



ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

**RAPPORTO TECNICO-SCIENTIFICO SUL DEGASSAMENTO
DIFFUSO DI CO₂ DAL SUOLO A VULCANO
CAMPAGNE DEL 28/11-2/12 E DEL 19-20/12/12**

SEZIONE DI ROMA 1

IN COLLABORAZIONE CON SEZIONI DI PALERMO, PISA, CATANIA



22 DICEMBRE 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 28 novembre - 2 dicembre 2022 è stata effettuata una nuova campagna di misura del flusso diffuso di CO₂ dal suolo dalle aree target di Palizzi, Camping Sicilia, CS1 e lungo una linea che si estende alla base del cono di La Fossa, da Palizzi a Forgia Vecchia.

Considerato che la mattina del 4 dicembre u.s. in prossimità di Vulcano era avvenuto un evento sismico (magnitudo ML 4.6, profondità 3,1 km) e che il flusso totale di CO₂ misurato a fine novembre aveva mostrato un leggero aumento, si è ritenuto opportuno trasmettere, nella stessa data, un primo rapporto speditivo urgente con i dati relativi alle misure di flusso diffuso di CO₂ dal suolo eseguita dalle Sezioni INGV di Palermo e Roma¹. Nel presente rapporto questi dati vengono nuovamente presentati con le elaborazioni definitive. Per valutare eventuali variazioni nell'output diffuso di gas in seguito al terremoto, nei giorni 19 e 20 dicembre è stata effettuata una campagna straordinaria sulle aree target a maggiore pericolosità, cioè quelle della Spiaggia di Levante e di Camping Sicilia.

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) tuttora evacuata.

La distribuzione dei punti di misura del flusso di CO₂ dal suolo è riportata in Fig. 1.

