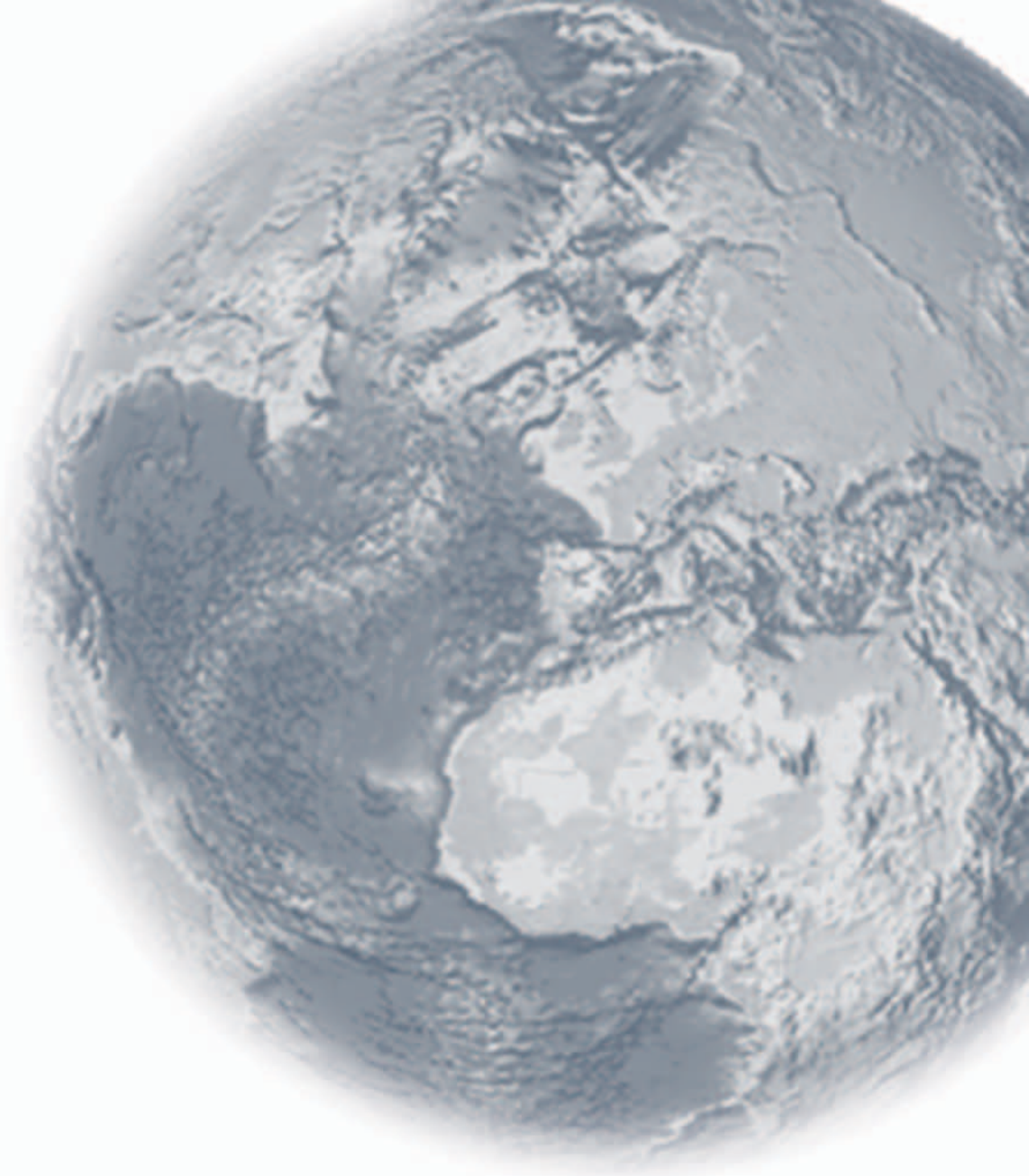
Monografie istituzionali INGV
Volume X - appendice I, 2007

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

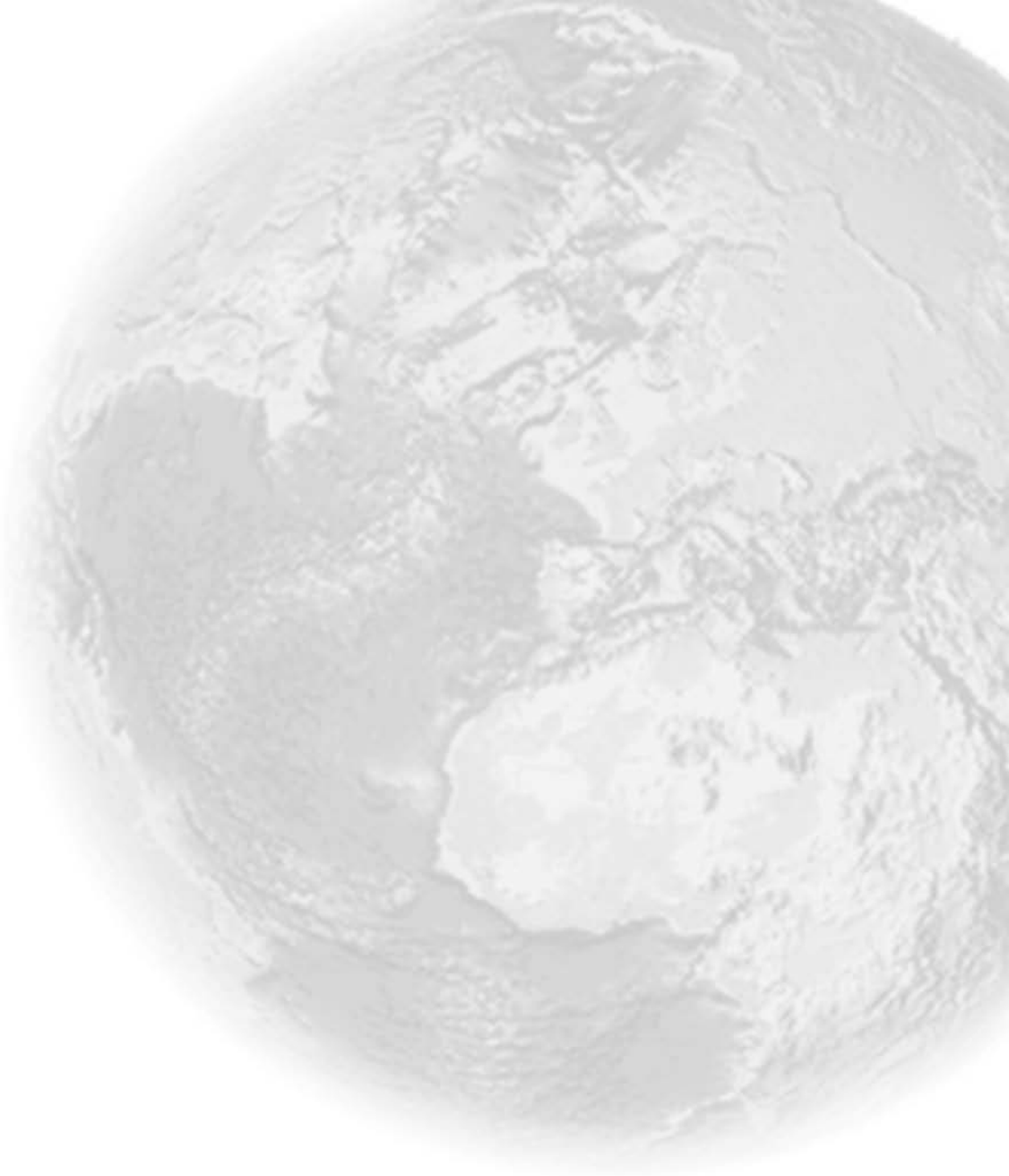


Convenzione **DPC - INGV** 2004-2006

Rendiconto dell'attività svolta nel secondo semestre 2006

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Via di Vigna Murata 605 - 00143 Roma
tel 06518601 • fax 065041181
www.ingv.it

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia



Convenzione **DPC - INGV**
2004-2006

Rendiconto dell'attività svolta nel secondo semestre 2006

Direttore Responsabile:
Enzo Boschi

Coordinamento Editoriale:
Giuseppe Di Capua, Gianluca Valensise

Redazione Testi:
Giuseppe Di Capua

Progetto Grafico:
Laboratorio Grafica e Immagini - INGV Roma

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

© 2007 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

Introduzione 7

VOCE A: ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO E SORVEGLIANZA 11

Vulcani siciliani 13

Introduzione 13
Monitoraggio vulcanologico 15
Monitoraggio sismico 17
Monitoraggio delle deformazioni del suolo 18
Monitoraggio geofisico (gravimetrico e magnetico) 19
Attività di sala operativa 20
Principali attività scientifiche e azioni intraprese durante l'eruzione di luglio – dicembre 2006 dell'Etna di supporto al Dipartimento della Protezione Civile 21

Sorveglianza sismica del territorio nazionale 27

Introduzione 27
Servizio di sorveglianza sismica 28
Analisi dei dati: il Bollettino della Sismicità Italiana 33
La manutenzione ordinaria, straordinaria e il potenziamento della Rete Sismica Nazionale, della rete Mednet e delle altre reti sismiche gestite dal CNT-INGV 38
Rete CGPS (GPS continuo) in Italia: stato di avanzamento e sviluppo 48

Stazioni accelerometriche in Italia settentrionale 51

Vulcani dell'area napoletana e Stromboli 53

Monitoraggio sismico 53
La rete mobile 74
Il Laboratorio di Analisi Avanzate (LAV) 87
Rete di livellazione del Vesuvio 94
Movimenti verticali del suolo al M. Etna: faglia di Piano Pernicana - livellazione di precisione 97
Rete GPS permanente dell'area vulcanica napoletana 100
Rete tiltmetrica 103
Idrometria e meteorologia 110
Rete mareografica al Vesuvio 112
Interferometria SAR 121
Misure gravimetriche 123
Sorveglianza vulcanologia 130
Sorveglianza geochimica al Vesuvio 144

Sorveglianza geochimica ai Campi Flegrei *149*
Rilievi geologico-strutturali e termici effettuati in località Pisciarelli *163*

Monitoraggio geochimico dei vulcani attivi e quiescenti italiani **169**
Etna *169*
Vulcano *196*
Stromboli *224*
Altre aree vulcaniche *236*

VOCE B: POTENZIAMENTO DELLE RETI DI MONITORAGGIO **263**

Vulcani siciliani **265**
Monitoraggio vulcanologico *265*
Monitoraggio sismologico *266*
Monitoraggio delle deformazioni del suolo *266*
Attività di ottimizzazione della sala operativa *267*

Vulcani dell'area napoletana e Stromboli **269**
Monitoraggio sismico *269*
Rete mobile *269*
Manutenzione e potenziamento della rete CGPS dell'area vulcanica napoletana *270*

VOCE C: PROSECUZIONE DELLE ATTIVITÀ DI STUDI E RICERCHE SULLA SISMICITÀ E SUL VULCANISMO DELLE AREE DI STROMBOLI E PANAREA E PER STUDI E RICERCHE SU ZONE DI PARTICOLARE INTERESSE SPECIFICATAMENTE INDIVIDUATE **271**

Progetti sismologici e vulcanologici di interesse per il Dipartimento della Protezione Civile **273**

RENDICONTAZIONE FINANZIARIA **275**

Voce B: potenziamento delle reti di monitoraggio 277
INGV – Sezione di Catania 279
INGV – Centro Nazionale Terremoti 281
INGV – Osservatorio Vesuviano, Napoli 285
INGV – Sezione di Palermo 287

Voce C: prosecuzione delle attività di studi e ricerche sulla sismicità e sul vulcanismo delle aree di Stromboli e Panarea e per studi e ricerche su zone di particolare interesse specificatamente individuate **289**

Introduzione 291

ALLEGATI **311**

Allegato 1: rapporto finale eruzione Etna 2006 *313*

INTRODUZIONE

Questo documento costituisce il Rapporto sull'attività svolta nel II semestre 2006 nell'ambito della Convenzione stipulata in data 15/04/2004 tra il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). La 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, anche con riferimento a zone di particolare interesse.

Il documento è corredato di una dettagliata rendicontazione finanziaria per quanto concerne le spese relative alle attività di cui all'art. 5, lett. b) (*Potenziamento delle reti di monitoraggio*) e lett. c) (*Prosecuzione delle attività di studi e ricerche sulla sismicità e sul vulcanismo delle aree di Stromboli e Panarea e per studi e ricerche su zone di particolare interesse specificatamente individuate*) della Convenzione.

Si ricorda che la stessa Convenzione prevede che le spese relative alle attività di cui all'art. 5, lett. a) (*Monitoraggio e sorveglianza sismica e vulcanica*) non siano soggette a rendicontazione.

Per quanto concerne la rendicontazione delle spese relative alle attività di cui alla lettera b) dell'art. 5 della Convenzione, finalizzate agli investimenti tecnologici per il potenziamento delle reti di monitoraggio, si precisa che:

- nel corso del secondo semestre 2006 le predette spese sono state sostenute dalle sezioni coinvolte nelle attività di monitoraggio a valere su un unico capitolo appositamente istituito tra le uscite in tutti i centri di responsabilità (cap. 1210202); a tale capitolo sono stati imputati anche i costi accessori rispetto alle spese in discorso;
- i rendiconti sono stati redatti per competenza: essi ricomprendono gli impegni di spesa assunti dal 1/7/2006 al 31/12/2006 a prescindere se il relativo pagamento sia intervenuto o meno nel periodo di riferimento. Viceversa, vengono indicati gli estremi del pagamento nel caso questo sia intervenuto entro la data del 31/12/2006;
- parallelamente alle spese finalizzate al potenziamento delle reti di monitoraggio sono state rendicontate spese di personale; i relativi impegni di spesa sono stati assunti a valere sui fondi DPC di cui all'art. 5, lett. b) della Convenzione, dal momento che le risorse umane in discorso (n. 13 unità di personale con contratto a tempo determinato ex art. 23 DPR n. 171/'91) sono state interamente adibite alle attività scientifiche connesse con gli investimenti finalizzati al potenziamento delle reti di monitoraggio. In particolare sono stati rendicontati i costi onnicomprensivi del personale in discorso riferiti a un semestre;
- sono state infine rendicontate le spese generali, nella misura del 5% delle spese di funzionamento 2006 riferite a un semestre (50% del totale degli impegni 2006 sulla CAT. IV = € 7.276.168,20; quota del 5% = 363.808,41, arrotondata = € 364.000,00).

Per quanto concerne la rendicontazione delle spese relative alle attività di cui alla lettera c) dell'art. 5 della Convenzione in discorso, finalizzate alla prosecuzione delle attività di studi e ricerche sulla

sismicità e sul vulcanismo delle aree di Stromboli e Panarea e per studi e ricerche su zone di particolare interesse specificatamente individuate, si precisa che:

- nel corso del secondo semestre 2006 sono stati rendicontati i trasferimenti delle seconde annualità dei contributi di ricerca assegnati a n. 150 Unità di Ricerca esterne all'INGV nonché a n. 110 Unità di ricerca INGV per la realizzazione dei progetti di ricerca sismologici e vulcanologici di particolare interesse per la Protezione Civile (progetti DPC-INGV);
- nel corso del secondo semestre 2006 sono state sostenute spese per lo sviluppo di alcuni ulteriori progetti di interesse per la Protezione Civile e per il funzionamento del Comitato di Gestione e del Comitato di Valutazione internazionale; tali spese sono state sostenute dall'Amministrazione centrale su input dei coordinatori dei progetti DPC-INGV;
- parallelamente alle predette spese sono state rendicontate spese di personale; i relativi impegni di spesa, sono stati assunti a valere sui fondi ProCiv di cui all'art. 5, lett. c) della Convenzione, dal momento che le risorse umane in discorso (n. 45 unità di personale con contratto a tempo determinato ex art. 23 DPR n. 171/'91, n. 21 titolari di assegni di ricerca e n. 20 titolari di borse di studio) sono state interamente adibite alle attività scientifiche connesse ai progetti di ricerca di interesse per gli Organi di Protezione Civile; in particolare sono stati rendicontati i costi omnicomprensivi del personale in discorso riferiti a un semestre.

Tutte le predette spese vengono riepilogate nel prospetto che segue.

SECONDO SEMESTRE 2006		
ART. 5, LETT. B - POTENZIAMENTO RETI DI MONITORAGGIO		
		II SEM. 2006
INVESTIMENTI e SPESE ACCESSORIE		
C/O SEZ. DI CT	499.184,46	
C/O CNT	1.074.470,03	
C/O SEZ. DI NA - OV	188.895,44	
C/O SEZ. DI PA	115.428,87	
TOT. INVESTIM. e SPESE ACCESSORIE		*1.877.978,80*
SPESE PERSONALE		
N. 13 UNITA' PER N. 6 MESI	260.000,00	
TOT. SPESE PERSONALE		*260.000,00*
SPESE GENERALI		
5% Cat. IV '06 al 50%	364.000,00	
TOTALE SPESE GEN.		*364.000,00*
TOTALE GENERALE		***2.501.978,80***
PREVISIONI		1.500.000,00
DIFF. RISPETTO PREVISIONI		*-1.001.978,80*

ART. 5, LETT. C - PROGETTI DI RICERCA DI INTERESSE PROCIV		
		II SEM. 2006
TRASFERIMENTI PER PROGETTI		
PROGETTI S - SECONDA ANNUALITA'	2.088.806,69	
PROGETTI V - SECONDA ANNUALITA'	3.416.965,00	
PROGETTO S/V - SECONDA ANNUALITA'	161.000,00	
SPESE TRASFERIMENTI PER PROGETTI		*5.666.771,69*
SPESE PERSONALE		
N. 45 UNITA' PER N. 6 MESI	900.000,00	
N. 21 ASSEGNI DI RICERCA PER N. 6 MESI	199.500,00	
N. 20 BORSE DI STUDIO PER N. 6 MESI	160.000,00	
TOT. SPESE PERSONALE		*1.259.500,00*
ALTRE SPESE		
FONDI RECUPERATI DALLA ASSEGNAZIONE I FASE	-44.984,29	
INTEGRAZIONI E RICERCHE	301.506,69	
SPESE PER ORGANIZZAZIONE WORKSHOP	28.861,21	
SPESE DI VIAGGIO COMITATI VALUTAZIONE	2.342,58	
SPESE DI VIAGGIO COMITATI GESTIONE	12.386,15	
TOT. ALTRE SPESE		*300.112,34*
TOTALE GENERALE		***7.226.384,03***
PREVISIONI		3.000.000,00
DIFF. RISPETTO PREVISIONI		*-4.226.384,03*
TOTALI GENERALI		
		II SEM. 2006
TOTALE GENERALE		***9.728.362,83***
PREVISIONI		4.500.000,00
DIFF. RISPETTO PREVISIONI		*-5.228.362,83*

L'ammontare delle spese rendicontate è sensibilmente superiore rispetto alle previsioni. Questo dipende dal fatto che le spese sostenute dall'ente per la realizzazione dei progetti ex art. 5, lett. c) della Convenzione risultano addensate nel secondo semestre 2006, dal momento che all'inizio del semestre in discorso sono stati effettuati, come detto, i trasferimenti delle seconde annualità dei contributi di ricerca assegnati a n. 150 unità di ricerca esterne all'INGV nonché a n. 110 unità di ricerche INGV per la realizzazione dei progetti di ricerca sismologici e vulcanologici di particolare interesse per gli Organi di Protezione Civile.

Il 31/12/2006 è pervenuta a scadenza la Convenzione triennale di cui all'oggetto. Premesso che le operazioni conclusive dei progetti di ricerca sismologici e vulcanologici ex art. 5, lett. c) della Convenzione si protrarranno per alcuni mesi del 2007, con il secondo semestre 2006 si conclude il triennio di riferimento della Convenzione. E' quindi possibile riepilogare le rendicontazioni presentate per l'intero periodo, con riferimento alle attività di cui all'art. 5, lett. b) e c) della Convenzione, secondo il prospetto che segue:

RIEPILOGO TRIENNALE	
	2004
SPESE RENDICONTATE	*4.661.378,76*
PREVISIONE ANNUALE	9.000.000,00
DIFFRENZA RISPETTO ALLA PREVISIONI	*4.338.621,24*
	I SEM. 2005
SPESE RENDICONTATE	*3.434.459,45*
PREVISIONE SEMESTRALE	4.500.000,00
DIFFRENZA RISPETTO ALLA PREVISIONI	*1.065.540,55*
	II SEM. 2005
SPESE RENDICONTATE	***10.501.784,10***
PREVISIONE SEMESTRALE	4.500.000,00
DIFFRENZA RISPETTO ALLA PREVISIONI	*-6.001.784,10*
	I SEM. 2006
SPESE RENDICONTATE	***3.209.888,68***
PREVISIONE SEMESTRALE	4.500.000,00
DIFFRENZA RISPETTO ALLA PREVISIONI	*1.290.111,32*
	II SEM. 2006
SPESE RENDICONTATE	***9.728.362,83***
PREVISIONE SEMESTRALE	4.500.000,00
DIFFRENZA RISPETTO ALLA PREVISIONI	*-5.228.362,83*
	TOTALE
SPESE RENDICONTATE	31.535.873,82
PREVISIONE TRIENNALE	27.000.000,00
DIFFRENZA RISPETTO ALLA PREVISIONI	-4.535.873,82

Dal prospetto si evince che:

- nel 2004 le spese rendicontate risultano sensibilmente inferiori rispetto alle previsioni perché la Convenzione è stata sottoscritta nel mese di aprile e solo nei mesi successivi è stato possibile riscuotere il primo acconto del corrispettivo previsto per il primo anno;
- nel 2005 e nel 2006 le spese rendicontate risultano leggermente inferiori rispetto alle previsioni semestrali nel primo semestre e sensibilmente superiori nel secondo semestre. Questa circostanza è dovuta al fatto che in entrambi gli anni le spese sostenute dall'ente per la realizzazione dei progetti DPC-INGV (art. 5, lett. c) della Convenzione) risultano addensate nella seconda metà dell'anno, allorché si è proceduto a effettuare i trasferimenti delle due annualità dei contributi di ricerca assegnati a n. 150 unità di ricerca esterne all'INGV nonché a n. 110 unità di ricerche INGV per la realizzazione dei progetti stessi;
- nel triennio di riferimento, complessivamente, le spese rendicontate risultano sensibilmente superiori rispetto alle previsioni triennali (+ € 4.535.873,82); tuttavia, al netto delle spese generali sistematicamente "scaricate", normalmente nella misura del 5% delle spese ordinarie di funzionamento (€ 3.858.000,00), lo scostamento si riduce a livelli assolutamente fisiologici.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Voce A

Attività di **M**onitoraggio e **S**orveglianza

VULCANI SICILIANI

(a cura del Dott. Alessandro Bonaccorso, Direttore della Sezione di Catania)

INTRODUZIONE

Le attività di monitoraggio dei vulcani attivi e quiescenti siciliani (Etna, isole Eolie con particolare riferimento a Vulcano e Stromboli, Pantelleria) si articolano nei settori geofisico e vulcanologico. In particolare, l'INGV-CT conduce il monitoraggio e lo studio dei vulcani attraverso sistemi osservativi multidisciplinari composti da reti permanenti di monitoraggio visivo (telecamere), sismico, geodetico e geofisico. Inoltre sono gestite le reti sismiche e geodetiche ubicate sulle principali aree sismogenetiche della Sicilia orientale (Peloritani - Stretto di Messina, Iblei - fascia Sicilia sud-orientale).

Viene mantenuta attiva H24 una Sala Operativa, con turnazioni e reperibilità in diversi settori scientifici e tecnici, per il controllo dei sistemi di monitoraggio e l'attivazione delle apposite procedure di allerta. Tutte le attività di monitoraggio sono corredate da diverse attività di sviluppo e implementazione tecnologico nonché da studi e ricerche avanzate nel campo della vulcanologia e geofisica.

Per quanto riguarda il settore del monitoraggio vulcanologico viene garantito il controllo dell'attività eruttiva dei vulcani Etna, Stromboli e Vulcano mediante il mantenimento del servizio di reperibilità vulcanologica (ricercatori) ed aiuto vulcanologo (tecnici e tecnologi). Il servizio di reperibilità vulcanologica comprende sull'Etna rilievi almeno settimanali e produzione di rapporti settimanali, comunicati giornalieri, e rilievi giornalieri o plurigiornalieri nel corso di eventi eruttivi regolarmente inviati al DPC. Il monitoraggio dell'attività eruttiva dello Stromboli viene effettuato anche tramite analisi semi-automatica delle immagini delle telecamere di Stromboli (sistema VAMOS) con produzione di rapporti settimanali. A questo si aggiunge il servizio di monitoraggio petrologico con campionatura ed analisi dei prodotti emessi dai vulcani Etna e Stromboli per l'interpretazione dei fenomeni eruttivi, con produzione di rapporti di dettaglio e pubblicazioni scientifiche. Etna, Stromboli e Vulcano vengono anche monitorati con mappature termiche periodicamente effettuate sia da terra che da elicottero. Per quanto riguarda i periodi inter-eruttivi o quelli caratterizzati da sola attività esplosiva, viene effettuato il monitoraggio delle ceneri emesse sia dall'Etna che dallo Stromboli con quantificazione dei componenti, analisi petrochimiche, definizione della morfoscopia ed interpretazioni utili alla definizione dei fenomeni in atto, e produzione di rapporti di supporto per il DPC poi anche pubblicati sul sito web dell'istituto. Le misure dei parametri sedimentologici vengono adesso velocizzate grazie all'impiego di uno strumento di misura innovativo (CAMSIZER) di recente acquisizione. Al monitoraggio vulcanologico contribuiscono anche le misure sui gas emessi dai crateri sommitali, dai suoli e dalle strutture tettonicamente attive. Queste vengono effettuate attraverso campagne di misura periodiche con apparecchiature COSPEC e USB2000 per la misura del flusso di SO_2, FTIR per rilevare i rapporti tra specie gassose, sonde portatili per mappature di radon, CO2 ed elio, e reti fisse (radon e CO_2 con due stazioni all'Etna, e UV-scanner su Stromboli (4 stazioni) ed

Etna (5 stazioni) di recente installazione per la misura continua, durante le ore diurne, del flusso di SO_2.

Per quanto riguarda il settore del monitoraggio sismologico le attività di monitoraggio e sorveglianza coprono la sistematica e regolare acquisizione, pre-elaborazione e analisi dei dati provenienti dal sistema di rilevamento sismico disposto sui vulcani attivi siciliani e sulle aree tettoniche della Sicilia Nord-Orientale, Calabria Meridionale e degli Iblei. Inoltre viene garantito il controllo dell'attività sismica delle aree tettoniche e di quelle vulcaniche attive della Sicilia Orientale mediante il mantenimento di un servizio di reperibilità simologica (ricercatori) e di reperibilità tecnica e informatica (tecnici e tecnologi), e con la partecipazione del personale afferente ai turni H24 nella sala di sorveglianza dell'istituto. Il servizio di reperibilità sismologica comprende la produzione di rapporti settimanali e di comunicati giornalieri nel caso in cui si verificano eventi sismici significativi. A questo si aggiungono le attività del gruppo Macrosismico nel caso di eventi particolarmente energetici, fortemente avvertiti o oltre la soglia del danno.

L'elevata densità di stazioni sismiche presenti in Sicilia Orientale (62 sono i siti di rilevamento della Rete Sismica Permanente) permette oggi di disporre di un accurato controllo della sismicità anche di bassa magnitudo nelle aree monitorate. Il confronto con il sistema di rilevamento sismico nazionale (Rete Sismica Nazionale Centralizzata, RSNC gestita da INGV-Centro Nazionale Terremoti) conferma che l'elevata capacità di detezione degli eventi sismici da parte di una densa rete, permette di ottimizzare le attività di sorveglianza, monitoraggio e ricerca in questa parte dell'Italia a maggior rischio sismico e vulcanico. In sintesi i dispositivi di misura gestiti dall'INGV-CT possono essere raggruppati in due tipologie:

Rete Sismica Permanente (RSP): rappresenta il dispositivo di misura continuo costituito da 68 stazioni distribuite in tutta la Sicilia orientale con acquisizione e trasmissione automatica dei dati presso il Centro di Acquisizione Unificato Dati (CUAD) e presso la Sala Operativa di Catania.

Nel complesso la RSP copre 4 grandi aree:

- Area Etnea.
- Area Eoliana.
- Area Calabro-Peloritana.
- Area Iblea.

Per ogni area è impiegata sia strumentazione digitale di nuova generazione in trasmissione numerica e satellitare sia strumentazione analogica ereditata dagli enti confluiti nell'INGV. Nel complesso sono operanti nelle varie aree 68 stazioni sismometriche, delle quali 32 digitali BB 3-componenti satellitari, 12 alogiche corto periodo 3-componenti e le restanti mono-componente. Quattro di queste sono dotate di sensore accelerometrico e 2 di sensore infrasonico.

Rete Sismica Mobile (RSM): rappresenta il dispositivo di misura temporaneo utilizzato all'occorrenza per integrare le strumentazioni della RSP o per condurre esperimenti e campagne anche al di fuori delle aree di competenza monitorate dalla Sezione di Catania. Allo stato attuale la rete mobile è dotata di 10 stazioni e di un furgone per la centralizzazione dei dati.

Il monitoraggio delle deformazioni del suolo è assicurato mediante appropriati dispositivi di misura continui e discreti.

I dispositivi di misura continui sono: le reti clinometriche permanenti dell'Etna (10 stazioni), delle Eolie (Vulcano e Stromboli, 9 stazioni), di Pantelleria (3 stazioni) e degli Iblei; le reti di stazioni GPS permanenti dell'Etna (13 stazioni), delle Eolie (Vulcano, Lipari e Stromboli, 8 stazioni), di Pantelleria (3 stazioni) e dei Peloritani; la rete estensimetrica dell'Etna; la stazione integrata clinometrica ed estensimetrica dell'osservatorio di Pizzi Deneri.

I dispositivi di misura discreti (cioè misurati con cadenza periodica) sono: le reti di trilaterazione EDM dell'Etna, delle Eolie (Vulcano e Lipari), degli Iblei e di Pantelleria; le reti geodetiche GPS dell'Etna, delle Eolie (Vulcano e Lipari), degli Iblei, dei Peloritani e di Pantelleria.

Un contributo geofisico per la definizione dello stato dei vulcani è anche fornito dalle reti permanenti gravimetriche e magnetiche per il monitoraggio dell'Etna e dell'Isola di Stromboli, che all'Etna sono anche integrate da misure periodiche gravimetriche e magnetiche. Attualmente, all'Etna sono attive (i) una rete gravimetrica comprendente 71 capisaldi per misure discrete e 3 stazioni remote in acquisizione continua, (ii) una rete di 10 magnetometri scalari e 2 magnetometri vettoriali e (iii) una rete geoelettrica di 4 stazioni per la misura dei segnali di potenziale spontaneo. A Stromboli, invece, è in funzione una rete di 3 magnetometri gradiometrici, 1 stazione per la misura del potenziale spontaneo e 1 stazione gravimetrica in acquisizione continua.

L'attività di monitoraggio del secondo semestre 2006 è stata soprattutto caratterizzata dall'eruzione dell'Etna iniziata nel mese di Luglio e proseguita, con diverse fasi, sino a Dicembre.

Di seguito sono riportati i dettagli relativi alle attività delle differenti discipline ed una descrizione delle principali attività intraprese e condotte durante la crisi eruttiva.

MONITORAGGIO VULCANOLOGICO

A partire da luglio 2006, il verificarsi di episodi eruttivi sulla sommità dell'Etna e nell'alta Valle del Bove ha causato l'intensificarsi delle attività di monitoraggio vulcanologico, con rilievi plurigiornalieri per la caratterizzazione vulcanologica, strutturale, geochimica, petrologica e composizionale dell'attività eruttiva. Sono stati condotti rilievi diretti sul terreno mirati alla comprensione dei fenomeni in atto, coadiuvati da misure sul terreno e mappature termiche da terra ed elicottero, mappature periodiche dei flussi lavici, ed analisi di laboratorio sui prodotti eruttati, ai quali hanno contribuito anche nella fase di luglio i colleghi dell'Osservatorio Vesuviano. Dopo la fase effusiva di luglio ed un periodo di relativa calma durato poche decine di giorni, dal 31 agosto al 14 dicembre l'Etna ha mostrato una serie di episodi eruttivi caratterizzati da attività esplosiva stromboliana, emissione di lava da diverse fratture e/o bocche eruttive, e l'apertura di un campo di fratture sia eruttive che secche. Al monitoraggio vulcanologico dell'eruzione ha contribuito anche lo studio dei prodotti vulcanici emessi sia durante l'attività esplosiva che quella effusiva. La campionatura dei prodotti emessi è stata effettuata con regolarità, interrotta solo quando le cattive condizioni metereologiche hanno impedito di raggiungere le bocche effusive. In totale, nel secondo semestre 2006 sono stati raccolti 40 campioni. Il monitoraggio petrologico è stato effettuato su campioni selezionati, studiando la natura e abbondanza delle fasi minerali presenti come fenocristalli e in

pasta di fondo e misurando la composizione chimica dei vetri mediante il microscopio elettronico a scansione equipaggiato con microanalisi (SEM-EDS) presso i laboratori della sede INGV-CT. I campioni di rocce sono stati inoltre opportunamente preparati (polverizzati) per essere inviati presso laboratori esterni. Questi ultimi dispongono di apparecchiature che attualmente non sono in dotazione presso la sezione INGV di Catania, e consentono la misura del contenuto degli elementi maggiori e delle tracce, fondamentali per comprendere nel dettaglio la dinamica del magma, sia in condizioni crostali che in superficie. Il personale che svolge il monitoraggio dell'attività esplosiva, nel corso del periodo eruttivo che ha caratterizzato l'Etna, ha raccolto almeno un campione di cenere al giorno (quando le condizioni climatiche lo hanno permesso). Le ceneri sono state analizzate al microscopio binoculare per caratterizzarne sia la morfologia che i componenti. Le osservazioni sulle ceneri, completate dalla misura della distribuzione granulometrica tramite il CAMSIZER, sono servite per fare ipotesi sui meccanismi eruttivi che le hanno generate. Alcuni episodi esplosivi, campionati con grande dettaglio, hanno permesso di ricostruire con maggiore precisione la dispersione dei prodotti esplosivi sul territorio e di stimare il volume di materiale eruttato. In totale sono stati campionati oltre 100 campioni di cenere. Al monitoraggio vulcanologico dell'eruzione contribuiscono anche le misure sui gas emessi dai crateri sommitali, dai suoli e dalle strutture tettonicamente attive. Queste vengono effettuate attraverso campagne di misura periodiche con apparecchiature COSPEC e USB2000 per la misura del flusso di SO_2, FTIR per rilevare i rapporti tra specie gassose, sonde portatili per mappature di radon, CO_2 ed elio, e reti fisse (radon e CO_2) con tre stazioni all'Etna, e UV-scanner su Stromboli (4 stazioni) ed Etna (5 stazioni) per la misura continua, durante le ore diurne, del flusso di SO_2. Dopo l'esperimento effettuato nel primo semestre sul campo fumarolico dell'isola di Vulcano, nel corso del quale ed è stata individuata una metodologia per la misura del rilascio di energia termica, a luglio si è provveduto all'installazione di una nuova telecamera termica fissa nel cratere di Vulcano. Essa è provvista di una scatola di protezione, di un sistema di trasmissione wireless per il trasferimento dei dati alla sede di Lipari e da lì al CUAD, dove vengono immagazzinati. Nel secondo semestre del 2006 è stata acquistata una stazione meteo, e si è provveduto alla costruzione di una scheda di interfaccia che serve sia per la trasmissione dei dati meteo al CUAD, che per il trasferimento e la registrazione degli stessi dati all'interno della telecamera termica. Quest'ultimo processo è necessario per la correzione in tempo reale dei dati di temperatura, e provvede anche alla correzione dell'orario registrato sui dati termici secondo gli standard utilizzati per le stazioni sismiche. Nel secondo semestre si è proceduto poi allo sviluppo di un software di gestione ed analisi automatica in tempo reale dei dati termici e meteo registrati dalla strumentazione. I dati termici ottenuti dalla stazione fissa di Vulcano sono stati confrontati con quelli ottenuti da due rilievi effettuati con l'utilizzo dell'elicottero della Protezione Civile Nazionale. Nel primo semestre del 2007 verrà installata a Vulcano anche la stazione meteo, ed i dati elaborati verranno visualizzati in sala operativa attraverso un software dedicato. Al 31 Dicembre 2006 la rete radon in continuo all'Etna è composta da 5 stazioni multiparametriche di misura (sonde tipo barasol ad una e tre componenti) e della CO_2. I segnali sono campionati automaticamente ad intervalli prefissati di 10-20 minuti. Essi sono registrati dalle strumentazioni e sono periodicamente scaricati attraverso computer portatili.

Le stazioni di misura sono ubicate nelle seguenti località: Torre del Filosofo, Sistema di Faglie della Pernicana (Clan dei Ragazzi + Vena), Zafferana e S. Venerina. Una stazione in fase di progetto si troverà nella zona di Ragalna. Alle misure continue si aggiungono altre misure puntuali nello spazio/tempo dei gas Radon, Elio, CO_2 e Mercurio attraverso strumentazione portatile. La sonda installata a Zafferana Etnea è un prototipo di sonda tri-componente, costituita da tre sensori posti a profondità differente in un unico foro, tra 0.5 e 2.0 metri dal piano campagna. Essa è frutto della collaborazione che vede la ditta Algade, fornitrice delle sonde barasol, che progetta nuove soluzioni di sensori radon ed il personale INGV che li testa in campagna in vari contesti strutturali ed ambientali. I risultati acquisiti nella seconda metà del 2006 hanno consentito:

a) di individuare nelle variazioni di gas radon a Torre del Filosofo un potenziale precursore delle eruzioni esplosive all'Etna;
b) di monitorare l'attività vulcanica attraverso sensori tipo barasol;
c) di monitorare l'attività tettonica attraverso sensori tipo barasol.

Allo stato attuale sono già stati prodotti documenti scientifici a livello internazionale su alcuni degli aspetti sopra esposti, mentre altri sono in fase di ulteriore elaborazione.

MONITORAGGIO SISMICO

Nel secondo semestre del 2006 è continuata l'attività di monitoraggio e sorveglianza attraverso la normale gestione, manutenzione ed ottimizzazione (laddove ritenuto necessario) dei sistemi osservativi sismici nonché garantite le normali attività di turnazione e reperibilità.
Il Laboratorio Elettronico di Sismologia, il Laboratorio Informatico di Sismologia, il Laboratorio di Analisi e Sorveglianza, il Laboratorio Rete Mobile di pronto intervento e il Task di Pronto Intervento Macrosismico, hanno normalmente condotto le loro attività.
Presso l'isola di Vulcano, all'Etna e in Calabria si è proceduto alla realizzazione di 6 nuove infrastrutture. Presso il nuovo sito di Palazzi (MPAZ), realizzato in Calabria, si è proceduto all'installazione della nuova strumentazione digitale ad elevata dinamica e sensoristica a larga-banda (broad-band, BB), adottata negli ultimi anni sia dall'INGV-CT che dalla rete Nazionale. Presso i rimanenti 5 nuovi siti si procederà all'installazione delle strumentazioni nei primi mesi del 2007.
Inoltre:

- si è proceduto all'installazione di Pozzo Pitarrone (EPIT) nel versante settentrionale dell'Etna, dotandolo di 2 sensori sismici a larga banda (40s), uno dei quali a fondo pozzo e l'altro in superficie, e di 1 sensore clinometrico a fondo pozzo;
- le stazioni di Cratere del Piano (ECPN) e Pizzi de Neri (EPDM) all'Etna sono state integrate da stazioni infrasoniche per un miglior monitoraggio degli eventi sismo-vulcanici;
- è stata reinstallata la stazione di Punta Lucia in area sommitale all'Etna, dopo un lungo periodo di non-funzionamento;

- è stato reinstallata la parabola di Castiglione di Sicilia con funzione di concentratore, dopo un periodo di distacco per lavori presso il comune;
- sono stati installati 2 accelerometri nell'area Etnea presso le stazioni di Pozzillo (EPOZ) e Nicolosi (ENIC);
- è stato installato in via sperimentale il sistema di de-icing alla parabola di Serra La Nave;
- sempre in collaborazione con l'UF Sala Operativa, si è proseguito nello sviluppo di software proprietario relativo alle necessità di visualizzazione dei dati sismici in Sala Operativa e alle analisi automatiche (ottimizzazione dei sistemi di localizzazione in automatico). E' stato notevolmente migliorato il sistema di visualizzazione dei dati attraverso lo sviluppo di software interattivo per il personale turnista e per l'immediato calcolo off-line dei dati relativi ad un evento sismico. Si è proceduto a rendere disponibile alcuni segnali sismici e parametri significativi essenziali per il sito ad accesso riser
- vato della protezione civile.
- relativamente alla banca dati, è stata ultimata la fase di sperimentazione della banca dati multiparametrica per diverse tipologie di dati acquisiti dai diversi sistemi di monitoraggio/sorveglianza. Sono ora disponibili su Internet in forma più estesa i dati parametrici delle localizzazioni riviste dal gruppo di analisi.
- sono proseguite, infine, tutte quelle attività di ricerca del gruppo di sismologia finalizzate ad ottimizzare le attività di sorveglianza, attraverso gli studi sui precursori di terremoti ed eruzioni per le aree Tettoniche e Vulcaniche della Sicilia Orientale.
- le attività di monitoraggio sismico sono state inoltre intensificate, attraverso l'installazione temporanea della rete mobile nel corso della recente attività eruttiva del Luglio-Dicembre 2006.

MONITORAGGIO DELLE DEFORMAZIONI DEL SUOLO

Nell'ambito delle attività di monitoraggio geodetico, le principali attività di condotte nel corso del secondo semestre 2006 si sono focalizzate al miglioramento dei sistemi osservativi esistenti ed al loro utilizzo per seguire l'evoluzione dei fenomeni eruttivi dell'Etna.

Nel seguito sono dettagliate alcune tra le principali attività svolte.

1. Esecuzione di campagne geodetiche discrete nell'area dei Peloritani – Stretto di Messina, sulle reti locali della Faglia della Pernicana (Etna) ed alcune misure a supporto delle attività di monitoraggio dell'attività eruttiva dell'Etna nella rete di Valle del Leone (in area craterica). Complessivamente sono state effettuate circa 50 giornate/uomo di misure GPS ed EDM, su oltre 50 capisaldi.
   1.1. Nel corso dei mesi estivi ed autunnali, fintanto che è stato possibile raggiungere l'area sommitale dell'Etna con la strumentazione necessaria, sono state ripetute le misure dall'Osservatorio di Pizzi Deneri sul gruppo di riflettori istallati su colonnine di cemento dal 1988 nell'area di Valle del Leone compresa tra la base del Cratere di NE ed il Centrale; in quest'attività è inclusa la manutenzione straordinaria della rete, con la sostituzione dei riflettori, e l'individuazione di nuovi siti per l'istallazione di ulteriori colonnine.

1.2. Ad Ottobre è stata effettuata le prevista ripetizione delle misure delle reti GPS localizzate lungo la faglia della Pernicana, nell'area di Rocca Campana e Rocca Pignatello. In quest'occasione si è approfittato per misurare in modo continuo, per un periodo di circa un mese, due capisaldi appartenenti alla rete di Rocca Pignatello (RPN5 ed RPN1).

1.3. Seguendo la prevista programmazione annuale, a novembre-dicembre si è proceduto alla misura congiunta delle reti GPS denominate di Peloritani e Stretto di Messina (24 capisaldi).

2. Manutenzione ordinaria e straordinaria dei sistemi osservativi clinometrici ed estensimetrici. Oltre a quelle di normale manutenzione, si segnalano alcune attività che contribuiscono significativamente al miglioramento dei sistemi osservativi attualmente in funzione.

   2.1. Sono state condotte delle attività di monitoraggio della falda in alcuni siti già preparati per l'istallazione "profonda" dei sensori di nuova generazione acquisiti nell'ambito del potenziamento (p.e. nel sito di Masseria Cucco, nell'area Iblea); questo ha permesso di evidenziare alcune condizioni di criticità a cui si sta provvedendo con adeguati interventi strutturali.

   2.2. In collaborazione con UFS è stata istallata la strumentazione clinometrica di precisione all'interno del Pozzo Pitarrone a profondità intorno ai 100 m dal piano campagna.

   2.3. Sono stati perforati due nuovi siti a Stromboli (Timpone del Fuoco e Osservatorio San Vincenzo) a profondità di 20 m c.a., realizzati grazie alla sinergia con l'attività di istallazione di sensori volumetrici in pozzo, finanziata dal Dipartimento di Protezione Civile.

3. Manutenzione ordinaria e straordinaria dei sistemi osservativi di reti GPS permanenti. Oltre a quelle di normale manutenzione si segnalano alcune attività che hanno significativamente migliorato i sistemi osservativi attualmente in funzione.

   3.1. Si è potenziato il sistema di monitoraggio dell'isola di Vulcano, istallando due nuove stazioni a nell'area di Punta Grillo e Lentia, portando a 6 il numero di stazioni attualmente funzionanti nell'area di Lipari-Vulcano.

   3.2. All'Etna, per meglio seguire i fenomeni eruttivi in atto, il 3 novembre è stata istallata una nuova stazione a poche centinaia di metri a sudovest del Cratere di Sud-Est; la stazione è stata inserita nell'ambito della rete in elaborazione in tempo reale (1 Hz) della Sezione di Catania ed ha permesso di seguire importanti fasi deformative associate all'eruzione in corso.

Sono state anche condotte delle analisi di interferometria differenziale SAR utilizzando dati dell'area etnea acquisiti nell'ambito del progetto europeo PREVIEW, al fine di quantificare le deformazioni a scala del vulcano nel periodo 2005-2006, per meglio comprendere la dinamica in atto, connessa all'eruzione iniziata nel luglio 2006.

MONITORAGGIO GEOFISICO (GRAVIMETRICO E MAGNETICO)

Nel secondo semestre 2006 è continuata l'attività di monitoraggio gravimetrico e magnetico attraverso la gestione, manutenzione ed ottimizzazione delle reti permanenti dell'Etna e dello

Stromboli. Sono stati assicurati anche la gestione dei sistemi di teletrasmissione ed acquisizione dei dati e l'elaborazione dei dati, finalizzata al mantenimento di un archivio informatico di agevole consultazione.

Il Laboratorio di Gravimetria, da marzo a dicembre, ha eseguito 16 campagne gravimetriche lungo i diversi settori della rete discreta dell'Etna. L'analisi dei dati acquisiti ha messo in evidenza la presenza di piccole anomalie localizzate nell'area sommitale del vulcano ed una sensibile variazione che ha interessato le stazioni centro-orientali del profilo Est-Ovest. Durante l'estate è stato effettuato un esperimento di misure gravimetriche in continuo ad alta frequenza (2 Hz) accoppiando due gravimetri a molla L&R in due siti della rete dell'Etna. I due nuovi gravimetri sono stati aggiunti nelle stazioni di Serra La Nave e di Belvedere. L'esperimento, anche se di breve durata, ha permesso di osservare alcune variazioni del campo di gravità durante il periodo eruttivo. In autunno è stato istallato il nuovo gravimetro Microg LaCoste PET 27 all'Etna nella stazione di Serra La Nave. Durante la prima fase di registrazione sono state osservate alcune anomalie di ampiezza fino a circa 50 µGal la cui origine si è poi rivelata essere strumentale. Di conseguenza, è stato modificato la configurazione del sistema di acquisizione e sono stati ricalcolati i fattori di calibrazione dei sensori inclinometrici dello strumento. L'analisi delle sequenze acquisite dopo questi interventi dovrebbe permettere di capire se i suddetti effetti strumentali sono stati eliminati o se si rendono necessari ulteriori interventi. Inoltre, è stata effettuata un'analisi mareale delle lunghe sequenze di dati gravimetrici disponibili che ha permesso di affinare il modello utilizzato per la correzione degli effetti mareali sui segnali di gravità acquisiti in continuo.

Il Laboratorio di Geomagnetismo, nel corso dell'estate, ha potenziato la rete magnetica dell'Etna è stata potenziata accoppiando dei magnetometri vettoriali con risoluzione di 0.1 nT, ai sensori scalari impiantati nelle stazioni magnetiche di Serra la Nave (ESL, 1700 m s.l.m) e Pizzi Deneri (PDN, 2870 m s.l.m.). I nuovi magnetometri, sono stati progettati e sviluppati per operare appositamente in contesti vulcanici. In particolare, i criteri di progettazione innovativi sono stati orientati a garantire una elevata stabilità a lungo termine e una contenuta deriva termica. Inoltre è stato accoppiato un clinometro (risoluzione 0.1 microrad) per la misura della componente X ed Y dell'inclinazione del suolo al fine di correggere i dati magnetici da possibili deformazioni del sito di misura. I sensori magnetici, sono a dinamica piena, nel senso che misurano non soltanto le variazioni, ma anche la componente statica del campo magnetico terrestre. Infine, sono state sviluppate delle tecniche di analisi lineari (Independent Component Analysis) e non lineari (Neuro-Fuzzy) per la caratterizzazione delle serie temporali dei campi di potenziale che facilitano la separazione tra segnale utile e perturbatori, un'operazione che spesso non può essere effettuata attraverso l'utilizzo delle tecniche di filtraggio tradizionali.

ATTIVITÀ DI SALA OPERATIVA

Nel secondo semestre 2006 è continuata l'attività di monitoraggio e sorveglianza svolta dalla UF Sala Operativa. Oltre le normali operazioni di routine condotte dal personale per la gestione e manutenzione delle reti informatiche, dei sistemi presenti in sala operativa e delle telecamere, si è dato molto risalto al completamento di alcuni lavori relativi alle reti quali, ad esempio, la

realizzazione di una nuova infrastruttura per il collegamento con la rete Garr attraverso una fibra ottica la quale permette di avere accesso alle risorse di rete con velocità sensibilmente maggiore. Ciò è di importanza rilevante per lo scambio dei dati tra la Sezione e le sue sedi periferiche in particolare di Lipari e Stromboli. Questo lavoro è stato compendiato dall'attività di manutenzione e potenziamento delle reti interne che hanno portato ad una maggiore presenza dei sistemi ad alta velocità (Gb) all'interno della Sezione stessa.
Durante il periodo estivo sono stati condotti lavori sull'isola di Vulcano, in collaborazione con l'Unità Funzionale Vulcanologia per l'installazione di una stazione video che consta di una telecamera termica, una stazione meteo ed un completo sistema di trasmissione del dato. Al fine di rendere operativa la stazione è stata progettata, sviluppata e realizzata un'interfaccia che permette la taratura automatica dei parametri della telecamera attraverso la lettura dei dati meteo.
Sono stati ultimati inoltre i lavori relativi alla realizzazione di una sala CED in cui vengono ospitati anche sistemi di calcolo avanzato utilissimi in caso di eruzione. In particolare l'attività eruttiva protratta fino al periodo di dicembre, ha comportato per il personale di Sala Operativa la fase di operatività tipica di questi periodi con le conseguenti operazioni:

a) è stato realizzato un sito dedicato all'eruzione nel quale sono contenuti tutti i rapporti e le immagini pubblicate on-line;
b) su richiesta del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale è stato realizzato un sito Web ad accesso ristretto che permette in tempo reale la fruizione di alcuni dati particolari sullo stato di attività capaci di permettere una corretta valutazione del rischio relativo alla presenza di ceneri vulcaniche. Il sito ha la peculiarità di essere quasi completamente automatizzato e di possedere pagine dinamiche. Le informazioni inserite sono fornite dalla Sezione di Catania e da altre Sezioni coinvolte in progetti di rischio vulcanico.

E' proseguita la realizzazione di software specifico per la visualizzazione di dati sia relativi alle simulazioni che a scenari di dispersione delle ceneri ed è stata installata in prossimità dello scenario eruttivo una telecamera, nel visibile, che permette la visualizzazione del campo lavico a distanza ravvicinata. Ciò ha permesso al personale coinvolto un maggiore livello di dettaglio nelle operazioni di monitoraggio e sorveglianza. Allo stesso tempo è stato attivato e testato quindi sul campo il software New Saraterm che oggi permette, in Sala Operativa da parte dei turnisti, una migliore valutazione di anomalie termiche registrate dalle telecamere.

PRINCIPALI ATTIVITÀ SCIENTIFICHE E AZIONI INTRAPRESE DURANTE L'ERUZIONE DI LUGLIO – DICEMBRE 2006 DELL'ETNA DI SUPPORTO AL DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE

Il presente contributo è stato redatto con lo scopo di riassumere le principali azioni intraprese di monitoraggio e sorveglianza condotte durante l'eruzione 2006 con finalità di supporto alla Protezione Civile.

Per tutti i punti e argomenti di seguito citati sono stati prodotti numerosi report a diversa cadenza con aggiornamenti anche pluri-giornalieri.
Le molteplici attività hanno contribuito alla comprensione del fenomeno e alla corretta valutazione dello stato di attività dell'eruzione permettendo di definire in modo oggettivo il quadro evolutivo.
Durante l'eruzione, ora non riportate in questa questa relazione, sono state prodotte e fornite di continuo al DPC numerose dettagliate relazioni multi-disciplinari sul fenomeno eruttivo che hanno contribuito a fornire un contributo alla comprensione della fenomenologia in atto.
Di seguito vengono richiamati alcuni punti fondamentali.

- L'eruzione è iniziata la notte del 14 luglio con semplice emissione di lava da due bocche poste nel versante meridionale del cono del cratere di SE. Nonostante l'eruzione, così come la precedente del 2004, non avesse evidenziato particolari precursori vulcanici e/o sismici e/o deformativi nei giorni/ore immediatamente precedenti l'inizio dell'eruzione, le procedure di allerta hanno funzionato bene. La sala operativa H24 a seguito di segnalazioni visive ha allertato il vulcanologo reperibile e l'aiuto vulcanologo reperibile che prontamente si sono recati sul posto per l'opportuno sopralluogo.
- Nella notte veniva già eseguito e inviato il primo rapporto di attività. Per completare ulteriormente il quadro della situazione, già dalla prima mattinata del 15 luglio seguivano altri rapporti più completi.
- Già dalla notte del 14 durante l'evolversi delle prime fasi eruttive la Direzione della Sezione ha tenuto vari contatti telefonici con il funzionario vulcanologo del DPC Nazionale e quindi con altri esperti del medesimo Dipartimento. Ad integrazione dei rapporti prontamente inviati, contatti telefonici sono intercorsi anche con la Soris del DPC Regionale.
- Sono stati organizzati quotidiani sopralluoghi di squadre di vulcanologi per ricognizioni da terra e aree tramite l'elicottero messo a disposizione dalla Protezione Civile Regionale.
- Considerato l'evento di basa criticità, per rassicurare le comunità locali e per far veicolare all'esterno le corrette informazioni è stato tempestivamente aperto un sito Web dedicato all'eruzione in cui venivano messi i vari rapporti di aggiornamenti con un certo ritardo dopo essere stati prima inviati alle Autorità di protezione civile.
- In totale sono stati prodotti, con frequenza pluri-giornaliera, oltre 30 rapporti in soli 10 giorni di attività relativi allo stato di attività generale e con riferimenti al *mapping* delle colate.
- Le attività di *mapping*, che sono caratterizzate da un articolato processo composto dal rilievo aereo nel visibile e nel termico, dalla restituzione e ortorettificazione delle immagini, e quindi dalla finale corretta rappresentazione del campo lavico su carta georeferenziata, sono state particolarmente efficaci e hanno permesso di avere giornalmente un chiaro quadro evolutivo del fenomeno. Per garantire la continuità degli aggiornamenti del *mapping*, anche in quest'evento il laboratorio cartografico ha lavorato ininterrottamente senza giorni di pausa e/o riposo.
- Sono state prontamente condotte le prime simulazioni di invasione lavica con scenari a 5, 10, 20 giorni. Gli scenari descritti nei rapporti sono stati inviati al Dipartimento della Protezione Civile e, seppur in un quadro di bassa criticità, hanno mostrato l'ottima capacità di prevedere

l'evoluzione del fenomeno effusivo simulando perfettamente tempi, percorsi, volumi. Questo aspetto ha una forte valenza per eventuali prossime situazioni di maggiore criticità in cui occorrerà tenere in considerazione e pianificare eventuali interventi mirati.

- Le simulazioni hanno beneficiato dei tassi di emissione calcolati giornalmente da satellite attraverso le immagini AVHHR e MODIS le cui informazioni sono state elaborate dall'INGV-CNT.
- Sono state intensificate le attività giornaliere di telerilevamento delle emissioni gassose (tecniche *Cospec* e *Ftir*) per la controllo degli andamenti dei flussi emessi dai crateri centrali e dalle bocche eruttive.
- Sono stati prelevati giornalmente dalle colate campioni di lava, che sono poi stati analizzati nei laboratori di fisica e chimica delle rocce per avere subito le caratteristiche dei prodotti emessi e seguirne eventuali variazioni.
- Sono state campionate le ceneri emesse occasionalmente e analizzate in laboratorio per accertarne la composizione, e verificare il rapporto di contenuto tra materiale litico e juvenile.
- Sono state condotte analisi supplementari sulla tessitura dei prodotti esplosivi dell'eruzione per un contributo alla comprensione della dinamica esplosiva.
- In concomitanza con l'inizio della pur ridotta ricaduta di cenere, l'Unità di Progetto "Nubi Vulcaniche" ha fornito prontamente le simulazioni dell'area potenzialmente interessata dal fenomeno, che fortunatamente si è limitato ad un caso sporadico di estensione molto contenuta.
- Grazie all'attività del personale della Sala Operativa della Sezione di Catania, che garantisce la manutenzione e gestione della rete di telecamere fisse visibili e termiche, l'utilizzo delle immagini registrate dalla rete di telecamere ha permesso una valutazione dei fenomeni eruttivi anche in remoto e durante le fasi notturne, oltre che un'analisi a posteriori degli avvenimenti che hanno innescato l'eruzione.
- Le analisi supplementari sismiche hanno permesso di seguire l'andamento del tremore associato all'eruzione e valutarne il significato e l'evoluzione.
- I sistemi permanenti a registrazione continua delle deformazioni del suolo (reti GPS e clinometrica) hanno funzionato con efficienza massima, non rilevando comunque variazioni significative associabili a particolari evoluzioni dell'eruzione.
- Stesse considerazioni del punto precedente valgono per i dispositivi permanenti di gravimetria e magnetismo.
- Si è sollevato di nuovo in modo consistente la problematica della cenere emessa in concomitanza del secondo periodo dell'eruzione dell'Etna (ottobre-dicembre 1006), che ha provocato notevoli disagi alla funzionalità dell'aeroporto di Catania. Per ottimizzare il monitoraggio e la caratterizzazione dei fenomeni esplosivi è stato implementato un sito web ad accesso riservato a INGV e DPC, attualmente in fase di ultimazione e sperimentazione, che si compone di: *i)* sistema osservativo, caratterizzato dai segnali del tremore sismico e dalle immagini del sistema di telecamere visibili e termiche (CT); *ii)* sistema di simulazione, caratterizzato da diversi scenari del processo di dispersione e ricaduta delle ceneri

dell'eventuale attività esplosiva, determinati automaticamente ogni mattina con proiezione nelle 48 ore (CT, OV e PI); *iii*) sistema di verifica e validazione, caratterizzato dalle immagini satellitari (CT, CNT). In sostanza l'INGV ha messo a punto e fornito un integrato sistema di monitoraggio al DPC, che a sua volta emetteva giornalmente bollettini di criticità rivolti anche alle autorità aeroportuali. Ulteriori particolari e più completi dettagli sugli specifici contenuti scientifici forniti sono forniti nel successivo paragrafo.

Descrizione attività per il monitoraggio della dispersione e ricaduta ceneri

L' Unità di Progetto "Nubi Vulcaniche" che gestisce le attività scientifiche del task "Monitoraggio delle emissioni dell'Etna" nell'ambito del Progetto FIRB Sviluppo Nuove Tecnologie per la Protezione e Difesa del Territorio dai Rischi Naturali, è operativa da giugno 2006. In concomitanza con le fasi eruttive esplosive di novembre e dicembre 2006 sono state rapidamente messe a punto una serie di attività riguardanti la previsione della dispersione delle nubi di cenere vulcanica attraverso simulazioni numeriche, e di monitoraggio strumentale delle nubi vulcaniche e della ricaduta di cenere al suolo. I dati così elaborati (mappe di ricaduta al suolo di cenere) hanno dapprima permesso di compilare dei rapporti giornalieri sulla previsione della dispersione delle nubi vulcaniche (peraltro già prodotti in occasione della fase eruttiva di luglio 2006) che venivano forniti tempestivamente alla Sala Operativa del DPC e successivamente sono state pubblicate automaticamente sul sito internet ad accesso riservato che l'UFSO ha predisposto per essere consultate dalla Sala Operativa del DPC.

Attività di simulazione della dispersione delle nubi di cenere vulcanica dell'Etna, mediante un sistema sviluppato e testato per l'occasione alla Sezione di Catania. Il sistema completamente automatico gira su un cluster di computer di alte prestazioni, e consiste di:

1. download dei dati delle previsioni meteorologiche giornaliere prodotte dal modello LAMI;
2. decodifica dei dati meteorologici forniti in formato binario GRIB e conversione in files meteo utilizzabili dai modelli di dispersione TEPHRA (Bonadonna et al., 2005) e PUFF (Searcy et al., 1998), entrambi validati su eruzioni dell'Etna (Scollo et al., 2007; Aloisi et al., 2002);
3. simulazione giornaliera della dispersione della nube vulcanica prodotta da due scenari eruttivi tipici dell'attività esplosiva dell'Etna di media intensità con emissione continua, e di forte intensità con emissione impulsiva, che formano i cosiddetti *weak e strong plume*;
4. plottaggio automatico dei dati su una griglia di 170 x 170 km centrata sulla città di Catania.

Attività di monitoraggio delle nubi eruttive e della ricaduta della cenere vulcanica al suolo. Si tratta dei primi strumenti che il progetto ha acquisito e messo in funzione, il ricevitore delle immagini digitali del satellite geostazionario Meteosat-8 e la prima delle due stazioni di rilevamento in continuo della ricaduta della cenere vulcanica, mediante un disdometro radar, operante a Catania. Il secondo sensore verrà installato a breve a Nicolosi. I dati di questi sensori sono visualizzabili in tempo reale mediante un software appositamente realizzato. Inoltre vengono scaricate le immagini NOAA-AVHRR acquisite ed elaborate dal CNT di Roma. Le immagini del sensore del Meteosat-8

(SEVIRI) sono ancora in fase di ottimizzazione pertanto l'immagine pancromatica ad alta risoluzione spaziale (circa 1x1 km) verrà sostituita a breve con una a falsi colori proiettata sullo stesso formato di quella AVHRR ed anche le immagini infrarosso verranno ottimizzate per una migliore lettura e un più facile confronto con l'immagine AVHRR processata dal CNT.
Pubblicazione dei risultati sul sito internet ad accesso riservato alla Sala Operativa del DPC, nella sezione “Ceneri vulcaniche” che conta due pagine web “Simulazioni” e “Immagini SAT”.
Pagina Simulazioni: è finalizzata a informare il DPC sulla previsione di dispersione della nube vulcanica, contiene attualmente gli output dei modelli numerici di dispersione PUFF e TEPHRA inseriti automaticamente ogni mattina appena disponibili per entrambi gli scenari eruttivi ipotizzati (stong e weak plume). Le previsioni coprono un arco di 48 ore a partire dalle 00 del giorno in oggetto. Per il modello PUFF i risultati sono visualizzati come quota delle particelle disperse in km (è in corso un lavoro di validazione del modello su depositi noti di eruzioni etnee per ottenere valori affidabili di massa del deposito a terra e concentrazione in aria durante la dispersione e il fallout). Per il modello TEPHRA i risultati sono visualizzati come deposito al suolo in g/m^2.
Pagina Immagini SAT: è finalizzata a informare il DPC sulla osservazione della nube vulcanica, contiene quattro immagini acquisite dai satelliti NOAA (sensore AVHRR) e Meteosat-8 (sensore SEVIRI). L’immagine AVHRR è infrarosso del canale-4 con risoluzione di 1.1 km circa ed è fornita circa 4 volte al giorno dal CNT di Roma. L’immagine pancromatica SEVIRI appartiene al canale HRV e ha una risoluzione di circa 1 km, quelle infrarosso ai canali 4 e 9 e hanno una risoluzione di circa 3 km, sono acquisite ogni 15 minuti dal ricevitore della sezione di Catania. Tutte le immagini vengono scaricate e pubblicate automaticamente.

Considerazioni Generali

Durante l’eruzione si è realizzato un eccellente coordinamento tra le pluri-attività condotte dalla Sezione di Catania e altre attività di sussidio tenute da diverse Sezioni dell’INGV a vario grado coinvolte nel monitoraggio dell’attività eruttiva.
In particolare, l’UFVG-OV ha prodotto e trasmesso in tempo reale a tutti i gruppi interessati alle simulazioni sia le coordinate GPS delle bocche eruttive che le mappature aggiornate dei flussi lavici; il gruppo della Sezione di Pisa coordinato da M.T. Pareschi ha fornito le basi DEM aggiornate al 2004 e 2005 necessarie alla corretta mappatura delle colate ed alle simulazioni dell’espansione dei flussi lavici, ed ha fornito una prima simulazione delle aree potenzialmente coinvolte dall’efflusso lavico; il gruppo della Sezione di Roma CNT coordinato da F. Buongiorno ha prodotto rapporti giornalieri con la visualizzazione dei dati da satellite riguardanti l’espansione del pennacchio di gas, ed il calcolo del tasso di effusione giornaliero sulla base delle immagini AVHRR; collaboratori esterni dell’Università di Hawaii, grazie ad una collaborazione ormai pluriennale, hanno fornito il tasso di effusione giornaliero calcolato sia da immagini AVHRR che da immagini MODIS, necessario alla valutazione della lunghezza massima raggiungibile dalle colate ed anche alle simulazioni effettuate con tecniche differenti dai gruppi sia della Sezione di Pisa che della Sezione di Catania. Sempre le Sezioni di Pisa, resp. A. Neri, e Catania, resp. M. Coltelli, hanno collaborato per la predisposizione degli eventuali scenari di ricaduta di cenere che sono stati

redatti giornalmente come report interni essenzialmente come esercizio per verificare le procedure automatiche applicate e i risultati ottenuti.

L'insieme di tutte le discipline vulcanologiche (sopralluoghi e attività sul campo, controlli termici, cartografia, mapping, telerilevamento emissioni gassose, analisi di laboratorio di fisica e chimica delle rocce, etc) e geofisiche (sismologia, deformazioni, simulazioni fisico-matematiche, gravimetria, magnetometria, sistemi telecamere, etc.) ha permesso di avere un quadro completo del fenomeno e di seguirne l'evoluzione con precisione, confermandone in questo caso specifico la bassa criticità.

Pertanto l'eruzione ha permesso di verificare un ottima e completa risposta da parte del "Sistema INGV" a fini scientifici e di supporto alla Protezione Civile.

L'eruzione, di per sé non particolarmente significativa così come anche la precedente del 2004, va inquadrata in un contesto più ampio e a più lungo termine caratterizzato da una fase di ricarica iniziata nella primavera-estate 2003.

SORVEGLIANZA SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE

(a cura del Dott. Alessandro Amato, Direttore del Centro Nazionale Terremoti)

INTRODUZIONE

Nel corso del secondo semestre del 2006 le attività dell'INGV per il monitoraggio sismico del territorio nazionale sono proseguite secondo le modalità consuete. Le procedure in uso per il servizio di sorveglianza sono state descritte in dettaglio nelle relazioni precedenti e non verranno quindi ripetute. Sono stati fatti ulteriori progressi nel sistema di monitoraggio del territorio italiano. E' proseguito l'ampliamento e il miglioramento delle reti sismiche operanti sul territorio italiano, gestite dal Centro Nazionale Terremoti (CNT) dell'INGV, e di conseguenza è ulteriormente aumentata l'affidabilità e la rapidità del sistema di allerta.

Sono stati apportati numerosi miglioramenti nelle procedure per la sorveglianza sismica. Nel secondo semestre del 2006 sono state ulteriormente perfezionate le procedure per la comunicazione delle informazioni sui terremoti alla Sala Operativa del Dipartimento. Come già rilevato per il secondo semestre 2005 e il primo semestre 2006, la nuova procedura di comunicazione tra INGV e DPC ha comportato un impegno maggiore del personale in turno presso la Sala Sismica dell'INGV a Roma, ma ha standardizzato e reso più efficaci le procedure di comunicazione. Un numero sempre maggiore di terremoti vengono localizzati ogni giorno nella Sala Sismica dell'INGV.

A seguito del forte sviluppo delle reti avvenuto negli ultimi anni, i dati che vengono interpretati e inseriti nei bollettini della sismicità italiana sono aumentati in maniera significativa. La pubblicazione via web dei dati, sia parametrici che forme d'onda, è aumentata sia come numero di dati resi disponibili che come qualità dei dati stessi. Inoltre, i dati di ottima qualità che vengono prodotti dalle reti iniziano a essere usati di routine, oltre che per le determinazioni rapide di ipocentri e magnitudo e per i bollettini della sismicità, anche per calcoli più sofisticati, come quello del Tensore Momento e delle mappe di scuotimento (progetto DPC-S4).

Le attività in cui è stato impegnato il personale del CNT durante il secondo semestre del 2006, previste dalla convenzione triennale con il Dipartimento, riguardano principalmente quattro tematiche:

1. il servizio di sorveglianza sismica su tutto il territorio nazionale, ivi comprese le attività di acquisizione e archiviazione dei dati registrati dalla Rete Sismica Nazionale e dalle reti collegate;
2. il bollettino sismico, ossia le attività legate all'interpretazione e alla distribuzione dei dati della Rete Sismica Nazionale (RSN);
3. la manutenzione ordinaria, straordinaria e il potenziamento della Rete Sismica Nazionale, della Rete MedNet e delle altre reti sismiche gestite dal CNT;
4. lo sviluppo e la gestione della rete GPS nazionale.

Il mantenimento e lo sviluppo delle reti sismiche e GPS nel periodo in questione e le analisi dei dati prodotti dalle reti verrà descritto nelle pagine seguenti, mentre gli investimenti effettuati sono stati descritti nel rendiconto delle spese sostenute.
Va rilevato che alla fine del 2006 il sistema di monitoraggio sismico italiano ha raggiunto uno standard di eccellenza nel panorama mondiale e costituisce un punto di riferimento per moltissime istituzioni di altri paesi. La rete fornisce dati di elevata qualità che sono finalmente utilizzati per determinazioni rapide dei parametri dei terremoti e per elaborazioni successive. Nei prossimi anni, lo sviluppo ottenuto fin qui e le attività programmate consentiranno di progredire ulteriormente, per giungere a sistemi di allerta sempre più rapidi e completi, con ricadute importanti per le attività di prevenzione dei danni.

SERVIZIO DI SORVEGLIANZA SISMICA

Nel corso del secondo semestre del 2006 il servizio di sorveglianza sismica è stato ancora espletato con ricercatori, tecnologi e tecnici in servizio H24, organizzati in squadre composte da 3 unità di personale di differente qualifica. E' stata posta grande attenzione alle nuove modalità di comunicazione dei terremoti al Dipartimento della Protezione Civile, secondo le modalità oramai consolidate descritte nelle relazioni precedenti. Per quanto riguarda la sismicità italiana, la procedura di comunicazione prevede attualmente:

1. una prima informazione al DPC (mediante telefonata sulla linea dedicata) entro due minuti dall'evento, con le prime informazioni disponibili;
2. una seconda telefonata entro 5 minuti dall'evento sismico, con i dati preliminari di localizzazione, magnitudo e aree colpite;
3. una terza comunicazione entro 30 minuti dall'evento via telefono, posta elettronica (o fax) con i dati ricontrollati e definitivi, dopo esame dei sismogrammi, rilocalizzazione dell'evento e calcolo della magnitudo.

Va rilevato che, rispetto al protocollo concordato tra INGV e DPC, l'oggetto della prima comunicazione (entro 2 minuti) è molto spesso già più esaustivo del previsto. Invece di dare soltanto una generica indicazione della regione colpita e dell'energia dell'evento, i turnisti INGV forniscono spesso una localizzazione attendibile e una magnitudo calcolata, anche se questi valori sono talvolta soggetti a revisione (modesta in genere) nei minuti successivi. Nel corso del secondo semestre 2006 è proseguito il servizio di invio automatico delle informazioni relative ai terremoti, attraverso e-mail e SMS su cellulare, a funzionari del DPC, per tutti gli eventi localizzati con magnitudo superiore a 3.2. Questi SMS giungono a destinazione generalmente entro 3-4 minuti dal tempo origine del terremoto. Successivamente alla rilocalizzazione del terremoto (dopo il punto 3 della lista sopra) viene spedito un secondo e-mail e SMS con i dati rivisti e la localizzazione definitiva, generalmente tra 15' e 30' dopo ogni terremoto. Il valore di magnitudo comunicato è quello relativo alla magnitudo locale (o Richter) che viene determinata sui sismogrammi digitali

sulla base della massima ampiezza delle onde sismiche in un determinato periodo (Ml). Il passaggio dalla Md (utilizzata fino a pochi anni fa) alla Ml è stato possibile grazie al miglioramento della Rete Sismica Nazionale avvenuto negli ultimi anni, che ha garantito delle stime affidabili anche per terremoti più forti (sopra magnitudo 4). Si noti che oggi per un terremoto in Italia di magnitudo intorno a 3.5, vengono utilizzate molte decine di registrazioni digitali a larga banda per il calcolo della magnitudo. Le stime così ottenute sono quindi molto robuste. Si sta lavorando per standardizzare il calcolo della Mw (magnitudo momento) attualmente determinata nel calcolo del Tensore Momento per i terremoti di M>3.5 (si vedano le relazioni del Progetto S4 "ShakeMap"). L'adeguamento del servizio di sorveglianza sismica a questi nuovi standard ha comportato un notevole impegno per il personale: è proseguito il continuo e lento "training" sul campo (la Sala Sismica). Il personale che si alterna in turno è oggi di quasi 100 unità. Sono inoltre a disposizione per eventi importanti o per crisi sismiche una quindicina di funzionari, reperibili H24, selezionati tra i sismologi più esperti dell'ente. A fine 2006 sono stati inoltre organizzati dei corsi di aggiornamento per i turnisti sismologi e per i tecnici elettronici/informatici. I corsi sono stati ripetuti a gennaio 2007 e hanno coinvolto oltre 200 tra ricercatori, tecnologi e tecnici dell'Istituto. Le attività collegate al Servizio di Sorveglianza Sismica, oltre alla diffusione delle informazioni e alla gestione della Banca Dati, hanno riguardato principalmente l'ulteriore sviluppo di strumenti di analisi, di visualizzazione e di controllo che costituiscono l'interfaccia tra l'operatore e il sistema di acquisizione dei dati sismici in tempo reale. In questo ambito, sono state ulteriormente migliorate le seguenti applicazioni: SisMap (visualizzazione in tempo reale degli epicentri e dei risultati dell'elaborazione), SisPick! (visualizzazione e analisi di registrazioni sismiche), Locator (strumento di revisione della localizzazione per effettuare una nuova localizzazione dopo la revisione dei dati). È proseguito lo sviluppo di un'applicazione web per il controllo da remoto dei processi di acquisizione; in particolare, mediante questa applicazione, il turnista può controllare lo stato della rete e dell'acquisizione dati, i "triggers" dei canali acquisiti, nonché inviare comandi ai processi in esecuzione. Il programma SisMap ha aggiunto numerose nuove funzionalità per la visualizzazione della sismicità recente, dello stato delle reti collegate e per la generazione in automatico di mappe. In questo ambito, è stata messa a punto, e verrà implementata nei primi mesi del 2007, una procedura per la creazione di rapporti post-evento automatici. In questi rapporti ogni evento che viene comunicato al Dipartimento viene inserito in un contesto più ampio che comprende, oltre alle informazioni parametriche, la sismicità storica e recente, la pericolosità e la classificazione sismica del territorio, ecc. Nel programma Sispick! è stata provata e verrà resa operativa nel 2007 una procedura per il calcolo rapido della Mwp (magnitudo momento calcolata sulle onde P), utile per forti terremoti lontani dalla nostra rete ma che potrebbero generare tsunami. È stato sviluppato e installato in Sala Sismica il prototipo dei visualizzatori di segnali sismici digitali in tempo reale, che dovranno sostituire i rulli a carta termo-sensibile nel prossimo anno.

Comunicazione di eventi sismici nel II semestre 2006 e raffronto con il I semestre 2006

Nel secondo semestre 2006 sono stati riconosciuti dagli operatori di sorveglianza INGV 2972 terremoti in totale; di questi, 299 sono stati comunicati al Dipartimento di Protezione Civile,

seguendo il criterio che prevede di comunicare un evento sismico se ha una magnitudo superiore a 2.5 circa, o se comunque può essere risentito dalla popolazione (per il dettaglio si vedano la tabella sottostante e le figg. 1 e 2). Il numero degli eventi comunicati nel secondo semestre 2006 è molto vicino a quello relativo al primo semestre 2006 (299 contro 319). Anche il numero totale degli eventi localizzati (comprendente quindi la microsismicità) è molto simile (2970 contro 2958).

Tabella 1. Comunicazione di eventi sismici nel I semestre 2006 e raffronto con il 2005.

	Terremoti Comunicati 1° sem. 2006	Terremoti Totali 1° sem. 2006	**Terremoti Comunicati 2° sem. 2005**	**Terremoti Totali 2° sem. 2005**
Totali	319	2.964	**299**	**2.972**
Localizzati	319	2.958	**299**	**2.970**
Fuori Rete	56	299	**38**	**241**
Non Localizzati	0	6	**0**	**2**

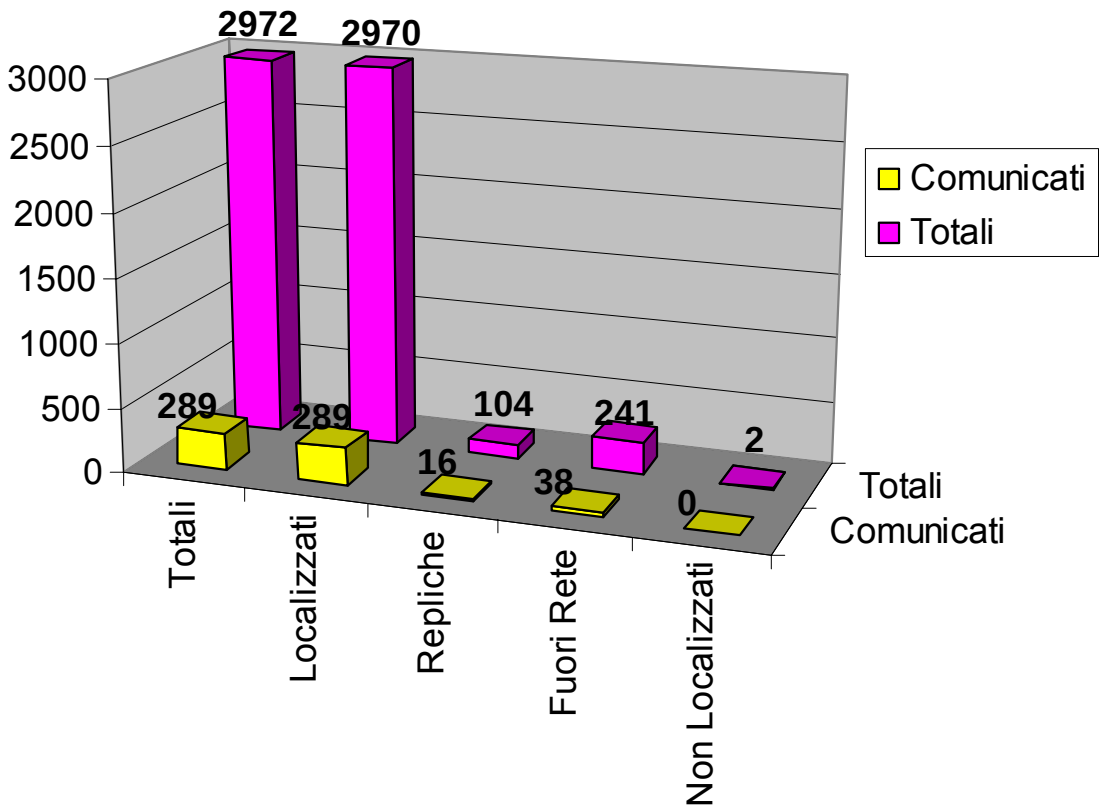


Figura 1. Numero dei terremoti localizzati e comunicati al DPC nel secondo semestre del 2006.

In figura 2 si può vedere il dettaglio dei terremoti comunicati nel periodo, raggruppati per magnitudo.

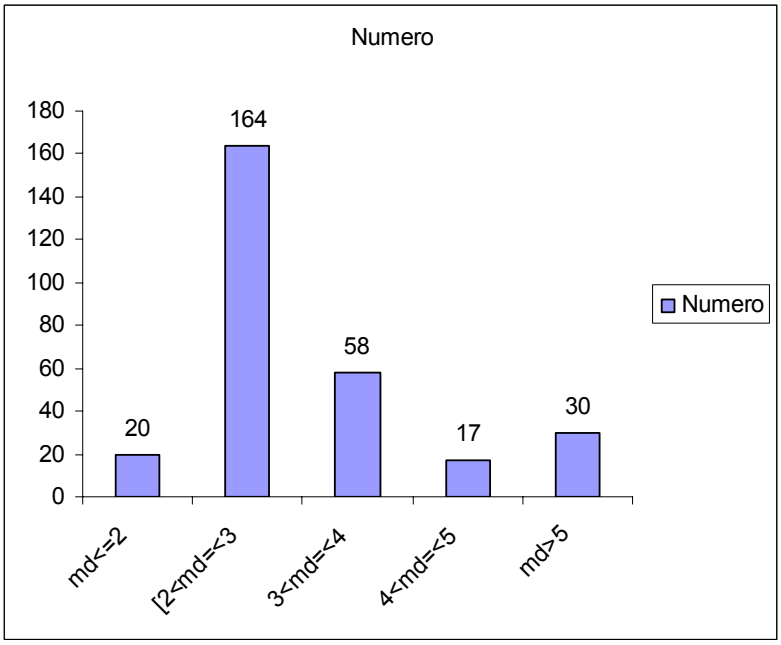


Figura 2. Distribuzione dei terremoti localizzati e comunicati al DPC nel secondo semestre del 2006, per classi di magnitudo.

Come si vede dalla figura, la maggior parte dei terremoti comunicati sono nella classe di Magnitudo compresa tra 2 e 3, ossia terremoti avvertibili solo a breve distanza dall'epicentro. I casi di terremoti con Magnitudo superiore a 4, risentibili in regioni piuttosto estese, sono comunque numerosi (17), circa 3 al mese. Va tuttavia rilevato che i terremoti più forti (inclusi i 30 con Magnitudo maggiore di 5) comprendono quelli al di fuori della regione italiana.

Come già in passato, terminate le procedure di comunicazione degli eventi sismici al Dipartimento di Protezione Civile, i dati essenziali di ogni terremoto localizzato e comunicato (al di sopra quindi della soglia della presunta avvertibilità) sono state pubblicate sul web, con un accesso che permette di visualizzare la localizzazione dei terremoti dell'ultima settimana (http://www.ingv.it/%7eroma/webterrNew/last/week.php) o dell'ultimo mese (http://www.ingv.it/%7eroma/webterrNew/last/month.php).

Per ogni evento sismico localizzato viene anche pubblicata su web una carta con l'ubicazione, corredata dai dati caratteristici (latitudine, longitudine, profondità ipocentrale, magnitudo, centri abitati più vicini all'epicentro). Questo servizio è molto importante per la popolazione, contribuendo a informare e tranquillizzare le persone che avvertono uno scuotimento sismico; si sta lavorando per svilupparlo ulteriormente, fornendo maggiori informazioni. Già nei primi mesi del 2007 verranno messe in linea delle pagine esaustive che mostrano l'attività sismica in corso e quella del passato. Sono state inoltre gestite le procedure operanti in tempo reale per la notifica del verificarsi di eventi sismici mediante i servizi di posta elettronica e SMS. L'aumento della sismicità rilevata e localizzata nel 2006 rispetto agli anni precedenti, legata principalmente al miglioramento della rete sismica nazionale in questi ultimi anni, è molto significativa, evidenziando bene l'aumento della sensibilità della rete (fig. 3).

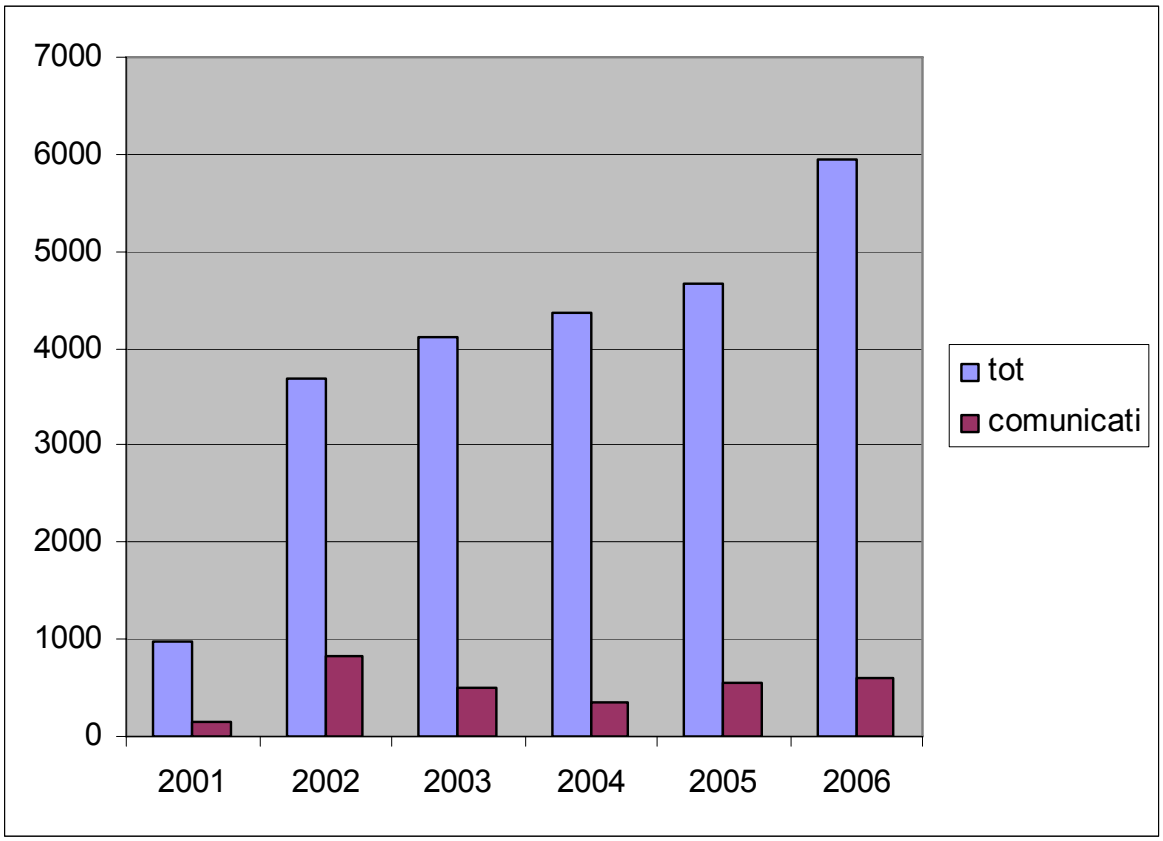


Figura 3. Distribuzione dei terremoti localizzati e comunicati al DPC nel periodo 2001-2006. Si nota il graduale e forte incremento nel totale dei terremoti localizzati, passati da circa 1000 nel 2001 a circa 6000 nel 2006. Il numero dei terremoti comunicati non è aumentato allo stesso modo, trattandosi di eventi sopra magnitudo 2.5, che venivano localizzati anche con la rete meno efficace del 2001. Va però rilevato che l'accuratezza delle localizzazioni per tutti i terremoti è aumentata notevolmente, come pure la rapidità con cui vengono rilevati i terremoti.

Va anche rilevato che il massimo osservato nel 2002 e in parte nel 2003 è dovuto alle due maggiori sequenze sismiche degli ultimi anni (Sicilia e Molise) entrambe avvenute negli ultimi mesi del 2002 e con repliche proseguite anche nel 2003. Ad esempio nel 2002, degli 822 eventi comunicati, oltre la metà (485) erano repliche dei due terremoti citati. I dati per il 2001 sono relativi a soli 10 mesi, in quanto l'Agenda che contiene le informazioni sui terremoti è entrata in funzione a fine febbraio 2001.

Tabella 2. Numero dei terremoti localizzati (tot) e comunicati al Dipartimento negli anni dal 2001 al 2006. Non considerando le repliche, particolarmente numerose nel 2002 e 2003, il trend di aumento sarebbe chiaro anche per i terremoti comunicati.

anno	tot	comunicati
2001	986	152
2002	3687	822
2003	4115	492
2004	4378	347
2005	4659	544
2006	5936	608

ANALISI DEI DATI: IL BOLLETTINO DELLA SISMICITÀ ITALIANA

Nel secondo semestre del 2006 sono state mantenute e aggiornate tutte le procedure di analisi dei segnali e dei parametri di sorgente utilizzate per il servizio di sorveglianza sismica a scopo di Protezione Civile e per la preparazioni dei Bollettini e la loro distribuzione alla comunità scientifica, agli enti pubblici e ai privati cittadini.

Archiviazione dei segnali

E' proseguita la memorizzazione continua di tutti i segnali provenienti da stazioni a banda larga e allargata; dato il numero di stazioni attuale, i dati memorizzati superano i 12GB al giorno. E' proseguita l'archiviazione di segnali "a trigger" che ha dato origine, nella seconda metà del 2006, alla memorizzazione di quasi un milione di forme d'onda, il 20% delle quali è stato generato da terremoti.

Integrazione in tempo reale dei dati di altre reti sismiche

E' proseguita l'attività di integrazione in tempo reale delle registrazioni sismiche prodotte dalla rete sismica nazionale con i segnali provenienti da altre reti dell'INGV (rete del Belice, rete INGV-OV, rete INGV-CT, MedNet) e da altre reti europee confinanti (Francia, Svizzera e Austria). I dati parametrici (tempi di arrivo e localizzazioni) vengono inoltre integrati in tempo reale con altri dati parametrici inviati tramite posta elettronica (rete IGG, rete OGS-CRS, rete INGV-CT).

Produzione e aggiornamento del Bollettino Sismico Italiano

Dopo le analisi in tempo reale effettuate nei primi minuti da ogni terremoti dagli operatori di Sala Sismica, tutti gli eventi vengono rianalizzati nei giorni successivi da personale specializzato, allo scopo di fornire un Bollettino della sismicità italiana il più possibile completo e omogeneo. Anche nel secondo semestre 2006, è proseguita la revisione sistematica dei terremoti sul nuovo sistema di acquisizione che già da alcuni anni assicura le localizzazioni in tempo reale per la sorveglianza sismica italiana. L'analisi della sismicità è oggi condotta sulla base della lista di terremoti già riconosciuti come tali e localizzati in tempo reale dal sistema automatico; questa lista è integrata con altri terremoti eventualmente individuati dai sismologi durante il turno di sorveglianza per la Protezione Civile. Come già evidenziato per la sismicità rilevata durante il servizio di sorveglianza sismica, anche la sismicità rivista mostra un notevole numero di micro-terremoti che la rete sismica nazionale permette di localizzare con buona precisione. L'uso di nuove procedure di analisi e lo sviluppo attuale della Rete Sismica Italiana ha permesso di raggiungere un grado più elevato di completezza del Bollettino Sismico Italiano. L'insieme di tutti i terremoti localizzati in Italia nella prima metà del 2006 risulta completo all'incirca sopra magnitudo 1.5-1.6. Tutti i dati raccolti dalla Rete Sismica Nazionale vengono pubblicati sul sito web dell'Istituto, con cadenza quindicinale, circa 1-2 mesi dopo la conclusione del periodo. La figura 4 mostra la pagina di accesso al Bollettino della sismicità italiana, da dove è possibile visualizzare l'attività sismica degli ultimi mesi o anni e estrarre i dati delle localizzazioni o dei tempi di arrivo alle varie stazioni della Rete Sismica Nazionale. La url è: http://www.ingv.it/~roma/reti/rms/bollettino/index.php.

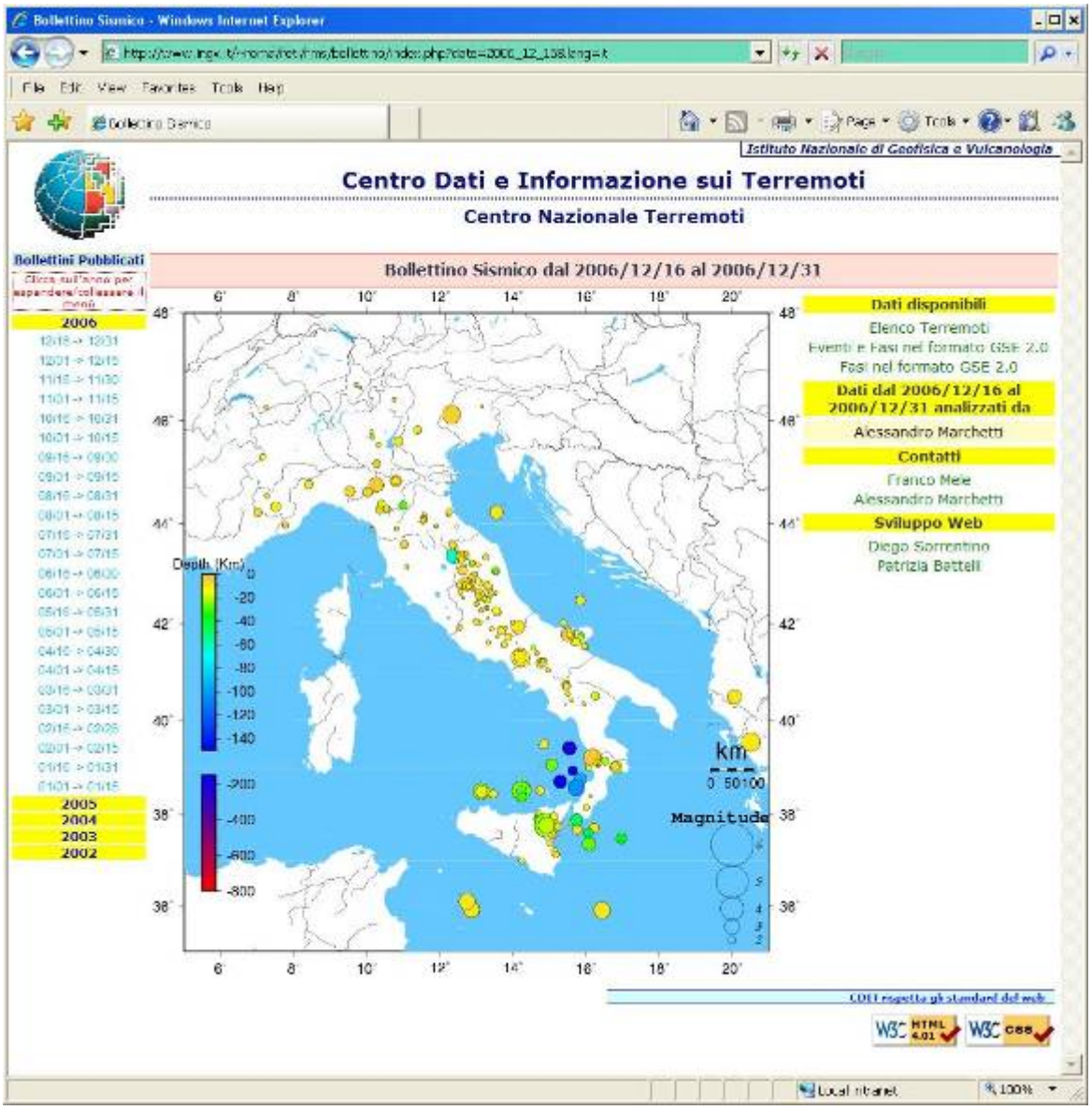


Figura 4. La pagina di accesso al Bollettino della sismicità italiana. Si vede la mappa relativa agli ultimi quindici giorni del 2006 (16-31 dicembre) e a sinistra la lista dei periodi disponibili. Per ogni periodo, sono visibili e scaricabili i dati parametrici di ogni terremoto, i tempi di arrivo delle fasi sismiche P ed S lette dal personale specializzato. Anche i dati relativi agli anni precedenti sono disponibili tramite questa interfaccia.

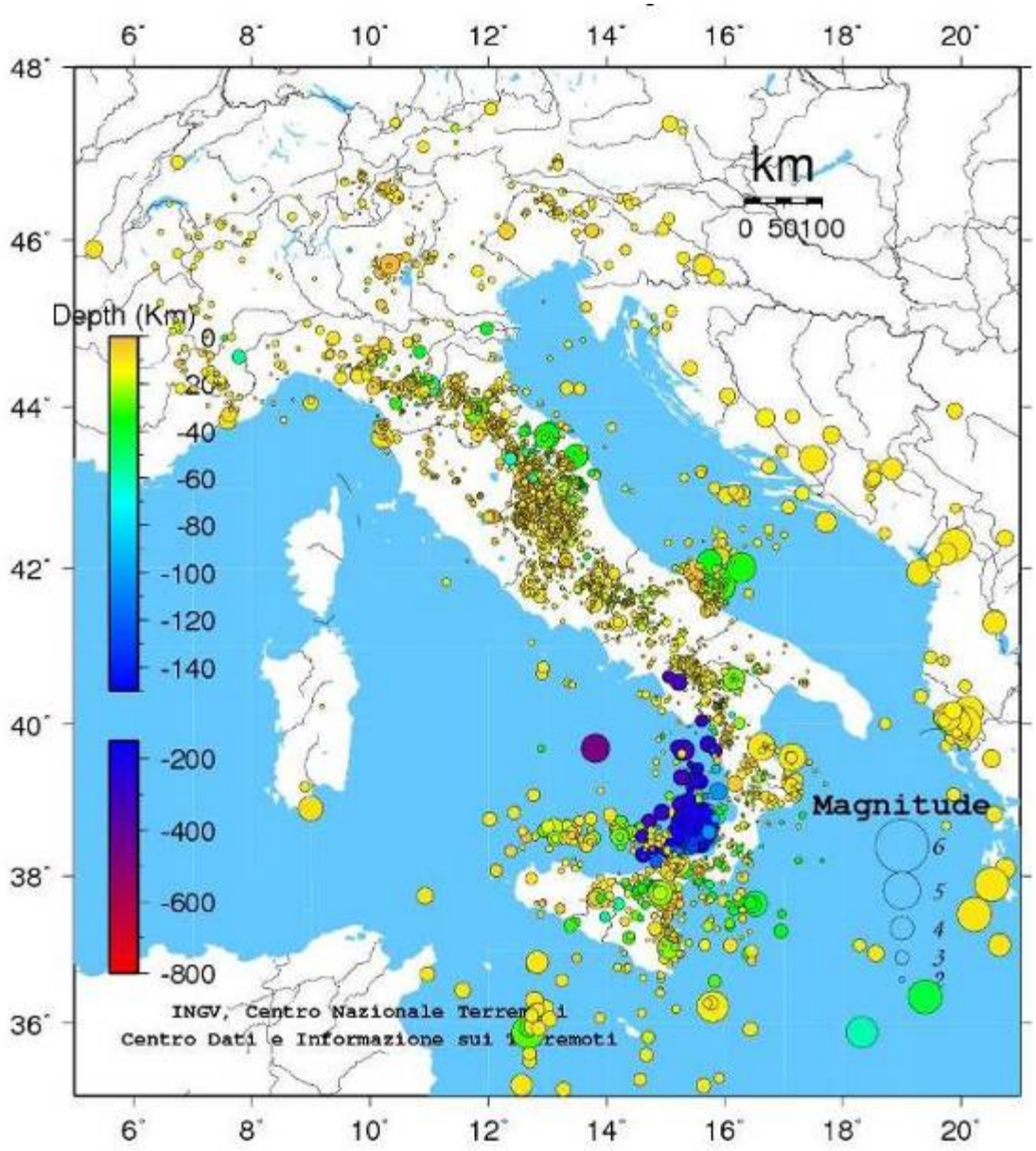


Figura 5. Distribuzione della sismicità in Italia e nelle aree limitrofe nel 2006. Sono riportate in carta molte migliaia di localizzazioni epicentrali. La dimensione dei simboli è proporzionale alla magnitudo dei terremoti (legenda in basso a destra). I diversi colori corrispondo a diverse profondità ipocentrali (legenda a sinistra nella carta). La maggior parte dei terremoti avviene nella crosta superiore (simboli gialli) mentre si nota bene l'attività sismica profonda nel Tirreno meridionale.

Anche i secondi 6 mesi del 2006 sono stati caratterizzati da sismicità su quasi tutto il territorio nazionale che si concentra soprattutto lungo la dorsale Appenninica, nel Tirreno meridionale, in Calabria e in Sicilia. L'evento di massima magnitudo (5.7) è avvenuto nel Tirreno meridionale il 26 ottobre 2006, a profondità di circa 208 km. Numerosi eventi di magnitudo superiore a 4 sono avvenuti nel secondo semestre 2006: al largo del Gargano il 4 ottobre 2006 (Ml 4.3), nelle Marche il 21 ottobre (Ml 4.4), il 5 novembre nel Tirreno centrale a una profondità di oltre 450 km (M 4.6), il 24 novembre a sudest della Sicilia, lungo la scarpata ibleo-maltese (Ml 4.7), alcuni eventi nel Mar Ionio e nel Canale di Sicilia tra ottobre e novembre 2006, il 10 dicembre 2006 vicino al Gargano (Ml 4.5), il 19 dicembre 2006 sul versante occidentale dell'Etna (Ml 4.4). L'Appennino centrale rimane

l'area con il più alto numero di terremoti registrati e localizzati, sebbene di bassa magnitudo. Negli ultimi tre mesi del 2006 si è rilevata una intensa attività nel sud Italia e nelle regioni marine circostanti, tra il Mar Ionio e il Mar Tirreno, come si può vedere nella figura sottostante, che riporta gli epicentri dei terremoti di magnitudo superiore o uguale a 3.0.

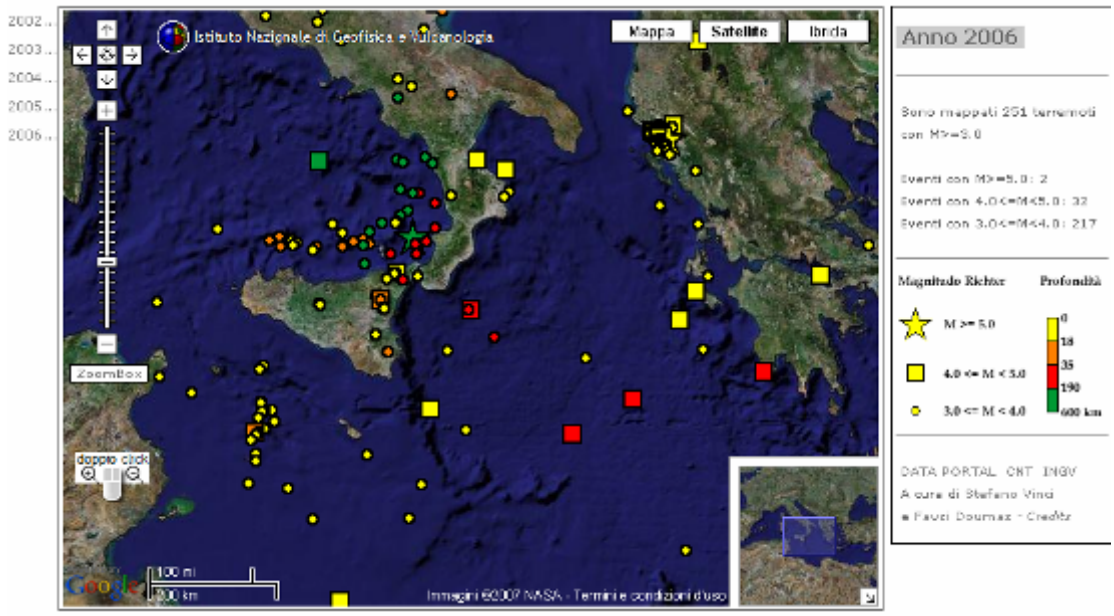


Figura 6. Distribuzione della sismicità nel sud Italia nel 2006. Si nota l'intensa attività che ha caratterizzato il Mar Ionio, il Mar Tirreno, il Canale di Sicilia e le regioni intorno nel periodo ottobre-novembre 2006, con numerosi terremoti di magnitudo superiore a 4. La carta della sismicità è effettuata con l'applicazione Google Maps che viene utilizzata per la visualizzazione dell'attività in corso e passata, di prossima apertura al pubblico. Sono riportate in questa carta soltanto le localizzazioni dei terremoti con M≥3 (per i simboli si veda la legenda a destra).

Accuratezza delle localizzazioni automatiche

Per verificare quanto le localizzazioni automatiche effettuate dai programmi operativi in Sala Sismica fossero accurate, sono state confrontate le localizzazioni automatiche con quelle riviste dopo la rilettura dei dati ad opera del personale specializzato. La figura 7 mostra il confronto, in termini di distanza tra localizzazione automatica e rivista, dei dati relativi al 2006, per gli eventi con M≥3. Si vede come per il 70% dei terremoti le differenze siano inferiori a 5 km, mentre per quasi il 90% tale differenza sia minore di 10 km. Le differenze maggiori sono relative a terremoti localizzati lontani dalla rete. Questa distribuzione percentuale dimostra l'affidabilità dei sistemi di localizzazione automatica operativi presso la Sala Sismica dell'INGV.

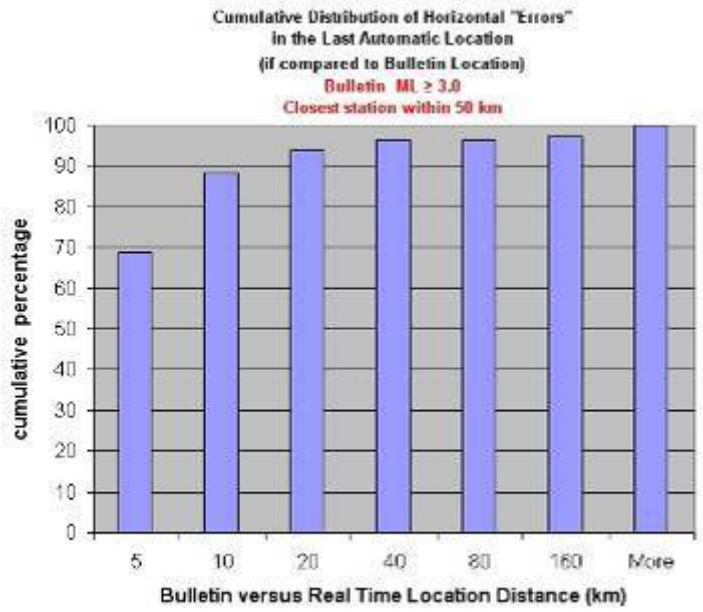


Figura 7. Distribuzione percentuale degli errori nelle localizzazione automatiche confrontate con quelle riviste dal personale specializzato e pubblicate nel Bollettino della sismicità italiana. Per quasi il 90% dei terremoti con M≥3.0 la differenza tra le due localizzazioni è inferiore a 10 km.

Gestione delle Richieste di dati sismologici e diffusione di informazioni.

Oltre alla pubblicazione del Bollettino sismico sul web, come descritto sopra, sono state esaudite le richieste specifiche di informazioni sismologiche provenienti da istituzioni scientifiche nazionali ed internazionali, da organismi istituzionali dello Stato, da società private, nonché quelle inoltrate da singoli cittadini. Tutti i file sono resi disponibili per l'accesso pubblico tramite FTP nell'usuale sito: ftp://ftp.ingv.it/bollet/ . E' stata istituita e gestita un'area ftp pubblica in cui è possibile reperire i segnali sismici generati dai terremoti, che permette di distribuire i segnali prodotti dalla Rete Sismica Nazionale a tutti i centri di ricerca sismologica situati in Italia e all'estero.

Banca Dati Relazionale ISIDe

Nel corso del 2006 è proseguito l'utilizzo della Banca Dati Relazionale *ISIDe*, nella parte relativa alle caratteristiche strumentali e alla gestione dei guasti di stazione. Sono state sviluppate procedure per l'immissione in ISIDe di informazioni parametriche di evento estratte dal Bollettino Sismico che sono ora sotto test. E' stata inoltre sviluppata con la collaborazione del Laboratorio di Grafica e Immagini dell'INGV, una interfaccia prototipale per permettere l'interrogazione del data-base (fig. 8). E' in corso di sviluppo una nuova pagina web per l'immissione semplificata dei parametri strumentali.

Figura 8. Prototipo dell'interfaccia web per la Banca Dati ISIDe dei dati sismologici strumentali dell'INGV, da cui sarà possibile interrogare il Data Base dei terremoti e delle reti sismiche ed effettuare delle ricerche ed estrazioni di dati.

LA MANUTENZIONE ORDINARIA, STRAORDINARIA E IL POTENZIAMENTO DELLA RETE SISMICA NAZIONALE, DELLA RETE MEDNET E DELLE ALTRE RETI SISMICHE GESTITE DAL CNT-INGV

Funzionamento e aggiornamento della Rete Sismica Nazionale

Nel secondo semestre del 2006 si è mantenuta in efficienza la Rete Sismica Nazionale e si è proseguito nell'attività di sviluppo. In particolare si è completata la migrazione delle linee a trasmissione digitale via cavo, dismettendo gli ultimi circuiti CDN e completando quindi la migrazione sulla Rete Unificata per la Pubblica Amministrazione (RUPA). Nel contempo, come anticipato nella relazione del primo semestre, si sono avviate le procedure per l'ulteriore migrazione dalla rete RUPA alla nuova struttura di Servizio di Pubblica Connettività (SPC) assegnataci dal CNIPA, gestita da FastWeb. E' stato stilato un nuovo progetto, che verrà posto in essere nel 2007. Sempre dal punto di vista della connettività, si è iniziato l'esercizio di un nuovo vettore satellitare (SatLink), non più legato ad un trasporto su protocollo proprietario come nel caso della parte di rete satellitare finora installata, ma in grado di inviare un generico flusso IP, e quindi di utilizzare anche la strumentazione GAIA sviluppata dai laboratori INGV (si veda la relazione del primo semestre 2006). Dopo alcuni test effettuati a Roma, la prima installazione sul terreno ha riguardato una stazione, Oschiri, che va a coprire una regione (la Sardegna) finora poco monitorata dalla rete attuale (dato anche il basso livello di sismicità). Data la buona rispondenza di questo esperimento, altri collegamenti di questo tipo sono programmati per il 2007. Oltre alla stazioni di Oschiri, altre 22 si sono aggiunte alla rete nazionale nel secondo semestre 2006, portando il numero complessivo a 242. La maggior parte di tali stazioni usano la tecnologia satellitare

Nanometrics, e tutte sono equipaggiate con sensori broad-band. A fine 2006 la situazione della rete di monitoraggio può quindi essere sintetizzata dalle immagini in figura 9 e 10, che rappresentano lo stato attuale dal punto di vista sia del tipo di sensore che del vettore di trasmissione. E' interessante notare come ormai la grande maggioranza delle stazioni sia dotata di sensori 3 componenti a banda allargata o broad-band, e di vettori di trasmissione digitali. Nel corso del secondo semestre 2006 è inoltre cresciuto a 40 il numero di stazioni sismiche dotate anche di sensore strong-motion, in modo da aumentare la banda dinamica di movimento del terreno correttamente riprodotto. Tale attività proseguirà nel 2007, estendendosi a tutte le stazioni a trasmissione satellitare, ma con prime installazioni anche su stazioni a trasmissione terrestre. Come già descritto nelle relazioni precedenti, concorrono agli obiettivi del monitoraggio anche le stazioni sismiche realizzate nell'ambito del programma Pro.S.I.S. del MIUR (progetto Ce.S.I.S.), che negli ultimi 3 anni ha portato a un netto miglioramento della Rete Sismica Nazionale nelle regioni del Sud Italia. Tutte le stazioni sismiche installate in questo progetto costituiscono a tutti gli effetti stazioni della Rete Sismica Nazionale, al pari di quelle finanziate dal Dipartimento di Protezione Civile. Inoltre, entrano a far parte del sistema di monitoraggio in tempo reale del territorio italiano, numerose altre stazioni condivise con altri enti italiani ed esteri, oltre alle stazioni della rete MedNet dell'INGV (si veda più avanti). A fine 2006, il numero delle stazioni sismiche i cui dati venivano analizzati in tempo reale era pari a 292, includendo in questo numero circa 20 stazioni della RSN raddoppiate per la presenza di collegamenti analogici e digitali sullo stesso sito.
Va rilevato che la Rete Sismica Nazionale ha raggiunto uno standard di eccellenza nel panorama mondiale e fornisce dati di elevata qualità che sono finalmente utilizzati per determinazioni rapide dei parametri dei terremoti e per elaborazioni successive, come ad esempio il calcolo del tensore momento sismico e delle mappe di scuotimento (si veda il progetto INGV-DPC S4). Nei prossimi anni, lo sviluppo ottenuto fin qui e le attività programmate consentiranno di progredire ulteriormente, per giungere a sistemi di allerta sempre più rapidi e completi, con ricadute importanti per le attività di prevenzione dei danni. La figura 10 mostra la distribuzione delle stazioni della RSN divise per tipo di collegamento. Come descritto nelle relazioni dei periodi precedenti, particolare cura è stata data in questi anni alla robustezza della rete di monitoraggio e alla ridondanza dei sistemi di trasmissione e archiviazione dei dati.

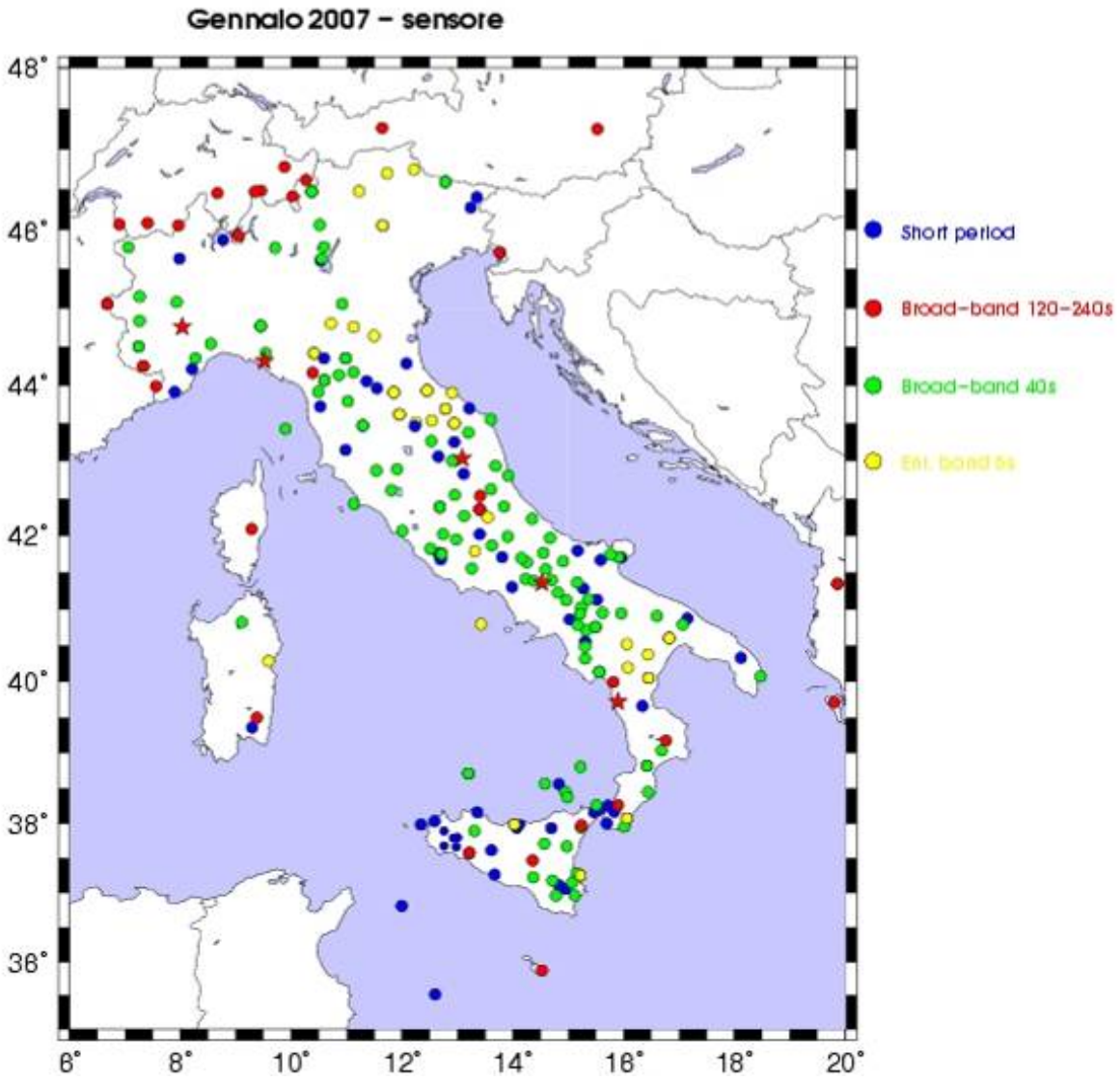


Figura 9. Distribuzione della RSN a fine 2006. I colori dei simboli riflettono il tipo di sismometri utilizzato. Si nota la prevalenza dei sismometri broad band e very-broad band (cerchi verdi e rossi). Le stazioni a corto periodo (cerchi blu), largamente predominanti nel 2001-02, costituiscono ormai la minoranza e saranno dimesse nel 2007.

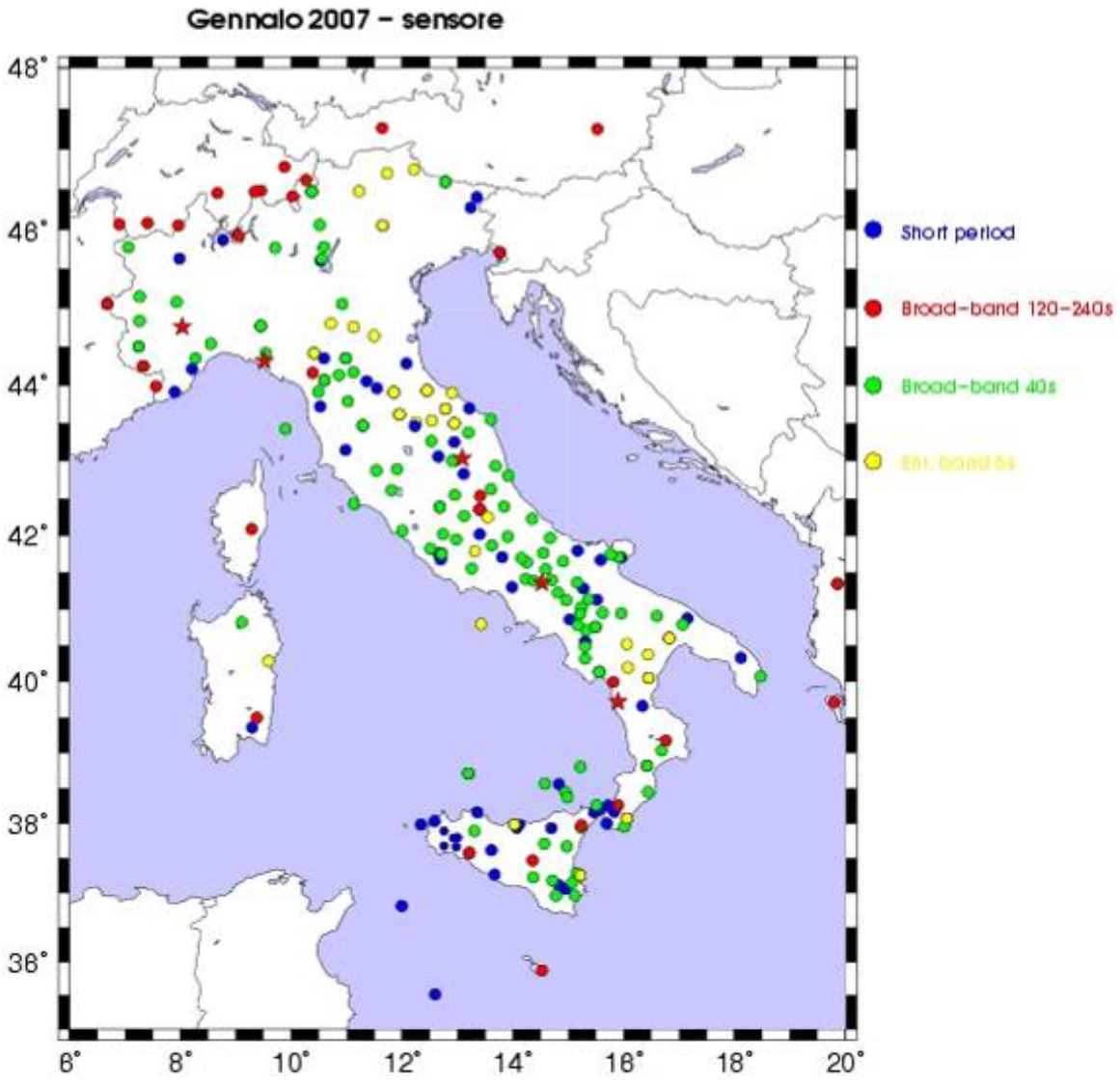


Figura 10. Distribuzione della RSN a fine 2006. I colori dei simboli riflettono il tipo di trasmissione utilizzata. Si nota la distribuzione complementare dei diversi tipi di collegamenti, progettata per evitare mancanze di dati su regioni ampie in casi di possibili guasti a centrali di smistamento dei dati. Le stazioni con trasmissione telefonica in modulazione di frequenza, a bassa dinamica e largamente predominanti nel 2001-02 (cerchi blu), costituiscono ormai la minoranza e saranno dimesse nel 2007.

Sismometri da fondo mare (OBS/H)

Nella relazione del primo semestre 2006 era stato descritto il prototipo di OBS/H realizzato nei laboratori dell'Osservatorio di Gibilmanna dell'INGV. Superati i test di laboratorio ed in bacino, nel luglio 2006 l'OBS/H ha superato un ultimo test operativo della durata di 9 giorni in occasione di una campagna di studi condotta sul vulcano Marsili. Entro dicembre 2006 sono stati realizzati i primi 7 esemplari di OBSH/ INGV. La figura 11 mostra lo schema dello strumento prima della deposizione nel Tirreno, sul vulcano Marsili. La tabella successiva riporta le caratteristiche principali dell'OBS/H:

Sismometro	Trillium 120s Nanometrics o CMG40T-OBS Guralp
Sensore di pressione	Differential Pressure Gauge (DPG) Cox-Webb, 500s -2 Hz o in alternativa idrofono OAS E-2PD 0-5 kHz
Digitalizzatore	Geolon MLS SEND a 21 bit e 4 canali. Max frequenza di campionamento 200 sps
Alimentazione	2 pacchi batterie composti da celle primarie al Litio a 14,4 V e 350 Ah
Sistema di localizzazione d'emergenza	Ricevitore GPS integrato in un sistema di telefonia satellitare comunicante la posizione ad intervalli di 3-6 ore
Sganciatori acustici	Doppio sistema di sgancio zavorra: IXSEA AR816S-MR e EDGETECH C980102

La figura 12 mostra la fase di allestimento dei "frames" di tutti gli strumenti, conclusasi a novembre 2006.

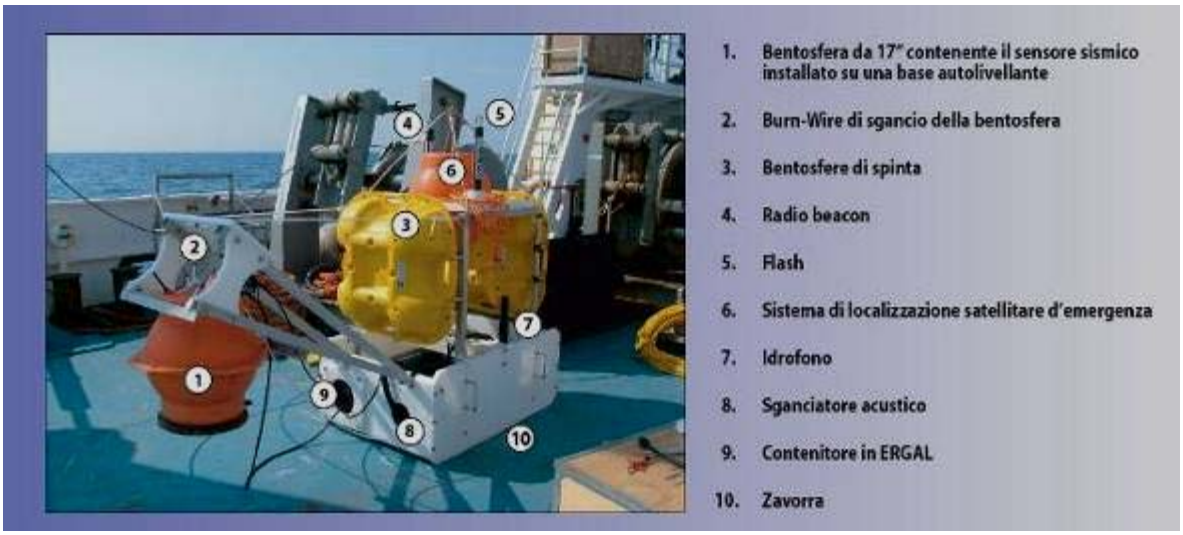


Figura 11. L'OBS/H realizzato nell'ambito della convenzione DPC-INGV, poco prima di essere depositato sul vulcano Marsili, a luglio 2006. La legenda a destra descrive le varie parti dello strumento.

Figura 12. La preparazione degli OBS/H presso i laboratori della Meccanotecnica di Riesi.

Campagna di test sul Marsili

Dal 10 al 21 luglio si è svolta una campagna di test sul vulcano sottomarino Marsili. Nell'ambito di tale campagna l'OBS/H ha superato un test di breve durata a 3412 metri di profondità e di seguito è stato deposto "free falling" dal 12 al 21 luglio 2006 sulla spianata sommitale del vulcano sottomarino Marsili, alla profondità di circa 790 metri. Il Marsili è situato nel Tirreno meridionale a circa 40 miglia a NW dalle isole Eolie, e con i suoi 3000 metri di altezza dal fondo marino e una lunghezza di oltre 65 km, risulta essere il più grande complesso vulcanico d'Europa, ma data la localizzazione nella piana batiale tirrenica (oltre 3400 m di profondità) la sua attività è poco nota. L'analisi dei 9 giorni di registrazione effettuati dall'OBS/H, ha permesso di evidenziare una elevata attività sismica tipica di vulcani attivi (oltre 800 eventi registrati). Le registrazioni sismiche risultano caratterizzate, oltre che dalla presenza di 8 terremoti regionali ed un telesisma, da eventi ad alte frequenze (comprese tra i 40 e i 90 Hz) registrati esclusivamente dall'idrofono (vedi fig. 13), dalla presenza di numerosi eventi di bassa frequenza ed energia (concentrata nello stretto intervallo di frequenze 3-4 Hz, vedi fig. 14).

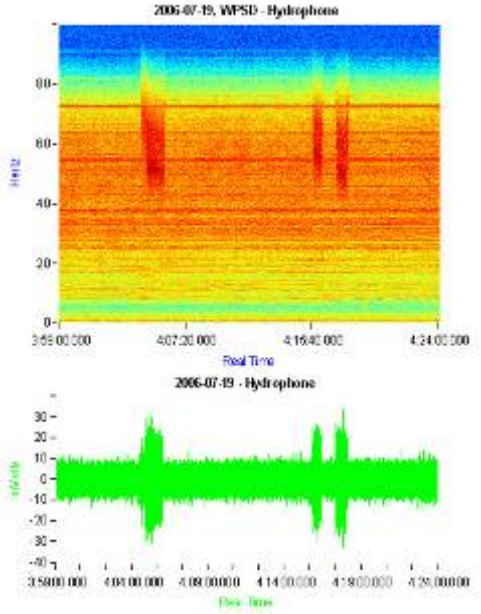


Figura 13. Eventi ad alta frequenza registrati dall'idrofono (sotto) e reltativo WPSD (Windowing Power Spectral Density, sopra); la banda di frequenze utili del segnale dell'idrofono si estende fino a 100 Hz avendo utilizzato una frequenza di campionamento di 200 Hz.

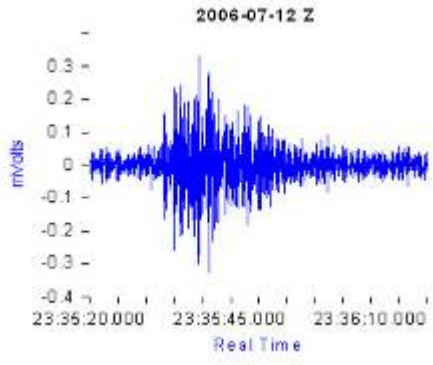


Figura 14. Esempio di evento a bassa frequenza.

Gli eventi a bassa frequenza mostrano caratteristiche simili ad eventi classificabili in letteratura come VT-B (Volcanic-Tectonic event, type B) (McNutt, 2002), sono probabilmente legati ad eventi con epicentri poco profondi (1-2 km), mentre quelli ad alta frequenza possono essere associati ad una attività idrotermale già riconosciuta da alcuni autori (Uchupi et al., 1989). Interessante inoltre risulta essere la distribuzione temporale di queste due tipologie di eventi; oltre 700 eventi a bassa frequenza risultano presenti solamente nei primi sette giorni di registrazione, mentre gli 84 eventi a più alta frequenza solo negli ultimi due. Oltre alle due tipologie di eventi citati, altrettanto interessante è la registrazione di alcuni segnali classificabili come “Tornillo” (26 eventi, vedi fig. 15). I tornillo sono eventi per lo più monocromatici che generalmente presentano un inizio di tipo impulsivo, seguito da un lento e graduale decadimento in ampiezza (Seidl, 1999).I tornillo registrati dall’OBS/H presentano una frequenza principale compresa tra i 7 e gli 8 Hz e una durata dell’evento compresa tra i 6 e i 12 secondi. Infine sono stati registrati anche due segnali, particolarmente evidenti sull’Idrofono, che come prima ipotesi sembrano essere associati a collassi di materiale dai fianchi del vulcano (fig. 15).

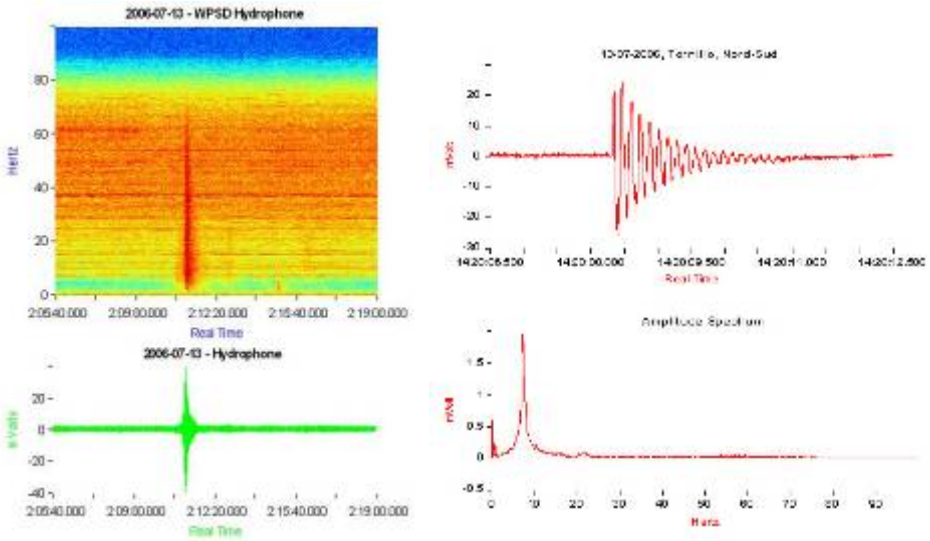


Figura 15. Probabile evento da crollo con rispettivo WPSD (sinistra) e tornillo con relativo spettro (destra).

