

Monografie istituzionali INGV
Volume XIV - appendice VII, 2010

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia



Convenzione **DPC - INGV** 2007-2009

Rendiconto dell'attività svolta nel 2009

Attività scientifica

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata 605 - 00143 Roma

tel 06518601 • fax 065041181

www.ingv.it





Convenzione DPC - INGV
2007-2009

Rendiconto dell'attività svolta nel 2009

Attività scientifica



Direttore Responsabile:
Enzo Boschi

Coordinamento Editoriale:
Alessandro Bonaccorso, Giuseppe Di Capua e Gianluca Valensise

Redazione Testi:
Giuseppe Di Capua

Aggiornamento Dati Finanziari:
Simona Mennella

Progetto Grafico:
Laboratorio Grafica e Immagini - INGV Roma

Progetto Editoriale:
Francesca Di Stefano - Centro Editoriale Nazionale - INGV Roma

© 2010 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Via di Vigna Murata, 605 - 00143 Roma
Tel. 06/518601 Fax 06/5041181
<http://www.ingv.it>

Sommario

Guida alla lettura	7
Introduzione	11
Voce A: mantenimento delle attività di monitoraggio e sorveglianza	13
1. Monitoraggio sismico del territorio nazionale	15
1.1. Reti disponibili e loro organizzazione	15
1.2. Reti fisse	15
1.3. Reti mobili	24
1.4. Strumentazione disponibile	25
1.5. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione	26
2. Monitoraggio accelerometrico del territorio nazionale	28
2.1. Organizzazione della rete	28
3. Monitoraggio geochimico delle aree vulcaniche	33
3.1. Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia)	33
3.2. Etna	49
3.3. Vulcano	54
3.4. Stromboli	58
3.5. Pantelleria	60
3.6. Panarea	63
4. Monitoraggio geodetico delle aree vulcaniche	65
4.1. Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia)	65
4.2. Etna	93
4.3. Vulcano-Lipari	97
4.4. Stromboli	98
4.5. Pantelleria	99
5. Monitoraggio sismico delle aree vulcaniche	100
5.1. Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia)	100
5.2. Stromboli	122
5.3. Etna	126
5.4. Apparati vulcanici delle Isole Eolie	135
6. Sorveglianza vulcanologica	139
6.1. Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia)	139
6.2. Stromboli	164
6.3. Etna	171
6.4. Simulazioni dei flussi lavici	180
7. Monitoraggio gravimetrico e magnetico	182
7.1. Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei)	182
7.2. Vulcano	189
7.3. Pantelleria	191
7.4. Etna	193
7.5. Stromboli	199
8. Rete GPS nazionale	202
8.1. Organizzazione della rete	202
8.2. Attività di gestione 2009	203
8.3. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione	203
9. Telerilevamento	204
10. Attività di sala operativa	205
10.1. Sala sismica del Centro Nazionale Terremoti	205
10.2. Sala operativa della Sezione di Catania	205
10.3. Sala di monitoraggio della Sezione di Napoli – Osservatorio Vesuviano	206
10.4. Sala operativa della Sezione di Palermo	207

Voce B: sviluppo ed innovazione tecnologica delle reti di monitoraggio e ottimizzazione delle attività di monitoraggio	209
1. Monitoraggio sismico del territorio nazionale	211
1.1. Introduzione	211
1.2. Acquisizione, analisi e archiviazione di dati sismici	211
2. Monitoraggio accelerometrico dell'Italia settentrionale	213
3. Monitoraggio vulcanologico	214
3.1. Monitoraggio visivo e termico: rete di telecamere di Stromboli e Vulcano	214
3.2. Degassamento di Radon (^{222}Rn) dal suolo	216
3.3. Monitoraggio elettrico	217
4. Monitoraggio geochimico delle aree vulcaniche	218
4.1. Introduzione	218
4.2. Sviluppo delle reti	218
4.3. Ampliamento delle reti	219
4.4. Ampliamento dei laboratori	219
5. Monitoraggio geodetico delle aree vulcaniche	221
5.1. Potenziamento del monitoraggio delle aree vulcaniche della Sicilia	221
5.2. Potenziamento del monitoraggio delle aree vulcaniche della Campania	221
6. Monitoraggio sismico delle aree vulcaniche	223
6.1. Potenziamento del monitoraggio delle aree vulcaniche della Sicilia	223
6.2. Potenziamento del monitoraggio delle aree vulcaniche della Campania	224
7. Rete GPS nazionale	225
7.1. Nuove installazioni	225
8. Telerilevamento	227
8.1. Progettazione e costruzione della piattaforma	227
8.2. Pianificazione ed installazione del sistema	227
9. Attività di sala operativa	228
9.1. Sala sismica del Centro Nazionale Terremoti	228
9.2. Sala operativa della Sezione di Catania	228
9.3. Sala di monitoraggio della Sezione di Napoli – Osservatorio Vesuviano	229

Guida alla lettura

Questo documento di rendicontazione tratta di tutte le attività svolte nel corso della terza ed ultima annualità della Convenzione 2007-2009 tra Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (nel seguito INGV) e Dipartimento della Protezione Civile (nel seguito DPC). Sono quindi considerate tutte le attività svolte tra il 1° gennaio e il 31 dicembre 2009, fine del periodo di riferimento e data di chiusura formale della Convenzione. Per quanto riguarda le spese, vengono invece rendicontate solo quelle effettuate tra il 1 luglio e il 31 dicembre, in quanto quelle relative al primo semestre del 2009 sono state già rendicontate in precedenza. Si sottolinea che la Rendicontazione scientifica qui presentata va considerata esaustiva di tutte le attività 2009 ed è quindi l'unica presentata per questa annualità. Questa circostanza è parzialmente in contrasto con quanto previsto dall'Atto Aggiuntivo siglato il 4 febbraio 2009 (n. di Repertorio 634), che ha parzialmente modificato l'art. 5 della Convenzione stessa e rimodulato i relativi impegni finanziari. L'articolo 5, comma 7 di detto Atto prevede infatti che la rendicontazione scientifica dell'attività svolta avvenga con la stessa cadenza prevista per la rendicontazione finanziaria, ovvero ogni sei mesi. Ritardi accumulati nella rendicontazione delle spese sostenute, unita alla difficoltà di parcellizzare la descrizione delle attività svolte hanno suggerito di presentare di fatto in un'unica soluzione le due rendicontazioni finanziarie semestrali e un sola rendicontazione scientifica onnicomprensiva.

Complessivamente il documento consta quindi di una sezione di Rendicontazione Scientifica e di una sezione di Rendicontazione Finanziaria.

La prima sezione descrive le attività svolte dalle diverse Sezioni nelle aree oggetto della Convenzione, ed è suddivisa secondo le voci A e B di cui all'articolo 5 della Convenzione stessa e successive modificazioni:

- Voce A – Mantenimento delle attività di monitoraggio e sorveglianza.
- Voce B – Sviluppo e innovazione tecnologica delle reti di monitoraggio e ottimizzazione delle attività di monitoraggio.

Si ricorda che le attività di cui alla Voce C – “Studi e ricerche su tematiche finalizzate alle attività di monitoraggio sismico e vulcanico e su zone di particolare interesse sismologico e vulcanologico, specificatamente individuate”, hanno una tempistica diversa e quindi modalità di rendicontazione del tutto indipendenti.

La seconda sezione del documento contiene la Rendicontazione Finanziaria relativa a tutte le attività svolte, sempre con riferimento alle due voci di cui sopra. Tale rendicontazione è svolta secondo la prassi normalmente utilizzata dall'INGV, tenuto conto degli indirizzi e delle prescrizioni contenuti nel “Documento Tecnico da Utilizzare nella Rendicontazione dei Fondi erogati dal Dipartimento della Protezione Civile agli Organismi Convenzionati”, nella sua revisione del 24 settembre 2008 approvata con Decreto PCM n. 5449 del 6 novembre 2008.

La Rendicontazione Finanziaria si chiude con una “Attestazione relativa alle spese per il personale dipendente” e una “Attestazione spese indirette rendicontate in misura forfetaria”, a firma del Direttore Generale Dott. Tullio PEPE, una “Attestazione della Spesa Rendicontata” a firma del Presidente dell'INGV, Prof. Enzo BOSCHI, e la “Relazione di Revisione” a firma del Dott. Carlo TIXON, revisore incaricato dall'INGV di certificare il documento di rendicontazione secondo quanto previsto dal citato Documento Tecnico del Dipartimento della Protezione Civile.

Le due sezioni del documento - la descrizione delle attività scientifiche e la documentazione finanziaria - sono raccolte in due volumi indipendenti. Per comodità di consultazione questa Guida alla Lettura è riportata all'inizio di entrambe i volumi.

Istituto Nazionale di

Geofisica e Vulcanologia



Introduzione

Introduzione

Questo documento rendiconta l'attività svolta nel corso dell'intero 2009 nell'ambito della Convenzione stipulata in data 11 aprile 2007 tra il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), e successivamente modificata con un Atto Aggiuntivo, n. 634 di Repertorio, che ha parzialmente modificato l'art. 5 della Convenzione stessa e rimodulato i relativi impegni finanziari.

Analogamente alle convenzioni che l'hanno preceduta, la presente Convenzione prevede lo svolgimento di attività di sorveglianza sismica e vulcanica sul territorio nazionale, di consulenza tecnico - scientifica e di studi sul rischio sismico e vulcanico, con riferimento a tematiche e a zone di particolare interesse identificate dal DPC. Si noti che l'attività descritta è quella che può essere considerata "ordinaria" e non include tutte le azioni poste in essere a seguito del terremoto che ha colpito L'Aquila e l'Abruzzo centrale il 6 aprile 2009. Queste azioni saranno descritte separatamente e in dettaglio in una relazione attualmente in corso di stesura a cura del Dott. Giulio Selvaggi, direttore del Centro Nazionale Terremoti.

Il documento è corredato di una dettagliata rendicontazione scientifica per quanto concerne le voci A e B dell'art. 5 della Convenzione:

- Voce A – Mantenimento delle attività di monitoraggio e sorveglianza.
- Voce B – Sviluppo e innovazione tecnologica delle reti di monitoraggio e ottimizzazione delle attività di monitoraggio.

Viceversa, il documento non rendiconta le attività svolte nell'ambito della voce C: "Studi e ricerche su tematiche finalizzate alle attività di monitoraggio sismico e vulcanico e su zone di particolare interesse sismologico e vulcanologico, specificatamente individuate". Sotto questa voce ricadono 11 progetti di ricerca gestiti dall'INGV, di cui 5 sismologici, 5 vulcanologici e uno a carattere misto, in totale analogia con quanto già svolto nel quadro della Convenzione 2004-2006. Tali progetti sono stati istruiti tra la fine del 2007 e l'inizio del 2008 ed hanno avuto avvio concreto il 1 maggio del 2008. La rendicontazione scientifica dei progetti avviene secondo modalità e con una tempistica indipendente dalla rendicontazione relativa alle voci A e B.

Voce A

Mantenimento delle **A**ttività di
Monitoraggio e **S**orveglianza



1. Monitoraggio sismico del territorio nazionale

1.1. Reti disponibili e loro organizzazione

Il monitoraggio sismico del territorio nazionale rappresenta uno dei principali compiti istituzionali dell'INGV. I costanti sviluppi tecnologici implementati negli ultimi anni hanno apportato un sensibile miglioramento sia qualitativo che quantitativo del monitoraggio, consentendo da un lato di ottenere informazioni sempre più dettagliate dello sviluppo della sismicità, e dall'altro di ridurre drasticamente i tempi di elaborazione per la completa fruibilità dell'informazione, sia a scopi di Protezione Civile, sia a fini di ricerca scientifica. Sono in corso ulteriori passi in avanti, tesi allo sviluppo di tematiche come early warning, produzione di shakemap in tempo quasi reale, utilizzo automatizzato di dati strong motion, ma in generale tutte le tematiche riguardanti la gestione più completa e tempestiva del dato sismologico rappresentano gli sviluppi previsti dall'evoluzione tecnologica delle reti di monitoraggio.

La Rete Sismica Nazionale, che viene gestita dal Centro Nazionale Terremoti (CNT) di Roma, si compone attualmente di oltre 250 stazioni remote, che trasmettono dati in tempo reale mediante tecnologie diverse. A queste, contribuiscono i dati ricevuti da altre reti locali/regionali/estere, quali la rete dell'Osservatorio Vesuviano dell'INGV-Sezione di Napoli, la rete sismica Etna, della Sicilia Orientale, e delle Isole Eolie gestita dalla Sezione di Catania, la rete VBB MedNet dell'INGV, la rete dell'Italia Nord Occidentale dell'Università di Genova, la rete a larga banda dell'Italia Nord-Est, la rete del Mugello, la rete della Regione Marche, la Rete Svizzera dell'ETH Zurigo, e la Rete Albanese.

In caso di emergenza sismica, due reti portatili composte rispettivamente da 8 stazioni sismiche standalone e da 9 stazioni sismiche con connettività ponte radio Wi-Fi + satellite vengono poste in esercizio nel più breve tempo possibile nell'area colpita, al fine di monitorare ed analizzare in dettaglio la sismicità locale. A tal fine, 3 unità di personale (1 sismologo, 1 tecnico, un logistico) presso la sede di Roma ed 1 unità di personale (tecnico) presso la sede di Grottaminarda sono in reperibilità H24, per garantire un intervento immediato. Ulteriore strumentazione sismica è disponibile, in caso di necessità, per la eventuale copertura di aree differenti del territorio. Per i dettagli costitutivi della rete si rimanda alle rendicontazioni precedenti.

1.2. Reti fisse

La Rete Sismica Nazionale si suddivide attualmente in più reti, che si distinguono tra loro per differenti tipologie di trasmissione dati (ponti radio satellitari, collegamenti Internet, reti IP dedicate, ponti radio terrestri, linee telefoniche affittate) e differenti tecniche di modulazione (analogica, in via di dismissione, TCP/IP, TDMA). Ciascuna di queste reti presenta dei vantaggi e degli svantaggi in termini di efficienza, robustezza, complessità, affidabilità, ed economicità. Per questo motivo, e soprattutto al fine di massimizzare l'affidabilità della rete complessiva nei confronti di possibili interruzioni di servizio dovute a disservizi nei punti nevralgici, per motivi tecnici o naturali (forti terremoti, incendi, inondazioni) non si è operata la scelta di un unico sistema omogeneo di trasmissione dati, ma si è preferita quella di reti diversificate nel vettore di trasmissione dati, per tipologie e per tecnologie implementate.

Per la parte satellitare, la porzione di rete gestita dal CNT consta a fine 2009 di 90 stazioni, telemetrate mediante 2 diversi satelliti e 3 differenti provider, con una distribuzione tale da coprire in modo sufficientemente omogeneo il territorio nazionale; a queste vanno aggiunte le 21 stazioni votate al monitoraggio dell'Etna e le 7 delle isole Eolie, che condividono scelte tecnologiche e vettori trasmissivi con la rete nazionale. In particolare tutte le nuove stazioni dell'area compresa tra la Calabria Meridionale, la Sicilia e le Isole Siciliane sono state realizzate secondo un progetto coordinato in sinergia tra i Laboratori di Roma, Grottaminarda e Gibilmanna del CNT e la sezione di Catania, con piena condivisione di obiettivi e risorse.

Lo standard di riferimento di una stazione sismica remota è attualmente costituito da un acquirente digitale ad alta dinamica, un sensore di velocità a tre componenti e a banda estesa, un sensore di accelerazione (strong motion) a tre componenti, un sistema di acquisizione dati GPS geodetici, ed un sistema di trasmissione dati ad alta affidabilità, mediante canale satellitare o terrestre. Tale standard non è ancora omogeneo su tutta la rete. Alla fine del 2009 oltre 160 stazioni centralizzate

in tempo reale sono dotate di sensori a banda larga e circa 30 di sensori a banda allargata, rendendo la percentuale del parco strumenti a corto periodo nettamente minoritaria e rendendo quindi possibile lo sviluppo di tecniche di analisi dati sempre più sofisticate.



Figura 1.2.1 – Mappa della rete sismica nazionale dell'INGV.

Tabella 1.2.1 – Elenco e quadro di dettaglio delle stazioni della rete sismica nazionale. Il numero totale delle stazioni è pari a 357.

Codice stazione	Ubicazione	Latitudine	Longitudine	Elevazione (m)	Rete
ABSI	ABERST.CKL (SARNTAL)	46.728.500	11.320.500	1801	SI
ACER	ACERENZA	40.786.700	15.942.700	690	IV
ACOM	ACOMIZZA	46.548.000	13.513.700	1788	NI
AGOR	AGORDO	46.282.900	12.047.200	631	NI
AGST	AUGUSTA	37.256.520	15.227.130	70	IV
ALJA	ALIA	37.748.970	13.753.730	700	IV
AMUR	ALTAMURA	40.907.100	16.604.100	443	IV
AOI	MONTE CONERO	43.550.170	13.602.000	530	IV
APPI	APPIANO	46.478.680	11.228.130	1056	IV
AQU	L'AQUILA	42.353.880	13.401.930	729	MN
ARCI	ARCIDOSSO	42.851.900	11.475.400	1080	IV
ARSA	ARZBERG	47.250.500	15.523.170	577	OE
ARV	ARCEVIA	43.497.680	12.941.020	459	IV
ARVD	ARCEVIA 2	43.498.070	12.941.530	461	IV
ASQU	ASQUA	43.796.700	11.789.300	860	IV
ASS	ASSISI	43.062.980	12.651.750	805	IV
ASSB	ASSISI SAN BENEDETTO	43.042.600	12.658.700	734	IV
ATBU	AVT- SERRA DI BURANO	43.475.710	12.548.280	1000	IV
ATCC	AVT- CASA CASTALDA	43.185.140	12.639.940	557	IV
ATFO	MONTE FOCE - GUBBIO	43.366.600	12.571.500	960	IV
ATLO	AVT- MONTELOVESCO	43.315.160	12.407.260	584	IV
ATMC	MONTE CEDRONE	43.446.850	12.192.800	740	IV
ATMI	AVT- MONTE MIGIANO	43.334.190	12.268.010	581	IV
ATN	ANTENNAMARE	38.159.480	15.464.720	1130	IV
ATPC	POGGIO CASTELLACCIO	43.480.700	12.457.000	810	IV
ATPI	PIETRALUNGA - AVIOSUPERFICIE	43.450.680	12.402.220	694	IV
ATTE	AVT- MONTE TEZIO	43.197.900	12.353.600	929	IV
ATVA	MONTE VALCINELLA	43.278.600	12.285.310	605	IV
ATVO	AVT- MONTE VALENTINO	43.382.110	12.406.630	638	IV
BADI	BADIALI	43.509.670	12.244.330	430	IV
BDI	BAGNI DI LUCCA	44.062.380	10.596.980	830	IV
BERNI	BERNINAPASS	46.413.400	10.023.100	2310	CH
BHB	BRICHERASIO	44.835.170	7.263.330	585	GU
BLLA	BELLARIA	44.142.940	12.470.330	1	IV
BLY	BANJA LUKA	44.748.800	17.183.900	256	MN
BNALP	BANNALP	46.870.500	8.425.000	1540	CH
BNI	BARDONECCHIA	45.052.820	6.676.330	1407	MN
BOB	BOBBIO	44.767.920	9.447.820	910	IV
BOSI	BOZEN-ZIVILSCHUTZ ZENTRALE	46.495.200	11.318.500	242	SI
BRES	BRESSANONE	46.698.680	11.734.100	2454	IV
BRMO	BORMIO	46.476.000	10.373.070	1380	IV
BRSN	BARISANO	44.284.070	12.076.870	20	IV
BRT	BARI CASTELLANA	40.873.620	17.148.070	300	IV
BSSO	BUSSO	41.546.100	14.593.800	1010	IV
BULG	BULGHERIA - CAMEROTA	40.078.300	15.377.600	815	IV
CADA	CAPODARCO	43.194.200	13.761.400	148	IV
CAFE	CARIFE	41.028.000	15.236.600	1070	IV

Codice stazione	Ubicazione	Latitudine	Longitudine	Elevazione (m)	Rete
CAFI	CASTIGLION FIORENTINO	43.329.200	11.966.300	547	IV
CAFR	CASTEL FRENTANO	42.227.300	14.347.000	250	IV
CAMP	CAMPOTOSTO	42.535.780	13.409.000	1283	IV
CASP	CASTIGLIONE DELLA PESCAIA	42.790.800	10.865.200	390	IV
CAVT	CASTELVETRANO - MARCITA	37.678.830	12.755.600	158	IV
CDCA	CITTÀ DI CASTELLO	43.458.400	12.233.600	50	IV
CDRU	CIVITA DI RUTA - OTTATI	40.489.600	15.304.600	1057	IV
CEL	CELESTE	38.260.310	15.893.930	702	MN
CERA	FILIGNANO	41.597.800	14.018.300	800	IV
CERT	CERRETO	41.949.030	12.981.760	773	IV
CESI	CESI-SERRAVALLE DI CHIANTI	43.004.900	12.904.600	840	IV
CESX	CESI	42.610.000	12.580.000	380	IV
CGL	PUNTA SERPEDDI'	39.366.000	9.296.000	1050	IV
CGRP	CIMA GRAPPA	45.880.670	11.804.670	1757	NI
CIGN	SANT'ELIA A PIANISI	41.654.180	14.905.020	350	IV
CING	CINGOLI	43.375.570	13.195.400	626	IV
CIRO	CHAMPORCER	45.601.900	7.568.200	2516	GU
CLTB	CALTABELLOTTA	37.578.570	13.215.620	957	MN
CMPO	CAMPOTTO PO	44.580.800	11.805.600	2	IV
CMPR	CAMPORA	40.318.100	15.303.000	732	IV
CORL	CORLEONE (PALERMO)	37.894.300	13.303.800	660	IV
CRAC	CRACO	40.365.000	16.435.000	384	IV
CRE	CAPRESE MICHELANGELO	43.618.880	11.951.670	1215	IV
CRJA	COSTA RAJA	37.801.620	13.004.330	560	IV
CRMI	CARMIGNANO	43.790.000	10.970.000	490	IV
CSLB	CASTELBUONO	37.937.450	14.057.850	583	IV
CSNT	CASTELLINA IN CHIANTI	43.473.110	11.290.170	636	IV
CSSN	CASSANO IRPINO	40.860.900	15.023.900	690	IV
CTI	CASTELLO TESINO	46.048.180	11.649.700	1180	IV
CTL8	CASTELLEONE	45.276.300	9.762.200	60	IV
CUC	CASTROCUCCO	39.993.820	15.815.540	637	MN
DAVOX	DAVOS	46.780.600	9.879.700	1830	CH
DGI	DORGALI GROTTA ISPINIGOLI	40.318.020	9.606.680	354	IV
DIVS	DIVCIBARE	44.098.100	19.991.700	1000	MN
DIX	GRAND DIXENCE	46.080.500	7.404.000	2400	CH
DOI	SAN DAMIANO MACRA	44.504.150	7.246.650	1039	IV
ECCS	CONTRADA CASSONE	37.710.500	15.064.330	1500	I1
ECNV	CATENANUOVA	37.595.600	14.712.500	484	IV
ECPN	CASE DEL PIANO	37.742.830	14.988.500	2985	I1
ECTS	CASTIGLIONE	37.882.000	15.121.000	681	I1
EMA		37.688.330	15.062.330	1250	I1
EMGD	MONTE GROSSO	37.670.330	15.007.330	1350	I1
EMI		37.721.330	14.916.500	1560	I1
EMV	VIEUX EMOSSON	46.063.200	6.898.900	2210	CH
EMVD		37.691.000	14.983.500	1855	I1
ERBM	EREMO DI BISMANTOVA	44.419.450	10.412.680	933	IV
ERC	ERICE	38.037.630	12.587.300	776	IV
ESLN	SERRA LA NAVE	37.693.400	14.974.400	1787	IV
ESPC	SERRA PIZZUTA	37.691.670	15.027.330	1600	I1
ESPD		37.697.170	15.034.500	1600	I1
FAEN	FAENZA	44.289.500	11.877.000	41	IV

Codice stazione	Ubicazione	Latitudine	Longitudine	Elevazione (m)	Rete
FAGN	FAGNANO	42.265.730	13.583.790	761	IV
FAVR	FAVARA 2	37.267.080	13.666.930	258	IV
FDMO	FIORDIMONTE	43.036.500	13.087.300	550	IV
FG2	SERRACAPRIOLA	41.804.800	15.160.920	241	IV
FG4	CANDELA	41.131.970	15.517.520	450	IV
FG5	ORSARA DI PUGLIA	41.282.500	15.267.780	660	IV
FGMS	MONTE SANT'ANGELO 2	41.707.880	15.953.450	848	IV
FIAM	FIAMIGNANO	42.268.020	13.117.180	1070	IV
FINB	FINALE LIGURE	44.177.500	8.325.300	85	GU
FIR	FIRENZE	43.774.366	11.255.134	40	IV
FIU	FONDO FIUMICELLO (MINERBIO)	44.640.310	11.491.650	12	IV
FIVI	FIVIZZANO	44.239.300	10.127.300	380	GU
FNVD	FONTANA VIDOLA	44.167.820	11.122.900	950	IV
FRES	FRESAGRAN DINARIA	41.973.510	14.669.260	414	IV
FSSB	FOSSOMBRONE	43.693.090	12.777.070	523	IV
FUORN	OFENPASS	46.620.200	10.263.500	2335	CH
FUSIO	FUSIO	46.454.900	8.663.100	1480	CH
FVI	FORNI AVOLTRI	46.596.580	12.780.400	1024	IV
GALF	GAGLIANO CASTELFERRATO	37.710.700	14.566.500	740	IV
GATE	GAMBATESA	41.513.145	14.910.201	487	IV
GAVE	GAVELLI	42.692.200	12.894.200	1161	IV
GEPF	GEMONA	46.275.000	13.138.600	12	RF
GIB	GIBILMANNA	37.990.126	14.026.023	1020	IV
GIGS	GRAN SASSO	42.450.000	13.569.000	1000	IV
GIMEL	ST GEORGES-GIMEL	46.534.700	6.265.800	1130	CH
GIO	MONTE SAN GREGORIO	37.566.670	15.108.330	200	IV
GIUL	GIULIANO DI ROMA	41.558.270	13.254.580	566	IV
GMB	GAMBARIE	38.168.070	15.828.880	1300	IV
GMNA	GEMONA	46.279.800	13.138.320	250	IV
GRFL	GERFALCO	43.147.170	10.975.450	750	IV
GRI	GIRIFALCO	38.822.130	16.420.020	510	IV
GROG	ISOLA DI GORGONA	43.426.180	9.892.010	118	IV
GSCL	GUSCIOLA	44.350.470	10.588.100	674	IV
GUAR	GUARCINO	41.794.500	13.312.290	741	IV
GUMA	GUALDO DI MACERATA	43.062.700	13.335.200	574	IV
HAGA	HYBLEAN AUGUSTA	37.285.000	15.155.000	126	IV
HAVL	AVOLA	36.959.600	15.122.000	502	IV
HCRL	CARLENTINI	37.283.100	15.032.500	240	IV
HMDC	MODICA	36.959.000	14.783.100	595	IV
HVZN	VIZZINI	37.178.300	14.715.500	787	IV
IACL	ALICUDI	38.533.000	14.355.000	145	IV
IFIL	FILICUDI	38.564.200	14.575.300	277	IV
ILLI	LIPARI	38.445.700	14.948.300	283	IV
IMI	IMPERIA	43.910.500	7.893.170	840	IV
INTR	INTRODACQUA	42.011.540	13.904.600	924	IV
IVPL	VULCANO PIANO	38.376.300	14.980.100	486	IV
IVUG	ISOLA VULCANO GRILLO	38.396.000	14.986.000	250	IV
JOPP	JOPPOLO	38.606.800	15.885.600	500	IV
KEK	KERKIRA	39.713.000	19.798.700	280	HL
KLV	KALAVRYTA, ACHAIA	38.043.670	22.150.420	758	HL
KOSI	KOHLERN-TITSCHEN	46.463.000	11.377.800	1604	SI

Codice stazione	Ubicazione	Latitudine	Longitudine	Elevazione (m)	Rete
LADO	SAN NICOLA DELL'ALTO	39.283.981	16.979.492	488	IV
LATE	LATERA	42.613.700	11.804.000	610	IV
LAV9	LANUVIO	41.677.780	12.698.880	300	IV
LNSS	LEONESSA	42.602.860	13.040.320	1155	IV
LPD	LAMPEDUSA	35.511.000	12.595.000	20	IV
LPEL	LAMA DEI PELIGNI	42.046.800	14.183.200	760	IV
LPI	LIPARI	38.489.580	14.932.450	611	IV
LSD	LAGO SERRU' - CERESOLE REALE	45.459.500	7.134.330	2285	GU
LTRZ	LATERZA	40.603.250	16.819.100	381	IV
LVI	LEVANZO	37.985.550	12.336.930	30	IV
MA9	MARINO	41.770.170	12.659.330	340	IV
MABI	MALGA BISSINA	46.054.920	10.514.000	1853	IV
MAGA	MAGASA	45.775.300	10.628.600	1265	IV
MAIM	MASTIANO	43.914.170	10.491.500	200	GU
MAON	MONTE ARGENTARIO	42.428.280	11.130.900	237	IV
MATE	MATERA	40.649.070	16.704.420	494	GE
MCEL	MONTICELLO	40.324.900	15.801.900	960	IV
MCGN	MACUGNAGA	45.957.370	7.987.780	1185	IV
MCRV	CALABRITTO - MT. CERVIALTO	40.782.600	15.168.400	1191	IV
MCT	MONTECAMMARATA	37.618.640	13.607.610	1558	IV
MDI	MONTE DI NESE	45.769.720	9.716.000	954	IV
MELA	MELANICO - S. CROCE DI MAGLIANO	41.705.900	15.127.000	115	IV
MESG	MESAGNE	40.589.408	17.850.423	78	IV
MEU	MONTE LAURO	37.111.120	14.830.000	986	IV
MFNL	MONTE FINESTRELLE	37.790.820	12.922.420	677	IV
MGAB	MONTEGABBIONE	42.912.630	12.112.140	547	IV
MGR	MORIGERATI	40.137.600	15.553.520	288	IV
MIDA	MIRANDA	41.641.880	14.254.020	950	IV
MIGL	MIGLIONICO	40.604.400	16.441.000	440	IV
MILZ	MILAZZO FARO	38.271.300	15.231.300	0	IV
MMGO	MONTE MAGAGGIARO	37.661.950	12.976.730	397	IV
MMK	MATTMARK	46.051.670	7.965.000	2200	CH
MMME	MONGIUFFI-MELIA	37.935.200	15.253.900	959	IV
MMN	MORMANNO	39.890.961	15.990.414	921	IV
MNO	MONTE SORO	37.931.000	14.695.000	1830	IV
MNS	MONTASOLA	42.385.460	12.681.060	706	IV
MOCO	BICCARI - MONTE CORNACCHIA	41.370.000	15.158.000	1049	IV
MODE	MODENA	44.629.722	10.949.167	41	IV
MODR	MONDRAGONE	41.145.900	13.877.900	345	IV
MONC	MONCUCCO TORINESE	45.073.900	7.927.100	480	IV
MOSI	GRO.MONTONI-VINSCHGAU	46.616.400	10.549.500	1957	SI
MPAZ	PALIZZI	37.953.100	16.006.700	496	IV
MPG	MONTE PELLEGRINO	38.161.670	13.360.000	600	IV
MRB1	MONTE ROCCHETTA	41.122.700	14.968.150	688	IV
MRGE	MORGE	45.769.750	7.061.010	1660	IV
MRLC	MURO LUCANO	40.756.400	15.488.920	605	IV
MRVN	MINERVINO MURGE	41.060.900	16.195.800	610	IV
MSAG	MONTE S. ANGELO	41.712.000	15.909.600	890	IV
MSC	M. MASSICO	41.191.500	13.971.330	109	OV
MSCL	SCILLA	38.232.000	15.790.000	893	IV
MSI	MESSINA	38.205.250	15.553.850	55	IV

Codice stazione	Ubicazione	Latitudine	Longitudine	Elevazione (m)	Rete
MSRU	POGGIO SCUDEARU	38.263.900	15.508.300	408	IV
MSSA	MAISSANA	44.316.250	9.517.390	930	IV
MTCE	MONTECELIO	42.022.800	12.742.220	388	IV
MTGR	MONTAGNA GRANDE	37.893.370	12.759.320	751	IV
MTRZ	MONTERENZIO	44.312.800	11.424.800	570	IV
MTSN	MONTESANO SULLA MARCELLANA	40.266.300	15.751.500	1056	IV
MTTG	MOTTA SAN GIOVANNI	38.003.100	15.699.920	484	IV
MUGIO	MUGGIO	45.921.900	9.041.700	830	CH
MURB	MONTE URBINO	43.263.000	12.524.600	845	IV
NL9	NOLA	40.920.500	14.545.000	75	OV
NOCI	NOCI	40.788.800	17.064.400	420	IV
NOVE	NOVELLARA	44.798.220	10.716.080	16	IV
NRCA	NORCIA	42.833.550	13.114.270	927	IV
OC9	CASAMICCIOLA	40.745.830	13.900.830	123	OV
OFFI	OFFIDA	42.935.000	13.685.700	320	IV
ORI	ORIOLO CALABRO	40.050.960	16.450.405	375	IV
ORO	OROPA	45.626.780	7.981.300	1157	IV
OSKI	OSCHIRI	40.821.000	9.108.300	896	IV
OVO	OSSERVATORIO VESUVIANO	40.827.500	14.396.670	584	OV
PALA	MONTE PALA	46.245.000	12.924.000	1280	NI
PALZ	PALAZZO SAN GERVASIO	40.944.100	15.960.200	450	IV
PAOL	PAOLISI	41.031.206	14.567.486	715	IV
PARC	PARCHIULE	43.648.600	12.238.600	580	IV
PCP	PIAN CASTAGNO-PONZONE	44.541.330	8.545.170	770	GU
PDG	PODGORICA	42.429.700	19.260.800	40	MN
PE9	PESCOSANNITA	41.233.330	14.833.330	395	OV
PESA	PESARO	43.941.050	12.840.180	221	IV
PGD	POGGIO SODO	43.875.280	11.721.380	1500	IV
PIEI	PIEIA	43.535.670	12.535.000	665	IV
PII	PISA	43.721.930	10.524.950	66	IV
PIPA	PIETRAPAOLA	39.485.140	16.815.800	479	IV
PLAC	PLACANICA	38.449.400	16.438.300	602	IV
PLLN	POLLINA	37.992.600	14.143.100	787	IV
PLMA	PALMARIA-PORTOVENERE	44.049.840	9.850.710	22	IV
PLONS	PLONS	47.049.200	9.380.700	1068	CH
POFI	POSTA FIBRENO	41.717.430	13.712.020	878	IV
POLC	POLCENIGO	46.026.600	12.500.500	150	NI
POZ	POZZUOLI	40.820.330	14.120.500	3	OV
PRMA	PARMA	44.763.740	10.313.110	78	IV
PSB1	PESCO SANNITA	41.223.450	14.810.780	551	IV
PTCC	PATOCCO	46.407.500	13.354.000	700	IV
PTQR	PIETRAQUARIA	42.021.930	13.400.570	957	IV
PTRJ	PIETRAROJA	41.364.100	14.529.000	1027	IV
PTRP	PIETRAPERIOSA	40.521.480	16.061.240	1077	IV
PTS	PANTELLERIA	36.807.000	11.993.000	100	IV
PZI	PALAZZOLO ACREIDE	37.057.150	14.947.550	603	IV
PZUN	POTENZA UNIVERSITÀ	40.645.800	15.807.000	820	BA
PZZ	PRAZZO (STROPPO)	44.506.800	7.116.000	1430	GU
PZZT	MONTE PIZZETTO	44.131.300	10.861.700	1236	IV
QLNO	QUILIANO	44.324.250	8.345.920	547	IV
RAFF	RAFFO ROSSO	37.222.500	14.362.400	310	IV

Codice stazione	Ubicazione	Latitudine	Longitudine	Elevazione (m)	Rete
RAVA	RAVARINO	44.755.870	11.118.800	15	IV
RDP	ROCCA DI PAPA	41.758.330	12.716.670	760	IV
RESU	RESUTTANO	37.646.800	14.056.800	785	IV
RFI	ROCCAMONFINA	41.300.570	13.984.720	780	IV
RGNG	RIGNANO GARGANICO	41.674.170	15.586.380	587	IV
RISI	REIN IN TAUFERS-AHRNTAL	46.948.000	12.078.700	1785	SI
RMP	MONTE PORZIO CATONE	41.811.120	12.702.220	380	IV
RNI2	RIONERO SANNITICO	41.703.280	14.152.400	950	IV
ROM9	ROMA (SEDE INGV)	41.828.420	12.515.530	110	IV
RORO	ROCCA ROSSA	44.112.170	8.066.170	260	GU
ROSI	RO.KOPF-STERZING	46.928.100	11.411.800	1917	SI
ROVR	ROVERE' VERONESE	45.646.800	11.072.100	1316	IV
RRL	CESANA TORINESE	44.920.830	6.790.830	2130	GU
RSM	REPUBBLICA DI SAN MARINO	43.930.270	12.449.700	645	IV
RSP	RENO SUPERIORE	45.148.170	7.265.330	1285	GU
SABO	SABOTINO	45.987.500	13.633.600	621	NI
SACR	S. CROCE DEL SANNIO	41.397.400	14.705.700	859	IV
SACS	SAN CASCIANO DEI BAGNI	42.849.060	11.909.670	845	IV
SAL	SALO'	45.607.780	10.525.480	90	IV
SALB	SAN LORENZO BELLIZZI	39.877.200	16.345.900	1200	IV
SALO	SALÒ	45.618.300	10.524.300	600	IV
SAMA	S.MARIA DELLE MOLE (CIAMPINO, ROMA)	41.780.500	12.592.300	119	IV
SAOF	SAORGE	43.986.000	7.553.000	595	FR
SATI	PASSO SALATI	45.875.300	7.868.500	3005	GU
SBPO	S.BENEDETTO PO	45.051.080	10.919.870	10	IV
SC2M	SCURTABÒ	44.404.300	9.534.300	664	GU
SCHR	S. CHIRICO RAPARO	40.199.240	16.075.900	968	IV
SCLL	SCILLA	38.256.250	15.714.320	81	IV
SCTE	SANTA CESAREA TERME	40.072.400	18.467.500	150	IV
SDI	SAN DONATO VAL COMINO	41.709.950	13.810.700	698	IV
SEI	SANT'AGATA	44.054.280	11.358.550	610	IV
SENI	SENIGALLIA	43.705.200	13.233.100	10	IV
SERS	SERSALE	39.035.900	16.688.600	1221	IV
SFI	SANTA SOFIA	43.904.770	11.846.950	548	IV
SGG	S.GREGORIO MATESE	41.386.670	14.379.170	880	OV
SGO	SICIGNANO DEGLI ALBURNI	40.560.450	15.307.380	651	IV
SGRT	SAN GIOVANNI ROTONDO	41.754.600	15.743.700	960	IV
SGTA	SANT AGATA DI PUGLIA	41.135.000	15.365.000	890	IV
SIRI	MONTE SIRINO - MOLITERNO	40.182.100	15.867.500	1063	IV
SLCN	SALA CONSILINA	40.390.000	15.632.770	986	IV
SLNA	SALINA	38.563.550	14.832.950	361	IV
SMA1	SAN MARTINO	42.630.500	13.335.300	1150	IV
SMPL		42.094.000	9.285.000	405	FR
SN1	CAPO MULINI MARE	37.547.600	15.397.500	-2065	IV
SNAL	S. ANGELO DEI LOMBARDI	40.925.420	15.209.080	874	IV
SNTG	ESANATOGLIA	43.255.000	12.940.570	650	IV
SOI	SAMO	38.073.230	16.054.240	305	IV
SOLUN	SOLUNTO	38.091.930	13.532.610	190	IV
SOR	TERMINI DI SORRENTO	40.582.000	14.335.000	497	OV
SSY	SORTINO	37.157.700	15.073.700	600	IV
STR1	STROMBOLI 1	38.795.000	15.224.170	488	IV

Codice stazione	Ubicazione	Latitudine	Longitudine	Elevazione (m)	Rete
STR3	STROMBOLI 3	38.797.830	15.230.500	195	OV
STR4	STROMBOLI 4	38.773.850	15.211.500	86	OV
STR5	STROMBOLI 5	38.791.070	15.203.170	632	IV
STR8	STROMBOLI 8	38.799.670	15.218.670	529	IV
STRA	STROMBOLI A	38.795.240	15.217.120	843	IV
STV	SANT'ANNA DI VALDIERI	44.245.500	7.326.000	930	GU
T0104	COPPITO- MADONNA DELLE GRAZIE	42.359.900	13.338.200	754	IV
T0401	MONTOTONE (FERMO)	43.062.070	13.595.670	343	IV
T0402	ABBADIA DI FIASTRA (TOLENTINO)	43.221.340	13.406.350	212	IV
TDS	TERRANOVA DA SIBARI	39.660.100	16.337.620	244	IV
TEOL	TEOLO	45.361.667	11.673.889	370	IV
TERO	TERAMO	42.622.790	13.603.930	673	IV
TIP	TIMPAGRANDE	39.179.350	16.758.270	789	MN
TIR	TIRANA	41.347.215	19.863.082	247	MN
TOLF	TOLFA	42.064.060	12.000.170	371	IV
TR9	TREVICO	41.045.830	15.232.000	1094	OV
TRAV	TRAVERSELLA	45.512.670	7.747.000	990	GU
TRI	TRIESTE	45.708.830	13.764.170	161	MN
TRIV	TRIVENTO	41.766.600	14.550.200	598	IV
TRTR	TORTORETO ALTA	42.808.100	13.913.800	160	IV
TUE	STUETTA	46.472.230	9.347.320	1924	MN
USI	USTICA	38.707.870	13.179.130	285	IV
VAGA	VALLE AGRICOLA	41.415.400	14.234.200	795	IV
VAI	VARESE	45.867.420	8.768.370	1150	IV
VARE	VARESE	45.867.694	8.770.000	1219	IV
VCEL	VILLA CELIERA	42.394.550	13.840.590	1185	IV
VENT	VENTOTENE	40.794.780	13.421.560	108	IV
VINO	VILLANOVA	46.253.830	13.275.500	608	NI
VLC	VILLA COLLE MANDINA	44.159.130	10.386.180	562	MN
VMG	VILLORE DEL MUGELLO	43.961.670	11.543.830	450	IV
VSL	VILLASALTO	39.496.000	9.378.000	370	MN
VULT	MONTE VULTURE - MELFI	40.954.900	15.616.300	1101	IV
VVLD	VILLAVALLELONGA	41.869.650	13.623.240	1051	IV
WDD	WIELD DALAM	35.837.300	14.524.200	44	MN
WTTA	WATTENBERG	47.263.670	11.636.330	1764	OE
ZCCA	ZOCCA	44.350.850	10.976.500	700	IV

1.2.1. Gestione e manutenzione delle stazioni sismiche

La manutenzione delle stazioni della rete è gestita in collaborazione dal Laboratorio Sismologico del CNT, dall'Osservatorio di Grottaminarda, dall'Osservatorio di Gibilmanna, dall'Osservatorio di Ancona, e da personale del CNT ubicato presso altre sedi (Milano, L'Aquila), e con altri Enti con cui sussiste una convenzione di collaborazione (Università di Genova, Osservatorio di Prato, Osservatorio di Perugia, CRS di Udine, ecc.). Le attività di manutenzione vanno dal regolare aggiornamento HW/SW della strumentazione, al monitoraggio della qualità di funzionamento, alla diagnostica, ed agli interventi in sito di riparazione, gestione e manutenzione.

1.2.2. Controllo dell'acquisizione e della qualità dei dati

Personale turnista e di laboratorio è dedicato al monitoraggio regolare e costante dello stato di funzionamento della strumentazione remota, dei sistemi di trasmissione dati, e dei sistemi di acquisizione e di elaborazione centralizzati. Data la delicatezza di questa attività, su cui si basa la efficienza ed affidabilità del servizio di sorveglianza sismica, notevoli risorse vengono ivi investite,

sia in termini di personale sia in termini economici, di strumentazione ed infrastrutture (laboratori, autoparco), per il suo efficiente svolgimento.

Per le reti a trasmissione terrestre, sono stati mantenuti i collegamenti tramite la rete RUPA (Rete Unitaria della Pubblica Amministrazione); la prevista migrazione dei collegamenti delle stazioni remote al nuovo provider nell'ambito dei Servizi Pubblici di Connettività (SPC) non è tuttora realizzabile, per problematiche gestionali del provider, mentre questi nuovi servizi sono stati in parte implementati nei collegamenti tra i centri di monitoraggio. Attualmente, 62 stazioni risultano collegate con la tecnologia RUPA. A queste, vanno aggiunte altre 40 stazioni collegate con varie tecnologie di trasmissione digitale (Internet, ponti radio terrestri, ecc.) e, seppur in via di circa 30 stazioni della tradizionale rete a trasmissione analogica tuttora funzionanti.

Vanno inoltre menzionate stazioni sismiche gestite dall'INGV su base convenzionata regionale (Regioni Marche e Molise), su progetti di collaborazione (Abruzzo, Umbria, Toscana) o su progetti specifici (Val Tiberina, Lombardia, Veneto, Sicilia e Calabria), che contribuiscono sensibilmente ad un monitoraggio più di dettaglio della sismicità su aree campione.

A queste vanno aggiunte le reti gestite dalla Sezione di Napoli: tali reti, pur essendo principalmente indirizzate al monitoraggio vulcanico, forniscono comunque un sensibile contributo al monitoraggio complessivo del territorio nazionale.

1.2.3. Rete Euro-Mediterranea (MedNet)

Un'importante integrazione al monitoraggio sismico proviene anche da stazioni operanti esternamente al territorio nazionale, sia gestite direttamente dall'Istituto tramite il progetto MedNet che gestite da altri Enti, ma partecipanti ad un meccanismo di scambio dati ormai ben consolidato su chiave europea. La rete MedNet, nata negli anni '90 per scopi di ricerca pura, con requisiti tecnologici molto elevati, ha assunto sempre più negli ultimi anni funzioni di monitoraggio e di informazione su forti eventi a livello euro mediterraneo. Oggi la rete MedNet è una realtà affermata a livello europeo per la produzione di dati di elevata qualità sismologica.

Nel corso del 2009, la rete si è arricchita di una nuova stazione, ubicata presso l'Osservatorio Sismologico di Banja Luka, Bosnia-Herzegovina, grazie al protocollo di collaborazione sottoscritto tra l'INGV e l'Istituto locale, completando la copertura di stazioni a larga banda nella regione balcanica.

1.3. Reti mobili

1.3.1 Rete mobile

Le reti mobili gestite dal CNT si suddividono fundamentalmente in reti di emergenza e reti per esperimenti. Le reti di emergenza sono di due tipi: la prima è una rete di stazioni sismiche standalone, con acquisizione dati locale; è una rete di 8 stazioni, sempre disponibili, che ha il vantaggio di essere di rapidissima installazione. Ogni stazione dispone di un sismometro e di un accelerometro, per la massima copertura di dinamica senza rischio di saturazione da forti segnali. La seconda è una rete composta da 9 stazioni + una di riserva, con telemetria in ponte radio + satellite. Questa rete costituisce un'integrazione alle stazioni della Rete Sismica Nazionale, per studi di sismicità di dettaglio dell'area colpita da un forte evento. Infine, il parco strumentale dispone altre 44 stazioni remote standalone, normalmente utilizzate per esperimenti scientifici di campagna, eventualmente utilizzabili in caso di emergenza per la copertura di aree colpite. Nel corso del 2009, e particolarmente durante la gestione dell'emergenza Abruzzo, è stato possibile estendere l'acquisizione dati in telemetria anche per stazioni di tipo standalone, ricorrendo all'uso di modem/router in telefonia mobile UMTS. Questa tecnica di trasmissione dati, senza dubbio meno affidabile di quella satellitare, ha però dalla sua il vantaggio di una grande semplicità, scarso ingombro, leggerezza, e bassi consumi, aspetti questi che rendono possibile il collegamento dati per acquisizione centralizzata in tempi estremamente rapidi.

1.3.2. Rete OBS

La rete OBS/H si compone di 7 strumenti equipaggiati con sensori a larga banda e di un prototipo sviluppato nell'ambito della convenzione. L'attività principale relativa a questo settore è stata l'uso della strumentazione in ambito di campagne di acquisizione in mare, anche in collaborazione con altri progetti di ricerca, finalizzati alla comprensione della tettonica attiva. Si riassumono di seguito gli impegni che sono stati realizzati durante il 2009.

Tra la fine di febbraio ed i primi di marzo del 2009, grazie alla disponibilità dell'INOGS di Trieste, che ci ha ospitato a bordo della N/R Explora, è stato recuperato e sostituito l'OBS/H deposto un

anno prima nello Ionio meridionale. Il 7 dicembre 2009 un altro OBS/H, con a bordo un sensore sismico Guralp CMG40T/OBS 60 sec., un idrofono (HTI-04-PCI/ULF, 100s – 8kHz) e un sensore di temperatura, è stato deposto a circa 10 km dall'epicentro del terremoto di Palermo verificatosi il 6 settembre 2002. Lo strumento è stato deposto non lontano dalla zona in cui, a poche ore dal terremoto, si verificò l'interruzione di un cavo di telecomunicazioni in fibra ottica che collega Palermo a Roma. Il pezzo di cavo recuperato, dopo alcuni giorni, dalla nave che effettuò le riparazioni, è risultato bruciato da un capo e sepolto dall'altro per circa 3 km, cosa che fece ipotizzare la fuoriuscita di magma o di gas e/o fluidi ad elevata pressione e temperatura ed altamente corrosivi. Il recupero dell'OBS/H è previsto per luglio 2010. Alla fine del 2009 è stato realizzato il prototipo del nuovo OBS/H versione "B". Ai primi test in laboratorio seguirà, nei primi mesi del 2010, una fase di test operativi in mare. Sempre durante il 2009, grazie alla collaborazione del Laboratorio di Sismologia Sperimentale del CNT, è stato realizzato il prototipo di una scheda elettronica, destinata ad essere installata sul nuovo OBS/H, che comprende al suo interno un digitalizzatore con quattro canali a 24 bit e un sistema embedded basato su processore ARM che permette l'installazione di un server seedlink per l'acquisizione dei segnali di velocità provenienti dal sismometro e di quelli di pressione provenienti dal DPG/idrofono. Il sistema, inoltre, dotato di interfaccia seriale RS232, permette di interfacciarsi col modem acustico per il trasferimento di dati verso la superficie del mare. In particolare, il recupero dei dati sottocampionati senza che si renda necessario il recupero degli strumenti deposti dal fondo marino, è fondamentale per la possibilità di uso veloce dei dati OBS/H OBS/H.

1.4. Strumentazione disponibile

Nella tabella che segue viene indicata la dotazione strumentale del CNT.

Sismometri		Acquisitori		Storage	
TRILLIUM 40	41	QUANTERRA Q680	5	SERVER	15
TRILLIUM 120	18	QUANTERRA Q4120	8		
TRILLIUM 240	20	QUANTERRA Q730	6		
TRILLIUM 120 COMPACT	10	QUANTERRA Q330	3		
LENNARTZ LE-3D/5S	57	TAURUS	25		
LENNARTZ LE-3D/1S	21	CARINA	35		
LENNARTZ LE-3D light MKII	30	REFTEK 130	57		
GEOTECH S-13	70				
GURALP CMG-40	10				
STRECKEISEN STS-1	3				
STRECKEISEN STS-2	8				

Accelerometri		Digitalizzatori	
EPISENSOR	120	GAIA	120
GURALP CMG-5	10	TRIDENT	160
		CYGNUS	105

Moduli OBS/H	7				
Prototipo OBS/H vers. "B"	1				

1.5. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

1.5.1. Centri di acquisizione dati

Nel 2009, il servizio di sorveglianza sismica ha localizzato 23600 terremoti nell'area italiana in senso lato (territorio nazionale e aree circostanti, i cui terremoti possano interessare la popolazione italiana). L'anno è dominato dalla sequenza dell'Aquilano, con i suoi 16860 terremoti localizzati nella zona interessata dalla sequenza. 1551 terremoti (944 - tra parentesi sono riportati i terremoti che costituiscono la sequenza aquilana) sono stati di magnitudo superiore a 2.5, mentre 73 (34) sono quelli con magnitudo superiore a 4.0 e 12 (6) con magnitudo superiore a 5.0. I terremoti effettivamente comunicati alla Sala Operativa del Dipartimento della Protezione Civile (DPC) assommano a 1393 (770), includendo fra essi alcuni telesismi importanti e alcuni eventi che, pur essendo di magnitudo inferiore a 2.5, sono stati giudicati significativi.

Particolare attenzione continua a essere dedicata alla robustezza ed affidabilità del sistema complessivo di acquisizione dati (disaster recovery): oltre alla ridondanza di tutti i canali di trasmissione dati satellitari, il sistema di acquisizione, archiviazione e distribuzione è duplicato nella sede Ispinia, per assicurare una ridondanza geografica.

Il nuovo sistema per l'acquisizione, il processamento, l'archiviazione, la distribuzione è oramai ad uno stadio maturo. È stato progettato e sviluppato per esso un sistema automatico di configurazione e ripristino a partire dalle informazioni immagazzinate nel database sismico del CNT, riguardanti sia le informazioni di stazione che quelle dei sistemi di acquisizione. Con questo sistema, una volta completato, la gestione di 8 server di acquisizione, 4 di localizzazione e innumerevoli programmi di analisi e distribuzione sarà molto più sicura e meno dipendente dall'intervento umano e quindi da possibili cedimenti legati ad errori.

Anche il nuovo sistema per la determinazione dei parametri ipocentrali (Earthworm) è molto soddisfacente e si è rivelato molto efficace soprattutto in occasione della sequenza sismica aquilana. Il sistema EarthWorm ha raggiunto un buon livello di funzionamento, è molto affidabile e anch'esso è configurato automaticamente. È stato portato avanti un ottimo lavoro sul tuning del programma di picking, che produce attualmente picking di grande precisione. Un ulteriore fase sarà mirata a ridurre il numero dei picking spuri.

L'archiviazione dei dati è stata migliorata con procedure di recupero dei dati dalle stazioni remote e dai server Nanometrics, con un nuovo approccio al recupero dei gap causati dalla trasmissione satellitare. I dati complessivamente archiviati per il 2009 ammontano a 4.1 Terabyte, da 406 stazioni di 28 reti diverse, secondo la seguente tabella, dalla quale sono omesse le reti che contribuiscono all'archivio con meno di 5 stazioni:

Rete	Stazioni	Megabytes
IV	261	2776.52.00
MN	20	243.14.00
GE	13	140.14.00
GU	12	23.46.00
CH	12	123.19.00
IG	10	74.35.00
OV	9	54.37.00
NI	8	137.32.00
SI	7	29.00.00
HL	7	22.15.00
XJ	21	34.45.00
TV	11	37.34.00

Prosegue lo sforzo di verifica delle informazioni di stazione, reso ancora più rilevante dall'intervento in zona epicentrale durante la sequenza dell'Aquila.

Il controllo della qualità dei dati è anch'esso un servizio consolidato:

- in tempo reale, con diverse procedure di visualizzazione dei sismogrammi ed un'analisi del dato sul server di acquisizione, via via che esso viene acquisito (presenza dei segnali, qualità della temporizzazione, centratura del sensore, scarto lo quadratico medio della registrazione, il numero di gap);
- sui dati archiviati, con la valutazione giornaliera, settimanale, mensile ed annuale degli spettri a tutte le stazioni della rete, in diverse bande di frequenza.

Il grosso sforzo prodotto per l'archiviazione dei dati e la raccolta, la verifica e l'organizzazione dell'informazione di stazione ha reso possibile il risultato straordinario di un sistema di distribuzione dei dati di forma d'onda al passo con i tempi, in modo omogeneo fra le diverse componenti di osservazione sismologica dell'INGV (CNT e non) e in totale sintonia con le altre organizzazioni europee: i dati della rete nazionale, delle stazioni mobili (sia impiegate per le emergenze, sia per gli esperimenti) vengono distribuiti sotto un unico portale. Con lo stesso sistema tutti i dati sismici partecipano alla distribuzione dei dati a larga banda dell'European Integrated Data Archive (EIDA).

1.5.2. Dati prodotti dalle stazioni OBS/H

Durante le campagne condotte nel corso del 2009 sono stati acquisiti vari set di dati sismici e idrofonici. In particolare i dati della campagna di Messina 1908-2008 sono stati integrati con i dati delle stazioni della rete sismica nazionale e con quelli delle stazioni mobili utilizzate nel corso della campagna, al fine di costituire un unico data base dell'esperimento che sarà disponibile nel sito di progetto alla sua conclusione.

I dati raccolti nel secondo anno di campagna di NERIES – Mare Ionio (marzo 2008 - marzo 2009) sono stati presentati in occasione del GNGTS 2009 a Trieste e saranno presto online, a disposizione della comunità scientifica, presso l'Orfeus Data Center (ODC).

2. Monitoraggio accelerometrico del territorio nazionale

2.1. Organizzazione della rete

Dal 2006, la politica del Centro Nazionale Terremoti è quella di disporre di stazioni di rilevamento geofisico di tipo multisensore. In gran parte delle stazioni della rete sono stati installati diversi sensori per acquisire efficacemente tutto lo spettro delle frequenze emesse dalle sorgenti sismiche, coprendo anche la dinamica completa dei segnali sismici. In questa ottica di ottimizzazione dei segnali, sono stati installati in tutti i nuovi siti, ma anche in buona parte di quelli già esistenti, un sensore velocimetrico triassiale a larga banda, un GPS geodetico e un sensore triassiale accelerometrico. I segnali dei primi due sensori sono trasmessi in forma continua in tempo reale, mentre i segnali accelerometrici vengono trasmessi ed acquisiti, nei casi ove la banda disponibile del canale di trasmissione dati è sufficiente, in forma continua, negli altri la trasmissione dati è con modalità "on demand", a seguito di richiesta automatica. Tale richiesta viene effettuata per ogni evento sismico di rilievo. Lo sviluppo della rete ha portato ad avere oggi sul territorio più di 100 accelerometri, con una copertura maggiore nel sud della penisola e nella Sicilia orientale. Nella figura che segue viene rappresentata la situazione aggiornata della rete di di accelerometri.



Figura 2.1.1 – Rete accelerometrica dell'INGV.

Stazione	Sito	Latitudine	Longitudine	Elevazione (m)
ACER	ACERENZA	40.786	15.942	690
AMUR	ALTAMURA	40.907	16.604	443
ARCI	ARCIDOSSO	42.851	11.475	1080
ASQU	ASQUA	43.797	11.789	860
ATPC	POGGIO CASTELLACCIO	43.481	12.457	810
BDI	BAGNI DI LUCCA	44.062	10.596	830
BOB	BOBBIO	44.767	9.447	910
BSSO	BUSSO	41.546	14.593	1010
BULG	BULGHERIA - CAMEROTA	40.078	15.377	815
CADA	CAPODARCO	43.194	13.761	148
CAFE	CARIFE	41.028	15.236	1070
CAFI	CASTIGLION FIORENTINO	43.329	11.966	547
CAFR	CASTEL FRENTANO	42.227	14.347	250
CARO	CAROLEI	39.254	16.219	618
CASP	CASTIGLIONE DELLA PESCAIA	42.790	10.865	390
CDCA	CITTA' DI CASTELLO	43.458	12.234	50
CDRU	CIVITA DI RUTA - OTTATI	40.489	15.304	1057
CERA	FILIGNANO	41.597	14.018	800
CING	CINGOLI	43.376	13.195	626
CMPR	CAMPORA	40.318	15.303	732
CORL	CORLEONE (PALERMO)	37.894	13.303	660
CRMI	CARMIGNANO	43.790	10.970	490
CTL8	CASTELLEONE	45.276	9.762	60
ECNV	CATENANUOVA	37.595	14.712	484
ESLN	SERRA LA NAVE	37.693	14.974	1787
FIAM	FIAMIGNANO	42.268	13.117	1070
FIR	FIRENZE	43.774	11.255	40
FIVI	FIVIZZANO	44.239	10.127	380
FNVD	FONTANAVIDOLA	44.168	11.123	950
GALF	GAGLIANO CASTELFERRATO	37.710	14.566	740
GATE	GAMBATESA	41.513	14.910	487
GROG	ISOLA DI GORGONA	43.426	9.892	118
HAGA	HYBLEAN AUGUSTA	37.285	15.155	126
HAVL	AVOLA	36.959	15.122	502
HMDC	MODICA	36.959	14.783	595
HVZN	VIZZINI	37.178	14.715	787
IACL	ALICUDI	38.533	14.355	145
IFIL	FILICUDI	38.564	14.575	277
ILLI	LIPARI	38.445	14.948	283
INTR	INTRODACQUA	42.012	13.905	924
IVPL	VULCANO PIANO	38.376	14.980	486
JOPP	JOPPOLO	38.606	15.885	500
LATE	LATERA	42.613	11.804	610
LSD	LAGO SERRU' - CERESOLE REALE	45.459	7.134	2285
MAON	MONTE ARGENTARIO	42.428	11.130	237
MCEL	MONTICELLO	40.324	15.801	960
MCRV	CALABRITTO - MT. CERVIALTO	40.782	15.168	1191
MDI	MONTE DI NESE	45.769	9.716	954
MGAB	MONTEGABBIONE	42.913	12.112	547
MGR	MORIGERATI	40.138	15.554	288
MIDA	MIRANDA	41.641	14.254	950

Stazione	Sito	Latitudine	Longitudine	Elevazione (m)
MIGL	MIGLIONICO	40.604	16.441	440
MMME	MONGIUFFI-MELIA	37.935	15.253	959
MNS	MONTASOLA	42.385	12.681	706
MOCO	BICCARI – MONTE CORNACCHIA	41.370	15.158	1049
MODE	MODENA	44.630	10.949	41
MODR	MONDRAGONE	41.145	13.877	345
MONC	MONCUCCO TORINESE	45.073	7.927	480
MRB1	MONTE ROCCHETTA	41.122	14.968	688
MRGE	MORGE	45.769	7.061	1660
MRLC	MURO LUCANO	40.756	15.488	605
MRVN	MINERVINO MURGE	41.060	16.195	610
MSAG	MONTE S. ANGELO	41.712	15.909	890
MSRU	POGGIO SCUDEARU	38.263	15.508	408
MTRZ	MONTERENZIO	44.313	11.425	570
MTSN	MONTESANO SULLA MARCELLANA	40.266	15.751	1056
MURB	MONTE URBINO	43.263	12.525	845
NOCI	NOCI	40.788	17.064	420
NRCA	NORCIA	42.834	13.114	927
PALZ	PALAZZO SAN GERVASIO	40.944	15.960	450
PAOL	PAOLISI	41.031	14.567	715
PIPA	PIETRAPAOLA	39.485	16.816	479
PLAC	PLACANICA	38.449	16.438	602
POFI	POSTA FIBRENO	41.717	13.712	878
PSB1	PESCO SANNITA	41.223	14.810	551
PTRJ	PIETRAROJA	41.364	14.529	1027
RAFF	RAFFO ROSSO	37.222	14.362	310
RNI2	RIONERO SANNITICO	41.703	14.152	950
ROM9	ROMA - INGV	41.828	12.516	110
ROVR	ROVERÈ VERONESE	45.647	11.072	1316
RSP	RENO SUPERIORE	45.148	7.265	1285
SACR	S. CROCE DEL SANNIO	41.397	14.705	859
SACS	SAN CASCIANO DEI BAGNI	42.849	11.909	845
SALB	SAN LORENZO BELLIZZI	39.877	16.346	1200
SALO	SALÒ	45.618	10.524	600
SCTE	SANTA CESAREA TERME	40.072	18.467	150
SENI	SENIGALLIA	43.705	13.233	10
SERS	SERSALE	39.035	16.688	1221
SGRT	SAN GIOVANNI ROTONDO	41.754	15.743	960
SGTA	SANT AGATA DI PUGLIA	41.135	15.365	890
SIRI	MONTE SIRINO - MOLITERNO	40.182	15.867	1063
SNAL	S. ANGELO DEI LOMBARDI	40.925	15.209	874
SSY	SORTINO	37.157	15.073	600
TERO	TERAMO	42.623	13.604	673
TOLF	TOLFA	42.064	12.000	371
TRIV	TRIVENTO	41.766	14.550	598
TRTR	TORTORETO ALTA	42.808	13.913	160
USI	USTICA	38.707	13.179	285
VAGA	VALLE AGRICOLA	41.415	14.234	795
VULT	MONTE VULTURE - MELFI	40.954	15.616	1101

Come illustrato nei precedenti rapporti, presso la Sezione di Milano-Pavia si stanno sviluppando gli aspetti relativi all'acquisizione e gestione dei dati accelerometrici nel settore dell'Italia Settentrionale. L'area di analisi ricade principalmente in Lombardia e Veneto e si concentra principalmente nell'area interessata dall'evento sismico del 24 novembre 2004 (MI 5.2). Alla fine del 2008 si era giunti all'installazione di 20 stazioni accelerometriche, facenti capo alla RAIS (Rete Accelerometrica in Italia Settentrionale), collegate via modem gsm on-demand alla sede di Milano.

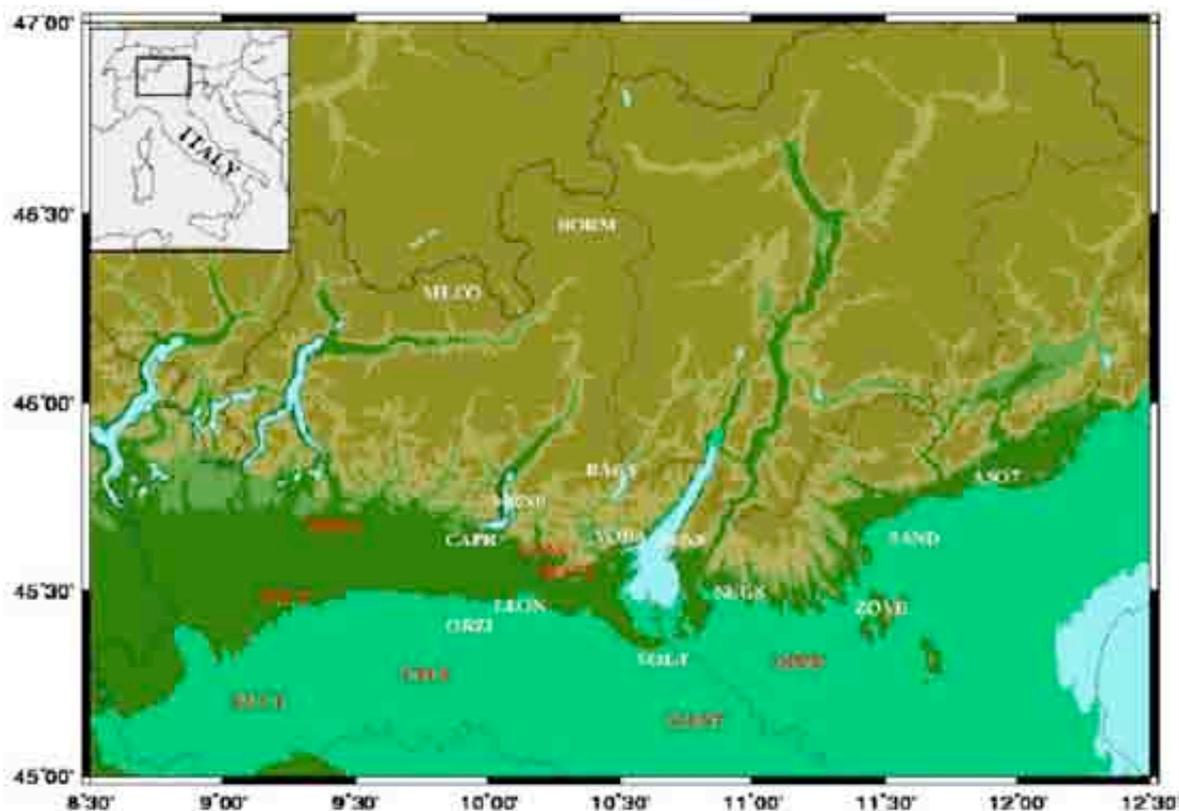


Figura 2.1.1 - Stazioni di registrazione RAIS (al 31/12/2009). In rosso le stazioni in real-time.

Per la gestione delle stazioni in real-time è stato adottato il software SEEDlink. I dati vengono scaricati in formato MiniSEED che risulta essere uno dei formati maggiormente utilizzati nello scambio dati in tempo reale tra differenti istituzioni europee. Oltre all'implementazione di questo nuovo sistema, nel corso del 2009 si è provveduto al potenziamento delle procedure per automatizzare anche l'analisi dei dati. Per la estrazione degli eventi registrati dalle stazioni accelerometriche della RAIS si utilizzano come riferimento le localizzazioni effettuate dalla Sala Sismica del CNT di Roma. I parametri estratti, relativi alle accelerazioni di picco ed alle ampiezze spettrali (per periodi di 0.3, 1 e 3 secondi) opportunamente analizzati, vengono infine utilizzati per la generazione di ShakeMap®.

Codice Stazione	Sito	Lat. N	Lon. E	Quota (m)	Data Installazione	Note
MERA	Merate	45.6725	09.4182	350	25.10.2005	25.03.09 real-time con Gaia2
MILA	Milano	45.4803	09.2321	125	01.06.2006	22.04.09 real-time con Gaia2
EUCT	Pavia	45.2026	09.1349	82	26.06.2006	31.07.09 real-time con Gaia2
CTL8	Castelleone	45.2763	09.7622	66	07.06.2006	22.07.09 real-time con Gaia2
BAG8	Bagolino	45.8228	10.4664	807	15.06.2006	
CONC	Concesio	45.6060	10.2170	126	03.05.2006	23.04.09 real-time con Gaia2
CAPR	Capriolo	45.6372	09.9345	215	31.05.2006	
VOBA	Vobarno	45.6429	10.5040	292	28.06.2006	
NEG8	Negrar	45.4976	10.9482	167	29.06.2006	
ZEN8	San Zeno	45.6378	10.7319	596	30.06.2006	
ASO7	Asolo	45.8049	11.9180	221	03.08.2006	
BORM	Bormio	46.4694	10.3764	1235	29.11.2006	
MLCO	Malenco	46.2918	09.8638	2030	30.11.2006	
MANT	Mantova	45.1495	10.7897	36	14.12.2006	29.07.09 real-time con Gaia2
ZOVE	Zovencedo	45.4536	11.4876	376	28.06.2007	
MRNE	Marone	45.7397	10.1175	600	10.07.2007	
LEON	Capriano	45.4582	10.1234	92	18.07.2007	
VOLT	Volta Mantovana	45.3132	10.6606	107	09.11.2007	
SAND	Sandrigo	45.6399	11.6099	51	19.12.2007	
ORZI	Orzinuovi	45.4056	09.9307	83	24.04.2008	
OPPE	Oppeano	45.3082	11.1723	20	25.09.2009	25.09.09 real-time con Gaia2
BOTT	Botticino	45.5494	10.3095	200	27.10.2009	27.10.09 real-time con Gaia2

Per il monitoraggio accelerometrico del territorio nazionale l'INGV dispone della seguente strumentazione:

Sensori	
<i>Tipo</i>	<i>Produttore</i>
Episensor FBA ES-T	Kinematics
Acquisitori	
<i>Tipo</i>	<i>Produttore</i>
Gaia2	INGV-CNT
Reftek 130-01 (3 canali)	Reftek
Reftek 130-01 (6 canali)	Reftek

Le elaborazioni dei dati registrati dalla RAIS sono rese disponibili attraverso un sito web dedicato alla rete accelerometrica (<http://rais.mi.ingv.it>). Inoltre, i dati delle registrazioni sono resi disponibili nel database ITACA (<http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet/>).

3. Monitoraggio geochemico delle aree vulcaniche

Lo studio delle variazioni chimico-fisiche dei gas e delle acque presenti in aree vulcaniche, fornisce importanti indicazioni sulla circolazione dei fluidi e sulle dinamiche magmatiche in atto nei sistemi monitorati. Nel 2009, le attività di sorveglianza geochemica in questo ambito sono consistite nel monitoraggio delle fasi fluide rilasciate da sistemi vulcanici e geotermici ad essi connessi, con frequenze di intervento differenti adeguate al livello di attività di ciascuna area monitorata. In particolare, sono state effettuate misure e campionamenti discreti di acque e gas e misure continue tramite strumentazioni automatiche dislocate sul territorio con trasmissione dei dati o con scaricamento manuale.

I dati acquisiti sono stati utilizzati per sviluppare modelli geochemici in grado di descrivere la circolazione dei fluidi nei differenti sistemi vulcanici e per la valutazione della pericolosità vulcanica.

3.1 Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia)

3.1.1. Strumentazione disponibile

Per le analisi chimiche ed isotopiche dei gas e condensati fumarolici, dei gas disciolti e delle acque di falda, la Sezione di Napoli dispone dei seguenti apparati:

- Spettrometro di massa, sistema GC-MS (Finnigan Delta plus XP + Gasbench II) configurato per analisi isotopiche del carbonio, ossigeno e idrogeno su campioni di gas, liquidi e carbonati è dedicato alla determinazione delle seguenti abbondanze isotopiche: $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ su campioni di carbonato e precipitato (TDIC); $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ (CO_2) su campioni di gas; $\delta^{18}\text{O}$ su campioni di acque e condensati; $\delta^2\text{H}$ su campioni di acque e condensati. L'accoppiamento del sistema MS con un Gascromatografo dedicato (Agilent Technologies 6890N) ha permesso lo sviluppo di nuove metodologie analitiche per la determinazione simultanea su una singola aliquota di gas delle concentrazioni relative di ^{36}Ar , ^{40}Ar , O_2 , N_2 , CH_4 e $\delta^{15}\text{N}$.
- Gascromatografo Agilent Technologies serie 6890, predisposto per l'utilizzo di colonne impaccate e/o capillari, provvisto di due rilevatori TCD, destinato ad analisi di gas residui su soda e gas liberi (Ar , O_2 , N_2 , CH_4 , He e H_2).
- Gascromatografo HP serie 6890, predisposto per l'utilizzo di colonne impaccate e/o capillari, provvisto di due rilevatori TCD, destinato ad analisi di gas disciolti nelle acque e di gas liberi (CO_2 , CH_4 , Ar , O_2 e N_2).
- Gascromatografo DANI mod 86.10, provvisto di detector per gas riducenti Trace Analytical RDG2, di rilevatore TCD e FID. Destinato ad analisi di CO e H_2 .
- Cromatografo Ionico Dionex DX500, provvisto di detector elettrochimico ED40, pompa isocratica IP25, modulo cromatografico LC20, autocampionatore AS40, soppressore A/C-SRS Ultra. Dedicato alle analisi degli elementi maggiori (anioni e cationi) in fase liquida.
- Cromatografo Ionico Dionex ICS3000, per la determinazione contemporanea di anioni e cationi con particolare riferimento alla determinazione degli anioni in campioni a base idrossido.
- Titolatore automatico Metrohm 716 DMS Titrimo, destinato ad analisi del CO_2 in campioni di soda, a determinazioni dell'alcalinità, e determinazioni potenziometriche (Cl , F , NH_4).
- Cercafughe Alcatel ASM142, spettrometro funzionante in modalità statica o sniffer, tarato su massa 4, utilizzato per la determinazione dell' He in gas disciolti nelle acque e in gas liberi.

Per il monitoraggio dei Campi Flegrei, la Sezione di Napoli ha installato, o utilizzato per campagne di misure periodiche, i seguenti apparati:

- N. 2 stazioni automatiche fisse per la misura del flusso di CO_2 dal suolo (Solfatara e Pisciarelli).
- Stazione automatica per la misura della pressione differenziale dalla fumarola "bocca grande" (Solfatara).
- Stazione meteorologica automatica (Solfatara).
- Stazione automatica fissa per la misura della temperatura del suolo a differenti profondità (Solfatara).
- Strumentazione portatile per la misura della temperatura e del flusso di CO_2 dal suolo.
- Strumentazione portatile per la misura della pressione differenziale dalle emissioni fumaroliche.

- Telecamera all'infrarosso termico (IR) fissa per il monitoraggio in continuo delle temperature superficiali dei suoli.

Per il monitoraggio del Vesuvio la Sezione di Napoli ha installato, o utilizzato per campagne di misure periodiche, i seguenti apparati:

- Stazione automatica fissa per la misura del flusso di CO₂ dal suolo (fondo cratere).
- Stazione meteorologica automatica (bordo cratere).
- Strumentazione portatile per la misura della temperatura e del flusso di CO₂ dal suolo.

3.1.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Nel 2009 l'attività di sorveglianza geochimica dei Vulcani Campani è stata realizzata con sistemi di rilevamento ed analisi automatica e con campionature periodiche, su gas fumarolici, gas disciolti e acque di falda.

La sorveglianza geochimica del Vesuvio, effettuata dall'Unità Funzionale di Geochimica dei Fluidi dell'Osservatorio Vesuviano ha riguardato il monitoraggio del processo di degassamento nell'area craterica e lo studio delle emissioni fumaroliche presenti sul fondo e sul bordo del cratere.

L'attività di sorveglianza dell'acquifero del Vesuvio, effettuata dalla Sezione di Palermo, è stata condotta su 9 pozzi e 3 sorgenti ubicati sui fianchi dell'edificio vulcanico. Sui campioni di acque, prelevati con cadenza trimestrale, è stata effettuata:

- l'analisi chimica dell'acqua (elementi maggiori) e dei gas disciolti (H₂, O₂, N₂, CO, CH₄, CO₂, H₂O). Al momento del prelievo sono stati misurati i principali parametri chimico fisici: temperatura, pH, Eh, conducibilità elettrica;
- la composizione isotopica dell'elio in alcuni siti selezionati.

Inoltre, sul bordo del cratere del Vesuvio, sono stati installati dei sensori per la misura della temperatura nel suolo, allo scopo di valutare eventuali modificazioni della distribuzione e dell'apporto di vapore nell'area craterica.

La sorveglianza geochimica dell'area flegrea è stata eseguita attraverso il monitoraggio continuo e discontinuo dell'area craterica della Solfatara di Pozzuoli e della zona dei Pisciarelli.

Per i Campi Flegrei i parametri geochimici monitorati sono i seguenti:

- Composizione chimico-isotopica dei fluidi fumarolici (BG BN e Pisciarelli).
- Flusso diffuso di CO₂ dal suolo, acquisito in maniera continua tramite le stazioni automatiche.
- Flusso diffuso di CO₂ dal suolo e temperatura del suolo, acquisiti in maniera periodica tramite la strumentazione portatile su una rete di 71 punti fissi.
- Parametri ambientali: temperatura dell'aria, pressione atmosferica, umidità del suolo e dell'aria, intensità del vento, piovosità.
- Temperatura superficiale del suolo (telecamera IR).
- Pressione differenziale dalle fumarole Bocca Grande e Bocca Nuova (Solfatara).

I dati analitici prodotti dei fluidi vulcanici, sono immagazzinati in un database interno e divulgati tramite i rapporti di attività di sorveglianza e pubblicazioni scientifiche. I dati di flusso di CO₂ dal suolo sono trasmessi via radio al centro di monitoraggio di via Diocleziano, ove sono raccolti in database e visualizzati in grafici temporali su monitor dedicato; i parametri ambientali (atmosferici e temperature del suolo) sono trasmessi via GSM al centro di monitoraggio di via Diocleziano (stazione della Solfatara) oppure scaricati manualmente da un operatore (stazione del Vesuvio).

I dati di flusso diffuso di CO₂ dal suolo sulle rete di punti fissi (Solfatara e Vesuvio) e la misura differenziale dalle emissioni fumaroliche della Solfatara sono trascritti su fogli Excel. Il monitoraggio termico di un'area della Solfatara è realizzata mediante telecamera IR con trasmissione automatica dei dati al NA-OV, dove sono rese visibili le immagini tramite un sistema dedicato. I dati delle immagini sono archiviati e corretti dei piccoli movimenti della camera causati dalla deformazione del suolo nell'area, e dell'influenza dei parametri ambientali (temperatura dell'aria, vento, eventi piovosi, ecc.).

3.1.3. Sintesi delle osservazioni

Vesuvio

Il monitoraggio del processo di degassamento nell'area vesuviana è stato effettuato attraverso l'esecuzione di 10 indagini, consistenti nella misura dei flussi di CO₂ e di temperatura del suolo a

10 cm di profondità, in 15 punti fissi ubicati sul bordo orientale del cratere (area anemometro). I valori medi dei flussi di CO₂ di ciascuna campagna sono riportati, insieme al numero di scosse mensili, nel cronogramma di fig. 3.1.1., 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 CO₂; 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 CO₂ sono relativi al periodo di maggiore sismicità (ottobre 1999). Le misure discontinue di flusso di CO₂ effettuate nel corso del 2009, non hanno evidenziato importanti variazioni rispetto al 2008.

Nel corso del 2009 sono stati eseguiti n. 9 campionamenti della fumarola sita sul fondo del cratere e n. 6 campionamenti della fumarole B1 del bordo cratere (area anemometro).

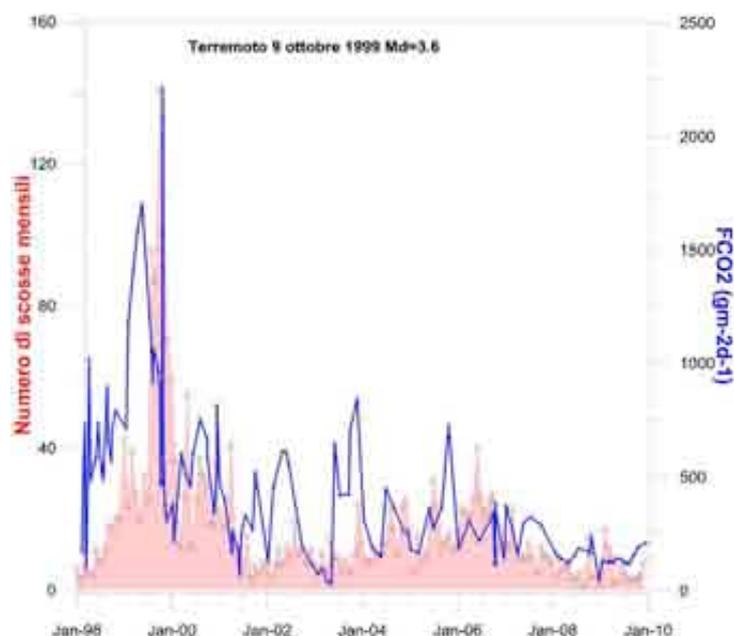


Fig. 3.1.1. - Valori medi del flusso di CO₂ in 15 punti del bordo craterico del Vesuvio, area anemometro (per l'ubicazione esatta del sito vedi i rapporti di sorveglianza 1999). Nel grafico è anche riportato il numero mensile di eventi sismici.

Una dettagliata descrizione del modello geochimico interpretativo delle fumarole del Vesuvio è riportata in precedenti rapporti di sorveglianza in cui sono state segnalate variazioni della composizione delle fumarole interne al cratere (fig. 3.1.2.). In particolare a partire dal terremoto del 9 ottobre 1999 (Md=3.6) sono state misurate per 2 anni aumenti nel tempo sia del rapporto He/CO₂ che della pCO₂ stimata sulla base di geindicatori gassosi. Contemporaneamente si è verificata la diminuzione dei rapporti CH₄/CO₂ e H₂/CO₂. A partire dall'autunno 2002, i risultati delle analisi chimiche hanno mostrato un graduale ritorno dei valori verso le condizioni pre-1999. Nel 2009 non sono state osservate variazioni da tale quadro, a parte nell'estate 2009 dove sono state misurate valori più elevati per l'idrogeno ed il metano emessi dalle fumarole.

Le misure discontinue di flusso di CO₂ effettuate sul bordo orientale del cratere e i parametri chimici delle fumarole non hanno mostrato variazioni significative rispetto al 2008.

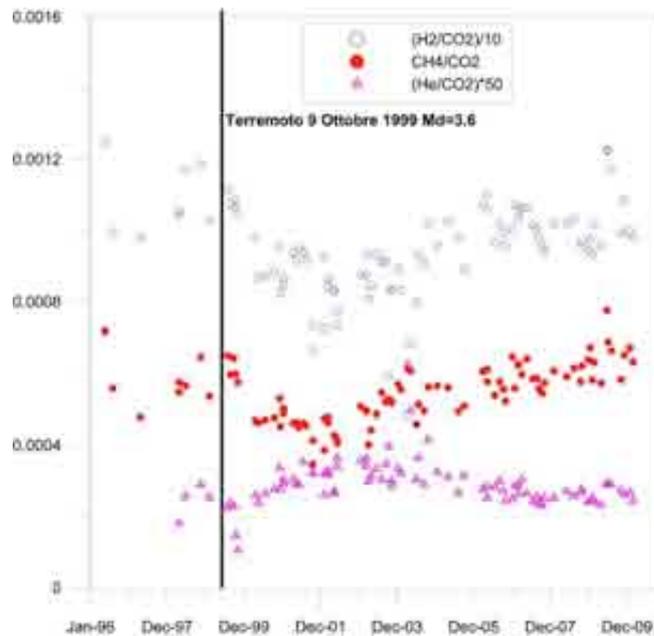


Fig. 3.1.2. - Variazioni composizionali della fumarola FC2 nel periodo 1998-2008.

L'attività di sorveglianza dell'acquifero del Vesuvio è stata condotta su 9 pozzi e 3 sorgenti localizzati, in gran parte, sul fianco sud-occidentale del vulcano, dove sono state identificate le zone di più intensa risalita di fluidi vulcanici e, in misura inferiore, 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, S. Giuseppe Vesuviano, S. Anastasia, Ottaviano, Castellammare di Stabia. I siti selezionati per la sorveglianza trimestrale presentano caratteristiche peculiari e sono rappresentativi dell'eterogeneità geochimica dell'acquifero vesuviano. Si tratta di acque fredde o debolmente termali ($9 < T^{\circ}C < 24.5$), di salinità compresa tra 600 e 13000 mg/l e pH tra 5.9 e 8.0 (Fig. 3.1.3.). 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. I dati raccolti indicano che i trend osservati in falda sin dal 2003 proseguono nel periodo più recente. In particolare, si osserva ancora una progressiva diminuzione della salinità e della temperatura, che indicherebbe una diminuzione del contributo dei fluidi profondi rispetto al flusso idrico superficiale, nelle aree maggiormente interessate dalla risalita di gas vulcanici.

Campi Flegrei

Il presente rapporto è stato suddiviso in due sezioni: (i) la prima riguarda la sorveglianza geochimica svolta nel 2009; (ii) la seconda fornisce un'interpretazione su tutti i dati di sorveglianza finalizzata ad indagare le variazioni a lungo termine che hanno interessato il sistema idrotermale della Solfatara. Infine, un capitolo specifico è stato dedicato alla descrizione dei fenomeni occorsi nell'area dei Pisciarelli a partire dal Marzo 2009.

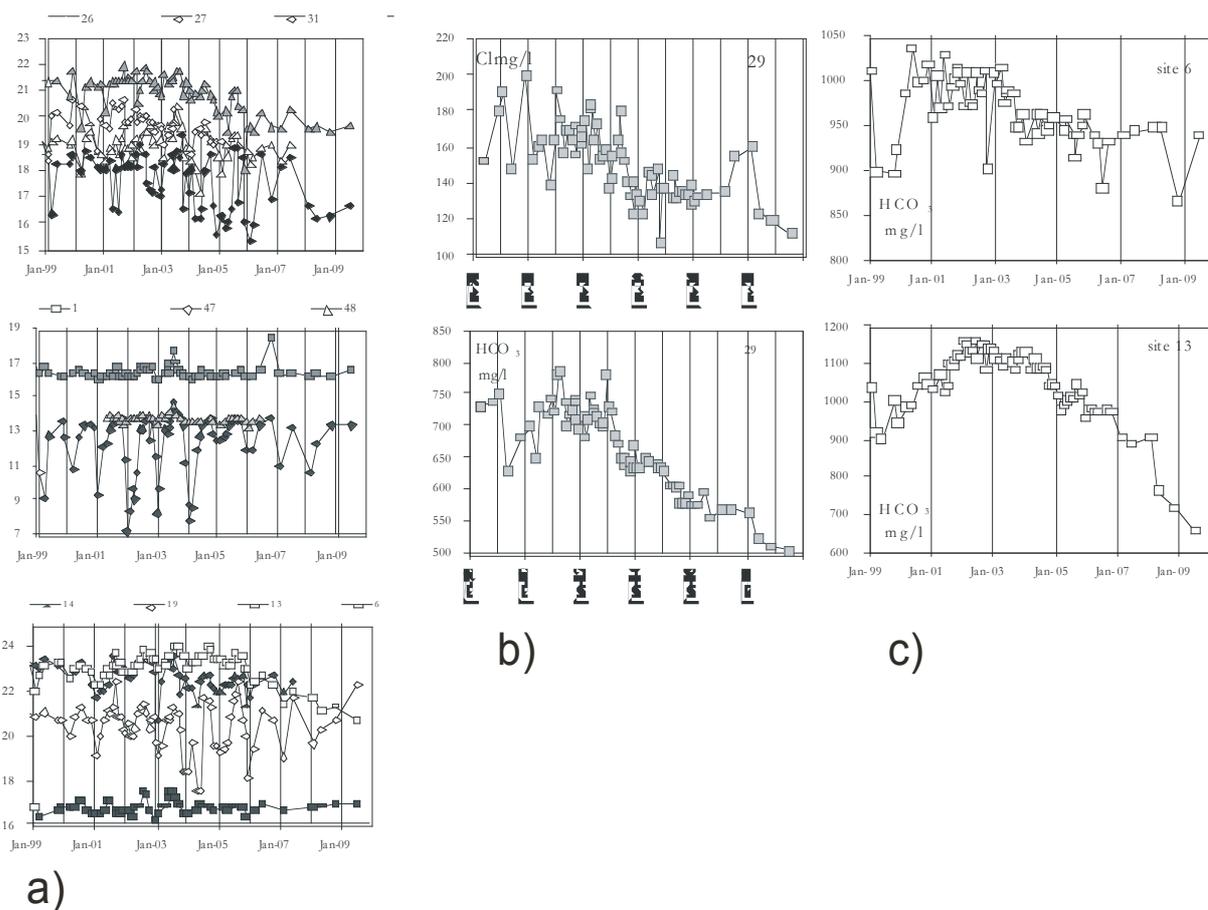


Fig. 3.1.3. - a) Variazioni temporali della temperatura nei siti analizzati; b) Andamento temporale della concentrazione di Cl⁻ e HCO₃⁻ nel sito 29, sul fianco occidentale del Vesuvio; c) variazione della concentrazione dello ione bicarbonato in due siti del settore meridionale.

Sorveglianza geochimica svolta nel 2009

Il monitoraggio discontinuo dei flussi di CO₂ è stato eseguito attraverso 10 campagne per la misura del flusso di CO₂ e della temperatura del suolo a 10 cm di profondità, in 63 punti fissi ubicati all'interno del cratere della Solfatara. La correlazione del valore medio dei flussi di CO₂ con le deformazioni del suolo (Fig. 3.1.4.) ribadisce il ruolo primario del degassamento nel fenomeno bradisismico. In particolare si osserva la forte diminuzione dei flussi registrata tra il 1998 e 1999 seguita nel 2000-2001 da un picco positivo, da una diminuzione nel 2002-2003 ed un nuovo generale e graduale incremento negli anni successivi fino alle ultime campagne del 2009. Nella zona di Pisciarelli sono state eseguite 10 campagne di 28 punti di misura (flussi di CO₂ e di temperatura dal suolo) con risultati in linea con quanto osservato degli anni passati.

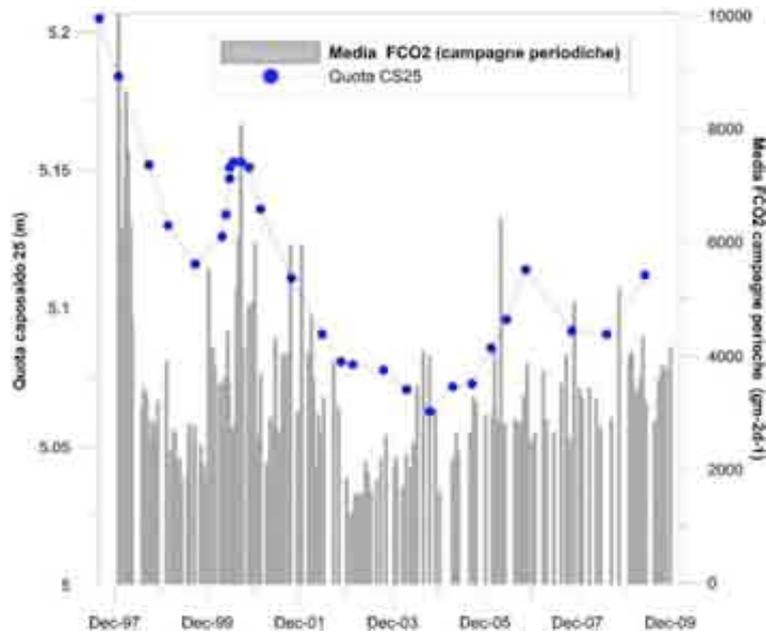


Fig. 3.1.4. - Media mensile dei flussi di CO₂ (campagne periodiche, 30 punti) e quota del caposaldo 25.

Il monitoraggio continuo del flusso di CO₂ dal suolo è stato effettuato tramite le stazioni automatiche FLXOV1 (ubicata alla Solfatara) e FLXOV3 (ubicata a Pisciarelli) che hanno acquisito i valori ad intervalli di due ore. I valori dei parametri ambientali (atmosferici e relativi alle condizioni fisiche dei suoli) che possono avere effetto sul processo di degassamento sono acquisiti dalla stessa stazione FLXOV1.

In Fig. 3.1.5. sono riportate le medie mensili del flusso di CO₂ misurato alla stazione FLXOV1 tra il 1997-2009.

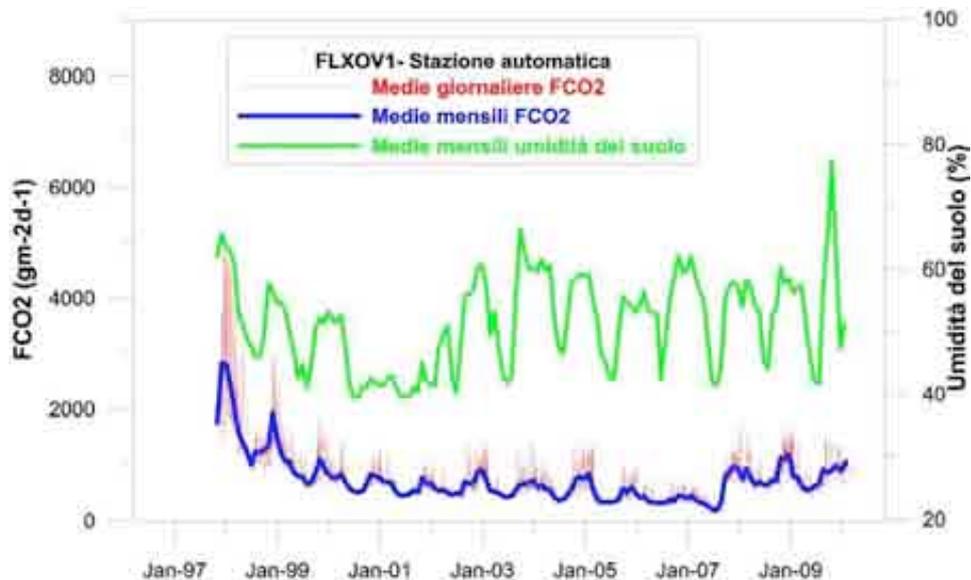


Fig. 3.1.5. - Valori di flusso (medie mensili e giornaliere) misurati al sito FLXOV1 (Solfatara). I picchi positivi di alta frequenza del flusso di CO₂ sono tutti correlati con eventi piovosi che provocano un aumento nel contenuto d'acqua nel suolo e variazioni positive del flusso di CO₂ nel sito di monitoraggio.



Fig. 3.1.6. - Medie giornaliere e medie mensili dei flussi di CO₂ misurati al sito FLXOV3 (Pisciarelli). Nota che i dati acquisiti nel nuovo sito (posizione 2) costituiscono un nuovo dataset, non confrontabile con quello precedente (posizione 1).

La stazione FLXOV3 ubicata nell'area di Pisciarelli dall'ottobre 2005, nell'aprile 2007 è stata spostata a causa di fenomeni d'instabilità del terreno. In Figura 3.1.6. è riportato il cronogramma del flusso di CO₂ registrato nei due siti a partire da ottobre 2005. La serie dei valori medi giornalieri (linea nera) e dei valori medi mensili (punti rossi) relativi alla posizione 1 hanno mostrato un trend crescente a partire dall'estate 2006, con picchi di degassamento alla fine del 2006 e all'inizio del 2007.

Va evidenziato che tali anomalie si sono verificate in un periodo d'aumento dell'attività idrotermale, come testimoniato da macroscopici cambiamenti fisici dell'area investigata (frammenti, allargamento delle zone d'emissione, ecc.). I dati relativi al nuovo sito della stazione (non confrontabili in valore assoluto con i dati pregressi) hanno mostrato un andamento del flusso di CO₂ caratterizzato da valori alti nelle stagioni invernali e valori bassi durante i mesi estivi. Tale andamento è stato registrato anche nel corso del 2009.

Dal 2005 è iniziato il monitoraggio della pressione dinamica (differenza fra la pressione esercitata dal fluido fumarolico e la pressione ambiente) delle due fumarole principali della Solfatara (BG e BN; Figura 3.1.7.) attraverso misure periodiche. Ricordiamo che la pressione dinamica esercitata da un fluido è funzione della densità e della velocità del fluido. Poiché la densità del fluido nei due anni d'osservazione è variata in modo molto limitato, le variazioni osservate dipendono da variazioni nella velocità d'emissione dei fluidi fumarolici.

Nel corso del 2009 sono state effettuate 12 misure delle fumarole BG e BN. Le pressioni misurate alle due fumarole, che mostrano segnali fra loro ben correlati, sono state caratterizzate da un primo periodo di aumento nella velocità d'espulsione dei fluidi e una successiva diminuzione a partire da giugno 2009.

Nel 2008 è stato realizzato e sperimentato alla fumarola BG, un sistema automatico per il rilevamento in continuo della pressione dinamica di fumarole. Il periodo di test terminato a luglio 2009 ha messo in evidenza alcuni problemi strumentali e di effetto "sito". Il sistema è stato riprogettato per la misura della pressione statica ad una profondità di circa un metro nel condotto fumarolico.

Per monitorare il rilascio termico, che costituisce la parte più rilevante del rilascio energetico dell'intera caldera dei Campi Flegrei, nel 2004 è stato reso operativo un sistema ad immagine tarato sulle lunghezze dell'infrarosso termico per il monitoraggio in continuo delle temperature superficiali dei suoli. Il sistema prevede, oltre alla camera IR ubicata nel sito FLXOV1 della Solfatara, un sistema di trasmissione automatica dei dati ad un centro di ricezione dati dove un software dedicato provvede all'archiviazione delle immagini IR ed a una loro preliminare trattamento. Ulteriori software appositamente sviluppati consentono la correzione geometrica delle immagini, necessaria per i piccoli movimenti della camera IR, ed il filtraggio dei dati di temperatura dei suoli dall'influenza dei parametri ambientali (temperatura dell'aria, vento, eventi piovosi, ecc.). I risultati, ottenuti sui dati acquisiti nel periodo 2004-2007 (più di 2000 immagini IR), sono stati oggetto di un lavoro scientifico. La stazione ha continuato ad acquisire immagini per tutto il 2009 senza mostrare anomalie termiche significative.

Sono stati eseguiti 11 campionamenti della fumarola BG, 12 della fumarola BN e 10 della fumarola dei Pisciarelli di Agnano. Il rapporto $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ delle fumarole ha mostrato un ulteriore incremento rispetto al trend crescente già riconosciuto a partire dal 2000. L'attuale trend di crescita del rapporto $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ (Fig. 3.1.8.a) è interpretato come un aumento nel tempo nella frazione di gas magmatici presente nei fluidi fumarolici. Contemporaneamente, si è registrato un evidente aumento del rapporto CO_2/CH_4 , anch'esso possibilmente causato dell'input di fluidi magmatici più ossidanti nel sistema idrotermale (Fig. 3.1.8.b).

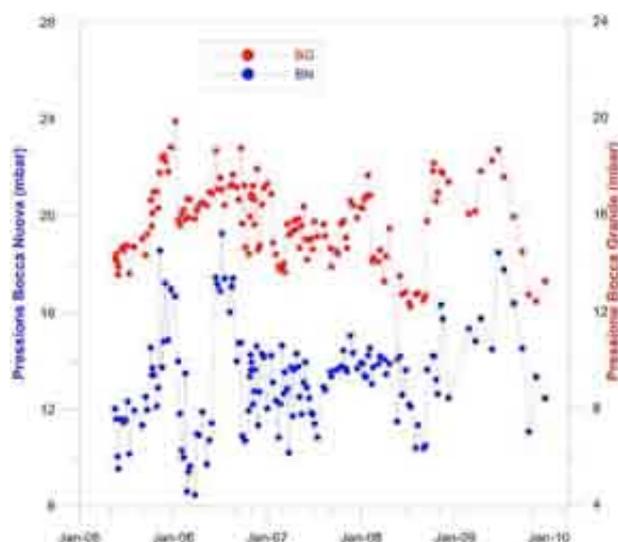


Fig. 3.1.7. - Pressione dinamica misurata alle fumarole Bocca Grande e Bocca Nuova.

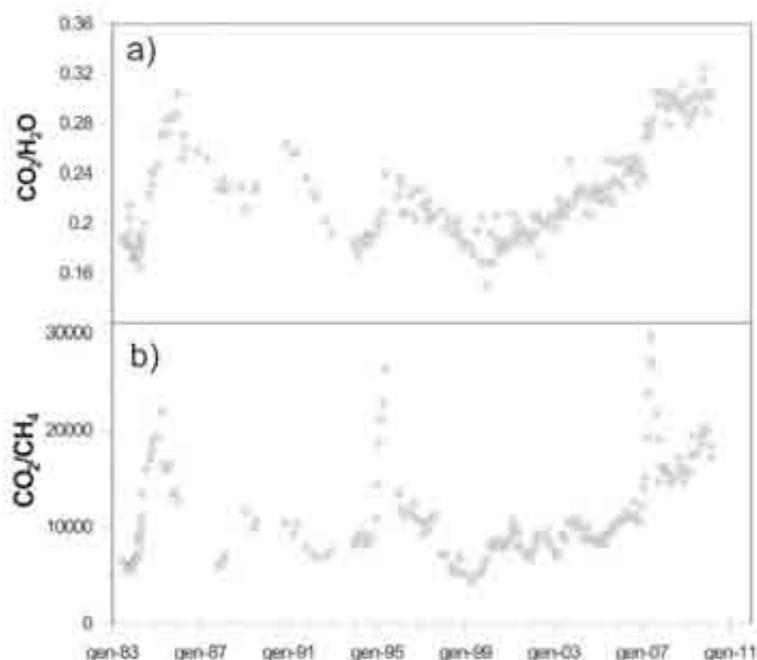


Fig. 3.1.8. - Cronogramma dei rapporti $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$. (a) e CO_2/CH_4 (b) misurati alla fumarola BG.

Inoltre, considerando le specie più reattive CO e H_2 , indicatrici di un possibile riequilibrio in fase gas nella parte più superficiale del sistema idrotermale, è possibile riconoscere a partire dal 2003 un incremento dei rapporti CO/CO_2 e CO/H_2 , indicativi di un probabile aumento delle condizioni di temperatura e pressione in questa zona più superficiale del sistema idrotermale (Fig. 3.1.9.a, b).

