



ISSN 1590-2595

quaderni di geofisica

n. 54

LA RETE GEODETICA GPS DELL'APPENNINO CENTRALE CA-GeoNet

Marco Anzidei et alii

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

2008

Direttore

Enzo Boschi

Editorial Board

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Anna Grazia Chiodetti (AC)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Lucia Margheriti (CNT)

Simona Masina (BO)

Nicola Pagliuca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - coordinatore (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano (responsabile)

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

redazionecen@ingv.it

quaderni
di
geofisica



LA RETE GEODETICA GPS DELL'APPENNINO CENTRALE CA-GeoNet

Marco Anzidei¹, Paolo Baldi², Arianna Pesci³, Sergio Del Mese¹, Alessandra Esposito¹,
Alessandro Galvani¹, Fabiana Loddo³, Angelo Massucci¹, Paolo Cristoforetti¹

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

²Dipartimento di Fisica, Università di Bologna

³Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna

Indice

| | |
|---|----|
| Abstract | 7 |
| Riassunto | 7 |
| 1. Inquadramento geologico strutturale | 8 |
| 1.1 Settore umbro marchigiano | 9 |
| 1.2 Settore laziale abruzzese | 9 |
| 1.3 Avanfossa marchigiana | 9 |
| 2. Sismicità | 9 |
| 2.1 Sismicità storica | 11 |
| 3. Descrizione della rete geodetica | 12 |
| 4. Il GIS della CA-GeoNet (GeoNetGIS) | 16 |
| 5. Campagne GPS dal 1999 al 2003 | 16 |
| 6. Analisi dati GPS e campo di deformazione | 17 |
| 7. Discussione e conclusioni | 20 |
| Ringraziamenti | 21 |
| Bibliografia | 21 |
| Appendice 1 – Tabelle | 25 |
| Appendice 2 – Monografie | 41 |

Abstract

The rate of the current crustal deformation of active seismic regions, can be estimated through the measurement of tailor made GPS geodetic networks. Data can provide new estimations of the geodetic deformation both at regional and sub regional scale as well as of the single geological structures. Results are used for scientific and Civil Protection applications and for the modelling of the seismic source in case of significant earthquake occurrence. Since 1999 the Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), in the frame of the project *Application of space techniques for the estimation of the crustal deformation and the seismic risk of the central-southern Apennines*, funded by the Agenzia Spaziale Italiana (ASI), has planned, set up and repeatedly surveyed the Central Apennines Geodetic Network (CA-GeoNet). The goal is to have a useful tool for the estimation of the crustal deformation which occurs during the seismic cycle (pre, co and post seismic), in an area such as the central Apennines (Italy), which is subjected to active tectonics.

The Central Apennine Geodetic Network (CA-GeoNet), extends across Umbria, Abruzzo, Marche and Lazio regions, in an area of $\sim 180 \times 130$ km, from Tyrrhenian to the Adriatic coasts. It consists in 125 GPS stations distributed at 3-5 km average grid and includes 7 permanent GPS stations operated by the Italian Space Agency (ASI) and the Istituto Nazionale di Geofisica and Vulcanologia (INGV). With the aim to estimate the active strain rate across this part of the chain, the GPS sites have been located on the main geological units of the area and across the typical basin and range structures, related with the main seismogenic faults.

Here we show the network and the first results obtained for a subset of 23 stations that have been occupied at least during three repeated campaigns, in the time span 1999-2003. Data analysis, performed by Bernese 4.2 software, shows an extensional rate normal to the chain, in agreement with geological and seismic data. The strain rates in the inner chain are ranging from $12 \times 10^{-9} \pm 11 \text{yr}^{-1}$ to $16 \times 10^{-9} \pm 11 \text{yr}^{-1}$ and from $-14 \times 10^{-9} \pm 11 \text{yr}^{-1}$ to $-3 \times 10^{-9} \pm 11 \text{yr}^{-1}$. This result provides an improved estimation of the ongoing deformation of this area with respect to previous studies and is in agreement with the style of deformation inferred from seismicity and with the features of the main seismogenic sources from recent geological and seismological investigations.

Riassunto

L'utilizzo di reti geodetiche GPS distribuite sul territorio con un alta densità di stazioni di osservazione, costituisce un mezzo efficiente per la misura delle deformazioni crostali di aree tettoniche attive per scopi scientifici e di Protezione Civile. I dati provenienti da queste reti forniscono stime delle deformazioni geodetiche a scala sub-regionale e delle singole strutture geologiche, utilizzabili anche per la modellazione delle sorgenti sismogenetiche in caso di evento sismico. Dal 1999 l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), nell'ambito del progetto *Applicazione delle tecniche spaziali per la valutazione del campo di deformazione crostale e della pericolosità sismica dell'Appennino centro meridionale*, finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), ha progettato, realizzato e misurato la rete geodetica GPS denominata *Central Apennine Geodetic Network (CA-GeoNet)*. La finalità di questa rete è di disporre di uno strumento utile per la stima delle deformazioni che si verificano durante un ciclo sismico (pre, co e post cosismiche), per un area come l'Appennino centrale, caratterizzata da tettonica attiva.

La rete GPS è costituita da 131 stazioni, tutte inquadrare nello stesso sistema di riferimento, distribuite in un area di circa $130 \text{ Km} \times 180 \text{ Km}$, che si estende dall'Umbria all'Abruzzo meridionale e dal margine tirrenico a quello adriatico. In particolare 124 sono stazioni di tipo non permanente e 7 di tipo permanente. Di queste ultime, 4 sono afferenti alla rete dell'INGV e 3 alla rete dell'ASI. Le ubicazioni dei vertici della rete sono state individuate dopo un approfondito studio geologico dell'area, con particolare attenzione ai differenti domini tettonico-strutturali presenti. Per ottenere dati geodetici di elevata qualità, rappresentativi degli effettivi movimenti tettonici dell'area, la monumentazione dei siti è stata effettuata prevalentemente su affioramenti rocciosi, sui quali sono stati ancorati i vertici geodetici del tipo 3-D. Questi ultimi consentono le migliori accuratèzze ottenibili nella installazione delle antenne GPS durante le periodiche campagne di misura.

In questo lavoro viene descritta la rete CA-GeoNet, completa delle schede monografiche delle stazioni, evidenziando i rapporti con le strutture geologiche, strutturali e sismogenetiche presenti nell'area in studio. Vengono anche mostrati e discussi i risultati relativi alle prime campagne di misura effettuate nel periodo 1999-2003, analizzati mediante il software Bernese v.4.2. L'analisi del campo di deformazione ha

fornito valori che variano da $12 \times 10^{-9} \pm 11 \text{yr}^{-1}$ a $16 \times 10^{-9} \pm 11 \text{yr}^{-1}$ e da $-14 \times 10^{-9} \pm 11 \text{yr}^{-1}$ a $-3 \times 10^{-9} \pm 11 \text{yr}^{-1}$, rispettivamente con direzione normale e parallela alla catena, indicando che l'area è sottoposta ad una deformazione attiva caratterizzata da una estensione NE-SW.

1. Inquadramento geologico strutturale

L'attuale struttura della catena Appenninica è il risultato di un processo iniziato alla fine del Mesozoico e tuttora in atto che ha portato allo sviluppo di un sistema dinamico catena-avanfossa-avampaese, caratterizzato dalla sovrapposizione di differenti domini paleogeografici meso-cenozoici [Parotto e Praturlon, 1975] e dalla formazione di imponenti depositi sinorogenici neogenici che scandiscono la migrazione del sistema orogenico verso NE [Bigi et al., 1990; Calamita et al., 1999] (Fig.1). In particolare, per quanto riguarda l'Appennino centrale, sono state individuate diverse fasi tettoniche a partire dal Miocene. Le unità del dominio umbro - marchigiano sono piegate ed accavallate su quelle del dominio di

piattaforma carbonatica laziale-abruzzese. Queste a loro volta sono sovrapposte a quelle marchigiane-abruzzesi, costituendo nell'insieme un complesso edificio a *thrust* definito da una direzione strutturale prevalente NW-SE e da importanti sistemi con direzione N-S a carattere trascorrente destro e WNW-ESE con carattere trascorrente sinistro [Alfonsi et al., 1991; Montone e Salvini, 1993; Mattei et al. 1995]. Questi *trend* strutturali sono in accordo con i dati geofisici, in particolare sismologici e paleomagnetici emersi dagli studi di differenti settori della catena appenninica [Speranza et al., 1997; Mattei et al., 1995].

Dal Pliocene superiore - Pleistocene inferiore la catena Appenninica è stata sottoposta ad una fase tettonica estensionale che ha determinato la formazione di faglie normali con direzione NW-SE e la riattivazione, con caratteri normali o transtensivi, di antiche discontinuità mio-pleioceniche [Bigi et al., 1995; Calamita et al., 1999]. L'insieme di queste faglie normali Plio-Quaternarie è responsabile della formazione delle numerose piane intramontane caratterizzate anche da notevoli spessori di sedimenti continentali. Queste aree rivestono una notevole

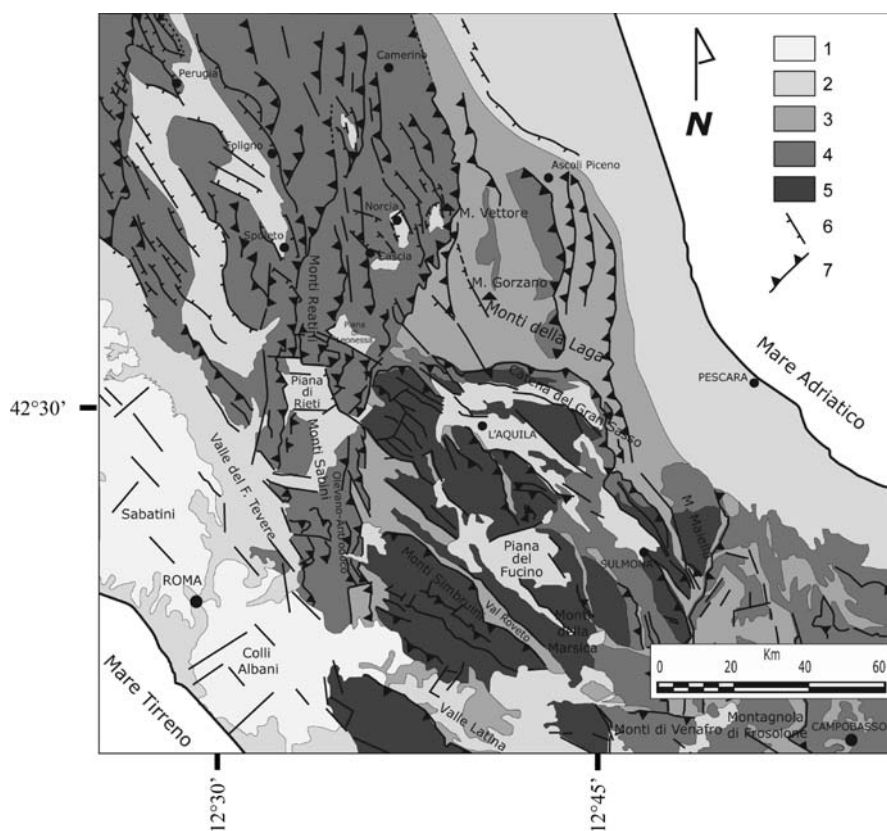


Figura 1 Schema geologico strutturale dell'Appennino centrale. Modificato da [Mazzoli et al., 1997; Cello et al. 1997].

Figure 1 Geological and structural Sketch of the Central Apennines. Modified from [Cello et al., 1997; Mazzoli et al., 1997].

importanza nello studio della tettonica quaternaria poiché i principali terremoti e indizi di tettonica attuale sono stati individuati in corrispondenza di queste zone [Basili et al., 1997, 1999; Blumetti et al., 1993, 1996; Bosi et al., 1975; Lavecchia et al., 1994; Cello et al., 1997; Calamita et al., 1999; Barchi et al., 2000; Galadini e Galli, 2000; Galadini e Messina, 1993; Pantosti et al., 1996; Valensise e Pantosti, 2001].

1.1. Settore umbro marchigiano

La successione sedimentaria meso-cenozoica affiorante nell'Appennino umbro-marchigiano è costituita da litotipi calcareo-silico-marnosi in facies di bacino pelagico. A questi si intercalano, nell'area umbro-sabina, apporti detritici carbonatici in volumi di entità variabile, provenienti dalla piattaforma carbonatica laziale-abruzzese.

L'assetto strutturale di questa porzione dell'Appennino centrale è caratterizzato da pieghe parallele e sovrascorrimenti neogenici con vergenza nord orientale. L'asse delle strutture appenniniche ha direzione da NW-SE nel settore più settentrionale e NNE-SSW in quello meridionale, avvicinandosi all'Appennino laziale abruzzese. Le faglie quaternarie, organizzate in "fasci" individuano blocchi ribassati verso SW [Calamita et al., 1999]. In particolare lungo l'allineamento San Sepolcro-Gubbio-M.Vettore-L'Aquila si sviluppa un complesso sistema di faglie associate a piccole depressioni poligonali con sedimentazione continentale [Lavecchia et al., 1994]. Le strutture tettoniche quaternarie così individuate sono, procedendo da NNW verso SSE, le seguenti: (Fig.2) [Calamita et al., 1994]: Colfiorito, che include i bacini di Colfiorito e Sellano, Norcia, Cascia, Casteluccio-M. Vettore, Leonessa e Rieti [Barchi et al., 2000, Cello et al., 1997].

1.2 Settore laziale abruzzese

L'Appennino Centrale laziale-abruzzese è costituito da potenti successioni meso-cenozoiche quasi esclusivamente carbonatiche sia in facies di piattaforma che di transizione, sovrascorse lungo piani orientati NW-SE [Accordi e Carbone, 1988] ed E-W, con direzione di trasporto verso NE e verso Nord sulle unità torbiditiche silicoclastiche [Ghisetti e Vezzani, 1990]. La fase tettonica quaternaria ha generato anche in questo settore strutture estensionali che tagliano o si raccordano ai preesistenti piani di accavallamento, con rigetti riconducibili a componenti normali e trascorrenti [Ghisetti e Vezzani, 1996].

Le strutture tettoniche quaternarie consi-

derate attive [Barchi et al., 2000; Valensise e Pantosti, 2001; Galadini e Galli, 2000, Piccardi et al., 1999], procedendo da nord verso sud sono le seguenti: Alta Valle del Fiume Aterno (che include la Conca L'Aquila-Scoppito e Capitignano - Monterale), Campo Felice-Ovindoli Pezza (piano di Campo Felice, piano di Pezza, piana di Campoli), Campo Imperatore-Assergi, Media Valle dell'Aterno (Fossa-San Demetrio, Conca di Navelli, Conca Subequana, Conca del Tirino), Valle del Salto (piana di Corvaro), Fucino, Aremogna-Cinquemiglia-Pizzalto, Vallelonga, Tagliacozzo-Val Roveto.

