

La Faglia di Trecastagni (M. Etna):
approccio integrato e realizzazione
di una rete di livellazione per il
monitoraggio dei movimenti
verticali del suolo

Quaderni di Geofisica



89



Quaderni di Geofisica

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

La Faglia di Trecastagni (M. Etna): approccio integrato e realizzazione di una rete di livellazione per il monitoraggio dei movimenti verticali del suolo

The Trecastagni Fault (Mt. Etna): Integrated Approach and Installation of a Leveling Network for Vertical Ground Deformation Monitoring

Alessandro Bonforte¹, Giuseppe Brandi², Francesco Calvagna¹, Salvatore Consoli¹,
Salvatore Gambino¹, Francesco Guglielmino¹, Francesco Obrizzo²,
Giuseppe Puglisi¹, Benedetto Saraceno¹

¹INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania)

²INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano)

La Faglia di Trecastragni (M. Etna): approccio integrato e realizzazione di una rete di livellazione per il monitoraggio dei movimenti verticali del suolo

In questo lavoro vengono presentati i dati di monitoraggio multidisciplinare delle deformazioni del suolo sulla faglia di Trecastragni, lungo il versante meridionale dell'Etna. Questa struttura, ad andamento circa NNW-SSE e caratterizzata in alcuni punti da evidenti scarpate morfologiche, costituisce un importante elemento strutturale del vulcano essendo interpretata come il margine meridionale del settore in scivolamento dell'edificio vulcanico. Tale faglia è caratterizzata da una cinematica prevalentemente normale che si esplica principalmente tramite fenomeni di creep asismico ma talvolta dà luogo a sismicità molto superficiale. La struttura attraversa zone anche intensamente urbanizzate e il suo movimento, sia sismico che di creep, provoca danni alle strutture antropiche. Dal 2005 la faglia di Trecastragni è monitorata in modo continuo tramite l'installazione di sensori estensimetrici; questi sensori hanno evidenziato un continuo movimento di apertura della faglia, ad un tasso di circa 2-3 mm/anno. Dati di telerilevamento SAR, acquisiti nel periodo 1995-2000, hanno inoltre evidenziato una velocità media di abbassamento del lato orientale (tetto) della faglia di circa 5 mm/anno nella sua porzione più meridionale. Per tale motivo si è ritenuto opportuno l'installazione di una rete di livellazione su questo settore della faglia, in modo da avere un riscontro al suolo con una tecnica terrestre che garantisce le più accurate misure sulla componente verticale della deformazione. Tale rete è stata progettata come un anello per garantire la verifica degli errori di chiusura; in aggiunta all'anello principale, sono stati anche realizzate tre diramazioni per estendere l'area di indagine e avere un più ampio campionamento del campo di deformazione. Vengono riportati i risultati delle prime misure eseguite su questa nuova rete e, in allegato, le monografie dei capisaldi installati.

Data coming from the multidisciplinary ground deformation monitoring of the Trecastragni fault, along the southern flank of Mt. Etna, are reported in this paper. The roughly NNW-SSE trending Trecastragni fault produces outstanding morphological evidences with high scarps and represents an important structural element of the volcano, being interpreted as the southern boundary of the sliding sector of Mt. Etna. The fault kinematics is mainly normal and the slip occurs mainly by aseismic creep, sometimes producing very shallow seismicity. The fault runs across villages and densely urbanized areas and its seismic and creep motion causes often damages to man-made structures. From 2005, the Trecastragni fault is continuously monitored by means of extensimeters; these sensors highlighted a continuous opening trend of the fault, at a rate of about 2-3 mm/y. Remote sensing SAR data, acquired from 1995 to 2000, revealed a subsidence of the eastern side (hangingwall) of the fault at a mean rate of about 10 mm/y on the southernmost part. For this reason we decided to install a leveling network on this portion of the fault, in order to measure the ground truth through the terrestrial technique granting the most accurate measurements of the vertical component of ground deformation. The network has been designed as a loop, in order to verify closure errors; furthermore, three branches has been installed from the main loop, extending the investigated area in order to achieve a wider sampling of the ground deformation pattern. Results of the first survey carried out on this network are reported and, as an electronic supplement, site monographs are also provided.

Introduzione

La sorveglianza di un vulcano attivo si basa prevalentemente sull'analisi di parametri geofisici raccolti dalle reti di monitoraggio. Le misure delle deformazioni del suolo sono tra gli strumenti più utili per indagare la struttura dei sistemi tettonici e vulcanici. Esse sono importanti indicatori della dinamica di un vulcano, perché le loro variazioni possono essere correlate a cambiamenti di stato fisico del sistema.

L'instabilità di fianco interessa numerosi vulcani del mondo che hanno una morfologia prominente rispetto al loro basamento (Hawaii, Stromboli, Piton de la Fournaise e l'Etna); tale fenomeno è principalmente indotto dall'instabilità gravitativa derivante dall'anomalia morfologica che l'edificio vulcanico stesso rappresenta. I fenomeni di instabilità di fianco possono culminare in un cedimento catastrofico o procedere come lento scorrimento verso il basso e l'esterno [Merle e Borgia 1996]. I movimenti di fianco di un vulcano sono influenzati ed interagiscono a loro volta con la dinamica magmatica, specie se superficiale; questo aspetto è di notevole importanza sull'Etna, dove la dinamica di versante interessa i fianchi orientale e sud-orientale e dove vi è una complessa relazione tra il movimento del fianco orientale e il vulcanismo.

Recenti studi di deformazione del suolo eseguiti all'Etna hanno fornito dati importanti per la modellazione della dinamica di fianco che ha anche preceduto, accompagnato e seguito le principali intrusioni ed eruzioni laterali [Froger et al. 2001; Lundgren et al. 2004; Bonforte et al. 2004, 2007a, 2007b; Bonaccorso, et al. 2006; Houlie et al. 2006].

Scopo del presente lavoro è illustrare i dati di monitoraggio multidisciplinare delle deformazioni del suolo correlate all'attività della faglia di Trecastagni con tecniche al suolo (estensimetri) e satellitari (SAR) ed introdurre la nuova rete di livellazione per il monitoraggio di alta precisione dei movimenti verticali.

1. Inquadramento strutturale

L'Etna si è sviluppata nel punto di intersezione di due lineamenti tettonici regionali, la scarpata Ibleo-maltese orientata NNW-SSE e il sistema Messina Etna, orientato NNE-SSW.

Questi sistemi attraversano, il lato orientale del vulcano. Questo settore del vulcano è interessato da un continuo movimento verso ESE, probabilmente a causa dell'interazione tra gravità, tettonica regionale e intrusioni [Borgia et al. 1992; Bonforte e Puglisi 2006; Bonforte et al. 2008].

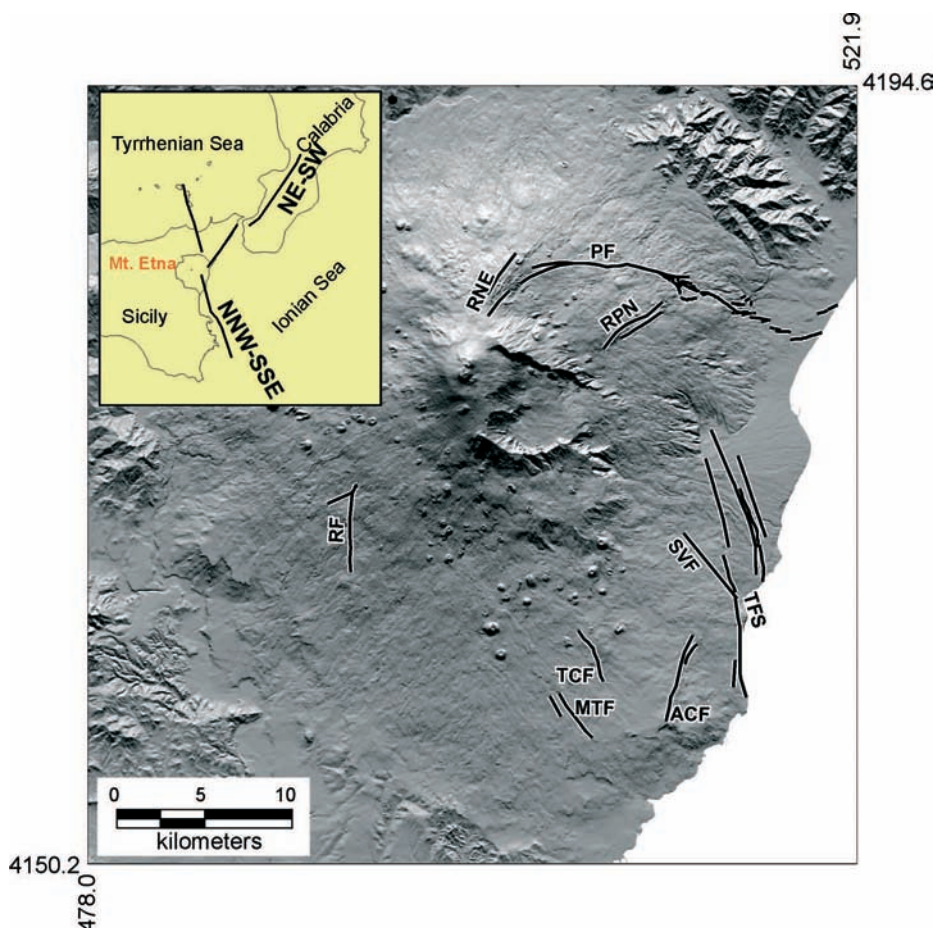


Figura 1 Schema strutturale dell'area Etna. RNE: Rift di NE; PF: faglia della Pernicana; RPN: Ripe della Naca; SVF: faglia di S. Venerina; TFS: Timpe di Acireale; ACF: faglia di Aci Catena; MTF: faglia di Mascalucia-Tremestieri; TCF: faglia di Trecastagni; RF: faglia di Ragalna.

Figure 1 Structural sketch of Etna area. RNE: NE Rift; PF: Pernicana fault; RPN: Ripe della Naca Faults; SVF: S. Venerina Fault; TFS: Timpe Fault System; ACF: Aci Catena Fault; MTF: Mascalucia-Tremestieri Fault; TCF: Trecastagni Fault; RF: Ragalna Fault.

strutture attraversano i settori meridionali e sud-orientale del vulcano, come quelle di Nicolosi, Mascalucia-Tremestieri, S. Venerina e la faglia di Trecastagni (vedi Figura 1), con o senza espressione morfologica, ma tutte riconosciute dalla sismicità o da fenomeni di creep [Azzaro 1999; Froger et al. 2001]. I margini del settore instabile probabilmente derivano dalla interazione tra la rigida copertura vulcanica e la morfologia del substrato argilloso plastico. Il confine settentrionale è rappresentato dalla faglia della Pernicana (PF in Figura 1) [Azzaro 1999; Rasà et al. 1996]. Questa faglia mostra, sulla sua parte più orientale, un alto tasso di scorrimento trascorrente sinistro, nell'ordine di 2-3 cm / anno [Azzaro et al. 2001]. Verso Est, non c'è evidenza di fagliazione superficiale e

probabilmente la deformazione è plasticamente trasferita verso valle a causa della più sottile copertura lavica e della presenza di una culminazione del substrato argilloso [Bonforte et al. 2007c]. Verso Ovest, la Pernicana si congiunge al rift di NE, che rappresenta una delle aree più attive del vulcano.

