

Rapporto sulle indagini gravimetriche, magnetometriche, batimetriche durante la crociera PANSTR10 con R/V *Urania*: Panarea e Stromboli, Isole Eolie, 2010-02-05 - 2010-02-15.

G. Bortoluzzi¹, F. Del Bianco¹, V. Maselli¹, F. Riminucci¹,
C. Carmisciano², L. Cocchi², F. Muccini², R. Vagni²,
M. Cuffaro³, C. Palmiotto³, V. Rossi³, I. Cattafi⁴
G. D'Anna⁵, G. Mangano⁵, S. Rapisarda⁵, S. Speciale⁵

¹ CNR, Istituto di Scienze Marine, Italy

² INGV, La Spezia, Italy,

³ University "La Sapienza" Roma, Italy

⁴ IIM, Genova, Italy

⁵ INGV, CNT, Gibilmanna, Italy

Ricevuto: Febbraio 2010 / Accettato: April 2010 / versione PDF

SUMMARY

Vengono presentate le attività ed i risultati preliminari della crociera PANSTR10 con R/V *Urania*, le cui attività principali previste erano la acquisizione ad alta risoluzione di dati gravimetrici e magnetometrici del complesso Panarea-Stromboli. Oltre a questo, si sono ottenuti dati batimetrici multibeam e calate CTD, e sono stati deposti 5 OBS, a N di Alicudi e sull'allineamento Stromboli-Marsili, con lo scopo di ottenere dati di sismica attiva e passiva negli archi Eolico e Calabro.

Key words: Gravimetria – Magnetometria – Batimetria – Tettonica – Vulcanesimo – Isole Eolie – Stromboli – Panarea – Mar Tirreno

PREFAZIONE

La sezione 1 fornisce informazione introduttive e di base, incluse le metodologie tecniche e scientifiche relative alla organizzazione e esecuzione dei lavori. La sezione 2 fornisce dati tecnici relativi alla acquisizione ed elaborazione dati. Le sezioni 3 e 4 discutono alcuni risultati preliminari, le procedure di elaborazione in corso, e forniscono alcune note conclusive. Sommario di Crociera (tabella A1), Diario delle Operazioni (tabella A4), acronimi (tabella A2) e altri dati e procedure relative alla crociera e alla produzione di questo Rapporto, oltre a ulteriori dettagli tecnici e dati sono presentati in Appendice.

1 INTRODUZIONE E INQUADRAMENTO

Dalla fine 2002, dopo la crisi esaltativa del 2 novembre, ISMAR e INGV hanno eseguito studi del complesso vulcanico di Panarea (Anzidei et al. 2005; Cocchi et al. 2008). La Crociera PANSTR10 è stata pianificata per completare la acquisizione di dati magnetometrici e gravimetrici ad alta risoluzione, del complesso di Panarea, includendovi anche quello di Stromboli.

Il retroarco vulcanico Eoliano (Fig. 1) comprende sette isole maggiori (Alicudi, Filicudi, Salina, Lipari, Vulcano, Panarea and Stromboli) e diversi apparati sottomarini ed è formato dalla convergenza delle placche africana ed eurasiatica e dalla subduzione e ritiro verso SE della litosfera ionica (Barberi et al. 1973; Doglioni 1991, 1994;

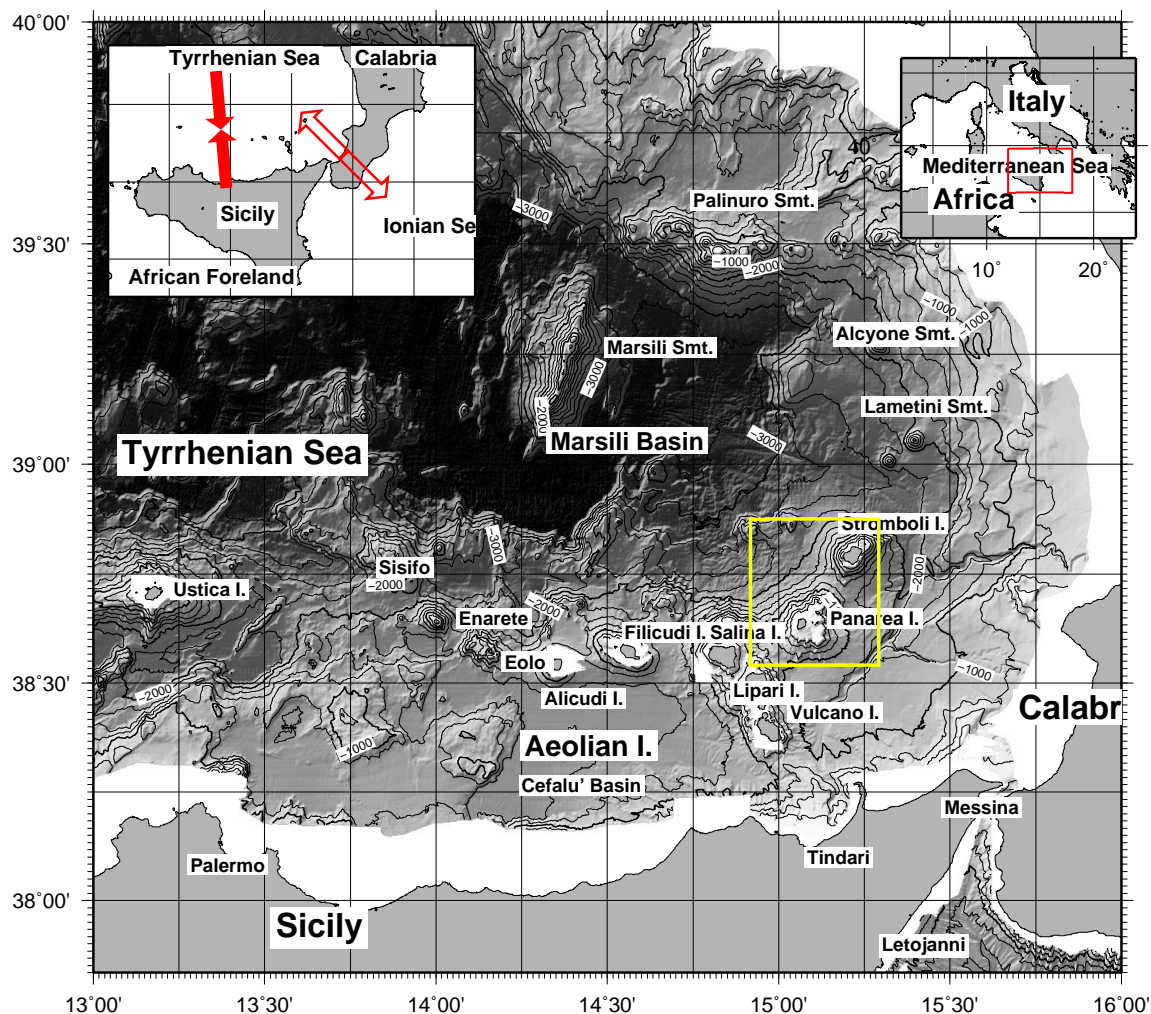


Figure 1. Morfologia del Tirreno Meridionale (dai batimetrici da (Marani et al. 2004)). Il riquadro giallo indica la localizzazione della area studiata. The yellow box indicates the location of the study area. Il riquadro in alto a sinistra e' uno schema strutturale da Neri et al. (2003), D'Agostino & Selvaggi (2004), e Billi et al. (2006)

Carminati et al. 1998; Argnani 2000). Esso puo' essere suddiviso nei tre settori Occidentale, Centrale e Orientale (De Astis et al. 2003), caratterizzati da differente evoluzione strutturale e tettonica, vale a dire compressione a O, faglie normali, trascorrenti ed estensionali al Centro e a E.

L'Isola di Panarea e' la porzione emersa di uno stratovulcano alto piu' di 2000 m e lungo circa 20 Km (Gabbianelli et al. 1993; Gamberi et al. 1997; Calanchi et al. 2002). A E di Panarea, e' presente un gruppo di isolotti (Basiluzzo, Dattilo, Panarelli, Lisca Bianca, Bottaro, Lisca Nera and Formiche). Panarea e' considerata inattiva, tuttavia Gamberi et al. (1997) mostra possibili emissioni di materiali vulcanici recenti nei pressi di Basiluzzo; le linee di deformazione attuali sono per lo piu' relative a faglie a direzione NE-SW (Lucchi et al. 2007).

Il rilascio esplosivo di gas del 2002-11-03 a E di Panarea, nei pressi degli isolotti Bottaro e Lische, in una area nota storicamente per attivita' di

tipo effusivo (Italiano & Nuccio 1991), e' stato in grado di generare e sostenere nel tempo colonne di gas emergenti in superficie dal fondo a circa 15-20 m di profondita'. Diversi punti di emissione sono stati individuati da sub, ROV, indagini batimetriche (Anzidei et al. 2005; Esposito et al. 2006; Aliani et al. 2010). Il piu' impressionante di questi e' stato a SW di Bottaro (PEG1, Fig. 2 and 3), dove il gas sgorgava violentemente da una depressione ellittica a -15 m. Un pennacchio di sedimento sospeso, prodotto dalla esplosione e collasso del fondo marino, e' rimasto visibile per giorni. Diversi autori hanno discusso tale fenomeno alla luce di problemi di monitoraggio e sorveglianza vulcanica, e di possibili connessioni tettoniche regionali (Heinicke et al. 2009; Acocella et al. 2009; Walter et al. 2009).