Sviluppo base autolivellante per OBS

Nel corso del 2006 è stato progettato e realizzato il primo prototipo di base autolivellante per sensore sismico, da installare a bordo dei nuovi OBS/H. La meccanica, attivata da motori passo-passo, è controllata da una scheda elettronica basata su microprocessore ST6 che controlla il livellamento del sensore grazie ad un inclinometro realizzato in tecnologia MEMS (Micro Electro Mechanical System) che permette una precisione di 0.07°. La base è installata all’interno di una bentosfera da 17” e permette di alloggiare un sensore sismico delle dimensioni di 20 cm di diametro e 19 cm di altezza.

Figura 16. Prototipo della base autolivellante per gli OBS/H.

La rete sismica MedNet per il monitoraggio dell'Italia e del Mediterraneo

Oltre al continuo lavoro di manutenzione e aggiornamento dell'esistente, la rete continua ad essere ampliata con altre stazioni, con un attenzione particolare all'area italiana. Nel secondo semestre 2006 la stazione in Repubblica Ceca è stata resa operativa e ora trasmette i dati in tempo reale al MedNet Data Center via internet. Nello stesso periodo è stato completato il sito in Tessaglia (Grecia): la stazione (codice internazionale THL) è al momento installata con strumentazione non definitiva, ma funziona e trasmette i dati in tempo reale. Alla fine del 2006 le stazioni della rete MedNet collegate in tempo reale sono:

Stazione	Località
AQU	L'Aquila, Italia Centrale
BNI	Bardonecchia, Alpi Occidentali
VSL	Villasalto, Sardegna
CLTB	Caltabellotta, Sicilia
VLC	Villacollemandina, Toscana
RTC	Rabat, Marocco
ISP	Isparta, Turchia
MALT	Malatya, Turchia
TRI	Trieste, Friuli Venezia Giulia
ARZ	Arezzo, Toscana
GIGS	Gran Sasso, Abruzzo
CUC	Castrocucco, Calabria
TIP	Timpagrande, Calabria
CEL	Celeste, Calabria
VTS	Vitosha, Bulgaria
WDD	Malta
IDI	Creta, Grecia
DIVS	Divcibare, Serbia
TIR	Tirana, Albania
BZS	Buzias, Romania
DPC	Dobruska Polom, Repubblica Ceca
THL	Tessaglia, Grecia

Le ultime due stazioni installate e rese operative nel secondo semestre 2006 sono in blu nella tabella. A queste stazioni sono da aggiungere quelle di altre reti, che abbiamo collegato al fine di migliorare la copertura del territorio italiano e delle aree circostanti. Tali stazioni sono interamente gestite da Istituzioni straniere, che scambiano i loro dati con i nostri al fine di migliorare le capacità di studio e di localizzazione dei terremoti che avvengono nelle aree di confine.

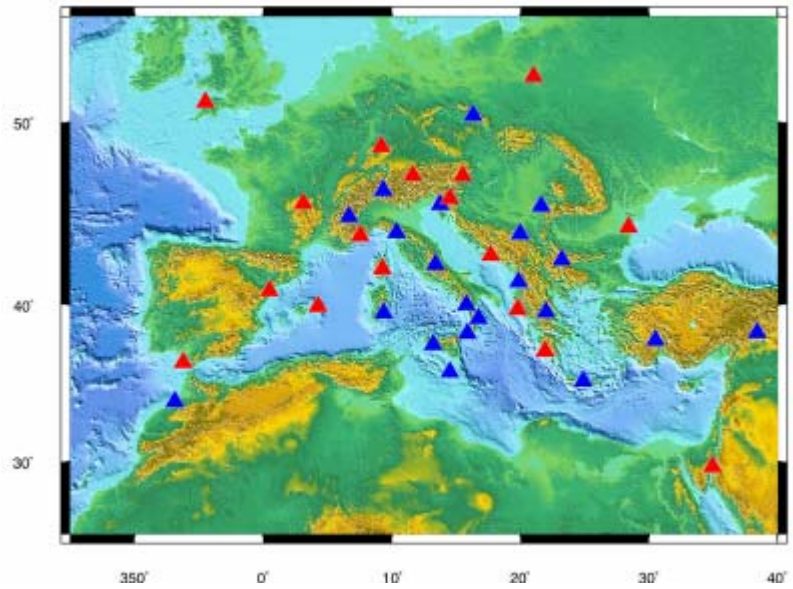


Figura 17. Distribuzione delle stazioni MedNet attualmente collegate al centro di acquisizione INGV a Roma. In blu sono mostrate le stazioni MedNet, in rosso le stazioni gestite da altre organizzazioni, di cui si ricevono i dati in tempo reale.

Archiviazione e distribuzione dati

I dati in tempo reale vengono inoltrati ad ORFEUS (NL) ed IRIS (USA). Lo scambio dati in tempo reale è stato ampliato a molte altre stazioni. Lo scopo rimane quello di disporre prontamente di dati esteri per la determinazione dei tensori momento e per la determinazione degli ipocentri di terremoti in prossimità dei confini nazionali. E' stato realizzato un prototipo di determinazione automatica dei momenti tensori, attualmente visibile sulle pagine web di MedNet (http://mednet.ingv.it). E' in corso di preparazione uno strumento per la revisione delle determinazioni dei momenti tensore attraverso una interfaccia web. Il lavoro proseguirà con l'introduzione di nuove stazioni, con il miglioramento degli algoritmi ed una migliore calibrazione dei percorsi. L'immissione dei dati nel database avviene in modo automatico. Solo il controllo dei risultati è affidato alla supervisione di una persona. La distribuzione è tuttora affidata alla pagina web degli eventi e ai due gestori automatici di richieste AutoDRM e NetDC (tramite mail agli indirizzi, rispettivamente, autodrm@ingv.it e netdc@ingv.it).

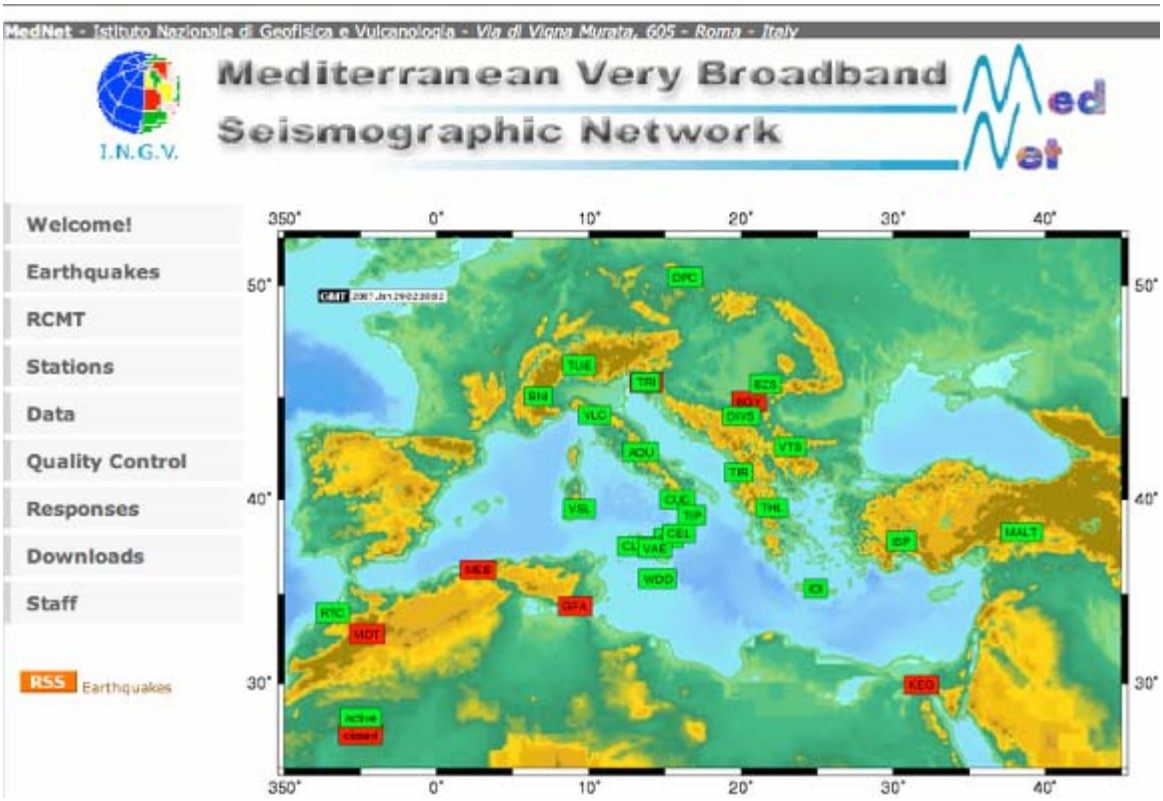


Figura 18. La nuova home page di MedNet.

Il sito web di MedNet è stato rinnovato radicalmente, non solo nella forma, ma anche nei contenuti e nelle procedure (fig. 18). Il sito è per buona parte aggiornato da procedure automatiche, in modo da offrire agli utenti informazioni in continua evoluzione. La collaborazione internazionale per l'integrazione delle reti e lo scambio dati iniziate negli anni scorsi, è proseguita con varie iniziative. A giugno 2006 è partito il progetto della comunità europea NERIES, durante il quale sarà costituita (fra le molte attività che vedono l'INGV in prima linea) una banca dati distribuita, denominata EIDA (European Integrated Data Archive). Il CNT, per il tramite di MedNet partecipa ad un altro progetto (EERWEM, finanziato dalla Comunità Europea) per la collaborazione e lo scambio dati nel Mediterraneo Occidentale, regolato da un Memorandum of Understanding che è stato provvisoriamente siglato per un anno, ma che si auspica venga esteso, non appena tutte le parti avranno convenuto sulla sua validità. L'INGV è anche capofila del WG 2 "Seismic and Geophysical Measurements" dell'IOC dell'UNESCO, per la creazione del NEAMTWS (NorthEast Atlantic and Mediterranean Tsunami Warning System). In questo contesto, l'INGV costituirà uno dei centri regionali (probabilmente il primo) per la prima allerta (determinazione rapida dei parametri dei forti terremoti nel Mediterraneo), in collaborazione con tutti i centri di monitoraggio della regione, dalla Turchia alla Grecia, dal Portogallo alla Spagna, ai paesi del nord-Africa, al medio oriente.

La rete sismica di Pronto Intervento

Durante il secondo semestre del 2006 sono proseguite le attività di gestione e miglioramento della Rete Sismica di Pronto Intervento. In particolare, sono state effettuate le seguenti attività:

- progettazione del futuro centro di informazione e monitoraggio in zone epicentrali. Sono state definite le linee operative del centro, acquistata la struttura (tenda) e parte degli arredamenti;
- sviluppo di soluzioni per la futura rete mobile con trasmissione dati al centro di monitoraggio del CNT. Sono stati costruiti dei prototipi che assicurino il corretto funzionamento della strumentazione e la maggior versabilità e facilità di uso in occasione di sequenze sismiche;
- progettazione e lo sviluppo dell'analisi automatica in tempo quasi-reale dei terremoti registrati dalla rete mobile in occasione di sequenze sismiche. La validità della procedura è stata testata su acquisizioni di sismicità di fondo effettuate dalla rete mobile negli ultimi anni. E' stata quindi programmata la linea di attività futura il cui obiettivo sarà quello di avere in tempo reale l'analisi sismologica di sequenze sismiche;
- conclusa la campagna di test dell'intera strumentazione in Italia meridionale (Basilicata);
- verifica continua del funzionamento della strumentazione esistente, comprese le nuove stazioni in telemetria digitale;
- è stata mantenuta la reperibilità H24 del personale, per eventuali interventi in emergenza.

RETE CGPS (GPS CONTINUO) IN ITALIA: STATO DI AVANZAMENTO E SVILUPPO

Stato di avanzamento al 31 dicembre 2006

Nel secondo semestre 2006 c'è stata una ulteriore crescita nel numero di stazioni attive o in via di costruzione della rete permanente GPS (fig. 19). Nell'area meridionale il suo sviluppo è continuato in accordo con gli obbiettivi del Progetto PROSIS finanziato dal MIUR, mentre per il centro-nord Italia sta avvenendo con i finanziamenti del Dipartimento della Protezione Civile. Valgono per la rete GPS le considerazioni fatte per la rete sismica, riguardo alla totale integrazione delle infrastrutture e dei dati per un'unica rete nazionale i cui benefici sono generali. Al termine dell'anno 2006, è stato quasi completamente raggiunto l'obiettivo di disporre di una rete GPS permanente nazionale, composta da circa 90-100 stazioni, per il monitoraggio continuo delle deformazioni della crosta terrestre, per approfondire le conoscenze dei fenomeni che guidano la sismicità e per fornire vincoli decisivi alla stima della pericolosità sismica.

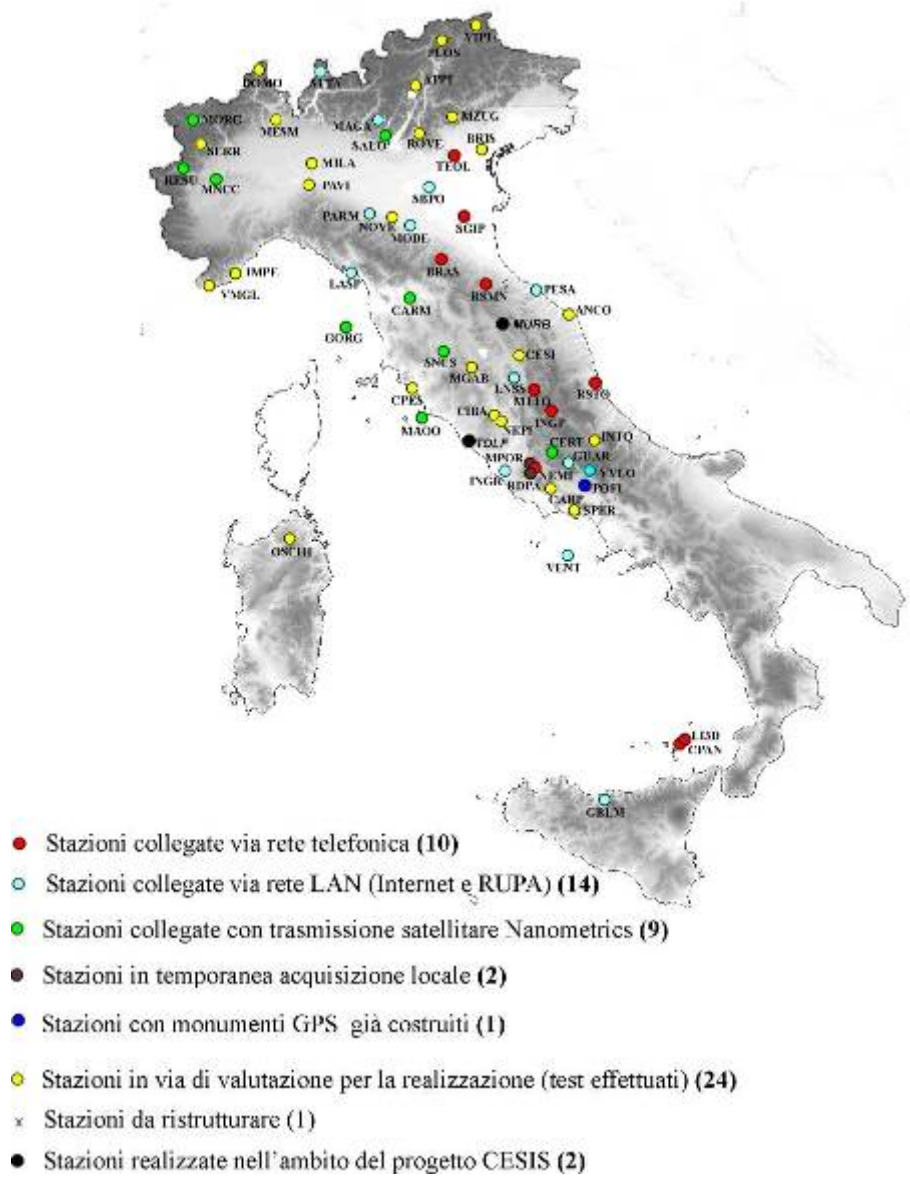


Figura 19. Rete GPS realizzata e in corso di realizzazione nell'ambito della convenzione INGV-DPC al centro-nord. Non sono mostrate le stazioni del sud Italia realizzate nell'ambito del programma MIUR "Pro.S.I.S.".

Nel mese di novembre 2006 parte dei dati RINEX e dei metadati (informazioni correlate alle stazioni) di un set di stazioni della rete vengono distribuiti attraverso il sito web INGV dedicato alla rete RING (http://ring.gm.ingv.it/). La realizzazione delle rete è avvenuta in forte sinergia con la nuova rete sismica, con cui condivide sia gran parte dei siti che la tecnologia della trasmissione dati, satellitare o RUPA. Sulla base del piano di sviluppo della rete GPS nazionale, nel secondo semestre 2006 sono stati effettuati nuovi sopralluoghi per la ricerca di nuovi siti. Sono state installate le stazioni selezionate dai sopralluoghi e test effettuati nel corso del 2005 e nel primo semestre 2006, al fine di procedere nella configurazione della rete prevista con una maglia di 50-100 km e un numero totale di circa 40 stazioni nell'area del centro nord Italia. Si prevede l'installazione della strumentazione e l'attivazione delle ulteriori stazioni nel 2007.

Mantenimento delle stazioni

Nel secondo semestre 2006, sono state effettuate missioni finalizzate al mantenimento delle stazioni. La buona qualità della strumentazione e i siti protetti hanno richiesto solo pochi interventi, perlopiù necessari per ripristinare l'alimentazione o la linea di comunicazione dati. Sono state ristrutturate completamente le stazioni di Villavallelonga e Gibilmanna ed è in via di ristrutturazione quella di Roma INGR. E' prevista a breve anche la ristrutturazione della stazione di Preturo.

Figura 20. La stazione GPS di Villavallelonga dopo la ristrutturazione. Si nota l'antenna GPS coperta dal Radome.

STAZIONI ACCELEROMETRICHE IN ITALIA SETTENTRIONALE

(a cura del Dott. Massimiliano Stucchi, Direttore della Sezione di Milano)

Come rendicontato nei precedenti rapporti, la Sezione di Milano sta sviluppando aspetti relativi all'acquisizione e gestione di dati accelerometrici nel settore dell'Italia Settentrionale. L'area di studio, come mostrato in Fig.1, ricade principalmente in Lombardia e Veneto.

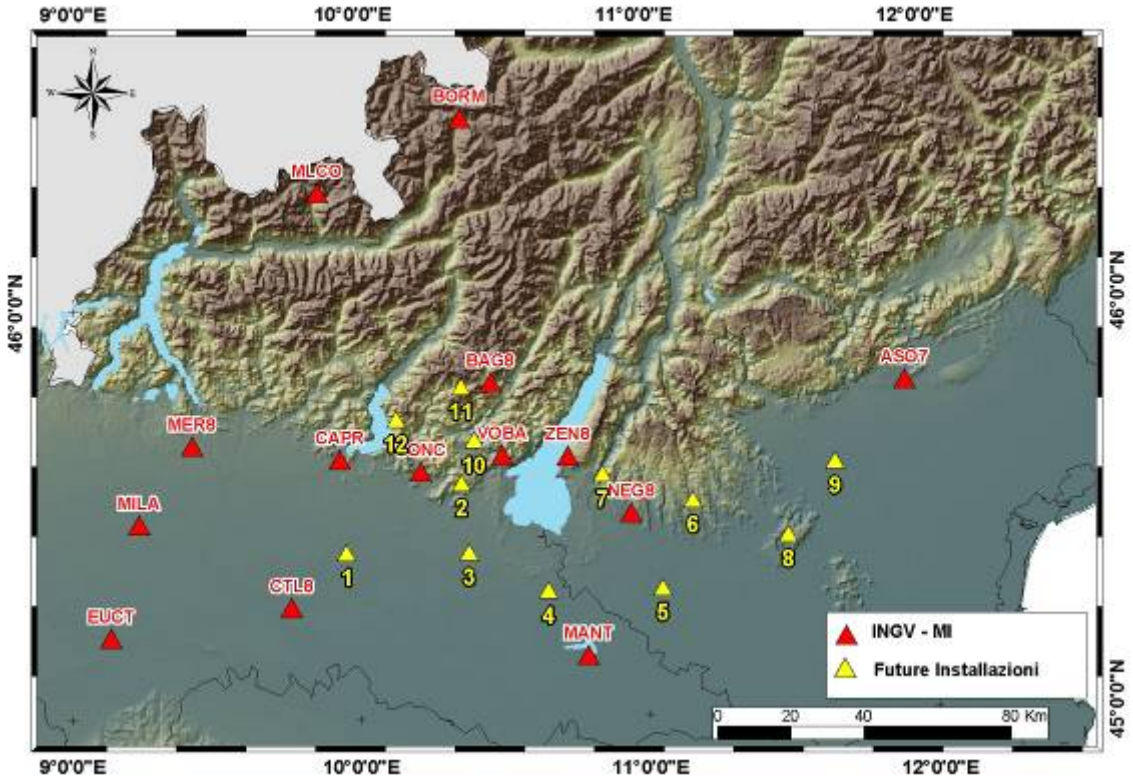


Figura 1. Stazioni di registrazione esistenti (dicembre 2006) ed in fase di installazione.

Sono state installate in totale n. 14 stazioni strong-motion, nell'ultimo semestre sono state installate n. 4 nuove stazioni (indicate in Fig. 1 con le sigle MLCO, BORM, MANT, ASO7).

Un buon banco di prova, per valutare il funzionamento ed il rendimento delle nuove installazioni, è stato fornito dall'esame delle registrazioni ottenute il 20 ottobre 2006, per un evento di magnitudo 3.8 (Tempo Origine, espresso in ore GMT, 00:11:58.29; longitudine 10.36 E; latitudine 45.72 N; profondità 5.0 km).

Dall'analisi di figura 2 si nota come le stazioni strong-motion INGV-MI, installate nel corso di tale progetto, permettano di ottenere informazioni molto utili già per un evento di moderata magnitudo. In particolare è possibile usufruire di 14 registrazioni nei primi 100 km di distanza ipocentrale (9 da stazioni INGV-MI) e di 4 nei primi 20 km (di cui 3 INGV-MI). Molto interessante è anche la variabilità, sino ad un ordine di grandezza, nel valore del picco in accelerazione a parità di distanze ipocentrali, ricollegabile principalmente ad effetti di sito e di sorgente (direttività).

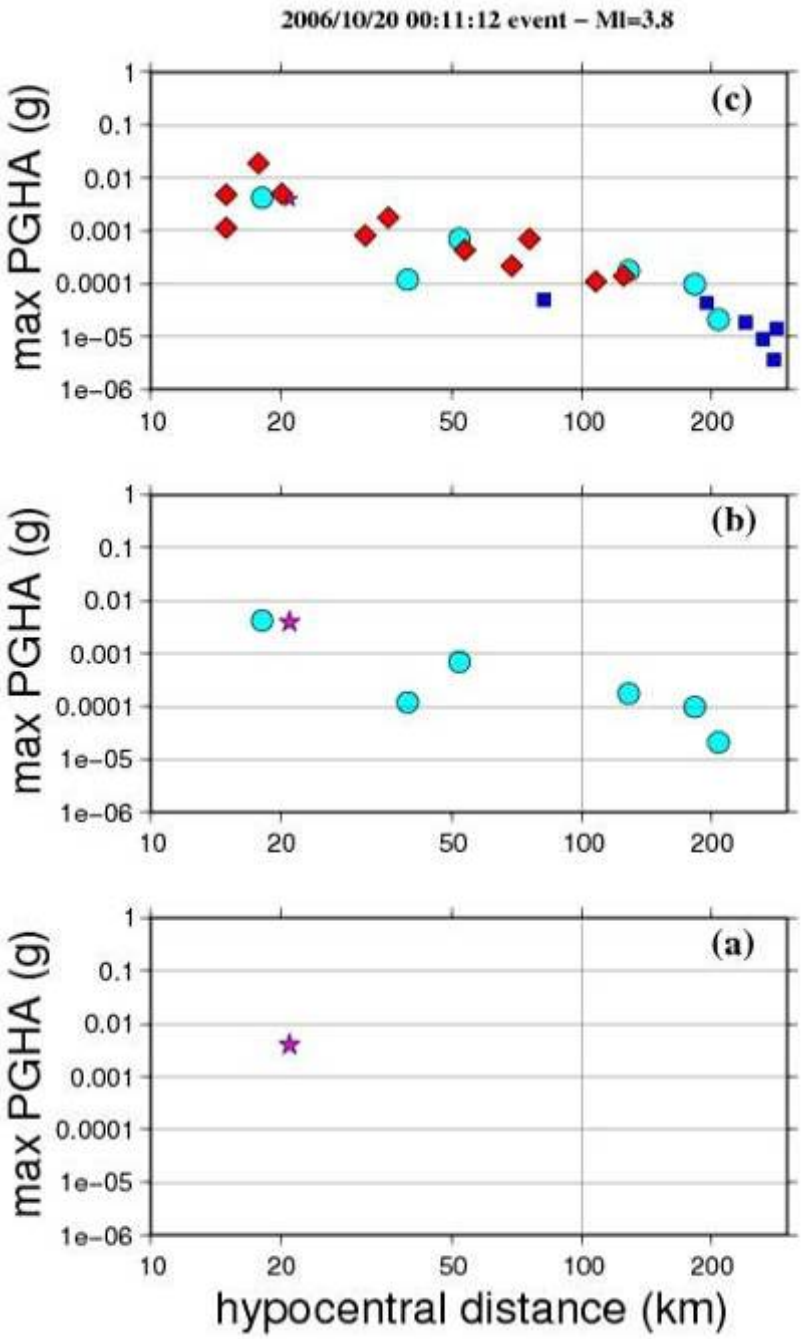


Figura 2. Picchi in accelerazione in funzione della distanza ipocentrale. a) stazioni strong-motion SSN (asterisco); b) SSN e INGV-CNT satellitari (cerchi); c) SSN, INGV-CNT satellitari, stazioni strong-motion INGV-MI (rombi) e Swiss Digital Seismic Network (quadrati).

Infine, il sito web del progetto (http://accel.mi.ingv.it) è stato sottoposto ad una revisione, aggiornando e ristrutturando la grafica. Nel sito, è stato inoltre implementato un nuovo collegamento per la descrizione della "Caratterizzazione dei siti" di installazione delle stazioni sismiche. Tale caratterizzazione, oltre che in base alle unità litologiche, viene effettuata considerando i rapporti spettrali (da noise e da terremoti) e tenendo conto della loro stabilità nel tempo.

VULCANI DELL'AREA NAPOLETANA E STROMBOLI

(a cura del Dott. Giovanni Macedonio, Direttore dell'Osservatorio Vesuviano)

MONITORAGGIO SISMICO[1]

Introduzione

La Rete Sismica delle aree vulcaniche napoletane

La Rete Sismica dell'Osservatorio Vesuviano (RSOV) è costituita da stazioni sismiche a corto periodo (20 a componente verticale e 12 a 3 componenti analogiche, una a 3 componenti digitale), da stazioni digitali a larga banda (8 a 3 componenti), da dilatometri (6 volumetrici in pozzo), da un array sismico (16 elementi a 3 componenti e corto periodo) e da un microfono infrasonico. 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 nelle aree del Vesuvio e dei Campi Flegrei anche alcuni eventi sismici con M<=1. I segnali delle stazioni della RSOV sono centralizzati presso il Centro di Monitoraggio di Via Diocleziano, in parte transitando per il Centro di Acquisizione di Posillipo in via Manzoni. Il Centro di Posillipo, che è 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 su linee telefoniche dedicate ed ospita i sistemi di acquisizione in formato numerico dei segnali ricevuti. Nello stesso Centro vengono acquisiti anche i dati di alcune stazioni digitali del Vesuvio, tra cui l'array sismico, trasmessi tramite un ponte wireless dalla sede storica dell'OV. Dal Centro di Posillipo tutti i segnali sono convogliati al Centro di Monitoraggio in via Diocleziano tramite rete intranet e protocollo TCP/IP su linea numerica dedicata da 2 Mb/s. Le rimanenti stazioni broadband digitali che utilizzano per la trasmissione dei segnali linee ADSL e rete GARR, la stazione broadband SOB ed il microfono SFB, che trasmettono i segnali via wireless, sono direttamente centralizzati al Centro di Monitoraggio di Via Diocleziano. Il flusso dati complessivo realizzato dalla rete RSOV è di circa 3.7 GBytes/giorno. In Tab.1 sono riportati i dettagli di configurazione delle stazioni della rete permanente OV e nella Fig.1 è rappresentata la relativa mappa. Le stazioni analogiche sono equipaggiate con sismometri a corto periodo (1s); quelle a componente verticale con sensori Mark L4-C o Geotech S13, mentre quelle a tre componenti sono dotate di sensori Mark L4-3D o terne di sensori Geotech S13. Gli apparati di amplificazione e modulazione sono stati sviluppati e realizzati dal Laboratorio di Manutenzione e Sviluppo della Rete Sismica (sistema MARCAP). La trasmissione dei segnali è effettuata prevalentemente mediante telemetria UHF, con apparati radio sintetizzati a banda stretta (ERE PMDU2000), programmabili via porta RS-232 su tutta la banda operativa (430-450 MHz). Per

[1] A cura di: M. Martini, G. Borriello, C. Buonocunto, M. Capello, A. Caputo, L. D'Auria, W. De Cesare, A. Esposito, F. Giudicepietro, D. Lo Bascio, M. Orazi, R. Peluso, P. Ricciolino, G. Scarpato, G. Talarico

alcune stazioni (NIS, STH, DMP, SFT, PE9 e TR9) la trasmissione è realizzata mediante linea telefonica dedicata (CDA). Le stazioni digitali a larga banda sono equipaggiate con sensori a 3 componenti Guralp CMG-40T con risposta tra 60s e 50Hz, quelle a corto periodo (array Vesuvio e stazione OV2) con sensori Lennartz LE3D da 1s. I dati sono acquisti localmente in formato numerico a 100 cps da apparati di acquisizione realizzati dall'INGV e trasmessi in continuo via porta seriale RS-232 a 9600 baud mediante telemetria UHF e wireless. Gli apparati ricetrasmettitori UHF sono costituiti da radio-modem SATEL mod. SATELLINE 3AS a banda stretta con canalizzazione a 12.5 kHz. Per tutte le stazioni il sistema di alimentazione primaria è garantito dalla linea elettrica o da pannelli solari da 75W. Un sistema di alimentazione a tampone, con caricabatteria KERT da 3A e batterie al piombo sigillate FIAMM da 70 Ah, garantisce un'autonomia di 3-4 giorni in caso di interruzione della corrente elettrica.

Tabella 1. Stazioni della RSOV al 31/12/2006.

Stazione	Sigla	Tipologia	Trasmissione
Arco Felice	ARCO	Dilatometro + Broadband	Link ADSL
Array Vesuvio	ARV	16 Digitali 3C	Fibra ottica+Wireless
Astroni Est	ASE	Analogica 1C	Radio diretta
Astroni Ovest	ASO	Analogica 1C	Radio diretta
Baia	BAC	Analogica 1C	Radio diretta
Array Bunker Est 1	BE1	Analogica 1C	Radio ponte su PPV
Array Bunker Est 2	BE2	Analogica 1C	Radio ponte su PPV
Array Bunker Est 3	BE3	Analogica 1C	Radio ponte su PPV
Bunker Est	BKE	Analogica 3C	Radio ponte su PPV
Castello Aragonese	CAI	Analogica 3C	Radio diretta
Posillipo	CAP	Analogica 1C	Diretta via cavo
Camaldoli della Torre	CMDT	Dilatometro + Broadband	Link ADSL
Cappella Vecchia	CPV	Analogica 3C	Radio diretta
Deposito Marina	DMP	Analogica 3C	Linea telefonica CDA
Osservatorio Vesuviano	EROV	Dilatometro	Fibra ottica+Wireless
Forio d'Ischia	FO9	Analogica 1C	Radio ponte su Massico
Ercolano	HR9	Analogica 1C	Radio diretta
Monte Ruscello	MRUS	Dilatometro+ Broadband	Link ADSL
Dip. Fisica M.S. Angelo	MSA	Broadband	Link Internet GARR
Monte Massico	MSC	Analogica 1C	Radio ponte sul Vesuvio
Monte Stella	MT9	Analogica 1C	Radio diretta
Nisida	NIS	Analogica 3C	Linea telefonica CDA
Nola	NL9	Analogica 1C	Radio diretta
Casamicciola	OC9	Analogica 3C	Radio diretta
Ottaviano	OTV	Analogica 1C	Radio ponte su Nola
Osservatorio Vesuviano	OVB	Broadband	Fibra ottica+Wireless verso Posillipo
Osservatorio Vesuviano	OVO	Analogica 3C	Radio diretta
Vesuvio Cratere	OV2	Digitale 3C	Ponte wireless verso Sede Storica OV
Pescosannita	PE9	Analogica 1C	Linea telefonica CDA

Pollena	POB	Broadband	Radio diretta
Pozzuoli	POZ	Analogica 1C	Radio ponte su BAC
Pompei	PPV	Analogica 1C	Radio diretta
Quarto	QUAR	Dilatometro + Broadband	Link ADSL
S.Anastasia	SANA	Dilatometro	Link ADSL
Solfatara microfono	SFB	Microfono	Wireless verso via Diocleziano
Solfatara	SFT	Analogica 3C	Linea telefonica CDA
San Gregorio Matese	SGG	Analogica 3C	Radio ponte sul Vesuvio
Solfatara	SOB	Broadband	Wireless verso via Diocleziano
Sorrento	SOR	Analogica 3C	Radio diretta
S. Maria del Castello	SMC	Analogica 1C	Radio ponte su Nola
Solfatara Tennis Hotel	STH	Analogica 3C	Linea telefonica CDA
San Sebastiano	SSB	Analogica 1C	Radio diretta
Torre del Greco	TDG	Analogica 1C	Radio diretta
Terzigno	TRZ	Analogica 1C	Radio ponte su PPV
Trevico	TR9	Analogica 3C	Linea telefonica CDA

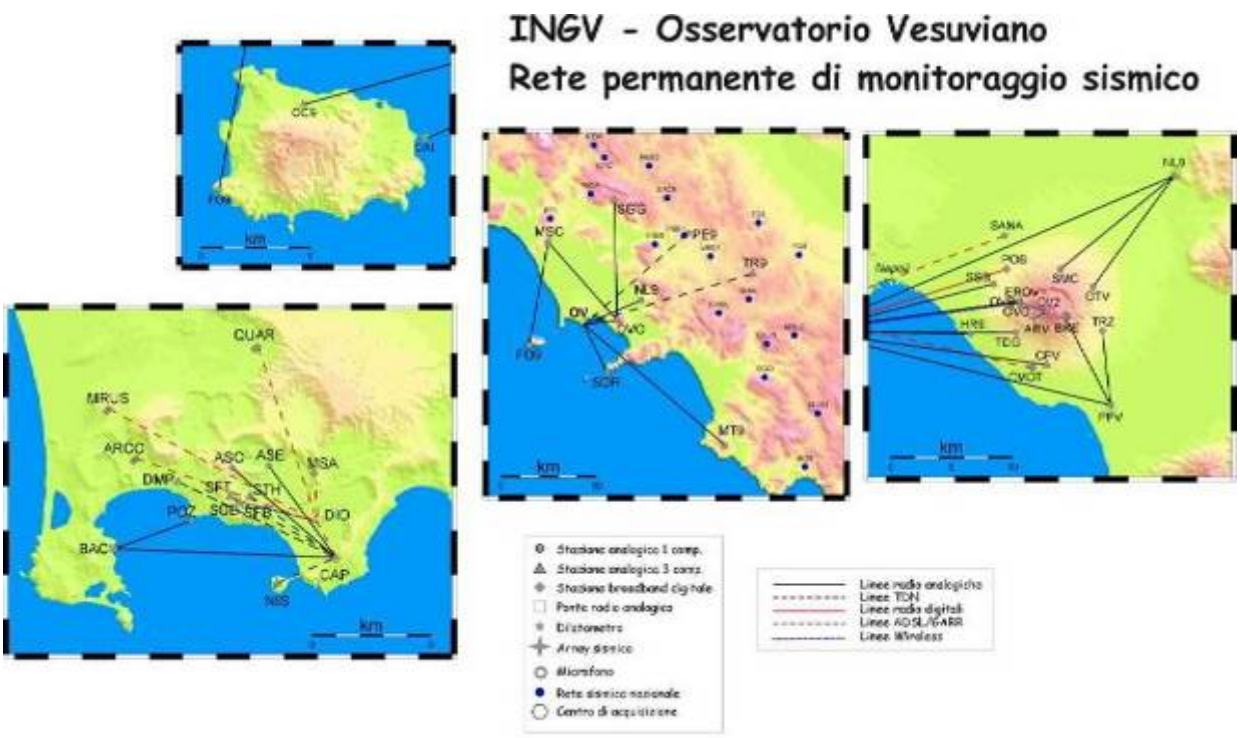


Figura 1. Mappa della Rete Sismica

La Rete Sismica Broadband di Stromboli

La Rete Sismica Broadband di Stromboli (RSBS), la cui installazione è iniziata nel Gennaio 2003 a seguito dell'emergenza per la crisi eruttiva della fine Dicembre 2002, consta attualmente di 13 stazioni (Fig.2 e Tab.3) dotate di sensore broadband Guralp CMG40T ed acquisitore digitale GAIA sviluppato dall'INGV. I segnali delle stazioni sono centralizzati via radiomodem UHF, wireless e

fibra ottica presso i due centri di acquisizione locali di Stromboli (presso COA) e Lipari (presso l'Osservatorio INGV). Da qui sono ritrasmessi, tramite rete GARR, alle sezioni INGV di Catania, CNT di Roma ed "Osservatorio Vesuviano" di Napoli. Nel corso del II semestre 2006 è stato installato e reso operativo un dilatometro in località Timpone del Fuoco (TDF) presso Ginostra ed è stata portata a termine l'installazione di un secondo presso il COA, in località S.Vincenzo. La trasmissione dei dati del dilatometro TDF, insieme a quelli delle stazioni STR4, STRC ed STRE, avviene attraverso un'infrastruttura wireless appositamente realizzata che attualmente consiste in 9 nodi in grado di coprire circa il 75% del perimetro dell'isola (Fig. 3). Nel corso del II semestre 2006 la stazione STRF è stata sostituita con la nuova STRG, posizionata sempre in località Labronzo ed in trasmissione wireless.

Tabella 2. 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 (ex STR2)	Radiomodem Stromboli
Serro delle Capre	STRB (ex STR7)	Radiomodem Lipari
Timpone del Fuoco	STRC	Wireless+Fibra ottica
Serro Barabba	STRD	Radiomodem Lipari
Filo del Fuoco	STRE	Radiomodem Labronzo+Fibra ottica
Labronzo	STRG	Radiomodem Labronzo+Fibra ottica

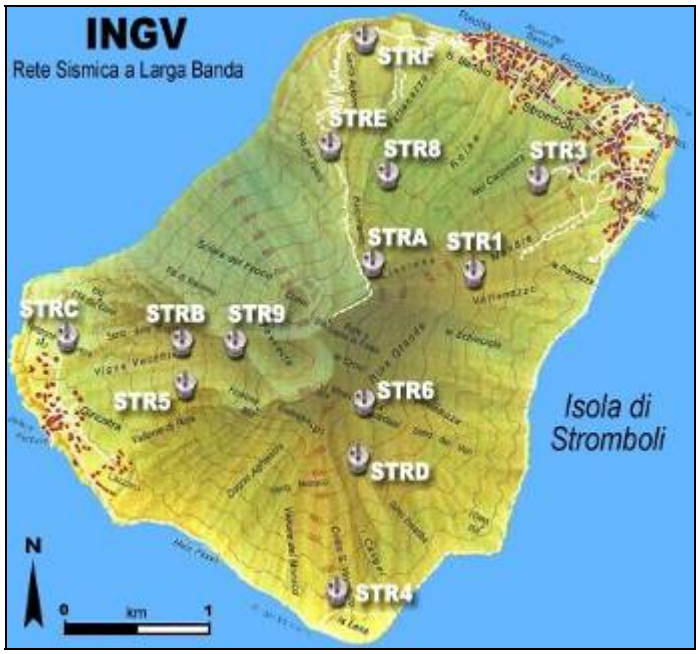


Figura 2. Mappa della Rete Sismica Broadband di Stromboli.

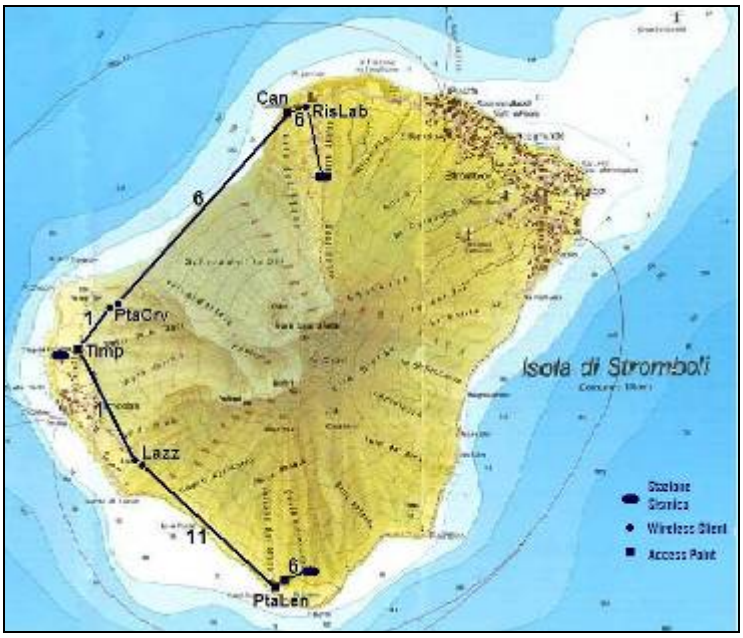


Figura 3. Mappa della rete wireless di Stromboli.

Sala di monitoraggio

Presso la sala di monitoraggio dell'Osservatorio Vesuviano sono centralizzati i dati delle reti sismiche RSOV ed RSBS ed operano i diversi sistemi di analisi dei segnali per le attività di sorveglianza del Vesuvio, dei Campi Flegrei e di Ischia e, dal maggio 2003, dello Stromboli. La sala, che riceve dalle varie aree monitorate i dati trasmessi da 55 stazioni sismiche tra monocomponenti e triassiali, da 7 stazioni dilatometriche (per un minimo di 3 canali ciascuna), da un array sismico e da un microfono, per un totale superiore a 190 canali ed un flusso dati di circa 1.5 TB/anno, 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 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 è anche utilizzato Earthworm (USGS) per le localizzazioni automatiche degli eventi sismici delle aree flegrea e vesuviana e per l'importazione e l'esportazione dei dati da e verso le altre sezioni INGV e dai sistemi di acquisizione remoti (array sismico, Centro Posillipo, COA Stromboli, Osservatorio Lipari).

Analisi e archiviazione dei dati

I dati acquisiti dalla rete sismica EROV sono analizzati quotidianamente dal personale del Laboratorio Sismico che effettua il riconoscimento, la classificazione, la stima della Magnitudo e la localizzazione ipocentrale degli eventi. Il Laboratorio Sismico, oltre all'aggiornamento dei cataloghi sismici delle aree vulcaniche monitorate, effettua analisi di maggior dettaglio degli eventi di particolare interesse. I risultati delle analisi (letture delle fasi, parametri ipocentrali) e le forme

d'onda sono inseriti in una banca dati relazionale (GeoVes). Nel database GeoVes sono inseriti anche i segnali acquisiti da alcune stazioni MARS5800 della rete mobile del Vesuvio (Fig. 4) e della stazione CSI ai Campi Flegrei. Dotata di un'interfaccia web dinamica per un accesso rapido ai dati, tale struttura consente, in maniera immediata, analisi statistiche su tutto il data set archiviato. Oltre al database GeoVes dei dati rivisti manualmente, 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. Il sistema archivia i parametri di localizzazione automatica in un database relazionale (MySQL) e facilita l'accessibilità a segnali e parametri archiviati mediante pagine web dinamiche. Le forme d'onda di tutte le stazioni a 3 componenti della RSOV, sia analogiche che digitali, della rete a larga banda dello Stromboli e della rete di dilatometri sono archiviate in maniera completa, mentre per le restanti stazioni monocomponente sono archiviate solo le forme d'onda relative agli eventi rilevati. I segnali delle stazioni sismiche di Stromboli sono analizzati da sistemi automatici in tempo reale che forniscono parametri 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 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) e resi accessibili tramite un'interfaccia WEB (EOLO). I dati ed i parametri forniti in tempo reale dal sistema EOLO sono utilizzati per la compilazione dei bollettini quotidianamente emessi dall'Osservatorio Vesuviano sulla sismicità dello Stromboli.

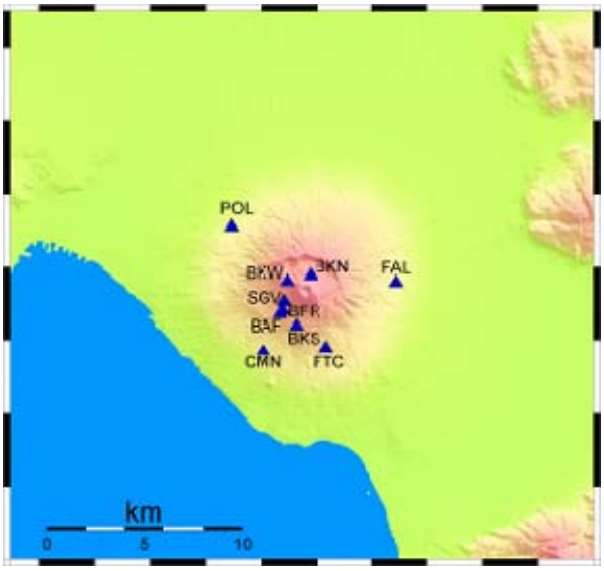


Figura 4. Stazioni della rete mobile vesuviana inserite nel database GeoVes.

I dati acquisiti dall'array sismico ARV sono analizzati in tempo reale dal sistema SPARTACO. Il sistema è in sviluppo e l'analisi attuale consiste nel calcolo dello spettro di slowness (1/velocità) apparente, tramite l'algoritmo ad alta risoluzione CSS-MUSIC e su una banda di frequenza predefinita, e dei parametri cinematici del picco massimo dello spettro. I parametri dell'analisi, realizzata ogni 5s, sono archiviati in continuo su un database relazionale e sono accessibili attraverso interfaccia web dinamica su rete Intranet. In Fig. 5 è rappresentata la geometria dell'array, mentre in Fig. 6 sono rappresentati un tipico spettro di slowness e una serie temporale di 24h con i valori del backazimuth (direzione di provenienza del segnale).

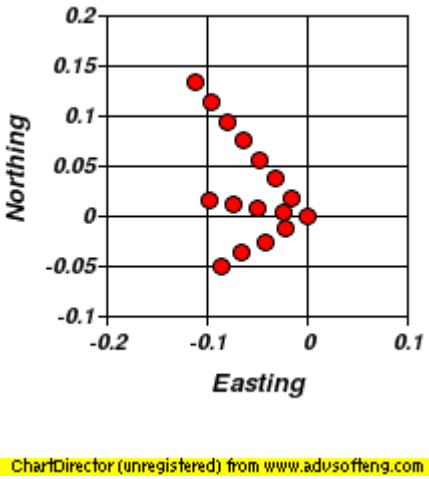


Figura 5. Geometria dell'array. I valori di lunghezza sono in Km.

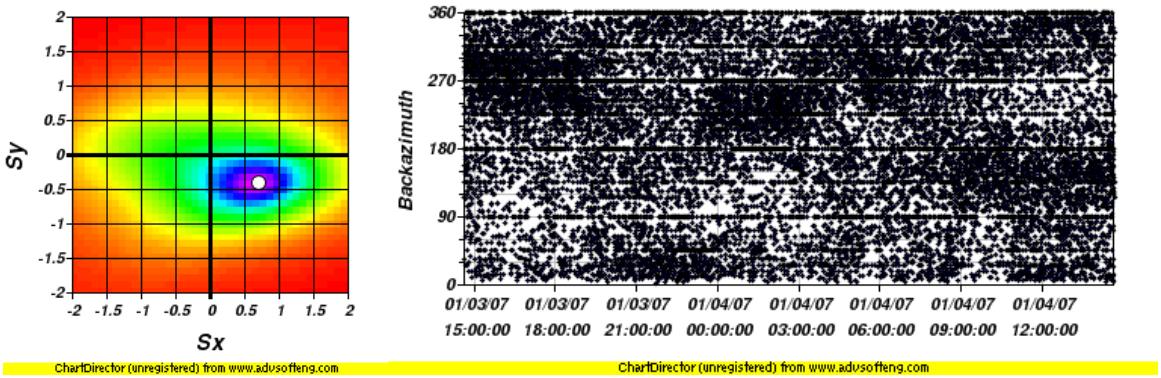


Figura 6. Sulla sinistra è rappresentato in tipico spettro di slowness calcolato su una finestra di 5 s dal sistema SPARTACO. Sulla destra è rappresentata una serie temporale con i valori di backazimuth della fase dominante, su una finestra di 24h.

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. Per il catalogo delle localizzazioni automatiche (WBSM) delle aree vulcaniche monitorate della Regione Campania è attiva un'interfaccia WEB realizzata mediante tecnologie ASP e Java, anche questa accessibile pubblicamente dal link sulla homepage http://www.ov.ingv.it dell' Osservatorio Vesuviano, o direttamente all'indirizzo http://193.206.115.71:8585/servlet/Eqvedi?id=-1. Essa consente di accedere ai parametri ipocentrali degli eventi recenti e di visualizzare in maniera interattiva le tracce sismiche degli eventi rilavati. Per l'accesso congiunto ai dati rilevati dai sistemi automatici ed a quelli supervisionati manualmente, rispettivamente archiviati nei database WBSM e GeoVes, è stata recentemente realizzata un'interfaccia unica (PLINIO), basata su tecnologie PHP e Java, al momento limitata ad un uso interno. Essa permette, in modo rapido e sintetico grazie ai vari formati di uscita, la realizzazione di tabelle e grafici aggiornati sia sulla sismicità più recente, rilevata automaticamente, che sul record storico, consentendo l'analisi ed il confronto anche di lunghe sequenze temporali. Molte delle figure riportate nel presente rapporto sono state realizzate usando l'interfaccia PLINIO.

Sismicità

Nel corso del II semestre 2006 la rete sismica permanente dell'Osservatorio Vesuviano ha registrato 1965 eventi, di cui 297 identificati come artificiali (probabili esplosioni) (Tab. 3). La distribuzione per area geografica degli eventi registrati è mostrata in Fig. 7, mentre la distribuzione per tipologia è riportata in Fig. 8.

Tabella 3 – Eventi locali registrati dalla rete sismica, raggruppati per tipologie ed area.

	VESUVIO	CAMPI FLEGREI	ISCHIA	REGIONE CAMPANIA	TOTALE
TERREMOTI	318	166	0	184	**668**
LONG PERIOD	0	877	0	0	**877**
ESPLOSIONI	204	29	0	64	**297**
FRANE	37	0	0	0	**37**
ALTRO	58	19	1	8	**86**
TOTALE	**617**	**1.091**	**1**	**256**	**1.965**

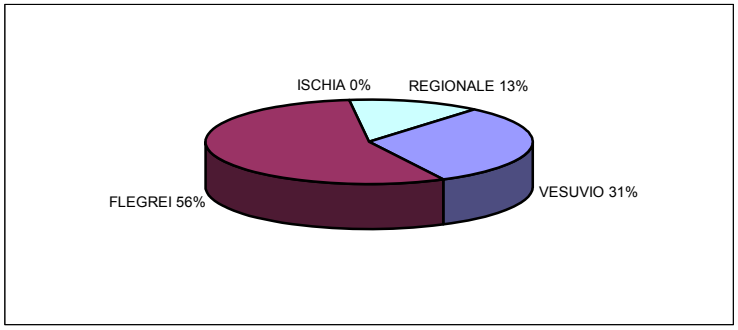


Figura 7. Distribuzione percentuale degli eventi per area geografica nel II semestre 2006.

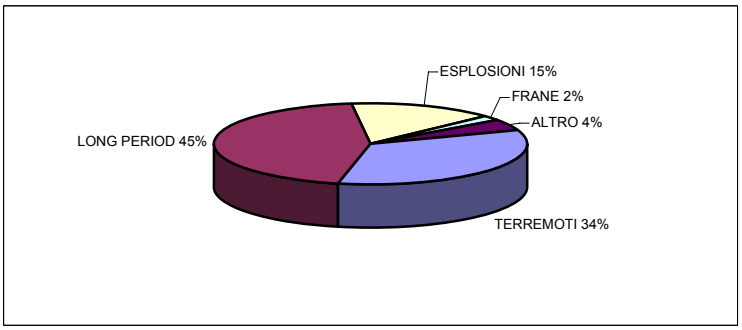


Figura 8. Distribuzione percentuale degli eventi per tipologia nel II semestre 2006.

Vesuvio

Nel corso del II semestre 2006, la rete sismica del Vesuvio (Fig. 9) ha registrato un totale di 617 eventi locali, ripartiti nelle diverse tipologie riportate in Fig. 10.

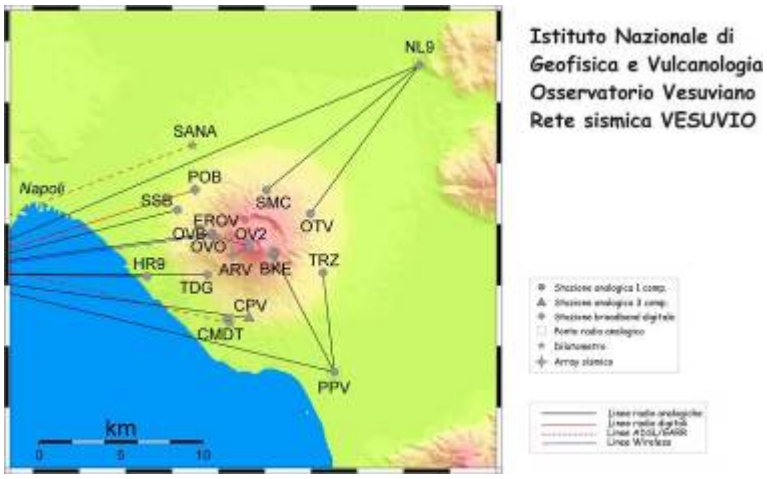


Figura 9. Dettaglio della rete sismica del Vesuvio.

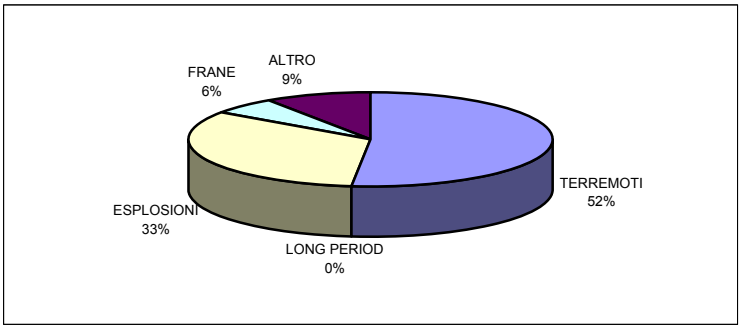


Figura 10. Distribuzione percentuale degli eventi vesuviani per tipologia nel II semestre 2006.

Per quanto riguarda l'attività sismica naturale nel corso del II semestre 2006 sono stati registrati 318 terremoti, la maggior parte dei quali di magnitudo inferiore a 2.0 (Fig. 15). Il numero totale di eventi registrati non si discosta significativamente da quello medio degli anni precedenti (Fig. 11), anche se è visibile negli ultimi 4 anni un andamento in progressiva crescita della frequenza annuale, dopo il basso valore del 2002. Viceversa non si evidenziano particolari trend né nella frequenza di accadimento mensile (Fig. 12), né nelle profondità ipocentrali (Fig. 14), né nella distribuzione temporale delle magnitudo (Fig.15).

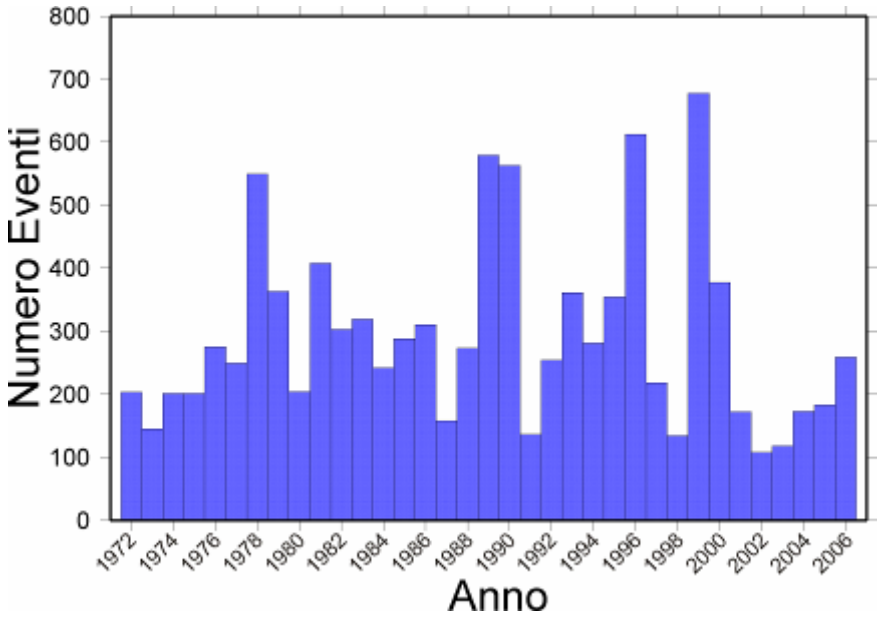


Figura 11. Numero di eventi sismici vesuviani per anno (registrati alla stazione OVO) dal 1972 al 2006.

Tutti i terremoti localizzabili risultano al di sotto dell'area craterica, con ipocentri fortemente concentrati nei primi tre chilometri di profondità (Figg. 13 e 14). Il modello di velocità attualmente utilizzato è stato introdotto dal gennaio 2001 e deriva dai risultati della tomografia sismica. Tale modello a strati omogenei è riportato nella Tab. 4, mentre il rapporto Vp/Vs è stato assunto costante, pari a 1.9. I parametri ipocentrali degli eventi di magnitudo maggiore o uguale a 2.0 sono riportati in Tab. 5.

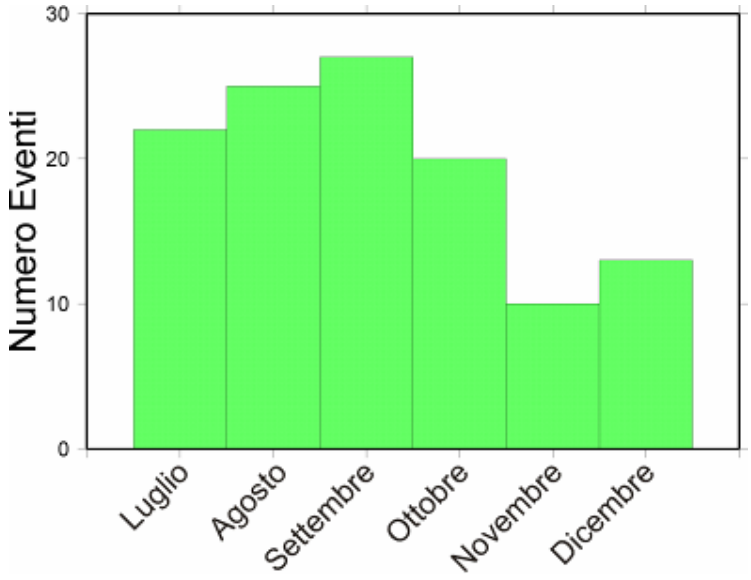


Figura 12. Frequenza mensile dell'accadimento dei terremoti (registrati alla stazione OVO) nel II semestre 2006.

Tabella 4. Modello di velocità del Vesuvio.

Profondità iniziale (km)	Profondità finale (km)	Vp (km/s)
Topografia	0	2
0	2	3
2	semispazio	6

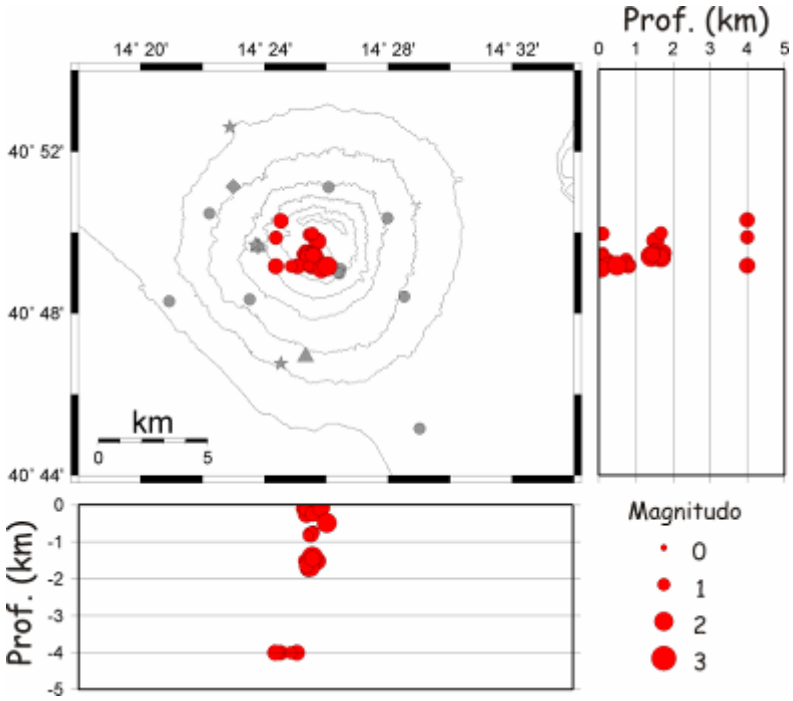


Figura 13. Localizzazione degli ipocentri nell'area vesuviana durante il II semestre 2006.

Tabella 5. Parametri ipocentrali degli eventi con M ≥ 2.0 durante il II semestre 2006.

Data	Ora	Lat	Long	Prof. (Km)	Md
2006/08/28	19:58:19	40°49'24"	14°25'34"	1.41	2.4
2006/08/31	10:45:32	40°49'22"	14°25'30"	1.68	2.1
2006/12/06	05:44:37	40°49'10"	14°26'02"	0.49	2.2

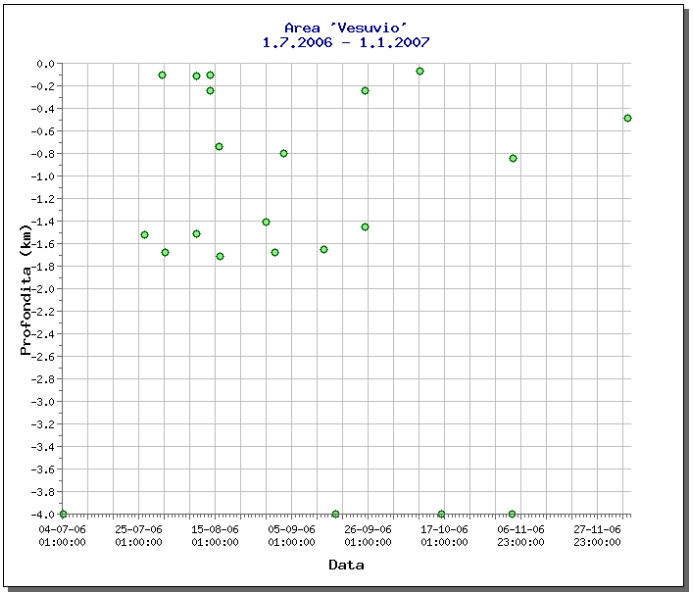


Figura 14. Variazione temporale della profondità ipocentrale dei terremoti vesuviani nel corso del II semestre 2006.

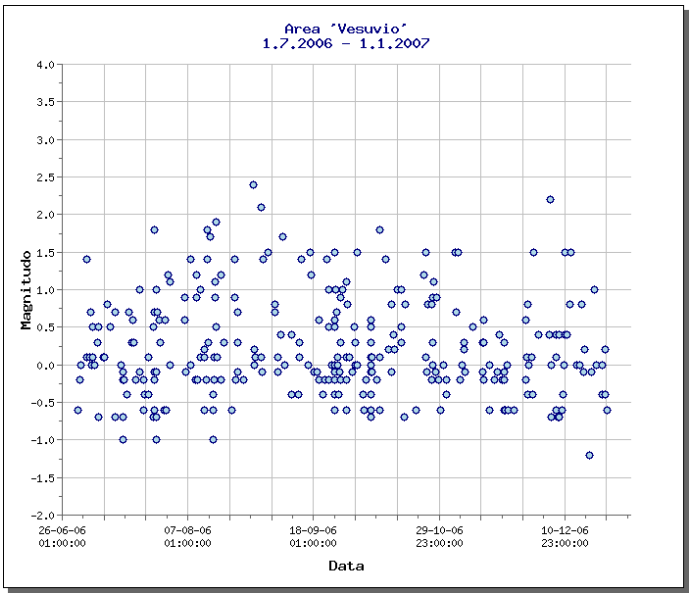


Figura 15. Variazione temporale della magnitudo dei terremoti vesuviani nel corso del II semestre 2006.

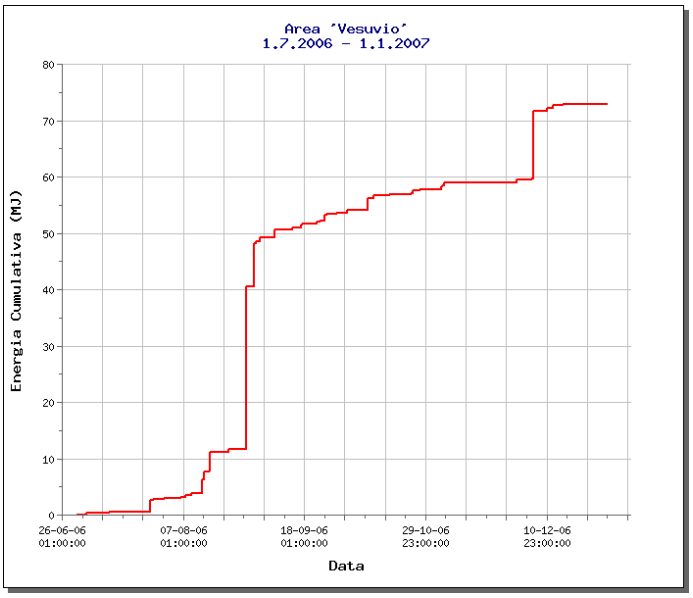


Figura 16 – Andamento cumulativo dell'energia rilasciata dai terremoti vesuviani nel corso del II semestre 2006, calcolato attraverso la relazione: log E = 9.9 + 1.9 M.

La maggior parte dei segnali sismici transienti registrati nell'area vesuviana (Fig. 10) 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".

Campi Flegrei

Nel corso del II semestre 2006 le stazioni installate nell'area flegrea (Fig. 17) hanno registrato 1.043 eventi sismici di piccola magnitudo. Di questi, 166 sono stati classificati come vulcano-tettonici e 877 come Long Period. La maggior parte degli eventi vulcano-tettonici, sono stati registrati tra il 19 ed il 28 Ottobre (Fig. 22). La magnitudo di questi eventi è in genere inferiore ad 1.0. In Tab. 6 sono riportati gli eventi con M>=1.0. Le localizzazioni (Fig. 19) sono state effettuate secondo il modello di velocità riportato in Tab. 7.

Tabella 6. Parametri ipocentrali degli eventi (M>=1.0) registrati nel II semestre 2006 ai Campi Flegrei.

Data	Ora	Lat	Long	Prof. (Km)	Md
2006/12/20	23:53:06	40°49'34"	14°08'56"	1.83	1.1
2006/12/21	22:25:32	40°50'16"	14°08'36"	1.16	1.4
2006/12/21	22:42:16	40°50'18"	14°08'44"	0.94	1.1

Tabella 7. Modello di velocità dei Campi Flegrei.

Profondità iniziale (Km)	Profondità finale (Km)	Vp (Km/s)
0	0.5	1.7
0.5	1.0	2.0
1.0	3.0	3.0
3.0	10.0	5.5
10.0	23.0	5.7
23.0	37.0	6.7
37.0	Semispazio	8.2

Il rapporto Vp/Vs è assunto costante e pari a 1.7. La maggior parte degli eventi localizzati (Fig. 19) ricade nell'intorno della Solfatara. Tale area è la stessa interessata dalla maggior parte degli eventi sismici negli ultimi anni. Oltre agli eventi sismici naturali, sono state registrate anche 29 esplosioni artificiali nel Golfo di Pozzuoli.

Figura 17. Dettaglio della rete sismica dei Campi Flegrei.

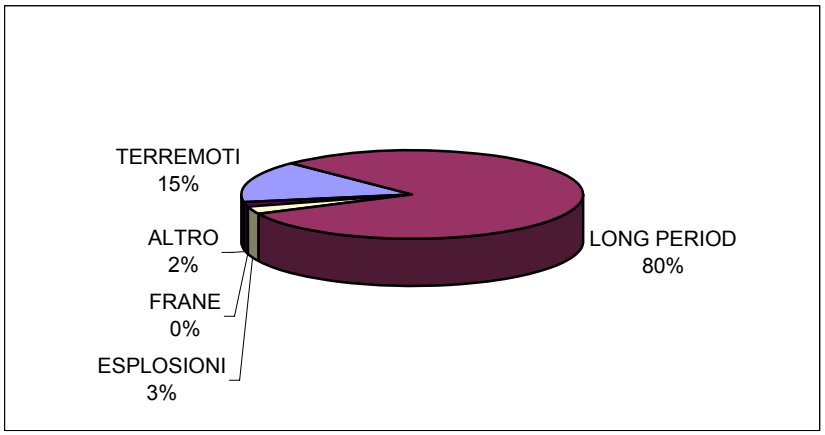


Figura 18. Distribuzione percentuale degli eventi flegrei per tipologia nel II semestre 2006.

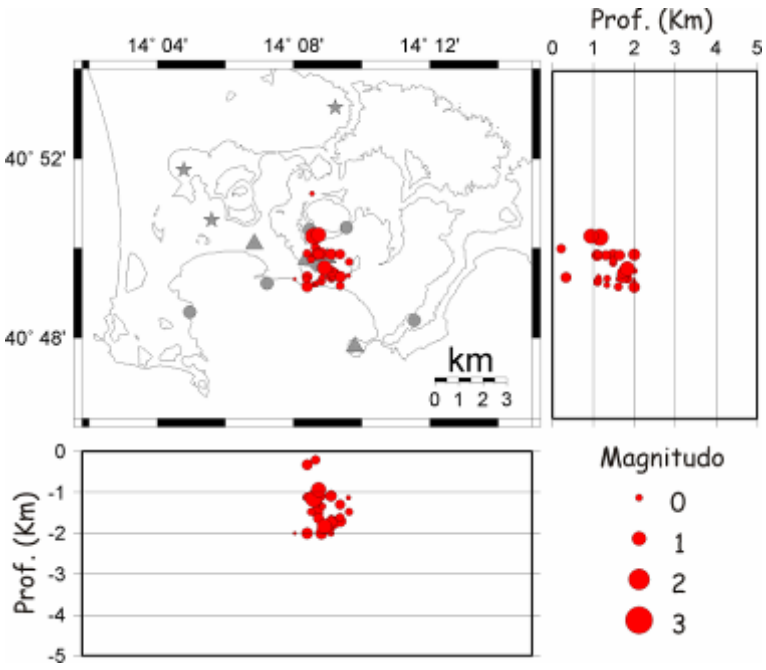


Figura 19. Localizzazione degli ipocentri vulcano-tettonici nell'area flegrea durante il II semestre 2006.

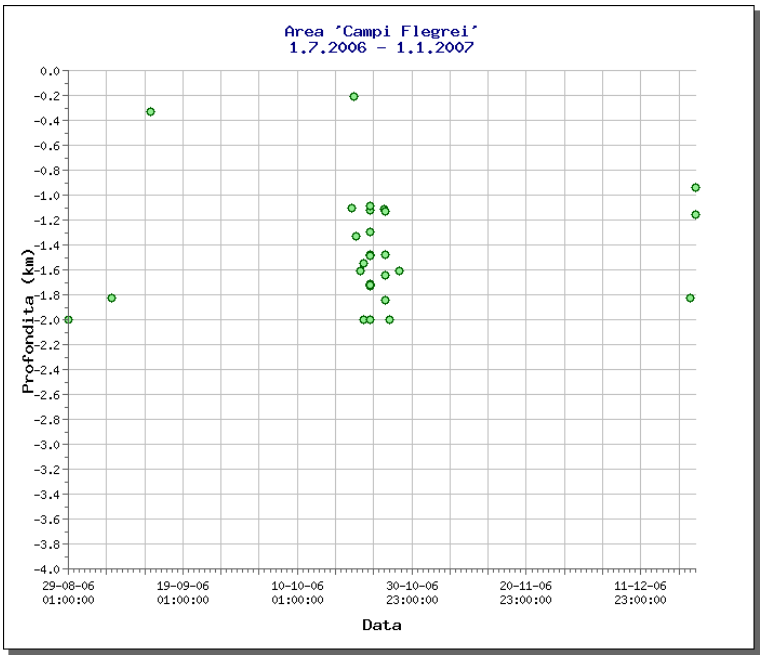


Figura 20. Variazione temporale della profondità ipocentrale dei terremoti vulcano-tettonici flegrei nel corso del II semestre 2006.

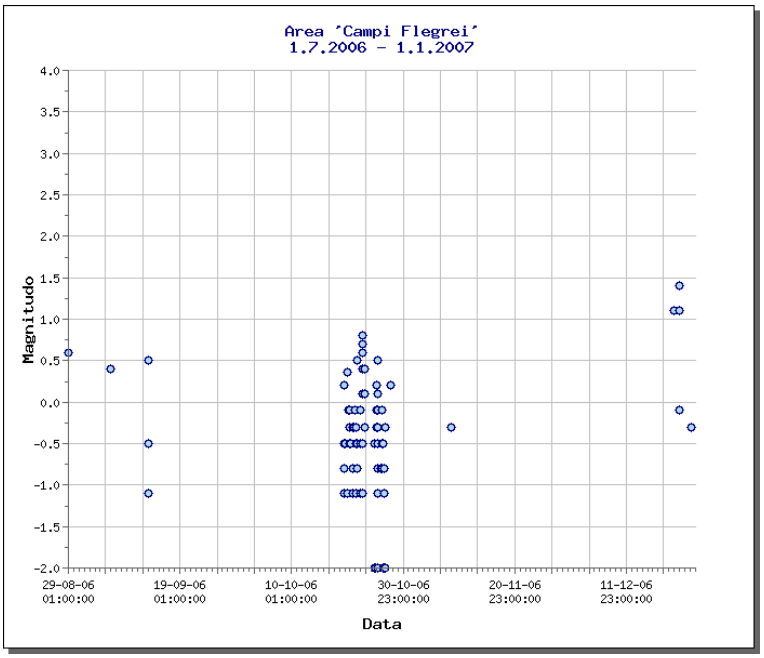


Figura 21. Variazione temporale della magnitudo dei terremoti vulcano-tettonici flegrei nel corso del II semestre 2006.

Eventi Long Period

Tra il 23 ed il 30 Ottobre 2006 sono stati registrati ai Campi Flegrei un totale di circa 877 eventi classificati come Long Period (LP). La distribuzione temporale giornaliera di tali eventi è mostrata in Fig. 22.

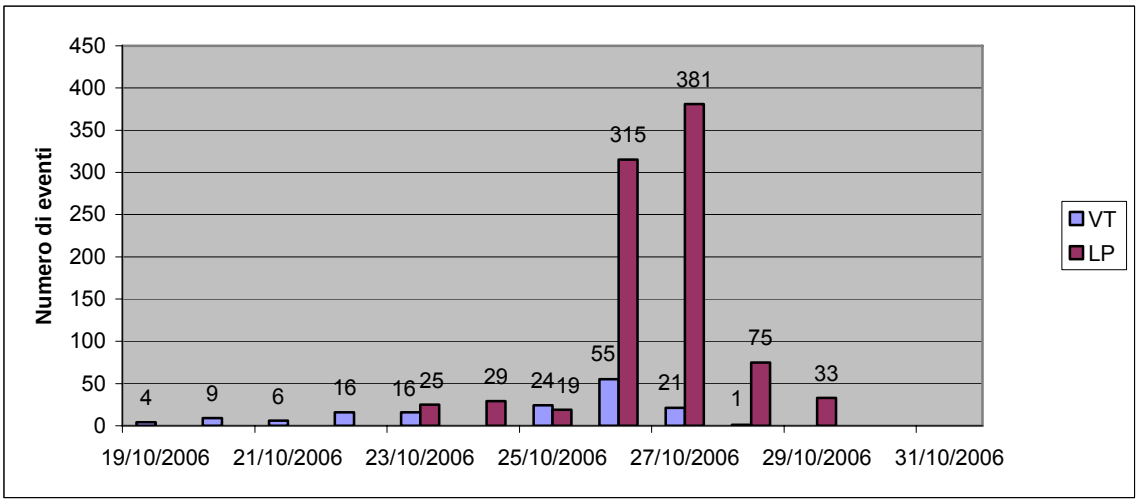


Figura 22. Distribuzione temporale degli eventi vulcano-tettonici (VT) e Long Period (LP) tra il 19/10/2006 ed il 31/10/2006.

In Fig. 23 sono rappresentate le forme d'onda di uno questi eventi ed in Fig. 24 lo spettrogramma alla stazione SOB. Confrontati con gli eventi LP registrati nel Luglio 2000 e nel Marzo 2005, questi recenti si caratterizzano per la bassa frequenza (<1 Hz) (Fig. 24). Il picking dei primi arrivi è reso

difficile dall'assenza di una chiara fase iniziale e per questo le localizzazioni sono molto imprecise. In generale esse mostrano che, globalmente, l'area epicentrale è nell'intorno della Solfatara, ad una profondità inferiore ai 2 km. L'analisi delle frequenze complesse (Fig. 25) indica valori molto bassi del fattore di qualità Q della sorgente LP. Tali valori, unitamente alle frequenze osservate, supportano l'ipotesi di una sorgente di tipo idrotermale.

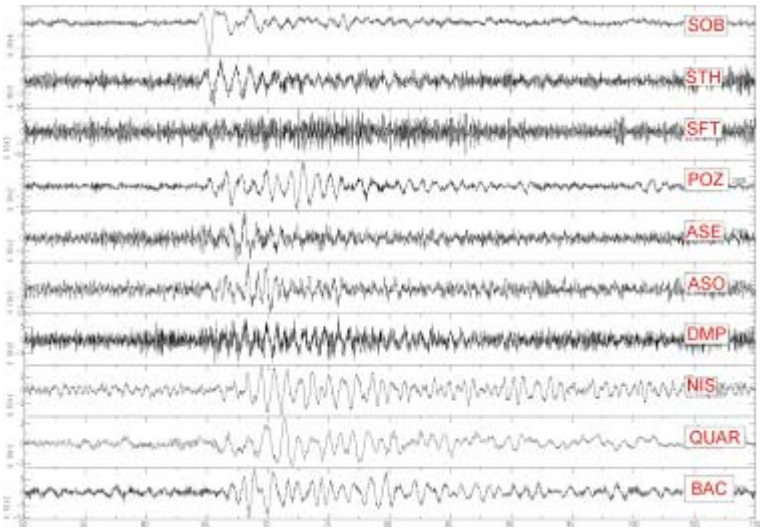


Figura 23, Forme d'onda dell'evento del 26/10 22:38 GMT registrate dalla rete sismica dei Campi Flegrei. Sono rappresentate solo le componenti verticali.

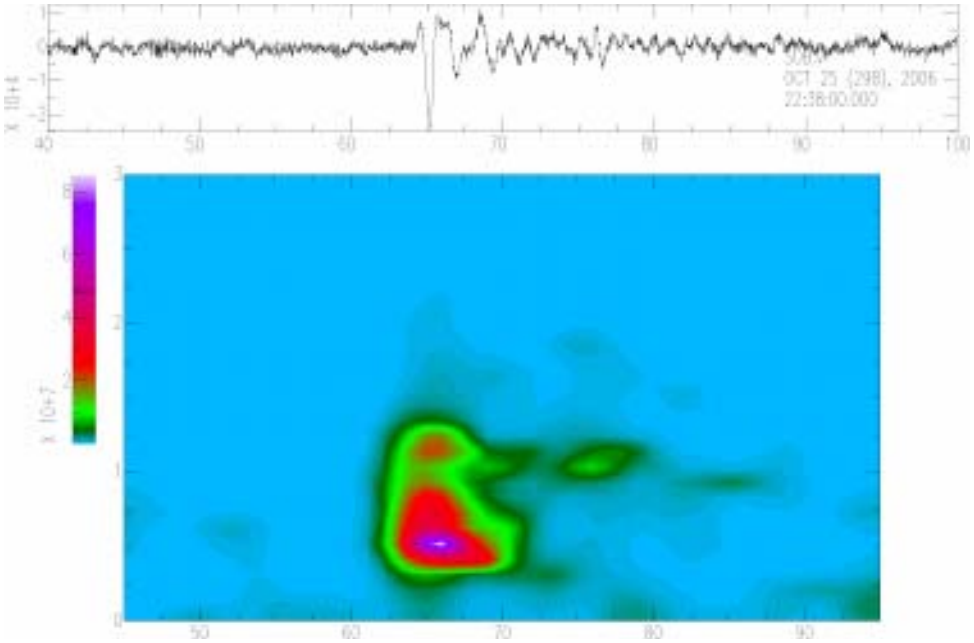


Figura 24. Spettrogramma del segnale registrato alla componente verticale della stazione a larga banda SOB dell'evento del 26/10 22:38 GMT.

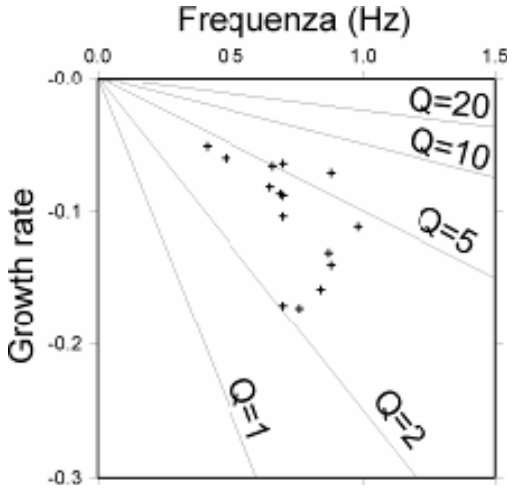


Figura 25. Proprietà spettrali per la stima del fattore di qualità Q di alcuni eventi LP osservati ai Campi Flegrei.

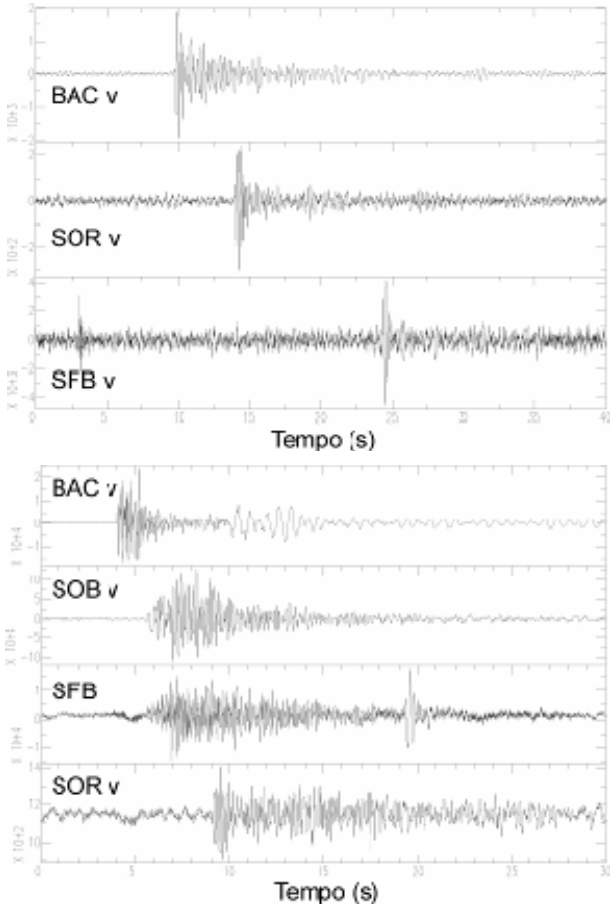


Figura 26. Registrazioni sismiche ed acustiche (SFB) di due esplosioni artificiali nel Golfo di Pozzuoli. Quella sulla sinistra è stata registrata il 28 Dicembre alle 23:50, mentre quella sulla destra lo stesso giorno alle 04:16. Nel secondo caso è evidente la registrazione al microfono di una fase sismica oltre che acustica.

Microfono Infrasonico

A partire dall'Otobre 2006 è stato installato un microfono infrasonico (SFB) nello stesso sito della stazione della Solfatara SFT. Lo scopo è quello di registrare eventuali emissioni infrasoniche

generate dall'attività geotermale della Solfatara e delle aree circostanti. Inoltre il microfono consente di classificare più facilmente transienti relativi a fenomeni diversi (tuoni, esplosioni artificiali). In Fig. 26 sono rappresentate le registrazioni di due esplosioni artificiali nel Golfo di Pozzuoli dove è evidente l'arrivo della fase infrasonica con un ritardo, rispetto alle onde sismiche, compatibile con la velocità delle onde sonore nella bassa atmosfera. In Fig. 27 invece è rappresentato il segnale infrasonico relativo ad un evento sismico vulcano-tettonico ai Campi Flegrei. Tale segnale ha un contenuto spettrale diverso dal segnale sismico ed è associabile al boato spesso udito in corrispondenza di eventi sismici locali ai Campi Flegrei. In Fig. 28 è rappresentata l'ampiezza del tremore infrasonico registrato ad SFB e quello sismico registrato alla componente verticale di SFT. Sono evidenti su entrambe i cicli giornalieri, in parte legati anche all'attività antropica.

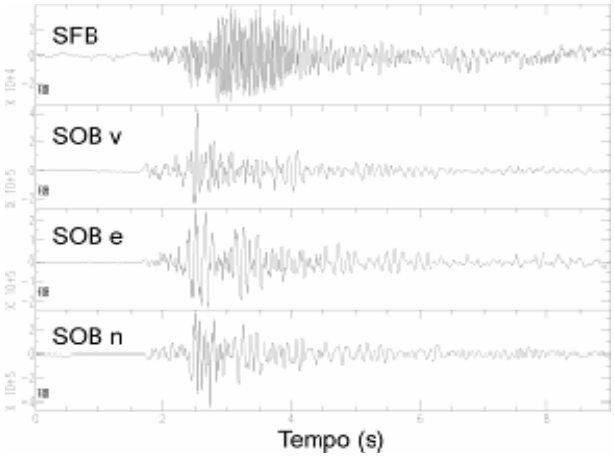


Figura 27. Registrazioni sismiche ed acustiche dell'evento sismico locale del 20 Dicembre 23:53 GMT, ai Campi Flegrei (M=1.1).

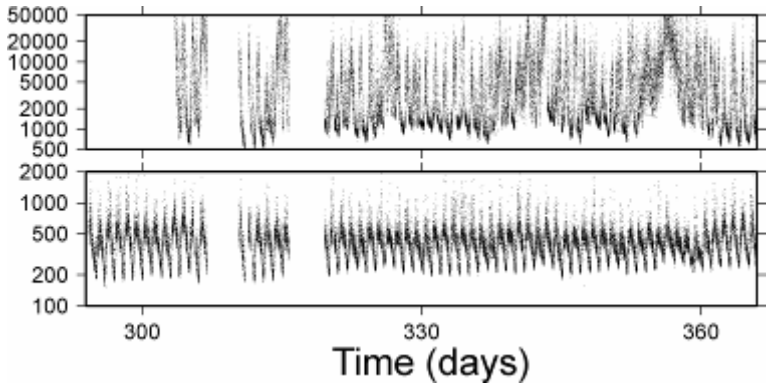


Figura 28. Ampiezza del tremore infrasonico (in alto) a SFB e sismico alla stazione SFT (in basso) a partire dal 20 Ottobre 2006. Sono evidenti i cicli giornalieri. In alcuni periodi il tremore infrasonico è disturbato dalla presenza di condizioni meteo sfavorevoli (vento).

Ischia

La rete sismica di Ischia, costituita da 3 stazioni analogiche di cui 2 a tre componenti (Fig. 29), durante il II semestre 2006 non ha registrato segnali sismici riconducibili ad eventi naturali.

Figura 29. Dettaglio della rete sismica di Ischia.

Stromboli

Durante il II semestre 2006, i parametri monitorati quotidianamente dell'attività sismica dello Stromboli (ampiezza del tremore, numero di eventi VLP/ora, ampiezza eventi VLP) ha mostrato gli andamenti medi riportati in Fig. 30 ed elaborati con il sistema di analisi automatica in tempo reale EOLO. Oltre alla normale attività sismica associata all'attività stromboliana sono state registrate 3 esplosioni maggiori. Le date di tali eventi sono riportate in Tab. 8. Nello stesso periodo sono stati registrati 7 eventi vulcano-tettonici, dopo i 5 eventi registrati tra il periodo di Aprile e Maggio 2006. In Tab. 9 sono riportate le date di occorrenza e le magnitudo, mentre in Fig. 31 sono riportate le localizzazioni degli eventi principali.

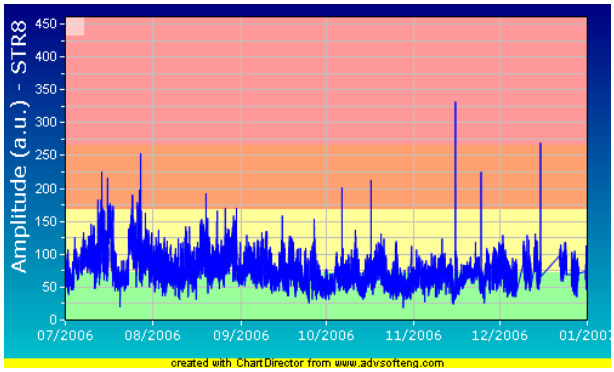


Figura 30a. Ampiezza del tremore vulcanico alla stazione STR8 nel II semestre 2006.

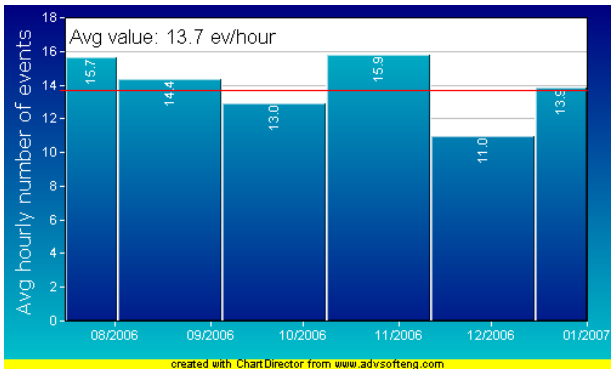


Figura 30b. Numero medio di eventi VLP/ora nel II semestre 2006.

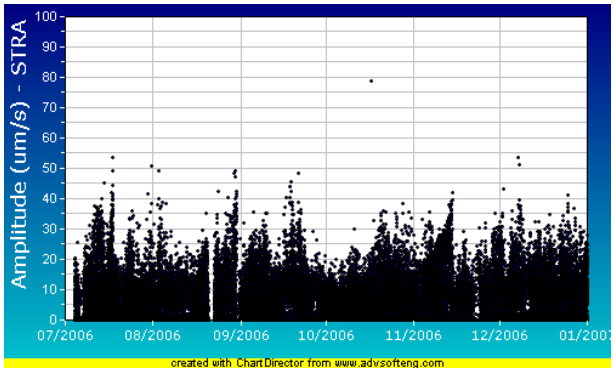


Figura 30c. Ampiezza degli eventi VLP alla stazione STRA nel II semestre 2006.

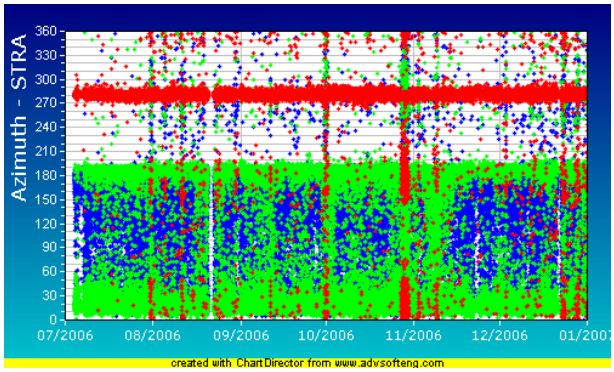


Figura 30d. Polarizzazione dell'autovettore principale (in rosso) alla stazione STRA nel II semestre 2006. A parte la polarizzazione dei segnali telesismici, non si evidenziano particolari trend, indicando una sostanziale stabilità nella posizione della sorgente VLP.

Tabella 8. Esplosioni maggiori registrate dalle rete sismica broadband di Stromboli nel II semestre 2006.

Data	Ora (GMT)
17/10/2006	19:11
24/11/2006	13:49
15/12/2006	12:29

Tabella 9. Magnitudo degli eventi registrati.

Data	Ora (GMT)	Magnitudo durata
4/7/2006	06:54	1.7
21/7/2006	05:11	1.9
8/9/2006	00:10	2.4
7/10/2006	13:05	2.7
7/10/2006	13:49	2.2
23/10/2006	13:57	2.1
11/12/2006	22:01	2.5

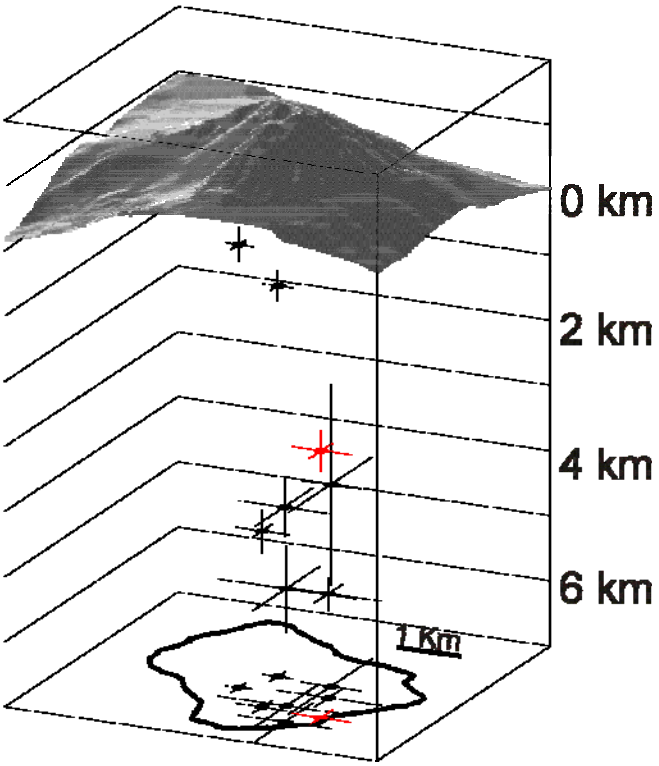


Figura 31. Localizzazioni degli eventi vulcano-tettonici a Stromboli nel corso del 2006. L'ultimo evento del 11/12/2006 è evidenziato in rosso.

LA RETE MOBILE[2]

Introduzione

Nel secondo semestre del 2006 la Rete Sismica Mobile dell'Osservatorio Vesuviano ha continuato l'attività di ricerca sia sui vulcani campani, nell'ambito dei compiti istituzionali, che in altre aree vulcaniche come l'Etna e Stromboli, nell'ambito di progetti di ricerca specifici. All'Etna sono stati utilizzati fino a Novembre 2006 sei sismometri a corto periodo installati dall'estate 2004 in configurazione di array in località Cratere del Piano. A Stromboli, nell'ambito dei progetti finanziati dal Dipartimento della Protezione Civile (Convenzione INGV-DPC 2004-2006), la Rete Sismica Mobile dell'INGV-Osservatorio Vesuviano è stata impegnata in un Esperimento di Tomografia

[2] A cura di: M. La Rocca, D. Galluzzo, M. Castellano, G. Saccorotti, F. Bianco, E. Del Pezzo

sismica realizzato dal 25 Novembre ed il 4 Dicembre 2006. Finalità del progetto era la conoscenza della struttura tridimensionale della parte emersa del vulcano ed il riconoscimento di eventuali serbatoi di magma superficiali mediante energizzazioni in mare con sorgenti di aria compressa. L'impegno della Rete Sismica Mobile è stato mirato all'installazione di n. 5 stazioni sismiche digitali Lennartz MARSlite equipaggiate con sensori a corto periodo Lennartz LE-3Dlite all'interno di un dispositivo di registrazione che ha visto l'installazione complessiva di 20 stazioni sismiche digitali tutte a tre componenti. Sono state effettuate, inoltre, alcune registrazioni con idrofoni sia in prossimità della costa che in mare al fine sia di test probanti sulla strumentazione che di confronto dei segnali air-gun tra diverse tipologie di sensori. Per quanto riguarda i vulcani campani è stato sostenuto un notevole impegno con l'installazione di nuova strumentazione nell'area dei Campi Flegrei. In particolare nel mese di Agosto è stato installato un array sismico nei locali sotterranei della Marina Militare in località via Campana, a Pozzuoli, mentre in Ottobre è stata installata una stazione idrofonica/mareografica multisensore all'estremità del pontile nord di Bagnoli. La Rete Sismica Mobile dell'Osservatorio Vesuviano opera nelle aree vulcaniche campane con i seguenti scopi:

1) Registrare dati di elevata qualità, in caso di eventi sismici importanti, utilizzando la migliore strumentazione sismica disponibile.
2) Monitorare il rumore sismico al fine di evidenziarne eventuali variazioni imputabili a cambiamenti nello stato dinamico del vulcano.
3) Individuare nuovi siti potenzialmente utilizzabili in caso di emergenza e studiarne le caratteristiche sismiche in modo da definirne il background.

A tutto Dicembre 2006, 15 stazioni della Rete Mobile, di cui 9 a larga banda (con 3 di tipo multisensore, cioè dotate di sismometro a larga banda e accelerometro) risultano installate sui vulcani campani. Ad esse si affiancano l'array sismico ADM e la stazione idrofonica PNI. Altre 3 stazioni sono installate a scala regionale per l'analisi della sismicità esterna alle aree vulcaniche (Tab. 1). Tutte le stazioni della rete mobile acquisiscono i dati in modalità locale su vari tipi di supporto (hard disk, card PCMCIA, flash card, dischi magneto-ottici). Periodicamente si provvede alla sostituzione dei supporti di acquisizione che vengono decodificati nel Laboratorio Rete Mobile. Per le stazioni dotate di sismometri a larga banda e/o accelerometri (Marslite, M24, Taurus), così come per l'array ADM e la stazione idrofonica PNI, l'acquisizione è continua. Al contrario le stazioni PCM5800, dotate di sismometri a corto periodo, acquisiscono secondo una modalità a trigger. 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 il sismometro a larga banda Guralp, caratterizzato da risposta piatta in velocità nel range 0.016-50 Hz ed elevata sensibilità, è lo strumento ideale per registrare tutti i segnali sismici comunemente osservabili in ambiente vulcanico, dal tremore agli eventi VLP. D'altra parte l'accelerometro ha risposta piatta in accelerazione nel range di frequenze 0-50Hz. 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 dell'acquisitore, 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.

Tabella 1. Situazione a tutto Dicembre 2006 e caratteristiche strumentali della Rete Sismica Mobile operativa in ambito regionale.

Stazione	Acquisitore	Sensore	Data installazione	Sampling	Lat.	Long.	Quota (m)
MIRK	Taurus	Episensor FBA ES-T	Gennaio 2006	100	40.8932	14.7158	490
SCP2	Taurus	LE3D/20s	Gennaio 2006	100	40.7005	14.8767	220
SMFK	Marslite	Episensor FBA ES-T	Gennaio 2006	125	40.7753	14.7048	90

Interventi della Rete Sismica Mobile al Vesuvio

Nel secondo semestre 2006 non sono state effettuate nuove installazioni nell'area vesuviana. Pertanto la situazione operativa nel secondo semestre 2006, riassunta nella tab. 2, è la stessa descritta nei precedenti rapporti di sorveglianza (si veda Fig. 1). L'attività sismica al Vesuvio durante il secondo semestre 2006 è stata molto modesta, con poche decine di terremoti vulcano-tettonici di bassa magnitudo localizzati in area craterica. La fig. 2 mostra un esempio di terremoto VT registrato a Bunker Nord (BKNG) e Forestale Trecase (TRBG). Sono stati anche registrati numerosi segnali prodotti da sorgenti artificiali localizzate sia a terra che nel golfo di Napoli, e ovviamente terremoti regionali e telesismi.

Tabella 2. Situazione a tutto Dicembre 2006 e caratteristiche strumentali della Rete Sismica Mobile operativa al Vesuvio.

Stazione	Acquisitore	Sensore	Data installazione	Sampling	Lat.	Long.	Quota (m)
BKN	PCM5800	LE3Dlite	Dicembre 2004	125	40.8299	14.4298	860
BKNG	Taurus	Guralp CMG-40T	Febbraio 2006	100	40.8299	14.4298	860
BKS	PCM5800	LE3Dlite	Aprile 2003	125	40.8065	14.4213	600
FAL	PCM5800	LE3Dlite	Gennaio 2005	125	40.8279	14.4831	176
FTC	PCM5800	LE3Dlite	Dicembre 2004	125	40.7972	14.4401	350
SVT	PCM5800	LE3Dlite	Febbraio 2006	125	40.8229	14.3695	180
TRBB	M24	Guralp CMG-40T Episensor FBA ES-T	Giugno 2004	125	40.7972	14.4401	350

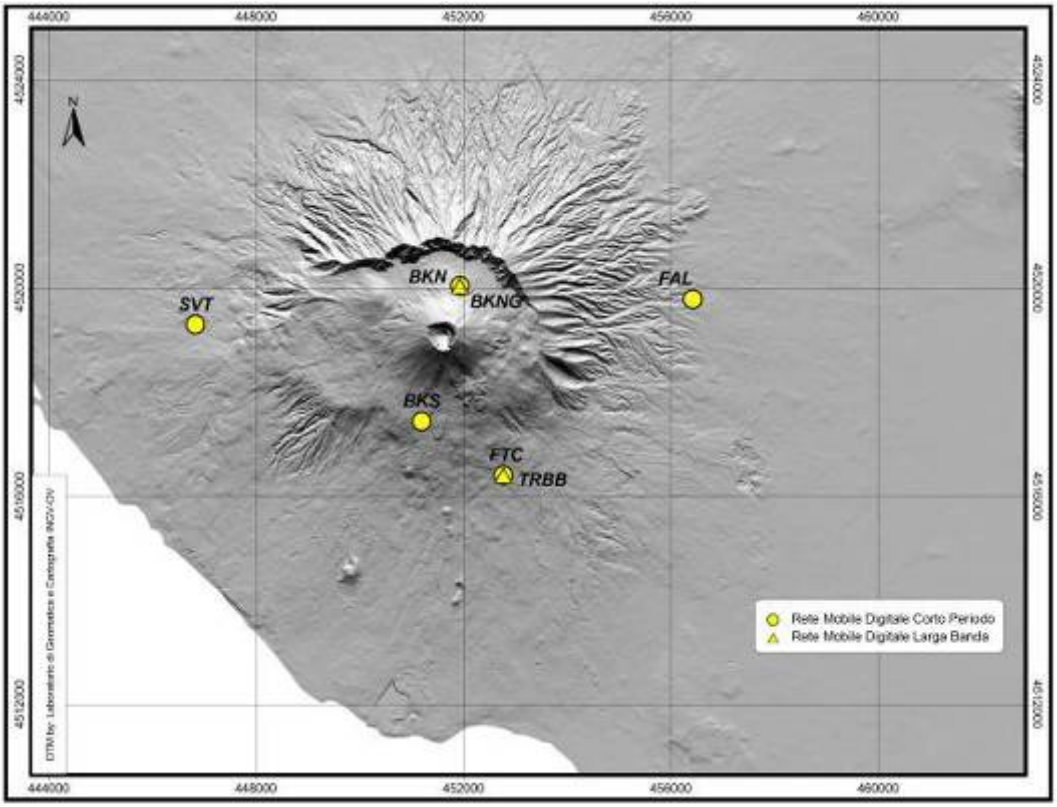


Figura 1. Rete Sismica Mobile installata al Vesuvio. I cerchi gialli identificano le stazioni Lennartz PCM 5800 equipaggiate con sensori a corto periodo, i triangoli rappresentano le stazioni (Lennartz M24 e Nanometrics Taurus) dotate di sensori a larga banda. Per le specifiche della strumentazione installata si veda la Tabella 2.

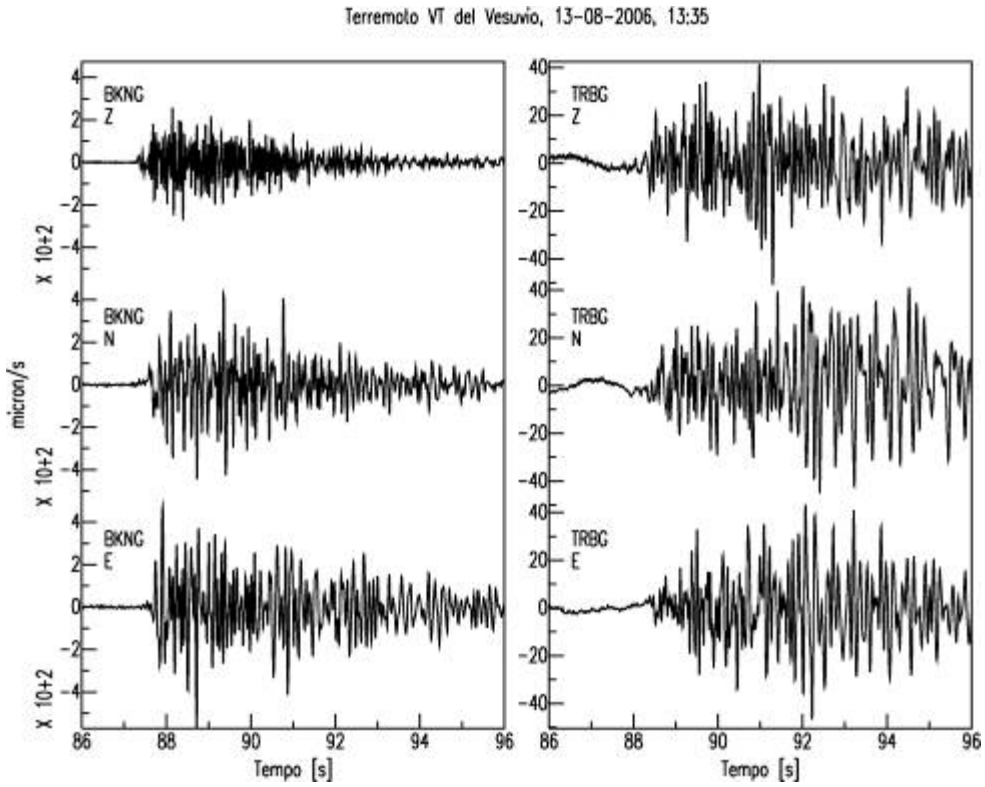


Figura 2. Forme d'onda di un evento Vulcano-Tettonico (VT) localizzato al Vesuvio.

Interventi della Rete Sismica Mobile ai Campi Flegrei

Nel secondo semestre del 2006 la Rete Mobile ha installato l'array ADM e la stazione idrofonica PNI nell'area dei Campi Flegrei. Esse si aggiungono alle otto stazioni già operative: OVD, ASB2, OMN2, TAGB, BGNB e CUBB, AMS2 e CSI (Fig. 3). Ad eccezione di CSI, tutte sono a larga banda e ampio range dinamico, come riassunto in tab. 3 e quindi sono ideali per la registrazione di tutti i tipi di segnali sismici solitamente associati ad attività vulcanica.

Tabella 3. Situazione a tutto Dicembre 2006 e caratteristiche strumentali della Rete Sismica Mobile operativa nell'area dei Campi Flegrei.

Stazione	Acquisitore	Sensore	Data installazione	Sampling	Lat.	Long.	Quota (m)
ADM	Array	5*LE3Dlite Episensor FBA ES-T	Agosto 2006	100	40.8355	14.1141	50
AMS2	Marslite	LE3D/20s	Gennaio 2006	125	40.8264	14.1604	35
ASB2	Marslite	LE3D/20s	Novembre 2004	125	40.8435	14.1459	12
BGNB	M24	Guralp CMG-40T Episensor FBA ES-T	Ottobre 2005	125	40.8189	14.1454	4
CSI	PCM5800	LE3Dlite	Febbraio 2006	125	40.8340	14.1262	89
CUBB	Marslite	Guralp CMG-40T	Ottobre 2005	125	40.8479	14.0534	36
OMN2	Marslite	LE3D/20s	Giugno 2005	125	40.8333	14.0904	40
OVD	M24	LE3D/20s	2003	100	40.8197	14.1827	14
TAGB	M24	Guralp CMG-40T Episensor FBA ES-T	Agosto 2005	125	40.8293	14.1736	4
PNI	Marslite	Idrofoni	Ottobre 2006	125	40.8080	14.1593	-2

L'array sismico ADM

L'array di sismometri ADM (Array Deposito Marina), in acquisizione da Agosto 2006, è installato nelle gallerie del deposito sotterraneo di carburanti della Marina Militare Italiana, attualmente in disuso, situato nei pressi di via Campana a Pozzuoli, nel cuore dei Campi Flegrei. E' composto da 6 stazioni a tre componenti, di cui 5 sismometri a corto periodo Lennartz LE3Dlite e un accelerometro Kinemetrics Episensor FBA ES-T. La configurazione dell'array, mostrata in Fig. 4, è fortemente vincolata dalla struttura del deposito che consiste di cisterne di forma circolare cui si accede attraverso dei tunnel che formano tra essi angoli retti. L'estensione dell'array è di circa 100 metri, con distanza media tra le stazioni di circa 50 metri. Il dislivello tra le varie stazioni è trascurabile mentre la profondità media da piano campagna è di circa 18 metri.

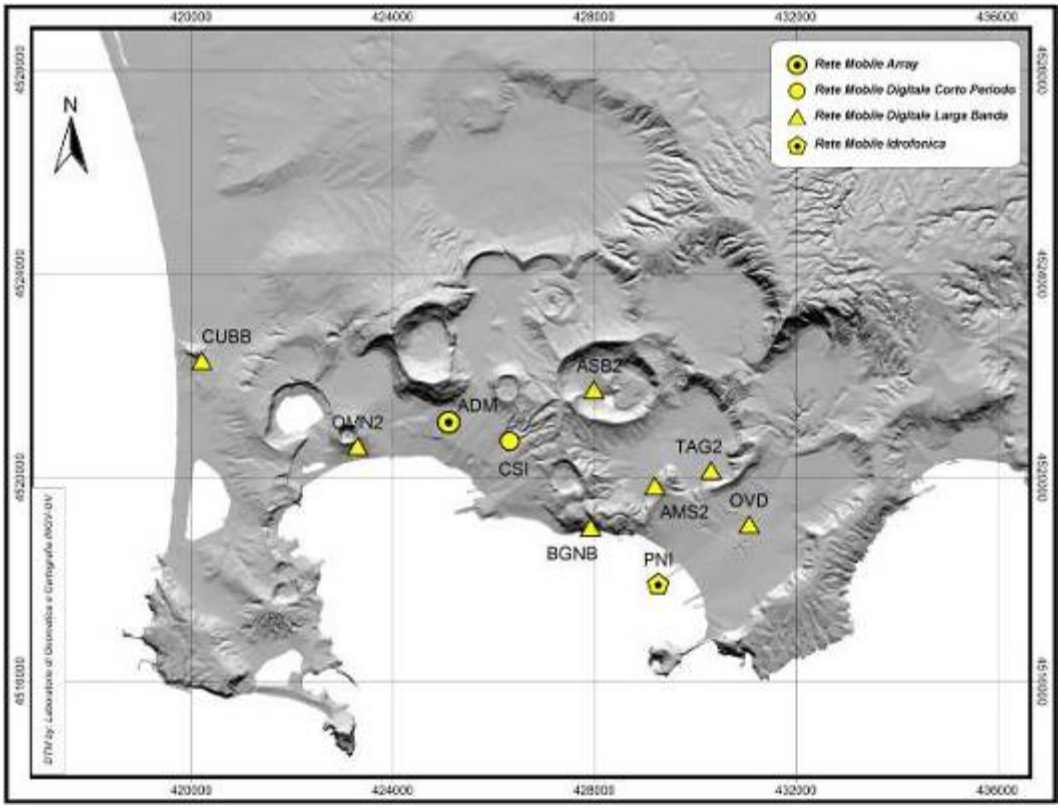


Figura 3. Rete Sismica Mobile installata ai Campi Flegrei. Per le specifiche della strumentazione installata si veda la tab. 3.

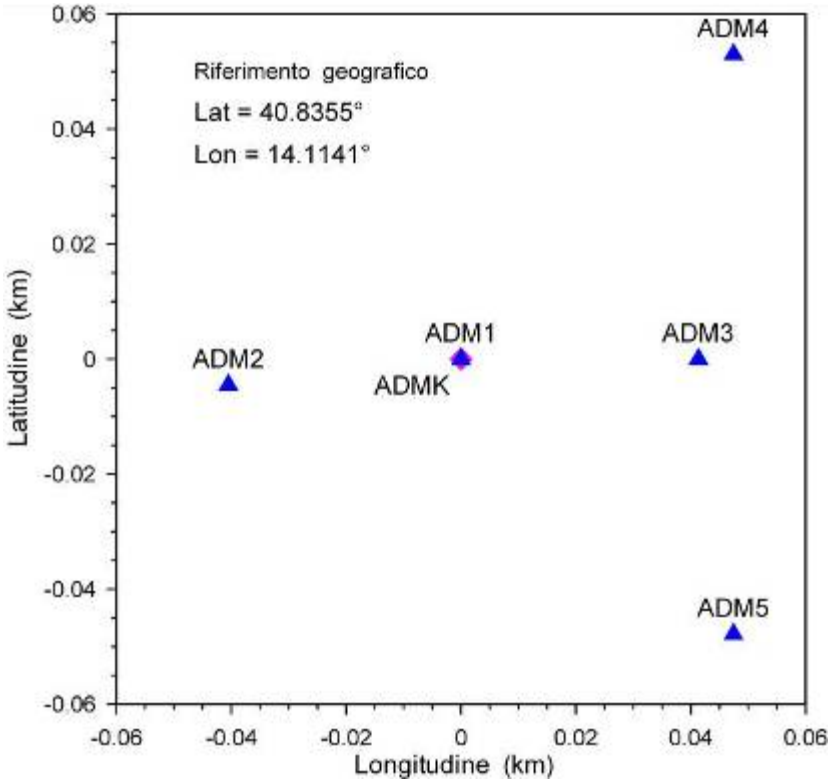


Figura 4. Geometria dell'array sismico ADM installato ai Campi Flegrei.

Ogni sensore è collegato via cavo ad un modulo che, oltre a fornire la tensione di alimentazione, riceve e converte in digitale i segnali sismici. I moduli di conversione A/D sono collegati via cavo

all'acquisitore centrale, a cui vengono trasmessi i dati digitali per l'archiviazione su disco rigido. La sincronizzazione dei moduli di acquisizione avviene mediante un segnale trasmesso dall'unità centrale, che riceve il segnale GPS mediante una antenna e relativo ricevitore posizionati in superficie. I dati acquisiti vengono registrati in formato binario multiplexato in file della durata di circa un'ora. Ad ogni file dati corrisponde un file che contiene le informazioni sullo stato del segnale GPS. L'acquisizione è continua con frequenza di campionamento di 100 campioni al secondo e range dinamico nominale di 24 bit. L'autonomia di acquisizione nella configurazione attuale è di circa un mese. Il controllo del funzionamento della strumentazione e lo scarico dei dati acquisiti avviene periodicamente mediante un PC portatile collegato all'unità centrale mediante cavo ethernet. I dati interessanti vengono elaborati nel Laboratorio Rete Mobile, dove si provvede alla decodifica, cioè alla separazione dei canali e conversione nel formato SAC, e successiva analisi e archiviazione. Il sistema di acquisizione, composto da unità centrale e moduli periferici, è stato realizzato in collaborazione con l'Università di Granada. I sismometri e l'accelerometro sono stati finanziati dall'AMRA nell'ambito della convenzione tra INGV-OV e Regione Campania.

Analisi dei dati di array

L'array ADM ha registrato, con un buon rapporto segnale-rumore, gli eventi LP avvenuti a fine Ottobre in area Solfatara, ma anche numerosi terremoti regionali. Un esempio di evento LP registrato all'array è mostrato in Fig. 5.

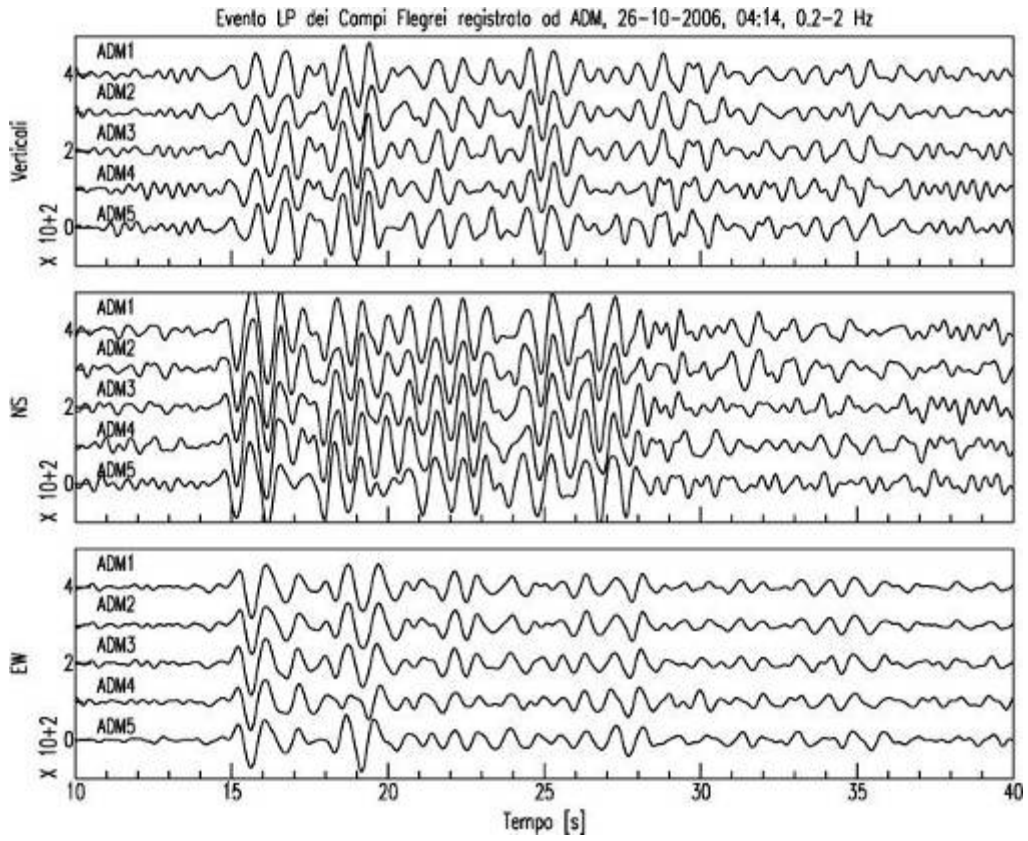


Figura 5. Segnali sismici registrati dall'array ADM in occasione dell'evento LP del 26 ottobre 2006, 04:14. I segnali, filtrati nella banda 0.2-2Hz, sono raggruppati per componente e graficati con la stessa scala verticale (in micron/s).

Alcuni eventi LP sono stati analizzati utilizzando il metodo della Zero Lag Cross-Correlation (ZLCC) applicato a una finestra mobile di breve durata al fine di determinare il backazimuth e la velocità apparente del fronte d'onda in funzione del tempo. Poiché tutte le stazioni dell'array sono a tre componenti, contemporaneamente all'analisi ZLCC viene effettuata anche l'analisi di polarizzazione nel dominio del tempo utilizzando il metodo della matrice di covarianza. A titolo di esempio, la Fig. 6 mostra i risultati dell'analisi ZLCC per un evento LP.

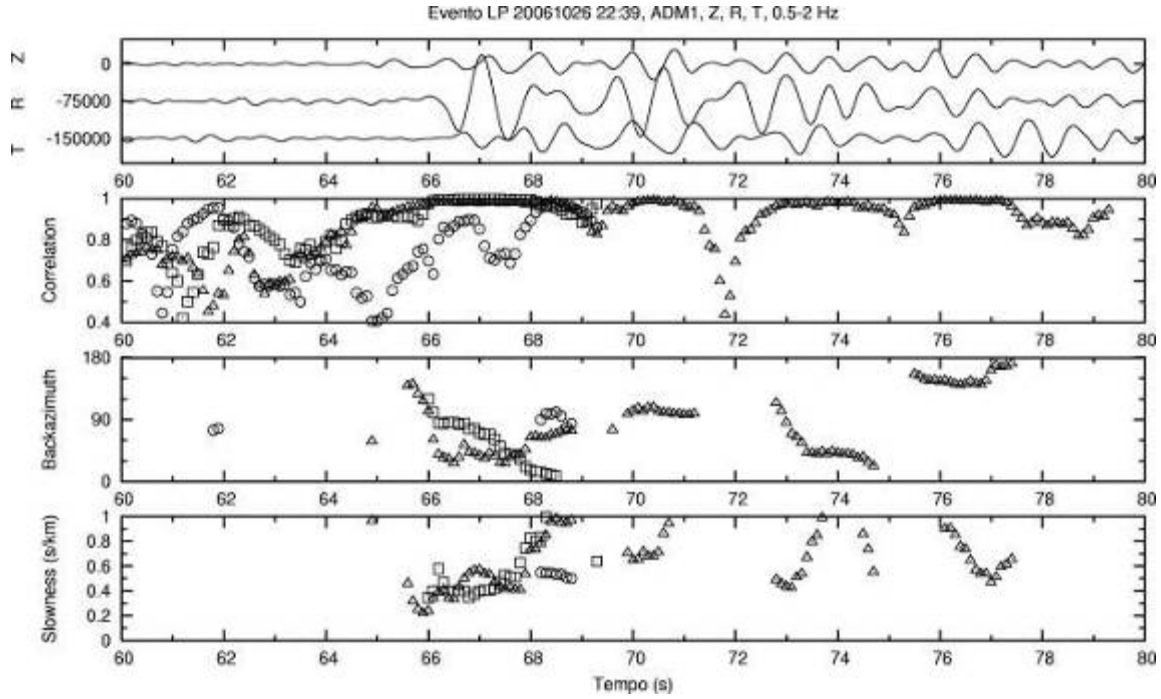


Figura 6. Risultati dell'analisi Zero Lag Cross-Correlation applicata alle tre componenti dell'evento LP registrato il 26 ottobre 2006 alle 22:39. Per il backazimuth e la slowness sono mostrati solo i risultati relativi alle finestre temporali per le quali la correlazione è maggiore di 0.95. I tre diversi simboli distinguono la componente secondo la seguente corrispondenza: triangolo = Z; quadrato = R; cerchio = T.

La stazione idrofonica PNI

Nel mese di Ottobre 2006 è stata installata la prima stazione idrofonica multisensore della Rete Mobile. Si trova all'estremità del pontile Nord di Bagnoli, è denominata PNI e consiste di cinque sensori fissati ad un supporto di acciaio ancorato alla parete del pontile. I sensori si trovano ad una profondità di circa 2 metri sotto il livello medio del mare. I segnali da essi prodotti vengono acquisiti in modalità continua da due stazioni sismiche Lennartz Marslite posizionate sopra il pontile in un contenitore di alluminio. I sensori utilizzati sono di quattro tipi diversi:

- Geospace MP24L, idrofono con frequenza propria di 6Hz.
- Reson TC 4033, idrofono con frequenza propria di 1Hz.
- Senzors PM1L, idrofono – mareografo, risposta piatta fino a 0Hz.
- Ott PS1, idrofono – mareografo, risposta piatta fino a 0Hz.

I segnale degli idrofoni Geospace e Reson vengono acquisiti a 125 campioni al secondo, mentre quelli dei due mareografi vengono campionati a circa 8sps. In questo modo vengono registrati tutti i segnali sismo-acustici in una banda di frequenze estremamente ampia, da 0Hz a 50Hz, che include quindi anche le maree. Nel breve periodo di acquisizione gli idrofoni hanno registrato interessanti segnali nella banda acustica e infrasonica in occasione di alcuni eventi esplosivi di natura artificiale localizzati nel Golfo di Pozzuoli. Un esempio è mostrato in fig. 7 per uno scoppio avvenuto il 19.10.2006 alle 02:07 proprio nei pressi del pontile di Bagnoli.

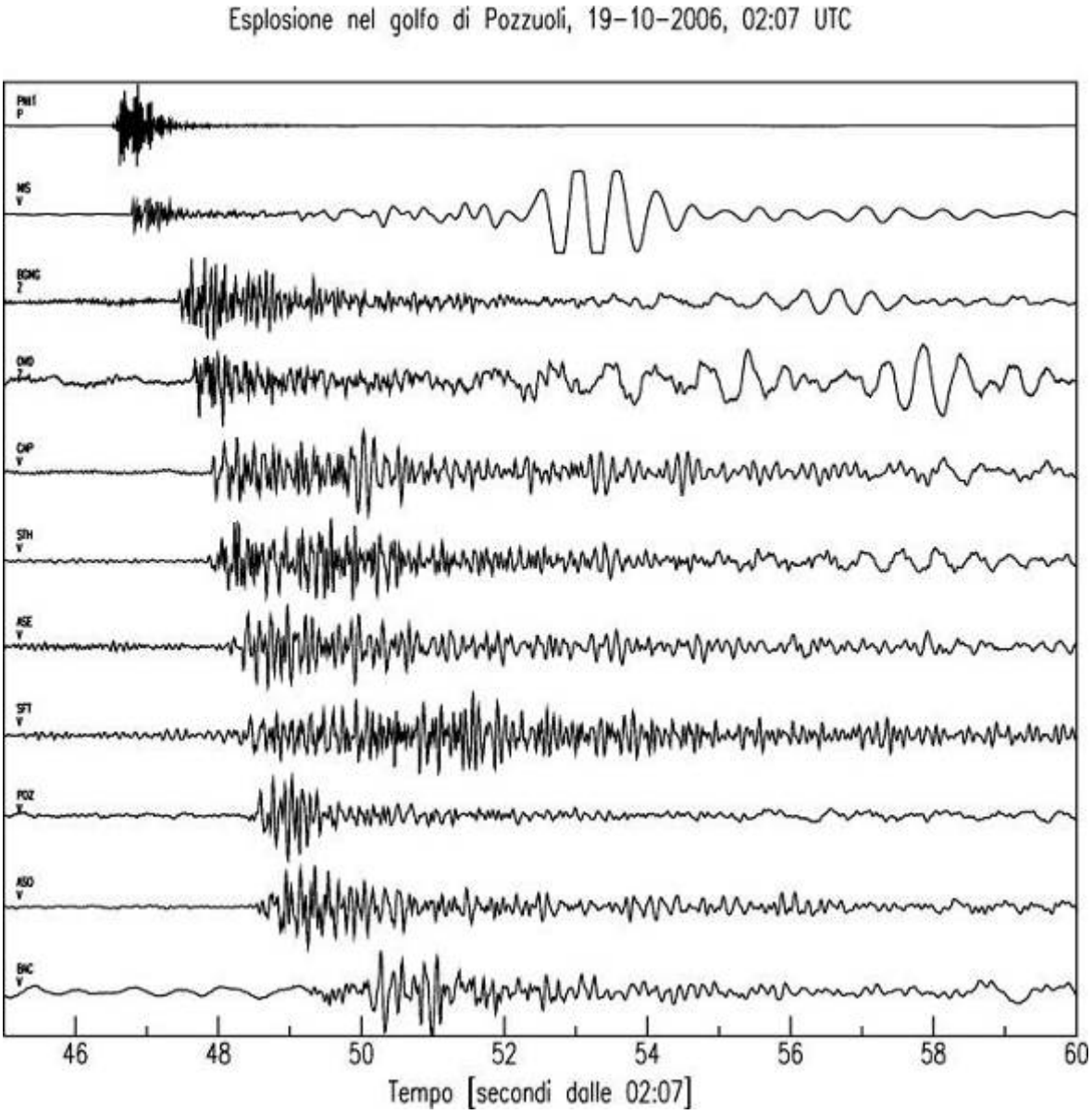


Figura 7. Segnali registrati in occasione di uno scoppio avvenuto nel Golfo di Pozzuoli, nei pressi di Bagnoli, il 19.10.2006 alle ore 02:07 UTC. Il primo segnale è la registrazione a PNI del segnale acustico rilevato da un idrofono Geospace MP24L. I segnali successivi sono sismogrammi registrati dalle componenti verticali delle stazioni sismiche Mobili e Permanenti operative nell'area flegrea.

Per quanto riguarda gli eventi sismici locali, i terremoti vulcano tettonici avvenuti nel mese di Ottobre, tutti localizzati a terra, non sono stati abbastanza energetici da produrre segnali apprezzabili nelle registrazioni degli idrofoni. Al contrario, il terremoto del Tirreno meridionale del 26 ottobre 2006, localizzato a SE di Stromboli, è stato registrato molto bene dai sensori idrofonici, come mostrato in Figura 8. I mareografi, che sono ancora in fase di sperimentazione, non hanno registrato alcun evento degno di nota.

