

Contributo alla revisione delle zone sismogenetiche della Sicilia

R. Azzaro¹, M.S. Barbano², R. Rigano², B. Antichi²

1 - CNR-GNDT c/o Istituto Internazionale di Vulcanologia, Catania (e-mail:azzaro@poseidon.nti.it)

2 - Dipartimento di Scienze Geologiche, Università di Catania

1 Introduzione

L'individuazione e la caratterizzazione di strutture sismogenetiche in Sicilia costituisce un problema aperto sia per la complessità geologico-strutturale della regione, sia perché la maggior parte degli eventi di magnitudo elevata sono avvenuti in epoca prestrumentale. Allo scopo di dettagliare la zonazione esistente (Scandone et al., 1992 e successive modifiche) e di formulare ipotesi sulle possibili strutture

An	Me	Gi	Area epicentrale	Lat	Long	Io	Ms	ZS
1652			Sciacca	37,500	13,083	V-VI	4.3	77
1726	9	26	Erice	38,037	12,588	VII	5.0	91
1727	5	08	Sciacca	37,500	13,083	VI	4.4	77
1727	8	03	Sciacca	37,500	13,083	VI	4.4	77
1740	6	08	Sciacca	37,500	13,000	VI	4.4	77
1740	6	26	Sciacca	37,500	13,000	VI	4.4	77
1823	3	27	Favignana	37,931	12,329	VI-VII	4.7	91
1828	5	18	Marsala	37,797	12,447	VII	5.0	91
1876	5	25	Corleone	37,812	13,301	VI	4.4	77
1876	6	11	Corleone	37,812	13,301	VI	4.4	77
1876	8	26	Corleone	37,812	13,301	V-VI	4.2	77
1878	10	4	Mineo	37,266	14,691	VI-VII	4.7	78
1895	4	13	Vizzini	37,095	14,677	VI-VII	4.7	78
1897	05	15	Ustica	38,139	13,254	VI	4.4	91
1898	11	3	Caltagirone	37,172	14,542	V-VI	4.2	78
1903	7	13	Niscemi	37,142	14,566	V-VI	4.2	78
1906	9	11	Termini Imerese	38,000	13,600	VII	5.0	76
1909	1	2	Caltagirone	37,231	14,520	VI	4.4	78
1937	3	6	Vittoria	36,904	14,750	V-VI	4.2	78
1949	10	8	Modica	36,867	14,983	VI-VII	4.8	78
1954	11	20	Grisi	37,925	13,094	VI	4.4	77
1959	12	23	Piana Di Catania	37,428	14,890	VI-VII	4,7	78
1968	1	14	Valle del Belice	37,900	13,000	VI-VII	4.9	77
1968	1	14	Valle del Belice	37,700	13,100	VI-VII	4.8	77
1968	1	14	Valle del Belice	37,700	13,200	VII-VIII	5.2	77
1968	1	15	Valle del Belice	37,700	13,100	VIII-IX	5.9	77
1968	1	16	Valle del Belice	37,700	13,300	VIII-IX	5.7	77
1968	1	25	Valle del Belice	37,700	13,100	VIII	5.6	77
1979	12	08	Canale di Sicilia	37,850	11,516	V-VI	5.2	91
1990	10	29	Canale Di Malta	36,402	14,774	V-VI	4,0	78

Tab. 1 - Terremoti rivisti e parametrizzati (da Rigano et al., 1999, Azzaro e Barbano, 2000).

sismogenetiche attive nell'area, è stata analizzata la sismicità regionale con particolare riferimento ai terremoti storici di energia medio-bassa ($4.2 \leq M \leq 5.0$) meno conosciuti (Tab. 1). Le informazioni ricavate dall'analisi di fonti coeve hanno permesso di compilare database di intensità a partire dai quali sono stati calcolati i

