



**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Osservatorio Vesuviano**

LA RETE GPS DELL'AREA SANNIO – MATESE

*Del Gaudio C., Sepe V., Aquino I., Borgstrom S., Brandi G., Cecere G.,
D'Alessandro A., De Martino P., D'Errico V., Dolce M., Milano G., Obrizzo F.,
Ricciardi G. P., Ricco C., Siniscalchi V., Tammaro U.*

Open File Report n° 4

Marzo 2007

Osservatorio Vesuviano
Via Diocleziano 328, 80124 Napoli (Italia)
Tel: +39 0816108306 – Fax :+39 0816108351

INDICE

1	Introduzione	pag.	3
2	Geologia	pag.	4
3	La rete geodetica	pag.	6
4	Monografie dei vertici	pag.	9
5	Bibliografia	pag.	10

LA RETE GPS DELL'AREA SANNIO – MATESE

Del Gaudio C., Sepe V., Aquino I., Borgstrom S., Brandi G., Cecere G., D'Alessandro A., De Martino P., D'Errico V., Dolce M., Milano G., Obrizzo F., Ricciardi G. P., Ricco C., Siniscalchi V., Tammaro U.

INGV-OV, Unità funzionale di Geodesia, Via Diocleziano 328, 80124 Napoli. e-mail: delgaudio@ov.ingv.it sepe@ov.ingv.it

1 Introduzione

Lo studio delle deformazioni del suolo in aree sismogenetiche contribuisce ad approfondire ed affinare la conoscenza dei processi crostali profondi. L'esecuzione e la ripetizione nel tempo di rilievi geodetici risulta essere un efficace strumento per l'osservazione, lo studio ed il controllo del campo di deformazione associato all'intero ciclo sismico.

Perché queste informazioni siano utili è necessario poter seguire le deformazioni che, nella maggioranza dei casi, sono direttamente e temporalmente legate all'evento sismico, dai movimenti più lenti che possono precederlo e seguirlo.

Infatti, un terremoto rappresenta un progressivo accumulo di sforzi elastici con conseguente deformazione della crosta fino al raggiungimento del limite di rottura delle rocce lungo superfici di minor resistenza (piani di faglia) con il successivo rilascio di energia sismica.

In coincidenza, ad esempio, con il terremoto campano-lucano del 23 novembre 1980 (magnitudo 6.9) i movimenti verticali differenziali misurati raggiunsero i 70 centimetri.

Esistono, poi, numerosi esempi di deformazioni post-sismiche, di movimenti cioè della superficie terrestre che possono essere osservati dopo il verificarsi di un terremoto. Un caso ben noto è quello di Nankaido (Giappone) dove, in seguito a un terremoto di magnitudo $M = 8,2$ che ebbe luogo nel 1946, il terreno si sollevò di circa due metri nel corso dei successivi due anni, e movimenti verticali più lenti continuarono per vent'anni. Esempi di movimenti post-sismici sono stati rilevati anche nell'area del citato terremoto campano-lucano del 1980, dove sono stati evidenziati variazioni altimetriche fino a 30-40 mm nei cinque anni dopo il terremoto, interpretabili come effetto del rilascio di stress nella parte duttile della crosta (Dalla Via et al., 2003, 2005).

Il gruppo di lavoro dell'OV-INGV che ha partecipato al progetto INGV-ASI 2001-2003 ha avuto come obiettivo lo studio delle deformazioni cosismiche ed intersismiche nell'area del Sannio-Matese mediante l'utilizzo della tecnica GPS supportato da dati geologici, sismologici e geodetici per la definizione di modelli di dislocazione elastica.

Nel 2002 è stata progettata e realizzata una rete geodetica nell'area matesina che comprende 38 vertici 3D sui quali è stata effettuata la prima campagna di misura.

Sono state realizzate le schede monografiche dell'intera rete allo scopo di rendere possibile ripetizioni di campagne GPS nel prossimo futuro; infatti è noto che i movimenti intersismici in un'area sismogenetica si evidenziano soprattutto nel lungo periodo e, probabilmente, utilizzando dati geodetici, occorrono di solito anni per una corretta valutazione del trend deformativo dell'area.