1.3 Avanfossa marchigiana

Il settore esterno della catena appenninica, definito come zona di "avanfossa", è rappresentato dalla porzione meridionale dei Monti della Laga, compresa tra il fronte compressivo dei Monti Sibillini, ad Ovest, e la catena del Gran Sasso a Sud [Lavecchia et al., 1994]. Vi affiorano unità torbiditiche silicoclastiche messiniane riconducibili alle unità tettoniche del Gran Sasso-Cittareale-Accumoli e Acquasanta-Montagna dei Fiori-Montagnone [Bigi et al., 1990]. L'assetto geologico-strutturale relativo alla tettonica quaternaria evidenzia la presenza di un sistema di faglie ad alto angolo con direzione media NW-SE, parallele tra loro, che determinano un assetto a gradini ribassati verso SW. La struttura tettonica Laga-Campotosto-Gorzano [Barchi et al., 2000; Valensise e Pantosti, 2001; Galadini e Galli, 2000] individua ed include le Conche quaternarie di Amatrice e Campotosto.

2. Sismicità

La distribuzione spaziale dei terremoti crostali e sub-crostaali nell'Appennino centrale individua tre fasce sismogenetiche principali ad andamento appenninico [Amato e Selvaggi, 1992]. La prima, posta lungo il margine tirrenico, mostra terremoti superficiali (<7 km); la seconda, corrispondente alla catena, è caratterizzata dalla massima sismicità, movimenti di tipo estensivo ed ipocentri compresi tra 5 e 15 km di profondità, la terza fascia, che borda la regione adriatica è la meno attiva e mostra meccanismi focali compressivi e trascorrenti.

Il maggiore rilascio di energia sismica si concentra nella fascia centrale, caratterizzata da andamento NNW-SSE e larghezza compresa tra 50 e 60 km. Sebbene la sismicità dell'area sia generalmente compresa entro i primi 15 km di profondità, il settore umbro-marchigiano, posto

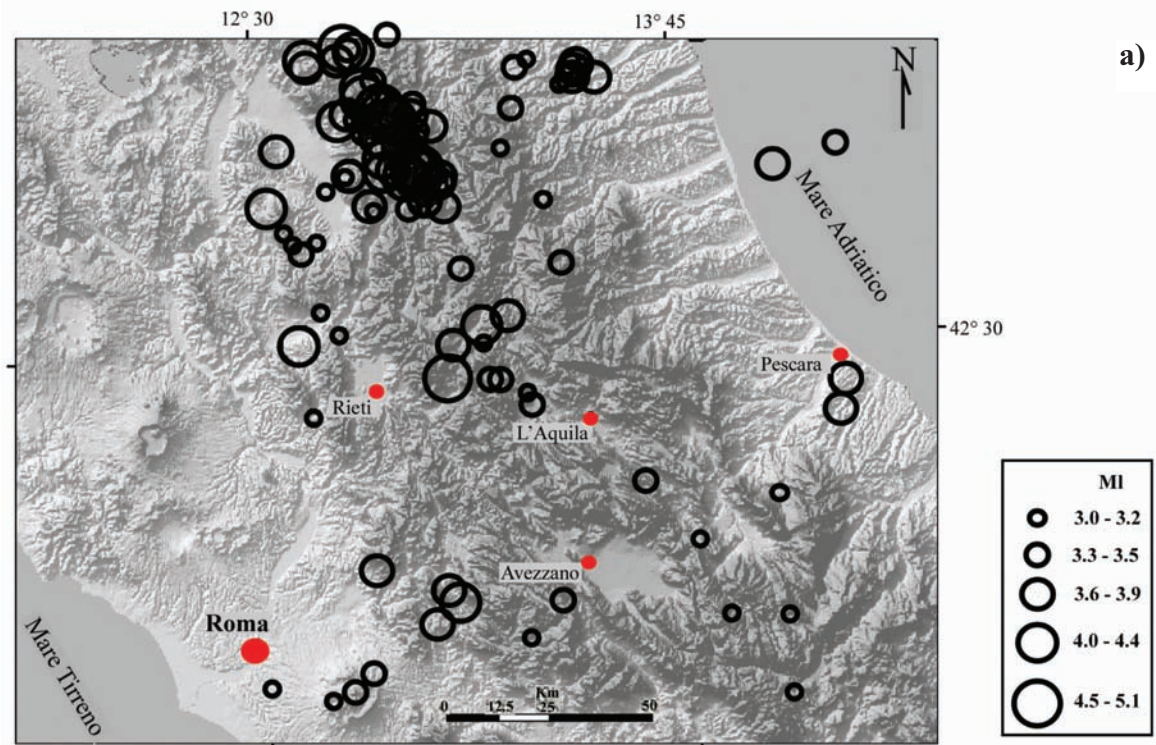


Figura 2a Sismicità strumentale nel periodo 1986-2003 (Magnitudo MI>3.0 dal Bollettino Sismico dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Figure 2a Instrumental seismicity during the time span 1986-2003 (Magnitude MI>3.0 from the INGV seismic Bulletin).

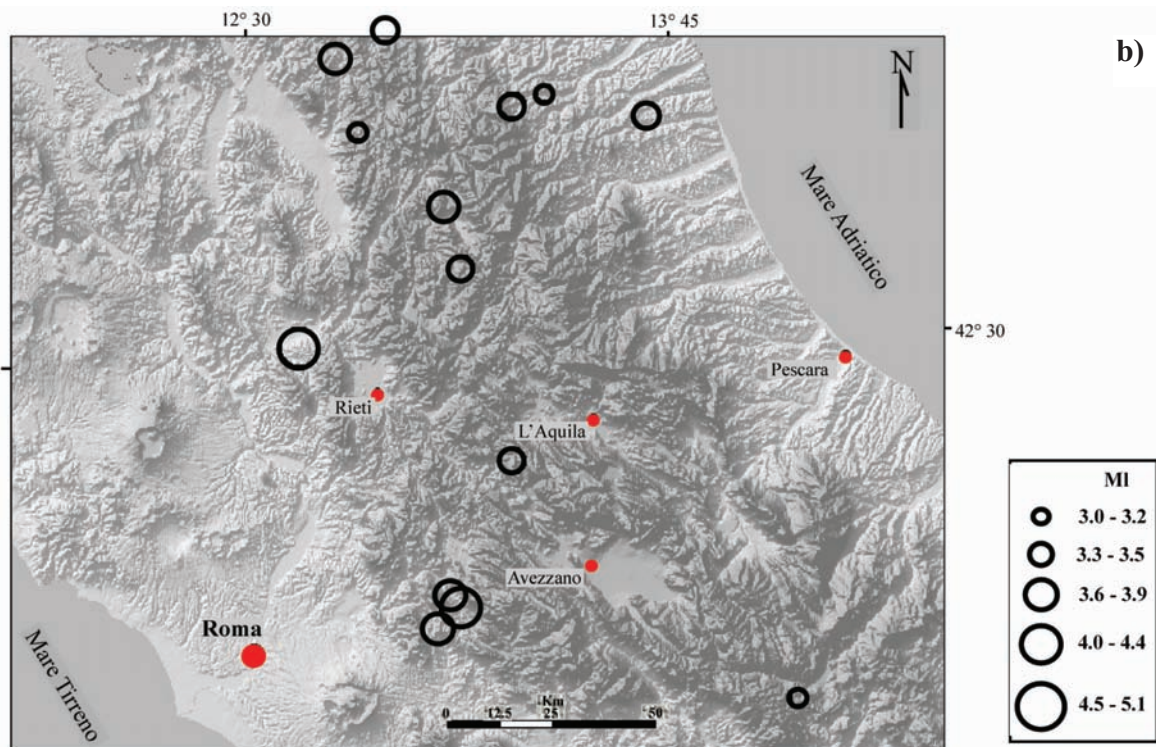


Figure 2b Sismicità strumentale nel periodo 1999-2003 (Magnitudo MI>3.0 dal Bollettino Sismico dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Figure 2b Instrumental seismicity during the time span 1999-2003 (Magnitude MI>3.0 from the INGV seismic Bulletin).

al margine settentrionale dell'area in studio, mostra terremoti con ipocentri fino a 90 km. Questi eventi sub-crostaletti rappresentano un'ulteriore conferma sull'ipotesi della subduzione della litosfera adriatica al di sotto dell'Italia peninsulare, come anche evidenziato da studi di tomografia sismica. Tuttavia la loro assenza nell'Appennino centrale non consente di estrapolare questa ipotesi all'intera catena [Amato et al., 1993; Spakman, 1990].

La sismicità nel periodo 1986-2002 (Fig.2a,b), si concentra lungo un'ampia fascia ad andamento NW-SE, in corrispondenza dell'Appennino centrale. È interessante come questa segua un importante lineamento strutturale, noto in letteratura come "linea di Olevano-Antrodoco" [Salvini & Vittori, 1982]. Questo elemento definisce i limiti tra le strutture tettoniche regionali dell'arco umbro-marchigiano-sabino a ovest e del Gran Sasso, a est (Fig.1).

Le soluzioni dei meccanismi focali dei maggiori terremoti del periodo 1939-1980 [Gasparini et al., 1985] e le recenti sequenze sismiche di Norcia 1979 [Deschamps et al., 1984], del Lazio-Abruzzo 1984 [Westaway et al., 1989] e di Colfiorito 1997 [Amato et al., 1998], mettono in evidenza l'esistenza di un'attività tettonica di tipo estensivo. Questo tipo di regime è anche osservabile dalle soluzioni focali di piccoli eventi che, nonostante la loro eterogeneità, presentano assi T generalmente orientati in direzione antiappenninica [Frepoli & Amato, 1997; Montone et al., 1997].

In figura 2b è riportata la sismicità strumentale avvenuta nel periodo 1999-2003. Questa è stata caratterizzata da pochi eventi di bassa energia, avvenuti in parte all'esterno dell'area compresa dalla rete CA-GeoNet.

2.1 Sismicità storica

La sismicità dell'Appennino centrale è nota sin dall'epoca romana e le cronache riportano spesso notizie di eventi sismici risentiti a Roma e frequentemente interpretati come eventi locali. L'analisi della sismicità storica all'interno dell'area in esame (Fig.3) mostra intensità massime dell'XI grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS), equivalenti a magnitudo macrosismiche fino a 7.1 [Postpischil, 1985; Westaway, 1992, Boschi et al.,1999]. Si deve tuttavia tenere presente che i cataloghi sismici possono considerarsi completi per intensità superiore al VII-VIII grado MCS solo a partire dalla seconda metà del XVII secolo mentre, per i terremoti più antichi, non forniscono una rappresentazione esaustiva della sismicità [Boschi et al., 1995, Boschi et al.,1999].

Westaway [1992], confrontando il tasso di momento sismico dei terremoti storici dell'Appennino prima e dopo l'anno 1650, osserva che prima di questa data il valore è inferiore a quello calcolato per il periodo successivo, il che è indicativo della probabile mancanza di alcuni terremoti forti prima del 1650. A questo proposito diviene importante ricordare gli eventi sismici avvenuti prima dell'anno 1000 [Boschi et al, 1995], sebbene questi siano ancora oggi di incerta localizzazione ed intensità. Nella Tabella 1, riportata in appendice, sono elencati gli eventi sismici più rilevanti che hanno interessato l'area in studio dal 174 a.C. al presente.

L'importante sequenza sismica del 1703, che è ancora dibattuta nella sua evoluzione spaziale e temporale, causò distruzioni rilevanti in una vasta area di catena compresa tra Norcia e L'Aquila e fu caratterizzata da una migrazione verso sud dei principali eventi [Boschi et al., 1995; Boschi et al., 1999]. Questa comprende tre terremoti principali: il primo si verificò il 14 gennaio nel settore nord dell'area (tra Norcia, Cascia ed Amatrice), con una intensità massima del XI grado MCS; il secondo, del 16 gennaio, ebbe una intensità massima del VIII grado MCS con epicentro a sud del precedente (Roio di Piano, presso L'Aquila); il terzo evento, localizzato poco a NW di L'Aquila, avvenne il 2 febbraio ed ebbe una intensità massima del X grado MCS [Boschi et al., 1995]. La stessa area colpita dall'evento del 14 Gennaio 1703 venne nuovamente interessata da un terremoto di intensità IX grado MCS nel 1730. Dalla figura 3 si può osservare come le aree epicentrali dei forti terremoti storici tendano a concentrarsi lungo la porzione topograficamente più elevata della catena in coincidenza con la fascia di maggiore sismicità di fondo.

Dopo questi eventi, le aree del Reatino e dell'Aquilano non sono state più interessate da terremoti rilevanti nel periodo 1786 - 1898 (Tabella 1). È solo nel 1915 che la Marsica e la Piana del Fucino vennero colpite da un forte terremoto di intensità dell'XI grado MCS, localizzato a sud-est rispetto all'evento del 1904, presso la città di Avezzano. In epoca più recente, gli ultimi eventi rilevanti avvenuti nell'area in esame sono quello del 1961 nella Valle del Velino (VIII grado MCS) ed il terremoto di Norcia del 1979. Quest'ultimo, di magnitudo $M_s = 5.9$ ed intensità massima dell'VIII-IX grado MCS, fu caratterizzato da una profondità ipocentrale di 6-8 km [Deschamps et al., 1984], colpendo una piccola area a sud di Norcia.

Da una osservazione generale sulla distri-

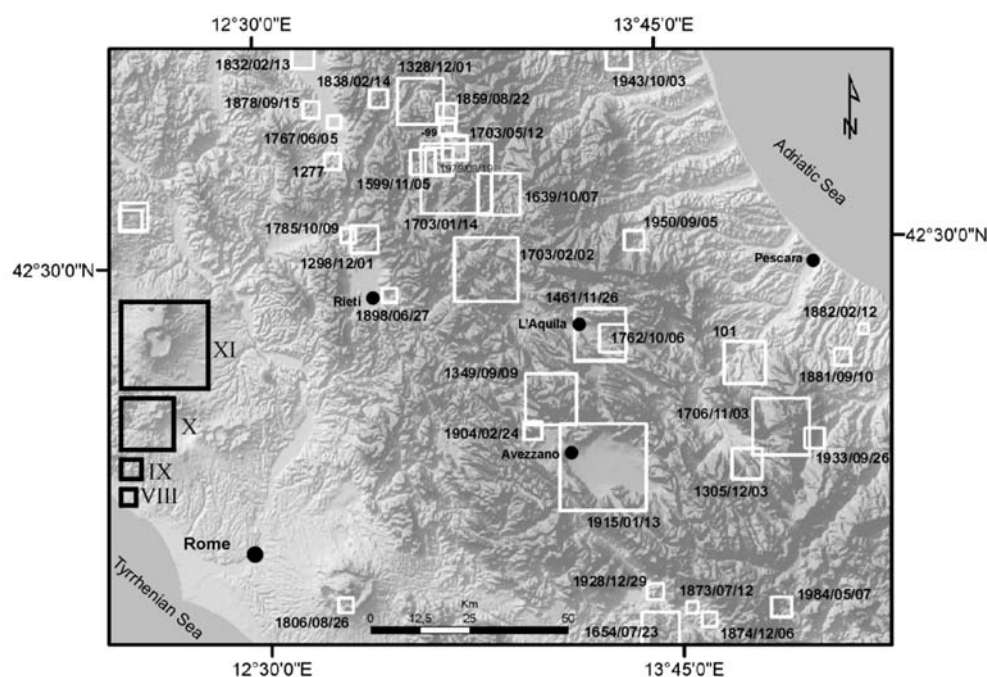


Figura 3 Sismicità storica dell'Appennino centrale dal 179 a.C. al 1979 per Intensità > VIII MCS o Magnitudo macrosismica > 5.1 [da Boschi et al., 1995; Boschi et al., 1999]. I quadrati bianchi sono gli epicentri macrosismici. I quadrati neri a sinistra in figura indicano la scala di intensità.

