

# DETERMINAZIONE DELLO STILE DI DEFORMAZIONE E DELLO STATO DI SFORZO DELLE MACROZONE SISMOGENETICHE ITALIANE (Riccardo Barzaghi)

Nel corso del progetto, i temi della ricerca proposta sono stati compiutamente affrontati e le diverse Unità Operative (UR) hanno strettamente coordinato le loro attività.

La UR di Milano (Politecnico e Università Statale) ha definito, in relazione con le UR di Pisa e di Trieste ed in concorso con l'Agencia Spaziale Italiana (ASI), i siti più adatti al monitoraggio della macrozona sismogenetica dell'Arco Calabro.

Questo ampio lavoro di integrazione di competenze ha permesso di istituire una serie di stazioni permanenti GPS e due reti locali, utili al monitoraggio a diverse scale dei fenomeni sismogenetici dell'area.

Per quanto concerne le stazioni permanenti, l'esistente stazione GPS di Cosenza, gestita dal CNR, è stata integrata con una stazione permanente posta nel comune di Nocera, sito nel nord della Calabria. Il controllo a scala regionale è stato poi completato con l'individuazione di un ulteriore punto atto alla strutturazione di una stazione permanente nella zona di Montalto (Aspromonte), dove è in corso uno studio di fattibilità per la realizzazione di un sito GPS permanente nel comune di Gambarie.



Fig. 1 - Le stazioni permanenti GPS del progetto GNDT.

In questo modo, sarà possibile contare, in un prossimo futuro, su di un insieme di tre stazioni permanenti GPS, integrate nel sistema ASI, che potrà coerentemente ed omogeneamente fornire informazioni utili alla definizione dello stato di sforzo dell'intero Arco Calabro. Queste stazioni sono state e saranno realizzate tenendo conto dei più alti standard di qualità, in modo da garantire sia la stabilità nella materializzazione del punto che l'ottimalità nella ricezione del segnale GPS, caratteristiche queste irrinunciabili per gli utilizzi geodinamici.

In particolare, la stazione GPS di Nocera, che è stata istituita con il contributo essenziale della Regione Calabria e che è in corso avanzato di realizzazione, è stata e verrà sottoposta a tutti gli studi di qualità usualmente condotti dall'ASI per certificare la bontà del sito (si veda l'Allegato 1).

Il punto verrà materializzato, nel corso del mese di ottobre 2001, mediante un pilastrino in ca fondato su roccia sul quale verrà montata l'antenna.



Fig. 2 – Il sito della stazione permanente GPS di Nocera.

Parallelamente, si sono definite due aree di particolare interesse geodinamico e si sono progettate e realizzate due reti GPS locali, non permanenti, che saranno rimisurate, con cadenza annuale, nel corso dei prossimi anni.

La prima rete è centrata su Castrovillari (gap sismico del Pollino) mentre la seconda è situata nell'area di Vibo Valentia, riconosciuta come faglia potenziale dalla comunità scientifica in base a studi storici e paleosismici.

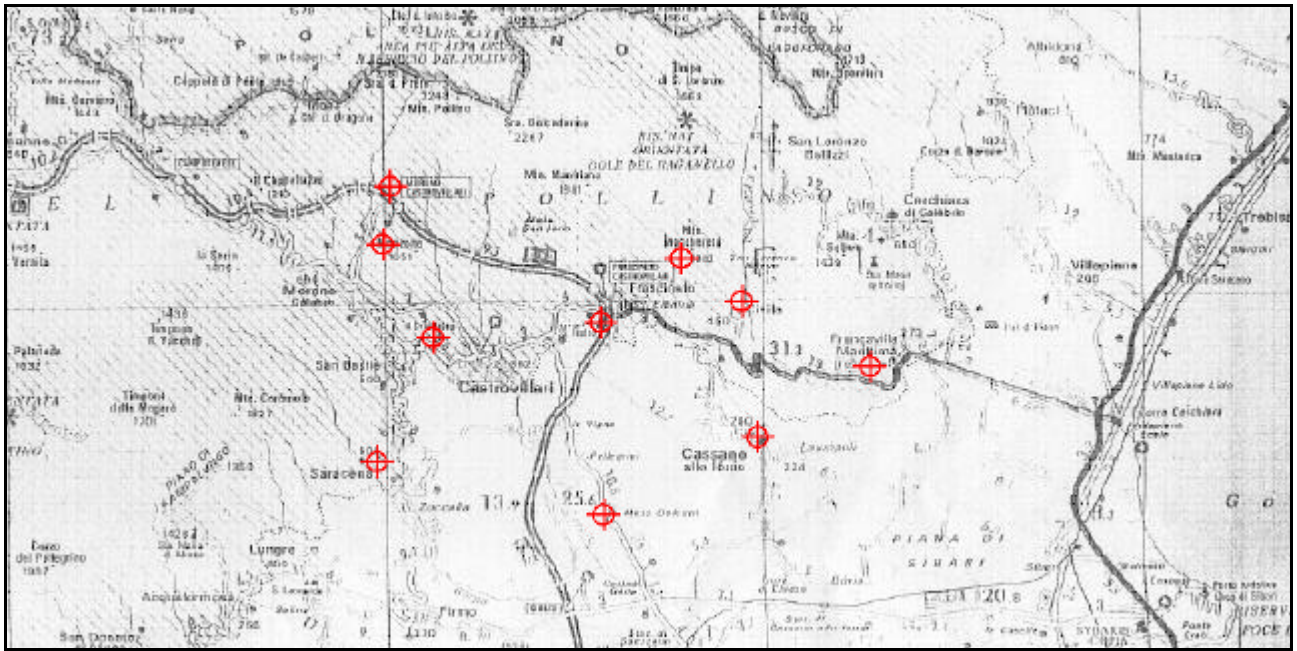


Fig. 3 – La rete GPS nell’area di Castrovillari.

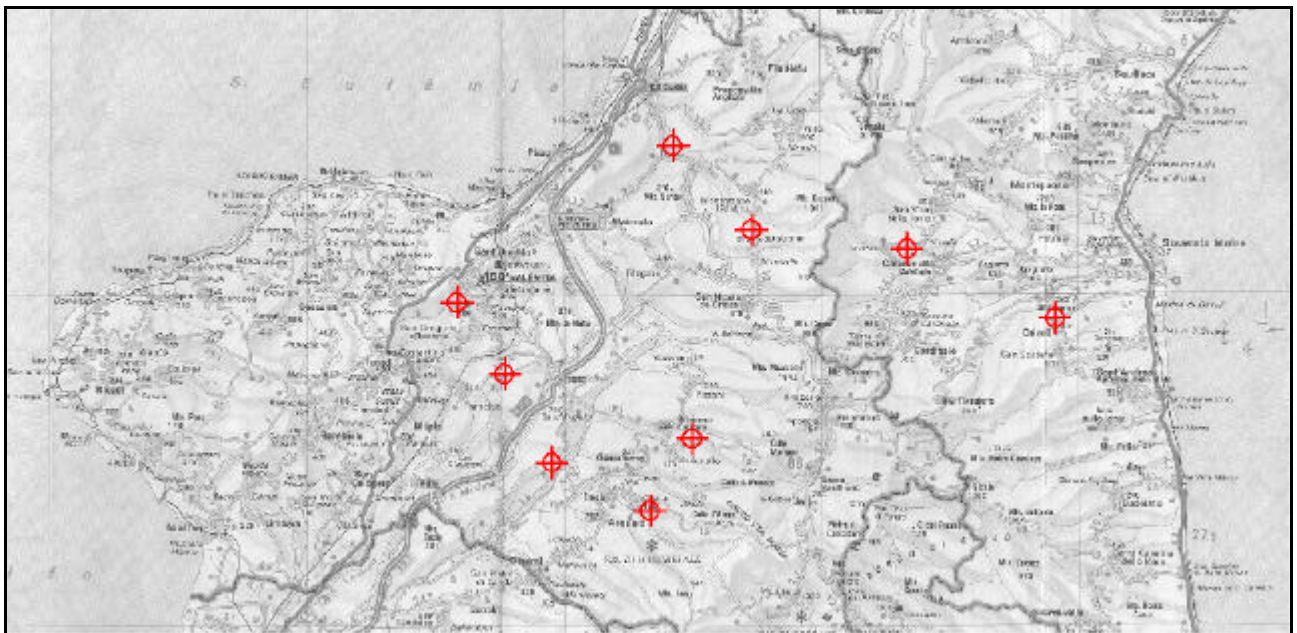


Fig. 4 – La rete GPS nell’area di Vibo Valentia.

Tali investigazioni serviranno per l’analisi del comportamento sismogenetico delle suddette faglie, compresa la caratterizzazione delle forme di rilascio energetico, e per lo studio della geodinamica dell’Appennino meridionale.

Un complesso di venti punti (dieci per ciascuna area) è stato materializzato su roccia così da garantire una adeguata stabilità degli stessi.

Una prima campagna di misura è stata poi condotta nel luglio 2001 per la rete centrata su Castrovillari, con il concorso di tutte le UR e dell'ASI. Si sono effettuate misure per quattro giorni consecutivi, con finestre di osservazione di otto ore per ogni giorno, angolo di cut-off di 15° e tempo di campionamento di 15". Particolare cura è stata posta nel posizionamento sui punti, al fine di ridurre al di sotto del millimetro l'errore di centramento: l'utilizzo di un porta antenna in acciaio, opportunamente progettato, ha permesso di soddisfare gli stringenti requisiti sopra menzionati.



Fig. 5 – La struttura porta antenna per reti non permanenti.

Misure di questo tipo hanno consentito, secondo l'esperienza maturata nel corso di alcuni anni presso la UR del Politecnico di Milano, di raggiungere notevoli precisioni con ripetibilità giornaliera di 45 mm in planimetria e di 1 cm in quota. Si ha dunque la fondata speranza che queste due reti possano fornire importanti informazioni di natura geodetica-geodinamica sulle aree in questione.

In concorso e ad integrazione di queste attività, si sono inoltre svolte ricerche di carattere più prettamente geofisico. In particolare, si è proceduto alla analisi comparativa dei cataloghi sismici disponibili per l'area in oggetto, all'avvio della ricerca per la regionalizzazione della struttura litosferica per la zona dell'Arco Calabro nonché alla implementazione di un modello cinematico del suo stato attuale di deformazione.

I dettagli relativi a queste indagini sono riportati per punti nel seguito.

