

Area vulcanica napoletana: 10 anni di osservazioni GPS

Prospero DE MARTINO¹, Umberto TAMMARO¹, Giuseppe BRANDI¹,
Andrea D'ALESSANDRO¹, Mario DOLCE¹, Teodoro ESPOSITO², Santa MALASPINA¹,
Francesco OBRIZZO¹, Folco PINGUE¹, Claudio SERIO¹

¹ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano, demartino@ov.ingv.it.

² Università "Federico II, Dipartimento Scienza della Terra, Napoli, Italia.

Abstract

L'area napoletana è una delle zone a più alto rischio vulcanico, per la presenza di tre strutture vulcaniche attive (il Somma-Vesuvio, la caldera dei Campi Flegrei e l'Isola d'Ischia) e per l'intensa urbanizzazione della zona. La concentrazione dei suddetti vulcani attivi in un'area molto urbanizzata rende fondamentale la presenza di un sistema di monitoraggio che registri i fenomeni connessi al processo vulcanico in atto e che dia informazioni utili per modellarne il comportamento. Tra i vari fenomeni che generalmente sono associati ai processi vulcanici, le deformazioni statiche giocano un ruolo importante per lo studio dei parametri delle sorgenti magmatiche e per la loro modellazione. Nell'area vulcanica napoletana è presente una estesa rete GPS (sia permanente che discreta) che negli ultimi 10 anni ha permesso di raccogliere una mole importante di dati e di avere informazioni circa la dinamica in atto.

I dati raccolti in tale periodo, a causa dei rapidi sviluppi della tecnologia GPS, della strumentazione, delle metodologie di processamento, presentavano alcune disomogeneità nella qualità, nell'archiviazione e nell'elaborazione. Pertanto è stato necessario un notevole lavoro di verifica, correzione ed omogeneizzazione dal punto di vista qualitativo di tutti i dati disponibili. Successivamente si è potuto procedere al riprocessamento dei dati, utilizzando il software GPS Bernese v. 5.0, secondo i più recenti standard IGS.

Questo lavoro ha permesso di creare un database accurato di tutti i dati GPS disponibili per l'intera area vulcanica napoletana e il conseguente miglioramento della qualità dei risultati ha fornito un utile contributo all'interpretazione dei movimenti del suolo avvenuti negli ultimi anni. In particolare, i nuovi dati ottenuti hanno permesso un'accurata descrizione dell'andamento temporale dei modesti fenomeni di sollevamento (mini-uplift) che hanno interessato la caldera flegrea negli ultimi anni.

Abstract

Naples and its surroundings are one of the most hazardous areas respect to the volcanic risk, due to the closeness of three active volcanic structures (Somma-Vesuvius, Campi Flegrei caldera and Ischia Island) and to its intense urbanization. Thus, it is fundamental the presence of an up to date monitoring system to record all phenomena linked to the volcanic activity and provide useful information to model the volcanoes behavior. The static deformations, among the various phenomena generally connected with volcanic activity, play an important role to study the magmatic bodies parameters and for their modeling. A wide GPS network (both permanent and discrete) is running in the Neapolitan volcanic area, providing in the last 10 years a huge and relevant amount of data.

After an initial phase of data inspection and quality control, the gathered data has been processed with GPS Bernese v.5.0 software, according to the most recent IERS and IGS standards.

An accurate database of all the GPS data available in the area has been realized making possible a

meaningful improvement of the quality of the results, contributing to a better interpretation of the ground movements occurred in the last years.

Introduzione

La rete GPS (continua e discreta) operante nell'area vulcanica napoletana è stata progettata per il monitoraggio della dinamica delle aree attive dello strato vulcano Somma-Vesuvio e delle caldere dei Campi Flegrei e dell'isola di Ischia, che costituiscono uno dei sistemi vulcanici a maggior rischio esistenti al mondo, anche in considerazione dell'intensa urbanizzazione dell'area. Ad est della città di Napoli è posto il Somma-Vesuvio, la cui ultima eruzione è avvenuta nel 1944 e pur essendo per la sua storia e per il suo stile eruttivo uno dei più pericolosi esistenti, è attualmente in una fase di quiescenza con modesta attività deformativa e bassa attività sismica.