Figure 3 Historical seismicity (white squares) of the central Apennines from 179 b.c. to 1979 and \geq VIII MCS [from Boschi et al., 1995, 1998, 1999]. Scale at the left side of the figure.

buzione dei forti terremoti storici si deduce che l'area reatina, pur evidenziando alcuni eventi di intensità medio-alta, sembra essere soggetta ad un'attività minore rispetto a quella di altre aree dell'Appennino centrale, come la piana dell'Aquila e la Piana del Fucino. Ciò può derivare dalla incompletezza dei cataloghi sismici (carenza di informazioni storiche), oppure da eventi che abbiano periodi di ritorno più lunghi del periodo di osservazione contenuto nel catalogo.

3. Descrizione della rete geodetica

Questa porzione dell'Appennino centrale, ben studiata dal punto di vista geologico, strutturale e sismologico, non era stata però sino ad ora oggetto di studi geodetici di dettaglio mediante dense reti GPS appositamente realizzate per scopi geofisici.

La rete geodetica GPS nazionale, realizzata dall'Istituto Geografico Militare nell'ambito del progetto IGM95 [Surace, 1993; 1997], è stata in passato preziosa per studiare le deformazioni cosismiche dei terremoti di Colfiorito del 1997 [Hustad et al., 1998; Anzidei et al., 1999; Stramondo et al., 1999; Salvi et al., 2000]

o per fornire primi dati sull'andamento delle deformazioni della catena appenninica [D'Agostino et al., 2001], non è ritenuta sufficiente per essere utilizzata efficacemente in applicazioni geofisiche, essendo stata progettata per finalità topografiche e cartografiche. La rete GPS CA-GeoNet, si propone quindi di assolvere ai requisiti richiesti per lo studio delle deformazioni crostali regionali e cosismiche di questa specifica area mediante una omogenea distribuzione dei vertici con maglia <5 km. Questa necessità è stata messa in chiara evidenza in occasione del terremoto di Sellano del 14 ottobre 1997 e, più recentemente, anche nel caso dei terremoti del Molise dell'ottobre-novembre 2002 [Giuliani et al., 2003]. Per questi motivi, tra il 1999 e il 2001 è stata realizzata la CA-GeoNet che consiste di 124 stazioni non permanenti e di 7 permanenti. Di queste ultime, 4 sono afferenti alla rete dell'INGV (INGP, VVLO, RSTO, INGR) e 3 alla rete dell'ASI (CAME, PERU e AQU), per un totale di 131 stazioni distribuite in un'area che si estende tra Umbria, Marche, Lazio ed Abruzzo (Fig.4).

Le stazioni non permanenti di SFRA, ROIO, STAB, ARAG, SCIN e ROFA sono afferenti alla Rete Geodimetrica locale dell'Aquilano del Servizio Sismico Nazionale

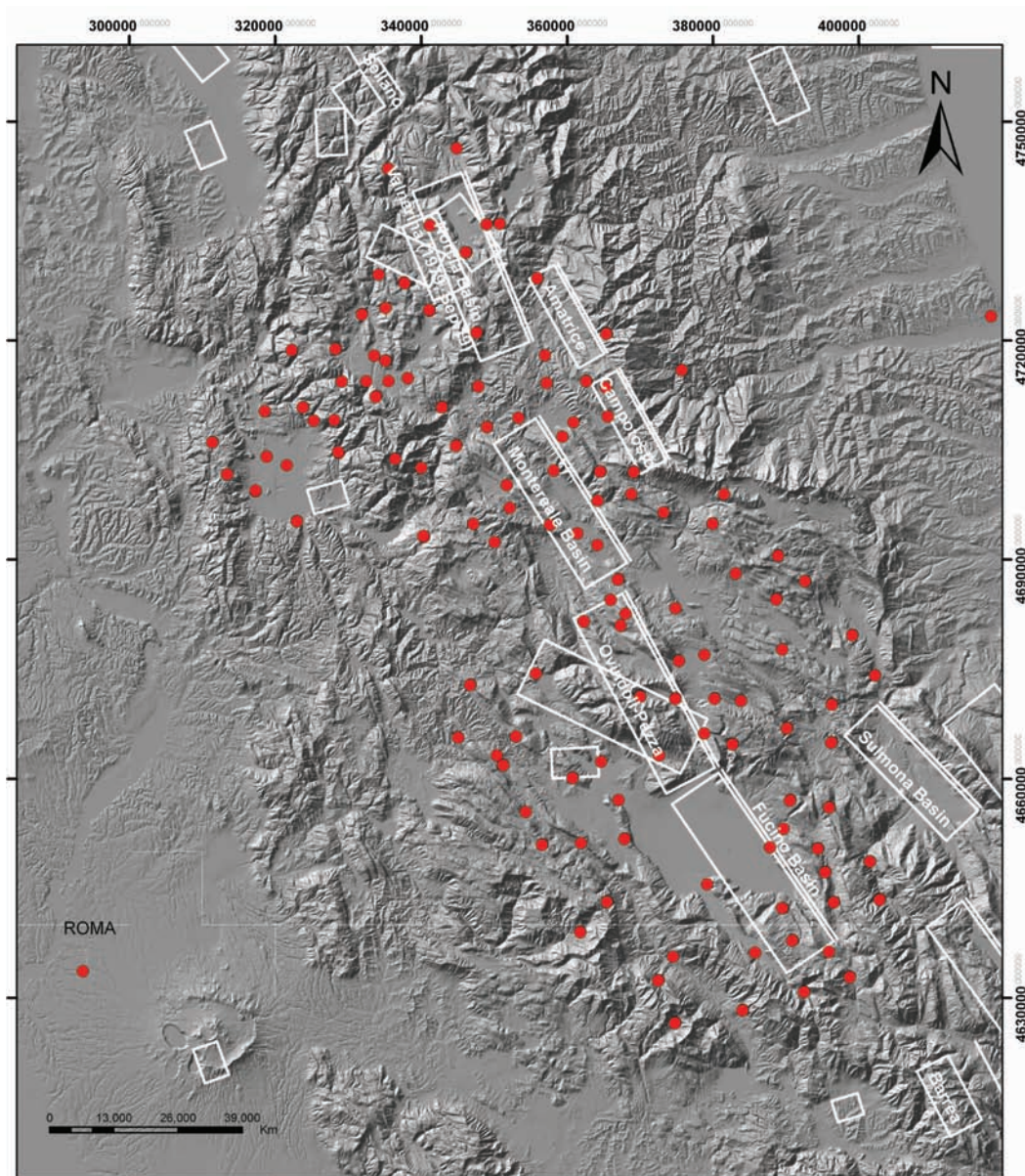


Figura 4 Distribuzione delle stazioni GPS in rapporto alle sorgenti sismogenetiche riportate in DISS [Valensise e Pantosti, 2001].

Figure 4 Distribution of the GPS stations with respect to the seismogenic sources reported in DISS [Valensise and Pantosti, 2001].

[Anzidei et al., 1990]. Le stazioni sono state distribuite dal margine tirrenico a quello adriatico della penisola, definendo nel complesso un'area di circa 130Km x 180 Km. In particolare, le stazioni permanenti INGR, VVLO, RSTO e AQU1, sono collocate lungo un profilo orientato circa est-ovest attraverso la catena appenninica.

Le stazioni GPS non permanenti sono distribuite secondo una maglia con passo medio di 3-5 Km in corrispondenza delle principali aree sismogenetiche che hanno influenzato l'evoluzione morfologica e strutturale di questo

settore della catena (Fig.4). Le stazioni sono state ubicate prevalentemente in corrispondenza delle strutture quaternarie riconosciute attive [Barchi et al., 2000, Galadini e Galli, 2000; Valensise e Pantosti, 2001], le quali separano o suddividono le unità strutturali meso-cenozoiche dell'Appennino Centrale. Ogni area individuata è formata da un sistema tettonico e sismologico complesso costituito da piani di faglia, bacini intramontani ed aree sismogenetiche (Fig.5; Tab.2 in Appendice).

La realizzazione delle stazioni GPS è

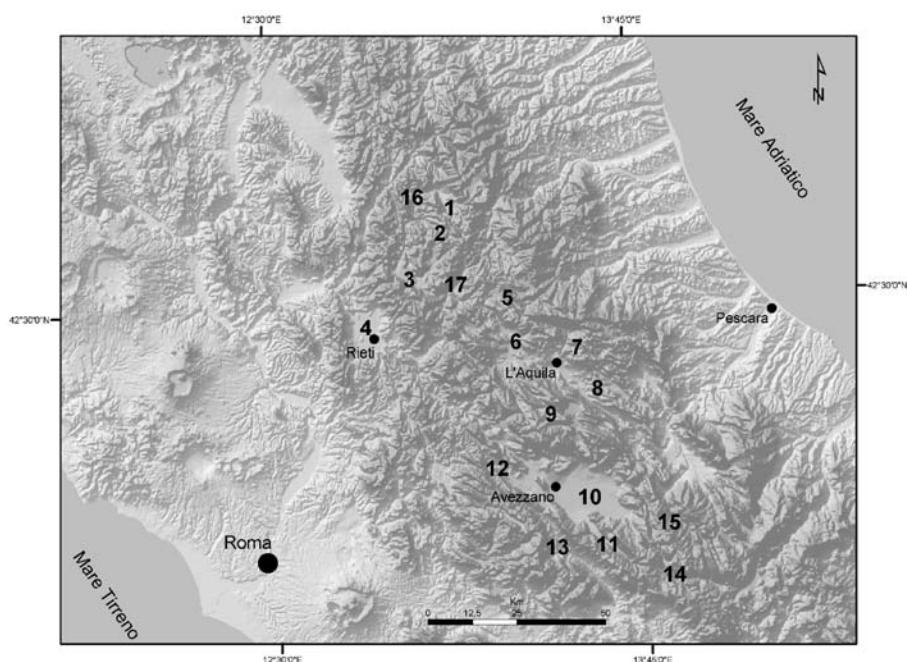


Figura 5 Distribuzione delle principali strutture intramontane di interesse sismico e tettonico monitorate dalla rete GPS nell'area in studio: 1) Norcia, 2) Cascia 3) Leonessa 4) Rieti 5) Laga–Campotosto–Gorzano 6) alta Valle dell'Aterno 7) Campo Imperatore-Assergi, 8) media Valle dell'Aterno 9) Campo Felice–Ovindoli–Pezza 10) Fucino 11) Vallelonga 12) Valle del Salto–Corvaro–Val di Varri 13) Tagliacozzo–Val Roveto 14) Monte Marsicano-Valle del Sangro–Barrea 15) Valle del Sagittario 16) Valnerina 17) Gole del Velino. In tabella 2 dell'appendice è riportata la distribuzione delle stazioni GPS rispetto alle aree indicate in figura.

Figure 5 Spatial distribution of the main intermontane structures of seismic and tectonic interest, which are monitored by the GPS network: 1) Norcia, 2) Cascia 3) Leonessa 4) Rieti 5) Laga–Campotosto–Gorzano 6) upper Valle dell'Aterno 7) Campo Imperatore-Assergi, 8) middle Valle dell'Aterno 9) Campo Felice–Ovindoli–Pezza 10) Fucino 11) Vallelonga 12) Valle del Salto–Corvaro–Val di Varri 13) Tagliacozzo–Val Roveto 14) Monte Marsicano-Valle del Sangro–Barrea 15) Valle del Sagittario 16) Valnerina 17) Gole del Velino. In Table 2 of the appendix, are reported the distribution of the GPS stations with respect to the areas shown in the figure.



Figura 6 a) La stazione non permanente di Rendinara (REND); **b)** La stazione permanente di Roseto degli Abruzzi (RSTO).

Figure 6 a) The not permanent station of Rendinara (REND); **b)** The continuous monitoring station of Roseto degli Abruzzi (RSTO).

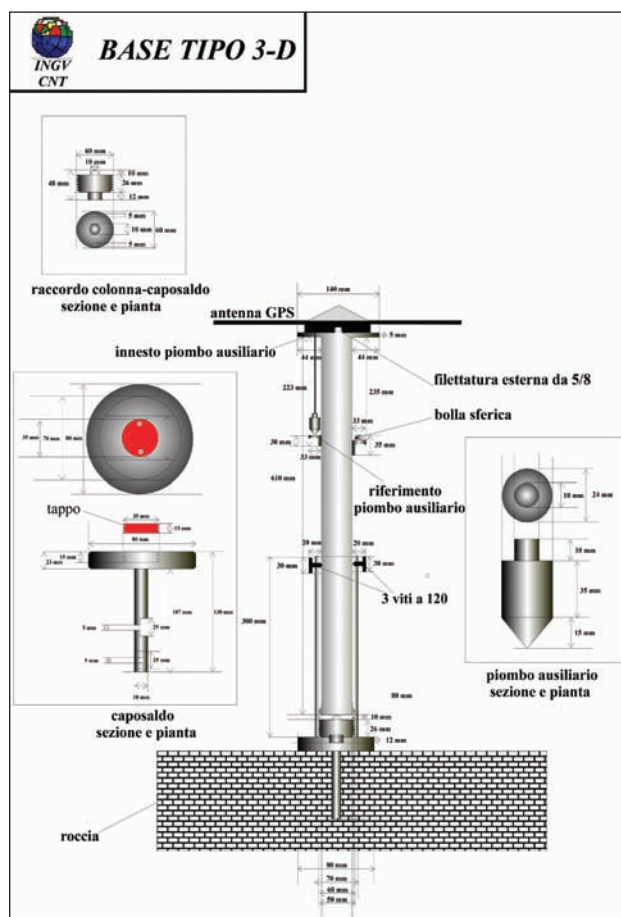


Figura 7 Schema costruttivo dell'autocentramento tipo INGV/A (vers.1.0) per stazioni non permanenti. La realizzazione è in acciaio inossidabile con coefficiente di dilatazione termica trascurabile. L'antenna viene avvitata sulla flangia superiore del sostegno, orientabile e verificabile mediante bolla sferica. Il supporto removibile viene avvitato al caposaldo solidale con il suolo (bedrock o manufatto in cemento armato). Tale tipo di monumento consente la sostituzione delle antenne in caso di guasto o aggiornamento della strumentazione, senza perdere la ripetibilità del dato. L'altezza è fissa e il datum verticale e orizzontale sono costanti [Anzidei ed Esposito, 2003].

