3.5. Vesuvio

3.5.1. Strumentazione disponibile

Lo schema che segue riassume i parametri geochimici che sono monitorati al Vesuvio dalla Sezione di Palermo.

Parametri monitorati	**Località**
Flusso di calore rilasciato dal suolo, in quattro siti con registrazione dei dati in situ.	Bordo cratere

3.5.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

L'attività di sorveglianza dell'acquifero del Vesuvio è stata condotta su 9 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.
Inoltre, sul bordo del cratere del Vesuvio, viene misurata la temperatura nel suolo, con registrazione in situ, allo scopo di valutare eventuali modificazioni della distribuzione e dell'apporto di vapore nell'area craterica.
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.

3.5.3. Sintesi delle osservazioni

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.

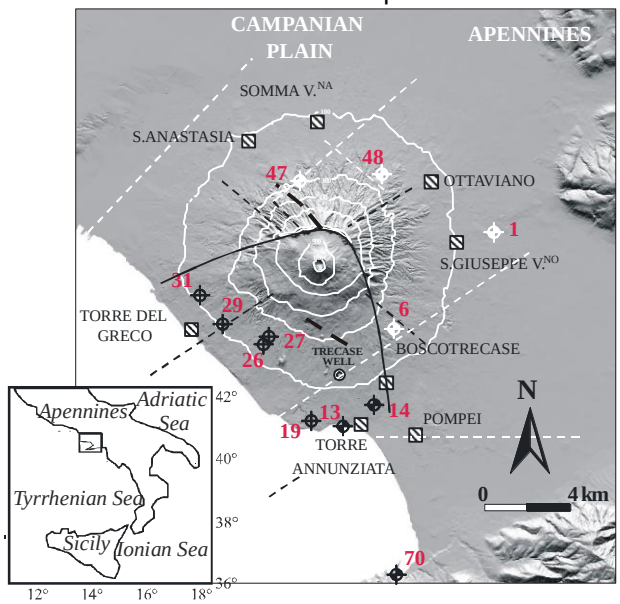

Fig. 3.5.3.1 - Localizzazione dei siti di campionamento

Due siti si trovano sui fianchi settentrionale ed orientale in prossimità di strutture tettoniche attive. In particolare, i siti campionati si trovano in località Torre del Greco, Torre Annunziata, Boscotrecase, S. Giuseppe Vesuviano, S. Anastasia, Castellammare di Stabia.
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. Le acque campionate sul versante sud-occidentale sono caratterizzate da temperature e salinità più alte, da pH più acido e da contenuti di CO_2 disciolta compresi tra 50 e 1100 cc/l STP. Le acque del settore settentrionale sono più fredde, meno saline e caratterizzate da tenori significativamente inferiori in CO_2 disciolta (< 10 cc/l STP). In questa porzione dell'edificio vulcanico, l'unica evidenza di un contributo di gas vulcanici si evince dal rapporto isotopico dell'elio disciolto che, in alcuni siti, indica una chiara derivazione profonda.

