



ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

**RAPPORTO TECNICO-SCIENTIFICO SUL DEGASSAMENTO
DIFFUSO DI CO₂ DAL SUOLO A VULCANO
CAMPAGNA DEL 10-13 OTTOBRE 2022**

SEZIONE DI ROMA 1

IN COLLABORAZIONE CON SEZIONI DI PALERMO, PISA, CATANIA



21 OTTOBRE 2022

1. Campagne di misura del flusso di CO₂ dal suolo nelle aree target di Vulcano Porto e alla base del cono di La Fossa

Nei giorni 10-13 settembre 2022 è stata effettuata una nuova campagna di misura del flusso diffuso di CO₂ dal suolo nei seguenti siti:

- aree target di Palizzi, Camping Sicilia, CS1 e Spiaggia di Levante,
- lungo una linea che si estende alla base del cono di La Fossa, da Palizzi a Forgia Vecchia;
- area target sommitale del cratere di La Fossa.

Sono state eseguite un totale di 676 misure su un'area complessiva di 465.000 m². La distribuzione dei punti di misura è riportata in Fig. 1.

Vengono altresì presentati i risultati del monitoraggio in continuo della concentrazione di CO₂ (nel suolo e in aria) nel giardino di casa Lombardo (Camping Sicilia).

38,420

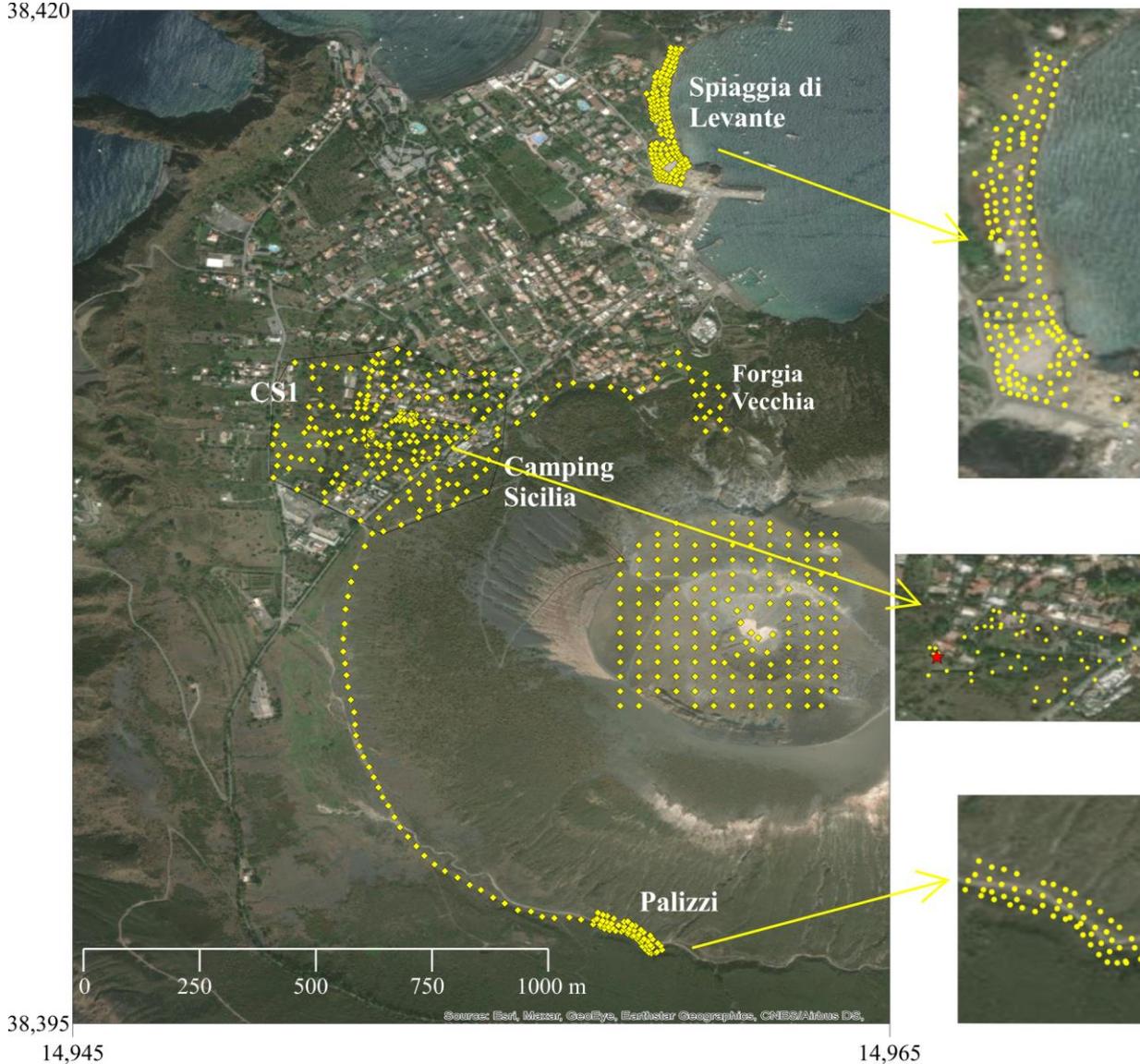


Fig. 1. Ubicazione delle misure del flusso di CO₂ dal suolo eseguite nella campagna di ottobre 2022. CS1: area target allargata di Camping Sicilia. Stella rossa: stazione di monitoraggio della concentrazione di CO₂ nel suolo e in aria.

1.1. Area target di Palizzi

La nuova prospezione del flusso di CO₂ dal suolo sull'area target di Palizzi è stata eseguita l'11 ottobre 2022 (55 misure su 5.324 m²). La mappa elaborata con il metodo Geostatistical Gaussian Simulation in ArcGis 10.6 è riportata in Fig. 2, dove per confronto si riportano anche le mappe da maggio a settembre 2022.