Stromboli e' una isola vulcanica lunga 45 km situata nella porzione NE dell'arco Eoliano. Essa poggia sulla crosta assottigliata del margine Tirrenico Sudorientale, e la sismicita' profonda mostra

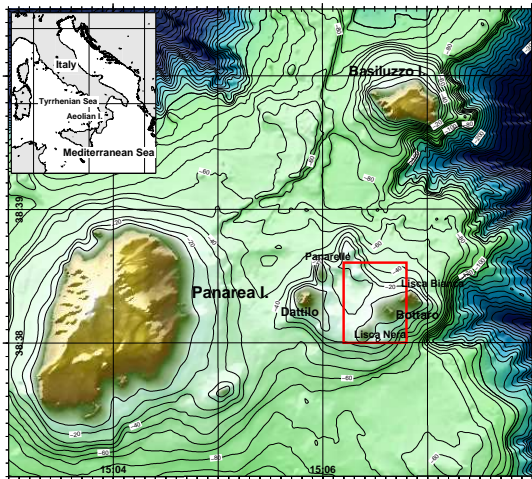


Figure 2. Isola di Panarea e Isolotti.

ipocentri a profondita' di 250-200 km. La crosta continentale, sulla quale poggiano le Isole Eolie, si assottiglia verso il centro del Bacino Tirrenico, e ha uno spessore crostale di circa 18 km sotto l'isola (?). Una zona regionale di debolezza crostale controlla l'impianto di magma e la evoluzione vulcanotettonica della cintura di Panarea e Stromboli (Lanzafame & Rossi 1984; Zanchi & Francalanci 1989; Gabbianelli et al. 1993; Bosman et al. 2009).

Le eta' dei prodotti piu' antichi sono stati trovati esser di 100 ka per Stromboli e 250 ka per il dicco vulcanico di Strombolicchio (Gillot & Keller 1993), resto di un piu' antico ed eroso edificio vulcanico (Okuma et al. 2009; Bosman et al. 2009). La evoluzione di Stromboli presenta fasi costruttive e distruttive; l'ultimo collasso del fianco NW, probabilmente alcune migliaia di anni fa, ha generato una zona scavata sottomarina (Sciara del Fuoco), che e' stata sede della frana sottomarina e relativo *tsunami* del 2002-21-29 durante una violenta fase eruttiva (Chiocci et al. 2008b,a; Bosman et al. 2009).

Stromboli e Panarea sono anche stati studiati con sismica a rifrazione e riflessione (Marsella et al. 2006; Castellano et al. 2008; Bortoluzzi et al. 2007). Si e' anche pianificato il posizionamento di un OBS per ripetere l'esperimento del 2006 (Paltrinieri et al. 2006) sulla cima del Marsili (Marani & Trua 2002; Cocchi et al. 2009; Caratori Tontini et al. 2010). Ulteriori 4 OBS erano previsti essere deposti a N dell'Isola di Alicudi e sull'allineamento SE Stromboli e NW Marsili, alla luce della campagna di sismica profonda rifrazione e riflessione con R/V Sarmiento de Gamboa e R/V Urania nell'ambito del progetto Spagnolo-tedesco-italiano MEDOC per lo studio del Mar Tirreno.

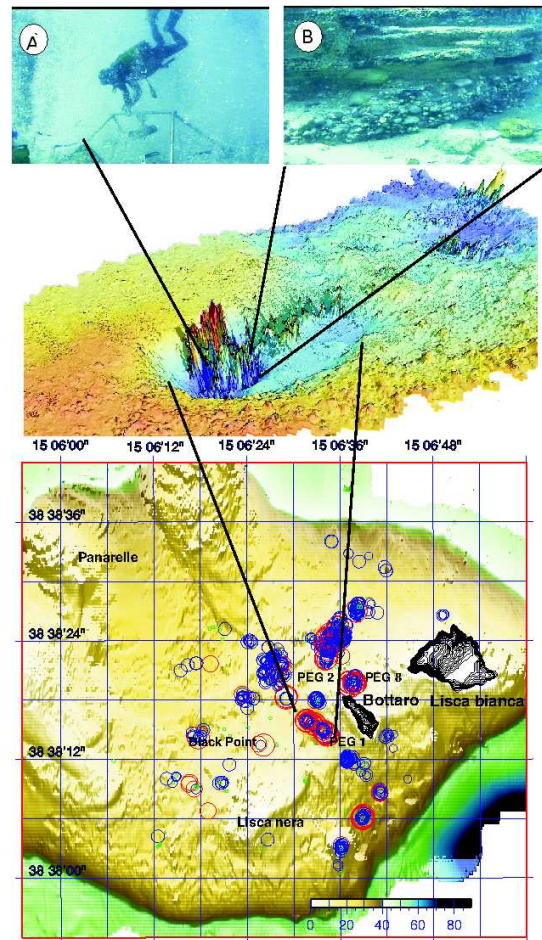


Figure 3. Emissioni gassose presso Bottaro (modificato da (Aliani et al. 2010)). I pannelli in alto mostrano il gas dal fondo a SW di Bottaro (PEG1). Batimetria e localizzazioni da (Anzidei et al. 2005).

1.1 Inquadramento oceanografico

Il Mar Tirreno scambia con le altre zone del MAR MEDiterraneo attraverso il Canale di Sardegna, il Canale di Sicilia e il Canale di Corsica, che rappresentano soglie morfologiche per la circolazione delle acque intermedie e profonde (Millot 1987; Astraldi & Gasparini 1994; Sparnocchia et al. 1999; Astraldi et al. 2001). L'acqua di superficie (0-200) che entra nel Tirreno attraverso il Canale di Sardegna e' l'acqua Atlantica Modificata (MAW) trasportata dalla corrente Algerina (AC). La MAW e' caratterizzata da salinita' relativamente bassa (in media inferiore a 38 PSU), e fluisce ciclonicamente lungo la costa Italiana. Attraverso lo stretto di Sicilia, a profondita' da circa 200 m a 700m, il bacino riceve la Acqua LEvantina Intermedia (LIW), che e' marcata da un massimo subsuperficiale di temperatura e da salinita' piu' alta (in media 38.8 PSU), e si mescola con la MAW in superficie e con le masse d'acqua piu' profonde. Dalla profondita' di 700 m al fondo e' presente la Acqua prodonda Tirrenica



Figure 4. R/V *Urania*.

(TDW), essendo il risultato della modificazione della Acqua Profonda Mediterranea Occidentale (WMDW) che fluisce dal Canale di Sardegna. La circolazione tirrenica e' caratterizzata da due rotazioni cicloniche nei bacini a Sud e Nord, e vortici anticlonici nel bacino Centrale. Strutture a scalino (Zodiatis & Gasparini 1995) sono presenti nella TDW.

2 MATERIALI E METODI

La campagna e' stata fatta con la R/V *Urania* (Fig. 4), 61 m, della societa' SO.PRO.MAR. e data in 'leasing' di lungo periodo al CNR. La nave e' utilizzata normalmente per indagini geologiche, geofisiche, oceanografiche nel Mar Mediterraneo a bacini prospicienti, fra cui L'oceano Atlantico, il Mar Nero, Il Mar Rosso.

R/V *Urania* e' equipaggiata con sistema di posizionamento DGPS di FUGRO, scandagli bimetrisi singolo e multifascio, oltre a sistemi integrati di raccolta dati geo fisici (fra cui CHIRP SBP, ADCP) e di campionamento del fondo mare. Ulteriore strumentazione puo' essere installata in chiglia o trainata.

2.1 NAVIGAZIONE, CHIRP SBP

Gli 'offsets' strumentali sono presentati in Tabella ?? e in Fig.??.

MAGNETOMETRIA, GRAVIMETRIA

E' stato utilizzato un Magnetometro Seaspys della Marine Magnetics, trainato a 180 m sul lato sinistro della poppa. I dati sono stati acquisiti con il software di Marine Magnetics Seaspys. Durante la acquisizione e' stato generato un DTM dei dati di anomalia IGRF2010, continuamente aggiornato, allo scopo di pianificazione in tempo reale.

Un gravimetro Lacoste S-54 (modello 'Airsea System II') ha acquisito i dati di gravimetria. Il sistema e' stato installa vicino al centro di gravita' della nave. A Messina e' stato fatta una misura assoluta in banchina.

| POSITION | ACROSS | ALONG | HEIGHT |
|-----------|--------|--------|--------|
| REF.POINT | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| DGPS | 1.64 | 14.30 | 14.18 |
| MBEAM | 0.00 | 14.36 | -4.96 |
| MAHRS | 0.00 | 0.0 | -3.40 |
| DESO | 5.50 | -1.85 | -3.80 |
| CHIRP | -1.0 | 11.80 | -4.00 |
| A-FRAME | 6.5 | -6.70 | 0.0 |
| STERN | 0.00 | -30.60 | 0.00 |
| MAGNETOM. | -5.50 | -210 | 0.0 |
| DGPSGRAV | 0.0 | -4.0 | 10.0 |
| GRAV | -1.0 | -1.0 | 0.0 |

Table 1. Offsets strumentali, PDS2000 R/V *Urania*. La antenna GPS (sistema primario di posizionamento) e' nel punto DGPS.

| POSITION | ACROSS | ALONG | HEIGHT |
|-------------|---------|---------|---------|
| REF. POINT | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SEAPATH_GPS | -4.039 | 0.163 | -18.211 |
| MRU | -0.341 | -1.342 | -1.596 |
| MBEAM_TX | 0.0936 | 10.2964 | 5.0623 |
| MBEAM_RX | -0.0031 | 11.0144 | 5.0600 |
| SEALEVEL | 0 | 0 | -0.0875 |

Table 2. Offsets strumentali, EM-710 R/V *Urania*. La antenna DGPS (sistema primario di posizionamento) e' nel punto SEAPATH_GPS.

| LON | LAT | STA | DATE TIME |
|----------|----------|-----|---------------------|
| 1459.700 | 3832.517 | 01 | 06/02/2010 05.14.18 |
| 1504.836 | 3842.708 | 02 | 08/02/2010 08.39.02 |
| 1510.349 | 3854.976 | 03 | 09/02/2010 07.37.13 |
| 1421.908 | 3917.530 | 05 | 14/02/2010 13:41:14 |

Table 3. Posizionamento stazioni CTD. Lat/lon data espresse come DDMM.xxxx. Orari UTC.