2 Geologia

Il Massiccio del Matese occupa una superficie di oltre 1000 Km²; è compreso tra le regioni Campania a sud-ovest, Molise a nord-est ed è delimitato dai fiumi Volturno, Biferno, Tammaro e Calore che gli scorrono attorno, racchiudendolo.

Costituito da successioni di calcari, il massiccio si erge da un basamento e in sommità si divide in due dorsali, separate da un solco centrale con pianori e conche carsiche; la dorsale più importante è quella Nord-Orientale che presenta anche le vette più elevate, Monte Miletto 2050 m., La Gallinola 1923 m., il Monte Mutria con i suoi 1823 m. slm. Ben evidente è il paesaggio carsico con doline, voragini, grotte e inghiottitoi. Legata al fenomeno carsico si presenta la complessa idrologia sotterranea, corsi d'acqua che si inabissano e ricompaiono in superficie, torrenti che si formano dai numerosi stillicidi provenienti dalle fratture delle rocce, corsi d'acqua che si sono inseriti nella massa calcareo-dolomitica durante le varie fasi dei movimenti tettonici (Figg. 1 e 2) (Oldow, et al., 1993).

Il lago naturale del Matese in seguito all'intervento dell'uomo è diventato artificiale con la chiusura di due inghiottitoi e la realizzazione di due dighe (Catenacci et al., 1963).

I monti del Matese sono generati nell'area paleogeografica denominata "piattaforma carbonatica del Matese" che, presente dal Mesozoico al Paleogene si identificava in fondali marini di ambiente neritico. La serie carbonatica è segnata in genere da due lacune stratigrafiche, la prima mediocretacica distinta perlopiù da un orizzonte bauxitico, la seconda rende il miocene trasgressivo sul cretaceo superiore. La serie, inoltre, è caratterizzata da successioni prevalentemente dolomitiche e calcareo-dolomitiche dal Trias superiore al Lias inferiore, prevalentemente calcarea dal Lias medio al Miocene.

I Monti del Sannio, inoltre, costituiti principalmente da depositi terrigeni, sono localizzati ad est del massiccio carbonatico del Matese e rappresentano il settore della catena appenninica che degrada verso la Fossa Bradanica. (Pescatore, 1965; Patacca, et al., 1989).

Dal punto di vista tettonico l'unità paleografica è dominata essenzialmente da movimenti di tipo epirogenesi nel Trias, da movimenti di tipo trascorrente connessi con la chiusura della Tetide nel Langhiano-Pliocene medio, da fasi orogenetiche del Pliocene medio-superiore che ne hanno determinato l'attuale configurazione.



Fig. 1

Carta geologica del Matese (Foglio 161 - Isernia e Foglio 162 - Campobasso)

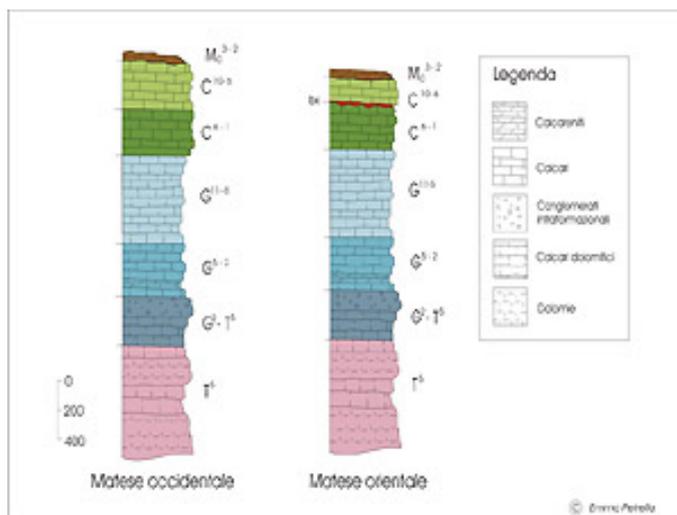


Fig. 2

Colonne stratigrafiche schematiche del Matese occidentale e del Matese orientale (ridisegnato e modificato da: Carta Geologica d'Italia 1:100.000, Fogli 161 e 162)

L'attività principale svolta nell'area dall'INGV - Osservatorio Vesuviano è stata centrata sulla definizione del campo di strain locale e regionale. Uno studio preliminare - dal punto di vista geologico e strutturale - è stato effettuato sulla zona che si estende fra le province di Benevento, di Campobasso, d'Isernia e di Caserta, per definire esattamente i siti in cui poter materializzare i vertici 3D.

