

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

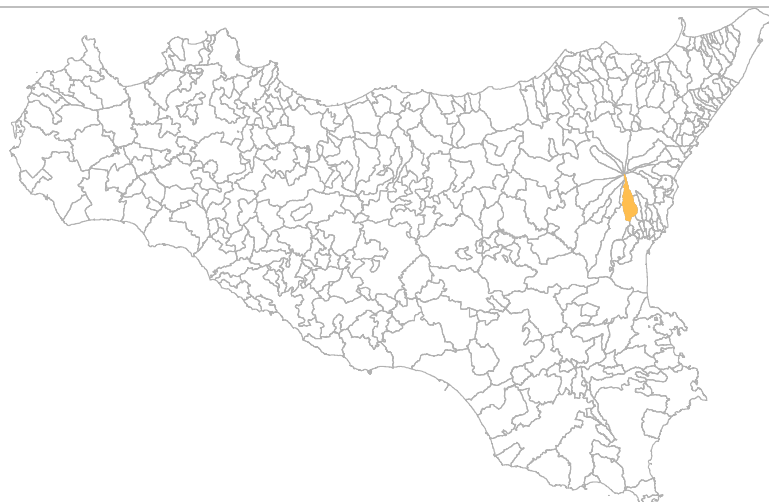
MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

MS Livello 1

Regione Sicilia

Comune di Nicolosi



Convenzione in data 20/12/2011 tra il Dipartimento Regionale della Protezione Civile e l'Università degli Studi di Catania: *Indagini di Microzonazione sismica di Livello I in diversi Comuni della Regione Sicilia ai sensi dell'OPCM 3907/2010*

<p>Contraente: Regione Siciliana – Presidenza Dipartimento della Protezione Civile</p> 	<p>Soggetto realizzatore: Università degli Studi di Catania</p> 	<p>Data: Giugno 2013</p>
--	---	------------------------------

Indice

1. Introduzione	3
2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento.....	11
3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area	23
4. Dati geotecnici e geofisici	44
5. Modello del sottosuolo	50
6. Interpretazioni e incertezze	51
7. Metodologie di elaborazione e risultati	55
8. Elaborati cartografici	64
9. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati	69
10. Bibliografia	78
11. Allegati	84



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

1. Introduzione

Gli studi di microzonazione sismica (**MS**) condotti all'interno del territorio del Comune di Nicolosi (codice istat 087031), in Provincia di Catania, oggetto della presente relazione, sono stati eseguiti nell'ambito della Convenzione del 20/12/2011 tra Università di Catania e Dipartimento Regionale di Protezione Civile della Regione Sicilia, che ha previsto l'avvio delle indagini per i comuni siciliani soggetti a più elevata pericolosità sismica. L'attività di microzonazione è stata eseguita seguendo le indicazioni contenute negli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (Gruppo di lavoro MS, 2008) e tenendo conto anche dei suggerimenti contenuti nel supplemento a "Ingegneria Sismica" (anno XXVIII, n.2, 2011) a cura di Dolce et alii.

In generale, gli studi di MS mirano a valutare *“la **pericolosità sismica locale** attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo”*. In tale definizione per **pericolosità sismica** si intende la *“stima quantitativa dello scuotimento del terreno dovuto a un evento sismico, in una determinata area. La pericolosità sismica può essere analizzata con metodi deterministici, assumendo un determinato terremoto di riferimento, o con metodi probabilistici, nei quali le incertezze dovute alla grandezza, alla localizzazione e al tempo di occorrenza del terremoto sono esplicitamente considerati”*. La stima di pericolosità di una data regione si articola in un primo stadio che prevede l'analisi della **pericolosità sismica di base**, definita come *“componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti)”*. In sostanza, la pericolosità sismica di base è direttamente riferibile ai parametri delle sorgenti sismiche i cui effetti possono avere risentimenti in un

determinato territorio, determinandone la sua storia sismica in termini di magnitudo e frequenza degli eventi sismici. La pericolosità sismica di base viene espressa parametrizzando il moto del suolo (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali), riferito all'evento massimo prevedibile in un determinato periodo di tempo, sulla base di un'analisi probabilistica con prefissati valori di eccedenza. I parametri descrivono lo *“scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento)”*. La pericolosità sismica di base si riferisce, quindi ad una classificazione sismica a vasta scala, utilizzabile per la *“programmazione delle attività di prevenzione e alla pianificazione dell'emergenza”*, rappresentando la *“base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di microzonazione sismica.”* Ai fini della pianificazione del territorio e delle applicazioni nell'ambito degli strumenti di pianificazione urbanistica è necessario procedere ad un livello di conoscenza più dettagliato, mirato alla conoscenza degli **effetti locali (o di sito)**, definiti come *“effetti dovuti al comportamento del terreno in caso di evento sismico per la presenza di particolari condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche che determinano **amplificazioni locali e fenomeni di instabilità del terreno (instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci, cedimenti differenziali, ecc.)**”*. I fenomeni di amplificazione locale sono l'effetto della **risposta sismica locale**, definita come *“modificazione in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuta alle specifiche condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche di un sito”*, generalmente espresso in termini quantitativi dal rapporto tra i parametri del moto sismico alla *“superficie del sito e quello che si osserverebbe per lo stesso evento sismico su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale”*. I fenomeni di instabilità comprendono tutte le *“modificazioni permanenti del terreno dovuti ad un evento sismico”* capaci di produrre danni in aggiunta a quelli legati all'oscillazione del suolo. Tutti gli aspetti connessi alle condizioni locali del sito sono oggetto proprio dell'analisi di **pericolosità sismica locale**, definita come *“componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche locali”*.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Gli studi di microzonazione sismica hanno l'obiettivo di suddividere un territorio in zone caratterizzate da differenti comportamenti in caso di evento sismico andando a classificare le diverse zone in tre categorie principali di comportamento:

1. le **zone stabili** in cui il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante. In queste zone gli scuotimenti attesi sono equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
2. le **zone stabili suscettibili di amplificazione** in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o morfologiche del terreno del territorio;
3. le **zone suscettibili di instabilità** in cui sono presenti o si possono ipotizzare attivazioni di fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali, ecc.).

Gli studi di microzonazione sismica si articolano in 3 distinti livelli di approfondimento, ognuno dei quali mirati a stati di conoscenza più dettagliati con obiettivi modulati in sequenza, di seguito definiti:

- *il livello 1 rappresenta un livello propedeutico alla MS e consiste in una raccolta dei dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone con caratteri litostratigrafici e morfologici qualitativamente omogenei, tali da determinare un comportamento classificabile in una delle 3 categorie sopra descritte. Il prodotto finale del livello è la "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica".*
- *il livello 2 ha lo scopo di definire quantitativamente il comportamento delle zone omogenee definite nel primo livello, determinando una serie di parametri numerici*

caratteristici del moto del suolo in ciascuna microzona. Il secondo livello di approfondimento può avvalersi di ulteriori e mirate indagini, ove necessarie. Il prodotto finale del secondo livello di approfondimento è la Carta di microzonazione sismica.

- *il **livello 3** restituisce una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari di un territorio il cui comportamento non può essere esaustivamente parametrizzato con i precedenti livelli di approfondimento. In questo caso si fa riferimento ai risultati di ulteriori studi originali di approfondimento opportunamente progettati in funzione della problematica specifica da affrontare.*

Gli studi condotti nel territorio di Nicolosi si riferiscono al primo livello di approfondimento e sono consistiti nella raccolta dei dati esistenti e nella redazione di una serie di elaborati cartografici (Carta delle indagini, la Carta geologico tecnica per la MS e la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica) richiesti dagli “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” (Gruppo di lavoro MS, 2008) e nella compilazione di un database, risultato di una profonda e dettagliata elaborazione delle informazioni esistenti. Il territorio del Comune di Nicolosi si sviluppa lungo il versante meridionale del Monte Etna in Sicilia orientale con un estensione areale di circa 42,19 km². In accordo con il Dipartimento Regionale della Protezione Civile, si è stabilito di estendere gli studi di microzonazione sismica di I livello all’interno dell’area segnalata dall’amministrazione comunale con nota prot. N 25892 del 13/04/2012 che comprende buona parte del centro urbano principale, con un estensione areale di circa 1,19 km², come da verbale della riunione tecnica del 24/04/2012 tra l’Università di Catania e il Dipartimento di Protezione Civile. Tale area comprende inoltre l’area mesosismica relativa ai terremoti del 1901, 1986 e dell’aprile 2008, indicata negli studi geologici realizzati per l’aggiornamento del Piano Regolatore Generale (P.R.G.). Lo studio di MS di livello 1 è stato effettuato utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale alla scala

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
1:10.000, realizzata dalla Regione Sicilia nel 2008. In particolare l'area di studio ricade
all'interno della Sezione CTR 625130 (Fig. 1).

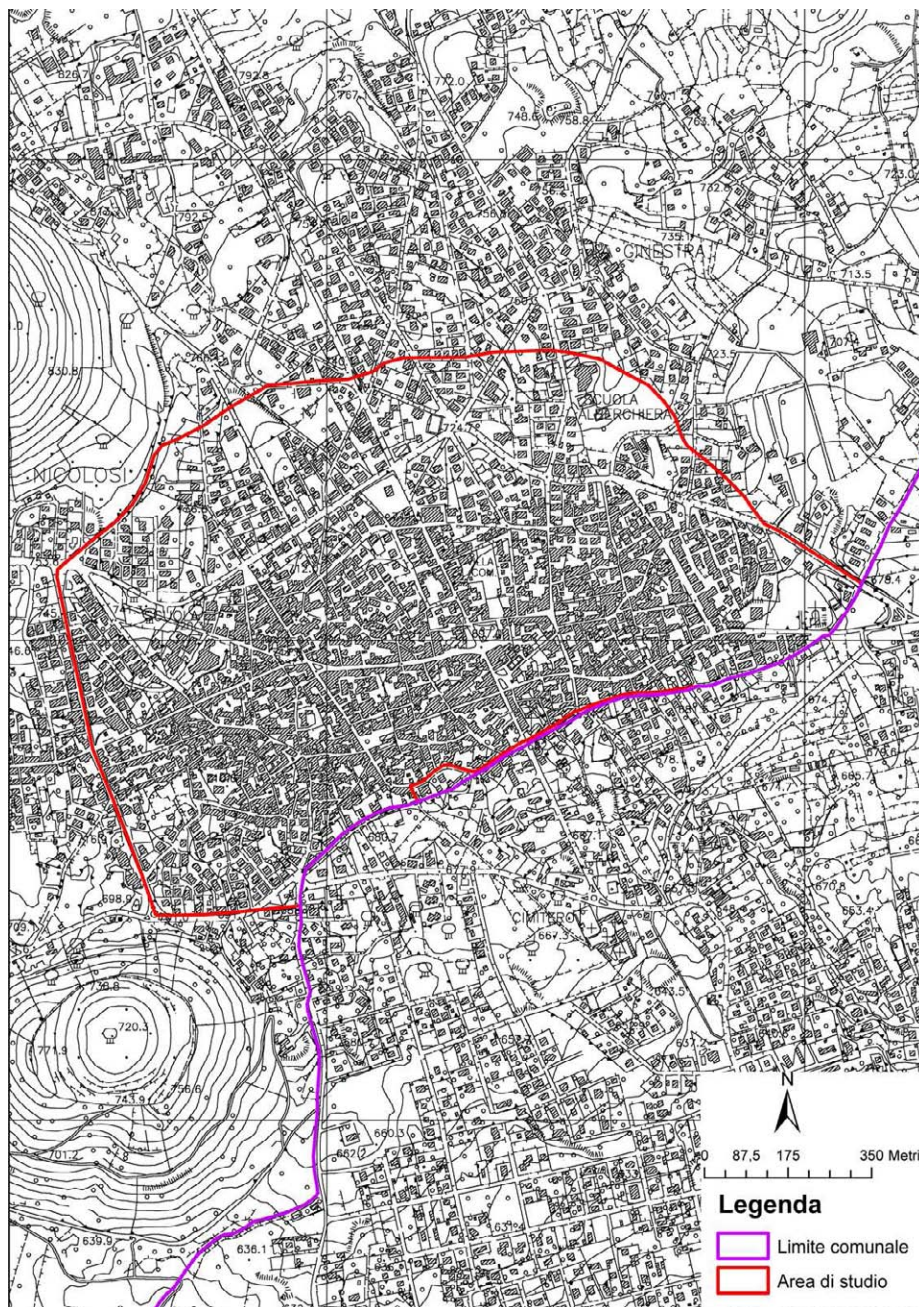


Fig. 1 – Ubicazione dell'area in cui sono stati effettuati gli studi di MS di livello 1 (delimitata in rosso), rispetto al territorio comunale (delimitato in blu) di Nicolosi, all'interno della Sezione CTR 625130.

La qualità e l'affidabilità dei risultati sono state chiaramente influenzate dalla disponibilità di dati significativi sui quali operare. Nel caso specifico, tenendo conto dell'estensione limitata dell'area di studio, per il Comune di Nicolosi è stato possibile attingere ad una limitata quantità d'informazioni pregresse, deficitarie di sondaggi geognostici. Va segnalato che molte delle indagini sono ubicate al di fuori dell'area di studio ed è stata necessaria la raccolta di dati originali di superficie di terreno che hanno permesso di redigere la carta geologico-tecnica, sulla base della quale sono state vincolate la geometria 3D di massima dei terreni affioranti e ricostruito il modello geologico di riferimento. È ovvio che livelli di indeterminazione permangono a causa della totale assenza di dati diretti di sottosuolo (sondaggi geognostici), per quanto attiene lo spessore dei terreni di copertura così come la reale profondità del substrato rigido, per i quali si è fatto riferimento a proiezioni dei dati disponibili in aree limitrofe, sulla base di una scrupolosa interpretazione delle evidenze di superficie, nella previsione di infittire le indagini nei successivi stadi di approfondimento.

Nel corso degli studi di microzonazione di primo livello, seppure orientati alla raccolta, rielaborazione ed interpretazione complessiva di dati esistenti, è stato necessario definire le modalità con cui condurre rilievi speditivi delle successioni vulcaniche, allo scopo di integrare con dati significativi le informazioni disponibili, generalmente scarsamente rappresentative dell'estrema variabilità laterale e verticale dei prodotti lavici. Sulla base dei rilievi originali condotti, di concerto con il Dipartimento di Protezione Civile Nazionale e Regionale si sono definiti i criteri di rappresentazione dei terreni vulcanici su carte con scala 1:10.000, non previste dagli standard, da utilizzare in attesa di una loro formalizzazione nell'ambito di integrazioni alle linee guida fin qui adottate. I criteri applicati sui terreni vulcanici derivano dalla verifica, basata su un'ampia casistica raccolta nel corso dei rilievi svolti in tutti i comuni etnei interessati dagli studi di microzonazione di primo livello, di una stretta connessione tra morfologie e geometrie di



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

superficie delle lave e la loro litofacies che può essere ricondotta ad alcune tipologie di riferimento, facilmente riconoscibili anche in aree a forte urbanizzazione. I criteri adottati, seppure soggetti a un livello di indeterminazione variabile in funzione dell'effettivo grado di esposizione dei terreni, risultano comunque indispensabili perché raramente la densità di informazioni di sottosuolo è adeguata a ricostruire nel sottosuolo le eterogeneità del substrato vulcanico. Il metodo adottato ha il duplice pregio di fornire nelle zone prive di sufficienti dati di sottosuolo uno strumento per poter ricostruire, sulla base del dato di superficie, la tipologia della successione vulcanica da ritenersi litologicamente omogenee in termini di risposta sismica, insieme alla possibilità di stabilire la effettiva trasferibilità areale dei dati puntuali e lineari di sottosuolo.

I dati messi a disposizione dall'amministrazione comunale di Nicolosi, relativi ad indagini effettuate per lo studio geologico a supporto del Piano Regolatore Generale (P.R.G.) realizzato nel 1999 e per un suo aggiornamento, sono sintetizzati in diversi elaborati di seguito elencati:

– Studio geologico a supporto del P.R.G. – Prescrizioni esecutive e allegati:

- Carta delle ubicazioni delle indagini geognostiche in scala 1:4.000
- Traverse sismiche a rifrazione
- Sondaggi elettrici verticali (S.E.V.)
- Prove penetrometriche dinamiche
- Misure Noise

- Aggiornamento dello studio geologico a supporto del P.R.G. e allegati:

- TAV. I – Carta geologica scala 1:5.000
- TAV. II – Carta geomorfologica scala 1:5.000
- TAV. III – Carta idrogeologica scala 1:5.000
- TAV. IV – Carta litotecnica scala 1:5.000
- TAV. V – Carta delle pericolosità geologiche scala 1:5.000
- TAV. VI – Carta della zone a maggiore pericolosità sismica locale 1:5000

I dati messi a disposizione, sono stati successivamente analizzati e archiviati secondo gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 2.0beta-II”. Oltre ai dati pregressi sono stati analizzati e archiviati dati provenienti da nuove e specifiche indagini effettuate, ad integrazione di quelle preesistenti.

Lo studio è stato integrato da verifiche di terreno e analisi di aerofotogrammetrie, mirate alla verifica della affidabilità del modello geologico proposto. Infine sono state effettuate una serie di misure di microtremori mediante la tecnica di indagine di sismica passiva HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) al fine di determinare il periodo e l’ampiezza delle vibrazioni del suolo, su una griglia di punti omogeneamente distribuiti sull’area investigata, utilizzati per la redazione di una carta delle frequenze. Per il presente studio, inoltre, sono stati consultati diversi archivi, sia per verificare l’eventuale presenza di instabilità (PAI Regione Sicilia, Progetto IFFI, Progetto Sinkhole, Pubblicazioni scientifiche), che le caratteristiche sismotettoniche (Progetto Ithaca, DISS3) e di sismologia storica e macrosismica (CPTI11, DBMI11, CFTI), oltre alla cartografia geologica (AA.VV., 1979, 2009; Monaco et al., 2008; Branca et al., 2011) e idrogeologica (Ferrara, 2001) disponibile in letteratura.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento

Nel presente documento viene definita la pericolosità sismica del Comune di Nicolosi in provincia di Catania, con riferimento alla storia sismica del Comune medesimo, alla sua catalogazione nelle mappe di pericolosità sismica ed alle eventuali sorgenti sismogenetiche presenti nei dintorni e nelle zone limitrofe. Per quanto concerne la catalogazione del territorio di Nicolosi (CT) sulle mappe di pericolosità sismica si farà esplicito riferimento alle indicazioni ed alle prescrizioni dettate dall'attuale testo normativo vigente (Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC – approvate con D.M. 14/01/2008 e pubblicate sulla G.U. n. 29 in data 04/02/2008) che si assume a base del progetto.

E' stata effettuata l'individuazione del Comune di Nicolosi sui cataloghi sismici, facendo riferimento in particolare al Catalogo Parametrico dei terremoti italiani (CPTI11; Rovida et al., 2011), che nella fattispecie si riferisce al database macrosismico (DBMI11; Locati et al., 2011) e su una base di dati strumentali molto ampia ed aggiornata. Il catalogo parametrico CPTI11 si compone di due sezioni, una delle quali dedicata ai terremoti etnei (1000–2006). Quest'ultima contiene 198 terremoti localizzati all'interno della zona 936 della zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti et al., 2008) relativi al periodo 1000–2006. Le soglie energetiche della sezione terremoti etnei sono $Io = 5-6$ e $Mw = 3.5$. Per tutti i terremoti della sezione, il valore di Mw e la relativa incertezza sono ottenuti dal valore di Io mediante la relazione di Azzaro et al. (2011). DBMI11 contiene dati di intensità relativi a 1681 terremoti che fanno parte di CPTI11 (Rovida et al., 2011),

e in particolare relativi a: a) 1484 terremoti i cui dati sono stati utilizzati per determinare i parametri che fanno parte di CPTI11; b) 197 terremoti etnei, i cui dati non sono utilizzati per determinare i parametri che fanno parte di CPTI11, in quanto i relativi parametri sono stati adottati direttamente dal Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnei (CMTE; <http://www.ct.ingv.it/ufs/macro>; Azzaro et al., 2000; 2006; 2009). Tra gli eventi sismici di maggiore rilevanza sicuramente si può annoverare il terremoto della Val di Noto dell'11 Gennaio 1693, che è quello che più si è impresso nella memoria storica locale dell'intera Sicilia per molte ragioni: la vastità dell'area colpita, la gravità degli effetti, i mutamenti subiti da una intera rete insediativa e infine la straordinaria capacità progettuale che caratterizzò la fase di ricostruzione. Questo disastro sismico costituisce quindi un importante episodio nella storia del popolamento e dell'urbanistica siciliana, nonché un evento di grande interesse per la storiografia e per la sismologia. In figura 2 si riportano i valori dell'intensità macrosismica dell'evento; il Comune di Nicolosi viene catalogato con intensità X–XI MCS (Barbano, 1985). La figura 3 riporta il risultato della ricerca sul database DBMI11, che individua 93 eventi significativi per il territorio di Nicolosi, a partire dall'evento del 1633. La figura 4 riporta il conseguente grafico relativo alla sismicità storica del comune di Nicolosi.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Locality	MCS	Locality	MCS
Acate (Biscari)	X	Massannunziata	X
Aci Bonaccorsi	X	Mazzerano	VII
Aci Castello	X	Melilli	XI
Aci La Consolazione	X	Messina	VIII
Acireale	X	M. Etna	VIII-IX
Aci San Filippo	X	Militello in Val di Catania	IX
Aci Sant' Antonio	X	Mineo	X
Aci Trezza	X	Misterbianco	X
Agrigento (Girgenti)	VI	Modica	IX
Aidone	X	Monterosso Almo	X
Augusta	X	Motta S. Anastasia	X
Avola	X	Naso	VI
Belpasso (Fenicia)	IX	Nicosia	VII-VIII
Biancavilla (Li Greci)	VIII	Niscemi	VIII-IX
Borrello	X	Noto	XI
Bronte	VI- VII	Oriolo	NF
Buccheri	X	Pachino	IX
Butera	VI - VII	Palagonia	IX
Calatabiano	VIII – IX	Palazzolo Acreide	X
Calatafimi	VII	Palermo	VII
Caltagirone	VIII – IX	Paternò	VIII-IX
Caltanissetta	VI	Patti	VI-VII
Capomulini	X	Pedara	X
Carlentini	XI	Piazza Armerina	VII
Cassaro	XI	Plachi	X
Castiglione di Sicilia	VIII	Ragusa	IX-X
Catania	X	Randazzo	VII-VIII
Centuripe (Centorbi)	VIII	Reggio Calabria	VI
Chiaromonte Gulfi	X	San Giovanni La Punta	X
Comiso	VIII	San Gregorio	X
Ferla	XI	San Michele di Ganzeria	VIII
Fiumefreddo	IX	Sant' Agata li Battiati	X
Floridia	X	Sciacca	NF
Francavilla	VIII-IX	Scicli	X
Francofonte	X	Scordia	IX
Gela	VII	Siracusa	X
Giarratana	X	Sortino	XI
Grammichele (Occhiola)	X	Taormina	IX
Ispica (Spaccaforno)	IX	Trapani	NF
Lentini	XI	Trecastagni	X
Licata	VII	Tremestieri	X
Licodia Eubea	IX	Troina	VII-VIII
Linguaglossa	VIII-IX	Valverde	X
Lipari	VI	Viagrande	X
Malta	VIII	Villa San Giovanni	VII
Masali	IX	Vittoria	VIII
Mascalucia	X	Vizzini	IX

Fig. 2 – Intensità macrosismica delle località colpite dal terremoto della Val di Noto dell'11 gennaio 1693, da Barbano (1985).

