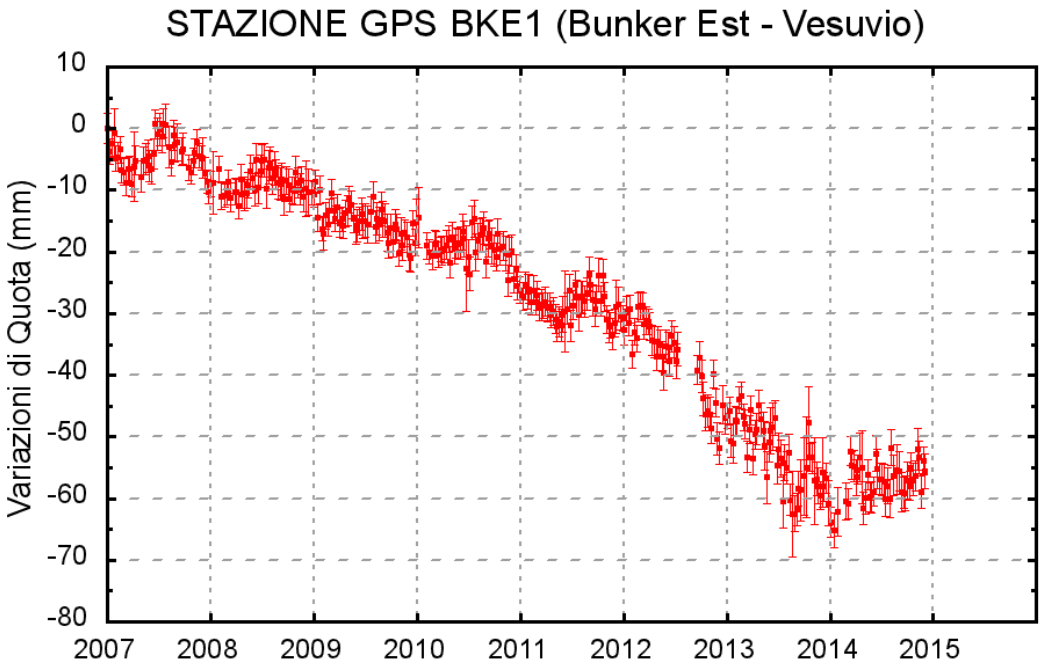

Figura 78 - Serie temporale delle variazioni settimanali in quota della stazione di BKE1 (Vesuvio) dal 2007 al dicembre 2014.

Mareometria

Nell'area vesuviana non si osservano significativi movimenti verticali del suolo come rilevato dalle analisi dei dati alle stazione di Torre del Greco (TDG2) e Castellammare di Stabia (CSMS; Fig. 79, 80). Le analisi evidenziano delle lievi oscillazioni che rimangono confinate entro la soglia di significatività delle misure mareometriche.

Il grafico di Torre Del Greco (Fig. 79) presenta nella seconda decade di maggio un anomalo e repentino abbassamento, dovuto ad un malfunzionamento della stazione.

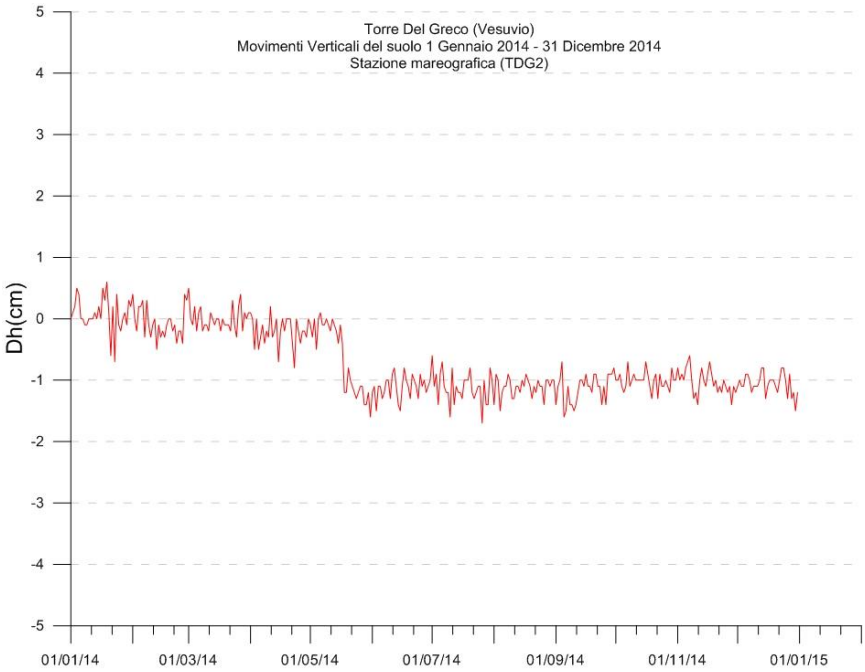

Figura 79 - Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2014 – dicembre 2014, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore digitale alla stazione mareometrica di Torre del Greco (TDG2) (Vesuvio). Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione Porto di Napoli (NAPT).