Figure 5. Un OBS INGV pronto al lancio, PANSTR10, R/V *Urania*.

| LON LAT | UTM33 | OBS | DATA ORA |
|-------------------|----------------|-----|---------------------|
| 1527.006 3840.008 | 539157 4279898 | A4 | 2010-02-05T18.07.34 |
| 1420.089 3852.996 | 442306 4304032 | A2 | 2010-02-06T00.36.41 |
| 1447.115 3901.971 | 481413 4320443 | A5 | 2010-02-14T09.42.02 |
| 1423.601 3916.401 | 447672 4347287 | A7 | 2010-02-14T14.33.46 |
| 1359.991 3929.997 | 414008 4372737 | A6 | 2010-02-14T17.50.17 |

Table 4. Posizioni dei lanci OBS. Lat/lon data espresse come DDMM.xxxx. Time is UTC.

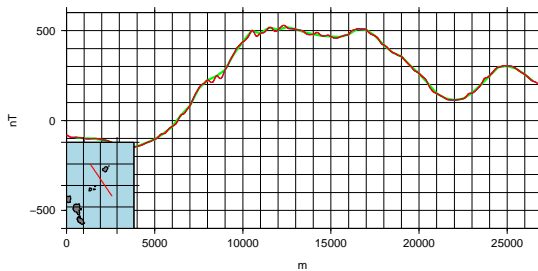


Figure 6. Profilo Magnetometrico Sintetico ottenuto campionando una griglia GMT, PANSTR10, R/V Urania.

OBS

Un numero di 5 OBS di progettazione INGV-CNT-OBS (D'Anna et al. 2007, 2008; D'Alessandro et al. 2009) sono stati deposti sul fondo mare (Figs. 5 and ??). La tabella 4 mostra posizione e data di lancio. Le tabelle A5 e A6 in Appendice mostrano le caratteristiche e regolazioni. La Fig. A2 mostra il posizionamento.

CARTOGRAFIA E MISCELLANEA

Il datum WGS84 e la proiezione UTM, zona 33N, e' stato usato per navigazione e acquisizione dati. L'ora e' UTC. Mappe e immagini batimetriche e magnetometriche sono state prodotte con il software GMT (Wessel & Smith 1998). Foto e video sono state ottenute con macchine digitali.

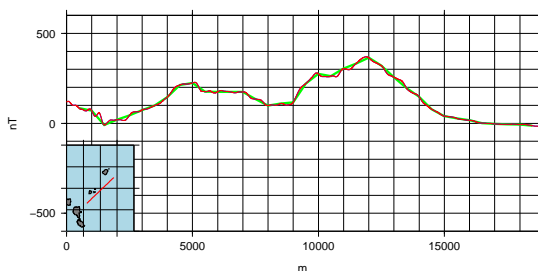


Figure 7. Profilo Magnetometrico Sintetico ottenuto campionando una griglia GMT, PANSTR10, R/V Urania.

3 RISULTATI INIZIALI

GRAVIMETRIA, MAGNETOMETRIA, BATIMETRIA

Durante la crociera PANSTR10, sono state acquisiti dati ad alta risoluzione di magnetometria e gravimetria lungo linee orientate principalmente N-S e spaziate di 500m. Nella vicinanza delle isole, le linee si sono anche raffittite, arrivando anche a spaziature di 250. In particolare, la acquisizione dei dati magnetici e' stata controllata per ogni linea acquisita, plottando i risultati su una griglia di 180m, al fine di verificare la copertura regolare dei dati. Le figure 6 e 7 mostrano profili ottenuti campionando la griglia.

OBS

Un numero di 4 OBS sono stati posizionati sull'allineamento Stromboli-Marsili (uno di questi poco sotto la cima del vulcano, per monitorarne la attivita'). L'ultimo OBS e' stato deposto a N di Alicudi, al fine di ottenere migliori meccanismi focali nel settore Eoliano Occidentale. Questi OBS sono stati posizionati in previsione della campagna MEDOC di Aprile 2010 di sismica a rifrazione/riflessione (120 L, scoppi ogni 90 s) lungo linee E-O a N del traverso Sardegna-Salerno (Ranero, Zitellini et al., rapporto di crociera in preparazione). Durante la linea a 40 N, le stazioni INGV localizzate a Lipari, Ustica e Alicudi, sono state in grado di ricevere segnali, per cui possiamo dirci confidenti che anche gli OBS sono stati illuminati dagli scoppi (figure A5, A6 and A7 all'Appendice C).

Fra gli altri, l'OBS A7 (Fig. A4 e' stato installato nella depressione (~ 785-790 m) poco sotto la sommita' del Marsili, ~ 60 m a NNE della precedente localizzazione durante la crociera MRS06 Paltrinieri et al. (2006).

Dati CTD

La figura A3 mostra i dati CTD acquisiti durante la crociera PANSTR10.

4 CONCLUSIONI

Durante gli 11 giorni della crociera PANSTR10, inclusi transiti e porti sono stati ottenuti:

- copertura ad alta risoluzione (250-500m) di dati gravimetrici e magnetometrici nella zona di Panarea e Stromboli,

- dati batimetrici multifascio,
- deposizione di 5 OBS.

L'analisi dei dati e' in corso e durerà per i prossimi mesi. La crociera PANSTR10 contribuirà alla conoscenza dello stile strutturale e dei processi tettonici dell'Arco Eoliano Orientale.

Gli OBS deposti saranno utili allo studio della sismicità del Tirreno Meridionale, oltre alla migliore definizione della geologia regionale.

Non ci sono da riportare problemi a personale, cose o all'ambiente.

ACKNOWLEDGMENTS

Si ringrazia il comandante e l'equipaggio della R/V *Urania* per la professionalità e collaborazione.

REFERENCES

- Acocella, V., Neri, M., & Walter, T. R., 2009. Structural features of Panarea volcano in the frame of the Aeolian Arc (Italy): Implications for the 2002-2003 unrest, *J. Geodyn.*, **47**(5), 288–292.
- Aliani, S., G.Bortoluzzi, Caramanna, G., & Raffa, F., 2010. Seawater dynamics and environmental settings after november 2002 gas eruption off Botarò (Panarea, Aeolian Islands, Mediterranean Sea), *Cont. Shelf Res.*, **in press**.
- Anzidei, M., Esposito, A., Bortoluzzi, G., & Degiosa, F., 2005. The high resolution map of the exhalative area of Panarea (Aeolian Is., Italy), *Ann. Geophys.*, **48**(6), 899–921.
- Argnani, A., 2000. The Southern Tyrrhenian Subduction System: Recent Evolution and Neotectonic Implications, *Ann. Geophys.*, **43**(3), 585–607.
- Astraldi, M. & Gasparini, G. P., 1994. The seasonal Characteristics of the Circulation in the Tyrrhenian Sea, in *Seasonal and Interannual Variability of the Western Mediterranean Sea*, vol. 46, pp. 115–134, ed. La Violette, P. E., Am. Geophys. Union.
- Astraldi, M., Gasparini, G., Gervasio, L., & Salusti, E., 2001. Dense Water Dynamics along the Strait of Sicily (Mediterranean Sea), *J. Phys. Oceanogr.*, **31**(12), 3457–3475.
- Barberi, F., Gasparini, P., Innocenti, F., & Villari, L., 1973. Volcanism of the Southern Tyrrhenian Sea and its geodynamic implications, *J. Geophys. Res.*, **78**(23), 5221–5232.
- Billi, A., Barberi, G., Faccenna, C., Neri, G., Pepe, F., & Sulli, A., 2006. Tectonics and seismicity of the Tindari Fault System, southern Italy: Crustal deformations at the transition between ongoing contractional and extensional domains located above the edge of a subducting slab, *Tectonics*, **25**(TC2006).
- Bortoluzzi, G., Ligi, M., Cuffaro, M., D'Oriano, F., Ferrante, V., Partescano, E., Redini, F., Remia, A., Riminucci, F., Romagnoli, C., Casalbore, D., D'Anna, G., Mangano, G., Speciale, S., Manni, M., Platania, P., Rapisarda, S., Caratori Tontini, F., Cocchi, L., Sgroi, T., Brancatelli, G., & Meton, G., 2007. Rapporto preliminare sulle indagini di sismica a riflessione e rifrazione, morfobatimetriche e magnetometriche nel complesso dell'isola di Panarea (Eolie, Tirreno Meridionale). Crociera Pana.07 Con La N/O *Urania* (01/09-Agosto-2007), Tech. rep., ISMAR-Bologna.
- Bosman, A., Chiocci, F., & Romagnoli, C., 2009. Morpho-structural setting of Stromboli volcano revealed by high-resolution bathymetry and backscatter data of its submarine portions, *Bull. Volcanol.*, **71**(9), 1007–1019.
- Calanchi, N., Peccerillo, A., Tranne, C., Lucchini, F., Rossi, P. L., Kempton, P., Barbieri, W., & Woo, T. W., 2002. Petrology and geochemistry of volcanic rocks from the island of Panarea: implications for mantle evolution beneath the Aeolian island arc (Southern Tyrrhenian sea), *J. Volcanol. Geoth. Res.*, **115**(3-4), 367–395.
- Caratori Tontini, F., Cocchi, L., Muccini, F., Carmisciano, C., Marani, M., Bonatti, E., Ligi, M., & Boschi, E., 2010. Potential-field modeling of collapse-prone submarine volcanoes in the southern Tyrrhenian Sea (Italy), *Geophys. Res. Lett.*, **37**, L03305.
- Carminati, E., Wortel, M. J. R., Spakman, W., & Sabadini, R., 1998. The role of slab detachment processes in the opening of the western-central Mediterranean basins: some geological and geophysical evidence, *Earth Planet. Sc. Lett.*, **160**(3-4), 651–665.
- Castellano, M., Augusti, V., De Cesare, W., Favali, P., Frugoni, F., Montuori, C., T.Sgroi, De Gori, P., Govoni, A., Moretti, M., Patane', D., Cocina, O., Zuccarello, L., Marsella, E., Aiello, G., Di Fiore, V., Ligi, M., Bortoluzzi, G., Ferrante, V., Marchetti, E., Lacanna, G., & Olivieri, G., 2008. Seismic tomography experiment at Italy's Stromboli volcano, *EOS Transaction*, **89**(30).
- Chiocci, F. L., Romagnoli, C., & Bosman, A., 2008a. Morphologic resilience and depositional processes due to the rapid evolution of the submerged Sciara del Fuoco (Stromboli Island) after the December 2002 submarine slide and tsunamis, *Geomorphology*, **100**(3-4), 356–365.
- Chiocci, F. L., Romagnoli, C., Tommasi, P., & Bosman, A., 2008b. The Stromboli 2002 tsunamigenic submarine slide: characteristics and possible failure mechanisms, *J. Geophys. Res.*, **113**, B10102.
- Cocchi, L., Caratori Tontini, F., Carmisciano, C., Stefanelli, P., Anzidei, M., Esposito, A., Del Negro, C., Greco, F., & Napoli, R., 2008. Looking inside the Panarea Island (Aeolian Archipelago, Italy) by gravity and magnetic data, *Ann. Geophys.*, **51**(1), 25–38.
- Cocchi, L., Caratori Tontini, F., Muccini, F., Marani, M. P., Bortoluzzi, G., & Carmisciano, C., 2009. Chronology of the transition from a spreading ridge to an accretional seamount in the Marsili backarc basin (Tyrrhenian Sea), *Terra Nova*, **21**(5), 369–374.
- D'Agostino, N. & 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.
- D'Alessandro, A., D'Anna, G., Luzio, D., & Mangano, G., 2009. The INGV's new OBS/H: Analysis of the signals recorded at the Marsili submarine volcano, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **183**, 17–29.
- D'Anna, G., Mangano, G., D'Alessandro, A., & Am-

