

# Rapporti tecnici

## INGV

**Procedura di posizionamento  
dell'OBS/H sul fondo del mare  
mediante triangolazione con  
transponder acustico**

# 90



## **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](mailto:redazionecen@ingv.it)



# Rapporti tecnici INGV

## **PROCEDURA DI POSIZIONAMENTO DELL'OBS/H SUL FONDO DEL MARE MEDIANTE TRIANGOLAZIONE CON TRANSPONDER ACUSTICO**

Giorgio Mangano, Giuseppe D'Anna

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti, OBS Lab. Gibilmanna)

# 90



## Indice

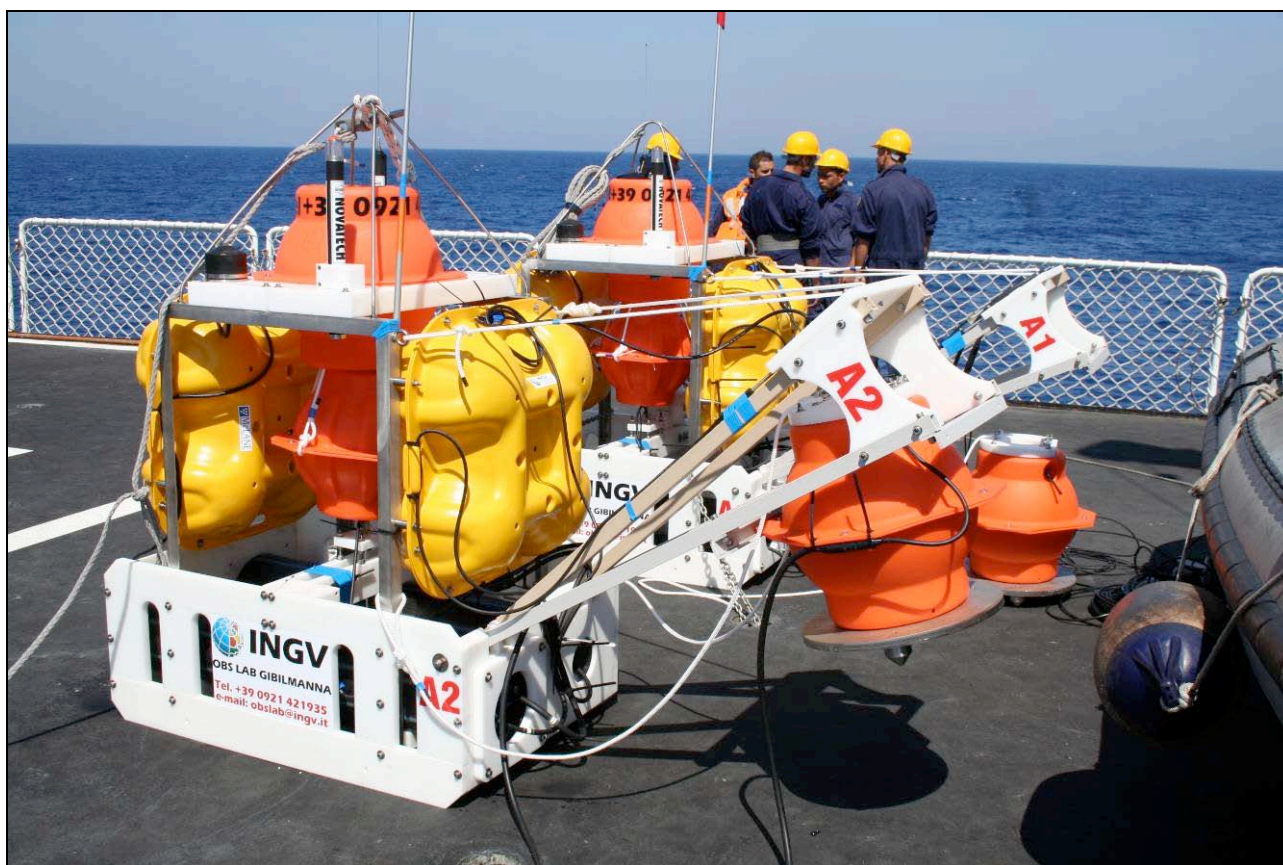
Introduzione.....	5
1. Descrizione della procedura di triangolazione .....	6
1.1 Layout dell'antenna GPS e del punto di immersione del transponder acustico .....	8
1.2 Calcolo delle coordinate del punto di immersione del transponder acustico .....	9
1.3 Soluzione del problema.....	10
2 Gli strumenti per la triangolazione.....	12
2.1 Il transponder acustico.....	12
3 Funzionalità del software .....	13



## Introduzione

Presso l'Osservatorio di Gibilmanna, unità funzionale del Centro Nazionale Terremoti, è stato realizzato un gruppo di sette OBS/H (*Ocean Bottom Seismometer with Hydrophone*), grazie alla convenzione stipulata tra l'INGV e il Dipartimento Nazionale della Protezione Civile. Questo primo gruppo di strumenti sarà utilizzato come rete mobile sottomarina e per lo studio di faglie e vulcani localizzati sul fondo del mare.