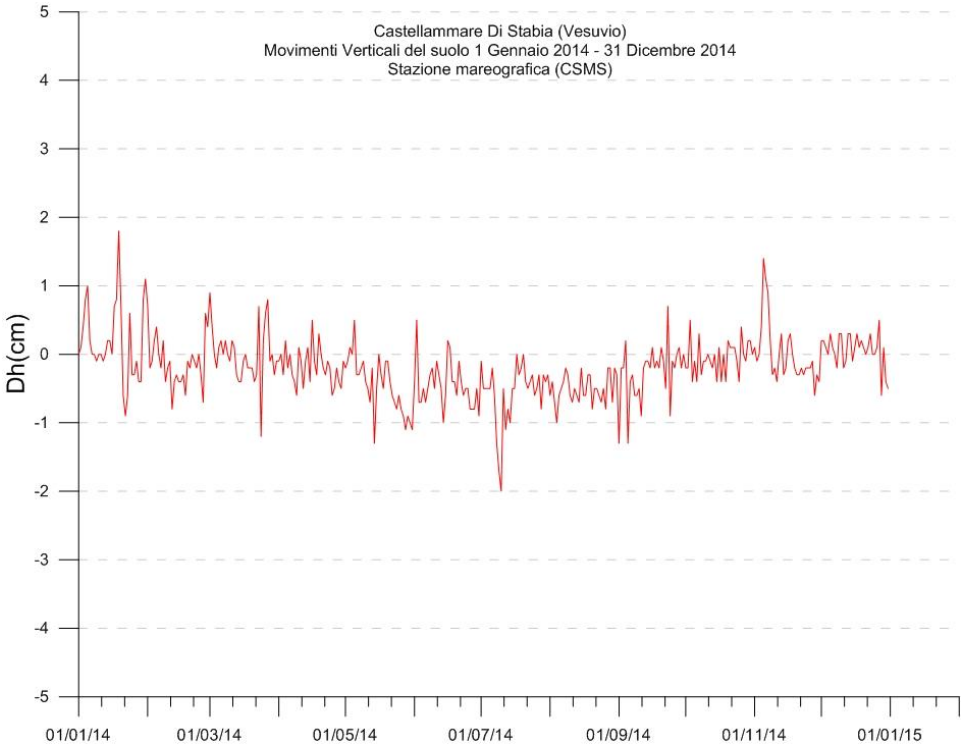

Figura 80 - Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2014 – dicembre 2014, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore digitale alla stazione mareometrica di Castellammare di Stabia (CSMS) (Vesuvio). Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione Porto di Napoli (NAPT).

Tiltmetria

Per quanto riguarda la stazione TRC, dal 9 al 26 Novembre, i segnali acquisiti sono risultati corrotti da forti disturbi continui sotto forma di salti di segnale ed affetti da una deriva totale di circa 130 µrad a SSW; tale anomalia è stata certamente innescata dalle operazioni di scavo di un foro effettuato da un altro team in prossimità della stazione stessa (Fig. 81). Si è temuto che tale sbalzo nel segnale potesse rovinare forse una delle migliori time-series tiltmetriche raccolte e studiate finora anche perché il sensore ha subìto tra l'altro una rotazione di circa 0.4° ad W, pari alla variazione di declinazione magnetica che a quella latitudine si ha in 2 anni e mezzo. Tale rotazione però potrebbe essere apparente in quanto attribuibile alla magnetizzazione indotta dalla vicinanza del casing in acciaio calato nel foro, mentre invece la deformazione indotta è reale. Il segnale tiltmetrico è stato comunque corretto ed è quello visibile nell'odogramma di Fig. 75.

Per quanto concerne infine la stazione IMB, sono disponibili i dati acquisiti nel mese di Dicembre così come sono riportati in Fig. 82.

Dai dati tiltmetrici raccolti nel 2014 si evince una polarizzazione dell'inclinazione dell'edificio vulcanico in direzione mediamente NS, con un tilting molto basso ad OVO ma dell'ordine delle decine di µrad a TRC e dei µrad a ROV e CMD; la stazione IMB invece mostra una inclinazione non irrisoria in direzione W ma questo potrebbe essere un effetto legato all'assestamento del sensore, data l'esiguità temporale dei dati acquisiti.