parametri di sorgente degli eventi, secondo le procedure adottate in Camassi e Stucchi (1997). Quando disponibili sono stati utilizzati i dati strumentali. Ad eccezione della sequenza del Belice del 1968, che è stata studiata *ex-novo*, per gli altri eventi maggiori sono stati utilizzati i dati di letteratura più recenti (Boschi et al., 1995, 1997 per i terremoti con $I_0 > VIII$; Barbano et al., 1996 per quelli con $VI \leq I_0 \leq VIII$). Il *pattern* della sismicità a lungo termine è stato messo a confronto con i dati di tettonica recente disponibili in letteratura. La maggior parte degli studi presenta un approccio prevalentemente geologico-stratigrafico e di interpretazione geodinamica a grande scala, restando piuttosto generica sui problemi di tettonica attiva. La relativa scarsità di studi specifici riflette anche la difficoltà di trovare evidenze di attività nel Pleistocene sup.-Olocene, sia per la mancanza di sedimenti recenti (per es. settore interno ibleo, Catena settentrionale) che per la presenza di strutture sviluppate in mare. Pertanto nella revisione delle zone sismogenetiche (ZS) siciliane abbiamo usato, come punto di partenza, i terremoti la cui occorrenza implica l'attività di una faglia conosciuta o eventualmente cieca. L'analisi ha riguardato, con un grado di dettaglio differente secondo il tipo di dati disponibili, le ZS della Sicilia occidentale ed orientale. Per l'associazione terremoti/strutture sismogenetiche, abbiamo adottato i seguenti criteri: 1) prossimità dell'epicentro ad una struttura quaternaria; 2) distribuzione dei punti di intensità rispetto all'orientazione della faglia; 3) presenza di fenomeni sismogeologici associati (tsunami, fagliazione superficiale). Nel caso in cui non è stato possibile riconoscere strutture sismogenetiche ben definite (faglie cieche, incertezze nella localizzazione delle sorgenti), sono state indicate delle aree con caratteristiche sismogenetiche omogenee.

2 Sicilia occidentale

A parte i terremoti distruttivi del Belice (1968) e di Palermo (1726, 1940), la sismicità della Sicilia occidentale è caratterizzata da sequenze di eventi con moderata intensità. L'analisi ha permesso di ipotizzare subzone con differenti caratteristiche sismotettoniche (Rigano et al., 1999) all'interno della zonazione esistente (Fig. 1a). La ZS 76 sembra essere attiva solo nel suo settore orientale (ZS 76a). I terremoti sono localizzati prevalentemente in mare, lungo l'allineamento Ustica-Palermo-Termini, che segue all'incirca le strutture trascorrenti destre orientate NO-SE del Sistema Sud-Tirrenico. Possibili strutture sismogenetiche possono essere anche quelle distensive a direzione E-O che delimitano a nord la Catena Maghrebide. La ZS 77 comprende aree con stili sismici differenti. La sismicità del settore più a nord (area di Corleone-Grisi, ZS 77a) si manifesta con sequenze sismiche di bassa energia. Le limitate aree di avvertibilità dei terremoti indicano ipocentri poco profondi associabili a strutture distensive o trascorrenti di limitata estensione che interessano prevalentemente la copertura. Più a sud, nell'area del Belice (ZS 77b), è localizzata la sequenza sismica del 1968. I dati sismologici e geologici disponibili non consentono di riconoscere specifiche strutture sismogenetiche, nonostante si tratti dei terremoti più violenti conosciuti in Sicilia occidentale. L'interpretazione dei dati sismologici ha portato alla formulazione di modelli diversi. Michetti et al. (1995), sulla base di

