

Il monitoraggio sismico dei vulcani attivi della Campania: rete sismica ed analisi dei dati



A cura di Alessio G., Borriello G., Buonocunto C., Capello M., Castellano M., Cusano P., De Cesare W., Giudicepietro F., Iannaccone G., Martini M., Meglio V., Petrosino S., Ricciolino P., Talarico G. e Torello V.

1. Introduzione	pag. 1
2. Distribuzione della rete e strumentazione	pag. 1
3. Procedure di calibrazione e sistemi di controllo	pag. 4
4. Manutenzione della rete	pag. 4
4.1 Miglioramento installazioni	pag. 4
4.2 Sistemi di alimentazione	pag. 4
4.3 Sensori	pag. 5
4.4 Modulatori	pag. 5
4.5 Telemetria	pag. 5
4.6 Stazioni in avaria	pag. 5
5. Installazione nuove stazioni	pag. 5
6. Analisi dei dati	pag. 6
7. Attività sismica relativa al Vesuvio	pag. 6
7.1 Meccanismi focali	pag. 13
7.2 Eventi di natura artificiale registrati nell'area Vesuviana	pag. 14
8. Attività sismica relativa all'area dei Campi Flegrei	pag. 15
9. Attività sismica relativa all'isola di Ischia	pag. 17
10. Attività sismica localizzata in zone esterne alle aree vulcaniche napoletane	pag. 17

Il monitoraggio sismico dei vulcani attivi della Campania: rete sismica ed analisi dei dati

Alessio G., Borriello G., Buonocunto C., Capello M., Caputo A., Castellano M., Cusano P., De Cesare W., Giudicepietro F., Iannaccone G., Martini M., Petrosino S., Ricciolino P., Talarico G. e Torello V. (Afferenti all'Unità Funzionale Centro di Monitoraggio)

1. Introduzione

La Rete Sismica dell'Osservatorio Vesuviano (RSOV) è una rete regionale costituita da stazioni sismiche analogiche a corto periodo e stazioni digitali a larga banda con trasmissione continua dei segnali al Centro di Acquisizione (Fig. 1). La Rete è progettata per il monitoraggio delle aree vulcaniche attive della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia) e fornisce informazioni relative alla sismicità a scala regionale rilevata dalla Rete Sismica Nazionale Centralizzata (INGV – Centro Nazionale per il Monitoraggio della Sismicità).

Il miglioramento e la standardizzazione della Rete iniziato nella prima metà del 2000 è continuato nel 2001 con la ristrutturazione di alcune stazioni (SFT, HR9, OTV, SSB, SMC, SOR) e la conversione a tre componenti di due stazioni dell'area vesuviana (BKE e CPV).

Particolare attenzione è stata posta nel miglioramento dell'accoppiamento sismometro-basamento al fine di migliorare il rapporto segnale-rumore, comunque elevato a quasi tutte le stazioni a causa dell'alto grado di urbanizzazione delle aree monitorate.

E' stata completata, inoltre, la ristrutturazione del Ponte Radio Centralizzato posto presso la sede di Via Manzoni. Questa operazione ha comportato la sostituzione di tutti gli apparati radio riceventi, obsoleti o inadeguati, e la ridistribuzione del sistema delle antenne di ricezione.

Futuri miglioramenti ed espansioni della Rete sono inseriti nel Piano Triennale delle attività dell'I.N.G.V. e prevedono la conversione in larga banda di alcune stazioni analogiche e la ridondanza dei sistemi di trasmissione (telemetria UHF e telefonica digitale) per garantire la continuità dell'acquisizione dei segnali.

2. Distribuzione della rete e strumentazione

La Rete Sismica è attualmente costituita da 28 stazioni analogiche a corto periodo (1 Hz) distribuite con una geometria irregolare che prevede la più alta densità al Vesuvio (10 stazioni di cui 7 a componente verticale e 3 a tre componenti) ed ai Campi Flegrei (8 stazioni di cui 4 a componente verticale e 4 a tre componenti). Ischia è monitorata da 3 stazioni (2 a componente verticale e 1 a tre componenti) mentre altre 7 stazioni (3 a componente verticale e 4 a tre componenti) sono distribuite a scala regionale (Fig. 1). Sono installate, inoltre, 3 stazioni digitali a larga banda. Di queste una è installata ai Campi Flegrei (SOB) e due al Vesuvio (OVB e POB) (Castellano et al., 2002; Fig. 1).

In Tabella 1 è riportato l'elenco delle stazioni con l'anno di installazione. Le coordinate sono determinate su base cartografica al 25.000; è attualmente in atto il riposizionamento di tutte le stazioni usando un ricevitore GPS portatile Trimble GeoExplorer 3.

Le stazioni a corto periodo a componente verticale sono equipaggiate con sensori Mark L4-C o Geotech S13, mentre quelle a tre componenti sono dotate di sensori Mark L4-3D o terne di sensori Geotech S13.

Gli apparati di amplificazione e modulazione in uso sono il risultato di un progetto sviluppato dal Laboratorio Elettronico della Rete Sismica (MACAP; Capello, 1996) modificato per garantire il mantenimento degli standard di risposta della precedente strumentazione (Buonocunto, 2000). I nuovi apparati hanno sostituito quasi tutti i modulatori in esercizio (Lennartz Mars-66) ormai obsoleti. La trasmissione dei segnali è effettuata

prevalentemente mediante telemetria UHF con apparati radio sintetizzati di ultima generazione (ERE PMDU2000) programmabili via porta RS-232 su tutta la banda operativa (430-450 MHz). Per alcune stazioni (NIS, STH, DMP, SFT, PE9 e TR9) la trasmissione è realizzata mediante linea telefonica dedicata.

Le stazioni digitali a larga banda sono costituite da sensori a 3 componenti Guralp CMG-40T con risposta in frequenza 60s – 50Hz. I dati sono digitizzati a 100Hz da un acquirente locale costituito da una stazione Kinometrics K2 e trasmessi in continuo via porta RS-232 a 9600 baud mediante telemetria UHF (ERE PMDU8710). Particolare attenzione è stata posta per garantire un corretto isolamento termico del sensore al fine di minimizzare gli effetti delle variazioni di temperatura secondo gli standard adottati a livello internazionale.

Per tutte le stazioni il sistema di alimentazione è garantito dalla linea elettrica o da pannelli solari. Un sistema di alimentazione a tampone con caricabatteria KERT da 3A e batterie FIAMM da 75 A/h garantisce un'autonomia di 3-4 giorni in caso di interruzione della corrente elettrica.

Tutti gli apparati dispongono di messa a terra e sono protetti da sovratensioni e scariche atmosferiche. Informazioni dettagliate sui criteri di miglioramento della Rete sono riportati in Buonocunto et al. (2001) e Castellano et al. (2002).

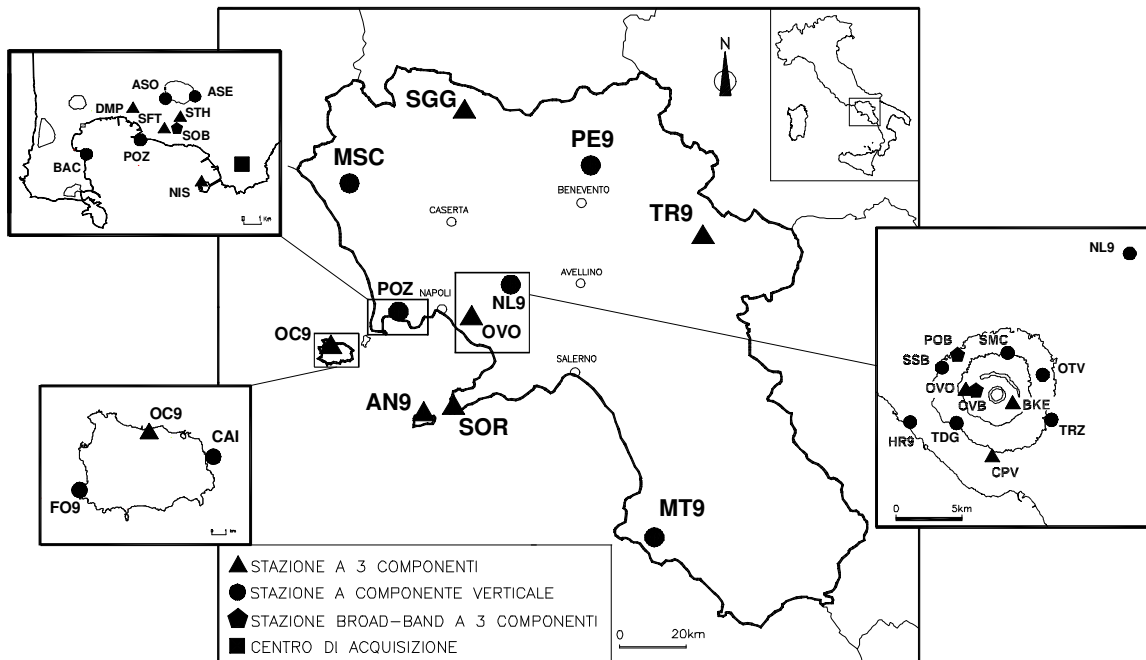


Fig. 1. Distribuzione delle stazioni afferenti alla rete sismica dell'Osservatorio Vesuviano.

Tab. 1. Elenco delle stazioni della rete sismica dell'Osservatorio Vesuviano. Per ognuna di essa vengono precisate la sigla adottata, la località in cui è installata, le coordinate, il tipo di sensore e la data di installazione.

Sigla	Località	LAT-N	LONG-E	Quota (m slm)	Sensore¹	Data²
AN9	Capri-Anacapri	40°33.07'	14°13.01'	250	CP-3C	1998
ASE	Cratere Astroni	40°50.46'	14°09.55'	100	CP-1C	2000
ASO	Cratere Astroni	40°50.41'	14°08.46'	200	CP-1C	2000
BAC	Castello di Baia	40°48.58'	14°04.96'	15	CP-1C	1970
BKE ³	Vesuvio-Bunker Est	40°49.07'	14°26.33'	863	CP-3C	1992
CAI	Ischia-Castello Aragonese	40°43.88'	13°57.92'	80	CP-1C	1996
CPV ⁴	Vesuvio-Cappella Nuova	40°46.93'	14°25.33'	190	CP-3C	1992
DMP	Pozzuoli	40°50.10'	14°06.85'	46	CP-3C	2000
FO9	Forio d'Ischia	40°42.65'	13°51.32'	234	CP-1C	1995
HR9	Ercolano Scavi	40°48.30'	14°20.93'	34	CP-1C	1987
MSC	Mt. Massico	41°11.49'	13°58.28'	109	CP-1C	1979
MT9	Mt. Stella	40°14.22'	15°03.90'	1125	CP-1C	1988
NIS	Nisida	40°47.81'	14°09.80'	3	CP-3C	1983
NL9	Nola	40°55.23'	14°32.70'	75	CP-1C	1992
OC9	Ischia	40°44.75'	13°54.05'	123	CP-3C	1993
OTV	Ottaviano	40°50.35'	14°27.98'	363	CP-1C	1996
OVO	O.V. Sede storica	40°49.65'	14°23.80'	584	CP-3C	1971
OVB	O.V. Sede storica	40°49.65'	14°23.80'	584	LB-3C	2000
PE9	Pescosannita	41°14.00'	14°50.00'	395	CP-1C	1999
POB	Vesuvio-Pollena	40°51.13'	14°23.00'	170	LB-3C	2000
POZ	Pozzuoli	40°49.22'	14°07.23'	3	CP-1C	1982
SFT	Solfatara	40°49.79'	14°08.31'	90	CP-3C	2000
SGG	Mt. Matese	41°23.20'	14°22.75'	880	CP-3C	1977
SMC	Vesuvio-Mt. Somma	40°51.12'	14°26.08'	406	CP-1C	1995
SOB	Solfatara	40°49.65'	14°08.66'	175	LB-3C	2000
SOR	Sorrento	40°34.92'	14°20.10'	497	CP-3C	1976
SSB	Vesuvio	40°50.47'	14°22.23'	175	CP-1C	1993
STH	Agnano	40°49.78'	14°09.00'	100	CP-3C	1983
TDG	Torre del Greco	40°48.35'	14°23.53'	300	CP-1C	1995
TR9	Trevico	41°02.75'	15°13.92'	1094	CP-3C	1980
TRZ	Terzigno	40°48.42'	14°28.52'	175	CP-1C	1994

¹ CP = Corto periodo; LB = Larga banda; 1C = componente verticale; 3C = tre componenti.