### ***Analisi comparativa dei cataloghi disponibili per l'area in oggetto finalizzata alla valutazione, integrazione ed aggiornamento dei dati***

E' stata effettuata un'analisi comparativa fra il catalogo italiano CCI1996 (Peresan, Costa e Vaccari, 1997) ed i bollettini globali distribuiti dal NEIC (National Earthquake Information Centre, USGS, USA; dati PDE: Preliminary Determinations of Epicentres), disponibili per l'Italia meridionale, al fine di valutare i diversi tipi di magnitudo riportati nei due cataloghi considerati. Tale analisi permette di stabilire una corrispondenza fra le differenti stime della magnitudo che rende possibile, inoltre, una integrazione dei due database, mediante la definizione di un criterio di priorità omogeneo per la scelta della magnitudo operativa. I dati così ottenuti potranno essere

utilizzati per lo studio delle proprietà statistiche della sismicità nell'area in esame, ed in particolare per un'analisi quantitativa ed aggiornata di un insieme di caratteristiche del flusso sismico, attualmente in stato di avanzata verifica in diverse regioni del mondo (Rotwain e Novikova, 1999).

L'analisi effettuata può essere schematizzata come segue:

- studio delle correlazioni fra i diversi tipi di magnitudo riportati nei cataloghi CCI1996 e PDE;
- formulazione di un criterio per la scelta della magnitudo operativa nel catalogo PDE, corrispondente alla priorità utilizzata per il catalogo CCI1996.
- valutazione della completezza del catalogo PDE, con tale scelta della magnitudo operativa;
- integrazione dei dati per la compilazione di un data set aggiornato per l'analisi della sismicità nell'Italia meridionale.

### Descrizione dei cataloghi

Il catalogo CCI1996 (di seguito indicato come CCI) per il periodo 1000-1979, è composto da una versione rivista del PFG (Postpischl, 1985), che tiene in considerazione le informazioni fornite da Boschi et al. (1995), relative soprattutto alla sismicità storica. A partire dal 1980, il CCI è stato aggiornato utilizzando i bollettini ING compilati dall'Istituto Nazionale di Geofisica. Per il periodo 1980-1985 sono stati utilizzati i bollettini ING su carta, mentre a partire dal 1986 l'aggiornamento è stato effettuato utilizzando i bollettini ING digitali (disponibili via ftp fino al luglio 1997).

Il CCI riporta essenzialmente quattro stime di magnitudo: la magnitudo di durata  $M_d$ , la magnitudo da intensità  $M_I$ , la magnitudo locale  $M_L$  e la magnitudo da onde di corpo  $m_b$  stimata dall'ISC. I bollettini ING, tuttavia, forniscono solo due stime di magnitudo: la magnitudo locale  $M_L$  e, a partire dal 1983, la magnitudo da durata  $M_d$ . L'ordine di priorità utilizzato per la selezione della magnitudo operativa nel catalogo CCI, in accordo con l'analisi effettuata da Molchan et al. (1996), è il seguente:  $M_L$ ,  $M_d$ ,  $M_I$ . La magnitudo  $m_b$ , proveniente dai bollettini ISC, non viene generalmente utilizzata poichè è disponibile solo per un numero di eventi ed un periodo di tempo limitati. Lo studio effettuato da Peresan et al. (2000) ha tuttavia evidenziato un decremento sistematico rilevante delle magnitudo  $M_L$  fornite dall'ING, a partire dal 1987 circa, che appaiono mediamente sottostimate; tale osservazione sembra trovare riscontro nell'analisi effettuata da Plantet e Feignier (1999). L'inomogeneità evidenziata rende preferibile utilizzare dati di tipo diverso, quali ad esempio i dati NEIC, per l'analisi della sismicità nell'area considerata.

Il catalogo globale NEIC riporta due valori di magnitudo,  $m_b$  and  $M_S$ , entrambe stimate dal NEIC, più due stime aggiuntive M1 ed M2, che corrispondono a magnitudo di vario tipo contribute dalle diverse agenzie. Un'analisi preliminare di tali magnitudo ci ha permesso di evidenziare che, nell'area italiana, sia M1 che M2 corrispondono soprattutto ad  $M_d$  ed  $M_L$ ; inoltre le  $M_L$  sono molto più numerose delle  $M_d$ , con un rapporto di circa 10/1. Il catalogo PDE, se analizzato per l'intero territorio Italiano (ossia per Lat: 35-50N e Lon: 5-20E), appare completo per magnitudo superiori a 3.0, almeno successivamente al 1985.

### L'analisi

Il sottoinsieme di eventi comuni al CCI ed al PDE viene estratto e ciascuna delle magnitudo riportate in un catalogo viene confrontata con le quattro stime fornite nell'altro catalogo. Per ogni coppia di magnitudo si valutano: la regressione lineare (ottenuta minimizzando le distanze ortogonali alla retta di regressione), la deviazione standard  $\sigma$  e la percentuale P dei casi che cadono ad una distanza maggiore di  $2\sigma$  dalla retta.

Per ciascuna delle tre magnitudo  $M_L$ ,  $M_d$  ed  $M_I$  considerate nel catalogo CCI, si seleziona una magnitudo PDE corrispondente, secondo il criterio seguente: la deviazione standard  $\sigma$  è minima per tale magnitudo, inoltre P deve essere piccola ed i parametri A e B della retta di regressione:  $M(\text{CCI})=BM(\text{PDE})+A$ , devono essere il più possibile prossimi a zero ed uno, rispettivamente. Una

volta stabilita la corrispondenza fra i diversi tipi di magnitudo, la priorità definita per il CCI da Molchan et al. (1996) può essere “trasferita” al catalogo PDE per l’Italia meridionale.

Infine le distribuzioni di Gutenberg-Richter, ottenute selezionando tali magnitudo operative per il CCI ed il PDE, vengono considerate per valutare la completezza del catalogo PDE e le possibilità di utilizzo di tali dati per l’aggiornamento del catalogo nell’area in esame. In tale analisi si considerano sia i valori originali di magnitudo riportati nel PDE, che i valori  $M' = BM + A$ , ricalcolati utilizzando la relazione lineare ottenuta dalla regressione  $M(\text{CCI}) - M(\text{PDE})$  corrispondente.

Il confronto delle magnitudo per l’Italia meridionale viene effettuata entro un’area rettangolare di coordinate: Lat: 37.0-42.0N, Lon: 12.0E-17.5E, considerando l’intervallo di tempo che va dall’inizio del 1900 alla fine del 1997.

Il primo passo dell’analisi consiste nell’estrazione del sottocatalogo di eventi presenti sia nel catalogo CCI che nel PDE, avvenuti tra l’inizio del 1900 ed la fine 1985. La selezione degli eventi comuni ai due cataloghi viene effettuata secondo i seguenti criteri: a) differenza nel tempo origine  $\Delta t \leq 1$  minuto; b) distanza epicentrale:  $\Delta \text{Lat} = \Delta \text{Lon} \leq 1^\circ$  (tenendo in considerazione le osservazioni di Storchak, Bird ed Adams (1998) per i cataloghi globali). Nessun vincolo è imposto, invece, per le differenze di magnitudo e di profondità, in quanto esse (soprattutto la seconda) possono differire anche notevolmente da catalogo a catalogo, o semplicemente non essere riportate.

Per gli eventi comuni così selezionati, vengono stimate le relazioni tra i diversi tipi di magnitudo riportati nei cataloghi CCI e PDE (figure 1a, b, c, d); in ciascun diagramma sono riportati i valori corrispondenti dei parametri della regressione lineare, la deviazione standard (sd) e la percentuale P di casi che distano più di due deviazioni standard dalla retta di regressione.

Per ciascuna delle magnitudo utilizzate nel catalogo CCI, un corrispondente tipo magnitudo viene individuato nel PDE, secondo i criteri summenzionati (deviazione standard minima e parametri A e B prossimi a 0 ed 1, rispettivamente). Dai diagrammi in figura 1a,b,c,d è possibile osservare che la migliore corrispondenza per  $M_L(\text{CCI})$  si ottiene per  $M1(\text{PDE})$ ; tuttavia anche  $M2(\text{PDE})$  ed  $m_b(\text{PDE})$  sono caratterizzate da una buona regressione lineare con  $M_L(\text{CCI})$ , mentre non sembra possibile individuare alcuna corrispondenza soddisfacente per le magnitudo  $M_d(\text{CCI})$  ed  $M_1(\text{CCI})$ .

Nell’intento di utilizzare al meglio l’informazione disponibile, tuttavia, abbiamo stabilito il seguente ordine di priorità per la selezione della magnitudo operativa nel catalogo PDE per l’Italia meridionale:  $M1, M2, m_b$ .

In un secondo passo, le magnitudo PDE sono state ricalcolate utilizzando i coefficienti ottenuti dalla regressione lineare e la distribuzione di Gutenberg-Richter è stata valutata considerando sia la magnitudo M originale che quella ricalcolata. Tuttavia, come si può osservare dalle figure 2 e 3, ciò non si traduce in una migliore corrispondenza (e dunque omogeneità) fra i due cataloghi CCI e PDE, almeno in termini della distribuzione frequenza-magnitudo.

Successivamente, sono state confrontate le relazioni frequenza-magnitudo (normalizzate rispetto alla lunghezza dell’intervallo temporale considerato) ottenute per i due diversi cataloghi in due intervalli di tempo consecutivi: il CCI, dal 1900 al 1985 ed il PDE dal 1986 al 1997 (figura 2). È possibile osservare in tal modo che l’attività sismica appare molto minore nel catalogo PDE che nel CCI, sebbene il numero complessivo di eventi sia anche più elevato. Tale differenza si riduce significativamente qualora si consideri il solo catalogo degli eventi principali (main shocks selezionati secondo il criterio proposto da Keilis-Borok et al., 1980), come si può osservare da figura 3; questo effetto si spiega banalmente, se si considera che molti degli eventi riportati nel catalogo PDE sono privi della stima di magnitudo, nell’area in esame.

Infine sono state valutate le variazioni temporali della soglia di completezza  $M_c$  (ossia la soglia al di sotto della quale la distribuzione frequenza-magnitudo devia dalla linearità) del catalogo PDE per l’Italia meridionale. Tale analisi (figura. 3) indica che il catalogo non può essere considerato completo per magnitudo inferiori a 4.0 almeno sino al 1992, e successivamente  $M_c$  si mantiene intorno a 3.5. La ridotta completezza dei dati PDE deve pertanto essere tenuta in considerazione, qualora si utilizzino tali dati per l’analisi della sismicità nell’area in esame ed in particolare qualora si proceda all’aggiornamento del catalogo italiano CCI con i dati globali.