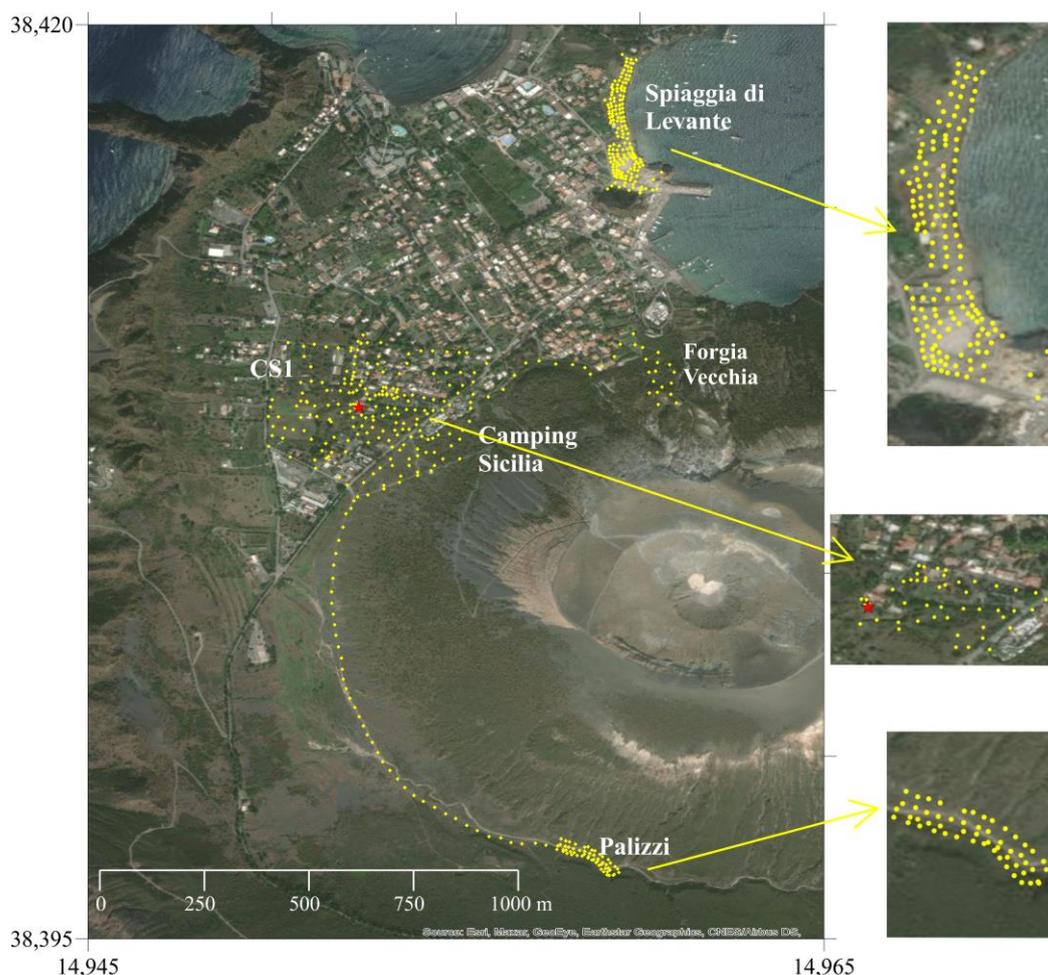


Fig. 1. Ubicazione delle misure del flusso di CO₂ dal suolo. CS1: area target allargata di Camping Sicilia. Stella rossa: stazione di monitoraggio della concentrazione di CO₂ nel suolo e in aria.

1.1. Area target di Palizzi

La prospezione del flusso di CO₂ dal suolo sull'area target di Palizzi è stata eseguita l'1 dicembre 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 settembre 2022.

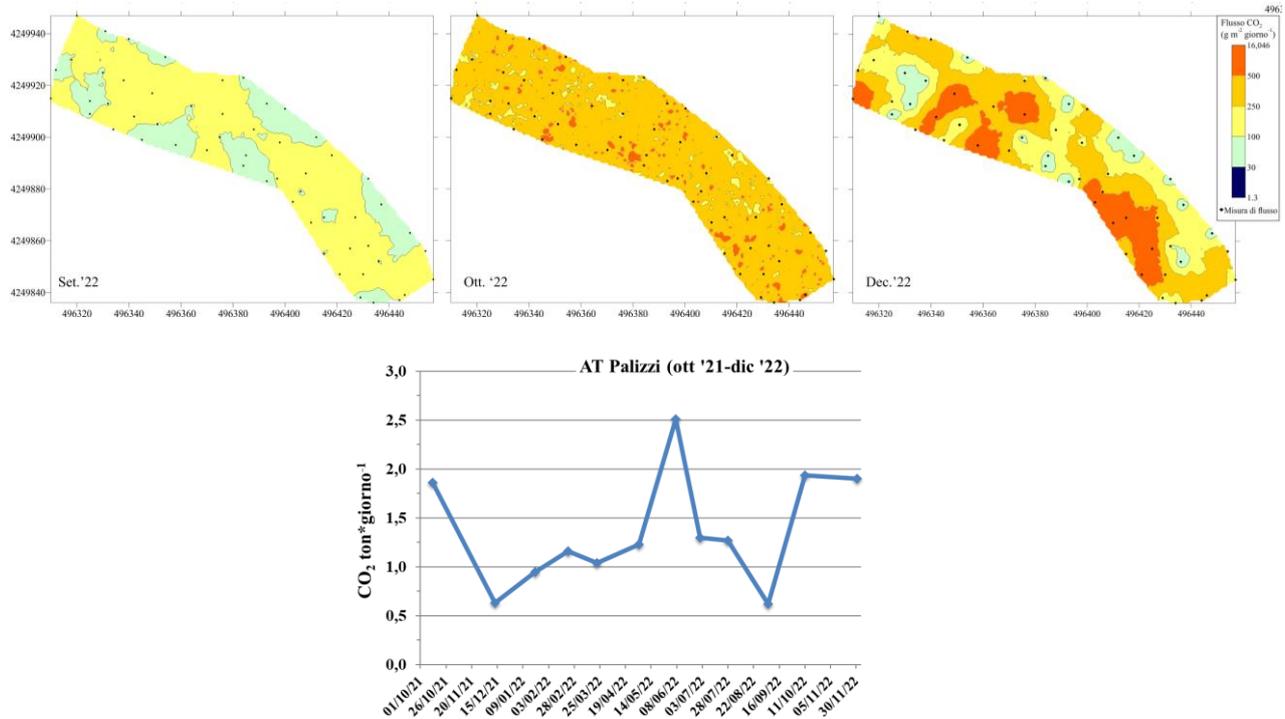


Fig. 2. Mappe del flusso diffuso di CO₂ dal suolo dall'area target di Palizzi da settembre a dicembre 2022. In basso: variazione nel tempo del flusso totale di CO₂ stimato dall'area target di Palizzi, da ottobre 2021.

