



Rep. N. 21/2023 ETNA

ETNA

BOLLETTINO SETTIMANALE

SETTIMANA DI RIFERIMENTO 15/05/2023 - 21/05/2023

(data emissione 23/05/2023)

1. SINTESI STATO DI ATTIVITA'

Alla luce dei dati di monitoraggio si evidenzia:

- 1) OSSERVAZIONI VULCANOLOGICHE:** Attività di degassamento ai crateri sommitali, in particolare degassamento continuo al Cratere Bocca Nuova (BN) e al Cratere di Sud-Est (SEC). Nei giorni compresi tra il 18 e 19 è ripresa l'attività eruttiva, con attività stromboliana alla Bocca Nuova e al Cratere di Sud Est e si è conclusa con un parossismo al Cratere di Sud Est giorno 21 con la messa in posto di flussi lavici.
- 2) SISMOLOGIA:** Moderata attività sismica da fratturazione; Sciame in area sommitale giorno 18: L'ampiezza del tremore vulcanico ha raggiunto livelli alti da giorno 18 in corrispondenza con l'attività stromboliana e molto alti giorno 21 in corrispondenza del parossismo al Cratere di Sud Est.
- 3) INFRASUONO:** Aumento dell'attività infrasonica in corrispondenza del parossismo del 21 Maggio.
- 4) DEFORMAZIONI DEL SUOLO:** Nel corso dell'ultima settimana le reti di monitoraggio delle deformazioni del suolo hanno registrato variazioni durante l'attività vulcanica del 18 e 21 maggio alle stazioni borehole clinometriche in area sommitale e alle stazioni borehole di strain. Le variazioni del 18 maggio sono compatibili con una risalita di magma che genererebbe anche una piccola intrusione, le variazioni del 21 maggio sono quelle caratteristiche da evento di fontana di lava.
- 5) GEOCHIMICA:** flusso di SO₂ su un livello alto
I flussi di CO₂ si attestano su valori medio-alti di degassamento
Il rapporto isotopico dell' He si attesta su livelli medio-alti.
La pressione parziale della CO₂ disciolta non mostra variazioni significative
- 6) OSSERVAZIONI SATELLITARI:** L'attività termica osservata da satellite è stata di livello moderato in corrispondenza dell'attività eruttiva in area sommitale. Tuttavia, le cattive condizioni meteorologiche

hanno fortemente condizionato l'analisi delle immagini satellitari.

7) ALTRE OSSERVAZIONI: La composizione del vetro vulcanico eruttato durante la fontana di lava del 21 maggio 2023 suggerisce che probabilmente il magma che ha prodotto la fontana sia il risultato di una piccola porzione di magma primitivo che si è mischiata al magma che stazionava nel “reservoir” (serbatoio).

2. SCENARI ATTESI

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 impreveduta e rapida, implicando quindi un livello di pericolosità mai nullo.

3. OSSERVAZIONI VULCANOLOGICHE

Il monitoraggio dell'attività vulcanica dell'Etna è stato effettuato mediante l'analisi delle immagini acquisite dalla rete di telecamere di sorveglianza dell'INGV, Osservatorio Etneo (INGV-OE) e attraverso sopralluoghi in campo da parte di personale dell'INGV-OE. Per buona parte della settimana, sebbene le condizioni meteorologiche abbiano impedito una sistematica osservazione dell'attività ai crateri sommitali brevi intervalli temporali di visibilità hanno permesso di osservare attività eruttiva ai crateri Bocca Nuova e Cratere di Sud-Est (Fig 3.1).

In particolare, giorno 18 attraverso le immagini della telecamera termica di Bronte è stata osservata dalle ore 15.00 UTC un'attività esplosiva al cratere Bocca Nuova. Sebbene esiste un'incertezza a causa delle condizioni meteo, è probabile che quest'attività sia perdurata nelle ore successive come rilevato da immagini da satellite.

Lo stesso giorno alle ore 2:56 UTC circa, attraverso le telecamere INGV site alla Montagnola viene registrata una debole attività stromboliana intra-craterica al Cratere di Sud Est (Fig.3.2). Anche in questo caso è probabile che questa modesta attività esplosiva tra il 19 ed il 20 sia stata intermittente e non continua, ma il 21 maggio la modesta ed episodica attività esplosiva del SEC, che già dal 8 e 14 maggio aveva mostrato delle deboli esplosioni, evolve improvvisamente a fontana di lava. L'evento inizia alle 05:30 UTC circa e si conclude alle 9:40 UTC (vedi geofisica per dettagli). Come tipicità dei fenomeni di fontana di lava, il fenomeno crea un plume che si espande sino a circa 10 km (dati satellitari) e con ricaduta di cenere sul versante Sud Occidentale (e.g., Adrano) a successivamente a causa del lento cambio di direzione dei venti dal settore meridionale (Eg., Catania) a quello sud-orientale (eg., Aci Castello).

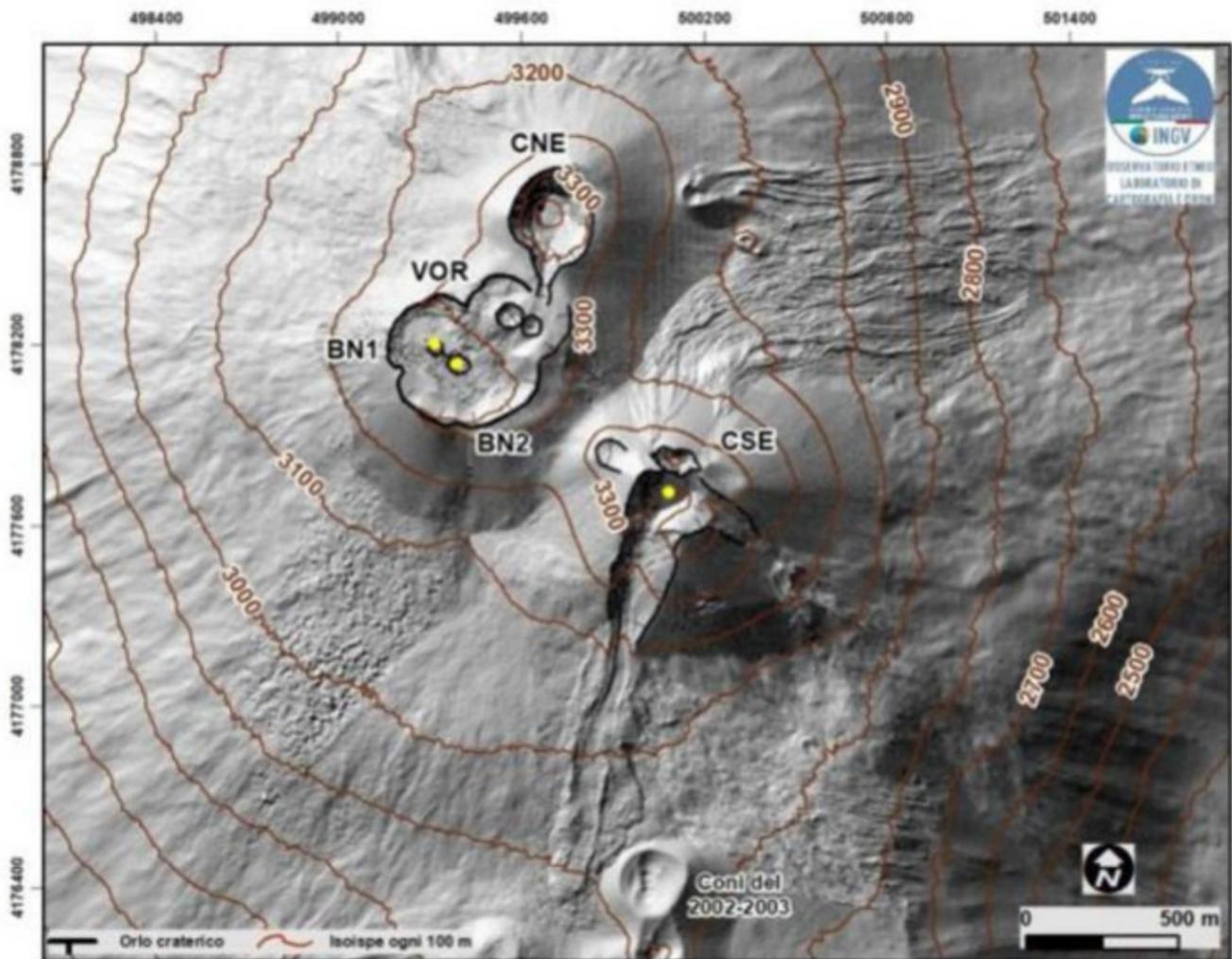


Fig. 3.1 *Modello ombreggiato del terreno dell'area sommitale dell'Etna ottenuto elaborando le immagini da drone acquisite durante diversi sorvoli (15 e 21 settembre e 6, 21 e 23 ottobre 2022), sovrapposto al modello ombreggiato derivato da immagini Pleiades del 22 agosto 2020 (AO Telerilevamento). CSE = Cratere di Sud-Est, CNE = Cratere di Nord-Est; BN=Bocca Nuova; VOR = Voragine.*

Il fenomeno è stato accompagnato diversi flussi lavici dal CSE con espansione nella parte occidentale della Valle del Bove ed in prossimità di Monte Frumento Supino, come è stato rilevato dal dato Landsat 8 delle ore 20:45 GMT del 22 Maggio 2023 (risoluzione spaziale da 30m a 100m), (Fig.3.3).