L'area del Sannio-Matese rappresenta uno dei segmenti della parte meridionale della catena appenninica più attivi dal punto di vista sismico; essa è stata caratterizzata da intense deformazioni durante il periodo Plio-Pleistocenico, con sollevamenti prevalenti a partire dall'inizio dell'era Quaternaria. La dinamica dell'area è controllata da lineamenti con direzioni prevalenti appenniniche/anti-appenniniche (NW-SE/NE-SW).

In epoca storica (Fig. 3) l'area è stata interessata sia da eventi fortemente distruttivi con Intensità $I \geq IX$ MCS (1456, 1688, 1702, 1732, 1805, 1962), che da sequenze sismiche di bassa magnitudo (1885, 1903, 1905, 1990, 1992, 1997-98, 2001). Negli ultimi 15 anni la sismicità di fondo dell'area è stata caratterizzata da eventi isolati con magnitudo $M_D \leq 3.5$ a cui si sono sovrapposte sequenze e sciami sismici. In particolare, la sequenza sismica del 1997-98, costituita da circa 4000 eventi, è stata innescata il 19 Marzo 1997 da un evento di Magnitudo $M_D = 4.1$. La localizzazione degli eventi di questa sequenza ricade in una ristretta area compresa tra i comuni di Sepino, Sassinoro e Morcone interessando le province di Campobasso e Benevento (Milano et al., 1999; Milano et al., 2002). Al contrario, la sequenza sismica del 2001 ($M_{Dmax} = 3.7$), costituita da circa 1000 eventi, non è stata caratterizzata da un pattern main-aftershocks e la localizzazione degli eventi ricade in una ristretta zona posta a NE di Isernia già interessata da una sequenza sismica nel 1986 (Milano et al., 2005).

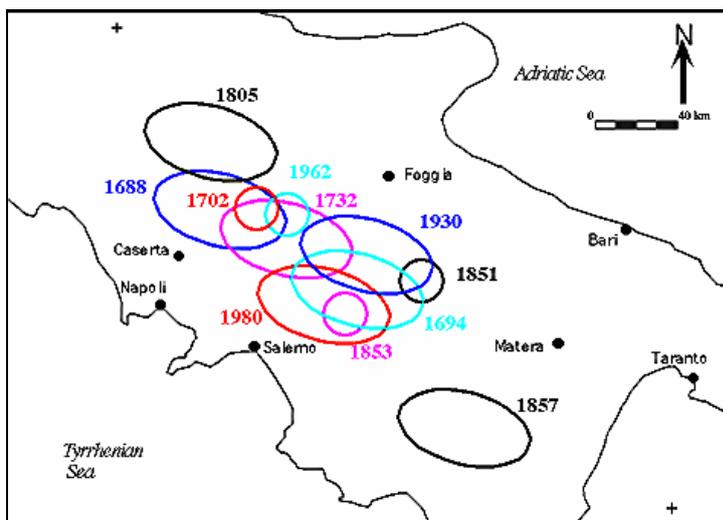


Fig. 3

Grandi terremoti dal diciassettesimo secolo. Le curve delimitano, per ogni evento, l'area con intensità IMCS $\geq IX$. Le ellissi rappresentano terremoti con $M > 6.5$ caratterizzati da una distribuzione spaziale delle intensità con andamento NW-SE (lungo la catena dell'Appennino). I cerchi indicano eventi con $5.9 < M < 6.5$. (Marturano e Rinaldis, 1996, Marturano, 2002).