- ato, A., 2007. The new INGV broadband OBS/H: test results on submarine volcano Marsili and future developments, *EGU, Geophysical Research Abstracts*, **9**, 06583.
- D'Anna, G., Mangano, G., D'Alessandro, A., D'Anna, R., Passafiume, G., & Speciale, S., 2008. First long time OBS campaign in the Ionian Sea, Tech. rep., INGV.
- De Astis, G., Ventura, G., & Vilardo, G., 2003. Geodynamic significance of the Aeolian volcanism (Southern Tyrrhenian Sea, Italy) in light of structural, seismological, and geochemical data, *Tectonics*, **22**(4), 1040.
- Doglioni, C., 1991. A proposal kinematic modelling for W-dipping subductions - possible applications to the Tyrrhenian-Apennine systems, *Terra Nova*, **3**, 423-434.
- Doglioni, C., 1994. Foredeeps versus subduction zones, *Geology*, **22**(3), 271-274.
- Esposito, A., Giordano, G., & Anzidei, M., 2006. The 2002-2003 submarine gas eruption at Panarea volcano Aeolian Islands, Italy: volcanology of the seafloor and implications for the hazard scenario, *Mar. Geol.*, **227**, 119-134.
- Gabbianelli, G., Romagnoli, C., Rossi, P., & Calanchi, N., 1993. Marine geology of the Panarea-Stromboli area (Aeolian Archipelago, Southeastern Tyrrhenian Sea), *Acta Vulcanol.*, **3**, 11-20.
- Gamberi, F., Marani, M., & Savelli, C., 1997. Tectonic, volcanic and hydrothermal features of a submarine portion of the Aeolian arc (Tyrrhenian Sea), *Mar. Geol.*, **140**, 167-181.
- Gillot, P. Y. & Keller, J., 1993. Radiochronological dating of Stromboli, *Acta Vulc.*, **3**, 69-77.
- Heinicke, J., Italiano, F., Maugeri, R., Merkel, B., Pohl, T., Schipek, M., & Braun, T., 2009. Evidence of tectonic control on active arc volcanism: The Panarea-Stromboli tectonic link inferred by submarine hydrothermal vents monitoring (Aeolian arc, Italy), *Geophys. Res. Lett.*, **36**, L04301.
- Italiano, F. & Nuccio, P. M., 1991. Geochemical investigations of submarine exhalations to the east of Panarea, Aeolian Islands, Italy, *J. Volcanol. Geoth. Res.*, **46**, 125-141.
- Lanzafame, G. & Rossi, P. L., 1984. Evidenze di attivita' tettonica recente a Panarea (Eolie): implicazioni vulcanologiche, *Geol. Romana*, **23**, 131-139.
- Lucchi, F., Tranne, C. A., Calanchi, N., & Rossi, P., 2007. Late Quaternary deformation history of the volcanic edifice of Panarea, Aeolian Arc, *Bull. Volcanol.*, **69**, 239-257.
- Marani, M. P. & Trua, T., 2002. Thermal constriction and slab tearing at the origin of a superinflated spreading ridge: Marsili volcano (Tyrrhenian Sea), *J. Geophys. Res.*, **107**(B9), 2188.
- Marani, M. P., Gamberi, F., Bortoluzzi, G., Carrara, G., Ligi, M., & Penitenti, D., 2004. Tyrrhenian sea bathymetry, in *From seafloor to deep mantle: architecture of the Tyrrhenian backarc basin*, vol. 44 of **Mem. Descr. Carta Geologica d'Italia**, eds Marani, M. P., Gamberi, F., & Bonatti, E., APAT.
- Marsella, E., Favali, P., Castellano, M., Aiello, G., Bortoluzzi, G., Di Fiore, V., Ligi, M., Sgroi, T., Frugoni, F., Patane', D., Passaro, S., Ruggieri, S., Ferrante, V., Scotto Di Vettimo, P., Iavarone, M., Mangano, G., Augusti, V., Ciampi, M., De Cesare, W., Rocca, M. L., Di Prima, S., Rapisarda, S., Zucarello, L., Platania, R., Contrafatto, D., Moretti, M., Govoni, A., Speciale, S., Marchetti, E., Lacanna, G., Ulivieri, G., Genco, R., Ilinskyi, D., & Rinke, N. R., 2006. The Stromboli Geophysical Experiment. Preliminary Report on Wide Angle Refraction Seismics and Morphobathymetry of Stromboli Island (Southern Tyrrhenian Sea, Italy) based on Integrated Offshore-Onshore Data Acquisition (Cruise Str06 R/V Urania), Tech. Rep. 102, ISMAR-CNR, projects.bo.ismar.cnr.it/CRUISE.REPORTS/2006/MRS06.REP.
- Millot, C., 1987. Circulation in the Western Mediterranean, *Oceanol. Acta*, **10**(2), 143-149.
- Neri, G., Barberi, G., Orecchio, B., & Mostaccio, A., 2003. Seismic strain and seismogenic stress regimes in the crust of the southern Tyrrhenian region, *Earth Planet. Sc. Lett.*, **213**, 97-112.
- Okuma, S., Stotter, C., Supper, R., Nakatsuka, T., Furukawa, R., & Motschka, K., 2009. Aeromagnetic constraints on the subsurface structure of Stromboli Volcano, Aeolian Islands, Italy, *Tectonophysics*, **478**(1-2), 19-33.
- Paltrinieri, D., Signanini, P., Viezzoli, C., Bortoluzzi, G., Di Sabatino, B., Madonna, R., Rainone, M. L., Caratori Tontini, F., Cocchi, L., D'Anna, F. M. G., Mangano, G., Cuoco, E., Calcara, M., Ferrante, V., Redini, F., Rovere, M., Rusi, S., Marino, A., Caso, C., Vitale, S., Iezzi, B., Tropea, F., & Siena, P., 2006. Report on The Morphobathymetric, Magnetometric, Gravimetric, Ctd Water and Bottom Sampling investigations during Cruise MRS06 aboard R/V Universitatis, Tech. rep., ISMAR-CNR, projects.bo.ismar.cnr.it/CRUISE.REPORTS/2006/.
- Sparnocchia, S., Gasparini, G. P., Astraldi, M., Borghini, M., & Pistek, P., 1999. Dynamics and mixing of the Eastern Mediterranean Outflow in the Tyrrhenian Basin, *J. Marine Systems*, **20**(1-4), 301-317.
- Walter, T. R., Wang, R., Acocella, V., Neri, M., Grosser, H., & Zschau, J., 2009. Simultaneous magma and gas eruptions at three volcanoes in southern Italy: an earthquake trigger?, *Geology*, **37**(3), 251-254.
- Wessel, P. & Smith, W. H. F., 1998. New, improved version of generic mapping tools released, *EOS Trans. Amer. Geophys. U.*, **79**(47), 579.
- Zanchi, A. & Francalanci, L., 1989. Analisi geologico-strutturale dell'isola di Stromboli: alcune considerazioni preliminari, *Boll. Gruppo Naz. Vulcanol.*, **2**, 1027-1044.
- Zodiatis, G. & Gasparini, G. P., 1995. Thermoaline staircase formations in the Tyrrhenian sea, *Deep Sea Research*, **43**(5), 655-678.