La colata in direzione Sud ha raggiunto lunghezza di circa 2 km, ad una quota minima 2600 m asl , mentre quella in Valle del Bove con una lunghezza 1,9 km, ad una quota minima 2200 m asl,



Fig. 3.2 Attività esplosiva del Cratere di Sud Est ripresa dalla telecamera ad alta risoluzione della Montagnola.



Fig. 3.3 Immagine satellitare del campo lavico dal Landsat 8 delle ore 20:45 GMT del 22 Maggio 2023 (risoluzione spaziale da 30m a 100m)

4. SISMOLOGIA

Sismicità: Nell'ultima settimana, sono stati registrati quattro terremoti che hanno superato la soglia di magnitudo 2.0 (Fig. 4.1). Questa sismicità ha compreso un totale di 6 eventi registrati giorno 18 nel basso settore orientale (area di Linera - Guardia Mangano). Il maggior rilascio energetico è avvenuto con l'evento delle 01:22 UTC, $M=3.3$ localizzato in prossimità del piano campagna, 1.3 km a NE di Linera, al quale sono seguiti altri 3 eventi con $M>2.0$ fino alle ore 4:17 UTC ((Fig. 4.2 e Tab. 1). Inoltre dalle 14:44 dello stesso giorno e fino alle 01:45 del 19 sono stati registrati una trentina di eventi sismici con $M \geq 2.0$ localizzati in area sommitale.

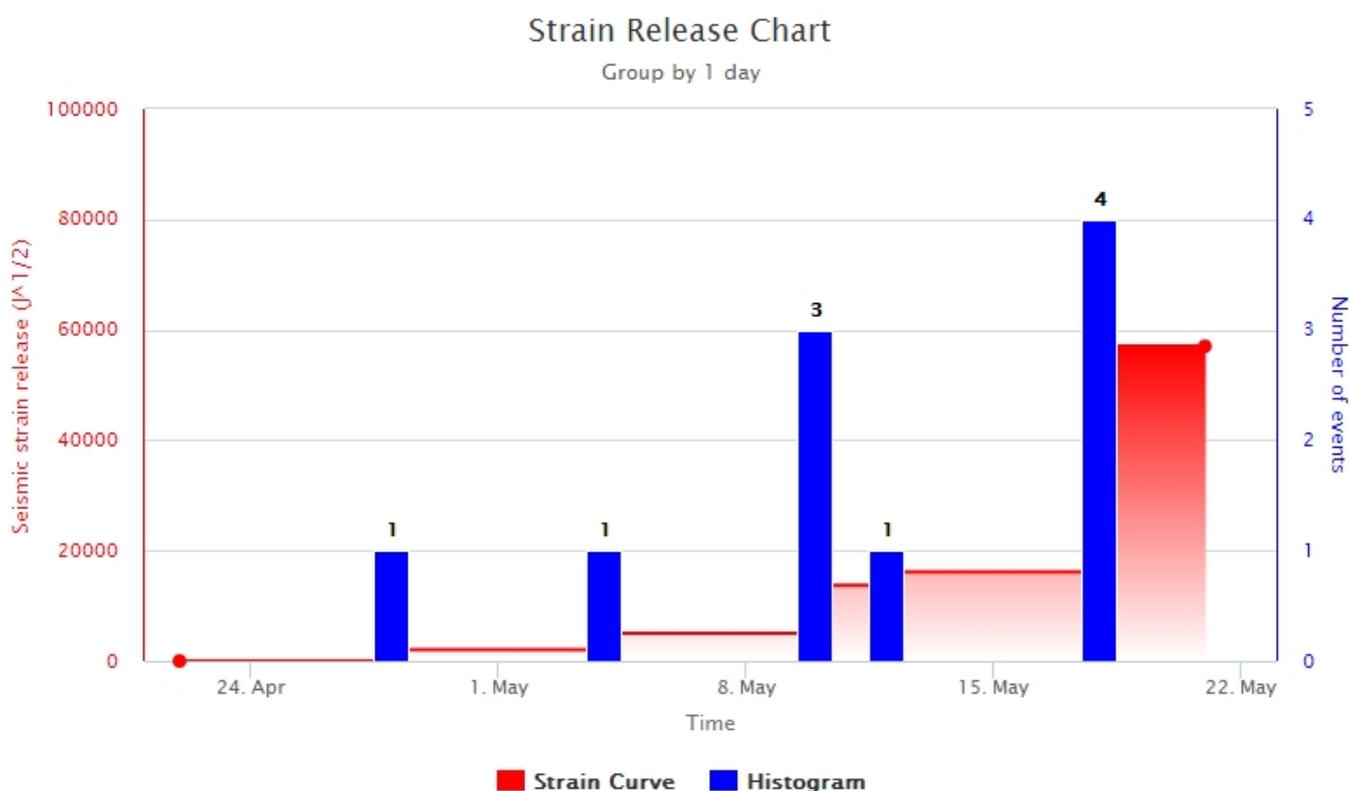


Fig. 4.1 Frequenza giornaliera di accadimento e curva cumulativa del rilascio di strain sismico dei terremoti con M_I pari o superiore a 2.0 registrati nell'ultimo mese.

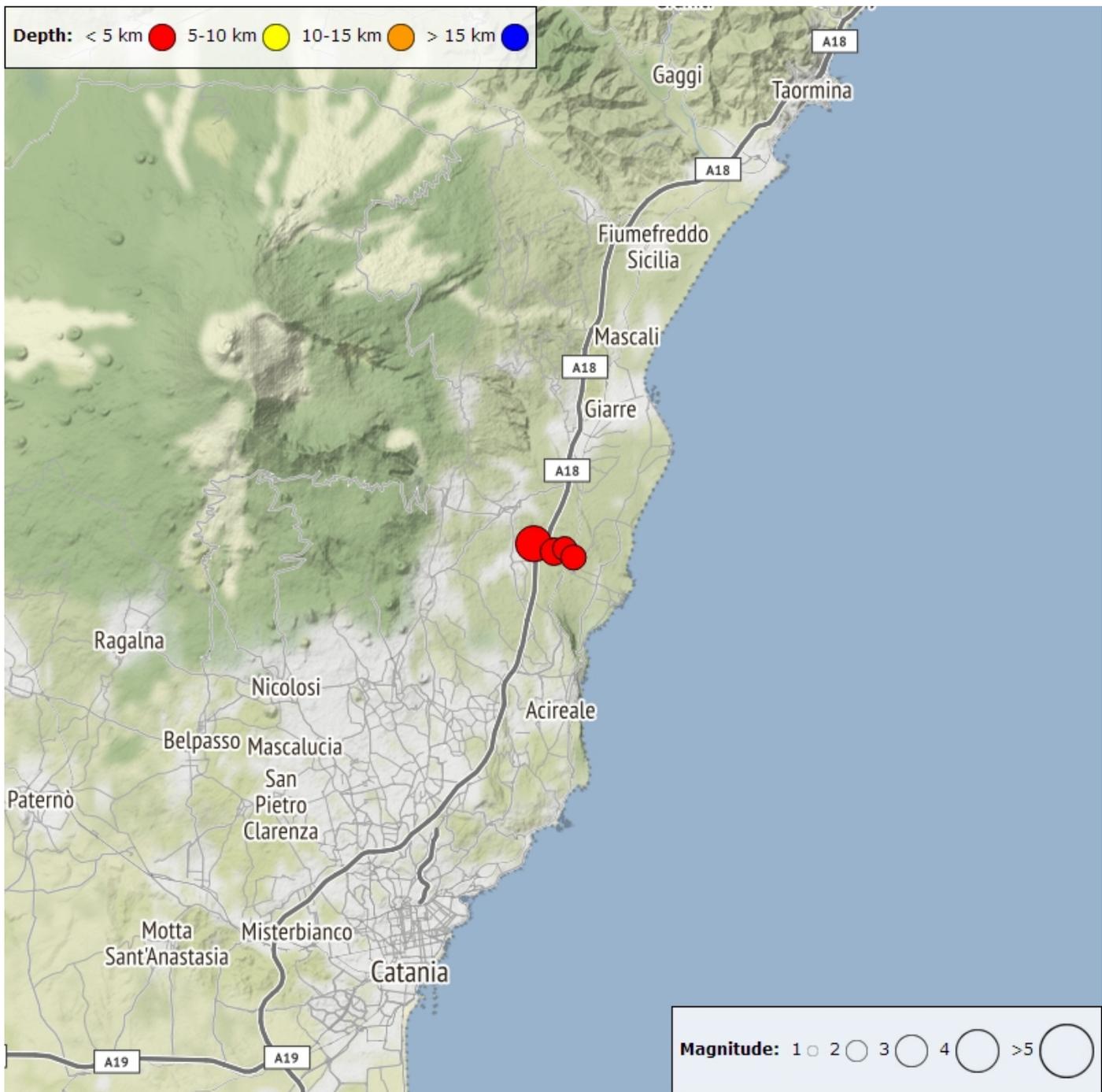


Fig. 4.2 Distribuzione della sismicità con M_l pari o superiore a 2.0 nell'ultima settimana.

