

Rapporti tecnici

INGV

**L'esperimento Sulcis (SW Sardegna):
acquisizione di dati sismici per
lo studio della microsismicità nell'area
del bacino carbonifero**

363



Direttore Responsabile

Silvia MATTONI

Editorial Board

Luigi CUCCI - Editor in Chief (INGV-RM1)

Raffaele AZZARO (INGV-CT)

Mario CASTELLANO (INGV-NA)

Viviana CASTELLI (INGV-BO)

Rosa Anna CORSARO (INGV-CT)

Mauro DI VITO (INGV-NA)

Marcello LIOTTA (INGV-PA)

Mario MATTIA (INGV-CT)

Milena MORETTI (INGV-CNT)

Nicola PAGLIUCA (INGV-RM1)

Umberto SCIACCA (INGV-RM2)

Alessandro SETTIMI (INGV-RM2)

Salvatore STRAMONDO (INGV-CNT)

Andrea TERTULLIANI (INGV-RM1)

Aldo WINKLER (INGV-RM2)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - Referente

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860068

redazionecen@ingv.it

in collaborazione con:

Barbara Angioni (RM1)

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.173 | 2014, 23 LUGLIO

© 2014 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI

Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



Rapporti tecnici INGV

L'ESPERIMENTO SULCIS (SW SARDEGNA): ACQUISIZIONE DI DATI SISMICI PER LO STUDIO DELLA MICROSISMICITÀ NELL'AREA DEL BACINO CARBONIFERO

Mario Anselmi¹, Mauro Buttinelli¹, Marina Pastori¹, Davide Piccinini², Gianfranco Colasanti³,
Claudio Chiarabba³

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

²INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Pisa)

³INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti)

363

Indice

Introduzione	7
1. Assetto geologico e tettonico dell'area del Sulcis	7
2. Sismicità strumentale e storica del Sud Ovest della Sardegna	10
3. L'esperimento Sulcis	13
4. Analisi del rumore ambientale alle singole stazioni	15
5. Registrazione di eventi regionali e telesismici	19
Conclusioni	21
Ringraziamenti	22
Bibliografia	22
Appendice A - Monografie delle stazioni sismiche temporanee del progetto	23
Appendice B – Elaborazioni delle PDF e delle H/V per ciascuna stazione	35
Appendice C - Tabella dei terremoti regionali e telesismici registrati durante l'esperimento	47

Introduzione

L'area del Sulcis ospita il bacino carbonifero considerato il più grande esistente sul territorio italiano. Tale bacino è stato scelto come *test-site* per un progetto pilota di stoccaggio geologico di anidride carbonica. L'obiettivo principale del progetto è il confinamento di anidride carbonica all'interno dell'acquifero posto stratigraficamente al di sotto dei livelli carboniferi.

Nell'ambito di un progetto di ricerca e sviluppo finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico e dalla Regione Autonoma della Sardegna e coordinato dalla società SOTACARBO S.p.A. (Società di Tecnologia Avanzate Low Carbon), si sta attualmente procedendo alla caratterizzazione geologica, strutturale e geochimica dell'area allo scopo di definire le caratteristiche del bacino.

In questo ambito a INGV è stato affidato il compito di definire la *baseline sismica* dell'area attraverso lo studio di dati sismici di alta qualità. Il raggiungimento di tale obiettivo, richiesto dal progetto, consentirà parallelamente di approfondire lo studio della reale sismicità di questo territorio, mai studiato così in dettaglio.

Nei prossimi paragrafi verranno descritte le attività di campagna e le analisi preliminari dei dati raccolti nell'ambito di tale esperimento.

1. Inquadramento geologico-strutturale

Il bacino carbonifero del Sulcis occupa un'area della Sardegna Sud-Occidentale che si sviluppa con andamento pressoché meridiano fra l'insenatura di Fontanamare a Nord ed il Golfo di Palmas a Sud; verso Est il limite del Bacino è dato dagli affioramenti Paleozoici, mentre ad Ovest è costituito dalla linea di costa (Figura 1.1). Nell'area in esame sono presenti, seppur non affioranti, le seguenti unità litologiche principali, elencate dal basso verso l'alto (Figura 1.2):

- Basamento cristallino Paleozoico;
- Formazione del Miliolitico;
- Complesso del Produttivo;
- Formazione del Cixerri;
- Complesso Vulcanico Calcalcalino Oligo – Miocenico;
- Copertura sedimentaria Quaternaria.

Dal punto di vista strutturale, l'area risulta interessata da una serie di fratture a carattere regionale con direzione prevalente NO-SE, NE-SO e subordinatamente E-O [Valera, 1966; Diana G.F., 1985], ricollegabili agli eventi tettonici che hanno interessato la Sardegna meridionale a partire dal Miocene e fino al Quaternario.

Tali linee strutturali possono rappresentare delle zone di debolezza che potrebbero dare luogo a fenomeni di infiltrazione, risalita e/o migrazione di fluidi.

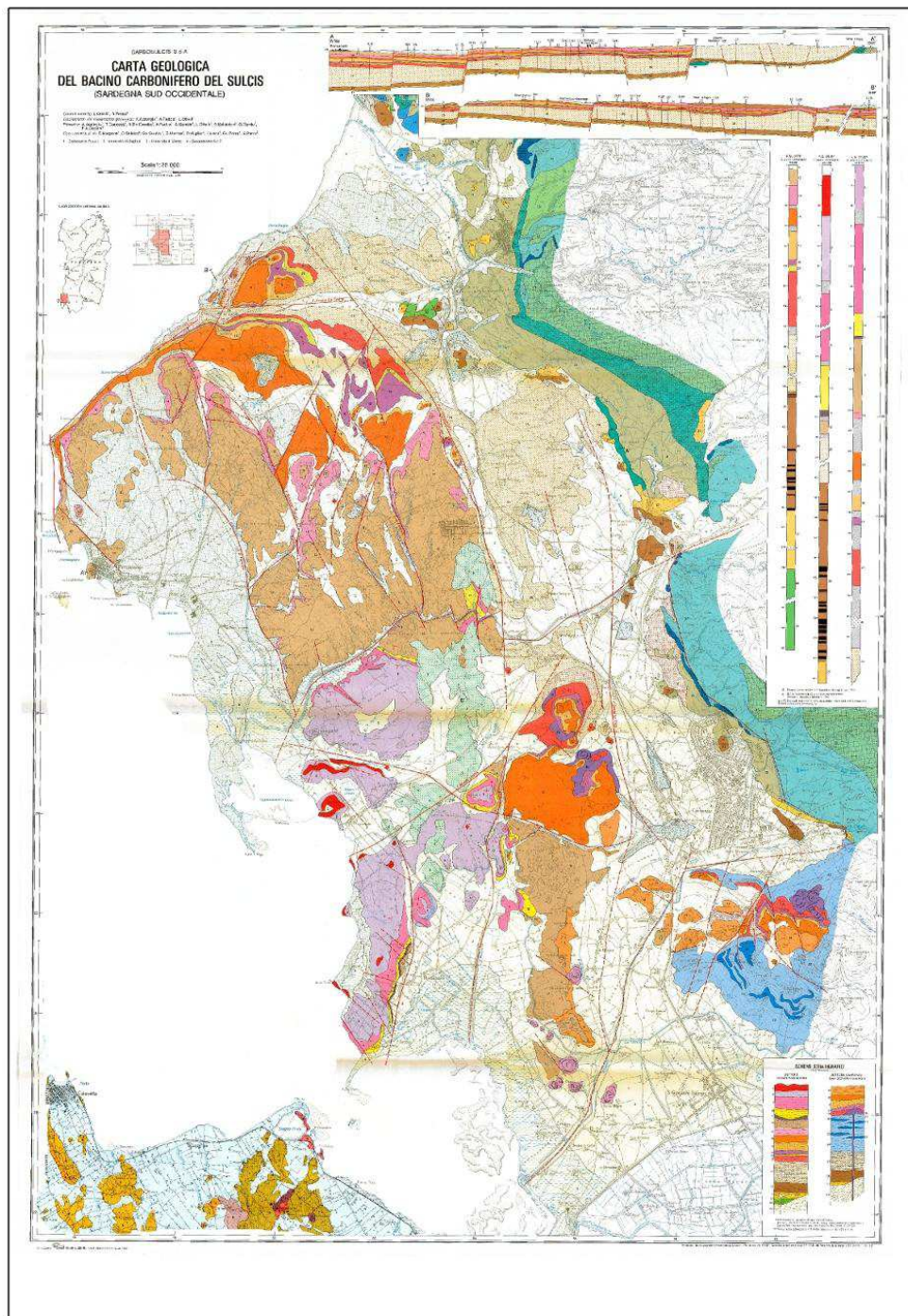


Figura 1.1. Cartografia geologica dell'area del Bacino Carbonifero del Sulcis [Assorgia et al. 1993; Carbusulcis, 1994; Tocco et al., 2008].

Schema stratigrafico del Bacino carbonifero del Sulcis

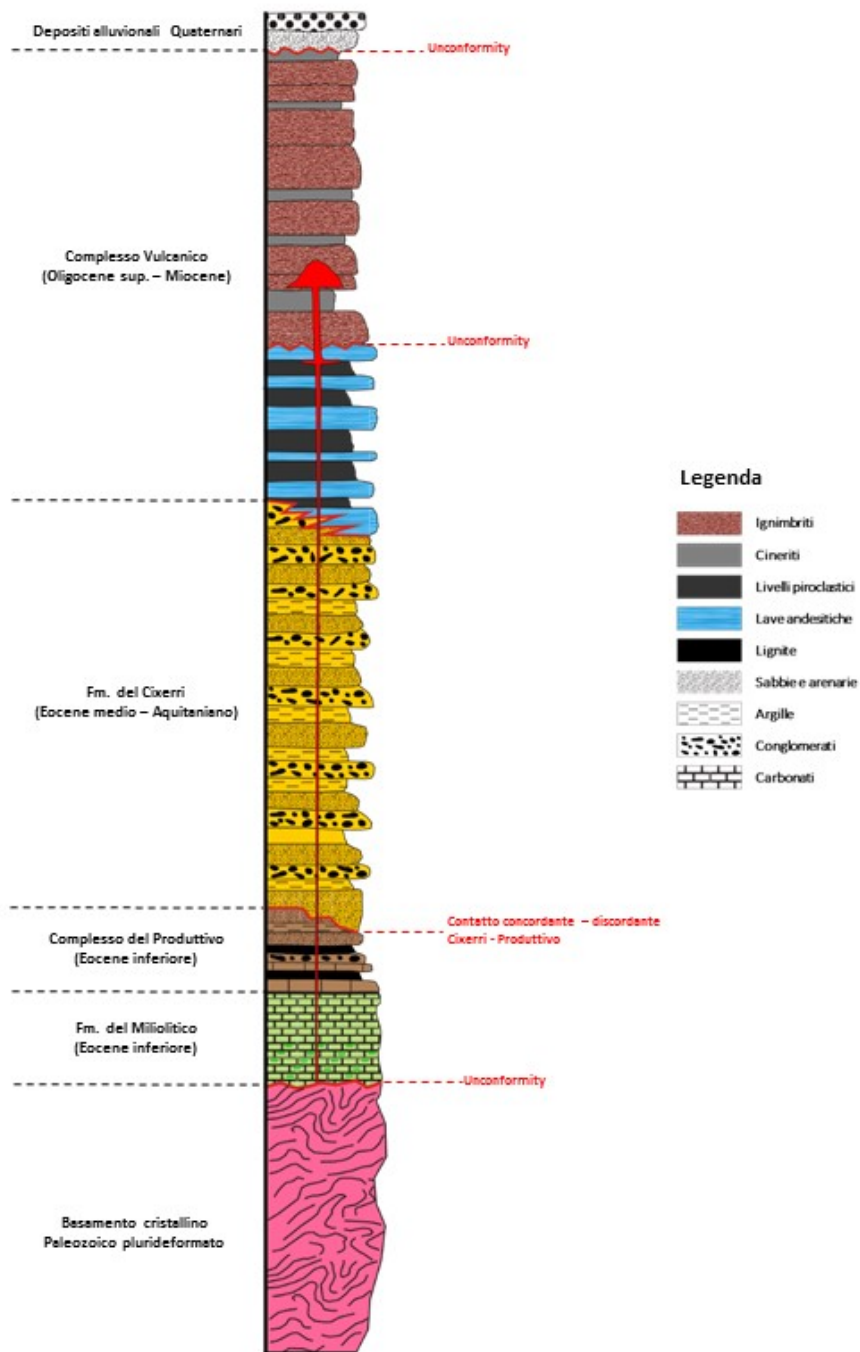


Figura 1.2. Stratigrafia sintetica del Bacino Carbonifero del Sulcis.

Grazie alla presenza di importanti giacimenti minerali nella parte continentale della regione (miniere di carbone e manganese) è stato possibile ricostruire, a partire dal Paleozoico, la sequenza stratigrafica completa dell'area [Barca e Costamagna, 1997; 2000 e riferimenti in esse contenuti]:

- **Formazioni Paleozoiche;**
- **Formazioni Mesozoiche;**
- **Formazioni Cenozoiche sedimentarie;**
- **Vulcanismo calcalkalino tardo Eocenico-medio Miocenico della regione del Sulcis;**

- *Vulcanismo alcalino Tardo Miocenico-Quaternario;*
- *Depositi sedimentari Quaternari.*

Nella Figura 1.2 è rappresentata una stratigrafia sintetica dell'area del Bacino del Sulcis che funge da riferimento, anche se non è dettagliata in tutte le formazioni come descriveremo nel seguito.

Le Formazioni Paleozoiche sono costituite da metamorfiti di bassissimo grado, spesso fossilifere, di età compresa fra il pre-Cambriano ed il Siluriano. Questi prodotti rappresentano le rocce di ambiente più profondo tra quelle affioranti nelle regioni del Sulcis e dell'Iglesiente. La "Formazione Bithia" è costituita da metasedimenti di età sconosciuta, stratigraficamente poste a letto delle sequenze metasedimentarie dell'Iglesiente. Gli gneiss del Monte Filau derivano da un granitoide Ordoviciano intruso nei micascisti del Monte Settiballas. I Micascisti del Monte Settiballas sono rappresentati da depositi lentiformi interni agli gneiss, interpretati come facenti parte del basamento Precambriano [Ribecai et al., 2005] e riferimenti in esso contenuti).

Le sequenze mesozoiche della regione del Sulcis affiorano esclusivamente nelle aree di Porto Pino e sull'Isola di S. Antioco [Barca e Costamagna, 1997]. Esse sono rappresentate da due unità tettoniche principali, chiamate rispettivamente "Unità Cala Su Trigu" e "Unità Guardia Sa Perda".

La sequenza Mesozoica dell'Unità "Cala Su Trigu" (Triassico superiore-Dogger inferiore) è costituita, dal basso verso l'alto, da due formazioni: a) Formazione delle "dolomie Scollieddu", dolomie stratificate grigio-nere-rosate ricche in fossili; b) Formazione "Medau Mereu" (Dogger inferiore) costituita da calcari e marne ricche in fossili.

La sequenza Mesozoica dell'Unità Guardia Sa Perda (Trias medio-superiore) consiste di tre formazioni principali: a) Formazione "Punta Tonnara", calcari laminati grigio-bluastri, localmente evaporatici; b) Formazione "Monte Zari", dolomie nere-biancastre con livelli di marne policrome; c) Formazione di "Guardia Sa Barraca", costituita da una successione calcarea del Liassico medio-inferiore e da calcari a ooliti e bioclasti del Liassico superiore.

I sedimenti Cenozoici, di età compresa tra il Paleocene e l'Oligocene, affiorano esclusivamente lungo il graben di Giba e nella Fossa del Cixerri. La base è rappresentata dai depositi dell'Unità di Monte Margiani [Barca e Costamagna, 1997; 2000], caratterizzata da arenarie e conglomerati poligenici di età compresa tra il Paleocene superiore e l'Eocene inferiore.

Al di sopra dell'Unità di Monte Margiani poggiano, in maniera trasgressiva e discordante, le litologie appartenenti alla "Serie Lignitifera", tradizionalmente suddivisa in due unità litostratigrafiche: a) Il "Miliolitico", di età Ilerdiana, costituito da calcari localmente ricchi di micro e macrofossili [Barca e Costamagna, 2000]; b) Il "Lignifero", di età compresa tra il Cuisiano ed il Luteziano, costituito da alternanze ben stratificate di calcari marnosi, marne, marne arenacee, arenarie, conglomerati poligenici e strati di lignite [Barca e Costamagna, 2000].

Al di sopra della "Serie Lignitifera" poggiano in discordanza le litologie appartenenti alla "Formazione del Cixerri", di età compresa tra il Luteziano e l'Oligocene inferiore [Barca e Costamagna, 1997]. Questa formazione è costituita da conglomerati poligenici, arenarie e siltiti rossastre e rappresenta l'ultima formazione sedimentaria del Cenozoico in Sardegna.

2. Sismicità strumentale e storica del Sud Ovest della Sardegna

Il settore sud-occidentale della Sardegna è caratterizzato da una bassa sismicità strumentale. Negli ultimi 20 anni sono stati registrati pochi terremoti di bassa magnitudo nel graben del Campidano ed un evento di magnitudo moderata-bassa (M_L 4.1) nel golfo di Cagliari. Tuttavia l'analisi della sismicità strumentale necessita di un'attenta riflessione, soprattutto in riferimento alla scarsa copertura del territorio dell'isola da parte della rete sismica nazionale (R.S.N.), che include nell'area appena due stazioni permanenti (Cagliari-Monte Serpeddi (CGL) e Villasalto (VSL)) e un totale di 3 stazioni sismiche su tutta l'isola se viene considerata Dorgali (DGI) sulla costa orientale. Tale copertura rispecchia da un lato la generale bassa sismicità dell'area sarda (Figura 2.1 e Tabella 2.1) ma dall'altro la scarsa capacità di rilevazione di terremoti da parte della R.S.N., che ha una soglia di rilevazione sicuramente al di sopra di magnitudo $M = 3.0$.