### ***Regionalizzazione della struttura litosferica***

La procedura seguita per raffinare il modello strutturale del sistema litosfera-astenosfera (in termini di velocità delle onde S e spessore degli strati della crosta e del mantello superiore) nell'area dell'Arco Calabro, consiste in diversi steps:

- l' applicazione della Frequency-Time Analysis (FTAN: e.g. Levshin et al., 1992) per ottenere le curve di dispersione della velocità di gruppo lungo differenti cammini epicentro-stazione;
- la tomografia con onde di superficie (Ditmar e Yanovskaya, 1987; Yanovskaya e Ditmar, 1990) a diversi periodi;
- la regionalizzazione dell'area in esame basandosi sulla similitudine delle curve di dispersione associate ad ogni cella di  $1^\circ \times 1^\circ$  ;
- L'inversione non-lineare, col metodo Hedgehog (Valyus, 1972), di curve di dispersione medie congiunta con le osservazioni su scala locale (velocità delle onde P, densità e spessori degli strati della crosta superiore), estraibili da studi di sismica e sezioni geofisiche bilanciate, che si trovano in letteratura per l'area sotto studio.

Questo studio di tomografia ha permesso di individuare un corpo ad alta velocità in corrispondenza dell'Arco Calabro, che diventa sempre più profondo in direzione SE-NW, riproducendo la subduzione verso Nord-Ovest della litosfera dello Ionio sotto il Mar Tirreno Meridionale.

I risultati ottenuti non permettono di definire con certezza la natura della crosta ionica, ma confermano, invece, la natura di tipo oceanico della crosta del Mar Tirreno Meridionale e la presenza di strati superficiali caratterizzati da bassa velocità delle onde S ed alta percentuale di fusione parziale, al di sotto di un sottile lid, in corrispondenza dei corpi vulcanici del Marsili e del Magnaghi-Vavilov.

### ***Implementazione di un modello cinematico dello stato attuale di deformazione dell'Arco Calabro***

La figura 12 (da Meletti *et al.* 2000, con lievi modifiche) mostra schematicamente gli elementi geologico-strutturali di ordine maggiore nell'area intorno all'Arco Calabro:

- 1) microplacca adriatica (Promontorio Africano *Auct.*), in certi momenti della sua storia geologica parte della placca africana e attualmente svincolata da questa dal punto di vista cinematico. La freccia piena in Puglia si riferisce al vettore di spostamento calcolato da Ward (1994) per la stazione VLBI di Matera; gli archi di cerchio, all'incirca paralleli alla freccia, indicano le tracce di spostamenti di punti materiali della microplacca adriatica in tempi geologici recenti secondo Meletti *et al.* (2000);
- 2) margine settentrionale della placca africana in Sicilia sud-orientale e nel Canale di Sicilia. La freccia piena in Sicilia sud-orientale si riferisce al vettore di spostamento calcolato da Ward (1994) per la stazione VLBI di Noto; gli archi di cerchio, all'incirca paralleli alla freccia, indicano le tracce di spostamento di punti materiali della placca africana in tempi geologici recenti secondo Livermore e Smith (1985);
- 3) la scarpata di Malta, interpretata come attuale zona di separazione (estensione con asse di sforzo minimo NE-SW associata a trascorrenza destra) tra la placca africana e la microplacca adriatica;
- 4) sistema deformato delle Maghrebidi Siciliane e dell'Atlas, legato alla convergenza Africa-Europa con bassi valori della velocità di arretramento dell'asse di flessura nella placca inferiore (Africa);
- 5) Appennino meridionale, fino a 0.65 Ma sistema in compressione legato alla subduzione della placca adriatica con elevata velocità di arretramento dell'asse di flessura, oggi sistema in estensione con asse di sforzo minimo NE-SW legato al movimento relativo verso NE della

microplacca adriatica rispetto all'Europa in assenza di fenomeni di arretramento flessurale nella litosfera apula;

- 6) Arco Calabro, con le sue strutture sia compressive (Arco Calabro Esterno) sia distensive (Valle del Crati, Valle del Mesima) e con alle spalle il ben noto piano di Wadati-Benioff (linee tratteggiate) e il bacino oceanico sud-tirrenico.

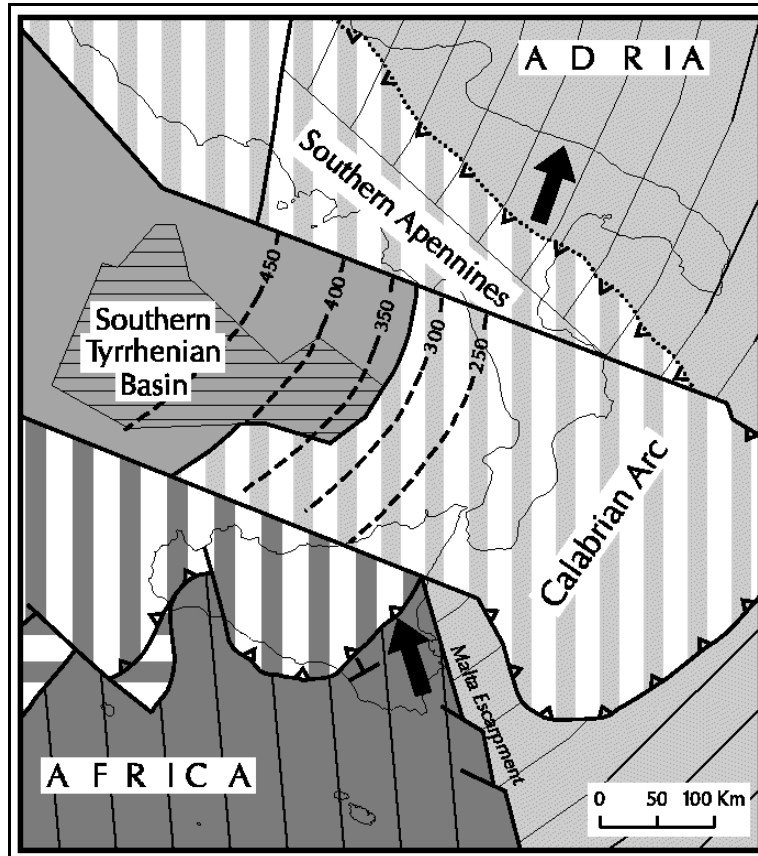


Fig. 12 - Schema cinematico dell'Arco Calabro.

Due sono i temi principali di investigazione che sono stati considerati:

- a) definizione del comportamento cinematico *in toto* dell'Arco Calabro;
- b) definizione della ripartizione della deformazione all'interno dell'Arco.

Il modello cinematico elaborato vede in corrispondenza dell'Arco Calabro la persistenza di un sistema arco-fossa in migrazione verso ESE, sviluppato lungo una zona di subduzione governata da elevata velocità di arretramento dell'asse di flessura della litosfera ionica e da valori della velocità di convergenza tra Adria ed Europa prossimi a zero. L'arretramento differenziale della litosfera ionica sarebbe reso possibile da due importanti svincoli litosferici (free boundaries *sensu* Royden *et al.* 1987), con movimento sinistro tra Catena Costiera+Sila ed Appennino Meridionale e movimento destro tra Peloritani e Maghrebidi Siciliane. Lo scorrimento laterale destro lungo lo svincolo meridionale sarebbe accompagnato da compressione legata alla convergenza Africa-Europa. All'interno dell'Arco Calabro, infine, e facendo riferimento alle sole aree emerse, il modello prevede estensione lungo le strutture Crati e Mesima con asse di sforzo minimo WNW-ESE, normale all'asse di flessura della litosfera ionica in arretramento verso ESE. Come conseguenza di questo comportamento cinematico ci si aspetta un lento allontanamento tra Catena Costiera e Sila.



In conclusione, come già detto all'inizio della relazione, si può affermare che tutte le principali tematiche della ricerca sono state analizzate e che i principali obiettivi sono stati raggiunti. Si sottolinea inoltre che questa ricerca ha suscitato vivo interesse presso la Regione Calabria che, attraverso i suoi funzionari, ha attivamente cooperato alla stessa.

## **Bibliografia**

- Boschi, E., Ferrari, G., Gasperini, P., Guidoboni, E., Smriglio, G., and Valensise, G. (1995), Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980. Istituto Nazionale di Geofisica e Storia Geofisica Ambiente.
- Ditmar P.G. and Yanovskaya T.B. (1987). A generalization of the Backus-Gilbert method for estimation of lateral variations of surface wave velocity. *Izv. Akad. Nauk SSSR, Fiz. Zemli*, 23 (6), 470-477.
- Keilis-Borok, V.I., Knopoff, L., e Rotwain, I.M. (1980), Bursts of aftershocks, long term precursors of strong earthquakes. *Nature* 283, 259-263.
- Levshin A.L., Ratnikova L. and Berger J. (1992). Peculiarities of surface wave propagation across Central Eurasia. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 82, 2464-2493.
- Meletti C., Patacca E. and Scandone P. (2000). Construction of a Seismotectonic Model: The Case of Italy. *Pure appl. Geophys.*, 157, 11-35.
- Molchan, G.M., Kronrod, T.L., e Panza, G.F. (1996), Hazard oriented multiscale seismicity model: Italy. International Centre for Theoretical Physics. Internal report IC/96/23. Trieste. Italy.
- NEIC - PDE, Preliminary Determinations of Epicenters: Italy. Computer files disponibili via anonymous ftp: [gldfs.cr.usgs.gov](ftp://gldfs.cr.usgs.gov). National Earthquake Information Center. U.S.G.S. Denver, USA.
- Peresan, A., G. Costa e F. Vaccari (1997): CCI1996: the Current Catalogue of Italy. International Centre for Theoretical Physics. Internal report IC/IR/97/9. Trieste. Italy.
- Postpischl, D. (1985): Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980. C.N.R.-Progetto Finalizzato Geodinamica.
- Peresan, A., Panza, G.F. e Costa G. (2000): CN algorithm and long-lasting changes in reported magnitudes: the case of Italy, *Geophys. J. Int.* 141, 425-437.
- Plantet, J.L. e Feignier, B. (1999): Laboratoire de Detection et de Geophysique (LDG), France, CSEM-EMSC Newsletter 15, 4-5.
- Rotwain, I., e Novikova, O., (1999). Performance of the earthquake prediction algorithm CN in 22 regions of the world. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 111, 207-213.
- Valyus V.P. (1972). Determining seismic profiles from a set of observations. In: *Computational Seismology*. 114-118, Keilis-Borok ed., Consult. Bureau, New-York.
- Yanovskaya T.B. and Ditmar P.G. (1990). Smoothness criteria in surface-wave tomography. *Geophys. J. Int.*, 102, 63-72.
- Livermore R.A., Smith A.G. (1985). Some boundary conditions for the evolution of the Mediterranean region. In: D.J. Stanley, F.C. Wezel (Eds.), "Geological Evolution of the Mediterranean Basin", Raimondo Selli Commemorative Vol., Springer-Verlag - New York, 83-98.
- Meletti C., Patacca E., Scandone P. (2000). Construction of a seismotectonic model: the case of Italy. *Pageoph*, 157, 11-35.
- Royden L., Patacca E., Scandone P. (1987). Segmentation and configuration of subducted lithosphere in Italy: an important control on thrust-belt and foredeep-basin evolution. *Geology*, 15, 714-717.
- Ward S.N. (1994). Constraints on the seismotectonics of the central Mediterranean from Very Long Baseline Interferometry. *Geophys.J.Int.*, 117, 441-452.

