



Proposta di progetto di ricerca marina da effettuarsi con la n/r OGS EXPLORA

Chiamata 2009

A) Informazioni Generali

- Categoria scientifica
- Geologia marina
- Geofisica marina
- Oceanografia fisica
- Ecologia e Biologia marina

1. Titolo del progetto

*Progetto **ISTEGE**: Indagine Sismotettonica del TERremoto dell'8 Settembre 1905 (Mw 7.4) nel Golfo di Sant'Eufemia (offshore tirrenico calabrese).*

2. Nome del Responsabile del progetto (PI)

Maria Filomena LORETO

3. Dipartimento di appartenenza del proponente

GDL

4. Curriculum del principal investigator (max 10 lines)

Laurea in Scienze Geologiche (1998, 110/110). Collaborazione Occasionale e Continuativa con GAS s.a.s. 'Geological Service & Assistance' (1998). Borsa di studio presso l'ISMAR - CNR di Bologna (2000 - '01). Dottorato di ricerca conseguito presso il Dip. di Scienze della Terra dell'Univ. di Parma, attività di ricerca svolta presso l'ISMAR - CNR di Bologna (2001 - '05). Partecipazione a numerose crociere oceanografiche (1996, 1998, 2004, 2005). Esperienza presso il Geomar (Kiel-Germania) nell'elaborazione di dati sismici - migrazione pre-stack in profondità. Assegno di ricerca



presso l'OGS (2005), finalizzato all'elaborazione ed interpretazione di dati sismici marini. Ricercatore di III fascia a T.D. presso l'OGS (dal 2006) dove si occupa di elaborazione ed interpretazione di dati sismici MCS ed OBS, analisi dei gas idrati e liberi, e tomografia sismica.

5. Numero di pubblicazioni su riviste internazionali "peer-reviewed" effettuate durante l'intera carriera del PI

numero: **11**

6. Elenco di un massimo di 5 pubblicazioni del PI rappresentative dell'attività proposta:

1. Tinivella U., Loreto M.F. and Accaino F., 2009. Regional versus detailed velocity analysis to quantify hydrate and free gas in marine sediments: the South Shetland margin case study. *Geol. Soc. of London*, In press.
2. Polonia A., L. Torelli, G. Brancolini, M.-F. Loreto, 2007. Tectonics accretion versus erosion along the southern Chile trench: Oblique subduction and margin segmentation. *Tectonics*, v. **26**, TC3005, doi: 10.1029.2006TC001983. pp 30.
3. Loreto M.F., Tinivella U. and C.R. Ranero, 2007. Evidence for fluid circulation, overpressure and tectonic style along the Southern Chilean margin. *Tectonophysics*, v. **429**, 183-200.
4. Loreto M.F., Della Vedova B., Accaino F., Tinivella U. and Accettella D., 2006. Shallow geological structures of the South Shetland trench, Antarctic Peninsula. *Ofioliti*, v. **31**(2), 151-159.
5. Loreto M.F., Polonia A & Tinivella U., 2003. Southern Chile Accretionary Wedge: Correlation between the Proto-Deformation Zone and Overpressured fluids Evidenced by AVO Analysis. *Terra Antartica Reports*, v. **9**, (p3).

7. Partecipanti al progetto ed affiliazioni (sia dell'Ente che esterni)

Gianpiero Cossarini, INOGS - Dip. OGA Gruppo ECHO, Borgo Grotta Gigante, 42/C, Trieste

Denis Sandron, INOGS – Dip. GDL Gruppo SITAR, Borgo Grotta Gigante, 42/C, Trieste

Cinzia De Vittor, INOGS - Dip. BIO Gruppo MaBER, Via A. Piccard, 54, Trieste

Umberto Fracassi, INGV, Via di Vigna Murata, 605, Roma

B) Progetto di ricerca

1. Rationale (max 30 linee)



Il terremoto dell'8 settembre 1905 (Fig. 1) fu sicuramente uno dei più devastanti tra i molti che hanno colpito la Calabria. La scossa principale, avvertita in tutta l'Italia meridionale, fu seguita da un maremoto che investì la costa da Vibo Marina a Tropea e il litorale di Scalea, la costa settentrionale della Sicilia e le isole Eolie. Questo evento sismico rimane tuttora privo di una spiegazione univoca e completa e, dunque, di una sorgente sismogenetica accertata. L'ipotesi più accreditata associa la sorgente sismogenetica ad una faglia diretta orientata ENE-OSO ed immergente a ESE, situata a mare, tra il promontorio di Capo Vaticano e l'estremità meridionale del Golfo di Sant'Eufemia.

