

STUDIO PRELIMINARE DI DUE SEQUENZE DI MICROTERREMOTI ACCADUTE NEL 2011 E NEL 2012 NELL'AREA DEI MONTI IBLEI ORIENTALI (SICILIA SUD-ORIENTALE – ITALIA)

S. D'Amico¹, F. Ferrari¹, V. Maiolino¹, A. Messina², A. Ursino¹

¹ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Etneo, Sezione di Catania, Italy

² Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma 2, Italy

Introduzione. Nell'ottobre 2011 e nel giugno 2012 due sequenze sismiche hanno interessato l'area a sud di Canicattini Bagni, sulle propaggini orientali dei Monti Iblei, in Sicilia sudorientale. Le due sequenze, costituite ognuna da più di un centinaio di scosse, sebbene di modesta energia, sono state avvertite con ansia dalla popolazione provocando anche lievi danni nelle località prossime all'area epicentrale. Al fine di monitorare con maggior dettaglio l'evoluzione della sequenza in corso, la rete sismica permanente gestita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Osservatorio Etneo - Sezione di Catania (INGV-OE) è stata implementata, subito dopo l'inizio della sequenza di ottobre 2011, da due stazioni mobili digitali in registrazione locale. Successivamente, dopo la ripresa dell'attività sismica nel mese di giugno 2012, le due stazioni mobili digitali sono state reinstallate negli stessi siti utilizzati precedentemente per ulteriori circa quaranta giorni. Le due stazioni mobili, durante il loro periodo di funzionamento, hanno permesso di rilevare un elevato numero di microterremoti.

In questo lavoro vengono presentati i risultati preliminari relativi alle due sequenze sismiche allo scopo di definire con estremo dettaglio la struttura sismogenetica attivatasi. È attualmente in corso l'integrazione del *dataset* acquisito dall'INGV-OE nell'ambito delle attività di monitoraggio, con i dati acquisiti dalle due stazioni mobili installate. La peculiarità delle due sequenze consiste nel fatto che esse: *i*) rappresentano il maggior rilascio energetico, avvenuto nel corso degli ultimi dieci anni, nell'area iblea; *ii*) testimoniano la presenza di una sorgente sismogenetica superficiale ben distinta dal *pattern* sismico tipico dell'Altopiano Ibleo.

Inquadramento geologico-strutturale. La Sicilia sud-orientale appartiene al complesso geodinamico dell'area centro-mediterranea, che è dominata dalla convergenza NW-NNW della placca europea ed africana. Per questo motivo, la Sicilia sud-orientale è una delle regioni italiane con il più alto rischio sismico. Recentemente, alcuni autori (Adam *et al.*, 2000; Barbano e Rigano, 2001) hanno investigato la sismotettonica della regione, affermando che anche se il campo di stress compressivo è legato come prima causa alla collisione della placca Africana-Euroasiatica, probabilmente altri fattori regionali e locali devono essere invocati per spiegare l'accadimento e la distribuzione dei terremoti in questa regione.

Il principale dominio strutturale è rappresentato dall'Altopiano Ibleo (Fig. 1) che è il margine settentrionale della crosta continentale africana. Esso è costituito da una potente (più di 6 km) successione prevalentemente carbonatica con sottili livelli di marne con intercalati livelli Plio-Pleistocenici di vulcaniti basiche ed è stato debolmente deformato durante l'orogenesi alpina. Attualmente continua a mostrare moderati tassi di sollevamento con un comportamento tettonico complessivamente di tipo estensionale (Ben-Avraham e Grasso, 1990; Adam *et al.*, 2000).

Dal Triassico al Quaternario l'Altopiano Ibleo è stato interessato da attività vulcanica, le cui ultime fasi (nel tardo Miocene-Pleistocene) si sono sviluppate nella parte settentrionale lungo un principale sistema di fratture eruttive con direzione NE-SW (Grasso e Reuther, 1988). Durante il Quaternario è iniziata una fase di tettonica distensiva espressa da faglie sub-verticali (Bianca *et al.*, 1999). In particolare, l'estensione regionale crostale ESE-WNW ha prodotto una zona attiva [Rift Siculo-Calabro: Tortorici *et al.* (1995) e Monaco *et al.* (1997)] che in Sicilia Sudorientale è rappresentato nell'entroterra dalle faglie di Avola e Rosolini-Pozzallo. Strutture compressive, trascorrenti e faglie inverse sono molto comuni nell'intera area (Ghisetti e Vezzani, 1980).