Figure 7 Plan of the 3-D GPS monument INGV/A type (vers. 1.0) for not permanent stations. It is made of stainless steel with negligible value of thermal expansion coefficient. The GPS antenna is screwed on the top of the column. The latter can be oriented and its horizontal position can be adjusted through three screws at 120° and a spherical bubble. The monument is removable and during surveys is screwed at the benchmark, which is fixed in the bedrock. Such kind of monument allows to remove the GPS antenna in case of failure or instrumental upgrading, without losing the repeatability of the datum. Instrumental elevation above the benchmark, as well as the horizontal and vertical datum, are constant. [Anzidei ed Esposito, 2003].

stata effettuata in prevalenza direttamente su affioramenti rocciosi, impiegando monumenti tipo 3-D versione A, realizzati dall'INGV [Anzidei ed Esposito, 2003] (Fig.5a). Questo tipo di monumentazione permette di ottenere le migliori accuratèzze per la collocazione delle antenne durante le campagne di misura e di ridurre i *bias* dovuti a errori casuali. Ciò è particolarmente importante dati i bassi tassi di deformazione dell'area italiana. Per le stazioni afferenti alla Rete Geodimetrica dell'aquilano del Servizio Sismico Nazionale sono stati adottati invece sistemi ad autocentramento per la collocazione delle antenne [Anzidei et al., 1995].

L'installazione dei vertici della rete è stata eseguita mediante perforazione della roccia con trapano/scalpello meccanico, alimentato da un generatore di corrente trasportabile. I caposaldi sono stati quindi fissati utilizzando resine epossidiche a due componenti, caratterizzate da elevata resistenza meccanica anche dovute alle variazioni termiche indotte dagli agenti atmosferici. Ogni caposaldo è stato installato con il piano di paragone orizzontale utilizzando sia livelle a bolla sferica che toroidali, in modo che il monumento 3-D rimovibile, di altezza fissa, che sostiene l'antenna GPS,

risultati verticale dopo la sua collocazione durante ogni rilievo. La verticalità dell'antenna viene guidata da una coppia di bolle sferiche e dalla regolazione di tre viti disposte orizzontalmente ogni 120° intorno al monumento. Di conseguenza viene rispettata la corretta collocazione dell'antenna GPS che si verrà a trovare con il centro di fase (riferimento rispetto al quale vengono calcolate le coordinate e le loro differenze nel tempo) sulla verticale del centro del caposaldo solidale con il suolo (Fig.6 e 7). Al fine di evitare il più possibile la eventualità di atti vandalici e per poter lasciare incustodita la strumentazione, anche per più giorni durante le campagne di misura, le stazioni sono state collocate in punti poco accessibili di aree demaniali. Per una completa descrizione della rete e per facilitare gli operatori nel raggiungimento dei siti, sono state realizzate delle schede monografiche dettagliate per ciascuna stazione (vedi appendice).

Per quanto riguarda la realizzazione delle stazioni permanenti sono stati realizzati pilastri in cemento armato posti su roccia, dotati di supporto 3-D versione B [Anzidei et al.,2003] (Fig.6b).

4. Il GIS della CA-GeoNet (GeoNetGIS)

Per la CA-GeoNet è stato appositamente sviluppato un sistema geografico informatizzato (GIS), basato sul *software* ArcGIS 8.3 di ESRI.

L'utilizzo di un GIS progettato per le reti geodetiche GPS (Geodetic Network GIS, GeoNetGIS), consente la visualizzazione, la gestione e il confronto quantitativo dei dati GPS, in relazione ai *dataset* geologici, strutturali, sismologici e geodetici realizzati per questa ricerca o acquisiti dalle differenti fonti bibliografiche [Cristofolletti et al., 2002; Valensise e Pantosti, 2001]. Sono stati implementati 6 differenti livelli informativi: geodetico, geografico, topografico, geologico, tettonico-strutturale, sismologico, tutti proiettati su di un Modello Digitale del Terreno (DEM area Italiana) con risoluzione di 250 m. Attraverso il GeoNetGIS è possibile unificare in una banca dati omogenea, dinamica e condivisibile, tutte le informazioni numeriche provenienti dai dati GPS elaborati per la rete CA-GeoNet, le informazioni alfanumeriche di carattere monografico-descrittivo e i differenti database. Per una più dettagliata descrizione di questo GIS, si rimanda a Cristofolletti et al., [2006].

5. Campagne GPS dal 1999 al 2003

Le stazioni della rete sono state misurate durante campagne ripetute annualmente dal 1999 al 2003 (Fig.8). Il numero di stazioni misurate in ogni campagna ha seguito lo sviluppo di costruzione della rete, che è stata completata nel 2001. La strumentazione adottata è stata quasi esclusivamente costituita da ricevitori Trimble 4000SSI a doppia frequenza, tutti dotati di antenna Trimble L1/L2 geodetica dotata di *Ground Plane* (tipo 22020-00), al fine di disporre di una strumentazione omogenea. Le campagne 2002-2003 hanno previsto la rioccupazione di un set di stazioni distribuite in maniera tale da fornire stime di deformazione ad una scala sub-regionale, secondo alcuni transetti attraverso la catena. Al fine di poter disporre di un numero elevato di stazioni fiduciali per rafforzare i calcoli delle soluzioni giornaliere della rete e per inquadrarla in un unico sistema di riferimento, sono stati utilizzati i dati provenienti dalle stazioni permanenti della rete INGV (RSTO, INGR, VVLO e INGP) e della rete dell'ASI (CAME, UNPG e AQU). Per tutta la durata delle campagne sono state lasciate in acquisizione continua anche le stazioni semipermanenti TERM (Monte Terminillo) e PRET (Osservatorio di Preturo). Le osservazioni sono

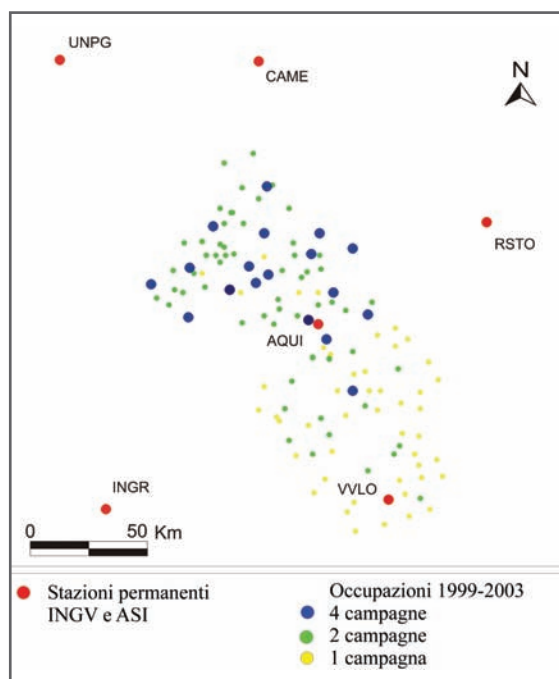


Figura 8 Schema delle occupazioni delle stazioni CA-GeoNet durante le campagne ripetute tra il 1999 e il 2003. I punti in giallo corrispondono alle stazioni misurate in una sola campagna, quelli verdi in due campagne e i blu sono quelli ripetuti quattro volte. Le stazioni in rosso sono quelle continue delle reti ASI e INGV.

Figure 8 Sketch of the occupation of the CA-GeoNet during repeated campaigns performed between 1999 and 2003. Yellow dots corresponds to the stations measured during one campaign only, those green during two campaigns, while blue are those repeated four times. The stations in red belong to the ASI and INGV continuous monitoring networks.

state effettuate con passo di campionamento di 30 sec. Le stazioni mobili hanno acquisito dati con sessioni variabili tra 12 e 24 ore, con una finestra totale media di osservazione di 48 ore circa per stazione, per non meno di due sessioni di misura durante ogni campagna in modo da assicurare una sufficiente ridondanza dei dati.

La programmazione delle singole campagne di misura è stata pianificata rigorosamente e ha tenuto conto della maglia della rete e dell'elevato numero di stazioni mobili da occupare simultaneamente (fino ad 11), per costruire delle sottoreti giornaliere definite da stazioni permanenti (7) e semipermanenti (2). La breve distanza tra le stazioni, la loro distribuzione rispetto alla rete stradale e la possibilità di lasciare incustodita la strumentazione durante i rilievi, ha permesso di limitare la durata delle campagne pur con un ridotto numero di operatori (4-6) e di

automezzi (2-3). In figura 9 e nelle tabelle 3,4,5,6,7 e 8 allegate in appendice, vengono mostrati gli schemi seguiti per occupare le stazioni della rete durante le varie campagne di misura.

6. Analisi dati GPS e campo di deformazione

I dati GPS acquisiti nell'intervallo 1999-2003 sono stati convertiti nel formato RINEX e

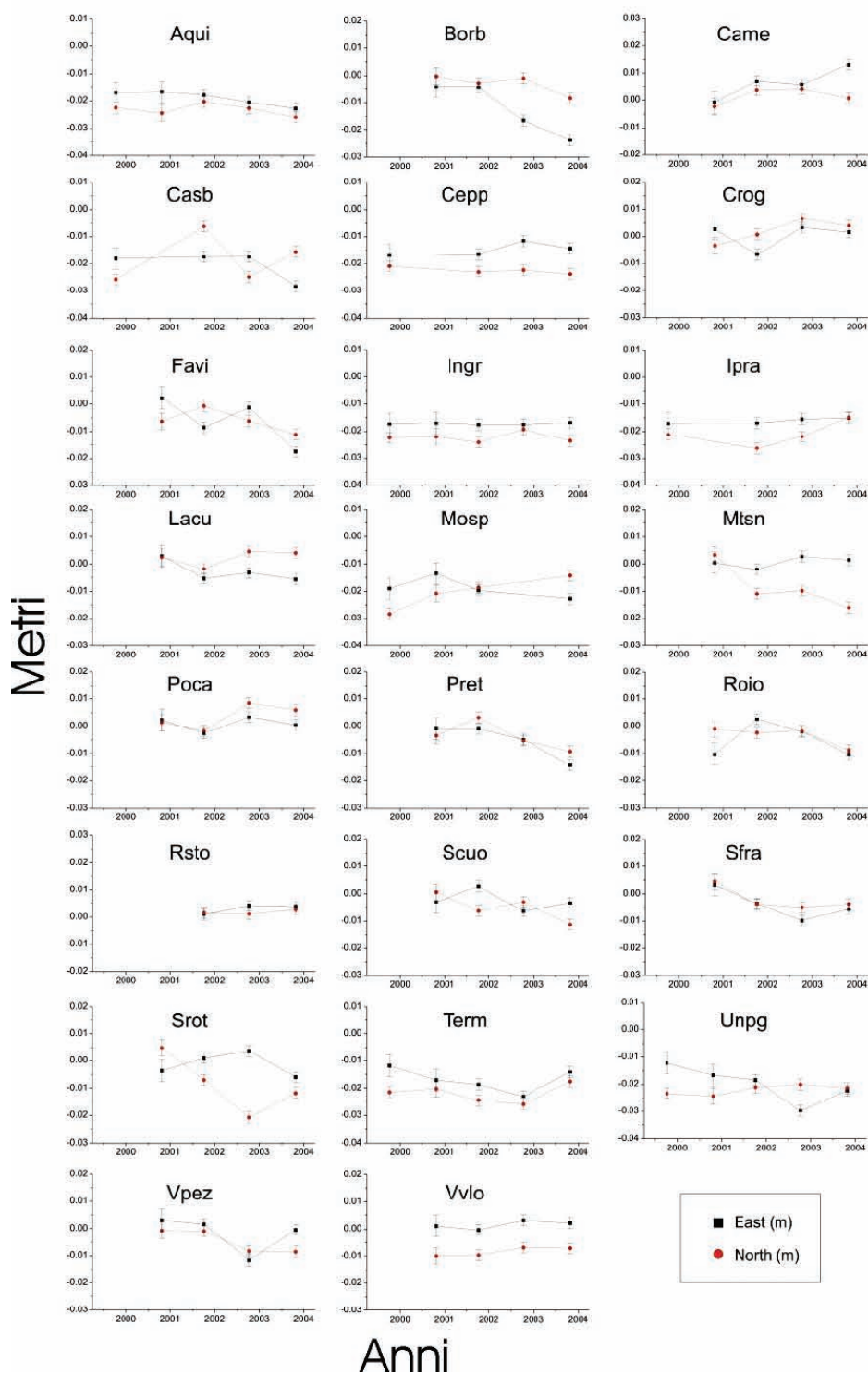


Figura 9 Serie temporali 1999-2003 calcolate alle singole stazioni GPS della rete CA-GeoNet, per le componenti Nord (N) ed EST (E).

Figure 9 GPS Time series 1999-2003 for the North (N) and East (E) components, computed at each station of the CA-GeoNet.

| <i>Rms rete CA-GeoNet</i> | | | |
|---------------------------|-----------|----------|------------|
| Anno | Nord (mm) | Est (mm) | Quota (mm) |
| 1999 | 2.1 | 3.5 | 7.8 |
| 2000 | 2.7 | 3.5 | 5.9 |
| 2001 | 2.0 | 1.6 | 7.1 |
| 2002 | 2.1 | 1.6 | 7.7 |
| 2003 | 2.2 | 2.2 | 8.0 |

Tabella 1 Scarto quadratico medio dei residui delle soluzioni giornaliere rispetto alla soluzione compensata.

Table 1 Root mean square of the residuals of the daily solutions with respect to the adjusted solution.

analizzati mediante il software Bernese v.4.2 [Beutler et al., 2000]. Sono state utilizzate le effemeridi precise e le correzioni degli orologi, calcolati dal CODE (*Center of Orbit*

Determination). Le correzioni dei parametri dei centri di fase delle antenne sono state incluse utilizzando il modello IGS_1. La correzione del ritardo troposferico è stata calcolata per le singole stazioni utilizzando il modello di Saastamoinen [1973].