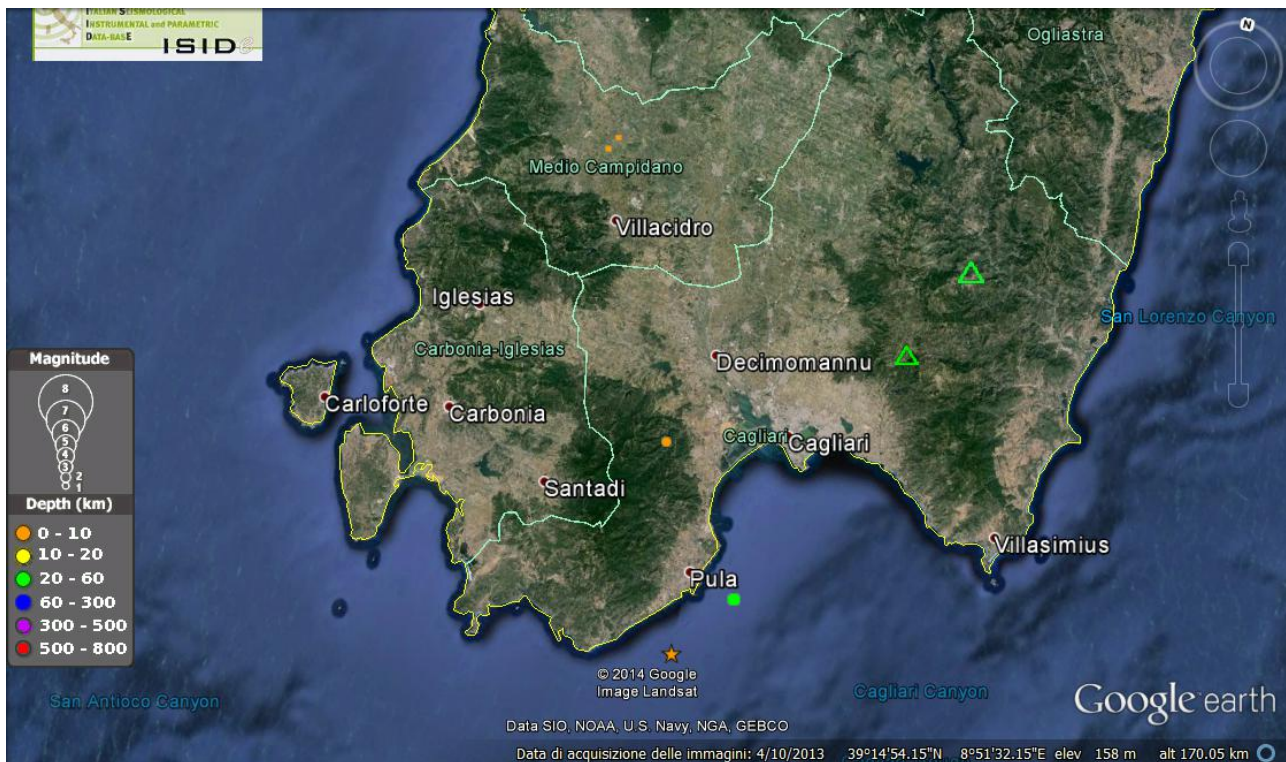


Figura 2.1. Mappa della sismicità strumentale proveniente dal catalogo ISIDE dell’Ingv. I pallini, la cui dimensione è proporzionale alla Magnitudo M_L ed il colore è scelto in funzione della profondità, rappresentano gli epicentri dei terremoti. La stellina rappresenta terremoti con $M_L > 4.0$. I triangoli verdi rappresentano le due stazioni della RSN, CGL (Cagliari) e VSL (Villasalto).

Evento YYY-MM-DD HH:MM:SS.SSS	Latitudine	Longitudine	Profondità (km)	Magnitudo (ML)
2007-10-02 08:51:53.290	39.575	8.714	10.0	1.4
2007-04-23 09:47:06.670	39.557	8.701	10.0	1.4
2006-07-13 02:06:29.440	39.181	8.912	10.0	2.7
2006-03-24 10:43:47.670	38.898	9.0	8.6	4.1
2006-03-22 22:45:20.090	38.989	9.088	23.3	3.4

Tabella 2.1. Tabella degli eventi avvenuti dall’aprile 2004 ad oggi nella parte meridionale della Sardegna.

Per quanto riguarda la sismicità storica della parte meridionale della Sardegna, l’evento più antico menzionato nel catalogo storico si è verificato nell’area di Cagliari nel 1610 [Boschi et al., 1997, Figura 2.2].

Il suo epicentro potrebbe essere in relazione con le faglie estensionali che bordano il Golfo di Cagliari (e.g. Capoterra Fault). La sismicità localizzata nel settore nord-occidentale della provincia di Cagliari potrebbe essere invece attribuita al sistema di faglie del Graben del Campidano, sebbene non vi siano studi approfonditi. Tali strutture sembrano essersi riattivate negli eventi del 1835 e del 1855, chiaramente avvertiti dalla popolazione nella città di Cagliari, anche se la mappa delle isolinee sismiche non fornisce una chiara indicazione riguardo la posizione effettiva delle sorgenti sismiche.

Nel settore sud-occidentale un'altra sorgente sismica viene delineata tra le isole di Sant'Antioco e San Pietro, con gli eventi del 1771 [Boschi et al., 1997], a cui va aggiunto un altro evento di bassa energia verificatosi nell'isola di Sant'Antioco nel 1923 [Ingrao, 1928]. Infine a 50 km dalla costa a sud di Cagliari un evento di $M_L=5.2$ è avvenuto nell'agosto del 1977 ed è stato localizzato nei pressi del Monte Quirino, un rilievo marino calcalalino [Finetti and Morelli, 1973]. Gasparini et al. [1986] hanno calcolato il relativo meccanismo focale che risulta di tipo strike-slip con direzione NW-SE.

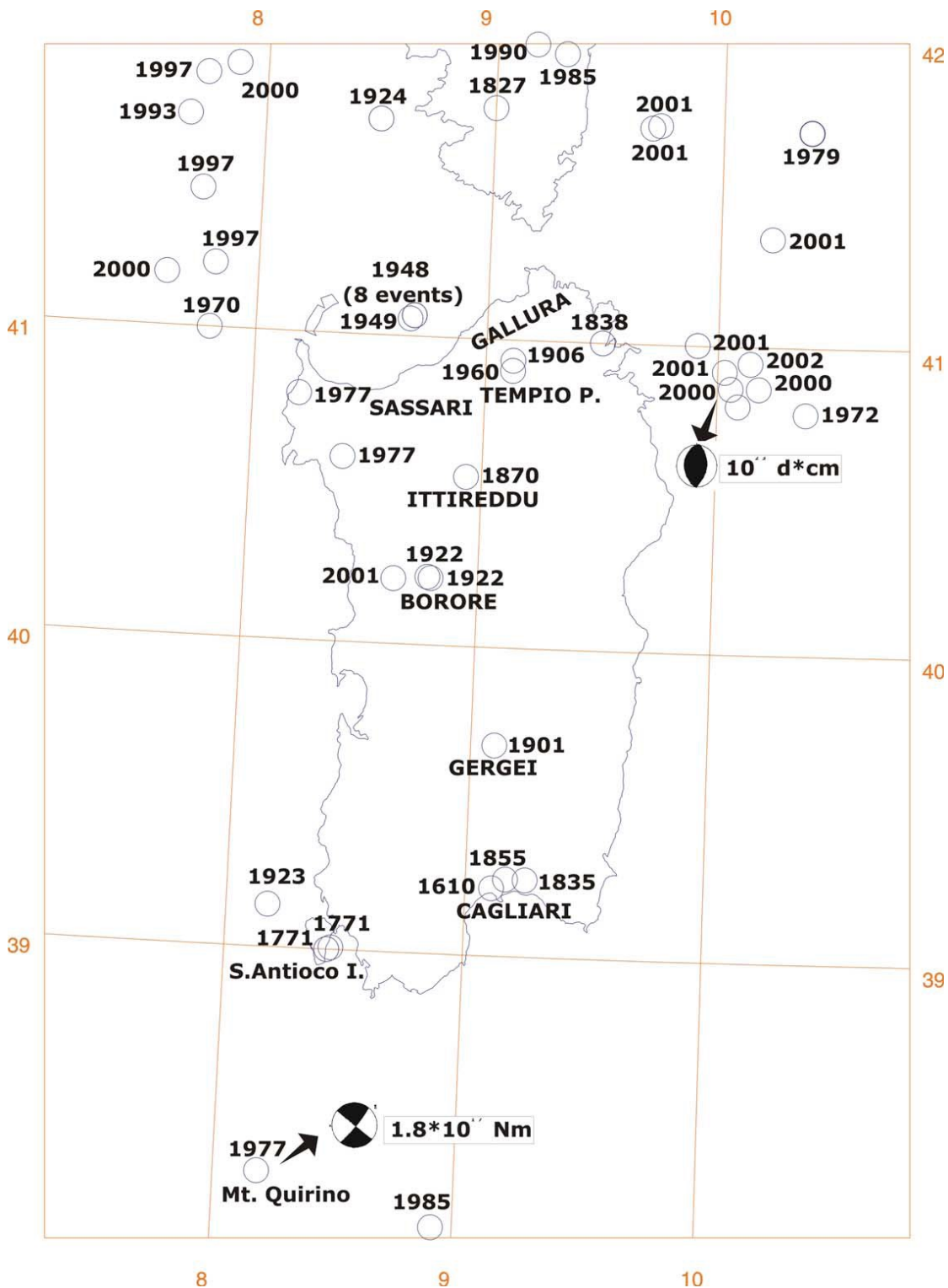


Figura 2.2. Sismicità, meccanismi focali (insieme con i valori di tensore momento) e principali terremoti storici della Sardegna (estratti dal Catalogo Storico INGV, [Boschi et al., 1997]). Gli eventi avvenuti nell'area sud-occidentale sono elencati nella Tabella 2.2.

Year	Month	Day	Time hh:mm:ss	Lat	Long	Depth Km	Int.	Mag.	Ref.
1610	06	04	Nd	39.22	9.11	nd	IV-V	3.3	Nd
1771	08	17	13:30	39.00	8.43	nd	IV	3.0	Nd
1771	08	17	18:30	39.00	8.43	nd	V	3.5	Nd
1835	03	06	Nd	39.25	9.25	nd	III	2.5	Nd
1855	06	11	Nd	39.25	9.167	nd	nd	nd	Nd
1923	11	24	18:48	39.15	8.25	nd	II	2.2	Nd
1977	08	28	09:45:14.5	38.21	8.21	10	nd	5.2 ML	RMP
1985	08	12	01:23:29.2	38.16	8.98	10	nd	nd	Nd

Tabella 2.2. La tabella ha i seguenti valori: Depth=profondità calcolata; Int.=intensità macrosismica in gradi MCS; Mag.= magnitudo valutata o calcolata; Ref.=Magnitudo bibliografica [vedere la bibliografia del catalogo INGV, Boschi et al., 1997], Nd= parametro non determinato. ML è la magnitudo locale calcolata alle stazioni indicate (e.g., RMP: Roma Monte Porzio).

3. L'esperienza Sulcis

Le attività di progettazione e realizzazione della rete sismica temporanea sono iniziate nel Luglio del 2014 e sono terminate a fine Ottobre 2014. L'assetto definitivo della rete sismica, composta di 10 stazioni temporanee, è stato ottenuto in diverse fasi di installazione, con variazioni di posizione di alcune stazioni dovute ad esigenze tecniche e logistiche.

Nella prima fase dell'installazione erano state installate tre stazioni sismiche (SU01, SU02, SU03) nella parte settentrionale dell'area in esame (Iglesiente), poi rimosse per interessi di progetto sopraggiunti successivamente. Questo spiega il motivo dell'anomala numerazione delle stazioni nella configurazione definitiva di rete, che parte dalla SU04 alla SU14 (triangoli rossi e verdi in Figura 3.1 e Tabella 3.1). Un'ulteriore eccezione è quella della stazione SU07, che è stata installata solo per qualche settimana e poi disinstallata per motivi tecnici e logistici e che non rientra all'interno della configurazione definitiva.

L'assetto definitivo della rete, composta di 10 stazioni, è stato raggiunto alla fine di ottobre 2014 e mantenuto fino al settembre 2015.

Ciascuna stazione della rete temporanea è costituita da:

- un digitalizzatore ad alta dinamica Reftek 130-1 a 6 canali e 24 bit;
- un pannello fotovoltaico da 40-80 Watt;
- batterie tampone;
- un'antenna GPS;
- un sensore velocimetrico.

Per quanto riguarda i sensori, 8 delle 10 stazioni (rappresentate da triangoli verdi in Figura 3.1) sono equipaggiate con sensori di tipo Lennartz Le3D/5s (Figura 3.2, a sinistra), mentre le restanti 2 stazioni (SU04 e SU14, triangoli rossi in Figura 3.1) sono equipaggiate con sensore Nanometrics Trillium Compact 120s (Figura 3.2, a destra).

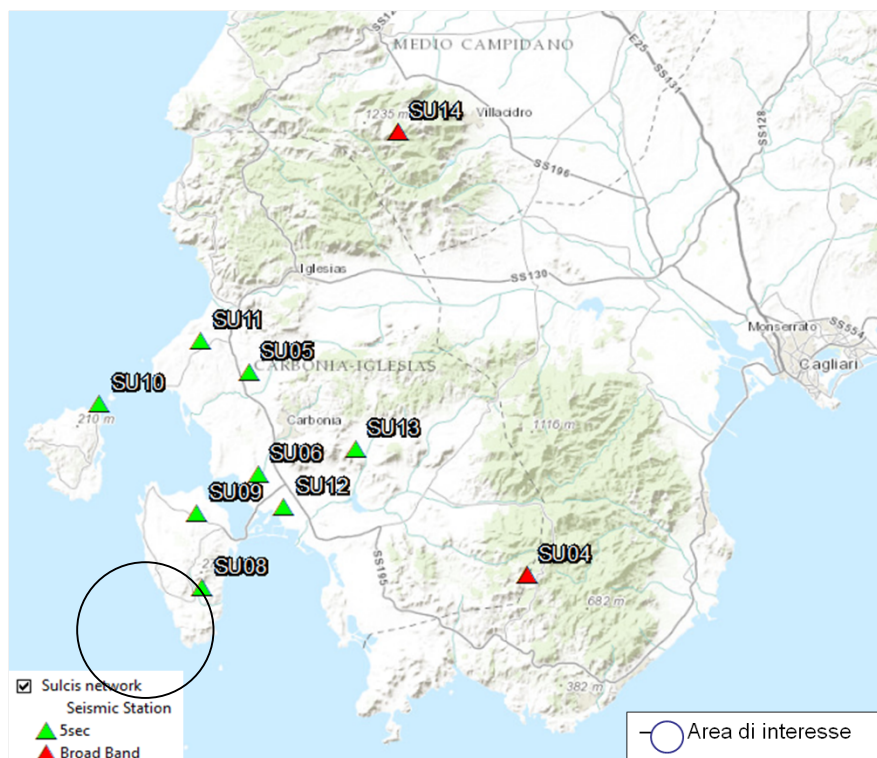


Figura 3.1. Mappa delle stazioni temporanee installate nell'area del Sulcis durante il progetto. I triangoli in rosso rappresentano la posizione delle stazioni munite di sensore Broad Band. I triangoli in verde rappresentano invece le stazioni equipaggiate con sensori a banda allargata.

La ricerca dei siti idonei all'installazione delle stazioni della rete temporanea è stata complicata, oltre che dai consueti problemi legati alla presenza di centri abitati, strade ad alta densità di circolazione, attività industriali, di miniera ed elettrodotti, anche dalla presenza di parchi eolici (di cui quello di Portovesme è uno tra i più grandi d'Europa), dalla presenza della più grande zona di addestramento militare d'Italia (Capo Teulada), dalla vicinanza dal mare e dall'intenso traffico marittimo. Tuttavia, come si potrà notare dall'analisi del rumore sismico ambientale alle singole stazioni, i siti di installazione risultano quasi tutti essere sufficientemente adeguati allo scopo del progetto.

Stazione	Latitudine	Longitudine	Quota (m.s.l.m.)	Luogo
SU04	N39°01.4972	E8°48.2505	483	Teulada (CA)
SU05	N39°12.9463	E8°28.8463	127	Cortoghiana (CI)
SU06	N39°07.1781	E8°29.5514	101	S. Giovanni Suergiu (CI)
SU08	N39°00.7372	E8°25.6648	106	Maladroxia -Sant'Antioco (CI)
SU09	N 39°04.925	E 8°25.266	96	La scrocca - Sant'Antioco (CI)
SU10	N°39°11.0734	E°08°18.4389	16	Le tonnare – Carloforte (CI)
SU11	N39°14.7263	E8°25.4216	150	Seruci (CI)
SU12	N39°05.3211	E8°31.3250	--	Porto Botte (CI)
SU13	N39°08.6108	E8°36.3205	170	Perdaxius is Atsoris (CI)
SU14	N39°26.6716	E8°39.1686	965	Gonnosfanadiga (VS)

Tabella 3.1. Tabella con le coordinate delle stazioni sismiche della rete temporanea.

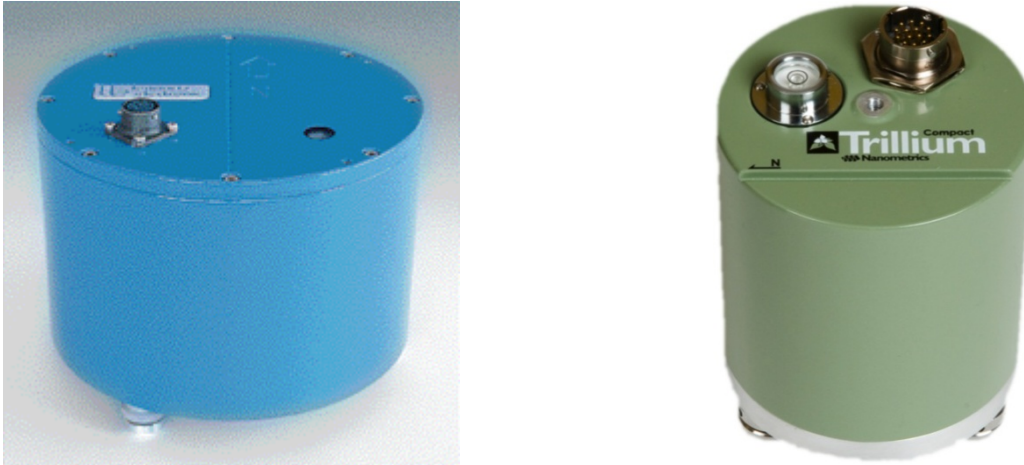


Figura 3.2. Immagini dei sensori sismici: a sinistra il sensore Lennartz LE3D/5s; a destra il sensore Nanometrics Trillium Compact 120s (le immagini non sono in scala relativa tra i due oggetti, il LE3D/5s è più grande del Nanometrics).