La caldera dei campi Flegrei, ad ovest di Napoli, ha presentato la sua ultima attività eruttiva nel 1538 con la formazione di Monte Nuovo. La caratteristica peculiare di questo campo vulcanico, dal punto di vista deformativo, è costituita dalla presenza di movimenti lenti e continui del livello del suolo (bradisismo). Nel periodo 1969-1972 e 1982-1984 l'area ha presentato due intensi fenomeni di sollevamento (con uno spostamento verticale massimo totale di circa 3.5 m.) e con circa 15000 terremoti con magnitudo fino a 4. Dal 1985 in poi l'area è interessata da un fenomeno di bradisismo discendente con sovrapposte minori e più veloci fasi di sollevamento (mini-uplift).

L'attività vulcanica di Ischia, ad ovest del Golfo di Napoli, è stata caratterizzata da periodi sia effusivi che esplosivi, con l'ultima eruzione accaduta nel 1302; nei tempi recenti, 1881 e 1883, la parte settentrionale dell'isola è stata interessata da significativi episodi sismici.

Reti GPS per il monitoraggio dell'area vulcanica napoletana

A partire dal 1995 è stata materializzata, in varie fasi, nell'area vulcanica napoletana una vasta rete GPS (Fig. 1) costituita oggi da circa 100 vertici, 24 dei quali a partire dal 2000 sono stati trasformati in stazioni GPS permanenti (Rete CGPS) (De Martino et al., 2005).

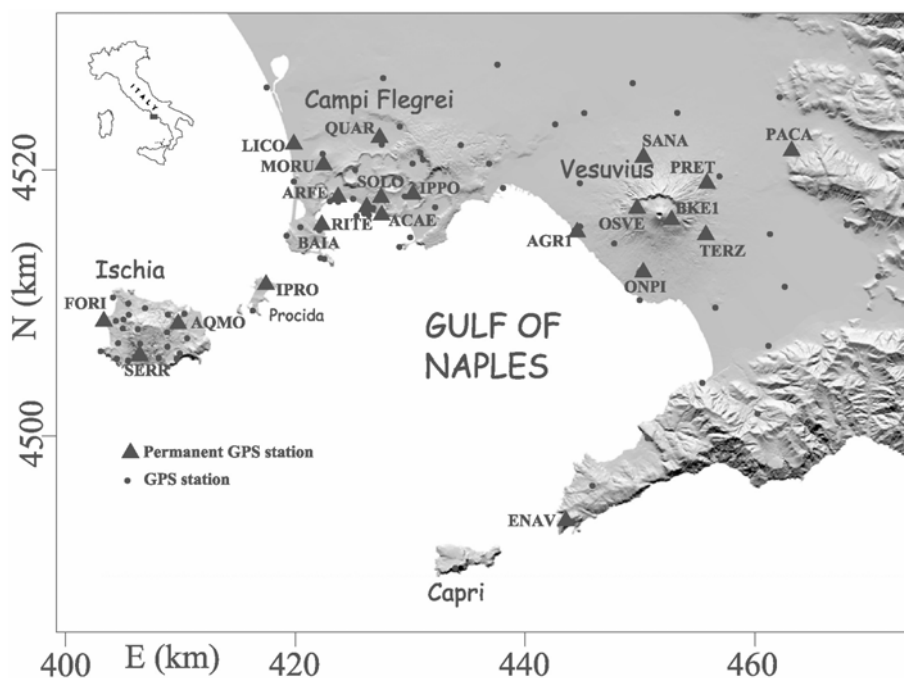


Figura 1 - Rete GPS per il monitoraggio dell'area vulcanica napoletana

Negli ultimi dieci anni, con campagne discrete e misure in continuo, è stata raccolta una enorme quantità di dati, che a causa dei rapidi sviluppi della tecnologia GPS, della strumentazione, delle metodologie di processamento, presentava alcune disomogeneità nella qualità, nell'archiviazione e

nell'elaborazione. Si è deciso quindi di riorganizzare, omogeneizzare e validare in un unico database tutti i dati GPS disponibili e procedere al loro riprocessamento secondo i più recenti standard IGS.