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
8-9	<u>1633 02 21 23:00</u>	Nicolosi	1	8-9 4.84 ±0.26
9-10	<u>1669 03 10 23:25</u>	Nicolosi	18	8-9 4.84 ±0.26
10-11	<u>1693 01 11 13:30</u>	Sicilia orientale	185	11 7.41 ±0.15
7-8	<u>1818 02 20 18:15</u>	Catanese	128	9-10 6.23 ±0.12
7	<u>1832 11 24</u>	NICOLOSI	2	7 4.16 ±0.26
5	<u>1842 11 18 01:15</u>	BELPASSO	5	6 3.71 ±0.26
7	<u>1848 01 11 12:00</u>	Golfo di Catania	41	7-8 5.45 ±0.39
7-8	<u>1883 03 22 00:15</u>	NICOLOSI	7	8 4.61 ±0.26
6-7	<u>1883 03 22 22:30</u>	BELPASSO	2	7 4.16 ±0.26
6-7	<u>1883 03 26 21:26</u>	NICOLOSI	1	6-7 3.94 ±0.26
5-6	<u>1883 04 05 08:58</u>	NICOLOSI	11	6 3.71 ±0.26
6-7	<u>1883 04 28 01:25</u>	NICOLOSI	1	6-7 3.94 ±0.26
3-4	<u>1883 04 28 15:30</u>	TORRE DEL GRIFO	2	5-6 3.49 ±0.26
4-5	<u>1883 06 24 07:47</u>	VERSANTE ORIENTALE	4	7 4.16 ±0.26
3	<u>1883 11 13 17:00</u>	VERSANTE ORIENTALE	3	5-6 3.49 ±0.26
3-4	<u>1884 01 10 20:35</u>	VERSANTE SETTENTRIONALE	14	5 4.39 ±0.34
7	<u>1885 09 25 07:05</u>	NICOLOSI	2	7 4.16 ±0.26
6-7	<u>1885 10 02 02:30</u>	NICOLOSI	1	6-7 3.94 ±0.26
4-5	<u>1886 06 05 11:13</u>	S. VENERINA	21	6-7 3.94 ±0.26
3	<u>1889 12 25 17:23</u>	S. M. AMMALATI	25	7-8 4.39 ±0.26
3	<u>1892 03 16 12:38</u>	ALICUDI	28	7 5.29 ±0.31
4-5	<u>1892 07 08 18:50</u>	VERSANTE MERIDIONALE	13	7 4.16 ±0.26
5-6	<u>1893 03 31</u>	NICOLOSI	9	6 3.71 ±0.26
4-5	<u>1893 04 01 07:09</u>	ZAFFERANA ETNEA	8	6 3.71 ±0.26
3	<u>1894 08 07 12:58</u>	ZERBATE	12	6 3.71 ±0.26
4-5	<u>1894 08 08 05:16</u>	MAZZASETTE	45	8-9 4.84 ±0.26
5	<u>1894 11 16 17:52</u>	Calabria meridionale	303	9 6.07 ±0.10
4	<u>1898 05 14 04:45</u>	S. M. LICODIA	35	7-8 4.39 ±0.26

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

7	<u>1901 05 11 11:10</u>	NICOLOSI	15	7 4.16 ±0.26
6	<u>1901 05 11 18:20</u>	NICOLOSI	13	6 3.71 ±0.26
4-5	<u>1903 11 20 09:57</u>	VIAGRANDE	19	6 3.71 ±0.26
5	<u>1905 09 08 01:43</u>	Calabria meridionale	895	7.04 ±0.16
4	<u>1906 06 02 00:10</u>	MASSA ANNUNZIATA	19	6 3.71 ±0.26
3-4	<u>1907 12 07 21:28</u>	FIANDACA	24	7-8 4.39 ±0.26
4	<u>1908 05 26 16:47</u>	VERSANTE ORIENTALE	15	5-6 3.49 ±0.26
6-7	<u>1908 12 28 04:2</u>	Calabria meridionale-Messina	800	11 7.10 ±0.15
5	<u>1914 05 08 18:01</u>	LINERA	82	9-10 5.29 ±0.26
3	<u>1914 05 26 08:49</u>	LAVINAIO	8	6-7 3.94 ±0.26
3	<u>1918 06 03 21:45</u>	BIANCAVILLA	5	5 4.30 ±0.34
3	<u>1931 08 03 21:12</u>	FIANDACA	40	6-7 3.94 ±0.26
3	<u>1941 03 27 05:20</u>	FLERI	12	6-7 3.94 ±0.26
6-7	<u>1942 11 15 16:29</u>	NICOLOSI	3	6-7 3.94 ±0.26
3	<u>1973 08 03 19:49</u>	S. M. AMMALATI	35	7 4.16 ±0.26
5-6	<u>1974 05 18 08:43</u>	NICOLOSI	5	5-6 3.49 ±0.26
NF	<u>1975 01 16 00:0</u>	Stretto di Messina	346	7-8 5.20 ±0.09
3-4	<u>1978 04 15 23:3</u>	Golfo di Patti	332	6.06 ±0.09
3-4	<u>1978 05 17 08:57</u>	VERSANTE ORIENTALE	3	5-6 3.49 ±0.26
2	<u>1980 01 23 21:2</u>	MODICA	122	5-6 4.58 ±0.14
NF	<u>1980 08 23 07:52</u>	PIZZO CARAMMO	17	6 3.71 ±0.26
NF	<u>1980 11 26 01:38</u>	FORNAZZO	21	6 3.71 ±0.26
NF	<u>1981 09 01 23:32</u>	S. M. AMMALATI	44	5-6 3.49 ±0.26
NF	<u>1981 09 13 04:49</u>	S. M. AMMALATI	56	6-7 3.94 ±0.26
NF	<u>1982 06 04 09:38</u>	RAGALNA EST	16	6 3.71 ±0.26
4	<u>1982 07 06 14:37</u>	C.DA ALGERAZZI	150	6-7 3.94 ±0.26
4-5	<u>1983 07 20 22:03</u>	VIAGRANDE	106	7 4.16 ±0.26
3	<u>1983 11 30 14:25</u>	BALLO	45	5-6 3.49 ±0.26

3-4	<u>1984 04 15 03:10</u>	VALLONE LICODIA	19	6-7	3.94 ±0.26
3-4	<u>1984 06 19 15:19</u>	FIANDACA	46	7	4.16 ±0.26
3	<u>1984 10 19 17:43</u>	ZAFFERANA ETNEA	124	7	4.16 ±0.26
4	<u>1984 10 25 01:11</u>	FLERI	122	8	4.61 ±0.26
2-3	<u>1985 03 23 06:43</u>	TORRE DEL GRIFO	18	5-6	3.49 ±0.26
3	<u>1985 06 13 21:1</u>	ADRANO	57	5-6	4.51 ±0.34
3-4	<u>1985 10 10 19:26</u>	LINERA	39	5-6	3.49 ±0.26
2-3	<u>1986 01 12 06:29</u>	BONGIARDO	26	6	3.71 ±0.26
2-3	<u>1986 01 12 23:37</u>	S. VENERINA	53	6-7	3.94 ±0.26
NF	<u>1986 01 18 00:16</u>	DAGALA	35	5-6	3.49 ±0.26
6	<u>1986 01 29 09:07</u>	NICOLOSI	27	6	3.71 ±0.26
NF	<u>1986 02 02 16:10</u>	S. G. BOSCO	63	7	4.16 ±0.26
NF	<u>1986 10 29 23:18</u>	PIANO PROVENZANA	74	7	4.16 ±0.26
3	<u>1986 11 03 06:32</u>	C.DA ALGERAZZI	86	6	3.71 ±0.26
3	<u>1987 05 06 18:20</u>	VALLONE LICODIA	13	5-6	3.49 ±0.26
4	<u>1987 08 13 07:22</u>	MALETTO	35	5-6	3.49 ±0.26
NF	<u>1988 04 01 23:43</u>	VERSANTE ORIENTALE	30	6	3.71 ±0.26
NF	<u>1988 10 28 18:48</u>	PIANO PERNICANA	66	6	3.71 ±0.26
2-3	<u>1988 11 21 02:19</u>	C.DA TRIGONA	21	6	3.71 ±0.26
5-6	<u>1990 12 13 00:2</u>	Sicilia sud-orientale	304	7	5.64 ±0.09
NF	<u>1993 06 14 05:13</u>	BALLO	46	5-6	3.49 ±0.26
NF	<u>1997 09 02 10:42</u>	ZAFFERANA ETNEA	33	5-6	3.49 ±0.26
4	<u>1998 01 10 08:45</u>	VERSANTE SUD-OCCIDENTALE	44	6	3.71 ±0.26
6	<u>1998 05 22 11:54</u>	NICOLOSI	29	6	3.71 ±0.26
4	<u>1999 08 05 14:57</u>	VERSANTE SUD-OCCIDENTALE	35	5-6	3.49 ±0.26
3-4	<u>1999 12 26 14:19</u>	C.DA ILICE	43	5-6	3.49 ±0.26
3	<u>2000 01 11 08:20</u>	SANT'ALFIO	39	5-6	3.49 ±0.26
4	<u>2001 01 09 02:51</u>	ZAFFERANA ETNEA	104	6	3.71 ±0.26

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

4	<u>2001 04 22 13:56</u>	VERSANTE OCCIDENTALE	55	5-6	3.49 ±0.26
NF	<u>2001 05 03 21:41</u>	RAGALNA EST	13	6	3.71 ±0.26
5	<u>2001 07 13 03:15</u>	VERSANTE MERIDIONALE	25	6	3.71 ±0.26
4	<u>2002 03 24 23:05</u>	VERSANTE ORIENTALE	40	5-6	3.49 ±0.26
NF	<u>2002 09 22 16:01</u>	PIANO PROVENZANA	35	6	3.71 ±0.26
4-5	<u>2002 10 29 10:02</u>	BONGIARDO	38	8	4.61 ±0.26
4-5	<u>2004 07 22 02:11</u>	VERSANTE ORIENTALE	34	6	3.71 ±0.26
5	<u>2005 10 31 00:02</u>	TRECASTAGNI	32	6	3.71 ±0.26
4-5	<u>2006 05 20 07:05</u>	VERSANTE SUD-OCCIDENTALE	27	5-6	3.49 ±0.26

Fig. 3 – Eventi sismici significativi per il Comune di Nicolosi, dal database DBMI11. IMCS = intensità macrosismica espressa in scala MCS; Ax = area epicentrale geografica in cui sono stati riscontrati i maggiori effetti del terremoto; Np= numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto; Io = Intensità macrosismica epicentrale, da CPTI11, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg; Mw = magnitudo momento.

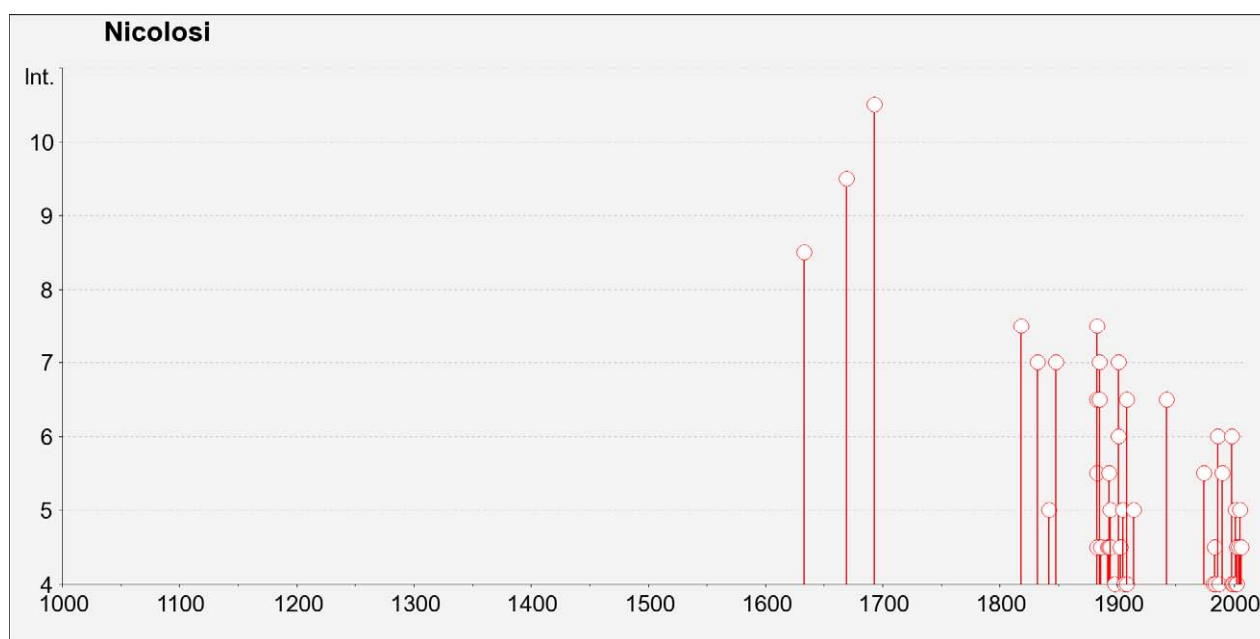


Fig. 4 – Grafico relativo alla sismicità storica del comune di Nicolosi.

Catalogazione del Comune di Nicolosi sulla mappa interattiva di pericolosità sismica

Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha stabilito, approvato ed emesso in data 27/07/2007 il documento “pericolosità sismica e criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale” con il quale è stata ridefinita la mappatura sismica. La nuova mappatura sismica nazionale consiste in un dettagliato reticolo di riferimento individuato su maglia quadrata di lato 10 km; per ogni punto del reticolo si conoscono le accelerazioni massime attese al bedrock per diversi periodi di ritorno dell’evento sismico. La mappa interattiva di pericolosità sismica (Meletti et al., 2007) su reticolo è attualmente disponibile su <http://esse1.mi.ingv.it>; è altresì disponibile in allegato alle nuove norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14/01/2008) la tabella di riferimento che riporta puntualmente i parametri sismici di progetto al variare del periodo di ritorno dell’evento sismico di progetto. Le mappe riportano due parametri dello scuotimento: $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA) e $Se(T)$ (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo T , in accelerazione). Le mappe in $a(g)$ sono state calcolate per differenti probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%). Per ogni stima è disponibile la distribuzione del 50mo percentile (mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16mo e dell'84mo percentile che indicano la variabilità delle stime. Le mappe in $Se(T)$ sono state pure calcolate per le stesse probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%) e per differenti periodi (in totale 10, da 0.1 a 2 secondi). Anche in questo caso per ogni stima è disponibile la distribuzione del 50mo percentile (mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16mo e dell'84mo percentile che indicano la variabilità delle stime.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

L'area di studio del Comune di Nicolosi è univocamente individuata dalle coordinate geografiche internazionali:

LATITUDINE : 37.617 N

LONGITUDINE : 15.031 E

Tale punto coincide perfettamente con uno dei punti del reticolo di riferimento e per esso sono noti direttamente i valori delle accelerazioni al suolo di progetto per diversi tempi di ritorno. La Figura 5 riporta la probabilità di eccedenza in 50 anni del valore di PGA riportato sulle mappe interattive di pericolosità sismica, il corrispondente periodo di ritorno e la corrispondente frequenza annuale di superamento. Sono state elaborate carte di pericolosità sismica in termini di ag su suolo rigido (categoria A; $V_{s30} > 800$ m/sec) con probabilità di superamento in 50 anni pari a: 81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 5% e 2% rispettivamente corrispondenti a periodi di ritorno di 30, 50, 72, 100, 140, 200, 975 e 2475 anni (convenzionalmente per gli ultimi due periodi di ritorno si usa parlare di 1000 e 2500 anni). Si riportano nelle Figure 6–8 rispettivamente le mappe interattive di pericolosità sismica del territorio di Nicolosi con riferimento al valore di PGA per una probabilità di eccedenza in 50 anni del 10%, del 5% e del 2%.

Probabilità di eccedenza in 50 anni	Corrispondente periodo di ritorno	Corrispondente frequenza annuale di superamento
81%	30	0.0332
63%	50	0.0199
50%	72	0.0139
39%	101	0.0099
30%	140	0.0071
22%	201	0.0050
10%	475	0.0021
5%	975	0.0010
2%	2475	0.0004

Fig. 5 – Probabilità di eccedenza in 50 anni del valore di PGA riportato sulle mappe interattive di pericolosità sismica, il corrispondente periodo di ritorno e la corrispondente frequenza annuale di superamento.

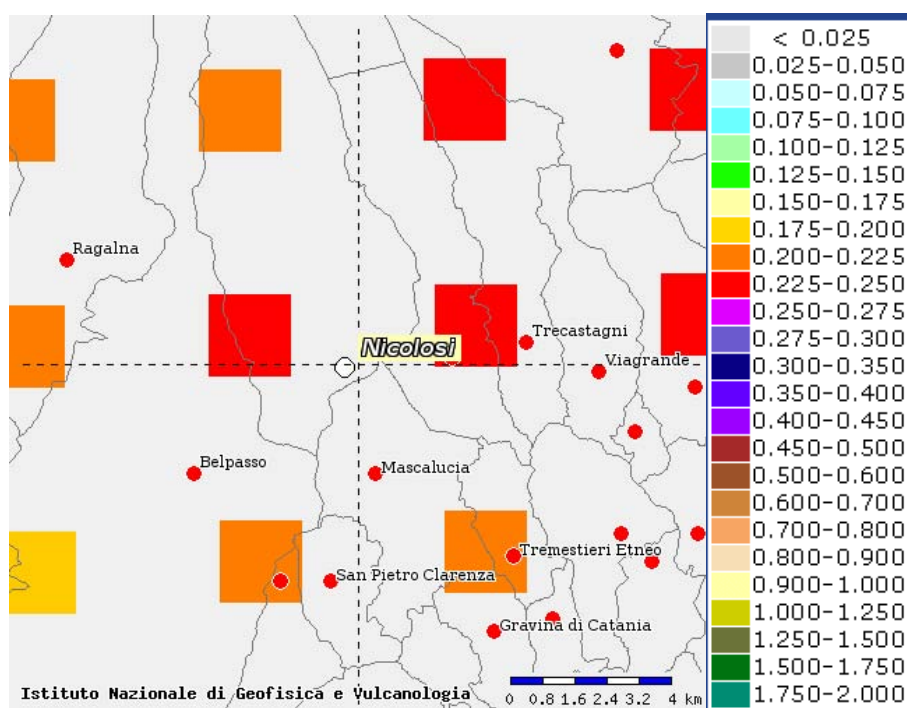


Fig. 6 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Nicolosi. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento $a(g)$, probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

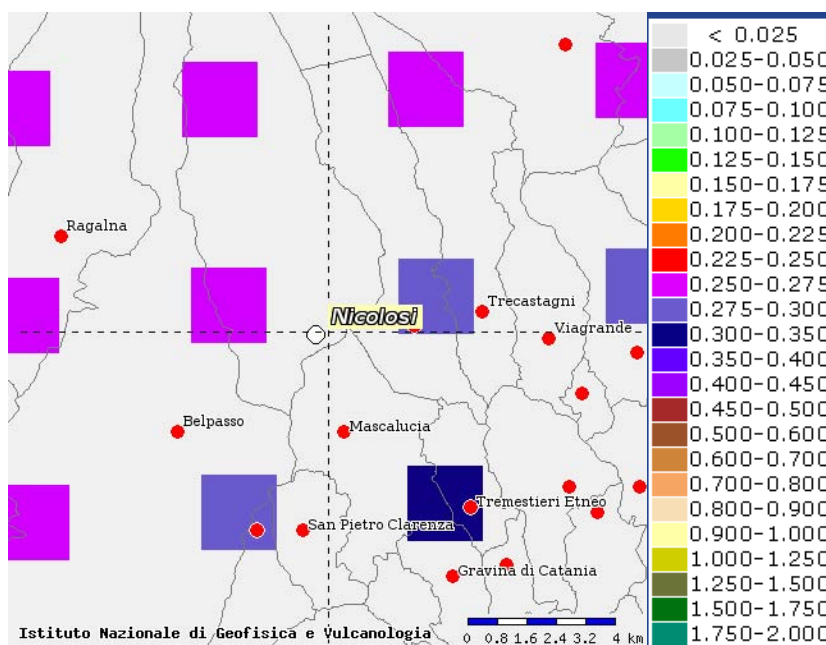


Fig. 7 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Nicolosi. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento $a(g)$, probabilità di superamento del 5% in 50 anni.

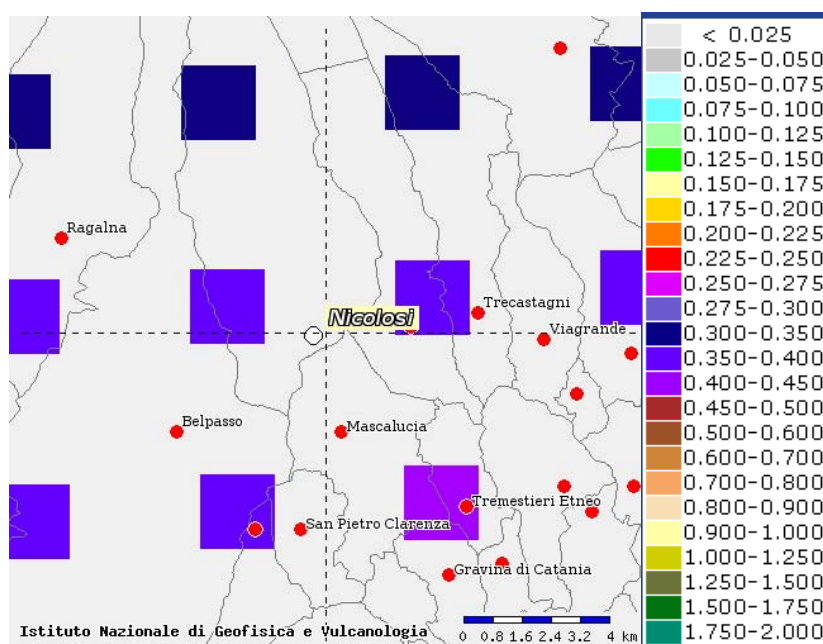


Fig. 8 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Nicolosi. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento $a(g)$, probabilità di superamento del 2% in 50 anni.