La stazione TRC mostra invece una forte anomalia sia nella direzione che nell'ampiezza che però non sembra legata a movimenti profondi ma piuttosto al comportamento di uno strato superficiale della parte orientale del Vesuvio, a quote modeste. L'interpretazione di tale anomalia è oggetto di studio accurato anche perché è evidente una correlazione tra le variazioni di azimuth tiltmetrico e gli eventi sismici registrati al Vesuvio in area craterica.

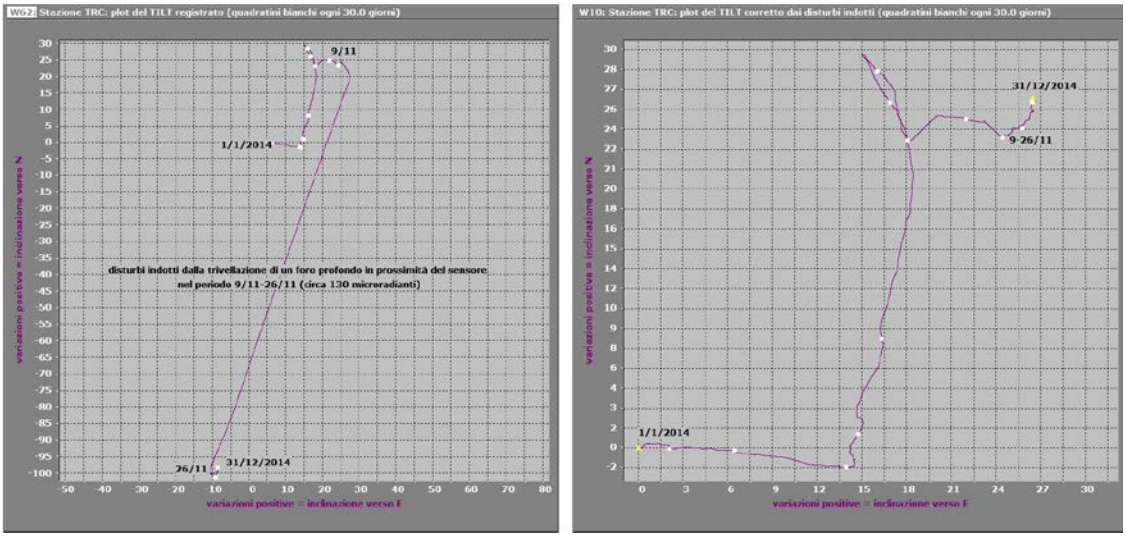

Figura 81 - Plot tiltmetrico di TRC. Nell'odogramma di sinistra la rappresentazione bidimensionale dell'inclinazione del suolo considera i segnali così come sono stati registrati e quindi comprensivi della deriva indotta, mentre in quello di destra i segnali stessi sono stati corretti di quest'ultima e dei disturbi ad alta frequenza.