Al contrario, il confine meridionale non è ancora ben definito a causa della mancanza di una struttura di svincolo e unica. Qui, il movimento è ragionevolmente distribuito su una vasta area lungo sistemi di faglie diverse, come suggerito dai dati SAR a lungo termine [Froger et al. 2001; Bonforte et al. 2011]. Le faglie di Trecastagni (TCF in Figura 1) e Mascalucia-Tremestieri (MTF in Figura 1) mostrano movimenti di creep asismico con evidenti trascorrenze destre e sono state interpretate come il confine meridionale del settore instabile del vulcano. Un'altra interpretazione identifica la faglia di Ragalna (RF in Figura 1), situato ad ovest rispetto a quelle di Trecastagni e Mascalucia, come confine sud-ovest del settore instabile che, in questo caso, includerebbe il versante meridionale, coinvolto in un generale movimento verso sud [Borgia et al. 1992; Rust e Neri 1996; Bonforte et al. 2009; Bonforte et al. 2011].

Con il termine faglia di Trecastagni (TCF in Figura 1) si identifica una struttura tettonica che si sviluppa all'interno del territorio della Provincia di Catania tra gli abitati di Trecastagni e San Giovanni la Punta caratterizzata da una direzione circa NNW-SSE interessando buona parte della Strada Provinciale 8/III.

La faglia di Trecastagni, insieme alla faglia di Mascalucia - Tremestieri, costituisce un importante elemento strutturale del basso versante sud-orientale dell'Etna; entrambe sono caratterizzate da evidenti scarpate morfologiche talvolta oscurate dalla presenza di coni e lave recenti e rappresentano secondo molti autori [es. Borgia et al. 1992; Froger et al. 2001] il margine meridionale dello scivolamento del fianco orientale dell'Etna considerato instabile ed in lento ma continuo spostamento in direzione ESE.

La faglia di Trecastagni è caratterizzata da movimenti soprattutto di tipo normali e da una sismicità molto superficiale (1-2 km). Diversi autori hanno evidenziato l'attività della struttura riscontrando spostamenti cosismici della scarpata di faglia sia durante le sequenze sismiche del settembre 1980 che durante il terremoto del 21/11/1988 (entrambi con Magnitudo macrosismica stimata di 3.2 da Azzaro et al. [1989]) oltre che cavità sul terreno, fratture lungo i muretti della SP 8/III e sulle costruzioni [Azzaro 1999].

Recentemente Acocella et al., [2003] hanno evidenziato che la sismicità che ha caratterizzato il versante orientale durante il periodo eruttivo 2002-2003 ha causato, una fratturazione superficiale sul terreno con predominanti movimenti di apertura a componente destra di alcuni centimetri.

2. Sistemi di indagine esistenti

Le reti permanenti di monitoraggio geodetico dell'INGV-CT (GPS, Tilt) operanti sul M. Etna, pur avendo globalmente una elevata densità di punti, non permettono uno studio di dettaglio dell'area oggetto di questo lavoro. Anche i punti della rete GPS discreta non sono abbastanza prossimi alla faglia, da consentire uno studio di dettaglio. Pertanto le reti sopraindicate, non riescono a risolvere, alla scala richiesta, la cinematica della faglia di Trecastagni. Allo stato attuale i sistemi che riescono ad indagare in dettaglio la Faglia di Trecastagni sono gli estensimetri installati nel 2005 e le tecniche di telerilevamento SAR.

2.1 Estensimetria

A partire dal 2005 sulla faglia di Trecastagni è attivo un monitoraggio di tipo estensimetrico. Il sistema allo stato attuale comprende due stazioni in continuo ed un sistema discreto di rilevazione comprendente 9 coppie di dischetti metallici posizionati su elementi strutturali (muri di recinzione, ecc.) interferenti con la

struttura ricadenti nel settore centro settentrionale della faglia [Carnazzo et al. 2006].

Le due stazioni in continuo sono equipaggiate con estensimetri a filo (Mod. D241A200 della Ditta Sisgeo). Lo strumento è costituito da un cavo d'acciaio teso con tensione costante tra i due punti da controllare; gli spostamenti della frattura sono rilevati da un sensore di spostamento ed i dati sono campionati ogni ora.

La prima stazione realizzata nel 2005 (Et1) è ubicata su una strut-

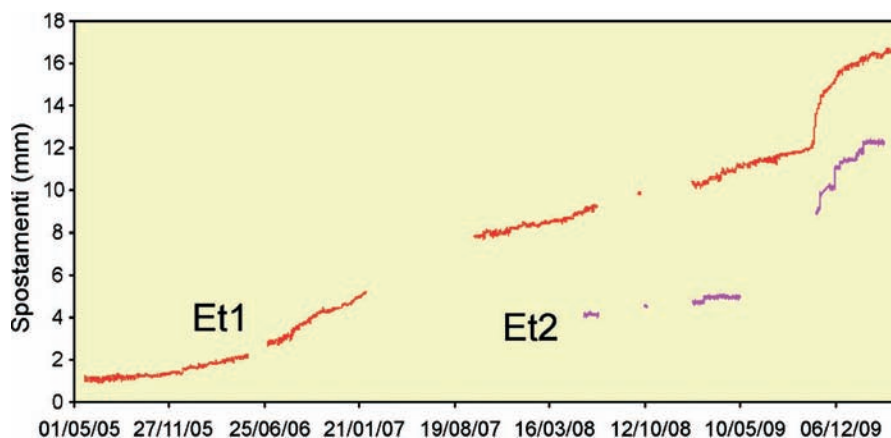


Figura 2 Variazioni misurate agli estensimetri Et1 ed Et2.

Figure 2 Variations measured at ET1 and ET2 extensimeters.

tura in cemento fratturata la seconda (Et2) è stata realizzata direttamente sul terreno eseguendo una trincea di circa 9 metri intersecante la faglia.

I dati registrati da maggio 2005 a settembre 2009 su Et1 evidenziano un movimento di apertura della faglia ad una velocità media di circa 2-3 mm/anno. A partire dal 14 ottobre 2009 si è avuta un chiaro aumento del tasso di spostamento che ha accumulato in due mesi circa 4 mm all'estensimetro Et1 e 7 mm a Et2 (Figura 2).

2.2 SAR

Importanti informazioni sull'assetto strutturale del versante meridionale dell'Etna vengono dalle tecniche di telerilevamento SAR. Froger et al. [2001] hanno evidenziato, attraverso studi di interferometria SAR, alcune strutture attive che segmentano questo versante del vulcano sino alle quote più basse. Una di queste strutture è praticamente coincidente con la già nota faglia di Trecastagni. Dagli interferogrammi ottenuti sono state stimate su questa faglia velocità di movimento pari a circa 4-6 mm/anno durante il periodo 1996-1998.

Una particolare tecnica di analisi del dato di telerilevamento SAR è quella dei Permanent Scatterers (PS) [Ferretti et al. 2000, 2001]. Essa si basa sull'individuazione di target al suolo caratterizzati da una buona e costante riflettività per tutto il periodo che si vuole analizzare; il passo successivo è il calcolo della velocità di movimento di ciascuno dei target individuati considerando tutte le immagini acquisite dal sensore nel periodo analizzato. Questa tecnica permette di ottenere dei dati di deformazione (velocità) mediati in periodi più o meno lunghi e considerando svariate immagini radar, ovviando ai problemi che solitamente affliggono gli interferogrammi, come decorrelazione geometrica e/o temporale, effetti topografici e disturbi atmosferici [Zebker and Villasenor, 1992; Bonforte et al., 2001].

L'analisi delle immagini ottenute dall'analisi dei PS dal 1995 al 2001 [Bonforte et al. 2011] hanno permesso di definire il campo di deformazione del suolo (in termini di velocità media) su tutto l'edificio vulcanico. È stato evidenziato come la distribuzione della deformazione del suolo non sia sempre spazialmente uniforme o graduale ma spesso presenta delle repentine variazioni lungo delle discontinuità lineari. Tali discontinuità rappresentano quindi delle linee o fasce di svincolo tra settori che si muovono con velocità diversa. Sul versante meridionale dell'Etna, la mappa delle velocità

verticali del suolo derivata dai PS (Figura 3) ha evidenziato una intensa dinamica legata ad alcune strutture presenti su questo versante del vulcano ed, in particolare, alla faglia di Trecastagni (TCF in Figura 1 e 3). La discontinuità del campo di deformazione del suolo, risultante dall'analisi dei PS nell'area interessata dalla faglia di Trecastagni mostra un'estensione maggiore della struttura effettivamente evidente dai rilievi in campagna in base [Rust et al., 2005], prolungandosi dalle basse quote (da circa 300 m sul livello del mare), sino al medio versante del vulcano (circa 1500 m sul livello del mare), collegandosi alla zona interessata da intensa fratturazione in occasione dell'eruzione del 1989 e da fenomeni di dislocazione rilevati dalle misure GPS nel caso dell'eruzione del 2001 [Bonforte, et al. 2004, 2008; Puglisi et al. 2008].

La cinematica di questa struttura, rilevata dai PS, è principalmente verticale. È stato misurato un ribassamento del lato orientale ad un tasso medio di circa 5 mm/anno tra il 1995 e il 2001, con una componente orizzontale E-W poco significa-

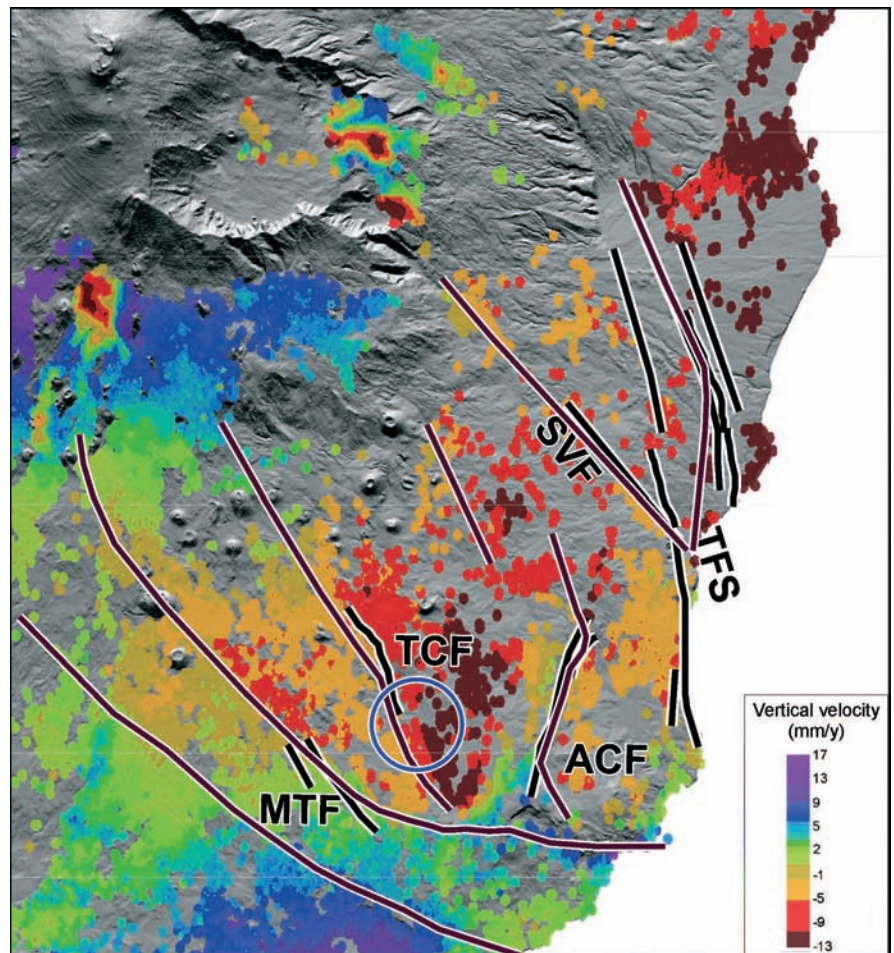


Figura 3 Mappa delle velocità verticali del suolo misurate tramite PS dal 1995 al 2001. Le linee nere e le sigle indicano le faglie come riportate in Figura 1; le linee marroni indicano le principali discontinuità del campo di deformazione rilevato dai Permanent Scatterers, da Bonforte et al. [2011]. Il cerchio blu indica l'area scelta per la realizzazione della rete di livellazione.