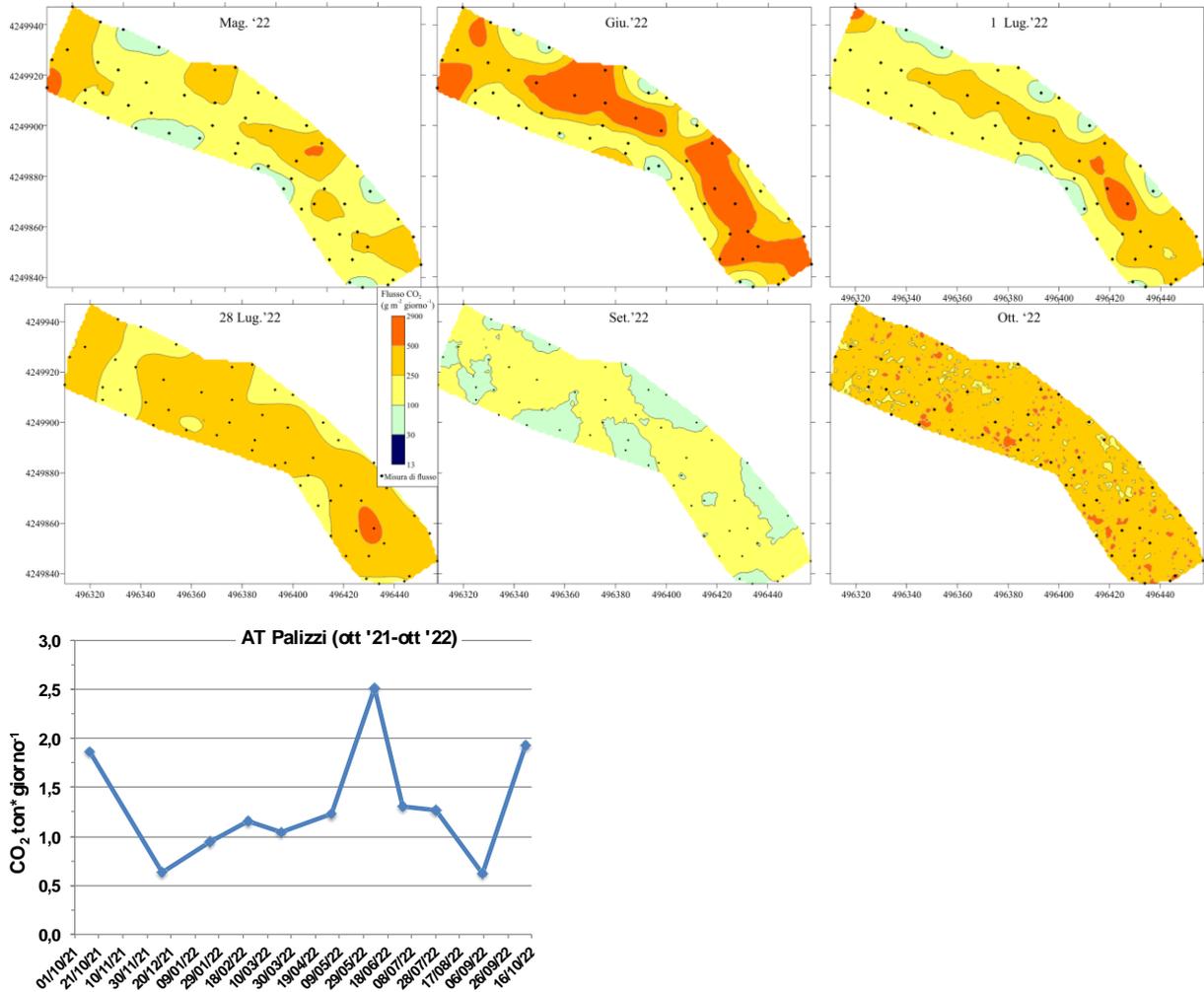


Fig. 2. Mappe del flusso diffuso di CO₂ dal suolo dall'area target di Palizzi da maggio a ottobre 2022. In basso: variazione nel tempo del flusso totale di CO₂ stimato dall'area target di Palizzi, da ottobre 2021.

I risultati mostrano che l'emissione di CO₂ dal suolo a Palizzi è aumentata in ottobre rispetto ai tre mesi precedenti e si trovano valori medi (tra 250 e 500 g*m⁻² giorno⁻¹) su tutta l'area di indagine (Fig. 2). Il flusso totale risulta significativamente aumentato rispetto al valore di settembre (1,93 vs. 0,62 ton*giorno⁻¹; vedi grafico in Fig. 2).

1.2 Linea Palizzi-Forgia Vecchia

Il giorno 11 ottobre 2022 sono state eseguite le misure di flusso di CO₂ dal suolo lungo la linea di punti che si estende alla base del cono di La Fossa, da Palizzi a Forgia Vecchia (69 punti; spaziatura ~35 m; lunghezza ~2.320 m; Fig. 1). In Tab. 1 sono riportati i risultati delle misure ripetute da novembre 2021 a ottobre 2022. Come mostrato in Fig. 3, a ottobre i valori di flusso di CO₂ sono mediamente aumentati nel settore 1, dove si è misurato il massimo flusso (703 g*m⁻² giorno⁻¹, vd. Tab. 1). Lungo tutta la restante parte della linea alla

base del cono non vi sono altre anomalie di rilievo, come si evince anche dal valore medio del flusso di CO₂ dal suolo (35,44 g*m⁻² giorno⁻¹; Tab. 1), approssimabile al valore di background.

Tab. 1. Risultati delle misure del flusso diffuso di CO₂ dal suolo (linea alla base del cono di La Fossa)

Data	N. punti	Lunghezza m	Minimo g*m ⁻² giorno ⁻¹	Media g*m ⁻² giorno ⁻¹	Massimo g*m ⁻² giorno ⁻¹
Novembre '21	67	2.305	3,92	335,88	9.363,90
Dicembre '21	80	2.361	4,58	135,27	2.928,20
Gennaio '22	70	2.330	3,01	124,73	1.521,65
Febbraio'22	68	2.321	4,79	198,10	1.604,40
Marzo '22	68	2.298	0,42	69,47	632,66
Maggio '22	69	2.368	4,42	70,18	642,54
Giugno '22	70	2.368	5,04	109,74	1.138,20
1 Luglio '22	71	2.368	1,24	63,44	371,83
29 Luglio '22	71	2.368	0,98	61,36	486,92
6-7 settembre '22	69	2.320	1,26	26,18	148,02
11 ottobre '22	69	2.320	2,10	35,44	703,08