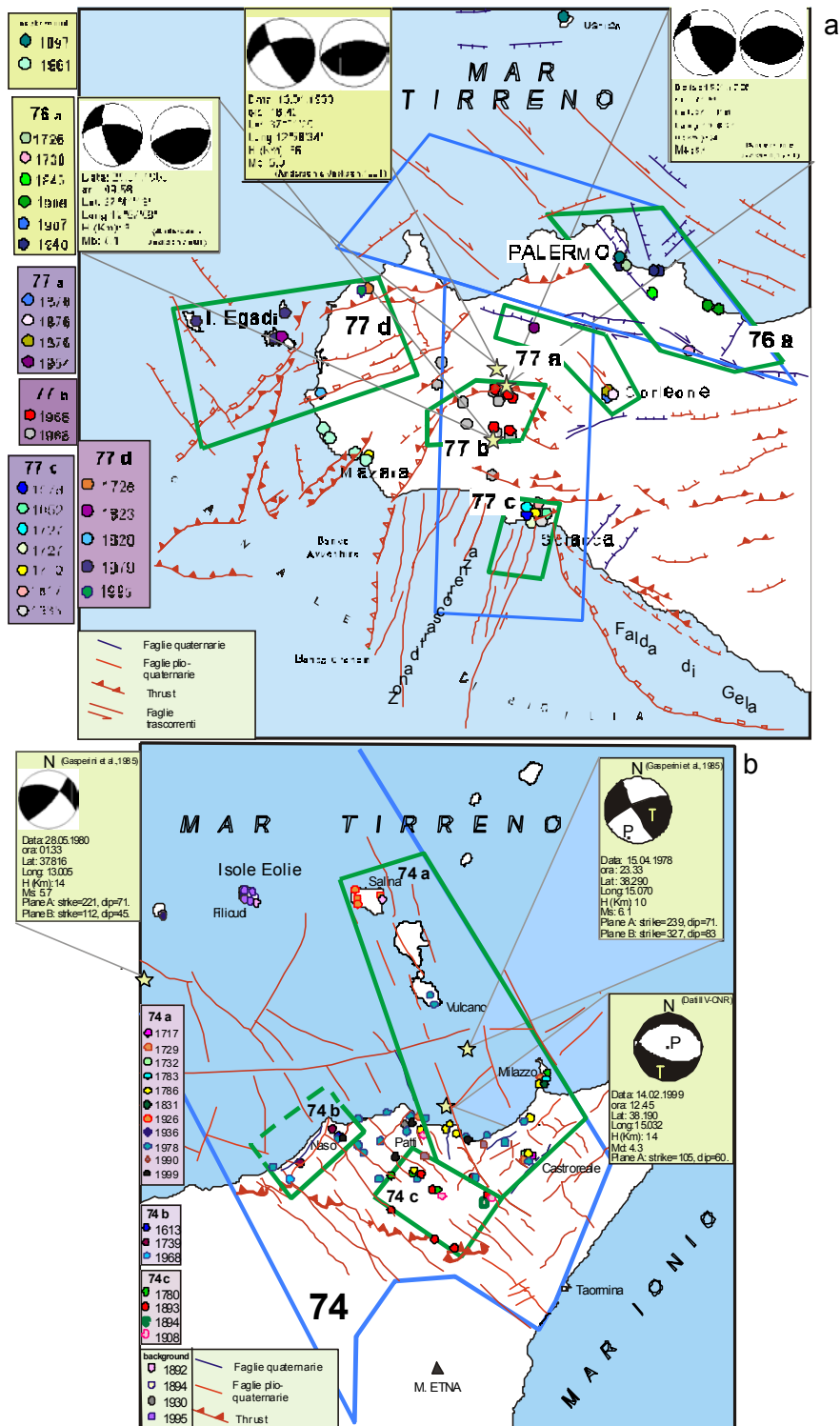


Fig.1 - Distribuzione delle intensità massime osservate dei terremoti con danno e subzone sismogenetiche individuate. a) Sicilia occidentale (da Rigano et al. 1999); b) Sicilia nord-orientale (da Antichi et al., 1998).

analisi paleosismologiche, hanno ipotizzato la presenza di strutture trascorrenti destre considerate come il proseguimento in terra della zona di taglio N-S del Canale di Sicilia. Monaco et al. (1996), invece, hanno associato gli eventi del 1968 a rotture multiple lungo una rampa di *thrust* cieco sotto la sinclinale del Belice. Nel settore più meridionale della ZS 77, lungo la costa, la sismicità è caratterizzata da lunghe sequenze sismiche di bassa energia che interessano l'area di Sciacca (ZS 77c). La presenza della suddetta zona di taglio N-S, sviluppata dalla zona di Sciacca fino alla zona assiale del Canale di Sicilia, lungo cui si osserva un allineamento di edifici vulcanici sottomarini attivi, sembra porsi come elemento tettonico privilegiato cui poter riferire i terremoti dell'area. La sismicità registrata negli anni più recenti, che presenta una distribuzione circa N-S nell'immediato *offshore* di Sciacca, confermerebbe quest'ipotesi. Infine nel settore costiero "Egadi-Trapani-Mazara", attualmente inserito in area di *background*, la distribuzione della sismicità (terremoti del 1979, 1981, 1995) suggerisce l'inserimento di una nuova zona sismogenetica (ZS 77d), individuata a largo della costa occidentale. In quest'area il fronte della Catena Maghrebide ("Thrust belt delle Egadi") appare frammentato da faglie trascorrenti orientate NO-SE ad attività plio-pleistocenica che localmente (Marettimo-Favignana) hanno interessato anche depositi tirreniani, testimoniando così il perdurare di movimenti orizzontali anche in tempi recenti.