I risultati ottenuti per il territorio di Nicolosi vengono sintetizzati nella tabella 1 di seguito riportata e consentono di calcolare la curve di pericolosità sismica al sito (Figura 9).

T_R [anni]	a_g [g/10]
475	0.225-0.250
975	0.275-0.300
2475	0.350-0.400

Tabella 1 – Valori di a_g al sito e corrispondente periodo di ritorno

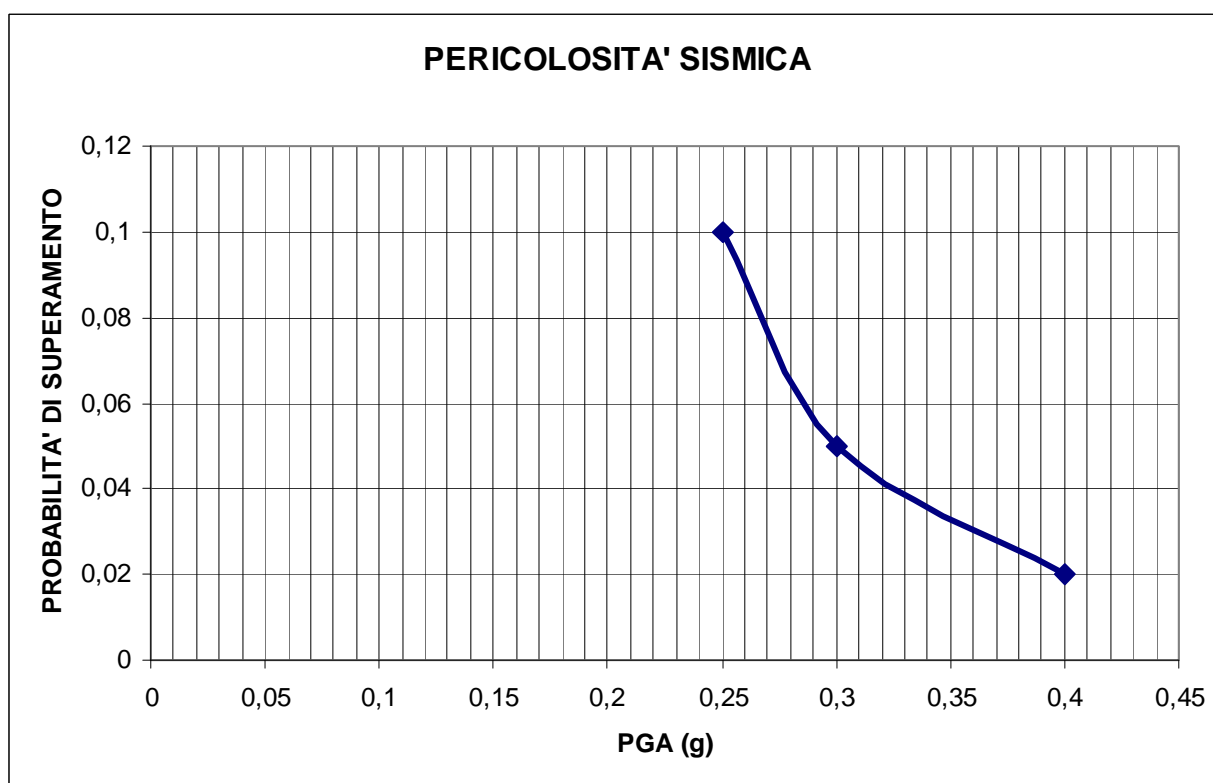


Fig. 9 – Curva di pericolosità sismica al sito per il territorio di Nicolosi. La curva rappresenta il valore della mediana.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Il territorio del Comune di Nicolosi è stato individuato sul database DBMI11 (con 93 eventi sismici significativi tra il 1633 ed il 2006) con una intensità macrosismica espressa nella scala MCS che raggiunge il suo valore massimo in MCS = X–XI in corrispondenza del terremoto della Val di Noto del 1693. La localizzazione territoriale sulle mappe interattive di pericolosità sismica ha consentito di ricavare i valori di a_g su suolo rigido (categoria A; $V_{s30} > 800$ m/sec) con probabilità di superamento in 50 anni pari a: 0.225–0.250 per il 10%, 0.275–0.300 per il 5% e 0.350–0.400 per il 2%, rispettivamente corrispondenti a periodi di ritorno di 475, 975 e 2475 anni. Ciò ha permesso di ricavare la curva di pericolosità sismica al sito per il territorio di Nicolosi.

3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

L'abitato di Nicolosi ricade nel settore meridionale dell'Etna, alla terminazione del Rift meridionale dell'Etna (Kieffer, 1975) e pertanto direttamente esposto ai flussi lavici recenti, generati dalle fratture eruttive del rift, che hanno percorso il fianco meridionale del vulcano. L'area di studio riguarda la parte del territorio comunale comprendente il centro storico, allungata in direzione ENE–OSO, circa perpendicolare ai principali flussi lavici, e occupa la parte bassa del versante etneo, a bassa acclività, da una quota di circa 765 a circa 675 m s.l.m.. L'area è essenzialmente costituita dai campi lavici riferibili alle diverse fasi evolutive del Mongibello Recente, attuale stratovulcano (< 15 ka; Gillot et al., 1994).

Secondo la “Carta geologica del Monte Etna” alla scala 1:50.000 (AA.VV., 1979; Fig. 10) il centro abitato di Nicolosi è sede delle fessure eruttive della colata del 1669, poste

immediatamente al di fuori dell'area sottoposta agli studi, cui sono associati una serie di conii piroclastici, il maggiore dei quali costituisce i Monti Rossi. Gran parte del territorio comunale investigato, pertanto, risulta ricoperto dai depositi piroclastici di caduta di questo evento eruttivo. Secondo la carta, nel settore occidentale dell'abitato, le piroclastiti sarebbero, a loro volta, ricoperte dalla colata dello stesso evento eruttivo, mentre verso est avrebbero estesamente ricoperto la colata lavica all'evento eruttivo 1537, che avrebbe attraversato l'attuale territorio comunale di Nicolosi, risultando in gran parte sepolto dai prodotti più recenti.

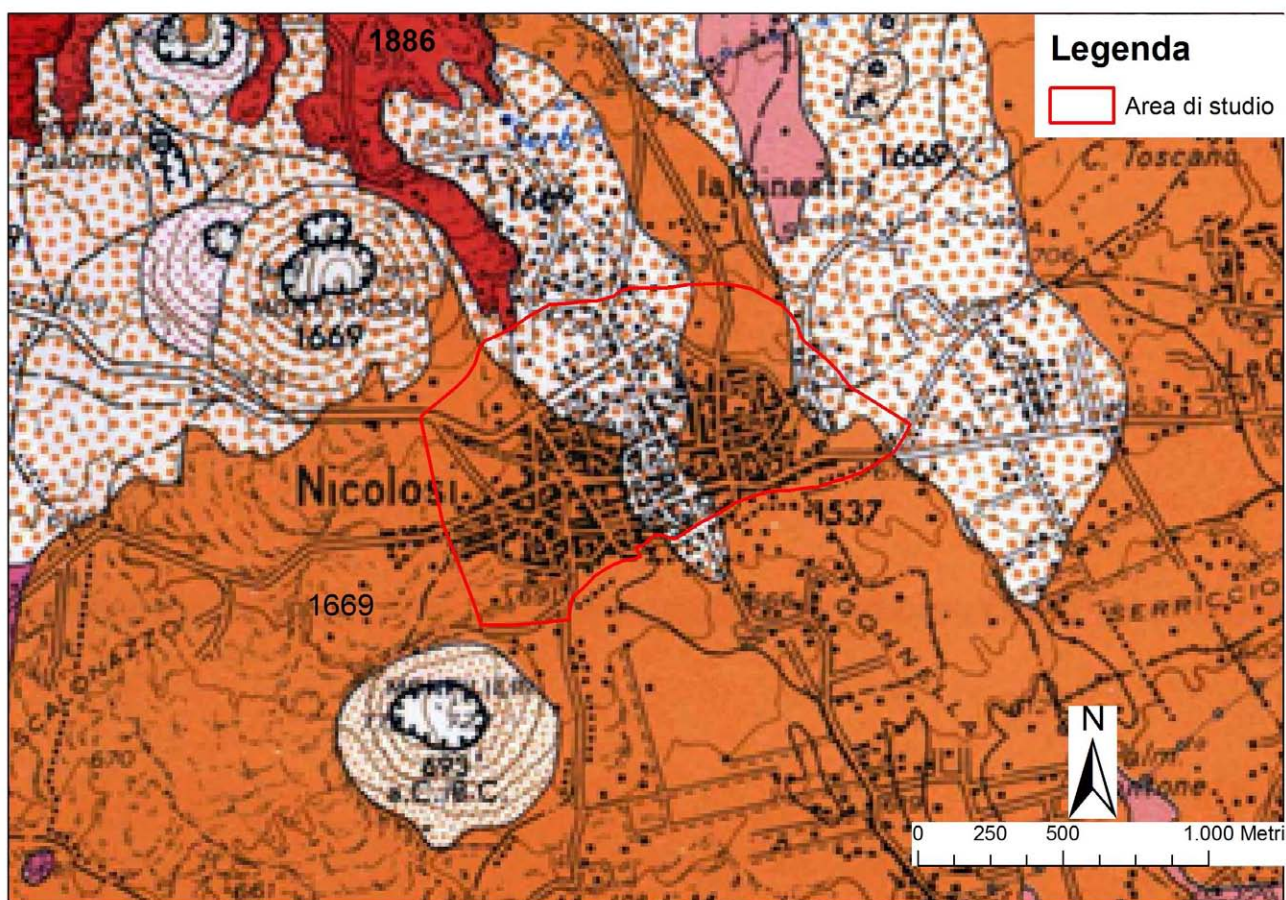


Fig. 10 – Stralcio della Carta geologica del Monte Etna (AA.VV., 1979 mod).

Il Foglio Geologico 625 “Acireale” (AA.VV., 2009)(Fig. 11), la successiva edizione della Carta Geologica del Vulcano Etna (Branca et al., 2011)(Fig. 12), e la Carta Morfotettonica del Monte Etna (Monaco et al., 2008) (Fig. 13), confermano le attribuzioni dei prodotti affioranti nel territorio di Nicolosi proposte nella cartografia precedente, a

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
testimonianza di una interpretazione univoca delle geometrie dei terreni esposti in
superficie, in quanto riferiti ad eventi storici documentati.

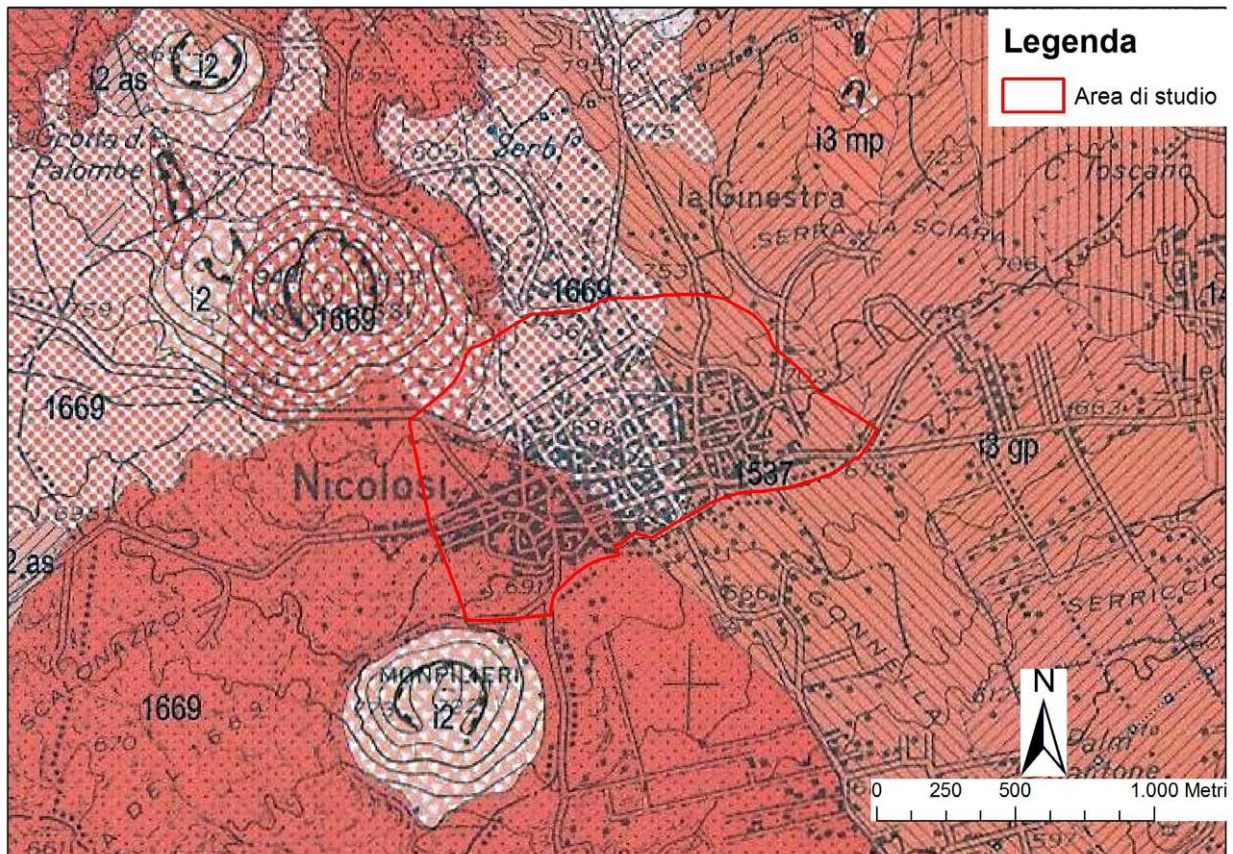


Fig. 11 – Stralcio del Foglio Geologico CARG 625 “Acireale” (AA.VV., 2009 mod).

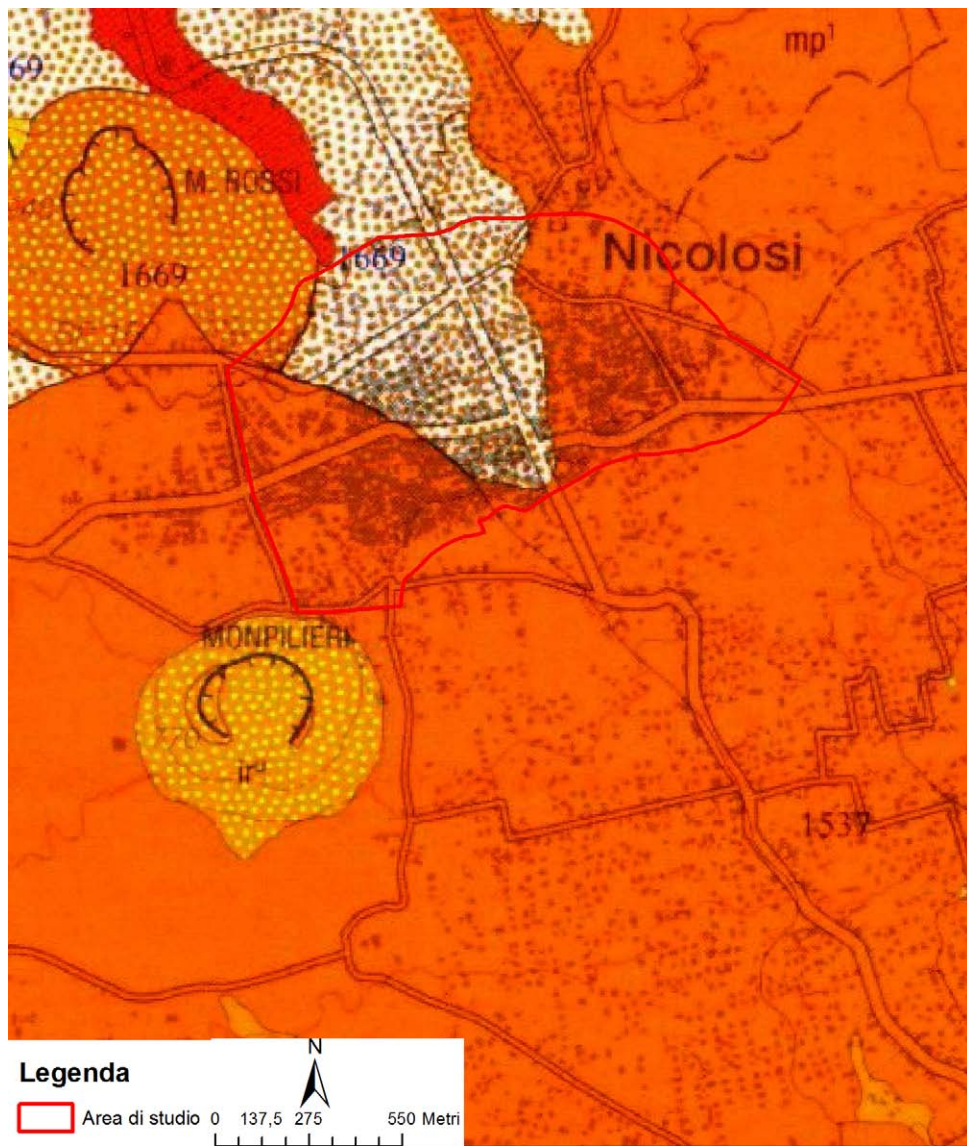


Fig. 12 - Stralcio della Carta Geologica del Vulcano Etna (Branca et al., 2011).

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

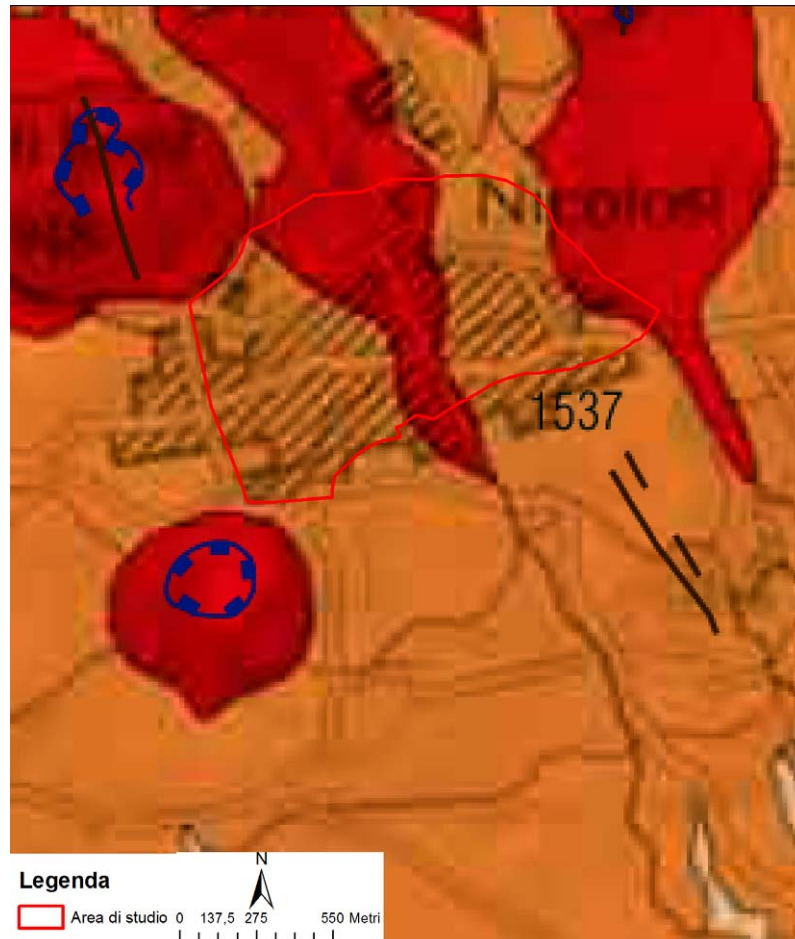


Fig. 13 – Stralcio della Carta Morfotettonica del Monte Etna (Monaco et al., 2008 mod).

Secondo Azzaro (1999)(Fig. 14), il territorio di Nicolosi sarebbe interessato da una fascia di fratturazione cosismica, orientata NO–SE, ubicata sul prolungamento verso nord della Faglia di Tremestieri.

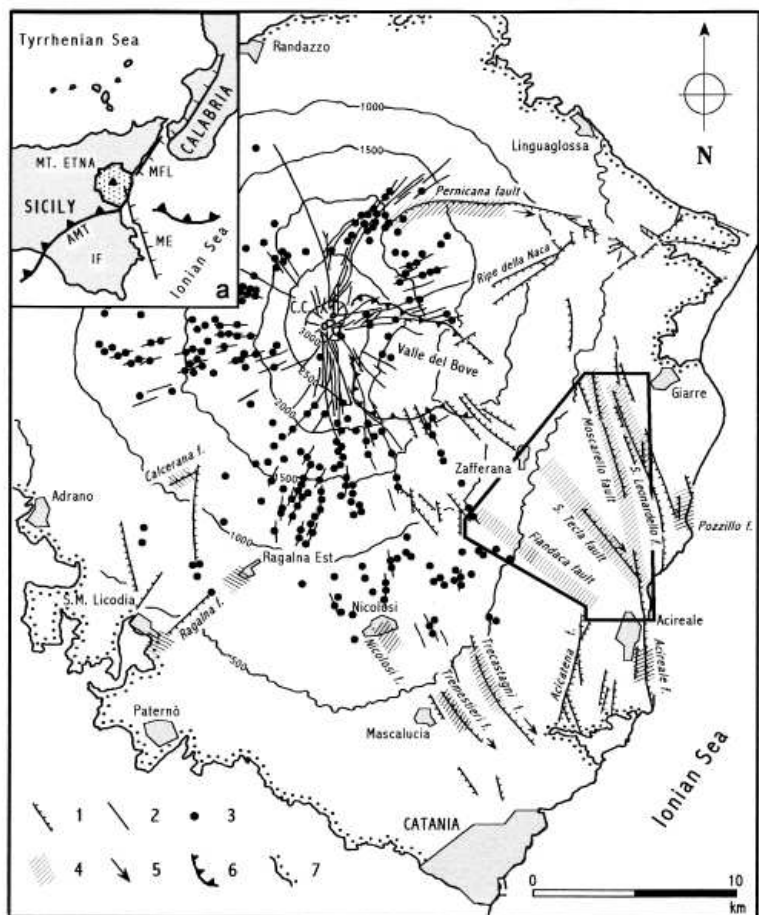


Fig. 1. Simplified structural map of Mt. Etna (after Rasà et al., 1996): 1, faults with bar on downthrown side; 2, eruptive fissures; 3, cinder cones; 4, coseismic surface faulting zones; 5, strike-slip components; 6, caldera rims; 7, limit of Etna volcanics; C.C., central crater. Box indicates area of the 'Timpe' fault system shown in Fig. 2. Inset map (a) shows the regional geological setting: AMF, front of the Apennine-Maghrebian thrust belt; IF, Iblean Foreland; ME, Malta Escarpment; MFL, Messina-Fiumefreddo line.