3 La rete geodetica

La rete GPS (Fig. 4), inserita nell'ambito del progetto INGV-ASI 2001-2003 "Le deformazioni cosismiche ed intersismiche nell'area del Matese utilizzando tecniche classiche e satellitari", comprende l'intero massiccio del Matese ed aree limitrofe ed è costituita da 38 vertici 3D, 18 dei quali di nuova installazione e 20 ripresi da diversi progetti svolti nell'area nel recente passato (Luongo, 1994; Achilli, 1999)

La scelta dei siti è stata effettuata su base morfologica e strutturale e considerando gli eventi sismici più significativi e gli sciami che hanno interessato l'area (Sannio-Matese 1997, Isernia 2001).

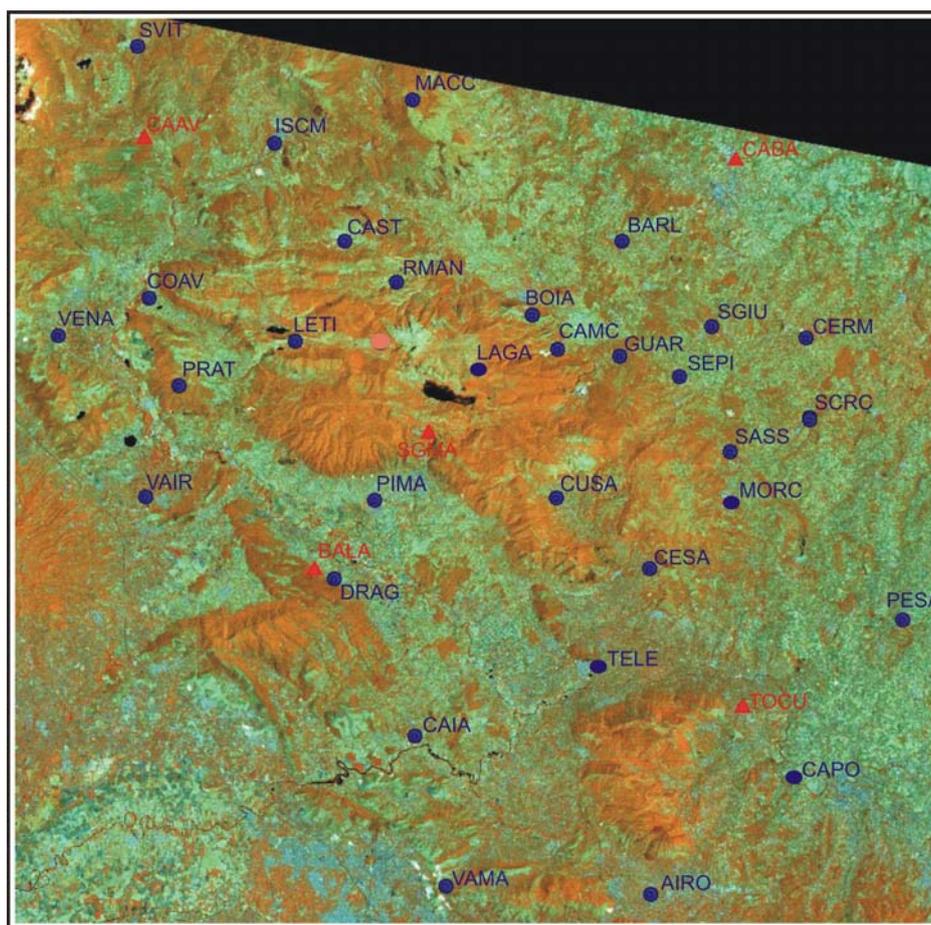


Fig. 4

Rete GPS dell'area Matese (Landsat 7, Laboratorio Geomatico e Cartografia INGV-OV)

Tutti i vertici sono stati installati su roccia in posto con autocentramento forzato 3D (Fig. 5) per garantire una buona ripetibilità delle misure e linee di base di circa 10 Km. La prima campagna di osservazioni sull'intera rete GPS è stata effettuata dal 2 al 11 luglio 2002 (Tab.1) ed è stata realizzata utilizzando 5 stazioni fisse: Baia e Latina (CE), Campobasso, Colli al Volturno (IS), S. Gregorio Matese (CE) e Torrecuso (BN) ed i dati di quattro stazioni IGS (CAGL, MATE, MEDI, NOT1) per poter inserire la rete nel sistema di riferimento ITRF2000, con un intervallo di acquisizione di 15".