Figure 3 Vertical velocities map measured by PS from 1995 to 2001. Black lines and labels indicate the same faults of figure 1; brown lines indicate the main discontinuities in the ground deformation field as detected by PS, from Bonforte et al. [2011]. Blue circle indicate the area chosen for the leveling network.

tiva; purtroppo, dalle tecniche di telerilevamento SAR da satellite, non è possibile risolvere la componente di movimento orizzontale N-S.

3. Progettazione della rete di livellazione

Per avere un riscontro al suolo e una maggiore precisione nella zona di massimo rigetto verticale evidenziata dal SAR intorno alla faglia di Trecastagni, è stato pensato di realizzare una rete altimetrica locale da misurare col metodo della livellazione geometrica di precisione. Tale tecnica consolidata, già utilizzata sul M. Etna [Luongo et al., 1989; Obrizzo et al. 2001, 2004; Bonforte et al. 2007b] ed in altre aree vulcaniche attive, è tuttora quella che garantisce, la massima precisione per il rilevamento delle quote ortometriche dei capisaldi geodetici opportunamente realizzati, rispetto ad una quota di riferimento.

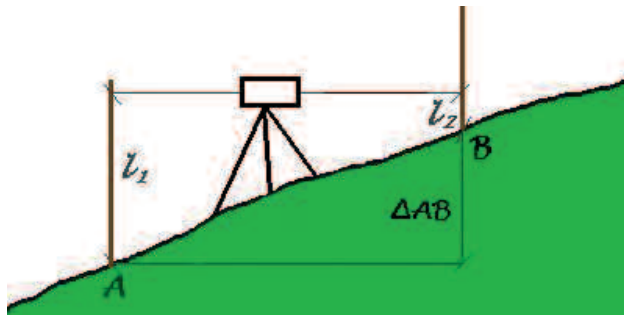


Figura 4 Schema del principio della livellazione geometrica.
Figure 4 Sketch showing the Geometric leveling principle.

La livellazione geometrica (Figura 4) è una tecnica geodetica terrestre, basata sull'uso di uno strumento ottico o elettronico (auto-livello) dotato di cannocchiale, attraverso il quale vengono traggurate delle aste graduate (Stadie) poste sui capisaldi, opportunamente predisposti. La metodologia ope-

rativa utilizzata è la livellazione frazionata dal centro secondo le norme dettate per le livellazioni geometriche di alta precisione dalla Commissione Geodetica Italiana [1975].

La livellazione geometrica dal mezzo è in pratica eseguita ponendo il livello in posizione mediana alle due stadiie tenute in posizione verticale sui due capisaldi. Una volta messo in bolla il livello, in modo che la sua rotazione avvenga intorno ad un asse perfettamente verticale, il lettore non fa altro che calcolare il dislivello tra i due punti di appoggio delle stadiie, sottraendo la misura letta sulla stadia posta "in avanti" (rispetto al verso del percorso della livellazione) da quella letta sulla stadia posta "all'indietro", per passi successivi, spostandosi da un caposaldo all'altro (Figura 5).

La tecnica della livellazione geometrica dal mezzo ha molti vantaggi:

- è il metodo più semplice e sicuro per la riduzione dell'errore residuo di rettifica;
- elimina l'errore dovuto alla curvatura della superficie di riferimento (che in realtà non è mai un piano);
- facilita la collimazione, non essendo necessario la modifica del fuoco tra lettura in avanti ed indietro, restando invariata la distanza livello-stadia;
- riduce di molto il piccolo effetto della rifrazione atmosferica, la quale tende ad incurvare leggermente il percorso dei raggi ottici verso il basso;
- non è necessario misurare l'altezza strumentale.

La strumentazione a disposizione per eseguire le misure è costituita da un livello Wild NA2 corredato da micrometro e da stadiie centimetrare con nastro in Invar e da un livello elettronico Leica DNA03 corredato da stadiie Invar con codice a barra.

Per una migliore stima degli errori di misura, la rete è stata progettata in modo da costituire una circuito chiuso (loop), in modo da verificare gli errori di chiusura, a cui sono agganciati due rami. Il loop giace a cavallo della faglia in modo da avere almeno 2-3 capisaldi sul lato occidentale della struttura, assunto come lato stabile, e svilupparsi maggiormente sul lato orientale in abbassamento.

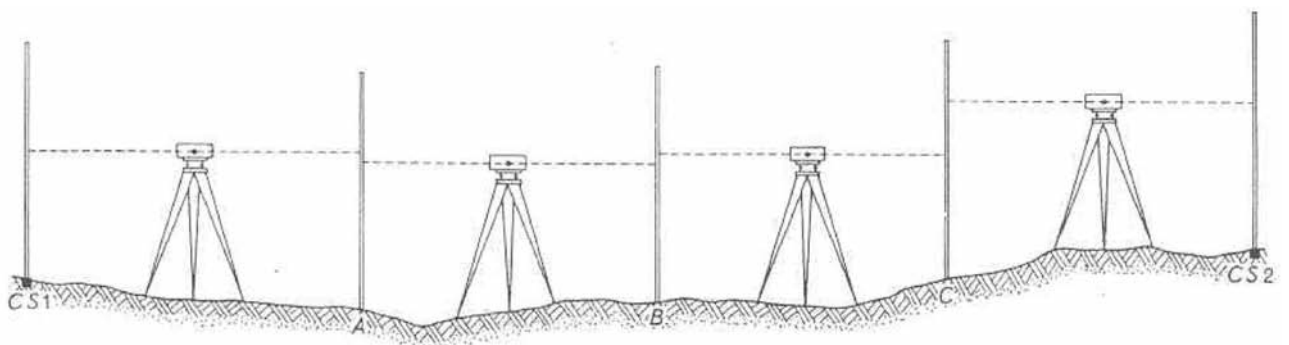


Figura 5 Sequenza di battute di livellazione da un caposaldo (Cs1) ad un altro (Cs2).
Figure 5 Leveling sequence from a benchmark (Cs1) to another (Cs2).

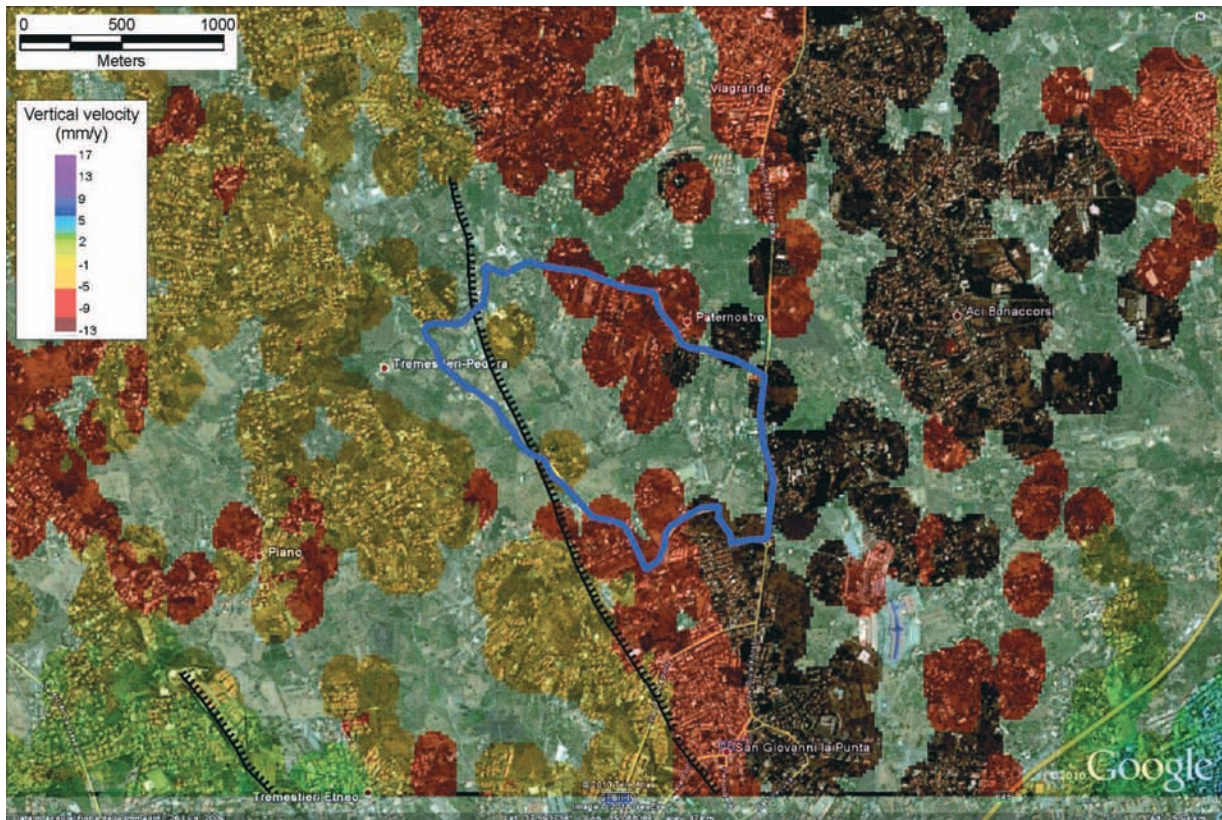


Figura 6 Tracciato di massima (in blu), scelto per la realizzazione della rete di livellazione. I punti indicano i pixel dei Permanent Scatterers, colorati in funzione della velocità di deformazione verticale; sono riportate con tratto nero anche le tracce delle faglie che interessano l'area.

Figure 6 Initial track (blue), chosen for installing the leveling route. Colored dots indicate the pixels of the PS velocity maps, color-coded following the scale reported on the left; faults affecting the area are also reported by black lines.

L'area scelta è stata quella immediatamente a Sud dell'abitato di Trecastagni, dove la faglia ha una evidente espressione morfologica e, per di più, è monitorata dagli estensimetri consentendo di avere un riscontro sui movimenti misurati. Inoltre, il lato orientale della struttura, in quest'area, è quello soggetto ai massimi valori di velocità misurati dal SAR.

Sono state eseguite delle ricognizioni preliminari per valutare la fattibilità della rete in progetto e per scegliere ed ottimizzare il percorso intorno alla faglia. Il miglior percorso individuato (Figura 6) ha una lunghezza di circa 8 km e si snoda tra le due strade che collegano l'abitato di S. G. la Punta agli abitati di Trecastagni e Viagrande, intersecando la faglia in due punti e estendendosi prevalentemente verso la zona a maggior subsidenza ad E. Tale tracciato si estende dalle zone a minor subsidenza rilevate dal SAR a quelle verso E in cui la velocità di abbassamento mostra i valori più elevati.

4. Realizzazione della rete di livellazione

Il percorso di livellazione per il monitoraggio dei movimenti verticali legati alla faglia di Trecastagni è stato realizzato

nel mese di novembre 2009, congiuntamente dalle sezioni di Catania e di Napoli dell'INGV nell'ambito del progetto di Ricerca DPC-INGV V4-FLANK.

A causa dell'alta antropizzazione dell'area sottoposta ad indagine non è stato possibile installare i capisaldi direttamente su affioramenti rocciosi. Pertanto, tutti i punti della rete di monitoraggio sono stati realizzati con capisaldi geodetici installati saldamente a strutture ben ancorate al suolo (p.e. calcestruzzo armato).