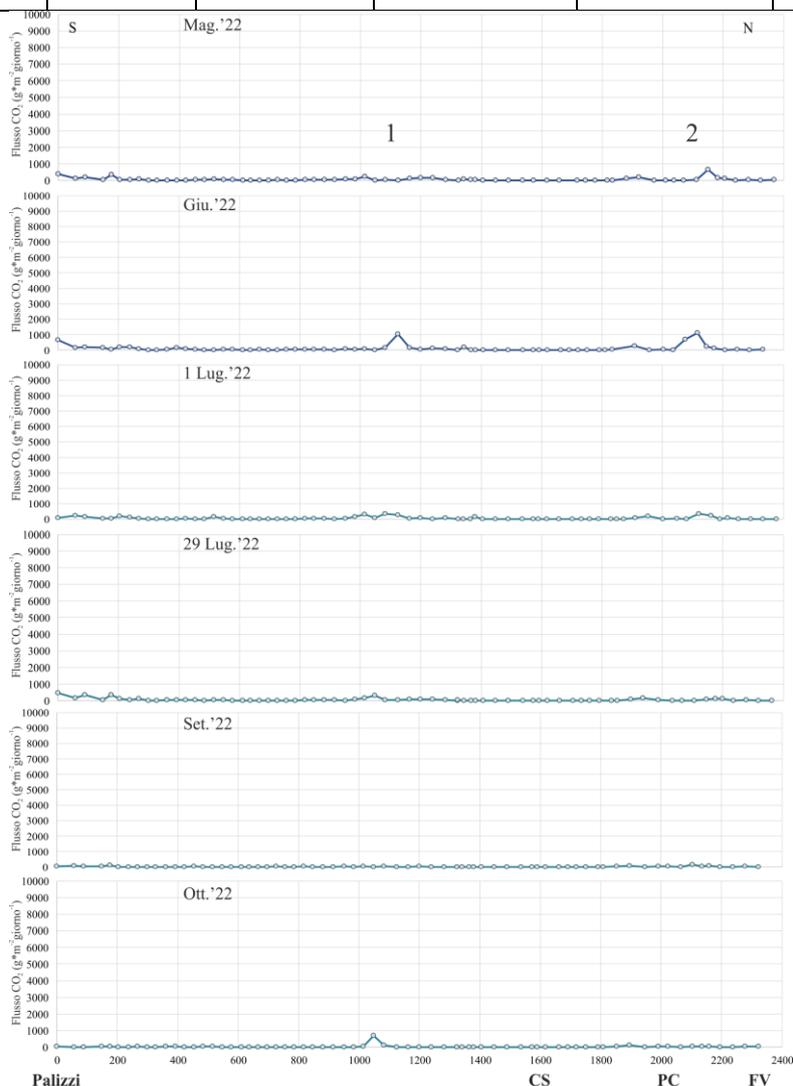


Fig. 3. Variazione spaziale (in metri), da maggio a ottobre 2022, del flusso di CO₂ dal suolo lungo la linea Palizzi-Forgia Vecchia (vd. Fig. 1 per ubicazione). I numeri 1 e 2 indicano i settori che all'inizio della crisi avevano dato il principale rilascio anomalo di gas. CS: Camping Sicilia; PC: Pietre Cotte; FV: Forgia Vecchia.

Il settore sotto il cratere della Forgia Vecchia è stato investigato l'11 ottobre con 17 punti di misura su un'area di 13.000 m². In questo settore, i valori massimo e medio di flusso di CO₂ dal suolo hanno avuto un leggero aumento rispetto alla campagna di settembre (Fig. 4). Questa anomalia di flusso è comunque limitata a pochi punti e il valore medio è comunque inferiore rispetto a quelli delle campagne condotte fino a fine luglio 2022.

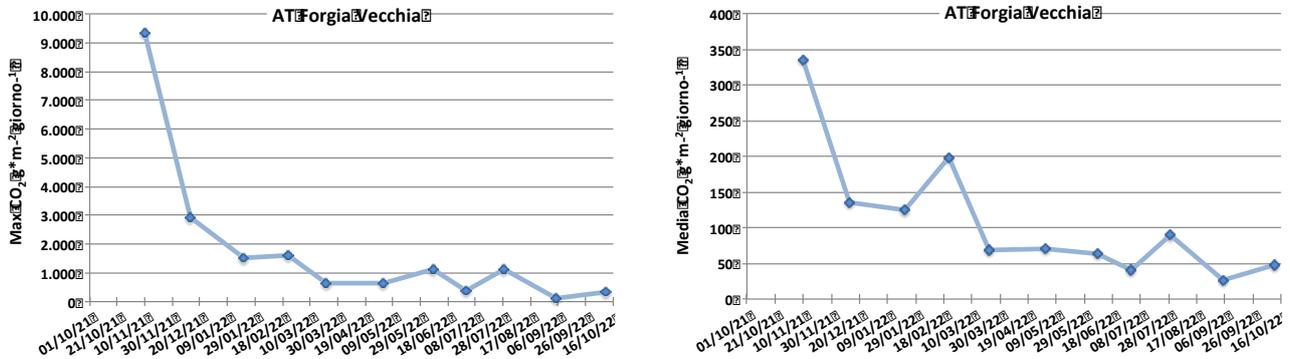


Fig. 4. Variazione temporale (nov.'21-ott.'22) del flusso di CO₂ dal suolo nel settore della Forgia Vecchia (vedi Fig. 1 per ubicazione). Sin.: valore massimo; Dx.; valore medio.

1.3 Area target di Camping Sicilia

In Fig. 5 si riportano le mappe del flusso di CO₂ dal suolo condotte, da maggio a ottobre 2022, sull'area target di Camping Sicilia-Casa Lombardo (49 misure su 18.212 m²; elaborate con Geostatistical Gaussian Simulation in ArcGis 10.6).