² Data di installazione.

³ Convertita in 3C nel Marzo 2001.

⁴ Convertita in 3C nel Giugno 2001.

3. Procedure di calibrazione e sistemi di controllo

Le stazioni sismiche vengono calibrate con periodicità semestrale per definirne correttamente la funzione di trasferimento. La calibrazione periodica (La Rocca, 2000) viene effettuata inviando alla bobina di calibrazione del sensore un treno di impulsi di corrente nota (on/off e off/on); l'analisi mediante un programma *Mathcad* (Del Pezzo, 2000) fornisce la costante di calibrazione dinamica e la risposta in ampiezza e fase dello strumento. E' in corso di installazione su ogni stazione un circuito che effettua una calibrazione giornaliera (due impulsi di corrente nota) al fine di controllare la polarità, lo smorzamento ed il corretto funzionamento della stazione.

L'impulso per la calibrazione giornaliera viene anche impiegato per un controllo dello stato di alimentazione della stazione. Un circuito controlla la tensione della batteria ed inibisce l'impulso di calibrazione quando la tensione scende al di sotto di 12.2V qualsiasi ne sia la causa (avaria del caricabatteria, attivazione dei sistemi di protezione elettrica). In questo modo è possibile ripristinare il corretto funzionamento dell'alimentazione prima che la batteria esaurisca la carica di riserva.

E' stato realizzato, inoltre, un circuito che scollega la strumentazione dalla batteria nel caso in cui la tensione di quest'ultima scenda sotto i 10V (tensione non più sufficiente a garantire il funzionamento della strumentazione): questo al fine di proteggere la batteria da eccessivi livelli di scarica.

Le stazioni trasmesse via linea telefonica dedicata possono soffrire di un problema di diagnosi: l'assenza del segnale presso il Centro di Acquisizione può essere dovuta sia all'avaria del modulatore che ad un'interruzione della linea telefonica. Per effettuare un controllo remoto del sistema è stato progettato un apparato auto-alimentato che genera un segnale ad onda quadra di 3 Hz modulato alla stessa frequenza portante della stazione sismica. Tale segnale viene trasmesso sulla linea telefonica solo in caso di avaria al modulatore. In questo modo, l'assenza del segnale sismico e la presenza della nota a 3 Hz indicano l'avaria del modulatore; viceversa, l'assenza di qualsiasi segnale è sintomo dell'interruzione della linea telefonica.

4. Manutenzione della rete

4.1 Miglioramento installazioni

Nei secondi sei mesi del 2001 è continuato il programma di miglioramento e standardizzazione delle stazioni sismiche della Rete. E' stata ristrutturata la stazione di Sorrento (SOR) con la realizzazione di un pozzetto scavato nei calcari in cui è stata collocata la terna di sensori Geotech S13. Il pozzetto è chiuso da un coperchio metallico in grado da garantire un'adeguata protezione da infiltrazioni d'acqua e vento.

Gran parte delle stazioni sono state dotate di un quadro elettrico in cui sono alloggiati le protezioni da sovratensione e gli scaricatori. E' stata migliorata la logistica per quanto riguarda l'installazione dell'elettronica separando la sezione alimentazione da quella di modulazione e trasmissione.

Gli interventi di manutenzione straordinaria vengono effettuati di norma entro 24-36 ore.

4.2 Sistemi di alimentazione

La messa a terra della strumentazione e l'installazione di adeguati sistemi di protezione da sovratensioni ha sensibilmente migliorato il grado di affidabilità delle stazioni sismiche che nei secondi sei mesi del 2001 non hanno subito danni da fulmini o scariche elettriche.

I sistemi di alimentazione a tampone si sono rivelati ben dimensionati alle esigenze. Per la sola stazione digitale della Solfatara (SOB) è stato necessario aumentare il livello di carica fornito dai pannelli solari a causa dell'elevato consumo della strumentazione (data-logger e trasmettitore UHF).

4.3 Sensori

E' in atto la calibrazione completa di tutti i sismometri al fine di uniformarne le risposte e gli smorzamenti.

Alcuni sensori precedentemente installati a diretto contatto con i terreni vulcanici (HR9, TRZ, ASE) o in prossimità del mare (POZ) hanno subito alterazioni chimico-fisiche che ne hanno richiesto la sostituzione. Lo standard attualmente adottato per l'installazione dei sensori (Buonocunto et al., 2001; Castellano et al., 2002) garantisce un adeguato isolamento da agenti corrosivi.

Alla stazione di Bunker Est (BKE), a causa di problemi di risposta evidenziati dalla calibrazione del sensore, è stato sostituito il sismometro a tre componenti Mark L4-3D con una terna di sismometri Geotech S13.

4.4 Modulatori

Sono stati sostituiti quasi tutti i vecchi modulatori, alcuni dei quali in funzione da circa 30 anni. I nuovi apparati (Capello, 1996) sono caratterizzati da bassi costi di produzione e da una modularità che li rende estremamente funzionali per le operazioni di verifica e controllo.

4.5 Telemetria

La gran parte delle stazioni della Rete Sismica dell'Osservatorio Vesuviano è installata in aree altamente urbanizzate e caratterizzate da elevati livelli di noise antropico ed elettromagnetico. Quest'ultimo, in particolare, determina occasionalmente interferenze sulle trasmissioni radio che risultano disturbate anche su frequenze di trasmissione autorizzate.

Le stazioni trasmesse via linea telefonica dedicata non soffrono di tale problema, ma risultano più elevati i tempi di ripristino a seguito di avarie sulla linea, questo a causa delle procedure previste dal fornitore del servizio.

4.6 Stazioni in avaria

A causa delle priorità necessarie a garantire il più alto livello di funzionalità delle stazioni installate sulle aree vulcaniche, per tutto il 2001 sono risultate in avaria le stazioni di Capri (AN9) e Monte Stella (MT9). Tali stazioni saranno ripristinate nei primi mesi del 2002.

5. Installazione nuove stazioni

Nel corso del 2001 non sono state installate nuove stazioni. Si è proceduto, tuttavia, alla conversione da mono a tre componenti per due stazioni dell'area vesuviana (BKE e CPV) al fine di aumentare le informazioni sulle fasi dei terremoti locali e migliorare le localizzazioni ipocentrali.

Nei mesi a seguire è prevista l'installazione di altre 4 stazioni a larga banda e 3 stazioni a corto periodo per migliorare ulteriormente la geometria della Rete. La ricerca di nuovi siti con caratteristiche adeguate è resa difficile, specialmente per i sensori a larga banda, dalla già citata intensa urbanizzazione dell'area. E' da tenere presente, inoltre, che le aree da monitorare sono estremamente vicine al mare il cui effetto a bassa frequenza è particolarmente evidente proprio alle stazioni a larga banda.

6. Analisi dei dati

Nel corso del secondo semestre dell'anno 2001 alla Rete Sismica Permanente dell'Osservatorio Vesuviano sono stati registrati 1716 eventi sismici. Di questi 1009 sono eventi naturali e 707 eventi artificiali (probabili esplosioni). La distribuzione per area geografica dei terremoti registrati è mostrata in fig. 2.

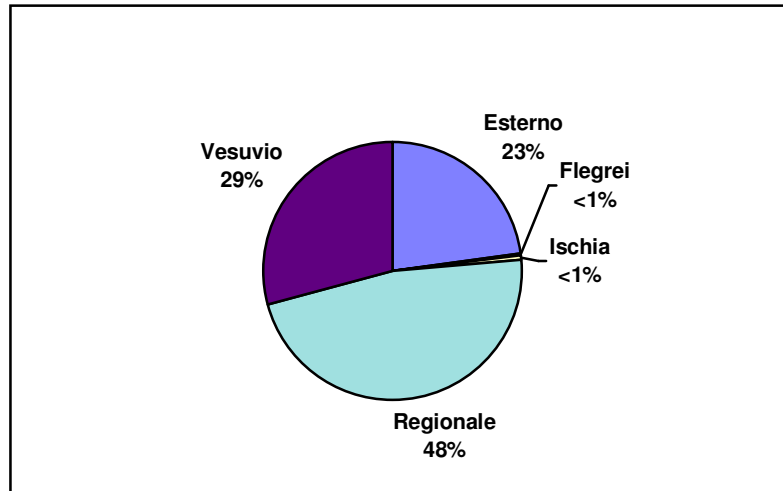


Fig. 2. Distribuzione geografica dei terremoti registrati nel secondo semestre del 2001. Regionali = terremoti avvenuti nell'area campana (ad esclusione delle aree Vesuvio - Campi Flegrei - Ischia) con $T_s-T_p \leq 5$ secondi. Esterni = terremoti esterni all'area campana e telesismi.

7. Attività sismica relativa al Vesuvio

Al Vesuvio, la stazione sismica OVO, considerata come stazione di riferimento per tutte le analisi effettuate riguardo la sismicità, ha registrato nel secondo semestre del 2001 45 terremoti con magnitudo $M_D \geq -0.2$. La distribuzione giornaliera di tali eventi è riportata in fig. 3.

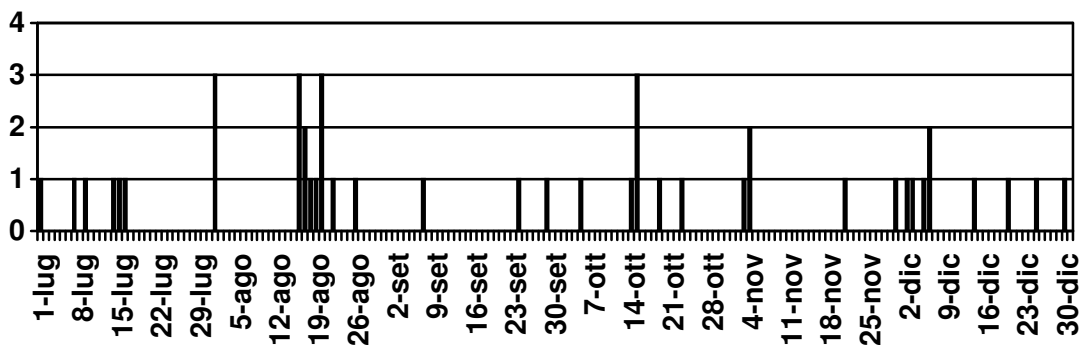


Fig. 3. Distribuzione giornaliera dei terremoti alla stazione OVO.