Tabella. 4.1 - Tabella dei terremoti con $M_L \geq 2$

DateTime	ML	Prof. (km)	Area epicentrale
18/05/2023 01:22	3.3	-1.6	1.3 km NE from Linera (CT)
18/05/2023 01:26	2.5	-1.6	1.4 km SW from Mangano (CT)
18/05/2023 02:27	2.2	-1.6	1.0 km SW from Mangano (CT)
18/05/2023 04:17	2.3	-0.8	1.3 km S from Mangano (CT)

L'ampiezza del tremore si è mantenuta su valori medi fino alle ore 10:10 UTC del 18 maggio quando si osserva un repentino incremento fino a valori alti. Nelle ore successive l'ampiezza ha subito due importanti fasi di incremento e decremento (picchi alle 12:30 e 15:00 UTC) mantenendosi nella fascia dei valori alti. Giorno 21 a partire dalle 05:20 UTC si è osservato un ulteriore aumento che ha raggiunto il suo valore di picco intorno alle 06:50 UTC perdurando fino alle 9:35 UTC in concomitanza con l'attività parossistica. Successivamente il tremore ha evidenziato una veloce discesa verso valori medi, ai quali si è stabilizzato intorno alle 10:00 UTC.

Il centroide delle sorgenti è stato localizzato in prossimità del SEC fino alle 9 30 UTC di giorno 18 e successivamente, si è spostato progressivamente, approfondendosi, verso l'area dei crateri centrali. Dal tardo pomeriggio di giorno 18 il centroide si è riportato nell'area del SEC localizzandosi ad una profondità tra 2500 e 2900 metri.

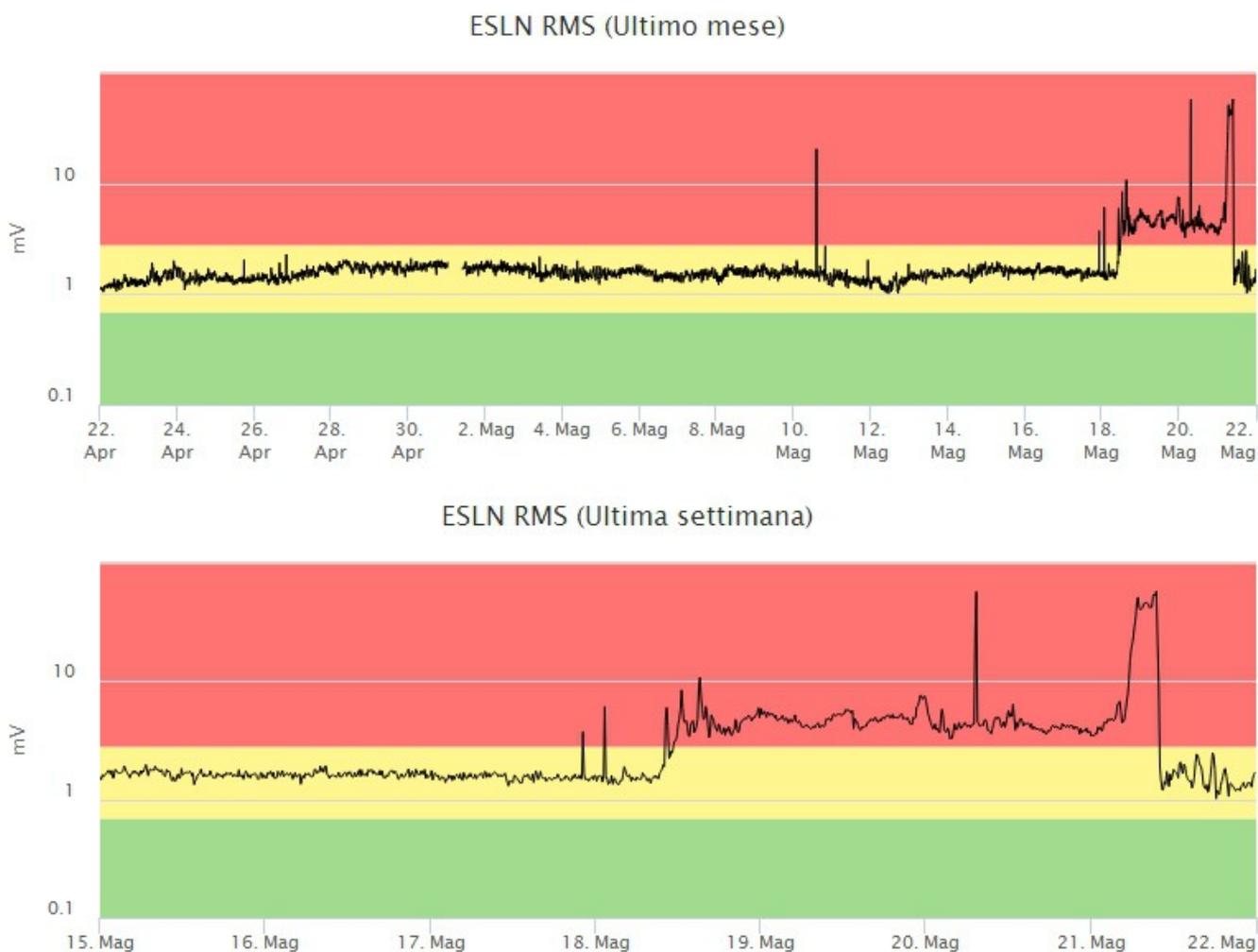


Fig. 4.3 *Andamento temporale dell'ampiezza del tremore vulcanico: valori RMS nell'ultimo mese (in alto) e nell'ultima settimana (in basso) secondo tre livelli di ampiezza (basso=verde, medio=giallo, alto=rosso).*

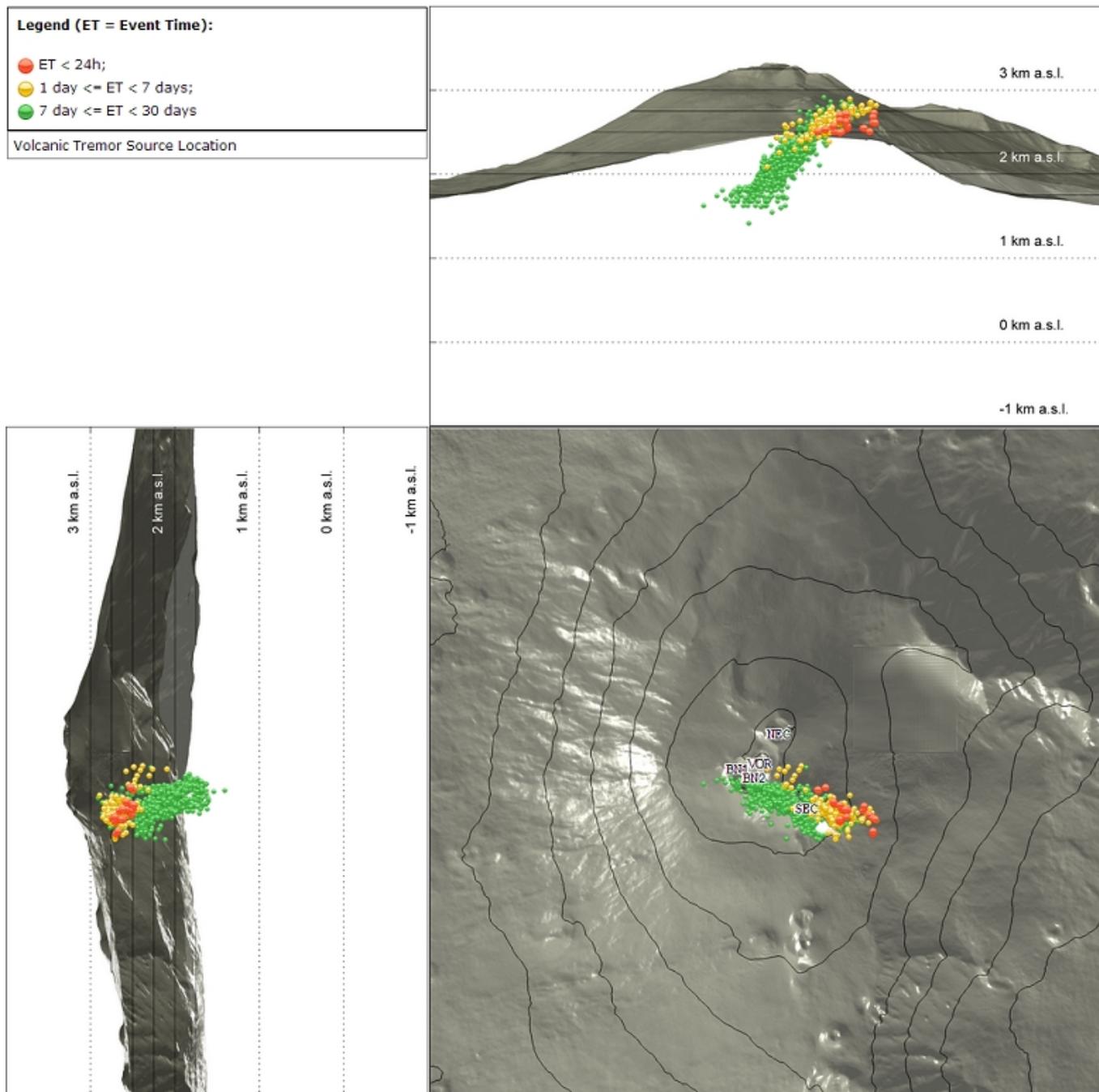


Fig. 4.4 Localizzazione della sorgente del tremore vulcanico. (SEC= cratere SE; VOR = cratere Voragine; NEC = cratere NE; BN1 = cratere 1 Bocca Nuova; BN2 = cratere 2 Bocca Nuova).