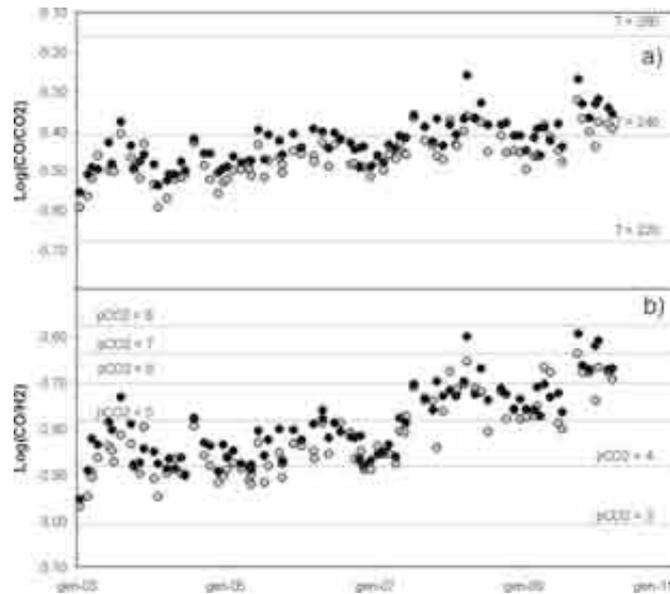


Fig. 3.1.9. - Variazioni nel tempo del logaritmo dei rapporti CO/CO_2 (a) e CO/H_2 (b). Le stime di temperatura e di pCO_2 , riportate nei grafici come rette, si riferiscono alla temperatura e alla pCO_2 d'equilibrio nel sistema $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{H}_2-\text{CO}$ a condizioni redox fissate dall'equilibrio acqua-gas-minerali idrotermali.

Variazioni a lungo termine del sistema vulcanico dei Campi Flegrei

Viene riportata la sintesi della re-interpretazione delle variazioni geochimiche occorse ai Campi Flegrei negli ultimi 10 anni oggetto, presentati in una recente pubblicazione scientifica. La Solfatara di Pozzuoli, oggetto delle nostre osservazioni, è ubicata all'interno della zona dove, durante le varie crisi occorse ai Campi Flegrei, si è registrato il massimo sollevamento e la maggior occorrenza di terremoti (per esempio durante la crisi del 1982-1984; Figura 3.1.10.).

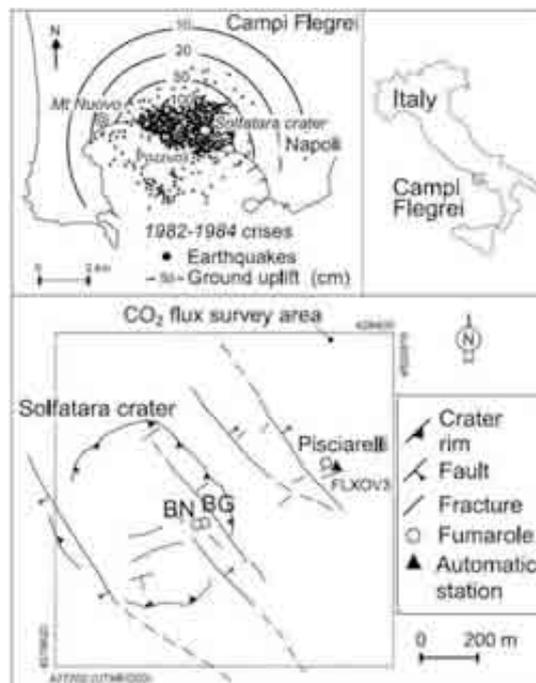


Fig. 3.1.10. - Ubicazione del cratere della Solfatara. In alto a sinistra sono riportati l'ubicazione dei terremoti e la deformazione in cm del bradisisma del 1982-1984.

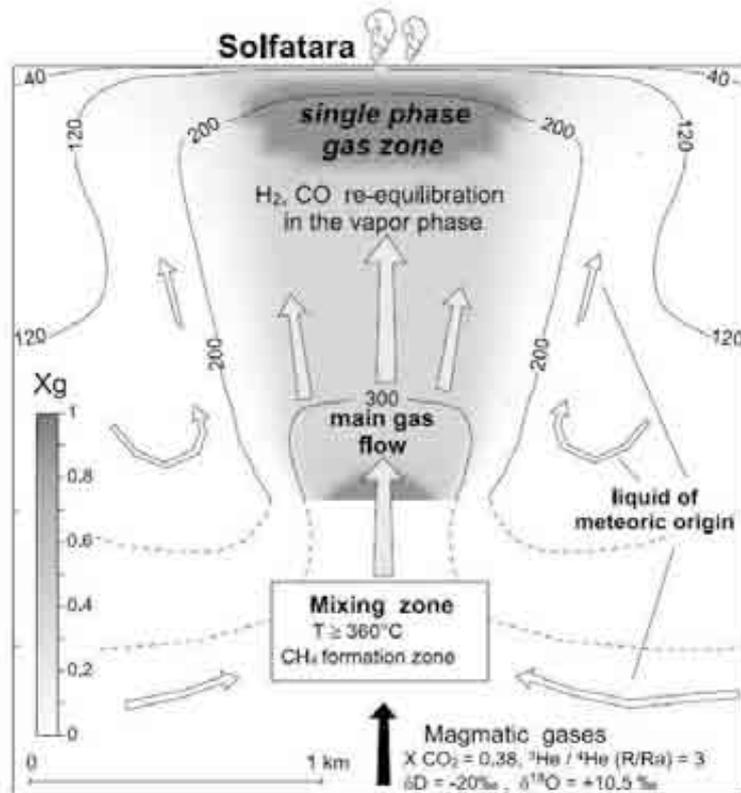


Fig. 3.1.11. - Modello concettuale del sistema idrotermale dei Campi Flegrei.

Studi geochemici di dettaglio e la misura del processo di degassamento diffuso alla Solfatara insieme alla simulazione fisico-numerica del sistema idrotermale hanno suggerito come episodi di degassamento magmatico abbiano un ruolo centrale nelle crisi di 'unrest' vulcanico (cioè i periodi di sollevamento e sismicità) che periodicamente interessano l'area flegrea. Questo ruolo centrale dei fluidi nella genesi delle crisi dei Campi Flegrei non deve sorprendere perché, il flusso d'energia associato con l'emissione gassosa alla Solfatara è di ~ 100 MW (~ 5000 t/d di fluidi), cioè è il termine più importante nel bilancio energetico totale del sistema vulcanico flegreo. È ordini di grandezza più elevato dell'energia elastica rilasciata durante le crisi sismiche, è più elevato dell'energia associata alle deformazioni del suolo, ed è circa 10 volte maggiore del flusso di calore rilasciato per conduzione dall'intera caldera (90 km²).

La parte centrale del sistema idrotermale sarebbe costituita da un plume di gas caldi (H₂O e CO₂ principalmente) alimentato da acque meteoriche e fluidi magmatici. Il mixing fra i due tipi di fluido occorrerebbe alla base del sistema idrotermale, a temperature vicine al punto critico dell'acqua (T > 360°C, Figura 3.1.11.).

Rilasci improvvisi di fluidi ricchi in CO₂ dal magma, causano aumenti repentini nella pressione e nella temperatura del plume idrotermale, che è costituito da zone di solo gas e zone di gas e liquido, e l'incremento nella concentrazione di CO₂ delle fumarole. L'aumento repentino nella pressione dei fluidi in profondità causa la deformazione del suolo e probabilmente innesca la sismicità riducendo lo sforzo normale che agisce sui piani di faglia.

In questo lavoro di sintesi viene investigato il comportamento del sistema della Solfatara in questi ultimi anni in base ai dati di monitoraggio relativi alla composizione chimica ed isotopica delle fumarole dal 1983 al 2009 ed ai i risultati di 15 campagne di flusso di CO₂ eseguite dal 1998 al 2009 sulla stessa area che comprende il cratere della Solfatara e le zone adiacenti ('survey area' nella Figura 3.1.12.). I risultati dell'indagine hanno mostrato che un importante cambiamento nell'alimentazione del campo fumarolico è avvenuto dopo il 2000. Il cambiamento inizia in concomitanza con gli eventi sismici di Luglio e Agosto 2000. In particolare nel Luglio 2000 si sono avuti eventi LP di cui il più energetico è avvenuto ad una profondità di ~4 km, cioè è avvenuto alla base del sistema idrotermale.

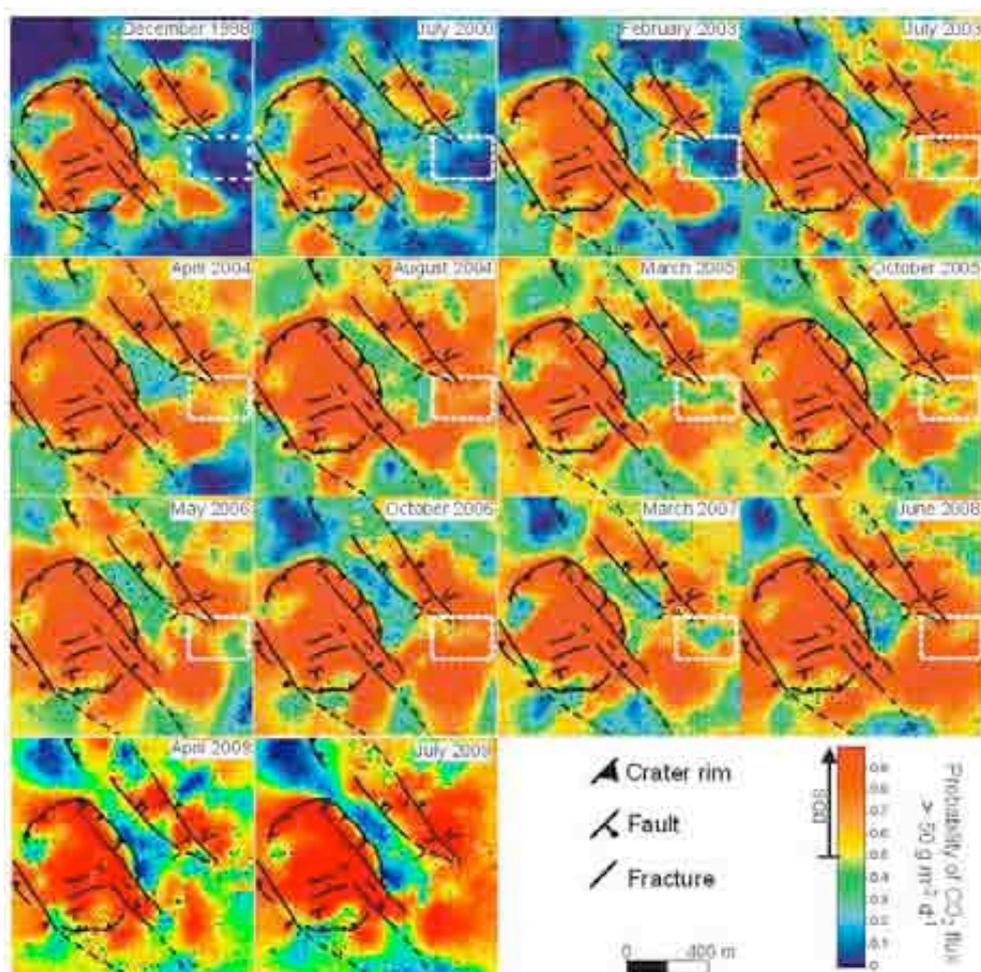


Fig. 3.1.12. - Mappe di probabilità di 15 campagne di flussi di CO₂ eseguite dal 1998 al 2009. Le mappe riportano la probabilità che i flussi di CO₂ siano maggiori di 50 g m⁻² d⁻¹, valore selezionato come soglia massima per un flusso sostenuto dalla sola attività biologica dei suoli. Valori di probabilità maggiori di 0.5 (tonalità gialle e rosse) definiscono i limiti della DDS (diffuse degassing structure) della Solfatara. Il box delimitato dalla linea bianca tratteggiata delimita l'area dove nel 2003 si è avuta la più evidente variazione nel flusso di CO₂ (CB box, vedi Figura 13, *Chiodini et al., 2010*).

Nella nostra opinione questi eventi sismici sono indicatori dell'apertura di fratture, pre-esistenti o di nuova formazione, che a partire da quel momento hanno iniettato nel sistema idrotermale enormi quantità di fluidi magmatici. È da notare che il coinvolgimento diretto di fluidi nella genesi dei terremoti del Luglio 2000 è stato indicato anche dall'analisi spettrale dei segnali sismici.

In dettaglio sono state osservate:

1. variazioni nel pattern del degassamento diffuso di CO₂;
2. variazioni del rapporto N₂/He interpretate con l'arrivo in superficie di una nuova componente magmatica;
3. variazioni del rapporto CO₂/CH₄ indicatrici dell'aumento nel tempo della frazione della componente magmatica nei fluidi del sistema idrotermale.

Gli eventi sismici LP di Luglio 2000 e quelli VT di Agosto 2000 hanno interessato in particolare la porzione meridionale delle faglie di Pisciarelli. In questa stessa area sono state osservate, a partire da Febbraio-Aprile 2003, le evidenze più chiare di una modifica permanente nel pattern di degassamento diffuso di CO₂. La modifica è consistita nell'estensione della struttura che emette CO₂ d'origine profonda in zone precedentemente non interessate dal processo (Figura 3.1.12.). L'anomalia, la cui origine profonda è stata confermata da dettagliati studi isotopici del gas emesso

dai suoli, è stata molto probabilmente causata dal primo arrivo in superficie dei gas coinvolti in profondità nell'attività sismica del Luglio 2000.

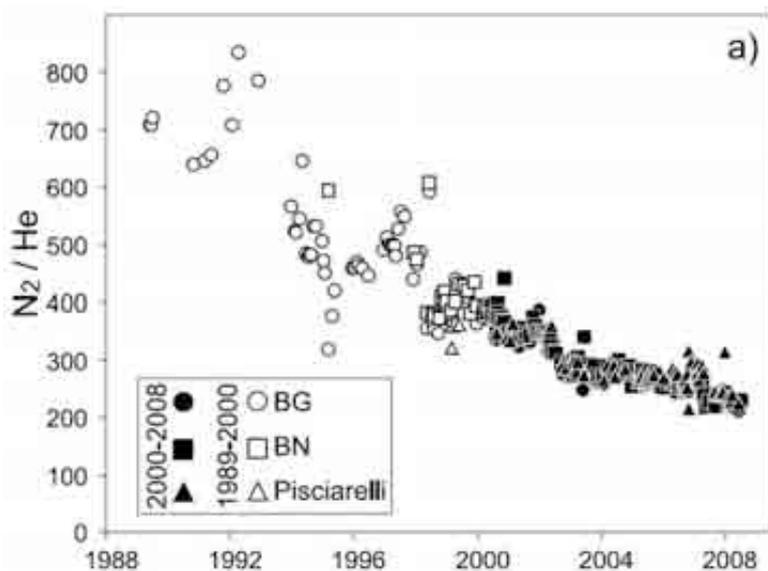


Fig. 3.1.13. - Cronogramma del rapporto N_2/He nelle fumarole della Solfatara e di Pisciarelli.

Il rapporto N_2/He delle fumarole era relativamente alto e fortemente variabile fino al 2000, quando i valori di tutte le fumarole monitorate si sono omogeneizzati. Dal 2000 il rapporto N_2/He mostra una diminuzione che indica l'arrivo di una nuova componente ricca in He e povera in N_2 (Fig. 3.1.13.). Il CH_4 è una specie che differenzia i gas idrotermali, dov'è presente in concentrazioni relativamente elevate, dai fluidi magmatici dov'è assente o presente in concentrazioni molto basse. Al contrario, almeno nel caso specifico della Solfatara, il contenuto di CO_2 delle fumarole aumenta in funzione della frazione di fluidi magmatici. Infatti la frazione molare di CO_2 nei fluidi magmatici è stata stimata essere molto più elevata che nella componente meteorica (~ 0.38 contro ~ 0.12). È da notare che i dati delle inclusioni vetrose dei prodotti vulcanici dei campi Flegrei suggeriscono una frazione molare di CO_2 nei gas magmatici ancora più elevata (da 0.5 a 0.8)]. In definitiva, a causa del differente comportamento di CO_2 e CH_4 , il rapporto CO_2/CH_4 risulta un potente indicatore dell'arrivo di fluidi magmatici nelle parti più superficiali del sistema idrotermale (Figura 3.1.14.).

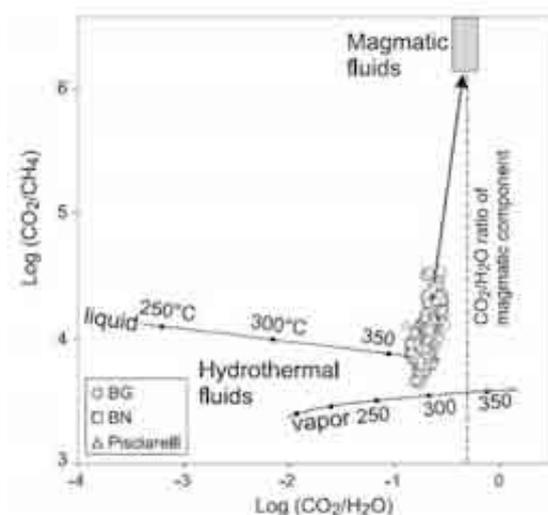


Fig. 3.1.14. - Diagramma $\text{Log}(CO_2/CH_4) - \text{Log}(CO_2/H_2O)$. Nella figura è evidenziato il processo di miscela fra fluidi idrotermali e la componente magmatica caratterizzata da alti valori del rapporto CO_2/CH_4 .

Il rapporto CO_2/CH_4 delle fumarole della Solfatara mostra nel tempo un comportamento analogo al segnale delle deformazioni del suolo quando questo viene filtrato dagli effetti di subsidenza e da quelli dell'evento bradisismico del 1982-1984 (Figura 3.1.15.a,b,c). Tale correlazione suggerisce il forte controllo della dinamica del sistema idrotermale della Solfatara nei movimenti del suolo dei Campi Flegrei. L'ingresso di fluidi magmatici causa sia il sollevamento per aumento della pressione dei fluidi in profondità, sia le variazioni composizionali delle fumarole.

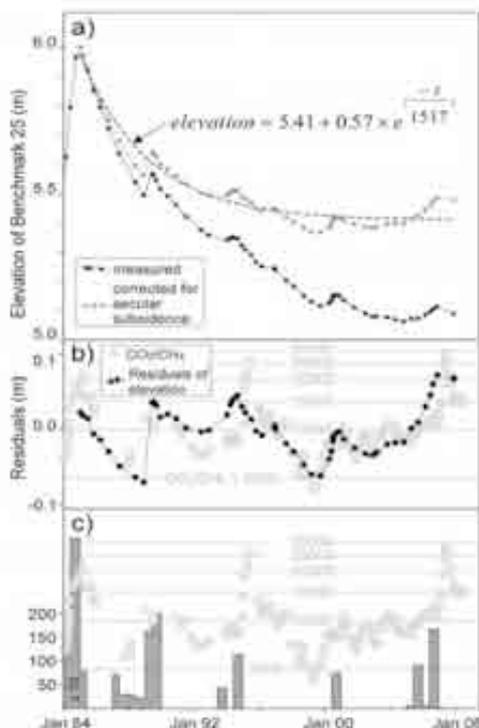


Fig. 3.1.15. - a) Quota del caposaldo 25 misurata (linea e punti neri, e quota corretta per gli effetti di subsidenza (linea e punti grigi). È inoltre riportata l'equazione e la curva di best fit dei dati (decadimento esponenziale del primo ordine); b) residui del best fit confrontati con il rapporto CO_2/CH_4 misurato alle fumarole della Solfatara; c) numero di terremoti avvenuti ogni 6 mesi (istogramma) confrontato con il rapporto CO_2/CH_4 . Nota che il numero dei terremoti del 1984-1985 è stato diviso per 10.

Il cronogramma di Figura 3.1.15.c mostra che a partire dal 2000 è iniziata una fase d'aumento del rapporto CO_2/CH_4 (aumento nella frazione relativa della componente magmatica nel sistema idrotermale) accompagnata da un aumento del segnale "filtrato" delle deformazioni indicativo probabilmente di processi di pressurizzazione del sistema.

Un dettaglio relativo al periodo successivo al 2004 (Fig. 3.1.16.) evidenzia tale fenomeno, e cioè l'occorrenza di un sollevamento (dato GPS non filtrato) e l'aumento del rapporto CO_2/CH_4 indicativo di quantità crescenti di fluidi magmatici nel sistema idrotermale. L'evento del 2005-2006 risulta un picco nell'andamento generale per entrambi i parametri. Dal grafico è facile rilevare un ritardo di circa 6 mesi del segnale chimico rispetto al picco deformativo.

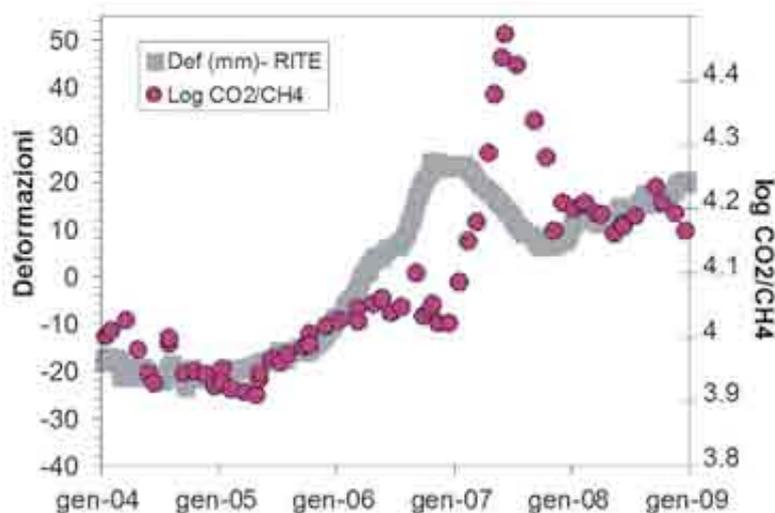


Fig. 3.1.16. - Cronogramma delle deformazioni del suolo (stazione GPS RITE) e del rapporto CO₂/CH₄ relativo al periodo 2004-2008.

L'interpretazione dei dati di sorveglianza nel loro insieme e la valutazione delle variazioni a lungo termine ha permesso di evidenziare, a partire dal 2000, importanti cambiamenti nei parametri monitorati compatibili con l'entrata nel sistema idrotermale di una nuova componente magmatica. Tale cambiamento deve essere attentamente considerato nella sorveglianza dei Campi Flegrei perché: (1) ha coinvolto l'intero sistema idrotermale; (2) sembra una modifica permanente del sistema, e (3) dovrebbe essere stato causato da quantità enormi di fluidi magmatici. Infatti, dal Luglio 2000 ad oggi, la Solfatara ha emesso ~ 10 milioni di tonnellate di fluidi profondi attraverso processi di degassamento diffuso dal suolo. Questa è una stima di minima della quantità totale di fluidi coinvolti perché non considera né le quantità rilasciate dalle fumarole (contributo che potrebbe essere rilevante nel caso di Pisciarelli) né quelle immagazzinate nel sottosuolo delle aree che precedentemente non erano interessate dal processo di degassamento di fluidi profondi.

È nostra opinione che l'attività sismica del 2000 sia stato l'indicatore dell'apertura di una facile via per il trasferimento di gas da una zona profonda d'accumulo di gas magmatici, probabilmente localizzata al di sopra della camera magmatica in un mezzo plastico e molto caldo, verso il dominio fragile e più superficiale sede del sistema idrotermale. A partire dal 2000 questa sorgente di gas magmatici è attiva e causa sismicità e deformazioni, anche se tale attività è stata limitata ad oggi all'espulsione di grandi quantità di gas ed energia termica, come osservato in altri vulcani e nella storia passata dei Campi Flegrei.

Processi macroscopici occorsi nell'area di Pisciarelli fra Marzo e Dicembre 2009

Tra il 6 ed il 9 Marzo si è verificata una "emissione violenta" di fluidi idrotermali che ha portato alla formazione di un cratere di piccole dimensioni caratterizzato dall'emissione di notevoli quantità di fluidi (Fig. 3.1.17.). L'evento è avvenuto al culmine di una fase di crescita dei flussi di CO₂ misurati dalla stazione FLXOV3. Va fatto comunque notare che i flussi hanno un andamento stagionale in particolare legato alle piogge, non si può quindi escludere che l'aumento registrato prima dell'evento non sia dipendente da tali fattori esterni. L'argomento necessita ulteriori approfondimenti.

La composizione dei fluidi fumarolici campionati non ha mostrato variazioni significative o che comunque possano far pensare che l'evento sia stato causato dall'arrivo in superficie di fluidi d'origine differente da quelli che normalmente, negli ultimi anni, hanno alimentato il campo fumarolico di Pisciarelli.

Il flusso della emissione (mud pool) formatasi durante l'evento, misurato in data 31 Marzo 2009, è risultato di 15-20 tonnellate al giorno. La misura è stata effettuata utilizzando un tracciante gassoso di portata nota. Questa rappresenta una stima di minimo in quanto durante l'evento e nei giorni immediatamente successivi tale flusso era visibilmente più elevato di quello misurato il 31 Marzo.



Fig. 3.1.17. - Area di emissione fumarolica e idrotermale in località Pisciarelli alla fine del 2005, il 23.10.06 e successivamente al 6-9.03.2009.

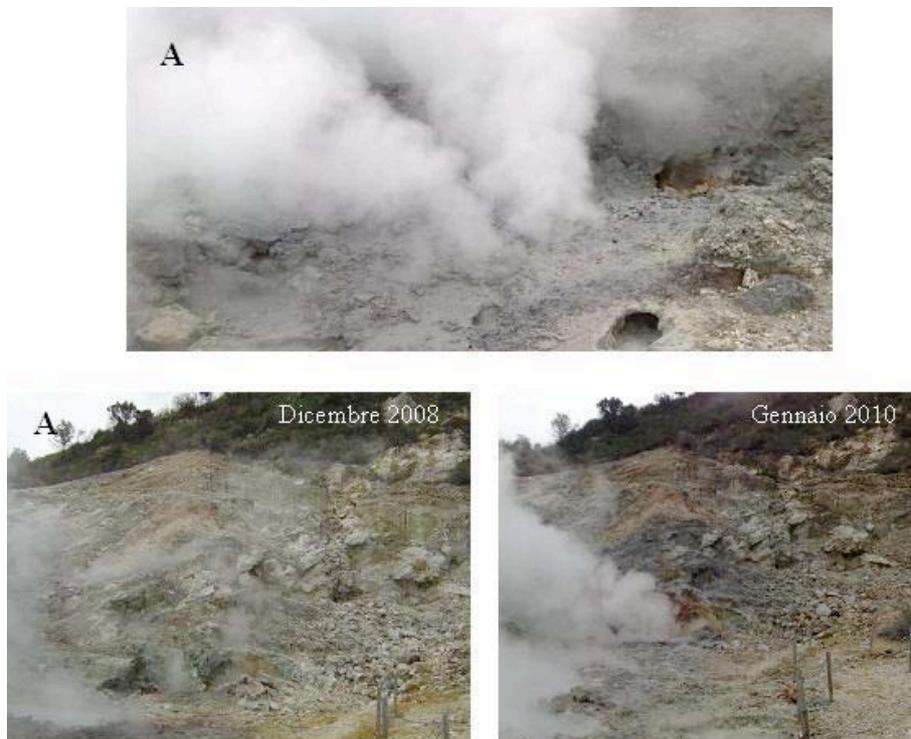


Fig. 3.1.18. - a) Nuova emissione fumarolica comparsa fra il 16 ed il 21 Dicembre 2009; b) area dell'emissione a Dicembre 2008 e a Gennaio 2010.

Tra il 16 ed il 21 di dicembre si è aperta una nuova bocca fumarolica (non presente il 16 dicembre, Fig. 3.1.18.). I fluidi emessi erano vapore, ma la presenza di fango all'intorno del punto d'emissione ha suggerito che l'apertura della bocca fumarolica sia avvenuta con emissione di liquido e solido, forse in modo esplosivo. La nuova fumarola costituisce attualmente l'emissione principale del campo. La temperatura dell'emissione è di 94.6°C. I fluidi della nuova emissione, campionati a partire dal 21.12.09, sono risultati molto simili a quelli periodicamente campionati a Pisciarelli nell'ambito della routine di sorveglianza.

Sulla base dei risultati di queste indagini e su considerazioni generali riteniamo che gli eventi siano stati causati da condizioni locali critiche probabilmente indotte dalla variazione del pattern di degassamento che interessa l'intero sistema e dal continuo aumento nei flussi di fluidi che interessano dal 2000 la faglia di Pisciarelli.

Ischia

Non è prevista strumentazione fissa da parte della Sezione di Palermo.

Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Durante il 2009 la Sezione di Palermo ha effettuato due campagne per il prelievo di campioni di acque termali da sorgenti e pozzi e di gas liberi.

Sui campioni di acque e gas sono state effettuate le seguenti analisi:

- determinazione della composizione chimica (elementi maggiori, alcuni minori e in tracce) ed isotopica (Deuterio e Ossigeno) delle acque e dei gas disciolti della falda attraverso prospezioni effettuata con frequenza semestrale (15 punti di campionamento). Al momento del prelievo sono stati misurati i principali parametri chimico fisici: temperatura, pH, Eh, conducibilità elettrica;
- determinazione della composizione chimica (H_2 , O_2 , N_2 , CO , CH_4 , CO_2 , H_2O) ed isotopica ($^3He/^4He$ e $\delta^{13}C_{CO_2}$) dei gas campionati in aree fumaroliche ed in aree a degassamento anomalo (3 punti di misura);
- prospezioni per la misura del flusso diffuso di CO_2 dai suoli.

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.

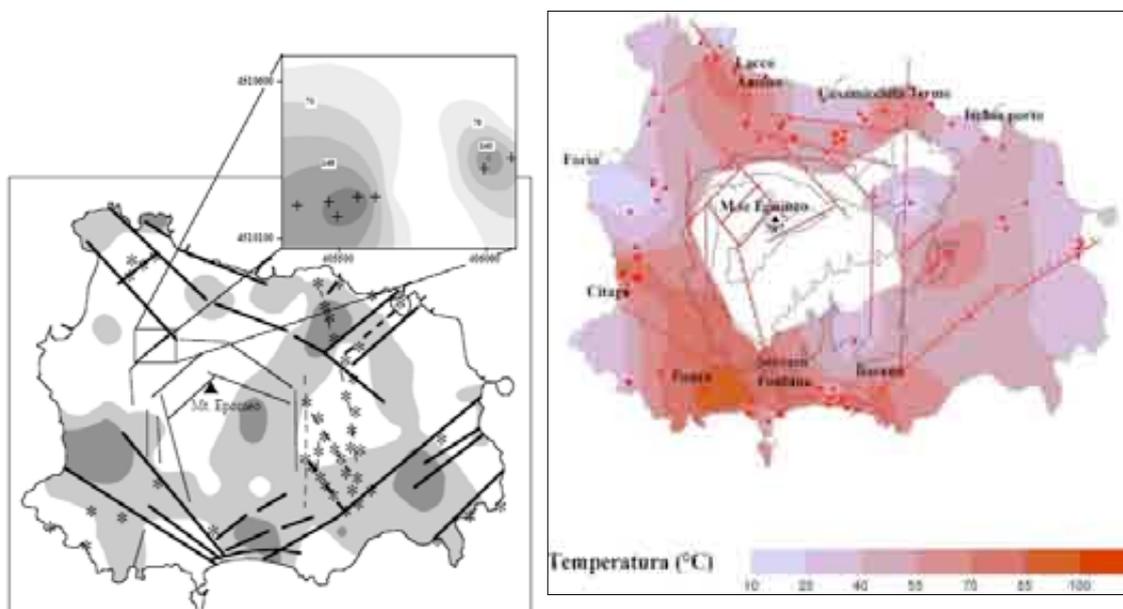


Fig. 3.1.19. – Sulla sinistra è riportata la distribuzione delle aree di degassamento anomalo di CO_2 . Le aree in grigio chiaro indicano flussi maggiori di $18 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, quelle in grigio scuro flussi maggiori di $70 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$; sulla mappa a destra la distribuzione delle temperature delle acque di falda.

Sintesi delle osservazioni

L'attività esalativa dell'isola è caratterizzata dalla presenza di numerose sorgenti termali e fumarole. La composizione chimica e isotopica dei fluidi emessi è legata alle caratteristiche idrologiche e litologiche delle formazioni rocciose del reservoir. La quantità totale di CO₂ rilasciata dall'intera isola è stata stimata essere nell'ordine di 15 kg s⁻¹. Il principale contributo all'output totale viene dal degassamento diffuso dai suoli (~ 14.8 kg s⁻¹) seguito dalla CO₂ disciolta nelle falde (~ 0.3 kg s⁻¹), mentre il contributo di CO₂ dalle fumarole risulta trascurabile (~ 0.03 kg s⁻¹). Considerato lo stato quiescente dell'isola, il valore di output di CO₂ è relativamente alto. I valori più alti di flusso di CO₂ sono stati misurati principalmente nella zona orientale e meridionale dell'isola (Fig. 3.5.1.) in corrispondenza di strutture tettoniche regionali e nelle aree con alta densità di centri eruttivi recenti. Studi geochemici sul sistema idrotermale, suggeriscono la presenza di vari acquiferi sovrapposti, a volte interagenti tra loro, le cui acque rispecchiano un'origine mista meteorica e marina. Tali acque, interagendo con fluidi di origine magmatica e con le rocce, assumono caratteri peculiari che permettono di discriminare, oltre quello marino e meteorico, tre distinti end-member "geotermali" che interagiscono con le falde in tre diversi settori dell'isola (Lacco Ameno, Panza-Serrara e Casamicciola in Fig. 3.1.19.). L'interazione tra le falde e i fluidi vulcanici è inoltre confermata dalla composizione chimica ed isotopica dei gas disciolti. La fase gassosa, a CO₂ prevalente, ha una composizione isotopica del C compresa tra 0 ‰ e -3.0 ‰, mentre la composizione isotopica dell'He, intorno a 3.5 R/Ra, ne conferma l'origine magmatica.

Sulla base dei dati acquisiti si evince che dagli anni '80 ad oggi non ci sono state variazioni significative nella composizione chimica delle acque e dei gas legate all'attività vulcanica. La stima della temperatura del reservoir profondo, ricavata da geotermometri in fase liquida e in fase gassosa, è caratterizzata da valori che sono molto vicini a quelli stimati negli anni precedenti, sottolineando che la condizione del sistema geotermico dell'isola è stabile. Inoltre, la costanza dei valori di composizione isotopica dell'He suggerisce che anche il sistema magmatico profondo non ha subito variazioni di rilievo.

3.2 Etna

3.2.1. Strumentazione disponibile

Le reti per il monitoraggio geochemico dell'attività vulcanica gestite dalla Sezione di Palermo sono state integrate ed aggiornate in sinergia con il "Programma Triennale della Sorveglianza Sismica e Vulcanica in Sicilia" (Accordo di Programma Quadro con la Regione Siciliana del 7/11/2003). Le attività hanno previsto il mantenimento e l'aggiornamento delle stazioni esistenti e l'installazione di nuove stazioni automatiche permanenti per la misura dei seguenti parametri:

- Flussi di CO₂ e gradienti di temperatura nei suoli;
- parametri chimico-fisici delle acque;
- pressione totale di gas disciolto nelle acque;
- chimismo del plume.

Le nuove stazioni installate e le parti di ricambio sono state sviluppate e realizzate nei laboratori della Sezione.

Le strumentazioni riportate nella tabella seguente sono state utilizzate per la realizzazione di varie componenti delle reti di monitoraggio e per l'analisi della composizione chimica ed isotopica dei campioni di fluidi naturali (acque e gas) rilasciati in tutte le aree precedentemente indicate; tali strumentazioni, pertanto, non verranno riportate nelle schede successive, relative alle altre aree vulcaniche monitorate.

<i>Meccanica</i>	Il laboratorio di meccanica è una struttura fondamentale per il supporto alla sorveglianza vulcanica e sismica. Le attività di ricerca e sorveglianza svolte in queste aree, infatti, richiedono la risoluzione di innumerevoli problemi di carattere tecnico-pratico e la realizzazione di prototipi di strumenti di misura in grado di lavorare in ambienti altamente aggressivi. Il personale del laboratorio si occupa della progettazione e della realizzazione di componenti meccaniche e di strumenti portatili per il campionamento e le analisi in situ di gas ed acque e per la misura dei flussi di massa e di energia. Effettua, inoltre, la realizzazione di sistemi e linee di purificazione ad ultra alto vuoto impiegate nel campo delle analisi isotopiche. Le principali strumentazioni di cui il laboratorio dispone sono:
------------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Fresatrice verticale ITAMA FV 20 VS • Tornio parallelo automatico Commodor AC Weiler • Segatrice a nastro x metalli MEP Shark 260 • Segatrice a disco da tavolo per legno • Tranciatrice ad angolo variabile IMAC tipo VA 200/6 • Cesoia Oleodinamica per lamiera tipo Omag serie CM • Pressa-Piegatrice per lamiera tipo Femas serie PI da 100 ton. • Levigatrice a disco e nastro Marpol tipo 343 • Affilatrice x utensili doppia tipo 114 Aceti Macchine • Affilatrice utensili tipo Cuoghi Ape 40 • Molatrice doppia disco/spazzola metallica • Sabbiatrice industriale Lampugnani tipo LC/S • Gruppo di saldatura ossiacetilenica dotato di carrello porta bombole • Saldatrice ad atmosfera controllata per saldatura TIG tipo Cebora Ac/Dc 1835-M • Posizionatore a tavola modello SPS marca AUTOMA • Saldatrice Filo continuo mig/mag tipo Selco Genesis 352 • Puntatrice per saldatura a resistenza tipo • Trapano a colonna Seer Mac tipo Rag 20-22 • Trapano radiale tipo IT 40-900S Gianni Bonza • Compressore aria Ceccato CSA 10 bar • Rotolatrice motorizzata Hillus 286 mot <p>Il laboratorio inoltre dispone di una serie di elettrotensili portatili (Trapani, smerigliatrici, saldatrice, roditrice etc.).</p>						
<i>Elettronica</i>	<p>Il laboratorio di elettronica è una struttura essenziale per le attività svolte dalla Sezione di Palermo nell'ambito della sorveglianza vulcanica e sismica. Gran parte delle componenti elettroniche delle stazioni permanenti per il monitoraggio continuo dei parametri geochimici vengono sviluppate e realizzate nei laboratori della Sezione. Ciò, negli anni, ha consentito acquisire un know-how ragguardevole attraverso cui oggi è possibile: i) sviluppare strumentazioni non reperibili in commercio e/o modificarle in modo da renderle funzionali in ambienti altamente aggressivi ed inaccessibili; ii) risolvere malfunzionamenti delle reti in tempi estremamente contenuti; iii) abbattere in modo sensibile i costi di mantenimento.</p> <p>Le principali attività svolte nel laboratorio di elettronica sono: a) manutenzione delle strumentazioni impiegate nelle reti di monitoraggio e nei laboratori analitici della Sezione; b) progettazione, realizzazione e sviluppo delle componenti elettroniche presenti nelle stazioni di monitoraggio e di sensori per la misura di parametri geochimici; d) installazione delle stazioni di monitoraggio. Il laboratorio di elettronica dispone di numerosi strumenti per la misura di grandezze elettriche e macchine per la realizzazione ed assemblaggio delle schede elettroniche basate su tecnologia SMD.</p> <p>Di seguito vengono riportate le principali strumentazioni disponibili:</p> <ul style="list-style-type: none"> • N. 3 oscilloscopi LeCroy WS 422; • N. 4 alimentatori da laboratorio TTI QL355T; • N. 1 generatore di forme d'onda programmabile TTI TGA 1241; • N. 1 generatore di forme d'onda Dagatron 8220; • N. 2 multimetri programmabili Protek 4100; • N. 2 calibratori Escort 2000; • N. 4 stazioni saldanti Weller da banco; • N. 2 schede di acquisizione per notebook NiDaq3600; • N. 1 stazione montaggio smd pick & place, essemtec CSM Pantera; • N. 1 forno per saldatura automatica smd, essemtec RO-06 plus; • N. 1 macchina serigrafica uniprint i-tronik. • N. 1 Calibratore del punto di rugiada – Portable dew point generator LI-COR LI 610 						
<i>Laboratori analitici</i>	<p>I Laboratori Analitici della Sezione di Palermo sono stati sviluppati negli anni sotto lo stimolo delle attività di sorveglianza e ricerca parallelamente al progresso del settore strumentale e vantano ormai una consolidata esperienza scientifica e tecnologica. I laboratori supportano tutte le attività di sorveglianza e ricerca della Sezione e grazie all'esperienza ed alle competenze maturate, rappresentano il riferimento nazionale per il supporto analitico alle altre Sezioni dell'INGV impegnate in attività di monitoraggio e ricerca nell'ambito della geochimica dei fluidi. Le specifiche esigenze di ricerca e di nuove tecniche analitiche hanno portato allo sviluppo tecnologico dei laboratori stimolando la messa a punto di nuove metodologie di misura e/o la realizzazione di nuove strumentazioni "ad hoc".</p>						
<i>Chimica delle acque</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"><i>Cromatografia liquida</i></td> <td>N. 2 - DIONEX DX 120 - Determinazione quantitativa dei cationi nei campioni di acque.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>METROHM 761 COMPACT IC - METROHM 766 IC SAMPLE PROCESSOR - Determinazione del contenuto anionico delle acque naturali, dei fluidi fumarolici (ampolle alcaline) e derivati dal desorbimento di trappole alcaline.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Spettrofotometro SHIMADZU UV – 1601 - Determinazione quantitativa di boro ed ammoniaca in acque e condensati fumarolici</td> </tr> </table>	<i>Cromatografia liquida</i>	N. 2 - DIONEX DX 120 - Determinazione quantitativa dei cationi nei campioni di acque.		METROHM 761 COMPACT IC - METROHM 766 IC SAMPLE PROCESSOR - Determinazione del contenuto anionico delle acque naturali, dei fluidi fumarolici (ampolle alcaline) e derivati dal desorbimento di trappole alcaline.		Spettrofotometro SHIMADZU UV – 1601 - Determinazione quantitativa di boro ed ammoniaca in acque e condensati fumarolici
<i>Cromatografia liquida</i>	N. 2 - DIONEX DX 120 - Determinazione quantitativa dei cationi nei campioni di acque.						
	METROHM 761 COMPACT IC - METROHM 766 IC SAMPLE PROCESSOR - Determinazione del contenuto anionico delle acque naturali, dei fluidi fumarolici (ampolle alcaline) e derivati dal desorbimento di trappole alcaline.						
	Spettrofotometro SHIMADZU UV – 1601 - Determinazione quantitativa di boro ed ammoniaca in acque e condensati fumarolici						

	<i>ICP-MS</i>	AGILENT 7500ce con sistema ORS (Octapole Reaction System) - Determinazione quantitativa di elementi in tracce in liquidi e solidi.
	<i>ICP - Ottico</i>	Horiba Jobin – Yvon ultima 2 – Determinazione quantitativa di elementi in tracce in liquidi e solidi in matrici saline.
<i>Chimica dei Gas</i>	<i>Gas-cromatografia</i>	N°1 - PERKIN ELMER Clarus 500 equipaggiato con colonna 60/80 Carboxen 1000, detector TCD, metanizzatore e FID disposti in serie - Determinazione quantitativa di He, H ₂ , O ₂ , N ₂ , CO, CH ₄ , CO ₂ in gas liberi, gas disciolti in acqua o gas arricchiti in ampolle alcaline.
		N°2 - PERKIN ELMER XL Autosystem equipaggiati con colonna 60/80 Carboxen 1000 e colonna RT MolSieve 5A, entrambi con detector TCD, metanizzatore e FID disposti in serie - Determinazione quantitativa di He, H ₂ , O ₂ , N ₂ , CO, CH ₄ , CO ₂ e di Ar, H ₂ , O ₂ , N ₂ , CO, CH ₄ in gas liberi, gas disciolti in acqua o gas arricchiti in ampolle alcaline.
<i>Isotopi delle acque e dei gas</i>	<i>Isotopi Stabili</i>	GV 2003 con modulo automatico di preparazione GILSON XL222 e CARB PREP SYSTEM Determinazioni: - δ ¹⁸ O (H ₂ O)- δ ¹³ C _(TDIC) (Total Dissolved Inorganic Carbon) - δ ¹³ C e δ ¹⁸ O in carbonati solidi
		FINNIGAN DELTA PLUS con Dual Inlet System – Multiport – Micro volume <i>Determinazioni</i> :- δ ¹³ C e δ ¹⁸ O della CO ₂ in campioni gassosi
		FINNIGAN DELTA PLUS XP con ConFlo III + TC/EA - GC/TC III – Trace GC – GC/TC – PreCon Determinazioni: δD - δ ¹⁸ O (H ₂ O) - δ ¹³ C - δ ¹⁸ O (CO ₂) in campioni gassosi - δ ¹³ C - δD (CH ₄) in campioni gassosi- δ ¹⁵ N (N ₂) in campioni gassosi
		FINNIGAN DELTA PLUS XP con ConFlo III + TC/EA Determinazioni: - δD - δ ¹⁸ O (H ₂ O)
	<i>Isotopi dei gas Nobili</i>	VG5400 - spettrometro di massa a magnete variabile in condizioni di vuoto statico dotato di uno doppio "flight tube" per la determinazione dei rapporti isotopici ³ He/ ⁴ He.
		ARGUS - spettrometro di massa a magnete variabile che lavora in condizioni di vuoto statico, realizzato per l'analisi isotopica delle masse dell'Argon.
HELIX MCT – Multicollector tube - spettrometro di massa a magnete variabile che lavora in condizioni di vuoto statico, realizzato per l'analisi isotopica di Ne, Ar, Kr, Xe.		
<i>Laser Ablation</i>	<i>Laser ad eccimeri</i>	COHERENT Geolas COMPex Pro 100 excimer laser device Laser wavelength 193 nm
	<i>ICP-MS</i>	AGILENT 7500ce con sistema ORS (Octapole Reaction System) - Determinazione quantitativa di elementi in tracce nelle melt inclusions.
<i>Spettroscopia</i>	<i>Misure di SO₂ nei plumes vulcanici</i>	Mini DOAS
		<ul style="list-style-type: none"> Active DOAS della Oceanoptics Camera UV sperimentale per la determinazione dei tenori di SO₂ in atmosfera

3.2.2. Reti per il monitoraggio continuo dei parametri geochimici

Lo schema che segue riassume le reti gestite dalla Sezione di Palermo per il monitoraggio continuo dei parametri geochimici.

Rete	Parametri monitorati	Località
ETNAGAS	Flusso di CO ₂ emesso dai suoli e parametri meteorologici (T _{atm} , P _{atm} , umidità dell'aria, direzione e velocità del vento) in 19 siti con trasmissione dati su rete GSM	P39, SML1, SML2, Albano1, Maletto, MSM1, Roccacampana2, Primoti, SV1, P78, Parcoetna, N1, N2, Agro, Ripenaca, 3c, Brunek, Fondachello, PassoP.
ETNAACQUE	Principali parametri chimico-fisici delle acque di falda (pH, conducibilità elettrica, temperatura, livello freatico) e parametri meteorologici (T _{atm} , P _{atm} , umidità dell'aria, direzione e velocità del vento) in 6 siti con trasmissione dati su rete GSM	Difesa, Ciapparazzo, Roccacampana, Valcorrente, Ponteferro, Cherubino, Roccacampana 2.
ETNAPLUME	Due stazioni per la misura del rapporto C/S nei gas del plume	Voragine, NEC

3.2.3. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

In quest'area sono state effettuate campagne mensili e bisettimanali di campionamento dei fluidi naturali (acque e gas). I parametri chimico-fisici delle acque (Temperatura, pH, conducibilità elettrica, Livello freatico, flusso) sono stati misurati in situ, mentre la composizione chimica (elementi maggiori, alcuni dei minori ed in tracce) ed isotopica (Deuterio, Ossigeno, TDC) dei campioni è stata effettuata attraverso analisi di laboratorio. Sui campioni di gas dai suoli è stata determinata la concentrazione chimica (H_2 , O_2 , N_2 , CO , CH_4 , CO_2 , H_2O) ed isotopica (Elio, Carbonio). Sono stati anche campionati ed analizzati i gas emessi da alcune fumarole di alta temperatura, prossime ai crateri sommitali, allo scopo di ottenere maggiori informazioni sulle dinamiche di degassamento delle porzioni più superficiali dei condotti di alimentazione magmatica. Le reti di monitoraggio automatico per la misura dei flussi di CO_2 diffusa dai suoli (Rete ETNAGAS), dei principali parametri chimico-fisici delle acque (Rete ETNAACQUE) e dei rapporti fra gas acidi nel plume vulcanico (rapporto CO_2/SO_2) sono state mantenute in efficienza ed ulteriormente innovate dal punto di vista tecnologico.

Le attività svolte sono sinteticamente elencate nello schema seguente:

- determinazione della composizione chimica ed isotopica delle acque e dei gas disciolti nella falda attraverso campionamenti effettuati con frequenza mensile su 15 siti (pozzo Monte Ilice, galleria S. Giacomo, sorgente Acqua Bongiaro, galleria Ponteferro, pozzo Guardia, fontana del Cherubino, pozzo Currone, pozzo Acqua Difesa, sorgente Acquarossa, galleria Valcorrente, sorgente Acqua Grassa, sorgente Romito, pozzo Solicchiata, galleria Ciapparazzo, galleria Rocca Campana);
- prospezioni mensili per la stima del flusso diffuso di CO_2 dai suoli in 3 settori dell'edificio etneo (Paternò, Zafferana-S. Venerina e Pernicana - per un totale di oltre 140 siti di misura);
- determinazione della composizione chimica ed isotopica dei gas emessi in aree periferiche e sommitali del vulcano (10 punti di campionamento - P39, Vallone Salato, Stadio, Naftia, Fondachello, Torre del Filosofo, Belvedere della Valle del Bove, P78 e Primoti - frequenza da settimanale a mensile);
- analisi dei rapporti CO_2/SO_2 nei gas del plume emessi dai crateri dell'Etna misurati in modo discreto attraverso misure a cadenza quindicinale/mensile (in relazione alle condizioni meteo);
- monitoraggio continuo del flusso diffuso di CO_2 emesso dai suoli e dei parametri meteorologici attraverso 19 stazioni automatiche di misura;
- monitoraggio continuo dei parametri chimico-fisici delle acque di falda mediante 6 stazioni di misura automatica;
- monitoraggio continuo del rapporto CO_2/SO_2 nei gas del plume emessi dal cratere Voragine attraverso 2 stazioni sperimentali (Voragine, NEC).

I dati acquisiti sono stati inseriti in appositi database consultabili dal personale della Sezione in modo protetto. Alcune serie temporali sono state rese disponibili in real-time o near-real-time al Dipartimento della Protezione Civile attraverso un sito WEB ad accesso riservato (eriodor.pa.ingv.it). Inoltre, i dati sono stati resi pubblici attraverso relazioni e bollettini periodici mensili ad uso dei Dipartimenti di Protezione Civile Nazionale e Regionale (Sicilia) e pubblicati su riviste specializzate nazionali ed internazionali.

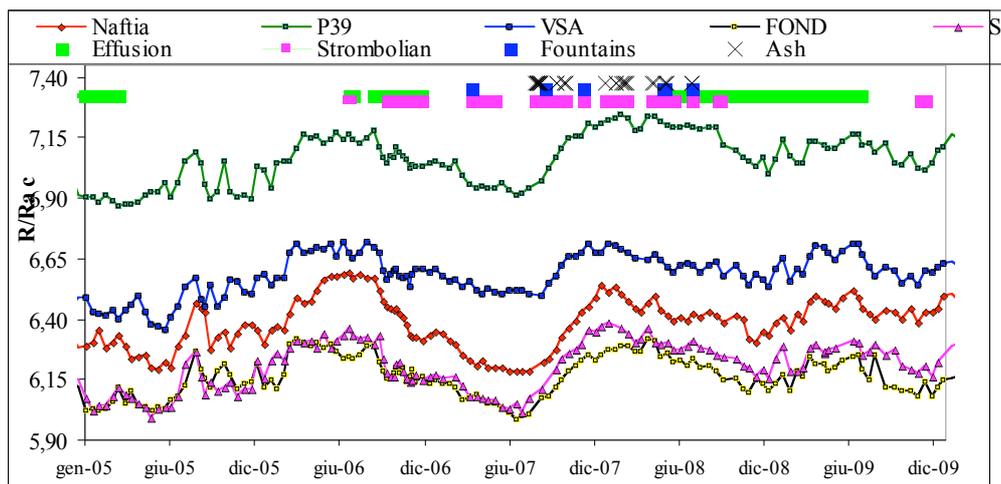


Fig. 3.2.1. – Variazioni temporali del rapporto isotopico dell'elio (espresso come R/Ra corretto dall'eventuale contaminazione atmosferica).

3.2.4. Sintesi delle osservazioni

Le attività di monitoraggio sono state svolte in accordo ai programmi di sorveglianza previsti per l'anno 2009. Per alcune delle attività la frequenza degli interventi è stata incrementata, durante la fase eruttiva iniziata il 13 maggio 2008 ed esauritasi a luglio 2009.

Le indagini svolte hanno messo in evidenza alcune anomalie ben definite soprattutto riguardo il flusso diffuso di CO₂ dai suoli, i gas del plume, il chimismo delle falde e le emissioni gassose periferiche. Le indagini svolte, sia continue che discontinue, indicano che le principali variazioni sono state registrate nella prima metà del 2009 e sono riconducibili a processi di migrazione del magma verso le porzioni meno profonde del sistema di alimentazione etneo. Successivamente non sono state registrate variazioni di rilievo, fino alla fine dell'anno, con un generale decremento dei valori nei parametri monitorati che ha accompagnato e seguito l'esaurimento della fenomenologia eruttiva già in atto dal 2008.

Le indagini isotopiche (³He/⁴He) sui gas emessi in aree periferiche dell'edificio etneo indicano che nel corso del 2008 il sistema magmatico ha gradualmente esaurito la precedente fase di ricarica avvenuta nel secondo semestre 2007 (Fig. 3.2.1.). Nella prima metà del 2009 si è registrato un modesto incremento dei rapporti ³He/⁴He interpretabile come indizio dell'iniezione di magma poco degassato nelle porzioni più profonde del sistema di alimentazione (9-13 km sotto il livello del mare). Tale incremento si è progressivamente esaurito durante il secondo semestre del 2009 e non ha comunque prodotto un'evidente rialimentazione dell'attività effusiva, poi terminata nel luglio del 2009.

I flussi di CO₂ diffusi dal suolo misurati dalla Rete ETNAGAS hanno evidenziato un andamento moderatamente decrescente durante la prima parte dell'anno, in accordo con l'esaurirsi dell'attività eruttiva. Verso la fine dell'evento eruttivo 2008-09, il trend mostrato dai flussi di CO₂ dai suoli ha subito un'inversione, con aumenti che raggiungono i valori massimi durante la prima decade del mese di ottobre in quasi tutte le stazioni ed, in particolare il 31 ottobre, nella stazione Roccacampana. L'incremento dei valori di flusso registrato dalle stazioni ETNAGAS anticipa l'apertura di una bocca degassante apertasi il 6 novembre sul fianco orientale del Cratere di Sud-Est (SEC), tuttora attiva. L'andamento dei flussi relativo agli ultimi mesi dell'anno è caratterizzato da un leggero decremento, anche se non in tutte le stazioni della rete. Tale comportamento suggerisce che il fenomeno di alimentazione che interessa gli apparati sommitali, ed in particolare la nuova bocca del SEC, non è del tutto regredito.

I tenori di CO₂ nelle falde acquifere (Rete ETNAACQUE) hanno evidenziato, nella prima parte del 2009, un graduale incremento dei valori riconducibile ad un maggiore apporto di fluidi magmatici alla falda. Anche in questo caso gli incrementi registrati non sono stati accompagnati o seguiti da variazioni apprezzabili dell'attività eruttiva in corso. Durante la seconda metà dell'anno, i tenori di CO₂ disciolta nelle acque di Roccacampana (settore Pernicana) sono progressivamente diminuiti.

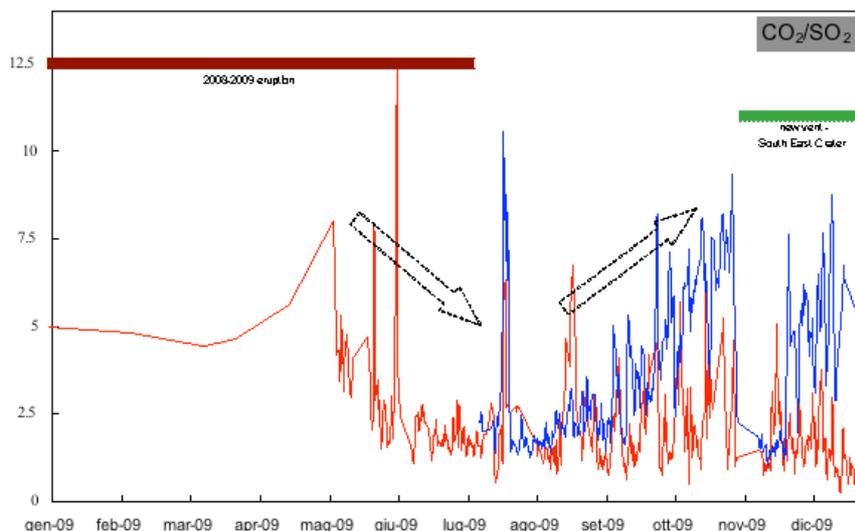


Fig. 3.2.2. - Variazioni del rapporto CO_2/SO_2 relative all'anno 2009 espresse come media mobile su 5 punti, da misure ottenute dalle stazioni di monitoraggio in continuo al cratere di Voragine (in rosso) e al cratere Bocca Nuova (in blu – stazione sperimentale). In marrone è indicato il periodo eruttivo 2008-2009, in verde il periodo relativo all'attività di degassamento dalla nuova bocca apertasi sul fianco orientale del Cratere di Sud-Est.

Le misure del rapporto CO_2/SO_2 nel plume dell'Etna durante il 2009 (Fig. 3.2.2.) hanno messo in evidenza una prima fase di sostanziale stabilità dei valori, con una media del rapporto $CO_2/SO_2 \sim 5$ che perdura fino al mese di aprile. Una seconda fase cominciata all'inizio di maggio evidenzia un sensibile decremento del rapporto C/S, che raggiunge a luglio i valori più bassi con medie di circa 2.5; questa fase contraddistingue il termine dell'eruzione 2008-2009. Un successivo periodo di incremento del rapporto C/S comincia a partire dalla seconda metà di agosto, ed è ben evidenziato dalla stazione sperimentale di monitoraggio continuo installata presso il cratere Bocca Nuova (linea in blu in figura). L'incremento del rapporto C/S testimonia l'arrivo di un nuovo contributo di magma ricco in volatili che raggiunge gli apparati sommitali e culmina i primi giorni di novembre, anticipando di pochi giorni l'apertura della bocca degassante apertasi il 6 novembre sul fianco orientale del Cratere di Sud-Est. L'ultimo periodo del 2009, seguente all'apertura della nuova bocca degassante, è caratterizzato da una moderata variabilità del rapporto C/S, suggerendo che la nuova manifestazione vulcanica che interessa il Cratere di Sud-Est è tuttora sostenuta.

3.3. Vulcano

3.2.1. Reti per il monitoraggio continuo dei parametri geochimici

Lo schema che segue riassume le reti gestite dalla Sezione di Palermo per il monitoraggio continuo dei parametri geochimici sull'Isola di Vulcano.

Rete	Parametri monitorati	Località
VULCANOGAS	Flusso di CO_2 emesso dai suoli in 11 siti con trasmissione dati. La maggior parte delle stazioni dispone anche di sensori per il monitoraggio dei parametri meteorologici.	P3, P4MAX, Rimessa, Faraglione, P4, Enel, Campo, Bambara, Bordo Sud, C. Sicilia, Discarica
VULCANOFUM	Temperature fumaroliche in tre siti dell'area craterica. Flusso di calore rilasciato dal suolo, all'esterno dei campi fumarolici, attraverso misure di gradiente di temperatura, in 2 siti con registrazione dei dati ed un sito con trasmissione dati.	Stazione Spiaggia, VULCRA1 e VULCRA2; Flusso calore: MN e Bordo Sud
VULCANOACQUE	Principali parametri chimico-fisici della falda (TDGP, conducibilità elettrica, temperatura, livello freatico) in quattro pozzi, con trasmissione dati. Le stazioni dispongono di sensori per la misura dei principali parametri meteorologici.	Le Calette, Bambara, C. Sicilia, Discarica

3.3.2 Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Riguardo l'isola di Vulcano sono state svolte indagini mensili e bimestrali per la misura dei parametri chimico fisici, della composizione chimica ed isotopica delle acque di falda, dei fluidi fumarolici e del flusso diffuso di CO₂ alla base del cratere La Fossa.

Le attività svolte sono sinteticamente elencate nello schema seguente:

- determinazioni del chimismo e della composizione isotopica delle acque e dei gas disciolti nella falda attraverso prospezioni effettuate con frequenza bimestrale in 7 siti di campionamento: Bambara, Camping Sicilia, Muscarà, Discarica, Eas, Lentia, Castello; nei siti sono stati anche misurati i principali parametri chimico fisici: temperatura, pH, Eh, conducibilità elettrica e livello freatico;
- misura discreta del flusso diffuso di CO₂ dai suoli nell'area di Vulcano Porto (misure effettuate con cadenza bimestrale di oltre 50 punti di misura distribuiti su un'area di circa 2.2 Km²);
- determinazioni del chimismo e della composizione isotopica dei gas di alta temperatura del campo fumarolico del cratere La Fossa (campionamenti bimestrali delle fumarole F0, FA, F5AT, F11);
- monitoraggio continuo del flusso diffuso di CO₂ emesso dai suoli e dei parametri meteorologici attraverso 11 stazioni automatiche di misura;
- monitoraggio continuo dei parametri chimico-fisici delle acque di falda e della pressione totale di gas disciolto nelle acque (TDGP) mediante quattro stazioni di misura automatica;
- monitoraggio continuo della temperatura fumarolica (F5, F5AT, FA, Spiaggia) e dei gradienti di temperatura in tre siti con trasmissione dati.

I dati acquisiti sono stati inseriti in appositi database, utilizzati in sala di monitoraggio, consultabili dal personale della Sezione in modo protetto. Alcune serie temporali sono state rese disponibili in real-time o near-real-time al Dipartimento di Protezione Civile attraverso un sito WEB ad accesso limitato (eriodor.pa.ingv.it).

Inoltre, i dati sono stati resi pubblici attraverso relazioni e bollettini periodici mensili ad uso dei Dipartimenti di Protezione Civile Nazionale e Regionale (Sicilia) e pubblicati su riviste specializzate nazionali ed internazionali.

3.3.3. Sintesi delle osservazioni

La tipologia ed il calendario dei campionamenti svolti sull'isola di Vulcano sono stati condotti in accordo con quanto previsto dal programma di sorveglianza definito per quest'area vulcanica. In particolare, le attività di sorveglianza geochimica sono consistite nel monitoraggio delle emissioni di gas diffuso dai suoli (CO₂), delle emissioni fumaroliche site sul bordo e sulla parete interna del cratere La Fossa ed in prossimità del Porto di Levante, e della falda acquifera attraverso alcuni dei pozzi presenti all'interno ed in prossimità dell'abitato di Vulcano Porto.

Le reti per il monitoraggio automatico del flusso di CO₂ emesso dai suoli e dei principali parametri chimico-fisici delle acque di falda (reti Vulcanogas e Vulcanoacqua), installate nel corso del 2008, sono state implementate con alcune nuove stazioni ubicate in siti di interesse (stazioni Enel, Palizzi e Campo), ed hanno consentito l'acquisizione di dati geochimici durante tutto il 2009.

Relativamente all'area craterica, la prima metà del 2009 è stata caratterizzata da basse concentrazioni di specie magmatiche nelle fumarole (Fig.3.3.1.). Coerentemente, le temperature di emissione sono risultate stabili od in progressivo calo in tutti i siti di misura. A partire dal mese di ottobre, le stazioni di misura delle temperature fumaroliche sull'orlo craterico (rete Vulcanofum) hanno registrato un rilevante incremento termico (Fig. 3.3.2.), che non è stato invece osservato nell'area interna del cratere. Il contemporaneo campionamento di ottobre mostrava un netto incremento del contenuto di specie magmatiche (CO₂, He, N₂) nei gas fumarolici, accompagnato da una positivizzazione della composizione isotopica del carbonio (Fig. 3.3.1.) e da valori medio-alti del rapporto isotopico dell'He.

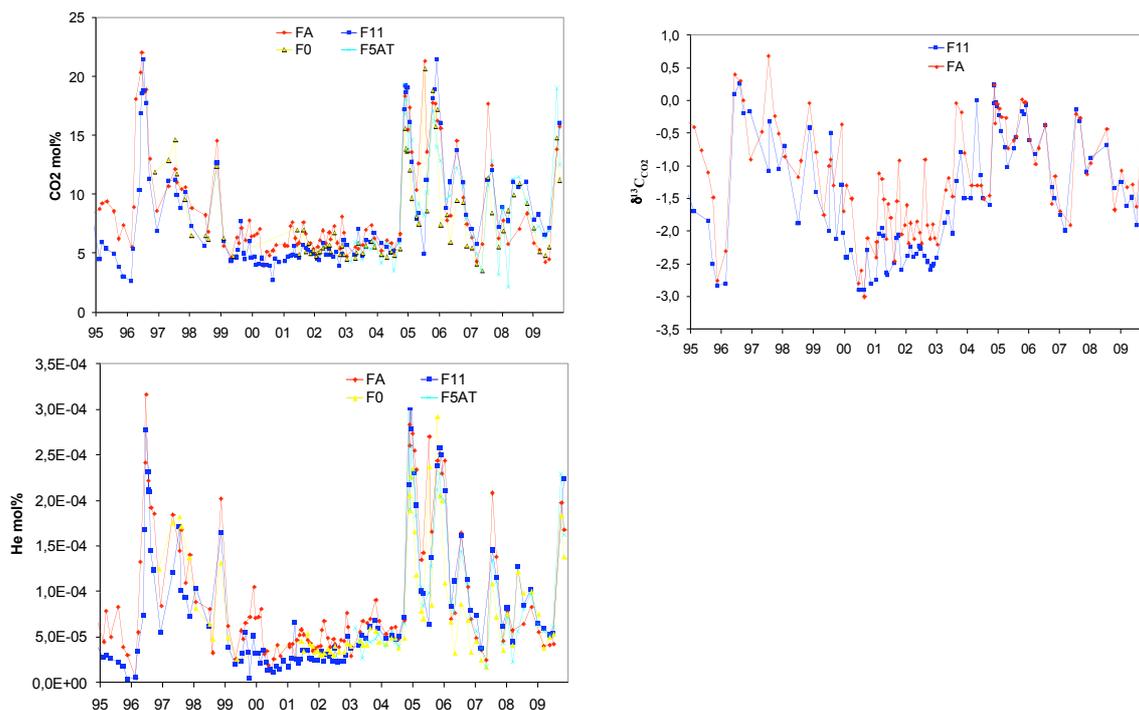


Fig. 3.3.1. – Andamento temporale delle delle concentrazioni di CO₂ ed He, e della composizione isotopica del carbonio ($\delta^{13}\text{C}$ vs PDB) nelle fumarole crateriche.

Sulla base delle conoscenze scientifiche acquisite sul sistema vulcanico della Fossa, tali variazioni vengono interpretate come un incremento nell'apporto di fluidi magmatici profondi che hanno alimentato il campo fumarolico craterico.

Relativamente alla falda si è osservato una sostanziale stabilità delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque termali dell'area di Vulcano Porto (Fig. 3.3.3.).

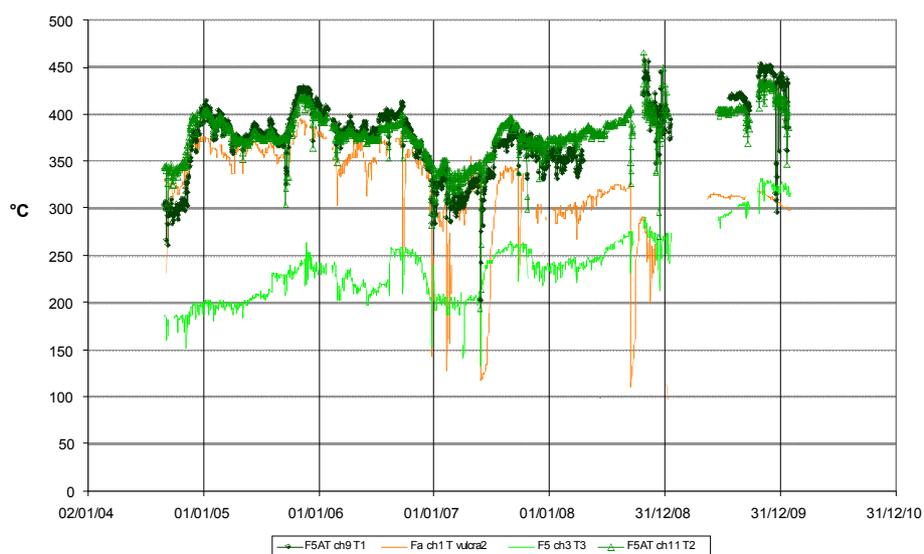


Fig. 3.3.2. – Temperature di emissione misurate dai sensori in continuo posti presso le fumarole F5AT (sull'orlo craterico), FA (sul fianco interno) ed F5 (all'esterno del cratere). La mancanza di dati relativa al primo semestre del 2009 è stata causata dalla sostituzione completa delle stazioni.

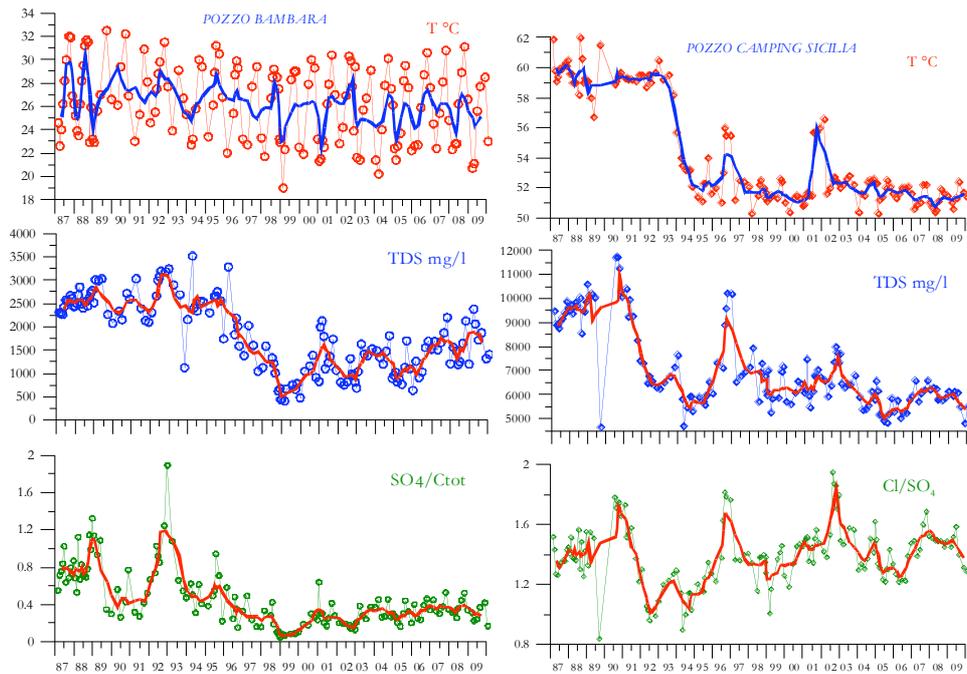


Fig. 3.3.3. – Andamento temporale di alcuni dei pozzi termali dell'area di Vulcano porto.

Alcune lievi variazioni nei valori di salinità e nel rapporto Cl/SO_4 , significative di un maggior apporto di fluidi di origine fumarolica, sono state rilevate essenzialmente nelle acque dei pozzi ubicati a ridosso dell'edificio vulcanico. Queste anomalie sono terminate negli ultimi mesi del 2009, in accordo a quanto rilevato in area craterica. Negli altri pozzi le variazioni osservate sono essenzialmente dovute a fenomeni superficiali legati al ciclo idrologico.

I dati acquisiti dalle stazioni di monitoraggio continuo della rete *Vulcanogas* e *Vulcanoacqua*, hanno confermato bassi livelli di attività esalativa del sistema vulcanico.

Anche le campagne periodiche per la misura diretta del flusso di CO_2 dai suoli hanno registrato valori modesti di flusso, seppure si possa intravedere un blando trend in aumento verso la fine dell'anno (Fig. 3.3.4.).

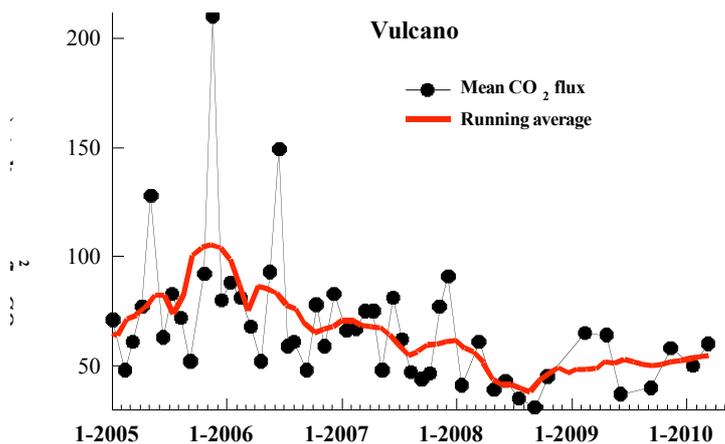


Fig. 3.3.4. – Andamento temporale dei flussi di CO_2 dal suolo nell'area di Vulcano porto

Le indagini geochimiche svolte in area craterica durante 2009, hanno evidenziato un aumento del contributo di fluidi di origine magmatica ai gas fumarolici iniziato fra il mese di settembre e quello di ottobre. Questo nuovo apporto di origine profonda, già in esaurimento nel mese di dicembre, ha

indotto solo lievi variazioni nei parametri geochimici dei sistemi periferici di smaltimento di fluidi (acquiferi termali e degassamento dai suoli). Ciò suggerisce che l'anomalia geochimica osservata al cratere sia stata caratterizzata da contributi modesti in termini di massa ed energia al sistema vulcanico.

3.4. Stromboli

3.4.1. Reti per il monitoraggio continuo dei parametri geochimici

Lo schema che segue riassume le reti gestite dalla Sezione di Palermo per il monitoraggio continuo dei parametri geochimici sull'Isola di Stromboli.

Parametri monitorati	Località
Flusso di CO ₂ emesso dai suoli in 3 siti con trasmissione dati. Le stazioni dispongono dei sensori per il monitoraggio dei parametri meteorologici: T _{atm} , P _{atm} , Umidità dell'aria, Direzione e Velocità del vento, Piovosità.	Pizzo sopra La Fossa, Pozzo Saibbo, Scari
Pressione parziale di CO ₂ nella falda, TDGP nello stesso sito con trasmissione dati.	Pozzo Saibbo
Rapporto C/S nei gas del plume, 2 siti con trasmissione dati. Le stazioni dispongono di sensori per la misura della Temperatura e pressione atmosferica.	Pizzo sopra la Fossa, Fortini
Flusso di calore rilasciato dal suolo, all'esterno dei campi fumarolici, con trasmissione dati.	Presso Pizzo sopra la Fossa

3.4.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Le attività svolte durante il 2009 sull'isola di Stromboli sono consistite nel monitoraggio discreto delle acque di falda e dei gas in esse disciolti e nel monitoraggio continuo di alcuni parametri chimico-fisici delle acque termali, della temperatura al suolo in area sommitale e delle emissioni gassose nel plume e dai suoli. Inoltre sono stati periodicamente campionati i gas emessi dalla fumarola di bassa temperatura in area sommitale.

Le strumentazioni per il monitoraggio automatico (reti per la misura del flusso di CO₂ emesso dai suoli, del rapporto CO₂/SO₂ nei gas del plume, della temperatura del suolo e dei gradienti di temperatura) sono state mantenute in efficienza.

La rete di monitoraggio è stata inoltre implementata con l'istallazione il 20 maggio 2009 di una stazione sperimentale multiparametrica in località Pizzo sopra la Fossa, denominata Pizzomulti. La stazione acquisisce, con cadenza oraria, il valore del flusso di CO₂ in due differenti siti di misura, uno a basso ed uno ad alto flusso e la temperatura del suolo a 5 differenti profondità.

Nel complesso, le attività di monitoraggio svolte possono essere così riepilogate:

- determinazione del chimismo e della composizione isotopica delle acque e dei gas disciolti nella falda termale attraverso campionamenti effettuati con frequenza mensile. Al momento del prelievo sono stati misurati i principali parametri chimico fisici: temperatura, pH, Eh, conducibilità elettrica;
- monitoraggio continuo del rapporto CO₂/ SO₂ in 2 siti sul cratere del Pizzo con trasmissione dati;
- monitoraggio continuo del flusso di CO₂ emesso dai suoli in 3 siti con trasmissione dati;
- monitoraggio continuo del pH, conducibilità elettrica, temperatura, livello freatico, contenuti di CO₂ disciolta e TDGP in 1 pozzo termale con trasmissione dati.

I dati acquisiti sono stati inseriti in appositi database, utilizzati in sala di monitoraggio, consultabili dal personale della Sezione in modo protetto. Alcune serie temporali sono state rese disponibili in real-time o near-real-time al Dipartimento di Protezione Civile attraverso un sito WEB ad accesso limitato (eridor.pa.ingv.it).

I dati sono stati resi pubblici attraverso relazioni e bollettini periodici settimanali ad uso dei Dipartimenti di Protezione Civile Nazionale e Regionale (Sicilia), e pubblicati su riviste specializzate nazionali ed internazionali.

3.4.3. Sintesi delle osservazioni

Durante il 2009 lo Stromboli è stato caratterizzato prevalentemente da una attività esplosiva "ordinaria" ad eccezione dei periodi maggio-luglio e ottobre-dicembre durante i quali è stata osservata una maggiore frequenza ed intensità della attività esplosiva. Nel 2009 sono stati inoltre registrati tre eventi esplosivi di elevata energia che si sono verificati il 3 maggio, l'8 ed il 24 novembre. Le esplosioni, definite "esplosioni maggiori" sono state caratterizzate anche dall'emissione di materiale "juvenile di tipo biondo" (noto in letteratura come magma LP). Queste fasi di maggiore attività esplosiva sono state precedute e/o accompagnate da variazioni di particolare ampiezza in alcuni dei parametri geochimici monitorati.

Aumenti nel rapporto CO_2/SO_2 con valori superiori a 25 (Fig. 3.4.1.), sono stati registrati in prossimità degli eventi maggiori di maggio e di novembre.

Elevati valori nel rapporto CO_2/SO_2 hanno preceduto anche i fenomeni esplosivi di minore entità energetica del mese di luglio.

Durante il periodo Maggio-Luglio e nell'ultimo trimestre del 2009 la stazione sommitale STR02 ha registrato un aumento del flusso di CO_2 con valori medi giornalieri superiori ai $10000 \text{ gr/m}^2/\text{giorno}$ (Fig. 3.4.2.). Anche i dati di flusso relativi al sito a bassa emissione di CO_2 della stazione sperimentale "Multipizzo" mostrano un'evidente anomalia durante la fine dell'anno, in coincidenza degli eventi esplosivi maggiori verificatesi in questo periodo.

Le variazioni osservate nel rapporto CO_2/SO_2 del plume e nel flusso di CO_2 dai suoli sembrano essere legate ad una risalita di magma all'interno dei condotti e ad un aumento dell'input di gas profondi, che hanno dato origine alle fasi di maggiore energia dell'attività esplosiva. Come già osservato in passato, il rapporto CO_2/SO_2 ed i flussi di CO_2 sono due parametri geochimici di fondamentale importanza per una corretta valutazione sullo stato dell'attività vulcanica dello Stromboli.

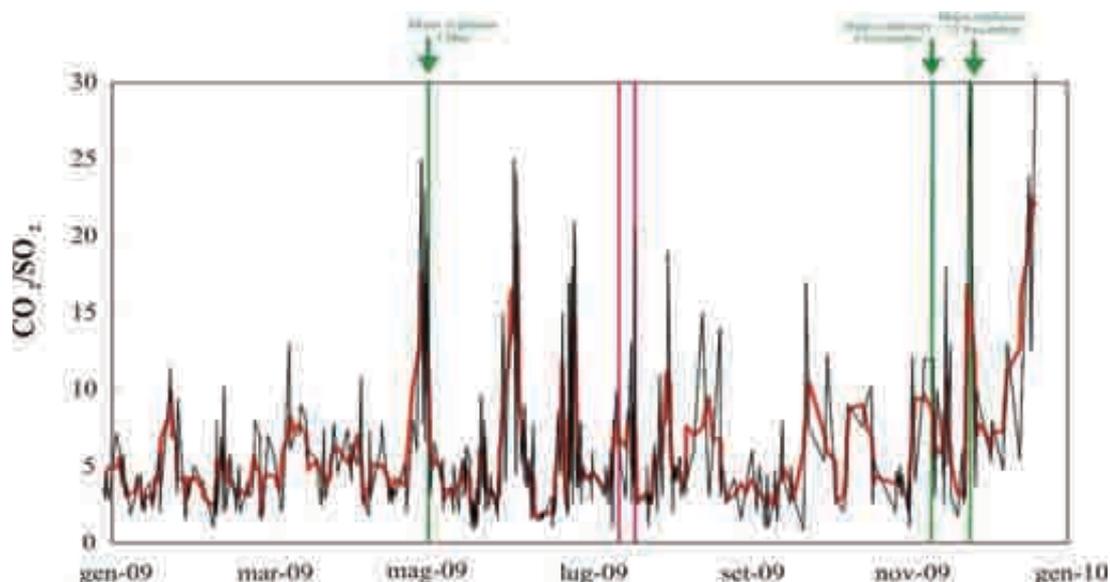


Fig. 3.4.1. – Rapporto CO_2/SO_2 nel plume, misurato dalle stazioni di monitoraggio PIZZO e FORTINI). In nero media mobile su 5 punti, in verde i tre eventi esplosivi "maggiori" in fucsia due eventi esplosivi di energia superiore alla attività esplosiva ordinaria.

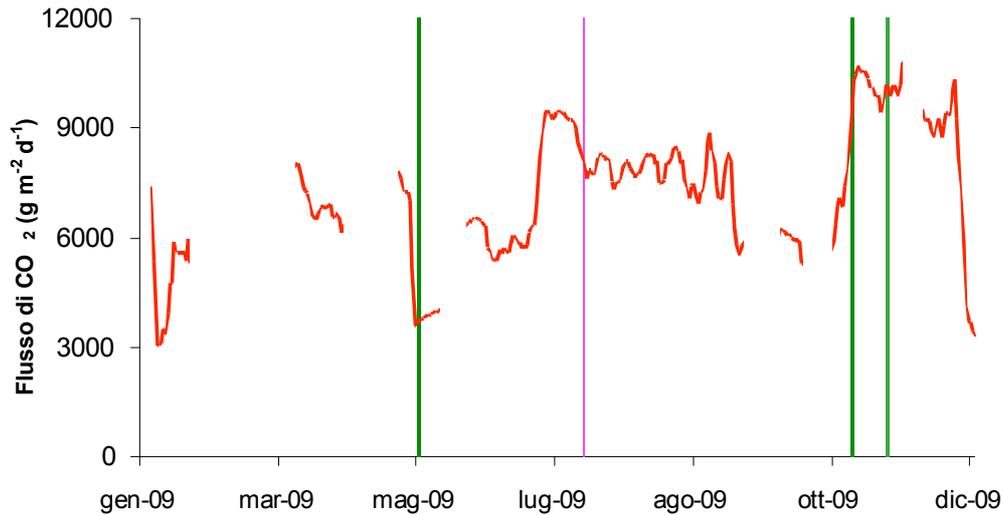


Fig. 3.4.2. – Medie giornaliere del flusso di CO₂ dal suolo in area craterica (Stazione STR02) (rosso = media mobile su 5 punti, verde = esplosioni “maggiori”, fucsia = esplosione di energia superiore alla esplosione ordinaria).

A partire dalla fine di ottobre, la rete di monitoraggio della temperatura al suolo ha evidenziato un aumento del gradiente verticale fino a superare i 30°C/m. Tale aumento, accoppiato ai bassi valori di temperatura registrati, è stato interpretato come una riduzione del flusso di vapore dal suolo che, in occasione di maggiore attività esplosiva, viene preferenzialmente canalizzato verso i crateri sommitali.

Anche la falda termale ha mostrato variazioni nei parametri chimico-fisici che sembrano essere legati all'incremento dell'attività esplosiva degli ultimi mesi del 2009. All'inizio di novembre, sia i valori di pressione totale dei gas disciolti (TDGP), sia i valori di temperatura mostrano un brusco decremento indicando un netto cambiamento nelle modalità d'interazione tra i fluidi profondi e la falda.

Infine, è stato osservato un progressivo aumento nella CO₂ disciolta nelle acque del Pozzo COA che si inquadra in un trend in crescita già iniziato nel 2007 poco dopo il termine dell'ultimo evento effusivo.

3.5. Pantelleria

3.5.1. Strumentazione disponibile

Lo schema che segue riassume i parametri geochimici che sono monitorati a Pantelleria dalla Sezione di Palermo.

Parametri monitorati	Località
Una stazione per il monitoraggio del flusso di CO ₂ esalante dal suolo in forma diffusa, il gradiente di concentrazione di CO ₂ in aria ed i parametri meteorologici (T _{atm} , P _{atm} , Umidità dell'aria, Direzione e Velocità del Vento).	Lago Specchio di Venere

3.5.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

La Sezione di Palermo ha effettuato due campagne per il campionamento di acque termali da sorgenti e pozzi, rappresentativi dei circuiti idrologici presenti nell'isola, e di gas liberi in aree a degassamento anomalo.

Sui campioni di acque e gas sono state effettuate le seguenti analisi:

- determinazione della composizione chimica (elementi maggiori, alcuni minori e in tracce) ed isotopica (Deuterio e Ossigeno) delle acque e dei gas disciolti della falda attraverso prospezioni effettuata con frequenza semestrale (15 punti di campionamento). Al momento del prelievo sono stati misurati i principali parametri chimico fisici: temperatura, pH, Eh, conducibilità elettrica;
- determinazione della composizione chimica (H_2 , O_2 , N_2 , CO , CH_4 , CO_2 , H_2O) ed isotopica ($^3He/^4He$ e $\delta^{13}C_{CO_2}$) dei gas campionati in aree fumaroliche ed in aree a degassamento anomalo (3 punti di misura);
- Monitoraggio continuo presso il lago Specchio di Venere del flusso di CO_2 esalante dal suolo in forma diffusa, del gradiente di concentrazione di CO_2 in aria e dei parametri meteorologici (T_{atm} , P_{atm} , Umidità dell'aria, Direzione e Velocità del Vento).

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.

3.5.3. Sintesi delle osservazioni

L'isola di Pantelleria è sede di un sistema geotermico ad acqua dominante con temperature, stimate con geotermometri sia in fase liquida che gassosa, comprese tra i 150 ed i 250 °C.

Le manifestazioni idrotermali sono numerose e localizzate soprattutto lungo la costa nella porzione centro-settentrionale dell'isola, le fumarole sono concentrate nella parte meridionale dell'isola in prossimità di centri eruttivi e lungo le faglie attive. Altre emissioni gassose sono ubicate a Gadir e in prossimità del Lago di Venere sia come mofete che come gas gorgoglianti nelle acque del lago. I campionamenti effettuati durante il 2009 hanno riguardato gas fumarolici, sorgenti e pozzi termali che meglio caratterizzano i circuiti idrologici dell'area in esame (Fig. 3.5.1.).



Fig. 3.5.1. – Mappa con l'ubicazione dei punti di campionamento. I circoletti verdi rappresentano i pozzi; i circoletti rossi i gas liberi.

Sulla base dei dati e delle osservazioni degli ultimi 10 anni non si sono osservate variazioni significative sia nel sistema di alimentazione idrotermale, che nella composizione delle acque (Fig. 3.5.2.). Anche per quanto concerne il chimismo e la composizione isotopica dei gas fumarolici di bassa temperatura delle Favare è stata osservata una sostanziale stabilità composizionale.

Le variazioni registrate sono riferibili soltanto ad interazioni superficiali dovute principalmente ad ingresso di acqua marina e all'emungimento dei pozzi. Per il lago invece le variazioni sono dovute principalmente a variazioni nell'equilibrio tra apporti meteorici ed evaporazione.

I dati registrati dalla stazione di monitoraggio continuo (CO_2 dai suoli e a 40, 90 e 130cm dal suolo, Fig. 3.5.3.) in località Fossa della Pernice (Lago di Venere) mostrano una forte correlazione tra i parametri misurati e quelli meteorologici quali direzione ed intensità del vento, pressione atmosferica ed eventi piovosi. Durante il 2009 sono state misurate concentrazioni medie giornaliere tra 0.035% (normale concentrazione di CO_2 atmosferica) e 0.3% a 130 cm, tra 0.15 e 1.5% a 90cm, tra 0.5% e 23% a 45cm di altezza dal suolo. Concentrazioni di CO_2 considerate

dannose per la salute dell'uomo (>4%vol) sono state raggiunte occasionalmente soltanto all'altezza di 45cm dal suolo, nelle ore notturne in occasione di stasi di vento a causa della morfologia a conca del sito. Nel periodo di osservazione non sono mai stati raggiunti valori di concentrazioni letali (>30%vol). I tenori di CO₂ dal suolo (Fig. 3.5.3.) variano tra 15 e 63% con i valori minimi raggiunti in occasione di eventi piovosi.

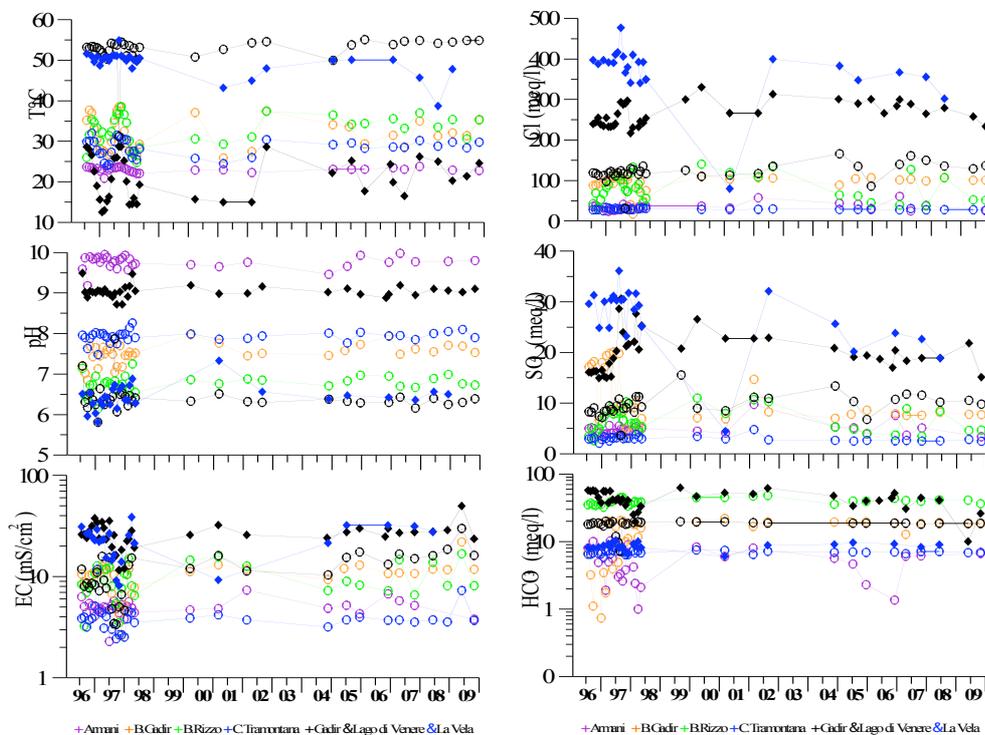


Fig. 3.5.2. – Variazioni temporali di conducibilità, pH e temperatura delle acque campionate.

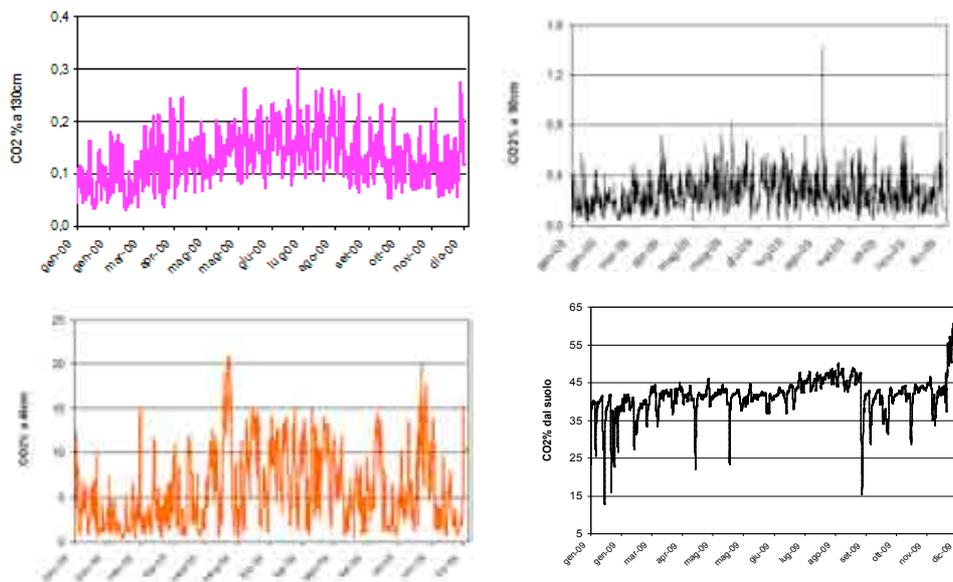


Fig. 3.5.3. – Variazioni temporali delle concentrazioni medie giornaliere di CO₂ a 45, 90 e 130 cm dal suolo.

3.6. Panarea

3.6.1. Strumentazione disponibile

Non è prevista strumentazione fissa da parte della Sezione di Palermo.

3.6.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Nel 2009 la Sezione di Palermo ha effettuato una campagna per il prelievo di campioni dalle emissioni gassose sottomarine ubicate al largo di Panarea, attraverso attività in immersione con autorespiratori ad aria. Nei campioni di acqua termale sono stati determinati gli elementi maggiori, alcuni dei minori ed in tracce e la composizione isotopica di Deuterio e Ossigeno; nei gas sono stati determinati i tenori di H_2 , O_2 , N_2 , CO , CH_4 , CO_2 , H_2O e la composizione isotopica di Elio e Carbonio.

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.

3.6.3. Sintesi delle osservazioni

Le principali aree di degassamento continuano ad essere ubicate in prossimità degli isolotti di Bottaro e Lisca Bianca. Le emissioni gassose presenti nel resto dell'area degassante sommersa non hanno evidenziato variazioni apprezzabili nell'entità e modalità del degassamento: permangono quindi le fratture degassanti e le aree di permeazione di acque termali.

Le acque termali evidenziano una composizione chimica simile all'acqua di mare, ma con una concentrazione in sali normalmente più elevata. È stato accertato che le temperature di emissione sono molto variabili per effetto delle interazioni con le acque circolanti nei sedimenti a varie profondità, e comunque comprese tra i 30 ed i 130°C. La composizione della fase gassosa riflette la predominanza della anidride carbonica (95-98%) con frazioni di 1-2% di H_2S e la restante parte costituita da N_2 e gas reattivi quali H_2 , CH_4 , CO .

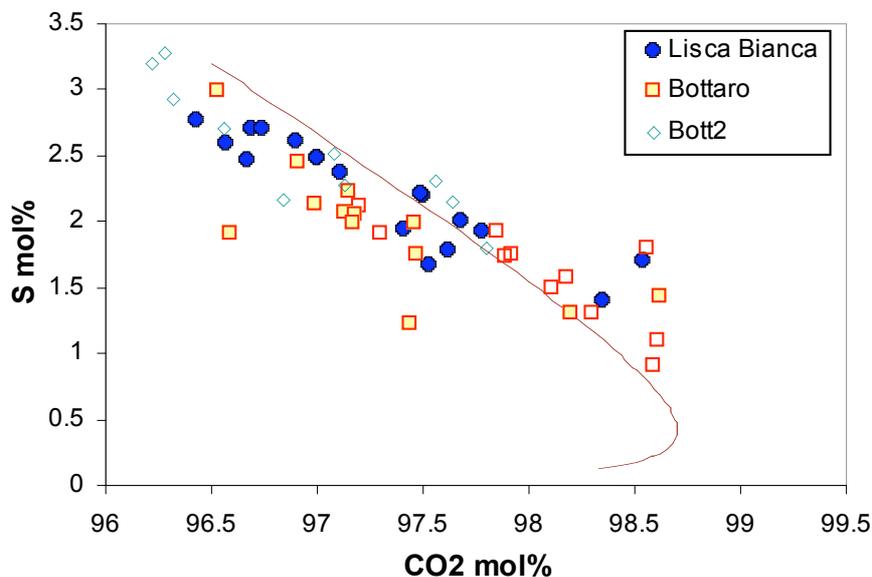


Figura 3.6.1. - Relazioni tra solfo e CO_2 nei gas campionati, e confronto con curva di dissoluzione selettiva in acqua di mare per due diverse coppie iniziali di valori di S e CO_2 .

Le specie solubili in acqua come CO_2 e H_2S , ed i componenti non reattivi e meno solubili (He , Ne) evidenziano trend di dissoluzione selettiva in acqua marina (Fig. 3.6.1.). I composti reattivi minori (CO , H_2 e CH_4) non hanno mostrato rilevanti variazioni e sono stati utilizzati per le consuete stime geotermobarometriche.

La temperatura massima calcolata per il sistema geotermico risulta costante, almeno nei limiti delle incertezze nelle stime geotermometriche (Fig. 3.6.2.), mentre il rapporto isotopico dell'elio si mantiene sostanzialmente costante. Valori costanti sono anche stati osservati per i rapporti He/CO_2 ed He/Ne .

Il monitoraggio effettuato nel corso del 2009 indica che il sistema vulcano-geotermico di Panarea si trova in condizioni stazionarie.

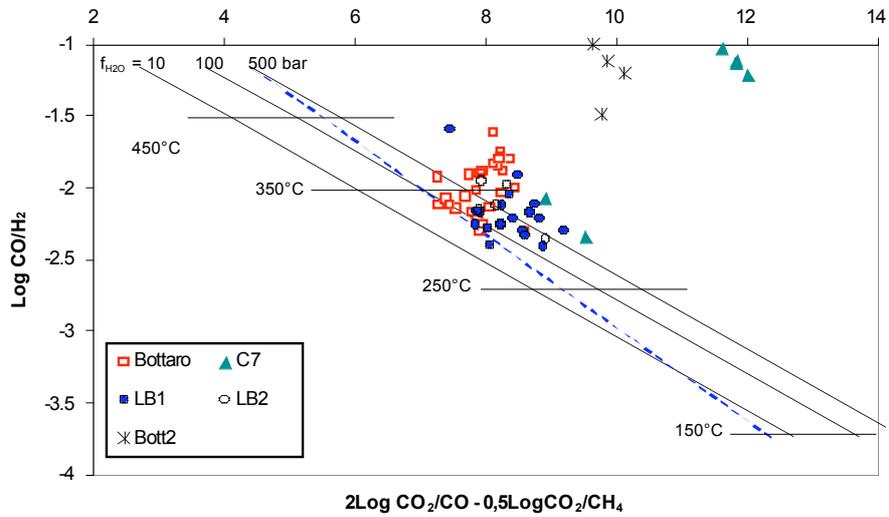


Figura 3.6.2. - Stime geotermometriche nel sistema H₂O-CO₂-H₂-CO-CH₄-O₂. Le rette indicate con f_{H₂O} sono calcolate fissando la fugacità di H₂O ai valori mostrati; la retta "brine" è ottenuta vincolando la f_{H₂O} nell'assunzione che esista un sistema liquido+vapore(+alite).

4. Monitoraggio geodetico delle aree vulcaniche

4.1. Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia)

4.1.1. Rete GPS permanente dell'area vulcanica napoletana (NeVoCGPS)

La rete GPS permanente dell'area vulcanica napoletana (NeVoCGPS) (Fig. 4.1.1.) è attualmente costituita da 27 stazioni (13 nell'area dei Campi Flegrei, 8 nella zona del Vesuvio, 3 sull'Isola di Ischia, 1 sull'isola di Procida e 2 nell'area bordiera orientale). I dati delle 5 stazioni ENAV, IPRO, LICO, FRUL e PACA (co-gestita con l'Università "Federico II" di Napoli) sono anche disponibili nell'ambito della Rete Integrata Nazionale GPS (RING) dell'INGV, insieme a quelli delle stazioni LNGN (Longano – IS) e PAOL (Paolisi – BN) poste fuori dall'area vulcanica.

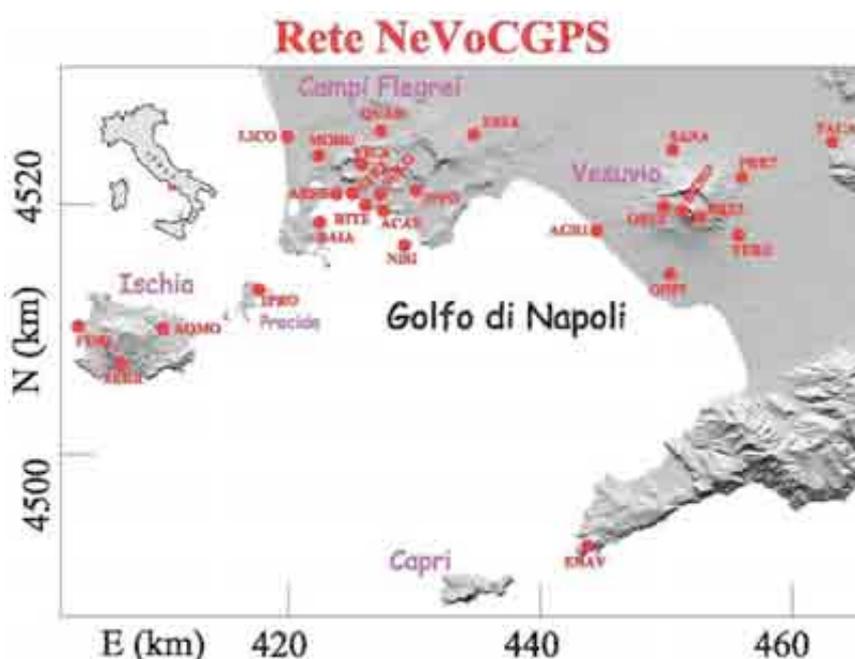


Fig. 4.1.1. - Rete GPS permanente dell'area vulcanica napoletana (NeVoCGPS) (dicembre 2009).

Tutte le stazioni sono attrezzate con un sistema di alimentazione principale (linea elettrica o pannelli solari) e con uno secondario (batteria), per garantire una continuità di funzionamento in caso di blackout elettrico. I dati acquisiti sono trasmessi alla Banca Dati Geodetici della Sezione di Napoli con varie tecnologie in funzioni della logistica dei vari siti. I dati registrati sono immagazzinati in file giornalieri utilizzando un'ampia memoria locale. Apposite procedure permettono la completa gestione da remoto delle stazioni e provvedono, automaticamente e con cadenza giornaliera, allo scarico dei dati Raw, alla costruzione dei Rinex, alla verifica della buona qualità dei dati ed alla loro successiva elaborazione. Nel corso del 2009, oltre alla normale gestione e manutenzione, sono stati effettuati interventi per il miglioramento della qualità e continuità dei dati registrati. I test di qualità iniziati nel 2008 sui dati raccolti a due nuove stazioni hanno dato risultati positivi, per cui dal 16 aprile 2009 è operativa la stazione NISI (localizzata sull'isolotto di Nisida che chiude il lato orientale del Golfo di Pozzuoli) e dal 5 giugno 2009 è partita la registrazione dei dati alla stazione BKNO, posta sul versante nord del Vesuvio, in corrispondenza del Bunker Nord, sede anche di una stazione sismica.

Il software TEQC è utilizzato per la verifica dei dati e quelli che superano le soglie minime fissate per quantità e qualità sono automaticamente elaborati con il software Bernese (ver. 5.0).