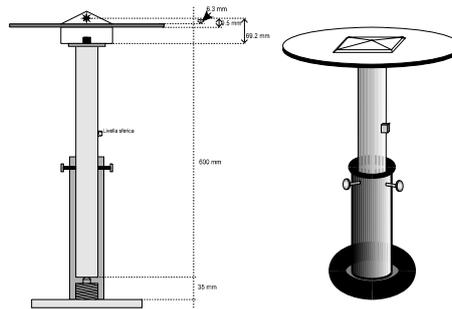


Fig. 5

Autocentramento forzato 3D utilizzato in campagna: nell'esempio sul supporto è montata un' antenna TRIMBLE (TRM22020.00+GP).

L'elaborazione dei dati di GPS è stata effettuata utilizzando la versione 4.2 del software di Bernese (Tab. 2) con la stima delle coordinate finali (Tab. 3).

LABEL	STATION	2002 GPS CAMPAIGN SCHEDULE											RECEVEIR	ANTENNA	
		DAY AND OBSERVATION WINDOW													
		02 jul	03 jul	04 jul	05 jul	06 jul	07 jul	08 jul	09 jul	10 jul	11 jul				
AIRO	Airola													LEICA SR399	LEI SR399 INT
BALA	Baia Latina													LEICA SR520	LEIAT502
BARL	Buranello													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
BOIA	Boiano													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
CAAV	Capriati al Volturno													TRIMBLE	TRM33429.00+GP
CAIA	Ciazzo													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
CABA	Campobasso													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
CAPO	Castel Poto													TRIMBLE	TRM33429.00+GP
CAST	Castel Pizzuto													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
CERM	Cerce Maggiore													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
CESA	Cerreto Sannita													LEICA SR399	LEI SR399 INT
COAV	Colli al Volturno													LEICA SR530	LEIAT502
CUSA	Cusano Mutri													TRIMBLE	TRM33429.00+GP
DRAG	Dragoni													LEICA SR520	LEIAT502
GUAR	Guardiaregia													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
ISCM	Isernia, Colle													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
LAGA	La Gallinola													TRIMBLE	TRM33429.00+GP
LETI	Letino													LEICA SR399	LEI SR399 INT
MACC	Macchia Godena													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
MORC	Marcone													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
PESA	Pescorossone													TRIMBLE	TRM33429.00+GP
PIMA	Piedimonte Matese													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
PRAT	Prate Silla													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
RISA	Riverno Sannitico													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
RMAN	Roccamandolfi													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
SASS	Sassano													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
SCON	Scandone													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
SCR1	Santa Croce del													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
SCR2	Santa Croce del													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
SEPI	Sepino													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
SGHU	San Giuliano del													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
SGMA	San Gregorio Matese													LEICA SR530	LEIAT502
SVIT	San Vittorino													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
TELE	Telesse Terme													LEICA SR520	LEIAT502
TOCU	Torrecozzo													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
VAIR	Vairano													TRIMBLE	TRM22020.00+GP
VAMA	Valk di Maddaloni													LEICA SR520	LEIAT502
VENA	Venafro													TRIMBLE	TRM22020.00+GP

Tab. 1

Esempio: Schema delle occupazioni sui singoli vertici durante la campagna GPS del 2002 con la lista dei punti stazione, la tipologia di ricevitore e la finestra di acquisizione.