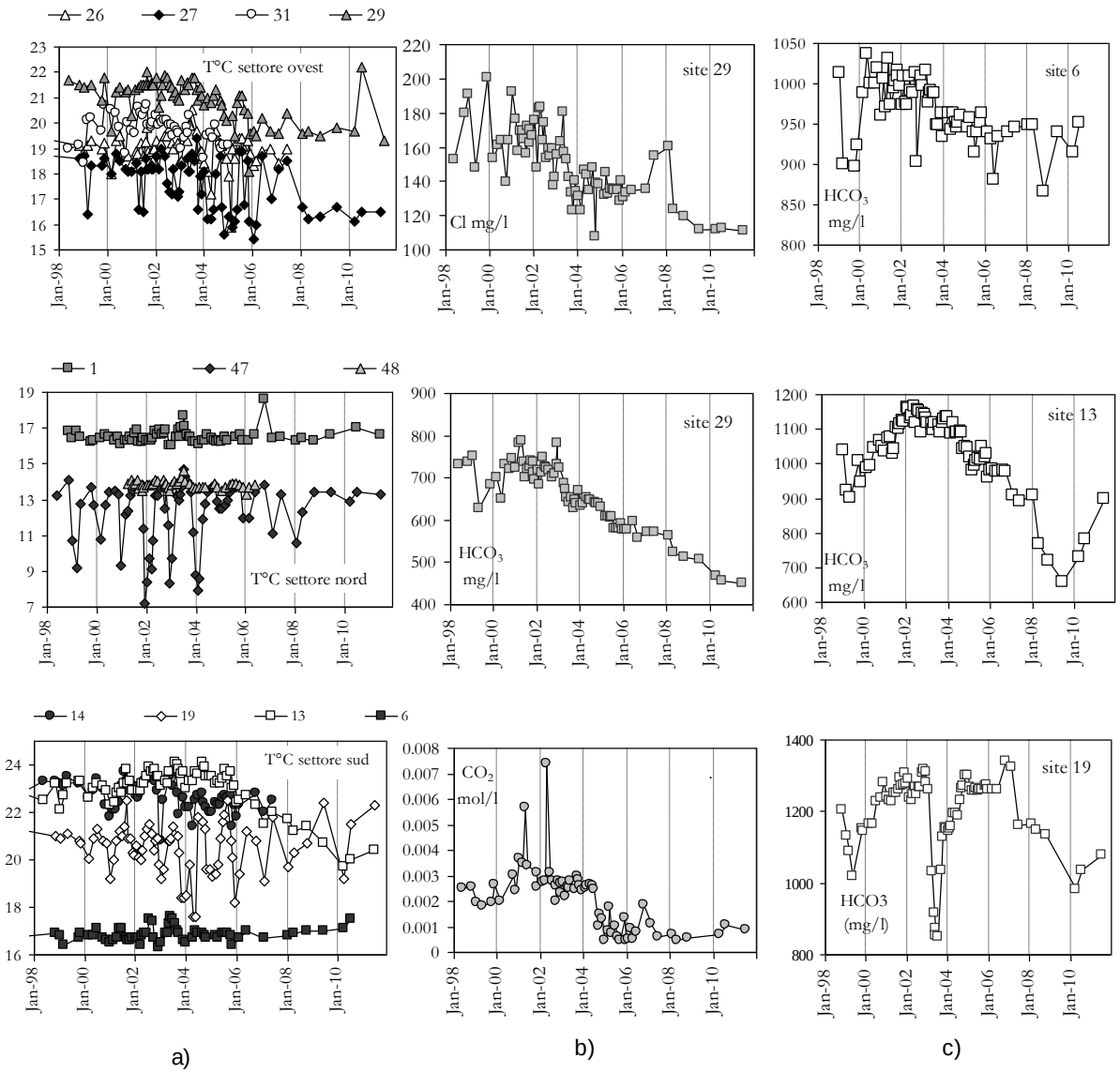

Fig. 3.5.3.2 - a) Variazioni temporali della temperatura nei siti analizzati ; b) Andamento temporale della concentrazione di Cl, HCO_3 e CO_2 disciolta nel sito 29, sul fianco occidentale del Vesuvio; c) variazione della concentrazione dello ione HCO_3 in tre siti del settore meridionale.

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. 3.5.3.2), attribuito ad una riduzione del contributo dei fluidi profondi rispetto al flusso idrico superficiale.
Tale trend sembra essersi stabilizzato nel corso degli ultimi due anni e, nel corso del 2011, non si rilevano particolari anomalie. Nella zona meridionale del vulcano, nei siti campionati a Torre Annunziata, si osserva un modesto aumento sia di temperatura, sia del contenuto di carbonio disciolto (legato all'apporto di fluidi più salini e ricchi in CO_2) ma, in ogni caso, i valori sono ancora inferiori rispetto al periodo 2000-2003.
Non sono disponibili i dati della stazione per la misura di temperatura al suolo ubicata sul bordo del cratere a causa di malfunzionamento tecnico. Nel corso del 2012 si prevede di installare un sistema di trasmissione dati.

Monitoraggio dei flussi di CO_2 al Vesuvio

I flussi di CO_2 al Vesuvio sono monitorati dall'Osservatorio Vesuviano. Il monitoraggio del processo di degassamento nell'area vesuviana è stato effettuato attraverso:

- l'esecuzione di numero 6 indagini veloci, consistenti nella misura dei flussi di CO_2 in 15 punti fissi ubicati sul bordo orientale del cratere (area anemometro);
- Le indagini veloci che consistono in misure di flussi di CO_2 e di temperatura del suolo a 10 cm di profondità, vengono effettuate periodicamente in 15 siti selezionati, a partire dal febbraio 1998 e sono state oggetto di un lavoro scientifico recentemente pubblicato. I valori medi dei flussi di CO_2 di ciascuna campagna sono riportati, insieme al numero di scosse mensili, nel cronogramma di Fig. 3.5.3.3, dove è possibile riconoscere due periodi; il primo periodo, dall'inizio 1998 alla fine del 1999 è stato caratterizzato da un trend crescente del flusso di CO_2; il secondo periodo, invece, iniziato in seguito all'evento sismico dell'ottobre 1999, è caratterizzato da valori di flusso mediamente più bassi. I valori più elevati di flusso di CO_2 sono relativi al periodo di maggiore sismicità (ottobre 1999). Le misure discontinue di flusso di CO_2 effettuate nel corso del 2011, hanno evidenziato un leggero decremento rispetto i valori misurati nel 2010.