I risultati mostrano che l'emissione totale di CO₂ dal suolo a Palizzi del dicembre 2022 (1,90 ton*giorno⁻¹) è confrontabile con quella del mese precedente (1,93 ton*giorno⁻¹) che aveva mostrato un aumento significativo rispetto al periodo estivo. Rispetto alla campagna precedente, si osservano marcate variazioni spaziali nella distribuzione di flussi medio-bassi ed alti e in particolare la comparsa di aree ad alto flusso (Fig. 2).

1.2 Linea Palizzi-Forgia Vecchia

Il giorno 1 dicembre 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; vedi Fig. 1 per posizione). In Tab. 1 sono riportati i risultati delle misure ripetute da novembre 2021 a ottobre 2022. Come mostrato in Fig. 3, ad inizio dicembre i valori di flusso di CO₂ sono mediamente aumentati nel settore 2, compreso tra Pietre Cotte e Forgia Vecchia, dove si è anche misurato il massimo flusso (430,9 g*m⁻² giorno⁻¹, vedi Tab. 1). Invece nel settore 1 si osserva a dicembre una diminuzione del massimo registrato ad ottobre (~300 g*m⁻² giorno⁻¹ rispetto a ~700 g*m⁻² giorno⁻¹); il valore è tuttavia ancora anomalo e si osserva anche un allargamento verso S della blanda anomalia. Lungo

la restante parte della linea alla base del cono non vi sono altre anomalie di rilievo. Il flusso medio delle 69 misure dell'1 dicembre è circa lo stesso della campagna di ottobre 2022 (vedi Tab. 1).

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
1 dicembre '22	69	2.320	2,24	39,06	430,92