4. Analisi del rumore ambientale alle singole stazioni

Per la determinazione delle caratteristiche spettrali del rumore sismico ambientale abbiamo utilizzato le registrazioni delle 10 stazioni riportate in Figura 3.1. Ciascuna stazione era equipaggiata con sensore Lennartz LE3D-5s (periodo caratteristico $T = 5s.$) e registratori Reftek 130 a 24 bit di dinamica, eccetto le due stazioni simboleggiate con triangoli rossi che avevano un sensore Broad-band di tipo Trillium Compact 120 s (periodo caratteristico $T = 120 s.$).

Per ogni stazione della rete temporanea sono state calcolate le densità di potenza spettrale (PSD), ottenute dalla media delle trasformate di Fourier calcolate su 10 finestre consecutive di lunghezza 30s, sovrapposte del 50% della loro lunghezza. Le stime di PSD sono poi state ripetute su intervalli successivi di 15 gg di registrazione continua, portando ad un totale di circa 8000 stime spettrali indipendenti (523 PSD/giorno x 15gg).

I risultati sono rappresentati dalle densità di probabilità (PDF) della potenza spettrale in funzione della frequenza [McNamara and Buland, 2004; McNamara and Boaz, 2005], e comparate con i modelli di rumore sismico terrestre NLNM e NHNM (New Low- e High-Noise Model, rispettivamente) di Peterson [1993].

Prima del calcolo delle PSD, le serie temporali sono state corrette per la funzione di trasferimento dello strumento, regolarizzando la deconvoluzione mediante filtraggio passa-banda nell'intervallo 0.1-50 Hz, per i sensori Lennartz, e 0.01-50 Hz per i sensori Trillium.

Nelle Figure 4.1 e 4.2 vengono riportate, a titolo di esempio, le immagini delle PDF rispettivamente delle stazioni SU05 (equipaggiata con Lennartz 3D/5s) e SU14 (equipaggiata con Trillium compact 120 s). Le altre PDF sono inserite all'interno dell'Appendice B.

Come è possibile vedere le PDF delle due stazioni hanno soluzioni diverse. La SU05 mostra una situazione ottimale in cui la distribuzione 95 percentile è ampiamente all'interno dei limiti di Peterson [1993]. La stazione SU14 mostra invece una distribuzione che per alcuni range di frequenze è al di sopra dei limiti di Peterson.

Tuttavia questa seconda stazione, trovandosi a circa 1000 metri di quota, lontano da qualunque fonte di rumore conosciuta (ad esclusione di due campi eolici molto estesi situati uno a nord e uno a sud dell'area della stazione), è da ritenersi un sito, per forza di cose, accettabile nell'ambito dell'economia del progetto.

SU05

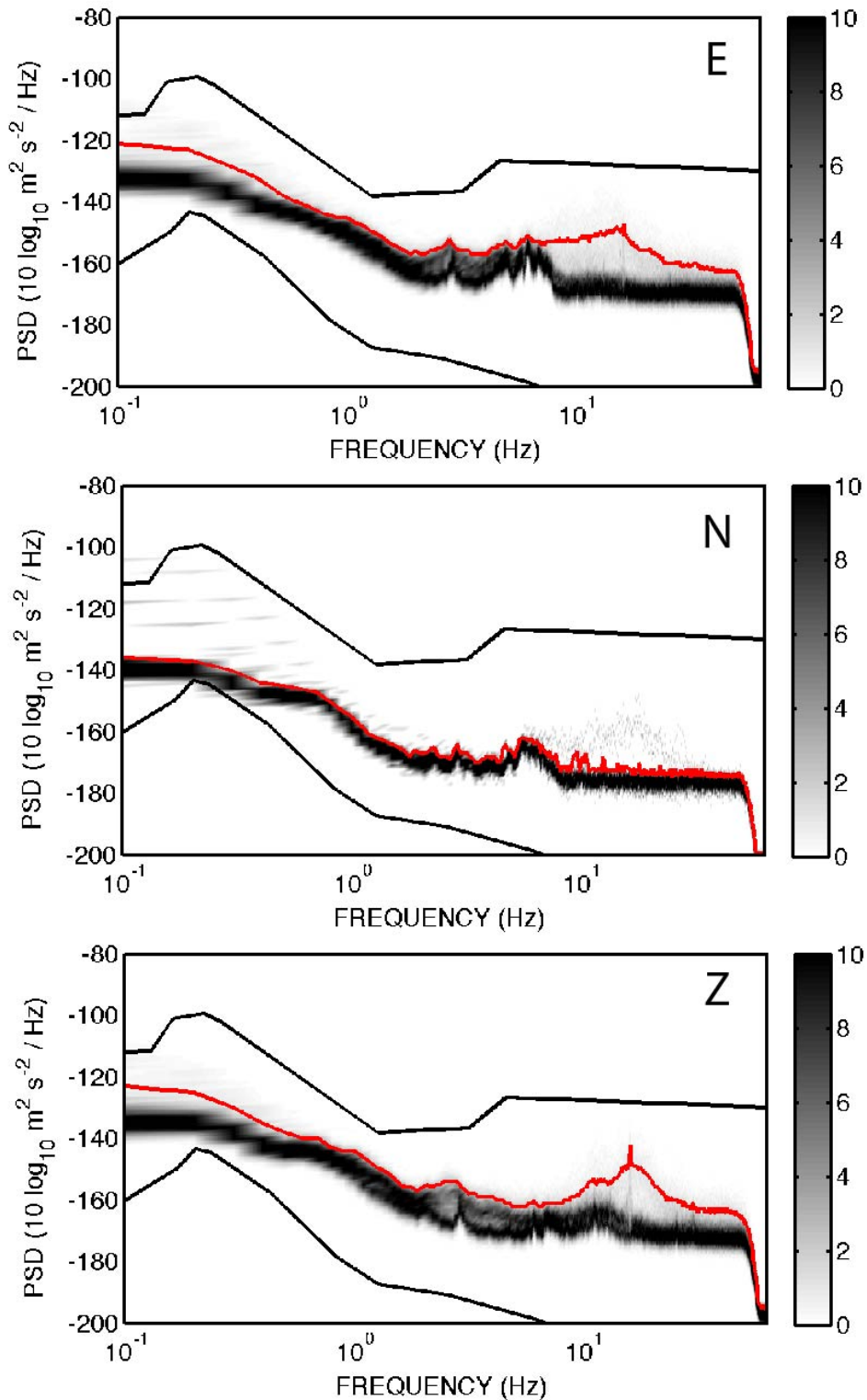


Figura 4.1. PDF delle potenze spettrali per la stazione SU05. Le distribuzioni si riferiscono a 30 gg di registrazione continua del moto del suolo. Dal riquadro in alto verso il basso, i grafici sono relativi alle componenti del moto del suolo EW, NS e Z. La linea rossa indica il 95% percentile della potenza spettrale. La densità di probabilità (in %) è indicata dai vari toni di grigio, secondo la scala cromatica alla destra. Le linee nere continue indicano i modelli superiore (NHNM) ed inferiore (NLNM) di rumore sismico terrestre secondo Peterson [1993].

SU14

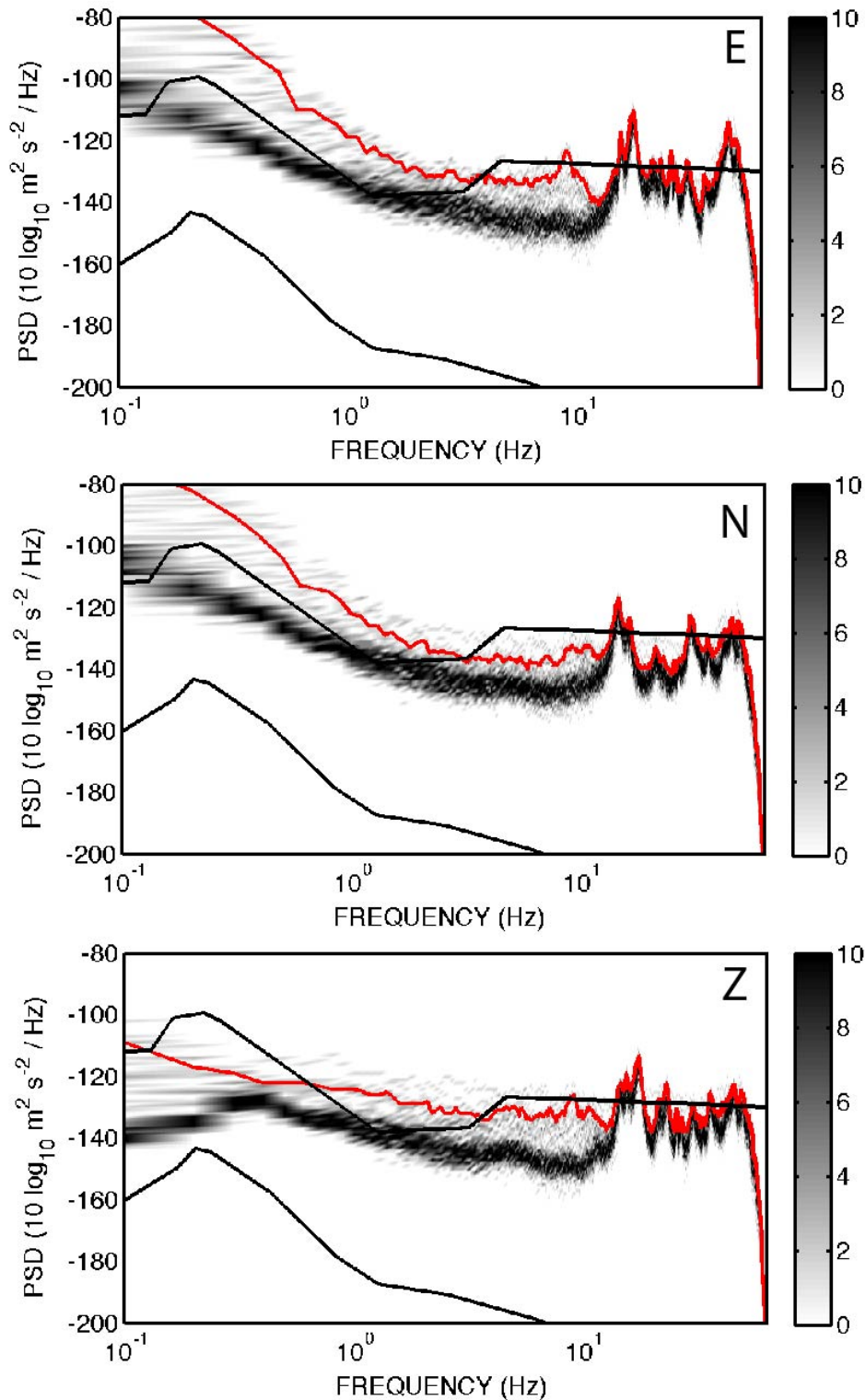


Figura 4.2. PDF delle potenze spettrali per la stazione SU14. Le distribuzioni si riferiscono a 30 gg di registrazione continua del moto del suolo. Dal riquadro in alto verso il basso, i grafici sono relativi alle componenti del moto del suolo EW, NS e Z. La linea rossa indica il 95% percentile della potenza spettrale. La densità di probabilità (in %) è indicata dai vari toni di grigio, secondo la scala cromatica alla destra. Le linee nere continue indicano i modelli superiore (NHNM) ed inferiore (NLNM) di rumore sismico terrestre secondo Peterson [1993].

La tecnica HVSR [Nakamura, 1989] viene usata per stimare le amplificazioni locali dovute principalmente a condizioni geologiche (Figura 4.3 e Figura 4.4). I risultati di questa tecnica dipendono sia dalle sorgenti delle vibrazioni stesse che dalla struttura geologica e topografica sulla quale la stazione sismica opera.

In questa elaborazione il rapporto H/V di Nakamura alle 2 stazioni (SU05 e SU14, le altre sono contenute in Appendice B) è stato calcolato per una registrazione continua di 24 ore, con filtro anti-trigger e con finestre di 20 secondi ciascuna, sovrapposte del 20% della loro lunghezza. Le immagini vengono mostrate nell'intervallo di frequenza 0,1-50 Hz sia per la stazione SU05 (media banda) che per la stazione SU14 (larga banda) e differenziati per le ore diurne (10-12 a.m.) e notturne (11 p.m. - 01 a.m.). La stazione SU05 (Figura 4.3) mostra due picchi a circa 0.3 e 6 Hz, sia nel periodo diurno che in quello notturno. Mentre il primo picco, a circa 0.3 Hz, sembra costante nei due periodi di osservazione, quello alla frequenza di 6 Hz, sembra avere una maggiore intensità (con valore H/V >4) nel periodo notturno.

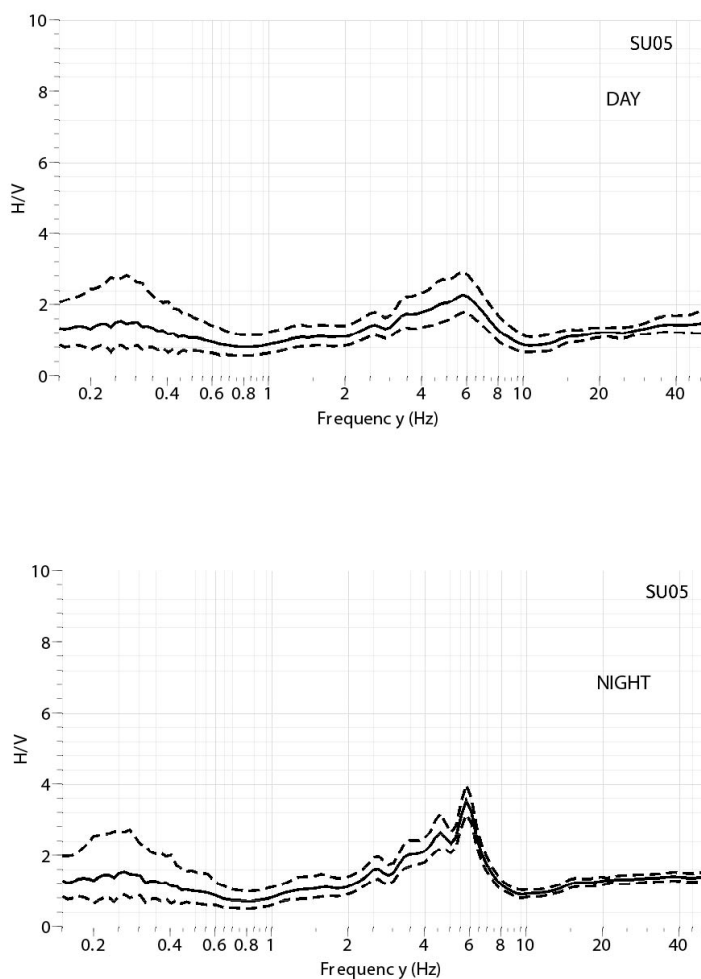


Figura 4.3. Descrizione del rapporto H/V (linea continua) per la stazione SU05 durante le ore diurne (in alto) e durante quelle notturne (in basso). L'analisi è stata fatta su una registrazione in continuo di lunghezza pari a 24 ore. Le linee tratteggiate rappresentano la deviazione standard ($\pm 3 \sigma$).

Per quanto riguarda invece la stazione SU14 (Figura 4.4) vengono evidenziati due picchi rispettivamente a 15 e a 30 Hz che appaiono sia nel periodo diurno che notturno, sebbene con ampiezze diverse (3 invece di 2). Essi hanno entrambi alta frequenza e sono riconducibili a condizioni geologiche e stratigrafiche superficiali.

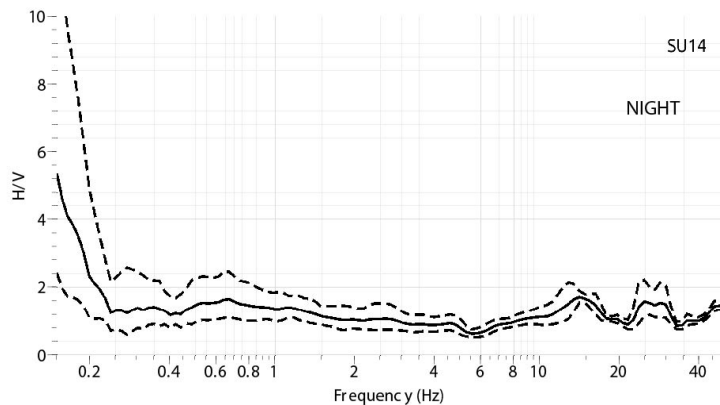
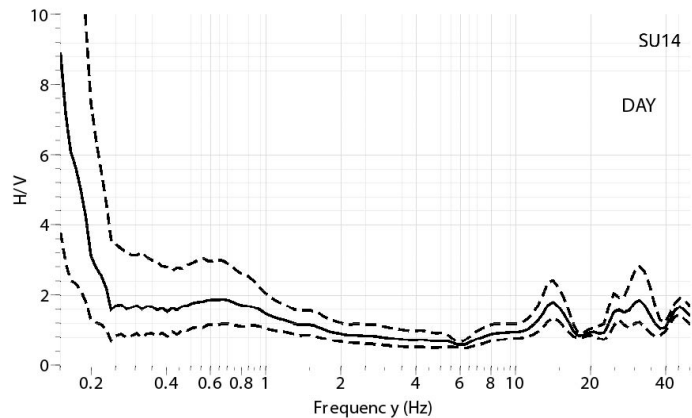


Figura 4.4. Descrizione del rapporto H/V (linea continua) per la stazione SU14 durante le ore diurne (in alto) e durante quelle notturne (in basso). L'analisi è stata fatta su una registrazione in continuo di lunghezza pari a 24 ore. Le linee tratteggiate rappresentano la deviazione standard ($\pm 3 \sigma$).