5. INFRASUONO

L'accadimento dell'attività infrasonica non ha mostrato variazioni significative fino a giorno 18 con sorgenti localizzate nell'area della Bocca Nuova

Dalle ore 00:00 alle 18:00 circa di giorno 18 non ci sono stati eventi localizzati, per il forte vento. Dalla tarda serata di giorno 18 le sorgenti risultano localizzate sia al SEC che alla BN. Giorno 21 si registra un aumento del numero e dell'ampiezza degli eventi infrasonici che si localizzano prevalentemente in prossimità del CSE. In generale, il segnale infrasonico risulta caratterizzato dalla presenza oltre che da eventi discreti anche da tremore infrasonico il cui andamento ha mostrato un significativo incremento a

partire dalle 05 20 UTC simile a quello del tremore vulcanico.

Si segnala infine che, il tasso di occorrenza degli eventi infrasonici e la loro localizzazione potrebbero essere influenzati dall'elevato rumore dovuto alla presenza del vento che ha caratterizzato la settimana.

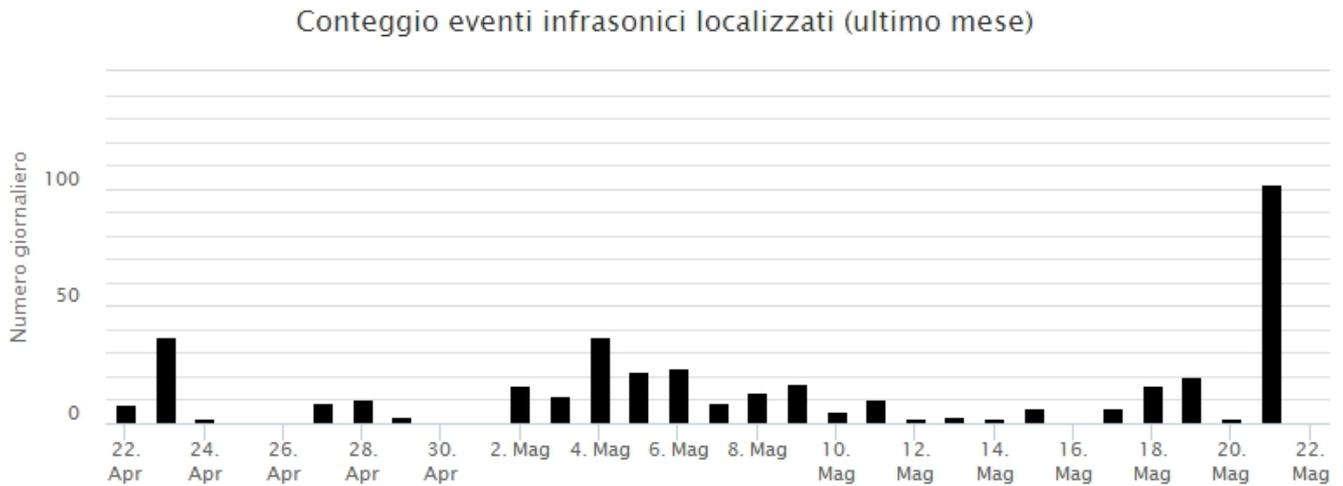


Fig. 5.1 Andamento della frequenza giornaliera di accadimento degli eventi infrasonici localizzati

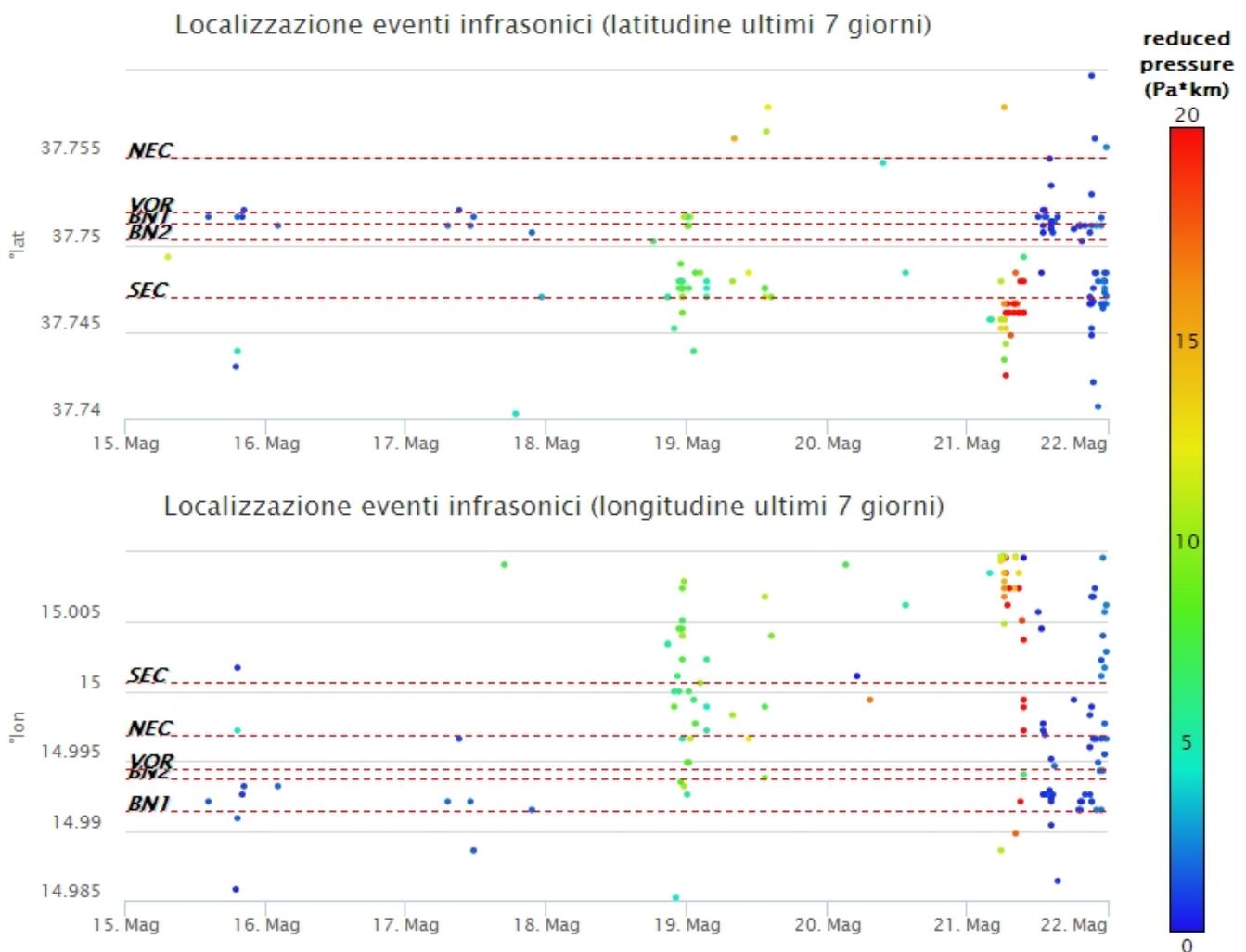


Fig. 5.2 Andamento temporale dei parametri di localizzazione (longitudine e latitudine) degli eventi infrasonici localizzati

nell'ultima settimana. (SEC= cratere SE; VOR = cratere Voragine; NEC = cratere NE; BNI = 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

L'analisi dei dati della rete di stazioni GNSS permanenti, acquisiti ad alta frequenza, non ha mostrato variazioni significative al di fuori della variabilità statistica del dato durante il 18-21 maggio, quindi escludendo l'azione di fenomeni di forti intrusioni. Come esempio, viene riportata la dilatazione areale del triangolo sotteso alle stazioni ESLN-EMEG-EDAM