Tenendo in considerazione la particolare geometria della rete ed i tempi di acquisizione delle stazioni, le singole differenze sono state costruite secondo la modalità “a stella” a partire dai vertici su cui i ricevitori hanno lavorato in maniera continua durante le campagne di misura (vedi tab. 3,4,5,6,7 e 8). Secondo uno schema classico di trattamento dati i salti di ciclo sono stati individuati mediante l’analisi delle triple differenze e di conseguenza un parametro incognito di ambiguità è stato associato ad ogni interruzione del segnale. Nella fase successiva, ovvero nella elaborazione alle differenze doppie, le ambiguità sono state inizialmente calcolate come valori reali e, mediante una procedura iterativa di calcolo delle combinazioni L5 (*wide-lane*) ed L3 (*iono-free*), fissate a valori interi. Le soluzioni giornaliere sono state combinate per ogni cam-

| Num | Stazione | Lon E (° ‘ ‘’) | Lat N (° ‘ ‘’) | Quota (m) | V_N (mm/a) | V_E (mm/a) |
|-----|----------|-------------------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| 4 | AQUI | 13 21 0.8911 | 42 22 5.6611 | 712.47 | -1.7 ± 0.6 | -0.9 ± 0.6 |
| 10 | BORB | 13 9 44.7927 | 42 30 40.9554 | 859.87 | -7.9 ± 1.8 | -2.1 ± 1.4 |
| 14 | CAME | 13 7 26.3895 | 43 6 43.1463 | 498.07 | 4.1 ± 0.8 | 1.4 ± 0.6 |
| 18 | CASB | 12 50 57.3613 | 42 23 22.8759 | 447.65 | -2.3 ± 1.4 | 0.8 ± 1.0 |
| 21 | CEPP | 12 51 17.9712 | 42 31 48.3242 | 990.06 | 1.3 ± 1.0 | -1.0 ± 0.8 |
| 32 | CROG | 13 29 6.2189 | 42 35 10.5275 | 1118.19 | 0.9 ± 1.4 | 1.8 ± 1.2 |
| 39 | FAVI | 13 5 12.0416 | 42 32 5.0215 | 1033.86 | -4.4 ± 1.4 | -4.0 ± 1.0 |
| 46 | INGR | 12 30 53.2758 | 41 49 41.1006 | 103.83 | 0.0 ± 0.4 | 0.0 ± 0.4 |
| 47 | IPRA | 12 42 18.6001 | 42 29 3.3114 | 973.57 | 0.7 ± 1.0 | 0.6 ± 0.8 |
| 49 | LACU | 13 6 41.5153 | 42 29 15.9050 | 1140.26 | -2.3 ± 1.2 | 1.3 ± 1.0 |
| 60 | MOSP | 12 56 57.9180 | 42 38 48.3459 | 983.66 | -2.0 ± 1.4 | 2.2 ± 1.0 |
| 64 | MTSN | 13 9 15.2060 | 42 45 39.7934 | 994.79 | 0.6 ± 1.6 | -6.1 ± 1.2 |
| 76 | POCA | 13 19 34.2957 | 42 34 14.0445 | 1365.31 | 0.3 ± 1.2 | 2.3 ± 1.0 |
| 80 | PRET | 13 18 58.6325 | 42 22 56.9605 | 731.77 | -2.8 ± 0.8 | -0.8 ± 0.8 |
| 90 | ROFA | 13 32 27.8156 | 42 23 50.1564 | 1546.80 | -0.9 ± 4.2 | 5.0 ± 3.2 |
| 91 | ROIO | 13 23 9.2925 | 42 19 36.5285 | 1042.14 | -2.0 ± 1.4 | -2.4 ± 1.2 |
| 96 | SCUO | 13 21 31.9419 | 42 37 45.6348 | 1433.32 | -1.7 ± 1.4 | -4.1 ± 1.0 |
| 100 | SFRA | 13 24 29.9572 | 42 27 35.5929 | 1879.35 | -3.0 ± 1.4 | -2.3 ± 1.2 |
| 108 | SROT | 13 8 30.4860 | 42 37 39.1611 | 1442.06 | 0.0 ± 1.6 | -8.2 ± 1.2 |
| 115 | TERM | 13 0 36.0723 | 42 28 10.0081 | 1851.15 | -1.2 ± 0.6 | -0.8 ± 0.6 |
| 126 | VPEZ | 13 29 4.4420 | 42 10 54.9826 | 1543.70 | -2.7 ± 1.2 | -4.2 ± 1.0 |
| 129 | VVLO | 13 37 23.6215 | 41 52 10.7275 | 1045.19 | 1.2 ± 0.6 | 0.5 ± 0.6 |
| 131 | RSTO | 14 0 5.3208 | 42 39 30.1835 | 102.59 | 1.5 ± 1.0 | 0.0 ± 0.8 |
| 303 | UNPG | 12 21 20.5314 | 43 7 9.8078 | 351.07 | -4.0 ± 0.8 | 0.4 ± 0.4 |

Tabella 2 Numero e nome della stazione, coordinate geografiche (WGS84), velocità (mm/anno), errore (al 95% di confidenza), calcolate rispetto alla stazione INGR nell’intervallo 1999-2003.

Table 2 Number and name of the stations, geographic coordinates (WGS84), velocity (mm/yr), error (at 95% confidence level), all computed with respect to the INGR station, in the time span 1999-2003.

pagna usando una compensazione sequenziale ai minimi quadrati secondo la nota relazione:

$$x = (A^T P A)^{-1} A^T P L$$

con: x , la soluzione stimata, P matrice dei pesi ed L vettore delle osservazioni.

La matrice di varianza-covarianza, associata alla stima diventa:

$$D(x) = \hat{\sigma}^2 (A^T P A)^{-1}$$

dove $\hat{\sigma}^2$ indica la varianza per unità di peso ed è ottenuta dalla somma quadratica dei residui.

Le precisioni interne delle soluzioni annuali sono state ricavate inoltre mediante un confronto per rototraslazione tra i set di coordinate giornaliere e la soluzione compensata (Tabella 1).

Mediante lo stesso procedimento analitico, le velocità sono state stimate ampliando il

sistema di equazioni normali con l'introduzione del vettore di stato $\bar{x} = (x, dx/dt)$: il calcolo è stato effettuato utilizzando le sole stazioni che hanno osservato per almeno 3 campagne di misura.

In figura 9 sono mostrate le serie temporali calcolate per un set di stazioni della rete, per le componenti planimetriche Nord (N) ed Est (E). Le barre verticali rappresentano l'errore al 95% di confidenza. Il campo di velocità relativo è calcolato arbitrariamente rispetto alla stazione INGR (Fig.10).

Una stima preliminare del tasso di deformazione medio attivo nell'area è stata ottenuta determinando, mediante il metodo dei minimi quadrati, le componenti del gradiente di veloci-

$$u_{i,j} = e_{ij} + w_{ij} = 1/2 (u_{i,j} + u_{j,i}) + 1/2 (u_{i,j} - u_{j,i}),$$

tà secondo la teoria delle piccole deformazioni: dove e_{ij} indica la deformazione e w_{ij} la rotazio-

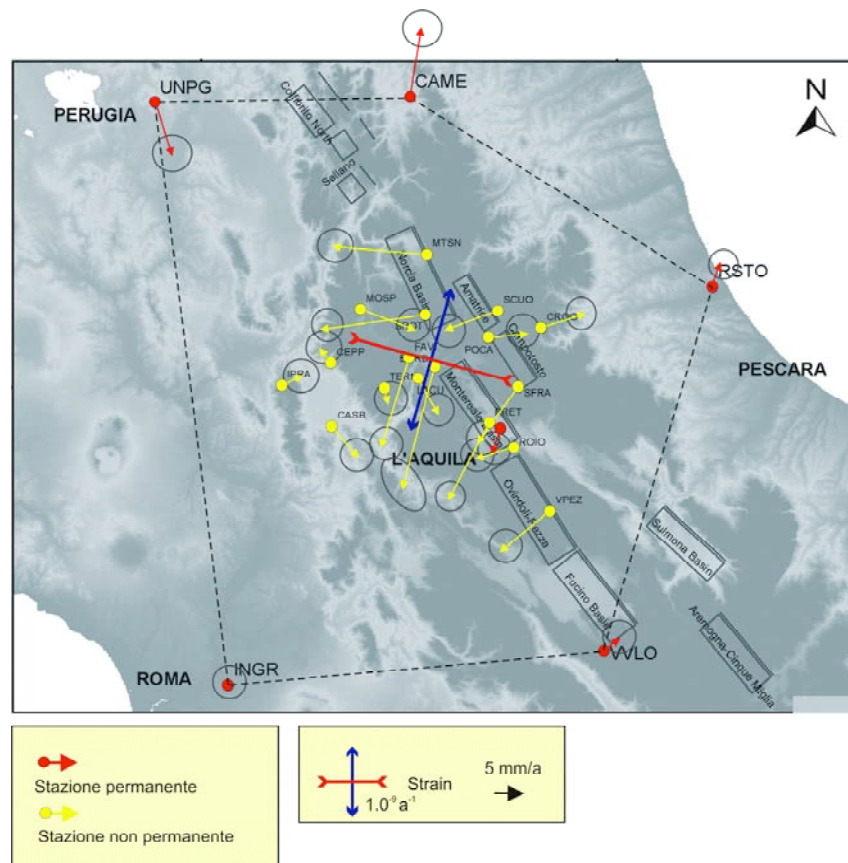


Figura 10 Campo di velocità e deformazione (doppia freccia blu e rossa al centro della rete GPS), stimati nell'intervallo temporale 1999-2003 all'interno dell'area delimitata dalla linea tratteggiata. Stazioni permanenti in rosso e non permanenti in giallo. Ellissi di errore al 95% di confidenza. Le box sono le sorgenti sismogeniche riportate in Valensise e Pantosti [2001].

Figure 10 Velocity and strain field (double blue and red arrow at the center of the GPS network), estimated during the time span 1999-2003 inside the area limited by the dotted line. Permanent stations are in red and not permanent in yellow. Error ellipses at 95% confidence level. The seismic sources from Valensise and Pantosti [2001] are also reported in the figure.

ne. Gli autovalori della matrice di deformazione, che esprimono dilatazione e compressione lungo gli assi principali, danno direzioni normale e tangenziale alla catena appenninica (Fig.10). In tabella 2, vengono mostrate le velocità (mm/anno) con il relativo errore al 95% di confidenza, calcolate rispetto alla stazione INGR, per l'intervallo temporale 1999-2003.

7. Discussione e conclusioni

I risultati ottenuti durante le campagne ripetute tra il 1999 e il 2003 mostrano r.m.s. dei residui giornalieri rispetto alla soluzione compensata, compresi entro 2.7 mm per la componente N, 3.5 mm per quella S e 8.0 mm per quella verticale (Tab.1, Tab.2, Fig.10). L'analisi del campo di deformazione mostra una catena in estensione a cui si accompagna una compressione nella sua parte più interna. Il tasso di deformazione massimo è di $12 \times 10^{-9} \pm 11 \text{ a}^{-1}$ e minimo di $-14 \times 10^{-9} \pm 11 \text{ a}^{-1}$, rispettivamente con direzione normale e parallela alla catena (Fig.10). L'andamento degli assi di deformazione massimo e minimo, indica che l'intera area è attiva e che mostra una prevalente estensione NE-SW normale alla catena. Poiché nell'arco di tempo 1999-2003 la zona è stata interessata solo da eventi sismici di bassa energia ($M_l < 4$) localizzati lontano dalle stazioni della rete, si può assumere che le variazioni osservate non siano state prodotte da deformazioni cosismiche [Wells e Coppersmith, 1994]. Inoltre, se si considerano esauriti o troppo deboli per essere rilevati gli effetti postsismici degli ultimi maggiori terremoti avvenuti nell'Appennino centrale, quello del Fucino del 1915 ($M_s=6.9$) e quello Umbria-Marche del 1977 ($M_s=5.9$), i cui epicentri ricadono rispettivamente nella parte più meridionale e settentrionale della rete, le deformazioni osservate sono solamente intersismiche e indicative del campo di deformazione elastico regionale. L'estensione crostale normale alla catena è in accordo con la distribuzione e l'orientazione delle principali strutture sismogeniche riportate in Valensise e Pantosti [2001], che possono giocare un ruolo principale nella deformazione osservata e nella cinematica della penisola italiana.

I risultati mostrati in questo studio, compatibili con quelli pubblicati da D'Agostino et al. [2001] dalla rioccupazione di alcuni vertici della rete IGM95 [Surace, 1993, 1997], da Anzidei et al. [2001] e Serpelloni et al., [2005], dalle reti regionali Tyrgeonet [Anzidei et al., 1995] e GeoModAp [Anzidei et al., 2001], da

Hunstad and England [1999] e Hunstad et al. [2003] sulla base delle variazioni di angoli osservati sulla rete storica di triangolazione dell'IGM, permettono di fornire ulteriori dati sul campo di deformazione sub-regionale e maggiori dettagli su quello locale, grazie alla elevata densità delle stazioni e alle ridotte lunghezze delle *baseline* (3-5 km). Studi geodetici precedenti stimano valori di deformazione massimo per l'Appennino centrale di $180 \pm 30 \times 10^{-9} \text{ a}^{-1}$ [D'Agostino et al. 2001], $57 \pm 13 \times 10^{-9} \text{ a}^{-1}$ [Caporali et al., 2003], da $3.7 \pm 29 \times 10^{-9} \text{ a}^{-1}$ a $116 \pm 32 \times 10^{-9} \text{ a}^{-1}$ [Hunstad et al., 2003], $4.1 \pm 0.8 \times 10^{-9} \text{ a}^{-1}$ [Ward, 1994], $31 \pm 8 \times 10^{-9} \text{ a}^{-1}$ [Serpelloni et al., 2005], in generale più alti ma con direzioni congruenti rispetto a quelli presentati nel presente studio. Ciò può essere dovuto alla differente finestra temporale indagata, al *set* di dati geodetici utilizzato, alla differente geometria e dimensione della rete e al numero di stazioni analizzate. Il campo di deformazione locale rilevabile dalla rete GPS, che può essere influenzato dai processi di accumulo di deformazione sulle singole faglie o sui sistemi di faglie presenti, ci permetterà di stimare il tasso di deformazione associabile alle singole strutture sismogenetiche investigate e di poter distinguere le sue variazioni temporali e spaziali dalla ripetizione nel tempo di campagne di misura. L'elevato numero di stazioni distribuite nella regione con una maglia di 3-5 km, ottimale rispetto alle dimensioni medie delle faglie sismogenetiche dell'Appennino, potrà permettere di disporre di dati geodetici affidabili per vincolare i modelli di dislocazione delle faglie responsabili di eventuali eventi sismici, consentendo avanzamenti significativi sulle conoscenze geofisiche che sono alle base dei fenomeni sismici. Infine, la combinazione di dati GPS con osservazioni di Interferometria Differenziale SAR potrà permettere una definizione completa delle deformazioni superficiali associate al ciclo sismico [Massonnet D. et al., 1993; Massonnet et al., 1996], come recentemente dimostrato dagli studi effettuati sulle faglie che hanno causato i terremoti umbro-marchigiani del 1997, che hanno prodotto nuove conoscenze sulla sorgente sismica e che hanno mostrato l'importanza che rivestono le tecniche spaziali GPS e DinSAR per un monitoraggio geodetico integrato di aree sismogenetiche [Hunstad et al., 1998; Anzidei et al., 1998; Stramondo et al., 1999; Stramondo et al., 1999; Salvi et al., 2000].

Ringraziamenti

Questa ricerca è stata finanziata dall'Agenzia Spaziale Italiana nell'ambito del progetto *Applicazione delle tecniche spaziali per la valutazione del campo di deformazione crostale e della pericolosità sismica dell'Appennino centro meridionale*. Si ringrazia il Prof. Enzo Boschi per avere incoraggiato questo studio, il Dr. Paolo Marsan, del Servizio Sismico Nazionale, per avere concesso l'uso delle stazioni geodetiche della Rete Geodimetrica dell'Aquilano, il Dr. Andrea Tertulliani per la revisione della sismicità storica, il Dr. Pierre Briole e il Dr. Antonio Avallone per le utili discussioni scientifiche. Infine il sig. Franco Missori e il sig. Maurizio Vecchi per la loro valida collaborazione durante i rilievi.