L'Altopiano Ibleo è delimitato a nord, dalla Avanfossa Gela-Catania che rappresenta il margine dell'altopiano ribassato sotto il fronte della Catena Appenino-Maghebide (Yellin-Dror

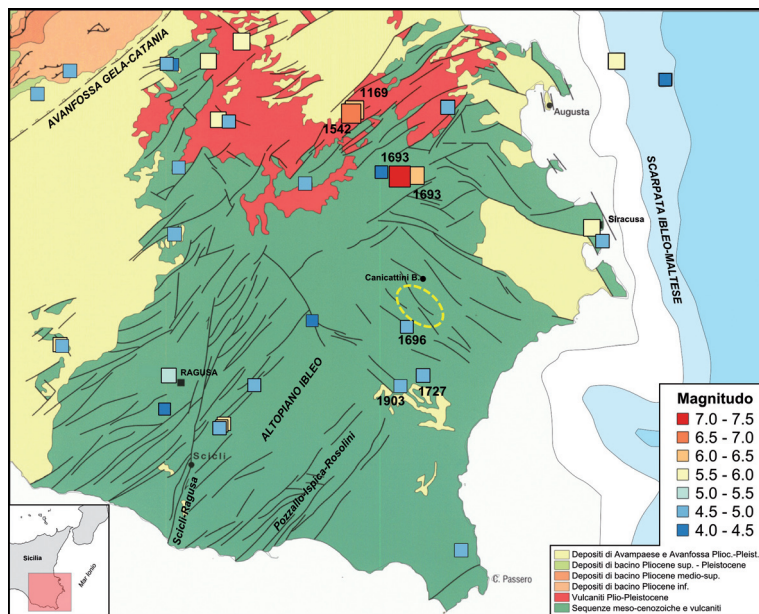


Fig. 1 – Schema neotettonico dell’Avampaese Ibleo (modificato da Lentini *et al.*, 1996). I quadrati, con dimensione proporzionale alla magnitudo, indicano i terremoti riportati nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI, Rovida *et al.*, 2011). Il rettangolo in giallo a tratteggio indica l’area rappresentata in Fig. 3.

et al., 1997). Ad ovest l’altopiano è delimitato dal sistema di faglie “Scicli Ragusa” (Fig. 1). I settori centrale e settentrionale dell’area sono caratterizzati da faglie normali ad andamento da NE-SW a ENE-WSW e dalle principali strutture Plio-Pleistoceniche ad *horst* e *graben*. Infine, nella zona orientale, in mare aperto, la struttura più importante è conosciuta come Scarpata Ibleo-Maltese. Questo sistema di faglie normali con direzione NNW–SSE ed immersione ENE si sviluppa per oltre 300 km dal Nord-Africa alla Sicilia Orientale (Reuther *et al.*, 1993; Sirovich e Pettenati, 1999) e rappresenta l’evidenza morfologica di una zona di faglia litosferica che separa 23 km di crosta continentale dell’Altopiano Ibleo (Finetti, 1982) dalla crosta oceanica spessa 13 km nel Mare Ionio (e.g., Reuther *et al.*, 1993; Adam *et al.*, 2000).

Sismicità storica e attività sismica recente. Il territorio dei Monti Iblei si trova in un’area a forte pericolosità sismica dovuta alla capacità di alcune sue strutture di generare forti terremoti come quelli del 1169 (intensità epicentrale $I_0 = X$, magnitudo momento $M_w = 6.4$), del 1542 ($I_0 = X$, $M_w = 6.7$) e del 1693 ($I_0 = XI$, $M_w = 7.4$ e $I_0 = VIII-IX$, $M_w = 6.2$). Questi non sono ricadono nell’area in esame, ma a distanza di circa venti (eventi del 1169 e 1542) e trenta chilometri (eventi del 1693) in direzione nord (Fig. 1). Complessivamente, per una estensione di circa cinquanta chilometri intorno all’area di studio, dal 1125 sono accaduti trentacinque terremoti con magnitudo $M_w > 4.0$. In prossimità dell’area epicentrale il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI, Rovida *et al.*, 2011) riporta solo tre terremoti (nel 1696, 1772 e 1903) con magnitudo M_w compresa tra 4.5 e 4.8 che hanno provocato solamente danni moderati ($I_{max} = VII-VIII$).