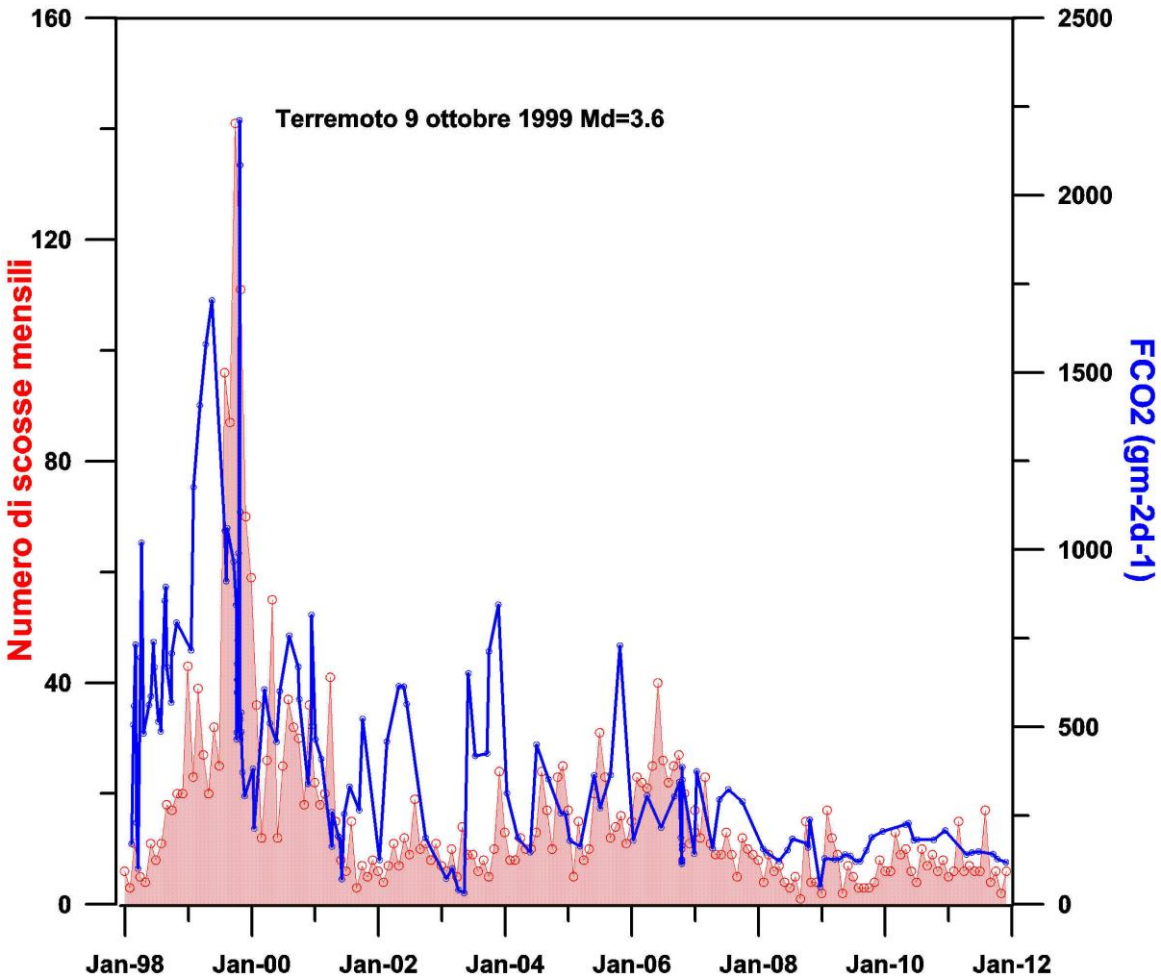

Figura 3.5.3.3 - Valori medi del flusso di CO_2 in 15 punti del bordo craterico del Vesuvio, area anemometro (per l'ubicazione esatta del sito vedi i rapporti di sorveglianza 1999). Nel grafico è anche riportato il numero mensile di eventi sismici.

Composizione chimica delle fumarole del Vesuvio

Nel corso del 2011 sono stati eseguiti, dall'Osservatorio Vesuviano, 5 campionamenti della fumarola sita sul fondo del cratere e n. 6 campionamenti della fumarole B1 del bordo cratere (area anemometro).
Una dettagliata descrizione del modello geochimico interpretativo delle fumarole del Vesuvio è riportata nei precedenti rapporti di sorveglianza in cui sono state segnalate variazioni della composizione delle fumarole interne al cratere (Fig. 3.5.3.4). In particolare a partire dal terremoto del 9 ottobre 1999 (Md=3.6) sono state misurati per 2 anni aumenti nel tempo sia del rapporto He/CO_2 che della pCO_2 stimata sulla base di geoindicatori gassosi. Contemporaneamente si è verificata la diminuzione dei rapporti CH_4/CO_2 e H_2/CO_2 (fig. 3.5.3.4, vedi rapporto finale 2001 e 2002). A partire dall'autunno 2002, i risultati delle analisi chimiche hanno mostrato un graduale

ritorno dei valori verso le condizioni pre-1999. Durante il 2011 non sono state osservate importanti variazioni dei valori misurati rispetto al 2010.