3 Sicilia nord-orientale

La ZS 71 (Stretto di Messina) costituisce una delle aree a maggior potenziale sismogenetico della regione. In essa è ubicato il terremoto del 1908 per il quale sono state proposte sorgenti differenti ed è stata ipotizzata l'attivazione di sistemi complessi o di faglie cieche (Ghisetti, 1992; Valensise e Pantosti, 1992; Monaco e Tortorici, 1995). L'analisi dei modelli disponibili non ha fornito elementi sufficienti per proporre modifiche alla zonazione esistente.

Nel settore peloritano occidentale, la maggior parte dei terremoti sono localizzati sul versante tirrenico della ZS 74, in particolare lungo l'allineamento Patti-Vulcano-Salina (Antichi et al., 1998). Questa sismicità è associabile alle strutture trascorrenti destre orientate NO-SE (es. terremoto di Patti del 1978, Barbano et al., 1979) che costituiscono l'espressione più settentrionale della zona di taglio crostale rappresentata dalla Linea Tindari-Giardini *auct.* (Fig. 1b, ZS 74a). L'apparente mancanza di sismicità nel versante ionico, caratterizzato da minori evidenze morfotettoniche, non esclude tuttavia che la "linea" non sia attiva lungo tutta la sua estensione, e pertanto un gap sismico potrebbe essere presente nella parte meridionale di essa. Di magnitudo più bassa ed ipocentri più superficiali, i terremoti dell'area Novara di Sicilia-Raccuia (ZS 74c) sembrano associabili a strutture esterne all'allineamento Patti-Isole Eolie. I terremoti di Naso (ZS 74b) potrebbero invece essere associati a faglie normali NE-SO responsabili del sollevamento della Catena. I pochi elementi di conoscenza sul ruolo giocato alle strutture Sud-Tirreniche (circa E-O), presenti in mare e responsabili degli eventi del settore più occidentale delle Eolie, non consentono di escludere che queste ultime potrebbero aver generato terremoti di magnitudo elevata come quello del 1823 ($M_S = 5.9$).

4 Sicilia sud-orientale

In Sicilia sud-orientale la sismicità è distribuita principalmente in due settori:

lungo la costa ionica, dove gli eventi raggiungono magnitudo circa 7.0; nell'area interna, con terremoti di $M_S \leq 5.5$. Rispetto alla zonazione esistente, è stato proposto un possibile modello sismogenetico dell'area (Azzaro e Barbano, 2000) (Fig. 2).

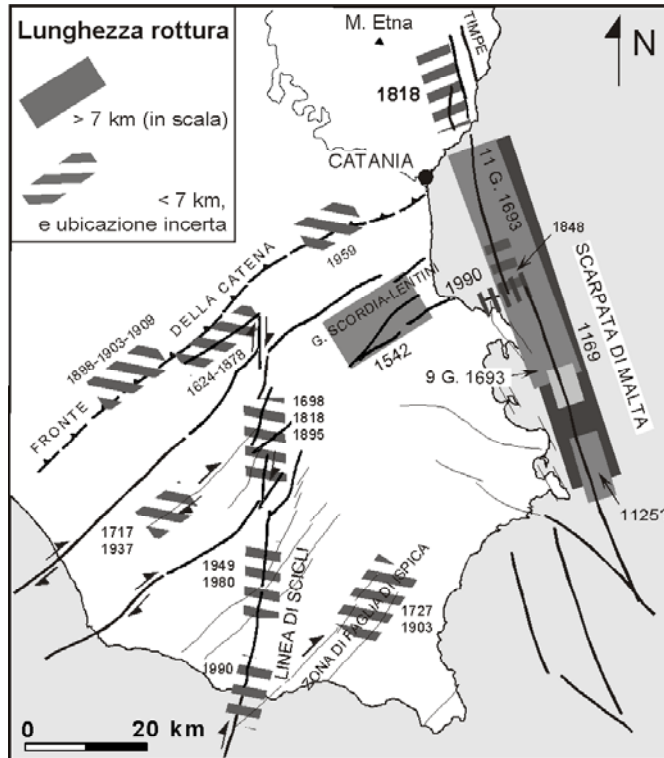


Fig. 2 - Carta delle strutture sismogenetiche della Sicilia sud-orientale (modificata da Azzaro e Barbano, 1999).