L'OBS/H (*Fig. 1*) viene deposto sul punto prefissato per caduta libera, sganciandolo da una gru posta a bordo dell'imbarcazione di supporto alla campagna ed è quindi soggetto ai moti delle correnti durante la sua discesa che avviene ad una velocità di circa 45 m/min. Questo rende indispensabile, non appena lo strumento abbia raggiunto il fondo, una procedura di localizzazione dello stesso per verificarne la posizione con la maggiore accuratezza possibile, ai fini di una corretta valutazione degli epicentri degli eventi registrati durante l'esperimento. Nei successivi paragrafi verrà descritta tale procedura e verrà illustrato il software realizzato.



**Figura 1.** L'OBS/H dell'INGV pronto per essere deposto in mare.

## 1. Descrizione della procedura di triangolazione

A bordo dell'OBS/H sono installati due diversi transponder acustici (*Fig. 2*), uno primario ed uno di scorta, in grado di sganciare la zavorra in risposta ad un comando inviato dall'unità di superficie. Essi inoltre, misurando l'intervallo di tempo che trascorre tra l'invio del segnale acustico dall'unità di superficie e la ricezione da parte della stessa della risposta dall'unità di fondo mare, nota la velocità del suono in acqua (impostata di default a 1500 m/s), sono in grado di fornire la distanza tra il transponder di superficie e quello a bordo dell'OBS/H sul fondo del mare, utilizzando la seguente formula:

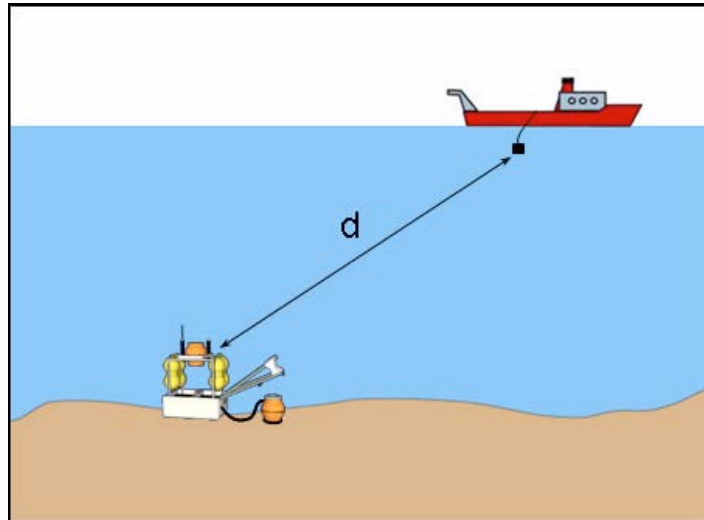
$$d = v \cdot \frac{t}{2} \quad (1.1)$$

dove  $d$  (*Fig. 3*) è la distanza tra il transponder da fondo mare (a bordo dell'OBS/H) e il transponder di superficie,  $v$  è la velocità del suono in acqua e  $t$  il tempo impiegato dal segnale per effettuare il tragitto di andata e ritorno dal trasduttore di superficie.



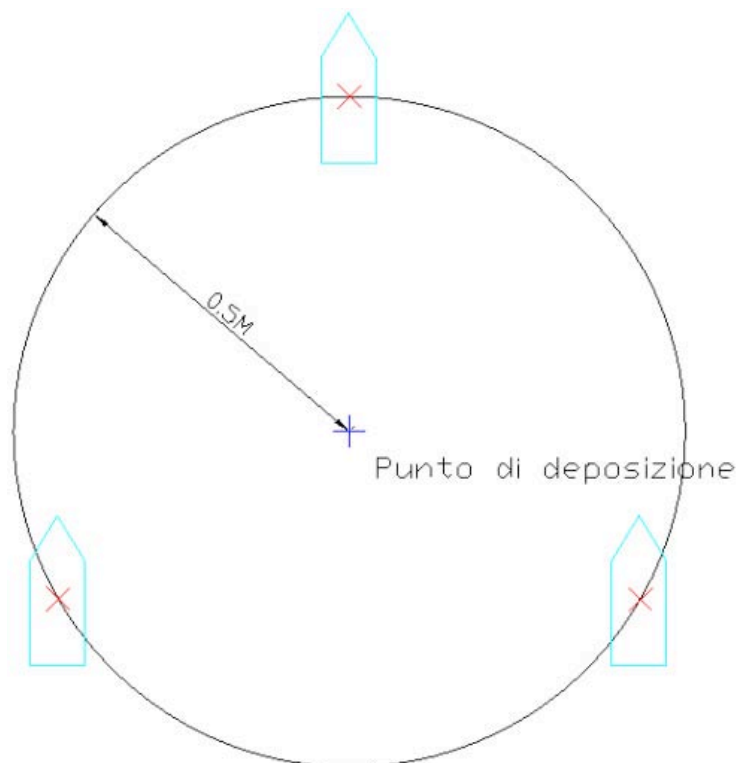
**Figura 2.** Transponder acustico: unità da fondo mare ed unità di superficie.