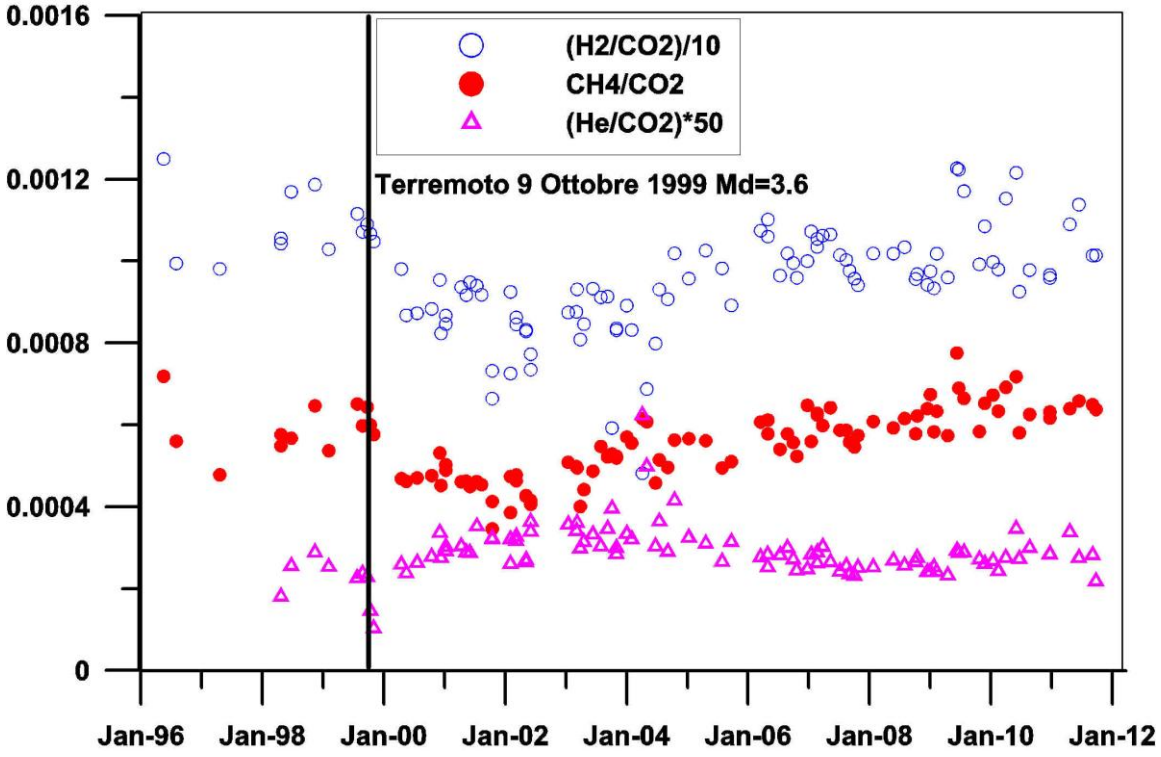

Figura 3.5.3.4 - Variazioni composizionali della fumarola FC2 nel periodo 1998-2008.

Conclusioni

Le misure discontinue di flusso di CO_2 effettuate sul bordo orientale del cratere e i parametri chimici delle fumarole non hanno mostrato variazioni significative rispetto al 2010.

3.6. Campi Flegrei

3.6.1. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Nel 2011 la Sezione di Palermo ha effettuato due campagne di campionamento delle fumarole Bocca Grande e Bocca Nuova, nei mesi di maggio e dicembre. Come di consueto, sono state misurate le temperature di emissione dei gas e sono stati prelevati i campioni dei fluidi fumarolici. Sui campioni di gas prelevati è stata determinata la composizione chimica (He, H_2, O_2, N_2, CO, CH_4, CO_2, H_2O) ed isotopica ($^3He/^4He$, $\delta^{13}C_{CO2}$ e $\delta^{15}N_{N2}$), mentre sul vapore fumarolico condensato è stata determinata la composizione isotopica ($\delta^{18}O$ e δD). 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.

3.6.2. Sintesi delle osservazioni

Durante il 2011, i valori delle temperature delle fumarole non hanno mostrato variazioni significative rispetto alle precedenti misure, mantenendosi intorno ai 160°C per la fumarola BG e ai 130°C per la fumarola BN. Anche la composizione chimica ed isotopica dei gas campionati si è mantenuta piuttosto costante. Il vapore acqueo è il principale componente gassoso emesso dalle fumarole seguito dalla CO_2, H_2S e dal N_2. HCl è presente solo in basse concentrazioni.

4.1.2 Misure mareografiche

Il monitoraggio dei movimenti verticali del suolo è eseguito, oltre che con le tecniche geodetiche classiche e satellitari, anche tramite l'uso di mareografi che rilevano, in continuo, il livello marino lungo le coste dove si impostano i vulcani attivi dell'area napoletana (Vesuvio, Campi Flegrei) e sull'isola d'Ischia (Fig. 4.1.2.1).
Le stazioni mareografiche operanti nella caldera dei Campi Flegrei dal 1970 hanno consentito di monitorare sia le crisi bradisismiche del 1969-72 e 1982-84 che le relative successive fasi contraddistinte da una subsidenza interrotta da brevi e deboli sollevamenti.
Nei Campi Flegrei e sull' isola d'Ischia sono attive 5 stazioni ubicate a Nisida, Pozzuoli Porto, Pozzuoli Molo Sud-Cantieri, Miseno e Forio (Fig. 4.1.2.1).
Lungo la costa vesuviana sono operanti 2 stazioni mareografiche ubicate nei porti di Castellammare di Stabia e Torre del Greco (Fig. 4.1.2.1).
Oltre alle stazioni sopra riportate è in funzione il mareografo di riferimento ubicato nel Porto di Napoli; esso è ospitato nella stazione mareografica dell' ISPRA, facente parte della Rete Mareografica Nazionale (Fig. 4.1.2.1).
Nell'ambito dell'ampliamento della rete mareografica sono state installate nel 2007 due nuove stazioni ubicate la prima nel Porto di Forio (Fig. 4.1.2.1) localizzato sulla costa occidentale dell'isola d'Ischia e la seconda nel Porto di Agropoli localizzato sulla costa meridionale del Golfo di Salerno (Fig. 4.1.2.1). Infine, dal giugno 2009, unanuova stazione mareografica è in registrazione nel porto di Torre del Greco (TDG2) in sostituzione della precedente TRDG, dismessa nei primi mesi del 2010.
La stabilità relativa della stazione di riferimento viene periodicamente controllata tramite la livellazione di precisione effettuata sul caposaldo prossimo al mareografo e collegato alla rete di livellazione dell'area vulcanica napoletana. Inoltre in prossimità delle stazione mareografiche sono materializzati capisaldi che periodicamente sono collegati alle reti di livellazione operanti sui vulcani attivi napoletani (Campi Flegrei, Vesuvio ed Ischia).
Le stazioni sono attrezzate sia con mareografi meccanici con sistema a galleggiante-contrappeso e registrazione locale su carta, che con sensori digitali a galleggiante-contrappeso i cui dati vengono trasmessi via GSM (Tabella 4.1.2.1). Il sistema di alimentazione delle stazioni è organizzato in funzione della logistica dei luoghi con: 1) linea elettrica, carica batteria e batteria; 2) pannello solare e batteria; 3) batteria.