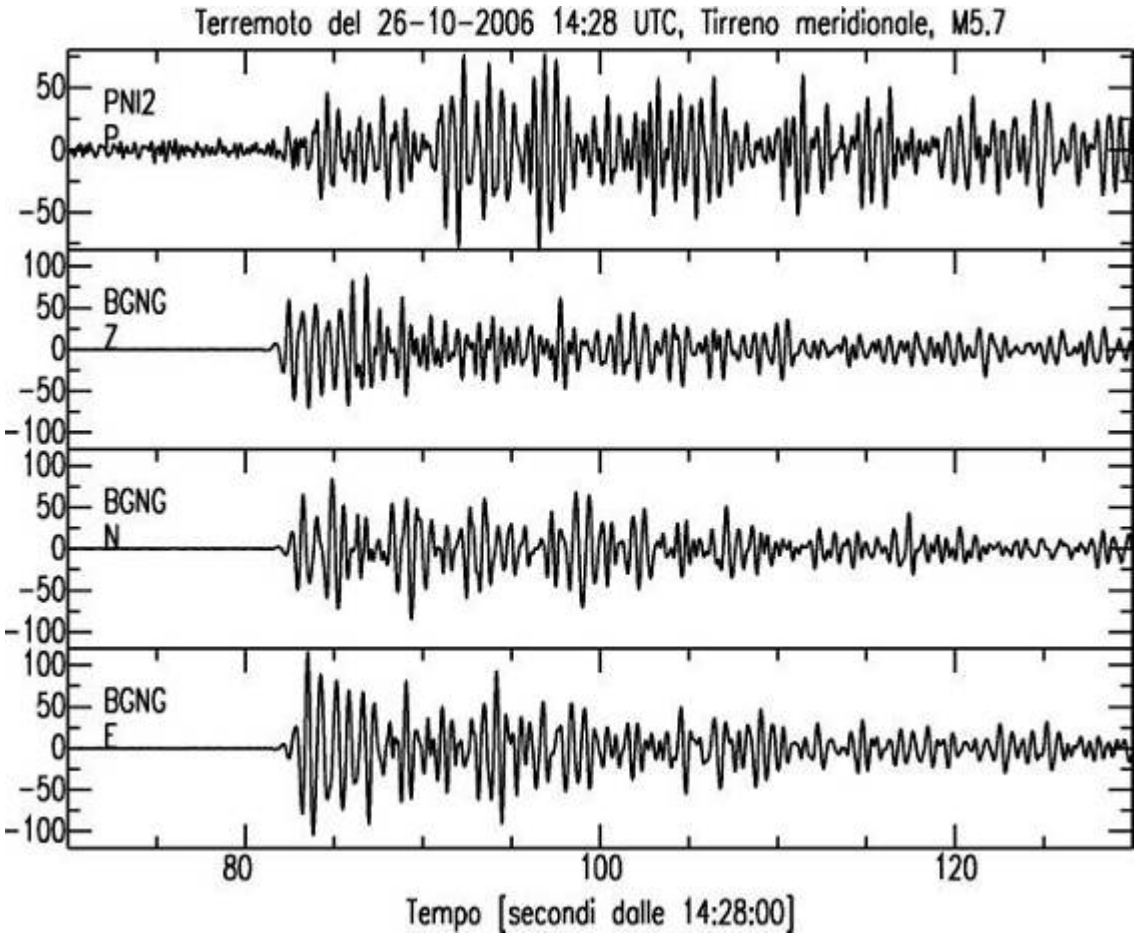


Figura 8. Il terremoto del Tirreno meridionale del 26 ottobre 2006, M5.7, registrato da un idrofono e dalla stazione sismica BGNG. I segnali sono stati filtrati nella banda 1-6Hz. L'ampiezza del segnale di pressione è riportata in unità arbitrarie, mentre i segnali sismici sono rappresentati in micron/s.

Le altre stazioni flegree

Le stazioni sismiche AMS2, ASB2, BGNB, CSI, CUBB, OMN2, OVD, TAGB, erano già operative a Giugno 2006, pertanto si rimanda ai precedenti rapporti di sorveglianza per una descrizione dettagliata. Le caratteristiche salienti sono comunque riportate in tab. 1.

Esempi di eventi registrati ai Campi Flegrei

Nel secondo semestre 2006 sono state registrate alcune decine di microterremoti classificati come eventi vulcano-tettonici (VT) e numerosi eventi di natura artificiale attribuiti a esplosioni localizzate soprattutto nel Golfo di Pozzuoli. Inoltre, nella terza decade di ottobre sono state registrate diverse

centinaia di eventi sismici naturali a bassa frequenza localizzati nell'area della Solfatara. Questo tipo di segnali, sebbene frequente in aree vulcaniche attive, non veniva registrato ai Campi Flegrei da molti anni, e pertanto è oggetto di analisi dettagliate tuttora in corso. In particolare si sta cercando di determinare con precisione la profondità della sorgente e le sue proprietà dinamiche mediante diverse tecniche di analisi. Nonostante la modesta energia e l'elevato rumore di fondo, gli eventi LP sono stati registrati con un buon rapporto segnale/rumore dalla maggior parte delle stazioni installate nell'area flegrea. Le stazioni della Rete Mobile, essendo tutte a larga banda e a tre componenti, consentono dettagliate analisi sulla polarizzazione del segnale, come mostrato a titolo di esempio in fig. 9. In fig. 10 sono mostrati i sismogrammi registrati in occasione dell'evento di natura artificiale avvenuto il 22 Settembre 2006 alle 01:32. I segnali relativi alla sola componente verticale, filtrati nella banda 0.5-5Hz, sono rappresentati in funzione della distanza epicentrale. La fig. 11 mostra invece i segnali sismici registrati dalle componenti verticali delle stazioni flegree della Rete Mobile in occasione del terremoto del Tirreno meridionale del 26 Ottobre 2006 di magnitudo 5.7, che è stato il terremoto più forte localizzato nel territorio italiano durante il secondo semestre 2006.

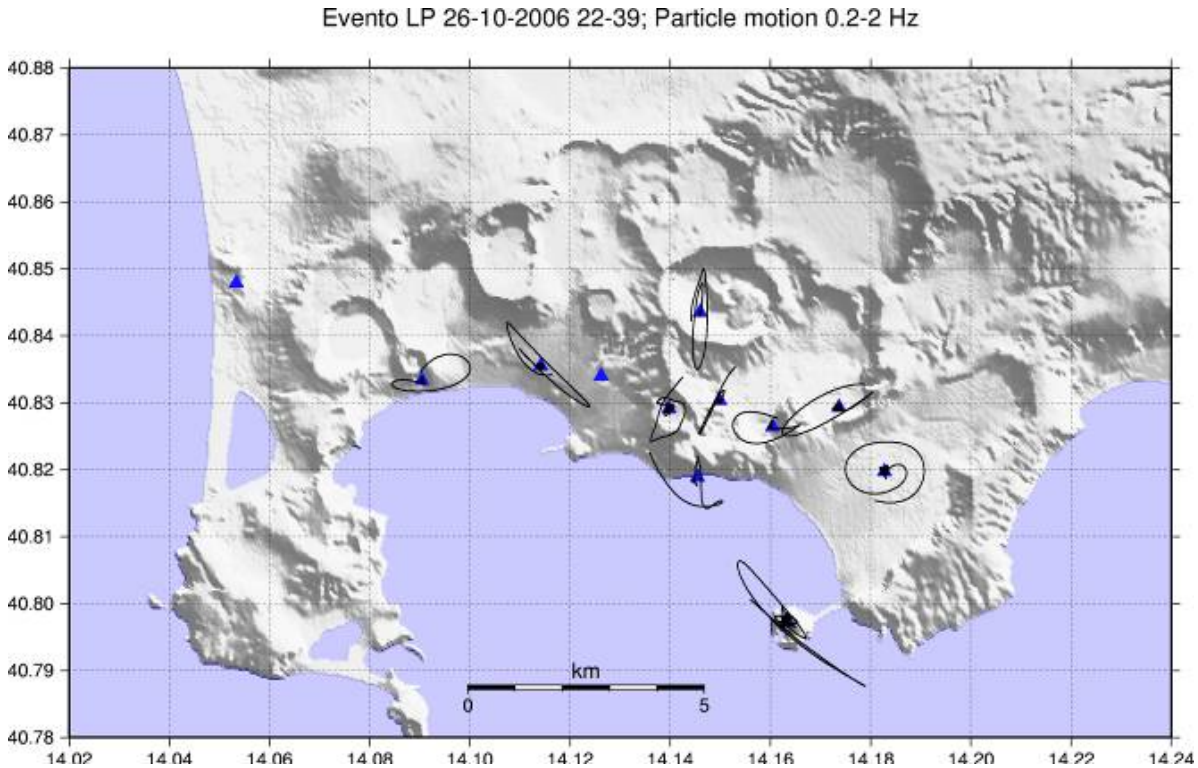


Figura 9. *Particle motion* nel piano orizzontale della fase iniziale dell'evento LP registrato il 26 Ottobre 2006 alle 22:39. I segnali sono stati filtrati nella banda 0.2 - 2Hz.

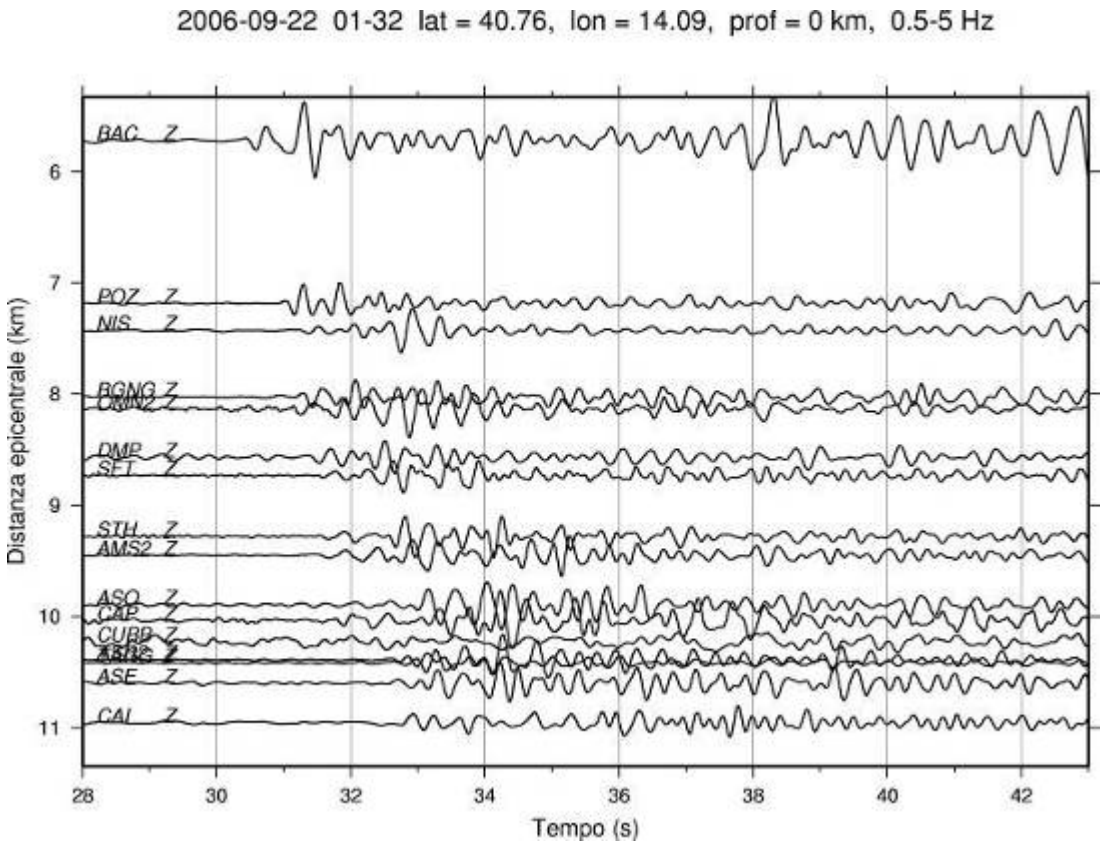


Figura 10. Evento artificiale localizzato nei pressi di Miseno il 22 Settembre 2006 alle 01:32. Le componenti verticali di tutte le stazioni disponibili, filtrate tra 0.5 e 5Hz, sono graficate in funzione della distanza epicentrale.

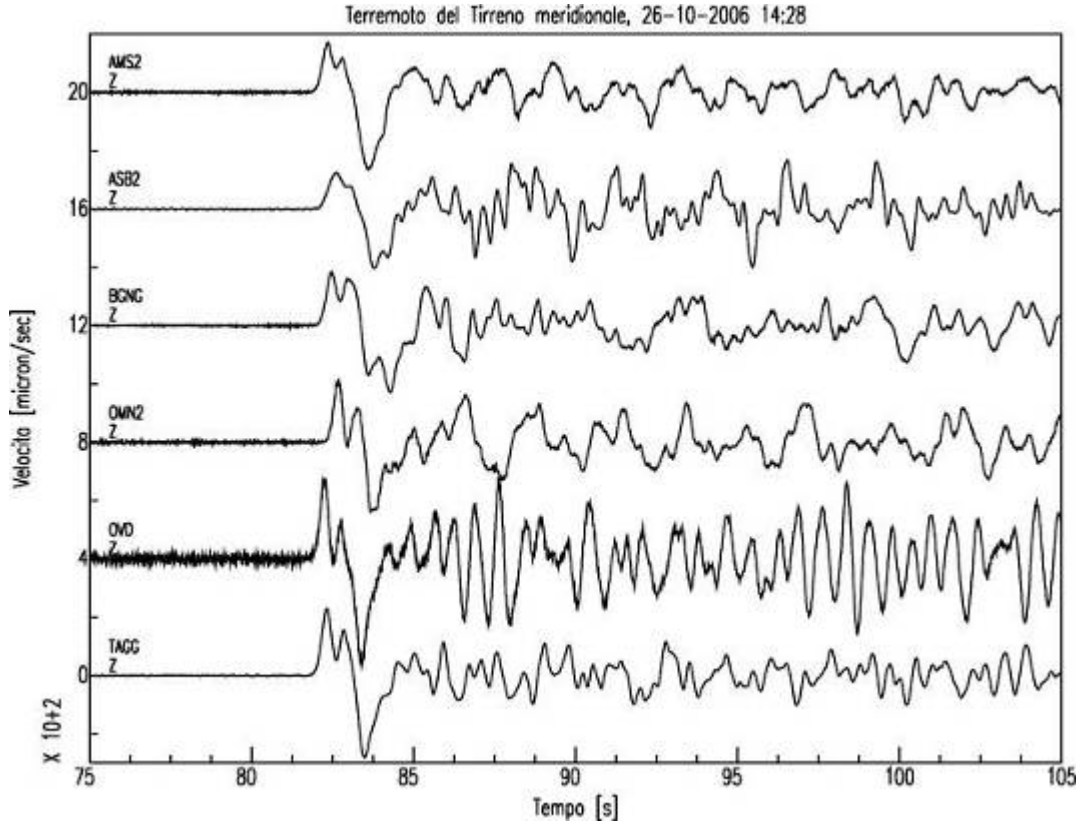


Figura 11. Segnali sismici registrati dalle componenti verticali delle stazioni della Rete Mobile in occasione del terremoto del Tirreno meridionale avvenuto il 26.10.2006 alle 14:28 UTC.

Un esempio di telesisma

Le caratteristiche strumentali delle stazioni della Rete Mobile consentono una buona registrazione dei telesismi, nonostante il rumore sismico di fondo sia piuttosto elevato nella maggior parte dei siti utilizzati a causa della elevata urbanizzazione dell'area. L'esempio mostrato è il terremoto avvenuto il 15 Novembre 2006 alle isole Kurili, Russia, il più forte evento sismico avvenuto nel mondo durante il secondo semestre 2006. I parametri della sorgente sono: lat.=46.66°, long.=153.35°, prof.=30km, T_0=11:14:15.2, M_w=8.3, distanza=9.493km =85.38°, azimuth=330.22°, back-azimuth=26.79°. In fig. 12 sono mostrati i segnali registrati dalla stazione TAGG (sensore sismico a larga banda Guralp CMG-40T della stazione TAGB, si veda tab. 3 e fig. 3), filtrati in due diverse bande di frequenza: 1-10 secondi e 50-200 secondi. Nel primo caso i segnali contengono come parte dominante il contributo delle onde di volume con la loro coda, mentre nella banda di frequenza più bassa sono evidenti le onde superficiali con periodo maggiore di 50 secondi che si propagano nel mantello superiore. La fig. 13 mostra alcuni particle motion caratteristici delle onde superficiali. In particolare si vede come il moto prodotto dalle onde di Love sia esclusivamente trasversale (e orizzontale, come si deduce dalla fig. 12 confrontando le ampiezze sulle tre componenti). Inoltre questo terremoto fornisce un esempio particolarmente didattico di moto ellittico retrogrado associato alle onde di Rayleigh.

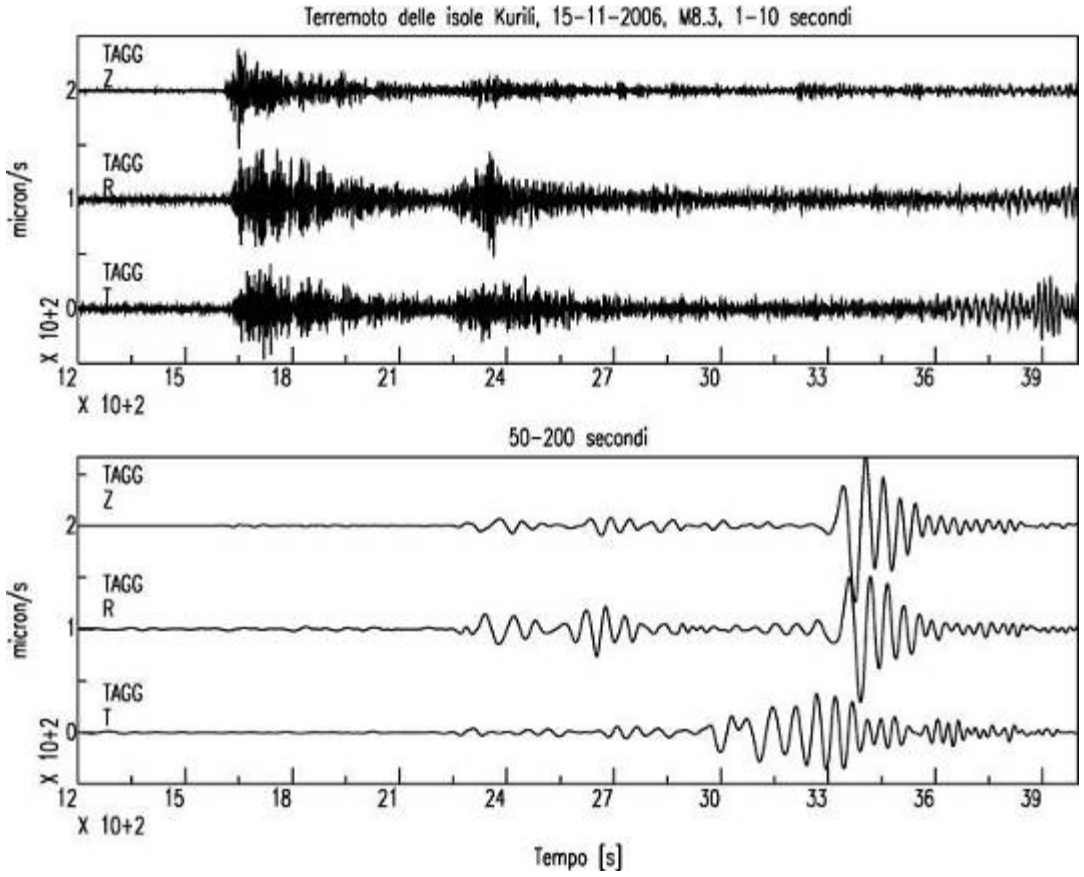


Figura 12. Terremoto delle isole Kurili, Mw=8.3, avvenuto il 15 Novembre 2006, registrato alla stazione TAGG. Il grafico in alto mostra i tre sismogrammi filtrati nella banda 1-10 secondi, in cui dominano le onde di volume. Il grafico in basso mostra gli stessi segnali filtrati nella banda 50-200 secondi, in cui risaltano le onde S (tra 2.200 e 2.800 secondi), le onde di Love (tra 2.900 e 3.500 secondi sulla componente T) e le onde di Rayleigh (visibili sulle componenti Z e R nell'intervallo 3.300-3.700 secondi), mentre il contributo delle onde P è trascurabile in questa banda di frequenze.

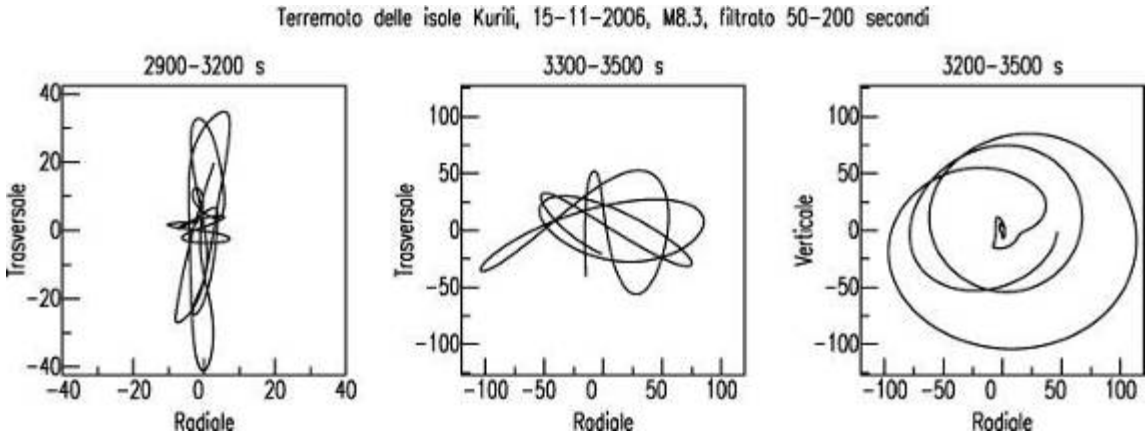


Figura 13. *Particle motion* delle onde superficiali del terremoto delle isole Kurili, 15.11.2006, M_w=8.3, nella banda di frequenza 50-200 secondi. Il primo grafico a sinistra mostra il moto esclusivamente trasversale delle onde di Love nella finestra temporale 2.900-3.200 secondi (vedi figura precedente). Il grafico centrale mostra il moto del suolo in una finestra successiva, 3300-3500 secondi, in cui la massima ampiezza è dovuta alle onde di Rayleigh. Tuttavia il moto in questa finestra non è radiale a causa della coda delle onde di Love. Il terzo grafico mostra invece il particle motion nel piano radiale verticale nella finestra temporale 3.200-3.500 secondi, in cui dominano le onde di Rayleigh. In questo grafico il moto ellittico retrogrado delle onde di Rayleigh per diversi cicli è particolarmente evidente.

IL LABORATORIO DI ANALISI AVANZATE (LAV)[3]

Il Laboratorio di Analisi aVanzate (LAV) è la struttura afferente alla UF Sismologia 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, analisi temporale dei parametri di splitting.

Vesuvio

Le localizzazioni probabilistiche dei terremoti rilevati nel periodo Luglio – Dicembre 2006 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 Permanente che alla Rete Mobile. In figura 14 sono mostrate le tre sezioni (orizzontale, Nord-Sud, Est-Ovest), con le localizzazioni ottenute per il data-set analizzato. La sismicità risulta concentrata in area craterica ed interessa i primi 4 Km di crosta.

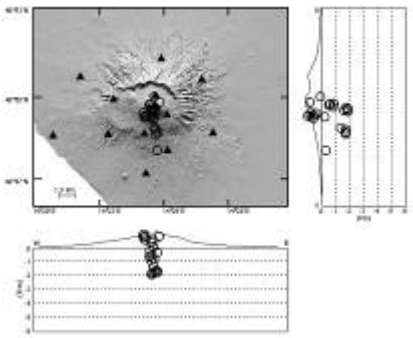


Figura 14. Localizzazione delle sorgenti sismiche al Vesuvio; i cerchi corrispondono al valore delle coordinate spaziali per cui la probabilità è massima.

[3] A cura di: S. Petrosino, P. Cusano, E. del Pezzo, M. Castellano, F. Bianco

Campi Flegrei

Nel secondo semestre 2006 l'area dei Campi Flegrei è stata interessata sia da sismicità di tipo vulcano-tettonico, sia da eventi a bassa frequenza. Tale sismicità si è concentrata tra il 19 e il 30 ottobre e dopo un periodo di stasi, a fine Dicembre sono stati rilevati alcuni eventi vulcano-tettonici piuttosto energetici. Lo spettro degli eventi vulcano-tettonici mostra picchi nella banda 5-20Hz, mentre gli eventi a bassa frequenza sono caratterizzati da un contenuto spettrale al di sotto dei 2Hz. In fig. 15 è mostrato un esempio di spettrogramma.

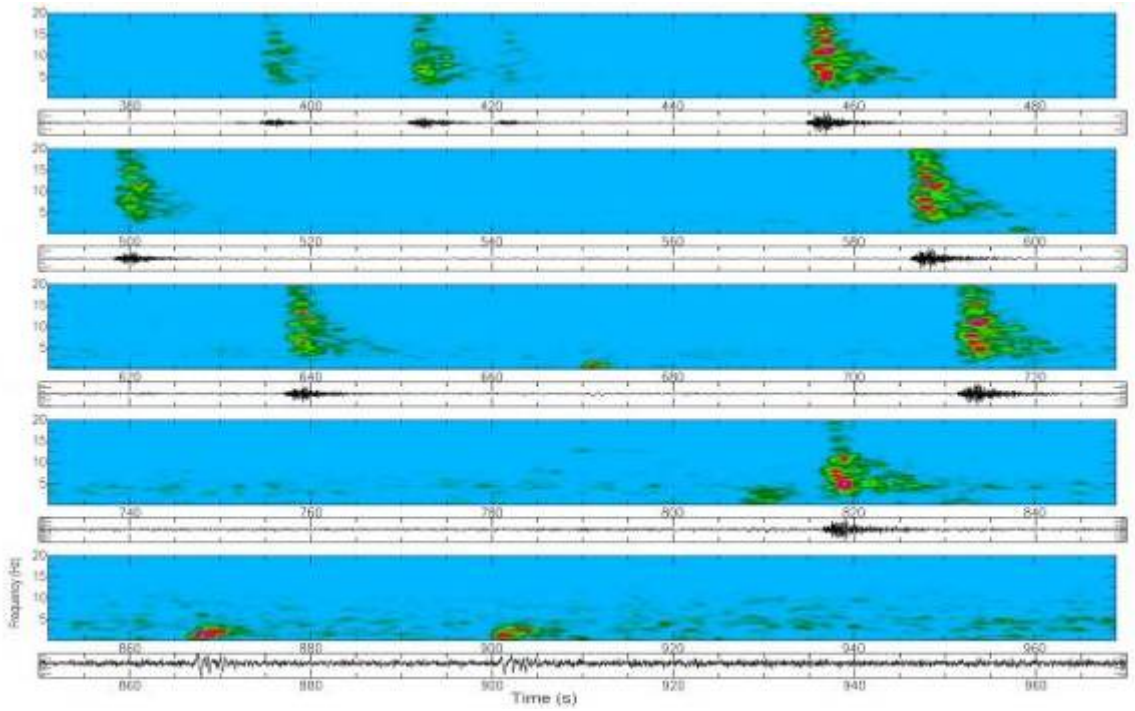


Figura 15. Spettrogramma della componente NS del segnale rilevato il 23/10/2006 alla stazione ASB2. Ogni riga rappresenta una finestra temporale di 120 secondi. Sono visibili sia terremoti vulcano-tettonici che eventi a bassa frequenza.

Le localizzazioni probabilistiche dei terremoti (Figg. 16 e 17) 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. I picking dei tempi di arrivo delle fasi P ed S sono stati effettuati sui segnali rilevati sia alla Rete Permanente che alla Rete Mobile. La maggior parte della sismicità risulta concentrata nell'area della Solfatara con profondità ipocentrali distribuite nei primi 3Km al di sotto del livello del mare. Per i terremoti vulcano-tettonici avvenuti nel periodo indicato sono stati calcolati i parametri di sorgente attraverso la stima del momento sismico e della frequenza d'angolo. I risultati ottenuti corrispondono a valori del raggio di Brune dell'ordine dei 30-60m e stress drop compreso tra 0.1 e 6bar. La distribuzione dei valori di magnitudo momento è riportata nella fig. 18.

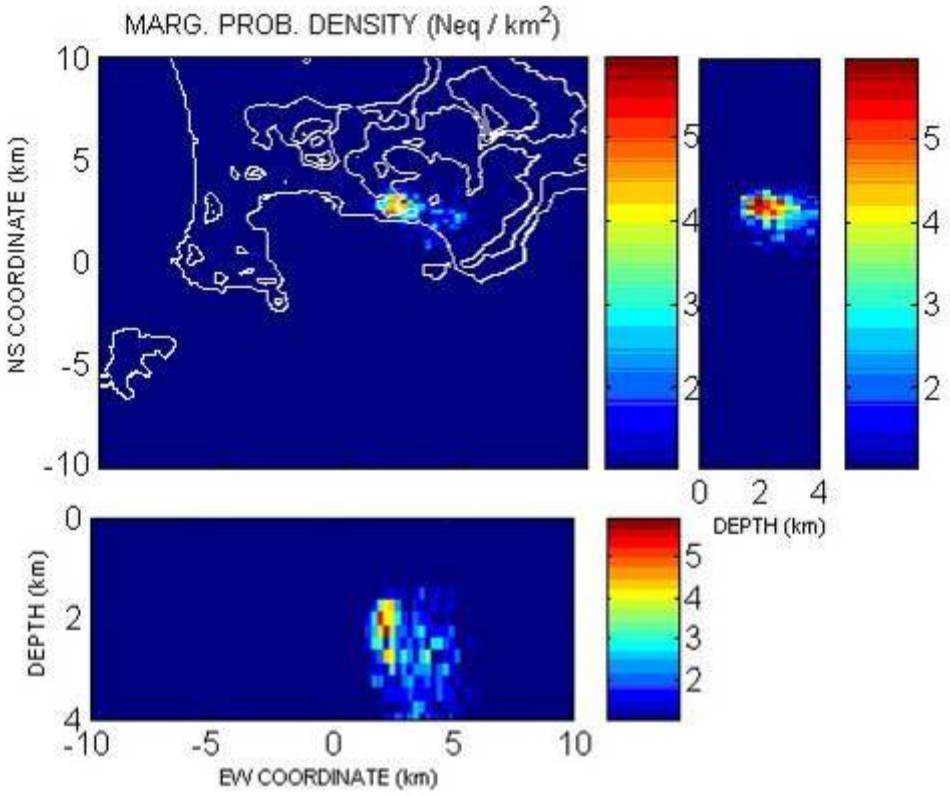


Figura 16. Localizzazioni probabilistiche dei terremoti avvenuti ai Campi Flegrei nel secondo semestre 2006. In figura è rappresentata la distribuzione di probabilità marginale proiettata nel piano orizzontale e nei due piani verticali orientati NS ed EW. La probabilità è massima nella aree contraddistinte dal rosso, minima per quelle con il blu.

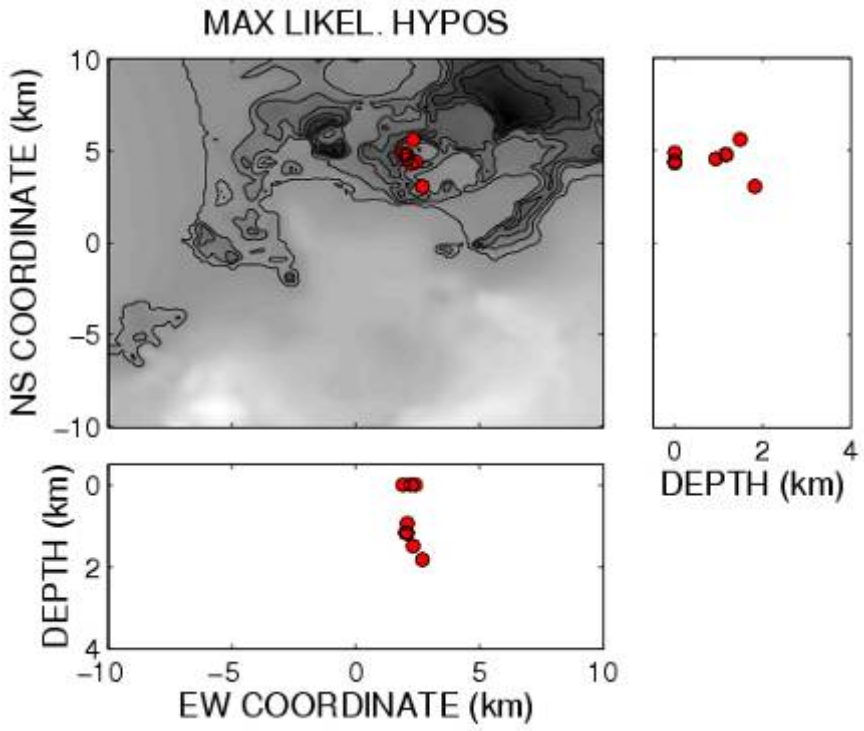


Figura 17. Localizzazione dei terremoti avvenuti ai Campi Flegrei tra il 20 e il 21 Dicembre 2006; i cerchi corrispondono al valore delle coordinate spaziali per cui la probabilità è massima

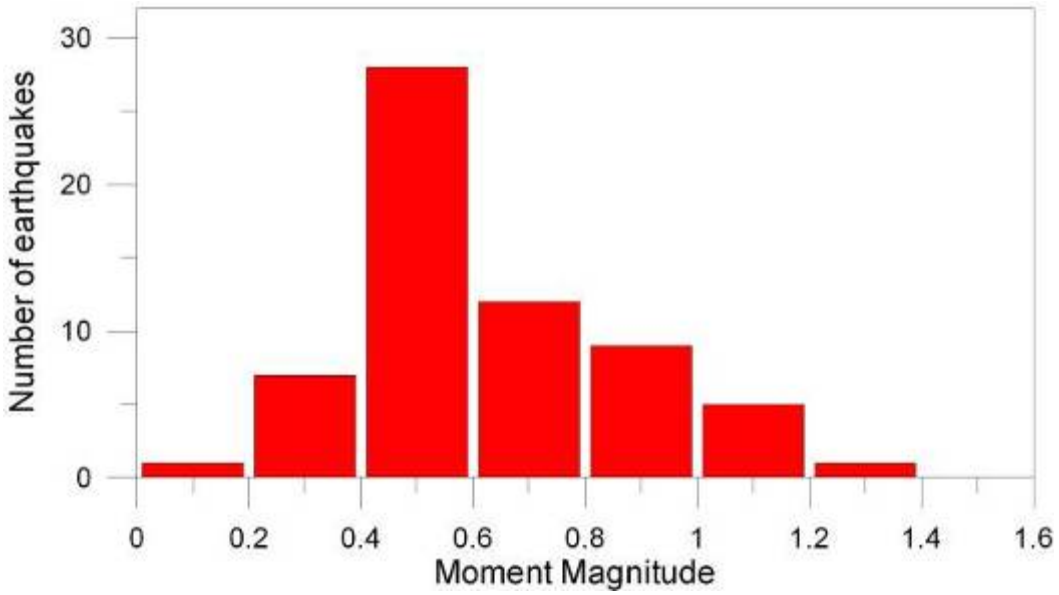


Figura 18. Distribuzione della magnitudo momento per i terremoti vulcano-tettonici registrati ai Campi Flegrei nel corso del secondo semestre 2006.

I meccanismi focali (Figg. 19 e 20) sono stati determinati per i terremoti vulcano-tettonici registrati con almeno otto dati di polarità relativi ai primi arrivi delle onde P. I meccanismi focali risultano di tipo normale e strike slip; in particolare gli eventi sismici appartenenti allo sciame avvenuto il giorno 23.10.2006 sono caratterizzati da un meccanismo molto simile (vedi dalla seconda alla sesta soluzione della fig. 19). Inoltre, le forme d'onda di tali terremoti sono fortemente correlate come mostrato in fig. 21. Si deve rimarcare il fondamentale contributo fornito dai dati raccolti dalle stazioni digitali della Rete Mobile senza i quali la qualità sia delle localizzazioni 3D che dei meccanismi focali risulta piuttosto insoddisfacente.

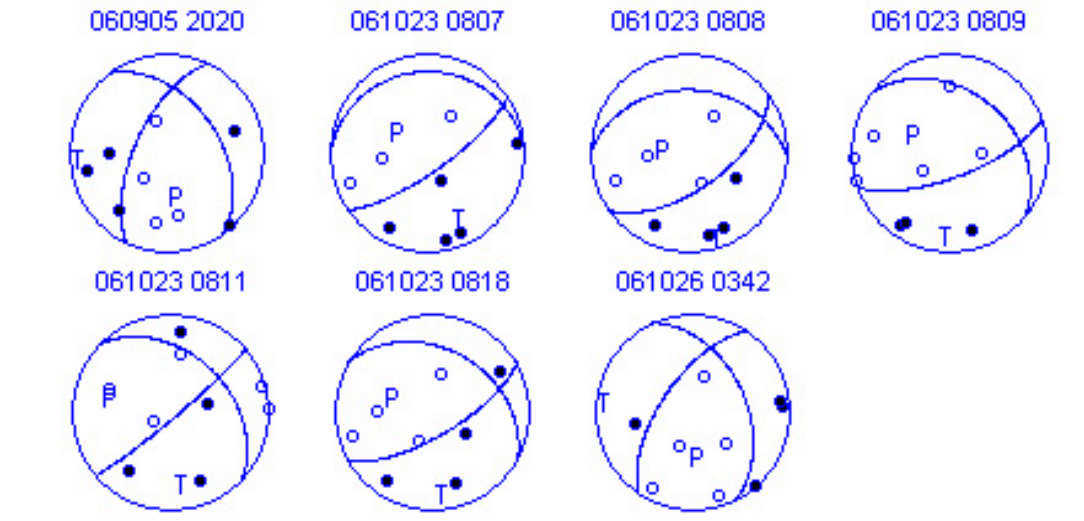


Figura 19. Meccanismi focali (proiezione emisfero inferiore) di alcuni eventi rilevati nel periodo luglio-dicembre 2006.

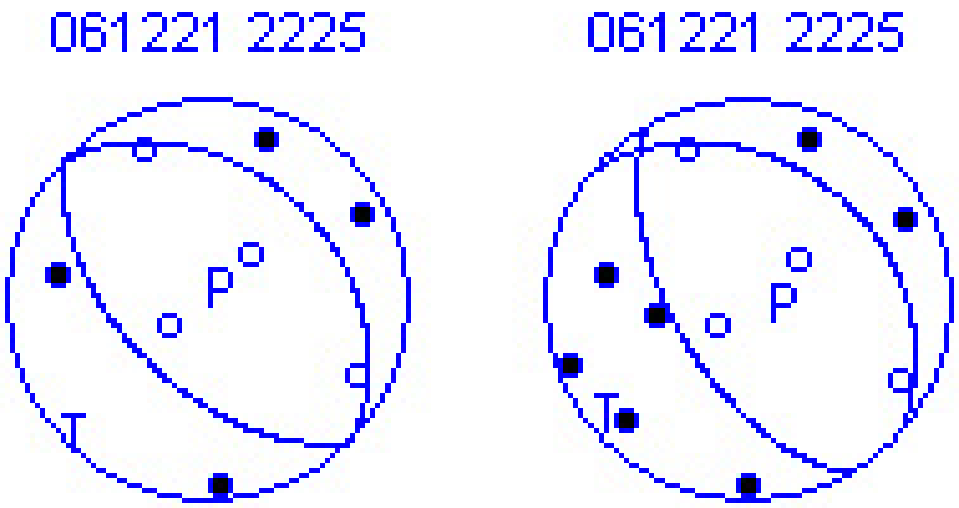


Figura 20. Meccanismi focali (proiezione emisfero inferiore) di due eventi registrati il 21dicembre 2006; si noti che tali eventi avvengono nello stesso minuto a circa 14 s di distanza l'uno dall'altro.

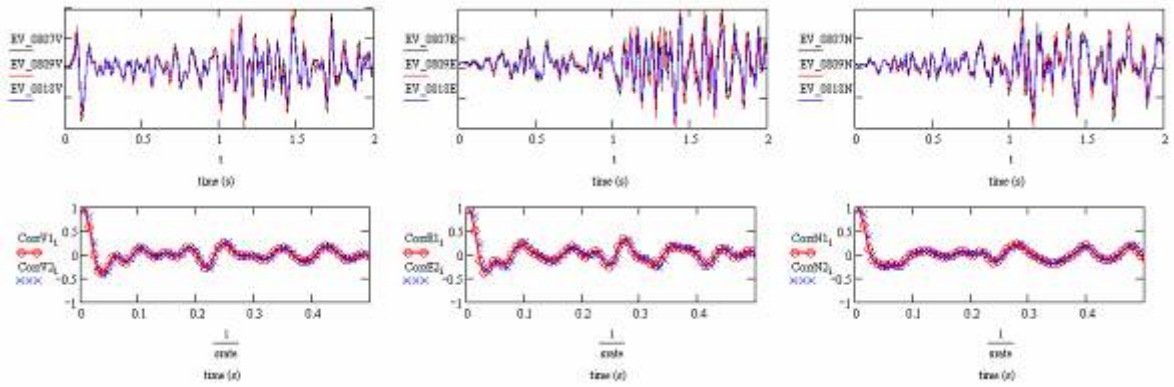


Figura 21. Confronto tra le forme d'onda di tre eventi dello sciame sismico avvenuto il 23 Ottobre nell'area dei Campi Flegrei. Nel pannello in basso è mostrata la correlazione tra le 3 componenti spaziali delle forme d'onda.

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 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 10 minuti estratte dalle registrazioni giornaliere notturne e diurne. L'RMS viene calcolato sia sul segnale non filtrato, sia in 3 bande di frequenza (0.05-0.1Hz, 0.1-1Hz, 1-5Hz). Nell'area Flegrea non si evidenziano particolari variazioni nei livelli di rumore sismico rilevati da Gennaio a Ottobre 2006 (figg. 22 e 23).

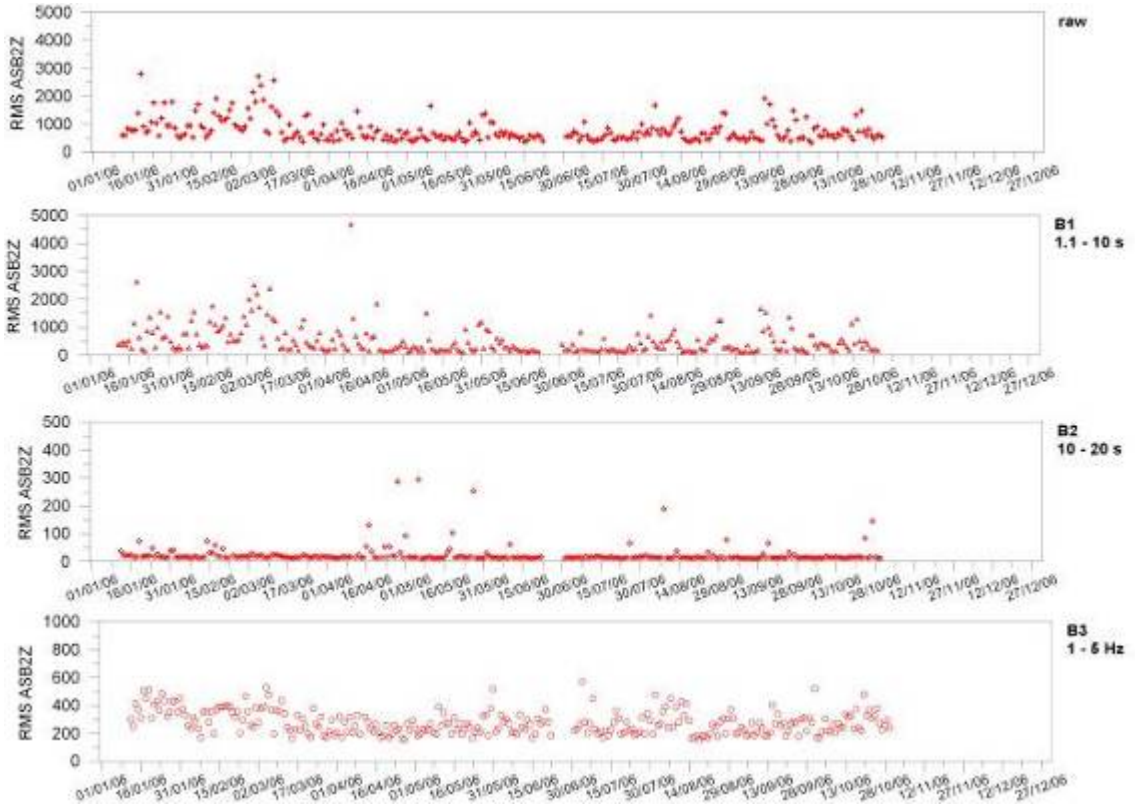


Figura 22. Andamento temporale del valore medio dell'ampiezza (RMS) del rumore (fascia oraria notturna) rilevato dalla stazione ASB2 (componente verticale).

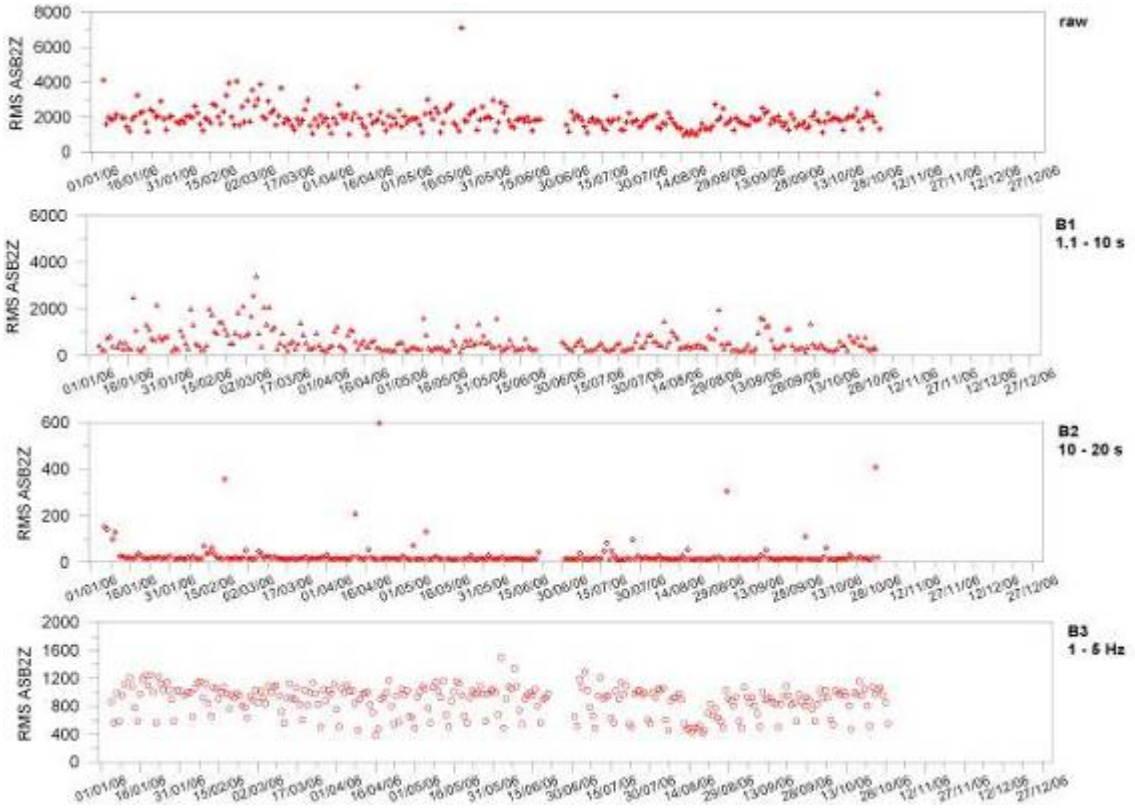


Figura 23. Andamento temporale del valor medio dell'ampiezza (RMS) del rumore (fascia oraria diurna) rilevato dalla stazione ASB2 (componente verticale).

Scala MagnitudoMomento

Si sono utilizzati 78 eventi registrati a partire dal Marzo 2005 e per essi è stato calcolato prima il momento sismico dalla parte a bassa frequenza dello spettro in spostamento e quindi la relativa Magnitudo Momento. Si sono poi confrontati i valori di Magnitudo Momento MW così ottenuti con i corrispondenti valori di Magnitudo Durata MD (fig. 24) stimata dal Laboratorio Sismico del Centro di Monitoraggio ed inseriti nella Banca Dati Geoves. Dalla regressione lineare, infine, si è ottenuta la seguente relazione che lega MW a MD:

$$M_w = \log D - 0.25$$

Tale relazione permette quindi di ottenere la magnitudo momento conoscendo la durata dell'evento.

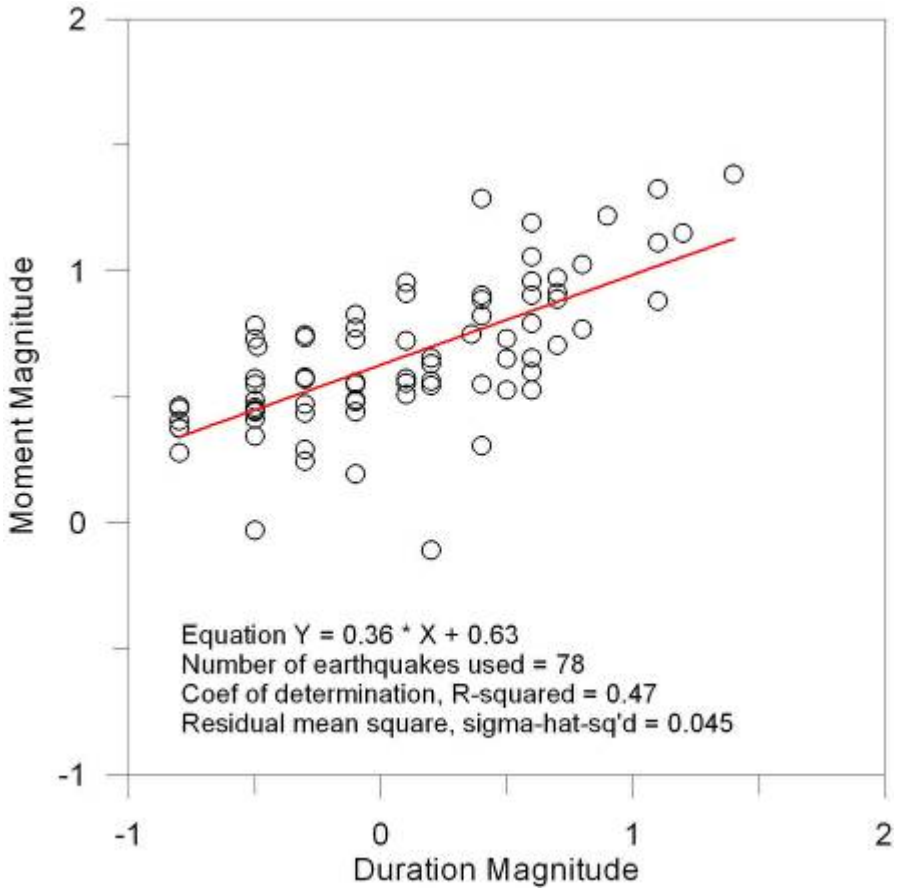


Figura 24. Confronto tra i valori di M_w ricavati dall'analisi spettrale delle forme d'onda e quelli di MD (si veda testo).

Bibliografia

F. Bianco, P. Cusano, S. Petrosino, M., Castellano, C. Buonocunto, M. Capello and E. Del Pezzo (2005). Small-aperture array for seismic monitoring of Mt. Vesuvius. Seismological Research Letters, 76, 3, 345-355

Del Gaudio C., Ricco C., Aquino I., Brandi G., Serio C. e Siniscalchi V. (2005); Misure di livellazione di precisione e dati tiltmetrici per il controllo delle deformazioni del suolo ai Campi Flegrei. INGV-Osservatorio Vesuviano Open File Report 4-2005, 9pp.

Lomax A., Virieux J., Volant P. and C. Berge, 2000. Probabilistic earthquake location in 3D and layered models: Introduction of a Metropolis-Gibbs method and comparison with linear locations, in Advances in Seismic Event Location Thurber, C.H., and N. Rabinowitz (eds.), Kluwer, Amsterdam, 101-134.

Zollo A. and Judenherc S., 2004. The Bay of Naples (southern Italy): Constraints on the volcanic structures inferred from a dense seismic survey. J. Geophys. Res., 109, B10312.doi: 10.1029/2003JB002876.

Ringraziamenti

Si ringrazia per la collaborazione tutta la UF Sismologia, in particolare M. Ciampi, N. Damiano, L. De Siena, V. Nisii, L. Zaccarelli. Si ringraziano inoltre M. Capello, P. Ricciolino, l'Oasi Naturalistica del WWF degli Astroni, l'Ente "Terme di Agnano", la Sovrintendenza ai Beni Culturali di Napoli, il Comune di Pozzuoli e la S.E.P.S.A., le famiglie Nardacchione e Iaccarino. Si ringrazia F. Ferrari (INGV-CT) che ha reso disponibili i programmi SEISM e CONWIZ con i quali vengono, rispettivamente, analizzati e convertiti nel formato SAC i dati delle stazioni Lennartz PCM5800.

RETE DI LIVELLAZIONE DEL VESUVIO[4]

Nella seconda metà del 2006 era programmata l'esecuzione di una misurazione completa della rete di livellazione dell'area vesuviana VALN (Vesuvian Area Levelling Network) (fig. 1), a distanza di oltre 2 anni dalla precedente. A causa di insufficienti risorse disponibili, fu necessario ridurre l'estensione dell'area investigata, limitandosi all'area sud-occidentale della rete. Al fine di effettuare comunque solo misure su circuiti chiusi e concatenati tra loro, in modo da permettere sia un controllo incrociato dei dati ottenuti, sia un aggiustamento rigoroso dei dislivelli misurati, si è proceduto alla divisione del circuito VH in due circuiti contigui (VHA e VHB) per mezzo della messa in posto di 3 nuovi capisaldi. In fig. 1 è riportata sia la configurazione attuale dell'intera rete, che la parte di essa (linea doppia) sottoposta a misura nel luglio 2006, costituita da 12 circuiti e 220 capisaldi con uno sviluppo lineare di circa 160 km. La campagna di misure è stata condotta nel luglio 2006, tramite autolivelli Wild Na2, coppie di stadie da tre metri in invar, seguendo tutte le procedure codificate per misure di tale tipo. I dati dei dislivelli misurati sono coerenti tra loro, come si evidenzia dalle chiusure dei dei dodici circuiti esistenti (tab. 1), la cui lunghezza varia da 4 a 24 km. L'entità (in modulo) delle chiusure va da meno di 0.1 mm (circuito VM) a 5.9 mm (circuito VD) e sono in generale largamente inferiori alle tolleranze calcolate dalla formula *2*(Lkm) mm, dove Lkm è la lunghezza del circuito in km.

[4] A cura di: F. Pingue, G. Brandi, A. D'Alessandro, S. Malaspina, F. Obrizzo, C. Serio, U. Tammaro

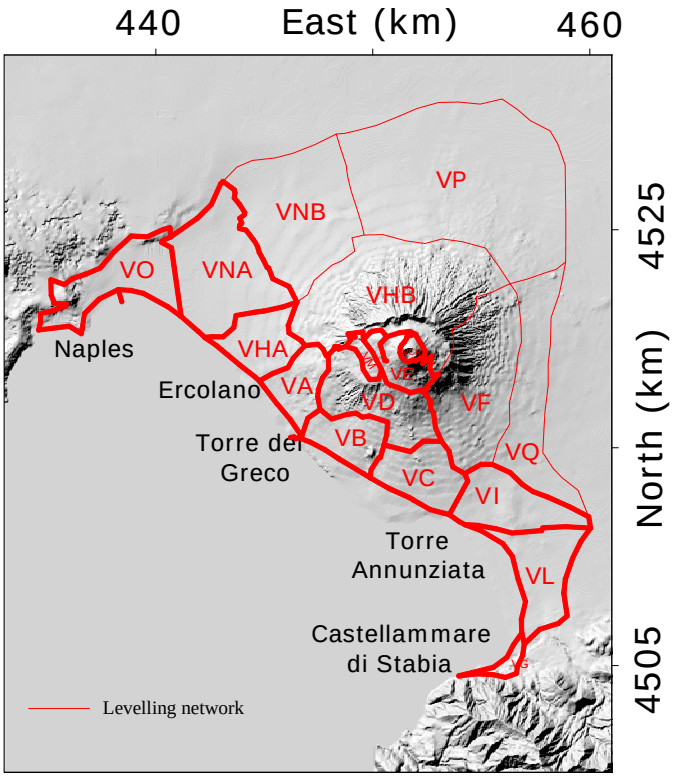


Figura 1. Rete di livellazione nell'area vesuviana (VALN) (Luglio 2006). In tratto doppio sono riportate le linee misurate nel luglio 2006.

Tabella 1. Chiusura dei circuiti di livellazione (luglio 2006).

Poligono	Lkm (Km)	Err. (mm)	|Err. max| (mm)
VA	13.0	3.0	7.2
VB	13.2	-0.4	7.3
VC	14.6	1.5	7.6
VCR	4.4	-0.3	4.2
VD	24.1	-5.9	9.8
VE	13.8	-0.6	7.4
VG	10.8	3.8	6.6
VHA	15.6	2.6	7.9
VI	16.7	-4.2	8.2
VL	20.8	-1.0	9.1
VM	7.2	<0.1	5.4
VNA	23.5	4.0	9.7
VO	26.2	0.3	10.2

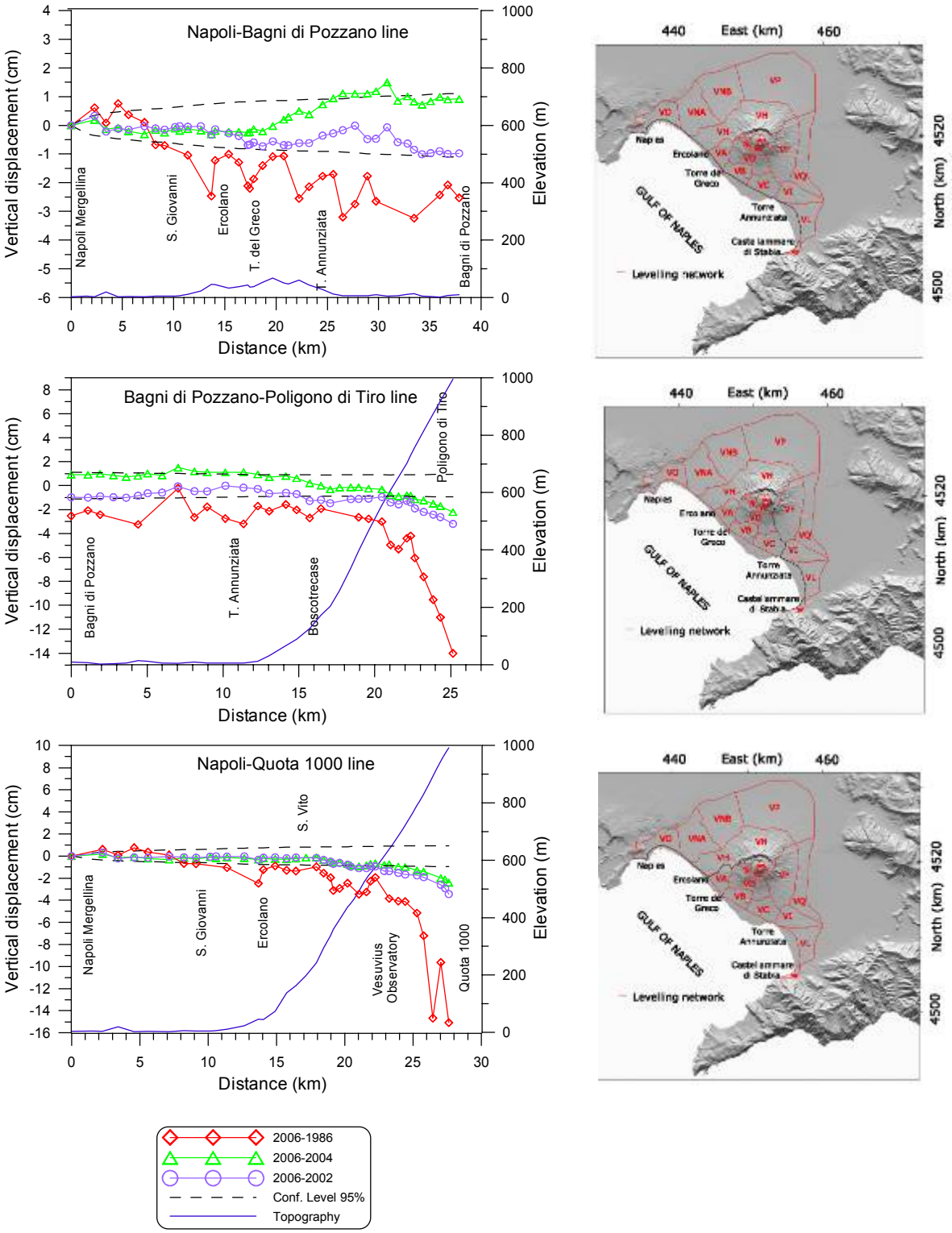


Figura 2. Spostamenti verticali calcolati per tre profili, il cui sviluppo planimetrico è riportato nelle mappe sulla destra.

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 2.75400m). Il processo di compensazione ha confermato la buona qualità dei dati; infatti, con 232

tratte processate e 219 quote relative incognite, il massimo residuo osservato-calcolato è di 0.45mm e la deviazione standard dell'unità di peso è di 0.72mm. 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 4mm. Dai dati compensati relativi al 1986, 2004 e 2006 sono state calcolate le variazioni di quota su tutti i vertici della rete. In fig. 2 sono riportate, a titolo esemplificativo, le variazioni di quota dei capisaldi situati su 3 profili caratteristici, già riportati nelle precedenti relazioni. E' 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 (1.000 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:

- la curva delle variazioni di quota ottenute confrontando le ultime misure con quelle immediatamente precedenti maggio 2004;
- lo spostamento verticale accumulato da Settembre1986 ad oggi;
- le curve (tratteggiate) delimitano la zona di confidenza al 95%;
- l'andamento altimetrico del profilo.

Tali grafici confermano il basso tasso di deformazione presente nell'area vesuviana negli ultimi anni. Le curve cumulative 1986-2006 mostrano l'esistenza di tre zone 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 solo notato che grossomodo l'area tra Torre del Greco e Torre Annunziata sembra interessata nell'ultimo biennio da una recupero della modesta subsidenza mostrata nel precedente biennio 2002-2004.

MOVIMENTI VERTICALI DEL SUOLO AL M. ETNA: FAGLIA DI PIANO PERNICANA - LIVELLAZIONE DI PRECISIONE[5]

Nell'ottobre 2006 è stata effettuata una campagna di livellazione di precisione sul M.Etna lungo il tratto delle rete altimetrica operante, nel settore Nord-Orientale del vulcano, dove si attraversa la Faglia di P.no Pernicana (fig.1). La struttura sismogenetica di Piano Pernicana, localizzata sul versante nord-orientale dell'Etna, è caratterizzata da una lunghezza di circa 8 km con direzione E-W, dalla costa ionica fino ad alte quote dell'apparato (Guardia Romana - 1.800m s.l.m.). L'insieme dei dati geologici e geofisici raccolti evidenzia che la Faglia Pernicana è contraddistinta prevalentemente da movimenti diretti e da significative componenti trascorrenti sinistre che hanno

[5] A cura di: F. Obrizzo, V. Amato, G. Brandi, M. Dolce

avuto un ruolo determinate nella cinematica della faglia. Nel settembre 1980 è stata installata dall'Osservatorio Vesuviano una rete altimetrica al M. Etna di cui un tratto attraversa la faglia Pernicana in direzione Nord-Sud, a quote comprese tra 1.400 e 1.800m s.l.m. La rete di livellazione operante è il frutto di vari ampliamenti e ristrutturazioni avvenute nel tempo ed oggi raggiunge una lunghezza di 150km con circa 250 capisaldi (cs). I dati raccolti sulla linea di livellazione della Pernicana, in 26 anni di osservazioni, hanno consentito di studiare e modellare la dinamica del versante ed il campo di spostamento verticale associati alla cinematica della faglia sia connessa a fasi di creeping che agli eventi sismici di maggiore energia caratterizzati da deformazioni statiche cosismiche pari a di 0.1m (p.e. 25 dicembre 1985, 29 ottobre 1986), nonché all'attività eruttiva del vulcano. I tratti di rete interessati dalle misure di livellazione di precisione condotte nell'ottobre 2006 hanno una lunghezza complessiva di circa 20km, lungo i quali sono distribuiti 35 caposaldi altimetrici. La strumentazione utilizzata per eseguire le misure è costituita da livelli Wild NA2 corredati di micrometro e da stadie centimetrate con nastro in Invar. Le tecniche e modalità di misura utilizzate sono quelle imposte dalle procedure standard della livellazione geometrica di precisione dal mezzo. I risultati di questa campagna di livellazione sono caratterizzati da un valore dell'errore chilometrico medio di 0.4mm/km1/2 e dalla chiusura dell'unico circuito (lunghezza 2km) pari a 1.5mm. Le operazioni di misura sono state avviate dopo un attenta fase di verifica dello stato della rete e di ripristino dei capisaldi danneggiati, manomessi o distrutti (p.e. nuovi cs 72N, 73B, 78B, 79B, 80A, 80B, 80C, 80D, 82N, ...), in particolare si ricorda che alcuni capisaldi della linea sono stati distrutti dalla colata di lava durante l'eruzione che ha interessato il versante NE (P. Provenzana-P.no Pernicana) nel periodo 26 ottobre 2002 - gennaio 2003. Si ricorda che l'ultima campagna effettuata risale all'ottobre 2002, prima della fase eruttiva che ha interessato il versante NE. Questa eruzione ha prodotto una colata di lava ed un campo di fratture di cui alcune eruttive, mentre associata all'attività eruttiva è stata registrata una forte attiva sismica lungo la faglia Pernicana. Le variazioni di quota calcolate dal confronto dei dati rilevati nelle campagne di livellazione nell'ottobre 2002 e nell'ottobre 2006, considerando come caposaldo di riferimento il cs 73 evidenziano forti movimenti verticali del suolo in prossimità della Faglia Pernicana (cs 78, Δh=-646mm) che decrescono allontanandosi dalla faglia in direzione Sud (fig. 2), raggiungendo il valore di -181mm al cs 94, ad una distanza di circa 7km dalla struttura geologica. Inoltre, considerevoli variazioni di quota sono state rilevate in un altro attraversamento della struttura posto più ad ovest, a quote maggiori, in prossimità del Rif. Conti, dove sono stati rilevati al cs P1B Δh=+593mm, cs P1A Δh=-931mm.

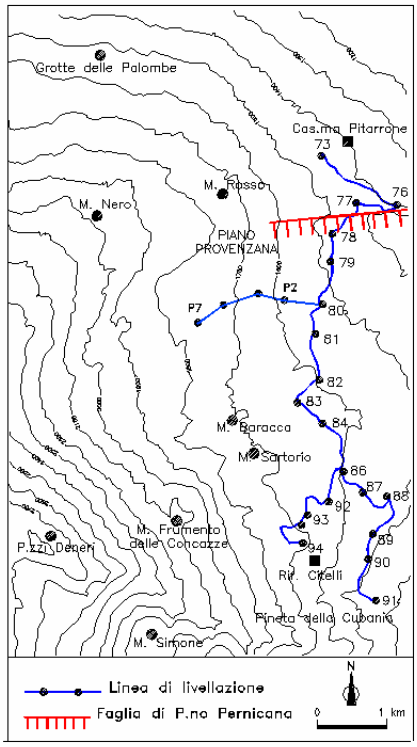


Figura 1. Monte Etna. Linea di livellazione che attraversa la Faglia di Piano Pernicana, localizzata sul versante Nord-orientale del vulcano. Il cs 73 è il caposaldo di riferimento per il calcolo delle variazioni di quota.

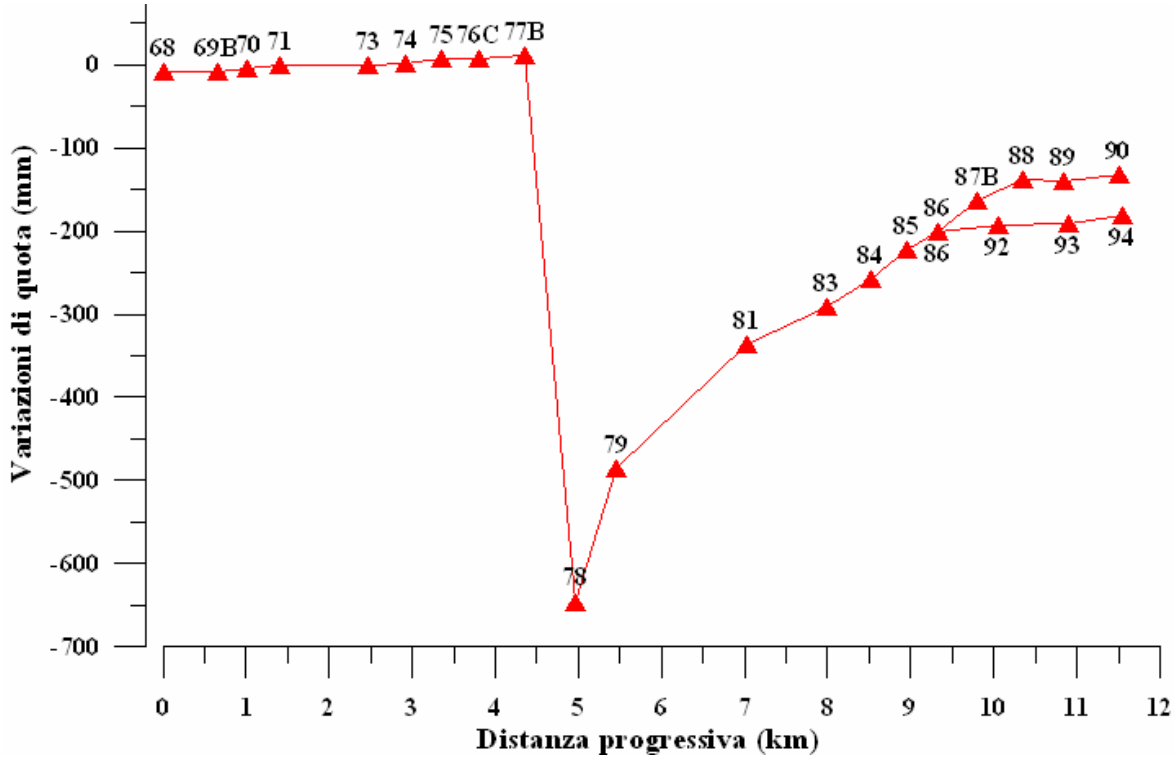


Figura 2. Monte Etna. Linea di livellazione - Faglia di Piano Pernicana. Variazioni di quota rilevate nel periodo ottobre 2002-ottobre 2006 considerando come caposaldo di riferimento il cs 73.

RETE GPS PERMANENTE DELL'AREA VULCANICA NAPOLETANA[6]

La rete GPS permanente (CGPS) dell'area vulcanica napoletana (fig. 1) è costituita da 24 stazioni, la cui dotazione strumentale è riportata in tab. 1. Tutte le stazioni sono provviste di collegamento tramite linea telefonica (PSTN o GSM) e dispongono di un doppio sistema di alimentazione: quello principale costituito dalla linea elettrica o da pannelli solari e quello secondario, consistente in una batteria ed un caricabatteria, che garantisce continuità di funzionamento in caso di black out elettrico. I ricevitori GPS sono impostati per l'acquisizione in locale di file giornalieri con intervallo di campionamento di 30 secondi ed angolo di cut-off di 15°. Tutte le stazioni sono gestite in remoto e lo scarico dei dati raw, la creazione dei file in formato RINEX, il controllo di qualità dei dati e la successiva elaborazione avvengono tramite una serie di procedure automatizzate giornaliere, secondo il diagramma di flusso in fig. 2, che in poche ore forniscono un risultato preliminare.

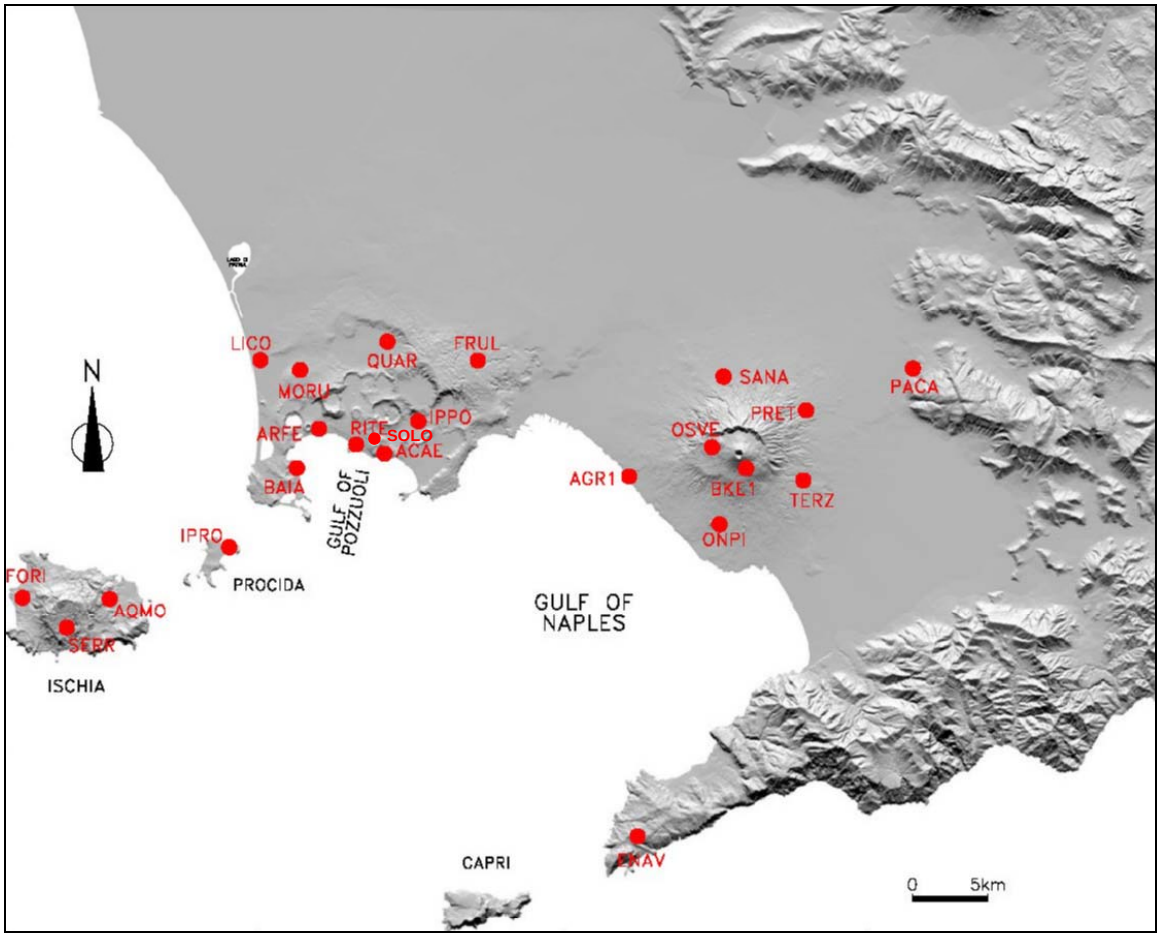


Figura 1. Rete GPS permanente (CGPS) dell'area vulcanica napoletana (dicembre 2006). La stazione STRZ non è riportata in figura perché ancora in fase di test.

[6] A cura di: P. De Martino, U. Tammaro, G. Brandi, A. D'Alessandro, M. Dolce, S. Malaspina, F. Obrizzo, C. Serio, F. Pingue

Tabella 1. Elenco dei siti della rete CGPS e strumentazione installata.

Sito	Ricevitore	Antenna
ACAE	Trimble 4000SSI	TRM29659.00
AGR1	Leica RS500	LEIAT504 con Radome
AQMO	Trimble 4000SSI	TRM33429.00+GP
ARFE	Leica RS500	LEIAT504 con Radome
BAIA	Trimble 4000SSI	TRM29659.00
BKE1	Leica RS500	LEIAT504 con Radome
ENAV	Leica RS500	LEIAT504 con Radome
FORI	Trimble 4000SSI	TRM29659.00
FRUL	Leica GRX 1200 PRO	LEIAT504 con Radome
IPPO	Trimble 4000SSI	TRM29659.00
IPRO	Leica RS500	LEIAT504 con Radome
LICO	Leica RS500	LEIAT504 con Radome
MORU	Trimble 4000SSI	TRM29659.00
ONPI	Leica RS500	LEIAT504 con Radome
OSVE	LeicaRS500	LEIAT504 con Radome
PACA	Leica SR520	LEIAT504
PRET	Leica RS500	LEIAT504 con Radome
QUAR	Trimble 4000SSI	TRM29659.00
RITE	Trimble 4000SSI	TRM29659.00
SERR	Leica RS500	LEIAT504 con Radome
SOLO	Leica RS500	LEIAT504 con Radome
SANA	Leica RS500	LEIAT504 con Radome
STRZ	Leica GRX 1200 PRO	LEIAT504 con Radome
TERZ	Leica RS500	LEIAT504 con Radome

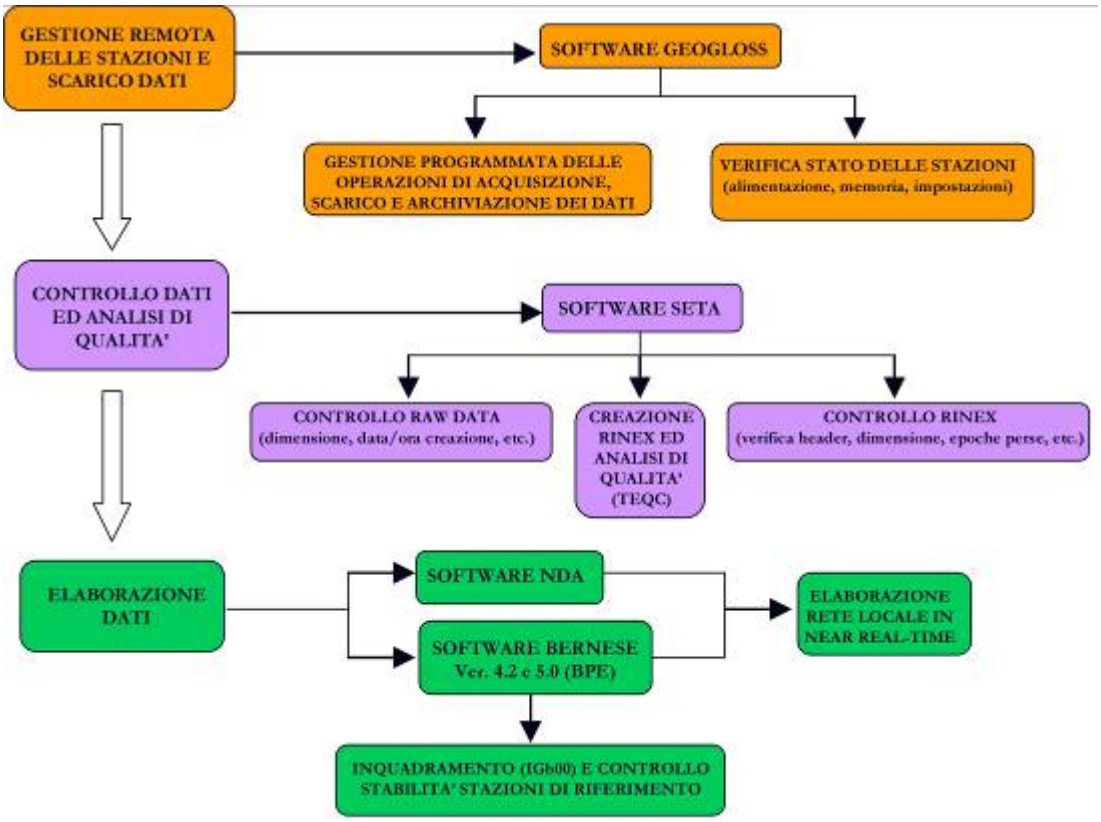


Figura 2. Diagramma di flusso delle procedure automatiche di gestione remota delle stazioni, scarico dei raw data, creazione dei file rinex controllo di qualità ed elaborazione dei dati.

Dall'analisi delle serie temporali delle variazioni in Nord, Est ed Up delle coordinate delle stazioni dell'area vesuviana e di quella ischitana non si evincono significative fenomenologie legate all'attività vulcanica. La stazione SERR, situata nel settore meridionale dell'isola di Ischia, conferma un leggero trend in subsidenza, dovuto probabilmente a fenomeni di instabilità locale. In fig. 3 sono mostrate le serie temporali delle variazioni settimanali delle coordinate delle stazioni permanenti ACAE, ARFE, BAIA e RITE (area dei Campi Flegrei) dal 2004 al dicembre 2006, relativamente a QUAR. Dalla figura risulta, come già riportato nei precedenti rapporti, che approssimativamente da ottobre 2004 è iniziata una fase di modesto sollevamento, proseguita per quasi tutto il 2005. Da novembre 2005 circa vi sono evidenze di un aumento della velocità di sollevamento, molto evidente alle stazioni di ACAE, ARFE e RITE; quest'ultimo vertice ha evidenziato, alla fine di ottobre 2006, il massimo valore registrato di sollevamento, pari a circa 4cm. Anche le componenti planimetriche delle stazioni presentano, nello stesso periodo, uno spostamento verso est di ACAE e verso ovest di BAIA ed ARFE. Tale fenomeno di sollevamento da novembre 2006 sembra essersi esaurito e da tale data sia le componenti altimetriche che planimetriche non evidenziano più significative variazioni.

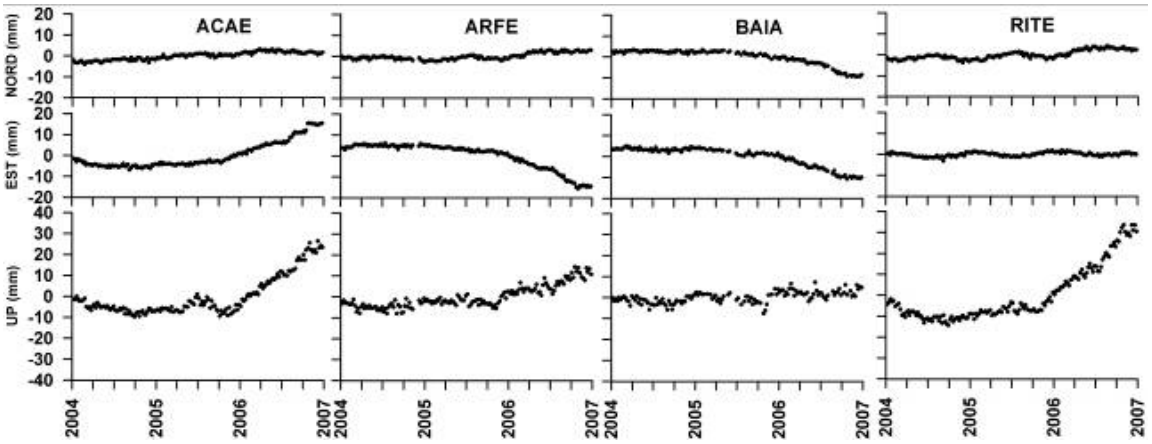


Figura 3. Serie temporali, da gennaio 2004 a dicembre 2006, delle variazioni settimanali in Nord, Est, Up delle coordinate delle stazioni di ACAE, ARFE, BAIA e RITE relativamente a QUAR.

RETE TILTMETRICA[7]

Vesuvio

I segnali acquisiti nel 2006 dalla rete tiltmetrica vesuviana, attraverso le tre stazioni in registrazione continua (poste a diverse quote lungo il settore WNW-SSE del M.te Vesuvio) OVO, CMD e TRC ubicate rispettivamente a 2.5km a WNW, 5km a SSW e 2.5km a SSE dal cratere, mostrano globalmente poche differenze rispetto a quelli relativi al 2005 e delineano assenza di rilevanti deformazioni del suolo (fig. 1). Nel dettaglio, la componente NS della stazione TRC, a parità di variazioni di temperatura nei 2 anni, registra tra Marzo e Maggio un'inclinazione pari alla metà di quella dell'anno precedente mentre nei mesi successivi mostra un comportamento simile al 2005. La componente EW invece registra un andamento regolare rispetto al 2005 in cui, invece, tra Agosto e Settembre si è verificata una variazione tiltmetrica anomala. La componente NS di CMD si discosta nel mese di Giugno dal trend seguito nel 2005, sempre a parità di variazioni di temperatura, mostrando valori più alti. La stazione OVO registra tra Aprile e Giugno, sul segnale relativo alla componente NS, valori che si discostano da quelli del 2005 in corrispondenza di variazioni termiche avvenute in quel periodo nei 2 anni considerati. Le componenti EW di OVO e CMD invece seguono trend simili nel 2005 e 2006. Dopo aver rimosso statisticamente la dipendenza dalla temperatura dei segnali tiltmetrici, è stata stimata per le 3 stazioni la reale inclinazione del suolo (figg. 2, 3, 4). OVO si inclina preferenzialmente lungo la direzione NE-SW e nel 2006 è stato stimato per essa un tilt di 1.5 μradianti a NE (fig. 2). TRC mostra invece una direzione preferenziale W-E ma nell'ultimo trimestre si inclina a SW; il tilt stimato per essa è di 5.5 μradianti a SSW (fig. 3). CMD si inclina preferenzialmente lungo la direzione NNE-SSW e nel 2006 è stato stimato per essa un tilt di 5 μradianti a NNE (fig. 4).

[7] A cura di: C. Ricco, C. Del Gaudio, I. Equino

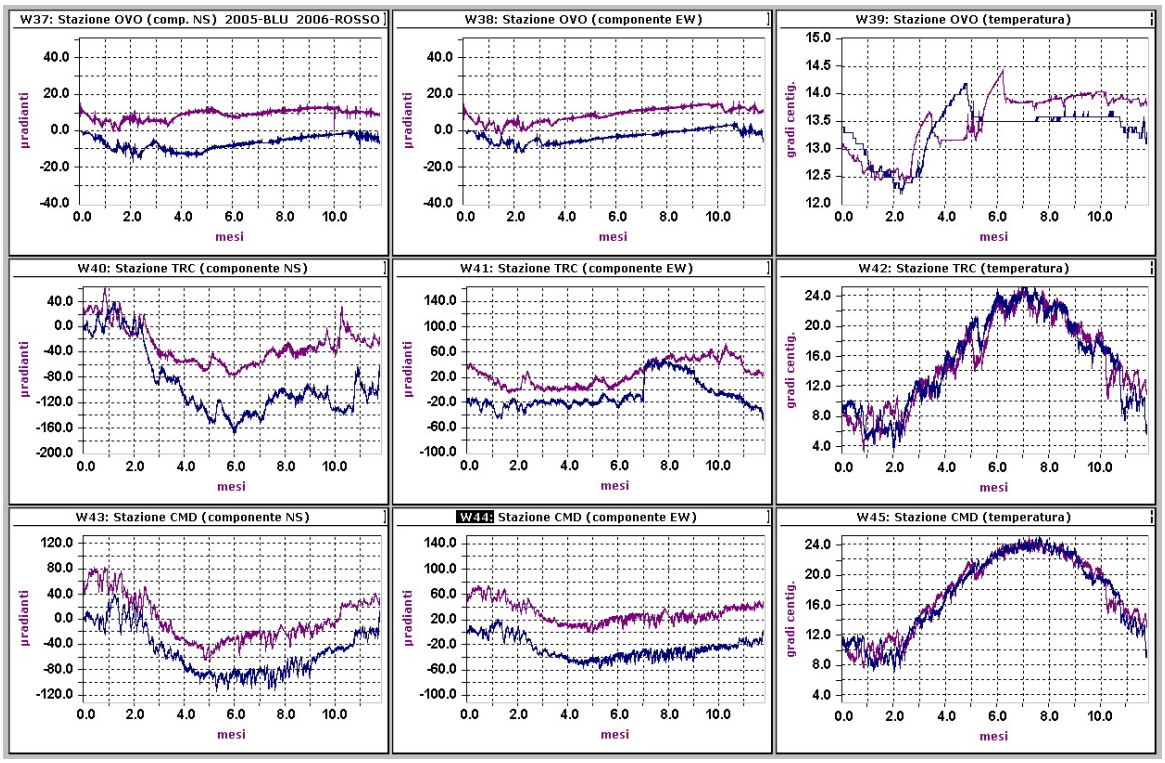


Figura 1. Confronto tra segnali tiltmetrici totali e termici relativi alle tre stazioni vesuviane OVO, TRC e CMD registrati nel 2006 (in rosso) e nel 2005 (in blu). Per esigenze di visualizzazione e' stato imposto un range di 260 μradianti e 22°C alle componenti tiltmetriche ed alle relative termiche di TRC e CMD mentre per OVO esso è stato fissato a 90 μradianti e 3°C. Valori di tilt crescenti nel tempo indicano sulla componente NS una inclinazione a N e su quella EW una inclinazione ad E.

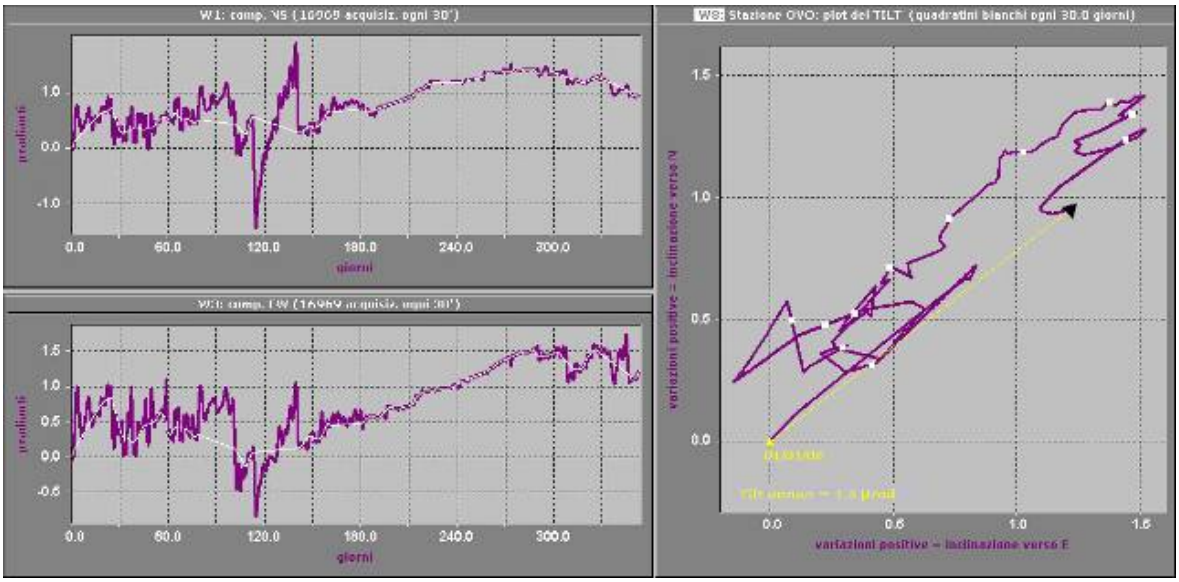


Figura 2. Plot vettoriale del tilt registrato a OVO e decorrelato dalla termica. La curva continua in viola riportata nell'odogramma (finestra 8) rappresenta la risultante vettoriale delle serie ricalcolate NS (finestra 1) ed EW (finestra 3) e sottoposte a media mobile con periodo di 1 giorno. Ogni quadratino bianco della griglia ha per coordinate l'inclinazione totale registrata dalla stazione tiltmetrica ogni 30 giorni. Il vettore Tilt disegnato in giallo rappresenta l'inclinazione annua.

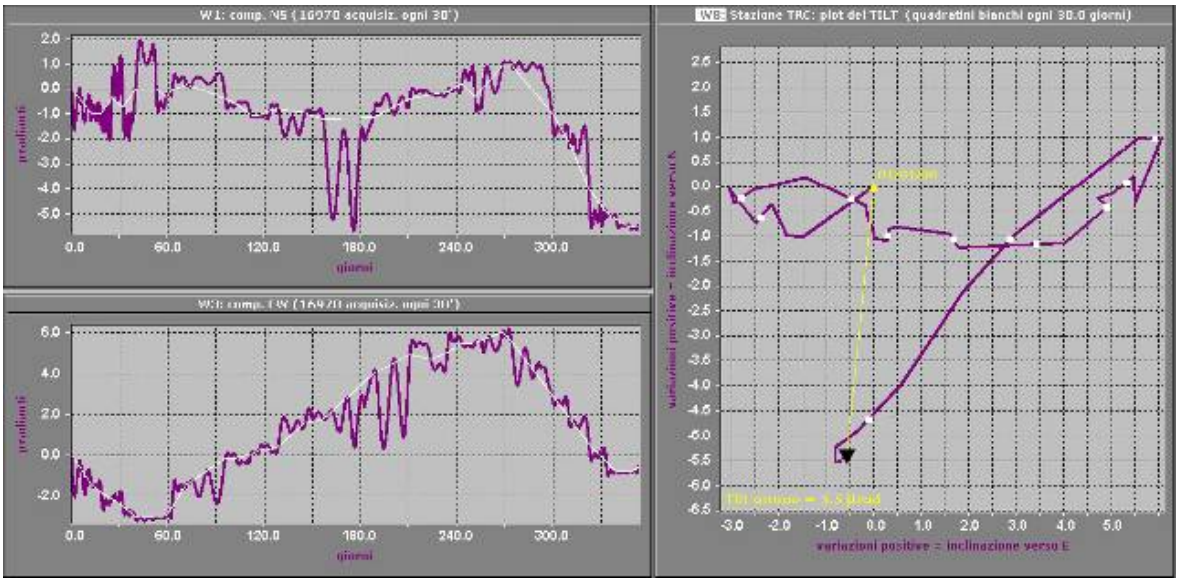


Figura 3. Plot vettoriale del tilt registrato a TRC e decorrelato dalla termica.

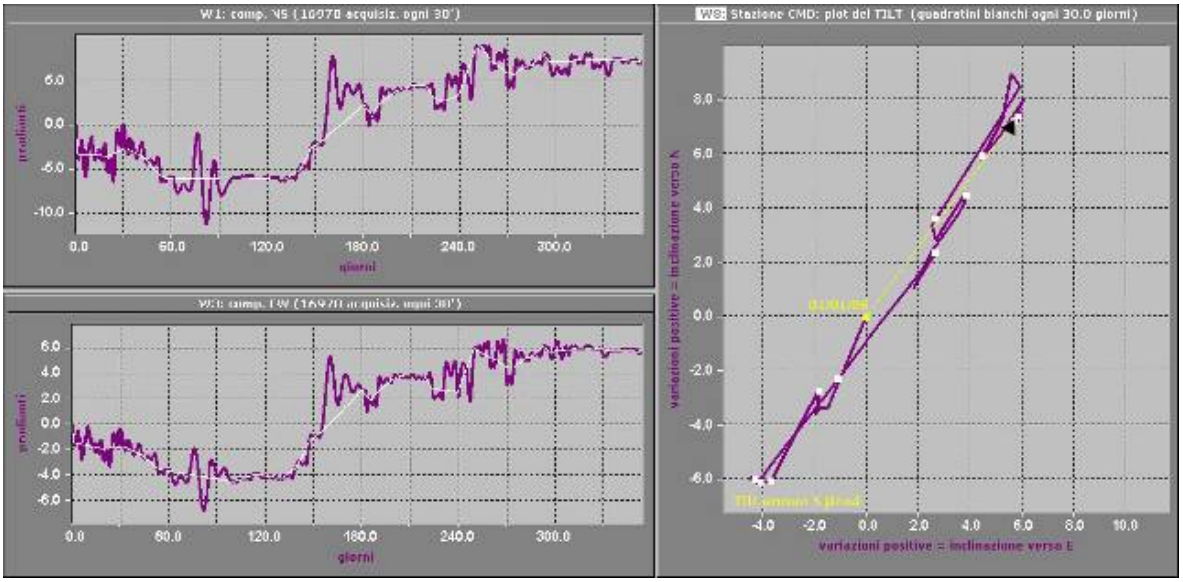


Figura 4. Plot vettoriale del tilt registrato a CMD e decorrelato dalla termica.

Campi Flegrei

I dati acquisiti nel 2006 dalla rete tiltmetrica flegrea evidenziano un generale sollevamento del suolo anche se di entità modesta, benché altre fasi i di uplift erano state registrate dai tiltmetri già a partire dal secondo semestre del 2004 e dal Marzo 2005. E' stato osservato che la direzione lungo la quale il suolo si inclina preferenzialmente in corrispondenza dei punti di monitoraggio ha un azimuth compreso tra 180° e 190° (da N in senso orario) alla stazione DMA (situata 1.6km a NNW da Pozzuoli), tra 130° e 140° a DMB (1.8 km a NNW), tra 160° e 180° a BAI (4 km a WSW), tra 230° e 240° a TOI (3.6km a WNW) e tra 60° e 70° ad ARC (2.6km a WNW). Nel corso di ogni anno solare, inoltre, l'inclinazione avviene nel periodo compreso tra il solstizio d'estate e quello d'inverno (II semestre) mediamente in direzione N-NW/S-SE a DMA e DMB, in direzione SSE/NNW a BAI, in

direzione SW/NE a TOI ed in direzione NE-ENE/SW-WSW ad ARC. Tali direzioni privilegiate sono dovute essenzialmente alla risposta termoelastica del suolo all'irraggiamento solare su periodo annuale. Sovrapposto a questo campo di deformazione indotto se ne osserva un altro regolato essenzialmente dal bradisismo flegreo. Dall'estate del 2000 e fino al primo semestre 2004, periodo in cui nell'area flegrea si è verificato un abbassamento del suolo con velocità decrescente, DMA ha registrato anno per anno un'inclinazione nel II semestre sempre a NW/SE ma successivamente e fino al giugno 2006 la direzione di inclinazione è ruotata in senso orario e quindi a NNW/SSE. La stazione DMB ha invece registrato nel II semestre di ogni anno, a partire dal 2000, un'inclinazione sempre in direzione NW/SE ma con il vettore tilt orientato sempre più a SE che dal 2004 ad oggi ha subito invece un progressivo ridimensionamento in ampiezza. BAI ha mostrato fino al 2004 un'inclinazione in direzione SSE/NNW ma con il vettore tilt orientato sempre più a SSE e che dal 2004 ad oggi ha subito anch'esso una diminuzione di ampiezza. Delle due stazioni borehole, TOI mostra dal 2000 e sempre nel II semestre di ogni anno un'inclinazione in direzione SW/NE, ma con il vettore tilt traslato sempre più a SW mentre dal 2004 ha subito un progressivo ridimensionamento in ampiezza. ARC (istituita nel 2004) mantiene inalterata la sua direzione di inclinazione stagionale (NE-ENE/SW-WSW), ma risente di un campo di deformazione tale da sovrapporre un tilt in direzione ortogonale NW. La componente a lungo periodo dei segnali registrati dalla rete tiltmetrica ha subito quindi una evidente variazione di trend negli ultimi due anni. Nel corso del 2006, alle 4 stazioni tiltmetriche di superficie (DMA,DMB,DMC,BAI) e 2 borehole (TOI, ARC) esistenti ne è stata aggiunta un'altra, denominata OLB ed installata in un pozzetto profondo 1m e distante 150m dall'ingresso della galleria ex SEPSA di Monte Olibano (1.5km a ESE da Pozzuoli) ed a 90m dalla costa. La stazione DMC, invece, è stata posta in stand-by nel marzo di quest'anno a causa dell'inizio dei lavori di bonifica ambientale riguardanti il sito in cui essa è collocata e che sono durati tutto l'anno. Confrontando i segnali registrati a DMA, DMB e DMC quest'anno rispetto al 2005, si rilevano alcune differenze nel trend esibito dalle componenti tiltmetriche delle prime due a parità di variazioni termiche (fig. 5). La componente NS di DMA registra dalla metà di aprile un'inclinazione minore di quella dell'anno precedente e dal mese di agosto la variazione è più evidente; sulla componente EW, inoltre, sono visibili delle variazioni nel segnale in entrambi i periodi. La stazione DMB subisce purtroppo un gap nell'acquisizione dalla metà di febbraio alla metà di aprile; nonostante ciò è molto evidente la variazione tiltmetrica tra maggio e giugno sulla componente NS e da maggio in poi su quella EW. Anche il confronto tra i segnali acquisiti quest'anno e nel 2005 dalle stazioni BAI, TOI ed ARC mette in luce alcune differenze di andamento temporale nelle ultime due a parità di variazioni termiche (fig. 6). Mentre su entrambe le componenti tiltmetriche di BAI, su quella NS di TOI e su quella EW di ARC non si individuano significative variazioni di trend nei 2 anni, le componenti EW di TOI e NS di ARC mostrano rispettivamente, dalla metà di giugno 2006, una diminuzione di tilt (inclinazione verso W) ed un aumento (inclinazione verso N) quasi doppi rispetto ai valori dell'anno precedente. La stazione di nuova istituzione OLB ha acquisito segnali particolarmente interessanti che hanno permesso di datare alla fine del mese di luglio l'inizio di un mini-uplift durato più di tre mesi e visibile sia nelle time-series registrate che nelle sequenze decorrelate dagli effetti termici (fig. 7).

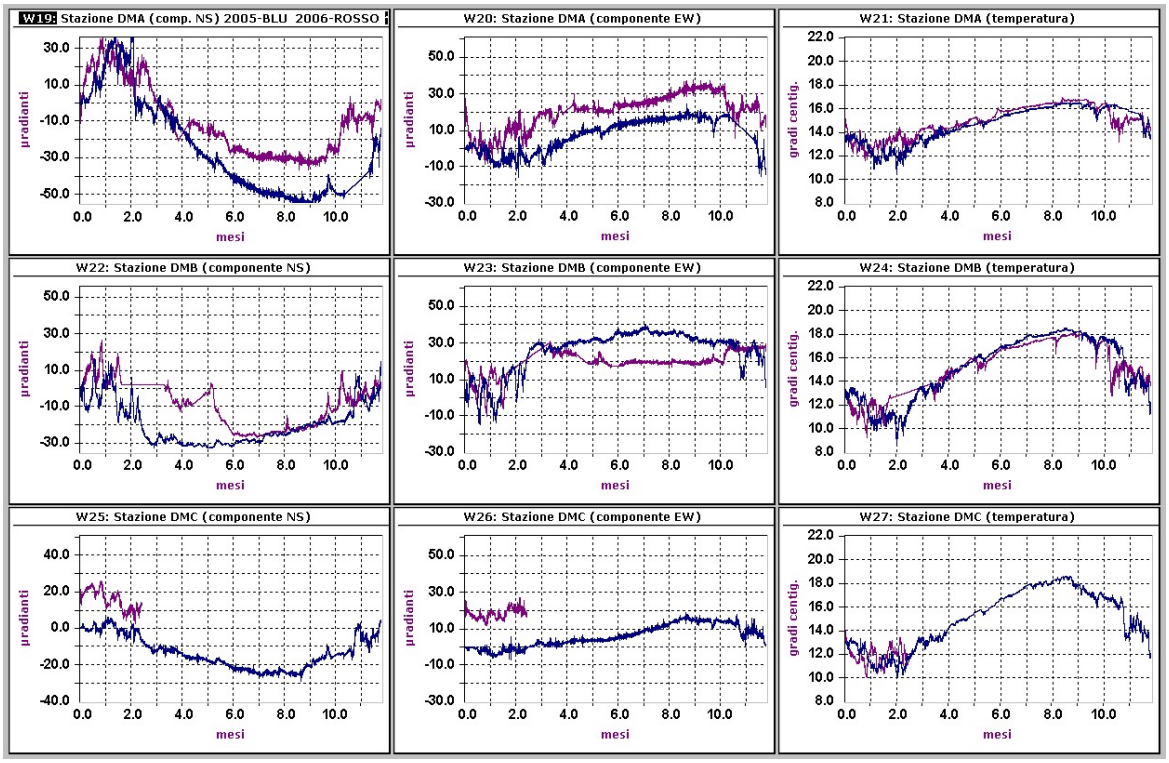


Figura 5. Confronto tra segnali tiltmetrici totali e termici relativi alle tre stazioni flegree DMA, DMB e DMC registrati nel 2006 (in rosso) e nel 2005 (in blu). Per esigenze di visualizzazione è stato imposto un range di 90 μradianti e 14°C alle componenti tiltmetriche ed alle relative termiche. Valori di tilt crescenti nel tempo indicano sulla componente NS una inclinazione a N e su quella EW una inclinazione ad E.

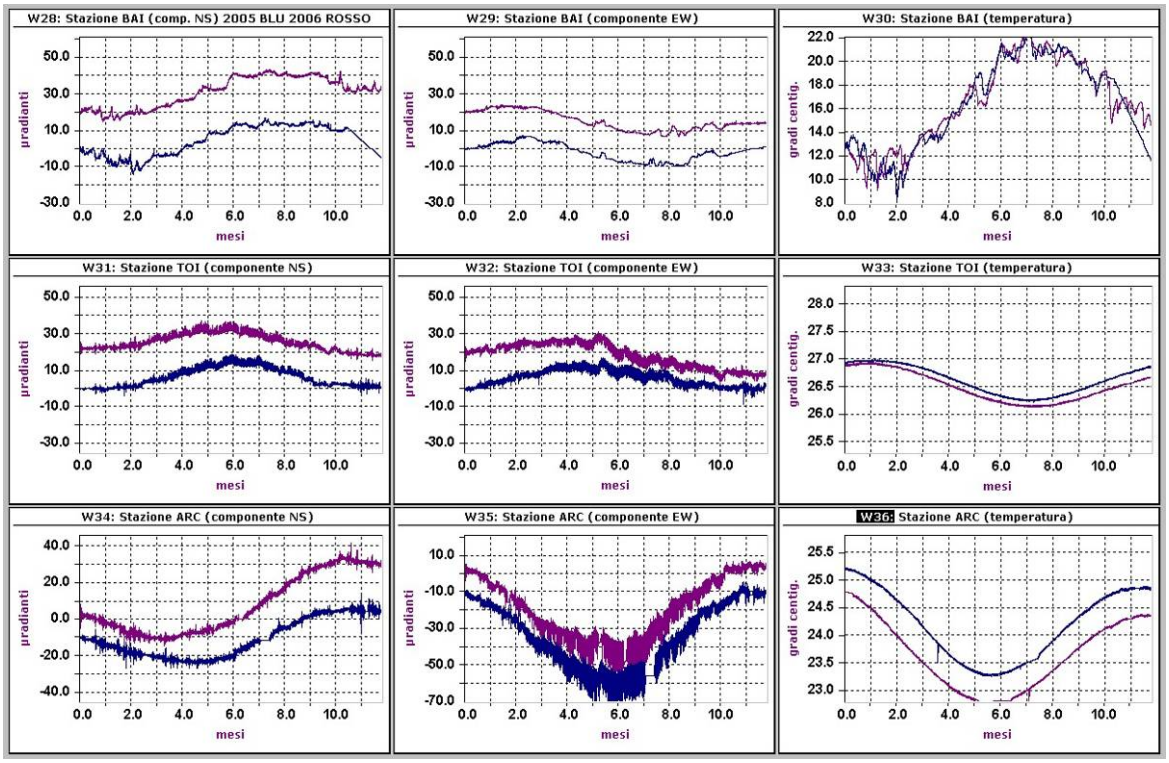


Figura 6. Confronto tra segnali tiltmetrici totali e termici relativi alle tre stazioni flegree BAI, TOI e ARC registrati nel 2006 (in rosso) e nel 2005 (in blu). E' stato imposto un range di 90 μradianti e 14°C alle componenti tiltmetriche ed alla termica di BAI mentre per TOI ed ARC il range della temperatura è di 3°C.

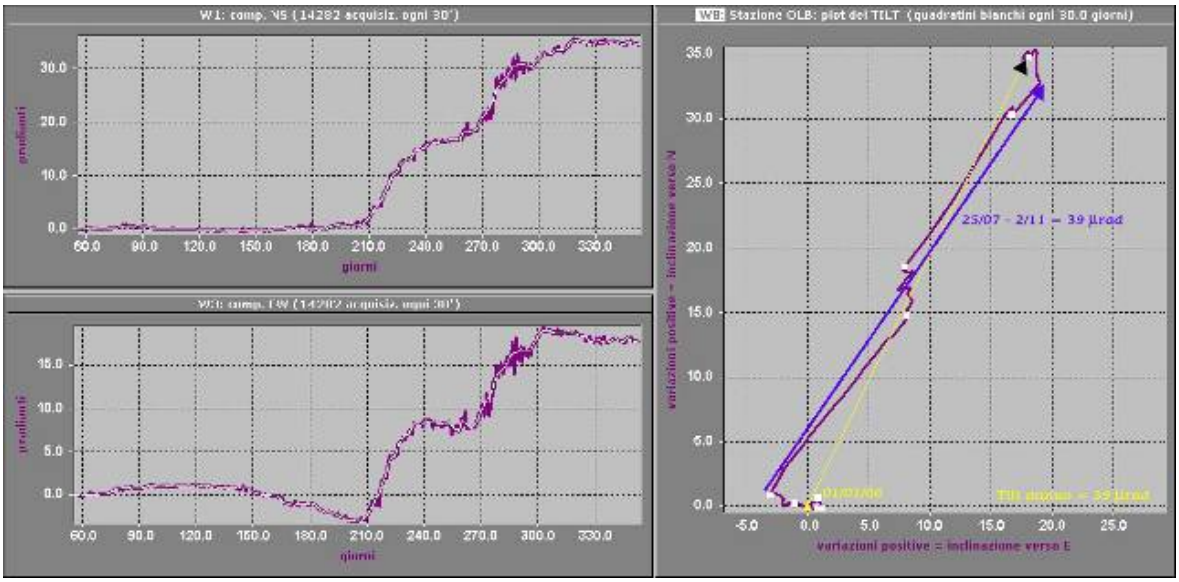


Figura 7. Plot vettoriale del tilt registrato a OLB e decorrelato dalla termica. La curva continua in viola riportata nell'odogramma (finestra 8) rappresenta la risultante vettoriale delle serie ricalcolate NS (finestra 1) ed EW (finestra 3) e sottoposte a media mobile con periodo di 1 giorno. Ogni quadratino bianco della griglia ha per coordinate l'inclinazione totale registrata dalla stazione tiltmetrica ogni 30 giorni. Il vettore Tilt disegnato in blu è relativo al periodo 25/07/06-2/11/06; quello in giallo rappresenta l'inclinazione annua.

Il procedimento di decorrelazione a cui sono stati sottoposti tutti i segnali registrati per minimizzare l'influenza della temperatura ha permesso di calcolare per questa stazione tra il 25 luglio ed il 2 novembre una inclinazione di 39 µradianti a N55E; alla stazione DMB essa ammonta invece a circa 2.5 µradianti in direzione N03W nel periodo 25 luglio - 28 ottobre (fig. 8). Alla stazione DMA viene invece stimato un tilt di 2.7 µradianti a NNW nel periodo 25 luglio - 30 novembre (fig. 9).

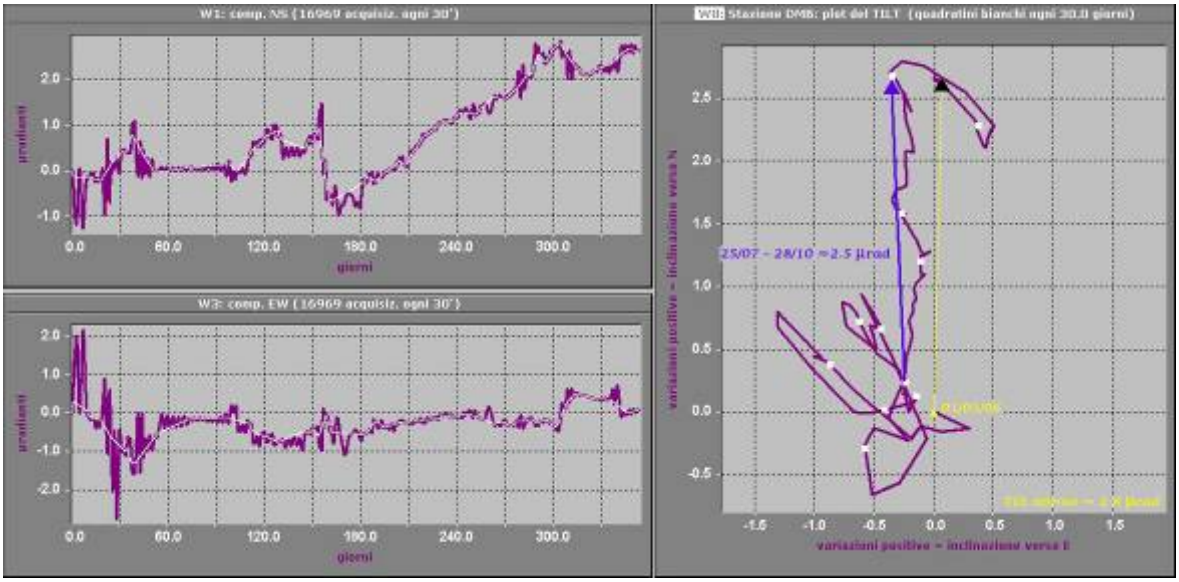


Figura 8. Plot vettoriale del tilt registrato a DMB e decorrelato dalla termica.

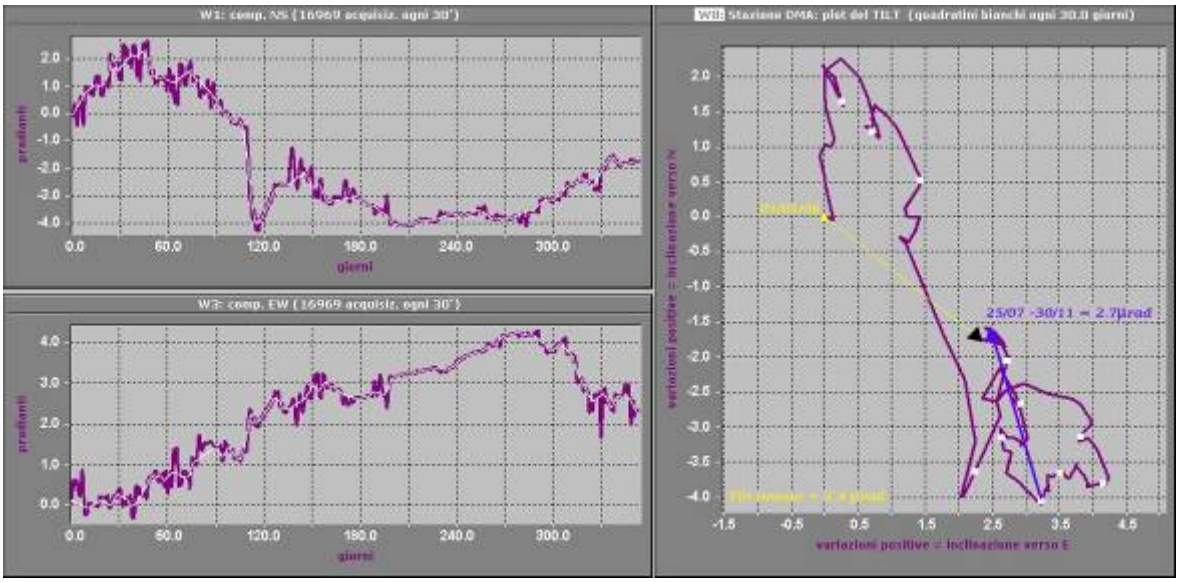


Figura 9. Plot vettoriale del tilt registrato a DMA e decorrelato dalla termica.

La stazione BAI non registra l'evento ma una inclinazione di circa 1 µradiante in direzione W da metà marzo (fig. 10).

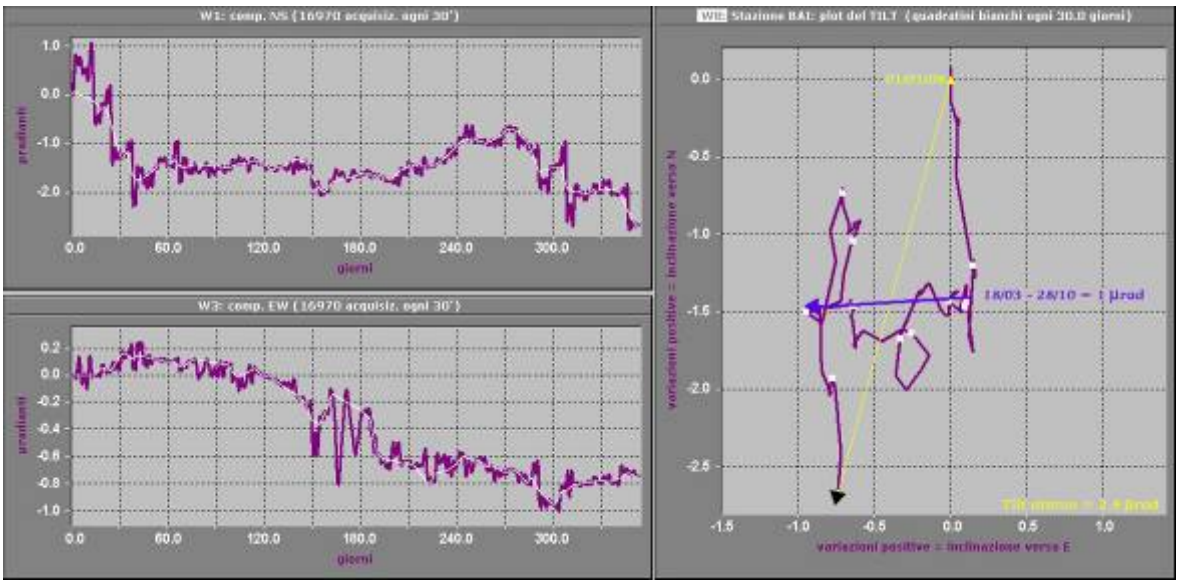


Figura 10. Plot vettoriale del tilt registrato a BAI e decorrelato dalla termica.

Alla stazione borehole TOI viene stimato un tilt di 2 µradianti in direzione SW dal 29 luglio alla fine di dicembre (fig. 11).

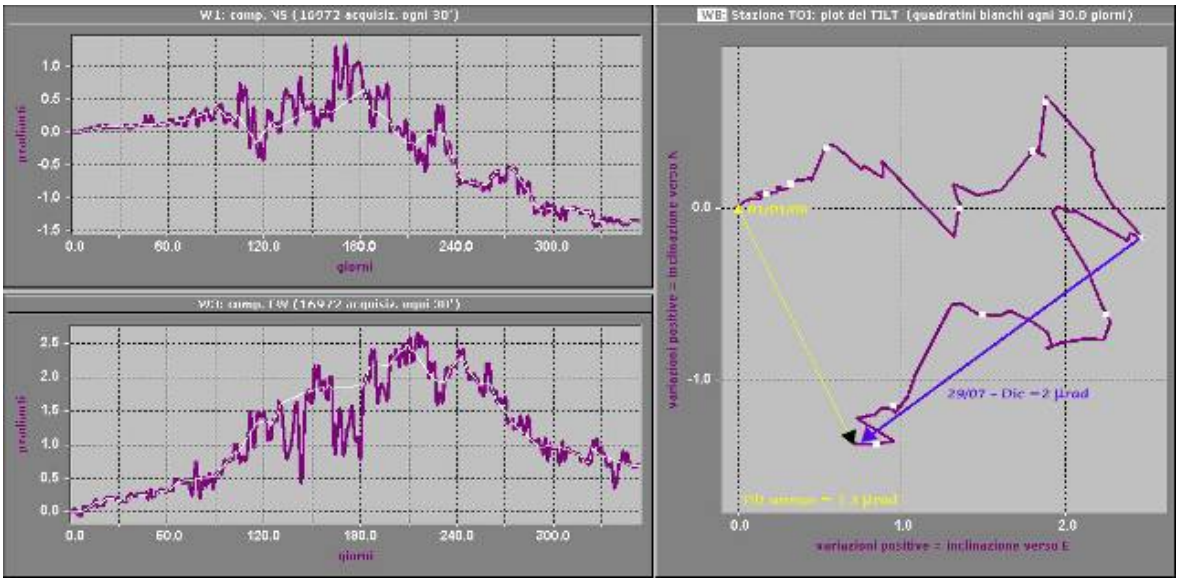


Figura 11. Plot vettoriale del tilt registrato a TOI e decorrelato dalla termica.

Per quanto riguarda la stazione borehole ARC, non si riconoscono trend riconducibili al mini-uplift ma un andamento discontinuo con inclinazione in direzione NNE (Fig. 12).

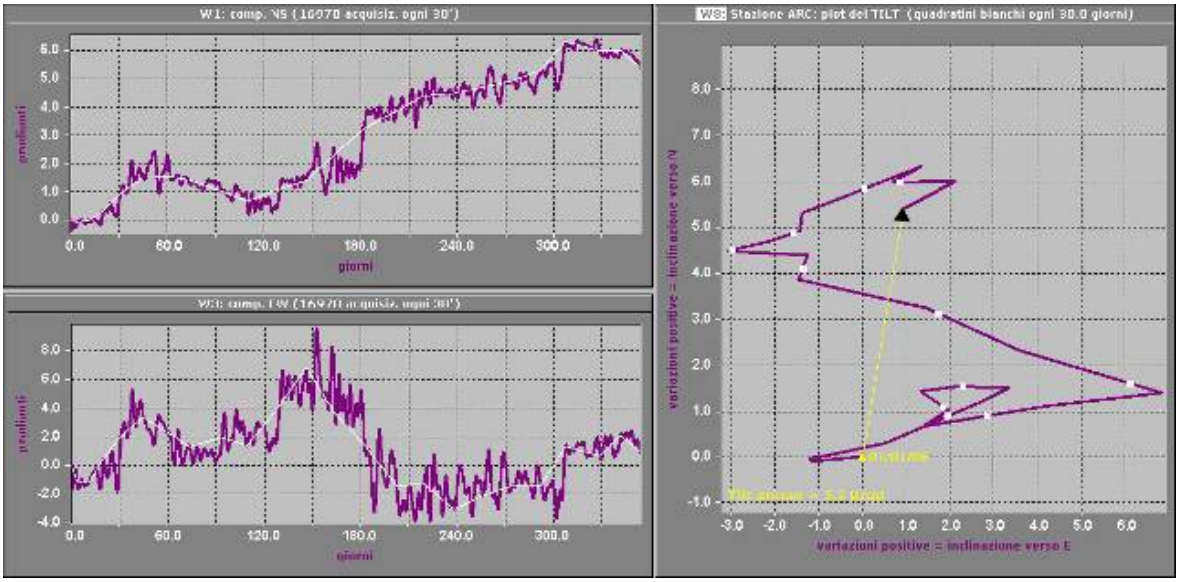


Figura 12. Plot vettoriale del tilt registrato ad ARC e decorrelato dalla termica.

IDROMETRIA E METEOROLOGIA[8]

A partire dalla seconda metà del 2003 è operativo un idrometrografo digitale ad acquisizione continua installato in un pozzo profondo 120m dal piano campagna (circa 115m s.l.m.), nei pressi del conetto laterale del Vesuvio Camaldoli della Torre "CMD," in località Torre del Greco. I dati

[8] A cura di: V. Siniscalchi, G. P. Ricciardi, A. La Rocca, S. Pinto

vengono acquisiti ogni 10 minuti su una centralina multicanale e inviati, tramite GSM, al Centro di Sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano. Nella prima quindicina di giugno 2006, per problemi tecnici, la stazione ha funzionato saltuariamente e, pertanto, nella figura allegata viene riportata la variazione giornaliera del livello piezometrico a partire dalla seconda metà di Giugno da quando, cioè, la stazione ha ripreso a funzionare con continuità. L'analisi del segnale idrometrico in continuo registrato dal 15 giugno al 31 dicembre 2006 ha evidenziato (fig. 1) le seguenti caratteristiche:

- un'oscillazione del livello della falda intorno al valore medio di -107,76m dal p.c.;
- minimo piezometrico nei mesi di giugno, luglio ed agosto a carattere prevalentemente stagionale;
- variazioni giornaliere del livello piezometrico per emungimento della falda con ricarica della stessa in circa 2-3 giorni. Tali variazioni, a carattere transiente e facilmente riconoscibili, non influenzano la corretta analisi del segnale idrometrico.

In fig.1 si notano anche delle interruzioni nella trasmissione del segnale in corrispondenza dei giorni 20-21 agosto e 10-11 ottobre dovute ad un guasto alla stazione che è stata, comunque, prontamente riparata. Per meglio valutare l'influenza dei fattori meteorologici sul segnale idrometrico, nel mese di Agosto si è proceduto all'installazione, presso la Sede Storica dell'O.V., di una stazione meteorologica digitale il cui tasso di campionamento è di 10 minuti. La stazione, al momento, è in fase di "prova" e di taratura ma quando inizierà a funzionare a pieno regime i dati, come già avviene per quelli idrometrici, saranno inviati direttamente al Centro di Sorveglianza dell'O.V.

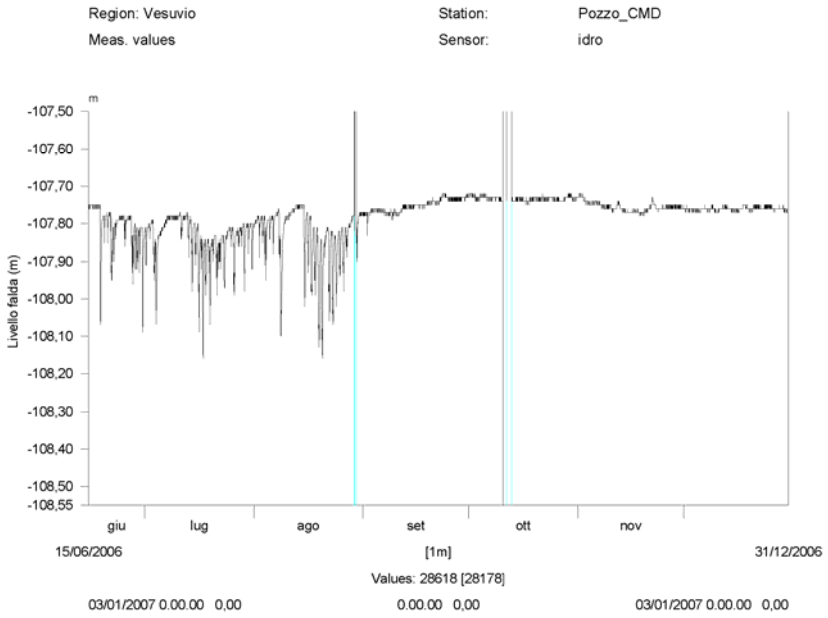


Figura 1. Variazione giornaliera del livello della falda alla stazione idrometrica CMD.

RETE MAREOGRAFICA AL VESUVIO[9]

Vesuvio

Il monitoraggio dei movimenti verticali del suolo è effettuato, oltre che con le tecniche geodetiche classiche e satellitari, anche tramite l'uso dei mareografi che rilevano, in continuo, il livello marino lungo le coste dove si impostano i vulcani attivi dell'area napoletana: Vesuvio e Campi Flegrei. La rete mareografica dell'Osservatorio Vesuviano è operante nell'area vesuviana a partire dal 1985. Il livello del mare è attualmente registrato con continuità dalle stazioni mareografiche di Castellammare di Stabia, Torre del Greco e Napoli Porto (figg. 1, 2, 3). La strumentazione operante nel sito di Napoli è ubicata all'interno della stazione mareografica dell'APAT facente parte della Rete Mareografica Nazionale.

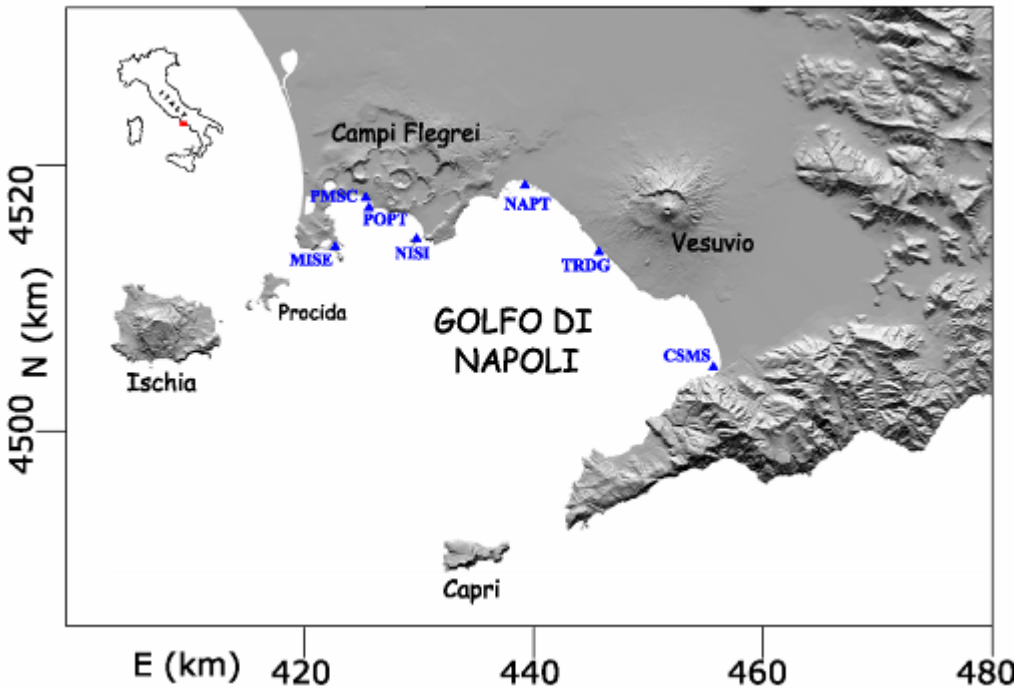


Figura 1. Rete mareografica dell'area vulcanica napoletana: Vesuvio e Campi Flegrei. Area vesuviana: NAPT=Napoli Porto, stazione di riferimento; TRDG=Torre del Greco; CSMS=Castellammare di Stabia.

Le stazioni sono attrezzate sia con mareografi meccanici con sistema a galleggiante-contrappeso e registrazione su carta, che con sensori digitali a galleggiante-contrappeso i cui dati vengono trasmessi via GSM. Attualmente i sensori digitali, per le finalità di monitoraggio, campionano il livello marino ogni 5 minuti (con possibile riduzione fino ad un minuto). Con tale frequenza di campionamento è possibile un accumulo di circa 100 giorni di dati sulla memoria interna della centralina di acquisizione, prima che questa venga sovrascritta. Essa viene interrogata, in automatico, per il trasferimento dati al Centro di Sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano ogni 12 ore. Con la trasformazione digitale della rete di sensori si è raggiunto l'obiettivo di aumentare la frequenza di campionamento, di evitare la successiva digitalizzazione del segnale analogico e di

[9] A cura di: P. Capuano, A. La Rocca, F. Obrizzo, F. Pingue, S. Pinto, A. Russo, U. Tammaro

ottenere la connessione e lo scarico dei dati in tempo quasi reale (l'intervallo di 12 ore del tempo di connessione può essere ridotto). Nel periodo luglio - giugno 2006 è proseguito 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 sulle stazioni sono eseguiti entro le 24-36 ore dall'insorgere del problema. L'analisi dei movimenti verticali del suolo, per l'area vesuviana, viene eseguita riferendo le misure del livello del mare, registrate a Torre del Greco, alla stazione di Napoli Porto e di Castellammare di Stabia. La stabilità relativa della stazione di riferimento viene periodicamente verificata tramite livellazioni di precisione effettuate sul caposaldo posto in prossimità del mareografo e collegato alla rete di livellazione. Durante gli ultimi sei anni (2000-2006), nei limiti degli errori, non vengono evidenziati significativi movimenti verticali del suolo alla stazione di Torre del Greco (figg. 4, 5). Alla stazione di Castellammare di Stabia, inoltre, nel periodo luglio-dicembre 2006 (fig. 6) non si osservano significativi movimenti verticali del suolo.