I capisaldi di livellazione utilizzati vanno considerati "a carattere permanente" [Commissione Geodetica Italiana, 1974], essendo simili a quelli adoperati dall'Istituto Geografico Militare, materializzati su opere murarie che diano garanzia di stabilità o su roccia affiorante e non comportano alcun tipo di errore nel posizionamento della stadia. Il bullone in acciaio ha un codolo ad alette, per la materializzazione nel manufatto e nella roccia, e la parte sporgente è di forma torica oppure a calotta sferica (Figg. 7, 8) su cui si appoggia la stadia.

Il loop principale si estende già a cavallo della faglia, di Trecastagni per una lunghezza di poco più di 6 km, da M. Trigona, tra i comuni di Pedara e Tremestieri, alla SP8 che



Figura 7 Esempio di installazione di un caposaldo di tipo a forma torica (orizzontale), materializzato su un manufatto in calcestruzzo armato.
Figure 7 Monumentation of a toric benchmark (horizontal), installed on a reinforced concrete manufact.



Figura 8 Esempio di installazione di un caposaldo di tipo a calotta sferica (verticale), materializzato su un manufatto in calcestruzzo armato.
Figure 8 Monumentation of a spherical cap benchmark (vertical), installed on a reinforced concrete manufact.

collega gli abitati di S. G. La Punta e Viagrande. Esso è stato materializzato lungo il percorso previsto in fase di progettazione, installando 14 capisaldi ad una distanza media di 400-500 m (Figura 9). Tale intervallo di campionamento è funzione, oltre che delle condizioni dei siti attraversati, anche della pendenza del percorso e delle necessità di monitoraggio; ad esempio, è stato scelto di materializzare due capisaldi a distanza di circa 50 m ove il loop interseca la faglia a Nord, per avere un maggiore dettaglio sulla distribuzione areale della dislocazione in quella zona.

In aggiunta al circuito chiuso, si è scelto di realizzare tre diramazioni per estendere l'area di indagine sia a monte che a valle della struttura. In particolare, la prima diramazione, lunga poco più di 1 km, è stata realizzata installando due capisaldi lungo un percorso in direzione W (T1 e T2); ad inizio 2010, è stato installato un nuovo caposaldo (T0) per estendere ulteriormente verso W questa diramazione (T0-T3, Figura 9), in modo da allontanarsi ancor di più dalla faglia verso zone a minor movimento verticale rilevate dal SAR; una seconda diramazione è stata materializzata installando un caposaldo in direzione SE, per addentrarsi di ulteriori 500 m nella zona che il dato SAR evidenzia come di massima subsidenza (T9-T17, Figura 9); analogamente, una terza diramazione è stata realizzata installando due ulteriori capisaldi in direzione E, tracciando un percorso di circa 1 km lungo la strada che porta verso l'abitato di Aci Bonaccorsi (T10-T19, Figura 9). La

configurazione finale è illustrata in Figura 10.

Tutta la rete, complessivamente lunga circa 8 km, viene misurata con il metodo della livellazione geometrica di precisione che garantisce precisioni millimetriche nel rilevamento della posizione verticale dei 20 capisaldi installati. Tutto il percorso, così com'è stato materializzato, attraversa i comuni di Trecastagni, Pedara, Tremestieri, S. G. la Punta, Viagrande e Aci Bonaccorsi.

La prima misura dell'intera rete (novembre 2009) è stata iniziata subito dopo la sua installazione e completata nell'arco di tre giorni da una squadra composta da 4 a 6 unità (Figura 11). La ripetizione nel tempo delle misure di livellazione, fornirà utilissime indicazioni sui movimenti verticali del suolo dell'area investigata e sulla cinematica della faglia di Trecastagni, fornendo un ulteriore dato da confrontare ed integrare con i tassi di movimento degli estensimetri e del SAR.

La presenza nella rete di un poligono consente di controllare la coerenza interna dei dati verificando che il valore di chiusura del circuito sia inferiore alla tolleranza $E = \pm 2L^{1/2}$ richiesta per questo tipo di misura, dove L è la lunghezza in km del circuito [Commissione Geodetica Italiana, 1975]. Nel nostro caso la chiusura del circuito risulta essere di 0.85 mm, largamente inferiore della tolleranza ammessa per un poligono di lunghezza 6 km. Inoltre per le linee aperte l'errore chilometrico medio è inferiore ad $1 \text{ mm/km}^{1/2}$, che attesta la buona qualità delle misure effettuate. [Bomford, 1971;

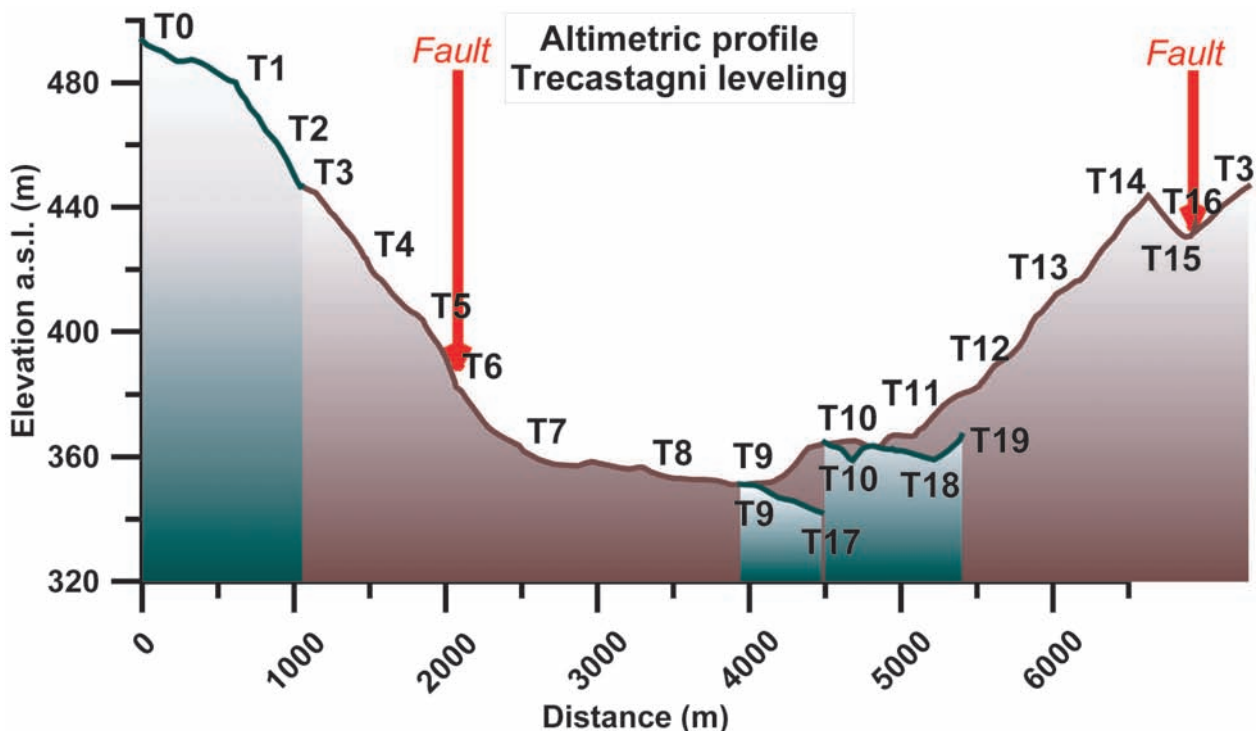


Figura 9 Profilo altimetrico complessivo dell'intero percorso di livellazione. In marrone l'anello principale, in verde le tre diramazioni. Le frecce rosse indicano la posizione in cui il percorso interseca la faglia di Trecastagni.

Figure 9 Altimetric profile of the entire leveling route. In brown the main loop, in green the three branches. Red arrows indicate where the route crosses the Trecastagni fault.



Figura 10 Visione d'insieme del percorso, con l'anello chiuso e le tre diramazioni.
Figure 10 General view of the route, with the main loop and the three branches.



Figura 11 Esecuzione delle misure tramite livellazione geometrica dal mezzo.
Figure 11 Example of measurement carried out by geometric leveling with equal distances.

Inghilleri, 1974; Commissione Geodetica Italiana, 1975]. Successivamente i dati sono sottoposti a compensazione rigorosa dei dislivelli, ottenendo in tal modo per ogni caposaldo la quota più probabile, secondo la metodologia dei minimi quadrati, e l'associata deviazione standard (1σ). In tale elaborazione il caposaldo di riferimento è stato considerato il cs T1 (Tab. 1) imponendo la quota (480 m s.l.m.) letta dalla Carta Tecnica Regionale 1:10000. Le coordinate di ciascun punto della rete, insieme alle monografie per il loro facile reperimento sul campo, sono allegate in formato elettronico al presente lavoro.

Name	Y (m UTM)	X (m UTM)	H (m a.s.l.)	Error (mm)	
T0	4161496.000	505944.000			W branch
T1	4161469.624	506424.711	480.0000	0.00	
T2	4161312.630	506648.459	460.6936	0.18	
T3	4161186.979	506755.960	446.6679	0.22	Main Loop
T4	4160872.838	506998.981	423.5343	0.31	
T5	4160610.480	507244.919	403.7614	0.36	
T6	4160495.975	507400.984	384.2640	0.38	
T7	4160187.424	507669.059	363.6695	0.41	
T8	4160265.535	508141.310	356.6748	0.46	
T9	4160066.303	508605.011	351.1535	0.47	
T10	4160593.225	508542.667	364.6548	0.47	
T11	4161035.012	508403.912	366.7660	0.46	
T12	4161273.154	508010.851	383.5456	0.43	
T13	4161500.113	507500.129	415.5686	0.39	
T14	4161573.704	507076.363	443.6847	0.34	
T15	4161337.030	507086.863	430.4374	0.31	
T16	4161314.804	507042.745	434.2370	0.29	
T17	4159811.513	508965.791	342.0461	0.52	
T18	4160543.573	508803.150	362.6154	0.52	E branch
T19	4160651.297	509242.967	366.7264	0.57	

Tabella 1 Coordinate (WGS84 – UTM zona 33N) e quote compensate, con relativa deviazione standard, dei capisaldi della rete di livellazione. I valori di quota sono relativi al punto T1, assunto come riferimento, derivanti dalla prima campagna di livellazione eseguita a novembre 2009. Il caposaldo T0 è stato installato successivamente e quindi non è stato misurato durante la prima campagna. **Table 1** Adjusted coordinates (WGS84 – UTM zone 33N) and elevations, with standard deviations, of leveling benchmarks. Elevations are referred to point T1, as measured during the first survey in November 2009. Benchmark T0 was installed later and then was not measured during the first survey.

Conclusioni

La realizzazione del percorso di livellazione descritto si integra pienamente con i sistemi di monitoraggio e studio della faglia di Trecastagni esistenti, permettendo di aggiungere un'informazione di precisione sui movimenti verticali della struttura. L'area di indagine è stata scelta in funzione dei tassi di movimento definiti dalla tecnica SAR e racchiude un segmento di faglia monitorato da due estensimetri. La ripetizione delle misure di livellazione nel tempo permetteranno di definire con un'accuratezza elevata, tipica della tecnica stessa, i movimenti verticali del suolo permettendo di integrare e validare le misure derivanti dalle tecni-

che di telerilevamento SAR. Il monitoraggio continuo fornito dagli estensimetri permetterà di discriminare eventuali temporanee variazioni della velocità di movimento della faglia, fornendo indicazioni fondamentali per la corretta interpretazione delle misure (sia di livellazione che SAR) discontinue nel tempo. In prospettiva di una migliore integrazione di tutte le metodologie disponibili si pianificherà anche la possibilità di installare punti GPS per avere informazioni più complete sulle componenti planimetriche del campo di spostamento.