In Tab. 4.1.1. sono indicati, per ogni sito, le principali informazioni circa la composizione della stazione ivi operante.

Tab. 4.1.1. - Informazioni sulle stazioni CGPS installate nell'area napoletana al 31 dicembre 2009.

Sigla	Sito	Ricevitore + Antenna	Trasmissione	Area	Rate	Cut off
ACAE	Accademia Aeronautica (Pozzuoli)	Trimble 4000SSI + TRM29659.00 NONE	PSTN	Campi Flegrei	30s	15°
AGR1	Facoltà d'Agraria (Portici)	Leica RS500 + LEIAT504 LEIS	PSTN	Vesuvio	30s	15°
AQMO	Acquedotto Montagnone (Ischia)	Leica RS500 + LEIAT504 LEIS	PSTN	Ischia	30s	15°
ARFE	Arco Felice	Leica GRX1200Pro + LEIAT504 NONE	ADSL	Campi Flegrei	30s	10°
BAIA	Castello di Baia	Trimble 4000SSI + TRM29659.00 NONE	PSTN	Campi Flegrei	30s	15°
BKE1	Bunker Est (Vesuvio)	Leica RS500 + LEIAT504 LEIS	GSM	Vesuvio	30s	10°
BKNO	Bunker Nord (Vesuvio)	Leica GRX1200GGPro + LEIAT504GG LEIS	Wi-Fi	Vesuvio	30s	10°
ENAV	Massalubrense	Leica RS500 + LEIAT504 LEIS	GSM	Area bordiera	30s	10°
FORI	Forio d'Ischia	Trimble 4000SSI + TRM29659.00 NONE	PSTN	Ischia	30s	15°
FRUL	Frullone (Napoli)	Leica GRX1200Pro + LEIAT504 LEIS	ADSL	Campi Flegrei	30s	10°
IPPO	Ippodromo Agnano (Napoli)	Trimble 4000SSI + TRM29659.00 NONE	PSTN	Campi Flegrei	30s	15°
IPRO	Procida	Leica RS500 + LEIAT504 LEIS	GSM	Procida	30s	10°
LICO	Licola	Leica GRX1200GGPro + LEIAT504 LEIS	ADSL	Campi Flegrei	30s	10°
MORU	Monterusciello	Leica GRX1200GGPro + LEIAT504 LEIS	ADSL	Campi Flegrei	30s	10°
NISI	Nisida (Napoli)	Leica GRX1200Pro + LEIAT504 LEIS	GSM	Campi Flegrei	30s	10°
ONPI	Torre del Greco	Leica RS500 + LEIAT504 LEIS	PSTN	Vesuvio	30s	15°
OSVE	Sede Storica O. V.	Leica GRX1200Pro + LEIAT504 LEIS	Wi-Fi	Vesuvio	30s	15°
PACA	Palma Campania	Leica SR520 + LEIAT504 NONE	GSM	Area bordiera	30s	10°
PRET	Pretura d'Ottaviano	Leica RS500 + LEIAT504 LEIS	PSTN	Vesuvio	30s	15°
QUAR	Quarto	Leica GRX1200Pro + TRM29659.00 NONE	PSTN	Campi Flegrei	30s	15°
RITE	Rione Terra (Pozzuoli)	Trimble 4000SSI + TRM29659.00 NONE	PSTN	Campi Flegrei	30s	15°
SANA	Sant'Anastasia	Leica RS500 + LEIAT504 LEIS	GSM	Vesuvio	30s	15°
SERR	Serrara (Ischia)	Leica RS500 + LEIAT504 LEIS	PSTN	Ischia	30s	15°
SOLO	Solfatara (Pozzuoli)	Leica RS500 + LEIAT504 LEIS	GSM	Campi Flegrei	30s	10°
STRZ	La Starza (Pozzuoli)	Leica GRX1200Pro + LEIAT504 LEIS	Wi-Fi	Campi Flegrei	30s	15°
TERZ	Terzigno	Leica RS500 + LEIAT504 LEIS	PSTN	Vesuvio	30s	15°
VICA	Via Campana (Pozzuoli)	Leica GRX1200Pro + LEIAT504 LEIS	ADSL	Campi Flegrei	30s	15°

4.1.2. Analisi dei dati GPS dell'area vulcanica napoletana

In Fig. 4.1.2. sono mostrate le serie temporali delle variazioni settimanali delle tre componenti Nord, Est ed Up della posizione di alcune stazioni significative dell'area flegrea della rete NeVoCGPS nel periodo 1° gennaio 2004–31 dicembre 2009. Da tale figura si evince che la fase di subsidenza successiva al sollevamento 2004-2006 si è interrotta alla fine del 2007 con l'inizio di una nuova fase di uplift che è proseguita fino a luglio/agosto 2009 quando ha raggiunto un valore massimo di circa 30 mm alla stazione RITE. La stazione IPPO (Ippodromo di Agnano), invece,

mostra da settembre 2009 un incremento della velocità di sollevamento, con una conseguente risalita di circa 1 cm nei 4 mesi finali dell'anno. Si noti che, oltre alla componente verticale, anche le componenti planimetriche delle varie stazioni mostrano un andamento coerente con una fenomenologia di inflazione/deflazione localizzata nell'area di Pozzuoli. In Fig. 4.1.3. sono mostrate le variazioni della quota della stazione RITE e della baseline BAIA-ACAE.

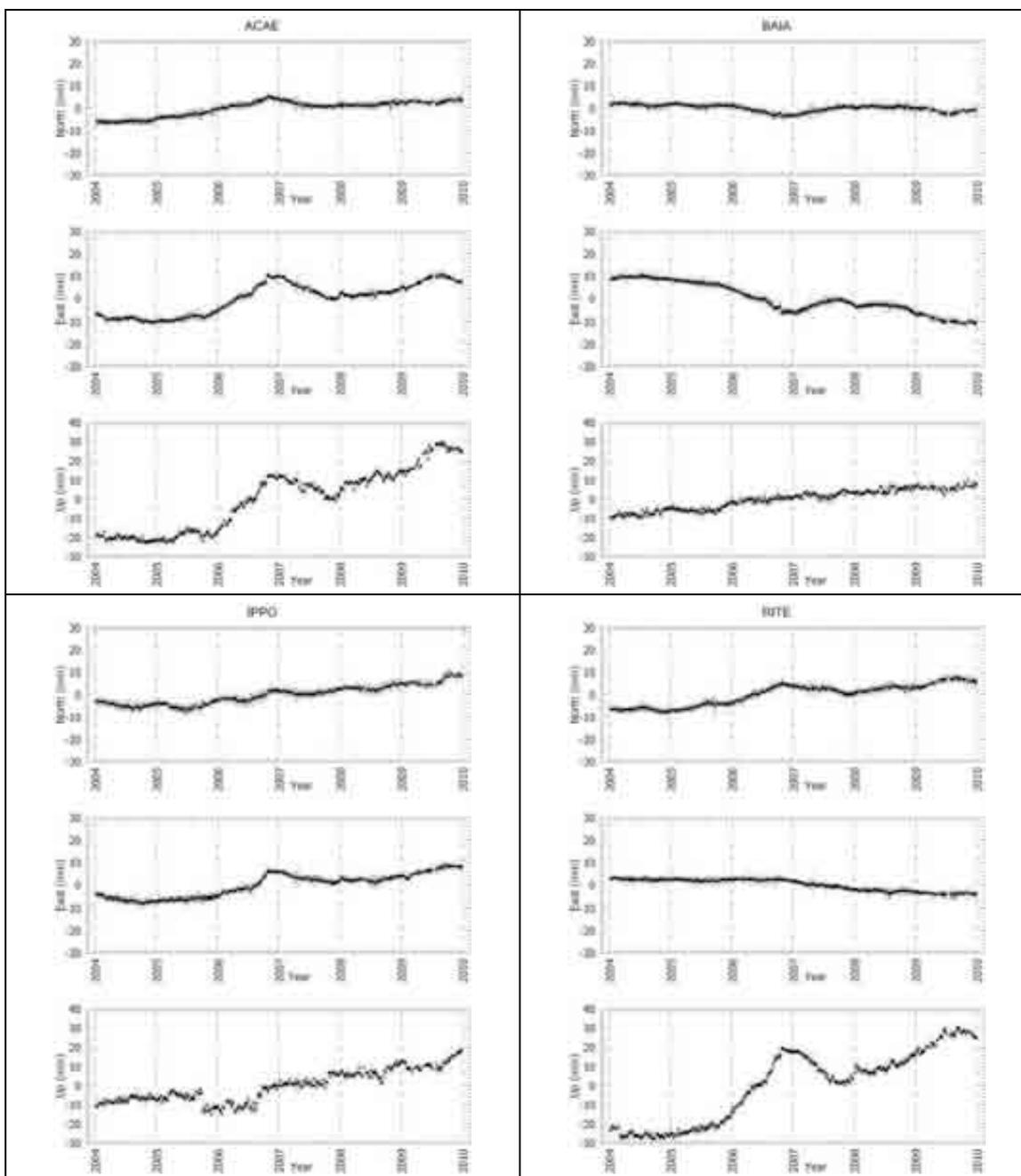


Fig. 4.1.2. - Serie temporali dal gennaio 2004 al dicembre 2009 delle variazioni settimanali delle coordinate Nord, Est, Up dei siti ACAE, BAIA, IPPO e RITE dell'area flegrea (Fig. 4.1.1.). Sono riportate anche le barre d'errore al 95%.

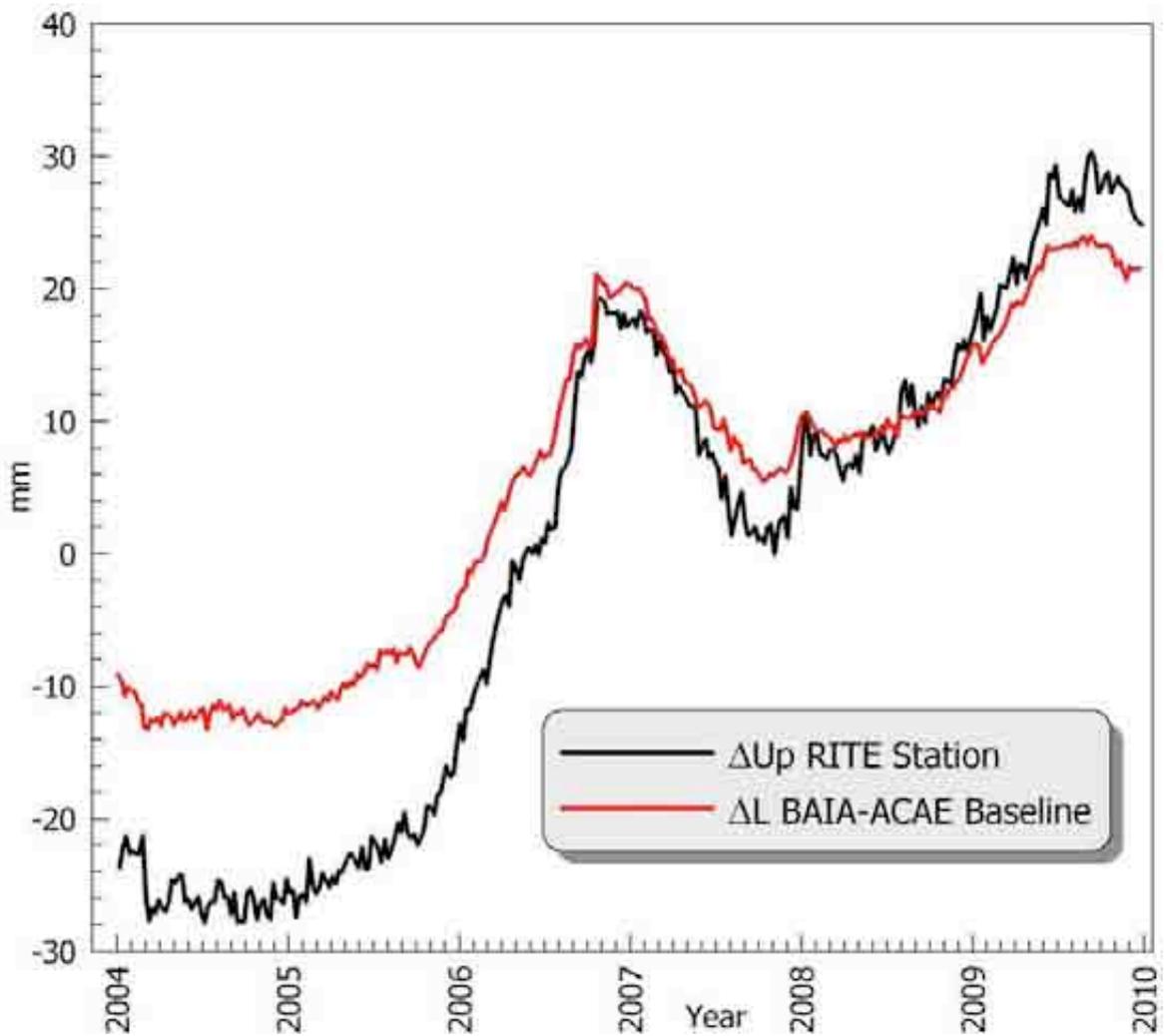


Fig. 4.1.3. - Variazioni da gennaio 2004 al dicembre 2009 della quota della stazione di RITE (curva nera) e della lunghezza della baseline BAIA-ACAE (curva rossa).

Nell'area vesuviana (Fig. 4.1.4.) le stazioni CGPS non evidenziano significative deformazioni imputabili a fenomeni magmatici, ma solo alcune modeste oscillazioni di scarsa significatività nelle serie temporali. Dall'analisi delle serie relative all'area ischitana, si evince che in tale area non sono in atto fenomeni deformativi significativi collegabili a variazioni dell'attività vulcanica locale; la sola stazione SERR, situata nel settore meridionale dell'isola (Fig. 4.1.1.), mostra un trend planimetrico verso Nord ed una subsidenza (Fig. 4.1.5.), già riportati nei rendiconti precedenti, dovuti probabilmente a fenomeni di instabilità locale e/o alla dinamica del versante meridionale del M.te Epomeo.

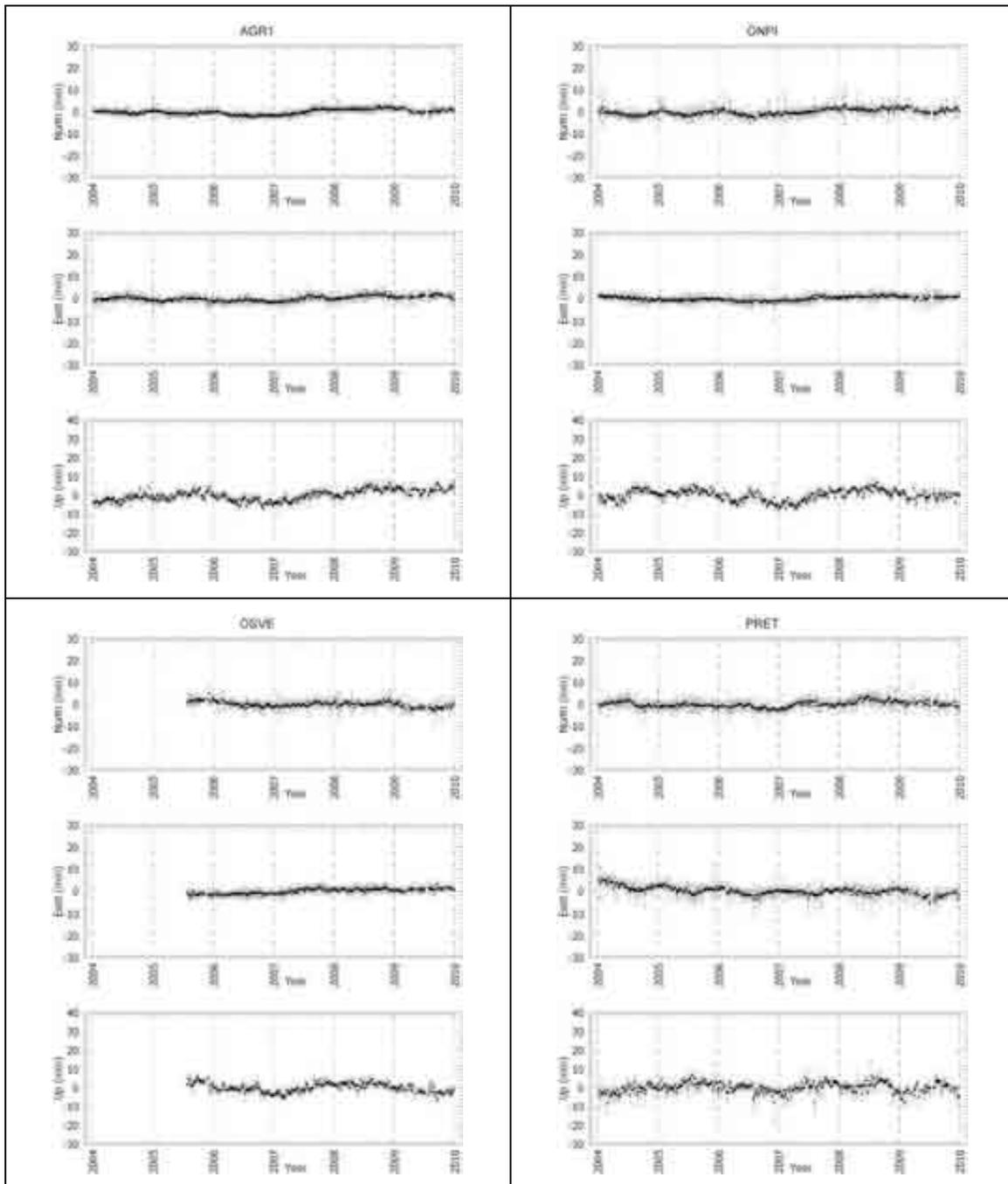


Fig. 4.1.4. - Serie temporali da gennaio 2004 a dicembre 2009, delle variazioni settimanali delle coordinate Nord, Est e Up dei siti AGR1 e ONPI dell'area vesuviana (Fig. 4.1.1.). Sono riportate anche le barre d'errore al 95%.

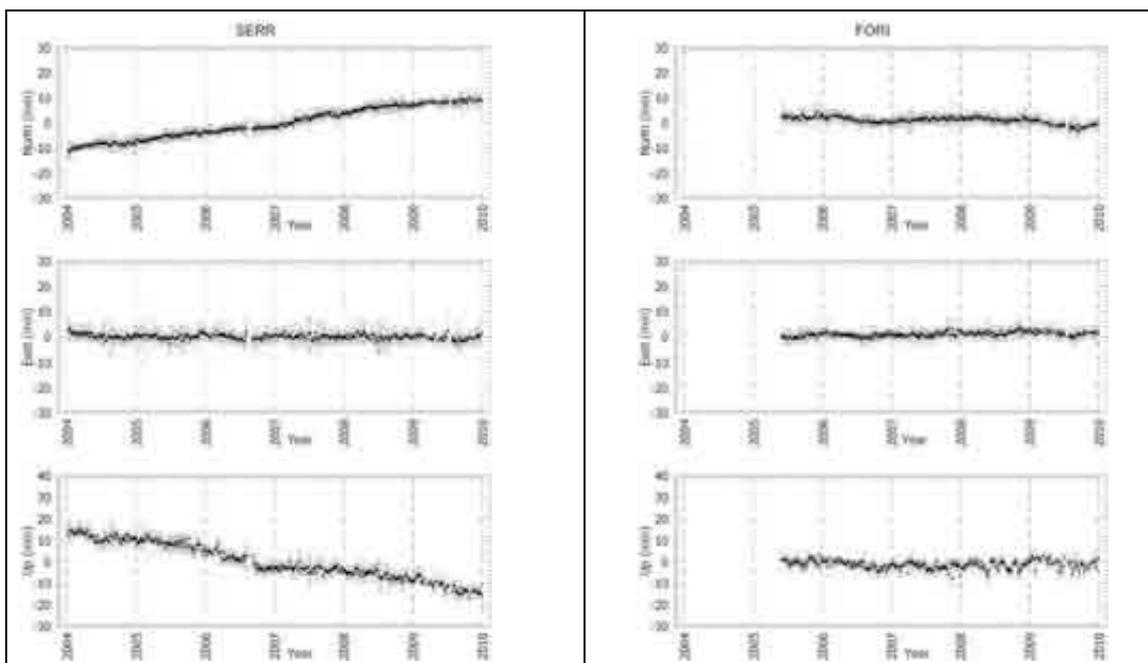


Fig. 4.1.5. - Serie temporali dal gennaio 2004 al dicembre 2009 delle variazioni settimanali in Nord, Est, Up delle coordinate della stazione SERR e FORI, rispettivamente zona meridionale e nord-occidentale.

4.1.3. Vesuvio - Rete Livellazione VALN

Nella seconda metà del 2009 è stata effettuata una misurazione completa della rete di livellazione dell'area vesuviana VALN (Vesuvian Area Levelling Network) mostrata in Fig. 4.1.6.

Questa misura cade a oltre 5 anni dalla precedente campagna completa (maggio 2004) ed a oltre 3 anni (luglio 2006) da una misura parziale, che ha riguardato solo una fascia costiera, larga abbastanza da comprendere la parte sommitale del vulcano.

Prima dell'esecuzione della campagna è stata effettuata un'ispezione della rete, che ha mostrato che, a causa di interventi strutturali al sistema viario, il collegamento a Nord della linea S. Sebastiano-Arpino (comune ai circuiti VNA e VNB della Fig. 4.1.6.) doveva essere radicalmente ritracciato al fine di effettuare la chiusura dei due suddetti circuiti.

Inoltre si è proceduto, con la costruzione di una tratta ad andamento ~N-S, alla divisione del precedente circuito VP (che risultava essere lungo circa 40 km) in due circuiti adiacenti e più brevi (VPA e VPB in Fig. 4.1.6.).

Infine, si è reputato opportuno effettuare la connessione della rete permanente NeVoCGPS, laddove possibile, alla rete di livellazione in modo da ottenere indicazioni sui movimenti verticali con metodo più diretto. Per la maggior parte dei vertici GPS si è trattato di effettuare linee di collegamento molto brevi. Un impegno maggiore ha richiesto il collegamento alla VALN dei vertici GPS permanenti PACA (Palma Campania) e FRUL (Frullone); in tali casi, infatti si sono dovuti impiantare due nuovi circuiti (rispettivamente VR e VS) (Fig. 4.1.6. e Tab. 4.1.2).



Fig. 4.1.6. - Rete di livellazione nell'area vesuviana (VALN). In giallo sono riportate le stazioni CGPS (PACA e FRUL) unite alla rete di livellazione con appositi circuiti.

Tab. 4.1.2. - Caratteristiche dei nuovi circuiti istituiti nel 2009.

Circuito	Sigla	N.ro capisaldi	Lunghezza (km)	Lunghezza media tratte (m)
Palma Campania	VR	20	15.58	779
Frullone	VS	17	11.48	675

Con le suddette modifiche, la configurazione attuale dell'intera rete (Fig. 4.1.6.) risulta costituita da 379 tratte di livellazione, che insistono su 359 capisaldi, distribuiti su tutta l'area vulcanica da Napoli a Castellammare, spingendosi nell'entroterra fino all'altezza di Pomigliano d'Arco, Marigliano e Palma Campania. La VALN ha raggiunto, così, uno sviluppo lineare di 270 km ed è strutturata in 21 circuiti concatenati fra loro in modo da permettere sia un controllo incrociato dei dati sia un procedimento di compensazione rigorosa dei dislivelli misurati.

La campagna di misure è stata condotta nel periodo novembre 2009-gennaio 2010, utilizzando autolivelli Wild Na2, con coppie di stadie da tre metri in invar ed utilizzando le procedure codificate per misure di alta precisione.

I dati di dislivelli misurati sono coerenti tra loro, come si evidenzia dalle chiusure dei 21 circuiti esistenti (Tab. 4.1.2.), la cui lunghezza varia dai 4 ai 40 km. L'entità (in modulo) delle chiusure va da 0.1 mm. (circuito VO) a 11.7 mm. (circuito VHB) e sono tutte inferiori alle tolleranze calcolate dalla formula $\pm 2\sqrt{L_{km}}$ mm., dove L_{km} è la lunghezza del circuito in km.

Dopo tale verifica, i dati sono stati compensati al fine di calcolare le quote più probabili, nel senso dei minimi quadrati, fissando la quota di un caposaldo di riferimento (LNA/001: quota fissa di 2.75400 m). Il processo di compensazione ha confermato la buona qualità dei dati; infatti, con 379 tratte elaborate e 359 quote incognite, il massimo residuo osservato-calcolato è stato di 0.64 mm e la deviazione standard dell'unità di peso è risultata essere di 1.14 mm. Pertanto la deviazione

standard 1σ delle quote calcolate è molto soddisfacente; ovviamente i valori più alti si rilevano per i punti più lontani dal vertice di riferimento, ma sempre al di sotto dei 5 mm.

Dai dati compensati relativi al 1986, 2004, 2006 e 2009 sono state calcolate le variazioni di quota su tutti i vertici della rete. In Fig. 4.1.7. sono riportate, a titolo esemplificativo, le variazioni di quota dei capisaldi situati su 3 profili caratteristici, già riportati nelle precedenti relazioni.

Tab. 4.1.3. - Chiusura dei circuiti di livellazione (novembre 2009).

CIRCUITO	L _{km} (Km)	Err. (mm)	Err. max (mm)
VA	13.1	3.5	7.2
VB	13.2	3.0	7.3
VC	14.6	1.7	7.6
VCR	4.5	2.7	4.3
VD	24.2	-9.4	9.8
VE	13.7	-4.9	7.4
VF	27.0	5.5	10.4
VG	10.5	-3.7	6.5
VHA	15.5	-3.7	7.9
VHB	40.0	-11.7	12.7
VI	16.7	-4.8	8.2
VL	20.3	-2.6	9.0
VM	7.2	-2.9	5.4
VNA	28.8	-5.6	10.7
VNB	25.0	-1.1	10.0
VO	26.0	0.1	10.2
VPA	21.6	-2.0	9.3
VPB	26.1	9.0	10.2
VQ	29.7	9.5	10.9
VR	15.6	-0.7	7.9
VS	11.5	-6.1	6.8

È riportato (in alto) il profilo costiero che va da Napoli alla località Bagni di Pozzano; al centro è rappresentato il profilo che va da Bagni di Pozzano al Poligono di Tiro (1000 metri di quota) ed in basso è riportata la linea che va da Napoli alla località Quota 1000. Su tali grafici, che sono rappresentativi dell'intera serie di curve rappresentanti le variazioni di quota sui singoli circuiti, sono riportati:

- le curve delle variazioni di quota ottenute confrontando le ultime misure del novembre 2009 con quelle precedenti del luglio 2006 e del maggio 2004.
- lo spostamento verticale accumulato da settembre 1986 ad oggi.
- la zona di confidenza al 95%. (curve tratteggiate).
- l'andamento altimetrico del profilo.

Tali grafici confermano il basso tasso di deformazione presente nell'area vesuviana negli ultimi anni. Le curve cumulative relative al periodo 1986-2009 mostrano l'esistenza di tre aree di modesta estensione, interessate da una significativa subsidenza correlabile probabilmente alla mobilità e variazione della tavola d'acqua superficiale (tra Torre Annunziata ed il Fiume Sarno) ed a processi di compattazione e/o scivolamento di terreni poco coerenti ed in forte pendenza (zona del Poligono di Tiro e di Colle Margherita). Si evidenzia, anche, un già noto fenomeno di abbassamento dell'area orientale della rete (Castellammare di Stabia, Torre Annunziata, foce del fiume Sarno), relativamente alla zona di riferimento scelta. Va notato che l'area compresa grossomodo tra Torre del Greco e Torre Annunziata nell'ultimo periodo 2006-2009 mostra di nuovo una subsidenza dopo una fase di modesto sollevamento evidenziata nel biennio 2004-2006.

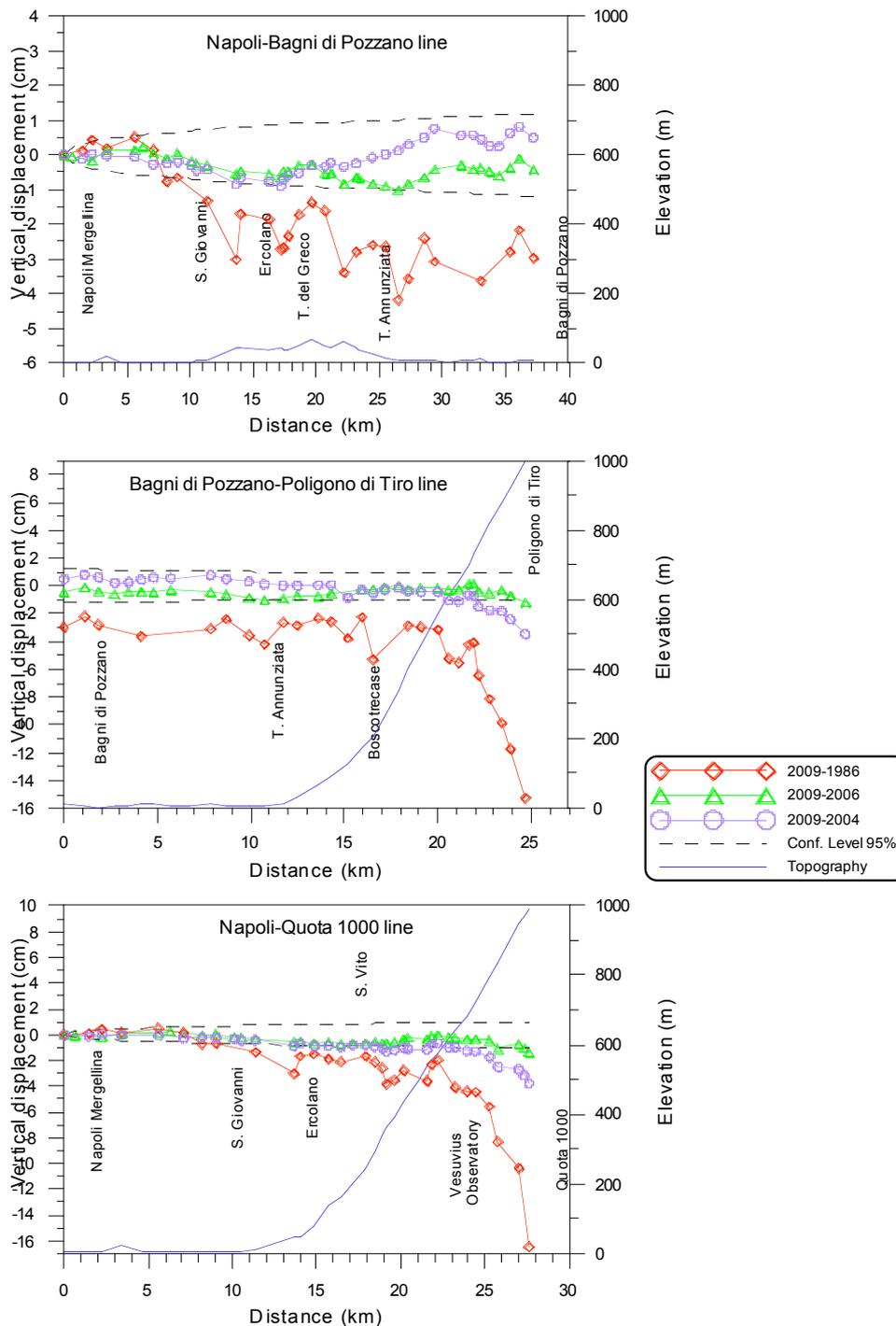


Fig. 4.1.7. - Spostamenti verticali calcolati per tre profili, per la cui posizione si veda la Fig. 4.1.6.

4.1.4. Vesuvio - Campo di inclinazione

L'interpretazione dei segnali acquisiti nel 2009 dalla rete tiltmetrica vesuviana, attraverso le 2 stazioni in registrazione continua (poste a diverse quote lungo il settore WNW e SSE del M.te Vesuvio) OVO e CMD (Fig. 4.1.8.) consente di confermare la costanza nel tempo dell'inclinazione dell'edificio vulcanico in direzione mediamente NE-SW, delineando assenza di rilevanti deformazioni del suolo (Fig. 4.1.9.).

Tale direzione coincide sia con quella rilevata sui dati di inclinazione apparente (Fig. 4.1.10.) che sulle sequenze di segnale decorrelate dall'effetto termico (Fig. 4.1.9.).

In particolare, le componenti stagionali (in primo luogo la variazione termica esterna) i cui effetti sono visibili nei segnali tiltmetrici registrati, inducono il vettore tilt relativo ad OVO a puntare in

direzione NE da Marzo ad Agosto, per poi ruotare lentamente in senso orario puntando a SW; il vettore tilt relativo a CMD, invece, punta prima in direzione SSW per poi ruotare in maniera più decisa e puntare a NNE (Fig. 4.1.10.).

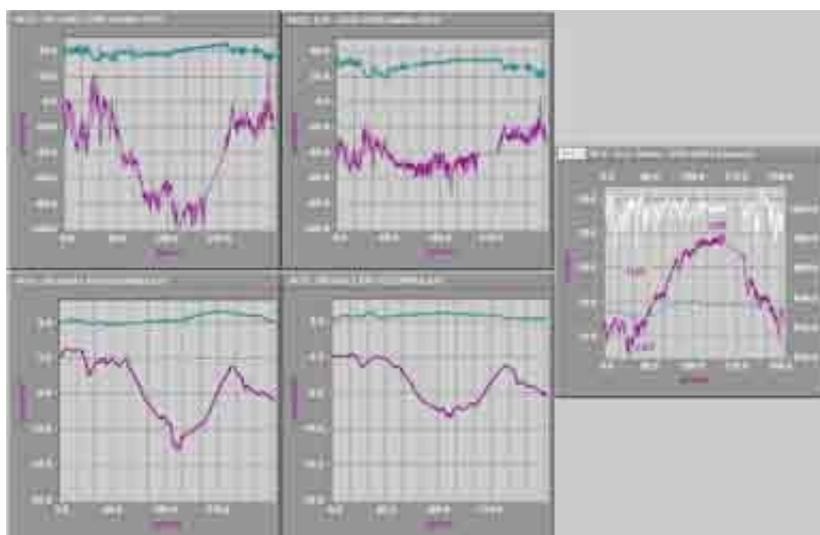


Fig. 4.1.8. - Segnali tiltmetrici relativi alle due componenti NS ed EW registrati dalle stazioni CMD (segnali in viola), e OVO (verde): le 2 finestre in alto riportano i segnali acquisiti mentre quelle in basso le sequenze decorrelate. Sono inoltre rappresentate le temperature acquisite da ogni sensore e la pressione atmosferica (segnale in bianco) registrata a CMD. I valori di tilt crescenti nel tempo indicano sulla componente NS una inclinazione del suolo a N e su quella EW una inclinazione del suolo ad E. La stazione CMD è stata spenta per lavori di ristrutturazione del sito il 4/9 alle 09:50 e ripristinata il 7/10 alle 15:00.

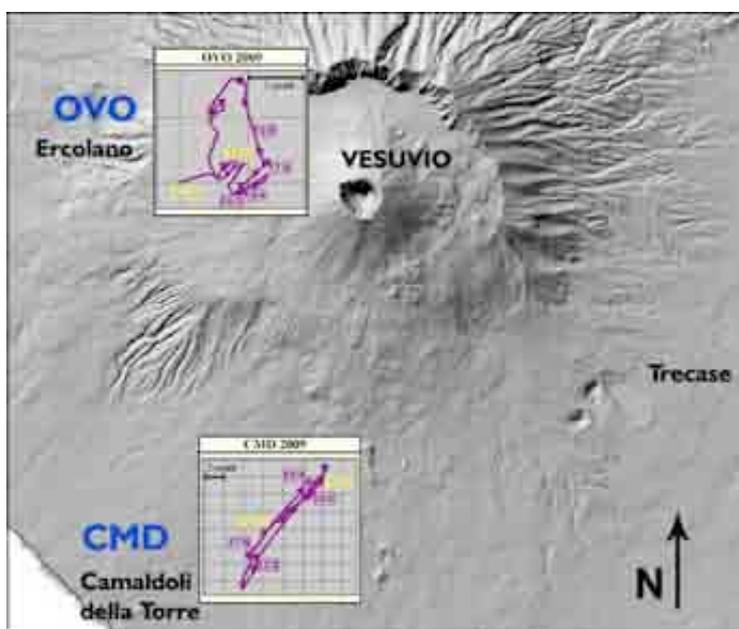


Fig. 4.1.9. - Mappa del Vesuvio con la posizione delle stazioni OVO e CMD e rappresentazione bidimensionale del tilt ottenuto attraverso la ricomposizione delle sequenze dei segnali acquisiti in cui è stato rimosso il contributo termoelastico; i valori di tilt crescenti nel tempo indicano sulla componente NS una inclinazione del suolo a N e su quella EW una inclinazione del suolo ad E.

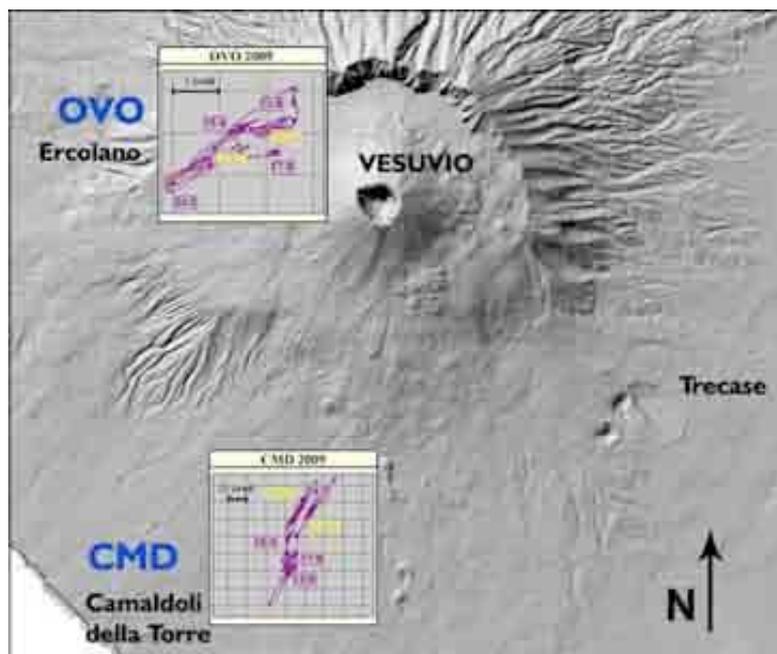


Fig. 4.1.10. - Mappa del Vesuvio con la posizione delle 2 stazioni tiltmetriche e rappresentazione bidimensionale dell'inclinazione apparente del suolo ottenuta dai segnali acquisiti; i valori di tilt crescenti nel tempo indicano sulla componente NS una inclinazione del suolo a N e su quella EW una inclinazione del suolo ad E.

Una volta rimossi (in buona parte) questi effetti attraverso decorrelazione termica (<http://hdl.handle.net/2122/5797>), per la stazione situata più in quota (OVO, 608 m) è stata calcolata per tutto il 2009, un'inclinazione di 0.7 μ radianti a ENE, mentre per quella collocata ad altezza minore (CMD, 120 m) è risultata un'inclinazione di 8.5 μ radianti a SW (Fig. 4.1.9.). Quest'ultimo valore abbastanza alto può essere imputabile sia ad una risposta locale dovuta a processi morfologici che interessano il versante dove è posto il sensore sia alla variazione termoelastica esterna non completamente risolta dal procedimento di decorrelazione.

4.1.5 Campi Flegrei - Rete di Livellazione (PFLN) e campagna 2009

La rete altimetrica di precisione dei Campi Flegrei (Phlegraean Fields Levelling Network - PFLN), gestita dalla Sezione INGV di Napoli, attualmente è costituita da circa 360 capisaldi distribuiti su circa 136 km di linea, con interdistanza media di 400 m, e strutturata in quattordici circuiti concatenati che coprono un'area di oltre 160 km² (Fig. 4.1.11), compresi i tratti Napoli Mergellina - Mareografo Molo Carmine e Quarto Flegreo – Qualiano (Del Gaudio et al., 2009).

Nell'ambito del programma di sorveglianza geodetica, tra la fine di Giugno e Luglio 2009, l'INGV-NA ha eseguito una campagna di livellazione che ha interessato l'intera rete altimetrica flegrea.

Prima dei rilievi di campagna, come sempre, è stato eseguito un sopralluogo su tutti i punti di misurazione per il controllo e/o il ripristino dei capisaldi andati distrutti per varie cause.

In tale occasione si è ritenuto opportuno effettuare un piccolo ampliamento della rete grazie all'istituzione di un nuovo tratto di linea che, partendo dal caposaldo n. 14 (localizzato all'incrocio tra via Nuova Bagnoli e via Coroglio), si sviluppa con 6 nuovi punti di misura (AR1 - AR6) in direzione NE-SW per 1000 m, di cui circa 900 si addentrano nel Golfo di Pozzuoli seguendo il pontile del cosiddetto "Arenile" (ex Italsider) (Fig. 4.1.12.). Tale ampliamento consentirà uno studio più dettagliato dell'andamento della componente verticale del campo di deformazione nell'area di Bagnoli che, in base alle precedenti misurazioni, ha mostrato evidenti anomalie (Del Gaudio et al., 2007; Ricco et al., 2007; Del Gaudio et al., 2009).

Si ricorda inoltre che le ultime misure nell'area flegrea sono state eseguite nel Settembre 2008 ed hanno interessato solo una parte della rete altimetrica (Fig. 4.1.13.), mentre risale al Dicembre 2006 l'ultima campagna di livellazione che ha interessato l'intera rete (Fig. 4.1.11.).



Fig. 4.1.11. - Rete altimetrica dei Campi Flegrei.



Fig. 4.1.12. - Nuovo tratto della Rete altimetrica dei Campi Flegrei installato lungo il Pontile dell'Arenile di Bagnoli. I nuovi capisaldi installati sono quelli colorati in rosso e numerati da AR1 ad AR6.



Fig. 4.1.13. - Tratti della Rete Altimetrica dei C.Flegrei interessati dalle misurazioni di Settembre 2008.

Tab. 4.1.4. - Quadro riassuntivo dei 14 circuiti considerati con relativi errori di chiusura.

POLIGONO	L (Km)	Err. (mm)	T max (mm)	Err/Tmax (%)
FA : CIRCUITO SOLFATARA	11.69	0.29	6.8	4.3
FB : CIRCUITO STARZA	6.71	-1.2	5.2	22.8
FC : CIRCUITO AVERNO-FUSARO	11.61	3.2	6.8	46.7
FD : CIRCUITO MISENO	10.04	5	6.3	78.3
FE : CIRCUITO MONTERUSCIELLO	17.94	-3.6	8.5	42.2
FF : CIRCUITO ASTRONI	21.11	-5.30	9.2	57.4
FG : CIRCUITO AGNANO	16.1	-1.5	8.0	18.9
FH : CIRCUITO VOMERO	11.14	-2.4	6.7	36.5
FI : CIRCUITO POSILLIPO	13.05	1.9	7.2	26.8
FL : CIRCUITO PISCIARELLI	5.97	1.3	4.9	25.9
FM : CIRCUITO POZZUOLI	3.9	0.3	3.9	6.6
FN : CIRCUITO INT. SOLFATARA	1.19	0.3	2.2	16.0
FO : CIRCUITO LICOLA	20.3	5.8	9.0	64.6
FT : CIRCUITO TOIANO	1.96	-0.8	2.8	30.2

La campagna di livellazione dei Campi Flegrei, iniziata nella terza settimana del mese di Giugno 2009, si è conclusa alla fine di Luglio 2009.

Le misurazioni sono state eseguite mediante livellazione geometrica di precisione dal mezzo, utilizzando livelli ottici "Wild" mod. Na2 con micrometri a lamina piano-parallela.

Durante l'esecuzione delle misurazioni si è proceduto alla verifica delle chiusure dei vari circuiti che alla fine della campagna sono risultate inferiori alla tolleranza imposta dal metodo ($T_{Max} = \pm 2 \text{ mm} \cdot \sqrt{L}$ dove L è la lunghezza del circuito in km).

In Tab. 4.1.4. è riportato il quadro riassuntivo dei 14 circuiti considerati con relativi errori di chiusura. I dati rilevati in campagna sono stati compensati ai minimi quadrati, utilizzando un programma di calcolo basato sul metodo delle osservazioni indirette, riscontrando una deviazione standard per unità di peso $\sigma_0 = 0.820 \text{ mm}$; come quota di riferimento per la compensazione è stata imposta, come di consueto, quella del caposaldo n. 1 localizzato a Napoli Mergellina (Chiesa di S. Maria della Neve $Q_0 = 2.7545 \text{ m}$).

La rappresentazione e l'analisi dei risultati sono basate essenzialmente sul confronto dei dati rilevati a Luglio 2009 con quelli di Settembre 2008 (Del Gaudio et al., 2009) e Dicembre 2006 (Del Gaudio et al., O.F.R. n. 3/2007).

Nelle Figg. 4.1.14., 4.1.15. e 4.1.16. sono rappresentati i grafici delle variazioni di quota dei capisaldi appartenenti rispettivamente alle linee Napoli - Pozzuoli - Miseno (linea Costiera), Pozzuoli - Quarto - Qualiano e Napoli-Solfatara-Averno (linea Solfatara), relative al periodo Settembre 2008 - Luglio 2009.



Fig. 4.1.14. - Variazioni di quota lungo la linea costiera da Settembre 2008 a Luglio 2009. Le linee tratteggiate rappresentano i limiti di confidenza al 95%.

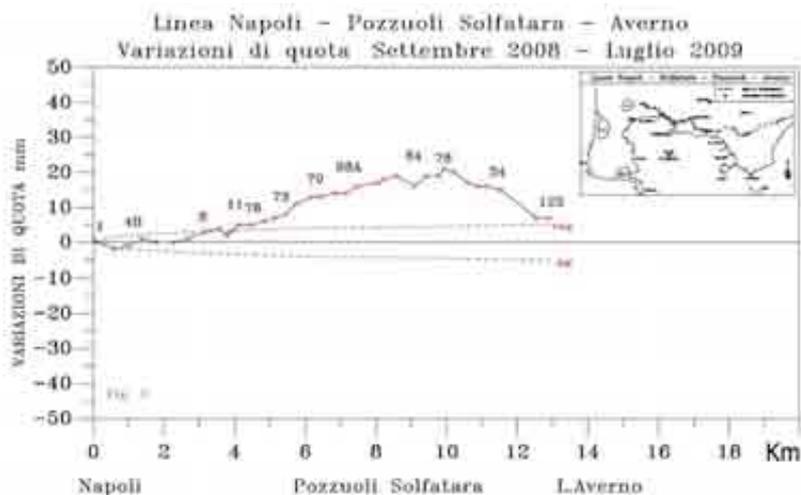


Fig. 4.1.15. - Variazioni di quota lungo la linea Napoli-Solfatara-Averno da Settembre 2008 a Luglio 2009.

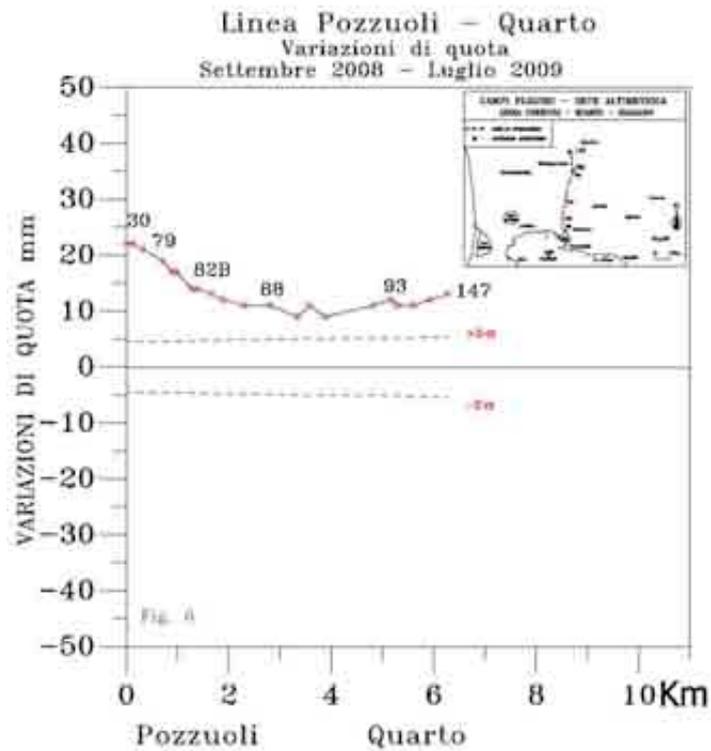


Fig. 4.1.16. - Variazioni di quota lungo la linea Pozzuoli-Quarto da Settembre 2008 a Luglio 2009.

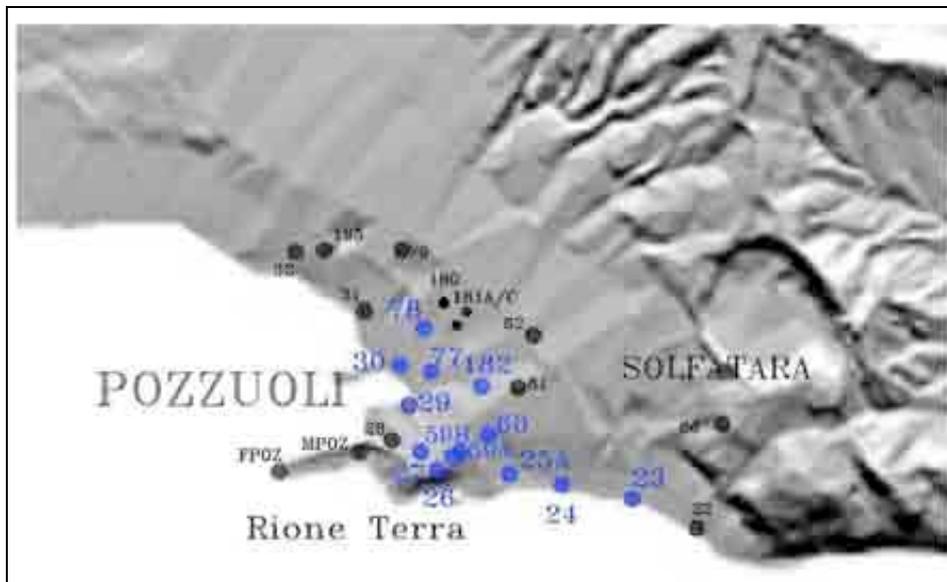


Fig. 4.1.17. - Particolare della rete altimetrica dei Campi Flegrei. I capisaldi blu delimitano l'area interessata da valori massimi del sollevamento, compresi fra i 21 e 22 mm, relativamente al periodo Settembre 2008 – Luglio 2009.

In Fig. 4.1.14. le variazioni positive di quota riscontrate lungo la linea Costiera (E-W) risultano significative dal caposaldo 10A fino al 39A, mentre restano confinate all'interno della fascia d'errore lungo il tratto compreso tra i capisaldi 40 e 58.

Altre significative variazioni di quota si registrano anche lungo la linea Solfatara (Napoli – Pozzuoli – Averno) dal caposaldo 11 al 122 (Fig. 4.1.15.) e lungo tutta la linea S-N (Pozzuoli – Quarto), dal caposaldo 30 al 147 (Fig. 4.1.16.).

Da questo confronto preliminare risulta quindi un sollevamento del suolo i cui valori massimi, compresi fra i +21 e +22 mm, interessano un'area, centrata sul "Rione Terra" e delimitata a Nord, dal caposaldo 78 e ad Est dal caposaldo 23 (Fig. 4.1.17.).

Per fornire un'informazione più completa e dettagliata sull'andamento spazio-temporale della componente verticale del campo di deformazione del suolo, si ritiene opportuno riproporre i grafici delle variazioni di quota misurate nel 2007 e 2008 rispetto al Dicembre 2006 con l'aggiornamento relativo ai dati del Luglio 2009 (Figg. 4.1.18., 4.1.19. e 4.1.20.).

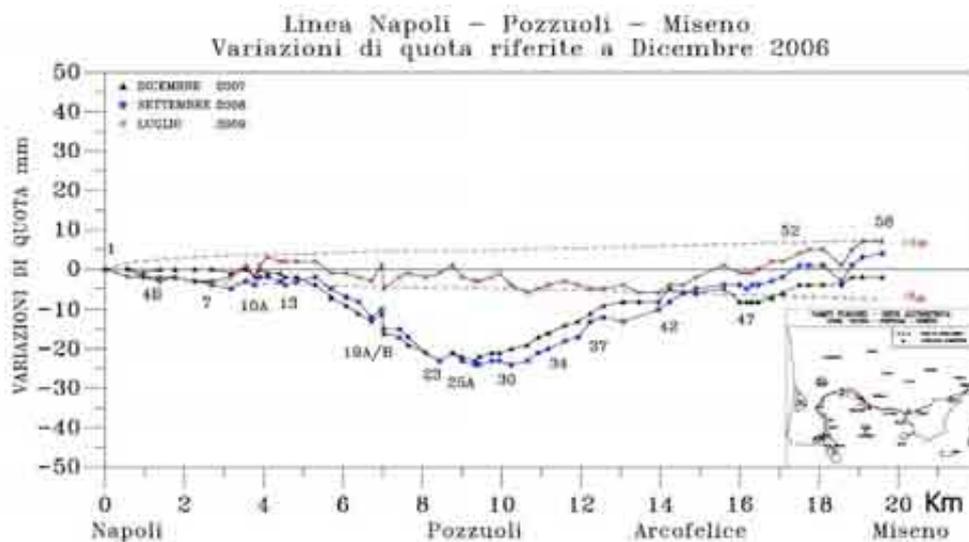


Fig. 4.1.18. - Andamento delle variazioni di quota, lungo la linea Costiera (Napoli – Pozzuoli – Miseno), relative alle misurazioni di Dicembre 2007, Settembre 2008 e Luglio 2009 rispetto a quelle di Dicembre 2006.

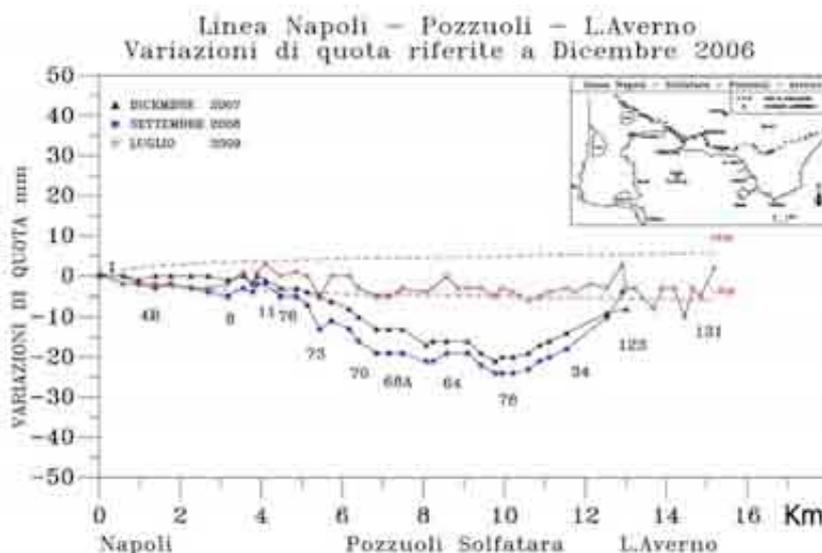


Fig. 4.1.19. - Andamento delle variazioni di quota, lungo la linea Solfatara (Napoli – Pozzuoli – Averno), relative alle misurazioni di Dicembre 2007, Settembre 2008 e Luglio 2009 rispetto a quelle di Dicembre 2006.

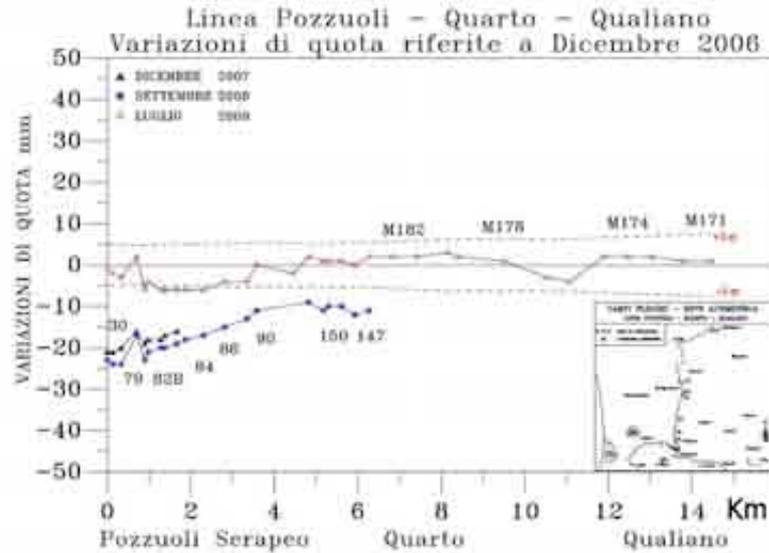


Fig. 4.1.20. - Andamento delle variazioni di quota, lungo la linea Pozzuoli – Quarto - Qualiano, relative alle misurazioni di Dicembre 2007, Settembre 2008 e Luglio 2009 rispetto a quelle di Dicembre 2006.

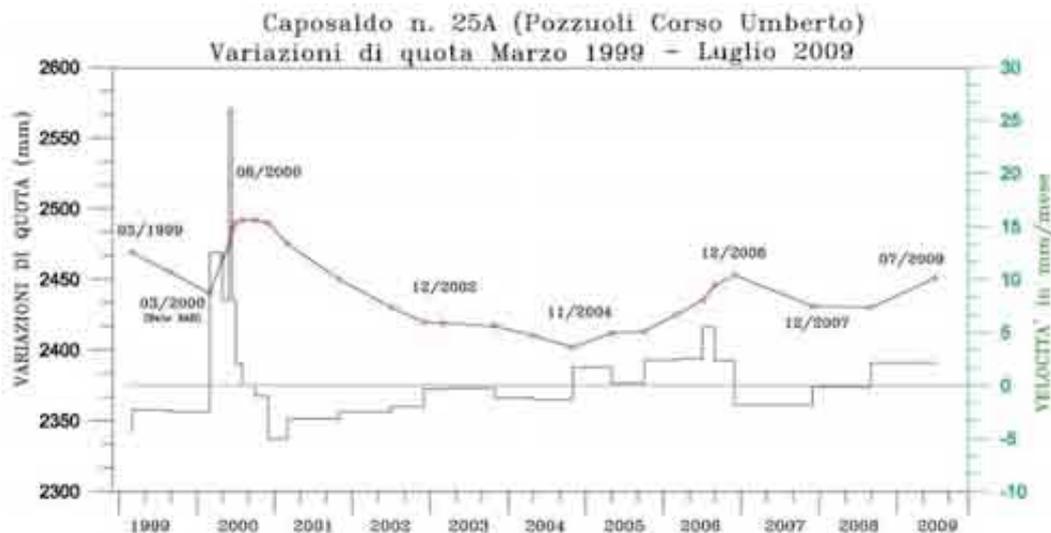


Fig. 4.1.21. - Andamento temporale, a partire da Marzo 1999, delle variazioni di quota rilevate al cs 25A. Il punto contrassegnato con l'asterisco colorato in blu (Marzo 2000) indica il valore estrapolato dalla metodologia del SAR Interferometrico.

Si può notare come lungo i tre tratti di livellazione, rappresentati nei grafici delle figure proposte, le variazioni di quota riscontrate nel Luglio 2009 e riportate in rosso, sono quasi tutte confinate all'interno dei limiti d'errore; ciò significa che l'inversione del moto del suolo è avvenuta verso la fine del 2008 e che, fino a Luglio 2009, l'entità del sollevamento è stata tale da recuperare, quasi totalmente, l'abbassamento avvenuto tra Dicembre 2006 e Settembre 2008.

La caldera flegrea, dopo il sollevamento avvenuto tra la Primavera e l'Estate del 2000 e la successiva fase di subsidenza caratterizzata da una velocità in diminuzione nel tempo fino al 2003 (quando ha raggiunto valori prossimi allo zero), nel 2004 è stata interessata da una nuova inversione del moto del suolo con caratteristiche sensibilmente diverse dalle precedenti "minicrisi" (Fig. 4.1.21.) (Del Gaudio et al., 2006 OFR; Del Gaudio et al., 2009).

La fase di sollevamento, iniziata nel 2004, è proseguita per circa due anni, con una velocità media di 2.6 mm/mese, fino a Dicembre del 2006 quando è ricominciata una fase di abbassamento ben documentata dai dati delle misurazioni eseguite a Dicembre 2007 e Settembre 2008 (Fig. 4.1.18.). Quest'ultima campagna di livellazione ha evidenziato che l'area, tra la fine del 2008 e l'estate del 2009, è stata interessata da un nuovo piccolo uplift caratterizzato da una velocità del moto del suolo (+2.1 mm/mese) paragonabile a quella media calcolata nel periodo 2004-2006. Considerando che la fase di sollevamento del suolo, di circa 55 mm, avvenuta in quest'ultimo periodo è stata caratterizzata da piccole accelerazioni e stasi del fenomeno, l'attuale sollevamento è da ritenersi appartenente all'uplift iniziato nel 2004 (Fig.4.1.21.). Di fondamentale importanza sarà il monitoraggio delle deformazioni del suolo nei prossimi mesi in modo da poter inquadrare nel giusto contesto i recenti eventi che hanno interessato l'area vulcanica flegrea.

4.1.6 Campi Flegrei - Campo di inclinazione

Il campo di inclinazione del suolo calcolato attraverso lo studio dei segnali tiltmetrici registrati nel 2009 dalle 7 stazioni della rete flegrea DMA, DMB, DMC, BAI, OLB, ARC e TOI è concorde con un sollevamento generalizzato di piccola entità della linea di costa (o, equivalentemente, una deformazione negativa concentrata in un'area a N-NE di Pozzuoli), verificatosi dall'inizio dell'anno, fino alla metà dell'Autunno. Il fenomeno è che è stato registrato da tutte le stazioni, anche se a volte non contemporaneamente e con ratei diversi. Esso è stato seguito da una fase di deflazione assolutamente non uniforme rilevata però solo da alcune stazioni (Fig. 4.1.22.).

Per le 3 stazioni collocate a Nord della città di Pozzuoli (DMC, DMB e DMA) è stata calcolata, attraverso decorrelazione termica (<http://hdl.handle.net/2122/5797>), un'inclinazione di 2 μ rad a NE (a DMC, dall'inizio di Marzo a fine Luglio), di 4 μ rad a NNW (a DMB, dall'inizio di Marzo a metà Settembre) e di 1.8 μ rad a WNW (a DMA, dall'inizio di Febbraio a fine Marzo), mentre per le 3 stazioni situate ad W della città (TOI, ARC e BAI), un'inclinazione di 4.5 μ rad a E (a TOI, da Gennaio fino alla fine di Maggio), di 10 μ rad a NE (ARC, dalla fine di Aprile a quella di Ottobre), e di 1.5 μ rad a NW (BAI, dalla fine di Febbraio a quella di Giugno). Infine, la stazione OLB, localizzata ad E di Pozzuoli, mostra un'inclinazione a NW di 8 μ rad dalla metà di Aprile a quella di Ottobre (Fig. 4.1.23. e Fig. 4.1.24.).

Anche se condizionato dalla geometria della rete tiltmetrica, il campo di inclinazione rilevato mostra attraverso i vettori tilt un andamento mediamente centripeto rispetto ad un'area situata a N-NE di Pozzuoli, oltre la Solfatara. Fa eccezione solo BAI, che mostra un'inclinazione eccessiva verso W, e che quindi non è coerente con il campo vettoriale.

Questa deflazione che interesserebbe l'area succitata è svincolata dagli effetti termoelastici stagionali in quanto, componendo vettorialmente i segnali originali registrati dalla rete, si perviene ad un pattern di inclinazione completamente diverso (Fig. Fig. 4.1.25.).

Successivamente il campo di inclinazione diventa mediamente centrifugo rispetto ad un'area collocata ancora più a N di quella in abbassamento, almeno considerando le 4 stazioni TOI, DMC, ARC e OLB. Per TOI e DMC è valutato un tilt di 4 μ rad a WSW dagli inizi di Settembre, mentre per ARC e OLB un tilt di 1.5-2 μ rad rispettivamente a SW ed a SE, a partire dagli inizi di Novembre (Fig. Fig. 4.1.24.). Le rimanenti stazioni BAI, DMA e DMB non danno informazioni coerenti con siffatto campo ipotizzato.

Il pattern di inclinazione del suolo calcolato converge mediamente verso un'area a N di Pozzuoli e della Solfatara e, dato l'andamento centripeto dei vettori tilt, è congruente con un episodio di sollevamento della linea costiera durato fino alla metà dell'Autunno (Fig. Fig. 4.1.24.).

Le stesse considerazioni valgono per quanto osservato dalla fine dell'Autunno 2009, quando il "centro di spinta" sembra spostarsi ancora più a N, provocando l'inclinazione del suolo verso SW ad W di esso e verso SE ad E di esso.

Per quanto riguarda un'anomalia termica rilevata dalla stazione TOI, ubicata più a N di tutte le altre stazioni del network, non va sottovalutato l'apporto energetico presumibilmente legato alla risalita dell'isoterma responsabile di un aumento di temperatura notevole (14/12/2009 e 23/12/2008) e di un altro ancora maggiore (23/12/2009) a 7 metri di profondità dal p.c. (Fig. 4.1.26.).

È inoltre molto interessante l'osservazione di come quest'ultimo aumento di gradiente termico sia in fase con un incremento stagionale della temperatura (registrato da tutte le stazioni tranne OLB) e con una evidente diminuzione barica (Fig. 4.1.27.).

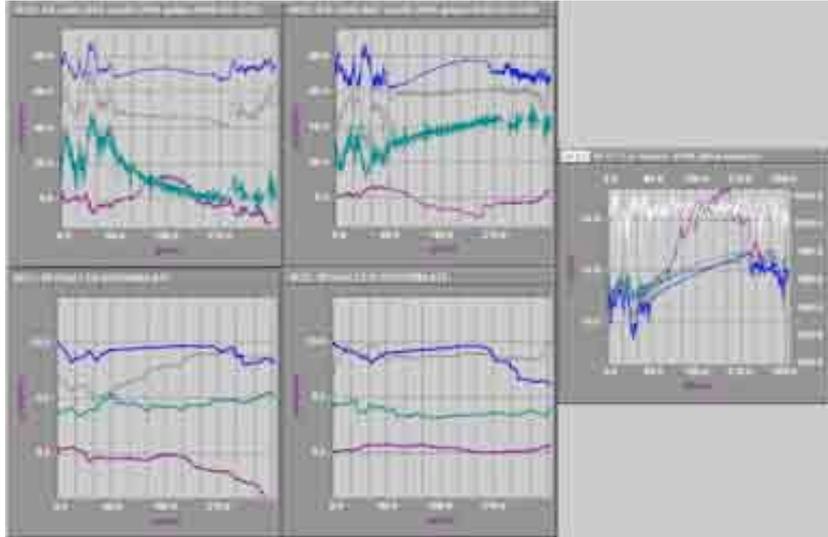


Fig. 4.1.22. - Segnali tiltmetrici relativi alle due componenti NS ed EW registrati dalle stazioni BAI (segnali in viola), DMA (verde), DMB (grigio) e DMC (blu): le 2 finestre in alto riportano i segnali acquisiti mentre quelle in basso le sequenze decorrelate. Sono inoltre rappresentate le temperature acquisite da ogni sensore e la pressione atmosferica (segnale in bianco) registrata a DMA. I valori di tilt crescenti nel tempo indicano sulla componente NS una inclinazione del suolo a N e su quella EW una inclinazione del suolo ad E.

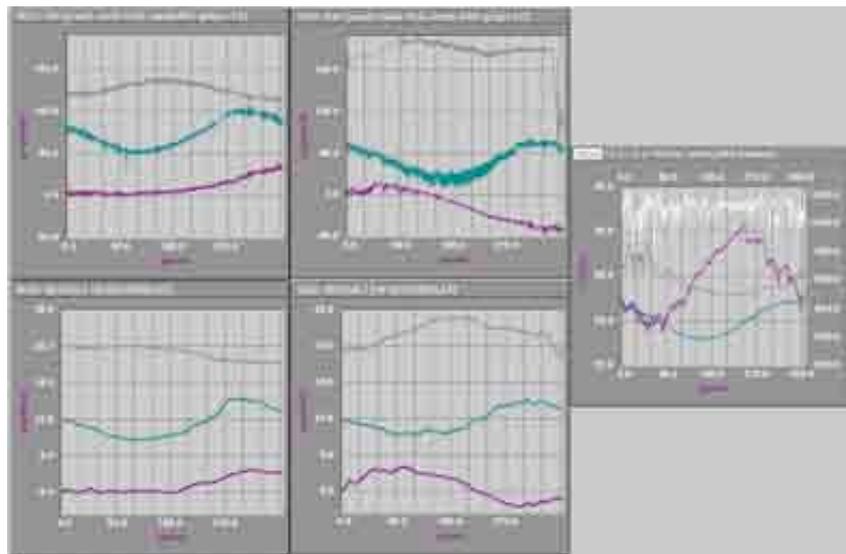


Fig. 4.1.23. - Segnali tiltmetrici relativi alle due componenti NS ed EW registrati dalle stazioni OLB (segnali in viola), ARC (verde) e TOI (grigio): le 2 finestre in alto riportano i segnali acquisiti mentre quelle in basso le sequenze decorrelate. Sono inoltre rappresentate le temperature acquisite da ogni sensore e la pressione atmosferica (segnale in bianco) registrata a DMA.

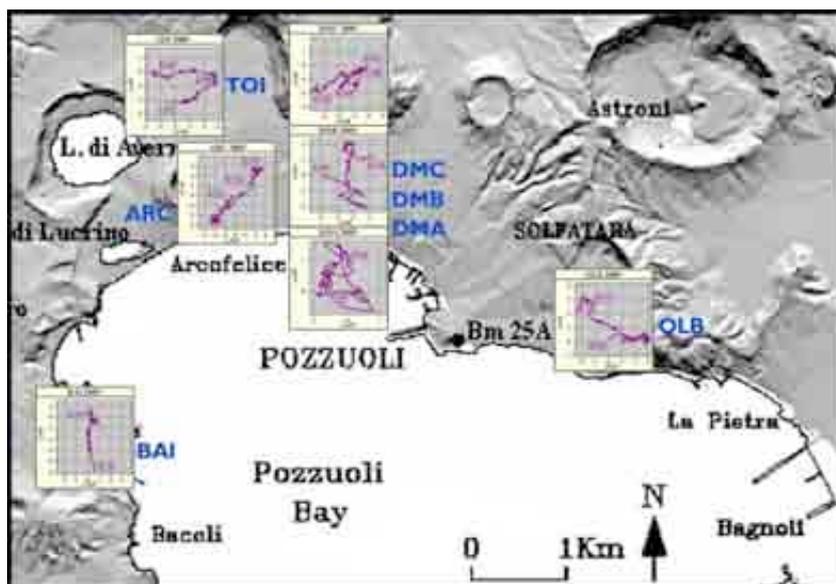


Fig. 4.1.24. - Mappa dei Campi Flegrei con la posizione delle 7 stazioni tiltmetriche e rappresentazione bidimensionale del tilt ottenuto attraverso la ricomposizione delle sequenze dei segnali acquisiti in cui è stato rimosso il contributo termoelastico; i valori di tilt crescenti nel tempo indicano sulla componente NS una inclinazione del suolo a N e su quella EW una inclinazione del suolo ad E.

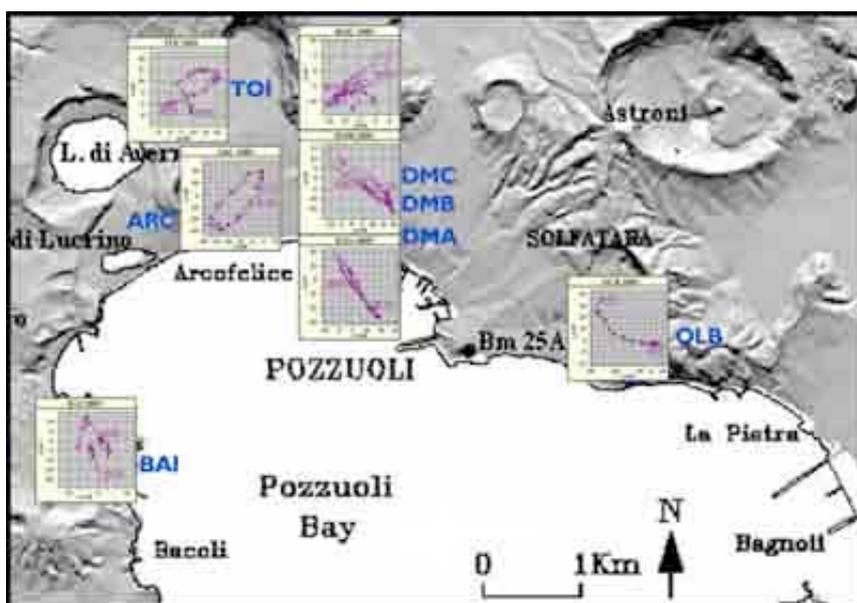


Fig. 4.1.25. - Mappa dei Campi Flegrei con la posizione delle 7 stazioni tiltmetriche e rappresentazione bidimensionale dell'inclinazione apparente del suolo ottenuta dai segnali acquisiti; i valori di tilt crescenti nel tempo indicano sulla componente NS una inclinazione del suolo a N e su quella EW una inclinazione del suolo ad E.

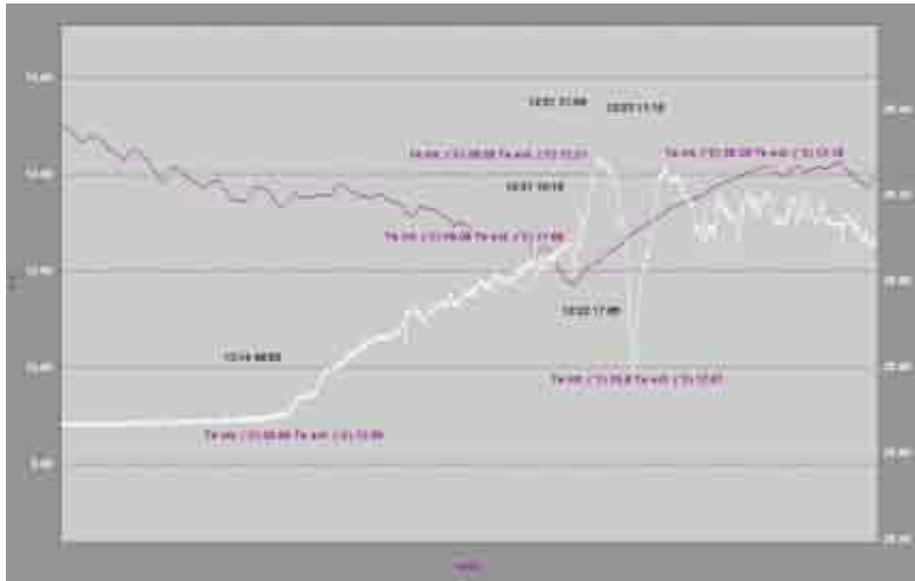


Fig. 4.1.26. - Temperature acquisite dal 2003 al Febbraio 2009 dalla stazione tiltmetrica TOI, in superficie (segnale in viola) ed a 7 m di profondità (in bianco).

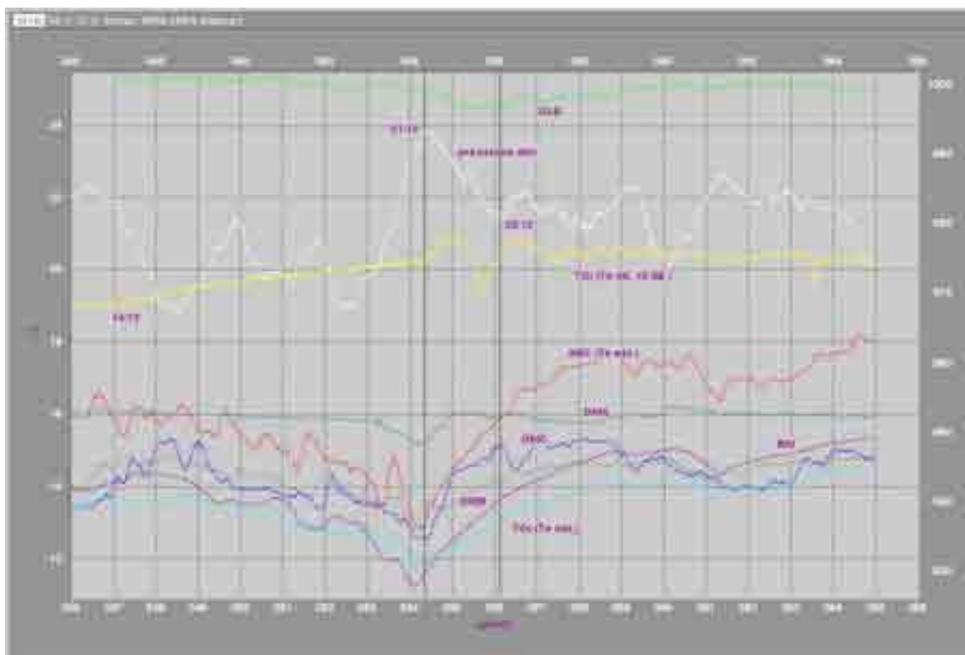


Fig. 4.1.27. - Temperature acquisite negli ultimi 20 giorni del 2009 dalle stazioni tiltmetriche flegree e pressione atmosferica acquisita a DMA (in bianco). Per le stazioni borehole TOI ed ARC sono riportate le temperature acquisite in superficie ed inoltre per la stazione TOI è riportata anche quella acquisita a -7 m dal p.c. (per esigenze di visualizzazione è stata moltiplicata per 3 e sottratta di 58).

4.1.7 InSAR

Nel corso del 2009 è proseguita l'elaborazione dei dati di Interferometria SAR svolta nell'ambito della Convenzione INGV/IREA-CNR di Napoli, effettuata presso i laboratori dell'IREA-CNR da personale afferente ad entrambe le Istituzioni utilizzando il codice SBAS (*Small Baseline Subset*). Parallelamente, è iniziato in sede l'uso del codice ROI_PAC (*Repeat Orbit Interferometry PACKAGE*) del JPL (Jet Propulsion Laboratory, USA) per l'Interferometria differenziale classica di cui vengono riportati nelle successive figure (Figg. 4.1.28. e 4.1.29.) i risultati relativi all'anno in

esame. Una parte dei risultati era stata preliminarmente presentata già nel Luglio 2009, a seguito di una specifica richiesta della Direzione, motivata dalla necessità di seguire in dettaglio l'evoluzione temporale della deformazione in atto nell'area dei Campi Flegrei.

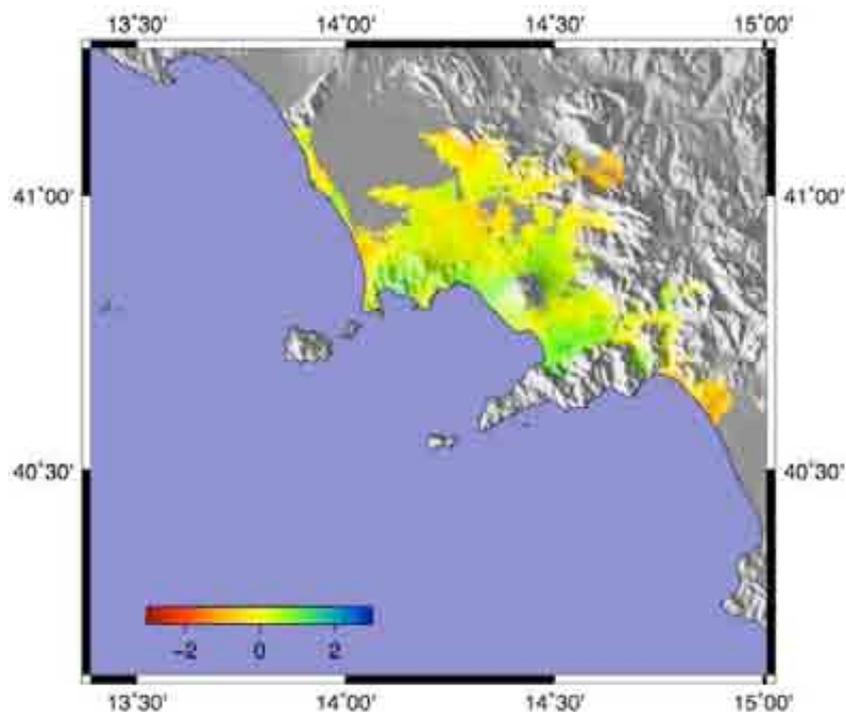


Fig. 4.1.28. - Mappa della deformazione del suolo (completamente saturata) nel Distretto Vulcanico Napoletano per il periodo 31/12/2008-29/7/2009 nella linea di vista del sensore SAR (orbite ascendenti, track 129, frame 809, image mode, swath 2).

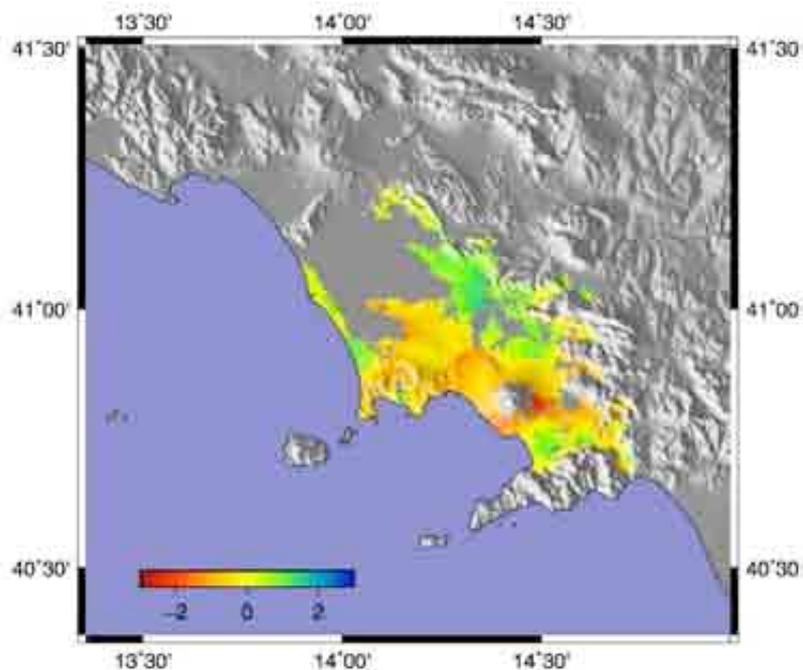


Fig. 4.1.29. - Mappa della deformazione del suolo (completamente saturata) nel Distretto Vulcanico Napoletano per il periodo 25/12/2008-23/7/2009 nella linea di vista del sensore SAR (orbite discendenti, track 36, frame 2781, image mode, swath 2).

Al fine di dettagliare l'andamento della deformazione del suolo nell'area vulcanica napoletana, con particolare riferimento all'area dei Campi Flegrei che ha evidenziato una maggiore criticità nel corso del 2009, si è deciso di effettuare due distinte elaborazioni, ciascuna per ogni orbita, per i primi sette mesi dell'anno e per i restanti mesi sino al 2010. Nelle successive figure vengono riportate le mappe di deformazione del suolo per i primi sette mesi dell'anno.

L'analisi delle due mappe in corrispondenza dell'area dei Campi Flegrei conferma quanto già riportato nel rapporto del Luglio 2009 dove si osservava, nella zona di massima deformazione localizzata presso il centro abitato di Pozzuoli, un sollevamento dell'ordine dei 2 cm negli intervalli considerati.

Un confronto più dettagliato tra le mappe consente altresì di evidenziare un differente andamento della deformazione del suolo ai Campi Flegrei, data dalla presenza di una componente planimetrica della deformazione ben nota in letteratura. L'entità della deformazione risulta altresì comparabile con quella ottenuta dalle misure di livellazione geometrica effettuate all'incirca nello stesso periodo.

Un discorso a parte merita lo studio delle deformazioni del suolo relative al periodo successivo, dove non sembra esserci un andamento prevalente: da qui la decisione di non riportarne i risultati. Degno di nota, nel Dicembre 2009, il verificarsi di un forte episodio di degassamento in località Pisciarelli (ad Est del Cratere della Solfatara), già oggetto di una precedente comunicazione al Dipartimento della Protezione Civile nel Gennaio 2010, contenente il rilievo fotografico di una nuova fumarola e l'interferogramma differenziale relativo all'intervallo temporale 15-26/12/2009, dove si evidenziava in maniera inequivocabile l'evento ed effettuato attraverso i dati High Resolution Spotlight del sensore TerraSAR-X del DLR (Agenzia Spaziale Tedesca) nell'ambito di una collaborazione tra Enti per fini di ricerca. Tale collaborazione consentirà di monitorare gli sviluppi di tale evento, di cui si darà conto nel corso dei successivi rapporti di sorveglianza.

4.1.8 Monitoraggio mareografico

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. 4.1.30.).

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. 4.1.30.).

Le stazioni mareografiche installate lungo la costa vesuviana sono operanti a partire dal 1985. Il livello del mare è attualmente registrato con continuità nei porti di Castellammare di Stabia e Torre del Greco (Fig. 4.1.30.).

Nell'ambito del potenziamento della rete mareografica sono state installate nel 2007 due nuove stazioni ubicate la prima nel Porto di Forio localizzato sulla costa occidentale dell'isola d'Ischia e la seconda nel Porto di Agropoli localizzato sulla costa meridionale del Golfo di Salerno (Fig. 4.1.30.). Una nuova stazione mareografica è in registrazione nel porto di Torre del Greco (TDG2), dal giugno 2009, che sostituirà quella ancora operante TRDG che sarà dimessa nei primi mesi del 2010 (Fig. 4.1.30.).

Oltre alle stazioni sopra riportate è in funzione il mareografo di riferimento ubicato nel Porto di Napoli, ospitato nella stazione mareografica dell'ISPRA, facente parte della Rete Mareografica Nazionale (Fig. 4.1.30.).

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 stazioni 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 (Tab. 4.1.5.). 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.

Tab. 4.1.5. – Stazioni della Rete Mareografica della Sezione di Napoli.

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

Nel 2009 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 l'anno 2009 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 delle stazioni mareografiche 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 dei dati mareografici disponibili ci consente di effettuare alcune considerazioni sui movimenti verticali del suolo.

Nel sito di Forio (Ischia), dal gennaio 2008 al dicembre 2009, non si evidenziano significativi andamenti, dentro la soglia di significatività delle misure mareografiche, che potrebbero indicare movimenti verticali del suolo dell'area (Fig. 4.1.31.).

Nella area centrale della caldera flegrea (Pozzuoli Porto), la serie temporale disponibile a partire dal gennaio 2000 (Fig. 4.1.32.) evidenzia, che dopo la fase di sollevamento (primo semestre 2000) e il successivo significativo abbassamento (2000 - 2002), si osservano delle lievi oscillazioni del moto del suolo che tendono a decrescere nel tempo fino ad essere poco significative nel corso del 2005. Nel periodo novembre 2005 – dicembre 2006 si registra un fase di sollevamento (circa 4 cm) seguita da una subsidenza del suolo fino al dicembre 2007. Dopo questa data si osservano delle lievi oscillazioni. Negli ultimi mesi del 2008 si registra l'inizio di una nuova fase di lieve sollevamento che durerà fino all'estate 2009 (circa 2 cm), seguita da lievi oscillazioni ed un debole abbassamento (Figg. 4.1.33. e 4.1.34.). Invece l'area ubicata ai bordi della caldera flegrea (MISE) 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 (Fig. 4.1.35.).

Nell'area vesuviana non si osservano significativi movimenti verticali del suolo come rilevato dalle analisi dei dati alle stazioni di Torre del Greco e Castellammare di Stabia, interessata da lievi oscillazioni che rimangono confinate entro la soglia di significatività delle misure mareometriche (Figg. 4.1.36. e Fig. 4.1.37.).



Fig. 4.1.30. - Rete mareografica: Area vesuviana, Campi Flegrei, 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 : TRDG = Torre del Greco; CSMS = Castellammare di Stabia. Golfo di Salerno: AGRO = Porto di Agropoli.

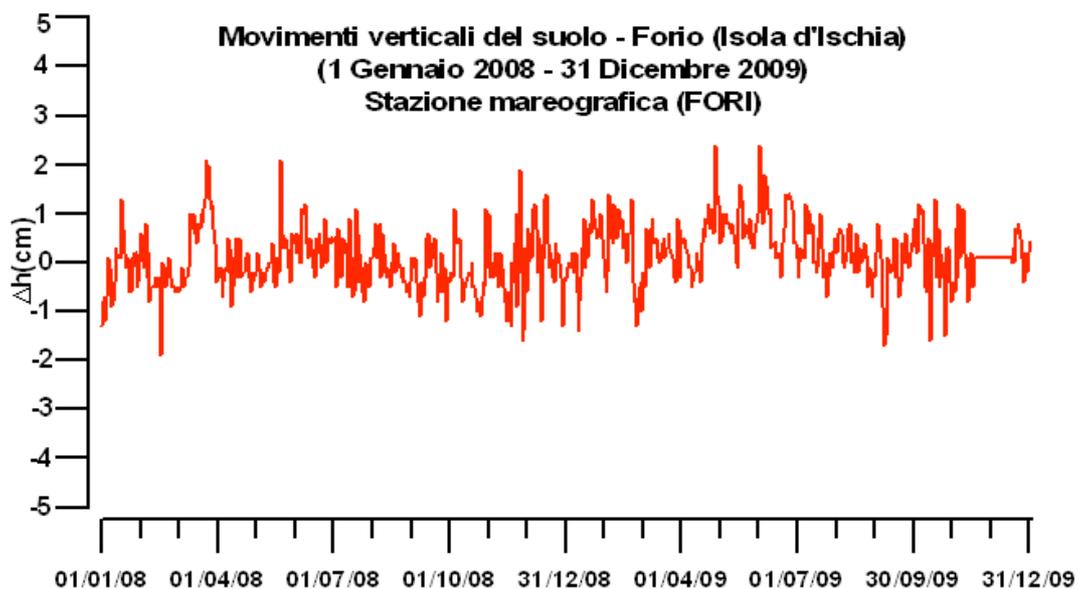


Fig. 4.1.31. - Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2008 - dicembre 2009, dedotti dalla analisi dei dati rilevati dal sensore digitale alla stazione mareografica di Forio (Ischia) (FORI), considerando come riferimento la stazione del Porto di Napoli. Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere.

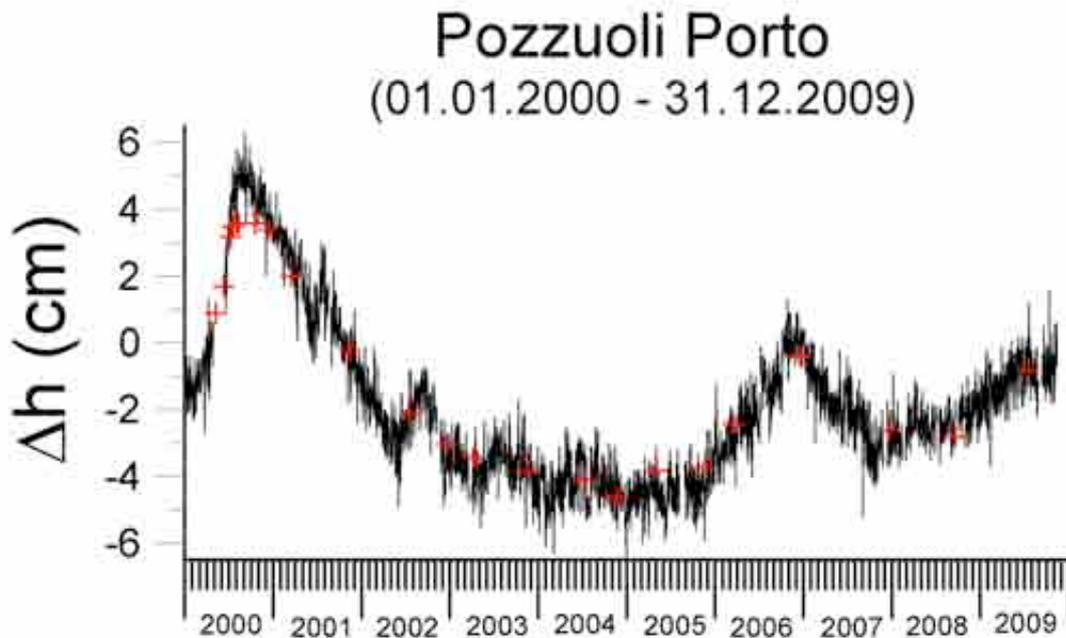


Fig. 4.1.32. - Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2000 – dicembre 2009, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore meccanico della stazione mareografica di Pozzuoli Porto (POPT), ubicata in prossimità dell'area centrale della caldera flegrea e riferiti a quella del Porto di Napoli (NAPT). Sono riportate inoltre le variazioni di quota (+) rilevate al caposaldo della rete di livellazione sito in prossimità della stazione mareografica di Pozzuoli. Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere.

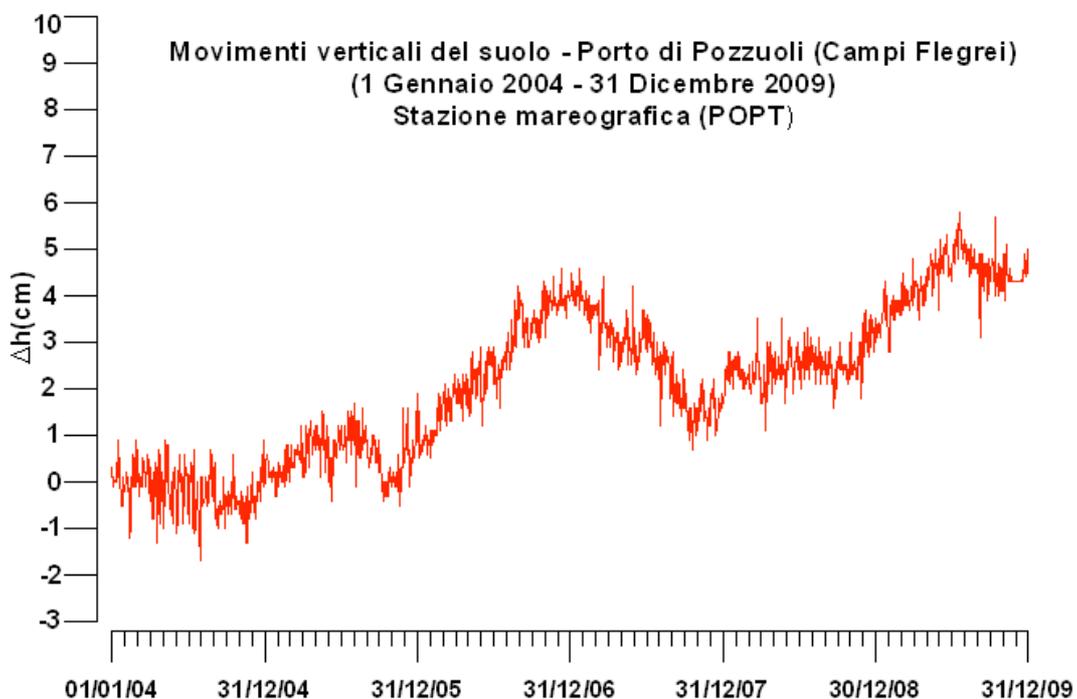


Fig. 4.1.33. - Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2004 - dicembre 2009, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore digitale alla stazione mareografica di Pozzuoli Porto (POPT) (area centrale della caldera flegrea). Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione Porto di Napoli (NAPT).

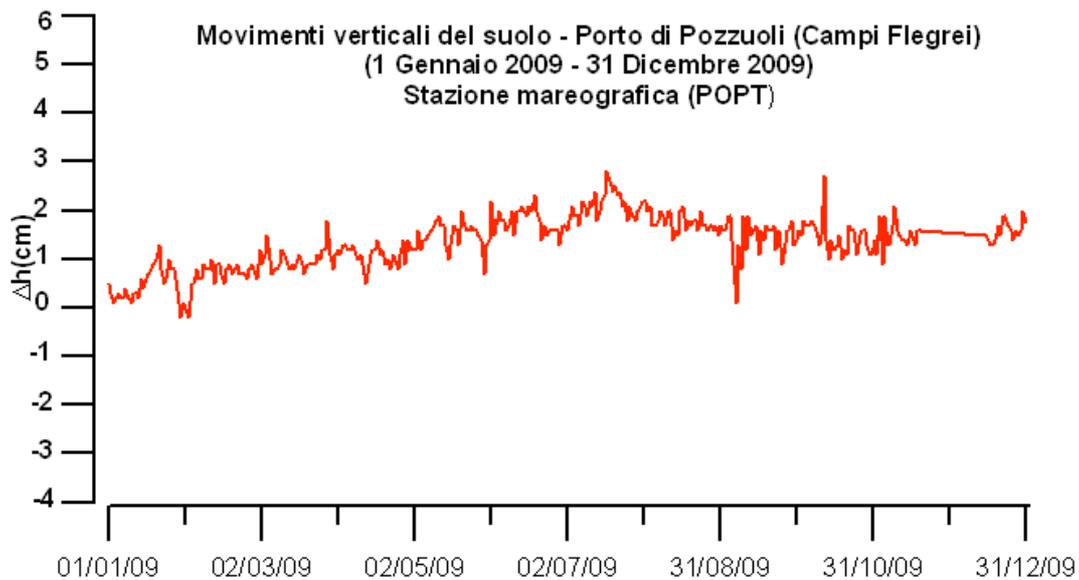


Fig. 4.1.34. - Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2009 - dicembre 2009, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore digitale alla stazione mareografica di Pozzuoli Porto (POPT) (area centrale della caldera flegrea). Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione Porto di Napoli (NAPT).

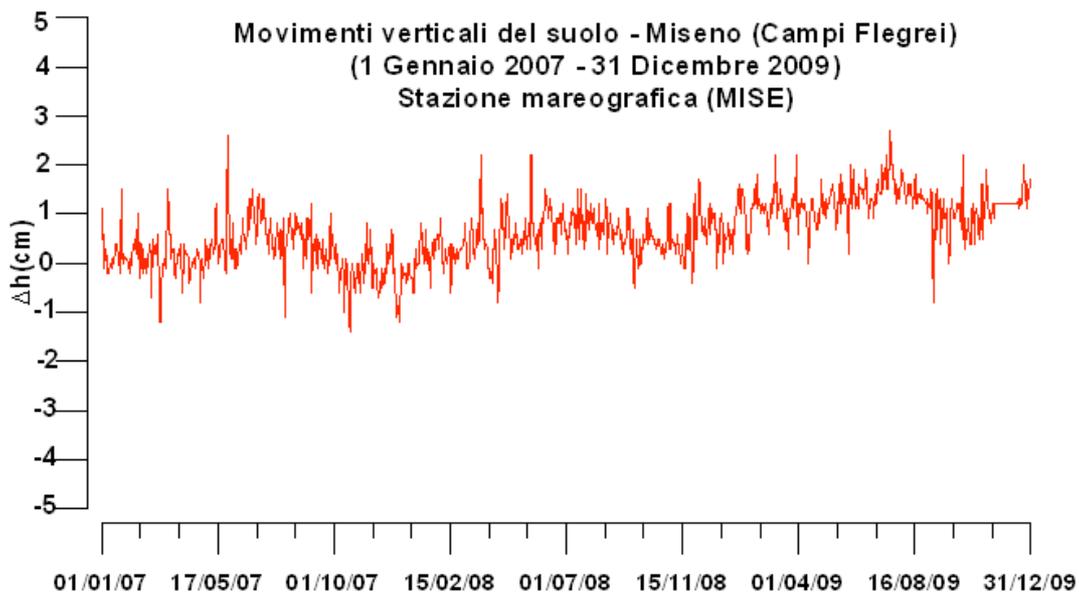


Fig. 4.1.35. - Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2007 - dicembre 2009, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore digitale alla stazione mareografica di Miseno (MISE) (caldera flegrea). Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione Porto di Napoli (NAPT).

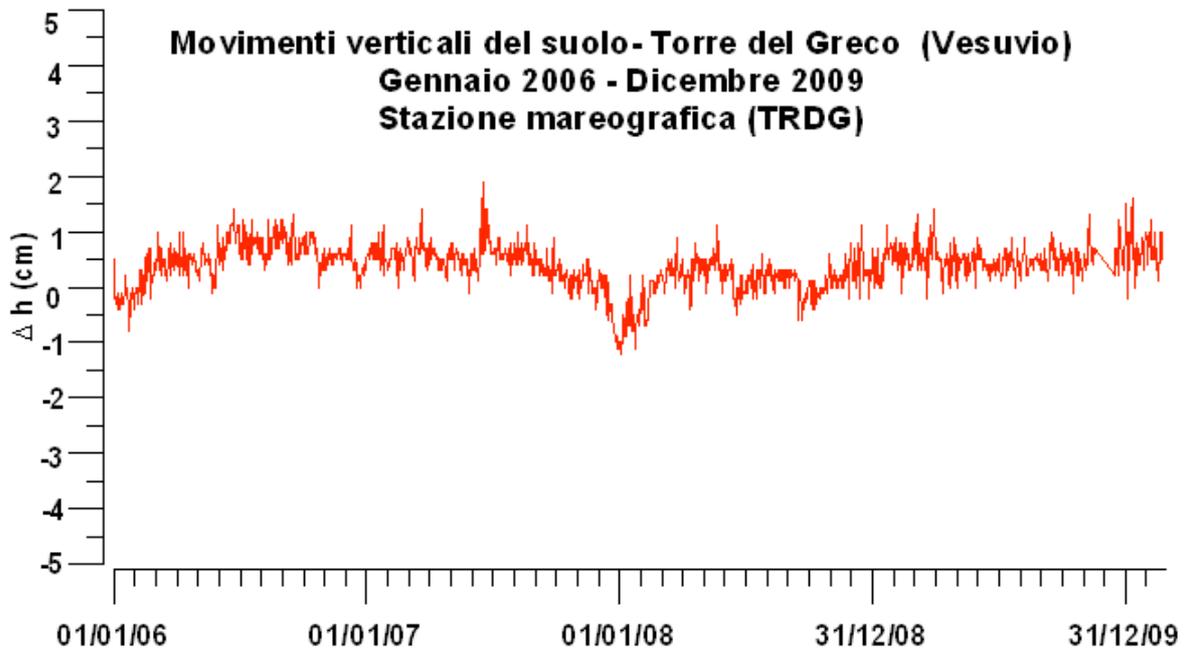


Fig. 4.1.36. - Movimenti verticali del suolo, nel periodo gennaio 2006 - dicembre 2009, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore digitale alla stazione mareografica di Torre del Greco (TRDG) (Vesuvio). Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione Porto di Napoli (NAPT).