Fig. 14 - Carta strutturale del Monte Etna (da Fig. 1 di Azzaro, 1999).

La traccia della faglia, cui si assocerebbero le fratturazioni al suolo documentate nel territorio di Nicolosi, è riportata nella Carta vulcano-tettonica del Monte Etna (Azzaro et al., 2012)(Fig. 15).

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

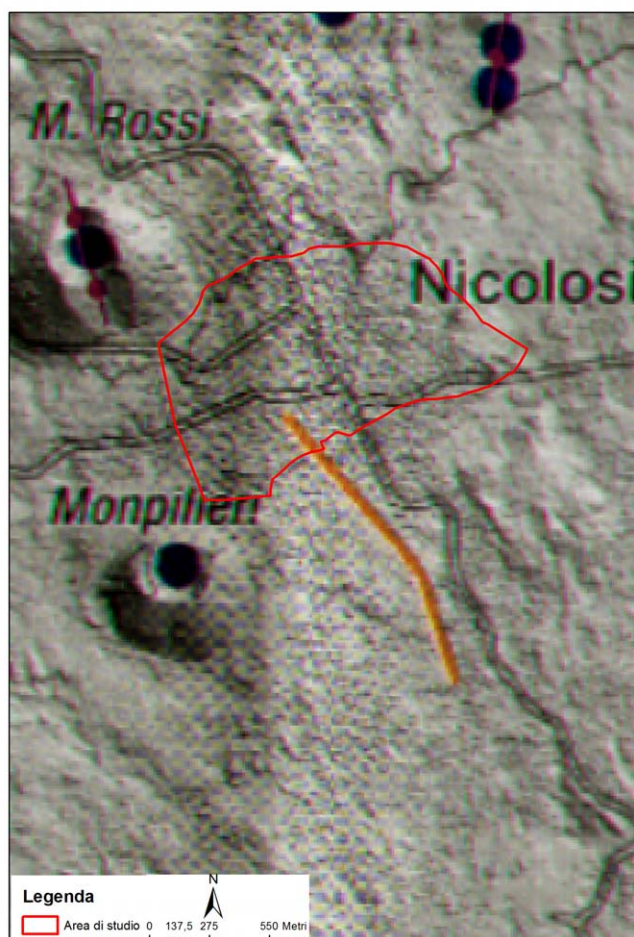


Fig. 15 - Carta vulcano-tettonica del Monte Etna (Azzaro et al., 2012 mod). Il territorio comunale è indicato in rosso.

Secondo il modello cinematico più aggiornato delle deformazioni attive dell'Etna (Fig. 16), proposto sulla base della combinazione dei dati geodetici, acquisiti tramite tecniche GPS e DInSAR, la zona di fratturazione attiva nel territorio di Nicolosi apparterebbe ad un allineamento tettonico del versante meridionale dell'Etna che comprende anche la Faglia di Tremestieri. Tale allineamento si sarebbe originato a causa dell'elevata instabilità dell'intero versante orientale dell'edificio etneo. Questo processo è stato interpretato alternativamente come l'effetto dello scivolamento gravitativo del

fianco orientale dell'edificio vulcanico (Borgia et al., 1992) o della deformazione estensionale al footwall di una rift-zone (Monaco et al., 2005). Le serie temporali di misure dei vettori movimento GPS consentono di individuare una serie di blocchi cinematici indipendenti, i cui limiti sono stati identificati lungo lineamenti che, caratterizzati da fratturazione al suolo attiva, si manifestano come discontinuità permanenti nelle immagini DInSAR (Azzaro et al., 2013)(Fig. 16).

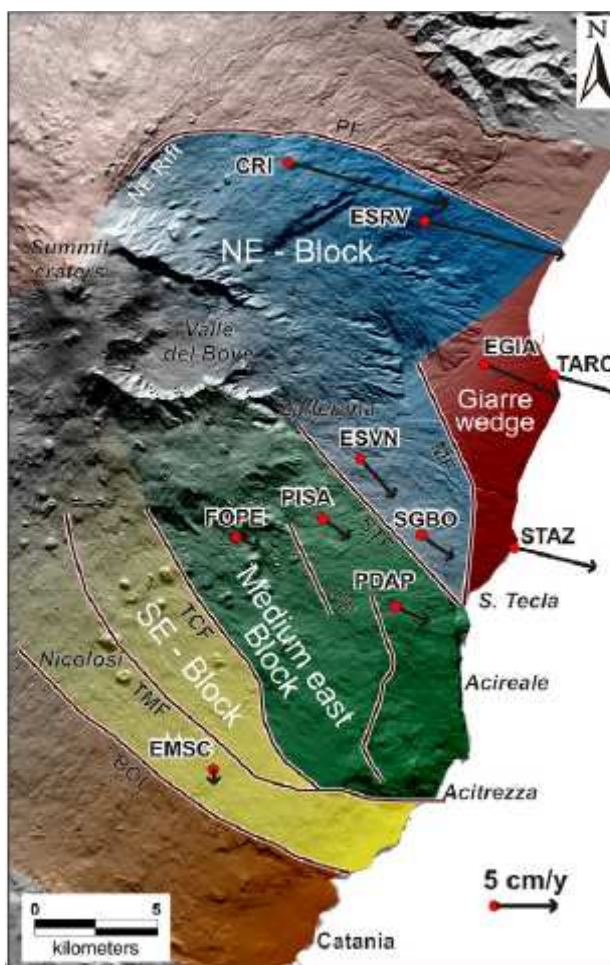


Fig. 16 – Modello cinematico del versante orientale del Monte Etna (da Azzaro et al., 2013).

Nel quadro cinematico attivo sintetizzato nel modello, l'allineamento che comprende le fratture di Nicolosi e la Faglia di Tremestieri (TMF in Fig. 16) sembrerebbe giocare un ruolo secondario, in quanto si svilupperebbero all'interno di un blocco cinematico bordato dalla Faglia di Trececastagni (TCF in Fig. 16) e dalla Linea Belpasso-Ognina (BOL in Fig. 16), alle quali andrebbe assegnato un ordine gerarchico superiore. La limitatezza della serie temporale delle misure geodetiche rende scarsamente significativa

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
questa gerarchia delle strutture, che andrebbe invece valutata sulla base della lunghezza
e dei tassi di movimento di lungo periodo dei singoli segmenti.

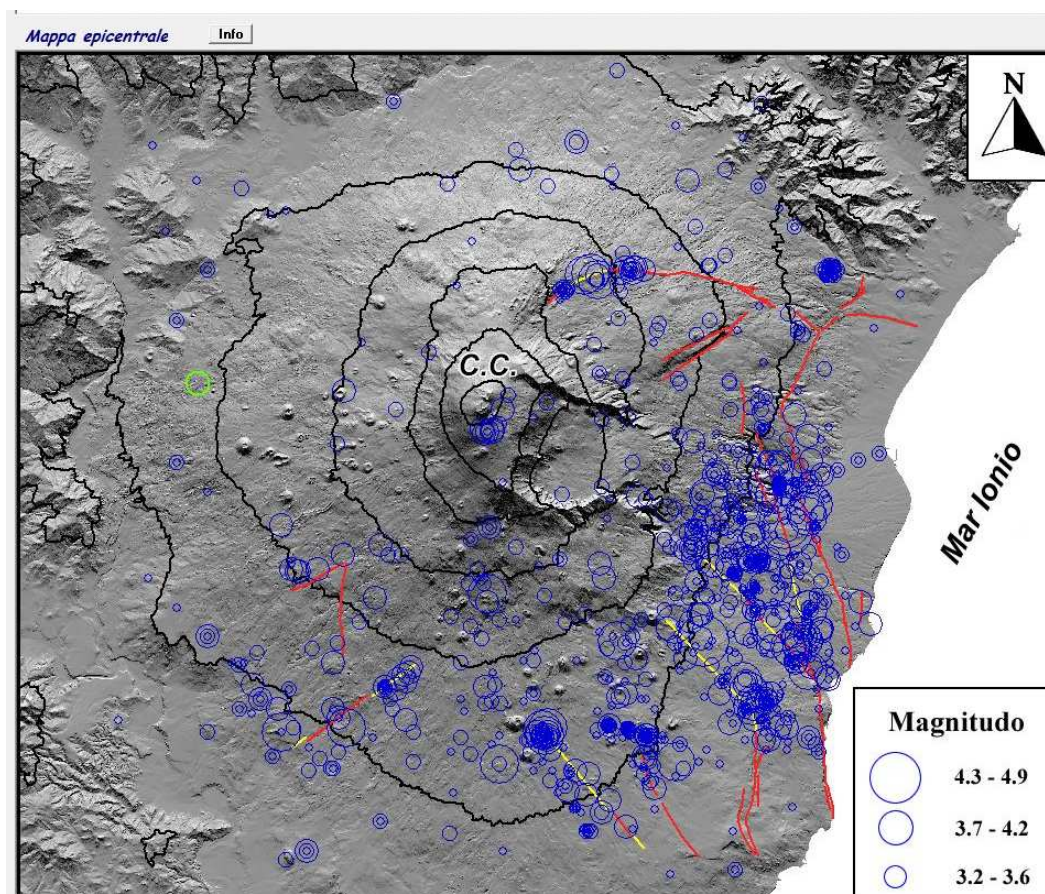


Fig. 17 - Carta sismo-tettonica del Monte Etna riportata nel Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnai dal 1832 al 2005 (Azzaro et al., 2000, 2009).

Le strutture dell'Etna sono state comunque tutte accreditate di una attività sismica storica, sintetizzata nel il Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnai dal 1832 al 2005 (Azzaro et al., 2000, 2009)(Fig. 17). Alla zona di fratturazione attiva del territorio di Nicolosi si associano numerosi eventi sismici che si concentrano alla terminazione di un allineamento che comprende a sud la Faglia di Tremestieri. E' interessante notare che tutto il tratto settentrionale della struttura, tra cui le fratture rilevate a Nicolosi, è stato

classificato come “faglia nascosta” (hidden fault) ovvero priva di chiare evidenze morfologiche sul terreno, che sono in effetti rinvenibili solo per il breve tratto all’interno dell’abitato di Tremestieri Etneo. Ciò significa che l’estensione verso NO della struttura e la sua presunta continuità in sottosuolo è stata unicamente basata sulla distribuzione degli eventi sismici.

La struttura è stata inserita anche nel Catalogo della Faglie Capaci (Ithaca)(Fig. 18), dove è classificata come un segmento che si estende al confine tra gli abitati di Mascalucia e Nicolosi, denominato Faglia di Nicolosi, appartenente al Sistema Tremestieri–Nicolosi. I parametri fisici ed i caratteri geologici della struttura sono sintetizzati nella scheda di Fig. 19, dalla quale è possibile desumere la lunghezza, la profondità, la magnitudo massima e la ricorrenza degli eventi sismici attribuibili alla faglia. Secondo il catalogo, la Faglia di Nicolosi è chiaramente associata ad una sismicità storica documentata, che accredita il potenziale della struttura ad una magnitudo massima pari a 4.3 (I=VII). E’ interessante notare che i lavori di letteratura citati nel catalogo ai fini della valutazione del potenziale segnalano per entrambe le strutture deformazioni anche per creep–asismico che si sommano a quelle direttamente riferibili ad eventi sismici.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77



Fig. 18 - Localizzazione della Faglia di Nicolosi, segnalata nel database Ithaca
(http://193.206.192.227/wms_dir/Catalogo_delle_Faglie_Capaci_ITHACA.html#)

PHISICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	This fault is located in the southeastern sector of the Mt. Etna volcano, the largest active strato volcano in Sicily.
SYNOPSIS	The Nicolosi fault is a volcano-tectonic structure and shows recent activity, revealed by ground effects collected during field surveys. The fault is characterized by coseismic ruptures
FAULT NAME	Nicolosi
FAULT CODE	11201
MACROZONE	7
REGION NAME	Sicilia
SYSTEM NAME	Tremestieri-Nicolosi
RANK	PRIMARY
AVFRAGE STRIKE	310
DIP	90
LENGTH (km)	1.4
GEOMETRY	
SEGMENTATION	no
DEPTH (km)	5
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:10000
LAST ACTIVITY	Historical (<3,000)
ACTIVITY RELIABILITY	High reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	25
SLIP-RATE (mm/yr)	
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0.9
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	Date I (MSK) 1885/10/02 VI-VII 1901/05/11 VII 1986/01/29 VI-VII 1998/05/22 VI-VII
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	4.29
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	VII
STUDY QUALITY	HIGH
NOTES	Mw by INGV - CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI vers.2

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
11201	AZZARO R.	Earthquake surface faulting at Mount Etna volcano (Sicily) and implications for active tectonics.	J. Geodynamics, 28, 193-213.	1999
11201	AZZARO R.	Seismicity and active tectonics in the Etna region: constraints for a sesmotectonic model.	Mt. Etna: Volcano Laboratory. Geophysical Monograph Series, 143. American Geophysical Union. 10.1029/143GM13, 205-220.	2004
11201	ARCIDIACONO S.	Il terremoto di Nicolosi dell'11 Maggio 1901 e le sue repliche.	Bollettino Accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania. Fascicolo 70 (luglio 1901), 2-15.	1901
11201	LO GIUDICE E.	Particolari aspetti del rischio sismico nell'area Etna.	Istituto Internazionale di Vulcanologia, Pubblicazione n. 281, 1988, 59-85.	1988
11201	IMPOSA S. COCO G. & CORRAO M.	Site effects close to structural lineaments in eastern Sicily (Italy)	Engineering Geology, 72, 331-341	2004
11201	AZZARO R., BARBANO M.S., ANTICHI B. & RIGANO' R.	Macroseismic catalogue of Mt. Etna earthquakes from 1832 to 1998.	Acta Vulcanologica, Vol. 12 (1-2) 2000, 3-36.	2000
11201	RASA' R., AZZARO R. & LEONARDI O.	Aseismic creep on faults and flank instability at Mount Etna volcano, Sicily	From McGuire, W.J., Jones, A. P. & Neuberg, J. (eds), Volcano Instability on the Earth and Other Planets - Geological Society Special Publication, n. 110, pp.179-192	1996
11201	LA DELFA S., PATANE' G. & TANGUY J.C.	Kilometer-scale heterogeneities inside volcanoes revealed by using a set of geophysical methods: variable stress field at Mount Etna, Sicily	Physics of the Earth and Planetary Interiors 121, 157-173	2000

Fig. 19 - Parametri fisici e riferimenti bibliografici della Faglia di Nicolosi, segnalate nel database Ithaca (http://193.206.192.227/wms_dir/Catalogo_delle_Faglie_Capaci_ITHACA.html#)

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Nella storia sismica del comune di Nicolosi appare evidente che il massimo risentimento si è avuto in occasione del disastroso evento del giorno 11 Gennaio 1693.

Il DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) Version 3.1.1 (Basili et al., 2008; DISS Working Group 2010) indica come una delle possibili sorgenti sismogeniche dell'evento del 1693, una faglia inversa immergente verso NNO, localizzata a sud del territorio comunale di Nicolosi, lungo il bordo meridionale dell'Etna e catalogata come sorgente sismica individuale "ITIS106 - Gravina di Catania" (Fig. 20).

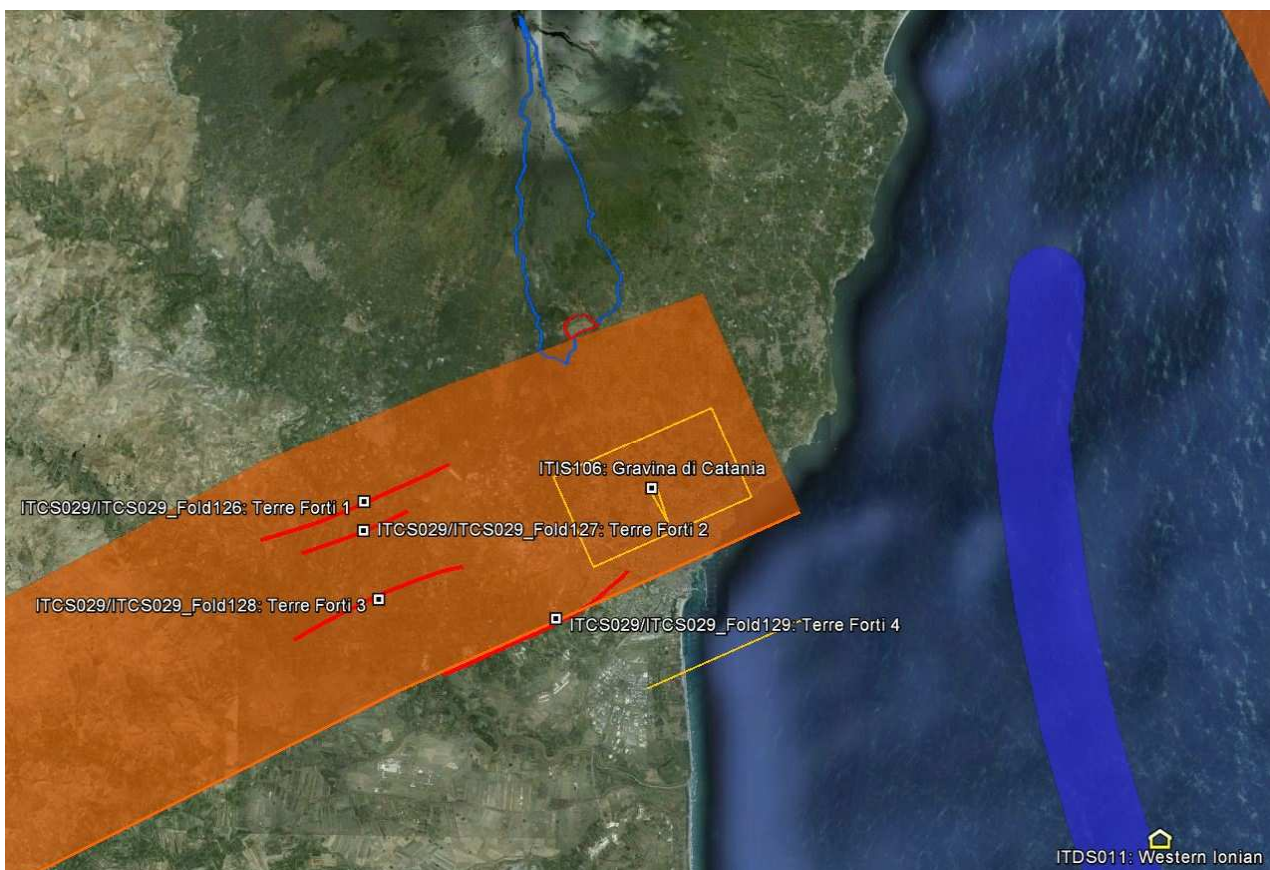


Fig. 20 - Ubicazione delle sorgenti sismogeniche ITIS106 - Gravina di Catania e ITDS011 - Western Ionian rispetto all'area comunale di Nicolosi (in blu) e all'area di studio (in rosso) (DISS Working Group 2010, mod.).

I parametri geometrici e cinematici, significativi per valutare il potenziale della sorgente sono schematizzati in figura 21. Da questi si evince che la sorgente potrebbe produrre un evento di $M_w=6$, ad una profondità massima di 7 km, immediatamente a sud dell'abitato, con effetti disastrosi in superficie, in buon accordo con quanto registrato dai cataloghi macrosismici che valutano una Intensità MCS pari a X gradi degli effetti prodotti dal disastroso terremoto dell'11 Gennaio 1693.

DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITIS106 - Gravina di Catania	
Source Info Summary	Commentary
References	Pictures
General information	
Code	ITIS106
Name	Gravina di Catania
Compiled By	Burrato, P., P. Vannoli and G. Valensise
Latest Update	19/09/2007
Parametric information	
	Parameter
	Qual. Evidence
Location (Lat/Lon)	37.5395 / 15.0681 OD Inferred from macroseismic and geological data.
Length (km)	9 OD Derived from geological and geomorphological observations.
Width (km)	5.9 OD Derived from geological and geomorphological observations.
Min Depth (km)	4 OD Derived from geological and geomorphological observations.
Max Depth (km)	7 OD Derived from geological and geomorphological observations.
Strike (deg)	246 OD Derived from geological and geomorphological observations.
Dip (deg)	30 OD Derived from geological and geomorphological observations.
Rake (deg)	90 OD Based on geodynamic considerations.
Slip Per Event (m)	0.8 ER Calculated from M_0 using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 0.5 EJ Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence (y)	1600 - 8000 EJ Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude (M_w)	6 EJ Value inferred from elaboration of the macroseismic data.
Q-keys:	LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement
Associated earthquake	
Latest Eq	11 Jan 1693 (2/2) One of two mainshocks on the same day.
Penultimate Eq	Unknown See "Commentary" for information.
Elapsed Time	307 As of year 2000 (assigned datum).

Fig. 21 - Scheda classificativa della sorgente sismogenica ITIS106 - Gravina di Catania del Diss 3.1.1 (DISS Working Group 2010, mod.).