Riorganizzazione, Omogeneizzazione e validazione dei dati GPS

Dopo una iniziale raccolta di tutti i dati GPS disponibili, dei fogli di campagna e dei file log delle stazioni CGPS si è proceduto a:

- verificare che le informazioni contenute nei RINEX (h antenna, tipo e numero seriale di antenna e ricevitore etc) corrispondessero a quelle contenute nei fogli di campagna o nei file log delle stazioni permanenti.
- uniformare nei RINEX i nomi del tipo di ricevitore ed antenna secondo lo stesso standard ed aggiungere all'antenna il codice per il radome.
- aggiornare e/o correggere i file log delle stazioni permanenti.
- informatizzare i fogli di campagna.
- verificare e/o completare l'analisi di qualità col TeQC (Estey, Meertens, 1999) di tutti i dati disponibili, anche al fine di individuare periodi di malfunzionamento delle stazioni.

Riprocessamento dei dati GPS

Nel corso degli anni sono stati utilizzati diversi software per l'elaborazione dei dati e spesso sono state introdotte modifiche nelle strategie di processamento dovute all'introduzione di modelli più raffinati, ad esempio per la modellazione della troposfera o delle maree, o alla scelta delle stazioni di riferimento. Inoltre, l'IGS ha progressivamente migliorato i sistemi di riferimento fino ad introdurre, alla fine del 2006, l'ITRF2005. Da questa data i prodotti IGS (effemeridi e file dei parametri della rotazione terrestre) sono coerenti con l'utilizzo del file di calibrazione assoluta delle antenne dei ricevitori e dei satelliti. Tutto questo ha prodotto serie temporali GPS disomogenee nella qualità e con frequenti discontinuità. Pertanto, si è deciso di riprocessare tutti i dati GPS disponibili secondo i più recenti standard IGS ed adottando le strategie riportate in Tabella 1.

Tabella 1 – Strategie di riprocessamento dei dati GPS

| | |
|------------------------------|--|
| Software | Bernese 5.0 (in modalità BPE per i dati delle stazioni permanenti) |
| Osservabili | Differenze doppie – Combinazione lineare L3 |
| Sistema di Riferimento | Fino alla settimana GPS 1399: GRAS, GRAZ, MATE, ZIMM, WTZR usate per soluzione ai minimi constraints in IGb00 Dalla settimana GPS 1400: CAGL, GRAS, MATE, NOT1, ZIMM, WTZR usate per soluzione ai minimi constraints in IGS05 Combinazione finale in IGS05 |
| Orbite e file EOP | Fino al 31/12/2005: Orbite precise e file EOP del "GPS reprocessing project GPS-PDR" (Steigenberger et al., 2006) in IGb00 Dal 01/01/2006: Orbite precise e file EOP IGS in IGb00 e IGS05 |
| Centro di Fase delle antenne | File di calibrazione assoluta delle antenne dei ricevitori (compreso RADOME) e dei satelliti IGS05.atx |
| Ocean loading | Modello FES2004 |
| Cut-off | 15 gradi con elevation dependent weighting (cosz) |
| Sampling rate | 30 secondi |
| Baseline | OBSMAX |
| Ambiguità | Risoluzione con strategia QIF (L5/L3 per le campagne) |
| Soluz. finale | L3 fixed |
| Ionosfera | Modello regionale CODE |
| Troposfera | Mapping function "dry Niell" come modello a priori, parametri TZD stimati ogni 1h (2h per le campagne) con Mapping function "wet Niell" |

I prodotti del riprocessamento sono file giornalieri di coordinate, covarianze, parametri troposferici, equazioni normali, SINEX. Inoltre sono state prodotte soluzioni settimanali per la rete CGPS e soluzioni combinate per ogni singola campagna della rete GPS discreta.

I primi risultati del riprocessamento dei dati della rete CGPS sono molto soddisfacenti, con una percentuale media di ambiguità risolte del 90% e un RMS medio delle soluzioni di 1,1 mm.

