

# Rapporti tecnici

## INGV

**Esperimento DIONYSUS: *Deep structure of the IONian Sea and east Sicily: wide-angle seismic SURvey of the Calabria Subduction zone and Tethys margins.* Il contributo dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**

# 311



## **Direttore Responsabile**

Stefano Gresta

## **Editorial Board**

Luigi Cucci - Editor in Chief (INGV - RM1)

Andrea Tertulliani (INGV - RM1)

Nicola Pagliuca (INGV - RM1)

Umberto Sciacca (INGV - RM2)

Alessandro Settimi (INGV - RM2)

Aldo Winkler (INGV - RM2)

Salvatore Stramondo (INGV - CNT)

Milena Moretti (INGV - CNT)

Gaetano Zonno (INGV - MI)

Viviana Castelli (INGV - BO)

Antonio Guarnieri (INGV - BO)

Mario Castellano (INGV - NA)

Mauro Di Vito (INGV - NA)

Raffaele Azzaro (INGV - CT)

Rosa Anna Corsaro (INGV - CT)

Mario Mattia (INGV - CT)

Marcello Liotta (INGV - PA)

## **Segreteria di Redazione**

Francesca Di Stefano - Referente

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860068

redazionecen@ingv.it

in collaborazione con:

Barbara Angioni (INGV - RM1)

# Rapporti tecnici INGV

## **ESPERIMENTO DIONYSUS: DEEP STRUCTURE OF THE IONIAN SEA AND EAST SICILY: WIDE-ANGLE SEISMIC SURVEY OF THE CALABRIA SUBDUCTION ZONE AND TETHYS MARGINS. IL CONTRIBUTO DELL'ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**

Milena Moretti<sup>1</sup>, Luigi Improta<sup>2</sup>, Lucia Margheriti<sup>1</sup>, Pasquale De Gori<sup>1</sup>,  
Marcello Silvestri<sup>1</sup>, Fabio Criscuoli<sup>1</sup>, Lucian Giovani<sup>1</sup>, Luciano Zuccarello<sup>3</sup>, Ferruccio Ferrari<sup>3</sup>,  
Mario Paratore<sup>3</sup>, Aladino Govoni<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti)

<sup>2</sup>INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Sismologia e Tettonofisica)

<sup>3</sup>INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania – Osservatorio Etno)

# 311



## Indice

Introduzione	7
1. Il progetto DIONYSUS e l'esperimento di sismica attiva	7
2. La partecipazione dell'INGV	10
3. La ricerca siti. L'installazione e l'acquisizione dei due profili <i>onshore</i>	11
3.1 Il profilo <i>onshore</i> P4	11
3.2 Il profilo <i>onshore</i> P3	13
3.3 La strumentazione	14
4. Archiviazione e condivisione dei dati	15
5. Conclusioni	16
Ringraziamenti	17
Bibliografia	18
Annex: Station Book	19



## Introduzione

Durante il mese di ottobre 2014 si è svolta nel Mar Ionio una campagna oceanografica franco-tedesca denominata DIONYSUS, acronimo di “*Deep structure of the IONian sea and east sicily: wide-angle seismic SURvey of the calabria Subduction zone and tethys margins*”, organizzata dal personale degli Istituti francesi del *Laboratoire Domaines Océaniques*<sup>1</sup> (LDO) dell’*Institut Universitaire Européen de la Mer*<sup>2</sup> (IUEM) e dell’*Institut français de recherche pour l’exploitation de la mer*<sup>3</sup> (Ifremer) e tedeschi di GEOMAR *Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel*<sup>4</sup>. All’esperimento ha contribuito anche l’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) nella fase propositiva del progetto e in seguito nella realizzazione della campagna sismica per la parte di acquisizione a terra.

Lo scopo della crociera DIONYSUS era di condurre un’indagine dettagliata del margine attivo del sud Italia, tra la Calabria e la Sicilia Orientale, una regione colpita più volte da terremoti e tsunami distruttivi; tra tutti ricordiamo il devastante terremoto del 1908 a Messina. L’esperimento era finalizzato all’acquisizione di profili sismici a rifrazione/riflessione a grande angolo nel Mare Ionio meridionale per l’*imaging* della crosta profonda e della Moho lungo il prisma di accrezione calabro e la Scarpata Ibleo-Maltese.

In questo rapporto tecnico, dopo un breve riferimento relativo al progetto DIONYSUS, verrà descritto con maggior dettaglio il coinvolgimento dell’INGV, dalla fase di preparazione e realizzazione della campagna sismica a terra svoltasi in sinergia con i colleghi francesi e tedeschi sino alla predisposizione e la distribuzione del *dataset* acquisito. Per maggiori dettagli relativi al progetto, alla campagna sismica e ai primi risultati preliminari, consigliamo di riferirsi al rapporto dedicato della crociera “M111” [Kopp et al., 2014].

Vista la collaborazione con altri istituti di ricerca stranieri, in allegato è riportato in inglese un breve riassunto del lavoro e le schede stazioni.

## 1. Il progetto DIONYSUS e l’esperimento di sismica attiva

Scopo principale del progetto DIONYSUS è lo studio della struttura della crosta profonda e del mantello litosferico del Mar Ionio meridionale, nella zona di subduzione della Calabria e dei margini della Teide adiacenti formatesi durante il *rifting* nel Mesozoico, usando dei profili sismici a rifrazione/riflessione a grande angolo (*Refraction/Wide-Angle-Reflection, R/WAR*) su esistenti linee di sismica a riflessione profonda.

L’acquisizione di profili secondo la geometria R/WAR prevede la registrazione di segnali sismici fino a distanze sorgente-ricevitore (*offset*) 3-4 volte maggiori rispetto alla prevista profondità d’indagine [Makris et al., 1999]. L’obiettivo principale è di registrare fasi P primarie sia a piccoli che a grandi *offset* (fasi P dirette e rifratte criticamente da discontinuità man mano più profonde) e fasi riflesse PP a grande angolo generate da discontinuità profonde e caratterizzate di norma da grande ampiezza (riflessioni post-critiche). Nell’esplorazione crostale profonda a mare i segnali sismici sono acquisiti mediante *Ocean Bottom Seismometer* (OBS) a corto periodo posizionati sul fondo marino lungo una linea, come avvenuto per l’esperimento DIONYSUS, oppure ai nodi di una griglia. La sorgente è pneumatica e consiste di un *array* di cannoni ad aria compressa (*air gun*) che sono trainati a poppa della nave in navigazione. L’energizzazione avviene durante la navigazione ad intervalli piccoli e costanti (variabili dalla decina di secondi ai pochi minuti), il che permette di registrare ad ogni OBS dati sismici con una piccola interdistanza degli scoppi, in generale minore di 200 m [Hughes et al., 1998]. Gli *air gun* sono sorgenti molto efficienti. Nell’esplorazione a rifrazione profonda si utilizza un *array* di *air gun* con capacità complessiva di diverse decine di litri che in linea di principio rendono possibile la registrazione fino a *offset* di 150-200 km di fasi rifratte e riflesse dalla Moho (primi arrivi Pn e riflesse PmP) con un buon rapporto segnale/rumore. L’utilizzo di una potente sorgente combinata con numerosi OBS disposti sul fondo marino in modo regolare e con interdistanze di pochi chilometri permette quindi l’acquisizione di fasi primarie e riflesse con frequenze nell’intervallo 1-30 Hz, fasi che campionano densamente la crosta ed il mantello litosferico. I tempi di percorso di queste fasi sono utilizzati per determinare modelli di velocità delle onde P accurati della crosta e del mantello litosferico

---

<sup>1</sup> <http://www-ieuem.univ-brest.fr/ldo/fr>

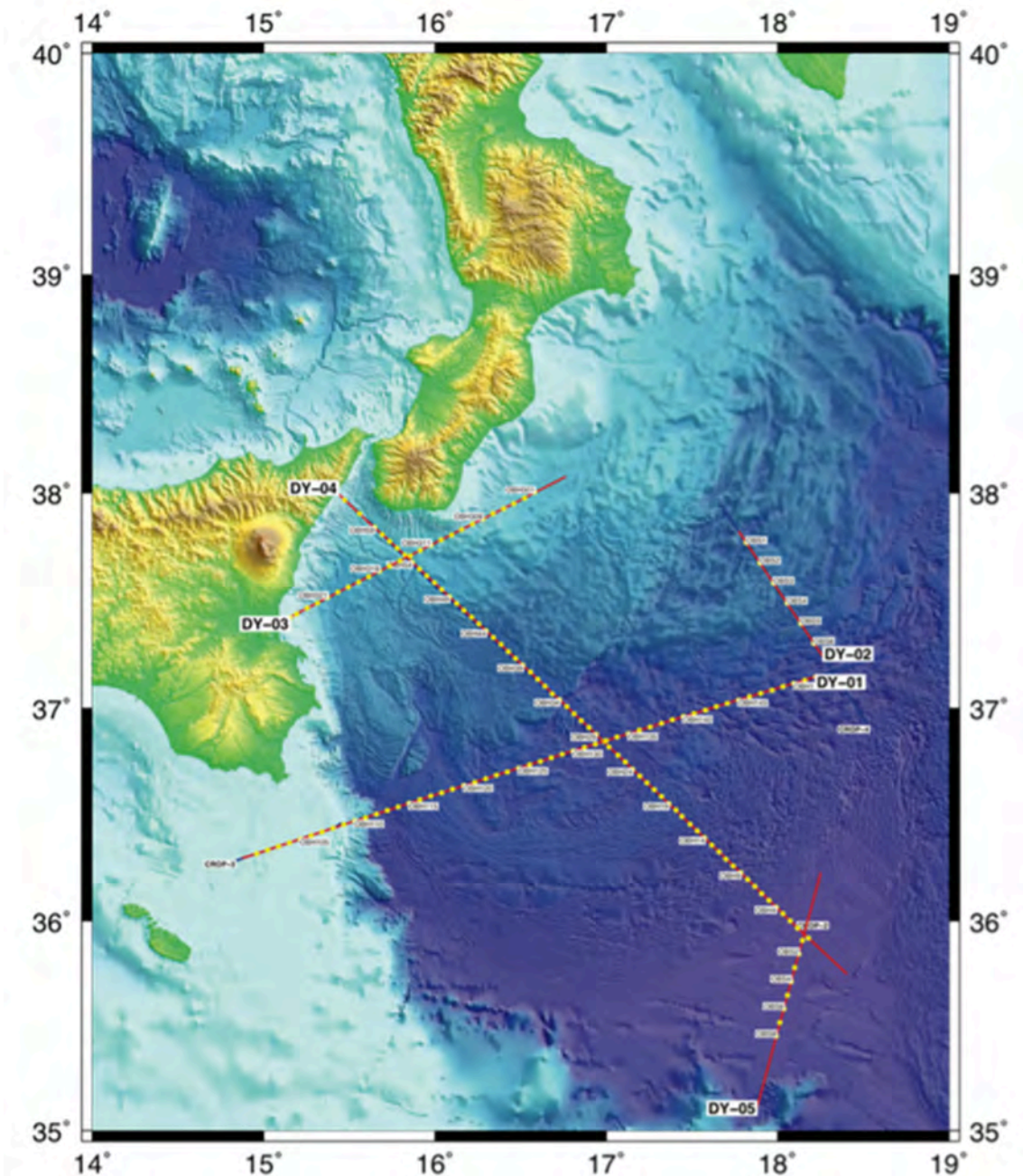
<sup>2</sup> <http://www-ieuem.univ-brest.fr/>

<sup>3</sup> <http://www.ifremer.fr/>

<sup>4</sup> <http://www.geomar.de/>

e di determinare la geometria delle principali discontinuità intra-crostaali e della Moho mediante tecniche tomografiche (*refraction/reflection tomography*). Rispetto alle indagini *offshore* di sismica a riflessione profonda, i profili R/WAR offrono il vantaggio di fornire immagini accurate anche di strutture fortemente eterogenee lateralmente. Per contro, lo svantaggio è il potere risolutivo nettamente inferiore rispetto ad una indagine a riflessione e la difficoltà di definire in modo accurato la geometria ed i valori di velocità di strati a bassa velocità.

Per raggiungere l'obiettivo prefissato nel progetto DIONYSUS è stata pianificata una crociera della durata di poco più tre settimane per acquisire, tramite OBS forniti di idrofoni (OBS/OBH), oltre 1000 km distribuiti lungo cinque profili indicati in Figura 1 come DY-01 (52 *deployment*), DY-02 (6), DY-03 (25), DY-04 (62) e DY-05 (8) (vedi anche Tabella 1). L'area di lavoro dell'esperimento è localizzata nel mar Ionio, lungo l'arco calabro tra 14°40' e 19°10' di longitudine E and 35°45' e 39°00' di latitudine N.