GPS Data Processing	
Software	BERNESE v.4.2
Orbits and ERPs	IGS precise final orbits and consistent files ERPs from CODE
Antenna Phase Center	PHAS_IGS.01 and NGS calibration file
Reference Frame	ITRF2000 (epoch 2002.51)
Elevation cut-off angle	15 degrees with elevation dependent weighting (cosz)
Sampling rate	30 seconds
GPS observable	L3 ionosphere-free linear combination
Ambiguities	wide/narrow-lane observables method
Ionosphere	eliminated by using L3 combination (GIM from CODE during wide-lane ambiguities resolution)
Troposphere	TZD parameters estimated every 2h with "dry Niell" mapping function and without a priori model
Daily solution	coordinates, covariances and normal equations files
Network solution	adjustment of normal equations of the daily solutions with IGS stations heavily constrained to 0.1 mm to their ITRF2000 coordinates for the campaign epoch
RMS	to obtain more realistic rms values, the formal errors were scaled by the ratio of mean daily repeatabilities and a posteriori sigma of unit weight (the scaling factor is 9.4)

Tab. 2
Strategia utilizzata per il processamento dati GPS.

Station	X (m)	RMS (mm)	Y (m)	RMS (mm)	Z (m)	RMS (mm)
AIRO	4661371,8686	5,6	1213584,0800	1,9	4167292,1174	4,7
BALA	4651375,1201	3,8	1183304,7169	0,9	4186789,1798	2,8
BARL	4628826,7131	5,6	1202484,4455	1,9	4206873,2112	4,7
BOIA	4635221,6867	8,5	1196155,2478	2,8	4202131,6947	7,5
CAAV*	4640872,3983	15,0	1166791,3564	4,7	4203035,1213	13,2
CAIA	4657922,0943	4,7	1193307,1459	1,9	4176639,9364	3,8
CABA	4620720,6450	2,8	1209132,0987	0,9	4213889,9936	2,8
CAPO*	4655005,8227	17,9	1219615,8883	5,6	4172802,3558	16,0
CAST	4634708,2384	7,5	1181241,3375	2,8	4207065,1778	7,5
CERM	4630487,9476	5,6	1217992,9222	1,9	4201330,9214	5,6
CESA	4644971,3981	4,7	1209153,6716	1,9	4187207,7712	4,7
COAV	4632200,7252	3,8	1164635,1235	0,9	4213689,0183	2,8
CUSA	4643195,7690	3,8	1201007,5789	1,9	4191379,4791	3,8
DRAG	4651507,7241	8,5	1184900,9224	2,8	4186166,3705	7,5
GUAR	4634773,3448	9,4	1203961,9128	2,8	4200071,9618	8,5
ISCM	4627910,5530	8,5	1171614,9286	2,8	4216729,9734	7,5
LAGA	4638896,3078	5,6	1194023,2959	1,9	4199779,9011	5,6
LETI	4640821,5057	5,6	1178842,4693	1,9	4201055,5912	4,7
MACC	4628440,5168	7,5	1190633,9110	2,8	4211708,0260	6,6
MORC	4640611,5461	7,5	1209148,5417	1,9	4192899,2418	6,6
PESA	4642331,9886	9,4	1229277,0388	2,8	4184057,1633	8,5
PIMA	4646666,2765	4,7	1186981,7993	1,9	4190951,5409	4,7
PRAT	4645544,2784	7,5	1170604,4287	1,9	4197576,0954	6,6
RISA	4624327,3348	7,5	1165852,0607	2,8	4222781,7163	7,5
RMAN	4635712,2267	5,6	1185828,6707	1,9	4204544,2014	4,7
SASS	4637412,8674	7,5	1213764,0441	1,9	4194120,5612	6,6
SCON	4623529,2837	8,5	1155963,7232	2,8	4226532,7411	7,5
SCR1	4634264,6772	7,5	1219405,0342	1,9	4196334,9993	6,6

SCR2	4634221,3649	8,5	1219408,2219	2,8	4196386,4603	8,5
SEPI	4634585,5481	6,6	1208779,3294	1,9	4198696,4011	5,6
SGIU	4631969,2085	9,4	1208985,2900	2,8	4201732,6757	8,5
SGMA	4642827,4318	3,8	1190288,1682	0,9	4195399,3116	2,8
SVIT	4626662,7357	7,5	1164167,0478	2,8	4220714,1768	7,5
TELE	4650834,4046	4,7	1205099,0087	1,9	4181119,3498	3,8
TOCU	4650193,4133	3,8	1218229,4293	0,9	4178658,8105	2,8
VAIR	4649959,2728	6,6	1168049,3771	1,9	4192642,2668	5,6
VAMA*	4665062,0717	15,0	1197779,2813	4,7	4167666,6611	13,2
VENA	4644901,4726	8,5	1160545,7622	2,8	4200537,5510	7,5

* 1 giorno di osservazione.