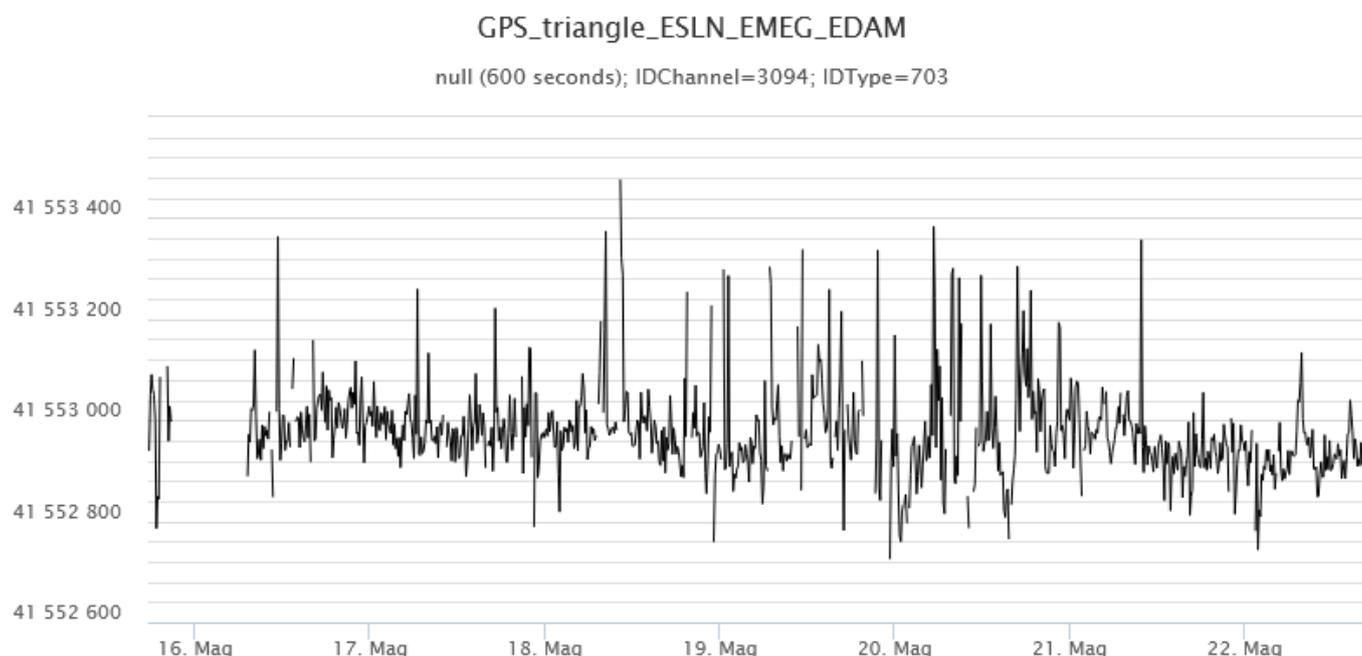


Fig. 6.1 Serie temporale della dilatazione areale del triangolo con vertici le stazioni di ESLN, EMEG e EDAM nel corso dell'ultima settimana

I segnali della rete clinometrica operante sull'Etna hanno mostrato variazioni significative alle stazioni sommitali in particolare sia nella fase del 18 maggio suggerendo una fase intrusiva superficiale, che nella fase del 21 maggio con variazioni compatibili con un evento di fontana di lava. Si riporta il grafico relativo al segnale registrato alla stazione di Pizzi Deneri (PDN), posta sull'alto fianco nord-orientale del vulcano.

PDN N296°E
PDN N206°E

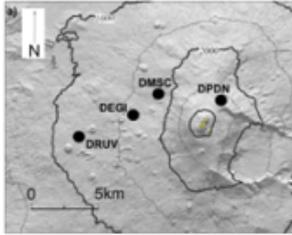


Fig. 6.2 Serie temporale delle componenti N2964E e N206E del clinometro di PDN dell'ultima settimana.

Lo strain volumetrico registrato in pozzi profondi ha permesso di seguire i fenomeni occorsi durante il 18-21 maggio, fornendo un contributo alla loro interpretazione.

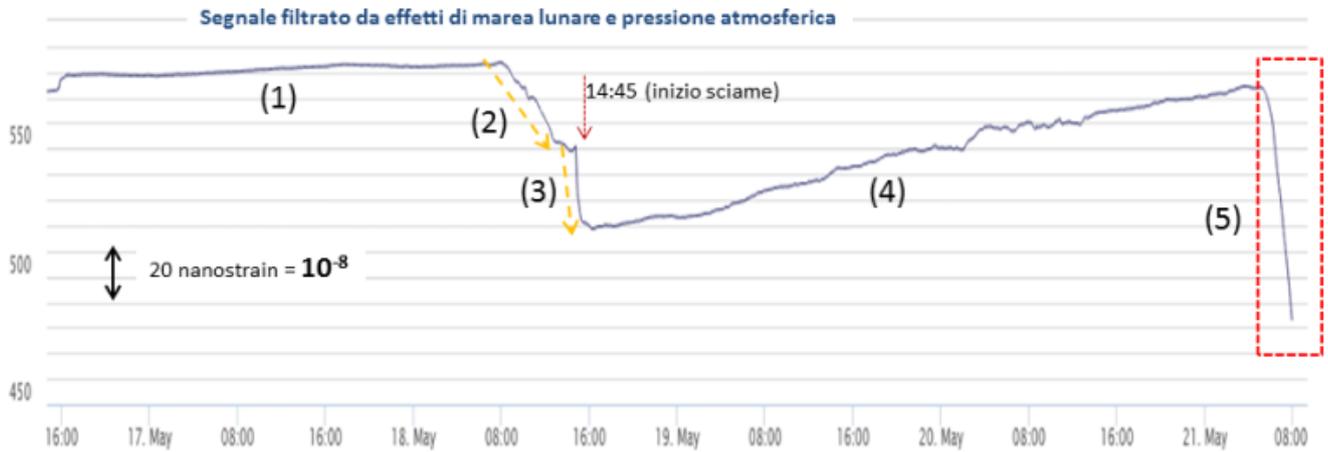
Viene riportato in figura il grafico del segnale di strain filtrato da effetti mareali e barometrici della stazione di M.te Ruvolo (DRUV), ubicata nel medio versante occidentale.

Nella figura sono commentate le fasi di questa attività eruttiva conclusasi con le variazioni di giorno 21 che accompagnano l'evento parossistico.



Rete borehole dilatometrica
Strain volumetrico in pozzi profondi (-180 m)
Segnali 17 – 21 May 2023 (ore 08:00 UT)

Segnale DRUV (stazione riferimento), medio versante occidentale



- 1) Segnale filtrato da effetti mareali e barometrici (senza variazioni significative)
- 2) Inizio (8:00 UT) modesta e graduale decompressione (compatibile con risalita di un magma batch)
- 3) Inizio, in concomitanza sciame sismico, discesa più rapida del segnale (compatibile con tentativo di intrusione più superficiale). Nota: in questa fase mostrano variazioni significative anche i segnali clinometrici sommitali e lo strain di PDN
- 4) Lenta compressione
- 5) Fase del 21 maggio con segnale che diminuisce (decompressione) con valori /pendenza simili a quelli di evento di fontana di lava

Fig. 6.3 Strain volumetrico, filtrato da effetti mareali e barometrici, registrato alla stazione DRUV dal 17 al 21 maggio. In figura sono marcate e commentate le fasi di attività individuate dal segnale.

7. GEOCHIMICA

Il flusso di SO₂ medio-giornaliero registrato nel plume vulcanico dell'Etna, dall'inizio del mese di maggio ha indicato un progressivo incremento da un livello medio ad uno alto. Questa tendenza ha mostrato un repentino aumento da giorno 16 maggio attestandosi su un livello molto-alto giorno 18 e 20 maggio. In particolare, giorno 20, in concomitanza dell'evento eruttivo, i valori di flusso infra-giornalieri è variato da un livello alto nella mattina ad un medio nel pomeriggio.