Recentemente, i risultati ottenuti da Scarfi *et al.* (2007) indicano che i terremoti dell’Altopiano Ibleo sono distribuiti principalmente nelle zone in cui la velocità delle onde P è relativamente più elevata, o ai margini di queste, con profondità focali tra i 15 e i 25 km (Fig. 2). In particolare, la sismicità è concentrata in alcune aree: *i*) nel settore più orientale (*inland* e *offshore*); *ii*) ad ovest, nella porzione più settentrionale della Linea di Scicli; *iii*) lungo l’Avanfossa Gela-Catania.

Per la caratterizzazione della sismicità strumentale registrata nella zona di interesse, sono stati utilizzati i dati provenienti dal Bollettino della sismicità strumentale del Progetto Poseidon

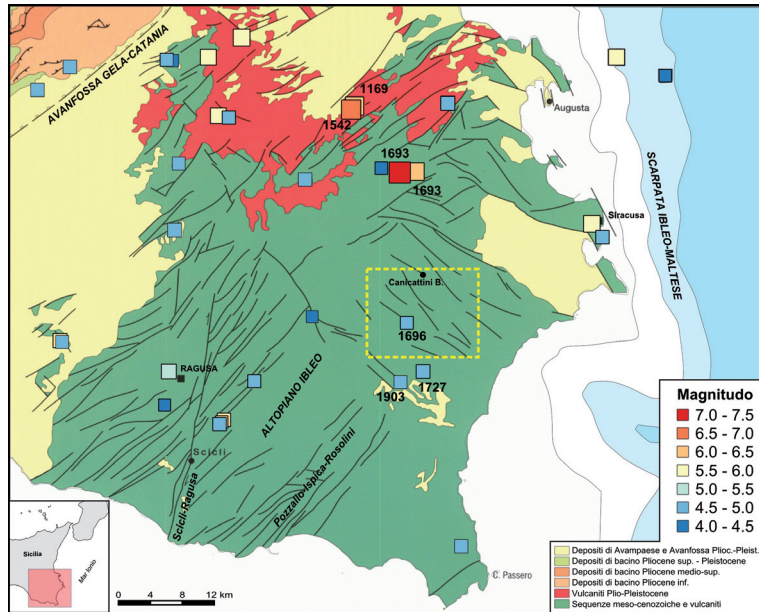


Fig. 2 – Mappa epicentrale dei terremoti recenti localizzati nell’area iblea dal 1994 al 2014. I triangoli indicano le stazioni della rete sismica permanente gestita dall’INGV-OE; i quadrati le stazioni sismiche mobili installate. Il rettangolo in giallo a tratteggio indica l’area rappresentata in Fig. 3.

(Ismes, 1999), che copre l’intervallo temporale compreso tra il 1994 ed il 1999, ed il Catalogo dei terremoti della Sicilia Orientale (Gruppo Analisi Dati Sismici, 2014), che riporta i terremoti localizzati dalla rete sismica gestita dall’INGV-OE, a partire dal 1999 ad oggi (Fig. 2).

Nel corso degli ultimi venti anni, il settore ibleo e la parte settentrionale della provincia di Siracusa sono stati interessati da una sismicità diffusa, di modesta energia (la magnitudo locale M_L massima osservata è pari a 4.2), localizzata essenzialmente a profondità superiore a dieci km. I terremoti più energetici sono ubicati nelle aree maggiormente attive dell’Altopiano Ibleo (Scarfi *et al.*, 2007). Solo un terremoto ($M_L = 4.2$) è accaduto una decina di chilometri a nord-ovest delle sequenze oggetto di studio nel 2006. Infine, riguardo la sismicità di bassa energia, sono da segnalare due sciami di microterremoti avvenuti nel 1999 e nel 2000 nell’area al limite della Avanfossa Gela-Catania (Scarfi *et al.*, 2003).

