

# Rapporti tecnici

# INGV

Campagna di misure GPS  
all'Isola d'Ischia (maggio-giugno 2010)

# 157



## **Direttore**

Enzo Boschi

## **Editorial Board**

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Simona Masina (BO)

Mario Mattia (CT)

Nicola Pagliuca (RM1)

Umberto Sciacca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

## **Segreteria di Redazione**

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

[redazionecen@ingv.it](mailto:redazionecen@ingv.it)



# Rapporti tecnici INGV

## **CAMPAGNA DI MISURE GPS ALL'ISOLA D'ISCHIA (MAGGIO-GIUGNO 2010)**

Mario Dolce, Giuseppe Brandi, Andrea D'Alessandro, Santa Malaspina

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano)

# 157



## **Indice**

Introduzione	5
1. Area oggetto della campagna	5
2. Rete GPS dell'isola d'Ischia	6
2.1 Attuale distribuzione della rete	6
2.2 Strumentazione impiegata	10
2.3 Dati acquisiti	12
3. Qualità dei dati	12
4. Conclusioni	16
Ringraziamenti	16
Bibliografia	17



## Introduzione

L'Osservatorio Vesuviano, Sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, gestisce il sistema di monitoraggio per la sorveglianza delle aree vulcaniche del Somma Vesuvio, dei Campi Flegrei e dell'isola d'Ischia. Tale sistema comprende reti geofisiche e geochimiche: quelle geofisiche controllano l'attività sismica, le deformazioni del suolo e le variazioni del campo gravimetrico, mentre quelle geochimiche misurano la composizione chimica dei gas emessi dalle fumarole e di quelli disciolti nelle acque di falda.

Per quanto concerne l'isola d'Ischia, il controllo delle deformazioni del suolo viene effettuato utilizzando tecniche classiche (livellazioni di precisione, gravimetria, mareometria) e metodi satellitari (GPS, SAR). In particolare, sull'isola sono state installate una rete di livellazione, una rete gravimetrica, un mareografo e una rete GPS.

Nel corso del primo semestre del 2010, sull'isola d'Ischia sono state effettuate una campagna gravimetrica, una di livellazione ed una di misure GPS.

Oggetto di questo rapporto è la descrizione dell'attività svolta durante la campagna di misure GPS realizzata dal 28 maggio (DoY 148) al 11 giugno (DoY 162) 2010.

## 1. Area oggetto della campagna

L'isola d'Ischia è localizzata all'interno del complesso vulcanico campano nel settore nord-ovest del golfo di Napoli, che include anche l'area dei Campi Flegrei (Fig. 1). Gli eventi più importanti che hanno caratterizzato la storia vulcano-tettonica dell'isola, e la sua più recente attività, sono stati il fenomeno della risorgenza della caldera, l'instabilità dei versanti e la sismicità.

Il rilievo più alto che domina l'isola è il Monte Epomeo (787 m), ubicato nel settore centro-sud dell'isola, interpretato come un horst vulcano-tettonico [Rittman 1930; Vezzoli 1988; Fusi et al. 1990], generatosi da una risorgenza calderica [Orsi et al., 1991]. L'attività vulcanica sull'isola ha avuto inizio intorno ai 150000 anni fa [Cassignol e Gillot 1982] e continua, alternando periodi di quiescenza, fino al 1302, quando avvenne l'ultima eruzione vulcanica che ha prodotto la colata dell'Arso. L'instabilità dei versanti, invece, è un fenomeno concentrato principalmente nel settore nord ed ovest dell'isola e lungo il fianco sud del Monte Epomeo [Del Prete e Mele 1999; Tibaldi e Vezzoli 2004].

Per quanto riguarda la sismicità, i terremoti storici più forti (VIII<I<X MCS) si sono verificati nei secoli XVIII e XIX [Cubellis e Luongo 1998; Luongo et al., 2006], come gli eventi distruttivi del 1881 (I=VIII MCS) e del 1883 (I=X MCS) verificatisi nel settore nord dell'isola. L'isola d'Ischia è inoltre caratterizzata da un'intensa attività idrotermale, con inclusa attività fumarolica [Chiodini et al., 2004].

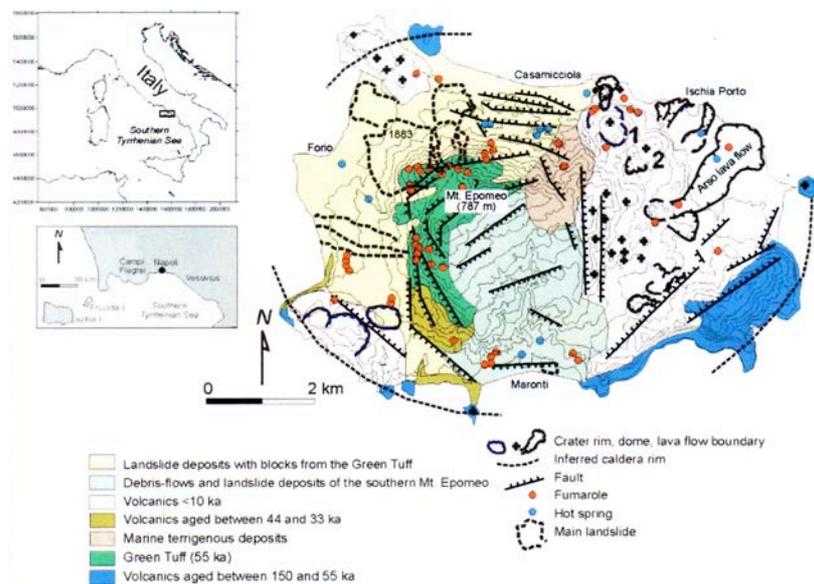


Figura 1. Carta geologica dell'isola d'Ischia [da Miliaresis et al., 2009].