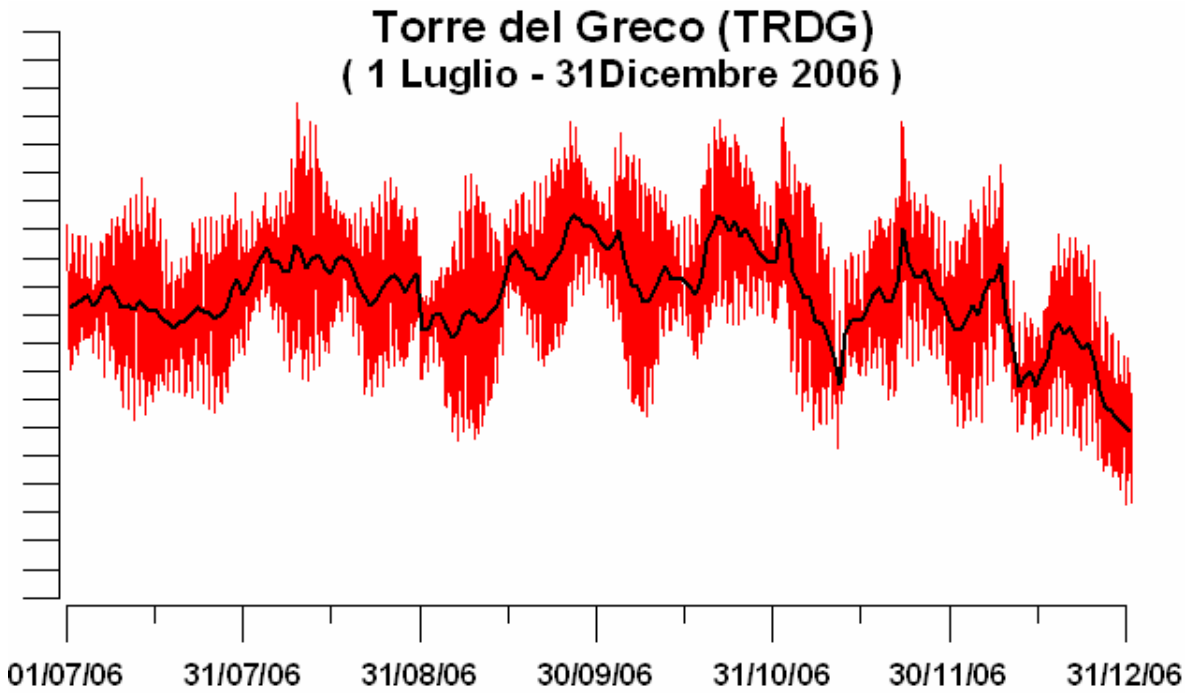


Figura 2. Variazioni del livello del mare al Porto di Torre del Greco (TRDG) nel periodo luglio - dicembre 2006 rilevate dal sensore digitale. Le variazioni riportate rappresentano le medie orarie. La curva in nero riproduce la media giornaliera. La scala verticale presenta intervalli di 5cm.

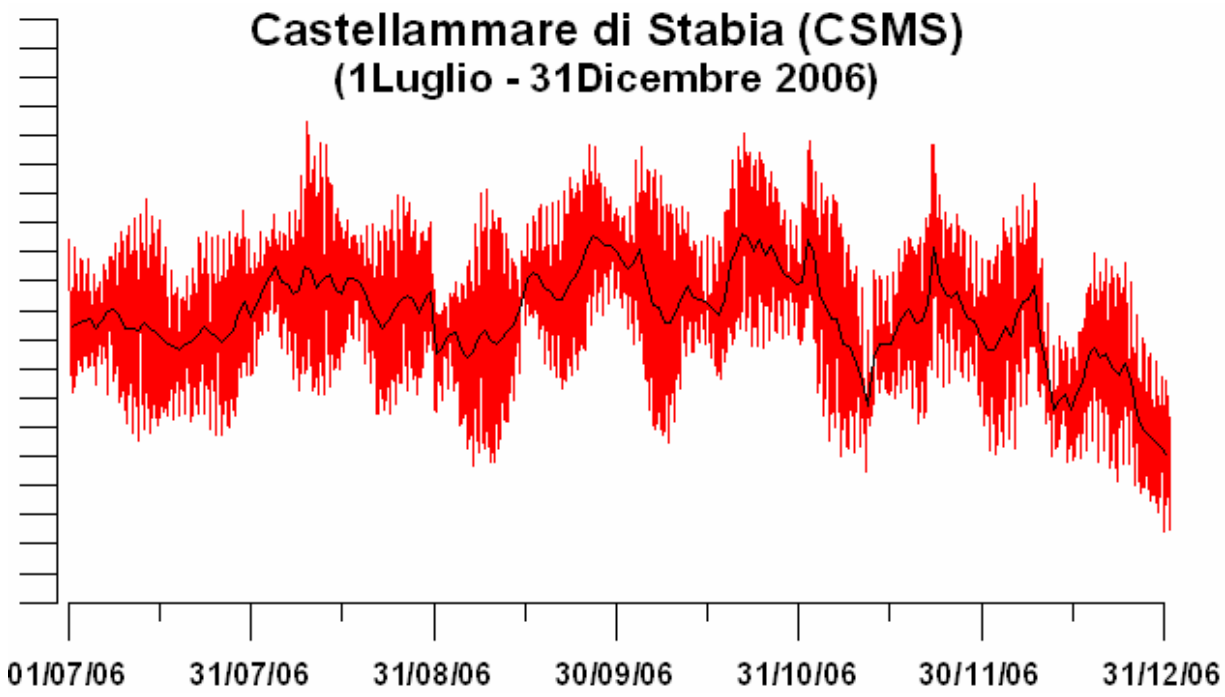


Figura 3. Variazioni del livello del mare al porto di Castellammare di Stabia (CSMS) nel periodo luglio - dicembre 2006 rilevate dal sensore digitale. Le variazioni riportate rappresentano le medie orarie. La curva in nero riproduce la media giornaliera. La scala verticale presenta intervalli di 5cm.

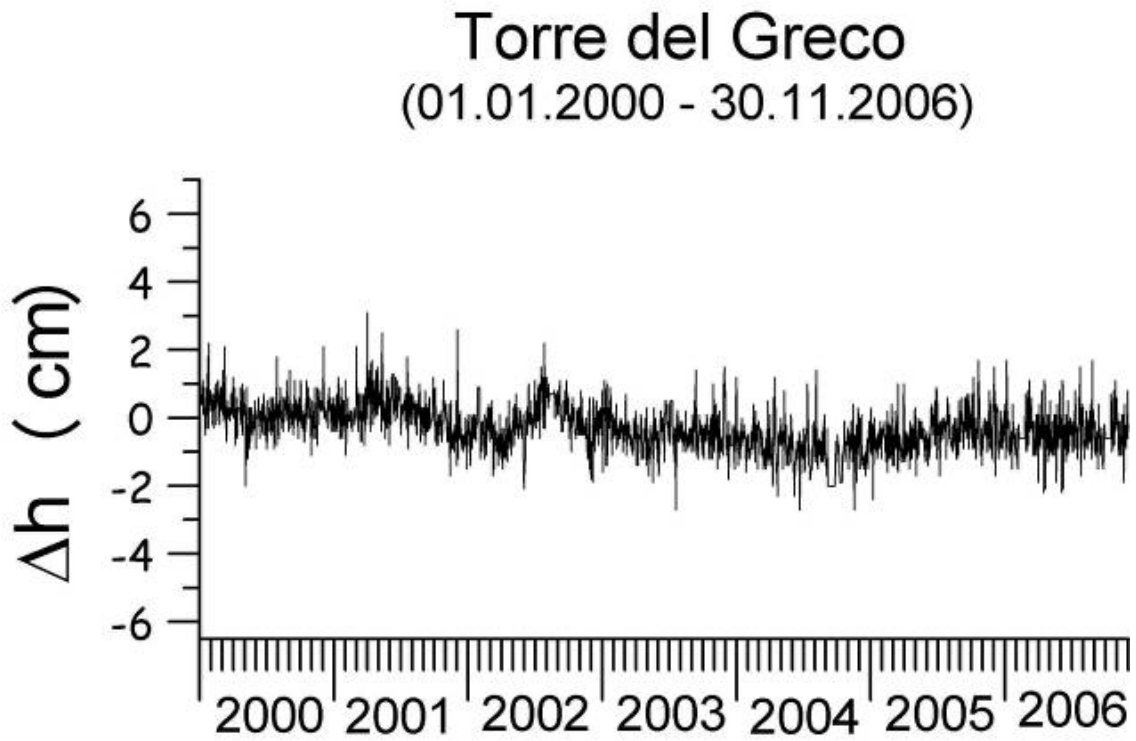


Figura 4. Movimenti verticali del suolo, nel periodo 2000-2006, dedotti dalla analisi dei dati rilevati alla stazione mareografica analogica di Torre del Greco, considerando come riferimento la stazione del porto di Napoli. Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere.

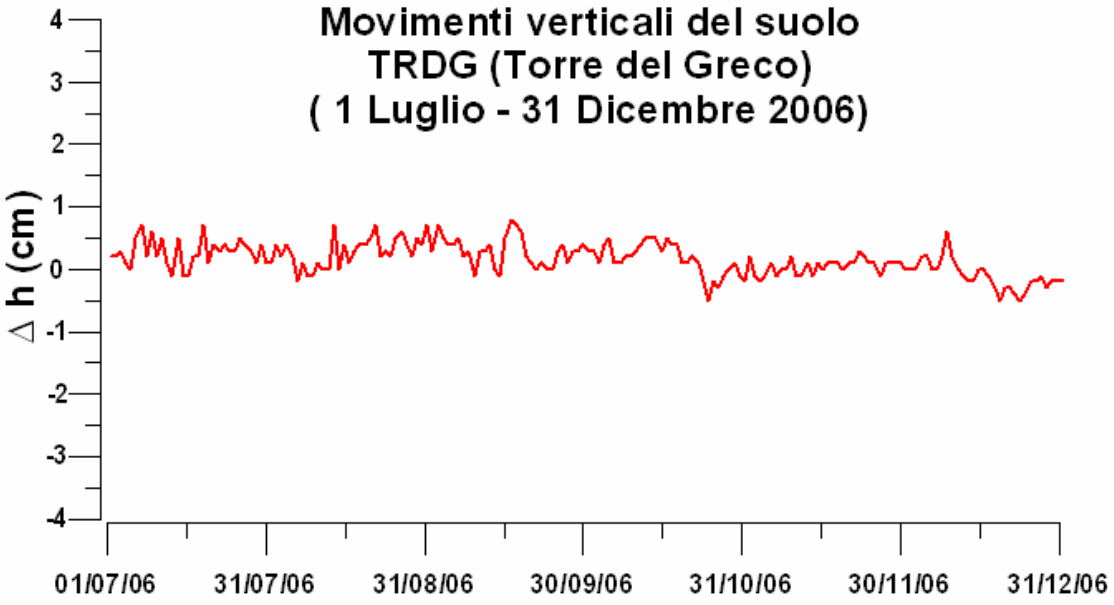


Figura 5. Movimenti verticali del suolo, nel periodo luglio - dicembre 2006, dedotti dall' analisi dei dati rilevati alla stazione digitale di Torre del Greco, considerando come riferimento la stazione del porto di Napoli. Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere.

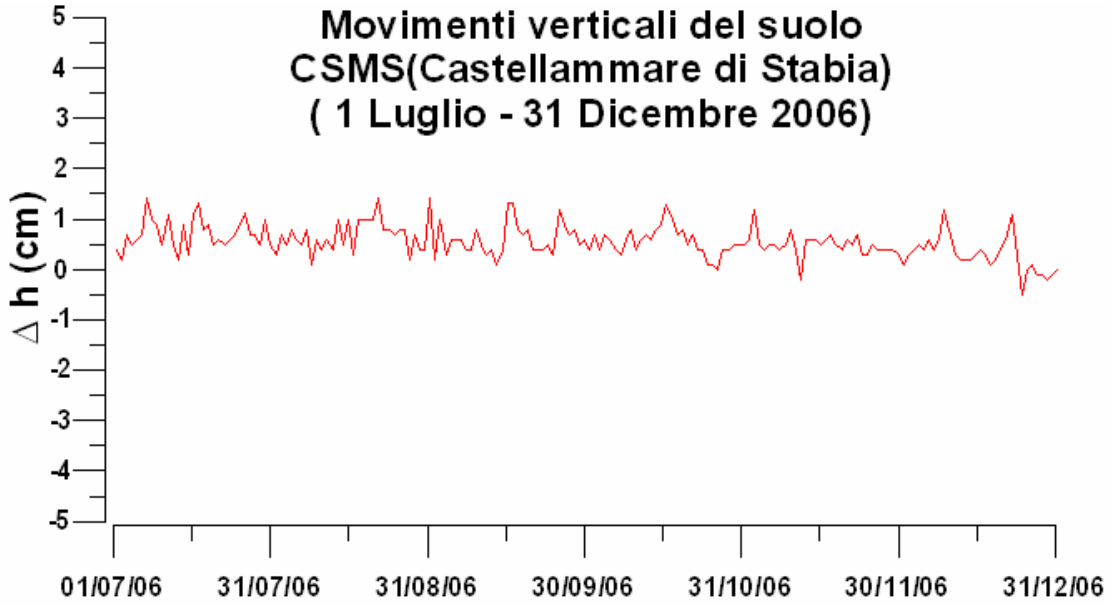


Figura 6. Movimenti verticali del suolo, nel periodo, luglio - dicembre 2006 dedotti dall'analisi dei dati rilevati alla stazione digitale di Castellammare di Stabia, considerando come riferimento la stazione del porto di Napoli. Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere.

Campi Flegrei

L'acquisizione continua del livello del mare tramite stazioni mareografiche lungo la costa della caldera dei Campi Flegrei, si affianca alle tecniche geodetiche classiche e satellitari utilizzate per il monitoraggio dei movimenti verticali del suolo nelle aree vulcaniche attive. La rete mareografica dell'Osservatorio Vesuviano è operante ai Campi Flegrei a partire dal 1970 ed ha permesso di seguire sia le crisi bradisismiche del 1969-72 e 1982-84 che le relative fasi successive

caratterizzate da una prevalente subsidenza interrotta da brevi e deboli sollevamenti. La rete è costituita da 4 stazioni mareografiche ubicate a Nisida, Pozzuoli Porto, Pozzuoli Molo Sud-Cantieri e Miseno (figg.7, 8, 9). Oltre alle stazioni sopra riportate è operante il mareografo di riferimento ubicato nel Porto di Napoli (fig. 10), ospitato nella stazione mareografica dell'APAT facente parte della Rete Mareografica Nazionale. Le stazioni sono attrezzate sia con mareografi meccanici con sistema a galleggiante-contrappeso e registrazione su carta, che con sensori digitali a galleggiante-contrappeso i cui dati vengono trasmessi via GSM.

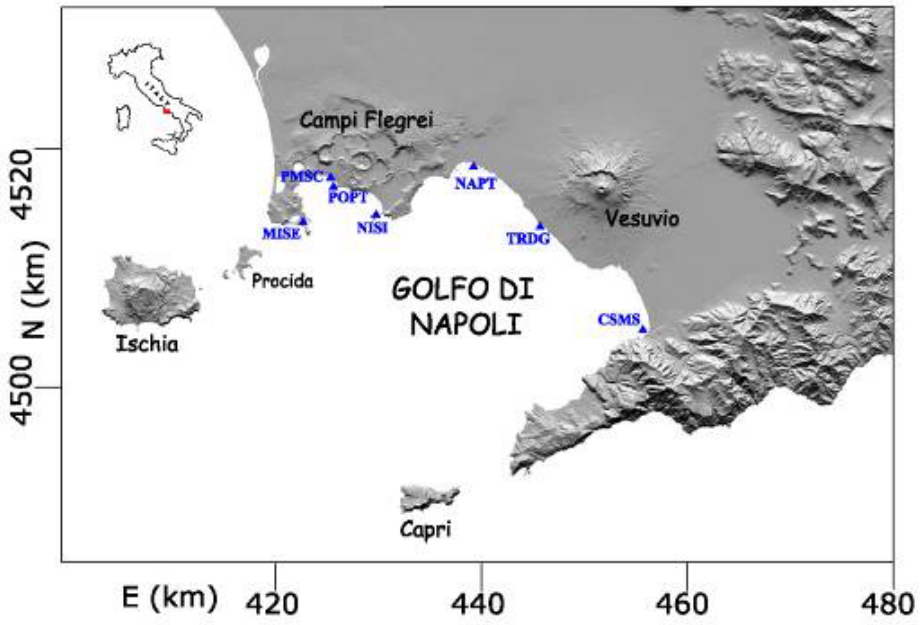


Figura 7. Rete mareografica dell'area vulcanica napoletana: Vesuvio e Campi Flegrei. Campi Flegrei: NAPT=Napoli Porto, stazione di riferimento; POPT=Pozzuoli Porto; PMSC=Pozzuoli Molo Sud Cantieri; NISI=Nisida;MISE=Miseno.

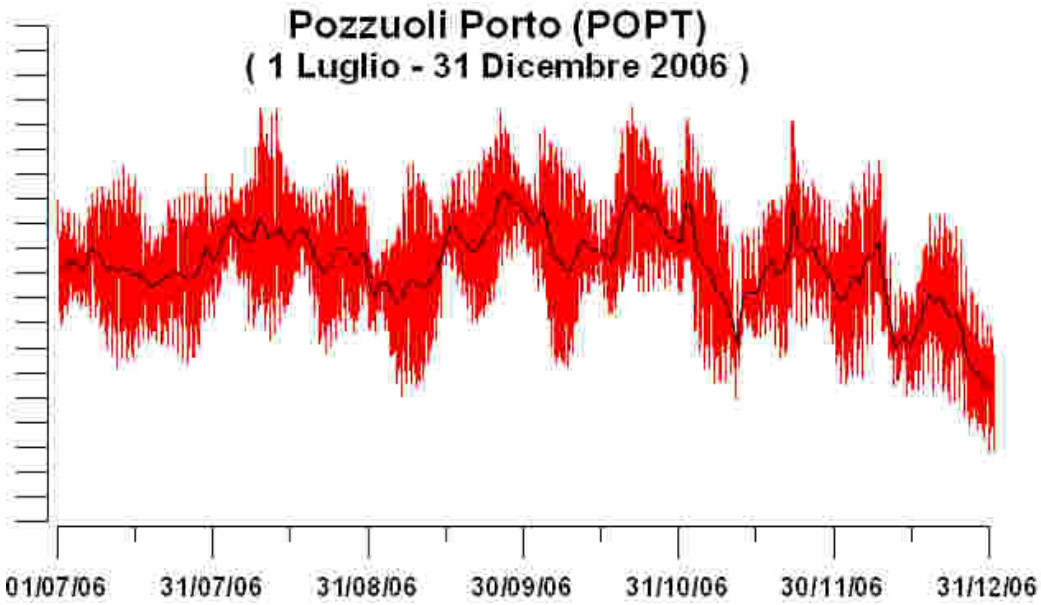


Figura 8. Variazioni del livello del mare al porto di Pozzuoli (POPT) nel periodo luglio - dicembre 2006 rilevate dal sensore digitale. Le variazioni riportate rappresentano le medie orarie. La curva in nero riproduce la media giornaliera. La scala verticale presenta intervalli di 5cm.

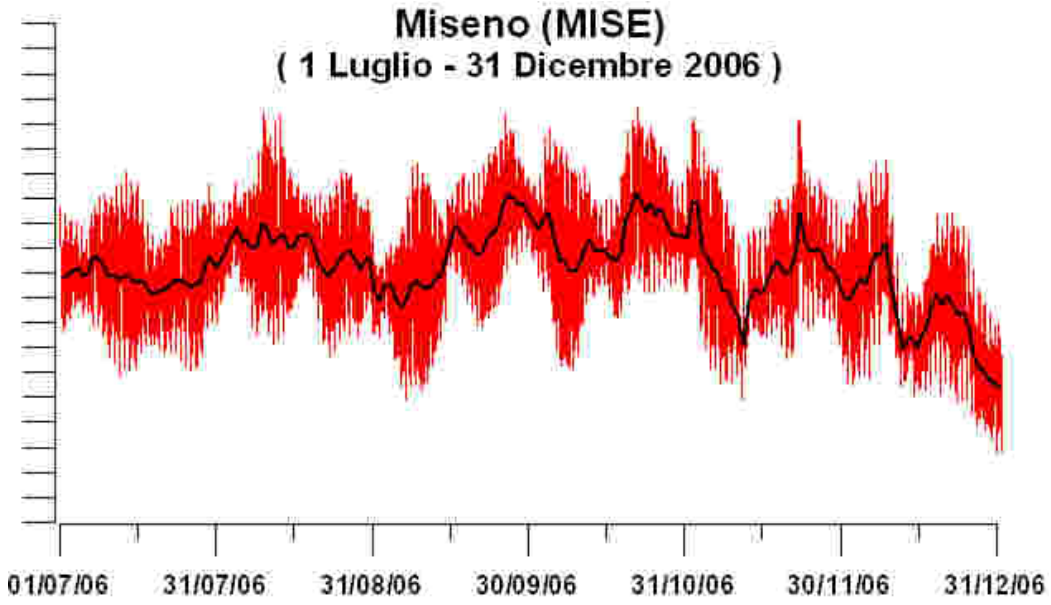


Figura 9. Variazioni del livello del mare a Miseno (MISE) nel periodo luglio - dicembre 2006 rilevate dal sensore digitale. Le variazioni riportate rappresentano le medie orarie. La curva in nero riproduce la media giornaliera. La scala verticale presenta intervalli di 5cm.

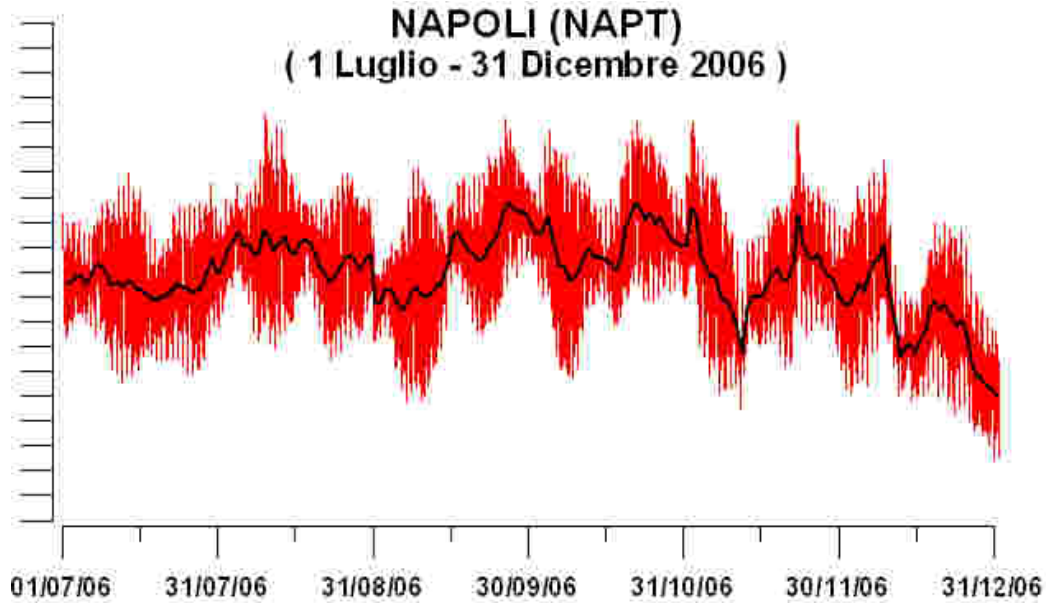


Figura 10. Variazioni del livello del mare al porto di Napoli (stazione di riferimento) (NAPT) nel periodo luglio - dicembre 2006 rilevate dal sensore digitale. Le variazioni riportate rappresentano le medie orarie. La curva in nero riproduce la media giornaliera. La scala verticale presenta intervalli di 5cm.

I sensori digitali, per le finalità di monitoraggio, campionano il livello marino ogni 5 minuti (con possibile riduzione fino ad un minuto). La stazione viene interrogata, in automatico, per il trasferimento dati al Centro di Sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano ogni 12 ore. Con la trasformazione digitale della rete di sensori si è raggiunto l'obiettivo di aumentare la frequenza di campionamento, di evitare la successiva digitalizzazione del segnale analogico e di ottenere la connessione e lo scarico dei dati in tempo quasi reale (l'intervallo di 12 ore del tempo di

connessione può essere ridotto). Nel secondo semestre del 2006 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 sulla rete sono eseguiti generalmente entro le 24-36 ore. Inoltre, come già riportato nella relazione precedente (I semestre 2006) ricordiamo che è operativa un'altra stazione ubicata in prossimità del Porto Pozzuoli (Molo Sud Cantieri), equipaggiata con sensore digitale e trasmissione via GSM (figg. 7, 11), in modo da infittire il campionamento spaziale nel centro della caldera (Pozzuoli) area dove si sono osservati i valori massimi dei movimenti verticali del suolo sia durante il sollevamento che in subsidenza. Oltre a ciò, nell'ambito del potenziamento della rete mareometrica, sono state avviate le operazioni necessarie per l'installazione di due stazioni la prima nel porto di Forio localizzato sulla costa occidentale dell'isola d'Ischia e la seconda nel porto di Agropoli (Salerno). Tali stazioni saranno equipaggiate con sensori digitali e trasmissione dati via GSM. L'analisi dei movimenti verticali del suolo nella caldera flegrea viene compiuta riferendo le misure del livello marino delle stazioni flegree alla stazione di riferimento di Napoli. 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. L'elaborazione dei dati mareografici disponibili ci consente di effettuare le seguenti considerazioni sui movimenti verticali del suolo:

- l'area centrale della caldera flegrea (Pozzuoli Porto), è stata interessata da un sollevamento del suolo (figg. 7, 11, 12, 13) del periodo novembre 2005 - dicembre 2006 (circa 4cm), mentre precedentemente (maggio 2004 - ottobre2005) le oscillazioni rimangono confinate entro il centimetro, ovvero entro la soglia di significatività delle misure mareografiche. La serie temporale disponibile a partire dal gennaio 2000 (fig. 13) evidenzia, che dopo la fase di sollevamento (I 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 quando nel novembre dello stesso anno inizia un fase di sollevamento;
- l'area ubicata ai bordi della caldera flegrea (MISE) è interessata la lievi oscillazioni che rimangono confinate entro il centimetro, ovvero entro la soglia di significatività delle misure mareografiche (figg. 7, 14, 15).

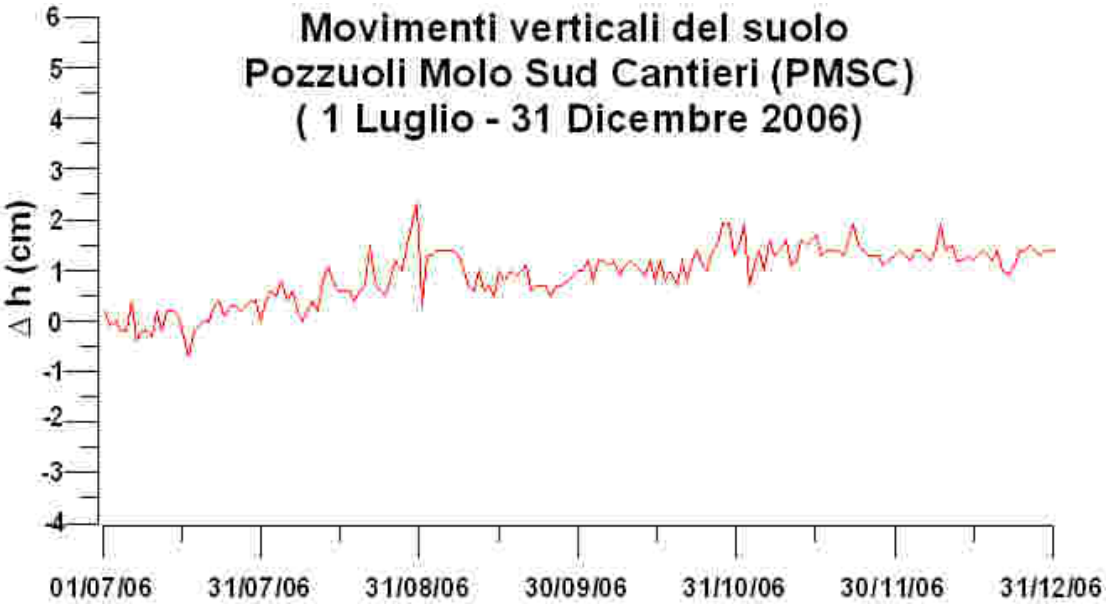


Figura 11. Movimenti verticali del suolo,nel periodo luglio - dicembre 2006, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore digitale alla stazione mareografica di Pozzuoli Molo Sud Cantieri(PMSC), ubicata in prossimità dell'area centrale della caldera flegrea. Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione di riferimento porto di Napoli (NAPT).

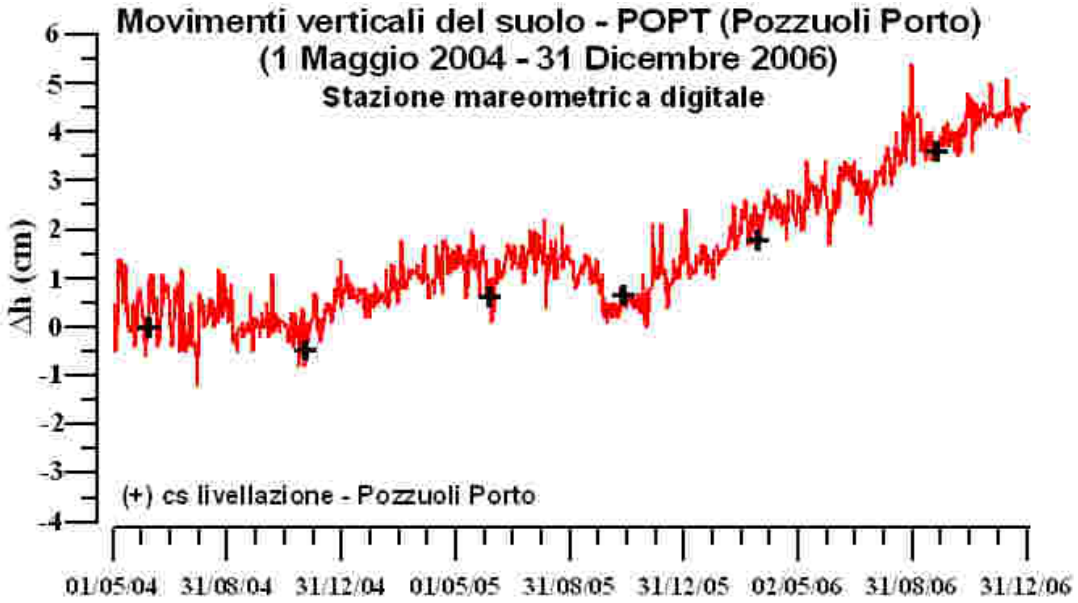


Figura 12. Movimenti verticali del suolo, nel periodo maggio 2004 - dicembre 2006, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore digitale alla stazione mareografica di Pozzuoli Porto (POPT) (area centrale della caldera flegrea). Le variazioni riportate rappresentano le medie giornaliere e sono riferite alla stazione di riferimento 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 Porto.

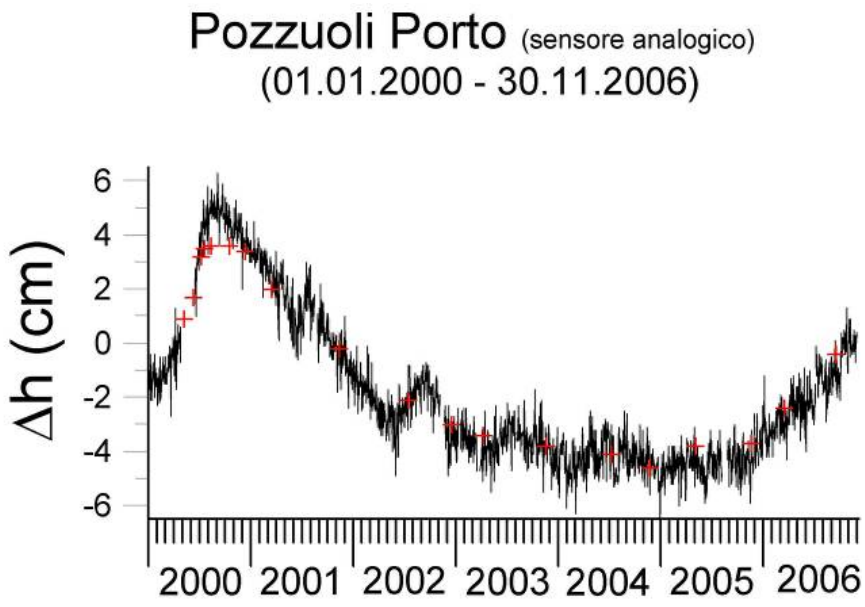


Figura 13. Movimenti verticali del suolo, nel periodo 2000-2006, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore analogico della stazione mareografica di Pozzuoli Porto (POPT) e riferiti a quella del porto di Napoli (NAPT). Sono riportate inoltre le variazioni di quota (+) rilevate al caposaldo della rete di livellazione sito in prossimità della stazione mareografica di Pozzuoli.

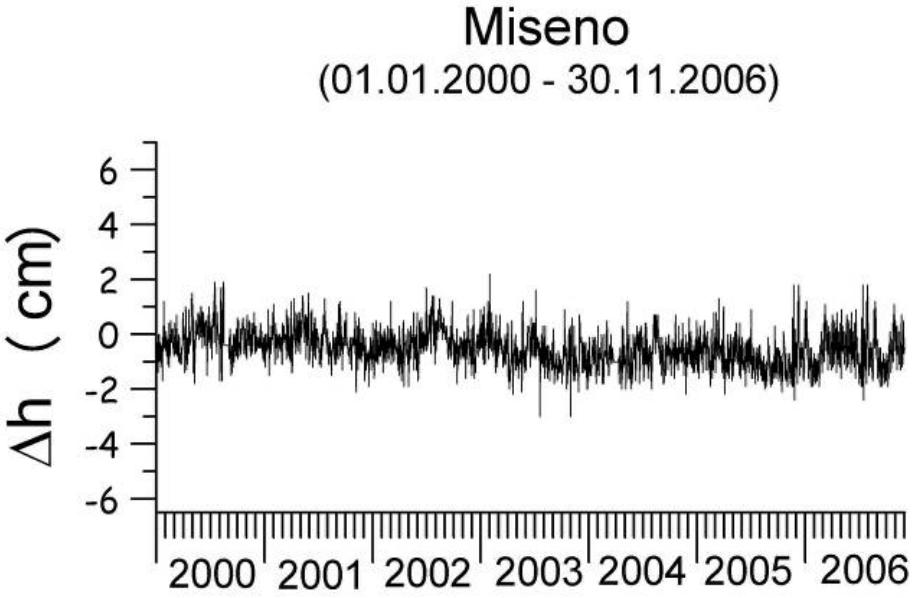


Figura 14. Movimenti verticali del suolo, nel periodo 2000-2006, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore analogico della stazione mareografica di Miseno (MISE) e riferiti a quella del porto di Napoli.

Figura 15. Movimenti verticali del suolo, nel periodo luglio - dicembre 2006, ottenuti dall'analisi dei dati acquisiti dal sensore digitale della stazione mareografica di Miseno (MISE) e riferiti a quella del porto di Napoli.

INTERFEROMETRIA SAR[10]

Introduzione

Nel corso del 2006 è proseguita l'elaborazione dei dati di Interferometria SAR, svolta nell'ambito di una Convenzione tra l'INGV e l'IREA-CNR (Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente del Consiglio Nazionale delle Ricerche) di Napoli. L'elaborazione dei dati è stata condotta presso i laboratori dell'IREA-CNR da personale afferente ad entrambe le Istituzioni, avvalendosi del codice SBAS (Small BAseline Subset), proposto in letteratura da Berardino et al., (2002) che consente, oltre alla definizione di mappe della velocità di deformazione del suolo, anche la valutazione delle serie temporali della deformazione stessa su pixel coerenti della scena. Inoltre, l'acquisizione di nuovi dati SAR relativi al sensore ENVISAT dell'ESA (European Space Agency) per entrambe le orbite (ascendenti/discendenti), ha consentito di incrementare i precedenti dataset, comprendenti anche dati di archivio ERS1/2 che consentono quindi uno studio delle deformazioni del suolo a partire dal 1992. Relativamente all'area dei Campi Flegrei, l'elaborazione è stata altresì svolta nell'ambito dei Progetti INGV - Dipartimento della Protezione Civile, di cui si riportano i risultati preliminari nelle figg. 1 e 2.

Misure di Interferometria SAR nell'area dei Campi Flegrei

In relazione alla deformazione agente nell'area flegrea nel corso del 2006, con particolare riferimento al secondo semestre del suddetto anno, si evidenzia la continuità del sollevamento rilevato già durante il 2005 e verosimilmente iniziato negli ultimi mesi del 2004, così come indicato da dati di geodesia classica (tiltmetria). La ragione per cui tale sollevamento non è stato

[10] A cura di: G. P. Ricciardi[(1)], S. Borgström[(1)], S. Pepe[(1)], G. Solaro[(1)], P. Tizzani[(1,2)], R. Lanari[(2)], E. Sansosti[(2)], P. Berardino[(2)], F. Casu[(2)], M. Manunta[(2)], M. R. Manzo[(2)], A. Pepe[(2)]: [(1)] INGV-Osservatorio Vesuviano - Via Diocleziano 328, 80124 Napoli - [(2)] IREA-CNR - Via Diocleziano 328, 80124 Napoli

evidenziato dalla tecnica interferometrica durante la sua fase iniziale, risiede nei limiti del potere risolutivo della banda in cui opera il sensore utilizzato (banda C, λ=5.6cm) in presenza di un'entità della deformazione molto bassa, con un andamento temporale indefinito e non continuativo. L'entità della deformazione che ha avuto luogo a partire dal secondo semestre del 2005 ha consentito invece tale indagine evidenziando, per i risultati relativi alle orbite discendenti (fig.1), una deformazione in linea di vista del sensore (LOS, line of sight) di circa 5cm per il periodo luglio 2005 - novembre 2006. In figura 2 vengono riportati invece i risultati delle elaborazioni interferometriche relative alle orbite ascendenti, dalle quali si evidenzia una deformazione analoga fino a settembre del 2006. Le serie temporali di entrambe le figure sono evidentemente riferite al pixel contrassegnato con una stella di colore rosso. L'area di massima deformazione resta localizzata nel centro di Pozzuoli (porto ed aree limitrofe), estendendosi anche verso ovest, così come evidenziato dai dati relativi alle orbite ascendenti. La differente distribuzione nell'andamento della deformazione, evidenziabile dal confronto tra i dati delle due diverse orbite, nasce dalla presenza di una componente planimetrica della deformazione del suolo. Per finire, sono stati recentemente acquisiti i dati ENVISAT del mese di Dicembre 2006, di cui è iniziata l'elaborazione e dei quali si darà conto nel successivo Rapporto di Sorveglianza.

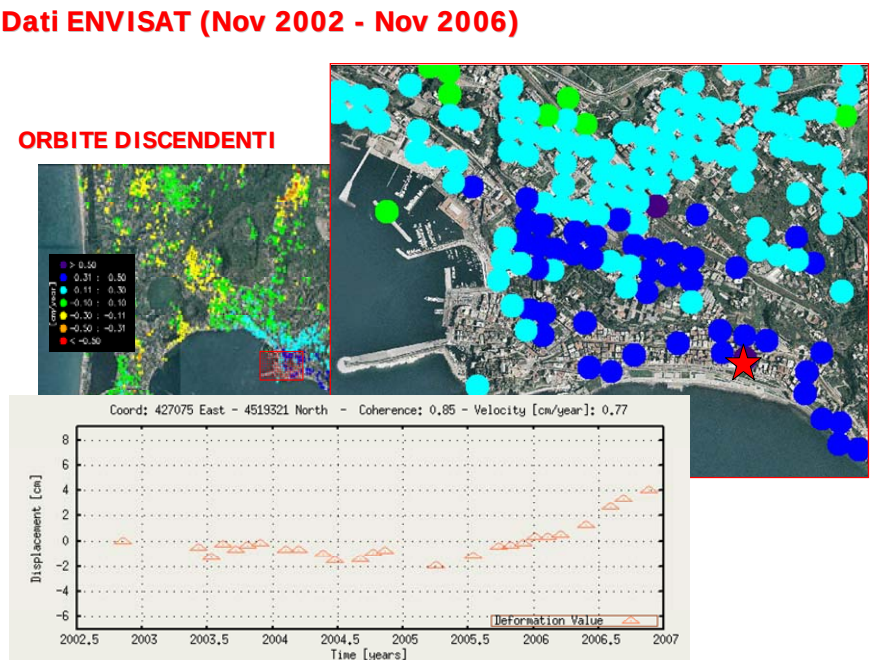


Figura 1. In alto a sinistra: mappa della velocità di deformazione dell'area di massimo sollevamento ai Campi Flegrei; in alto a destra: il particolare riferito al box in colore rosso dell'immagine di sinistra; in basso: serie temporale della deformazione del suolo riferita al pixel con la stella rossa. Dati ENVISAT - Orbite Discendenti - Image Swath 2 - Periodo di riferimento Novembre 2002-Novembre 2006.

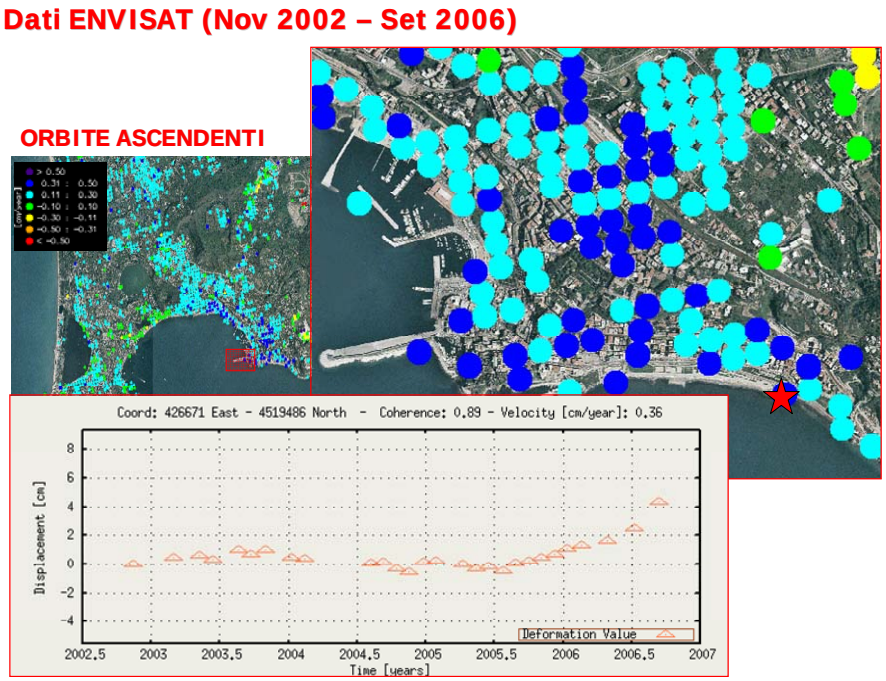


Figura 2. In alto a sinistra: mappa della velocità di deformazione dell'area di massimo sollevamento ai Campi Flegrei; in alto a destra: il particolare riferito al box in colore rosso dell'immagine di sinistra; in basso: serie temporale della deformazione del suolo riferita al pixel con la stella rossa. Dati ENVISAT - Orbite Ascendenti - Image Swath 2 - Periodo di riferimento Novembre 2002-Settembre 2006.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'ESA (European Space Agency) per aver fornito i dati interferometrici del sensore ASAR di ENVISAT nell'ambito del Progetto Category-1 1065 (P.I.: Dr. G.P. Ricciardi). In particolare, si ringrazia il Dr. Frank Martin Seifert dell'ESA per il supporto ed il personale interessamento per la fornitura tempestiva dei dati SAR.

MISURE GRAVIMETRICHE[11]

Vesuvio

Dal 12 ottobre al 20 novembre 2006 è stata eseguita una campagna gravimetrica di precisione nell'area vesuviana. La campagna ha subito un'interruzione dal 21 ottobre al 8 novembre a causa di problemi logistici dovuti alla indisponibilità di automezzi. Le misure sono state comunque condotte su tutte le 32 stazioni costituenti la rete (fig. 1) che, come di consuetudine, è stata collegata alla stazione assoluta di Napoli che rappresenta il riferimento.

[11] A cura di: G. Berrino, V. d'Errico, G. Ricciardi

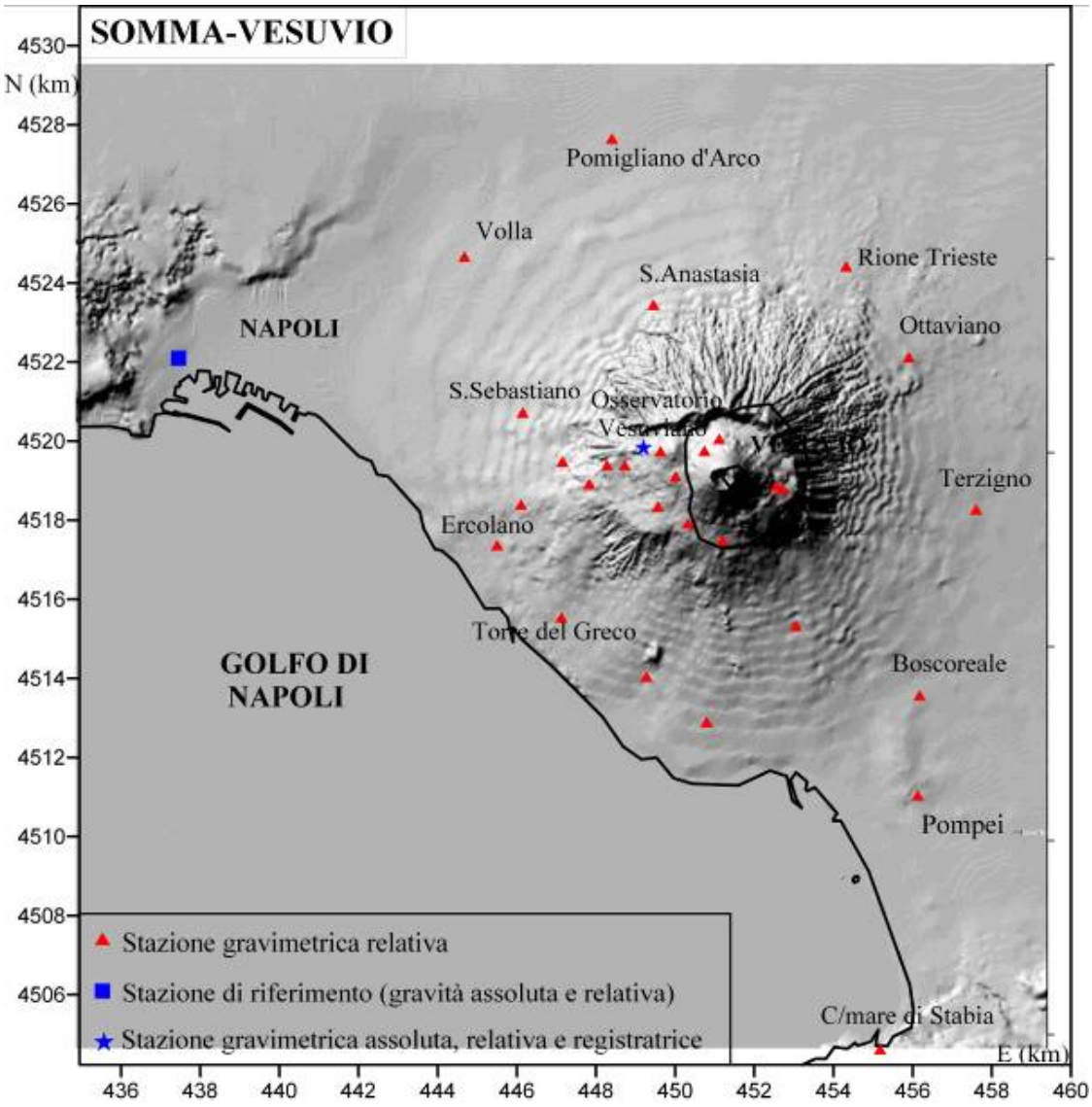


Figura 1. Rete gravimetrica nell'area vesuviana.

Le letture gravimetriche sono state eseguite con il gravimetro LaCoste & Romberg modello D numero 85 (LCR-D85) e rilevate su tratte indipendenti in modo da costituire i circuiti chiusi e concatenati necessari per la successiva compensazione rigorosa; l'errore medio è risultato $\pm 8\mu$Gal. Le differenze di gravità tra le singole stazioni e quella di riferimento di Napoli sono state confrontate con quelle rilevate nella campagna precedente eseguita nel mese di maggio 2006, il cui errore è risultato $\pm 14\mu$Gal. Sono state, quindi, considerate statisticamente significative solo le variazioni superiori ai 20μGal. Il campo delle variazioni di g ottenuto è mostrato in fig. 2a; esso mostra una generale diminuzione di gravità, della quale quella con ampiezza statisticamente significativa interessa il settore nord-orientale della base della struttura vulcanica e la parte alta dell'edificio vulcanico. Le più forti variazioni, tra -60 e -100μGal sono localizzate tra Terzigno e Rione Trieste, con valore massimo centrato alla stazione di Ottaviano.

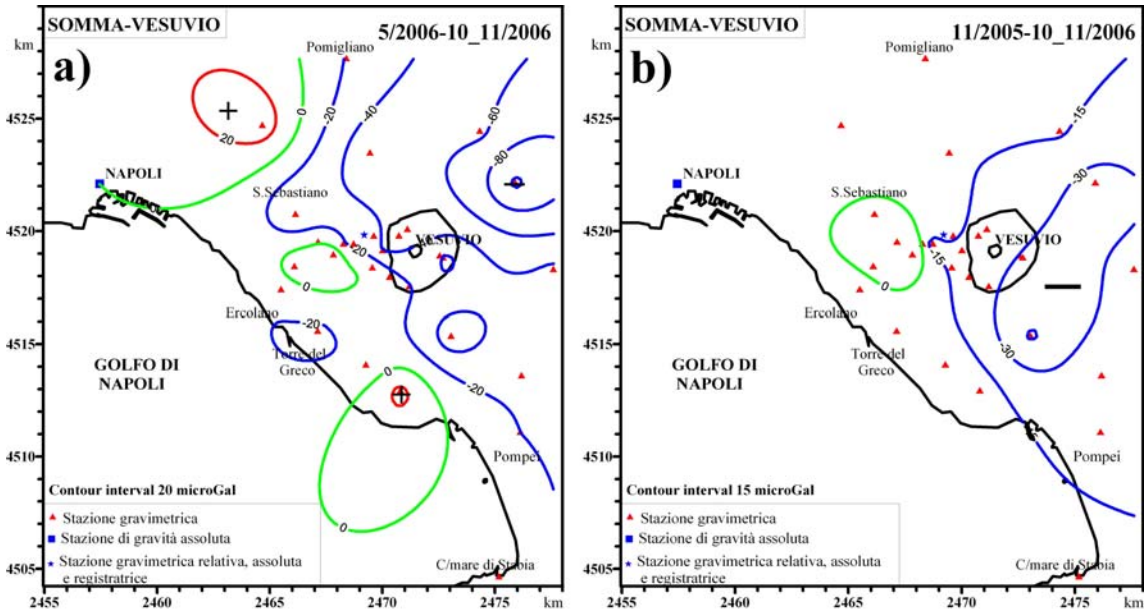


Figura 2. Variazioni di gravità nell'area vesuviana, con riferimento alla stazione assoluta di Napoli, nei periodi: a) maggio - ottobre/novembre 2005; b) novembre 2005 - ottobre/novembre 2006.

Al fine di ridurre o eliminare la presenza di eventuali effetti stagionali, i dati sono stati confrontati anche con quelli rilevati l'anno precedente nello stesso periodo stagionale (novembre 2005). Sempre tenendo conto dell'errore ottenuto dalla compensazione dei dati, il campo della distribuzione areale delle variazioni di g (figura 2b) è stato tracciato con equidistanza di 15μGal. Si osserva che parte della diminuzione di gravità rilevata nel periodo maggio-ottobre/novembre 2006 permane nel settore orientale della base delle struttura vulcanica (con valori massimi di circa 30μGal) e nella zona alta dell'edificio vulcanico, dove però la variazione di gravità è ai limiti della significatività statistica. Ciò induce a ritenere che gran parte delle variazioni di gravità verificatasi nel periodo maggio-ottobre/novembre 2006 possa essere attribuibile a fenomeni stagionali.

Campi Flegrei

Dal 16 novembre al 13 dicembre 2006 è stata effettuata una campagna gravimetrica ai Campi Flegrei. Le misure sono state rilevate su tutte le stazioni della rete, incluse quelle all'interno del cratere Solfatara. La rete è attualmente costituita da 26 vertici (fig. 3) tutti posizionati in corrispondenza, o in prossimità, di capisaldi di livellazione e collegati alla stazione assoluta di Napoli assunta quale riferimento. Le letture gravimetriche sono state eseguite con il gravimetro LaCoste & Romberg, modello D numero 85 (LCR-D85), e rilevate, come di consueto, su tratte indipendenti in modo da costituire circuiti chiusi e concatenati necessari per la successiva compensazione; l'errore medio è risultato ±11μGal. Le differenze di gravità tra le singole stazioni e quella di riferimento di Napoli sono state confrontate con quelle della precedente campagna, eseguita nel periodo aprile-maggio 2006 e il cui errore medio era risultato di ±13μGal. Il campo della distribuzione areale delle variazioni di gravità ottenuto è illustrato in figura 4a.

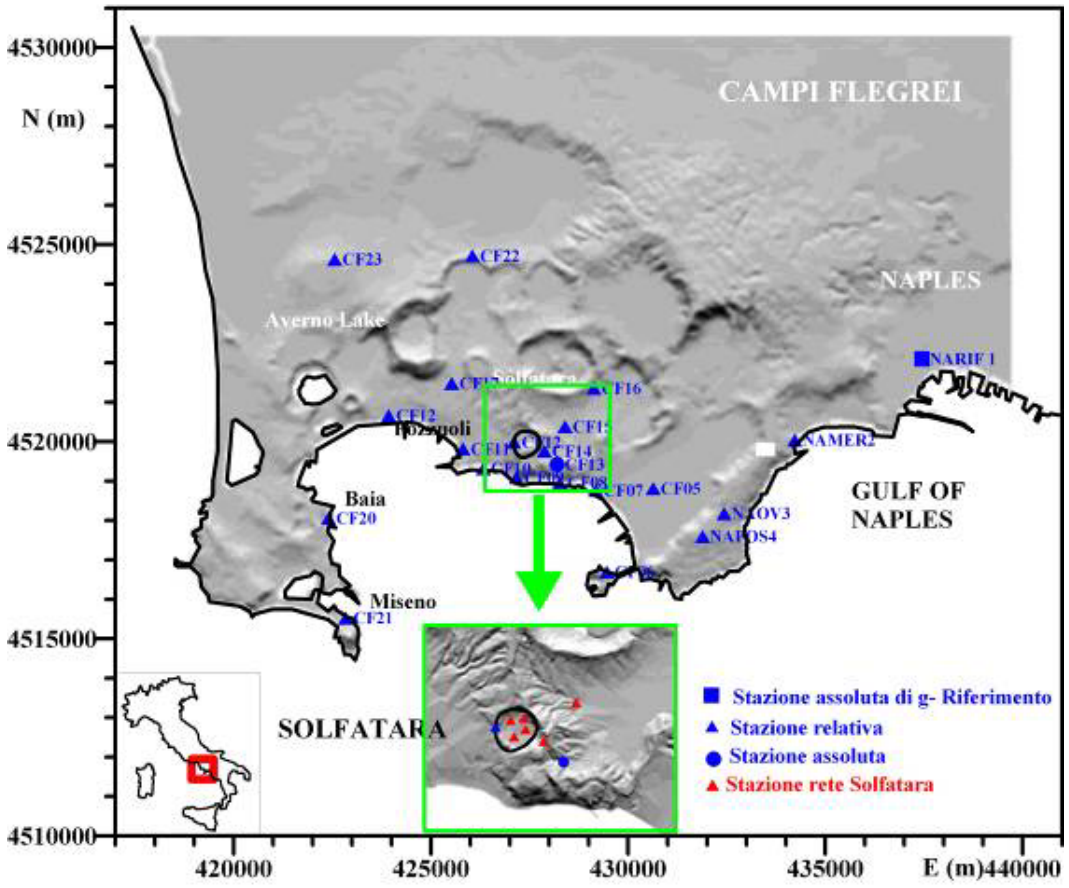


Figura 3. Rete gravimetrica ai Campi Flegrei.

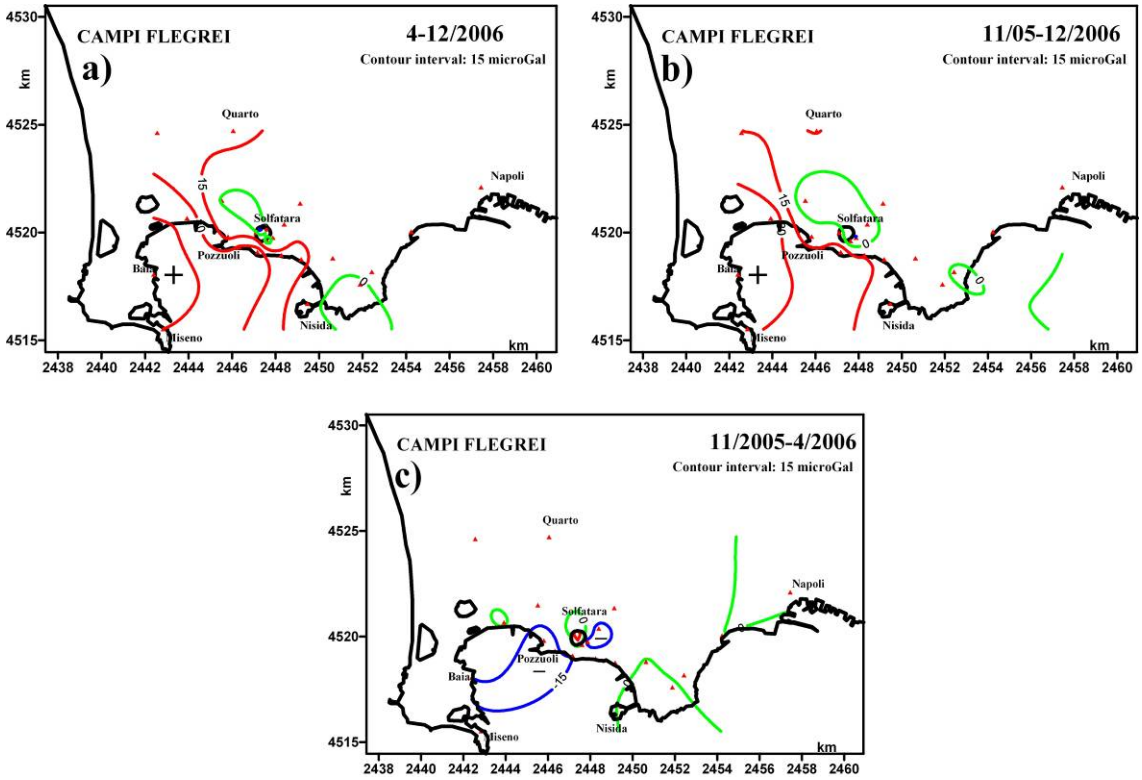


Figura 4. Variazioni di gravità ai Campi Flegrei, riferite alla stazione assoluta di Napoli, nei periodi: a) aprile-novembre/dicembre 2006; b) novembre 2005-novembre/dicembre 2006; c) novembre 2005-aprile 2006.

Il confronto mostra che, nell'intervallo di tempo considerato, nel settore sud-occidentale dell'area flegrea e lungo la fascia costiera della zona centrale della caldera, da Bagnoli ad Arco Felice, si è verificato un aumento di gravità. I valori massimi, di circa 45μGal, si hanno da Lucrino a Miseno; aumenti di gravità significativi (circa 30μGal) sono osservabili anche alle stazioni di Gerolomini e Corso Yalta (ex Via Napoli) dove generalmente si verificano i maggiori movimenti del suolo. Nel settore nord occidentale, inclusa anche l'area della Solfatara, non è stata rilevata alcuna variazione di g. Il quadro ottenuto non presenta più, come nei periodi precedenti a partire dal novembre 2003, una distribuzione spaziale con una geometria ben definita e omogenea, a simmetria quasi radiale con le massime variazioni localizzate nell'area dove avvengono i maggiori movimenti del suolo. Perciò, allo scopo di evidenziare eventuali effetti stagionali, i dati sono stati anche confrontati con quelli rilevati nel novembre 2005. Il confronto mostra un campo (fig. 4b) molto simile a quello ottenuto per il periodo aprile-dicembre 2006, anche se con ampiezza delle variazioni più piccole (variazioni massime di circa 30μGal), e suggerisce sia che le variazioni rilevate nel dicembre 2006 non sono da attribuire prevalentemente ad effetti stagionali sia che l'aumento di gravità osservato sembrerebbe essersi verificato quasi totalmente nel corso dell'ultimo periodo analizzato. Ciò viene anche confermato dal confronto con il campo variometrico relativo al periodo novembre 2005-aprile 2006 (fig. 4c) caratterizzato da una generale diminuzione di gravità nella parte centrale della caldera che, seppure ai limiti della significatività statistica, appare coerente con il sollevamento in atto. E' da far notare che l'ultima campagna di misure è stata condotta in un periodo in cui la fase di sollevamento iniziata nel 2004 ha subito una lieve flessione, anche con alcune fluttuazioni nel verso del moto del suolo. I dati non sono stati corretti dell'effetto della variazione di quota per indisponibilità dei dati altimetrici, essendo la campagna di livellazione ancora in corso di effettuazione al momento della stesura del presente rapporto. Pertanto, non è possibile stimare i residui gravimetrici indicativi della variazione e/o ridistribuzione di massa in profondità. I dati rilevati nel dicembre 2006 sono stati confrontati anche con quelli dei periodi precedenti, a partire dal novembre 2003, per avere un quadro complessivo della dinamica che sta interessando l'area flegrea (fig. 5). Infatti, come già descritto dettagliatamente in precedenti rapporti sull'attività di sorveglianza INGV - Osservatorio Vesuviano, nell'aprile 2004 è stato rilevato il formarsi di una fase di diminuzione di gravità, localizzata nella zona centrale della caldera, seguita da un aumento di gravità rilevato sino al novembre 2005; i due episodi si sono sviluppati prevalentemente in due distinti periodi, novembre 2003 - novembre 2004 (fig. 5a) e novembre 2004 - novembre 2005 (fig. 5b). Le due fasi sono paragonabili per estensione, ma l'incremento di gravità risulta circa il 50% della diminuzione di g. Infatti, il confronto complessivo novembre 2003 - novembre 2005 (fig. 5c) evidenzia il permanere di un residuo negativo nel centro della caldera, osservabile fino all'aprile 2006 (fig. 5d) quando riprende una fase di aumento di gravità, rilevata a dicembre 2006, che divide il campo, sino ad allora omogeneo, in due zone ben distinte (fig. 5e): l'area occidentale caratterizzata da un aumento di gravità e la zona centrale caratterizzata da una diminuzione di gravità che, comunque, si riduce ai limiti della significatività statistica. Infine, è stato anche analizzato il periodo novembre 2004 - novembre/dicembre 2006 al fine di verificare se l'ultimo episodio può considerarsi la continuazione della fase di aumento di g osservata nell'intervallo

novembre 2004 - novembre 2005. Ciò sembrerebbe essere confermato dalla geometria del campo ottenuto (fig. 5f) che mostra un aumento di gravità in tutta l'area, verosimilmente generato dalla estensione areale e in ampiezza del campo precedente, pur se i valori massimi sembrano spostati più verso il settore occidentale piuttosto che concentrati nella zona centrale della caldera. Considerando che in tutto il periodo novembre 2004 - dicembre 2006 l'area è stata interessata da un, seppur piccolo, sollevamento del suolo, la variazione positiva di gravità, che corretta dell'effetto di quota dovrebbe produrre residui positivi maggiori, indicherebbe un aumento di massa/densità, al momento non quantificabile né identificabile in una specifica sorgente.

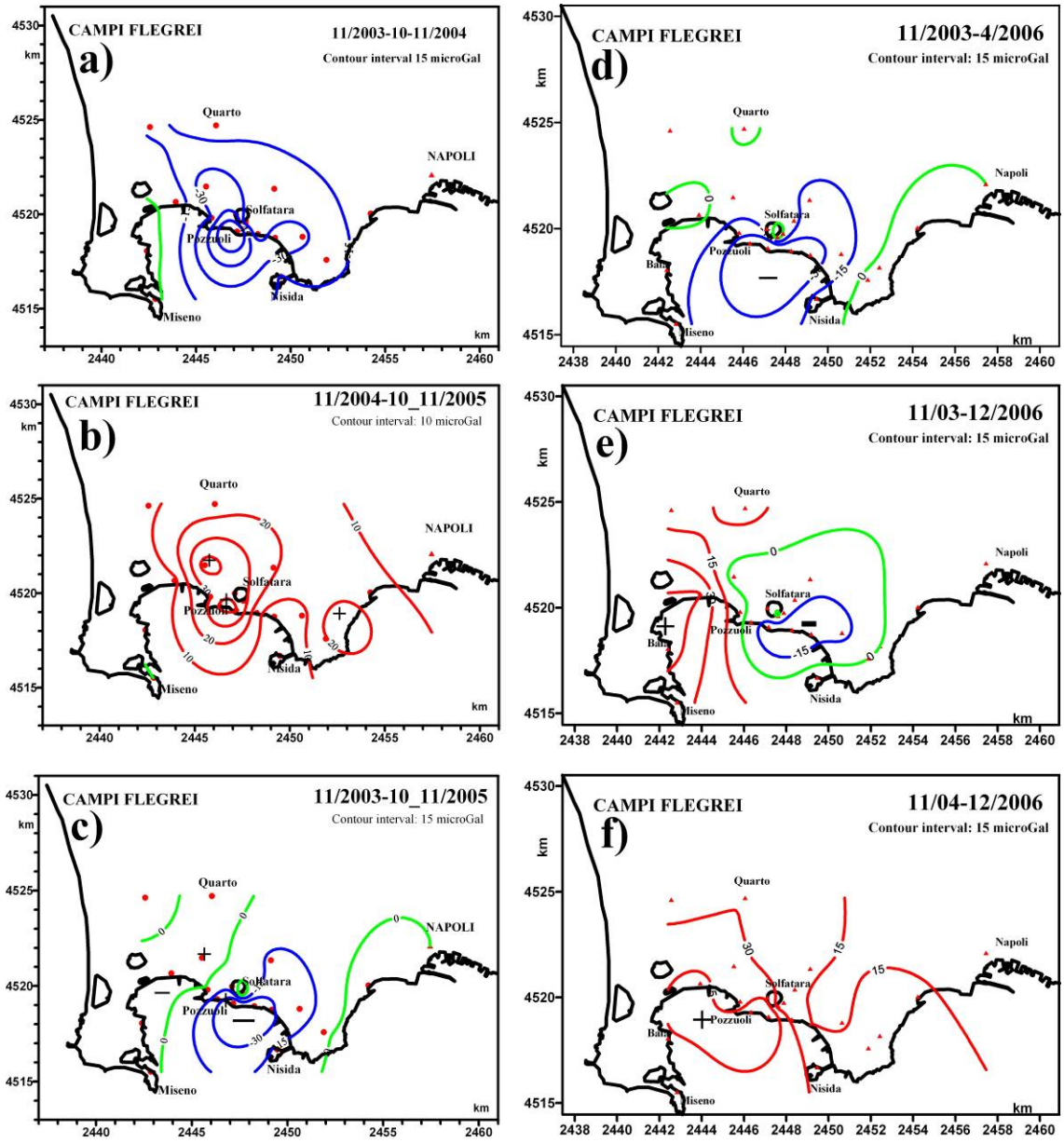


Figura 5. Variazioni di gravità ai Campi Flegrei nei periodi: a) novembre 2003 - novembre 2004; b) novembre 2004 - novembre 2005; c) novembre 2003 - novembre 2005; d) novembre 2003 - aprile 2006; e) novembre 2003 - novembre/dicembre 2006; f) novembre 2004 - novembre/dicembre 2006.

Vulcano

Durante il mese di settembre 2006 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, attualmente consta di 32 stazioni (fig. 6), sei delle quali sono anche siti di misura del gradiente verticale della gravità (quadrati aperti blu nella fig. 6), la maggior parte delle quali coincidenti con capisaldi della rete altimetrica.

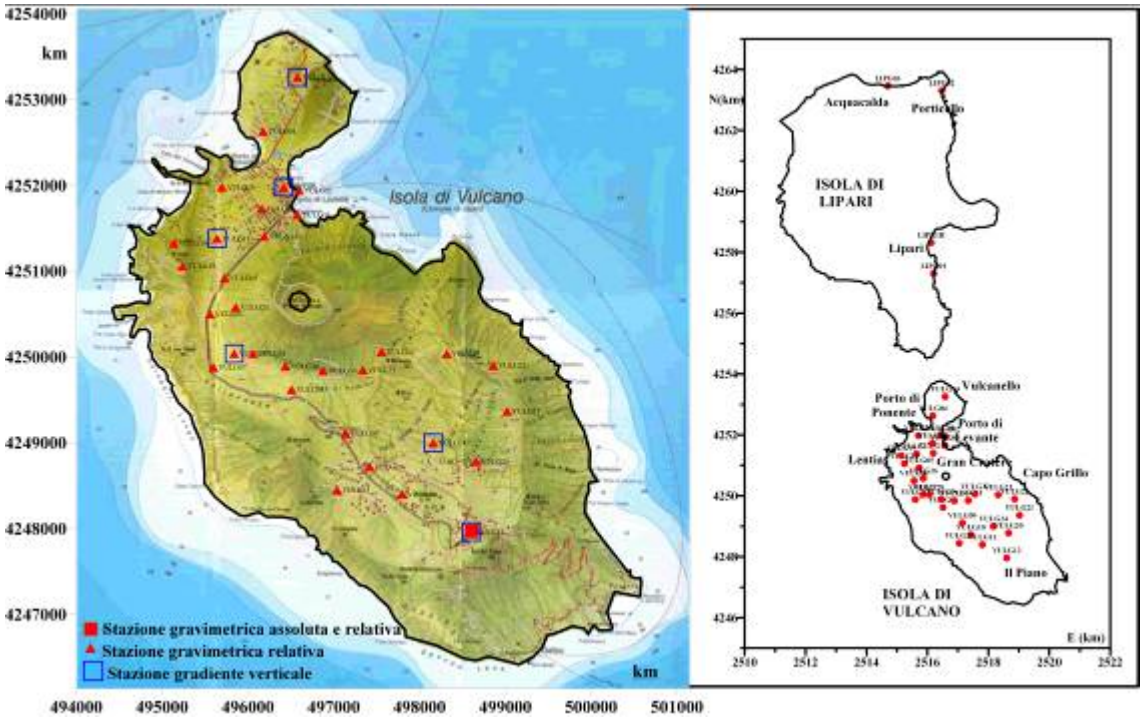


Figura 6. Rete gravimetrica all'isola di Vulcano. Nel riquadro a destra è illustrata la rete sul settore Vulcano-Lipari.

In considerazione dei risultati ottenuti sin dal 2000, e come ormai consuetudine a partire dal 2003 data l'impossibilità di potere eseguire le misure sulla rete a larga maglia sull'intero arcipelago eoliano, i collegamenti gravimetrici sono stati estesi a Lipari, allo scopo di tentare di definire, almeno nell'intorno dell'isola di Vulcano, variazioni di gravità associabili ad effetti regionali. Sull'isola di Lipari insistono quattro stazioni gravimetriche (fig. 6; riquadro a destra). Anche nel 2006 le misure sono state rilevate su 31 dei 32 vertici costituenti la rete di Vulcano, poiché la stazione sita in Grotta dei Palizzi, attualmente identificata con il numero 32 (fig. 6), non è ancora raggiungibile per impraticabilità dell'unica via di accesso. Le letture gravimetriche sono state effettuate con il gravimetro LaCoste & Romberg, modello D numero 85 (LCR-D85). Le differenze di gravità ottenute 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 $\pm 7\mu$Gal; esse sono state confrontate con quelle ottenute nella precedente campagna del settembre 2005, affetta da un errore di $\pm 4\mu$Gal. Dal confronto dei dati (fig. 7 - riquadro a sinistra) si evince che l'unica variazione significativa rilevata è la diminuzione di gravità localizzata alla base del Gran Cratere, con ampiezza massima di 30μGal. Tale variazione, data in particolare l'estensione, è da considerarsi a

carattere locale e attribuibili ad una sorgente superficiale e localizzata, come confermato anche dall'estensione del campo all'isola di Lipari (fig. 7 - riquadro a destra), dal quale non sono chiaramente visibili, come dal 2000 al 2004, eventi associabili a variazioni di gravità a carattere regionale. Va comunque evidenziato che seppure il campo variometrico viene allargato a Lipari, esso è solo parzialmente rappresentativo di eventuali episodi più estesi, in quanto la definizione dell'anomalia è incompleta, sebbene le variazioni osservate dal 2000 al 2004 su tale porzione dell'arcipelago sono state sufficienti a mostrare chiaramente il verificarsi e l'evolversi di eventi relativamente profondi, messi poi in relazione con l'attività di origine vulcanica che ha interessato l'intero arco eoliano in quegli anni; ciò è stato dettagliatamente discusso in precedenti rapporti sull'attività di sorveglianza svolta dall'OV.

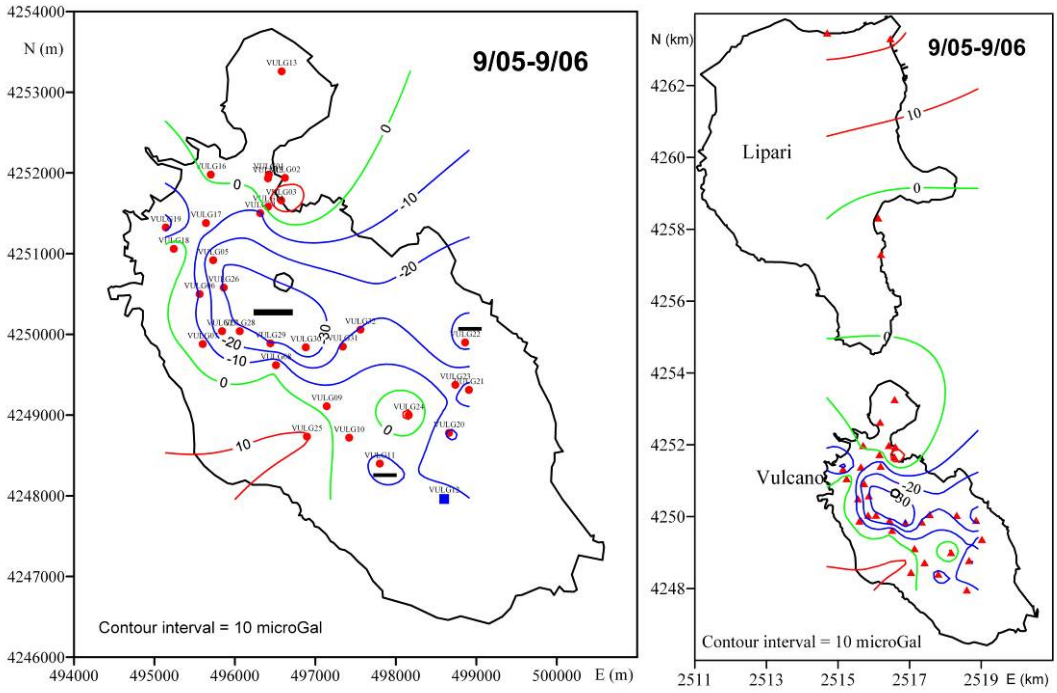


Figura 7. Variazioni della gravità con riferimento a Milazzo, sull'isola di Vulcano (a) e sul complesso Lipari - Vulcano (b) nel periodo settembre 2005 - settembre 2006.

SORVEGLIANZA VULCANOLOGIA[12]

La rete per la sorveglianza vulcanologica, ancora in allestimento, ha due obiettivi principali. Il primo obiettivo è monitorare i tre vulcani quiescenti dell'area napoletana (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia), mentre il secondo è monitorare eruzioni vulcaniche. Un altro obiettivo della rete è lo studio di fenomeni pericolosi correlati al vulcanismo, quali frane. La struttura della rete è fortemente condizionate da vincoli scientifici. Il principale di questi è il fatto che un vulcano è un sistema geologico il cui assetto attuale, risultante dalla sua storia passata, ne condiziona il comportamento e l'evoluzione. Da ciò deriva che per un dato vulcano attivo, e in particolare per i vulcani quiescenti come quelli dell'area napoletana, i parametri da monitorare e i siti in cui effettuare le misure non

[12] A cura di: G. Orsi, P. Belviso, A. Carandente, S. de Vita, M. Di Vito, E. Marotta, F. Sansivero

possono prescindere dal suo assetto attuale e dal suo comportamento nel passato. Nel secondo semestre del 2006 sono stati eseguiti rilievi termici da elicottero e da terra, e rilievi geologico-strutturali, per il monitoraggio dei vulcani napoletani. Inoltre è stato dato un contributo al monitoraggio dell'attività eruttiva dell'Etna, nel luglio 2006, in collaborazione con i colleghi dell'UF Vulcanologia e Geochimica della sezione di Catania. L'attività di sorveglianza, iniziata in questo semestre, è stata svolta dal personale dell'UF Vulcanologia e Petrologia. Si ritiene importante evidenziare che essa ha rappresentato un carico di lavoro aggiuntivo rispetto agli impegni già gravanti su ciascun tecnico/ricercatore. Da ciò si desume che future evoluzioni e implementazioni di queste attività, non possano prescindere dall'acquisizione di personale qualificato.

Monitoraggio dei vulcani napoletani

Rilievi termici

Rilievi termici effettuati periodicamente in aree vulcaniche attive, quali quelle del Vesuvio, dei Campi Flegrei e di Ischia, danno informazioni su eventuali variazioni delle temperature al suolo. Lo strumento maggiormente utilizzato a questo scopo è una telecamera termica portatile FLIR (ThermaCAMTM S60), che utilizza un rilevatore di raggi infrarossi estremamente sensibile. Essa consente di misurare e rappresentare graficamente la radiazione infrarossa emessa da un oggetto. Poiché la radiazione è una funzione della temperatura della superficie di un oggetto, la termocamera è in grado di calcolare e visualizzare la temperatura. I rilievi effettuati con la telecamera termica consentono di determinare le temperature al suolo di aree le cui dimensioni dipendono dalla distanza da cui viene effettuata la misura, pertanto vengono eseguiti sia da terra che da elicottero. La calibrazione delle immagini ottenute con la termocamera viene effettuata attraverso misure puntuali di temperatura al suolo con termocoppie. Durante il secondo semestre del 2006 sono iniziati i rilievi termici per la creazione di un data base. I risultati dei nostri rilievi sono sistematicamente paragonati con quelli ottenuti attraverso misure al suolo e con telecamere termiche fisse, relativamente alle aree monitorate anche dall'UF Geochimica dei Fluidi e dalla Rete TIMNet dell'OV.

Vesuvio

I primi rilievi termici al Vesuvio sono stati effettuati dal 18 al 23 Ottobre 2006, nel corso dell'esercitazione MESIMEX (Major Event SIMulation EXercise), organizzata congiuntamente dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Regione Campania. Essi sono stati condotti, in collaborazione con colleghi dell'UF Vulcanologia e Geochimica della Sezione di Catania, lungo le pendici del cono da elicottero, e lungo i versanti interni e sul fondo del cratere sia da terra che da elicottero. Oltre la strumentazione di questo Osservatorio, è stata utilizzata anche una telecamera termica portatile FLIR della Sezione di Catania. Le immagini dei versanti e del fondo del cratere da terra sono state riprese da tre punti diversi (fig. 1) in modo da coprire l'intera struttura. Gli stessi punti di osservazione sono stati utilizzati in una seconda campagna di rilievi termici da terra, il 19

dicembre 2006. I risultati ottenuti non mostrano variazioni della distribuzione delle temperature rispetto al precedente mese di ottobre.

Figura 1. Cratere del Vesuvio. I pallini gialli indicano i punti dai quali sono state acquisite le immagini termiche, mentre quello rosso indica l'ubicazione della telecamera fissa della rete TIMNet dell'OV.

I risultati dei rilievi dell'area craterica, sia quelli effettuati da elicottero (fig. 2) che quelli da terra (fig. 3), hanno evidenziato anomalie termiche in corrispondenza sia di aree con evidente attività fumarolica (come la 3, in figg. 3a e 3b, che corrisponde a quella monitorata in continuo dalla telecamera fissa della rete TIIMNet dell'OV) che di strutture non visibili ad occhio nudo (come quella indicata in fig. 2).

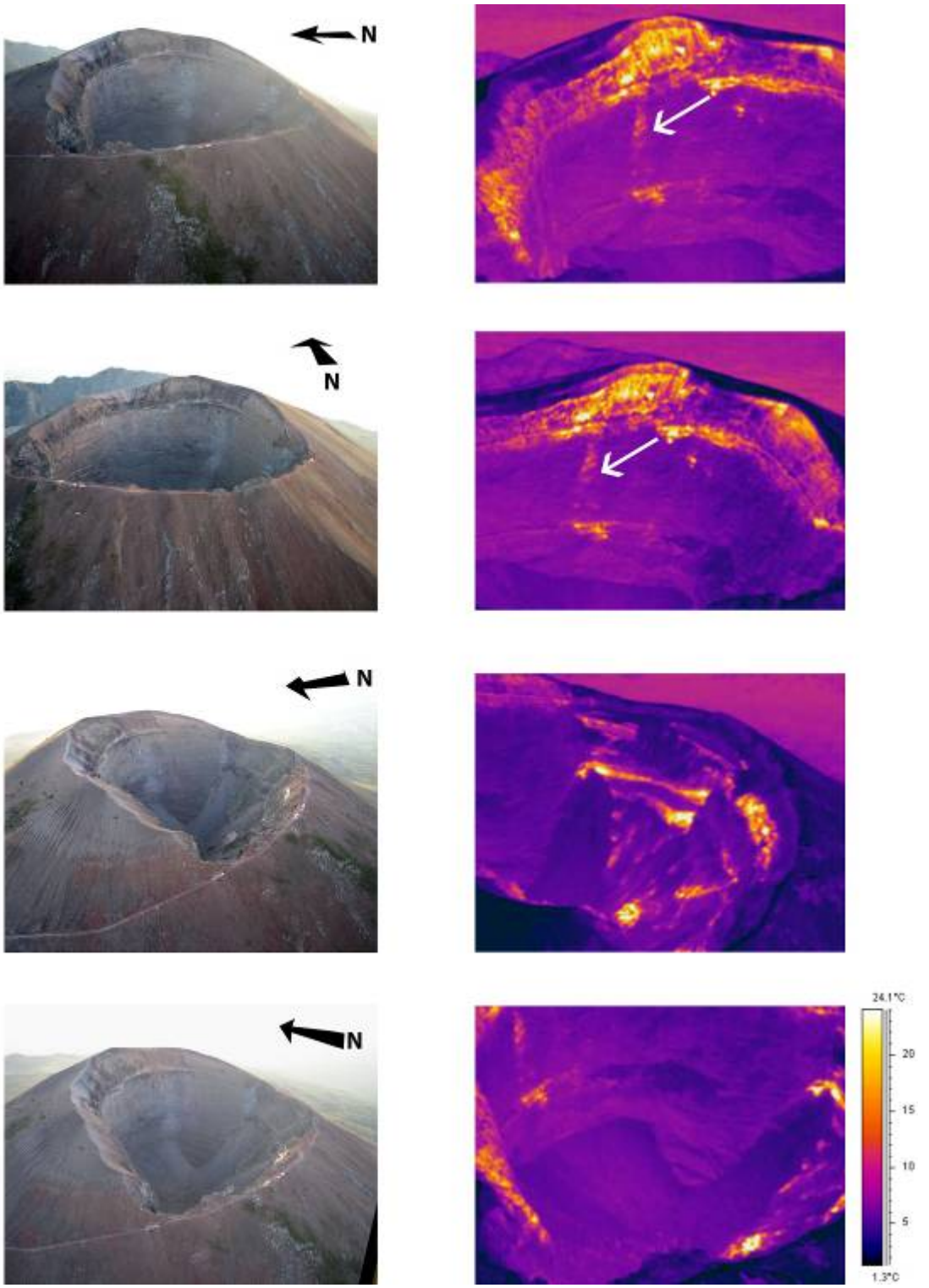


Figura 2. Immagini dell'area craterica del Vesuvio e corrispondenti immagini termiche riprese da elicottero il 19 ottobre 2006. La freccia bianca indica una probabile frattura, non visibile ad occhio nudo.

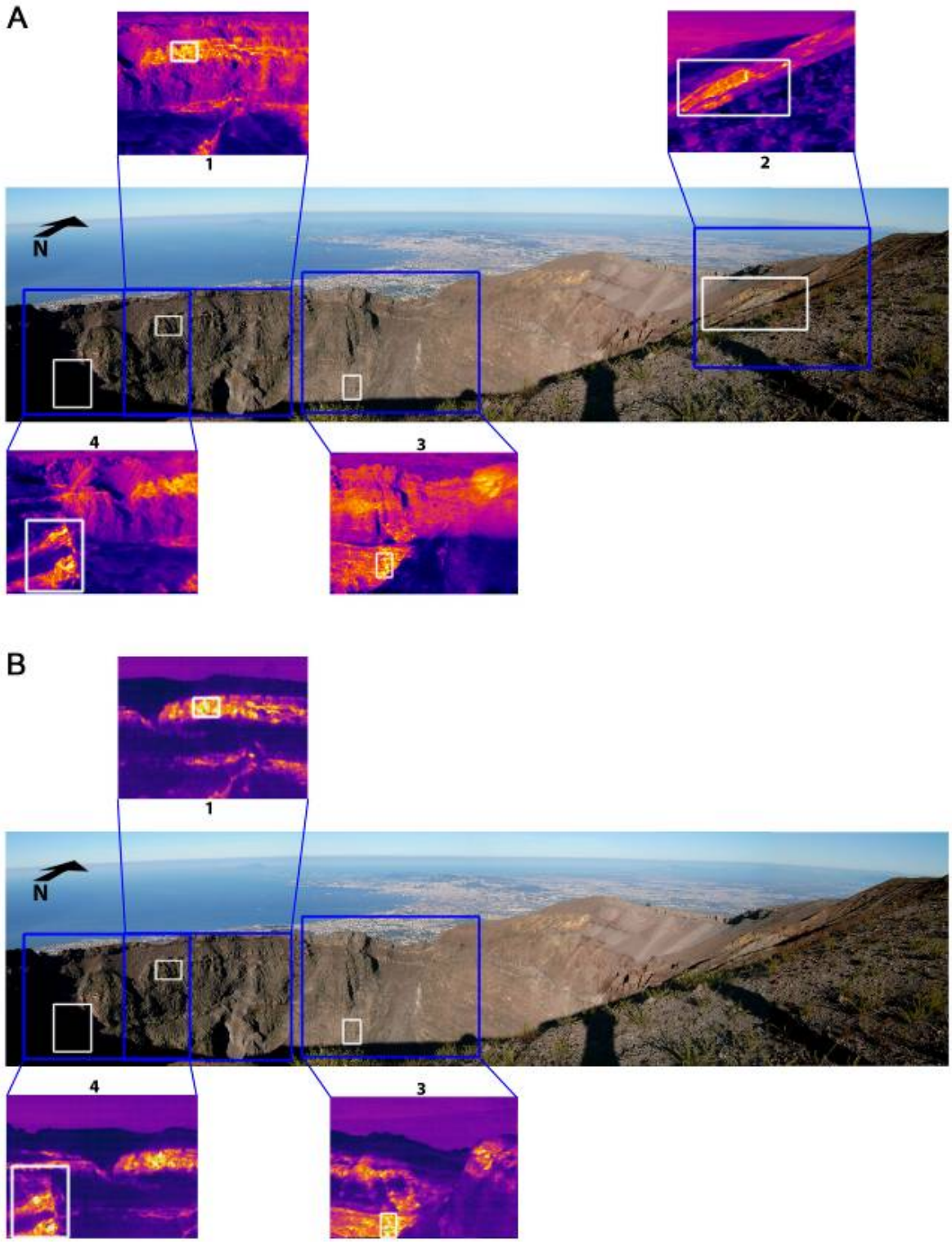


Figura 3. Immagini termiche del settore nord-occidentale del cratere del Vesuvio riprese da terra il 18 ottobre (A) e il 19 dicembre (B) 2006. I riquadri in bianco evidenziano le aree in cui sono presenti le anomalie termiche corrispondenti alle principali aree di intensa emanazione gassosa.

Lungo le pendici del cono, le principali anomalie termiche sono state rilevate nei settori sud-orientale, sud-occidentale e settentrionale (fig. 4), e corrispondono alle anomalie di flusso di CO_2 già note e monitorate dall'UF Geochimica dei Fluidi dell'Osservatorio Vesuviano. La temperatura

massima rilevata lungo il versante sud-orientale è di circa 24°C ed è paragonabile a quella misurata con termocoppia dall'UF Geochimica dei Fluidi nel 2004.

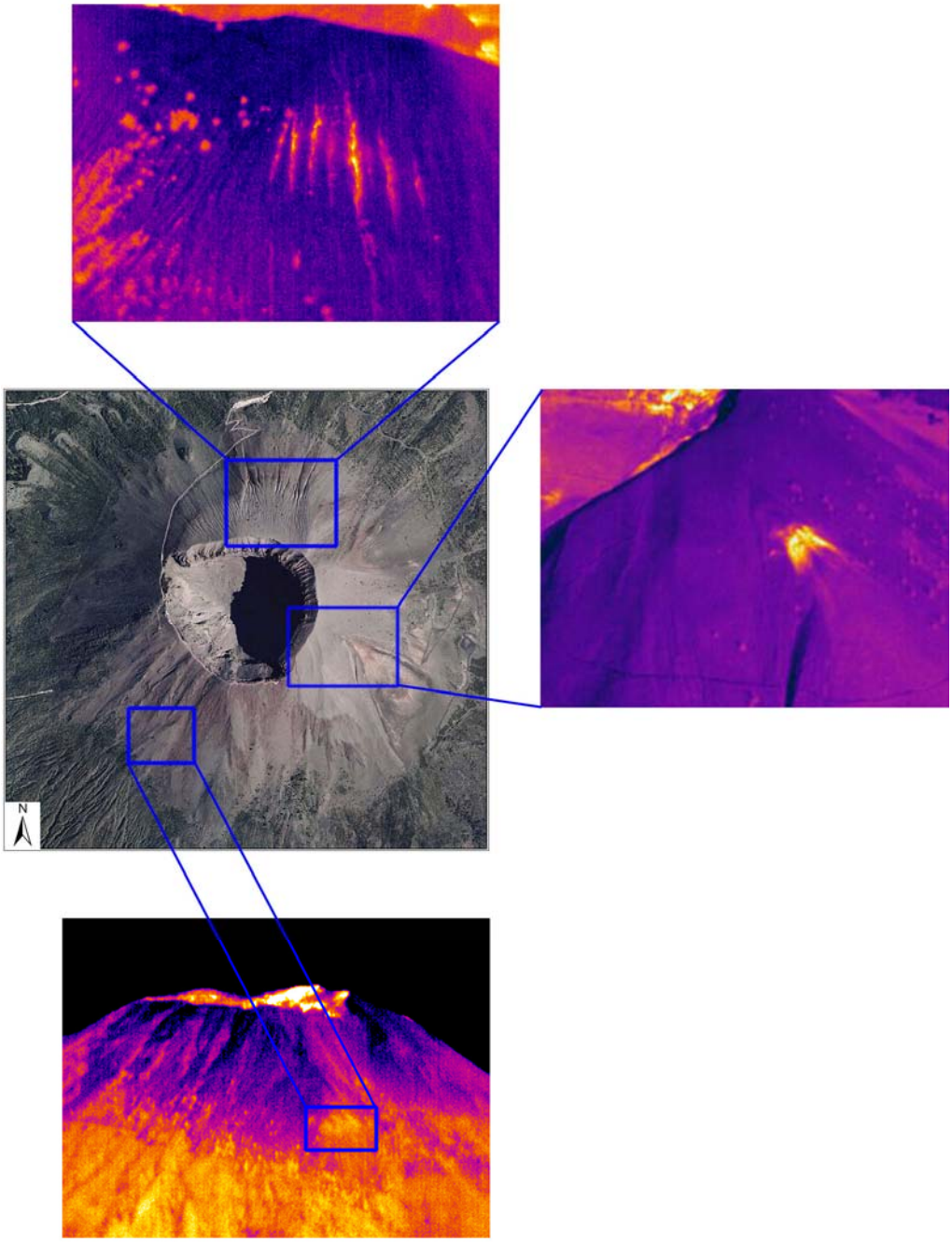


Figura 4. Immagini termiche delle pendici del cono del Vesuvio riprese da elicottero, il 19 ottobre 2006. I riquadri in blu evidenziano le aree delle anomalia di flusso CO_2 individuate da Chiodini et al. (2004).

Campi Flegrei

Le prime aree dei Campi Flegrei in cui sono stati effettuati rilievi termici sono Solfatara (il 15 novembre 2006) e Pisciarelli (il 19 dicembre 2006).

SOLFATARA

A Solfatara, i rilievi termici sono stati effettuati sia lungo i versanti del cratere sia su due delle principali aree a intensa emanazione gassosa presenti al suo interno. I risultati ottenuti lungo i versanti del cratere, come quello nord-orientale (fig. 5) mostrano aree a temperatura più alta di quelle circostanti, con valori che non superano i 30°C. Le temperature massime rilevate, invece, in corrispondenza di due delle principali aree d'intesa emanazione gassosa (fig. 6) variano da 120 (fig. 6c) a 134°C (fig. 6b), compatibili con quelle misurate con termocoppie rigide i cui valori variano tra 145 e 156°C, rispettivamente.

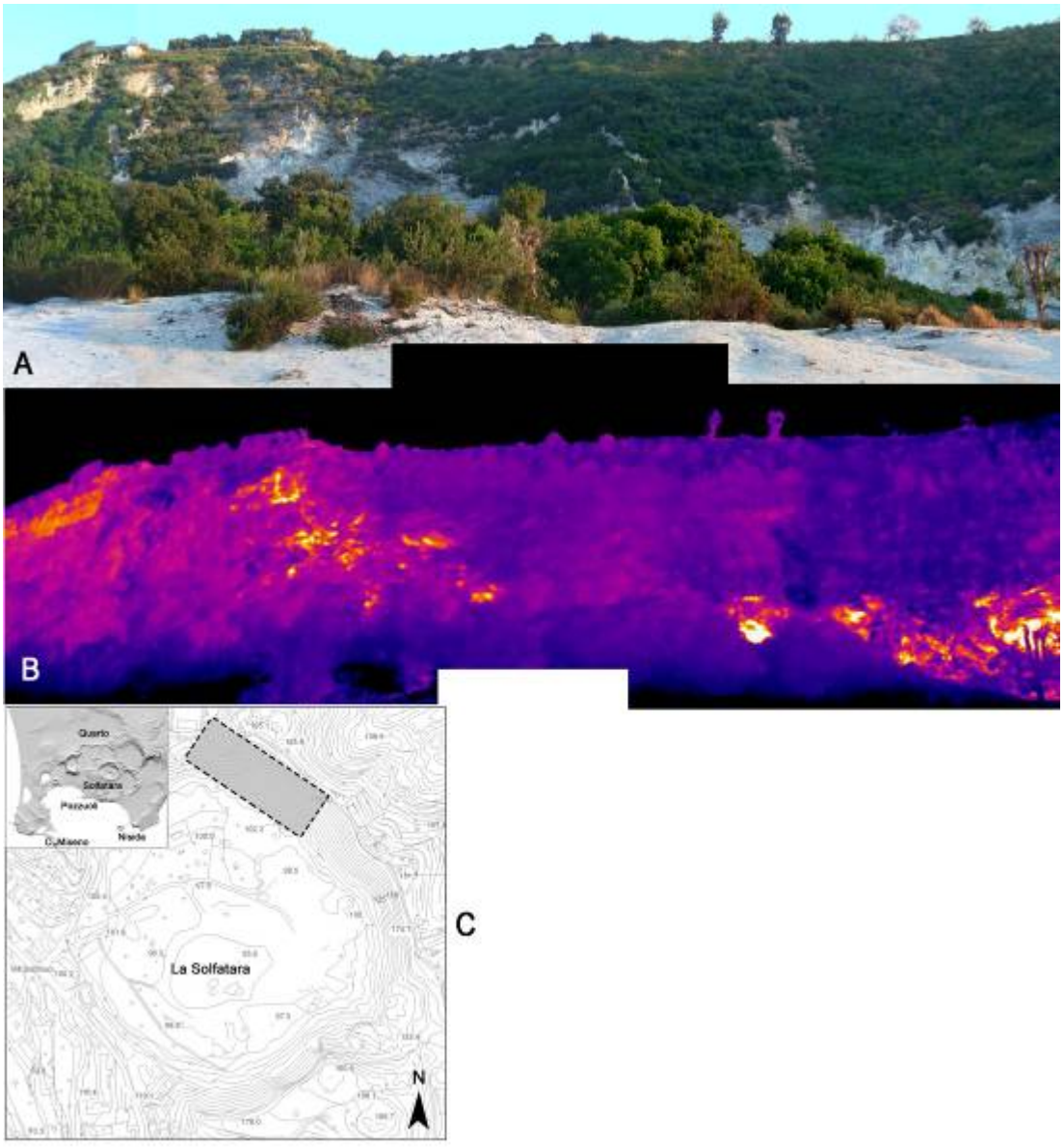


Figura 5. Immagini nel visibile (A) e termiche (B), riprese il 15 novembre 2006, del versante NE del cratere del vulcano Solfatara (C).

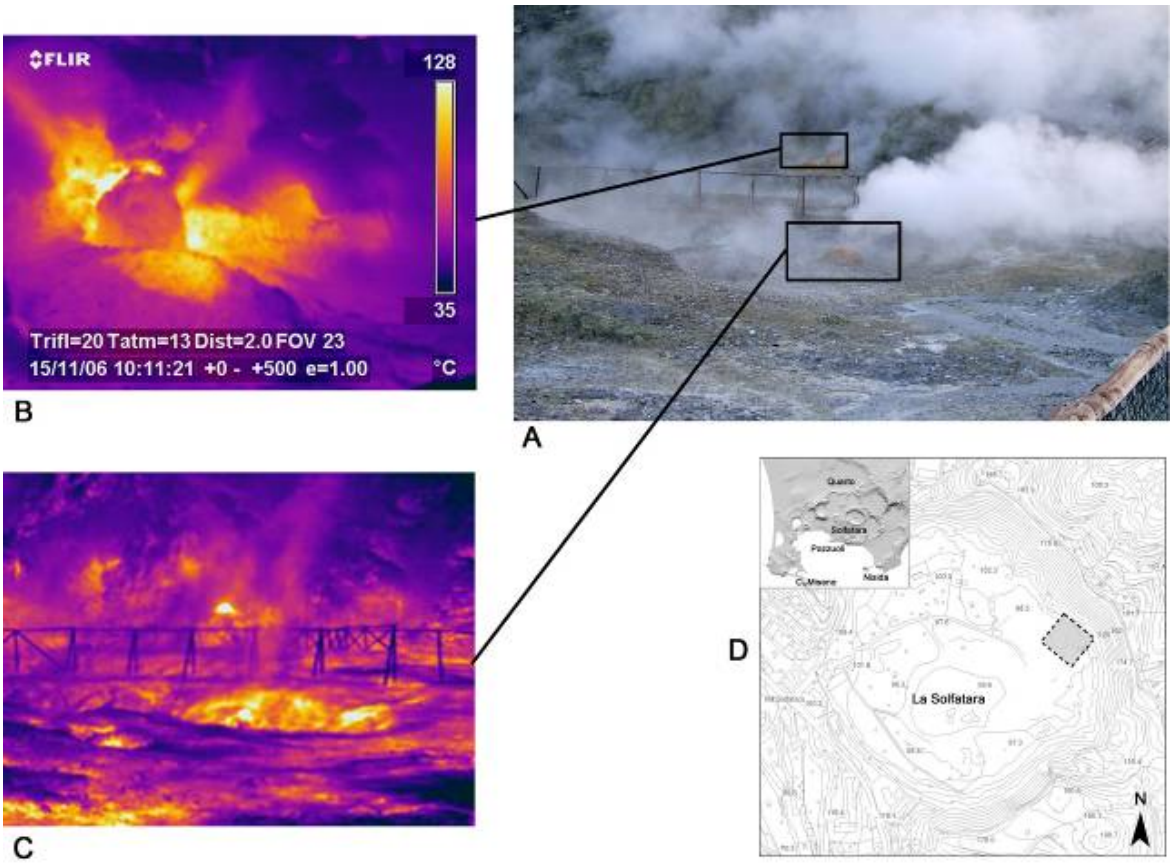


Figura 6. Immagini nel visibile (A) e termiche (B, C), riprese il 15 novembre 2006, delle due principali aree fumarolizzate del vulcano Solfatara (D).

PISCIARELLI

A Pisciarelli i rilievi termici sono stati effettuati nell'area in cui vi sono intense emanazioni gassose al di sotto di una pozza d'acqua (area 1 in fig. 7D), a nord di tale pozza (area 2 in fig. 7D), e lungo il versante a ovest della stessa (area 3 in fig. 7D), dove è ubicata la telecamera fissa della rete TIMNet dell'Osservatorio Vesuviano. Nell'area 1 (figg. 7A1 e 7B1) sono state misurate temperature massime di 85°C. Temperature massime simili (80°C) sono state misurate anche in corrispondenza dell'area 2 (figg. 7A2 e 7B2), lungo una frattura beante a direzione N60W. Lungo il versante dell'area 3 (figg. 7A3 e 7B3), invece, è stata misurata una temperatura massima di 58°C, compatibile con quella di 60°C registrata nel mese di dicembre dalla telecamera fissa della rete TIMNet.

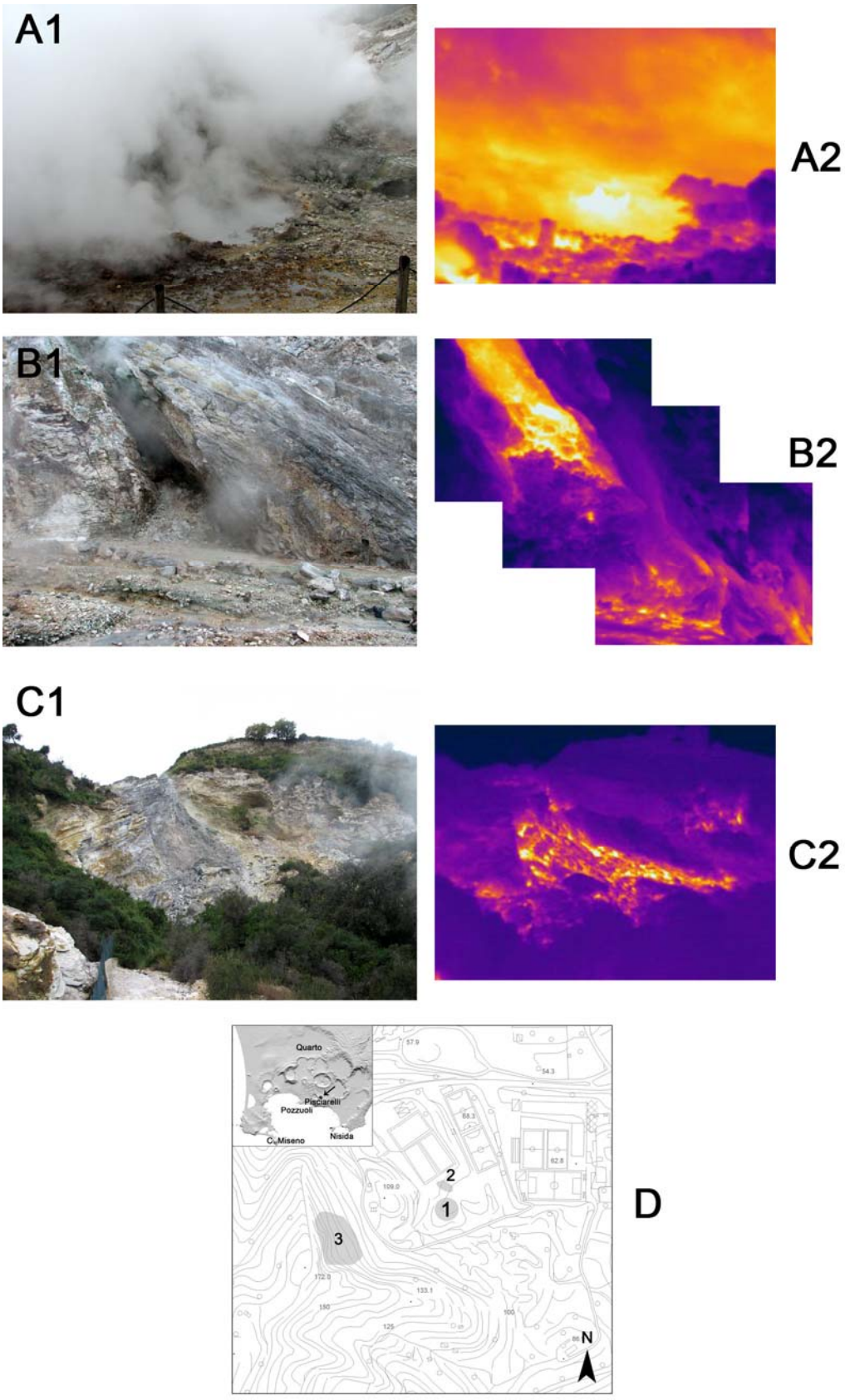


Figura 7. Immagini nel visibile (A1, B1, C1) e termiche (A2, B2, C2), riprese il 19 dicembre 2006, di settori selezionati dell'area di Pisciarelli (D).

ISCHIA

I primi rilievi termici a Ischia sono stati effettuati il 20 dicembre 2006, lungo i versanti ad alto angolo che delimitano a Ovest la parte maggiormente sollevata del blocco risorgente del Monte Epomeo (area di Donna Rachele). L'intensa fatturazione di questo settore dell'Epomeo determina un'elevata emissione di gas. I risultati dei rilievi termici hanno permesso di individuare 3 principali aree ad alta temperatura (fig. 8).

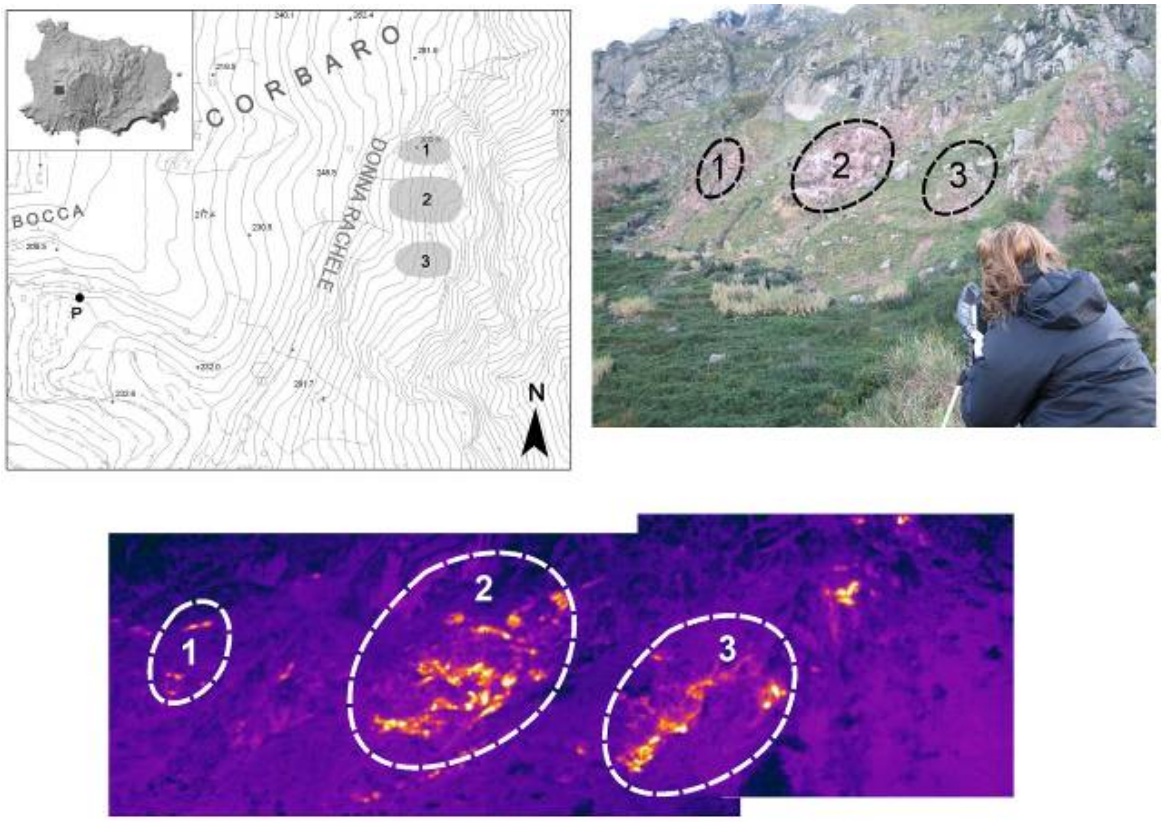


Figura 8. Rilievi termici effettuati da terra il 20 dicembre 2006 sul versante occidentale del Monte Epomeo. 1, 2 e 3 indicano le tre aree a più intensa emanazione gassosa.

Rilievi strutturali

Il vulcanismo occorre in aree in cui il regime di stress regionale, che agisce per un tempo relativamente lungo con alta energia, genera una deformazione che permette la formazione e la risalita di magma. Pertanto il tipo e l'orientamento di questa deformazione dipende dalle caratteristiche del campo di stress regionale. Contemporaneamente le masse magmatiche generano un regime di stress locale che varia nel tempo in funzione della loro evoluzione ed è caratterizzato da un'energia più bassa di quella del regime di stress regionale. La deformazione indotta dal regime di stress regionale predata la messa in posto delle masse magmatiche a bassa profondità e può essere coeva all'evoluzione di queste ultime. Pertanto la deformazione legata al regime di stress locale indotto da magmatismo e vulcanismo, ha luogo in un mezzo già deformato dal regime di stress regionale e verosimilmente ancora sotto la sua influenza. L'interrelazione tra

regime di stress regionale e locale può generare un assetto strutturale molto complesso. Gli eventi vulcano-tettonici che occorrono nell'evoluzione di un vulcano, quali collassi calderici e risorgenza del fondo di una caldera, sono generati dalle caratteristiche dell'evoluzione di un sistema magmatico e della relativa attività vulcanica. La deformazione generata da tali eventi può risultare dalla riattivazione di strutture generate dal campo di stress regionale. I vulcani napoletani sono un ottimo esempio di strutture fortemente controllate sia dalla tettonica regionale che dalla vulcano-tettonica.

Vesuvio

La maggior parte degli studi di geologia strutturale sul vulcano Somma-Vesuvio sono indirizzati alla comprensione dell'evoluzione della caldera sommitale. Anche la carta geologica in scala 1:15.000 riporta solo pochi elementi strutturali, per lo più connessi ad attività vulcanica recente. Studi vulcanologici su un'attività recente del Vesuvio hanno evidenziato che le eruzioni sono state precedute ed accompagnate da significative deformazioni del suolo con apertura di nuove fratture. La conformazione della parte alta del vulcano, la cui copertura è costituita in prevalenza da materiali sciolti, non permette di effettuare studi mesostrutturali sistematici. Tale caratteristica ha suggerito di individuare nella fitta rete di manufatti (muretti, reti, canalette ecc.) ad elevata continuità laterale ed elevata rigidità, elementi su cui rilevare gli effetti di eventuali deformazioni del suolo.

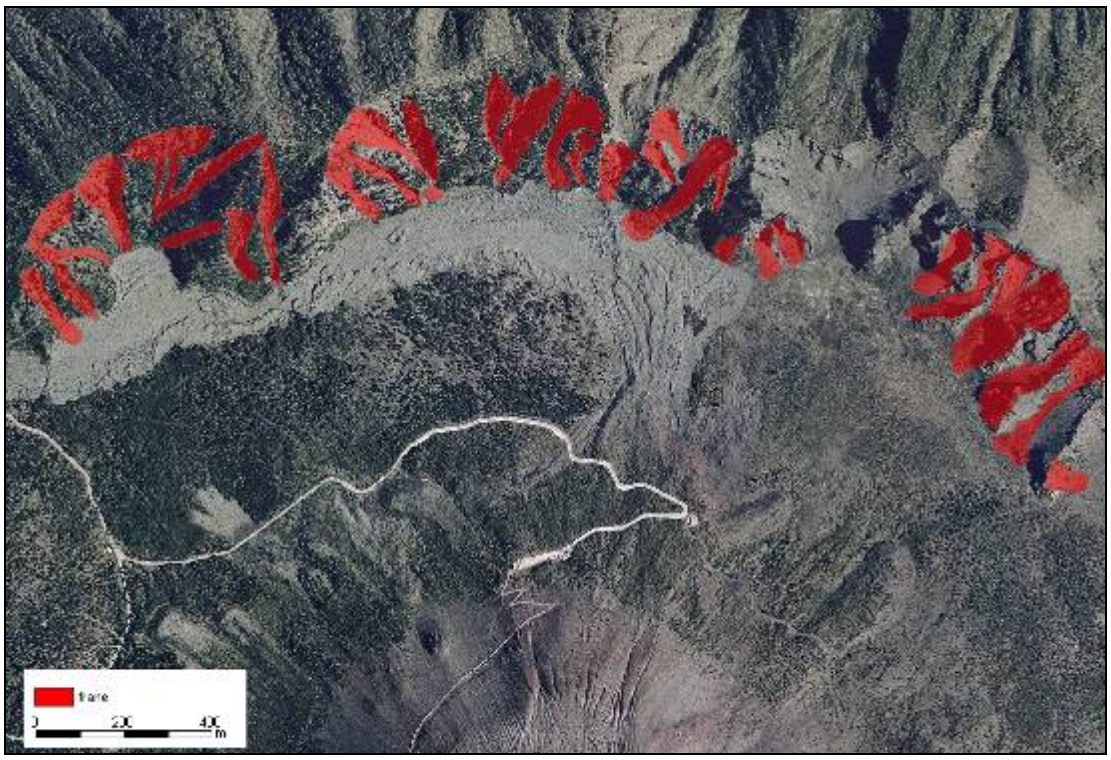


Figura 9. Scarpata meridionale del Monte Somma lungo la quale sono rappresentate, in rosso, le aree interessate da fenomeni di frana, ancora attivi.

Per la loro definizione, oltre alle caratteristiche strutturali del manufatto, è necessario discriminare tra i processi deformativi legati alla vulcano-tettonica e quelli legati alla dinamica gravitativa superficiale. Rilievi di tali strutture sono stati condotti e ripetuti durante l'esercitazione MESIMEX. Le uniche evidenze di deformazioni rilevate sono relative a processi gravitativi superficiali di versante. Alcuni settori del cono e dei versanti interni del cratere sono interessati da frane da scorrimento e crollo e localmente da processi di erosione accelerata (rills e gullies). E' stata anche preparata, in collaborazione con ricercatori dell'Università di Firenze, una carta geomorfologia con l'indicazione di tutte le aree del versante meridionale del monte Somma interessate da fenomeni di frana recenti e attivi (fig. 9). Tale rilievo è stato integrato con una documentazione fotografica particolareggiata per definire lo stato dei fenomeni franosi e per evidenziare in futuro la loro eventuale evoluzione.

Campi Flegrei

Gli studi strutturali sull'area, effettuati a partire dal 1950, hanno permesso di definire che la caldera dei Campi Flegrei è una struttura complessa e risorgente, la cui attività vulcanica recente è stata fortemente connessa con la dinamica deformativa. Infatti le tre epoche di intensa attività vulcanica, occorse tra 15 e 9.5, 8.6 e 8.2 e 4.8 e 3.8ka dal presente e la stessa eruzione del Monte Nuovo, avvenuta in epoca storica (1538 AD), sono state precedute e accompagnate da significative deformazioni del suolo e dal sollevamento differenziale di blocchi del fondo calderico. Questi processi hanno interessato la caldera più recente, formatasi durante l'eruzione del Tufo Giallo Napoletano (15ka). In particolare la gran parte del vulcanismo degli ultimi 5ka è avvenuto nel settore nord-orientale della caldera ed è stato preceduto da un sollevamento del blocco de La Starza di almeno 40m. Le strutture che bordano questo blocco hanno andamento NW-SE e NE-SW e in misura minore NS ed EW (fig. 10). La maggior parte di tali strutture ha interessato rocce prodotte da eruzioni della terza epoca. La conoscenza sull'assetto strutturale a scala macroscopica, rilevato attraverso analisi di foto aeree e di terreno, è stata approfondita attraverso lo studio strutturale di siti selezionati per misure a scala mesoscopica. L'obiettivo di tali rilievi era quello di individuare delle stazioni di misura sulle quali definire il pattern deformativo attuale e controllarne l'eventuale evoluzione nel tempo. Tale attività ben si integra con i rilievi con telecamera termica in quanto in alcuni dei siti studiati sono presenti campi fumarolici con punti di emissione allineati lungo le strutture deformative esistenti. I criteri di scelta dei siti sono stati la posizione strutturale e la presenza di rocce con litologie che conservassero le tracce di deformazioni fragili (cineriti coesive, tufi e lave). In fig. 10 sono riportati i risultati delle analisi eseguite in alcuni dei siti investigati per gli obiettivi precedentemente citati. Il pattern deformativo costituito prevalentemente da strutture ad andamento NE-SW e NW-SE con componenti a direzione N-S ed E-W viene confermato.

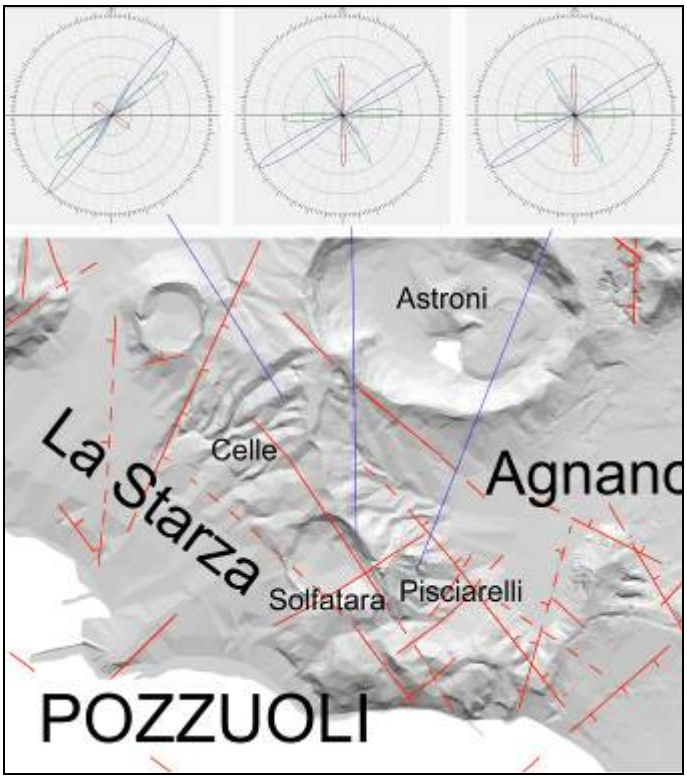


Figura 10. DTM della parte centrale della caldera dei Campi Flegrei con le strutture tettoniche principali. Nella parte alta i risultati di alcuni dei rilievi mesostrutturali effettuati nelle aree di Pisciarelli, Solfatara e Celle.

Ischia

L'isola d'Ischia è caratterizzata da un complesso assetto strutturale, determinato dalla presenza di diversi sistemi di faglie e fratture di origine tettonica e vulcano-tettonica, e dalla risorgenza della sua parte centrale. L'area risorgente è composta da blocchi dislocati in maniera differenziale; il sollevamento è massimo in corrispondenza del M. Epomeo e diminuisce in direzione SE. L'area risorgente ha una geometria poligonale definita da strutture che in parte riprendono lineamenti tettonici regionali e in parte rappresentano la risposta deformativa ad un regime di sforzi indotto dalla vulcano-tettonica. Il settore occidentale del blocco risorgente è delimitato da faglie inverse ad alto angolo immergenti verso l'interno del blocco. Questi lineamenti sono dislocati da faglie normali che immergono verso l'esterno del blocco, dovute al riaggiustamento gravitativo dei versanti. L'incrocio di queste strutture fa si che l'intero settore sia caratterizzato da intensa emissione gassosa, in particolare l'area di Donna Rachele sulla quale sono stati effettuati i primi rilievi termici. I settori NE e SW del blocco maggiormente sollevato sono delimitati da faglie verticali con movimenti, rispettivamente, transtensivi destri e transpressivi sinistri. L'area a E del blocco risorgente è dislocata da faglie normali che immergono verso l'esterno ed è pertanto sottoposta a uno stato di stress di tipo distensivo. In questa prima fase di indagini strutturali condotte nell'ambito del monitoraggio vulcanico, è stato ritenuto opportuno effettuare misure in alcuni siti già studiati (quelli dei diagrammi a rose 5a, 5b e 4b in fig. 11), al fine di verificare eventuali variazioni. La stazione 5a, a circa 300m s.l.m., è caratterizzata dalla presenza di due sistemi preferenziali di fratture (F1 e F2). Il sistema F1 comprende fratture ad alto angolo, a direzione N30W e immersione

sia a SW che a NE. Il sistema F2, subordinato ad F1 in termini di frequenza, è costituito da fratture sub-verticali, o comunque ad alto angolo, a direzione EW. La stazione 5b, posta a circa 300m s.l.m., è anch'essa caratterizzata da due sistemi preferenziali di fratture (F1 e F2) e da un allineamento di fumarole allineate lungo una fascia di fratture orientate NS. Il sistema F2 è anch'esso costituito da fratture ad alto angolo caratterizzate, però, da una direzione preferenziale di N40E. Il sistema F1, equivalente ad F2 in termini di frequenza, è costituito da strutture ad alto angolo, a direzione NS e immersione verso E. Entrambi i sistemi preferenziali di fratture che caratterizzano la stazione 5b hanno delle direzioni prevalenti che nella stazione 4b sono subordinate in termine di frequenza. La stazione 4b, situata ad una quota di 500m s.l.m., è caratterizzata dalla presenza di tre sistemi principali di fratture (F1, F2 ed F3). Il sistema F1, comprende fratture ad alto angolo, a direzione N80-90E e immersione a N-NW. Il sistema F2, equivalente a F1 in termini di frequenza, è costituito da fratture ad alto angolo, a direzione N20E con immersione prevalente a N-NW. Il sistema F3, subordinato ai precedenti in termini di frequenza, è costituito da fratture ad alto angolo, a direzione EW e immersione verso N. Tale sistema è comparabile con F1. I risultati dei rilievi strutturali effettuati nell'area di Donna Rachele (dove sono stati eseguiti anche rilievi termici), nel settore occidentale del blocco risorgente del Monte Epomeo, mostrano che non vi sono sostanziali differenze rispetto al passato.

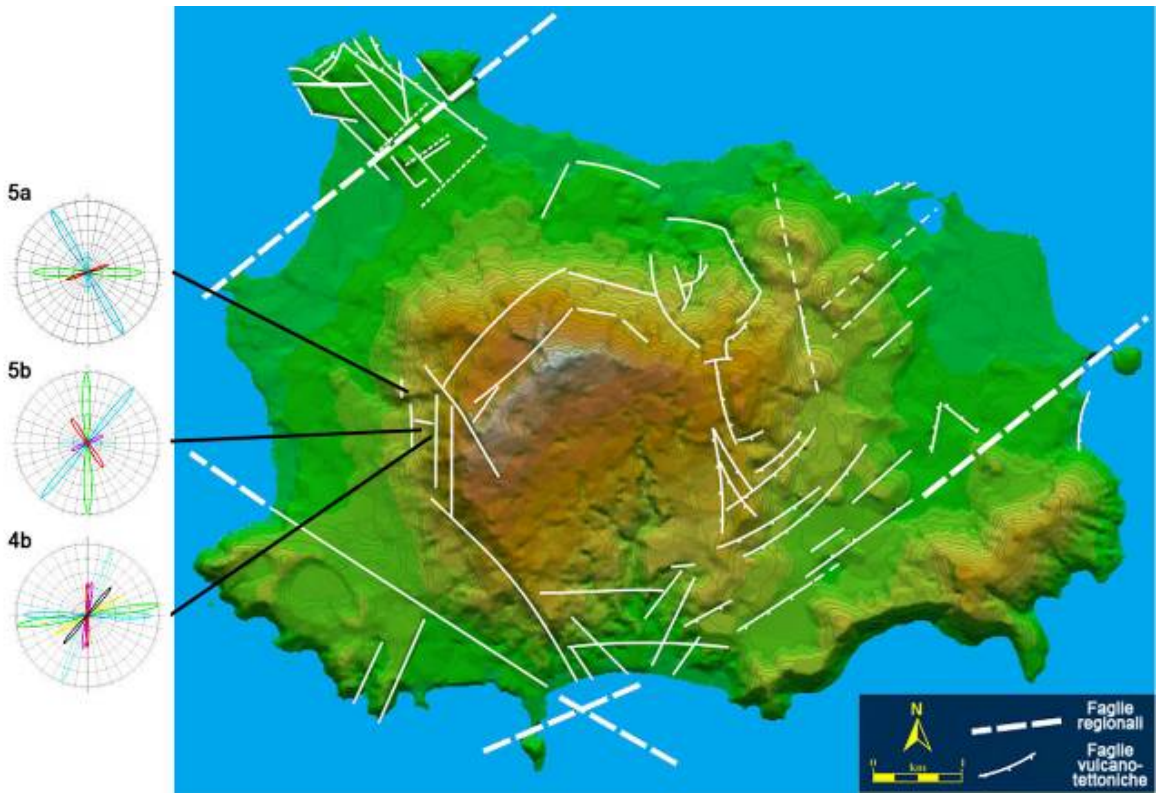


Figura 11. Risultati dei rilievi strutturali nell'area di Donna Rachele, nel settore occidentale del blocco risorgente del Monte Epomeo.

Monitoraggio dell'eruzione dell'Etna del luglio 2006

Un intervento di monitoraggio dell'attività vulcanica in coordinamento con la Sezione di Catania è stato effettuato durante l'eruzione dell'Etna del luglio 2006. Le attività svolte, sono state oggetto di rapporti giornalieri reperibili al sito www.ct.ingv.it. Esse sono consistite in rilievi termici con due termocamere portatili FLIR, una della Sezione di Catania ed una presa in visione dal personale dell'Osservatorio Vesuviano che successivamente è stata comprata; periodica mappatura della colata e del suo fronte sia da terra che da elicottero; misure della velocità, della portata e della temperatura della colata alla bocca; osservazione delle fasi esplosive e stima dei parametri fisici; valutazione delle variazioni morfologiche del cono formatosi in corrispondenza dell'area craterica. Sono state anche effettuate campionature sia della colata lavica che dei prodotti dell'attività esplosiva.

SORVEGLIANZA GEOCHIMICA AL VESUVIO[13]

Introduzione

La sorveglianza geochimica dell'area Vesuviana, effettuata dall'Unità Funzionale di Geochimica dei Fluidi dell'Osservatorio Vesuviano nel corso del 2006, ha riguardato il monitoraggio del processo di degassamento nell'area craterica e lo studio delle emissioni fumaroliche presenti al fondo e sul bordo del cratere.

Flussi di CO_2

Il monitoraggio del processo di degassamento nell'area vesuviana è stato effettuato attraverso:

- l'esecuzione di numero 15 indagini veloci (di cui 8 effettuate durante la simulazione Mesimex) consistenti nella misura dei flussi di CO_2 in 15 punti fissi ubicati sul bordo orientale del cratere (area anemometro);
- il monitoraggio in continuo attraverso la stazione FLXOV4.

Monitoraggio discontinuo dei flussi di CO_2 (indagini veloci)

Le indagini veloci sono state effettuate periodicamente a partire dal febbraio 1998, sul bordo orientale del cratere. Le misure dei flussi di CO_2 e delle temperature del suolo a 10cm di profondità vengono effettuate in 15 siti selezionati. I valori medi dei flussi di CO_2 di ciascuna campagna sono riportati, insieme al numero di scosse mensili, nel cronogramma di fig. 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 CO_2; il secondo periodo, invece, iniziato in seguito all'evento sismico dell'ottobre 1999, è caratterizzato da valori di flusso mediamente più bassi, le cui oscillazioni cicliche, sono imputabili a variazioni dei parametri ambientali. I valori più elevati di flusso di CO_2 sono relativi al periodo di maggiore sismicità (ottobre 1999). Le misure discontinue di

[13] A cura di: R. Avino, S. Caliro, G. Chiodini, V. Di Matteo, D. Granieri, C. Minopoli, R. Moretti, M. Russo

flusso di CO_2, effettuate in tutto il 2006, non hanno evidenziato variazioni significative rispetto ai periodi precedenti.

Nell'ambito del progetto Mesimex, nel mese di ottobre 2006 è stata effettuata una campagna estesa di misure di flussi di CO_2 dal suolo in un area comprendente il cratere del Vesuvio. I dati ottenuti sono stati confrontati (fig. 2) con una precedente campagna effettuata nell'aprile 2000; i dati misurati hanno evidenziato sia una diminuzione areale delle zone d'emissione sia una diminuzione dell'output totale che all'incirca si è dimezzato.

Stazioni in continuo: ubicazione, sensoristica e risultati

Il monitoraggio geochimico in continuo al cratere del Vesuvio viene eseguito tramite la stazione automatica FLXOV4 che misura, ad intervalli di 4 ore, il flusso di CO_2 dal suolo e la temperatura del suolo a circa 20cm di profondità. La stazione è operativa dall'agosto 1999, ma ha richiesto continui interventi di manutenzione sia per la continua caduta di materiale dalle pareti del cratere del Vesuvio, sia per mancanza di irraggiamento diretto all'interno del cratere del Vesuvio durante le stagioni invernali. Il record di dati presenta pertanto delle lacune in alcuni periodi dell'anno. La stazione ha subito un danneggiamento nel settembre 2005 ed è stata ripristinata all'inizio di aprile 2006. Il primo periodo di funzionamento (aprile 2006) è stato caratterizzato da valori elevati di flusso di CO_2 con un picco di degassamento di 16000 $gm^{-2}d^{-1}$. Considerando l'intero anno 2006 il valore medio di flusso è stato di circa 2500 $gm^{-2}d^{-1}$ che risulta un valore simile a quello registrato negli anni precedenti (fig. 3). La temperatura del suolo, riportata nella fig. 3, è stata registrata nel 2005 in un sito diverso (sito II) di quello monitorato fino al settembre 2003 (sito I). Dal mese di aprile 2006 è stato reinstallato il sensore di temperatura del suolo nel sito originario (sito I). La stazione meteorologica (ABC 7030), ubicata sul bordo occidentale del Vesuvio è stata completamente distrutta da una scarica elettrica atmosferica nell'ottobre 2005 ed è stata ripristinata ad ottobre 2006.

Composizione chimica delle fumarole al Vesuvio

Nel corso del 2006 sono state eseguite n. 7 campagne di campionamento delle fumarole interne al cratere vesuviano e 19 campagne di campionamento della fumarola B1, 12 campionamenti della fumarola B2 e 7 campionamenti della fumarola B3 tutte del bordo cratere (tab 1). Una dettagliata descrizione del modello geochimico interpretativo delle fumarole del Vesuvio è riportata nei precedenti rapporti di sorveglianza in cui sono state segnalate variazioni della composizione delle fumarole interne al cratere (fig. 4 e 5). In particolare a partire dal terremoto del 9 ottobre 1999 (Md=3.6) sono state misurati per 2 anni aumenti nel tempo sia del rapporto He/CO_2 che della pCO_2 stimata sulla base di geoindicatori gassosi. Contemporaneamente si è verificata la diminuzione del rapporto CH_4/CO_2 (vedi rapporto finale 2001 e 2002). A partire dall'autunno 2002, i risultati delle analisi chimiche hanno mostrato e mostrano tuttora un graduale ritorno dei valori verso le condizioni pre-1999. Le variazioni riscontrate, che hanno registrato i massimi valori nel 2002, e il contemporaneo aumento del flusso di CO_2 rilevato alla stazione FLXOV4 (fig. 4), sono state probabilmente causate da un aumento dell'input di gas profondo, forse favorito dall'evento sismico

dell'ottobre 1999. Durante il 2005 ed il 2006, i valori stimati di pCO_2 non hanno evidenziato variazioni significative rispetto ai periodi precedenti (fig. 3). Nello stesso periodo i rapporti CH_4/CO_2, He/CO_2 e H_2/CO_2 (fig. 5) hanno anch'essi mostrato un'evoluzione verso valori simili a quelli registrati precedentemente all'evento sismico dell'ottobre 1999.