Al fine di confrontare la sismicità avvenuta nel 2001 con quella degli anni precedenti si è calcolata la distribuzione semestrale, a partire dal 1981, del numero di terremoti e dell'energia

determinata dalla classica relazione $\text{Log}E = 9.9 + 1.9M$. I grafici relativi a tali distribuzioni sono riportati in fig. 4.

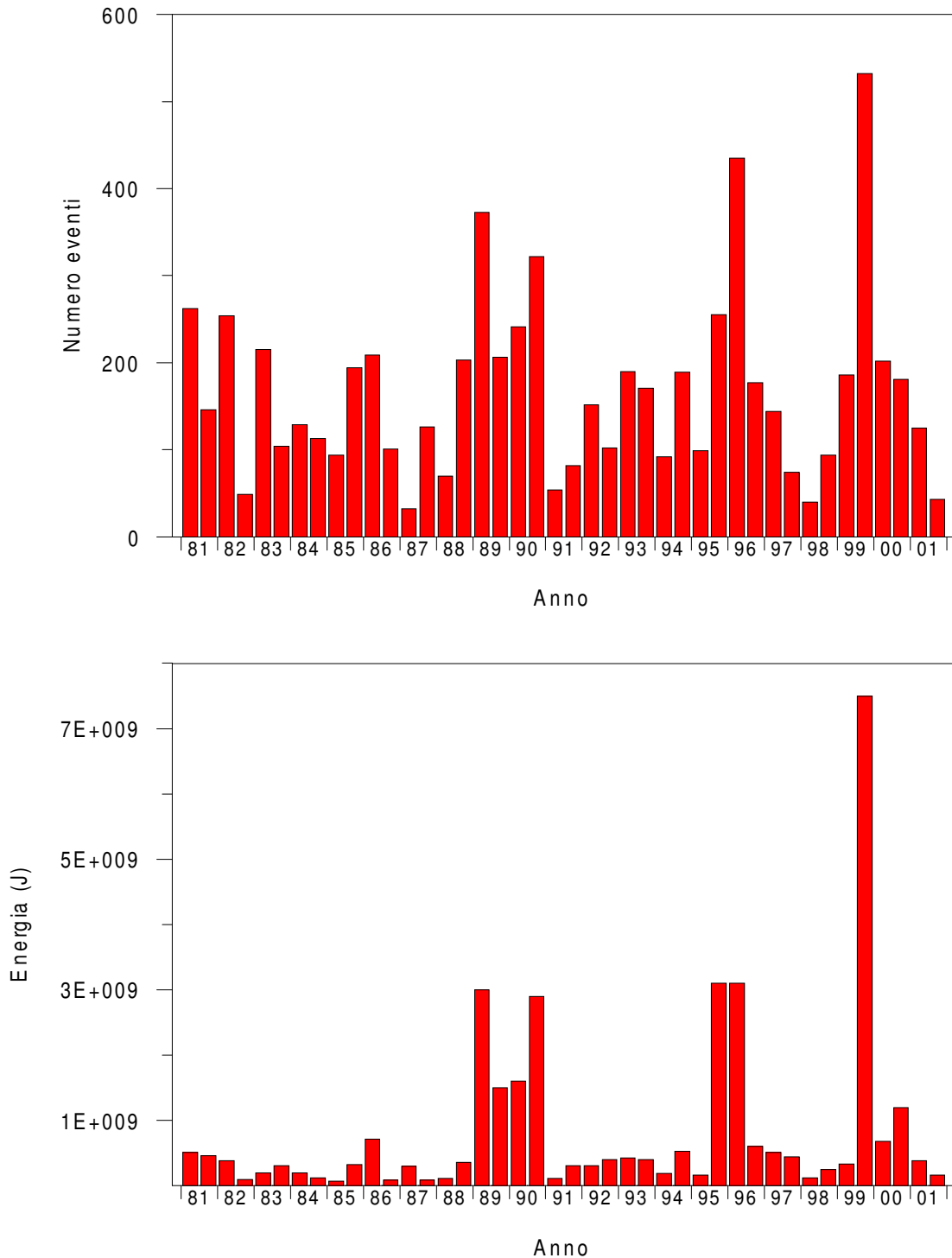


Fig. 4. Distribuzione temporale con frequenza semestrale del numero di eventi sismici e dell'energia per il periodo 1981-2001.

In fig. 5 viene mostrata la frequenza mensile degli eventi vesuviani dal 1999 ad oggi, insieme alla relativa distribuzione dell'energia.

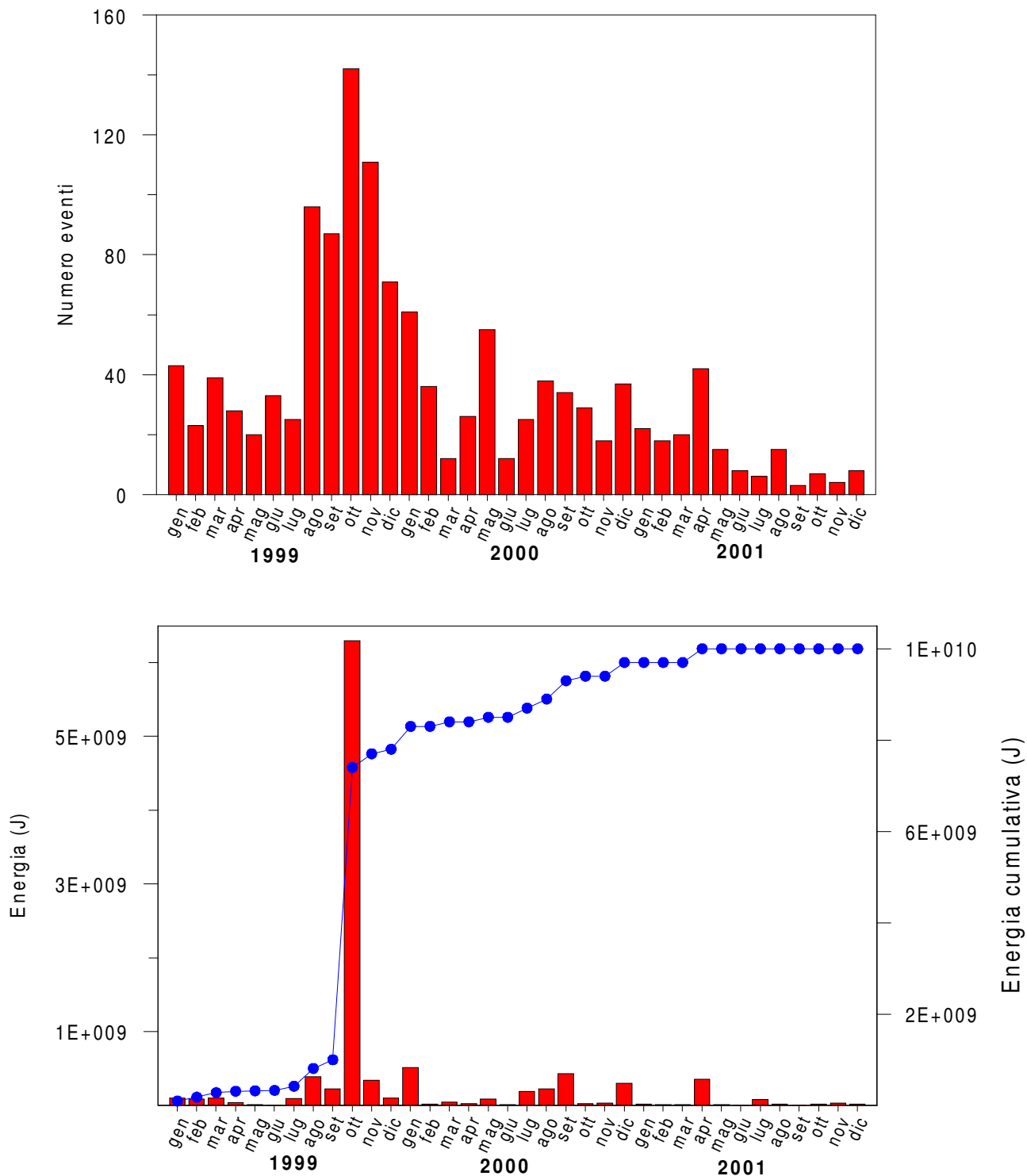


Fig. 5. Distribuzione temporale con frequenza mensile del numero di eventi sismici, dell'energia (istogrammi) e dell'energia cumulativa (linea continua) per il periodo gennaio 1999–dicembre 2001.

Nelle distribuzioni precedentemente mostrate non è stata considerata alcuna soglia di magnitudo. Poiché vari autori stimano che il catalogo dei terremoti del Vesuvio sia completo per eventi con $M_D \geq 1.9$, le distribuzioni semestrali e mensili sono state ricalcolate considerando tale valore di soglia. La fig. 6 riporta la distribuzione temporale dal 1981 della sismicità del Vesuvio (con $M_D \geq 1.9$), espressa sia come numero di eventi per semestre che come energia liberata.