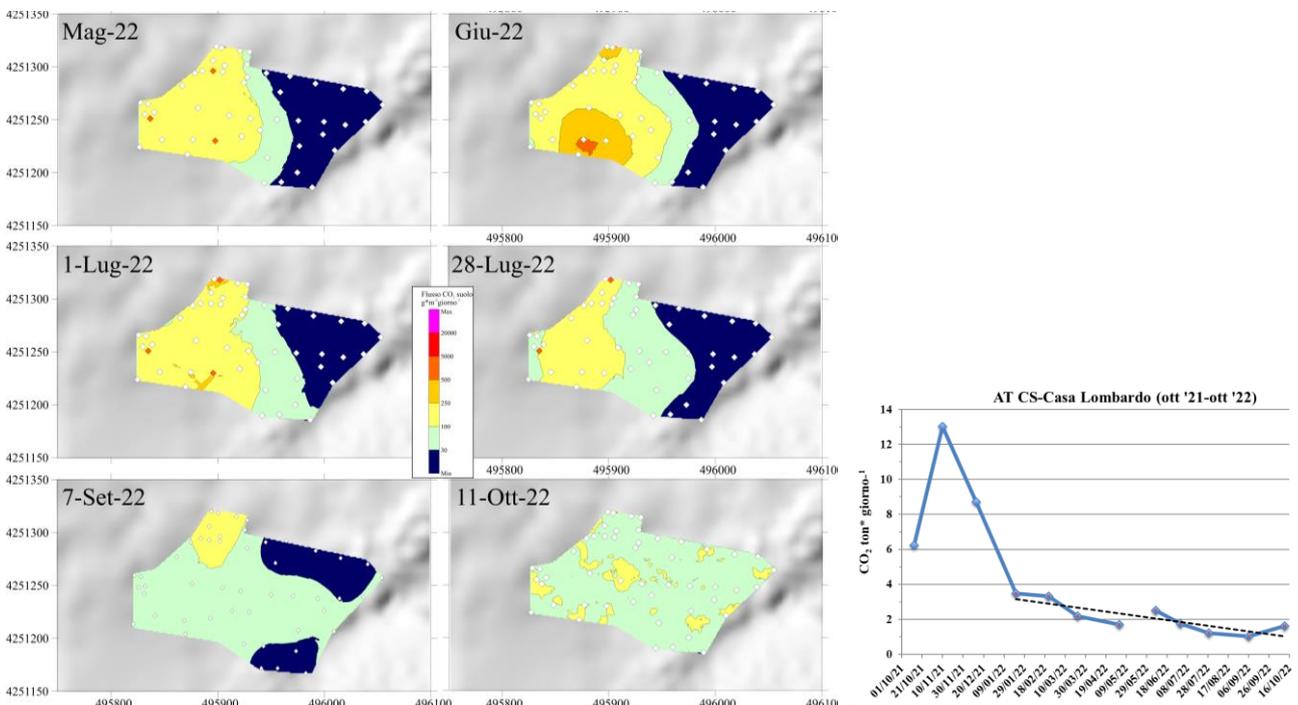


Fig. 5. Mappe del flusso diffuso di CO₂ dal suolo dall'area target di Camping Sicilia-Casa Lombardo.

La mappa relativa alla campagna di ottobre mostra, come già osservato a Palizzi, che tutta l'area è caratterizzata da un degassamento pressoché omogeneo, che in questo caso si attesta su valori da bassi a medio-bassi. Sono scomparsi sia i valori di background nel settore orientale (blu in Fig. 5), sia la debole

anomalia del settore nord-occidentale (giallo in Fig. 5). Il flusso totale di CO₂ dal suolo registra un leggero aumento rispetto alla campagna di settembre (1,63 ton*giorno⁻¹ vs. 1,04 ton*giorno⁻¹). Dal grafico di Fig. 5 emerge però che in quest'area si mantiene il trend in leggero decremento, seppure con oscillazioni, iniziato a gennaio 2022 (indicato con una linea tratteggiata nel grafico di Fig. 5).

1.3.1 Monitoraggio continuo della concentrazione di CO₂ nel suolo e in aria nel giardino di casa Lombardo

In Fig. 6 si riporta il grafico della concentrazione di CO₂ nel suolo e in aria misurata in continuo nel giardino di casa Lombardo, aggiornato al 16 ottobre 2022.

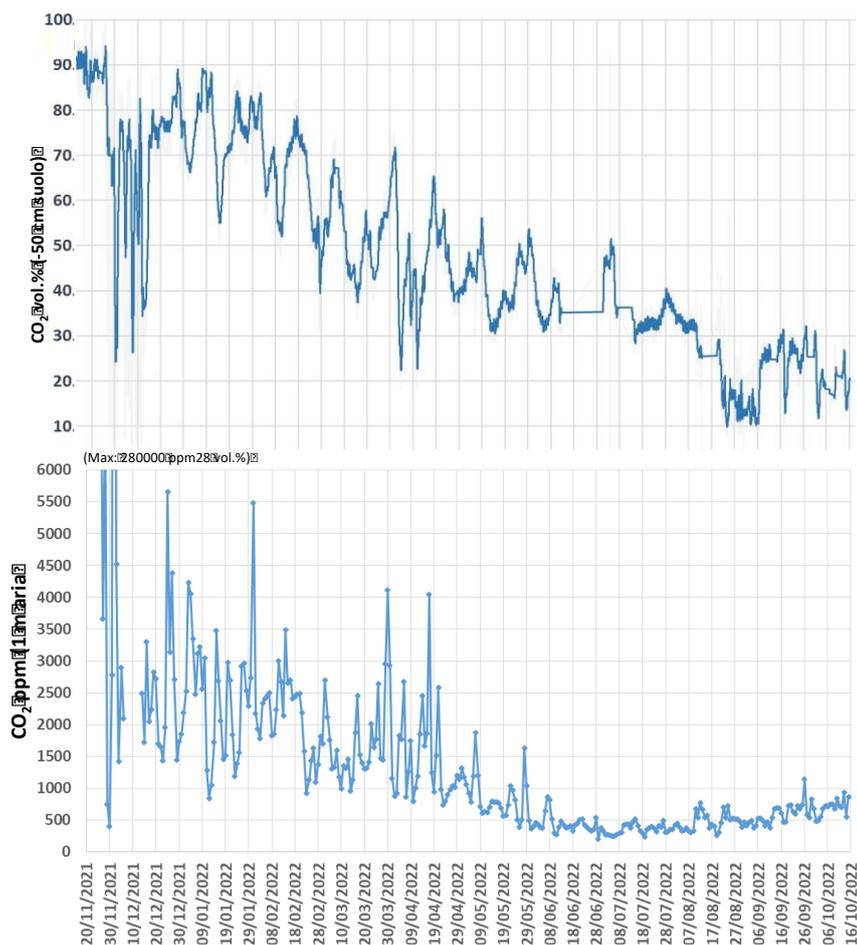


Fig. 6. Stazione di monitoraggio in continuo della concentrazione di CO₂ a Casa Lombardo da novembre 2021 al 16 ottobre 2022; alto: media mobile oraria della CO₂ nel suolo (frequenza 5'); basso: media mobile giornaliera della CO₂ in aria (frequenza 10').