**Figura 1.** La mappa mostra la posizione proposta per lo stendimento dei cinque profili sismici (estratto da [Kopp et al., 2014]).



Profilo di rifrazione	Punto iniziale (N/E)	Punto terminale (N/E)	Range di profondità dell'acqua
DY-01	36° 19.07'/14° 57.61'	37° 08.86'/18° 13.45'	88 m – 3550 m
DY-02	37° 46.18'/17° 49.12'	37° 18.10'/18° 12.76'	2600 m – 3250 m
DY-03	38° 00.13'/16° 34.96'	37° 25.39'/15° 09.28'	75 m – 2100 m
DY-04	35° 55.08'/18° 10.86'	37° 58.11'/15° 28.45'	1000 m – 4100 m
DY-05	35° 54.45'/18° 08.68'	35° 31.01'/18° 00.85'	4000 m – 4100 m

**Tabella 1.** Dettagli dei cinque profili lungo i quali sono stati dispiegati gli OBS/OBH. Per tutti i dettagli, vedi Kopp et al. [2014].

I 61 OBS/OBH messi a disposizione da IFREMER e GEOMAR sono un buon numero per ottenere delle immagini ad alta risoluzione delle strutture crostali profonde e della Moho. Inoltre, per due profili, lo DY-03 e lo DY-04, è stata prevista in Sicilia un'estensione a terra, utilizzando delle stazioni sismiche temporanee dell'INGV (lungo le linee tratteggiate in Figura 2; maggiori dettagli nel Capitolo 2). In considerazione della forte dipendenza della profondità indagine dall'*offset* massimo di osservazione di fasi P primarie e riflesse, gli esperimenti *offshore* R/WAR si avvalgono quando possibile logisticamente di una estensione a terra mediante l'installazione di stazioni sismiche a corto periodo allineate secondo la direzione della linea *offshore*. A seconda dell'energia della sorgente utilizzata, dell'efficienza della propagazione crostale e del livello di rumore ambientale, le stazioni a terra possono registrare segnali con un buon rapporto segnale/rumore fino ad una distanza massima di 40-60 km dalla linea di costa e fino ad *offset* massimi di 150 km. L'installazione a terra ha quindi la finalità di estendere lateralmente ed in profondità i modelli di velocità 2D determinati con tecniche di *refraction/reflection tomography*.

Nell'esperimento DIONYSUS lo *shooting* predisposto lungo i profili era di uno scoppio al minuto che per una velocità di crociera di 4-4.5 nodi, corrisponde ad una interdistanza tra gli scoppi di circa 110 m. Per gli scoppi era previsto l'utilizzo di *air gun* da 84 litri (dall'unione di 6 G-Gun). La maggior parte dell'acquisizione è stata progettata lungo dei profili di sismica a riflessione profonda esistenti (Progetto CROP) che sono stati rielaborati presso il *Geomar Processing Center* con tecniche di migrazione *pre-stack* particolarmente indicate per l'*imaging* di strutture fortemente eterogenee.

Ogni linea è legata a specifici temi scientifici che non sono oggetto del presente rapporto tecnico e per questo non riportati in dettaglio. Tuttavia, seguono alcune informazioni generali relative ai singoli profili:

- **Profilo DY-01:** ha una lunghezza totale di 317 miglia marine (nm) e si estende in una direzione SE-NO dalla scarpata di Malta verso il prisma di accrezione (*wedge*) calabrese esterno, dove attraversa i profili DY-04 e DY-02. La linea attraversa una importante faglia trascorrente litosferica supposta in letteratura e l'obiettivo è rivelare le differenze strutturali lungo lo *strike*.
- **Profilo DY-02:** è il più breve dei profili, 42 nm; si approfondisce in direzione NW-SE verso il *wedge* calabrese. Esso è destinato a definire l'immagine della geometria del *wedge* profondo e il dip in corrispondenza delle interfacce strutturali (*thrusts*).
- **Profilo DY-03:** lungo circa 77 nm, in combinazione con DY-01 consentirà di definire l'immagine la zona di transizione continente-oceano del margine di Tethys attraverso la maggiore faglia trascorrente litosferica.
- **Profilo DY-04:** lungo 174 nm, si allunga in direzione NW-SE nel *Ionian Abyssal Plain*. Il profilo fornirà informazioni sullo spessore crostale dello Ionio nonché sulle profonde porzioni interne della zona di subduzione verso nord.
- **Profilo DY-05:** lungo 84 nm, è stato incluso nel piano di lavoro in un secondo momento per verificare la natura e la struttura della crosta sotto la piana abissale ionica.

Per maggiori dettagli relativi alla campagna di acquisizione DIONYSUS, consigliamo a visitare il sito dedicato: <http://www.geomar.de/en/research/expeditionen/detail-view/exp/completed/327662/> e il rapporto della crociera [Kopp et al., 2014].

## 2. La partecipazione dell'INGV

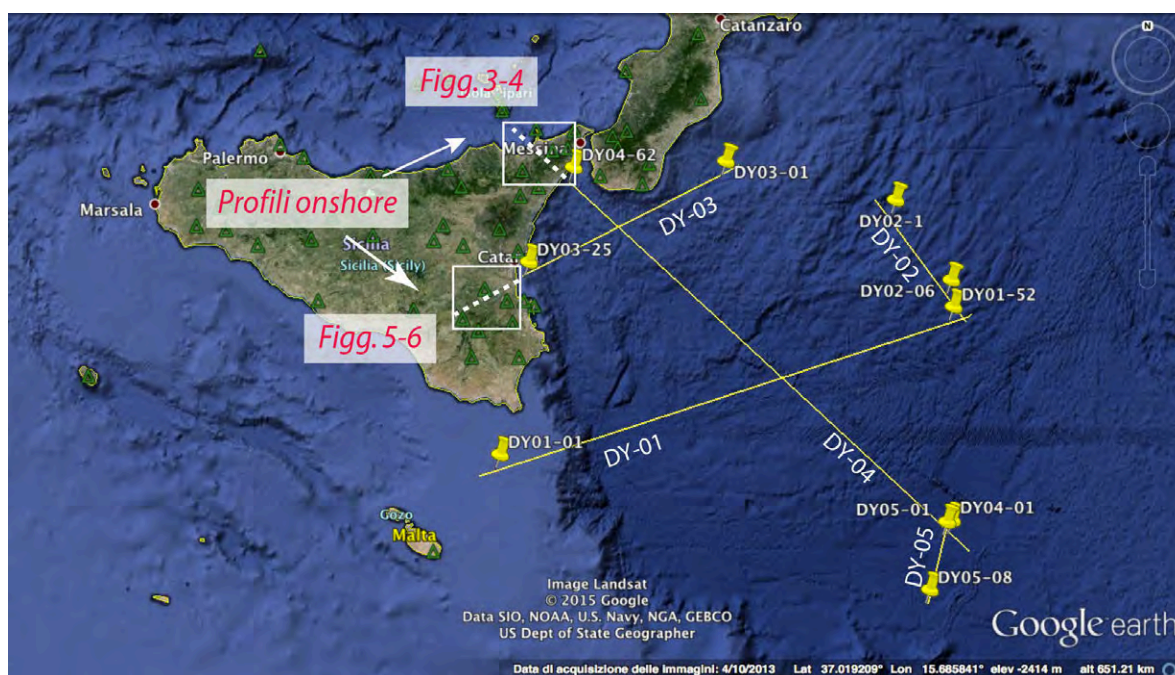
L'INGV è stato coinvolto nel progetto DIONYSUS sin dalle prime fasi di progettazione e in particolare i ricercatori dell'INGV che hanno contribuito alla stesura del *proposal*, hanno manifestando la propria disponibilità a partecipare alla campagna di acquisizione sismica a terra. Dei profili lungo i quali erano previsti l'allineamento degli OBS/OBH e gli scoppi *offshore*, è stata possibile l'acquisizione *onshore* solamente lungo il prolungamento siciliano dei profili DY-03 e DY04 (linee tratteggiate bianche in Figura 2, P3 e P4 rispettivamente).

Nelle ultime settimane precedenti la campagna di acquisizione i colleghi tedeschi e francesi hanno via via perfezionato la tempistica e la logistica della crociera. In funzione della pianificazione dell'esperimento *offshore*, sono stati definiti anche gli ultimi dettagli relativi all'acquisizione a terra. In considerazione della potenza degli scoppi, della distanza di questi dalla costa e della antropizzazione delle due aree siciliane nelle quali era prevista l'installazione, i due stendimenti *onshore* sono stati realizzati entrambi con sei stazioni.

L'organizzazione delle attività della Rete Sismica Mobile INGV [Moretti et al., 2015] si è basata sul seguente *planning* provvisorio della crociera:

10 ottobre   08.00	Partenza della nave METEOR dal porto di Catania per lo stendimento del profilo DY-04	ca. 20h
11 ottobre   04.00	Inizio della deposizione degli OBS nella zona a NE di Catania	ca. 48h
13 ottobre   04.00	Prima fase degli scoppi	ca. 48h
15 ottobre   04.00	Recupero degli OBS e transito verso la zona a sud di Catania	ca. 60h
17 ottobre   21.00	Stendimento degli OBS lungo il profilo DY-03	ca. 20h
18 ottobre   18.00	Seconda fase degli scoppi	ca. 48h

Tuttavia, come accade frequentemente nelle campagne oceanografiche, tale *planning* avrebbe potuto subire delle variazioni a causa di cambiamenti delle condizioni meteo-marine o di imprevisti nella navigazione. Tenendo in considerazione tali aspetti di imprevedibilità e la disponibilità a partecipare del personale INGV della sede di Roma e di Catania, sono state organizzate le missioni e le attività di installazione e disinstallazione dei due profili (vedi Capitolo 3 per maggior dettagli).



**Figura 2.** La mappa mostra i profili lungo i quali sono stati previsti gli stendimenti degli OBS/OBH e, tratteggiati in bianco, i due proseguimenti *onshore* in Sicilia, lungo i profili DY-03 e DY-04.

### 3. La ricerca siti. L'installazione e l'acquisizione dei due profili *onshore*

In considerazione della distanza dei primi scoppi dalla costa e dalla loro potenza, si è deciso di installare un totale di dodici stazioni sismiche temporanee lungo i due profili da coprire: sei stazioni a nord dell'Etna attraverso la Riserva Naturale Orientata Fiumedinisi e Monte Scuderi (profilo P4, Figura 3) e sei a sud di Catania, presso il Lago di Lentini (profilo P3, Figura 5). L'implementazione è stata effettuata in due fasi:

- a) il primo profilo di sei stazioni sismiche in direzione SE-NW lungo la continuazione *onshore* del profilo DY-04, dalla costa ionica (posizione Ali Terme) verso il Golfo di Patti nel Tirreno (posizione Barcellona Pozzo di Gotto a sud di Milazzo, Figura 3);
- b) il secondo profilo sempre di sei stazioni in direzione ENE-WSW lungo la continuazione *onshore* del profilo DY-03, dal Golfo di Catania (posizione Collina Primosole) verso l'interno della Sicilia (posizione Militello in Val di Catania, Figura 5).

I potenziali siti di registrazione sono stati preliminarmente identificati tramite un'analisi delle foto aeree e mappe geologiche. In generale, agli operatori in campagna sono stati forniti diversi possibili siti entro un raggio di poche centinaia di metri da valutare poi con un sopralluogo. La scelta ha tenuto conto delle caratteristiche geologiche locali (presenza di *bedrock* affiorante o semi affiorante), della distanza da fonti di rumore antropico e dell'accessibilità al sito. Naturalmente il *siting* è stato condizionato dalla necessità di mantenere un allineamento delle stazioni a terra quanto più coerente possibile con la direzione del profilo *offshore* ed una interdistanza regolare tra le stazioni.