**Figura 3.** Distanza misurata dal transponder di superficie.

La procedura di localizzazione mediante triangolazione consiste nell'effettuare misure della distanza  $d$  da tre punti situati a  $120^\circ$  l'uno dall'altro su una circonferenza di raggio circa 0.5 miglia nautiche con centro nel punto di deposizione, come mostrato in *Fig. 4*.

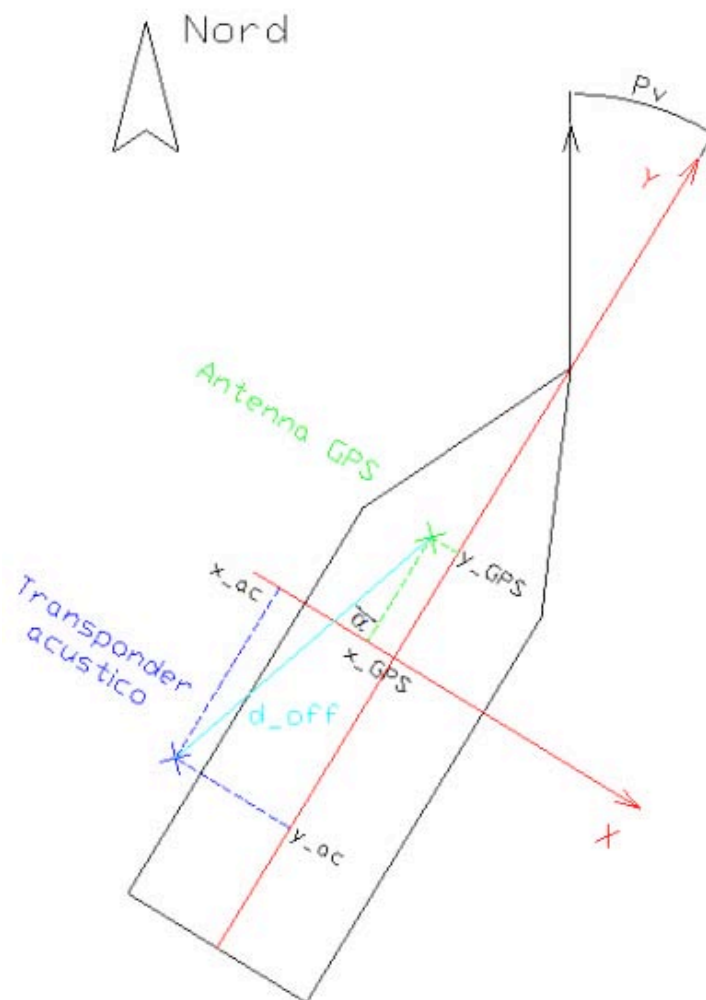


**Figura 4.** Disposizione dei punti di triangolazione.

## 1.1 Layout dell'antenna GPS e del punto di immersione del transponder acustico

Dati fondamentali nel calcolo della posizione dell'OBS sul fondo, sono le coordinate metriche UTM (Universal Transverse of Mercator) dei punti di immersione del transponder acustico durante le varie misure. Come vedremo in seguito, essi costituiscono i centri dei tre cerchi la cui intersezione rappresenta l'area in cui è stato localizzato l'OBS.

Le navi oceanografiche che permettono la deposizione di tali strumenti sono solitamente dotate di sistemi differenziali di posizionamento GPS (DGPS) che permettono di registrare la posizione con un errore di un paio di metri. Per una corretta valutazione della posizione del punto di immersione del transponder acustico è necessario tenere conto della posizione dell'antenna GPS a bordo della nave, rispetto al punto di interesse. Nel paragrafo successivo analizzeremo più in dettaglio la correzione da eseguire sulle coordinate registrate dal DGPS per ottenere le coordinate del punto di immersione del transponder acustico: in *Fig. 5* viene mostrato un ipotetico layout dell'antenna GPS e del punto d'immersione del transponder.