## 2. Rete GPS dell'isola d'Ischia

Nell'ottobre del 1996 sull'isola d'Ischia è stata istituita una rete di 20 vertici GPS per il controllo delle deformazioni del suolo [Achilli, 1998]. A causa della forte urbanizzazione dell'isola i vertici sono stati materializzati per lo più su edifici, di cui è stata accertata la stabilità, mentre solo una piccola parte è stata materializzata su roccia. Su questa rete, nel dicembre 1996 (giorni 18 e 19), è stato effettuato un test di misure GPS allo scopo di verificare l'applicazione di diverse metodologie di misura [Achilli, 1998]. Ad integrazione della suddetta campagna, tra il 24 ed il 27 febbraio 1997 è stata effettuata un'ulteriore serie di misure [Achilli, 1998].

Nel mese di Luglio del 1998, è stata eseguita la prima campagna su tutta la rete. In quell'occasione sono stati installati altri due vertici (FAN1 e FAN2) in località Forio d'Ischia [Del Gaudio et al. 1999]. Nel Luglio del 1999 è stata eseguita una seconda campagna di misure sull'intera rete [Del Gaudio et al., 1999]. Le successive campagne di misure sono state effettuate nel giugno del 2001 [Berrino et al, 2002] e nel 2003 (Pingue et al., 2005), come parte della campagna di misurazioni eseguite sull'intera rete NVAGN (Neapolitan Volcanic Area Geodetic Network) della quale la rete d'Ischia fa parte. Per quanto concerne gli interventi sulla rete, alla fine del 2002 è stato materializzato un nuovo vertice GPS sul monte Corvo (MCOR).

Nel maggio-giugno 2010 è stata effettuata l'ultima campagna di misure GPS sull'isola d'ischia. Da quanto detto, si evince che in 6 anni, dal 1998 al 2003, sono state effettuate 5 campagne di misure ed una negli ultimi 7 anni.

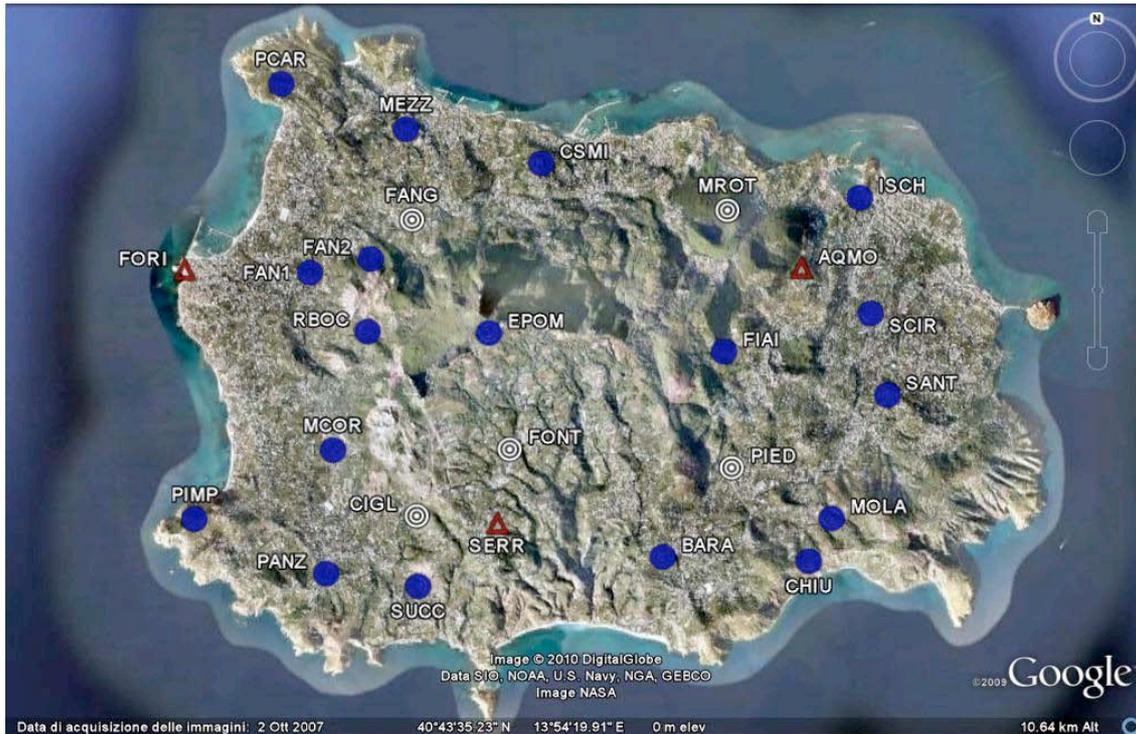
### 2.1 Attuale distribuzione della rete

Prima dell'esecuzione dell'ultima campagna di misure, è stata eseguita una accurata ricognizione di tutti i siti, per stabilirne l'integrità e la buona ricezione del segnale GPS. Dove è stato possibile, si è intervenuti per ridurre la presenza di vegetazione in prossimità del vertice, al fine di diminuire la presenza di ostacoli, che sono la principale causa del degrado della qualità delle acquisizioni. Dopo la ricognizione è stato verificato che 5 vertici (tab. 1) non potevano essere occupati per una nuova misurazione: 4 sono stati persi a causa dei lavori di ristrutturazione degli edifici su cui erano posti ed uno a causa della folta vegetazione presente nei suoi dintorni.