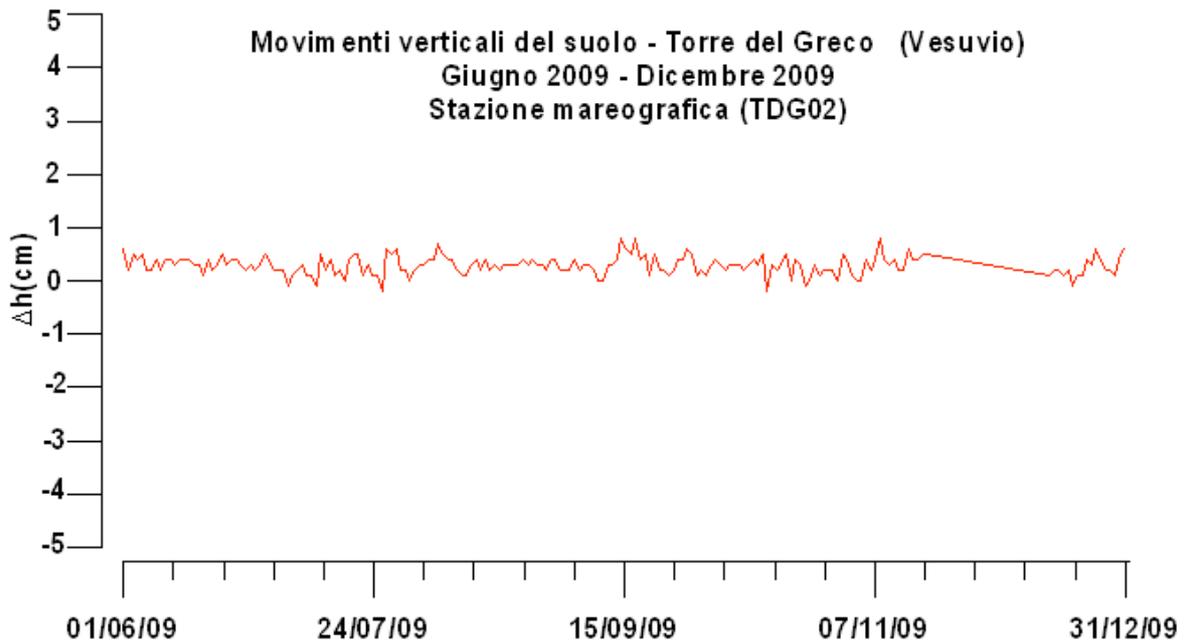


Fig. 4.1.37. - Movimenti verticali del suolo, nel periodo giugno 2009 - dicembre 2009, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore digitale alla nuova stazione mareografica di Torre del Greco (TDG02) (Vesuvio). Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione Porto di Napoli (NAPT).

4.2. Etna

4.2.1. Strumentazione disponibile

La tabella che segue riassume la tipologia di stazioni permanenti o di capisaldi gestiti dalla Sezione di Catania.

Tipologia di Stazioni permanenti o di capisaldi	N.
Stazioni Permanenti Multiparametriche (Clinometriche e GPS)	5
Stazioni Permanenti GPS	30
Stazioni Permanenti Clinometriche	9
Stazioni Permanenti Estensimetriche	4
Capisaldi per campagne di misure di Geodesia Terrestre (EDM) e GPS	6
Capisaldi per campagne di misure di Geodesia Terrestre (EDM)	38
Capisaldi per campagne di misure GPS	85

Tab. 4.2.1. - Elenco e quadro di dettaglio delle stazioni delle reti permanenti GPS, clinometrica ed estensimetrica dell'Etna (aggiornamento al 1 gennaio 2010).

Sigla	Sito	Stumentazione	Tipo di monitoraggio	Trasmissione	Rate
EFAR	Contrada Farella	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504 Sensore clino: AGI mod 722	GPS & Clino.	radio/radio modem	GPS: 1/sec Clino: 1/30 min.
EMAL	Monte Maletto	Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AT504 Sensore clino: AGI mod. 500	GPS & Clino.	Telef./ radio	GPS: 30/sec Clino: 1/30 min.
EMEG	Monte Egitto	Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AT504 + AGI mod. 500	GPS & Clino.	Telef./radio	GPS: 30/sec Clino: 1/30 min.
EPDN	Pizzi Deneri	Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AX1202GG; Sensore clino: braccio lungo	GPS & Clino.	Radio/ radio modem + telefono	GPS: 1/sec Clino: 1/30 min.
EDAM	Etna Dammusi	Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AT504; Sensore clino: AGI mod. 500	GPS & Clino.	Radio/ radio modem	GPS: 1/sec Clino: 1/30 min.
ENIC	Nicolosi Sede INGV	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504 Sensore clino: AGI mod 722	GPS	lan	GPS: 1/sec
EIVV	Catania Sede INGV	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AX1202GG	GPS	lan	1/sec
EPLU	Punta Lucia	Ricev.: Leica GX1220; Ant.: Leica AX1202GG	GPS	radio modem + WiFi	1/sec
EMGL	Monte Gallo	Ricev.: Leica GX1220; Ant.: Trimble TRM29605	GPS	telef.	30/sec
ESLN	Serra La Nave	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504	GPS	satellitare	1/sec
EMFN	Monte Fontane	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504	GPS	radio modem + WiFi	1/sec
ESPC	Serra Pizzuta	Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AT504	GPS	radio modem	1/sec
ELEO	Etna San Leonardello	Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AT504	GPS	Radio modem	1/sec
ECPN	Etna Cratere del Piano	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AX1202GG	GPS	radio modem + WiF + satellitari	1/sec
EINT	Intermedia	Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AT504	GPS	radio modem	5/sec
EPOZ	Pozzillo	Ricev.: Leica SR502; Ant.: AT504	GPS	satellitare	30/sec
EPMN	Piedimonte	Ricev.: Leica GRX1200; Ant.: AT504	GPS	WiFi	1/sec

Sigla	Sito	Stumentazione	Tipo di monitoraggio	Trasmissione	Rate
ECNV	Catenanuova	Ricev.: Leica GMX902; Ant.: AT504	GPS	Satellitare + telefono	30/sec
ESAL	Sant Alfio	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504	GPS	satellitare	1/sec
EMCN	Monte Conca	Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AT504	GPS	radio modem	1/sec
EMSG	Monte Spagnolo	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504	GPS	radio modem	1/sec
ECAN	Masseria Cannata	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504	GPS	WiFi+satellitare	1/sec
ECNE	Cratere Nord Est	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AX1203+GNSS	GPS	radio modem	1/sec
ECHR	Santa Chiara (Biancavilla)	Ricev.: Leica GMX902; Ant.: AT504	GPS	satellitare.	30/sec
ELCH	Isola Lachea	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504GG	GPS	WiFi.	1/sec
ESML	Santa Maria di Licodia	Ricev.: Leica SR502; Ant.: AT504	GPS	satellitare	30/sec
ESCV	Scorciavacca (Saragoddio)	Ricev.: Leica GMX902; Ant.: AT504	GPS	satellitare	30/sec
EPZF	Pizzo Felice (Maletto)	Ricev.: Leica GMX902GG; Ant.: AT504GG	GPS	satellitare	30/sec
EBAG	Baglio (Giarre)	Ricev.: Leica GMX902GG; Ant.: AT504GG	GPS	radio modem	1/sec
EFIU	Fiumefreddo	Ricev.: Leica GMX902GG; Ant.: AT504GG	GPS	satellitare	30/sec
EBCN	Bocca Nuova	Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AT504GG	GPS	radio modem	1/sec
ETFI	Torre del Filosofo	Ricev.: Leica1230Plus; Ant.: AT504GG	GPS	radio modem	30/sec
EPED	Pedara	Ricev.: Leica; Ant.: AT504GG	GPS	Internet	30/sec
ERIP	Riposto	Ricev.: Leica GMX902GG; Ant.: AT504GG	GPS	locale	30/sec
ETEC	Santa Tecla	Ricev.: Leica GMX902GG; Ant.: AT504GG	GPS	radio modem	1/sec
MDZ	Monte Denza	Sensore clino: AGI mod. 500	Clino.	radio	1/30 min
MSC	Monte Scavo	Sensore clino: AGI mod. 722	Clino.	radio	1/30 min
MNR	Monte Nero	Sensore clino: AGI mod. 722	Clino.	radio	1/30 min
CDV	Casa del Vescovo	Sensore clino: AGI mod. 722	Clino.	radio	1/30 min
SPC	Serra Pizzuta Calvarina	Sensore clino: AGI mod. 722	Clino.	radio	1/30 min
CBD	Case Bada	Sensore clino: AGI mod Lily	Clino.	radio	1/30 min
MAS	Mascalucia	Sensore clino: AGI mod Lily	Clino.	locale	1/30 min
GAL	Mote Gallo	Sensore clino: AGI mod Lily	Clino.	locale	1/30 min
SPN	Monte Spagnolo	Sensore clino: AGI mod Lily	Clino.	locale	1/30 min
EE1-4	Schiena dell'Asino; Frattura 1989	Sensore: Tipo ISMES	Estensometria	locale	1/30 min
EE5-8	Penicana	Sensore: Tipo ISMES	Estensometria	radio	1/30 min
TRE1	Trecastagni; muro esterno	Sensore: Sis Geo	Estensometria	locale	1/30 min
TRE2	Trecastagni; sensore interrato	Sensore: Sis Geo	Estensometria	locale	1/30 min

4.2.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Le principali attività di sorveglianza e monitoraggio geodetico svolte dalla Sezione di Catania all'Etna, nel corso del 2009, hanno riguardato la normale manutenzione dei sistemi osservativi permanenti, l'esecuzione delle campagne programmate ed alcuni interventi specifici attivati a seguito degli eventi sismici del basso fianco orientale di maggio; per le attività di Potenziamento si rinvia alle voci specifiche di questo rapporto. Per comodità di esposizione le attività saranno dettagliate nel seguente ordine: campagne di misura su reti di capisaldi geodetici, acquisizione dati con stazioni permanenti GPS, misure dirette della deformazione (reti permanenti clinometriche ed estensimetriche) e misure di interferometria SAR. In genere, tutte queste attività sono state oggetto di rapporti interni distribuiti anche al DPC.

Campagne di misura su reti di capisaldi geodetici

- A giugno-luglio è stata eseguita la prevista campagna di misura GPS dell'intera rete dell'Etna su oltre 80 capisaldi, cui vanno aggiunti i 28 delle stazioni permanenti, per un totale di quasi 110 punti di misura del campo di deformazione del vulcano. I dati raccolti sono stati confrontati con quelli della campagna condotta sulla stessa rete nel 2008 e ad aprile e maggio 2009 su varie porzioni della rete. Tali campagne sono state eseguite ad aprile nell'ambito del progetto "Laboratorio di Geodinamica" per il monitoraggio della faglia di S. Leonardello, e nuovamente a maggio per il monitoraggio delle deformazioni conseguenti allo sciame sismico di aprile sul basso versante orientale del vulcano. Risultati preliminari di tali confronti sono stati oggetto di rapporti interni. Tali misure sono state anche integrate con i dati di telerilevamento SAR e hanno permesso l'analisi della cinematica co-sismica della faglia, ricostruendo il movimento 3D del terreno intorno ad essa. Tale studio ha permesso di identificare la porzione di faglia attivata e l'area di massima deformazione.
- Nel mese di aprile sono state eseguite le campagne di misura delle due reti GPS locali per il monitoraggio della Faglia della Pernicana. I risultati di queste misure hanno permesso di aggiornare la decennale serie storica delle deformazioni riguardante i dati geodetici sulla Faglia della Pernicana. I risultati preliminari di tali confronti sono stati oggetto di rapporti interni.

Acquisizione di dati GPS con stazioni permanenti GPS

La manutenzione ordinaria e straordinaria dei sistemi osservativi di reti GPS permanenti ha garantito la continuità nell'acquisizione dei dati. Nell'attività di manutenzione vanno considerati anche gli adeguamenti dei sistemi di acquisizione, trasmissione e gestione dei dati, inclusi i sistemi HW di archiviazione ed i SW di elaborazione di cui hanno beneficiato tutte le aree oggetto di attività di monitoraggio geodetico da parte della Sezione di Catania. I dati acquisiti sono archiviati in specifici data-base, elaborati secondo procedure automatizzate e visualizzati in funzione della cadenza temporale di acquisizione e processamento.

Misure dirette della deformazione (reti clinometriche ed estensimetriche)

La manutenzione ordinaria e straordinaria dei sistemi osservativi clinometrici ed estensimetrici ha garantito una buona continuità nell'acquisizione dei dati.

È stato anche installato un clinometro AGI Lily presso il sito test del Centro Unificato di Acquisizione Dati (CUAD), all'interno di un foro profondo 15 metri, al fine di integrare nello stesso sito più sensori da confrontare tra loro. Infatti, al CUAD erano già stati installati e testati due clinometri AGI 510 e due clinometri 722 per un totale di 5 installazioni.

Interferometria SAR

Sono state svolte attività di misura delle deformazioni del suolo dell'area etnea con tecniche di interferometria SAR differenziale per il periodo 2008-2009, utilizzando dati acquisiti nell'ambito del progetto ASI-SRV e P.O. Sicilia, finalizzati all'analisi del campo deformativo dell'Etna. I dati così analizzati sono stati integrati con quelli forniti dagli altri sistemi di monitoraggio al fine di migliorare la definizione delle sorgenti deformative connesse alla recente attività del vulcano. In particolare, è stata eseguita un'analisi di dettaglio del basso versante orientale del vulcano in seguito allo sciame sismico; i dati SAR sono stati confrontati ed integrati con quelli delle misure discrete sulla rete GPS per ottenere un'informazione dettagliata del campo di deformazione prodotto dagli eventi sismici e analizzare il movimento della faglia di S. Leonardello. Infine sono stati potenziati i sistemi di HW e SF, come descritto nella voce Potenziamento.

Sintetica valutazione scientifica dei dati acquisiti

Il complesso dei dati geodetici acquisiti all'Etna nel 2009 individua una generale fase di inflazione del vulcano, iniziata tra la fine del 2008 e l'inizio del 2009, all'interno della quale si inseriscono alcuni eventi deformativi più rilevanti che hanno interessato settori più o meno ampi dell'Etna. Un aspetto singolare dell'inflazione registrata nel corso di tutto il 2009 (Fig. 4.2.1.) è che questa si è verificata in modo apparentemente indipendente dall'attività eruttiva, la quale, come noto, è stata caratterizzata da una continua effusione di lava dalle bocche apertesi in Valle del Bove il 13 maggio 2008 e terminata il 7 luglio 2009. La singolarità consiste nel fatto che, da quando le deformazioni del suolo all'Etna sono monitorate, i periodi eruttivi sono in genere accompagnati da fasi più o meno evidenti di deflazione, differentemente da quanto registrato nel corso del 2009. A scala locale gli eventi maggiormente significativi si sono verificati nell'area sommitale, nord-orientale e, con maggiore evidenza, sul medio-basso versante orientale e sud-orientale.

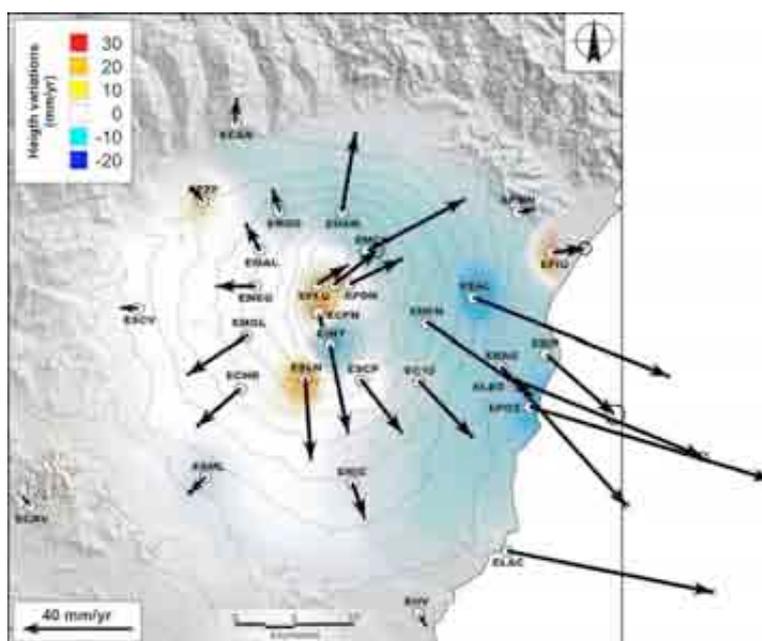


Fig. 4.2.1. - Mappa dei vettori velocità per il 2009.

A metà marzo, alcuni eventi sismici del settore nordorientale provocano delle deformazioni cosismiche alla stazione clinometrica di Case Bada. Successivamente, tra aprile e maggio, si osserva un'accelerazione della dinamica del fianco orientale testimoniata da un aumento della velocità della componente di movimento verso Est delle stazioni GPS comprese tra la zona di S. Alfio, Giarre ed Acitrezza, e dalla sismicità del 13 maggio nell'area di Moscarello che provoca un'ampia deformazione dell'area macrosismica, ben registrata dall'analisi dei dati di interferometria SAR, e delle deformazioni cosismiche ancora una volta registrate a Case Bada. Anche l'area sommitale sembra interessata a metà maggio da una modifica del pattern deformativo testimoniata da una modifica del tilt ed un allungamento dei lati insistenti sulla stazione GPS dell'Osservatorio di Pizzi Deneri. Ad agosto termina l'accelerazione del movimento nelle stazioni GPS del fianco orientale. A metà ottobre, in occasione di un incremento della sismicità nel basso fianco sud-orientale, si osserva un'accelerazione del segnale degli estensimetri localizzati a traverso la faglia di Trecastagni ed una deformazione permanente alla stazione clinometrica di Case Bada; tra novembre e dicembre si registra una diminuzione dell'allungamento registrato dagli estensimetri.

4.3. Vulcano-Lipari

4.3.1. Strumentazione disponibile

La tabella che segue riassume la tipologia di stazioni permanenti o di capisaldi gestiti dalla Sezione di Catania.

Tipologia di Stazioni permanenti o di capisaldi	N.
Stazioni Permanenti Multiparametriche (Clinometriche e GPS)	2
Stazioni Permanenti GPS	4
Stazioni Permanenti Clinometriche	3
Capisaldi per campagne di misure di Geodesia Terrestre (Stazione Totale) e GPS	1
Capisaldi per campagne di misure di Geodesia Terrestre (Stazione Totale)	12
Capisaldi per campagne di misure GPS	27

Tabella 4.3.1 – Elenco e quadro di dettaglio delle stazioni delle reti permanenti GPS e clinometrica di Lipari-Vulcano (aggiornamento al 1 gennaio 2010).

Sigla	Sito	Stumentazione	Tipo di monitoraggio	Trasmissione	Rate
VVLC	Vulcanello	Ricev.: Leica GX1220; Ant.: Trimble TRM29605; Sensore clino.: AGI mod. 722	GPS & Clino.	WiFi + radio	GPS: 30/sec Clino: 1/30 min.
VCSP	Campo Sportivo	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504; Sensore clino.: AGI mod. 722	GPS & Clino.	WiFi + radio	GPS: 30/sec Clino: 1/30 min.
VGPL	Grotta Palizzi	Sito test clino Due sensori AGI mod 722 Un sensore AGI mod 500	GPS & Clino.	gsm + radio	GPS: 30/sec Clino: 1/30 min.
LOSV	Lipari Osservatorio	Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AX1202GG	GPS	satellitare + lan	1/30 sec.
IACL	Alicudi	Ricev.: Leica GMX902; Ant.: AT504	GPS	satellitare	1/30 sec.
IFIL	Filicudi	Ricev.: Leica GMX902; Ant.: AT504	GPS	satellitare	1/30 sec.
IVCR	Vulcano Cratere	Ricev.: Leica GRX1200; Ant.: AT504	GPS	WiFi	1/30 sec.
IVUG	Grillo	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504	GPS	WiFi	1/30 sec.
IVLT	Lentia	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504	GPS	WiFi	1/30 sec.
PZA	Pozzo AGIP	Sensore clino.: AGI mod. 722	Clino.	radio	1/30 min
SLT	Sotto Lentia	Sensore clino.: AGI mod. 722	Clino.	radio	1/30 min
RO3	Roja 3	Sensore clino.: AGI mod. 722	Clino.	radio	1/30 min

4.3.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Le principali attività di sorveglianza e monitoraggio geodetico svolte nell'area di Lipari-Vulcano nel corso del 2009 da parte della Sezione di Catania hanno riguardato la normale manutenzione dei sistemi osservativi permanenti, l'esecuzione delle campagne programmate.

In particolare, a ottobre è stata eseguita la prevista campagna di misura GPS dell'intera rete di Lipari-Vulcano e della rete di Vulcano Nord che insieme sommano ad un totale di 24 capisaldi, cui vanno aggiunti i 6 delle stazioni permanenti, per un totale di 30 punti di misura del campo di deformazione dell'apparato vulcanico. I dati raccolti sono stati confrontati con quelli della campagna condotta sulle stesse reti nel 2007. Nel corso della campagna di misura sono stati realizzati nuovi capisaldi a Lipari per l'estensione della rete e per la sostituzione di alcune vecchie colonnine con nuovi autocentranti collocati in siti migliori.

La manutenzione ordinaria e straordinaria dei sistemi osservativi di reti GPS permanenti e di stazioni Clinometriche ha garantito un'elevata la continuità nell'acquisizione dei dati. Queste reti hanno beneficiato dell'adeguamento dei sistemi di acquisizione e gestione dei dati realizzati presso la Sezione di Catania, già descritti per l'apparato vulcanico dell'Etna

I dati clinometrici di Vulcano non mostrano variazioni significative a breve medio termine (giorni-settimane) che possano essere messi in relazione a dinamiche di tipo magmatiche. Permangono trend a lungo periodo (annuali) presumibilmente legate al contesto geodinamico regionale.

4.4. Stromboli

4.4.1. Strumentazione disponibile

La tabella che segue riassume la tipologia di stazioni permanenti o di capisaldi gestiti dalla Sezione di Catania.

Tipologia di Stazioni permanenti o di capisaldi	N.
Stazioni Permanenti Multiparametriche (Clinometriche e GPS)	3
Stazioni Permanenti GPS	2
Capisaldi per campagne di misure di Geodesia Terrestre (sistema THEODOROS)	23

Tab. 4.4.1. - Elenco e quadro di dettaglio delle stazioni delle reti permanenti GPS clinometrica di Stromboli (aggiornamento al 1 gennaio 2009).

Sigla	Sito	Stumentazione	Tipo di monitoraggio	Trasmissione	Rate
SPLB	Punta Labronzo	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AX1202GG; Sensore clino.: AGI mod. 722	GPS & Clino.	lan + radio	GPS: 1/sec Clino: 1/30 min.
STDF	Timpone Del Fuoco	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AX1202GG; Sensore clino.: AGI mod. 722	GPS & Clino.	radio modem + radio	GPS: 1/sec Clino: 1/30 min.
SVIN	San Vincenzo - COA	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AX1202GG; Sensore clino.: AGI mod. Lily	GPS & Clino.	lan	GPS: 1/sec Clino: 1/30 min.
SPLN	Punta Lena	Ricev.: Leica GX1220; Ant.: AX1202GG;	GPS	radio modem	1/sec
SCPS	Centro Operativo GNV	Ricev.: Leica SR503; Ant.: AT504;	GPS	radio modem	1/sec
THEO	Labronzo	Stazione Totale Robotizzata Leica TCA 2003	Geodesia terrestre	WiFi + lan	1/10 min.

4.4.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Nel corso del 2009 le attività di manutenzione ordinaria e straordinaria dei sistemi osservativi gestiti dalla Sezione di Catania hanno portato ad una buona continuità nell'acquisizione dei dati. A tal proposito si cita il caso degli interventi effettuati ad inizio anno sul sistema di trasmissione di THEODORS a Labronzo che hanno garantito una continuità di acquisizione del sistema di monitoraggio per l'intero anno. Tuttavia, a causa delle difficoltà di utilizzo dei mezzi ad ala rotante, non è stato ancora possibile intervenire per una riparazione definitiva dei danni occorsi alla stazione GPS di Punta Lena a novembre 2008, per cui la trasmissione dei dati da questa stazione ha sofferto di periodi più o meno brevi di interruzione. Anche in questo caso, le reti GPS permanenti e clinometriche hanno beneficiato dell'adeguamento dei sistemi di acquisizione e gestione dei dati realizzati presso la Sezione di Catania, già descritti per l'apparato vulcanico dell'Etna.

Sono state effettuate operazioni di manutenzione straordinaria alla stazione clinometrica profonda del COA che hanno consentito di migliorando la qualità del segnale registrato. Nel 2009 sono state approntate le infrastrutture presso il sito di Timpone del Fuoco dove è prevista per il 2010 l'installazione di un clinometro Lily in foro profondo a -33 metri.

Valutazione scientifica sintetica dei dati acquisiti

I dati geodetici acquisiti a Stromboli nel 2009 individuano una debole inflazione registrata dalla nuova stazione clinometrica del COA e dalla dilatazione areale del settore NW, mediante le stazioni GPS. La debole inflazione ha avuto inizio il febbraio-marzo 2009 e non è più rientrata. Il monitoraggio della deformazione del delta lavico messo in posto nel corso dell'eruzione 2007, condotto mediante il sistema THEODOROS, non ha registrato variazioni nella velocità, a parte il rientro dall'accelerazione già osservata a fine 2008.

4.5. Pantelleria

4.5.1. Strumentazione disponibile

La tabella che segue riassume la tipologia di stazioni permanenti o di capisaldi gestiti dalla Sezione di Catania.

Tipologia di Stazioni permanenti o di capisaldi	N.
Stazioni Permanenti Multiparametriche (Clinometriche e GPS)	3
Capisaldi per campagne di misure GPS	10

Tab. 4.5.1. - Elenco e quadro di dettaglio delle stazioni delle reti permanenti GPS e clinometrica di Pantelleria (aggiornamento al 1 gennaio 2009).

Sigla	Sito	Stumentazione	Tipo di monitoraggio	Trasmissione	Rate
PZND	Zinedi	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504; Sensore clino.: AGI mod. 722	GPS & Clino.	GPS Telefono Clino locale	GPS: 30/sec Clino: 1/30 min.
PSCR	Scauri	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504; Sensore clino.: AGI mod. 722	GPS & Clino.	GPS Telefono Clino locale	GPS: 30/sec Clino: 1/30 min.
PSGL	Serra Ghirlanda	Ricev.: Leica GRX1200GG Pro; Ant.: AT504; Sensore clino.: AGI mod. 722	GPS & Clino.	GPS Telefono Clino locale	GPS: 30/sec Clino: 1/30 min.

4.5.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Nel corso del 2009 la Sezione di Catania ha garantito l'ordinaria manutenzione delle stazioni GPS permanenti e clinometriche.

5. Monitoraggio sismico delle aree vulcaniche

5.1. Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia)

5.1.1. La Rete Sismica dell'area vulcanica napoletana

La Rete Sismica dell'INGV - Osservatorio Vesuviano è costituita da 8 stazioni sismiche a corto periodo (14 a componente verticale e 14 triassiali), 13 stazioni digitali broadband, 5 dilatometri, 1 array sismico (16 elementi triassiali a corto periodo), 13 microfoni infrasonici, 2 idrofoni, 1 accelerometro e da una stazione sismica OBS, tutti con trasmissione continua dei segnali al Centro di Monitoraggio. La Rete è progettata per il monitoraggio delle aree vulcaniche attive della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia) e fornisce informazioni relative alla sismicità a scala regionale in collaborazione con la Rete Sismica Nazionale Centralizzata (INGV – Centro Nazionale Terremoti). L'attuale geometria della rete, in condizioni di basso rumore sismico di fondo, consente di localizzare in maniera affidabile anche alcuni eventi sismici con $M \leq 1$, nelle aree del Vesuvio e dei Campi Flegrei.

In Tab.5.1.1. sono riportati i dettagli di configurazione delle stazioni della rete permanente INGV-OV e nella Fig. 5.1.1. è rappresentata la relativa mappa.

La ricezione dei segnali delle stazioni della rete è centralizzata a Napoli presso il Centro di Monitoraggio di Via Diocleziano, in parte transitando nel sito intermedio del Centro di Acquisizione di Posillipo in via Manzoni. Il Centro di via Manzoni, collocato provvisoriamente dal febbraio 2004 in un container messo a disposizione del Dipartimento di Protezione Civile, centralizza le stazioni analogiche sia in trasmissione radio che tramite linee telefoniche dedicate ed ospita i sistemi di acquisizione in formato numerico dei segnali. Nello stesso Centro vengono raccolti i dati di molte stazioni digitali del Vesuvio, tra cui l'array sismico (in manutenzione nel corso del 2009, per problemi al sistema di acquisizione multicanale), trasmessi via wireless dalla sede storica dell'INGV-OV e da altri nodi. Dal Centro di Posillipo i dati sono ritrasmessi al Centro di Monitoraggio in via Diocleziano mediante protocollo TCP/IP su linea dedicata e linea wifi di backup. Alcune stazioni trasmettono direttamente al centro di Via Diocleziano attraverso link ADSL e collegamenti wifi (Tab. 5.1.2.).

Tab. 5.1.1. – Stazioni della rete sismica al 31/12/2009.

Stazione	Sigla	Tipologia	Sensori sismici	Trasmissione
Arco Felice	ARCO	Dilatometro + Broadband	Guralp CMG40-T	Link ADSL
Array Vesuvio	ARV	16 Digitali 3C + Broadband +Microfono	Guralp CMG40-T	Wifi su cratere
Astroni Est	ASE	Analogica 1C	Mark L4-C	Radio diretta
Bunker Est	BKE	Analogica 3C	Geotech S13	Radio ponte su PPV
Castello Aragonese	CAI	Analogica 3C	Mark L4-3D	Radio diretta
Array infrasonico Via Diocleziano	CAID	4 Microfoni		Link diretto
Posillipo	CAP	Analogica 1C	Mark L4-C	Diretta via cavo
Baia	CBAC	Digitale 3C + Analogica 1C + Microfono	Lennartz 3D lite Geotech S13	Wifi su ciminiera Italsider
Dip. Fisica M.S. Angelo	CMSA	Broadband	Guralp CMG40-T	Link Internet GARR
Molo Bagnoli ex Italsider	CPBN	Idrofono		Wifi su ciminiera Italsider
Golfo di Pozzuoli	CSFB	Broadband OBS + Idrofono		Wifi su ciminiera Italsider

Stazione	Sigla	Tipologia	Sensori sismici	Trasmissione
Solfatara bordo	CSOB	Broadband+ Accelerometro+ Microfono	Guralp CMG40-T+ Episensor	Wifi verso via Diocleziano
Camaldoli della Torre	CMDT	Dilatometro + Broadband	Guralp CMG40-T	Link ADSL
Cappella Vecchia	CPV	Analogica 3C	Mark L4-3D	Radio diretta
Vesuvio Cratere Ovest	CRTO	Digitale 3C+ Microfono	Lennartz 3D lite	Wifi verso Sede Storica OV
Deposito Marina	DMP	Analogica 3C	Mark L4-3D	Linea telefonica CDA
Osservatorio Vesuviano	EROV	Dilatometro		Fibra ottica verso Sede Storica OV
Ercolano	HR9	Analogica 1C	Mark L4-C	Radio diretta
Forio d'Ischia	IFOR	Broadband + Analogica 1C	Guralp CMG40-T + Mark L4-C	ADSL+ Radio ponte su Massico
Monte Ruscello	MRUS	Dilatometro+ Broadband	Guralp CMG40-T	Link ADSL
Monte Massico	MSC	Analogica 1C	Geotech S13	Radio ponte sul Vesuvio
Nisida	NIS	Analogica 3C	Mark L4-3D	Linea telefonica CDA
Nola	NL9	Analogica 1C	Geotech S13	Radio diretta
Casamicciola	OC9	Analogica 3C	Mark L4-3D	Radio diretta
Ottaviano	OTV	Analogica 1C	Mark L4-C	Radio ponte su Nola
Osservatorio Vesuviano	OVO	Analogica 3C+ Broadband + Microfono broadband	Geotech S13 + Guralp CMG40-T	Radio diretta e fibra ottica+Wireless verso Posillipo
Pescosannita	PE9	Analogica 1C	Geotech S13	Linea telefonica CDA
Pollena	POB	Broadband	Guralp CMG40-T	Radio diretta
Pozzuoli	POZ	Analogica 1C	Mark L4-C	Radio ponte su BAC
Pompei	PPV	Analogica 1C	Mark L4-C	Radio diretta
Quarto	QUAR	Dilatometro + Broadband	Guralp CMG40-T	Link ADSL
Solfatara	SFT	Analogica 3C+ Microfono	Mark L4-3D	Linea telefonica CDA
San Gregorio Matese	SGG	Analogica 3C	Geotech S13	Radio ponte sul Vesuvio
Sorrento	SOR	Analogica 3C	Geotech S13	Radio diretta
Solfatara Tennis Hotel	STH	Analogica 3C	Mark L4-3D	Linea telefonica CDA
San Sebastiano	SSB	Analogica 1C	Mark L4-C	Radio diretta
Torre del Greco	TDG	Analogica 1C	Mark L4-C	Radio diretta
Terzigno	TRZ	Analogica 1C	Mark L4-C	Radio ponte su PPV
Trevico	TR9	Analogica 3C	Geotech S13	Linea telefonica CDA

Stazione	Sigla	Tipologia	Sensori sismici	Trasmissione
Vesuvio Bunker Nord	VBKN	Broadband + Microfono	Guralp CMG40-T	Ponte wifi su VVDG
Vesuvio Cratere Est	VCRE	Broadband + Microfono	Guralp CMG40-T	Wifi su CMDT
Vesuvio Tirone	VTIR	Broadband + Microfono	Guralp CMG40-T	Ponte wifi su VCRE
Vesuvio Valle del Gigante	VVDG	Digitale 3C + Microfono	Lennartz 3D-Lite	Ponte wifi su cratere Vesuvio

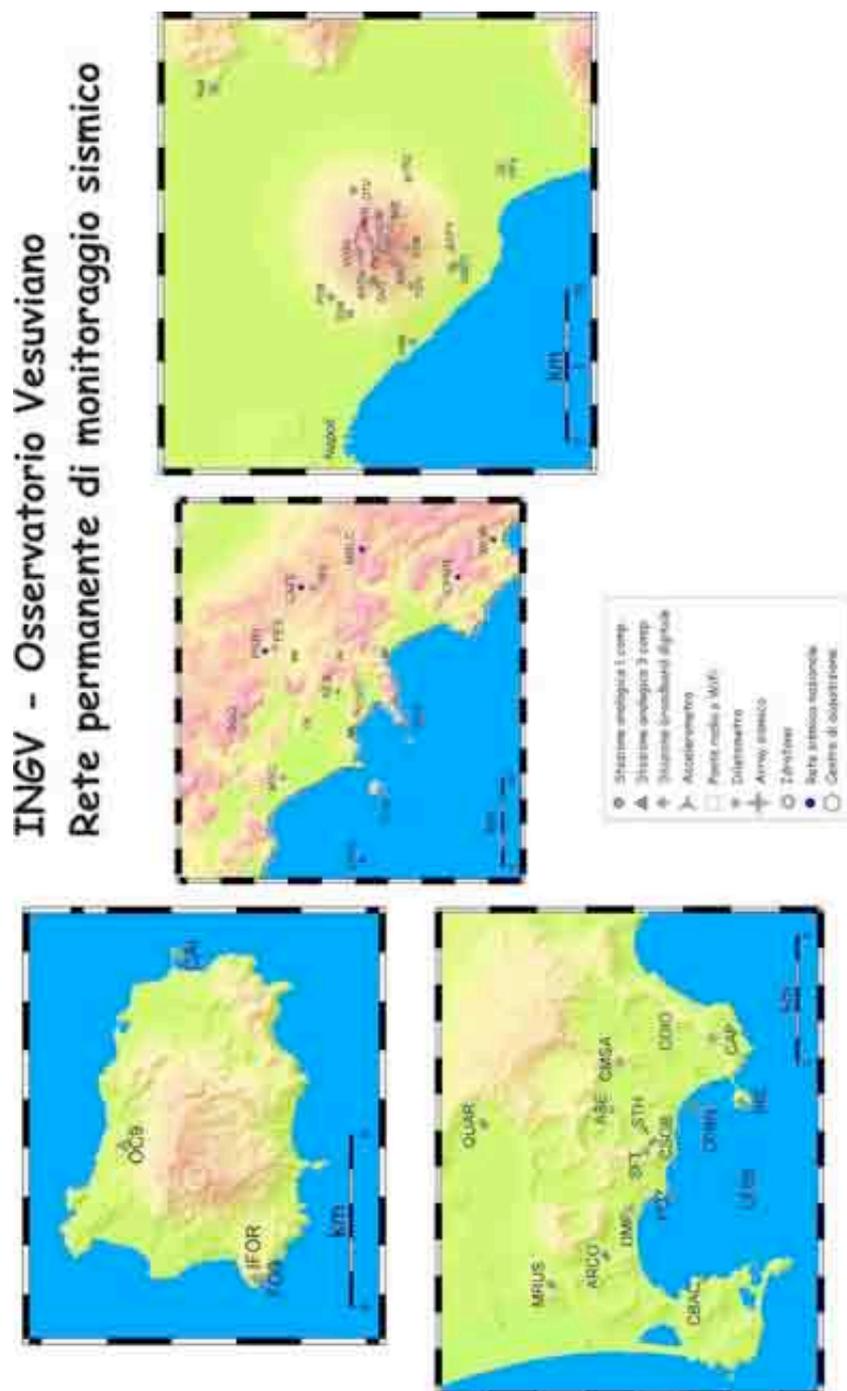


Fig. 5.1.1. – Mappa della rete sismica.

Tab. 5.1.2. – Collegamenti wifi INGV-OV (vulcani campani) al 31/12/2009.

Link	Stazioni acquisite
Posillipo-Via Diocleziano	Backup trasmissione dati
Via Diocleziano-CSOB	Digitali Vesuvio e Campi Flegrei
Ciminiera-CSOB	CBAC, CFSB, CPBN
Bacoli (CBAC)-Ciminiera	CBAC
Galleria Sepsa (Olibano)-Ciminiera	
Vesuvio-CSOB	Digitali Vesuvio
Osservatorio-Cratere-Array	CRTO, Array
Cratere (telecamere)-Valle del Gigante-Bunker Nord	VVDG, VBKN
Tirone-Cratere Est-Camaldoli della Torre	VTIR, VCRE

Analisi e archiviazione dei dati

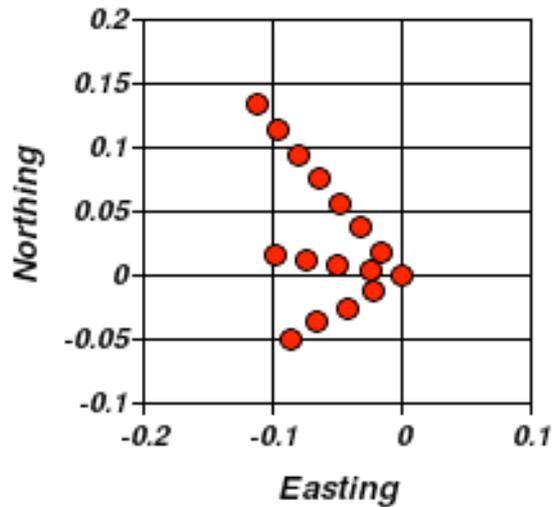
I dati acquisiti dalla rete sismica sono analizzati quotidianamente dal personale del Laboratorio Sismico che effettua il riconoscimento, la classificazione, la stima della Magnitudo e la localizzazione ipocentrale degli eventi. I risultati delle analisi (letture delle fasi, parametri ipocentrali) e le forme d'onda, sono inseriti in una banca dati relazionale (GeoVes) dotata di un'interfaccia web dinamica per un accesso rapido ai dati. Tale struttura consente di effettuare in maniera immediata analisi statistiche su tutto il data set. Il Laboratorio Sismico cura, inoltre, l'aggiornamento dei cataloghi sismici delle aree vulcaniche monitorate ed effettua analisi di maggior dettaglio per eventi di particolare interesse.

Oltre al database con i dati rivisti è attivo un sistema (WBSM) per il rilevamento e la localizzazione automatica degli eventi sismici, basato su Earthworm. Tale sistema fornisce, nel caso di eventi significativi, una localizzazione di buona qualità in poche decine di secondi dal rilevamento dell'evento stesso. I risultati delle analisi sono archiviati in un database relazionale (MySQL) e sono accessibili mediante pagine web dinamiche.

Le forme d'onda di tutte le stazioni a 3 componenti, sia analogiche che digitali, e dei dilatometri sono archiviate in maniera completa, mentre per le restanti stazioni sono archiviate solo le forme d'onda relative agli eventi rilevati.

I dati provenienti dalle stazioni sismiche di Stromboli vengono archiviati in continuo in formato SAC compresso. I segnali vengono analizzati da sistemi automatici in tempo reale, fornendo dati sull'ampiezza del tremore vulcanico, sulla frequenza di accadimento degli eventi Very-Long-Period (VLP), sulla loro localizzazione e polarizzazione delle forme d'onda, sull'inversione del tensore momento e sulla funzionalità della intera rete. Le procedure di analisi sono implementate su sistema operativo Linux, tramite moduli software compatibili con il sistema EarthWorm. Le procedure che richiedono un elevato carico computazionale (rilevamento e localizzazione dei segnali VLP ed inversione tensore momento) sono eseguite in tempo reale su un cluster Linux di 132 processori (MASTER). I risultati delle analisi sono archiviati in un database relazionale (MySQL) dotati di un'interfaccia WEB (EOLO) che ne consente l'interrogazione. I dati ed i parametri forniti in tempo reale dal sistema sono utilizzati per la compilazione dei bollettini sulla sismicità dello Stromboli che quotidianamente sono emessi dall'Osservatorio Vesuviano.

I dati acquisiti dall'array sismico ARV (Fig. 5.1.2.) sono analizzati in tempo reale dal sistema SPARTACO. Il sistema è in sviluppo ed attualmente l'analisi consiste nel calcolo degli spettri di slowness ($1/velocità$) apparente, attraverso un metodo ad alta risoluzione CSS-MUSIC e su una banda di frequenza predefinita, e nel calcolo dei parametri cinematici del picco massimo della slowness. I risultati dell'analisi, realizzata ogni 5s, su finestre di 10s, sono archiviati in continuo su un database relazionale e sono accessibili attraverso interfaccia web dinamica su Internet. Nel 2009, a causa di problemi nel sistema di acquisizione multicanale, il funzionamento dell'array è stato temporaneamente interrotto, prevedendone il ripristino nel corso 2010.



ChartDirector (unregistered) from www.advsofteng.com

Fig. 5.1.2. – Geometria dell'array. I valori di lunghezza sono in Km.

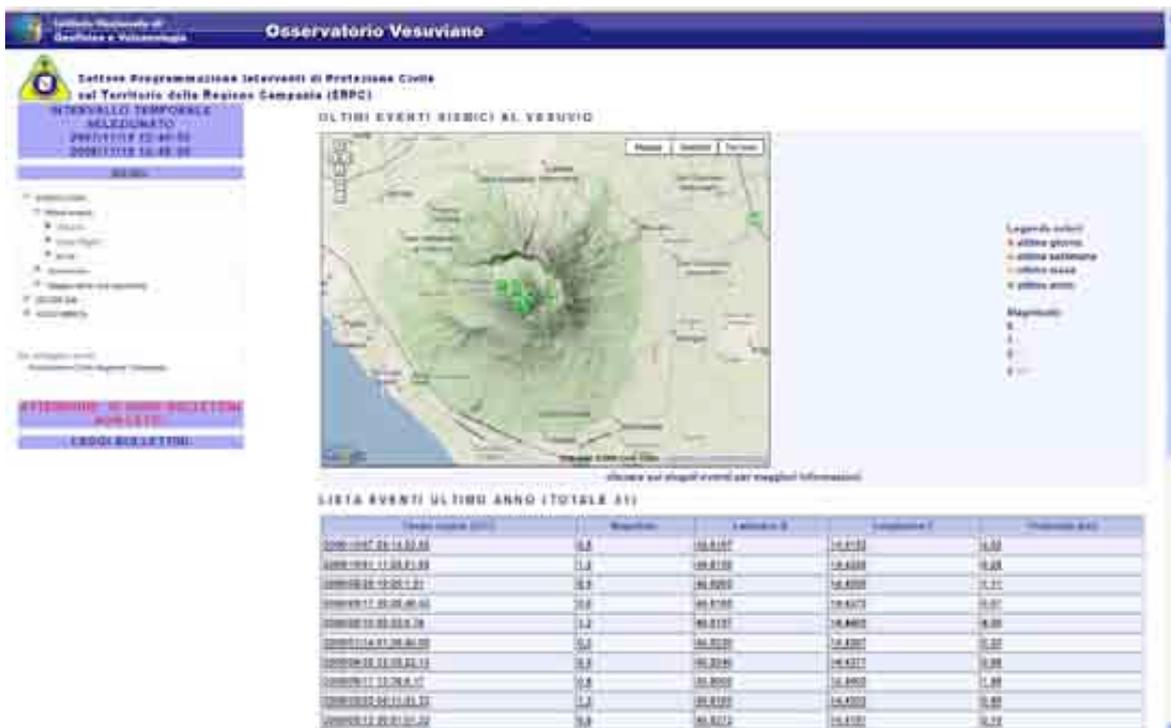


Fig. 5.1.3. – Esempio di interrogazione dell'interfaccia SPEED con la visualizzazione degli ultimi eventi localizzati nell'area del Vesuvio.

Interfacce WEB

I database relazionali GeoVes, WBSM (Web Based Seismological Monitoring) ed EOLO sono interfacciati con il mondo esterno attraverso interfacce WEB dinamiche.

L'interfaccia del sistema EOLO (<http://eolo.ov.ingv.it>), accessibile pubblicamente e basata su tecnologie PHP, Java e Javascript, consente di ottenere statistiche riassuntive sulla sismicità rilevata a Stromboli su intervalli temporali arbitrari. Tali informazioni vanno dall'ampiezza media del tremore vulcanico, al numeri di eventi VLP, alla loro localizzazione. Inoltre è possibile visionare i

parametri dei singoli eventi VLP presenti nel catalogo, ossia i parametri ipocentrali, di polarizzazione e del tensore momento associato.

Nell'ambito del progetto SPEED è stata sviluppata un'interfaccia web (<http://speed.ov.ingv.it>) per l'accesso congiunto ai dati sismologici, geodetici e geochimici acquisiti dal sistema di sorveglianza dell'INGV-OV. Per quanto riguarda i dati sismologici, l'interfaccia consente di visualizzare le localizzazioni ipocentrali più recenti (sia automatiche che riviste manualmente) (Fig. 5.1.3.) e di effettuare diverse statistiche sul database storico visualizzandole su grafici appropriati.

Sismicità

Nel corso del 2009 la rete sismica permanente dell'Osservatorio Vesuviano ha registrato un totale di 1990 eventi (Tab. 5.1.3), di cui 153 di origine artificiale (probabili esplosioni).

La distribuzione per area geografica degli eventi registrati è mostrata in Fig. 5.1.4, mentre la distribuzione per tipologia è riportata in Fig. 5.1.5.

Tab. 5.1.3. – Eventi locali registrati dalla rete sismica nel 2009, raggruppati per tipologie ed area.

	VESUVIO	CAMPI FLEGREI	ISCHIA	REGIONE CAMPANIA	TOTALE
TERREMOTI	815	207	1	240	1263
LONG PERIOD	0	0	0	0	0
ESPLOSIONI	82	47	6	18	153
FRANE	319	0	3	1	323
ALTRO	110	91	23	27	251
TOTALE	1326	345	33	286	1990

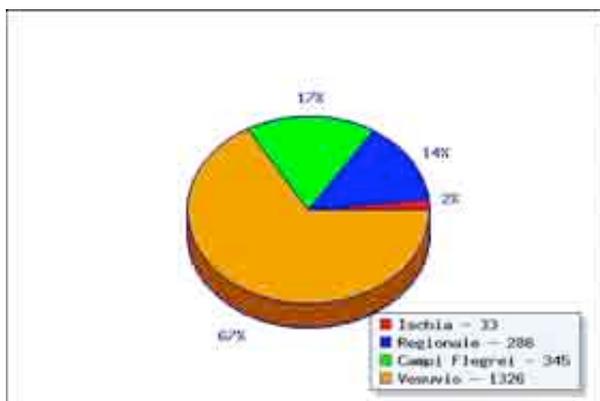


Fig. 5.1.4. – Distribuzione percentuale degli eventi per area geografica nel 2009.

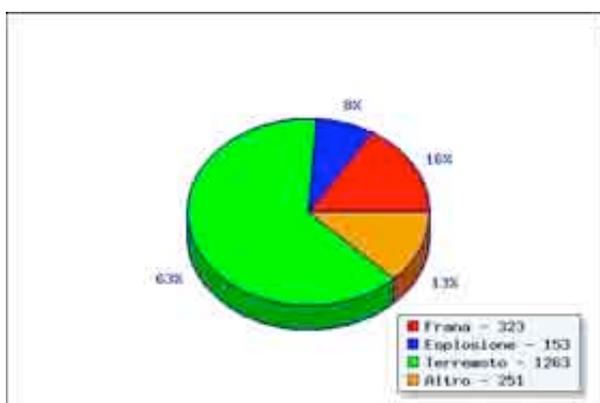


Fig. 5.1.5. – Distribuzione percentuale degli eventi per tipologia nel 2009. Le esplosioni riportate sono tutte di origine artificiale.

La rete sismica mobile

Nel corso del 2009 la Rete Sismica Mobile dell'Osservatorio Vesuviano - INGV ha continuato a svolgere l'attività di monitoraggio nelle aree vulcaniche dei Campi Flegrei e del Vesuvio utilizzando stazioni sismiche digitali in acquisizione locale. Gli obiettivi di tale attività, affermatasi nel corso degli anni, sono i seguenti:

- 1) Registrare dati di elevata qualità utilizzando la migliore strumentazione sismica disponibile, in modo da fornire informazioni aggiuntive alla Rete Sismica Permanente in caso di eventi sismici importanti.
- 2) Monitorare il rumore sismico al fine di evidenziarne eventuali variazioni imputabili a cause naturali possibilmente correlate all'attività vulcanica.
- 3) Individuare nuovi siti potenzialmente utilizzabili in caso di necessità e studiarne le caratteristiche sismiche in modo da definirne il background.

Nel mese di marzo del 2009 la Rete Sismica Mobile ha partecipato all'esperimento "UNREST", realizzato in collaborazione con la sezione di Roma1, nell'ambito delle attività relative alla Convenzione INGV- DPC (2007-2009, Progetto V1).

L'esperimento, realizzato per la definizione del livello e della distribuzione spazio-temporale dell'energia sismica legata al *noise*, ha visto l'installazione di ulteriori 7 stazioni della Rete Mobile nell'area dei Campi Flegrei.

Nel periodo primavera-estate alcune stazioni sismiche sono state installate sul Gran Sasso d'Italia per lo studio della sismicità locale, mentre dal mese di Novembre alcuni sismometri e una stazione sismica sono utilizzati in un esperimento in corso sull'isola di Tenerife nell'ambito del Progetto di tomografia sismica "HISS", in collaborazione con l'Università di Granada.

Nel 2009 ci sono state poche variazioni alle stazioni della Rete Mobile installate nelle aree vulcaniche campane.

A gennaio è stata installata la stazione MSGX, in località Monte S. Angelo, Campi Flegrei. Due stazioni installate dalla Rete Mobile sono state inglobate nella Rete Permanente di Sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano: PNI (stazione idrofonica ai Campi Flegrei) e BKNG (Vesuvio). Pertanto tale strumentazione non è più gestita dalla Rete Mobile.

Due stazioni sono state operative in ambito regionale, in aree periferiche a quelle vulcaniche: SCP2 (San Cipriano Picentino) e SMFK (Castel S. Giorgio). Pertanto, nel corso del 2009, la Rete Mobile ha gestito 8 stazioni sismiche a larga banda (di cui 3 multisensore) e una stazione idrofonica nell'area dei Campi Flegrei, 3 stazioni a larga banda sul Vesuvio e 2 in ambito regionale. Le Tab. 5.1.4., 5.1.5. e 5.1.6. riassumono le caratteristiche principali di tutta la strumentazione utilizzata in Campania dalla Rete Sismica Mobile durante il 2009.

Tutte le stazioni della Rete Mobile acquisiscono i dati in continuo in modalità locale su vari tipi di supporti (hard disk, card PCMCIA, flash card). Periodicamente si provvede alla sostituzione dei supporti di acquisizione che vengono decodificati nel Laboratorio Rete Mobile. Tutti i sismometri e gli accelerometri utilizzati dalla Rete Mobile sono a tre componenti.

Le stazioni multisensore sono uno dei punti di forza della Rete Mobile in quanto garantiscono una registrazione ottimale di ogni tipo di segnale sismico in una banda di frequenze estremamente ampia, non eguagliabile utilizzando un solo sensore. Infatti, i sismometri a larga banda Guralp CMG-40T e Geotech KS2000, caratterizzati da risposta piatta in velocità in un range molto ampio (0.016-50 Hz per il Guralp, 0.01-50 Hz per il Geotech) ed elevata sensibilità, sono strumenti ideali per registrare tutti i segnali sismici comunemente osservabili in ambiente vulcanico, compreso tremore ed eventi VLP. D'altra parte, l'accelerometro ha risposta piatta in accelerazione nel range di frequenze 0-50 Hz.

Pertanto è utilizzabile sia per osservare gli eventi sismici legati all'attività vulcanica e tettonica, che per osservare segnali di periodo estremamente lungo. In pratica l'accelerometro è equivalente ad un tiltmetro in una banda di frequenze molto ampia. Inoltre il range dinamico di 144 dB nominali degli acquisitori, corrispondente a 24 bit, associato alle caratteristiche dinamiche dell'accelerometro, garantiscono una registrazione ottimale dei segnali sismici associati al massimo evento atteso nelle aree del Vesuvio e dei Campi Flegrei.

Tab. 5.1.3. – Caratteristiche strumentali della Rete Sismica Mobile operativa nell'area dei Campi Flegrei durante il 2009.

Rete Mobile Campi Flegrei nel 2009								
Stazione	Acquisitore	Sensore	Data installazione	Data dismissione	Freq. camp.	Lat	Long	Quota
AMS2	Marslite	LE3D/20s	01/2006	operativa	125	40.8264	14.1604	35
ASB2	Marslite	LE3D/20s	11/2004	operativa	125	40.8435	14.1459	12
BGNB	M24	Guralp CMG-40T Episensor FBA ES-T	10/2005	operativa	125	40.8189	14.1454	4
CELB	Reftex 130	Geotech KS2000 Episensor FBA ES-T	03/2008	operativa	100	40.8320	14.1231	50
MSGX	Taurus / M24	Geotech KS2000	01/2009	operativa	100	40.8424	14.1824	120
OMN2	Marslite	LE3D/20s	06/2005	operativa	125	40.8333	14.0904	40
OVDG	M24	Geotech KS2000	2003	operativa	100	40.8197	14.1827	14
PNI	Marslite	Idrofon	10/2006	17-11-2009	125	40.8080	14.1593	-2

Tab. 5.1.4. – Situazione durante il 2009 e caratteristiche strumentali della Rete Sismica Mobile operativa al Vesuvio.

Rete Mobile Vesuvio nel 2009								
Stazione	Acquisitore	Sensore	Data installazione	Data dismissione	Freq. camp.	Lat	Long	Quota
BKNG	Marslite	Guralp CMG-40T	02/2006	12/2009	125	40.8299	14.4298	860
BKSG	Marslite	Guralp CMG-40T	10/2008	operativa	125	40.8065	14.4220	600
BKWG BKWK	Marslite Taurus	Guralp CMG-40T Episensor FBA ES-T	10/2008	operativa	125	40.8242	14.4143	834

Tab. 5.1.5. – Stazioni sismiche e relative caratteristiche strumentali della Rete Sismica Mobile operativa in ambito regionale durante il 2009.

Rete Mobile Regionale nel 2009								
Stazione	Acquisitore	Sensore	Data installazione	Data dismissione	Freq. camp.	Lat	Long	Quota
SCP2	Taurus	LE3D/20s	01/2006	operativa	100	40.7005	14.8767	220
SMFK	Taurus	Episensor FBA ES-T	01/2006	operativa	100	40.7753	14.7048	90

Interventi della Rete Sismica Mobile ai Campi Flegrei

A gennaio è stata installata la stazione MSGX, in località Monte S. Angelo. Questa stazione, ubicata in un locale del Dipartimento di Scienze Fisiche dell'Università "Federico II" di Napoli, inizialmente acquisiva i segnali prodotti da due sismometri Geotech KS2000, uno installato in superficie, l'altro installato in pozzo a una profondità di circa 170 metri. Entrambi sono sismometri a tre componenti a larga banda (periodo di 120 s). Purtroppo il sismometro in pozzo è andato in avaria alcuni mesi dopo l'installazione, per cui l'acquisizione è continuata solo per lo strumento in superficie. In aprile il sismometro della stazione dei Campi Flegrei OVD, un Lennartz LE3D/20s, è stato sostituito con un Geotech KS2000, che è caratterizzato da una banda molto più ampia e maggiore sensibilità. Da allora la stazione è stata rinominata OVDG.

La disposizione delle stazioni operative durante il 2009 è mostrata in Fig. 5.1.6., mentre le caratteristiche tecniche sono riassunte nella Tab. 5.1.3.

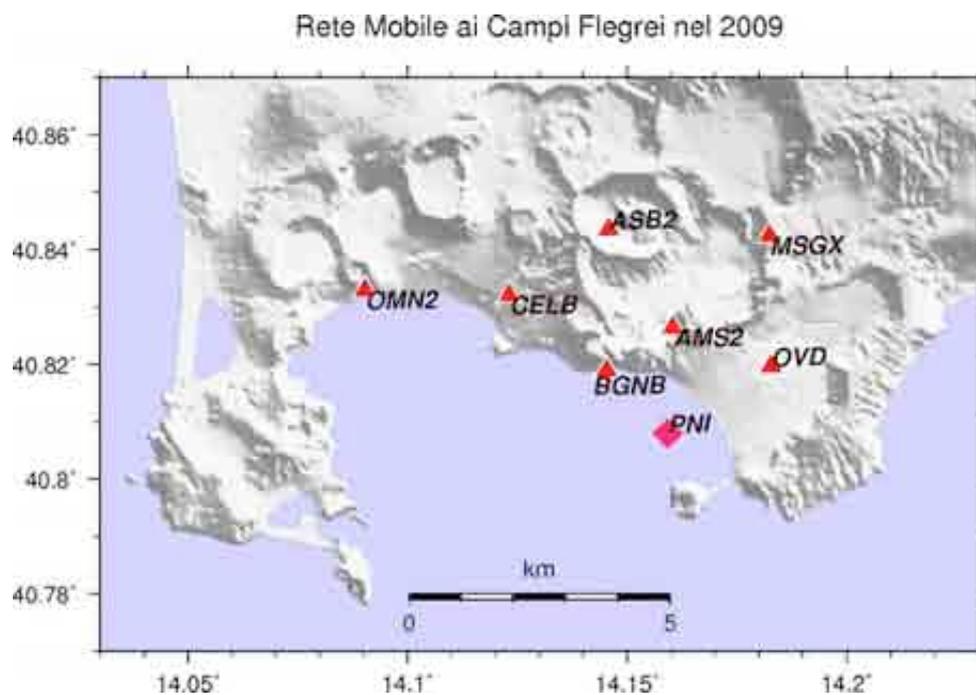


Fig. 5.1.6. – Rete Sismica Mobile installata ai Campi Flegrei. Per le specifiche tecniche della strumentazione installata si veda la Tabella 1.

Interventi della Rete Sismica Mobile al Vesuvio

Nel 2009 non sono state installate nuove stazioni al Vesuvio. Al contrario, la stazione BKNG è stata dismessa a Dicembre, dopo che nello stesso sito è stata installata una stazione della Rete Permanente con acquisizione centralizzata. La situazione operativa durante il 2009 è riassunta in Fig. 5.1.7. e nella Tab. 5.1.4.

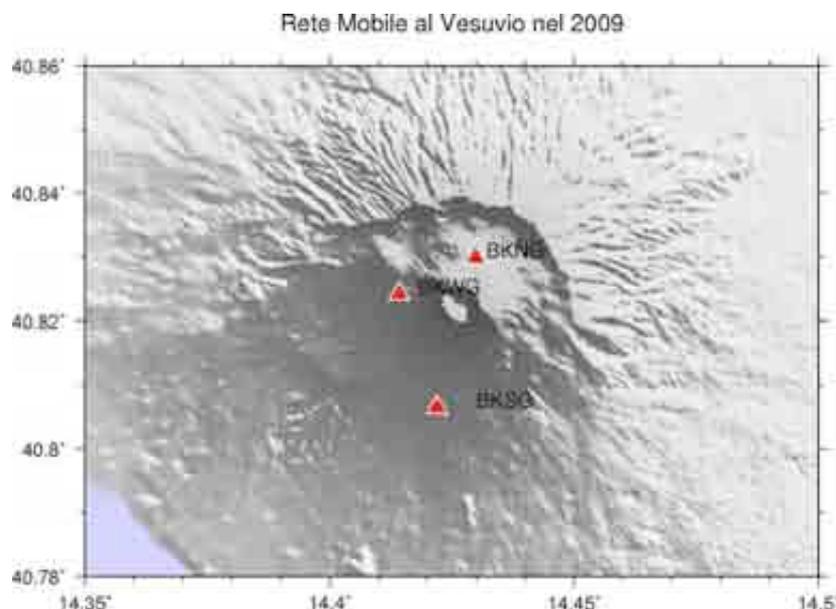


Fig. 5.1.7. – Rete Sismica Mobile installata al Vesuvio. Per le specifiche tecniche della strumentazione installata si veda la Tab. 5.1.4.

5.1.2 Vesuvio

Nel corso del 2009, la rete sismica del Vesuvio (Fig. 5.1.8.) ha registrato un totale di 1326 eventi locali, ripartiti nelle diverse tipologie riportate in Fig. 5.1.9.

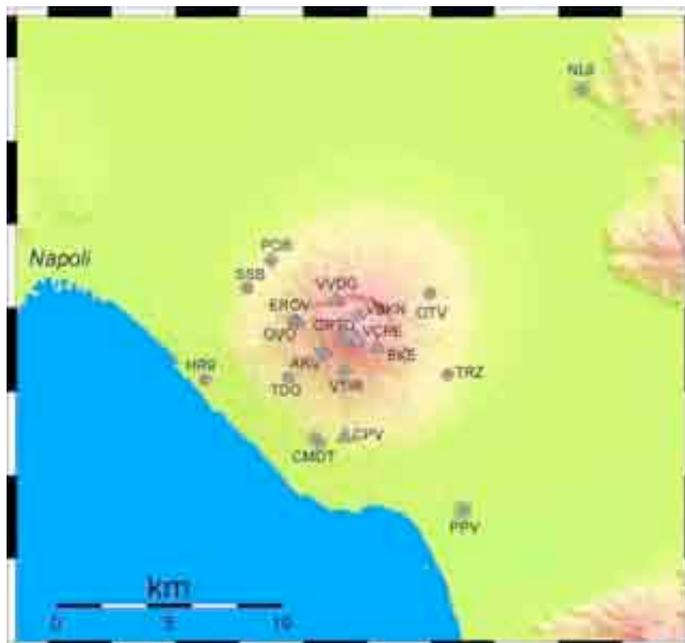


Fig. 5.1.8. – Dettaglio della rete sismica del Vesuvio.

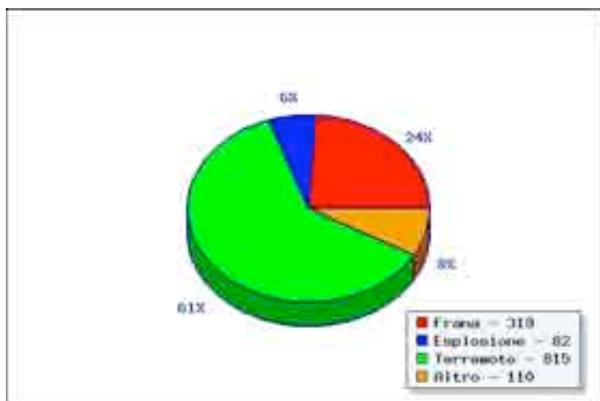


Fig. 5.1.9. – Distribuzione percentuale degli eventi vesuviani per tipologia nel 2009. Le esplosioni riportate sono tutte di origine artificiale.

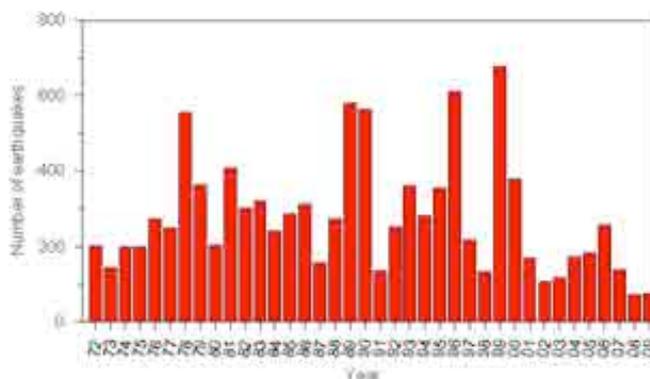


Fig. 5.1.10. – Numero di eventi sismici vesuviani per anno (registrati alla stazione OVO) dal 1972 al 2009.

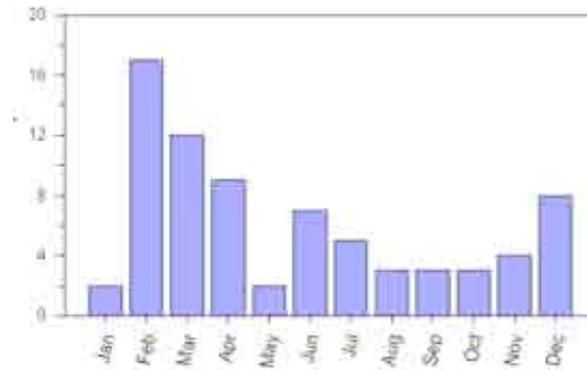


Fig. 5.1.11. – Frequenza mensile dell'accadimento dei terremoti (registrati alla stazione OVO) nel 2009. Il numero totale di eventi è 75.

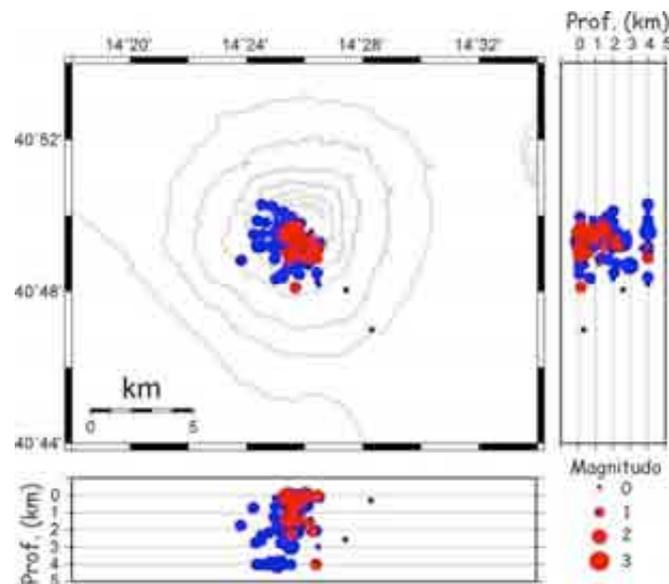


Fig. 5.1.12. – Localizzazione degli ipocentri nell'area vesuviana durante gli ultimi 5 anni (in blu) e nel 2009 (in rosso).

Tab. 5.1.6. – Parametri ipocentrali degli eventi vesuviani con $M \geq 2.3$ localizzati nel 2009.

Data	Ora	Lat	Long	Prof (Km)	Md
2009/02/24	18:37:31	40°49'23"	14°25'48"	0.35	2.4
2009/04/16	22:25:26	40°49'36"	14°25'28"	1.40	2.4
2009/06/17	23:56:14	40°49'38"	14°25'34"	1.34	2.3
2009/08/12	00:55:20	40°49'31"	14°25'23"	0.10	2.3

Per quanto riguarda l'attività sismica naturale nel corso del 2009 sono stati registrati 815 terremoti, la maggior parte dei quali di magnitudo inferiore a 1.5 (Fig. 5.1.14.). Il numero totale di eventi registrati non si discosta significativamente da quello medio degli anni precedenti (Fig. 5.1.10 e Fig. 5.1.11.), prendendo come riferimento la stazione sismica OVO, quella operante da maggiore tempo e utilizzata come riferimento nelle analisi della sismicità passata. Non si evidenziano particolari trend nella frequenza di accadimento mensile (Fig. 5.1.11.), nelle profondità ipocentrali (Fig. 5.1.13.), nella distribuzione temporale delle magnitudo (Fig. 5.1.14.) e nel rilascio cumulativo di energia (Fig. 5.1.15.). Tutti i terremoti localizzati risultano al di sotto dell'area craterica, con ipocentri fortemente concentrati nei primi tre chilometri di profondità (Fig. 5.1.12. e 5.1.13.). I parametri ipocentrali degli eventi di magnitudo maggiore o uguale a 2.3 sono riportati in Tab. 5.1.6.

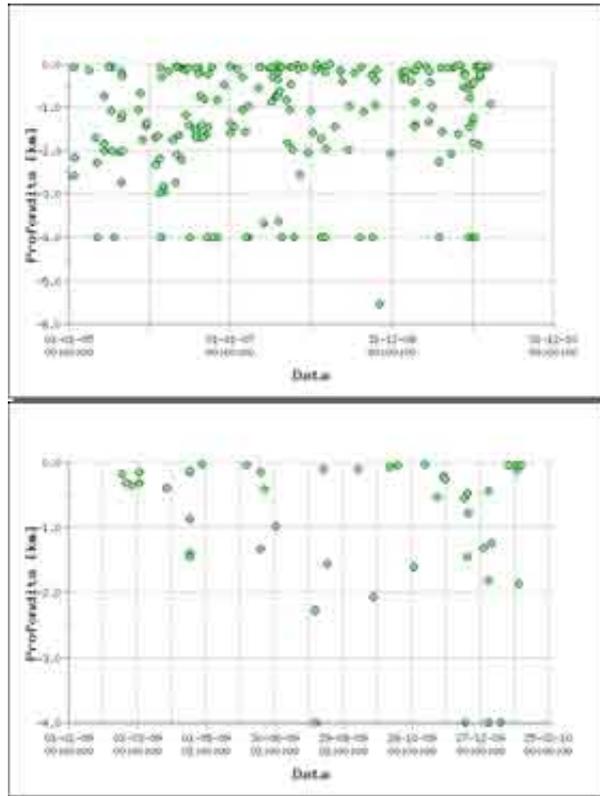


Fig. 5.1.13. – Variazione temporale della profondità ipocentrale dei terremoti vesuviani localizzati nel corso degli ultimi 5 anni (in alto) e del 2009 (in basso).

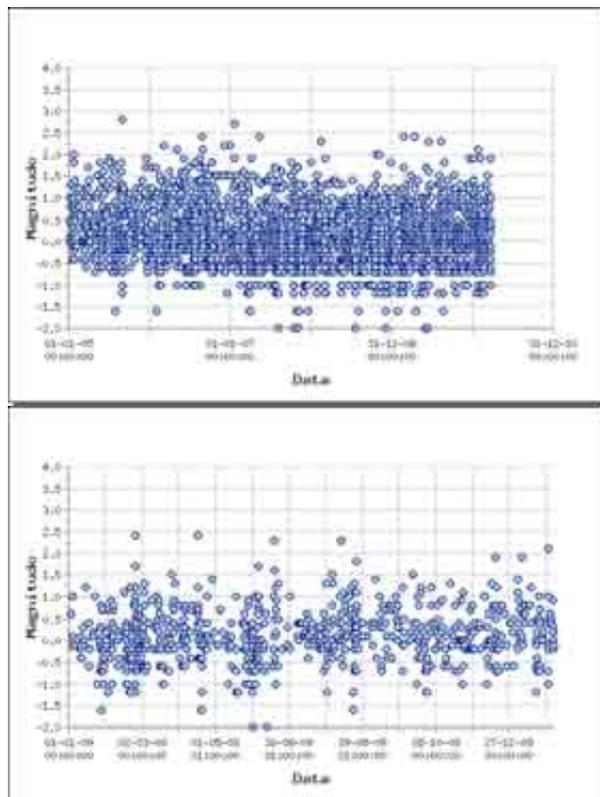


Fig. 5.1.14. – Variazione temporale della magnitudo dei terremoti vesuviani nel corso degli ultimi 5 anni (in alto) e del 2009 (in basso).

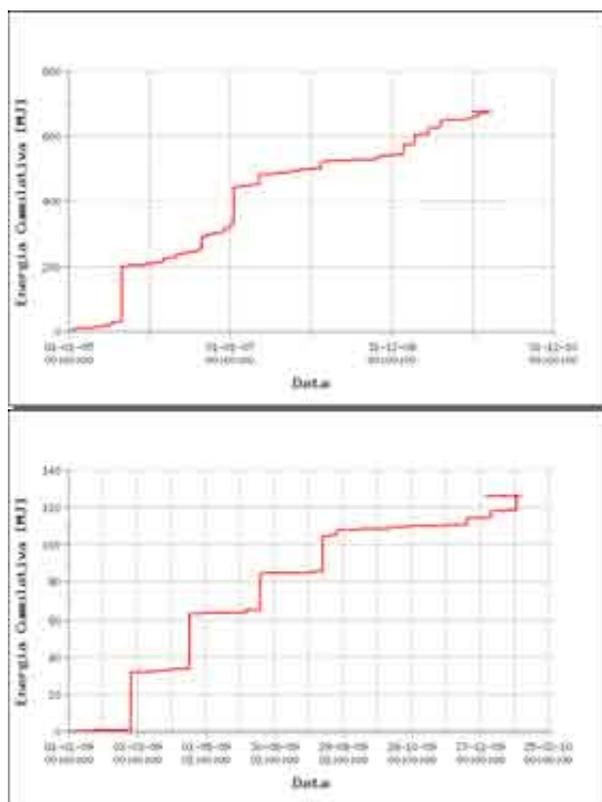


Fig. 5.1.15. – Andamento cumulativo dell'energia rilasciata dai terremoti vesuviani nel corso degli ultimi 5 anni (in alto) e del 2009 (in basso) calcolato attraverso la relazione $\text{Log } E = 9.9 + 1.9 M$.

La sismicità del Vesuvio è caratterizzata, analogamente ad altri vulcani, spesso dalla presenza di sciami sismici. In Tab. 5.1.7. sono riportati i principali sciami registrati nel corso del 2009. Le profondità si riferiscono alla media degli eventi principali localizzati. Per alcuni sciami non è stato possibile localizzare nessun evento a causa della piccola magnitudo. Le differenze dei tempi di arrivo delle fasi P ed S suggeriscono comunque ipocentri molto superficiali, localizzati all'interno del Gran Cono.

Tab. 5.1.7. – Principali sciami sismici registrati al Vesuvio nel corso del 2009.

Inizio sciame	Fine sciame	N. eventi	Mmax	Prof. (km)
27/01 00:01	27/01 06:39	12	0.8	<0
17/02 00:16	17/02 06:33	13	0.3	<0
24/02 17:30	25/02 03:57	66	2.4	<0
16/04 19:56	17/04 01:08	17	2.4	1.5
31/05 10:33	31/05 11:12	13	0.4	<0
17/06 20:10	18/06 00:27	6	2.3	1.5
04/08 18:21	05/08 03:33	7	1.5	2.3
22/08 19:28	22/08 20:07	11	1.3	<0
23/08 21:04	24/08 01:03	19	1.8	<0
16/12 02:19	16/12 05:15	9	1.9	1.5

La maggior parte dei segnali sismici transienti registrati nell'area vesuviana e non classificabili come terremoti sono legati alle attività antropiche locali ed identificati, in genere, come esplosioni

di natura artificiale. Vi sono poi alcuni segnali attribuibili a frane, che interessano generalmente l'area craterica. Altri tipi di segnali, dovuti a fenomeni non sismici (es. tuoni) e ad altre attività antropiche, sono compresi nella tipologia "altro".

In particolare sono da segnalare gli eventi franosi, registrati al Vesuvio tra il 4 ed il 5 Giugno 2009. Nel corso di 24 ore furono registrati circa 15 eventi sismici, legati a frane avvenute all'interno del cratere del Vesuvio. L'evento più intenso fu osservato alle 6:41 (ora locale) ed è stato registrato su tutta la rete del Vesuvio e da alcune stazioni regionali (NL9, SOR ed SGG) (Fig. 5.1.16.).

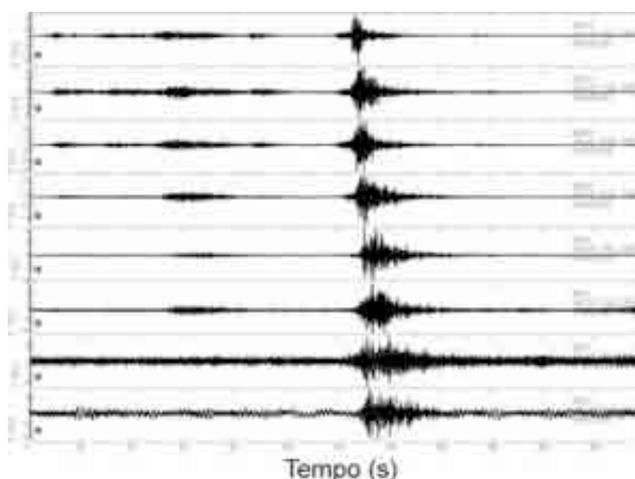


Fig. 5.1.16. – Sismogrammi della frana del 5/6/2009 alle 6:41 locali, registrati alle stazioni della rete sismica del Vesuvio.

5.1.3 Campi Flegrei

Nel corso del 2009 le stazioni installate nell'area flegrea (Fig. 5.1.17.) hanno registrato 207 eventi vulcano-tettonici di piccola magnitudo (Figg. 5.1.18., 5.1.19., 5.1.20. e 5.1.21.). La magnitudo di questi eventi è in genere inferiore ad 1.0. In Tab. 5.1.8. sono riportati gli eventi con $M \geq 0.8$.



Fig. 5.1.17. – Dettaglio della rete sismica dei Campi Flegrei.

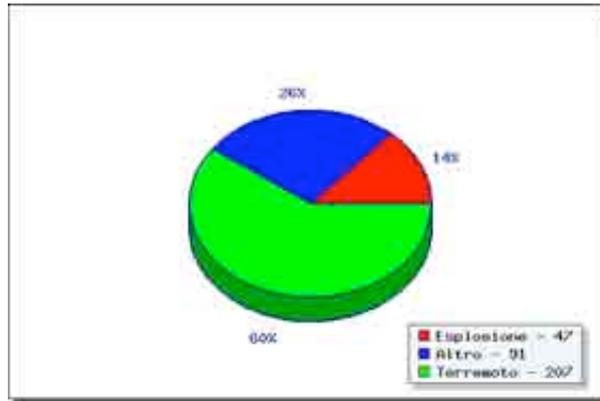


Fig. 5.1.18. – Distribuzione percentuale degli eventi flegrei per tipologia nel 2009.

Tab. 5.1.8. - Parametri ipocentrali degli eventi flegrei con $M \geq 0.8$ localizzati durante il 2009.

Data	Ora	Lat	Long	Prof (Km)	Md
2009/02/15	06:02:13	40°51'07"	14°09'10"	0.75	0.8
2009/05/23	19:30:15	40°49'58"	14°07'19"	2.00	0.8
2009/05/23	21:11:36	40°49'03"	14°08'17"	2.00	0.8
2009/06/13	03:40:45	40°49'22"	14°08'55"	1.11	0.9

La maggior parte degli eventi localizzati (Fig. 5.1.19.) ricade nell'area Agnano-Solfatara che è la stessa interessata dalla maggior parte degli eventi sismici negli ultimi anni. Gli eventi risultano concentrati in due sciami sismici riportati in Tab. 5.1.9.

Tab. 5.1.9. – Sciami sismici registrati nei Campi Flegrei nel corso del 2009.

Inizio sciame	Fine sciame	N. eventi	Mmax
23/01 05:15	23/01 05:51	176	0.0
04/05 09:25	04/05 09:49	11	0.2

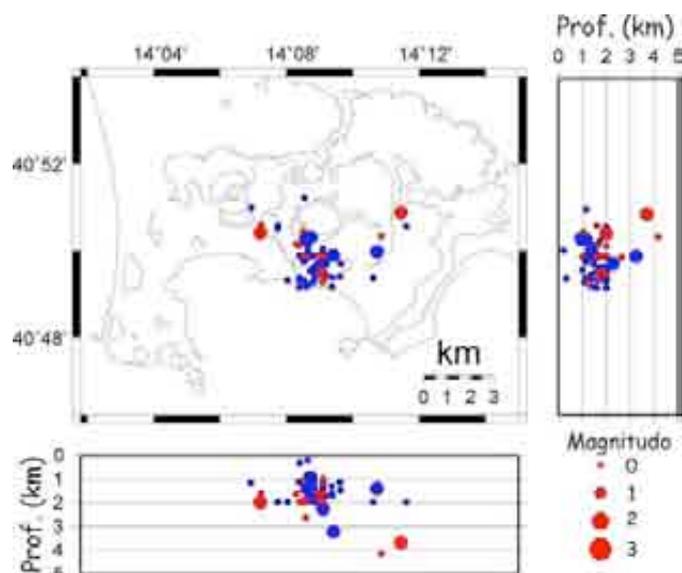


Fig. 5.1.19. – Localizzazione degli ipocentri nell'area flegrea durante gli ultimi 5 anni (in blu) e nel 2009 (in rosso).

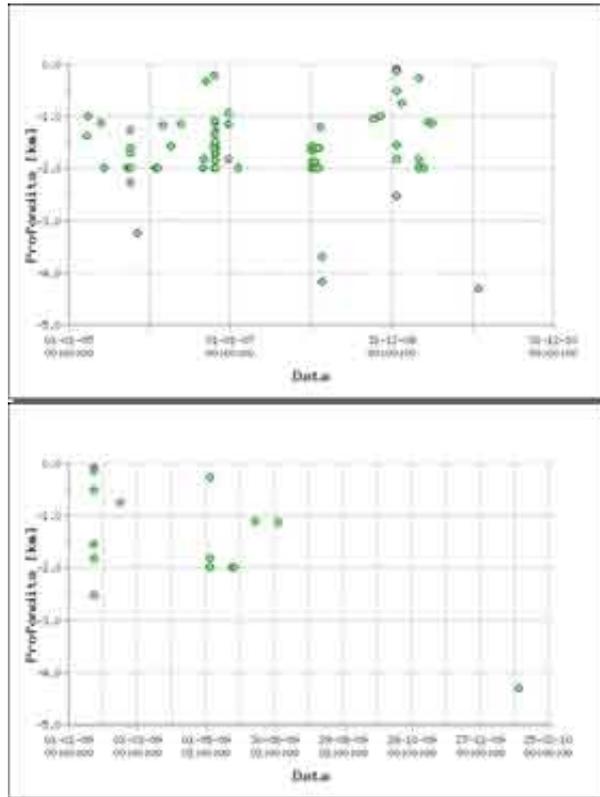


Fig. 5.1.20. – Variazione temporale della profondità ipocentrale dei terremoti flegrei localizzati nel corso degli ultimi 5 anni (a sinistra) e del 2009 (a destra).

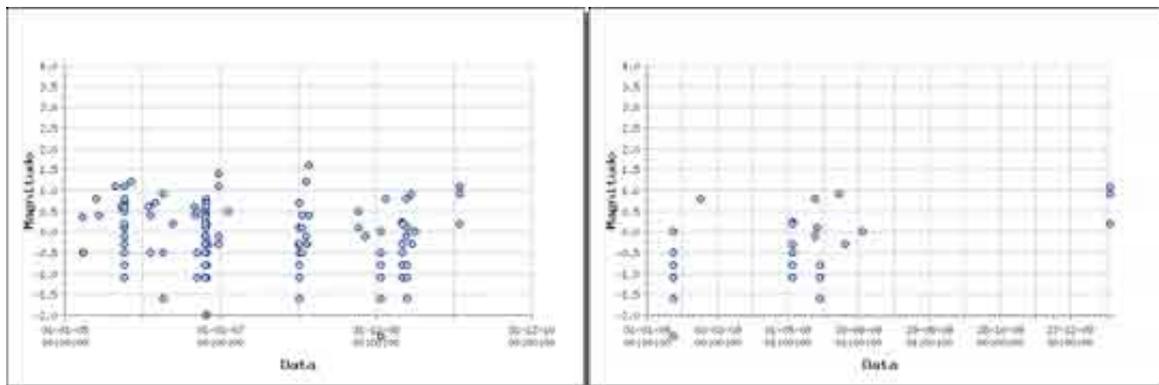


Fig. 5.1.21. – Variazione temporale della magnitudo dei terremoti flegrei nel corso degli ultimi 5 anni (a sinistra) e del 2009 (a destra).

Oltre agli eventi sismici naturali, sono state registrate anche 47 esplosioni artificiali nel Golfo di Pozzuoli.

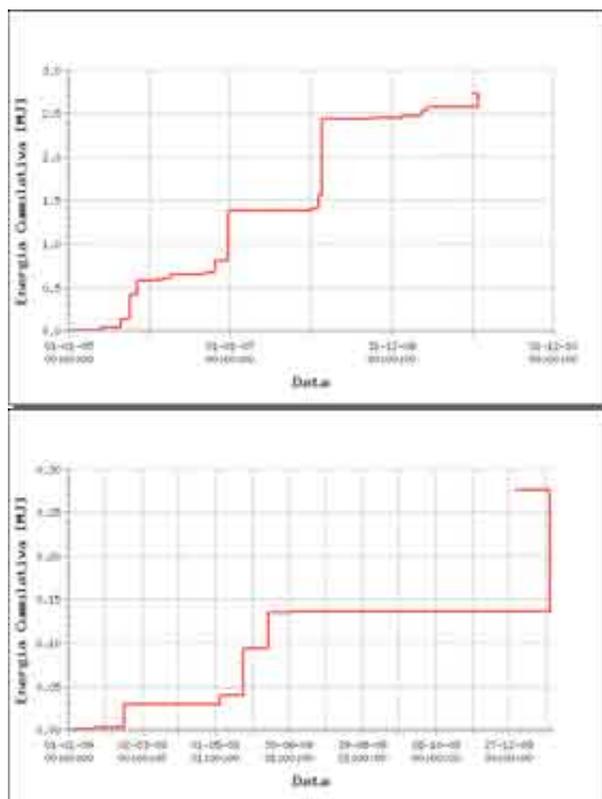


Fig. 5.1.22. – Andamento cumulativo dell'energia rilasciata dai terremoti vesuviani nel corso degli ultimi 5 anni (a sinistra) e del 2009 (a destra) calcolato attraverso la relazione $\text{Log } E = 9.9 + 1.9 M$.

5.1.4 Ischia

La rete sismica di Ischia (Fig. 5.1.23.), durante il 2009 ha registrato un solo terremoto, di magnitudo 0.9, registrato alle 03:26 del 17/7. L'evento è stato registrato solo dalla stazione FO9.



Fig. 5.1.23. – Dettaglio della rete sismica di Ischia.

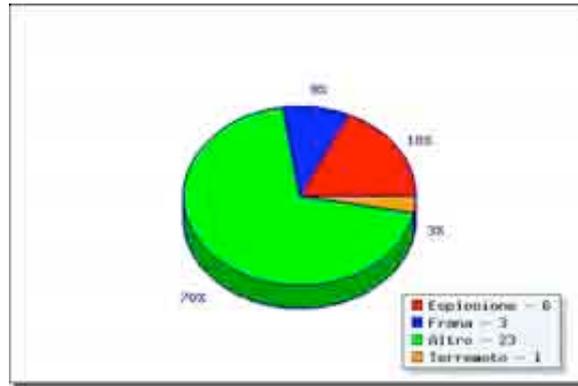


Fig. 5.1.24. – Distribuzione percentuale degli eventi registrati ad Ischia per tipologia nel 2009.

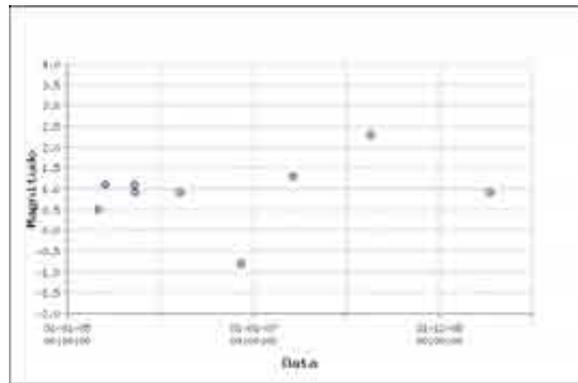


Fig. 5.1.25. – Distribuzione delle magnitudo degli eventi registrati ad Ischia negli ultimi 5 anni.

5.1.5 Terremoti locali in aree vulcaniche

L'attività sismica nelle aree vulcaniche campane è stata estremamente ridotta nel corso del 2009, con pochi terremoti di bassa magnitudo. In Fig. 5.1.26. vengono mostrati a titolo di esempio i sismogrammi registrati da alcune stazioni della Rete Mobile in occasione del terremoto avvenuto ai Campi Flegrei il 3 luglio 2009 alle 14:20 UTC.

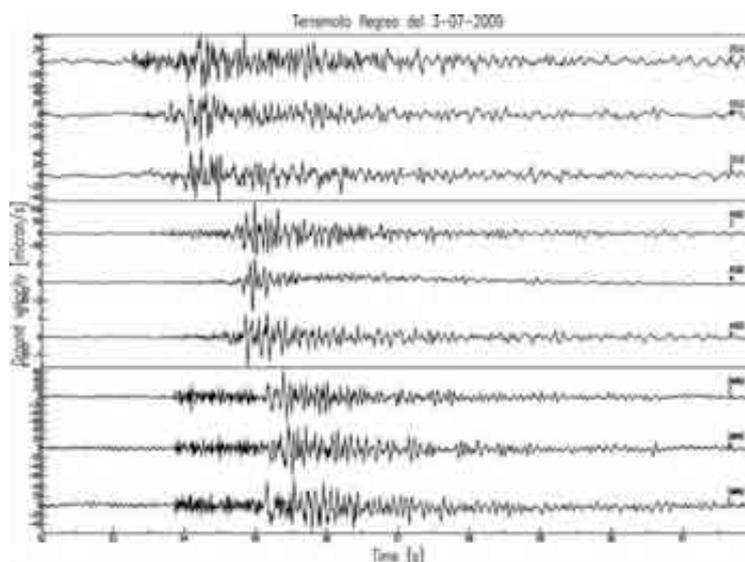


Fig. 5.1.26. – Terremoto locale flegreo del 3 luglio 2009 registrato dalle stazioni CELG, ASB2, e OMN2.

5.1.6 Terremoti regionali

Per quanto riguarda la sismicità a livello regionale gli eventi più importanti del 2009 sono senza dubbio quelli avvenuti in Abruzzo, a partire dal terremoto del 6 aprile che ha devastato la città dell'Aquila. La scossa principale della sequenza, di magnitudo 5.8 locale, Mw 6.3, ha prodotto segnali sismici abbastanza forti da portare alla saturazione le registrazioni di molte stazioni della Rete Mobile dotate di sensore velocimetrico. In particolare, la lunga successione di fasi S sovrapposta alle onde superficiali, tipico dei terremoti regionali a distanza di circa 200 km, mostra saturazione su almeno una delle componenti orizzontali. Solamente SCP2, che si trova a una maggiore distanza epicentrale e su rocce più compatte rispetto a Vesuvio e Campi Flegrei, non mostra alcuna saturazione. In Fig. 5.1.27. sono messi a confronto i segnali registrati dalla stazione multisensore CELB. I segnali prodotti dall'accelerometro (CELK) sono stati integrati per poterli confrontare con i segnali prodotti dal sismometro KS2000 (CELG). La saturazione dei segnali di CELG è evidente per entrambe le componenti orizzontali. Il confronto tra questi sismogrammi mostra l'eccellente similitudine dei segnali non saturi, e dimostra l'importanza delle stazioni multisensore per poter registrare al meglio anche segnali di elevata ampiezza.

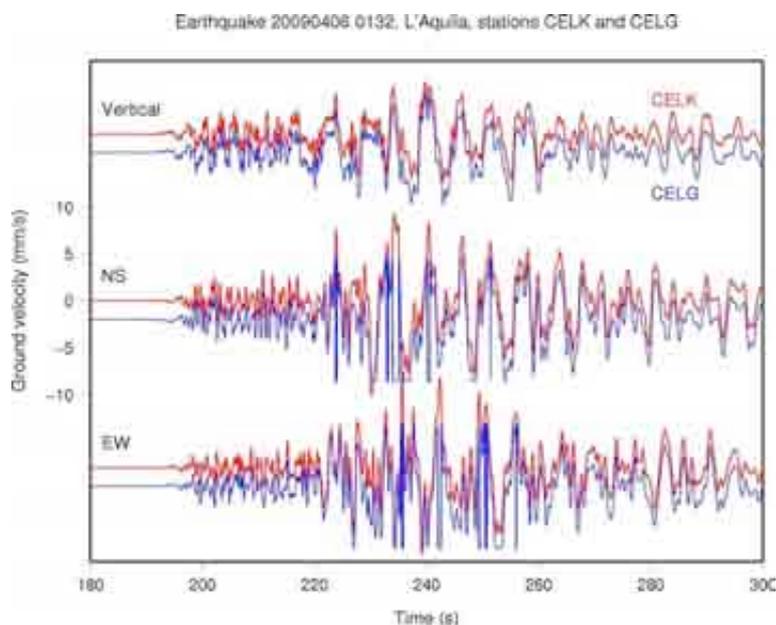


Fig. 5.1.27. – Confronto tra i segnali prodotti dall'accelerometro (in rosso), opportunamente integrati, e i segnali prodotti dal sismometro KS2000 (in blu) della stazione CELB (Campi Flegrei). L'alta sensibilità del sismometro causa la saturazione dei segnali nonostante la distanza epicentrale di quasi 200 km.

In Fig. 5.1.28. sono mostrati i sismogrammi dello stesso terremoto registrati dalle tre stazioni accelerometriche funzionanti al momento: BGNK, CELK, SMFK. È interessante notare la grande differenza tra i segnali registrati a distanza di soli 2 km nell'area flegrea (BGNK e CELK), che indica una dipendenza notevole delle forme d'onda da effetti di sito. Al contrario, l'accelerazione massima (circa $5e-3$ g) non è molto diversa nei tre siti.

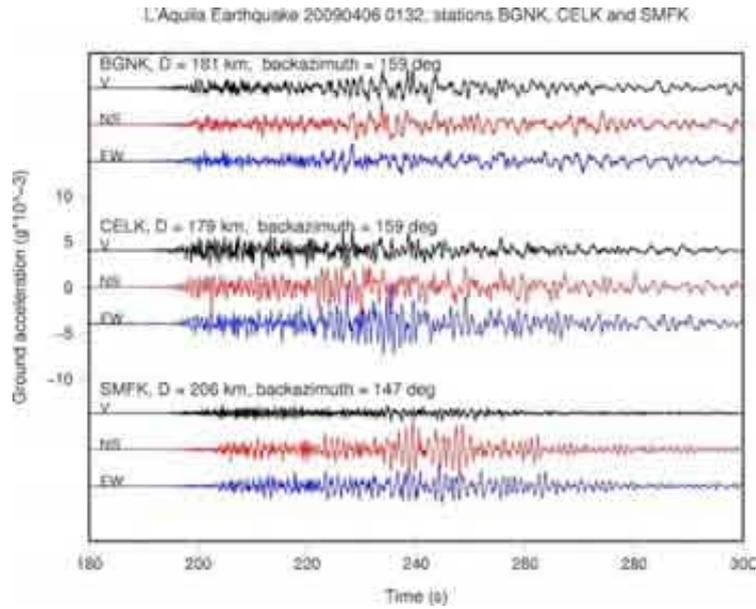


Fig. 5.1.28. – Segnali accelerometrici registrati dalle stazioni BGNK, CELK e SMFK in occasione del terremoto dell'Aquila del 6 aprile 2009.

5.1.7 Laboratorio di analisi avanzate (LAV)

Il Laboratorio di analisi AVanzate (LAV) è la struttura afferente alla U.F. Sismologia e Sismotettonica che si occupa di effettuare analisi off-line dei dati sismici, quali localizzazioni 3D ad alta risoluzione, definizione dei parametri spettrali, studio del rumore sismico.

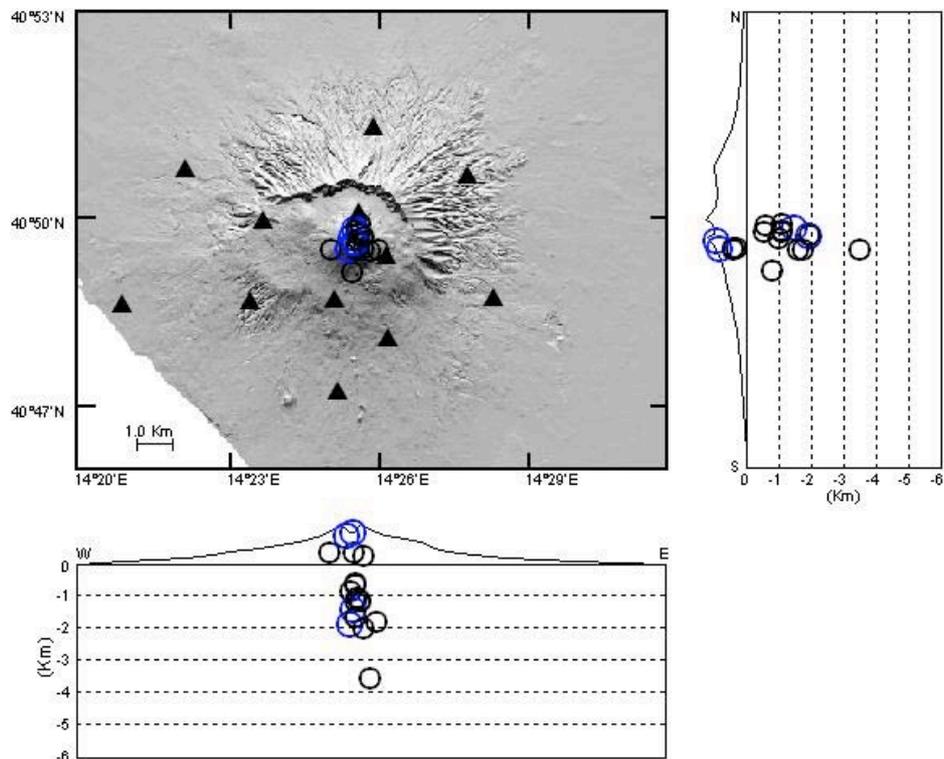


Fig. 5.1.29. – Localizzazione delle sorgenti sismiche al Vesuvio; i cerchi corrispondono al valore delle coordinate spaziali per le quali la probabilità è massima. I cerchi blu corrispondono a terremoti con magnitudo superiore ad 1.5.

Vesuvio

Le localizzazioni probabilistiche dei terremoti rilevati nel periodo Gennaio – Dicembre 2009 sono state ottenute utilizzando il modello di velocità 3D (Scarpa et al., 2002) mediante algoritmi di ricerca su griglia (Lomax et al., 2000). I picking dei tempi di arrivo delle fasi P ed S sono stati effettuati sui segnali rilevati sia alla Rete Mobile che alla Rete Permanente. In Fig. 5.1.29. sono mostrate le tre sezioni (orizzontale, Nord-Sud, Est-Ovest), con le localizzazioni ottenute per il data-set analizzato costituito da 18 eventi con $M \geq 1.0$. La sismicità risulta concentrata in area craterica ed interessa i primi 2 Km di crosta.

Campi Flegrei

Le localizzazioni probabilistiche dei terremoti rilevati nel periodo Gennaio – Dicembre 2009 nell'area dei Campi Flegrei sono state ottenute mediante algoritmi di ricerca su griglia (Lomax et al., 2000), utilizzando il modello di velocità 3D (Zollo e Judenherc, 2004) derivato da una recente tomografia. Il picking dei tempi di arrivo delle fasi P ed S è stato effettuato sui segnali rilevati sia alla Rete Mobile che alla Rete Permanente. I 22 eventi localizzati hanno profondità ipocentrali inferiori ai 3 Km al di sotto del livello del mare (Fig. 5.1.30.).

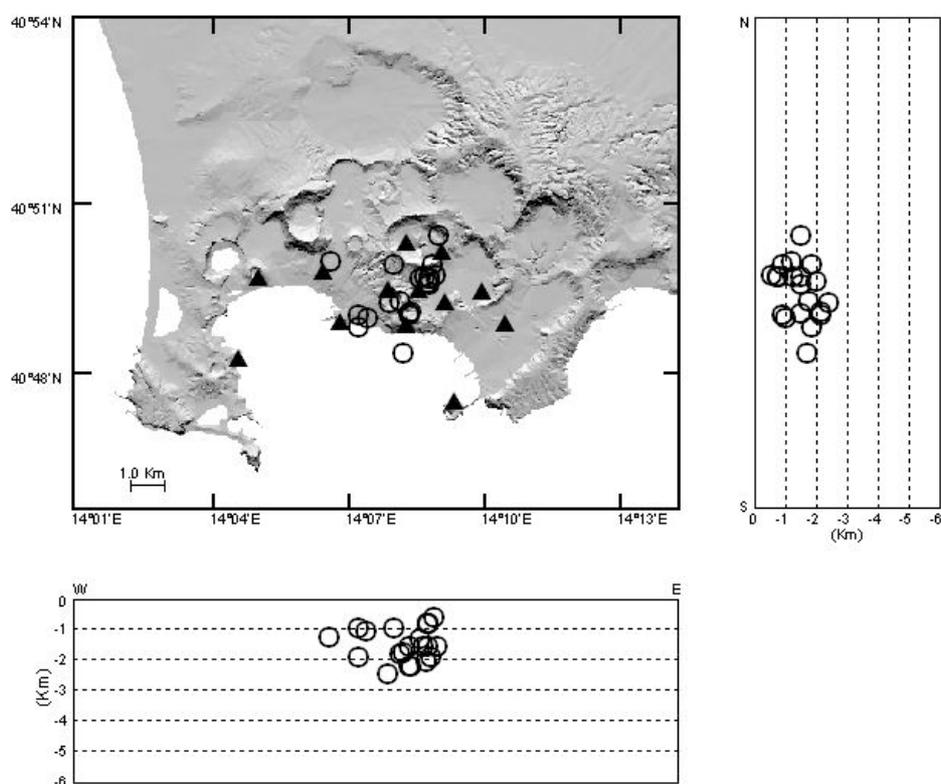


Fig. 5.1.30. – Localizzazione probabilistica dei terremoti avvenuti ai Campi Flegrei nel 2009. I cerchi indicano sorgenti sismiche con coordinate spaziali per le quali la probabilità è massima. I cerchi blu corrispondono a terremoti con magnitudo superiore ad 1.5.

Analisi temporale del rumore sismico

Il monitoraggio delle variazioni di ampiezza del rumore sismico viene effettuato sui dati rilevati alla stazione sismica a larga banda della Rete Sismica Mobile ASB2, installata agli Astroni. Tale parametro viene monitorato per rilevare eventuali incrementi nei livelli di rumore che potrebbero essere correlati all'insorgenza di tremore vulcanico. Il valore medio (RMS) dell'ampiezza del rumore viene calcolato su finestre temporali di un'ora estratte dalle registrazioni giornaliere notturne e diurne. L'RMS viene calcolato sia sul segnale non filtrato, sia in 3 bande di frequenza (0.05-0.1 Hz, 0.1-1 Hz, 1-5 Hz). Nell'area flegrea non si evidenziano particolari variazioni nei livelli di rumore sismico rilevati da Gennaio a Dicembre 2009 (Figg. 5.1.31. e 5.1.32.).

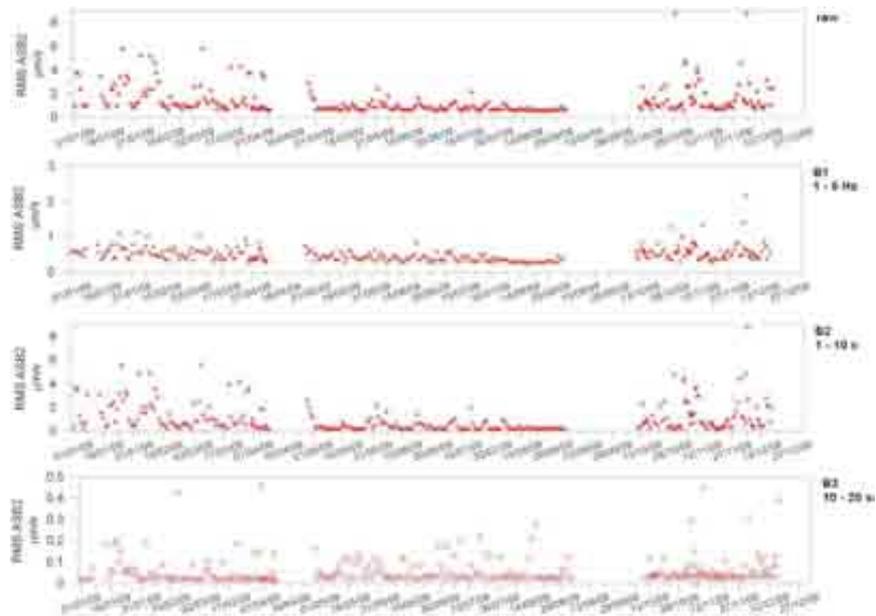


Fig. 5.1.31. – Andamento temporale del valore medio dell'ampiezza (RMS) del rumore (fascia oraria notturna) rilevato alla stazione ASB2 e mediato sulle 3 componenti.