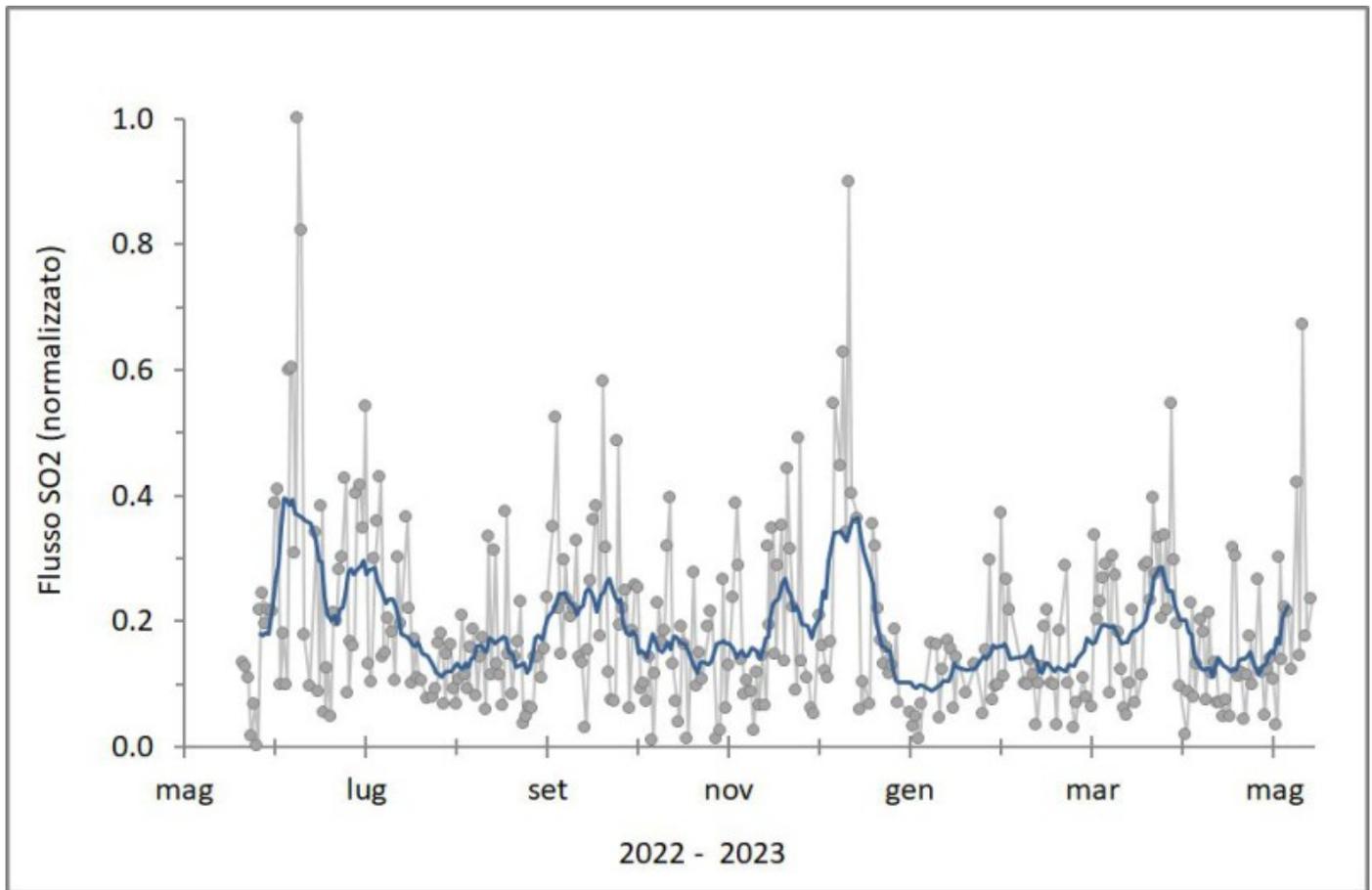


Fig. 7.1 Misure normalizzate del flusso di SO₂ registrato dalla rete FLAME nell'ultimo anno.

I flussi di CO₂ acquisiti dalla rete Etnagas seguono un trend in incremento attestandosi attualmente su valori medio-alti di degassamento.

Etna – TotNorm

FROM: 2022-05-22 – TO: 2023-05-22 | Last Value: 0.51

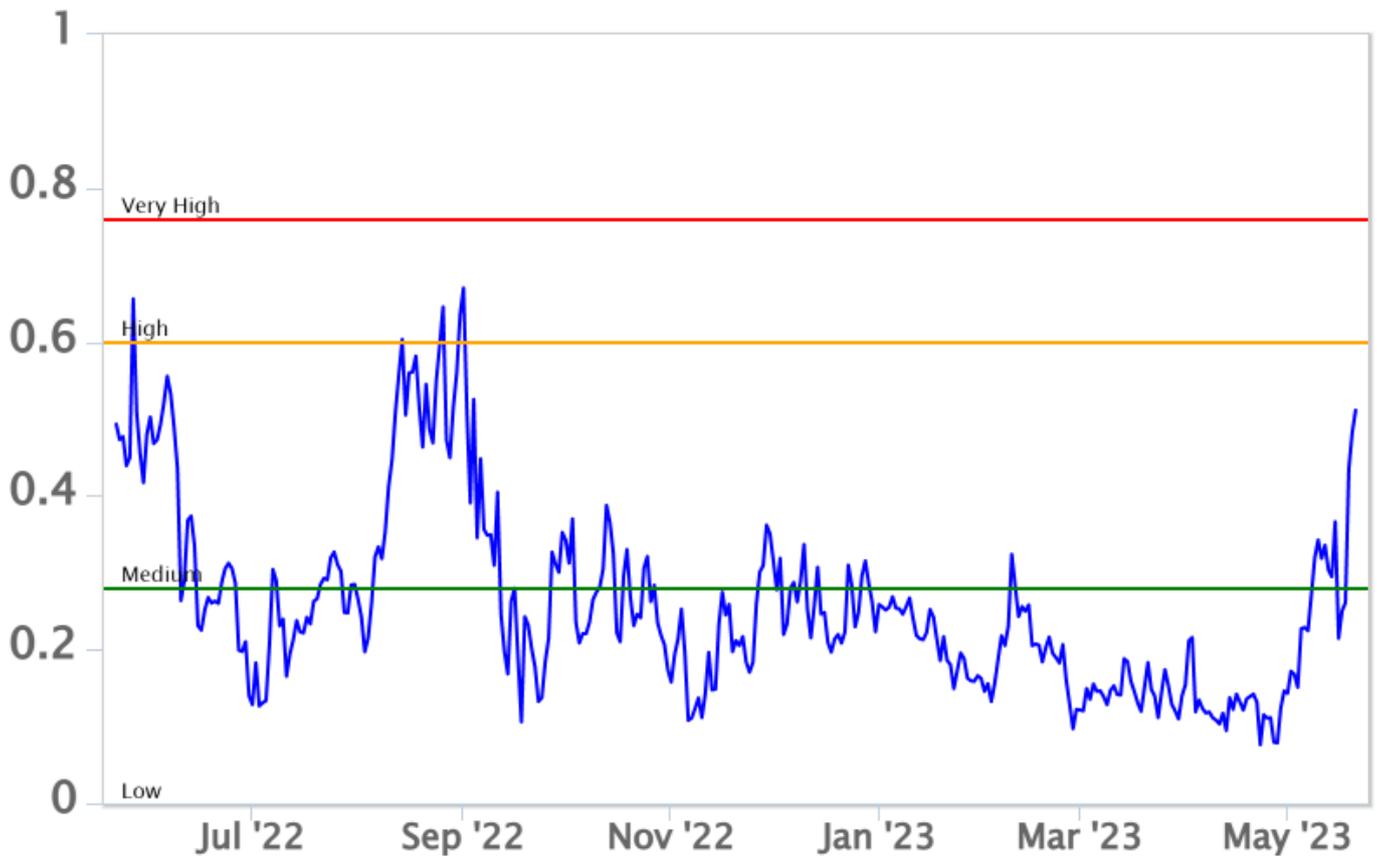


Fig. 7.2 Curva normalizzata dei flussi complessivi della CO₂ esalante dal suolo registrati dalla rete EtnaGAS nell'ultimo anno (running average su base bi- settimanale).

L'ultima misura del rapporto isotopico dell'elio (R/Ra), relativa al 18/05/2023, mostra un leggero decremento rispetto alle precedenti attestandosi comunque su livelli medio-alti.

Etna – Rapporto Isotopico He

FROM: 2021-01-01 – TO: 2023-05-22 | Last Value: 0.57

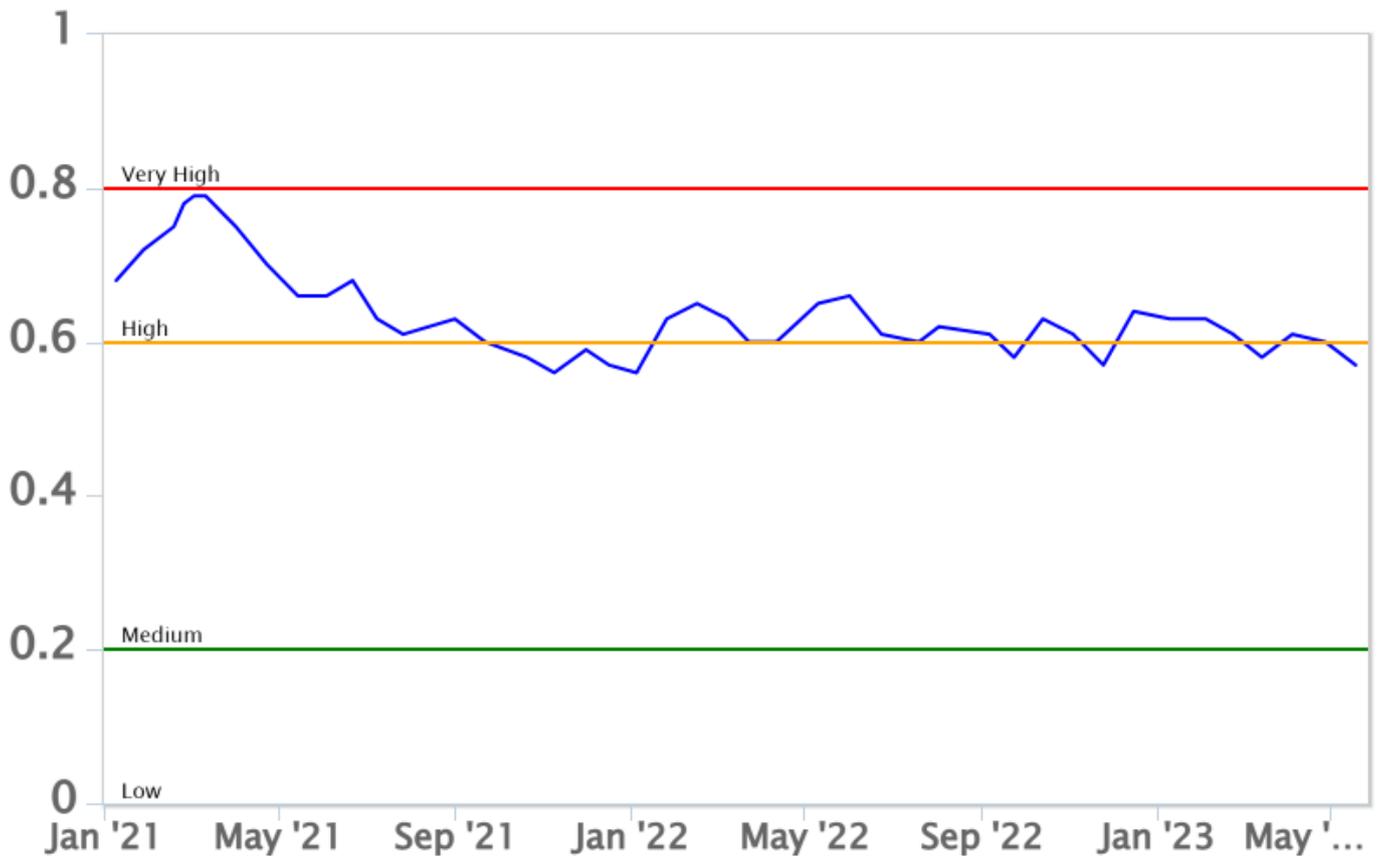


Fig. 7.3 *Andamento medio del rapporto isotopico dell'elio nelle cinque manifestazioni periferiche (dati normalizzati).*