SITO	Causa
CIGL	Ristrutturazione dell'edificio su cui era posto il vertice
FANG	Ristrutturazione dell'edificio su cui era posto il vertice
FONT	Ristrutturazione dell'edificio su cui era posto il vertice
PIED	Ristrutturazione dell'edificio su cui era posto il vertice
MROT	Presenza di alberi, che oscurano il vertice

**Tabella 1.** Siti non misurati durante la campagna del 2010.

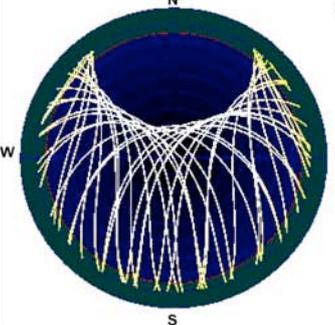
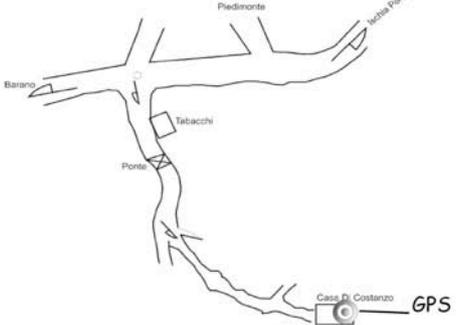
Quindi al momento dell'esecuzione delle misure la configurazione della rete comprendeva 21 vertici, 18 della rete discreta e 3 siti della rete NeVoCGPS (Neapolitan Volcanoes Continuous GPS) di stazioni permanenti dell'area vulcanica napoletana (fig. 2).



**Figura 2.** Rete GPS dell'isola d'Ischia. Con cerchi blu sono indicati i 18 vertici battuti nel 2010, con i cerchi bianchi i vertici non più misurabili e con i triangoli rossi sono indicate le 3 stazioni fisse della rete NeVOCGPS.

Durante la ricognizione sono state realizzate anche le monografie descrittive dei vertici GPS. Esse sono costituite da 2 pagine, nella prima oltre alle indicazioni per raggiungere il punto e quelle relative al tipo di materializzazione, sono presenti uno skyplot degli ostacoli presenti e una descrizione della geologia del luogo. Nella seconda pagina sono riportate la carta topografica e la parte dell'atlante stradale del TCI relative alla zona in cui è posto il vertice.

In fig. 3 e 4 sono riportate le 2 pagine della monografia, mentre in tab. 2, per ogni sito GPS, sono riportate l'ubicazione del vertice GPS e la geologia della zona in cui è posto.

	<b>014 Chiummano (CHIU)</b>		
	Provincia: Napoli Comune: Barano d'Ischia	Proprieta': Di Costanzo	
Coord. Geograf. WGS84 Lat. : 40° 42' 26.29" N Lon. : 13° 56' 05.65" E Ht. : 265.9 m		Coord. Piane Gauss Boaga N : 4506820 E : 2430037	Tavoleta I.G.M.I. 1: 25.000
Monumentazione: Vertice 3D Data materializzazione: 1996 Ente installatore: O.V. Stato del Vertice: Attivo Data di Dismissione:		Neapolitan Volcanoes Area Gps Network ISCHIA - Zona: Chiummano Tipo di sito: sito protetto Alimentazione: da solo batterie Supporto: Asta Normale o Asta tipo Antartide con attacco da 5/8 Tipo 1 Accessibilità: raggiungibile con auto piccola 4X4 Note: raccordo largo copertura per strumentazione minuteria	
Riferimenti : mario.dolce@ov.ingv.it umberto.tammaro@ov.ingv.it		Ostacoli presenti:	
			
<p>Accesso: Partendo da Ischia Porto si supera Piedimonte. Seguendo la via Provinciale si incontra l'incrocio con il bivio per i Maronti sulla sinistra. Scendere la strada ed al primo incrocio voltare a sinistra. Giungere alla chiesa del Vatoliere, 50 mt dopo, sulla destra, c'è una stradina, Via Chiummano (all'angolo c'è un bar). Proseguire per Chiummano alta, sempre dritto, fino alla fine della strada fino ad arrivare alla casa dell'avv. Filippo Di Costanzo. Il vertice è posto sul terrazzo di copertura del villino.</p>			
<p>Geologia: Formazione di Piano Liguori: ceneri bianche provenienti dal centro eruttivo della Secca d'Ischia; alcalitracchite.</p>			
			

**Figura 3.** Prima pagina della monografia del CHIU.



Figura 4. Seconda pagina della monografia del vertice CHIU.

Sito	Geologia del luogo	Ubicazione vertice
AQMO	Piroclastici Pomicee di esplosione del duomo lavico (Alcalitrachiti) - Duomo lavico del Montagnone-Monte Moschiata.	Su edificio.
BARA	Accumulo di frana di colamento e scoscendimento di Rosato, costituito da frammenti di siltiti della formazione di colle Jetto e di Tufite del Monte Epomeo.	Muro in cemento armato.
CHIU	Formazione di Piano Liguori. Ceneri bianche provenienti dal centro eruttivo della Secca d'Ischia. Alcalitrachite.	Su edificio.
CSMI	Accumulo di frana crollo e di scoscendimento a blocchi di Tufo Verde.	Su edificio.
EPOM	Tufo Verde del Monte Epomeo.	Su roccia.
FAN1	Accumulo di frana crollo e di scoscendimento a blocchi di Tufo Verde.	Su edificio.
FAN2	Accumulo di frana crollo e di scoscendimento a blocchi di Tufo Verde.	Su edificio.
FIAI	Centro eruttivo di Selva del Napolitano: cupole laviche di efflusso associate a piroclastici pomicee.	Pozzetto a terra.
FORI	Accumuli di frane di crollo e di scoscendimenti a blocchi di Tufo Verde.	Su edificio.
ISCH	Depositi di spiaggia attuali, area urbanizzata.	Su edificio.
MEZZ	Accumulo di frana crollo e di scoscendimento a blocchi di Tufo Verde.	Su edificio.
MOLA	Formazione di Piano Liguori. Ceneri bianche provenienti dal centro eruttivo della Secca d'Ischia. Alcalitrachite.	Su edificio.
MCOR	Accumuli di frane di crollo e di scoscendimenti a blocchi di Tufo Verde.	Su edificio.
PANZ	Centro eruttivo di Campotese: breccie pomicee e coriacee di caduta, tufi.	Su edificio.
PCAR	Centro eruttivo di Zaro: colata di lava di Zaro.	Su edificio.
PIMP	Centro eruttivo di Campotese: breccie pomicee e coriacee di caduta, tufi.	Pozzetto a terra.
RBOC	Tufo verde del Monte Epomeo.	Muro in cemento armato.
SANT	Formazione di Piano Liguori. Ceneri bianche provenienti dal centro eruttivo della Secca d'Ischia. Alcalitrachite.	Su edificio.
SCIR	Colata eruttiva del centro eruttivo dell'Arso.	Su edificio.
SERR	Accumulo di colate fangose costituiti da frammenti di tufo verde e di siltiti della Formazione di Colle Jetto.	Su edificio.
SUCC	Accumuli di colate fangose, costituiti da Tufo Verde e Siltiti della formazione di colle Jetto.	Su edificio.