Nello stesso database, è segnalata la presenza di una sorgente sismogenica, classificata come dibattuta e catalogata con il nome "ITDS011 - Western Ionian" (Fig. 20), in quanto considerata nella Letteratura geologica da altri autori (Bianca et al., 1999; Monaco & Tortorici, 2000; Catalano et al., 2008) quale sorgente della scossa principale del terremoto del 1693, in alternativa a quella accreditata nel database.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Il dibattito ancora aperto sulla reale distribuzione delle sorgenti sismogeniche nella regione, tra l'altro a più elevata pericolosità di base a livello nazionale, è in gran parte basato sui dati di sismicità storica. Al di là delle considerazioni di carattere macrosismico che hanno indirizzato le differenti interpretazioni, queste implicano una diversa definizione della relazione tra deformazione cosismica e sollevamento tettonico dell'area. L'accreditamento di sorgenti a terra, presuppone la considerazione che la deformazione cosismica abbia prodotto solo modificazioni locali, in un contesto di un processo di sollevamento regionale, indipendente dal movimento lungo le strutture e legato a processi dinamici a larga scala (Valensise & Pantosti, 1992). Tale interpretazione implica, inoltre, un drastico ridimensionamento dei parametri di faglia, primo fra tutti la velocità di deformazione, con una rivalutazione al ribasso della magnitudo attesa (DISS Working Group 2010), che comunque non si traduce necessariamente in una diminuzione della pericolosità di base, vista la vicinanza delle strutture ai centri abitati che in parte ricadono al tetto delle strutture attive, nelle prevedibili aree epicentrali di potenziali eventi sismici futuri. Al contrario, l'ipotesi alternativa delle sorgenti a mare associa gran parte dei tassi di sollevamento registrati a terra alle deformazioni (co-sismica e post-sismica) lungo le faglie attive, con la conseguenza di una quantificazione di elevati tassi di movimento lungo le strutture che, rapportati alla frequenza degli eventi storici, implicano rigetti cosismici connessi a terremoti di più elevata magnitudo (Bianca et al., 1999), i cui effetti a terra sono parzialmente mitigati dalla maggiore distanza delle sorgenti dai centri abitati, che comunque sarebbero ubicati al letto delle strutture, al di fuori delle potenziali aree epicentrali di eventi futuri. La seconda tesi, ancora non pienamente accreditata nel database delle sorgenti, sembra avere un riscontro oggettivo nelle variazioni del tasso di

sollevamento misurato che aumenta repentinamente dalla Piana di Catania verso la costa (Catalano et al., 2004), risultando massima nell'area costiera della Sicilia orientale, tra Catania e Acireale (Firth et al., 1996). Tale comportamento suggerirebbe la presenza di una componente aggiuntiva del sollevamento, compatibile con movimenti lungo le linee di faglia sommerse nell'immediato off-shore di Catania.

Ai fini della redazione della carta geologico tecnica e della definizione del modello geologico si è tenuto conto degli studi geologici pregressi a supporto del PRG (Fig. 22), che ricalcano con un grado di dettaglio maggiore quanto riportato nei documenti cartografici ufficiali.

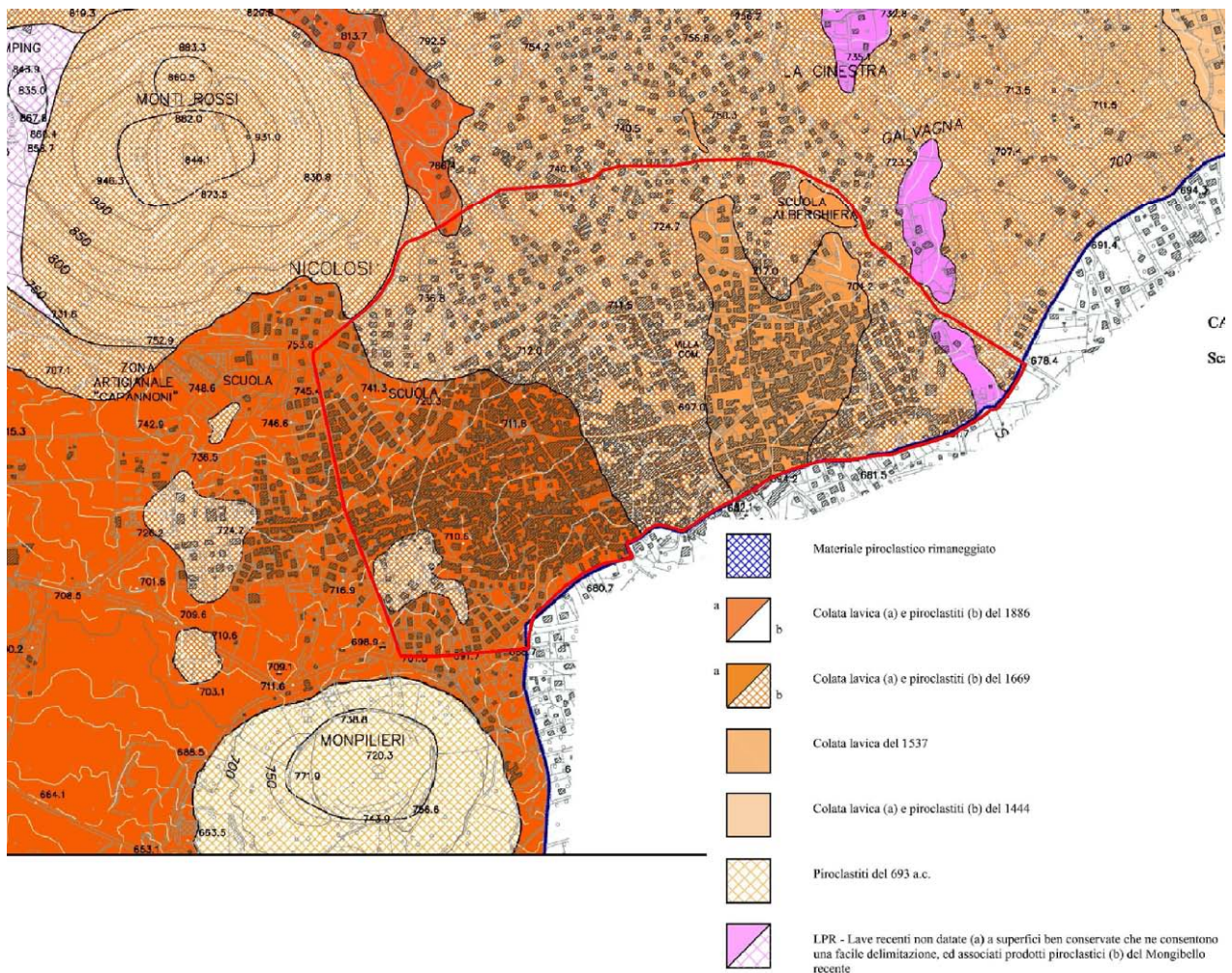


Fig. 22 - Stralcio della carta geologica in scala 1:5.000 allegata al PRG di Nicolosi; in rosso l'area di studio.

Gli studi geologici del PRG contengono la suddivisione tra colate laviche e piroclastiti di cui si è tenuto conto per definire le microzone omogenee. A tale scopo la

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
carta litotecnica (Fig. 23) ha dato indicazioni utili sullo stato di addensamento delle piroclastiti e sul loro prevedibile comportamento in condizioni dinamiche. Nel corso degli studi di microzonazione, è stato comunque effettuato uno scrupoloso controllo dei dati geologici progressi, necessario non solo per verificare la reale distribuzione delle piroclastiti, ma anche per constatare i rapporti geometrici tra i vari orizzonti sovrapposti, per sopperire alla totale mancanza di dati di sottosuolo.

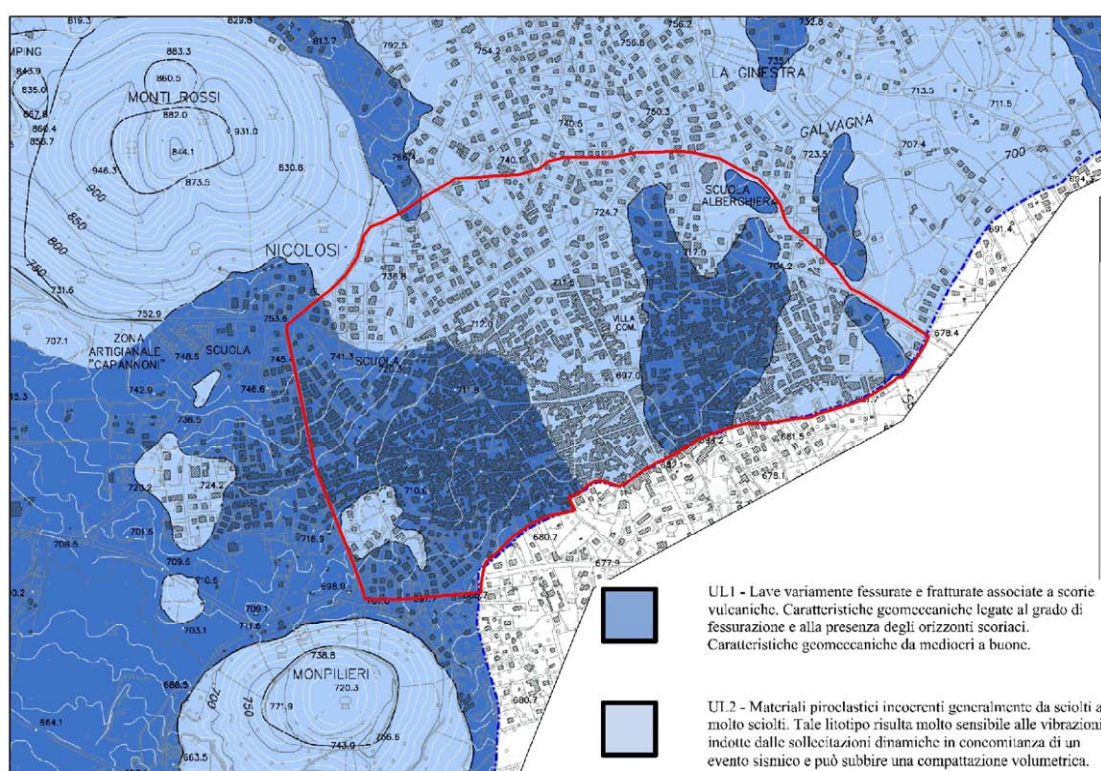


Fig. 23 – Stralcio della carta litotecnica in scala 1:5.000 allegata al PRG di Nicolosi; in rosso l'area di studio.

Ulteriori indicazioni utili ai fini della definizione della valutazione della risposta sismica locale, anche se limitate ad informazioni di tipo generico, sono state fornite dalla carta della pericolosità sismica (Fig. 24) del PRG che riporta anche la perimetrazione dell'area

macrosismica dei principali eventi sismici con epicentro all'interno del territorio comunale.

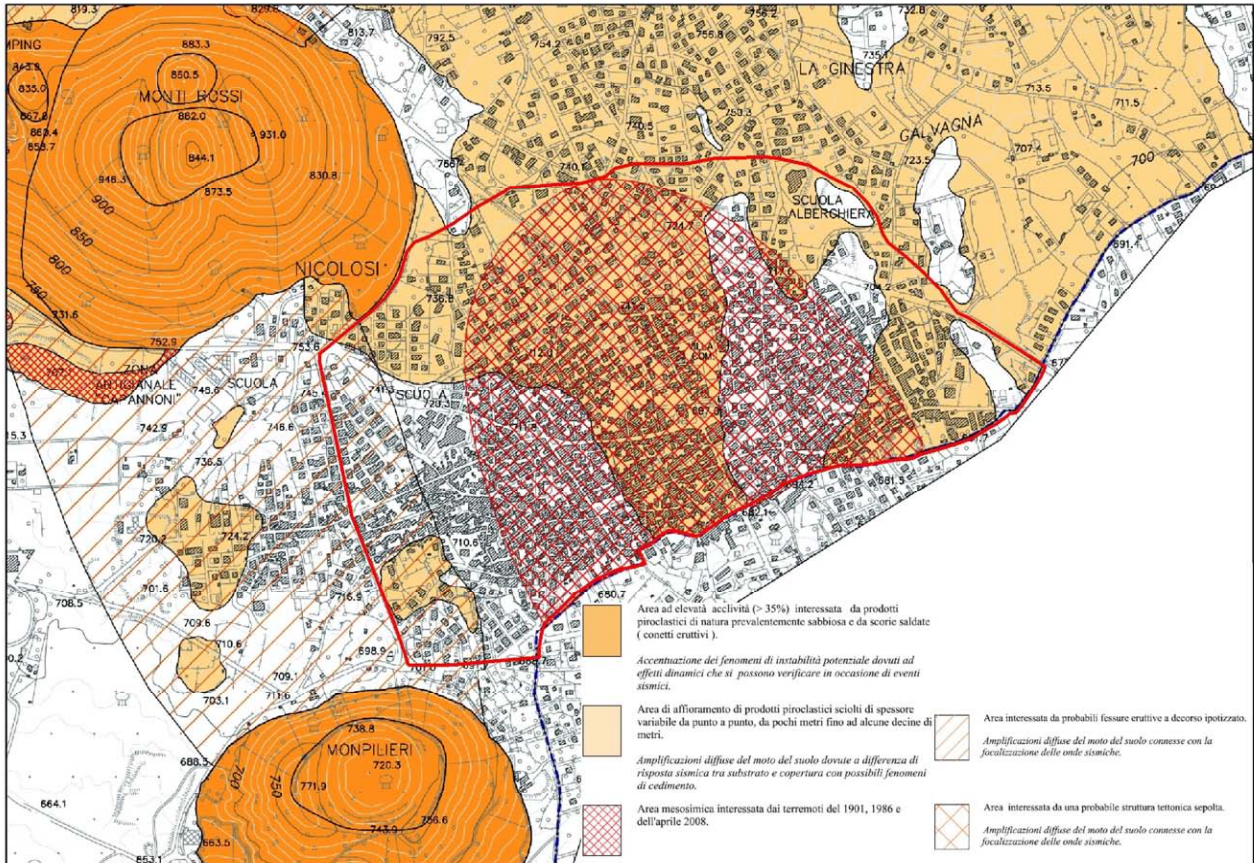


Fig. 24 - Stralcio della carta della pericolosità sismica in scala 1:5.000 allegata al PRG di Nicolosi; in rosso l'area di studio.

Nella carta Geologico Tecnica per gli studi di Microzonazione sismica le unità riconosciute sono state rappresentate seguendo gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica-Versione 2.0beta-II", per quel che riguarda le tipologie già codificate, mentre si è fatto ricorso per la prima volta alle nuove suddivisioni dei terreni vulcanici, secondo una nuova codifica di campi concordata con il Dipartimento di Protezione Civile Nazionale e Regionale. Questa prevede l'attribuzione dei prodotti lavici alternativamente al substrato geologico, classificandoli come alternanza di litotipi, o ai terreni di copertura, catalogandoli in funzione della geometria e della giacitura in



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

rapporto ai terreni sedimentari. Nel presente studio tutti i terreni affioranti, di natura esclusivamente vulcanica, sono stati assegnati ai terreni di copertura.

Nella suddivisione dei terreni vulcanici sono state distinte le porzioni massive delle colate laviche (LC nella Carta Geologico Tecnica) che sono state classificate, secondo la codifica provvisoria, come “lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate”. Le porzioni scoriacee e le vulcanoclastiti degli edifici sepolti sono state invece indicate, sulla base della loro granulometria prevalentemente sabbiosa e ghiaiosa, come SWsc.

Nella legenda della carta è stato utilizzato un sovrassegno areale per indicare la presunta estensione in profondità, al di sotto delle lave, degli edifici piroclastici riconosciuti.

Nel caso delle lave di copertura (LC), nella prospettiva della microzonazione di primo livello, è necessario tenere conto anche dell'estrema variabilità laterale delle litofacies che compongono le diverse parti di una singola colata e di contemplare le diverse casistiche di giacitura delle successioni laviche in relazione all'articolazione del substrato sub-vulcanico. La cartografia pregressa da cui attingere le informazioni per la realizzazione degli studi di primo livello, a prescindere dalla scala di dettaglio, è stata basata su suddivisioni dei terreni lavici in unità litostratigrafiche che, fatta eccezione per le colate storiche per le quali sono stati tracciati i limiti, raggruppano più colate laviche senza fornire comunque alcun dettaglio sulla variabilità laterale e verticale dei prodotti. Si è reso dunque necessario procedere ad integrazioni dei rilievi con analisi mirate all'individuazione, laddove possibile, dei contorni delle singole colate e, all'interno di queste, dei singoli flussi lavici. Nella Carta Geologico Tecnica sono stati ricostruiti, con un

grado di affidabilità dipendente dalle effettive esposizioni in superficie, i limiti delle singole colate laviche, con l'indicazione dell'ordine di sovrapposizione. Dai dati originali acquisiti è stato possibile riconoscere un limite di colata all'interno del campo lavico attribuito all'eruzione del 1537. In mancanza di riscontri diretti di sottosuolo, non è possibile stabilire se si tratta di un limite tra due unità di flusso della stessa eruzione oppure tra due colate laviche di differente età. La revisione dei rilievi pregressi ha inoltre consentito di interpretare le piroclastiti affioranti lungo il margine sud-orientale del territorio comunale, segnalate al confine con il comune di Mascalcia solo dagli studi geologici allegati al PRG, come l'apice di un cono piroclastico, i cui fianchi sono stati parzialmente sepolti dalla colata lavica del 1537.

Nella lettura ed interpretazione della carta, va rilevato che sia i fianchi che il fronte delle colate sono discontinuità che possono costituire elementi di concentrazione dell'amplificazione sismica in quanto generalmente caratterizzati da una notevole quantità di materiale scoriaceo fittamente alternato a livelli di lave massive, in contrapposizione alle porzioni centrali di riempimento di canali, dove possono prevalere lave massive sormontate da uno spessore variabile di scorie (Fig. 25).

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

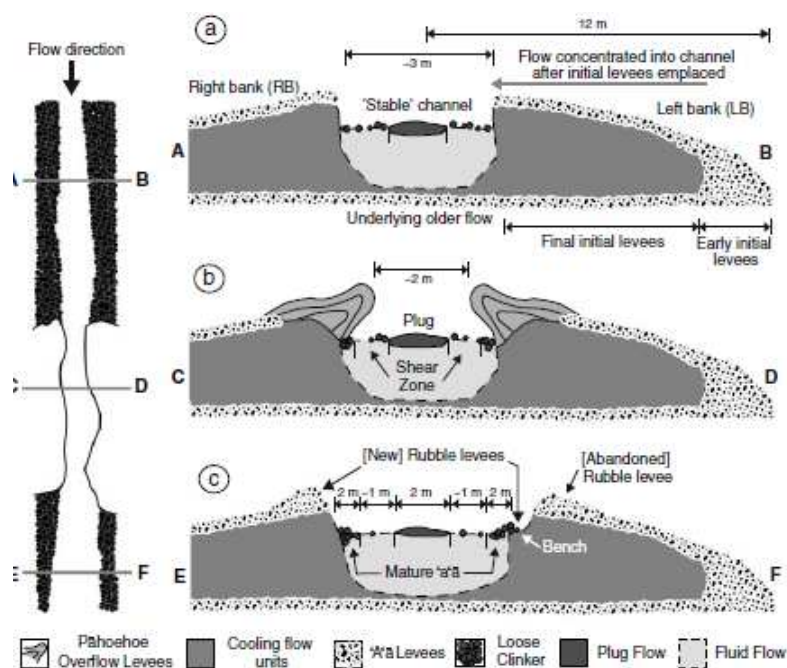


Fig. 25 – Profili di flusso attraverso colate laviche canalizzate nei suoi diversi settori (da Bailey et al., 2006).

Infine, nella Carta Geologico Tecnica è stata inserita la traccia della Faglia di Nicolosi come faglia attiva trascorrente/obliqua presunta, così come segnalata da alcuni autori (Bonforte et al., 2011; Barreca et al., 2013) (Fig. 26). Permangono comunque notevoli incertezze sul reale significato della struttura, anche se è documentata la sua incidenza in superficie sia come fascia soggetta a potenziali instabilità per fratturazione al suolo cosismica e per creep-asismico (Azzaro, 1999) che il ruolo di potenziale sorgente sismogenica.

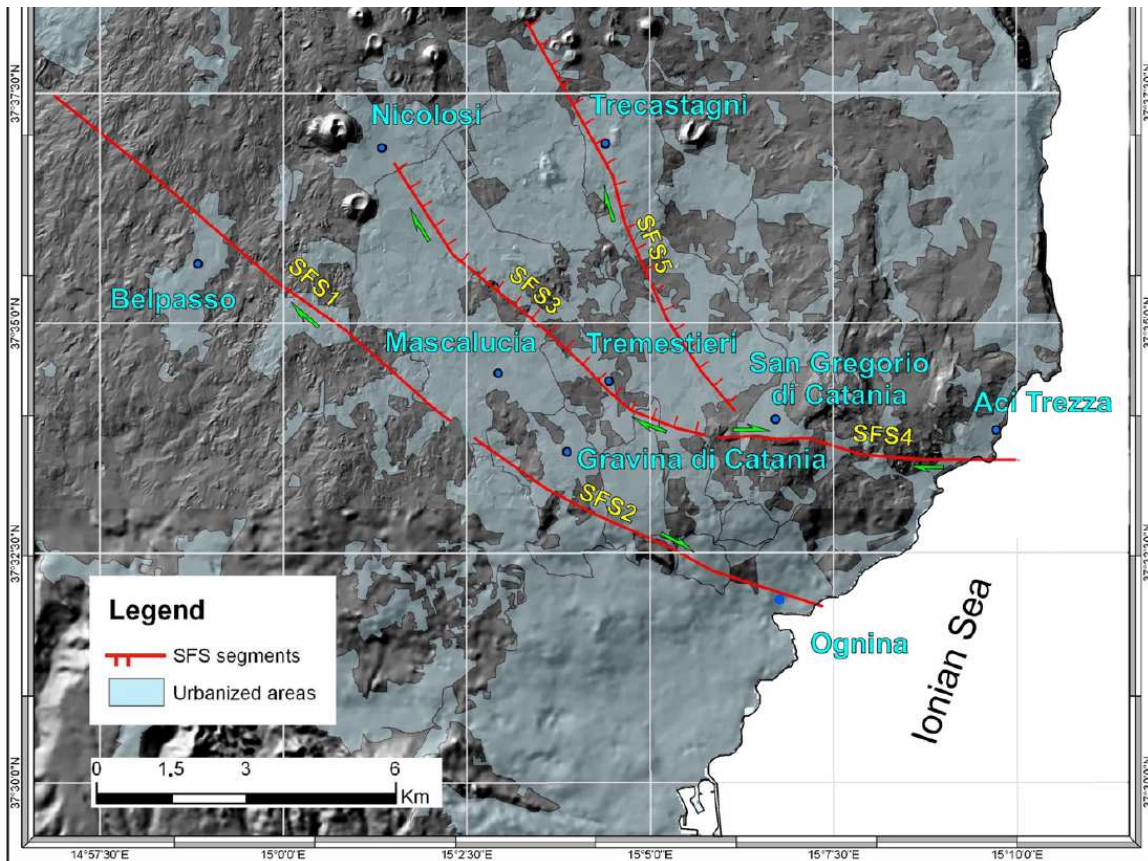


Fig. 26 - Schema strutturale georeferenziato del basso versante sud-orientale etneo, in cui viene rappresentata la faglia di Nicolosi - Tremestieri, che raggiunge il territorio comunale di Nicolosi, con l'acronimo SFS3 (da Barreca et al., 2013 modificato).