APPENDIX A: CRUISE SUMMARY

| | |
|---------------------|---|
| SHIP | R/V <i>Urania</i> |
| START | 2010-02-05 PORT: Messina |
| END | 2010-02-15 PORT: Napoli |
| SEA/OCEAN | Aeolian Islands, Tyrrhenian Sea, Mediterranean Sea |
| LIMITS | NORTH 39:30 SOUTH: 38:00 WEST: 14:00 EAST: 16:00 |
| OBJECTIVE | GRAVIMETRIC BATHYMETRIC MAPPING |
| COORDINATING BODIES | ISMAR-CNR |
| CHIEF OF EXPEDITION | Mr. Giovanni Bortoluzzi |
| CONTACT | G.Bortoluzzi at ismar.cnr.it |
| DISCIPLINES | GEOPHYSICS |
| WORK DONE | 2410 KM GRAVIMETRY, ~2000 KM MAGNETOMETRY, ~560 KM ² MULTIBEAM, ~1000 KM SBP, 5 CTD CASTS, 5 OBS DROPS |

Table A1. Cruise Summary.

| ACRONYM | DESCRIPTION | URL-email |
|--------------|---|--------------------------|
| CNR | Consiglio Nazionale Delle Ricerche | www.cnr.it |
| INGV | Ist.Nazionale Geofisica e Vulcanologia | www.ingv.it |
| ISMAR | Istituto di Scienze Marine | www.ismar.cnr.it |
| ISMAR-BO | ISMAR, Bologna | www.bo.ismar.cnr.it |
| IIM | Ist.Idrografico Marina | |
| PDS-2000 | RESON | www.reson.com/sw1738.asp |
| SBE | Sea Bird Electronics | www.seabird.com |
| SIPPICAN | Sippican Corp. | www.sippican.com |
| BENTHOS | Teledyne Benthos | www.benthos.com |
| SWAN-PRO | Communication Technology | www.comm-tec.com |
| GMT | Generic Mapping Tool | gmt.soest.hawaii.edu/gmt |
| MBES | Multibeam Echosounder System | |
| SBP | Sub Bottom Profiling | |
| SVP | Sound Velocity Profile | |
| CTD | Conductivity/Temperature/Depth | |
| MAW | Modified Atlantic Water | |
| LSW | Levantine Surface Water | |
| LIW | Levantine Intermediate Water | |
| CIW | Cretan Intermediate Water | |
| CDW | Cretan Deep Water (Involved recently in EMDW. Sometimes referred as CSOW). | |
| LDW | Levantine Deep Water (Formed in NW Levantine Basin). | |
| EMDW | Eastern Mediterranean Deep Water (Kept for historical reasons). | |
| EOW | Eastern Mediterranean Overflow Water (Sometimes called AIW or tEMDW at the Sicily channel). | |
| TDW | Tyrrhenian Deep Water | |
| WMDW | West Mediterranean Deep Water | |
| GPS-DGPS-RTK | Global Positioning System | samadhi.jpl.nasa.gov |
| DTM | Digital Terrain Model | en.wikipedia.org |

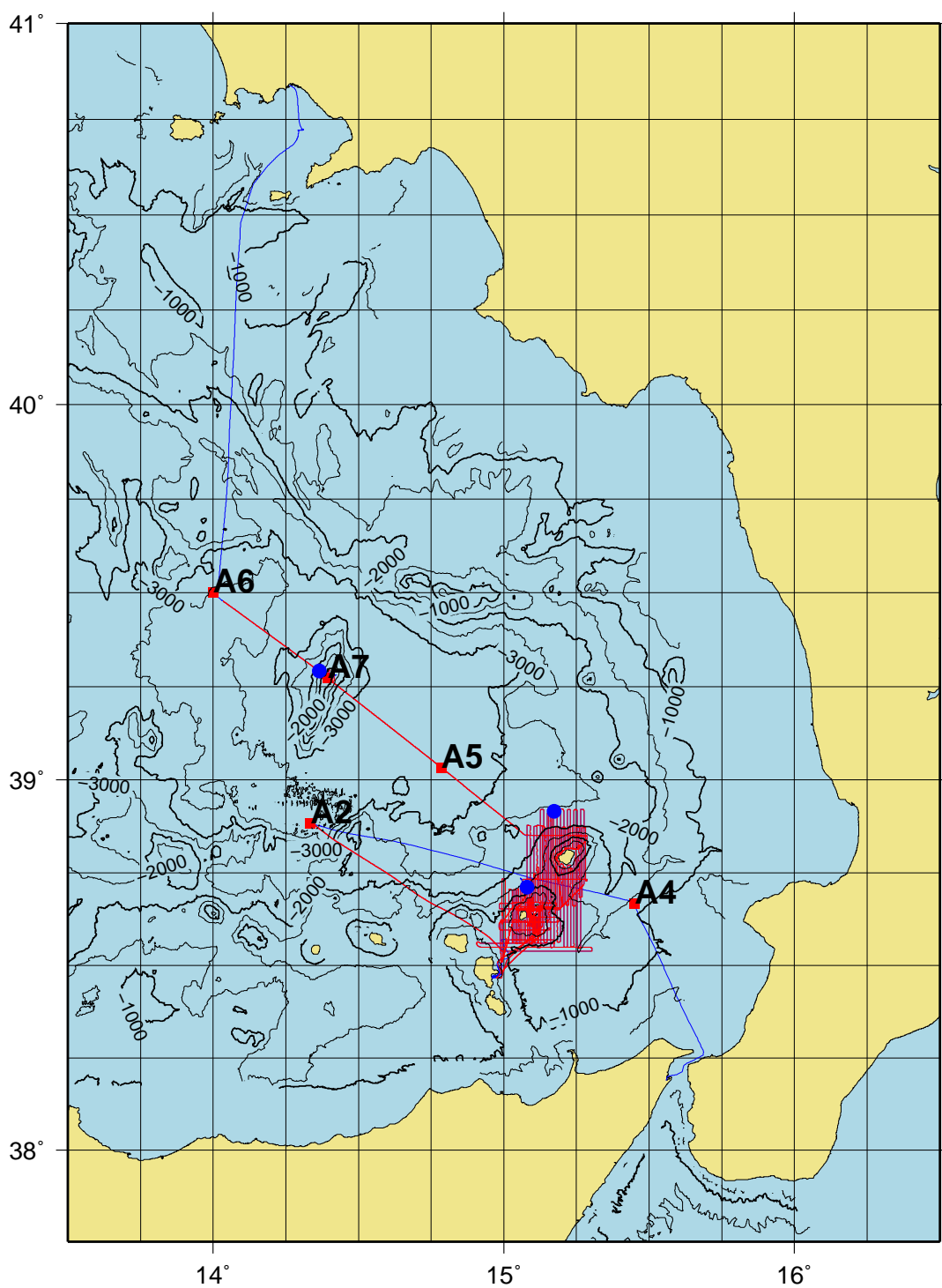
Table A2. Acronyms of Organizations, Manufacturers and Products

| PARTICIPANTS | ORGANIZATION | EXPERTISE | tel & email & www |
|---------------------|---------------|-----------|---------------------------------|
| Giovanni Bortoluzzi | ISMAR,Bologna | | G.Bortoluzzi@ismar.cnr.it |
| Fabrizio Del Bianco | ISMAR,Bologna | | F.Delbianco@bo.ismar.cnr.it |
| Vittorio Maselli | ISMAR,Bologna | | V.Maselli@bo.ismar.cnr.it |
| Francesco Riminucci | ISMAR,Bologna | | F.Riminucci@ismar.cnr.it |
| Filippo Muccini | INGV-SP | | Muccini@ingv.it |
| Riccardo Vagni | INGV-SP | | vagni@ingv.it |
| Giorgio Mangano | INGV-CNT | | mangano@ingv.it |
| Stefano Speciale | INGV-CNT | | speciale@ingv.it |
| Salvo Rapisarda | INGV-CT | | rapisarda@ct.ingv.it |
| Camilla Palmiotto | UNIROMA | | palmi8camy@hotmail.it |
| Veronica Rossi | UNIROMA | | veronica_red@hotmail.it |
| Marco Cuffaro | UNIROMA | | marco.cuffaro@uniroma1.it |
| Ilaria Cattafi | IIM | | ilaria.cattafi@marina.difesa.it |

Table A3. Scientific and technical parties

| DATE | OPERATIONS |
|------------|---|
| 2010-02-05 | Imbarco personale e materiale. Partenza dal porto di Messina ore 15.30 UTC, trasferimento area di operazione ed acquisizione dati Sub-Bottom, Sismici, Gravimetrici e Magnetometrici zona A. Rilascio OBS A4 ore 18.07 UTC. |
| 2010-02-06 | Rilascio OBS A2 ore 00.36 UTC, acquisizione dati Sub-Bottom, Sismici, Gravimetrici e Magnetometrici zona B. Calata CTD 01 ore 05.14 UTC. Fonda Lipari (sotto monastero) ore 16.45 UTC per avverse condimeteo. |
| 2010-02-07 | Partenza da Lipari ore 17.00 UTC, acquisizione dati Sub-Bottom, Sismici, Gravimetrici e Magnetometrici zona C. |
| 2010-02-08 | Acquisizione dati Sub-Bottom, Sismici, Gravimetrici e Magnetometrici zona D. Calata CTD 02 ore 08.40UTC. |
| 2010-02-09 | Acquisizione dati Sub-Bottom, Sismici, Gravimetrici e Magnetometrici zona E. Calata CTD 03 ore 07.39 UTC. |
| 2010-02-10 | Acquisizione dati Sub-Bottom, Sismici, Gravimetrici e Magnetometrici zona F. Fonda Lipari (sotto monastero) ore 15.18 UTC per avverse condimeteo. |
| 2010-02-11 | Partenza da Lipari ore 19.12 UTC. Acquisizione dati Sub-Bottom, Sismici, Gravimetrici e Magnetometrici zona G. |
| 2010-02-12 | Acquisizione dati Sub-Bottom, Sismici, Gravimetrici e Magnetometrici zona H. Fonda Lipari ore 12.10 UTC per avverse condimeteo. |
| 2010-02-13 | Partenza da Lipari ore 11.55 UTC. Acquisizione dati Sub-Bottom, Sismici, Gravimetrici e Magnetometrici zona I. Calata CTD 04 ore 16.57 UTC. |
| 2010-02-14 | Acquisizione dati Sub-Bottom, Sismici, Gravimetrici e Magnetometrici zona L. Rilascio OBS |
| 2010-02-15 | Acquisizione dati Sub-Bottom, Sismici, Gravimetrici e Magnetometrici zona M. Ingresso porto di Napoli ore 08:00 UTC. Sbarco personale e materiale. |

Table A4. Diary of Operations



GM 2010 Apr 07 10:26:21 PANSTR-10-OBS

Figure A1. Rotte durante la PANSTR10, R/V Urania, inclusi i transiti.