Tabella 4.1.2.1– Stazioni della Rete Mareografica dell' INGV - Osservatorio Vesuviano

Sigla	Sito	Area	Sensore	Trasmissione	Rate
NAPT	Porto di Napoli	Napoli	Digitale	GSM	1 min
NISI	Nisida	Campi Flegrei	Digitale + Meccanico	GSM	1 min
POPT	Porto Pozzuoli	Campi Flegrei	Digitale + Meccanico	GSM	1 min
PMSC	Pozzuoli - Molo Sud	Campi Flegrei	Digitale	GSM	1 min
MISE	Miseno - Bacoli	Campi Flegrei	Digitale	GSM	1 min
FORI	Forio	Ischia	Digitale	GSM	1 min
TDG2	Torre del Greco	Vesuvio	Digitale + Meccanico	GSM	1 min
CSMS	C. mare di Stabia	Vesuvio	Digitale	GSM	1 min
AGRO	Agropoli (Salerno)	Golfo di Salerno	Digitale	GSM	1 min

I dati elaborati della rete mareografica sono accessibili tramite interfaccia grafica presso la Sala di Monitoraggio della Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano.
Nel 2011 è continuato il programma di miglioramento della rete e sono state effettuate le ordinarie operazioni per il buon funzionamento delle stazioni mareografiche. Gli interventi di manutenzione straordinaria (p.e. avarie delle stazioni) sulla rete sono stati eseguiti generalmente entro le 48 ore.
Inoltre durante 2011 sono proseguite le attività di potenziamento per l'installazione di eventuali nuove stazioni effettuando sia i dovuti sopralluoghi che le necessarie procedure tecnico-amministrative per la richiesta dei permessi di installazione. I nuovi siti individuati per le future stazionimareografiche sono: Isola di Stromboli, Porto d'Ischia e Porto di Napoli (Darsena Acton – Arsenale, Marina Militare).
L'analisi dei movimenti verticali del suolo nei siti dove sono installate le stazioni, viene compiuta riferendo le misure del livello marino alla stazione di riferimento di Napoli (NAPT).
L'elaborazione e l'analisi dei dati mareografici disponibili ci consente di presentare alcune considerazioni sui movimenti verticali del suolo in atto nella parte centrale (POPT) della caldera dei

Campi Flegrei (Fig. 4.1.2.1), tenendo presente la soglia di significatività delle misure mareografiche:
- il sollevamento complessivo da gennaio 2004 a dicembre 2011 è stato pari a circa 9,5 cm (Fig. 4.1.2.2);
- il sollevamento complessivo dal gennaio 2009 al dicembre 2010 è stato pari a circa 3 cm, tenendo presente la soglia di significatività delle misure mareografiche (Rendiconti DPC 2010, primo semestre 2011) (Fig. 4.1.2.2);
- nel periodo gennaio-aprile 2011 si rilevano movimenti verticali del suolo poco significativi (Fig. 4.1.2.3);
- dal mese di aprile 2011 si registra un evidente ripresa del sollevamento che fino al 31 dicembre 2011 è valutabile in circa 3,5 cm (Figg. 4.1.2.2, 4.1.2.3),

Al contrario, l'area ubicata ai bordi della caldera flegrea non è interessata da significativi movimenti verticali del suolo ma solo da lievi oscillazioni che rimangono confinate entro il centimetro, ovvero entro la soglia di significatività delle misure mareografiche (Figg. 4.1.2.1, 4.1.2.4).

Quanto sopra segnalato, in relazione alla componente verticale del campo di spostamento del suolo, è in accordo con le analisi dei dati rilevati dalle rete permanente NeVoCGPS e dalle campagne di livellazione di precisione effettuate nella caldera dei Campi Flegrei.

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) (Figg. 4.1.2.1, 4.1.2.5, 4.1.2.6). Le analisi evidenziano delle lievi oscillazioni che rimangono confinate entro la soglia di significatività delle misure mareometriche.