In questo sito la concentrazione di CO₂ nel suolo e in aria aveva raggiunto valori molto alti e pericolosi all'inizio della crisi (media oraria nel suolo: 90 vol.%; media giornaliera in aria: fino a 28 vol.%, 280.000 ppm). Successivamente i valori erano progressivamente scesi fino a minimi raggiunti a metà agosto (media oraria nel suolo: 10 vol.%; media giornaliera in aria: 400 ppm prossima a quelle dell'aria). Da inizio settembre la concentrazione di CO₂ nel suolo è leggermente risalita e nella prima metà di ottobre oscilla tra 12 e 25 vol.% (Fig. 6 alto). Anche la concentrazione di CO₂ in aria evidenzia ad ottobre un trend in leggera crescita con concentrazioni intorno a 800-1000 ppm (Fig. 6 basso).

Le concentrazioni di gas del suolo sono tuttora anomale e permane la condizione di pericolosità nel sito monitorato di Casa Lombardo.

1.4 Area target di Camping Sicilia allargata

L'area target del Camping Sicilia allargata (CS1 in Fig. 1), si estende su una superficie di 194.000 m² e viene investigata con circa 200 punti di misura. Le mappe del flusso di CO₂ dal suolo (elaborate con il metodo Geostatistical Gaussian Simulation in ArcGis 10.6) relative alle campagne eseguite da maggio a ottobre 2022 sono riportate in Fig. 7.

La mappa della campagna eseguita l'11 ottobre 2022 mostra che permane il degassamento anomalo nel settore NW dell'area di indagine, seppure l'area a maggiore anomalia è adesso circoscritta al solo settore centrale (area gialla in Fig. 7). Il resto della mappa è invece sui valori di background da diversi mesi (blu in Fig. 7). Il grafico della variazione del flusso totale di CO₂ dal suolo (Fig. 7) indica che, da fine luglio, l'output di gas è rimasto circa costante (~6 ton*giorno⁻¹) con un leggero aumento ad ottobre (6,84 ton*giorno⁻¹). Le misure di ottobre confermano che la zona del Camping Sicilia è tuttora sede di un rilascio anomalo di CO₂.

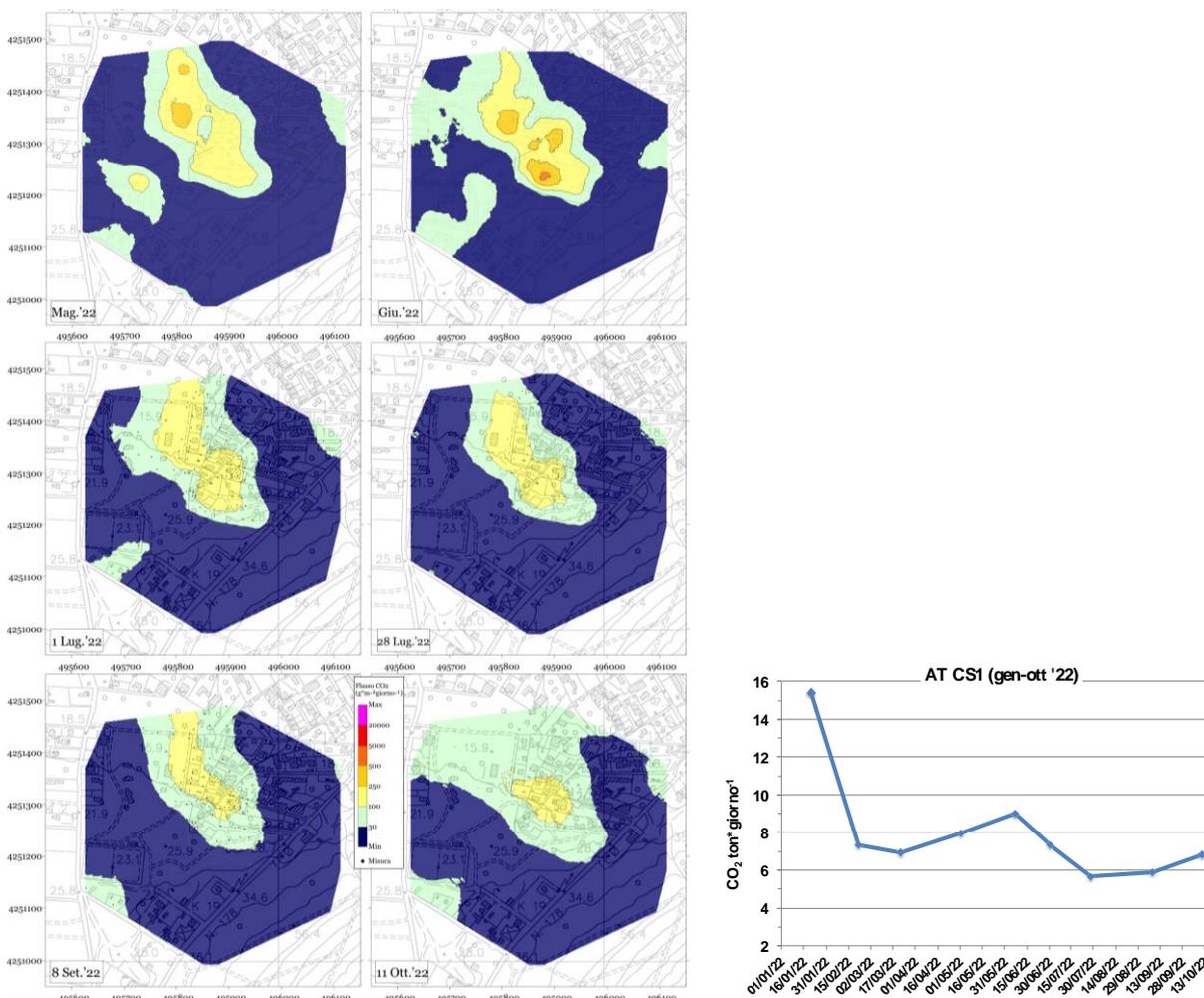


Fig. 7. Mappe del flusso diffuso di CO₂ dal suolo dell'area target allargata di Camping Sicilia da maggio a ottobre 2022. In basso a destra: variazione nel tempo del rilascio totale di CO₂ dal suolo (gen.-ott. 2022).