Per estrapolare il solo eventuale contributo di deformazione di origine vulcanica dai risultati dell'elaborazione (serie temporali e stime di velocità assolute) si sono utilizzati i risultati (Fig. 2) di alcune stazioni GPS esterne all'area vulcanica (PACA e ENAV), materializzate sui massicci carbonatici che bordano la Piana Campana ed inserite rispettivamente nella Rete GPS dell'ASI e nella Rete Integrata Nazionale GPS (RING) dell'INGV (Selvaggi et al, 2006).

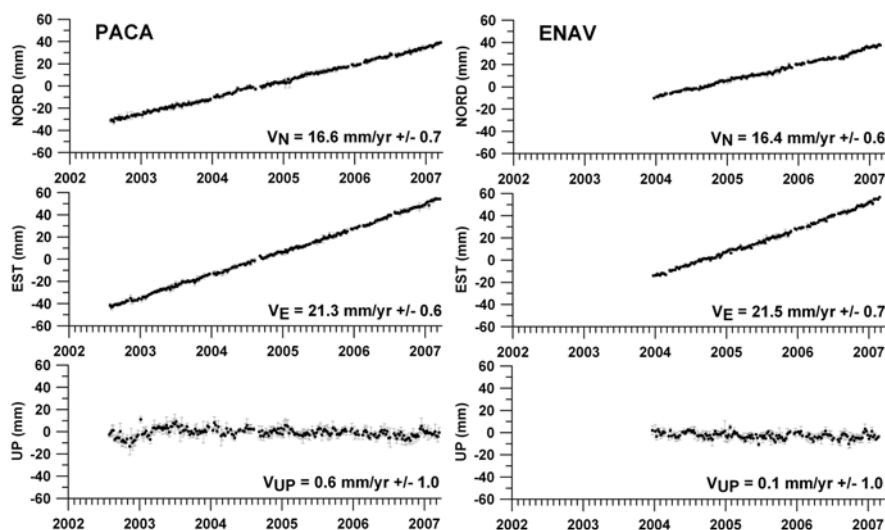


Figura 2 – Serie temporali assolute e velocità IGS05 delle stazioni esterne PACA e ENAV.

Quindi sono state utilizzate le velocità planimetriche medie di queste stazioni per detrendizzare i risultati dell'elaborazione dal contributo geodinamico dell'area ed ottenere serie temporali e velocità relative.

Inoltre, le serie temporali delle stazioni CGPS sono state attentamente studiate e confrontate con i grafici del TeQC e i file log delle stazioni alla ricerca di discontinuità da correggere (es. cambi di antenna e/o ricevitore) ed eventuali periodi di outliers dovuti a malfunzionamento delle stazioni (es. disturbi elettromagnetici) da eliminare (Fig. 3).