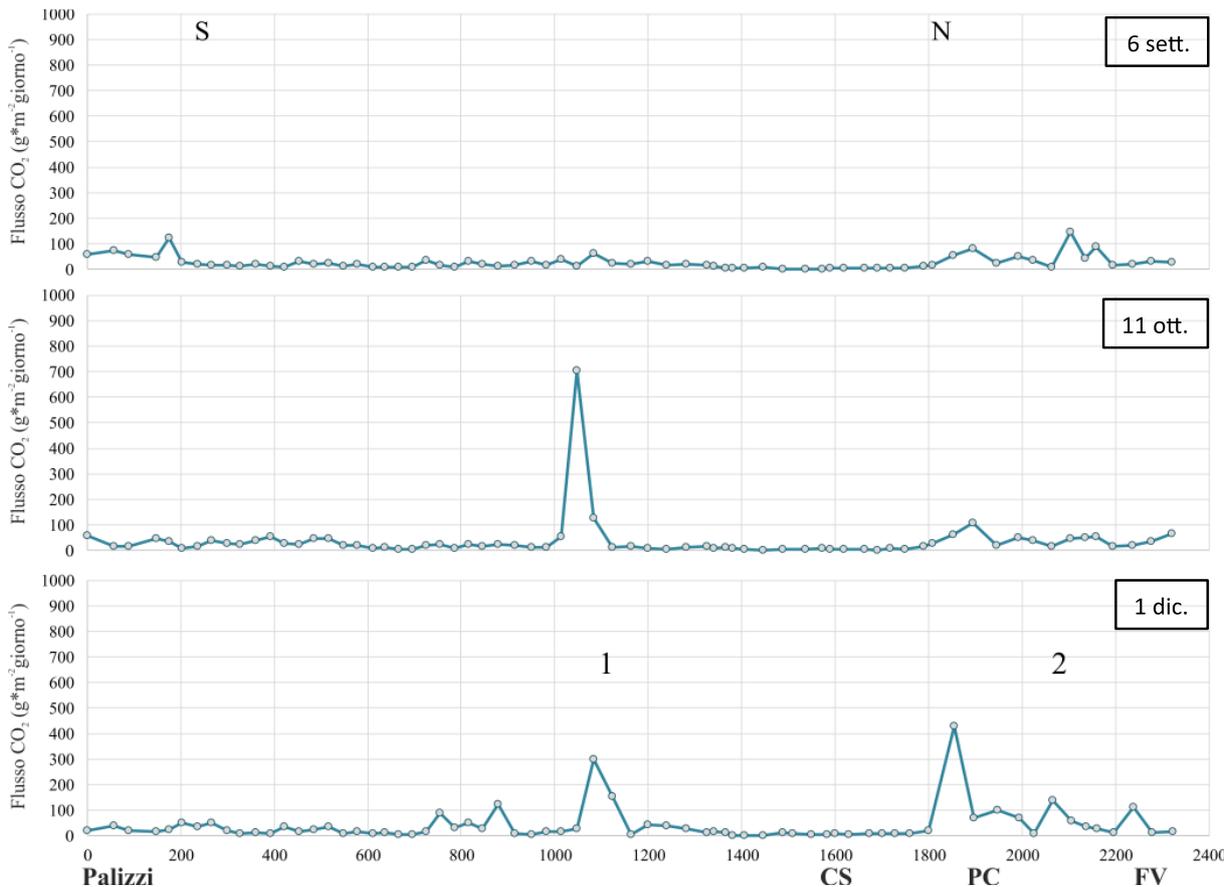


Fig. 3. Variazione spaziale (in metri), da settembre a dicembre 2022, del flusso di CO₂ dal suolo lungo la linea Palizzi-Forgia Vecchia (vd. Fig. 1 per ubicazione). I numeri 1 e 2 indicano i settori che all'inizio della crisi avevano dato il principale rilascio anomalo di gas. CS: Camping Sicilia; PC: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

Il settore sotto il cratere della Forgia Vecchia è stato investigato l'1 dicembre con 17 punti di misura su un'area di 13.000 m². Anche in questo settore, il valore medio di flusso di CO₂ dal suolo è circa costante rispetto alla campagna di ottobre e lo stesso vale per il valore massimo (Fig. 4). Questa anomalia di flusso è comunque limitata a pochi punti e il valore medio è inferiore rispetto a quelli delle campagne condotte fino a fine luglio 2022.

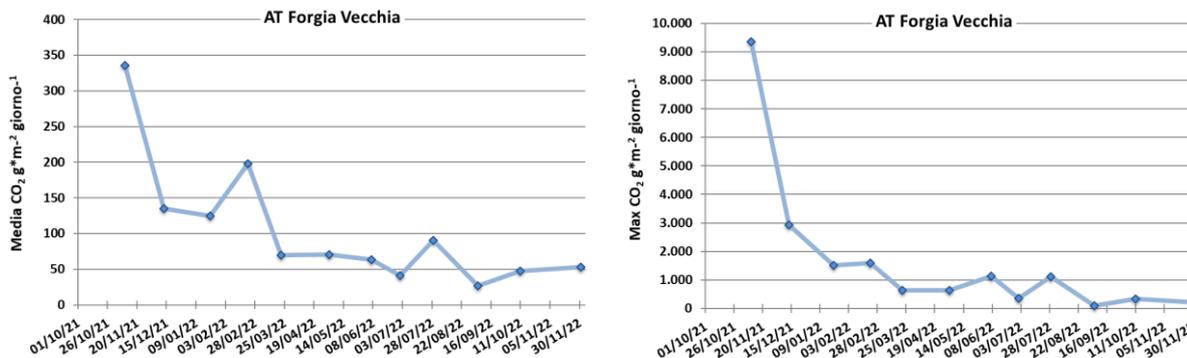


Fig. 4. Variazione temporale (nov.'21-dic.'22) del flusso di CO₂ dal suolo nel settore della Forgia Vecchia (vedi Fig. 1 per ubicazione). Sinistra: valore medio; Destra: valore massimo.