Conclusioni

Le misure discontinue di flusso di CO_2 effettuate nel 2005 e 2006 nel bordo orientale del cratere non hanno evidenziato variazioni significative rispetto al periodo precedente. Il flusso di CO_2 misurato alla stazione automatica FLXOV4 ubicata al fondo del cratere del Vesuvio ha mostrato valori medi simili a quelli degli ultimi anni. I parametri chimici delle fumarole non hanno mostrato variazioni significative rispetto al periodo precedente.

Tabella 1. Analisi chimica dei campioni della fumarola FC2 del fondo cratere e della fumarola B1 del bordo cratere (le analisi sono espresse in μmol/mol).

Campione	Data	T°C	H_2O μm/m	CO_2 μm/m	H_2S μm/m	Ar μm/m	O_2 μm/m	N_2 μm/m	CH_4 μm/m	H_2 μm/m	He μm/m	CO μm/m
FC2	24/03/2006		933335	65552	255.3	0.546	0.008	113.1	39.8	704.3	0.362	28.013
FC2	07/05/2006	95	938599	60365	239.4	0.202	0.038	94.4	36.9	665.0	0.342	28.071
FC2	19/07/2006	94	934129	64845	272.2	0.257	0.039	93.0	35.0	625.7	0.366	21.705
FC2	02/09/2006	94	930022	68873	260.3	0.306	0.044	103.1	39.8	701.7	0.413	26.694
FC2	07/10/2006	95	927662	71186	301.2	0.309	0.028	102.0	39.7	708.6	0.387	27.339
FC2	29/11/2006	93	914989	83778	262.6	0.306	0.127	122.0	43.8	803.7	0.409	30.343
FC2	31/12/2006	93.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Campione	Data	T°C	%Ar	$\%O_2$	$\%N_2$	$\%CH_4$	$\%\ CO_2$
B1	10/01/2006		0.881872	19.75504	73.57571	0	1.342094
B1	31/03/2006	68.5	0.878135	19.65806	77.16097	0.018949	1.649406
B1	20/06/2006	75.4	0.8600	19.215	73.849	0.00027	0.932
B1	05/09/2006	73.6	0.8775	19.615	74.745	0.00065	1.302
B1	02/10/2006	74.3	0.9269	20.814	77.490	0.00000	1.429
B1	12/10/2006	74.7	0.9154	20.376	76.165	0.00106	2.000
B1	17/10/2006	73.5	0.922	20.87	77.80	0.00000	0.84
B1	18/10/2006	73.5	0.929	20.74	77.35	0.00049	1.49
B1	18/10/2006	73.5	0.930	20.81	77.56	0.00065	1.50
B1	18/10/2006	73.5	0.928	20.71	77.28	0.00074	1.49
B1	19/10/2006	74.0	0.934	21.24	77.24	0.00000	2.04
B1	19/10/2006	74.0	0.915	21.46	75.80	0.00034	2.13
B1	19/10/2006	74.0	0.936	21.26	77.22	0.00000	2.00
B1	20/10/2006	73.6	0.922	20.50	76.53	0.00073	2.15
B1	20/10/2006	73.6	0.920	20.38	76.03	0.00047	2.16
B1	21/10/2006	75.2	0.903	20.05	74.72	0.00000	2.58
B1	21/10/2006	75.2	0.931	20.62	76.96	0.00000	2.58
B1	21/10/2006	75.2	0.906	20.25	75.65	0.00000	2.51
B1	27/12/2006	68.7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

B2	18/10/2006	75.7	0.932	20.72	77.36	0.00084	1.11
B2	18/10/2006	75.7	0.929	20.76	77.49	0.00000	1.15
B2	19/10/2006	75.4	0.921	20.92	76.09	0.00000	1.76
B2	19/10/2006	75.4	0.947	21.48	78.06	0.00000	0.97
B2	19/10/2006	75.4	0.946	21.47	77.95	0.00088	1.83
B2	20/10/2006	75.8	0.925	20.56	77.13	0.00000	1.93
B2	20/10/2006	75.8	0.940	20.85	77.78	0.00000	2.04
B2	20/10/2006	75.8	0.927	20.69	77.54	0.00000	2.03
B2	21/10/2006	76.5	0.926	20.53	76.86	0.00000	2.49
B2	21/10/2006	76.5	0.921	20.52	76.74	0.00000	2.60
B2	21/10/2006	76.5	0.927	20.67	77.10	0.00000	2.62
B2	27/12/2006	68	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
B3	18/10/2006	71.0	0.941	20.89	78.26	0.00000	0.77
B3	19/10/2006	71.9	0.796	18.03	65.75	0.00000	0.67
B3	19/10/2006	71.9	0.947	21.68	79.11	0.00000	0.80
B3	20/10/2006	71.7	0.938	20.73	77.68	0.00000	0.95
B3	20/10/2006	71.7	0.933	20.62	77.40	0.00000	0.89
B3	21/10/2006	71.3	0.941	20.93	78.37	0.00000	1.00
B3	21/10/2006	71.3	0.953	21.09	78.97	0.00000	1.01

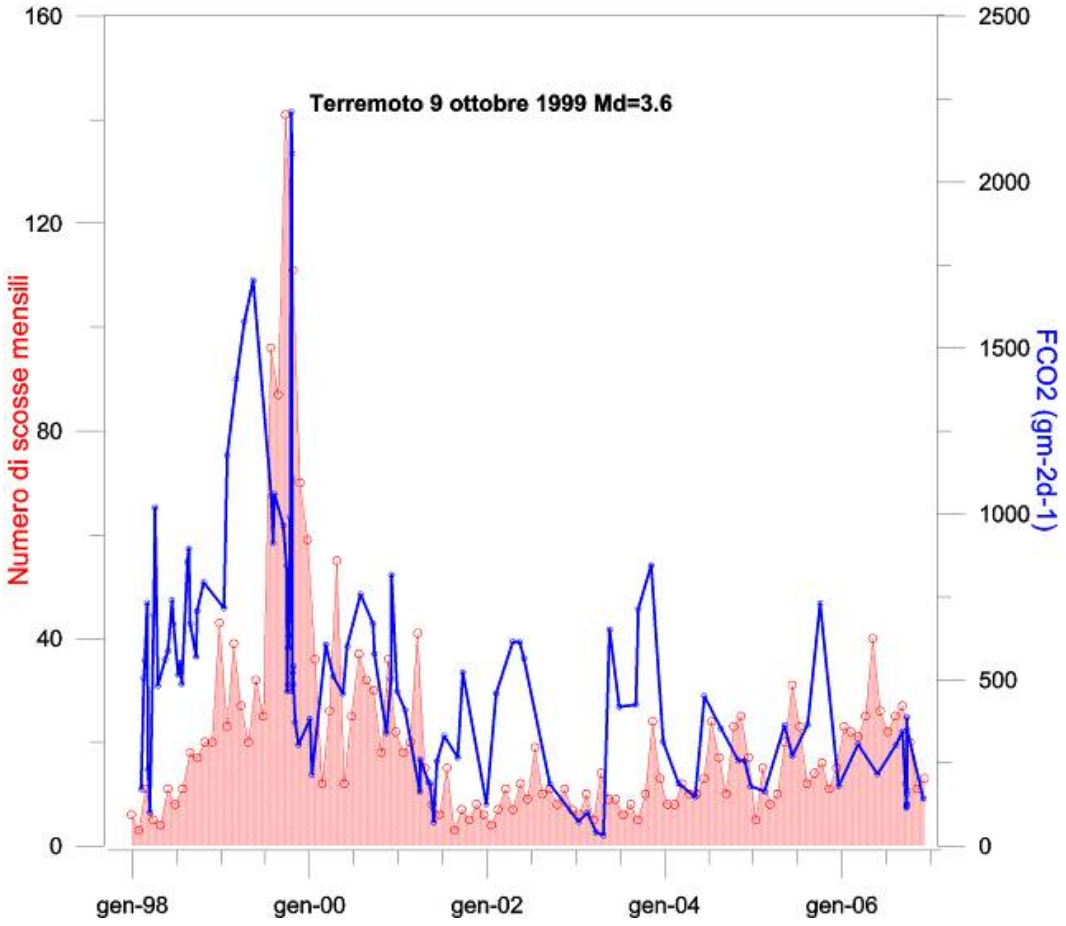


Figura 1. Valori medi del flusso di CO_2 in 15 punti del bordo craterico del Vesuvio, area anemometro (per l'ubicazione esatta del sito vedi i rapporti di sorveglianza 1999). Nel grafico è anche riportato il numero mensile di eventi sismici.

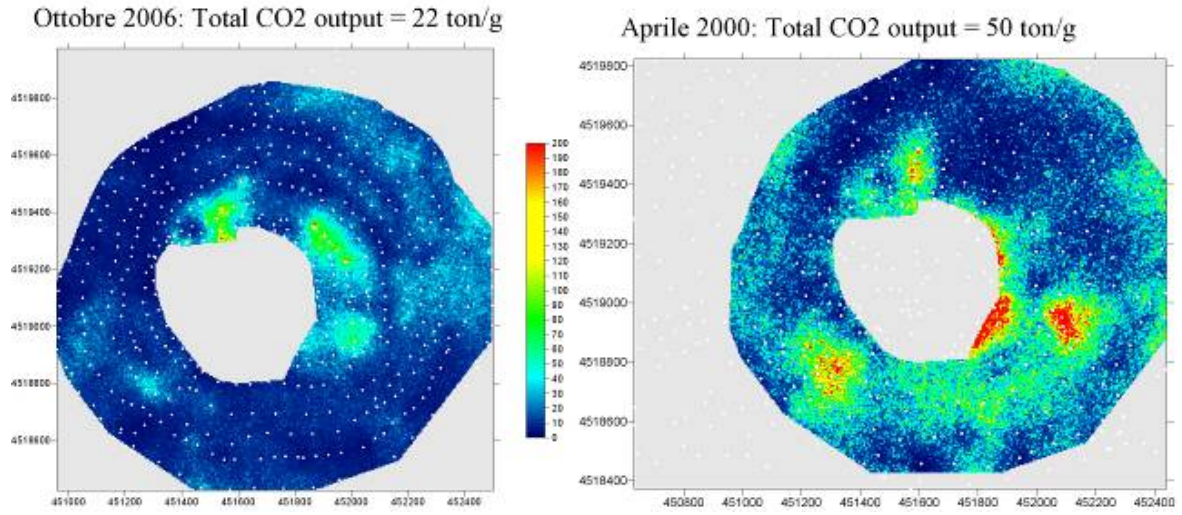


Figura 2. Mappa dei flussi di CO_2 dal suolo misurati ad ottobre 2006 confrontata con quella realizzata ad aprile2000. La scala dei flussi è espressa in $gm^{-2}d^{-1}$.

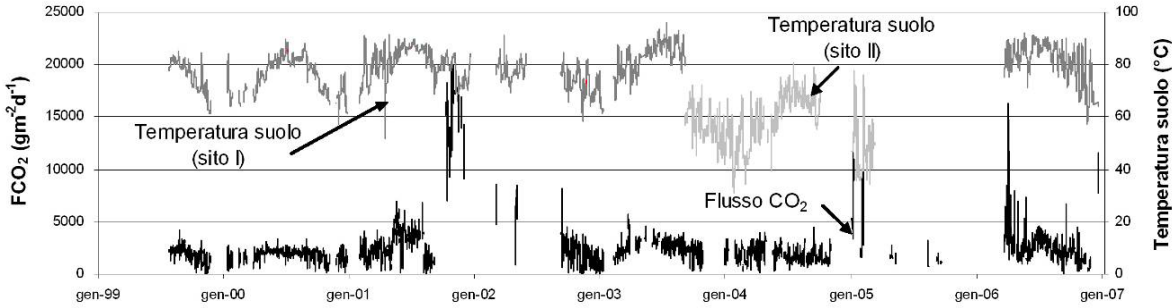


Figura 3. Flusso di CO_2 e temperatura del suolo a circa 0.2m di profondità, all'interno del cratere del Vesuvio. Dall'aprile 2006 è stato ripristinato il controllo della temperatura del suolo nel sito I.

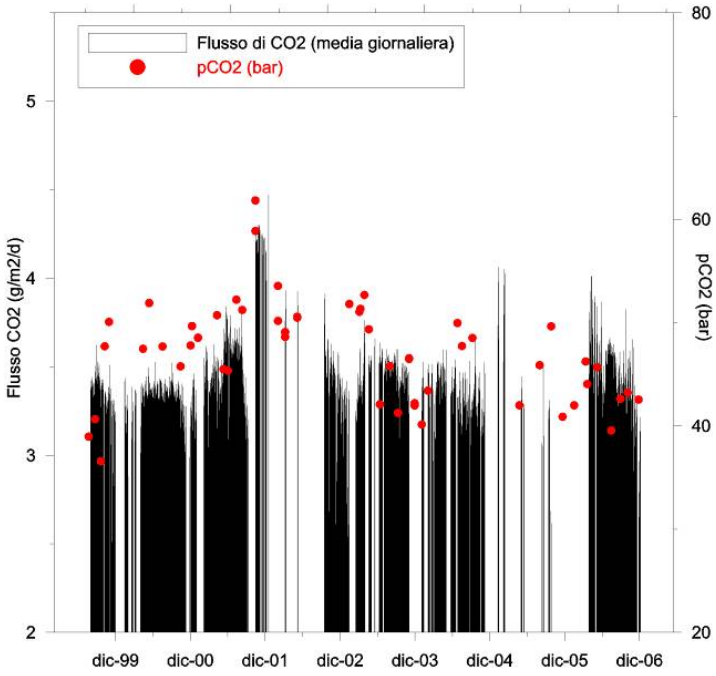


Figura 4. pCO_2 stimata sulla base dei gas emessi dalla fumarola FC2 (brine NaCl 3M) e medie giornaliere del flusso di CO_2 alla stazione FLXOV4 (1998-2006).

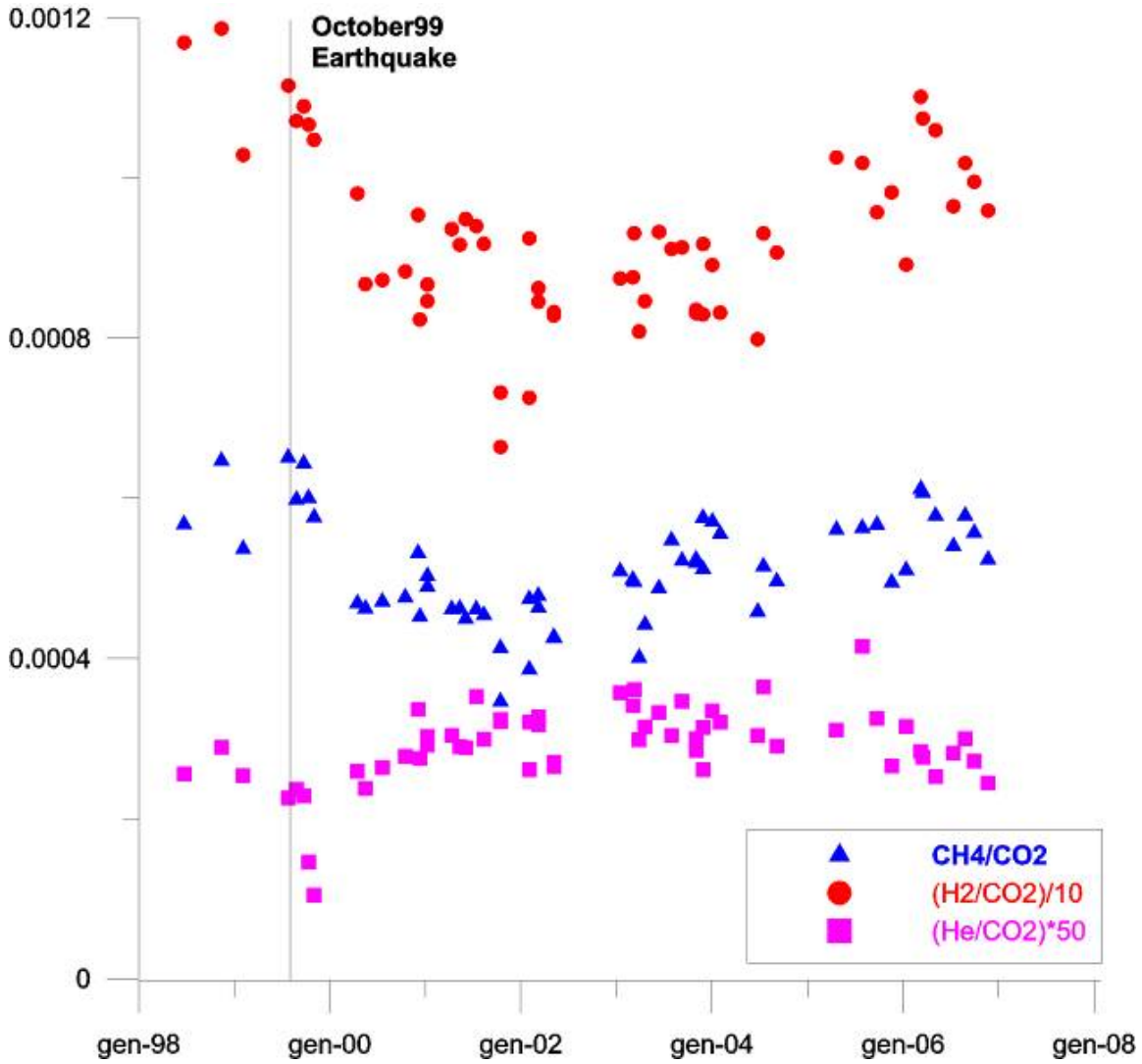


Figura 5. Variazioni composizionali della fumarola FC2 nel periodo 1998-2006.

SORVEGLIANZA GEOCHIMICA AI CAMPI FLEGREI[14]

Introduzione

La sorveglianza geochimica dell'area flegrea svolta nel 2006 dall'Unità Funzionale di Geochimica dei Fluidi istituita presso l'Osservatorio Vesuviano, ha riguardato il monitoraggio continuo e discontinuo dell'area craterica della Solfatara di Pozzuoli della zona dei Pisciarelli di Agnano e delle Terme di Agnano. Il monitoraggio in continuo dell'area craterica della Solfatara di Pozzuoli è stato effettuato mediante 5 stazioni automatiche poste all'interno del cratere stesso. Queste stazioni permettono: la misura dei flussi di CO_2 dal suolo (stazione FLXOV1); l'acquisizione di parametri ambientali (FLXOV1 e ABC 7203); la misura del flusso termico e del gradiente di temperatura nel suolo (ABC 7030); la misura del flusso di CO_2 dal suolo mediante misure di concentrazione in aria e dei parametri atmosferici (Eddy Correlation); la valutazione dello stato

[14] A cura di: R. Avino, S. Caliro, G. Chiodini, V. Di Matteo, D. Granieri, C. Minopoli, R. Moretti, M. Russo

termico del suolo mediante sistemi di monitoraggio ad immagine, tarati sulle lunghezze d'onda dell'IR termico (stazione RMS). La stazione per la misura dei flussi di CO_2 dal suolo (FLXOV3) è stata nuovamente messa in funzione nella zona dei Pisciarelli di Agnano. Il monitoraggio discontinuo ha riguardato campagne specifiche di misura dei flussi di CO_2 dal suolo della Solfatara e dei Pisciarelli, campagne di campionamento delle fumarole della Solfatara di Pozzuoli (Bocca Grande e Bocca Nuova) e dei Pisciarelli di Agnano. Nel mese di ottobre 2006 in seguito a diversi episodi sismici localizzati nell'area di Pisciarelli ed a valori più elevati registrati dalla stazione automatica per la misura dei flussi di CO_2 dal suolo localizzata a Pisciarelli (FLXOV3), sono state effettuate indagini supplementari che sono state oggetto di un rapporto specifico (vedi annesso 1).

Monitoraggio discontinuo dei flussi di CO_2

Il monitoraggio discontinuo dei flussi di CO_2 nel 2006 è stato eseguito attraverso 11 campagne (indagini veloci) consistenti nella misura del flusso di CO_2 e della temperatura del suolo a 10cm di profondità, in 71 punti fissi ubicati all'interno del cratere della Solfatara (l'ubicazione dei punti di misura è riportata nel rapporto 2004). Le misure di flusso di CO_2 sono state eseguite con il metodo della camera d'accumulo, già descritto nei precedenti rapporti di sorveglianza. Di seguito commenteremo i dati relativi a 30 dei 71 punti per cui si ha un set continuo di valori a partire dal 1998. In fig. 1 si nota che i flussi di CO_2 sono correlati alle deformazioni del suolo (nella figura è riportata per confronto la variazione di quota del caposaldo 25) suggerendo ancora il ruolo primario del degassamento di un corpo magmatico in profondità nel fenomeno bradisismico. In particolare si osserva la forte diminuzione dei flussi registrata tra il 1998 e 1999 seguita da un picco positivo nel 2000-2001, da una diminuzione nel 2002-2003 ed un nuovo incremento negli anni successivi. Tale aumento è tuttora in corso e ha caratterizzato il periodo di sollevamento del 2006. La temperatura del suolo ha subito un'ovvia variazione con i cicli stagionali mostrando i valori più alti nel periodo estivo e quelli più bassi in quello invernale (fig. 2). E' stato quindi operato un filtraggio dei dati sia attraverso una regressione con la temperatura atmosferica media registrata nei giorni delle campagne ed il calcolo dei residui, sia con il calcolo delle temperature medie annuali del suolo. Diagrammando il cronogramma dei residui della temperatura osservata meno quella calcolata con la regressione e le temperature medie annuali si osserva un sostanziale accordo: un primo periodo di diminuzione delle temperature (1998-1999) è interrotto da una fase di stabilità seguito da un debole aumento iniziato nel 2005 (fig. 3). Nel 2006, sono state eseguite 8 campagne di misura dei flussi di CO_2 e temperatura del suolo alla profondità di 10cm, in 28 punti fissi ubicati nell'area dei Pisciarelli (fig. 4). Altre campagne di misura dei flussi di CO_2 hanno riguardato:

- 220 punti ubicati all'interno del cratere della Solfatara secondo una maglia regolare di 20m seguendo;
- 2 campagne generali dei flussi di CO_2 dall'intera area di degassamento della Solfatara (circa 400 punti di misura in un'area di $1km^2$, maggio e ottobre 2006; lavoro svolto in collaborazione con l'Università di Perugia).

In fig. 5 sono riportate le mappe relative a tutte le campagne generali di misura di flusso di CO_2 alla Solfatara. Le mappe riportano in scala cromatica la probabilità che il valore del flusso superi la soglia di 50 $gm^{-2}d^{-1}$, che può essere considerato un limite massimo ragionevole per flussi di CO_2 generati da processi biologici nei suoli. La probabilità maggiore di 0.5 di superare tale soglia è stata quindi utilizzata per calcolare l'area della DDS (Diffuse Degassing Structure), l'area cioè che emette CO_2 d'origine profonda. Il cronogramma riportato in fig. 5 evidenzia una forte espansione della DDS nel 2002-2003 che si è mantenuta nelle campagne successive. Nel corso del 2006 è stata inoltre effettuata una campagna di misura più estesa con il fine di delimitare verso Agnano l'area della DDS della Solfatara. I risultati (fig. 6) mostrano in modo evidente come il degassamento sia legato sia al cratere della Solfatara sia ad una faglia NE-SW che attualmente emette CO_2 per un tratto di circa 1.5-2Km. Infine, ricordiamo che 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, fig. 7). 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. In entrambe le fumarole si è osservato un trend d'aumento, caratterizzato nel caso della fumarola BN da due marcati picchi positivi, il primo fra ottobre 2005 e gennaio 2006 ed il secondo fra giugno e agosto 2006.

Stazioni in continuo: ubicazione e sensoristica

Il sistema di monitoraggio geochimico in continuo dell'Osservatorio Vesuviano comprende attualmente due stazioni per l'acquisizione dei parametri geochimici (FLXOV1, in Solfatara e FLXOV3 nell'area dei Pisciarelli), una stazione per la misura del flusso termico e delle temperature del suolo (ABC 7031) e una stazione meteorologica (ABC 7203) ubicate all'interno del cratere della Solfatara di Pozzuoli. Nel giugno 2004 era stata inoltre installata una stazione per la misura del flusso di CO_2 dal suolo basata sulla tecnica di Eddy Correlation (stazione EC già descritta nel rapporto 2003). Il test è terminato nell'autunno del 2006 a causa del deterioramento di parte della strumentazione (anemometro sonico) dovuto alla presenza in aria di H_2S. La stazione FLXOV1 acquisisce, ad intervalli di due ore, il flusso di CO_2 dal suolo ed alcuni parametri ambientali. La stazione è operativa dal novembre 1997 e le sue specifiche tecniche sono state indicate nei precedenti rapporti di sorveglianza. La stazione ABC 7031, ubicata nello stesso sito della stazione FLXOV1 e operativa dall'ottobre 2001, misura in automatico il flusso termico e la temperatura del suolo a tre differenti profondità (0.1, 0.2, 0.3m); anche questa stazione è stata già descritta nei rapporti precedenti. La stazione ABC 7203 acquisisce, in automatico e con frequenza oraria, alcuni parametri atmosferici ed ambientali all'interno del cratere della Solfatara. Essa è operativa dal 14 luglio 2003 nello stesso sito della stazione FLXOV1. La stazione automatica per il monitoraggio del flusso di CO_2 dal suolo (FLXOV3) è stata reinstallata dall'ottobre 2005 nell'area dei Pisciarelli di Agnano, area anomala sia per l'entità del degassamento di CO_2 dal suolo sia per la temperatura del suolo. Questa stazione, acquisisce ad intervalli di due ore il flusso di CO_2 dal suolo ed alcuni parametri ambientali.

Risultati del monitoraggio in continuo

In fig. 8 è riportato l'andamento del flusso di CO_2 nel sito FLXOV1, mediato su intervalli mensili ed annui. Il degassamento diffuso di CO_2 nel sito mostra un marcato trend decrescente nel periodo 1998-2001, un andamento all'incirca costante nel periodo 2001-2003 e un trend leggermente decrescente negli anni 2004-2005 e nel 2006. L'andamento medio mensile ha evidenziato variazioni stagionali già riconosciute negli anni precedenti con valori più elevati di flusso in concomitanza della stagione umida (autunno - inverno). Come evidenziato nei precedenti rapporti di sorveglianza i picchi positivi di alta frequenza del flusso di CO_2 (fig. 9) sono tutti correlati con gli eventi piovosi dell'area flegrea che provocano un aumento nel contenuto d'acqua nel suolo e variazioni positive del flusso di CO_2 nel sito di monitoraggio. Durante il periodo umido autunno 2005 - inverno 2006 e per tutto il primo semestre del 2006 questa correlazione appare molto meno evidente e, malgrado si siano registrati periodi piovosi, il flusso di CO_2 mostra un generale andamento costante. La stazione meteorologica ABC 7203 completa il set di dati ambientali (atmosferici e del suolo) relativi al cratere della Solfatara. La stazione ABC 7031 è posta nello stesso sito della stazione FLXOV1 registra le temperature del suolo a differenti profondità (fig. 10). I valori di temperatura del suolo mostrano un generale andamento sinusoidale per effetto delle variazioni termiche stagionali. Durante il 2006 la stazione ha subito un intervento di manutenzione e, pertanto, la serie di dati è interrotta nel periodo marzo-maggio 2006. Il sensore di temperatura posto a 30cm di profondità ha presentato anomalie di funzionamento dal maggio 2006 e, per il calcolo del gradiente termico nel suolo, sono stati utilizzati i dati acquisiti a 10 e 20cm di profondità. Il cronogramma del gradiente termico del suolo (fig. 11) mostra un andamento molto simile al flusso di CO_2 registrato alla stazione FLXOV1; i periodi umidi (autunno-inverno) sono caratterizzati da valori più alti e ogni singolo evento piovoso è registrato come picco positivo del gradiente termico. Nell'area di Pisciarelli-Agnano la stazione FLXOV3 è operativa dall'ottobre 2005 e continua a funzionare regolarmente malgrado la "severità" del sito monitorato (alta emissione di gas acidi ed alta temperatura del suolo). L'intervallo di acquisizione è di due ore. In fig. 12 è riportato il cronogramma del flusso di CO_2 registrato dalla stazione da ottobre 2005 ad oggi. La serie dei valori registrati ogni due ore (linea grigia) mostra una notevole dispersione mentre risultano ridotte le variazioni dei valori medi giornalieri (linea nera). Il valore medio di flusso per il periodo ottobre 2005-giugno 2006 è di circa $11000 gm^{-2}d^{-1}$, come indicato nel rapporto di sorveglianza "Osservatorio Vesuviano" del primo semestre 2006. Il record di valori ha mostrato successivamente due picchi anomali. Un primo picco anomalo è stato registrato a Settembre 2006 quando il valore di flusso di CO_2 dal suolo è cresciuto fino a valori medi giornalieri maggiori di $15.000 gm^{-2}d^{-1}$. Un ulteriore e più evidente aumento è stato registrato all'inizio di novembre quando il valore medio giornaliero è cresciuto fino a valori di circa $30.000 gm^{-2}d^{-1}$. Se gli stessi valori sono mediati su intervalli mensili (fig. 13), risulta evidente un generale trend crescente a partire dal maggio 2006, con incrementi nel settembre e nel novembre 2006. Va segnalato che tali anomalie avvengono in un'area dove sono evidenti segni macroscopici di aumento d'attività idrotermale

come più volte segnalato nel corso del 2006. Una dettagliata descrizione di tali variazioni è riportata nell'annesso 1.

Indagini nell'Infrarosso termico

Per poter meglio monitorare il rilascio termico, che ricordiamo costituisce la parte più rilevante del rilascio energetico degli interi Campi Flegrei, nel 2004 è stato reso operativo un sistema di monitoraggio in continuo delle temperature superficiali dei suoi mediante una camera IR. Allo stato attuale è in fase di test un software dedicato all'interpretazione automatica delle immagini IR, al filtraggio dei dati dall'influenza dei parametri ambientali (temperatura dell'aria, vento, eventi piovosi, ecc.) ed all'estrazione dei parametri utili alla sorveglianza vulcanica. I primi risultati, ancora preliminari, sembrano indicare durante il 2006 un riscaldamento dell'area monitorata.

Stazione per la misura dei parametri chimico-fisici delle acque

A partire dal 28 marzo 2006 è stata posta in funzione una stazione automatica (Minisonde 5a della Hydrolab accoppiata ad un acquisitore della OTT modello Logosens2) per la misura del pH, della Conducibilità Elettrica, della temperatura, dell'altezza piezometrica e del potenziale di ossido-riduzione delle acque in un pozzo di proprietà delle Terme di Agnano. I dati sono rilevati ogni 15 minuti e mediati ogni ora vengono successivamente inviati alla sede dell'Osservatorio Vesuviano di via Diocleziano tramite GSM. La fig. 14 riporta le variazioni del pH, della temperatura e del potenziale di ossido-riduzione misurato dalla sonda a partire dal mese di ottobre. Le variazioni che si osservano nella temperatura, nel potenziale di ossido-riduzione e nel pH sono da imputare a forti eventi piovosi che apportano al pozzo acqua fredda, relativamente ossidante e con minori contenuti in CO_2 (variazioni sincrone di temperatura, potenziale redox e pH).

Composizione chimica delle fumarole dell'area flegrea

A partire dal 1983 è iniziato il campionamento periodico della fumarola a più alta temperatura (BG, T≅160°C) della Solfatara di Pozzuoli; successivamente è iniziato il campionamento sistematico delle fumarole BN (cratere della Solfatara, dati dal 1995) e Pisciarelli (dati dal 1999). Durante il 2006 sono stati eseguiti 13 campionamenti della fumarola BG, 13 della fumarola BN e 10 della fumarola dei Pisciarelli di Agnano (i dati sono riportati in tab. 1). Attualmente sono disponibili circa 400 analisi chimiche ed isotopiche dei fluidi fumarolici. Durante tutto il 2006 il rapporto CO_2/H_2O delle fumarole ha continuato a mostrare il trend crescente cominciato nel 2000 (fig. 15, cronogramma del rapporto CO_2/H_2O e variazioni di quota del caposaldo 25). Per interpretare in modo corretto tali variazioni, l'intero data set è stato recentemente re-interpretato con l'obiettivo fra l'altro di aggiornare il modello concettuale di riferimento. La compatibilità fisica di questo modello è supportata dai risultati di simulazioni fisico-numeriche del sistema idrotermale. Alla luce del nuovo modello concettuale di riferimento, le variazioni composizionali dei fluidi della Solfatara e i periodi bradisismici (almeno in parte) sono causati dall'input di gas magmatici ricchi in CO_2. Questo processo causa una variazione del segnale chimico in profondità (cioè l'aumento del rapporto CO_2/H_2O) che viene osservato in superficie qualche mese dopo che l'input anomalo di fluidi

magmatici è finito e che il massimo sollevamento è stato raggiunto. L'attuale "lento" trend di crescita del rapporto CO_2/H_2O indicherebbe di conseguenza un lento aumento nel tempo nella frazione di gas magmatici presente nei fluidi fumarolici.

Conclusioni

Durante il 2006 va segnalata la continua e lenta crescita del rapporto CO_2/H_2O delle fumarole della Solfatara, indicativa secondo le più recenti interpretazioni di un aumento nella frazione di fluidi magmatici presente nelle fumarole. Si è notato inoltre l'aumento nei flussi di CO_2 sui dati di 71 punti fissi misurati periodicamente e la presenza di due picchi anomali nel flusso di CO_2 misurato dalla stazione FLXOV3 nell'area dei Pisciarelli di Agnano. Per fare una sintesi sulle variazioni che stanno interessando in questi ultimi anni le emissioni della Solfatara e di Pisciarelli, in fig. 16 sono riportati i cronogrammi di alcuni parametri che riteniamo particolarmente significativi. La fig. 16a evidenzia come nel 2003 si è avuto un importante aumento (fattore circa 2) nell'estensione dell'area di degassamento di fluidi idrotermali. Tale processo è stato preceduto, pochi mesi prima, da un aumento sincrono del contenuto di He delle tre fumarole monitorate. Entrambi i processi potrebbero essere dovuti al fatto che si sia attivata una sorgente più profonda di fluidi. Negli anni successivi si è assistito (fig. 16b,c,e):

1) ad un trend d' aumento del flusso di CO_2 dal suolo nelle campagne ripetute periodicamente in 70 punti fissi ubicati nell'area della Solfatara;
2) ad un aumento nella pressione dinamica delle fumarole BG e BN;
3) ad un costante aumento del rapporto CO_2/H_2O e diminuzione del rapporto CH_4/CO_2 delle fumarole ad alta temperatura BG e BN. Tali variazioni suggeriscono un aumento nell'attività della Solfatara probabilmente causato dall'arrivo di quantità crescenti di fluidi magmatici nel sistema idrotermale dei Campi Flegrei.

E' da evidenziare che nonostante queste variazioni, la stazione FLXOV1 mostra invece un andamento decrescente nel tempo del flusso di CO_2. Tale comportamento può essere imputato al fatto che FLXOV1 è ubicata ai margini della zona anomala.

Tabella 1. Dati della composizione chimica delle fumarole in µmol/mol monitorate nell'area Flegrea durante il 2006.

Fumarola	Data	T°C	H_2O µm/m	CO_2 µm/m	H_2S µm/m	Ar µm/m	O_2 µm/m	N_2 µm/m	CH_4 µm/m	H_2 µm/m	He µm/m	CO µm/m
BG	09/01/2006	159,1	809150	188429	1462	0,443	0,034	485,10	17,69	453,20	1,9364	0,658
BG	08/03/2006	162,0	796650	198451	1488	30,812	0,000	2875,18	17,91	483,88	2,1283	0,685
BG	13/03/2006	161,7	812407	185258	1355	0,579	0,011	505,46	17,56	453,71	1,9113	0,619
BG	24/04/2006	163,3	804573	192958	1487	0,928	4,697	513,39	17,12	442,96	1,9440	0,721
BG	22/05/2006	161,7	797316	200327	1365	0,576	0,165	507,57	17,39	464,05	2,0880	0,649
BG	21/06/2006	163,0	801725	195897	1401	1,027	0,192	511,06	17,94	444,78	1,9667	0,723
BG	21/07/2006	163.0	803012	194636	1370	0.929	0.034	509.70	17.5	451.83	2.014	0.737
BG	06/09/2006	160.9	803654	194091	1376	0.674	0.241	450.63	15.4	411.01	1.853	0.637
BG	27/09/2006	159.7	796336	201101	1520	0.635	0.025	533.02	18.6	488.27	2.154	0.665
BG	23/10/2006	162.3	798870	198631	1509	0.496	1.044	498.46	17.9	469.43	2.027	0.640
BG	27/10/2006	162.9	801349	196226	1456	0.472	1.420	498.89	17.5	448.69	1.966	0.635
BG	13/11/2006	162.1	810014	187497	1473	0.835	0.599	526.65	17.8	468.55	2.138	0.604
BG	14/12/2006	157.2	799115	198162	1675	0.751	8.263	546.06	18.9	471.67	2.002	0.608
BN	09/01/2006	145,0	825017	173098	1011	0,381	0,033	440,91	13,27	418,07	1,7482	0,626
BN	08/03/2006	144,6	817478	180531	1036	0,580	0,012	488,63	14,04	449,90	1,8734	0,729
BN	24/04/2006	145,5	810642	187268	1097	1,288	8,624	521,06	13,62	447,22	1,9641	0,744
BN	24/04/2006	145,5	813500	184492	1080	0,853	4,255	484,75	13,44	422,29	1,8430	0,733
BN	22/05/2006	146,1	804909	193205	923	0,572	0,110	486,78	13,44	460,26	1,8861	0,695
BN	21/06/2006	145,0	818585	179465	1011	0,859	0,082	486,36	13,91	436,25	1,8794	0,710
BN	21/07/2006	145.2	812129	185853	1053	0.696	0.035	493.03	14.25	455.4	1.9575	0.710
BN	06/09/2006	144.6	810621	187375	1026	0.670	0.155	499.51	14.18	461.7	1.9832	0.700
BN	27/09/2006	143.0	805185	192728	1128	0.790	0.014	485.66	13.86	456.7	1.9003	0.691
BN	23/10/2006	145.2	808074	189823	1132	0.777	2.864	497.37	14.03	453.8	1.9382	0.613
BN	27/10/2006	144.7	812249	185716	1091	0.523	0.839	486.81	14.40	440.4	1.8869	0.672
BN	13/11/2006	144.7	831084	166887	1037	0.851	0.249	515.46	14.22	459.8	2.0304	0.606
BN	14/12/2006	142.5	812790	185025	1204	0.733	8.266	510.52	14.32	444.9	1.8175	0.600
Pisciarelli	12/01/2006	97,4	863731	135067	577	0,540	0,050	386,42	12,41	224,65	1,4323	0,048
Pisciarelli	24/04/2006	95,3	851530	147188	591	0,888	3,374	431,50	12,94	240,72	1,5036	0,081
Pisciarelli	22/05/2006	99,5	851500	147280	564	0,955	0,080	406,78	11,50	234,87	1,4561	0,118
Pisciarelli	21/06/2006	101,4	855715	143071	562	0,937	0,098	406,96	12,31	231,54	1,4767	0,200
Pisciarelli	27/09/2006	94.9	849622	149116	609	0.718	0.013	398.97	12.1	239.14	1.4959	0.115
Pisciarelli	23/10/2006	95.6	804948	193425	795	0.728	1.655	502.72	15.3	309.45	1.9879	0.048
Pisciarelli	27/10/2006	96.3	847876	150850	592	0.510	0.567	422.26	12.9	243.80	1.5380	0.046
Pisciarelli	10/11/2006	95.5	838396	160133	635	2.329	0.098	548.20	14.5	270.08	1.7318	0.028
Pisciarelli	13/11/2006	95.2	852812	145928	577	0.441	0.701	418.69	12.8	247.81	1.9435	0.032
Pisciarelli	14/12/2006	0.0	855618	143133	637	0.618	7.533	385.83	11.4	204.82	1.3026	0.023

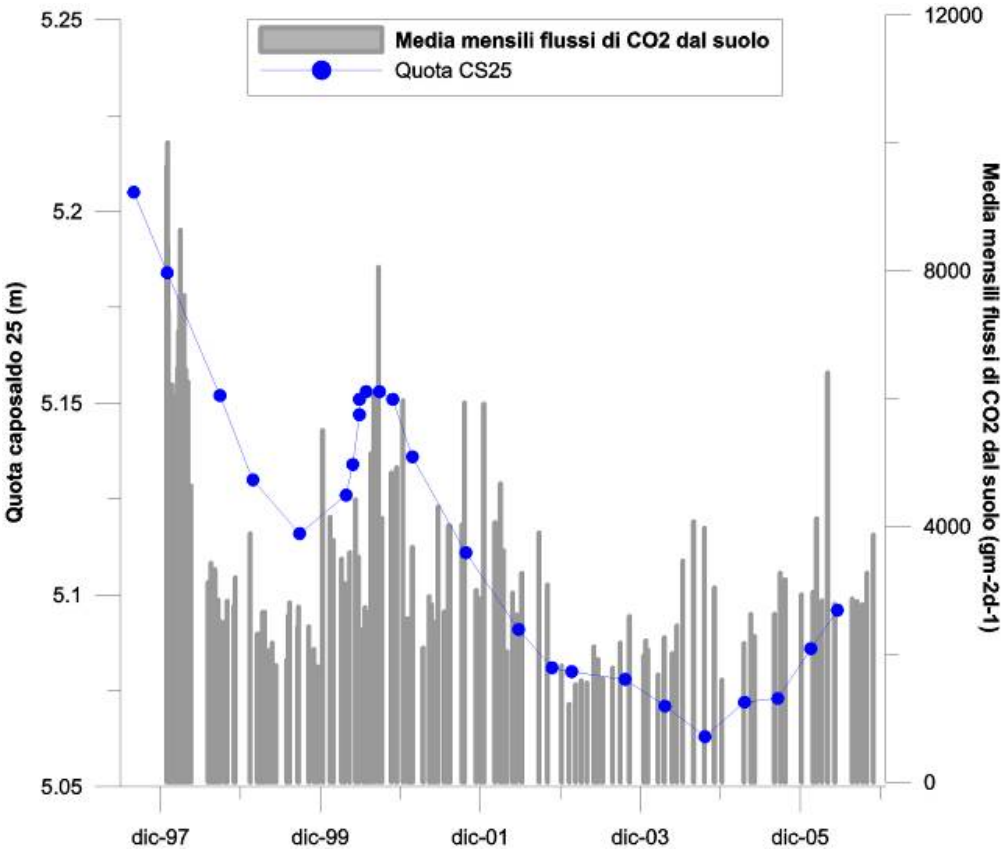


Figura 1. Media mensile dei flussi di CO_2 (campagne periodiche, 30 punti) e quota del caposaldo 25.

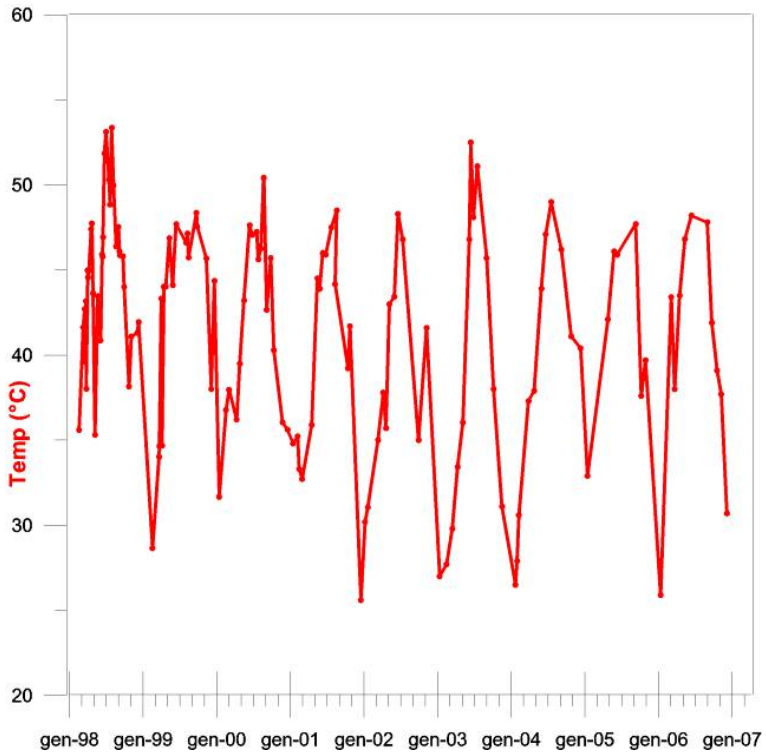


Figura 2. Temperature medie a 10cm di profondità alla Solfatara (campagne periodiche, 30 punti).

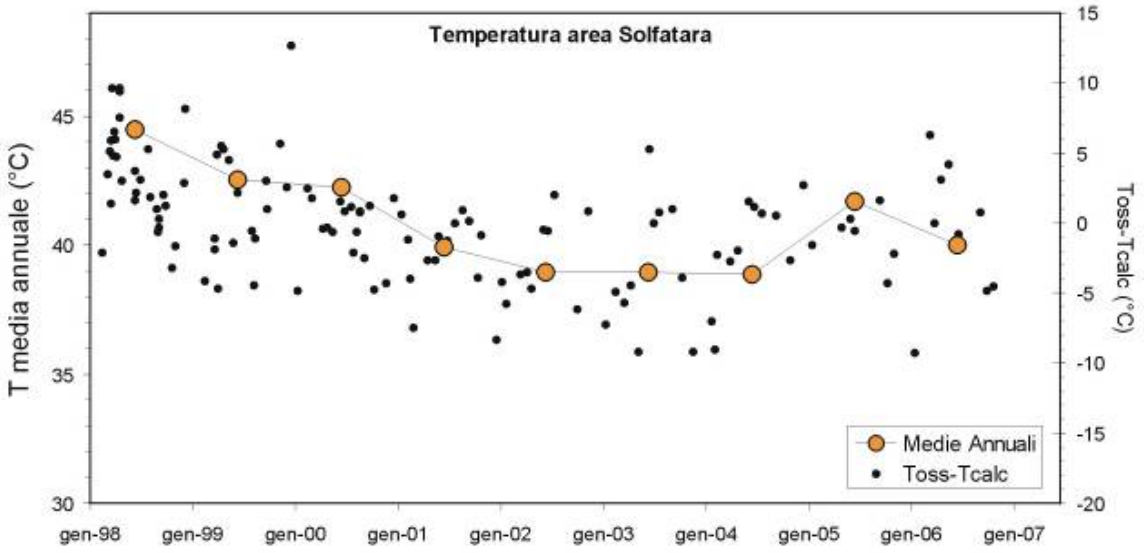


Figura 3. Residui della temperatura osservata meno quella calcolata e temperature medie annuali a 10cm di profondità alla Solfatara (campagne periodiche, 30 punti).

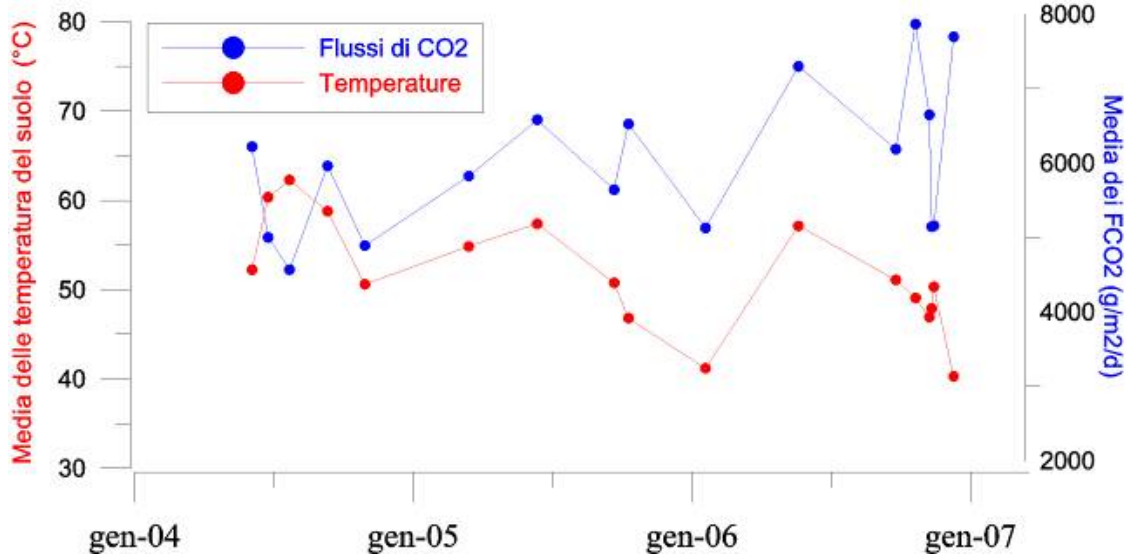


Figura 4. Media delle temperature al suolo ad una profondità di 10cm (linea rossa) e media delle misure di flusso di CO_2 (linea blu) per le misure effettuate nell'area di Pisciarelli.

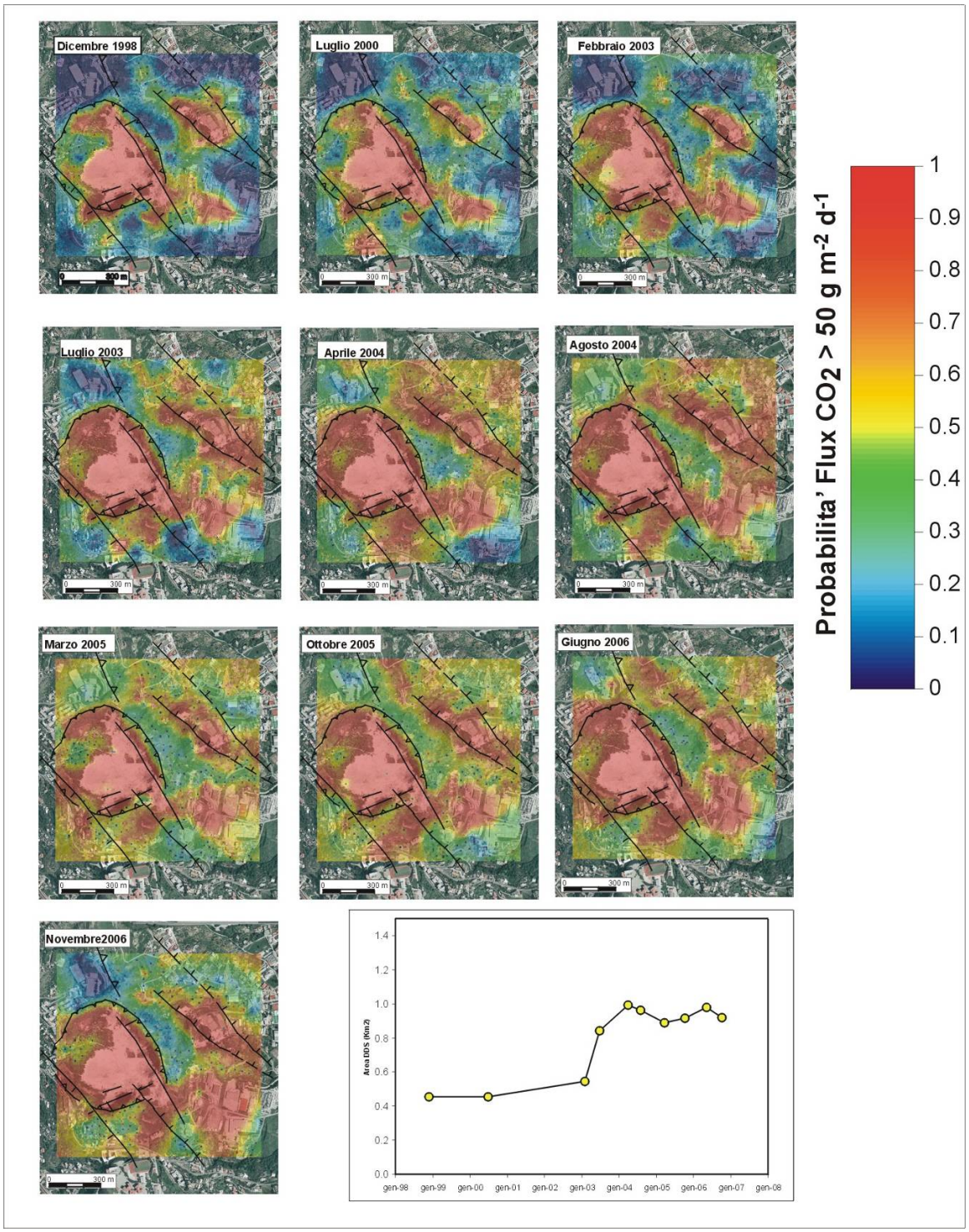


Figura 5. Mappe della variazione del flusso di CO_2 nell'area Solfatara-Pisciarelli; la scala delle mappe esprime la probabilità che il valore del flusso superi la soglia di $50 gm^{-2}d^{-1}$ (valore selezionato come limite massimo per flussi di CO_2 generati da attività biologica nel suolo).

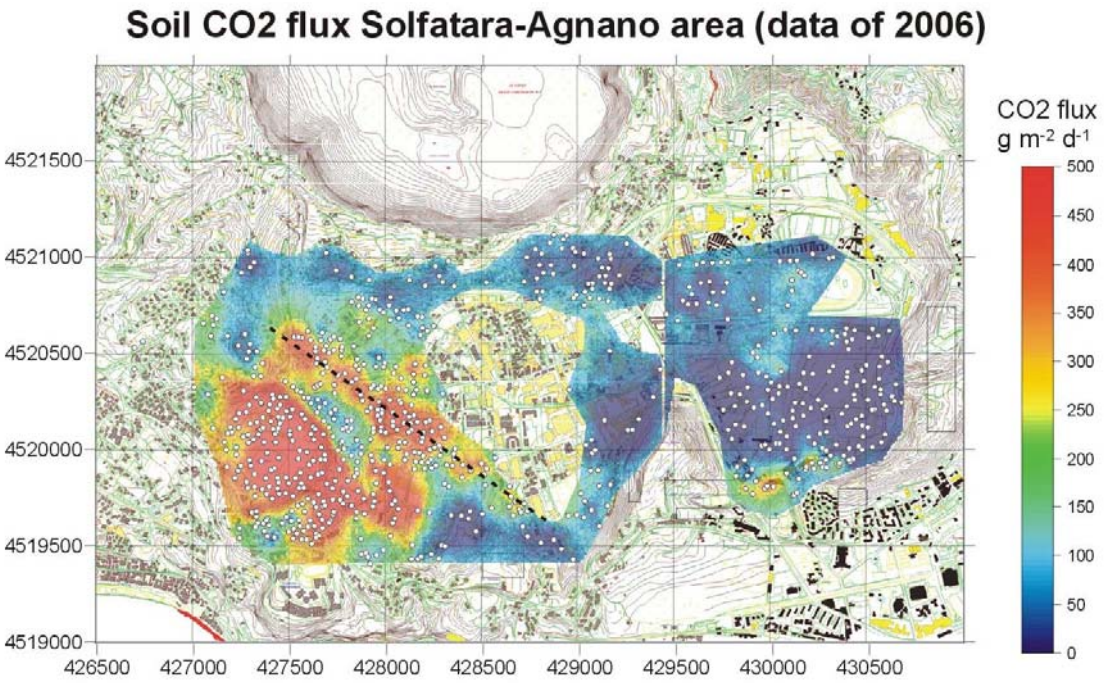


Figura 6. Mappa dei flussi di CO_2 dell'area Solfatara-Agnano.

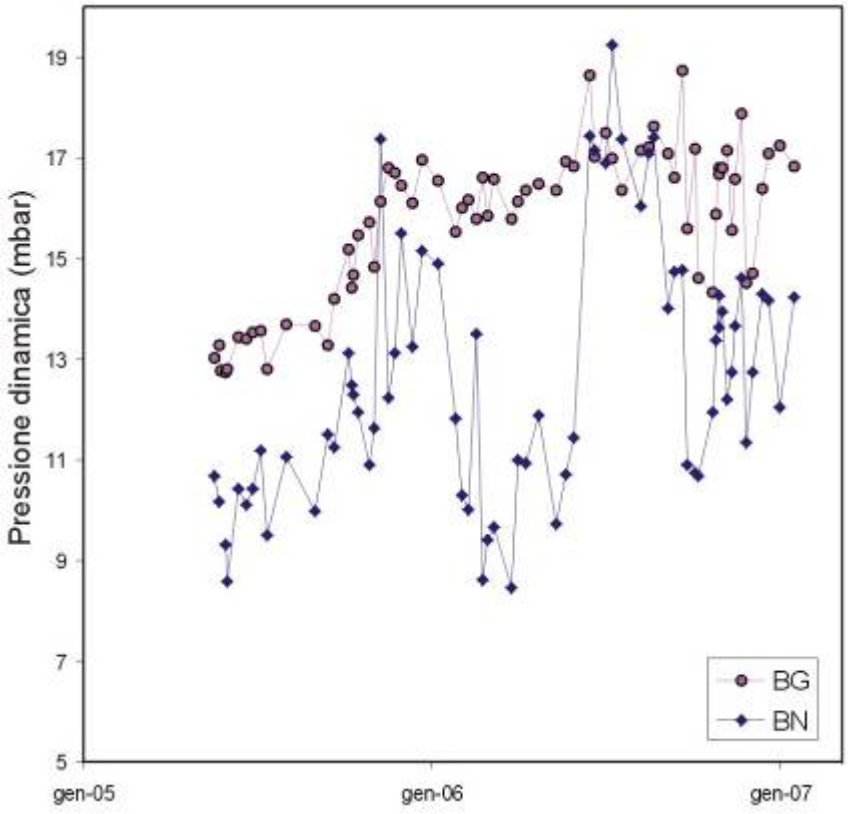


Figura 7. Pressione dinamica misurata alle fumarole Bocca Grande e Bocca Nuova.

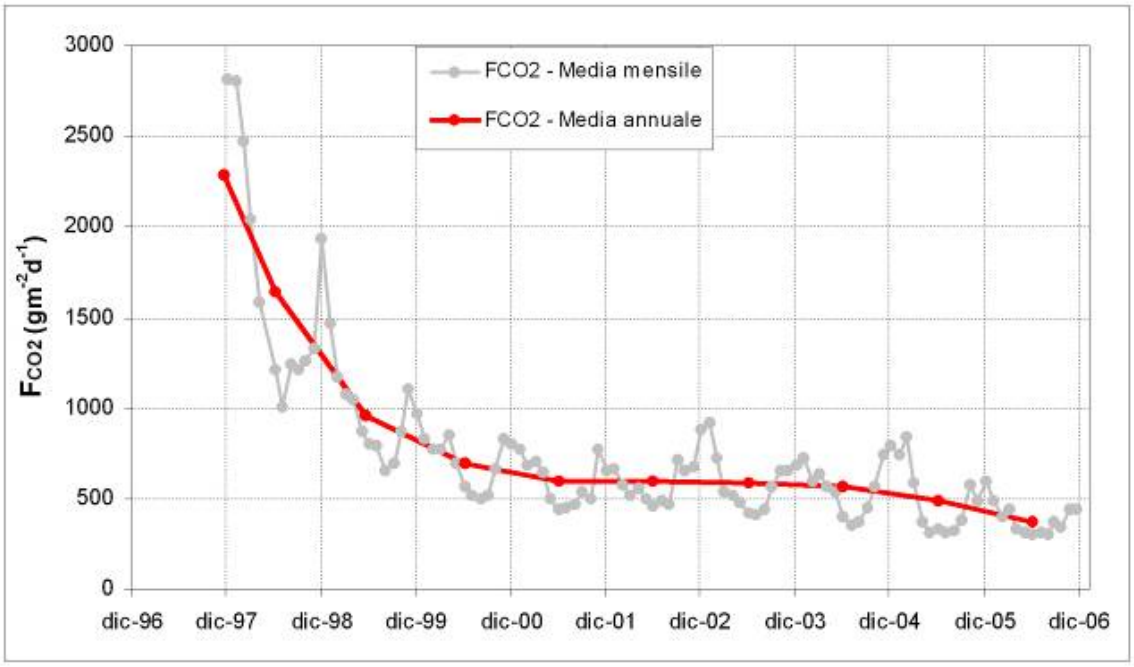


Figura 8. Flusso di CO_2 medio annuo (linea rossa) e mensile (linea grigia) misurato alla stazione FLXOV1.

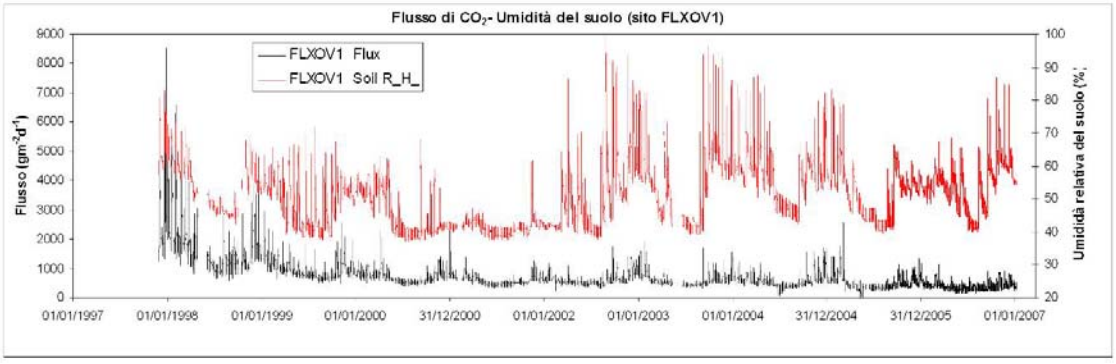


Figura 9. Flussi di CO_2 (linea nera) ed umidità del suolo (linea rossa) alla stazione automatica FLXOV1, registrati ogni 2 ore, a partire dal novembre 1997.

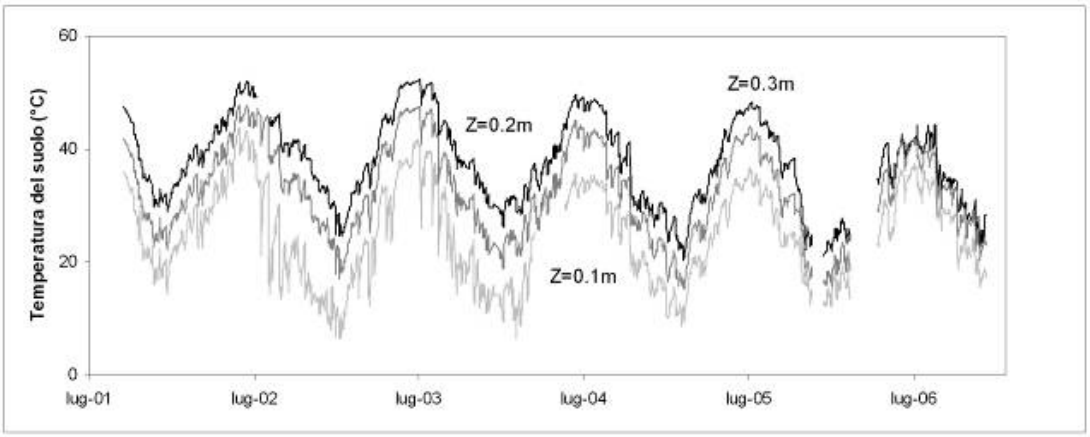


Figura 10. Cronogramma delle temperature del suolo misurata a diversa profondità, z. I valori sono acquisiti ad intervalli orari, ma nel grafico sono riportate le medie giornaliere. Il sensore posto a z=0.3m presenta anomalie di funzionamento dal mese di maggio 2006.

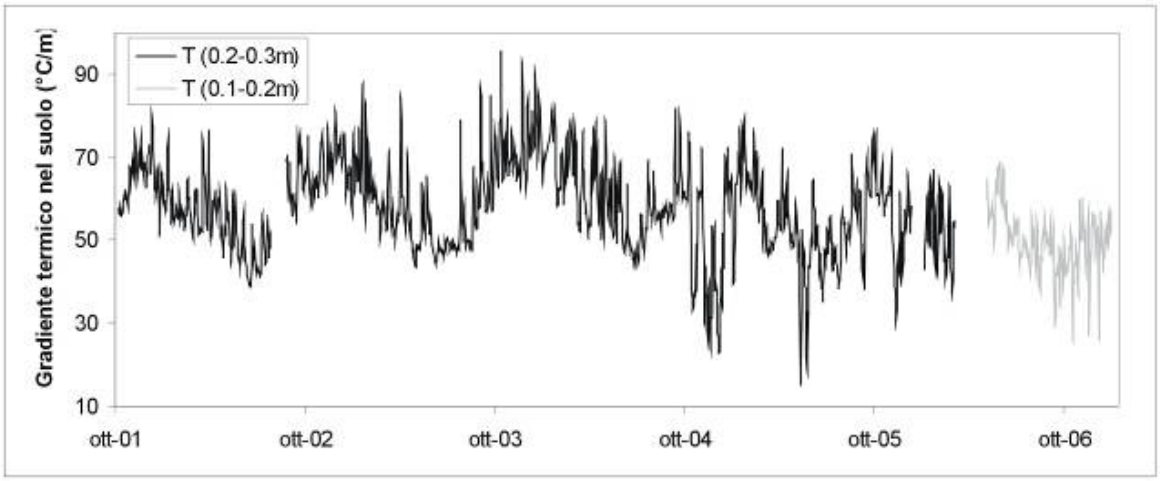


Figura 11. Cronogramma del gradiente termico nel suolo registrato alla stazione 7031. Dal mese di maggio 2006 viene riportato il gradiente tra 0.1 e 0.2m, mentre nei periodi precedenti il gradiente è stato misurato fra 0.2 e 0.3m.

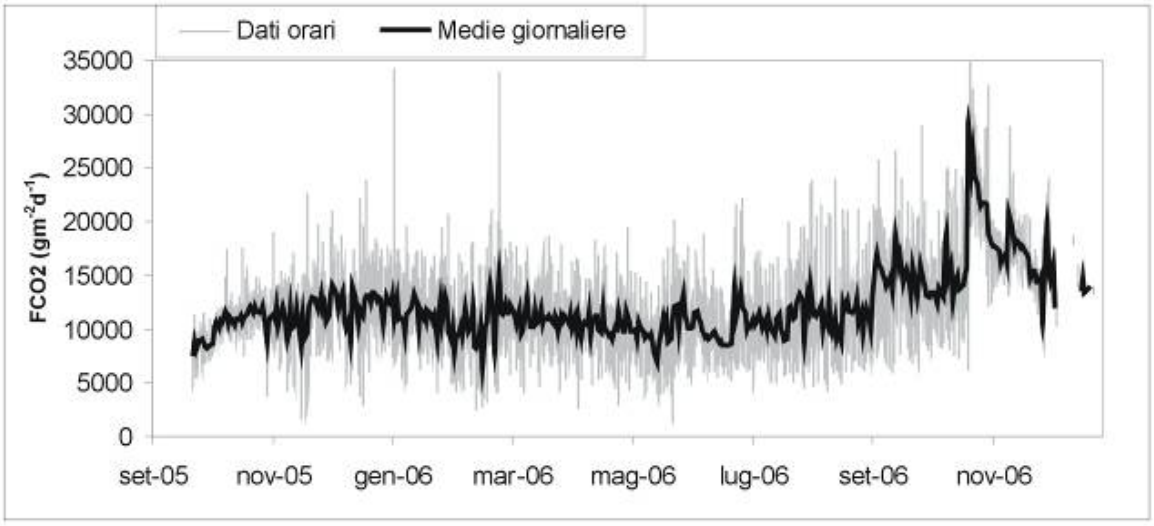


Figura 12. Flusso di CO_2 nell'ultimo anno registrato in automatico dalla stazione FLXOV3 (Pisciarelli-Agnano). Sono indicati i dati registrati ogni 2 ore (linea grigia) e le medie giornaliere (linea nera).

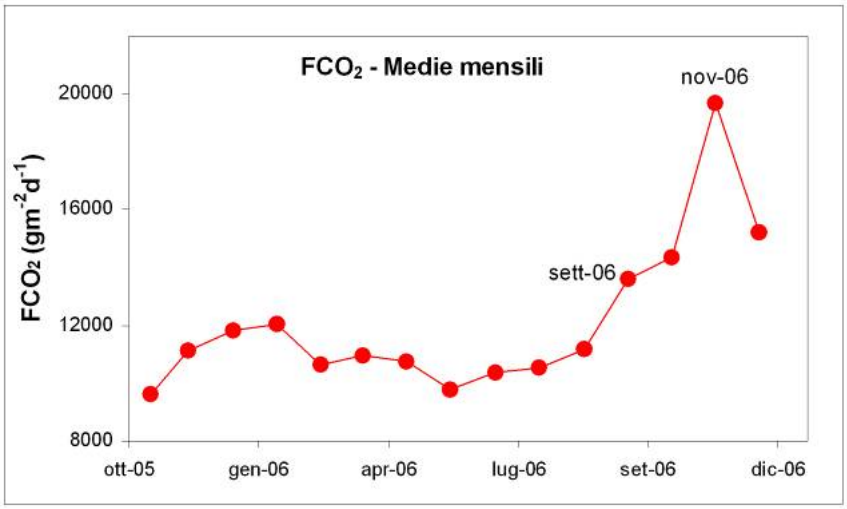


Figura 13. Medie mensili dei flussi di CO_2 registrati alla stazione FLXOV3.

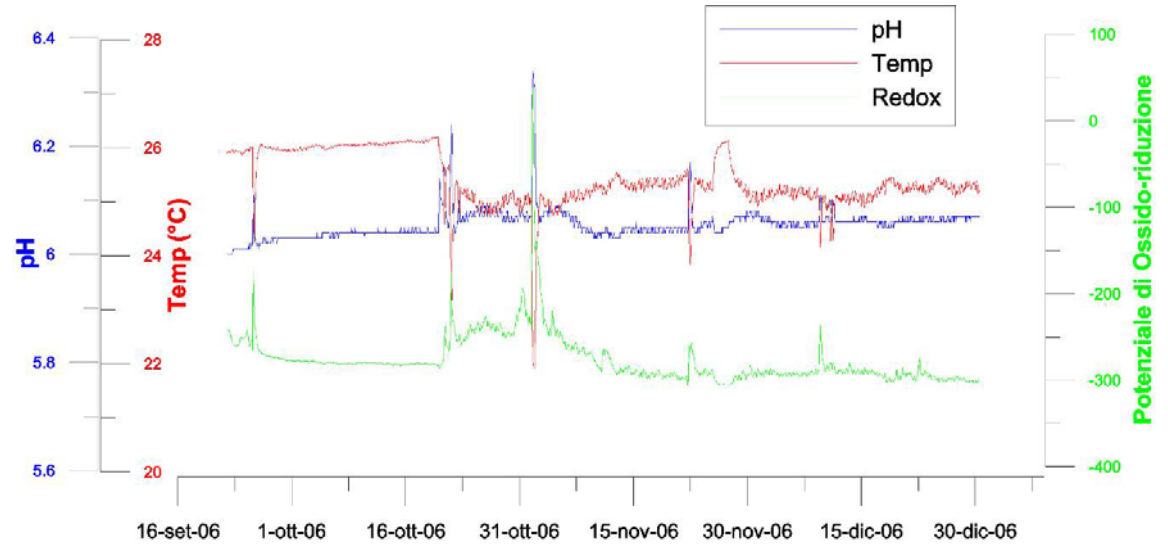


Figura 14. Variazione del pH, della temperatura e del potenziale di ossido-riduzione misurato nelle acque sotterranee di un pozzo nell'area delle Terme di Agnano.

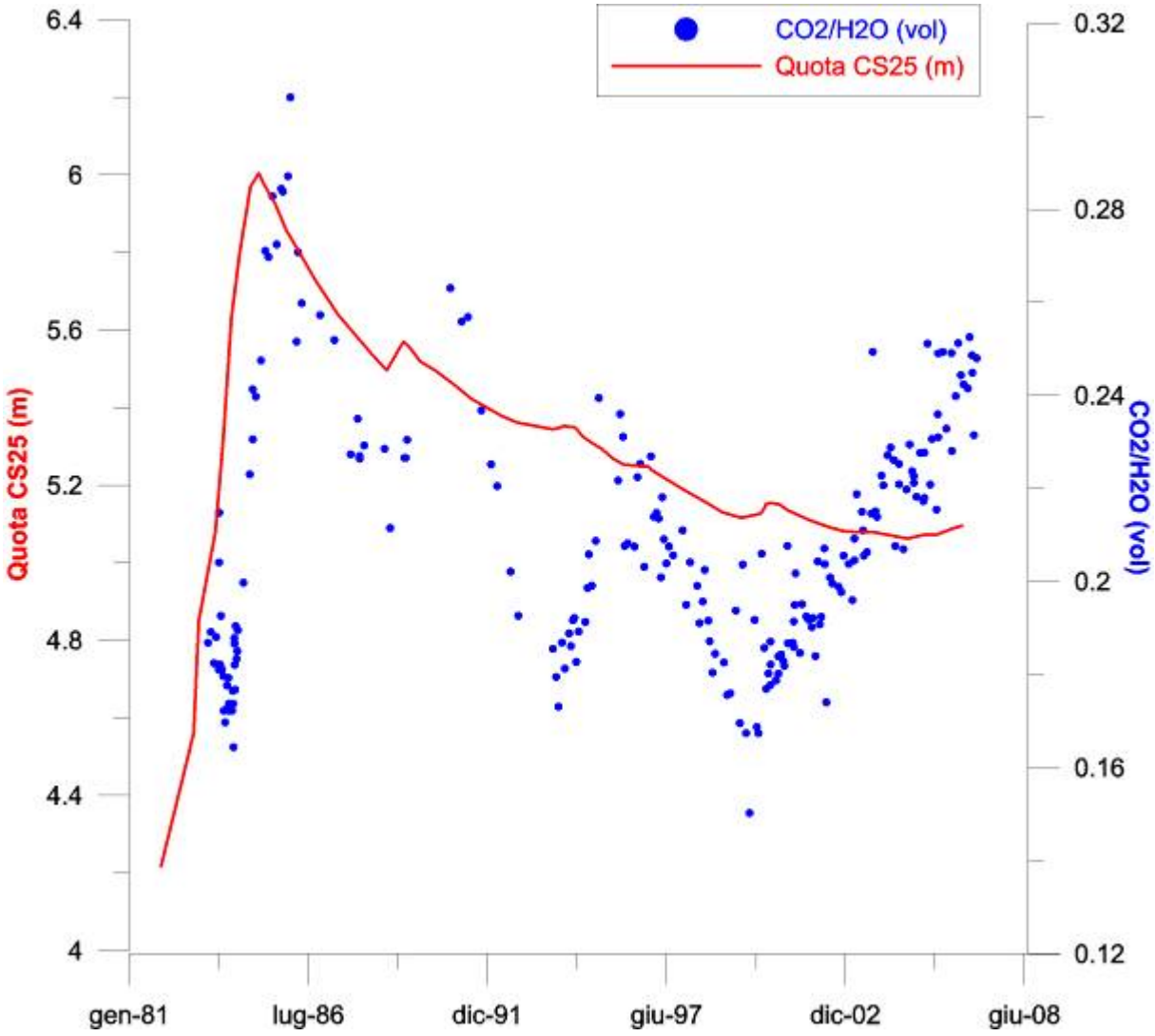


Figura 15. Variazioni del rapporto CO_2/H_2O misurate alle fumarole della Solfatara confrontate con le variazioni di quota del caposaldo 25.

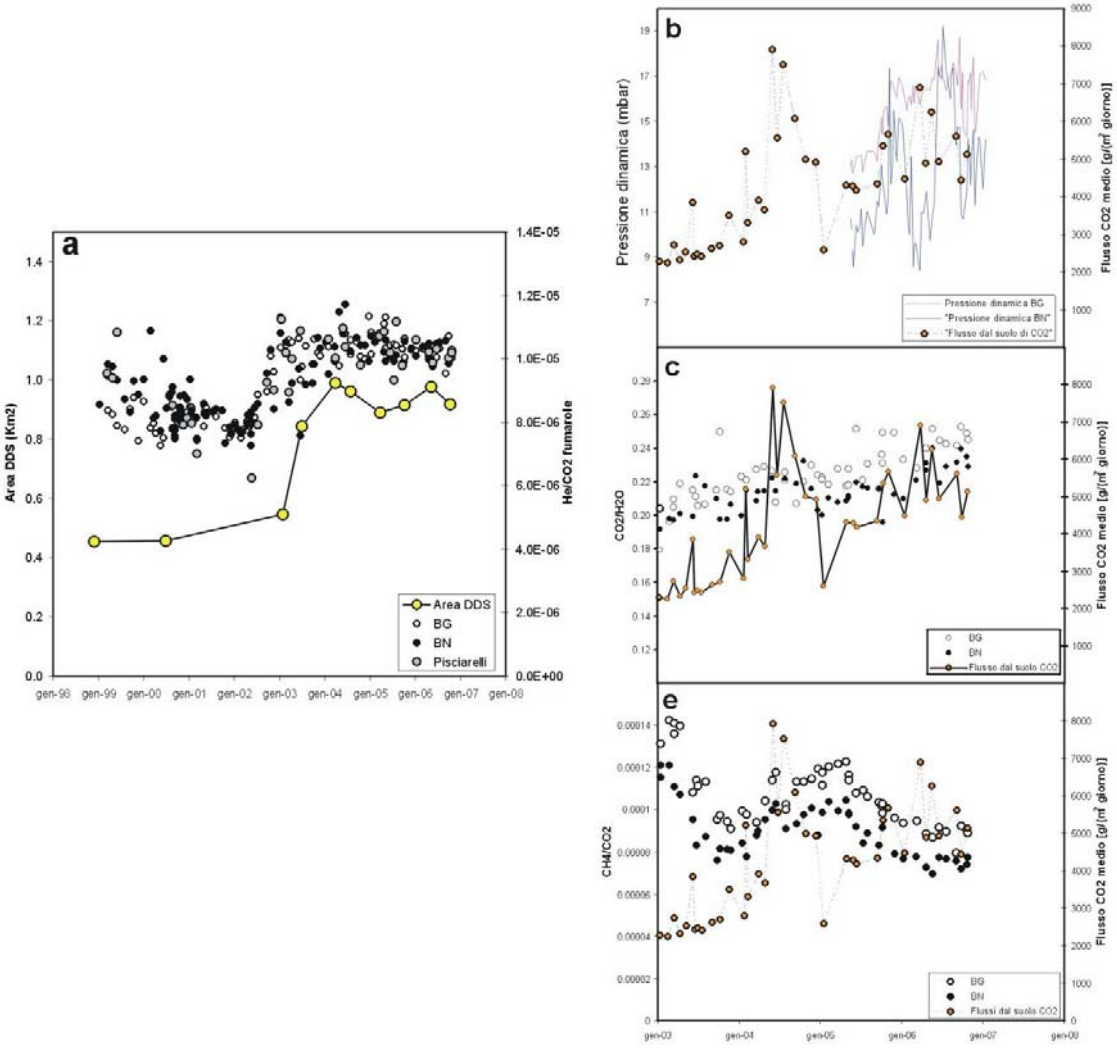


Figura 16. Variazioni di alcuni parametri geochimici misurati nell'area Solfatara - Pisciarelli. (a) Variazione nel tempo del rapporto He/CO_2 misurato alle fumarole BG, BN e Pisciarelli, confrontate con le variazioni delle estensioni areali delle DDS; il flusso medio di CO_2 dal suolo è confrontato con la pressione dinamica (b), con il rapporto CO_2/H_2O (c) e con il rapporto CH_4/CO_2 (e).

RILIEVI GEOLOGICO-STRUTTURALI E TERMICI EFFETTUATI IN LOCALITÀ PISCIARELLI[15]

Durante rilievi di campagna nell'area di Pisciarelli effettuati nella settimana tra il 17.10.06 e il 24.10.06 sono stati osservate, rispetto ad analoghi rilievi effettuati in passato (l'intero anno 2005), variazioni dell'area maggiormente interessata da fenomeni di emissione di gas e fluidi. In particolare nell'area prima caratterizzata da diverse sorgenti puntuali di emissione di fluidi (fig. 1) è ora presente una pozza di acqua termale (in alcuni fasi più ricca di fanghi nerastri; figg. 2a e 2b) larga circa 3 m. Inoltre, lungo il fianco orientale del piccolo rilievo posto ad est di questa pozza sono aumentati i punti di emissioni di gas (fig. 3). Considerando invece un'areale più ampio, non si registrano modificazioni nella fatturazione delle rocce precedentemente rilevata. Le fratture sono prevalentemente ad andamento N110-120E e l'area è dominata da due lineamenti principali NW-SE e NE-SW (fig. 4).

[15] A cura di: R. Isaia, G. Vilardo, V. Augusti

Figura 1. Area di emissione fumarolica e idrotermale in località Pisciarelli alla fine del 2005.

Figura 2a. Area di emissione fumarolica e idrotermale in località Pisciarelli il 23.10.06.

Figura 2b. Dettaglio dalla fig. 2a.

Figura 3. Emissioni fumaroliche lungo il versante.

Figura 4. Frattura ad andamento N120E.

Inoltre non sono stati osservati accumuli di materiali derivanti da movimenti gravitativi superficiali di recente formazione. Il giorno 24.10.06 l'area è stata oggetto di una prima indagine con telecamera termica portatile, sia per effettuare un primo rilievo termico (fig. 5) che per individuare una zona favorevole all'installazione di una stazione termica fissa. E' stata localizzata la posizione dove ubicare la telecamera fissa che permetterà di monitorare in continuo lo stato termico dell'area presa in esame e valutarne ogni eventuale sua variazione nel tempo (fig. 6). Il 30 ottobre si è proceduto all'installazione della stazione TIR mobile (TITANO: Thermal Infrared Transportable Apparatus for Nearby Observation). la distanza media dell'area inquadrata è di circa 150m da cui risulta una risoluzione media dei pixel di circa 15cm. Da tale data sono acquisite e sull'unità di controllo della rete TIIMNet 6 immagini notturne.

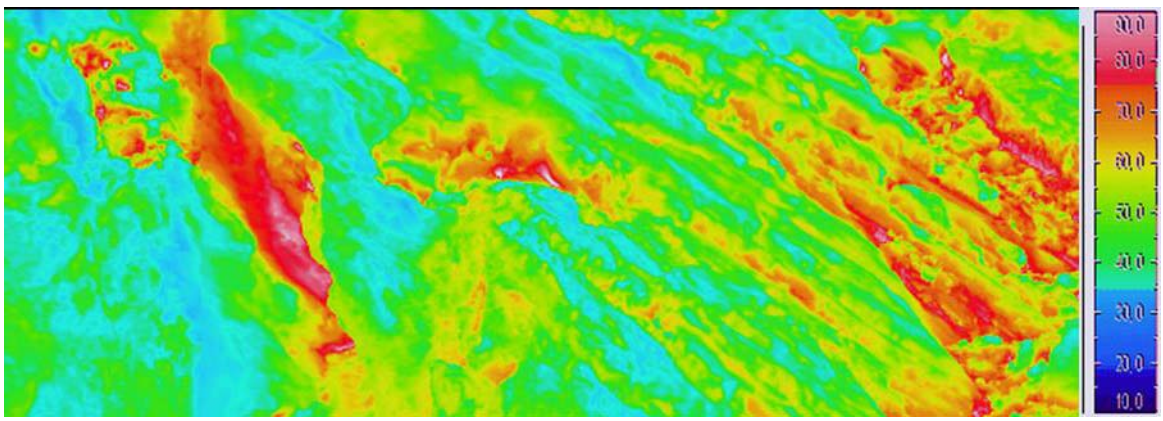


Figura 5. Immagine termica dell'area interessata dalla frattura N120E.

Figura 6. Individuazione del sito per l'installazione della telecamera termica fissa.

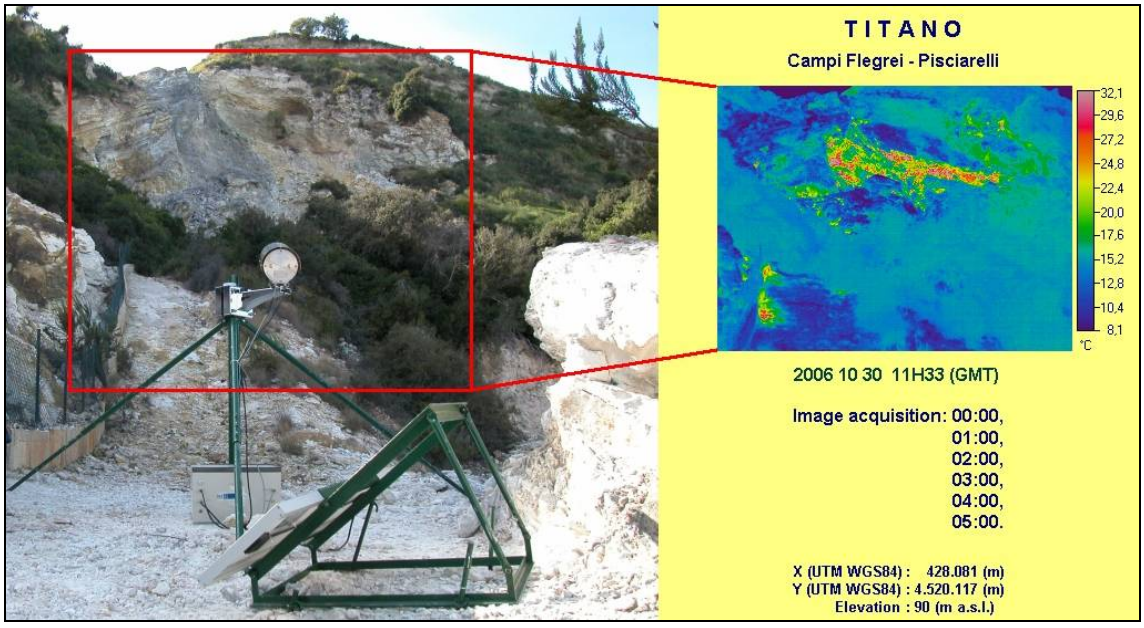


Figura 7. Installazione TITANO.

Un'analisi preliminare eseguita sui dati immagine TIR acquisiti nei primi dieci giorni di osservazione, non mette in evidenza nessuna variazione di rilievo. Le temperature massime rilevate risultano, infatti, unicamente e fortemente correlate con i valori di temperatura rilevati, contemporaneamente all'acquisizione dell'immagine termica, all'interno della stazione RMS. I principali lineamenti strutturali (fig. 9) e le discontinuità litologiche che interessano l'area campionata sono ben evidenziate dal campo di temperature superficiali rilevato. La buona correlazione tra assetto geologico-strutturale e distribuzione delle massime temperature suggerisce

che la geometria di ripresa adottata ben si presta a rilevare eventuali anomalie. Si ritiene opportuno continuare i rilievi strutturali e termici in un'area più ampia (tra Astroni e Accademia) dove sono presenti importanti lineamenti strutturali, nell'ultimo periodo attivi anche da un punto di vista sismico.

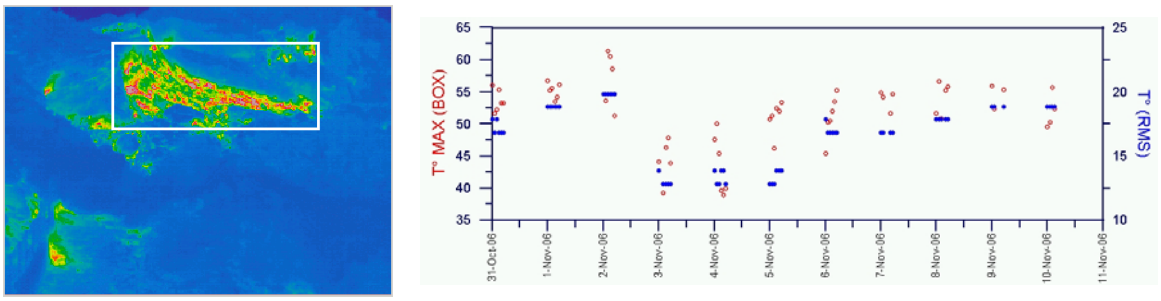


Figura 8. Immagine TIR del 02.11.06 03H01 (sinistra). Il riquadro in bianco indica l'area dell'immagine la cui temperatura massima (punti rossi) è riportata nel grafico (destra) unitamente alla temperatura rilevata all'interno della stazione RMS (punti blu).

Figura 9. Faglia ad andamento circa NE-SW compresa nell'area campionata.

MONITORAGGIO GEOCHIMICO DEI VULCANI ATTIVI E QUIESCENTI ITALIANI

(a cura del Dott. Rocco Favara, Direttore della Sezione di Palermo)

ETNA

Sintesi delle osservazioni

Le attività di monitoraggio sono state svolte in accordo ai programmi di sorveglianza previsti per l'anno 2006. Durante il periodo eruttivo, che ha interessato tutto il secondo semestre 2006, la frequenza degli interventi è stata incrementata da quindicinale a settimanale. I settori di indagine sono sinteticamente elencati nello schema seguente:

- Monitoraggio continuo della falda (pH, conducibilità elettrica, temperatura, livello freatico) in 6 siti con trasmissione dati;
- Determinazione della composizione chimica ed isotopica della falda attraverso prospezioni discrete effettuate con frequenza mensile;
- Determinazione dei flussi diffusi di CO_2 dai suoli in 4 settori dell'edificio etneo attraverso prospezioni effettuate con cadenza mensile;

- Determinazione della composizione chimica ed isotopica dei gas emessi in aree periferiche e sommitali del vulcano (frequenza da settimanale a mensile);
- Analisi dei rapporti C/S, S/Cl, Cl/F e S/Cl nei gas dei pennacchi sommitali;
- Monitoraggio continuo del flusso diffuso di CO_2 dai suoli in 12 siti mediante rete automatica.
- Ampliamento e sviluppo delle reti di monitoraggio attraverso la progettazione di nuovo hardware e moduli software per la gestione automatica dei dati.

Le indagini svolte durante il 2006 hanno messo in evidenza anomalie ben definite soprattutto riguardo il flusso diffuso di CO_2 dai suoli, i gas del plume, il chimismo delle falde e le emissioni gassose periferiche. Le indagini sia continue che discontinue indicano che le variazioni osservate hanno dapprima evidenziato un evento di ricarica del sistema magmatico profondo, culminata nel periodo di marzo-maggio e poi una successione di anomalie corrispondenti agli eventi effusivi e stromboliani che si sono manifestati da Luglio a Dicembre 2006. Le principali anomalie evidenziate sono consistite in:

- Variazione della composizione isotopica e del chimismo dei gas periferici e sommitali (He, CO_2);
- Variazione della composizione chimica delle falde;
- Aumento del flusso di CO_2 esalante dai suoli nei bassi versanti etnei e nelle aree periferiche all'edificio vulcanico;
- Variazione dei rapporti C/S, S/Cl e S/F nei gas dei pennacchi sommitali.

Va sottolineato che l'attività effusiva e stromboliana che ha interessato l'Etna nella seconda metà del 2006, è stata preceduta ed accompagnata dalle medesime anomalie geochimiche osservate nel corso del precedente periodo eruttivo (2004-2005). Questo risultato è estremamente importante per lo sviluppo e la ricalibrazione dei modelli geochimici interpretativi che vengono impiegati per la valutazione dello stato di attività. Inoltre, rispetto alla precedente eruzione, il potenziamento dei sistemi di monitoraggio continuo sia nelle aree periferiche che in quota (stazione sperimentale per il monitoraggio del rapporto C/S) ha consentito di ottenere dati di maggiore dettaglio e precisione sia riguardo fenomeni di ricarica magmatica del sistema profondo di alimentazione dell'Etna (sistema automatico di monitoraggio dei flussi di CO_2 diffusi dai suoli) che nello studio delle dinamiche magmatiche nelle porzioni terminali dei condotti eruttivi (stazione sperimentale per il monitoraggio del rapporto C/S).

Monitoraggio della composizione chimica ed isotopica delle manifestazioni gassose periferiche[16]

Introduzione

[16] A. Caracausi, M. Martelli, P.M. Nuccio, A. Paonita, A. Rizzo

Nel corso del 2006, sono state monitorate le principali manifestazioni gassose ubicate sia in area peri-etnea che al di fuori dell'edificio vulcanico. In relazione al basso livello di attività ed alla mancanza di episodi parossistici che hanno caratterizzato il periodo Gennaio-Giugno 2006, i campioni sono stai prelevati e successivamente analizzati con una frequenza quindicinale. Sulla base di studi precedenti, frequenze di campionamento inferiori non sono in grado di risolvere temporalmente e quindi evidenziare le variazioni composizionali importanti ai fini del monitoraggio vulcanico. A partire da Luglio, ed in particolar modo dall'inizio della nuova attività eruttiva che ha caratterizzato l'ultimo semestre dell'anno, i campionamento sono stati intensificati fino ad un campione per settimana. La composizione isotopica dell'elio ed il chimismo dei gas è stato determinato sui campioni prelevati dalle consuete cinque emissioni: P39 presso Contrada Pescheria (emissione gassosa dal suolo); Vallone Salato e Stadio presso Paternò (vulcanetti di fango); Naftia (gas campionati presso lo Stabilimento di Mofeta dei Palici) e Fondachello presso il comune di Mascali (gas gorgoglianti in un canale d'irrigazione). L'ubicazione dei siti è mostrata in Fig.1.

Discussione

Come mostrato in figura 2, i valori di R/Ra misurati nel 2006 hanno evidenziato un trend crescente nel periodo Febbraio-Aprile in cui i valori sono cresciuti di circa 0.3 Ra rispetto alla media di valori dell'anno precedente (si ricordi che R è il rapporto isotopico $^3He/^4He$ nel campione e che Ra indica lo stesso rapporto in atmosfera). Nel periodo Aprile-Agosto non sono state registrate variazioni di rilievo. I rapporti isotopici si sono mantenuti stabilmente elevati fino agli inizi di Settembre, periodo in cui è iniziato un progressivo decremento che ha portato ad una riduzione dei valori di circa 0.2 Ra in tutti i siti monitorati. Alla fine di Novembre tale diminuzione si è arrestata. I rapporti He/Ne ed He/CO_2 hanno evidenziato un trend in crescita dei valori nel periodo Gennaio-Luglio che ha riguardato soprattutto i siti di Stadio, Fondachello e Naftia (figg. 3 e 4). Nei mesi successivi, tali rapporti sono progressivamente diminuiti fino a raggiungere i valori registrati durante il mese di gennaio. Va segnalato che nell'ultimo periodo dell'anno i rapporti sono nuovamente aumentati.

Conclusioni

Sulla base delle osservazioni chimiche ed isotopiche effettuate nell'arco del 2006, il sistema magmatico etneo ha subito un importante episodio di ricarica magmatica da parte di magma poco degassato nel periodo Febbraio-Aprile. Tale evento ha preceduto ed è verosimilmente responsabile dell'attività eruttiva iniziata a Luglio. Successivamente, a partire da Settembre, il rapporto isotopico dell'elio è progressivamente diminuito, indice di un rallentamento dell'attività eruttiva. A tal proposito, a partire da fine Novembre, una non trascurabile variazione dei rapporti He/Ne e He/CO_2 (figg. 3 e 4) ed il contestuale arresto del trend di diminuzione del rapporto isotopico dell'elio ha interessato quasi tutti i siti monitorati; ciò potrebbe preludere ad una nuova fase di ricarica magmatica nelle porzioni più profonde del sistema di alimentazione etneo. L'entità delle variazioni lascia, allo stato attuale, un ampio margine di indeterminazione.

Bibliografia

Rizzo A., Caracausi A., Favara R., Martelli M., Nuccio P.M., Paonita A., Rosciglione A., Paternoster M. (2006) - New insights into magma dynamics during last two eruptions of Mount Etna as inferred by geochemical monitoring from 2002 to 2005. Geochem. Geophys. Geosyst., 7, Q06008, DOI 10.1029/2005GC001175

Caracausi A, Favara R, Giammanco S, Italiano F, Nuccio P.M, Paonita A, Pecoraino G, Rizzo A (2003a) Mount Etna: Geochemical signals of magma ascent and unusually extensive plumbing system. Geophys Res Lett 30 (2): 1057 doi: 10.1029/2002GL015463.

Caracausi A., F. Italiano, P.M. Nuccio, A. Paonita and A. Rizzo, Evidence of deep magma degassing and ascent by geochemistry of peripheral gas emissions at Mt. Etna (Italy): assessment of the magmatic reservoir pressure, J. Geophys. Res., 108, No. B10, 2463, 2003.

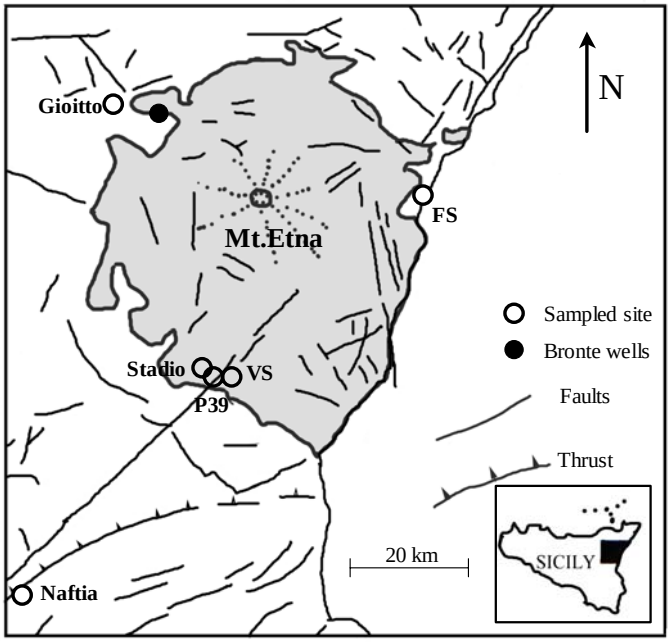


Figura 1. Ubicazione dei siti di campionamento.

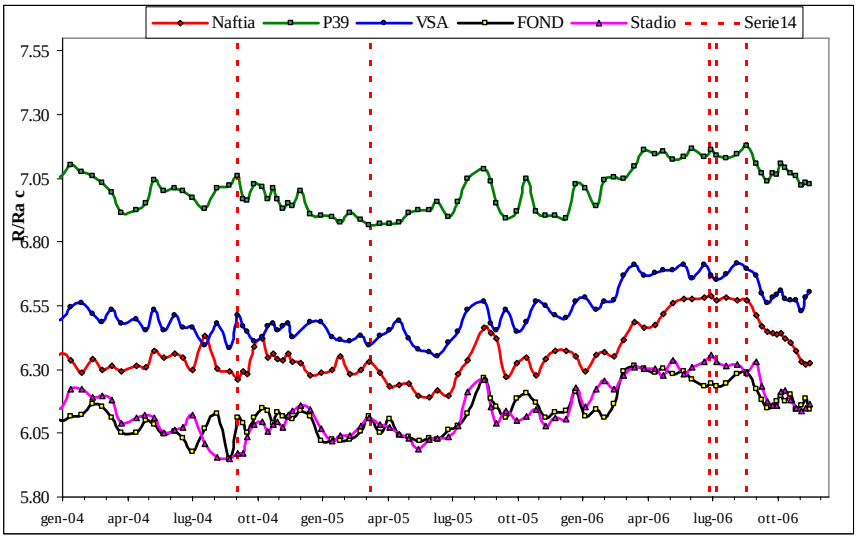


Figura 2. Variazione del rapporto isotopico dell'elio (espresso come R/Ra corretto dall'eventuale contaminazione atmosferica).

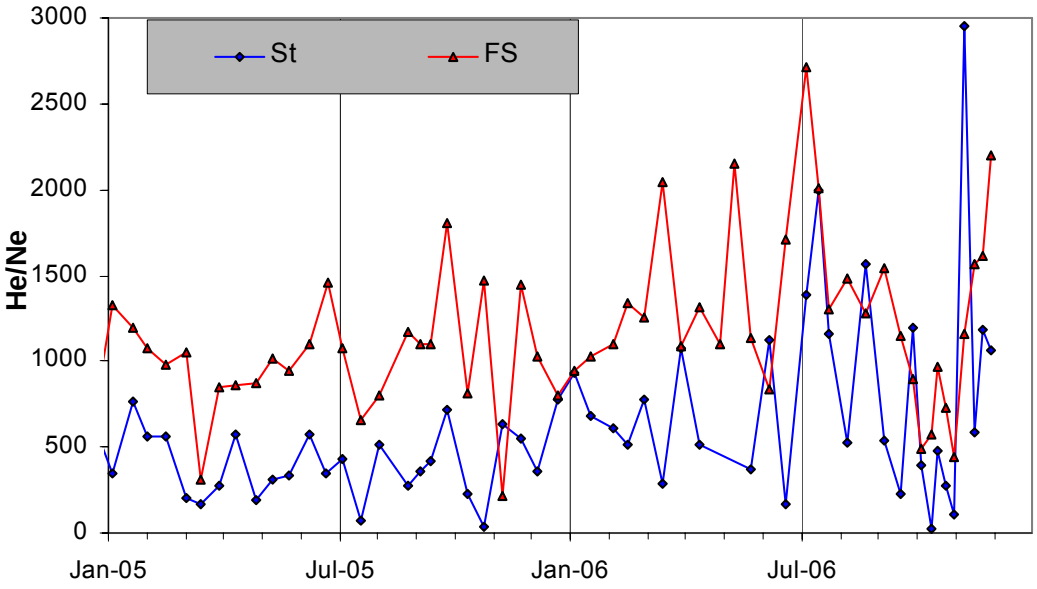


Figura 3. Variazione del rapporto He/Ne nei siti di Stadio e Fondachello.

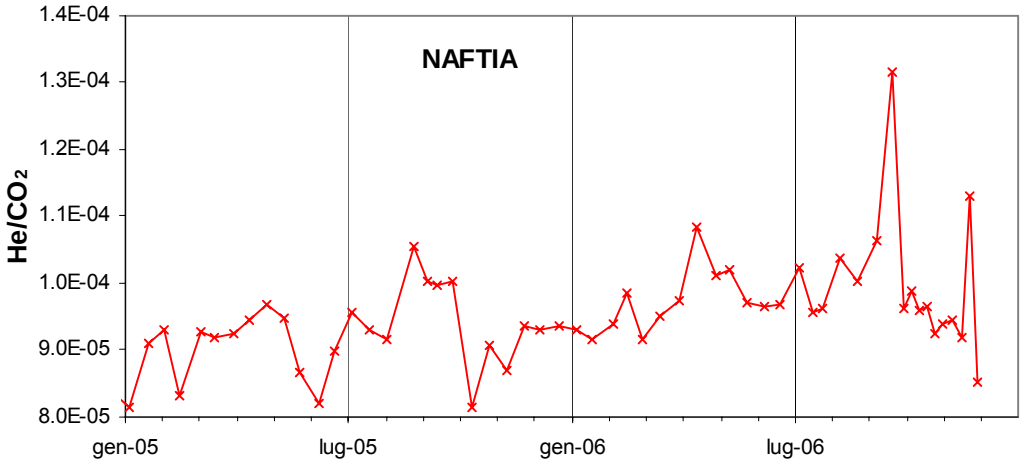


Figura 4. Variazione del rapporto He/CO_2 nel sito di Naftia.

Monitoraggio della composizione chimica ed isotopica delle acque sotterranee nei versanti Sud-Occidentale ed Orientale dell'Etna[17]

Introduzione

L'attività di sorveglianza svolta nel corso del 2006 è consistita nel campionamento mensile di 15 punti d'acqua (pozzi, sorgenti e gallerie drenanti) in cui vengono misurati in situ i principali parametri chimico-fisici (pH, T, Livello freatico, conducibilità elettrica) mentre, mediante indagini di laboratorio, vengono determinati le concentrazioni dei costituenti maggiori (Na, K, Mg, Ca, F, Cl,

[17] Bellomo S., Brusca L., D'Alessandro W., Longo M.

Br, NO_3 ed SO_4) e calcolata la pressione parziale teorica della CO_2 disciolta. I punti di campionamento sono distribuiti prevalentemente sul fianco orientale (Zafferana - S.Venerina) e sud-occidentale (Paternò - Belpasso) dell'edificio vulcanico (fig. 1) in aree già note per l'anomala emissione di fluidi (Anzà et al., 1989; Allard et al., 1997). Variazioni significative sia nella temperatura che in altri parametri chimico-fisici monitorati (PCO_2) in questi siti sono state osservate prima dell'eruzione del 1991-93 (Dongarrà et al., 1993; Bonfanti et al., 1996a; 1996b).

Discussione dei dati

Durante il 2006 sono stati effettuati 12 campionamenti con cadenza mensile. Riguardo la temperatura delle acque, nel corso del 2006 nessuno dei siti ha mostrato variazioni eccedenti le normali oscillazioni stagionali (fig. 2a). Nei primi due mesi del 2006 le medie della PCO_2 calcolata (fig. 2b) presentano nell'intero edificio valori elevati in continuità con il trend crescente iniziato intorno la fine del 2005. Nel marzo 2006 i valori della pressione parziale della CO_2 hanno raggiunto un massimo relativo per poi diminuire repentinamente nel mese di aprile. Successivamente si sono riportati su valori mediamente elevati fino alla fine dell'anno. Il valori elevati registrati da fine 2005 e culminati a marzo 2006 rappresenterebbero un ciclo di ricarica del sistema magmatico profondo, che ha poi alimentato l'eruzione iniziata a luglio. Per quanto riguarda la composizione chimica delle acque non vi sono forti segnali di interazione con specie gassose differenti dalla CO_2. In alcuni siti si sono verificati degli aumenti del contenuto di cloruro e solfato, in alcuni casi di entità paragonabile a quelli registrati prima e durante le eruzioni del 2001 e 2002.

Conclusioni

Durante il 2006, le acque monitorare non sono state oggetto di apporti di energia termica di particolare entità. Al contrario, i valori medio elevati di PCO_2 registrati durante tutto l'anno indicano l'ingresso di nuovo magma, fresco e ricco in gas, nei condotti di alimentazione del vulcano, e di successivi fenomeni di risalita che ne hanno determinato la sovrassaturazione in CO_2. I valori tuttora relativamente sostenuti lasciano supporre che il fenomeno non si sia ancora totalmente esaurito. Anche le variazioni nei contenuti di solfato e cloruro nelle acque sotterranee, coerentemente, indicano un debole apporto di SO_2 ed HCl.

Bibliografia

Aiuppa A., Allard P., Bonfanti P., Brusca L., D'Alessandro W., Madonia P., Natale F., Parello F., Parisi B., Sortino F., Vita F. & Volpicelli G. (1997): Sorveglianza idrogeochimica del Monte Etna: definizione dei valori di fondo. Pubblicazione CNR-I.G.F. n. 5/97.

Aiuppa A., Bonfanti P., Brusca L., D'Alessandro W., Federico C. & Parello F. (2001): *Evaluation of the environmental impact of volcanic emissions from the chemistry of rainwater: Mount Etna area (Sicily).* Appl. Geochem. 16, 985-1000.

Allard P., D'Alessandro W., Jean-Baptiste P., Parello F., Parisi B. & Flehoc C. (1997): *Mantle-derived helium and carbon in groundwaters and gases of Mount Etna*, Italy. Earth Planet. Sci. Lett. 148, 501-516.

Anzà, S., Dongarrà, G., Giammaco, S., Gottini, V., Hauser, S. & Valenza, M. (1989): *Geochimica dei fluidi dell'Etna. Le acque sotterranee.* Miner. Petrogr. Acta, 23, 231-251

Bonfanti, P., D'Alessandro, W., Dongarrà, G., Parello, F. & Valenza, M. (1996a): *Mediumterm anomalies of groundwater temperature before 1991-93 eruption of Mt. Etna*. J. Volcanol. Geotherm. Res. 73, 303-308.

Bonfanti, P., D'Alessandro, W., Dongarrà, G., Parello, F. & Valenza, M. (1996b): *Mt. Etna eruption 1991-93: Geochemical anomalies in groundwaters.* Acta Vulcanol., 8(1), 107-109.

Bruno, N., Caltabiano, T., Giammanco, S. & Romano, R. (2001): *Degassing of SO_2 and CO_2 at Mount Etna (Sicily) as an indicator of pre-eruptive ascent and shallow emplacement of magma.* J. Volcanol. Geoth. Res., 110, 137-153.

Brusca, L., Aiuppa, A., D'Alessandro, W., Parello, F., Allard, P. & Michel, A., (2001): *Geochemical mapping of magmatic gas-water-rock interactions in the aquifer of Mount Etna volcano*, J. Volcanol. Geoth. Res., 108, 199-218.

Dongarrà, G., Gottini, V., Valenza, M. & Bonfanti, P. (1993): *Progress in hydrogeochemical surveying.* Acta Vulcanol., 3, 318-321.

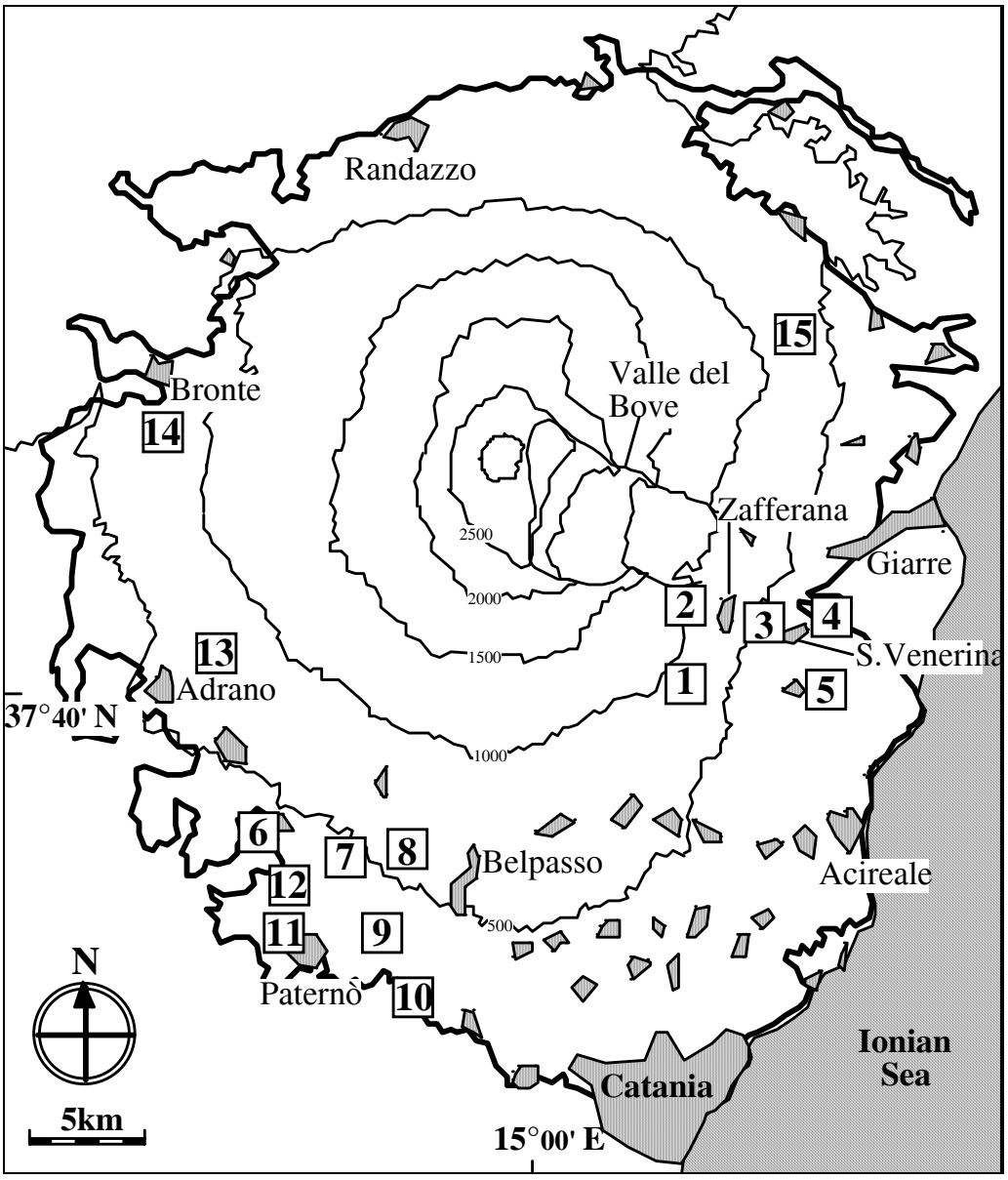


Figura 1. Ubicazione dei siti di campionamento delle acque sotterranee dell'Etna. 1 = pozzo Monte Ilice; 2 = galleria S. Giacomo; 3 = s25 (sorgente Acqua Bongiardo); 4 = s26 (galleria Ponteferro); 5 = p31 (pozzo Guardia); 6 = s65 (fontana del Cherubino); 7 = s59 (pozzo Currune); 8 = p5 (pozzo Acqua Difesa); 9 = sorgente Acquarossa; 10 = s55 (galleria Valcorrente o Manganelli); 11 = s63bis (sorgente Acqua Grassa); 12 = sorgente Romito; 13 = pozzo Solicchiata; 14 = galleria Ciapparazzo: 15 = galleria Rocca Campana.

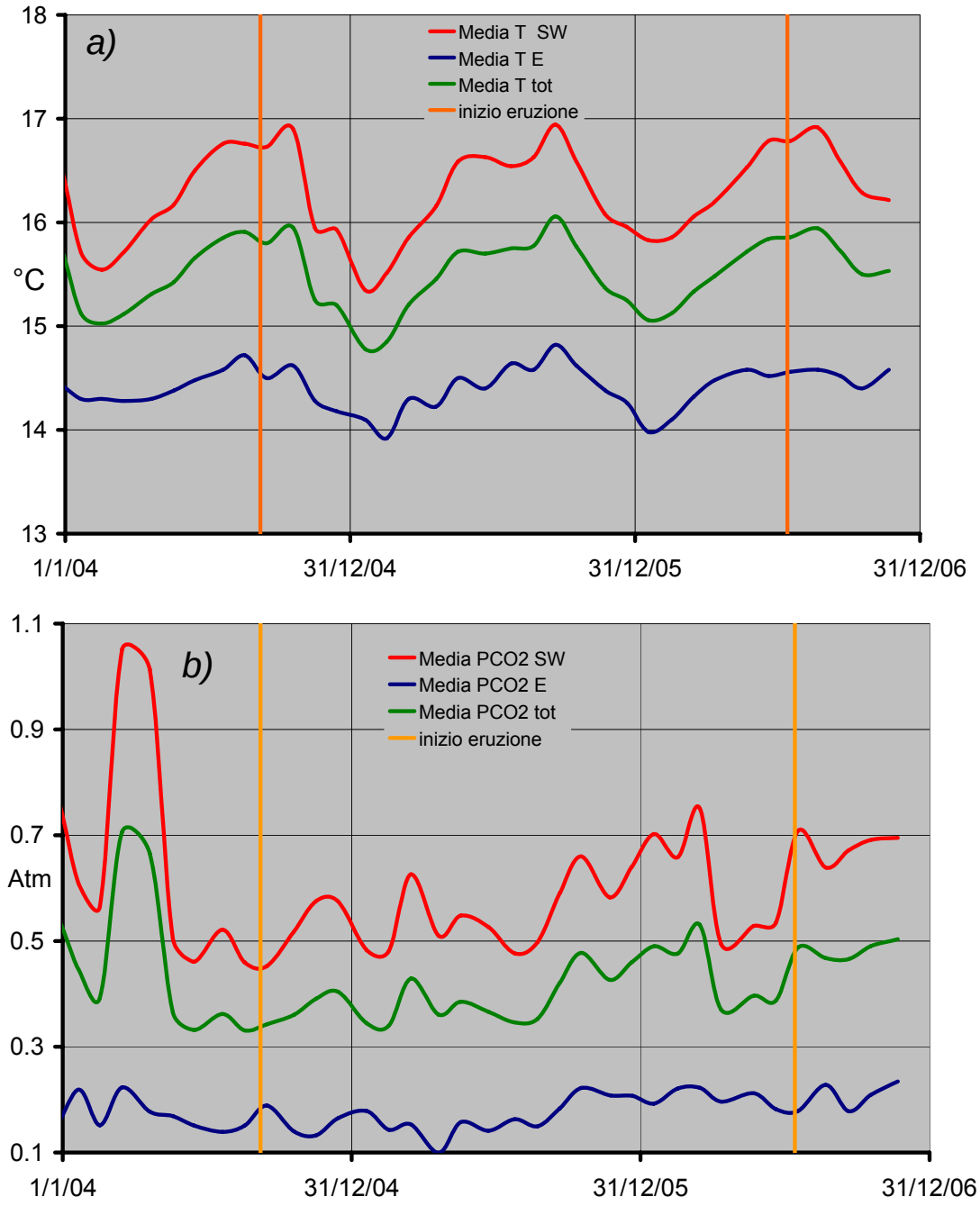


Figura 2. Variazione temporale della temperatura (a) e della pCO_2 (b) calcolata nelle acque sotterranee dell'Etna. Ogni punto rappresenta la media di più siti di campionamento (media totale = 12; versante SW = 7; versante E = 5).

Emissioni diffuse di anidride carbonica dai suoli[18]

Introduzione

Nel corso del 2006 sono state effettuate 13 campagne per la misura del flusso di anidride carbonica diffuso dai suoli nelle aree periferiche dell'Etna. Le campagne sono state effettuate da

[18] Camarda M., De Gregorio S., Gurrieri S.

gennaio a dicembre, seguendo una scrupolosa cadenza mensile. Solamente nel mese di luglio, in concomitanza dell'inizio dell'attività eruttiva, è stata effettuata un'ulteriore campagna rispetto a quella prevista ordinariamente. Le misure vengono effettuate attraverso una rete di 142 punti fissi, distribuiti in 4 settori dell'edificio etneo: 1) a SW dell'edificio vulcanico, attorno al centro abitato di Paternò (68 misure su un'area di 45 km2); 2) nella parte orientale dell'edificio, in prossimità degli abitati di Zafferana Etnea e S.Venerina (65 misure su un'area di 40 km2); 3) in località Piano Provenzana e 4) nelle vicinanze degli abitati di Vena e Presa, lungo transetti che intersecano a varie quote la faglia Pernicana (Fig. 1). Le misure di flusso sono state effettuate utilizzando il metodo della concentrazione dinamica (Gurrieri and Valenza, 1988; Camarda et al; 2006).

Discussione dei dati

Le misure effettuate nel corso del 2006 hanno mostrato delle nette variazioni del flusso di CO_2 diffuso dai suoli riconducibili all'inizio di una nuova fase di attività non ancora del tutto esaurita. Nel versante sud occidentale del vulcano, la fase eruttiva del vulcano è stata anticipata da un forte aumento del flusso medio di CO_2 (fig. 2) il cui valore massimo è stato raggiunto il 23 maggio, circa due mesi prima dell'inizio dell'attività eruttiva (14 luglio 2006). L'aumento dei flussi è stato caratterizzato da un aumento delle aree di anomalia (fig. 3). Nei mesi successivi, i valori sono andati gradualmente diminuendo fino alla campagna di settembre, a partire dalla quale si osserva un andamento pressoché costante dei flussi di CO_2. Anche nel settore orientale del vulcano l'inizio dell'attività eruttiva è stata anticipata da un netto aumento del flusso di CO_2 (fig. 4) di entità modesta rispetto a quanto detto in precedenza.

Particolarmente interessante è invece il trend in costante crescita che si registra in questa settore dell'Etna ed in prossimità dalla faglia Pernicana (fig. 5), a partire dal mese di agosto.

Conclusioni

Le variazioni registrate durante il primo semestre 2006 indicano l'ingresso di nuovo magma, ricco in CO_2, nella porzione profonda del sistema di alimentazione etneo la cui energia è stata tale da innescare l'eruzione ancora in corso; il successivo decremento dei valori ha preannunciato la regressione del fenomeno eruttivo anche se, la persistenza di valori medio alti di flusso, lontani dal back-ground caratteristico di quest'area, evidenziano che lo stato criticità non è ancora del tutto rientrato.

Bibliografia

Gurrieri S, Valenza M (1988) Gas transport in natural porous medium: a method for measuring CO2 flows from the ground in volcanic and geothermal areas. Rend Soc It Miner Petrol. 43:1151-1158.

Camarda, M.; Gurrieri, S.; Valenza, M. (2006) CO2 flux measurements in volcanic areas using the dynamic concentration method: Influence of soil permeability. J. Geophys. Res., 111, B05202, doi:10.1029/2005JB003898.

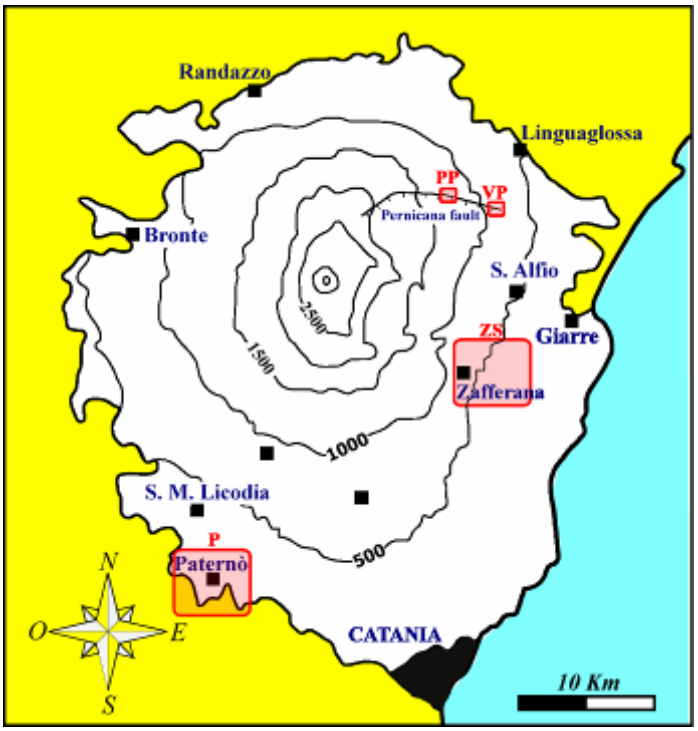


Figura 1. Mappa del Mt. Etna. I quadrati rossi mostrano l'ubicazione delle aree monitirate: P) Paternò; ZS) Zafferana-S. Venerina; PP) Piano Pernicana; PV) Vena-Presa.

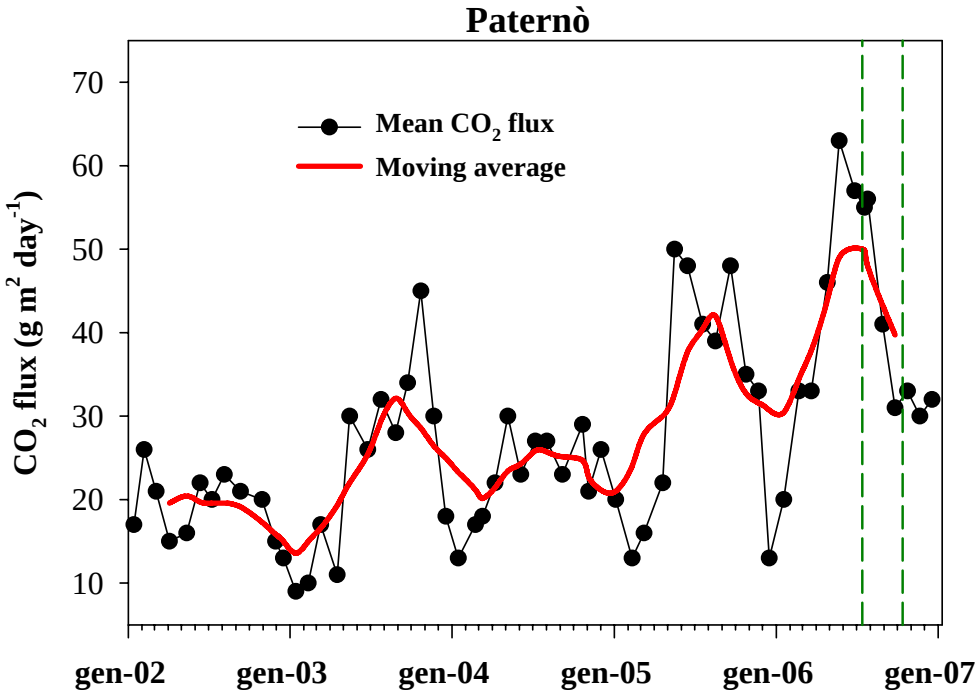


Figura 2. Variazione temporale del flusso di CO_2 dai suoli misurato nell'area di Paternò dal 1 gennaio 2002 sino al 23 novembre 2006. Le linee tratteggiate in verde, indicano rispettivamente l'inizio dell'attività eruttiva del 14 luglio e del 13 ottobre 2006.

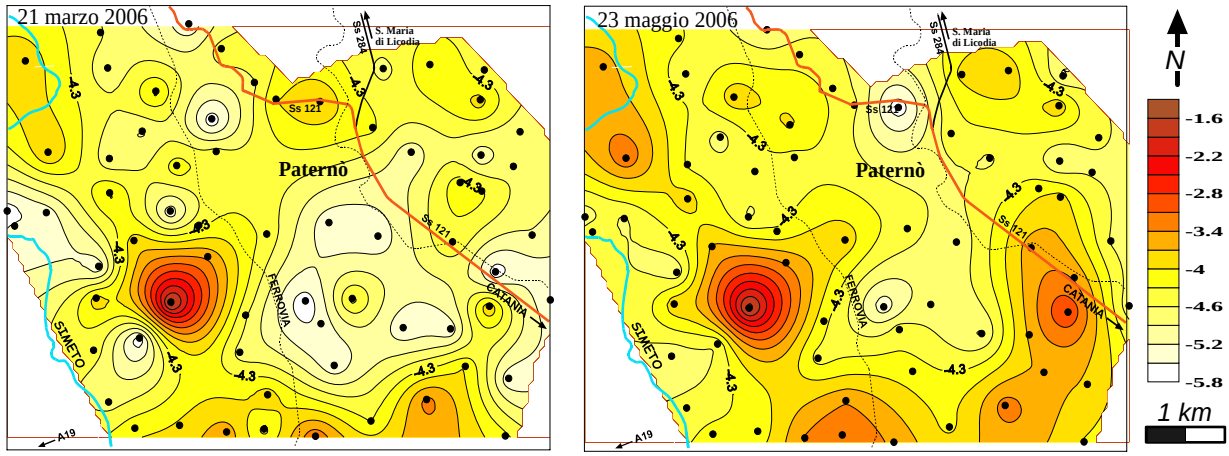


Figura 3. Mappe della distribuzione spaziale dei flussi di CO_2 misurati nell'area di Paternò. I cerchi neri indicano l'ubicazione dei punti di misura.

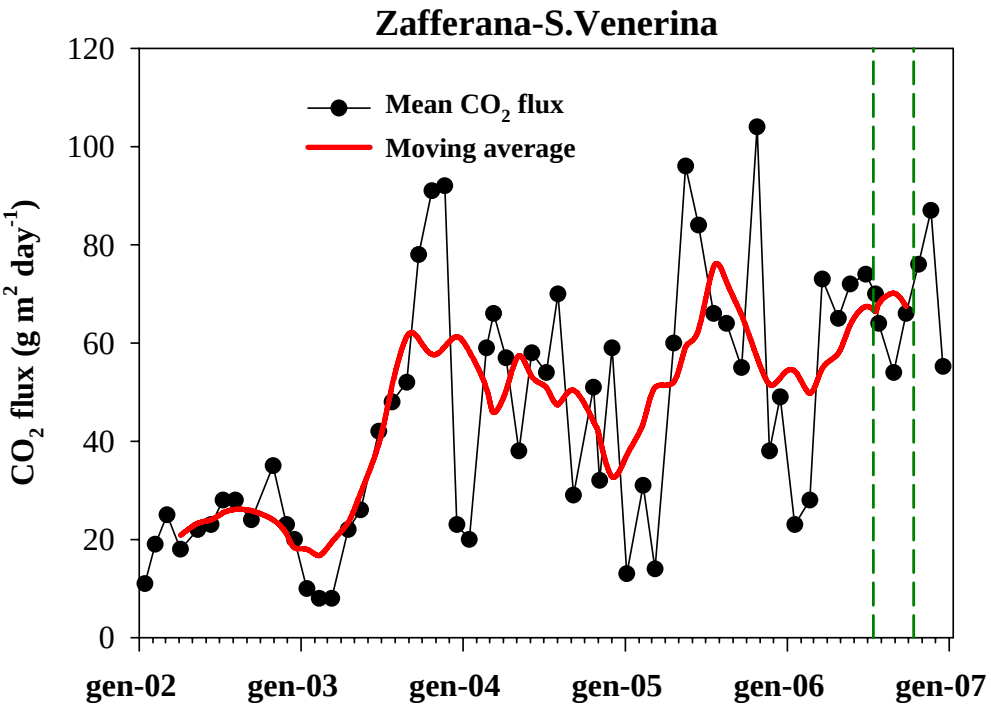


Figura 4. Variazione temporale del flusso di CO_2 dai suoli misurato nell'area di Zafferana-S.Venerina dal 1 gennaio 2002 sino al 23 novembre 2006. Le linee tratteggiate in verde, indicano rispettivamente l'inizio dell'attività eruttiva del 14 luglio e del 13 ottobre 2006.

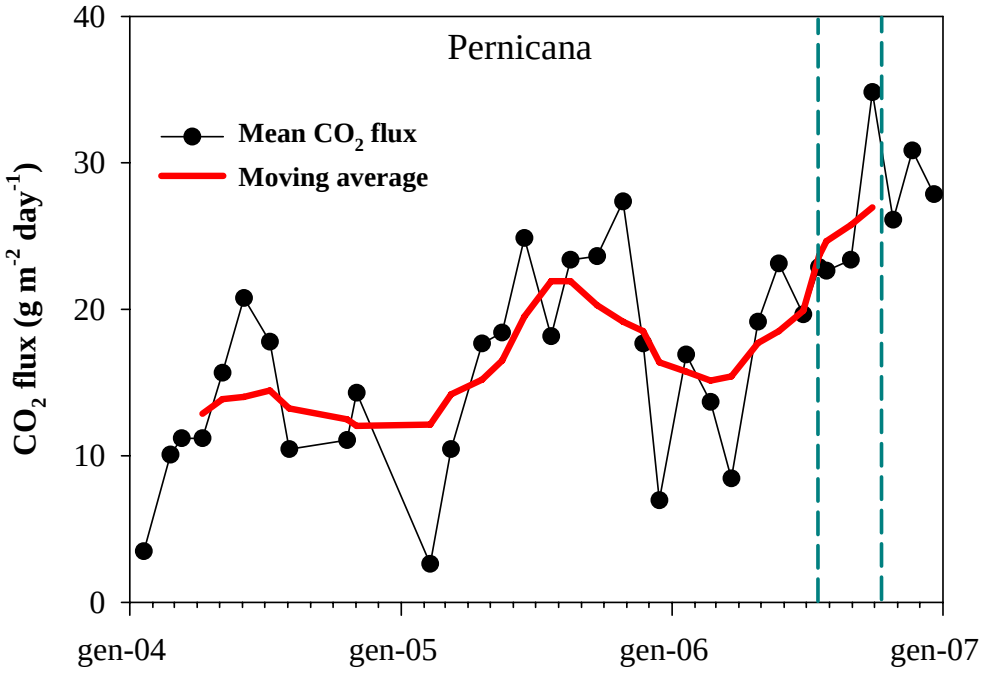


Figura 5. Variazione temporale del flusso medio di CO_2 misurato nel basso settore della faglia Pernicana, dal 1 gennaio 2004 sino al 23 novembre 2006. Lea linee tratteggiata in verde, indicano rispettivamente l'inizio dell'attività eruttiva del 14 luglio e del 13 ottobre 2006.