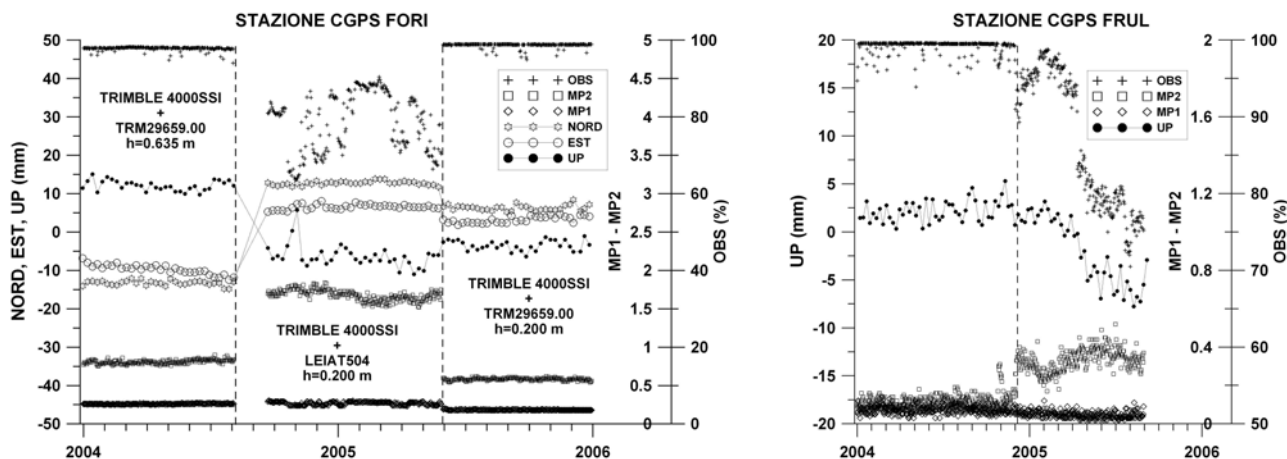


Figura 3 - Esempi di individuazione di discontinuità e periodi di malfunzionamento.

Risultati

In Fig. 4 sono riportate alcune serie temporali relative ad alcune stazioni dell'area vulcanica napoletana.