Bibliografia

- Accordi G. e Carbone F (1988). *Sequenze carbonatiche meso-cenozoiche*. In: G. Accordi, F. Carbone, G., Civitelli, L. Corda, D. de Rita, D. Esu, R. Funicello, T. Kotsakis, G. Mariotti, A. Sposato (eds), *Note illustrative della Carta delle litofacies del Lazio-Abruzzo ed aree limitrofe*. La Ricerca Scientifica, Quaderni, 114 (5), 11-92
- Alfonsi L., Funicello R., Mattei M. (1991). *Strike-slip tectonics in the Sabina area*. Boll. Soc. Geol. It. 110, 481-488.
- Amato A. & Selvaggi G. (1992). *Terremoti crostali e subcrostali nell'Appennino settentrionale*. Studi Geologici Camerti, vol. spec. 1991/1, 75-82.
- Amato A., Alessandrini B., Cimini G.B., Frepoli A. & Selvaggi G. (1993). *Active and remnant subducted slabs beneath Italy: evidence from seismic tomography and seismicity*, Ann. Geofis., 36, 201-214.
- Amato A., Azzara R., Chiarabba C., Cimini G.B., Cocco M., Di Bona M., Margheriti L., Mazza S., Mele F., Selvaggi G., Basili A., Boschi E., Courboux F., Deschamps A., Gaffet S., Bittarelli G., Chiaraluce L., Piccinini D. & Ripepe M. (1998). *The 1997 Umbria-Marche, Italy, earthquake sequence: a first look at the main shocks and aftershocks*. Geophys. Res. Lett., 25, NO.15, 2861-2864.
- Anzidei M., Gasparini C., Riguzzi F., Achilli V., Baldi P., Marsan P. (1990). *GPS networks in seismic and volcanic areas in central and southern Italy*. Cahiers du Centre Europeen de Geodynamique et de sismologie. Vol.2, pp. 305-316.
- Anzidei M., Baldi P., Casula G., Riguzzi F., Surace L. (1995). *La rete Tyrgeonet*. Suppl. Boll. Geod.e Sci. Aff., Vol. LIV, n.2. Istituto Geografico Militare, Firenze.
- Anzidei M., Baldi P., Galvani A., Pesci A., Hunstad I. and E.Boschi (1999). *Coseismic displacement of the 26th september 1997 Umbria - Marche (Italy) earthquakes detected by GPS: campaigns and data*. Annali di Geofisica, vol.42, n.4, 597-607.
- Anzidei M., Baldi P., Casula G., Galvani A., Mantovani E., Pesci A., Riguzzi F., Serpelloni E. (2001). *Insights on present-day crustal motion in the Central Mediterranean area from GPS surveys*. Geophysical Journal International, vol. 146, 98-110.
- Anzidei, M., Galvani, A., Esposito, A., Cristofolletti, P., Pesci, A., Baldi, P., Casula, G., Cenni, N., Loddo, F., Serpelloni, E. (2002). *The Central Apennine Geodetic Network (CA-Geonet): description and preliminary results*, Geophysical Research Abstracts, XXVIII European Geophysical Society General Assembly, Vol. 5, Abstract EAE03-A-05288.
- Anzidei M. e Esposito A. (2003). *Linee guida per la identificazione di siti idonei alla realizzazione di stazioni GPS permanenti e non permanenti*. Rapporti Tecnici INGV, Roma.
- Anzidei M., Casula G., Galvani A., Riguzzi F., Pietrantonio G., Serpelloni E., Esposito A., Pesci A., Loddo F., Massiccì A., Del Mese S. (2006). *Le prime stazioni GPS permanenti INGV-CNT per il monitoraggio delle deformazioni crostali dell'area italiana*. Quaderni di Geofisica n. 39 Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma.
- Barchi M., Galadini F., Lavecchia G., Messina P., Michetti A.M., Peruzza L., Pizzi A., Tondi E., e Vittori E. (2000). *Sintesi delle conoscenze sulle faglie attive in Italia centrale: parametrizzazione ai fini della caratterizzazione della pericolosità sismica*. CNR – Gruppo Nazionale per la Difesa dai terremoti – Roma, 62pp.
- Basili R., Bosi C. e Messina P. (1997). *La tettonica quaternaria dell'Alta Valle del Fiume Aterno (Appennino Centrale) desunta dall'analisi di successioni di superfici relitte*. Il Quaternario, 10 (2), 621–624.
- Basili R., Galadini F. e Messina P. (1999). *The application of palaeoland surface analysis to the study of recent tectonics in central Italy*. In *Uplift, Erosion and Stability: perspectives on long-term landscape development*, by Smith, B.J., Whalley W. B., & Warke P. A.. Geological Society, London Special publications, 162, 109-117.
- Beutler, G., Brockmann, E., Dach, R., Fridez, P.,

- Gurtner, W., Hugentobler, U., Johnson, J., Mervant, L., Rothacher, M., Schaer, S., Springer, T., Weber, R. (2000). *Bernese Software 4.2*. Astronomical Institute, University of Berne.
- Bigi G., Cosentino D., Parotto M., Sartori R. e Scandone P. (1990). *Structural model of Italy (scala 1:500.000) sheet n.4*. CNR-PFG.
- Blumetti A.M., Cavinato G.P. e Tallini M. (1996). *Evoluzione plio-quadernaria della conca di L'Aquila-Scoppito: studio preliminare*. Il Quaternario, 9 (1), 281-286.
- Blumetti A.M., Dramis F. e Michetti A.M. (1993). *Fault-generated mountain fronts in the central Apennines (central Italy): geomorphological features and seismotectonic implications*. Earth Surface Processes and landforms, 18, 203-223
- Boschi E., Gasperini P., Valensise G., Camassi R., Castelli V., Stucchi M., Rebez A., Monachesi G., Barbano M.S., Albini P., Guidoboni E., Ferrari G., mariotti D., Com'astri A., Molin D. (1999). *Catalogo parametrico dei terremoti italiani*. Editrice Compositori, Bologna.
- Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smriglio G. & Valensise G. (1995). *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al1980*. Istituto Nazionale di Geofisica (ING) e Storia Geofisica Ambiente (SGA).
- Bosi C. (1975). *Osservazioni preliminari su faglie probabilmente attive nell'Appennino centrale*. Boll. Soc. Geol. It. 94, 827-859, 28 ff., 1 tav..
- Calamita F., Coltorti M., Pieruccini P. e Pizzi A. (1999). *Evoluzione strutturale e morfogenesi plio-quadernaria dell'Appennino umbro-marchigiano tra il preappennino umbro e la costa adriatica*. Boll. Soc. Geol. It. 118, 125-139, 6 ff.
- Calamita F., Coltorti M., Farabollini P. e Pizzi A. (1994). *Le faglie normali quaternarie nella dorsale appenninica umbro-marchigiana: proposta di un modello di tettonica di inversione*. Studi Geol. Camerti. Vol. spec. (1), 211-225.
- Caporali A., Martin S., Massironi M. (2003). *Average strain rate in the Italian crust inferred from a permanent GPS network - II. Strain rate versus seismicity and structural geology*. Geophys. Journal International, 155, 254-268
- Cello G., Mazzoli S., Tondi E., e Turco E. (1997). *Active tectonics, in the central Apennines and possible implications for seismic hazard analysis in peninsular Italy*. Tectonophysics 272, 43-68.
- Cristofaletti P., Esposito A., Anzidei M., Baldi P., Basili R., Casula G., Galvani A., Pesci A., Serpelloni E.: *The GIS of the Central Apennines Geodetic Network (CA-GeoNet) (2002). Database description and application for crustal deformation analyses*. EGS 2002, Abstract number EGS02-A-04352
- Cristofaletti P., Esposito A., Anzidei M. (2006). *A GIS method for geodetic applications: the central Apennine geodetic network (GeoNetGis)*. Quaderni di Geofisica, Vol. n. 44. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma.
- D'Agostino N., Giuliani R., Mattone M., and Bonci L. (2001) *Active crustal extension in the central Apennines (Italy) inferred from GPS measurements in the interval 1994-1999*. Geophys. Res. Lett., 28,10,2121-2124
- Deschamps A., Iannaccone G. & Scarpa R. (1984). *The Umbrian earthquake (Italy) of 19 September 1979*, Ann. Geophys., 2, 29-36.
- Frepoli A. & A. Amato (1997). *Contemporaneous extension and compression in the North Apennines from earthquake fault plane solutions*, Geophys. J. Int., 129, 368-388.
- Galadini F. e Messina P. (2001). *Plio-Quaternary changes of the normal fault architecture in the central Apennines (Italy)*. Geodinamica acta 14, 321-344
- Galadini F. e Galli P. (2000). *Active tectonics in the central Apennines (Italy) - input data for seismic hazard assessment*. Natural Hazard 22, 225-270.
- Galadini F. e Messina P. (1993). *Stratigrafia dei depositi continentali, tettonica ed evoluzione geologica quaternaria dell'Alta Valle del fiume Sangro (Abruzzo meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It. 112, 877-892, 10 ff., 1 tav. f.t..
- Ghisetti F. e Vezzani L. (1996). *Geometrie deformative ed evoluzione cinematica dell'Appennino centrale*. Studi Geol. Camerti. XIV, 127-154.
- Ghisetti F. e Vezzani L. (1990). *Stili strutturali nei sistemi di sovrascorrimento della catena del Gran sasso (Appennino centrale)* . Studi Geol. Camerti. Vol. spec., 37-50.
- Giuliani R., Anzidei M., Bonci L., Calcaterra S., Casula G., D'Agostino N., Esposito A., Loddo F., Mattone M., Pietrantonio G., Riguzzi F., Selvaggi G. (2003). *Terremoto del 31 ottobre - 1 novembre 2003: campo di deformazione cosismica da misure GPS*. Convegno GNGTS, Roma, 2003.
- Gasparini C., Iannaccone G. & Scarpa R. (1985). *Fault-plane solutions and seismicity of the Italian Peninsula*. Tectonophysics, 117, 59-78.
- Hunstad I., Anzidei M., Baldi P. Cocco M., Galvani A., Pesci A. (1998). *Modelling Coseismic displacements during the 1997 Umbria-Marche earthquake (Central Italy)*. Geoph. Jou. Int., 139, 283-295

- Hunstad I. and P. England (1999). *An upper bound on the rate of strain in the central Apennines, Italy, from triangulation measurements between 1869 and 1963*. Earth and Planetary Science Letters, 169, 261-267.
- Hunstad I., Selvaggi G., D'Agostino N., England P., Clarke P. and Pierozzi M. (2003). *Geodetic strain in peninsular Italy between 1875 and 2001*. Geophysical Research Letters, 30, (4), 1181.
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (2003). *Bollettino Sismico 2003*. Roma
- Lavecchia G., Bronzetti F., Barchi M., Keller J., e Menichetti M. (1994). *Seismotectonic zoning in east-central Italy deduced from analysis of the Neogene to present deformations and related stress field*. Soc. Geol. Americ. Bull. 106, 1107-1120
- Massonnet D., Rossi M., Carmona C., Adragna F., Peltzer G., Feigl K., Rabaute T. (1993). *The displacement field of the Landers earthquake mapped by radar interferometry*. Nature, vol.364, 8.
- Massonnet D., Thatcher W. and Vadon H. (1996). *Detection of postseismic fault-zone collapse following the Landers earthquake*. Nature, vol.382.
- Mattei M., Funicello R., e Kissel C. (1995). *Paleomagnetic and structural evidence for Neogene block rotations in the central Apennines (Italy)*. J. Geophys. Res. 101, 2835-2845.
- Mazzoli S., Corrado S., De Donatis M., Scrocca D., Butler D.W.H., Di Bucci D., Naso G., Nicolai C. e Zucconi V. (1997). *Time and space variability of the "thin-skinned" and "thick-skinned" thrust tectonics in the Apennines (Italy)*. Rend. Fis. Acc. Lincei s. 9, v. 11, 5-39
- Montone P., Amato A., Frepoli A., Mariucci M.T. & Cesaro M. (1997). *Crustal stress regime in Italy*. Ann. di Geofis., 40, 3, 741-757.
- Montone P. e Salvini F (1993). *Geologia strutturale dei rilievi tra colli di Monte Bove (Carsoli) e Tagliacozzo, Abruzzo*. Geol. Rom. 29, 15-29, 13 ff., 1 tav. f.t..
- Pantosti D., D'Addezio G., e Cinti F.R. (1996). *Paleoseismicity of the Ovindoli-Pezza fault, central Apennines, Italy: a history including a large, previously unrecord earthquake in the Middle Ages (860-1300 A.D.)*. J. Geophys. Res. 101, 5937-5959.
- Parotto M. e Pratlurion A. (1975). *Geological summary of the central Apennines*. In Ogniben L., Parotto M. e Pratlurion A., (eds) Structural Model of Italy. Quad. Ric. Scient. 90, 257-311.
- Piccardi L., Gaudemer Y., Tapponier P., Boccaletti M. (1999). *Active oblique extension in the central Apennines (Italy): evidence from the Fucino region*. Geophys. Journ. International, 139, 499-530.
- Postpischl D. (1985). *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. Quaderni de "La Ricerca Scientifica", CNR-PFG, 114, vol. 2B, Roma.
- Saastamoinen J. (1973). *Contribution to the theory of atmospheric refraction*. Bull. Geod., 107, 13.
- Salvi S., S. Stramondo, M. Cocco, E. Sansosti, I. Hunstad, M. Anzidei, P. Briole, P. Baldi, M. Tesauro, E. Lanari, F. Doumaz, A. Galvani, A. Pesci (2000). *Modelling coseismic displacement resulting from SAR interferometry and GPS measurements during the 1997 Umbria-Marche seismic sequence*. Journal of Seismology, 4, 479-499.
- Salvini F. & Vittori E. (1982). *Analisi strutturale della linea Olevano-Antròdoco-Posta (Ancona-Anzio Auct): metodologie di studio delle deformazioni fragili e presentazione del tratto meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 24, 337-355.
- Serpelloni, E., M. Anzidei, P. Baldi, G. Casula, and A. Galvani (2005). *Crustal velocity and strain-rate fields in Italy and surrounding regions: new results from the analysis of permanent and non-permanent GPS networks*, Geophys. J. Int., 161(3), 861-880. doi:10.1111/j.1365-246X.2005.02618.x, 2005.
- Spakman W. (1990). *Tomographic images of the upper mantle below central Europe and the Mediterranean*, Terra Nova, 2, 542-553.
- Speranza F., Sagnotti L., e Mattei M. (1997). *Tectonics of the Umbria-Marche-Romagna arc (central northern Apennines Italy): new paleomagnetic constrains*. J. Geophys. Res. 102, 313-3166.
- Stramondo S., Tesauro M., Briole P., Sansosti E., Salvi S., Lanari R., Anzidei M., Baldi P., Fornaro G., Avallone A., Buongiorno M.F., Franceschetti G., Boschi E. (1999). *The September 26, 1997 Central Italy earthquakes: coseismic surface displacement detected by sar interferometry and GPS, and fault modeling*. Geophysical Research Letters, vol.26, n.7, pp.883-886 April, 1,
- Surace L. (1993). *Il progetto IGM95*. Bollettino di Geodesia e Scienze Affini 3, 220-230
- Surace L. (1997). *La nuova rete geodetica nazionale IGM95: risultati e prospettive di utilizzazione*. Bollettino di Geodesia e Scienze Affini 3, 357-377
- Valensise, G., and D. Pantosti (2001). *Database of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy*. Annali di Geofisica, vol. 44, Suppl. 1, with CD-ROM.
- Ward S.N. (1994). *Constraints on the seismotectonics of the Central Mediterranean sea from*

- Very Long Baseline Interferometry* . Geophys. Jour. International, 117, 441-452.
- Wells and Coppersmith (1994). *New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width and surface displacements*. Bulletin of Sesmological Society of America, 84 (4), 974-1002.
- Westaway R., Gawthorpe R. & Tozzi M. (1989): *Seismological and field observations of the 1984 Lazio-Abruzzo earthquakes: implications for the active tectonics of Italy*. Geophys. J. R. astr. Soc., 98, 489-514.
- Westaway R. (1992). *Seismic moment summation for historical earthquakes in Italy: tectonic implication*. Jour. of Geophys. Res., 97, B11, 15437-15464.