La Scarpata di Malta, per la quale si hanno evidenze di attività tardo-Quaternaria, sembra la sorgente più probabile per i grandi terremoti che hanno colpito la regione (1169, 1693, 1818). Essa è costituita da un sistema di faglie prevalentemente normali a direzione NNO-SSE, con un rigetto verticale cumulativo di 3000 m, suddiviso in segmenti il più settentrionale dei quali si estende in terra fino all'area etnea. Il settore interno del

Plateau Ibleo è attraversato dalla Linea di Scicli, una zona di trascorrenza di primo ordine che si sviluppa per una lunghezza di circa 100 km dallo Stretto di Sicilia fino al margine settentrionale del plateau. Sebbene per questo sistema non si osservino evidenze di attività tettonica successiva al Pleistocene medio, la distribuzione dei terremoti (1698, 1818, 1895, 1949, 1980, 1990) indica l'esistenza di strutture sismogenetiche minori ad esso riferibili. Il margine settentrionale e nord-occidentale dell'avampaesè risulta fagliato da un sistema orientato NE-SO sotto il fronte delle unità più esterne della Catena Appenninico-Maghrebide. Esso è caratterizzato da ampie depressioni strutturali quaternarie come il graben Scordia-Lentini, attivo fino al Pleistocene medio, e da faglie cieche lungo il fronte della catena ai quali si possono associare terremoti con magnitudo massima 6.4 (1542, 1990) e 5.2 (1898, 1903, 1909, 1959) rispettivamente. Altre strutture sismogenetiche sono individuabili nella Piana di Vittoria, dove si sviluppano faglie cieche responsabili degli eventi del 1717-1937, e nel sistema di Ispica, l'unico dell'area per il quale è documentata un'attività tardo quaternaria-olocenica (terremoti del 1727-1903).

5 Area Etna

Le caratteristiche della sismicità e la presenza di fagliazione superficiale hanno permesso di dettagliare la ZS 73 (Azzaro, 1999), che attualmente ingloba l'intera area etnea senza alcun riferimento ai sistemi tettonici presenti (Fig. 3). Sono state riconosciute strutture sismogenetiche individuali, tra cui quelle responsabili degli

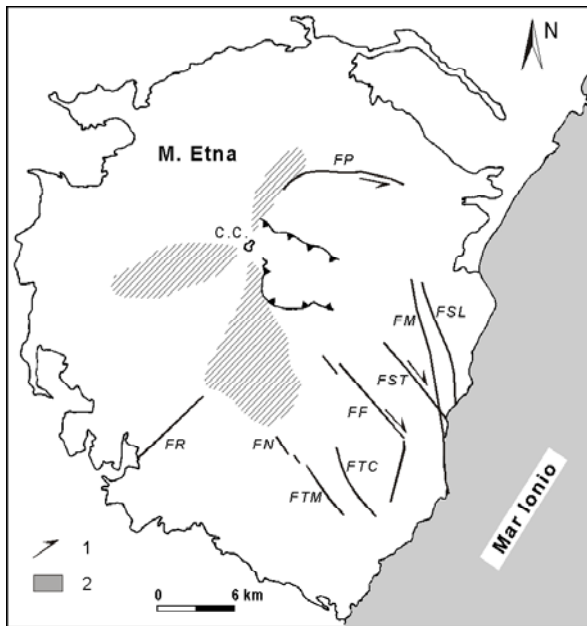


Fig. 3 - Carta delle strutture sismogenetiche etnee (modificata da Azzaro, 1999). 1) componenti trascorrenti; 2) aree di rift vulcanico.

eventi maggiormente distruttivi dell'area (per es. faglia di S. Tecla per il terremoto del 1914, f. di Moscarello per gli eventi del 1865 e 1911), e identificate strutture sepolte precedentemente non conosciute (Tab. 2). In quest'area sono state avviate, in collaborazione con l'UR ANPA-Roma, indagini paleosismologiche lungo le faglie di Moscarello e della Pernicana. Per quanto riguarda la prima, che rappresenta una delle strutture a maggior potenziale sismogenetico del sistema delle Timpe, le analisi hanno evidenziato tassi di scorrimento verticale eccezionalmente elevati, 1.4-2.7 mm/a, associati ad una dinamica prevalentemente a scatti (Azzaro et al., 2000).