**Figura 5.** Layout antenna GPS e testa acustica.

## 1.2 Calcolo delle coordinate del punto di immersione del transponder acustico

Consideriamo note la latitudine e la longitudine in UTM registrate dal DGPS che denomineremo rispettivamente  $Lat_{GPS}$  e  $Long_{GPS}$ . È possibile calcolare la distanza tra l'antenna GPS e il punto di immersione del transponder acustico mediante la seguente espressione:

$$d_{off} = \sqrt{(x_{GPS} - x_{ac})^2 + (y_{GPS} - y_{ac})^2} \quad (1.2)$$

dove  $x_{GPS}, x_{ac}$  e  $y_{GPS}, y_{ac}$  sono le coordinate cartesiane dei punti di interesse rispetto ad un sistema di riferimento che ha origine nel punto medio dell'asse longitudinale dell'imbarcazione.

L'angolo  $\alpha$  tra l'asse longitudinale e il segmento  $d_{off}$  (distanza tra i punti considerati) espresso in radianti è pari a:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{|y_{GPS} - y_{ac}|}{d_{off}}\right) \quad (1.3)$$

e quindi nel caso esemplificato in *Fig. 5* (transponder acustico immerso in acqua dal lato sinistro dell'imbarcazione) l'angolo  $\gamma$  tra il segmento  $d_{off}$  e l'asse  $y$  è pari a:

$$\gamma = \pi + \alpha \quad (1.4)$$

Nel caso in cui il transponder venga immerso in acqua dal lato destro dell'imbarcazione, l'angolo  $\gamma$  sarà pari a:

$$\gamma = \pi - \alpha \quad (1.5)$$

È da considerare inoltre che l'imbarcazione durante le interrogazioni acustiche, manterrà una certa prua  $P_V$  rispetto al Nord; allora l'angolo tra il segmento  $d_{off}$  e il Nord sarà:

$$\beta = P_V + \gamma \quad (1.6)$$

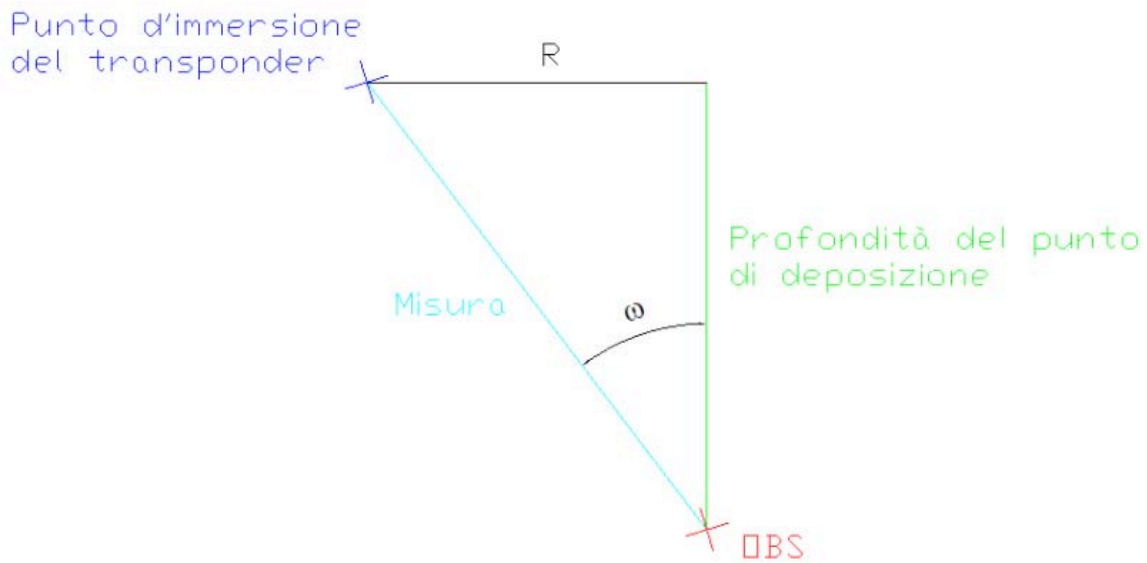
dove consideriamo  $P_V$  espresso in radianti.