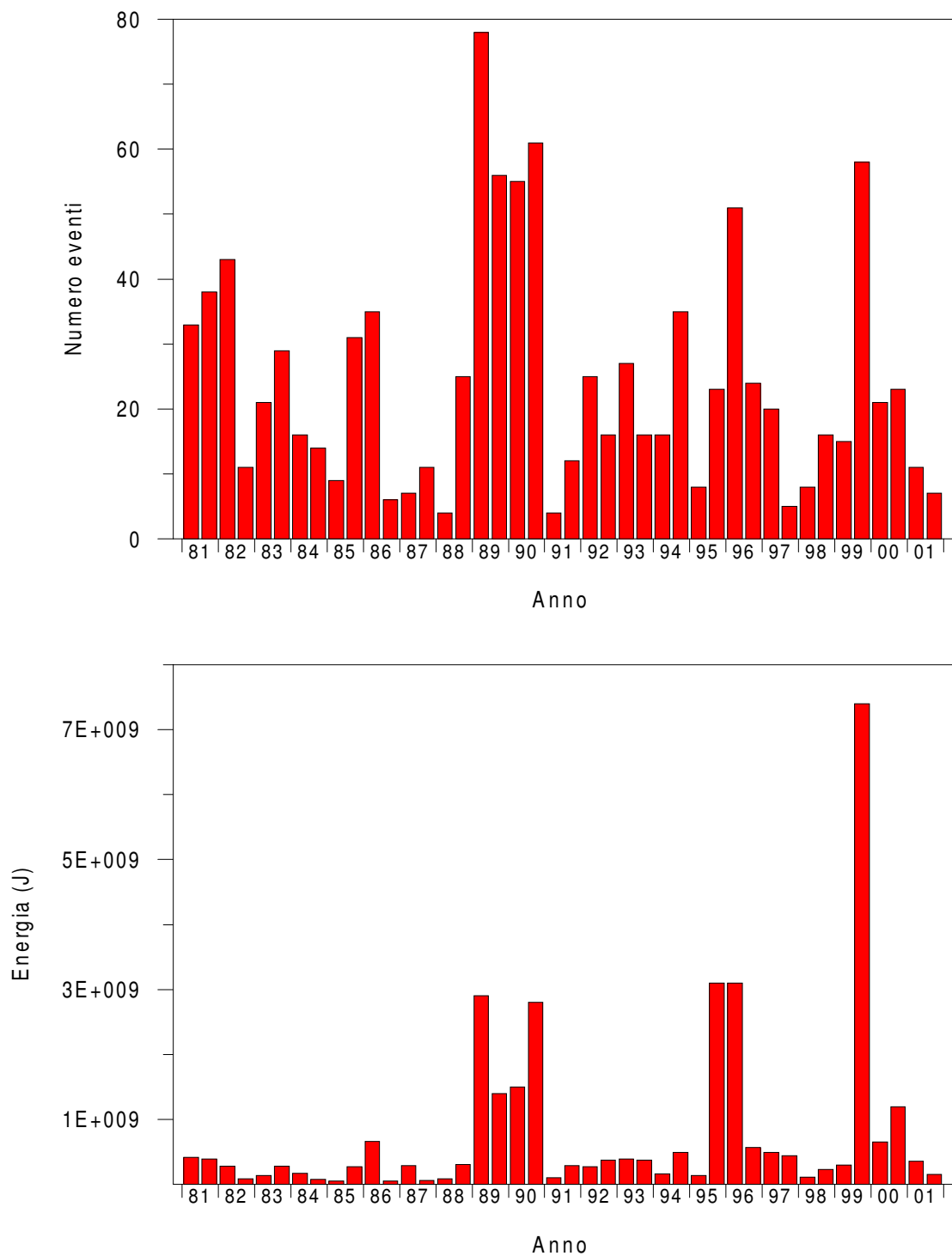


Fig. 6. Distribuzione temporale con frequenza semestrale del numero di eventi sismici con $M_D \geq 1.9$ e dell'energia per il periodo 1981-2001.

Infine, in fig. 7 si riporta la frequenza mensile degli eventi vesuviani con $M_D \geq 1.9$ dal 1999 ad oggi, insieme alla relativa distribuzione dell'energia.

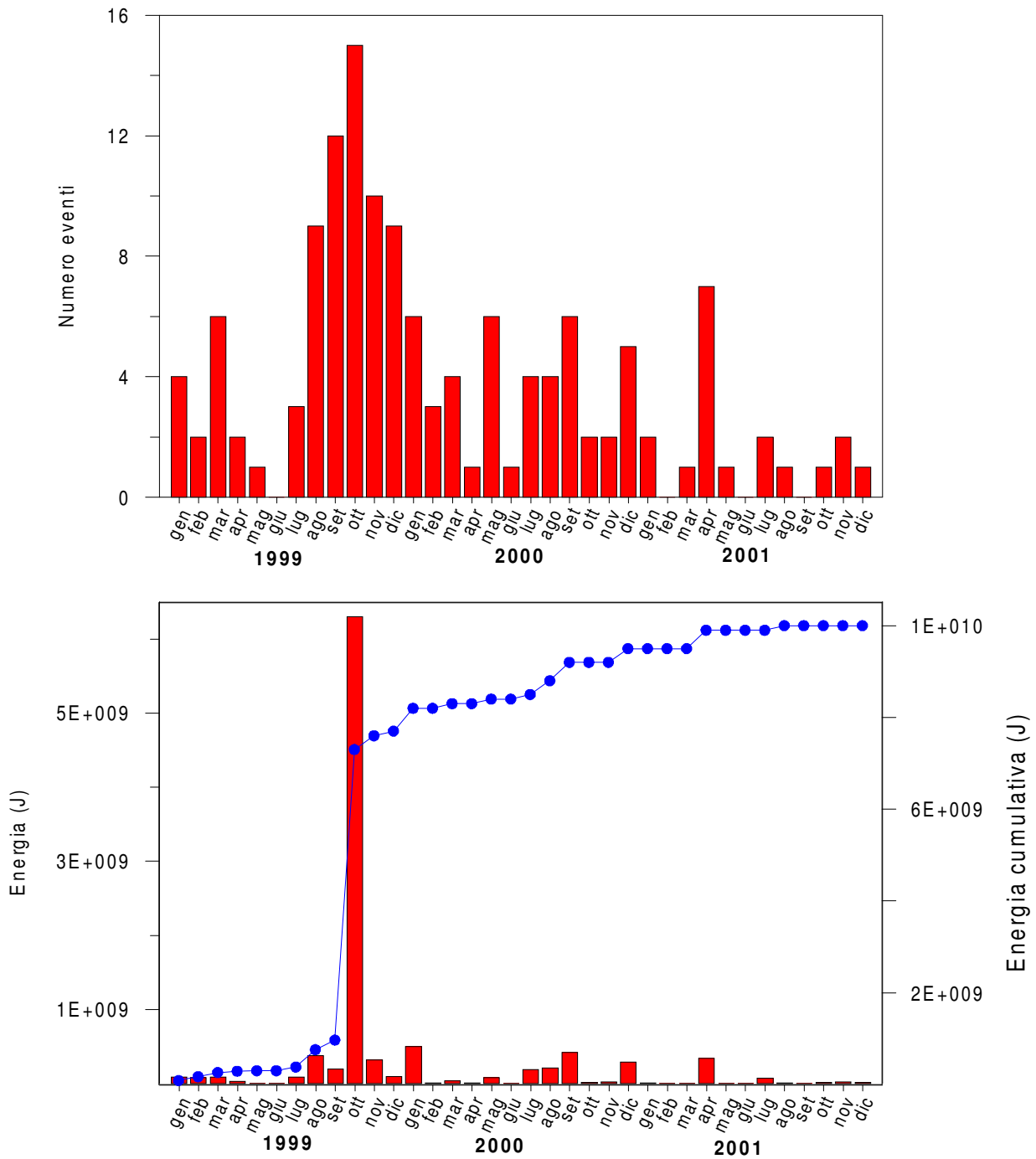


Fig. 7. Distribuzione temporale con frequenza mensile del numero di eventi sismici con $M_D \geq 1.9$, dell'energia (istogrammi) e dell'energia cumulativa (linea continua) per il periodo gennaio 1999–dicembre 2001.

La distribuzione della sismicità per classi di magnitudo è mostrata in fig. 8, da cui si nota che sono avvenuti 6 terremoti con magnitudo compresa tra 2.0 e 2.5, ed 1 con magnitudo tra 2.5 e 3.

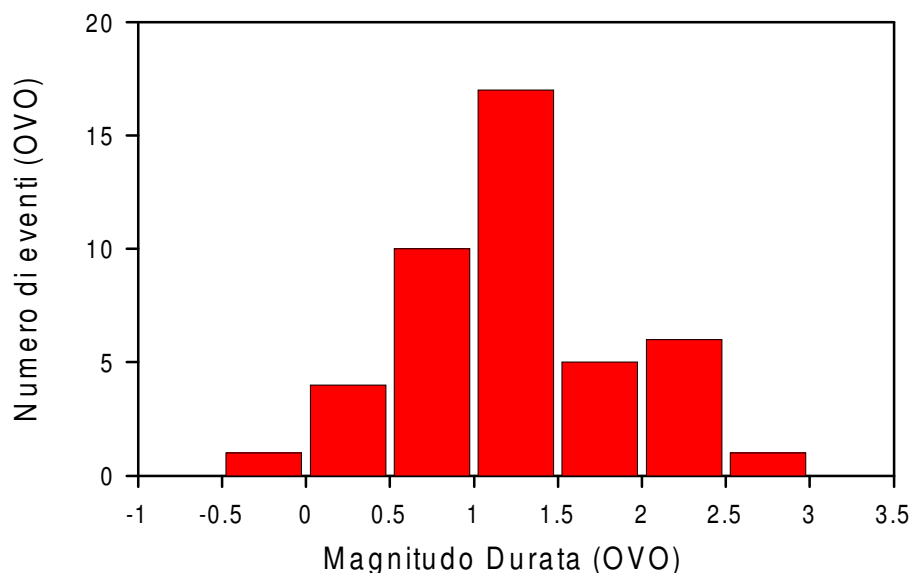


Fig. 8. Numero di eventi registrati alla stazione OVO (luglio-dicembre 2001) per classi di magnitudo di ampiezza 0.5.

Le localizzazioni ipocentrali degli eventi verificatisi nel secondo semestre del 2001 sono riportate in fig. 9. Utilizzando un modello di velocità introdotto anche nel precedente rapporto di sorveglianza (I semestre 2001), ricavato dai risultati della recente tomografia sismica del Vesuvio, tutti i terremoti risultano localizzati nell'area craterica, con ipocentri fortemente concentrati nei primi due chilometri di profondità. Sono in corso delle analisi per valutare la significatività di tale concentrazione, che potrebbe essere accentuata dalla semplificazione bidimensionale del modello di velocità. Il modello è riportato di seguito:

topografia $V_p = 2 \text{ km/s}$
 0 – 2 km $V_p = 3 \text{ km/s}$
 semispazio $V_p = 6 \text{ km/s}$
 $V_p/V_s = 1.90$

La tabella seguente riporta i parametri ipocentrali dei terremoti con $M_D \geq 2.5$.