## Didascalie delle figure fuori testo

Fig. 6a,b,c,d – Relazioni fra i diversi tipi di magnitudo riportati nei cataloghi CCI e PDE, per gli eventi comuni avvenuti nell'Italia meridionale (Lat: 37.0-42.0N, Lon: 12.0-17.5E). I parametri  $a$  e  $b$  della regressione lineare  $Y=bX+a$  sono riportati in ciascun diagramma, insieme al numero  $N$  di eventi utilizzati per l'estrapolazione lineare (con entrambe le magnitudo non-nulle);  $sd$  è la deviazione standard e  $P$  è la percentuale di punti che distano più di due deviazioni standard dalla retta.

Fig. 7a,b – Relazioni frequenza-magnitudo cumulative, normalizzate rispetto alla lunghezza dell'intervallo temporale, ottenute per: a) tutti gli eventi; b) i soli eventi principali riportati nei cataloghi CCI e PDE per l'Italia meridionale. Due diverse magnitudo operative sono state considerate per il PDE:  $M_{PDE}(M1, M2, m_b)$ , con magnitudo ricalcolate o meno, secondo le relazioni lineari mostrate in figura 1.

Fig. 8a,b – Distribuzioni frequenza-magnitudo ottenute per il catalogo PDE nell'area in esame, considerando sei finestre temporali consecutive di due anni, a) dal 1986 al 1991; b) dal 1992 al 1997, rispettivamente. La magnitudo operativa è  $M_{PDE}(M1, M2, m_b)$ , non ricalcolata.

Fig. 9 - L'area sotto studio comprende il bacino Tirrenico Meridionale (Regione I) e l'Arco Calabro (Regione II). Le due regioni consistono di celle di  $1^\circ \times 1^\circ$ , ciascuna caratterizzata da una curva di velocità di gruppo, raggruppate per similitudine delle loro curve di dispersione. All'interno di ciascuna regione si distinguono: (1) celle con curva di dispersione che differisce, a tutti i periodi, per meno dell'errore di misura dalla curva media della regione di appartenenza; (2) celle con curva di dispersione che differisce, almeno ad un periodo, per più dell'errore di misura ma meno di due sigma dalla curva media della regione di appartenenza. Sono evidenziati i vulcani sottomarini presenti nel Tirreno, il modello strutturale di Meletti et al. (2000) e la sezione A-B di figura.6.

Fig. 10 -Sopra: le celle considerate. Sotto: set di strutture (velocità delle onde  $S$  rispetto la profondità), ottenuti mediante l'inversione non-lineare, per ciascuna cella di  $1^\circ \times 1^\circ$ . In ogni grafico: in grigio lo spazio dei parametri esplorato nell'inversione; la struttura scelta come rappresentativa della cella viene evidenziata assieme alla profondità della Moho (indicata con la lettera  $M$ ). Nelle celle 7c, 8c, 7d e 8d la Moho non viene indicata per ambiguità.

Fig. 11 - Sopra: interpolazione e proiezione, lungo la sezione A-B, della velocità delle onde  $S$  delle strutture rappresentative delle celle che attraversano la sezione. Sotto: set di strutture, ottenuti mediante l'inversione, per le celle attraversate dalla sezione A-B.