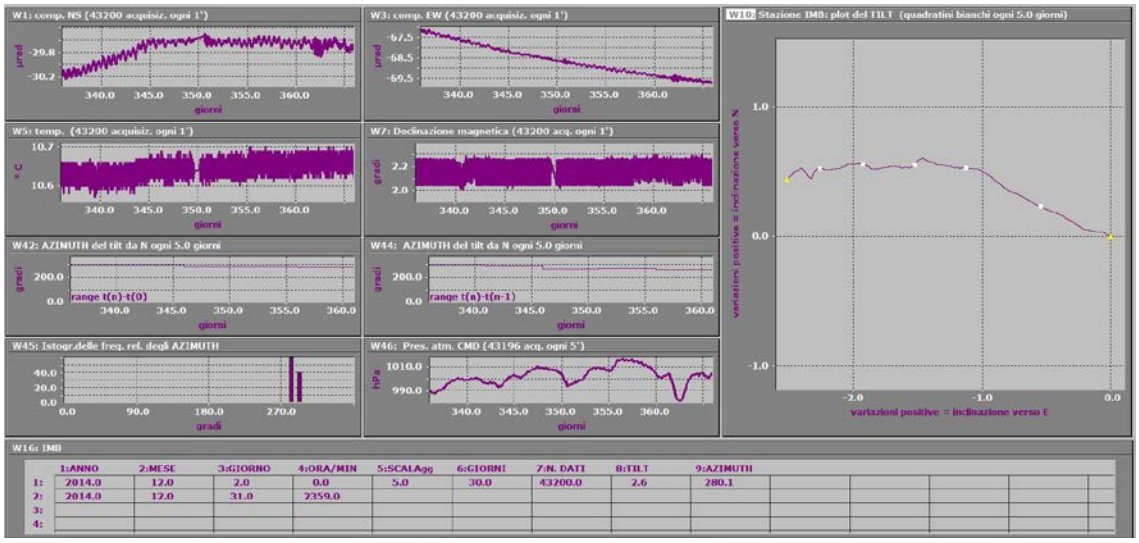

Figura 82 - In questa figura sono condensate tutte le informazioni utili a caratterizzare il sito vesuviano in cui è stato installato il sensore Lily. La griglia quadrata di destra rappresenta il campo delle inclinazioni del suolo in µradianti e riporta la variazione tiltmetrica registrata dal 2/12/2014 al 31/12/2014; è in effetti la rappresentazione bidimensionale vettoriale dei segnali acquisiti dal sensore, in cui i valori di tilt crescenti nel tempo indicano rispettivamente sulle componenti NS ed EW (mostrate nelle 2 finestre in alto) una variazione di inclinazione del suolo a N e ad E. Le altre finestre in figura riportano la temperatura acquisita dal sensore, la pressione atmosferica registrata da una stazione tiltmetrica situata più a S ed a quote più basse (CMD), l'azimuth orario da N del vettore tilt ed il suo modulo.

SAR

Dall'analisi dell'interferogramma non si evidenziano deformazioni del suolo apprezzabili, per l'intervallo temporale analizzato, in corrispondenza dell'area vesuviana.

D1-1.4.3 Monitoraggio geochimico

Stato della rete

La rete geochimica della Sezione di Palermo nell'area vesuviana consta di tre stazioni con registrazione locale dei dati installate in due pozzi dell'area Vesuviana e sul bordo del cratere del Vesuvio. La Tabella 15 riassume i parametri geochimici monitorati.

Tabella 15 - Parametri geochimici monitorati al Vesuvio (Sezione di Palermo)

Località	Parametri monitorati
Bordo cratere	Gradiente termico verticale del suolo (10-30-50 cm) in area fumarolizzata a bassa temperatura (100 °C > t), con registrazione e download locale dei dati.
Sorgente Olivella (Sant'Anastasia, NA) e Pozzo 14 (Torre Annunziata, NA)	Temperatura della falda acquifera sotterranea, con registrazione e download locale dei dati (2 siti).

Attività

Le attività di sorveglianza geochimica del Vesuvio svolte dall'Osservatorio Vesuviano sono consistite nella misura dei flussi di CO_2 dal suolo in punti fissi siti sul bordo del cratere e nel campionamento mensile delle fumarole di fondo cratere, per il quale è stato attivato un contratto con una figura professionale specifica. In dettaglio le attività effettuate sono di seguito riportate:

- Campagne periodiche di campionamento dei gas fumarolici emessi dalla fumarola FC2 sita a fondo cratere del Vesuvio, analisi della composizione chimica (H_2O, CO_2, H_2S, H_2, Ar, N_2, CH_4, He) ed isotopica ($^{40}Ar/^{36}Ar$, $^{15}N_{N2}$, $^{13}C_{CO2}$; $^{18}O_{CO2}$, $^{2}H_{H2O}$, $^{18}O_{H2O}$).
- Campagne periodiche di misura del flusso di CO_2 e della temperatura del suolo a 10 cm di profondità, in 15 punti fissi ubicati sul bordo del cratere.
- Rilievi periodici dello stato termico dei suoli tramite misure dirette e termocamere termiche.

Le attività di sorveglianza geochimica del Vesuvio svolte dalla Sezione di Palermo sono consistite in campionamenti periodici delle acque di alcuni pozzi e sorgenti, in gran parte sul fianco sud-occidentale del vulcano e in misure continue della temperatura della falda acquifera e delle fumarole ubicate sul bordo del cratere.

L'attività di sorveglianza dell'acquifero del Vesuvio è stata condotta su 6 siti (pozzi e sorgenti) ubicati sui fianchi dell'edificio vulcanico. Sui campioni di acque è stata effettuata l'analisi chimica dell'acqua (elementi maggiori) e dei gas disciolti (H_2, O_2, N_2, CO, CH_4, CO_2). Al momento del prelievo sono stati misurati i principali parametri chimico fisici: temperatura, pH, potenziale redox.

In 2 dei 9 siti sopra indicati, Sorgente Olivella (sito 47 in Fig. 83) e Pozzo 14, viene effettuato il monitoraggio continuo della temperatura dell'acqua (dati disponibili dal 2004), con registrazione e download locale dei dati), allo scopo di valutare eventuali variazioni dell'input termico nella falda meteorico-idrotermale del Vesuvio.