1.3 Area target di Camping Sicilia

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

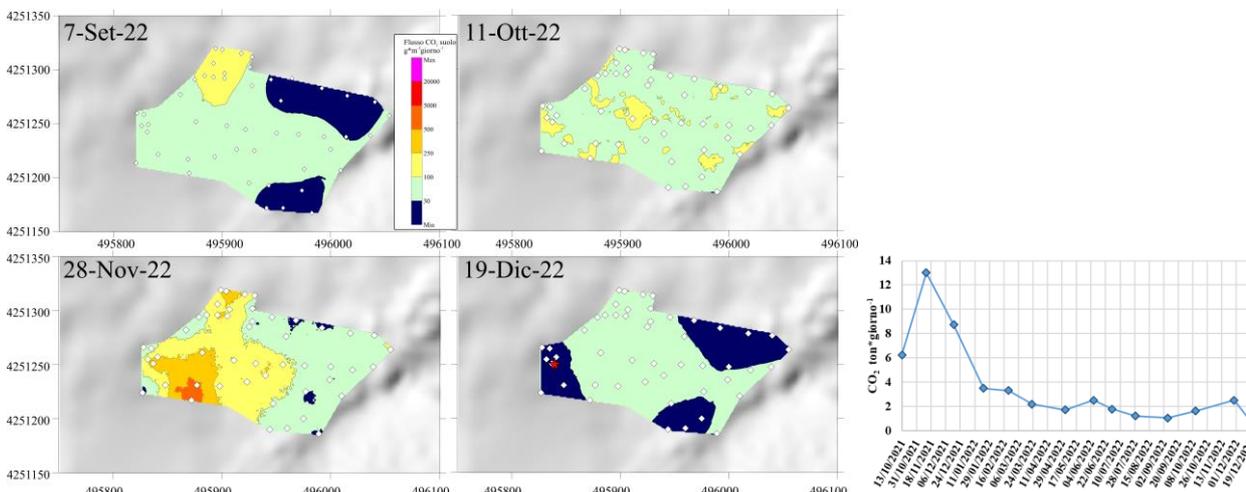


Fig. 5. Mappe del flusso diffuso di CO₂ dal suolo dall'area target di Camping Sicilia-Casa Lombardo da settembre a dicembre 2022; stella rossa: Casa Lombardo, stazione in continuo della concentrazione di CO₂ dal suolo e in aria. In basso a destra: variazione del flusso totale da ottobre 2021 a dicembre 2022.

La mappa relativa alla campagna di fine novembre mostra che tutta l'area era stata caratterizzata da un aumento del degassamento ed in particolare nel settore di casa Lombardo (stella rossa in Fig. 5) e a sud di esso. Il flusso totale di CO₂ dal suolo aveva registrato un ulteriore aumento (2,51 ton*giorno⁻¹) rispetto alle campagne di settembre e ottobre (rispettivamente 1,04 e 1,63 ton*giorno⁻¹). Come anticipato in premessa,

la prospezione è stata ripetuta il 20 dicembre e si è riscontrata una diminuzione significativa dell'output di gas trovando un flusso totale di $0,74 \text{ ton} \cdot \text{giorno}^{-1}$, che è il valore minimo finora misurato (Fig. 5).

1.3.1 Monitoraggio continuo della concentrazione di CO_2 nel suolo e in aria nel giardino di casa Lombardo

In Fig. 6 si riporta il grafico con la variazione nel tempo della concentrazione di CO_2 nel suolo e in aria misurata in continuo nel giardino di casa Lombardo, da novembre 2021 al 22 dicembre 2022.