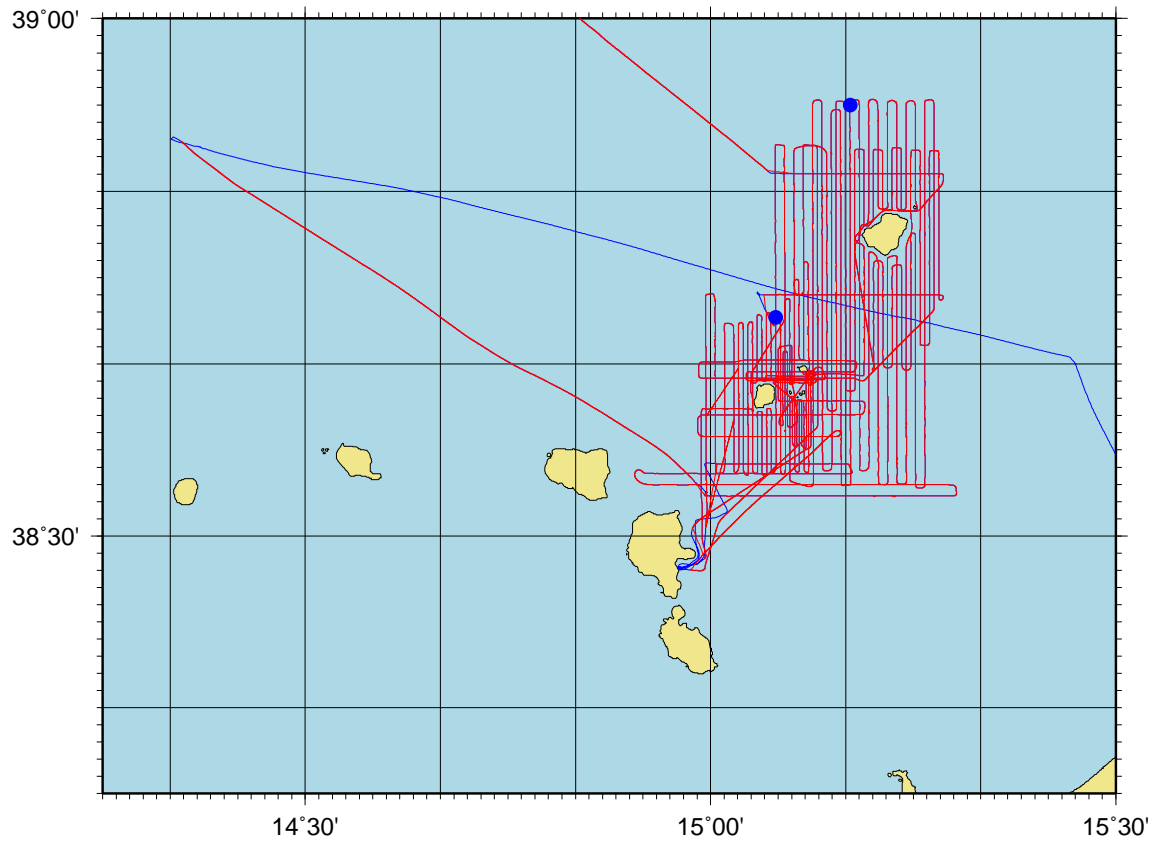


Figure A2. Rotte durante la PANSTR10, R/V *Urania*. I pallini blu sono le stazioni CTD. I quadrati rossi sono gli OBS.

CRUISE PANSTR10 R/V URANIA

CTD DATA SBE911 Plus

DATE START: 2010-02-05

DATE END: 2010-02-15

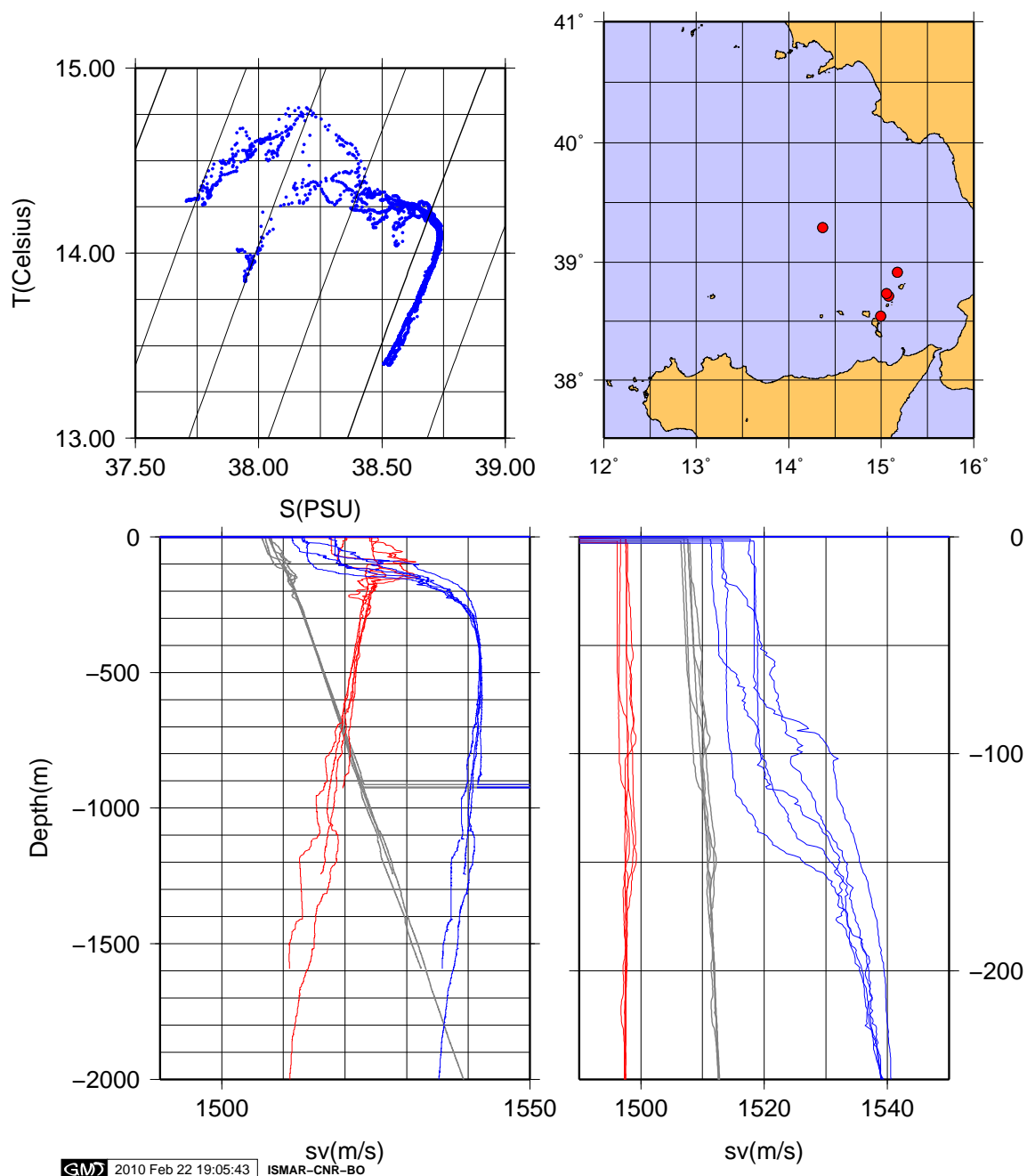


Figure A3. Dati CTD, crociera PANSTR10, R/V Urania. Notare le formazioni 'staircase' di Zodiatis & Gasparini (1995).