Fatte tutte queste considerazioni è possibile calcolare latitudine e longitudine del punto d'immersione della testa acustica in acqua, che indicheremo con  $Lat_{ac}$  e  $Long_{ac}$ :

$$Lat_{ac} = Lat_{GPS} + d_{off} \cos \beta ; Long_{ac} = Long_{GPS} + d_{off} \sin \beta \quad (1.7)$$

### 1.3 Soluzione del problema

Prima di effettuare la deposizione di un OBS/H sul fondo del mare, è prassi analizzare il fondale nell'area d'interesse effettuando un survey con singlebeam o multibeam, per controllare che la zona non presenti pendenze importanti (non superiori al 5%) che renderebbero rischiosa la deposizione. Questo ci permette di fare l'ipotesi che la batimetria nel punto in cui è stato sganciato l'OBS/H dalla gru e quella nel punto in cui lo strumento si è adagiato sul fondo, è pressoché uguale. Fatta questa ipotesi, è possibile calcolare i tre raggi dei cerchi con centro nel punto d'immersione del transponder al momento di ciascuna misura, la cui intersezione delimita l'area in cui è stato localizzato l'OBS/H sul fondo.



**Figura 6.** Schema della triangolazione.

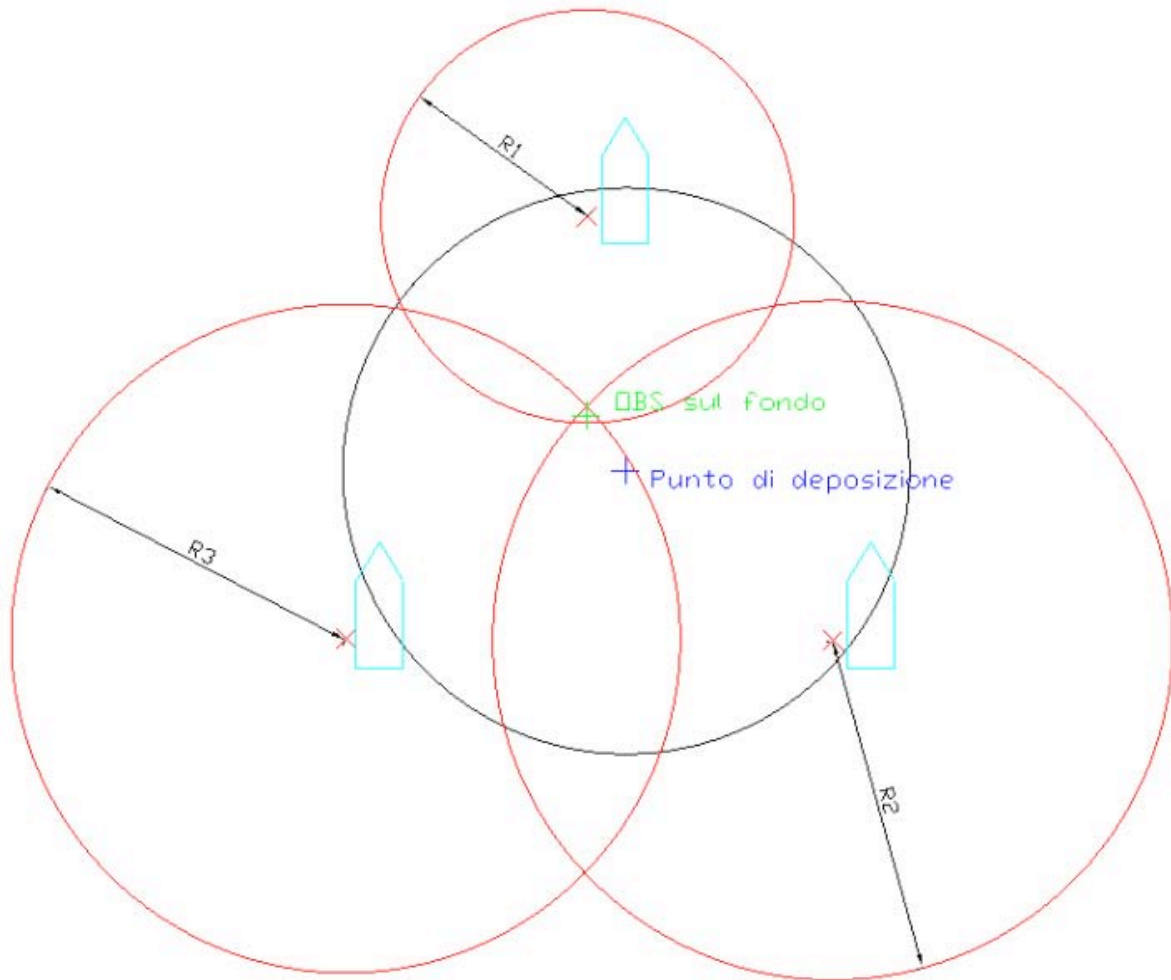
La Fig. 6 mostra lo schema di una triangolazione. L'angolo  $\omega$  è pari a:

$$\omega = \arccos\left(\frac{depth_{OBS}}{misura}\right) \quad (1.8)$$

in cui con  $depth_{OBS}$  si indica la profondità del fondale nel punto di deposizione dell'OBS/H rilevata grazie all'ecoscandaglio a bordo dell'imbarcazione e con  $misura$  la distanza rilevata mediante transponder acustico tra l'unità di superficie e quella a bordo dell'OBS/H. Il raggio della circonferenza è dunque calcolato mediante la seguente espressione:

$$R = depth_{OBS} \cdot \tan(\omega) \quad (1.9)$$

Eseguito il calcolo di  $R$  per ciascuno dei tre punti di triangolazione, si ottiene come intersezione di tre cerchi l'area in cui è localizzato l'OBS/H sul fondo (Fig. 7).



**Figura 7.** Soluzione grafica del problema.

## 2 Gli strumenti per la triangolazione

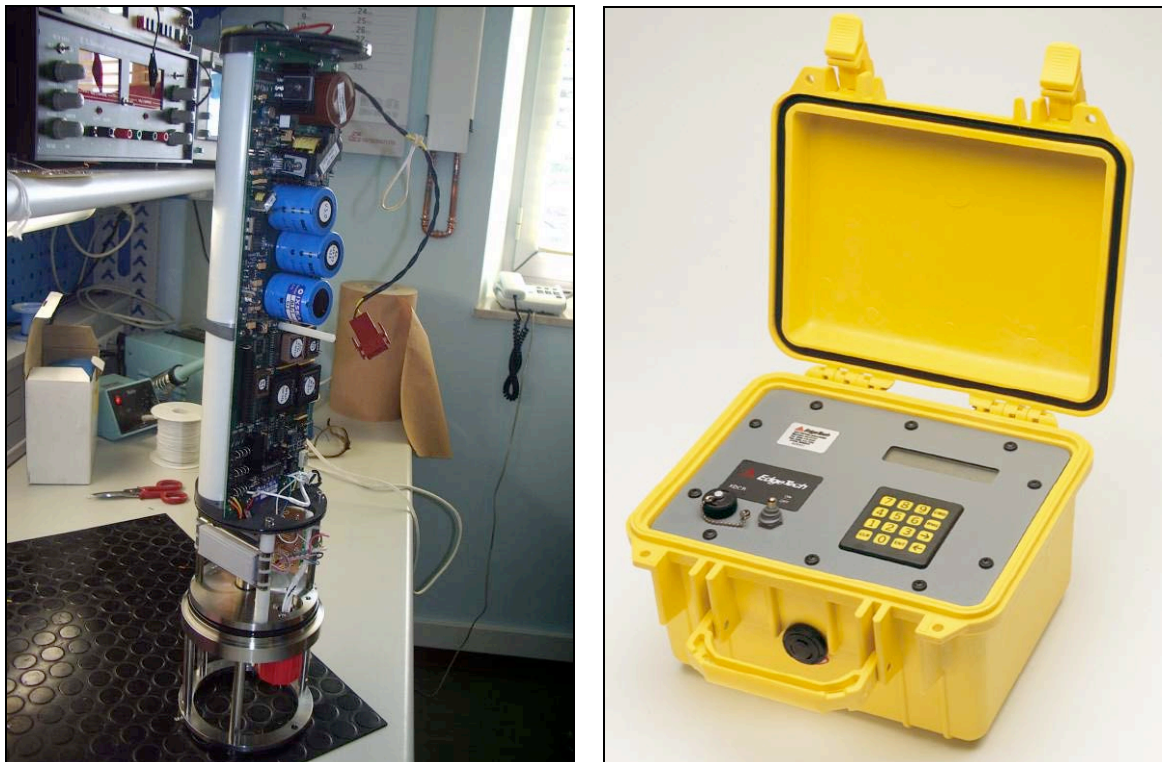
La triangolazione e il successivo calcolo dell'area in cui è localizzato l'OBS/H, sono effettuati utilizzando uno dei transponder acustici a bordo dell'OBS/H ed un software appositamente realizzato in Visual Basic.

### 2.1 Il transponder acustico

A bordo dell'OBS/H sono stati installati due sistemi di sgancio acustici che permettono di effettuare, oltre allo sgancio zavorra, anche la misura della distanza tra l'unità di superficie e l'OBS/H sul fondo. La *Fig 9.a* mostra l'elettronica dello sganciatore IXSEA AR861S-MR alloggiata all'interno di un contenitore in acciaio duplex. Esso è dotato di una propria unità di superficie, come mostrato in *Fig. 2*.