# Figure fuori testo

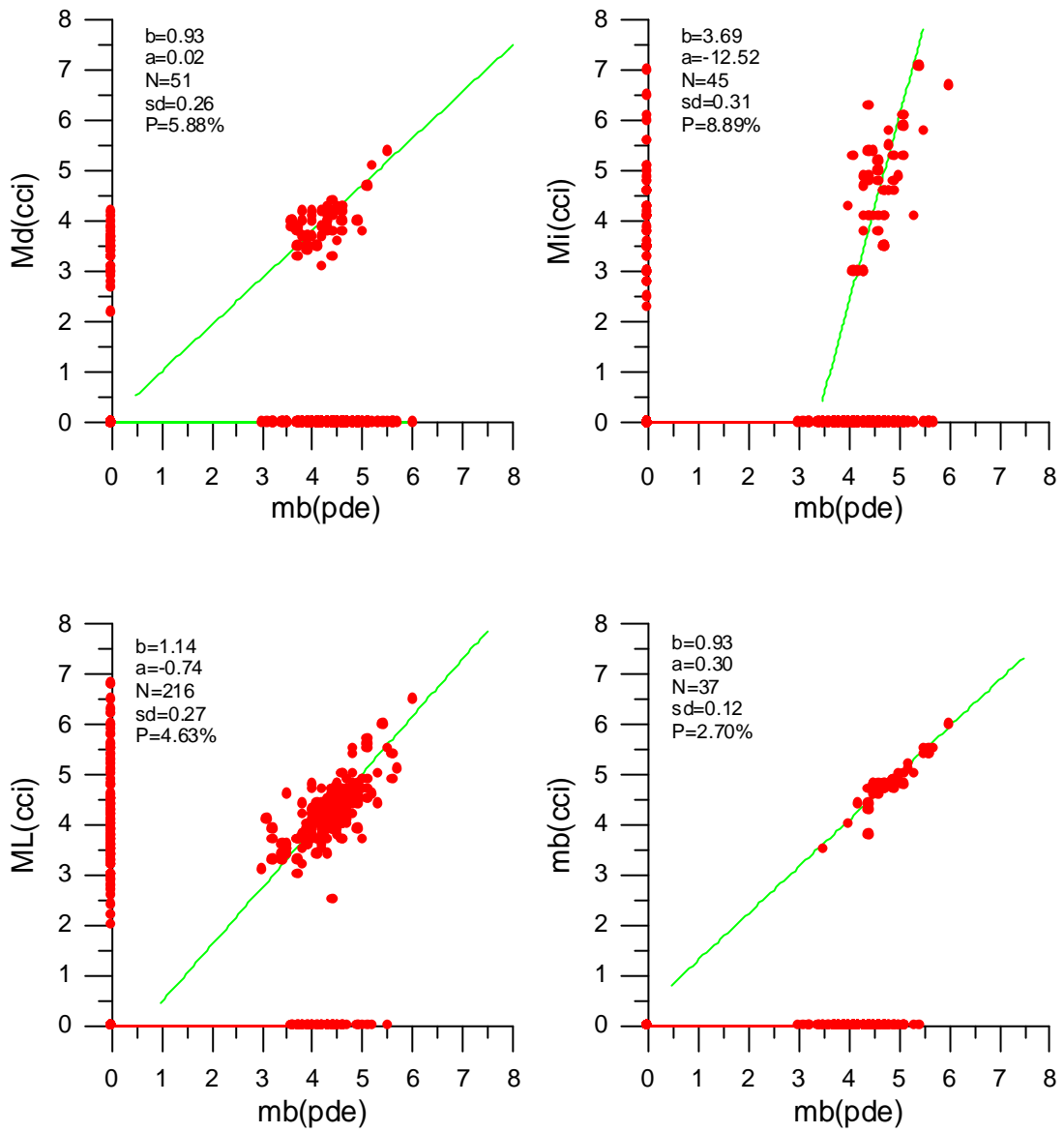


Fig. 6a

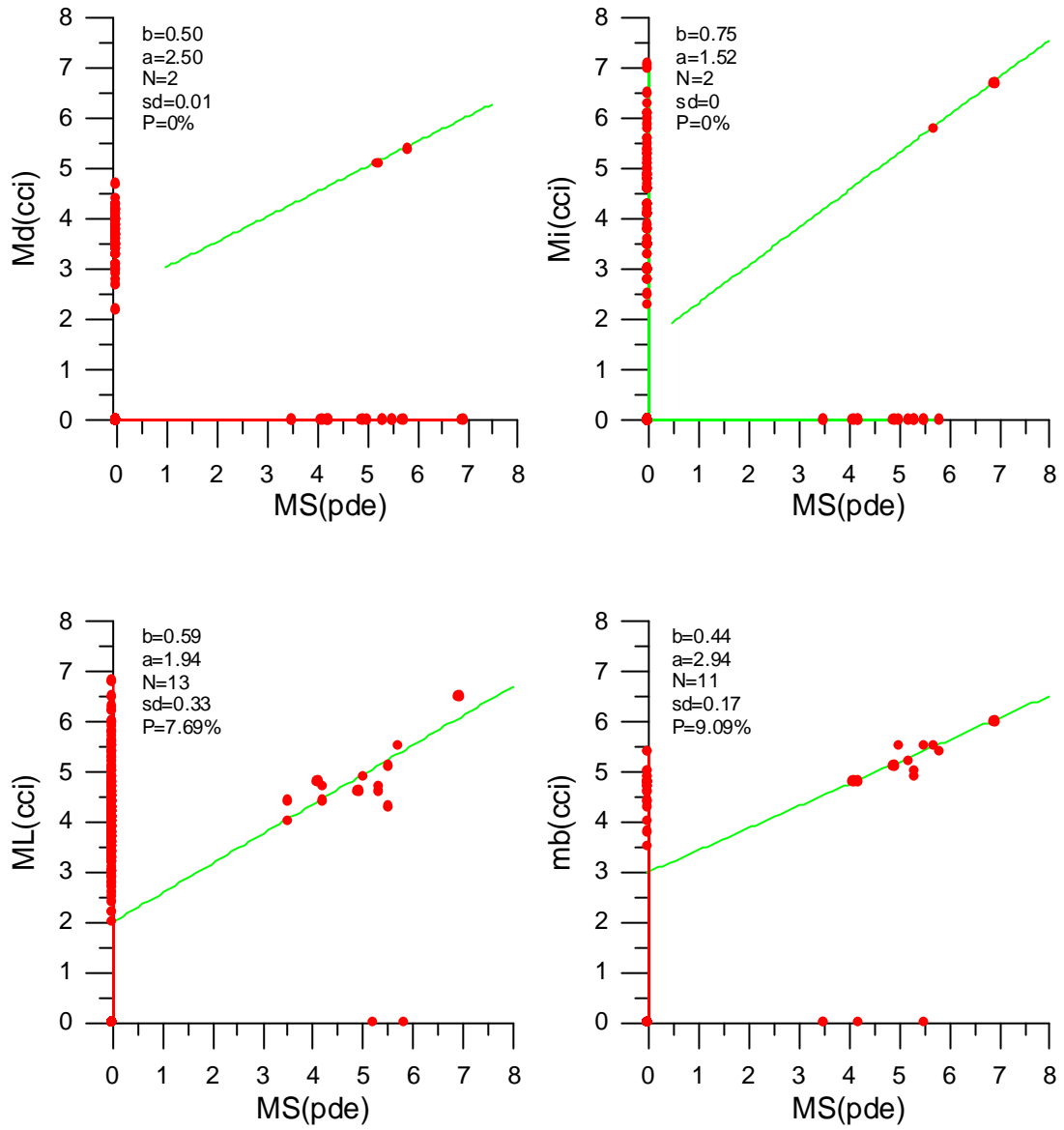


Fig. 6b

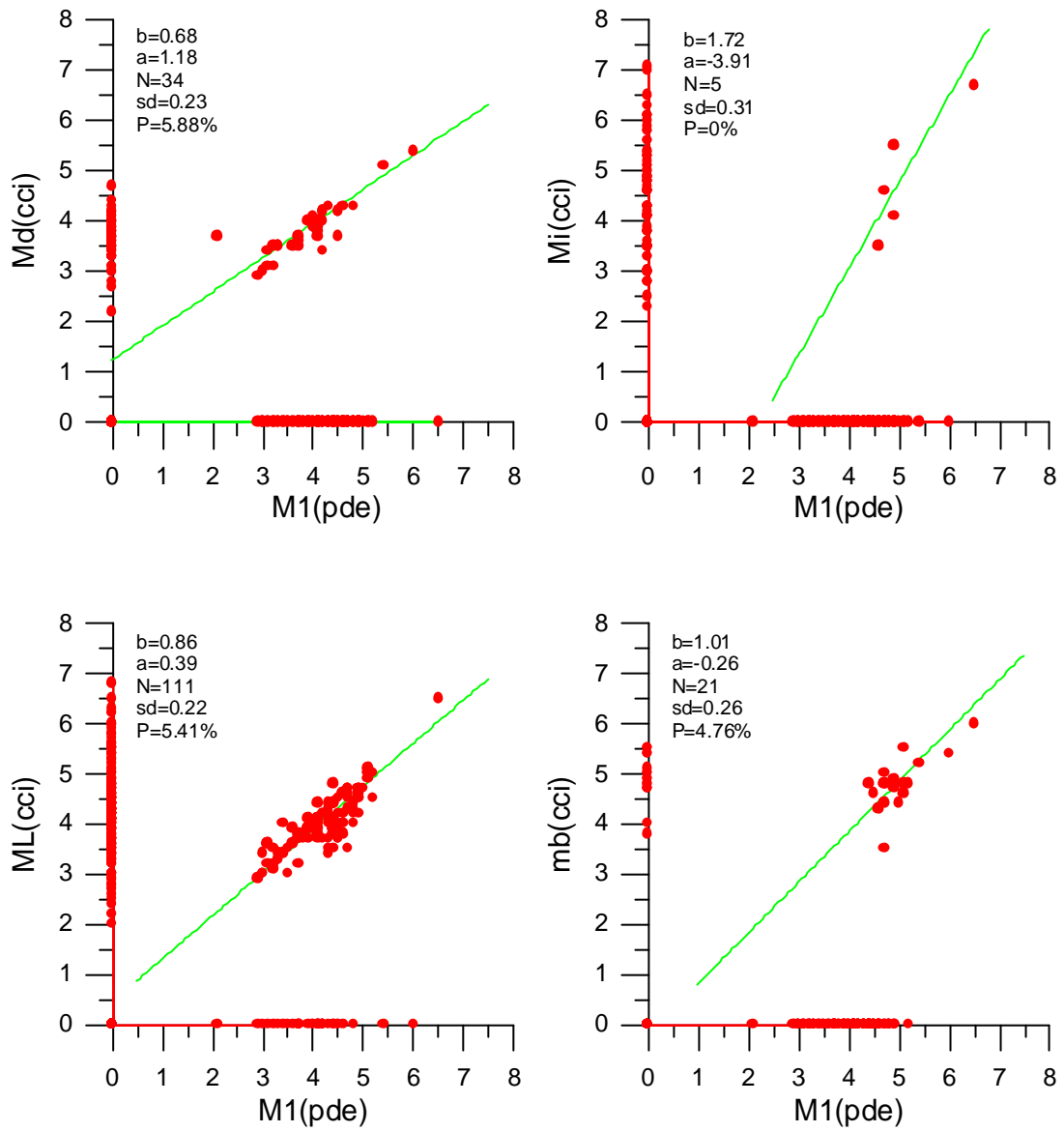


Fig. 6c

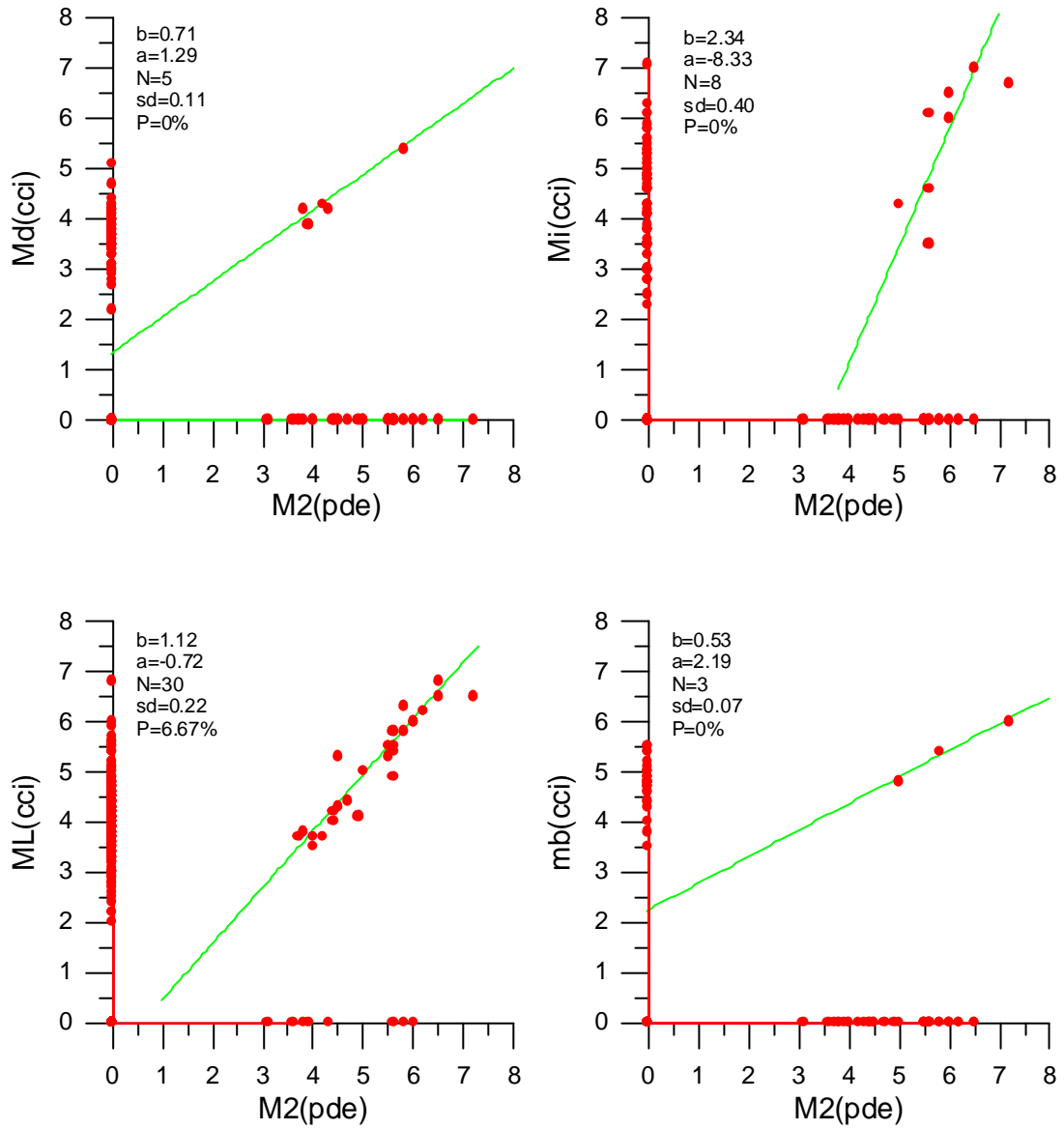


Fig. 6d

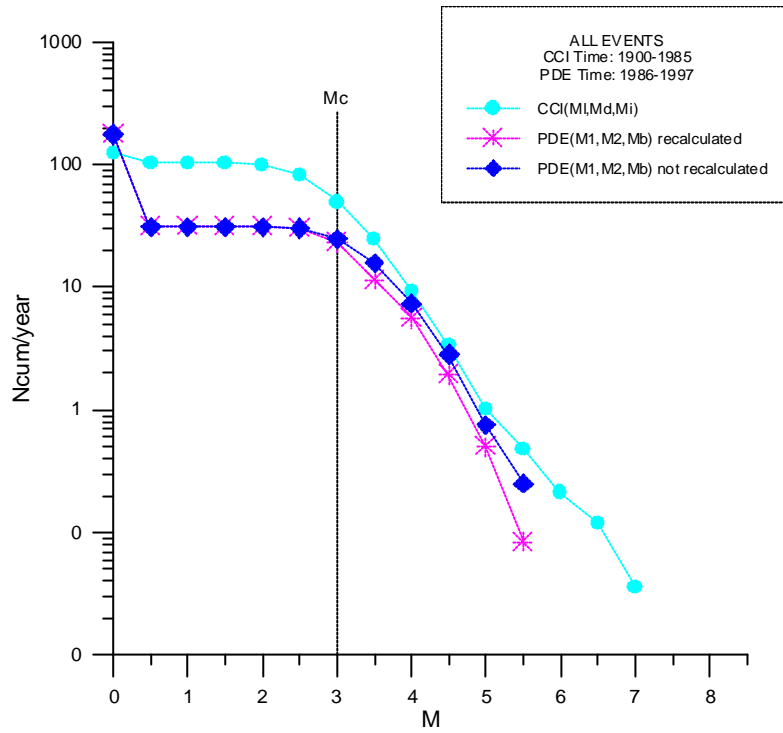