Tab. 3

Coordinate geocentriche in ITRF2000 per le stazioni della rete Matese (scaling factor=9.4), relative alla campagna 2002. In rosso sono riportate le stazioni Fisse.

Nel 2004 si è proceduto ad una nuova misurazione dell'intera rete matesina, posizionando le stazioni con la stessa geometria (5 stazioni operanti per l'intera durata della campagna) adottata nella campagna 2002 ed intervallo di acquisizione a 15".

4 Monografie dei vertici

Ai fini del progetto sono state realizzate le schede monografiche delle stazioni e organizzate in un MS Access database in cui sono riportate le coordinate geografiche, una foto ordinaria ed una di dettaglio del sito, una descrizione particolareggiata delle indicazioni stradali e le modalità di accesso per ognuno dei luoghi dove sono ubicati i vertici GPS della rete.

Di seguito sono riportate le monografie (in formato pdf) dei vertici dell'intera rete Matese affinché possano costituire un valido patrimonio per l'esecuzione di future misure GPS finalizzate alla definizione del campo di stress agente in un'area ad elevato potenziale sismogenetico.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'amico Giulio D'Alessandro dipendente OV in pensione, per la sua esperta opera di realizzazione e materializzazione dei vertici 3D dell'intera rete GPS matesina. Senza il suo considerevole contributo il progetto non avrebbe avuto modo di avvalersi di una rete realizzata per durare nel tempo.

5 Bibliografia

- Achilli V., Al-Bayari O., Artese G., Borgstrom S., Del Gaudio C., Gandolfi S., Macchiavelli N., Ricco C., Sepe V., Tini M.A., Vettore A.. (1997): *The control GPS network in the volcanic area of the Island of Ischia (Italy) and RTK surveing application*. Reports on Geodesy (Janusz Sledzinski editor) : 55-65.
- Achilli V., (1999): *Studio delle deformazioni del suolo nell'area del Sannio tramite tecniche di misura integrate classiche e satellitari, dal Progetto n° 7*, M.U.R.S.T.
- Achilli V., Borgstrom S., Capone M., Del Gaudio C., De Martino P., Klees R., Ricco C., Sepe V., Usai S., Vettore A.. (1999): *Surveying Methodologies in the Phlegrean Volcanic District, Naples Italy*. ISPRS WG VI/3, Parma 15-19 Febbraio 1999.
- Boschi, E., Guidoboni, E., Ferrari, G., Mariotti, D., Valensise, G., Gasperini, P. (Eds) (2000): *Catalogue of Strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997 (CFTI3)*. Annali di Geofisica, 43(4), 843-868 and CD-ROM.
- Catenacci E., De Castro P., Sgrosso I. (1963): *Complessi-guida del Mesozoico calcareo-dolomitico nella zona orientale del massiccio del Matese*. Mem. Soc. Geol. It., 4, fasc. II, pp 837-852.
- Cubellis, E., Ereditato, D., Ferri, M., Luongo, G., Murino, P., Obrizzo, F., and Vetrella, S.(1995): *Geodinamica dell'Italia Meridionale e implicazioni nella tettonica del Matese*. Studi Geologici Camerti, Special Volume 1995/2, 167- 181.
- Dalla Via G., De Natale G., Troise C., Pingue F., Obrizzo F., Riva R. and Sabadini R. (2003): *First evidence of post-seismic deformation in the central Mediterranean: Crustal viscoelastic relaxation in the area of the 1980 Irpinia earthquake (Southern Italy)*. Geophys. J. Int., 154, F9-F14
- Dalla Via G., Sabadini R. De Natale G. and Pingue F. (2005): *Lithospheric rheology in southern Italy inferred from postseismic viscoelastic relaxation following the 1980 Irpinia earthquake*. J. Geophys. Res., 110, B06311, doi:10.1029/2004JB003539.
- Del Gaudio C., F. Pingue, I. Aquino, S.E.P. Borgstrom, G. Brandi, G. Cecere, P. De Martino, V. D'errico, M. Dolce, A. Iannella, A. La Rocca, S. Malaspina, F. Obrizzo, C. Ricco, G., Ricciardi, V. Sepe, C. Serio, V. Siniscalchi, U. Tamaro.(2004): *A GPS Network for monitoring Matese Chain (Campanian Apennine-ITALY)*. EGS 29th General Assembly, Nice, France, 25-30 April 2004, Geophysical Research Abstract, Vol. 6, 02341.
- Luongo G., (1994): *Predizione dei terremoti in aree tettoniche attive con l'uso di tecniche spaziali, 1995/97*, progetto n° 13del EEC.
- Luongo G., Obrizzo F., Hartl P., Thiel K.-H., Becker D., Reich M., Bles J.L., Sauret B., Murino P., Ferri M., Castellano L., Russo L., Fanelli A., Rufino G., Esposito S. (1996): *Earthquakes prediction in tectonic active areas using space techniques*. (EV5V-CT94-0461) In “ Seismic Risk in European Union”, Ghazi A. And Yeroyanni M. (EDS), European Commission, Vol. 1, 79-105, Brussels.