Essendo un terremoto recente (1905) ed avendo causato uno tsunami, è plausibile che la struttura sismogenetica che lo ha causato abbia un'espressione morfologica, potenzialmente anche sotto forma di rottura, sul fondo mare. Pertanto, risulta necessario verificare l'andamento della/-e struttura/-e tettoniche sia sul fondo mare che in profondità al fine di poter definire la loro geometria. Questo progetto si propone di effettuare un'acquisizione geofisica marina con metodologie dirette e indirette integrate che permettano di investigare l'area (probabile sito della sorgente del terremoto) a diverse profondità. L'obiettivo principale è individuare e caratterizzare la struttura responsabile di questo evento sismico e contribuire a determinare la pericolosità sismica dell'area. A tal fine, si propone l'acquisizione di dati di morfo-batimetria (MBES), Chirp Sub-Bottom Profiles (SBP), sismica a media penetrazione (MCS), campionatura di sedimenti (gravity cores), Sound Velocity Probe (SVP) per la calibrazione del MBES, campionamento in continuo delle acque superficiali e misure della termosialità (TSG). Nel caso in cui sia possibile verranno effettuate misure CDT e campionatura di acque a diverse profondità (Rosette) per rilevare la presenza di potenziali traccianti di attività idrotermale.

La conoscenza delle faglie che hanno provocato un terremoto è un elemento chiave per la valutazione oggettiva della pericolosità sismica, il cui fine ultimo è contribuire all'aggiornamento della carta di pericolosità sismica nazionale (cf. Gruppo di Lavoro MPS, 2004). La pericolosità sismica dell'area potrà essere supportata dalle mappe di scuotimento del terreno che si intende produrre. Ogni sforzo in questa direzione ed in generale per la comprensione della sismogenesi di terremoti catastrofici come quello oggetto dell'indagine proposta è auspicabile.

2. Obiettivi (max 25 linee)

Con l'acquisizione di dati geofisici marini, ad alta e media risoluzione, ci si propone di caratterizzare a livello sismo-tettonico l'area offshore investigata. In particolare:

(1) individuare e caratterizzare la principale struttura sismogenetica (faglia diretta orientata ENE-OSO), ad oggi ritenuta responsabile del terremoto del 1905. Le informazioni così derivate verranno utilizzate per fare modelli di scuotimento del mezzo attraversato al fine di chiarire ed eventualmente supportare i modelli numerici già prodotti per un'analisi del rischio di tsunami;



(2) ottenere una mappa morfo-batimetrica di dettaglio dell'area al largo del Golfo di Sant'Eufemia;

(3) verificare le relazioni tra l'attività tettonica recente e i processi sedimentari grazie all'analisi integrata dei dati sismici, della batimetria e di campioni dei depositi.

(4) verificare l'aumento dell'attività idrotermale, che possa essere relazionato all'aumento dell'attività tettonica lungo la struttura, attraverso analisi chimiche (minerali, CO₂, idrogeno solforato (H₂S), pH, DIC, alcalinità, se possibile metano (CH₄), rapporti ²He/⁴He, Rn, Mn, e metalli in tracce) di campioni d'acqua superficiale e profonda. Qualora fosse possibile, l'aumento dell'attività idrotermale potrebbe venir verificato anche da analisi biochimiche volte a identificare specifici popolamenti e attività della comunità procariotica (batteri e archea);

(5) inoltre, al fine di integrare e validare le interpretazioni dei dati sismici e dei dati di misure delle acque si intende condurre analisi statistiche delle caratteristiche fisiche (temperatura, salinità e conducibilità) delle acque profonde, dai profili CTD.