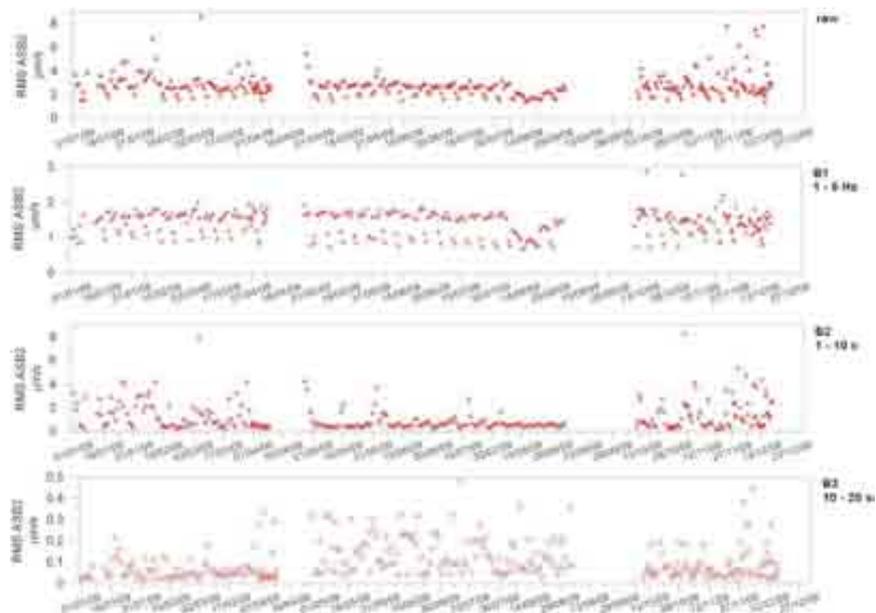


Fig. 5.1.32. – Andamento temporale del valor medio dell'ampiezza (RMS) del rumore (fascia oraria diurna) rilevato alla stazione ASB2 e mediato sulle 3 componenti.

5.2. Stromboli

L'installazione della Rete Sismica Broadband di Stromboli (RSBS) è iniziata nel Gennaio 2003 a seguito dell'emergenza relativa alla crisi eruttiva dello Stromboli, iniziata nel Dicembre 2002. Tale rete consta attualmente di 13 stazioni broadband digitali in trasmissione continua verso le sedi INGV di Napoli, Catania e Roma (Fig. 5.2.1. e Tab. 5.2.1.).

Tutte le stazioni sono dotate di sensore broadband Guralp CMG 40T e acquisitore digitale GAIA sviluppato dall'INGV. Presso il COA è stato installato, nel corso del 2009, un accelerometro Episensor. La trasmissione avviene per alcune stazioni via radiomodem UHF verso i centri di acquisizione a Stromboli (presso COA) e verso Lipari (Osservatorio INGV). Per altre invece avviene attraverso la rete wireless resa operativa nel 2006 con centralizzazione al COA. Attualmente tale rete wireless consiste di 9 nodi e copre la maggior parte dell'area dell'isola (Fig. 5.2.2.).

Dai centri di Stromboli e Lipari i dati vengono poi trasmessi in tempo reale, attraverso la rete GARR, alle sale operative INGV di Napoli, Catania e Roma.

Tab. 5.2.1. – Stazioni delle Rete Sismica Broadband di Stromboli.

Stazione	Sigla	Trasmissione
Le Mandre	STR1	Radiomodem Stromboli
Semaforo S.Vincenzo	STR3	Radiomodem Stromboli
Punta Lena	STR4	Wireless+Fibra ottica
Vigna Vecchia	STR5	Radiomodem Lipari
Guardiani	STR6	Radiomodem Lipari
Chiappe Lisce	STR8	Radiomodem Stromboli
Valle della Luna	STR9	Radiomodem Lipari
Pizzo	STRA	Radiomodem Stromboli
Serro delle Capre	STRB	Radiomodem Lipari
Timpone del Fuoco	STRC	Wireless+Fibra ottica
Serro Barabba	STRD	Radiomodem Lipari
Filo del Fuoco	STRE	Wireless Labronzo+Fibra ottica
Labronzo	STRG	Wireless Labronzo+Fibra ottica
S.Vincenzo (dilatometro)	SVO	Diretta COA
Timpone del Fuoco (dilatometro)	TDF	Wireless Labronzo+Fibra ottica



Fig. 5.2.1. – Mappa della rete sismica e dilatometrica di Stromboli.

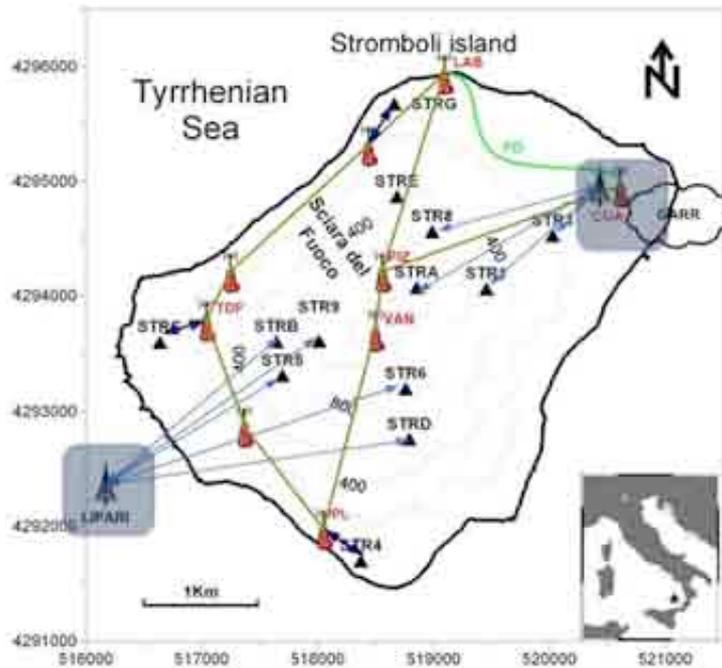


Fig. 5.2.2. – Mappa del sistema di trasmissione dati di Stromboli.

Nel 2009 le variazioni nei parametri sismologici dello Stromboli hanno mostrato un andamento abbastanza variabile. Il tremore vulcanico (Fig. 5.2.3.) si è mantenuto su livelli abbastanza sostenuti, confrontabili a quelli preeruttivi del 2007 fino a Giugno. Poi ha subito una brusca diminuzione.

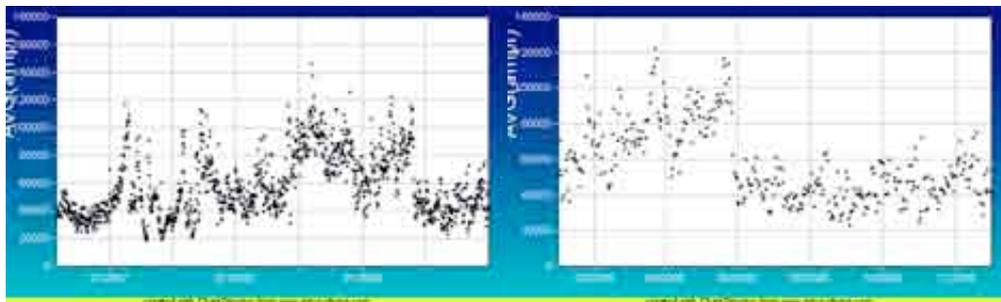


Fig. 5.2.3. – Ampiezza del tremore vulcanico alla stazione STR1 dall'Agosto 2006 (a sinistra) e nel 2009 (a destra).

La frequenza di accadimento dei VLP (Fig. 5.2.4.) si è mantenuta in genere al di sotto dei 15 eventi/ora, mentre l'ampiezza degli eventi si è mantenuta generalmente bassa, con dei limitati periodi in cui ha raggiunto valori medio-bassi (Fig. 5.2.5.). Il periodo in cui l'ampiezza è stata più alta è quelli compreso tra Luglio ed Agosto, dopo la diminuzione del tremore vulcanico.

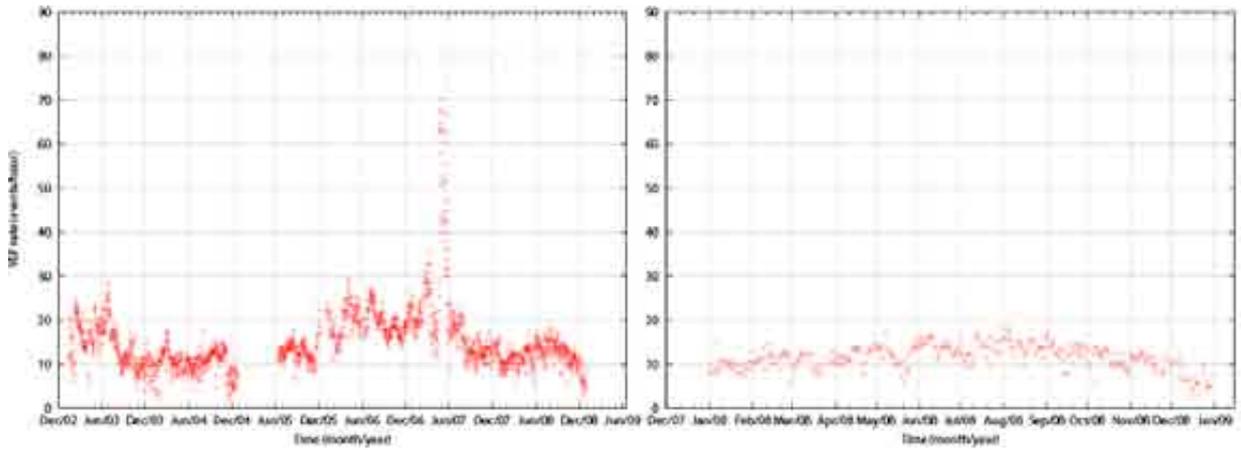


Fig. 5.2.4. – Numero medio di eventi VLP/ora da Gennaio 2003 (a sinistra) e nel 2009 (a destra).

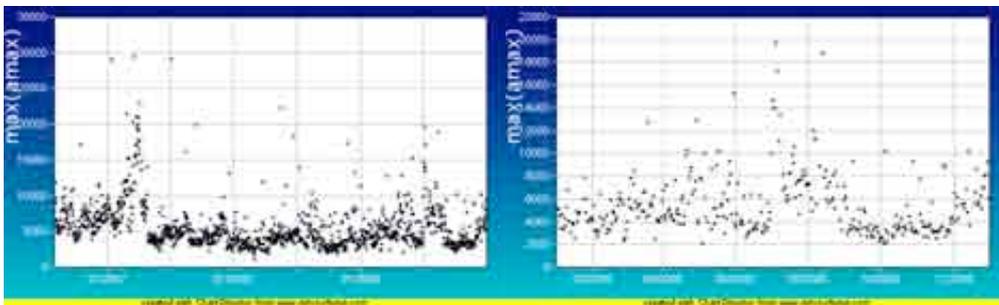


Fig. 5.2.5. – Ampiezza massima giornaliera degli eventi VLP alla stazione STR1 dall'Agosto 2006 (a sinistra) e nel 2009 (a destra).

Le variazioni nell'azimuth e nell'inclinazione della polarizzazione VLP alla stazione STR6, non hanno mostrato variazioni superiori all'errore sperimentale (Figg. 5.2.6. e 5.2.7.). Il confronto con tutto il periodo dell'eruzione 2007 mostra che l'inclinazione si è stabilizzata su valori che differiscono leggermente da quelli pre-eruttivi (Fig. 5.2.7.).

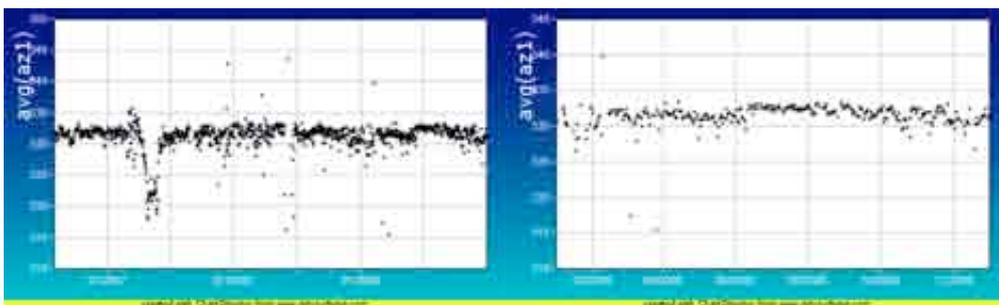


Fig. 5.2.6. – Variazioni relative nell'azimuth della polarizzazione alla stazione STR6 dall'Agosto 2006 (a sinistra) e nel 2009 (a destra).

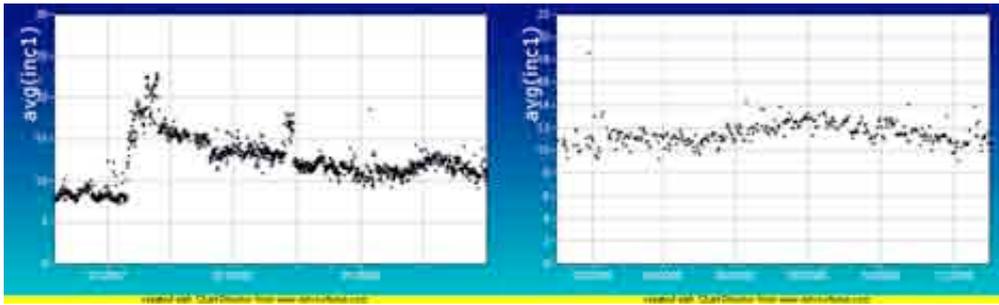


Fig. 5.2.7. – Variazioni dell'inclinazione della polarizzazione alla stazione STR6 dall'Agosto 2006 (a sinistra) e nel 2009 (a destra).

Le localizzazioni automatiche effettuate mediante analisi della funzione semblance radiale hanno mostrato variazioni molto limitate (Fig. 5.2.8.). La profondità degli ipocentri si è mantenuta tra i 400 e i 500 m s.l.m.

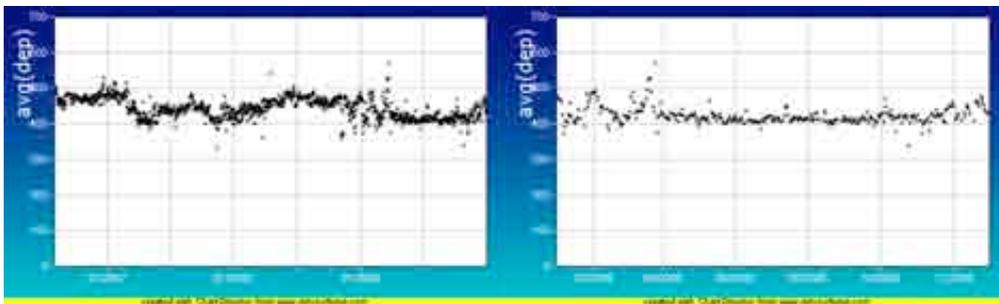


Fig. 5.2.8. – Andamento della profondità ipocentrale media degli eventi VLP dall'Agosto 2006 (a sinistra) e nel 2009 (a destra).

Nel corso del 2009 inoltre si sono verificati 5 eventi esplosivi maggiori. In Tab. 5.2.2. sono riportati data e ora di accadimento, mentre in Fig. 5.2.9. sono confrontati i segnali dilatometrici di questi eventi con quello del parossisma del 15/3/2007.

Tab. 5.2.2. – Eventi maggiori con una forte componente VLP nel corso del 2009.

Data	Ora (GMT)
03/05	14:57
08/11	12:29
24/11	11:20

Nel corso del 2009, oltre alla sismicità legata alle frane lungo la Sciara del Fuoco, sono stati registrati numerosi segnali sismici legati a crolli lungo la falesia di Labronzo. In Fig. 5.2.10. si nota l'andamento stagionale tipico di Stromboli, con un massimo nei mesi estivi seguito da un picco significativo tra Novembre e Dicembre.

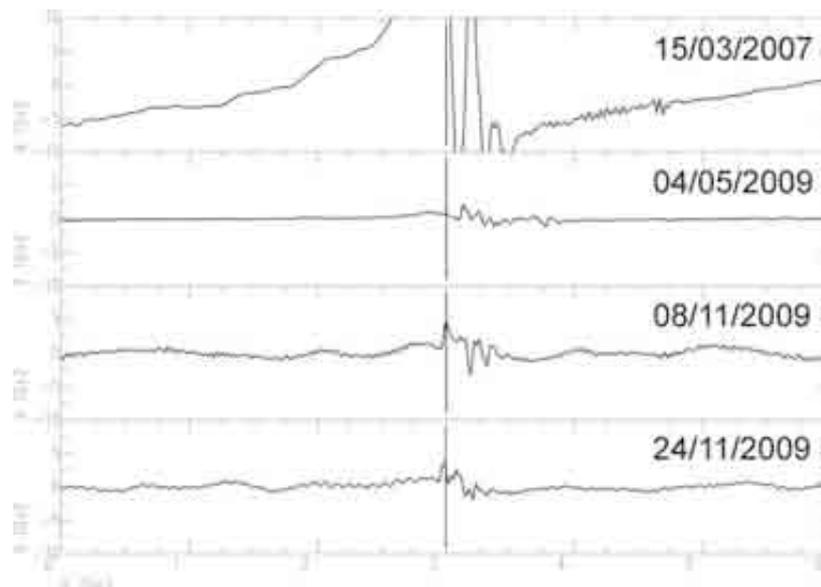


Fig. 5.2.9. – Confronto tra il segnale registrato dal dilatometro SVO (S.Vincenzo COA) durante il parossisma del 15/3/1007 e gli eventi di Tab.9 La scala verticale è la stessa per tutti i segnali.

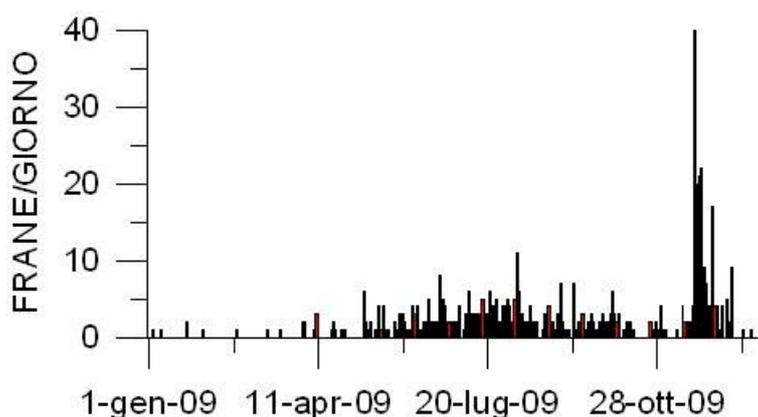


Fig. 5.2.10. – Tasso di occorrenza delle frane a Stromboli durante il 2009.

5.3. Etna

5.3.1. Organizzazione delle reti

Nel 2009 il numero di stazioni sismiche permanenti presenti nell'area Etna è stato portato a 44, con una densità di installazioni alle quote medio-alte del vulcano piuttosto elevata (19 stazioni), che complessivamente garantisce una adeguata copertura per il monitoraggio della sismicità locale, anche di bassa magnitudo, e l'analisi dei segnali sismo-vulcanici. È aumentato il numero di stazioni multi-parametriche, dato che varie installazioni ospitano oltre a sensori velocimetri anche accelerometri, microfoni infrasonici, centraline meteo e ricevitori GPS. Il dispositivo sismico, gestito dalla Sezione di Catania, può essere distinto nelle due tipologie di seguito descritte.

5.3.2. Reti fisse

Rete Sismica Permanente (RSP)

Rappresenta il dispositivo di misura in continuo gestito dalla Sezione di Catania costituito, nell'area etnea, da 44 stazioni dotate di sensori velocimetrici (Fig. 5.3.1.); nel complesso è impiegata sia strumentazione digitale Nanometrics di nuova generazione in trasmissione numerica e satellitare, che strumentazione analogica in trasmissione radio UHF ereditata dagli enti confluiti nell'INGV,

come segue: 32 digitali a larga-banda (40s) a 3-componenti; 12 analogiche corto periodo (1s), di cui 3 a 3-componenti e 10 monocomponente. Varie stazioni, come di seguito descritto, sono dotate anche di sensori accelerometrici (3 siti) ed infrasonici (6 siti in area sommitale). I segnali vengono trasmessi al Centro di Acquisizione Unificato Dati (CUAD) di Catania-circonvallazione, e poi trasferiti via cavo alla Sala Operativa presso la sede di piazza Roma.

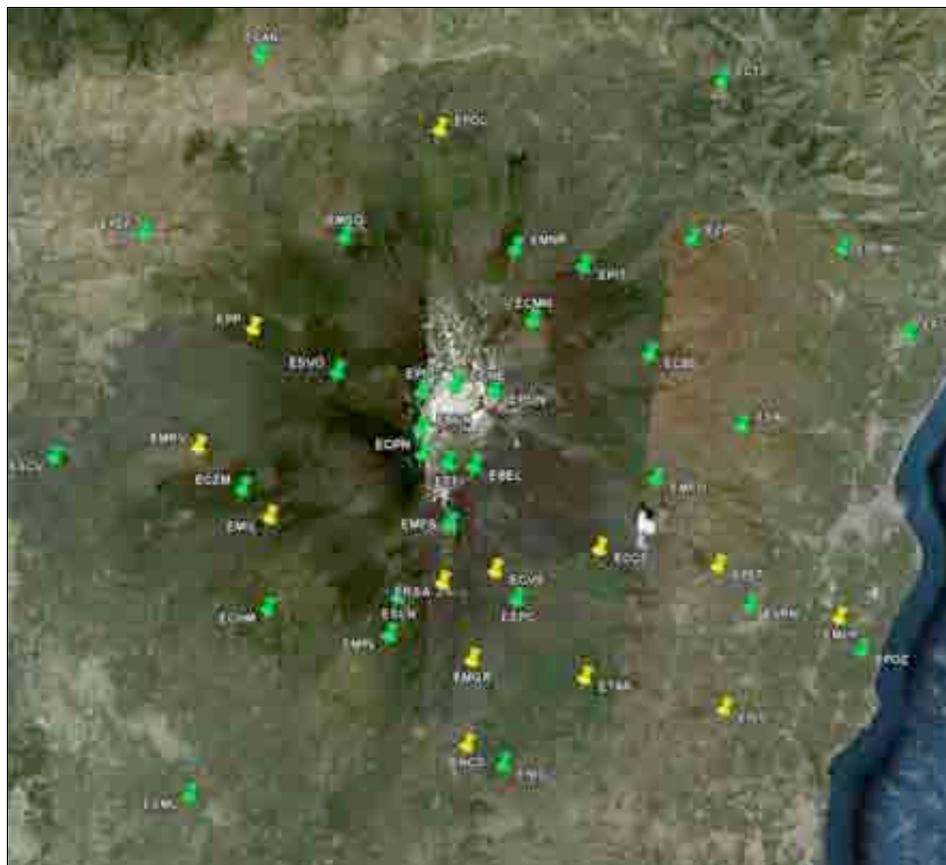


Fig. 5.3.1. – Rete Sismica Permanente della Sezione di Catania nell’area etnea (aggiornamento dic. 2009).

Di seguito è riportato l’elenco completo di tutte e stazioni operanti nelle aree vulcaniche e tettoniche della Sicilia orientale, quest’ultime di fondamentale importanza per la sorveglianza vulcanica.

Stazione	Sigla	Tipo	Componenti	Trasmissione	Area
Belvedere	EBEL	Digitale	3	Radio diretta	Etna
Bocca Nuova	EBCN	Digitale	3	Radio, ponte su ECHR	Etna
Masseria Cannata	ECAN	Digitale	3	Satellitare	Etna
Case Bada	ECBD	Digitale	3	Radio, ponte su Castelmola	Etna
Contrada Cassone	ECCS	Analogica	3	Radio diretta	Etna
Santa Chiara	ECHR	Digitale	3	Satellitare	Etna
Catenanuova	ECNV	Digitale	3	Satellitare	Etna
Cratere di Nord-Est	ECNE	Digitale	3	Wireless	Etna
Cratere del Piano	ECPN	Digitale	3	Radio diretta	Etna
Castiglione	ECTS	Digitale	3	Satellitare	Etna
Case del Vescovo	ECVS	Analogica	1	Radio diretta	Etna
Case Zampini	ECZM	Digitale	3	Radio ponte su Centuripe	Etna
Fiumefreddo	EFIU	Digitale	3	Satellitare	Etna
Monte Conca	EMCN	Digitale	3	Radio ponte su EPMN	Etna

Stazione	Sigla	Tipo	Componenti	Trasmissione	Area
Monte Fontane	EMFO	Digitale	3	Radio ponte su EVRN	Etna
Monte Frumento Supino	EMFS	Digitale	3	Radio diretta	Etna
Monte Grosso	EMGR	Analogica	1	Radio, ponte su M. Vetore	Etna
Monte Intraleo	EMIL	Analogica	1	Radio, ponte su M. Soro	Etna
Malpasso	EMLP	Analogica	1	Radio, ponte su M. Pomiciaro	Etna
Monte Nero	EMNR	Digitale	3	Radio, ponte su ECTS	Etna
Monte Parmentelli	EMPL	Digitale	3	Radio diretta	Etna
Monte Ruvolo	EMRV	Analogica	1	Radio, ponte su M. Soro	Etna
Monte Spagnolo	EMSG	Digitale	3	Satellitare	Etna
Monte Nocilla	ENCS	Analogica	1	Radio, ponte su M. Vetore	Etna
Nicolosi	ENIC	Digitale	3	Satellitare	Etna
Pizzi Deneri	EPDN	Digitale	3	Radio, ponte su Castelmola	Etna
Petrulli	EPET	Analogica	1	Radio, ponte su M. Pomiciaro	Etna
Pennisi	EPIS	Analogica	1	Radio, ponte su M. Pomiciaro	Etna
Pozzo Pitarrone	EPIT	Digitale	3	Radio, ponte su Castelmola	Etna
Punta Lucia	EPLC	Digitale	3	Radio, ponte su Castelmola	Etna
Piedimonte	EPMN	Digitale	3	Wireless, ponte su M.Pomiciario	Etna
Pozzillo	EPOZ	Digitale	3	Satellitare	Etna
Pizzo Felicia	EPZF	Digitale	3	Satellitare	Etna
Rifugio Sapienza	ERSA	Analogica	1	Radio diretta	Etna
S. Alfio	ESAL	Digitale	3	Satellitare	Etna
Scorciavacca	ESCV	Digitale	3	Satellitare	Etna
Serra la Nave	ESLN	Digitale	3	Satellitare	Etna
S.M. Licodia	ESML	Digitale	3	Satellitare	Etna
Serra Pizzuta Calvarina	ESPA	Analogica	3	Radio diretta	Etna
Serra Pizzuta Calvarina	ESPC	Digitale	3	Radio diretta	Etna
Monte Scavo	ESVO	Digitale	3	Radio, ponte su Centuripe	Etna
Tardaria	ETAR	Analogica	3	Radio diretta	Etna
Torre del Filosofo	ETFI	Digitale	3	Radio diretta	Etna
Santa Venerina	EV RN	Digitale	3	Satellitare	Etna
C.da Zacchino Pietro	EZPO	Digitale	3	Radio, ponte su Castelmola	Etna
Brucoli	HAGA	Digitale	3	Radio diretta	Iblei
Avola	HAVL	Digitale	3	Radio, ponte su M.Lauro	Iblei
Carlentini	HCRL	Digitale	3	Satellitare	Iblei
Lentini	HLNI	Digitale	3	Satellitare	Iblei
Modica	HMDC	Digitale	3	Radio, ponte su M.Lauro	Iblei
Siracusa	HSRS	Analogica	3	Radio diretta	Iblei
Vizzini	HVZN	Digitale	3	Satellitare	Iblei
Sortino	SSY	Digitale	3	Satellitare	Iblei
Alicudi	IACL	Digitale	3	Satellitare	Eolie
Filicudi	IFIL	Digitale	3	Satellitare	Eolie
Lipari Quattropani	ILIQ	Analogica	1	Linea telefonica CDA	Eolie
Lipari	ILLI	Digitale	3	Satellitare	Eolie
Panarea	IPAN	Analogica	1	Linea telefonica CDA	Eolie
Punta Lena	ISPL	Analogica	3	Radio diretta	Eolie
Ginostra	ISTR	Analogica	3	Radio diretta	Eolie
Vulcano Cratere	IVCR	Digitale	3	Wireless, ponte su Lipari	Eolie
Vulcano Lentia	IVLT	Digitale	3	Wireless, ponte su Lipari	Eolie
Vulcano Piano	IVPL	Digitale	3	Radio diretta	Eolie
Vulcano Grillo	IVUG	Digitale	3	Wireless, ponte su Lipari	Eolie
Vulcano Cratere	VCR	Analogica	3	Radio diretta	Eolie
Vulcano Lentia	VLT	Analogica	3	Radio diretta	Eolie
Vulcano Grillo	VUG	Analogica	3	Radio diretta	Eolie
Alì Superiore	MALI	Digitale	3	Radio, ponte su Castelmola	Peloritani/Calabria
Castroreale	MCSR	Analogica	3	Radio, ponte su MMIL	Peloritani/Calabria
Montebello Ionico	MMBI	Analogica	3	Radio, ponte su M. Pomiciaro	Peloritani/Calabria
Capo Milazzo	MMIL	Analogica	3	Radio diretta	Peloritani/Calabria
Roccafiorita	MMME	Digitale	3	Satellitare	Peloritani/Calabria

Stazione	Sigla	Tipo	Componenti	Trasmissione	Area
Palizzi	MPAZ	Digitale	3	Satellitare	Peloritani/Calabria
San Pier Niceto	MPNC	Digitale	3	Satellitare	Peloritani/Calabria
Reggio Calabria	MRCB	Analogica	3	Radio diretta	Peloritani/Calabria
Scilla	MSCL	Digitale	3	Radio diretta	Peloritani/Calabria
Castanea	MSRU	Digitale	3	Satellitare	Peloritani/Calabria

Rete accelerometrica (RA)

Al 2009 sono 3 le stazioni accelerometriche installate nell'area etnea presso i siti di ENIC, EPOZ, e ESLN, tutte dotate di sensore triassiale Kinematics EpiSensor Model FBA ES-T, con sensibilità di 10V/g (0,5 g) e banda passante compresa tra la DC e 200 Hz, e campionamento a 200 sps. Queste stazioni sono dotate di sistema di trasmissione satellitare; in due casi il segnale è disponibile in tempo reale, per le altre – incluse le 9 stazioni installate nel messinese, Isole Eolie ed area iblea – si dispone di un sistema di collegamento misto satellitare-radio UHF del tipo *on demand*, che permette di scaricare giornalmente i dati e di verificare lo stato di funzionalità della rete. Inoltre, è stato avviato un processo di riconfigurazione della rete sia per quanto riguarda una migliore disposizione delle stazioni esistenti rispetto alle aree urbanizzate, che la possibilità di avere un maggior numero di dati in tempo reale.

Di seguito è riportato l'elenco di tutte le stazioni accelerometriche operanti nelle aree della Sicilia orientale.

N.	Stazione	Sigla	Spostamento/Upgrade	Trasmissione	Area
1	Nicolosi	ENIC	No	on-demand	Etna
2	Pozzillo	EPOZ	No	on-line	Etna
3	Serra la Nave	ESLN	Spostare a EVRN	on-line	Etna
4	Vizzini	HVZN	No	on-demand	Iblei
5	Avola	HAVL	Spostare a HLNI	on-demand	Iblei
6	Sortino	SSY	No	on-demand	Iblei
7	Alicudi	IACL	No	on-demand	Eolie
8	Lipari	ILLI	Spostare (in definizione)	on-demand	Eolie
9	Vulcano Piano	IVPL	Convertire a trasmissione satellitare	on-demand	Eolie
10	Roccafiorita	MMME	Spostare a MNOV	on-demand	Peloritani/Calabria
11	Castanea	MSRU	No	on-demand	Peloritani/Calabria
12	Palizzi	MPAZ	No	on-demand	Peloritani/Calabria

Rete infrasonica (RI) e Rete Meteo (RMT)

Dopo una prima fase sperimentale avviata all'Etna nel 2006, la rete per il monitoraggio delle radiazioni infrasoniche è diventata pienamente operativa nell'anno seguente; nel 2009 si è proceduto all'installazione di due nuove stazioni (ETFI, ECNE) che portano a 5 le stazioni ubicate nell'area sommitale del vulcano, mentre 1 si trova a quota intermedia (ESLN) (Fig. 5.3.2.).

Tutte le installazioni condividono i siti delle stazioni sismiche digitali a larga banda. La maggior parte delle stazioni è equipaggiata con microfoni a condensatore Monacor® MC-2005 con una sensibilità di 80 mV/Pa nella banda di frequenza infrasonica 1-20 Hz; nell'ambito del programma di *upgrade* tecnologico previsto, due di esse (EPDN e EBEL) sono state dotate di microfoni a condensatore prepolarizzato G.R.A.S.® 40AN (sensibilità 50 mV/Pa), equipaggiati con preamplificatore G.R.A.S.® 26HG, che consentono una maggiore ampiezza di banda pari a 0.2–40 Hz. Si è proceduto inoltre alla conversione delle due stazioni analogiche (ECPN e EPDN) in digitale. I segnali sono acquisiti ad una frequenza di campionamento di 100 Hz e trasmessi in tempo reale.

Per quanto riguarda la Rete Meteo (RMT), oltre alla installazione di una nuova stazione nel sito EBEL, si è cercato di risolvere le problematiche connesse alla formazione di ghiaccio nei mesi invernali a EPDN, che ne hanno reso discontinuo il funzionamento. Oltre a queste, è operativa una terza centralina installata nel sito ENIC.

N.	Stazione	Sigla	Trasmissione	Staz. meteo	Area
1	Belvedere	EBEL	on-line	si	Etna
2	Cratere del Piano	ECPN	on-line	no	Etna
3	Cratere di Nord-Est	ECNE	on-line	no	Etna
4	Pizzi Deneri	EPDN	on-line	si	Etna
5	Punta Lucia	EPLC	on-line	no	Etna
6	Serra la Nave	ESLN	on-line	no	Etna

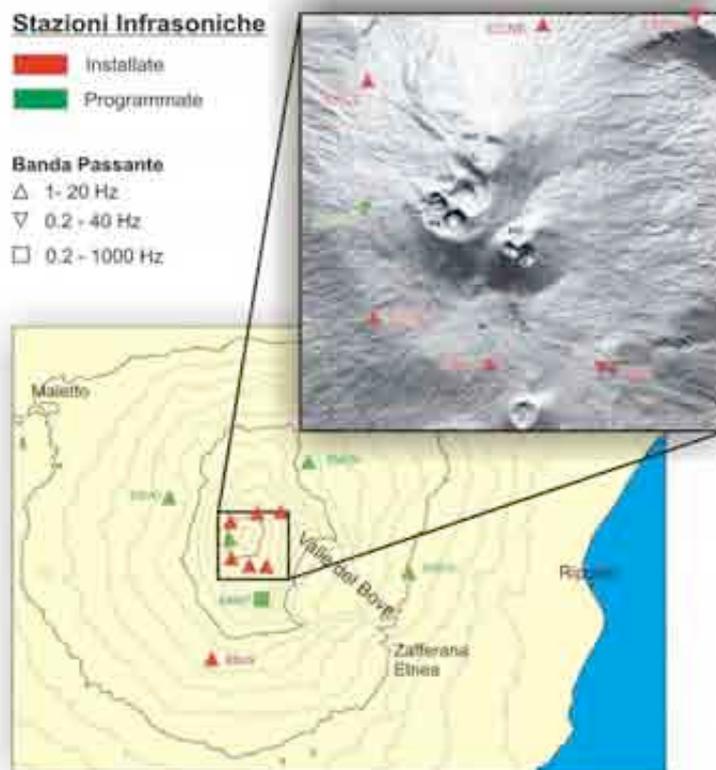


Fig. 5.3.2. – Rete Infrasonica della Sezione di Catania nell’area etnea (aggiornamento dic. 2009).

Stazione in pozzo (SP)

Negli ultimi anni sono state sperimentate dall’INGV installazioni in pozzo a varia profondità. Tale tipologia di installazione consente di ridurre fortemente il rumore di origine antropica, ottenendo quindi stazioni ad elevato rapporto segnale/rumore anche in zone fortemente antropizzate. All’Etna è attualmente operativa una stazione in pozzo profondo nel settore settentrionale del vulcano (Pozzo Pitarrone, EPIT), ubicata in prossimità della faglia Pernicana. L’installazione consta di 2 sensori 40s posti in superficie e a fondo pozzo, a 135 m di profondità. Nel 2010 è prevista la sostituzione del sensore profondo con un 120s e l’aggiunta di un accelerometro, così da coprire tutto lo spettro dei segnali sismici generati da questa importante, e molto attiva, struttura sismogenetica.

Stazione VBB (VBB)

Nell’ambito del CTBTO, la Sezione di Catania gestisce ed effettua la manutenzione della stazione *very broad-band* di Grottacalda (SRVBB), in provincia di Enna.

5.3.3. Reti mobili

La Rete Sismica Mobile (RSM) rappresenta il dispositivo di misura temporaneo utilizzato in caso di emergenze sismico-vulcaniche per integrare la copertura della RSP, e per condurre esperimenti scientifici e campagne di acquisizione anche al di fuori delle aree istituzionalmente monitorate dalla Sezione di Catania. Allo stato attuale la rete mobile è dotata di 9 stazioni digitali “Taurus

Nanometrics”, dotate di sensori a 3-componenti a larga-banda (Lennartz LE-3D/20s) in grado di operare in *stand alone*; purtroppo nel corso del 2009 una stazione è stata bruciata da una fulminazione a Stromboli. La rete dispone anche di un furgone 4x4 dedicato, a supporto della gestione tecnico-logistica. Nel corso del 2009 la RSM è stata continuamente impiegata in vari ambiti, quali: i) emergenza sismica dell’Abruzzo (3 stazioni, in coordinamento con il CNT) e dell’Etna (5 stazioni); ii) esperimenti scientifici dei progetti DPC “Messina 1908-2008” (con le stazioni MNOV, MRCL), e di un progetto interno alla sezione all’Etna; iii) a supporto delle attività di installazione delle nuove stazioni della RSP per il progetto “APQ Sicilia”, con registrazioni di *noise* ambientale per la verifica della idoneità dei siti eseguite ad Acate, Giarratana, Ispica, S. Croce Camerina e Motta S. Anastasia. In tabella è sintetizzato l’impiego della RSM relativamente ai primi due punti.

Stazione	Acquisitore N° serie	Sensore N° serie	Installazione/ Dismissione	Lat N	Lon E	Quota (m/slm)	Area
MNOV	Taurus S/N 630	LE-3D/20s S/N G130	Nov-07/Set-09	38,0287	15,1355	833	Sicilia
MRCL	Taurus S/N 629	LE-3D/20s S/N G129	Nov-07/Giu-09	38,1630	15,7032	542	Calabria
PANT	Taurus S/N 967	LE-3D/20s S/N G129	Giu-09/Giu-09	36,7884	11,9933	618	Pantelleria
MOTT	Taurus S/N 631	LE-3D/20s S/N C051	Giu-09	37,4950	14,9470	192	Sicilia
ESGB	Taurus S/N 628	LE-3D/20s S/N G132	Mag-09/Mag-09	37,7328	15,1486	388	Etna
ESLD	Taurus S/N 633	LE-3D/20s S/N G133	Mag-09/Mag-09	37,6915	15,1699	203	Etna
ETAF	Taurus S/N 966	LE-3D/20s S/N G134	Mag-09/Mag-09	37,7129	15,2160	49	Etna
ECRB	Taurus S/N 966	LE-3D/20s S/N G134	Mag-09/Mag-09	37,6882	15,1796	165	Etna
ESMT	Taurus S/N 966	LE-3D/20s S/N G134	Mag-09/Mag-09	37,7073	15,1638	243	Etna
S1	Taurus S/N 629	LE-1DV S/N A0029	Ott-09/Ott-09	37,7393	15,0079	2881	Etna
S2	Taurus S/N 629	LE-1DV S/N A0027	Ott-09/Ott-09	37,7395	15,0073	2892	Etna
S3	Taurus S/N 967	LE-1DV S/N A0031	Ott-09/Ott-09	37,7391	15,0075	2856	Etna
S4	Taurus S/N 967	LE-1DV S/N A0030	Ott-09/Ott-09	37,7389	15,0080	2849	Etna
S5	Taurus S/N 967	LE-1DV S/N A0038	Ott-09/Ott-09	37,7391	15,0083	2852	Etna
RM12	Taurus S/N 965	LE-3D/20s S/N G131	Apr-09/Mag-09	42,2620	13,3923	1418	Abruzzo
RM15	Taurus S/N 967	LE-3D/20s S/N G139	Apr-09/Mag-09	42,2823	13,2451	1223	Abruzzo
RM16	Taurus S/N 631	LE-3D/20s S/N C051	Apr-09/Mag-09	42,2347	13,5320	1312	Abruzzo

5.3.4. Strumentazione disponibile

Lo schema che segue riassume la dotazione strumentale in funzione nell'area etnea, gestita dalla Sezione di Catania.

	N°. stazioni	Sensore	Campionamento	Acquisizione
RSP				
Digitali	32	Larga-banda Trillium (40s)	100 Hz	continuo
Analogiche	12	SP (1s) Mark o Lennartz	100 Hz	continuo in digitale
RSM	9	Larga-banda Lennartz (20s)	variabile	continuo/trigger
RA	3	Kinematics- Episensor	200 Hz	continuo/trigger
RI	6	Microfono a condensatore Monacor MC-2005 o GRAS 40AN	100 Hz	continuo
RMT	3	Vaisala (vento, pressione, temperatura, umidità, precipitazione)	15 s	continuo

A queste si aggiungono 18 stazioni sismiche – di cui 9 dotate anche di accelerometro – allocate nell'area iblea e calabro-peloritana che risultano funzionali sia a completare nel *far-field* la geometria delle rete etnea, che al monitoraggio sismico del territorio nazionale (si veda par. 1.2). Nell'ambito del "APQ Sicilia", la rete sismica è oggetto di ammodernamento tecnologico (*upgrade* di vecchie stazioni da analogiche a digitali) e di una progressiva estensione verso i settori della Sicilia centro-occidentale (nel 2009 sono state completate le infrastrutture per le stazioni di Favara, Agira, Castoreale e Scilla).

5.3.5. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

I dati provenienti dal sistema di rilevamento sismico disposto sui vulcani attivi siciliani e nelle aree tettoniche della Sicilia orientale, integrati da quelli registrati dalla rete mobile per seguire fenomeni sismici ed eruttivi di rilievo, vengono pre-elaborati attraverso sistemi automatici in *real-time* e, successivamente, rivisti fuori-linea da personale esperto. In particolare nel corso del 2009 sono state utilizzate le analisi automatiche in *near-real time* per lo studio delle sorgenti sismiche a bassa frequenza che, grazie alla copertura ottimale di stazioni digitali a larga banda nell'area sommitale, hanno permesso la classificazione e localizzazione delle sorgenti sismo-vulcaniche (tremore, eventi a lungo-periodo ed esplosioni). Le analisi fuori-linea riguardano principalmente l'attività di localizzazione degli eventi sismici condotta dal personale del "Gruppo Analisi Dati Sismici", che effettua il riconoscimento, la lettura delle fasi ed il calcolo dei principali parametri ipocentrali (magnitudo, profondità, meccanismi focali).

Una parte molto importante dell'attività svolta ha riguardato la realizzazione di software finalizzati alla gestione delle banche dati sismologiche, con particolare riguardo alla catalogazione dei segnali sismici e ai risultati delle elaborazioni di base, nonché alla centralizzazione delle informazioni riguardanti:

- Eventi da fratturazione;
- Eventi sismo-vulcanici: tremore, eventi LP, eventi VLP;
- Eventi infrasonici;
- Dati meteo;
- Stazioni rete permanente;
- Stazioni rete mobile.

È in fase avanzato lo sviluppo, nell'ambito dell'APQ Sicilia, della "Banca Dati" multidisciplinare di Sezione, basata su standard SQL, su cui transiteranno anche i dati sismologici attualmente gestiti con sistemi MSACCESS.

Alle attività sopra elencate si aggiungono quelle del "Gruppo Macrosismico" che, nel caso di terremoti particolarmente energetici (fortemente avvertiti o oltre la soglia del danno), effettua rilievi diretti secondo il protocollo QUEST e provvede alla stesura di rapporti informativi. Nel 2009 sono stati rilevati 5 eventi nell'area etnea; il gruppo ha inoltre partecipato, con più squadre, al rilievo

macrosismico del terremoto aquilano del 6 aprile, che ha fornito al DPC le informazioni necessarie per l'emissione delle ordinanze governative per la gestione dell'emergenza e dei primi sussidi.

5.3.6. Laboratori

A supporto della gestione tecnica delle reti sismiche e della elaborazione dei dati registrati, la Sezione di Catania è dotata dei seguenti laboratori e gruppi di analisi:

- Centro Unificato Acquisizione Dati (CUAD);
- Laboratorio tecnico di Sismologia - Rete Sismica Permanente;
- Laboratorio tecnico di Sismologia - Rete Mobile;
- Sistemi elaborazione automatici dati sismici - Sala Operativa;
- Gruppo di "Analisi dati sismici e cataloghi";
- Gruppo di "Macrosismica e Pericolosità Sismica".

Presso il CUAD, sito nell'edificio della ProCiv comunale sulla circonvallazione di Catania, sono acquisiti tutti i segnali sismici provenienti dalle reti Etna-Eolie-Sicilia orientale e dal centro di acquisizione presso l'Osservatorio di Lipari, attraverso linee telefoniche dedicate, collegamenti radio terrestri e satellitari (sistema Nanometrics-Libra). Sono state inoltre ottenute le autorizzazioni necessarie all'installazione di un secondo *Hub* (già acquistato) che permetterà l'acquisizione delle nuove stazioni sismiche dell'APQ Sicilia attraverso i canali del satellite "HellasSat 2", differenziando così l'acquisizione della intera rete attraverso *provider* satellitari alternativi e complementari. Dal CUAD i segnali vengono memorizzati su sistemi NAS e ritrasmessi in tempo reale, via cavo, nella sede di piazza Roma. Il CUAD è inoltre dotato di un laboratorio di elettronica e di una Sala Operativa perfettamente funzionante, che utilizza *hardware* e *software* gestionali provenienti dalla Sala Operativa di piazza Roma in corso di ammodernamento e ristrutturazione.

Presso la sede di piazza Roma sono allocati gli altri laboratori sopra elencati. I due laboratori tecnici di elettronica provvedono alla manutenzione ordinaria della strumentazione sismica installata sul campo, al potenziamento delle reti (installazione di nuove stazioni) ed al loro sviluppo tecnologico attraverso la sperimentazione di nuovi sensori, sistemi di trasmissione e acquisizione dei segnali sismici.

Il laboratorio di elaborazione dati sismici cura l'ottimizzazione dei processi di elaborazione automatica dei dati per le attività di sorveglianza e di Sala Operativa, sviluppando applicativi software utili per l'acquisizione e elaborazione dei segnali sismici sia in tempo reale che fuori-linea.

Il laboratorio di analisi dati sismici si occupa della analisi sistematica fuori-linea degli eventi registrati dalle reti (permanente + mobile) della Sezione di Catania, del popolamento della banca dati e della compilazione del catalogo sismico strumentale.

Il laboratorio di macrosismica provvede al rilievo sul campo degli effetti dei terremoti ed alle stime di pericolosità sismica; cura inoltre l'aggiornamento del catalogo storico-macrosismico e del *data-base* delle intensità.

5.3.7 Valutazione scientifica sintetica dei dati acquisiti

Nel corso del 2009 la rete sismica per il monitoraggio della Sicilia orientale – Calabria meridionale ha registrato complessivamente 1800 terremoti di magnitudo $M_L \geq 1.0$; di questi poco più di un terzo sono stati localizzati. Il numero maggiore di eventi tettonici e vulcano-tettonici è relativo all'area etnea, come pure il numero di eventi sismo-vulcanici a "bassa frequenza" legati alla dinamica dei fluidi; come sopra richiamato, questi ultimi sono elaborati tramite sistemi automatici. Di seguito è riportato un elenco dei segnali acquisiti attraverso le reti sismiche permanente e mobile, suddivisi per tipologia ed area interessata.

Tipologia evento	Etna	Isole Eolie	Aree tettoniche Sicilia or. – Calabria mer.	Totale
TERREMOTI	1.455 (506)*	150 (37)*	195 (149)*	1.800 (692)*
EVENTI LOCALI de "La Fossa" di Vulcano		5.488		5.488
LONG PERIOD (0.5-5 Hz)	~50.000			~50.000
VERY LONG PERIOD (0.05-0.3 Hz)	119.456			119.456
ESPLOSIONI			69	69

* tra parentesi è riportato il numero di terremoti localizzati

All'Etna l'attività sismica da fratturazione registrata nel corso del 2009 (Fig. 5.3.3.) ha mostrato, rispetto all'anno precedente (dopo l'inizio dell'eruzione del 13 Maggio 2008) un significativo incremento del rilascio energetico cumulativo. Come spesso è avvenuto nel passato, la sismicità si è sviluppata secondo fasi, più o meno intense, che hanno caratterizzato periodi contrassegnati da alcuni caratteri comuni.

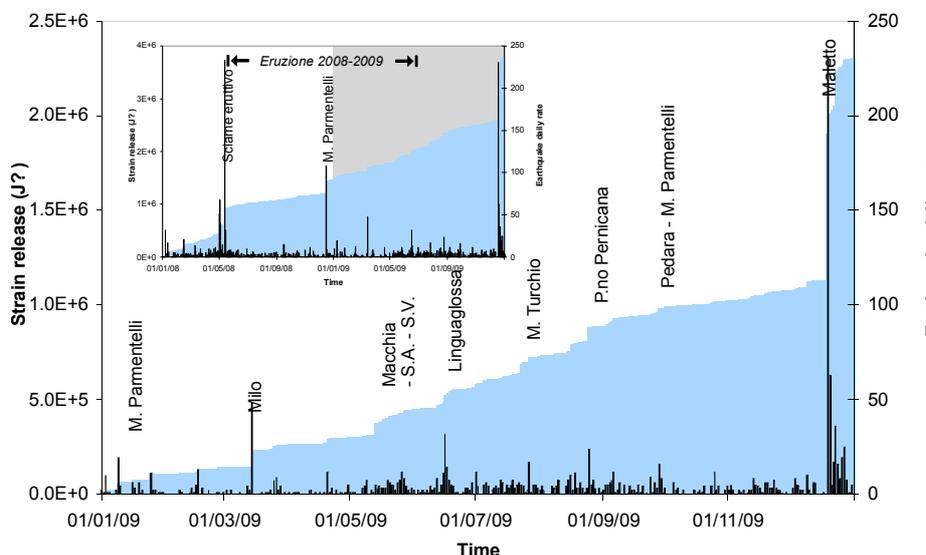


Fig. 5.3.3. – Frequenza giornaliera di accadimento dei terremoti e curva cumulativa del rilascio di strain sismico nel 2009 all'Etna. Nell'inset è mostrato il periodo 2008-2009, l'anno di riferimento è evidenziato dallo sfondo in grigio.

Nei primi cinque mesi dell'anno il tasso di accadimento della sismicità ha proseguito il trend della fine dell'anno precedente, iniziato con lo sciame sismico del 16 dicembre 2008 (inset in Fig. 5.3.3.). Questo sciame, localizzato nel medio versante meridionale in prossimità di M. Parmentelli, ha sviluppato un notevole rilascio di energia (circa l'85% di quello avvenuto in occasione dello sciame eruttivo che ha accompagnato le fasi iniziali dell'eruzione "2008-2009") (Fig. 5.3.3.). Dal punto di vista della dinamica crostale, esso risulta probabilmente connesso alla attivazione di strutture tettoniche note per le loro relazioni con i meccanismi di ricarica magmatica in settori crostali profondi (es. Bonaccorso et al., 1996; Bonaccorso & Patanè, 2001; Patanè et al., 2003; Bonaccorso et al., 2004; Gambino et al., 2004; Patanè et al., 2005; Mattia et al., 2006). A pochi giorni dalla fine dell'anno, il 19 dicembre 2009, un'ulteriore variazione nel rate di sismicità ha bruscamente interrotto il periodo che era stato il più tranquillo dell'anno. Un'intensa attività sismica ha interessato il versante nord-occidentale del vulcano rappresentando, sicuramente, uno dei più importanti rilasci di energia degli ultimi decenni.

Il tremore vulcanico in banda LP (0.5 – 5.0 Hz) si è mantenuto, per quasi tutto il 2009, su valori medio-bassi. Il livello più alto è stato registrato a partire dalla fine di gennaio sino agli ultimi giorni di aprile, con un picco energetico nella prima metà di marzo. Durante il mese di maggio si è avuto un costante decremento dell'ampiezza del tremore, che anticipa significativamente la fine dell'eruzione "2008-2009" avvenuta il 6 luglio. Per la restante parte dell'anno il tremore si mantiene costante su livelli bassi con un leggero, seppur repentino, incremento intorno alla metà di novembre.

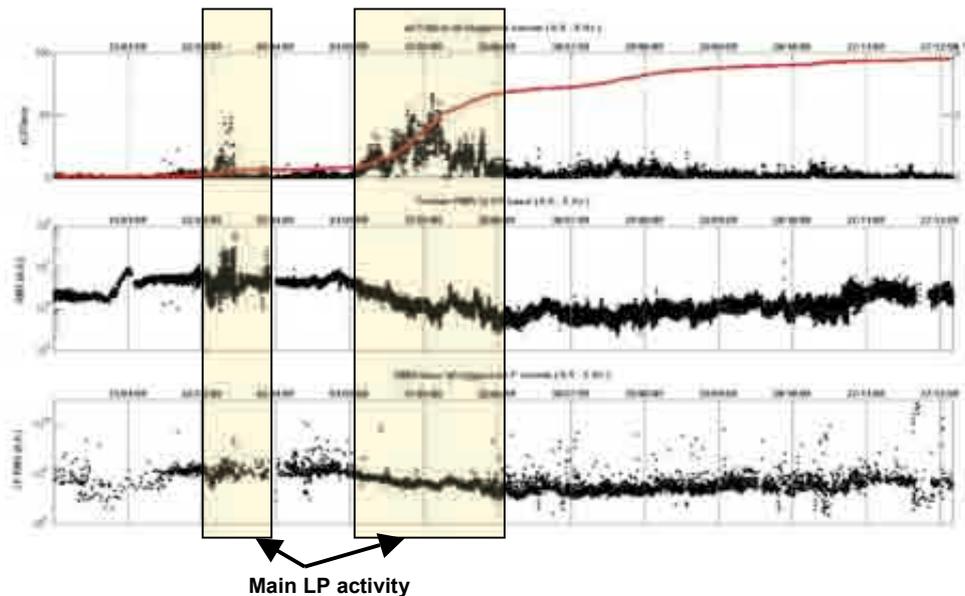


Fig.5.3.4. – Dall'alto verso il basso: a) tasso di accadimento orario degli eventi LP e cumulativo (linea rossa); b) tremore vulcanico, campionato su base oraria, in banda LP (0.5 – 5.0 Hz); c) RMS orario degli eventi LP.

Durante l'intero anno sono stati rilevati circa 50.000 eventi LP. Il tasso di accadimento orario, generalmente, si è mantenuto al di sotto di 10 eventi, ad eccezione di due periodi (evidenziati in giallo in figura 5.3.4.). L'andamento temporale del tremore in banda VLP (0.05 – 0.3 Hz) ha mostrato soltanto una leggera oscillazione di lungo periodo, probabilmente stagionale e legata a perturbazioni meteo-marine, comunque non riconducibili all'attività del vulcano. La rete infrasonica permanente dell'Etna, nel corso del 2009, ha registrato una moderata attività essenzialmente connessa con i processi di degassamento del Cratere di NE. Infine, si segnala che in occasione dell'apertura di una bocca degassante sul fianco orientale del Cratere di SE, verificatesi il 6 novembre, non è stato osservato nessun segnale infrasonico che possa essere associato al suo processo di formazione.

5.4. Apparati vulcanici delle Isole Eolie

5.4.1. Organizzazione delle reti

Il numero di stazioni sismiche permanenti presenti nell'arcipelago vulcanico delle Isole Eolie (14 sono i siti di rilevamento attivi della RSP) permette di eseguire un accurato controllo sia degli eventi sismici in tutta l'area che di quelli sismo-vulcanici specifici di Vulcano e Stromboli. Infatti, su queste due isole è presente una più elevata densità di stazioni e precisamente: 9 sull'isola di Vulcano e 14 su Stromboli (di cui però solo una è gestita dalla Sezione di Catania, le altre 13 dall'INGV Osservatorio Vesuviano). Alcuni dei siti (Alicudi, Lipari, Vulcano) sono dotati anche di sensori accelerometrici per la registrazione dei segnali *strong-motion* dalle aree sismogenetiche del Golfo di Patti e del basso Tirreno. Anche questa rete è oggetto, sempre nell'ambito del "APQ Sicilia", ad ammodernamento tecnologico (*upgrade* di vecchie stazioni da analogiche a digitali) ed implementazione nel numero delle stazioni (nel 2009 sono state ottenute le autorizzazioni per la realizzazione di nuove infrastrutture a Panarea e Stromboli). Il dispositivo sismico gestito dalla Sezione di Catania può essere distinto nelle tipologie di seguito descritte.

5.4.2. Rete fissa

Rete Sismica Permanente (RSP)

Rappresenta il dispositivo di misura continuo dotato di sensori velocimetrici, costituito da 14 stazioni con acquisizione e trasmissione mista dei dati (via terrestre e satellitare) all'Osservatorio di Lipari, al Centro di Acquisizione Unificato Dati (CUAD) e presso la Sala Operativa di Catania.

Nell'area eoliana è impiegata sia strumentazione digitale di nuova generazione in trasmissione numerica e satellitare, che strumentazione analogica ereditata dagli enti confluiti nell'INGV. Nel complesso, le 14 stazioni velocimetriche operanti nelle varie isole sono così costituite: 7 digitali a 24 bit dotate di sensori 3-componenti a larga-banda (40 s) e 7 analogiche corto periodo (1 s) mono-componente. A queste si aggiungono 5 stazioni digitali a 16 bit ex-rete mobile, dotate di sensori 3-componenti a larga-banda (20s), operative dal 2005 a Vulcano in configurazione di *array* sismico.

Rete accelerometrica (RA)

Allo stato attuale sono 3 le stazioni accelerometriche operanti nell'area eoliana dotate di sensore Kinematics-Episor, presso i siti di Alicudi, Lipari e Vulcano Piano (ILLI, IACL, IVPL); quest'ultimo è stato installato nel 2009 come previsto. Il sistema di trasferimento dati è di tipo misto satellitare-radio UHF, in modalità *on demand*, per lo scarico giornaliero dei dati e la verifica dello stato di funzionalità della rete. Inoltre, è stato avviato un processo di riconfigurazione della rete sia per quanto riguarda una migliore disposizione delle stazioni esistenti rispetto alle aree urbanizzate ed alle sorgenti sismiche, che la possibilità di avere un maggior numero di dati in tempo reale.

5.4.3. Reti mobili

La Rete Sismica Mobile (RSM) rappresenta il dispositivo di misura temporaneo utilizzato all'occorrenza per integrare le strumentazioni della RSP (si veda la scheda Etna).

Circa il suo utilizzo nell'area eoliana, la RSM è stata impiegata nell'ambito di: i) esperimenti scientifici dei progetti DPC "Messina 1908-2008" a Panarea, "V2-Paroxysm" a Stromboli, e di un progetto interno alla sezione a Vulcano; ii) a supporto delle attività di installazione delle nuove stazioni della RSP per il progetto "APQ Sicilia", con registrazioni di *noise* ambientale per la verifica della idoneità dei siti eseguite a Salina (Fossa delle Felci, Semaforo).

Da sottolineare che nel caso di Stromboli, l'*array* installato all'interno della Valle della Luna, in prossimità dell'area craterica, ha consentito per la prima volta l'acquisizione in contemporanea di segnali sismici, gravimetrici e deformativi (tiltmetro) per la modellizzazione delle sorgenti sismo-vulcaniche.

Stazione	Acquisitore N° serie	Sensore N° serie	Installazione/ Dismissione	Lat N	Lon E	Quota (m/slm)	Area
IPAN	Taurus S/N 626	LE-3D/20s S/N G127	Nov-07	38,6315	15,0699	70	Panarea
VDL	Taurus S/N 965	Gravimetro LaCoste&Romberg D-162	Set-09/Set-09	38,7915	15,2073	785	Stromboli
SALI	Taurus S/N 967	LE-3D/20s S/N G129	Set-09/Set-09	38,5539	14,8497	980	Salina
STZ1	PCM5800	LE-3D/20s S/N C053	Nov-05	14,9608	38,4073	252	Vulcano
STZ2	PCM5800	LE-3D/20s S/N F116	Nov-05	14,9625	38,4071	270	Vulcano
STZ3	PCM5800	LE-3D/20s S/N G122	Nov-05	14,9598	38,4065	268	Vulcano
STZ4	PCM5800	LE-3D/20s S/N B034	Mag-07	14,9642	38,4130	162	Vulcano
STZ5	PCM5800	LE-3D/20s S/N F120	Mag-07	14,9558	38,4132	211	Vulcano

5.4.4. Strumentazione disponibile

Lo schema che segue riassume la dotazione strumentale in funzione nell'area eoliana, gestita dalla Sezione di Catania.

	N°. stazioni	Sensore	Campionamento	Acquisizione
RSP				
Digitale	7	Larga-banda Trillium (40s)	100 Hz	continuo
Analogica	7	SP (1s) Kinematics	100 Hz	continuo in digitale
RSM				
Digitale 16bit	5	Larga-banda Lennartz (20s)	100 Hz	continuo
	9	Larga-banda Lennartz (20s)	variabile	continuo/trigger
RA	3	Kinematics- Episensor	200 Hz	continuo/trigger

A queste si aggiungono le stazioni – di cui 2 (MSRU, MMME) dotate anche di accelerometro – allocate nell'area peloritana che risultano funzionali sia a completare nella *far-field* la geometria delle rete eoliana, sia al monitoraggio sismico del territorio nazionale (si veda il paragrafo 1.2).

5.4.5. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Si veda quanto descritto nel paragrafo 5.3.5.

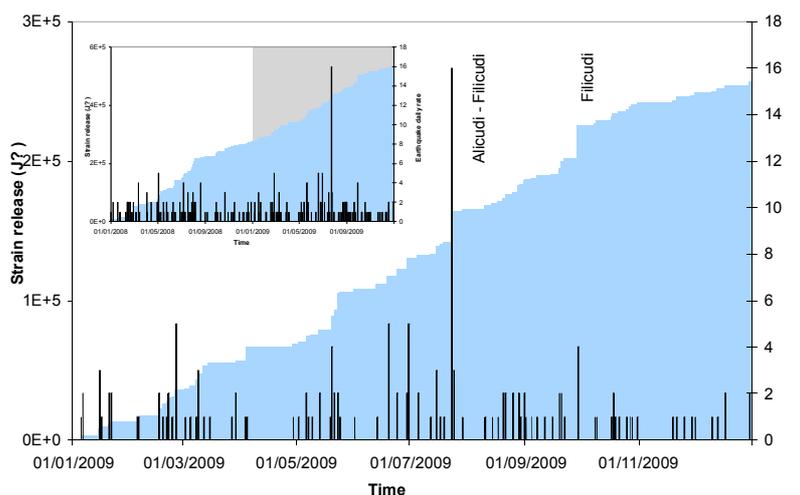


Fig. 5.4.1. - Frequenza giornaliera di accadimento dei terremoti e curva cumulativa del rilascio di strain sismico associato relativi nel 2009. Nell'inset, ove è mostrato il periodo 2008-2009, l'anno di riferimento è evidenziato dallo sfondo in grigio.

5.4.6. Laboratori

Per la regolare ed ottimale acquisizione dei segnali sismici nell'area eoliana la Sezione di Catania si avvale dello "storico" Osservatorio di Lipari, struttura dotata dei seguenti laboratori:

- Centro Acquisizione Dati Sismici.
- Laboratorio tecnico di Sismologia.

Presso il centro acquisizione transitano la maggioranza dei segnali sismici trasmessi via radio terrestre o linee telefoniche dedicate, provenienti dalla rete delle Eolie nonché da alcune stazioni poste in Sicilia nord-orientale e Calabria. Da qui i segnali sono ritrasmessi in tempo reale, via cavo, al CUAD di Catania.

L'osservatorio è dotato inoltre di un laboratorio di elettronica per la manutenzione ordinaria delle stazioni sismiche installate sulle isole Eolie; il personale collabora anche il gruppo tecnico operante a Catania per lo sviluppo tecnologico e potenziamento della rete eoliana.

5.4.7 Sintetica valutazione scientifica dei dati acquisiti

L'attività sismica da fratturazione registrata nel corso del 2009 non ha mostrato, rispetto all'anno precedente, significative variazioni del rilascio energetico cumulativo; non sono stati inoltre rilevati eventi di rilievo. Sebbene il numero dei terremoti registrati risulti leggermente superiore a quello dell'anno precedente, il rilascio totale di strain sismico è leggermente diminuito rispetto al valore raggiunto nel 2008 (Fig. 5.4.1.).

Nella Fig. 5.4.1. si nota come uno sciame di modesta entità, verificatosi nel mese di luglio 2009 nel settore di Alicudi-Filicudi, interrompe momentaneamente il trend abbastanza regolare, che tuttavia è rimasto invariato per i due mesi successivi ed ha incluso un altro, seppur modesto, rilascio di energia nell'area di Filicudi alla fine di settembre. Una modesta diminuzione nel rate di accadimento della sismicità ha infine caratterizzato i rimanenti mesi dell'anno.

6. Sorveglianza vulcanologica

6.1. Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia)

La sorveglianza vulcanologica condotta dall'UF Vulcanologia e Petrologia dell'Osservatorio Vesuviano ha come obiettivo principale il monitoraggio sia dei vulcani quiescenti dell'area napoletana (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia), che di eventuali eruzioni anche di altri vulcani. Sui vulcani napoletani sono condotti rilievi termici periodici, mentre durante eventi eruttivi sono eseguiti rilievi vulcanologici, termici e raccolta di campioni dei prodotti emessi. Su questi ultimi sono eseguite analisi isotopiche (Sr, Nd). Fra gli obiettivi secondari c'è lo studio di fenomeni pericolosi correlati al vulcanismo, quali i movimenti gravitativi superficiali.

Le attività condotte nel 2009 sono consistite prevalentemente in rilievi termici mensili dei vulcani napoletani e in analisi isotopiche (Sr e Nd) di campioni di roccia emessi durante le eruzioni dell'Etna e dello Stromboli. Rilievi termici aggiuntivi a quelli di routine, sono stati condotti nell'area di Pisciarelli (Campi Flegrei) in seguito a due significativi incrementi del degassamento, e al cratere dello Stromboli, in collaborazione con la Sezione dell'INGV di Catania. Inoltre, sono stati eseguiti anche sopralluoghi geologici al Vesuvio e a Ischia in seguito a eventi franosi.

I rilievi termici (con termocamera e, dove possibile, con termocoppie rigide) al Vesuvio, ai Campi Flegrei e a Ischia sono cominciati nel secondo semestre del 2006, con l'obiettivo di individuare eventuali variazioni delle temperature al suolo, e sono proseguiti con cadenza semestrale fino alla fine del 2007. A partire dal 2008, questi rilievi sono stati effettuati con cadenza mensile e sono stati aggiunti nuovi punti di misura in modo tale da poter indagare ciascun sistema vulcanico in settori in differenti condizioni strutturali. Nel 2009 in particolare, a Ischia è stato aggiunto un punto nell'area di Citara, ad alta temperatura (in media 80-90°C) e in prossimità di uno dei pozzi perforati dalla ditta SAFEN negli anni '50 dello scorso secolo, per ricerche geotermiche. I rilievi sono stati eseguiti essenzialmente di notte e comunque in condizioni di non irraggiamento solare, utilizzando una termocamera portatile FLIR mod. ThermaCAMTM SC640 ad alta risoluzione (640 x 480 pixel) e sensibilità ($< 0,06^{\circ}\text{C} @ +30^{\circ}\text{C}$). I risultati ottenuti sono stati confrontati, quando possibile, con quelli delle misure eseguite con termocoppia rigida. La frequenza mensile delle misure ha permesso di ricostruire la variazione della temperatura massima nel tempo per ciascun punto di misura. I valori di temperatura non mostrano significative variazioni sistematiche, benché il numero di misure per ciascun punto è ancora statisticamente poco significativo.

Di seguito si riportano in modo sintetico i risultati ottenuti per ciascuno dei tre vulcani napoletani monitorati.

6.1.1 Vesuvio

Rilievi sono stati eseguiti solo con telecamera termica dai punti stazione SV1 e SV2a e con l'ausilio anche di termocoppia rigida al punto SV2b (Fig. 6.1.1). Il punto di misura SV1 è ubicato in corrispondenza della telecamera termica fissa gestita dall'UF Geochimica dei Fluidi e dalla Rete TIMNet della Sezione di Napoli.



Fig. 6.1.1. – Cratere del Vesuvio. In giallo sono riportati i punti dai quali sono stati effettuati i rilievi termici con telecamera termica, in rosso quello nel quale sono stati effettuati anche rilievi con termocoppia rigida. L'area in rosso (ASV2a) è quella ripresa dal punto SV2a, mentre l'area in giallo (ASV1) è ripresa dal punto SV1.

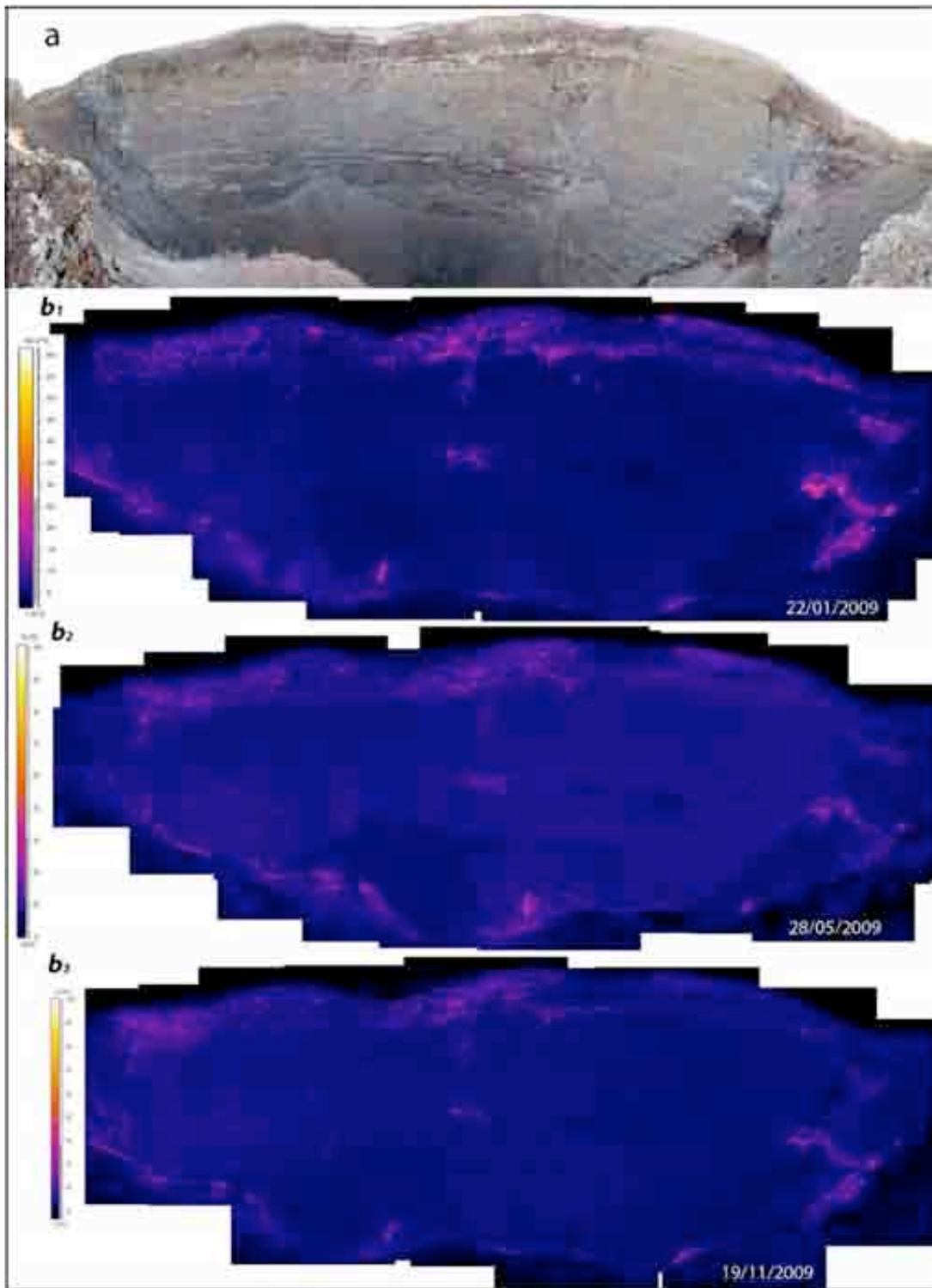


Fig. 6.1.2. – Settore orientale del cratere del Vesuvio. Fotocomposizioni di immagini nel visibile (a) e delle corrispondenti termiche (b_1 , b_2 , b_3) riprese nel corso del 2009 dal punto SV2a di Fig. 6.1.1.

La comparazione delle fotocomposizioni di immagini termiche del versante interno orientale del cratere, riprese tra gennaio e dicembre 2009 dal punto SV2a (Fig. 6.1.1), non evidenzia significative modificazioni delle temperature e della distribuzione areale del campo fumarolico (Fig. 6.1.2: b_1 , b_2 , b_3). I principali risultati ottenuti dalle misure effettuate nei punti SV1 e SV2b sono sintetizzati nelle Figg. 6.1.3 e 6.1.4.

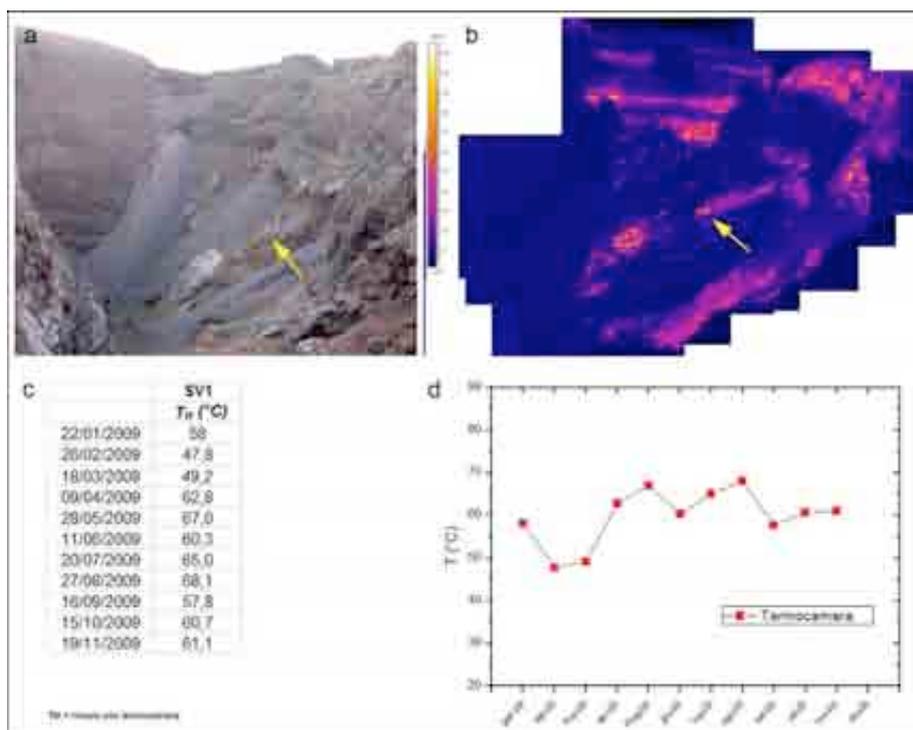


Fig. 6.1.3. – Settore meridionale del cratere del Vesuvio. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto SV1 di figura 1.1.1; la freccia gialla indica il punto di misura relativo al grafico. Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera.

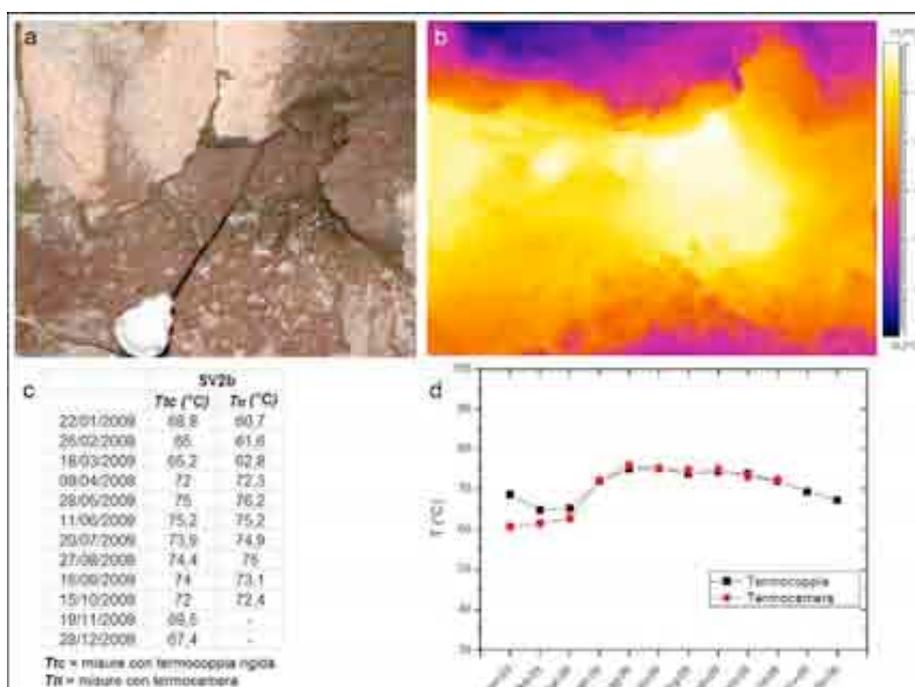


Fig. 6.1.4. – Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese al punto SV2b di figura 1.1.1, di una fumarola ubicata sul settore occidentale del cratere del Vesuvio. Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera e termocoppia.

6.1.2 Campi Flegrei

Le aree e i punti in cui vengono effettuate le misure termiche ai Campi Flegrei (Fig. 6.1.5) sono distribuite in varie zone del fondo della caldera del Tufo Giallo Napoletano.

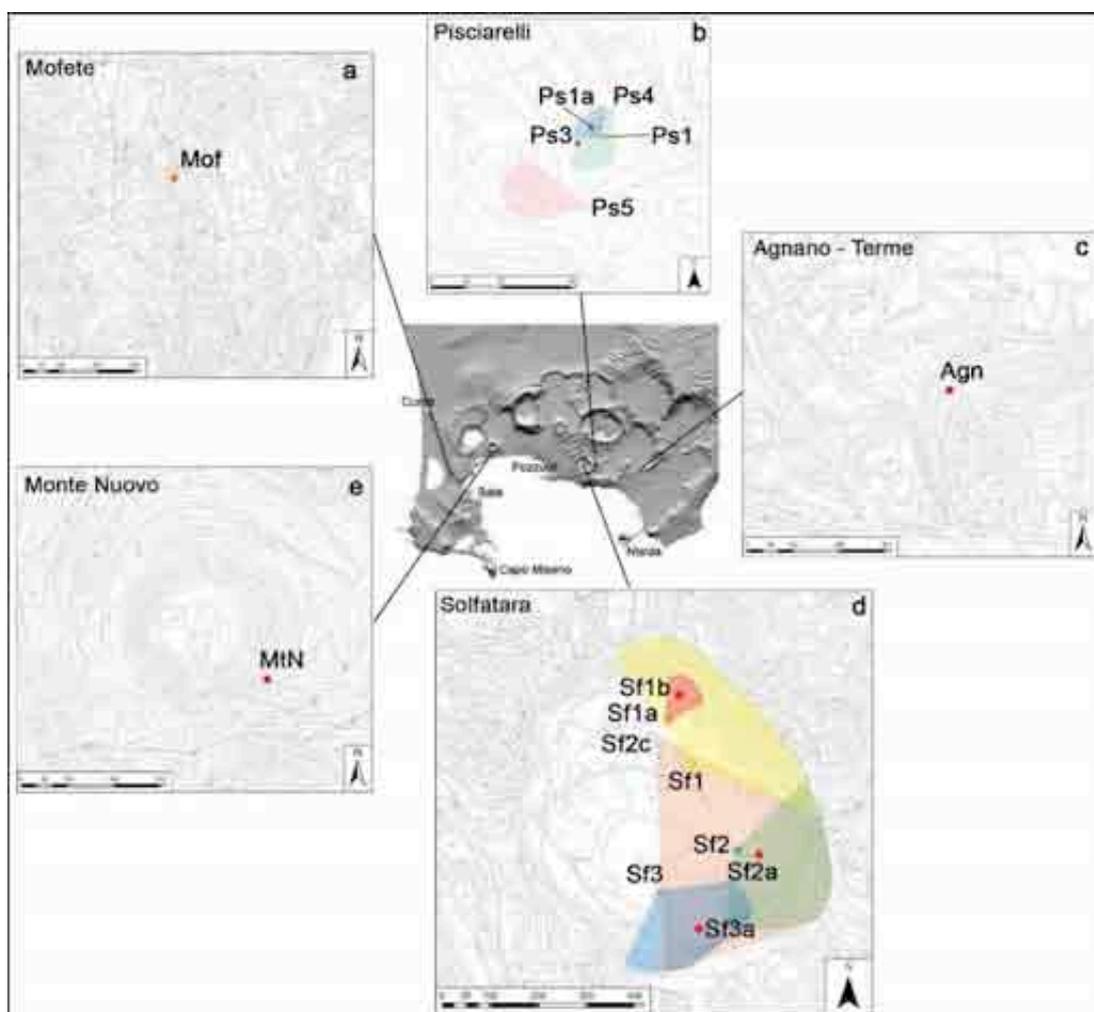


Fig. 6.1.5. – Ubicazione dei punti di misura e dei settori indagati ai Campi Flegrei. I pallini rossi indicano i punti dai quali sono stati effettuati rilievi con termocoppia rigida e telecamera termica. Nel riquadro b, le aree celeste, verde e rosa indicano i versanti rilevati con termocamera rispettivamente dai punti Ps1; Ps4 e Ps5. Nel riquadro d, le aree in giallo, rosso, rosa, verde e blu indicano i versanti rilevati con termocamera rispettivamente dai punti Sf1; Sf1a; Sf2a, Sf2 e Sf3.

La Solfatara

Rilievi con telecamera termica sono stati effettuati lungo i versanti nord-orientale, sud-orientale e meridionale del cratere del vulcano La Solfatara, rispettivamente dai punti Sf1 (e Sf1a), Sf2, Sf3 (Fig. 6.1.5). A queste sono state aggiunte misure con termocoppia rigida nelle aree a più intensa emanazione gassosa e, precisamente, ai punti Sf1b, Sf2a (Bocca Grande) e Sf3a (Fig. 6.1.5.). Il punto Sf2c è ubicato in corrispondenza della telecamera termica fissa gestita dall'UF Geochimica dei Fluidi e dalla Rete TIMNet della Sezione di Napoli. I risultati principali ottenuti, sono sintetizzati nelle Figg. 6.1.6., 6.1.7. e 6.1.8.

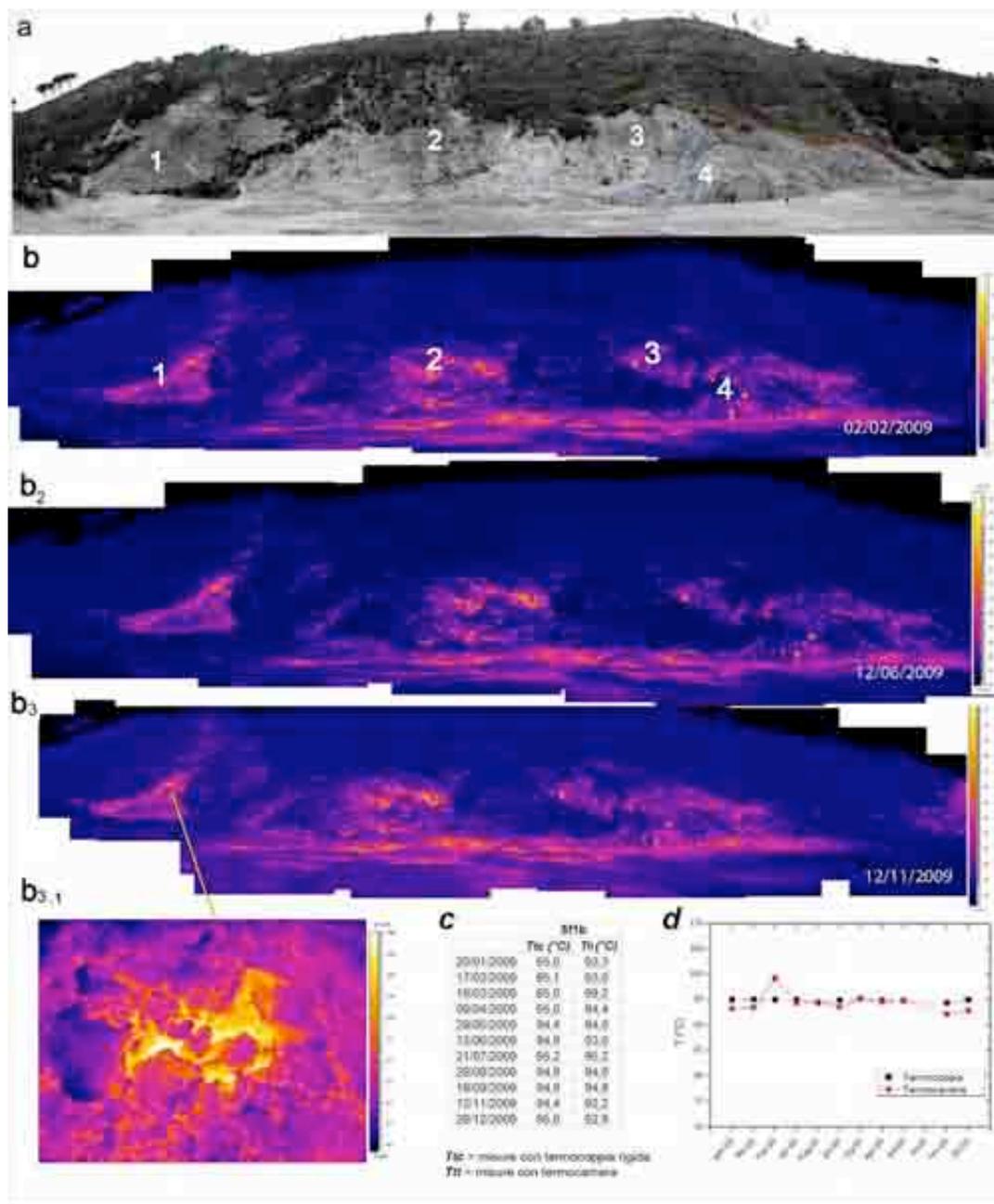


Fig. 6.1.6. – Versante nord-orientale del cratere de La Solfatara. Fotocomposizione di immagini nel visibile riprese dal punto Sf1a di figura 6.1.5.; (a): con i numeri da 1 a 4 sono indicate le aree a maggiore concentrazione di emissioni fumaroliche. Fotocomposizione di immagini termiche riprese dal punto Sf1a di figura 6.1.5. relative al 02/02/2009 (b₁), 12/06/2009 (b₂) e 12/11/2009 (b₃); immagine termica di dettaglio della fumarola del punto Sf1b (b₃₋₁). Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera e termocoppia nel punto Sf1b (Fig. 6.1.5.).

Lungo il versante nord-orientale del cratere de La Solfatara sono state individuate 4 aree a maggiore emissione fumarolica (Fig. 6.1.6). Dalla comparazione delle fotocomposizioni termiche effettuate da gennaio a dicembre 2009 non si osservano significative modificazioni nelle temperature e nella distribuzione areale del campo fumarolico. Le temperature massime della fumarola Sf1b (Fig. 6.1.5.), misurate lungo questo versante sia con termocamera che con termocoppia rigida, sono piuttosto stabili (Fig. 6.1.6.) e non mostrano significative variazioni rispetto a quelle degli ultimi mesi del 2008.

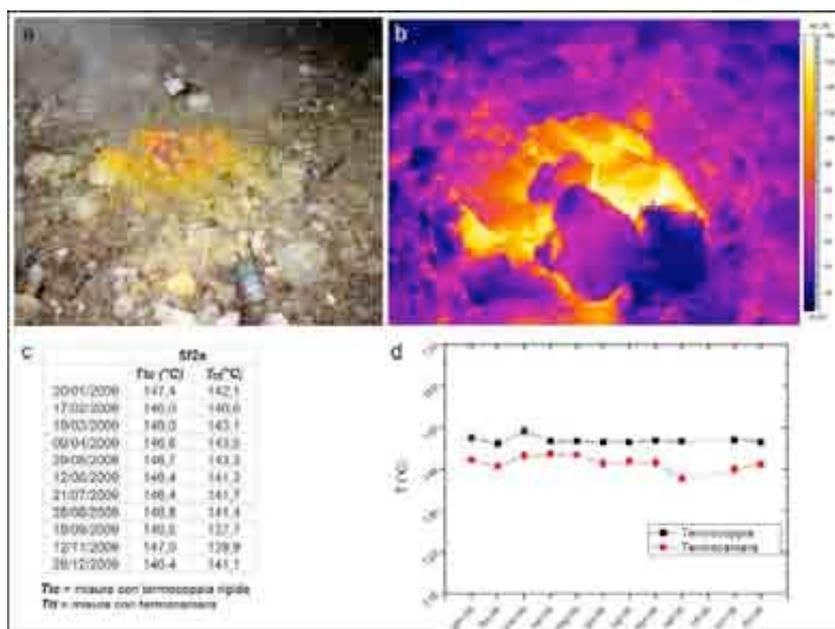


Fig. 6.1.7. – Immagini nel visibile (a) e termica (b), riprese al punto Sf2a di Fig. 6.1.5., della fumarola di Bocca Grande nel cratere della Solfatara. Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera e termocoppia.

Anche a Bocca Grande (punto Sf2a in Fig. 6.1.5.) le temperature misurate con termocoppia rigida e con telecamera termica non mostrano significative variazioni rispetto a quelle degli ultimi mesi del 2008. In particolare, per il 2009 le temperature misurate con termocoppia rigida variano da 146,0 a 149,0°C, mentre quelle misurate con termocamera variano da 137,7°C a 143,5°C (Fig. 6.1.7.), in media con i valori rilevati nel 2008. I valori delle temperature massime misurate con le due diverse tecniche, descrivono nel tempo curve essenzialmente parallele (Fig. 6.1.7.).

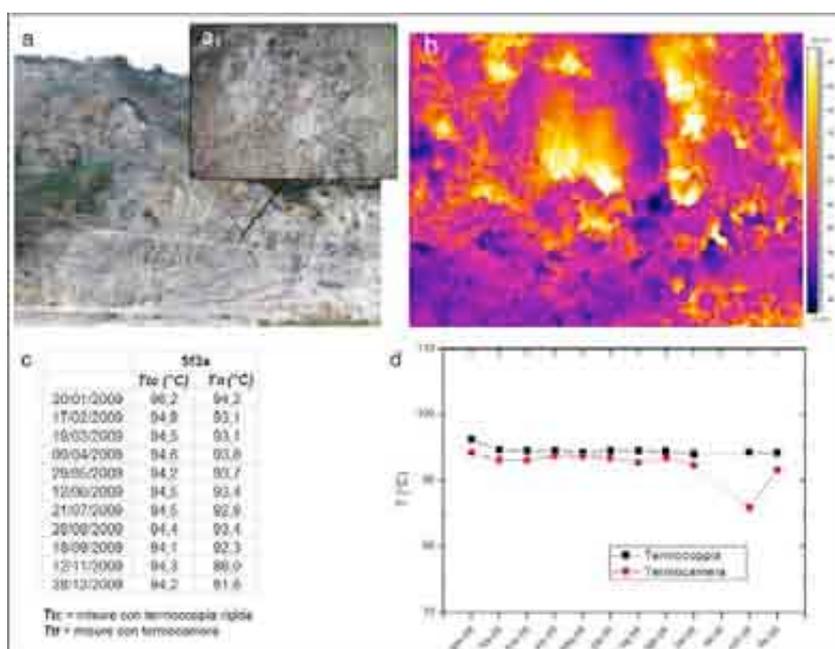


Fig. 6.1.8. – Fumarola lungo il versante meridionale del cratere de La Solfatara. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto Sf3a di figura 6.1.5. Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera e termocoppia.

I valori delle temperature massime misurate con termocoppia rigida e telecamera termica alla fumarola ubicata al punto Sf3a, lungo il versante meridionale del cratere de La Solfatara (Fig. 6.1.5.), sono abbastanza simili (Fig. 6.1.8.). I primi variano da 94,1°C a 96,2°C, mentre i secondi da 91,6°C a 94,2°C, tranne che quello rilevato con termocamera nel mese di novembre che è più basso (86,0°C), verosimilmente per la presenza di una fitta nebbia. Anche in questo caso le temperature misurate non mostrano significative variazioni rispetto a quelle degli ultimi mesi del 2008.

Pisciarelli

In località Pisciarelli, nei mesi di marzo e dicembre 2009, si è verificato un rilevante incremento del degassamento nell'area del punto Ps3 in Fig. 6.1.5.). L'evoluzione nel tempo di questo fenomeno è ben evidenziata dalle immagini termiche riportate in Fig. 6.1.9. Nel mese di gennaio 2009, l'area interessata da più alte anomalie termiche era aumentata rispetto a dicembre 2008. Da marzo 2009 le temperature più alte si sono concentrate in una zona più ristretta, all'interno della quale c'è stato il significativo incremento del degassamento, tutt'ora in atto. Nel mese di dicembre si è notata una maggiore emissione di gas alle spalle dell'area in oggetto.

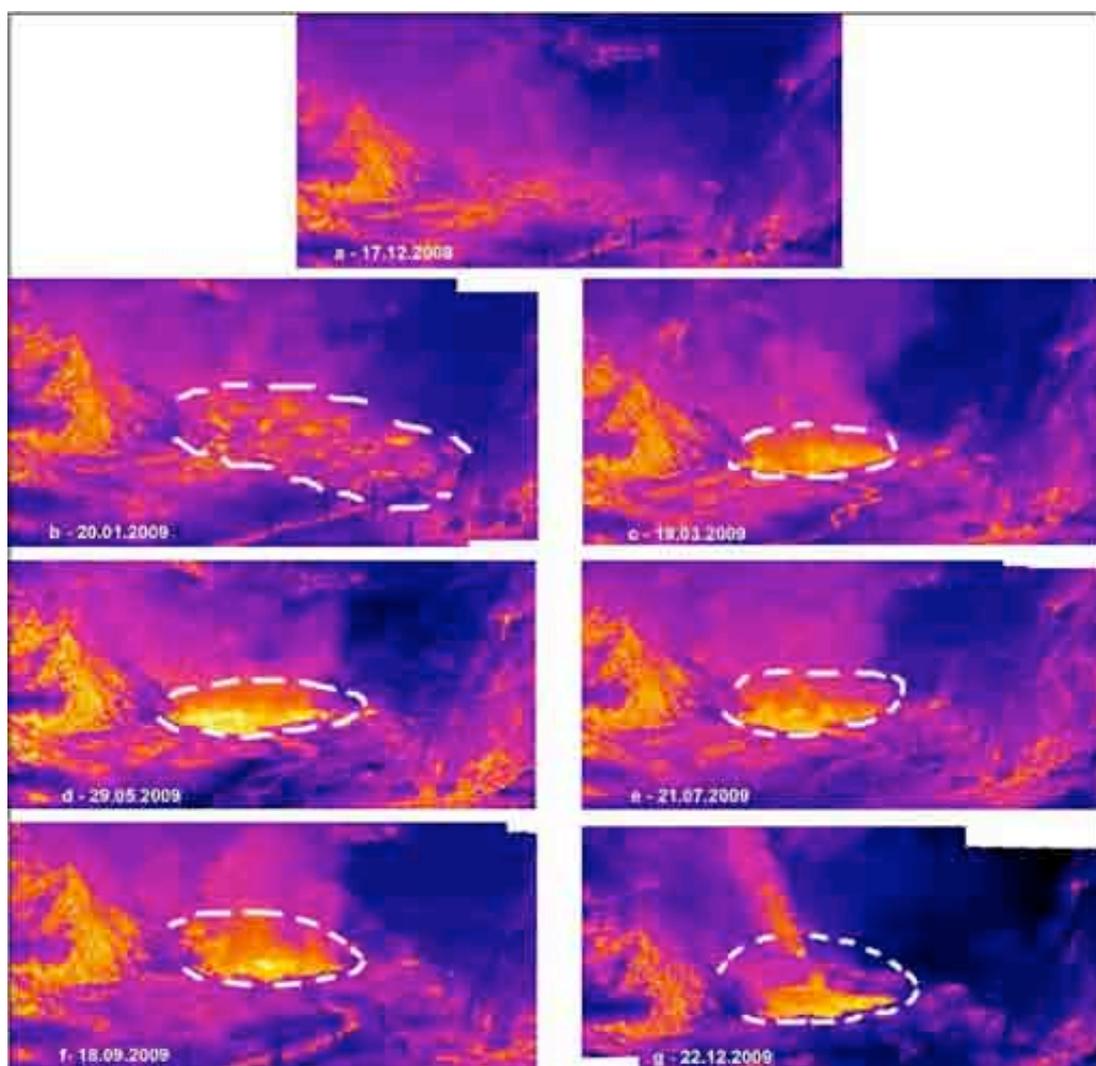


Fig. 6.1.9. – Fotocomposizione di immagini termiche riprese dal punto Ps4 di figura 1d tra dicembre 2008 e dicembre 2009 L'area racchiusa dal tratteggio bianco è quella definita Ps3 in Fig. 6.1.5.

L'andamento dei valori di temperatura massima rilevati con termocamera mobile e termocoppia nel 2009 in corrispondenza dei punti Ps1a e Ps3 (Fig. 6.1.5.) mostra chiaramente che le misure effettuate con termocoppia, a differenza delle altre, non subiscono sostanziali variazioni (Figg. 6.1.10. e 6.1.11.). Questa discrepanza è verosimilmente legata al fatto che l'aumento del degassamento precedentemente descritto, ha facilitato il trasporto di particelle molto fini la cui deposizione ha prodotto uno stato di sedimento fangoso che verosimilmente funge da tampone per il degassamento e pertanto influenza negativamente le misure con termocamera.

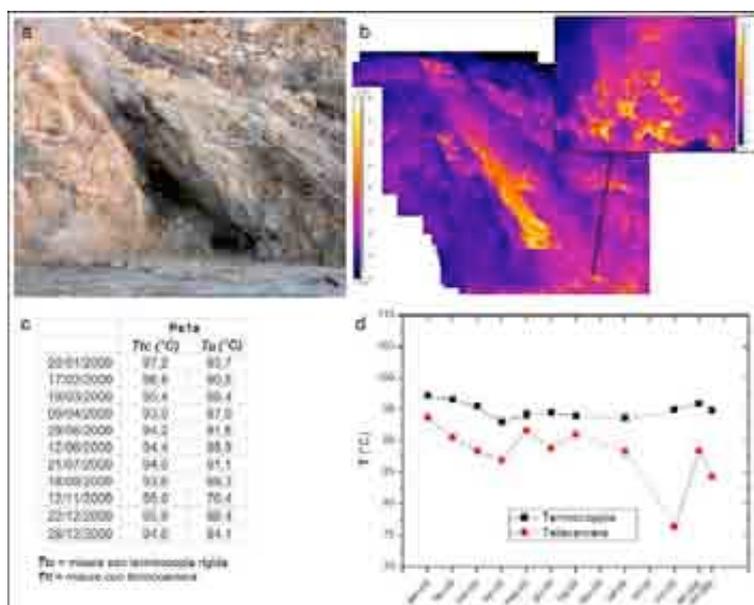


Fig. 6.1.10. – Fumarola in località Pisciarelli. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto Ps1a di Fig. 6.1.5. Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera e termocoppia.

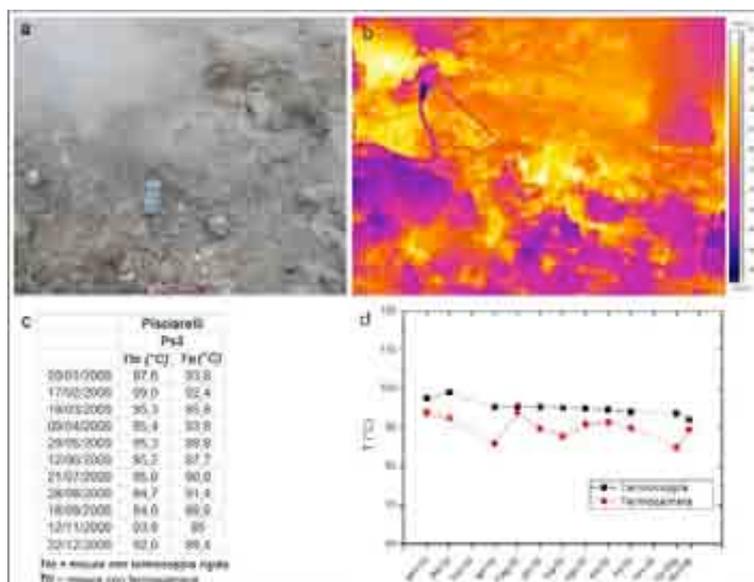


Fig. 6.1.11. – Fumarola in località Pisciarelli. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto Ps3a di Fig. 6.1.5. Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera e termocoppia.

I valori di temperatura massima rilevati nel 2009 nell'area fumarolizzata ripresa dal punto Ps5 (Fig. 6.1.5.), in corrispondenza della telecamera termica fissa gestita dall'UF Geochimica dei Fluidi e dalla Rete TIMNet dell'OV (Fig. 6.1.12.), sono in media di ~ 68°C, tranne che nei mesi di febbraio (~ 64°C) e giugno (~ 73°C).