4. Dati geotecnici e geofisici

I dati geotecnici e geofisici disponibili per l'area di studio, derivano da n. 62 indagini complessive, di cui n. 55 indagini pregresse e n. 7 nuove indagini geofisiche HVSR, realizzate nel presente studio dall'Università di Catania. Le indagini, archiviate secondo gli "Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica - Versione 2.0beta-II", si suddividono in n. 22 indagini puntuali e n. 40 indagini lineari. L'insieme delle indagini puntuali e lineari disponibili (per l'ubicazione si veda la carta delle indagini) sono schematizzate per tipologia nella sottostante tabella 2:

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

	Geotecnica in sito (GS)	Geofisica (GF)		TOTALE	
Totale Ind. Punt.	DL	HVSR	HVSR (Unict)	GS	GF
22	8	7	7	8	14

	Geologia (GG)	Geofisica (GF)	Geolettrica (GE)	TOTALE		
Totale Ind. Lineari	SGE	SR	SEV	GG	GF	GE
40	3	25	12	3	25	12

Tab. 2 - Insieme delle indagini puntuali e lineari relative all'area di studio. Le sigle si riferiscono al tipo d'indagine, secondo gli "Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica - Versione 2.0beta-II"

I dati pregressi derivano da indagini realizzate per lo studio geologico a supporto del P.R.G. e da indagini effettuate per l'aggiornamento di quest'ultimo a seguito della circolare del A.R.T.A. 2222 del 31/1/95 relativa agli "Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici", messe a disposizione dall'amministrazione comunale di Nicolosi. Gran parte di essi sono ubicati attorno all'area di studio, nelle sue immediate vicinanze, per cui sono stati presi in considerazione.

Ai fini della caratterizzazione dei terreni incoerenti, sono state effettuate negli studi geologici pregressi a supporto del PRG, n.8 prove in situ di tipo Penetrometriche Dinamiche Leggere (DL), esclusivamente nelle aree di affioramento delle piroclastiti. E' da sottolineare che per tali prove, facendo riferimento alla FAQ della Regione Abruzzo (quesito 14), il parametro di correlazione utilizzato per convertire Ndp a Nsp_t è stato posto uguale a 1. A causa della necessità di questa conversione e dell'esiguo spessore di sottosuolo investigato per gran parte delle prove, mai superiore a 6 metri, è stata loro assegnata un'attendibilità pari a "2". Da tali valori è stato possibile avere informazioni sullo stato di addensamento, in base al numero di colpi (per ogni 10 cm di avanzamento della punta conica) e dell'angolo di attrito interno dei depositi piroclastici, inseriti nella

tabella “Parametri_Puntuali” del database “CdI_Tabelle”, come richiesto negli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica–Versione 2.0beta–II” (tabelle 1–8 dell’**Allegato 2**)

Naturalmente, l’esiguità dei dati non permette di effettuare una valutazione completa del sottosuolo. Anche le tre sezioni geologiche (SGE) forniscono informazioni, non troppo dettagliate, sui primi 20 m di profondità. L’unico dato che si può evincere è lo spessore limitato a pochi metri del materiale piroclastico affiorante lungo tali sezioni.

I dati geofisici disponibili derivano da n. 25 traverse sismiche a rifrazione (SR), n. 12 sondaggi elettrici verticali (SEV) e n. 7 misure di microtremore ambientale (HVSR). Le traverse sismiche a rifrazione evidenziano la sovrapposizione di un livello a bassa velocità delle onde sismiche (250–330 m/s), rappresentato da materiale scoriaceo o piroclastico, di spessore variabile da pochi metri a 11 m, su un livello sottostante caratterizzato da velocità comprese tra 420 e 920 m/s, costituito da brecce e scorie vulcaniche o da lave variamente fratturate (vedi Tabb. 9–13 dell’**Allegato 2**). Nell’indagine 087031L21SR21 ai due livelli se ne aggiunge un altro superiore in cui è stata misurata una velocità delle onde sismiche pari a 180 m/s. Nonostante nella relazione geologica non venga specificato a quale tipo di onda sismica si riferiscano le velocità misurate, i loro valori così elevati a profondità modeste e il raffronto con i dati geotecnici e geofisici proposti nello studio geologico a supporto del PRG (vedi Tab. 27 dell’**Allegato 2**) suggeriscono si tratti delle onde “P”. I sondaggi elettrici verticali hanno investigato sottosuolo a profondità comprese tra ~6 e ~20 metri (tabelle 14–25 dell’**Allegato 2**). Nonostante la mancanza di sondaggi geognostici impedisca il raffronto con la realtà geologica, questi dati rivestono particolare interesse in quanto, malgrado i dubbi sopra esposti, analizzando i valori di resistività misurati nei diversi litotipi, appaiono evidenti bruschi aumenti e repentine diminuzioni che suggeriscono una grande eterogeneità dei livelli attraversati. Tali differenti caratteristiche di resistività potrebbero essere connesse ai fenomeni di inversione delle velocità delle onde sismiche come osservato in generale





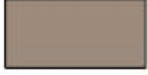


Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 nelle successioni laviche per la presenza di alternanze di scorie o prodotti piroclastici e bancate laviche massive più o meno fratturate. Questo fenomeno trova conferma nei dati raccolti in aree vulcaniche in occasione di precedenti studi di microzonazione (OPCM 3278/2003) nella zona del comune di Santa Venerina. Tale prerogativa non rientra nei modelli correntemente applicati nella valutazione delle amplificazioni di tipo stratigrafico e pone molti interrogativi che andranno risolti nelle indagini di approfondimento successive, che dovranno essere volte ad una accurata misura delle Vs nei diversi corpi geologici. Le n.7 misure di noise ambientale eseguite nell'ambito degli studi geologici a supporto del P.R.G. sono state effettuate utilizzando un geofono monocomponente, in grado di registrare cioè la sola componente verticale. Di conseguenza alle misure è stata assegnata un'attendibilità pari a "3". Ciononostante, forniscono alcune indicazioni. Le maggiori amplificazioni si realizzano, infatti, a basse frequenze (vedi Tab. 26 dell'**Allegato 2**), mentre picchi di amplificazione considerevoli si osservano anche a frequenze maggiori di 5 Hz.

Infine nella relazione geologica per il P.R.G. di Nicolosi vengono forniti i parametri geotecnici e geofisici dei principali litotipi affioranti. Si tratta del peso specifico, coesione, angolo di attrito interno, densità relativa, Modulo di Young e Velocità delle onde p. E' da rimarcare però che non tutti i valori dei parametri riportati in tale studio, e riassunti nella tabella 27 dell'**Allegato 2**, derivano da indagini a noi pervenute. Di conseguenza i valori del peso specifico, coesione, angolo di attrito interno delle lave massive e scoriacee (tabella 27 dell'**Allegato 2**), così come quelli del peso specifico dei prodotti piroclastici, vengono considerati poco attendibili.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Terreni di copertura		
	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica
	GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie
	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
	SW	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose
	SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita
	SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
	SC	Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla
	OL	Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità
	OH	Argille organiche di media-alta plasticità, limi organici
	MH	Limi inorganici, sabbie fini, Limi micacei o diatomitici
	ML	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
	CL	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
	CH	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
	PT	Torbe ed altre terre fortemente organiche

Tab. 4 – Legenda della carta geologico-technica per la microzonazione sismica: terreni di copertura

I terreni affioranti nell'area e riconosciuti nella stratigrafia dei sondaggi sono stati, quindi, raggruppati secondo le categorie previste dalla legenda.

Al fine di valutare ulteriormente le frequenze proprie di oscillazione dei diversi siti, l'Università di Catania ha effettuato n. 7 misure di microtremore ambientale, distribuite nell'area di studio, i cui risultati sono sintetizzati nell'allegata carta delle frequenze. In questo elaborato per ogni punto di misura sono riportate le frequenze alle quali il moto

del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica e l'entità dell'amplificazione quantificata sulla base del rapporto H/V (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali, H, e verticale, V, del moto del suolo). Per il dettaglio sulla tecnica adottata si rimanda all'**Allegato 3** della presente relazione. I risultati ottenuti indicano che i picchi di amplificazione sono legati sia a frequenze basse, comprese tra 0,78 e 1,44 Hz, che a frequenze medio-alte. In ogni caso, la frequenza di picco non supera mai i 12 Hz. In alcuni casi, vengono segnalati due o tre picchi, alcuni dei quali abbracciano valori di frequenza più elevati. Tali picchi sono associati a frequenze proprie di oscillazioni differenti, riferibili a discontinuità stratigrafiche ubicate a profondità variabili da sito a sito. Le frequenze più basse di amplificazione sono probabilmente legate all'assetto geologico profondo dell'area in esame, viceversa le frequenze più alte possono essere ricondotte a disturbi superficiali quali la presenza di terreni detritici di copertura o depositi caotici di frana o fenomeni di origine antropica.

5. Modello del sottosuolo

Il modello geologico del territorio comunale di Nicolosi è stato ricostruito solo per i primi metri di profondità, composti dagli orizzonti affioranti, in mancanza di dati diretti sulla natura del sottosuolo, relativi a sondaggi geognostici. L'area è costituita da un'alternanza di colate laviche, rappresentate da campi lavici composti caratterizzati da frequenti variazioni verticali e orizzontali di litofacies massive a scoriacee, e da orizzonti piroclastici più o meno potenti che localmente costituiscono edifici vulcanoclastici di grandi dimensioni (es. Monti Rossi). Le piroclastiti riconosciute in affioramento rappresentano due distinti orizzonti, separati dalla colata lavica del 1537 (**Allegato 1**).

Nel modello geologico ricostruito, la risposta sismica locale è stata riferita quindi essenzialmente sulla base delle litologie affioranti. Dove sono esposte le piroclastiti è prevedibile la presenza nei primi metri del sottosuolo di un limite con elevato contrasto



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 di impedenza sismica che può generare effetti di amplificazione a frequenze dipendenti dalla profondità della discontinuità (v. carta delle frequenze). Nelle fasi successive di approfondimento degli studi è opportuno verificare con maggiore dettaglio l'effetto in superficie dell'esistenza di limiti di inversione della velocità delle onde sismiche, tipiche di tutte le aree dove le lave affioranti poggiano su orizzonti piroclastici sepolti. Nella definizione delle microzone si è infine tenuto conto della Faglia di Nicolosi tracciata come faglia attiva e capace trascorrente/obliqua presunta, in quanto nonostante non vi siano evidenze morfologiche di superficie, la struttura è stata caratterizzata nel passato da fenomeni di fatturazione (vedi Capitolo 9) (Azzaro et al., 1999) lungo la quale è opportuno intensificare le indagini al fine di riconoscere la sua geometria profonda e determinare con maggiore dettaglio il potenziale sismico massimo ad essa associabile.

In tutto il territorio comunale non è stato possibile definire la profondità del substrato rigido, con caratteri tipici di un bedrock sismico. Tale substrato probabilmente coincide con il substrato sedimentario pre-vulcanico, di cui non possibile definire la natura, segnalato da La Delfa et al. (2000) a profondità maggiori di 300 m dal p.c..

6. Interpretazioni ed incertezze

Nel territorio comunale di Nicolosi, i dati pregressi utilizzati si riferiscono a indagini effettuate per lo studio geologico per il Piano Regolatore Generale (P.R.G.) e per un suo aggiornamento. Come visto nel Capitolo 4, si tratta quasi esclusivamente di dati geofisici, molti dei quali sono ubicati nelle zone limitrofe all'area di studio, che investigano una profondità massima di 20 m. A causa della mancanza di indagini dirette, soprattutto

sondaggi geognostici, i dati pregressi messi a disposizione dall'amministrazione comunale di Nicolosi sono risultati insufficienti nella definizione delle geometrie 3D dei corpi litologici sepolti sotto le lave recenti (vedi Capitolo 5). Anche i tre profili geolitologici, (087031L38, 087031L39 e 087031L40) (Esempio in Fig. 27) sono molto schematici, raffigurando l'assetto geologico dei primi 20 m di profondità e, dunque, non forniscono informazioni utili ai fini della ricostruzione del modello del sottosuolo. Si è, quindi, ricorso alle conoscenze pregresse di tutta la regione limitrofa, riguardo l'evoluzione tettonica e morfologica dell'area, che hanno consentito di stabilire i criteri per la ricostruzione della morfologia subvulcanica. Naturalmente, nel corso degli studi di livello superiore, si rende necessario acquisire nuovi dati di sottosuolo mediante sondaggi geognostici e indagini geofisiche volte alla misura delle velocità delle onde s nei vari litotipi, al fine di poter meglio stabilire le geometrie sepolte e gli spessori dei diversi corpi geologici, oggi valutati solo sulla base dei loro affioramenti in superficie.



Fig. 27 - Indagine lineare 087031L38 - "Sezione geologica A-A".

Per quanto riguarda le indagini geotecniche e geofisiche, i numerosi dubbi e le incertezze riscontrati nell'analisi dei dati pregressi, in parte anticipati nel Capitolo 4, sono di seguito descritti:

- Alle prove Penetrometriche Dinamiche Leggere si è assegnata un'attendibilità pari a "2" perché nel compararle alle misure delle "Standard Penetration Test" si compie un'approssimazione.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

- Alle misure di noise realizzate durante gli studi geologici per il P.R.G. delle altre sezioni è stata assegnata attendibilità pari a “3”, a causa della strumentazione utilizzata.
- Per quanto riguarda le traverse sismiche a rifrazione è da segnalare che, dopo aver georeferenziato la carta delle indagini in scala 1:4.000 allegata al P.R.G., si sono riscontrate alcune difformità tra le lunghezze segnate negli elaborati e quelle da noi cartografate. In particolare, le indagini 087031L13, 087031L22 e 087031L24 dovrebbero essere lunghe 48 m, 36 m e 24 m, rispettivamente, ma in realtà si estendono per 36 m, 41 m e 42 m, rispettivamente.
- Il sondaggio elettrico verticale è un’indagine lineare anche se nella carta delle indagini in scala 1:4.000 è visualizzato come un punto e nello studio geologico a supporto del P.R.G. non viene specificata la lunghezza degli stendimenti. Questo problema è stato risolto georeferenziando tale carta e considerando il diametro (~ 17-18 metri) del cerchio con cui viene rappresentata l’indagine. Come direzione si è utilizzata quella di dell’indagine di sismica a rifrazione vicina, oppure, in mancanza di quest’ultima, si è scelto di tracciare gli stendimenti parallelamente alla direzione del pendio, evitando dunque i dislivelli, o lungo la strada in cui ricade l’indagine. Resta comunque il fatto che è stato impossibile stabilire quali siano i punti di inizio e di fine di tutte le indagini.

Tra gli elaborati cartografici allegati agli studi per il P.R.G. particolare interesse riveste la carta delle pericolosità sismiche in scala 1:5.000 (Fig. 24), realizzata a seguito della circolare del A.R.T.A. 2222 del 31/1/95 relativa agli "Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici". Si è infatti tentato di suddividere il territorio comunale di Nicolosi in zone a maggior pericolosità sismica in funzione degli effetti attesi. Tra queste zone rientrano alcune di particolare interesse per la definizione delle aree instabili, stabili e stabili suscettibili di amplificazione da inserire nella "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica". Naturalmente, nella redazione di questo elaborato le zone riportate nella legenda di figura 24 sono state meglio definite per adeguarle a quelle elencate negli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (Gruppo di lavoro MS, 2008) e nei Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" (Dolce et al, 2011). Come visto nel Capitolo 4, la totale assenza di indagini e analisi di laboratorio nei terreni lavici e nelle piroclastiti ad eccezione delle prove in situ penetrometriche dinamiche leggere effettuate in questi ultimi litotipi, ha impedito la caratterizzazione geotecnica e granulometrica dei terreni affioranti. Questa sarà, dunque, uno degli obiettivi imprescindibili nelle successive fasi d'approfondimento. Altro obiettivo da perseguire nei successivi livelli di approfondimento riguarda la realizzazione di indagini geofisiche finalizzate alla misura delle velocità V_s e delle sue variazioni nei vari litotipi sia verticalmente che orizzontalmente.

Va segnalato, inoltre, che a causa della mancanza di dati relativi a sondaggi geognostici, anche gli spessori dei litotipi rappresentati nella sezione geologica (**Allegato 1**) presentano un certo grado di incertezza.

Per quanto riguarda l'aspetto idrogeologico, i dati forniti dall'amministrazione comunale di Nicolosi, si sono rivelati molto deficitari. Si dovrebbe, dunque, procedere ad una accurata definizione delle curve isopiezometriche della falda superficiale nei terreni piroclastici, al fine di poter individuare quelle aree potenzialmente soggette a fenomeni di liquefazione (vedi Capitolo 7).



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Infine, la definizione dei caratteri geotecnici e della geometria del bedrock sismico, rimane uno degli obiettivi imprescindibili nelle successive fasi d'approfondimento.

7. Metodologie di elaborazione e risultati

I dati di base e gli elaborati cartografici utilizzati (vedi elenco in Capitolo 1), riguardanti diversi aspetti dell'assetto geologico dell'area comunale (geologia, idrogeologia, geomorfologia, litotecnica, pericolosità geologica e pericolosità sismica), sono caratterizzati da un buon dettaglio (scala 1:2.000). Tutte le carte tematiche sono state georeferenziate ed inserite in un progetto EsriArcGis, ottenendo così la visualizzazione e la sovrapposizione dei diversi elaborati garantendo la corrispondenza delle coordinate geografiche, della scala e quindi delle distanze. Naturalmente, nella stesura degli elaborati cartografici prodotti nel presente studio, il peso delle informazioni di maggiore dettaglio risulta essere preponderante. Per l'individuazione delle coperture detritiche e dei movimenti franosi si è fatto riferimento principalmente all'analisi fotogrammetrica e contemporaneamente al contributo fornito da studi pregressi. Per quanto riguarda, invece, la mappatura dei terreni affioranti e dei principali lineamenti tettonici, a seguito di accurate verifiche di terreno unitamente all'analisi di aerofotogrammetrie, si è dovuto procedere ad una sostanziale revisione dei dati forniti. Grazie all'integrazione tra gli accurati rilievi di terreno e le osservazioni derivanti dall'analisi fotogrammetrica è stato possibile ricostruire la successione geolitologica dell'area di studio (vedi Capitolo 3).

Una volta distinte le diverse unità geolitologiche affioranti e stabiliti i loro rapporti geometrici nel sottosuolo è stato possibile definire le zone stabili suscettibili di amplificazione locale, sulla base degli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (Gruppo di lavoro MS, 2008) e dei Contributi per l’aggiornamento degli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (Dolce et al, 2011). Dato il numero esiguo e la tipologia di indagini a nostra disposizione, tramite la sezione geologica a scala 1:5.000 (**Allegato 1**) si è cercato di evidenziare quegli elementi di non immediata lettura nella “Carta geologico tecnica” quali i rapporti geometrici tra le colate laviche e i depositi e piroclastici. Per quanto riguarda l’amplificazione per effetti topografici e morfologici viene proposta una procedura che, a partire dal Modello Digitale del Terreno (DEM) e attraverso una serie di elaborazioni effettuate utilizzando software GIS, consente di identificare quei pendii caratterizzati da una inclinazione $> 15^\circ$ e da un dislivello superiore a circa 30 m. Il primo step di tale procedura consiste nell’elaborazione di una carta delle inclinazioni in cui vengono distinti due campi con inclinazione minore e maggiore di 15° (Fig. 28). Nel secondo step è stata costruita una carta dell'energia del rilievo, definita come il dislivello massimo (in metri) esistente in ciascuna superficie unitaria (Ciccacci et al., 1988) che nel caso specifico è un quadrato di 100 metri di lato (Fig. 29). Infine, combinando le due carte fin qui elaborate, è stata ottenuta la carta in cui sono evidenziati i pendii soggetti a potenziali fenomeni di amplificazione topografica (Fig. 30). L’elaborato mostra che nel centro abitato di Nicolosi i pendii soggetti a potenziali fenomeni di amplificazione sono rappresentati esclusivamente dai conetti vulcanici ubicati a NO (Monti Rossi) e a SO (Monpileri) dell’area di studio. Tra queste, solamente una piccola porzione del piede del versante sud-orientale dei Monti Rossi rientra all’interno dell’area di studio. Anche le due sezioni topografiche in scala 1:5.000 (**Allegato 4**), dirette circa E-O e NE-SO, realizzate ortogonalmente alle scarpate con pendenza maggiore di 15° , mostrano chiaramente che queste ultime non superano i 15–20 m di altezza.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

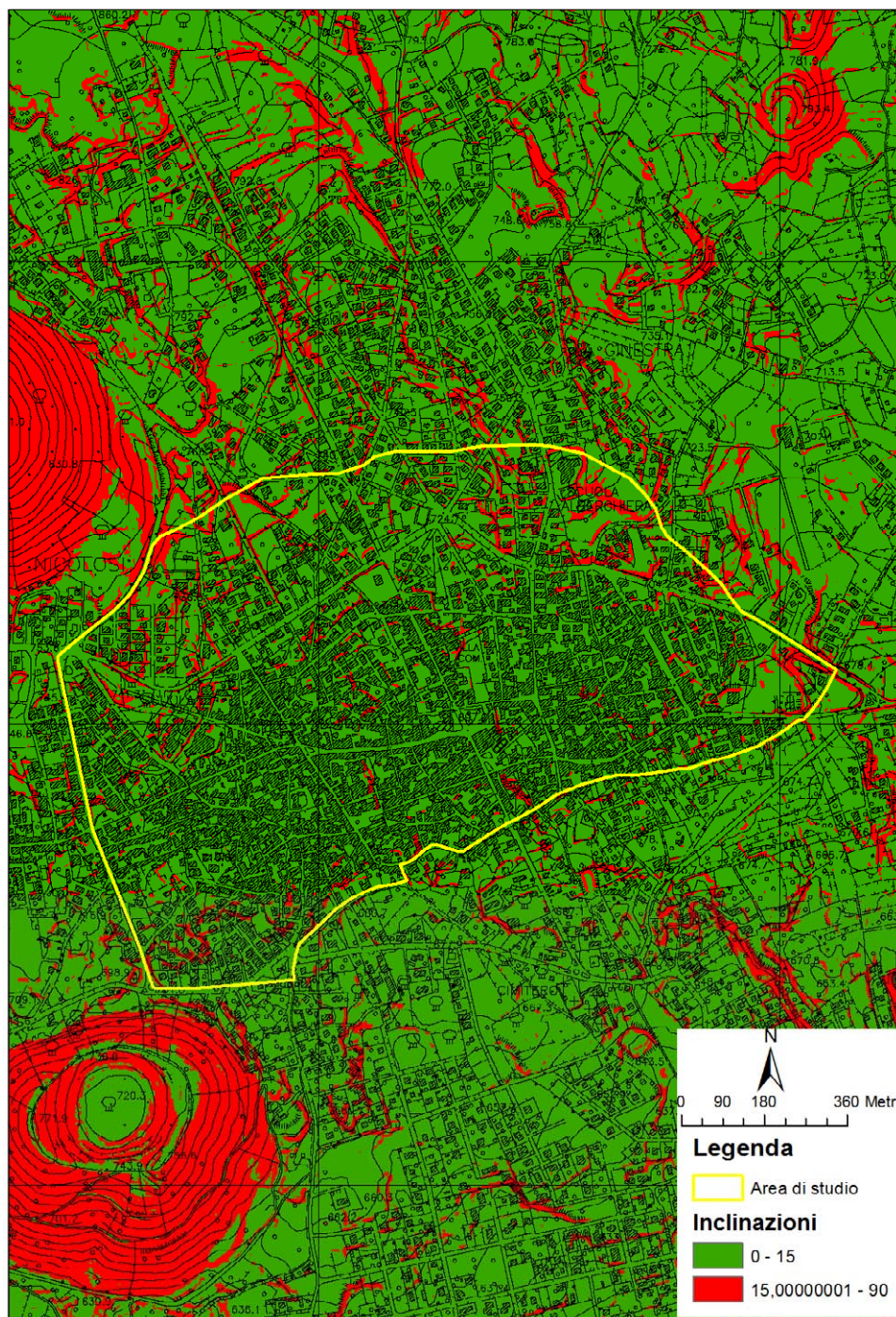


Fig. 28 - Carta delle inclinazioni dell'area di studio. Sono distinte inclinazioni $< 15^\circ$, in verde, e $> 15^\circ$, in rosso.