Data	Ora GMT	Lat N	Lon E	Prof. (km)	M_D	RMS (s)	ERH (km)	ERZ (km)	Q
01/07/01	14:16	40-49.44	14-25.43	0.61	2.6	0.22	0.5	0.7	B

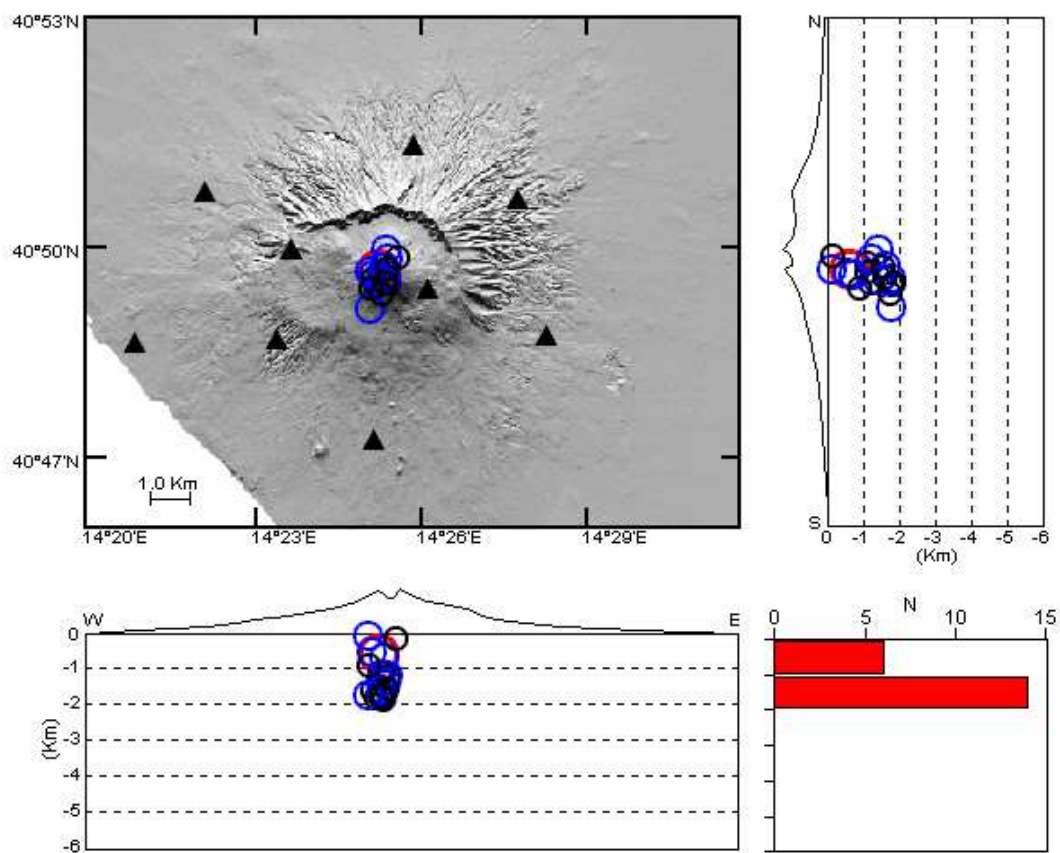


Fig. 9. Localizzazioni dei terremoti avvenuti nel periodo luglio-dicembre 2001. I cerchi neri rappresentano eventi con $M_D \leq 1.5$, i cerchi blu rappresentano eventi con $1.5 < M_D < 2.5$, e i cerchi rossi rappresentano eventi con $M_D \geq 2.5$. In basso a destra si riporta la distribuzione del numero di eventi per classi di profondità di 1 km.

Per un confronto con i precedenti rapporti di sorveglianza, i terremoti avvenuti nel periodo luglio-dicembre 2001 sono stati localizzati (fig. 10) anche con il modello di velocità in uso presso l'Osservatorio Vesuviano prima dell'introduzione del modello derivato dalla tomografia sismica. Il modello è riportato di seguito:

topografia	$V_p = 3 \text{ km/s}$
0 - 2.5 km	$V_p = 3 \text{ km/s}$
2.5 - 4 km	$V_p = 3.5 \text{ km/s}$
4 - 10 km	$V_p = 4 \text{ km/s}$
10 - 23 km	$V_p = 6.2 \text{ km/s}$
23 - 30 km	$V_p = 6.7 \text{ km/s}$
semispazio	$V_p = 8.2 \text{ km/s}$
$V_p/V_s = 1.80$	

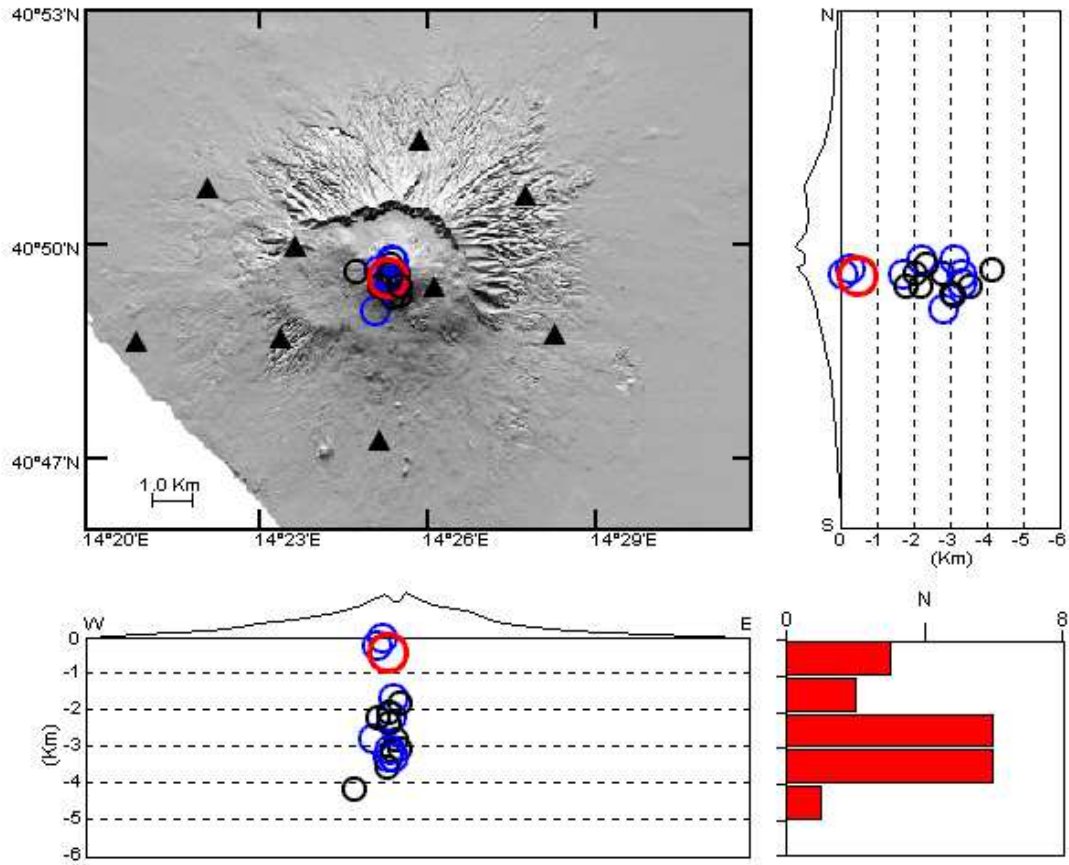


Fig. 10. Localizzazioni dei terremoti avvenuti nel periodo luglio-dicembre 2001, effettuate con il modello di velocità in uso fino a dicembre 2000. I cerchi neri rappresentano eventi con $M_D \leq 1.5$, i cerchi blu rappresentano eventi con $1.5 < M_D < 2.5$, e i cerchi rossi rappresentano eventi con $M_D \geq 2.5$. In basso a destra si riporta la distribuzione del numero di eventi per classi di profondità di 1 km.

7.1 Meccanismi focali

Relativamente ad un numero selezionato di terremoti è stato determinato il meccanismo focale utilizzando le polarità dei primi arrivi delle onde P. Sono stati considerati gli eventi registrati con almeno sette dati di polarità. La fig. 11 riporta le soluzioni determinate utilizzando il codice di calcolo FPFIT (proiezione emisfero inferiore).

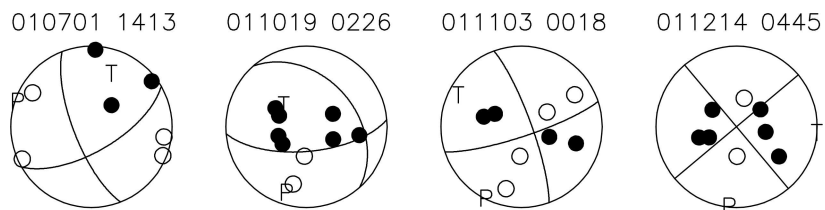
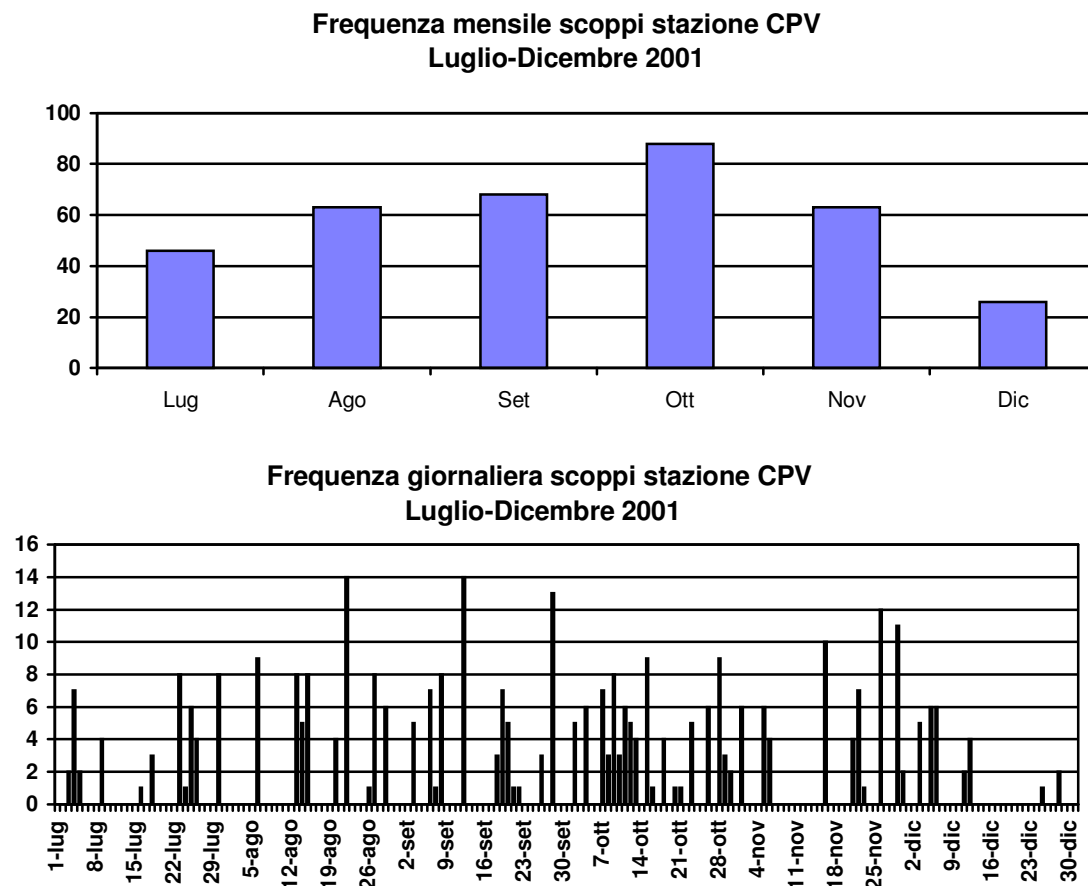


Fig. 11. Meccanismi focali di eventi selezionati relativi al periodo luglio-dicembre 2001.

7.2 Eventi di natura artificiale registrati nell'area vesuviana

Le stazioni sismiche installate sulle pendici del Vesuvio, oltre a registrare eventi naturali, hanno rilevato 479 eventi interpretati come registrazioni di probabili esplosioni. In particolare la stazione sismica CPV ha registrato 354 eventi di questo tipo; la bassa energia di questi segnali rilevati al più a due stazioni sismiche non ne consente la localizzazione che probabilmente è situata nel tratto di mare antistante le città di Torre del Greco - Torre Annunziata. La distribuzione mensile e giornaliera di tali esplosioni è mostrata nella fig. 12.