I terremoti delle sequenze del 2011 e del 2012 ricadono invece in un’area poco interessata, in passato, da sismicità e sono caratterizzate da una profondità focale inconsueta per l’Altopiano Ibleo.

Le sequenze di ottobre 2011 e giugno 2012. Le due sequenze sismiche analizzate, si sono verificate nel settore montano della provincia di Siracusa a distanza di circa otto mesi l’una dall’altra: la prima nell’ottobre del 2011, la seconda tra giugno e luglio del 2012. I terremoti sono stati registrati dalla rete sismica della Sicilia sudorientale dell’INGV-OE, costituita da undici stazioni sismiche digitali tre-componenti installate a partire dal 1994 nell’ambito del progetto scientifico Poseidon e gestite dal 2001 dalla Sezione di Catania dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Fig. 2). Tale rete è stata equipaggiata, nel corso degli ultimi anni, con sensori *broadband* con periodo proprio di 40 secondi e digitalizzatore con frequenza di campionamento pari a 100 Hz. I dati sono trasmessi in *real-time* al Centro acquisizione dati di Catania dove il segnale sismico viene acquisito in continuo.

I terremoti della *dataset* utilizzato sono stati localizzati nell’ambito delle attività di monitoraggio e sorveglianza svolte dal Gruppo Analisi Dati Sismici (2014) utilizzando l’algoritmo di calcolo Hypoellipse (Lahr, 1989) ed un modello di velocità crostale proposto da Musumeci *et al.* (2003)

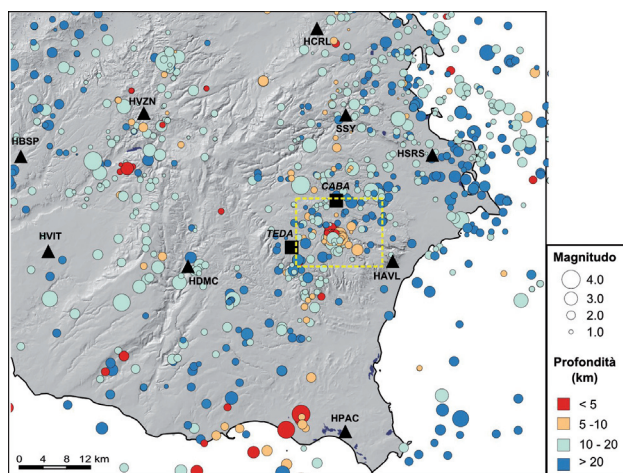


Fig. 3 – a) Distribuzione epicentrale dei terremoti (Gruppo Analisi Dati Sismici, 2014) delle sequenze del 2011 (in giallo) e 2012 (in rosso); in grigio la sismicità dell'area iblea dal 1994 al 2014, I meccanismi focali sono tratti da Scarfi *et al.* (2013). b) e c) numero giornaliero di terremoti e associato rilascio cumulativo di energia sismica durante le sequenze del 2011 e del 2012 nell'area rappresentata in Fig. 2. L'energia sismica E in Erg è calcolata dalla magnitudo M utilizzando la relazione $\log E = 9.9 + 1.9 M - 0.024 M^2$ (Richter, 1958).

per la Sicilia sudorientale. In media gli errori, sia in orizzontale che in verticale, sono inferiori a un chilometro.

L'area epicentrale (Fig. 3a) è ubicata a sud di Canicattini Bagni, in una zona piuttosto ristretta, nel settore a monte del canyon di "Cava Grande del Cassibile". Entrambe le sequenze sono state caratterizzate da una sismicità prevalentemente di bassa energia, (M_L massima minore di 4.0), ma con ipocentri decisamente più superficiali, compresi entro i primi 10 km, rispetto alle profondità focali tipiche dell'Altopiano Ibleo.

La sequenza dell'ottobre 2011, iniziata giorno 6, è durata complessivamente circa quindici giorni, periodo nel quale sono stati registrati un totale di 160 terremoti con magnitudo M_L comprese tra 1.4 e 3.3; di questi solamente tre con $M_L \geq 3.0$. L'evento principale è stato registrato il 9 ottobre alle ore 08:28 UTC. Nonostante la sequenza rappresenti il maggior rilascio energetico dell'ultimo decennio, i bassi valori di magnitudo hanno consentito di localizzare solamente 31 terremoti. Le profondità ipocentrali risultano comprese tra 3 e 10 chilometri.