Appendice 1 – Tabelle

| Anno | Regione o località | Intensità (MCS) | Mm |
|-----------------|----------------------------------|------------------------|-----------|
| -174 | Sabina | X | 6.6 |
| -99 | Norcia | IX | 5.4 |
| -76 | Rieti | X | 6.6 |
| 1277 | Spoletto | VIII | 5.4 |
| 1298 | Reatino | IX-X | 5.8 |
| 1315 | Aquilano (Italia centrale) | X | 6.0 |
| 1328 | Norcia (App. umbro merid.) | X | 6.6 |
| 1349 | Laziomerid. - Molise | X | 6.6 |
| 1349 | Aquilano | X | 6.3 |
| 1461 | Aquilano | X | 6.6 |
| 1496 | Spoletto | VI | 4.3 |
| 1498 | L'Aquila | V-VI | 4.0 |
| 1502 | Rieti | VII | 4.8 |
| 1627 | Accumoli | VII-VIII | 5.1 |
| 1639 | Amatrice (Monti della Laga) | X | 6.6 |
| 1646 | L'Aquila | V-VI | 4.0 |
| 1702 | Norcia | VII | 4.8 |
| 14 Gennaio 1703 | Norcia-Cascia-Amatrice (reatino) | XI | 7.1 |
| 16 Gennaio 1703 | Roio di Piano (Aquilano) | VIII | - |
| 2 Febbraio 1703 | Aquilano | X | 6.6 |
| 1704 | Spoletto | VII | 4.8 |
| 1706 | Maiella | X-XI | 6.3 |
| 1730 | Norcia-Cascia-Amatrice | IX | 5.8 |
| 1731 | Abruzzo | VI | 4.3 |
| 1745 | Spoletto | VII-VIII | 5.1 |
| 1750 | L'Aquila | VI-VII | 4.6 |
| 1760 | Terminillo | VII | 4.8 |
| 1762 | Aquilano | IX-X | 6.0 |
| 1767 | Spoletino | VII-VIII | 5.1 |
| 1776 | Reatino | VI-VII | 4.6 |
| 1785 | Piediluco (Umbria meridionale) | VIII-IX | 5.4 |
| 1786 | L'Aquila | VIII | 4.8 |
| 1791 | L'Aquila | VII-VIII | 5.1 |
| 1809 | L'Aquila | VI | 4.3 |
| 1821 | Rieti | VII | 4.8 |
| 1844 | Palestrina | VI-VII | 4.6 |
| 1848 | Lucoli | VI | 4.3 |
| 1853 | Spoletto | VII | 4.8 |
| 1859 | Norcia | VIII-IX | 5.8 |
| 1874 | L'Aquila | V-VI | 4.0 |
| 1876 | Palestrina | VI-VII | 4.6 |
| 1877 | Capranica | VI | 4.3 |
| 1885 | Poggio Bustone | VII | 4.8 |
| 1887 | Lucoli | VI | 4.3 |
| 1898 | Rieti | VIII | 5.1 |
| 1898 | Visso | VII | 4.8 |
| 1901 | Palombara Sabina - Montelibretti | VIII | 5.1 |
| 1901 | Spoletto | VI | 4.3 |
| 1902 | Reatino | VI-VII | 4.3 |
| 1903 | Rieti | V-VI | 4.0 |
| 1904 | Rosciolo - Marsica | VIII-IX | 5.8 |
| 1906 | Antrodoco | VI | 4.3 |
| 1908 | L'Aquila | VI | 4.3 |
| 1909 | Terni | VI | 4.3 |

| | | | |
|------|-------------------|----------|-----|
| 1909 | Spoletto | V-VI | 4.0 |
| 1910 | Leonessa | VI | 4.3 |
| 1910 | Accumoli | VII | 4.8 |
| 1911 | L'Aquila | VI | 4.3 |
| 1911 | L'Aquila | VI | 4.3 |
| 1915 | Avezzano | XI | 7.1 |
| 1915 | Marsica | VI | 4.3 |
| 1915 | Cascia | VI | 4.3 |
| 1915 | Gioia dei Marsi | VII | 4.8 |
| 1915 | Stroncone | VII | 4.6 |
| 1916 | Venafro | VII | 4.6 |
| 1916 | Aquilano | VI-VII | 4.6 |
| 1917 | Terni | VII-VIII | 5.1 |
| 1926 | Trasacco | VI-VII | 4.6 |
| 1927 | Marsica | VII | 4.8 |
| 1931 | Cascia | VI | 4.3 |
| 1941 | Cervara di Roma | VII | 4.6 |
| 1933 | Maiella | IX | 5.8 |
| 1948 | Ternano | VI | 4.3 |
| 1949 | Norcia | VI | 4.3 |
| 1949 | Labro | VI-VII | 4.6 |
| 1950 | Accumoli | VII | 4.8 |
| 1950 | Gran Sasso | VIII | 5.4 |
| 1951 | Monti della Laga | VII-VIII | 4.8 |
| 1954 | Labro | VI | 4.3 |
| 1956 | Gran Sasso | VI | 4.3 |
| 1957 | Norcia | VI | 4.3 |
| 1958 | Aquilano | VII-VIII | 4.8 |
| 1960 | Marsica | VII | 4.8 |
| 1961 | Antrodoco | VIII | 5.1 |
| 1963 | Rieti | VII | 4.8 |
| 1963 | Amatrice | VII | 4.3 |
| 1967 | Lucoli | VI-VII | 4.6 |
| 1969 | Lazio Meridionale | VII-VIII | 4.8 |
| 1970 | Terni | V-VI | 4.0 |
| 1971 | Cascia | VI | 4.3 |
| 1971 | Norcia | VI-VII | 4.6 |
| 1979 | Valnerina | VIII-IX | 5.8 |
| 1985 | Aquilano | V-VI | 4.0 |

Tabella 1 Sismicità storica dell'Appennino centrale dal 174 A.C. al 1985 per Intensità $I \geq V$ MCS o Magnitudo macrosismica $M_m \geq 5.1$ [da Boschi et al., 1995; Boschi et al.,1999].

Table 1 Historical seismicity of the central Apennines between 174 b.C. and 1985 A.D. for intensities $I \geq V$ MCS or macroseismic Magnitude $M_m \geq 5.1$ [from Boschi et al., 1995; Boschi et al.,1999].

| Area sismica e/o tettonica | Struttura | Sigla vertice GPS | Nome vertice | Tavoletta IGMI | Sotto-struttura |
|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | Norcia | SCRO | Santa Croce | 139 IV SE | |
| 1 | Norcia | RIFP | Rifugio Perugia | 132 III NE | |
| 1 | Norcia | SROT | Selva Rotonda | 139 IV NE | |
| 1 | Norcia | CAMP | Campi Alto | 132 IV SE | |
| 1 | Norcia | SAVE | Savelli | 132 III SE | |
| 1 | Norcia | MTSN | Monte Santo | 132 III NE | |
| 1 | Norcia | AVEN | Avendita | 132 II NO | |
| 2 | Cascia | MERA | Meraviglia | 132 III SO | |
| 2 | Cascia | FRLC | Forca Rua la Cama | 132 III SO | |
| 2 | Cascia | CHIA | Chiavano | 139 IV NO | |
| 3 | Leonessa | CPSE | Villa Pulcini | 138 I NE | |
| 3 | Leonessa | CLAC | Colle la Croce | 139 IV SO | |
| 3 | Leonessa | LEON | Leonessa | 139 IV SO | |
| 3 | Leonessa | CDAQ | Capo d'Acqua | 139 IVNO | |
| 3 | Leonessa | CUMU | Cumulata | 139 IVSO | |
| 3 | Leonessa | OCRE | Ocre | 139 IV NO | |
| 3 | Leonessa | VCAR | Val Carpineto | 139 IV SO | |
| 4 | Rieti | CEPP | Cepparotto | 138 I SO | |
| 4 | Rieti | CIDA | Cima d'Arme | 138 I SE | |
| 4 | Rieti | LABR | Labro | 138 I SO | |
| 4 | Rieti | CANT | Cantalice | 138 II NE | |
| 4 | Rieti | POGB | Poggio Bustone | 138 I SE | |
| 4 | Rieti | CASB | Case S. Benedetto | 138 II SE | |
| 4 | Rieti | GREC | Greccio | 138 II NO | |
| 4 | Rieti | IPRA | I Prati | 138 II NO | |
| 4 | Rieti | NICO | S. Nicola | 138 II NE | |
| 4 | Rieti | SETC | Settecamini | 138 II NO | |
| 4 | Rieti | TERR | Terria | 138 II NO | |
| 5 | Laga-Campotosto-Gorzano | ACCU | Accumoli | 132 II SO | Amatrice |
| 5 | Laga-Campotosto-Gorzano | CROG | Crognaleto | 140 IV NO | Amatrice |
| 5 | Laga-Campotosto-Gorzano | S260 | Amatrice | 139 I NO | Amatrice |
| 5 | Laga-Campotosto-Gorzano | SCUO | Sacro cuore | 139 I NO | Amatrice |
| 5 | Laga-Campotosto-Gorzano | SLUC | Santa Lucia | 139 I SO | Amatrice |
| 5 | Laga-Campotosto-Gorzano | CTOS | Campotosto | 139 I SE | Campotosto |
| 5 | Laga-Campotosto-Gorzano | MASC | Mascioni | 139 I SE | Campotosto |
| 5 | Laga-Campotosto-Gorzano | POCA | Poggio Cancelli | 139 I SO | Campotosto |
| 6 | alta valle dell' Aterno | CCOR | Castel di Corno | 139 III SE | |
| 6 | alta valle dell' Aterno | SELL | Sella di Corno | 139 III SE | |
| 6 | alta valle dell' Aterno | TARI | Tarignano | 139 II NE | |
| 6 | alta valle dell' Aterno | TRNE | Termine | 139 III NE | |
| 6 | alta valle dell' Aterno | MACA | Madonna Cantiere | 139 II SO | l'Aquila-Scoppito |
| 6 | alta valle dell' Aterno | MOMO | Monte Omo | 139 II NE | l'Aquila-Scoppito |
| 6 | alta valle dell' Aterno | PRET | Preturo | 139 II SO | l'Aquila-Scoppito |

| | | | | | |
|----|-----------------------------|------|----------------------|------------|------------------------|
| 6 | alta valle dell' Aterno | ROIO | Roio | 145 I NE | l'Aquila-Scoppito |
| 6 | alta valle dell' Aterno | SMAR | San Marco | 139 II SO | l'Aquila-Scoppito |
| 6 | alta valle dell' Aterno | BORB | Borbona | 139 IV SE | Montereale-Capitignano |
| 6 | alta valle dell' Aterno | CAPI | Capitignano | 139 I SO | Montereale-Capitignano |
| 6 | alta valle dell' Aterno | CPAG | Castel Paganica | 139 I SO | Montereale-Capitignano |
| 6 | alta valle dell' Aterno | SP30 | Busci | 139 I SO | Montereale-Capitignano |
| 7 | Campo Imperatore - Assergi | ROFA | Monte Rofano | 140 III SO | |
| 7 | Campo Imperatore - Assergi | SFRA | Monte San Franco | 139 II NE | |
| 7 | Campo Imperatore - Assergi | PACA | Passo Capannelle | 139 II SE | |
| 7 | Campo Imperatore - Assergi | ARAG | Aragno | 140 III SO | |
| 7 | Campo Imperatore - Assergi | STAB | Monte Stabiata | 139 II NE | |
| 7 | Campo Imperatore - Assergi | SCIN | Scindarella | 141 III SO | |
| 8 | media valle dell' Aterno | BSSI | Bussi sul Tirino | 146 I SO | Conca del Tirino |
| 8 | media valle dell' Aterno | CPNO | Capestrano | 146 I NO | Conca del Tirino |
| 8 | media valle dell' Aterno | BARI | Barisciano | 140 III SE | Fossa-San Demetrio |
| 8 | media valle dell' Aterno | BOMI | Bominaco | 146 IV SE | Fossa-San Demetrio |
| 8 | media valle dell' Aterno | BSPI | Bivio San Pio | 146 IV NE | Fossa-San Demetrio |
| 8 | media valle dell' Aterno | CADO | Castello d'Ocre | 146 IV NO | Fossa-San Demetrio |
| 8 | media valle dell' Aterno | ROCA | Rocca Calascio | 146 I SO | Fossa-San Demetrio |
| 8 | media valle dell' Aterno | SSTS | S. Stefano Sessanio | 140 III SE | Fossa-San Demetrio |
| 8 | media valle dell' Aterno | ACCI | Acciano | 146 I SO | Conca Subequana |
| 8 | media valle dell' Aterno | CVSE | Castel V. Subequo | 146 II NO | Conca Subequana |
| 8 | media valle dell' Aterno | SECI | Secinaro | 146 III NE | Conca Subequana |
| 9 | Campo Felice-Ovindoli-Pezza | RDCA | Rocca di Cambio | 146 IV SO | Altopiano delle Rocche |
| 9 | Campo Felice-Ovindoli-Pezza | TNER | Terre nere | 146 IV SO | Altopiano delle Rocche |
| 9 | Campo Felice-Ovindoli-Pezza | TORN | Tornimparte | 145 I NO | Piana di Campo Felice |
| 9 | Campo Felice-Ovindoli-Pezza | ANAT | Anatella | 146 IV SO | |
| 9 | Campo Felice-Ovindoli-Pezza | COCA | Colle Campoli | 145 I NE | Piana di Campoli |
| 9 | Campo Felice-Ovindoli-Pezza | ILMO | Il Monte | 145 I NE | |
| 9 | Campo Felice-Ovindoli-Pezza | QUAR | Le Quartora | 145 I NE | |
| 9 | Campo Felice-Ovindoli-Pezza | PSMA | Prati di Santa Maria | 146 III NE | |
| 9 | Campo Felice-Ovindoli-Pezza | OVIN | Ovindoli | 146 III NO | |
| 9 | Campo Felice-Ovindoli-Pezza | PPEZ | Piano di Pezza | 145 I SE | Piano di Pezza |
| 9 | Campo Felice-Ovindoli-Pezza | VPEZ | vado di Pezza | 146 IV SO | Piano di Pezza |
| 9 | Campo Felice-Ovindoli-Pezza | PSIR | Prati del Sirente | 146 IV SE | Prati del Sirente |
| 10 | Fucino | MSEL | Monte della Selva | 146 II SO | |
| 10 | Fucino | TRAS | Trasacco | 152 IV NO | |
| 10 | Fucino | SMPQ | Avezzano | 145 II SE | |
| 10 | Fucino | MMAR | Magliano dei Marsi | 145 II NE | |
| 10 | Fucino | SIER | Vallemora | 152 IV NE | |
| 10 | Fucino | MRPN | Monte Rapanella | 152 IV SE | |
| 10 | Fucino | VEVE | S. Venere | 152 IV NE | |
| 10 | Fucino | CINC | Cincile | 145 II SE | |
| 10 | Fucino | PESC | Pescina | 146 III SE | |
| 10 | Fucino | ASCH | Aschi Vecchio | 152 IVNE | |
| 10 | Fucino | FCLM | Celano | 146 III NO | |