5. Registrazione di eventi regionali e telesismici

Nel corso della campagna di acquisizione la rete sismica, oltre al rumore di fondo e alla sismicità locale, ha registrato una parte consistente di terremoti avvenuti in luoghi distanti dalla rete, a distanza (D) regionale ($D > 100-120$ km) o telesismica ($D > 2000$ km). Per quanto riguarda i terremoti locali non abbiamo ancora fatto un'analisi di quelli registrati dalla rete Sulcis durante il periodo di funzionamento, mentre per i terremoti regionali e telesismici, avvalendoci dei bollettini del consorzio EMSC (**European-Mediterranean Seismological Centre**, <http://www.emsc-csem.org/>), abbiamo individuato la lista degli eventi di magnitudo $M_W \geq 5.5$ avvenuti nel periodo di registrazione della rete temporanea. La Figura 5.1 mostra la mappa degli epicentri di tali eventi registrati dal 1 novembre 2014 al 15 luglio 2015 e di Magnitudo $M_W \geq 5.5$, mentre in Appendice C viene riportata una tabella con le informazioni sugli eventi regionali e telesismici riportati in Figura 5.1.

Nella Figura 5.2, infine, è mostrata invece una registrazione, alla stazione SU11, del terremoto del Nepal del 25 aprile 2015 di magnitudo $M_W 7.8$.

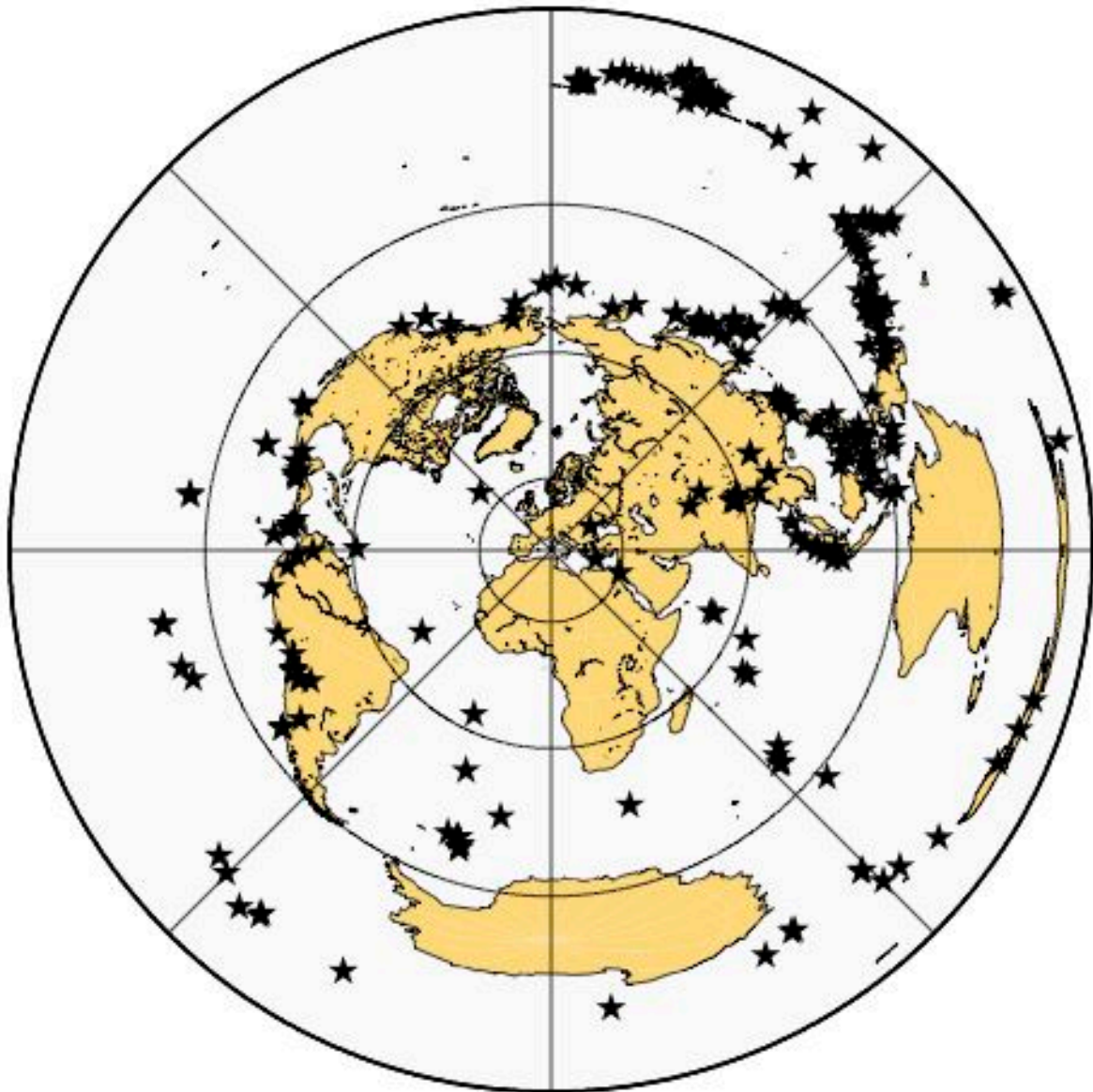


Figura 5.1. Mappa degli epicentri degli eventi regionali e telesismici con $M_w \geq 5.5$ registrati dalla rete sismica dell'esperimento Sulcis durante il periodo di durata dell'esperimento.

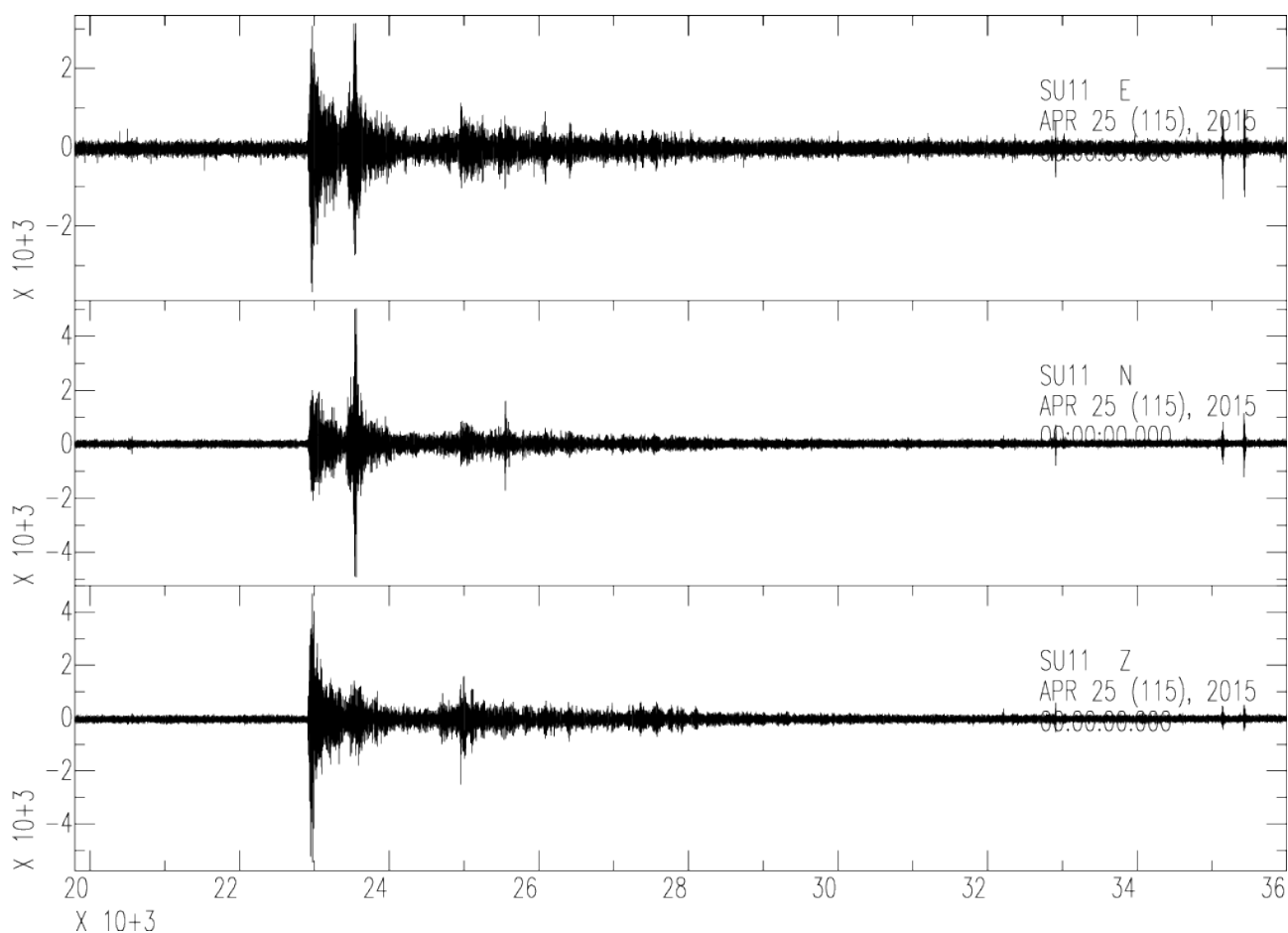


Figura 5.2. Sismogramma a 3 componenti (dall'alto in basso E, N, Z) raffigurante il terremoto in Nepal del 25 aprile 2015 di Magnitudo M_w 7.8, registrato alla stazione SU11 della rete temporanea.

6. Conclusioni

Il progetto di studio riguardante la determinazione della *baseline* sismica dell'area Sud-Occidentale della Sardegna ha permesso di raccogliere, per la prima volta, dati di alta qualità in un'area interessata da sismicità storica ma da scarsa sismicità strumentale. Tali dati potranno essere utili sia per studi di sismicità, sismo tettonica ma anche per studi crostali profondi e/o astenosferici.

I dati raccolti sono al momento di proprietà della Committenza (SotaCarbo S.p.A.) e quindi il loro utilizzo è ristretto soltanto ai partner del progetto e per il raggiungimento degli scopi dello stesso. Una volta terminato il periodo di restrizione tali dati potranno essere rilasciati attraverso la piattaforma di interscambio con procedura standard su piattaforma E.I.D.A. e in formato SEED.

La rete sismica del Sulcis, sebbene abbia subito qualche variazione in corso d'opera, è stata in attività nel suo assetto definitivo, dal novembre 2014 al settembre 2015, con 10 stazioni temporanee in modalità *stand-alone*. Le analisi del rumore sismico a ogni singola stazione della rete temporanea hanno mostrato, nonostante le sorgenti di rumore già conosciute (moto ondoso del mare, traffico navale, attività dei campi eolici e attività antropica), livelli di rumore accettabili per l'obiettivo di studio, sia per quanto riguarda l'intensità del rumore di fondo (P.D.F.) sia per quanto riguarda i possibili effetti di amplificazione del segnale sismico (H/V) nell'intervallo di frequenze interessato.

Ringraziamenti

Gli Autori vogliono ringraziare tutte le persone che, a vario titolo e in diversa misura, hanno partecipato o dato supporto alla campagna di acquisizione sismica. A questo proposito si ringraziano tutti i proprietari dei siti che gratuitamente e con grande disponibilità hanno ospitato la nostra strumentazione.

Si ringrazia il Corpo Forestale della Regione Sardegna delle stazioni di Carbonia, Villacidro ed Iglesias per il supporto fornito durante la ricerca e l'ispezione dei siti. Si ringraziano i sindaci e i tecnici comunali dei paesi di Gonnosfanadiga e S. Giovanni Suergiu per il loro contributo.

Si ringraziano i tecnici della Società SOTACARBO S.p.A. per il supporto tecnico e per la concessione della stratigrafia di sintesi dell'area del Sulcis.

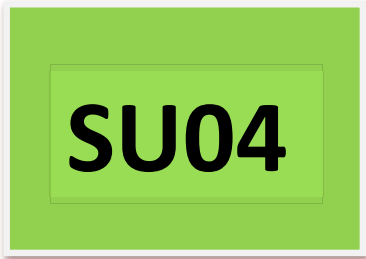
Si ringrazia l'Unità Funzionale di Rete Mobile del Centro Nazionale Terremoti, in particolare Milena Moretti, Fabio Criscuoli, Lucian Giovani, Giovanni Battista Cimini, Luigi Improta e Aladino Govoni. Un grazie va al CNT e all'ormai ex direttore Alberto Michelini per aver permesso all'Unità di Rete Mobile di fornire il supporto a tutte le attività. Infine un ringraziamento va a Gilberto Saccorotti per il supporto al calcolo delle PDF del rumore alle stazioni.

Bibliografia

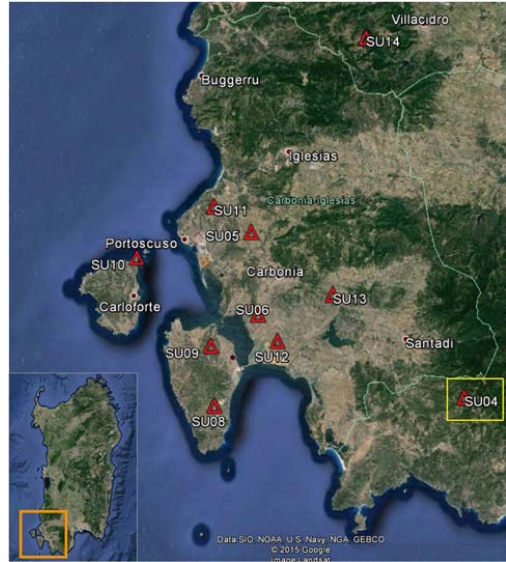
- Assorgia A., Barca S. and Bravin E., (1993). *Carta geologica e delle georisorse del distretto vulcanico Monastir-Furtei*. Selca, Firenze.
- Barca S., Costamagna L.G., (1997). *Compressive "Alpine" tectonics in Western Sardinia (Italy): geodynamic consequences*. Académie des sciences, Paris, 325, 791-797.
- Barca S., Costamagna L.G., (2000). *Il bacino Paleogenico del Sulcis-Iglesiente (Sardegna SW): nuovi dati stratigrafico-strutturali per un modello geodinamico nell'ambito dell'orogenesi pirenaica*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 119, 495-515.
- Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G., Gasperini P., (1997). *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990*. Pubbl. ING-SGA, ING Rome, Italy.
- Carbosulcis, S.p.A., (1994). *Il Bacino carbonifero del Sulcis: geologia, idrogeologia, miniera*. Carbosulcis S.p.A., Rimin S.p.A., Montan Consulting GMBH (1990-91), RIMIN S.p.A, 143 pp.
- Ingrao G., (1928). *Bollettino sismico anno 1923* Reg. Uff. Centr. Meteorol. e Geofisica-Macrosismica 2, 1-20 (8) (1928), pp. 153-160.
- McNamara D.E. and Boaz R.I., (2005). *Seismic Noise Analysis System Using Power Spectral Density Probability Density Functions: A Stand-Alone Software Package*. USGS Open-File Report 2005-1438.
- McNamara D.E. and Buland R.P., (2004). *Ambient Noise Levels in the Continental United States*. Bull. Seism. Soc. Am., 94, 4, 1517-1527.
- Nakamura Y., (1989). *A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface*. Q. Rep. Railw. Tech. Res. Inst., 30, 25-30.
- Peterson J., (1993). *Observation and modeling of seismic background noise*. U.S. Geol. Surv. Tech. Rept., 93-322, 1-95, 1993.
- Ribecai C., Bagnoli G., Mazzarini F., Musumeci G., (2005). *Paleontological evidence for Late Cambrian in the Arburese area, SW Sardinia*. In: Steemans P., Javaux E. (eds.), Pre-Cambrian to Paleozoic Palaeopalynology and Palaeobotany. Carnets de Géologie/Notebooks on Geology, Brest, Memoir 2005/02, Abstract 08Columbus, C.: How I Discovered America. Hispanic Press, Barcelona, 1492.

Appendice A

Monografie delle stazioni sismiche
temporanee del progetto



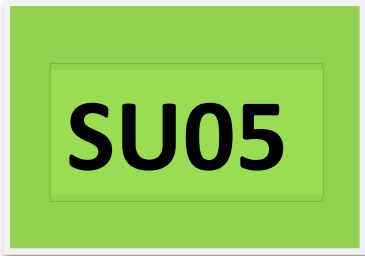
Station: SU04
Location: Punta Sebera –
Teulada (CA)
Latitude: N39°01.4972
Longitude: E8°48.2505
Elevation: 483 m. a.s.l.



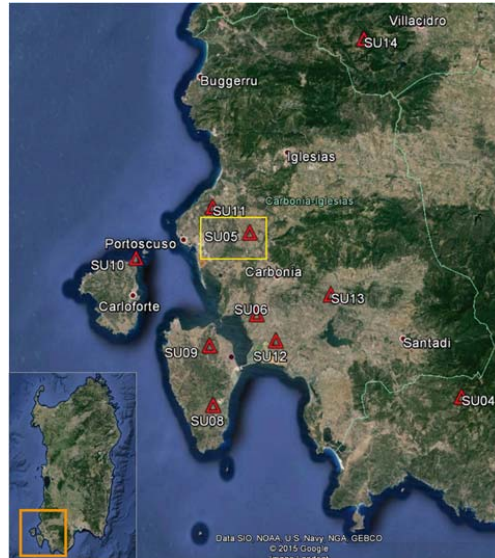
Sensor: Nanometrics Trillium compact 120 s.



Digitizer: Reftek 130_1



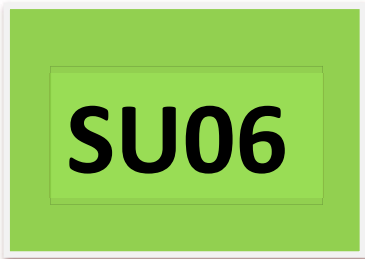
Station: SU05
Location: Cortoghiana Miniera – Cortoghiana (CI)
Latitude: N39°12.9463
Longitude: E8°28.8463
Elevation: 127 m. a.s.l.