Fig. 12. Distribuzione mensile e giornaliera delle esplosioni registrate alla stazione CPV.



Questi eventi avvengono in limitate fasce orarie e risultano correlati con l'attività lavorativa, in quanto si verificano per lo più nei giorni feriali, come evidenziato dagli istogrammi riportati nella fig. 13.

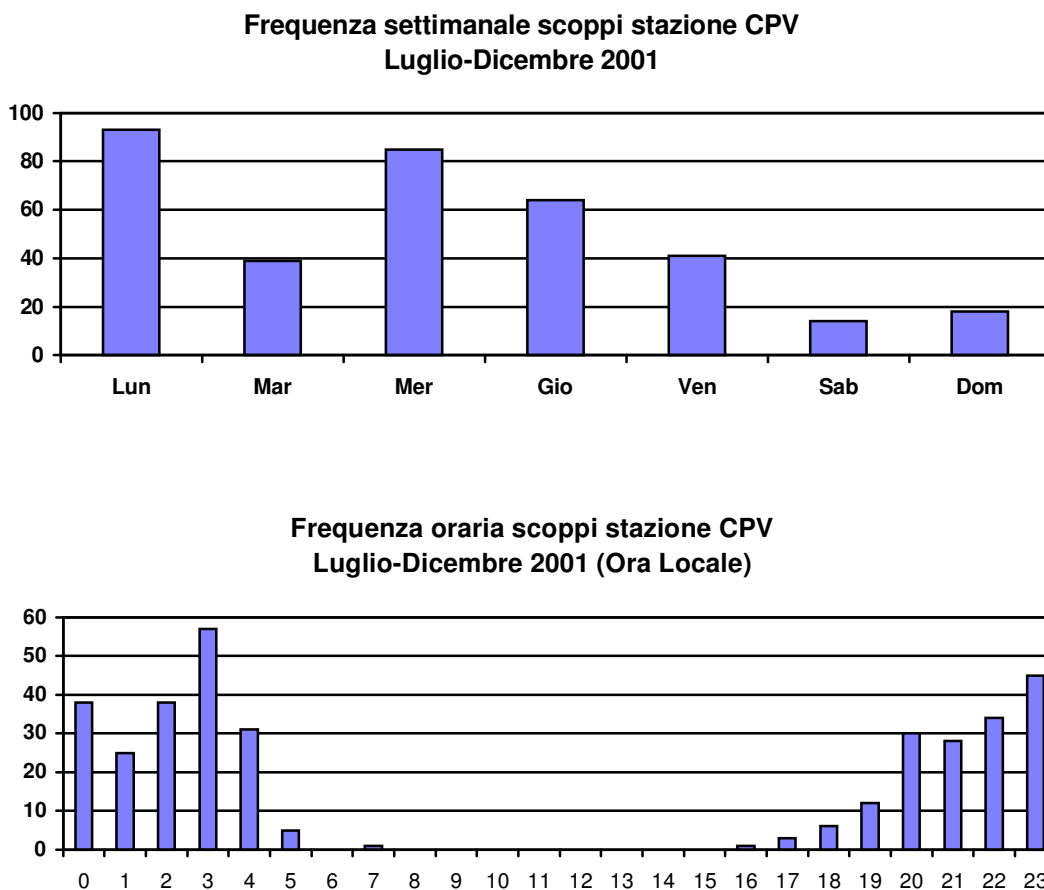
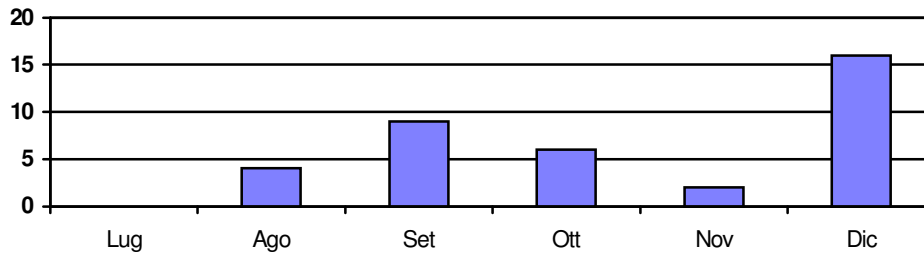


Fig. 13. Frequenza oraria e settimanale delle esplosioni registrate alla stazione CPV.

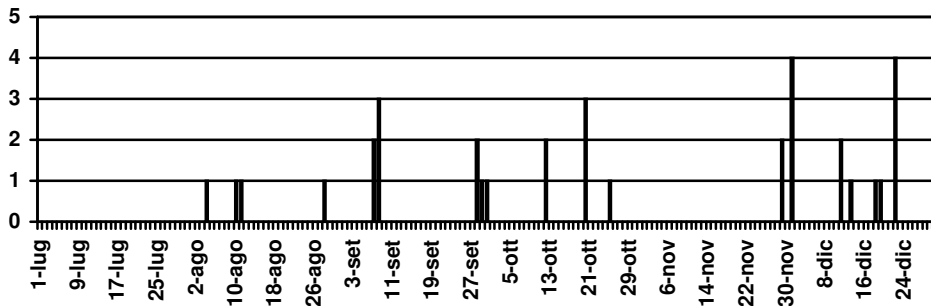
8. Attività sismica relativa all'area dei Campi Flegrei

Nel corso del secondo semestre 2001 è stato registrato 1 terremoto di magnitudo 0.8 alla sola stazione sismica STH. Le stazioni sismiche hanno inoltre rilevato 37 probabili esplosioni artificiali avvenute nel Golfo di Pozzuoli. Le distribuzioni mensile, giornaliera, settimanale ed oraria di tali esplosioni sono mostrate nella fig. 14.

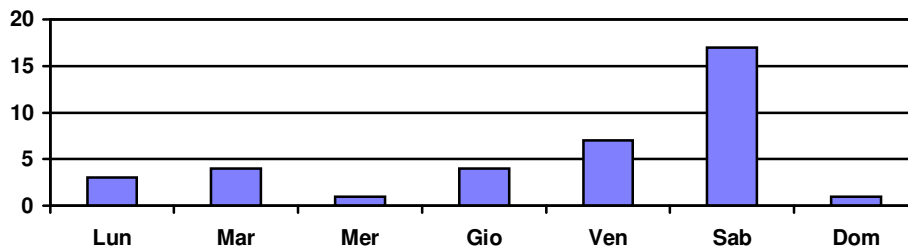
**Frequenza mensile scoppi Campi Flegrei
Luglio-Dicembre 2001**



**Frequenza giornaliera scoppi Campi Flegrei
Luglio-Dicembre 2001**



**Frequenza settimanale scoppi Campi Flegrei
Luglio-Dicembre 2001**



**Frequenza oraria scoppi Campi Flegrei
Luglio-Dicembre 2001 (Ora Locale)**

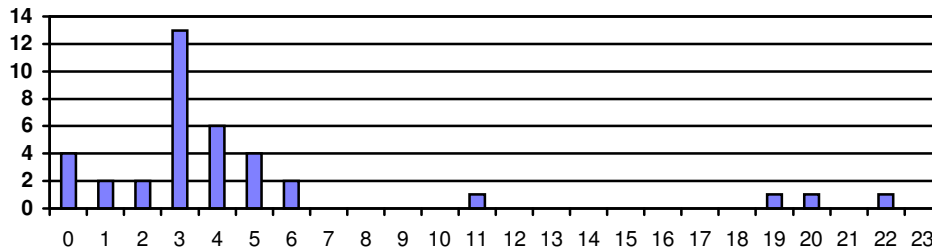


Fig. 14. Frequenza mensile, giornaliera, settimanale ed oraria delle esplosioni registrate nell'area flegrea.

9. Attività sismica relativa all'isola di Ischia

Nel corso del secondo semestre 2001 le stazioni sismiche dell'isola d'Ischia hanno registrato 5 terremoti; in particolare, l'evento più energetico è avvenuto il 27 Luglio ed è stato avvertito dalla popolazione. La localizzazione degli eventi non è stata possibile a causa della loro bassa energia e per il numero limitato di stazioni operanti sull' isola, a breve distanza dalle sorgenti dei segnali. Nel periodo 13 e 15 novembre sono state avvertite e segnalate da residenti in località Montecorvo (Comune di Forio) lievi scosse sismiche, non evidenti nei segnali registrati alla stazione FO9, posta a soli 2 km dall' area interessata. Nell' area sono state installate temporaneamente due stazioni a registrazione locale, in grado di rilevare eventuali segnali sismici a bassa energia. Infine, durante il secondo semestre 2001, sono stati identificati 5 segnali di probabili esplosioni artificiali.

10. Attività sismica localizzata in zone esterne alle aree vulcaniche napoletane

Le stazioni sismiche dell'Osservatorio Vesuviano esterne alle aree vulcaniche napoletane, oltre a contribuire allo studio della sismicità di tali aree, hanno registrato terremoti relativi ad altre zone sismogenetiche dell'Appennino campano. In particolare, la stazione SGG, ubicata sul massiccio del Matese, ha registrato 447 eventi sismici (fig. 15) caratterizzati da una differenza di tempi $T_s - T_p \leq 5$ secondi.

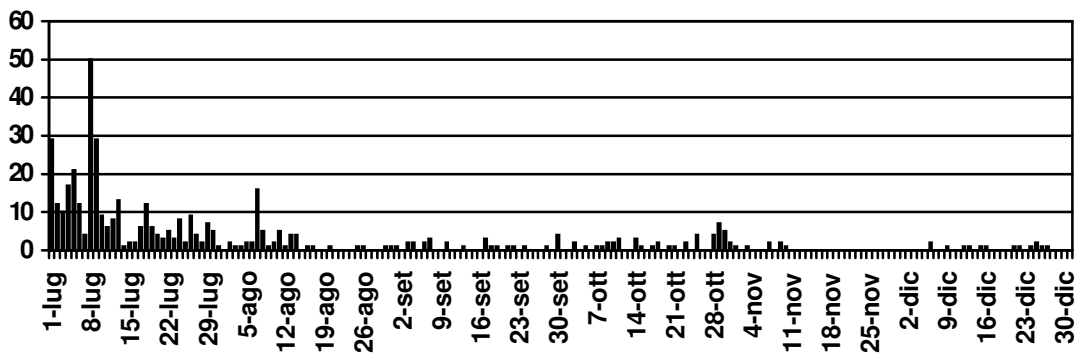
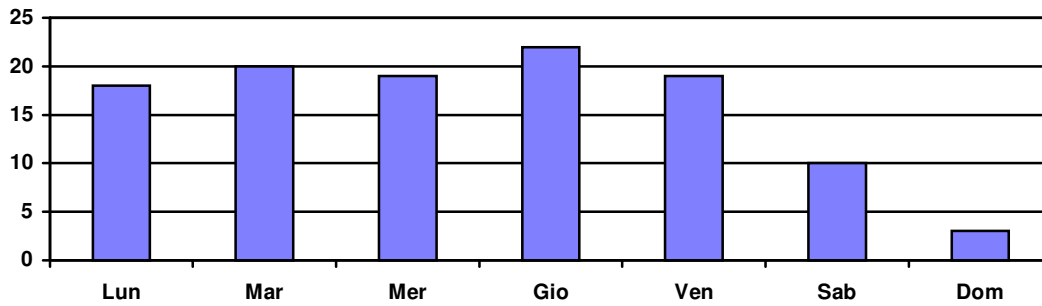


Fig. 15. Distribuzione temporale con frequenza giornaliera dei terremoti locali registrati alla stazione SGG.