6 Conclusioni

L'approccio adottato basato sia sull'analisi di dettaglio della sismicità, che sulle evidenze di tettonica recente ha consentito, per alcune zone sismogenetiche (Fig. 4), di individuare sub-zone o aree con differenti caratteristiche sismotettoniche, all'interno delle quali non sempre è possibile riconoscere le strutture sismogenetiche. In generale si può affermare che in Sicilia i terremoti sembrano distribuiti lungo faglie regionali, che hanno giocato un ruolo importante nell'evoluzione geodinamica recente dell'area.

Va sottolineato il ruolo fondamentale che sembrano avere, nel quadro sismotettonico discusso, le zone di taglio crostale (*Zona di trascorrenza del Canale di Sicilia, Sistema Sud-Tirrenico, Linea Tindari-Giardini auct., Scarpata Ibleo-Maltese*), laddove intersecano il fronte dei *thrust*, essendo qui localizzati i terremoti più violenti della Sicilia.

<i>Faglia</i>	<i>Rif. Fig. 3</i>	<i>Data</i>	<i>Area Epicentrale</i>	<i>Io (MSK)</i>	<i>Mm</i>
Ragalna	FR	1898-05-14	S. M. Licodia	VII	3,7
		1982-06-04	Ragalna	VI	3,4
Tremestieri	FTM	1980-08-23	Tremestieri	VI	3,4
Nicolosi (sepolta)	FN	1885-10-02	Nicolosi	VI-VII	3,5
		1901-05-11	Nicolosi	VII	3,7
		1986-01-29	Nicolosi	VI-VII	3,5
		1998-05-22	Nicolosi	VI-VII	3,5
Trecastagni	FTC	1980-09-16	C. Trigona	VI	3,4
		1980-09-28	C. Inchiuso	VI	3,4
		1988-11-21	C. Inchiuso	VI	3,4
Fiandaca (sepolta)	FF	1875-01-07	Fiandaca	VII	3,7
		1894-08-08	Mazzasette	VII-VIII	3,9
		1907-12-07	Fiandaca	VII	3,7
		1931-08-03	Fiandaca	VII	3,7
		1984-06-19	Fiandaca	VI-VII	3,5
		1984-10-25	Fleri	VIII	4,1
S. Tecla	FST	1997-11-11	S.M. la Stella	VI	3,4
		1865-08-19	Mortara	VII-VIII	3,9
		1879-06-17	Bongiardo	VIII	4,1
		1914-05-08	Linera	IX	4,5
		1952-03-02	Rocca d'Api	VI-VII	3,5
		1952-03-19	Linera	VII-VIII	3,9
		1973-08-03	S.M. Ammalati	VI-VII	3,5
Moscarello	FM	1981-09-13	S.M. Ammalati	VI	3,4
		1855-01-26	Fondo Macchia	VII-VIII	3,9
		1865-07-19	Fondo Macchia	IX	4,5
		1908-05-09	Guardia	VI-VII	3,5
		1911-10-15	Fondo Macchia	VIII-IX	4,3
		1971-04-21	Fondo Macchia	VIII	4,1
		1973-08-18	Guardia	VII	3,7
		1986-02-02	S.G. Bosco	VI-VII	3,5
S. Leonardello	FSL	1920-09-26	Codavolpe	VII-VIII	3,9
		1950-04-08	Codavolpe	VII-VIII	3,9
		1989-01-29	Codavolpe	VII	3,7
Pernicana	FP	1981-01-08	P. Pernicana	VI	3,4
		1982-07-07	P. Pernicana	VI	3,4
		1984-10-18	P. Pernicana	VI	3,4
		1985-12-25	P. Provenzana	VII	3,7
		1986-10-29	P. Provenzana	VII	3,7
		1988-10-28	P. Pernicana	VI	3,4

Tab. 2 - Principali strutture sismogenetiche dell'area etnea e terremoti associati (modificato da Azzaro, 1999).