Composizione chimica ed isotopica dei gas fumarolici craterici e pericratici[19]

Introduzione

Nell'area etnea, nel corso del 2006, sono state effettuate campagne con cadenza mensile per la determinazione delle principali specie chimiche presenti nei gas fumarolici emessi in 4 siti (fig. 1) ubicati sia alle alte quote del vulcano (Torre Del Filososo (TDF), Belvedere della Valle del Bove (BLV), Rift di NE (RNE) situati a quote > 2000m slm) che in zone più periferiche (P78, sito a circa 700m slm in prossimità di Santa Venerina) (fig. 1). Nei siti campionati è stata determinata la temperatura e la concentrazione dinamica di CO_2 nei suoli, secondo il metodo proposto da Gurrieri e Valenza (1988). Dopo l'inizio dell'eruzione, avvenuta nel mese di luglio, la frequenza di campionamento è stata incrementata (dieci giorni). Nei mesi invernali, i gas emessi dai punti RNE e TDF non sono stati campionati a causa della massiccia presenza di neve e ghiaccio.

I campioni di gas fumarolici e del suolo sono stati prelevati ad una profondità di 50 cm utilizzando tubi di acciaio connessi ad una siringa e quindi immagazzinati in campionatori di in vetro Pyrex.

Tutti i campioni di gas raccolti sono stati analizzati in laboratorio mediante tecniche gas-cromatografiche per le determinazioni chimiche, e mediante spettrometria di massa per le determinazioni isotopiche. Nei campioni di gas è stata determinata la concentrazioni di CO_2, He, H_2, O_2, N_2, CH_4 e CO, ed i rapporti isotopici del carbonio ($\delta^{13}C$) e ossigeno ($\delta^{18}O$) della CO_2. Nelle

[19] Pecoraino G., Sortino F., La Pica L.

fumarole sono state anche misurate le temperature di emissione del gas e le corrispondenti temperature dell'aria.

Discussione dei dati

Durante il 2006 i dati acquisiti hanno evidenziato in tutti i siti variazioni di una certa ampiezza in alcuni dei parametri monitorati. Tali variazioni hanno preceduto ed in parte anche accompagnato l'eruzione laterale che dai primi di luglio e per tutto il semestre ha interessato l'alto versante orientale dell'Etna. In particolare, a partire dal mese di marzo è stato registrato un aumento nelle concentrazioni di CO_2 e di CO_2 dinamica (fig. 2) nell'area di S. Venerina (P78), sino a raggiungere, a giugno, valori simili a quelli precedenti l'eruzione 2004-2005. Nello stesso periodo, anche le specie ridotte H_2 e CO (fig. 6) e l'He mostrano un aumento sincrono.

La composizione isotopica del $\delta^{13}C$ della CO_2 (fig. 3) nei siti monitorati è caratterizzata da valori tipicamente magmatici (tra -6 e 0 ‰) durante tutto il periodo di osservazione. Un leggero incremento del $\delta^{13}C$ è stata osservato in tutti i siti nel mese di giugno 2006. In particolare nel sito P78, nonostante l'eruzione in corso sia gia in fase di esaurimento, i valori misurati di $\delta^{13}C$ non ritornano ai valori negativi osservati durante le precedenti eruzioni (fig. 4).

Durante il periodo intereruttivo le concentrazioni della CO_2 e della CO_2 dinamica rimangono pressoché invariate sino alla brusca diminuzione, registrata tra fine ottobre e gli inizi di novembre, brusca per i siti sommitali, più graduale per P78. Da sottolineare che le misure di T effettuate il 30 ottobre hanno evidenziato incrementi nelle T di emissione di + 5.1°C nel sito TDF e di + 8.1°C nel sito BLV con un rate di incremento di quasi 0.5°C/g e 1°C/g rispettivamente e un aumento nelle concentrazioni di He. L'anomalia è rientrata in 2/3 giorni.

A partire da fine novembre, a causa della grande quantità di neve caduta nei giorni precedenti è stato possibile campionare soltanto i siti BLV e P78. In questo periodo, nel sito BLV non si riscontrano differenze sostanziali di composizione. Al contrario, nel sito P78 si riscontrano delle differenze soprattutto nei tenori di CO_2 e CO_2 dinamica, che passano da valori prossimi a 0 a valori di circa il 6% e 43000 ppmvol rispettivamente, e in quelli delle specie ridotte (Fig. 2 e 6).

Conclusioni

Le variazioni osservate nei parametri chimico-fisici acquisiti durante il 2006 indicano che la risalita di magma che ha dato luogo all'attività effusiva laterale iniziatasi a luglio 2006 avrebbe interessato porzioni più superficiali del sistema di alimentazione dell'Etna già alcuni mesi prima dell'evento eruttivo.

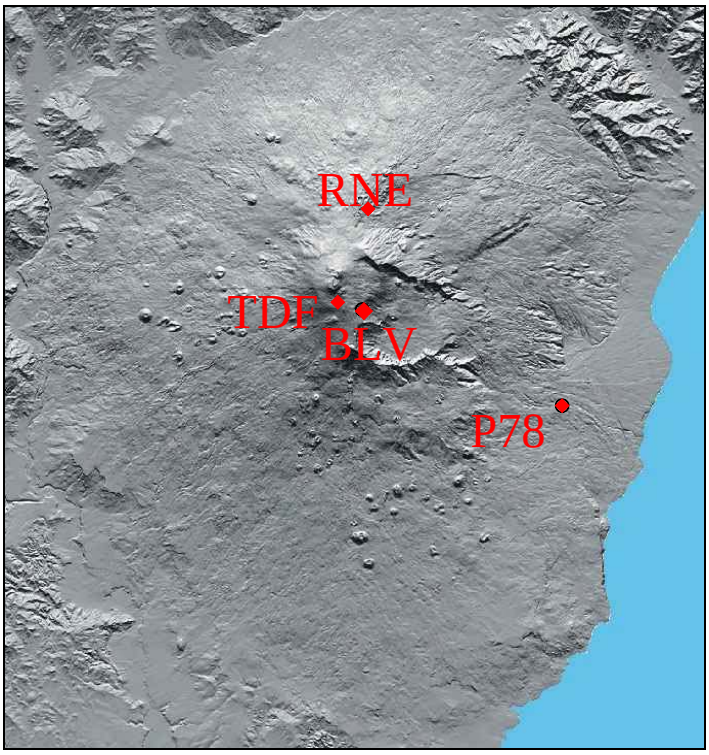


Figura 1. Ubicazione dei siti di campionamento dei gas fumarolici (RNE, TDF, Belvedere), dei gas del suolo (P78).

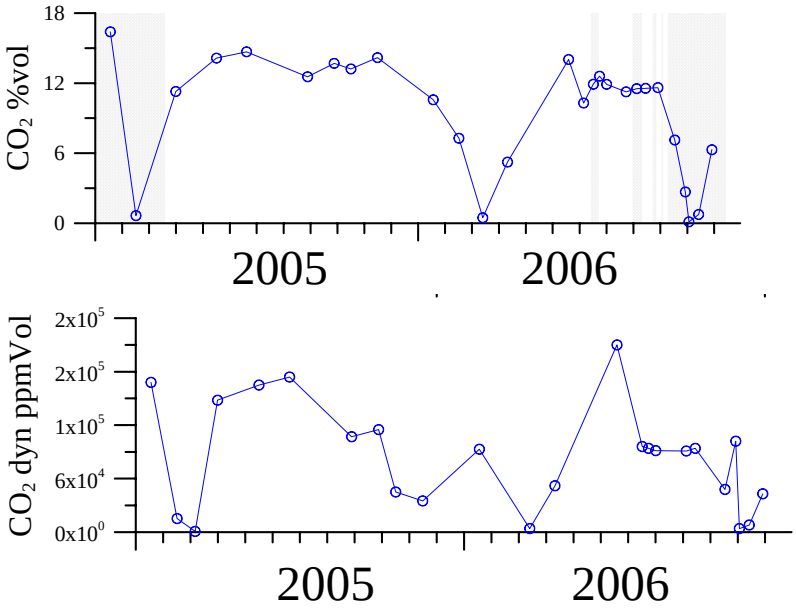


Figura 2. Variazioni temporali della concentrazione di CO_2 e della CO_2 dinamica nel sito P78=○. I valori sono espressi in %vol e in ppmvol rispettivamente.

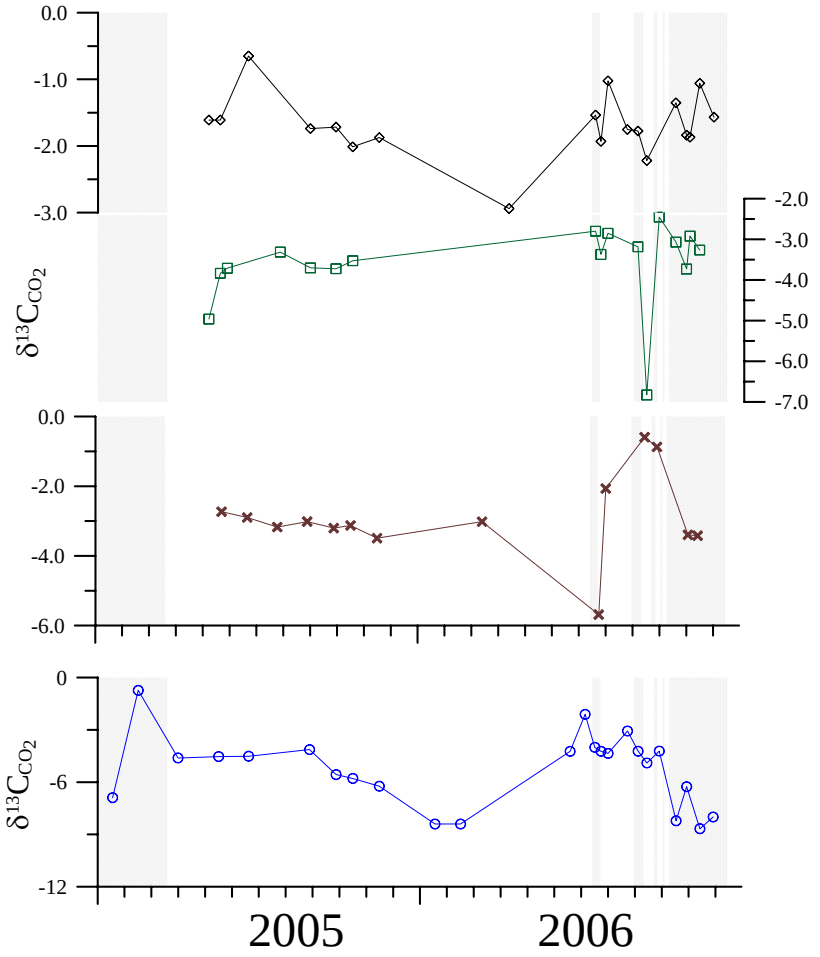


Figura 3. Variazioni temporali dei valori di $\delta^{13}C$ della CO_2 nei siti BLV (◊), TDF (□), RNE (x) e P78 (○). I valori sono espressi in ‰.

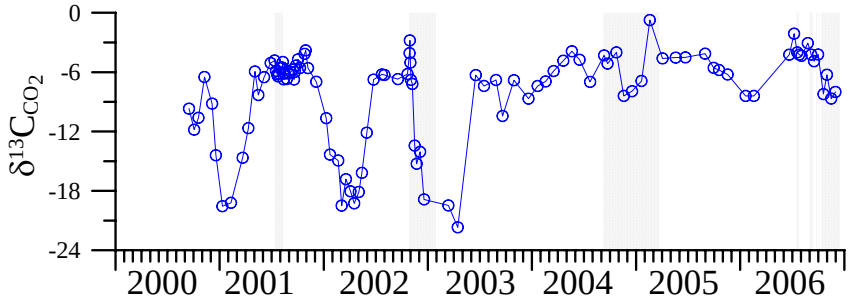


Figura 4. Variazioni temporali dei valori di $\delta^{13}C$ della CO_2 nel sito P78(○).

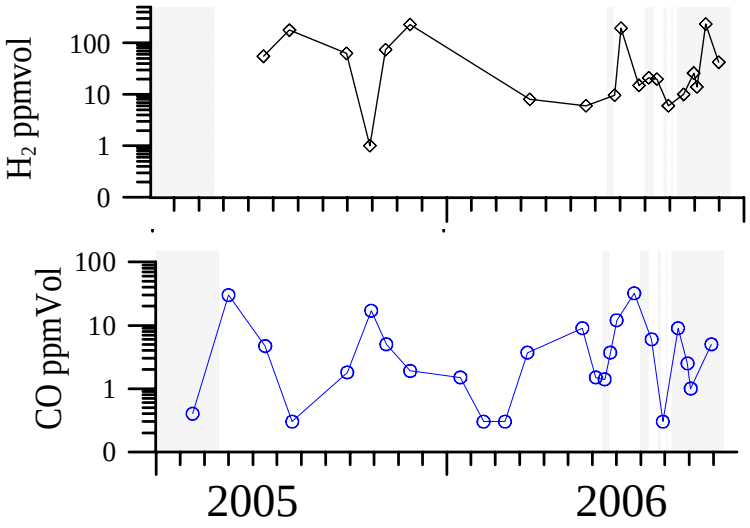


Figura 5. Variazioni temporali della concentrazione di CO e H_2 nei siti BLV (◊) eP78 (○). I valori sono espressi in ppmv.

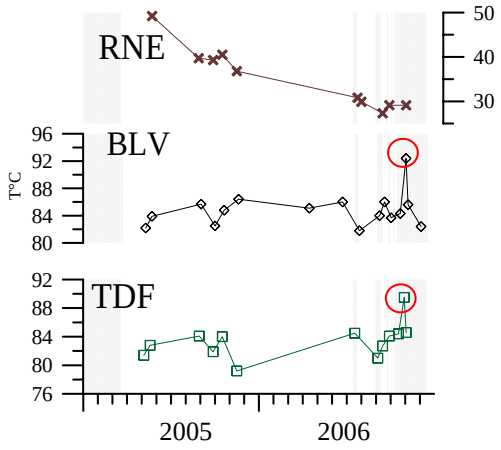


Figura 6. Variazione temporale della temperatura nei siti RNE (x), TDF(□) e BLV (◊).

Gas del plume[20]

Introduzione

Le variazioni di composizione chimica delle specie volatili emesse dal plume dell'Etna, vengono da tempo monitorate con varie tecniche (Aiuppa et al., 2002; Burton et al., 2003 a, b) in quanto sono in grado di fornire importanti indicazioni sulle dinamiche magmatiche nelle porzioni superiori dei condotti di risalita dei magmi etnei, in particolare durante gli eventi eruttivi. Sin dal 2003, la sezione di Palermo dell'INGV effettua attività di monitoraggio dei crateri sommitali, mediante campagne di campionamento svolte con cadenza bisettimanale (fig. 1). I gas vengono campionati utilizzando la metodologia dei "filter packs" per le specie acide (S, Cl e F) e successivamente analizzati mediante cromatografia in fase liquida nei laboratori di Palermo dell'INGV. I tenori di CO_2 vengono invece

[20] Aiuppa A., Federico C., Giudice G., Gurrieri S., Liuzzo M.

determinati in situ mediante spettrofotometria all'infrarosso. Sulla scorta dei confortanti risultati ottenuti in passato (Aiuppa et al., 2004, Aiuppa et al. 2006), è stato realizzato una stazione sperimentale automatica per il monitoraggio continuo dei tenori di CO_2 ed SO_2. Il prototipo è stato temporaneamente installato sull'orlo del cratere Voragine all'inizio dell'estate 2006 e, nonostante le difficili condizioni meteorologiche, la stazione è stata in funzione fino alla fine dell'anno consentendo di acquisire importanti dati durante l'intero periodo eruttivo.

Discussione dei dati

Il monitoraggio del degassamento degli apparati sommitali del Monte Etna è stato incentrato sui crateri di Nord – Est e Voragine. I campionamenti del plume con l'impiego della tecnica dei filter packs, hanno confermato la profonda differenza nel chimismo dei volatili emessi dai due crateri (figg. 2 e 3). Nel corso del 2006, i valori del rapporto SO_2/HCl del plume rilasciato dal NEC sono variati nel range 0.7 e 2.7, mentre la Voragine risulta sistematicamente arricchita in zolfo (SO_2/HCl: 0.9 - 14.7). Anche i valori del rapporto C/S relativamente ai due crateri evidenzia un maggiore arricchimento in CO_2 della Voragine (C/S: 0.5 -11.7) rispetto al cratere di Nord-Est (C/S: 0.6 – 10.2). È importante notare che tali differenze si attenuano tra ottobre e novembre, periodo in cui l'attività eruttiva già in corso produce un leggero abbassamento dei valori medi relativamente alla Voragine. Tale variazione indica un minor apporto di magma nei condotti che alimentano la Voragine (Aiuppa et al., 2002, 2004) probabilmente a favore del cratere di Sud-Est in eruzione. Un maggiore dettaglio delle dinamiche eruttive è evidenziato dai rapporti C/S rilevati alla Voragine con la stazione sperimentale di monitoraggio automatico attiva dalla fine di giugno. La figura 4 mostra il trend dei rapporti C/S rilevati in continuo (cerchio vuoto) e confrontati con i valori acquisiti dai campionamenti in situ (cerchio rosso), dove è possibile notare che i valori acquisiti periodicamente sono coerenti con i valori acquisiti in continuo. Dall'analisi delle variazioni del rapporto C/S è possibile individuare le principali fasi eruttive che da luglio a dicembre hanno interessato il cratere di Sud-Est ed in parte il fianco meridionale del cratere Bocca Nuova:

- Tra l'inizio dell'anno e giugno, i valori sono caratterizzati da oscillazioni tendenzialmente crescenti che preludono ad una fase di ricarica del sistema di alimentazione ed anticipano l'evento eruttivo di luglio.
- Tra giugno e fine agosto, si osserva un rapido aumento dei rapporti C/S (dati provenienti dal sistema automatico di monitoraggio) che anticipa l'onset eruttivo di luglio (C/S: 25), seguito da un rapido decremento che accompagna il periodo post-eruttivo fino ad agosto.
- Il periodo settembre – dicembre è di più difficile lettura in quanto caratterizzato da un prolungato alternarsi di attività eruttive e stromboliane intermittenti; è comunque possibile osservare che i valori medi, nel complesso, sono più bassi rispetto alle fasi antecedenti e che l'inizio delle attività stromboliane che si sono intervallate in questo arco di tempo è cadenzato da evidenti aumenti dei rapporti C/S; in particolare tra il 10 e il 26 ottobre i valori registrati sono i più alti (C/S: 35-40) e anticipano l'apertura della frattura eruttiva nel fianco meridionale del cratere Bocca Nuova.

Conclusioni

I modelli di degassamento relativi alle specie acide S, CL, F e debolmente acide CO_2, rendono conto delle variazioni dei rapporti di concentrazione registrati al cratere di Nord-Est e della Voragine, mettendo in luce le dinamiche eruttive degli apparati sommitali. I forti incrementi dei rapporti S/Cl ed in particolare C/S registrati alla Voragine prima degli eventi stromboliani accaduti nel periodo in esame supportano tale affermazione.

Bibliografia

Aiuppa, A., C. Federico, A. Paonita, G. Pecoraino, and M. Valenza, *S, Cl and F degassing as an indicator of volcanic dynamics: the 2001 eruption of Mount Etna*, Geophys. Res. Lett., 29-11, doi 10.1029/2002GL015032, 2002.

Aiuppa, A., C. Federico, G. Giudice, S. Gurrieri, A. Paonita, and M. Valenza, *Plume chemistry provides insights into the mechanisms of sulfur and halogen degassing at basaltic volcanoes*, Earth Planet. Sci. Lett., 2004.

Aiuppa, A., C. Federico, G. Giudice, S. Gurrieri, M. Liuzzo, H. Shinohara, R. Favara and M. Valenza,, Rates of carbon dioxide plume degassing from Mount Etna volcano, J. Geophys. Res., VOL. 111, B09207, 2006.

Burton, M., P. Allard, F. Murè, and C. Oppenheimer, *FTIR remote sensing of fractional magma degassing at Mt. Etna, Sicily, in Volcanic degassing*, edited by C. Oppenheimer, D. Pyle and J. Barclay, Geological Society Special Publications, 213, 2003a in press.

Burton, M., T. Caltabiano, G. Salerno, N. Bruno, V. Longo, F. Murè, G. Sawyer, and P. Allard, *Remote sensing measurements of volcanic gas emissions from Mt. Etna during 2001-2003*, paper presented at GNV-INGV General Assembly, Rome, June 9-11 2003, 80, 2003b.

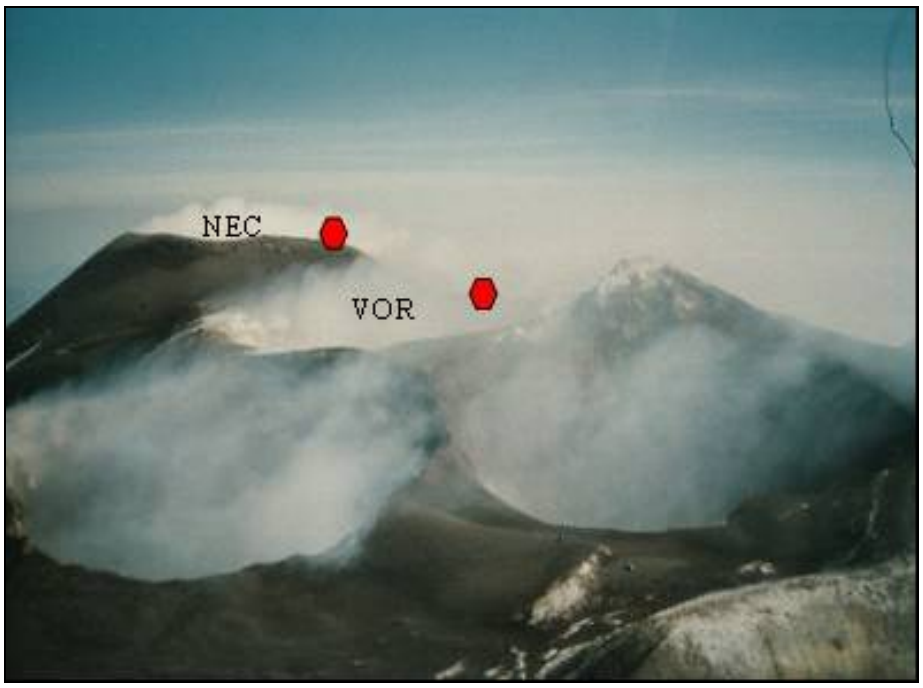


Figura 1. Crateri sommitali e siti di campionamento; il sito di campionamento Voragine coincide con l'ubicazione della stazione di monitoraggio sperimentale.

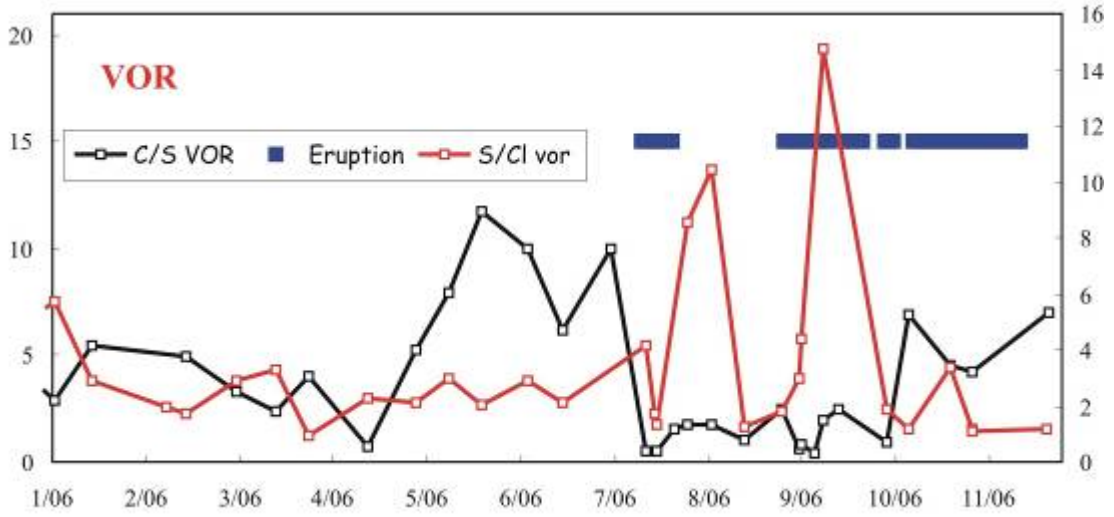


Figura 2. Diagramma C/S (valori relativi alla scala a sinistra) e S/Cl (valori relativi alla scala a destra) per il cratere Voragine, dai campionamenti in situ con filter packs.

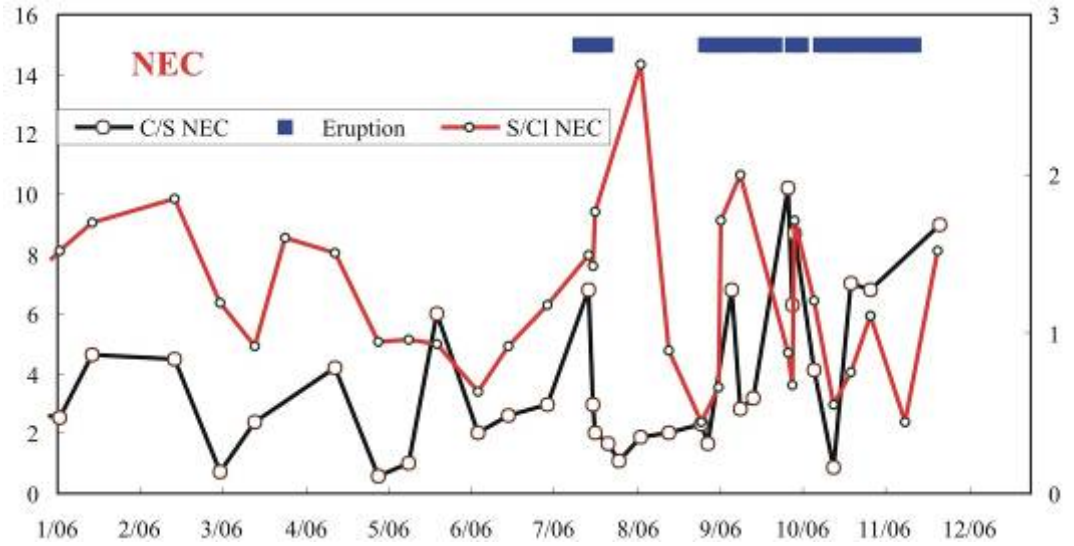


Figura 3. Diagramma C/S (valori relativi alla scala a sinistra) e S/Cl (valori relativi alla scala a destra) per il cratere di Nord-Est, dai campionamenti in situ con filter packs.

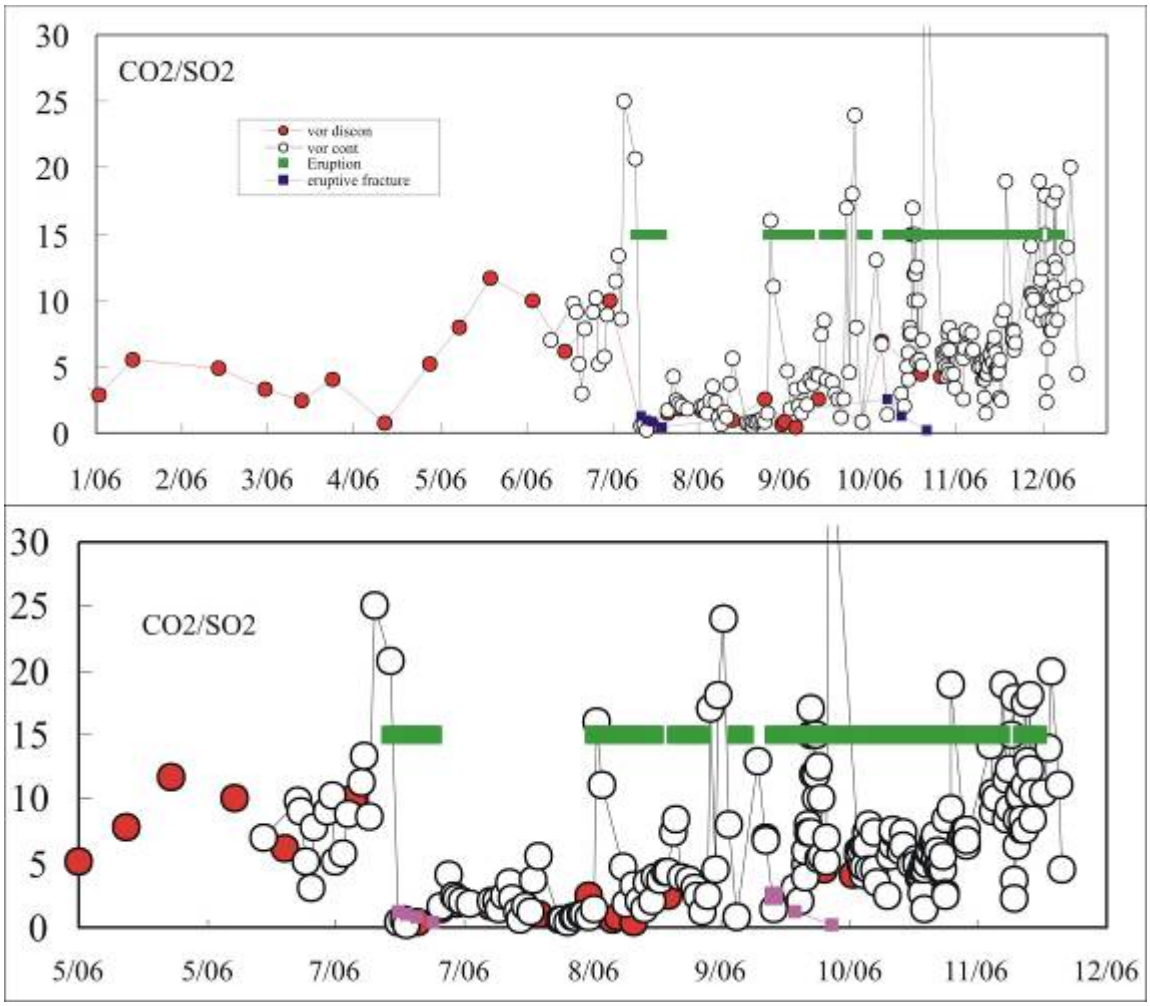


Figura 4. Il grafico mostra i trend dei rapporti C/S misurati al cratere Voragine nel corso dell'intero anno (grafico superiore) e in dettaglio a partire dal mese di maggio. La legenda del grafico superiore ha valore anche per il dettaglio inferiore.

Monitoraggio continuo degli acquiferi etnei[21]

Introduzione

Il monitoraggio delle falde acquifere nell'area etnea è stato intrapreso nell'estate del 2001 con l'installazione di stazioni in siti scelti in relazioni a caratteristiche peculiari; studi svolti negli anni precedenti avevano infatti messo in evidenza aree caratterizzate da forti emissioni di CO_2 dai suoli (Anzà et al., 1989; Allard et al., 1997) e variazioni rilevanti in termini composizionali e nei parametri chimico-fisici in concomitanza dell'inizio di fenomeni eruttivi (eruzione del 1991-93; Dongarrà et al., 1993; Bonfanti et al., 1996a; 1996b). Negli anni, la rete è stata ampliata e resa più affidabile attraverso un processo di sviluppo che ha riguardato sia l'hardware che il software di gestione ed elaborazione dati. Attualmente, la rete di monitoraggio delle falde etnee è costituita dalle stazioni:

[21] L. Brusca, W. D'Alessandro, M. Longo, S. Cappuzzo.

- DIFESA: pozzo profondo circa 80m, sfruttato dal comune di Belpasso per l'approvvigionamento idrico. E' sito tra i comuni di Belpasso e Ragalna. La stazione è stata istallata nel luglio del 2004;
- CIAPPARAZZO: galleria drenante gestita dal consorzio acque dell'Etna ACOSET, articolata in più gallerie ramificate, con estensione complessiva di circa 2.5 km il cui sbocco è situato in prossimità dell'abitato di Bronte (settore nord-occidentale). Il sito è stato totalmente ristrutturato nel luglio del 2004;
- ROCCACAMPANA: galleria drenante lunga circa 800 m che interseca la faglia della Pernicana, in prossimità dell'abitato di Vena (settore nord-orientale). Il sito è stato ristrutturato nel luglio del 2004;
- VALCORRENTE: galleria drenante, lunga circa 1 km, gestita dalla società SOGEA di Catania per la distribuzione in rete, situata in prossimità della stazione Valcorrente della Circumetnea a sud dell'abitato di Belpasso. La stazione è stata istallata nel settembre del 2004;
- CHERUBINO: sorgente sita nel comune di Santa Maria di Licodia, gestita dallo stesso comune per l'approvvigionamento idrico. La stazione è stata istallata ad ottobre del 2005.
- PONTEFERRO: galleria drenante, lunga circa 1 km, gestita dalla società Sidra di Catania per la distribuzione in rete, situata ad est di Santa Venerina. La stazione è stata istallata a maggio del 2005.

Ciascuna stazione acquisisce automaticamente i valori di temperatura, conducibilità elettrica, livello freatico, pH ed i principali parametri meteorologici. Questi ultimi vengono monitorati allo scopo di filtrare i disturbi indotti dalle variazioni delle condizioni atmosferiche.

Discussione dei dati

In linea di massima, nel corso del 2006 sono state osservate variazioni di modesta entità riguardo la temperatura e soprattutto la conducibilità elettrica, il pH ed il livello freatico (figg. 2, 3, 4 e 5); in generale si tratta di modeste oscillazioni che rientrano nel normale range di variabilità caratteristico per ciascun dei siti monitorati. Soltanto la stazione Roccacampana, sita a Piedimonte Etneo (Vena) in prossimità della faglia Pernicana, è stata caratterizzata da un trend in diminuzione del pH a partire da febbraio-marzo 2006 che alla fine del 2006 ha determinato una riduzione dei valori di oltre 0.5 unità pH.

Conclusioni

Le modeste variazioni di temperatura riguardanti il regime termico delle falde indicano che le acque sotterranee non hanno subito apporti di energia termica di particolare entità. Al contrario, le variazioni di pH registrate dalla stazione Roccacampana a partire dalla seconda metà del 2006 sono compatibile con le variazioni di PCO_2, rilevate attraverso il monitoraggio discreto e continuo ed indica un incremento delle emissioni di CO_2 in questo settore dell'edificio vulcanico.

Bibliografia

Aiuppa A., Allard P., Bonfanti P., Brusca L., D'Alessandro W., Madonia P., Natale F., Parello F., Parisi B., Sortino F., Vita F. & Volpicelli G. (1997): *Sorveglianza idrogeochimica del Monte Etna: definizione dei valori di fondo.* Pubblicazione CNR-I.G.F. n. 5/97

Anzà, S., Dongarrà, G., Giammaco, S., Gottini, V., Hauser, S. & Valenza, M. (1989): *Geochimica dei fluidi dell'Etna. Le acque sotterranee.* Miner. Petrogr. Acta, 23, 231-251

Bonfanti, P., D'Alessandro, W., Dongarrà, G., Parello, F. & Valenza, M. (1996a): *Mediumterm anomalies of groundwater temperature before 1991-93 eruption of Mt. Etna*. J. Volcanol. Geotherm. Res. 73, 303-308.

Bonfanti, P., D'Alessandro, W., Dongarrà, G., Parello, F. & Valenza, M. (1996b): *Mt. Etna eruption 1991-93: Geochemical anomalies in groundwaters.* Acta Vulcanol., 8 (1), 107-109.

Dongarrà, G., Gottini, V., Valenza, M. & Bonfanti, P. (1993): *Progress in hydrogeochemical surveying.* Acta Vulcanol., 3, 318-321.

Figura 1. Ubicazione dei siti di monitoraggio in continuo delle acque di falda.

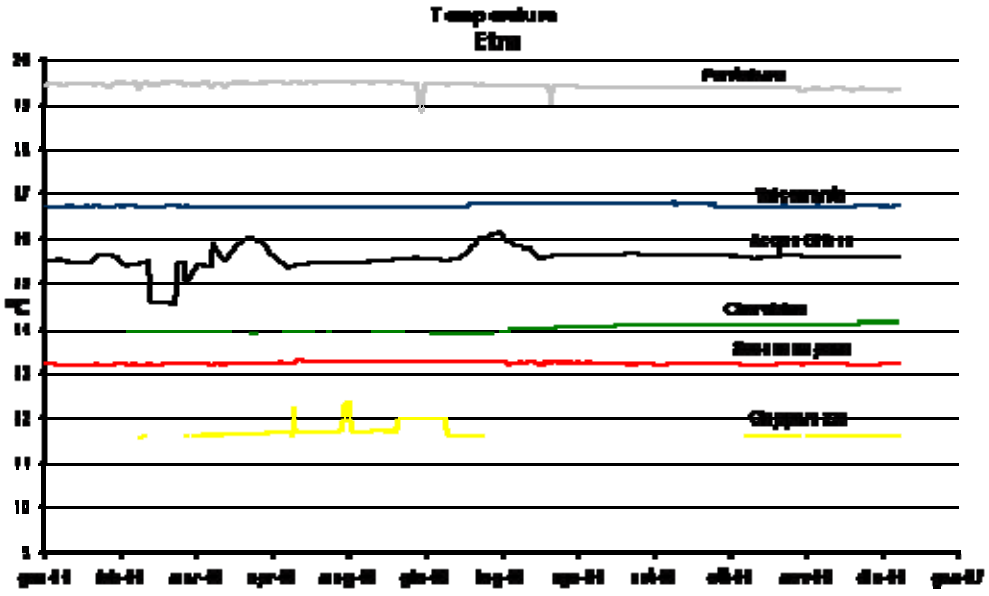


Figura 2. Andamento della temperatura.

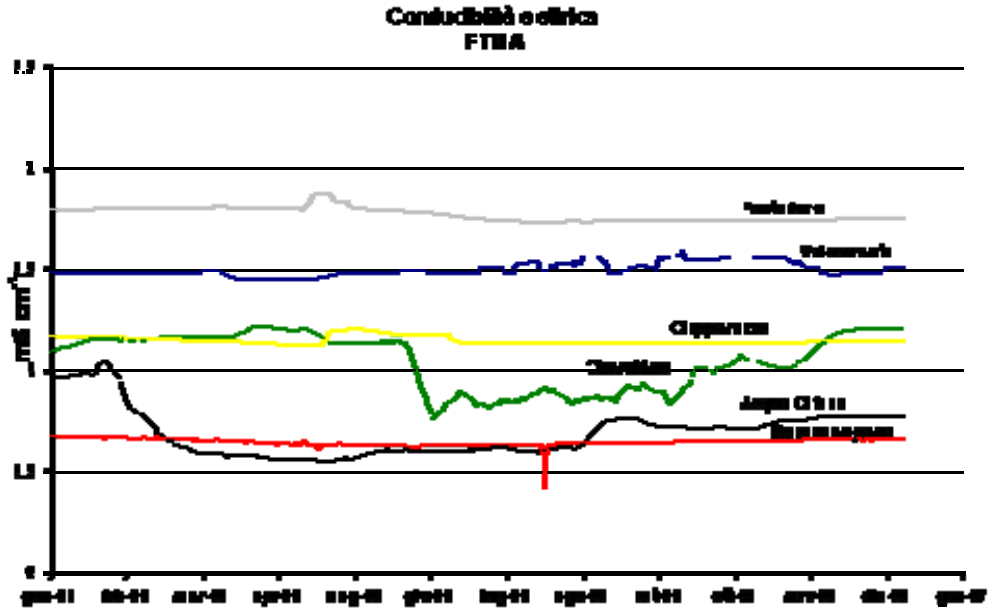


Figura 3. Andamento temporale della conducibilità elettrica delle acque, riferita a 20°C.

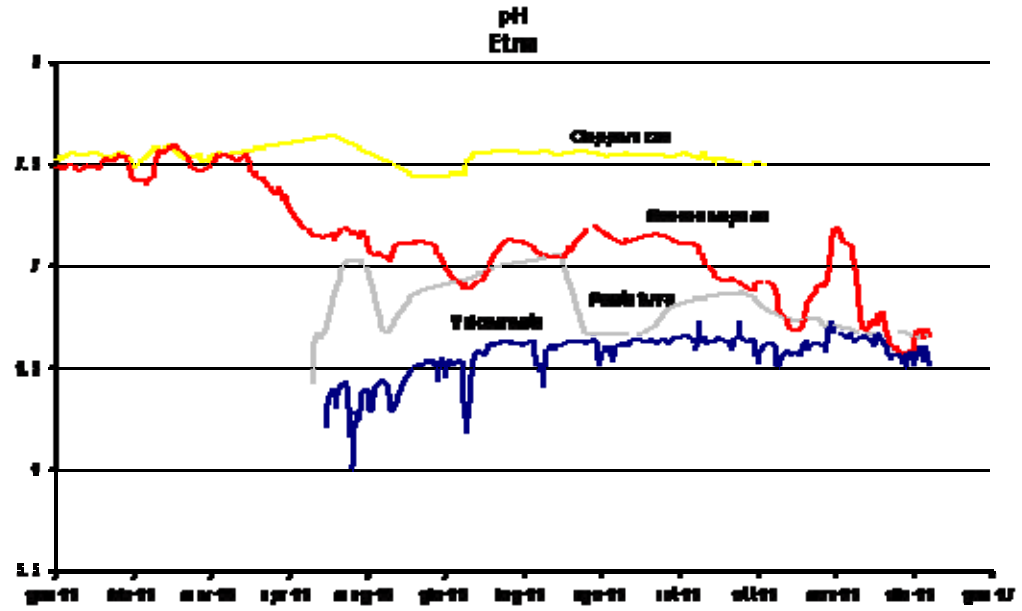


Figura 4. Andamento temporale del pH nelle acque monitorate.

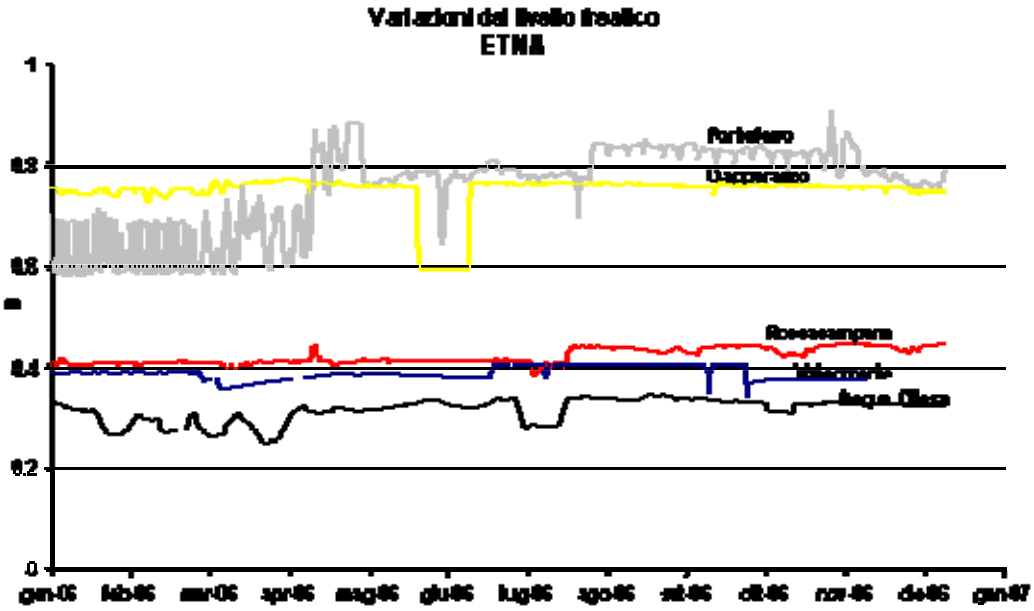


Figura 5. Livello freatico delle acque nei canali di drenaggio.

Monitoraggio continuo del flusso diffuso CO_2 dai suoli[22]

Introduzione

La rete ETNAGAS nasce da un progetto di ricerca avviato nella seconda metà del 2002, con lo scopo di monitorare in continuo i flussi di CO_2 esalanti dal suolo. La rete è attualmente costituita da

[22] Calderone L., Cappuzzo S., Foresta Martin L., Giudice G., Guida R., Gurrieri S., Liuzzo M.

dodici stazioni remote (fig. 1), interamente sviluppate e realizzate dalla Sezione di Palermo dell'INGV; queste stazioni sono in grado di monitorare il flusso di CO_2 (Gurrieri & Valenza, 1988; Camarda et. al. 2006), la direzione e la velocità del vento, la temperatura e l'umidità dell'aria, la pressione atmosferica, la piovosità e l'umidità del suolo (fig. 1). Due delle dodici stazioni, Parcoetna e Roccacampana2, sono state installate durante la seconda metà del 2006 e pertanto hanno fornito una serie temporale di dati che non copre l'intero anno. Temporanei guasti tecnici e interruzioni causate da avverse condizioni meteoriche sono la causa di brevi periodi di sospensione del monitoraggio in alcuni siti; ciononostante, è stato possibile seguire il fenomeno eruttivo che ha interessato l'Etna nella seconda metà del 2006 nella sua interezza.

Discussione dei dati

Delle dodici stazioni della rete Etnagas sette hanno mostrato, in generale, un andamento dei flussi che ha subito forti oscillazioni durante le fasi eruttive; ciascuna caratterizzata da un proprio trend pre-sin e post eruttivo strettamente connesso alle tipicità del sito; le stazioni Roccacampana2 e ParcoEtna, come anticipato, sono state installate nella seconda metà del 2006, ma nonostante il breve periodo di acquisizione hanno anch'esse registrato variazioni di concentrazione della CO_2 connesse al livello di attività. Il gruppo più numeroso di stazioni che ha registrato importanti variazioni di flusso, (SML1, N1, N2, P78, ALBANO, MALETTO, MSM1), è disposto nell'insieme intorno all'edificio etneo (fig. 1), ad eccezione di N1 e N2 site a circa 35 km a Sud-Ovest di P39. In generale l'incremento dei flussi è cominciato a partire dalla seconda metà di maggio, e se pur manifestando variazioni specificatamente connesse a ciascun sito, è importante notare che le anomalie sono di oltre un ordine di grandezza superiori alle medie dei valori di inizio anno, periodo durante il quale non si sono manifestate attività vulcaniche di rilievo (figg. 2 e 3). A titolo di esempio si riportano le variazioni registrate da due stazioni: SML1 passa da valori di φCO_2 corrispondenti al background pari a 9×10^{-3} kg m^{-2} day^{-1} a valori di φCO_2 9×10^{-2} kg m^{-2} day^{-1}; N1 passa da valori di φCO_2 di background pari a 3×10^{-3} kg m^{-2} day^{-1} a valori di 0.2 kg m^{-2} day^{-1}). Questi forti incrementi di φCO_2 indicano fasi di ricarica del sistema magmatico profondo, che ha anticipato l'inizio dell'evento eruttivo di metà luglio, al pari di quanto manifestatosi nel periodo precedente l'eruzione 2004-2005 (Report INGV precedente anno). Dopo l'incremento dei flussi di maggio, i valori nelle suddette stazioni permangono elevati fino ai primi di novembre rispetto ai valori di background del periodo pre eruttivo, seppur caratterizzati da oscillazioni con punte di valore elevato connesse alle fasi sineruttive, in particolare intorno alla prima metà di settembre ed intorno alla metà di ottobre. Nell'ultimo caso le anomalie registrate da tutte le stazioni, sono concomitanti all'apertura della frattura eruttiva apertasi nel fianco meridionale del cratere della Bocca Nuova. Il trend decrescente dei flussi di CO_2 è cominciato mediamente agli inizi di novembre in tutte le stazioni, sebbene con variazioni dipendenti da ciascun sito e con le anomalie prima discusse, testimoniando la fase di esaurimento del fenomeno eruttivo non più sostenuto da ingresso di nuovo magma profondo.

Conclusioni

I dati acquisiti dalla rete di monitoraggio relativi al 2006 colgono l'evento eruttivo cominciato il 15 luglio dal cratere di SE, e per un breve periodo manifestatosi anche dal cratere della Bocca Nuova, e protrattosi a fasi alterne fino al 15 dicembre. I fenomeni collegati alla risalita del magma durante il periodo precedente l'inizio dell'evento eruttivo, hanno determinato un incremento dei flussi ben evidenti in sette stazioni della rete ETNAGAS. I valori sono rimasti mediamente alti durante il primo periodo eruttivo (fino a ottobre) per decrescere successivamente; nel contempo hanno manifestato intense oscillazioni che hanno scandito le varie fasi che, a più riprese, hanno caratterizzato l'attività eruttiva in particolare tra settembre e novembre. Successivamente a questa fase, nel complesso i flussi di CO_2 regrediscono fino a valori prossimi a quelli tipici dei periodi intereruttivi. L'andamento complessivo dei flussi raggiunto alla fine del 2006 sembra indicare che la progressiva regressione del fenomeno eruttivo che ha caratterizzato la seconda metà del 2006.

Bibliografia

Gurrieri S. & Valenza M. (1988), Gas trasport in natural porous mediums : a method for measuring CO_2 flows from the ground in volcanic and geothermal areas. Rendiconti SIMP Carapezza M. Memorial Volume, 43, 4, 1151-1158.

Camarda, M., Gurrieri, S. and M. Valenza (2006), CO_2 flux measurements in volcanic areas using the dynamic concentration method: influence of soil permeability, J. Geophys. Res., 111, doi:10.1029/2005JB003898.

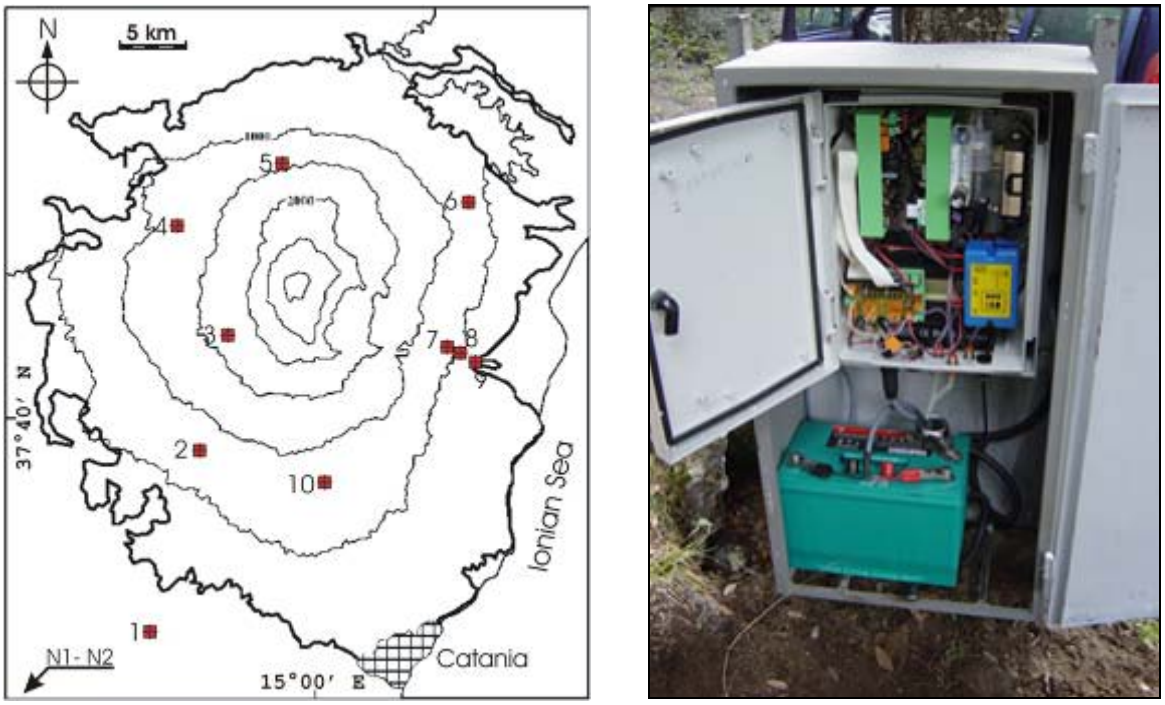


Figura 1. Ubicazione dei siti delle stazioni di monitoraggio in continuo dei flussi diffusi di gas nell'area etnea (sinistra). Interno di una stazione di monitoraggio del flusso di CO_2 esalante dal suolo (Maletto) (destra).

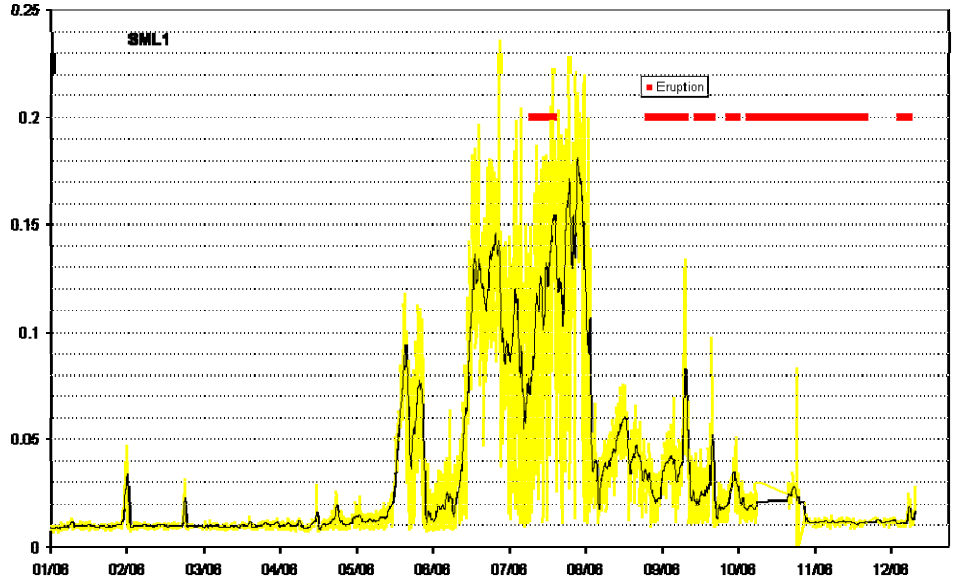


Figura 2. Media mobile (in nero) del flusso di CO_2 (in giallo) (kg m^{-2} day^{-1}) misurato durante il 2006 nel sito SML1 (S. Maria di Licodia).In rosso le fasi eruttive del 2006.

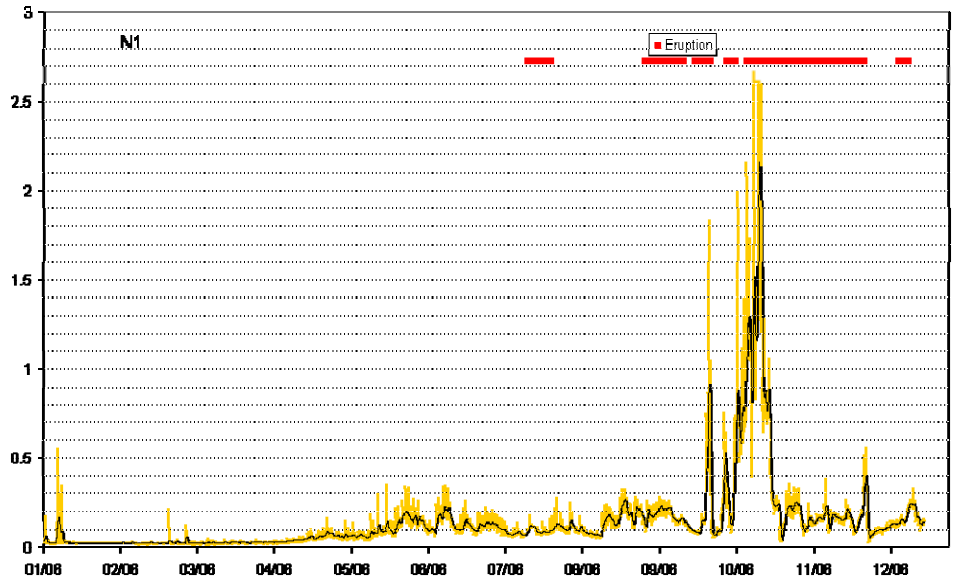


Figura 3. Media mobile (in nero) del flusso di CO_2 (in giallo) (kg m^{-2} day^{-1}) misurato durante il 2006 nel sito N1 (Palagonia). In rosso le fasi eruttive del 2006.

VULCANO

Sintesi delle osservazioni

Nel corso del 2006, le attività di sorveglianza geochimica svolte nell'isola di Vulcano sono consistite nel monitoraggio delle emissioni di gas diffuso dai suoli (CO_2), 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 i pozzi presenti all'interno ed in prossimità dell'abitato di Vulcano Porto. Il calendario dei campionamenti è stato svolto in accordo a quanto previsto dal programma di sorveglianza definito per quest'area vulcanica. I parametri acquisiti durante i primi mesi del 2006 non hanno evidenziato variazioni di rilievo. Nel giugno del 2006, sono state invece osservate anomalie termiche nel campo fumarolico craterico, accompagnate da incrementi sia dei tenori di CO_2 in area craterica, che dei flussi diffusi dal suolo nell'area di Grotta dei Palizzi e Faraglione. Le anomalie hanno avuto breve durata temporale in quanto già nei mesi successivi i valori si erano riportati su livelli normali. Soltanto la fumarola F11 (sita sull'orlo craterico) è stata interessata da un progressivo incremento termico che da gennaio a novembre 2006 ha determinato un aumento dei valori di circa 60°C (da 430°C a 490°C). Il valore massimo di temperatura misurato nel corso della campagna di novembre è il più alto registrato nell'area craterica dopo la crisi del 1996. Le anomalie osservate nell'area craterica sono state anche accompagnate da modesti incremento in alcuni dei parametri chimico fisici (temperatura, salinità e PCO_2) relativi alla falda acquifera (Vulcano Porto). Nell'isola di Vulcano, anomalie simili a quelle registrate a metà 2006 non sono infrequenti anche se nell'ultimo triennio la frequenza di accadimento di questi episodi è certamente aumentata. Benché il limitato coinvolgimento dei sistemi periferici di smaltimento dei fluidi suggerisca che le masse in gioco siano modeste, la valutazione di futuri episodi di degassamento anomalo dovrà tenere in considerazione il trend evolutivo che negli ultimi anni ha caratterizzato la dinamica magmatica ed i conseguenti fenomeni di degassamento e rilascio di energia.di questo sistema vulcanico.

Emissioni diffuse di anidride carbonica dai suoli[23]

Introduzione

Nel corso del 2006 sono state effettuate 12 campagne di misura del flusso di anidride carbonica diffuso dai suoli nell'isola di Vulcano. Le campagne sono state effettuate da gennaio a dicembre, seguendo una scrupolosa cadenza mensile. Le misure sono state eseguite utilizzando il metodo della concentrazione dinamica (Gurrieri and Valenza, 1988; Camarda et al; 2006) su una rete di 51 punti distribuiti all'interno dell'abitato di Vulcano Porto e nelle aree periferiche all'edificio vulcanico di La Fossa, coprendo una superficie di circa 2.2 km2 (Fig. 1). La posizione di tali siti è stata mantenuta rigorosamente fissa negli anni in modo da rendere perfettamente comparabili le campagne di misura (errore relativo ± 4%).

Discussione dei dati

L'andamento temporale del flusso di medio di CO_2 diffuso nell'area monitorata non presenta particolari novità rispetto all'ultimo biennio (Fig. 2). Un leggero trend di diminuzione si evince dall'andamento temporale della media mobile (Fig. 2). I valori medi dei flussi oscillano tra 50 e 90 g m^{-2} day^{-1}, eccezion fatta per il mese di giugno, ove viene registrato un valore di flusso più elevato (150 g m^{-2} day^{-1}). La debole anomalia, anche se di breve durata, ha interessato tutta l'area sottoposta a monitoraggio. Negli anni passati questo fenomeno si è manifestato più volte ad intervalli compresi fra 6 e 10 mesi.

Conclusioni

Nella Fig. 3 viene mostrato l'andamento temporale del flusso medio di CO_2 esalante nell'area di Vulcano Porto a partire dal 1989 allo scopo di valutare le variazioni di flusso del 2006 in un contesto più ampio. In generale il flusso medio di CO_2 nel 2006 ha presentato variazioni moderate, con livelli medi di degassamento simili ai periodi 1998-1999. Anche le variazioni che si sono manifestate durante il mese di giugno raggiungono ampiezze piuttosto modeste se confrontate con le anomalie registrate su un lungo periodo. Nel 2006, pertanto, questo parametro è caratterizzato da una chiara riduzione dei valori medi, anche se il trend a lungo termine risulta ancora crescente. In assenza di nuove indicazioni provenienti da altri parametri o da impreviste evoluzioni dell'attività, per il prossimo futuro si manterrà inalterata la cadenza mensile delle prospezioni e la maglia fissa di siti di misura discontinui.

Bibliografia

Gurrieri S, Valenza M (1988) Gas transport in natural porous medium: a method for measuring CO_2 flows from the ground in volcanic and geothermal areas. Rend Soc It Miner Petrol. 43:1151-1158.

Camarda, M.; Gurrieri, S.; Valenza, M. (2006) CO2 flux measurements in volcanic areas using the dynamic concentration method: Influence of soil permeability. J. Geophys. Res., 111, B05202, doi:10.1029/2005JB003898.

[23] Camarda M., De Gregorio S., Gurrieri S.

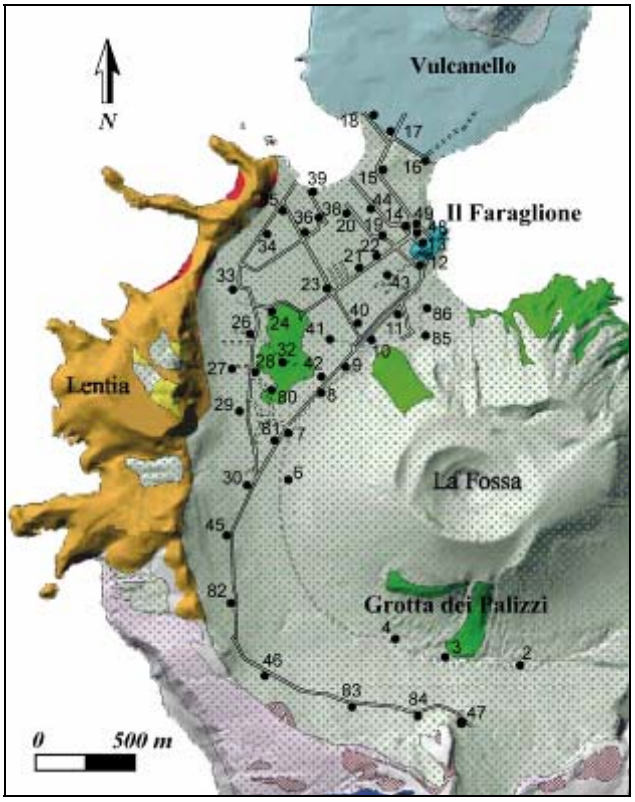


Figura 1. Rete per il monitoraggio discreto dei flussi di CO_2 dai suoli dell'isola di Vulcano. I pallini neri indicano l'ubicazione dei siti di misura.

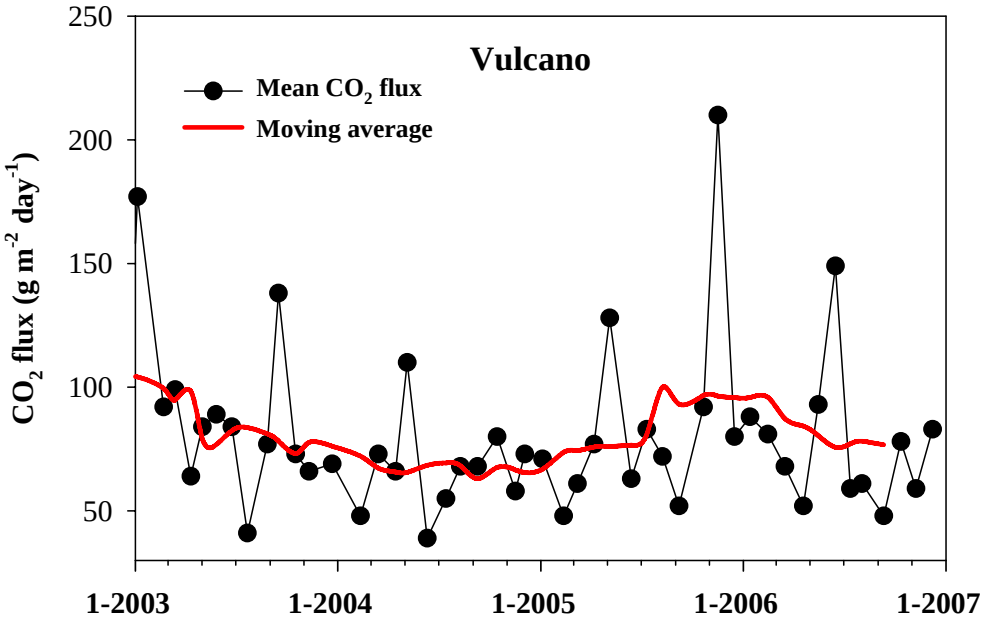


Figura 2. Andamento temporale del flusso medio di CO_2 nell'aria monitorata durante gli ultimi tre anni.

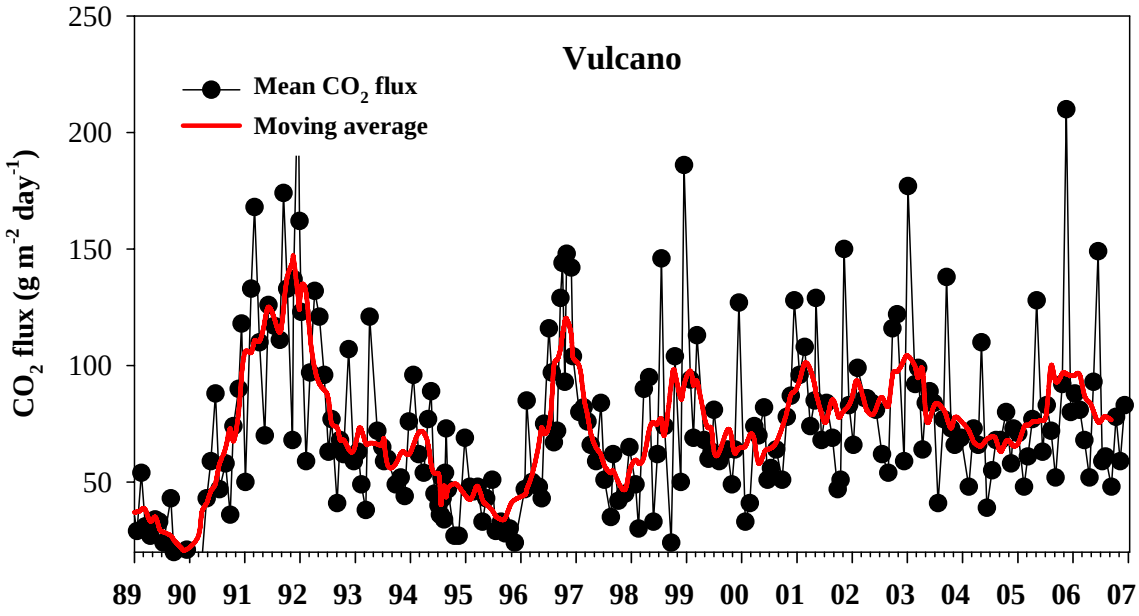


Figura 3. Andamento temporale del flusso medio di CO_2 nell'aria monitorata dal 1989 sino al 2006.

Monitoraggio della falda acquifera nell'area di Vulcano Porto[24]

Introduzione

Nel corso del 2006 sono state campionate la acque della falda di Vulcano Porto attraverso 8 pozzi la cui ubicazione è riportata in Fig. 1. Nei campioni è stata determinata la composizione chimica in termini di costituenti maggiori (Na, K, Ca, Ma, Cl, SO_4) ed in tracce (Sr, Li), la composizione isotopica delle acque ($\delta^{18}O$, δD) e la composizione chimica dei gas disciolti (He, H_2, O_2, N_2, CO, CO_2, CH_4); durante il campionamento sono stati misurati i parametri chimico-fisici delle acque (T, pH, conducibilità elettrica, livello freatico) ed il tenore dei bicarbonato disciolti.

Variazioni chimico fisiche delle acque sotterranee

I valori di temperatura, di salinità (TDS mg/l) e di pressione parziale di CO_2 (PCO_2) di ciascuno degli otto pozzi esaminati per gli anni 1987-2006, sono mostrati nelle figure 2-9 insieme alle medie mobili a 7 termini. I pozzi Camping Sicilia, Bartolo e Muscarà, ubicati alla base dell'edificio craterico de "La Fossa" sono quelli di più alta temperatura. Durante il 2006 le acque di questi pozzi hanno evidenziato piccole variazioni nei valori di temperatura, salinità e PCO_2. Tali variazioni sono modeste se confrontate con quelle più evidenti riscontrate alla fine del 2003, quando la salinità ha subito un forte decremento seguito da oscillazioni di notevole ampiezza, i cui valori massimi sono stati rilevati nella seconda metà del 2004 e del 2005. Alla fine del 2006 la salinità si è riportata verso valori medio bassi e la temperatura è ritornata intorno a 61°C, dopo l'aumento di 2°C registrato nel maggio 2005. Anche la PCO_2 non è stata interessata da variazioni particolari. Nel

[24] Capasso G., Francofone S., Inguaggiato S.

pozzo Camping Sicilia, dopo l'aumento di temperatura registrato fra la seconda metà del 2001 ed il febbraio 2002, la temperatura dell'acqua si è riportata nel consueto intervallo di variazione (fra i 50 ed i 53°C). Le acque di questo pozzo hanno mostrato delle piccole variazioni nei valori di temperatura e salinità verso la fine del 2004 e del 2005. Anche se in maniera meno evidente, lo stesso comportamento è stato osservato negli ultimi mesi del 2006. Il pozzo Bartolo non ha evidenziato particolari variazioni nei valori di salinità e temperatura. Un lieve, ma significativo aumento di temperatura (2°C) è stato registrato anche fra novembre del 2004 e gennaio 2005, mentre una lieve diminuzione è stata osservata alla fine del 2006. Tra la fine del 2005 e per tutto il 2006 è, invece, rilevabile un sensibile trend in aumento nei valori di salinità e PCO_2. Il pozzo Lentia ha mostrato valori stabili di temperatura per tutto il 2006, mentre alcune modeste variazioni sono state rilevate nel 2005. Stesso andamento è osservabile per la PCO_2. Un forte aumento della salinità è stato rilevato solo nel mese di marzo del 2006 accoppiato ad un modesto aumento della PCO_2. Successivamente i valori di entrambi i parametri sono tornati ai valori precedenti. Per il pozzo Discarica si è esaurito il trend di diminuzione della temperatura che dalla fine del 1995 aveva fatto registrare un calo di circa 5°C stabilizzandosi intorno ai 48 °C tra il 2001 ed il 2002. Dopo il 2003 si osserva, invece, un'inversione di questo trend con un aumento della temperatura dell'acqua di circa 1°C, mentre salinità e PCO_2 fanno registrare un aumento dei valori nella seconda metà del 2006. I valori di temperatura, salinità e PCO_2 del pozzo EAS mostrano un forte aumento all'inizio del 2005. Tuttavia, va precisato che il pozzo EAS, fra quelli campionati, è l'unico in cui si osserva una forte stratificazione verticale. Ciò è stato verificato analizzando la composizione chimico-fisica dell'acqua campionata in superficie e a fondo pozzo tramite un'apposita bottiglia di campionamento che consente il prelievo del campione a vari livelli. La composizione chimica ed isotopica dell'acqua ha messo in rilievo un miscelamento fra una componente di origine marina, in profondità, su cui è sovrapposta un'acqua molto diluita di origine meteorica. Vista l'ubicazione del pozzo EAS, l'ingresso della componente marina dovrebbe avvenire da Ovest (Lentia) probabilmente lungo discontinuità strutturali della caldera della Fossa e del complesso del Lentia. Alla luce di ciò, dal mese di luglio 2005, si è deciso di prelevare il campione sempre a fondo pozzo, al fine di ottenere dati più omogenei su cui fare un'analisi più corretta delle variazioni temporali osservate. Come sempre osservato per la falda termale di Vulcano Porto, anche in questo caso i livelli più profondi sono caratterizzati da acque più calde, più saline e più ricche in CO_2 come risulta evidente dai grafici di Fig. 9. Facendo, quindi, riferimento all'ultima porzione dei grafici di Fig. 9, è rilevabile un netto aumento dei tre parametri nella seconda metà del 2005, per ritornare a valori più bassi all'inizio del 2006. Per il pozzo Bambara i valori di temperatura, salinità e PCO_2 mostrano le consuete oscillazioni stagionali. Tuttavia, sovrapposte alle variazioni stagionali, anche per le acque di questo pozzo, è individuabile un lieve trend in aumento in tutti e tre parametri considerati. Il pozzo Castello è ubicato a poca distanza dalla Vasca di Fango nella zona della baia di Levante, caratterizzata dalla presenza di emissioni fumaroliche di bassa temperatura e da elevati flussi di CO_2 dal suolo. L'acqua di questo pozzo è essenzialmente costituita da una componente di origine marina variamente miscelata con una componente superficiale di origine meteorica, a cui si aggiunge una frazione gassosa in soluzione costituita

essenzialmente da CO_2. Come per il pozzo Discarica, anche per Castello si è esaurito un trend di diminuzione della temperatura che dal 2002 aveva fatto registrare un calo di oltre 20°C con il minimo rilevato a gennaio del 2005. Dal febbraio del 2005 fino a tutto il 2006 si osserva, invece, un'inversione di questo trend con deciso un aumento della temperatura dell'acqua che si riporta nell'intorno dei valori misurati nel 2002-2003. Lo stesso andamento è mostrato dai valori di salinità, mentre per i valori di PCO_2 il trend finora descritto è molto più smorzato anche se dello stesso segno. Ciò indica chiaramente che la componente gassosa, provenendo dal reservoir idrotermale profondo, è meno influenzata dal mixing superficiale tra l'acqua marina e l'acqua meteorica.

Conclusioni

Dall'analisi dei dati si osserva un cambiamento nelle modalità di variazione delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque termali dell'area di Vulcano Porto. Tale cambiamento si manifesta sia con un aumento della frequenza e talvolta anche dell'ampiezza delle variazioni osservate, sia con l'instaurarsi di un lieve trend in aumento nei valori di temperatura, salinità e PCO_2 che sembra iniziare nel 2004. Per le loro caratteristiche geochimiche e per le modalità di accadimento, le variazioni osservate non sono ascrivibili al normale ciclo idrologico, ma sono più probabilmente dovute a variazioni dell'interazione fra la falda termale ed i gas fumarolici. In questa ottica, le variazioni rilevate nella falda risultano coerenti con gli aumenti significativi registrati nelle temperature di emissione e nelle variazioni composizionali dei gas delle fumarole crateriche. Tuttavia, le anomalie rilevate nella falda sia nelle temperature che nella composizione chimica sono sensibilmente inferiori a quelle osservate durante la crisi del 1996 ed ancor meno rispetto ai valori registrati nel periodo 1988-1993. Queste osservazioni portano a pensare che l'input profondo di origine magmatica, registrato alle fumarole crateriche tra il 2004 ed il 2005, non sia stato di tale entità da influenzare la falda termale dell'area di Vulcano Porto con la stessa intensità osservata negli anni precedenti. Da ciò si può ipotizzare che l'aumento della componente magmatica è stata efficacemente smaltita fino ad ora dal sistema di degassamento principale dei condotti fumarolici, interessando solo debolmente le porzioni periferiche del sistema vulcanico (acque termali e degassamento dai suoli).

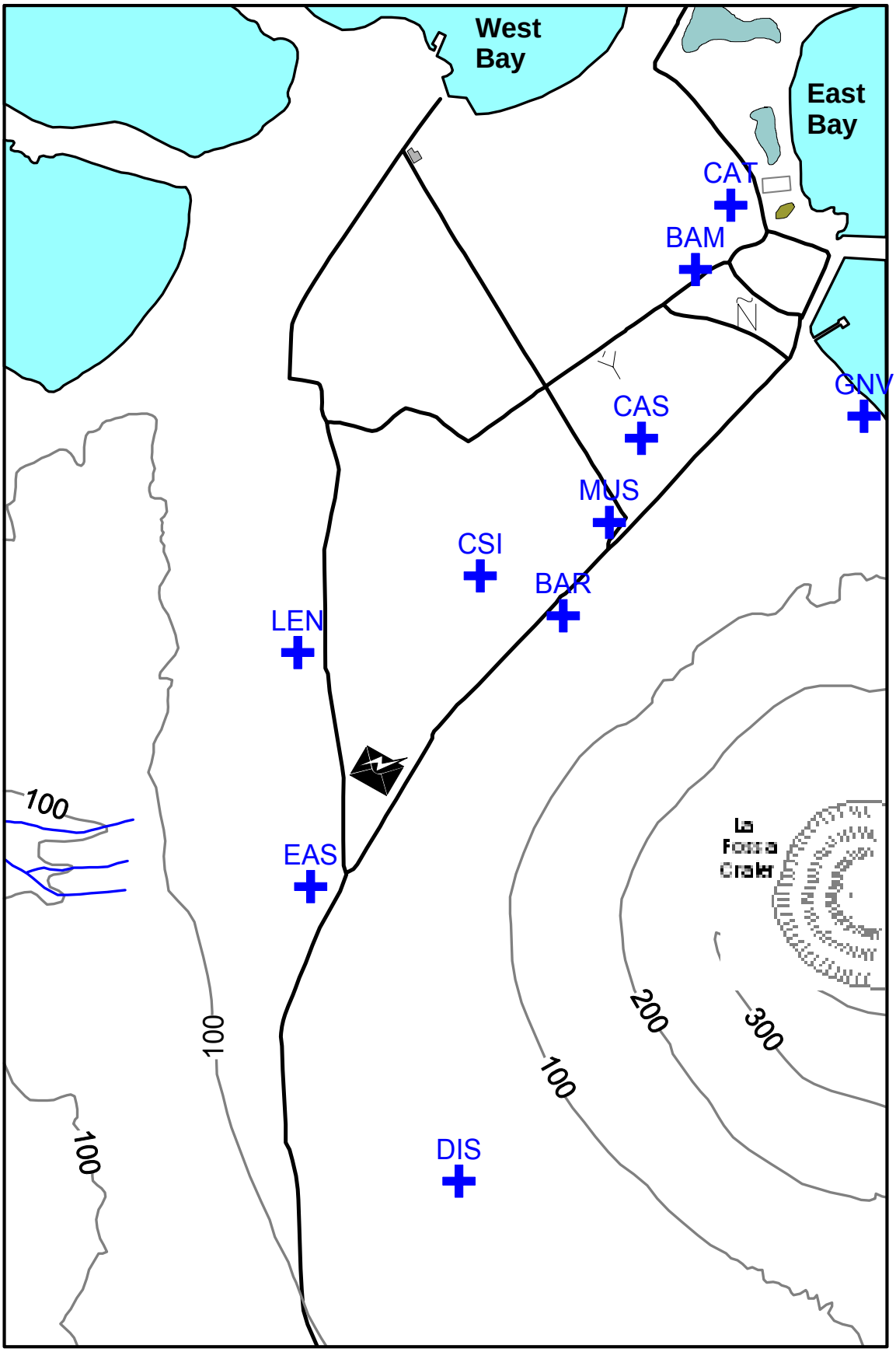


Figura 1. Mappa di Vulcano Porto con l'ubicazione dei pozzi campionati. CAT= Castello; BAM= Bambara; MUS= Muscarà; CSI= C.Sicilia; BAR=Bartolo; LEN= Lentia; DIS= Discarica; EAS.

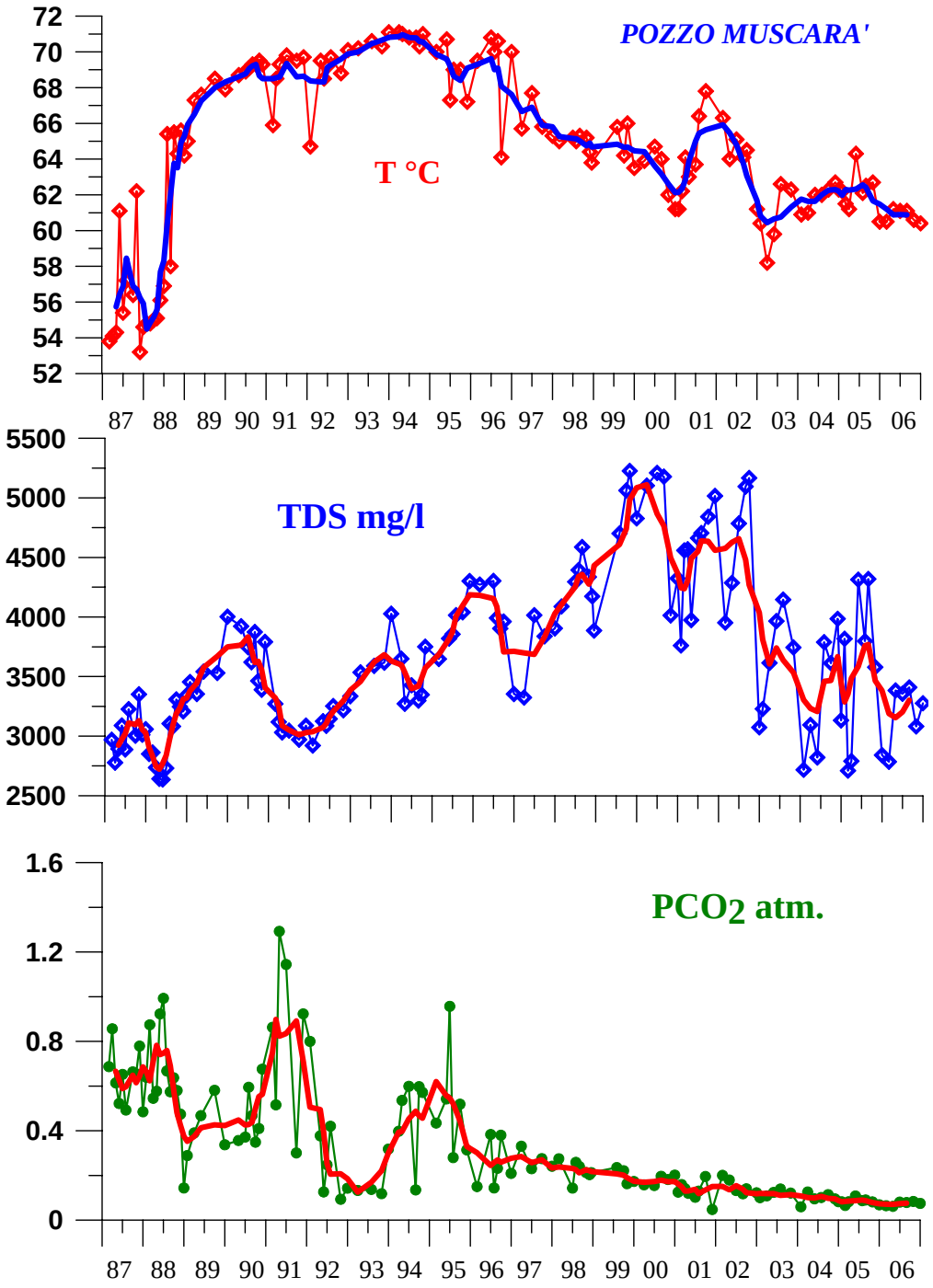

POZZO MUSCARA'
T °C
72
70
68
66
64
62
60
58
56
54
52
87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00 01 02 03 04 05 06
TDS mg/l
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
PCO2 atm.
1.6
1.2
0.8
0.4
0

Figura 2

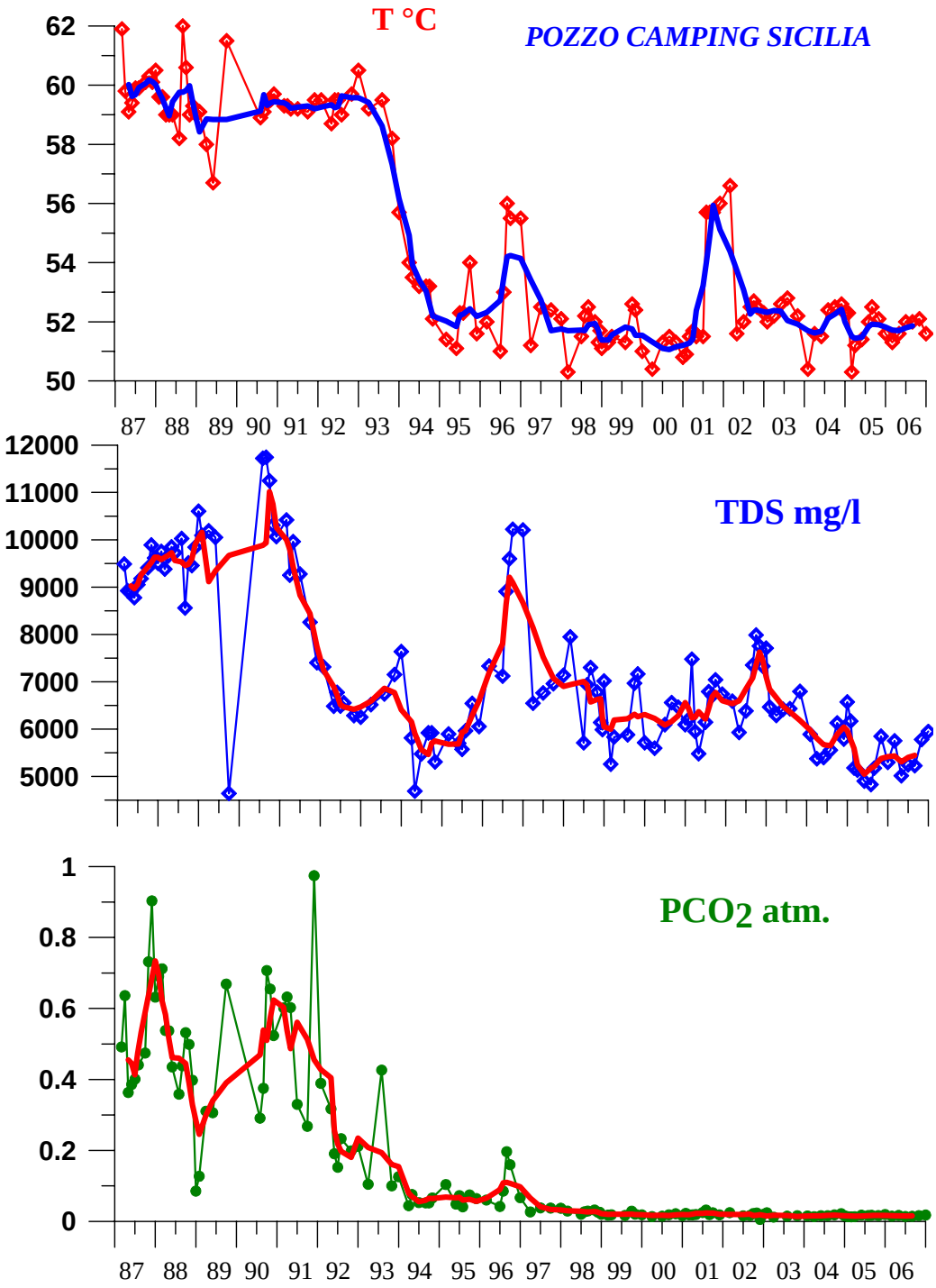

T °C
POZZO CAMPING SICILIA
62
60
58
56
54
52
50
87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00 01 02 03 04 05 06
12000
11000
10000
9000
8000
7000
6000
5000
TDS mg/l
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
PCO2 atm.
87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00 01 02 03 04 05 06

Figura 3

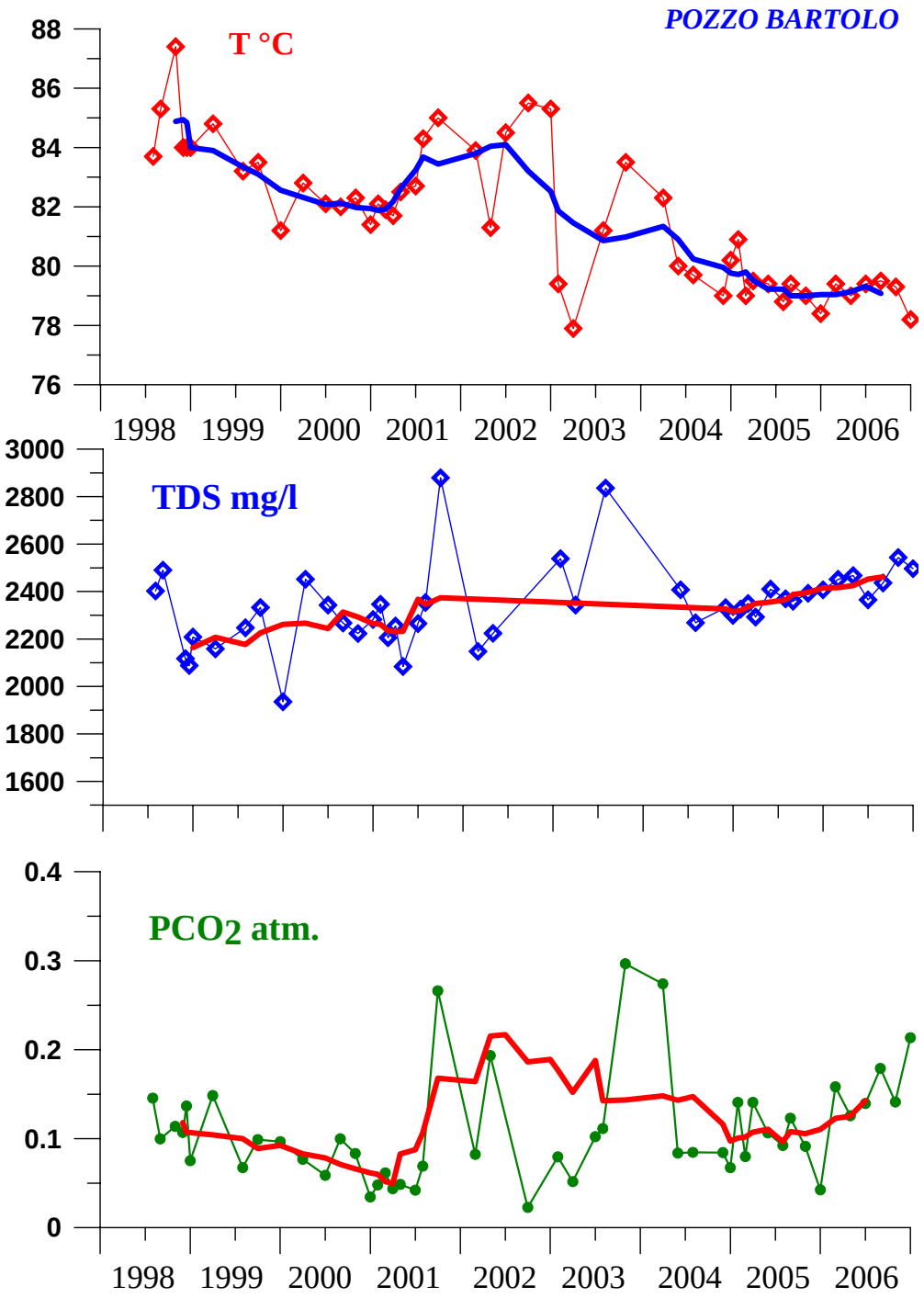

POZZO BARTOLO
T °C
88
86
84
82
80
78
76
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
TDS mg/l
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
PCO2 atm.
0.4
0.3
0.2
0.1
0

Figura 4

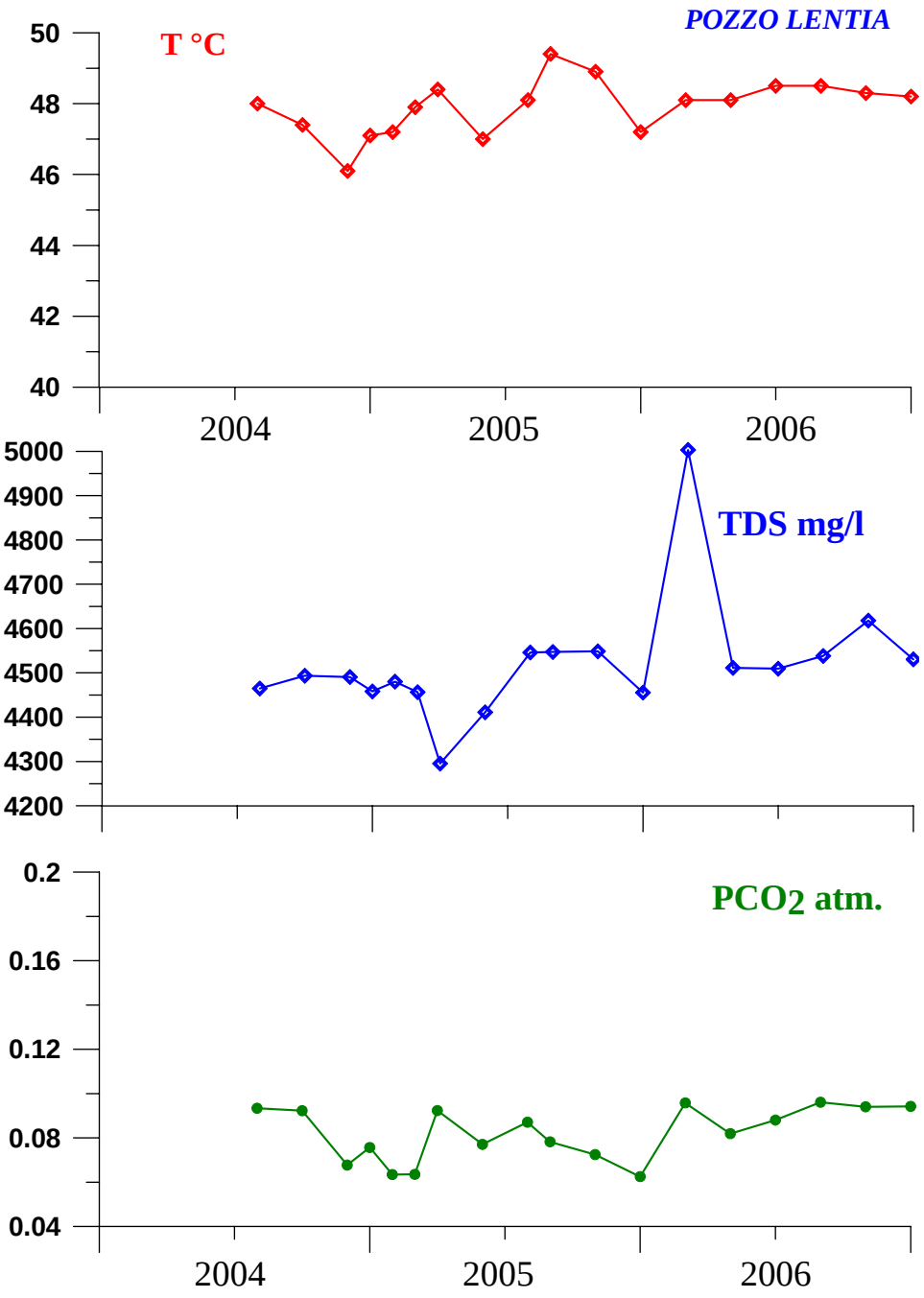

POZZO LENTIA
T °C
50
48
46
44
42
40
2004
2005
2006
5000
4900
4800
4700
4600
4500
4400
4300
4200
TDS mg/l
0.2
0.16
0.12
0.08
0.04
PCO2 atm.
2004
2005
2006

Figura 5

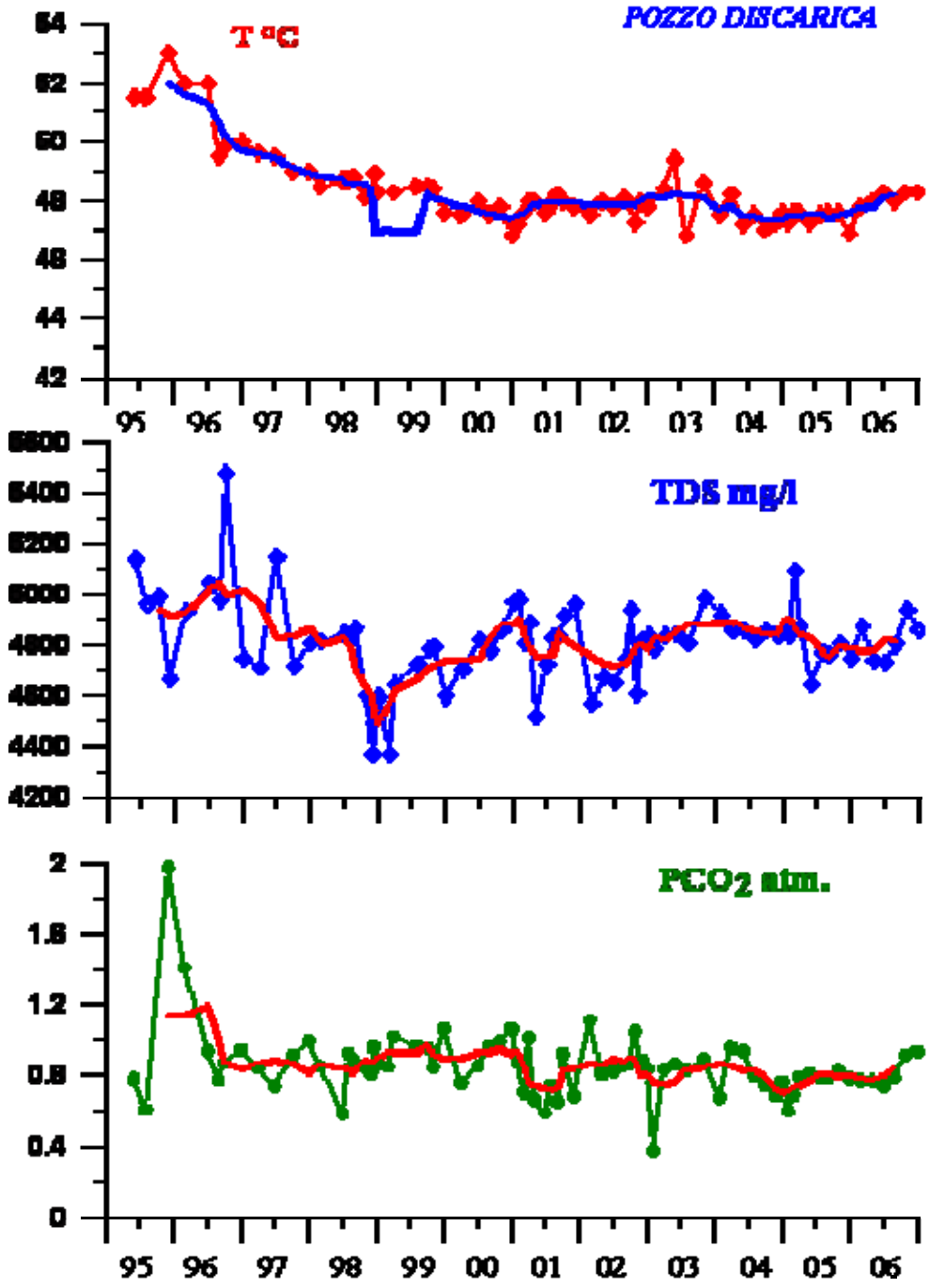

POZZO DISCARICA
T °C
54
52
50
48
46
44
42
95
96
97
98
99
00
01
02
03
04
05
06
TDS mg/l
6600
6400
6200
6000
5800
5600
5400
5200
PCO2 atm.
2
1.8
1.2
0.8
0.4
0

Figura 6

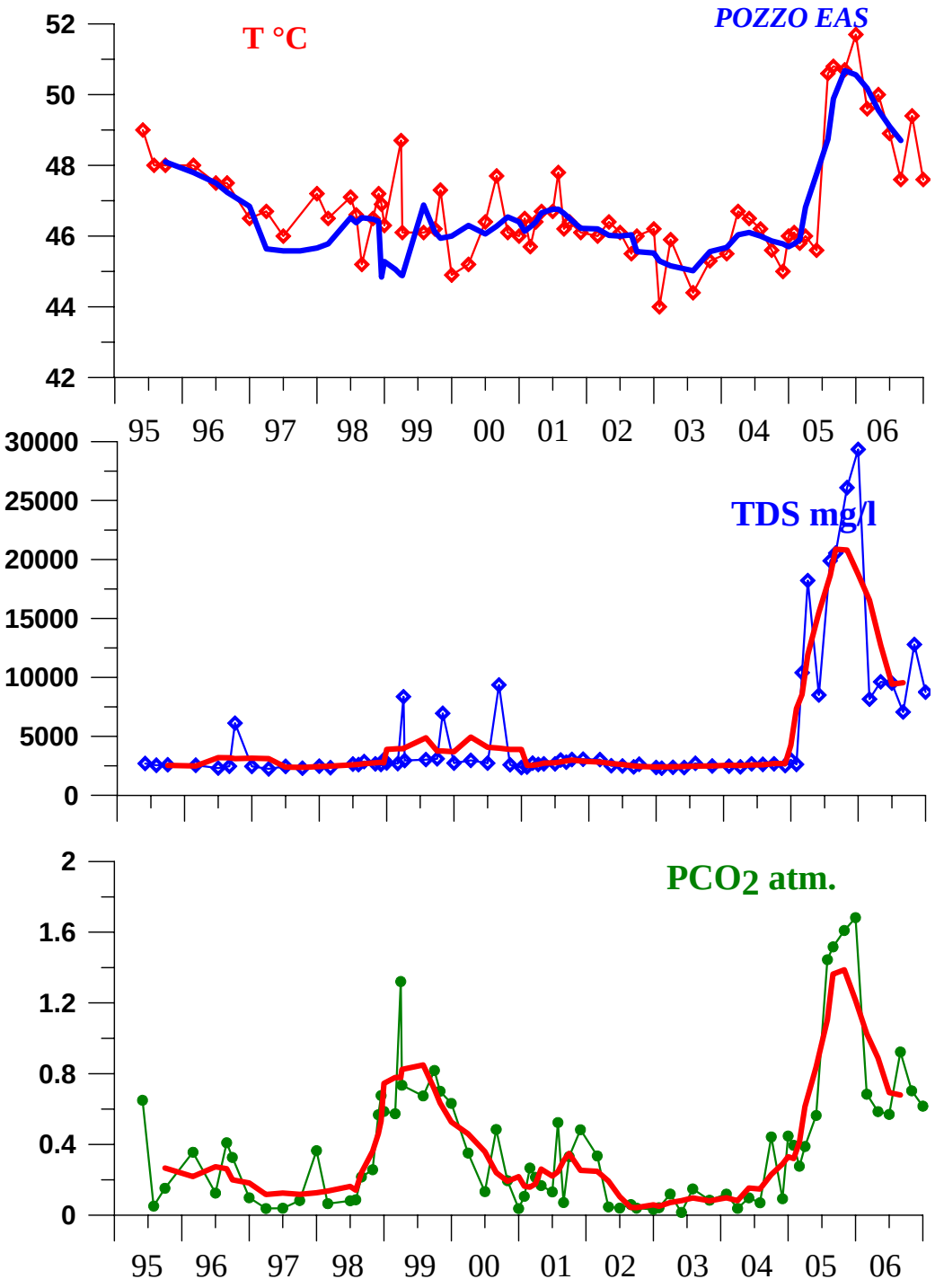

POZZO EAS
T °C
52
50
48
46
44
42
95 96 97 98 99 00 01 02 03 04 05 06
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
TDS mg/l
2
1.6
1.2
0.8
0.4
0
PCO2 atm.
95 96 97 98 99 00 01 02 03 04 05 06

Figura 7

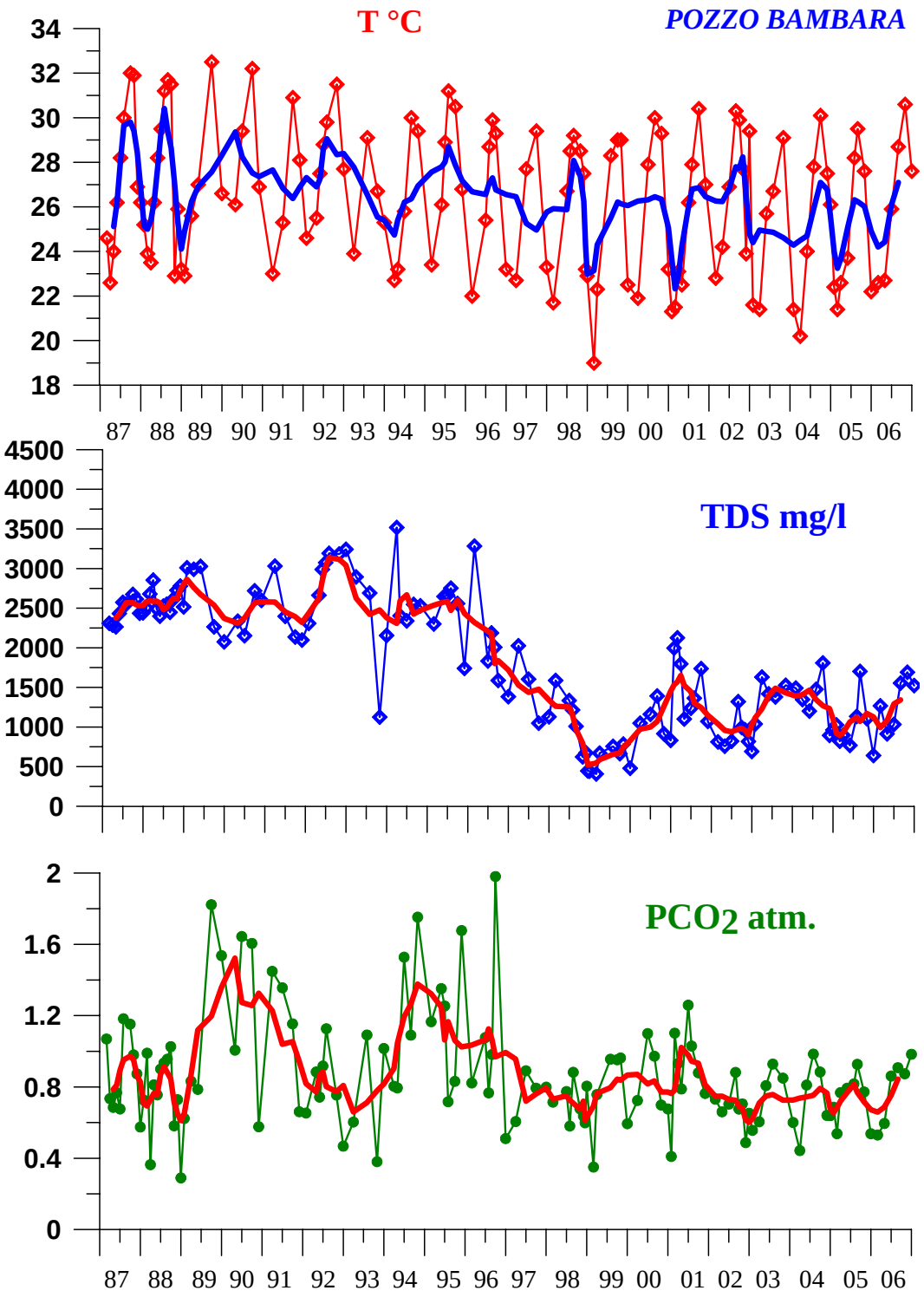

T °C
POZZO BAMBARA
34
32
30
28
26
24
22
20
18
87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00 01 02 03 04 05 06
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
TDS mg/l
2
1.6
1.2
0.8
0.4
0
PCO2 atm.
87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00 01 02 03 04 05 06

Figura 8

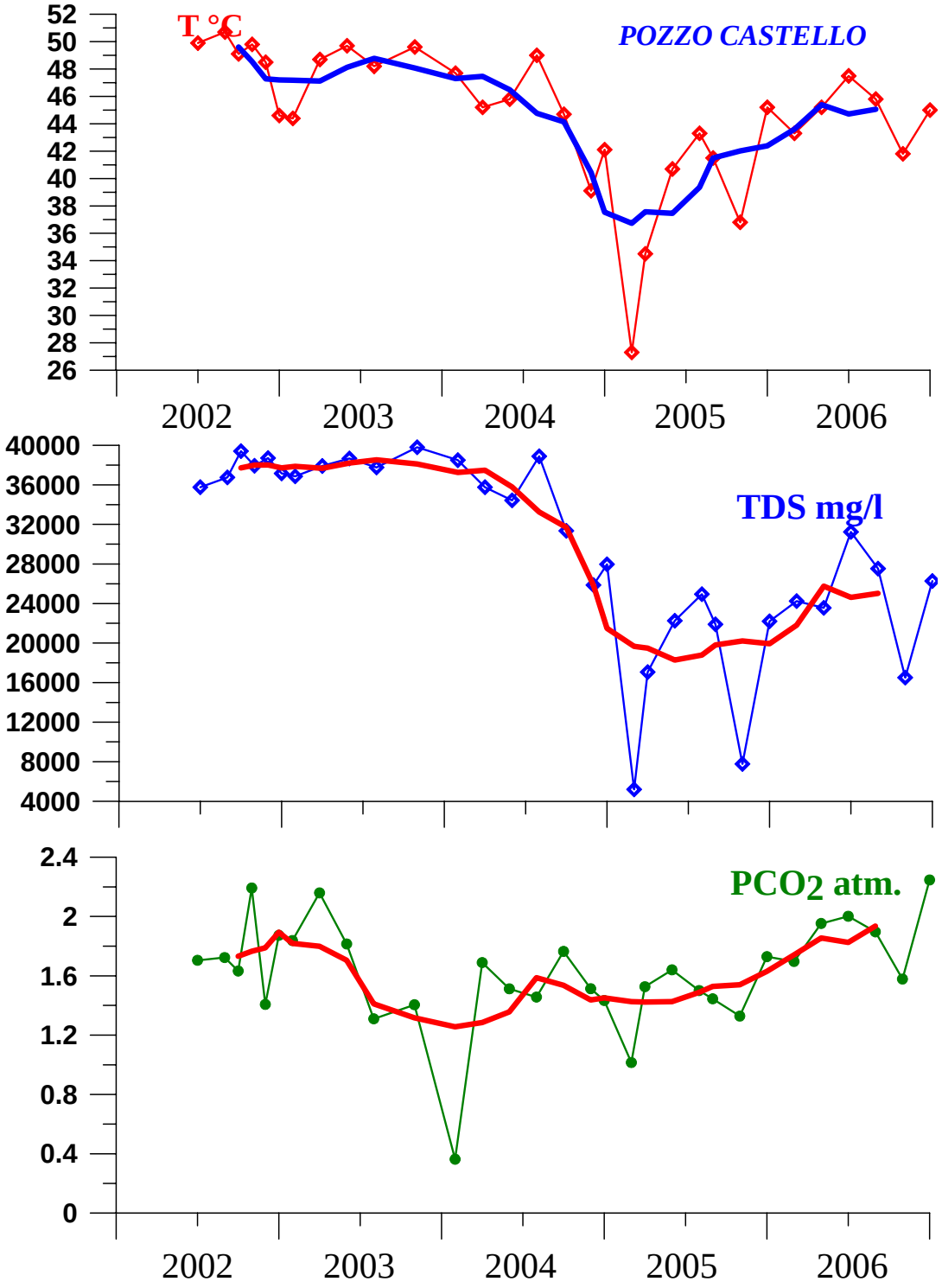

T °C
POZZO CASTELLO
52
50
48
46
44
42
40
38
36
34
32
30
28
26
2002
2003
2004
2005
2006
40000
36000
32000
28000
24000
20000
16000
12000
8000
4000
TDS mg/l
2.4
2
1.6
1.2
0.8
0.4
0
PCO2 atm.
2002
2003
2004
2005
2006

Figura 9

Risultati dell'indagine straordinaria svolta su indicazione del Dipartimento della Protezione Civile il 29 agosto 2006 nell'isola di Vulcano per la verifica delle condizioni chimico-fisiche delle acque nella Vasca di Fango presso le acque calde[25]

A seguito dell'allarme ricevuto in data 28/08/06 dal Dipartimento della Protezione Civile, in merito alle condizioni dell'acqua della Vasca di Fango nella zona di Baia di Levante che aveva assunto una colorazione scura nei giorni compresi tra il 27 ed il 28 agosto 2006, è stato eseguito un controllo completo dei parametri chimico fisici sull'acqua e sui gas emessi sia all'interno della vasca che nelle immediate adiacenze. Da colloqui intercorsi la sera stessa del 28 agosto con alcuni responsabili della società di gestione della Vasca di Fango per fini terapeutici, si apprendeva che qualche giorno prima (probabilmente tra il 23 ed il 24 agosto) erano stati immessi nella Vasca, circa 3 m^3 di argilla proveniente da una zona non meglio precisata del messinese. Due giorni dopo alcune zone della vasca hanno iniziato ad assumere una colorazione nerastra fino ad arrivare al totale cambiamento di colore tra il 27 ed il 28 agosto. Ad un analisi visiva l'acqua appariva perfettamente limpida, mentre il fondo della vasca era completamente ricoperto da un deposito nero molto fine (fig. 1). Per confronto viene riportata una foto della Vasca in condizioni normali. In corrispondenza dei punti di emissione dei gas si intravedeva una piccola deposizione di color nocciola legata al trasporto del materiale sottostante da parte dei gas (fig. 3). Il deposito nero non presentava variazioni di spessore in corrispondenza dei punti di uscita dei gas. Da questa osservazione si può ipotizzare che la deposizione del materiale nero sia avvenuta in maniera omogenea su tutta la vasca per precipitazione dalla soluzione e successiva sedimentazione. Sui bordi della Vasca, all'interfaccia acqua-aria, si osservavano delle zone rossastre color ruggine tipiche di deposizioni di ossidi ferrosi (fig. 4). Per la verifica delle condizioni chimico-fisiche della vasca sono stati effettuati i seguenti rilievi:

- Misura della temperatura, pH, Eh e conducibilità dell'acqua nella vasca dei fanghi.
- Prelievo di un campione di acqua, del sedimento e dell'argilla inalterata che è stata introdotta.
- Prelievo di un campione di gas all'interno della vasca e di uno dal suolo all'esterno della vasca.

Di seguito vengono riportati i parametri chimico-fisici dell'acqua misurati in situ:

- Temperatura dell'acqua: 31.1°C – 32.5°C;
- pH: 5.00 – 5.02;
- Eh: -220mV;
- Conducibilità elettrica 36.0 – 36.2 mS/cm (25°C).

I valori di temperatura, conducibilità elettrica ed Eh non evidenziano particolari anomalie mentre i valori di pH sono decisamente più elevati rispetto a quelli usuali compresi tra 1.5 e 2.5. L'analisi

[25] Capasso G., Paonita A.

chimica dell'acqua evidenzia una componente marina superiore al 90%, con un eccesso di ioni calcio e solfato e la presenza di ioni bicarbonato mai riscontrati in precedenza, visto che non è stabile nelle normali condizioni di pH tra 1.5 e 2.5. Dall'analisi della componente gassosa non si osservano variazioni significative fra il campione preso all'interno e quello prelevato all'esterno della Vasca. Inoltre, il chimismo di entrambi i campioni rientra nei normali intervalli composizionali delle emissioni gassose dell'area fumarolica della Baia di Levante. Dai dati analitici e dalle osservazioni dirette effettuate, appare evidente che la causa del fenomeno sia imputabile all'immissione dell'argilla nella Vasca di Fango. Il rilascio di cationi e di gruppi OH- in soluzione da parte dell'argilla ha causato un notevole innalzamento dei valori di pH. Le nuove condizioni chimico-fisiche della soluzione hanno reso quindi possibile la precipitazione di solfuri metallici che si sono deposti sul fondo della Vasca. Le tracce di ossidazione visibili ai bordi della Vasca fanno ipotizzare che si possa trattare di solfuri di ferro (fig. 4). Alla luce di quanto riscontrato, il fenomeno osservato ha avuto cause antropiche e non vi sono evidenze che possa essere stato causato da variazioni del sistema vulcanico.

Figura 1. La Vasca di Fango durante il sopralluogo del 28/08/2006.

Figura 2. La Vasca di Fango in condizioni normali (maggio 2005).

Figura 3. Piccola deposizione più chiara in corrispondenza dei punti di emissione, legata al trasporto del materiale sottostante da parte dei gas.

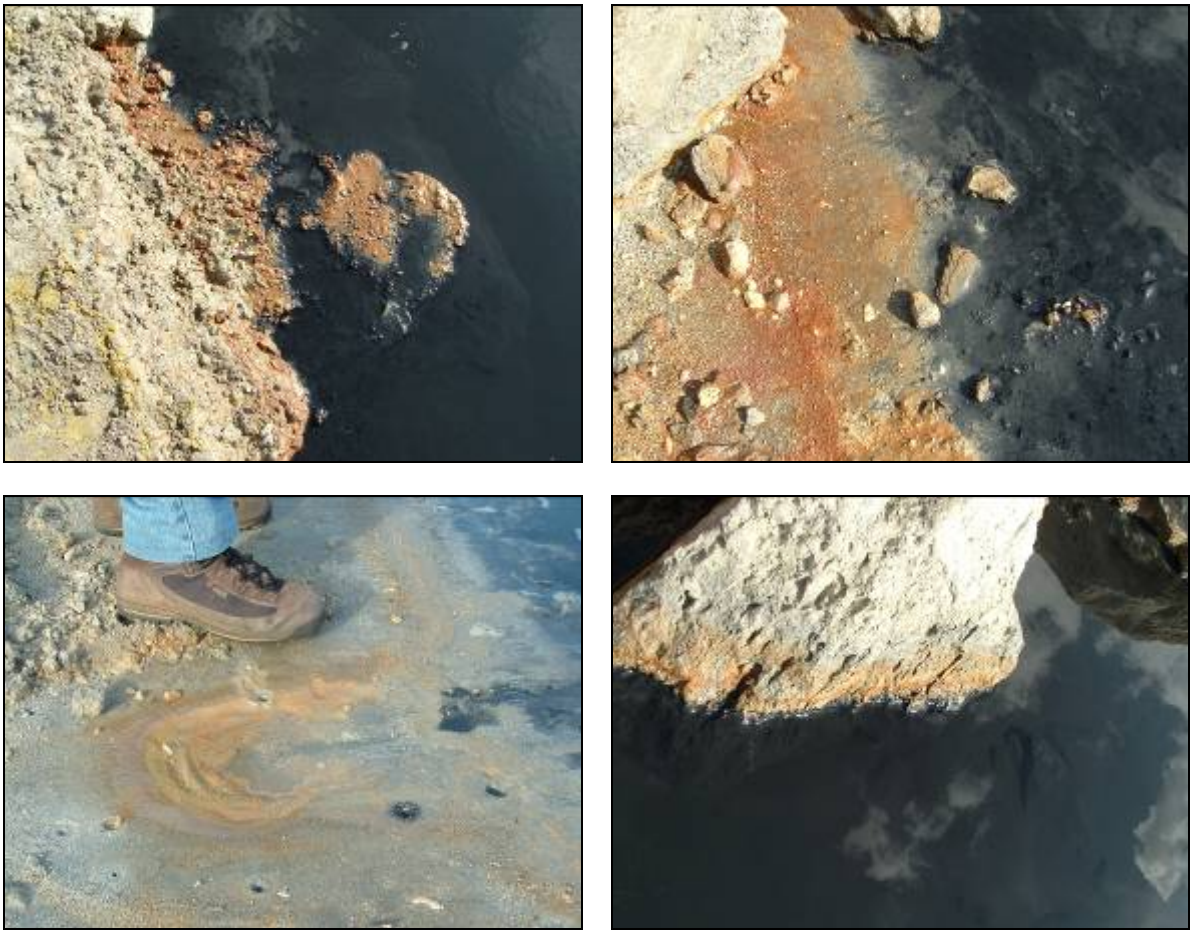


Figura 4. Zone di deposizioni di ossidi ferrosi ai bordi della Vasca e all'interfaccia acqua-aria.

Monitoraggio della composizione chimica ed isotopica dei fluidi emessi nell'area fumarolica di La Fossa[26]

Introduzione

Nel corso del 2006 è stato effettuato il monitoraggio discreto di quattro siti fumarolici situati sull'orlo ed all'interno del cratere stesso (FA, F11, F0 ed F5AT). Nei campioni, prelevati con frequenza bimestrale, è stata determinata la composizione chimica (He, H_2, O_2, N_2, CO, CO_2, CH_4) ed isotopica ($\delta^{13}CCO_2$, $^{3/4}He$). Durante i campionamenti, infine, è stata misurata la temperatura di emissione. Per quasi tutto l'anno, le aree fumarolizzate si sono mantenute stabili in termini di estensione e distribuzione areale, sia sul fianco interno che sull'orlo craterico. Alcune variazioni di un certo rilievo sono avvenute negli ultimi mesi del 2006, con un incremento della fumarolizzazione localizzato soprattutto lungo l'orlo craterico. In particolare, la superficie fumarolica nella zona dell'F11 si è notevolmente allargata lungo lo stesso orlo. Le temperature di emissione dei gas fumarolici non hanno subito variazioni importanti, in particolare nel fianco interno del cratere (fig.

[26] Bonfanti P., Federico C., Italiano F., Madonia P., Paonita A., Pecoraino G., Sortino F.

2). La fumarola FA ha fatto registrare infatti solo un lieve decremento termico di circa 15°C, comunque compreso entro la variabilità del sito. Fa eccezione la fumarola F11, la quale è stata caratterizzata da un progressivo incremento termico a partire dall'inizio dell'anno, che ha innalzato la temperatura da 430°C fino a 490°C (in novembre). Tale valore di temperatura è il più alto registrato al cratere di Vulcano dopo la crisi del 1996.

Discussione dei dati

I gas fumarolici hanno mostrato variazioni composizionali piuttosto ampie, i cui massimi sono stai raggiunti nella metà dell'anno. Riguardo le specie di chiara origine magmatica, i tenori sono progressivamente aumentati in tutte le fumarole a partire da gennaio 2006 fino a luglio, quando le concentrazioni massime di CO_2 ed He nella fumarola FA hanno raggiunto rispettivamente i valori di 15 mol% e $1.7x10^{-4}$ mol% (figg. 3,4). La fumarola F11, benché caratterizzata da temperature di emissione più elevate rispetto alla FA, ha presentato concentrazioni delle specie magmatiche lievemente inferiori. In questo ambito, la F0 è la fumarola più influenzata da un termine idrotermale più superficiale. Successivamente all'apice di luglio, i tenori in CO_2 ed He sono diminuiti in tutte le fumarole, raggiungendo il minimo nel campionamento di novembre. Durante questa campagna di misure, le concentrazione in CO_2 di tutte le fumarole è risultata compresa nell'intervallo 5.5 - 8.5 mol%. La concentrazione delle specie acide (zolfo e acidi alogenici) non ha evidenziato variazioni simili a quanto indicato in precedenza per He e CO_2. I tenori di zolfo totale sono rimasti infatti prossimi al valore 0.5 mol% in tutte le fumarole (fig. 5). Le concentrazioni di HCl sono apparse molto variabili, sia tra le fumarole, sia nell'arco dell'anno (fig.6). Le fumarole FA ed F11 hanno evidenziato concentrazioni elevate come osservato già da qualche anno, al contrario, la fumarola F0 è stata caratterizzata da valori piuttosto bassi. Le specie magmatiche sono state caratterizzate da variazioni della composizione isotopica. In particolare, la composizione isotopica del carbonio, in termini di $\delta^{13}C_{CO2}$, è progressivamente aumentati a partire da gennaio fino a raggiungere un massimo relativo in luglio nelle fumarole FA ed F11 (-0.37‰ vs. PDB) (fig.7). Al pari della concentrazione di CO_2, i valori di $\delta^{13}C_{CO2}$ sono diminuiti in modo apprezzabile verso la fine del 2006. La composizione isotopica dell'elio nella fumarola F11 ha mostrato una variazione temporale molto simile, culminata con il valore di 5.84 Ra raggiunto in luglio (in cui Ra indica il rapporto isotopico $^{3/4}$He in atmosfera, fig.8). Sulla base del chimismo delle fumarole campionate, le composizioni delle emissioni sembrano ancora suggerire l'esistenza di processi di miscelazione tra gas magmatici (ricchi in CO_2 ed He) ed idrotermali (poveri in CO_2 ed He) (Nuccio et al., 1999). I diagrammi CO_2-HCl e CO_2-S mantengono saltuarie correlazioni positive, suggerendo che il termine ricco in CO2 sembra anche trasportare sia il cloro che lo zolfo presenti nei gas fumarolici.

Conclusioni

All'inizio del 2006, la geochimica delle fumarole del cratere di Vulcano segna chiaramente la scomparsa delle anomalie composizionali che avevano caratterizzato la fine del 2005. Ciò è mostrato chiaramente dalle basse concentrazioni delle specie magmatiche, che rientrano nei valori tipici delle fasi di modesta attività del sistema vulcanico. Le variazioni che avvengono nei mesi

successivi tuttavia suggeriscono una nuova fase di crescita del contributo magmatico alle emissioni fumaroliche crateriche. Le concentrazioni massime di specie magmatiche raggiunte nel luglio 2006, sono rimaste comunque ben al di sotto dei valori misurati durante le precedenti due crisi (2004 e 2005). Ciò suggerisce che i fluidi provengano dal degassamento di un corpo magmatico più povero in volatili rispetto a quello che avrebbe alimentato le fumarole crateriche negli episodi di degassamento degli ultimi due anni (Nuccio e Paonita, 2001). In tal senso, potrebbe trattarsi del degassamento dello stesso corpo magmatico, che risulta progressivamente impoverito in specie gassose. La diminuzione nella concentrazione di specie magmatiche, osservata negli ultimi campionamenti del 2006, sembra comunque indicare che l'anomalia geochimica di metà anno si sia conclusa. Il fatto che la stessa non abbia cospicuamente interessato i sistemi periferici di smaltimento di fluidi del vulcano, ed in particolare gli acquiferi termali e il degassamento dal suolo (vedi altre relazioni in questo documento), suggerisce che l'incremento dell'input magmatico sia stato molto limitato in termini di massa ed energia. Tale comportamento è stato similmente osservato nei due episodi precedenti del biennio 2004-05, e supporta l'ipotesi del coinvolgimento di un unico corpo magmatico di modeste dimensioni, la cui lenta risalita determina ciclicamente le anomalie evidenziate negli ultimi anni.

Bibliografia

Nuccio P.M., Paonita A., Sortino F. (1999) Geochemical modeling of mixing between magmatic and hydrothermal gases: the case of Vulcano, Earth Planet. Sci. Lett, 167, 321-333.

Nuccio P. M., Paonita A. (2001) Magmatic degassing of multicomponent vapors and assessment of magma depth: application to Vulcano Island (Italy), Earth Planet. Sci. Lett., 193 (3-4), 467-481.

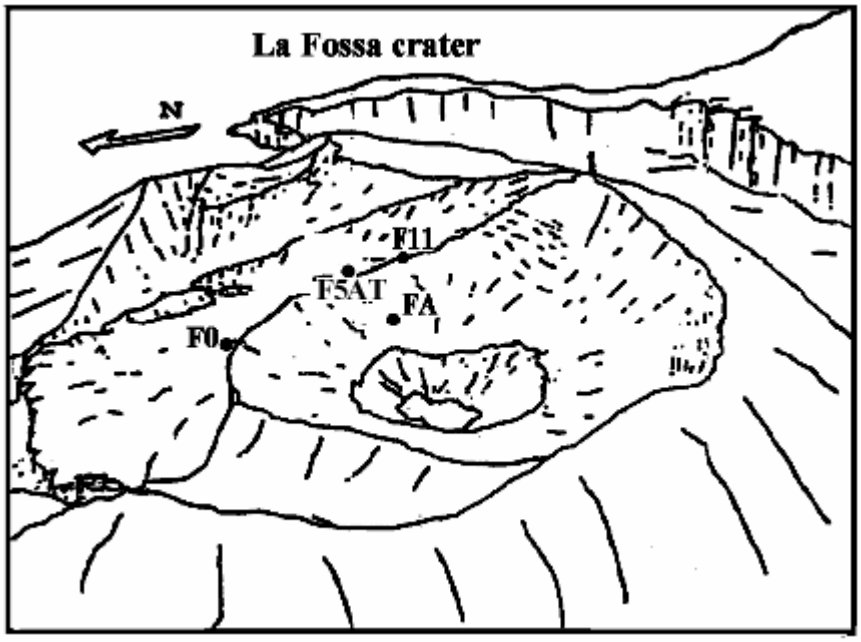


Figura 1. Ubicazione delle fumarole campionate.

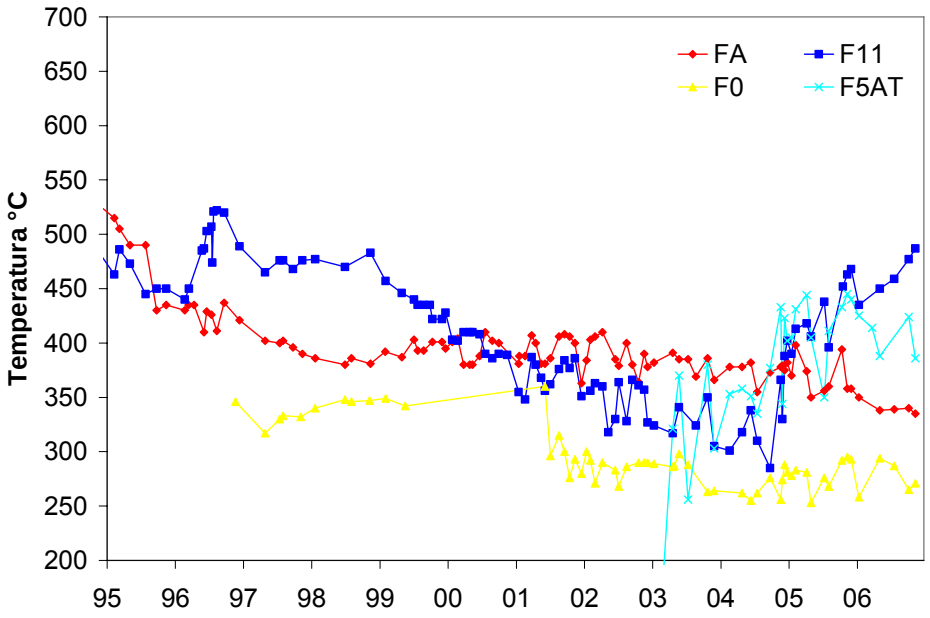


Figura 2. Temperatura di emissione delle fumarole a partire dal 1988.

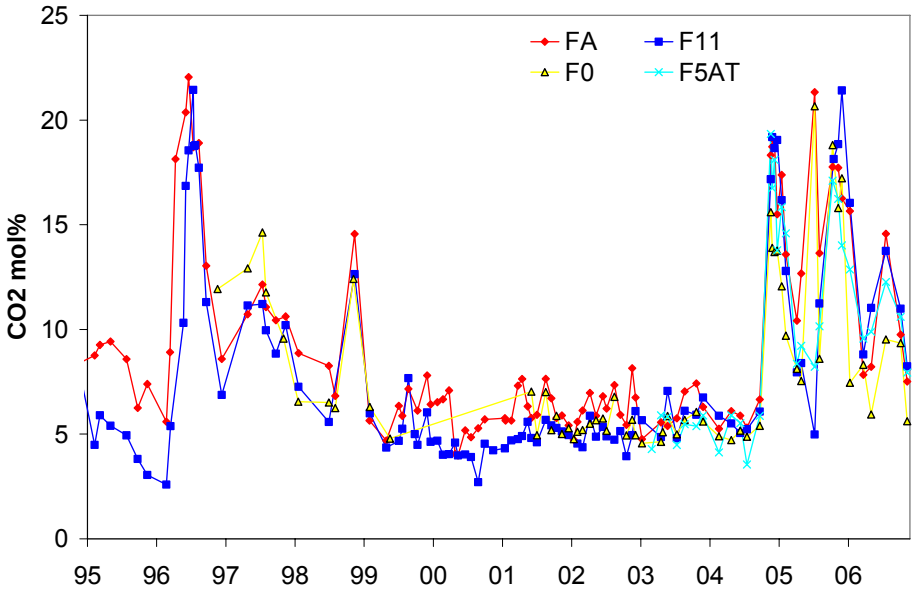


Figura 3. Concentrazione di CO_2 delle fumarole a partire dal 1995.