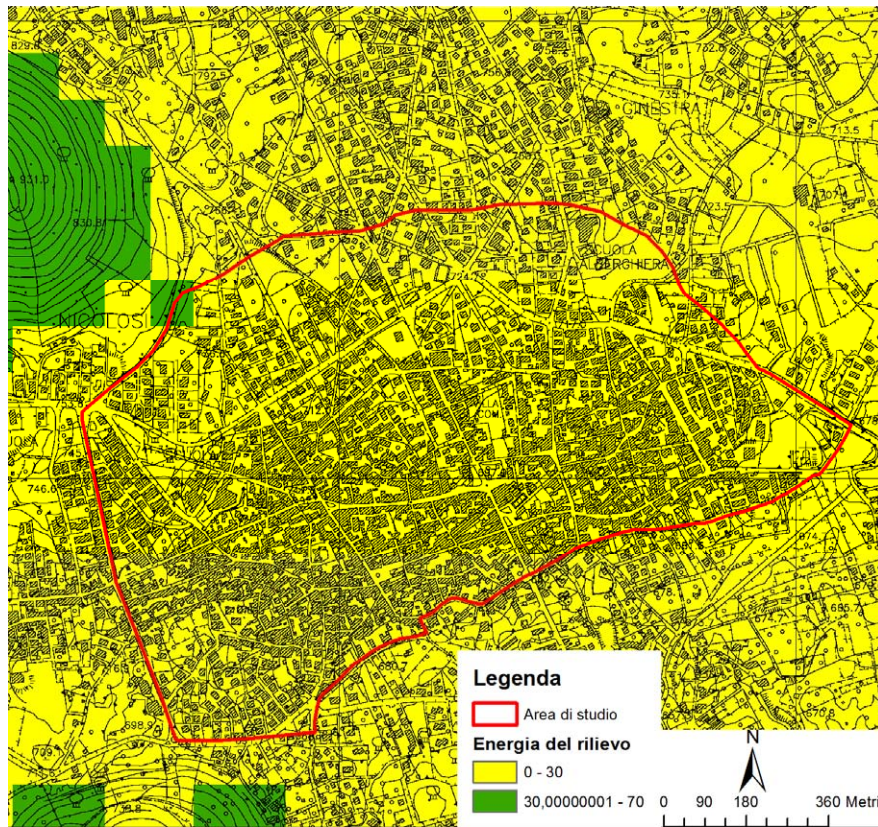


Fig. 29 – Carta dell’energia del rilievo dell’area di studio . Sono distinti dislivelli < 30 m, in giallo, e > 30 m, in verde.

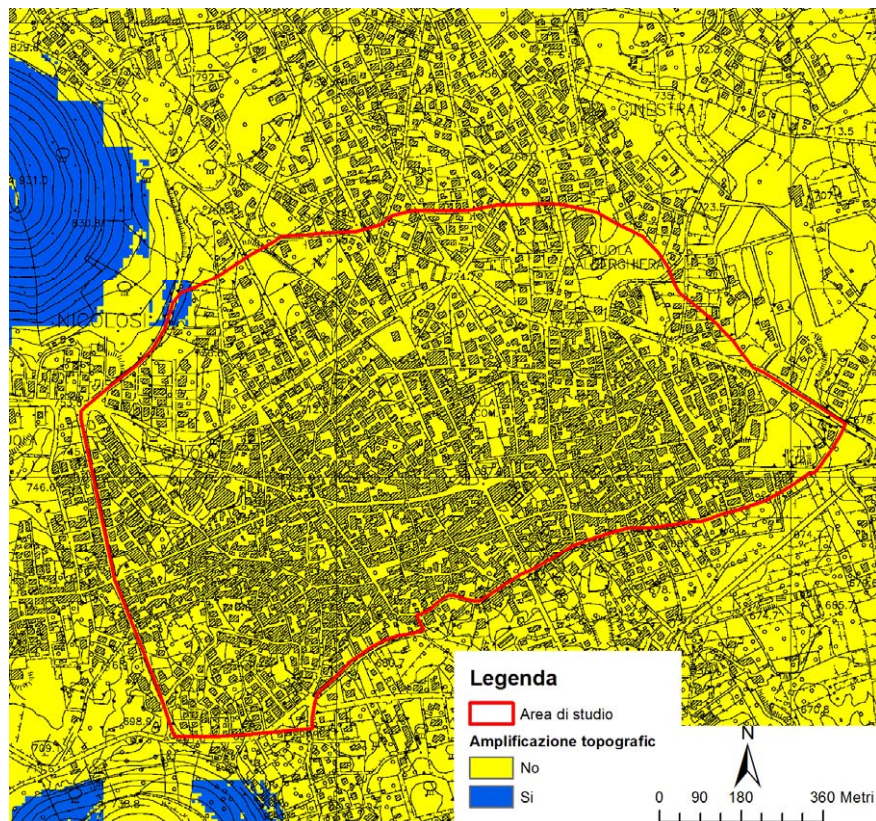


Fig. 30 – Carta dell’amplificazione topografica dell’area di studio. Le aree potenzialmente soggette ad amplificazione topografica sono evidenziate in blu.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Per quanto riguarda le instabilità manifeste e potenziali, a seguito di accurate analisi morfologiche condotte nell'area tramite analisi di fotogrammetrie non è stato rinvenuto alcun dissesto. Questo dato è in accordo con la Tavola II – “Carta geomorfologica scala 1:5.000” dell'aggiornamento dello studio geologico effettuato per il P.R.G. e con la “Carta dei dissesti” e la “Carta della pericolosità e del rischio” del PAI (Area Territoriale tra i bacini del F. Alcantara e del F. Simeto – 095), in cui non sono segnalati fenomeni franosi.

L'unica tipologia di instabilità è strettamente connessa alla presenza della Faglia di Nicolosi, che attraversa l'area di studio in direzione NO-SE, per proseguire nell'adiacente Comune di Mascalucia. A cavallo di questa struttura attiva e capace presunta è stata segnalata la presenza di “Aree interessate da deformazioni dovute a faglie attive e capaci” (Tipo_i = 3060), tramite una fascia ampia 100 metri.

Un discorso più articolato deve essere condotto riguardo il fenomeno della liquefazione. La definizione del glossario degli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (Gruppo di lavoro MS, 2008) recita: <<Fenomeno per cui, in conseguenza dell'applicazione di azioni dinamiche quali le azioni sismiche agenti in condizioni non drenate, un terreno perde la propria resistenza al taglio>>. Appare chiaro che il fattore scatenante del fenomeno è il verificarsi di un evento sismico ad una certa distanza dal sito in oggetto. Distanza che a sua volta dipende dalla Magnitudo del terremoto. A titolo di esempio si riporta la relazione empirica tra la Magnitudo e la distanza epicentrale proposta da Galli (2000)(Fig. 31):

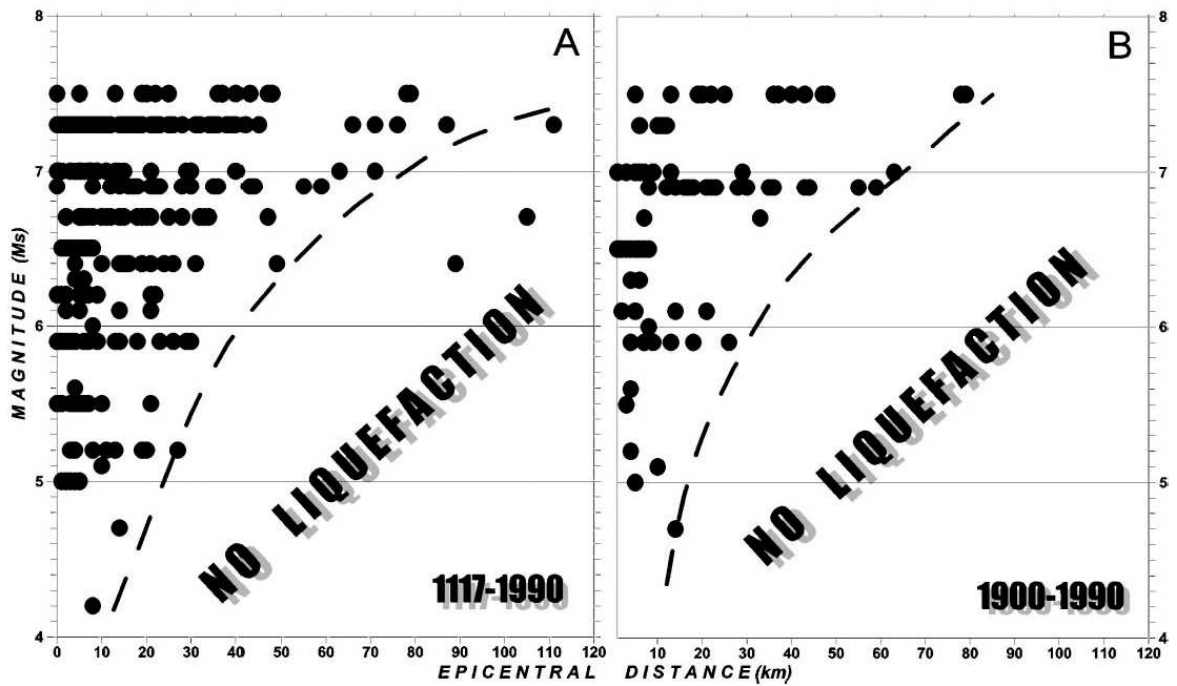


Fig. 31 - Distribuzione di fenomeni di liquefazione indotti da eventi sismici, in termini di Magnitudo e distanza epicentrale, per i periodi 1117-1990 e 1900-1990. (da Galli, 2000).

Nell'ambito della zonazione sismogenetica dell'area italiana (Gruppo di lavoro, 2004), il territorio comunale di Nicolosi, così come tutta l'area etnea, ricade all'interno della zona 936 (Fig. 32). Questa zona racchiude diversi eventi sismici di Magnitudo medio bassa ($M_w = 3-4$), mentre nel 1818 e nel 1848 si son verificati due terremoti caratterizzati da $M_w \sim 6$ e $M_w \sim 5$, rispettivamente (CPT111; Rovida et al., 2011). Questi dati trovano conferma nella versione più recente del DISS 3.1.1 (DISS Working Group, 2010) che riporta la presenza della sorgente sismogenetica "ITIS106 - Gravina di Catania" orientata NE-SO e caratterizzata da una $M_w = 6$, la cui terminazione orientale lambisce a sud l'area di studio (Fig. 20). Tuttavia in passato l'area di studio è stata seriamente danneggiata dal sisma del 1693, di $M_w \geq 7$ (Postpischl, 1985; Boschi et al, 1995; 1997), verificatisi però nella zona sismogenetica 935. Per finire, nel DISS 3.1.1 (DISS Working Group, 2010), a circa 24 km di distanza nell'*off-shore* ionico, viene segnalata la presenza della sorgente sismogenetica "ITDS011 - Western Ionian" (Fig. 20), per la quale dati di letteratura indicano una $M \geq 7$ (Bianca et al., 1999; Catalano et al. 2008). Infine, il database Ithaca riporta all'interno dell'area di studio la presenza della Faglia di Nicolosi

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

(Fig.18), alla quale il viene attribuita una $M_w = 4,29$ (CPTI11; Rovida et al., 2011) o una $M_L = 3,7$ (Azzaro et al., 2012).

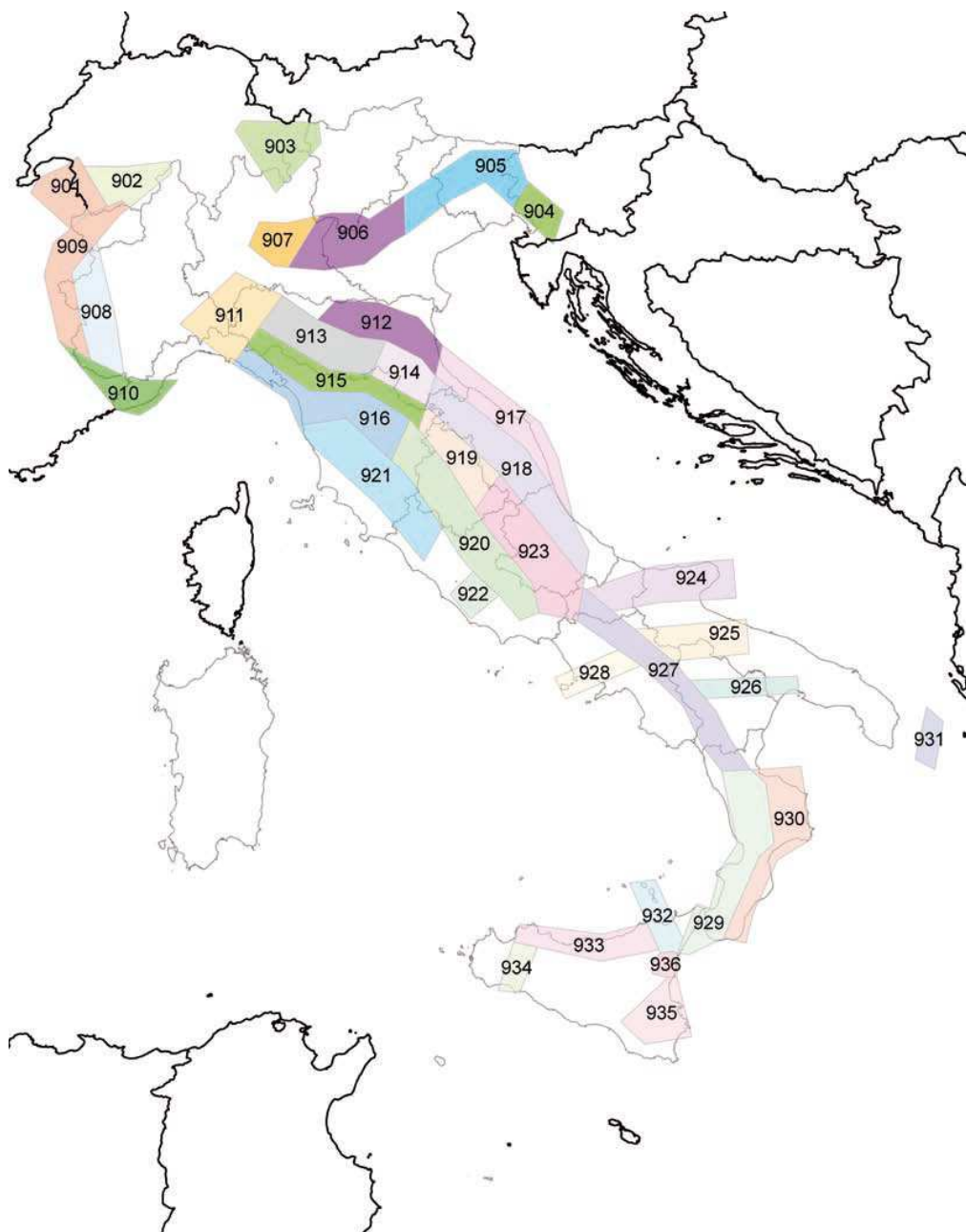


Fig. 32 – Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento (Gruppo di lavoro, 2004).

In ogni caso, possiamo concludere che il possibile verificarsi di eventi sismici di Magnitudo compresa tra 4 e 6 in zone molto prossime all'area oggetto di studio potrebbe innescare fenomeni di liquefazione, in presenza di terreni sciolti (sabbie o ghiaie) e di una falda superficiale. Nel territorio comunale di Nicolosi, questa tipologia di terreni è rappresentata dai depositi piroclastici olocenici, affioranti estesamente nell'area di studio. Per quanto concerne la possibile presenza di falde superficiali all'interno di tali depositi, non essendo in possesso di misure dirette, si è fatto riferimento alle informazioni disponibili in Letteratura e provenienti dai dati pregressi. Nella Carta idrogeologica del massiccio vulcanico dell'Etna (Ferrara, 2001) le curve isopiezometriche comprese tra 450 e 350 metri si interrompono proprio in corrispondenza del territorio di Nicolosi (Fig. 33). Questo dato è comunque congruente con quanto riportato nella relazione geologica a supporto del P.R.G., dove si legge la seguente affermazione: « L'elevata permeabilità dei terreni affioranti, unitamente alle abbondanti precipitazioni, consente una significativa circolazione delle acque in sottosuolo con l'esistenza di una falda acquifera di significativa potenzialità. La profondità dal piano campagna alla quale essa si colloca è di circa 300 m ». Una ulteriore conferma della presenza di tale falda si ritrova nella relazione geologica realizzata in occasione dell'aggiornamento dello studio geologico per il P.R.G., dove viene segnalata la presenza di due pozzi, ubicati nella parte sud-occidentale del territorio in contrada Piano Elisi, nei quali il livello statico della falda si attesta a 305 metri di profondità dal piano campagna.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

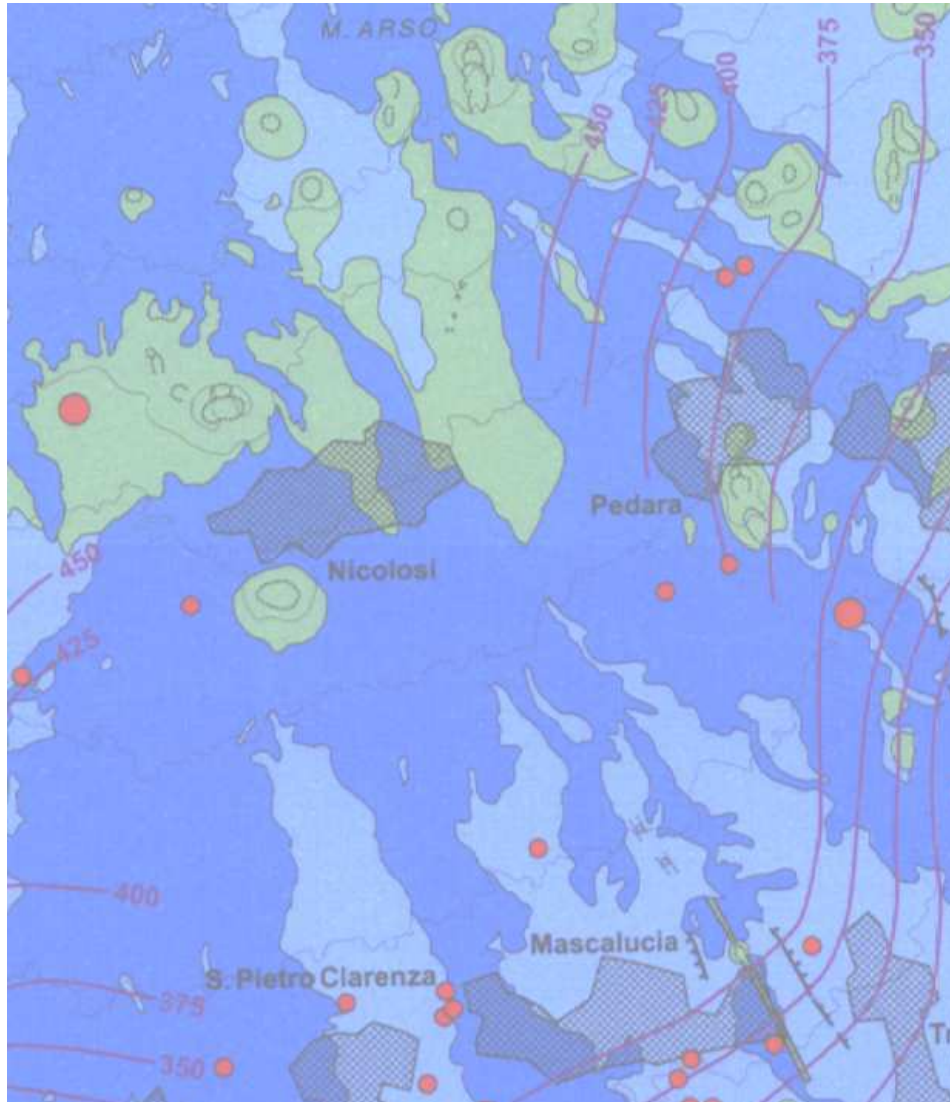


Fig. 33 – Stralcio della Carta idrogeologica del massiccio vulcanico dell'Etna (Ferrara, 2001).

Conseguentemente, in mancanza di dati che indichino la circolazione di acque sotterranee a profondità minore di 15–20 metri, nell'area di studio non è stata definita alcuna zona soggetta a possibili fenomeni di liquefazione. Naturalmente, nei successivi livelli di approfondimento degli studi di microzonazione sismica sarà necessario

programmare quelle indagini necessarie a caratterizzare l'area di studio dal punto di vista della circolazione sotterranea delle acque.

8. Elaborati cartografici

La sintesi delle attività svolte nel primo livello di approfondimento degli studi di microzonazione sismica si configura nella stesura dei seguenti elaborati cartografici: "Carta delle indagini", "Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica" e "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica".

8.1 Carta delle indagini

Le indagini di sottosuolo pregresse messe a disposizione dall'amministrazione comunale di Nicolosi, consistono in indagini puntuali e in indagini lineari prevalentemente di tipo geofisico. Tutti i dati messi a disposizione, unitamente a quelli acquisiti nel corso del presente studio, sono stati analizzati, archiviati in un database di Access denominato "Cdl_tabelle" e rappresentati secondo gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 2.0beta-II". All'interno del database sono stati inseriti 22 "Siti_puntuali" (15 relativi a dati pregressi e 7 a misure HVSR realizzate dall'Università di Catania nel corso del presente studio).