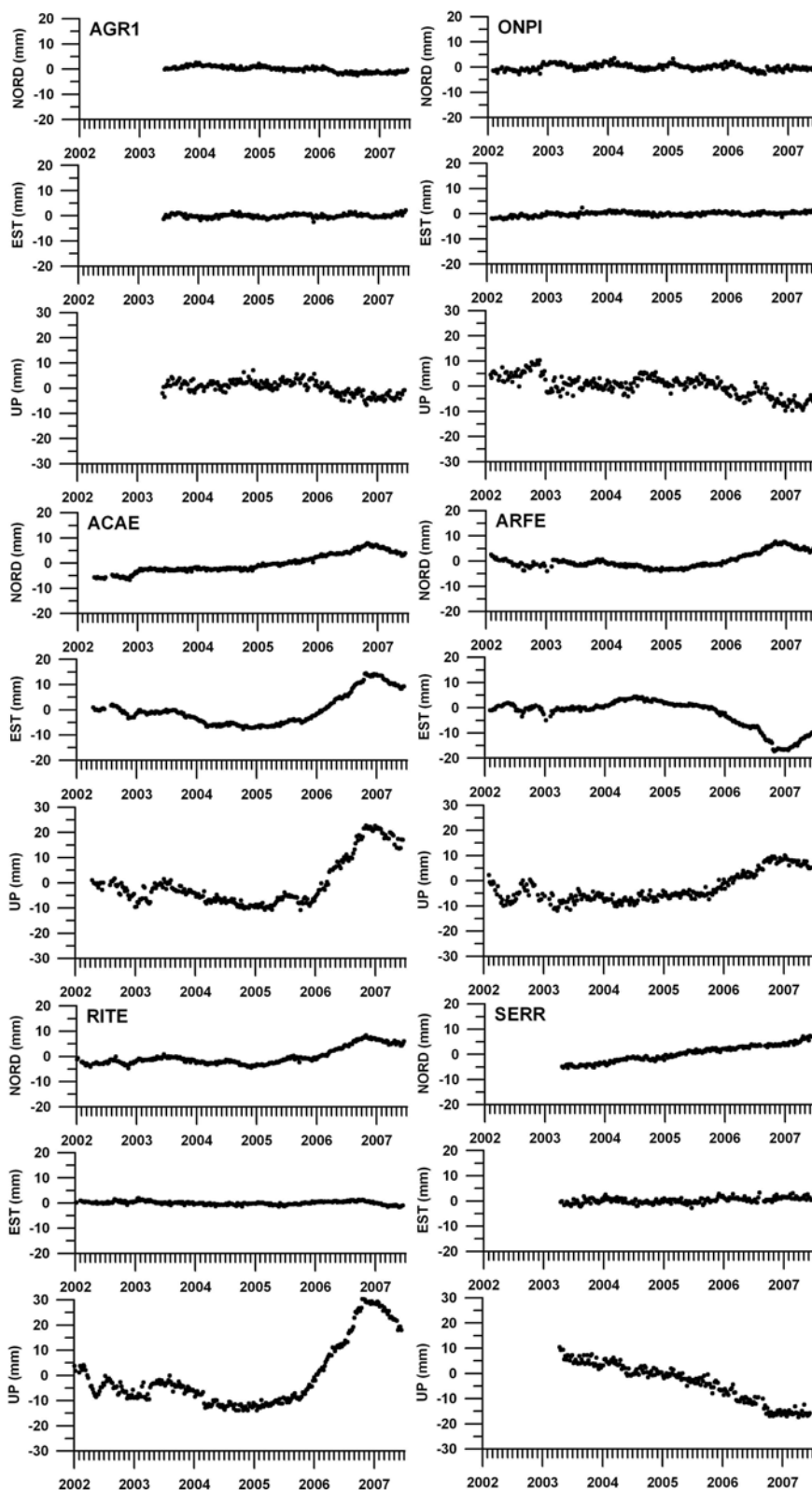


Figura 4 – Alcuni esempi di serie temporali relative delle stazioni CGPS dell'area vulcanica napoletana

Nell'area vesuviana (AGR1 e ONPI in Fig.4) non si evidenziano significative deformazioni di origine vulcanica; sono presenti solo in alcune aree modesti trend di abbassamento (1-2 mm/annui), riscontrati anche dalle misure di livellazione, imputabili a fenomeni di versante e/o locali.

L'area dei Campi Flegrei (ACAE, ARFE e RITE in Fig.4) è caratterizzata da movimenti lenti e continui del suolo (bradisismo). E' ben evidente il fenomeno di sollevamento avvenuto nel periodo 2004-2006 (Pingue et al, 2006, Troise et al., 2007), con un sollevamento massimo alla stazione di RITE di circa 4 cm e con consistenti deformazioni planimetriche dell'ordine dei 2 cm.

L'Isola d'Ischia (SERR in Fig.4) presenta una significativa subsidenza nel settore meridionale.

Ringraziamenti

Questa ricerca è stata parzialmente finanziata con i fondi dell'UR V3_4/13 nell'ambito della Convenzione INGV-DPC 2004-2006

Bibliografia

De Martino P., Tammaro U., Obrizzo F., Sepe V., Cecere G., Serio C., D'Alessandro A., Dolce M., Brandi G., Malaspina S., Pingue F. (2005), Il monitoraggio dell'area vulcanica napoletana attraverso la rete GPS permanente, *Atti 9^a Conferenza Nazionale ASITA*, vol I: 915-920.

Estey L. H., Meertens C. M. (1999), TEQC: The Multi-Purpose Toolkit for GPS/GLONASS data, *GPS Solutions*, vol. 3, n.1: 42-49.

Pingue F., De Martino P., Obrizzo F., Serio C., Tammaro U. (2006), Monitoraggio del bradisismo flegreo, nel periodo maggio 2004 marzo 2006, attraverso misure GPS e livellazione, *Atti 10^a Conferenza Nazionale ASITA*, vol. II: 1583-1588.

Pingue F., De Martino P., Obrizzo F., Serio C., Tammaro U. (2006), Stima del campo di spostamento ai Campi Flegrei da dati CGPS e di livellazione di precisione nel periodo maggio 2004 - marzo 2006, *Open File Report*, Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia – Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano, http://www.ov.ingv.it/italiano/pubblicazioni/openfile/ofr_05_06.htm.

Steigenberger P., Rothacher M., Dietrich R., Fritsche M., Rulke A., Vey S. (2006), Reprocessing of a global GPS network, *J. Geophys. Res.*, vol. III, B05402, doi:10.1029/2005JB003747.

Selvaggi G. et al. (2006), La Rete Integrata Nazionale GPS (RING) dell'INGV: una infrastruttura aperta per la ricerca scientifica, *Atti 10^a Conferenza Nazionale ASITA*, vol. II: 1749-1754.

Troise C., De Natale G., Pingue F., Obrizzo F., De Martino P., Tammaro U., Boschi E. (2007), Renewed ground uplift at Campi Flegrei caldera (Italy): New insight on magmatic processes and forecast, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L03301, doi: 10.1029/2006GL028545.