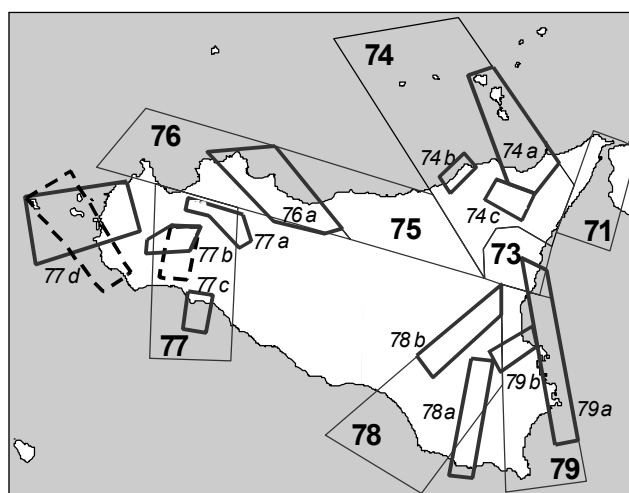


Fig. 4 - Possibili strutture sismogenetiche e subzone all'interno della zonazione esistente.

Bibliografia

- Antichi B., Arena L., Azzaro R., Barbano M.S., Rigano R. (1998): Contributo alla ridefinizione delle zone sismogenetiche in Sicilia. *Poster presentato al Convegno del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti*, Roma 19-21 ottobre 1998.
- Azzaro R. (1999): Earthquake surface faulting at Mount Etna volcano (Sicily) and implications for active tectonics. *J. Geodyn.*, **28**, 193-213.
- Azzaro R., Barbano M.S. (2000): Analysis of seismicity of Southeastern Sicily: a proposed tectonic interpretation. *Annali di Geofisica*, **43**, 171-188.
- Azzaro R., Bella D., Ferrelì L., Michetti A.M., Santagati F., Serva L., Vittori E. (2000): First study of fault trench stratigraphy at Mt. Etna volcano, Southern Italy: understanding Holocene surface faulting along the Moscarello fault. *J. Geodyn.*, **29**, 187-210.
- Barbano M.S., Bottari A., Carveni P., Cosentino M., Federico B., Fonte G., Lo Giudice E., Lombardo G., Patanè, G. (1979): Macroseismic study of the Gulf of Patti earthquake in the geostructural frame of north-eastern Sicily. *Boll. Soc. Geol. It.*, **98**, 155-174.
- Barbano M.S., Azzaro R., Birritta G., Castelli V., Lo Giudice E., Moroni A. (1996): Stato delle conoscenze sui terremoti dall'anno 1000 al 1880: schede sintetiche. *GNDT-CNR rapporto interno*, Catania, 287 pp.
- Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smriglio G., Valensise G. (Ed.) (1995): Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980. *ING-SGA*, Ozzano Emilia, 973 pp.
- Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G., Gasperini P. (1997): Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990. *ING-SGA*, Ozzano Emilia, 644 pp.
- Camassi R., Stucchi M. (Ed.) (1997): NT4.1 – un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno (ver. NT4.1.1). *GNDT-CNR, rapporto interno*, Milano, 93 pp. (<http://www.emidius.itim.mi.cnr.it/NT/CONSNT.html>).
- Ghisetti F. (1992): Fault parameters in the Messina Strait (southern Italy) and relations with the seismogenic source. *Tectonophysics*, **210**, 117-133.
- Michetti A.M., Brunamonte F., Serva, L. (1995): Paleoseismological evidence in the epicentral area of the January 1968 earthquakes, Belice, Southwestern Sicily. In: *Perspectives in Paleoseismology*, L. Serva & D.B. Slemmons (Ed.), *Association of Engineering Geologists*, Spec. Publ., **6**, 127-139.
- Monaco C., Tortorici L. (1995): Tettonica estensionale quaternaria nell'Arco Calabro e in Sicilia orientale. *Studi Geol. Camerti* (vol. spec.), **2**, 351-362.
- Monaco C., Mazzoli S., Tortorici L. (1996): Active thrust tectonics in western Sicily (southern Italy): the 1968 Belice earthquakes sequence. *Terra Nova*, **8**, 372-381.
- Rigano R., Antichi B., Arena L., Azzaro R., Barbano, M.S. (1999): Sismicità e zonazione sismogenetica in Sicilia occidentale. *Atti 17° Conv. Naz. GNGTS*, in stampa.
- Scandone P., Patacca E., Meletti C., Bellatalla M., Perilli N., Santini U. (1992): Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della penisola italiana. *Atti convegno GNDT*, **1**, 119-135.
- Valensise G., Pantosti D. (1992): A 125 Kyr-long geological record of seismic source repeatability: the Messina Strait (Southern Italy) and the 1908 earthquake (Ms 7.5). *Terra Nova*, **4**, 472-483.