La stazione NL9 installata sui contrafforti dei monti di Avella ha registrato 23 terremoti locali. La stazione ha inoltre registrato 111 esplosioni relative all'attività estrattiva delle cave presenti nella zona. La fig. 16 riporta la distribuzione settimanale ed oraria delle esplosioni. Da tali grafici si nota come tali scoppi avvengano soprattutto nei giorni feriali, quasi sempre intorno alle ore 17:00.

**Frequenza settimanale scoppi stazione NL9
Luglio-Dicembre 2001**



**Frequenza oraria scoppi stazione NL9
Luglio-Dicembre 2001 (Ora Locale)**

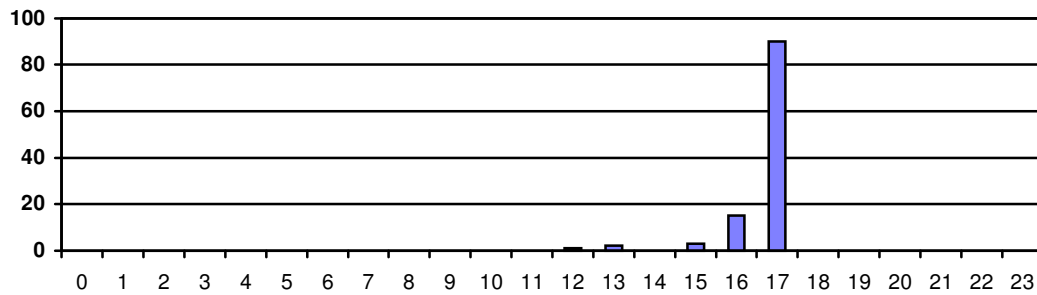


Fig. 16. Distribuzione settimanale ed oraria delle esplosioni registrate alla stazione NL9.

Sono da segnalare, infine, due terremoti di magnitudo 2.8 e 3.4, avvenuti rispettivamente il giorno 8 agosto alle 00:55 GMT e il 9 dicembre alle 12:15 GMT e localizzati tra i monti Picentini ed il confine con la Basilicata. Inoltre, il 4 luglio alle 20:02 GMT è stato registrato un terremoto di magnitudo 2.9, localizzato al confine Campania-Lazio, nella zona dei monti Aurunci. Le localizzazioni di tali eventi sono mostrate nella fig. 17.

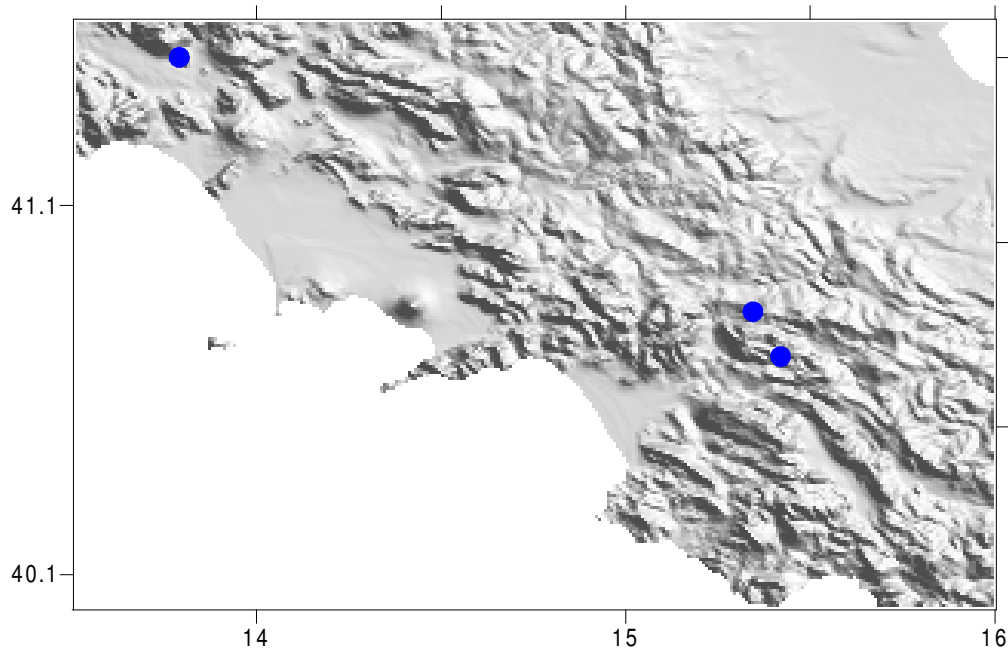


Fig. 17. Localizzazioni dei terremoti avvenuti nei giorni 4 luglio, 8 agosto e 9 dicembre.

Bibliografia

- Buonocunto C., 2000. Rete Sismica Permanente: Analisi e taratura dei sistemi modulatore-demodulatore in esercizio. Osservatorio Vesuviano Open File Report, 7-2000; 10pp.
- Buonocunto C., Capello M., Castellano M. e La Rocca M., 2001. La Rete Sismica Permanente dell'Osservatorio Vesuviano. Osservatorio Vesuviano Open-File Report, 1-2001; 55 pp.
- Capello M., 1996. Progetto di stazione sismica analogica a tre componenti: manuale operativo, schede, componentistica. Rapporto Interno Osservatorio Vesuviano; 26pp.
- Castellano M., Buonocunto C., Capello M. e La Rocca M., 2002. Seismic surveillance of active volcanoes: the Osservatorio Vesuviano Seismic Network (OVSN – Southern Italy). *Seism. Res. Lett.*, 73, 2; 168-175.
- Del Pezzo E., 2000. Manuale tecnico per la calibrazione delle stazioni sismiche dotate di bobina di calibrazione. Rapporto Interno Osservatorio Vesuviano; 34pp.
- La Rocca M., 2000. Circuito per la calibrazione dei sismometri. Osservatorio Vesuviano Open File Report, 8-2000; 8 pp.

Attività della rete sismica mobile nell'ambito della sorveglianza



A cura di Saccorotti G., La Rocca M. e Galluzzo D.

1. Area vulcanica: Campi Flegrei pag. 21
2. Area vulcanica: Ischia, Procida pag. 22
3. Area regionale: Penisola Sorrentina (Progetto Serapis) pag. 23
4. Intervento di sorveglianza speciale: eruzione dell'Etna (luglio 2001) pag. 24

Attività della rete sismica mobile nell'ambito della sorveglianza

Saccorotti G., La Rocca M. e Galluzzo D.

(Afferenti all'Unità Funzionale Sismologia, sismotettonica e struttura crostale)

Nel secondo semestre 2001, escludendo le attività di ricerca non strettamente correlabili con la sorveglianza delle aree oggetto di indagine INGV, le attività della Rete Sismica Mobile sono state le seguenti:

- partecipazione al progetto "Serapis" (Aree vulcaniche: Ischia, Procida, Campi Flegrei; Penisola Sorrentina);
- intervento di sorveglianza speciale effettuato in occasione dell'eruzione dell'Etna luglio 2001.

1. Area vulcanica: Campi Flegrei

I siti ed il relativo periodo di acquisizione sono, rispettivamente presentati in fig.1 e tab.1.

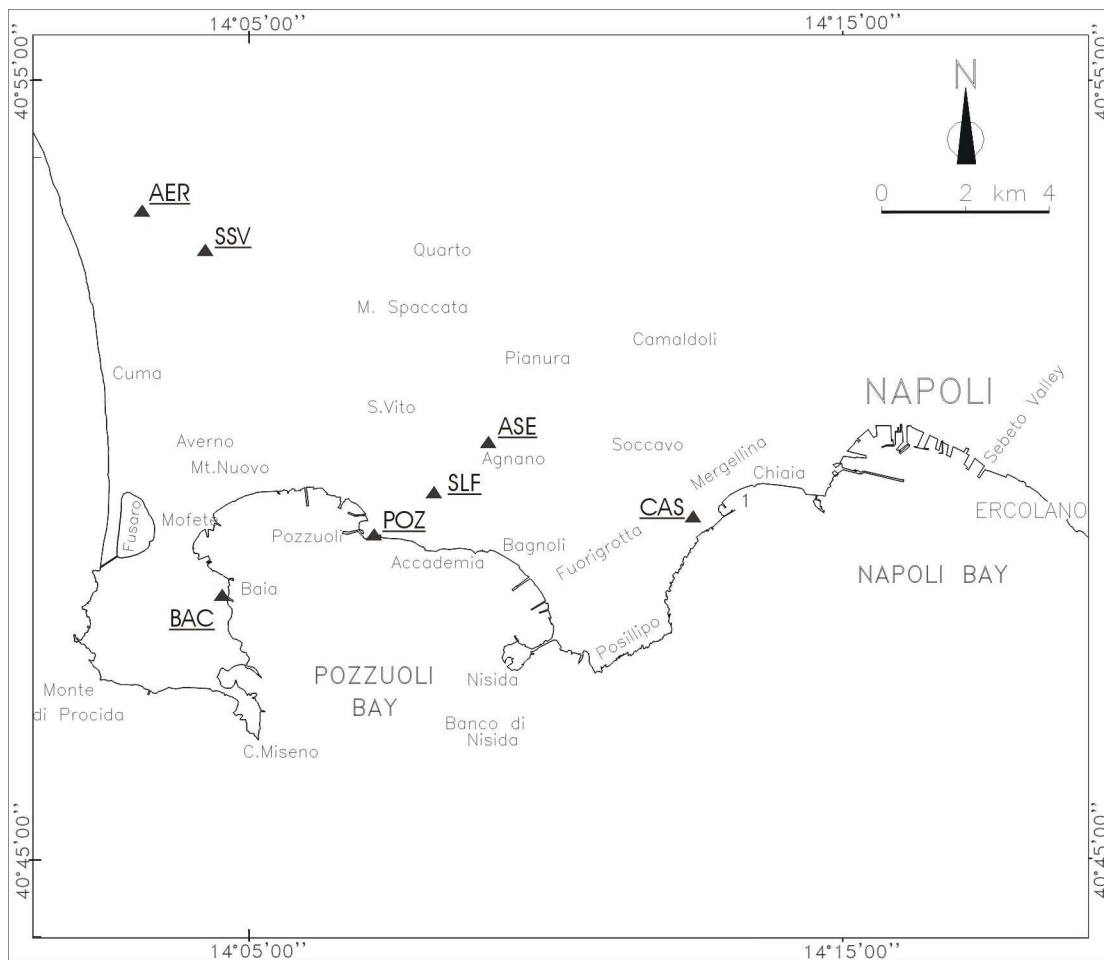


Fig. 1. Siti occupati dalla rete sismica mobile nell'area flegrea.

Tab. 1. Periodo di acquisizione e coordinate per le stazioni dell'area flegrea.