La sequenza di giugno 2012 è iniziata giorno 25 ed ha avuto una durata paragonabile alla sequenza di otto mesi prima, ma caratterizzata da un maggiore numero di scosse (oltre 400 terremoti) con magnitudo M_L comprese tra 1.3 e 3.7. Due giorni dopo l'inizio della sequenza, il 27 giugno alle ore 01.14 UTC è stato registrato l'evento principale. In totale sono state localizzate 28 scosse, anch'esse distribuite nella medesima area della sequenza precedente e con lo stesso *range* di profondità focale.

L'andamento dello *strain release* nel tempo, calcolato per i terremoti che ricadono nell'area di Fig. 2, mostra che il rilascio complessivo di energia sismica della sequenza del 2011 è confrontabile con quello del 2012 (Figg. 3b e 3c, rispettivamente). Complessivamente tali sequenze rappresentano il maggior rilascio energetico registrato nell'area iblea negli ultimi dieci anni.

Dal punto di vista degli effetti sul territorio, la scossa principale della sequenza del 2011 (10 ottobre, ore 09:19 UTC) ha provocato effetti pari al V grado della scala EMS98 (Grünthal, 1998), a Canicattini Bagni dove il terremoto, preceduto da un boato, è stato avvertito con panico dalla popolazione. In alcuni edifici è stata osservata l'apertura di piccole lesioni agli intonaci e la caduta di calcinacci (Azzaro *et al.*, 2014). L'evento è stato avvertito anche in numerosi centri della provincia di Siracusa; numerose altre scosse (tra cui quella di giorno 10) sono state debolmente avvertite nelle località limitrofe all'epicentro.

Riguardo alla sequenza del 2012, la scossa più energetica (27 giugno, ore 1:14 UTC), preceduta da un boato, è stata ampiamente avvertita (V grado EMS98) a Canicattini Bagni dove ha provocato il risveglio di tutta la popolazione che si è riversata in strada. L'evento ha inoltre causato la caduta di piccoli oggetti all'interno delle abitazioni e, in alcuni casi, la formazione

di lievi lesioni agli intonaci (Azzaro *et al.*, 2014). Il terremoto è stato ampiamente avvertito in tutta la provincia di Siracusa sino ad una distanza di circa 60 km dall'epicentro. Alcune repliche della sequenza sono state lievemente avvertite nelle località più prossime all'epicentro.

Per quanto riguarda la cinematica, i meccanismi focali degli eventi più energetici ($M_L > 3.0$) delle due sequenze, sono tratti dal catalogo dei meccanismi focali per la Sicilia e la Calabria meridionale (Scarfì *et al.*, 2013). Le soluzioni sono state elaborate dagli autori del catalogo usando la tecnica di inversione delle polarità dei primi impulsi con l'algoritmo FPFIT proposto da Reasenberg e Oppenheimer (1985); esse indicano un movimento prevalentemente trascorrente destro lungo piani orientati circa E-W e WNW-ESE (Fig. 3a). Tali piani potrebbero essere ricondotti all'attività tettonica di alcune faglie di minor estensione che ricalcano i principali lineamenti strutturali presenti in questo settore dell'Altopiano Ibleo.

Subito dopo l'inizio della sequenza del 2011, allo scopo di monitorare con maggior dettaglio l'evoluzione della sismicità, l'Osservatorio Etneo dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha effettuato l'installazione di due stazioni mobili digitali in registrazione locale (CABA e TEDA) equipaggiate con sensori Lennartz LE-3D/20s. La posizione di tali stazioni (Fig. 2) è stata scelta in modo da ottimizzare, insieme con la stazione HAVL, la geometria di rete in area epicentrale allo scopo di localizzare i terremoti a più bassa energia. In occasione della sequenza del 2012, le stazioni mobili sono state reinstallate negli stessi siti utilizzati precedentemente, acquisendo ulteriori dati per circa quaranta giorni.