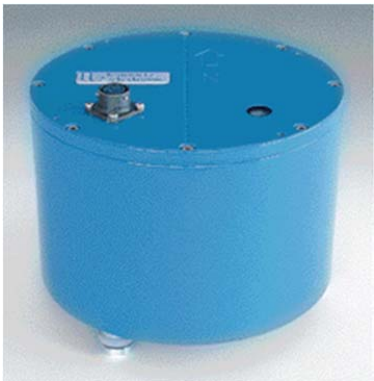
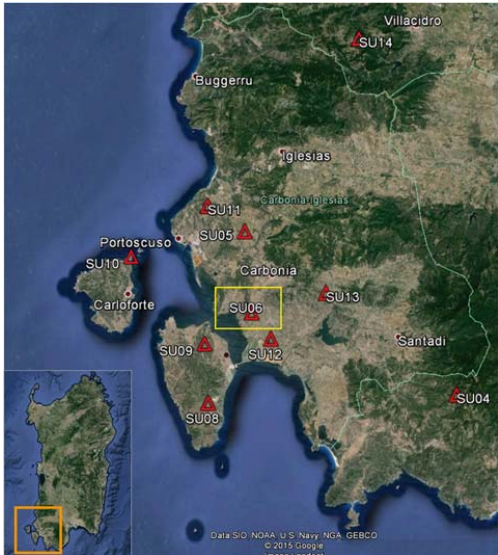
Sensor: Lennartz 3D/5s



Digitizer: Reftek 130_1



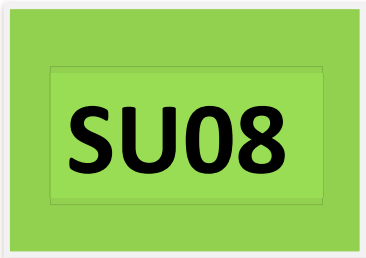
Station: SU06
Location: Necropoli "Is Loccis Santus" – S.G. Suergiu (CI)
Latitude: N39°07.1781
Longitude: E8°29.5514
Elevation: 82 m a.s.l.



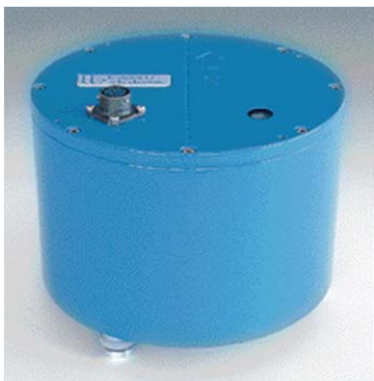
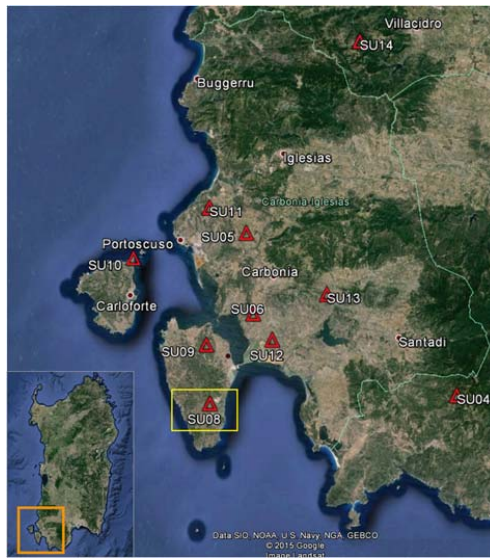
Sensor: Lennartz 3D/5s



Digitizer: Reftek 130_1



Station: SU08
Location: Sa Ruscitta –
Sant'Antioco (CI)
Latitude: N39°00.7372
Longitude: E8°25.6648
Elevation: 106 m. a.s.l.



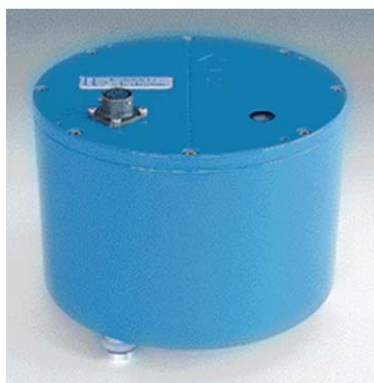
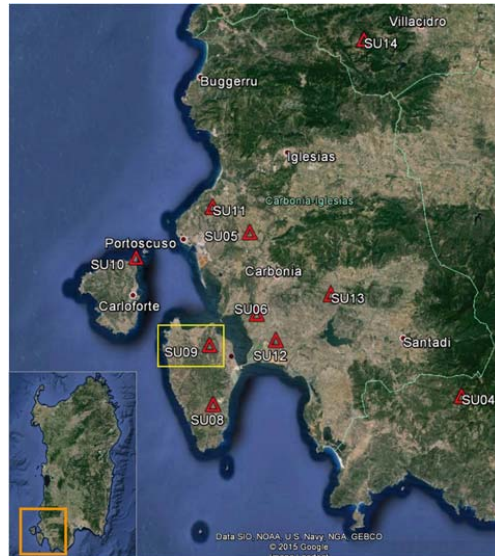
Sensor: Lennartz 3D/5s



Digitizer: Reftek 130_1

SU09

Station: SU09
Location: Sa Scrocca –
Sant'Antioco (CI)
Latitude: N 39°04.925
Longitude: E 8°25.266
Elevation: 96 m. a.s.l.



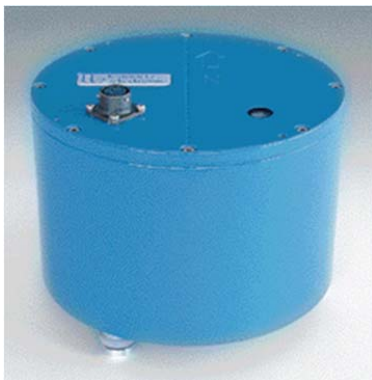
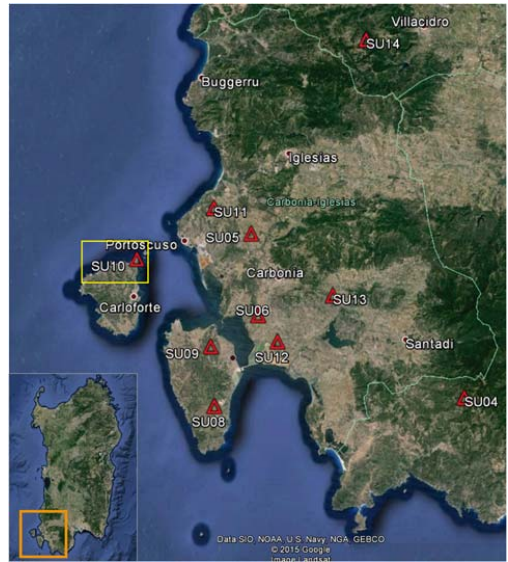
Sensor: Lennartz 3D/5s



Digitizer: Reftek 130_1

SU10

Station: SU10
Location: Le Tonnare – San Pietro (CI)
Latitude: N°39°11.0734
Longitude: E°08°18.4389
Elevation: 16 m a.s.l.



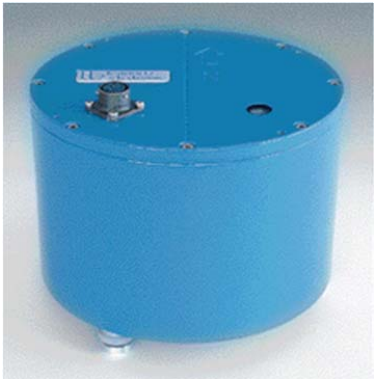
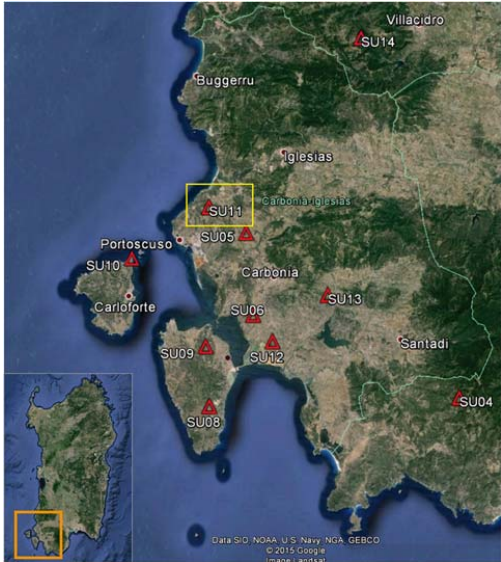
Sensor: Lennartz 3D/5s



Digitizer: Reftek 130_1

SU11

Station: SU11
Location: Seruci (CI)
Latitude: N39°14.7263
Longitude: E8°25.4216
Elevation: 150 m. a.s.l.



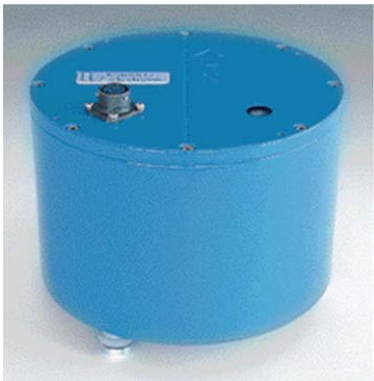
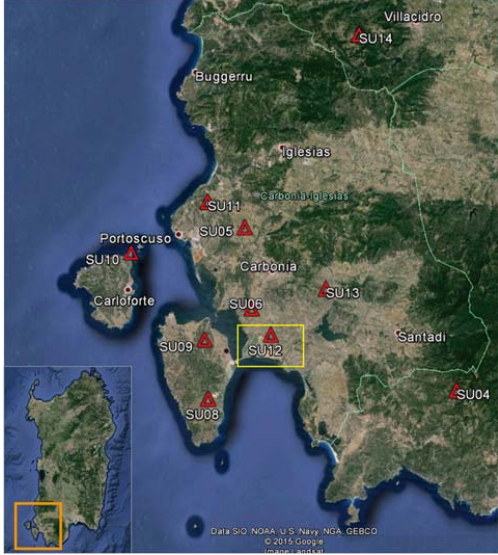
Sensor: Lennartz 3D/5s



Digitizer: Reftek 130_1

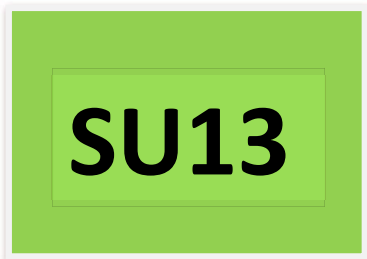
SU12

Station: SU12
Location: Porto Botte (CI)
Latitude: N39°05.3211
Longitude: E8°31.3250
Elevation: --

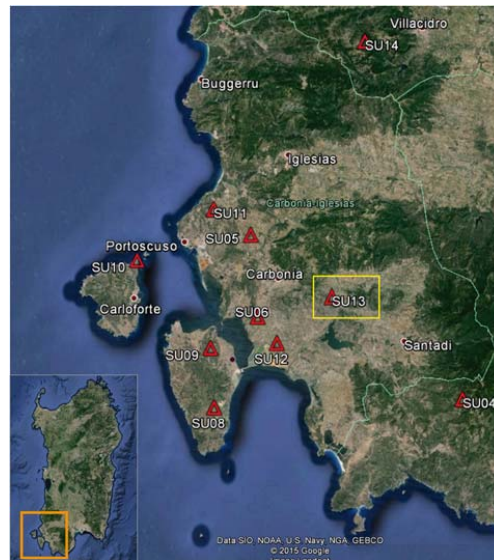


Sensor: Lennartz 3D/5s

Digitizer: Reftek 130_1

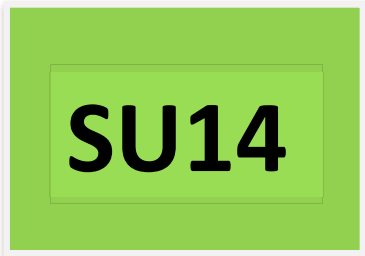


Station: SU13
Location: Perdaxius Is Atzoris (CI)
Latitude: N39°08.6108
Longitude: E8°36.3205
Elevation: 170 m. a.s.l.

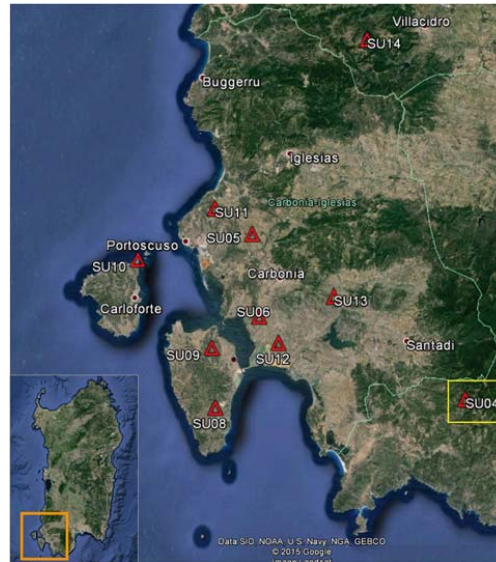


Sensor: Lennartz 3D/5s

Digitizer: Reftek 130_1



Station: SU14
Location: Perd 'e Pibera –
Gonnosfanadiga (VS)
Latitude: N39°26.6716 -
Longitude: E8°39.1686
Elevation: 965 m. a.s.l.



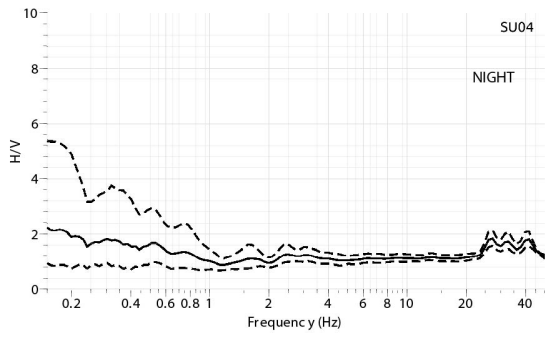
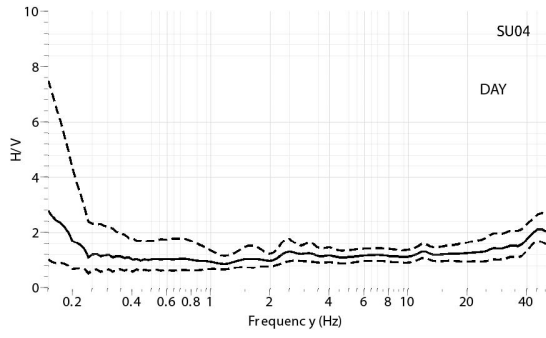
Sensor: Nanometrics Trillium compact 120 s.



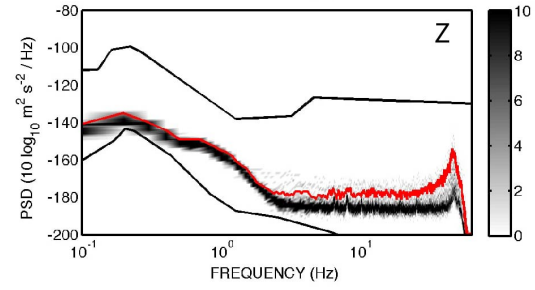
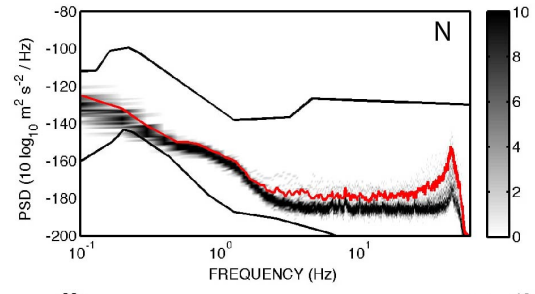
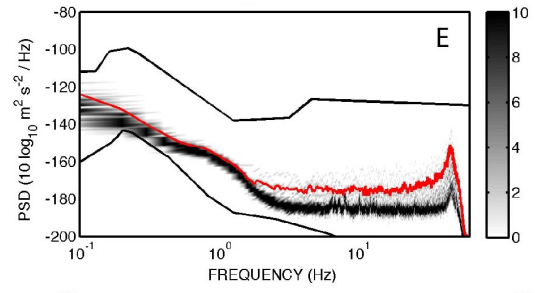
Digitizer: Reftek 130_1

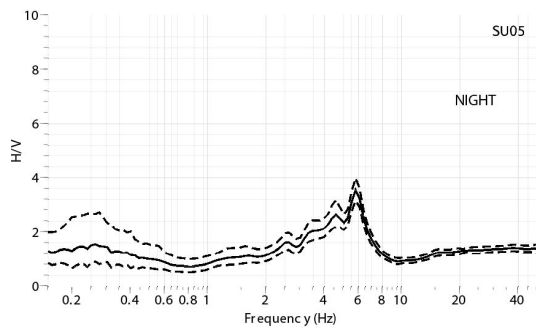
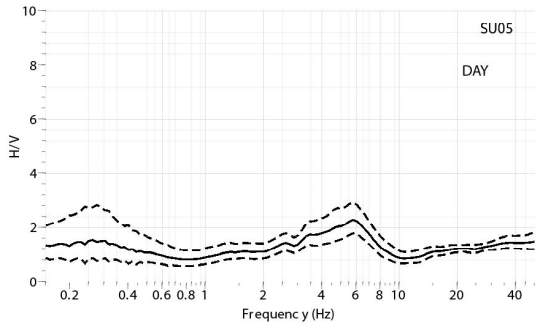
Appendice B