Fig. 7a

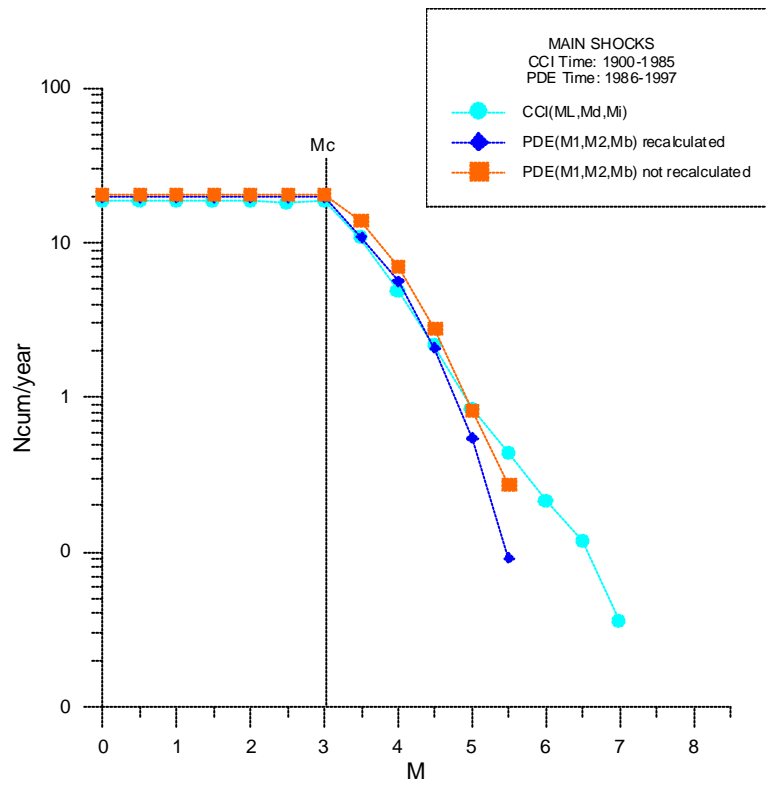


Fig. 7b

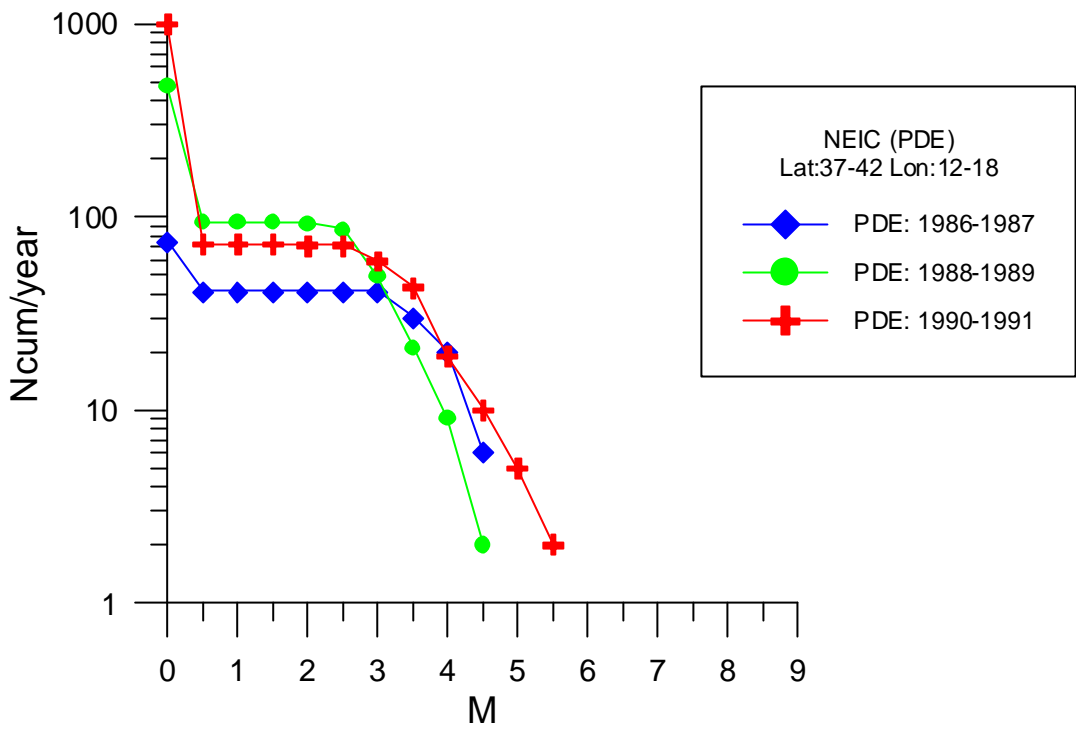


Fig. 8a

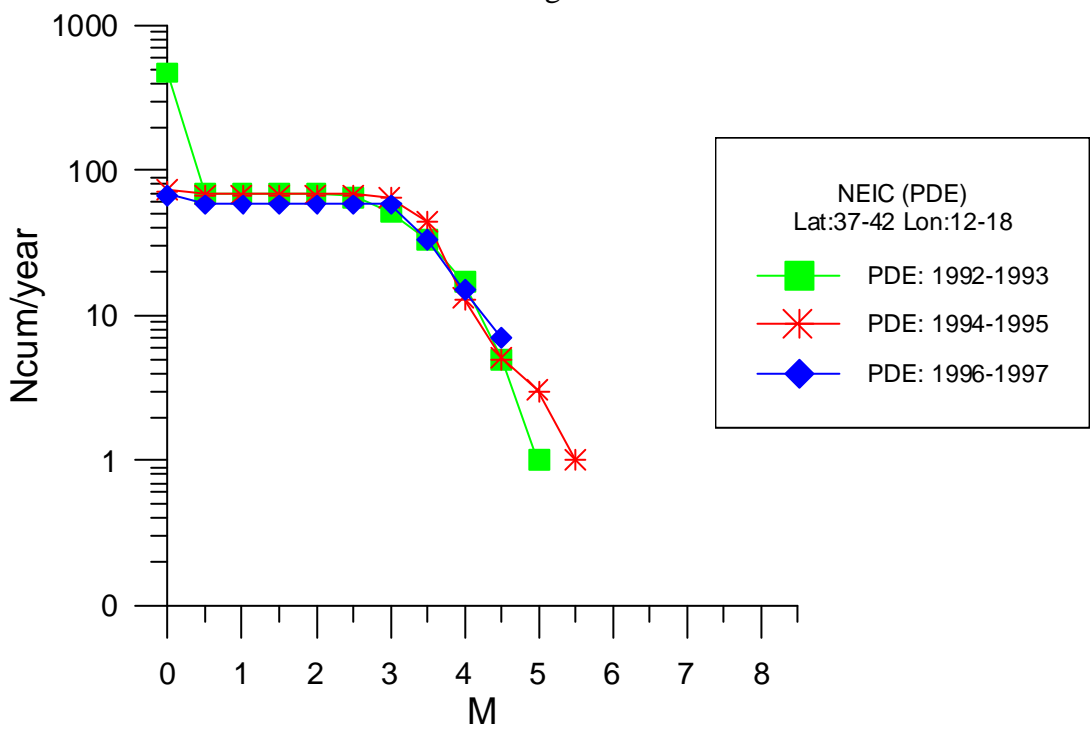


Fig. 8b



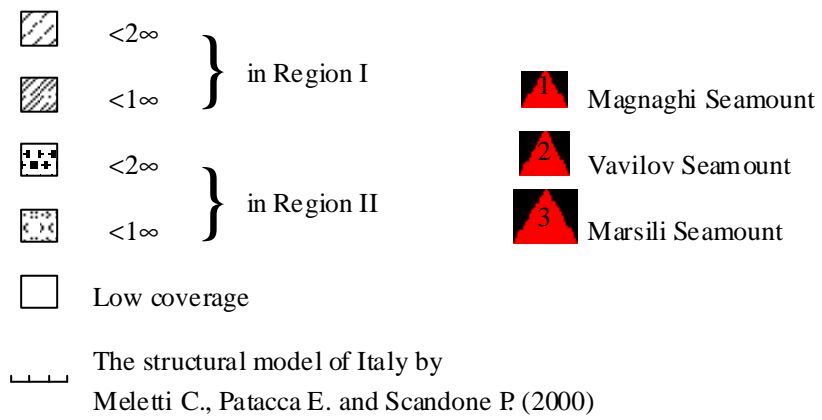
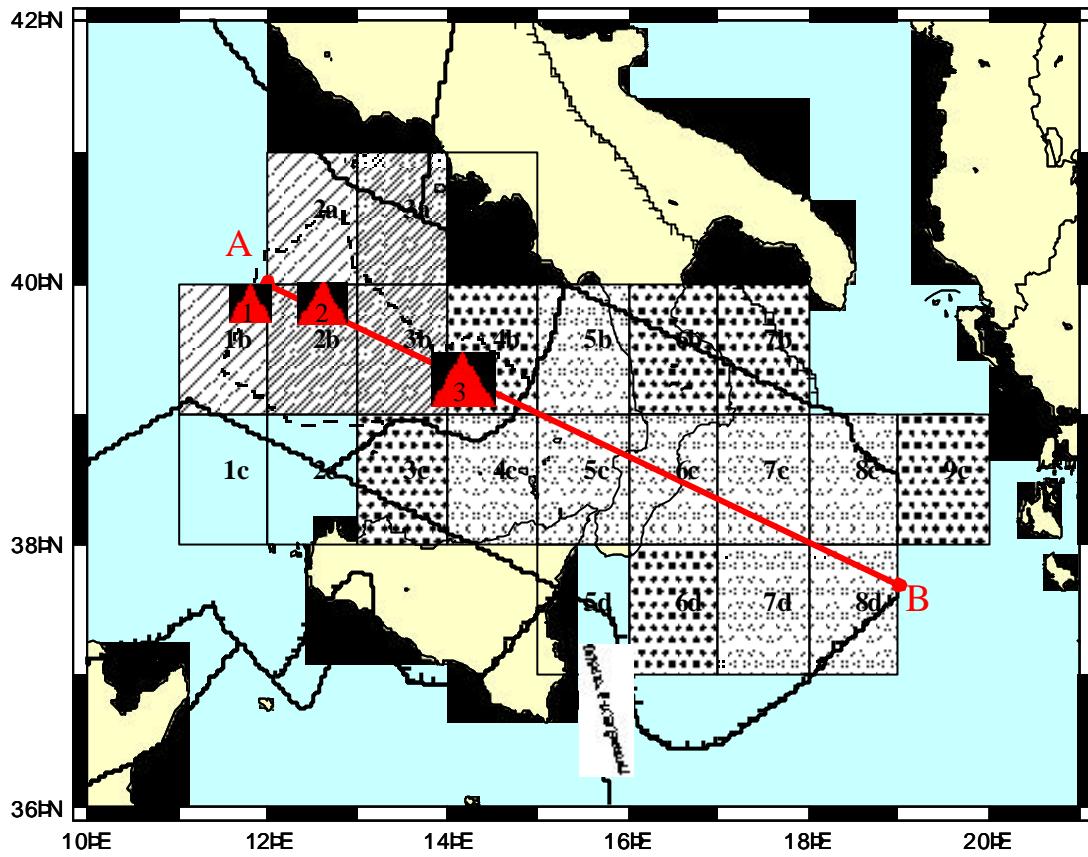