**APPENDIX B: OBS
CHARACTERISTICS AND
DEPLOYMENT**

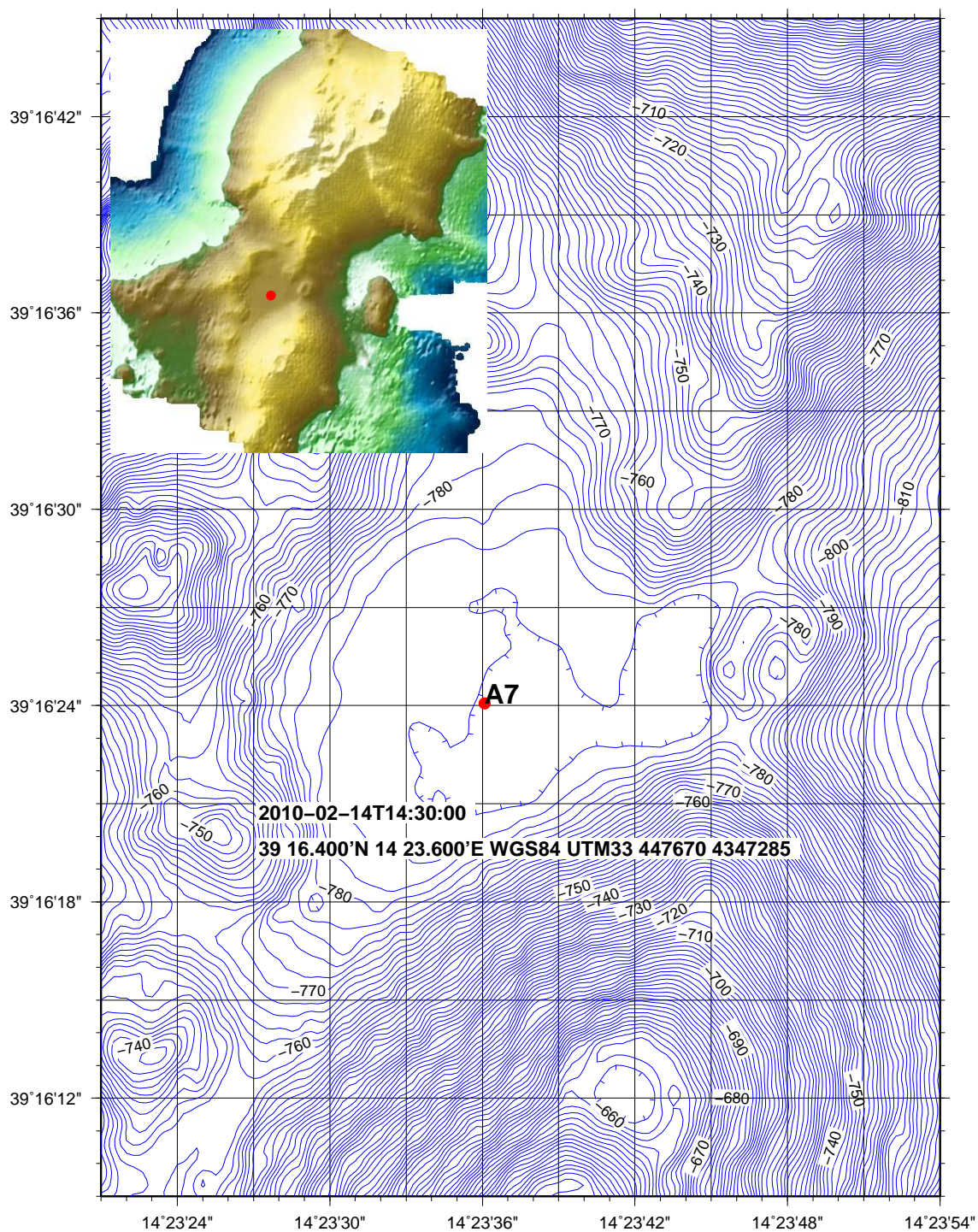
**APPENDIX C: SCOPPI CROCIERA
MEDOC2010: DATI DALLE STAZIONI
INGV**

| | |
|-------------------------------|---|
| Seismic sensor gimballed | Guralp CMG40T-OBS, 3C seismometer with a flat response between 60s and 100Hz, housed in a 16 cm of diameter spherical casing (6000m depth rated) and installed on a levelling platform with an operational tilt range of $\pm 120^\circ$ |
| Pressure sensor | Cox-Webb Differential Pressure Gauge 500s-2 Hz; gain 1 mV/Pa at 1 Hz on OBS A2, A4, A5, A6 HTI-04-PCA/ULF Hydrophone 100s-8KHz; sensitivity: -195 dB re: 1V/ μ Pa (18V/bar) on OBS A7 |
| Temperature logger | On OBS A7, a Tinytag ACS-0001-PK was installed. The deep water data logger kit contains a compact 16-bit data logger with a capacity of 16,000 readings, housed within a stainless steel canister designed to withstand depths up to 10km |
| Digitizer | SEND Geolon MLS 21 bits digitizer, 4 channels (3 for the seismometer and 1 for the hydrophone or DPG). Sampling rate up to 200 sps |
| Clock | Seascan Precision Time base. Time base drift <0.05 ppm |
| Storage Capacity | 12 PCMCIA slots, up to 24 GB with 2GB flash cards. |
| Battery Packs weight | 2 Primary Lithium-Thionyl Chloride battery packs of 14,4 V and 350 Ah 450/36,5 Kg in air/water |
| Electronic canister | ERGal canister (7075 T6 aluminium alloy), with hard anodizing. |
| Release system | IXSEA AR861S-MR and C980102 ORE-Offshore acoustic release system. |
| Emergency localization system | ELSACOM Guardian Sentinel, to transmit the OBS positions every 3 hours for more than one month, if it comes back on the sea surface. |
| OBS dimensions | 1200x800x1500 mm |

Table A5. OBS Characteristics.

| | |
|----------------------|---|
| OBS Serial Number | A4 |
| Lon Lat Time | 1527.0056075 3840.0078879 05/02/2010 18.07.34 |
| Synchronization time | 05/02/2010 14:51:00 |
| Seismometer release | 06/02/2010 00:30:00 |
| Start recording | 05/02/2010 16:23:20 |
| Levelling | Every 30 days and after 12 hours from start recording |
| Sampling Freq. | 100 Hz |
| OBS Serial Number | A2 |
| Lon Lat Time | 1420.0891942 3852.9956644 06/02/2010 00.36.41 |
| Synchronization time | 05/02/2010 20:57:00 |
| Seismometer release | 06/02/2010 06:00:00 |
| Start recording | 05/02/2010 22:46:11 |
| Levelling | Every 30 days and after 12 hours from start recording |
| Sampling Freq. | 100 Hz |
| OBS Serial Number | A5 |
| Lon Lat Time | 1447.1151862 3901.9706885 14/02/2010 09.42.02 GPST 094238 |
| Synchronization time | 14/02/2010 08:29:00 |
| Seismometer release | 14/02/2010 14:30:00 |
| Start recording | 14/02/2010 08:33:00 |
| Levelling | Every 30 days and after 12 hours from start recording |
| Sampling Freq. | 100 Hz |
| OBS Serial Number | A7 |
| Lon Lat | 1423.6013304 3916.4010778 14/02/2010 14.33.46)143410GPS |
| Synchronization time | 14/02/2010 13:50:00 |
| Seismometer release | 14/02/2010 19:50:00 |
| Start recording | 14/02/2010 13:53:25 |
| Levelling | Every 30 days and after 12 hours from start recording |
| Sampling Freq. | 100 Hz |
| OBS Serial Number | A6 |
| Lon Lat | 1359.9912974 3929.9972205 (14/02/2010 17.50.17)175049GPS |
| Synchronization time | 14/02/2010 16:03:00 |
| Seismometer release | 15/02/2010 00:00:00 |
| Start recording | 14/02/2010 16:06:52 |
| Levelling | Every 30 days and after 12 hours from start recording |
| Sampling Freq. | 100 Hz |

Table A6. OBS deployment data and Digitizer settings.



GM 2010 May 07 18:35:05 PANSTR-10-OBS

Figure A4. Deployment site of A7 OBS, Marsili Smt. PANSTR10 .

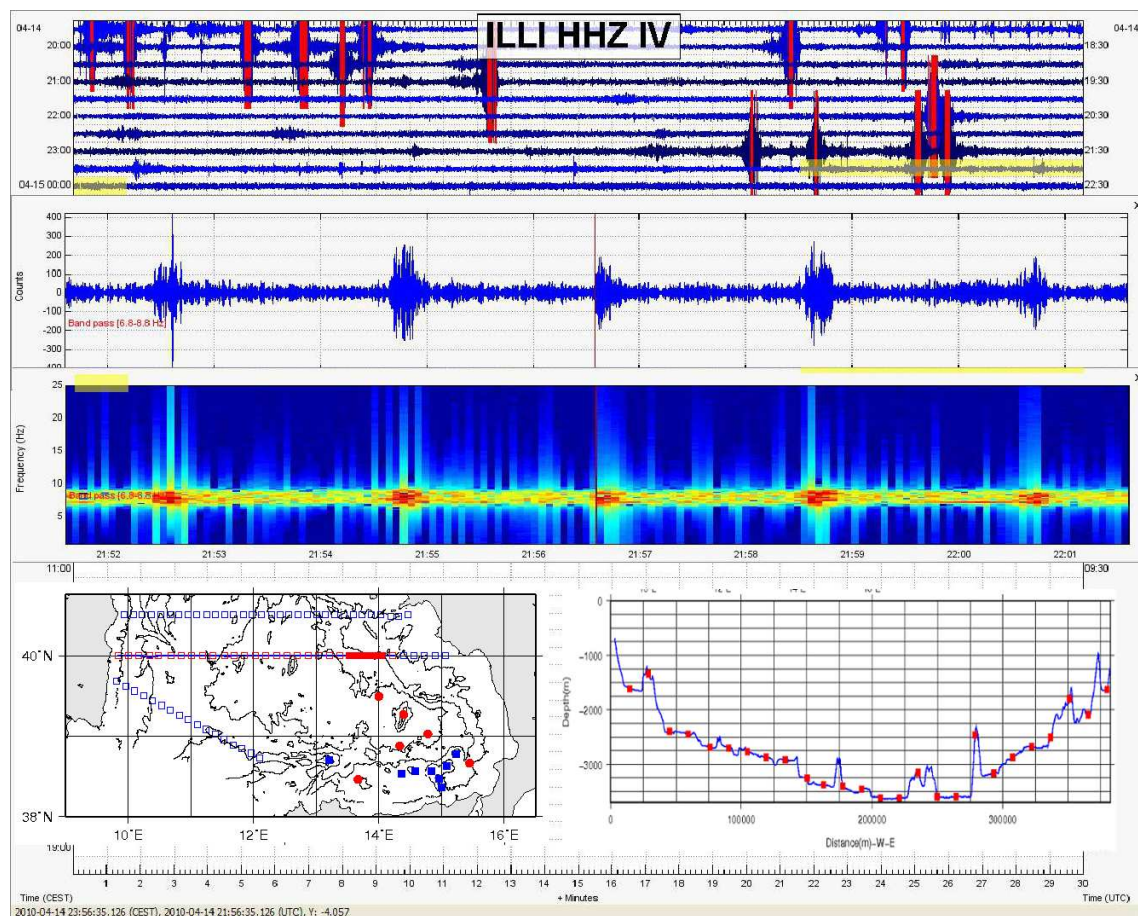


Figure A5. Rete Sismologica Nazionale INGV, Lipari (ILLI), 2010-04-14 21:52. Scoppi R/V Sarmiento de Gamboa, crociera MEDOC10. Il pannello inferiore mostra la navigazione Sarmiento de Gamboa navigation (a sinistra, la linea rossa spessa indica gli scoppi 2010-04-14 19:50 to 23:50) w (destra) gli OBS deposti lungo linea da R/V *Urania*