Inoltre, sul bordo del cratere, viene misurata la temperatura nel suolo, allo scopo di valutare eventuali modificazioni della distribuzione e dell'apporto di vapore nell'area craterica. Tale stazione, denominata CRB, è stata dotata di sistema di trasmissione dei dati attivato il 29/01/2015.

I dati acquisiti sono stati immagazzinati in appositi database e disponibili, in forma protetta, al personale della Sezione di Palermo e resi pubblici attraverso relazioni e/o pubblicati su riviste specializzate nazionali ed internazionali.

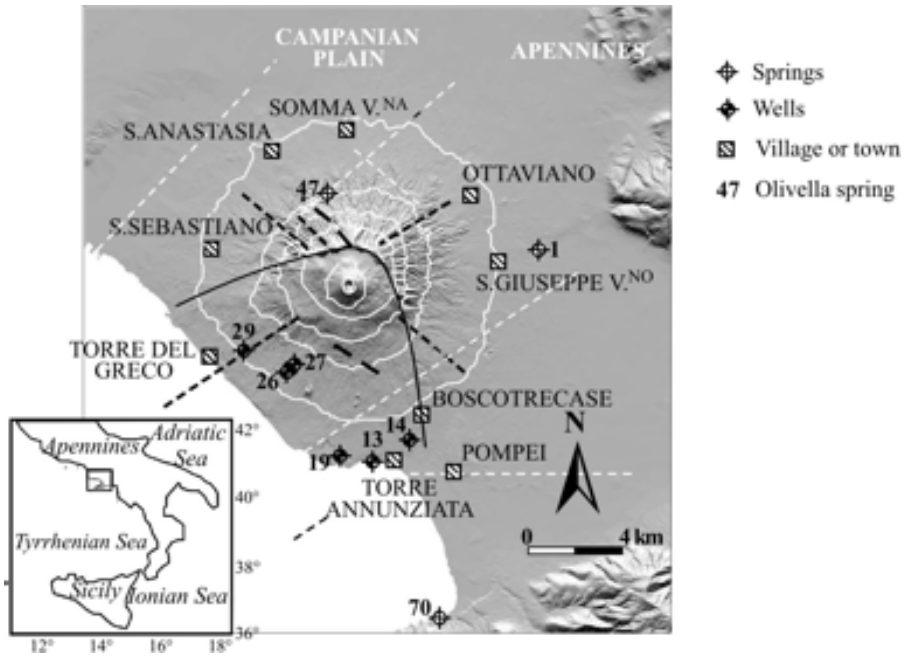

Figura 83 – Localizzazione dei siti di campionamento.

Osservazioni

Una dettagliata descrizione del modello geochimico interpretativo delle fumarole del Vesuvio è riportata nel lavoro scientifico Chiodini et al. (2001) e nei precedenti rapporti di sorveglianza in cui sono state segnalate variazioni della composizione delle fumarole interne al cratere. In particolare a partire dal terremoto del 9 ottobre 1999 (Md=3.6) sono stati misurati per 2 anni aumenti nel tempo sia del rapporto He/CO_2 che della p_{CO2} stimata sulla base di geoindicatori gassosi. Contemporaneamente si è verificata la diminuzione del rapporto H_2/CO_2 e l'incremento del rapporto CO_2/CH_4 (Fig. 84). Tali variazioni sono state interpretate come un incremento dell'input di fluidi magmatici più ossidanti, poveri in CH_4 e ricchi in He nel sistema idrotermale. A partire dall'autunno 2002, le composizioni chimiche delle fumarole hanno mostrato un graduale ritorno dei valori verso le condizioni pre-1999 (Fig. 85). Una dettagliata descrizione delle variazioni osservate e delle possibili interpretazioni sono riportate nel lavoro scientifico Caliro et al. (2011).