Area vulcanica: Campi Flegrei			
Stazione	Periodo di acquisizione	Lat. N (*da GPS interno)	Lon. E (*da GPS interno)
BAC	12/09/01 – 20/09/01	40° 48.58'	14° 04.96'
POZ	12/09/01 – 19/09/01	40° 49.22'	14° 07.23'
ASE	12/09/01 – 19/09/01	40° 50.41'	14° 09.55'
SLF	13/09/01 – 19/09/01	40° 49.77'	14° 08.40'
AER	12/09/01 - 19/09/01	40° 53.52'	14° 02.71'
SSV	14/09/01 - 19/09/01	40° 52.79'	14° 04.30'
CAS	13/09/01 - 19/09/01	40° 50.49'	40° 12.60'

Le caratteristiche e le modalità d'uso della strumentazione utilizzata sono espone nella tabella seguente:

Stazioni utilizzate:	N. 7 stazioni MARSlite Lennartz
Sensori:	N.7 sensori LE3Dlite Lennartz (1 Hz)
Modalità di acquisizione:	acquisizione continua
Frequenza di campionamento:	125 sps
Sincronizzazione temporale:	GPS

2. Area vulcanica: Ischia, Procida

Le caratteristiche delle stazioni sismiche installate sulle isole sono espone nella tabella seguente:

Stazioni utilizzate:	N. 7 stazioni MARSlite Lennartz
Sensori:	N.7 sensori LE3Dlite Lennartz (1 Hz)
Modalità di acquisizione:	acquisizione continua
Frequenza di campionamento:	125 sps
Sincronizzazione temporale:	GPS

La mappa con i siti è rappresentata in fig. 2. I relativi periodi di acquisizione sono tabulati in tab.2.

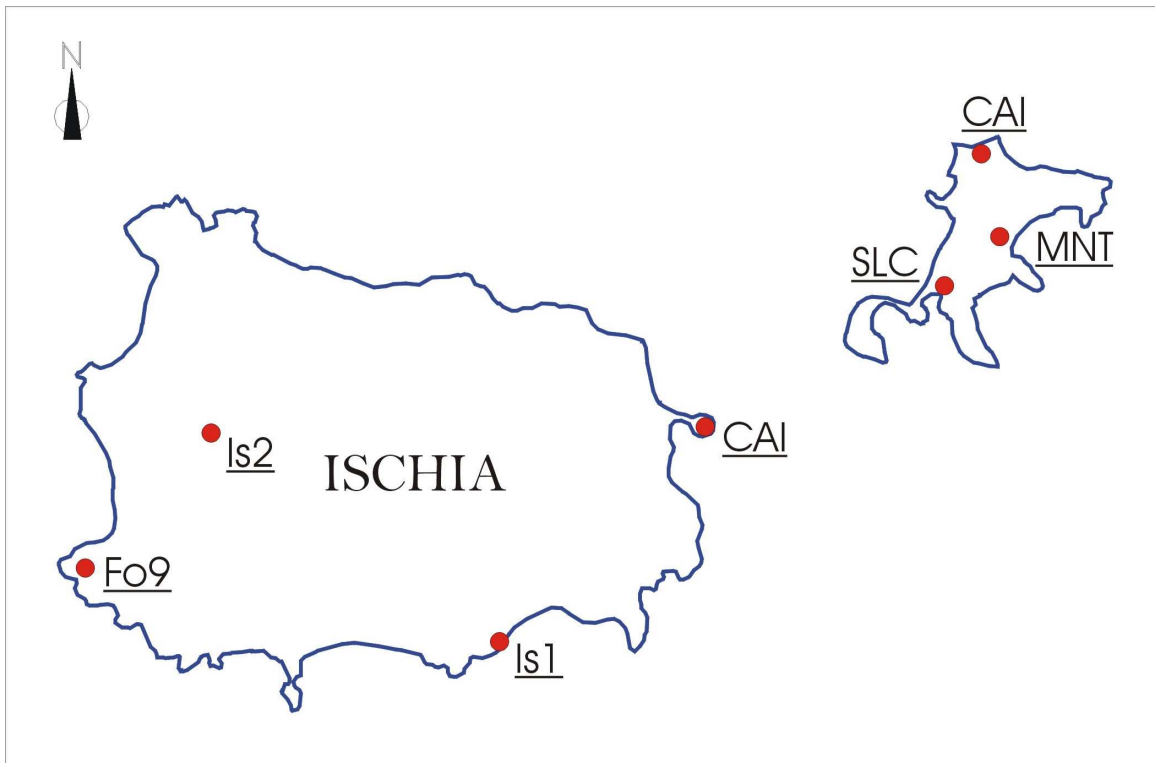


Fig. 2. Siti occupati dalla rete sismica mobile ad Ischia e Procida.

Tab. 1. Periodo di acquisizione e coordinate per le stazioni di Ischia e Procida.

Area vulcanica: Ischia – Procida			
Stazione	Periodo di acquisizione	Lat. N (*da GPS interno)	Lon. E (*da GPS interno)
CAI	12/09/01 – 19/09/01	40° 43.90' *	13° 57.98' *
FO9	12/09/01 – 19/09/01	40° 42.69' *	13° 51.31' *
IS1	13/09/01 – 19/09/01	40° 42.43' *	13° 56.10' *
IS2	13/09/01 – 19/09/01	40° 43.84' *	13° 52.77' *
PRO	13/09/01 – 20/09/01	40° 46.11' *	14° 00.87' *
MNT	13/09/01 – 20/09/01	40° 45.27' *	14° 00.82' *
SLC	13/09/01 – 20/09/01	40° 44.87' *	14° 00.67' *

3. Area regionale: Penisola Sorrentina (Progetto Serapis)

Nel periodo (13/09/01 – 19/09/01) è stata installata una stazione sismica a Sorrento (Lat: 40° 34.92' N, Long: 14° 20.10 E) con le caratteristiche esposte nella seguente tabella:

Stazioni utilizzate:	N. 1 stazioni MARSlite Lennartz
Sensori:	N.1 sensori LE3Dlite Lennartz (1 Hz)
Modalità di acquisizione:	acquisizione continua
Frequenza di campionamento:	125 sps
Sincronizzazione temporale:	DCF

4. Intervento di sorveglianza speciale: eruzione dell'Etna (luglio 2001)

L'intervento della Rete Mobile è stato effettuato con l'installazione di quattro stazioni digitali (tab.3) sul versante nord-est del vulcano (fig.3). Il lavoro è stato svolto in collaborazione e con il supporto logistico della Sezione di Catania (U.F. Sismologia) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Tab. 3. Periodo di acquisizione e coordinate per le stazioni dell'Etna.

Stazioni Etna 2001 – Rete Sismica Mobile O.V.			
Stazione	Periodo di acquisizione	Lat. N (*da GPS interno)	Lon. E (*da GPS interno)
ETN1	26/07/01 - 05/09/01	37° 48.07' *	15° 03.28' *
ETN2	26/07/01 - 05/09/01	37° 48.93' *	15° 01.41' *
ETN3	26/07/01 - 05/09/01	37° 47.47' *	15° 01.27' *
ETN4	26/07/01 - 05/09/01	37° 46.00' *	15° 01.01' *

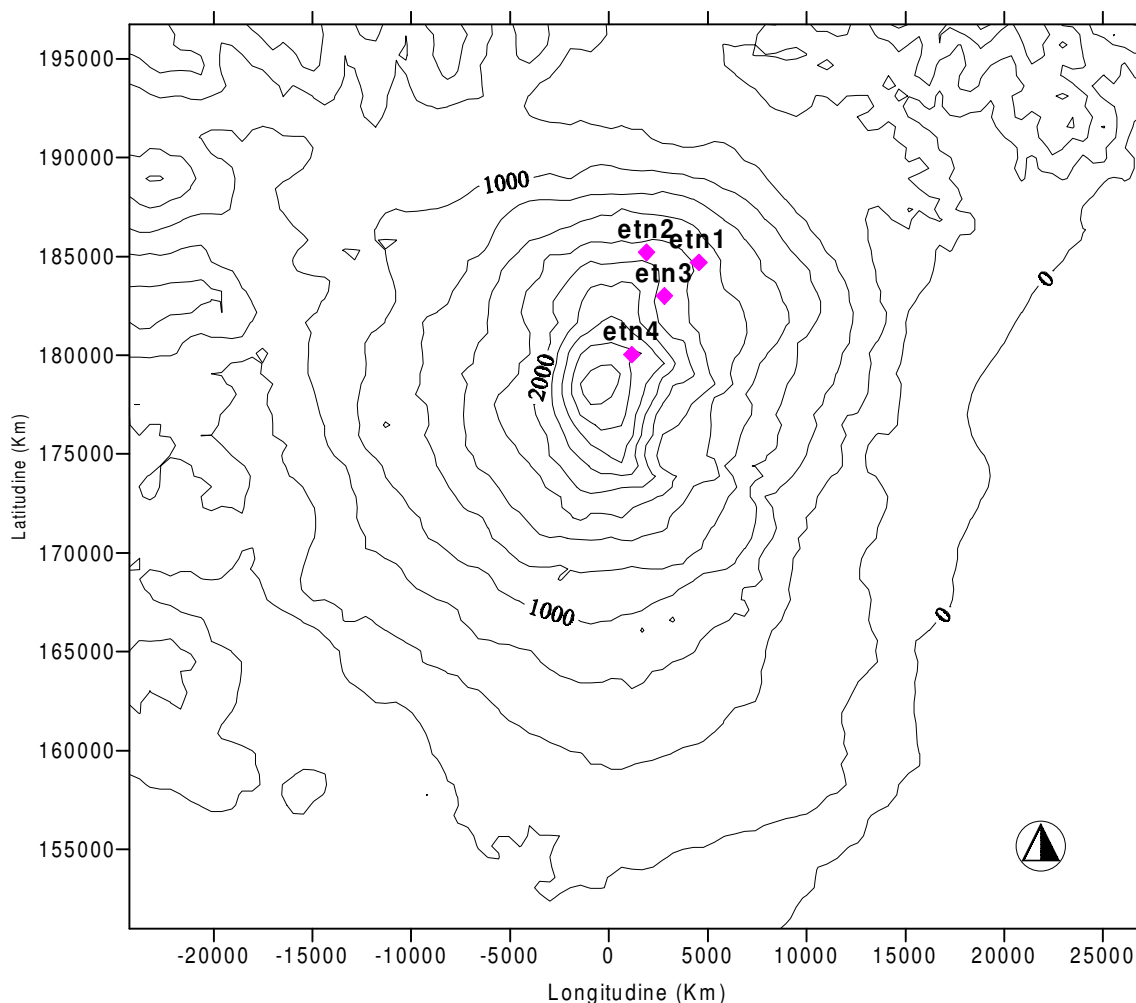


Fig.3 Siti occupati dalla rete sismica mobile all'Etna.

Le caratteristiche della strumentazione utilizzata sono esposte nella tabella seguente:

Stazioni utilizzate:	N. 4 stazioni MARSlite Lennartz
Sensori:	N.4 sensori GURALP CMG40T (60 s)
Modalità di acquisizione:	acquisizione continua
Frequenza di campionamento:	125 sps
Sincronizzazione temporale:	GPS