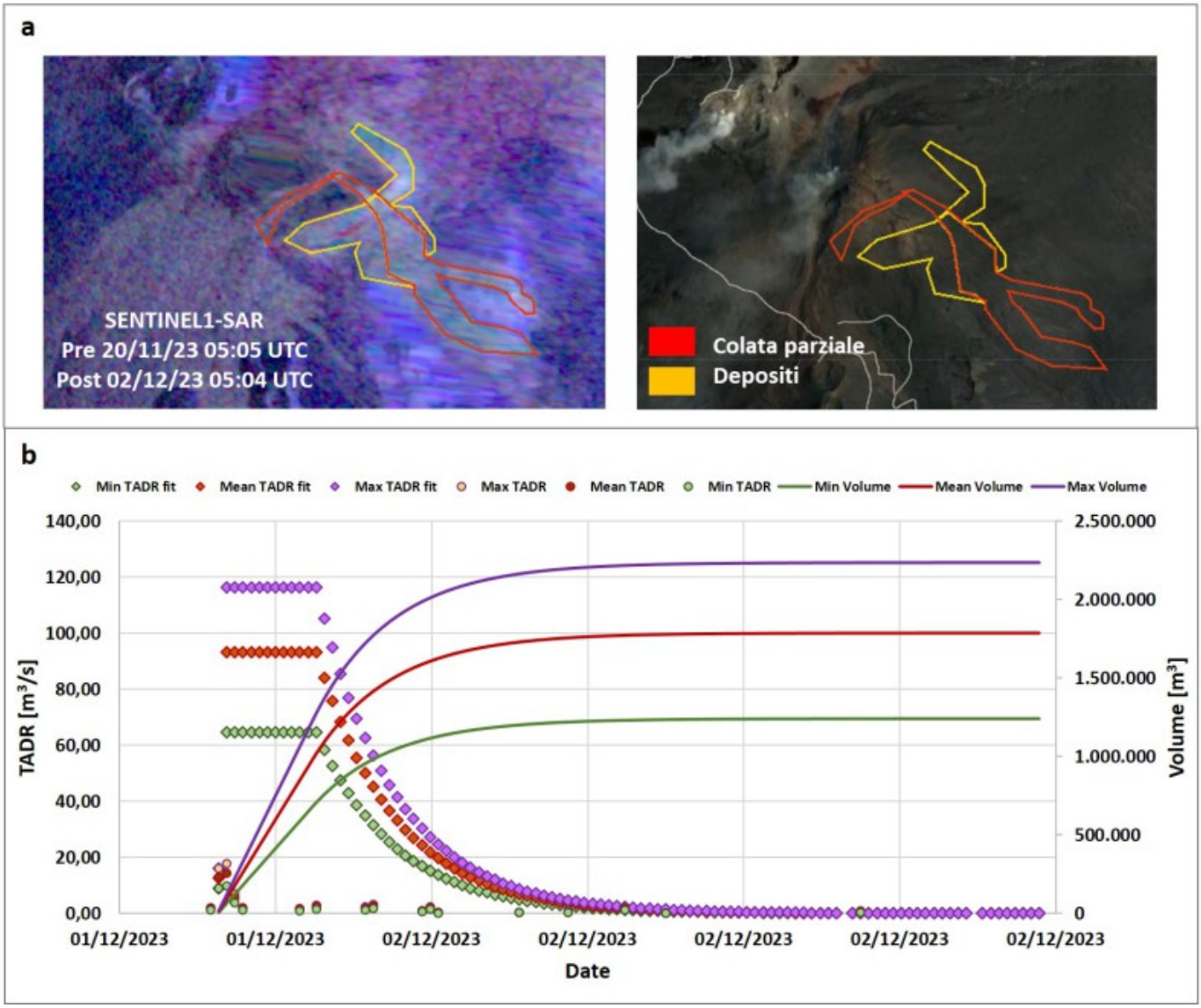

Fig. 8.2 ***a) Stima dell'estensione areale dei prodotti eruttati utilizzando le immagini S1-SAR acquisite prima della fontana (pre-eruttiva del 20/11/23 05:05 UTC) e dopo la fontana (post-eruttiva, 02/12/23 05:04 UTC); b) Tasso effusivo e volume calcolati usando immagini multispettrali SEVIRI.***

9. STATO STAZIONI

Tab.9.1 Stato di funzionamento delle reti

Rete di monitoraggio	Numero di stazioni con acq. < 33%	Numero di stazioni con acq. compreso tra 33% e 66%	N. di stazioni con acq. > 66%	N. Totale stazioni
FLAME-Etna	3	0	6	9
Geochimica - Etna Plume	1	0	0	1
Geochimica - Etnagas	2	0	12	14
Geochimica Etna Acque	1	0	9	10
Infrasonica	2	2	7	11
Sismologia	1	2	25	28

Rete di monitoraggio	Numero di stazioni con acq. < 33%	Numero di stazioni con acq. compreso tra 33% e 66%	N. di stazioni con acq. > 66%	N. Totale stazioni
Telecamere	1	1	12	14

Responsabilita' e proprieta' 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 2022-2025), 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.