L'integrazione dei dati acquisiti in mare con i dati rilevati a terra, uniti a una modellazione macrosismica, ci permetterà di ricostruire il reale assetto delle strutture tettoniche attive caratterizzanti l'area offshore calabrese e le possibili zone a maggior rischio sismico.

3. Progetto della ricerca e metodologie richieste (max 80 lines)

Questo progetto di ricerca si propone di individuare e studiare la struttura sismogenetica, localizzata nell'area offshore calabrese, responsabile dell'evento sismico avvenuto l'8 settembre del 1905 (Fig. 1). Questo evento sismico è risultato tra i più devastanti che abbiano colpito la Calabria e, potenzialmente, uno dei più forti dell'intera storia sismica italiana (Tertulliani e Cucci, 2008). Infatti, la storia sismica d'Italia è cosparsa da eventi (vedi Gruppo di Lavoro CPTI, 2004) alcuni dei quali particolarmente distruttivi considerando le caratteristiche degli insediamenti antropici hanno accresciuto gli effetti catastrofici di tali eventi. La Calabria è una regione dove quest'osservazione è sia plateale che decisiva. Plateale perché il territorio calabrese ha sofferto diverse crisi sismiche (nel 1683 e nel 1738) per le quali è difficile offrire soluzioni in grado di spiegare la natura multipla delle scosse con M>6.5. Decisiva perché la conoscenza delle faglie che hanno provocato un terremoto è l'ingrediente principale per la valutazione oggettiva della pericolosità sismica.

La scossa principale di questo evento si verificò alle 2:43 della notte tra il 7 e l'8 settembre e fu avvertita in tutta l'Italia meridionale, fino a Napoli, al Molise e al Gargano, nella Sicilia orientale, nelle isole Eolie e persino sulla costa albanese. Le repliche, numerosissime, proseguirono per circa 2 anni. La scossa principale fu preceduta da due più lievi nelle tre ore precedenti e da un aumento dell'idrogeno solforato nelle acque termali nella località di Sambiasse. La scossa principale fu seguita da un maremoto che innalzò il livello marino di 1,3 m, sommergendo la costa che va da Vibo



Marina a Tropea e il litorale di Scalea. Nel Tirreno l'onda raggiunse la costa settentrionale della Sicilia e le isole Eolie. Infine, blandi effetti di maremoto furono avvertiti anche sulla costa ionica calabrese.

Il terremoto del 1905 rimane tuttora privo di una spiegazione univoca e completa e, dunque, di una sorgente sismogenetica accertata; tutto questo in un'area di estrema complessità tettonica e geodinamica (ad esempio: subduzione attiva) e dove, di conseguenza, coabitano varie ipotesi sismotettoniche, non tutte necessariamente in contrasto tra loro. Piatanesi e Tinti (2002) hanno ricostruito alcuni possibili scenari tramite modellazione numerica; tra questi, quelli che appaiono i più coerenti con le fonti contemporanee che descrissero la propagazione dell'onda sono quelli che prevedono una faglia diretta orientata ENE-OSO situata a mare o lungo la costa tra il margine settentrionale del promontorio di Capo Vaticano e l'estremità meridionale del Golfo di Sant'Eufemia (linea rossa a tratteggio in figura). Secondo questi autori, la sorgente è da ricercarsi esclusivamente in mare, poiché una sorgente in terraferma non avrebbe causato un maremoto di quell'entità.