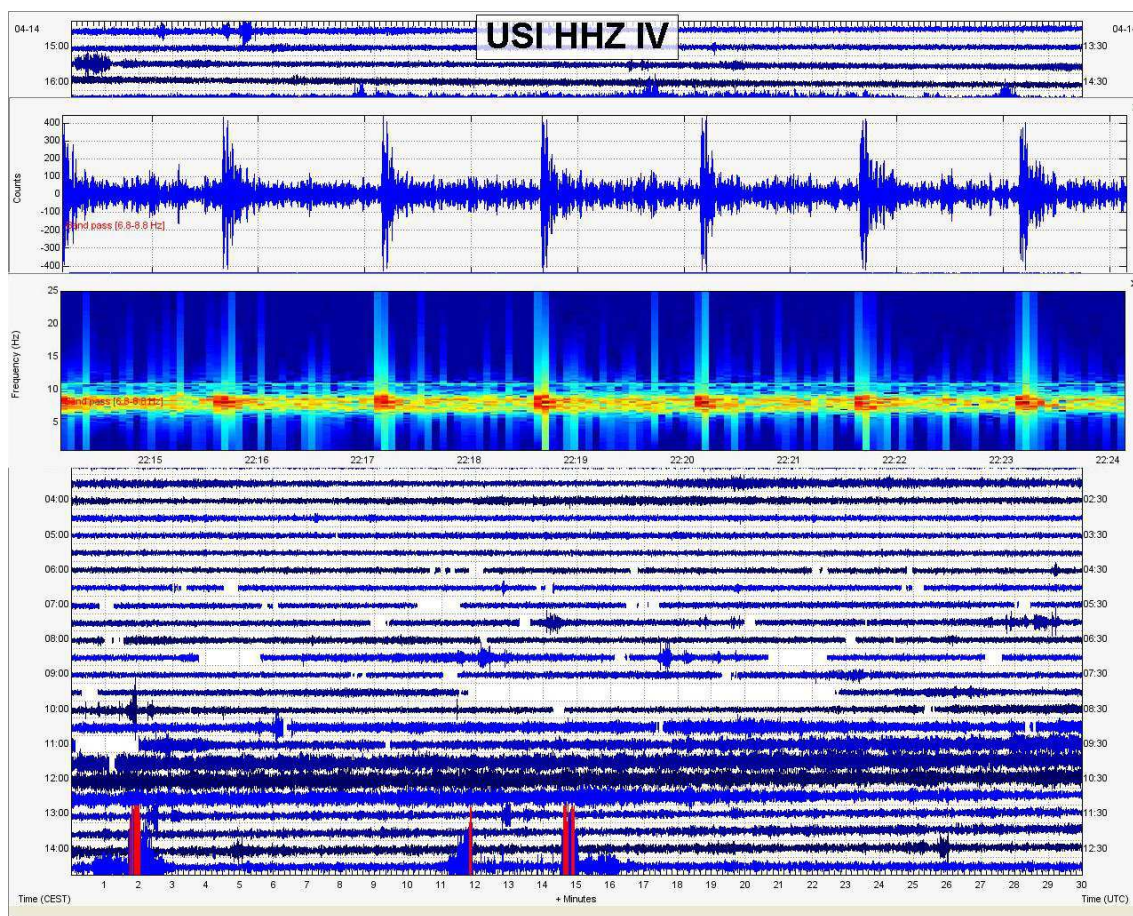


Figure A6. Rete Sismologica Nazionale INGV, Ustica (USI), 2010-04-14 22:15. Scoppi R/V Sarmiento de Gamboa, crociera MEDOC10

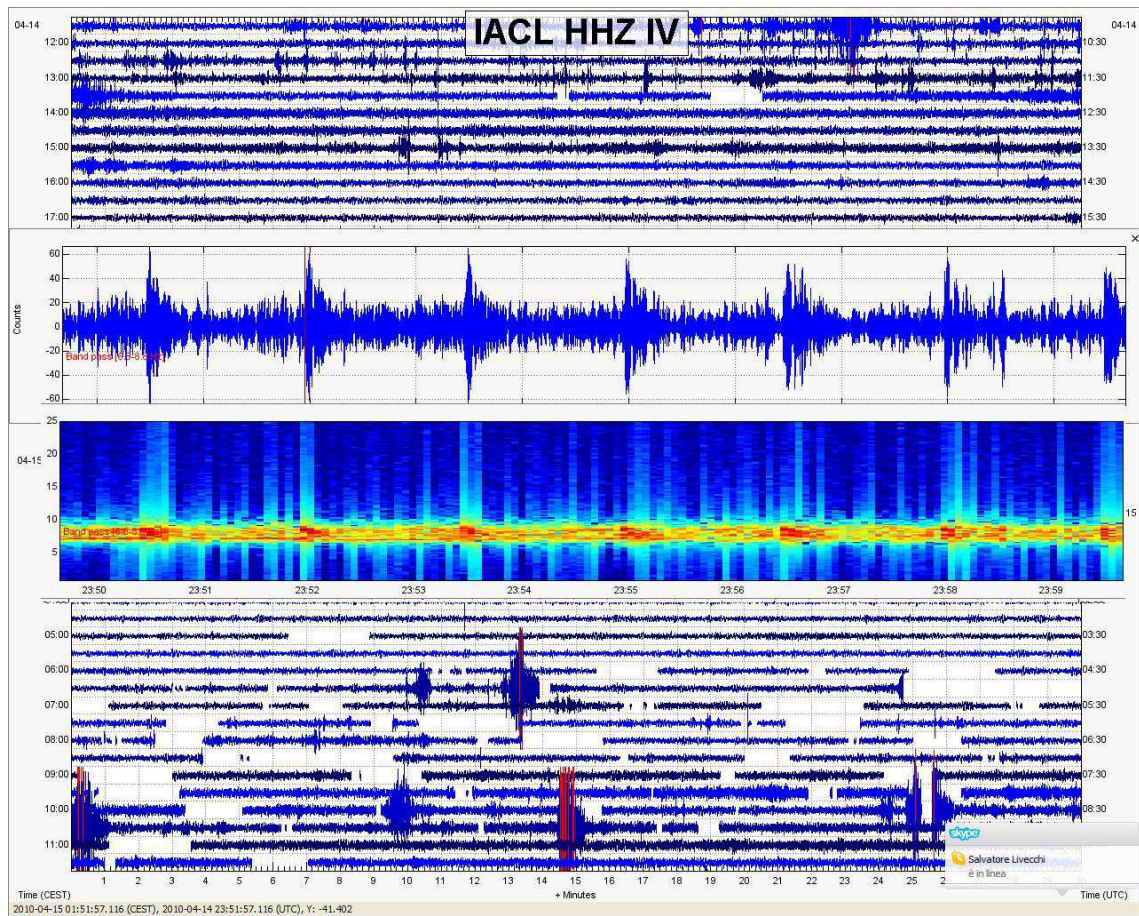


Figure A7. Rete Sismologica Nazionale INGV, Alicudi 2010-04-14 23:50. Scoppi R/V Sarmiento de Gamboa, crociera MEDOC10.

CONTENTS

- 1 INTRODUZIONE E INQUADRAMENTO
 - 1.1 Inquadramento oceanografico
- 2 MATERIALI E METODI
 - 2.1 NAVIGAZIONE, CHIRP SBP
- 3 RISULTATI INIZIALI
- 4 CONCLUSIONI
- A CRUISE SUMMARY
- B OBS Characteristics and deployment
- C Scoppi Crociera MEDOC2010: dati dalle stazioni INGV

LIST OF FIGURES

- 1 Inquadramento dell'Area.
- 2 Isola di Panarea e Isolotti.
- 3 Emissioni gassose presso Bottaro.
- 4 R/V *Urania*.
- 5 Un OBS INGV pronto al lancio, PANSTR10 , R/V *Urania*.
- 6 Profilo Magnetometrico Sintetico da grid GMT, PANSTR10, R/V *Urania*.
- 7 Profilo Magnetometrico Sintetico da grid GMT, PANSTR10, R/V *Urania*.
- A1 Rotte durante la PANSTR10, R/V *Urania*.
- A2 Rotte durante la PANSTR10, R/V *Urania*.
- A3 Dati CTD, crociera PANSTR10, R/V *Urania*.
- A4 Deployment site of A7 OBS, Marsili Smt. PANSTR10 .
- A5 Rete Sismologica Nazionale INGV, Lipari (ILLI), 2010-04-14 21:52.
- A6 Rete Sismologica Nazionale INGV, Ustica (USI), 2010-04-14 21:52.
- A7 Rete Sismologica Nazionale INGV, Alicudi (IACL) 2010-04-14 23:50.

LIST OF TABLES

- 1 Offsets strumentali, PDS2000 R/V *Urania*.
- 2 Offsets strumentali, EM-710 R/V *Urania*.
- 3 Posizionamento stazioni CTD. Lat/lon data espresse come DDMM.xxxx. Orari UTC.
- 4 Posizioni dei lanci OBS. Lat/lon data espresse come DDMM.xxxx. Time is UTC.
- A1 Cruise Summary.
- A2 Acronyms of Organizations, Manufacturers and Products
- A3 Scientific and technical parties
- A4 Diary of Operations
- A5 OBS Characteristics.
- A6 OBS deployment data and Digitizer settings.