I tempi di arrivo alle stazioni della rete mobile sono stati integrati con quelli della rete sismica permanente e si è proceduto ad una nuova localizzazione degli eventi delle sequenze del 2011 e del 2012 utilizzando lo stesso modello di velocità ed algoritmo di localizzazione. I risultati mostrano un miglioramento dei parametri di localizzazione rispetto a quelli ottenuti dalla sola rete permanente. In particolare, gli errori associati all'epicentro e alla profondità si sono ridotti a circa mezzo chilometro.

I terremoti delle due sequenze individuano due *cluster* distribuiti lungo una direttrice WNW-ESE. Tale allineamento risulta anche in accordo con uno dei piani nodali dei meccanismi focali presentati. Le profondità degli eventi sono tutte mediamente più superficiali rispetto a quelle eseguite a scopo di monitoraggio. In particolare, i terremoti della sequenza del 2011 sono a profondità comprese tra quattro e sei chilometri, mentre quelli del 2012 risultano più superficiali, tra due e quattro chilometri.

Conclusioni e prospettive future. Nel presente lavoro sono state analizzate due sequenze sismiche, verificatesi nel 2011 e nel 2012 nel settore orientale dei Monti Iblei. Tali terremoti, nonostante la loro bassa energia, sono stati ampiamente avvertiti in area epicentrale a causa della superficialità del volume focale.

La distribuzione degli epicentri delle due sequenze indica la presenza di una struttura tettonica superficiale orientata circa E-W e WNW-ESE, che risulta coerente con il piano ricavato dai meccanismi focali degli eventi più energetici delle due sequenze. L'assenza di sismicità maggiore anche in epoca storica indica che la struttura non è stata capace in passato di generare terremoti forti. In genere, nei settori interni dell'Altopiano Ibleo, i terremoti di bassa-moderata magnitudo sono associabili con strutture minori o singoli segmenti di faglia (Azzaro e Barbano, 2000), per cui più probabilmente si tratta di una faglia minore tra quelle riportate da Lentini *et al.* (1996). Le analisi finora effettuate integrando i dati della rete sismica permanente con quelli acquisiti dalla rete mobile dell'INGV-OE, hanno permesso di evidenziare due *cluster* di terremoti distribuiti lungo una direttrice WNW-ESE e posti ad una profondità compresa tra due e sei chilometri. Sono tuttora in corso ulteriori analisi che hanno lo scopo di: i) implementare il dataset delle localizzazioni analitiche attualmente disponibile ii) valutare la somiglianza delle forme d'onda dei terremoti delle due sequenze attraverso l'analisi della cross-correlazione; iii) meglio evidenziare eventuali piani di faglia e cluster di terremoti attraverso algoritmi di localizzazione a doppia differenza (Waldhauser e Ellsworth, 2000); iv) determinare i parametri della sorgente sismica dei terremoti più energetici.