La pressione parziale della CO₂ disciolta nell'acqua della galleria drenante in località Ponteferro (Santa Venerina) non mostra variazioni al di fuori della normale variabilità stagionale del sito

Ponteferro – pCO₂ – Daily Average

FROM: 2022-05-22 – TO: 2023-05-22 | Last Value: 0.11

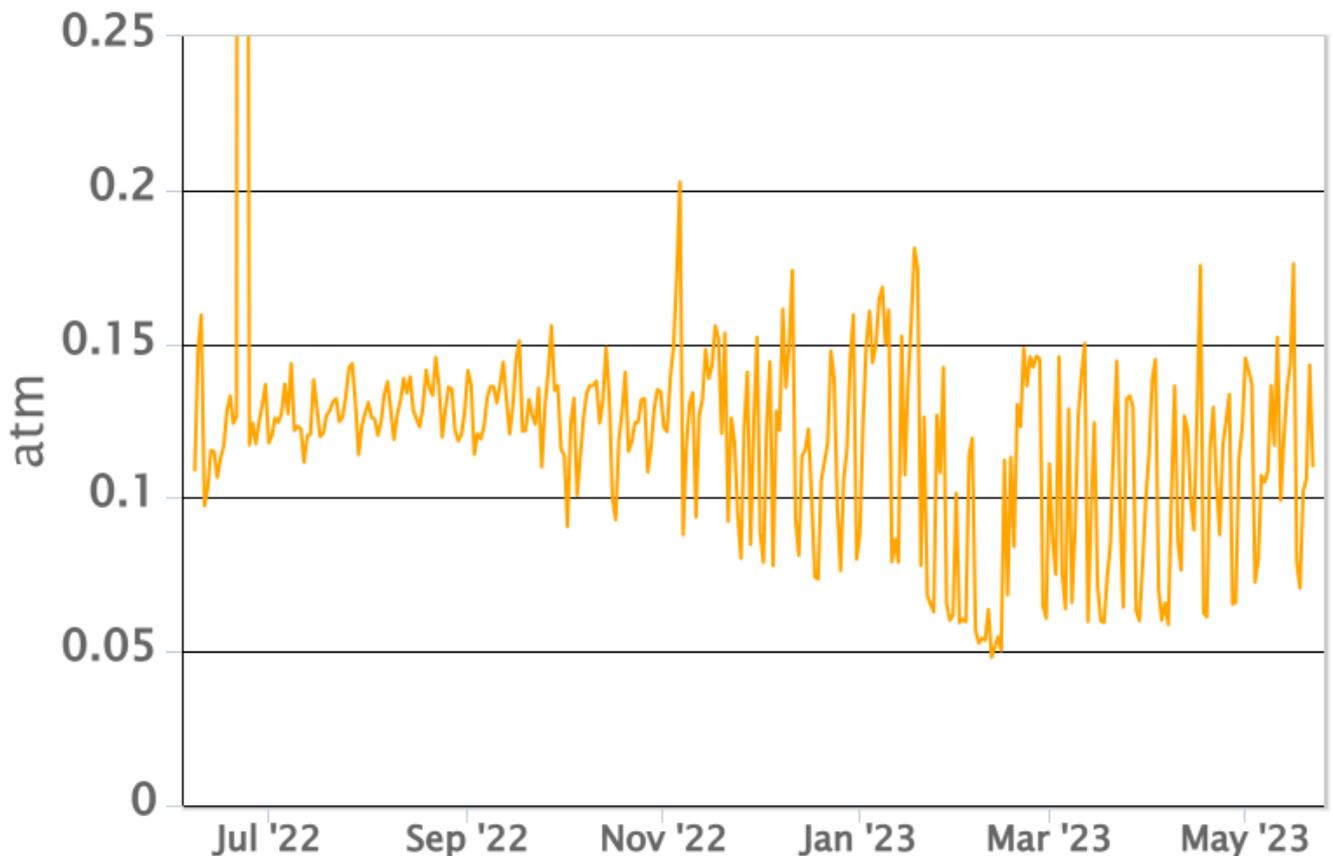


Fig. 7.4 Andamento temporale della pressione parziale di CO₂ disciolta nell'acqua della galleria drenante di Ponteferro (medie giornaliere).

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 primo gennaio alla sera del 22 maggio 2023 calcolate usando immagini multispettrali SEVIRI, MODIS, VIIRS e SENTINEL-3 SLSTR. Nel fine settimana, in corrispondenza dell'attività eruttiva in area sommitale, è stata rilevata solo una moderata attività termica a causa delle cattive condizioni meteorologiche che hanno fortemente condizionato l'analisi delle immagini satellitari. La prima anomalia del flusso termico pari a 2 MW (VIIRS) è stata rilevata il 19 maggio 2023 alle ore 00:06 UTC. Il valore massimo di flusso termico pari a 66 MW (MODIS) è stato registrato il 22 maggio alle ore 01:50 UTC. L'ultima anomalia di flusso termico pari a 52 MW (VIIRS) è stata registrata il 23 maggio alle ore 00:30 UTC.

In Figura 8.2 è mostrata la sequenza di immagini SEVIRI RGB, combinazione delle bande 8.7, 10.8 e 12.0 μm nell'infrarosso, dalle 06:27 UTC alle 10:42 UTC del 21 maggio 2023. Le immagini sono state analizzate con un algoritmo di Machine Learning per evidenziare la propagazione della componente SO₂ (pixel verde scuro e verde chiaro) della nube vulcanica, che ha raggiunto un'estensione massima di 153 pixel alle 10:42 UTC del 21 maggio 2023. La densa copertura nuvolosa non ha permesso di seguire la propagazione della cenere vulcanica. L'altezza del plume vulcanico è stata preliminarmente stimata tra 10.5 e 11.5 km utilizzando la tecnica Cloud Top Temperature (Grainger et al., 2013).

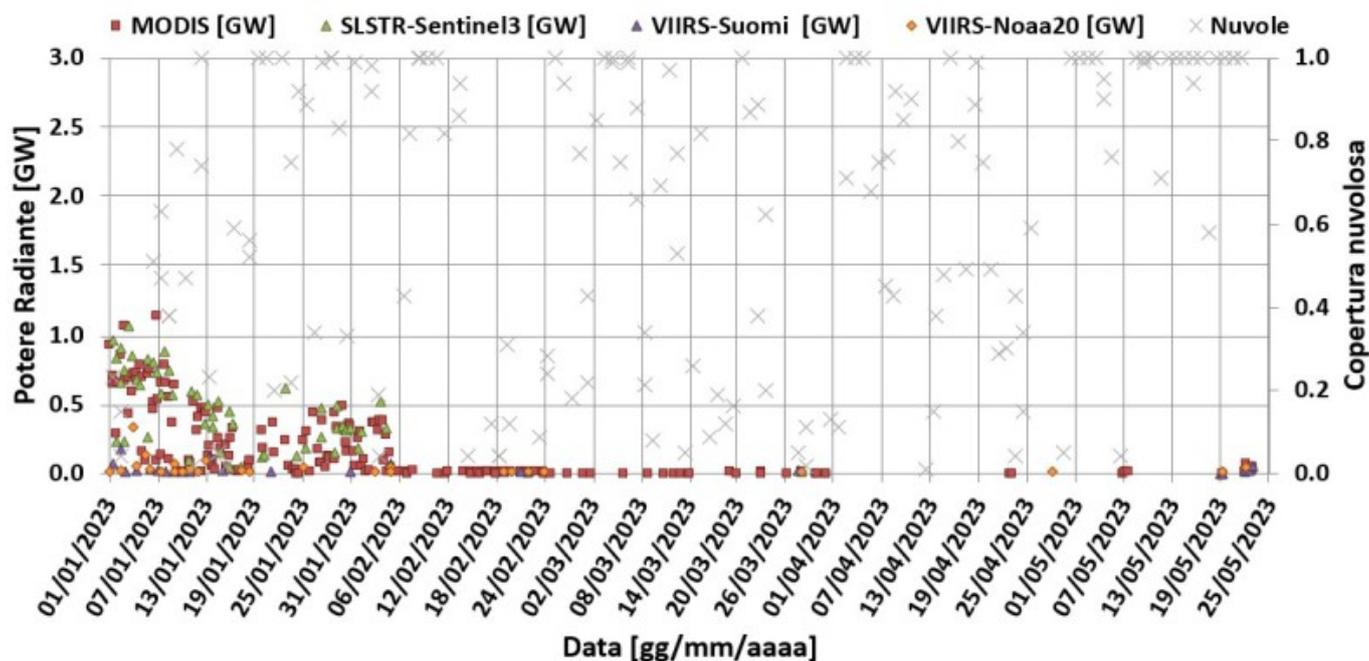


Fig. 8.1 Potere radiante calcolato da dati MODIS (quadrato rosso), SENTINEL-3 (triangolo verde) e VIIRS (triangolo viola e rombo giallo) dal primo gennaio alla sera del 22 maggio 2023. Per l'intero periodo analizzato è anche riportato l'indice di nuvolosità.