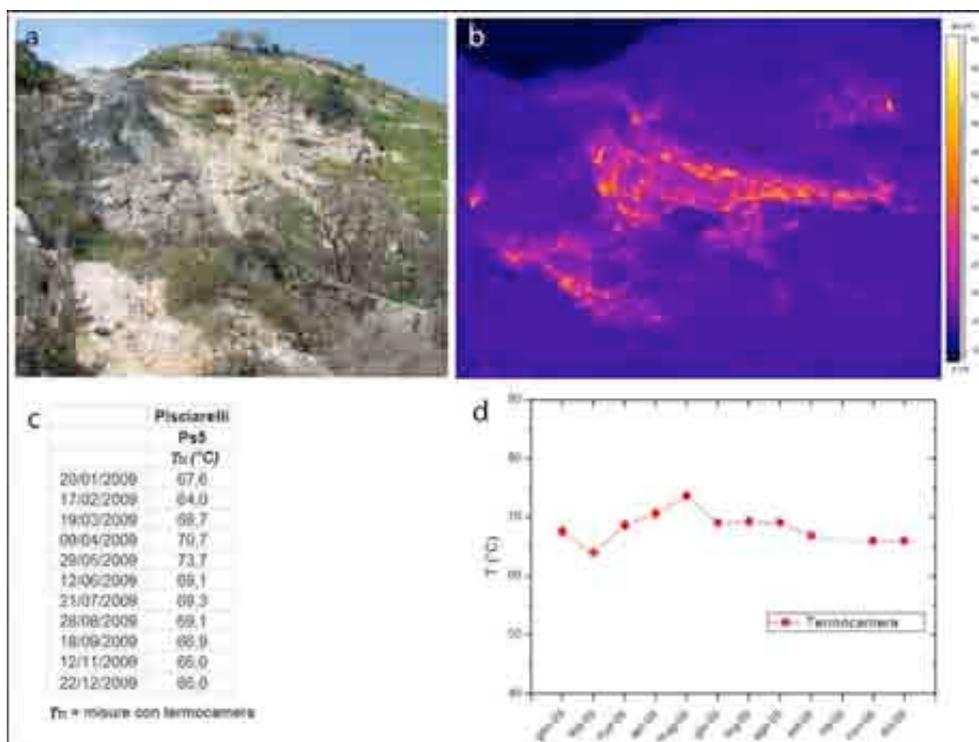


Fig. 6.1.12. – Area fumarolizzata in località Pisciarelli. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto Ps5 di Fig. 6.1.5. Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera.

Monte Nuovo

Rilievi termici sono stati effettuati con telecamera termica e termocoppia rigida lungo il versante meridionale dell'edificio di Monte Nuovo (Figg. 6.1.5. e 6.1.13.). Nel 2009 i valori di temperatura massima misurati con termocoppia, così come quelli con telecamera termica, sono variati da 77,2°C a 82,0°C tranne che nei mesi di settembre e novembre, probabilmente a causa di un'intensa e prolungata pioggia verificatasi nelle ore precedenti la misura (Fig. 6.1.13.). I valori della temperatura massima misurati con entrambi i metodi sono abbastanza simili a quelli del secondo semestre del 2008.

Agnano terme

Rilievi con termocoppia rigida e telecamera termica sono stati effettuati in corrispondenza di una fumarola non captata, in prossimità dell'ingresso storico dello stabilimento termale delle "Terme di Agnano" (Figg. 6.1.5. e 6.1.14.). I valori delle temperature massime misurate con i due metodi sono molto simili, oscillano tra 90°C e 95°C e non sono variati significativamente nel tempo (Fig. 6.1.14.).

Mofete

In località Mofete rilievi termici sia con termocoppia rigida che con telecamera termica sono stati effettuati in corrispondenza del punto Mof (Fig. 6.1.5.). Questa zona è caratterizzata da variazioni della temperatura massima misurata con i due diversi metodi (Fig. 6.1.14.); le temperature più basse sono state registrate in febbraio, marzo e novembre.

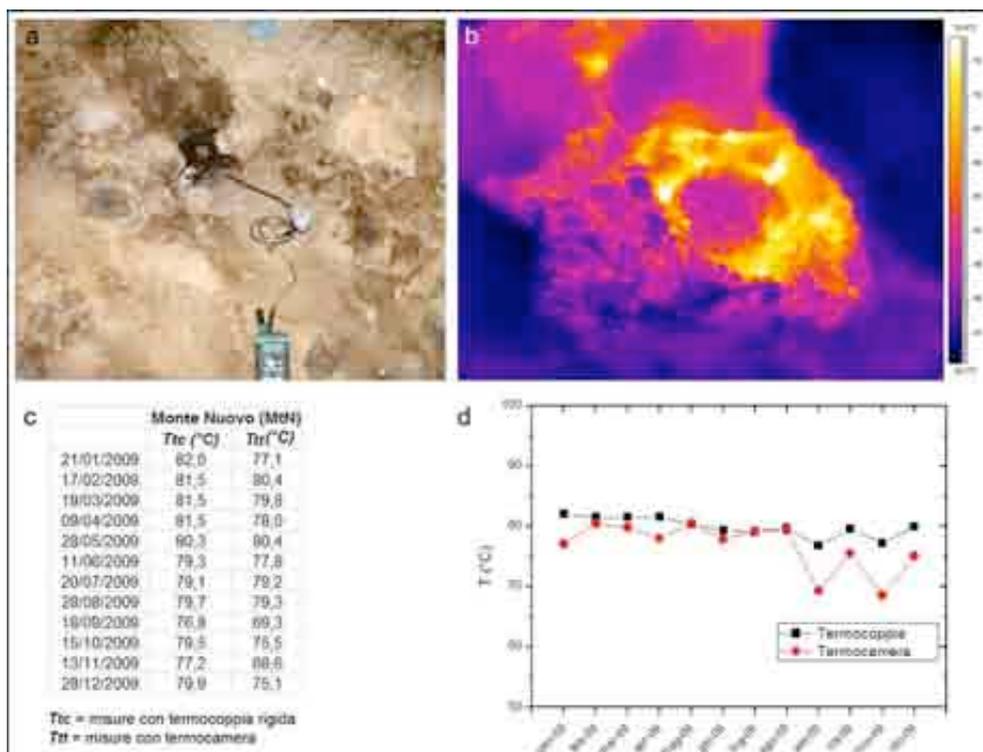


Fig. 6.1.13. – Fumarola lungo il versante meridionale di Monte Nuovo. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto Mnt di Fig. 6.1.5. Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera e termocoppia.

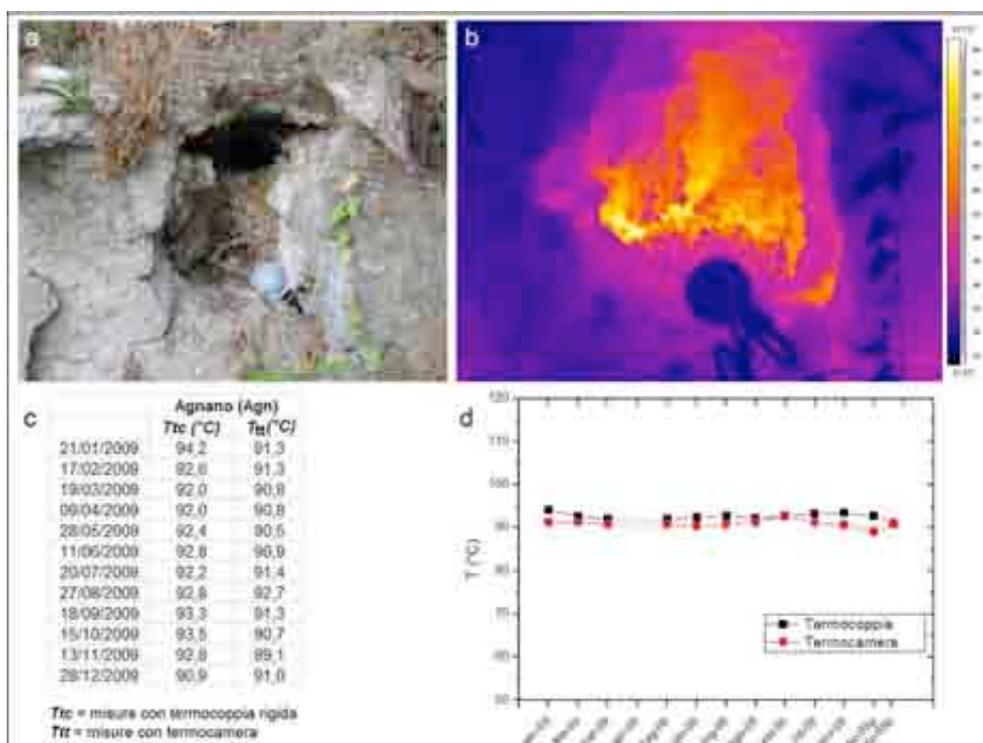


Fig. 6.1.14. – Fumarola all'interno dello stabilimento termale delle "Terme di Agnano". Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto Agn di Fig. 6.1.5. Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera e termocoppia.

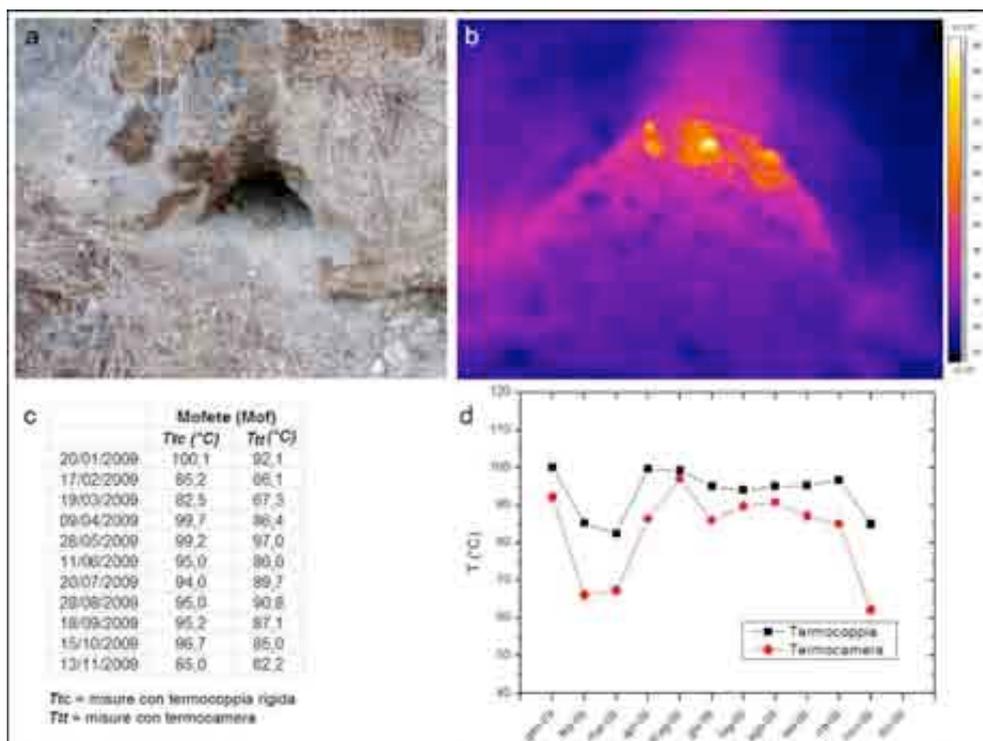


Fig. 6.1.14. – Fumarola in località Mofete. Immagini nel visibile (a) e termica (a1) riprese dal punto Mof di Fig. 6.1.5. Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera e termocoppia.

6.1.3 Ischia

I rilievi termici a Ischia sono stati effettuati in otto punti di stazione ubicati in diversi contesti strutturali (Fig. 6.1.15.).

Donna Rachele – Forio

In località Donna Rachele, lungo il versante occidentale del Monte Epomeo, sono stati effettuati rilievi con termocoppia rigida e telecamera termica in corrispondenza dei punti DR2 e DR3, e solo con termocamera dai punti DRp e DR1p (Fig. 6.1.15.). I valori delle temperature massime misurate con i due metodi alle fumarole DR2 e DR3 sono molto simili e non sono variati significativamente nel tempo (Fig. 6.1.16.). Essi sono di circa 100°C, tranne quelli rilevati con la telecamera termica nel punto DR2 nei mesi di giugno e settembre, probabilmente a causa dell'accumulo di gas in prossimità della fumarola che maschera il valore della temperatura registrata (Fig. 6.1.16.).

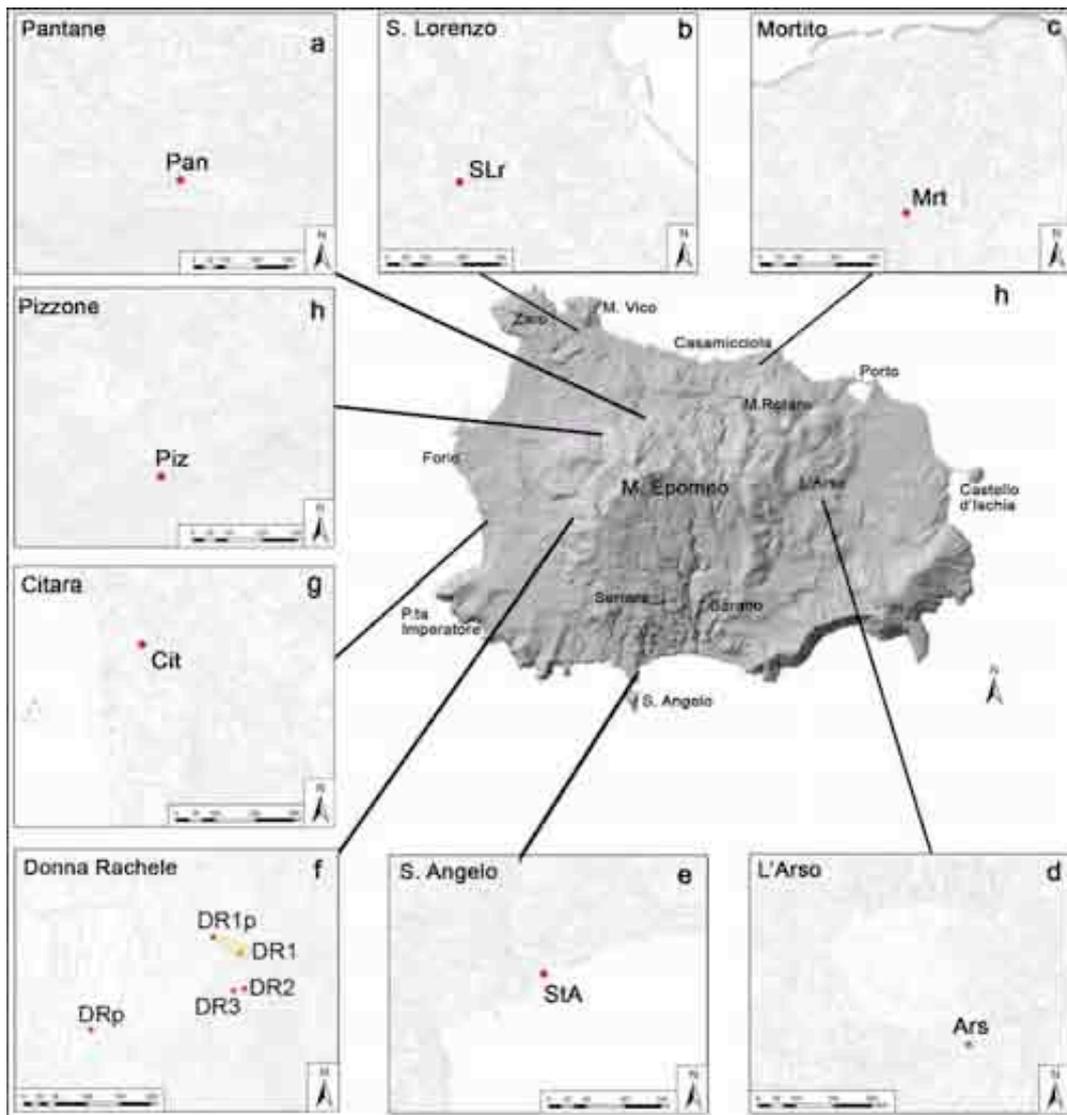


Fig. 6.1.15. – Ubicazione dei punti di misura a Ischia.

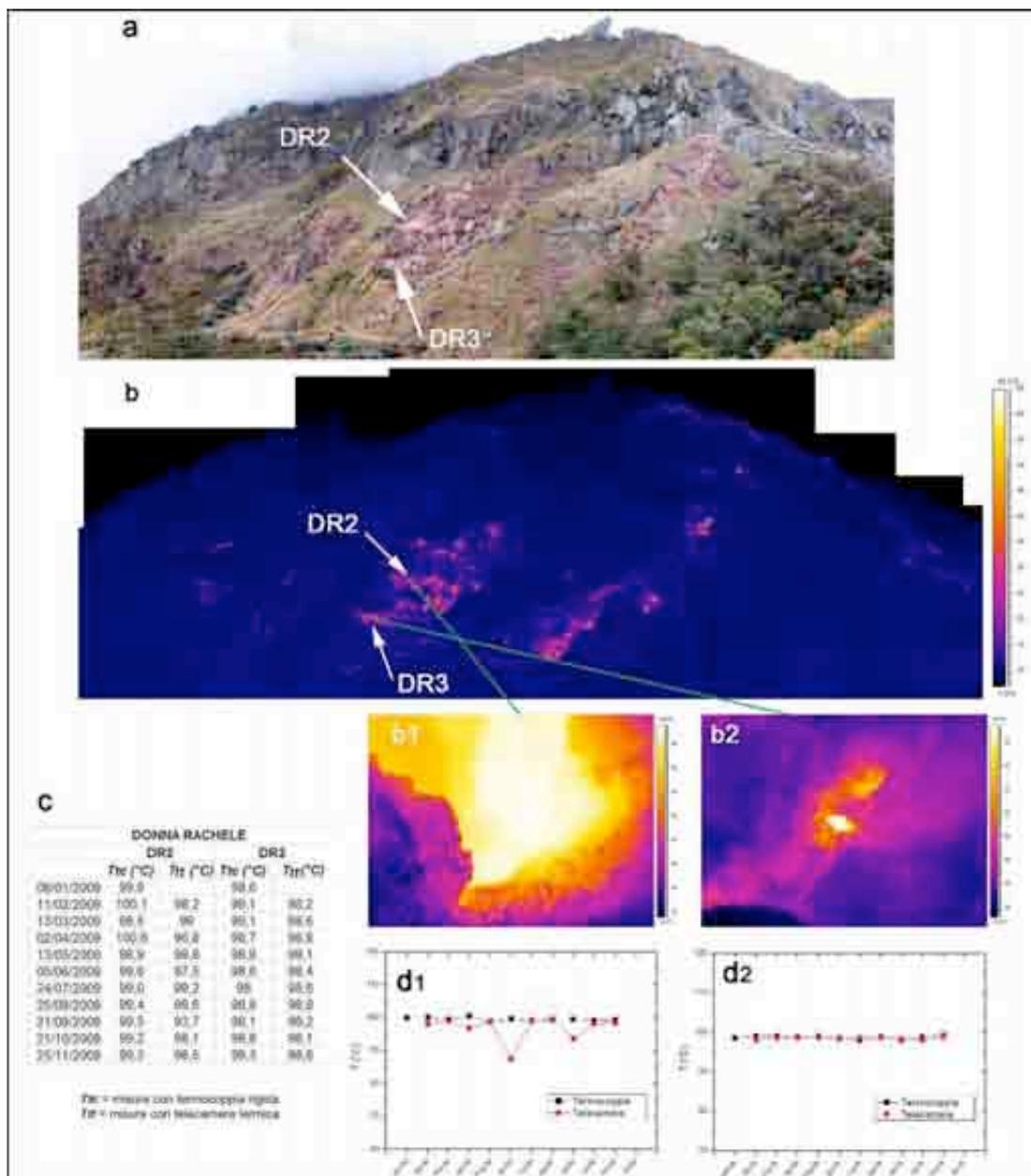


Fig. 6.1.16. – Versante di Donna Rachele a Ischia. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto DRp di Fig. 6.1.15.; le immagini termiche rappresentate in b1 e b2 sono relative ai punti indicati rispettivamente come DR2 e DR3. Tabella (c) e variazione nel tempo (d₁ e d₂) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera e termocoppia nei punti DR2 (d₁) e DR3 (d₂).

S. Angelo

A S. Angelo, nel settore meridionale di Ischia (Figg. 6.1.15. e 6.1.17.) sono stati effettuati rilievi con termocoppia rigida e telecamera termica. Le temperature massime misurate con i due metodi sono molto simili e non sono variate significativamente nel tempo (Fig. 6.1.17.), con valori compresi tra 90 e 95°C.

Cratere dell'Arso

All'interno del cratere dell'Arso, nel settore orientale di Ischia (Figg. 6.1.15. e 6.1.18.), sono stati effettuati rilievi con termocoppia rigida e telecamera termica. I valori delle temperature massime misurate con i due metodi sono molto simili, oscillano tra 40 e 45°C, e non sono variati significativamente nel tempo (Fig. 6.1.18.).

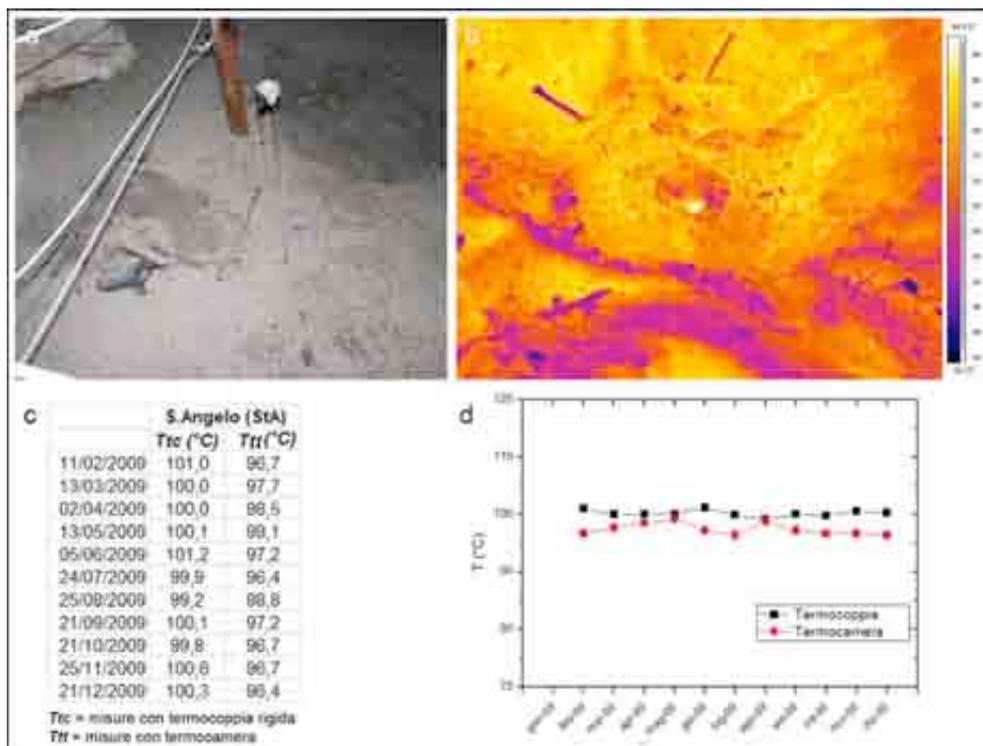


Fig. 6.1.17. – Fumarola in località S. Angelo a Ischia. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto StA di Fig. 6.1.15. Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera e termocoppia.

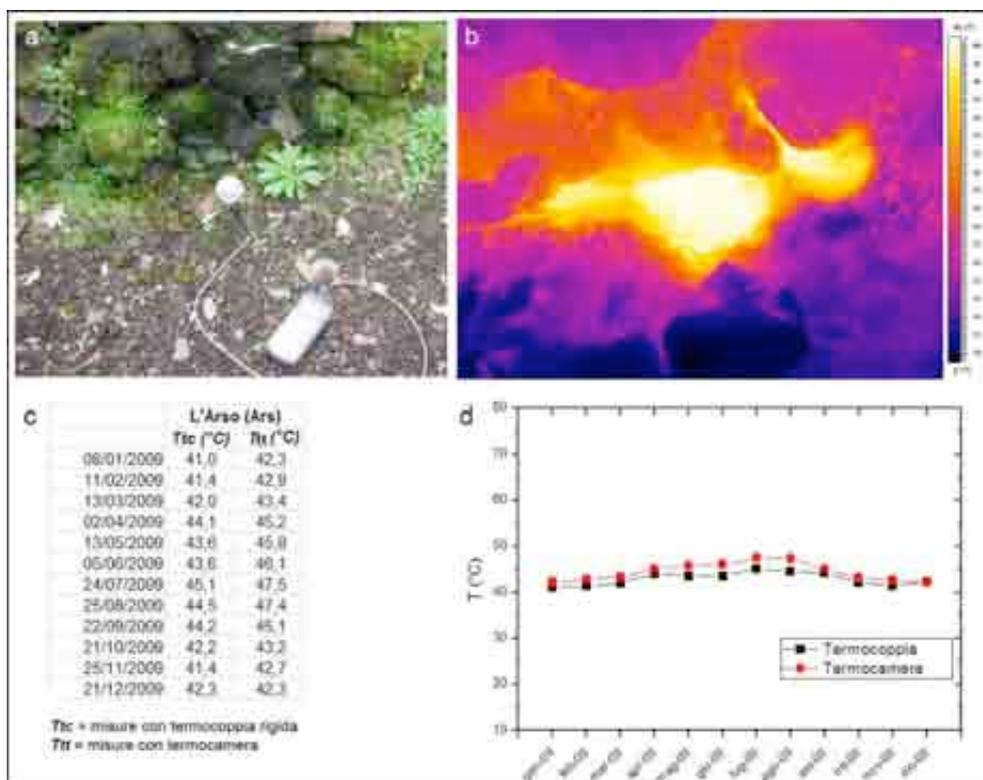


Fig. 6.1.18. – Cratere dell'Arso a Ischia. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto Ars di Fig. 6.1.15. Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera e termocoppia.

Mortito

Rilievi effettuati con termocoppia rigida e telecamera termica in località Mortito (Casamicciola), nella parte settentrionale di Ischia (Figg. 6.1.15. e 6.1.19), hanno dato valori di temperatura massima molto simili, variabili tra 61 e 64°C, e che non sono variati significativamente nel tempo (Fig. 6.1.19). Le misure sono state effettuate fino al mese di ottobre in quanto il successivo 10 novembre una frana ha determinato la chiusura della strada di accesso alle fumarole.

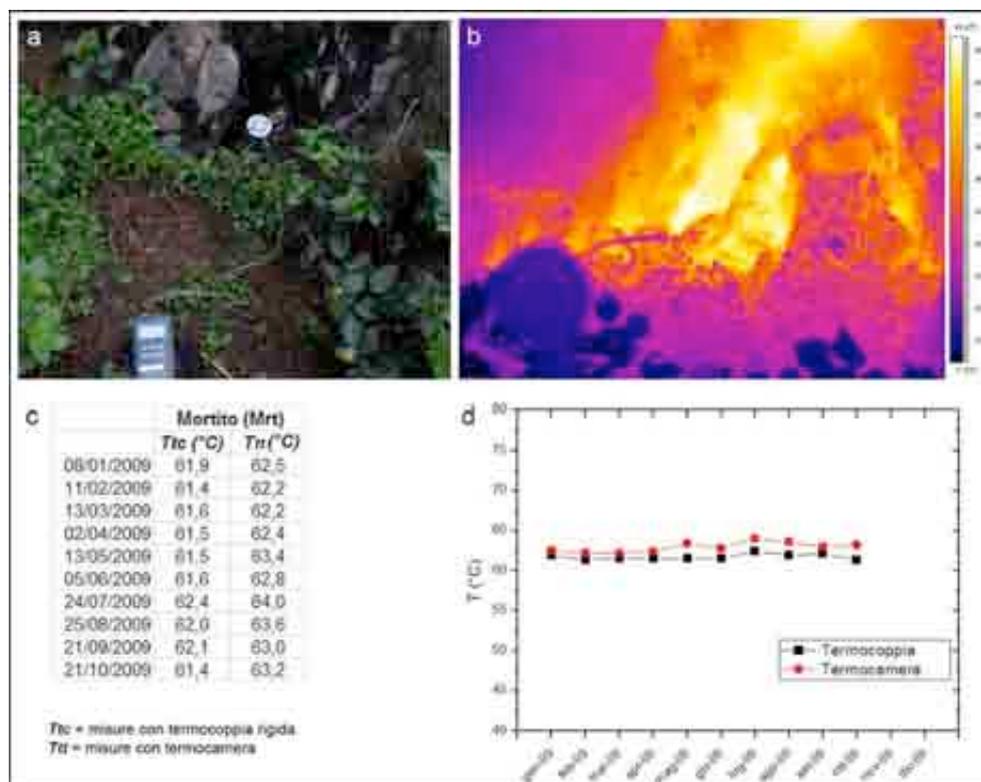


Fig. 6.1.19. – Fumarola in località Mortito a Ischia. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto Mrt di Fig. 6.1.15. Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera e termocoppia.

Pantane

Rilievi con termocoppia rigida e telecamera termica sono stati effettuati in località Pantane, a nord del Monte Epomeo (Figg. 6.1.15. e 6.1.20.). I valori di temperatura massima misurata con termocoppia rigida sono rimasti intorno ai 99°C per tutto il 2009 (Fig. 6.1.20.), mentre quelli rilevati con telecamera termica hanno variato tra 89°C e 95°C, tranne che in gennaio 2009 (71°C) (Fig. 6.1.20.), probabilmente per effetto della pioggia caduta durante la misura.

S. Lorenzo

In località S. Lorenzo, nel settore nord-occidentale di Ischia (Figg. 6.1.15. e 6.1.21), sono stati effettuati rilievi con termocoppia rigida e telecamera termica che hanno dato valori di temperatura massima molto simili e abbastanza costanti nel tempo tra 39°C e 43°C (Fig. 6.1.21). I valori rilevati con termocoppia rigida sono leggermente più bassi di quelli misurati con telecamera termica (Fig. 6.1.21.), verosimilmente perché le misure sono eseguite con termocoppia inserita in una frattura beante.

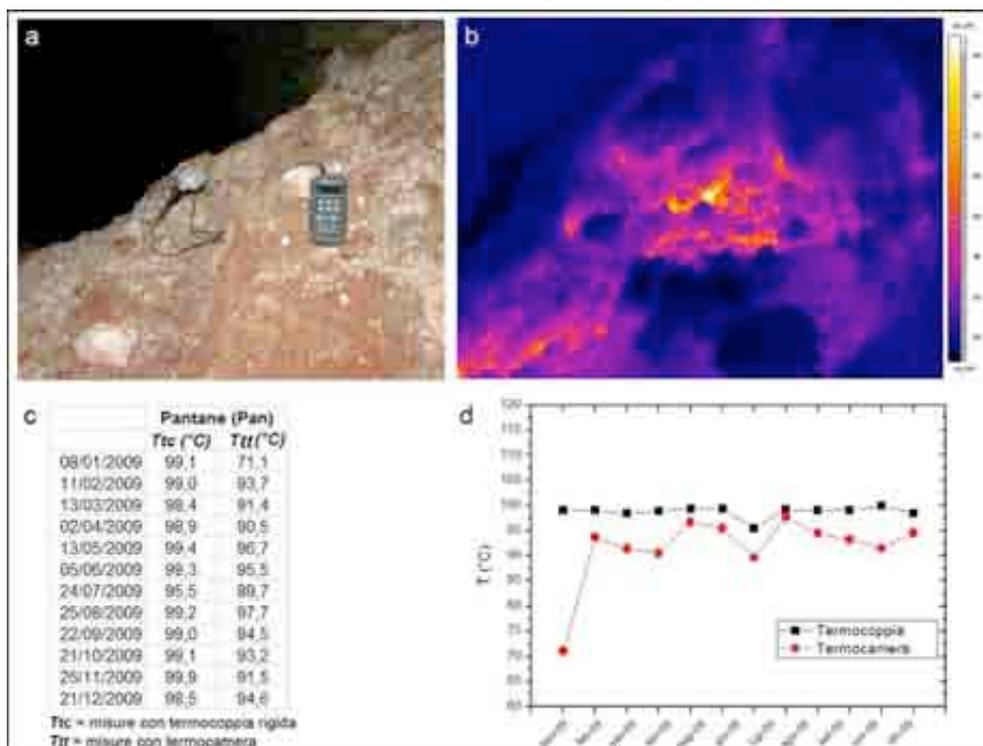


Fig. 6.1.20. – Fumarola in località Pantane a Ischia. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto Pan di Fig. 6.1.15. Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera e termocoppia.

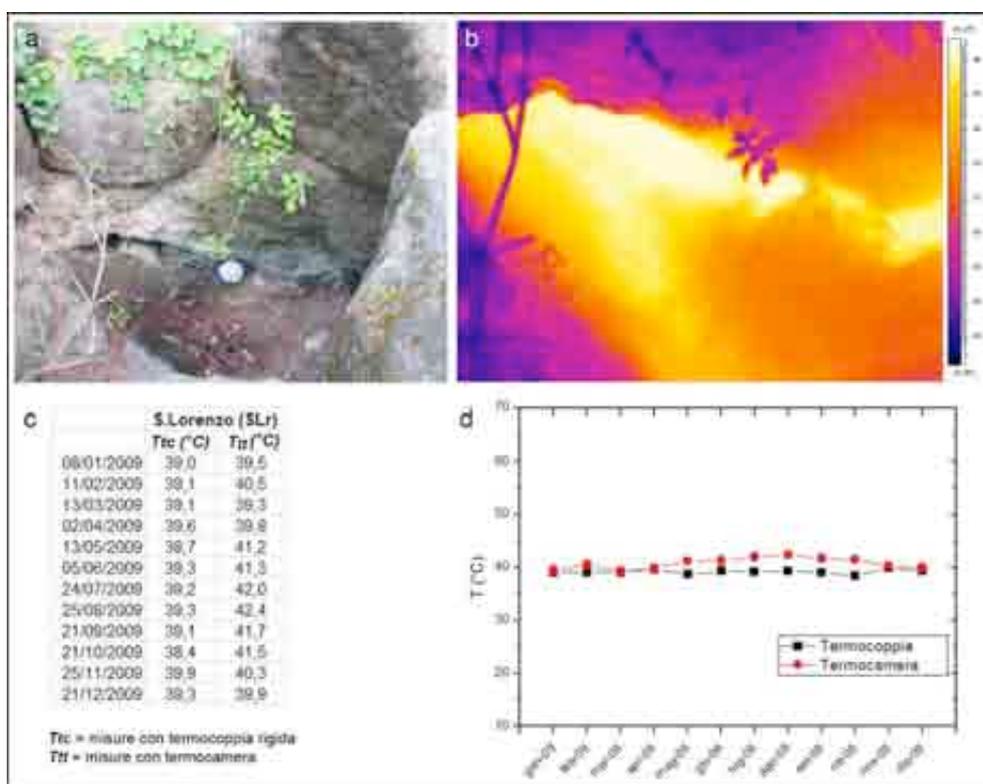


Fig. 6.1.21. – Fumarola in località S. Lorenzo a Ischia. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto SLr di Fig. 6.1.15. Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera e termocoppia.

Pizzone

In località Pizzone, a nord-ovest del Monte Epomeo (Figg. 6.1.15. e 6.1.22.), sono stati eseguiti rilievi con termocoppia rigida e telecamera termica. I valori di temperatura massima rilevati con entrambi i metodi sono molto simili, tranne che per il mese di febbraio, quando con la telecamera termica si è misurata una temperatura inferiore (Fig. 6.1.22.), probabilmente a causa delle intense piogge dei giorni precedenti la misura. I valori di temperatura massima misurati con entrambi i metodi variano tra 94°C e 99°C, tranne che quelli relativi al mese di marzo, che sono leggermente più bassi (90°C -93°C) (Fig. 6.1.22.).

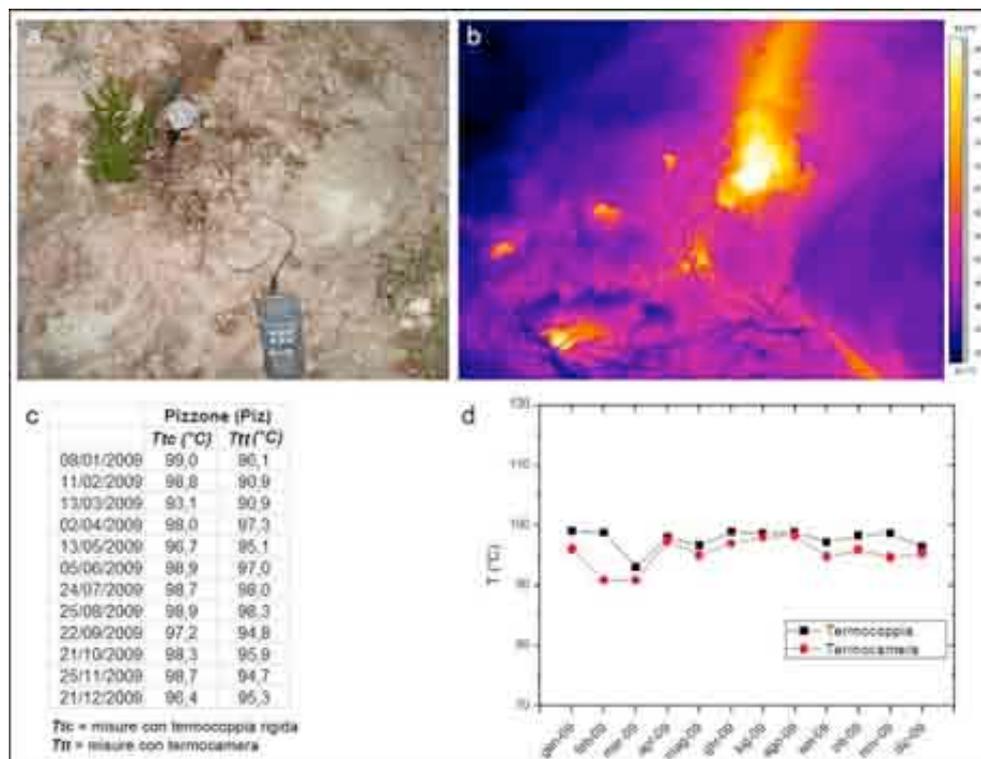


Fig. 6.1.22. – Fumarola in località Pizzone a Ischia. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto Piz di Fig. 6.1.15. Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera e termocoppia.

Citara

In località Citara, nel settore occidentale Ischia (Figg. 6.1.15. e 6.1.23), sono stati effettuati rilievi con termocoppia rigida e telecamera termica. I valori di temperatura massima rilevati con la telecamera termica non mostrano significative variazioni nel tempo e oscillano tra 85 e 90°C (Fig. 6.1.23).

Il fatto che i valori rilevati con termocoppia rigida sono leggermente inferiori e meno costanti nel tempo di quelli misurati con la telecamera termica (Fig. 6.1.23), dipende dal fatto che in questo sito la termocoppia non riesce a penetrare il suolo (molto compatto), e viene solo poggiata sulla superficie. Pertanto, in questo punto si ritengono indicativi solo i valori di temperatura massima rilevati con telecamera termica.

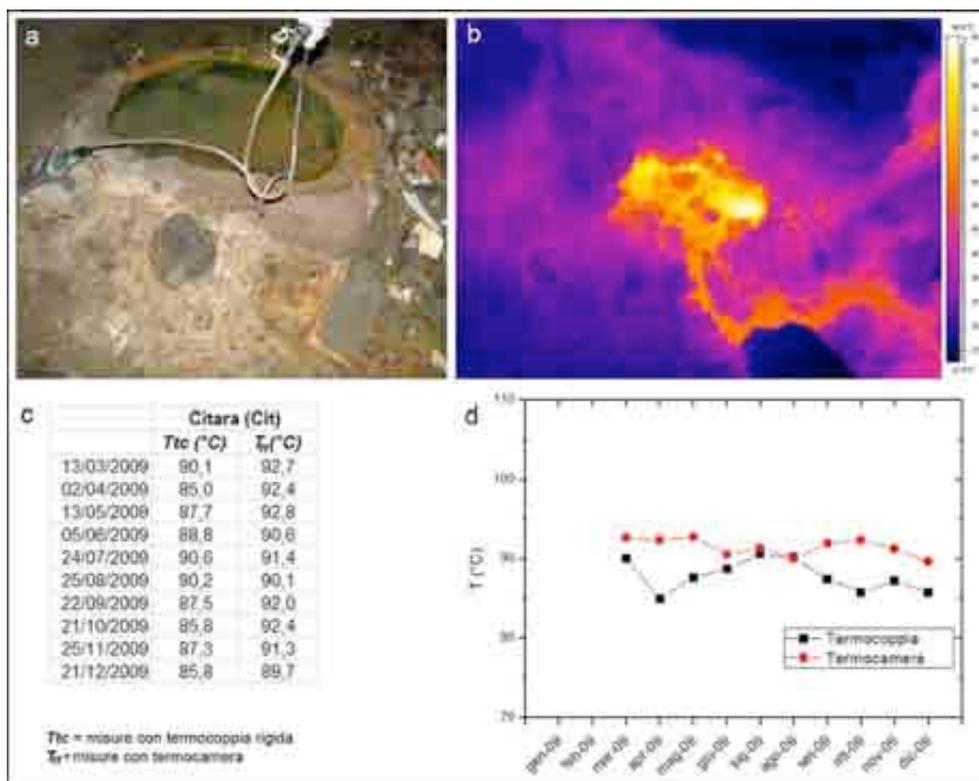


Fig. 6.1.23. – Fumarola in località Citara a Ischia. Immagini nel visibile (a) e termica (b) riprese dal punto Cit di Fig. 6.1.15. Tabella (c) e variazione nel tempo (d) dei valori massimi di T (°C) rilevati nel 2009 con termocamera e termocoppia.

6.1.4. Eventi franosi del 5 maggio 2009 al Vesuvio

Questo paragrafo è basato sulla relazione “Rapporto sui fenomeni di frana avvenuti al Vesuvio il 5 maggio 2009” stilata da M. Di Vito, R. Isaia, L. D’auria e F. Giudicepietro per la Direzione della Sezione di Napoli.

A seguito di una sequenza sismica di circa 15 eventi associabili ad eventi franosi, registrata tra il 4 ed il 5 giugno 2009, dalla rete sismica della Sezione di Napoli, il giorno 5 giugno 2009 è stata effettuata una ricognizione dell’area sommitale del vulcano, includente sia l’area craterica che i versanti esterni del Gran Cono, per osservare e descrivere i fenomeni avvenuti. Lungo le pareti interne del cratere sono state rilevate numerose evidenze di fenomeni franosi recenti e in atto. Questi fenomeni, nella maggioranza dei casi, sono frane da crollo che interessano a varie altezze i versanti. In particolare nel settore orientale del cratere è stato possibile rilevare e delimitare una grossa area di distacco e di accumulo con caratteri tale da essere associabile agli eventi registrati dalla rete della Sezione di Napoli. Si tratta di almeno due frane principali, di volume significativo, evidenziate da due differenti nicchie di distacco adiacenti che complessivamente hanno ampiezza di circa 50 m e si sviluppano in verticale per circa 170 m (Fig. 6.1.24.). Le due aree principali di movimento sono state evidenziate dal differente grado di umidità/freschezza della parete. La ricostruzione è stata confermata anche dalle segnalazioni di alcune guide vulcanologiche del Vesuvio. I materiali mobilizzati sono quasi esclusivamente costituiti da lave e, in subordine, da piroclastiti. In particolare, l’area sommitale della nicchia di frana ha interessato i depositi, sia piroclastici che lavici, dell’eruzione del 1944, mentre la parte dominante del materiale franato deriva dalla sequenza lavica sottostante. Le lave, a causa della loro intensa fatturazione, costituiscono blocchi di dimensione variabili, alcuni dei quali raggiungono il fondo del cratere. Il cumulo di frana è anch’esso ben visibile (Fig. 6.1.24.) ed è evidenziato dalla colorazione rossastra delle piroclastiti (scorie) inglobate nel materiale crollato.

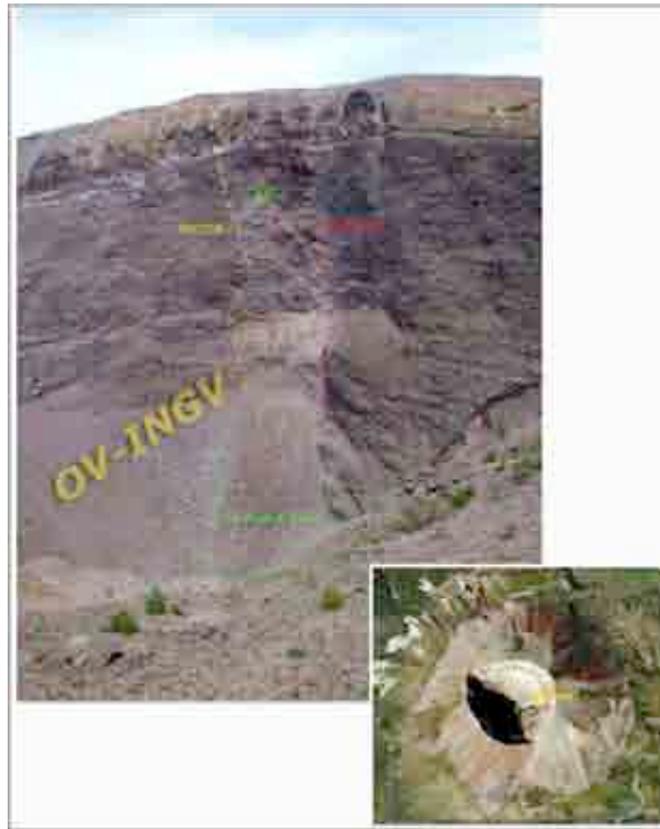


Fig. 6.1.24. - Rappresentazione delle frane del 5 giugno all'interno del cratere. L'ubicazione è riportata nell'inserto.

La ricostruzione dell'area interessata dai movimenti franosi ha permesso di stimare il volume complessivo di materiale coinvolto in circa 8.500 m³, prevalentemente composto da blocchi lavici. Durante il sopralluogo si sono verificati numerosi eventi di distacco, caduta e rotolamento di blocchi in tutto il settore interessato dalle frane descritte, di entità modesta rispetto a quelli registrati dalla rete sismica della Sezione di Napoli. Nessuno dei fenomeni osservati all'interno del cratere ha interessato il sentiero sommitale. Lungo i versanti esterni del Gran Cono sono state osservate numerose tracce di fenomeni di erosione accelerata di tipo lineare. Tra questi il più rilevante ha interessato il versante sud-orientale, dove è stata osservata la forte incisione di un canale con direzione NW-SE, che si sviluppa fra 1190 e circa 970 m slm (Figg. 6.1.25. e 6.1.26). A quote inferiori è stata osservata la presenza di lobi di detrito, costituiti prevalentemente da materiale sciolto sabbioso grossolano (Fig. 6.1.27.). Questi depositi contengono, soprattutto nella porzione superiore, alcuni blocchi di dimensioni variabili da decimetri fino a circa 1 m, allineati o concentrati ai margini esterni. Alcuni lobi sono sovrapposti, indicando che la loro messa in posto è avvenuta in diversi momenti, ad opera di colate di detrito discrete, con movimento di tipo flusso granulare. La struttura dei depositi indica che pur essendo molto recenti, non sono collegabili ai segnali sismici rilevati dalla Sezione di Napoli. Lungo la stessa incisione, in corrispondenza del sentiero "Matrone" (a quota 1140 m slm) una piccola struttura a ponte è stata completamente colmata e sormontata dai detriti trasportati all'interno del canale di incisione sopra descritto (Fig. 6.1.28.). L'evento è avvenuto, prevalentemente, a seguito degli intensi fenomeni piovosi dello scorso 2 Giugno. Tutti i fenomeni descritti, così come avvenuto in passato, sono da ascrivere a normali processi morfo-evolutivi, particolarmente intensi durante periodi a forte dinamica meteorica.



Fig. 6.1.25. - Area a forte incisione lineare lungo il versante sud-orientale del Gran Cono.



Fig. 6.1.26. - Particolare dell'area a incisione lineare di Fig. 6.1.25.



Fig. 6.1.27. - Depositi di detrito a valle dell'incisione lineare di cui alle Figg. 6.1.25. e 6.1.26.



Fig. 6.1.28. - Struttura parzialmente interessata dall'escavazione e accumulo di detriti lungo il sentiero Matrone.

6.1.5. Eventi franosi del 10 novembre 2009 all'isola d'Ischia

Questo paragrafo è basato sulla relazione "Relazione sugli eventi franosi verificatisi all'isola d'Ischia il 10 novembre 2009" stilato da G. Orsi e M. Di Vito per la Direzione della Sezione di Napoli. A seguito degli eventi franosi verificatisi all'isola d'Ischia il 10 novembre 2009, è stato effettuato un sopralluogo. Dopo attento esame dei luoghi nell'area compresa tra Ischia Porto, i versanti settentrionali del Monte Rotaro, la località Bagni e il porto di Casamicciola, analisi di fotoaeree, e discussioni con persone del luogo testimoni degli eventi, si è convenuto quanto di seguito sintetizzato. Nell'intera area visitata si sono verificati molti dissesti, tutti lungo versanti ad alto angolo (Fig. 6.1.29.).

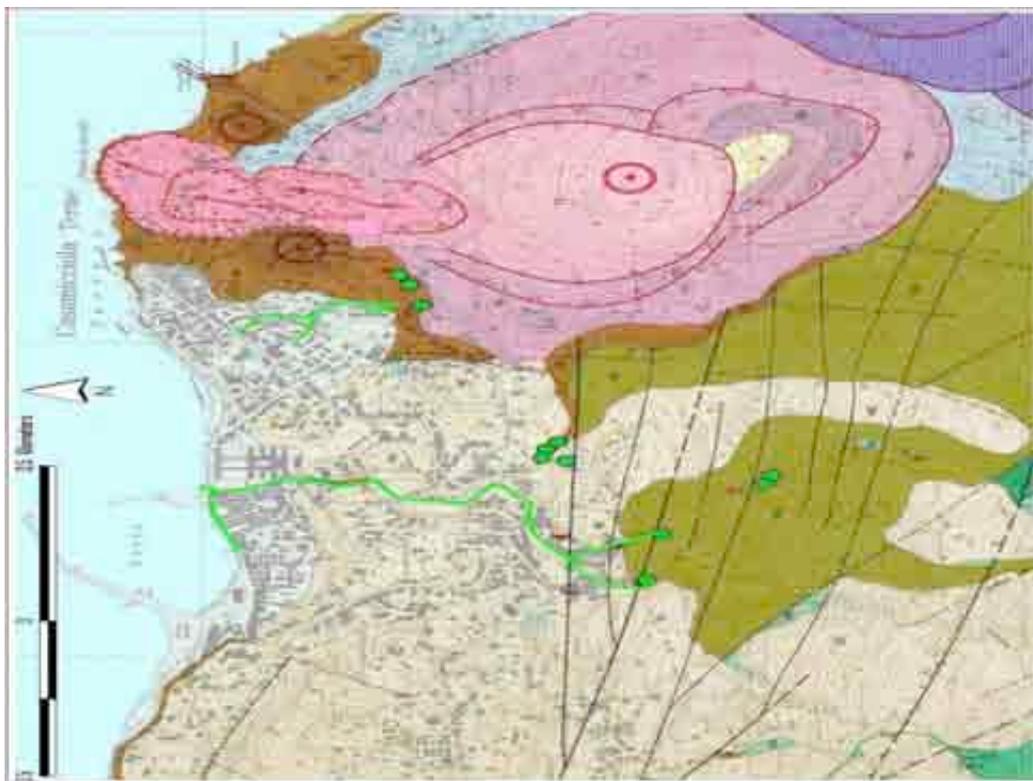


Fig. 6.1.29. – Stralcio della carta geologica di Ischia (Vezzoli, 1987, CNR Quaderni, 114). I pallini e le linee verdi indicano rispettivamente l'ubicazione dei punti di distacco e il percorso delle colate di fango rilevate.

Diffusissimi sono quelli che hanno coinvolto piccoli (centinaia di metri cubi) o piccolissimi (decine di metri cubi) volumi di materiale. La maggior parte di essi sono consistiti in scorrimenti traslativi (Fig. 6.1.30.), e alcuni hanno prodotto danni a vari tipi di manufatti.



Fig. 6.1.30. – Cava Puzzillo, tra le località Cittadini e Gurgitello. Frane da scorrimento traslativo.

Almeno tre eventi che hanno coinvolto complessivamente volumi di alcune migliaia di metri cubi, si sono verificati lungo il versante ad alto angolo a Ovest di Pietra Vono (Figg. 6.1.29., 6.1.31 e 6.1.32.). Questi eventi sono consistiti in scorrimenti traslativi che hanno prodotto l'accumulo di materiale ai piedi del versante e il suo scorrimento come colata lungo Via Mortito, fino all'incrocio con Via Cumana. Il materiale che ha raggiunto il piede del versante ha prodotto danni ai manufatti, e principalmente ad auto in sosta. Persone del luogo hanno testimoniato che si sono verificati movimenti lungo il versante, sicuramente nella sua parte più occidentale, intorno alle 8:15 e alle 10:00.



Fig. 6.1.31. – Frana lungo il versante ad ovest di Pietra Vono, all'estremità di via Mortito.



Fig. 6.1.32. – Accumulo del materiale franato al piede della frana di Fig. 6.1.31.

Lungo il versante settentrionale dell'alto morfologico di Gurgitello-Tresta, la più voluminosa delle varie frane ha prodotto uno scorrimento traslativo la cui nicchia di distacco lambisce la strada asfaltata, e il materiale mobilizzato si è accumulato nell'alveo della Cava del Puzzillo, nelle immediate vicinanze di una casa, interessandola in parte (Figg. 6.1.29. e 6.1.33.).



Fig. 6.1.33. – Frana lungo il versante settentrionale dell'alto morfologico Gurgitello-Tresta, lungo l'alveo della Cava del Puzzillo.

A Piazza Bagni, intorno alle 8:15, si è avuta la confluenza di colate provenienti da due sistemi vallivi di drenaggio che ha determinato la formazione di un'unica colata, la più voluminosa di tutte quelle della mattina del 10 novembre (Fig. 6.1.34.). Le colate che hanno raggiunto Piazza Bagni si sono formate nella Cava Fasaniello e nella Cava Sinigaglia. L'ispezione della parte inferiore di queste valli ha evidenziato tracce di numerosi eventi di scorrimento traslativo, avvenuti prevalentemente nelle parti medio-basse dei versanti (Fig. 6.1.35.). L'accumulo sul fondo valle del materiale franato e il suo mescolamento con acqua di deflusso e, verosimilmente anche di pioggia, ha determinato l'evoluzione degli scorrimenti traslativi in colate di fango.



Fig. 6.1.34. – Piazza Bagni, viste della Piazza alle ore 16:00 del 10 novembre.

L'alveo della Cava Fasaniello, poco a monte dell'area urbanizzata, è intubato con uno scatolare su cui corre Via Ombrasco che raggiunge Piazza Bagni (Fig. 6.1.29). Abitanti della zona hanno riferito che l'imboccatura del canale era ostruita da tempo. Questo giustificherebbe il fatto che la colata proveniente dalla Cava Fasaniello ha corso su via Ombrasco fino a Piazza Bagni. Lungo tutta questa strada sono stati rilevati blocchi tufacei arrotondati di dimensione massima dell'ordine di 50 cm. Sui muri delle case ai bordi della strada, che ha una larghezza di circa 3 m, l'altezza massima delle tracce di fango lasciate dal passaggio della colata è di circa 2 m (Fig. 6.1.36.).

Allo sbocco di Cava Sinigaglia, dove si collega a Via Nizzola, le colate hanno deposto blocchi tufacei di dimensioni fino a circa 1,5 m. Le tracce di fango lasciate dalla colata sulle pareti degli edifici delimitanti la strada, che ha una larghezza di circa 13 m, raggiungono altezze massime di circa 70 cm (Fig. 6.1.37.). Da Piazza Bagni la colata ha raggiunto il mare seguendo Via Monte della Misericordia. Sia la colata proveniente da Cava Fasaniello che quella di Cava Sinigaglia per raggiungere il mare hanno seguito strade urbane costruite in alvei fluviali. Il percorso Via Ombrasco-Via Monte della Misericordia-mare si sviluppa su un alveo intubato.



Fig. 6.1.35. – Cava Fasaniello. Frane lungo il versante in sinistra orografica.



Fig. 6.1.36. – Via Ombrasco. Tracce di fango lasciate dalle colate di fango provenienti da Cava Fasaniello e blocchi tufacei trasportati.



Fig. 6.1.37. – Sbocco di Cava Sinigaglia. Tracce di fango lasciate dalle colate e blocchi tufacei trasportati.

6.2. Stromboli

6.2.1. Strumentazione disponibile

Tipologia di stazioni permanenti	N.
Stazioni di osservazione con telecamere IR, termiche e visibili	3
Stazioni UV scanner per la misura continua, diurna, del flusso di SO ₂	4
Stazioni FTIR per la misura continua dei rapporti tra specie gassose	1
Stazioni di campionamento automatico delle ceneri	2
Stazioni elettriche per il monitoraggio dell'attività esplosiva	1

6.2.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Monitoraggio dell'attività eruttiva

Nel corso del 2009 l'attività eruttiva dello Stromboli è stata documentata principalmente per mezzo delle immagini registrate dalle telecamere di sorveglianza poste sul Pizzo sopra la Fossa (infrarosso) e quota 400 sul margine orientale della Sciara del Fuoco (termica e visibile). Inoltre sono state effettuate alcune campagne di rilievi e campionamenti sul vulcano durante le quali sono state anche eseguite osservazioni dirette dell'attività esplosiva e della morfologia dell'area craterica. L'analisi sistematica delle immagini delle telecamere ha consentito di redigere rapporti settimanali sulla attività eruttiva visualizzata attraverso l'andamento della frequenza media oraria delle esplosioni delle bocche attive nell'area craterica di Stromboli. Sulla base dei dati raccolti è stato compilato un diagramma (Fig. 6.2.1.) che riporta l'andamento della frequenza media giornaliera delle esplosioni per ogni area craterica (Nord e Sud), più l'andamento complessivo di tutti gli eventi esplosivi osservati alle bocche attive (Totale). L'osservazione delle immagini permette inoltre di descrivere l'attività esplosiva, in particolare la tipologia prevalente dei prodotti emessi (ceneri e/o lapilli e bombe) e l'altezza media raggiunta dagli stessi. Di seguito è mostrato il

diagramma del periodo 21 aprile – 31 dicembre 2009. Tale diagramma è stato realizzato analizzando le immagini della telecamera del Pizzo che per problemi tecnici non è stata operativa nei primi mesi del 2009.

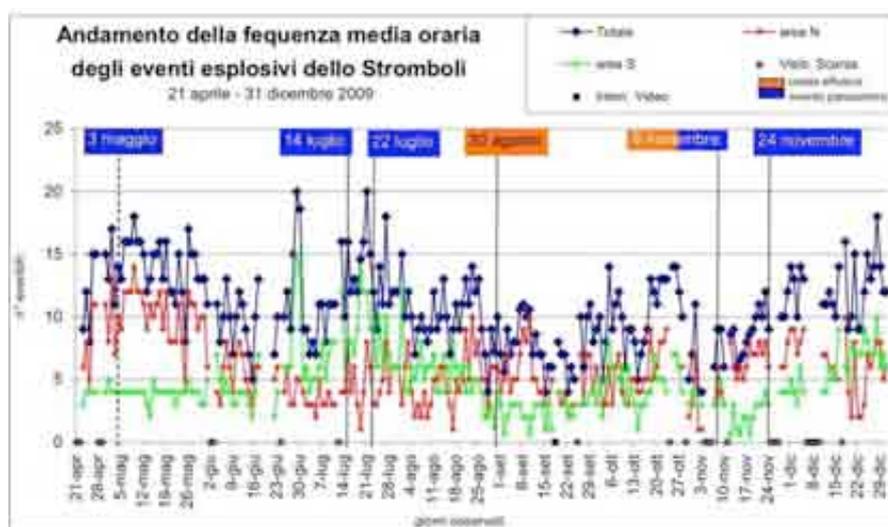


Fig. 6.2.1. – Andamento della frequenza media oraria degli eventi esplosivi delle Stromboli.

Il primo quadrimestre di attività dello Stromboli è stato caratterizzato da un andamento variabile sia della frequenza che dell'intensità delle esplosioni entrambe oscillanti su valori medi e medio-alti. Il diagramma di Fig. 6.2.1. mostra che, dal ritorno delle immagini (21 aprile) fino ai primi giorni di giugno l'andamento Totale oscilla su valori medi (10-15 eventi/h); sono le bocche dell'area N che producono la prevalenza delle esplosioni di intensità medio-alta (spesso i prodotti superano i 150 m di altezza). Nella prima metà di giugno l'attività all'area N diminuisce mentre all'area S inizia ad incrementare divenendo la principale area attiva sino all'ultima decade di agosto. In questo ultimo periodo la frequenza media diminuisce a valori medio-bassi (5-10 eventi/h) rimanendo su tali valori fino all'ultima decade di Novembre quando la frequenza aumenta gradualmente su valori medi (10-15 eventi/h) sino alla fine dell'anno. Analizzando in dettaglio l'attività delle singole aree crateriche, la N area è stata caratterizzata dalla presenza in superficie di 2 bocche attive che hanno formato due conetti di scorie sovrapposti, la S area è stata caratterizzata dalla formazione di un numero di bocche variabili sia per numero (fino a 5) che per posizione. Schematizzando la tipologia di attività osservata nel 2009 presso le singole aree, possiamo dire che le bocche dell'area N hanno eruttato per lo più prodotti grossolani (lapilli e bombe) ad altezze variabili tra 50 ed oltre 200 m, mentre l'attività presso la S area è stata mediamente più variabile, anche se dominata dall'emissione di materiale fine talvolta frammisto a grossolano con esplosioni fino a 150 m di altezza ed in minor percentuale dall'attività di spattering per brevi intervalli temporali dalla zona settentrionale dell'area S. Nel corso del 2009 si sono verificati almeno 5 eventi esplosivi caratterizzati da maggiore energia e quindi da una maggiore distribuzione areale dei prodotti emessi. Questi episodi si sono verificati nei giorni 3 maggio, 14 e 22 luglio, 8 e 24 novembre. Tutti gli eventi esplosivi maggiori hanno prodotto un'ampia ricaduta di materiali vulcanici oltre l'area craterica e nel caso degli eventi del 5 maggio e 24 novembre la ricaduta di bombe ha interessato anche il Pizzo. Due colate laviche intracrateriche sono state emesse dalla bocca settentrionale dell'area S nei giorni 30 agosto ed 8 novembre. Il 30 agosto durante una intensa attività di spattering un trabocco lavico ha prodotto due distinti bracci lavici uno in direzione NO ed uno in direzione NE. La lunghezza delle due colate è dell'ordine di qualche decina di metri e la durata di un paio di ore. Il giorno 8 novembre dopo l'evento parossistico è stata osservata una intensa attività di spattering che ha dato luogo a un flusso lavico che si è espanso rapidamente verso NE accumulandosi nella porzione centrale del fondo craterico, e nel giro di pochi minuti ha raggiunto la lunghezza stimata di circa 60 m per poi fermarsi. Nel periodo 27-29 ottobre 2009, sono state eseguite misure termiche dell'area sommitale dello Stromboli sia da terreno (Pizzo Sopra La Fossa) che aeree, grazie all'elicottero messo a disposizione dalla Protezione Civile Nazionale. Le misure sono state effettuate utilizzando due telecamere all'infrarosso termico (FLIR) ad alta risoluzione (640 × 480 pixels). Le immagini

registrate in volo hanno fornito informazioni sulla morfologia della terrazza craterica e delle strutture presenti al suo interno e sulla variabilità delle temperature massime delle bocche eruttive. Le immagini raccolte da postazione fissa hanno permesso la caratterizzazione dei regimi eruttivi delle bocche e la stima dell'altezza massima raggiunta dai prodotti. Nel periodo di osservazione, all'interno della depressione craterica, sono state rilevate sette bocche attive di cui due nel settore nordorientale, quattro nel settore centrale, ed una in quello sudoccidentale (Fig. 6.2.2.). Le bocche dei settori nordorientale e centrale, erano allineate secondo la direzione NE-SO, tipica dell'allineamento strutturale dell'isola (Fig. 6.2.2.).

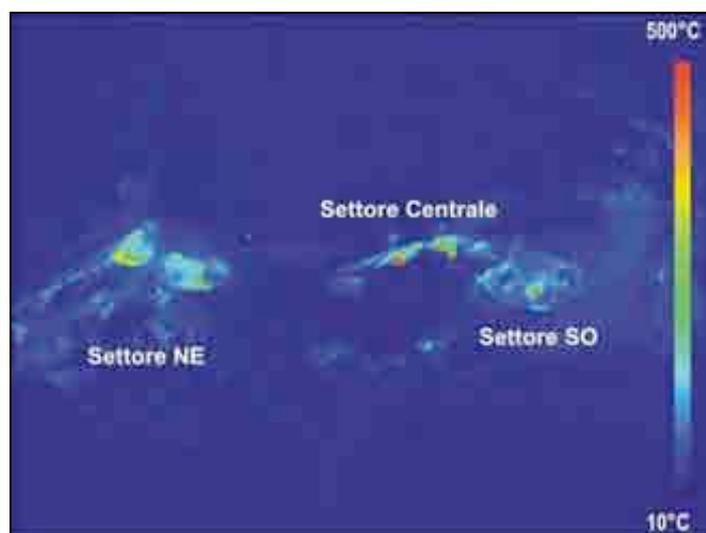


Fig. 6.2.2. – Immagine termica dell'area craterica dello Stromboli ripresa durante il sorvolo della mattina del 27 ottobre 2009. Vista da Nord.

La morfologia dell'area craterica presentava strutture in rilievo nel settore NE e depresse in quello SO, con due coni di scorie nei settori NE e Centrale, e un'ampia depressione a scodella nel settore SO. Le bocche attive si collocavano all'interno di queste strutture (Fig. 6.2.2.). Nell'arco dei tre giorni, le misure termiche non hanno mostrato variazioni significative, e le bocche avevano temperature massime apparenti superiori ai 550°C. Bruschi decrementi di temperatura sono stati osservati in condizioni di repentino incremento del tasso d'umidità dell'aria (da ~55-87%). Le temperature massime sono state misurate durante il sorvolo in elicottero, e precisamente nella mattinata del 27, quando le condizioni atmosferiche sono state più favorevoli ed è stato possibile effettuare misure in verticale. L'attività eruttiva dalla bocca del settore SO consisteva in esplosioni stromboliane che raggiungevano l'altezza massima di ~200 m, spesso accompagnate da ricaduta di cenere sul Pizzo (Fig. 6.2.3.). Le bocche all'interno dei due coni di scorie del settore NE mostravano esplosioni stromboliane con emissione di brandelli di lava in getti subverticali dell'altezza massima di ~70 m (Fig. 6.2.3.). Le bocche del settore centrale (Fig. 6.2.3.) avevano invece un vigoroso degassamento impulsivo e continuo (puffing), alternato a fasi di esplosioni stromboliane di media intensità che raggiungevano l'altezza di qualche metro. Nel complesso, le misure effettuate non mostrano variazioni significative rispetto a quelle precedenti, che risalivano ad aprile 2009.

Monitoraggio dei prodotti eruttati

Nel 2009 sono stati studiati i prodotti eruttati dai crateri sommitali sia durante la normale attività stromboliana che nel corso di sequenze esplosive più energetiche dell'ordinario, come quelle verificatesi il 3 maggio, l'8 e il 24 novembre 2009. Lave, bombe, lapilli e ceneri (per un totale di circa 50 campioni) sono stati caratterizzati mediante analisi petrografiche, composizionali (vetro della pasta di fondo e analisi della roccia totale), granulometriche, dei componenti e morfoscopiche. La composizione dei vetri nella pasta di fondo, determinata in campioni il cui contenuto di microliti è inferiore al 10% vol., ha consentito di evidenziare delle variazioni composizionali significative nei prodotti eruttati, come risulta nel diagramma CaO/Al₂O₃ vs. FeOtot/MgO (Fig. 6.2.4). Difatti la totalità dei campioni emessi durante l'attività stromboliana del

2009 è omogenea e presenta i caratteri composizionali del magma definito HP (High Porphyricity) che alimenta normalmente l'attività stromboliana e effusiva del vulcano. Tuttavia, durante sequenze esplosive particolarmente energetiche si conferma, come negli anni precedenti, che insieme al magma HP vengono anche emessi un magma di tipo LP (Low Porphyricity) che è tipico dell'attività parossistica, ed uno a composizione intermedia tra i due.

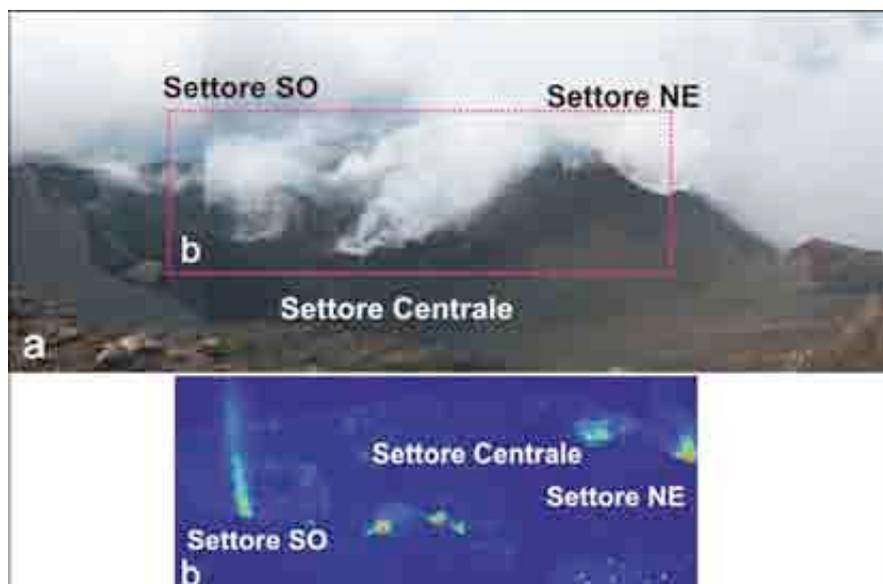


Fig. 6.2.3. – (a) Area craterica vista dal Pizzo Sopra La Fossa (27 ottobre 2009). (b) Immagine termica che mostra l'attività stromboliana al settore SO e puffing alle bocche centrali.

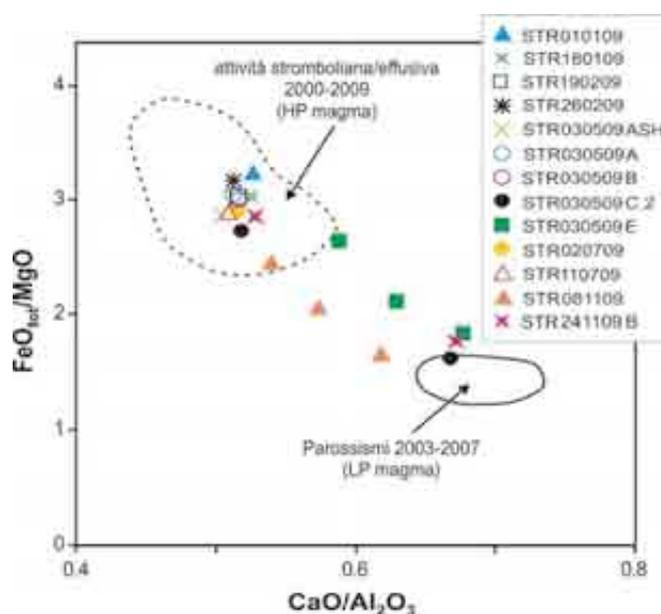


Fig. 6.2.4. – Variazioni composizionali nei prodotti eruttati.

I campioni di ceneri analizzati hanno dimensioni variabili tra 0.25 mm a 1 mm circa e sono costituiti dai componenti sideromelano, tachilite, litici e cristalli (Fig. 6.2.5.). Si osserva come, nel mese precedente la sequenza esplosiva del 3 maggio, prevalga la componente juvenile (tachilite+sideromelano). Invece, a partire dal 3 maggio, e nei mesi successivi, la componente litica+cristalli aumenta significativamente rispetto a quella juvenile (tachilite+sideromelano). Questa particolare distribuzione delle ceneri campionate nel periodo aprile-settembre, è spiegabile

considerando l'andamento dell'attività eruttiva ai crateri sommitali. Difatti, nei mesi successivi alla sequenza esplosiva del 3 maggio, l'intensità delle esplosioni si è mantenuta complessivamente alta causando la frammentazione non solo del magma fresco, ma anche di una quantità consistente di materiale vecchio, che formava le porzioni più apicali dei condotti.

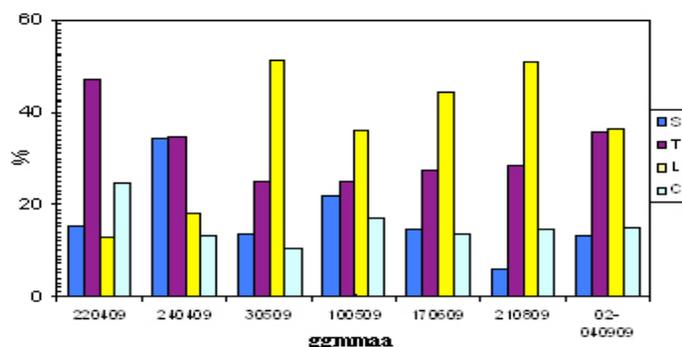


Fig. 6.2.5. – Dimensioni dei campioni di ceneri analizzati.

Monitoraggio delle emissioni gassose

La rete FLAME-Stromboli consiste di quattro stazioni UV Scanner interconnesse con un computer centrale (MASTER) tramite una rete WiFi appositamente realizzata ed adesso integrata nella rete WiFi congiunta con l'analoga rete della Sezione di Napoli; nell'arco dell'anno la percentuale di giornate di misura in cui è stato possibile rilevare il dato di flusso di SO₂ è stato di circa il 78%. Durante l'anno sono state ottenute più di 350.000 scansioni. Le misure di flusso di SO₂ sullo Stromboli durante il 2009 hanno mostrato valori abbastanza stabili intorno a rate emissivi tipici del vulcano (Burton et al., 2008). Durante l'anno sono stati osservati incrementi nel flusso di SO₂, al di sopra delle 300 t/d, correlati con periodi di maggiore attività sommitale. Da notare inoltre come alcuni eventi esplosivi di maggiore magnitudo rispetto alla classica attività stromboliana siano stati preceduti da dei trend di decremento del flusso di SO₂, suggerendo un meccanismo legato a minore efficienza del degassamento e progressiva sovrappressione del sistema. Queste informazioni sono state inserite regolarmente nei Bollettini settimanali dell'INGV sul monitoraggio vulcanico, geochimico, delle deformazioni del suolo e sismico del vulcano Stromboli.

La stazione in continuo FTIR CERBERUS, installata nel Giugno 2008 sul Pizzo di Stromboli, nasce dalla collaborazione fra il gruppo di geochimica della sezione di Catania dell'INGV e il gruppo del prof. Roland Harig dell'università di Amburgo. Il sistema è costituito essenzialmente da tre parti:

- i) una camera infrarossa;
- ii) uno spettrometro open-path FTIR;
- iii) un sistema di puntamento.

Il CERBERUS permette di determinare la composizione dei gas che accompagnano la tipica attività esplosiva dello Stromboli. La presenza della camera infrarossa (Fig. 6.2.6.) permette, oltre che ad aver una visione della tipologia di attività in corso, il corretto puntamento dello spettrometro attraverso un sistema di specchi. Il sistema CERBERUS permette di determinare in particolare i rapporti SO₂/HCl e CO₂/SO₂ della fase gassosa emessa dai vari crateri dello Stromboli. I risultati ottenuti, anche se ancora in fase di elaborazione, hanno mostrato valori relativamente stabili nel lungo periodo, con valori più elevati dei rapporti molari durante le esplosioni.

Monitoraggio petrologico (isotopi di Sr e Nd)

Sono state eseguite misure della composizione isotopica dello Sr e del Nd di campioni di roccia totale dei prodotti dell'attività eruttiva dell'Etna e dello Stromboli nel corso dell'anno 2009. Le misure, sono state eseguite presso il Laboratorio di spettrometria di massa della Sezione di Napoli. Le composizioni isotopiche sono state misurate mediante Spettrometria di massa a ionizzazione termica, utilizzando uno spettrometro multicollettore ThermoFinnigan Triton®-Ti, corredato di 9 Faraday cup mobili. Le misure isotopiche sono state effettuate in modalità statica e i dati sono stati corretti per il frazionamento isotopico sulla base del rapporto ⁸⁶Sr/⁸⁸Sr, uguale a 0.1194 per lo Sr, e del rapporto ¹⁴⁶Nd/¹⁴⁴Nd uguale a 0.7219 per il Nd. Misure ripetute degli standards NBS987

(0.710249) e La Jolla (0.511850) (Thirlwall, 1991, Chem. Geol., 94, 85–104) durante il periodo delle analisi hanno dato valori medi di 0.710204 ± 0.000017 ($n = 52$) e di 0.511833 ± 0.000009 ($n=25$). Il bianco di Sr durante lo stesso periodo è stato di 300pg. I risultati di tutte le misure isotopiche sono stati normalizzati ai valori raccomandati degli standards. Su 3 campioni di roccia totale (due di lava - Str 150309 e Str 030509; uno di pomice - Str 030509 H), emessi tra Marzo e Maggio 2009 dal vulcano Stromboli, sono state eseguite misure della composizione isotopica di Sr e Nd. I risultati ottenuti mostrano che durante il parossismo del 3 Maggio 2009, così come in quelli precedenti, sono stati emessi due magmi isotopicamente distinti. Dal confronto con i dati isotopici relativi all'attività degli anni precedenti (Figg. 6.2.7. e 6.2.8.) si evince che dopo l'eruzione del 2007 (campioni rappresentati da cerchi e dal quadrato nero in Fig. 6.2.8.), durante la quale sono stati eruttati due magmi isotopicamente distinti, di diversa origine e provenienza (Landi et al., 2009, J. Volcanol. Geotherm. Res., doi: 10.1016/j.jvolgeores.2008.11.010), l'attività lavica e di lancio del vulcano durante il 2008 e i primi mesi del 2009, è stata alimentata soltanto dal magma porfirico (High Porphyric-HP), più radiogenico e di origine meno profonda (quadrato verde in Fig. 6.2.8.). Soltanto durante il parossismo del 3 Maggio 2009, sono stati eruttati nuovamente due magmi isotopicamente distinti, uno simile al magma HP, emesso durante il parossismo del 15 Marzo 2007, e l'altro meno radiogenico del magma LP, emesso durante lo stesso parossismo e durante l'attività del 1996-2003. In Fig. 6.2.8. sono riportati per confronto, anche i campi dei prodotti dei due magmi a diverso grado di porfiricità (Low Porphyric-LP e High Porphyric-HP) e isotopicamente distinti, emessi nei periodi 1996-2003 e 1994-2006.

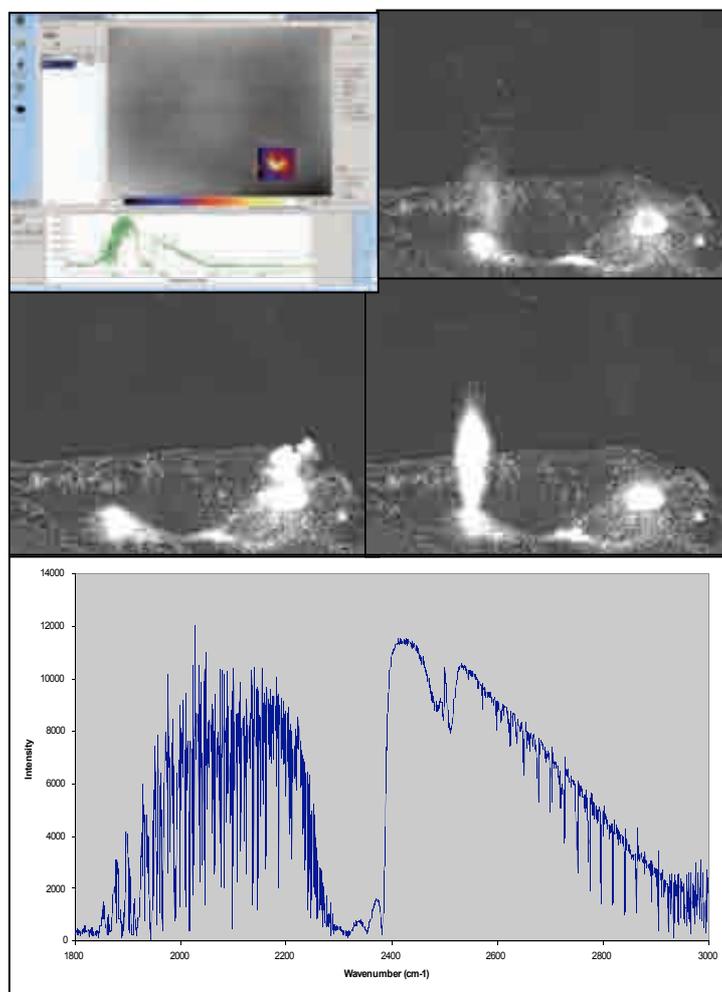


Fig. 6.2.6. – Camera infrarossa.

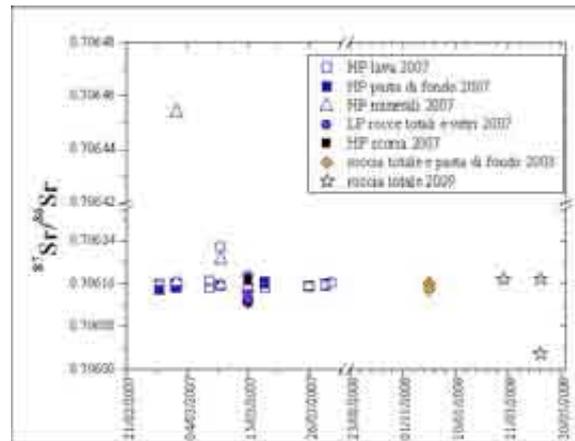


Fig. 6.2.7. – Variazione del rapporto $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dei campioni dell'attività di Stromboli nel periodo 2007-2009.

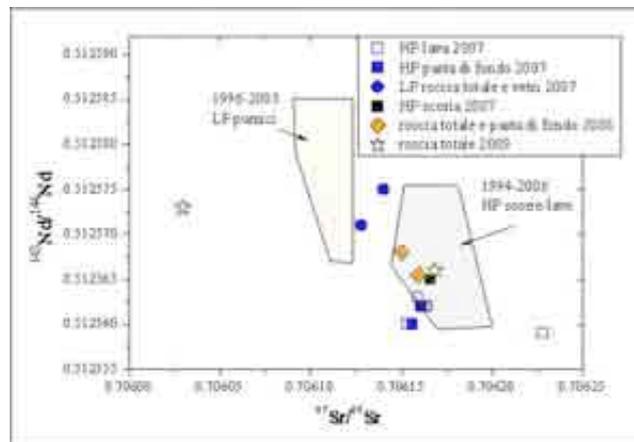


Fig. 6.2.8. – Variazione del rapporto tra $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ dei campioni dell'attività di Stromboli nel periodo 2007-2009.

Studio delle eruzioni recenti

Nel corso del 2009 è stata seguita l'evoluzione morfostrutturale dell'area craterica dello Stromboli, caratterizzata da una vivace dinamica eruttiva. Studi modellistici sulla propagazione di dicchi nel vulcano Stromboli sono stati eseguiti a più riprese, sfruttando i dati di terreno raccolti nel corso delle eruzioni del 2002-2003 e del 2007 (vedi Fig. 6.2.9. da Neri e Lanzafame, 2009). In particolare, è stato analizzato il ruolo giocato dalla gravità e dalla morfologia sulla propagazione dei dicchi superficiali, nonché il contributo di questi all'innesco di processi gravitativi che interessano i più ripidi fianchi del vulcano, con attento riferimento alla Sciara del Fuoco, sede nel 2002 di un esteso fenomeno di instabilità che ha innescato anche uno tsunami. Quindi, è stata evidenziata la pericolosità connessa con questo tipo di intrusioni magmatiche superficiali in relazione ai dissesti gravitativi che ne possono conseguire.

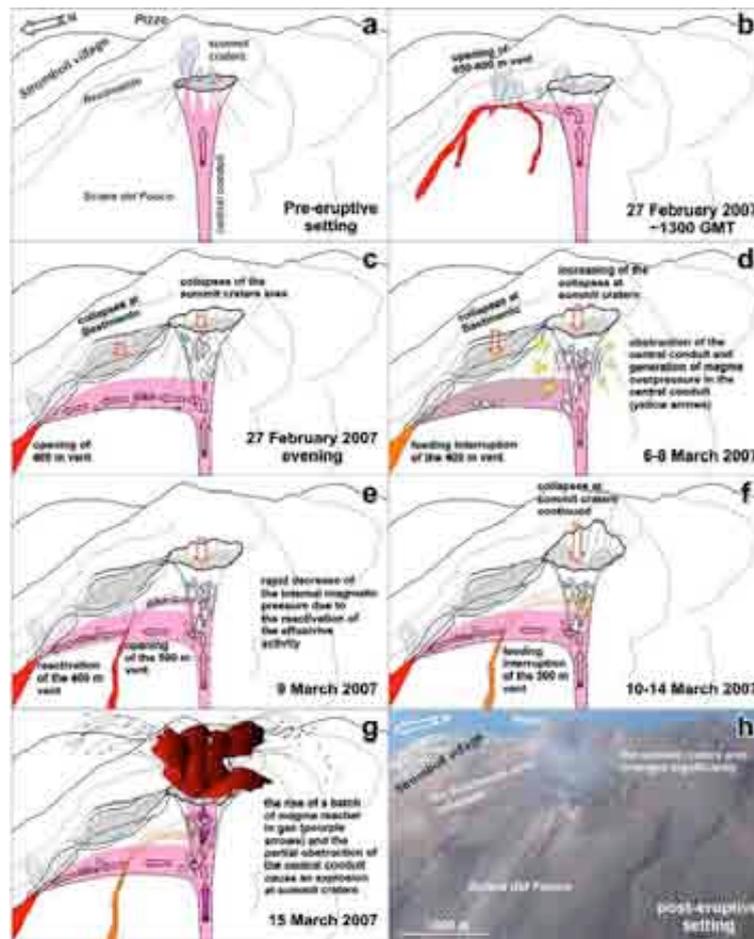


Fig. 6.2.9. – Studi sulla propagazione di dicchi sullo Stromboli, realizzati tenendo conto dei dati di terreno raccolti nel corso dell'eruzione del 2007.

6.3. Etna

6.3.1. Strumentazione disponibile

Tipologia di stazioni permanenti	N.
Stazioni di osservazione con telecamere termiche e visibili	7
Stazione per la ricezione delle immagini digitali del satellite METEOSAT	1
Stazione radar-doppler per la misura della portata delle colonne eruttive	1
Stazioni disdometriche per la misura del fallout delle ceneri	2
Stazioni UV scanner per la misura continua, diurna, del flusso di SO ₂	6
Stazioni di misura continua del radon dai suoli	5
Stazione per la misura ad alta frequenza del flusso di CO ₂ del Radon (222Rn) e del Thoron (220Rn)	1
Stazioni elettriche per il monitoraggio dell'attività esplosiva	1

Tipologia di strumenti di campagna e di laboratorio	N.
Telecamera termiche portatile FLIR	4
Microscopio polarizzante in luce trasmessa	2
Microscopio binoculare, anche con camera digitale	3
Microscopio elettronico con Microanalisi a dispersione di energia (EDS)	1

Tipologia di strumenti di campagna e di laboratorio	N.
Fluorescenza ai raggi X	1
Pressa idraulica con puntale in acciaio	1
Frantoio a mascelle per granulazione del campione	1
Mulino ad anelli di agata per polverizzazione del campione	1
Stufe per essiccazione di campioni	1
Sistema di quartatura dei campioni	1
Strumento ottico di misura delle dimensioni e della forma di particelle nell'intervallo 30 μm to 30 mm	1
Setacciatore per analisi granulometriche nell'intervallo 30 μm to 30 mm	1
Strumento portatile per la misura del particolato vulcanico PM10	1
Sistemi portatili di misura del flusso di CO ₂ dal suolo	2
Sistemi portatili per la misura dell'emissione di radon e thoron dal suolo	2
Sistemi portatili per mappatura del Radon dal suolo	3
Spettrometro mini-DOAS per la misura del flusso di SO ₂ tramite il metodo delle traverse e la misura del rapporto SO ₂ /BrO nel plume	1
Spettrometro FTIR per la misura dei rapporti tra specie gassose del plume	1

6.3.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Monitoraggio dell'attività eruttiva

L'attività eruttiva dell'Etna nel 2009 è stata documentata attraverso l'analisi delle immagini registrate dalle telecamere di sorveglianza operanti nelle bande visibili e termiche, localizzate sui versanti orientali e meridionali del vulcano e, per il rilievo delle nubi eruttive, dalle immagini acquisite dal satellite METEOSAT. L'eruzione iniziata il 13 Maggio 2008 sull'alto fianco orientale dell'Etna è continuata, con un trend sostanzialmente in diminuzione, nei primi sei mesi dell'anno 2009 per concludersi nella notte fra il 5 e il 6 Luglio 2009. L'attività effusiva, iniziata immediatamente dopo una prima fase fortemente esplosiva, è stata prodotta da una fessura eruttiva apertasi in alta Valle del Bove che ha emesso una serie di flussi lavici confinati in Valle del Bove (Fig. 6.3.1.). Nei mesi successivi la messa in posto delle colate laviche in quest'area porta alla graduale formazione di un mega-tumulo il cui sviluppo nel tempo produce una sostanziale modifica della morfologia di questa porzione della parete occidentale della Valle del Bove.

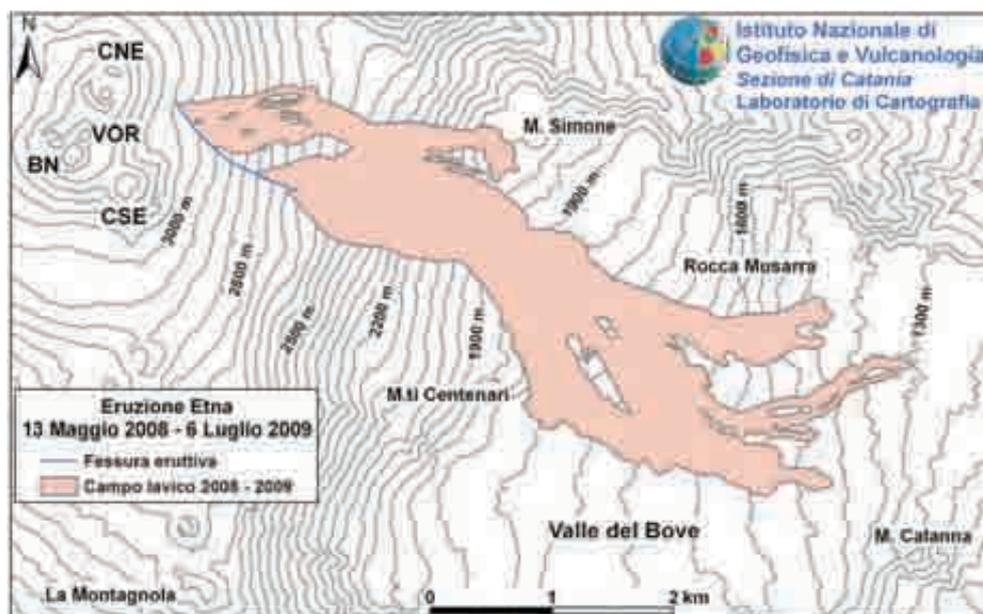


Fig. 6.3.1. – Flussi lavici emessi nell'eruzione del 13 maggio 2008 – 6 luglio 2009.

La porzione attiva del megatumulo si riduce progressivamente nel tempo e durante i primi mesi del 2009 le colate laviche rimangono confinate fra una quota di circa 2600 e 2400 m. Nella prima metà di marzo 2009 un breve aumento nei tassi eruttivi genera un nuovo flusso lavico sul margine settentrionale del campo lavico formatosi nei mesi precedenti, che raggiunge una lunghezza di 1,5 km e una quota di 2250 m. Nei giorni successivi (11-15 marzo) si osserva una temporanea ripresa dell'attività stromboliana dalle bocche esplosive, ormai inattive da più di 6 mesi. Fra aprile e maggio 2009 la porzione attiva del campo lavico si riduce ulteriormente e i fronti attivi non superano la quota di 2500 m. Nelle ultime settimane dell'eruzione rimane attivo un unico piccolo flusso lavico nella parte centrale del megatumulo, la cui lunghezza si riduce a poche decine di metri. L'ultima di emissione lavica è stata osservata nella serata del 5 luglio; una ricognizione effettuata il 7 luglio ha confermato la cessazione dell'attività eruttiva.

Complessivamente l'eruzione ha avuto una durata di 419 giorni, formando un campo lavico con un'area di 5.45 km³ e una lunghezza massima di 6 km.

Quattro mesi dopo la fine dell'eruzione effusiva, il 6 novembre 2009, si è formato un piccolo cratere a pozzo (pit crater) sul basso versante orientale del cono del Cratere di Sud-Est (Fig. 6.3.2., a sinistra), che all'imbrunire mostrava un intenso bagliore (Fig. 6.3.2., a destra), senza però produrre alcuna attività esplosiva. Il cratere aveva un diametro di 5 m circa, era localizzato a quota 3050 m e presentava un intenso degassamento ad altissima temperatura che provoca il surriscaldamento fino all'incandescenza delle rocce all'interno del condotto.

Per tutti i mesi di novembre e dicembre 2009 continua la tranquilla attività di degassamento da questo nuovo cratere a pozzo, accompagnata da rare e deboli emissioni di cenere soprattutto nella seconda metà di Novembre.

L'attività di monitoraggio dell'attività vulcanica è stata compiuta anche mediante sopralluoghi periodici con cadenza settimanale che hanno permesso di documentare l'andamento dell'attività effusiva e completare la campionatura dei prodotti emessi nel corso dell'eruzione. I rilievi termici sono stati eseguiti sia da Monte Zoccolaro che da Monte Fontane per monitorare la posizione e il numero di flussi lavici attivi all'interno della Valle del Bove. Durante il 2009 le misure termiche indicavano che in Valle del Bove il campo lavico era in una fase di regressiva con fronti lavici in lento arretramento, con formazione di tumuli e bocche effimere che cambiavano di posizione in maniera repentina. Le misure effettuate in area sommitale hanno registrato dalla fine dell'eruzione un aumento significativo delle temperature sulle principali fumarole che interessano, in particolare, i crateri Voragine e Bocca Nuova.

Oltre ai rapporti settimanali sullo stato dell'attività dell'Etna sono stati prodotti una serie di aggiornamenti sull'attività eruttiva in corso e rapporti sull'estensione del campo lavico e sulle caratteristiche dei prodotti eruttati, tutti prontamenti trasmessi al DPC e, successivamente pubblicati sul sito web della sezione di Catania.

Monitoraggio dei prodotti eruttati

I prodotti eruttati: lave e bombe, sono state caratterizzate mediante analisi petrografiche, composizionali (misure del vetro della pasta di fondo e della roccia totale) ed isotopiche, queste ultime effettuate presso la Sezione di Napoli. I campioni analizzati hanno un contenuto medio di fenocristalli di 25% vol. e sono costituiti prevalentemente da plagioclasio, clinopirosseno, olivina ed ossidi opachi, in accordo con le caratteristiche petrografiche comuni ai magmi etnei residenti nel sistema di alimentazione più superficiale del vulcano (profondità < 5 km). L'evoluzione nel tempo di parametri composizionali, quali il valore di CaO/Al₂O₃ nel vetro della pasta di fondo e di Mg# nella roccia totale (Fig. 6.3.3.), hanno evidenziato che all'inizio dell'eruzione sono stati emessi prodotti evoluti (Mg#=0.47-0.48), derivanti probabilmente dal magma che aveva alimentato l'ultima fontana di lava del 2008 (23-24 novembre), leggermente differenziatosi nel tempo. Questo magma, stazionante nelle porzioni più superficiali del sistema di alimentazione, è stato eruttato durante primi 15 giorni di attività. Dopo, la composizione del magma è cambiata progressivamente, fino al 17 giugno, quando è stato emesso il magma più primitivo di tutta l'eruzione (Mg#=0.51), senza che tuttavia questa circostanza abbia modificato in maniera significativa lo stile eruttivo. In seguito, l'eruzione è stata alimentata da un magma che, per processi di degassamento e raffreddamento, è diventato progressivamente più evoluto, cristallizzando prevalentemente plagioclasio e raggiungendo, alla fine dell'eruzione, una composizione (Mg#=0.47) confrontabile con quella del magma iniziale.

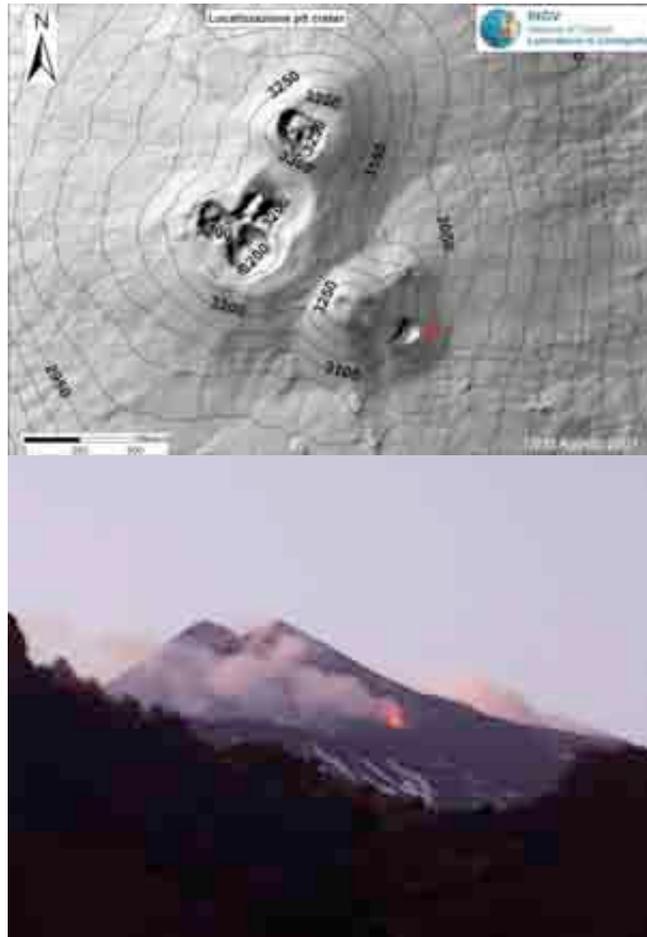


Fig. 6.3.2. – Cratere a pozzo (pit crater) originatosi il 6 novembre 2009.

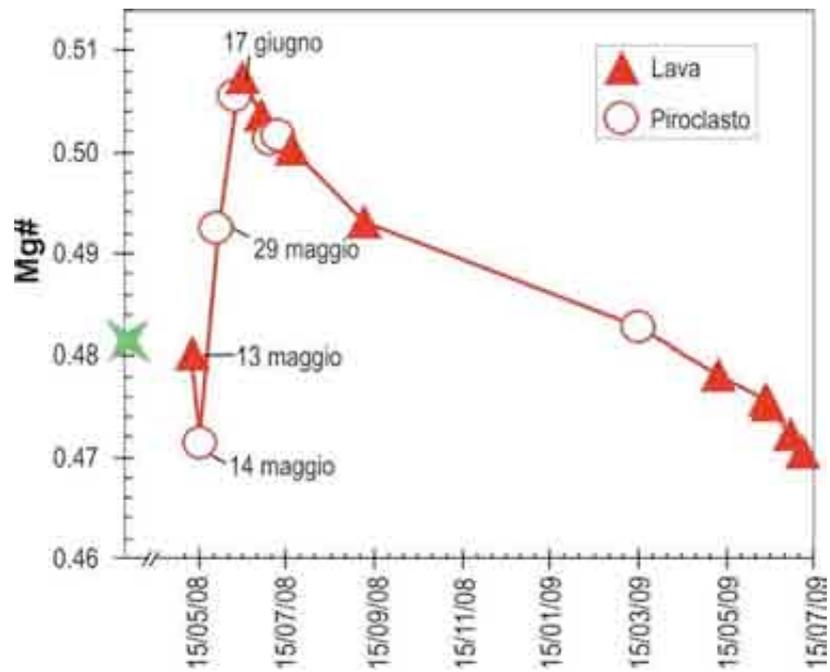


Fig. 6.3.3. – L'evoluzione nel tempo di Mg# nella roccia totale eruttata.

I dati di letteratura (Corsaro et al., 2009) sulla composizione isotopica dello stronzio nelle lave recenti dell'Etna, hanno consentito di differenziare i magmi più radiogenici ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} > 0.703610$) provenienti dalle porzioni più profonde del sistema di alimentazione (profondità < 5 km), da quelli che invece stazionano nelle porzioni più superficiali ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} < 0.703610$). I valori di $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ misurati in quattro campioni variano da 0.703548 a 0.703559, indicando dunque che l'eruzione 2008-09 è stata alimentata da magma proveniente dal reservoir più superficiale, che alimenta l'attività eruttiva dei crateri sommitali del vulcano.

I risultati delle misure isotopiche eseguite su campioni rappresentativi dell'attività dell'Etna nel periodo marzo-luglio 2009, indicano che in questo periodo sono stati eruttati magmi con rapporti isotopici dello Sr compresi tra 0.703548 e 0.703559 (Fig. 6.3.4.), e del Nd compresi tra 0.512865 e 0.512874 (Fig. 6.3.5.). Questi valori sono uguali, negli errori, a quelli dell'attività del 2006, 2007 e 2008, e lievemente meno radiogenici di quelli dell'attività finale dell'eruzione 2004-2005.

I risultati delle misure isotopiche effettuate su campioni dei prodotti dell'eruzione 2004-2005 (Corsaro et al., 2009, Bull. Volc., doi: 10.1007/s00445-009-0264-z) evidenziano una progressiva variazione della composizione chimica e isotopica del magma emesso nel corso dell'eruzione. Tale variazione ha permesso di distinguere tre fasi dell'eruzione, ciascuna delle quali corrispondente a uno specifico processo magmatico nei condotti. I prodotti dell'attività 2006-2008 sono lievemente meno radiogenici di quelli emessi fra il 15 ottobre 2004 e il 25 febbraio 2005 e indicano che dopo questa eruzione, e fino alla fine del 2008, il nuovo magma meno radiogenico ha continuato a risalire attraverso i condotti centrali, mescolandosi sempre meno con quello residente, e ad alimentare l'attività del vulcano. I dati isotopici dei prodotti del 2009 confermano l'andamento del sistema nel periodo di attività 2006-2008, evidenziando che il vulcano continua a essere alimentato da magma relativamente più profondo e meno radiogenico, probabilmente senza che questo si mescoli significativamente con porzioni di magma residui delle eruzioni precedenti. La presenza di due magmi isotopicamente distinti durante l'eruzione del 2004-2005 e fino al 2009, l'emissione di un magma meno radiogenico e sempre meno mescolato con il magma residente, è bene evidente nelle Figure 6.3.4. e 6.3.5., che descrivono la variazione del rapporto isotopico dello Sr dal 2004 al 2009 e la relazione tra le variazioni isotopiche di Sr e Nd.

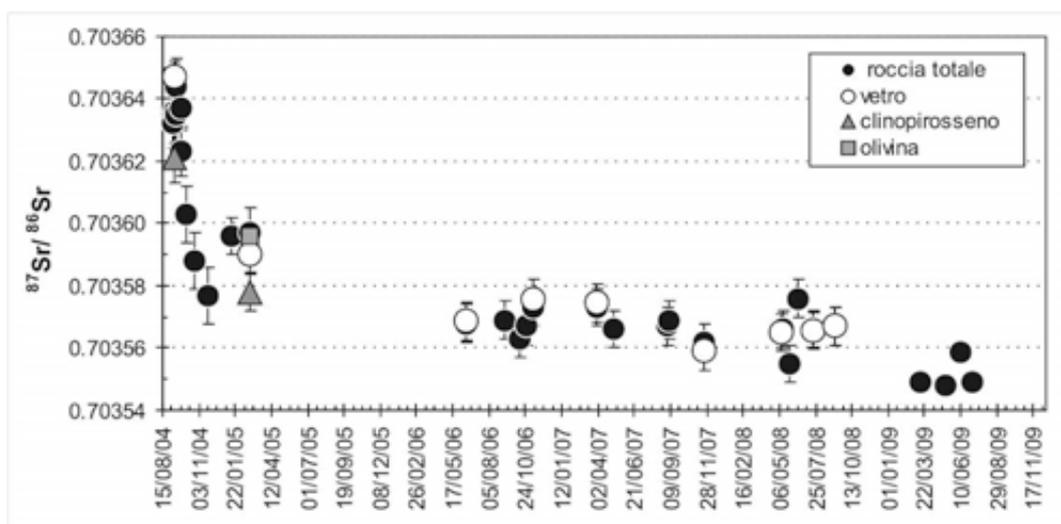


Fig. 6.3.4. – Variazione dei rapporti isotopici dello Sr dei campioni dell'Etna nel periodo 2004-2009.