Bibliografia

- Adam J., Reuther C.D., Grasso M., Torelli L.; 2000: *Active fault kinematics and crustal stresses along the Ionian margin of southeastern Sicily*. *Tectonophysics*, 326, 217–239.
- Azzaro R., Barbano M.S.; 2000: *Analysis of the seismicity of Southeastern Sicily: a proposed tectonic interpretation*. *Annali di Geofisica*, 43, 171-188.
- Azzaro R., D'Amico S., Mostaccio A., Scarfi L., Tuvè T., Manni M.; 2014: *Terremoti con effetti macrosismici in Sicilia orientale nel periodo Gennaio 2009 - Dicembre 2013*. *Quaderni di Geofisica*, 120, 53 pp.
- Barbano M.S., Rigano S.; 2001: *Earthquake sources and seismic hazard in Southeastern Sicily*. *Annali di Geofisica*, 44, 723-738.
- Ben-Avraham, Z., M. Grasso; 1990: *Collisional zone segmentation in Sicily*, *Ann. Tectonicae*, 4, 131-139.
- Bianca M., Monaco C., Tortorici L., Cernobori L.; 1999: *Quaternary normal faulting in Southeastern Sicily (Italy): a seismic source for the 1693 large earthquake*. *Geophysical. Journal International*, 139, 370-394.
- Finetti I.R.; 1982: *Structure, stratigraphy and evolution of central Mediterranean*. *Bollettino Geofisica Teorica e Applicata*, 24, 247-312.
- Ghisetti F., Vezzani L.; 1980: *The structural features of the Iblean plateau and of the Monte Iudica area (South Eastern Sicily)*. *A microtectonic contribution to the deformational history of the Calabrian Arc*. *Bollettino Società Geologica Italiana*, 99, 57-102.
- Grasso M., Reuther C.D.; 1988: *The western margin of Hyblean plateau: a neotectonic transform system on the SE Sicilian foreland*. *Ann. Tectonicae*, 2, 107-120.
- Gruppo Analisi Dati Sismici; 2014: *Catalogo dei terremoti della Sicilia Orientale - Calabria Meridionale (1999-2014)*. INGV, Catania, <http://www.ct.ingv.it/ufs/analisti/catalogolist.php>.
- Grünthal G. (Ed.); 1998: *European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98)*. European Seismological Commission, subcommission on Engineering Seismology, working Group Macroseismic Scales. Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, 15, Luxembourg, 99 pp.
- Lahr J.C.; 1989: *HYPOELLIPSE/VERSION 2.0: A computer program for determining local earthquake hypocentral parameters, magnitude and first motion pattern*. U.S. Geological Survey Open-file Report, 89/116, 81 pp.
- Lentini F., Carbone S., Catalano S. e Grasso M.; 1996: *Elementi per la ricostruzione del quadro strutturale della Sicilia Orientale*. *Memorie Società Geologica Italiana*, 51, 179-195.
- Monaco C., Tapponnier P., Tortorici L., Gillot P.Y.; 1997: *Late Quaternary slip rates on the Acireale-Piedimonte normal faults and tectonic origin of Mt. Etna (Sicily)*. *Earth Planetary Science Letters*, 147, 125-139.
- Musumeci C., Di Grazia G., Gresta S.; 2003: *Minimum 1-D velocity model in Southeastern Sicily (Italy) from local earthquake data: an improvement in location accuracy*. *Journal of Seismology*, 7, 469-478.
- ISMES; 1999: *Progetto Poseidon: risultati preliminari della rete sismica digitale*. *Technical Report*, 48 pp.
- Reasenber P.A., Oppenheimer D.; 1985: *FPPIT, FPPLOT and FPPAGE: Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault-plan solutions*. U.S. Geological Survey Open-file Report, 85/739.
- Reuther C.D., Ben-Avraham Z., Grasso M.; 1993: *Origin and role of the major strike-slip transfer during plate collision in the central Mediterranean*. *Terra Nova*, 5, 249–257.
- Richter, C.F. (1958). *Elementary Seismology*. Freeman, San Francisco.
- Rovida A., Camassi R., Gasperini P. and M. Stucchi (eds.); 2011: *CPT111, the 2011 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. INGV, Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CP111>, DOI:10.6092/INGV.IT-CP111.
- Sirovich L., Pettenati F.; 1999: *Seismotectonic outline of Southeastern Sicily: an evaluation of available options for earthquake fault rupture scenario*. *Journal of Seismology*, 3, 213–233.
- Scarfi L., Langer H., Gresta S.; 2003: *High-precision relative locations of two microearthquake clusters in southeastern Sicily, Italy*. *Bulletin of Seismological Society of America*, 93, 1479-1497.
- Scarfi L., Messina A., Cassisi C.; 2013: *Sicily and Southern Calabria focal mechanism database: a valuable tool for the local and regional stress field determination*. *Annals of Geophysics*, 56, 1, D0109; 16 pp., doi:10.4401/ag-6109.
- Scarfi L., Giampiccolo, E., Musumeci C., Patanè D., Zhang H.; 2007: *New insight on 3D crustal structure in Southeastern Sicily (Italy) and tectonic implications from an adaptive mesh seismic tomography*. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 161, 74-85.
- Tortorici L., Monaco C., Tansi C., Cocina, O.; 1995: *Recent and active tectonics in the Calabrian Arc (Southern Italy)*. *Tectonophysics*, 243, 37–55.
- Waldhauser F., Ellsworth W.L.; 2000: *A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the northern Hayward fault*, *Bulletin of Seismological Society of America*, 90, 1353-1368.
- Yellin-Dror A., Grasso M., Ben-Avraham Z., Tibor G.; 1997: *The subsidence history of the northern Hyblean Plateau margin Eastern Sicily*. *Tectonophysics*, 282, 277–289.