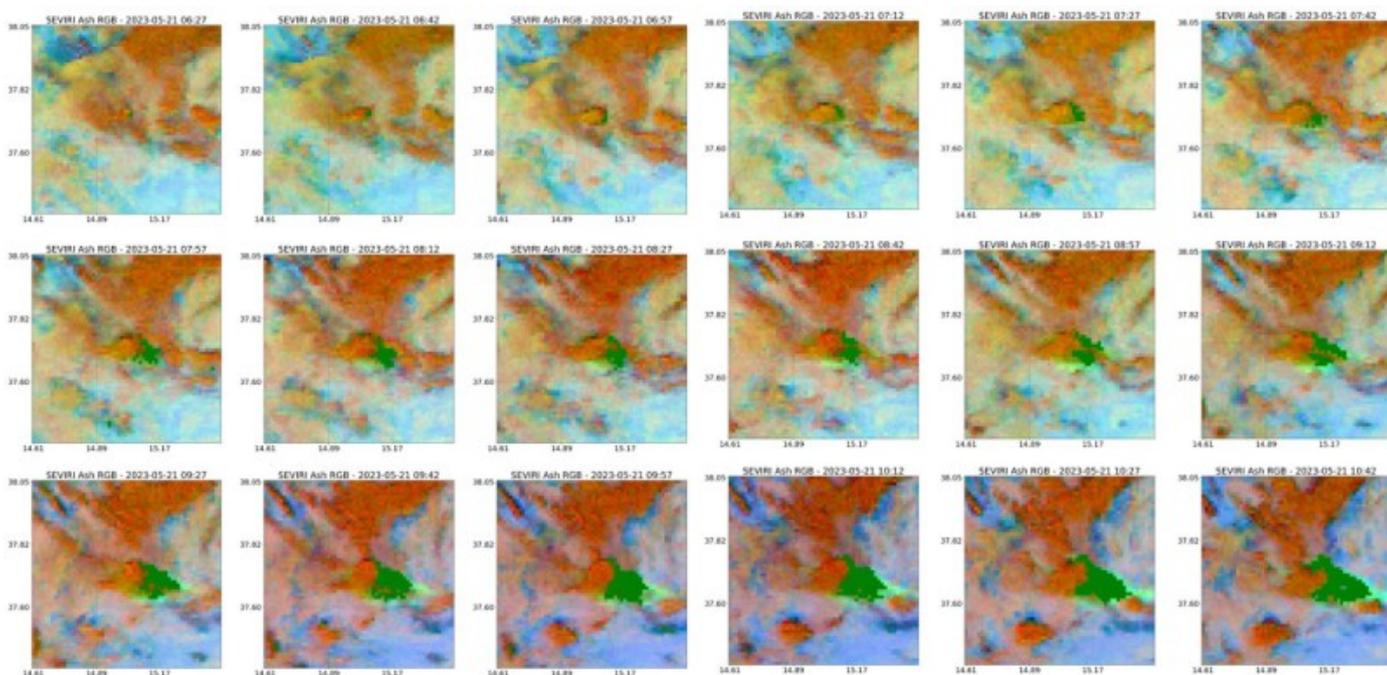


Fig. 8.2 Sequenza di immagini SEVIRI RGB, combinazione delle bande 8.7, 10.8 e 12.0 μm nell'infrarosso, dalle 06:27 UTC alle 10:42 UTC del 21 maggio 2023. Le immagini sono state analizzate con un algoritmo di Machine Learning per evidenziare la componente SO₂ (pixel verde scuro e verde chiaro) della nube vulcanica.

9. ALTRE OSSERVAZIONI

Le analisi della composizione del vetro sono state effettuate presso i laboratori dell'OE mediante il SEM-EDS (microscopio elettronico a scansione con associata microanalisi).

La composizione del vetro vulcanico (elementi maggiori) è stata determinata su alcuni lapilli selezionati ricaduti nella zona di Adrano durante la fontana di lava del 21 maggio 2023 dal Cratere di Sud-Est (CSE).

I dati acquisiti sono stati rappresentati nel diagramma CaO/Al₂O₃ vs. FeOtot/MgO (Fig. 9.1), dove per confronto sono state riportate le analisi effettuate nel 2022 dei prodotti delle fontane del 10 e del 21 febbraio e dell'attività stromboliana del 23 maggio.

La composizione del vetro analizzato nei prodotti eruttati il 21 maggio 2023 (Triangoli azzurri) è più evoluta di quella dei vetri dei due parossismi del 10 e 21 febbraio 2022 (cerchi verdi) ma leggermente più primitiva rispetto alle composizioni dei prodotti dell'attività stromboliana del 23 maggio 2022 (rombi rossi).

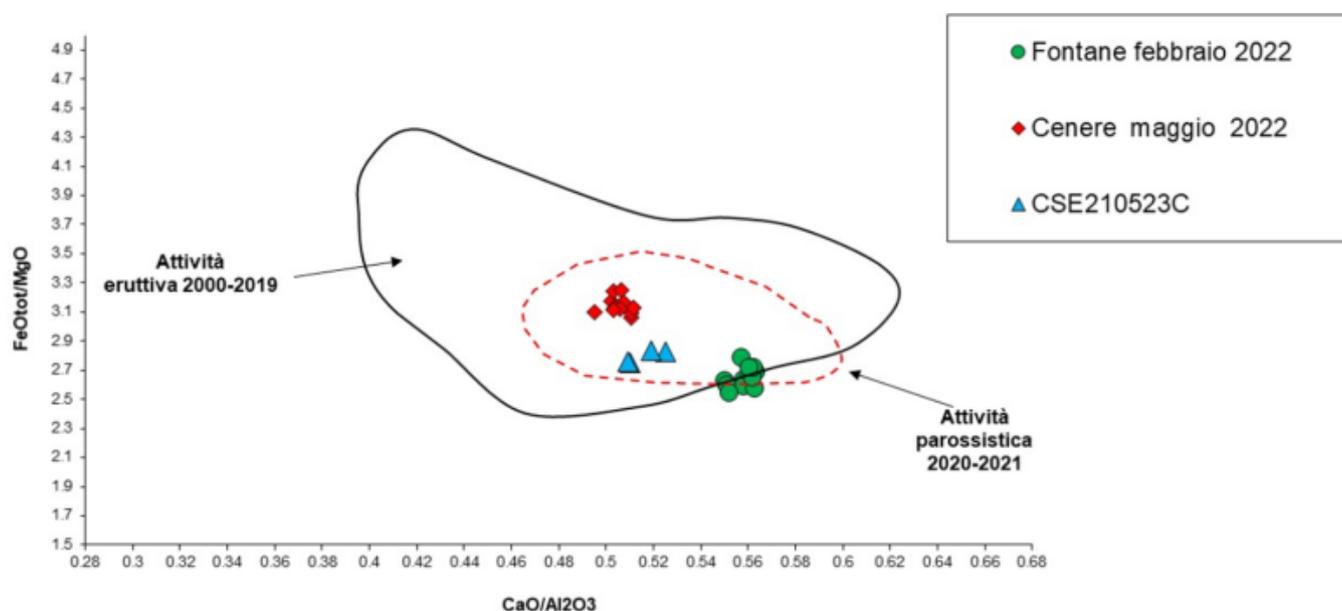


Fig. 9.1 Grafico CaO/Al₂O₃ vs FeOtot/MgO dove sono riportate le composizioni dei lapilli eruttati durante la Fontana del 21 maggio 2023 (Triangoli azzurri), e per confronto le composizioni dei vetri della cenere prodotta dal CSE durante l'attività stromboliana del 23 maggio 2022 (rombi rossi) e quelle delle fontane del 10 e 21 febbraio 2022 prodotto dallo stesso cratere (cerchi verdi).

Sulla base dei dati preliminari della composizione del vetro vulcanico si può dunque affermare che probabilmente il magma che ha prodotto la fontana del 21 maggio 2023 sia il risultato di una piccola porzione di magma primitivo che si è mischiata al magma che stazionava nel “reservoir“ magmatico (serbatoio), e che aveva alimentato l'attività esplosiva del 2022.

10. STATO STAZIONI

Tab.10.1 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

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
Geochimica - Etna Plume	1	0	0	1
Geochimica - Etnagas	2	0	12	14
Geochimica Etna Acque	1	0	9	10
Infrasonica	3	0	8	11
Sismologia	2	0	26	28
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.