1.5 Area target di Spiaggia di Levante

In seguito all'incremento del degassamento nel sistema geotermico della Baia di Levante, iniziato a metà maggio 2022, l'INGV ha aumentato la frequenza di misure sull'area target da mensile a quindicinale. Quest'attività viene svolta alternativamente dalle Sezioni di Roma 1 e Palermo. Le misure vengono eseguite generalmente con 154 punti su un'area di 16.750 m² e le mappe realizzate con il metodo Geostatistical Gaussian Simulation in ArcGis 10.6. Le campagne di metà luglio, metà agosto e metà settembre sono state condotte solo nel settore più emissivo (centrale e meridionale).

L'ultima campagna è stata eseguita l'11 ottobre 2022 e la mappa relativa è riportata in Fig. 8 insieme a tutte le mappe realizzate dall'inizio della crisi.

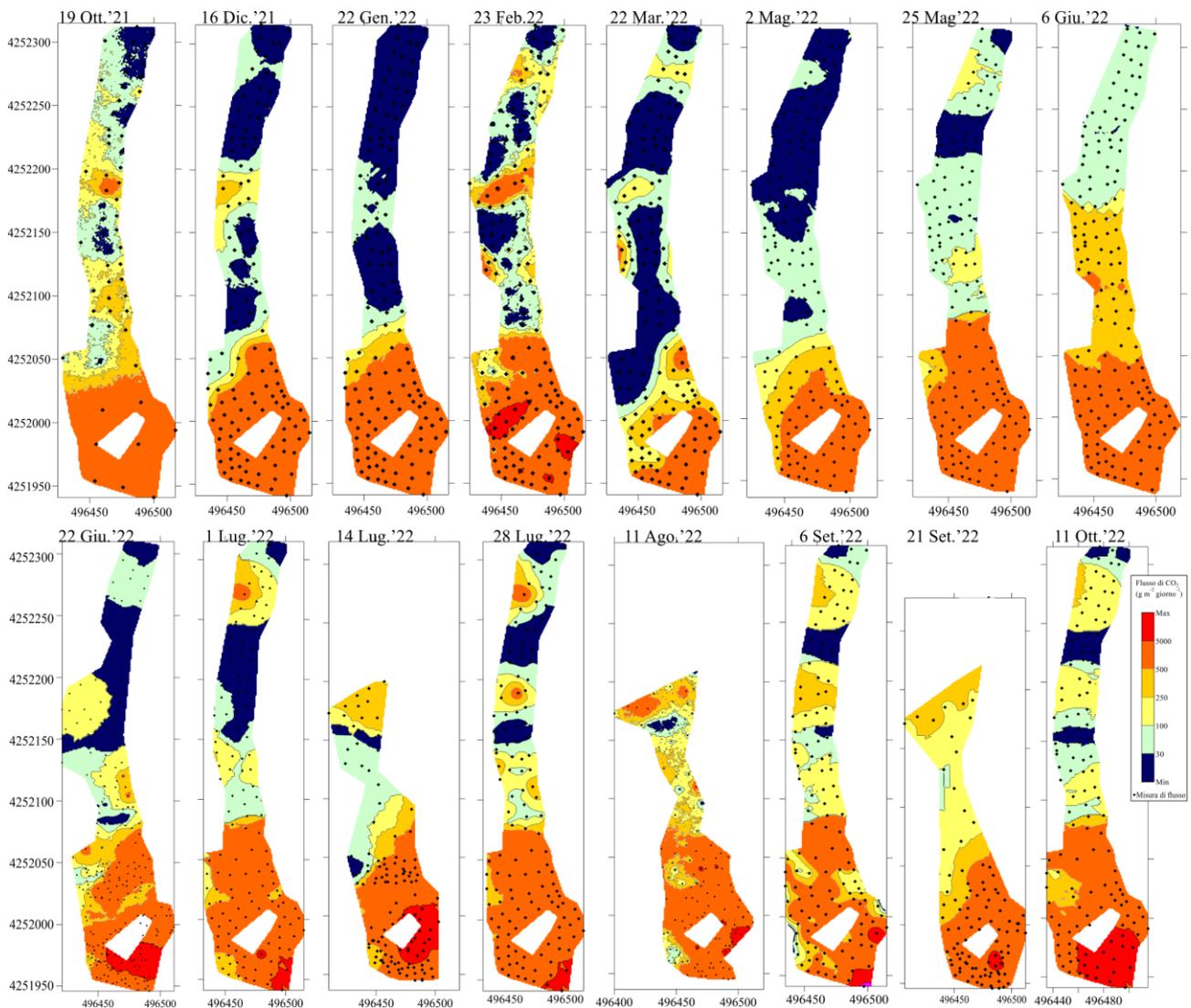


Fig. 8. Mappe del flusso diffuso di CO₂ dal suolo dall'area target di Spiaggia di Levante.

Nella prospezione del'11 ottobre 2022, il degassamento nel settore sud della Vasca dei Fanghi risulta aumentato rispetto alle prospezioni precedenti (Fig. 8). Qui troviamo valori molto elevati da 5000 al massimo di 62.794 g*m⁻² giorno⁻¹. Lungo la spiaggia di Levante il rilascio di gas risulta invece attenuato sia

nel settore centrale che in quello nord, dove a luglio ed agosto erano stati trovati alcuni punti con valori di flusso di CO₂ molto alti (rosso in Fig. 8).

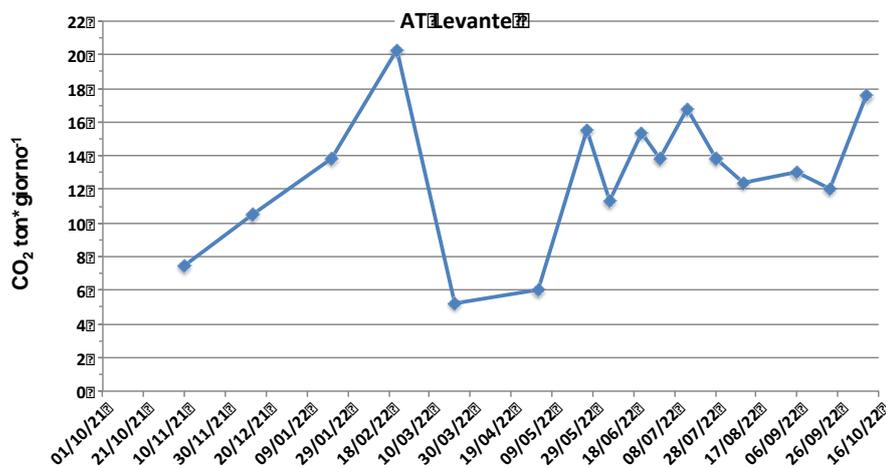


Fig. 9. Variazione del rilascio totale di CO₂ dal suolo da novembre 2021 a ottobre 2022.