Marturano, A., and Rinaldis, V. (1996): *Seismic history and consistent seismicity: evidence from Southern Italy*. *Natural Hazard*, **14**, 11-21.

Marturano A. (Ed.) (2002): *Contributi per la storia dei terremoti nel Bacino del Mediterraneo*. Osservatorio Vesuviano-INGV, Ist. Italiano Studi Filosofici: Storia e Scienze della Terra. pp1-250, Salerno (Italy).

Milano G., Digiovanbattista R., Alessio G. (1999): *Earthquake swarms seismic sequence in the Southern Apennines chain (Italy): the 1997 in the Sannio-Matese mountains*. *Tectonophysics* 306 (1999) pag. 57-78.

Milano G., Digiovanbattista R., Ventura G. (2002): *Seismic evidence of longitudinal extension in the Southern Apennines chain (Italy: the 1997-1998 Sannio-Matese seismic sequence*. *AGeophys Res. Lett.*, 29, 20, 2004, 65, 65-1-65-4.

Milano G., Digiovanbattista R., Ventura G. (2005): *The 2001 seismic activity near Isernia (Italy): implications for the seismotectonics of the Central-Southern Apennines*. *Tectonophysics* 401 (2005), 167-178.

Oldow, J. S., B. D'Argenio, L. Ferranti, G. Pappone, E. Marsella, and M. Sacchi, (1993): *Large-scale longitudinal extension in the southern Apennines contractional belt, Italy*, *Geology*, 21, (1993) 1123–1126.

Patacca, E., Scandone, P., (1989). *Post-Tortonian mountain building in the Apennines. The role of the passive sinking of a relic lithospheric slab*. In: Boriani, A., Bonafede, M., Piccardo, 78, 57–78 G.P., Vai, G.B. (Eds.), *The Lithosphere in Italy*. Acc. Naz. Lincei, Roma. *Adv. Earth Sci. Res.*, pp. 157–176.

Pescatore T. (1965): *Ricerche geologiche sulla depressione Molisano-Sannitica*. *Atti Acc. Sc. Fis. Mat. Napoli*, s. 3, vol V, pp 101-145.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA - *Carta geologica d'Italia 1:100.000 F.161 Isernia F. 162 Campobasso*.

Sepe V., Obrizzo F., D'Alessandro A., Tammaro U., Antonecchia D., Brandi G., Dolce M., Iannella A. e Panichella C. (2002): *Rete GPS per il controllo delle deformazioni crostali regionali e locali nell'Appennino Centro-Meridionale (Area Sannio -Matese)*. XXI Convegno Nazionale GNGTS-CNR, 19-21 novembre 2002, Roma.