Monitoraggio delle emissioni gassose

Nel corso del 2009 il flusso di SO_2 emesso dall'Etna è stato misurato tramite la rete automatica FLAME-Etna. La rete consiste di 6 stazioni poste sul versante settentrionale, orientale e meridionale del vulcano (Salerno et al., 2009a). Ogni stazione esegue una scansione del cielo-plume vulcanico ogni ~5 minuti, compiendo in media ~250 scansioni giornaliere. Nel 2009 la percentuale di giornate in cui la rete ha rilevato il flusso di SO_2 è stato di circa l'83%, le restante giornate di misura di flusso sono state coperte eseguendo misure di flusso di SO_2 tramite tecnica di traversa da auto (Salerno et al., 2009b). I valori di flusso di SO_2 dall'Etna durante il 2009 hanno mostrato uno stile emissivo in incremento nei valori medi giornalieri a partire dalla metà di maggio.

In particolare, il flusso ha evidenziato due gradini d'incremento: il primo da metà maggio a fine settembre ed il secondo da agosto sino a fine anno. Quest'ultimo incremento, che ha preceduto ed accompagnato l'apertura della nuova bocca degassante sul fianco orientale del cratere di Sud-Est il 6 novembre 2009, suggerisce che il vulcano stia migliorando l'efficienza del suo sistema di degassamento dai crateri sommitali (La Spina et al., in prep). I flussi di HCl e HF emessi dai crateri sommitali dell'Etna nel 2009, determinati combinando i rapporti molari SO_2/HCl e SO_2/HF , misurati con tecnica FTIR, con il valore del flusso di SO_2 , hanno mostrato un andamento abbastanza costante, con medie tendenzialmente più basse rispetto a quelle osservate nel 2008. I rapporti molari SO_2/HCl e SO_2/HF hanno mostrato una discreta variabilità, mantenendosi comunque su valori mediamente più alti rispetto a quelli del 2008 (La Spina et al., in prep).

Il degassamento dell'Etna è stato anche monitorato tramite le emissioni diffuse dai suoli. In particolare, sono stati misurati in continuo i tenori di radon e di toron nei suoli in un sito del versante orientale presso Zafferana Etnea. In tale sito i dati sono acquisiti ogni 30 minuti e i risultati nel corso del 2009 hanno mostrato forti variazioni di entrambi i parametri. Alcune di tali variazioni sono certamente legate a fenomeni atmosferici (ad es., eventi piovosi), ma altre non sembrano apparentemente legate ad essi e sembrano invece spiegabili con variazioni delle condizioni fisiche del suolo a grande scala (soprattutto la sua permeabilità). In tal senso, significative variazioni "anomale" nel degassamento dai suoli si sono osservate a partire da fine maggio 2009 e in particolare si è registrato un netto e stabile aumento di radon a partire da Settembre. Analoghe indicazioni provengono dalle misure discrete di Radon, Thoron e flusso di CO_2 , effettuate in tre siti nel versante orientale dell'Etna e in un sito vicino Paternò. La combinazione di questi tre parametri, che costituisce l'Indice di Disequilibrio dei Gas del Suolo (Giammanco et al., 2007, 2009), mostra chiaramente una fortissima anomalia positiva tra fine settembre e metà novembre 2009.

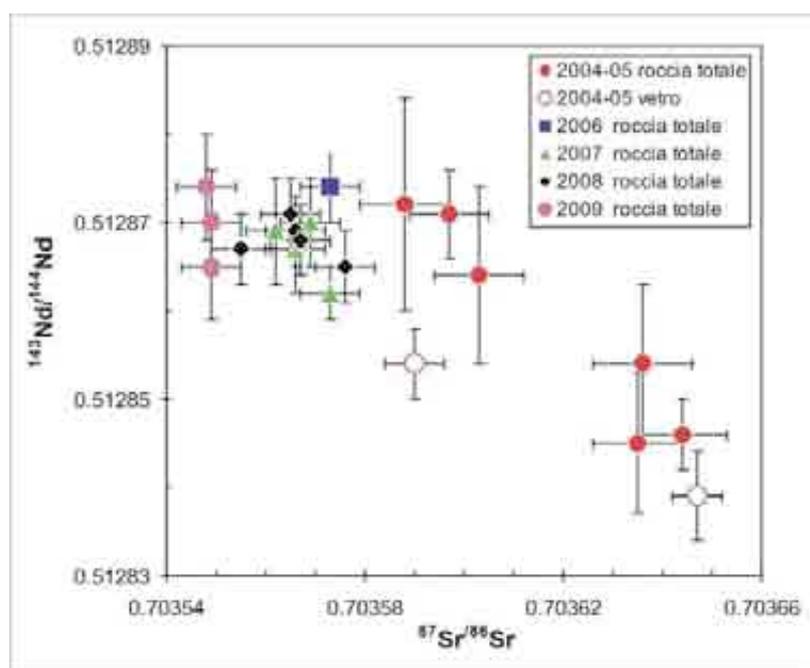


Fig. 6.3.5. – Variazione del rapporto tra $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ dei campioni dell'Etna nel periodo 2004-2009.

Inoltre, una rete di sensori di tipo "Barasol" per il rilievo di gas radon dai suoli, composta da 5 stazioni funzionanti, due delle quali installate nel 2009 e due stazioni in corso di ripristino, è in funzione in aerea sommitale e sull'alto versante orientale allo scopo di monitorare l'interazione tra attività eruttiva e tettonica sul vulcano. I dati sono registrati da data-logger interni alle stesse sonde e scaricati periodicamente su PC. Due sonde Barasol si trovano in località Torre del Filosofo (rispettivamente a 2920 m e 2950 m s.l.m.), ad una distanza di circa 70 metri l'una dall'altra. Queste due sonde hanno fornito valori di radon dal suolo ben sincronizzati con l'attività vulcanica, avendo segnalato con alcune settimane di anticipo sia la fine dell'eruzione 2008-2009, sia l'apertura della piccola bocca a pozzo alla base del Cratere di Sud-Est. Altre due sonde sono

installate sul fianco nord-orientale dell'Etna, una in località Clan dei Ragazzi (1500 m s.l.m.), in prossimità del tratto centrale della faglia della Pernicana, mentre la seconda sonda è stata installata nel novembre 2009 in località Piano Provenzana (circa 1800 m s.l.m.). Lungo la Faglia Pernicana è stato eseguito uno studio metodologico sul rilascio di gas radon e CO₂ dal suolo, in collaborazione con l'Università degli Studi di Catania e l'INFN. Tale studio si è focalizzato sulla costruzione di un modello di funzionamento di una delle faglie più attive al mondo attraverso lo studio del rilascio di gas dal suolo nelle sue immediate vicinanze (Fig. 6.3.6., da Giammanco et al., 2009). La struttura tettonica monitorata dalle due sonde ha mostrato nel 2009 labili segni di riviviscenza, comunque poco marcati in superficie (modeste fratturazioni al suolo lungo la strada di collegamento Zafferana Etnea- Linguaglossa) e segnalati soprattutto da attività sismica localizzata nel tratto centro-occidentale della struttura.

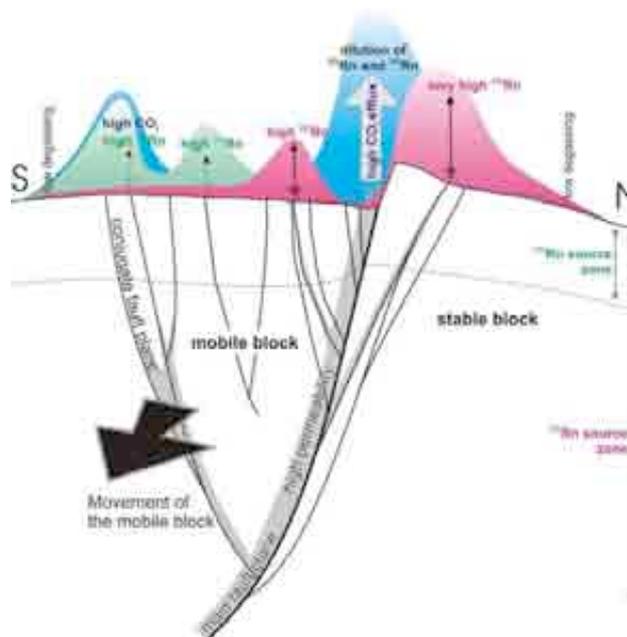


Fig. 6.3.6. – Modello di funzionamento della Faglia Pernicana ottenuto attraverso lo studio del rilascio di gas dal suolo nelle sue immediate vicinanze (da Giammanco et al., 2009).

6.3.3. Simulazione dei processi vulcanici : previsione dell'andamento delle nubi eruttive

Nell'ambito del progetto FIRB Sviluppo Nuove Tecnologie per la Protezione e Difesa del Territorio dai Rischi Naturali, è stato messo a punto un sistema automatico (Fig. 6.3.7.) di previsione dello spostamento delle nubi di cenere vulcanica a supporto delle attività di controllo del traffico aereo, che si basa sulla previsione meteorologica a scala locale e la modellazione (mediante tre codici indipendenti) di eventi esplosivi con scenari predefiniti. Inoltre è stato implementato un sistema di monitoraggio delle colonne eruttive, delle nubi di cenere vulcanica e della ricaduta al suolo dei tefra che si basa sulle immagini IR e VIS del satellite METEOSAT e sui dati di due stazioni disdometriche, e dalla fine del 2009 del radar-doppler VOLDORAD a La Montagnola, e di vari sensori (meteo, elettricità statica, infrasuoni, ecc) per la misura multiparametrica delle colonne eruttive da una posizione prossimale che sono attualmente in test o in fase di installazione. Infine a partire dalla metà del 2009, ottenute le necessarie autorizzazioni, vengono effettuati i radiosondaggi atmosferici nella regione etnea per validare i dati meteorologici utilizzati nei modelli di dispersione.

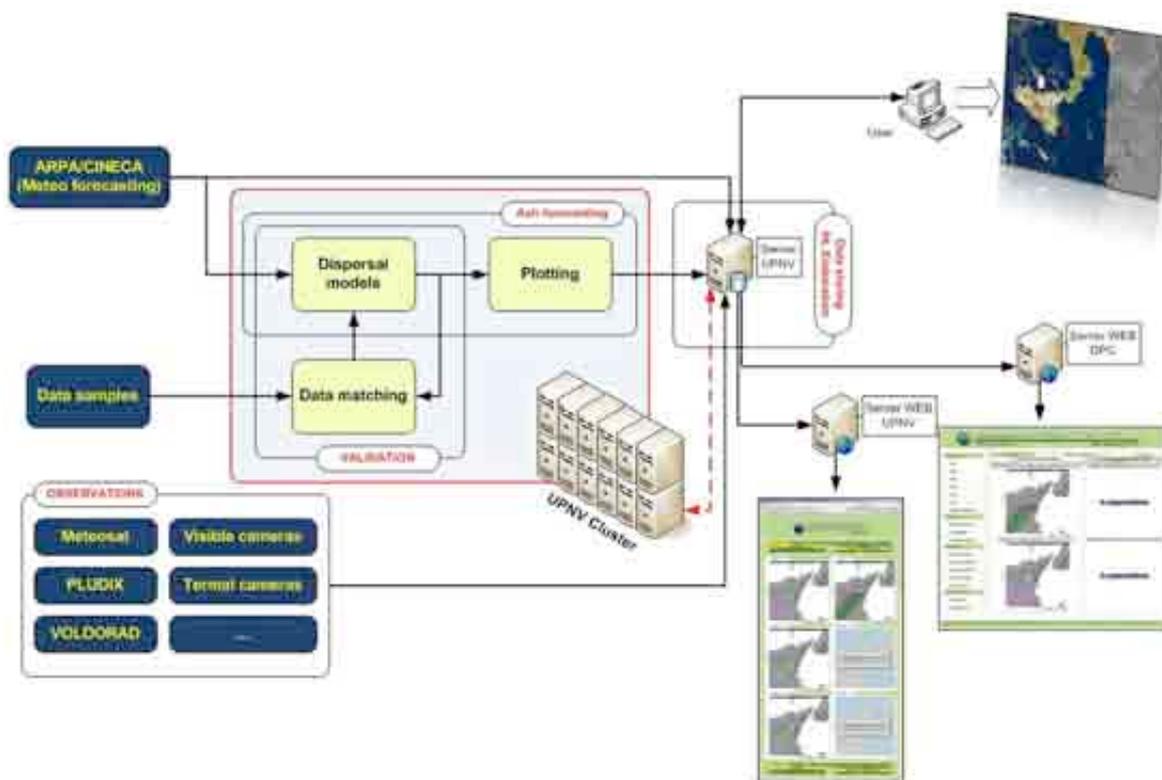


Fig. 6.3.7. – Schema del sistema automatico di previsione dello spostamento delle nubi di cenere vulcanica a supporto delle attività di controllo del traffico aereo.

6.3.4. Simulazione dei processi vulcanici : previsione dei percorsi dei flussi lavici

Nel corso del 2009, la Sezione di Catania ha continuato il processo di integrazione tra tecniche satellitari orientate al monitoraggio vulcanico e le simulazioni numeriche delle colate di lava per produrre degli scenari durante le eruzioni. Nell'ambito del progetto V3-LAVA della Convenzione INGV-DPC 2007-2009 è stato sviluppato il modello MAGFLOW agli Automi Cellulari per la simulazione dei flussi lavici, in grado di descrivere nel tempo l'evoluzione spaziale della colata in funzione dei parametri eruttivi imposti. Tuttavia, come dimostrato durante le recenti eruzioni dell'Etna, MAGFLOW permette di produrre scenari accurati dei fenomeni effusivi solo se sono disponibili informazioni affidabili sulla apertura delle bocche eruttive e sul flusso delle colate. Queste informazioni spesso sono difficili da acquisire da misure al suolo, mentre potrebbero essere ottenute dai dati satellitari che sono gli unici a poter garantire la copertura areale e la continuità necessarie durante le crisi eruttive. In particolare, le immagini acquisite da sensori a bordo di satelliti meteorologici, come il MODerate Resolution Imaging Spectro-radiometer (MODIS) della NASA e lo Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager (SEVIRI) di EUMETSAT, hanno il grande vantaggio della continuità temporale. L'utilizzo congiunto di MODIS e SEVIRI permette di integrare informazioni caratterizzate da differenti risoluzioni spaziale, spettrale e temporale: MODIS può fornire dati almeno 4 volte al giorno per ogni vulcano con una risoluzione spaziale di circa 1 km², mentre SEVIRI è un satellite geostazionario che fornisce dati ad intervalli temporali di 15 minuti con una risoluzione spaziale di 3 km². Per questo motivo la Sezione di Catania ha sviluppato il sistema multiplatforma HOTSAT che permette l'analisi di entrambi i tipi di immagini e fornisce in modo automatico la segnalazione delle anomalie termiche (hotspot) ed il calcolo del tasso effusivo. L'intera attività eruttiva dell'Etna del 2008-2009 è stata continuamente monitorata attraverso l'uso dei dati provenienti dai sensori MODIS e SEVIRI. L'elevata risoluzione di SEVIRI ha permesso il monitoraggio continuo di episodi di fontanamento rendendo possibile la determinazione del tempo di inizio e fine di tali eventi di breve durata difficilmente osservabili tramite MODIS. In Fig. 6.3.8. è mostrato il calcolo del flusso radiante (FRP) sulle immagini SEVIRI per i primi giorni di eruzione. Si noti come è possibile seguire con precisione le varie fasi dell'evento eruttivo: la fontana del 10 maggio dalle 14:00 GMT alle 19:00 GMT e l'inizio dell'eruzione il 13 maggio alle 10:30 GMT.

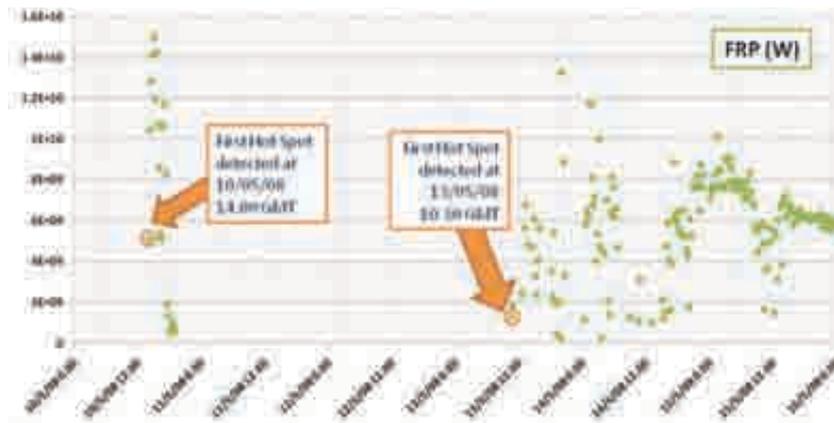


Fig. 6.3.8. – Risultato dell'elaborazione di immagini SEVIRI dal 10 al 16 maggio 2008. Flusso radiante (FRP) espresso in Watt calcolato secondo Wooster et al 2003.

Sono stati calcolati inoltre i tassi effusivi, a partire da immagini MODIS e SEVIRI, per tutto il periodo eruttivo (13 maggio 2008 – 6 luglio 2009) ed è stata fornita una stima dei volumi totali dell'eruzione. In Fig. 6.3.9. sono riportati per l'intera sequenza disponibile e per tutti i punti segnalati come anomalie termiche i valori massimo (verde) e minimo (viola) per il tasso effusivo. Il tasso effusivo ha mostrato valori sostenuti durante i primi giorni dell'eruzione. Durante il periodo 23 maggio – 8 giugno 2008 il valore del tasso si è mantenuto su valori medio-bassi. Dopo questa data, il tasso ha avuto di nuovo un incremento, ed i valori sono più irregolari. Questo è probabilmente dovuto ad un aumento dell'attività stromboliana durante questo periodo. A partire da luglio 2008 si nota un decremento dell'attività che si mantiene su valori bassi (in genere al di sotto di $1 \text{ m}^3/\text{s}$). Integrando i valori minimo e massimo del tasso effusivo durante l'intero periodo, si sono ottenute le curve dei volumi cumulativi, che vincolano il volume eruttato circa tra 18 e 35 milioni di metri cubi. Questa comunque rappresenta una stima effettuata a partire da misure di temperatura superficiali, pertanto soggetta ad errore in presenza di sovrapposizioni di colate.

Le stime del tasso effusivo ottenute dalle immagini satellitari sono state utilizzate per guidare le simulazioni calcolate con il modello MAGFLOW. Sono stati calcolati differenti scenari al variare delle condizioni eruttive (Fig. 6.3.10.). Il confronto con il campo lavico reale ha mostrato che le migliori simulazioni sono state ottenute considerando 2 bocche eruttive con tassi effusivi differenti: la bocca B1 con 2/3 del totale e la bocca B2 con 1/3 del tasso effusivo stimato con i dati MODIS.

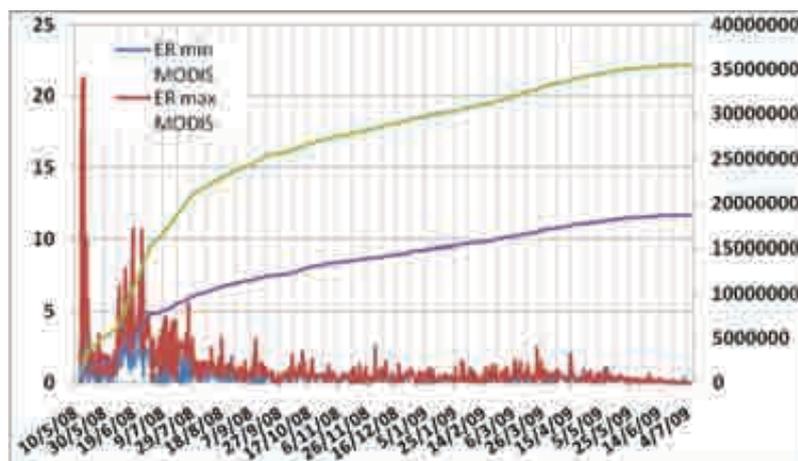


Fig. 6.3.9. – Tassi effusivi calcolati durante l'eruzione del 2008-2009 dell'Etna usando dati MODIS. Le curve in viola e verde rappresentano i volumi cumulativi minimo e massimo in tutto il periodo.

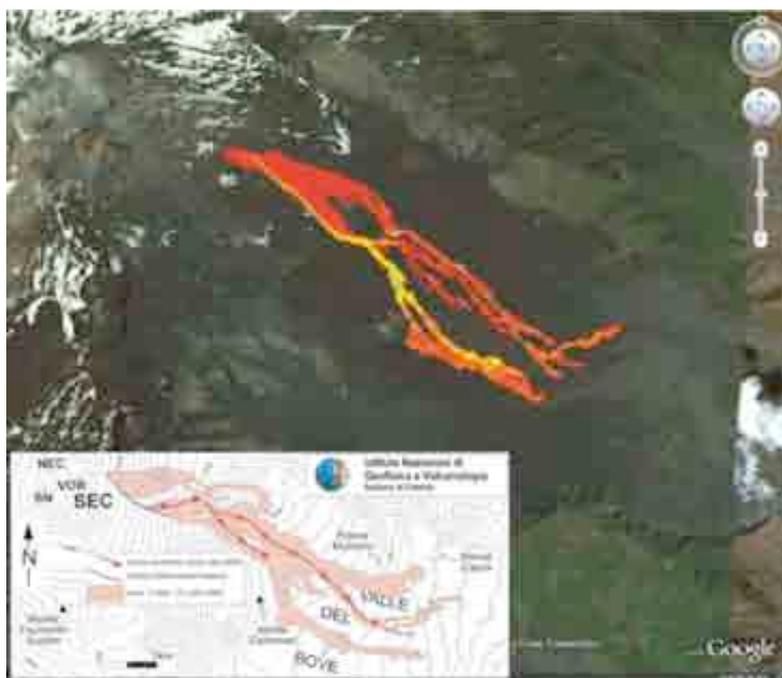


Fig. 6.3.10. – Simulazione con il modello MAGFLOW del campo lavico dell'eruzione dell'Etna 2008-2009 considerando le due bocche B1 e B2 apertesesi il 13 maggio 2008 sul fianco orientale del cratere di Sud Est. Nel riquadro è riportato il campo lavico reale (vedi report del 6 luglio 2008 di Boris Behncke).

La Sezione di Catania ha implementato anche un'applicazione webGIS per la raccolta e la distribuzione delle simulazioni delle colate di lava in reti internet e intranet. Il database delle simulazioni è stato realizzato utilizzando un web-server di mappe (mapserver) ed un'interfaccia web da cui è possibile scegliere e visualizzare tutte le simulazioni effettuate. Il frame è stato organizzato in tre parti: una parte centrale destinata alla visualizzazione del DEM e delle simulazioni; la parte sinistra, in cui è possibile selezionare i layer da visualizzare, le coordinate della bocca da cui far partire la simulazione, il tasso eruttivo medio della simulazione e la durata dell'eruzione; la parte destra in cui vengono visualizzati i parametri reologici utilizzati e la curva del tasso effusivo della simulazione.

6.4. Vulcano

6.4.1. Strumentazione disponibile

Tipologia di stazioni permanenti	N.
Stazione termografica per il monitoraggio del campo fumarolico	1
Stazione di osservazione con telecamera nel visibile	1
Stazione UV scanner per la misura continua, diurna, del flusso di SO ₂	1

6.4.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Il monitoraggio dell'Isola di Vulcano, attraverso l'ausilio della telecamera termica, è stato attuato, sin dal 2002, con raccolta e analisi dei dati esclusivamente da sorvoli effettuati con l'elicottero messo a disposizione dalla Protezione Civile. L'attività vulcanica è concentrata al Cratere della Fossa, ed è in prevalenza caratterizzata da attività fumarolica al suo interno e sull'orlo di Nord-Est. L'acquisizione di mappe di temperatura del campo di fumarole presente all'interno del cratere, mediante una termocamera fissa posta sull'orlo craterico opposto a quello del campo fumarolico è iniziata nel Settembre 2006. Per l'elaborazione di questi dati sono stati studiati alcuni algoritmi per

l'analisi spaziale (distribuzione delle temperature nello spazio), temporale (trend dei valori di temperatura media e massima) e statistica (varianza, curtosi, asimmetria, ecc.). L'implementazione di questi algoritmi ha portato alla realizzazione di un software specifico per l'analisi delle immagini termiche: il Volcano Thermo Analysis (VTA). Il VTA ha permesso di studiare agevolmente e rapidamente l'evoluzione del campo di fumarole, permettendo di focalizzare l'analisi su regioni d'interesse e su intervalli di temperatura definiti in maniera opportuna. I dati di temperatura del campo di fumarole presente all'interno del Cratere della Fossa hanno permesso di registrare una diminuzione della temperatura dal 2006 al luglio 2009 (Fig. 6.4.1.). Tale decremento è imputabile ad una contrazione termica del sistema idrotermale. Nel luglio del 2009 i dati termici hanno mostrato una crescita della temperatura del campo fumarolico rispetto al trend in diminuzione osservato negli anni precedenti. Esso potrebbe precedere un'inversione di tendenza nel comportamento del sistema idrotermale ed è oggetto di un confronto con i dati sismici e geochimici. In futuro l'attività di monitoraggio sarà concentrata nel calcolo del flusso di calore (Heat Flux) anche attraverso l'analisi delle immagini da satellite. Anche in questo caso un confronto con i dati sismici e geochimici sarà cruciale per l'interpretazione dei fenomeni vulcanici. Questa telecamera termica installata in via sperimentale nell'ambito di un progetto, si è rivelata utile per il monitoraggio del campo di fumarole di Vulcano ed è quindi maturato il tempo di passare dalla fase sperimentale a quella di monitoraggio effettivo rendendo fruibili le mappe termiche elaborate in quasi real-time nella Sala Operativa di Catania.

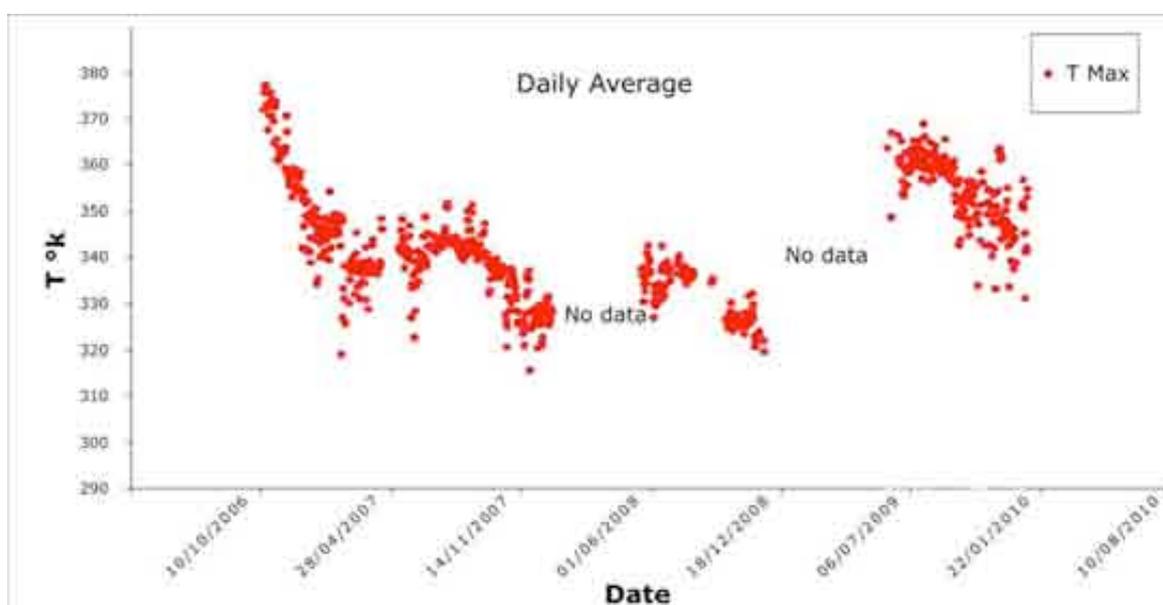


Fig. 6.4.1. – Variazione della temperatura del campo di fumarole presente all'interno del Cratere della Fossa nel periodo ottobre 2006-gennaio 2010.

7. Monitoraggio gravimetrico e magnetico

7.1. Vulcani attivi della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei)

7.1.1 Vesuvio

Nei mesi di aprile e dicembre 2009 sono state eseguite due campagne gravimetriche nell'area vesuviana. In entrambe le campagne, le misure sono state condotte sull'intera rete, costituita da 32 vertici (Fig. 7.1.1.). È stata riposizionata anche la stazione "Baracche Forestali", ubicata lungo la linea che corre all'interno della Forestale, andata distrutta nel 2007 a causa di lavori di ripristino nell'area. Tutti i vertici della rete sono collegati alla stazione assoluta di Napoli che rappresenta il riferimento e i più sono posizionati in corrispondenza, o in prossimità, di capisaldi della rete di livellazione.

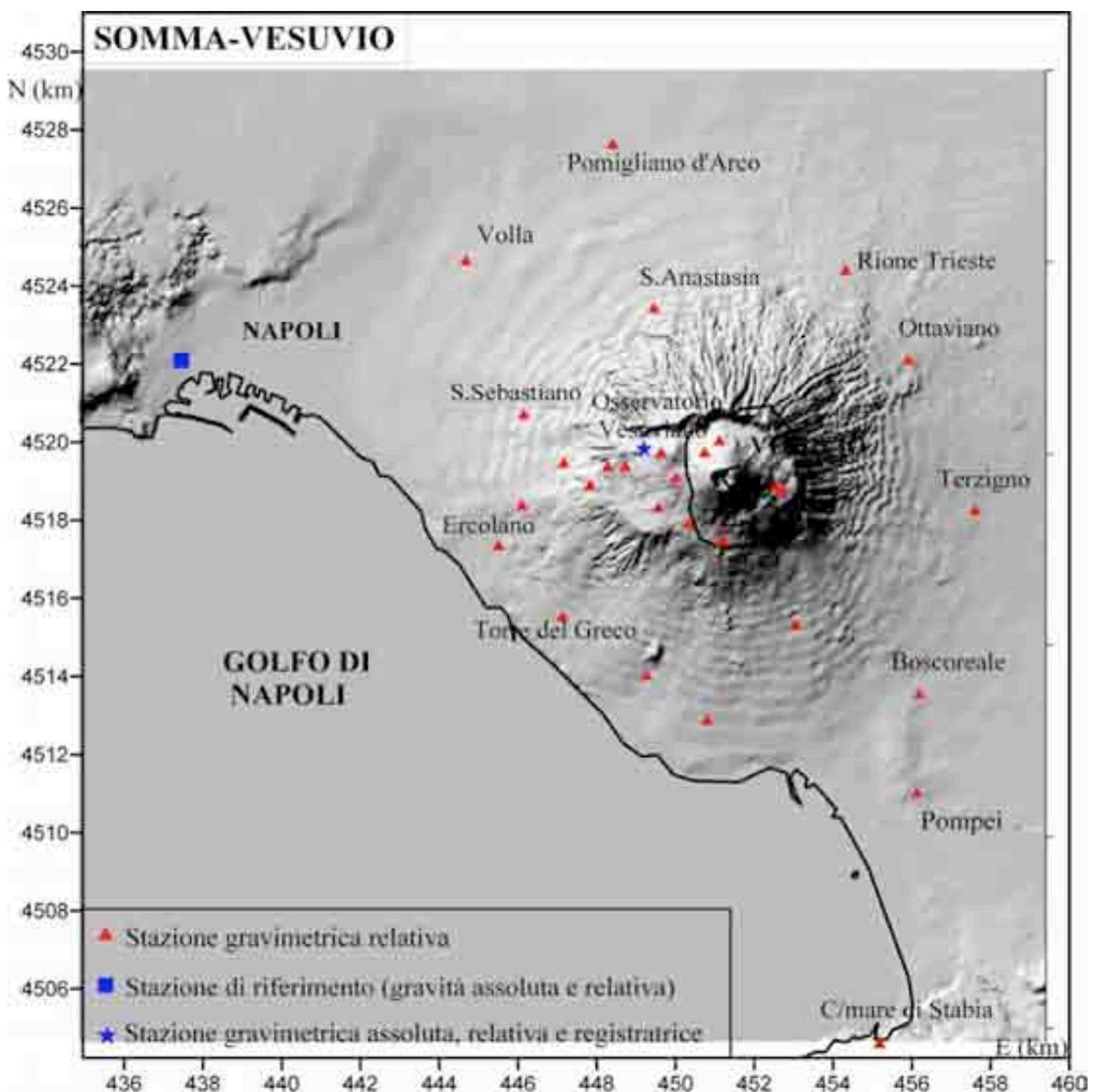


Fig. 7.1.1. – Rete gravimetrica nell'area vesuviana.

Le letture gravimetriche sono state eseguite con il gravimetro LaCoste & Romberg modello D numero 85 (LCR-D85); gli errori medi ottenuti dopo compensazione sono risultati ± 11 e ± 14 μGal , rispettivamente per la campagna di aprile e quella di dicembre. I valori ottenuti nelle singole campagne sono stati confrontati tra loro e con quelle rilevate nella campagna eseguita nel dicembre 2008, il cui errore è di ± 12 μGal . Tenendo conto degli errori, sono state considerate statisticamente significative solo le variazioni superiori ai 20 μGal . Dalla Fig. 7.1.2. si evince subito che, durante il 2009, le aree interessate da variazioni di gravità considerabili statisticamente significative sono state il settore alto della struttura vulcanica, in particolare tutta l'area alla base del cratere, e il settore nord-orientale della base della struttura vulcanica. Le variazioni rilevate mostrano, più precisamente, un aumento della gravità nel periodo 12/08-4/09 (Fig. 7.1.2.a) e una diminuzione nel periodo successivo (4-12/09 – Fig. 7.1.2.b). I due campi mostrano ampiezza e distribuzione molto simile e appaiono quasi speculari, portando ad ipotizzare che le variazioni rilevate distintamente nei due periodi, rispettivamente con valori massimi di $+60\mu\text{Gal}$ e -40 μGal , siano per lo più attribuibili a fenomeni di carattere stagionali. Tale ipotesi è confermata se si effettua il confronto tra le due campagne condotte nei mesi di dicembre, (figura 2c) che considerando periodi stagionali simili risulta quasi esente da effetti stagionali. Si osserva, infatti, che sul periodo annuale l'intera area vesuviana non è interessata da alcuna significativa variazione di gravità. Infine, nel mese di marzo 2009, nel corso di una campagna di misure assolute a Napoli e ai Campi Flegrei, è stata anche ripetuta la misura alla stazione assoluta ubicata nella Sede Storica dell'Osservatorio Vesuviano a Ercolano. Contemporaneamente è stata ripetuta anche la misura del gradiente verticale di g necessario per ridurre al suolo il valore assoluto che viene misurato ad una data altezza. I dati ottenuti sono riassunti nella Tab. 7.1.1.

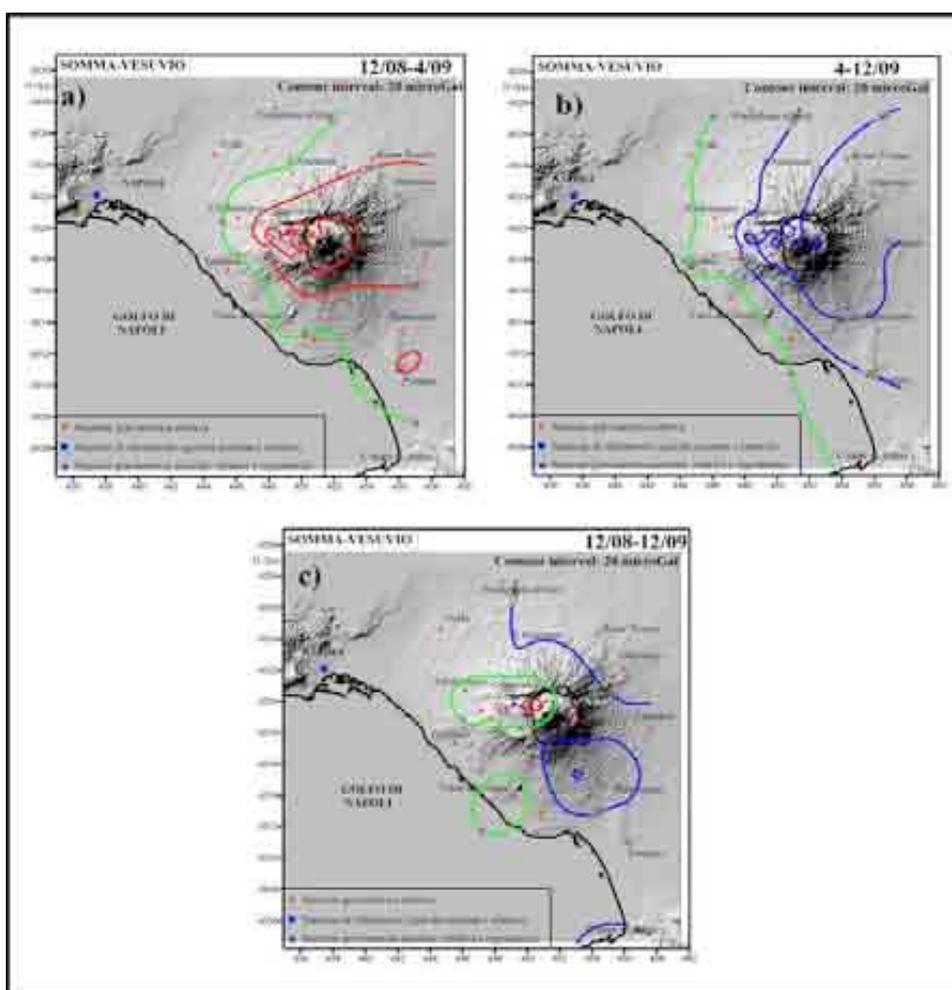


Fig. 7.1.2. – Variazioni di gravità nell'area vesuviana con riferimento alla stazione assoluta di Napoli, nei periodi: a) dicembre 2008 – aprile 2009; b) aprile - dicembre 2009; c) dicembre 2008-dicembre 2009.

Tab. 7.1.1. – Misura del valore di g alla stazione assoluta nella Sede Storica dell'Osservatorio Vesuviano ad Ercolano (Sezione di Napoli).

Stazione assoluta	Valore assoluto di g misurato (μGal)	Quota di misura (m)	Gradiente verticale di g dg/dh (mGal/m)	Valore assoluto di g al suolo (μGal)
Osservatorio Vesuviano	$980\,132\,941 \pm 11$	0.495 ± 0.001	-0.359 ± 0.001	$980\,133\,118 \pm 11$

Il valore assoluto di g è stato corretto, oltre che di effetti strumentali e di marea solida, anche degli effetti dei carichi oceanico ed atmosferico e della variazione di Polar Motion. Successivamente è stato ridotto al suolo, mediante il gradiente verticale misurato, per poter essere confrontato con i dati ottenuti da misure relative sul vertice Osservatorio Vesuviano, i quali, ai fini del confronto, sono stati corretti anche di effetto di Polar Motion. Il confronto tra le variazioni di g ottenute indipendentemente da misure relative e assolute ha mostrato un'ottima concordanza tra i due metodi e indirettamente ha anche confermato la stabilità del riferimento della rete vesuviana (Napoli Università). La stabilità del riferimento è stata comunque controllata anche tramite misura diretta del valore assoluto di g effettuata, come sopra detto, nello stesso periodo. Il confronto tra le variazioni di g ottenute da misure relative e assolute alla stazione Osservatorio Vesuviano è illustrato nella figura 3, dove i valori relativi sono indicati con cerchi chiusi rossi mentre quelli ottenuti da misure assolute con cerchi aperti blu.

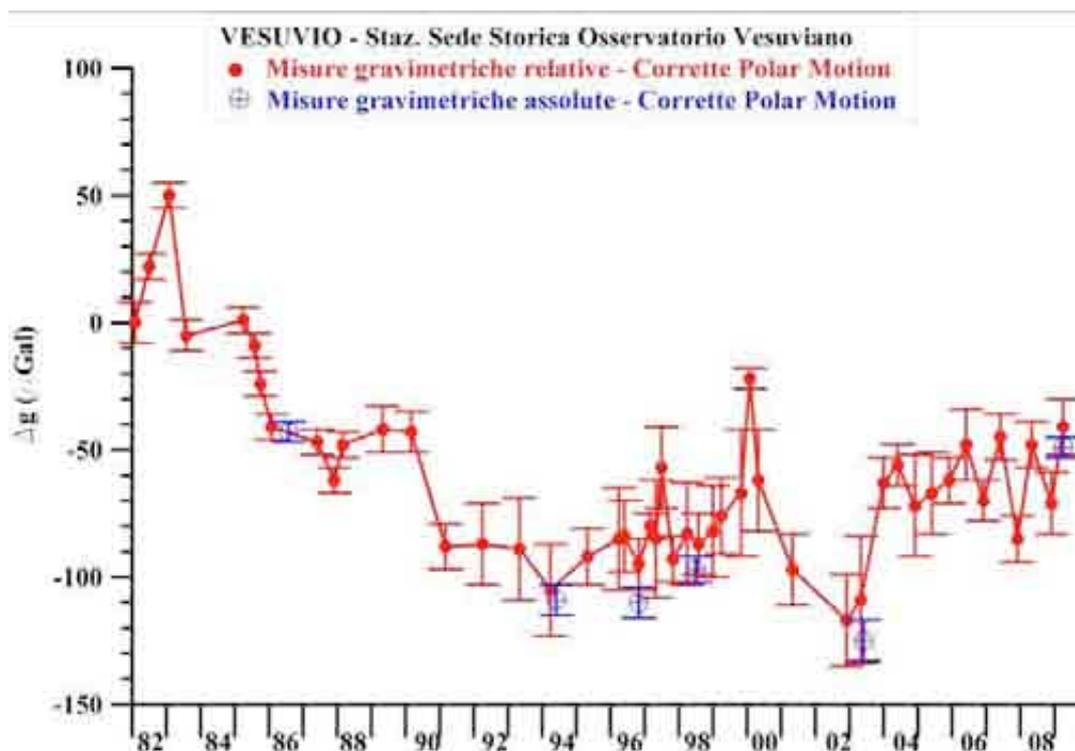


Fig. 7.1.3. – Variazioni di gravità alla Stazione Osservatorio Vesuviano ottenute da misure relative, riferite alla Stazione di Napoli (cerchi pieni rossi), e dalla ripetizione delle misure assolute (cerchi aperti blu).

7.1.2 Campi Flegrei

Nel 2009 sono state svolte, ai Campi Flegrei, due campagne gravimetriche a cavallo dei mesi di febbraio e marzo la prima e a novembre la seconda. Le misure sono state rilevate sull'intera rete che è costituita da 28 vertici (Fig. 7.1.4.), tutti posizionati in corrispondenza, o in prossimità, di capisaldi di livellazione e collegati alla stazione assoluta di Napoli assunta quale riferimento.

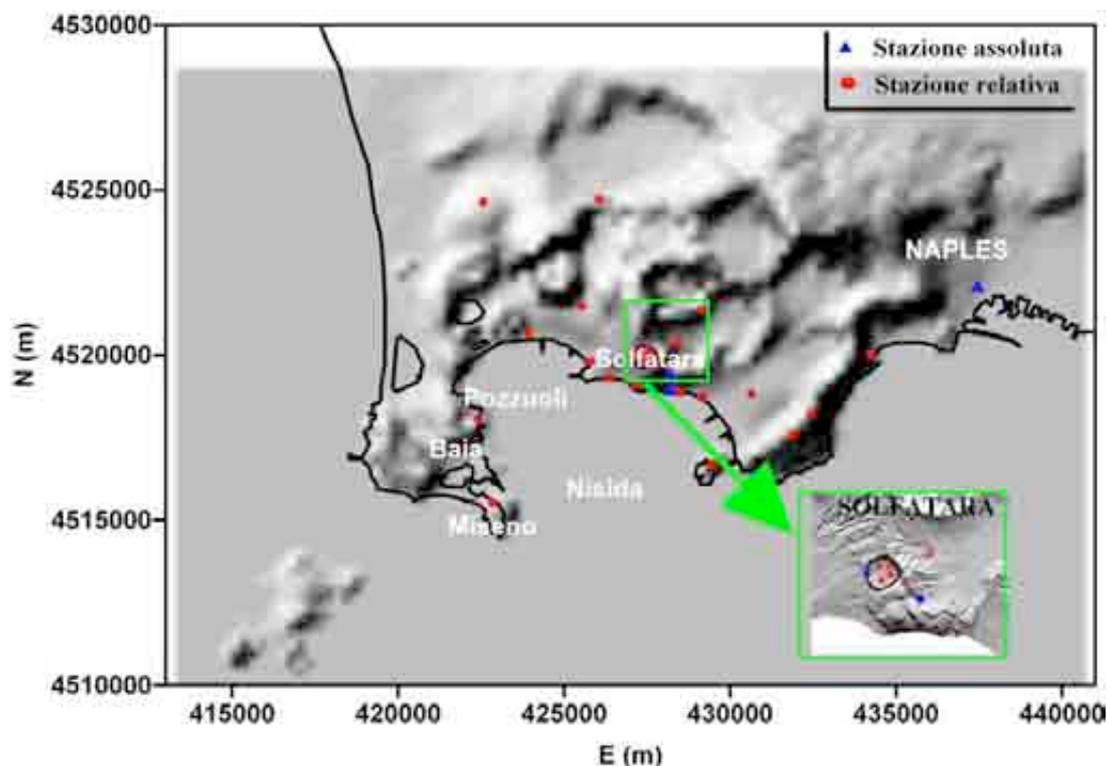


Fig. 7.1.4. – Rete gravimetrica ai Campi Flegrei.

Alla fine del mese di marzo è stata anche condotta una campagna di gravimetria assoluta su tutte le stazioni istituite nell'area napoletana; contemporaneamente si è provveduto anche a misurare i gradienti verticali in ciascuna stazione e ad effettuare i collegamenti gravimetrici relativi tra le stazioni assolute. Ai Campi Flegrei è stata rimisurata la stazione Accademia Aeronautica, istituita nel 1998, ed è stata realizzata una nuova stazione in una galleria dimessa di una linea ferroviaria della Soc. SEPSA, in località La Pietra, lungo la fascia costiera flegrea, dove è previsto di installare una stazione gravimetrica permanente (Fig. 7.1.4.). Quest'ultima stazione è stata scelta perché ricade nell'area caratterizzata dai massimi gradienti nella distribuzione areale dei movimenti verticali del suolo, dove nel corso della crisi bradisismica 1982-1984 sono stati rilevati i maggiori residui gravimetrici, indicativi di aumento di massa. Le misure assolute, così come l'istituzione della stazione registratrice, rientrano nell'attività programmata nell'ambito del progetto "UNREST" (DPC-INGV, UR3). Le misure assolute sono state realizzate in collaborazione con l'Istituto Nazionale di Ricerche Metrologiche (INRiM) di Torino e sono state effettuate con l'utilizzo del gravimetro assoluto IMGC-02 realizzato dallo stesso istituto. Tutte le misure gravimetriche relative sono state eseguite con il gravimetro LaCoste & Romberg modello D numero 85 (LCR-D85). I risultati ottenuti, sia dalle misure assolute che dalle misure relative su rete sono di seguito illustrati e discussi.

Campi Flegrei - Misure assolute di gravità

I valori assoluti di g misurati in tutte le stazioni, riassunti nella Tabella I, sono stati forniti già corretti, oltre che di effetti strumentali e di marea solida, anche degli effetti dei carichi oceanico ed atmosferico e della variazione di Polar Motion. Poiché il valore assoluto è riferito ad una quota di misura, anch' essa riportata nella Tabella I, al fine di rendere confrontabili i valori ottenuti con quelli forniti dalle misure relative è stata effettuata la riduzione al suolo mediante l'utilizzo del gradiente verticale di g localmente misurato (Tabella I).

Tab. 7.1.2. – Misura assolute di gravità alle stazione dei Campi Flegrei.

Stazione assoluta	Valore assoluto di g misurato (μGal)	Quota di misura (m)	Gradiente verticale di g dg/dh (mGal/m)	Valore assoluto di g al suolo (μGal)
Napoli Università	980 257 884 \pm 10	0.495 \pm 0.001	-0.301 \pm 0.003	980 258 033 \pm 10
Pozzuoli Accademia	980 231 187 \pm 9	0.496 \pm 0.001	-0.300 \pm 0.005	980 231 335 \pm 10
Galleria SEPSA La Pietra	980 259 843 \pm 10	0.495 \pm 0.001	-0.285 \pm 0.007	980 259 984 \pm 12

I valori ottenuti hanno mostrato che la stazione di Napoli Università, che è stata assunta come riferimento per la rete flegrea, è stabile nel tempo in quanto non è stata rilevata alcuna variazione rispetto ai valori misurati nel 1986 e nel 2003. La stabilità del riferimento è stata anche confermata indirettamente dal confronto temporale dei valori assoluti alla stazione Accademia Aeronautica, già misurate nel 1998 e nel 2003. Le variazioni di g ottenute dalle misure assolute alla stazione Accademia Aeronautica (Fig. 7.1.5., cerchi blu) mostrano, infatti, che nessuna variazione significativa si è verificata dal 1998 al 2003 mentre nel periodo 2003-2009 si rileva un aumento della gravità di 46 μGal . La variazione osservata alla stazione Accademia Aeronautica è stata confrontata con le variazioni di g ottenute alla stessa stazione da misure relative che, ai fini del confronto, sono state corrette anche di Polar Motion. La Fig. 7.1.5., dove sono state messe a confronto le variazioni di gravità ottenute, sin dal 1998, sia da misure relative (cerchi rossi) che assolute (cerchi blu), evidenzia un'ottima concordanza tra le variazioni ottenute indipendentemente dalle due metodologie.

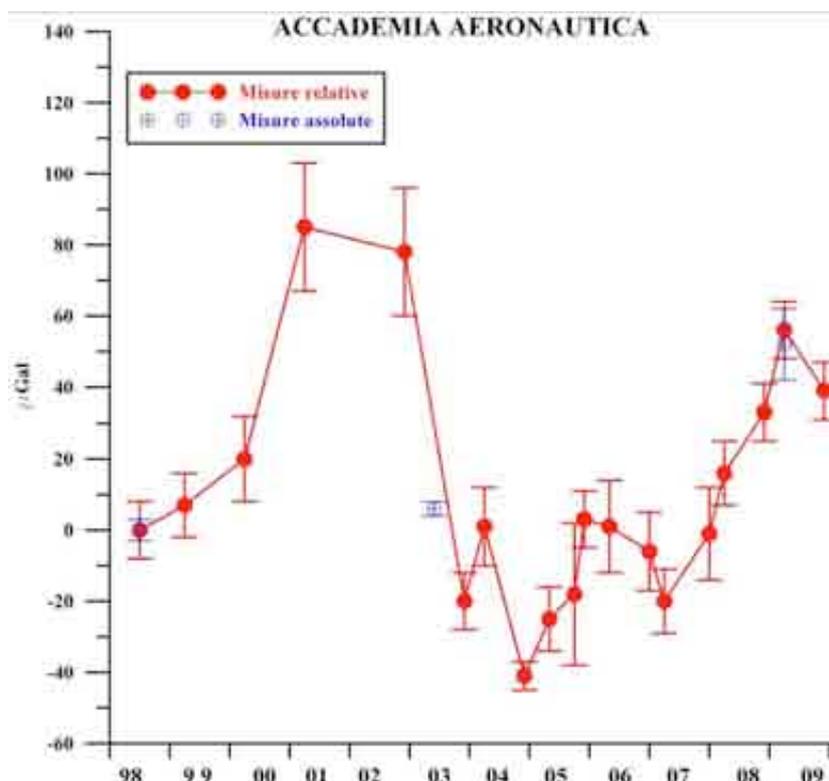


Fig. 7.1.5. – Variazioni di gravità alla Stazione Accademia Aeronautica, ottenute da misure relative riferite alla Stazione di Napoli (cerchi pieni rossi) e dalla ripetizione delle misure assolute (cerchi blu).

Campi Flegrei - Misure relative di gravità

Gli errori di misura risultanti dalla compensazione in entrambe le campagne del 2009 sono pari a $\pm 8 \mu\text{Gal}$. Le differenze di gravità tra le stazioni e quella di riferimento di Napoli ottenute nelle singole campagne sono state confrontate tra loro e con quelle dell'ultima campagna condotta nel 2008 (ottobre/novembre) il cui errore medio è $\pm 8 \mu\text{Gal}$. I campi delle variazioni di gravità (Fig. 7.1.6.) sono stati tracciati con un'equidistanza di $15 \mu\text{Gal}$, tenendo conto degli errori ottenuti in ciascuna campagna. Dal confronto 11/2008-3/2009 (Fig. 7.1.6.a) si evince che l'intera area flegrea è stata interessata da un aumento della gravità. Come già rilevato alla fine del 2008, sono ancora individuabili due aree separate da una fascia a variazione di gravità ai limiti della significatività statistica e che corre lungo la direttrice 'costa-Solfatara-Pisciarelli'. I valori massimi, circa $50 \mu\text{Gal}$, sono localizzati in corrispondenza della stazione "Gerolomini", nell'area di massima deformazione, e nella tratta Napoli Via Diocleziano – Piazza Esedra. Inoltre, l'area della Solfatara continua ad evidenziare un comportamento diverso dal resto dell'area flegrea e già individuato a partire dal 2003; infatti nel periodo analizzato in corrispondenza del cratere Solfatara si osservano variazioni nulle o comunque ai limiti della significatività statistica. Infine, alla stazione Accademia Aeronautica si continua ad osservare il trend di incremento di g rilevato sin dall'intervallo marzo-dicembre 2007 e che al marzo 2009 è pari a $73 \mu\text{Gal}$. La variazione osservata alla stazione Accademia Aeronautica, come già detto in precedenza, è stata confermata dai risultati ottenuti dalla ripetizione delle misure assolute (Fig. 7.1.5.).

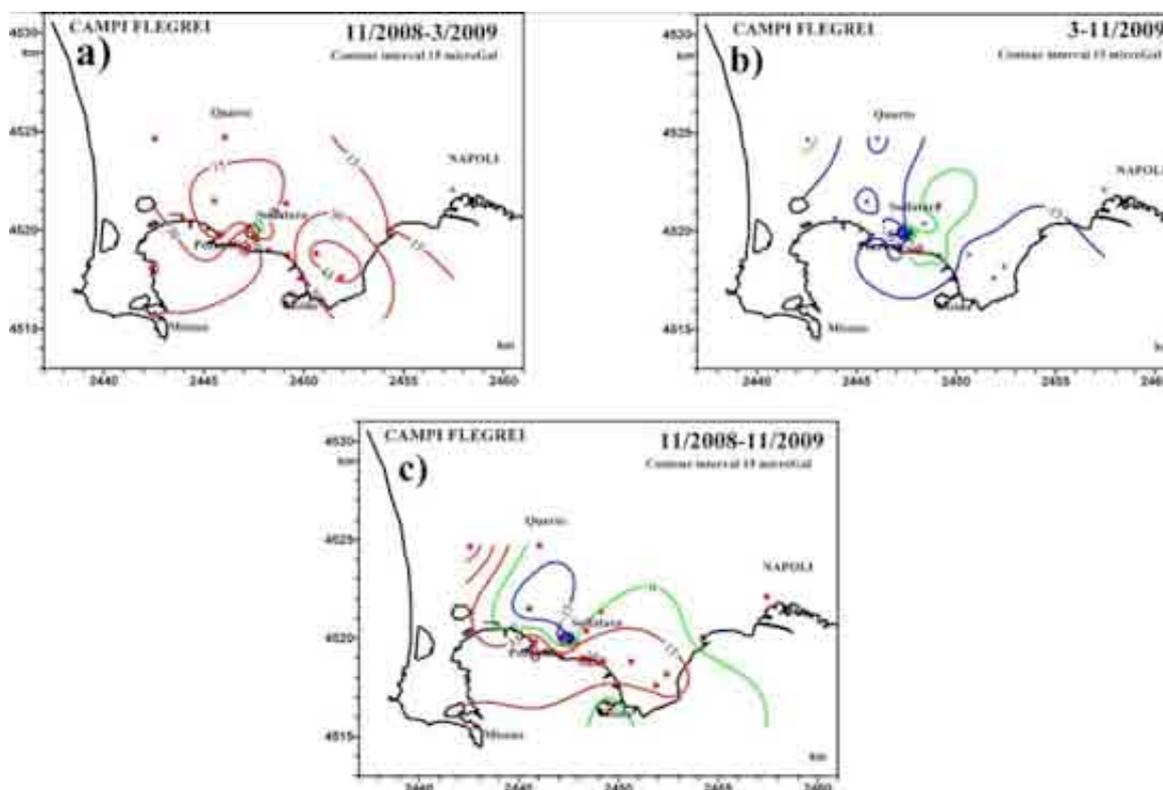


Fig. 7.1.6. – Variazioni di gravità ai Campi Flegrei, riferite alla stazione assoluta di Napoli, nei periodi: a) novembre 2008 – marzo 2009; b) marzo – novembre 2009; c) novembre 2008 – novembre 2009.

Il campo variometrico relativo all'intervallo di tempo 11/2008-3/2009 si mostra inverso a quello del periodo precedente (marzo-novembre 2008, Fig. 7.1.7.) che si presentava tutto negativo. Come già discusso nel rapporto dell'attività di sorveglianza svolta nel 2008, il campo marzo-novembre 2008 rappresentava l'evoluzione della diminuzione di gravità evidenziata dal 2007, riproponendo una fenomenologia simile a quella osservata nell'intervallo di tempo novembre 2003-novembre 2004. Il campo variometrico relativo all'intervallo di tempo analizzato (11/2008-3/2009 – Fig. 7.1.6.a) sembra, invece, riproporre l'aumento di g occorso nel periodo 2004-2005 (ref. Fig. 7.1.7.b) che ha

preceduto il sollevamento 2004-2006. Come già segnalato, ciò suggerire l'insorgere di una nuova piccola fase di sollevamento, fase dell'entità di circa 2 cm che è stata rilevata dai dati GPS in continuo nel periodo fine 2008 – estate 2009 (dati “Sistema Unificato di Monitoraggio” – Osservatorio Vesuviano). Nel novembre 2009 si osserva, invece, ancora un campo caratterizzato da una diminuzione di gravità, in generale ai limiti della significatività statistica. Diminuzioni di gravità significative, di circa $-30 \mu\text{Gal}$ sono concentrate nella zona della Solfatara (Fig. 7.1.6.b). Si osserva ancora una fascia di demarcazione tra due zone, ma con variazione di g nulla, che corre tra “costa-Solfatara-Pisciarelli” e il trend di aumento di gravità rilevato alla stazione Accademia Aeronautica sembra terminato, come suggerito dalla diminuzione di $-17 \mu\text{Gal}$ (Fig. 7.1.5.).

Allo scopo di ridurre gli effetti stagionali è stato anche effettuato un confronto tra i dati rilevati a novembre 2008 con quelli di novembre 2009, periodi stagionali simili (Fig. 7.1.6.c); da esso si può osservare come l'aumento di g rilevato a marzo 2009 persiste seppure interrotto da una diminuzione che interessa la zona Solfatara – Via Campana. Infine, allo scopo di inquadrare le variazioni rilevate nel 2009 nella dinamica osservata sin dal novembre 2003, i dati dell'ultima campagna sono stati confrontati con tutti quelli precedenti.

Il confronto è stato fatto solo per le variazioni di gravità non residue, poiché i dati rilevati nelle ultime due campagne sono stati solo in parte corretti dell'effetto delle variazioni di quota per indisponibilità di dati altimetrici in corrispondenza dei capisaldi gravimetrici nelle stesse date.

I dati depurati sono stati corretti considerando le variazioni altimetriche ottenute dalle stazioni GPS in continuo in prossimità dei vertici gravimetrici.

È da sottolineare che le variazioni altimetriche rilevate nell'area sono, comunque, di entità tale da non influenzare significativamente le variazioni di g . Tutti i dati dal 2003 al 2009 sono stati organizzati considerando intervalli di tempo annuali (Fig. 7.1.7.), sempre allo scopo di ridurre eventuali effetti stagionali; ciò ha permesso di individuare alcuni episodi caratterizzati da significative diminuzioni (11/03-11/04 e 12/07-11/08 – Fig. 7.1.7.a e Fig. 7.1.7.e) e aumenti (11/04-11/05 – Fig. 7.1.7.b) di gravità.

Per l'intero periodo 2003-2008, inoltre, l'entità e l'estensione dei campi della distribuzione dei residui gravimetrici ha suggerito l'effetto di due sorgenti superficiali associabili alla dinamica del sistema idrotermale dell'area: una a circa 2 km attiva principalmente nei periodi 2003-2005 e 2007-2008, l'altra più superficiale (≤ 1 km) attiva nel 2006.

Anche in tale inquadramento, il campo variometrico relativo all'ultimo intervallo di tempo analizzato (11/2008-11/2009 – Fig. 7.1.7.f) sembra riproporre l'aumento di g occorso nel periodo 2004-2005 (Fig. 7.1.7.b) che ha preceduto e accompagnato il sollevamento 2004-2006. Così come la sequenza di diminuzione e incremento di g nel periodo 2007-2008 (Fig. 7.1.7.e) riproduce quella rilevata nel periodo 2003-2004 (Fig. 7.1.5.a).

I dati rilevati dal novembre 2003 al novembre 2009 hanno permesso di evidenziare che l'attuale fase di dinamica dell'area flegrea è caratterizzata dall'alternarsi di fasi di diminuzioni e aumenti di g . Solo nei casi in cui la loro entità era statisticamente significativa e la loro distribuzione ha presentato una geometria a simmetria quasi radiale, con valori massimi centrati nell'area dove solitamente avvengono i maggiori movimenti verticali del suolo, esse hanno rispettivamente preceduto e accompagnato l'insorgere di piccole fasi di sollevamento, come è accaduto nel 2006 e nel 2008.

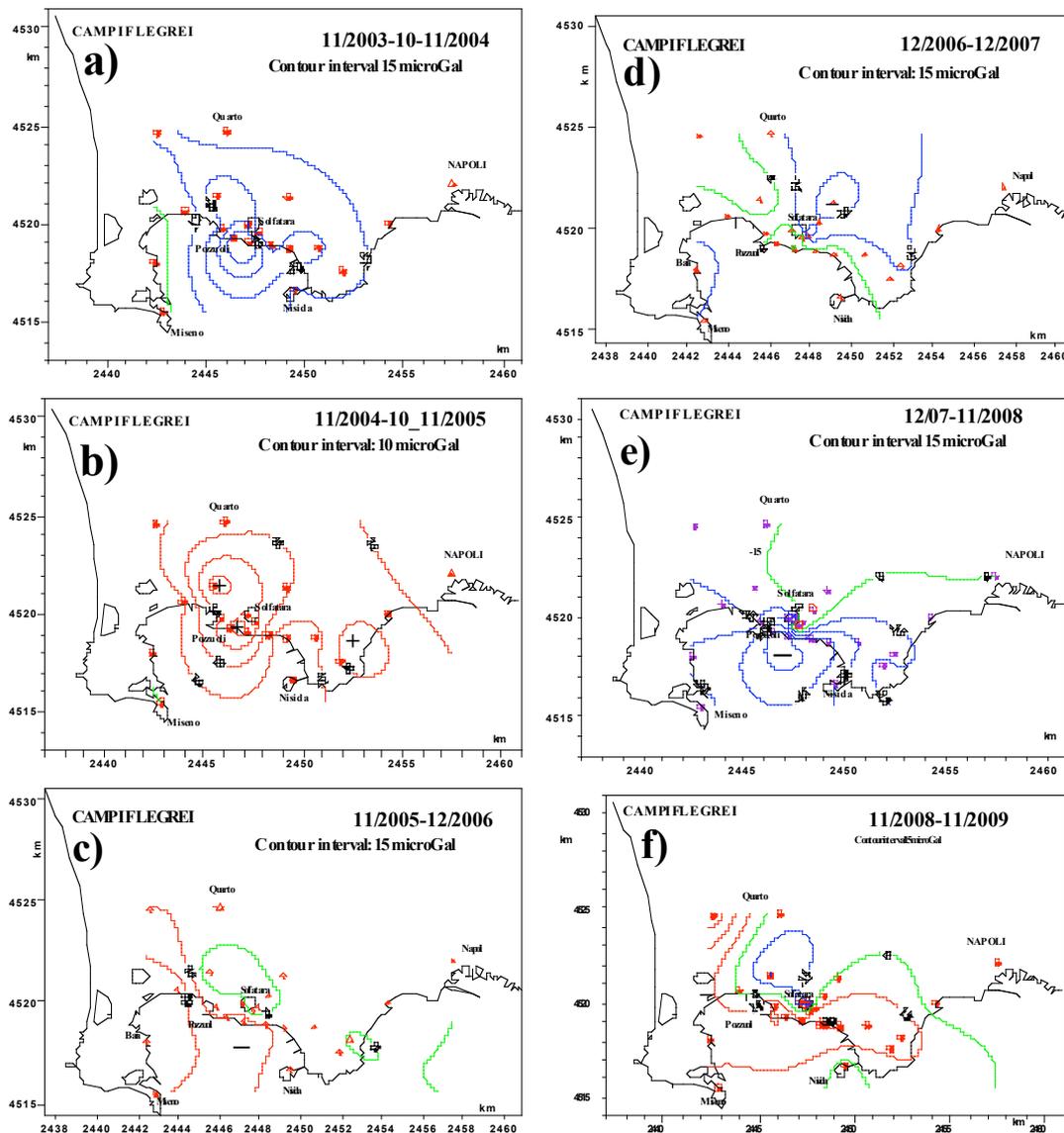


Fig. 7.1.7. – Confronto delle variazioni di gravità rilevate nell'intervallo 11/2008-11/2009 con le variazioni di gravità, su periodi annuali, dal novembre 2003.

7.2 Vulcano

Nel mese di settembre 2009 è stata effettuata una campagna di misure gravimetriche di precisione all'isola di Vulcano. La rete gravimetrica, collegata alla stazione assoluta di gravità di Milazzo assunta quale riferimento, consta di 32 stazioni (Fig. 7.2.1.), la maggior parte delle quali coincidenti con capisaldi della rete altimetrica. Nel corso della campagna non è stato possibile rilevare le misure alla stazione di Grotta Palazzi (VULG32), non raggiungibile per impraticabilità del sentiero, mentre è stato possibile misurare le stazioni VULG27, VULG30, VULG31, tutte ubicate nella Fossa, che nel 2008 erano risultate irraggiungibili a causa della copertura da materiale fangoso, apportato a seguito del temporale avvenuto nella notte tra il 13 e il 14 settembre 2008, che ostruiva il sentiero. Sei stazioni gravimetriche sono anche siti di misura del gradiente verticale della gravità (quadrati aperti blu nella Fig. 7.2.1.).

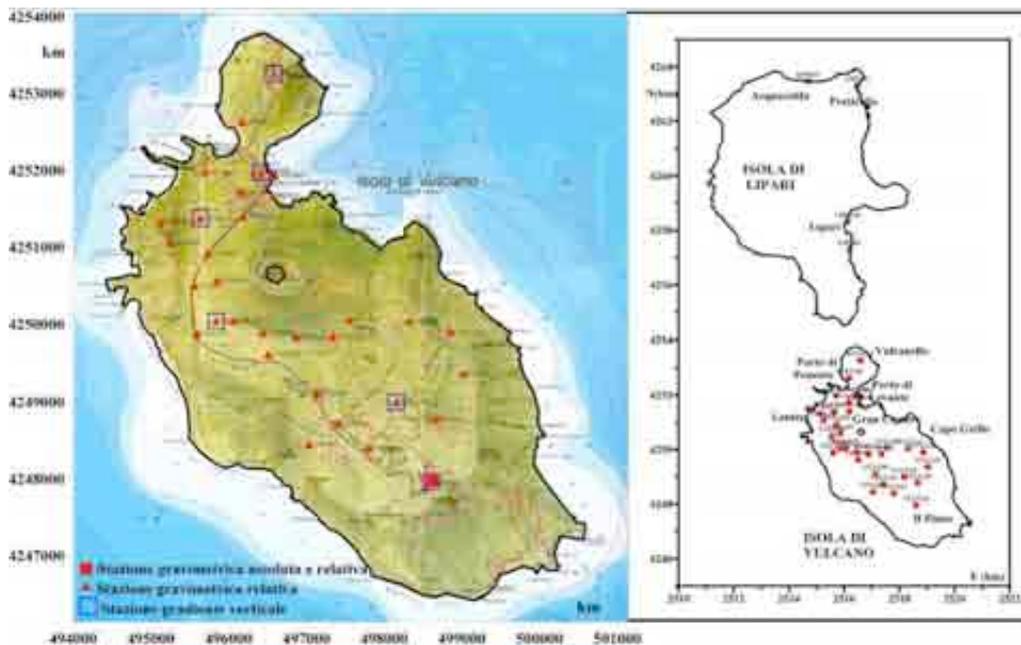


Fig. 7.2.1. – Rete gravimetrica all'isola di Vulcano. Nel riquadro a destra è illustrata la rete sul settore Vulcano-Lipari.

I collegamenti gravimetrici, come ormai consuetudine dal 2003, sono stati estesi a Lipari dove sono ubicate quattro stazioni gravimetriche (Fig. 7.2.1.; riquadro a destra); ciò allo scopo di definire nell'intorno dell'isola di Vulcano eventuali variazioni di gravità associabili ad effetti regionali.

Le letture gravimetriche sono state eseguite con il gravimetro LaCoste & Romberg, modello D numero 85 (LCR-D85); le differenze di gravità tra i singoli vertici della rete e la stazione assoluta di riferimento in Milazzo sono risultate affette, dopo compensazione rigorosa, da un errore medio di $\pm 10 \mu\text{Gal}$. Esse sono state confrontate con quelle ottenute nella precedente campagna del settembre 2008 il cui errore è risultato di $\pm 8 \mu\text{Gal}$. Nel confronto non è stato tenuto conto delle stazioni non misurate nel 2008 (stazioni VULG27, VULG30, VULG31 e VULG32) e della misura alla stazione VULG06 (Bivio Lentia, ref. Fig. 7.2.1.) dove è stato riscontrato un valore anomalo non confrontabile con i valori riscontrati in altri vertici nella stessa area. Tale anomalia potrebbe essere dovuta a modifiche del sito non evidenti sul territorio.

Le curve di eguale variazione sono state tracciate con una equidistanza di $15 \mu\text{Gal}$, tenendo in considerazione gli errori sulle misure.

Dal confronto dei dati (Fig. 7.2.2. - riquadro a sinistra) si evince un significativo aumento di gravità nel settore centrale dell'isola. Il valore massimo, circa $80 \mu\text{Gal}$, è localizzato in corrispondenza del vertice VLG24 (Vulcano Piano).

La parte settentrionale dell'isola risulta invece interessata da variazioni di g non significative. L'estensione dell'anomalia suggerisce che la variazione di gravità osservata può considerarsi a carattere locale e, pertanto, attribuibile ad una sorgente superficiale e localizzata. Per evidenziare eventuali effetti regionali, il campo tracciato sull'isola di Vulcano è stato esteso a Lipari (Fig. 7.2.2. - riquadro a destra), dove si evidenzia chiaramente la continuazione del campo di aumento di g , seppure ai limiti della significatività statistica, osservato nella parte settentrionale di Vulcano. L'intera isola di Lipari risulta, inoltre, affetta da variazioni ai limiti della significatività, se si esclude l'aumento di circa $40 \mu\text{Gal}$ al vertice più settentrionale (LIPG03) in località Acquacalda.

Considerando il campo variometrico e la distribuzione dei vertici sull'isola di Lipari, non è possibile associare la variazione ad Acquacalda ad un puro effetto locale o ad uno regionale.

È comunque da escludere un significativo effetto stagionale, principalmente in considerazione del fatto che le misure confrontate sono state effettuate negli stessi periodi dell'anno.

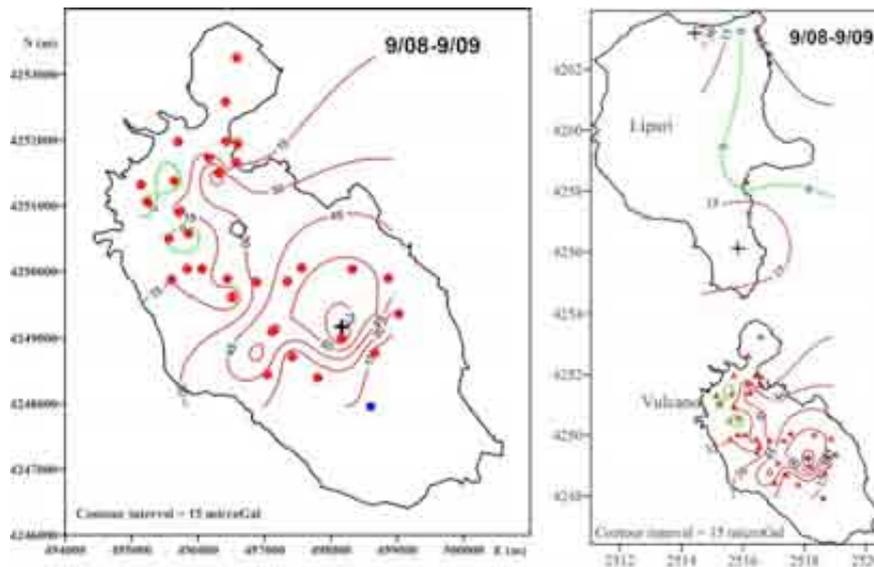


Fig. 7.2.2. – Variazioni della gravità con riferimento a Milazzo, sull'isola di Vulcano (sinistra) e sul complesso Lipari- Vulcano (destra) nel periodo settembre 2008 – settembre 2009.

7.3 Pantelleria

Nel mese di giugno 2009 è stata condotta una campagna gravimetrica di precisione all'isola di Pantelleria, dove le misure vengono effettuate con una periodicità biennale data la debole attività dell'isola. Le misure sono state rilevate sull'intera rete che è costituita da 24 stazioni (Fig. 7.3.1.), molte delle quali ubicate su vertici della locale linea di livellazione e tutte collegate a due stazioni assolute istituite nel 1993 rispettivamente a Pantelleria e a Khamma (Fig. 7.3.1., quadrati rossi).

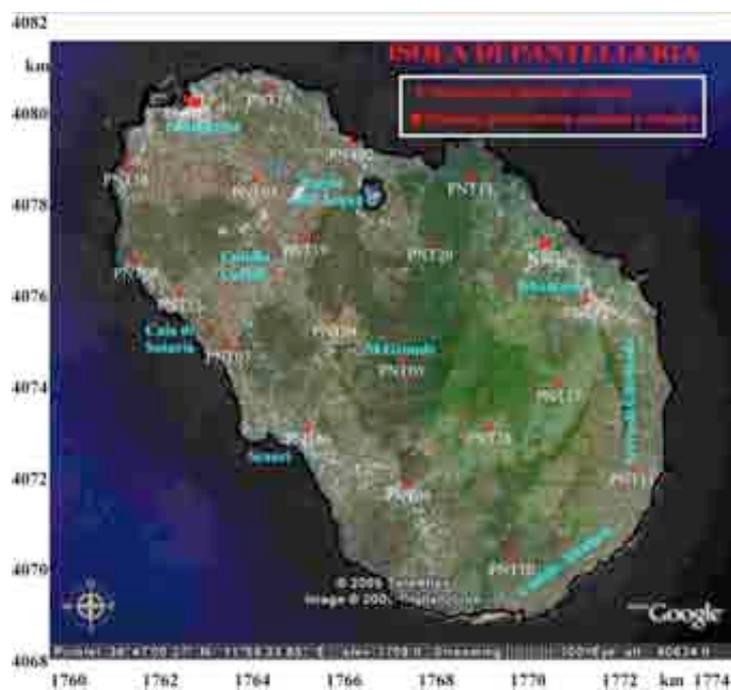


Fig. 7.3.1. – Rete gravimetrica all'isola di Pantelleria.

Sulla base delle informazioni ottenute dalle prime misure gravimetriche, e da quelle fornite dalle prospezioni gravimetriche e dalle misure altimetriche, le due stazioni assolute furono ubicate una a Pantelleria, in una delle zone più dinamiche dell'isola, e l'altra a Khamma, in prossimità di una zona dimostratasi anch'essa relativamente stabile. Ciò allo scopo di confermare l'influenza della dinamica del Canale di Sicilia sull'isola attraverso due lineazioni tettoniche, emerse dall'inversione di dati di prospezione gravimetrica, probabilmente strutture regionali rispettivamente orientate ENE-WSW e SE-NW; quest'ultima nella zona centrale dell'isola (Cuddia Caffefi) appare traslata in direzione NE, probabilmente spostata dalla dinamica della precedente struttura (Fig. 7.3.2., destra). Dal 1993, pertanto, è stato scelto quale riferimento locale la stazione assoluta di Khamma, in sostituzione della stazione PNT10, ubicata nel settore meridionale che rappresenta la parte più antica dell'isola e, presumibilmente, la più stabile. La stazione PNT10 fu scelta quale riferimento alla data di istituzione della rete (1990) e le misure condotte sino 1997 hanno dimostrato che tale zona è comunque relativamente stabile.

Le letture gravimetriche rilevate nel corso della campagna svolta nel 2009 sono state eseguite con il gravimetro LaCoste & Romberg modello D n. 85 (LCR D-85); l'errore medio ottenuto, dopo compensazione rigorosa, è risultato $\pm 10 \mu\text{Gal}$.

Le differenze di gravità tra le singole stazioni e quella di riferimento, sono state confrontate con quelle rilevate nel corso della campagna precedente (giugno 2007), il cui errore medio è risultato di $\pm 10 \mu\text{Gal}$.

Il campo delle variazioni della gravità, riferito alla stazione Khamma e relativo al periodo 6/2007-6/2009 è illustrato nella Fig. 7.3.2.

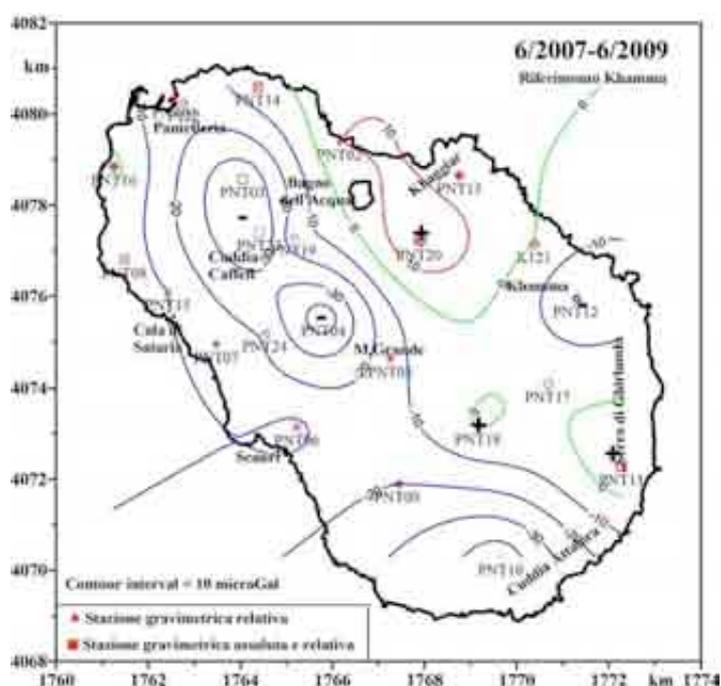


Fig. 7.3.2. – Variazioni di gravità, riferite alla stazione assoluta di Khamma, nel periodo giugno 2007 – giugno 2009.

Si osserva una diminuzione della gravità che interessa il settore occidentale e meridionale dell'isola, mentre in quello orientale sono state rilevate variazioni ai limiti della significatività statistica. Le diminuzioni di g statisticamente significative sono quelle che si osservano lungo l'allineamento Pantelleria – Montagna Grande, e quelle nel settore meridionale con valore massimo di $-40 \mu\text{Gal}$ alla stazione PNT10, dove per la prima volta dal 1990 si osserva una significativa variazione di gravità. La distribuzione areale delle variazioni di g , in particolare la fascia di demarcazione tra le due zone identificate, riflette grossomodo l'andamento della lineazione strutturale orientata SE-NW. Inoltre si osserva una "strozzatura" delle isolinee in corrispondenza dell'area di Cuddia Caffefi, lungo l'allineamento Cala di Sataria – Khaggiar, dove il modello strutturale ottenuto dall'inversione delle anomalie di Bouguer ipotizza la presenza della

struttura orientata ENE-WSW. Allo scopo di evidenziare tali osservazioni, sul campo delle variazioni di g relativo all'intervallo 2007-2009, in corrispondenza delle aree sopra identificate, sono state tracciate delle linee in colore marrone chiaro (Fig. 7.3.3. – sinistra) e il tutto è stato messo a confronto con la morfologia del basamento di Pantelleria dove sono tracciate le lineazioni discusse (Fig. 7.3.3. – destra). Ciò supporterebbe ancora l'ipotesi che la dinamica dell'isola è fortemente influenzata da quella più globale del Canale di Sicilia.

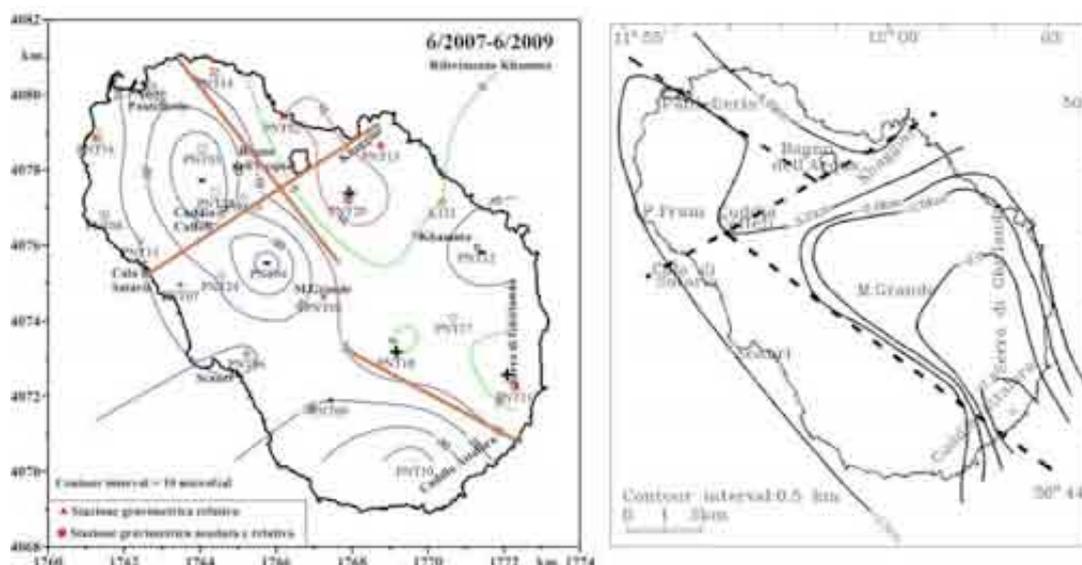


Fig. 7.3.3. – Confronto tra il campo delle variazioni di gravità nel periodo giugno 2007 – giugno 2009 (a sinistra) e la morfologia del basamento a larga scala dell'isola di Pantelleria (a destra) dove le linee tratteggiate indicano la posizione e l'andamento delle due strutture regionali discusse nel testo.

7.4. Etna

7.4.1. Strumentazione disponibile

Nel 2009, la Sezione di Catania ha garantito il mantenimento e il potenziamento delle reti permanenti per il monitoraggio gravimetrico e magnetico dell'Etna. Attualmente, all'Etna sono operative le stazioni indicati nella tabella che segue.

Tipologia di stazioni permanenti o di capisaldi	N.
Stazioni Permanenti Gravimetriche	3
Stazioni Permanenti per la misura del campo magnetico totale	9
Stazioni Permanenti per la misura del campo magnetico vettoriale	3
Stazioni Permanenti per la misura dei potenziali spontanei	3
Capisaldi per campagne di misure di gravimetria relativa	71
Capisaldi per campagne di misure di gravimetria assoluta	12

7.4.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Nell'ultimo decennio all'Etna è stata svolta un'intensa e regolare attività di ricerca e monitoraggio attraverso osservazioni gravimetriche condotte su una rete in grado di garantire osservazioni ad alta risoluzione nel tempo e nello spazio (Fig. 7.4.1.). Attualmente la rete comprende 71 capisaldi

per misure discrete che ricoprono l'edificio vulcanico a quote comprese tra circa 500 e circa 3100 m s.l.m., organizzati in 4 diversi elementi (Profilo Est-Ovest, Profilo Sommitale, Rete Generale e Rete Basale) e 3 stazioni remote in acquisizione continua (PDN, BVD e SLN). A partire dal 2007, in collaborazione con l'INRiM di Torino e l'ENI Spa che hanno fornito rispettivamente il gravimetro assoluto IMGC-02 e FG5 # 238, sono state anche eseguite misure assolute dell'accelerazione di gravità g in 13 siti (12 all'Etna e 1 a Catania) e del gradiente verticale di gravità, nell'ambito delle campagne periodiche fatte con i gravimetri relativi a molla (misure ibride).

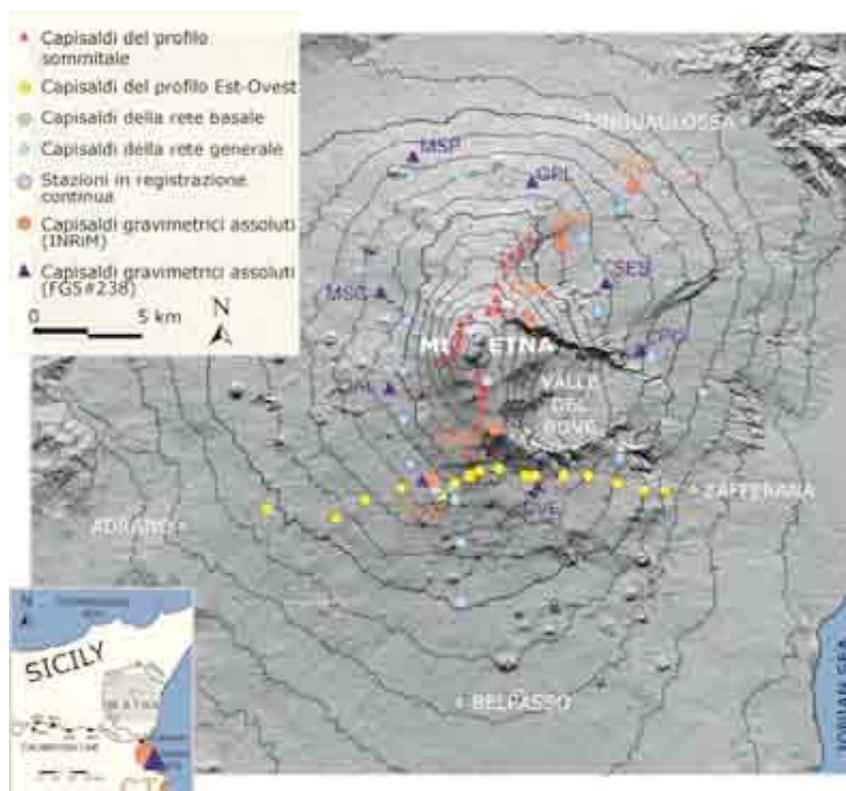


Fig. 7.4.1. - Rete gravimetrica per misure discrete (assolute e relative) e in continuo all'Etna. Nel riquadro a sinistra il caposaldo gravimetrico assoluto di Catania e la linea di taratura Catania-Enna.

Nel mese di luglio 2009 è stata eseguita una campagna di misure gravimetriche relative e assolute (misure ibride) che ha interessato quasi tutte le stazioni della rete gravimetrica dell'Etna. In totale sono state misurate 13 stazioni assolute, dove è stato acquisito anche il valore del gradiente verticale, distribuite opportunamente intorno all'edificio vulcanico. Ogni stazione assoluta è stata collegata con almeno 3 punti della rete gravimetrica per mezzo dei gravimetri relativi a molla.

Nella Fig. 7.4.2. è riportato l'andamento del campo di gravità relativo la periodo luglio 2008 – luglio 2009 ottenuto integrando tutte le misure acquisite utilizzando i gravimetri relativi e assoluti (nel 2008 era stato utilizzato il gravimetro assoluto IMGC-02 in 5 stazioni). Il campo gravimetrico è dominato da un'anomalia positiva con un'ampiezza massima di circa $80 \mu\text{Gal}$ centrata a Sud rispetto ai crateri sommitali. L'anomalia interessa tutto l'edificio vulcanico, con una lunghezza d'onda di una decina di chilometri, e presenta una componente dominante in direzione Nord-Sud. Nella parte periferica dell'edificio vulcanico si osservano variazioni negative fino a circa $-30 \mu\text{Gal}$.

Le due campagne gravimetriche (luglio 2008 e luglio 2009) sono state effettuate nello stesso periodo dell'anno, pertanto gli effetti stagionali possono essere trascurati. Inoltre, nello stesso intervallo temporale sono state osservate variazioni di quota di $1\div 2$ centimetri solo in qualche stazione in area sommitale (comunicazione personale; Bonforte) che comporterebbero variazioni massime di gravità di circa $7 \mu\text{Gal}$ considerando il valore del gradiente verticale $378.8 \mu\text{Gal/m}$ misurato nella zona sommitale a luglio 2009. Pertanto, trascurando i due effetti sopra descritti, le variazioni osservate sono verosimilmente da attribuire a fenomeni di redistribuzione di massa.

Nel processo di inversione necessario per caratterizzare la sorgente delle anomalie, si è tenuto conto principalmente delle variazioni che sono state osservate nelle stazioni sommitali. Le

variazioni osservate negli altri settori della rete sono state utilizzate come vincolo. Inoltre, è stato considerato anche l'effetto della topografia irregolare dell'edificio vulcanico. La Figura 7.4.2. mostra il confronto tra le variazioni di gravità osservate nel periodo considerato nelle stazioni sommitali con i relativi errori, e l'effetto gravimetrico di una sorgente ellissoidale compatibile con una sorgente magmatica posta sulla verticale del cratere di SE a circa 2 km di profondità sotto il livello del mare (Fig. 7.4.2. - Tabella). Le variazioni gravimetriche calcolate sono in accordo sia in ampiezza che in estensione con quelle osservate. Dai risultati ottenuti è possibile affermare che già durante l'eruzione, iniziata il 13 maggio 2008 e conclusasi a luglio 2009, era in corso una nuova fase di ricarica a circa 2 km di profondità (centro di massa) sotto il livello del mare, in una zona già interessata da principali fasi di ricarica del sistema di alimentazione dell'Etna. A tal proposito, è il caso di evidenziare che, come già accaduto in passato nella stessa zona, solo una piccola percentuale (valori compresi tra 1/3 e 1/6) del volume di magma stimato ($V = \Delta M/\Delta\rho = 500 \times 10^6 \text{ m}^3$) potrebbe risalire fino alla superficie e dare luogo ad una nuova fase eruttiva. Queste percentuali sono anche in accordo con i rapporti tra volumi di magma degassato e volumi di magma eruttato stimati attraverso osservazioni di geochimica all'Etna.

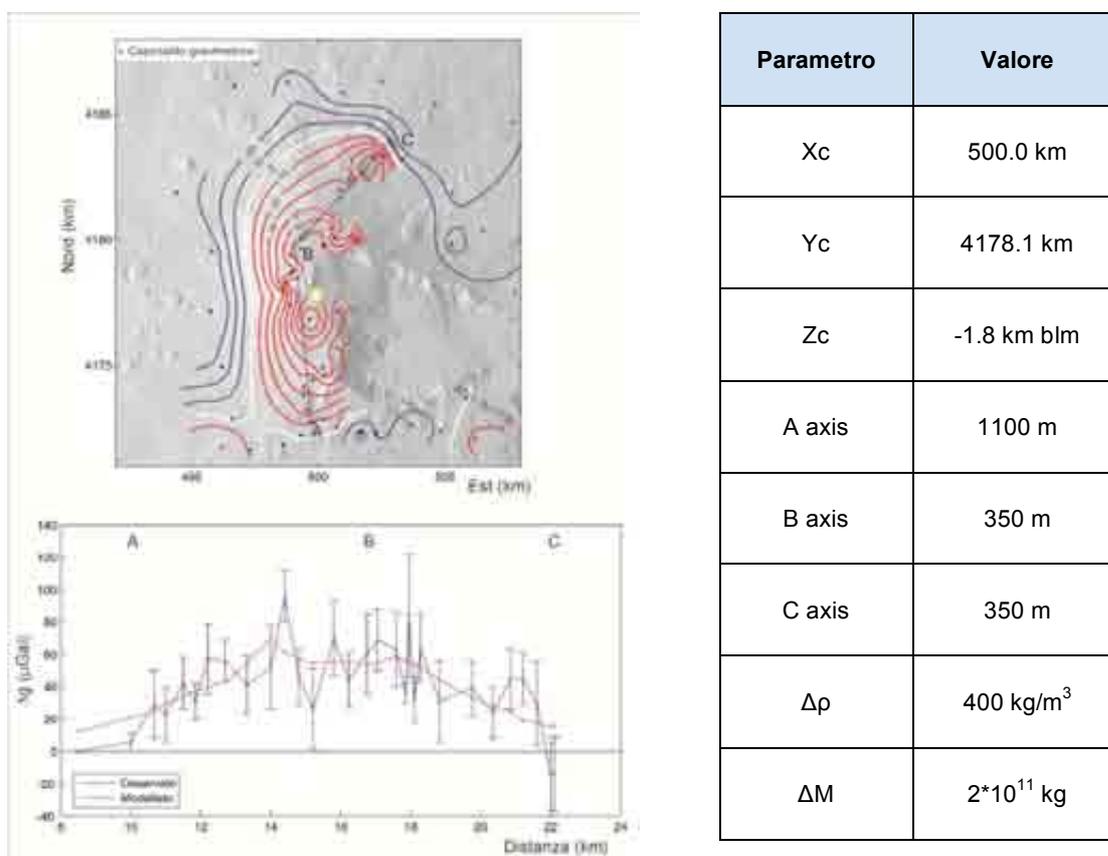


Fig. 7.4.2. – Variazioni del campo di gravità osservate all'Etna nel periodo luglio 2008 – luglio 2009 (equidistanza 10 μGal). Gli errori sulle variazioni gravimetriche sono compresi entro $\pm 10 \mu\text{Gal}$; errori più consistenti fino a $\pm 25 \mu\text{Gal}$ interessano le variazioni gravimetriche in area sommitale. In basso sono riportate le variazioni gravimetriche osservate lungo il Profilo Sommitale confrontate con l'anomalia gravimetrica modellata. Il simbolo giallo in figura indicata la proiezione in superficie della sorgente i cui parametri sono riportati nella tabella.

Nel 2009 i dati gravimetrici in continuo sono stati acquisiti nelle stazioni Serra La Nave (ESL) e Belvedere (BVD; Fig. 7.4.1.). La Fig. 7.4.2. mostra solo le variazioni gravimetriche più significative che sono state osservate a partire da novembre 2009. I segnali nelle due stazioni sono stati corretti per la marea terrestre e la deriva strumentale. A partire dal 21 novembre 2009 il segnale acquisito nella stazione BVD è caratterizzato da un aumento dell'ampiezza delle componenti ad alta frequenza e da una serie di fluttuazioni del segnale con periodo fino a qualche giorno e ampiezza massima picco-picco fino a circa 60 μGal . Queste variazioni anomale sono osservabile fino al 9

gennaio 2010 (Fig. 7.4.3.). Diversamente, il segnale acquisito a ESL non mostra variazioni confrontabili con quelle osservate a BVD; il segnale mostra solo alcuni transienti ad alta frequenza correlati a telesismi e/o all'attività sismica locale. Inoltre, nella stazione BVD i segnali acquisiti dalle due livelli che equipaggiano il gravimetro non mostrano nessuna variazione significativa. Tutto ciò sta ad indicare che le variazioni gravimetriche registrate a BVD sono dovute principalmente a fenomeni di redistribuzione di masse sub-superficiali. Da sottolineare, inoltre, che le anomalie gravimetriche sono state registrate in corrispondenza temporale con la forte attività di degassamento dal pit-crater formatosi il 6 novembre 2009 sul fianco orientale del cratere di SE. Variazioni gravimetriche con simili caratteristiche sono state osservate in passato a BVD e sono state associate ad un meccanismo ciclico di redistribuzione di massa dovuto ad accumulo e liberazione di grosse bolle di gas e magma poco denso nella parte più superficiale del sistema di risalita del magma. In particolare, la sorgente dei fenomeni osservati, che in passato è stata indicata anche come sorgente del tremore vulcanico, sarebbe posizionata a circa 1000 metri di profondità sopra il livello del mare e leggermente spostata a Sud rispetto ai crateri sommitali, grossomodo sulla verticale della sorgente più profonda individuata per mezzo delle osservazioni gravimetriche discrete. Inoltre, tale sorgente superficiale potrebbe corrispondere con l'area demagnetizzata individuata attraverso le osservazioni magnetiche.

In conclusione, le anomalie di gravità osservate hanno permesso di individuare una fase di accumulo profonda che è iniziata nel 2008 e un meccanismo ciclico di variazione di densità per effetto della formazione di grosse sacche di gas miste a magma in una zona più superficiale del sistema di risalita che ha caratterizzato gli ultimi mesi del 2009. Lo studio ed il monitoraggio di questi fenomeni risulta di particolare interesse in quanto i processi di redistribuzione di massa, determinabili attraverso il metodo gravimetrico, dovuti ad accumulo di grosse bolle di gas contenente magma poco denso potrebbero culminare in parossismi molto energetici e potenzialmente pericolosi.

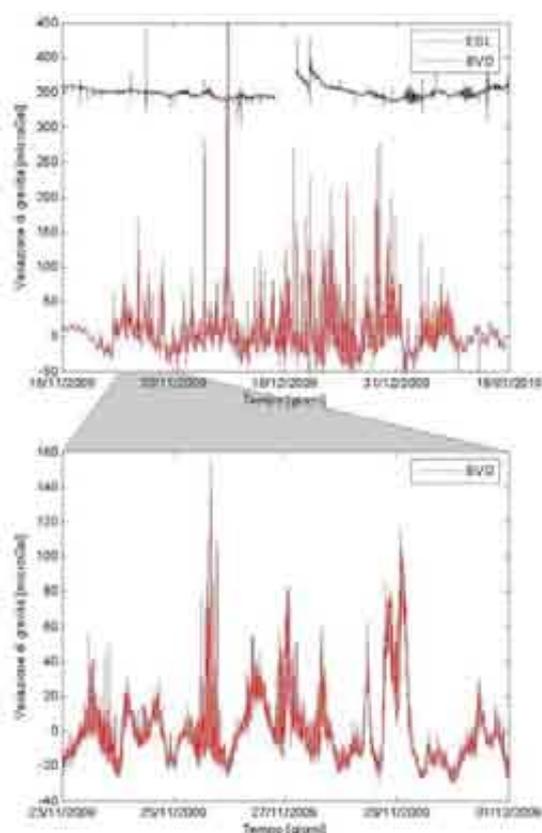


Fig. 7.4.3. – Segnali gravimetrici acquisiti in continuo nelle stazioni Serra La Nave (ELN; traccia nera) e Belvedere (BVD; traccia rossa) nel periodo 15 novembre 2009 15 gennaio 2010. La traccia rossa in basso è un dettaglio del segnale gravimetrico registrato a BVD dal 23 al 30 novembre 2009.

7.4.3. Monitoraggio magnetico

La rete permanente per il monitoraggio magnetico dell'Etna è stata recentemente potenziata con l'aggiunta di tre magnetometri vettoriali che misurano le tre componenti del campo magnetico terrestre e da una stazione magnetotellurica. Attualmente, la rete è costituita da 8 magnetometri scalari, 2 magnetometri vettoriali, 3 stazioni per la misura del potenziale spontaneo ubicati sull'edificio vulcanico lungo un profilo con andamento Sud-Nord che attraversa l'area sommitale. Un magnetometro scalare ed un vettoriale sono stati installati a Cesarò (CSR) sui Monti Nebrodi come stazione di riferimento (Fig. 7.4.4.). Generalmente, le variazioni geomagnetiche legate all'attività vulcanica hanno ampiezze di 1~10 nT, mentre variazioni fino a centinaia di nT sono causate dalle correnti ionosferiche e magnetosferiche e dalle variazioni secolari. Per indagare i processi in atto all'interno del vulcano e rimuovere le fluttuazioni naturali dovute alle sorgenti d'origine esterna, le misure del campo magnetico acquisite all'Etna sono differenziate rispetto alla stazione di riferimento CSR (Monti Nebrodi).

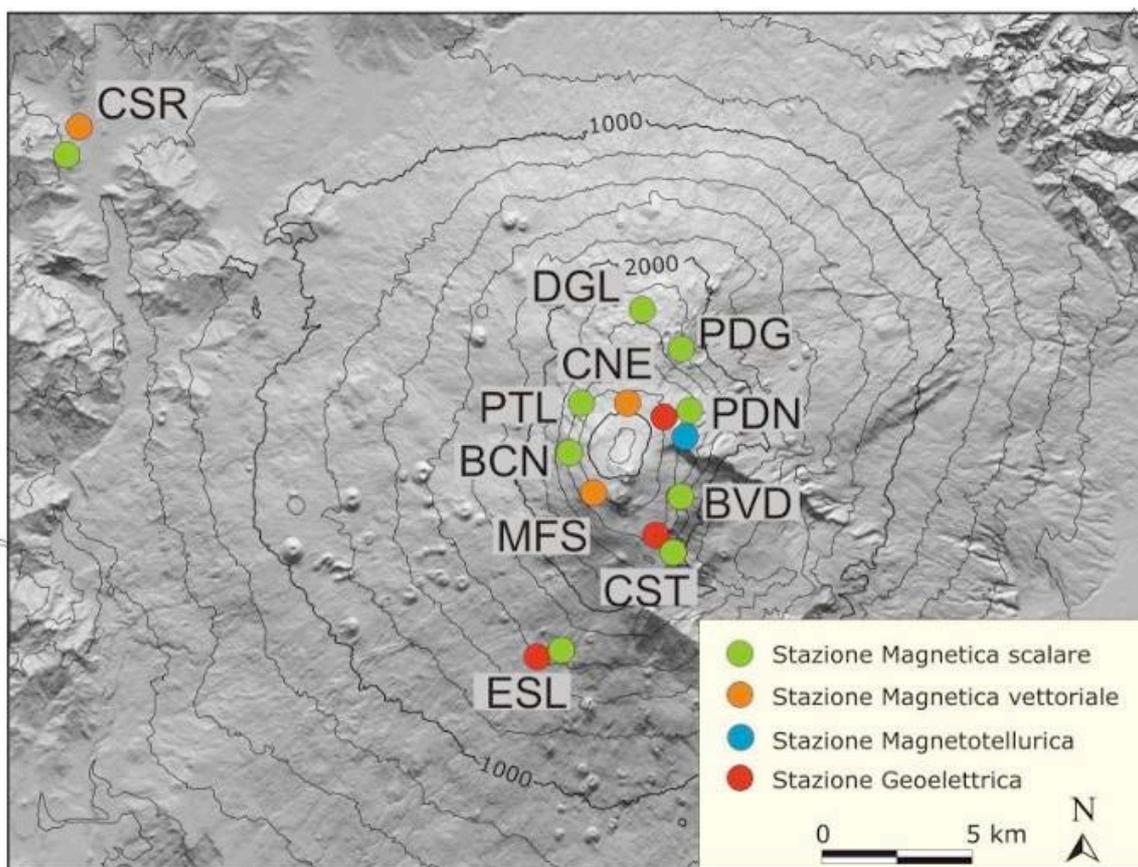


Fig. 7.4.4. – La rete magnetica dell'Etna e la stazione di riferimento (CSR) installata a Cesarò sui monti Nebrodi.