La stima totale della variazione nel tempo dell'output di CO₂ dall'area target è riportata in Fig. 9 e mostra che la fase di recrudescenza del degassamento iniziata a metà maggio 2022 è ancora in atto. A ottobre si registra un nuovo picco di CO₂ (17,6 ton*giorno⁻¹) imputabile al settore sud della Vasca che interrompe il plateau delle tre precedenti campagne (flusso di CO₂ tra 12 e 13,8 ton*giorno⁻¹).

Persorgono pertanto condizioni pericolose nel settore della Vasca di Fango e nella zona ad essa prossima.

1.6 Area target del cratere di La Fossa

Il 12 ottobre 2022 è stata eseguita una nuova prospezione del flusso diffuso di CO₂ dal suolo nell'area target del cratere di La Fossa, dopo quella condotta nel marzo 2022. L'area del cratere era stata già oggetto di prospezione dall'INGV di Bologna e Napoli nel novembre 2021, all'apice dell'attuale crisi.

Ad ottobre 2022 sono state eseguite 171 misure del flusso di CO₂ dal suolo su un'area di 250.000 m². Non è stato possibile eseguire la fascia di misure (circa 20) sul fianco interno sud-orientale del cratere per l'eccessiva presenza di gas fumarolici dispersi dal vento in quella direzione. La relativa mappa, elaborata col metodo Geostatistical Gaussian Simulation di ArcGis 10.6, è mostrata in Fig. 10. Nella stessa figura si riportano per confronto la mappa del flusso di CO₂ dal suolo di marzo u.s. e le mappe di temperatura al suolo elaborate con Empirical Bayesian Kriging. Le misure di temperatura sono state eseguite contemporaneamente a quelle di flusso di CO₂ dal suolo, sugli stessi punti di misura, utilizzando una termocoppia infissa nel suolo ad una profondità di 15 cm. Sono stati trovati valori tra 19,9 °C e 95 °C (media 39,2 °C). Sono stati misurati valori di flusso di CO₂ dal suolo da 7,84 a 46.830 g*m⁻² giorno⁻¹ (media 1.701 g*m⁻² giorno⁻¹). A marzo la media era più alta (2.100 g*m⁻² giorno⁻¹) ma il valore massimo più basso (15.394 g*m⁻² giorno⁻¹).

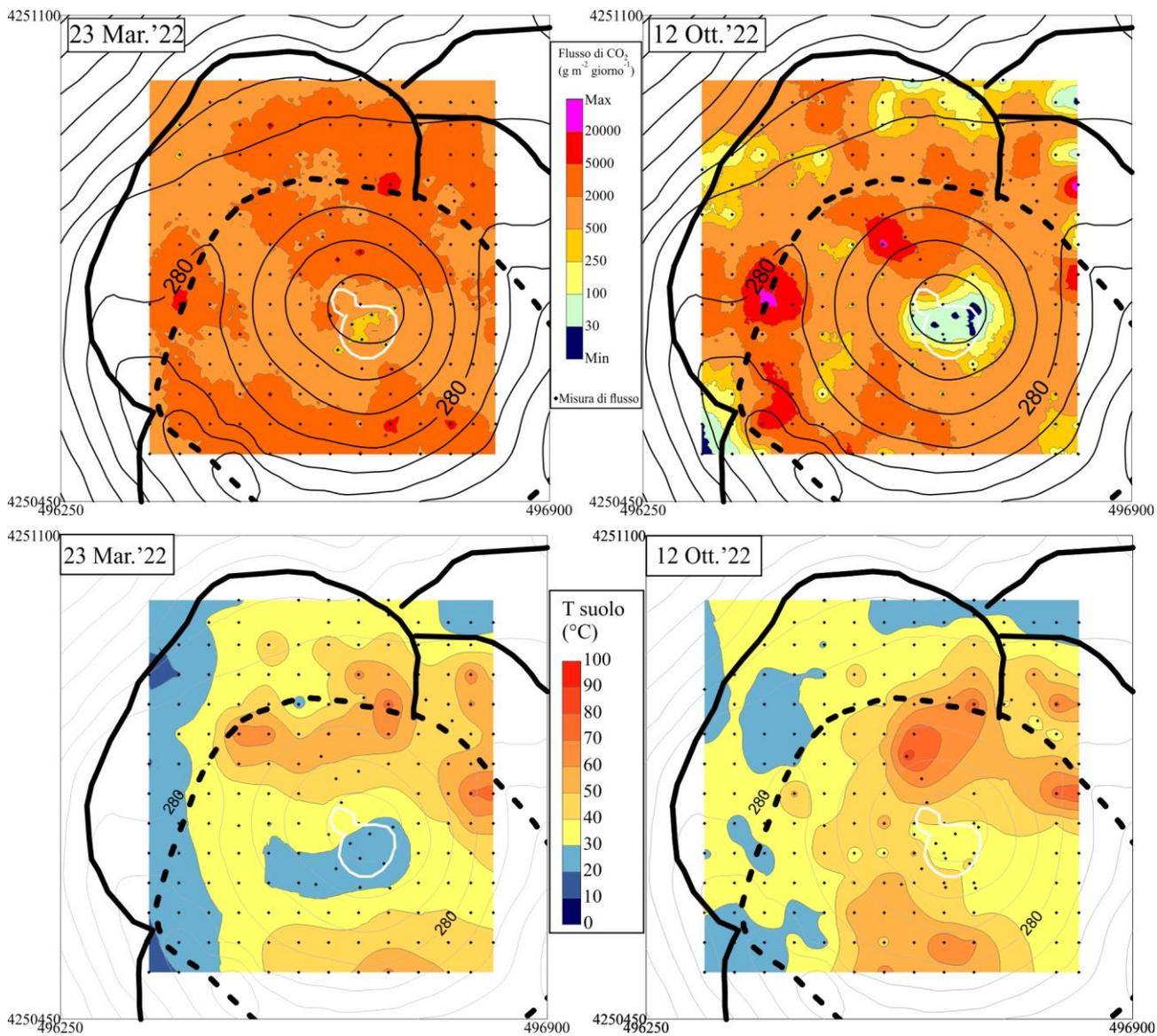


Fig. 10. Misure nell'area target del cratere di La Fossa di marzo e ottobre 2022. Sopra: mappe del flusso diffuso di CO₂ dal suolo; sotto: mappe della temperatura a 15 cm di profondità nel suolo.