**Tabella 2.** Ubicazione dei vertici GPS e geologia dei luoghi dove essi sono posti.

## 2.2 Strumentazione impiegata

La strumentazione impiegata per la campagna 2010 (tab. 3) è costituita da ricevitori Leica della serie 1200 (GX1220 e GX1230) con antenne LEIAX1202 e ricevitori Leica della serie 500 con antenne LEIAT502. Soltanto su due siti, CHIU e SANT, sono state utilizzate antenne Choke Ring con ricevitori Leica GRX1200Pro. In tabella 4, per ogni sito, sono indicati il tipo di ricevitore e l'antenna utilizzati.

<b>Strumentazione</b>	<b>Caratteristiche</b>
<b>Ricevitore LEICA SR520</b>	Ricevitore a doppia frequenza, 12 canali su L1 e su L2. Tecnologia ClearTrak per migliorare il rapporto segnale/rumore e l'aggancio dei satelliti.
<b>Ricevitore LEICA GX1220 LEICA GX1230</b>	Ricevitore a doppia frequenza, 14 canali su L1 e su L2. Tecnologia Smart Track per migliorare il rapporto segnale/rumore e l'aggancio dei satelliti.
<b>Ricevitore LEICA GRX1200Pro</b>	Ricevitore a doppia frequenza, 14 canali su L1 e su L2. Tecnologia Smart Track + per migliorare il rapporto segnale/rumore e l'aggancio dei satelliti.
<b>Antenna LEIAT502</b>	Antenna microstrip L1/L2, con piano di massa incorporato. Diametro 16 cm, altezza 7 cm e peso 0.40 kg.
<b>Antenna LEIAX1202</b>	Antenna L1/L2 SmartTrack con piano di massa incorporato. Diametro 17 cm, altezza 6.2 cm e peso 0.44 kg.
<b>Antenna LEIAT504 Choke Ring</b>	Elemento antenna L1/L2 Dorne & Margolin con piano di massa con anello di tenuta in oro anodizzato. Conforme alle antenne IGS tipo T, modello JPL. Diametro 38 cm, altezza 14 cm e peso 4.30 kg.

**Tabella 3.** Strumentazione utilizzata durante la campagna 2010 e sue principali caratteristiche tecniche.

<b>Sito</b>	<b>Strumentazione</b>
AQMO	LEICA RS500 + LEIAT504 LEIS
BARA	LEICA SR520 + LEIAT502 NONE
CHIU	LEICA GRX1200PRO + LEIAT504 NONE
CSMI	LEICA GX1230GG + LEIAX 1202GG NONE
EPOM	LEICA GX1220 + LEIAX 1202 NONE
FAN1	LEICA GX1220 + LEIAX 1202 NONE
FAN2	LEICA GX1230 + LEIAX 1202 NONE
FIAI	LEICA SR520 + LEIAT502 NONE
FORI	TRIMBLE 4000SSI + TRM29659.00 NONE
ISCH	LEICA GX1230GG + LEIAX 1202GG NONE
MCOR	LEICA GX1230/5 + LEIAX 1202GG NONE
MEZZ	LEICA SR520 + LEIAT502 NONE
MOLA	LEICA GX1220 + LEIAX 1202 NONE
PANZ	LEICA GX1230 + LEIAX 1202GG NONE
PCAR	LEICA GX1230 + LEIAX 1202 NONE
PIMP	LEICA GX1230 + LEIAX 1202 NONE
RBOC	LEICA GX1230 + LEIAX 1202GG NONE
SANT	LEICA GRX1200PRO + LEIAT504 NONE
SCIR	LEICA GX1230GG + LEIAX 1202GG NONE
SERR	LEICA RS500 + LEIAT504 LEIS
SUCC	LEICA GX1220 + LEIAX 1202 NONE

**Tabella 4.** Strumentazione impiegata durante la campagna di misure GPS del 2010. I suffissi LEIS e NONE indicano, rispettivamente, antenne con e senza radome di protezione.