In Fig. 7.4.5. sono riportate le medie giornaliere dell'intensità del campo magnetico totale, osservate a tutte le stazioni dal 2008 al 2009. Le medie giornaliere di queste differenze permettono di ridurre ulteriormente la deviazione standard a meno di 2-3 nT, sebbene in corrispondenza di intensa attività esterna le variazioni del campo magnetico transiente, indotte dalla differente risposta magnetica dei siti, possono anche essere superiori a 3 nT. Subito dopo l'inizio dell'eruzione del 13 maggio 2008 si evidenziano delle variazioni a lungo periodo alle stazioni sommitali. In particolare si osserva un lento e continuo decremento di circa 5 nT a BVD ed un incremento di 10 nT a BCN e di 3 nT a PTL.

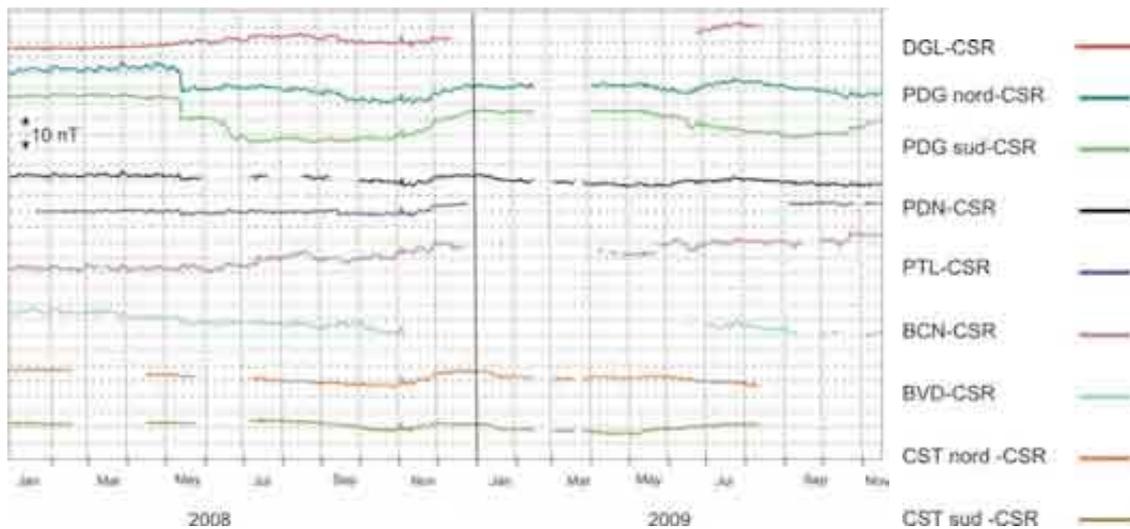


Fig. 7.4.5. – Medie giornaliere dell'intensità totale del campo magnetico alle stazioni della rete magnetica dell'Etna riferite alla stazione CSR dal 2008 al 2009.

La scala temporale e la polarità del transiente magnetico osservato indicano come probabile causa un effetto termomagnetico. Le variazioni nel campo magnetico misurate alle stazioni sono state modellate con una sorgente ellissoidale (Fig. 7.4.6.) demagnetizzata sub-verticale i cui parametri sono riportati in Tab. 7.4.1. Il modello permette di calcolare l'effetto termomagnetico prodotto dalla sorgente demagnetizzata includendo l'effetto della topografia irregolare del vulcano. Le variazioni magnetiche calcolate sono in accordo sia in ampiezza che in estensione con quelle osservate.

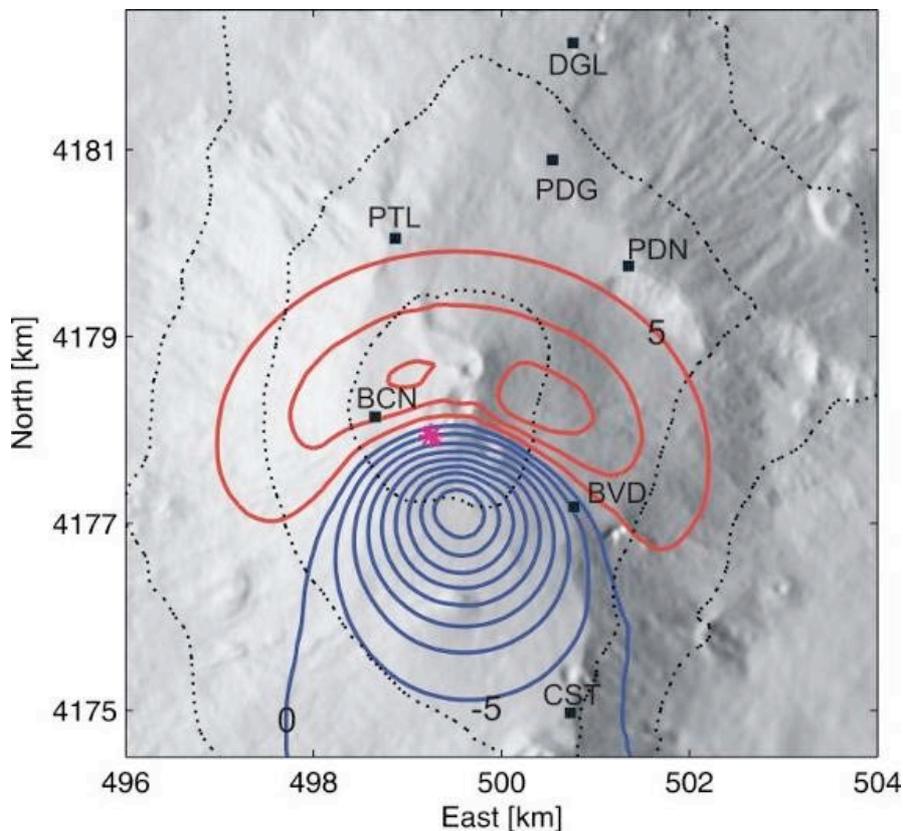


Fig. 7.4.6. – Anomalia termomagnetica calcolata. L'asterisco indica la sorgente ellissoidale demagnetizzata.

Tab. 7.4.1. – Parametri del modello. La posizione è riferita al top della sorgente.

Parametro
Xc
Yc
Zc
A axis
B axis
C axis
Strike
Dip
Plunge

Il monitoraggio magnetico ha evidenziato una fase di ricarica iniziata subito dopo l'eruzione del 13 maggio del 2008. Il rilascio di calore e probabilmente di fluidi da parte del nuovo magma intruso ha prodotto un fenomeno di demagnetizzazione nella porzione superficiale dell'edificio vulcanico, tra 1 e 2 km s.l.m. In particolare, l'area demagnetizzata è ubicata nell'alto versante meridionale del vulcano e rappresenterebbe l'espressione superficiale di un corpo intrusivo evidenziato dalle variazioni gravimetriche. È importante notare come tale area, ubicata al di sopra di una zona preferenziale di risalita e accumulo di magma, sia già stata interessata da tali fenomenologie che accompagnarono il periodo di ricarica che ha preceduto le violente eruzioni del 2001 e 2002-03.

7.5. Stromboli

7.5.1. Strumentazione disponibile

Tipologia di stazioni permanenti o di capisaldi	N.
Stazioni Permanenti Gravimetriche	1
Stazioni Permanenti per la misura del campo magnetico totale	3
Stazioni Permanenti per la misura dei potenziali spontanei	1

7.5.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

La Sezione di Catania, nel corso del 2009, ha assicurato il regolare funzionamento del sistema di monitoraggio multiparametrico a Stromboli costituito da tre stazioni magnetiche, una stazione gravimetrica ed una stazione per la misura del potenziale spontaneo (Fig. 7.5.1.). Nel corso del 2009, è stata anche modificata la configurazione della coppia di sensori magnetici presenti in ciascuna stazione posizionandoli a distanza orizzontale di circa 50 m l'uno dall'altro.

Le misure del campo magnetico acquisite allo Stromboli sono differenziate rispetto alla stazione di riferimento CSR (Monti Nebrodi) per isolare le variazioni magnetiche locali e rimuovere le fluttuazioni naturali dovute alle sorgenti d'origine esterna. In Figura 7.5.2. sono riportate le medie giornaliere dell'intensità del campo magnetico totale, osservate a tutte le stazioni dal 1 agosto 2008 al 31 dicembre 2009. Dall'inizio di novembre 2008 si osserva a SLN e a SPC un lento e continuo incremento di circa 4 nT in un intervallo temporale di due mesi.

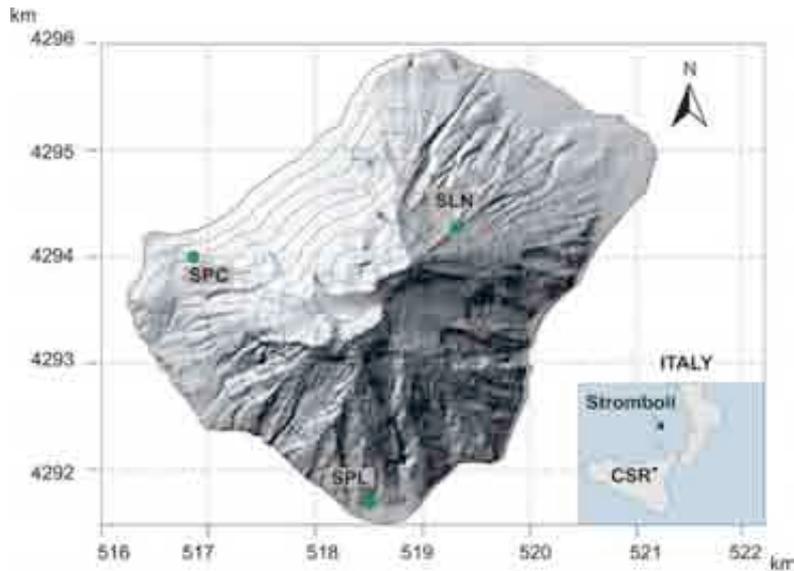


Fig. 7.5.1. – La rete multiparametrica dello Stromboli.

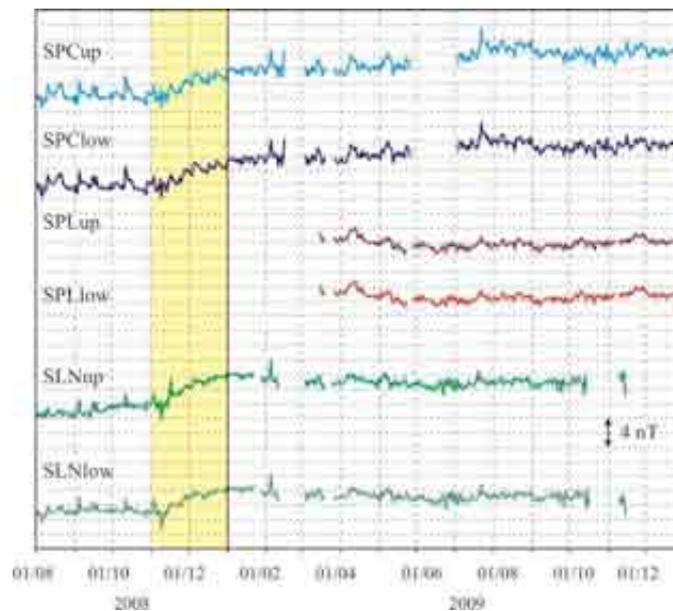


Fig. 7.5.2. – Medie giornaliere dell'intensità totale del campo magnetico alle stazioni della rete magnetica di Stromboli riferite alla stazione CSR dal 2008 al 2009.

La scala temporale e la polarità del transiente magnetico osservato indicano come probabile causa una variazione dello stato termodinamico all'interno dell'edificio vulcanico. Il fenomeno si è esaurito nell'arco di due mesi ed ha preceduto l'intensificarsi dell'attività stromboliana avvenuta all'inizio del 2009. La variazione è correlabile con l'arrivo di nuovo magma all'interno del sistema superficiale di alimentazione che è stato modellato come un ellissoide sub verticale completamente demagnetizzato (Fig. 7.5.3.) che si estende per circa un chilometro in profondità e che si raccorda con i condotti superficiali. Il modello permette di calcolare l'effetto termomagnetico prodotto dalla sorgente demagnetizzata includendo l'effetto della topografia irregolare del vulcano. Le variazioni magnetiche calcolate sono in accordo sia in ampiezza che in estensione con quelle osservate.

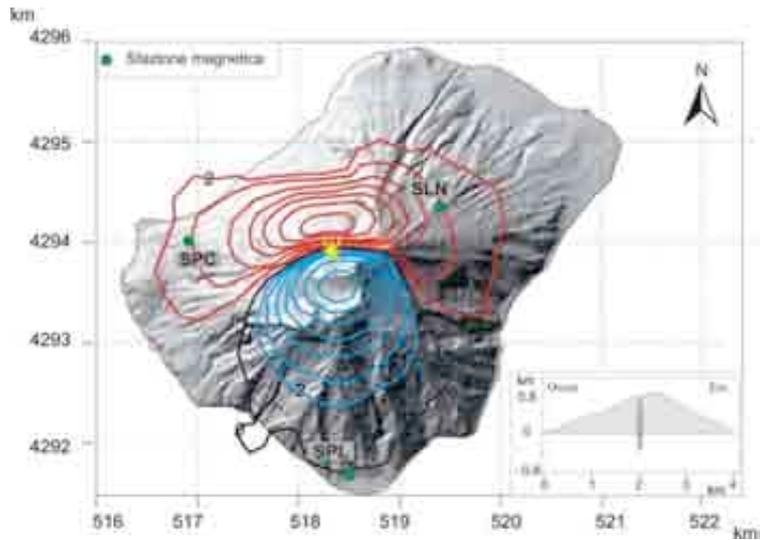


Fig. 7.5.3. – Anomalia termomagnetica calcolata. L'asterisco indica la posizione della sorgente.

Nell'ottica di portare rapidamente le osservazioni in continuo dei campi gravimetrico e magnetico a livelli d'applicazione di punta per il monitoraggio vulcanico, l'UF Gravimetria e Magnetismo (UFGM) della Sezione di Catania ha sviluppato metodi, hardware e know-how per l'acquisizione automatizzata e la pre-elaborazione immediata, attraverso tecniche di analisi avanzate, dei dati acquisiti simultaneamente da stazioni remote. Per accrescere, in modo sostanziale, la capacità di riconoscere la ripresa dell'attività vulcanica attraverso l'osservazione e l'interpretazione d'insiemi completi di parametri fisici, basata su dati multidisciplinari, è stata anche completata la nuova banca dati dell'UFGM che raccoglie tutti i dati gravimetrici e magnetici acquisiti all'Etna dal 1997 e allo Stromboli dal 2003 (Fig. 7.5.4.).

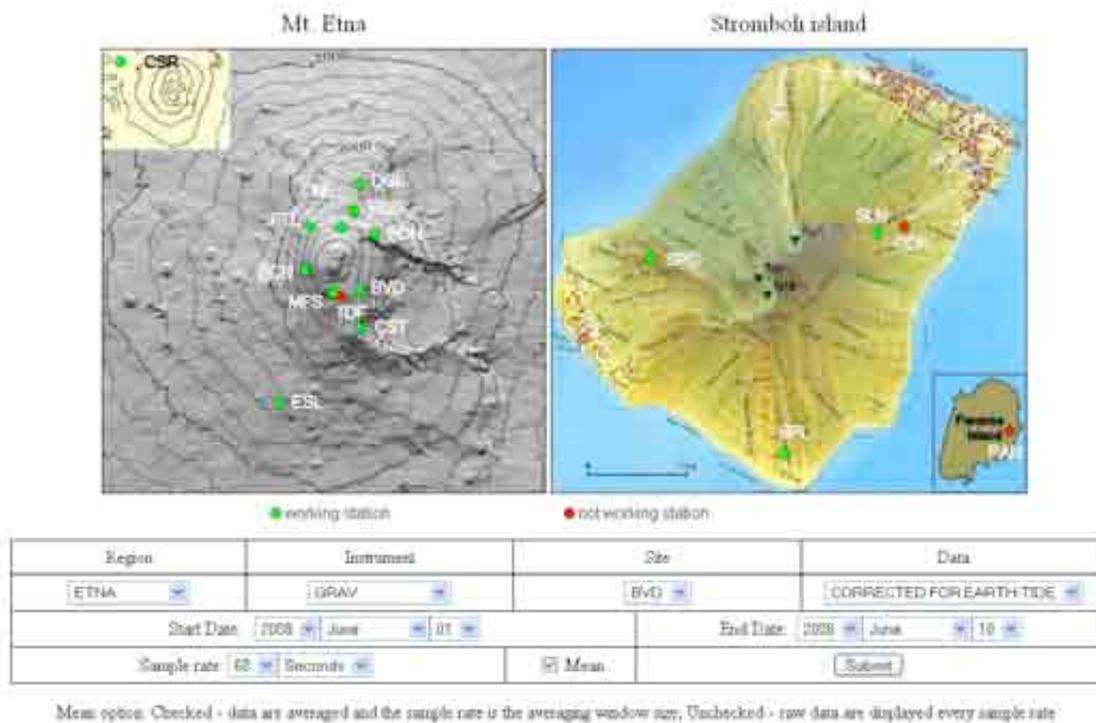


Fig. 7.5.4. – Interfaccia web della banca dati dell'UFGM consultabile via internet all'indirizzo <http://ufgm.ct.ingv.it:8080>.

8. Rete GPS nazionale

8.1 Organizzazione della rete

La rete Integrata Nazionale GPS (RING) si compone di 145 CGPS installati e gestiti direttamente da INGV (triangoli rossi in figura). Le stazioni GPS trasmettono i dati in tempo reale che sono acquisiti sia presso la sede di Roma che alla sede di Grottaminarda. I dati sono trasmessi tramite vettori satellitari (TCP/IP o UDP), via internet o intranet, wi-fi e UMTS. Il campionamento dipende fortemente dal tipo di trasmissione e quindi dalla banda a disposizione e varia da 1 sps per le stazioni trasmesse via internet/intranet, satellitare TCP/IP, wi-fi e UMTS mentre è a 1 campione ogni 30 secondi per le stazioni satellitari UDP. I dati acquisiti sono file binari che vengono convertiti in file rinex orari o giornalieri e archiviati nel server principale (gpsgiving.rm.ingv.it) e resi disponibili ai diversi gruppi di analisi dell'INGV. Tutte le informazioni accessorie (metadati) sono gestite da un database (bancadati.gm.ingv.it) che permette la visualizzazione della qualità, continuità e storia di ogni singola stazione GPS.

Accanto alle stazioni propriamente INGV, durante il 2009, attraverso accordi quadro e convenzioni, è stata avviata una fase di integrazione dei dati delle numerose reti permanenti installate sul territorio nazionale. In figura sono indicate le principali reti che oggi contribuiscono alla RING. L'INGV acquisisce i dati di tutte le stazioni rappresentate in figura e ne verifica qualità e continuità. I dati di queste reti vengono distribuiti da INGV. Il loro contributo, sebbene queste reti non siano nate con obiettivi propriamente geofisici, è importante e molte di queste stazioni hanno permesso di avere un quadro più chiaro delle deformazioni in atto in Italia.



Fig. 8.1.1. – Rete RING ed altre reti GPS nazionali.

8.2 Attività di gestione 2009

L'attività di gestione ordinaria nel corso del 2009 si è concentrata sugli aspetti di seguito indicati.

8.2.1. Manutenzione programmata

Dall'analisi statistica dei guasti sui siti si è giunti alla definizione di un programma dettagliato di attività di revisione dei siti rivolto ad allungare i tempi di vita della stazione migliorando le condizioni di protezione della strumentazione installata. Nell'ambito di tale attività sono state, inoltre, condotte attività di adeguamento del sito alle normative vigenti sulla sicurezza e protezione dei luoghi di lavoro.

8.2.2. Manutenzione straordinaria

Nel corso del 2009 sono stati pianificati lavori strutturali di riparazione sui seguenti siti, riguardanti lavori di: Scavo e realizzazione di adeguato drenaggio esterno al vano sensore con messa in opera di tombino interno e canaletta di scarico per la raccolta delle acque a valle; impermeabilizzazione superficiale del terreno attorno al vano sensore (rincalzo in cemento) per la raccolta delle acque meteoriche; Intonacatura con MAPELASTIK pareti interne vano sensore; realizzazione di soletta di cemento sul bordo del vano batterie; sostituzione bocchette d'aerazione vano batterie; tiraggio e Sistemazione rete di recinzione; rinforzare cancello in ferro; aggiunta di un punto di messa a terra nel vano batterie; taglio dell'erba e diserbo. I siti interessati sono:

- Santa Croce del Sannio (SACR);
- Pietraroia (PTRJ);
- Acerenza (ACER);
- Pesco Sannita (PSB1);
- Ottati (CDRU).

8.2.3. Manutenzione ordinaria

Sono state effettuate nel 2009 circa 70 missioni per le attività di controllo e gestione della stazioni della RING.

8.2.4. Attività di gestione presso l'Osservatorio di Grottaminarda

L'attività di gestione ordinaria del laboratorio di Grottaminarda nel 2009 ha riguardato il corretto funzionamento delle stazioni RING, incluso il pre trattamento ed archiviazione dei dati raccolti presso le stazioni RING. Acquisto e gestione della nuova macchina *SPIDER* installata presso il CED di Grottaminarda. Gestione della strumentazione GPS, controllo del corretto funzionamento dei ricevitori da installare, aggiornamento firmware e software a bordo degli strumenti. Infine, è stato organizzato un corso formativo sul Wireless Base ed Avanzato presso la sede di Grottaminarda e presso la sede del partner certificato *MIKROTIK*.

8.3. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

I dati vengono archiviati sul server gpsgiving.rm.ingv.it in directory yyyy.doy. L'INGV dispone di diversi centri di analisi nelle varie sezioni che producono prodotti geodetici classici (coordinate giornaliere e serie temporali) che sono la base per le interpretazioni geofisiche.

L'analisi dei dati GPS delle reti permanenti in Italia è eseguita con tre software indipendenti Bernese, Gamit e Gipsy con procedure completamente automatiche. La rete complessiva di punti GPS in Italia conta attualmente circa 350 siti attivi, le cui coordinate sono stimate ogni giorno e regolarmente archiviate sui server. Finora sono stati processati tutti i GPS permanenti in Italia a partire dal 1996 ad oggi. Nel corso dell'anno è stata avviato un test di combinazione e confronto tra le soluzioni con l'ottica di ottenere una soluzione combinata e di studiare in dettaglio le ripetibilità delle determinazioni di posizione.

9. Telerilevamento

Dal 2004 è attivo il sistema di osservazione satellitare L-band HRPT NOAA-AVHRR SeaSpace/TeraScan gestito e mantenuto dal laboratorio di Telerilevamento ed utilizzato per integrare le osservazioni satellitari ai sistemi di sorveglianza locali durante le fasi eruttive dell'Etna e dello Stromboli.

Nell'anno 2009 si è mantenuto il sistema di osservazione satellitare in efficienza e di seguito vengono descritte le attività di mantenimento del sistema e di processamento dei dati.

Una prima attività ha riguardato l'aggiornamento del sistema, sia hardware che software, cioè il passaggio dal TeraScan 3.2 al TeraScan 3.3 con sostituzione dell'Hard Disk interno. È stato anche installato un hard disk esterno dove vengono archiviati temporaneamente i dati raw pass satellitare, dato non elaborato ma completo a livello di informazione in quanto contenente sia i dati AVHRR che TOVS e DCS. Il programma di acquisizione viene attivato tramite crontab e utilizza un criterio di selezione, esaminando elevazione, sat azimuth e linee acquisite per valutare la bontà del dataset acquisito ed in caso positivo copia il passaggio sul disco esterno nella cartella yyymm, con un nome del tipo satellite.yyymmdd.hhmm.raw, ricostruito utilizzando i parametri di acquisizione. L'archiviazione è stata condotta in via sperimentale da luglio a tutto ottobre 2009.

Un'importante attività di ottimizzazione del sistema di acquisizione è stata la sua definitiva collocazione all'interno di un Centro di Calcolo. Quindi di è progettato e pianificato lo spostamento che ha previsto anche la sostituzione del cavo antenna esistente e sostituzione con nuovo cavo a misura. A Novembre 2009 si sono concluse le operazioni di spostamento e collocazione in un ced. Nel marzo 2009 è stato eseguito l'allineamento dell'antenna in seguito a malfunzionamento della stessa e ad aprile 2009 è stata configurata l'acquisizione del satellite noaa-19, ultimo della serie NOAA, messo in orbita nel febbraio del 2009. La costellazione ricevente risultava così costituita dai noaa-15, noaa-17, noaa-18 e noaa-19 con circa otto passaggi al giorno su area geografica italiana. Il 18 agosto scorso per questioni relative ad interferenze orbitali del noaa-19 con il noaa-18, quest'ultimo ha cambiato telemetria di trasmissione per cui non risultava più ricevibile dal nostro sistema. Dal 10 novembre la NOAA ha ripristinato lo standard di trasmissione e quindi l'acquisizione del noaa-18 è stata ripristinata.

Il 15 ottobre 2009 è stato ordinato un nuovo UPS della WS TeraScan in sostituzione a quello in dotazione guastato nell'agosto scorso.

Per quanto concerne il processamento dei dati, è stata eseguita una stima della bontà della calibrazione in radianza effettua dal sistema TeraScan. Sono stati utilizzati i dati in radianza nei canali 3,4,5, convertiti nelle unità di misura adeguate, calibrati in temperatura e confrontati con quelli di sistema. Lo scostamento percentuale di 0.5 ha dimostrato che la calibrazione effettuata dal software TeraScan è affidabile.

È stato implementato un modulo TeraScan per il riprocessamento in automatico delle serie storiche 2006, 2007, 2008 (fino al 31 agosto) e la produzione di immagini in formato hdf, contenente le 5 bande spettrali calibrate in radianza + dati ancillari, in particolare:

I dati ancillari memorizzati nel file hdf sono i seguenti: latitude, longitude, sat_zenith, sun_zenith, sun_reflection, rel_azimuth, land_mask. Inoltre, durante il processamento, è stato applicato un algoritmo di correzione geografica del pixel in maniera di raggiungere la migliore definizione del land/water boundary

Nel 2009 è iniziato un processo di revisione della trasmissione delle immagini AVHRR relativi alla Sicilia verso le sale operative DPC e INGV-CT al fine di migliorare il sistema di trasferimento, pertanto da fine 2009 il servizio è stato trasferito su un server INGV dedicato (GEOSERVER) utilizzando protocolli noti di scambio dati (ftp, http) al fine di ottimizzare il trasferimento delle informazioni in tempo reale. Tale attività sarà ulteriormente sviluppata nell'ambito dell'implementazione del sistema INGV MULTI-MISSION commissionato alla KONGSBERG in previsione della gestione sia dell'acquisizione che del trasferimento delle informazioni utili al DPC per il monitoraggio vulcanologico. Ulteriori dati satellitari vengono acquisiti mediante accordi specifici con la NASA (dati TERRA-ASTER) e con ASI dati COSMO-Skymed (nell'ambito del progetto ASI-SRV dedicato ai vulcani Etna, Vesuvio e Campi Flegrei), dati ENVISAT, ALOS, Quickbird ecc mediante un accordo formale con ESA nell'ambito del progetto FP7-SAFER. Le informazioni analizzate e processate all'INGV sono messe a disposizione del DPC durante attraverso pubblicazione di bollettini o mediante sistemi web-gis in quanto il DPC risulta essere l'utente finale delle attività sviluppate.

10. Attività di sala operativa

Il monitoraggio e la sorveglianza geofisica e vulcanologica del territorio nazionale si è avvalso del supporto di diverse sale operative H24, che hanno i compiti di raccolta del dato, elaborazione, aggiornamento e comunicazione degli eventi alla Protezione Civile.

La sala operativa del CNT è il riferimento per il monitoraggio sismico sul territorio nazionale, quella di Catania per il monitoraggio delle aree vulcaniche e dei vulcani attivi siciliani, quella di Napoli per il monitoraggio delle aree vulcaniche della Campania e della sismicità dello Stromboli

10.1. Sala sismica del Centro Nazionale Terremoti

Il sistema di monitoraggio si basa sull'analisi in tempo reale dei segnali provenienti dalle stazioni della Rete Sismica Nazionale Centralizzata. Quest'ultima ha avuto negli ultimi anni un enorme sviluppo arrivando ad oltre 300 stazioni. Il processo di analisi dei segnali numerici provenienti da tutte le stazioni viene svolto da una serie di codici che tendono al riconoscimento dei 'triggers', alla loro associazione in eventi e alla loro localizzazione, tutto in modo automatico. Tutto il pacchetto software che costituisce il processo è stato realizzato da ricercatori e tecnologi del Centro Nazionale Terremoti. Anche tutti gli applicativi 'a vallÈ del sistema di acquisizione: SisMap, SisPick, SisBase sono realizzazioni originali del CNT. SisMap costituisce una corposa applicazione, sviluppata in ambiente GIS. Essa rappresenta lo strumento principale attraverso il quale il turnista verifica e visualizza i risultati della localizzazione automatica, realizza mappe tematiche, lancia applicativi riguardanti il picking manuale, il programma di localizzazione interattiva, l'inserimento dell'evento nell'agenda elettronica. SisPick è il software di analisi interattiva dei segnali sismici. L'applicazione è stata sviluppata su piattaforma ".NET". Particolare attenzione è stata posta nella direzione della velocità di esecuzione e praticità d'uso. SisBase è un database relazionale e ha due funzionalità: la prima riguarda la costituzione di un archivio semplificato, ad uso del sismologo turnista, delle localizzazioni definitive. L'altra riguarda, nel caso di un evento comunicato alla Protezione Civile, il lancio di applicativi per la produzione e l'inserimento automatico, nelle pagine web istituzionali, dei dati salienti dell'evento appena comunicato.

10.2. Sala operativa della Sezione di Catania

10.2.1. Strumentazione disponibile

- Sistema di storage SAN (Storage Area Network) NetAPP Fas2020c con circa 17,6 TB di capacità "raw" (suddivisi in dischi ad accesso ultraveloce Serial SCSI e dischi di alta capacità SATA) e di una libreria per il backup su nastri DLT "Ultrium 4" con circa 19TB di capacità. Tale soluzione consente di mantenere in linea l'intero archivio dati garantendo allo stesso tempo lo "storage consolidation" e l'applicazione di una efficace politica di "disaster recovery". Attualmente sono in fase di testing le funzionalità di "thin provisioning" dell'apparato, l'efficienza della compressione dei dati e la tecnologia di copia "point-in-time" Snapshot per la protezione software dei dati. Si stanno, inoltre, valutando le opportunità connesse alla virtualizzazione dei server in ambiente "cluster" e la loro integrazione con lo "storage SAN" al fine di creare una infrastruttura "data center", con l'obiettivo di garantire l'alta disponibilità del sistema di acquisizione sismico in termini di "five nines" (99.999%).
- Sala Operativa di P.zza Roma: sistema di elaborazione e Wideowall per la centralizzazione e l'organizzazione della visualizzazione dei segnali nella nuova Sala Operativa (fino ad un massimo di 40 monitor LCD). Per la sua realizzazione sono stati acquisiti:
 - 2 server di elaborazione "dual Xeon-Dp" con relativo sistema di storage Serial-SCSI in fibra ottica per la funzione di controller del videowall.
 - 1 scheda di espansione bus con relativo rack di alloggiamento per le schede multi-monitor del "videowall"
 - 40 monitor LCD da 24" per la visualizzazione dei segnali real-time. La risoluzione di questi monitor (1920x1200 px) consente di aumentare considerevolmente la definizione

- e la qualità/quantità dell'informazione visualizzata, in particolare relativamente ai segnali sismici digitali, rispetto ai vecchi monitor (1280x1024 px);
- 7 monitor LCD da 46" per la visualizzazione delle telecamere di monitoraggio dei vulcani attivi. L'importante superficie video consentirà di ottenere un mosaico di immagini per una visione d'insieme completa dello stato dei vulcani relativamente ai diversi sensori installati (infrarosso, termico, video-cam);
- 6 monitor LCD da 52" per la visualizzazione delle mappe tematiche. Su questi monitor andranno visualizzati ed integrati i parametri elaborati dai diversi settori tematici della Sezione, e le eventuali simulazioni che forniranno un quadro d'insieme dello stato di attività dei fenomeni in corso. Tali output video forniranno, durante le emergenze, il front-end della Sezione nei confronti degli Enti esterni con cui si relaziona.
- Sala Operativa CUAD: di emergenza localizzata presso il CUAD.

10.2.2. Dati raccolti e modalità di immagazzinamento e divulgazione

Nell'anno 2009 si è proceduto alla normale attività di monitoraggio e sorveglianza delle aree vulcaniche che fanno riferimento al territorio siciliano. Si è data continuità di servizio alla gestione ed al controllo della Sala Operativa con tutti i sistemi annessi. La Sezione di Catania, infatti ha il compito di garantire, attività di presidio nell'arco delle 24 ore, tutti i giorni dell'anno. Per tale attività sono presenti 2 unità di personale scelti tra il personale turnista. In caso di eventi significativi le due unità di personale sono coadiuvate dalla presenza di personale esperto in reperibilità H24. Il servizio suddivide le 24 ore in 3 turni, rispettivamente di mattina, di pomeriggio e di notte, mentre la reperibilità ha cadenza settimanale. Nella sala Ced del COA (Sezione di Catania) sono monitorati i segnali provenienti dalle nuove telecamere per il controllo continuo dell'attività del vulcano Stromboli. Anche in questo caso si è preferito dare spazio ad attività di tipo multidisciplinare con ricezione dei dati anche presso la Sala Operativa di Catania.

Le attività principali sono state rivolte alla progettazione della nuova Sala Operativa, alla progettazione/realizzazione e alla gestione dei siti web della Sezione, con particolare riferimento alla Intranet, Internet e quelli ad accesso riservato (es. sito per il Dipartimento di Protezione Civile Nazionale). Tutti i siti sono stati rivisti, ma ampio spazio è stato dato alla realizzazione di un portale di Sezione, realizzato in linea con le nuove tecnologie esistenti e contenente la possibilità di eseguire aggiornamenti dinamici ed immediati, fornendo così agli interlocutori preposti utili informazioni nel più breve tempo possibile.

Nell'ambito di un migliore gestione dei dati sono state realizzate alcune applicazioni software al fine di organizzare, archiviare e reperire i dati che andranno a formare il Database Multidisciplinare di Sezione. In particolare ci si è impegnati nella realizzazione di un database multiparametrico interdisciplinare che vede la partecipazione di tutte le Unità Funzionali di Catania, e di un software per la sua gestione. Per raggiungere tale scopo si è reso necessario il trattamento di tutte le tipologie di dati forniti al fine di standardizzare il formato di archiviazione. Essenzialmente sono state realizzate applicazioni software per:

- archiviazione e consultazione dei dati riguardanti le stazioni multiparametriche;
- visualizzazione su Mappa delle suindicate stazioni e degli eventi sismici;
- modulo DLL per la lettura delle tracce (di supporto al programma di localizzazione);
- conversione di coordinate, calcolo di distanze e di toponimi.

I dati acquisiti sono pertanto inseriti in appositi database, utilizzati in sala operativa, consultabili dal personale della Sezione in modo protetto. Alcune serie temporali sono state rese disponibili in real-time o near-real-time al Dipartimento della Protezione Civile attraverso il sito WEB ad accesso riservato. I dati, inoltre, sono stati resi pubblici attraverso relazioni e bollettini periodici mensili ad uso dei Dipartimenti di Protezione Civile Nazionale e Regionale (Sicilia) e pubblicati su riviste specializzate nazionali ed internazionali.

10.3. Sala di monitoraggio della Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

La sala di monitoraggio della Sezione di Napoli è destinata alla sorveglianza del Vesuvio, dei Campi Flegrei e di Ischia. Dal maggio 2003, vi si svolgono anche le attività per la sorveglianza sismica dello Stromboli utilizzando i segnali in trasmissione continua della rete a larga banda installata sull'isola a seguito della crisi eruttiva Dic. 2002 - Lug. 2003.

La sala, che riceve i dati trasmessi da circa 60 stazioni sismiche tra monocomponenti e triassiali, da 7 stazioni dilatometriche (per un minimo di 3 canali ciascuna), da un array sismico e da diversi microfoni, installati nelle aree citate, per un totale di circa 200 canali ed un flusso dati superiore a 1.6 TB/anno. La sala è dotata di sistemi per la visualizzazione e l'analisi dei segnali in tempo reale, sia con procedure automatiche che manuali. Nella sala si svolgono i turni di sorveglianza 24h e da qui partono le comunicazioni alle autorità di Protezione Civile. Dal gennaio 2000 l'acquisizione, parte della trasmissione dati, la visualizzazione e l'analisi automatica dei segnali della rete analogica sono effettuati utilizzando i moduli software del Sistema Sismometrico Modulare Integrato (SISMI), sviluppato presso l'Osservatorio Vesuviano. Per l'analisi manuale "off Line" è utilizzato il programma Winpick, in uso anche presso il Laboratorio Sismico. Oltre ai sistemi software citati, nella sala di monitoraggio è utilizzato Earthworm (USGS) per le localizzazioni automatiche degli eventi sismici delle aree flegrea e vesuviana e per l'importazione ed l'esportazione dei dati da e verso le altre sezioni INGV e dai sistemi di acquisizione remoti della rete a larga banda di Stromboli.

10.4. Sala operativa della Sezione di Palermo

Da settembre 2008 a Novembre 2009, presso la sede di Palermo dell'INGV è stato attivato in via sperimentale il servizio di Sala Operativa. Presso la Sala Operativa sono stati fatti convergere tutti i dati acquisiti sia mediante monitoraggio discreto che dalle reti installate a Vulcano, Stromboli, Etna, Vesuvio e Pantelleria. Le reti consentono di acquisire con frequenza oraria dati riguardanti il flusso diffuso di CO₂ dai suoli, i parametri chimico fisici delle acque di falda, il chimismo dei pennacchi vulcanici. Il servizio di SO è consistito nella presenza in sede di un ricercatore/tecnologo dalle ore 7 alle ore 15 sia durante i giorni feriali che in quelli festivi che ha svolto le seguenti mansioni:

- a) verifica dello stato di funzionamento delle stazioni della rete;
- b) verifica dei sistemi di trasmissione dati ed aggiornamento dei database;
- c) validazione dei dati acquisiti;
- d) verifica del funzionamento delle varie componenti della SO;
- e) realizzazione di un bollettino interno giornaliero in cui sono state annotate le anomalie geochimiche nei dati acquisiti sia mediante le reti sia attraverso il monitoraggio discreto ed i guasti tecnici non risolti da segnalare al personale incaricato della manutenzione delle reti.

Infine, il personale turnista ha coadiuvato i coordinatori delle tre aree vulcaniche principali (Vulcano, Etna, Stromboli) nella stesura dei bollettini periodici e straordinari.

Alla fine di novembre 2009, la sperimentazione è stata interrotta in quanto è stato constatato che la Sezione di Palermo dell'INGV non dispone di personale sufficiente per garantire un servizio efficiente di Sala Operativa.



Voce B

**Sviluppo ed
Innovazione Tecnologica delle
Reti di Monitoraggio e
Ottimizzazione delle
Attività di Monitoraggio**

1. Monitoraggio sismico del territorio nazionale

1.1. Introduzione

Le attività di sviluppo riguardano principalmente le migliorie introdotte nei sistemi di acquisizione dei dati sismici, nei sistemi di trasmissione dati, e l'utilizzazione nella rete di nuovi sismometri di tipo Very Broad Band (120 e 240 sec), i quali permettono di estendere la banda di acquisizione del segnale sismico. Parallelamente, alle stazioni sismometriche viene aggiunto anche un sensore accelerometrico, con forte miglioramento delle caratteristiche di copertura dinamica. Nuovi sistemi di trasmissione dati sono stati sperimentati ed implementati, da un nuovo provider satellitare, a ponti radio in tecnologia Wi-Fi e WiMax. In alcuni casi, ove non sono praticabili altri tipi di comunicazione dati e la copertura di campo è eccellente, si è fatto anche uso di collegamenti wireless di tipo UMTS. Particolare attenzione è stata rivolta all'incremento di robustezza ed affidabilità dei sistemi di comunicazione e di acquisizione centralizzata, sia mediante differenziazione delle tecniche di trasmissione dati, sia mediante ridondanza dei sistemi e dei centri di acquisizione dati. Contemporaneamente, la Rete Sismica Nazionale si è accresciuta, riducendo le lacune più significative nella copertura del territorio, e sono stati condotti ulteriori studi di rumorosità di sito, che hanno condotto all'eliminazione di alcune tra le stazioni più rumorose, con la loro sostituzione in altri siti di qualità migliore. Pur ritenendo ancora piuttosto lontana la conclusione del processo di ottimizzazione della topologia di rete, la soglia di localizzazione di un evento è significativamente scesa, raggiungendo un valore tra 1.0 e 1.4, in funzione dell'area interessata.

Per quanto riguarda le attività di laboratorio, nel 2009 si sono concentrate principalmente nell'upgrade del SW di sistema di digitalizzazione e di acquisizione dati prodotto nei Laboratori Sismologici del Centro Nazionale Terremoti, denominato GAIA-2, ed in sue parti costituenti, quali il modulo di memorizzazione e trasmissione dati denominato TN-2. Le principali migliorie riguardano la flessibilità di configurazione, e l'introduzione di funzioni accessorie per la telediagnosi da remoto. Sono state prodotte 100 nuove unità. Inoltre, è iniziato lo sviluppo di un nuovo acquisitore a bassissimo consumo (low-power) e a costi contenuti (low-cost), basandosi su nuovi dispositivi in commercio. Contemporaneamente, è stato ampliato il sistema di front-end di acquisizione centralizzata (server) portandolo a 6 unità indipendenti.

Nel 2009 è proseguita l'azione di rinnovamento ed ammodernamento dell'intera rete di monitoraggio, e sono state affinate le procedure di analisi dati e diffusione dell'informazione.

In particolare, è proseguito lo sviluppo della Rete Sismica Nazionale Centralizzata, gestita dal Centro Nazionale Terremoti, secondo le linee guida individuate: nel 2009 sono state poste in esercizio 22 nuove stazioni sismometriche, distribuite sul territorio, di cui 4 satellitari (GATE, TEOL, SALB, CTL8), 5 mediante collegamento dati in cavo (VARE, BLY, MESH, LAV9, FIR), e 13 con collegamento misto in ponte radio + linea dati (SAMA, ATBU, ATCC, ATFO, ATLO, ATMC, ATMI, ATPC, ATPI, ATTE, ATVA, ATVO, CADA). Di queste, una stazione è di tipo VBB della rete Euromediterranea (BLY, Banja Luka, Bosnia-Herzegovina), ed una è una stazione in pozzo profondo 220 m (CTL8, Castelleone (CR)).

Per la gestione della parte di rete a trasmissione satellitare, sono stati ulteriormente potenziati gli hubs di acquisizione di Roma, Catania e Grottaminarda, portandoli a gestire complessivamente 18 canali di trasmissione dati. Nel 2009 è proseguita la migrazione di una parte del flusso dati su un differente provider satellitare (HellasSat). Sempre nel 2009 si è ulteriormente ampliato lo sviluppo di parte della rete su di un differente sistema di trasmissione satellitare, con l'utilizzo di un provider (SatLink) e di apparati di trasmissione standard (iDirect); questa scelta permette da un lato di aggiungere ulteriore flessibilità alla parte di rete che utilizza la tecnologia prodotta dai laboratori INGV (stazione GAIA), e, dall'altro, di ridurre la criticità di funzionamento della rete, ridondando i nodi nevralgici nella trasmissione e nella acquisizione dei dati sismici.

1.2. Acquisizione, analisi e archiviazione di dati sismici

Molte delle attività riguardanti l'acquisizione, l'analisi e l'archiviazione dei dati sismici sono in una fase compiuta (o vi giungeranno nel prossimo semestre): il nuovo sistema di localizzazione, per esempio, fornisce delle ottime localizzazioni automatiche; il sistema di distribuzione dei dati (sia parametrici che di forma d'onda) è funzionale ed efficiente; il sistema di analisi della qualità del

dato in linea e funzionante. Disponendo di una solida base come quella costruita negli ultimi due anni, dal punto di vista dell'uso del dato, si apre una nuova fase di sviluppo, che si estenderà nell'arco di qualche anno.

Sono già allo studio una serie di attività per fruttare a pieno le potenzialità del complesso sistema di acquisizione, archiviazione e analisi che è stato realizzato: da una parte il miglioramento delle informazioni prodotte tramite il continuo affinamento delle procedure e dei modelli e dall'altro lo sviluppo di nuovi strumenti di interazione e di visualizzazione dei risultati, soprattutto in tempo reale:

- un sistema per la visualizzazione e di revisione dei terremoti in tempo reale più moderno, che consenta la revisione manuale;
- l'integrazione fra le attività per il monitoraggio e quelle di revisione finale del Bollettino;
- lo studio di fattibilità per l'introduzione nel servizio di monitoraggio di procedure di analisi ad alta risoluzione;
- l'introduzione come attività di *routine* della stima del tensore momento per i terremoti superiori a 3.5 in modo automatico o semi-automatico;
- un sistema avanzato a completamento di EIDA per la distribuzione dei dati (*web services*), che consenta l'analisi di grosse quantità di dati e costituisca la base per strumenti più sofisticati per l'accesso ai dati da parte degli utenti e parallelamente
- un *upgrade di ISIDe*, l'attuale sistema per la divulgazione dei dati parametrici prodotti dal Bollettino.

È allo studio la possibilità di adoperare i risultati delle procedure per il controllo di qualità nella distribuzione e nell'utilizzo del dato nelle localizzazioni. Alcune delle attività dei progetti S (mappe di scuotimento, localizzazioni euro-mediterranee, stima della magnitudo di terremoti fortissimi, stime diverse della magnitudo) potrebbero essere incluse nelle analisi routinarie, per elevare la qualità del servizio di sorveglianza sismica.

Proseguiranno i due progetti internazionali di collaborazione per il monitoraggio sismico in aree di confine con il NOA (National Observatory of Athens) per il basso Adriatico e Mar Ionio e con l'ETH di Zurigo per l'arco Alpino. Proseguirà la collaborazione con i progetti europei NERIES e ORFEUS per la realizzazione di un data base europeo di segnali sismici.

Nel 2010 proseguirà la collaborazione all'interno del progetto internazionale CSEP, Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability, sulla ricerca per la predicibilità dei terremoti, in cui il database del Bollettino costituisce il database di test.

2. Monitoraggio accelerometrico dell'Italia settentrionale

Le stazioni della RAIS risultavano composte da sensori *Episensor FBA ES-T* (accelerometro triassiale con oltre 155 dB di dinamica prodotto dalla *Kinematics Inc.*) accoppiate con acquisitori Lennartz Mars88/MC a 20 bit e Reftek 130-01 a 24 bit. La trasmissione dei dati, dopo un primo periodo di funzionamento con scarico dei dati in locale per le Reftek 130-01, si era evoluta attraverso un collegamento in dial-up garantito da modem telefonici gsm. Tale tipo di connessione, specie nel caso di dati sismici acquisiti a 100 campioni per secondo su 3 componenti, non permette però un processo di trasmissione dei dati in continuo. Per giungere ad una trasmissione dei dati accelerometrici in tempo reale si è quindi provveduto all'acquisto ed alla configurazione di router UMTS che sono stati collegati sia agli acquisitori Reftek 130-01 che ai nuovi acquisitori GAIA2 a 24 bit (progettati dal Laboratorio del CNT-INGV). Sfortunatamente tale soluzione non è adottabile per tutti i siti della RAIS, causa l'assenza di copertura o i problemi di campo per il segnale UMTS. Nel corso del 2009, parallelamente alla fase di sperimentazione di tali tipi di collegamento, si è proceduto alla ricerca dei siti ed all'installazione di 2 nuove stazioni. Queste stazioni sono operative ad Oppeano (sigla OPPE, VR) e Botticino (BOTT, BS) e sono collegate in tempo reale. Oltre a queste, altre 6 stazioni della RAIS trasmettono i segnali via TCP-IP, utilizzando quindi i nuovi router UMTS, giungendo per il 2009 ad un totale di 8 stazioni in tempo reale. Per altri 5 siti sono state verificate le buone condizioni di copertura per il campo UMTS e si sta procedendo al loro potenziamento ed aggiornamento.

3. Monitoraggio vulcanologico

3.1. Monitoraggio visivo e termico: rete di telecamere di Stromboli e Vulcano

Per Stromboli l'obiettivo di questo potenziamento era la ricostruzione del sistema di sorveglianza video del vulcano Stromboli danneggiato dalle esplosioni parossistiche di aprile 2003 e marzo 2007. Quest'anno è stata ultimata la progettazione del nuovo sistema e l'acquisto dei materiali necessari alla realizzazione del progetto, alcuni strumenti sono già in fase di test ed è stato anche affidato ad una ditta esterna l'incarico per la realizzazione delle opere strutturali. Si prevede che nella primavera 2010 si possa procedere con la fase operativa di seguito descritta in dettaglio.

Stazione video in località "Il Pizzo Sopra La Fossa": si sta procedendo alla realizzazione di due stazioni uguali di facile trasporto, utilizzando il gancio baricentrico di un elicottero, complete di telecamera termica, FLIR A 320 M, e visibile, camera HD, custodie protettive, alimentazione, trasmissione video e dati. La ridondanza prevista consentirà la sostituzione immediata in caso di guasto e la periodica sostituzione per la manutenzione lontano dalla sommità del vulcano per motivi di sicurezza. Saranno anche bonificati e ripristinati i siti preesistenti. La stazione sarà costituita da una struttura modulare in acciaio (vedi Fig. 3.1.1).

Stazione video in località quota 400: per tale stazione sono previste le seguenti attività di ristrutturazione e potenziamento: lavori strutturali; installazione di 2 nuove telecamere una termica FLIR A 320 M brandeggiabile in grado di fornire dati radiometrici in continuo ed in tempo reale e una telecamera visibile brandeggiabile; installazione di un sistema per la gestione ed il controllo della stazione; installazione un nuovo sistema di trasmissione video e dati; revisione e ottimizzazione del sistema di alimentazione; realizzazione ed installazione di un sistema di protezione contro le fulminazioni; realizzazione di nuovi cavidotti e cablaggi.

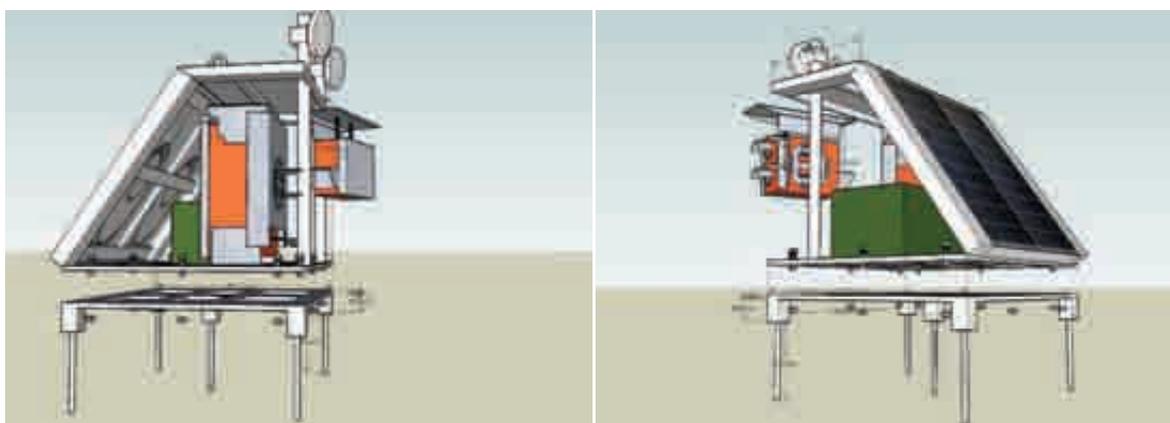


Fig. 3.1.1. – Immagini della nuova stazione da installare a Il Pizzo Sopra La Fossa.

Stazione video in località "I Vancori": sarà effettuata la rimozione delle tre parabole e del sistema di alimentazione fotovoltaico esistente e sarà effettuata l'installazione di una telecamera ethernet da 2 Mpixel completa di custodia stagna per meglio visualizzare l'attività esplosiva di maggior intensità. Stazione in località "Punta Labronzo" a Stromboli: sarà migliorata anche questa stazione ricevente/trasmittente mediante opere strutturali e di innovazione tecnologica (sostituzione dei due trasmettitori video per fibra ottica doppio canale e installazione di un sistema per la ricezione dei dati da Il Pizzo Sopra La Fossa e da quota 400.

COA in località "San Vincenzo": saranno installati: un armadio rack; 2 pc da rack per la messa in opera dei sistemi di acquisizione, archiviazione e trasferimento dati e l'implementazione dei sistemi di allarme new Saraterm; un piccolo NAS per lo stoccaggio e la gestione complessiva dei dati; 3 monitor tv per la visualizzazione dei segnali video all'interno del COA, ed un monitor per pc per la visualizzazione dei dati radiometrici; un nuovo alimentatore da rack a 12 volt 25 Ah; uno switch di rete; uno switch da rack per monitor, tastiera e mouse; un sistema di riavvio dei pc da bios; un

masterswitch per il controllo dei pc; un UPS da 2 kW. Sarà rimosso il videoregistratore VHS time-lapse; saranno sostituiti i 2 ricevitori video per fibra ottica doppio canale; saranno sostituiti gli apparati time-code ed i distributori video; e saranno effettuati tutti i nuovi cablaggi.

Relativamente a Vulcano, la telecamera termica fissa a Vulcano è stata installata in due momenti, ovvero la fase di posizionamento e messa in opera della telecamera termica e la successiva installazione di una stazione meteo e di una scheda per l'interfacciamento con la A 40.

Nel 2006, grazie al supporto di un elicottero del DPC (Dipartimento di Protezione Civile nazionale), la stazione di monitoraggio, costituita da una telecamera A 40 M FLIR, un sistema di alimentazione fotovoltaico e un sistema Wi-Fi per la trasmissione dei dati radiometrici, è stata trasportata e installata nel cratere. La A 40 M è stata posta in una custodia stagna in policarbonato supportata da una struttura in acciaio inossidabile, mentre la batteria è stata sistemata in un contenitore in resina. La lente della camera è stata protetta dai gas vulcanici attraverso una lente aggiuntiva in germanio. Inoltre, a causa delle elevate temperature raggiungibili in estate (temperature maggiori di 60 °C) la stazione termica è stata equipaggiata con un cronotermostato. Il trasferimento dei dati e il controllo della camera vengono effettuati attraverso un Access Point posto all'interno di un contenitore in resina della Gewiss e fornito di un'antenna direzionale, una connessione seriale e una Ethernet. La connessione seriale costituisce l'interfaccia tra la camera e la stazione meteo, mentre la connessione Ethernet lega la camera all'access point. I dati radiometrici vengono trasferiti in Wi-Fi al sito di Lipari (INGV Catania) e quindi, attraverso la rete Garr (2 Mbps), spedite al CUAD (Centro Unificato Acquisizione Dati) di Catania dove vengono archiviate su un personal computer e analizzate in real-time da un software sviluppato in IDL. A Lipari (Osservatorio della Marina), un altro access point (Alvarion) è stato installato per l'acquisizione dei dati radiometrici e atmosferici trasmessi dalla stazione termica di Vulcano.

Nel Gennaio del 2007, al fine di applicare in real-time le correzioni ai parametri atmosferici del software della camera, è stata installata vicino ad essa una stazione meteo Lacrosse WS 2305, provvista di igrometro, anemometro, indicatore di pioggia e sensore di temperatura. Il controllo remoto, l'acquisizione dei parametri atmosferici e l'interfaccia tra la A 40 e la stazione meteo vengono gestiti da una mainboard.

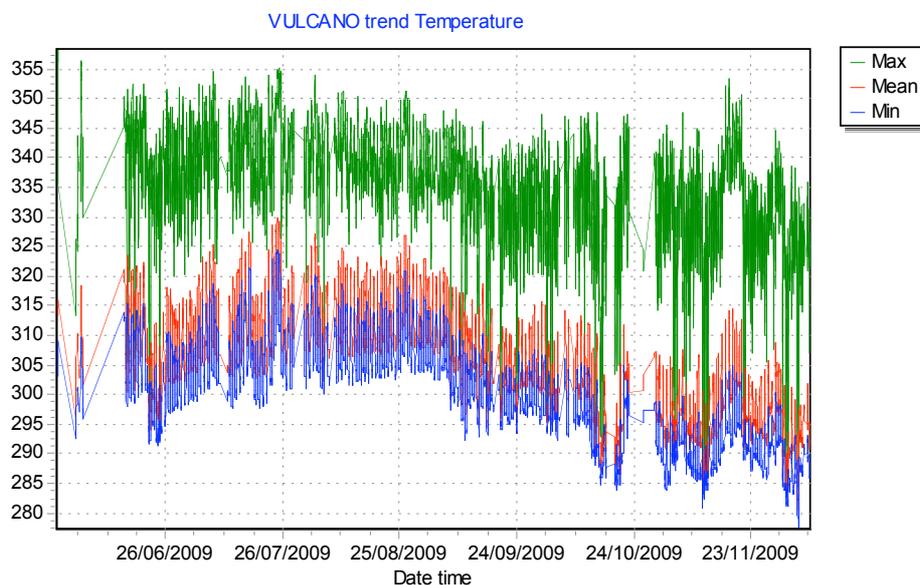


Fig. 3.1.2. – Trend delle temperature del campo fumarolico tra giugno e novembre 2009 (dati non filtrati).

Per l'elaborazione di mappe di temperatura del campo di fumarole presente all'interno del cratere "La Fossa" nell'isola Vulcano, negli anni successivi sono stati studiati alcuni algoritmi per l'analisi spaziale (distribuzione delle temperature nello spazio), temporale (trend dei valori di temperatura media e massima) e statistica (varianza, curtosi, asimmetria, etc.) delle immagini termiche raccolte dalla termocamera. L'implementazione di questi algoritmi si è tradotta nella realizzazione di un software specifico per l'analisi delle immagini termiche: il Volcano Thermo Analysis (VTA). Il VTA

ha permesso di studiare agevolmente e rapidamente l'evoluzione del campo di fumarole, permettendo di focalizzare l'analisi su regioni d'interesse e su intervalli di temperatura definiti in maniera opportuna. I risultati ottenuti sono rappresentati all'interno della pagina intranet della sezione seguendo il percorso: [http://adweb/ufvg/VTA/vta vulcano](http://adweb/ufvg/VTA/vta%20vulcano). Questa telecamera termica installata in via sperimentale nell'ambito del progetto INGV-DPC V4 Project "Conception, verification, and application of innovative techniques to study active volcanoes", si è rivelata utile per il monitoraggio delle campo di fumarole di Vulcano. Un esempio delle capacità di monitoraggio di questo sistema è il segnale registrato nel luglio del 2009. I dati termici analizzati in automatico hanno mostrato una crescita della temperatura del campo fumarolico rispetto al trend in diminuzione osservato negli anni precedenti (Fig. 3.1.2), che potrebbe annunciare un'inversione di tendenza nel comportamento del sistema idrotermale.

3.2 Degassamento di Radon (^{222}Rn) dal suolo

La rete è attualmente composta da 5 stazioni funzionanti (cerchi azzurri in figura), due delle quali installate nel 2009, più due stazioni in corso di ripristino per varie motivazioni. I dati sono registrati da data-logger interni alle stesse sonde e scaricati periodicamente su PC. Le cui principali caratteristiche della rete di sensori sono descritte ne seguito:

In quattro della stazioni attualmente funzionanti sono installati sensori tipo "barasol". Due sonde si trovano a Torre del Filosofo (2920-2950 m di quota), ad una distanza di circa 70 metri l'una dall'altra. La doppia installazione (la seconda sonda è stata installata nell'estate del 2009) garantisce continuità di rilevamento del radon in un settore del vulcano che si è rivelato strategico per il monitoraggio. Un'altra sonda è installata in località Clan dei Ragazzi (1500 m slm); fino a metà anno ha funzionato una sonda barasol a tre componenti, sostituita temporaneamente nel settembre 2009 da una sonda unica a causa della rottura del data-logger. La quarta sonda barasol è stata installata nel Novembre 2009 in località Piano Provenzana.

La quinta stazione funzionante è stata installata a Primoti, vicino Zafferana Etnea (Fig. 3.2.1.). In questo caso lo strumento è in grado di misurare contemporaneamente radon e thoron, e fa parte di un sistema in grado di rilevare anche il flusso di CO₂ dal suolo.

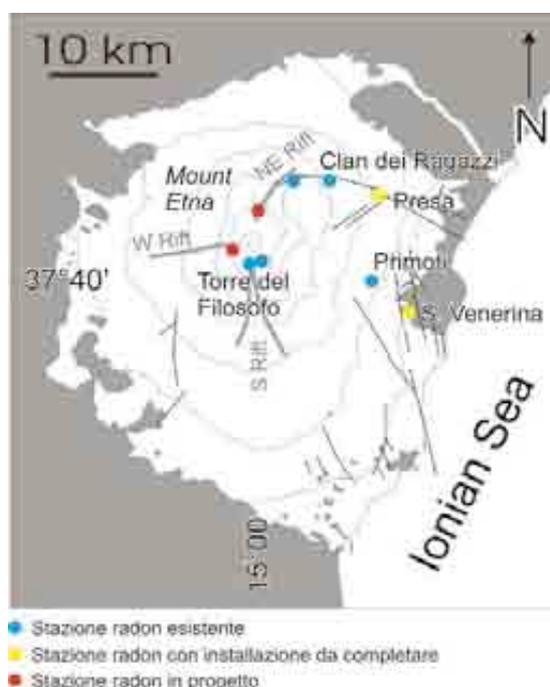


Fig. 3.2.1. – Trend delle temperature del campo fumarolico tra giugno e novembre 2009 (dati non filtrati).

3.3 Monitoraggio elettrico

Nell'ambito di questa attività sono stati installati su una delle stazioni sismiche di Stromboli due sensori elettrici per la caratterizzazione dell'attività esplosiva di Stromboli che hanno registrato per un tempo limitato a seguito della fulminazione degli apparati. Sono stati, inoltre, acquisiti altri due sensori uno dei quali installato nell'estate 2009 all'Etna, sulla stazione sommitale ETFI della rete sismica. Anche questa stazione ha registrato per un tempo limitato in quanto danneggiata dal ghiaccio. Inoltre, è stato acquistato uno strumento per la misura della cenere vulcanica fine in aria ed una telecamera ad alta risoluzione per stereomicroscopio che verrà utilizzata per la caratterizzazione di queste particelle prodotte dall'attività esplosiva oggetto del monitoraggio con le stazioni elettriche.

4. Monitoraggio geochimico delle aree vulcaniche

4.1. Introduzione

Nel corso del 2009, oltre alla normale gestione delle reti geochimiche permanenti, l'INGV ha profuso notevoli risorse nell'ampliamento delle reti permanenti ed alla ristrutturazione delle stazioni di più vecchia concezione. Sono stati sviluppati nuovi sensori per il monitoraggio dei gradienti di temperatura nei suoli e della Pressione Totale di Gas Disciolto nelle acque naturali. Le nuove strumentazioni sono state interamente progettate, sviluppate e realizzate presso i propri laboratori tecnologici.

4.2. Sviluppo delle reti

4.2.1. Hardware

La scheda per il datalogging ed attuativa è stata ulteriormente modificata nella componentistica, inserendo componenti più performanti ed affidabili. Particolare attenzione è stata rivolta verso l'implementazione del protocollo MODBUS, un protocollo adottato anche in campo industriale per la comunicazione con periferiche di misura posta anche a notevole distanza dalla stazione. Molte sonde commerciali che utilizzano questo protocollo, potranno essere impiegate con notevole risparmio di risorse nei casi l'ambiente lo consenta.

4.2.2. Misura delle temperature nei suoli ed in campi fumarolici

Il nuovo sensore sviluppato dalla Sezione di Palermo consente di monitorare 6 valori di temperatura nei suoli fumarolici a bassa temperatura (<100°C). Il primo esemplare è stato installato nel 2008 sul bordo craterico de La Fossa (Vulcano) ed un secondo esemplare è stato installato nel corso del 2009 sul Pizzo sopra La Fossa (Stromboli). Il sistema utilizza il protocollo di comunicazione precedentemente indicato ed ha raggiunto un sufficiente grado di maturità. Una nuova fase di sviluppo riguarderà la sonda di misura.

Le stazioni VULCRA1 e VULCRA2 della rete VULCANO sono state totalmente rinnovate nell'elettronica e nel sistema di trasmissione dei dati. Queste siti venivano monitorati dal 1984 mediante un sistema hardware con caratteristiche molto diverse rispetto a quanto attualmente impiegato per il monitoraggio dell'Etna e dello Stromboli; la parte sensoristica non è stata modificata in modo da migrare gradualmente al nuovo sistema osservativo.

4.2.3. Pressione totale di gas disciolto

La sonda per la misura di questo parametro, nel corso del 2009 è stata modificata in alcune parti che si sono rivelate deboli nell'impiego in ambienti piuttosto aggressivi (acque sulfuree calde). Oltre alla pressione totale di gas disciolto, la sonda nella nuova configurazione consente di misurare la Conduttività elettrica, la Temperatura ed il Livello Freatico. Le modifiche apportate sono risultate efficaci in quanto la vita di ciascun esemplare, rispetto a modelli commerciali, è stata allungata in modo considerevole (almeno un fattore 3). Il nuovo esemplare è stato installato nelle stazioni delle reti Stromboli e Vulcano. Alcuni esemplari sono stati installati in area etnea.

4.2.4. Pressione parziale della CO₂ disciolta

Nel 2009 è stato sviluppato il prototipo di una nuova sonda per la misura della pressione parziale della CO₂ disciolta. Lo strumento ingloba al suo interno uno spettrofotometro IR e consente misure statiche del parametro. Per la sperimentazione della sonda è stato scelto il sito Roccacampana nel versante NE dell'Etna in prossimità della faglia pernicana, un'area in cui periodicamente sono stati registrati valori fuori dalla norma durante periodi di attività vulcanica.

4.2.5. Software per la gestione delle reti

Sono state riscritte numerose routine per il trasferimento dei dati e dei programmi di acquisizione delle stazioni allo scopo di implementare nuove funzionalità (accensione/spegnimento del modem radio o GSM, implementazione di protocolli per l'impiego di radio modem e delle sonde modbus ecc.) ed utilizzare nuove librerie più stabili. Larga parte del software sviluppato per la gestione delle reti e della Sala Operativa, utilizza librerie e software Open Source (GTK, GDK, LIBC, Pango,

Cairo, MYSQL, ImageMagic, Apache2, PHPMyAdmin, ecc.); ciò impone una evoluzione molto veloce del software con relativa implementazione di nuove funzionalità e correzione degli errori. Le reti di monitoraggio sono state aggiornate con nuovo firmware che risolve alcune singolarità nel ciclo di acquisizione che sono state riscontrate in questi anni.

4.2.6. Software di elaborazione dati

L'attivazione della Sala Operativa ha richiesto nuove procedure di analisi dei dati in modo da evidenziare le criticità ed al contempo minimizzare i falsi allarmi. Fra i moduli sviluppati, è stato prestata molta attenzione nello sviluppo di metodi numerici per il calcolo del rapporto CO₂/SO₂ nei plume vulcanici.

4.2.7. Monitoraggio dei flussi di CO₂ tramite campagne periodiche e monitoraggio continuo dei flussi di CO₂

Per lo studio dei flussi di CO₂, sia tramite campagne periodiche che misure in continuo, nel 2009 è iniziata un'attività progettuale che porterà nei prossimi anni alla realizzazione di una nuova stazione, con caratteristiche tali da migliorarne l'integrazione nel complesso delle reti di monitoraggio geofisico e dei sistemi di centralizzazione dei dati già attivati ai Campi Flegrei e al Vesuvio. Per questo sia progettazione e realizzazione sono condotti in stretta collaborazione con l'U.F Centro di Monitoraggio della Sezione di Napoli, che sviluppa e gestisce la rete sismica della sezione. Lo stesso hardware, che è in fase avanzata di progettazione come sistema automatico, verrà successivamente adattato anche come strumento per il monitoraggio dei flussi di CO₂ dal suolo con campagne periodiche di misura.

4.2.8. Monitoraggio della pressione dinamica delle fumarole

Nel 2008 è stato realizzato e sperimentato alla fumarola BG, un sistema automatico per il rilevamento in continuo della pressione dinamica di fumarole. Il periodo di test, terminato a luglio 2009, ha messo in evidenza alcuni problemi strumentali e di effetto "sito". Nel 2009 il sistema è stato riprogettato per la misura della pressione statica ad una profondità di circa un metro nel condotto fumarolico. La nuova stazione, che è stata sperimentata in laboratorio, verrà installata a Bocca Grande nel corso del 2010 per un ulteriore lungo periodo di prova.

4.3. Ampliamento delle reti

Nel corso del 2009, si è proceduto con l'ampliamento delle reti utilizzando principalmente fondi erogati dalla Regione Siciliana attraverso il Programma Triennale della Sorveglianza Sismica e Vulcanica in Sicilia, Programma Quadro stipulato con la Regione Siciliana in data 7/11/2003 ed iniziato alla fine del 2006. Le attività a gravare sulla convenzione DPC 2007-2009 hanno riguardato essenzialmente lo sviluppo delle stazioni per il monitoraggio di parametri chimico-fisici dell'isola di Stromboli.

In particolare, le stazioni plume sono state modificate con un nuovo sistema per lo scarico della condensa, la misura della quantità di vapore e di strumentazione per il rilevamento dei tenori di CO₂ ed SO₂ maggiormente sensibili. Inoltre, al fine di ottenere una maggiore copertura delle misure del rapporto C/S nel plume rispetto alla direzione di provenienza del vento, si è proceduto allo spostamento di una stazione automatica presso Fortini.

Sono state installate due nuove stazioni sperimentali per il monitoraggio della pressione parziale di CO₂ disciolta nelle acque (Pozzo Saibbo, Stromboli; Roccacampana, Etna) e della pressione totale di gas disciolto nelle acque (TDGP); quest'ultima dispone di sensori per la misura della conducibilità elettrica, del livello freatico e della temperatura. Per quanto concerne le reti ETNAGAS, ETNAACQUE, VULCANOGAS, VULCANOACQUE e Pantelleria le spese sono gravate principalmente sul Programma Quadro anzidetto.

4.4. Ampliamento dei laboratori

4.4.1 Laser ablation

L'ampliamento dei laboratori della Sezione di Palermo ha riguardato principalmente il laboratorio di Laser Ablation. La realizzazione del laboratorio ha comportato l'adeguamento degli ambienti con il totale rifacimento della distribuzione dei gas puri e di energia elettrica, dell'impianto di

climatizzazione e l'installazione dei sistemi di rilevazione ai fini della sicurezza. Il Laser di potenza è attualmente collegato ad un ICP-MS per le analisi chimiche degli elementi in traccia nelle melt inclusions, nei bulk dei minerali e della roccia e verrà connesso ad uno spettrometro di massa per la misura della composizione isotopica dei gas nobili nelle inclusioni fluide presenti nelle olivine e nei pirosseni dei prodotti eruttivi. Il lavoro di messa a punto del nuovo laboratorio è consistito numerosi test della strumentazione (laser ablation ed ICP-MS) per individuare le condizioni strumentali ottimali per la tipologia dei campioni che verranno analizzati. Queste strumentazioni verranno impiegate per studi sull'origine e sull'evoluzione dei magmi (con implicazioni sul grado di contaminazione della sorgente), dei fluidi ad essi associati e dei processi di degassamento. Obiettivo di questi studi sarà ottenere valutazioni quantitative sulle pressioni di degassamento dei magmi, sulle profondità di stazionamento degli stessi nel sistema di alimentazione e sulle possibili variazioni nel tempo.

4.4.2. Laboratorio di Spettroscopia

Nel corso del 2009 sono state acquisite le seguenti strumentazioni:

- a) Active DOAS della Oceanoptics per la misura dei tenori in atmosfera dell' SO_2 e varie componenti per l'adeguamento alle condizioni di misura in aree vulcaniche con un incremento di prestazioni in termini di stabilità, precisione e sensibilità;
- b) camera UV sperimentale per la determinazione dei tenori di SO_2 in atmosfera in grado di discernere il contributo di più sorgenti. Lo strumento è stato utilizzato per la misura della concentrazione di SO_2 nel plume e della sua velocità allo scopo di calcolare il flusso di SO_2 immesso in atmosfera dai diversi crateri dello Stromboli e dell'Etna. Il lavoro svolto nel 2009 è consistito nello sviluppo sia del software per il calcolo dei due parametri che dello strumento di misura successivamente testato in via sperimentale nelle due aree vulcaniche citate.

4.4.3. Laboratorio per analisi chimiche ed isotopiche

Nello sviluppo di nuove tecniche analitiche, nel 2009 è stata migliorata la routine analitica per la determinazione delle abbondanze isotopiche relative dell'azoto e dell'argon in campioni di gas fumarolici e gas disciolti, già validata, per quanto riguarda le composizioni isotopiche dell'Ar e dell' N_2 , attraverso intercalibrazioni con laboratori esterni (R.G.F., University of Rochester; INGV-PA). La metodologia prevede l'accoppiamento di uno spettrometro di massa (CF-IRMS) con un sistema gascromatografico, in modo da ottenere contemporaneamente sulla medesima aliquota di campione l'analisi sia chimica (Ar, O_2 , N_2 , CH_4) che isotopica (^{15}N , $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$). Questa implementazione analitica ha permesso di aumentare le potenzialità investigative per la definizione di modelli geochimici in aree vulcaniche e in aree non vulcaniche soggette a degassamento anomalo. Queste analisi specifiche sono entrate nelle routine di sorveglianza geochimica dei vulcani campani e, visti i vantaggi analitici dovuti all'esclusiva configurazione, sono state effettuate analisi richieste da altre sezioni dell'ente (INGV-PA). Inoltre, è stato sviluppato un nuovo metodo analitico per la determinazione della concentrazione di CO_2 e della sua composizione isotopica del carbonio in campioni di gas (plumes vulcanici) a concentrazioni di CO_2 molto basse (atmosferiche). Tale metodologia, che prevede l'accoppiamento di uno spettrometro di massa (CF-IRMS) con un sistema gascromatografico, è stata sviluppata in modo da ottenere su campioni di gas a base aria, sulla medesima aliquota di campione, sia la concentrazione di CO_2 che la sua composizione isotopica (^{13}C). I dati analitici, così ottenuti, opportunamente trattati permettono di determinare con una buona precisione la composizione isotopica (^{13}C) del CO_2 del puro componente vulcanico, altrimenti impossibile da determinare in sistemi vulcanici dove l'accesso per il campionamento diretto dei fluidi fumarolici non è permesso. Tale metodologia è stata applicata all'Etna utilizzando come testing sites le aree crateriche di Vulcano e Solfatara. I dati sono in corso di pubblicazione.

Nel corso del 2009 sono state sviluppate routines analitiche per lo spettrometro di massa al plasma accoppiato induttivamente (acquistato nel 2008). Tale sistema è dedicato ad analisi di elementi in traccia in campioni di condensati fumarolici e di acque di falda nella routine di sorveglianza geochimica dei vulcani campani. Inoltre, è stata acquistata una interfaccia AD (Agilent Technologies 35900E) a doppio canale ed implementata in un Gascromatografo già in dotazione al Laboratorio. Tale potenziamento ha permesso di acquisire i segnali analogici di due detector (RGD2 per analisi di gas riducenti; Spettrometro di massa (cercafughe) per analisi di concentrazione di He) e trattarli con un software specifico di gascromatografia.

5. Monitoraggio geodetico delle aree vulcaniche

5.1 Potenziamento del monitoraggio delle aree vulcaniche della Sicilia

Nel corso del 2009 sono state ultimate le attività di potenziamento dei sistemi geodetici osservativi attualmente in funzione sui vulcani siciliani, già avviate negli anni precedenti. In particolare ci si è rivolti al potenziamento delle reti clinometrica e GPS. Sono state realizzate due nuove stazioni sul versante occidentale dell'Etna nei siti di Monte Gallo e Monte Spagnolo utilizzando clinometri di nuova generazione AGI Lily. Per quanto riguarda le reti GPS Permanenti in totale sono state installate 6 nuove stazioni all'Etna, per una migliore copertura del fianco orientale: ETFI (Torre del Filosofo), ECNE (Cratere di Nord Est), EFIU (Fiumefreddo), EBCN (Bocca Nuova), EBAG (Baglio), ETEC (Santa Tecla), ERIP (Riposto).

5.2 Potenziamento del monitoraggio delle aree vulcaniche della Campania

5.2.1. Rete di stazioni permanenti GPS (NeVoCGPS)

Nel corso del 2009, oltre alla normale gestione e manutenzione, sono stati effettuati interventi per il miglioramento della qualità e continuità dei dati registrati. Sono state installate due nuove stazioni, una nell'area flegrea (NISI), operativa dal 16 aprile 2009 e localizzata sull'isolotto di Nisida, che chiude il lato orientale del Golfo di Pozzuoli, e l'altra nell'area vesuviana (BKNO), operativa dal 5 giugno 2009 e posta sul versante nord del Vesuvio, in corrispondenza del Bunker Nord, sede anche di una stazione sismica. Inoltre, nel 2009 è iniziato di realizzazione di sistema GPS real-time nell'area napoletana. La disponibilità di reti GPS real-time, con frequenza di acquisizione di 1 s in aree vulcaniche attive, consente di monitorare fenomeni a maggiore dinamica, come nel caso di apertura di fratture eruttive, riattivazione di crateri, movimenti veloci di masse o di particolari strutture del vulcano. Inoltre, la disponibilità di dati ad 1 Hz su stazioni fisse sarebbe necessaria nel caso si volessero applicare, in aree soggette a particolari movimenti, tecniche di cinematico GPS (KGPS), che permetterebbero la misurazione di un gran numero di posizioni in un breve intervallo di tempo. La realizzazione in corso, che si avvale anche di una convenzione fra società Leica e la Sezione di Napoli, prevede la trasformazione in real-time di 8 stazioni GPS permanenti nell'area napoletana. La gestione della rete è affidata al software GNSS Spider versione 3.2.0 di Leica Geosystems e a due server (HP Proliant ML350 e HP NetServer LC2000) dell'INGV-OV. Il primo di essi (Server HP Proliant ML350) gestisce la quasi totalità delle operazioni sulle stazioni remote, come ad esempio la ricezione dei dati ad 1 secondo, la loro archiviazione, il download dei dati a 30 secondi e il controllo della connessione. Il secondo server (HP NetServer LC2000), inserito per precludere la possibilità di accessi esterni al server che gestisce la rete RNA, è destinato all'esclusivo invio dei dati RTK al server Leica.

Nel corso del 2009 sono stati attrezzati 3 siti, con trasmissione real time via linea ADSL, con banda minima garantita di 256Kb in download ed upload.

5.2.2. Livellazione

Prima dell'esecuzione della campagna di misure della rete di livellazione dell'area vesuviana (VALN) è stata effettuata un'ispezione al fine di verificare lo stato di ciascun caposaldo. A seguito di ciò è stato riscontrato che, a causa di interventi strutturali al sistema viario, il collegamento a Nord della linea S. Sebastiano-Arpino (comune ai circuiti VNA e VNB) doveva essere radicalmente ritracciato al fine di effettuare la chiusura dei due suddetti circuiti. Inoltre, è stato diviso il circuito VP (lungo circa 40 km) in due circuiti adiacenti e più corti (VPA e VPB), con la costruzione di un tratta ad andamento ~N-S. Nel corso della campagna di misure sono iniziate le attività per il collegamento, laddove possibile, dei vertici della rete permanente NeVoCGPS alla rete di livellazione, in modo da ottenere indicazioni sui movimenti verticali con metodo più diretto. Per la maggior parte dei vertici GPS si è trattato di realizzare linee di collegamento molto brevi. Un impegno maggiore, invece, ha richiesto il collegamento alla VALN dei vertici GPS permanenti PACA e FRUL. Per le stazioni BKE1, BKNO, ONPI, PRET e SANA è stato installato un solo caposaldo aggiuntivo sulla struttura dove è posizionato il vertice GPS, con uno sviluppo lineare totale di circa 2.5 km. Per PACA e FRUL, sono stati istituiti due nuovi circuiti, denominati rispettivamente VR e VS.

Tab. 5.2.1. – Caratteristiche dei nuovi circuiti istituiti nel 2009.

Cicuito	Sigla	N.ro capisaldi	Lunghezza (km)	Lunghezza media tratte (m)
Palma Campania	VR	20	15.58	779
Frullone	VS	17	11.48	675

In sintesi, nell'area vesuviana sono stati installati 42 nuovi capisaldi ed istituite tratte per uno sviluppo lineare di 29,5 km. Per quanto concerne l'area dei Campi Flegrei, in occasione della campagna di misure nel luglio 2009 è stata istituita una nuova tratta che, partendo dal caposaldo n. 14 (localizzato all'incrocio tra via Nuova Bagnoli e via Coroglio), si sviluppa con 6 nuovi punti capisaldi (AR1-AR6) in direzione NE-SW per 1 km, di cui circa 900 m si addentrano nel Golfo di Pozzuoli seguendo il pontile del cosiddetto "Arenile" (ex Italsider). Tale ampliamento consentirà uno studio più dettagliato dell'andamento della componente verticale del campo di deformazione nell'area di Bagnoli che, in base alle precedenti misurazioni, ha mostrato evidenti anomalie.

5.2.3. Tiltmetria

Nel 2009 è stata ottenuta l'autorizzazione per effettuare una perforazione fino a 30 m di profondità in località Trecase (Caserma della forestale), in prossimità del vecchio sito stazione TRC. Il foro, da realizzare agli inizi di Marzo 2010, ospiterà un self-levelling borehole tiltmeter Lily.

5.2.4. Mareografia

Nell'ambito del potenziamento della rete mareografica nel giugno 2009 è stata installata una nuova stazione mareografica nel porto di Torre del Greco (TDG2). Questa stazione sostituirà quella ancora operante TRDG che sarà dismessa nei primi mesi del 2010. Inoltre, durante l'anno 2009 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 delle stazioni mareografiche sono: Isola di Stromboli, Porto d'Ischia e Porto di Napoli (Darsena Acton – Arsenale, Marina Militare).

6. Monitoraggio sismico delle aree vulcaniche

6.1 Potenziamento del monitoraggio delle aree vulcaniche della Sicilia

Nell'ambito delle attività programmate per il potenziamento della rete sismica gestita dalla Sezione di Catania, si è proceduto per l'area dell'Etna, all'ammodernamento tecnologico di 2 stazioni esistenti ed alla realizzazione di 5 nuovi impianti, 4 dei quali ubicati in area sommitale. Sono tutti equipaggiati con sensore a larga banda (BB) Trillium 40s, digitalizzatore Trident 24 bit, sistema di interfacciamento e controllo Janus, radio-modem satellitare SATELLINE 3ASd, che consente il trasferimento diretto, attraverso *link* terrestri, dei segnali acquisiti alla Sala Operativa di Catania. Il settore sommitale del vulcano (oltre quota 2700 m/slm) è stato oggetto di particolare attenzione sia per quanto riguarda le stazioni sismiche (3 nuove realizzazioni) che quelle infrasoniche. Queste ultime sono state oggetto di un *upgrade* tecnologico che vede l'uso di microfoni a larga banda (0.2–40 Hz), del tipo a condensatore prepolarizzato G.R.A.S.® 40AN (sensibilità 50 mV/Pa), equipaggiati con preamplificatore G.R.A.S.® 26HG. Circa la rete accelerometrica, è stato avviato un processo di riconfigurazione sia per quanto riguarda la disposizione delle stazioni esistenti, che la possibilità di avere i segnali in tempo reale. Nella tabella che segue è riportato l'elenco delle stazioni sismiche installate nel 2009 sull'Etna.

Stazione	Località	Data installazione	Tipo
ECAN	Masseria Cannata	04.02.09	sismica
EZPO	Zacchino Pietro	08.04.09	sismica
EFIU	Fiumefreddo	25.05.09	sismica
ETFI	Torre del Filosofo	23.07.09	sismica e infrasonica
EPDN	Pizzi Deneri	18.09.09	infrasonica
ECNE	Cratere di Nord-Est	21.09.09	sismica e infrasonica
EBCN	Bocca Nuova	01.10.09	sismica



Fig. 6.1.1. – Esempi di stazioni installate: (sinistra) Torre del Filosofo-Etna (ETFI), (destra) Bocca Nuova-Etna (EBCN).

Per quanto riguarda il potenziamento della rete eoliana, sono state ottenute le necessarie autorizzazioni per la realizzazione delle nuove stazioni per i siti di Stromboli, Panarea e Vulcano, e sono in corso le pratiche per Salina; la strumentazione verrà installata nel corso del 2010. Circa le altre aree della Sicilia, nell'ambito del APQ "Progetto Sicilia" sono state completate le infrastrutture di 4 nuovi siti (Castroreale, Scilla, Favara e Agira), ed ottenuta l'autorizzazione per la stazione di Pantelleria; anche queste saranno rese operative nel corso del 2010. Infine, la stazione in pozzo profondo (SP) operante nel versante nord-orientale dell'Etna lungo la faglia Pernicana, è stata oggetto di una ipotesi di progetto di sviluppo tecnologico che prevede più installazioni di tipo

multidisciplinare. Nello specifico della parte sismologica, si prevede la sostituzione del sensore profondo con un BB Trillium 120s e l'aggiunta di un accelerometro, così da coprire tutto lo spettro dei segnali sismici generati da questa importante, e molto attiva, struttura sismogenetica.

6.2 Potenziamento del monitoraggio delle aree vulcaniche della Campania

Nel corso del 2009 sono state installate 3 nuove stazioni permanenti nell'area del Vesuvio ed un idrofono nell'area flegrea. Inoltre una stazione analogica monocomponente (BAC) è stata affiancata da una corto periodo digitale a 3C (CBAC). Sono state potenziate le infrastrutture wireless nell'area del Vesuvio, con la realizzazione di un nuovo punto di accesso in corrispondenza del cratere. Tale punto di accesso consente l'acquisizione delle nuove stazioni permanenti VBKN e VVDG ed illumina il settore NW del Vesuvio. Nell'area flegrea è stato realizzato un nuovo punto di accesso WiFi presso la galleria Sepsa (Monte Olibano). Allo scopo di irrobustire il sistema di trasmissione è stato implementato un link WiFi (5 GHz) tra il centro di acquisizione di Posillipo e la sede di Via Diocleziano.

6.2.1 Rete Mobile sismica

Le attività di potenziamento hanno riguardato l'incremento numerico del numero di stazioni installate nell'area dei Campi Flegrei, come dettagliato di seguito. A gennaio 2009 è stata installata la stazione MSGX, in località Monte S. Angelo, nell'area dei Campi Flegrei. Inizialmente questa stazione acquisiva i segnali prodotti da due sismometri Geotech KS2000, uno installato in superficie, l'altro installato in pozzo a una profondità di circa 170 m. Entrambi sono sismometri a tre componenti a larga banda (periodo di 120 s). Dopo alcuni mesi il sismometro in pozzo è andato in avaria, per cui l'acquisizione è continuata solo per lo strumento in superficie.

7. Rete GPS nazionale

7.1. Nuove installazioni

L'attività di ottimizzazione e sviluppo si è concentrata sugli aspetti illustrati nei paragrafi seguenti.

7.1.1. Ricerca siti per nuove installazioni

L'attività di ricerca di nuovi siti consiste nell'eseguire un rilevamento geologico-tecnico di campagna al fine di verificare le condizioni geologiche e di stabilità dell'area oltre a verificare la visibilità per l'installazione del GPS.

Una seconda fase consiste nel eseguire delle prove di acquisizione per verificare la qualità del sito e escludere sorgenti di rumore elettromagnetico che degradano la qualità del segnale GPS.

Quando il sito viene giudicato idoneo dal punto di vista geologico e di rumore, si avvia la fase di produzione dei necessari documenti tecnici per procedere alle richieste autorizzative per i diversi enti competenti. In particolare viene prodotta una scheda di sito che comprende le caratteristiche geografiche, logistica, caratteristiche tecniche, geologiche e geotecniche dei siti e le relative particelle catastali dove insiste il sito. Tale documentazione viene poi inoltrata al Comune di riferimento per le autorizzazioni.

Nel corso del 2009 sono stati valutati 8 nuovi siti per la RING; ovvero:

- AV04 "Calitri" – Castello di Calitri (AV).
- PAOL "Monte Partenio" – Comune di Paolisi (BN).
- CADO, BANO E OCRE in Abruzzo.
- PIRI "Pietransieri" – Comune di Pietransieri.
- RILI "Rivisondoli" – Comune di Rivisondoli (CE).
- Località "Pietra" – Comune di Pietrastornina (BN).
- Località "Grieci" – Comune di Ariano Irpino (AV).
- Località "La collina di tufariello" – Comune di Vitulano (BN).

7.1.2. Nuove installazioni

Nel corso del 2009 sono state installate 10 nuove stazioni GPS. La tabella che segue riassume le caratteristiche generali dei nuovi siti.

Roio Piano (AQ) (ROPI) in trasmissione GPRS/UMTS dal 07/04/09	20Hz e 30s 1 download/gg
Collebrincioni (AQ) (CONI) in trasmissione GPRS/UMTS dal 08/04/09	20Hz e 30s 1 download/gg
San Gregorio (AQ) (SGRE) in trasmissione GPRS/UMTS dal 15/04/09	20Hz e 30s 1 download/gg
Leofreni (AQ) (LEOF) in trasmissione GPRS/UMTS dal 09/04/09 (In attesa di convenzione)	20Hz e 30s 1 download/gg
Capestrano (AQ) (CAPR) in trasmissione GPRS/UMTS dal 14/04/09 (In attesa di convenzione)	20Hz e 30s 1 download/gg
Gambatesa (CB) (GATE) in trasmissione GPRS dal 17/07/09 in locale e dal 3/11/2009 in trasmissione SatLink	1s e 30s 1 download/gg
Calitri (AV) (AV04) in trasmissione WiFi-ADSL dal 07/08/2009 (in convenzione ITALPOS)	1s e 30s 1 download/gg
Carolei (CAR1) dal 23/06/2009 in locale e dal 20/10/2009 in trasmissione SatLink	1s e 30s 1 download/gg
San Lorenzo Bellizzi (CS) (SALB) dal 30/06/2009 in locale e dal 22/10/2009 in trasmissione Nanometrics	30s 1 download/gg
Paolisi (BN) (PAOL) in locale dal 29/10/2009	15s

7.1.3. Attività di sviluppo del laboratorio

Nel corso del 2009, l'attività del laboratorio si è concentrata sul problema delle trasmissioni dati con sistemi alternativi a quelli in uso alle stazioni della RING. La necessità deriva dall'evidenza che

il mercato oggi offre valide alternative per la trasmissione dati e la possibilità di progettare e realizzare piccole reti wireless è una soluzione efficace per le esigenze della RING. In particolare è stata eseguita una progettazione di ponti radio WI-FI per piccole distanze 1-2 Km basati su apparati commerciali Linksys mod. WRT54GL e WAP54G. Il progetto è stato quindi realizzato installando una rete WI-FI tra le stazioni di Sant'Agata di Puglia, Carife, Grotta nuova sede, Grotta vecchia sede, Monte Rocchetta e Paolisi. Tutti i sensori collegati a queste stazioni, comprendendo anche il sensore sismico e l'accelerometro, viaggiano su rete wi-fi interamente realizzata dal laboratorio con risparmio sui costi di trasmissione e aumento della qualità in quanto tutti i segnali viaggiano in streaming in tempo relae e con adeguati campionamenti.

8. Telerilevamento

Nell'anno 2009 si è proceduto alla pianificazione ed alla installazione del sistema multi-mission Kongsberg per l'acquisizione dei dati satellitari ad orbita polare e geostazionaria.

Il sistema è composto da una parte hardware e software. L'hardware si divide in: antenna X/L band di 3.2 m di diametro, antenna Dvb di 1.2 m di diametro, unita' di controllo e macchine di calcolo.

Di seguito si descrivono le fasi che hanno portato all'installazione dell'intero sistema.

8.1. Progettazione e costruzione della piattaforma

L'antenna parabolica di 3.2m è stata installata su una piattaforma fissa sul tetto dell'edificio INGV Roma. la struttura metallica che supporta l'antenna è stata progettata seguendo le raccomandazioni della Kongsberg. Il progetto è stato realizzato da una ditta esterna specializzata in materia. È stata scelta una struttura in carpenteria metallica ancorata ai pilastri del edificio per distribuire al meglio il carico. Infatti l'antenna è dotata di 2 motori che la rendono mobile e sottopone la struttura a notevoli sforzi.

8.2. Pianificazione ed installazione del sistema

A seguito della costruzione della piattaforma è stata pianificata, in collaborazione l'allocazione dei spazi dei mezzi di calcolo, i passaggi dei cavi, il bilanciamento dell'energia elettrica, messa a disposizione delle risorse umane e logistiche (gru) per la fase operativa dell'installazione. Alla consegna del materiale spedito dalla Kongsberg si è proceduto al montaggio che si riassume nelle seguenti operazioni:

- Montaggio degli elementi dell'antenna parabolica mobile.
- Posizionamento con gru del piedestallo + motori XY (850 Chilogrammi).
- Montaggio dell'antenna X/L band di 3.2 m di diametro sulla struttura in posizione nadirale ed il relativo cablaggio.
- Montaggio dell'antenna MSG per l'acquisizione da satelliti geostazionari.
- Estensione dei cavi per i segnali, alimentazione, comandi e GPS (100 metri in lunghezza) dal terrazzo al Centro di Calcolo.
- Installazione della "ACU" modulo di comando posizionato vicino all'antenna.
- Installazione delle Macchine di calcolo per le funzioni di acquisizione, elaborazione e distribuzione dati all'interno di Rack dedicati e a norma.
- Collegamento delle antenne con i calcolatori in Rack.
- Installazione dei software sui server d'acquisizione.
- Operazione di puntamento satelliti e ottimizzazione del segnale (Tuning).
- Installazione di workstation, come stazioni remote di controllo e elaborazione dati.

Il sistema è stato consegnato in versione preliminare per poi dove pianificare il collaudo, il piano di consegna e di formazione del personale.

9. Attività di sala operativa

9.1. Sala sismica del Centro Nazionale Terremoti

Nel corso del 2009 è stato portato a termine il nuovo allestimento della sala operativa. Ciò ha comportato un allargamento degli spazi, l'installazione di un grande wall-screen, nuovo mobilio tecnico. Particolarmente delicata si è dimostrata la taratura e la configurazione del maxi schermo. Ora su di esso sono visibili più riquadri, automaticamente aggiornati, riguardanti lo stato della rete, la mappatura della sismicità in atto con un processo automatico di ingrandimento della mappa ove si verifichi un indizio di genesi di una sequenza, un riquadro di una mappa planetaria dedicata all'allarme maremoto, una mappa macrosismica automatica, frutto dell'elaborazione in tempo reale delle segnalazioni macrosismiche trasmesse tramite internet dai cittadini. Durante l'anno si è anche svolto il consueto corso di aggiornamento e reclutamento di nuovi turnisti. Nel 2009 sono stati implementati miglioramenti in gran parte dei codici dedicati al Servizio di Sorveglianza. Al picker manuale (SisPick2) si è aggiunto un modulo di revisione dei segnali sismici deconvolti al Wood-Anderson. Si è inoltre provveduto a garantire la retro-compatibilità col sistema di acquisizione precedente. Avanzamenti sono stati ottenuti nel settore riguardante gli strumenti software a disposizione del turnista 'tecnico' (che affianca h24 i turnisti sismologi) riguardante l'analisi in tempo reale della qualità dei segnali sismici afferenti alla Sala Sorveglianza. Essi riguardano: un programma di diagnostica remota delle stazioni sismiche basate su tecnologia GAIA; un sistema hardware e software per sostituire l'acquisizione delle stazioni analogiche; una applicazione per la conversione da pacchetti SeedLink in pacchetti compatibili con il sistema precedente (BackNet); un visualizzatore di forme d'onda su grande schermo basato sul sistema di analisi di Lomax.

9.2. Sala operativa della Sezione di Catania

La principali attività di potenziamento, condotte nel 2009, hanno riguardato la ristrutturazione della Sala Operativa, l'ottimizzazione e il potenziamento dei relativi sistemi e la realizzazione dei nuovi siti Web (Internet, Intranet e ad accesso riservato). Riguardo la nuova Sala Operativa, si è proceduto alla progettazione di un nuovo sistema di visualizzazione e gestione dei segnali provenienti dalle stazioni remote, all'assegnazione dei lavori che hanno interessato opere edili ed elettriche di rifacimento. Le motivazioni che hanno spinto a progettare e realizzare una nuova Sala Operativa sono inerenti al fatto che l'ampliamento dei vari sistemi di monitoraggio, previsto nel Accordo di Programma Quadro denominato "Progetto Sicilia" dei Dipartimenti Nazionale e Regionale di Protezione Civile, ha comportato in questi ultimi anni un notevole aumento del flusso dei dati osservati, ponendo dei limiti sia sull'espansione dei sistemi attualmente in funzione sia sulla loro gestione. Per superare tali limiti e migliorare il trattamento del maggiore flusso di informazione - punto cruciale per un'ottimale funzionamento della Sala Operativa - è stata pianificata, pertanto, la realizzazione di un sistema 'videowall' (Fig. 9.2.1.) che consenta la centralizzazione della visualizzazione e l'organizzazione dei segnali in Sala Operativa (fino ad un massimo di 40 monitor LCD) per i settori di provenienza. Ciò al fine di fornire una completa visione d'insieme utile per un'immediata comprensione dei fenomeni in corso. La tecnologia del sistema consente una disposizione logistica ottimale rispetto allo spazio a disposizione, limitando l'utilizzo di cavi e di prese di rete, e soprattutto, garantisce ridondanza hardware dei suoi vari componenti e possibilità di gestione remota a vantaggio della continuità di servizio.

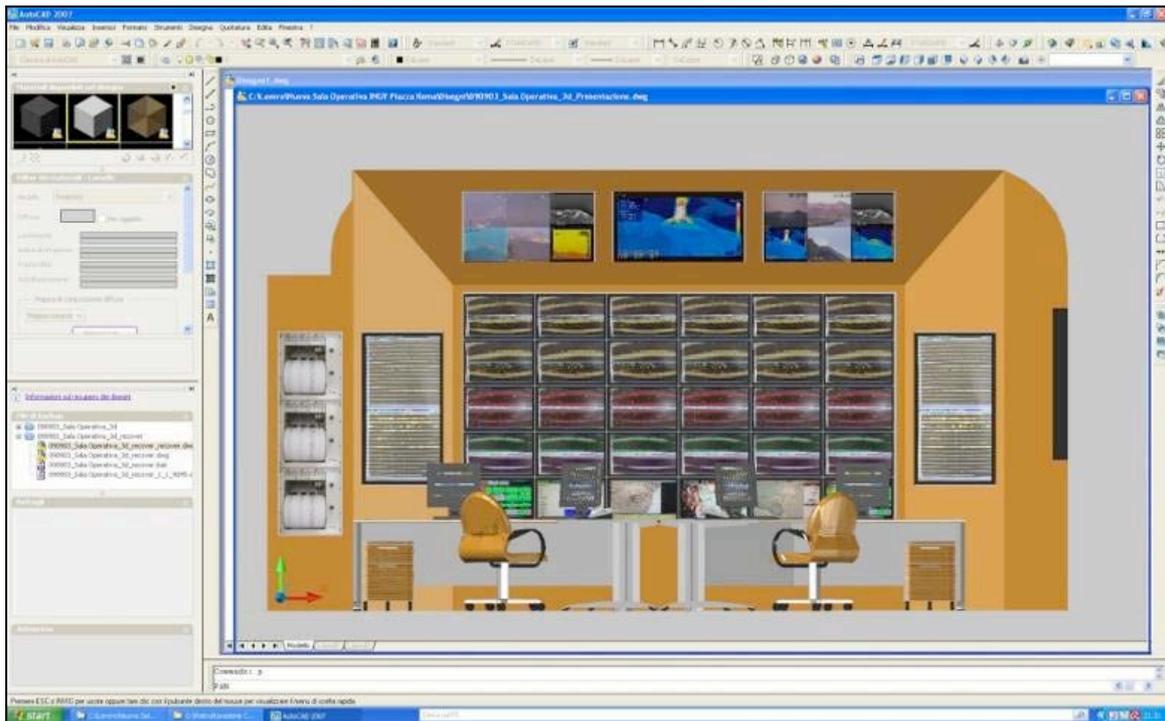


Fig. 9.2.1. – Rappresentazione schematica della nuova Sala Operativa.

Poiché non sarebbe stato possibile operare in sede senza interrompere il servizio di monitoraggio e sorveglianza, si è preventivamente predisposto lo spostamento temporaneo delle attività e dei sistemi presso la sede del CUAD ove è stata implementata una Sala Operativa di emergenza.

Presso la sede del CUAD sono stati ottimizzati i sistemi presenti allineandoli al vecchio standard oggi presente presso la Sede e messi in funzione in parallelo in modo da non creare disservizio. Per tutta la durata dei lavori, quindi, i turni sono effettuati al CUAD ove sono comunque presenti, oltre ai turnisti e temporaneamente, alcune unità di personale di supporto.

Presso la sede di P.zza Roma, si è quindi proceduto ad avviare i lavori di rifacimento della nuova sala con rifacimento di pareti, pavimenti, della rete elettrica, dei sistemi di rete informatica degli allestimenti e con la realizzazione della nuova infrastruttura che ospiterà il nuovo sistema di visualizzazione. Gli spazi attuali sono stati meglio distinti, condizionati in modo opportuno distinguendo tra le sale tecniche e i vani in cui il personale si trova ad operare. Cuore del sistema è la realizzazione di un centro di controllo e comando dei sistemi presenti e la gestione dei dati, attraverso un innovativo sistema di *storage area network* (SAN) che ha lo scopo di concentrare tutti i dati per un veloce fruizione degli stessi, su opportuni *repository* direttamente in linea. Gran parte del lavoro è stato anche mirato alle attività di sviluppo software per l'implementazione di nuovi applicativi e di sistemi di comunicazione degli eventi che devono concorrere alla determinazione di uno standard applicativo comune alle diverse tipologie di segnali presenti in una moderna Sala Operativa multiparametrica.

9.3. Sala di monitoraggio della Sezione di Napoli – Osservatorio Vesuviano

La sala operativa della Sezione di Napoli è basata su sistemi di analisi e visualizzazione dei dati, sviluppati dalla sezione e periodicamente aggiornati, per il monitoraggio sismico, deformativo e geochimico dei vulcani attivi della Campania e per il monitoraggio sismico di Stromboli.

Al sistema per le localizzazioni automatiche degli eventi sismici, visualizzati in sala attraverso l'interfaccia web del sistema WBSM, con mappa epicentrale in un tempo inferiore a due minuti ed archiviazione dei parametri in un database, si è aggiunto nel corso del 2009 un nuovo sistema realizzato nell'ambito del progetto Speed, con lo scopo di raccogliere le informazioni provenienti da tutti i sistemi di monitoraggio utilizzati dall'Osservatorio Vesuviano per la sorveglianza dei vulcani in un unico contenitore, in modo da favorire l'analisi comparata dei diversi parametri. Al

database hanno accesso anche le autorità di protezione civile nazionale (DPC) e regionale (Regione Campania).

Sempre nel 2009 sono stati sviluppati, ex-novo o ottimizzati, diversi programmi per la notifica automatica degli eventi sismici e per il monitoraggio dell'integrità dei sistemi informatici presenti in sala. Inoltre è stato aggiornato il programma per l'analisi off-line dei dati sismici, in modo da gestire meglio i diversi formati in uso per le stazioni analogiche e digitali, e sono stati aggiornati alcuni programmi di visualizzazione dei dati. In collaborazione con la sala del CNT, sono stati installati i sistemi SisMap e Geoserver, allo scopo di migliorare lo scambio immediato delle informazioni sulla sismicità delle aree monitorate.



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

<http://www.ingv.it>

ROMA

Via di Vigna Murata, 605 - 00143 Roma

NAPOLI

OSSERVATORIO VESUVIANO

Via Diocleziano, 328 - 80124 Napoli

CATANIA

Piazza Roma, 2 - 95123 Catania

MILANO

Via Bassini, 15 - 20133 Milano

PALERMO

Via Ugo La Malfa, 153 - 90146 Palermo

BOLOGNA

Via Donato Creti, 12 - 40128 Bologna

PISA

Via della Faggiola, 32 - 56126 Pisa