Fig. 9

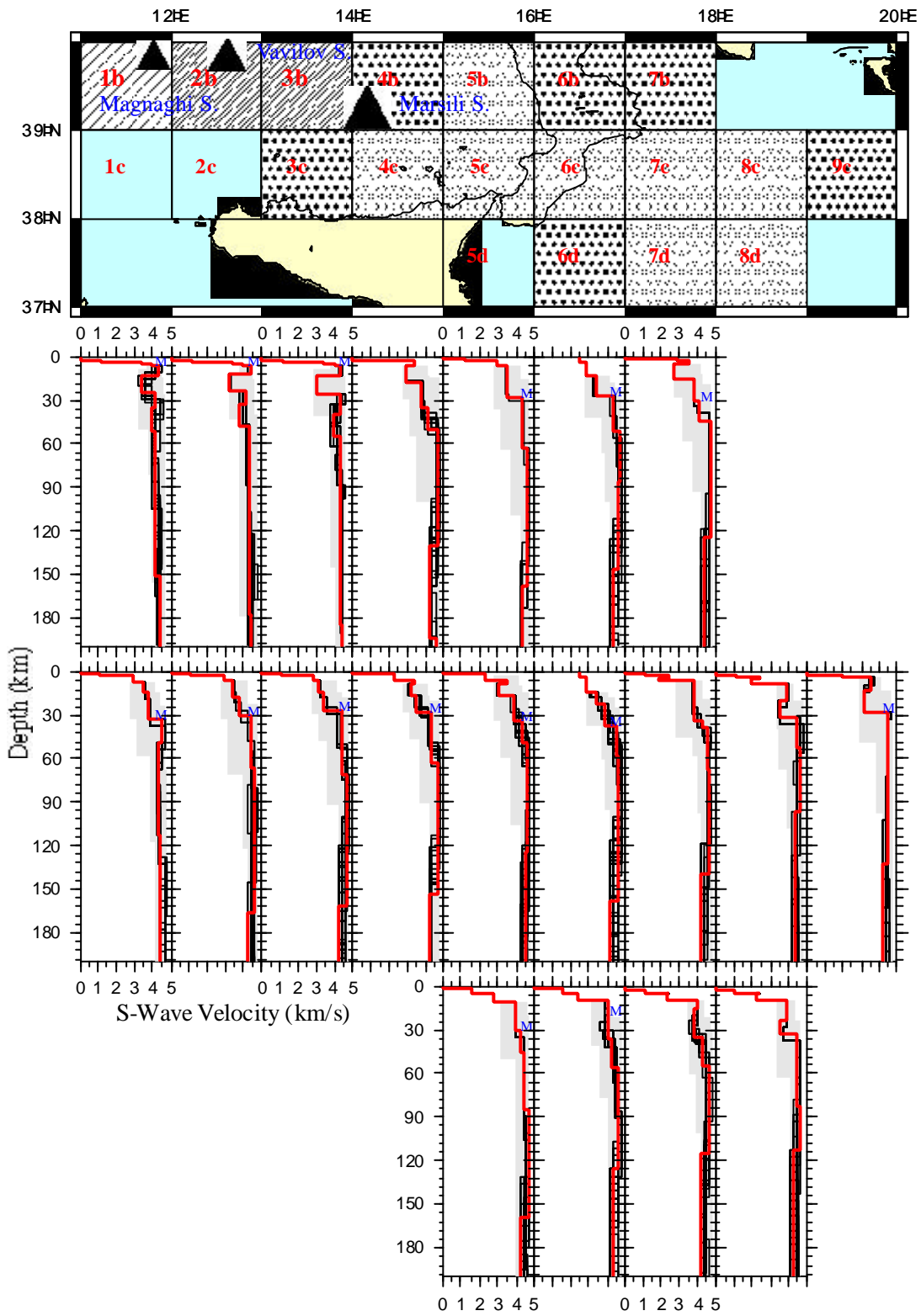


Fig. 10

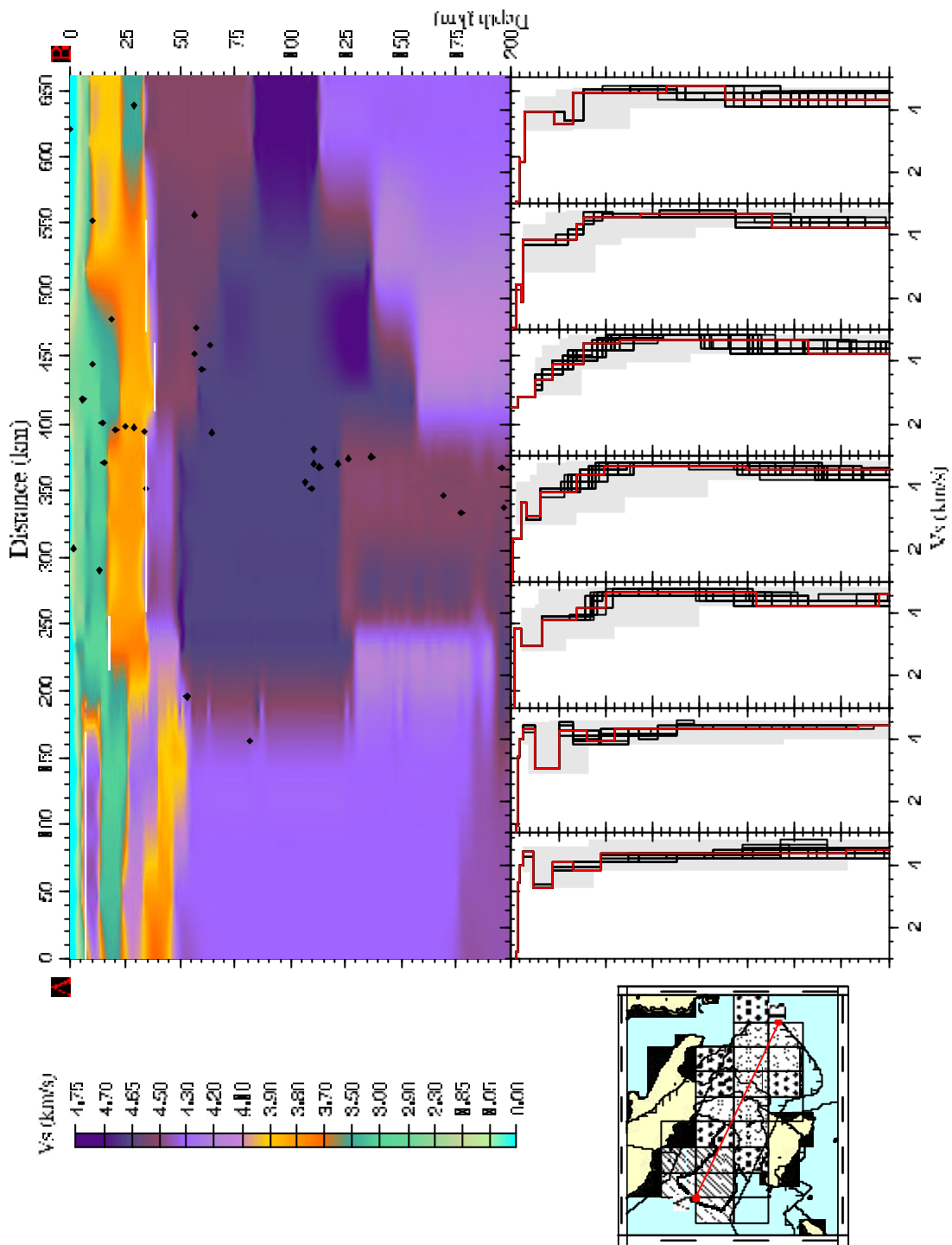


Fig. 11

## **Allegato 1**

# **Relazione sopralluogo presso il sito di Nocara (Cosenza)**

Autore :  
**S.p.A.**

**D. Del Rosso / G. Ramundo: Telespazio**

Data Sopralluogo :

**24-Aprile-2001**

Lista di distribuzione:

- **Raffaele Acciardi - (Nocara)**  
**Michele Marino**
- **Franco Vespe - A.S.I.**
- **Barzaghi / Borghi – Politecnico Milano**

Nel giorno 24 Aprile 2001 è stato effettuato un sopralluogo presso il sito del comune di Nocera (CS) per effettuare misure di radio interferenza nella banda GPS.

Questo sito è stato scelto per la installazione di un ricevitore GPS permanente nell'ambito del Progetto GNDT, e per inserirlo nella Rete Fiduciale Italiana dell'ASI.

Il contatto in loco è stato presso gli uffici del comune di Nocera (sig. Raffaele Acciardi).

Sono stati ispezionati due punti distanti tra loro circa 500 metri in direzione sud/nord: A) nei pressi torre acquedotto B) sullo sperone dietro il cimitero. Il punto B risulta molto buono come orizzonte circolare rispetto al punto A che presenta qualche ostacolo come alberi e la torre dell'acquedotto. In Fig 1, è riportato un disegno del sito.

Le misure di interferenza sono state effettuate nel punto A, a sud della torre, in quanto era disponibile alimentazione elettrica. Da tale punto è comunque visibile il punto B per cui le interferenze che interessano il punto B sono visibili anche sul punto A.

Inoltre è stata fatta una acquisizione con ricevitore GPS Trimble per circa quattro ore (5 gradi di elevazione a 15 secondi).