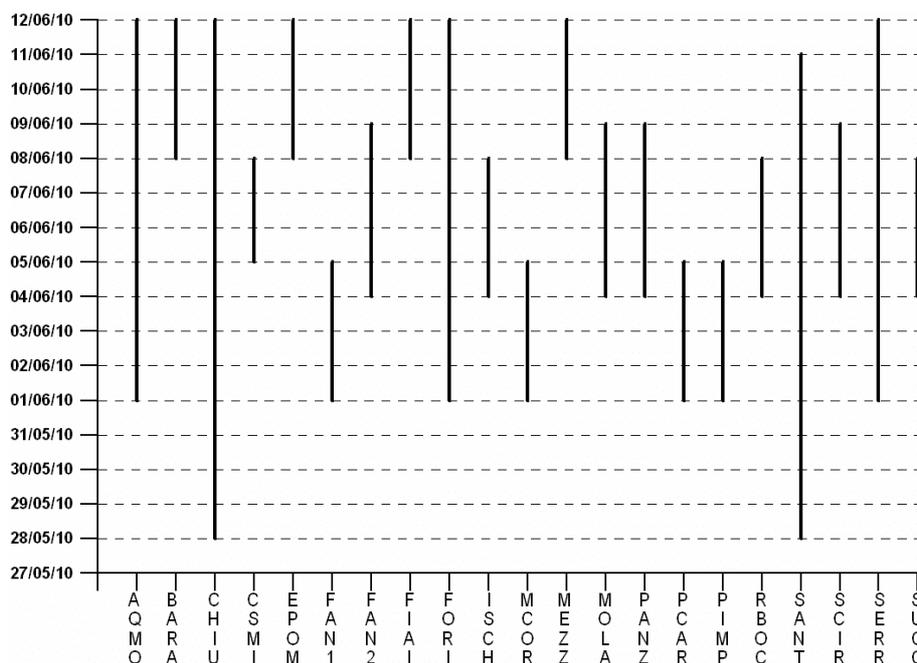
### 2.3 Dati acquisiti

I dati sono stati acquisiti con registrazioni giornaliere, che vanno dal giorno 28 maggio (148) al giorno 11 giugno (162) 2010. I ricevitori sono stati impostati per l'acquisizione in locale utilizzando la modalità statica con un angolo di cut off di 15° ed intervallo di campionamento di 15". In totale sono state eseguite 129 acquisizioni giornaliere, in tabella 5 sono mostrati, per sito, il numero di acquisizioni.

SITO	N. di registrazioni giornaliere	SITO	N. di registrazioni giornaliere
AQMO	11	MEZZ	4
BARA	4	MOLA	5
CHIU	15	PANZ	5
CSMI	3	PCAR	4
EPOM	4	PIMP	4
FAN1	4	RBOC	4
FAN2	5	SANT	14
FIAI	4	SCIR	5
FORI	11	SERR	11
ISCH	4	SUCC	4
MCOR	4		

**Tabella 5.** Elenco dei vertici occupati, con l'indicazione del numero di registrazioni giornaliere.

In figura 5, invece, sono mostrati, per vertice, i periodi di acquisizione durante la campagna.



**Figura 5.** Schema di occupazione della campagna di misure GPS del 2010. Per ogni vertice è mostrato il periodo in cui è stato misurato.

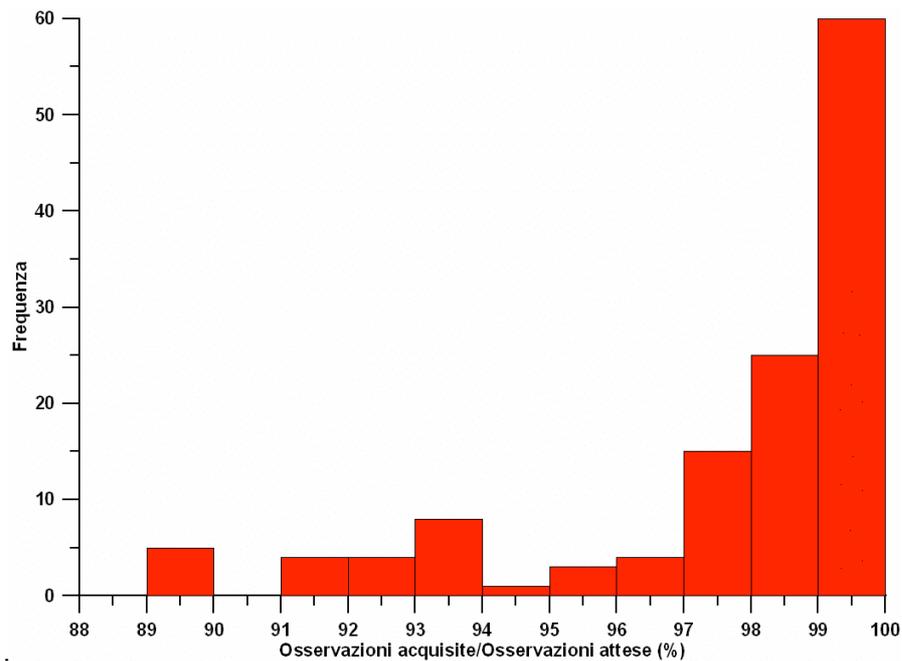
### 3. Qualità dei dati

Su tutti i dati acquisiti durante la campagna, per individuare eventuali problemi di sito e/o di strumentazione, è stata eseguita un'analisi di qualità utilizzando il software TEQC dell'UNAVCO. Un buon

dato GPS deve essere caratterizzato da un elevato rapporto osservazioni registrate su quelle attese e da bassi valori di multipath.

In fig. 6 è riportata la distribuzione del rapporto  $R = (\text{dati osservati}) / (\text{dati attesi})$ , che fornisce una buona indicazione del corretto funzionamento del sistema sito-strumentazione. Infatti, valori più bassi di  $R$  possono aversi sia per la presenza di ostacoli dipendenti dalla morfologia del sito, sia per la rumorosità del segnale. In tab. 6 sono riassunti i valori di sintesi che caratterizzano la distribuzione di  $R$ . Essi mostrano che 97 osservazioni, pari al 75%, hanno  $R > 0.978$ . Le restanti 32 acquisizioni presentano  $0.895 < R < 0.978$ .

Con maggior dettaglio, risulta evidente l'ottimo livello di acquisizione raggiunto; infatti 124 osservazioni, pari al 96%, hanno  $R > 0.91$ , delle restanti 5 osservazioni, pari al 4%, 2 acquisizioni presentano  $R = 0.895$  e 3 mostrano  $R = 0.896$ . Queste ultime acquisizioni sono relative al vertice FAN2, che risulta il peggior sito dal punto di vista del rapporto  $R$ .