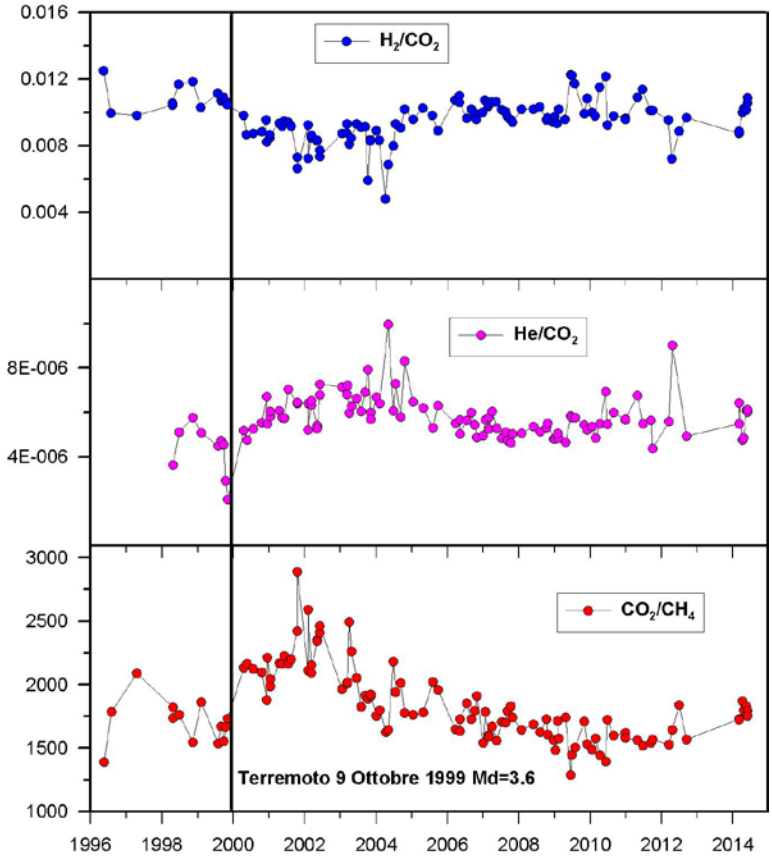

Figura 84 - Variazioni composizionali della fumarola FC2 nel periodo 1996-2014.

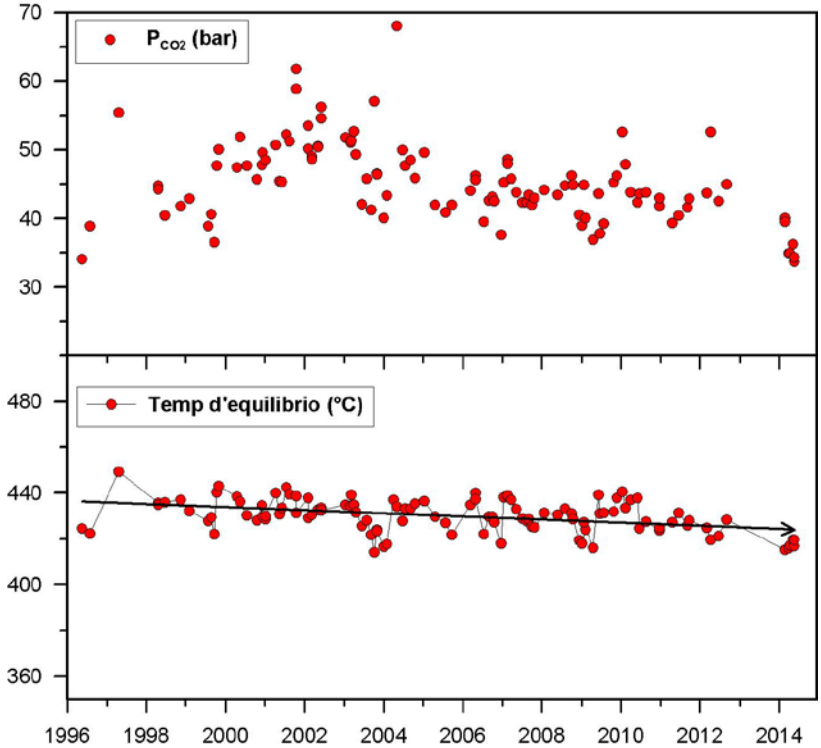

Figura 85 - Cronogramma dei valori d'equilibrio della temperatura e pressione parziale di CO_2 stimati per il sistema idrotermale del Vesuvio.

Rilievi dello stato termico dei suoli tramite tecniche ad immagine all'infrarosso
L'attività di rilievo termico nel corso del 2014 effettuata nei mesi di gennaio, maggio, giugno, luglio e ottobre, non ha mostrato variazioni significative degli andamenti delle temperature massime nel tempo rispetto agli anni precedenti.
Sono in fase di studio nuove procedure di analisi dei dati termici all'infrarosso per permettere una valutazione delle variazioni areali di temperatura.