Vista la tempistica prevista per la crociera, sono state programmate per i tecnici e i ricercatori dell'INGV che si sarebbero occupati delle operazioni in campagna, tre missioni operative che prevedevano il tempo necessario ad installare e disinstallare i due profili ed eventuali ritardi dell'intero *planning* a causa di avverse condizioni meteo-marine o problemi tecnici:

1. durante la prima missione dal 9 al 12 ottobre, una squadra costituita da due unità di personale della sede di Roma si è occupata dell'installazione delle prime sei stazioni lungo il profilo P4;
2. nella seconda missione dal 14 al 18 ottobre, due squadre costituite da 5 unità di personale delle sedi di Roma e Catania, hanno provveduto alla disinstallazione delle prime stazioni e, a seguire, all'installazione delle seconde sei lungo il profilo P3;
3. infine, dal 21 al 23 ottobre un'ultima squadra costituita da due unità di personale della sede di Roma si è occupata della definitiva disinstallazione della strumentazione.

#### 3.1 Il profilo *onshore* P4

In Figura 3 è mostrata la mappa dei potenziali siti pre-individuati; in alcuni casi, ad esempio per il primo punto verso la costa Ionica, erano state fornite tre possibili siti (le coordinate dei siti potenziali sono riportate nella legenda della figura).

Le sei stazioni sono state installate tra il 10 e l'11 ottobre, partendo dalla prima stazione P4S1 (Figura 4) nei pressi dell'abitato di Ali Terme sulla costa Ionica e via via proseguendo verso la costa Tirrenica vicino al Comune di Barcellona Pozzo di Gotto (P4S6); tutte sono state disinstallate nella giornata del 15 ottobre.

L'installazione delle stazioni lungo il profilo è stata difficoltosa soprattutto per conciliare il duplice requisito di trovare siti idonei alla registrazione di segnali sismici ad alta frequenza e, nello stesso tempo, in collocazioni geografiche rispondenti ai vincoli geometrici del profilo sismico. La forte antropizzazione della zona a ridosso delle aree costiere ha reso difficoltoso la ricerca dei siti P4S1, sul versante Ionico, e P4S4 sul versante Tirrenico. In particolare P4S1 è in vista del viadotto dell'autostrada ME-CT, nel mezzo di terreni privati. Nel caso di P4S4, oltre alla forte antropizzazione, la presenza di sedimenti alluvionali incoerenti ha fortemente ostacolato la ricerca di un sito ottimale. Per quanto riguarda le stazioni intermedie, le uniche difficoltà riscontrate sono state di carattere essenzialmente logistico, ovvero dovute al raggiungimento di punti geografici senza veri e propri collegamenti stradali (passaggio da P4S2 a P4S3).

Il profilo *onshore* P4 è lungo in totale circa 20 km e ha una distanza media tra stazioni di circa 4.0 km mentre l'*offset* laterale rispetto all'estensione a terra del profilo *offshore* DY-04 non supera i 0.5 km. L'elevazione massima delle stazioni raggiunge quasi i 900 m (P4S4, Tabella 1). La prima stazione (P4S1 in Figura 4) è stata collocata a 1.0 km dalla costa Ionica, l'ultima (P4S6) a una distanza di 6.0 km della costa Tirrenica. Le distanze dall'inizio del profilo DY-04 sono: 23.5 km (P4S1), 27.7 km (P4S2), 31.0 km (P4S3), 35.0 km (P4S4), 38.0 km (P4S5), 44.0 km (P4S6).

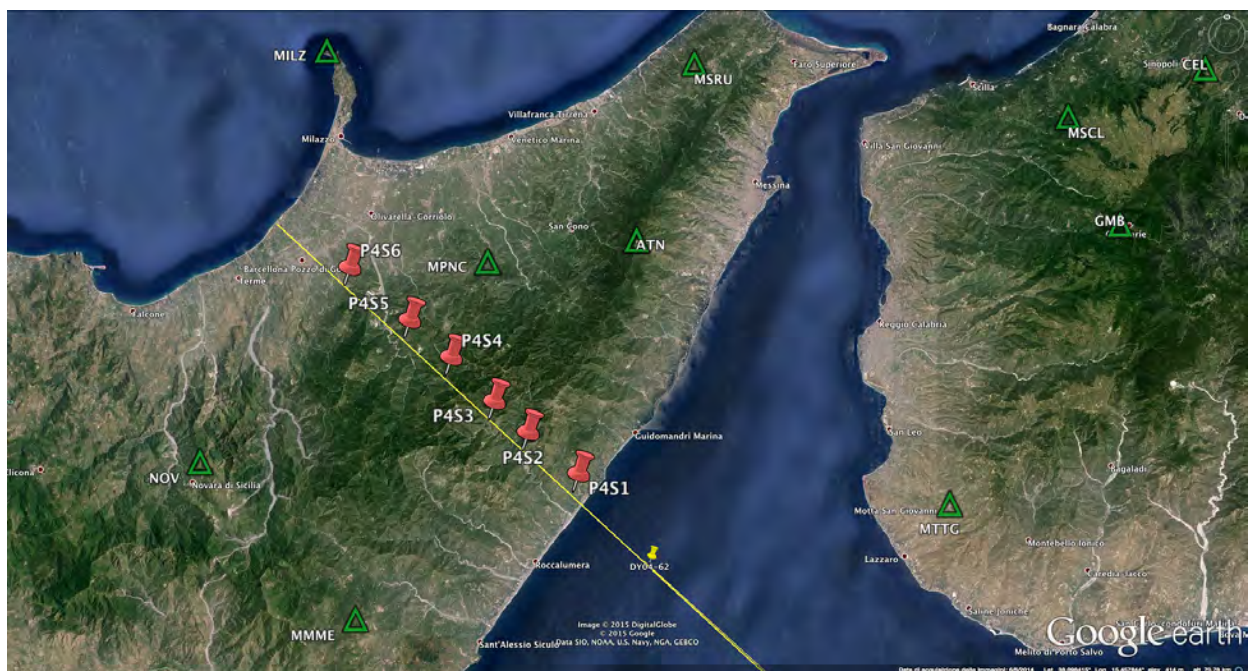


Assieme alle stazioni temporanee, in mappa sono mostrate anche le stazioni della RSN prossime al profilo (triangoli verdi in Figura 4) che distano dal primo OBS ca 42.0 km MSRU, ca 33.0 km ATN, ca 32.5 km MMME, e c.a. 14.3 km MMTG.

In Tabella 2, sono riportate le coordinate dei siti occupati che sono state determinate dalla media dei *clock* eseguiti ciclicamente dal digitalizzatore tramite l'antenna GPS (riportati nella quinta colonna in tabella).



**Figura 3.** La mappa mostra lo stendimento teorico *onshore* lungo il proseguimento del profilo DY-04 (vedi Figura 2). Nella legenda a sinistra, le coordinate dei possibili punti da occupare pre-definiti con l'analisi delle foto aeree e mappe geologiche.



**Figura 4.** La mappa mostra lo stendimento definitivo *onshore* lungo il proseguimento del profilo DY-04.

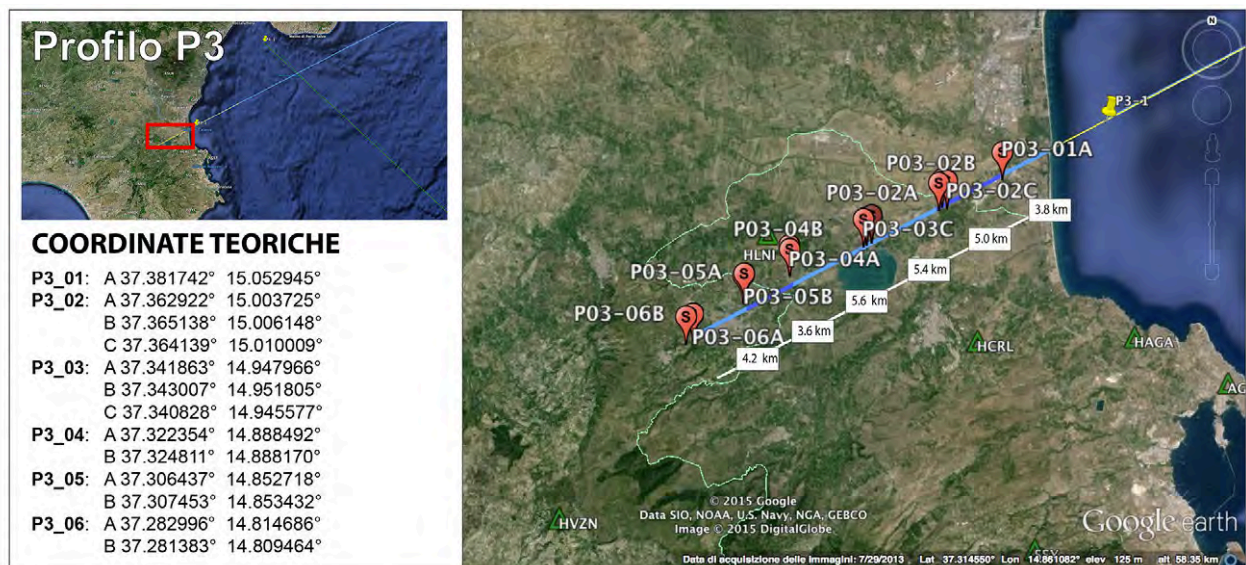
Sigla	Lat (N)	Lon (E)	Quota (m)	Totale N. clock	Distanza da P4-1 teorico (ca in km)
P4S1	38.01086	15.41690	211	121	21.5
P4S2	38.03539	15.37896	533	116	25.5
P4S3	38.05378	15.35370	481	115	28.8
P4S4	38.07976	15.32125	898	97	32.8
P4S5	38.10164	15.28993	551	96	36.0
P4S6	38.13266	15.24482	156	91	42.0

**Tabella 2.** Coordinate definitive dei siti finali del profilo *onshore* P4.

### 3.2 Il profilo *onshore* P3

In Figura 5 è mostrata la mappa dei potenziali siti pre-individuati del profilo P3 a prosecuzione della linea DY-03 assieme alle coordinate teoriche e alle interdistanze fra le stazioni. Nella successiva Figura 6, i siti realmente occupati. Le sei stazioni sono state installate tra il 16 e l'17 ottobre, partendo sempre dalla prima stazione più vicina alla sorgente degli scoppi, P3S1 (Figura 6) dal golfo di Catania (località Collina Primosole) e via via proseguendo verso l'interno della Sicilia (P3S6); tutte sono state disinstallate nella giornata del 21 ottobre.

La fase di ricerca siti ed installazione è stata complicata dalla presenza di numerose fonti di rumore antropico lungo il profilo in prossimità dei siti individuati. Un esempio è la stazione P3S1 che si trova a circa 1.0 km da una discarica e dall'abitato di Collina Primosole ed a 100 m dalla SS385 che collega Catania e Caltagirone. Tuttavia la scelta finale del sito di installazione è stata guidata dai vincoli geometrici dell'esperimento, in particolare dalla necessità di minimizzare la distanza dalla costa e l'*offset* laterale.

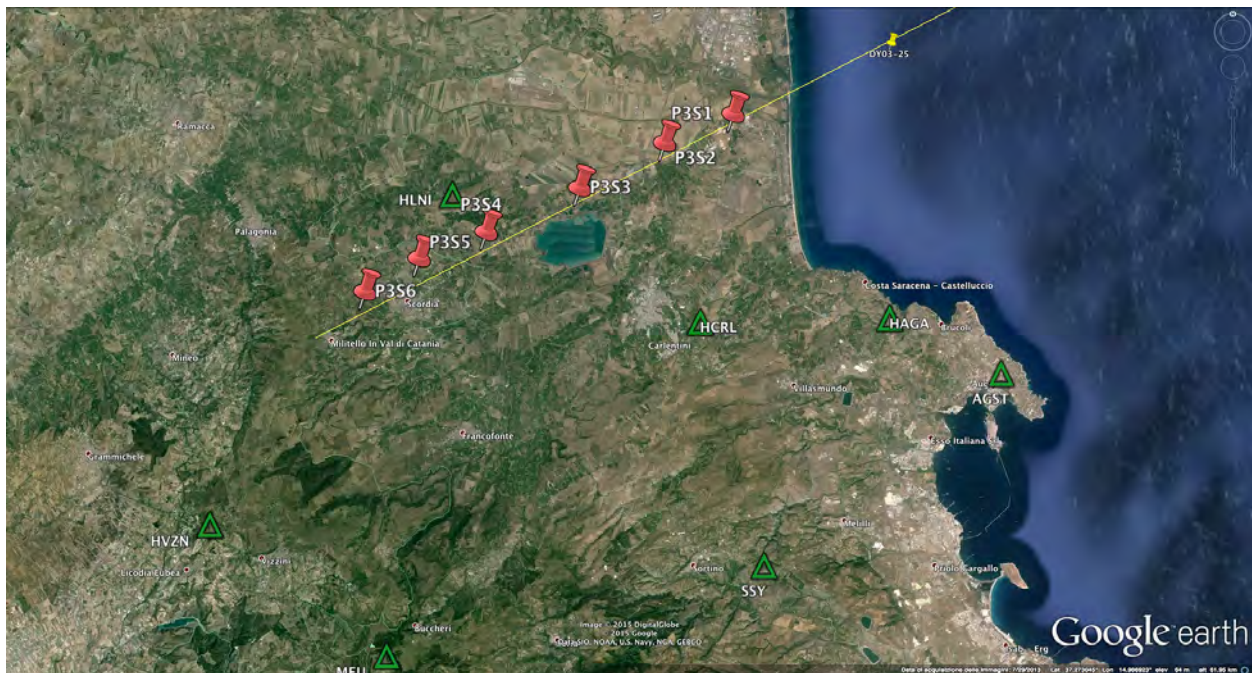


**Figura 5.** La mappa mostra lo stendimento teorico *onshore* lungo il proseguimento del profilo DY-03 (vedi Figura 2). Nella legenda a sinistra, le coordinate dei possibili punti da occupare pre-definiti con l'analisi delle foto aeree e mappe geologiche.