Le monografie fornite come allegato al presente lavoro vengono messe a disposizione della comunità scientifica in modo da rendere fruibile a tutti il dispositivo di monitoraggio e studio realizzato.

Ringraziamenti

Il lavoro è stato condotto nell'ambito del progetto DPC-INGV V4 "FLANK". (Coordinatori: Valerio Acocella, Giuseppe Puglisi).

Si ringraziano i Direttori della Sezione INGV di Catania, Domenico Patanè, e della Sezione INGV di Napoli, Marcello Martini, per aver sostenuto ed incoraggiato questa attività di ricerca. Si ringrazia anche Massimiliano Cascone per l'aiuto nella stesura delle monografie dei siti. Si ringrazia, infine, il referee anonimo per i suggerimenti utili al miglioramento del manoscritto iniziale.

Bibliografia

- Acocella, V., Behncke B., Neri M., D'Amico S. (2003). *Link between major flank slip and 2002-03 eruption at Mt. Etna*. Geophys. Res. Lett., 30 (24), 2286, doi:10.1029/2003GL018462.
- Azzaro, R. (1999). *Earthquake surface faulting at Mount Etna volcano (Sicily) and implications for active tectonics*. J. Geodyn., 28, 193-213.
- Azzaro, R., Lo Giudice E., Rasà R. (1989). *Catalogo degli eventi macrosmici e delle fenomenologie di creep nell'area etnea dall'agosto 1980 al dicembre 1989*. Bollettino 1989 GNV pp. 13-46.
- Azzaro, R., Mattia, M., Puglisi, G., (2001). *Fault creep and kinematics of the eastern segment of the Pernicana Fault (Mt. Etna, Italy) derived from geodetic observation and their tectonic significance*. Tectonophysics, 333, 401-415.
- Bomford, G. (1971). *Geodesy*. Oxford University Press, London, 1-731.
- Bonaccorso, A., Bonforte A., Guglielmino F., Palano M., Puglisi G (2006). *Composite ground deformation pattern forerunning the 2004–2005 Mount Etna eruption*, J.

- Geophys. Res., 111, B12207. doi:10.1029/2005JB004206.
- Bonforte, A., A. Ferretti, C. Prati, G. Puglisi and F. Rocca (2001). *Calibration of atmospheric effects on SAR interferograms by GPS and local atmosphere models: first results*, J. Atmos. Sol.-Terr. Phys., 63, 1343-1357.
- Bonforte, A., Puglisi G. (2006). *Dynamics of the eastern flank of Mt. Etna volcano (Italy) investigated by a dense GPS network*. J. Volcanol. Geotherm. Res. 153:357-369. doi:10.1016/j.jvolgeores.2005.12.005.
- Bonforte, A., Guglielmino F., Palano M., Puglisi G. (2004). *A syn-eruptive ground deformation episode measured by GPS, during the 2001 eruption on the upper southern flank of Mt Etna*, Bull. Volcanol., 66, 336-341, doi: 10.1007/s00445-003-0314-x.
- Bonforte, A., Carbone D., Greco F., Palano M. (2007a). *Intrusive mechanism of the 2002 NE-rift eruption at Mt. Etna (Italy) modelled using GPS and gravity data*. Geophys. J. Int., 169, 339-347. doi:10.1111/j.1365-246X.2006.03249.x.
- Bonforte, A., S. Gambino, F. Guglielmino, F. Obrizzo, M. Palano, G. Puglisi. (2007b). *Ground deformation modelling of the flank dynamics prior to the 2002 eruption of Mt. Etna*. Bull. Volcanol., 69, 757-768. doi:10.1007/s00445-006-0106-1.
- Bonforte, A., Branca S., Palano M. (2007c). *Geometric and kinematic variations along the active Pernicana fault: Implication for the dynamics of Mount Etna NE flank (Italy)*, J. Volcanol. Geotherm. Res., 160, 210-222, doi: 10.1016/j.jvolgeores.2006.08.009.
- Bonforte, A., A. Bonaccorso, F. Guglielmino, M. Palano and G. Puglisi (2008). *Feeding system and magma storage beneath Mt. Etna as revealed by recent inflation/deflation cycles*, J. Geophys. Res., 113, B05406, doi: 10.1029/2007jb005334.
- Bonforte, A., Gambino S., Neri M. (2009). *Intrusion of eccentric dikes: The case of the 2001 eruption and its role in the dynamics of Mt. Etna volcano*, Tectonophysics, 471, 78-86, doi:10.1016/j.tecto.2008.09.028.
- Bonforte, A., Guglielmino, F., Coltelli, M., Ferretti, A., Puglisi, G., (2011). *Structural assessment of Mt. Etna volcano from Permanent Scatterers analysis*. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 12, doi:10.1029/2010GC003213.
- Borgia, A., L. Ferrari, G. Pasquarè (1992). *Importance of gravitational spreading in the tectonic and volcanic evolution of Mount Etna*, Nature, 357, 231-235.
- Carnazzo, A., Ferro A., Falzone G., Gambino S., Laudani G. (2006). *La rete estensimetrica della Faglia di Trecastagni*. Rapporti Tecnici INGV, 56. <http://portale.ingv.it/produzione-scientifica/rapporti-tecnici-ingv/archivio/rapporti-tecnici-ingv-2006>.
- Commissione Geodetica Italiana (1975). *Guida alla progettazione e alla esecuzione delle livellazioni geometriche*. Boll. Geod. e Sc. Aff., XXXIV,1.
- Curlander, J.C., R. N. McDonough (1991). *Synthetic Aperture Radar: Systems and Signal Processing*. Wiley series in Remote Sensing.
- Ferretti, A., C. Prati, F. Rocca (2000). *Nonlinear subsidence rate estimation using permanent scatterers in differential SAR interferometry*. IEEE Trans. Geosci. and Remote Sensing, 38, 2202-2212.
- Ferretti, A., C. Prati, F. Rocca (2001). *Permanent scatterers in SAR interferometry*, IEEE Trans. Geosci. and Remote Sensing, 39, 8-20.
- Froger, J. L., O. Merle and P. Briole (2001). *Active spreading and regional extension at Mount Etna imaged by SAR interferometry*, Earth and Planetary Science Letters, 187, 245-258.
- Houlié, N., P. Briole, A. Bonforte, G. Puglisi (2006). *Large scale ground deformation of Etna observed by GPS between 1994 and 2001*. Geophys. Res. Lett., 33:L02309. doi:10.1029/2005GL024414.
- Inghilleri, G. (1974), *Topografia Generale*, UTET, Torino, 1- 1007.
- Lundgren, P., F. Casu, M. Manzo, A. Pepe, P. Berardino, E. Sansosti, R. Lanari (2004). *Gravity and magma induced spreading of Mount Etna volcano revealed by radar interferometry*. Geophys. Res. Lett., 31:L04602. doi:10.1029/2003GL018736.
- Luongo, G., Del Gaudio C., Obrizzo F., Ricco C. (1989). *Movimenti verticali del suolo all'Etna mediante livellazioni di precisione*. Bollettino GNV-CNR 1989, 345-361.
- Merle, O., A. Borgia (1996). *Scaled experiments of volcanic spreading*, J. Geophys. Res., 101, 13805-13817.
- Obrizzo, F., F. Pingue, C. Troise and G. De Natale (2001). *Coseismic displacements and creeping along Pernicana Fault (Mt. Etna) in the last seventeen years: a detailed study of a structure on a volcano*. J. Volc. Geoth. Res, 109, 109-131.
- Obrizzo, F., F. Pingue, C. Troise and G. De Natale (2004). *Bayesian inversion of 1994 -1998 vertical displacements at Mt. Etna: evidence for magma intrusion*. Geophysical Jour. Int., 157, 935-946.
- Puglisi G., Bonforte A., Ferretti A., Guglielmino F., Palano M. and Prati C. (2008). *Dynamics of Mount Etna before, during, and after the July–August 2001 eruption inferred from GPS and differential synthetic aperture radar interferometry data*. J. Geophys. Res., 113:B06405. doi:10.1029/2006JB004811.
- Rasà, R., Azzaro R. and Leopardi O. (1996). *Aseismic creep on faults and flank instability at Mt. Etna volcano*. In: Volcano instability on the Earth and other planets, edited by W.J. McGuire, A.P. Jones, J. Neuberg. Geol. Soc. Spec. Publ. 110, 179-192.
- Rust, D.J., M. Neri (1996). *The boundaries of large-scale collapse*

se on the flanks of Mount Etna, Sicily. In: McGuire W J, Jones A P , Neuberg J (Eds.) *Volcano Instability on the Earth and Other Planets*, Geological Society Special Publication, Geological Society of London, London, pp 193–208.

Rust D., Behncke B., Neri M., Ciocanel A. (2005). *Nested zones of instability in the Mount etna volcanic edifice, Italy.* *J. Volc. Geoth. Res*, 144, 137-153.

Zebker, H. A., J. Villasenor (1992). *Decorrelation in Interferometric Radar Echoes*, *IEEE Transactions on Geosci. and Remote Sensing*, 30, 950-959.



schede monografiche



Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia
Sezione di Catania
Sezione di Napoli -
Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECASTAGNI

Comune: Pedara(CT)
Località: Via M.Giusti
Caposaldo: T0
Tipo: Calotta Sferica
(verticale)
Proprietà: INGV Sez. CT-
INGV Oss. Ves.
Latitudine: 37.5987
Longitudine: 15.0665
Quota(m s.l.m.): 493.5547
Mar. 2010
Data Materializzazione: Mar. 2010



Descrizione Monografia

Imboccare la via M. Giusti da via Ugo La Malfa, superare l'incrocio con via Etna e svoltare subito a destra in un parcheggio dove si trova il caposaldo posizionato sopra un muro accanto ad una cabina Enel.

Distanza dal caposaldo T1: mt 615





Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia
Sezione di Catania
Sezione di Napoli -
Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECASTAGNI

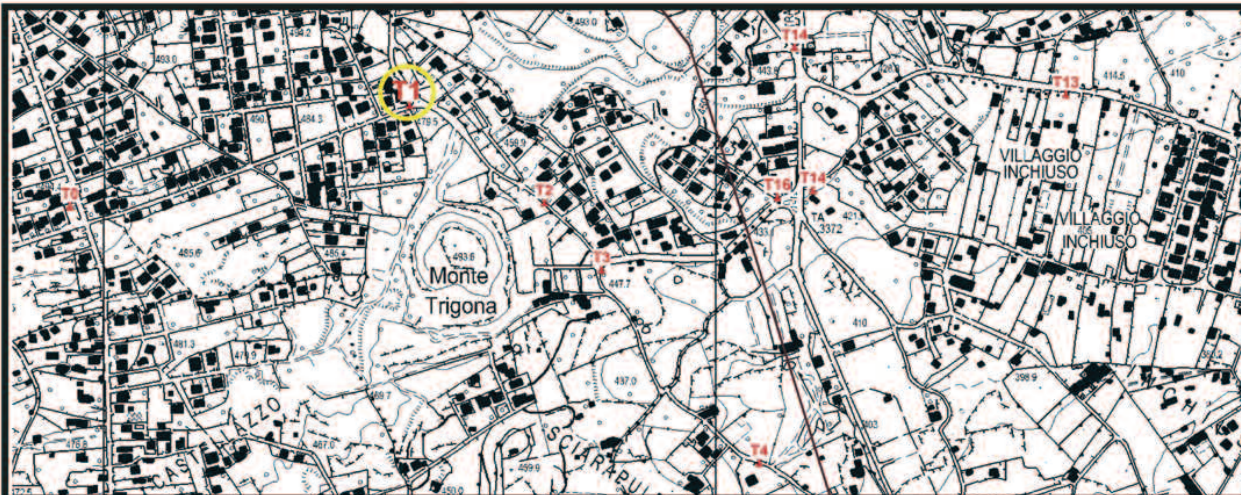
Comune: Pedara-Trecastagni(CT)
Località: Via M. Giusti
Caposaldo: T1
Tipo: Torico
(orizzontale)
Proprietà: INGV Sez. CT-
INGV Oss. Ves.
Latitudine: 37.60028
Longitudine: 15.07278
Quota (m s.l.m.): 480
Nov. 2009
Data Materializzazione: Nov. 2009