**Figura 6.** Distribuzione del rapporto  $R = (\text{osservazioni acquisite}) / (\text{osservazioni attese})$  per ognuna delle registrazioni giornaliere.

<b>Minimo</b>	89.50
<b>Massimo</b>	100.00
<b>Media</b>	97.76
<b>Mediana</b>	98.50
<b>Primo quartile</b>	97.80
<b>Terzo quartile</b>	99.80
<b>Deviazione standard</b>	2.79

**Tabella 6.** Valori di sintesi della distribuzione di  $R$  presentata in figura 6.

In figura 7, riferiti ad una elevazione di  $15^\circ$ , sono invece mostrati i valori di RMS per MP1 e MP2. In essa i punti con  $MP2 > 0.6$  sono relativi alle stazioni di FAN1 e FORI.

Dalle figure 8 e 9 e dalla tabella 7 si ricava che il 75% delle osservazioni hanno  $MP1 < 0.26$  ed  $MP2 < 0.36$ . I peggiori siti, dal punto di vista del multipath sono FAN1 e SUCC, in realtà per quanto concerne  $MP2$  il valore più alto si riscontra presso la stazione in continuo di FORI, ma ciò è dovuto al fatto che il sito è attrezzato con strumentazione di vecchia generazione (Trimble 4000SSI).

In fig. 10, a titolo di esempio, sono mostrati gli skyplot di FIAI e FAN1, il primo caratterizzato da bassi valori di MP1 e MP2 e il secondo da alti valori del multipath.

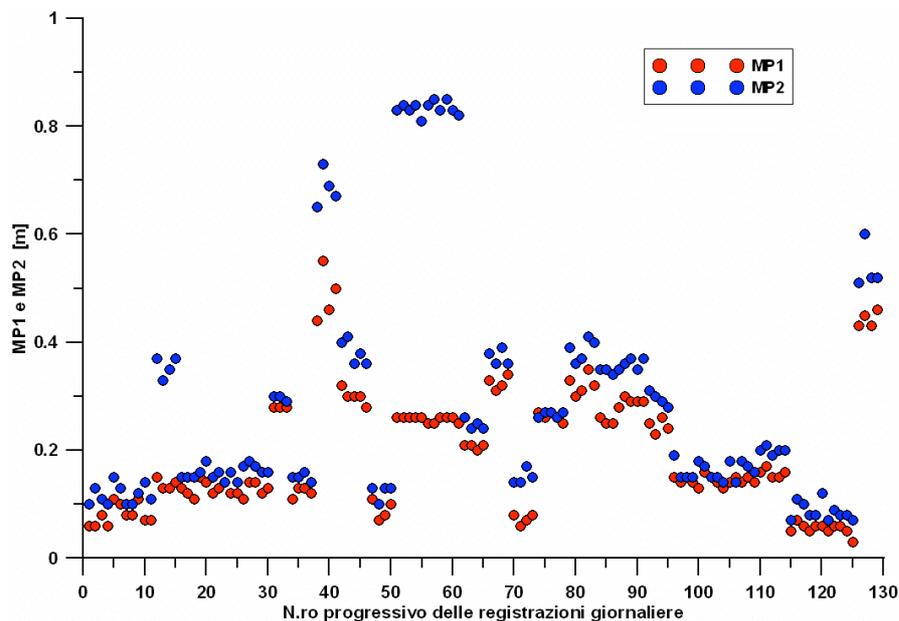


Figura 7. RMS per MP1 (in rosso) e MP2 (in blu).

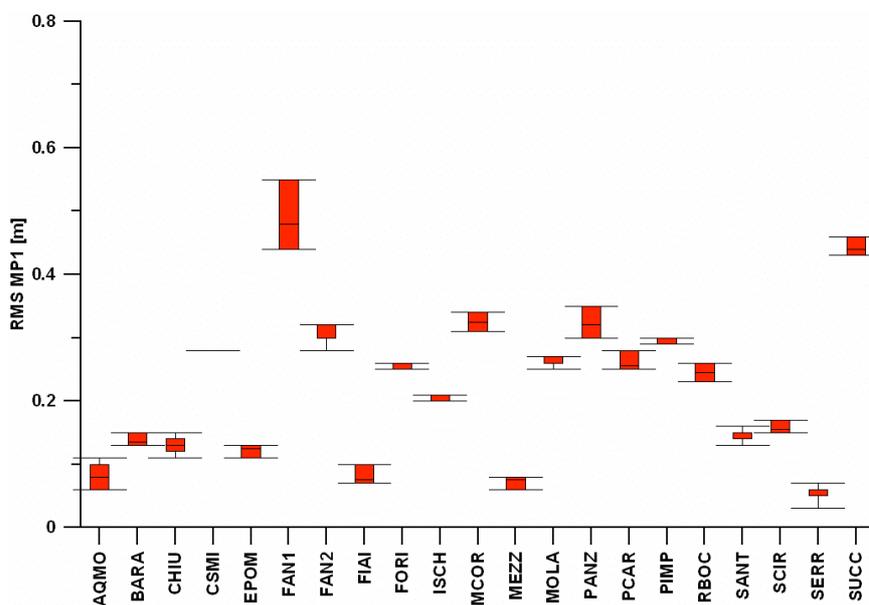
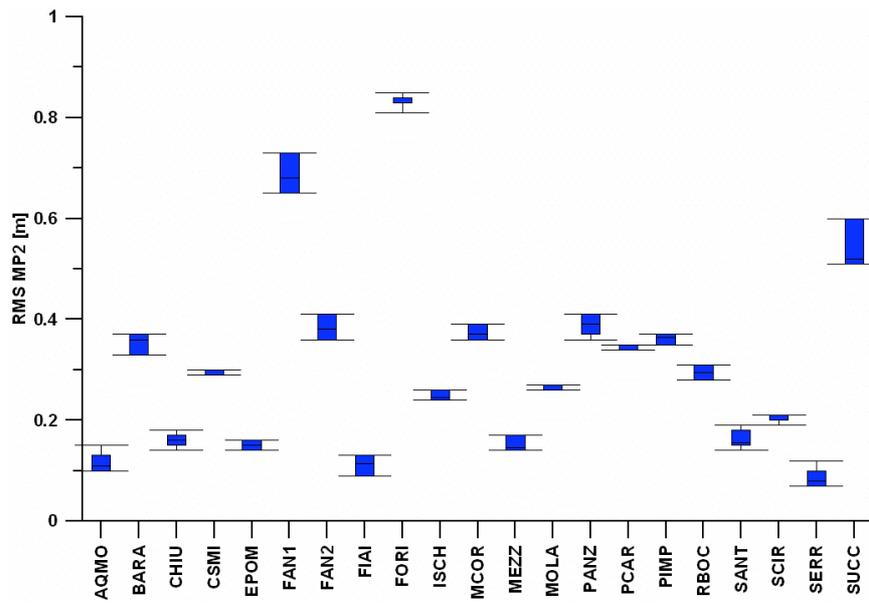