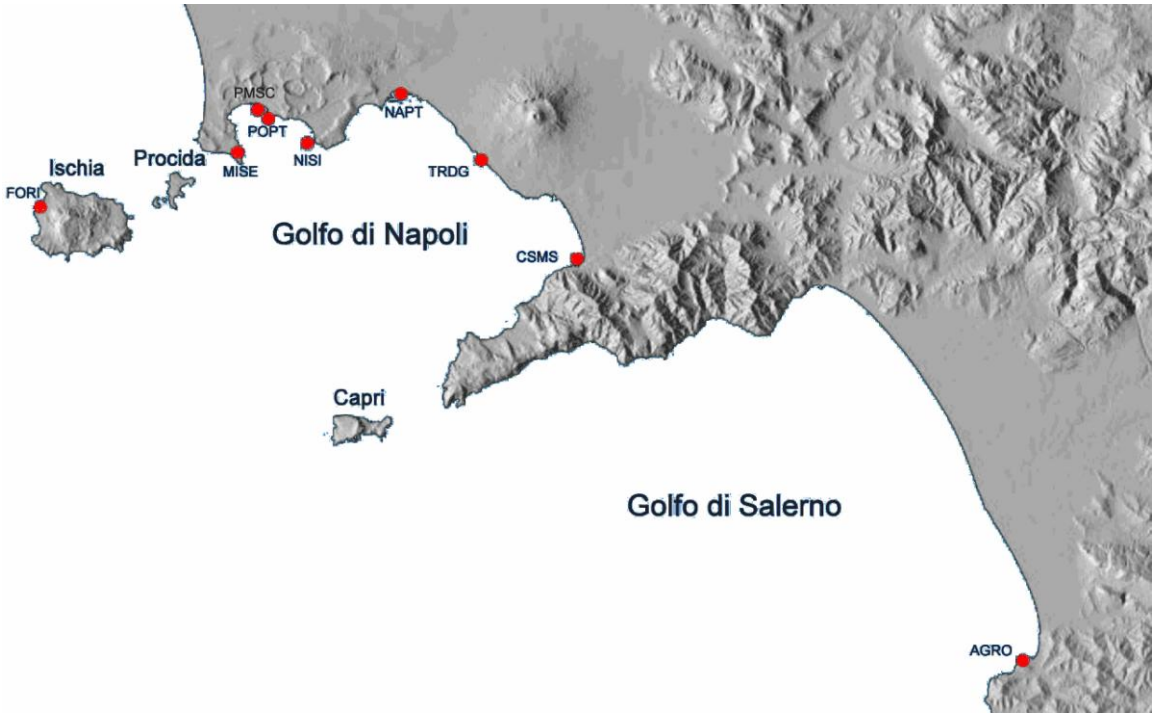

Figura 4.1.2.1 - Rete mareografica: Area vesuviana, Campi Flegrei, isola d' Ischia ; Golfo di Salerno. Campi Flegrei: NAPT = Napoli Porto, stazione di riferimento; POPT = Pozzuoli Porto; PMSC = Pozzuoli Molo Sud Cantieri ; NISI = Nisida;MISE = Miseno. Isola d'Ischia : FORI = Porto di Forio. Area vesuviana : TDG2 (TRDG) = Torre del Greco; CSMS = Castellammare di Stabia. Golfo di Salerno : AGRO = Porto di Agropoli

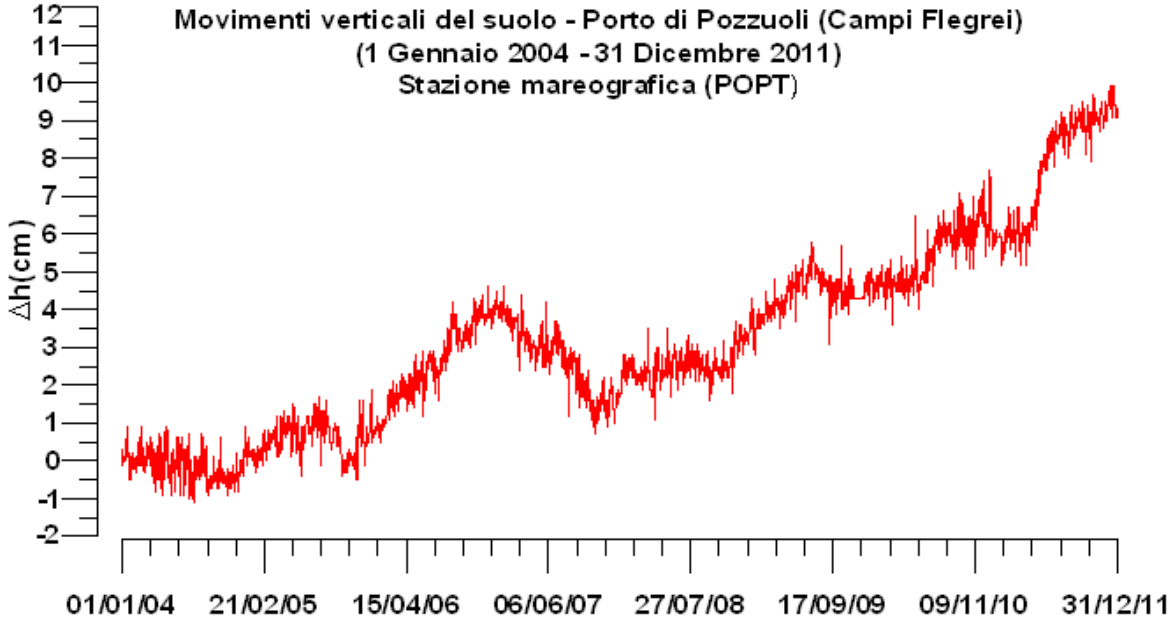

Figura 4.1.2.2 - Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2004 - dicembre 2011, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore digitale alla stazione mareografica di Pozzuoli Porto (POPT) (area centrale della caldera flegrea). Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione Porto di Napoli (NAPT).