Dalle misure effettuate, risulta che sulle frequenze di acquisizione GPS ( L2=1227 Mhz e L1=1575 Mhz) non ci sono segnali di interferenza (Fig 2, Fig 3, Fig 4); comunque sono visibili delle portanti di grossa intensità a qualche decina di Mhz dai segnali GPS e che attualmente non danno disturbo. L'interferenza più significativa proviene presumibilmente da Nord.

Di seguito è riportato anche il QC dei dati relativo alle 4 ore di acquisizione. Il dato risulta di buona qualità.

Riferimenti:

Michele Marino	Tel. 0884 962487
Raffaele Acciardi	Tel 0981-934442
Vespe Francesco	Tel. 0835-377-211
Domenico Del Rosso	Tel. 0835-377-203
Riccardo Barzagli	Tel 02-23996528

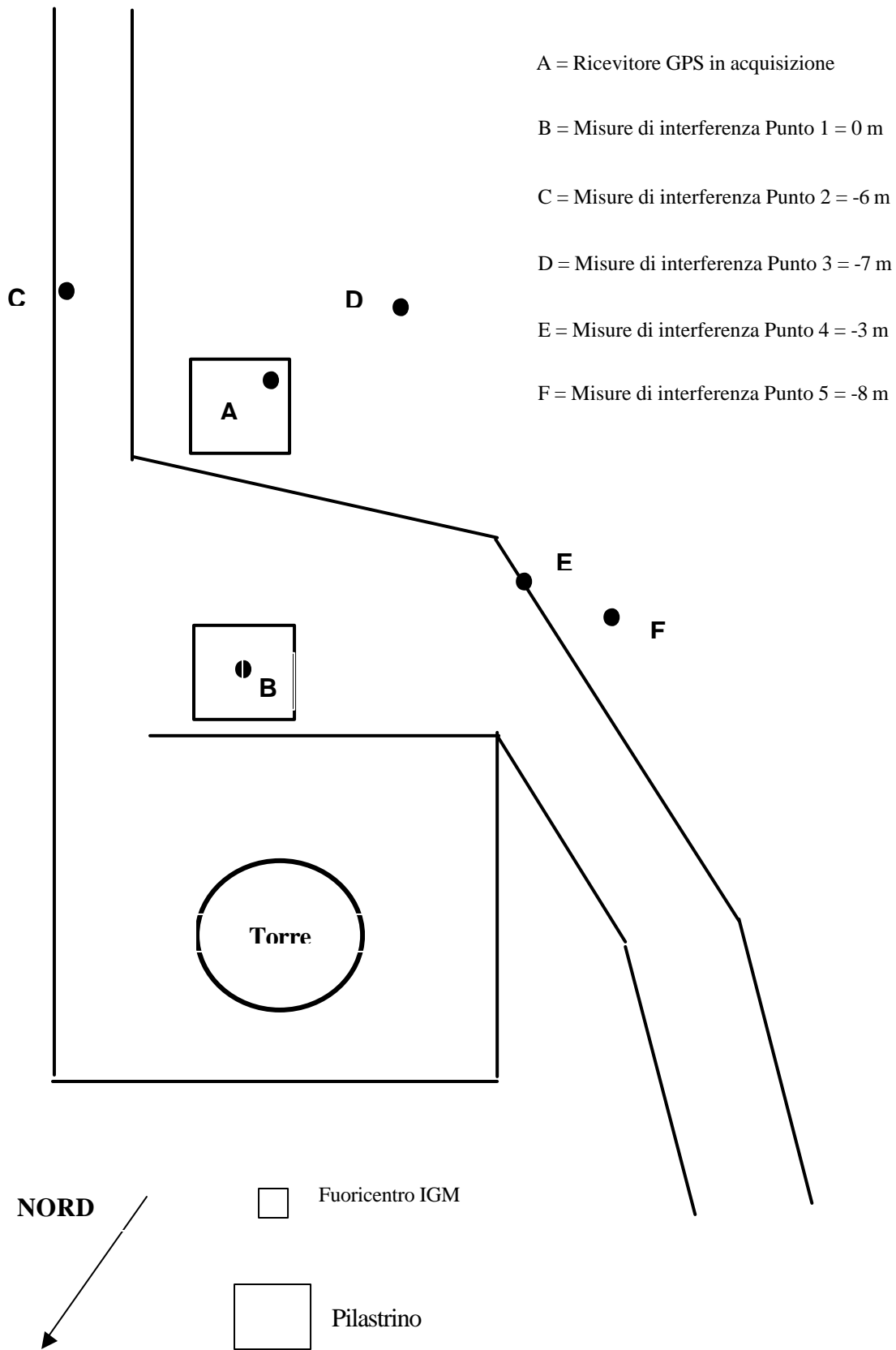


Fig. 1

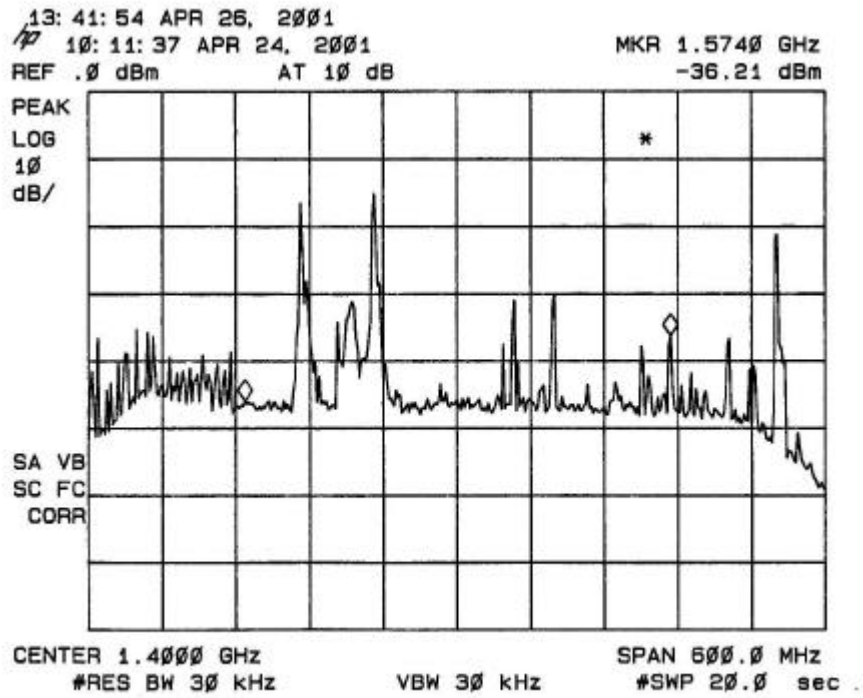


Fig. 2

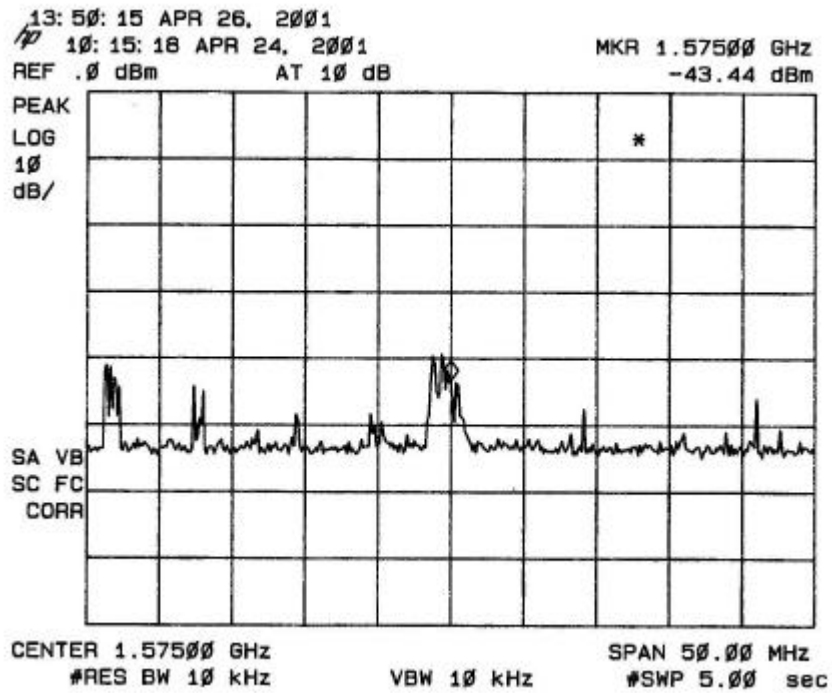


Fig. 3



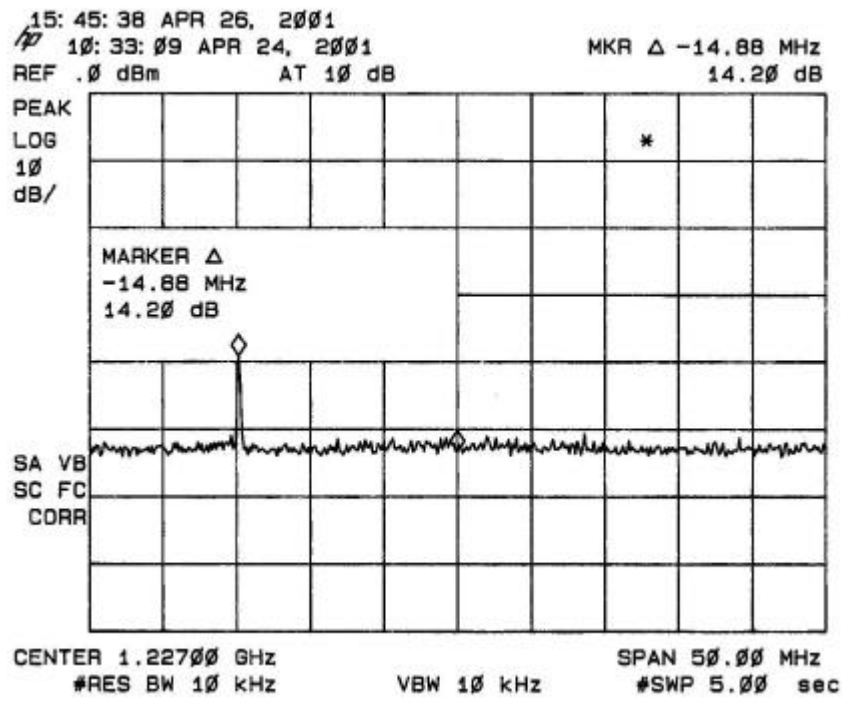


Fig. 4