| | | | | | |
|----|-----------------------------|------|---------------------|------------|------------------|
| 10 | Fucino | FRCA | Forca Caruso | 146 III NO | |
| 11 | Vallelonga | MLNN | Madonna Lanna | 152 II NO | |
| 12 | Valle del Salto | MAMA | Corvaro | 145 I SO | Piana di Corvaro |
| 12 | Valle del Salto | VVRI | Val di Varri | 145 IV SE | Val di Varri |
| 12 | Valle del Salto | SORB | Sorbo | 145 II SO | Val di Varri |
| 12 | Valle del Salto | SSMF | S.Stefano-M.Faito | 145 II NO | Val di Varri |
| 13 | Val Roveto | CPPD | Cappadocia | 151 I NO | |
| 13 | Val Roveto | FTTI | Filettino | 151 I SE | |
| 13 | Val Roveto | REND | Rendinara | 152 IISO | |
| 13 | Val Roveto | PRCA | Prati di Campoli | 152 III NO | |
| 13 | Val Roveto | PAMA | Pagliara dei Marsi | 145 IISE | |
| 13 | Val Roveto | MVIP | Monte Viperella | 151 I NE | |
| 13 | Val Roveto | CVDA | Civita d'Antino | 152 IV SO | |
| 13 | Val Roveto | DOAB | Dolomiti d'Abruzzo | 145 III NE | |
| 13 | Val Roveto | TRMT | Tremonti | 145 II NO | |
| 13 | Val Roveto | PSCA | Pietrasecca | 145 III NE | |
| 13 | Val Roveto | RIDO | Ridotti | 152 II NO | |
| 13 | Val Roveto | VRCE | Verrecchie | 145 II SO | |
| 14 | M.Marsicano-V.Sangro-Barrea | PASS | Passo del Diavolo | 152 I SO | Pescasseroli |
| 14 | M.Marsicano-V.Sangro-Barrea | SS83 | Pescasseroli | 152 I SO | Pescasseroli |
| 14 | M.Marsicano-V.Sangro-Barrea | ORTO | Ortona dei Marsi | 152 INO | |
| 14 | M.Marsicano-V.Sangro-Barrea | SSEB | S. Sebastiano | 152 I NO | |
| 15 | valle del Sagittario | CVAL | Castrovalva | 152 I NO | |
| 15 | valle del Sagittario | VLAG | Villalago | 152 I NE | |
| 16 | Valnerina | CORT | Cortigno | 132 III NO | |
| 16 | Valnerina | MPET | Monte Petano | 138 I NE | |
| 16 | Valnerina | MOSP | Monte leone di Spol | 138 I NE | |
| 16 | Valnerina | VTFU | Valico T.Fuscello | 138 I SE | |
| 16 | Valnerina | TRIV | Trivio | 139 IV NO | |
| 17 | Gole del Velino | TERM | Terminillo | 139 III NO | |
| 17 | Gole del Velino | FAVI | Favischio | 139 IV SE | |
| 17 | Gole del Velino | MICI | Micigliano | 139 III NO | |
| 17 | Gole del Velino | LACU | Laculo | 139 III NE | |
| 17 | Gole del Velino | NURI | Nuria | 139 III SE | |

Tabella 2 Distribuzione delle stazioni GPS in rapporto alle aree di interesse sismico e tettonico identificate da precedenti studi.

Table 2 Distribution of the GPS stations with respect to seismic and tectonic areas identified from previous studies.

| S T A Z I O N E | N U M E R O | Anno | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 9 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| ACCI | 1 | | | x | | |
| ACCU | 2 | | x | x | | |
| ANAT | 1 | | | x | | |
| AQUI | 4 | x | x | x | x | x |
| ARAG | 2 | | x | x | | |
| ASCH | 1 | | | x | | |
| AVEN | 2 | | x | x | | |
| BARI | 1 | | | x | | |
| BOMI | 2 | | | x | x | |
| BORB | 3 | | x | x | x | x |
| BSPI | 1 | | | x | | |
| BSSI | 1 | | | x | | |
| CADO | 2 | | x | x | | |
| CAME | 3 | | x | x | x | x |
| CAMP | 2 | | x | x | | |
| CANT | 2 | x | | x | | |
| CAPI | 2 | | x | x | | |
| CASB | 3 | x | | x | x | x |
| CCOR | 2 | | x | x | | |
| CDAQ | 2 | x | | x | | |
| CEPP | 3 | x | | x | x | x |
| CHIA | 2 | | x | x | | |
| CIDA | 1 | | | x | | |
| CINC | 1 | | | x | | |
| CLAC | 2 | x | | x | | |
| COCA | 1 | | | x | | |
| CORT | 2 | | x | x | | |
| CPAG | 2 | | x | x | | |
| CPNO | 1 | | | x | | |
| CPPD | 1 | | | x | | |
| CPSE | 2 | x | | x | | |
| CROG | 3 | | x | x | x | x |
| CTOS | 2 | | x | x | | |
| CUMU | 2 | x | | x | | |
| CVAL | 1 | | | x | | |
| CVDA | 1 | | | x | | |
| CVSE | 1 | | | x | | |
| DOAB | 1 | | | x | | |
| FAVI | 3 | | x | x | x | x |
| FCLM | 1 | | | x | | |
| FRCA | 1 | | | x | | |
| FRLC | 2 | x | | x | | |
| FTTI | 1 | | | x | | |
| GREC | 2 | x | | x | | |
| ILMO | 2 | | x | x | | |
| INGR | 4 | x | x | x | x | x |
| IPRA | 3 | x | | x | x | x |
| LABR | 2 | x | | x | | |
| LACU | 3 | | x | x | x | x |
| LEON | 2 | x | | x | | |
| MACA | 2 | | x | x | | |
| MAMA | 2 | | | x | x | |
| MASC | 2 | | x | x | | |
| MER2 | 2 | | | x | x | |
| MERA | 2 | x | | x | | |
| MICI | 1 | | x | x | | |
| MLNN | 1 | | | x | | |
| MMAR | 2 | | x | x | | |
| MOMO | 2 | | x | x | | |
| MOSP | 3 | x | x | x | | x |
| MPET | 2 | x | | x | | |
| MRPN | 1 | | | x | | |
| MSEL | 1 | | | x | | |
| MTSN | 3 | | x | x | x | x |
| MVIP | 1 | | | x | | |
| NICO | 2 | x | | x | | |
| NURI | 2 | | | x | x | |
| OCRE | 2 | x | | x | | |
| ORTO | 1 | | | x | | |
| OVIN | 2 | | x | x | | |
| PACA | 1 | | | x | | |
| PAMA | 2 | | | x | x | |
| PASS | 2 | | x | x | | |
| PESC | 2 | | x | x | | |
| POCA | 3 | | x | x | x | x |
| POGB | 2 | x | | x | | |
| PPEZ | 1 | | | x | | |
| PRCA | 1 | | | x | | |
| PRET | 3 | | x | x | x | x |
| PSCA | 1 | | | x | | |
| PSIR | 1 | | | x | | |
| PSMA | 1 | | | x | | |
| QUAR | 1 | | | x | | |
| RDCA | 1 | | | x | | |
| REND | 1 | | | x | | |
| RIDO | 1 | | | | x | |
| RIFP | 2 | | x | x | | |
| ROCA | 1 | | | x | | |
| ROFA | 3 | | x | x | x | |
| ROIO | 3 | | x | x | x | |
| RSTO | 1 | | | x | x | |
| S260 | 2 | | x | x | | |
| SAVE | 2 | | x | x | | |
| SCIN | 2 | | x | x | | |
| SCRO | 1 | | x | | | |
| SCUO | 3 | | x | x | x | |
| SECI | 1 | | | x | | |
| SELL | 2 | | x | x | | |
| SETC | 2 | x | | x | | |
| SFRA | 3 | | x | x | x | |
| SIER | 1 | | | x | | |
| SLUC | 2 | | x | x | | |
| SMAR | 2 | | x | x | | |
| SMPQ | 2 | | | x | x | |
| SORB | 1 | | | x | | |
| SP30 | 2 | | x | x | | |
| SROT | 3 | | x | x | x | |
| SS83 | 1 | | | x | | |
| SSEB | 1 | | | x | | |
| SSMF | 2 | | | x | x | |
| SSTS | 1 | | | x | | |
| STAB | 2 | | x | x | | |
| TARI | 1 | | x | x | | |
| TERM | 4 | x | x | x | x | |
| TERR | 2 | x | | x | | |
| TNER | 1 | | | x | | |
| TORN | 2 | | x | x | | |
| TRAS | 2 | | x | x | | |
| TRIV | 2 | x | | x | | |
| TRMT | 1 | | | x | | |
| TRNE | 2 | | x | x | | |
| UNPG | 3 | x | x | | x | |
| VCAR | 2 | x | | x | | |
| VENE | 2 | | | x | x | |
| VLAG | 1 | | | x | | |
| VPEZ | 3 | | x | x | x | |
| VRCE | 2 | | | x | x | |
| VTFU | 2 | x | | x | | |
| VVLO | 3 | | x | x | x | |
| VVRI | 1 | | | x | | |

Tabella 3 Occupazioni annuali dei vertici della rete tra il 1999 e il 2003.

Table 3 Annual occupations of the GPS benchmarks between 1999 and 2003.

| <i>anno</i> | <i>giorni giuliani</i> | | | | | | | | |
|-------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1999 | 2 7 0 | 2 7 1 | 2 7 2 | 2 7 3 | 2 7 4 | 2 8 4 | 2 8 5 | 2 8 6 | 2 8 7 |
| AQUI | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| CANT | | | | | | x | x | | |
| CASB | | | | | | x | x | x | |
| CDAQ | x | x | x | x | x | | | | |
| CEPP | | | x | x | | | | x | x |
| CLAC | | | x | x | | | | | |
| CPSE | | x | x | x | x | | | | |
| CUMU | | x | x | | | | | | |
| FRLC | | | | x | | | | | |
| GREC | | | | | | x | x | | |
| INGR | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| IPRA | | | | | | x | x | x | x |
| LABR | | | | | | x | x | x | x |
| LEON | x | x | x | | | | | | |
| MERA | | | | x | x | | | | |
| MOSP | | x | x | x | x | | | | |
| MPET | | | | | | | x | x | |
| NICO | | | | | | | x | x | |
| OCRE | | x | | x | | | | | |
| POGB | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| SETC | | | | | | | x | x | x |
| TERM | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| TERR | | | | | | | x | x | |
| TRIV | | | x | x | | | | | |
| UNPG | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| VCAR | | x | | x | | | | | |
| VTFU | | | x | x | | | | | |

Tabella 4 Campagna di misura del 1999: schema delle occupazioni giornaliere (giorni giuliani, J.D.) delle stazioni.

Table 4 Campaign 1999: daily occupations (Julian days, J.D.) of the stations.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TORN | | | | | | | | | | x | | x | | | | | | | | | |
| TRAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | |
| TRNE | | | | | | | | | | x | x | | | | | | | | | | |
| UNPG | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| VPEZ | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | |
| VVLO | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |

Tabella 5 Campagna di misura anno 2000: schema delle occupazioni giornaliere (giorni giuliani, J.D.) delle stazioni.

Table 5 Campaign 2000: daily occupations (Julian days, J.D.) of the stations.

| anno | giorni giuliani | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 257 | 258 | 259 | 260 | 261 | 262 | 263 | 264 | 265 | 266 | 267 | 268 | 269 | 270 | 271 | 272 | 273 | 274 | 275 | 276 | 277 | 278 | 279 | 280 | 281 | 282 | 283 | 284 | 285 | 286 |
| 2001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ACCI | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | | | | | | | | | | | | |
| ACCU | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ANAT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AQUI | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| ARAG | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ASCH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AVEN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BARI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BOMI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BORB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BSPI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BSSI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CADO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CAME | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| CAMP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CANT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CAPI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CASB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CCOR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CDAQ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CEPP | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CHIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CIDA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CINC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CLAC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COCA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CORT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CPAG | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CPNO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CPPD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CPSE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CROG | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CUMU | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CVAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CVDA | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CVSE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DOAB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FAVI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FCLM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FRCA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FRLC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FTTI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GREC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ILMO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INGR | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| IPRA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LABR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| anno | giorni giuliani | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------------|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 2002 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| AQUI | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| BOMI | | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | |
| BORB | | | | | | | | | | | | | x | x | x | | |
| CAME | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| CASB | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | |
| CEPP | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | |
| CROG | | | | | | | x | x | x | x | | | | | | | |
| FAVI | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | |
| INGR | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| IPRA | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x |
| LACU | | | | | | | | | | | | | | | | x | x |
| MAMA | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | |
| MER2 | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | |
| MTSN | | | | | | | | | | | | | | | | x | x |
| NURI | | | | | | | | | | | | | | | | x | x |
| PAMA | | x | x | x | | | | | | | | | | | | | |
| POCA | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | |
| PRET | | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | |
| ROFA | | | | | | | x | x | x | | | | | | | | |
| ROIO | | | | | | | x | x | x | | | | | | | | |
| SCUO | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | |
| SFRA | | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | |
| SMPQ | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | |
| SROT | | | | | | | | | | | | | | | | x | x |
| SSMF | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | |
| TERM | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| UNPG | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| VENE | x | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | |
| VPEZ | | | | | | x | x | x | x | | | | | | | | |
| VRCE | | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | |
| VVLO | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |

Tabella 7 Campagna di misura 2002: schema delle occupazioni giornaliere (giorni giuliani, J.D.) delle stazioni.

Table 7 Campaign 2002: daily occupations (Julian days, J.D.) of the stations.

| anno | giorni giuliani | | | | | | | | |
|-------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| | 294 | 295 | 296 | 297 | 298 | 299 | 300 | 301 | |
| 2003 | | | | | | | | | |
| AQUI | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| BORB | x | x | | | | | | | |
| CAME | x | x | x | x | | | | | |
| CASB | | | x | x | x | | | | |
| CEPP | | | x | x | x | | | | |
| CROG | x | x | x | | | | | | |
| FAVI | | | x | x | x | | | | |
| INGR | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| IPRA | | | x | x | x | | | | |
| LACU | x | x | x | | | | | | |
| MOSP | | | x | x | | | | | |
| MTSN | | | x | x | x | | | | |
| POCA | x | x | | | | | | | |
| PRET | x | x | x | | | | | | |
| ROFA | x | x | | | | | | | |
| ROIO | x | x | x | | | | | | |
| RSTO | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| SCUO | | | x | x | x | | | | |
| SFRA | x | x | x | | | | | | |
| SROT | | | x | x | | | | | |
| TERM | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| TNER | | | | | | x | x | x | |
| UNPG | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| VPEZ | | | | | | x | x | x | |
| VVLO | x | x | x | x | x | x | x | x | x |

Tabella 8 Campagna di misura 2003: schema delle occupazioni giornaliere (giorni giuliani, J.D.) delle stazioni.

Table 8 Campaign 2003: daily occupations (Julian days, J.D.) of the stations.



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Via di Vigna Murata, 605 - 00143 Roma - Italy
www.ingv.it