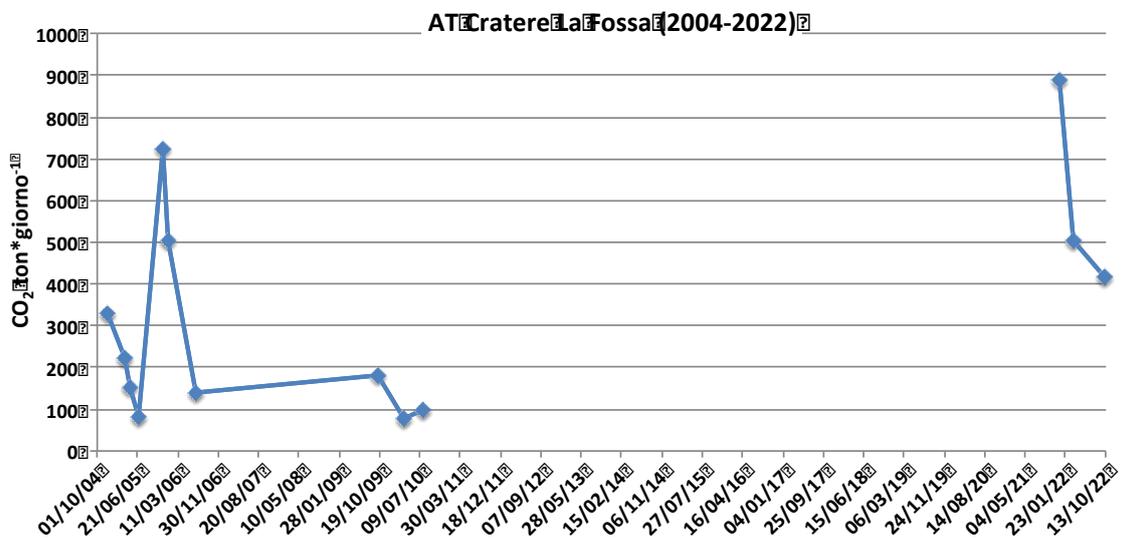


Fig. 11. Variazione temporale del flusso totale di CO₂ dal suolo dall'area target del cratere di La Fossa.

Il flusso totale di CO₂ dal suolo in ottobre 2022 è stato stimato in 417,5 ton*giorno⁻¹ e rispetto all'output del marzo scorso (504 ton*giorno⁻¹) si evidenzia una leggera diminuzione. Questa diminuzione potrebbe dipendere solo dalla diversa distribuzione spaziale dei punti di misura. L'output totale di CO₂ diffusa dal suolo rimane fortemente anomalo considerato che il degassamento ordinario di La Fossa varia tra 80 e 180 ton*giorno⁻¹ (Fig. 11).

3. Note conclusive

I risultati delle campagne di misura del flusso di CO₂ dal suolo da gennaio a ottobre 2022 a Vulcano Porto mostrano che nelle aree target di Palizzi, Camping Sicilia e lungo la linea Palizzi-Forgia Vecchia il degassamento segue un trend in lenta diminuzione, seppur con oscillazioni, rimanendo tuttavia ancora su valori superiori al background. Nel breve periodo, tra settembre e ottobre, si nota tuttavia un leggero incremento di flusso di gas in tutte le aree sopra citate.

Nel giardino di casa Lombardo è ancora presente una concentrazione anomala di CO₂ nel suolo (~10-20 vol.%) e in aria (~800-1000 ppm).

Il flusso totale di CO₂ dal suolo, misurato all'area target della Vasca di Fango-Spiaggia di Levante, evidenzia un degassamento molto elevato da maggio a ottobre 2022, con l'ultimo valore che è tra i più alti misurati dall'inizio della crisi.

Nell'area target del cratere di La Fossa il massimo output del flusso diffuso di CO₂ dal suolo è stato stimato a novembre 2021 (INGV Bologna e Napoli). A marzo 2022 il flusso totale si era quasi dimezzato, mentre a ottobre 2022 si è osservato solo un piccolo decremento di circa il 10 % rispetto a marzo.

Alla Spiaggia di Levante e al cratere di La Fossa il tasso di degassamento diffuso di CO₂ dal suolo permane su valori alti; mentre a Vulcano Porto è su valori medi o medio bassi. In nessuna area si è ancora ritornati a valori di degassamento ordinario. L'eventuale transizione a emissioni di gas pericolose potrebbe pertanto realizzarsi in tempi brevi in caso di recrudescenza della crisi di unrest vulcanico de La Fossa.

Il responsabile scientifico



Maria Luisa Carapezza

Partecipanti alle attività di studio e monitoraggio:

M.L. Carapezza¹, F. Barberi¹, F. Di Gangi², D. Granieri³, A. Patera¹, L. Pruiti⁴, M. Ranaldi¹, C. Rubino²⁻⁵, F. Sortino², L. Tarchini¹.

1. INGV Roma1; 3. INGV Pisa; 4. INGV Catania; 2. INGV Palermo; 5. Universidad de la Laguna, Tenerife

Partecipanti alla campagna del 10-14 ottobre 2022:

D. Granieri*, L. Tarchini*, F. Di Gangi, L. Pruiti, M. Ranaldi, C. Rubino, F. Sortino.

**Referenti per la missione*

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 simiche 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 dall'Accordo di programma decennale stipulato tra lo stesso INGV e il DPC in data 2 febbraio 2012 (Prot. INGV 2052 del 27/2/2012), alle attività previste nell'ambito del Sistema Nazionale di Protezione Civile. In particolare, questo documento, redatto in conformità all'Allegato A 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 recati 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.