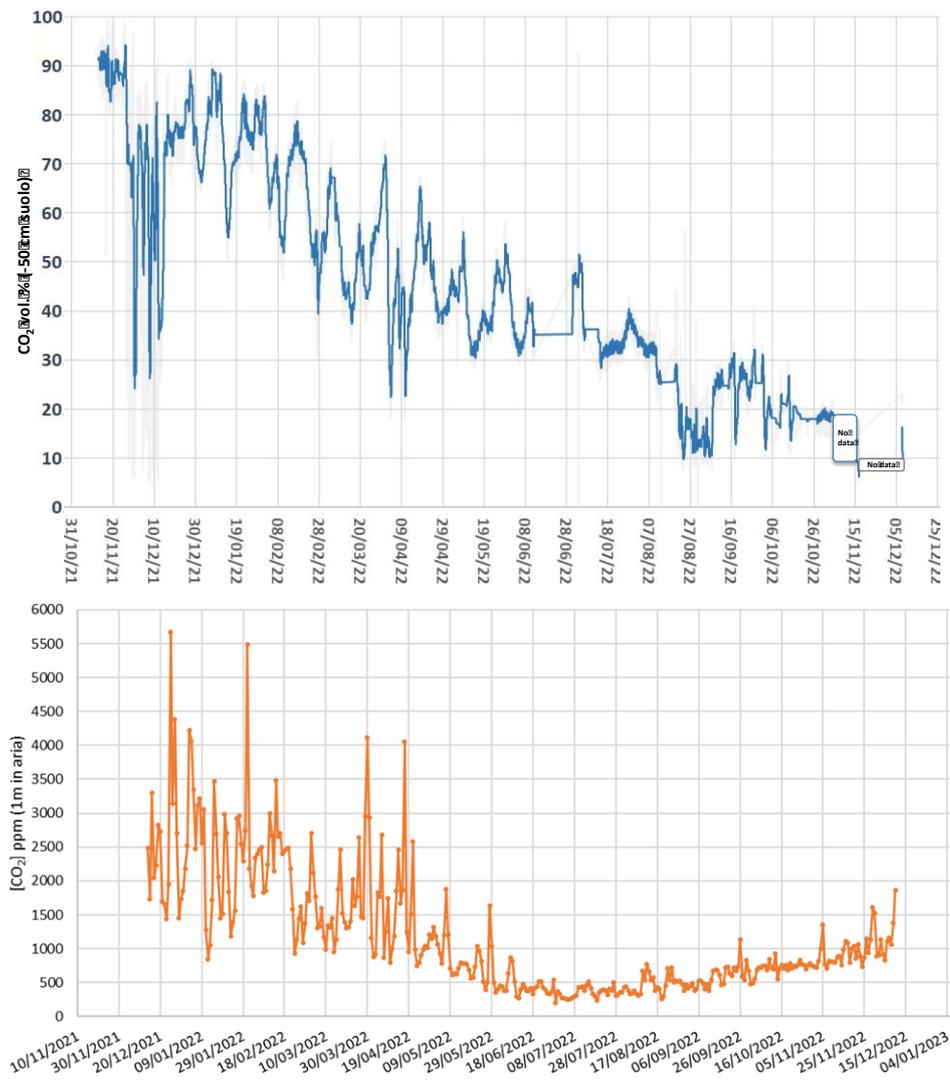


Fig. 6. Stazione di monitoraggio in continuo della concentrazione di CO_2 a Casa Lombardo (dicembre 2021-dicembre 2022). Alto: media mobile oraria della CO_2 nel suolo (frequenza 5°); basso: media mobile giornaliera della CO_2 in aria (frequenza 10°).

Come già evidenziato per la variazione del flusso diffuso di CO_2 dall'area target Camping Sicilia, sulla quale insiste la stazione, la concentrazione di CO_2 nel suolo ha raggiunto i valori minimi a fine agosto (10-20 vol.%) per poi risalire leggermente a settembre (25-30 vol.%; Fig. 6 alto). Ad ottobre la concentrazione è piuttosto stabile intorno al 20 vol.%. Segue un lungo periodo (fino al 20 dicembre) in cui i dati non sono stati acquisiti per un problema al regolatore di carica e conseguente scaricamento della batteria.

Il grafico della media giornaliera della concentrazione di CO₂ in aria mostra negli ultimi tre mesi un trend in leggera crescita che partendo da valori prossimi a quelli dell'aria (400 ppm) raggiunge a ottobre valori minimi di 800 ppm, che continuano ad aumentare a novembre (800-1200 ppm). Da fine novembre al 22 dicembre si registrano picchi tra 1200 ppm e 1900 ppm (Fig. 6 basso), valori di CO₂ in aria che non venivano trovati dal mese di maggio.

Le concentrazioni di gas del suolo e in aria 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 novembre 2022 sono riportate in Fig. 7.

La mappa della campagna eseguita il 29 novembre 2022 mostra un apprezzabile allargamento dell'area con anomalia medio-bassa (area verde in Fig. 7), da cui rimane escluso solo il settore meridionale. Il settore centro-settentrionale, quello da sempre interessato alla maggiore anomalia di flusso di gas (da giallo a rosso in Fig. 7), risulta allargato rispetto ai mesi precedenti ed è ricomparsa una piccola zona centrale con valori di flusso di CO₂ molto elevati (>20.000 g*m⁻² giorno⁻¹), valori che non erano stati più misurati in quest'area da giugno 2022. Questo incremento del degassamento diffuso di CO₂ dal suolo dall'area target allargata di Camping Sicilia è evidente nel grafico di Fig. 7, dove si riporta la variazione nel tempo del flusso totale di CO₂ dal suolo stimato da gennaio 2022 a oggi. Per la campagna del 29 novembre è stato stimato un flusso totale di CO₂ di 10,5 ton*giorno⁻¹, il valore più alto dopo quello di gennaio (15,41 ton*giorno⁻¹). È da sottolineare comunque che il 20 dicembre 2022 è stato riscontrato un forte decremento del rilascio di CO₂ dal suolo nell'area target di Camping Sicilia che è una parte della zona CS1 qui trattata (vedi Fig. 1). L'intera zona CS1 non è stata misurata a dicembre ma sicuramente il flusso totale di CO₂ dal suolo sarà regredito.