Elaborazioni delle PDF e
delle H/V per ciascuna stazione

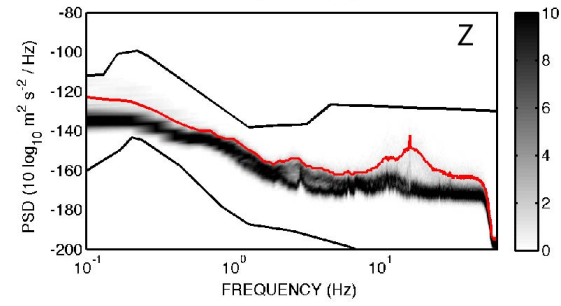
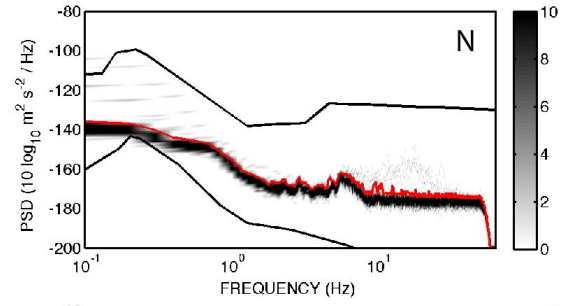
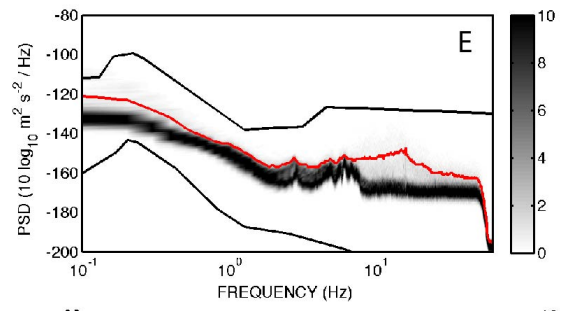


SU04

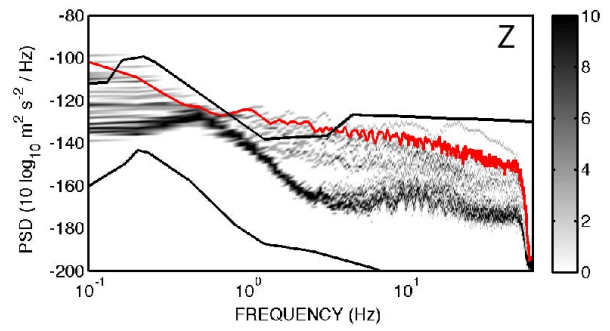
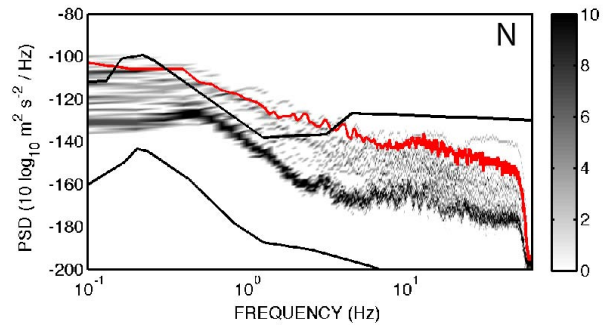
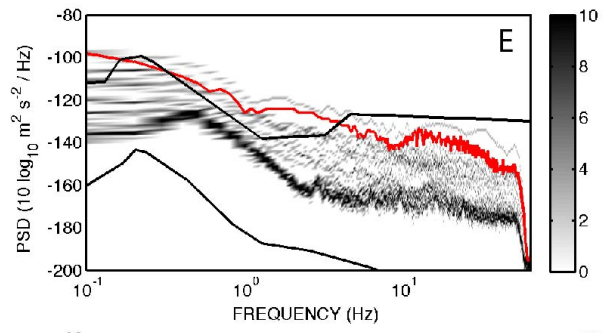
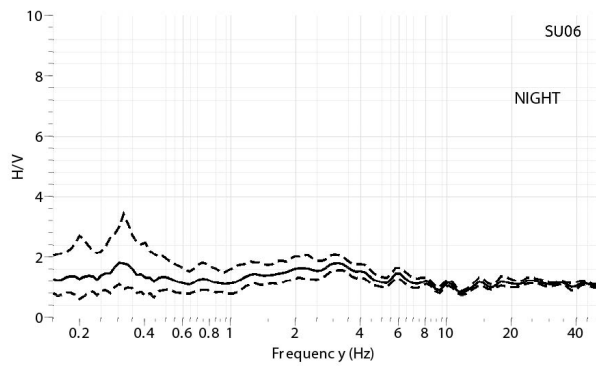
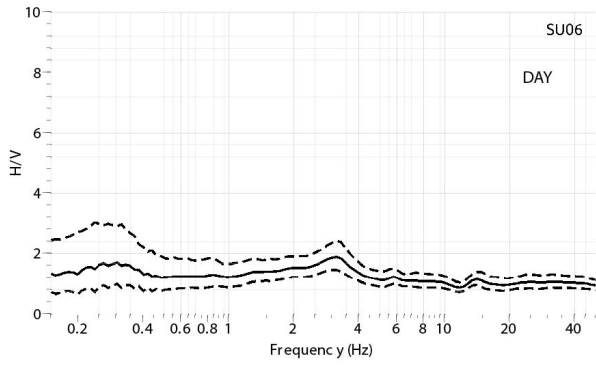




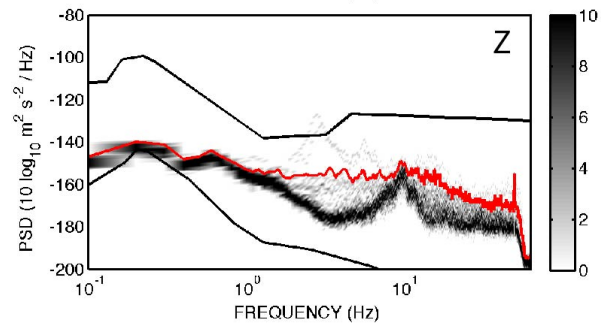
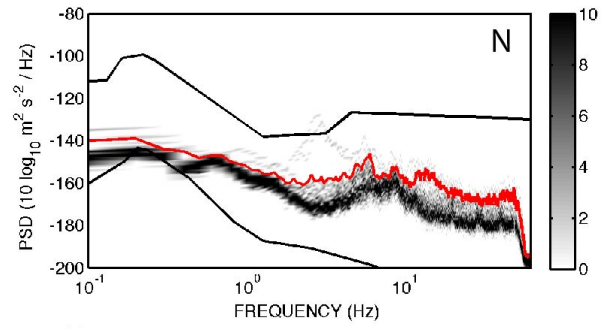
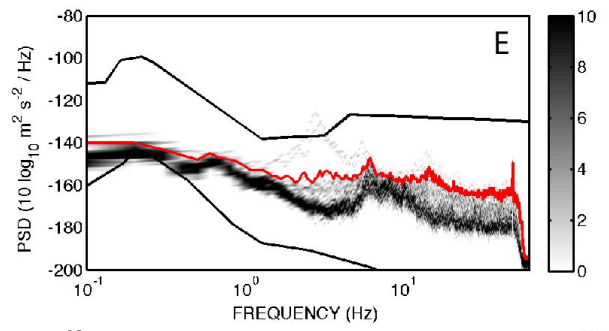
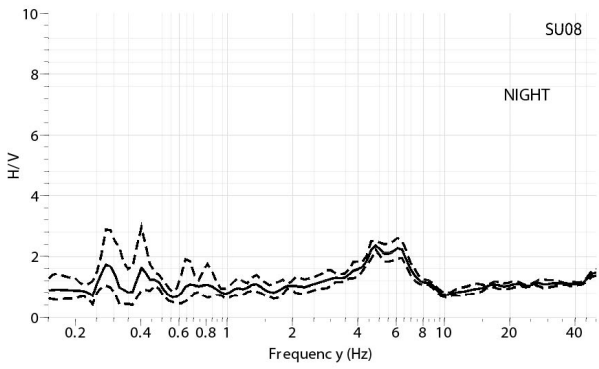
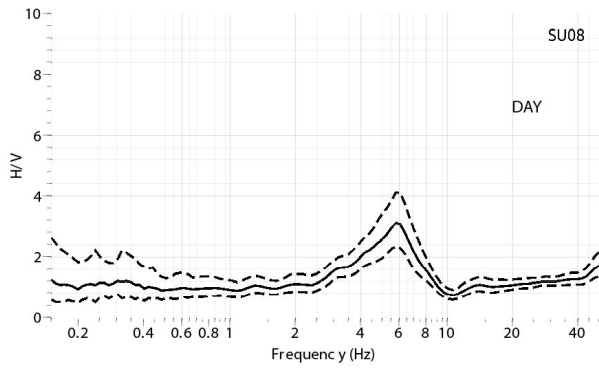
SU05



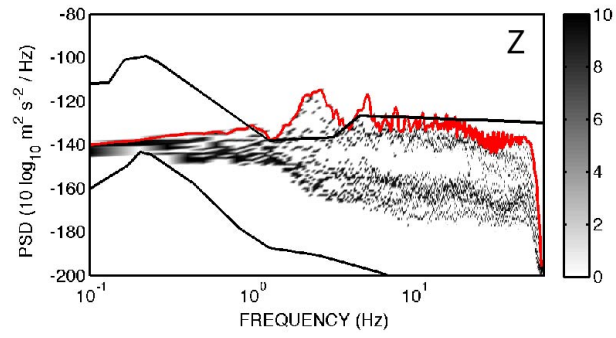
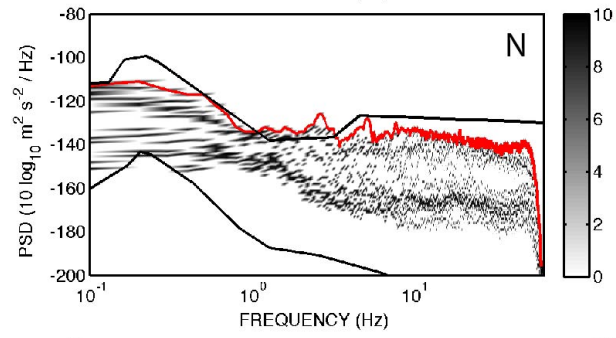
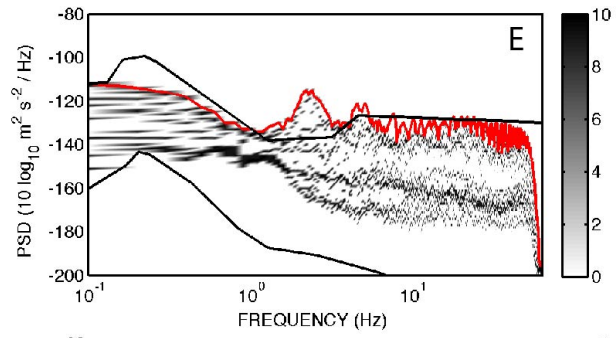
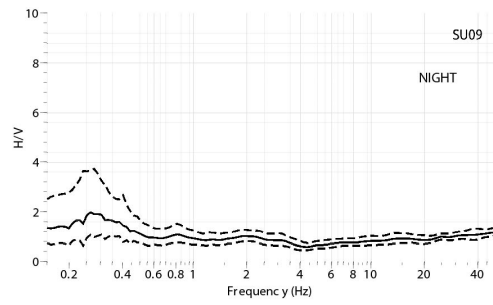
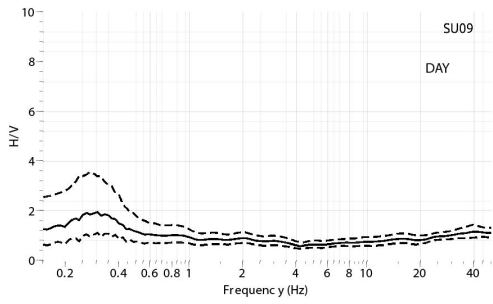
SU06



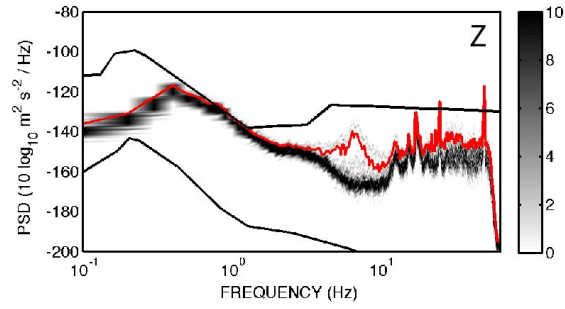
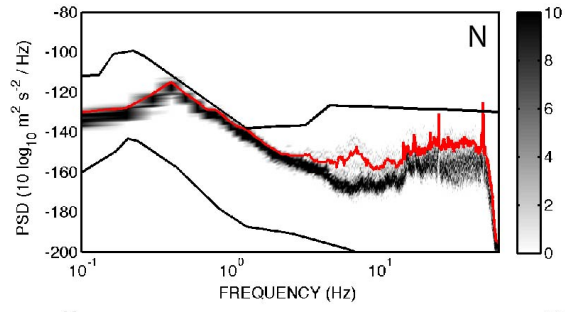
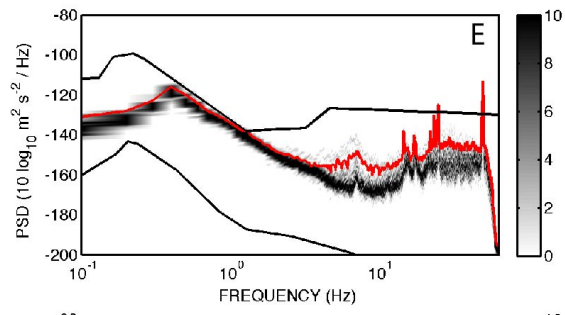
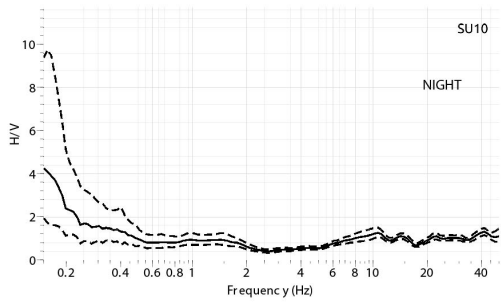
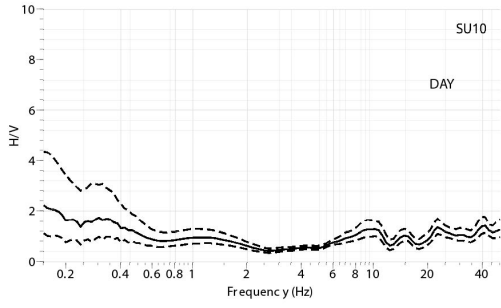
SU08



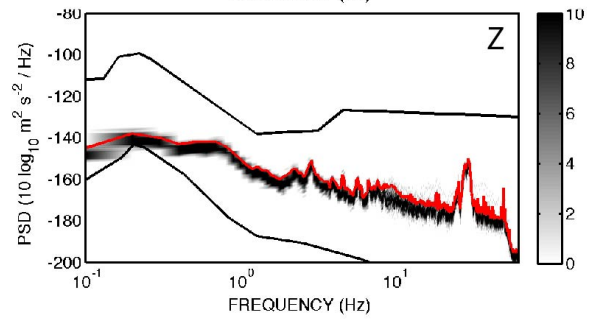
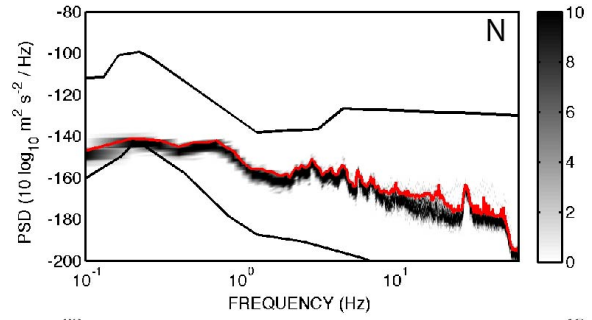
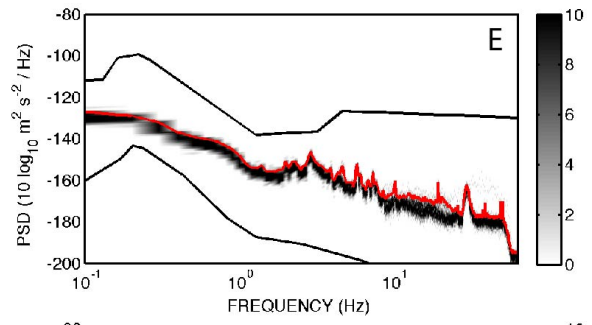
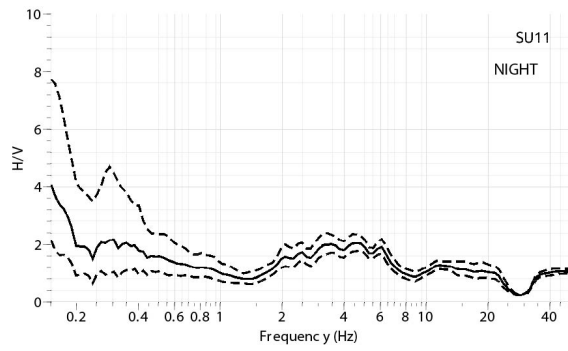
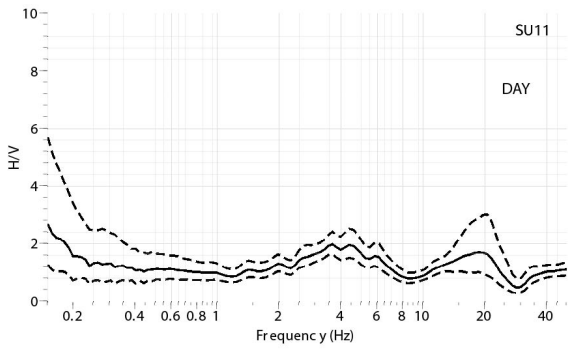
SU09