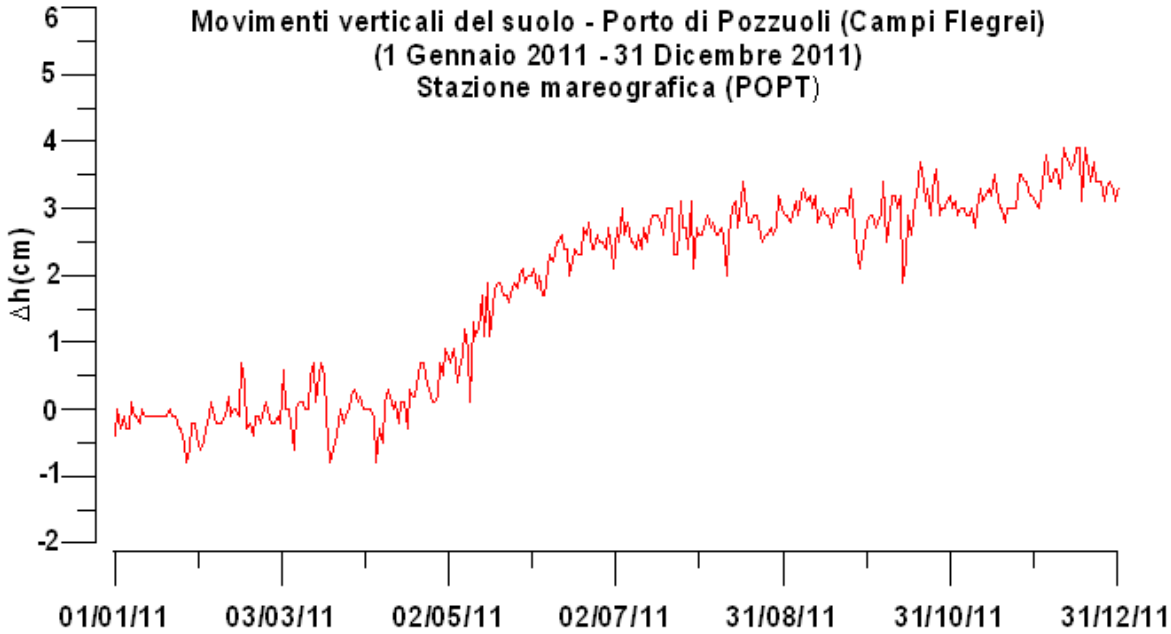

Figura 4.1.2.3 - Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2011 - dicembre 2011, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore digitale alla stazione mareografica di Pozzuoli Porto (POPT) (area centrale della caldera flegrea). Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione Porto di Napoli (NAPT).

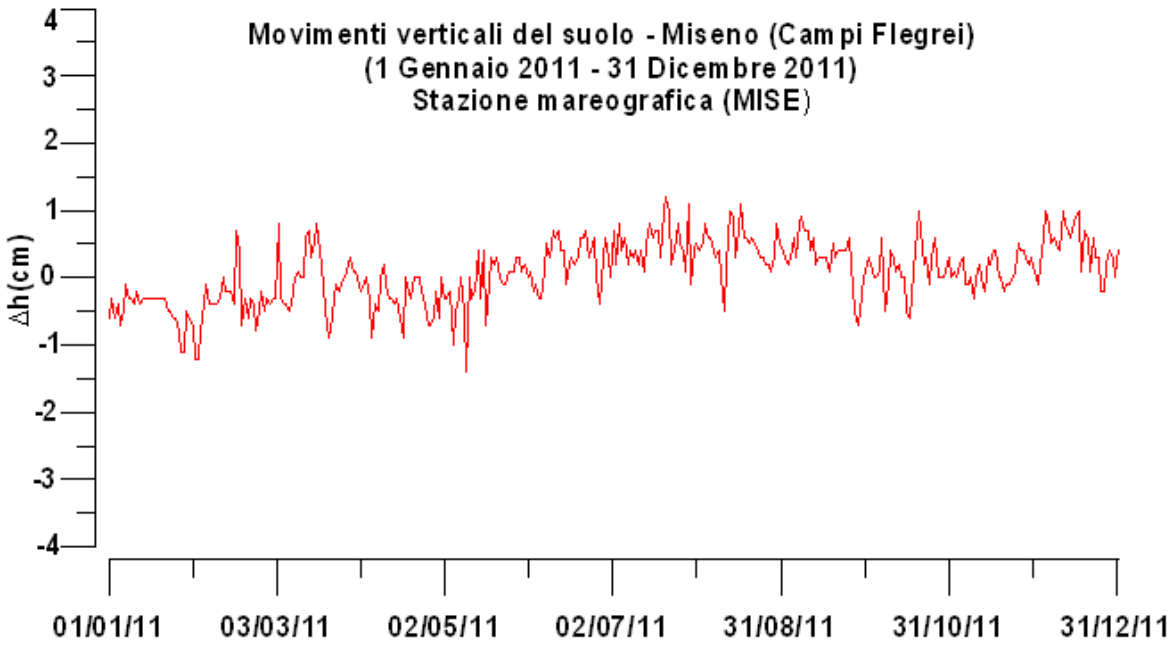

Figura 4.1.2.4 - Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2011 - dicembre 2011, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore digitale alla stazione mareografica di Miseno (MISE) (bordo occidentale della caldera flegrea). Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione Porto di Napoli (NAPT).