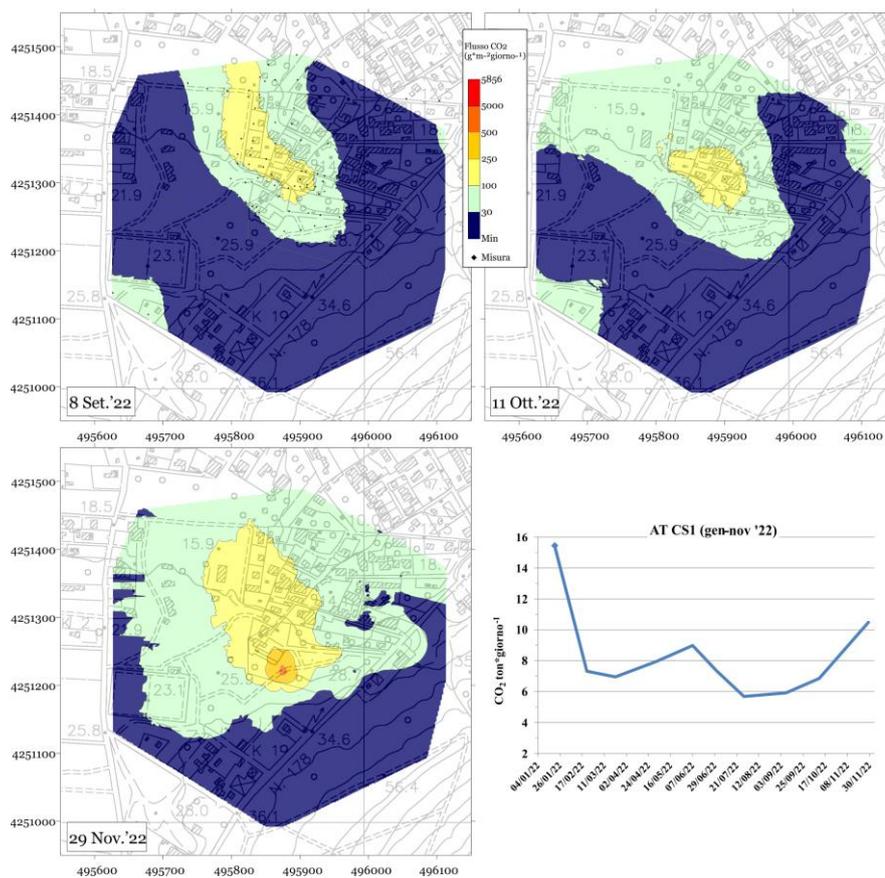


Fig. 7. Mappe del flusso diffuso di CO₂ dal suolo dell'area target allargata di Camping Sicilia da settembre a novembre 2022. In basso a destra: variazione nel tempo del rilascio totale di CO₂ dal suolo (gen.-nov. 2022).

1.5 Area target di Spiaggia di Levante

Le campagne vengono condotte con frequenza quindicinale 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 ultime due campagne sono state eseguite il 29 novembre e 19 dicembre 2022, dal gruppo INGV di Palermo la prima e da quello di Roma 1 la seconda. Le mappe relative sono riportate in Fig. 8 insieme a quelle realizzate in ottobre 2022.