Al fine di individuare la struttura tettonica responsabile del terremoto-maremoto del 1905, analizzarne le potenzialità distruttive e sue influenze sull'ambiente marino e costiero nel quale si inserisce, si propone di effettuare un rilievo geofisico integrato che preveda l'impiego delle seguenti metodologie:

- Acquisizione di dati di morfo-batimetria (MBES) dell'area definita da un poligono di dimensioni tali da includere la struttura tettonica e le sorgenti modellate, come riportato in figura. Tali dati sono di estrema importanza al fine di individuare l'espressione superficiale e l'orientazione della faglia normale sismogenetica associabile al terremoto/maremoto del 1905, e avere una caratterizzazione di dettaglio della morfologia del fondale marino che potrebbe risultare fondamentale nell'analisi del rischio sismico delle aree costiere calabrese.
- Profili Chirp (SBP), per individuare le strutture tettoniche attive che interessano i sedimenti recenti, dal fondale marino fino alla profondità di massima penetrazione che in condizioni ottimali è di 50 m. Inoltre, da questi dati sarà possibile analizzare le strutture sedimentarie recenti (quaternarie) e la presenza di intense fuoriuscite di fluidi che potrebbero essere associate ad una possibile attività idrotermale indotta dalla struttura tettonica oggetto di studio.
- Sismica a media penetrazione (MCS) al fine di ottenere un'immagine del sottosuolo che metta in luce le strutture tettoniche e sedimentarie che caratterizzano la parte più profonda. In particolare, sarà possibile correlare l'andamento in profondità della struttura sismogenetica osservate in superficie, dal Chirp e multibeam, correlazione risultante sempre molto difficile a causa della mancanza di un *dataset* che copra i diversi intervalli di penetrazione.
- Campionature di sedimenti (gravity cores) qualora si individuino strutture di particolare rilevanza che possano essere associate all'attività delle strutture tettoniche attive. La campionatura dei sedimenti darà informazioni sulla composizione litologica e del contenuto di fluidi al fine di analizzare le interazioni tra l'apporto sedimentario dalle aree emerse e le risalite di fluidi arricchiti in



minerali associabili ai processi di subduzione e all'intensificarsi dell'attività tettonica.

- Acquisizione di profili di velocità dell'acqua (SVP) per la calibrazione del Multibeam per ottenere una profondità batimetrica affidabile;
- Misure in continuo delle acque superficiali (TSG) in modo da ottenere una mappa della temperatura, salinità, conducibilità e altri parametri fisici derivabili di tutta l'area di indagine. Contemporaneo campionamento sistematico delle acque superficiali sulle quali verranno effettuate analisi per la determinazione del pH, la stima del Carbonio Inorganico Disciolto (DIC), la misura dell'alcalinità.
- Dati CTD per ottenere informazioni in profondità delle caratteristiche fisiche dell'acqua.
- campionamento delle acque in profondità con la rosette, per poter individuare la presenza di sostanze in concentrazione anomala (H₂S, pH, DIC, alcalinità, ecc.) utilizzabili come marker della risalita di fluidi idrotermali lungo le strutture attive. Le informazioni che si potranno ottenere da questi dati potranno essere correlati con le informazioni derivabili dai campioni di sedimento.

Bibliografia

Tertulliani A. e Cucci L., 2008. *Quad. Geofisica*, **60**, 1-19.

Gruppo di Lavoro CPTI, 2004. INGV, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/>.

Piatanesi A. e Tinti S., 2002. *Geoph. J. Int.*, **150**, 271-284.

4. Sinergie nazionali ed internazionali (max 30 lines)

Il presente proposal si inquadra nell'abito di una collaborazione di tipo multidisciplinare che vede coinvolti diversi gruppi di lavoro appartenenti a diversi dipartimenti dell'INOGS e dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia). Nello specifico la collaborazione con l'INGV si realizza tramite il ricercatore Dr. Umberto Fracassi.

L'obiettivo di tali collaborazioni è quello di creare uno scambio di conoscenze e metodologie differenti: sismologico, geofisico, geologico, biologico ed oceanografico; applicate in ambiente marino. Il cui principale obiettivo è incrementare e migliorare le conoscenze di un'area di particolare interesse per la sicurezza pubblica a beneficio dell'intera comunità. Inoltre, permetterà di migliorare le conoscenze ed incrementare le competenze di tutti i gruppi di lavoro coinvolti sia dell'INOGS (REDAS e SITAR-GDL, MaBER-BIO, ed ECHO-OGA) che dell'INGV, creando la base per future collaborazioni tra gli enti stessi. La realizzazione di questo proposal, nella prospettiva dell'ottenimento di buoni risultati, darà la possibilità di incrementare la produzione letteraria scientifica a beneficio dell'ente proponente. Inoltre, permetterà questo ente di definire una metodologia di indagine integrata finalizzata all'analisi delle aree a rischio sismico.