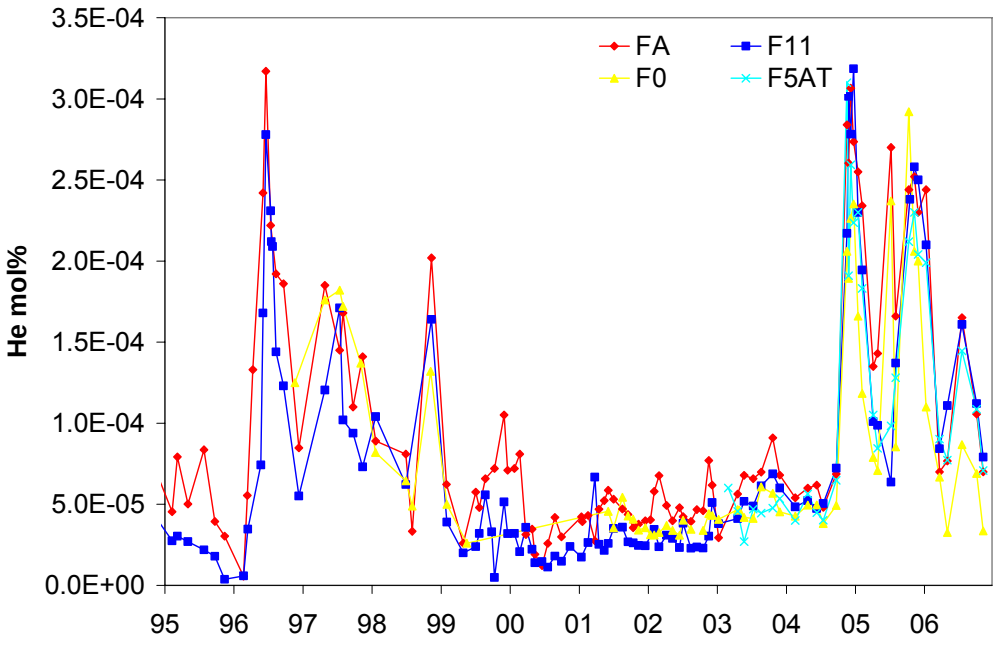


Figura 4. Variazioni della concentrazione di He a partire dal 1995.

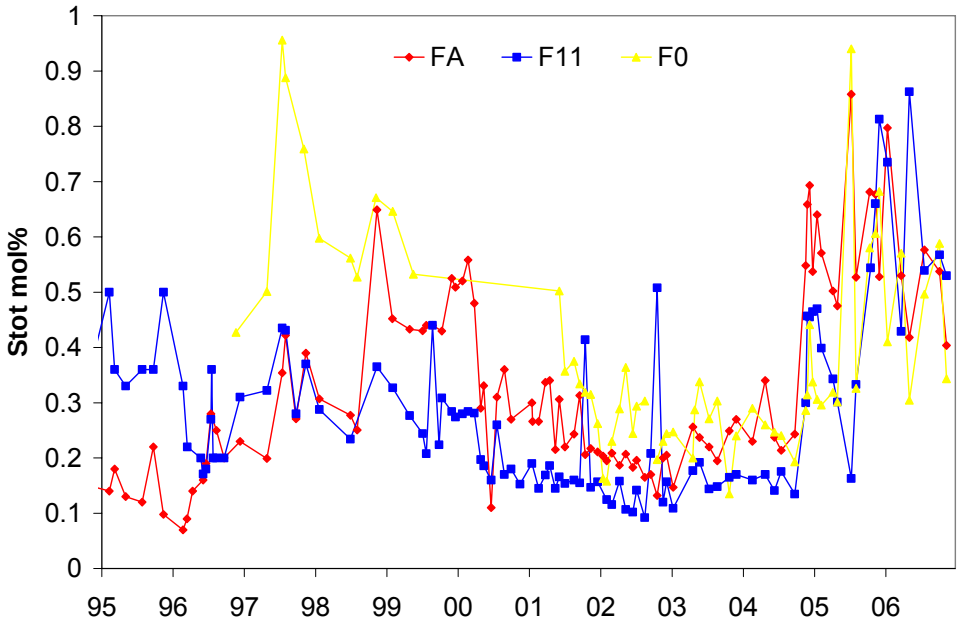


Figura 5. Concentrazione di zolfo totale a partire dal 1995.

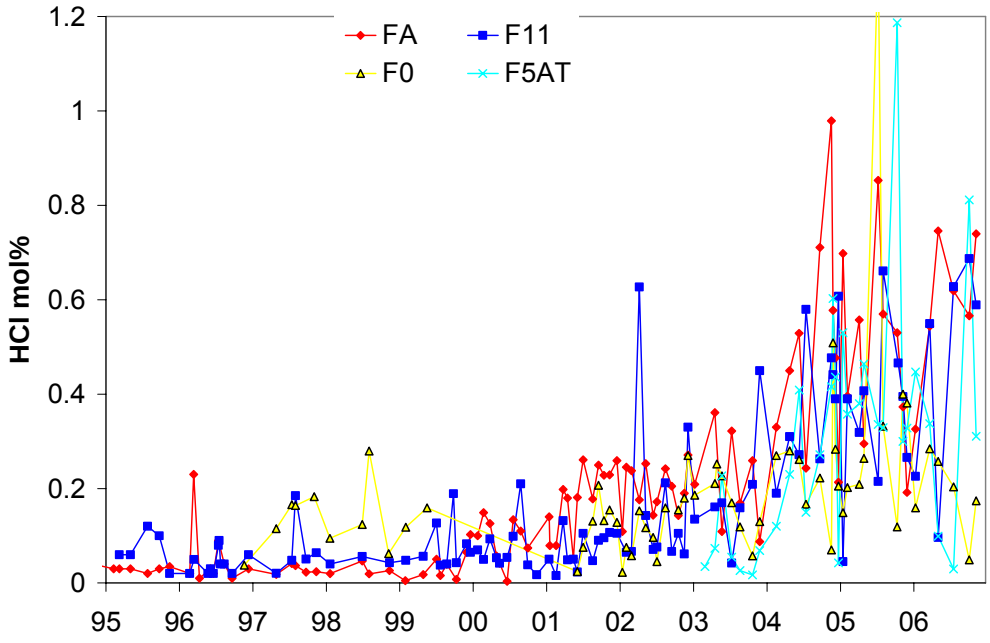


Figura 6. Variazione della concentrazione di HCl a partire dal 1995.

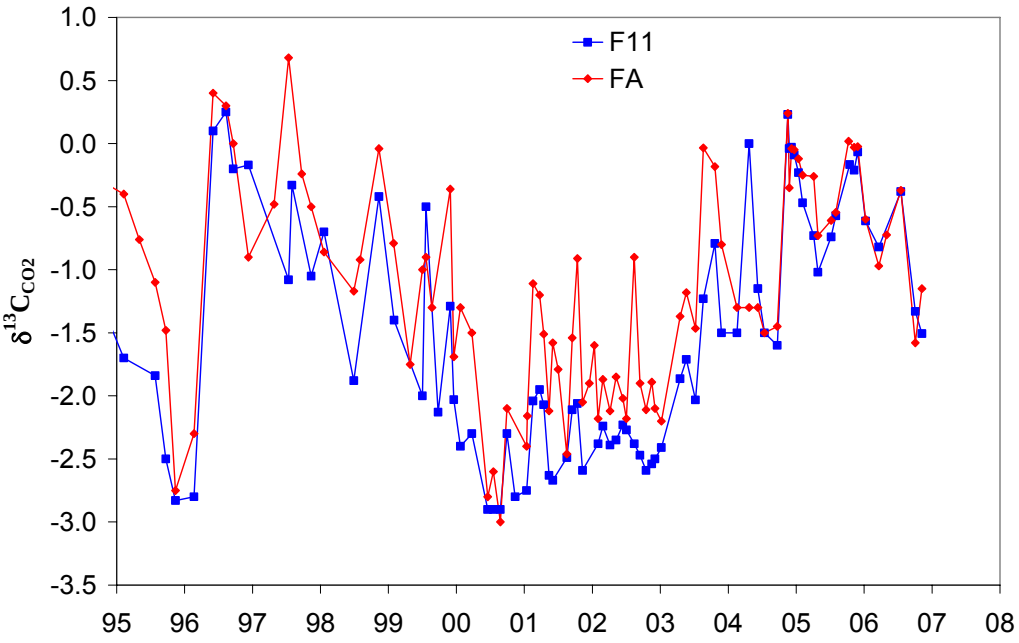


Figura 7. Variazioni della composizione isotopica della CO_2 delle fumarole FA ed F11 dal 1995.

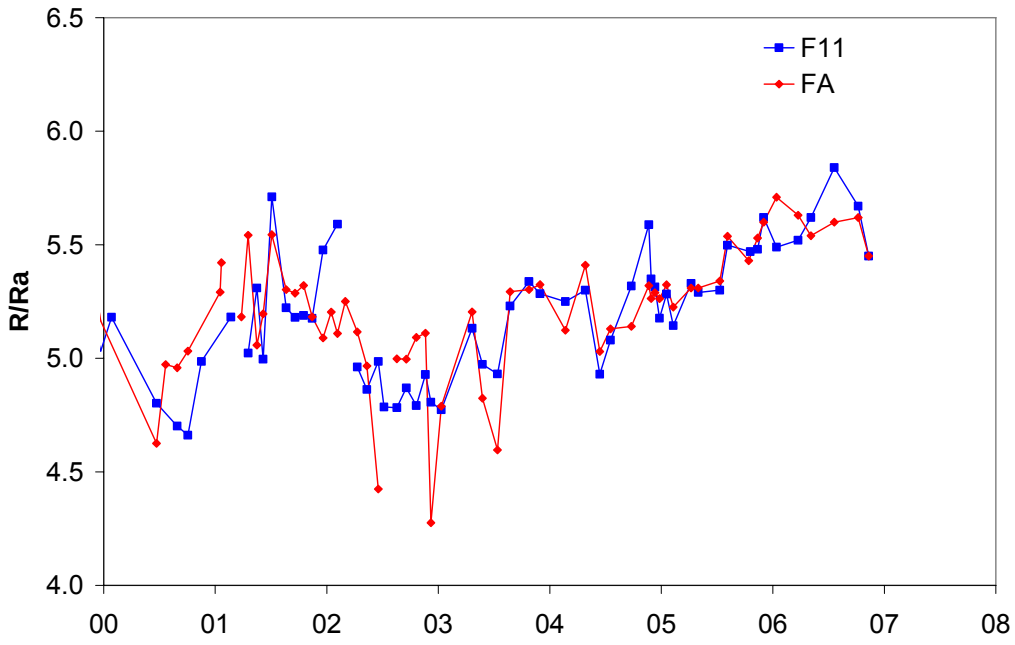


Figura 8. Variazioni della composizione isotopica dell'elio delle fumarole FA ed F11 nel periodo 2000-06.

Monitoraggio continuo dei flussi diffusi di CO_2 dai suoli e delle temperature fumaroliche[27]

Introduzione

Il sistema di monitoraggio è costituito da un centro di acquisizione dati e sette stazioni periferiche ubicate nell'isola di Vulcano e Lipari (fig. 1):

- VULCRA - situata nel Cratere "La Fossa", registra i valori di temperatura delle fumarole Fratt/B1, Fratt/B2, F5 ed F5 A.T.
- VULCRA 2 - situata nel Cratere "La Fossa", registra i valori di temperatura della fumarola FA.
- VULSPI - registra i valori di temperatura di una fumarola situata nell'area di "Porto Levante".
- CAMPO ed ENEL - situate alla base del cono "La Fossa" registrano i valori di concentrazione di CO2 delle emissioni dal suolo.
- PALIZZI - situata nell'area di "Grotta dei Palazzi" misura la concentrazione di CO2 delle emissioni dal suolo.
- CECAR - installata al "Centro Carapezza" acquisisce dati meteorologici (direzione e velocità del vento, pressione atmosferica, umidità relativa, temperatura ambiente e piovosità).

Temperatura dei gas fumarolici

Tra gennaio e febbraio 2006 le temperature delle fumarole F5AT, FA e F5 hanno mostrato una lenta diminuzione portandosi rispettivamente a 380, 340 e 220°C (fig. 2). Durante il periodo

[27] Badalamenti B., Di Ganci F., Francofonte V., Liotta M., Mastrolia A., Sansone G.

compreso tra marzo e luglio 2006 i valori di temperatura delle fumarole non hanno subito variazioni rilevanti. Nel mese di luglio le fumarole F5AT e FA hanno mostrato un repentino aumento delle temperature, portandosi rispettivamente a 400 e 370°C. Un analogo innalzamento della temperatura è stato osservato nel mese di agosto presso la fumarola F5 che si è portata a 256°C. Le temperature, quindi, si sono mantenute pressoché costanti fino al mese di settembre. Da ottobre a dicembre tutte le fumarole F5AT, FA e F5 hanno mostrato una graduale e continua diminuzione delle temperature. Le repentine diminuzioni che si osservano alle fumarole F5, FA ed F5 AT sono dovute a precipitazioni che, se cospicue, abbassano le temperature delle fumarole per un breve periodo di tempo, circa 4 giorni, trascorsi i quali i valori si ripristinano. Gli altri parametri acquisiti (emissioni di CO_2 dai suoli, e temperatura presso la fumarola di Porto Levante), non hanno mostrato variazioni di rilievo.

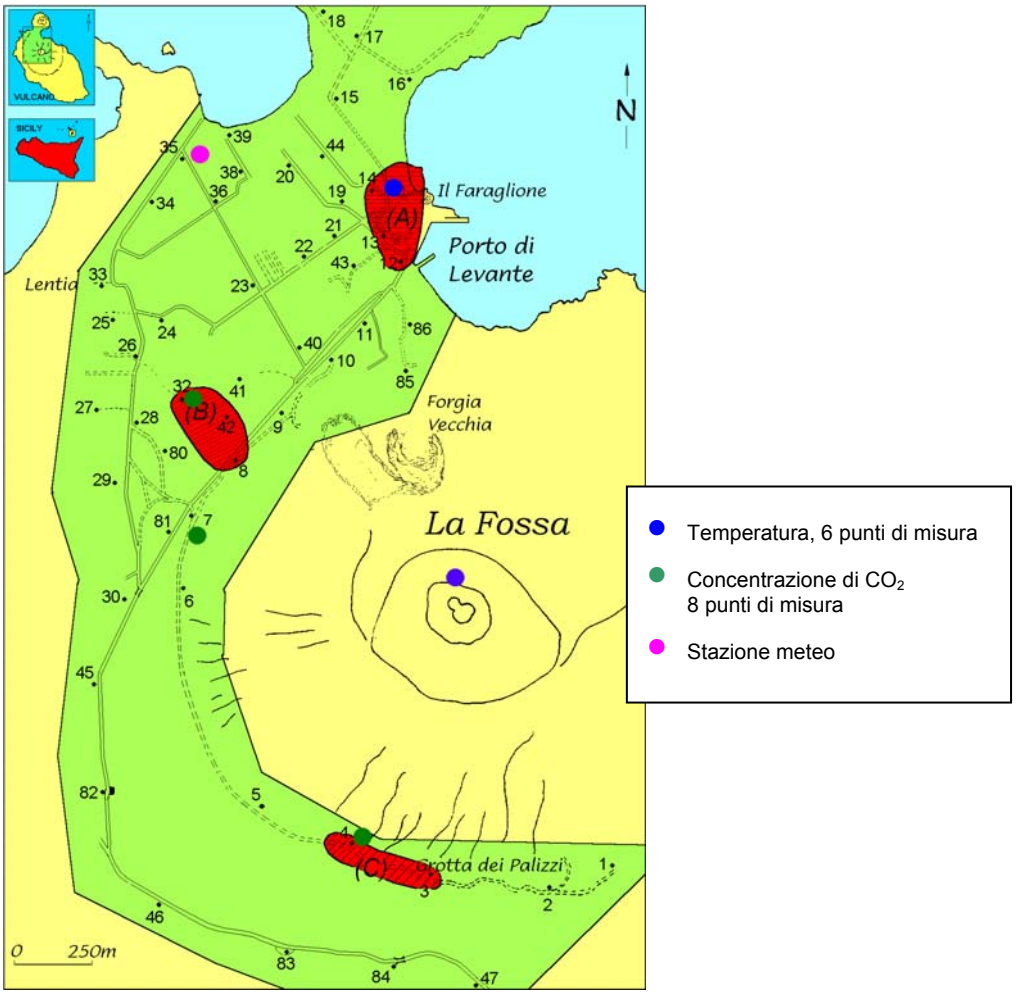


Figura 1. Ubicazione delle stazioni.

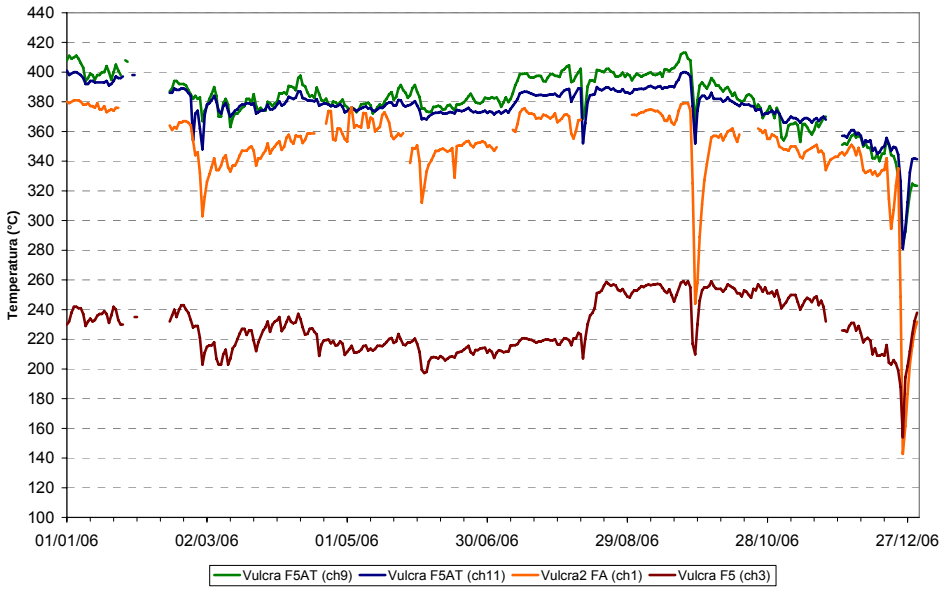


Figura 2. Valori medi giornalieri della temperatura delle fumarole F5AT (due punti di misura), F5 e FA del periodo Gennaio-Dicembre 2006.

Ampliamento del sistema per il monitoraggio continuo della falda acquifera e dei gas diffusi dai suoli[28]

Introduzione

Nel corso del 2006, è stato avviato il progetto di ristrutturazione ed ampliamento della rete di Vulcano. Le attività sono consistite nella realizzazione di 1 stazione per il monitoraggio del flusso diffuso di CO_2 (φCO_2) dai suoli e due stazioni per il monitoraggio della pressione assoluta dei gas disciolti nella falda acquifera (TDGP). La prima stazione è stata installata in prossimità del Faraglione, all'interno di una proprietà privata lungo la strada principale dell'isola. La stazione misura i flussi di CO_2 diffusi dai suoli (metodo Gurrieri & Valenza, 1998; Camarda et al., 2006) ed i principali parametri meteorologici (temperatura, pressione ed umidità dell'aria, direzione e velocità del vento, piovosità). La stazione è stata realizzata nei laboratori della sede di Palermo dell'INGV; è collegata alla sala monitoraggio attraverso modem GSM e si appoggia al sistema di acquisizione automatico messo a punto negli ultimi anni per la gestione delle reti ETNAGAS, ETNAACQUE, STROMBOLI E PIEMONTE. Le altre due stazioni sono state installate in due pozzi presenti all'interno dell'abitato di Vulcano Porto (Bambara e Le calette). Le due stazioni misurano i

[28] De Gregorio S., Camarda M., Gurrieri S.

principali parametri chimico fisici delle acque (temperatura, conducibilità elettrica e livello freatico), nonché la pressione assoluta del gas disciolto (TDGP). Anche queste stazioni sono state assemblate nei laboratori dell'INGV di Palermo e sfruttano la medesima tecnologia impiegata nelle reti Etna e Stromboli (sia in termini hardware che software). In particolare, il sensore TDGP è stato ideato da ricercatori dell'Ente (De Gregorio et al., 2006), e testato per oltre un anno nell'isola di Vulcano mediante installazioni sperimentali.

Bibliografia

Gurrieri S, Valenza M (1988) Gas transport in natural porous medium: a method for measuring CO_2 flows from the ground in volcanic and geothermal areas. Rend Soc It Miner Petrol. 43:1151-1158.

Camarda, M.; Gurrieri, S.; Valenza, M. (2006) CO_2 flux measurements in volcanic areas using the dynamic concentration method: Influence of soil permeability. J. Geophys. Res., 111, B05202, doi:10.1029/2005JB003898.

S. De gregorio, P. Madonia., G. Giudice, S. Gurrieri, S. Inguaggiato (2006) – Contemporary total dissolved gas pressure and soil temperature anomalies recorded at Stromboli volcano (Italy). Submitted GRL.

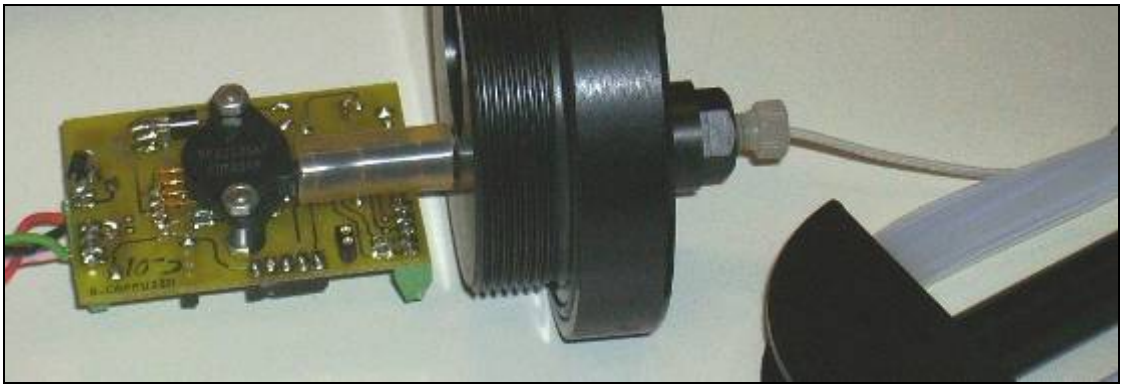


Figura 1. Sensore per la misura del TDGP.

STROMBOLI

Sintesi delle osservazioni

Le attività svolte durante il 2006 sull'isola di Stromboli, sono consistite nel monitoraggio delle acque di falda e dei gas in esse disciolti, dei gas fumarolici e del plume e delle emissioni di gas diffuso dai suoli. Queste ultime sono state monitorate anche attraverso sistemi di misura automatici. Nel corso del 2006, le reti sono state ampliate con una nuova stazione sperimentale per la misura della pressione totale dei gas disciolti nelle acque di falda ed una stazione per la misura delle temperature delle emissioni fumaroliche in quota. I dati acquisiti nel corso del 2006 evidenziano modeste variazioni di attività. In particolare, nei primi mesi dell'anno si è osservato la progressiva regressione della crisi esalativa che aveva caratterizzato la fine del 2005. Successivamente non si evidenziano variazioni di particolare rilievo in tutti i parametri geochimici monitorati. Soltanto verso la fine dell'anno si registrano incrementi modesti nei valori di concentrazione di alcune specie gassose disciolte nelle acque di falda che sembrerebbero indicare l'arrivo di nuovo magma nelle porzioni profonde del circuito di alimentazione dello Stromboli.

Monitoraggio delle falde acquifere, delle manifestazioni fumaroliche e delle emissioni diffuse di CO2 dai suoli[29]

Introduzione

Stromboli, il vulcano più attivo dell'intero arco eoliano, è caratterizzato da un degassamento sommitale a "condotto aperto" permanente e da una persistente attività esplosiva. Occasionalmente, in quest'area si verificano esplosioni più violente associate ad emissioni di lava. L'episodio eruttivo più recente ha avuto inizio alla fine del 2002, si è protratto fino al 22 luglio del 2003 ed è stato accompagnato da un forte evento esplosivo (5 aprile 2003). Dopo la fine dell'eruzione, Stromboli ha ripreso gradualmente la sua tipica attività inter-eruttiva caratterizzata da modeste esplosioni nei crateri sommitali con una frequenza di circa un evento ogni 20-30'.

Il programma di sorveglianza svolto durante il 2006 è consistito nel monitoraggio della composizione chimica ed isotopica delle acque di falda e dei gas in esse disciolti, delle emissioni fumaroliche e dei gas diffusi dai suoli. Tale obbiettivo è stato raggiunto attraverso campionamenti periodici (e successive analisi di laboratorio) e misure continue effettuate tramite strumentazioni automatiche. La falda acquifera è stata campionata attraverso 4 pozzi termali ubicati all'interno del centro abitato di Stromboli (fig. 1) individuati attraverso uno studio di dettaglio svolto nel triennio 1999-2002. La rete per il monitoraggio continuo è costituita da due stazioni per la misura del flusso di CO_2 dai suoli site rispettivamente a Scari (STR01: all'interno del centro abitato di Stromboli) e sulla parte sommitale del vulcano (STR02: in località Pizzo Sopra La Fossa), e da una stazione sperimentale per la misura della temperatura e della concentrazione della CO_2 disciolta nella falda installata in località Ossidiana (Scari). Nell'isola, infine, è presente una rete pluviometrica per il monitoraggio della quantità e della composizione isotopica delle piogge.

Discussione dei dati

L'acquifero termale - I pozzi monitorati hanno temperature variabili da 35 a 47°C ed un ampio range di salinità (8200 < TDS < 40000 mg/l), dovuto ad un variabile contributo di acqua di mare (fig. 2). Come si osserva nel diagramma triangolare di fig. 3, le acque campionate ricadono su un trend di mescolamento tra l'acqua di mare ed un termine più ricco in HCO^{3-} che, in aree vulcaniche, è riconducibile ad un input di CO_2 di origine magmatica ("perypheral waters", sensu Giggenbach, 1991). Tale composizione variabile, evidenzia fenomeni di stratificazione verticale e zonazione orizzontale nell'acquifero. Come consueto in molti strato-vulcani, l'alternanza di lave fessurate e di livelli piroclastici di differente granulometria e permeabilità, crea corpi idrici stratificati e di composizione variabile in senso verticale. I siti Saibbo, Limoneto e Zurro sono rappresentativi dell'acquifero più profondo e salino, mentre Fulco presenta una salinità minore ed è principalmente alimentato da acque meteoriche. I valori di temperatura e del contenuto di specie che si arricchiscono preferenzialmente nella fase vapore (NH_4 e H_3BO_3) (fig. 4), indicano che l'acquifero salino interagisce maggiormente con il vapore proveniente da un sistema idrotermale profondo. Il

[29] Inguaggiato S., Brusca L., Federico C., Francofonte V., Grassa F., Liotta M., Longo M., Madonia P., Mastrolia A., Vita F., Rizzo A., Rouwet D.

pozzo Fulco, invece, è interessato da una fase gassosa a minore entalpia e ricca in CO_2 (Carapezza et al. 2004). Il pozzo Zurro, pur essendo caratterizzato da una elevata salinità, presenta un basso grado di interazione con fluidi di origine profonda. Il marker di composizione isotopica del carbonio della CO_2 in equilibrio con le falde risulta chiaramente magmatico nonostante fenomeni di frazionamento isotopico legati all'interazione con acquiferi via via più superficiali (Capasso et al. 2005). L'entità del frazionamento è maggiore nelle acque più saline e con pH più elevato, a causa della maggiore solubilità della CO_2 e di un maggiore scambio isotopico con le specie carbonatiche disciolte. Ciò determina un progressivo arricchimento nel gas residuale di specie poco solubili in acqua rispetto alla CO_2 e di ^{12}C rispetto al ^{13}C (fig. 5). La composizione isotopica dell'elio disciolto in tutti i siti analizzati conferma l'esistenza di processi d'interazione tra le falde superficiali e fluidi di origine magmatica. La composizione isotopica dell'He (Fig. 6), infatti, mostra valori intorno a 4.5 R/Ra_{corr}, superiori a quelli riscontrati nelle fumarole crateriche (~3 R/Ra, Inguaggiato and Rizzo, 2004; Capasso et al., 2005).

Variazioni temporali dei parametri misurati - In data 10 marzo 2006 è stata segnalata al Dipartimento della Protezione Civile ed alla comunità scientifica un aumento dei valori di alcuni dei parametri geochimici monitorati (flussi di CO_2). In particolare, il flusso di CO_2 registrato dalla stazione STR02 (Pizzo Sopra La Fossa) ha evidenziato un picco dei valori nei primi mesi dell'anno (febbraio-aprile 2006) che ha determinato un aumento da 4000 a 11000 grammi/m^2/giorno (fig. 7). Le anomalie si sono esaurite intorno al 10 aprile 2006 attestandosi su valori prossimi a 2000 grammi/m2/giorno, inferiori al background caratteristico per questo sito (4000 gr/m^2/giorno). Il secondo semestre è stato invece caratterizzato da un flusso medio costante e prossimo ai valori di background. Il periodo di anomalia è stato anche caratterizzato da rapide pulsazioni così come osservato durante la fase eruttiva del 2002-2003. Per valutare l'entità delle anomalie osservate è stato riportato l'andamento del flusso di CO_2 durante l'ultima crisi eruttiva avvenuta nel 2002-2003 (fig. 7b), Brusca et al. 2004. Le variazioni di CO_2 registrate in quel periodo in alcuni casi hanno raggiunto valori prossimi a 80000 grammi/m^2/giorno. Ciò suggerisce che l'ingresso di magma nel sistema di alimentazione dello Stromboli che ha determinato i massimi di fine 2005 ed inizio 2006 è stato di proporzioni molto modeste rispetto a quanto osservato durante la crisi 2002-2003. Anche le variazioni della frazione residuale di He disciolto nella colonna magmatica (Inguaggiato and Rizzo, 2004) e dei gas disciolti nella falda acquifera sono caratterizzati da un andamento concorde (fig. 8). Le osservazioni fino ad oggi disponibili indicano che in una fase stazionaria di attività, la quantità di He residuo nella colonna magmatica è pari a circa il 10% dell'He inizialmente disciolto nel magma. L'ingresso di nuovo batch di magma, ricco in gas, determina un incremento di questo valore; nel periodo novembre 2005- febbraio 2006 le quantità di He residuo nel magma sono aumentate fino al 20% (fig. 8) per ritornare progressivamente (aprile 2006) su valori prossimi al 10%. La CO_2 disciolta nelle falde acquifere mostra un andamento simile, con incrementi da 10 ccSTP/litro (valore di fondo) a 30 ccSTP/litro nel periodo novembre2005-aprile2006, definendo un salto inferiore ad un ordine di grandezza (fig. 9).

Conclusioni

I dati geochimici registrati nel corso del 2006 hanno evidenziato un input di gas profondi di modesta entità che ha interessato il sistema vulcanico di Stromboli nel periodo novembre2005-aprile 2006. Nel secondo semestre tutti i parametri da noi monitorati sono rientrati nei valori normali di base indicando la fine di questa modesta crisi di attività. Durante i mesi di ottobre e novembre sono stati registrati nuovi aumenti nei contenuti di He e CO_2 disciolta nella falde termali che sembrerebbero indicare l'ingresso di nuovo magma nel sistema di alimentazione del vulcano. Nei mesi seguenti sarà possibile valutare l'entità del fenomeno.

Bibliografia

Brusca, L., Inguaggiato, S., Longo, M., Madonia, P., Maugeri, R. (2004) The Stromboli (Italy) 2002-2003 eruption: evaluation of volcanic activity by means of continuous monitoring soil temperature, CO_2 flux and meteorological parameters *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 5 (12), Q12001, doi:10.1029/2004GC000732, 2004.

Capasso, G., M. L. Carapezza, C. Federico, S. Inguaggiato, and A. Rizzo, Geochemical monitoring of the 2002-2003 eruption at Stromboli volcano (Italy): precursory changes in the carbon and helium isotopic composition of fumarole gases and thermal waters, Bulletin of Volcanology, 68 (DOI 10.1007/s00445-005-0427-5), 118-134, 2005.

Carapezza, M. L., S. Inguaggiato, L. Brusca, and M. Longo, Geochemical precursors of the activity of an open-conduit volcano: The Stromboli 2002–2003 eruptive events, Geophysical Research Letters, 31, L07620, doi:10.1029/2004GL019614, 2004.

Giggenbach. W. F. (1991) Chemical techniques in geothermal exploration. In "Application of geochemistry in geothermal reservoir development" (F. D'Amore co-ordinator). UNITAR/UNDP, Rome, Italy, 119 – 144.

Inguaggiato, S., and A. Rizzo, Dissolved helium isotope ratios in ground-waters: a new technique based on gas–water re-equilibration and its application to Stromboli volcanic system, *Applied Geochemistry*, *19*, 665-673, 2004.

Figura 1a. Ubicazione dei siti di campionamento

Figura 1b. Ubicazione delle stazioni di monitoraggio CO_2 flussi.

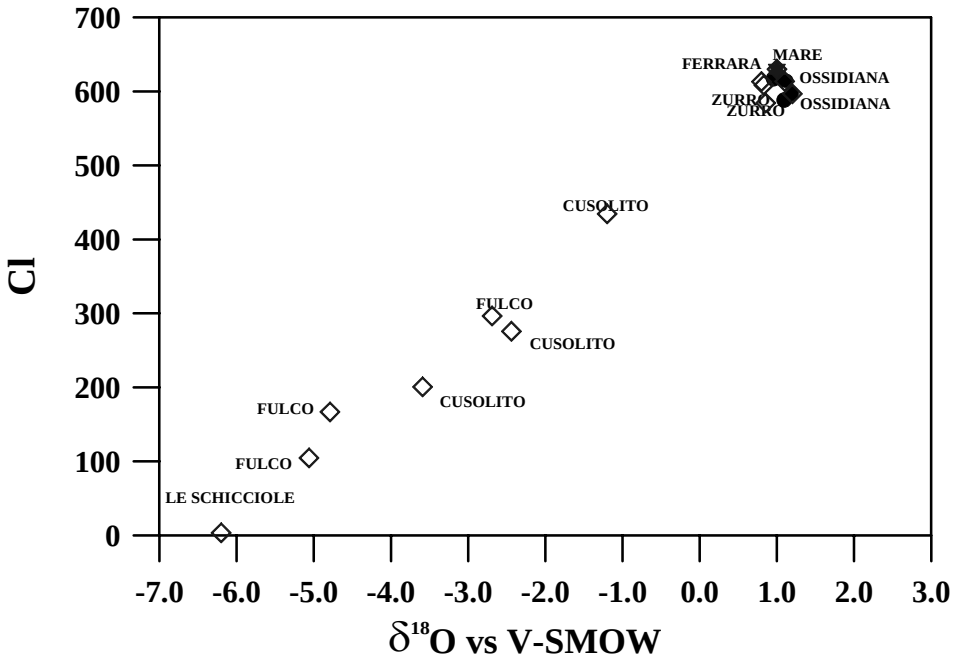


Figura 2. $\delta^{18}O$ vs Cl (meq/l). L'ottima correlazione fra i due parametri evidenzia un mixing tra una componente di origine marina e una meteorica.

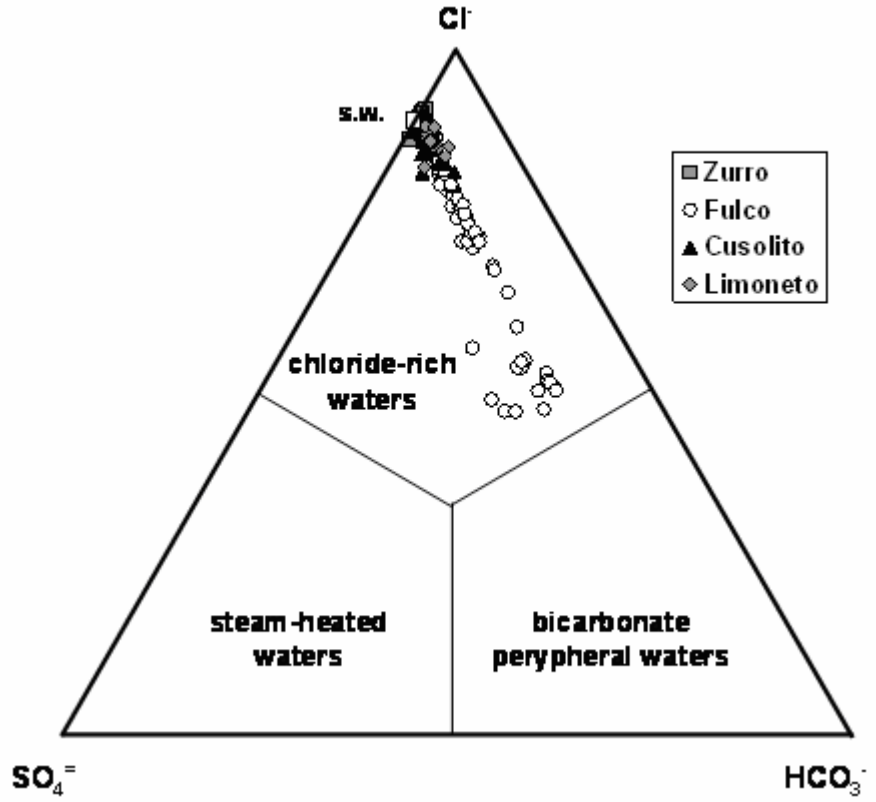


Figura 3. Diagramma triangolare classificativo Cl-SO_4-HCO_3. Sono distinti i campi delle acque ricche in Cl, delle *steam-heated waters* e delle *perypheral waters*.

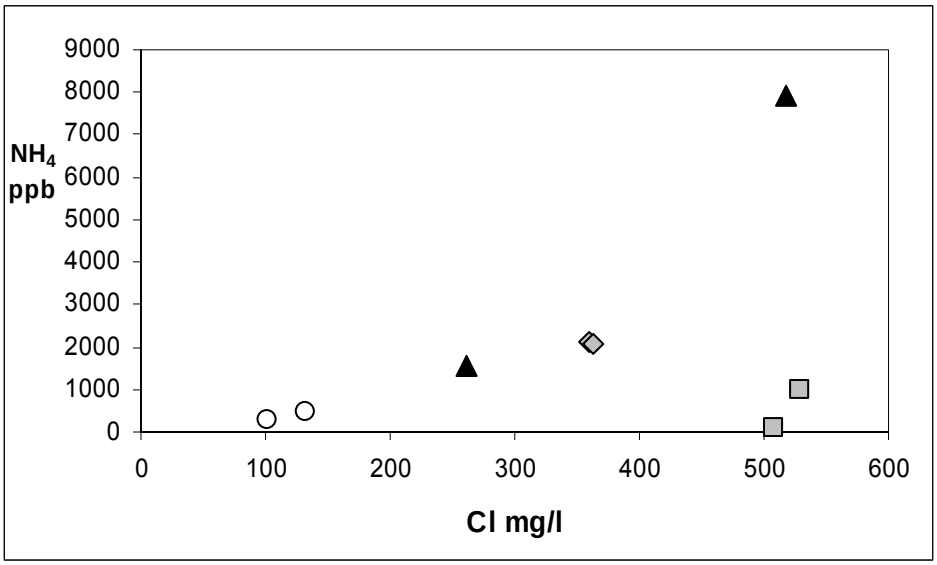


Figura 4. Diagramma binario NH_4-Cl. I siti Cusolito e Limoneto sono i più arricchiti in NH_4 per un maggior apporto di fluidi di alta entalpia.

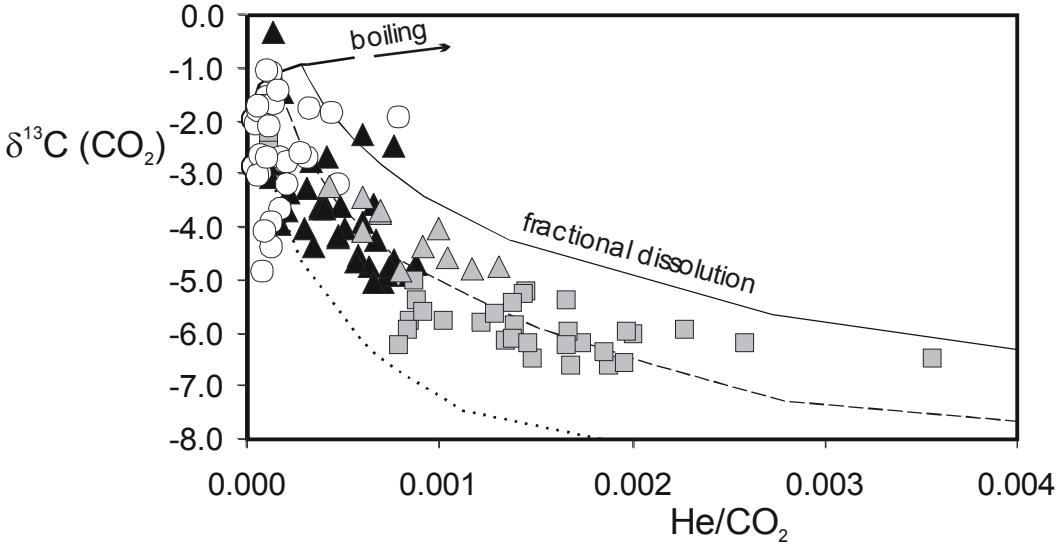


Figura 5. Diagramma binario He/CO_2 vs $\delta^{13}C$ (CO_2). Elevati rapporti He/CO_2, associati ad impoverimento di $\delta^{13}C$ nella CO_2, sono indicativi di un più esteso frazionamento per dissoluzione negli acquiferi superficiali.

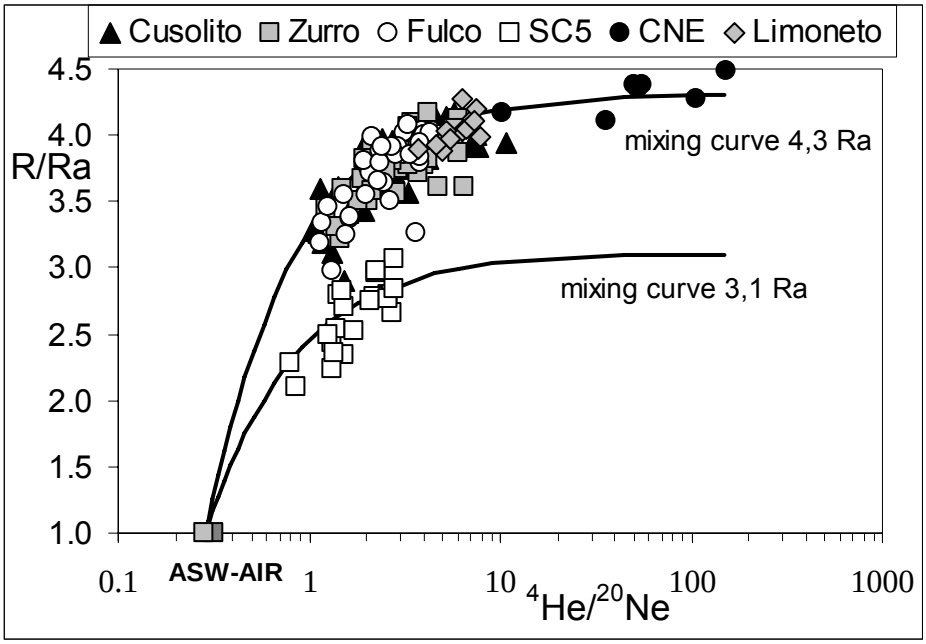


Figura 6. Diagramma binario He/Ne vs R/Ra. I pozzi termali presentano rapporti isotopici superiori a quelli misurati nella fumarola del Pizzo sopra La Fossa.

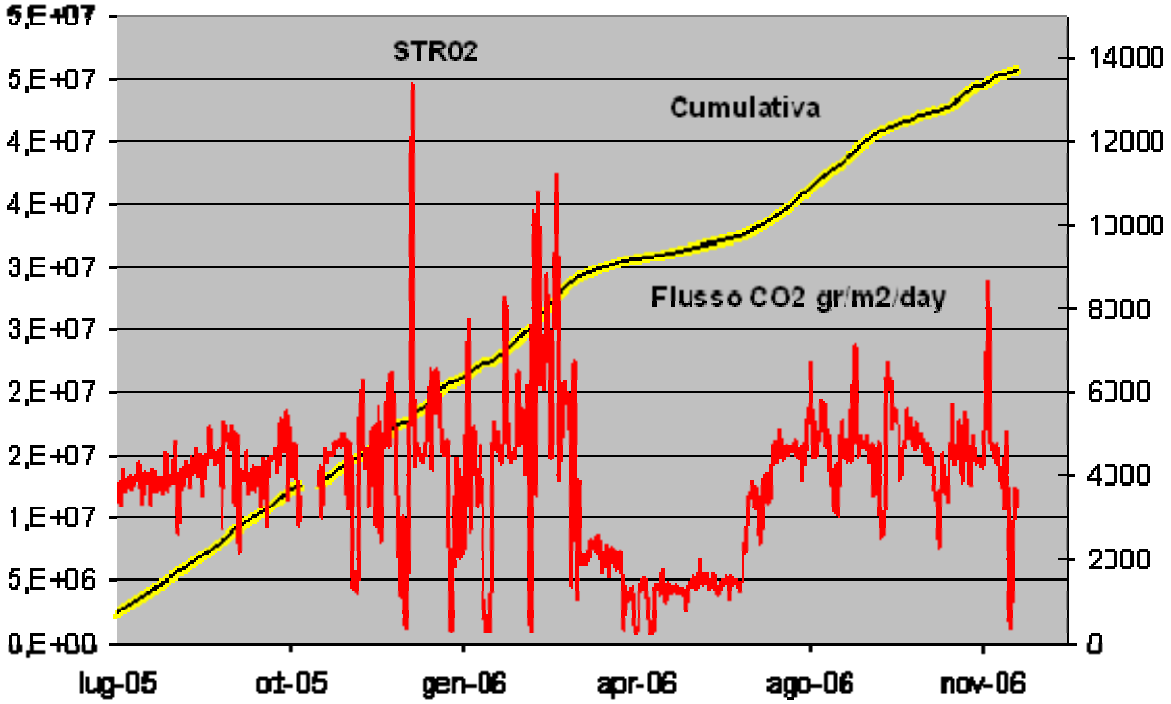


Figura 7. Variazione del flusso di CO_2 registrato dalla stazione STRO2 espresso in grammi/m^2/giorno (linea rossa-scala dx),. Curva cumulativa (linea gialla – scala Sx).

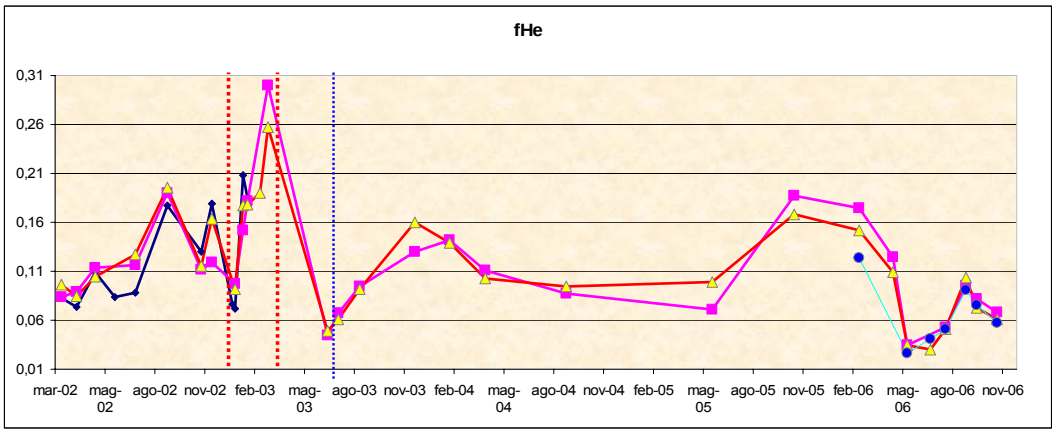


Figura 8. Variazione della frazione residuale di He nei condotti sommitali.

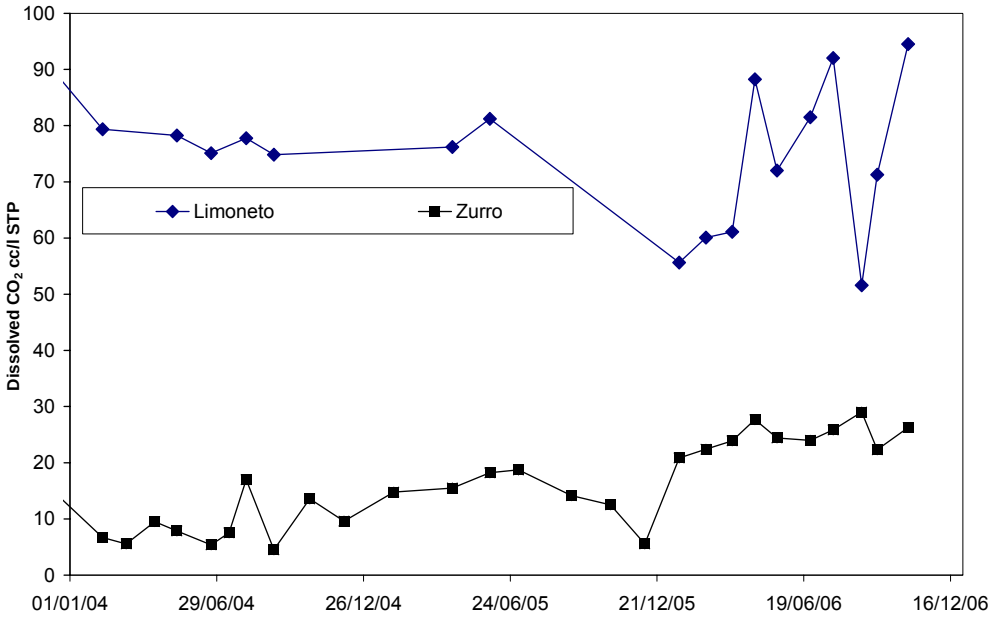


Figura 9. Variazioni della CO_2 disciolta nei pozzi termali Zurro e Limoneto espressi in ccSTP/litro.

Monitoraggio delle temperature del suolo nell'area sommitale[30]

A far data dalla seconda metà di novembre 2006 il sistema di sorveglianza di Stromboli è stato ampliato con la messa in opera di una stazione per la misura della temperatura del suolo, identificata dalla sigla SST02, con trasmissione dati satellitare ed ubicata nelle immediate vicinanze della stazione STR02 (vedi fig. 1). La stazione esegue misure di temperatura del suolo a 10, 30 e 50cm di profondità, con cadenza oraria; la trasmissione delle misure al centro di acquisizione dati avviene invece ogni 6 ore. Il record di dati ad oggi acquisiti non è ovviamente sufficientemente esteso per consentire particolari interpretazioni. Pur tuttavia, dati preliminari relativi all'intero 2006, acquisiti in una stazione di prova ubicata nello steso sito per verificarne preventivamente l'idoneità ai fini della sorveglianza, hanno messo in evidenza relazioni tra anomalie di temperatura del suolo ed eventi vulcano-tettonici (De Gregorio et al., sottomesso a GRL).

Bibliografia

S. De Gregorio, P. Madonia, S. Gurrieri, G. Giudice, S. Inguaggiato (2006) - Contemporary total dissolved gas pressure and soil temperature anomalies recorded at Stromboli volcano (Italy). Submitted GRL.

[30] Madonia P.

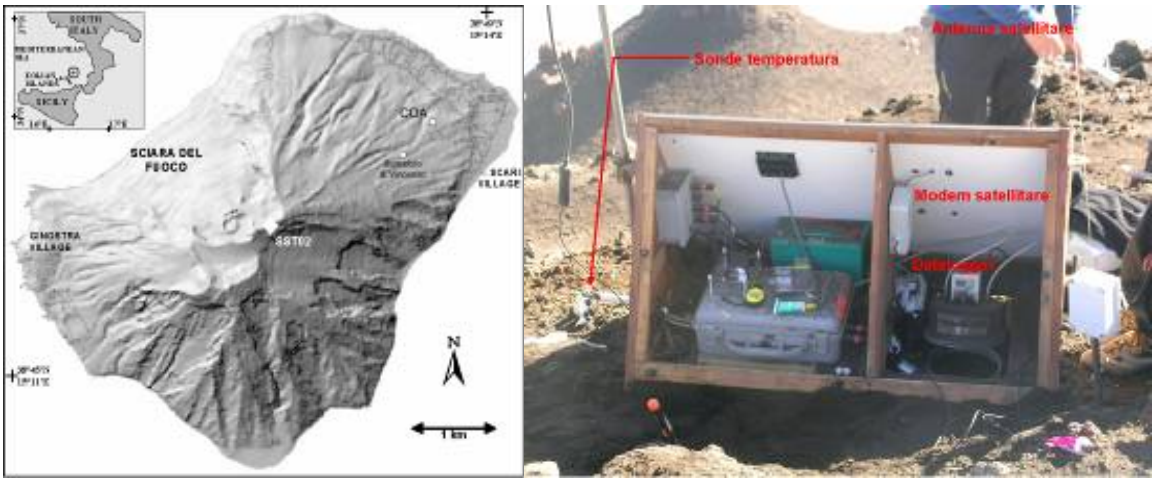


Figura 1. Stazione SST02 per la misura della temperatura del suolo.

Monitoraggio continuo della pressione totale del gas disciolto[31]

La rete per il monitoraggio continuo di parametri geochimici nell'isola di Stromboli è stata ampliata, a partire da marzo 2006, con una nuova stazione per il monitoraggio della pressione totale del gas disciolto (PTGD) nelle acque di falda. La stazione è stata installata in via sperimentale per verificare le potenzialità del sito e delle strumentazioni appositamente sviluppate per la determinazione di questo nuovo parametro. La stazione è ubicata sulla spiaggia, qualche centinaio di metri a sud dell'abitato di Scari ed acquisisce con cadenza oraria i valori di TDGP e di temperatura dell'acqua all'interno di un pozzo profondo 6 metri, non soggetto ad emungimento. I dati sono registrati da un datalogger e giornalmente inviati tramite modem GSM alla sala monitoraggio dell'INGV di Palermo. Lo strumento per la misura del TDGP, interamente sviluppato dall'INGV Palermo, è costituito da un misuratore di pressione assoluta, operante nel range ± 2 bar, collegato ad una membrana semipermeabile in PTFE. Questo materiale è un polimero semi - cristallino impermeabile all'acqua e permeabile ai gas. Il suo alto grado di cristallinità gli conferisce ottime caratteristiche di resistenza meccanica e da un elevata inerzia chimica e biologica. Una descrizione dettagliata dei principi operativi della sonda è presente in De Gregorio et al., 2005. Durante 10 mesi di monitoraggio sono state registrate intense variazioni della TDGP e della temperatura. Alcune di queste variazioni sono direttamente riconducibili ad eventi piovosi. Altre invece non risultano correlate con alcun parametro ambientale, ma precedono di qualche giorno il verificarsi di eventi vulcano-tettonici particolarmente rilevanti (De Gregorio et al., 2006).

Bibliografia

De Gregorio, S. G. Giudice, S. Gurrieri, M. Valenza, and S. Cappuzzo (2005) - Continuous monitoring of total dissolved gas pressure: the methodology and a field application (Vulcano, Eolian Islands, Italy) paper presented at 8th International Congress of Gas Geochemistry, Sicilia, Italy, 2-8 October 2005.

[31] De Gregorio S., Gurrieri S., Cappuzzo S., Giudice G., Riccobono G.

S. De gregorio, P. Madonia., G. Giudice, S. Gurrieri, S. Inguaggiato (2006) – Contemporary total dissolved gas pressure and soil temperature anomalies recorded at Stromboli volcano (Italy). Submitted GRL.

Monitoraggio del chimismo del plume emesso dai crateri sommitali dell'isola di Stromboli[32]

Introduzione

Negli ultimi anni, la misura della composizione chimica delle specie volatili presenti nel plume dello Stromboli ha fornito preziose informazioni riguardo i meccanismi di degassamento e l'evoluzione temporale dell'attività vulcanica. In particolare, i dati raccolti nell'ambito della recente eruzione del 2002-2003 hanno permesso di definire un modello di degassamento riguardante le specie acide S, Cl e F, la cui applicazione consente di valutare quantitativamente le condizioni di degassamento del magma presente nelle porzioni più superficiali del condotto eruttivo (Aiuppa e Federico, 2004). E' stato inoltre dimostrato che importanti variazioni del chimismo del plume hanno preceduto il verificarsi del parossima del 5 Aprile del 2003 a Stromboli, confermando che la geochimica dei fluidi può fornire un importante contributo alla valutazione della pericolosità vulcanica sull'isola (Aiuppa e Federico, 2004). E' noto inoltre che il rapporto C/S del plume è un importante indicatore dei processi di degassamento magmatico. In virtù del significativo contrasto di solubilità fra CO_2 e specie solforate, è possibile affermare che alti rapporti C/S accompagnano la risalita del magma nelle porzioni più profonde del sistema di alimentazione, mentre bassi rapporti sono il risultato del degassamento passivo del magma nelle porzioni più superficiali del condotto magmatico. Pertanto, il rapporto C/S del plume deriverà da un equilibrio dinamico fra il degassamento profondo durante le fasi di rimpascimento del corpo magmatico, e il degassamento superficiale nel corso delle fasi di quiescenza. Sulla base di questi presupposti scientifici, e anche alla luce dei recenti sviluppi tecnologici conseguiti da questa unità di ricerca sull'Etna, nel corso del 2006 è stata sviluppata, e testata in prossimità dei crateri sommitali, una stazione automatica per il monitoraggio continuo del rapporto C/S nei gas del plume vulcanico. La stazione, è stata istallata nel febbraio del 2006 ed messa in opera in maniera continua da giugno 2006; essa è stata assemblata con uno spettrometro all'infrarosso per la determinazione della concentrazione di CO_2 nel plume, e 2 sensori elettrochimici specifici per la misura delle specie solforate (SO_2 ed H_2S). Essa, pertanto, permette la determinazione del rapporto C/S del plume con un'accuratezza del 20% (Aiuppa et al. 2006). Un sistema di data-logging e di comunicazione garantisce la registrazione dei dati ed il trasferimento degli stessi attraverso ponte radio alla sala di monitoraggio della sezione di Palermo. Nella sua attuale configurazione, la stazione è stata istallata presso il Pizzo sopra la Fossa (fig. 1), ed opera 4 cicli di misura giornalieri, ciascuno della durata di 30 minuti. All'interno di questi cicli, la frequenza di campionamento è di una misura ogni 9 s (fig. 2).

[32] Aiuppa A., Federico C., Giudice G., Gurrieri S., Liuzzo M.

Discussione dei dati

Nel periodo giugno-novembre 2006, il rapporto C/S ha subito notevoli variazioni temporali (fig. 3), oscillando da valori minimi di circa 2 fino a massimi superiori a 10. L'analisi della correlazione fra le variazioni chimiche osservate ed altri parametri indipendenti (numero di eventi stromboliani, ampiezza del tremore, etc.) è, ad oggi, in corso e permetterà di interpretare le osservazioni in relazione alle dinamiche eruttive e di degassamento del vulcano. In dati attualmente acquisiti indicano che il rapporto C/S medio per le emissioni sommitali di Stromboli è pari a circa 5 (fig. 3).

Bibliografia

Aiuppa, A., Federico, C., Anomalous magmatic degassing prior to the April 5 2003 paroxysm on Stromboli, Geophys. Res. Lett., 2004.

Aiuppa, A., C. Federico, G. Giudice, S. Gurrieri, M. Liuzzo, H. Shinohara, R. Favara and M. Valenza, *Rates of carbon dioxide plume degassing from Mount Etna volcano*, J. Geophys. Res., 2006.

Figura 1. La stazione in continuo istallata sul cratere sommitale di Stromboli.

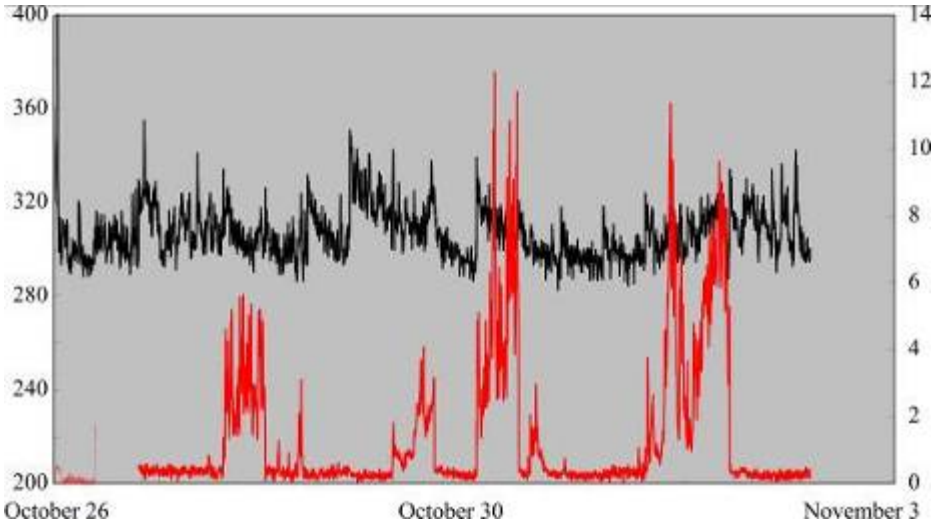


Figura 2. Esempio di dati registrati dalla stazione in continuo di Stromboli. Le concentrazioni di CO_2 (in nero, scala sinistra) ed SO_2 (in rosso, scala destra) sono utilizzate per il successivo calcolo del rapporto CO_2/SO_2 nel plume.

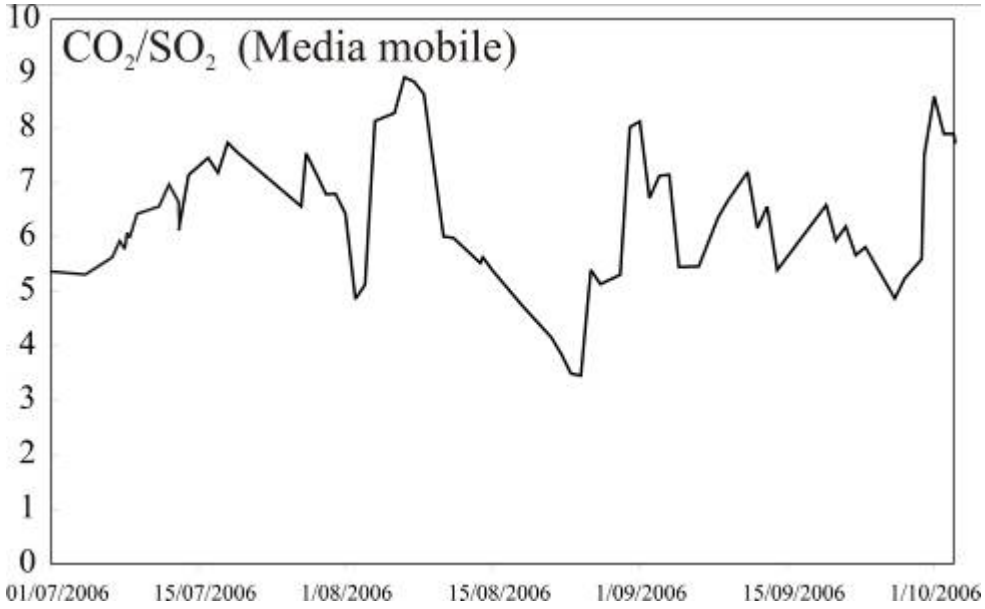


Figura 3. Variazione del rapporto CO_2/SO_2 (media mobile) nel plume di Stromboli nel periodo Luglio-Ottobre 2006.

ALTRE AREE VULCANICHE

Monitoraggio delle acque sotterranee del Vesuvio[33]

Introduzione

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, in cui sono concentrate le zone di più intensa risalita di fluidi vulcanici e, in misura inferiore, sui fianchi settentrionale ed orientale in prossimità di strutture tettoniche attive. I siti selezionati rappresentano l'eterogeneità geochimica dell'acquifero vesuviano e sono stati campionati con cadenza bimestrale (fig. 1). Le acque campionate sono fredde o debolmente termali ($9 < T°C < 24.5$), con salinità compresa tra 600 e 13000 mg/l e pH tra 5.9 e 8.0 (Federico, 1999; Federico et al., 2002, 2004). Le acque presenti 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. Le acque del settore settentrionale sono più fredde, meno saline e caratterizzate da tenori significativamente inferiori in CO_2 disciolta (< 10 cc/l). In questa porzione dell'edificio vulcanico, l'unica evidenza di un contributo di gas di origine vulcanica si evince dal rapporto isotopico dell'elio disciolto che, in alcuni siti, indica una chiara derivazione profonda. Le analisi di laboratori effettuate sui campioni sono consistite nella determinazione della composizione chimica dei costituenti maggiori (Na, K, Mg, Ca, Cl, SO_4, NO_3, alcalinità) e dei gas disciolti.

[33] Aiuppa A., Federico C., Gurrieri S., Madonia P., Rizzo A.

Discussione dei dati

La fig. 2 mostra le variazioni temporali della temperatura di tutti i siti controllati, raggruppati in relazione alla loro localizzazione (settori settentrionale, meridionale e occidentale). E' possibile osservare, in particolare nei settori settentrionale e meridionale, limitate oscillazioni stagionali, che diventano più evidenti nei pozzi più superficiali (13, 14, 19, 47), con differenze fino a circa due gradi centigradi tra il periodo invernale e quello estivo. Il sito 47 (sorgente Olivella), sul settore nord, presenta una marcata stagionalità, dovuta alla sua modesta portata (circa 300 ml/min) e ad un circuito molto superficiale. I siti del settore occidentale presentano andamenti meno regolari, legati probabilmente ad oscillazioni periodiche della superficie piezometrica che intercetta piccoli corpi idrici sovrapposti, caratterizzati da temperature diverse. Nel corso del 2006, si osservano, nella maggior parte dei siti, andamenti simili a quelli dello stesso periodo dell'anno precedente, se si esclude un sito nel settore occidentale (29), che conferma un trend di diminuzione della temperatura già iniziato nel 2003. In fig. 3 sono tracciati gli andamenti temporali della concentrazione di Cl, HCO_3 e CO_2 disciolta in un sito del settore occidentale (sito 29) che, nel corso del 2006, confermano un trend in diminuzione iniziato già nel 2003. Simili variazioni sono state osservate anche in alcuni pozzi nel settore meridionale, illustrati in fig. 4. L'andamento della concentrazione del HCO_3, che rispecchia anche quello della salinità, conferma il trend di diminuzione, più o meno marcata, nei siti 6, 13 e 14. Queste osservazioni indicano una progressiva modificazione del chimismo della falda superficiale nel settore meridionale ed occidentale dell'edificio vulcanico, segnato dall'aumento della componente meno salina e superficiale rispetto a quella più profonda, salina e ricca in CO_2. Negli altri siti monitorati non si osservano di particolare ampiezza rispetto al periodo precedente.

Conclusioni

I dati discussi confermano per il 2006 i trend osservati sin dal 2003. In particolare, nelle aree maggiormente interessate dalla risalita di gas vulcanici, alcuni siti monitorati sono caratterizzati dalla diminuzione della salinità e della temperatura, indice di un aumento del flusso idrico superficiale rispetto ai fluidi profondi.

Bibliografia

Federico C. (1999) Interaction between magmatic gases and the hydrological system at Vesuvius (Southern Italy) during current dormancy: evidence from water and gas geochemistry. Tesi di dottorato, Università di Palermo.

Federico C., Aiuppa A., Allard P., Bellomo S., Jean-Baptiste P., Parello F. & Valenza M. (2002) Magma-derived gas influx and water-rock interactions in the volcanic aquifer of Mt. Vesuvius, Italy, Geochim. Cosmochim. Acta, 66, 963-981.

Federico C., Aiuppa A., Favara R., Gurrieri S., Valenza M. (2004) The chemical and isotope composition of groundwaters at Vesuvius: Time variations (period May 1998 – May 2001) and insights on monitoring strategies, J. Volcanol. Geotherm. Res. 133, 81-104.

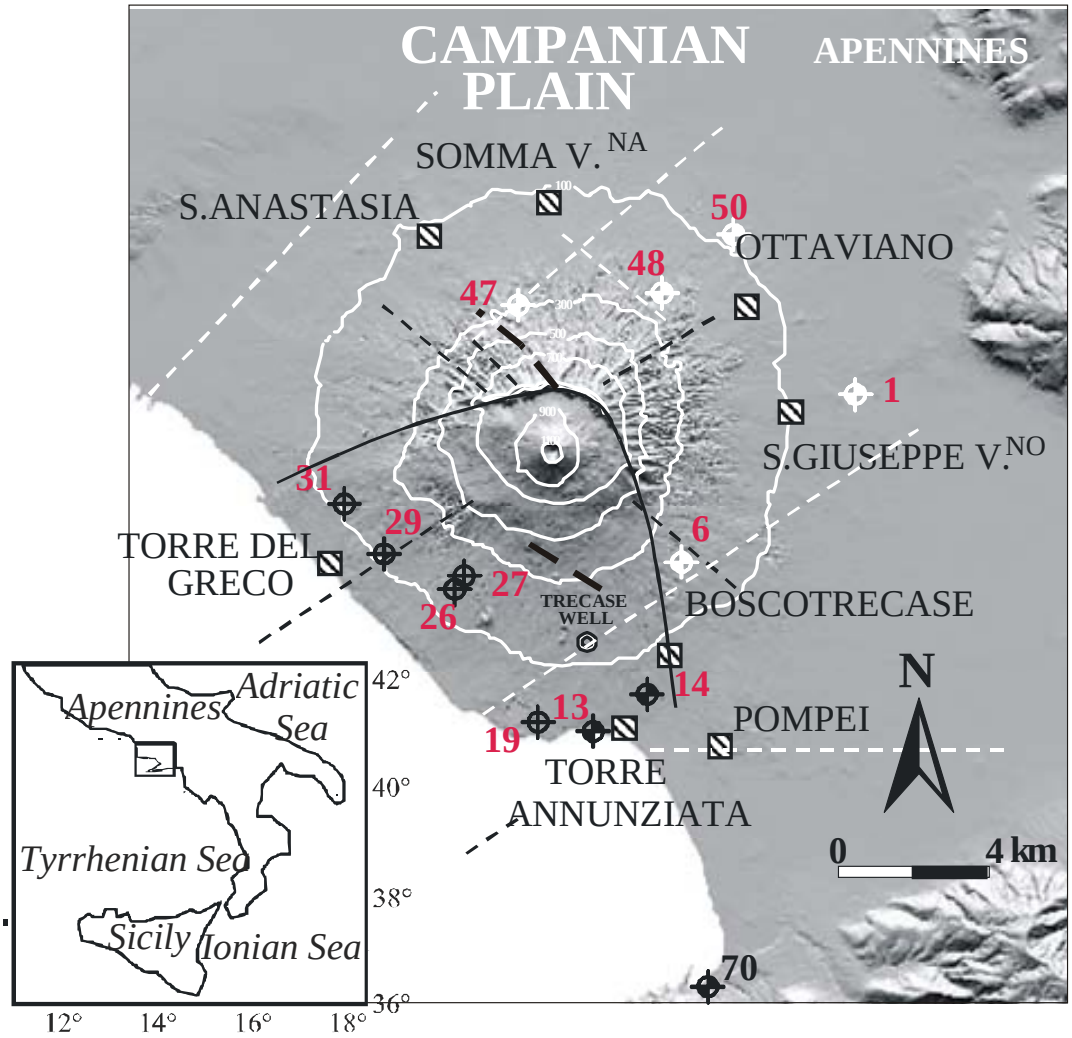


Figura 1. Localizzazione dei siti di campionamento.

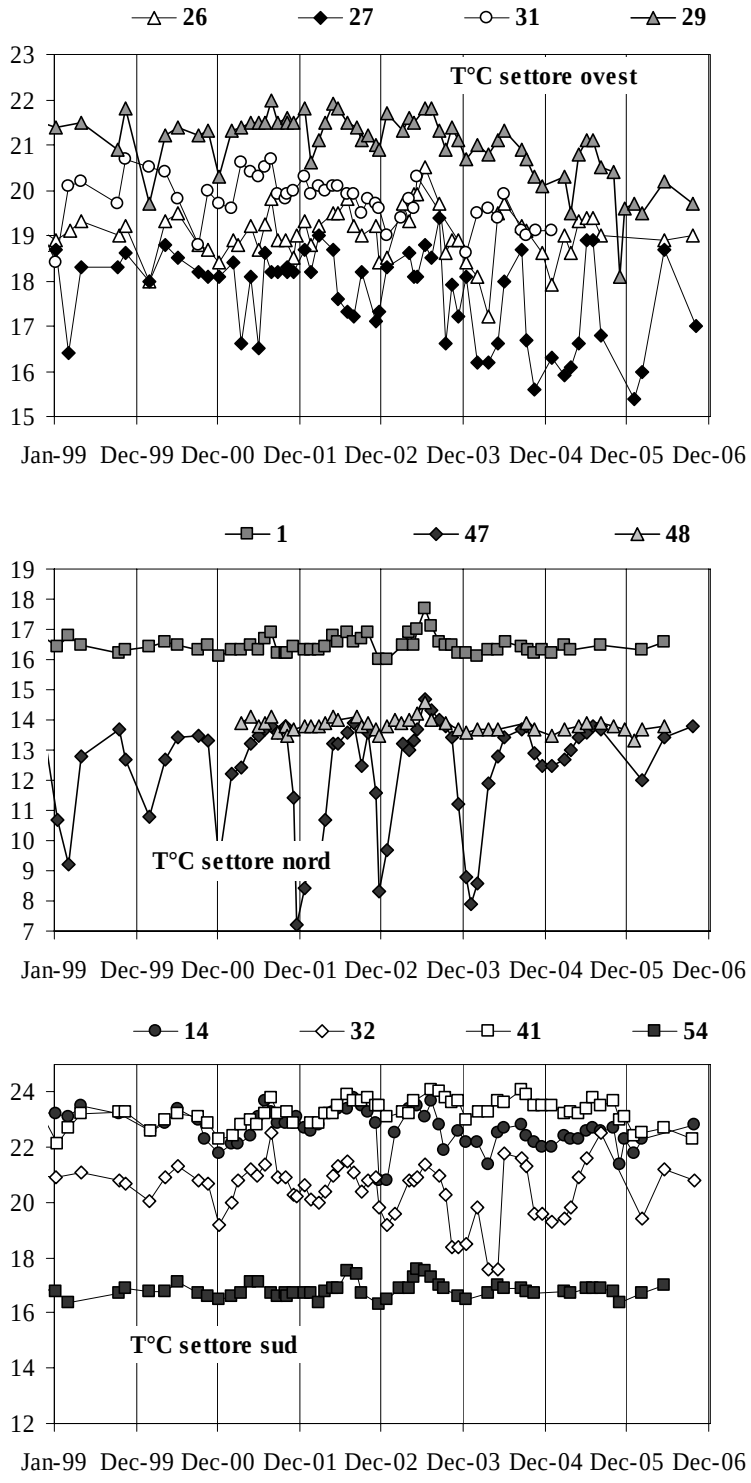


Figura 2. Variazioni temporali della temperatura nei siti analizzati.

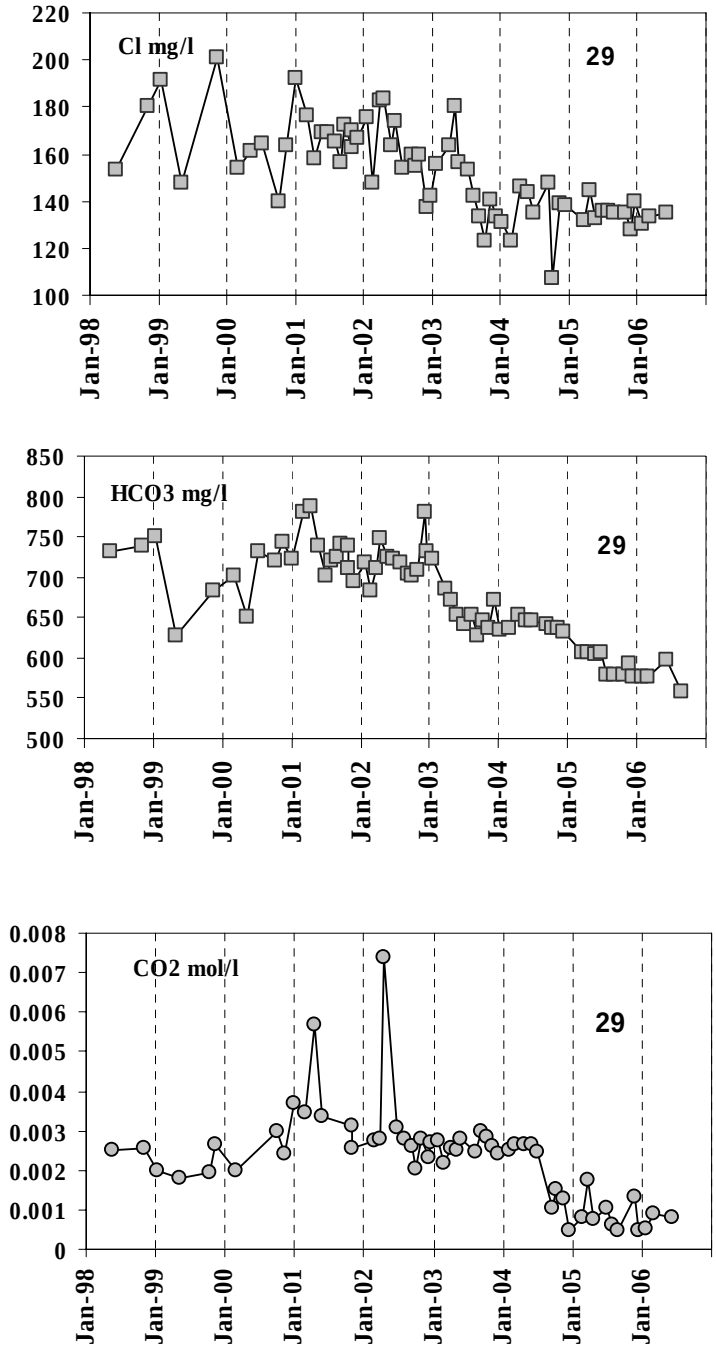


Figura 3. Andamento temporale della concentrazione di Cl, HCO_3 e CO_2 disciolta nel sito 29, sul fianco occidentale del Vesuvio.

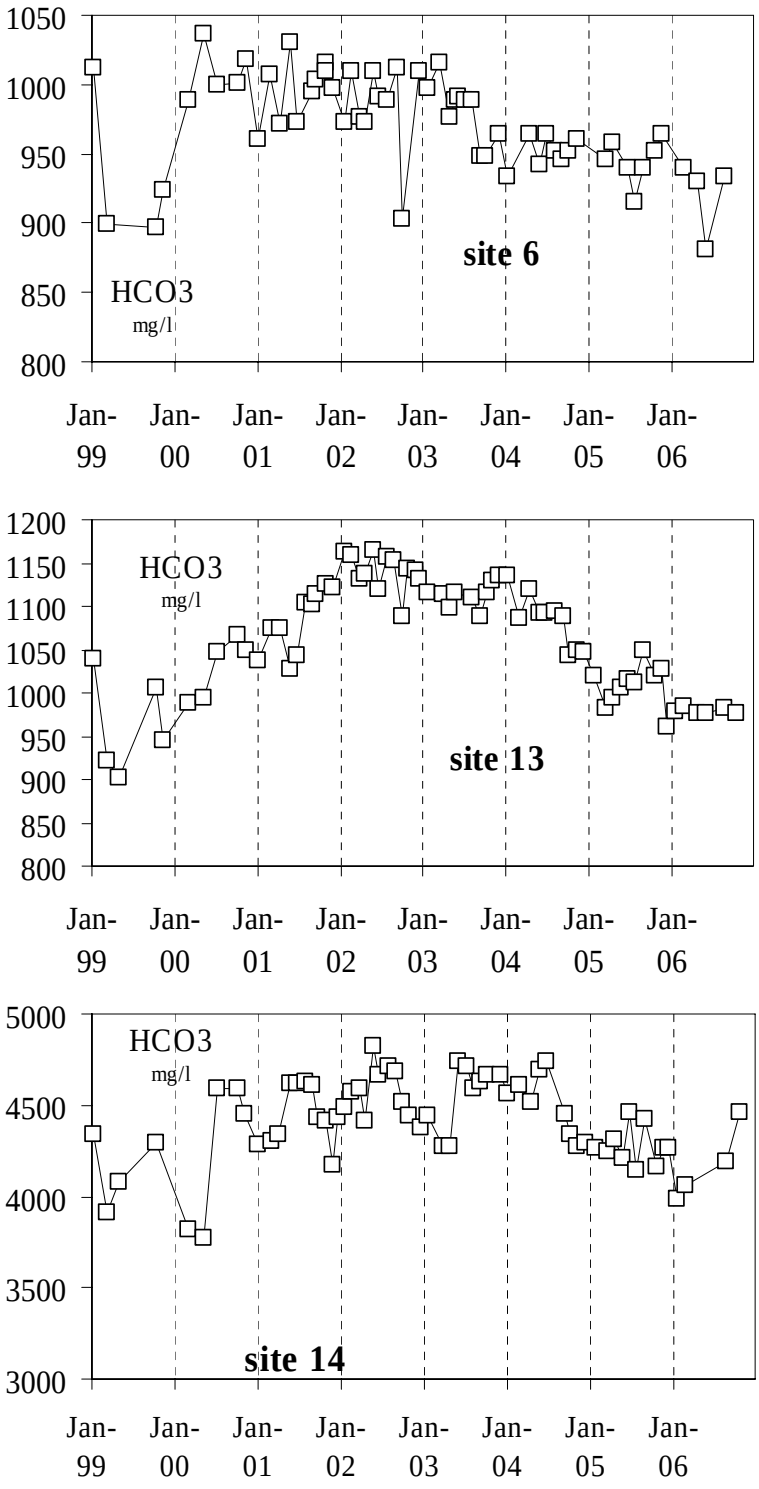


Figura 4. Variazioni della salinità totale in tre siti dei settori occidentale e meridionale.

Ischia[34]

Introduzione

Il sistema geotermico di Ischia è costituito da rocce silicee della Provincia Potassica Romana Quaternaria (Vezzoli, 1988). La sua attività è correlata alla tettonica estensionale Plio-quaternaria che ha formato le strutture di horst e graben lungo il margine tirrenico della catena appenninica (Carrara et al., 1973). Le rocce che la compongono sono prevalentemente alcali-trachiti e subordinatamente trachibasalti, latiti e fonoliti (Vezzoli,1988). L'attività eruttiva più recente risale al 1301 a Mt Arso (fig.1). L'isola ha un'area di 46 km2 e rappresenta la parte emersa di un apparato vulcanico che si erge per circa 900 dai fondali del Mar Tirreno. Monte Epomeo, un horst vulcano-tettonico (787 m) le cui faglie sono ancora attive, costituisce la parte centrale e più alta dell'isola ed è anche l'unica coinvolta dal sollevamento tettonico. 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 presenti nel reservoir. Inguaggiato et al. (2000) hanno identificato un reservoir bifase (liquido-vapore) a liquido dominante con una T= 280°C. Sulla base dell'omogeneità dei valori di T stimati utilizzando la geotermometria sulle fasi liquida e gassosa è stata ipotizzata l'esistenza di un unico grande reservoir che alimenta tutti i fluidi dell'isola. La fase liquida del reservoir è costituita da acqua di mare "modificata" arricchita in Na, K e B ed impoverita in Mg a causa di marcate interazioni acqua-roccia. La fase gassosa, a CO_2 prevalente, ha una composizione isotopica del carbonio compresa fra tra 0 e -3.0 δ‰ e dell'He intorno a 3.5 Ra.

La quantità totale di CO_2 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 CO_2 disciolta nelle falde (~ 0.3 kg s^{-1}) mentre il contributo di CO_2 dalle fumarole risulta trascurabile (~ 0.03 kg s^{-1}). Considerato lo stato quiescente dell'isola, il valore di output di CO_2 è relativamente alto. I valori più alti di flusso di CO_2 (fig. 1) sono stati misurati principalmente nella zona orientale e meridionale dell'isola in corrispondenza di strutture tettoniche regionali e nelle aree con alta densità di centri eruttivi recenti (Pecoraino et al., 2004).

Durante il 2006, in maggio e in ottobre, sono stati prelevati campioni di acque termali (sorgenti e pozzi) e di gas liberi al fine di determinare le possibili variazioni legate all'attività vulcanica. I punti di campionamento dei gas fumarolici(●) e delle acque termali (●) sono in fig. 2.

Le acque termali, conservate in bocce in polietilene, sono state analizzate con HPLC mod. DIONEX SP 2000 e 4500 con detector CDM1 per la determinazione dei cationi e PED per quella degli anioni. La determinazione dei carbonati e bicarbonati è stata eseguita mediante titolazione. Temperatura, pH e conducibilità dell'acqua sono stati misurati direttamente in campagna. I gas liberi sono stati prelevati e conservati in campionatori a due vie in vetro pirex con rubinetti da vuoto collegati tramite un tubo di silicone ad una siringa da 100 cc e ad un fioretto in acciaio inox piantato nel suolo sino ad una profondità di 50 cm oppure, nel caso di gas gorgoglianti in acqua, con un

[34] Brusca L., D'Alessandro W., Gagliano Candela E., Longo M., Pecoraino G.

imbuto capovolto. I gas sono stati analizzati in laboratorio con un gas-cromatografo Perkin-Elmer Σ8500 con Ar come gas carrier e colonne Carbosieve S II da 4 m con HWD (He, H_2, O_2, N_2) e FID (CO, CH_4 e CO_2) come detector. La composizione isotopica del carbonio della CO_2, espressa in δ‰ rispetto allo standard PDB, è stata determinata mediante spettrometria di massa dopo purificazione in una linea a vuoto. La composizione isotopica dell'elio ($^3He/^4He$) è stata misurata con spettrometria di massa a doppio collettore.

Risultati e discussione

La composizione chimica delle acque campionate dipende fortemente delle interazioni che queste subiscono con fluidi profondi (brine) e/o superficiali (acque piovane, acqua di mare, falde sospese) e dalle interazioni acqua-roccia. Sulla base delle loro composizione chimica le acque sono state classificate come bicarbonato-alcaline, bicarbonato-alcalino-terrose e cloro-solfato-alcaline. Confrontando i valori di concentrazione dei vari elementi nelle acque con quelli riscontrati in bibliografia (Di Gennaro, 1983; Carapezza et al., 1998, Panichi et al 1992; Inguaggiato et al., 2000), non si riscontrano variazioni significative legate a modificazioni dell'attività vulcanica dal 1983 ad oggi per quasi tutti i campioni (figg. 3, 4, 5, 6). Modeste variazioni composizionali sono state da noi attribuite esclusivamente a variazioni stagionali o al maggiore emungimento dei pozzi durante il periodo estivo. Le acque caratterizzate dai più alti valori di T sono ubicate nel settore Sud orientale dell'isola che va dalla spiaggia di Catara sino a Barano e nel settore Nord orientale comprendente l'area di Lacco Ameno e corrispondono alle principali strutture tettoniche dell'isola (fig. 7). La determinazione dei flussi di CO_2 dai suoli e quella del $\delta^{13}C$ della CO_2 e del R/Ra disciolti (fig. 8) nelle acque campionate ha messo in evidenza l'origine magmatica di questi gas. La coincidenza delle aree anomale evidente nelle figg. 7 e 8 conferma che le falde sono riscaldate da fluidi magmatici durante la loro risalita verso la superficie lungo le principali strutture tettoniche. L'applicazione di diversi geotermometri in fase liquida nei campioni le cui acque hanno raggiunto la maturità ci ha permesso di ricavare le temperature di equilibrio del reservoir profondo. Le temperature calcolate variano tra 130 e 280°C in buon accordo con le temperature misurate nei pozzo perforati dalla SAFEN negli anni '50 (Penta e Conforto, 1951; Penta, 1954). I campioni di gas liberi sono essenzialmente gas a CO_2 dominante. In quasi tutti i campioni, le concentrazioni di He sono più alte di quelle dell'aria e raggiungono valori molto alti (~60 ppm) nel campione PMN. Le concentrazioni di CH_4 variano tra pochi ppm a più di 60 (Spiaggia Maronti) e l'idrogeno raggiunge le concentrazioni maggiori nel campione Spiaggia Maronti (sino a 5.4%). La composizione isotopica dell'He dei gas campionati oscilla poco intorno al valore 3.5Ra (fig. 7) suggerendo la stabilità del sistema profondo. Utilizzando i geotermometri in fase gassosa (Beltrami et al.,1985, Arnorsoon et al.1985; Giggenbach, 1980) ed assumendo una PH_2O fissata dalla presenza di acqua liquida in un sistema bifase, la T di equilibrio stimata risulta compresa fra 240° e 380°C.

Conclusioni

Sulla base del modello illustrato nei precedenti paragrafi e dei parametri acquisiti sia da fonti bibliografiche che dai nostri dati si evince che dagli anni '80 ad oggi non ci sono state variazioni di

particolare interesse nella composizione chimica delle acque e dei gas legati all'attività vulcanica. La stima della T del reservoir profondo, ricavata da geotermometri in fase liquida e in fase gassosa, è caratterizzata da valori che sono molto vicini a quelli stimati utilizzando dati degli anni precedenti sottolineando che la condizione del sistema geotermico dell'isola è stabile. Ciò è ulteriormente confermato anche dalla costanza dei valori di composizione isotopica dell'He.

Bibliografia

Arnorsoon S., Gunnlaugsson E., (1985): New gas geothermometers for geothermal exploration – calibration and application. Geochim. Cosmochim. Acta, 49, 1307-1325.

Beltrami R., Cioni R., Corazza E., D'Amore F., & Marini L. (1985): Carbon monoxide in geothermal gases. Reservoir temperature calculation at Lardarello, Italy. Geotherm. Resour. Council Int. Symp. on Geothermal Energy, August 1985, Kona Hawaii Trans.,9/I, 399-402.

Carapezza M. L., Hauser S., Parello F., Scelsi E., Valenza M., Favara R., Gurrieri S. (1988): Preliminary studies on geothermal fluids of the Island of Ischia: gas geochemistry. Rend. S.I.M.P., 43, 967-973.

Carrara E., Iacobucci F., Pinna E., Rampolla A. (1973): Gravity and magnetic survey of the Campanian Volcanic Area, South Italy. Boll. Geofis. Teor. Appl. 15, 39-51.

De Gennaro M., Ferreri M., Ghiara M.R., Stanzione D., (1984): Geochemistry of thermal waters on the island of Ischia (Campania, Italy). Geothermics, 13-4, 361-374.

Giggenbach W.F. (1988): Geothermal solute equilibria. Geochim. Cosmochim. Acta, 44, 2021-2032.

Giggenbach W.F. (1980): Geothermal gas equilibria. Geochim. Cosmochim. Acta, 52, 2749-2765.

Inguaggiato S., Pecoraino G., D'Amore F., (2000): Chemical and isotopical character9isation of fluid manifestations of Ischia Island (Italy). J. Volvanol. Geoth. Res., 99, 151-178.

Vezzoli L. (Editor), 1988: Island of Ischia. C.N.R, Quaderni de "La Ricerca Scientifica". 114, 10, 122pp.

Panichi C., Bolognesi L., Ghiara M.R., Noto P., Stanzione D., (1992): Geothermal assesment of the island of Ischia (southern Italy) From the isotopic and chemical composition of delivered fluids. J. Volcanol. Geoth. Res. 49, 329-348.

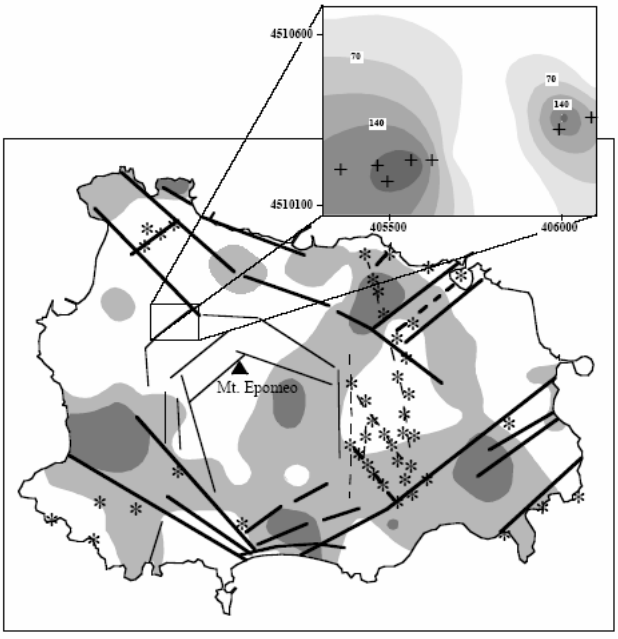


Figura 1. Distribuzione delle aree di degassamento anomalo di CO_2. Le aree in grigio chiaro indicano flussi maggiori di 18 g m^{-2} d^{-1}, quelle in grigio scuro flussi maggiori di 70 g m^{-2} d^{-1}.

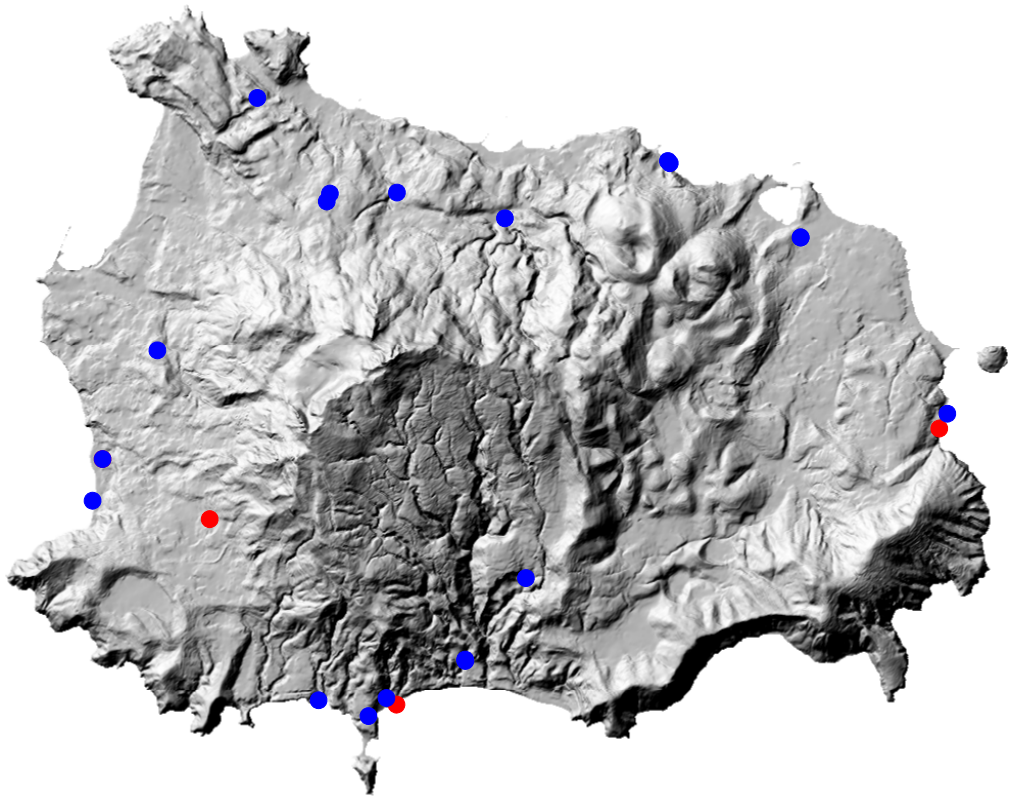


Figura 2. Ubicazione dei punti di campionamento. ●= acque e gas disciolti; ● = gas liberi.

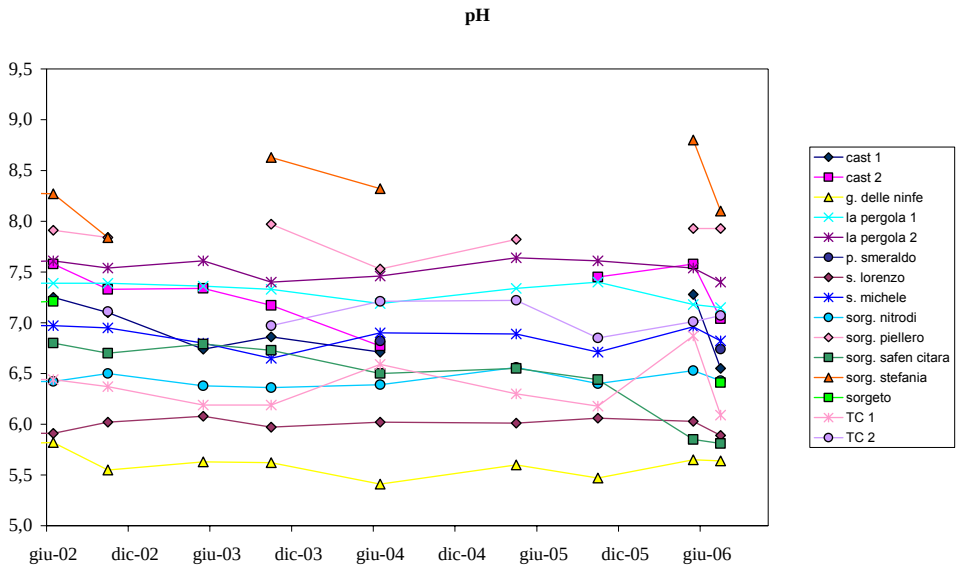


Figura 3. Variazioni di pH nel tempo.

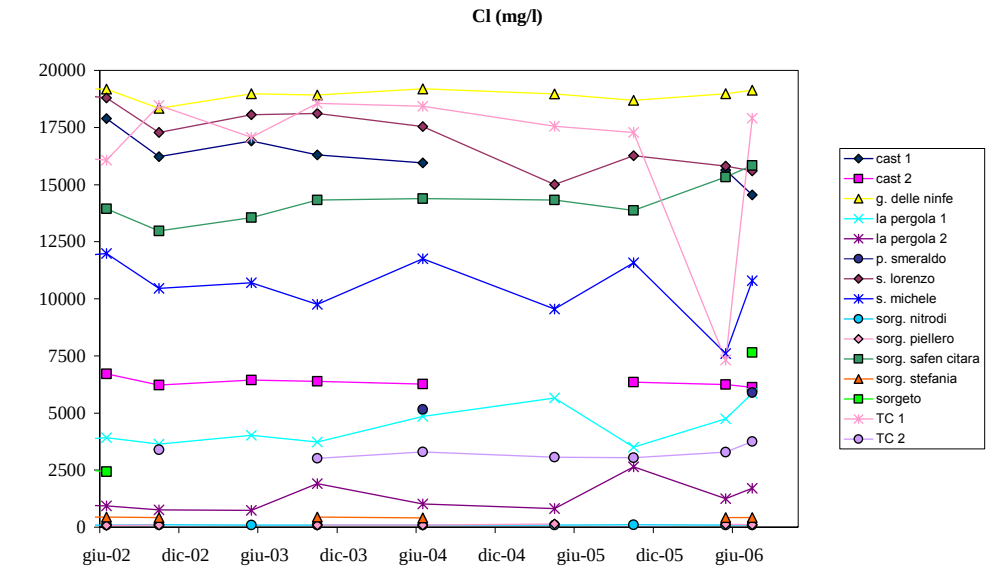


Figura 4. Variazioni di Cl nel tempo. I valori del Cl sono in meq/l.

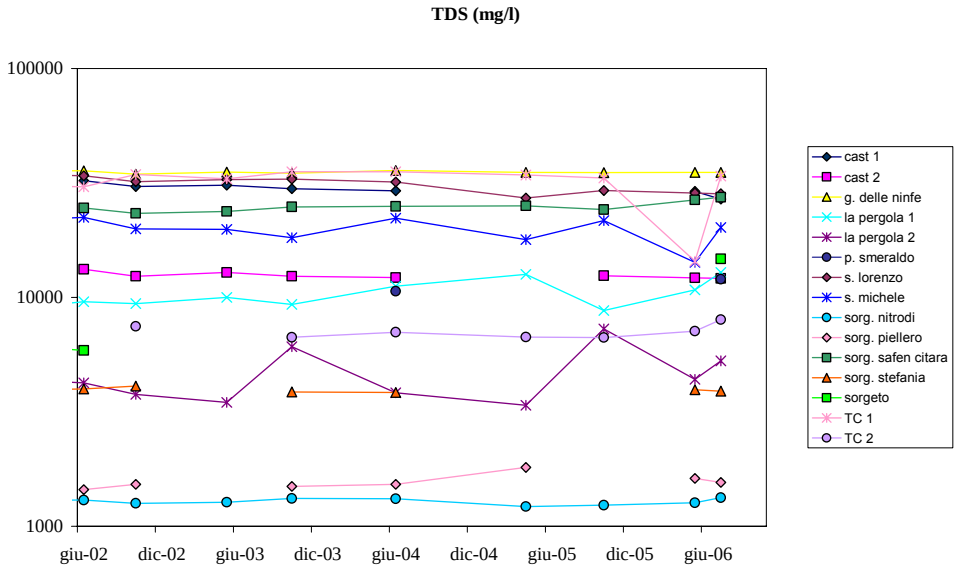


Figura 5. Variazioni di TDS (in mg/l) nel tempo.

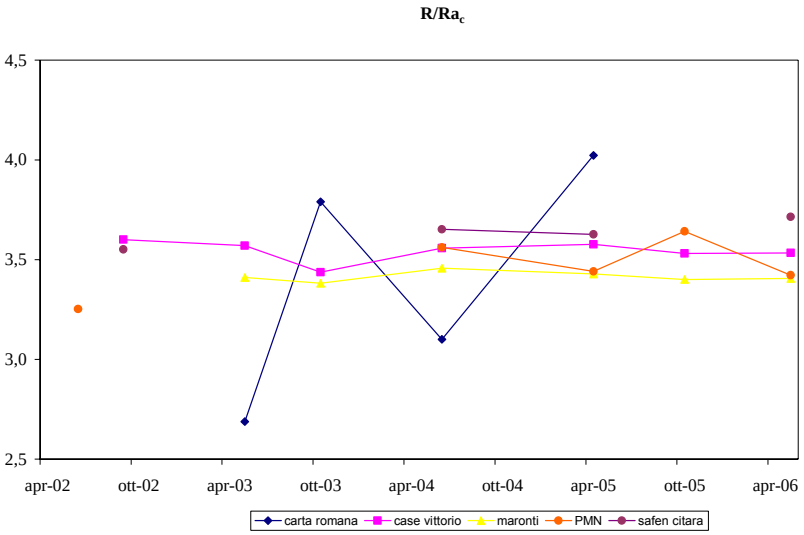


Figura 6. Variazioni di R/Ra nel tempo.

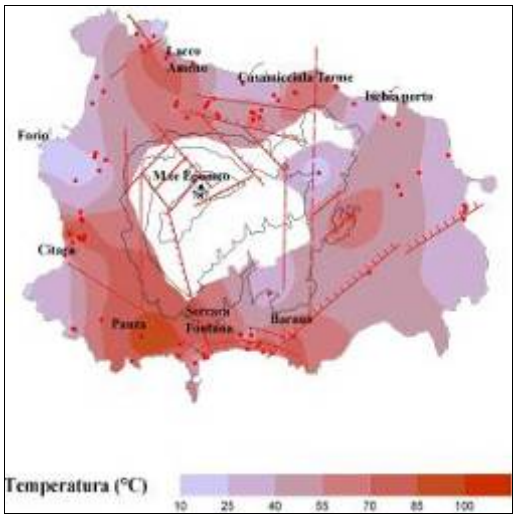


Figura 7. Mappa delle temperature delle acque di falda.

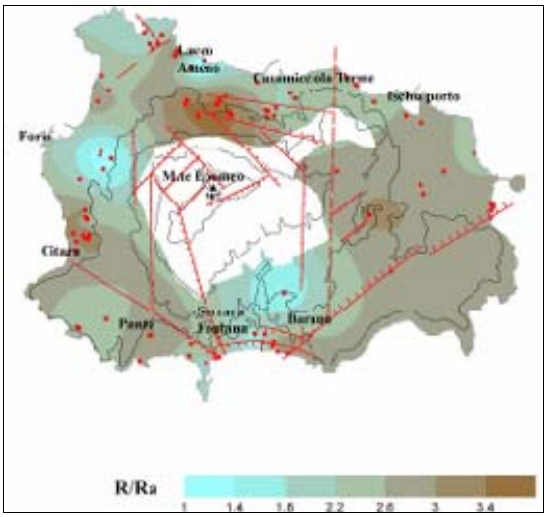


Figura 8. Mappa della distribuzione del rapporto isotopico dell'elio disciolto nelle acque di falda.

Monitoraggio dell'attività vulcano-esalativa al largo dell'isola di Panarea[35]

Introduzione

Nel corso del 2006 è proseguito il monitoraggio delle emissioni gassose sottomarine ubicate al largo di Panarea, attraverso attività in immersione con autorespiratori ad aria.

Le principali aree di degassamento continuano ad essere ubicate in prossimità degli isolotti di Bottaro e Lisca Bianca (fig. 1). Il cratere formatosi all'inizio della crisi in prossimità di Bottaro, che già aveva mostrato una progressiva diminuzione nell'intensità di degassamento nel corso degli anni precedenti, sembra emettere gas con un flusso ormai stabilizzato. Continua invece l'interramento ad opera di sedimenti riversati all'interno da mareggiate e correnti che hanno ridotto ulteriormente la profondità a circa 11 metri. 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, le aree di permeazione di acque termali ed i fori esalanti rilevati nel corso delle precedenti ricognizioni subacquee. Le acque termali sono state campionate unitamente ai gas nei siti usualmente monitorati, denominati Lisca Bianca, Campo 7, Bottaro 2, La Calcara e Black Point, utilizzando la tecnica già descritta in precedenti relazioni. Le acque termali evidenziano una composizione chimica simile all'acqua di mare, ma con una concentrazione in sali normalmente più elevata. E' 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. I parametri chimico-fisici risentono dell'interazione con le rocce e l'entità di tale processo dipende fortemente da condizioni molto locali di circolazione, permeabilità e fatturazione. 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.

Discussione dei dati

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, peraltro già discussi e quantitativamente descritti in precedenti relazioni (fig. 2). I composti reattivi minori (CO, H_2 e CH_4) non hanno mostrato rilevanti variazioni nel corso dell'anno di monitoraggio, e sono stati utilizzati per le consuete stime geotermobarometriche con le tecniche messe a punto proprio durante questa crisi (Caracausi et al., 2005). Nel diagramma di stabilità $Log(CO_2/H_2)$ vs $2Log(CO_2/CO)-0,5Log(CO_2/CH_4)$, i dati relativi all'emissione di Bottaro campionata nel corso dell'anno corrente, si allontanano dalla retta brine+vapore, sulla quale ricadevano durante la crisi. I gas di tale emissione diventano dunque più simili a quelli dei siti caratterizzati da flussi più modesti, ed evidenziano dunque un crescente grado di disequilibrio nel sistema chimico considerato. Evidentemente, i flussi di gas in diminuzione fanno sì che l'idrogeno sia più efficientemente rimosso dalla miscela gassosa

[35] Caracausi A., Ditta M., Italiano F., Longo M., Maugeri R., Nuccio P.M., Paonita A., Rizzo A.

per interazione con acqua, come accadeva in periodi pre-crisi. Riguardo l'andamento temporale dei parametri significativi (fig. 5), la temperatura massima calcolata per il sistema geotermico risulta costante, almeno nei limiti delle incertezze nelle stime geotermometriche. Tuttavia rimane su valori significativamente più alti di quelli precedenti la crisi. Il rapporto isotopico dell'elio (fig. 6) si mantiene sostanzialmente costante, e non mostra cenni di decrescita verso i valori osservati appena dopo l'inizio della crisi. Valori costanti sono anche stati osservati per i rapporti He/CO_2 ed He/Ne (non mostrati nei grafici).

Conclusioni

Il monitoraggio effettuato nel corso del 2006 suggerisce che il sistema vulcano-geotermico di Panarea è ritornato in condizioni stazionarie. L'attuale livello di attività mostra caratteristiche differenti in quanto presenta portate di gas e condizioni termo-bariche del sistema idrotermale più elevate rispetto ai valori antecedenti l'evento del Novembre 2002. Ciò indica una maggiore apporto di fluidi ed energia termica verso il sistema geotermico, legato alla presenza del corpo magmatico, ricco in volatili, che avrebbe determinato la crisi del 2002. Alternativamente, il maggiore contributo in termini di gas magmatici potrebbe dipendere da permeabilità più elevate del sistema, benché non si ritenga che questa condizione possa permanere nel lungo termine.

Bibliografia

Caliro S., A. Caracausi, G. Chiodini, M. Ditta, F. Italiano, M. Longo, C. Minopoli, P.M. Nuccio, A. Paonita and A. Rizzo, *Evidence of a new magmatic input to the quiescent volcanic edifice of Panarea, Aeolian Islands, Italy*. Geophys. Res. Lett., 31 (2004), L07619.

Caracausi A., Italiano F., Nuccio P.M., Paonita A., Rizzo A. *Changes in fluid geochemistry and physico-chemical conditions of geothermal systems caused by magmatic input: the recent abrupt outgassing off the island of Panarea (Aeolian Islands, Italy)*, Geochim. Cosmochim. Acta., in press.

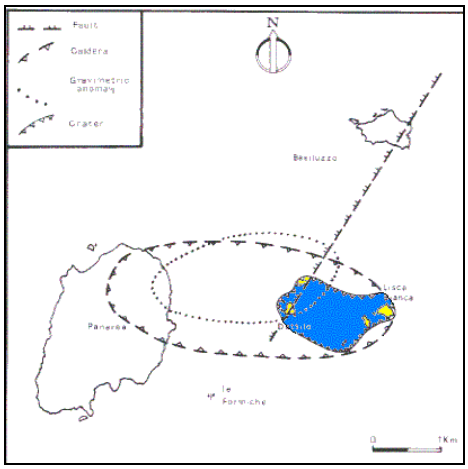


Figura 1. L'isola di Panarea e gli isolotti ad est dell'isola principale. In blu l'area maggiormente interessata dalle emissioni idrotermali. Sono tracciati i principali lineamenti tettonici dell'area.

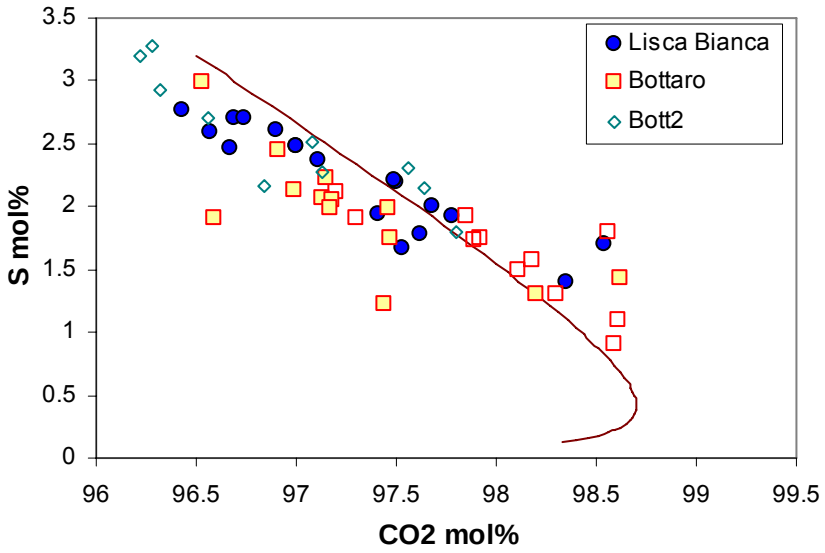


Figura 2. Relazioni tra zolfo e CO_2 nei gas campionati, e confronto con curva di dissoluzione selettiva in acqua di mare calcolata secondo il modello di Caracausi et al. (2005) per due diverse coppie iniziali di valori di S e CO_2.

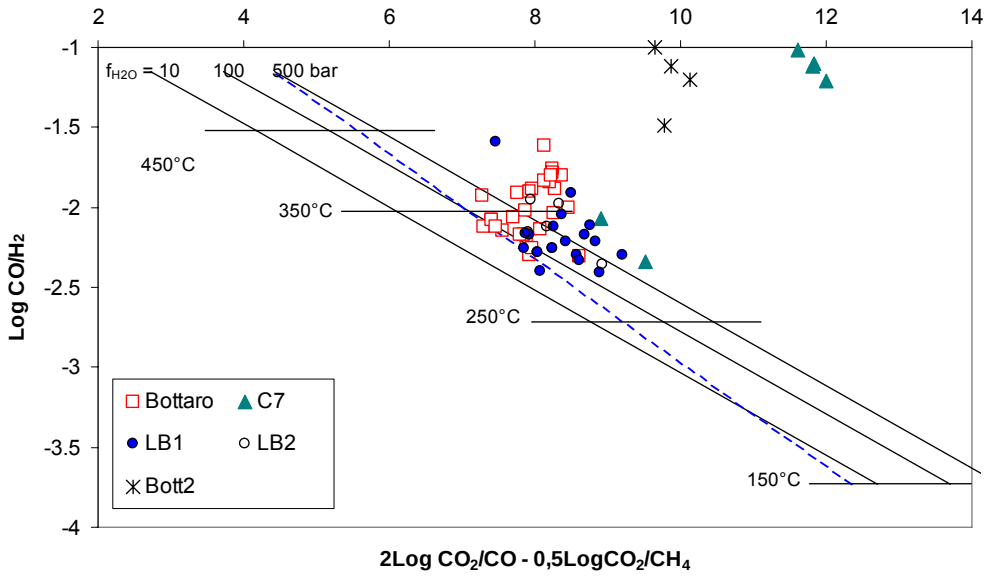


Figura 3. Stime geotermometriche nel sistema H_2O-CO_2-H_2-CO-CH_4-O_2. Le rette indicate con fH_2O sono calcolate fissando la fugacità di H_2O ai valori mostrati; la retta "brine" è ottenuta vincolando la fH_2O nell'assunzione che esista un sistema liquido+vapore(+alite). Il rapporto CO_2/H_2O nel vapore è fissato a 0.11 (Caracausi et al., 2005). L'ovale racchiude i dati di Bottaro relativi al 2004.

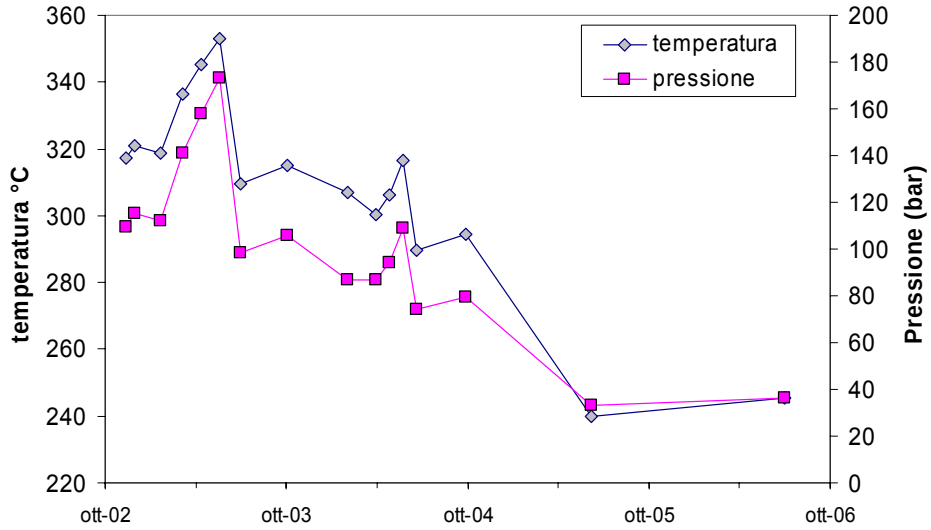


Figura 4. Variazioni temporali della geotemperatura e pressione del sistema geotermico calcolate per l'emissione principale di Bottaro.

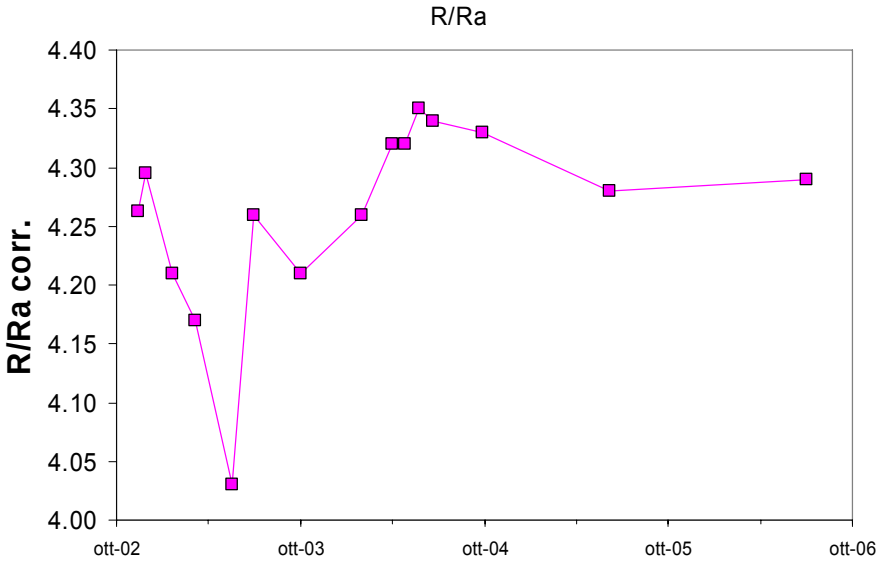


Figura 5. Composizione isotopica dell'elio (espresso come R/Ra, dove R è rapporto isotopico dell'elio nel campione e Ra quello nell'aria, e corretto da contaminazione atmosferica) nell'emissione principale di Bottaro.

Pantelleria[36]

Introduzione

L'isola di Pantelleria é un complesso vulcanico attivo, attualmente in stato di quiescenza, situato nel Canale di Sicilia. Il canale è costituito essenzialmente dal rift continentale che si sviluppa tra il nord Africa e la Sicilia, con direzione NW-SE (fig.1). L'isola rappresenta la parte emersa di una

[36] Brusca L., D'Alessandro W., Favara R., Gagliano Candela E., Longo M., Pecoraino G.

struttura vulcanica molto grande che si allunga nella stessa direzione del rift per circa 135km dei quali 32 costituiscono la parte emersa. Le rocce che costituiscono la parte emersa dell'isola sono prevalentemente di tipo alcalino e per-alcalino con alti contenuti in silice (Pantelleriti). La parte nord dell'isola, che è la più recente, è caratterizzata da prodotti più basici (alcali basalti e hawaiiti). Studi di carattere petrografico-geochimico (Civetta et al., 1988), la presenza di manifestazioni gassose e sorgenti termali, la recente eruzione del vulcano Foerstener a NW dell'isola in tempi storici portano a considerare probabile una ripresa dell'attività esplosiva entro tempi non remoti. 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 centri eruttivi recenti e lungo le faglie attive (Favare, Passo del vento, Cuddia di Mida). La tettonica sembra avere un ruolo primario, sia sul sistema di degassamento che nelle modalità di deflusso della falda (Favara et al. 2001). Anche le varie interazioni fluidi-rocce sembrano essere fortemente condizionate dal sistema tettonico. Durante il 2006, nell'ambito del programma di sorveglianza dell'isola, è stato effettuato il campionamento delle sorgenti e dei pozzi termali e freddi che meglio caratterizzano i circuiti idrologici dell'area in esame, tenendo conto della loro ubicazione, del loro contesto geologico e della loro potenzialità. Sono stati prelevati 8 campioni di acque e 3 campioni di gas. L'ubicazione dei punti di campionamento é riportata in fig. 2.

Metodi di campionamento ed analisi

Le acque termali, conservate in bocce in polietilene, sono state analizzate con HPLC mod. DIONEX SP 2000 e 4500 con detector CDM1 per la determinazione dei cationi e PED per quella degli anioni. La determinazione dei carbonati e bicarbonati è stata effettuata mediante titolazione. Temperatura, pH e conducibilità dell' acqua sono stati misurati direttamente in campagna. I gas liberi sono stati prelevati e conservati in campionatori a due vie in vetro pirex con rubinetti da vuoto collegati tramite un tubo di silicone ad una siringa da 100 cc e ad un fioretto in acciaio inox piantato nel suolo sino ad una profondità di 50 cm oppure, nel caso di gas gorgoglianti in acqua, con un imbuto capovolto. I gas sono stati analizzati in laboratorio con un gas-cromatografo Perkin-Elmer Σ 8500 con Ar come gas carrier e colonne Carbosieve S II da 4 m con HWD (He, H_2, O_2, N_2) e FID (CO, CH_4 e CO_2) come detector. La composizione isotopica del carbonio della CO_2, espressa in δ‰ rispetto allo standard PDB, è stata determinata mediante spettrometria di massa dopo purificazione in una linea a vuoto.

Risultati e discussione

Studi precedenti sui fluidi dell'isola (Dongarrà et al. 1983) suggeriscono che la composizione chimica dei fluidi di Pantelleria é il risultato di processi di mixing tra acqua meteorica locale ed acqua di mare e fluidi di origine magmatica e dell'interazione acqua-roccia ad alta temperatura. Le acque di Pantelleria sono classificabili come clorurato-solfato alcaline (fig. 3), risultano tutte termalizzate con T che oscillano tra 15 e 54°C. La loro salinità varia da 2 a più di 24 mS per i campioni più mineralizzati. Il range di variazione del pH è molto ampio variando tra ~ 5 a ~ 9 unità pH. Il Cl e il Na sono gli ioni presenti in maggiore concentrazione e sono quindi rappresentativi del

contenuto salino (TDS). La composizione delle acque in generale risulta abbastanza costante nel tempo. Le variazioni del contenuto salino che a volte si riscontra sono legate ad influssi superficiali connessi all'emungimento dei pozzi che provoca l'ingresso di acqua marina nella falda e non a variazioni del regime idrotermale profondo (fig. 4). I campioni prelevati nel periodo autunnale presentano, infatti, le concentrazioni più elevate (fino a 10 volte maggiori). L'effetto legato al regime pluviometrico anche se minimo non può essere trascurato. A Pantelleria, infatti, le piogge, che in assoluto sono piuttosto scarse (< 500 mm/a), sono distribuite in maniera discontinua nell'arco dell'anno con lunghi periodi secchi. Ciò si riflette ad esempio in maniera notevole sul livello idrometrico e sul contenuto salino delle acque del lago Specchio di Venere nel quale una parte degli afflussi é rappresentato dalle piogge. In uno stesso anno, infatti, sono state osservate variazioni di livello di parecchie decine di cm e di contenuto salino del 25%. La CO_2 è il gas prevalente in tutte le manifestazioni gassose dell'isola. Le fumarole di più alta temperatura inoltre contengono alte percentuali di H_2 e CH_4 (fino al 5% in volume) e presentano concentrazioni di He superiori a quelle atmosferiche (D'Alessandro et al., 1995). I gas campionati nel 2006 non presentano sostanziali differenze rispetto a quelle degli anni precedenti (fig. 5). Studi preliminari sull'esalazione di anidride carbonica dai suoli dell'isola hanno permesso di individuare due aree anomale (Favara et al., 2001): nella zona delle Favare (in cui sono presenti le maggiori manifestazioni fumaroliche) e nella zona del lago di Venere (fig. 6). In quest'ultima zona la CO_2 gorgoglia vistosamente nelle sorgenti sulle rive del lago ed é presente una mofeta con una superficie esalativa di alcuni m^2. La sovrassaturazione delle specie carbonatiche dovuta alla perdita di CO_2 in corrispondenza delle sorgenti termali provoca la precipitazione di sedimenti carbonatici sul fondo del lago. Il volume d'acqua contenuto, la conformazione (profondità massima 12.5 m) e la composizione chimica del lago (pH=9) non sono tali da consentire l'accumulo di grandi quantità di anidride carbonica nelle sue acque come è avvenuto in tempi recenti in alcuni laghi vulcanici in Cameroon (Lake Monoun, 1984, Lake Nyos, 1986). Inoltre la sostanziale costanza della composizione chimica delle acque non rivela aumenti di flusso di anidride carbonica. Problemi di "gas hazard" potrebbero essere presenti soltanto in caso variazioni significative nei flussi di CO2 e nelle caratteristiche chimico-fisiche delle acque del lago. Stime geotermometriche basate sulla composizione chimica sia delle acque (fig. 6) sia dei gas hanno dato temperature comprese tra i 150 ed i 250 °C (Dongarrà et al., 1983; Squarci et al. 1994; D'Alessandro et al., 1995), indicando la presenza di un campo geotermico a liquido dominante di potenziale interesse geotermico. Sono state effettuate stime geotermometriche per le manifestazioni fumaroliche di più alta temperatura basate sulla reazione:

$$CH_4 + 3CO_2 <-> 4CO + 2H_2O$$

considerando la PH_2O fissata dalla presenza di acqua liquida (Beltrami et al., 1985). Una ulteriore stima di temperatura è stata effettuata utilizzando il metodo grafico proposto da Giggenbach (fig. 7). Le temperature risultanti sono comprese tra 215 e 245 °C in buon accordo sia con le stime basate sui rapporti cationici delle acque sia con le stime effettuate con geotermometri in fase gassosa dagli autori precedenti. La composizione isotopica del carbonio della CO_2 delle

manifestazioni gassose campionate (-4 ÷ -6‰) rientra nel range di valori riportati dagli autori precedenti (-3.8 ÷ -6.2‰). La composizione isotopica dell'elio indica un'origine mantellica per questo gas.

Conclusioni

L'isola di Pantelleria, vulcano attivo in stato di quiescenza, é 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. Nell'arco degli ultimi 10 anni non sono state osservate variazioni significative sia nel sistema di alimentazione idrotermale sia nella composizione delle acque e dei gas. 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.

Bibliografia

Azzaro, E., Badalamenti, F., Dongarrà, G. & Hauser, S. (1983): *Geochemical and mineralogical studies of the lake Specchio di Venere, Pantelleria island, Italy.* Chem. Geol. 40, 149-165.

Beltrami, R., Cioni, R., Corazza, E., D'Amore, F. & Marini, L. (1985): *Carbon monoxide in geothermal gases. Reservoir temperature calculation at Larderello, Italy.* Geotherm. Resour. Council Int. Symp. on Geothermal energy, Auguste 1985, Kona Hawai Trans., 9/I, 399-402.

Bencini, A., Duchi, V. & Tonani, F. (1966): *Rapporto idrogeochimico sulle acque termali di Pantelleria. O.C.D.E. (Organ. Coop. Develop. Econ.), Pisa, Italia.* Rapporto interno non pubblicato (ora ottenibile attraverso C.N.R. - I.I.R.G., Pisa, Italy).

Bocchi, G., Gabbianelli, G., Lanzafame, G., Luchini, F., Rabbi, E. & Rossi, P.L. (1988): *Relazione sui rilievi eseguiti sul "lago di Venere", Pantelleria.* Boll. GNV, 4, 63-73

Civetta, L., Cornette, Y., Gillot, P.Y. & Orsi, G. (1988): *The eruptive history of Pantelleria (Sicily Channel) in the last 50 ka.* Bull. Volcanol. 50, 47-57.

D'Alessandro, W., Dongarrà, G., Gurrieri, S., Parello, F. & Valenza, M. (1995): *Geochemical characterization of naturally occurring fluids on the island of Pantelleria (Italy).* Miner. Petrogr. Acta 27, 91-102.

Dongarrà, G., Hauser, S., Alaimo, R., Carapezza, M. & Tonani, F. (1983): *Hot waters on Pantelleria island. Geochemical features and preliminar geothermal investigations.* Geothermics 12, 49-63.

Duchi, V., Campana, M.E., Minissale, A. & Thompson, M. (1994): *Geochemistry of thermal fluids on the volcanic isle of Pantelleria, southern Italy.* Appl. Geochem., 9, 147-160.

Favara R., Giammanco S., Inguaggiato S., Pecoraino G. (2001): *Preliminary estimate of CO2 from Pantelleria Island volcano (Sicily, Italy): evidence of active mantle degassing.* Appl. Geoch., 16,883-894.

Sangiorgi, G. (1988): *Caratterizzazione geochimica dei fluidi di Pantelleria*. Tesi di laurea in Scienze Geologiche, Università di Palermo.

Squarci, P., Giannelli, G., Grassi, S., Mussi, M. & D'Amore, F. (1994): *Preliminary results of geothermal prospecting on the Island of Pantelleria (Italy). Acta Vulcanol*. 5, 117-123.

Truesdell, A.H. (1976): *Summary of section III, Geochemical techniques in exploration*: Proc. 2nd U.N. Symp. on the Developmen and use of geothermal esources, San Francisco, 1975, 1, 53-79.

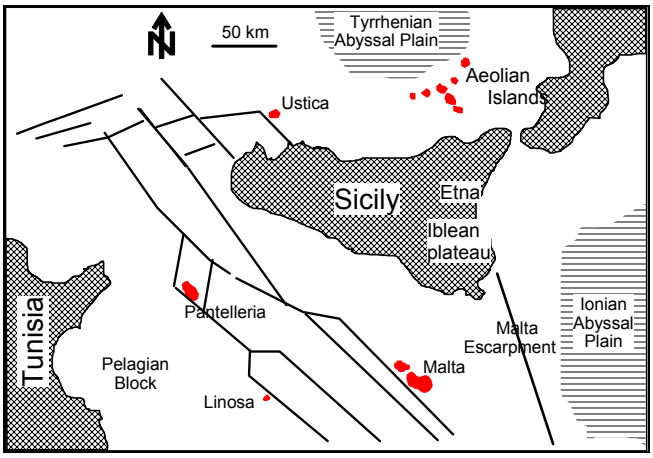


Figura 1. Mappa tettonica schematica del Canale di Sicilia.

Figura 2. Mappa con l'ubicazione dei punti di campionamento. Circoletti verdi rappresentano i pozzi; i Circoletti rossi i gas del suolo.

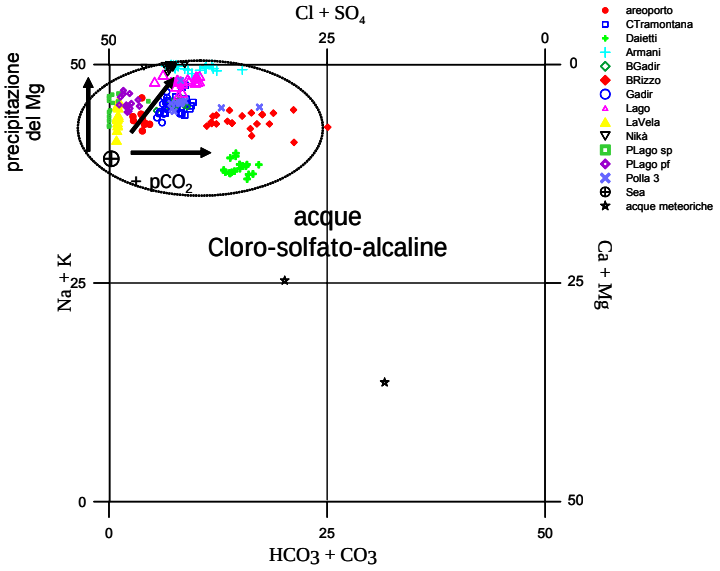


Figura 3. Diagramma classificativo di Langelier-Ludwig. Sono indicati i principali fenomeni che caratterizzano la composizione chimica delle acque.