Monitoraggio dell'acquifero del Vesuvio
I siti di monitoraggio sono localizzati, in gran parte, sul fianco sud-occidentale del vulcano, dove sono state identificate le zone di più intensa risalita di fluidi vulcanici.
Due siti si trovano sui fianchi settentrionale ed orientale in prossimità di strutture tettoniche attive.
I siti selezionati per la sorveglianza presentano caratteristiche peculiari e sono rappresentativi dell'eterogeneità geochimica dell'acquifero vesuviano. Si tratta di acque fredde o debolmente termali ($9 < T°C < 24.5$), di salinità compresa tra 600 e 13000 mg/l e pH tra 5.9 e 8.0.
I dati acquisiti hanno mostrato un progressivo trend di diminuzione sia della salinità (in gran parte legata alla dissoluzione e idrolisi della CO_2) sia della CO_2 disciolta sin dal 2003-04 (Fig. 86), attribuito ad una riduzione del contributo dei fluidi profondi rispetto al flusso idrico superficiale.
Tale trend sembra essersi stabilizzato nel corso degli ultimi tre anni e, nel corso del secondo semestre 2014, non si rilevano variazioni significative.
Per quanto concerne il monitoraggio continuo delle temperature della falda non vi sono aggiornamenti relativi alla sorgente Olivella, in quanto l'acquisizione dati è stata ripristinata il 28/01/2015 a seguito di un danneggiamento della strumentazione rilevato durante la campagna di misure effettuata ad Aprile 2014. Per quanto concerne invece il Pozzo 14 la temperatura si mantiene perfettamente costante ed in linea con quanto osservato negli anni precedenti (Fig. 87).
Per quanto concerne i dati relativi alle temperature delle fumarole ubicate sul bordo del cratere (sito CRB, Fig. 88), nel corso del 2014 il loro valore medio misurato a 50 cm di profondità ha subito un incremento di circa 4 °C, passando da 25 a 29 °C. Tale incremento è stato accompagnato da una lieve riduzione del gradiente verticale, indicando un modesto aumento del flusso di vapore. La forte anomalia registrata durante gli ultimi giorni del 2014, ma completamente rientrata già alla fine di Gennaio 2015, è da ascriversi al decremento di permeabilità del suolo conseguente alle deposizioni nevose ed alla formazione di ghiaccio causate dalla forte perturbazione che ha interessato l'area in quei giorni. Tale diminuzione generalizzata di permeabilità ha provocato la concentrazione del flusso di vapore nelle zone più fratturate, causando l'incremento della temperatura prima descritto.

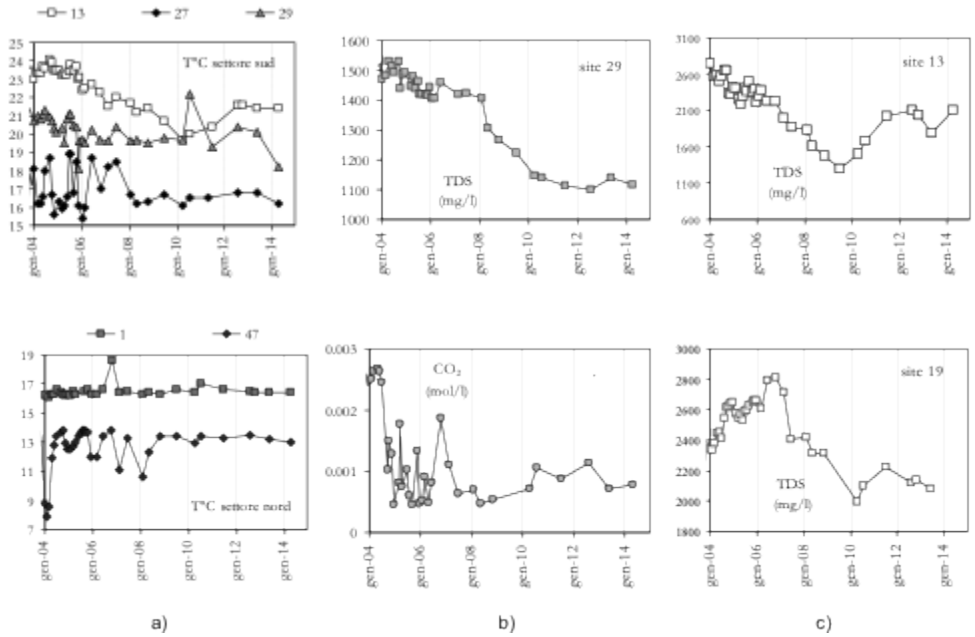

Figura 86 – a) Variazioni temporali della temperatura nei siti analizzati ; b) Andamento temporale della concentrazione totale di sali disciolti (TDS) e CO_2 disciolta nel sito 29, sul fianco occidentale del Vesuvio; c) variazione della concentrazione totale di sali disciolti (TDS) in due siti del settore meridionale.