Descrizione Monografia

Da via Ugo La Malfa svoltare a sinistra
in via M. Giusti. Il caposaldo si trova a
pochi metri sulla destra al civico 57

Distanza dal caposaldo T2: mt 272
Distanza dal caposaldo T0: mt 615

Nota: la quota è imposta come letta
dalla Carta Tecnica Regionale a scala
1:10000





Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia
Sezione di Catania
Sezione di Napoli -
Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECAGNI

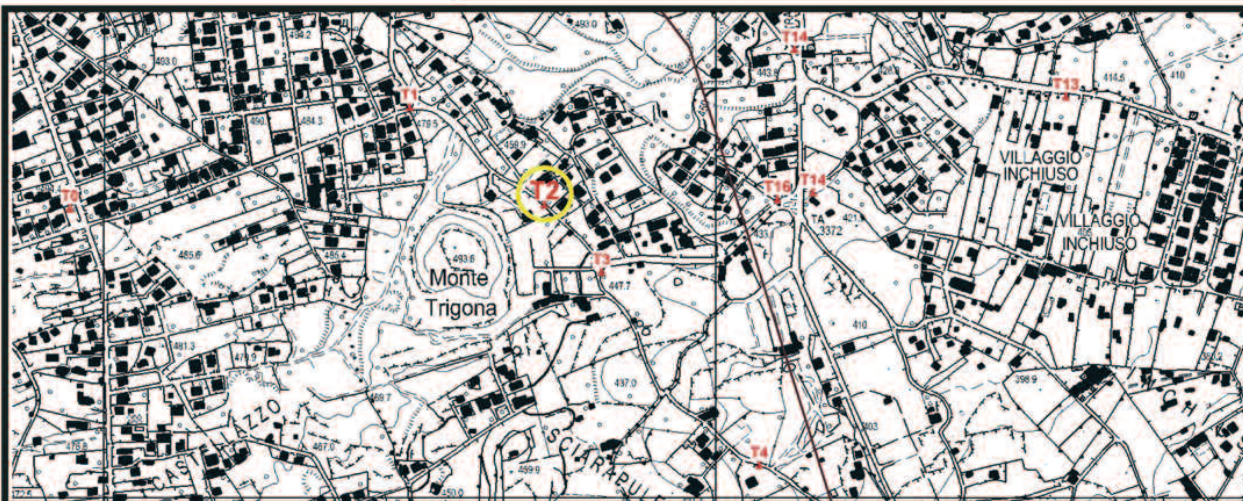
Comune: Trecastagni(CT)
Località: Via Ugo La Malfa
Caposaldo: T2
Tipo: Torico
(orizzontale)
Proprietà: INGV Sez. CT-
INGV Oss. Ves.
Latitudine: 37.59887
Longitudine: 15.07532
Quota (m s.l.m.): 460.6936
Nov. 2009
Data Materializzazione: Nov. 2009



Descrizione Monografia

Da via Trigona svoltare a destra in via Ugo La Malfa e proseguire per circa 165 mt, il caposaldo si trova sulla destra al civico 39.

Distanza dal caposaldo T3: mt 166
Distanza dal caposaldo T1: mt 272





Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia
Sezione di Catania
Sezione di Napoli -
Osservatorio Vesuviano

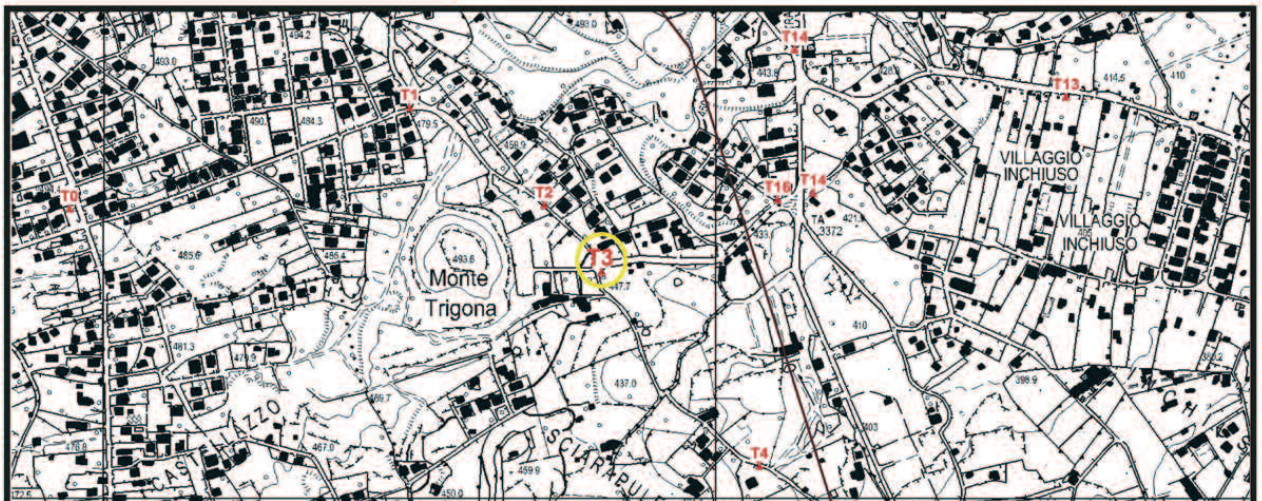
MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECASTAGNI

Comune: Pedara-Trecastagni(CT)
Località: Via Ugo La Malfa
Caposaldo: **T3**
Tipo: Torico
(orizzontale)
Proprietà: INGV Sez. CT-
INGV Oss. Ves.
Latitudine: 37.59773
Longitudine: 15.07653
Quota (m s.l.m.): 446.6679
Nov. 2009
Data Materializzazione: Nov. 2009

Descrizione Monografia

All'inizio di Via Ugo La Malfa in
prossimità del bivio con via Trigonìa
di fronte al civico 58

Distanza dal caposaldo T2: mt 166
Distanza dal caposaldo T4: mt 423





Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia
Sezione di Catania
Sezione di Napoli -
Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECASTAGNI

Comune: S. G. La Punta(CT)
Località: Via Trigona
Caposaldo: **T4**
Tipo: Calotta sferica
(verticale)
Proprietà: INGV Sez. CT-
INGV Oss. Ves.
Latitudine: 37.5949
Longitudine: 15.07928
Quota (m s.l.m.): 423.5343
Nov. 2009
Data Materializzazione: Nov. 2009



Descrizione Monografia

Dal T3 scendere lungo la via Ugo L a Malfa, superare il bivio e proseguire per Via Trigona, il caposaldo si trova sopra un muro di recinzione sulla destra al civico 15.

Distanza dal caposaldo T3: mt 423
Distanza dal caposaldo T5: mt 373





Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia
Sezione di Catania
Sezione di Napoli -
Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECASTAGNI

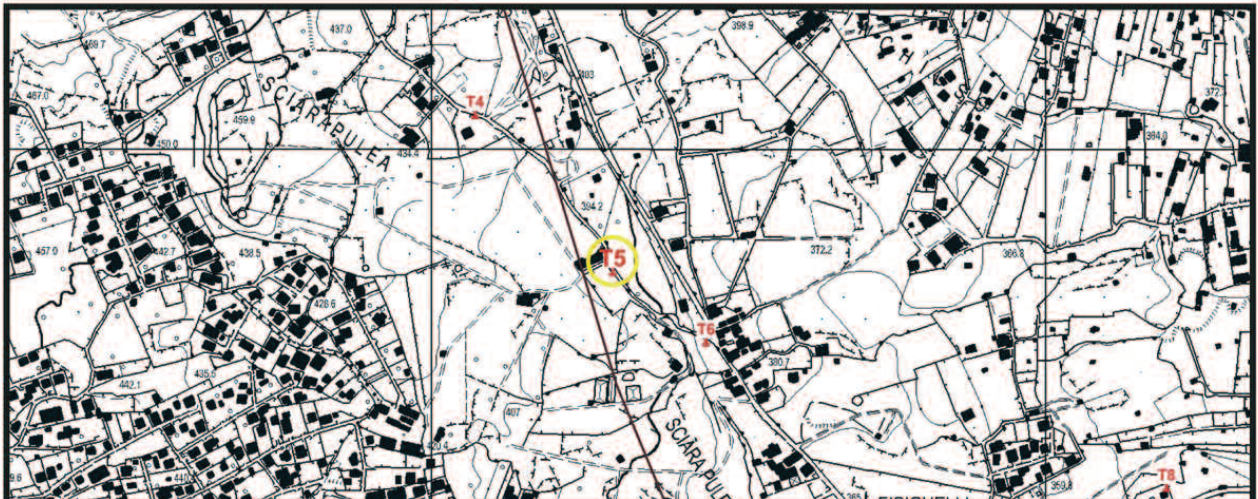
Comune: S. G. La Punta (CT)
Località: Via Trigona
Caposaldo: **T5**
Tipo: Calotta sferica
(verticale)
Proprietà: INGV Sez. CT-
INGV Oss. Ves.
Latitudine: 37.59253
Longitudine: 15.08207
Quota (m s.l.m.): 403.7614
Nov. 2009
Data Materializzazione: Nov. 2009



Descrizione Monografia

Da Via Trigona superare il T4 e proseguire per 373 mt, il caposaldo si trova sopra un muro di recinzione sulla sinistra.

Distanza dal caposaldo T4: mt 373
Distanza dal caposaldo T6: mt 206





Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia
Sezione di Catania
Sezione di Napoli -
Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECAGNI

Comune: S. G. La Punta(CT)
Località: Via Trigona
Caposaldo: T6
Tipo: Calotta sferica
(verticale)
Proprietà: INGV Sez. CT-
INGV Oss. Ves.
Latitudine: 37.5915
Longitudine: 15.08383
Quota (m s.l.m.): 384.2640
Nov. 2009

Data Materializzazione: Nov. 2009

Descrizione Monografia

Dal T5 proseguire sulla Via Trigona, il caposaldo si trova a pochi metri dall'incrocio con Via Fischelli sopra un muro sulla destra.