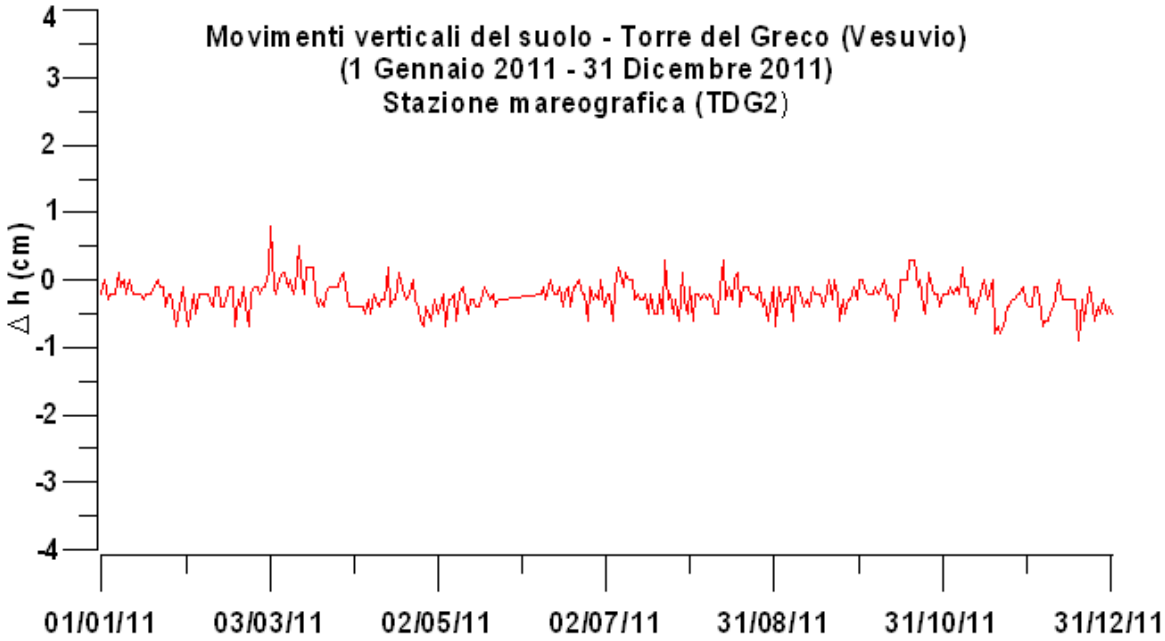

Figura 4.1.2.5 - Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2011 - dicembre 2011, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore digitale alla stazione mareografica di Torre del Greco (TDG2) (Vesuvio). Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione Porto di Napoli (NAPT).

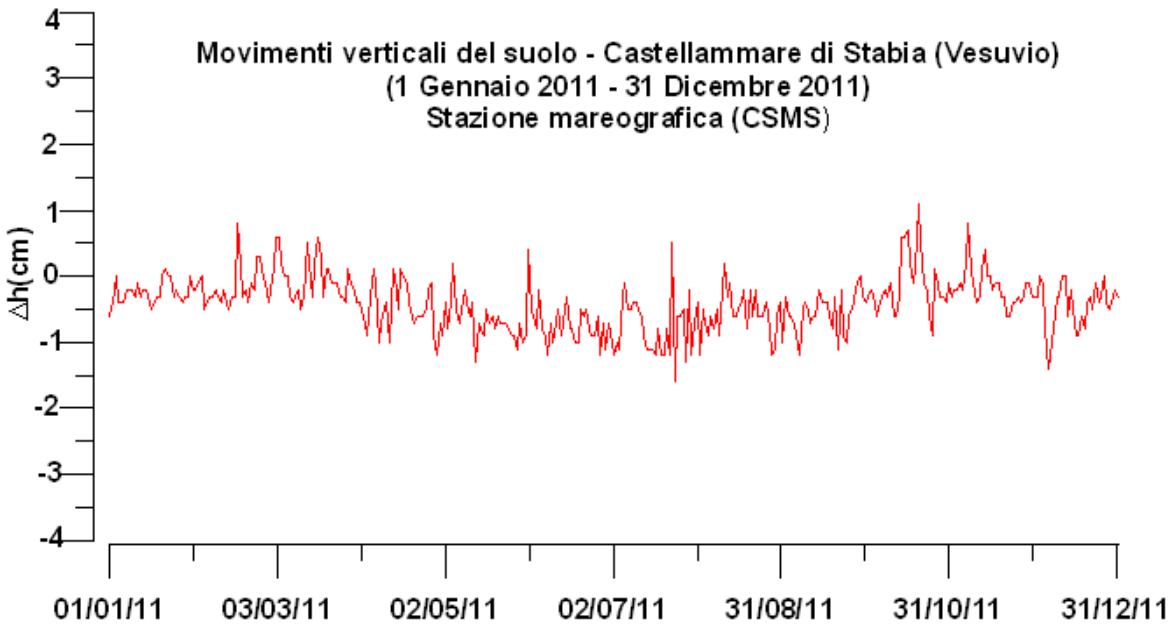

Figura 4.1.2.6 - Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2011 - dicembre 2011, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore digitale alla stazione mareografica di Castellammare di Stabia(CSMS) (Vesuvio). Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione Porto di Napoli (NAPT).