All'interno del canister dell'elettronica è invece alloggiata una scheda circolare della ditta ORE Offshore C980102, la cui unità di superficie è mostrata in *Fig. 9.b*.

Il trasduttore acustico dei due transponder opera in un range di frequenze comprese tra 8 – 20 kHz.



**Figura 9.** a) Sganciatore acustico IXSEA, b) unità di superficie ORE Offshore.

### 3 Funzionalità del software

L'algoritmo descritto nel primo capitolo è stato implementato su un programma realizzato in linguaggio Visual Basic.Net, del quale la Fig. 8 mostra la schermata principale.

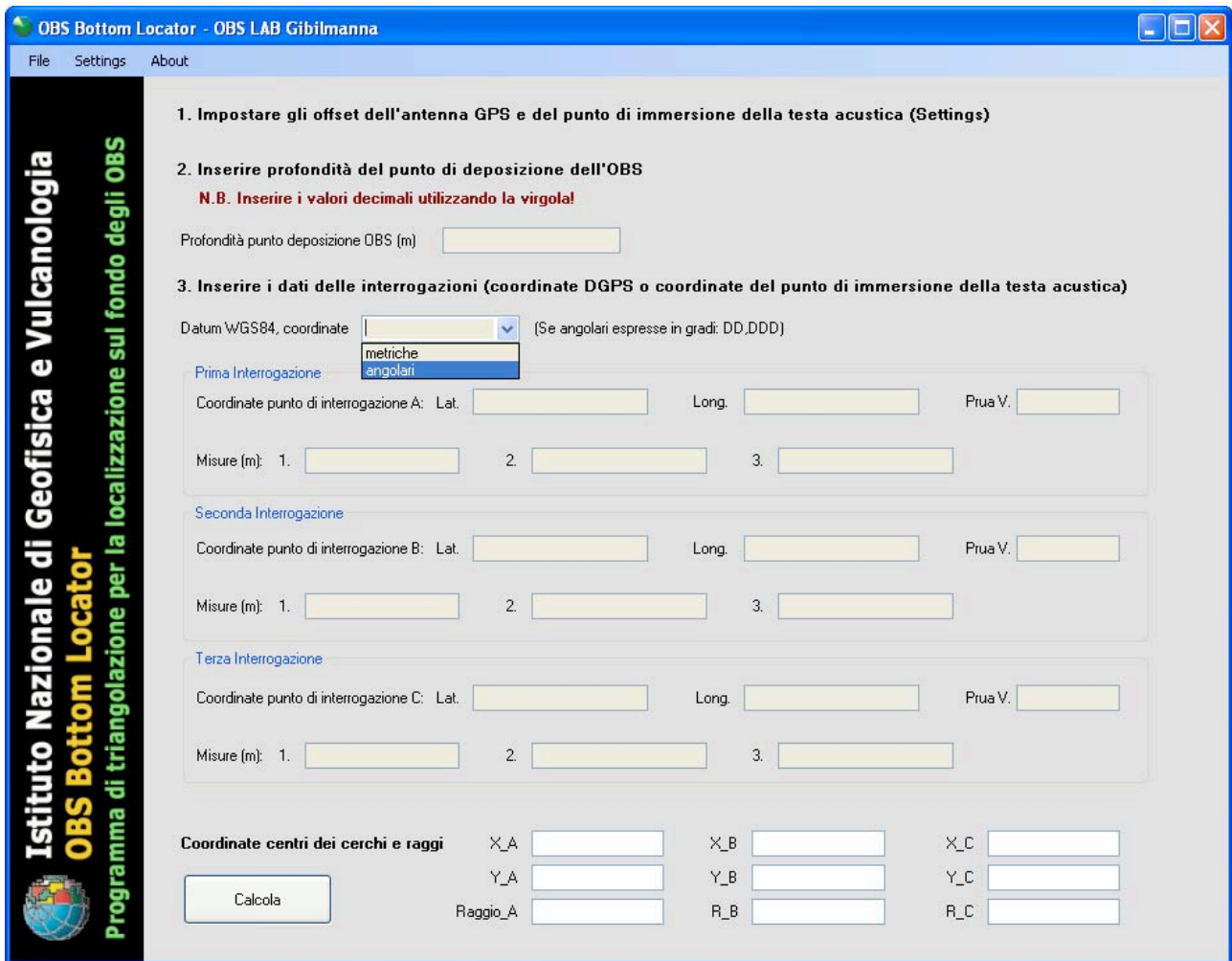
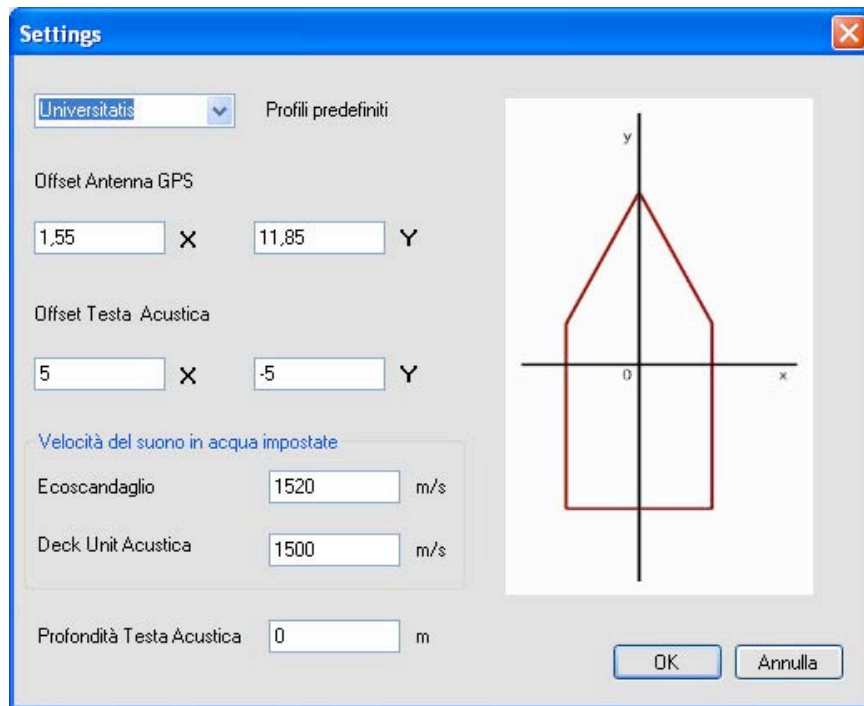