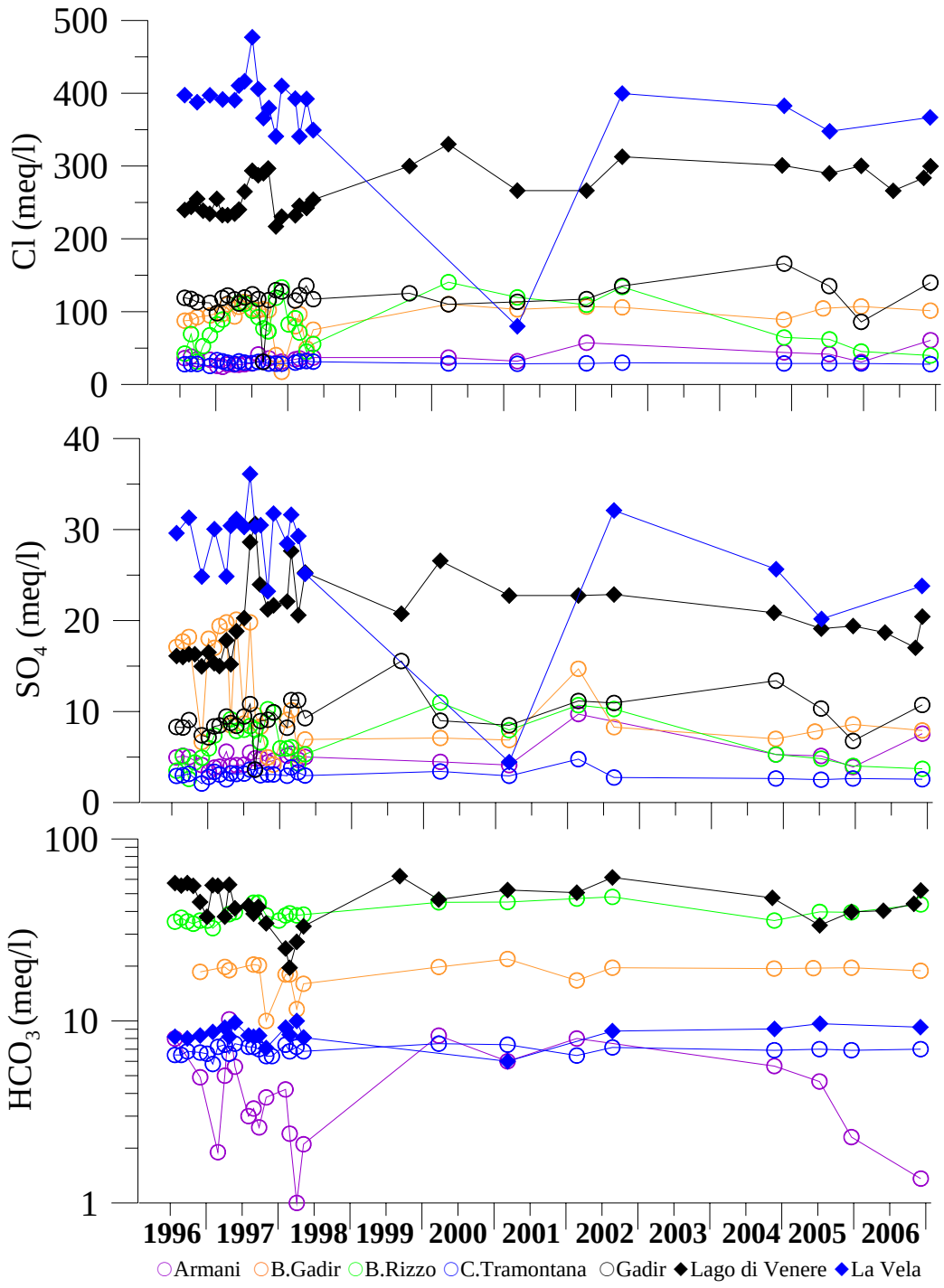


Figura 4. Variazioni temporali di conducibilità, pH e temperatura delle acque campionate.

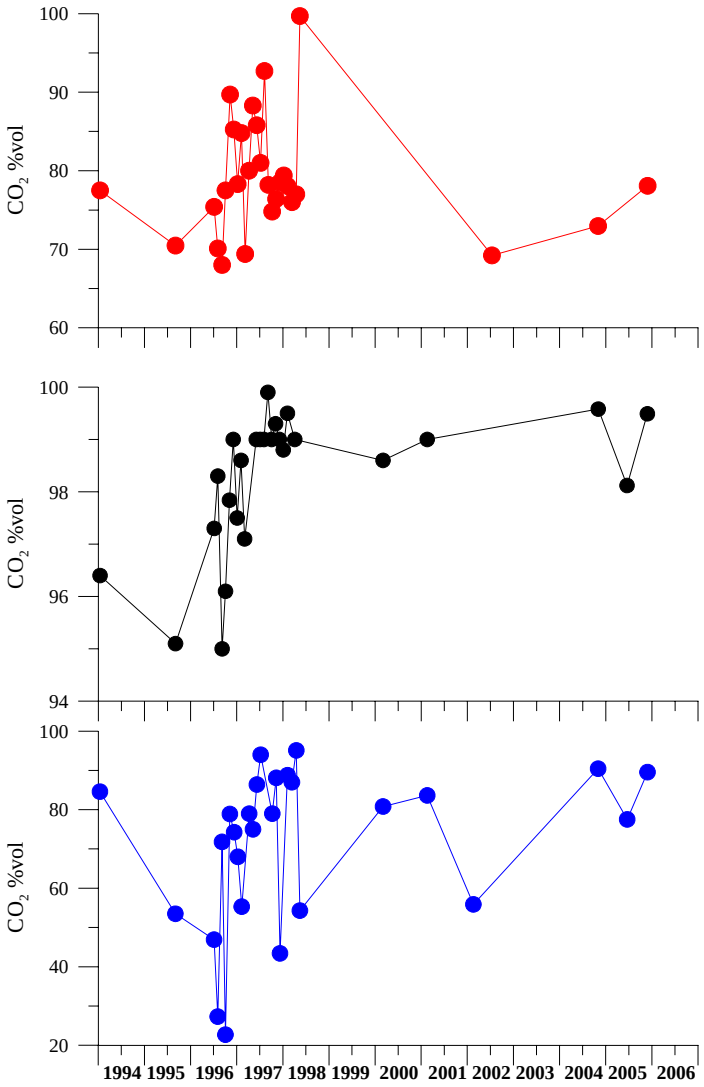


Figura 5. Variazioni temporali della anidride carbonica nei siti campionati.

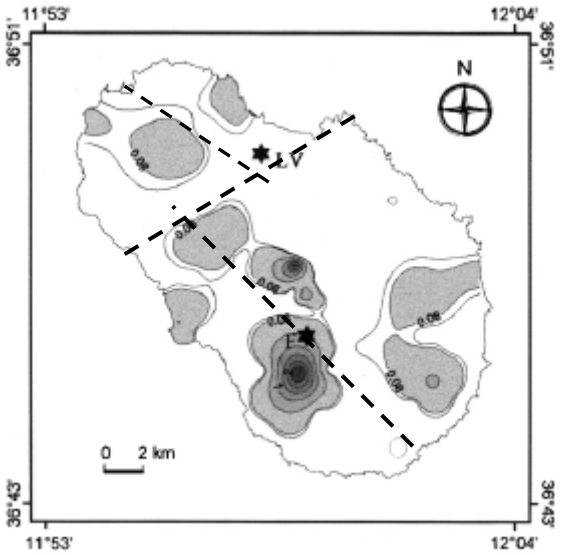


Figura 6. Distribuzione della CO_2 statica nell'isola. Le linee tratteggiate indicano la posizione e il trend delle principali strutture tettoniche regionali.

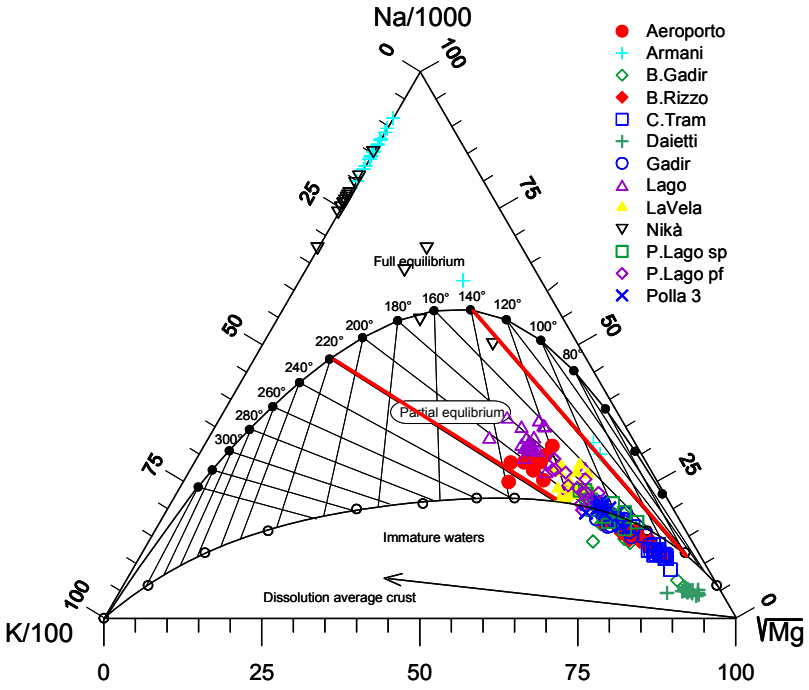


Figura 7. Valutazione della T °C del reservoir geotermico utilizzando i contenuti di Na, K e Mg nelle acque campionate.

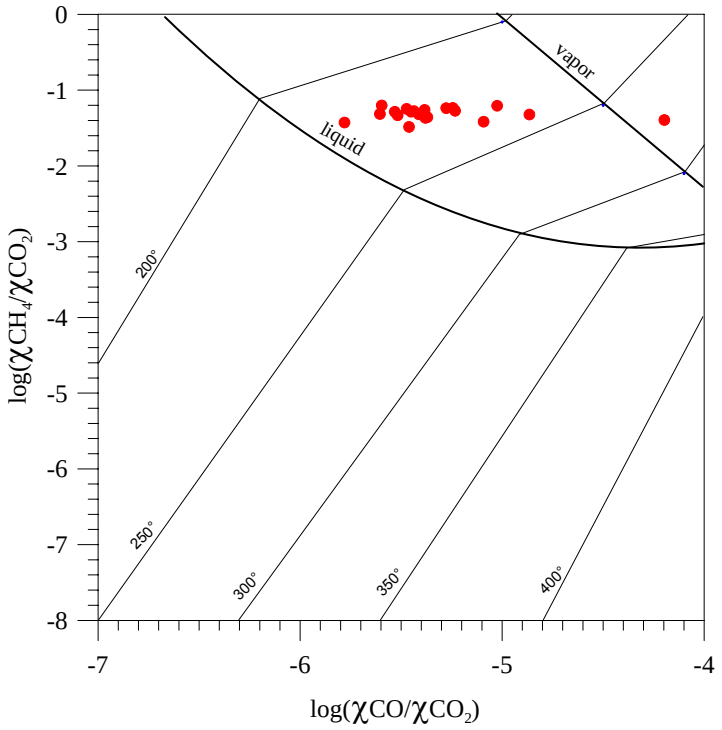


Figura 8. Valutazione della T °C del reservoir geotermico utilizzando i contenuti di CH_4, CO e CO_2 nei gas delle Favare.

Campi Flegrei[37]

Introduzione

I Campi Flegrei sono un'area vulcanica in stato di quiescenza che si estende all'interno di una caldera di circa 15 chilometri di diametro localizzata in una zona altamente popolata ad ovest della città di Napoli. Dal punto di vista geodinamico, i Campi Flegrei appartengono ad un complesso sistema vulcanico ubicato sul margine meridionale tirrenico della catena appenninica, in un'area interessata da movimenti tettonici di tipo distensivo. La più recente attività eruttiva verificatasi nel 1538 ha dato origine al cono di Monte Nuovo ed è stata preceduta da un sollevamento del suolo di circa 7 m. Anche negli ultimi anni l'area è stata interessata nuovamente da diversi cicli bradisismici che hanno causato un innalzamento ed un successivo abbassamento del suolo senza peraltro che si sia verificata alcuna eruzione. Le ultime crisi si sono manifestate nel periodo 1968-1972 con un innalzamento di 1.7 m cui è seguito un abbassamento di 0.22 m e nel biennio 1982 al 1984 con un sollevamento di circa 1.8 m seguito da un abbassamento con un rate di circa 5 cm per anno. L'ultimo rilevante periodo di sollevamento ha avuto inizio nell'ottobre 2004 ed ha determinato un sollevamento massimo di circa di 24 millimetri a marzo 2006. Attualmente l'area più attiva è quella della Solfatara di Pozzuoli, dove è presente un esteso campo fumarolico con due emissioni principali Bocca Grande (BG) con temperatura prossime a 160°C, Bocca Nuova con temperature di circa 140°C (BN), una serie di emissioni minori e un degassamento diffuso di CO_2 dal suolo. Altre importanti zone di degassamento puntuali e diffuse si trovano nella piana di Agnano, dove sono ubicati anche alcuni pozzi termali. Il vapore acqueo è il principale componente gassoso emesso dalle fumarole della Solfatara, seguito dalla CO_2, H_2S e dal N_2 mentre non sono presenti specie acide quali SO_2, HCl e HF, indicando che i gas sono di origine idrotermale. La composizione isotopica dell'acqua, dell'anidride carbonica e dell'elio suggeriscono però un apporto non trascurabile anche di fluidi di origine magmatica (Cioni et al., 1984; Chiodini e Marini, 1998). Il modello proposto per il sistema idrotermale della Solfatara di Pozzuoli suggerisce la presenza di una camera magmatica posta a pochi chilometri di profondità; questa rappresenta la sorgente principale di calore che riscalda fino all'ebollizione un acquifero posto al di sopra di essa. Tra l'acquifero e la superficie viene ubicata una zona in cui è presente del vapore surriscaldato a T>200°C. Il movimento verticale del suolo è stato messo in relazione alle deformazioni indotte dalla rilascio di fluidi dal sistema idrotermale (De Natale et al., 1991, 2001; Gaeta et al., 1998) e più in particolare all'iniezione di fluidi profondi ricchi di CO_2 e di N_2, probabilmente di origine magmatica (Chiodini et al., 2003). In occasione delle crisi bradisismiche è stato osservato sia un incremento dell'attività sismica sia un cambiamento della composizione chimica ed isotopica dei gas fumarolici (Cioni et al., 1984; Tedesco e Scarsi 1993). L'attivita di sorveglianza svolta nel corso del 2006 è consistita nel campionamento quadrimestrale delle due principali emissioni fumaroliche presenti nella caldera della Solfatara di Pozzuoli: Bocca Grande (BG) e Bocca Nuova (BN).

[37] Grassa F., Inguaggiato S., Madonia P., Rouwet D.

Risultati e discussione

Durante il 2006 sono state effettuate tre campagne di campionamento. Si è osservato che la temperatura della fumarola BG si è mantenuta costante attestandosi intorno ai 160°C mentre la fumarola BN ha mostrato a luglio un incremento di oltre 25°C fino a 169°C per poi tornare sui valori di circa 140°C, in linea con quelli registrati precedentemente. Le manifestazioni fumaroliche campionate presentano una composizione chimica in cui il vapore acqueo è il componente dominante (80% circa) con la CO_2 che è invece la specie prevalente tra i gas secchi. I rapporti Gas/H_2O che in passato hanno mostrato significativi aumenti in occasione dei sollevamenti del suolo sono costanti nell'ordine di 0.22-0.23 ad eccezione del solo campione BG di ottobre che ha accennato ad un incremento. I campioni di gas liberi sono essenzialmente gas a CO_2-dominante, il metano è presente in concentrazioni dell'ordine delle decina o centinaia di ppm e le concentrazioni di elio non superano mai i 10 ppm, mantenendosi con una composizione chimica piuttosto costante nel tempo. La stime della temperatura di equilibrio effettuata utilizzando i geotermometri gassosi H_2/H_2O, CO/CO_2 e CH_4/CO_2 (Giggenbach, 1987; Chiodini e Marini, 1998) indicano valori compresi tra 200 e 300°C in linea con quelli stimati negli anni precedenti. La composizione isotopica dell'He dei gas campionati oscilla di poco intorno ad valore di 3.0Ra. I rapporti isotopici $^{40}Ar/^{36}Ar$ sono compresi tra 310.4 e 323.6 di poco superiori a quelli dell'aria (295.5) ad eccezione del campione BG di Luglio che risulta di poco più elevato degli altri (430.1). Anche la composizione isotopica della CO_2 rimane piuttosto stabile con valori di $\delta^{13}C$ intorno -1.7‰ e -1.3‰ rispettivamente a BN e BG. Negli ultimi due campionamenti è stata anche determinata la composizione isotopica dell'azoto. I valori ottenuti compresi tra +5.5‰ e +6.5‰ rispetto all'aria indicano un'origine prevalentemente crostale di questo gas.

Conclusioni

Durante il 2006, la composizione chimica ed isotopica dei gas campionati si è mantenuta costante. Conseguentemente, la stima delle temperature del sistema vulcanico della Solfatara di Pozzuoli ricavata dai più comuni geotermometri in fase gassosa, indica valori tra 200 e 300°C, molto vicini a quelli stimati negli anni precedenti. Ciò è indice di una prevalente condizione stazionaria del sistema magmatico profondo.

Bibliografia

Cioni, R., Corazza, E., Marini, L., (1984): The gas/steam ratio as indicator of heat transfer at the Solfatara fumaroles, Phlegrean Fields (Italy). Bull. Volcanol. 47, 295-302.

Chiodini, G., Marini, L., (1998): Hydrothermal gas equilibria: The H2O-H2-CO2-CO-CH4 system. Geochim. Cosmochim. Acta 62, 2673-2687.

Chiodini, G., Todesco, N., Caliro, S., Del Gaudio, C., Macedonio, G., Russo, M., (2003): magma degassing as a trigger of bradiseismic events: The case of Phlegrean Fields (Italy). Geophys. Res. Lett. 30, doi:10.1029/2002GL016790.

De Natale, G., Pingue, F., Allard, P., Zollo, A., (1991): Geophysical and geochemical modeling of the 1982-1994 unrest fenomena at Campi Flegrei caldera (Southern Italy), J. Volcanol. Geotherm. Res. 48, 199-222.

De Natale, G., Trosie, C., Pingue, F., (2001): A mechanical fluid-dynamical model for ground movements at Campi Flegrei caldera. J. Geodyn. 32, 487-517.

Gaeta, F.S., De Natale, G., Peluso, F., Mastrolorenzo, G., Castagnolo, D., Troie, C., Pingue, F., Mita, D.G., Rossano, S., (1998): Genesis and evolution of unrest episodes at Campi Flegrei caldera: The role of thermal fluid-dynamical processes in the geothermal system. J. Geophys. Res. 103, 20,921-20,933.

Giggenbach, W.F., (1987): Redox processes governing the chemistry of fumarolic gases discharges from White Island, New Zealand. Appl. Geochem. 2, 143-161.

Tedesco, D., Scasi, P., (1999): Chemical (He, H2, CH4, Ne, Ar, N2) and isotopic (Ne, Ar, C) variations at the Solfatara crater (Southern Italy): mixing of different sources in relation to seismic activity. Earth Planet. Sci. Lett. 171, 465-480.

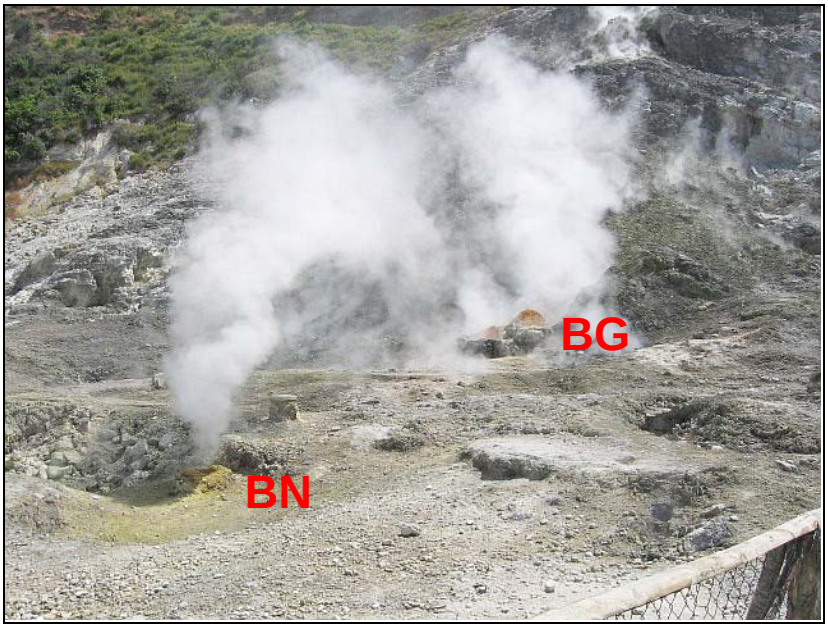


Figura 1. Il campo fumarolico della Solfatara con le due fumarole principali Bocca Nuova (BN) in primo piano e Bocca Grande (BG) sullo sfondo.

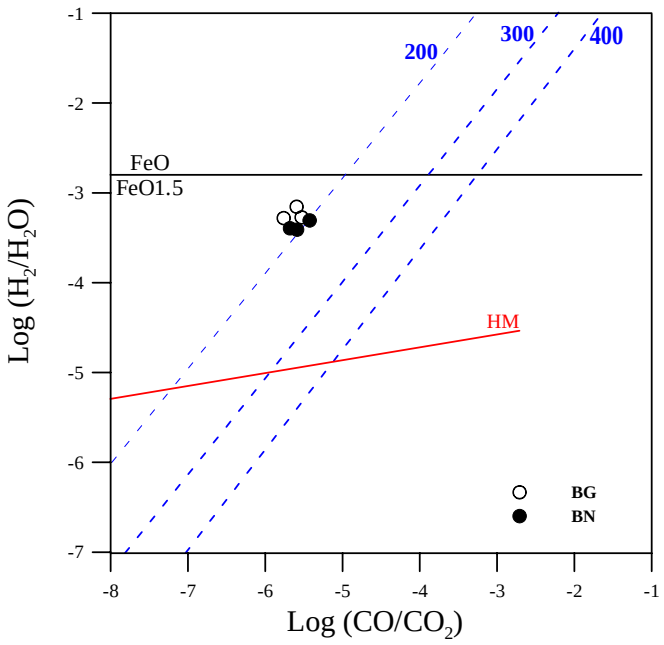


Figura 2. Geotermometria H_2/H_2O vs CO/CO_2.

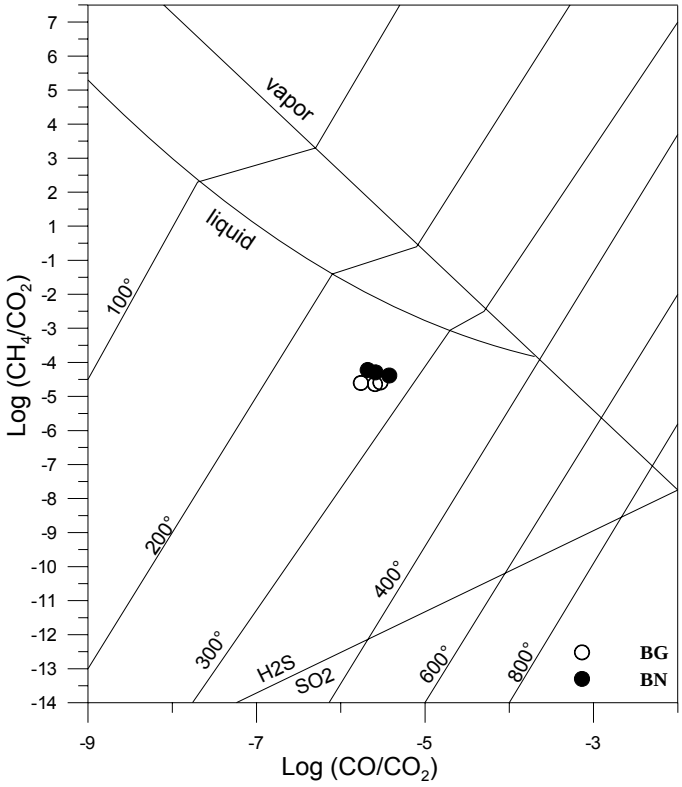


Figura 3. Geotermometro CH_4/CO_2 vs CO/CO_2.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Voce B

Potenziamento delle **R**eti di **M**onitoraggio

VULCANI SICILIANI

(a cura del Dott. Alessandro Bonaccorso, Direttore della Sezione di Catania)

MONITORAGGIO VULCANOLOGICO

Durante il secondo semestre del 2006 è stato notevolmente sviluppato il sistema di calcolo automatico per il flusso di SO_2 emesso dell'Etna. Lo sviluppo consiste principalmente nell'integrazione del calcolo della sezione di SO_2 misurata con la rete Flames Etna con la velocità del vento derivata dal modello GRIB fornito nel progetto FIRB-FUMO. E' stata inoltre ottenuta una rigorosa calibrazione mensile di tutte le stazioni UV, che ha permesso una validazione dei risultati forniti dalla rete. E' stata migliorata l'acquisizione di immagini termiche e nel visibile attraverso telecamera termica portatile e macchina fotografica dedicata, che utilizza adesso un PC portatile e relativi software, per l'acquisizione contemporanea ed automatica dei dati termici e nel visibile sia da elicottero sia da terra. E' stato costruito un prototipo per eseguire misure nadirali, da utilizzare sull'elicottero della Protezione Civile Nazionale. E' stata acquistata una stazione fissa meteorologica da installare sull'isola di Vulcano, e sono stati sviluppati dei software per l'acquisizione in tempo reale e per l'analisi in remoto dei dati termici di Vulcano attraverso routine dedicate. Sono stati effettuati dei corsi di formazione IDL per implementare l'analisi dei dati termici con routine dedicate; è stata acquistata una scheda di interfaccia ed una interfaccia ethernet per la stazione meteo e la telecamera termica fissa di Vulcano, che permetteranno alla stazione meteo ed alla telecamera termica di dialogare correttamente. Il completamento della rete di sensori radon all'Etna prevede l'installazione di sensori di proprietà INGV nei siti ove attualmente sono collocati sensori di altri enti (a Zafferana e a Vena), nonché l'installazione di una nuova stazione nella zona di Ragalna (fianco SO etneo). Per tali motivi, nel 2006, su fondi DPC sono stati acquistati: n. 2 sonde barasol per misure radon in continuo, dotate di sistema di teletrasmissione dei dati; n. 1 sonda barasol per misure radon in continuo, non accessoriata; n. 2 trasmettitori meteo VAISALA. Di questi, solo i trasmettitori meteo sono stati già consegnati. Il materiale sarà installato insieme con altri sensori (CO_2) nelle stazioni multiparametriche quando tutto ciò che è stato ordinato sarà stato consegnato. La consegna del materiale è stata posticipata per permettere di aggiornare le sonde con modifiche strutturali da noi suggerite alla ditta costruttrice, finalizzate a rendere la strumentazione più robusta e resistente alle alte temperature e pressione di vapore d'acqua e di altri gas, ovvero in ambienti tipici delle installazioni in area sommitale di vulcani attivi. Una prima modifica è stata già eseguita dalla ditta Algade dietro nostra richiesta, sulla sonda installata fino a ottobre 2006 a Torre del Filosofo, che presentava fenomeni di precoce aggressione chimica sui filtri che proteggono il sensore radon. La modifica strutturale della sonda, considerabile come un prototipo, ha superato i test di laboratorio che abbiamo eseguito presso la Sezione Roma 1 dell'INGV. In quella occasione è stata anche realizzata una piccola camera stagna per la calibrazione dei sensori radon. Questa sonda è stata, quindi, rispedita a Catania e sarà installata nei prossimi giorni a Torre del Filosofo, compatibilmente con le condizioni meteo e con la disponibilità di mezzi di trasporto adeguati (motoslitta e personale abilitato alla sua guida). Al

momento, le tre nuove sonde barasol sono già state modificate e sono in corso di consegna, che avverrà nelle prossime settimane. La loro installazione è prevista insieme con i sensori di CO_2 e con le due stazioni meteo a corredo delle stazioni multiparametriche.

MONITORAGGIO SISMOLOGICO

Le attività di potenziamento dei dispositivi di monitoraggio sismico delle aree vulcaniche (Etna e Isole Eolie) e delle aree sismogenetiche della Sicilia Orientale (area Iblea e Peloritani-Calabria merid.) hanno riguardato essenzialmente lo sviluppo/potenziamento della rete sismica permanente (potenziamento nel settore orientale dell'Etna, nell'isola di Vulcano e in Calabria) e della rete mobile. In maggior dettaglio:

1) si è provveduto alla acquisizione delle strumentazioni necessarie a potenziare la rete mobile attraverso l'acquisizione di ulteriori n. 3 stazioni Taurus Nanometrics complete di 3 sensori BB Trillium (120s). Allo stato attuale sono dieci le stazioni digitali della stessa tipologia disponibili, tutte equipaggiate con sensori 3-componenti BB Lennartz (20s);
2) sono state realizzate n. 6 infrastrutture per l'installazione di relative n. 6 stazioni permanenti sismiche, n. 2 nell'area di vulcano (IVLT e IVUG), n. 2 nel versante orientale dell'Etna (EPDM e ESAL) e n. 1 in Calabria (MPAZ). Nel corso del semestre è stata installata solo la stazione di Palazzi (MPAZ) in Calabria e nei primi mesi del 2007 si procederà all'installazione delle rimanenti stazioni;
3) sono stati installati n. 2 accelerometri Kinemetrics Episensor, presso le stazioni di Nicolosi (ENIC) e Pozzillo (EPOZ), nell'area Etnea;
4) sono state installate n. 2 stazioni infrasoniche per il monitoraggio dell'attività sismo-vulcanica, presso le stazioni sommitali di Cratere del Piano (ECPN) e Pizzi de Neri (EPDM) all'Etna;
5) sono inoltre continuate le attività in collaborazione con il gruppo geodetico "Rete GPS permanente" al fine di poter utilizzare il sistema Nanometrics e in particolare la parte di trasmissione satellitare come vettore trasmissivo anche per i segnali GPS in continuo.

MONITORAGGIO DELLE DEFORMAZIONI DEL SUOLO

Le attività di potenziamento dei dispositivi di monitoraggio geodetico delle aree vulcaniche e sulle principali aree sismogenetiche siciliane hanno riguardato i seguenti temi:

a) realizzazione della rete GPS permanente italiana;
b) potenziamento sul settore orientale dell'Etna;
c) realizzazione di una rete mobile GPS.

Per consentire le attività sopra richiamate, è stato potenziato il parco strumentale con l'acquisizione di ricevitori GPS e sensori clinometrici di nuova generazione.

1. Le principali attività relative alla rete GPS Nazionale, sono state le seguenti:

1.1. potenziamento della rete di monitoraggio delle aree sismiche attive della Sicilia Orientale e dello Stretto di Messina per mezzo dell'installazione di 4 nuove stazioni permanenti (Modica, Vizzini, Milazzo, Castanea delle Furie (ME), Palizzi Marina (RC));
1.2. potenziamento del sistema di acquisizione della rete in tempo reale per mezzo dell'acquisto del nuovo software RTD 3.0 con licenza fino a 18 siti.

2. Le principali attività sul versante orientale etneo sono state le seguenti:
   2.1. potenziamento del sistema di trasmissione realizzando un ponte presso la contrada M. Pomiciaro, per la centralizzazione dei segnali dalle stazioni remote e successiva ripetizione del segnale verso la Sezione di Catania, utilizzando per quest'ultima tratta un sistema WiFi ad 1 Ghz;
   2.2. calibrazione presso un sito appositamente realizzato al CUAD (Centro Unificato Acquisizione Dati) della Sezione di Catania, tuttora in corso, dei sensori clinometrici di nuova generazione, acquisiti nel corso del secondo semestre 2006. Questi strumenti saranno istallati in stazioni del fianco orientale in via di ultimazione. La calibrazione è necessaria per adeguare le soluzioni tecniche attualmente adottate nella collocazione e della gestione dei dati dei sensori clinometrici a quelle dei nuovi modelli.

Per quanto riguarda le attività relative alla realizzazione di una rete mobile GPS, si sono limitate al collaudo della strumentazione fornita ed alla sua configurazione con sistemi standard di alimentazione e trasmissione. Sono in corso attività finalizzate alla realizzazione di una struttura prototipale per una stazione mobile "leggera".

ATTIVITÀ DI OTTIMIZZAZIONE DELLA SALA OPERATIVA

Nel secondo semestre 2006 l'attività di potenziamento ha riguardato diversi temi relativi ai sistemi di sorveglianza e controllo. E' stato dato molto spazio al potenziamento dei sistemi software presenti in Sala Operativa con particolare risalto alle fenomenologie legate al trattamento dei dati provenienti dalle telecamere infrarosso e termica (software New Saraterm) e dalla generazione di mappe automatiche come output di sistemi di simulazioni in grado di fornire le potenziali aree di ricaduta di cenere vulcanica.

Per quanto concerne i sistemi di visualizzazione è stato potenziato il sistema di visione delle tracce sismiche: è richiesto un nuovo tipo di struttura hardware/software di cui un prototipo è in fase di test in Sala Operativa, sono stati potenziamenti i sistemi di archiviazione dei dati attraverso l'acquisizione di sistemi di storage (NAS) di elevate capacità, è stato potenziato il circuito di switching della rete interna per il trasferimento dati in categoria Gigabit.

E' stato predisposto il miglioramento funzionale della stazione sull'isola di Vulcano, in collaborazione con l'Unità Funzionale Vulcanologia attraverso un sistema di telegestione e controllo dei dati video e metereologici che è stato titolo di una tese di laurea. Sono stati eseguiti studi sull'Isola di Stromboli per testare le telecamere termiche per il rilievo di dati radiometrici a distanza ravvicinata dai crateri sommitali. Ciò permette al sistema di controllo automatico di

produrre dati e allarmi sulle anomalie termiche, di discernere il tipo di cratere in cui ha luogo l'attività e può essere utilizzato per il conteggio di fasi esplosive.

VULCANI DELL'AREA NAPOLETANA E STROMBOLI

(a cura del Dott. Giovanni Macedonio, Direttore dell'Osservatorio Vesuviano)

MONITORAGGIO SISMICO[38]

Nel corso del II semestre 2006, gli interventi di potenziamento della rete sismica RSOV sono consistiti al Vesuvio nell'installazione sul campo, nel settore occidentale del vulcano, di un array sismico denso (ARV) costituito da 16 geofoni Lennartz LE3D, nell'installazione di una stazione a corto periodo digitale in prossimità dell'area craterica (OV2), nella realizzazione delle relative infrastrutture per il collegamento, di tipo telematico a larga banda, dei due siti suddetti con la sede storica dell'Osservatorio Vesuviano e da qui con il centro di acquisizione di Posillipo, per la centralizzazione dei segnali ed il controllo dei sistemi di acquisizione. Per l'array è stata anche realizzata una prima versione operativa del sistema di analisi in tempo reale, di archiviazione in data base e di visualizzazione tramite pagine Web dinamiche dei parametri cinematici del tramore sismico. Nell'area flegrea è stata implementata la trasmissione e l'integrazione nel sistema di monitoraggio in tempo reale dei dati provenienti dai 3 dilatometri e da 3 nuove stazioni broadband collocate negli stessi siti (QUAR, MRUS ed ARCO). Questa attività è stata volta in collaborazione con il Dip. di Fisica dell'Università di Salerno e nell'ambito delle realizzazioni del Centro di Competenza AMRA. Inoltre è stato installato ed integrato nei sistemi di monitoraggio un microfono infrasonico all'interno dell'area della Solfatara. Ad integrazione della rete sismica dello Stomboli è stato installato un dilatometro da pozzo presso la località Timpone del Fuoco (TDF) ed uno presso la sede del COA. Per TDF è stata realizzata l'infrastruttura di collegamento telematico a larga banda con il Centro di Monitoraggio, consentendo la centralizzazione dei segnali ed il controllo remoto dell'intero sistema.

RETE MOBILE[39]

Nel secondo semestre del 2006 le attività di potenziamento della Rete Mobile hanno riguardato prevalentemente l'area dei Campi Flegrei dov'è in corso una ripresa dell'attività dinamica. In particolare sono stati installati l'array ADM e la stazione idrofonica PNI. Esse si aggiungono alle otto stazioni già operative: OVD, ASB2, OMN2, TAGB, BGNB e CUBB, AMS2 e CSI. Nel secondo semestre 2006 la stazione TAGB è stata dotata di modem GSM, che ha permesso sia il controllo che lo scarico dati da remoto ulizzando un computer del Laboratorio Rete Mobile. In futuro, ravvisatane la versatilità e l'indubbia utilità, si prevede di implementare tale sistema su un numero maggiore di stazioni.

[38] A cura di: M. Martini, G. Borriello, C. Buonocunto, M. Capello, A. Caputo, L. D'Auria, W. De Cesare, A. Esposito, F. Giudicepietro, D. Lo Bascio, M. Orazi, R. Peluso, P. Ricciolino, G. Scarpato, G. Talarico

[39] A cura di: M. La Rocca, D. Galluzzo, M. Castellano, G. Saccorotti, F. Bianco, E. Del Pezzo

MANUTENZIONE E POTENZIAMENTO DELLA RETE CGPS DELL'AREA VULCANICA NAPOLETANA[40]

L'attività di manutenzione e potenziamento è rivolta essenzialmente alla ricerca di nuovi siti, all'aumento dell'autonomia delle stazioni in assenza di energia elettrica e all'ammodernamento degli impianti delle stazioni in funzione da più tempo. Nel corso del secondo semestre 2006, nell'area dei Campi Flegrei è stata implementata una nuova stazione GPS permanente, ubicata sulla Starza nelle vicinanze del cimitero di Pozzuoli. Su tale stazione (STRZ) le registrazioni sono iniziate il 4 dicembre 2006. Per quanto concerne la stazione VICA, i test di acquisizione condotti nel primo semestre 2006 hanno dato esito positivo ma problemi dovuti alla concessione dei permessi ne hanno ritardato l'installazione. Da settembre 2006, è ripresa l'acquisizione della stazione FRUL, interrotta nel 2005 a causa del forte inquinamento elettromagnetico. La stazione è stata equipaggiata con strumentazione di nuova generazione: Leica GRX1200 Pro e antenna choke ring LEIAT504. La stazione di AQMO è stata dismessa alla fine del 2006 a causa di problemi di alimentazione e trasmissione dati. Per l'inizio del 2007 si è programmato un intervento teso alla realizzazione di un nuovo impianto di alimentazione e di trasmissione dati ed alla sostituzione della vecchia strumentazione (risalente al 2001), installando un ricevitore Leica GRX1200 Pro ed un'antenna choke ring LEIAT504. Per quanto concerne la trasmissione dei segnali, sono in corso test per l'utilizzo di linee ADSL e wireless. Nel corso del primo semestre 2007 si prevede di trasmettere il segnale di almeno 3 stazioni con queste tecniche. Nel secondo semestre 2006 è iniziata la sostituzione dei modem U.S. Robotics 56k con i Devolo microlink 56k che presentano anche la possibilità di configurazione remota. Per aumentare l'autonomia in caso di black out elettrico, è continuata la sostituzione delle batterie a piombo con un sistema a tampone costituito da caricabatteria Kert da 3A e da batterie a gel da 70 A/h.

[40] A cura di: P. De Martino, U. Tammaro, G. Brandi, A. D'Alessandro, M. Dolce, S. Malaspina, F. Obrizzo, C. Serio, F. Pingue

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Voce C

Prosecuzione delle
Attività di **S**tudi e **R**icerche sulla
Sismicità e sul **V**ulcanismo delle
Aree di **S**tromboli e **P**anarea e per
Studi e **R**icerche su **Z**one di
Particolare **I**nteresse
Specificatamente **I**ndividuate

PROGETTI SISMOLOGICI E VULCANOLOGICI DI INTERESSE PER IL DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE

(a cura del Dott. Gianluca Valensise e del Dott. Paolo Papale, coordinatori dei Comitati di Gestione)

Nei precedenti documenti di rendicontazione relativi alla Convenzione in oggetto sono state illustrate le attività di ricerca avviate con Decreto n. 179 del 18 maggio 2005. Con tale decreto il Presidente dell'INGV ha avviato formalmente le ricerche di cui alla lettera c) dell'art. 5 della Convenzione tra il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) e l'INGV, finalizzate alla "*Prosecuzione delle attività di studi e ricerche sulla sismicità e sul vulcanismo delle aree di Stromboli e Panarea e per studi e ricerche su zone di particolare interesse specificatamente individuate*". Come si ricorda, si tratta di 10 progetti di ricerca, di cui 5 a carattere sismologico (S1-S5) e 5 a carattere vulcanologico (V1-V5), ideati per rispondere a specifiche istanze e necessità del DPC. A questi vanno aggiunti un progetto di divulgazione scientifica a carattere misto sismologico-vulcanologico, denominato SV (EduRisk), avviato con Decreto INGV n. 484 del 29 luglio 2005, ed un progetto sismologico, denominato S6, avviato con Decreto INGV n. 70 del 24 febbraio 2006, finalizzato al recupero e alla riorganizzazione dei dati accelerometrici disponibili per terremoti italiani. Questo progetto, dal titolo "*Data base dei dati accelerometrici italiani relativi al periodo 1972 – 2004*", è coordinato dalla Dott.ssa Lucia Luzi per l'INGV e dal Dott. Fabio Sabetta per il DPC. Pur essendo agganciato agli altri progetti sismologici per quanto riguarda le attività e lo scambio di informazioni, il progetto S6 si svolge con una sua propria tempistica. In particolare, non è articolato in due annualità distinte come gli altri progetti e, data la sua natura "di servizio", non è sottoposto a valutazioni periodiche da parte del Comitato di Valutazione internazionale. Informazioni di dettaglio su questo e sugli altri progetti sono disponibili a partire dalla pagina http://www.ingv.it/progettiSV/.

Gli undici progetti di ricerca S1-S5, V1-V5 e SV sono stati elaborati e istruiti nel corso del I semestre 2005. Le attività relative alla prima annualità hanno preso l'avvio nel II semestre 2005 e sono proseguite, congiuntamente al progetto S6, per tutto il 2006. Nel documento di rendicontazione relativo al I semestre 2006 è stato fornito il dettaglio di tutti i finanziamenti erogati (pagg. 489-499) e dei risultati conseguiti nella I fase (pagg. 191-359 per i progetti sismologici, pagg. 360-469 per i progetti vulcanologici e pagg. 470-475 per il progetto Edurisk). Le rendicontazioni scientifiche e amministrative dei progetti, elaborate per ogni singola Unità di Ricerca, relativamente alla I fase che si è conclusa nel mese di giugno 2006, unitamente ai commenti scientifici espressi dai due Comitati di Valutazione internazionali, sono state trasmesse al Dipartimento della Protezione Civile nel mese di luglio 2006 mediante CD-ROM.

In aggiunta alle spese sostenute per le attività relative agli undici progetti, e sempre a valere sugli stessi fondi di cui alla lettera c) dell'art. 5 della Convenzione si segnala che, nell'ambito di un

contratto già in essere tra INGV e SGA – Storia, Geofisica, Ambiente per la realizzazione di un catalogo dell'attività storica dell'Etna, nell'aprile 2006 è stata avviata la seconda e ultima fase delle ricerche previste da tale contratto. Il catalogo è stato completato nel II semestre 2006 e costituisce il riferimento unico e ufficiale per le attività all'interno del progetto V3_6 – Etna.

Dopo la fase di verifica amministativa e scientifica, all'inizio del II semestre 2006 sono state avviate le procedure per il rilascio dei finanziamenti alle UR per la II fase di attività. I Comitati di Gestione, tenuto conto dei risultati conseguiti dalle singole UR e dei giudizi dei Comitati di Valutazione internazionali, hanno deciso quali fossero le UR a cui potevano essere riassegnati i fondi residui della I fase di attività. Inoltre, sulla base delle richieste di integrazione finanziaria pervenute da alcuni responsabili di UR, sono stati assegnati nuovi fondi per ulteriori attività di ricerca. Il dettaglio di queste operazioni viene fornito nel capitolo di Rendicontazione Finanziaria - Voce C, con tabelle che descrivono l'ammontare dei fondi erogati per la II fase delle ricerche, per le integrazioni concesse e per la gestione dei progetti.

In merito agli aspetti scientifici, si precisa che alla data del 31 dicembre 2006 i progetti erano in pieno svolgimento. Non essendo previste fasi di rendicontazione scientifica intermedie, questo documento non contiene alcun risultato scientifico. Si ricorda peraltro che i progetti dovranno fornire relazioni scientifiche conclusive alla fine della II fase di attività, fissata al 31 luglio 2007. Alcuni dei risultati conseguiti vengono comunque resi progressivamente disponibili su pagine web direttamente raggiungibili dal sito Internet dei progetti (http://www.ingv.it/progettiSV/).

Infine, con Decreto INGV n. 403 del 15.12.2006 è stato deciso di affidare il coordinamento delle fasi conclusive del progetto S1 al Dott. Carlo Meletti, che pertanto dal 1 gennaio 2007 ha sostituito il Prof. Michele Calvi ed il Dott. Massimiliano Stucchi.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Rendicontazione **F**inanziaria

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Voce B

Potenziamento delle **R**eti di **M**onitoraggio

INGV – Sezione di Catania

Anno 2006 - 2° semestre: spese

cap. 1210202 – Acquisto, ripristini, trasformazioni e manutenzione straordinaria di immobilizzazioni tecniche					
N. buono	**Fornitore**	**Descrizione bene**	**Importo lordo (€)**	**N. fatt.**	**N. mdt.**
255	Macchine Agricole srl	Gruppo elettrogeno portatile HONDA da 2 KVA mod. EU20	1.248,00	235 del 3/05/06	836
282	Flir System Srl	Telecamera Thermovision A40 M i	28.800,00	316-00195 del 17/05/06	1099
283	Flir System Srl	Occhialini Color video VIEWER	1.518,00	316-00301 del 17/05/06	1011
284	Flir System Srl	Vetro al Germanio per box di protezione telecamera termica	3.484,80	316-00302 del 7/07/06	1012
299	Flir System Srl	Permuta Telecamera termica Thermovision 320M con telecamera A40M	17.880,00	316 del 26/05/06	1159
611	GR Informatica	Connettori rete informatica	960,00	145 del 24/07/06	986
612	Randazzo Angelo SPA	Impugnatura verticale Nikon MB D 100 per misure elicottero	380,00	1852 del 3/07/06	1017
625	Misurando srl	Datalogers e SW di gestione per installazioni clinoprofonde	10.572,00	23 del 2/10/06	1061
698	Elcam SPA	Trasmettitore meteo Vaisala	6.652,80	2051 del 14/09/06	1070
822	Team Aris srl	Fonitura caldaia e bruciatore per PDN	11.820,00	4 del 04/10/06	1148
826	G.M.A. di Sciuto Francesco	Adeguamento gruppo elettrogeno per PDN	11.961,61	58 del 14/11/06	1147
		Totale spese	**95.277,21**		

Nota: Somme impegnate nel 2006 e da rendicontare successivamente

Anno 2006 - 2° semestre: impegni					
cap. 1210202 – Acquisto, ripristini, trasformazioni e manutenzione straordinaria di immobilizzazioni tecniche					
N. buono	**Fornitore**	**Descrizione bene**	**Importo lordo (€)**	**N. fatt.**	**N. mdt.**
520	Algade	Barasol per completamento reti sensori radon	18.444,00		
601	Nanometrics	Upgrate central HUB rete sismica digitale satellitare	70.000,00		
602	Angelo Perez	Oneri sdoganamento per upgrate central HUB	19.200,00		
697	Algade	Sensori radon per barasol	5.700,00		
717	Codevintec Italiana srl	Clinometrilly per nuove installazioni	20.857,20		
718	Leica Geosystems	Ricevitori GPS	110.628,00		
799	Roxtec Italia	Cavetteria per pozzetti stazioni sismiche	3.445,92		
800	Promite di D'Arrigo Natale	Copertura siti stazioni sismiche	816,00		

801	Promite di D'Arrigo Natale	Copertura siti stazioni sismiche	6.696,00		
820	Di.Se Impianti	adeguamento tecnico impiantistico (elettrico) c/o Osservatorio Pizzi de Neri	3.534,84		
828	GMA di Francesco Sciuto	Intervento di adeguamento e compartimentazione antincendio locali tecnici pdn.	6.480,00		
915	GMA di Francesco Sciuto	Interventi urgenti di riparazione cupola osservatorio pdn, installazione apparati di gravimetria	3.312,00		
917	Team Aris srl	Sostituzione autoclavi vetuste e non funzionanti, e potenziamento e miglioramento riserva idrica per acqua sanitaria.	1.440,00		
955	Nanometrics	Stazioni rete sismica mobile con sensori a larga banda e accessori vari	36.489,50		
956	Angelo Perez	Oneri sdoganamento per rete sismica mobile	15.378,17		
1017	Gara d'appalto lotto 1	Stazione monitoraggio La Montagnola fornitura shelter	33.113,62		
1024	Algade	Detector+ accessori	2.264,40		
1044	ILL.Tec di Tomaselli Francesco	Compressore + accessori sede Nicolosi	4.800,00		
1049	Fuccio Gaetano	costruzione di supporti metallici per progetto antartide realizzazione porta panneli solari e supporto per generatore eolico	3.360,00		
1051	Microchip Computers srl	Datalogger cr1000 sviluppo rete clinometrica.	2.448,00		
1056	GT. Geo Testing	Realizzazione pozzo per alloggiamento strumentazione di monitoraggio geofisico da eseguirsi c/o sede C.O.A della P.C.I nell'isola di Stromboli (MS)	12.000,00		
1112	DELL	PC per il calcolo di modelli numerici agli elementi finiti	11.619,60		
1113	DELL	PC per manutenzione ed aggiornamento dei sistemi di acquisizione dati.	11.880,00		

Totale impegni **403.907,25**

Riepilogo

Totale spese 2° semestre 2006	**95.277,21**
Totale impegni 2° semestre 2006	**403.907,25**
Totale 2° semestre 2006	**499.184,46**

INGV – Centro Nazionale Terremoti

Anno 2006 - 2° semestre: spese

cap. 1210202 – Acquisto, ripristini, trasformazioni e manutenzione straordinaria di immobilizzazioni tecniche					
N. buono	**Fornitore**	**Descrizione bene**	**Importo lordo (€)**	**N. fatt.**	**N. mdt.**
739	MTI	Sistemi di storage	17.586,00	129	1310
755	Leica geoystem Spa	Stazioni GPS	96.798,00	IT95022302/ IT 95024018	1196
780	Base3 srl	Kit stazione satellitare per RSNC	10.080,00	1083	1175
864	Souriau	Connettori Gaia2	5.980,00	LA02215	1672
865	DSPM	accelerometri per Laborat.	1.779,60	479	1349
869	Geosphera	sensore per pozzo Colli albani	15.062,69	67	1685
876	Rohde & Schwarz	Strumenti elettronici per laborat. RSNC	10.854,96	9121003002	1178
983	Orem s.a.s.	Connettori per collegam. Ethernet	1.906,20	750	1500
989	Spektra Aghi	Antenna GPS	129,60	237	1372
993	Euroceanique	Ricambi OBS	318,95	1807	1677
994	GT Line srl	Contenitori trasporto OBS	3.136,14	4247	1344
995	Ore Offshore	Mater. Recupero OBS	23.794,62	1806	1678
996	Distrelec	Mater. Per base autolivellante	815,78	1816978 1838805	1341/1637
1012	Meccanotecnica	Mater. Per base autolivellante	5.160,00	269	1676
1015	SA.MA. Elettr.	Mater. Elettron. Per RSNC	854,40	1350	1496
1016	RS Components	Mater. Per OBS	491,24	30/117529	1343
1061	Gechelin Group	Kit per pannelli solari	2.888,75	335	1498
1158	GT Line srl	Acces. Mater. OBS	427,98	4648	1503
1180	Aereo staz. Merci	Sdogan. Merci Nanometrics	107,38	808	1413
1183	Aereo staz. Merci	Sdog. Nanometrics	566,84	806	1413
1184	Aereo staz. Merci	Sdogan. Merci Nanometrics	367,66	905	1413
1185	Aereo staz. Merci	Sdogan. Merci Nanometrics	3.039,83	1489	1413
1188	Aereo staz. Merci	Sdogan. Merci Nanometrics	310,55	1125	1413
1398	Cammarata Adriano	Materiale per laboratorio Gibilmanna	749,01	244	1635

1508	D'Anna Giuseppe	Materiale per base autolivellante Gibilmanna	540,00	10962	1681
		Totale spese	**203.746,18**		

Nota: Somme impegnate nel 2006 e da rendicontare successivamente

Anno 2006 - 2° semestre: impegni					
cap. 1210202 – Acquisto, ripristini, trasformazioni e manutenzione straordinaria di immobilizzazioni tecniche					
N. buono	**Fornitore**	**Descrizione bene**	**Importo lordo (€)**	**N. fatt.**	**N. mdt.**
1064	Seascan inc.	Clock di precis. Per digitaliz. OBS	742,86		
1136	Thyristor eletytronica	Programmatore per micro-controllore ST6	420,00	00073B	
1150	Web Hardware	Digitalizzatori per OBS	3.510,00		
1154	Misco	Componenti per staz. GAIA2	1.432,44	149416/06 152402	
1162	Hammond	Mater. Per OBS	731,18		
1163	Seacom Europe	Mater. Per OBS	1.509,62		
1166	RS Components	Componenti per collegam. USB Gaia2	784,59		
1198	RS Components	Materiale per OBS	620,36		
1199	Plug & Work	Connettori illuminatori	708,00	381	
1314	Gym Service	Modem per trasmissione dati	3.860,40	174	
1318	Elsacom spa	Modem GPS per recupero OBS	2.023,20		
1319	Spektra Aghi	Antenna GPS per stazione Nanometrics	1.836,00		
1329	Sidac snc	Circuiti stampati per modulo COMUSB	652,80	248	
1333	Proser srl	Cablaggio sistemi GAIA2	11.820,00		
1334	RS Components	Cablaggio sistemi GAIA2	944,53	30/139725	
1401	Massimo Silvestri Fabbro	supporti GPS per parabole Nanometrics	270,00	53	
1408	Enereco	Impianti fotovoltaici per staz. RSNC	11.000,00		
1429	Nanometrics	Strumenta. di ricambio e completamento rete satellitare	206.102,40		
1511	Link/Quest	Mater. Per sistema di comunicaz. OBS	17.366,35		
1513	Euroceanique	Basi autolivellanti OBS	892,94		
1514	Kinemetrics	Materiale per stazione a larga banda	39.991,69		

1515	Nanometrics	Sensore sismici per OBS	66.656,59		
1520	Elogic	Sviluppo e fornitura acquisiz. Dati sismici	18.000,00		
1521	Souriau	Connettori	9.819,25		
1541	Freddy Alderson	Incarico per sviluppo procedure Picking	24.000,00		
1542	Orem s.a.s.	Materiale per schede AGDF2	2.636,65		
1543	Eltec	Batterie	161,64		
1545	Meccanotecnica Riesi	Materiale per sviluppo OBS	15.631,91		
1546	Aereo staz. Merci	Sdoganam. Merci Kinemetrics	9.997,92		
1547	Aereo staz. Merci	Sdoganam. Merci Nanometrics	51.525,50		
1548	Aereo staz. Merci	Sdoganam. Merci Nanometrics	9.284,80		
1549	Lo Gioco	Trasporto OBS	420,00		
1594	Leica geoystem Spa	Stazione GPS	91.218,00		
1595	Leica geoystem Spa	Accessori per rete sismica GPS	7.038,00		
1609	Nanometrics	Materiale Nanometrics	48.000,00		
1610	Oriel	Materiale vario	12.000,00		
1611	Codevintec	Gps	4.951,20		
1612	Ferrino	Tenda rete mobile	20.304,00		
1617	Macchine industriali MAIA	Carrello elevatore	8.160,00		
1620	Kinemetrics	accelerometri per Laborat.	90.052,36		
1621	Aereo staz. Merci	Sdogan. Merci Nanometrics	12.000,00		
1622	Aereo staz. Merci	Sdoganam. Acceler.	22.513,09		
1627	Fotoamatore	Compact flash per ricevitori GPS	366,83		
1628	Seascan inc.	Clock SISMTB	830,04		
1629	Aereo staz. Merci	Sdoganam. Merci Seascan	207,51		
1630	ASM	Pagam. Spedizione merci	984,00		
1640	Shape	Upgrade storage	36.745,20		
		Totale impegni	**870.723,85**		

Riepilogo

Totale spese 2° semestre 2006	**203.723,18**
Totale impegni 2° semestre 2006	**870.723,85**
Totale 2° semestre 2006 (spese + impegni)	**1.074.470,03**

INGV – Osservatorio Vesuviano, Napoli

Anno 2006 - 2° semestre

cap. 1210202 – Acquisto, ripristini, trasformazioni e manutenzione straordinaria di immobilizzazioni tecniche					
N. buono	**Fornitore**	**Descrizione bene**	**Importo lordo (€)**	**N. fatt.**	**N. mdt.**
231	Codevintec Italiana SrL	Stazione sismica	32.363,85	350	1258
291	I.S.E. SrL	Modem, antenne e cavi	728,72	265	1617
292	Leica Geosystems SpA	Laser e distanziometro GPS	15.600,00	95019968	1207
294	Banca Intesa	Taurus Nanometrics	493,20	109	1180
307	Banca Intesa	Handy logger e modem	6.588,00	1142	1178
496	Fornitori vari (fondo economale)	Materiale vario	12,00	Nota 15/2006	132
632	LSI SpA	Cellulare e modem dati	528,00	56044	1952
781	Silvio Esposito	782 Stampe a colori	222,08	455	1273
923	AVINO HT	Monitor Samsung 19”	414,00	606	1630
967	R.S. Components SpA	4 Fluke e multimetri	451,20	85/042207	1289
1022	Distrelec Italia SrL	Modem e Microlink	200,40	1788002	1600
1109	Fornitori vari (fondo economale)	Materiale vario	6,96	Nota 53/2006	906
1112	Geosphera	3 Sensori di pressione	2.422,80	36	1847
1122	R.S. Components SpA	Materiale informatico ed elettrico vario	1.220,50	30/069155	1287
1138	Elettronica C.P.	2 Stazioni energia	9.600,00	158	1878
1195	R.S. Components SpA	Materiale elettrico per tilmetri	568,51	30/069156	1288
1247	Misco Italy	Materiale informatico	3.304,25	105020 e 92501	1296/1940
1261	Geosphera	6 Sismometri larga banda	41.980,80	56	2295
1295	LinKit SrL	Connettori sismometri	1.740,00	100	1279
1369	E.C.D. SrL	Modem, antenna e cavi	777,60	187	1418
1370	Dell SpA	PC Palmare	552,00	1400338728	1205
1404	BIT Store	Notebook per scarico dati	1.695,00	35	1777
1436	Top Line	3 Cellulari per sismica	756,00	88	1756

1456	S.C.S. Controlli e Sistemi	4 Idrofoni Gras	7.512,00	165	1947
1494	Misco Italy	3 Notebook per scarico dati	4.999,12	105686	1682
1496	I.S.E. SrL	Materiale per tiltmetri e GPS	2.178,30	254	1616
1497	Coppola Gianni	Contenitori e piastre per stazioni tiltmetriche	1.101,60	590	1944
1504	Top Line	6 cellulari Nokia esigenze monitoraggio	789,60	66	1881
1529	Thermo Electron SpA	Materiale per spettrometro di massa	9.999,60	606661	1780
1540	Misco Italy	Notebook e stampante	786,02	104326	1954
1575	Misco Italy	Kingstone e globalsat (accessori GSM)	330,59	103253	1522
1596	Misco Italy	UPS e materiale per rete sismica mobile	523,92	107814	1688
1606	Misco Italy	Caricabatterie e zaini	184,12	138569	1963
1627	FLIR System	Telecamera termica	24.960,00	31600355	1920
1692	Cattolica Assicurazioni	Assicurazione 8 stazioni sismiche portatili	2.027,18	Polizza 525.93.001024	1662
1696	Euronetwork	Telefono satellitare	2.548,03	289	2347
1733	Computer Service SaS	Notebook acquisizione dati	2.154,00	634	2004
1735	Fotovideo SrL	Digit Panasonix Lumix	418,99	309	1922
1778	Automatika SrL	Videocamera	1.761,60	181	2007
1864	Arbiter SnC	Equipaggiamento per campagne esterne	1.252,39	77	2247
1883	Arbiter SnC	Equipaggiamento per campagne esterne	247,96	82	2246
1953	Punto Sette SnC	FAX	302,00	3277	2254
1978	Fornitori vari (fondo economale)	Materiale vario	506,95	Nota 87/2006	2000
2222	SST Informatica SrL	5 Palmari per livellazioni	2.085,60	42/06	2414
		Totale spese	**188.895,44**		

Riepilogo

Totale spese 2° semestre 2006	**188.895,44**
Totale impegni 2° semestre 2006	**0,00**
Totale 2° semestre 2006 (spese + impegni)	**188.895,44**

INGV – Sezione di Palermo

Anno 2006 - 2° semestre: spese

cap. 1210202 – Acquisto, ripristini, trasformazioni e manutenzione straordinaria di immobilizzazioni tecniche					
N. buono	**Fornitore**	**Descrizione bene**	**Importo lordo (€)**	**N. fatt.**	**N. mdt.**
879	LODETTI COMMERCIALE METALLI	Materiale per costruzione di stazioni di monitoraggio	1.910,16	7223	1118
906	DISTRELEC ITALIA S.R.L.	UPGRADE Stazioni Etna Gas/ condensatori chip-circuiti perif.	236,16	1818894	1153
906	DISTRELEC ITALIA S.R.L.	UPGRADE Stazioni Etna Gas/ condensatori chip	211,38	1823349	1239
906	DISTRELEC ITALIA S.R.L.	UPGRADE Stazioni Etna Gas/ condensatori chip	470,4	1827256	1298
906	DISTRELEC ITALIA S.R.L.	UPGRADE Stazioni Etna Gas/ condensatori chip	174,72	1832219	1363
903	LODETTI COMMERCIALE METALLI	UPGRADE Stazioni di monitoraggio	566,76	7502	1157
911	VWR INTERNATIONAL SRL	Acrodisc per laboratorio	121,39	3070636105	1162
911	VWR INTERNATIONAL SRL	Acrodisc per laboratorio	300,43	3070636777	1217
534	ELCAM SRL	Centralina meteo Vulcano e temperature suolo Vesuvio	5.773,20	2184	1164
905	AVNET EMG ITALY SRL	UPGRADE Stazioni Etna Gas- Microconverter multichannel	764,4	3502281229	1165
668	THERMO ELECTRON CORPOTATION	Sistema kit gas accessorio per strumento e installazione	3.952,32	608808	1166
908	RS COMPONENTS S.P.A.	UPGRADE stazioni Etna gas	2.304,95	30/116439	1216
907	FARNELL ITALIA S.R.L.	Componenti elettronici per stazione Etna gas	750,24	3128915	1221
878	PROINDUSTRIA SICILIA	Camere di protezione in sovrapres. per 2 campionatori	3.068,98	2450	1328
904	STS ITALIA	UPGRADE stazioni Etna gas	1.701,96	FV061208	1332
1016	TOOLSERVICE	Ferramenta per lavorazione stazioni monitoraggio	1.265,32	518/D	1333
1024	SUPERCHROM	Colonna cappilare per strumentazione	2.238,72	3069	1366
1071	RIO NANTA S.R.L.	Pompa di vuoto per centralina Etna gas	958,80	137	1402
1048	THYRISTOR	Materiale elettronico UPGRADE stazioni Etna gas	818,16	428A	1431
1015	TECTRONIK S.R.L.	Vacuometro per sistema di introduzione lab.isotopico	2.520,00	558	1545
1136	EDMUND OPTICS GMBH	Lenti e filteri per telescopio DOAS	225,35	4057427	1578
1137	EDMUND OPTICS GMBH	Lenti per telescopio DOAS	226,46	4057428	1578

1070	TECNOSENS S.R.L.	Schede con sensori all'infrarosso	10.637,93	1546	1590
		Totale spese	**41.198,19**		

Nota: Somme impegnate nel 2006 e da rendicontare successivamente

Anno 2006 - 2° semestre: impegni					
cap. 1210202 – Acquisto, ripristini, trasformazioni e manutenzione straordinaria di immobilizzazioni tecniche					
N. buono	**Fornitore**	**Descrizione bene**	**Importo lordo (€)**	**N. fatt.**	**N. mdt.**
1098	SENTRONIC GMBH	2 Spectrometri per misure di flussi di SO2	5.394,00		
1099	SENTRONIC GMBH	3 Fibre optica per strumenti DOAS	1.660,00		
1138	G.T. GEO TESTING S.R.L.	Realizzazione di un pozzo presso COA Stromboli	36.000,00		
1176	ELETTROMECCANICA D. MICAELE	Ripristino elettropompa sommersa Grundfos elettronica	1.218,00		
1248	CHALMERS UNIVERSITY OF TECNOLOGY	Automatic DOAS instrument prototipe	6.050,00		
1249	INSTITUT FUER UMWELTPHYSIK	Automatic DOAS instrument prototipe	9.050,00		
1359	SUPERCHROM	Siringhe Hamilton per lab. Isotopi stabili	552,00		
1360	SANTORO PRODOTTI CHIMICI	Imbuti per pluviometri	148,00		
1362	ELCAM SRL	Datalogger HOBO-Solar Stream Satellite-Micro station Logger	5.872,80		
1167	TECNOSENS S.R.L.	Spettrometri IR Gascard II	8.285,88	1643	
		Totale impegni	**74.230,68**		

Riepilogo

Totale spese 2° semestre 2006	**41.198,19**
Totale impegni 2° semestre 2006	**74.230,68**
Totale 2° semestre 2006 (spese + impegni)	**115.428,87**

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Voce C

Prosecuzione delle
Attività di **S**tudi e **R**icerche sulla
Sismicità e sul **V**ulcanismo delle
Aree di **S**tromboli e **P**anarea e per
Studi e **R**icerche su **Z**one di
Particolare **I**nteresse
Specificatamente **I**ndividuate

INTRODUZIONE

La precedente rendicontazione, relativa al primo semestre 2006, riportava in dettaglio le spese sostenute dalle Unità di Ricerca impegnate nei progetti svolti all'interno della Voce C della Convenzione, inclusi gli eventuali residui (fondi non spesi né impegnati da ciascuna Unità di Ricerca). Il contratto stipulato tra le singole Unità di Ricerca e l'INGV prevedeva all'Art. 7 che "*...Al Contraente è consentito di trasferire alla seconda fase della Ricerca un residuo massimo pari al 10% del finanziamento assegnato per la prima fase. L'eventuale eccedenza rispetto a questo residuo verrà dedotta dal finanziamento relativo alla seconda fase della Ricerca....*". Nel giugno 2006, a conclusione della prima fase dei progetti e in preparazione per l'avvio della seconda, i due Comitati di Gestione dei progetti sismologici e vulcanologici si sono riuniti per deliberare le modalità del versamento dei fondi previsti per tale seconda fase. In particolare, oltre a valutare la congruenza e il valore dei risultati scientifici presentati in chiusura della prima fase, i Comitati hanno:

- valutato se riassegnare alla stessa Unità di Ricerca gli eventuali residui superiori al 10%, ovvero se decurtarli dall'assegnazione prevista per la seconda fase destinandoli ad altre finalità;
- valutato l'eventuale decurtazione di fondi già previsti per la seconda fase;
- valutato e deliberato l'eventuale assegnazione di ulteriori fondi, facendo seguito alle richieste pervenute da numerose Unità di Ricerca e sulla base del fatto che era stata preventivamente accantonata a questo scopo una somma di 300.000 Euro (si faccia riferimento alla Voce 4, Tab.1, pag. 193 del rendiconto relativo al I semestre 2006);
- valutato e deliberato alcune secondarie proposte di modifica nella struttura dei progetti, come il passaggio di una Unità di Ricerca da un progetto all'altro o l'accorpamento di due Unità di Ricerca coordinata dagli stessi ricercatori, ma relative a progetti diversi.

Con questa premessa si passa ad illustrare i dati di dettaglio contenuti nella presente rendicontazione:

- la Tabella 1 sintetizza tutte le spese sostenute nel II semestre 2006 a valere sui fondi residui accantonati (vedi sopra) e all'interno di tutti i progetti finanziati;
- la Tabella 2 riporta in maniera sintetica i fondi previsti, le integrazioni e i fondi erogati nella seconda fase di attività per tutti i progetti di ricerca finanziati;
- le Tabelle 3, 4 e 5 contengono i dettagli dei fondi previsti, delle integrazioni e dei fondi erogati per ogni Unità di Ricerca, rispettivamente per i progetti sismologici, per quelli vulcanologici e per il progetto misto SV (Edurisk).

Tabella 1. Riepilogo delle somme spese nel II semestre 2006 per "attività ulteriori*", per "gestione dei progetti" (vedi testo alle pagg. 191-193 e Tabella 1 a pag. 193 del rendiconto del I semestre 2006) e per le attività di ricerca dei progetti sismologici e vulcanologici. In fondo alla tabella vengono riportati anche gli impegni, che saranno rendicontati nei rapporti successivi.

Voce di spesa	**Costo (Euro)**
Comitato di Valutazione - Progetti Sismologici (solo missioni)	1.063,58
Comitato di Valutazione - Progetti Vulcanologici (solo missioni)	1.279,00
Comitato di Gestione Progetti Sismologici	2.261,03
Comitato di Gestione Progetti Vulcanologici	4.298,34
Workshop - Progetti Sismologici	22.800,00
Workshop - Progetti Vulcanologici	6.061,21
Totale parziale	***37.763,16***
Fondi recuperati dalla assegnazione 1a fase - Progetti Sismologici	- 6.984,29
Integrazioni e ricerche - Progetti Sismologici*	163.506,69
Fondi recuperati dalla assegnazione 1a fase - Progetti Vulcanologici	- 38.000,00
Integrazioni e ricerche - Progetti Vulcanologici**	138.000,00
Totale parziale	***256.522,40***
Seconda fase Progetti Sismologici e Progetto misto SV	2.086.500,00
Seconda fase Progetti Vulcanologici	3.278.965,00
Totale parziale	***5.365.465,00***
Totale spese (Euro)	**5.659.750,56**
Impegni relativi al secondo semestre 2006 (Euro)	
Workshop - Progetti Vulcanologici	30.000,00
Totale impegni (Euro)	**30.000,00**

* Si noti che tali integrazioni utilizzano la somma di € 150.000,00 prevista per questo scopo (vedi testo) + € 6.984,29 derivanti da recuperi di fondi della 1a fase + € 10.000,00 derivanti da decurtazioni di fondi della 2a fase. Le integrazioni si concludono quindi con un residuo di € 3.477,60 rispetto alla somma originariamente assegnata.

** Si noti che tali integrazioni utilizzano la somma di € 150.000,00 prevista per questo scopo (vedi testo) + €38.000,09 derivanti da recuperi di fondi della 1a fase - € 50.000,00 già utilizzati nel primo semestre 2006 dal progetto V3_1. Le integrazioni si concludono quindi con un residuo nullo rispetto alla somma originariamente assegnata.

Tabella 2. Sintesi dei fondi previsti, delle integrazioni e dei fondi erogati per la seconda fase di attività di tutti i progetti di ricerca finanziati.

Progetti Sismologici e Progetto misto SV (Edurisk)

Progetto	Fondi previsti 2a fase*	Integrazioni	Totale fondi erogati
S1	230.200,00	26.006,69	256.006,69
S2	717.500,00	55.500,00	773.000,00
S3	404.150,00	28.000,00	432.150,00
S4	456.150,00	10.000,00	466.150,00
S5	129.500,00	17.000,00	146.500,00
S6	0,00	15.000,00	15.000,00
SV	149.000,00	12.000,00	161.000,00
Totale	**2.086.500,00**	**163.506,69**	**2.249.806,69**

* Fondi previsti dopo l'applicazione di eventuali decurtazioni e spostamenti di fondi da un progetto all'altro.

Progetti Vulcanologici

Progetto	Fondi previsti 2a fase*	Integrazioni	Totale fondi erogati
V1	0,00	0,00	0,00
V2	402.114,00	10.000,00	412.114,00
V3_1	293.991,00	0.00	293.991,00
V3_2	400.349,00	6.000,00	406.349,00
V3_3	192.942,00	12.000,00	204.942,00
V3_4	295.000,00	33.000,00	328.000,00
V3_5	181.000,00	10.000,00	191.000,00
V3_6	546.398,00	55.000,00	601.398,00
V3_7	131.000,00	4.000,00	135.000,00
V3_8	120.909,00	0,00	120.909,00
V4	363.262,00	0,00	363.262,00
V5	352.000,00	8.000,00	360.000,00
Totale	**3.278.965,00**	**138.000,00**	**3.416.965,00**

* Fondi previsti dopo l'applicazione di eventuali decurtazioni di fondi.

Totale

Progetti	Fondi previsti 2a fase	Integrazioni	Totale fondi erogati
Sismologici e SV	**2.086.500,00**	**163.506,69**	**2.249.806,69**
Vulcanologici	**3.278.965,00**	**138.000,00**	**3.416.965,00**
Totale	**5.365.465,00**	**301.506,69**	**5.666.771,69**

Tabella 3. Progetti sismologici: dettaglio dei fondi previsti, delle integrazioni e dei fondi erogati per ogni Unità di Ricerca.

Progetto S1

UR	Responsabile	Fondi previsti 2a fase*	Integrazioni	Totale fondi erogati
S1/01**	MELETTI	32.000,00	26.006,69	58.006,69
S1/02	MERONI	22.000,00	0,00	22.000,00
S1/03	CAMASSI	24.000,00	0,00	24.000,00
S1/04**	AZZARO	9.000,00	0,00	9.000,00
S1/05	GASPARINI	5.000,00	0,00	5.000,00
S1/06	MARTURANO	5.000,00	0,00	5.000,00
S1/07	STROBBIA	20.000,00	0,00	20.000,00
S1/08	ALBARELLO	40.000,00	0,00	40.000,00
S1/09	GASPERINI	40.000,00	0,00	40.000,00
S1/10**	SPALLAROSSA	5.000,00	0,00	5.000,00
S1/11**	ROTONDI	UR soppressa, finanziamento trasferito alla stessa UR impegnata nel progetto S2		0,00
S1/12**	REBEZ	20.000,00	0,00	20.000,00
S1/13**	ALBINI	8.200,00	0,00	8.200,00
Totale S1		230.200,00	26.006,69	256.206,69

Progetto S2

UR	Responsabile	Fondi previsti 2a fase*	Integrazioni	Totale fondi erogati
S2/1.1	BASILI	36.000,00	0,00	36.000,00
S2/1.2	GASPERINI	6.000,00	0,00	6.000,00

S2/1.3**	ALBINI	UR soppressa, finanziamento trasferito alla stessa UR impegnata nel progetto S1		0,00
S2/2.1a**	BRANCOLINI	33.500,00	0,00	33.500,00
S2/2.1b**	ARGNANI	14.500,00	0,00	14.500,00
S2/2.2a	BARBANO	40.000,00	0,00	40.000,00
S2/2.2b**	DE MARTINI	13.000,00	10.000,00	23.000,00
S2/2.3	BARCHI	23.100,00	0,00	23.100,00
S2/2.4**	BURRATO	18.300,00	10.000,00	28.300,00
S2/2.5	CATALANO	32.000,00	0,00	32.000,00
S2/2.6**	DOGLIONI	26.000,00	0,00	26.000,00
S2/2.7**	FAVALI	15.000,00	0,00	15.000,00
S2/2.8	GALADINI	15.200,00	0,00	15.200,00
S2/2.9	ITALIANO	40.000,00	0,00	40.000,00
S2/2.10	LAVECCHIA	30.000,00	0,00	30.000,00
S2/2.11	MASTRONUZZI	6.000,00	0,00	6.000,00
S2/2.12	MUCCIARELLI	1.500,00	0,00	1.500,00
S2/2.13	NERI	19.600,00	0,00	19.600,00
S2/2.14	PIZZI	19.000,00	0,00	19.000,00
S2/2.15	SCANDONE	20.000,00	0,00	20.000,00
S2/2.16	SINISCALCHI	38.000,00	0,00	38.000,00
S2/2.17**	PETTENATI	12.000,00	0,00	12.000,00
S2/2.18	SOLARINO	15.000,00	0,00	15.000,00
S2/2.19a	TINTI	2.500,00	0,00	2.500,00
S2/2.19b**	PIATANESI	2.500,00	25.500,00	28.000,00
S2/2.20	ZUPPETTA	14.000,00	0,00	14.000,00
S2/3.1**	BARBA	8.500,00	10.000,00	18.500,00
S2/3.2a	CAPORALI	18.500,00	0,00	18.500,00
S2/3.2b	BRAITENBERG	13.500,00	0,00	13.500,00

S2/3.3**	GUERRA	0,00	0,00	0,00
S2/3.4**	SEPE	14.000,00	0,00	14.000,00
S2/4.1**	AKINCI	13.000,00	0,00	13.000,00
S2/4.2**	DI GIOVAMBATTISTA	15.000,00	0,00	15.000,00
S2/4.3**	CINTI	10.000,00	0,00	10.000,00
S2/4.4	GARAVAGLIA	18.500,00	0,00	18.500,00
S2/4.5	GODANO	18.000,00	0,00	18.000,00
S2/4.6	MANTOVANI	24.000,00	0,00	24.000,00
S2/4.7	MURRU	12.800,00	0,00	12.800,00
S2/4.8	PERUZZA	32.000,00	0,00	32.000,00
S2/4.9**	ROTONDI	27.000,00	0,00	27.000,00
Totale S2		717.500,00	55.500,00	773.000,00

Progetto S3

UR	Responsabile	Fondi previsti 2a fase*	Integrazioni	Totale fondi erogati
S3/01**	FRANCESCHINA	34.000,00	15.000,00	49.000,00
S3/02**	CULTRERA	46.000,00	0,00	46.000,00
S3/03**	BOHM	83.850,00	7.000,00	90.850,00
S3/04	PISCITELLI	31.300,00	0,00	31.300,00
S3/05	DEL GAUDIO	4.000,00	0,00	4.000,00
S3/06	MUCCIARELLI	42.000,00	0,00	42.000,00
S3/07	SILVESTRI	22.000,00	0,00	22.000,00
S3/08**	MAUGERI	45.000,00	6.000,00	51.000,00
S3/09	EVA	38.500,00	0,00	38.500,00
S3/10	EMOLO	45.000,00	0,00	45.000,00
S3/11	SCARASCIA MUGNOZZA	12.500,00	0,00	12.500,00
Totale S3		404.150,00	28.000,00	432.150,00

Progetto S4

UR	Responsabile	Fondi previsti 2a fase*	Integrazioni	Totale fondi erogati
S4/01**	MICHELINI	127.850,00	10.000,00	137.850,00
S4/02**	AKINCI (SCOGNAMIGLIO)	63.300,00	0,00	63.300,00
S4/03	PRIOLO	85.000,00	0,00	85.000,00
S4/04	SPALLAROSSA	102.800,00	0,00	102.800,00
S4/05	COSTA	44.900,00	0,00	44.900,00
S4/06	PIERDICCA	21.250,00	0,00	21.250,00
S4/07	CARDARELLI	11.050,00	0,00	11.050,00
Totale S4		456.150,00	10.000,00	466.150,00

Progetto S5

UR	Responsabile	Fondi previsti 2a fase*	Integrazioni	Totale fondi a disposizione
S5/01	LANGER	5.000,00	0,00	5.000,00
S5/02**	HERRERO	22.000,00	0,00	22.000,00
S5/03**	PESSINA	4.856,00	0,00	4.856,00
S5/04	VUAN	18.000,00	0,00	18.000,00
S5/05	SIROVICH	6.000,00	0,00	6.000,00
S5/06**	PAOLUCCI	35.644,00	17.000,00	52.644,00
S5/07	PINHO	19.000,00	0,00	19.000,00
S5/08	LAGOMARSINO	19.000,00	0,00	19.000,00
Totale S5		129.500,00	17.000,00	146.500,00

Progetto S6

UR	Responsabile	Fondi previsti 2a fase*	Integrazioni	Totale fondi a disposizione
S6/01**	BINDI	0,00	0,00	0,00
S6/02**	MELE	0,00	0,00	0,00
S6/03**	MILANA	0,00	0,00	0,00
S6/04	SABETTA	0,00	0,00	0,00
S6/05**	RAINONE	0,00	15.000,00	15.000,00

Totale S6	0,00	0,00	15.000,00

Totale progetti Sismologici	**1.937.500,00**	**151.506,69**	**2.088.806,69**

* Fondi previsti dopo l'applicazione di eventuali decurtazioni e spostamenti di fondi da un progetto all'altro.

** Note:

S1/01	Integrazione di € 25.000,00 + € 278,69 da UR/04 Azzaro + € 728,00 da UR/12 Rebez
S1/04	Residuo 1a fase > al 10% riassegnato alla UR S1/01
S1/10	Residuo 1a fase > al 10% riassegnato alla stessa UR
S1/11	€ 2.000,00 trasferiti nella 2a fase alla UR S2/4.9
S1/12	Residuo 1a fase > al 10% riassegnato alla UR S1/01
S1/13	Nuova UR proveniente dal Progetto S2. € 8.779,73 provenienti dalla UR S2/1.3
S2/1.3	€ 8.779,73 trasferiti nella 2a fase alla UR S1/13
S2/2.1a	Residuo 1a fase > al 10% riassegnato alla stessa UR
S2/2.1b	Residuo 1a fase > al 10% riassegnato alla stessa UR
S2/2.2b	Integrazione di € 10.000,00
S2/2.4	Integrazione di € 10.000,00
S2/2.6	Residuo 1a fase > al 10% riassegnato alla stessa UR
S2/2.7	Recuperata una parte del residuo della 1a fase pari a € 5.977,60
S2/2.17	Residuo 1a fase > al 10% riassegnato alla stessa UR
S2/2.19b	Integrazione di € 25.500,00
S2/3.1	Integrazione di € 10.000,00
S2/3.3	Residuo 1a fase > al 10% riassegnato alla stessa UR
S2/3.4	Nella 2a fase i fondi previsti sono stati ridotti di € 7.000,00
S2/4.1	Residuo 1a fase > al 10% riassegnato alla stessa UR. Nella 2a fase i fondi previsti sono stati ridotti di € 3.000,00
S2/4.2	Residuo 1a fase > al 10% riassegnato alla stessa UR
S2/4.3	Residuo 1a fase > al 10% riassegnato alla stessa UR
S2/4.9	Nella 2a fase € 2.000,00 provenienti da S1/UR11
S3/01	Integrazione di € 15.000,00

S3/02	Residuo 1a fase > al 10% riassegnato alla stessa UR
S3/03	Integrazione di € 7.000,00
S3/08	Integrazione di € 6.000,00
S4/01	Residuo 1a fase > al 10% riassegnato alla stessa UR + integrazione di € 10.000,00
S4/02	Nella 2a fase la dott.ssa Laura Scognamiglio sostituisce la dott.ssa Aybige Akinci
S5/02	Residuo 1a fase > al 10% riassegnato alla stessa UR
S5/03	Residuo 1a fase > al 10% riassegnato alla stessa UR € 13.144,00 trasferiti a UR S5/06
S5/06	Integrazione di € 17.000,00+ € 13.144,00 provenienti da UR S5/03
S6/01	Finanziamento assegnato totalmente nel 1° semestre, pari ad € 138.000,00. Nel secondo semestre 2006 UR Bindi ha stornato dalla Voce "Beni di consumo e Servizi € 11.000,00 a favore della UR S6/06
S6/02	Finanziamento assegnato totalmente nel 1° semestre 2006
S6/03	Finanziamento assegnato totalmente nel 1° semestre 2006
S6/05	UR attivata nel 2° semestre 2006. Finanziamento costituito da € 15.000,00 (Voce di spesa "Integrazioni e Potenziamento delle Ricerche - progetti Sismologici", vedi tabella 1) + € 11.000,00 provenienti dai fondi del 1° semestre della UR S6/01

Tabella 4. Progetti vulcanologici: dettaglio dei fondi previsti, delle integrazioni e dei fondi erogati per ogni Unità di Ricerca.

Progetto V1

UR	Responsabile	Fondi previsti 2a fase*	Integrazioni	Totale fondi erogati
V1/01	BALDI	0,00	0,00	**0,00**
V1/02	CHIOCCI	0,00	0,00	0,00
V1/03	MARSELLA	0,00	0,00	0,00
V1/04	TINTI	0,00	0,00	0,00
V1/05	TOMMASI	0,00	0,00	0,00
Totale V1		0,00	0,00	0,00

Progetto V2

UR	Responsabile	Fondi previsti 2a fase*	Integrazioni	Totale fondi erogati
V2/01	CALVARI	20.000,00	6.000,00	26.000,00
V2/02	TIBALDI	22.650,00	0,00	22.650,00
V2/03	CASTELLANO	83.000,00	0,00	83.000,00

V2/04	PATANE’	9.830,00	0,00	9.830,00
V2/05	SPERANZA	12.000,00	0,00	12.000,00
V2/06	FRANCALANCI	14.000,00	0,00	14.000,00
V2/07	ANDRONICO	14.000,00	0,00	14.000,00
V2/08	SCARLATO	6.000,00	4.000,00	10.000,00
V2/09	BERTAGNINI	15.000,00	0,00	15.000,00
V2/10	ROSI	14.000,00	0,00	14.000,00
V2/11	RIPEPE	18.000,00	0,00	18.000,00
V2/12	D’AURIA	6.934,00	0,00	6.934,00
V2/13	FAVALI	10.000,00	0,00	10.000,00
V2/14	MATTIA	9.000,00	0,00	9.000,00
V2/15	PAPALE	13.500,00	0,00	13.500,00
V2/16	CASAGLI	17.000,00	0,00	17.000,00
V2/17	APUANI	7.200,00	0,00	7.200,00
V2/18	RENZULLI	18.000,00	0,00	18.000,00
V2/19	MARANI	18.000,00	0,00	18.000,00
V2/20	CIGOLINI	10.500,00	0,00	10.500,00
V2/21	TRANNE	10.000,00	0,00	10.000,00
V2/22	DE RITA	17.000,00	0,00	17.000,00
V2/23	MATTEI	4.000,00	0,00	4.000,00
V2/24	CAPACCIONI	10.000,00	0,00	10.000,00
V2/25	TINTI	22.500,00	0,00	22.500,00
Totale V2		402.114,00	10.000,00	412.114,00

Progetto V3

UR	Responsabile	Fondi previsti 2a fase*	Integrazioni	Totale fondi erogati
V3_1/01	GAETA	23.000,00	0,00	23.000,00
V3_1/02**	SCARLATO	27.000,00	0,00	27.000,00

V3_1/03	PIZZINO	19.000,00	0,00	19.000,00
V3_1/04	CARAPEZZA	7.500,00	0,00	7.500,00
V3_1/05	TUCCIMEI	11.000,00	0,00	11.000,00
V3_1/06	DE GORI	5.941,00	0,00	5.941,00
V3_1/07**	POE	8.550,00	0,00	8.550,00
V3_1/08**	RIGUZZI	112.000,00	0,00	112.000,00
V3_1/09	MARIUCCI	3.000,00	0,00	3.000,00
V3_1/10	GIORDANO	26.000,00	0,00	26.000,00
V3_1/11	TADDEUCCI	18.000,00	0,00	18.000,00
V3_1/12	BOZZANO	22.000,00	0,00	22.000,00
V3_1/13	MARRA	11.000,00	0,00	11.000,00
Totale V3_1		293.991,00	0.00	293.991,00
V3_2/01**	BERARDINO	23.500,00	0,00	23.500,00
V3_2/02	BONAFEDE	26.000,00	0,00	26.000,00
V3_2/03	CALIRO	10.000,00	0,00	10.000,00
V3_2/04**	CIVETTA	47.000,00	0,00	47.000,00
V3_2/05	DE CAMPOS	10.000,00	0,00	10.000,00
V3_2/06	DEL GAUDIO	5.000,00	0,00	5.000,00
V3_2/07	DI VITO	10.000,00	0,00	10.000,00
V3_2/08	FACCENNA	23.000,00	0,00	23.000,00
V3_2/09	IEZZI	9.000,00	0,00	9.000,00
V3_2/10	MARZOCCHI	10.000,00	0,00	10.000,00
V3_2/11	PAPALE	41.000,00	0,00	41.000,00
V3_2/12	PELUSO	27.000,00	0,00	27.000,00
V3_2/13	PETRILLO	9.849,00	0,00	9.849,00
V3_2/14	PIOCHI	16.000,00	0,00	16.000,00
V3_2/15	POLI	10.000,00	0,00	10.000,00

V3_2/16	RAPOLLA	15.500,00	0,00	15.500,00
V3_2/17**	ROMANO	26.000,00	0,00	26.000,00
V3_2/18	ROSI	14.000,00	0,00	14.000,00
V3_2/19	RUSSO	7.000,00	0,00	7.000,00
V3_2/20	SBRANA	16.000,00	6.000,00	22.000,00
V3_2/21	TONARINI	8.000,00	0,00	8.000,00
V3_2/22	ZOLLO	25.500,00	0,00	25.500,00
V3_2/23	PETRINI	11.000,00	0,00	11.000,00
Totale V3_2		400.349,00	6.000,00	406.349,00
V3_3/01	AIUPPA	32.000,00	0,00	32.000,00
V3_3/02	CAPUANO	7.500,00	0,00	7.500,00
V3_3/03	D'ANTONIO	26.000,00	0,00	26.000,00
V3_3/04	DE VITA	9.500,00	0,00	9.500,00
V3_3/05	DE ALTERIIS	7.500,00	0,00	7.500,00
V3_3/06	GUILLOU	11.500,00	0,00	11.500,00
V3_3/07**	LUZIO	0.000,00	0,00	0,00
V3_3/08**	ORSI	21.500,00	12.000,00	33.500,00
V3_3/09	PETRINI	21.000,00	0,00	21.000,00
V3_3/10	RAPOLLA	5.000,00	0,00	5.000,00
V3_3/11	SBRANA	13.000,00	0,00	13.000,00
V3_3/12	SPROVIERI	5.000,00	0,00	5.000,00
V3_3/13	TINTI	14.442,00	0,00	14.442,00
V3_3/14	TONARINI	7.000,00	0,00	7.000,00
V3_3/15**	PECORAINO	12.000,00	0,00	12.000,00
Totale V3_3		192.942,00	12.000,00	204.942,00
V3_4/01	CIVETTA	12.000,00	21.000,00	33.000,00
V3_4/02**	BERRINO	9.000,00	0,00	9.000,00

V3_4/04	DEL PEZZO	32.000,00	0,00	32.000,00
V3_4/05	DINGWELL	13.000,00	0,00	13.000,00
V3_4/06	MATTEI	7.000,00	0,00	7.000,00
V3_4/07	NUNZIATA	5.000,00	0,00	5.000,00
V3_4/08**	SANTACROCE	30.000,00	0,00	30.000,00
V3_4/09	SCAILLET	16.000,00	0,00	16.000,00
V3_4/10	PATELLA	9.000,00	0,00	9.000,00
V3_4/11	CIONI	44.000,00	0,00	44.000,00
V3_4/12	PERESAN	5.000,00	0,00	5.000,00
V3_4/13	PINGUE	12.000,00	0,00	12.000,00
V3_4/14	QUARENI	11.000,00	0,00	11.000,00
V3_4/15	DI VITO	8.000,00	0,00	8.000,00
V3_4/16	ZANELLA	13.000,00	0,00	13.000,00
V3_4/17	DELLINO	12.000,00	0,00	12.000,00
V3_4/18	GASPARINI	25.000,00	0,00	25.000,00
V3_4/19**	NERI A.	11.000,00	12.000,00	23.000,00
V3_4/20	PARESCHI	11.000,00	0,00	11.000,00
V3_4/21	SCANDONE	10.000,00	0,00	10.000,00
Totale V3_4		295.000,00	33.000,00	328.000,00
V3_5/01**	DELLINO	30.000,00	10.000,00	40.000,00
V3_5/02**	DE ASTIS	30.000,00	0,00	30.000,00
V3_5/03	BRUNO	8.000,00	0,00	8.000,00
V3_5/04	ROMAGNOLI	7.000,00	0,00	7.000,00
V3_5/05	PISCITELLI	14.229,00	0,00	14.229,00
V3_5/06	FEDI	5.500,00	0,00	5.500,00
V3_5/07	DE ROSA	27.000,00	0,00	27.000,00
V3_5/08	INGUAGGIATO	13.000,00	0,00	13.000,00

V3_5/09	CAPACCIONI	6.000,00	0,00	6.000,00
V3_5/10	DILIBERTO	13.000,00	0,00	13.000,00
V3_5/11	GAMBINO	16.271,00	0,00	16.271,00
V3_5/12	TOMMASI	11.000,00	0,00	11.000,00
Totale V3_5		181.000,00	10.000,00	191.000,00
V3_6/01	ARMIENTI	7.000,00	0,00	7.000,00
V3_6/03	BONAFEDE	19.000,00	0,00	19.000,00
V3_6/04	CARBONE	14.000,00	0,00	14.000,00
V3_6/05	BURTON	7.760,00	0,00	7.760,00
V3_6/06	CHIOCCI	17.000,00	0,00	17.000,00
V3_6/07**	COLTELLI	17.000,00	0,00	17.000,00
V3_6/08	CORSARO	10.000,00	0,00	10.000,00
V3_6/09**	CRISCI	25.000,00	15.000,00	40.000,00
V3_6/10	CRISTOFOLINI	9.000,00	10.000,00	19.000,00
V3_6/11**	DEL NEGRO	23.500,00	12.000,00	35.500,00
V3_6/12	DINGWELL	8.000,00	0,00	8.000,00
V3_6/13	DRAGONI	21.000,00	0,00	21.000,00
V3_6/14	FEDI	8.000,00	0,00	8.000,00
V3_6/15	FORTUNA	9.000,00	0,00	9.000,00
V3_6/16	GIUNCHI	9.000,00	0,00	9.000,00
V3_6/17	GRESTA	36.000,00	0,00	36.000,00
V3_6/18	GURRIERI	12.000,00	0,00	12.000,00
V3_6/19	HIRN	20.000,00	0,00	20.000,00
V3_6/20	INCORONATO	5.975,00	0,00	5.975,00
V3_6/21	MELONI	8.376,00	0,00	8.376,00
V3_6/22	MILANO	7.000,00	0,00	7.000,00
V3_6/23	MONACO	25.000,00	0,00	25.000,00

V3_6/24	MORETTI	13.000,00	0,00	13.000,00
V3_6/25	MULARGIA	27.000,00	0,00	27.000,00
V3_6/26	MURRU	4.000,00	0,00	4.000,00
V3_6/27**	NERI A.	35.000,00	0,00	35.000,00
V3_6/28	NERI M.	5.000,00	0,00	5.000,00
V3_6/29	NUNNARI	20.000,00	0,00	20.000,00
V3_6/30**	PAONITA	14.500,00	0,00	14.500,00
V3_6/31	PARESCHI	14.000,00	0,00	14.000,00
V3_6/32	PATANE'	17.500,00	0,00	17.500,00
V3_6/33	PERGOLA	9.000,00	0,00	9.000,00
V3_6/34	POMPILIO	13.000,00	0,00	13.000,00
V3_6/35	PRIVITERA	8.787,00	0,00	8.787,00
V3_6/36	PUGLISI	10.000,00	0,00	10.000,00
V3_6/37	RIPEPE	4.000,00	0,00	4.000,00
V3_6/38	SACCOROTTI	9.000,00	0,00	9.000,00
V3_6/39	SINISCALCHI	13.000,00	0,00	13.000,00
V3_6/40**	TADDEUCCI	11.000,00	18.000,00	29.000,00
Totale V3_6		546.398,00	55.000,00	601.398,00
V3_7/01	BRANCOLINI	11.000,00	0,00	11.000,00
V3_7/02	D'ALESSANDRO	24.000,00	0,00	24.000,00
V3_7/03	D'ANTONIO	10.500,00	0,00	10.500,00
V3_7/04	LANDI	6.000,00	4.000,00	10.000,00
V3_7/05	LANZAFAME	8.500,00	0,00	8.500,00
V3_7/06	MATTIA	13.000,00	0,00	13.000,00
V3_7/07**	ORSI	16.000,00	0,00	16.000,00
V3_7/08	ROTOLO	10.000,00	0,00	10.000,00
V3_7/09**	TORTORICI	32.000,00	0,00	32.000,00

Totale V3_7		131.000,00	4.000,00	135.000,00
V3_8/01	GUIDOBONI	120.000,00	0,00	120.000,00
V3_8/02	COLTELLI	909,00	0,00	909,00
Totale V3_8		120.909,00	0,00	120.909,00

Progetto V4

UR	Responsabile	Fondi previsti 2a fase*	Integrazioni	Totale fondi erogati
V4/01	MARZOCCHI	29.000,00	0,00	29.000,00
V4/02**	FALSAPERLA	37.000,00	0,00	37.000,00
V4/03	CAMPANINI	24.000,00	0,00	24.000,00
V4/04	CRESCENTINI	29.000,00	0,00	29.000,00
V4/05	ZOLLO	64.800,00	0,00	64.800,00
V4/06	VIRIEUX	30.000,00	0,00	30.000,00
V4/07	PRIOLO	34.000,00	0,00	34.000,00
V4/08	PIERSANTI	15.000,00	0,00	15.000,00
V4/09**	BIANCO	22.000,00	0,00	22.000,00
V4/10	MARTINI	9.000,00	0,00	9.000,00
V4/11	IANNACCONE	34.000,00	0,00	34.000,00
V4/12	ROMEO	1.462,00	0,00	1.462,00
V4/13	VILARDO	16.000,00	0,00	16.000,00
V4/14	LODATO	18.000,00	0,00	18.000,00
Totale V4		363.262,00	0,00	363.262,00

Progetto V5

UR	Responsabile	Fondi previsti 2a fase*	Integrazioni	Totale fondi erogati
V5/01	CAPELLI	25.500,00	0,00	25.500,00
V5/02	CARAPEZZA	28.500,00	0,00	28.500,00
V5/03	CASTALDI	11.000,00	0,00	11.000,00
V5/04	CHIODINI	29.500,00	0,00	29.500,00

V5/05	ETIOPE	17.000,00	0,00	17.000,00
V5/06	CARACAUSI	11.000,00	0,00	11.000,00
V5/07	FRONDINI	32.000,00	0,00	32.000,00
V5/08	GIAMMANCO	16.000,00	0,00	16.000,00
V5/09	ITALIANO	21.000,00	0,00	21.000,00
V5/10	PARELLO	23.500,00	0,00	23.500,00
V5/11	QUATTROCCHI	19.000,00	0,00	19.000,00
V5/12	RACO	13.000,00	0,00	13.000,00
V5/13	VALENZA	46.000,00	8.000,00	54.000,00
V5/14	VASELLI	24.500,00	0,00	24.500,00
V5/15	BARBERI	34.500,00	0,00	34.500,00
Totale V5		352.000,00	8.000,00	360.000,00

Totale progetti Vulcanologici	**3.278.965,00**	**138.000,00**	**3.416.965,00**

* Fondi previsti dopo l'applicazione di eventuali decurtazioni e spostamenti di fondi da un progetto all'altro.

** Note:

V3_1/02	€ 7000 alla voce "Beni di consumo e servizi" saranno utilizzati per attività presso laboratori anche stranieri.
V3_1/07	I costi per missioni all'estero includono un viaggio in Giappone o USA per effettuare test di controllo al sincrotrone.
V3_1/08	I costi per "Beni di consumo e servizi" includono: € 8.000,00 per il Gruppo di Gravimetria (Prof. B. Toro) presso l'Università La Sapienza, Roma, Dipartimento di Scienze della Terra; € 16.000,00 per l'Area di Geodesia e Geomatica (Prof. M. Crespi) presso l'Università La Sapienza, Roma, Dipartimento di Idraulica Trasporti e Strade.
V3_2/01	I fondi residui sono comprensivi di € 398,27 della UR V3_6/02 - Berardino, Progetto Etna.
V3_2/04	I costi per "Beni di consumo e servizi" includono: € 18.500,00 per attività di supporto alla ricerca presso il Dip.to di Geological Sciences, Brown University, 324 Brook St., Providence RI 02912, USA, referente il Prof. Malcolm Rutherford; € 5.000,00 per attività di supporto alla ricerca presso il Dip.to di Geochemistry, University of Goettingen, Goldschmidtstr. 1, Goettingen, Germany, referente il Prof. Arnd Heumann.
V3_2/17	I costi per "Beni di consumo e servizi" includono € 3.000,00 destinati ad attività di supporto alla ricerca presso il Department of Earth and Environmental Sciences Faculty of Geosciences University of Munich, Germany, referente il Prof. Donald B. Dingwell.
V3_3/07	Utilizza i fondi assegnati nella prima fase.
V3_3/08	L'assegnazione finanziaria per la seconda fase di progetto include i costi relativi alle attività aggiuntive come da proposta allegata, ed approvata per quanto concerne la presente Unità di Ricerca per un totale di € 12.000,00; i costi per "Beni di consumo e servizi" includono € 4.000,00 destinati ad attività di supporto alla ricerca presso il Department of Geochemistry, Goettingen University, Germany, referente il Prof. Arnd Heumann.
V3_3/15	L'assegnazione finanziaria è relativa alle attività aggiuntive come da proposta allegata, ed approvata per quanto concerne la presente Unità di Ricerca per un totale di € 12.000,00.
V3_4/02	€ 2.000,00 alla voce "Missioni" e € 2.000,00 alla voce "Beni di consumo e servizi" sono destinati ad attività di supporto alla ricerca a cura di G.P. Ricciardi, presso l'INGV-OV.
V3_4/08	€ 6.000,00 sono destinati ad attività di ricerca della Dott.ssa Marianelli; € 12.000,00 sono destinati ad attività di ricerca del dott. Zanchetta.

V3_4/19	La voce "Beni di consumo e servizi" include costi fino a € 12.000,00 per l'acquisizione di dati meteo come da programma allegato.
V3_5/01	I costi per "Beni di consumo e servizi" includono € 10.000,00 per acquisizione di materiale necessario all'esecuzione degli esperimenti previsti dalla ricerca (sensori di pressione, microfoni, cavi, connettori, etc.), come da richiesta allegata.
V3_5/02	€ 16.000,00 alla voce "Beni di consumo e servizi" saranno trasferiti al Dip.to di Scienze della Terra dell'Università di Torino per l'attivazione di una borsa di studio.
V3_6/07	€ 4.000,00 inclusi nella richiesta relativa a "Beni di consumo e servizi" sono destinati ad attività di supporto alla ricerca presso il CNR-IDPA, Milano, referente il Dott. G. Groppelli; € 5.000,00 inclusi nella richiesta relativa a "Beni di consumo e servizi" sono destinati ad attività di supporto alla ricerca presso Aspinall & Associates, 5 Woodside Close, Beaconsfield, Bucks, UK, referente il Dott. W. Aspinall.
V3_6/09	€ 4.000,00 alla voce "Missioni in Italia" e € 11.000,00 alla voce "Beni di consumo e servizi" sono destinati ad attività aggiuntive descritte nel programma allegato.
V3_6/11	€ 12.000,00 ripartiti in: € 1.000,00 per missioni in Italia, € 1.000,00 per missioni all'estero, € 4.000,00 per Beni di consumo e servizi, € 6.000,00 per Beni durevoli, sono destinati ad attività aggiuntive come da programma allegato. € 4.000,00 inclusi alla voce "Beni di consumo e servizi" sono destinati ad attività di supporto alla ricerca presso il Dip.to di Scienze della Terra dell'Università La Sapienza di Roma, referente la Prof.ssa Maria Marsella.
V3_6/27	La voce "Beni di consumo e servizi" comprende € 6.000,00 per l'acquisizione di dati meteo, codici di calcolo/postprocessing e tempo macchina dal Dr. Joe Scire (Earth Tech Inc. USA), e € 6.000,00 euro per l'attività di consulenza del Dr. Willy Aspinall.
V3_6/30	La voce "Beni di consumo e servizi" include € 3.000,00 euro per attività di supporto alla ricerca presso il CNRS FR, referente il Prof. B. Scaillet.
V3_6/40	La voce "Beni di consumo e servizi" include € 8.000,00 euro destinati ad attività a cura del Dott. G. Merucci, INGV Roma1, e inizialmente incluse all'interno delle attività della UR V3_6/31. La voce "Materiale durevole" include € 10.000,00 destinati all'acquisto di una telecamera ad alta risoluzione, che verrà utilizzata anche per le attività della UR V3_5/01.
V3_7/07	€ 4.000,00 inclusi alla voce "Beni di consumo e servizi" sono destinati ad attività di supporto alla ricerca presso il Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, CEA/CNRS, Gif-sur-Yvette, France, referente Stephane Scaillet.
V3_7/09	La voce "Beni di consumo e servizi" include € 3.000,00 destinati alle attività della Prof.ssa Barbano del Dip.to di Scienze Geologiche dell'Università di Catania, per la costruzione di un catalogo macrosismico relativo al Canale di Sicilia.
V4/02	€ 16.000,00 inclusi nella richiesta relativa a "Beni di consumo e servizi" sono destinati ad attività di supporto alla ricerca presso l'Università di Udine, referente il Dr. Roberto Carniel.
V4/09	€ 12.000,00 inclusi nella richiesta relativa a "Beni di consumo e servizi" sono destinati ad attività di supporto alla ricerca presso il Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università di Bari, referente il Dr. Salvatore De Lorenzo.

Tabella 5. Progetto misto SV (EduRisk): dettaglio dei fondi previsti, delle integrazioni e dei fondi erogati per ogni Unità di Ricerca.

Progetto SV

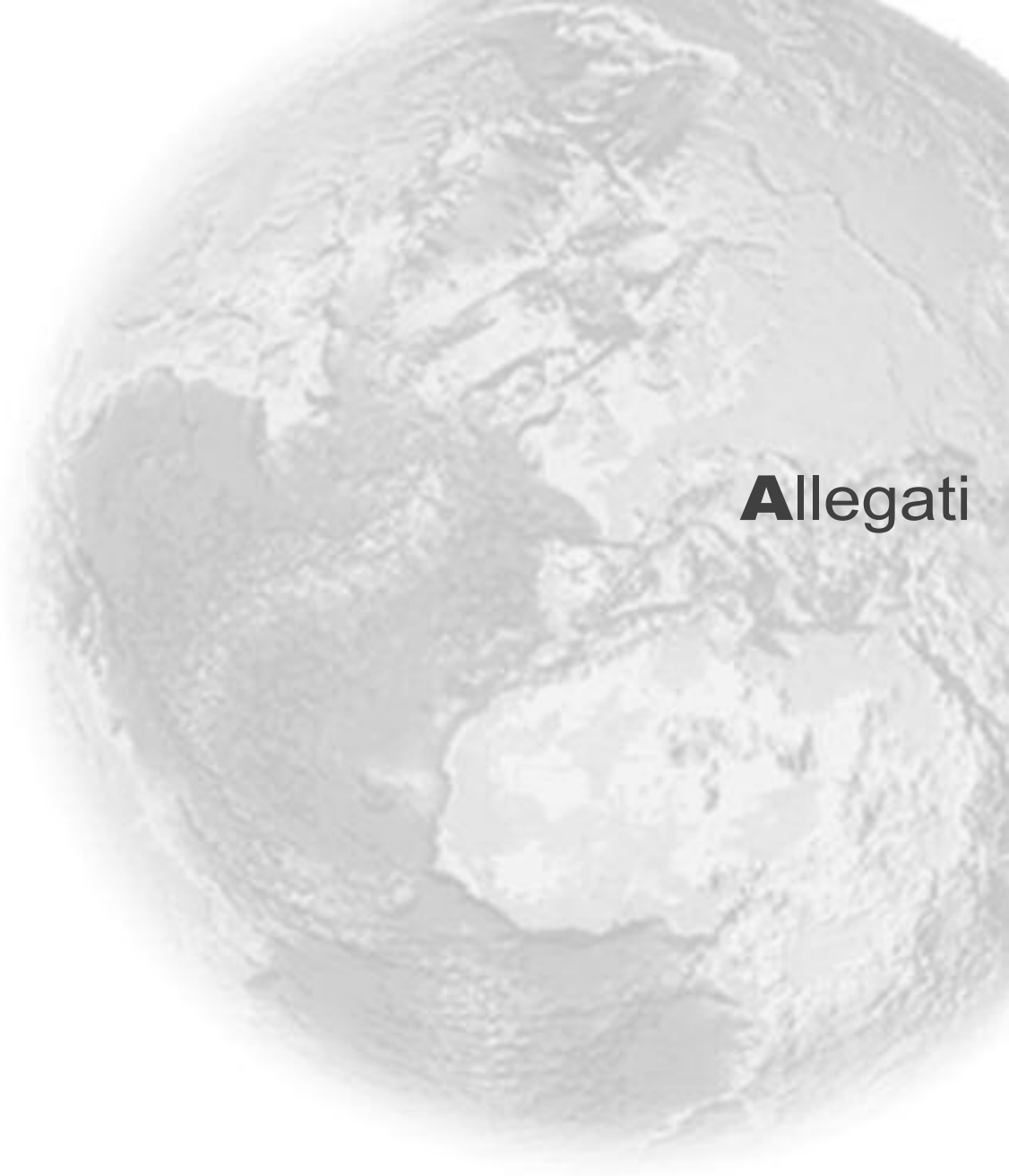
UR	Responsabile	Fondi previsti 2a fase*	Integrazioni	Totale fondi erogati
UR/01*	CAMASSI	42.000,00	12.000,00	54.000,00
UR/02	NOSTRO	30.000,00	0,00	30.000,00
UR/03	NAVE	17.000,00	0,00	17.000,00
UR/04	AZZARO	15.000,00	0,00	15.000,00
UR/05	ZUCCARO	20.000,00	0,00	20.000,00
UR/06	PERUZZA	25.000,00	0,00	25.000,00
Totale SV		**149.000,00**	**12.000,00**	**161.000,00**

* Fondi previsti dopo l'applicazione di eventuali decurtazioni e spostamenti di fondi da un progetto all'altro.

** Note:

UR/01	Integrazione di € 12.000,00

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia



Allegati

ALLEGATO 1: RAPPORTO FINALE ERUZIONE ETNA 2006

INGV sezione CNT- LABTEL e Università delle Hawaii - HIGP/SOEST*

Coordinamento: Spinetti C., Buongiorno M.F.

Mantenimento del sistema: Doumaz F., Musacchio M. Caprara F.

Effusion rate: Lombardo V., Harris A.*, Steffke A.*

Analisi termica: Amici S.

Emissioni di ceneri: Spinetti C.

1. Introduzione

L'Unità Funzionale Telerilevamento (LABTEL) del CNT ha contribuito al monitoraggio dell'attività eruttiva dell'Etna 2006 mediante l'analisi delle immagini acquisite dal sensore AVHRR a bordo dei satelliti americani NOAA. Il presente rapporto si riferisce al periodo eruttivo dell'Etna da Settembre a Dicembre 2006. Le osservazioni e le elaborazioni dei dati acquisiti giornalmente hanno permesso di evidenziare le zone interessate dalle colate laviche, di seguire l'andamento in temperatura di brillanza, di calcolare il tasso di effusione e l'andamento temporale in maniera automatica. Inoltre, l'analisi dei dati AVHRR ha permesso la rilevazione del plume vulcanico e della cenere in esso contenuta. Sono state ricavate le informazioni riguardanti l'area interessata, la direzione, la geometria e l'altezza approssimativa del plume vulcanico. Bollettini bi-settimanali sono stati compilati dalla UF Telerilevamento ed inviati alla Sezione INGV di Catania ed al Centro Funzionale per le emergenze vulcaniche della DPC. Inoltre durante il periodo di emissioni di ceneri sono state intensificate le osservazioni inviando rapporti di osservazione specifici con cadenza di 2 volte al giorno alla Sezione INGV di Catania ed al Centro Funzionale per le emergenze vulcaniche della DPC. Durante la fase attiva dell'eruzione il Dr. Harris, professore all'Università Hawaii (USA) ha inviato le stime giornaliere del tasso di emissione calcolate dai dati del sensore MODIS (satelliti NASA, TERRA e ACQUA), queste stime sono state confrontate con quelle ottenute mediante i dati AVHRR della stazione INGV. Si riportano brevemente i risultati delle osservazioni effettuate nel periodo Luglio - Dicembre 2006.

2. Disponibilità di altri dati satellitari

In coincidenza dell'eruzione dell'Etna, il Laboratorio di Telerilevamento (LabTel, INGV-CNT) ha attivato i contatti con l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) per ottenere i dati di diversi satelliti (ENIVSAT, TERRA, ACQUA) al fine di migliorare le osservazioni ed il monitoraggio dell'evento. Le richieste si inquadravano nell'ambito delle attività progettuali avviate sia con ASI (Progetto RSV)

che con ESA (nell'ambito del progetto EC Preview-Eurorisk). La gestione da parte dell'INGV di un sistema d'acquisizione di dati satellitari indipendente (TERASCAN L-Band HPRT) è risultato strategico per garantire un flusso continuo ed adeguato di dati satellitari durante il periodo eruttivo .

2.1. Elaborazione immagini AVHRR NOAA Stazione INGV TERASCAN L-Band HPRT

La UF Telerilevamento del INGV-CNT ha acquisito nel 2004 il sistema Terascan L-Band HPRT per l'acquisizione dei dati AVHRR. Il sistema TeraScan riceve i dati del sensore AVHRR a bordo della costellazione ad orbita polare NOAA con un minimo di 4 immagini al giorno utili al monitoraggio vulcanico. Ogni passaggio è mediamente nelle seguenti fasce orarie: 00:00-06:00 GMT, 06:00-12:00 GMT, 12:00-20:00 GMT e 20:00-00:00 GMT. A partire dalla fine di Novembre 2006 è stato messo a punto l'invio delle immagini dei dati satellitari AVHRR in maniera automatica sul sito della sezione di Catania dedicato al DPC. L'immagine è disponibile sul sito web con delay medio di 15 minuti dal momento dell'acquisizione.

3. Analisi delle immagini di temperatura di brillanza della AVHRR ed andamento temporale della Temperatura di brillanza

Si riporta l'analisi delle temperature di brillanza del periodo Luglio 2006 (figura 1). I valori di temperatura di brillanza (misura d'intensità della radiazione termica emessa da un oggetto espressa in gradi centigradi) sono stati ottenuti dal LABTEL mediante il sistema automatico di rilevazione di anomalie termiche denominato AVO e mostrano una significativa diminuzione nella temperatura di brillanza alla fine di Luglio 2006. L'analisi della temperatura ha mostrato simili andamenti durante le successive fasi dell'attività eruttiva.

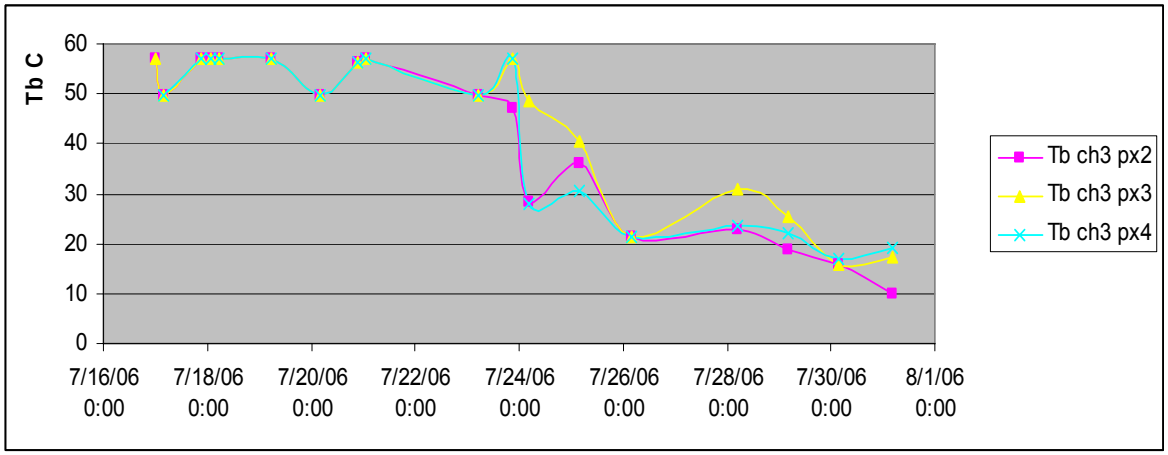


Figura 1. Analisi delle temperature di brillanza (Luglio 2006).

4. Stime di "*Effusion Rate*" da dati NOAA-AVHRR e MODIS

I dati relativi al tasso di effusione coprono il periodo di attività eruttiva da Luglio a Dicembre 2006. La tecnica utilizzata è basata sull'algoritmo denominato:"dual-band" (Dozier ,1981). La serie temporale di dati AVHRR (Figura 6) illustra un tasso effusivo iniziale di circa 3-4 m^3/s. Tale

tendenza è confermata anche dalla serie temporale derivata dai dati MODIS. Dal 14 Dicembre, in coincidenza con la cessazione dell'attività eruttiva si osserva un brusco decremento del tasso d'effusione che scende a 1-2 m^3/s. Dopo questa data, nonostante si notino ancora tracce d'anomalie termiche sulle immagini AVHRR non è più possibile ottenere stime d'effusione. Si può quindi dedurre che la colata dopo il 14 Dicembre cessa di avanzare significativamente (figure 2-3). In figura quatto viene riportata la stima del volume cumulativo eruttato.

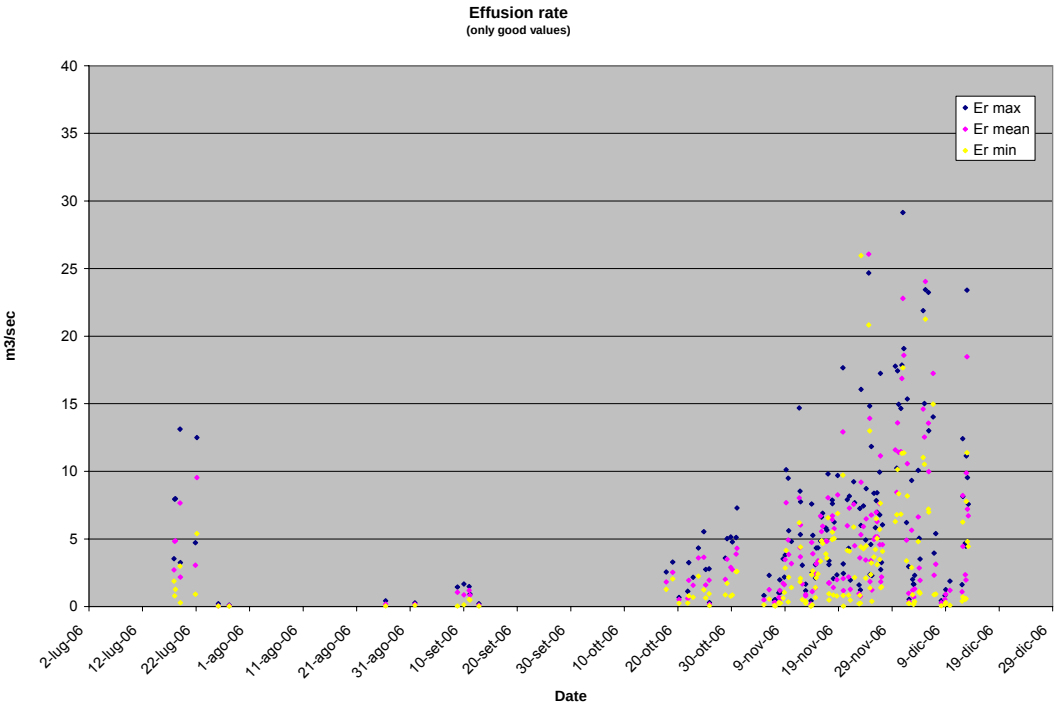


Figura 2. Grafico relativo alle stime di effusion rate calcolato dai dati NOAA-AVHRR.

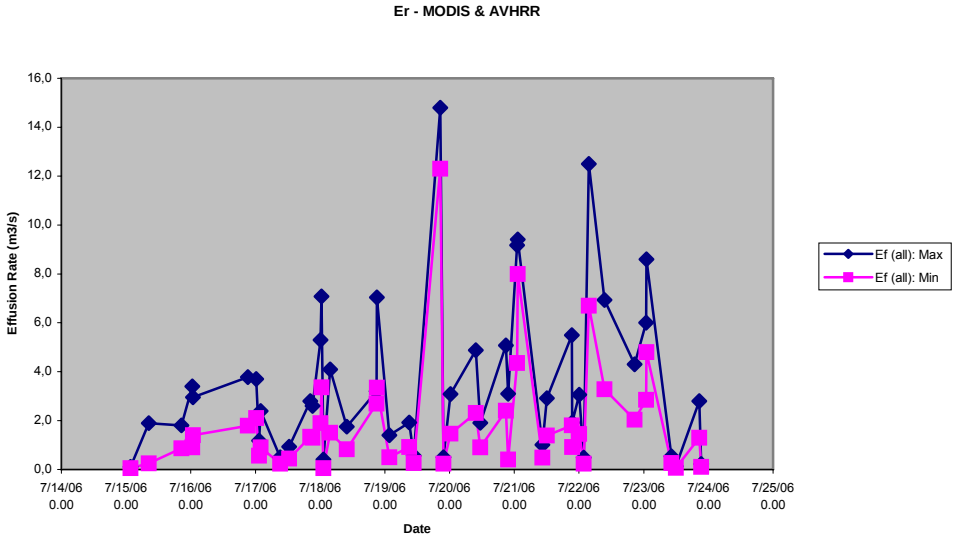


Figura 3. Grafico relativo alle stime di effusion rate calcolato dai dati NASA-MODIS (Luglio).

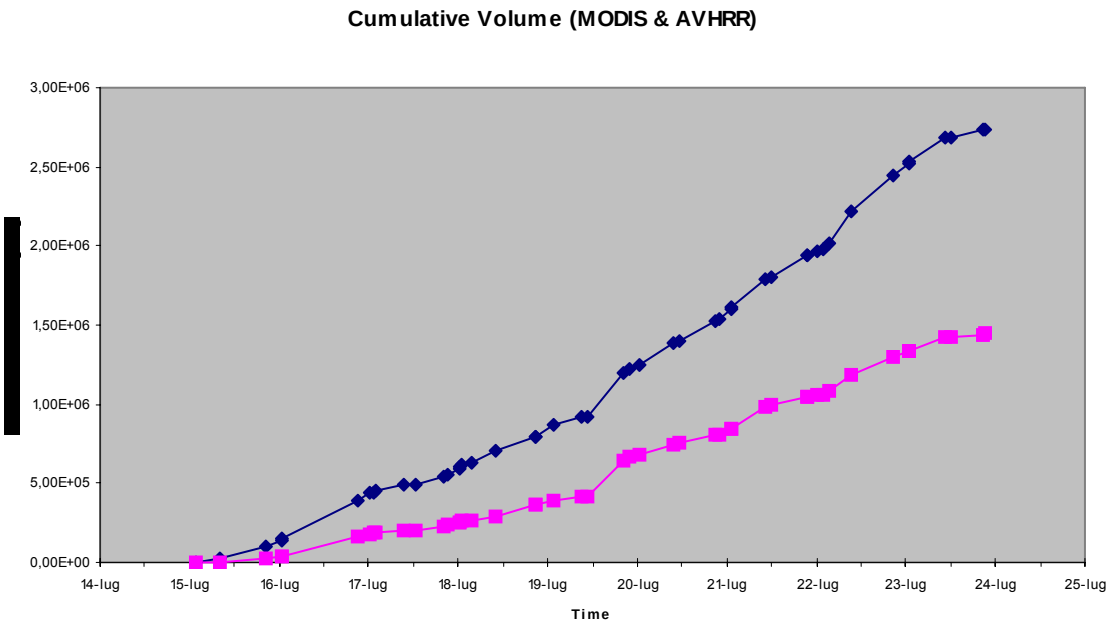


Figura 4. Grafico relativo alle stime di volume cumulativo.

5. Osservazioni del Plume vulcanico ed emissioni di ceneri

Al fine di individuare la presenza di cenere nel plume eruttivo, sono state effettuate osservazioni satellitari giornaliere con dati NOAA-AVHRR a diverse lunghezze d'onda. Durante il periodo eruttivo si sono verificati diversi eventi esplosivi. Ogni evento è stato analizzato con la tecnica TDB (Prata 1989, Wen and Rose 1994) ed ha permesso di rilevare la presenza di cenere (figura 5). Inoltre dalle immagini AVHRR sono stati stimati i seguenti parametri: direzione del plume, dimensione (estensione), quota massima, la minima temperatura (top della nube eruttiva) come mostrato nella tebella 1. Nel periodo Luglio- Settembre 2006 sono stati prevalentemente osservati dei plumes di degassamento. Dalla fine di Ottobre 2006 i plumes hanno mostrato un contenuto crescente in ceneri limitato alla zona sommitale. Dall'inizio di Novembre 2006 l'intensificarsi dell'attività esplosiva ha prodotto plumes di ceneri (figura 6) che hanno interessato la aree abitate ed in particolare l'aeroporto di Catania. Le immagini satellitari hanno mostrato l'assenza di plumes esplosivi a partire da metà Dicembre 2006.

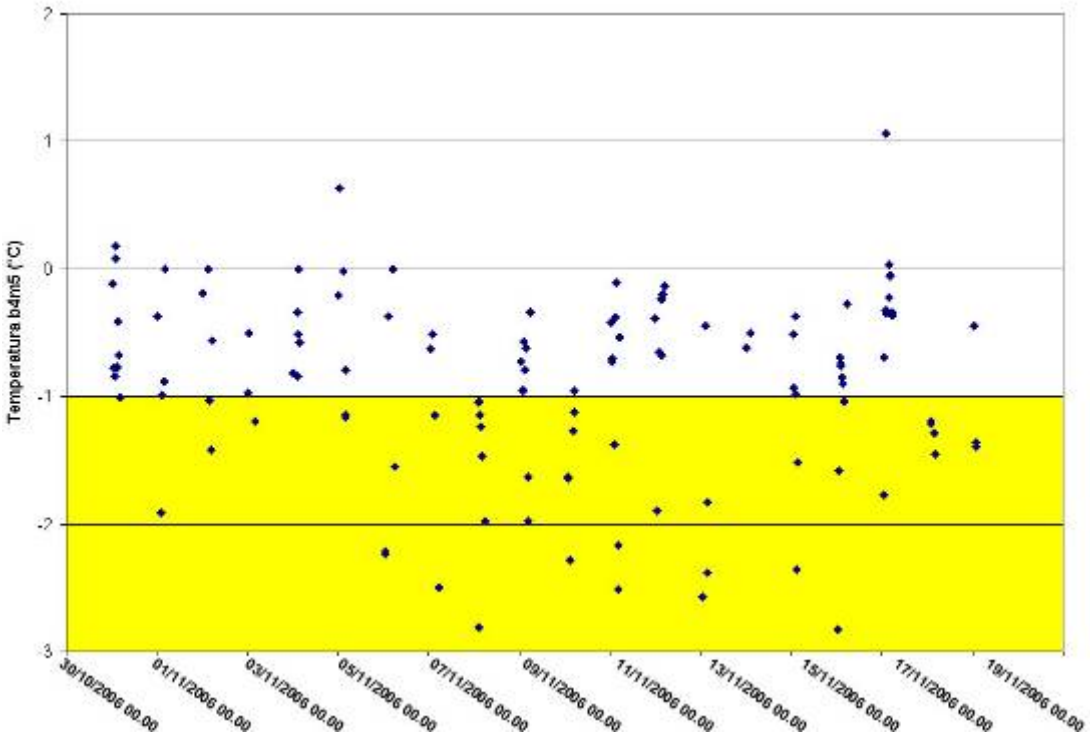


Figura 5. Presenza di ceneri nel periodo di 1-20 Novembre 2006 mediante tecnica TDB.

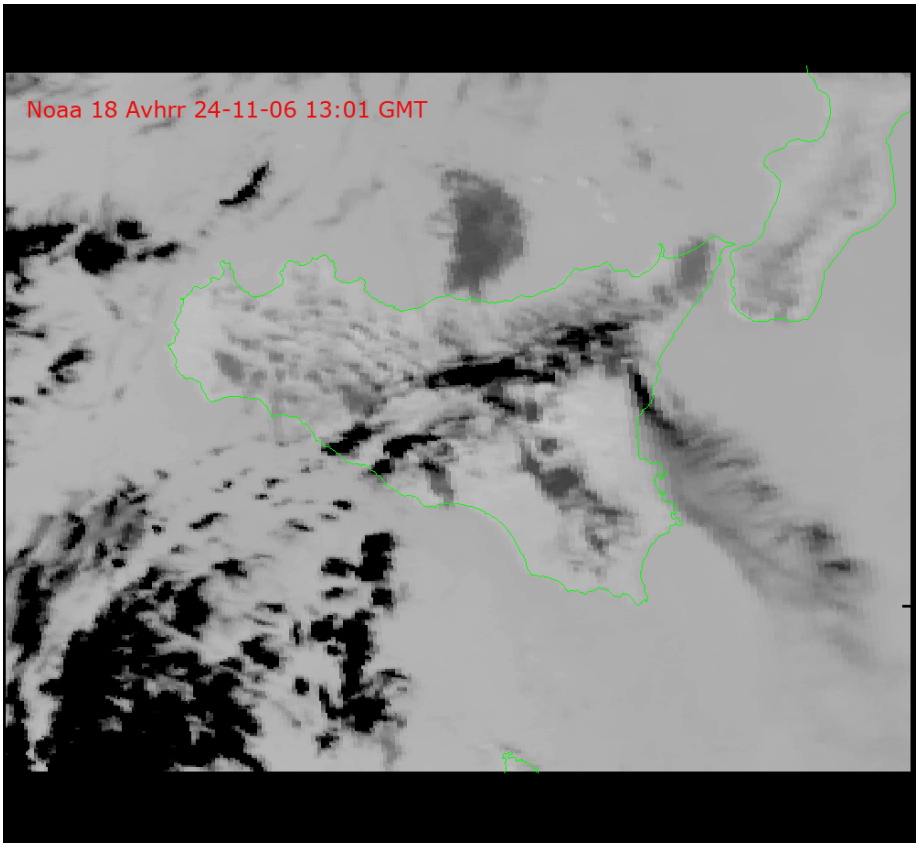


Figura 6. Immagine AVHRR 24-11-06 13:01 (GMT).

Tabella 1. Descrizione dell'evento eruttivo del 24 Novembre 2006.

Data e Ora GMT	Direzione del plume	Estensione massima con presenza di cenere Lunghezza-Larghezza	Altezza massima del plume
24-11-06 15:14	S	18 Km - 2 Km	4300 - 4500 m asl
24-11-06 13:01	SE	54 Km - 30 Km	4700 - 4900 m asl
24-11-06 11:20	SE	83 Km - 16 Km	4900 - 5400m asl
24-11-06 10:02	SE	45 Km - 5 Km	4900 - 5400m asl
24-11-06 8:22	SE	18 Km - 3 Km	4300 - 4500 m asl

Bibliografia

Dozier J (1981) A method for satellite identification of surface temperature fields of subpixel resolution. Remote Sensing Environment 11:221-229.

Prata, A. J. 1989a Observations of volcanic ash clouds using AVHRR-2 radiances. Int. J. Remote Sensing, 10(4-5), 751-761.

Wen, S., and Rose, W. I. 1994 Retrieval of sizes and total masses of particles in volcanic clouds using AVHRR bands 4 and 5, J. Geophys.Res., 99(D3), 5421-5431.

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