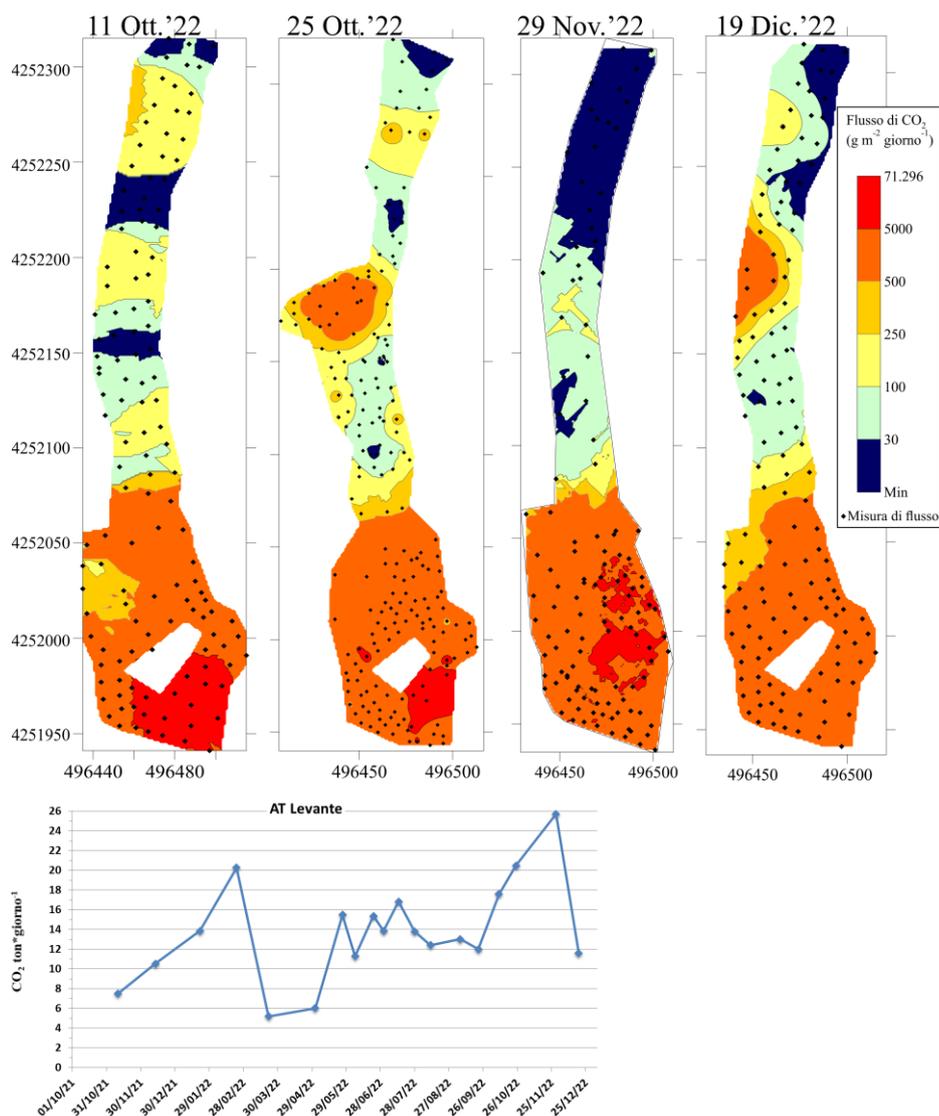


Fig. 8. Sinistra: Mappe del flusso diffuso di CO₂ dal suolo dall'area target Vasca di Fango-Spiaggia di Levante da ottobre a dicembre 2022. Destra: Variazione del rilascio totale di CO₂ dal suolo nel periodo novembre 2021-dicembre 2022.

Anche nelle ultime prospezioni, il degassamento principale risulta concentrato nel settore della Vasca dei Fanghi e della depressione subito a nord di esso (rosso-arancio in Fig. 8). Lungo la spiaggia di Levante, il rilascio di gas risulta variabile di campagna in campagna nel settore centrale e su valori di background in quello nord (aree verde e blu in Fig. 8). L'output di CO₂ dall'area target della Vasca di Fango-Spiaggia di Levante è stato stimato il 29 novembre in 25,7 ton*giorno⁻¹, valore che, come si evidenzia nel grafico di Fig. 9, è il più alto registrato dall'inizio della crisi. Questo ulteriore picco di CO₂ è imputabile nella quasi totalità al settore della Vasca (25,1 ton*giorno⁻¹) pari al 97 % del flusso totale stimato. Il rilascio di CO₂ da questa zona era progressivamente cresciuto da ottobre 2022 ed è invece bruscamente diminuito nella campagna del 19 dicembre 2022, tornando a un valore di 11,59 ton*giorno⁻¹, simile a quelli misurati nel periodo estivo. In ogni caso permangono condizioni pericolose nel settore della Vasca di Fango e nella zona a nord prossima ad essa.

2. Note conclusive

I risultati delle campagne di misura del flusso di CO₂ dal suolo del 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, da novembre a dicembre 2022, si osserva un significativo decremento del flusso di gas in tutte le aree sopra citate.

Nel giardino di casa Lombardo, si osserva un leggero aumento della concentrazione di CO₂ in aria (picchi nella media giornaliera fino a 1.900 ppm).

Il flusso totale di CO₂ dal suolo, misurato all'area target della Vasca di Fango-Spiaggia di Levante, evidenzia una significativa diminuzione dal valore massimo stimato il 29 novembre (25,7 ton*giorno⁻¹) al valore medio-alto (11,59 ton*giorno⁻¹) del 19 dicembre 2022.

In nessuna area si è ancora tornati 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 29 novembre - 2 dicembre 2022:

Partecipanti alle campagne di misura: L. Tarchini³, S. Inguaggiato¹, F. Di Gangi¹, L. Pruiti², M. Ranaldi³.

S. Inguaggiato¹, ha eseguito la prospezione sull'area target Vasca di Fango-Spiaggia di Levante.

Partecipanti alla campagna del 19 dicembre 2022:

L. Tarchini³, L. Pruiti², M. Ranaldi³.

1. Sezione di Palermo 1; 2. Sezione di Catania; 3. Sezione di Roma

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 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.