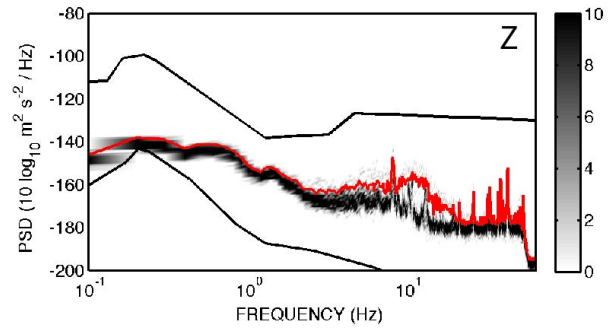
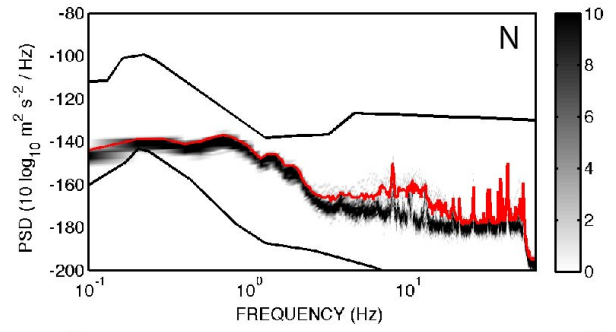
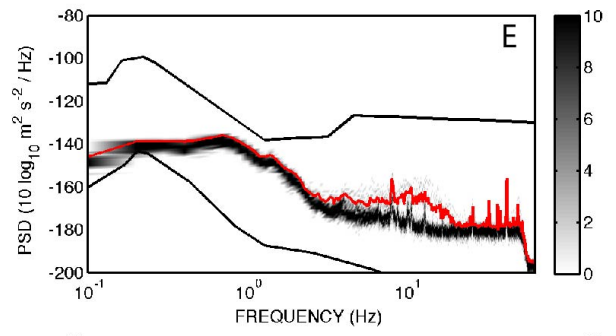
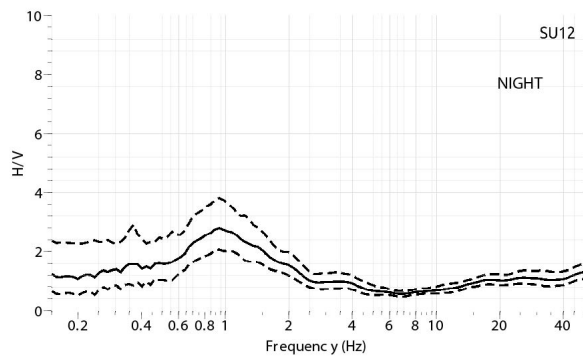
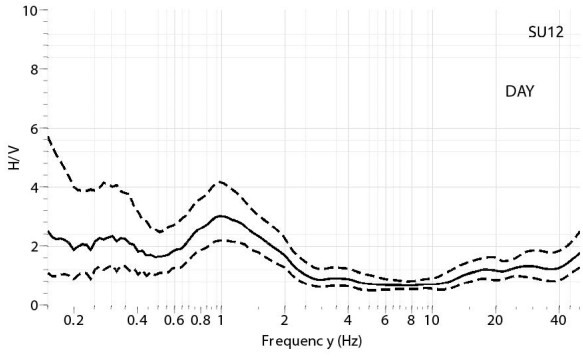
SU10



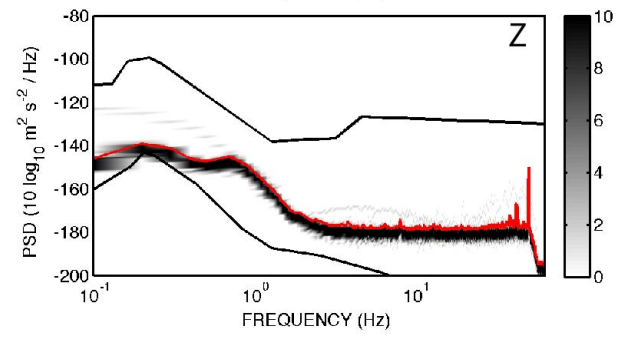
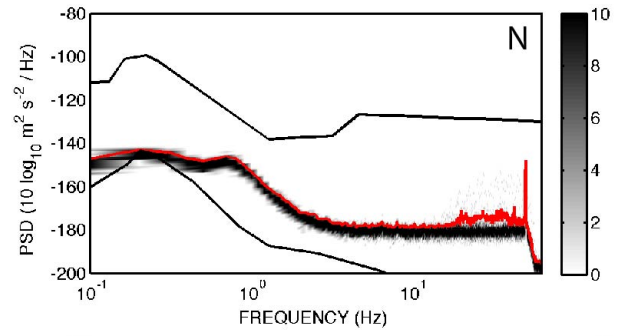
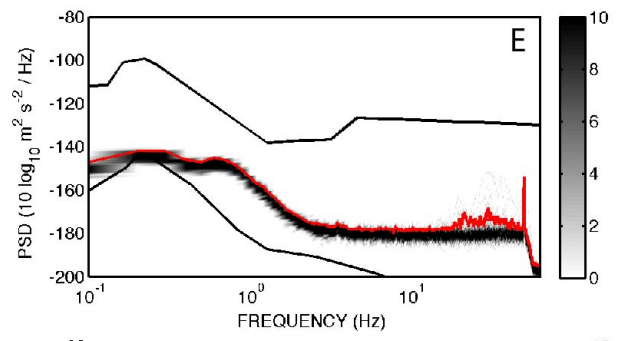
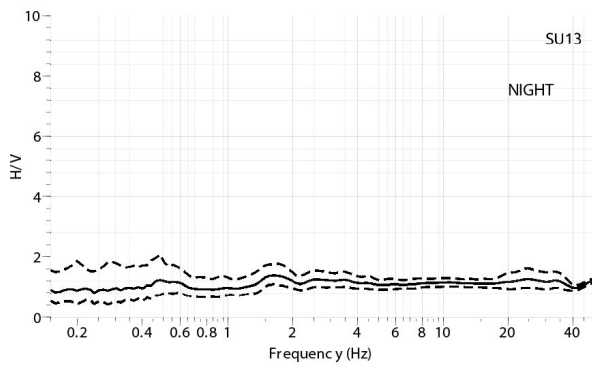
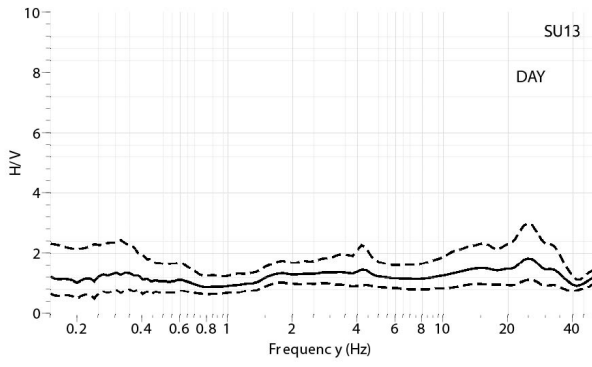
SU11



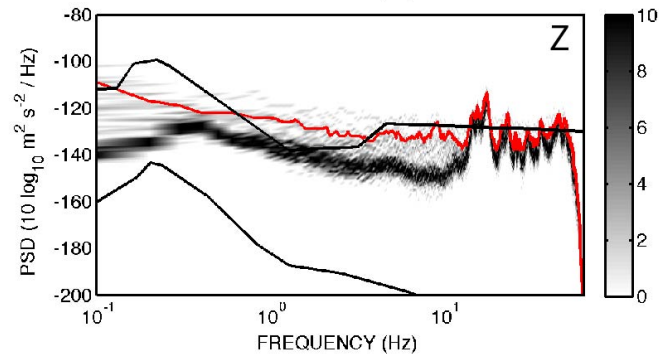
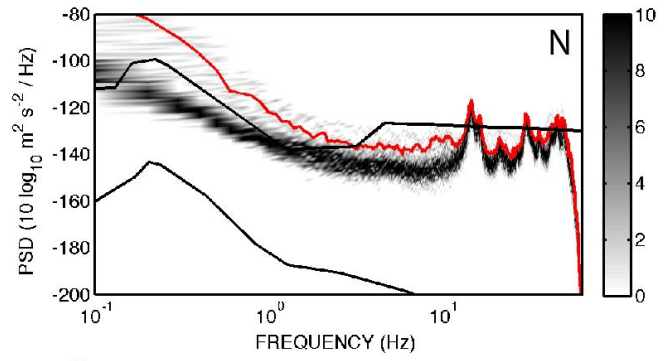
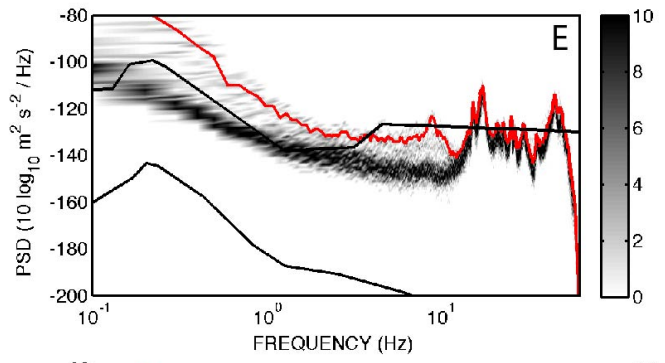
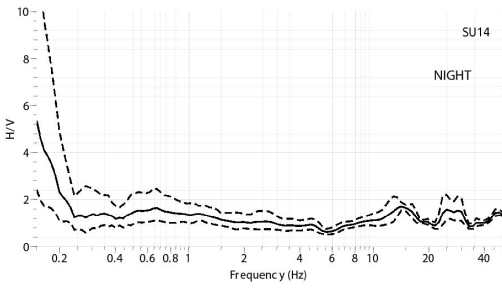
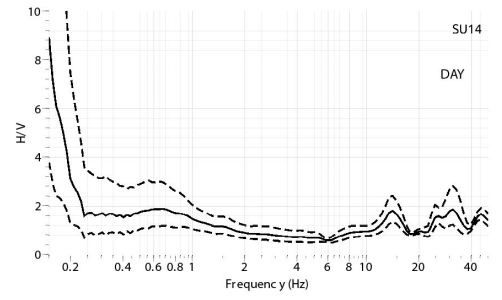
SU12



SU13



SU14



Appendice C

**Tabella dei terremoti regionali e
telesismici registrati
durante l'esperimento**

YYYY-MM-DDTHH:MM:SS.SSS	LON	LAT	DEPTH	Mw
2015-07-12T17:52:05.660Z	131,7544	33,0334	46,93	5,5
2015-07-12T04:37:31.330Z	128,1867	2,9916	115,00	5,5
2015-07-11T11:26:59.230Z	148,0251	43,9006	31,88	5,5
2015-07-10T04:12:42.530Z	158,3960	-9,3030	12,00	6,7
2015-07-09T18:32:51.220Z	141,4617	40,3653	81,00	5,5
2015-07-09T13:25:54.550Z	-90,2494	13,3015	47,48	5,6
2015-07-07T20:03:19.120Z	-177,1329	-22,9379	169,64	5,8
2015-07-07T16:08:03.640Z	-111,3022	-13,3864	10,00	5,7
2015-07-07T07:01:42.740Z	-111,6323	-13,3290	10,00	5,9
2015-07-07T06:21:02.230Z	-179,7416	-35,4391	10,00	5,6
2015-07-07T05:35:14.530Z	-179,6186	-35,4259	10,00	5,6
2015-07-07T05:10:28.240Z	147,9829	43,9390	49,00	6,3
2015-07-06T12:24:08.560Z	-174,5001	-20,7139	44,00	5,8
2015-07-06T03:50:57.870Z	-142,1098	-56,6001	10,00	5,6
2015-07-	125,8907	10,1691	32,00	6,1

03T06:43:21.540Z				
2015-07-03T03:16:35.580Z	95,0302	11,4187	9,03	5,5
2015-07-03T01:07:47.290Z	78,1357	37,4682	20,00	6,4
2015-07-01T19:35:22.900Z	162,5531	-10,9929	21,00	6,0
2015-07-01T14:30:21.720Z	159,6191	-52,2048	10,00	5,7
2015-06-30T03:39:29.410Z	151,5457	-5,4513	43,00	6,0
2015-06-29T22:07:48.500Z	71,3004	36,6802	191,00	5,5
2015-06-29T09:09:16.110Z	-74,2317	-16,045	28,00	5,8
2015-06-27T15:34:04.010Z	34,6826	29,0447	22,00	5,5
2015-06-25T18:45:57.450Z	-178,3241	-32,0722	10,00	6,0
2015-06-24T22:32:21.000Z	-151,962	61,6644	114,20	5,7
2015-06-23T12:22:20.410Z	140,0686	27,6475	470,67	5,6
2015-06-23T12:19:29.160Z	139,7745	27,7070	462,13	5,5
2015-06-23T12:18:30.270Z	139,7254	27,7375	460,00	6,5
2015-06-23T08:59:55.770Z	-175,0399	-19,5686	138,00	5,5
2015-06-21T21:28:16.270Z	-178,3276	-20,4307	562,61	6,0
2015-06-20T23:39:09.510Z	-177,0845	-23,5295	151,00	5,9
2015-06-	-26,5027	-59,6293	50,11	5,7

20T05:32:08.810Z				
2015-06- 20T05:22:17.840Z	-73,7481	-36,3656	4,58	5,5
2015-06- 20T02:10:07.100Z	-73,8120	-36,3601	11,00	6,4
2015-06- 17T12:51:32.790Z	-17,1605	-35,3639	10,00	7,0
2015-06- 16T06:17:01.180Z	-179,0024	-20,3944	656,00	5,9
2015-06- 15T21:04:24.670Z	125,8447	4,1537	136,00	5,7
2015-06- 15T17:40:53.930Z	125,2517	-9,7420	20,00	5,8
2015-06- 13T03:17:24.080Z	-176,1590	-24,5961	22,00	5,5
2015-06- 12T11:07:08.040Z	-173,0098	-15,6758	48,00	6,0
2015-06- 11T04:51:24.140Z	143,3457	39,6080	5,72	5,7
2015-06- 11T04:45:29.730Z	143,3310	39,6720	10,49	5,7
2015-06- 10T13:52:09.770Z	-68,4323	-22,4000	124,00	6,0
2015-06- 10T08:33:03.780Z	143,3190	39,6795	30,96	5,8
2015-06- 09T00:16:44.560Z	-143,8281	-56,0320	10,00	5,6
2015-06- 08T06:01:08.300Z	142,0308	41,5615	42,00	6,1
2015-06- 05T14:54:00.970Z	78,1817	-37,1708	10,00	5,6
2015-06- 04T23:15:43.910Z	116,5409	5,9867	10,00	6,0
2015-06-	-129,9582	44,4971	10,00	5,9

01T20:11:30.610Z				
2015-06-01T06:52:41.340Z	-129,8114	44,4584	10,00	5,8
2015-05-30T18:49:07.340Z	142,9722	30,7856	6,05	6,2
2015-05-30T17:18:35.040Z	-173,3817	-15,7216	10,00	6,0
2015-05-30T11:23:02.110Z	140,4931	27,8386	664,00	7,8
2015-05-29T08:40:13.230Z	99,9237	-47,3578	10,00	5,9
2015-05-29T07:00:09.000Z	-156,4300	56,5940	72,60	6,7
2015-05-26T23:41:40.800Z	-25,2138	-58,7355	35,00	5,7
2015-05-26T16:42:33.040Z	135,7341	-0,3277	15,00	5,8
2015-05-26T10:32:03.350Z	-68,5076	-22,0570	124,00	5,6
2015-05-24T21:06:41.140Z	-26,4546	-59,6530	34,00	5,8
2015-05-24T14:38:59.510Z	-175,9627	-19,3933	10,00	6,2
2015-05-24T04:53:23.630Z	-14,1708	-16,8550	10,00	6,3
2015-05-23T19:28:17.380Z	152,5914	-4,7846	31,84	5,9
2015-05-22T23:59:33.770Z	163,2154	-11,1093	10,00	6,8
2015-05-22T21:45:19.480Z	163,6959	-11,0559	11,19	6,9
2015-05-21T19:32:57.730Z	160,3336	-9,8042	5,00	5,7
2015-05-	164,1694	-10,8759	11,00	6,8

20T22:48:53.420Z				
2015-05- 20T00:30:54.700Z	-175,5247	-19,3021	203,00	6,0
2015-05- 19T15:25:21.080Z	-132,1618	-54,3312	7,20	6,7
2015-05- 19T13:54:56.470Z	168,5853	-18,6153	50,00	5,8
2015-05- 18T17:04:53.650Z	154,4418	-7,1480	10,00	5,7
2015-05- 18T04:02:46.580Z	80,3254	-41,5553	9,00	5,7
2015-05- 17T08:52:37.120Z	165,8102	-12,0807	9,00	5,6
2015-05- 16T11:34:09.980Z	86,0734	27,5603	7,00	5,5
2015-05- 15T20:26:56.870Z	102,2191	-2,5420	151,00	6,0
2015-05- 12T21:12:58.890Z	142,0317	38,9056	35,00	6,8
2015-05- 12T07:36:54.490Z	86,1617	27,6250	15,00	6,3
2015-05- 12T07:17:20.640Z	86,2177	27,7141	13,01	5,5
2015-05- 12T07:05:19.730Z	86,0655	27,8087	15,00	7,3
2015-05- 10T21:25:46.440Z	142,0157	31,2373	6,00	6,0
2015-05- 10T00:50:18.580Z	-94,0135	14,8388	9,00	5,6
2015-05- 08T07:52:06.140Z	149,8228	-6,1204	35,00	5,9
2015-05- 08T03:12:21.520Z	97,9026	1,5404	36,00	5,7
2015-05-	154,5567	-7,2175	10,00	7,1

07T07:10:19.590Z				
2015-05-05T20:53:20.980Z	67,2078	-15,3785	10,00	5,5
2015-05-05T08:16:58.450Z	152,2351	-5,5289	45,61	5,8
2015-05-05T01:58:16.620Z	152,1638	-5,4716	35,00	5,6
2015-05-05T01:53:59.830Z	152,0278	-5,3494	35,00	5,8
2015-05-05T01:44:06.380Z	151,8751	-5,4624	55,00	7,5
2015-05-04T12:24:08.150Z	154,2683	-61,4428	14,00	5,7
2015-05-04T02:29:11.420Z	168,8833	-44,5226	10,00	5,6
2015-05-03T23:40:56.660Z	151,9265	-5,5385	35,00	5,9
2015-05-03T22:35:07.600Z	151,8552	-5,5228	35,00	5,5
2015-05-03T22:32:39.010Z	151,6757	-5,6314	24,00	6,0
2015-05-02T16:50:42.990Z	140,2130	31,5293	10,00	5,7
2015-05-01T08:06:52.250Z	151,8715	-5,4912	35,00	6
2015-05-01T08:06:03.480Z	151,7773	-5,2005	44,00	6,8
2015-04-30T10:45:02.930Z	151,7706	-5,3750	31,00	6,7
2015-04-30T10:19:08.200Z	-26,9077	-60,3933	10,00	5,8
2015-04-28T18:56:53.310Z	-95,0355	17,1089	111,00	5,5
2015-04-	-178,6329	-20,8865	581,00	6,1