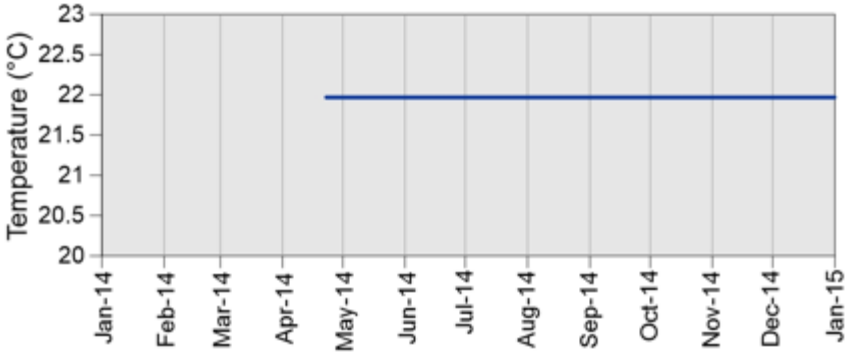

Figura 87 – Variazione delle temperature della falda sotterranea misurate in continuo nel Pozzo 14.

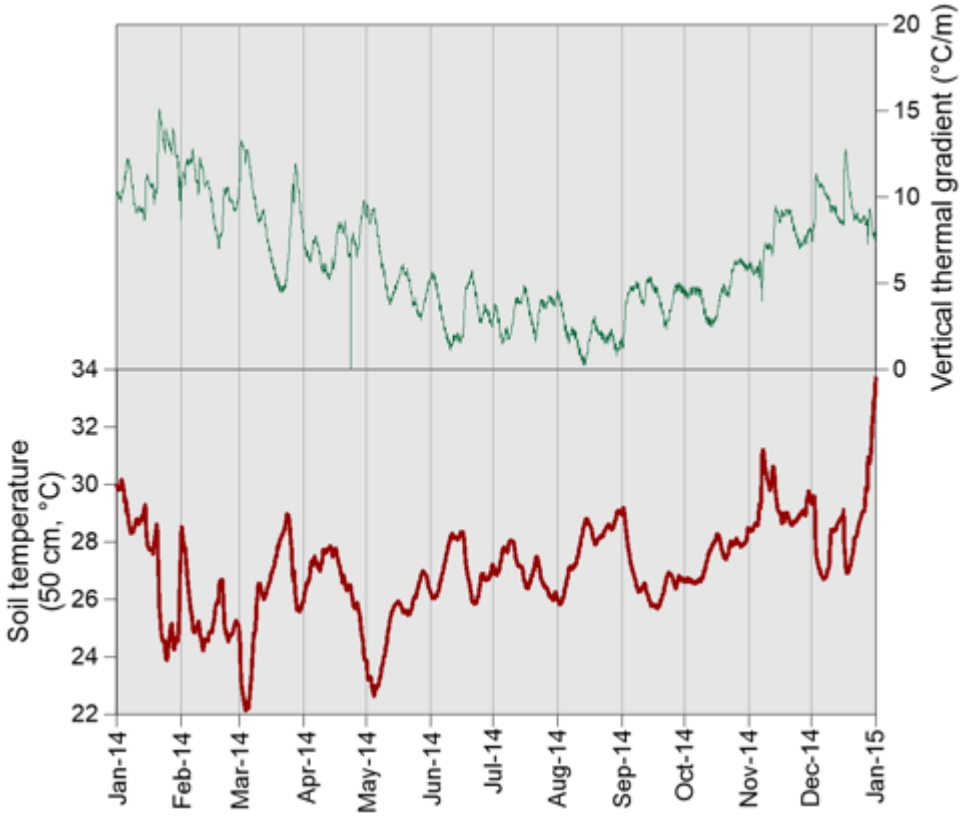

Figura 88 - Variazioni temporali della temperatura e del gradiente termico verticale delle fumarole nel sito CRB.

D1-1.4.4 Monitoraggio vulcanologico

Stato della rete

Nell'area vesuviana è operativa una stazione permanente per l'acquisizione di immagini all'infrarosso termico ubicata sul bordo del cratere del Vesuvio. Tale stazione, equipaggiata con termocamera FLIR (320 x 240), inquadra il versante interno nord orientale del cratere del Vesuvio, che risulta essere interessato da una consistente anomalia termica (Fig. 89).

Le soluzioni tecnologiche adottate, che hanno consentito nel maggio del 2013 il ripristino di tutte le funzionalità della stazione remota e che hanno principalmente riguardato l'opportuna calibrazione delle protezioni di linea da scariche elettrostatiche, hanno altresì assicurato nel corso del 2014, il corretto funzionamento e la piena continuità operativa della stazione di acquisizione. La stazione acquisisce 3 scene IR nel corso della notte (00:00; 02:00; 04:00).