5. Co-finanziamenti da terzi:

20.000 Euro messi a disposizioni dal gruppo MaBER (Dip. BIO) a copertura dei costi di analisi chimiche.

5.000 Euro messi a disposizione dall'INGV per la copertura di spese di acquisto materiale di consumo e spese viaggi.

C) Tempo nave richiesto

1. Tempo nave richiesto (massimo 15 giorni)

15 giorni

In particolare: 10 giorni per l'acquisizione dei dati multibeam e chirp; 2 giorni per l'acquisizione di circa 260 km di sismica; 0.9 giorni per le 10 campionature di sedimento; 0.8 giorni per il campionamento di 10 CTD e 10 rosette. I rimanenti 3 giorni sono necessari per gli spostamenti nave.

2. Periodo preferito per la crociera

Mese di Settembre

3. Numero di persone da imbarcare (max 6 oltre al personale RIMA):

Maria Filomena Loreto, Umberto Fracassi, Denis Sandron, Gianpiero Cossarini, Cinzia De Vittor.

4. Area(e) delle operazioni (includere mappa in scala adeguata e coordinate geografiche dei vertici dell'area)

Coordinate geografiche espresse in gradi, proiezione Mercatore, Ellissoide WGS84, dei vertici del poligono rappresentativo dell'area di indagine:

16.030°E 39.100°N

16.200°E 38.883°N

16.150°E 38.750°N

16.000°E 38.733°N

15.816°E 38.660°N

15.816°E 38.600°N

15.916°E 38.550°N

15.900°E 38.500°N

15.467°E 38.650°N
15.866°E 39.167°N

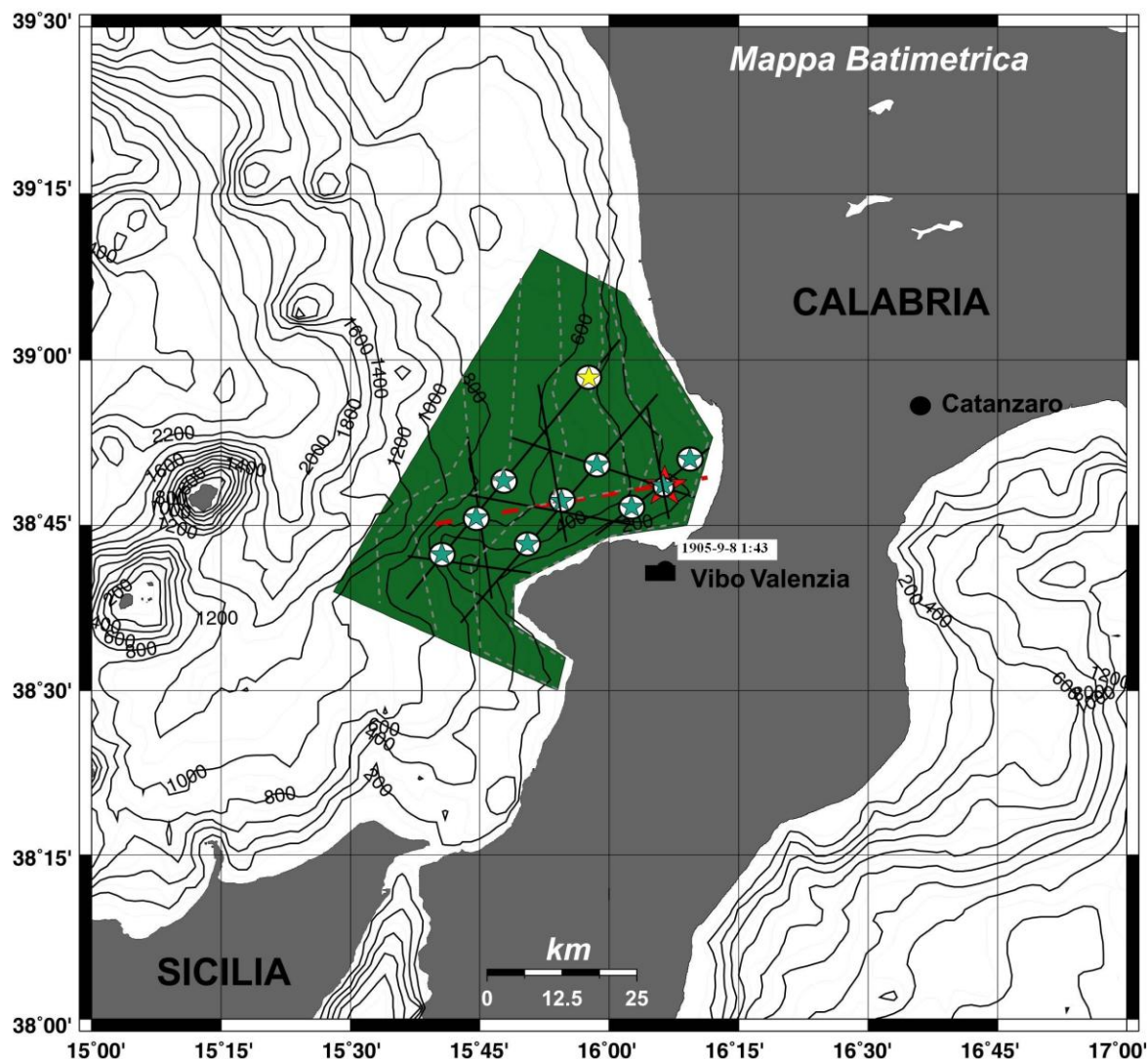


Figura 1. Mappa di posizione del rilievo geofisico: il poligono in verde si riferisce al rilievo multibeam; le linee nere indicano i profili sismici a media risoluzione; i punti bianchi indicano la posizione delle campionature di sedimento (gravity cores); mentre le stelle verde indicano la posizione delle campionature di acqua e CTD. La linea rossa tratteggiata indica la faglia normale interpretata come probabile sede della sorgente del terremoto. La stella rossa indica la posizione della sorgente interpretata da modelli numerici. La mappa è stata prodotta con il software GMT, con proiezione Mercatore, Ellissoide WGS84, utilizzando i dati disponibili sul sito http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi.



Progettazione dei tempi di acquisizione

5. Porto preferito per l'imbarco

Lamezia Terme

6. Porto preferito per lo sbarco

Lamezia Terme

D) Apparecchiature, strumentazioni e software di bordo di cui viene chiesto l'uso

1. Infrastrutture richieste a bordo (e.g. multibeam, CTD, cavo sismico, etc)

Multibeam, Chirp, CTD Sbe 911 completo di carousel SBE32 12 Bottiglie completo di Verricello, Rosette con bottiglie Niskin, cavo sismico, TSG, carotiere a gravità.

2. Software per analisi dati richiesti a bordo

PDS2000, Seispro, SU o simili, Software per acquisizione e preprocessing: 'SBE Seasave' 'SBEdata processing'

E) Apparecchiature e strumentazioni in uso al ricercatore di cui viene chiesto l'imbarco.

PC portatili, spettrofluorimetro, titrino, pHmetro, rampe e pompe di filtrazione, materiale vario da laboratorio (barattoli, provette, filtri, ecc..)

F) Consumabili di cui viene chiesto l'approvvigionamento per lo svolgimento della campagna di acquisizione.

Carta per stampa linee sismiche e chirp, materiale di cancelleria.

G) Necessità per il dopo acquisizione per il completamento del progetto (es: elaborazione dati multibeam, sismici, SBP, etc.):

Si chiede il supporto per l'elaborazione dei dati Multibeam.

Il Direttore del Dipartimento

Il Proponente