Distanza dal caposaldo T5: mt 206
Distanza dal caposaldo T7: mt 426





Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia
Sezione di Catania
Sezione di Napoli -
Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECASTAGNI

Comune: S. G. La Punta (CT)
Località: Via Trigona
Caposaldo: T7
Tipo: Calotta sferica
(verticale)
Proprietà: INGV Sez. CT-
INGV Oss. Ves.
Latitudine: 37.58872
Longitudine: 15.08687
Quota (m s.l.m.): 363.6695
Nov. 2009

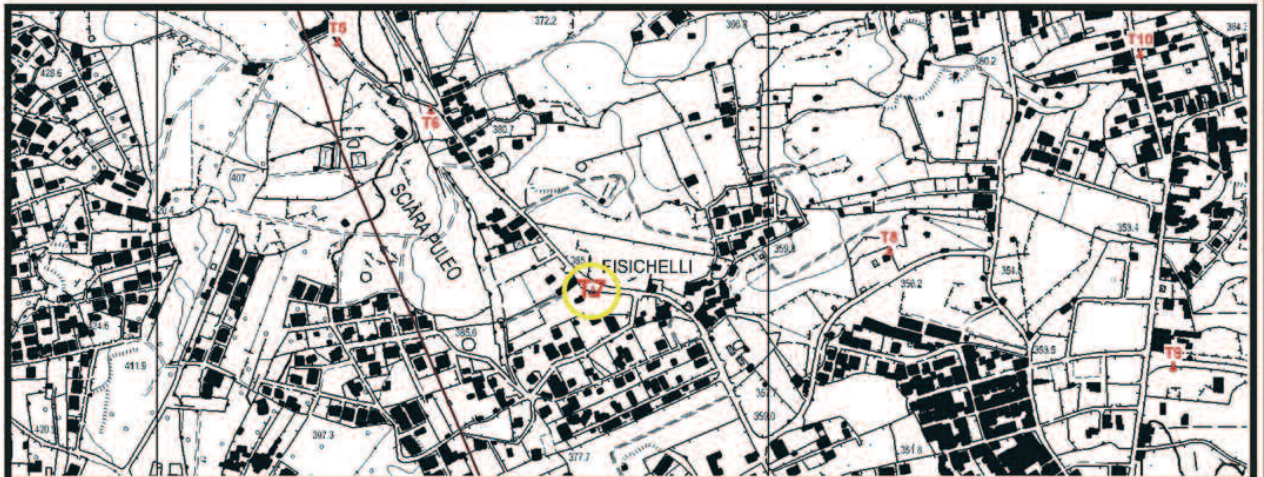
Data Materializzazione: Nov. 2009

Descrizione Monografia

Dal T6 proseguire sulla Via Fisichella, superato il ristorante IsiVillage il caposaldo si trova sopra un muro sulla destra.

Distanza dal caposaldo T6: mt 426

Distanza dal caposaldo T8: mt 805





Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia
Sezione di Catania
Sezione di Napoli -
Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECAGNI

Comune: S. G. La Punta(CT)
Località: Via Trigona
Caposaldo: T8
Tipo: Calotta sferica
(verticale)
Proprietà: INGV Sez. CT-
INGV Oss. Ves.
Latitudine: 37.58942
Longitudine: 15.09222
Quota (m s.l.m.): 356.6748
Nov. 2009

Data Materializzazione: 2009



Descrizione Monografia

Dal T7 proseguire sulla Via Fischella, al primo incrocio svoltare a sinistra in via Caruso. Svoltare a sinistra al rifornimento IP. Il caposaldo si trova all'interno del rifornimento a terra sulla destra di fianco l'officina auto.

Distanza dal caposaldo T6: mt 805
Distanza dal caposaldo T8: mt 653





Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 Sezione di Catania
 Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECASTAGNI

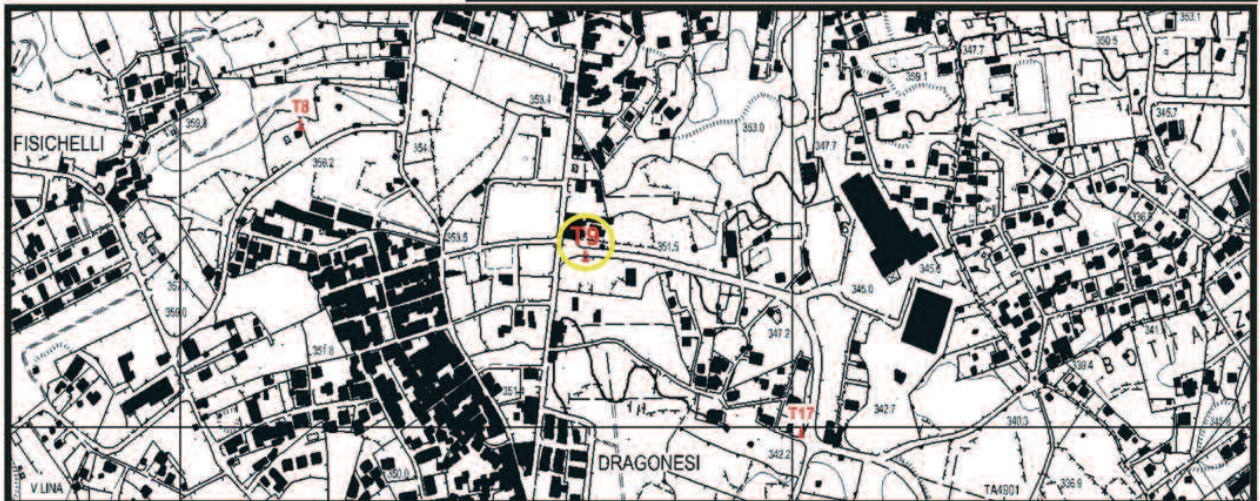
Comune: S. G. La Punta (CT)
 Località: Via Montello
 Caposaldo: T9
 Tipo: Calotta sferica (verticale)
 Proprietà: INGV Sez. CT-INGV Oss. Ves.
 Latitudine: 37.58762
 Longitudine: 15.09747
 Quota (m s.l.m.): 351.1535
 Nov. 2009

Data Materializzazione: Nov. 2009

Descrizione Monografia

Dal T8 proseguire sulla Via Caruso, quindi svoltare a destra in via Monte Grappa. Al primo incrocio svoltare a sinistra in via Enna. Superata la rotonda in direzione Centro Commerciale "Le Zagare" il caposaldo si trova sopra un muretto sulla destra.

Distanza dal caposaldo T8: mt 653
 Distanza dal caposaldo T9: mt 556





Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia
Sezione di Catania
Sezione di Napoli -
Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECASTAGNI

Comune: S. G. La Punta(CT)
Località: Via Viagrande
Caposaldo: **T10**
Tipo: Calotta sferica
(verticale)
Proprietà: INGV Sez. CT-
INGV Oss. Ves.
Latitudine: 37.59237
Longitudine: 15.09677
Quota (m s.l.m.): 364.6548
Nov. 2009

Data Materializzazione: Nov. 2009



Descrizione Monografia

Dal T9 tornare indietro e svoltare a destra in Via Santa Lucia. Giunti ad una piccola rotonda con una piccola chiesa, girare a sinistra in Via Viagrande e proseguire per altri 150m circa. Il caposaldo si trova sopra un muretto sulla destra al civico 28.

Distanza dal caposaldo T9: mt 556
Distanza dal caposaldo T11: mt 529





Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 Sezione di Catania
 Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECASTAGNI

Comune: S. G. La Punta(CT)
 Località: Via Marco Polo
 Caposaldo: T11
 Tipo: Torico (orizzontale)
 Proprietà: INGV Sez. CT-INGV Oss. Ves.
 Latitudine: 37.59635
 Longitudine: 15.0952
 Quota (m s.l.m.): 366.7660
 Nov. 2009

Data Materializzazione: Nov. 2009

Descrizione Monografia

Dal T10 proseguire in via Viagrande superando Il Ristorante Villa Paradiso Dell'Etna e svoltare alla seconda traversa a sinistra in Via Petrone. Percorrere circa 150 m e svoltare a destra in via Marco Polo. Il caposaldo si trova sul muro del civico 2.

Distanza dal caposaldo T10: mt 529
 Distanza dal caposaldo T12: mt 502





Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 Sezione di Catania
 Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECASTAGNI

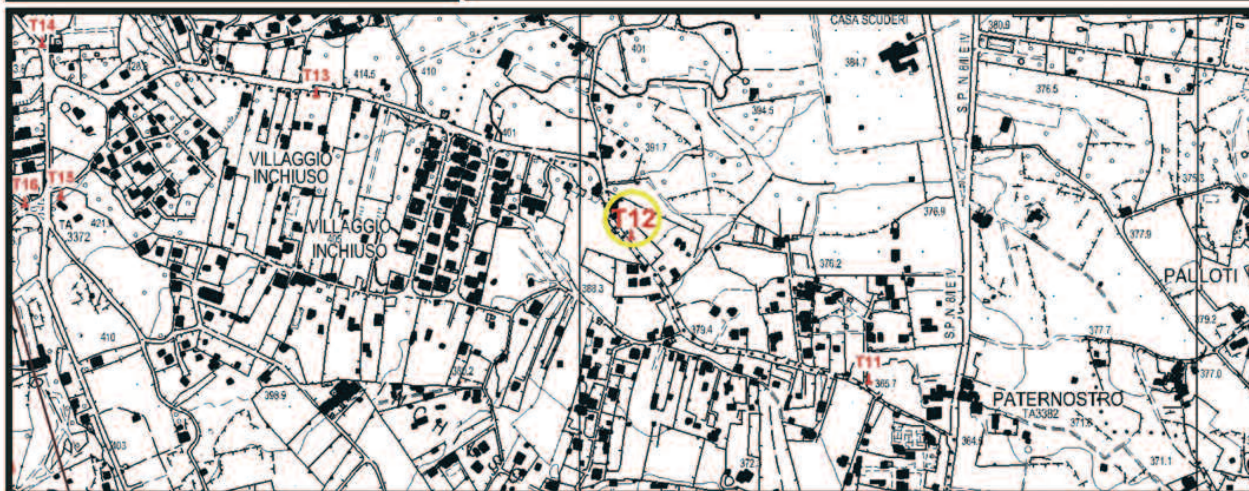
Comune: S. G. La Punta-Viagrande(CT)
 Località: Via Petrone
 Caposaldo: **T12**
 Tipo: Calotta sferica (verticale)
 Proprietà: INGV Sez. CT-INGV Oss. Ves.
 Latitudine: 37.5985
 Longitudine: 15.09075
 Quota (m s.l.m.): 383.5456
 Nov. 2009
 Data Materializzazione: Nov. 2009



Descrizione Monografia

Dal T11 proseguire in via Petrone e raggiungere il civico 71. Il caposaldo si trova sopra un muretto di recinzione sulla destra.

Distanza dal caposaldo T11: mt 502
Distanza dal caposaldo T13: mt 624





Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 Sezione di Catania
 Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECASTAGNI

Comune: Trecastagni(CT)
 Località: Via Maria Auxilium
 Caposaldo: **T13**
 Tipo: Calotta sferica (verticale)
 Proprietà: INGV Sez. CT-INGV Oss. Ves.
 Latitudine: 37.60055
 Longitudine: 15.08497
 Quota (m s.l.m.): 415.5686
 Mar. 2010

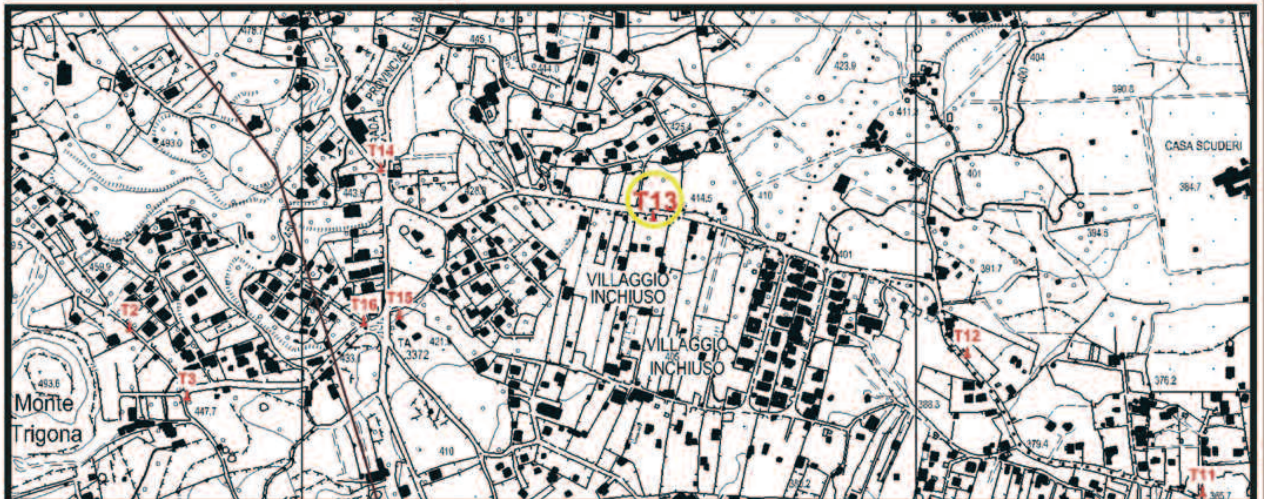
Data Materializzazione: Mar. 2010



Descrizione Monografia

Dal T11 proseguire in via Petrone e svoltare subito a sinistra in via Maria Auxilium. Il caposaldo si trova sul muro prima del cancello del civico 45.