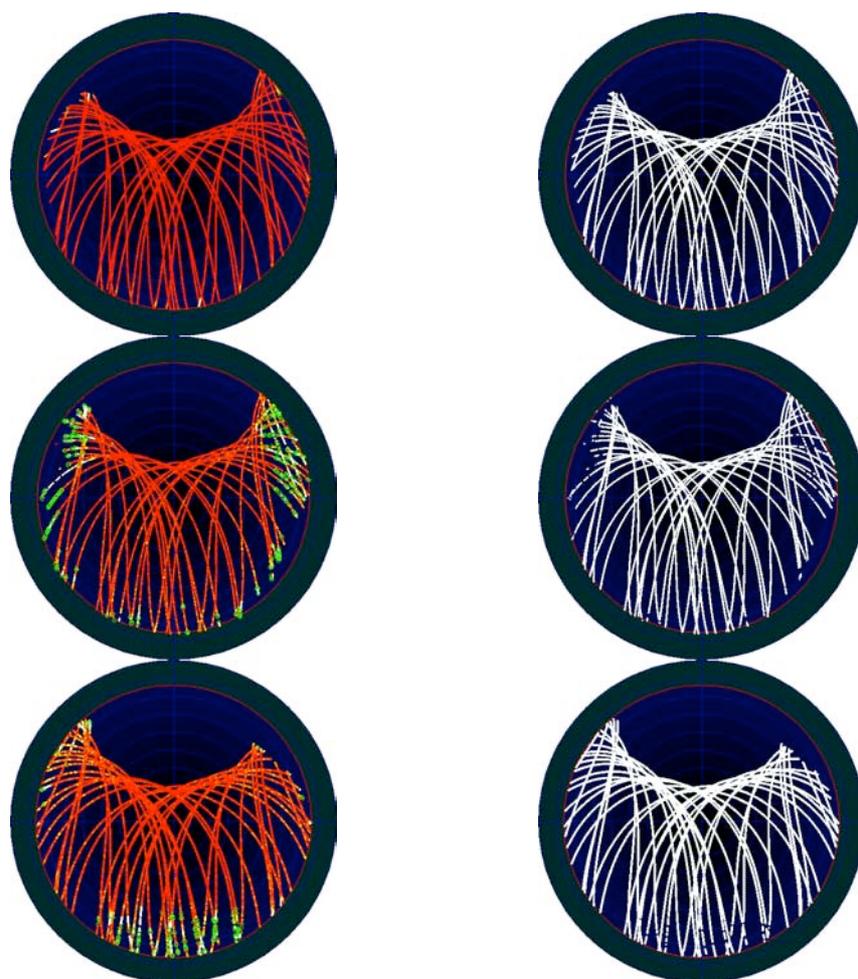
Figura 8. Per ogni vertice è mostrato RMS MP1 relativo all'intero periodo di acquisizione. All'interno di ogni box è confinato il 50% dei dati, la linea al suo interno rappresenta la mediana. Il baffo superiore rappresenta il limite  $L_{sup} = Q3 + 1.5 * IQR$ , mentre quello inferiore rappresenta  $L_{inf} = Q1 - 1.5 * IQR$ , dove IQR è il range interquartile; Q1 e Q3 sono il primo e terzo quartile.



**Figura 9.** Per ciascun sito è mostrato RMS MP2 relativo all'intero periodo di acquisizione. All'interno di ogni box è confinato il 50% dei dati, la linea al suo interno rappresenta la mediana. Il baffo superiore rappresenta il limite  $L_{sup} = Q3 + 1.5 * IQR$ , mentre quello inferiore rappresenta  $L_{inf} = Q1 - 1.5 * IQR$ , dove IQR è il range interquartile; Q1 e Q3 sono il primo e terzo quartile.

	<b>MP1</b>	<b>MP2</b>
<b>Minimo</b>	0.03	0.07
<b>Massimo</b>	0.55	0.85
<b>Range</b>	0.52	0.78
<b>Media</b>	0.19	0.29
<b>Mediana</b>	0.15	0.2
<b>Primo quartile</b>	0.11	0.15
<b>Terzo quartile</b>	0.26	0.36
<b>Deviazione standard</b>	0.11	0.21

**Tabella 7.** Valori di sintesi delle distribuzioni presentate nelle fig. 8 e 9.



**Figura 10.** Skyplot relativi al multipath ed al rapporto segnale/rumore sulla frequenza L2 dei siti di FIAI (sopra) e FAN1 (al centro) e SUCC (sotto).