Il profilo *onshore* P3 è lungo in totale circa 24 km e ha una distanza media tra stazioni poco inferiore ai 4.0 km mentre l'offset laterale non supera i 0.5 km. L'elevazione massima delle stazioni, supera di poco i 350 m (P3S6, Tabella 3). La prima stazione (P3S1 in Figura 6) è stata installata a 1.0 km dalla costa ionica. Le distanze dall'inizio dallo stendimento DY-03 sono: 22.5 km (P3S1), 26.8 km (P3S2), 29.8,2 km (P3S3), 34,0 km (P3S4), 37.7 km (P3S5), 43.0 km (P3S6).

Assieme alle stazioni temporanee, in mappa sono mostrate anche le stazioni della RSN prossime al profilo (triangoli verdi in Figura 6) che distano dal primo OBS: ca 14.0 km HAGA, ca 17.0 km HCRL, ca 19.8 km ca AGST, ca 24.5 km HLNI e ca 28.8 km SSY.



**Figura 6.** La mappa mostra lo stendimento definitivo *onshore* lungo il proseguimento del profilo DY-03.



Sigla stazione	Lat (N)	Lon (E)	Quota (m)	Totale N. clock	Distanza da P3-1 teorico (ca in km)
P3S1	37.38108	15.04997	40	69	8.6
P3S2	37.36606	15.00563	10	126	12.9
P3S3	37.34284	14.95071	108	148	18.4
P3S4	37.32023	14.89016	86	146	24.4
P3S5	37.30644	14.84677	145	120	28.4
P3S6	37.28927	14.81153	362	119	32.0

**Tabella 3.** Coordinate definitive dei siti finali lungo il profilo P3.

### 3.3 La strumentazione

Per l'acquisizione a terra sono stati utilizzati dei digitalizzatori Reftek-130 a 24 bit, ([www.reftek.com](http://www.reftek.com)) equipaggiati con sensori velocimetri a corto periodo Lennartz Le-3D lite con un periodo dominante di 1s (<http://www.lennartz-electronic.de>) e antenna GPS. Ogni stazione era dotata di una batteria da 40 Ah, sufficiente per dieci giorni di acquisizione e dischi rimovibili per l'archiviazione dei dati locali. Tuttavia per maggior sicurezza, prima della seconda installazione si è provveduto a sostituire le batterie di tutte le stazioni in modo da garantire l'acquisizione vista l'assenza dell'impianto fotovoltaico di cui in genere è dotata tale strumentazione. In Tabella 4 le caratteristiche principali dell'apparecchiatura usata.

L'acquisizione è avvenuta in continuo, con un passo di campionamento di 125 Hz e GAIN 1.

Strumento	Tipo	Foto	Caratteristiche tecniche	
REF TEK 130-1 [REF TEK]	Digitalizzatore		Damping	> 135 dB
			Range dinamico	24 bit – 20 VPP
Le-3D lite [Lennartz]	Sensore velocimetro		Poli	-4.444 / +4.444j -4.444 / -4.444j -1.083 / 0.000j
			Zeri	Triple zero at the origin
			<i>Eigenfrequency</i>	1 - 80 Hz

**Tabella 4.** Caratteristiche tecniche della strumentazione usata per l’acquisizione a terra.

#### 4. Acquisizione e condivisione dei dati

L’acquisizione dati di entrambi i profili a terra è stata più lunga della reale durata degli scoppi poiché nella pianificazione delle missioni erano stati previsti anche dei ritardi che fortunatamente non si sono presentati grazie alle buone condizioni meteo che hanno accompagnato l’intero esperimento. C’è inoltre da considerare che la fase più importante dell’esperimento a terra coincideva con le prime ore di *shooting*, poiché in considerazione della navigazione prevista dalla costa verso il largo il segnale sarebbe diventato via via più debole man mano che la nave si allontanava dal profilo *onshore*.

La deposizione dei 61 OBS lungo il primo profilo DY-04 ha avuto inizio alle 06.00 UTC dell’11 ottobre con una interdistanza di 2.8 nm. L’installazione è durata circa 26 ore ed alle 08:40 UTC del 13 ottobre è iniziato lo *shooting*, proseguito fino alle 04.25 UTC del 15 ottobre (Tabella 5). Dall’analisi dei dati acquisiti dall’INGV, risulta che l’acquisizione sincrona del profilo *onshore* P4 è iniziata alle ore 15.30 UTC dell’11 ottobre (giorno Giuliano 284) e terminata alle 9.00 UTC del 15 ottobre (288). Non risultano perdite di dati (Figura 7).

La deposizione dei 25 OBS lungo il primo profilo DY-03 ha avuto inizio nel tardo pomeriggio del 17 ottobre (17.30 UTC) ed è terminata alle 4.00 UTC della mattina seguente. Lo *shooting* ha avuto inizio alle 8.35 UTC del 18 ottobre, terminando alle 6.07 UTC del giorno seguente (Tabella 5). Dall’analisi dei dati risulta che l’acquisizione sincrona del profilo P3 è iniziata alle ore 11.00 UTC del 17 ottobre (290) sino alle 16.00 UTC (294). Anche in tal caso, non risultano perdite di dati nel periodo di *shooting* (Figura 7).

Ai dati delle stazioni temporanee, si aggiungono quelli della RSN più prossime ai due profili (triangoli verdi in Figura 4 e 6). In Allegato, all’interno di ogni singola scheda stazione, i dettagli dei periodi di acquisizione.

Per lo *shooting* è stato utilizzato un intervallo di attivazione di 60 s alla velocità media della nave di 4,5 kn che risulta in una spaziatura tra le sorgenti di 110 m.

In Figura 8, sono mostrati a titolo di esempio alcuni dati *raw* relativi ad una finestra di 300 secondi delle stazioni temporanee lungo il profilo P4 il giorno 13 ottobre 2014 dalle ore 8.46 UTC. Tutte le sei stazioni hanno registrato segnali generati dagli scoppi a mare con un rapporto segnale/rumore che diminuisce progressivamente al crescere della distanza dal sito di registrazione dalla costa.

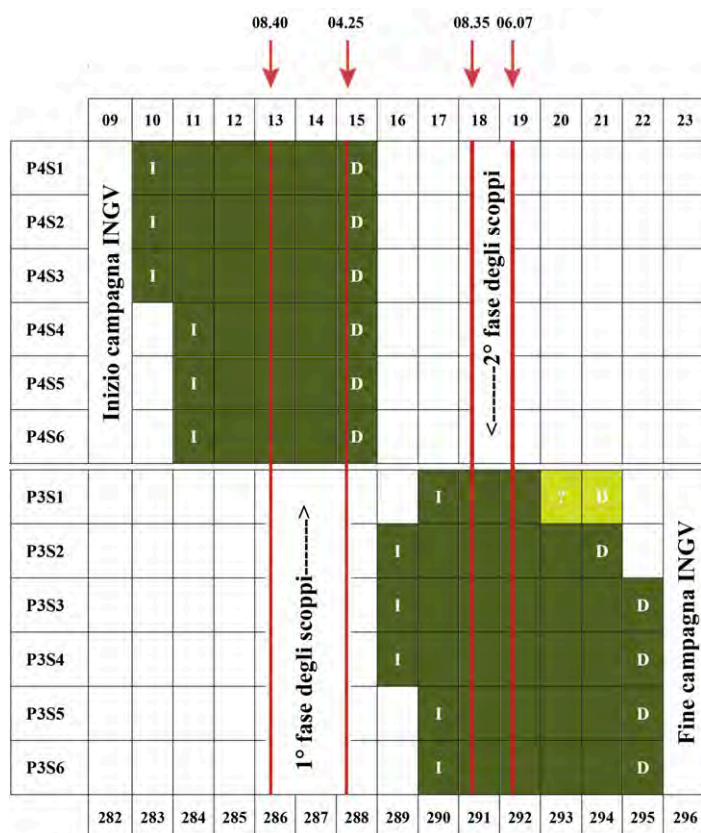
	Shot number	Time	Latitude	Longitude	Waterdepth
DY-01	1	21/10/14 08:46:22	37.1487	018.2297	3403.9
	2538	24/10/14 10:14:22	36.2975	014.8775	122.2
DY-02	1	27/10/14 09:28:22	37.2295	018.2745	3342.1
	574	27/10/14 19:01:22	37.8197	017.7754	2833.6
DY-03	1	18/10/14 08:35:22	37.4200	015.1455	41.4
	1293	19/10/14 06:07:22	38.0738	016.7598	1780.8
DY-04	1	13/10/14 08:40:20	37.9994	015.4288	156.1
	2626	15/10/14 04:25:20	35.7501	018.4017	4099.3
DY-05	1	28/10/14 17:24:22	35.0823	017.8707	3603.4
	946	29/10/14 09:09:22	36.2243	018.2499	4066.8

**Tabella 5.** Dettagli relativi al primo e all'ultimo scoppio di ogni profilo (estratto da [Kopp et al., 2014]).

## 5. Conclusioni

Nel mese di ottobre 2014 le unità di Rete Sismica Mobile INGV del CNT di Roma e dell'Osservatorio Etneo di Catania hanno collaborato nell'ambito dell'esperimento di sismica attiva programmato all'interno del Progetto DIONYSUS il cui obiettivo è lo studio della struttura profonda nel Mar Ionio ed in particolare del prisma di accrezione calabro e della scarpata Ibleo-Maltese.