Distanza dal caposaldo T12: mt 624
Distanza dal caposaldo T14: mt 478





Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia
Sezione di Catania
Sezione di Napoli -
Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECASTAGNI

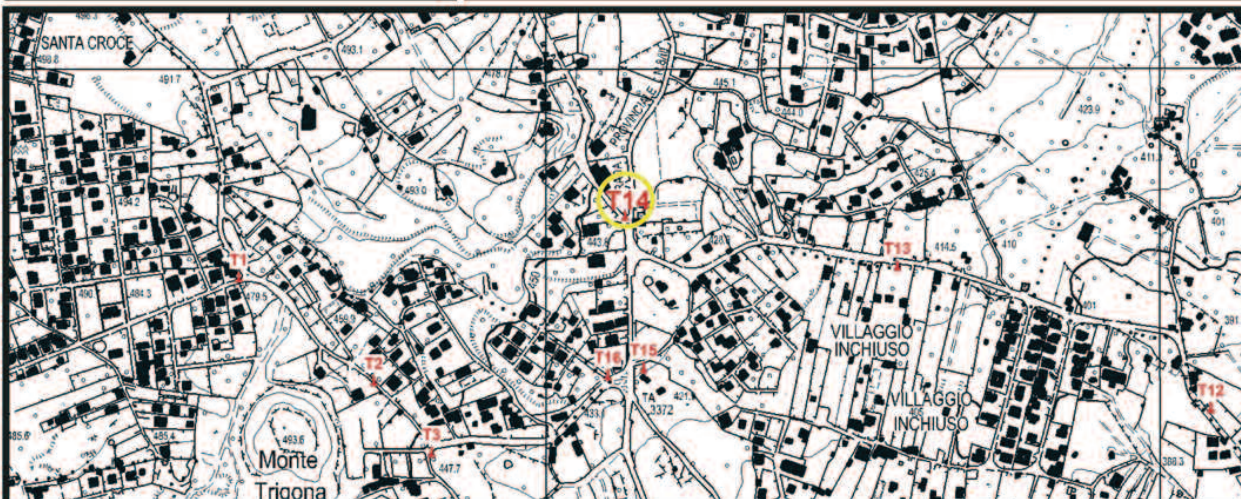
Comune: Trecastagni(CT)
Località: Via Catania
Caposaldo: **T14**
Tipo: Calotta sferica
(verticale)
Proprietà: INGV Sez. CT-
INGV Oss. Ves.
Latitudine: 37.60122
Longitudine: 15.08017
Quota (m s.l.m.): 443.6847
Nov. 2009

Data Materializzazione: Nov. 2009

Descrizione Monografia

Dal T12 proseguire in via Maria Auxilium. Alla fine della strad svoltare a destra in Via Catania. Il caposaldo si trova sul muro accanto l'altarino di fronte la trattoria "Anima e Core".

Distanza dal caposaldo T13: mt 478
Distanza dal caposaldo T15: mt 244





**Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia**
Sezione di Catania
Sezione di Napoli -
Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECASTAGNI

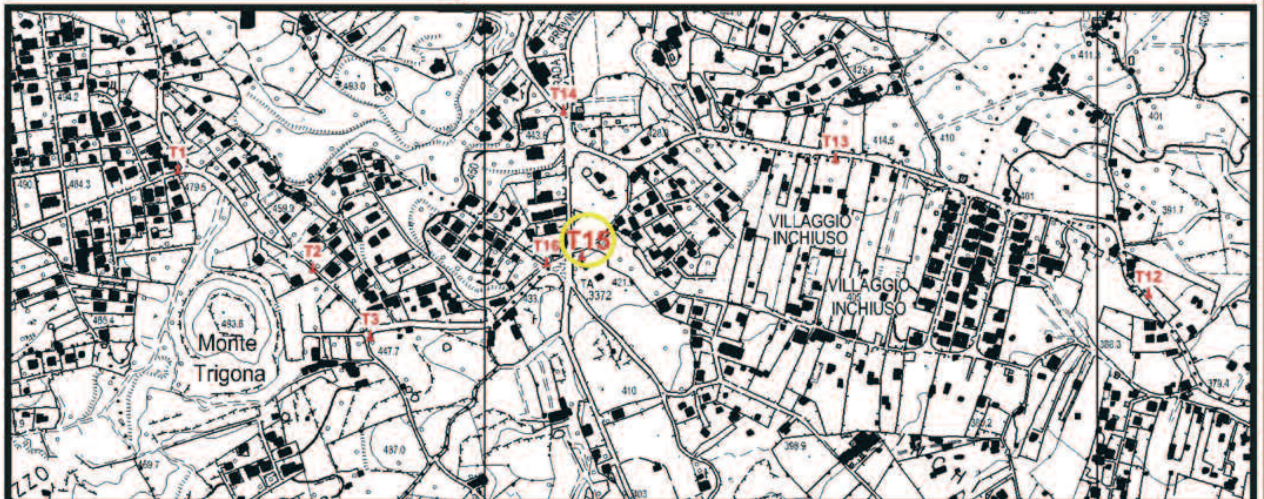
Comune: Trecastagni(CT)
Località: Via Catania
Caposaldo: **T15**
Tipo: Calotta sferica
(verticale)
Proprietà: INGV Sez. CT-
INGV Oss. Ves.
Latitudine: 37.59908
Longitudine: 15.08028
Quota (m s.l.m.): 430.4374
Nov. 2009

Data Materializzazione: Nov. 2009

Descrizione Monografia

Dal T14 scendere da Via Catania ed arrivare all'incrocio con Via Trigona. Il caposaldo si trova sopra un muro di fronte la via Via Trigona.

Distanza dal caposaldo T14: mt 244
Distanza dal caposaldo T16: mt 65





Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia
Sezione di Catania
Sezione di Napoli -
Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECASTAGNI

Comune: Trecastagni(CT)
Località: Via Enna-Trigona
Caposaldo: T16
Tipo: Calotta sferica
(verticale)
Proprietà: INGV Sez. CT-
INGV Oss. Ves.
Latitudine: 37.59888
Longitudine: 15.07978
Quota (m s.l.m.): 434.2370
Nov. 2009

Data Materializzazione: Nov. 2009

Descrizione Monografia

Dal T15 imboccare la Via Trigona e svoltare subito a destra in Via Enna. Il caposaldo si trova sopra un muro all'inizio della Via Enna.

Distanza dal caposaldo T15: mt 65
Distanza dal caposaldo T3: mt 352





Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 Sezione di Catania
 Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECASTAGNI

Comune: S. G. La Punta(CT)
 Località: Via Montello
 Caposaldo: T17
 Tipo: Calotta sferica (verticale)
 Proprietà: INGV Sez. CT-INGV Oss. Ves.
 Latitudine: 37.58532
 Longitudine: 15.10155
 Quota (m s.l.m.): 342.0461
 Nov. 2009

Data Materializzazione: Nov. 2009

Descrizione Monografia

Dal T9 continuare su Via Montello in direzione "Centro Commerciale Le Zagare". Raggiungere la seconda rotonda, il caposaldo si trova accanto la cabina Enel sulla destra.

Distanza dal caposaldo T9: mt 536





Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 Sezione di Catania
 Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECASTAGNI

Comune: S. G. La Punta(CT)
 Località: Via Aci Bonaccorsi
 Caposaldo: T18
 Tipo: Calotta sferica (Verticale)
 Proprietà: INGV Sez. CT-INGV Oss. Ves.
 Latitudine: 37.59192
 Longitudine: 15.09972
 Quota (m s.l.m.): 362.6154
 Nov. 2009

Data Materializzazione: Nov. 2009

Descrizione Monografia

Dal T10 tornare indietro e girare a sinistra in Via Aci Bonaccorsi. Il caposaldo si trova sopra un muretto di recinzione al civico 38.

Distanza dal caposaldo T10: mt 447
 Distanza dal caposaldo T19: mt 458





Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 Sezione di Catania
 Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano

MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE LIVELLAZIONE TRECASTAGNI

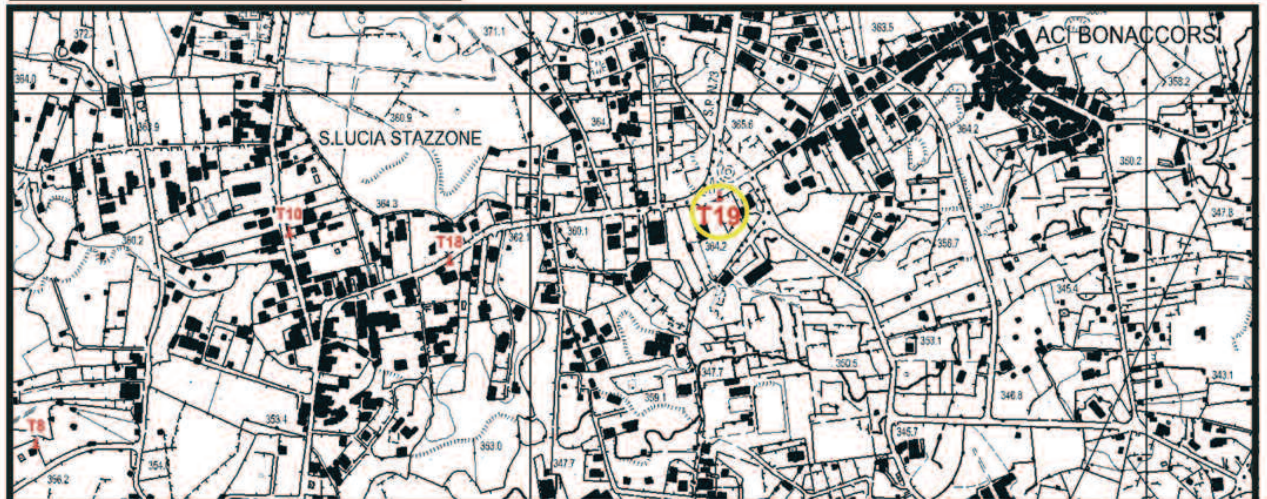
Comune: Viagrande-Aci Bonaccorsi (CT)
 Località: Via Aci Bonaccorsi
 Caposaldo: **T19**
 Tipo: Calotta sferica (verticale)
 Proprietà: INGV Sez. CT-INGV Oss. Ves.
 Latitudine: 37.59288
 Longitudine: 15.1047
 Quota (m s.l.m.): 366.7264
 Data Materializzazione: Nov. 2009



Descrizione Monografia

Dal T18 proseguire in Via Aci Bonaccorsi. Il caposaldo si trova di fronte l'incrocio con Via Garibaldi sul muro del civico 26.

Distanza dal caposaldo T18: mt 458



Indice

1. Inquadramento strutturale	5
2. Studi precedenti	6
2.1 Estensimetria	6
2.2 SAR	7
3. Progettazione della rete di livellazione	8
4. Realizzazione della rete di livellazione	9
Conclusioni	13
Ringraziamenti	13
Bibliografia	13
Schede monografiche	17

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2011 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