Figura 9. Software di triangolazione, schermata principale.

Nella maschera in figura, vanno inseriti i dati relativi alla batimetria nel punto di deposizione dell'OBS e quelli concernenti le interrogazioni con transponder acustico. Le coordinate di questi ultimi punti possono essere inserite o come coordinate geodetiche in gradi e decimi di grado, o direttamente come coordinate metriche UTM. Per ogni interrogazione è possibile inserire sino a tre misure; l'algoritmo implementato ne effettua una media.



**Figura 10.** Schermata delle impostazioni del software.

In *Fig. 10* la schermata che permette di impostare i layout dell'antenna GPS e del transponder acustico, la velocità del suono in acqua impostata sull'eoscandaglio di bordo e sull'unità di superficie del transponder acustico (informazioni utilizzate per uniformare le misure effettuate con ecoscandaglio dell'imbarcazione e transponder acustico) ed infine, la lunghezza del cavo con cui è immersa la testa acustica in acqua.

Il pulsante *Calcola* della schermata principale permette di ottenere le coordinate metriche dei centri dei tre cerchi ed i rispettivi raggi. La funzione *Esporta* del menu *File* permette di generare uno script Autocad che se eseguito disegna automaticamente i tre cerchi, rendendo così possibile la localizzazione dell'OBS sul fondo.

I dati inseriti sia sulla schermata principale che in quella dei *Settings* possono essere salvati su un file di testo per essere richiamati successivamente.



## **Bibliografia**

- 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.
- D'Anna, G., Mangano, G., D'Alessandro, A., D'Anna, R., Passafiume, G., Speciale, S., Amato, A., (2008). *Il nuovo OBS/H dell'INGV*, Quaderni di Geofisica, n° 65, ISSN: 1590-2595 - In Press.
- Dutch, S., (2003). Converting UTM to Latitude and Longitude (Or Vice Versa). <http://www.uwgb.edu/dutchs/UsefulData/UTMFormulas.htm>.
- Ixsea, (2004). AR861S-MR Motor Remote, User manual. Issue 5, March 2004.
- Ixsea, (2005). TT801, User manual. MU-TT801-AN Ed. 5.2, June 2005.
- Ore Offshore. Model 8011M Acoustic Deck Unit Transceiver, User Manual.



**Coordinamento editoriale e impaginazione**

Centro Editoriale Nazionale | INGV

**Progetto grafico e redazionale**

Laboratorio Grafica e Immagini | INGV Roma

© 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**