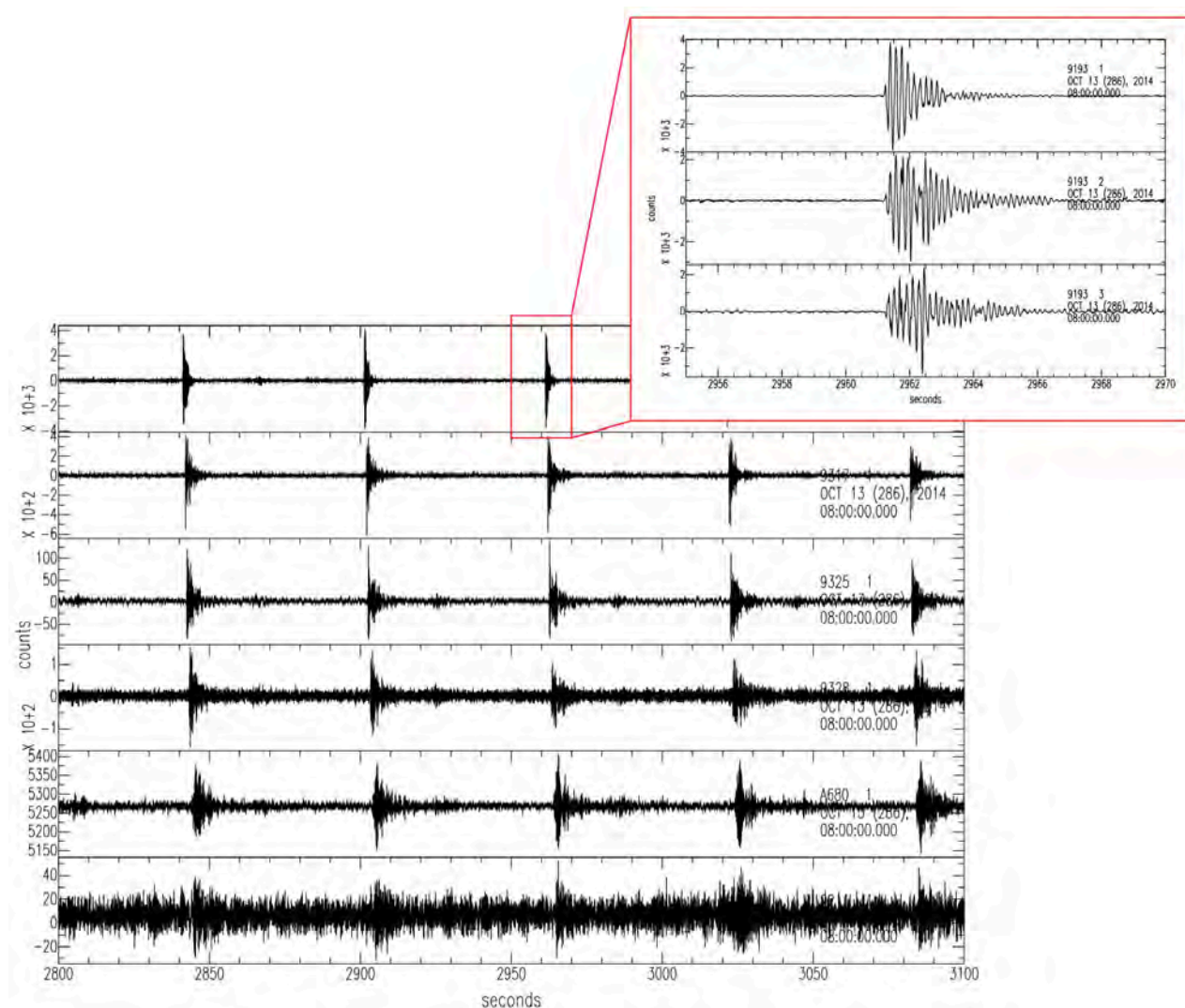
L'INGV ha acquistato dati di sismica attiva lungo due profili che rappresentano il proseguimento a terra di due linee *offshore* lungo le quali sono stati installati OBS ed eseguiti gli scoppi con sorgente *air gun*. L'intera fase di acquisizione condotta con dodici stazioni temporanee installate sui due profili, è avvenuta senza imprevisti.



**Figura 7.** In figura è schematizzata la campagna realizzata dal personale INGV comprese la partenza e il ritorno delle squadre di operatori della sede di Roma (il 9 e il 23 ottobre, rispettivamente). Le barre in rosso indicano i periodi di *shooting*. L'unico problema è stato riscontrato alla stazione P3S1 il 20 ottobre con una mancata registrazione del dato che fortunatamente non ha inficiato l'esperimento.



La campagna è stata una buona occasione di condivisione per le unità di rete mobile delle due diverse sedi INGV, entrambe afferenti al Coordinamento delle Reti Sismiche Mobili dell'INGV Sismiko [Moretti et al., 2012]. Si sono così avuti scambi che hanno consentito di affinare e di condividere le tecniche di installazione e di gestione del dato acquisito, fondamentale nell'ottica di future emergenza sismiche che possono coinvolgere entrambe le strutture.



**Figura 8.** In figura sono mostrati 300 secondi del segnale continuo registrato il giorno 13 ottobre 2014 dalle ore 8.46 UTC lungo il profilo P4. Nel riquadro in rosso, un dettaglio di uno scoppio registrato alle tre componenti della stazione P4S1 più vicina agli scoppi.

## Ringraziamenti

Gli Autori desiderano ringraziare i Direttori dell'Osservatorio Etno Dr. Eugenio Privitera per l'ospitalità e la disponibilità mostrata durante il periodo dell'esperimento e del CNT Dr. Alberto Michellini per il supporto finanziario dell'intera operazione.

Un sentito ringraziamento a Mario Castellano per l'attenta rilettura del manoscritto.

Le attività di sviluppo e la realizzazione dell'infrastruttura della Rete Sismica Mobile del CNT sono stati supportati dal Dipartimento di Protezione Civile Nazionale. In tale ambito, l'esperimento DIONYSUS è stata una buona occasione per una esercitazione congiunta fra il personale INGV delle sedi di Catania e Roma, per la messa a punto di comuni tecniche di installazione e di gestione del dato acquisito.

## **Bibliografia**

- Hughes S., Barton P., Harrison D., (1998). *Exploration in the Shetland-Faeroe Basin using densely spaced arrays of ocean bottom seismometers*. Geophysics, 63, 490-50.
- Kopp H., et al., (2014). *Deep structure of the Ionian Sea and Sicily, Meteor Cruise Report 111*. Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe, University Hamburg, 43pp., 2014.
- Makris J., Egloff F., Rihm R., (1999). *WARRP (Wide Aperture Reflection and Refraction Profiling): The principle of successful data acquisition where conventional seismic fails*. Extended Abstract, 69th meeting of the Society of Exploration Geophysics (SEG), Houston, 989-992.
- Moretti M., et al. (2012). *Rapid-response to the earthquake emergency of May 2012 in the Po Plain, Northern Italy*. In: "The Emilia (northern Italy) seismic sequence of May-June, 2012: preliminary data and results" edited by Marco Anzidei, Alessandra Maramai and Paola Montone. Annals of Geophysics, vol. 55, n. 4, 2012; 10.4401/ag-6152.
- Moretti M., Margheriti L., Govoni A., (2015, in press). *Rapid response to earthquake emergencies in Italy: temporary seismic network coordinated deployments in the last five years*. in: Earthquakes and their impacts on Society (D'Amico S., Ed.). Springer.

# Annex

## Station Book



## Abstract

In October 2014 a Franco-German oceanographic cruise (M111) took place in the Ionian Sea in the frame of DIONYSUS, Project (*Deep structure of the IONian Sea and east Sicily: wide-angle seismic SURvey of the Calabria Subduction zone and Tethys margins*) with the following objectives (extracted from [Kopp, H., et al., 2014]):

- Obtain an image of the present day crustal and lithospheric architecture of the plate boundary region between Africa and Eurasia. Prior to cruise M111 there were no modern wide-angle seismic data available to image this plate boundary even though it is located in the heart of Europe. Our aim was to map the exact location or geometry at depth of the Calabrian subduction zone.
- Unravel the transition from the continental domain to the oceanic portion of the Ionian Sea. The nature and thickness of the crust in the Ionian Sea and the Tethys margin remain unknown, despite the fact that this may be one of the oldest margins on the planet.
- Image the present day wedge geometry and deformation pattern of the margin, including the geometry of the megathrust-fault at depth to improve the regional hazard assessment associated with seismic activity and tsunamigenic threats.

The cruise has been primarily a deep refraction seismic survey (60 OBS/OBH supplied equally from the GEOMAR and IFREMER pools) co-located on previously acquired high-quality MCS lines, which have been pre-stack depth migrated. Five profiles have been explored (Figure 1 in the text); two of them, DY-03 and DY-P4, were extended onshore by INGV. For more details, see Kopp, H., et al. [2014].

INGV planned the deployments taking into account the distance of the first bursts from the coast and their power: it was decided to install a total of twelve temporary seismic stations along the two profiles: six stations north of Etna through the Natural Reserve Fiumedinisi and Monte Scuderi (profile P4, Figure 3 and 4 in the main text) and six south of Catania, at the Lake of Lentini (profile P3, Figure 5 and 6 in the main text). The deployment was realized in two stages:

- a) the first profile of six seismic stations elongates in NW-SE direction and it is the onshore continuation of the profile DY-04, from the Ionian Coast (Ali Terme) to the Gulf of Patti on the Tyrrhenian Sea (Barcellona Pozzo di Gotto south of Milazzo);
- b) the second profile of six stations elongates in the ENE-WSW direction and it is the onshore continuation of the profile DY-03, from the Gulf of Catania (Primosole Hill) towards the Sicily interior (Militello in Val di Catania).

The sites choice took into account the local geological features (presence of outcropping bedrock), the distance from sources of anthropogenic noise and accessibility. Moreover the siting was conditioned by the need to maintain the geometry of the profile offshore and a regular spacing between stations.

Given the expected timing for the cruise, INGV scheduled the field operations in three field campaigns to install and uninstall the stations along the two profiles:

- a) October 9 to 12, a team of the Rome INGV office installed of the first six stations along the profile P4;
- b) October 14 to 18, a team of the Rome and Catania INGV offices, uninstalled the first stations along the P4 profile and subsequently installed them along the profile P3;
- c) Finally, 21 to 23 October a team of the Rome office was responsible for the final removal of the instrumentation. See Table 4 in the text for details on the Instrumentation installed.

The data acquisition on both profiles P4 and P3 was longer than the actual duration of the shooting.

Along the profile DY-04 shooting began at 08:40 UTC on October 13 and continued until 04:25 UTC on 15 October (Table 5 in the text). From the analysis of data acquired by INGV there was no data loss (Figure 7 in the text). The acquisition of profile onshore P4 began at 15:30 UTC on 11 October (Julian day 284) and ended at 9:00 UTC on 15 October (288).

Along the profile DY-03 the shooting began at 8:35 UTC on October 18, ending at 6:07 UTC on the following day (Table 5 in the text). Analysis of the INGV data shows that also in this case, there was no losses of data in the period of shooting (Figure 7 in the text). The acquisition of the profile onshore P3 began at 11.00 UTC on 17 October (290) up to 16.00 UTC (294).

The total onshore data set include the temporary stations deployments and data of stations of the Italian Seismic Network (green triangles in Figures 4 and 6 in the text). In Annex, within each station form the details of the stations and of the recording periods are available.

STATION BOOK

# P3S1

## Collina Primosole (CT)

### Info - Position (WGS84)

<b>IN</b>	2014/10/17   07.35 UTC GG 290
<b>OUT</b>	2014/10/20   04.00 UTC GG 293
<b>Lat</b>	N 37.38108
<b>Lon</b>	E 15.04997
<b>Elev</b>	40 m

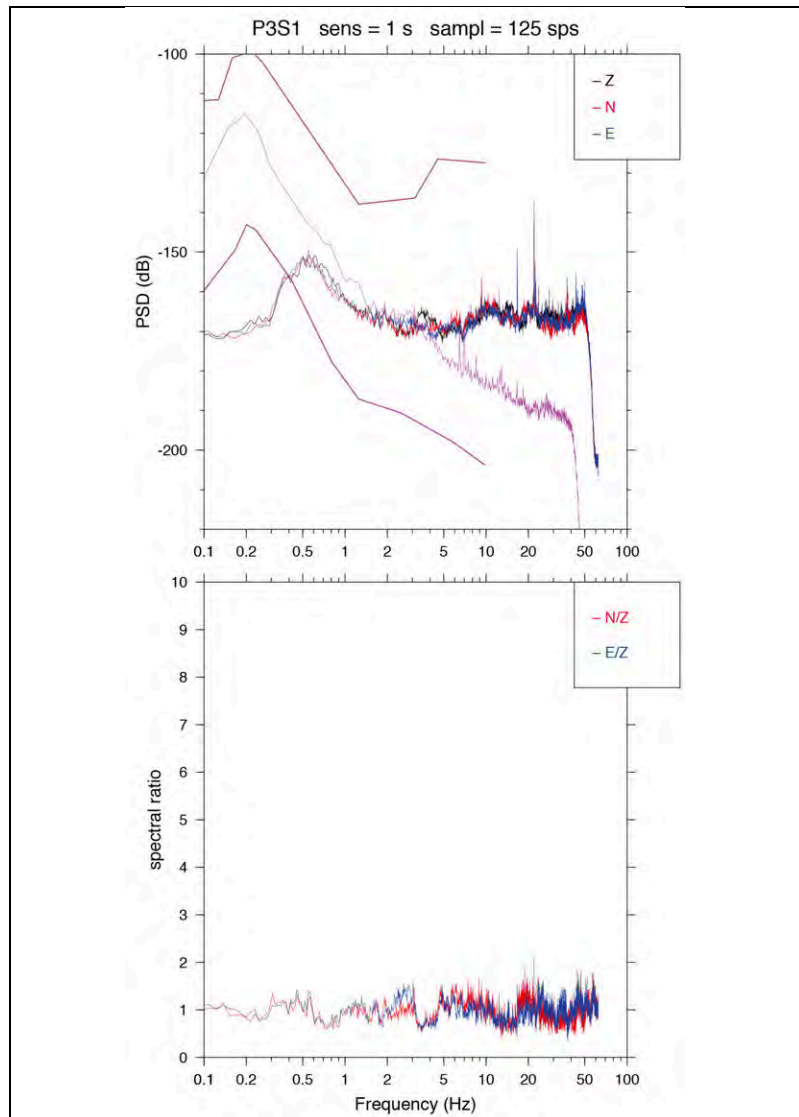


### Instruments

<b>DataLogger</b>	REF TEK 130 – S/N 9193
<b>Sensor</b>	Le 3D lite S/N P794
<b>Power</b>	Battery 40Ah

### Configuration

<b>Acquisition</b>	<i>stand-alone</i>
<b>Sample rate</b>	125 sps
<b>Gain</b>	1





# P3S2

## Piana della Catena (SR)

### Info - Position (WGS84)

<b>IN</b>	2014/10/16   10.12 UTC GG 289
<b>OUT</b>	2014/10/21   16.00 UTC GG 294
<b>Lat</b>	N 37.36606
<b>Lon</b>	E 15.00563
<b>Elev</b>	10 m

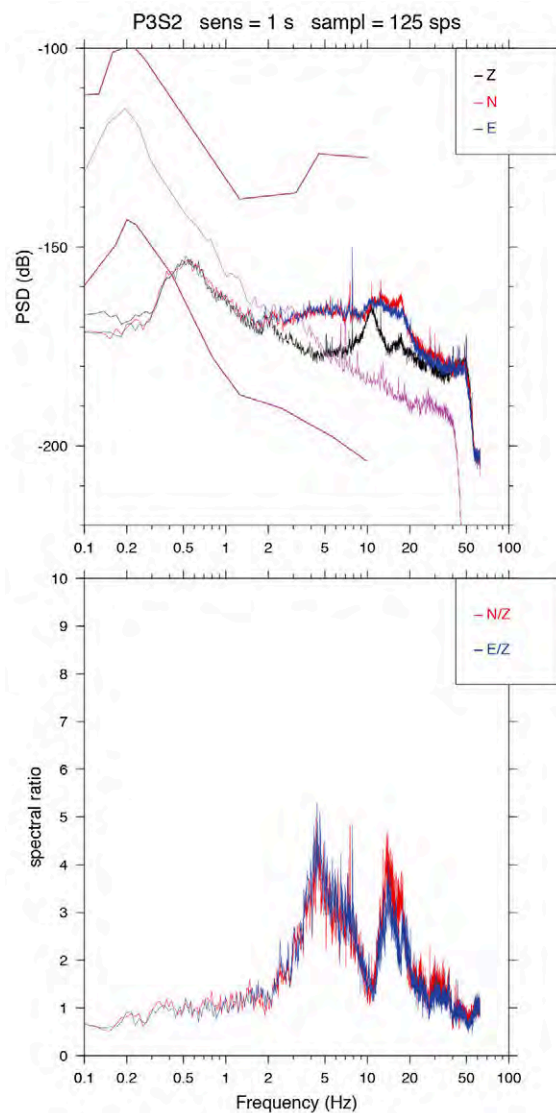


### Instruments

<b>DataLogger</b>	REF TEK 130 – S/N A680
<b>Sensor</b>	Le 3D lite S/N G472
<b>Power</b>	Battery 40Ah

### Configuration

<b>Acquisition</b>	<i>stand-alone</i>
<b>Sample rate</b>	125 sps
<b>Gain</b>	1



STATION BOOK

# P3S3

## Galerno (SR)

### Info - Position (WGS84)

<b>IN</b>	2014/10/16   08.14 UTC GG 289
<b>OUT</b>	2014/10/22   10.00 UTC GG 295
<b>Lat</b>	N 37.34284
<b>Lon</b>	E 14.95071
<b>Elev</b>	108 m

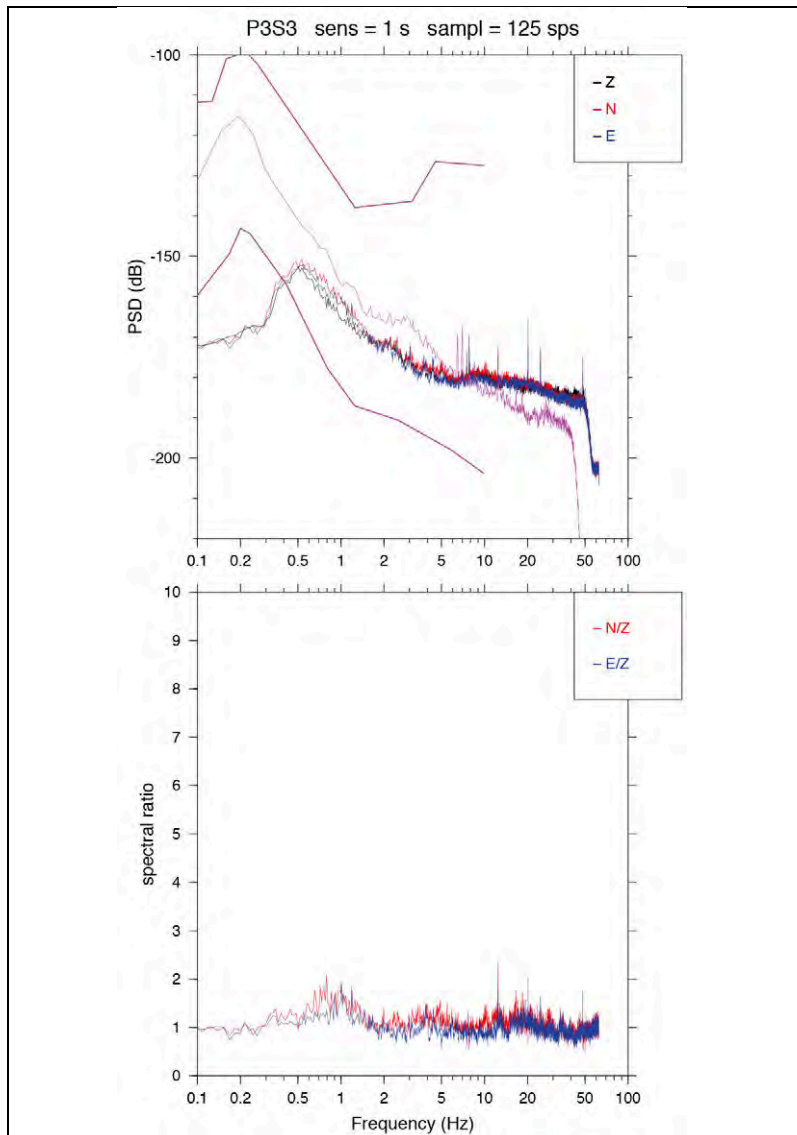


### Instruments

<b>DataLogger</b>	REF TEK 130 – S/N 9211
<b>Sensor</b>	Le 3D lite S/N L631
<b>Power</b>	Battery 40Ah

### Configuration

<b>Acquisition</b>	<i>stand-alone</i>
<b>Sample rate</b>	125 sps
<b>Gain</b>	1





# P3S4

## Lentini (SR)

### Info - Position (WGS84)

<b>IN</b>	2014/10/16   09.08 UTC GG 289
<b>OUT</b>	2014/10/22   10.00 UTC GG 295
<b>Lat</b>	N 37.32023
<b>Lon</b>	E 14.89016
<b>Elev</b>	86 m

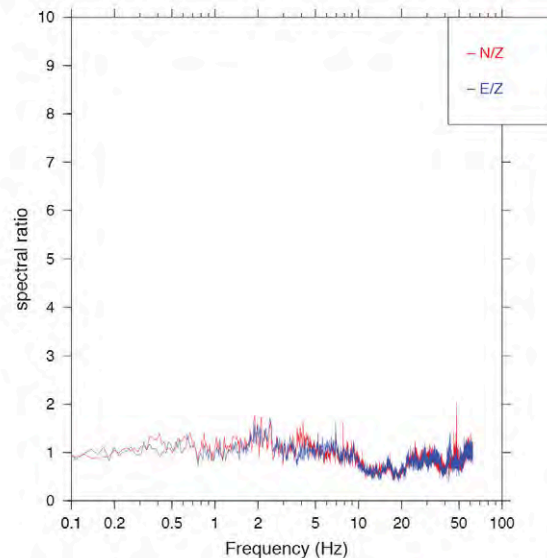
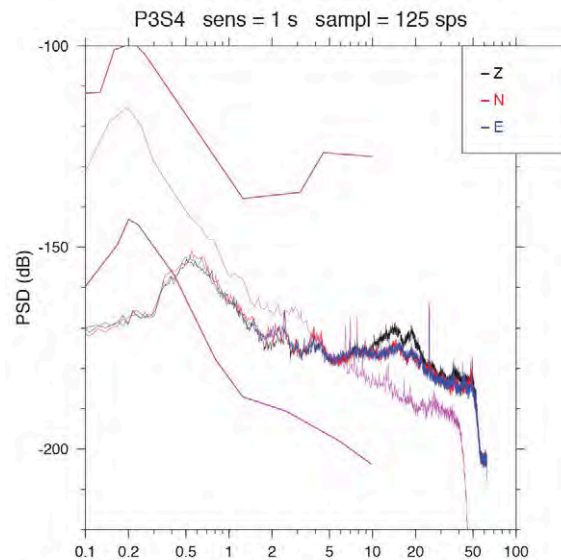


### Instruments

<b>DataLogger</b>	REF TEK 130 – S/N 9325
<b>Sensor</b>	Le 3D lite S/N P795
<b>Power</b>	Battery 40Ah

### Configuration

<b>Acquisition</b>	stand-alone
<b>Sample rate</b>	125 sps
<b>Gain</b>	1



# P3S5

## Scordia (CT)

### Info - Position (WGS84)

<b>IN</b>	2014/10/17   09.10 UTC GG 290
<b>OUT</b>	2014/10/22   09.00 UTC GG 295
<b>Lat</b>	N 37.30644
<b>Lon</b>	E 14.84677
<b>Elev</b>	145 m

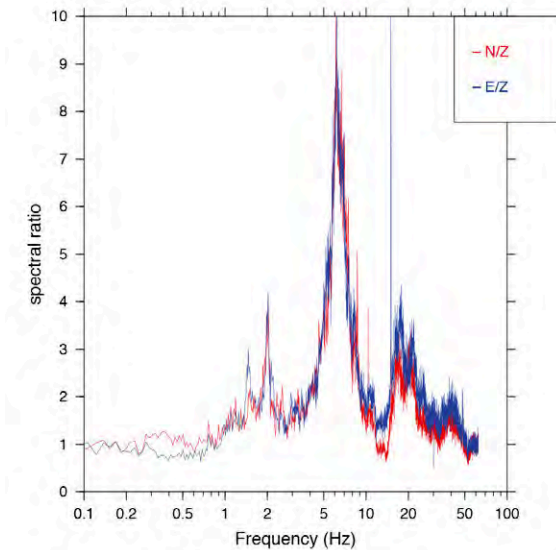
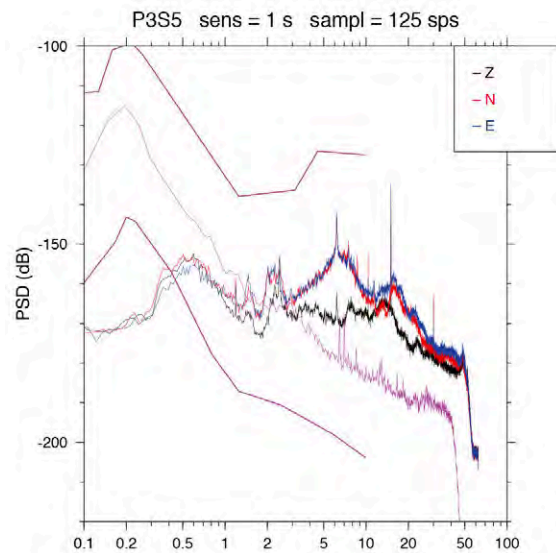


### Instruments

<b>DataLogger</b>	REF TEK 130 – S/N 9317
<b>Sensor</b>	Le 3D lite S/N L614
<b>Power</b>	Battery 40Ah

### Configuration

<b>Acquisition</b>	<i>stand-alone</i>
<b>Sample rate</b>	125 sps
<b>Gain</b>	1





# P3S6

## Militello in Val di Catania (CT)

### Info - Position (WGS84)

<b>IN</b>	2014/10/17   10.49 UTC GG 290
<b>OUT</b>	2014/10/22   09.00 UTC GG 295
<b>Lat</b>	N 37.28927
<b>Lon</b>	E 14.81153
<b>Elev</b>	362 m

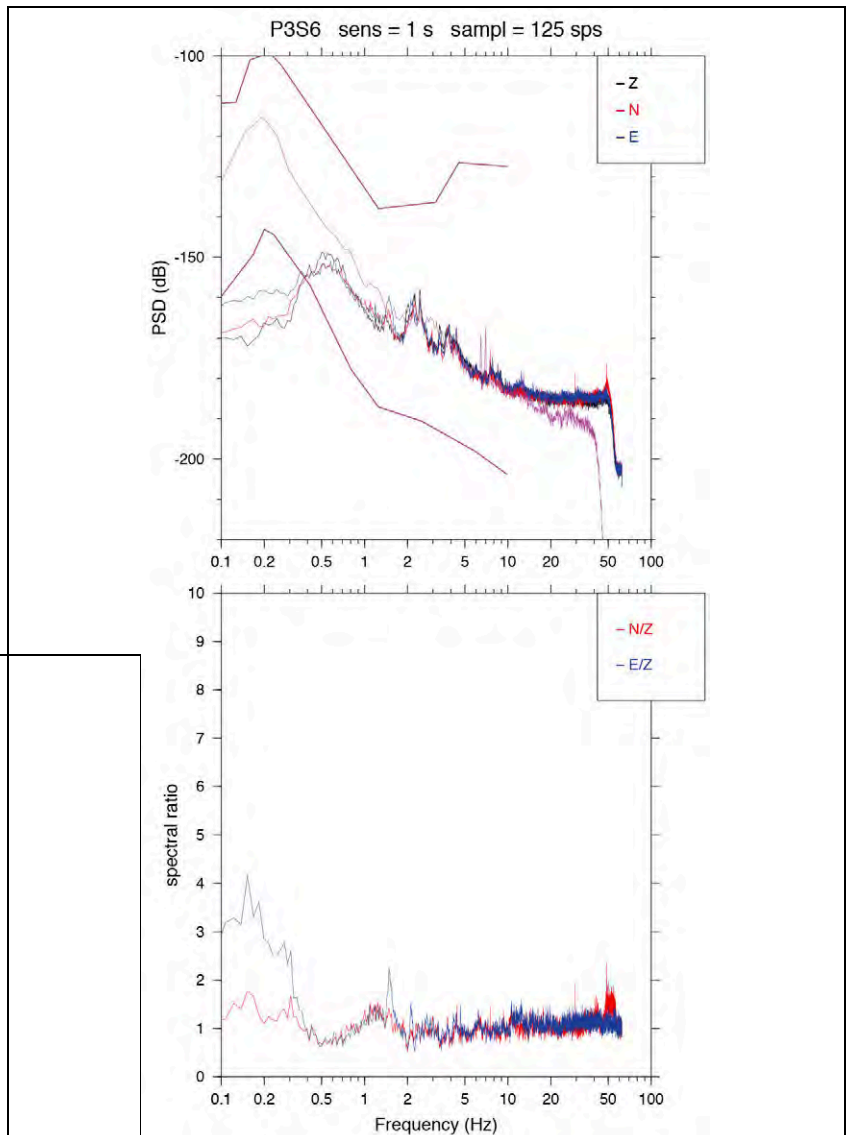


### Instruments

<b>DataLogger</b>	REF TEK 130 – S/N 9328
<b>Sensor</b>	Le 3D lite S/N L613
<b>Power</b>	Battery 40Ah

### Configuration

<b>Acquisition</b>	<i>stand-alone</i>
<b>Sample rate</b>	125 sps
<b>Gain</b>	1



# P4S1

## Alì Terme (ME)

### Info - Position (WGS84)

<b>IN</b>	2014/10/10   11.52 UTC GG 283
<b>OUT</b>	2014/10/15   09.00 UTC GG 288
<b>Lat</b>	N 38.01086
<b>Lon</b>	E 15.41690
<b>Elev</b>	211 m

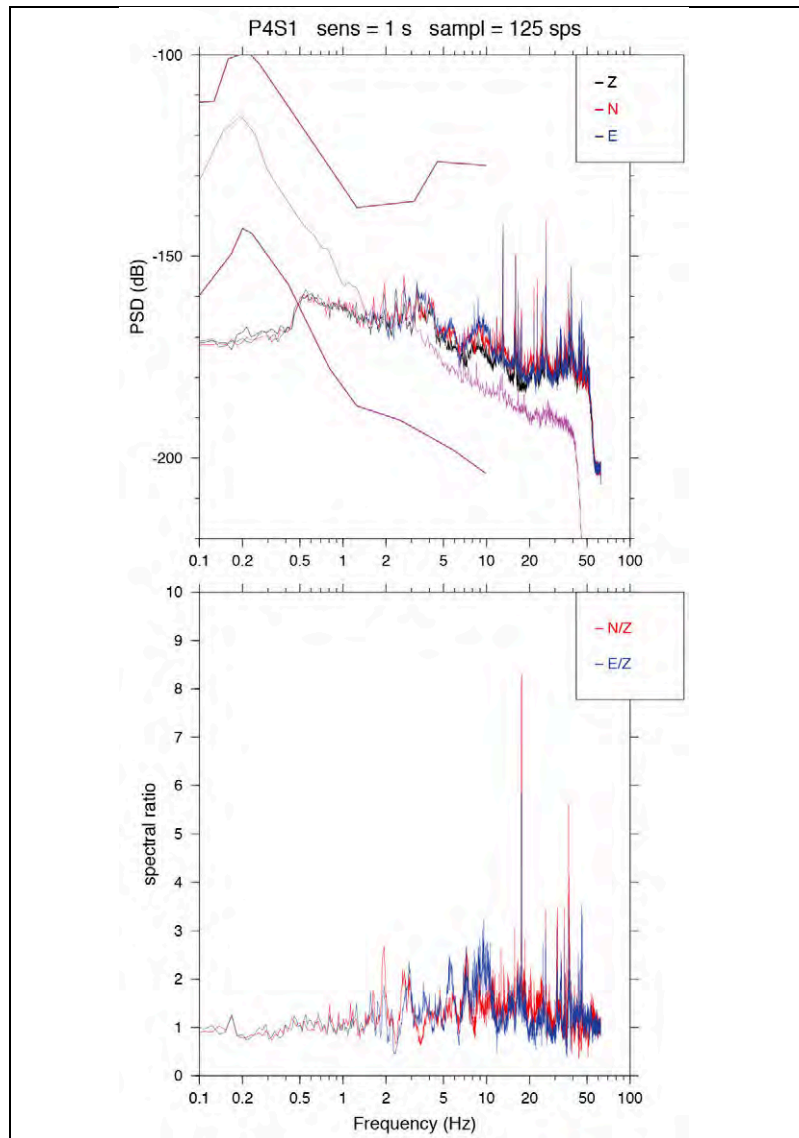


### Instruments

<b>DataLogger</b>	REF TEK 130 – S/N 9193
<b>Sensor</b>	Le 3D lite S/N P794
<b>Power</b>	Battery 40Ah

### Configuration

<b>Acquisition</b>	<i>stand-alone</i>
<b>Sample rate</b>	125 sps
<b>Gain</b>	1





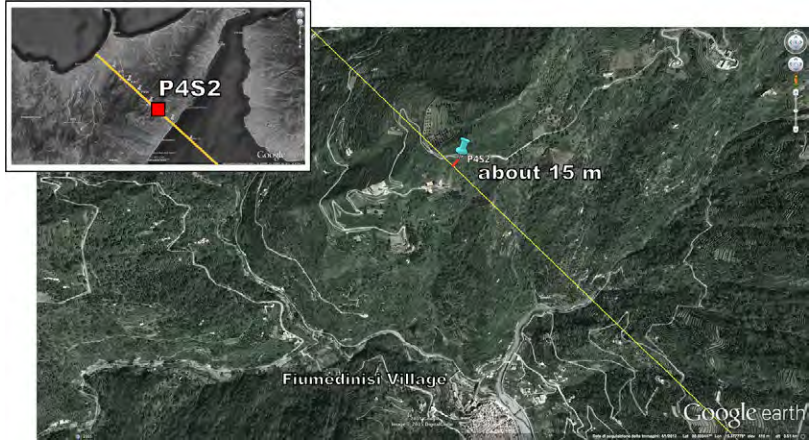
STATION BOOK

# P4S2

## Fiumedinisi (ME)

### Info - Position (WGS84)

<b>IN</b>	2014/10/10   15.14 UTC GG 283
<b>OUT</b>	2014/10/15   10.00 UTC GG 288
<b>Lat</b>	N 38.03539
<b>Lon</b>	E 15.37896
<b>Elev</b>	533 m

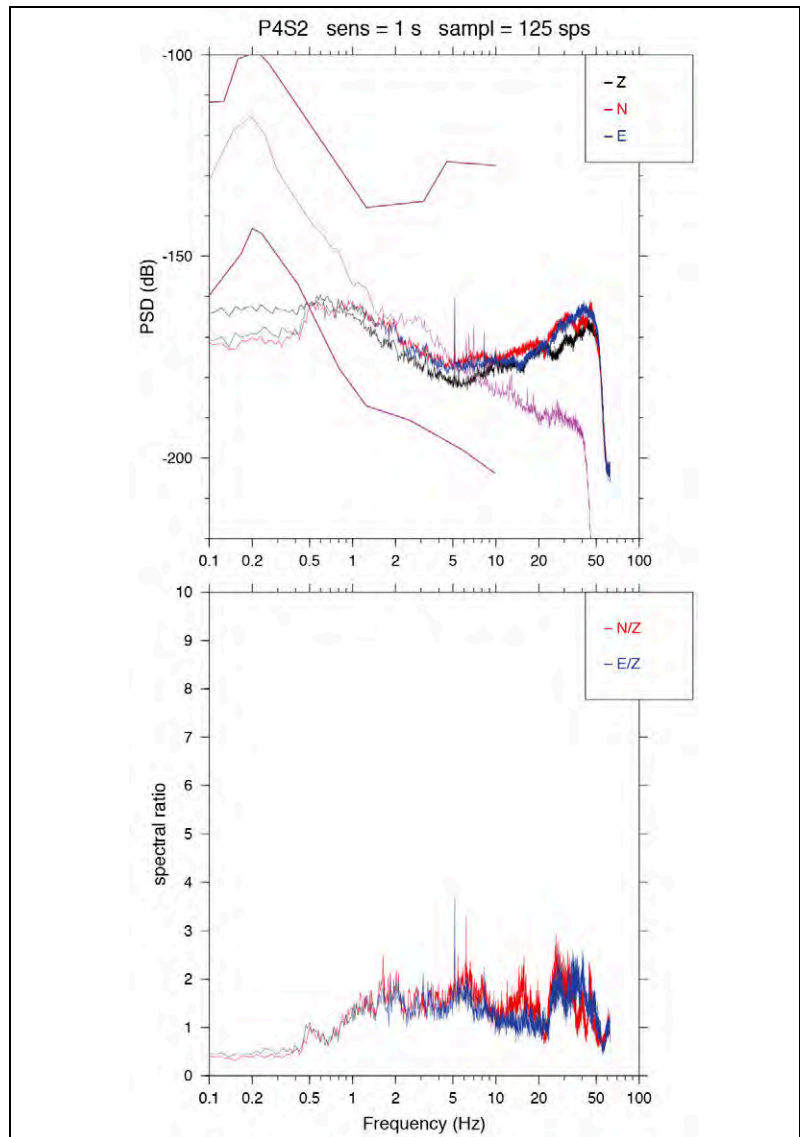


### Instruments

<b>DataLogger</b>	REF TEK 130 – S/N 9137
<b>Sensor</b>	Le 3D lite S/N L612
<b>Power</b>	Battery 40Ah

### Configuration

<b>Acquisition</b>	<i>stand-alone</i>
<b>Sample rate</b>	125 sps
<b>Gain</b>	1

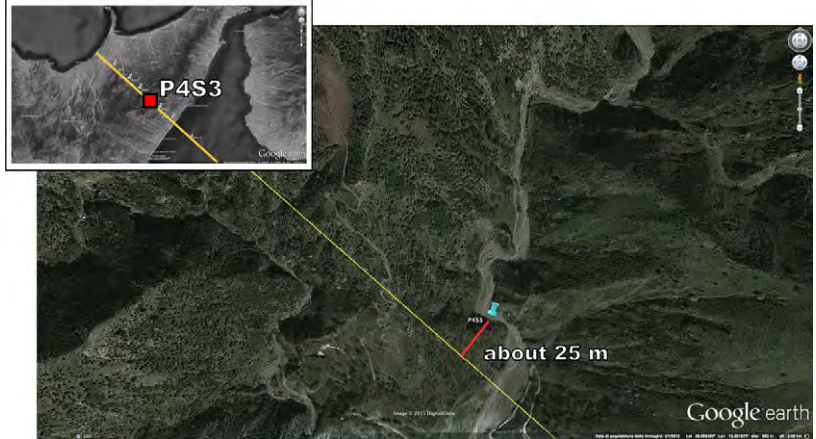


# P4S3

## Riserva Naturale Orientata Fiamedinisi e Monte Scuderi (ME)

### Info - Position (WGS84)

<b>IN</b>	2014/10/10   16.59 UTC GG 283
<b>OUT</b>	2014/10/15   10.00 UTC GG 288
<b>Lat</b>	N 38.05378
<b>Lon</b>	E 15.35370
<b>Elev</b>	481 m

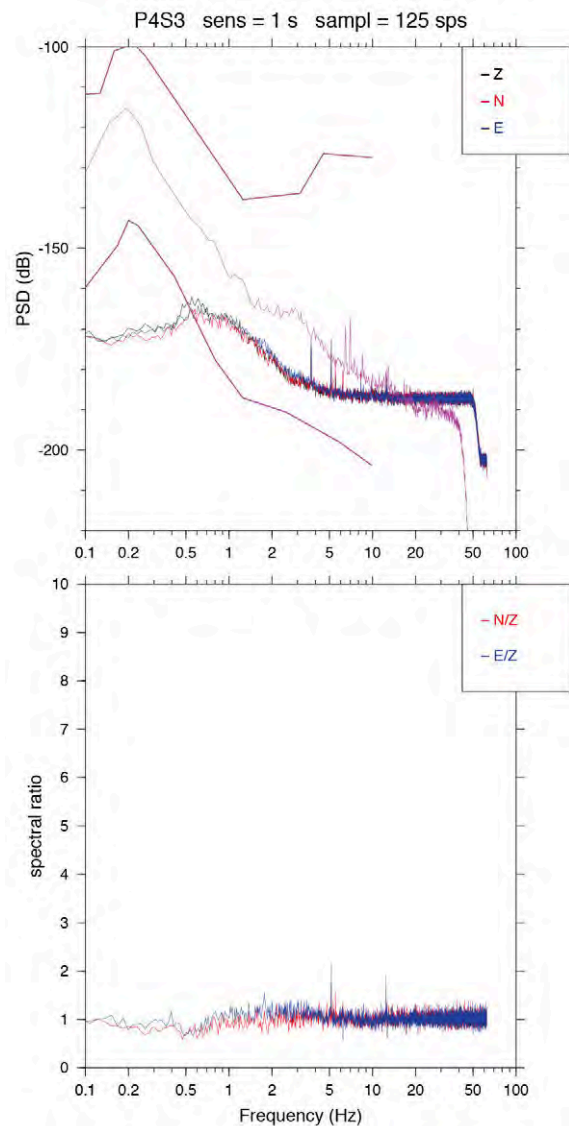


### Instruments

<b>DataLogger</b>	REF TEK 130 – S/N 9325
<b>Sensor</b>	Le 3D lite S/N P795
<b>Power</b>	Battery 40Ah

### Configuration

<b>Acquisition</b>	<i>stand-alone</i>
<b>Sample rate</b>	125 sps
<b>Gain</b>	1





# P4S4

## SS 65 Santa Lucia del mela (ME)

### Info - Position (WGS84)

<b>IN</b>	2014/10/11   10.02 UTC GG 284
<b>OUT</b>	2014/10/15   11.00 UTC GG 288
<b>Lat</b>	N 38.07976
<b>Lon</b>	E 15.32125
<b>Elev</b>	898 m

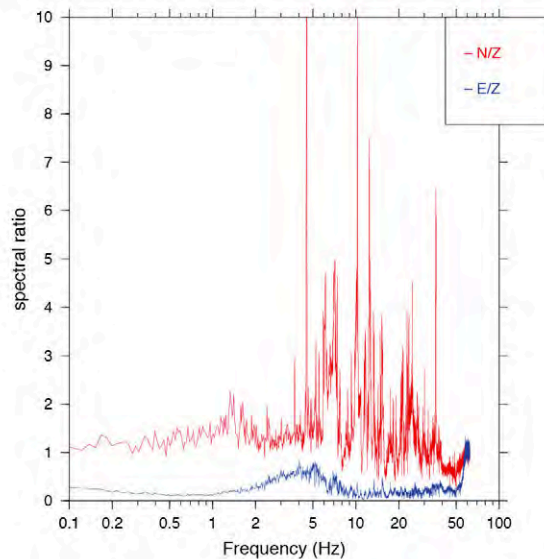
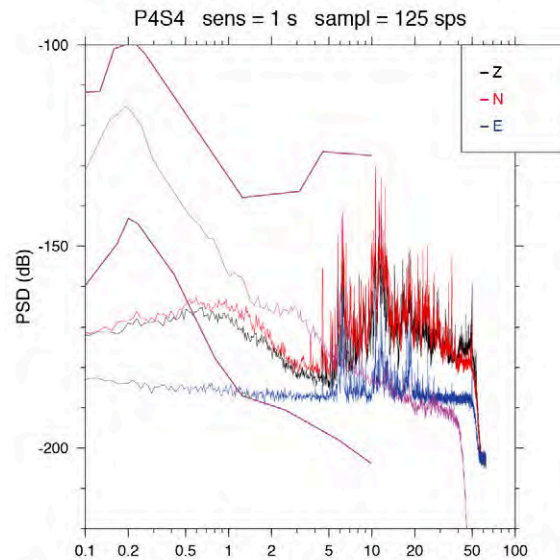


### Instruments

<b>DataLogger</b>	REF TEK 130 – S/N 9328
<b>Sensor</b>	Le 3D lite S/N L613
<b>Power</b>	Battery 40Ah

### Configuration

<b>Acquisition</b>	<i>stand-alone</i>
<b>Sample rate</b>	125 sps
<b>Gain</b>	1



# P4S5

## Santa Lucia del mela (ME)

### Info - Position (WGS84)

<b>IN</b>	2014/10/11   11.40 UTC GG 284
<b>OUT</b>	2014/10/15   10.00 UTC GG 288
<b>Lat</b>	N 38.10164
<b>Lon</b>	E 15.28993
<b>Elev</b>	551 m

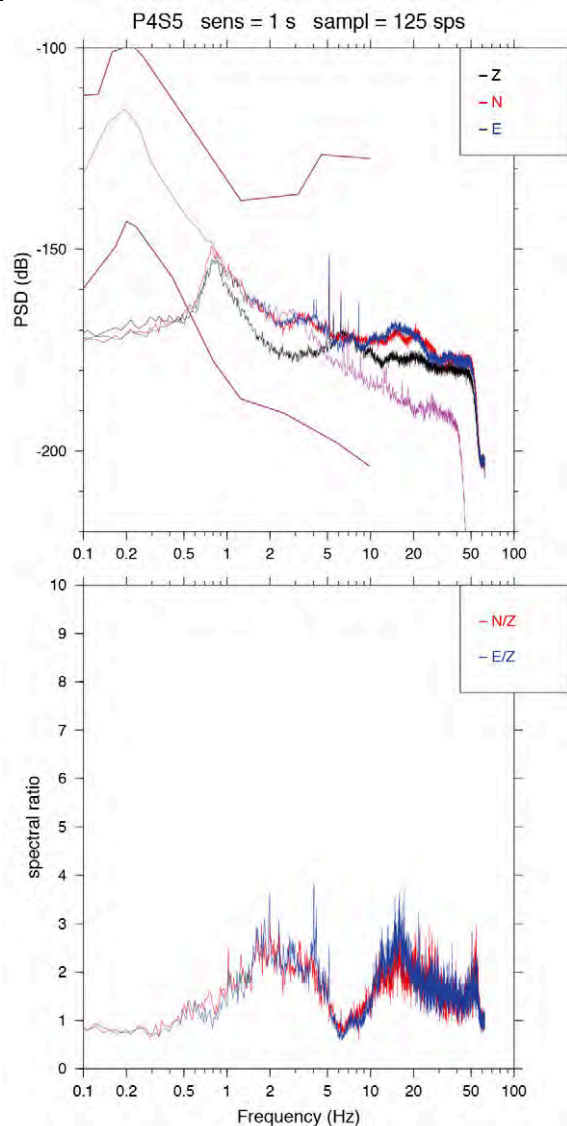


### Instruments

<b>DataLogger</b>	REF TEK 130 – S/N A680
<b>Sensor</b>	Le 3D lite S/N G472
<b>Power</b>	Battery 40Ah

### Configuration

<b>Acquisition</b>	<i>stand-alone</i>
<b>Sample rate</b>	125 sps
<b>Gain</b>	1





# P4S6

## Barcelona Pozzo di Gotto (ME)

### Info - Position (WGS84)

<b>IN</b>	2014/10/11   15.33 UTC GG 284
<b>OUT</b>	2014/10/15   09.00 UTC GG 288
<b>Lat</b>	N 38.13266
<b>Lon</b>	E 15.24482
<b>Elev</b>	156 m

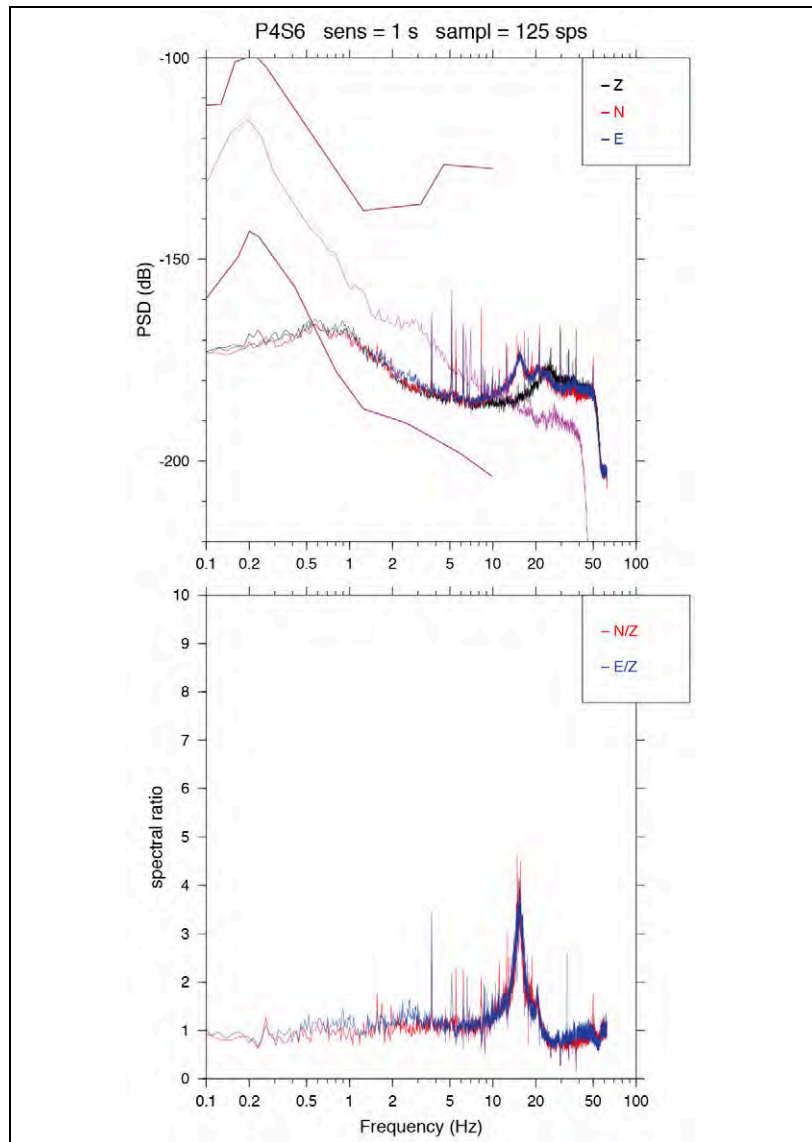


### Instruments

<b>DataLogger</b>	REF TEK 130 – S/N 9211
<b>Sensor</b>	Le 3D lite S/N L631
<b>Power</b>	Battery 40Ah

### Configuration

<b>Acquisition</b>	<i>stand-alone</i>
<b>Sample rate</b>	125 sps
<b>Gain</b>	1



# 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

© 2015 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**