#### 4. Conclusioni

Tra fine maggio ed inizio giugno, a distanza di 7 anni dalla precedente, è stata effettuata una campagna di misure GPS all'isola d'Ischia. Dal DoY 148 al DoY 162 sono stati misurati 21 vertici GPS per un totale di 129 acquisizioni giornaliere. L'uso prevalente di strumentazione di ultima generazione ed una accurata preparazione della campagna hanno permesso di acquisire dati di buona qualità. Infatti tutte le osservazioni hanno  $R > 0.89$  e, ad eccezione dei siti FAN1 e SUCC, valori del multipath coerenti con la strumentazione utilizzata. Per quanto detto, le misure effettuate rappresentano un set di dati di buona qualità per la successiva fase di elaborazione ed insieme alle misure di livellazione, gravimetriche raccolte nello stesso periodo, oltre ai dati delle reti permanenti e a quelli SAR, potranno costituire un database completo di misure geodetiche integrate per la sorveglianza vulcanica dell'isola d'Ischia.

#### Ringraziamenti

Si ringrazia Umberto Tammaro e Folco Pingue per i suggerimenti e la disponibilità dimostrata durante la stesura di questo rapporto tecnico, inoltre si ringrazia il referee Vincenzo Sepe per gli utili suggerimenti.

## Bibliografia

- Achilli V. (1998). "La rete GPS". In Rendiconto sull'attività di sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano, anno 1997. Ischia. Deformazioni del suolo. Pagg. 87-89.
- Berrino G., Borgstrom S. E. P., Capuano P., Cecere G., D'Alessandro A., De Martino P., Del Gaudio C., d'Errico V., La Rocca A., Malaspina S., Obrizzo F., Pingue F., Pinto S., Ricciardi G. P., Ricco C., Russo A., Sepe V., Serio C., Siniscalchi V., Tammaro U., Aquino I. (2002). "Rete GPS". In Rendiconto sull'attività di sorveglianza dell'INGV - Osservatorio Vesuviano (II semestre). Sorveglianza geodetica nell'area vulcanica napoletana. Ischia. Pagg. 53-55.
- Cassignol C., Gillot P.Y. (1982). Cassignol, C., Gillot, P-Y., 1982. Range and effectiveness of unspiked potassium-argon dating : experimental groundwork and applications. In : G.S. Odin (Editor), Numerical Dating in Stratigraphy. Willey, Chichester, pp. 159-179.
- Chiodini G., Avino R., Brombach T., Caliro S., Cardellini C., De Vita S., Frondini F., Granieri D., Marotta E., Ventura G. (2004). Fumarolic and diffuse soil degassing west of Mount Epomeo, Ischia, Italy. J. Volcanol. Geotherm. Res., 133: 291-309.
- Cubellis E., Luongo G., (1998). Il terremoto del 28 Luglio 1883 a Casamicciola nell'Isola d'Ischia. – Il contesto fisico, 49-123. In: AA.VV. Monografia n. 1, Presidenza del Consiglio dei Ministri, Servizio Sismico Nazionale. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, pp. 332, Roma.
- Del Gaudio C., Borgstrom S., De Martino P., Sepe V. (1999). "Rete GPS". In Rendiconto sull'attività di sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano, anno 1998. Ischia. Deformazioni del suolo. Pagg. 75-78.
- Del Gaudio C., Borgstrom S., De Martino P., Sepe V. (1999). "Rete GPS". In Rendiconto sull'attività di sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano. Primo semestre 1999. Ischia. Pagg. 61-62.
- Del Prete S., Mele R. (1999). L'influenza dei fenomeni di instabilità di versante nel quadro morfoevolutivo della costa dell'isola d'Ischia. Boll. Soc. Geol. Ital., 118: 339-360.
- Fusi N., Tibaldi A., Vezzoli L. (1990). Vulcanismo, risorgenza calderica e relazioni con la tettonica regionale nell'isola d'Ischia. Mem. Soc. Geol. Ital., 45/II: 971-980.
- Luongo G., Carlino S., Cubellis E., Delizia I., Iannuzzi R., Obrizzo F. (2006). Il terremoto di Casamicciola del 1883: una ricostruzione mancata. Napoli.
- Miliaresis G., Ventura G., Vilardo G., 2009. Terrain modeling of the complex volcanic terrain of Ischia Island (Italy). Canadian Journal of Remote Sensing. 35 (4) 385-398. doi: <http://hdl.handle.net/2122/5759>.
- Orsi G., Gallo G., Zanchi A. (1991). Simple-shearing block resurgence in caldera depression. A model from Pantelleria and Ischia. In S. P. Verma (Editor), Calderas: Genesis, structures and Unrest. J. Volcanol. Geotherm. Res., 47: 1-11.
- Pingue F., Berrino G., Borgstrom S. E. P., Brandi G., Capuano P., Cecere G., D'Alessandro A., De Martino P., Del Gaudio C., D'Errico V., La Rocca A., Malaspina S., Obrizzo F., Pinto S., Ricciardi G. P., Ricco C., Russo A., Sepe V., Serio C., Siniscalchi V., Tammaro U., Aquino I., Dolce M. (2005). "Geodesia". In Attività di sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano: Rendiconto anno 2003. A cura di G. Macedonio e U. Tammaro, pagg. 59-170.
- Rittman A. (1930). Geologie der Insel Ischia. Zeitschrift fuer Vulkanologie, VI, pp. 268, Berlino.
- Tibaldi A., Vezzoli L. (2004). A new type of volcano flank failure: the resurgent caldera sector collapse, Ischia, Italy. Geophys. Res. Lett., 31 L14605. doi:10.1029/2004GL02419.
- Vezzoli L. (1988). Island of Ischia. Quaderni de La ricerca Scientifica CNR, 114, vol. 10.



**Coordinamento editoriale e impaginazione**

Centro Editoriale Nazionale | INGV

**Progetto grafico e redazionale**

Laboratorio Grafica e Immagini | INGV Roma

© 2010 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

**<http://www.ingv.it>**



**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**