28T16:39:39.190Z				
2015-04- 26T23:35:29.730Z	-79,8322	-8,3237	22,00	5,6
2015-04- 26T07:09:10.670Z	86,0173	27,7711	22,91	6,7
2015-04- 25T09:17:02.310Z	87,3173	28,3902	10,00	5,7
2015-04- 25T06:56:33.860Z	85,7505	27,8822	10,00	5,5
2015-04- 25T06:45:21.320Z	84,8216	28,2244	10,00	6,6
2015-04- 25T06:18:10.870Z	86,0213	27,6857	10,00	5,6
2015-04- 25T06:15:22.910Z	85,5398	27,6285	10,00	6,1
2015-04- 25T06:11:25.950Z	84,7314	28,2305	8,22	7,8
2015-04- 24T13:56:15.180Z	-130,7714	51,6148	8,00	6,2
2015-04- 24T03:36:42.400Z	173,0066	-42,0602	48,00	6,1
2015-04- 22T22:57:15.650Z	166,4320	-12,0390	72,00	6,2
2015-04- 20T12:00:00.070Z	122,4532	24,0471	29,00	6,1
2015-04- 20T11:45:13.440Z	122,4530	24,0851	29,00	6,0
2015-04- 20T09:05:34.120Z	102,4776	-5,6841	27,00	5,7
2015-04- 20T01:42:58.380Z	122,3158	24,2026	29,00	6,4
2015-04- 17T15:52:51.480Z	-178,6005	-15,8815	10,00	6,5
2015-04-	26,8235	35,1891	20,00	6,0

16T18:07:43.610Z				
2015-04-14T08:13:55.330Z	-173,3499	-15,1965	8,00	5,6
2015-04-11T05:00:42.480Z	126,6945	2,1173	50,00	5,5
2015-04-10T16:23:04.080Z	65,8580	-13,7935	10,00	5,7
2015-04-07T00:46:21.830Z	-173,2247	-15,1676	30,00	6,3
2015-04-05T20:51:39.730Z	152,7221	-5,5476	8,00	5,5
2015-04-03T21:17:54.770Z	147,7519	-6,2934	30,00	5,9
2015-04-03T12:32:38.670Z	-176,3463	-23,0158	59,21	5,5
2015-04-02T04:10:10.000Z	-178,5831	-17,8607	560,00	5,9
2015-04-01T11:06:35.790Z	-172,8346	-16,0213	10,00	5,5
2015-03-31T12:18:24.200Z	152,4900	-4,8946	39,00	6,0
2015-03-31T12:15:21.840Z	152,4751	-4,9150	35,00	5,7
2015-03-31T12:10:40.540Z	162,4863	-10,9590	26,00	5,6
2015-03-30T18:02:10.790Z	-172,8635	-15,4261	9,64	5,8
2015-03-30T10:34:53.060Z	78,0903	-39,2859	10,00	5,9
2015-03-30T08:48:25.340Z	-173,0293	-15,4994	11,00	6,5
2015-03-30T08:18:01.340Z	-172,9409	-15,3920	14,54	6,4
2015-03-	-173,0490	-15,4296	10,00	6,0

30T07:56:53.230Z				
2015-03-30T00:15:31.410Z	152,6038	-5,2049	42,05	5,7
2015-03-29T23:48:31.010Z	152,5623	-4,7294	41,00	7,5
2015-03-29T07:50:54.290Z	126,4846	1,6535	45,05	5,6
2015-03-28T22:28:50.780Z	121,9895	0,4002	118,00	5,9
2015-03-28T19:16:33.120Z	176,7927	-18,2822	8,00	5,5
2015-03-28T16:36:53.850Z	-68,6175	-22,2167	112,00	5,6
2015-03-27T21:59:39.270Z	-77,5836	-1,2012	195,03	5,5
2015-03-23T10:13:50.880Z	121,7500	23,7235	35,00	5,5
2015-03-23T04:51:38.010Z	-69,1663	-18,3534	130,00	6,4
2015-03-22T05:56:22.370Z	145,7186	13,2251	10,00	5,5
2015-03-20T15:42:52.380Z	154,8778	-4,7852	23,96	5,6
2015-03-18T18:27:29.500Z	-73,5219	-36,1167	13,00	6,2
2015-03-17T22:12:28.940Z	126,5217	1,6686	44,00	6,2
2015-03-17T20:16:19.080Z	-178,5653	-17,8236	555,93	5,5
2015-03-16T03:00:05.950Z	152,0288	-4,0737	196,00	5,9
2015-03-15T23:17:16.910Z	122,3067	-0,5409	31,00	6,1
2015-03-	146,4233	18,7532	46,00	5,8

15T04:47:19.970Z				
2015-03- 15T02:17:07.850Z	-176,3784	-22,2789	112,00	5,5
2015-03- 10T20:55:44.370Z	-72,9875	6,7757	155,00	6,2
2015-03- 09T02:48:45.580Z	-82,6541	6,5308	11,00	5,8
2015-03- 07T22:18:57.500Z	151,7342	-6,5331	22,00	5,6
2015-03- 07T13:18:23.960Z	-173,2900	50,5075	10,00	5,6
2015-03- 06T08:22:18.960Z	80,6046	-41,3157	10,00	6,0
2015-03- 03T10:37:30.050Z	98,7161	-0,7789	28,00	6,1
2015-03- 02T02:50:47.880Z	-150,6522	-59,561	13,00	5,5
2015-03- 01T08:30:03.030Z	-90,9992	13,4392	20,00	5,5
2015-03- 01T03:32:33.780Z	124,4702	0,0241	62,00	5,6
2015-02- 27T16:24:50.560Z	145,8303	16,9041	20,09	5,7
2015-02- 27T13:45:05.370Z	122,5348	-7,2968	552,06	7,0
2015-02- 25T07:01:00.930Z	141,8201	31,0659	9,00	5,9
2015-02- 25T01:31:41.500Z	119,8398	6,0816	9,00	5,7
2015-02- 24T02:28:54.090Z	143,1982	39,6546	20,00	5,8
2015-02- 22T14:23:12.720Z	-106,8480	18,6766	5,00	6,2
2015-02-	-76,5012	2,7299	149,00	5,5

22T12:56:24.400Z				
2015-02- 21T10:13:53.290Z	143,4861	39,8185	7,00	6,0
2015-02- 20T04:25:23.380Z	143,5871	39,8244	10,00	6,2
2015-02- 19T13:18:32.810Z	168,1483	-16,4311	10,00	6,4
2015-02- 19T10:24:03.570Z	159,3522	-53,4419	10,00	5,5
2015-02- 18T09:32:26.770Z	164,1216	-10,7598	10,00	6,1
2015-02- 18T01:16:17.570Z	-103,0536	8,2850	10,00	5,5
2015-02- 18T00:48:28.890Z	-103,1590	8,3227	5,00	5,5
2015-02- 17T16:33:21.280Z	143,5829	39,5696	10,00	5,5
2015-02- 17T04:46:38.940Z	141,8914	40,1095	47,00	5,5
2015-02- 16T23:06:28.270Z	142,8808	39,8558	23,00	6,7
2015-02- 16T22:00:53.590Z	-28,2591	-55,5200	13,00	6,2
2015-02- 13T20:06:32.330Z	121,4270	22,6374	30,00	6,2
2015-02- 13T18:59:12.230Z	-31,9016	52,6487	16,68	7,1
2015-02- 12T15:50:59.880Z	-105,7405	19,3552	41,67	5,5
2015-02- 11T21:29:24.580Z	-179,6010	-65,5984	10,00	5,8
2015-02- 11T18:57:22.460Z	-66,6880	-23,1125	223,00	6,7
2015-02-	-66,7204	-23,5605	202,49	5,5

11T13:01:15.810Z				
2015-02-08T15:09:08.950Z	119,3699	-2,4318	37,28	5,6
2015-02-05T04:40:51.480Z	-82,6217	5,2220	3,95	5,7
2015-02-04T08:20:43.610Z	-175,8779	-25,7381	19,00	5,5
2015-02-03T07:16:53.890Z	-168,6035	52,2224	14,00	5,5
2015-02-02T10:49:48.530Z	-67,1231	-32,7183	172,00	6,3
2015-02-02T08:25:48.510Z	145,2141	-1,5390	14,00	5,9
2015-02-01T20:02:20.730Z	-8,1198	-49,3181	10,00	5,6
2015-02-01T13:34:02.980Z	170,2648	-21,2735	7,64	5,7
2015-02-01T11:41:46.490Z	166,7543	-12,3801	176,66	5,5
2015-01-31T12:29:30.620Z	147,1244	15,2410	5,00	5,5
2015-01-30T17:57:56.440Z	170,1580	-21,2452	7,08	6,0
2015-01-29T03:49:35.190Z	-174,1710	-19,2852	39,77	5,6
2015-01-28T21:08:53.710Z	- 124,6066667	40,3178	17,17	5,7
2015-01-28T02:43:19.350Z	-178,3032	-20,9665	484,12	6,2
2015-01-27T00:53:19.120Z	97,2402	1,3368	12,58	5,7
2015-01-26T17:44:52.680Z	-136,7703	-54,6751	10,00	5,6
2015-01-	168,5200	-17,0309	219,96	6,8

23T03:47:27.050Z				
2015-01- 21T20:08:33.600Z	146,3279	-5,6549	49,00	5,7
2015-01- 20T06:59:52.020Z	-91,4588	14,9801	154,00	5,5
2015-01- 19T17:19:45.650Z	119,7571	4,6079	11,00	5,5
2015-01- 18T23:13:36.680Z	-105,7571	-35,4555	8,32	5,7
2015-01- 18T04:47:38.080Z	179,5780	51,9238	102,00	5,5
2015-01- 17T23:39:51.870Z	131,8634	-5,7726	56,76	5,5
2015-01- 17T18:41:42.770Z	-63,1461	-22,237	557,17	5,6
2015-01- 12T20:25:14.170Z	133,9223	-5,5870	20,91	5,6
2015-01- 12T07:57:27.070Z	-93,3808	15,4767	75,00	5,5
2015-01- 10T19:32:00.320Z	120,2456	14,7709	59,00	5,9
2015-01- 10T17:55:02.630Z	-68,5339	-21,6328	108,78	5,5
2015-01- 10T02:05:46.270Z	68,3613	-5,6550	10,00	5,6
2015-01- 08T14:56:30.710Z	161,3346	-61,6118	10,00	5,7
2015-01- 07T05:07:07.510Z	-82,6576	5,9045	8,00	6,5
2015-01- 06T22:09:13.250Z	163,2446	55,2049	10,00	5,6
2015-01- 05T17:48:42.490Z	171,2364	-43,0546	8,06	5,6
2015-01-	60,3653	6,5739	10,00	5,5

02T08:21:55.900Z				
2014-12-31T09:26:22.450Z	120,6673	13,7483	110,00	5,5
2014-12-31T01:37:33.930Z	144,0020	-4,4378	123,00	5,8
2014-12-30T21:17:23.920Z	-178,5639	-20,3263	599,28	6,0
2014-12-29T17:41:49.470Z	-24,8509	-56,6590	19,03	5,6
2014-12-29T09:29:37.390Z	121,5213	8,6341	8,00	6,1
2014-12-27T18:53:47.210Z	-179,4900	-17,9261	621,76	5,5
2014-12-26T23:52:15.160Z	-82,3463	6,5189	10,00	5,9
2014-12-24T01:58:01.740Z	147,3360	-56,3945	4,00	5,9
2014-12-24T01:19:38.840Z	147,2567	-56,3004	10,00	5,5
2014-12-22T07:19:41.230Z	-146,0942	-54,1054	14,00	5,8
2014-12-21T11:34:13.570Z	126,6483	2,0892	41,00	6,3
2014-12-20T09:29:57.490Z	141,5534	37,4017	31,31	5,9
2014-12-19T19:49:30.080Z	-61,8091	16,1951	118,07	5,6
2014-12-18T20:10:53.410Z	-25,3698	-56,6279	10,00	5,5
2014-12-17T06:10:05.700Z	100,1432	-3,8295	10,00	5,9
2014-12-12T20:22:35.350Z	-176,4443	-18,9043	316,37	5,8
2014-12-	-25,4248	-56,7511	10,00	5,5

11T13:53:29.350Z				
2014-12-10T21:03:39.260Z	122,4503	25,5403	256,00	6,1
2014-12-09T03:09:22.520Z	126,2320	1,5378	40,71	5,7
2014-12-08T09:52:04.220Z	158,0836	50,3161	47,13	5,6
2014-12-08T08:54:52.520Z	-82,6865	7,9401	20,00	6,6
2014-12-07T21:16:35.740Z	-91,4731	13,6717	32,00	6,1
2014-12-07T12:11:31.220Z	-91,3822	13,7465	28,00	5,9
2014-12-07T03:30:01.800Z	154,2587	-6,4606	10,00	5,6
2014-12-07T01:22:02.180Z	154,4603	-6,5108	23,00	6,6
2014-12-06T22:05:10.730Z	130,4829	-6,1100	116,00	6,0
2014-12-06T17:21:49.020Z	-82,7339	7,9824	15,00	6,0
2014-12-06T10:20:01.520Z	100,5330	23,3577	10,00	5,6
2014-12-05T18:43:46.290Z	100,4736	23,3363	11,00	5,6
2014-12-03T00:27:04.430Z	122,4230	-2,9324	10,00	5,5
2014-12-02T05:11:31.000Z	123,1261	6,1572	614,00	6,6
2014-12-01T13:04:24.470Z	164,4453	-48,8526	21,00	5,7
2014-11-29T19:40:10.610Z	127,0084	2,3835	37,00	5,8
2014-11-	61,3810	5,7314	10,00	5,6

29T13:05:08.540Z				
2014-11- 26T14:49:49.610Z	126,4582	1,8122	30,39	5,6
2014-11- 26T14:33:43.640Z	126,5751	1,9604	39,00	6,8
2014-11- 25T15:19:08.050Z	101,7618	30,1884	9,00	5,6
2014-11- 24T21:02:19.460Z	154,9618	-5,9626	170,00	5,6
2014-11- 22T19:14:16.370Z	27,1505	45,8977	32,00	5,6
2014-11- 22T13:08:18.420Z	137,8875	36,6408	9,00	6,2
2014-11- 22T08:55:26.580Z	101,7374	30,3398	9,00	5,9
2014-11- 21T10:10:19.630Z	127,0562	2,2999	35,00	6,5
2014-11- 21T03:29:11.390Z	120,0724	20,6545	4,00	5,8
2014-11- 20T18:14:37.790Z	93,5148	23,5081	49,00	5,6
2014-11- 20T01:51:42.180Z	141,6082	37,3226	32,00	5,6
2014-11- 18T04:47:16.630Z	126,4751	1,8693	30,00	5,8
2014-11- 18T03:25:37.490Z	94,3590	7,4840	6,61	5,6
2014-11- 17T16:52:46.850Z	33,8037	-46,3484	10,00	6,1
2014-11- 17T11:27:06.980Z	-102,1971	-36,0008	19,08	5,5
2014-11- 17T01:05:57.680Z	155,1391	-9,5484	10,00	5,8
2014-11-	179,6621	-37,6478	22,00	6,7

16T22:33:20.450Z				
2014-11-15T09:47:57.850Z	126,5628	1,7859	35,00	5,5
2014-11-15T03:08:04.590Z	123,8891	-0,1448	90,28	5,9
2014-11-15T02:34:59.790Z	126,2983	1,6728	44,94	5,9
2014-11-15T02:31:41.720Z	126,5217	1,8929	45,00	7,1
2014-11-13T12:21:06.120Z	169,1149	-18,4981	211,00	5,5
2014-11-13T10:24:18.270Z	173,0845	-15,2155	10,00	6,0
2014-11-12T11:16:46.510Z	-85,3828	1,1343	10,00	5,5
2014-11-10T21:38:00.830Z	-177,8549	-30,0426	29,00	5,7
2014-11-10T11:38:59.000Z	-68,7250	-21,6310	111,30	5,6
2014-11-10T10:04:21.150Z	171,4529	-22,7730	7,00	5,9
2014-11-07T03:33:55.280Z	148,2315	-5,9873	53,19	6,6
2014-11-07T00:20:47.170Z	95,0654	4,7800	39,00	5,5
2014-11-03T08:48:29.740Z	79,9602	-41,7317	10,00	6,3
2014-11-03T08:23:53.650Z	-32,6801	4,6657	10,00	5,5
2014-11-02T17:17:04.410Z	154,2778	-61,2203	10,00	6,0
2014-11-01T18:57:22.380Z	-177,7587	-19,6903	434,00	7,1
2014-11-	-111,2436	-31,8520	10,00	6,0

01T10:59:54.610Z				
2014-11- 01T10:05:43.540Z	-111,1070	-31,9202	10,00	5,8

Quaderni di Geofisica

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/quaderni-di-geofisica/>

I Quaderni di Geofisica coprono tutti i campi disciplinari sviluppati all'interno dell'INGV, dando particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari, che per tipologia e dettaglio necessitano di una rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. La pubblicazione on-line fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

Rapporti tecnici INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/rapporti-tecnici-ingv/>

I Rapporti Tecnici INGV pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico e di rilevante interesse tecnico-scientifico per gli ambiti disciplinari propri dell'INGV. La collana Rapporti Tecnici INGV pubblica esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

Miscellanea INGV

ISSN 2039-6651

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/miscellanea-ingv/>

La collana Miscellanea INGV nasce con l'intento di favorire la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV (sismologia, vulcanologia, geologia, geomagnetismo, geochimica, aeronomia e innovazione tecnologica). In particolare, la collana Miscellanea INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli ecc..

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2017 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia