

Il nuovo OBS/H dell'INGV

# Quaderni di Geofisica



# 65



# Quaderni di Geofisica

## **Direttore**

Enzo Boschi

## **Editorial Board**

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Anna Grazia Chiodetti (AC)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Lucia Margheriti (CNT)

Simona Masina (BO)

Nicola Pagliuca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - coordinatore (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

## **Segreteria di Redazione**

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

redazionecen@ingv.it

# Il nuovo OBS/H dell'INGV

## The new INGV OBS/H

Giuseppe D'Anna<sup>1,2</sup>, Giorgio Mangano<sup>1,2</sup>, Antonino D'Alessandro<sup>1,2</sup>,  
Roberto D'Anna<sup>1,2</sup>, Giuseppe Passafiume<sup>1,2</sup>, Stefano Speciale<sup>1,2</sup>,  
Alessandro Amato<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, Centro Nazionale Terremoti, OBS Lab. Gibilmanna)

# Il nuovo OBS/H dell'INGV

**N**el 2005, grazie ad un accordo triennale tra il Dipartimento Nazionale della Protezione Civile (DPC) e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) – Centro Nazionale Terremoti (CNT), è stato sviluppato presso l'OBS Lab dell'Osservatorio di Gibilmanna (Sicilia) il progetto del primo “*Ocean Bottom Seismometer with Hydrophone*” (OBS/H) per lunghe deposizioni.

La progettazione dello strumento è cominciata nel gennaio 2005 e dopo 18 mesi, il prototipo era pronto per i test in laboratorio ed in mare.

Il primo OBS/H è stato testato dal 10 al 21 luglio 2006 sul vulcano sottomarino Marsili, durante una campagna oceanografica. Sono stati registrati più di 1000 eventi di diversa tipologia: 817 VTB (*Volcano Tectonic events*, tipo B), 159 HF (*High Frequency events*), 53 SDE (*Short Duration Event*), 8 eventi regionali localizzati dalla rete a terra dell'INGV, 10 eventi non localizzati, 1 telesisma e due eventi franosi.

L'OBS/H dell'INGV è così equipaggiato:

- Sismometro Trillium 120p della Nanometrics (risposta piatta tra 120s e 175 Hz) installato in una sfera di vetro da 17 pollici e su un giunto cardanico, prodotto dalla Nautilus, per il livellamento; in alternativa, Guralp CMG40T-OBS (risposta piatta tra 60s e 100Hz);
- Sensore differenziale di pressione (DPG) Cox-Webb (banda compresa tra i 500s e i 2Hz) o idrofono OAS E-2PD (0-5kHz);
- Digitalizzatore SEND Geolon-MLS a 21 bit, 4 canali, con massima frequenza di campionamento a 200 Hz.

**I**n 2005, thanks to the 3-year agreement between Dipartimento Nazionale della Protezione Civile (DPC) and Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) - Centro Nazionale Terremoti (CNT), the project of the first Italian “*Ocean Bottom Seismometer with Hydrophone*” (OBS/H) for long-term deployment was developed at the OBS Lab of the Gibilmanna Observatory (Sicily).

The drawing of the instrument started in January 2005 and, after 18 months, the prototype was ready for test in laboratory, in shallow and deep water.

Afterwards, the first OBS/H was tested during an oceanographic campaign on the Marsili submarine volcano, from the 10th to the 21st of July 2006. More than 1000 events of several kinds were recorded: 817 VTB (*Volcano Tectonic events*, B-type), 159 HF (*High Frequency events*), 53 SDE (*Short Duration Event*), 8 regional events localized by INGV land network, 10 not localized events, 1 teleseismic event and 2 rockfall events.

The INGV OBS/H are equipped with:

- Nanometrics Trillium 120p seismometers (theoretical flat response between 120s and 175 Hz) installed in a 17 inches glass sphere on a Nautilus gimbal for the leveling or Guralp CMG40T-OBS (flat response between 60s and 100 Hz);
- Cox-Webb Differential Pressure Gauge (bandwidth 500s-2Hz) or OAS E-2PD hydrophone (0-5kHz);
- 21 bits, 4 channels SEND Geolon-MLS digitizer with sampling frequency up to 200 Hz.

## Introduzione

L'idea che i tempi fossero maturi perché l'INGV iniziasse a dotarsi di un parco strumentale di OBS da utilizzare per campagne di sismica passiva, nasce e viene formalizzata in una proposta ad opera di un gruppo di tecnologi e ricercatori dell'INGV durante un convegno organizzato dal Centro Nazionale Terremoti presso l'Osservatorio San Vincenzo di Stromboli nell'ottobre del 2002. Nel documento relativo allo studio di fattibilità della rete sismica sottomarina, redatto nel novembre del 2004 [D'Anna et al., 2004], veniva fatto il punto delle attività marine svolte dai vari gruppi dell'INGV e si individuavano tre obiettivi che potessero portare, in tempi relativamente brevi, all'estensione a mare del monitoraggio sismico:

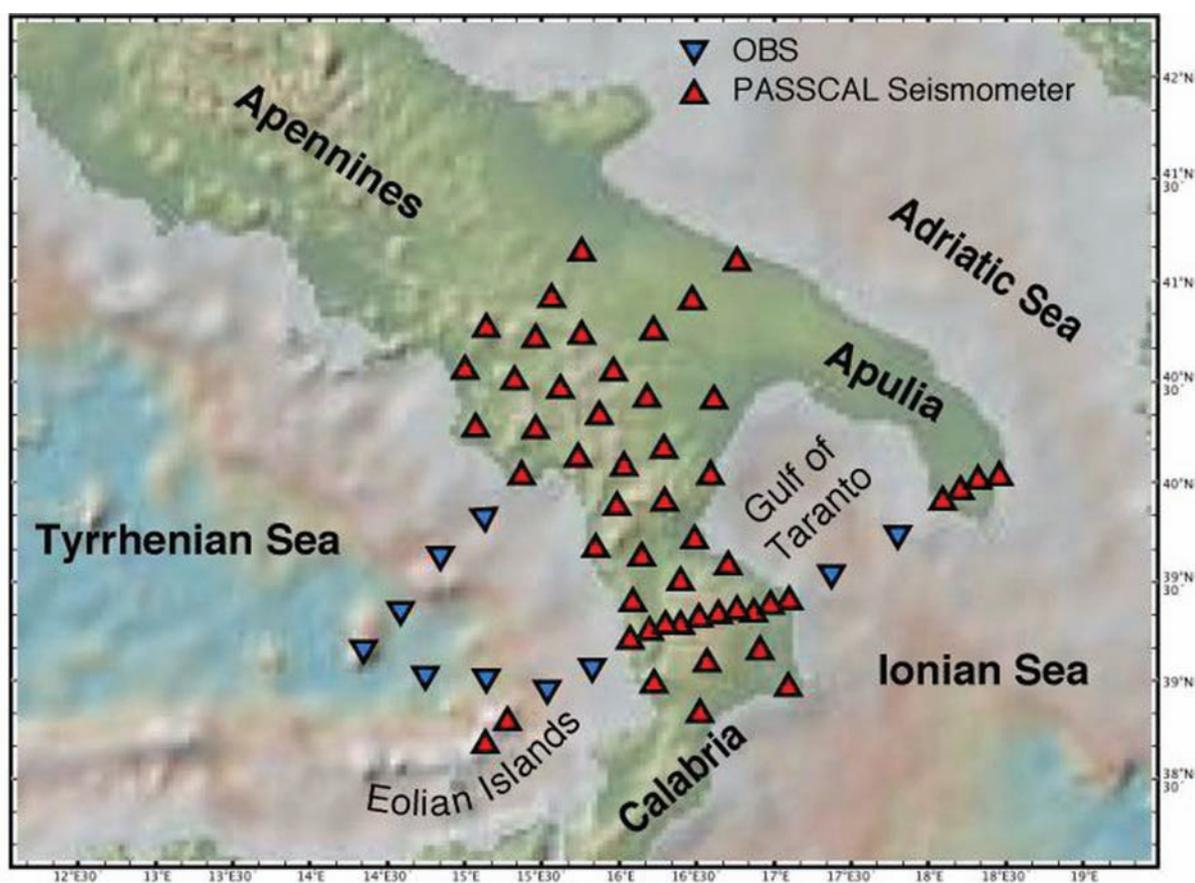
- 1 Allestimento di un primo nucleo di OBS/H da utilizzare come rete sismica mobile e sviluppo di un prototipo di nuova generazione.
- 2 Installazione e mantenimento dei sistemi real-time multidisciplinari già disponibili e integrazione con la Rete Sismica Nazionale.
- 3 Progettazione e realizzazione di un prototipo di stazione sismica integrata in connessione con una boa per la comunicazione in real-time (in continuo o a trigger).

Il primo obiettivo, la costituzione di un gruppo di OBS/H, attività oggi portata a termine, è oggetto di questo Quaderno. Il secondo obiettivo concerne essenzialmente l'osservatorio sottomarino multidisciplinare SN-1, deposto a largo di Catania e connesso a terra mediante un cavo elettroottico. In merito al terzo obiettivo, è già stato completato lo studio di fattibilità della stazione.

Sempre nel corso del 2004, nell'ambito del progetto CAT/SCAN (*Calabria-Apennine-Tyrrhenian/Subduction-Collision-Accretion Network*), svolto in collaborazione con il *Lamont Doherty Earth Observatory* (LDEO), la *Columbia University* (USA) e l'Università della Calabria, venne pianificata una campagna in mare per la deposizione di dodici OBS/H appartenenti al LDEO. Lo scopo era quello di estendere al mar Tirreno e allo Ionio settentrionale i due transetti di stazioni sismiche già installati a terra nei primi mesi dello stesso anno.

Nel corso di una campagna che ha avuto luogo dal 29 settembre al 4 ottobre 2004 a bordo della nave oceanografica "UNIVERSITATIS", sono stati deposti dodici OBS/H, da una squadra mista LDEO-INGV, nei punti indicati in Figura 1.

Dopo circa due mesi un primo OBS veniva ripescato da un'imbarcazione che effettuava pesca a strascico a largo di Gallipoli. Lo stesso strumento, dopo pochi giorni, veniva



**Figura 1** Progetto CATSCAN, disposizione delle stazioni a terra e degli OBS.  
**Figure 1** CATSCAN project, OBS and on land seismic stations arrangement.

<b>USA</b>
US National Ocean Bottom Seismography Instrument Pool (OBSIP)
Scripps Institute of Oceanology (SIO)
Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI)
U.S. Geological Survey Ocean Bottom Seismometer Facility (USGS presso WHOI)
Lamont-Doherty Earth Observatory (LDEO)
University of Texas at Austin, Institute for Geophysics (UTIG)
<b>Giappone</b>
Hokkaido University - Institute of Seismology and Volcanology
Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)
Earthquake Research Institute, University of Tokio (ERI)
<b>Inghilterra</b>
UK Ocean Bottom Instrumentation Consortium (OBIC)
Durham University
<b>Francia</b>
Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP)
UMR Géosciences Azur
Observatoire Océanologique de Villefranche-sur-Mer
Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER)
<b>Germania</b>
GEOMAR Technologie GmbH
Alfred Wegener Institute (AWI)
<b>Canada</b>
Fisheries and Ocean Canada
Dalhousie University

**Tabella 1** Principali istituti che si occupano di OBS nel mondo.  
**Table 1** Main OBS institutions in the world.

nuovamente deposto in un'area non lontana dal precedente punto di deposizione, ma a maggiore profondità.

Nei mesi successivi altri due OBS venivano ritrovati spiaggiati: uno nei pressi di Taranto ed uno sull'isola di Stromboli. Il primo molto probabilmente, considerati i segni inequivocabili di tranciatura sui cavi di collegamento tra la *bentosfera*<sup>1</sup> del sensore ed il canister dell'elettronica e la profondità del punto di deposizione (650 metri), era stato strappato via dal fondo marino da una rete da pesca. Il secondo era tornato in superficie per cause ignote, in quanto deposto su un fondale di circa 3000 m e quindi al sicuro dall'insidia delle reti da

pesca a strascico (i cavi di collegamento tra la *bentosfera* del sensore sismico e il *canister* dell'elettronica infatti, non risultavano danneggiati).

Cresceva intanto all'interno dell'INGV, ed in particolare al Centro Nazionale Terremoti, l'esigenza di realizzare un primo parco di OBS.

Nell'agosto del 2005, la campagna di recupero dei restanti dieci OBS con i colleghi del LDEO, coordinati da Spahr Webb, portava al recupero di un solo strumento. Dei rimanenti nove non si aveva traccia. Era un evento spiacevole, ma anche una scuola per i potenziali strumenti dell'INGV: mentre ancora ci interrogavamo sulle reali possibilità di un progetto INGV sapevamo che, sicuramente, i nostri OBS non avrebbero dovuto soffrire delle debolezze dei loro precursori.

Da un punto di vista storico, gli OBS nascono circa 20 anni fa, ad opera dei gruppi di ricerca geofisica più attivi degli Stati Uniti e del Giappone. I primi modelli possedevano un'autonomia limitata nel tempo (qualche settimana), una ridotta capacità di memoria su supporto costituito da nastro magnetico e sensori a corto periodo ed a singola componente. Negli ultimi 15 anni l'evoluzione tecnologica della strumentazione e delle fonti energetiche ha spinto l'autonomia degli OBS oltre l'anno. La maggior parte dei gruppi che si occupano di monitoraggio sismico in mare ha da sempre preferito la realizzazione in proprio e "customizzata" di questo tipo di strumenti, sia per la rapidità di adattamento a specifiche esigenze, sia per la non immediata disponibilità sul mercato di tale strumentazione. Solo negli ultimi anni la *Kinematics* sta commercializzando un paio di modelli messi a punto presso l'istituto oceanografico *Woods Hole* (WHOI). Le principali Istituzioni mondiali che operano in questo settore, distinte per nazione, sono elencate nella Tabella 1.

### 1. Scopo del progetto OBS/H INGV

Il Centro Nazionale Terremoti (CNT) è la struttura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia responsabile del monitoraggio sismico del territorio nazionale. Il CNT cura la gestione e lo sviluppo delle reti sismiche e GPS:

- la Rete Sismica Nazionale e alcune reti regionali;
- la rete MedNet (*Mediterranean Very Broadband Seismographic Network*);
- la rete sismica mobile;
- la rete nazionale RING (Rete Integrata Nazionale Gps).

Negli ultimi anni, nell'ambito della convenzione tra INGV e Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, tutte queste reti sono state sviluppate e portate a livelli di eccellenza nel panorama mondiale [Amato et al., 2006]. A partire dal 2005, è stata avviata l'estensione a mare delle reti di monitorag-

<sup>1</sup> Sfera di vetro borosilicato capace di resistere sino a 600 bar di pressione, utilizzata come contenitore delle apparecchiature da deporre in mare.



**Figura 2** Sismicità del 2006 nel Tirreno sud-orientale, Canale di Sicilia e Ionio.  
**Figure 2** Seismicity in 2006 in south-eastern Tyrrhenian Sea, Sicilian Channel and Ionian Sea.

gio; la realizzazione dell'OBS/H a larga banda ne costituisce il primo importante passo. A questo scopo viene creato l'OBS *Lab Gibilmanna*, un laboratorio specializzato per la progettazione, la realizzazione e la gestione degli OBS/H dell'INGV. Gli strumenti saranno destinati allo studio di faglie e vulcani sottomarini, oggi monitorati soltanto con la scarsa precisione offerta dagli strumenti a terra.

È ben noto che in paesi circondati da mari, come l'Italia, l'osservazione dei processi sismogenetici e vulcanici è fortemente limitata se non si dispone di punti di osservazione in mare. Nel corso dello sviluppo delle reti sismiche degli ultimi anni, particolare attenzione è stata prestata all'occupazione e/o al miglioramento delle stazioni sismiche e GPS su quasi tutte le isole del Mar Tirreno e del canale di Sicilia (Gorgona, Ventotene, Eolie, Ustica, Egadi, Pantelleria, Lampedusa, Malta, ecc.).

La disponibilità e l'affidabilità dei sistemi di trasmissione satellitare (ampiamente utilizzati negli ultimi anni dal CNT e dalla sezione INGV di Catania) ha permesso di collegare in tempo reale sismometri a larga banda e GPS geodetici da molte di queste isole.

Recentemente, anche il sismometro ubicato nell'osservatorio sottomarino SN-1 a largo di Catania, realizzato da una collaborazione INFN-INGV [Favali et al. 2005] è stato collegato in tempo reale con la Rete Sismica Nazionale per un certo periodo, durante il quale ha contribuito alla localizzazione di alcuni eventi. Successivamente, problemi legati alla rottura del cavo elettro-ottico sottomarino e al sistema di sincronizzazione dell'orologio a bordo del digitalizzatore,

hanno purtroppo impedito l'utilizzo di questa stazione per il monitoraggio in tempo reale.

Nonostante questi sforzi, a causa del numero e della posizione delle isole ed al numero estremamente esiguo degli osservatori sottomarini nel Mar Mediterraneo, le conoscenze sull'attività sismica dei nostri mari restano molto limitate. Il ricorso a dati registrati da esperimenti temporanei è tuttora fondamentale per aumentare le conoscenze di dettaglio delle strutture attive.

Le aree di interesse intorno alla nostra penisola sono numerose: basta guardare la mappa dei terremoti del 2006 (Figura 2) che mostra i numerosi eventi sismici avvenuti nell'area del Tirreno meridionale e nello Ionio [Chiarabba et al., 2005; Pondrelli et al., 2006].

La deformazione attiva nella regione del Mediterraneo centro-meridionale è stata oggetto di ricerche recenti da parte di molti autori, tra cui Goes et al. 2004, D'Agostino e Selvaggi 2004.

Tra le strutture e le zone di sismicità di maggiore interesse nell'area citata:

- Le faglie attive dello Stretto di Messina, inclusa la sorgente del terremoto del 1908, tuttora dibattuta [Basili et al., 2008].
- La fascia sismogenetica a nord della Sicilia, lungo la quale sono avvenuti negli ultimi anni numerosi terremoti di magnitudo tra 5 e 6, compreso quello del settembre 2002 a largo di Palermo.
- La scarpata Ibleo-Maltese, attiva in un passato recente [Argnani and Bonazzi, 2005] e probabil-

mente ancora oggi [Amato et al., 1995], indicata da alcuni come la struttura responsabile del terremoto che nel 1693 distrusse molte località della Sicilia sud-orientale.

- Il canale di Sicilia, contraddistinto da processi di estensione e trascorrenza, oltre che da vulcanismo attivo, tuttora poco noto.
- Il prisma di accrezione dell'arco calabro, nello Ionio, tradizionalmente considerato come poco o addirittura non attivo, ma che negli ultimi anni, forse grazie alla sensibilità migliorata delle reti terrestri, ha fatto rilevare una sismicità significativa.
- La sismicità intermedia e profonda del Tirreno meridionale, ben nota, ma che andrebbe studiata anche con dati registrati al di sopra del piano di subduzione (ossia nel Tirreno meridionale) e non solo con le reti a terra, piuttosto lontane.
- L'attività sismica legata ai vulcani parzialmente o totalmente sommersi delle Isole Eolie e del Tirreno, studiata sin'ora solo con strumenti posti sulle isole, ossia sulla parte sommitale dei vulcani emersi (come ad es. Stromboli o Vulcano) [D'Anna et al., 2006].
- Le isole Ioniche della Grecia, disposte lungo una delle fasce più attive del Mediterraneo e anch'esse studiate soltanto con strumenti posti sulla Grecia continentale o, ancora più distanti, in Italia.
- L'Adriatico, sede di una sismicità rilevante sia intorno alle Tremiti e al Gargano, sia più a nord, nell'Adriatico centrale, dove nel 2003-2004 si sono verificate importanti sequenze sismiche.
- Il Mar Ligure, sede a fine '800 di importanti, anche

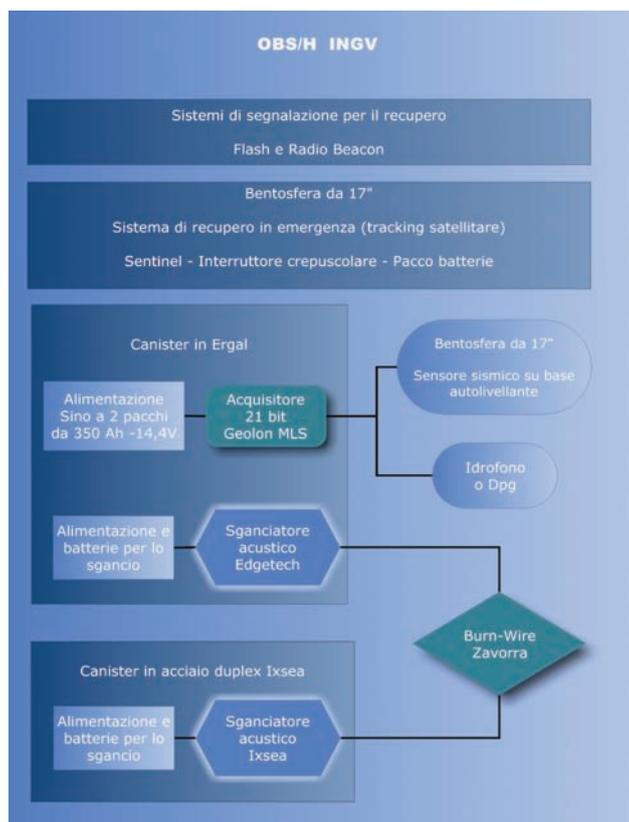
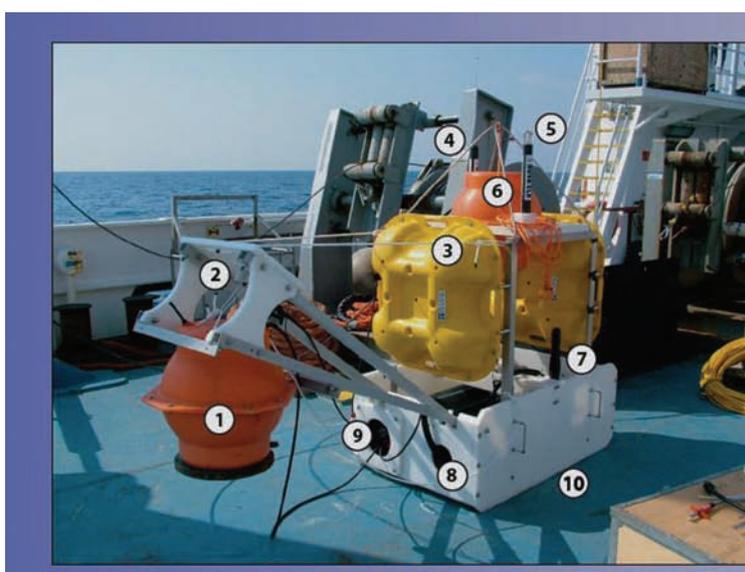


Figura 3 Schema a blocchi dell'OBS/H dell'INGV. Figure 3 Block diagram of the INGV OBS/H.

se poco frequenti, terremoti e con un basso ma non trascurabile livello di sismicità [Gruppo di lavoro CPTI, 2004].



1. Bentosfera da 17" contenente il sensore sismico installato su una base autolivellante
2. Burn-Wire di sgancio della bentosfera
3. Bentosfere di spinta
4. Radio beacon
5. Flash
6. Sistema di localizzazione satellitare d'emergenza
7. Idrofono
8. Sganciatore acustico
9. Contenitore in ERGAL
10. Zavorra

Figura 4 L'OBS/H dell'INGV pronto per la deposizione. Figure 4 The INGV OBS/H ready for deployment.

## 2. Descrizione e linee guida del progetto

L'OBS/H è uno strumento che viene deposto in caduta libera ("free fall") sul fondo del mare, dove acquisisce segnali sismici ed acustici per un intervallo di tempo la cui durata dipende dalle caratteristiche dei sensori utilizzati e dalla capacità complessiva dei pacchi batteria a bordo dello strumento stesso. A fine campagna esso viene recuperato per poi procedere al trasferimento ed all'analisi dei dati registrati.

L'OBS/H dell'INGV è equipaggiato con strumentazione sismologica (in genere un velocimetro a banda larga) e con un idrofona per registrare segnali acustici in acqua con una banda passante da qualche Hz a qualche KHz o, in alternativa, un DPG (*Differential Pressure Gauge*), un sensore di pressione differenziale con banda passante da 500 secondi a 2 Hz, capace di rilevare, tra l'altro, il passaggio di onde di Tsunami. Le linee guida del progetto dell'OBS/H dell'INGV possono riassumersi nei seguenti punti:

- 1 Operatività fino a 6000 metri di profondità (massima profondità dei mari e degli oceani fatta eccezione per le fosse oceaniche);
- 2 Durata della deposizione almeno fino ad un anno;
- 3 Utilizzo, per quanto possibile, di materiali non metallici poiché non soggetti a corrosione;
- 4 Utilizzo di strumentazione a bassissimo consumo energetico per aumentare la capacità di perma-

nenza a fondo mare e nello stesso tempo ridurre le dimensioni dei pacchi batteria;

- 5 Possibilità di ospitare a bordo strumentazione di vario tipo;
- 6 Sgancio del sensore sismico dal frame per un migliore accoppiamento con i sedimenti del fondo marino;
- 7 Sistema di localizzazione GPS in emergenza;
- 8 Contenimento dei pesi;
- 9 Contenimento dei costi;
- 10 Dimensioni massime compatibili con il formato Europallet (1200x800mm) per permettere il trasporto di ogni strumento su una pedana di dimensioni standard.

## 3. Caratteristiche tecniche e strumentali

La Figura 3 mostra uno schema a blocchi dello strumento, mentre la Figura 4 ne mostra un'immagine, permettendo di identificarne gli elementi che lo costituiscono e che saranno descritti in dettaglio nel paragrafo successivo.

Le principali caratteristiche tecniche e strumentali dell'OBS/H sono riportate nella Tabella 2.

<b>Sismometro</b>	Nanometrics Trillium 120p o, in alternativa, Guralp CMG40T-OBS.
<b>Base autolivellante</b>	A sospensione cardanica con meccanismo di blocco posta in bentosfera da 17".
<b>Sensore di pressione o idrofona</b>	Cox-Webb Differential Pressure Gauge (DPG), 500s -2 Hz o, in alternativa, idrofona OAS E-2PD 0-5 kHz.
<b>Digitalizzatore</b>	SEND Geolon MLS a 21 bit e 4 canali. Max frequenza di campionamento 200 sps.
<b>Alimentazione</b>	2 pacchi batterie composti da celle primarie al Litio a 14,4 V e 350 Ah, per una capacità totale di 700 Ah.
<b>Sistemi di segnalazione per il recupero</b>	Flash NOVATEC ST-400A con lampada allo xenon, visibilità fino a 5 miglia. Radiobeacon VHF NOVATEC RF-700A1, 4 canali.
<b>Sistema di localizzazione d'emergenza</b>	Sistema di tracking satellitare, dotato di ricevitore GPS e modem satellitare, consente di comunicare la posizione ad intervalli di 3-6 ore. Alimentato autonomamente.
<b>Sistema di sgancio sensore</b>	Singolo Burn-wire controllato dall'elettronica di acquisizione.
<b>Sistema di sgancio zavorra</b>	Doppio Burn-Wire controllato da due sistemi indipendenti e posti in due differenti canister per accrescere la robustezza del sistema.
<b>Sganciatori acustici</b>	Doppio sistema di sgancio zavorra: IXSEA AR816S-MR ed EDGETECH C980102 integrato nel canister contenente l'elettronica e i pacchi batterie.
<b>Dimensioni</b>	1200x800x1500h mm
<b>Peso in aria</b>	500 Kg
<b>Peso in acqua</b>	42 Kg
<b>Buoyancy</b>	115 daN
<b>Spinta netta</b>	25 daN
<b>Zavorra</b>	75 Kg

**Tabella 2** Strumentazione a bordo dell'OBS/H per deposizioni di lungo periodo.  
**Table 2** Instrumentation on board of the OBS/H for long term deployment.

#### 4. Gli elementi costitutivi del progetto

Nei paragrafi successivi verranno descritte le varie parti dell'OBS/H, focalizzando l'attenzione sulle loro caratteristiche principali e sulle ragioni che hanno portato a determinate scelte tecniche.

##### 4.1 Il frame

Per contenere al massimo i problemi dovuti alla corrosione, la struttura portante dell'OBS/H è stata realizzata con un unico materiale metallico (si è scelto l'acciaio AISI 316L in quanto particolarmente resistente alla corrosione) e tre materiali plastici: *polietilene* per le fiancate laterali, per i tubi alloggiamento dei *canister* e tutti i supporti non sottoposti a stress meccanico; *delrin* per le fiancate frontali e le slitte di scorrimento, sottoposte a stress di tipo meccanico; vetroresina per il traliccio di supporto della bentosfera del sensore sismico.

La necessità di utilizzare materiali plastici di tipo diverso è stata dettata dal contenimento del peso in acqua dello strumento. Il polietilene in acqua risulta avere spinta leggermente positiva (peso specifico 0,95 Kg/dm<sup>3</sup>), mentre il *delrin* presenta una spinta negativa (peso specifico di 1,42 Kg/dm<sup>3</sup>), ma è dotato di proprietà meccaniche migliori.

Ove è stato possibile, sono stati utilizzati giunzioni con perni passanti, rondelle e dadi autobloccanti di varia sezione e lunghezza, in acciaio INOX AISI 316L, mentre nei fori ciechi, realizzati esclusivamente su supporti in *delrin*, sono state realizzate filettature con filetto riportato tipo Helicoil anch'esso

realizzato nello stesso acciaio inox della struttura portante.

##### 4.2 Le boe di spinta

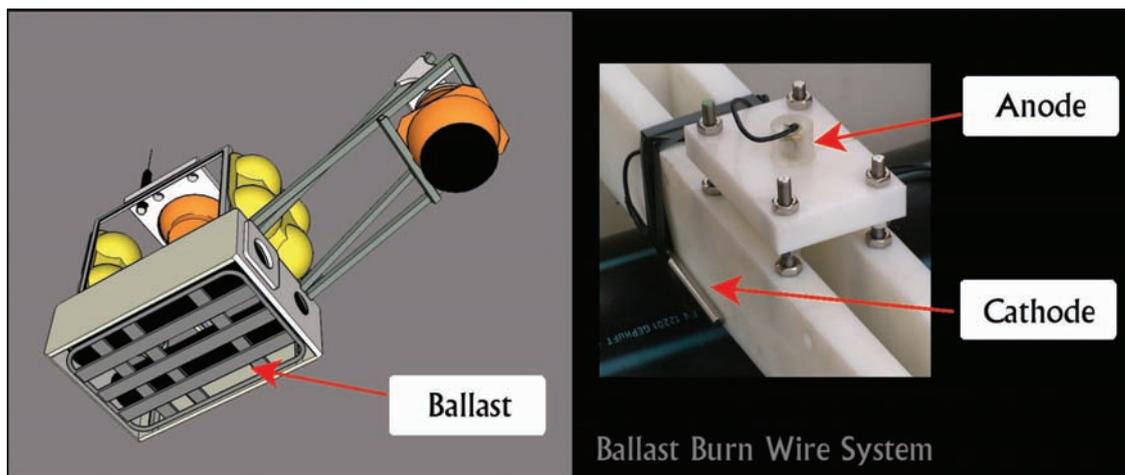
In fase progettuale, considerato il peso in acqua del frame e della strumentazione a bordo dell'OBS/H per deposizioni di lungo termine, è stato stimato che la spinta complessiva necessaria alla risalita dello strumento ad una velocità di circa 0.5 m/s, in dipendenza anche dalla sua configurazione idrodinamica, è di circa 115 daN. Si è reso quindi necessario dotare l'OBS/H di due sistemi di galleggiamento della spinta complessiva di 80 daN (costituiti da quattro bentosfere da 12" in un unico guscio in polietilene), di una bentosfera da 25 daN di spinta posizionata sulla parte alta dello strumento, entro la quale è contenuto il sistema di tracking satellitare per il recupero in emergenza e da un'ultima piccola bentosfera dal diametro di 13", da 10 daN di spinta, che viene aggiunta soltanto nella configurazione strumentale per lunghe deposizioni, per compensare il peso del secondo pacco batterie.

##### 4.3 Il sistema di sgancio della zavorra e del sensore sismico

La zavorra, necessaria all'OBS per la discesa ed il suo mantenimento sul fondo marino per tutto il periodo della deposizione, è stata realizzata su specifico disegno in barre di ferro pieno e con un alloggiamento fresato per consentire una connessione rapida e sicura alla parte terminale del sistema di sgancio. Quest'ultimo si basa su una tecnica denominata



**Figura 5** Fasi della realizzazione dei frame presso le officine della Meccanotecnica Riesi.  
**Figure 5** Phases of the frames production at Meccanotecnica of Riesi facilities.



**Figura 6** Vista dal basso dell'OBS/H e particolare del sistema Burn-Wire.  
**Figure 6** Bottom view of the OBS/H and detail of the Burn-Wire system.

*Burn-Wire*, ossia sulla dissoluzione per aggressione galvanica di un cavetto in acciaio INOX AISI 316L, della sezione di 2.5 mm e ricoperto da una guaina in polietilene ad eccezione del punto di "attacco", in cui la guaina viene eliminata per pochi millimetri. Tale cavo è utilizzato, in fase di deposizione, per l'aggancio della zavorra al *frame* dell'OBS/H. A fine esperimento, in seguito all'applicazione di una tensione compresa tra 16,5 e 21 Volt, viene avviata la sua dissoluzione mediante elettrolisi. Ciò ha come conseguenza lo sgancio della zavorra dopo circa 6-7 minuti dalla ricezione del comando di sgancio. Il sistema Burn-Wire è utilizzato in due distinte procedure: per

il rilascio del sensore sismico sui sedimenti marini qualche ora dopo che l'OBS/H ha raggiunto il fondo e, come già illustrato, per lo sgancio della zavorra in fase di recupero dello strumento a fine esperimento.

La prima di queste operazioni è affidata ad un timer, opportunamente programmato, che sfrutta lo stato di uno *switch* controllato dall'acquisitore e la cui uscita è stata connessa ad una scheda di attuazione, appositamente realizzata presso l'OBS Lab di Gibilmanna, connessa ad una alimentazione dedicata. La seconda operazione di sgancio avviene su comando inviato dalla superficie mediante una testa acustica posta in acqua

dalla nave in supporto all'operazione e connessa ad un telecomando acustico digitale. Poiché questa specifica funzione è stata ritenuta estremamente critica, in fase progettuale è stato previsto un doppio sistema attuatore dello sgancio: il primo, basato su uno sganciatore della IXSEA opportunamente modificato; il secondo, di *backup*, su una scheda di sgancio della Edgetech, inserita nel *canister* dell'elettronica che consente l'invio del comando di sgancio in maniera completamente indipendente.

L'affidabilità del sistema, oltre che dall'aver posto i due sistemi in alloggiamenti diversi, è accresciuta dall'utilizzo di due telecomandi acustici realizzati con filosofia progettuale completamente differente e che utilizzano frequenze e protocolli di comunicazione anch'essi differenti.



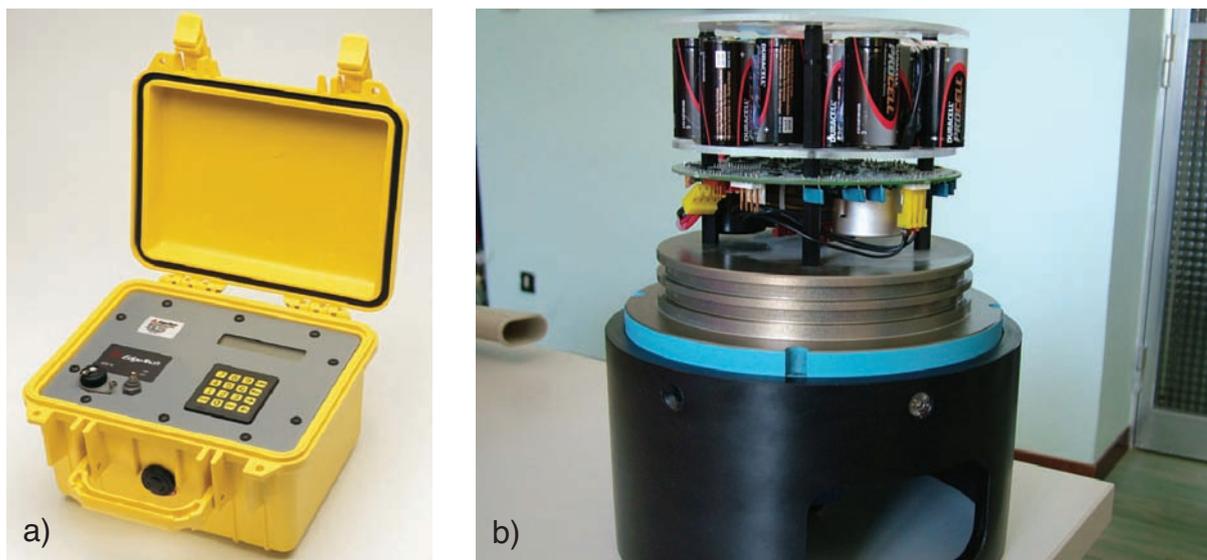
IXEA AR 861S-MR

Specifiche tecniche:

- Canister in acciaio inox super duplex per applicazioni fino a 6000 metri
- Burn Wire release realizzato presso l'OBS Lab di Gibilmanna
- Frequenza di comunicazione 8-20 KHz mediante trasduttore acustico con diagramma di direttività emisferico
- Batterie di alimentazione dell'elettronica interne
- Batterie Burn Wire interne
- Autonomia fino a 24 mesi

**Tabella 3** Immagini e caratteristiche tecniche dello sganciatore Ixsea AR861S-MR e della scheda di attuazione realizzata presso l'OBS Lab di Gibilmanna.

**Table 3** Pictures and technical features of the Ixsea AR861S-MR acoustic release and of the actuation board built at Gibilmanna OBS Lab.



**Figura 7** (a) Unità di superficie dello sganciatore acustico Edgetech e (b) scheda elettronica del *releaser* montata sul tappo del *canister* e relativo pacco batterie.  
**Figure 7** (a) Deck unit of the Edgetech acoustic release; (b) electronic board of the releaser and its battery pack installed on the canister cap.

#### 4.4 Sganciatore acustico Ixsea

Lo sganciatore acustico dell' Ixsea AR861S-MR (Tabella 3), originariamente costruito per controllare un gancio remoto motorizzato, è stato opportunamente modificato mediante l'integrazione nel sistema di una scheda di attuazione, realizzata presso l'OBS Lab di Gibilmanna (Tabella 3), che consente di effettuare uno sgancio attraverso il sistema *Burn-Wire*, originariamente non previsto perché in disaccordo con le politiche commerciali della Ixsea. Tale scheda, inoltre, fa sì che si conservino tutte le peculiarità dello strumento originario, comprese quelle indispensabili di *acknowledgement* del comando di sgancio.

Lo sganciatore è dotato di un sistema di alimentazione auto-

nomo che, nella versione da noi modificata, consente un'autonomia sino a 24 mesi. All'interno del canister dello sganciatore trovano posto anche le batterie necessarie per alimentare il *Burn-Wire*.

Questo sistema, oltre a comandare lo sgancio della zavorra, tramite il transponder acustico, consente di conoscere la distanza tra la testa acustica di superficie e l'OBS/H. Questa peculiarità è di grande importanza in quanto permette di conoscere, con buona approssimazione, la posizione dell'OBS/H sul fondo del mare attraverso tecniche di triangolazione.

In Tabella 3 sono riportate le caratteristiche principali dello sganciatore acustico Ixsea.



Nanometrics, Trillium 120p

- Sensibilità: 1200 V·s/m ±0.5%
- Banda: 120s – 175Hz
- Consumi: circa 650 mW
- Durata max esperimento: 7/8 mesi
- Peso: 7.8 Kg
- Tilt: operativo in un range di inclinazione compreso tra ±0.2°

**Tabella 4** Caratteristiche del Trillium 120p.  
**Table 4** Trillium 120p features.

	<p>Nanometrics, Trillium 40</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilità: 1500 V·s/m <math>\pm 0.5\%</math></li> <li>• Banda: 40s – 50Hz</li> <li>• Consumi: circa 650 mW</li> <li>• Durata max esperimento: 7/8 mesi</li> <li>• Peso: 11 Kg</li> <li>• Tilt: operativo in un range di inclinazione compreso tra <math>\pm 0.2^\circ</math></li> </ul>
---	--

**Tabella 5** Caratteristiche del Trillium 40.  
**Table 5** Trillium 40 features.

#### 4.5 Sganciatore acustico Edgetech

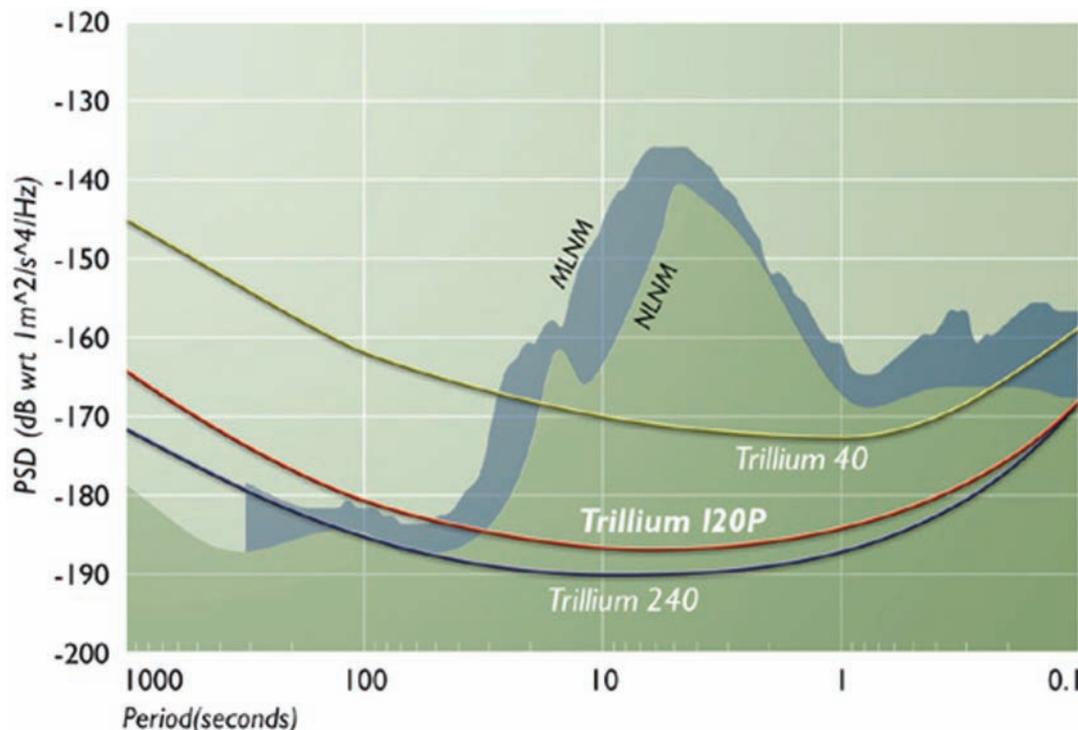
Lo sganciatore acustico di *backup* è costituito da una singola scheda alloggiata all'interno del canister contenente l'elettronica e le batterie. La scheda è alimentata da un pacco batterie indipendente e la sua uscita è connessa al *Burn-Wire* della zavorra tramite diodi Schottky.

Il sistema dell'Edgetech, oltre ad avere le stesse funzionalità di quello Ixsea, presenta in uscita un ulteriore *switch* coman-

dato dall'unità di superficie che, in futuro, potrebbe essere utilizzato per altre funzionalità al momento non richieste.

#### 4.6 Il sensore sismico e il sistema di livellamento

Durante il test del prototipo sul Marsili, effettuato nel luglio 2006, a bordo dell'OBS/H è stato installato un sismometro Nanometrics Trillium 40 che nei nove giorni dell'esperimento ha registrato oltre 1000 eventi con ottima qualità. La scelta di



**Figura 8** Confronto tra spettri di *self-noise* dei sensori Nanometrics e tra le curve NLNM (Peterson 1993) e MLNM (McNamara e Buland) [Fonte: Nanometrics].  
**Figure 8** Self-noise for Trillium seismometers compared with the NLNM (after Peterson, 1993) and the MLNM (after McNamara and Buland) [Source: Nanometrics].

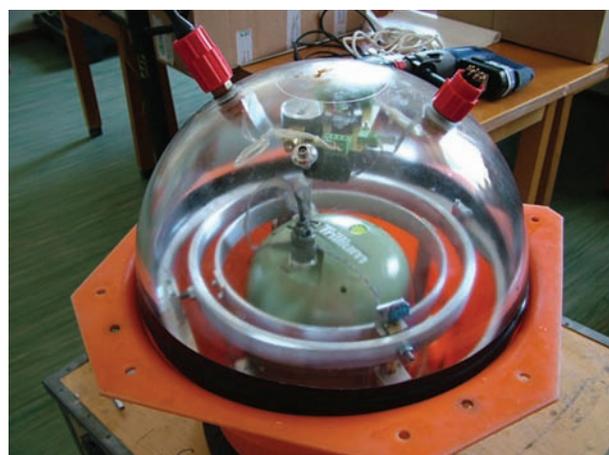
	<p>Guralp CMG-40TOBS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilità: 2000 V-s/m</li> <li>• Banda: 0.017 Hz (60 sec) to 100 Hz</li> <li>• Durata max esperimento: oltre 12 mesi</li> </ul>
---	---

**Tabella 6** Caratteristiche del Guralp CMG-40TOBS.  
**Table 6** Features of the Guralp CMG-40TOBS.

installare questo modello di sismometro, è stata dettata dalla mancata disponibilità, in quel momento, dei Trillium 120p che, nella versione definitiva, hanno equipaggiato i sette OBS/H assemblati successivamente, tuttora operativi. Le caratteristiche dei due sensori sono riportate nelle tabelle 4 e 5.

Sia il Trillium 40 che il 120p vengono alloggiati in una base autolivellante realizzata dalla *Nautilus GmbH*, posta all'interno di una bentosfera da 17". Il sistema di livellamento si basa su un giunto cardanico passivo provvisto di un sistema di blocco meccanico motorizzato che si attiva successivamente al livellamento del sensore. La procedura di livellamento può essere ripetuta periodicamente, per un massimo (a causa di problemi energetici) di circa 20 livellamenti per ogni campagna di deposizione.

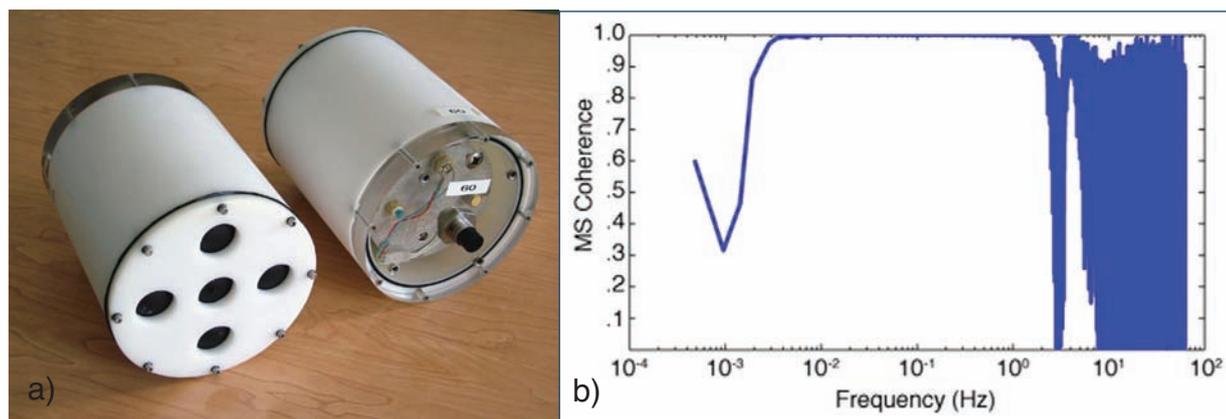
Oltre ai due sensori sopra descritti l'OBS/H può essere equipaggiato con un sensore appositamente realizzato dalla GURALP per essere installato a bordo degli OBS: il CMG-40TOBS 60s. Tale sismometro è installato direttamente dalla GURALP entro una bentosfera di appena 160 mm di diametro ed è completo di base autolivellante a giunto cardanico. La qualità che rende particolarmente interessante questo sensore è il basso consumo energetico: 195 mW pari ad un



**Figura 9** Sensore sismico e base autolivellante.  
**Figure 9** Seismic sensor and its autolevelling system.

	<p>SEND, Geolon MLS 21 bit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingressi analogici: 3 canali per il sismometro, 1 per l'idrofono o DPG</li> <li>• Frequenza di campionamento: fino a 200 sps (con risoluzione di 14 bit)</li> <li>• Time drift: &lt;0.05 ppm a 0-30 °C, &lt;1.5 s/anno a 25°C</li> <li>• Sincronizzazione: DCF77</li> <li>• Capacità di archiviazione: 12 slot PCMCIA, sino a 24 Gb con flash card o microdrive da 2 Gb</li> <li>• Consumi: &lt;250 mW a 50 sps</li> </ul>
---	--

**Tabella 7** SEND Geolon-MLS.  
**Table 7** SEND Geolon-MLS.



**Figura 10** (a) *Differential Pressure Gauge* (DPG), (b) Funzione coerenza tra due DPG [Fonte: Scripps Institution of Oceanography].

**Figure 10** (a) *Differential Pressure Gauge* (DPG), (b) Magnitude-Squared Coherence for two DPG [Source: Scripps Institution of Oceanography].

assorbimento di circa 16 mA a 12V. Questa caratteristica rende possibile estendere la durata di una deposizione oltre i 12 mesi.

#### 4.7 Idrofono e DPG

Per il rilevamento e l'acquisizione delle onde acustiche che si propagano all'interno del corpo d'acqua, sono disponibili due strumenti con caratteristiche diverse tra loro, che di volta in volta vengono scelti in funzione dell'obiettivo della campagna: si tende ad utilizzare un idrofono in aree in cui si prevede la presenza di frequenze che vanno da qualche Hertz a qualche KHz, mentre si preferisce usare un DPG (*Differential Pressure Gauge*) nel caso in cui si vogliano acquisire segnali a bassissima frequenza (500s-2Hz) come le onde di Tsunami. Quest'ultimo strumento, per il suo corretto funzionamento necessita di un particolare preamplificatore ad alto guadagno e basso rumore installato a monte dello stadio di ingresso del convertitore A/D. Non è possibile utilizzare contemporaneamente un idrofono ed un DPG, poiché il canale sul digitalizzatore, utilizzabile per questo tipo di acquisizioni, è unico (vedi paragrafo 4.8).

#### 4.8 Sistema di acquisizione

La scelta dell'acquisitore è stata fatta mirando ad un buon compromesso tra esigenze energetiche (bassi consumi per prolungare al massimo la deposizione), numero dei bit di risoluzione e precisione del clock di riferimento. La scelta è caduta su un prodotto della SEND, denominato Geolon-MLS. Si tratta di un acquisitore a 21 bit a bassissimo consumo (250mW) con clock di precisione della Seascan a bassissima deriva (Tabella 7).

#### 4.9 Sistema di alimentazione

Il sistema principale di alimentazione alloggiato nel *canister* in ERGAL (Figura 11) è costituito da 2 pacchi batteria di complessivi 700 Ah, ciascuno costituito da 19 serie da 4 pile al litio primarie da 18,5 Ah, con due uscite distinte a 14.4V che alimentano rispettivamente il sensore sismico e il convertitore A/D. Tale soluzione ci consente di avere un elevato margine di sicurezza per l'alimentazione dell'acquisitore. È essenziale che l'acquisitore sia alimentato sino al momento del recupero per effettuare la sincronizzazione del clock interno, necessaria per la correzione dell'informazione temporale sui dati raccolti. Nell'OBS/H, oltre a quello principale, sono presenti altri cinque sistemi di alimentazione come descritto in Tabella 8.

Alimentazioni secondarie	
Burn-Wire sensore sismico	14 batterie tipo AA, uscite a 21V e 6V.
Sganciatore acustico Edgetech	25 batterie tipo C, due uscite a 10,5V per l'alimentazione del transponder, una a 16,5V per il Burn-Wire.
Sganciatore IXSEA	12 batterie tipo D (due serie da 6 batterie, uscita a 9V) per l'alimentazione della scheda elettronica; 14 batterie tipo AA, uscita 21V, per il Burn-Wire.
Flash e Radio Beacon	Ognuno alimentato da 4 batterie di tipo C in serie.
Sistema di recupero in emergenza	18 batterie tipo D, uscita a 13,5V.

**Tabella 8** Alimentazioni secondarie presenti a bordo dell'OBS/H.  
**Table 8** Secondary power supply on board of the OBS/H.

#### 4.10 I sistemi di segnalazione

I sistemi di segnalazione (Figura 12) sono necessari durante la fase di recupero e sono costituiti da:

- *Flash stroboscopico* con lampada allo xenon, visibile fino a 5 miglia, indispensabile per il recupero dell'OBS/H durante le ore notturne.
- *Radio Beacon* RF700-A1, quattro canali VHF e range di copertura fino a 8 NM.

Sia il flash che il radio beacon, sono dotati di batterie per un'alimentazione indipendente dal resto della strumentazione e si attivano automaticamente, tramite uno *switch* controllato da un sensore di pressione, quando l'OBS/H si trova ad una profondità inferiore ai 10 m; entrambi possono resistere a pressioni di 700 bar (7000 m di profondità). A bordo della nave in supporto alle operazioni di recupero, per individuare l'azimuth di provenienza del segnale del radio beacon, viene utilizzato un *direction finder*, radio-ricevitore a quattro canali con doppio sistema di antenne direttive.



**Figura 12** Direction finder, flash e radio beacon.  
**Figure 12** Direction finder, flash and radio beacon.

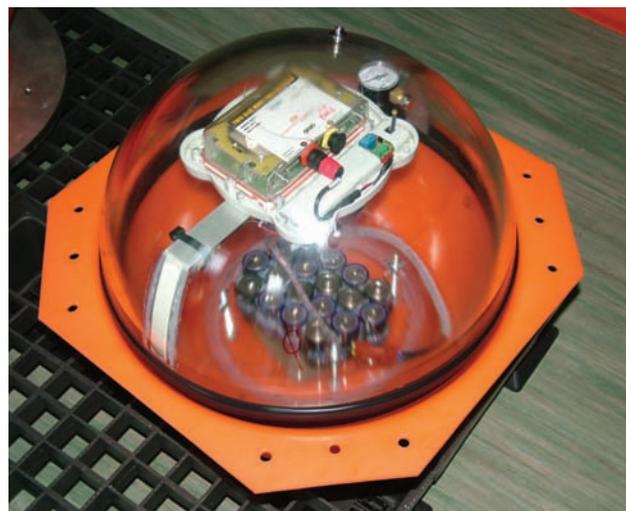


**Figura 11** Canister in ERGAL per l'elettronica e i pacchi batteria.  
**Figure 11** ERGAL canister for battery packs and electronics.

#### 4.11 Il sistema di localizzazione in emergenza

L'OBS/H è stato dotato di un sistema, denominato *Guardian Sentinel*, che ne permette la localizzazione nel caso in cui dovesse risalire in superficie per corrosione naturale del cavo di ancoraggio alla zavorra (dovuta ad esempio all'aggressione chimica da parte di gas acidi) o nel caso in cui lo strumento fosse strappato dal fondo da reti da pesca a strascico. Il sistema, installato all'interno di una bentosfera da 17" posta sulla parte alta dell'OBS/H, è costituito da un ricevitore GPS, in grado di determinare la posizione dello strumento sulla superficie del mare, e da un modem satellitare, capace di trasmettere la posizione rilevata attraverso la rete satellitare Globalstar che ha copertura su tutta l'area mediterranea.

L'alimentazione del sistema di tracciamento, costituita da un pacco batteria da 12 V, è controllata da un *pressure-switch* e da un circuito di controllo realizzato presso l'OBS Lab di Gibilmanna: il *pressure-switch* attiva l'alimentazione della



**Figura 13** Bentosfera da 17" contenente il sistema di tracciamento satellitare per il recupero in emergenza.  
**Figure 13** 17" pressure glass sphere with inside the satellite tracking system for emergency recovery.

scheda di controllo quando all'interno della bentosfera si raggiunge una depressione di 0.4 bar, condizione realizzata poco prima della deposizione in mare mediante l'utilizzo di una pompa da vuoto. A sua volta il circuito di controllo, dotato di una fotoresistenza, fornisce alimentazione al Guardian Sentinel soltanto in presenza di luce. Questo permette di tenere spento il sistema durante l'esperimento, quando lo strumento giace sul fondo del mare.

Raggiunta la superficie il sistema invierà un messaggio di *tracking* ogni 3 ore, come da programmazione, soltanto durante le ore diurne. In tale configurazione, il sistema ha un'autonomia di circa 40 giorni.

I messaggi di *tracking* sono resi disponibili attraverso una piattaforma internet (Figura 14) messa a disposizione dal gestore del servizio (Elsacom).

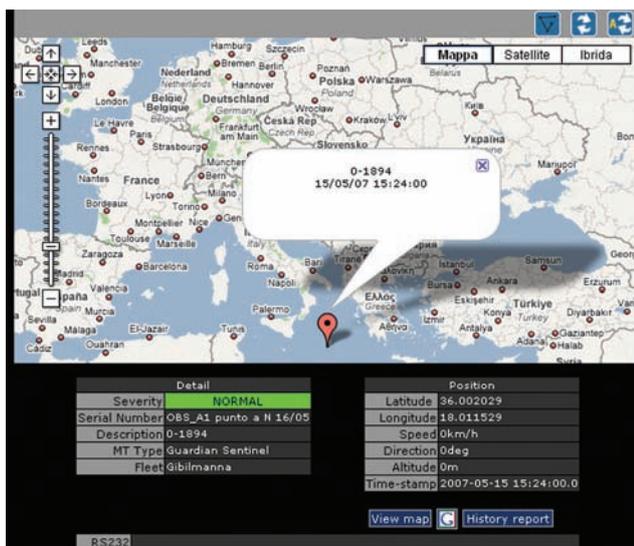


Figura 14 Piattaforma internet Globalfleet, dov'è possibile visualizzare la posizione di un OBS in galleggiamento.  
 Figure 14 Globalfleet web platform displaying the position of a floating OBS.

### 5. Procedura di deposizione

In questo paragrafo saranno descritte le procedure destinate alla preparazione dell'OBS/H per la deposizione in mare.

Il *canister* dell'elettronica, una volta inserita la strumentazione al suo interno, viene chiuso e depressurizzato, mediante pompa da vuoto, a circa -0.6 bar. La depressione permette l'accoppiamento meccanico dei tappi al *canister* ed è inoltre un ottimo indicatore di eventuali problemi legati alla tenuta degli *o-ring*: la depressione, effettuata in laboratorio, viene infatti ricontrollata mediante un manometro, qualche ora prima della messa in mare.



Figura 15 Valigia attrezzata per la depressurizzazione e la deumidificazione di vessel e bentosfere.

Figure 15 Suitcase equipped for the depressurization and the dehumidification of vessels and glass spheres.

Durante la fase di depressurizzazione, all'interno del *canister* viene inserita aria deumidificata mediante *drierite*; nello specifico ad una fase di depressurizzazione, segue un'immissio-

ne di aria secca con successiva depressurizzazione. Il ciclo viene ripetuto circa tre volte.

Un'identica procedura viene eseguita al momento della chiusura delle bentosfere. Questa fase viene immediatamente seguita da una sigillatura eseguita mediante *Terostat VII* (sigillante sintetico non indurente) e nastro isolante.

Circa mezz'ora prima della messa a mare si procede alla sincronizzazione dell'orologio a bordo del digitalizzatore. Essa avviene grazie ad un convertitore GPS – DCF. Dopo la sincronizzazione si può procedere alla programmazione del Geolon, impostando l'ora dello sgancio del sensore sismico e il successivo livellamento, che può essere ripetuto ad intervalli regolari (ad esempio, ogni mese).

Infine, si procede alla verifica degli sganciatori acustici simulando lo sgancio della zavorra e verificando, con un tester, la presenza della tensione di *burn-wire* tra il punto in cui il cavo di acciaio che sorregge la zavorra risulta privato di guaina e il catodo di acciaio.

### 6. Test in camera iperbarica

Tutti i componenti utilizzati per la costruzione e l'assemblaggio dell'OBS/H sono certificati per operare sino a profondità di 6000m e quindi ad una pressione di 600 bar.

I componenti acquistati sul mercato, quali le bentosfere, il flash, il beacon, l'idrofono e i connettori, sono certificati dai relativi costruttori.

Il canister contenente elettronica e pacchi batterie, realizzato ad hoc su nostro progetto, ha richiesto un collaudo in camera iperbarica presso la SONSUB di Marghera.



**Figura 16** Test in camera iperbarica presso la SONSUB, Marghera.  
**Figure 16** Test in hyperbaric chamber at SONSUB facilities in Marghera.

La procedura di test messa a punto ha simulato, a step, la discesa da quota 0 m a quota -6000 m, con una successione di incrementi di pressione e pause. Il superamento del test è stato certificato dalla SONSUB.

### 7. Test del prototipo al porto di Cefalù

Ultimati i test in laboratorio l'OBS/H è stato oggetto di una

serie di test nelle acque del porto di Cefalù.

I test hanno riguardato:

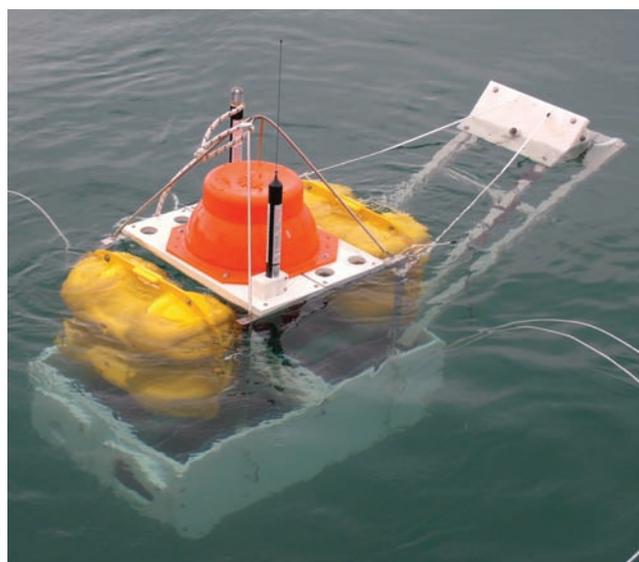
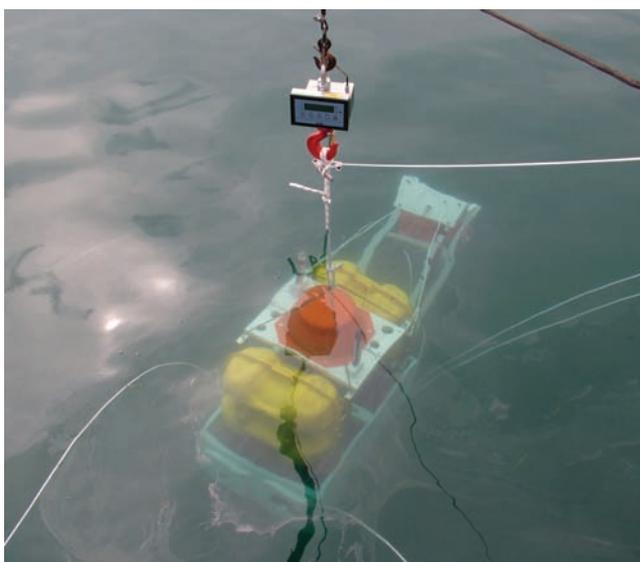
1. Verifica dei pesi complessivi e di alcune singole componenti in acqua e in aria mediante l'uso di un dinamometro digitale;
2. Verifica dell'assetto dell'intero OBS durante la fase di deposizione e di risalita;
3. Test di funzionamento dei sistemi di sgancio *Burn-Wire* del sensore e della zavorra;
4. Verifica della linea di galleggiamento (perché il sistema di tracking satellitare funzioni, metà della bentosfera da 17" posta nella parte superiore dell'OBS/H deve risultare al di sopra della linea di galleggiamento).

### 8. Campagna di test sul Marsili

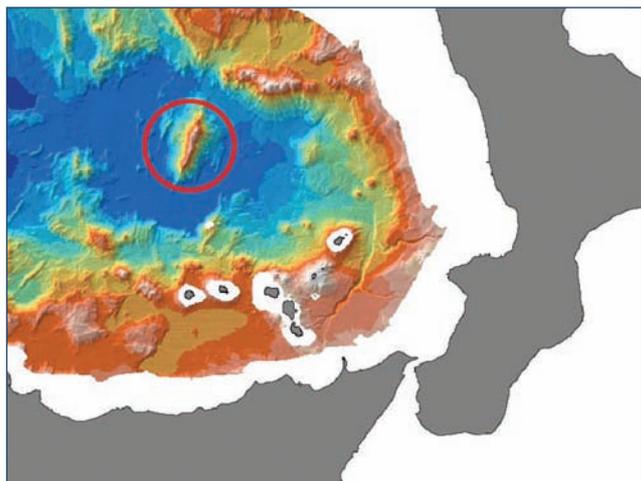
Dal 10 al 21 luglio 2006, nell'area tirrenica ove sorge il vulcano sottomarino Marsili (Figura 18), ha avuto luogo una campagna di ricerche denominata PROMETHEUS, nata dalla collaborazione tra PRAMA s.r.l., l'Università di Chieti, l'ISMAR-CNR di Bologna e l'INGV [Joint research project "PROMETHEUS" an integrated study of the Marsili

*smt, Tyrrhenian sea; 2006*] Nell'ambito di tale campagna il prototipo dell'OBS/H ha superato un test di breve durata a 3412 metri di profondità e successivamente è stato deposto dal 12 al 21 luglio 2006 sulla spianata sommitale del vulcano sottomarino Marsili, alla profondità di circa 790 metri.

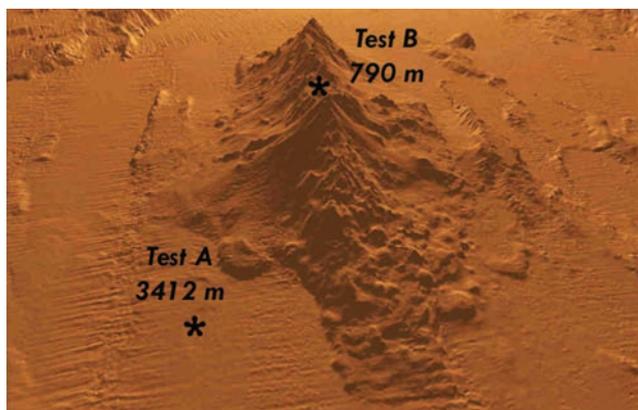
Il Marsili è situato nel Tirreno meridionale a circa 40 miglia a NW dalle isole Eolie (Figura 18) e con i suoi 3000 metri di altezza dal fondo marino e una lunghezza di oltre



**Figura 17** Test nel porto di Cefalù: verifica pesi in acqua ed assetto in galleggiamento.  
**Figure 17** Test in Cefalù harbour: weight in water and floating check.



**Figura 18** Batimetria del Tirreno sud-orientale. Cerchiato in rosso il vulcano Marsili.  
**Figure 18** Bathymetry of the south-eastern Tyrrhenian Sea. Circled in red the Marsili volcano.



**Figura 19** Ricostruzione 3D del Marsili (fonte ISMAR-BO). In figura sono indicati i punti di deposizione del prototipo.  
**Figure 19** Marsili 3D model (by ISMAR-BO) Figure shows the deployment points of the prototype.

65 km, risulta essere il più grande complesso vulcanico d'Europa, ma data la localizzazione nella piana batiale tirrenica (oltre 3400 m di profondità) la sua attività è poco nota. L'analisi dei 9 giorni di registrazione effettuati dall'OBS/H, ha permesso di evidenziare un'elevata attività sismica tipica dei vulcani attivi (oltre 800 eventi).

Le registrazioni sismiche risultano caratterizzate, oltre che dalla presenza di 8 eventi regionali ed un telesisma, dalla presenza di numerosi eventi di bassa frequenza ed energia (concentrata nel ristretto intervallo di frequenze tra 3-4 Hz, Figura 21)

La stima dell'orientamento del sismometro è stata effettuata grazie agli eventi regionali registrati. L'angolo di correzione è stato stimato mediante una regressione lineare delle differenze tra le direzioni epicentro-stazione di ogni evento e

quelle del corrispondente azimuth stimato dall'analisi di polarizzazione dei primi arrivi. Esso è risultato pari a  $144.7^\circ$  ed è stato utilizzato per orientare la terna di segnali applicando ad essi un'opportuna matrice di rotazione.

Gli eventi a bassa frequenza mostrano caratteristiche simili ad eventi classificabili in letteratura come VT-B (*Volcanic-Tectonic event, type B*) [McNutt, 2002], sono probabilmente legati ad eventi con epicentri poco profondi (1-2 km), mentre quelli ad alta frequenza possono essere associati ad un'attività idrotermale già riconosciuta da alcuni autori [Marani et al., 1999].

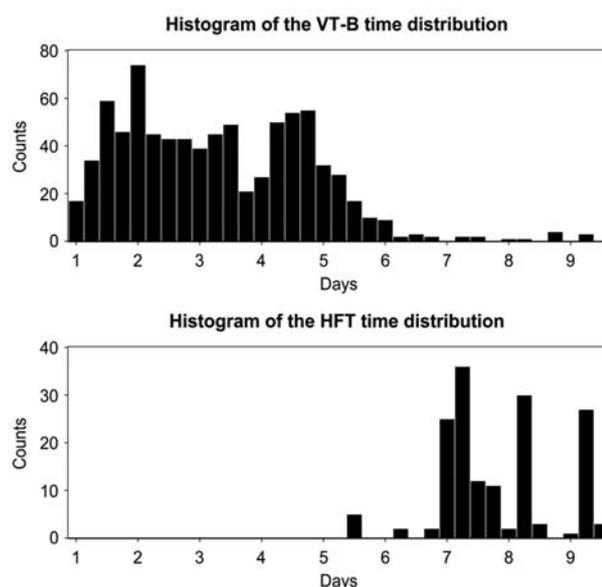
Interessante inoltre risulta essere la distribuzione temporale di queste due tipologie di eventi: oltre 700 eventi a bassa frequenza risultano presenti esclusivamente nei primi sette giorni di registrazione, mentre gli 84 eventi a più alta frequenza lo sono solo negli ultimi due (Figura 20).

Oltre alle due tipologie di eventi citati, altrettanto interessante è la registrazione di 26 eventi con segnali classificabili come *Short Duration Event* (SDE) (Figura 23).

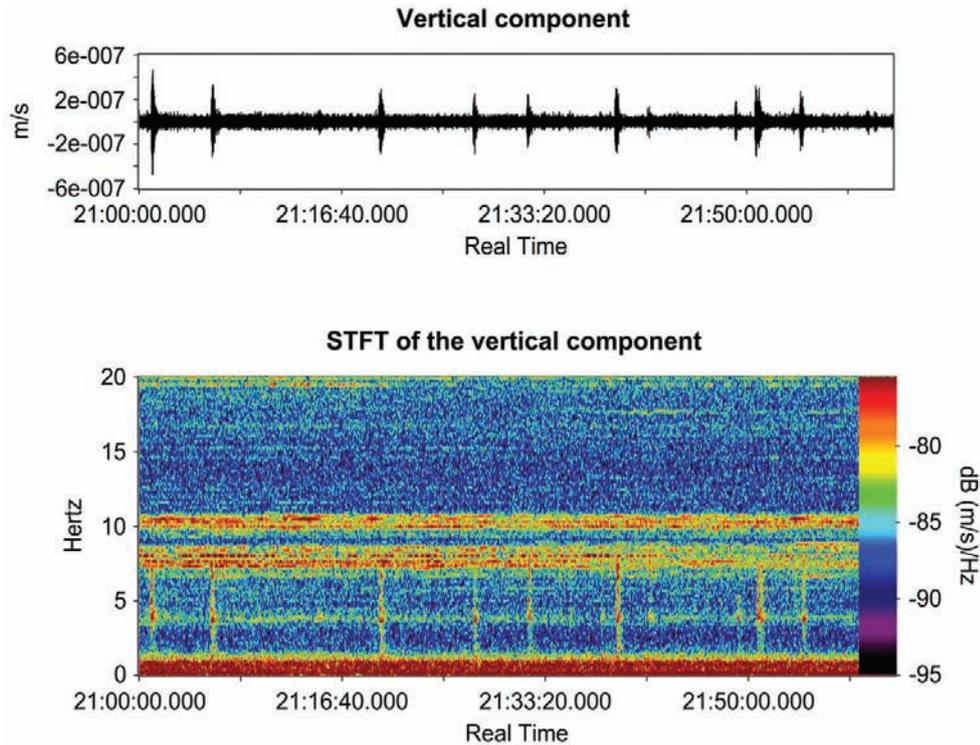
Gli SDE sono eventi con caratteristiche monocromatiche che generalmente presentano un inizio di tipo impulsivo, seguito da un lento e graduale decadimento in ampiezza [Diaz et alii, 2007; Kumagai, Chouet, 2000].

Gli SDE registrati dall'OBS/H presentano una frequenza principale compresa tra i 7 e gli 8 Hz e una durata dell'evento compresa tra i 6 e i 12 secondi.

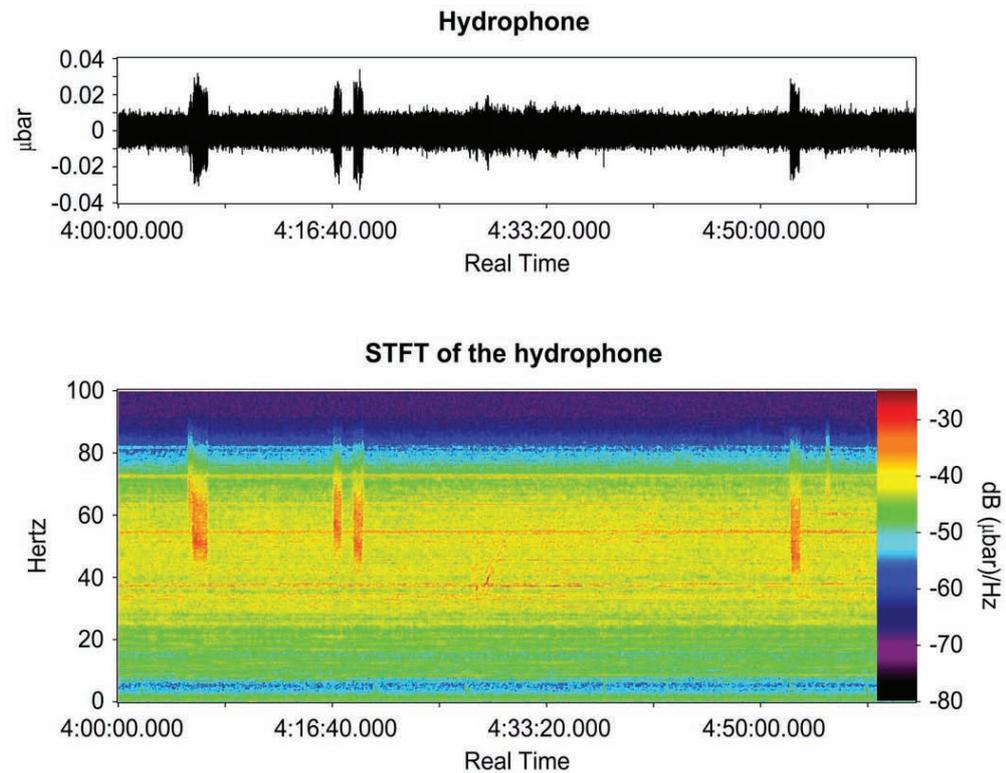
Infine, sono stati inoltre registrati due segnali, particolarmente evidenti sull'Idrofono, che come prima ipotesi possono essere associati a collassi di materiale dai fianchi del Marsili (Figura 24).



**Figura 20** Distribuzione temporale degli eventi locali registrati.  
**Figure 20** Time distribution of the local events recorded.



**Figura 21** Esempio di sciami a basse frequenza (un'ora di registrazione).  
**Figure 21** Example of low frequency swarm (one hour of recording).



**Figura 22** Eventi ad alta frequenza registrati dall'idrofono e relativo WPSD (Windowing Power Spectral Density); la banda di frequenze utili del segnale dell'idrofono si estende fino a 100 Hz avendo utilizzato una frequenza di campionamento di 200 Hz.  
**Figure 22** High frequency events recorded by the hydrophone and its related WPSD (Windowing Power Spectral Density); the hydrophone usable frequency band is extended up to 100 Hz thanks to a sampling frequency of 200 Hz.

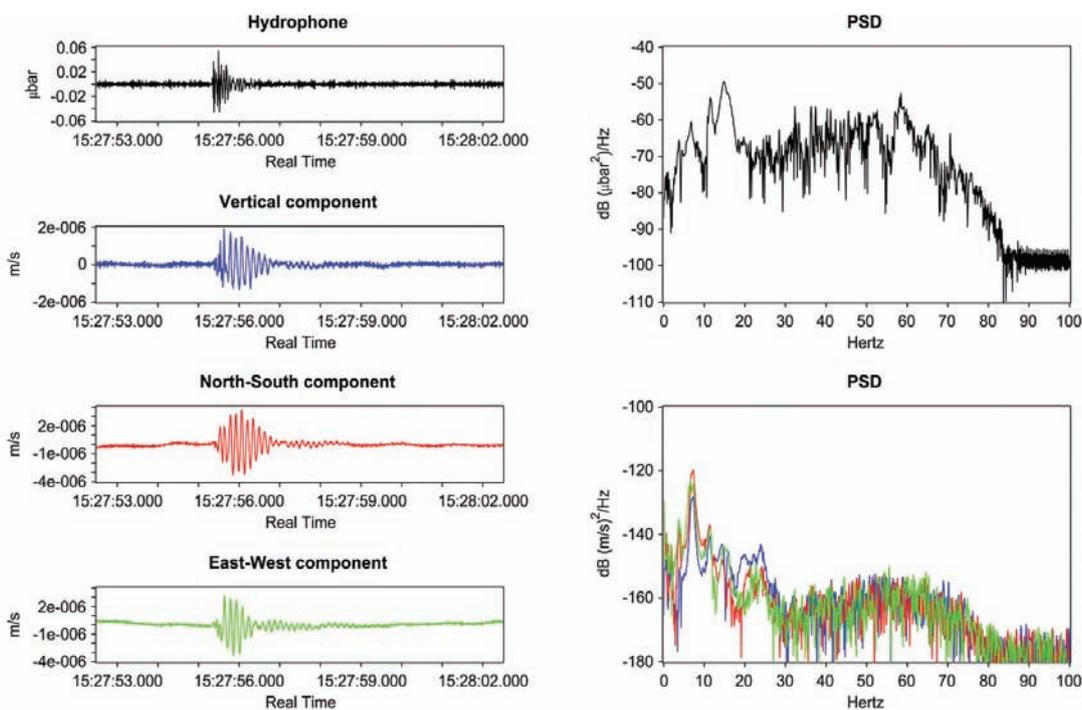


Figura 23 SDE con relativi spettri di ampiezza.  
 Figure 23 SDE with its amplitude spectra.

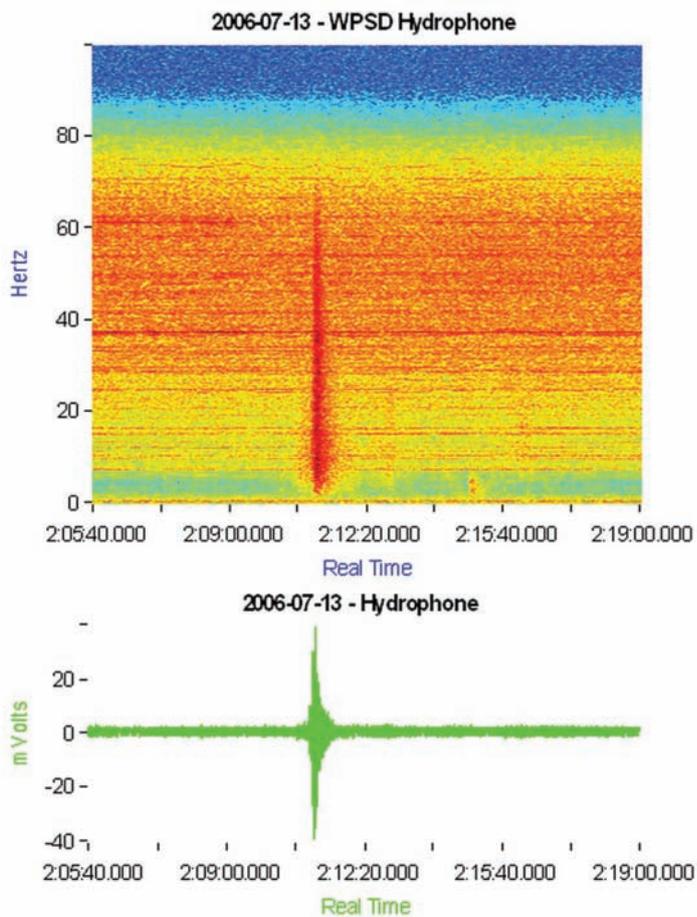
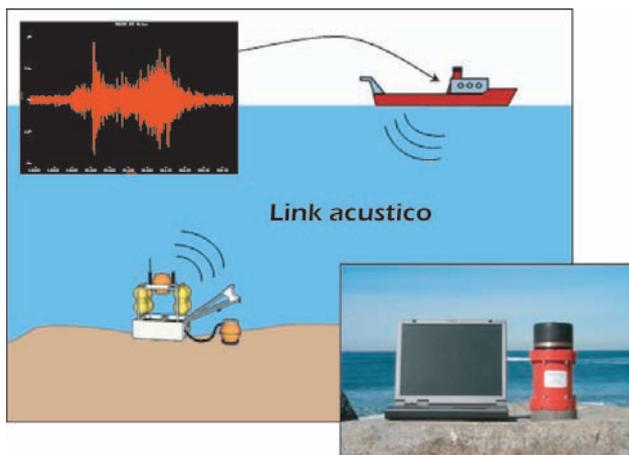


Figura 24 Probabile evento da crollo con rispettivo WPSD.  
 Figure 24 Probable rockfall event with its WPSD.

## 9. Sviluppi futuri: implementazione di un sistema di comunicazione bidirezionale per OBS/H

Lo sviluppo dell'OBS/H dell'INGV mira a renderlo parte integrante di un sistema di allerta tsunami: lo strumento, dotato di un modem acustico, può essere messo in comunicazione con una boa installata nelle immediate vicinanze; questa a sua volta può essere collegata a terra al centro di controllo attraverso un link satellitare. In tale configurazione, l'OBS/H, dotato di sensore assoluto di pressione, potrà rilevare il passaggio di un'onda di tsunami in superficie ed inviare l'allarme a terra.

Al fine di implementare la comunicazione con un'unità di superficie mediante modem acustico, l'OBS/H verrà dotato nei prossimi mesi di un PC industriale basato su processore ARM ed interfacciato con un digitalizzatore a 24 bit. In tale configurazione (Figura 25), in caso di interventi della rete mobile sottomarina legati a forti eventi in mare, sarà possibile estrarre tracce degli eventi registrati senza recuperare lo strumento, permettendo una più accurata localizzazione degli eventi stessi.



**Figura 25** Equipaggiando l'OBS/H con un modem acustico, sarà possibile estrarre tracce degli eventi registrati dall'imbarcazione in supporto alle operazioni, senza recuperare lo strumento.  
**Figure 25** Equipping the OBS/H with an acoustic modem, we will be able to recover slice of the recorded events from the naval unit supporting the operations, without recovering the instrument.

### Ringraziamenti

La realizzazione del prototipo e del successivo primo gruppo di OBS/H è stata finanziata da fondi del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile. I frames sono stati costruiti presso le officine della Meccanotecnica Riesi s.r.l. Ringraziamo Santi Passarello per i suoi preziosi consigli tecnici e PRAMA s.r.l. per averci permesso di effettuare il test sul Marsili.

### Bibliografia

- Amato A., Azzara R., Basili A., Chiarabba C., Cocco M., Di Bona M. and Selvaggi G., (1995). Main shock and aftershocks of the December 13, 1990, Eastern Sicily earthquake. *Annali di Geofisica*, 38, 2, 255-266.
- Amato A., Badiali L., Cattaneo M., Delladio A., Doumaz F. and Mele F.M., (2006). The real-time earthquake monitoring system in Italy. *Géosciences (BRGM)*, vol. 4, pp. 70-75.
- Argnani A. and Bonazzi C.; (2005). Malta escarpment fault zone offshore eastern Sicily: Pliocene-Quaternary tectonic evolution based on new multichannel seismic data. *Tectonics*, vol. 24, TC4009, doi:10.1029/2004TC001656.
- Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M. M., and Boschi E., (2008). The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology. *Tectonophysics*, in press.
- Castello B., Selvaggi G., Chiarabba C., Amato A., (2006). CSI Catalogo della sismicità italiana 1981-2002, versione 1.1. INGV-CNT, Roma.
- Chiarabba C., Jovane L., Di Stefano R., (2005). A new view of Italian seismicity using 20 years of instrumental recordings. *Tectonophysics*, 395, 251-268.
- D'Agostino N. and Selvaggi G., (2004). Crustal motion along the Eurasia-Nubia plate boundary in the Calabrian Arc and Sicily and active extension in the Messina Straits from GPS measurements. *J. Geophys. Res.*, 109, B11402, doi:10.1029/2004JB002998.
- Dahm T., Thornwart M., Flueh E.R., Brown Th., Herber R., Favali P., Beranzoli L., D'Anna G., Frugoni F. e Smriglio G., 2002, Ocean Bottom Seismometers deployed in Tyrrhenian sea. *EOS, Trans. Agu*, 83, 29, 309, 315.
- D'Anna G., Favali P., Iannaccone G., Pino N. A., (2004). Studio di fattibilità "Rete sismica sottomarina". Documento programmatico in risposta al Decreto del Presidente n° 326, del 30/09/2004.
- D'Anna G., Mangano G., D'Anna R., Passafiume G., Speciale S., Amato A., (2006). Il primo OBS/H italiano per il monitoraggio e lo studio di faglie e vulcani sottomarini. Roma, GNGTS 2006.
- D'Anna G., Mangano G., D'Alessandro A., Amato A., (2007). The new INGV broadband OBS/H: test results on submarine volcano Marsili and future developments. *Geophys. Res. Abstracts*. Vienna, Austria, 15 – 20 April 2007, vol. 9°, ISBN/ISSN: 1029-7006.
- Diaz J., Gallart J., Gaspa O., (2007). Atypical seismic signals at the Galicia Margin, North Atlantic Ocean, related to the resonance of subsurface fluid-filled cracks. *Tectonophysics* 433 (2007) 1–13.

- Favali P., Beranzoli L., D'Anna G., Gasparoni F., Gerber H.W., (2005) . NEMO- SN-1 the first "real-time" sea-floor observatory of ESONET – Science Direct, Nuclear Instruments and Method in Physic Research A567 462, 467.
- Goes S., Giardini D., Jenny S., Hollenstein C., Kahle H.-G. and Geiger A., (2004). A recent tectonic reorganization in the south-central Mediterranean. Earth Planet. Sc. Lett., Volume 226, Issues 3-4, 15 October 2004, Pages 335-345.
- Gruppo di lavoro CPTI, (2004) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/>.
- Kumagai H., Chouet B.A., 2000. Acoustic properties of a crack containing magmatic or hydrothermal fluids. J. Geophys. and Res., 115, 493-525.
- Joint research project "PROMETHEUS" an integrated study of the Marsili smt, Tyrrhenian sea. ([http://projects.bo.ismar.cnr.it/MEDITERRANEAN/MARSILI/MRS06\\_REP/](http://projects.bo.ismar.cnr.it/MEDITERRANEAN/MARSILI/MRS06_REP/)).
- Marani M.P., Gamberi F., Casoni L., Carrara G., Landuzzi V., Musacchio M., Penitenti D., Rossi L., Trua T., (1999). New rock and hydrothermal samples from the southern Tyrrhenian sea: the MAR-98 research cruise, *Giornale di Geologia*, 61, 3-24.
- McNutt S.R., (2005). Volcanic Seismology, *Annu. Ref. Earth Planet. Sci*, 32, 461-491.
- Pondrelli S., Salimbeni S., Ekström G., Morelli A., Gasperini P. and Vannucci G., (2006) The Italian CMT dataset from 1977 to the present. *Phys. Earth Planet. Int.*, doi:10.1016/j.pepi.2006.07.008, 159/3-4, pp. 286-303.

# Indice

<b>Introduzione</b>	5
<b>1. Scopo del progetto OBS/H INGV</b>	6
<b>2. Descrizione e linee guida del progetto</b>	9
<b>3. Caratteristiche tecniche e strumentali</b>	9
<b>4. Gli elementi costitutivi del progetto</b>	10
4.1 Il <i>frame</i>	10
4.2 Le boe di spinta	10
4.3 Il sistema di sgancio della zavorra e del sensore sismico	10
4.4 Sganciatore acustico Ixsea	12
4.5 Sganciatore acustico Edgetech	13
4.6 Il sensore sismico e il sistema di livellamento	13
4.7 Idrofono e DPG	15
4.8 Sistema di acquisizione	15
4.9 Sistema di alimentazione	15
4.10 I sistemi di segnalazione	16
4.11 Il sistema di localizzazione in emergenza	16
<b>5. Procedura di deposizione</b>	17
<b>6. Test in camera iperbarica</b>	17
<b>7. Test del prototipo al porto di Cefalù</b>	18
<b>8. Campagna di test sul Marsili</b>	18
<b>9. Sviluppi futuri: implementazione di un sistema di comunicazione bidirezionale per OBS/He</b>	22
<b>Ringraziamenti</b>	22
<b>Bibliografia</b>	22

**Coordinamento editoriale e impaginazione**

Centro Editoriale Nazionale | INGV

**Progetto grafico e redazionale**

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2008 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**