Per quanto riguarda le "Indagini_puntuali" sono state inserite 22 indagini appartenenti a due classi:

- "Geotecnica in sito" – si tratta di prove Penetrometriche Dinamiche Leggere (vedi **Allegato 2**)
- "Geofisica" –n. 14 indagini HVSR (vedi **Allegato 2**), di cui 7 realizzati nell'ambito dello studio geologico a supporto del P.R.G e 7 realizzati dall'Università di Catania



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Per quanto riguarda le “Indagini_lineari”, sono state inserite n. 25 profili sismici a rifrazione, n. 12 sondaggi elettrici verticali e n. 3 sezioni geologiche. Le problematiche affrontate nell’archiviazione e nell’analisi di tali indagini sono state esposte nel Capitolo 6. Per le informazioni sulle geometrie 3D dei diversi corpi geologici nel sottosuolo, si raccomanda, dunque, di fare riferimento alla sezione geologica realizzata nell’**Allegato 1**.

8.2 Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica

Già ampiamente descritta nei capitoli precedenti, la successione geolitologica dell’area di studio è stata ricostruita sulla base della composizione di rilievi geologici a differente scala. Per la ricostruzione delle geometrie dei corpi lavici presenti nell’area si è dovuto ricorrere a rilievi originali per la mancanza di informazioni pregresse indispensabili. I dati di sottosuolo, molto scarsi e mal distribuiti, hanno avuto un ruolo marginale nella ricostruzione della stratigrafia delle unità riportate nella carta. I terreni lavici, sono stati assimilati esclusivamente ai terreni di copertura (LC). Tali terreni sono stati rappresentati nella carta geologico–tecnica seguendo gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica–Versione 2.0beta–II”. La classificazione dei terreni di copertura, descritta già in dettaglio nei capitoli precedenti, è stata eseguita secondo il sistema USCS. Si fa presente che gli unici terreni di copertura classificabili secondo tale sistema sono costituiti dai materiali di riporto (**Rizz**) e dai prodotti piroclastici (**SWsc**), caratterizzati da uno spessore superiore a 3 metri, che affiorano estesamente nell’area di studio. Per i terreni lavici di copertura si è fatto ricorso a nuovi standard di rappresentazione concordati con la committenza, in attesa di una

integrazione delle linee guida nazionali, alla quale si auspica possano utilmente contribuire gli stessi dati contenuti in questo studio. In particolare, sono stati inseriti sia nuovi elementi lineari (limite di colata lavica) che elementi areali (edificio vulcanoclastico sepolto) che insieme agli altri già previsti, consentono una visualizzazione immediata degli elementi della morfologia sub-vulcanica.

La mancanza di un abaco di riferimento per i terreni vulcanici ha comportato un certo grado di indeterminazione ed arbitrarietà nella selezione degli aspetti geologici, litologici e geomorfologici significativi per la distinzione delle microzone omogenee. La scelta adottata è stata quella di suddividere le unità laviche sulla base dei loro caratteri morfologici, facilmente riconoscibili in superficie, cui comunemente si associano caratteri litologici specifici, puntualmente riscontrati in affioramento.

8.3 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

Sulla base delle unità caratterizzate e cartografate nella carta geologico tecnica e del modello del sottosuolo (vedi Capitolo 5) è stato possibile realizzare la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, Secondo gli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (Gruppo di lavoro MS, 2008) in tale elaborato cartografico si individuano tre tipi di microzone:

1. **zone stabili** in cui il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante. In queste zone gli scuotimenti attesi sono equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
2. **zone stabili suscettibili di amplificazione** in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o morfologiche del terreno del territorio;



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

3. **zone suscettibili di instabilità** in cui sono presenti o si possono ipotizzare attivazioni di fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali, ecc.).

I dati raccolti, non hanno consentito l'identificazione di zone stabili, in quanto in nessun luogo è stato riconosciuto un substrato affiorante con i caratteri di bedrock sismico.

La copertura lavica, costituita da colate sovrapposte è stata inserita prevalentemente in una unica microzona. In termini realistici, non è prevedibile che l'estrema eterogeneità laterale dei terreni vulcanici si traduca effettivamente in un comportamento omogeneo, come codificato per altri tipi di terreno. E' molto più probabile che il concetto di microzona omogenea, nel caso dei terreni vulcanici vada intesa come area all'interno delle quali i parametri di variazione locale del moto oscillano nell'ambito di intervalli definiti, differenti da quelli di microzone adiacenti. I vari intervalli potranno essere stabiliti solo in seguito alla definizione di un abaco di riferimento che tenga conto, ad esempio del contributo degli orizzonti scoriacei o clastici comunemente intercalati tra le diverse colate di copertura e della variabilità laterale delle litofacies all'interno delle singole colate. A titolo di esempio, si segnala la possibilità che all'interno di una microzona omogenea si possano manifestare effetti di particolare amplificazione lungo determinati allineamenti, come nel caso dei bordi di colata dove le misure di microtremore ambientale hanno evidenziato fenomeni di amplificazione a frequenze relativamente elevate. Un simile comportamento è legato all'estrema eterogeneità laterale

di litologia, molto comune in ambiente vulcanico, che andrebbe considerata alla stessa stregua delle variazioni litologiche verticali, già previste negli abachi. E' chiaro che i passaggi laterali si proietterebbero in carta come linee, al contrario dei passaggi verticali che sono già contemplati nella stratigrafia relativa alle singole microzone. Pertanto, in attesa della definizione degli abachi, in aggiunta alle microzone omogenee riportate in carta, si consiglia di considerare tutti i bordi di colata riportati nella Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica come elementi lineari lungo i quali vi è la possibilità di un sostanziale incremento locale dell'amplificazione.

Con queste premesse, sono state distinte 4 aree stabili soggette ad amplificazione:

- **Zona 1** Colate laviche sovrapposte (a), costituite da campi lavici complessi caratterizzati da un'alternanza di livelli scoriacei e massivi con una notevole variabilità verticale e orizzontale delle litofacies. Lo spessore complessivo è generalmente oltre i 50 m.
- **Zona 2** Depositi vulcanoclastici costituiti da sabbie e ghiaie, con spessori che possono superare i 30 m, che danno luogo ad edifici piroclastici che si sviluppano sulla successione della zona 1.
- **Zona 3** Lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate (a), che poggiano lungo i fianchi di edifici piroclastici sepolti (b) inclinati di circa 35° tendendo a diminuire di spessore verso le zone sommitali dell'edificio.
- **Zona 4** Materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico in matrice sabbiosa poggiante sulla successione della zona 2.

Per finire, la carta riporta un'instabilità relativa a "aree interessate da deformazioni dovute a faglie attive e capaci" rappresentata con una fascia ristretta allungata a cavallo della Faglia di Nicolosi. Questa fascia non ha il significato di zona di rispetto, ma sta ad indicare una deformazione non concentrata lungo discrete linee di dislocazione, ma piuttosto diffusa in un'area nell'intorno della struttura.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

L'**Allegato 5** fornisce un quadro completo delle zone stabili suscettibili di amplificazione mentre, per quanto riguarda le zone suscettibili di instabilità si rimanda al Capitolo 7.

9. Confronto con la distribuzione di danni per eventi passati

Il territorio comunale di Nicolosi, così come tutta la Sicilia sud-orientale, è stato interessato da diversi eventi sismici sopra la soglia del danno ($I_{MCS} > V$), verificatisi principalmente nel periodo pre-strumentale (Figg. 3 e 4).

Le informazioni sui danni prodotti dagli eventi passati sono state ottenute consultando il Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990 (CFTI 2 Boschi et al., 1997), il Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnei (CMTE; Azzaro et al., 2000; 2006; 2009), nonché una pubblicazione scientifica di Barbano et al. (2001) e un report di Antichi et al. (1999). Procedendo dal più antico al più recente si elencano:

- Il terremoto del 21 febbraio 1633 danneggiò molto gravemente l'abitato. In contrada Piano crollarono la maggior parte delle case e la chiesa della Madonna dell'Itria causando la morte di 17 persone.
- Durante l'evento sismico del 1669 le scosse susseguitesesi dall'8 all'11 marzo distrussero quasi completamente il paese. Crollarono tutti gli edifici ad eccezione di due case e della chiesa madre della quale cadde solo il tetto. In seguito a questi eventi vi furono alcune vittime ma non ne viene specificato il numero. In prossimità di Nicolosi fu segnalata una lesione sul terreno larga "5-6 passi" e lunga "12.000 passi" che si estendeva dal piano di S. Lio

fino ai piedi di Monte Frumento Supino con una direzione da “mezzogiorno a tramontana” (nord–sud). L’abitato di Nicolosi, che a quel tempo contava poco meno di mille abitanti, venne completamente distrutto, anche a causa della seguente eruzione dell’Etna, e ricostruito qualche centinaio di metri più a sud rispetto alla collocazione precedente.

- A seguito dell’evento sismico dell’11 gennaio 1693 rimasero in piedi soltanto 4 delle 300 case che costituivano l’abitato. I morti furono 4 su un totale di circa 850 abitanti.
- Anche l’evento sismico 1818 ebbe effetti disastrosi. La località di Nicolosi fu inserita fra quelle in cui si verificarono danni generalizzati al patrimonio edilizio. Furono danneggiate diverse case di proprietari poveri. Furono attestati danni nelle Chiese delle Anime del Purgatorio, del Carmine, di Santa Maria delle Grazie e nella chiesa Madre. Risultò, inoltre danneggiata, al punto di essere considerata inutilizzabile, la cisterna che raccoglieva l’acqua per gli abitanti. Le tavole sinottiche redatte a cura dell’Intendenza di Catania e riproducenti i risultati delle perizie ufficiali riportano il numero di 109 case danneggiate. Di queste “1/16 furono classificate come cadute; 1/16 come cadenti e 14/16 come lesionate”. Nelle osservazioni alle tavole sinottiche redatte dall’intendente fu annotato che l’uragano di vento che investì il paese l’11 marzo 1818 causò il crollo di numerose case in precedenza gravemente danneggiate dal terremoto del 20 febbraio.
- Il 24 novembre 1832, durante una intensa fase eruttiva del Monte Etna, un forte evento sismico ($I = 7-8$) provocò la morte di 3 persone e il crollo dei muri a secco delle vigne e di 5 fabbricati, mentre molti altri furono lesionati.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

- A seguito delle scosse sismiche susseguitesesi nel marzo 1883 molti dei 500 edifici civili collassarono o furono rovinati, ma non si segnalano vittime. Inoltre, alcune chiese furono danneggiate.
- Gli eventi del 25 settembre e del 2 ottobre 1885 rappresentano le scosse principali di una sequenza sismica che ha danneggiato il comune di Nicolosi, ed in particolare i quartieri Piazza, S. Francesco e Carmine, ubicati nella porzione occidentale del paese, e Purgatorio, S. Giuseppe, Colleggiata e Grazie (Fig. 34), nel settore sud-orientale. Il campanile della chiesa madre si spaccò in due e diverse fenditure interessarono le mura interne della chiesa stessa. Molte case furono seriamente danneggiate ma non crollarono, mentre diverse strade lastricate risultarono attraversate da fratture estensionali.

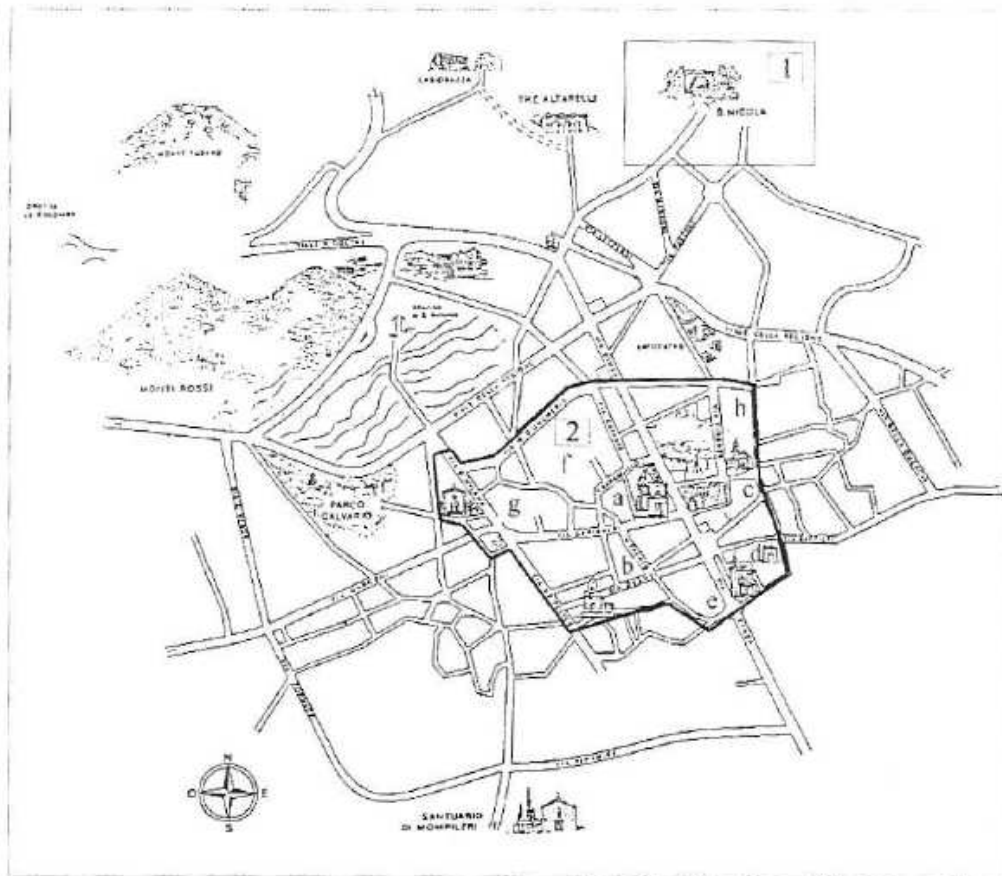


Figure 1 - Urban evolution of Nicolosi since 1359. 1) Old settlement nearby the monastery of S. Nicolò la Rena (until 1669); 2) Historical centre (building began around 1700); a) Piazza Quarter; b) Carmine Q.; c) S. Giuseppe Q.; d) Purgatorio Q.; e) Grazie Q.; f) Piano Q.; g) S. Francesco Q.; h) Tabor Q.

Fig. 34 - Evoluzione dell'assetto urbano del comune di Nicolosi a partire dal 1359 (da Barbano et al., 2001).

- La scossa del 25 dicembre 1889 fu avvertita solo da una parte della popolazione. Le fonti asseriscono che le case crollate o fortemente danneggiate erano state costruite in modo non adeguato o non erano in buone condizioni statiche.
- Il terremoto dell'8 agosto 1894 fu avvertito molto violentemente dalla popolazione, causando, però, solo molto spavento. Non sono stati, dunque, segnalati danni agli edifici nel territorio di Nicolosi. Il 16 novembre dello stesso anno, un'altra scossa fu avvertita molto sensibilmente dalla popolazione, che si riversò fuori dagli edifici ma non furono registrati ingenti danni alle abitazioni o alla popolazione.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

- L'11 maggio 1901 due forti terremoti ($I = 7$) causarono ingenti danni al paese, lungo un allineamento diretto NE-SO che attraversa i quartieri Tabor, S. Giuseppe, Piazza e Carmine (Figg. 34 e 35). In questi quartieri molte abitazioni, già seriamente danneggiate dagli eventi sismici del 1883 e 1885, furono totalmente o parzialmente distrutte.

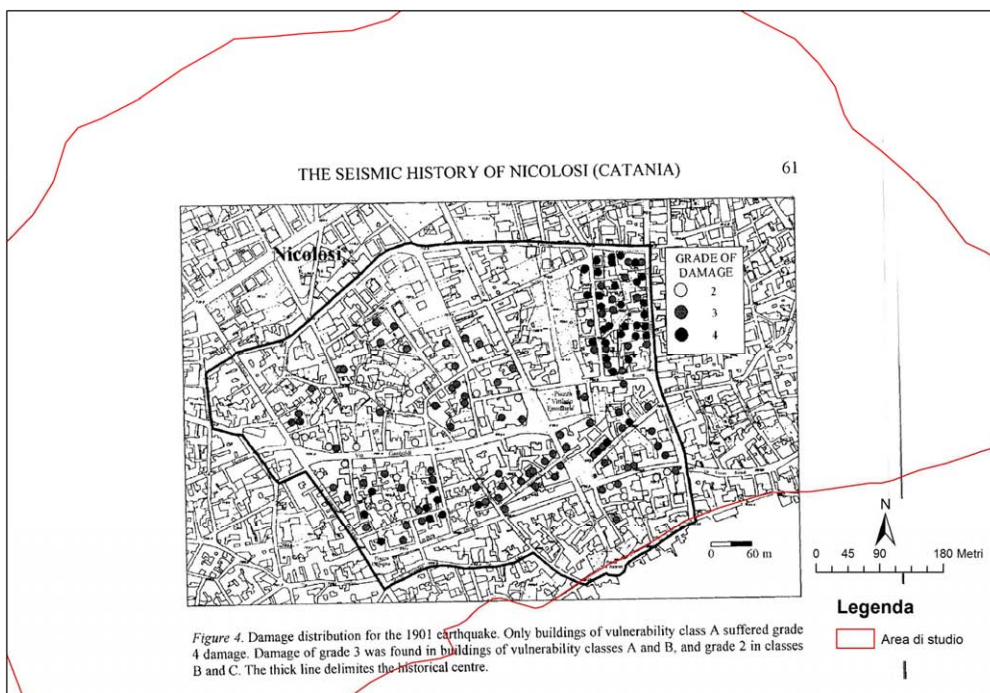


Fig. 35 - Distribuzione dei danni verificatisi a seguito del terremoto del 1901 in riferimento all'area di studio (da Barbano et al., 2001 mod.).

- L'evento sismico dell'8 settembre 1905 fu avvertito in maniera molto forte dalla popolazione ma, grazie alla notevole distanza epicentrale, non vi furono danni agli edifici.
- Per quanto riguarda il forte sisma che il 28 dicembre 1908 colpì con molta violenza la zona dello Stretto di Messina, ancora una volta la notevole

distanza epicentrale preservò l'abitato di Nicolosi, dove fu registrato solo qualche lesione in alcuni edifici.

- L'evento sismico dell'11 novembre 1942 è poco conosciuto a causa della primaria attenzione che le cronache del tempo dedicavano alla guerra. Ciononostante, le informazioni contenute nei documenti dell'Archivio Storico comunale di Nicolosi hanno consentito una ricostruzione della mappa della distribuzione dei danni legati a tale evento (Barbano et al. 2001; Fig. 36). E' da notare che durante il terremoto furono danneggiati molti edifici già colpiti dalle scosse sismiche del 1901.

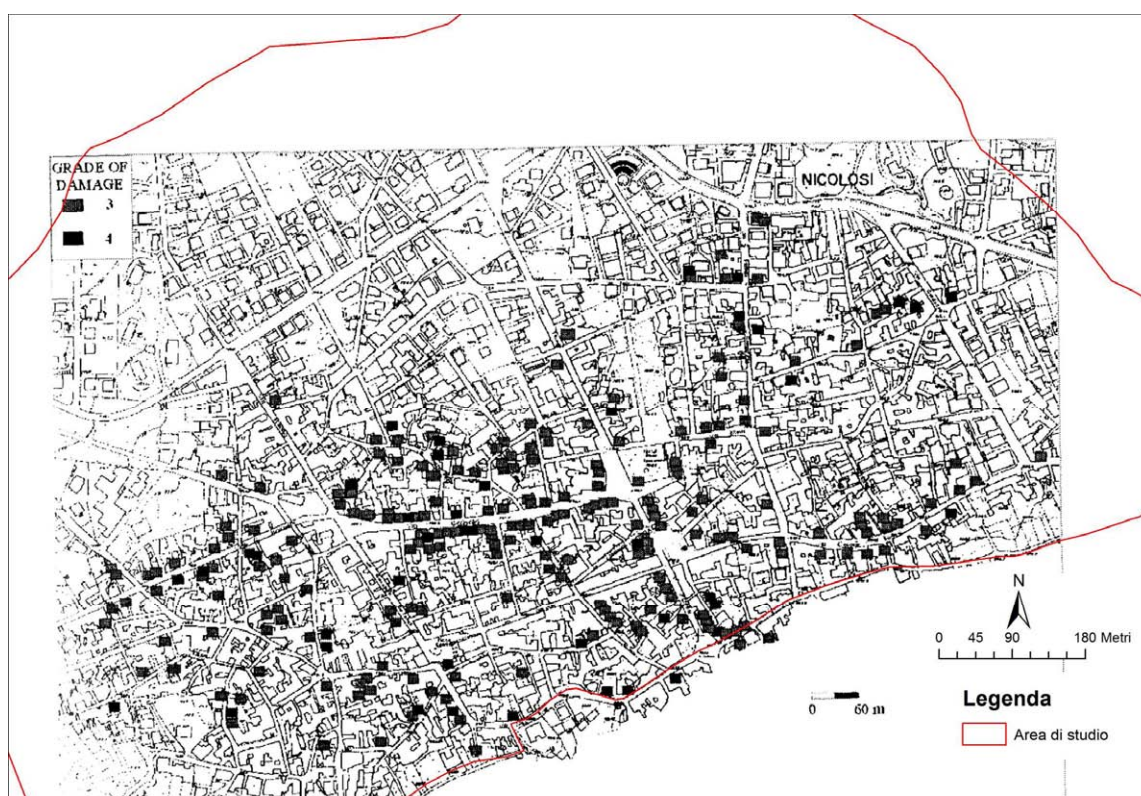


Fig. 36 - Distribuzione dei danni verificatisi a seguito del terremoto del 1942 in riferimento all'area di studio (da Barbano et al., 2001 mod.).

- Secondo uno studio macrosismico condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), basato su questionari e sopralluoghi tecnici, gli effetti del terremoto del 13/12/1990 sono stati stimati di intensità variabile dal V al VI grado della scala MCS.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

- Il terremoto del 29 febbraio 1986 è stato studiato da Patanè & Imposa (1995), attraverso le notizie pubblicate nel quotidiano “La Sicilia”. Gli Autori segnalano la presenza di fratture dirette NNO–SSE nel settore meridionale del paese. Anche in questo caso Barbano et al. (2001), grazie ai dati contenuti nell'Archivio Storico comunale di Nicolosi, hanno ricostruito mappa della distribuzione dei danni per tale evento sismico (Fig.37).

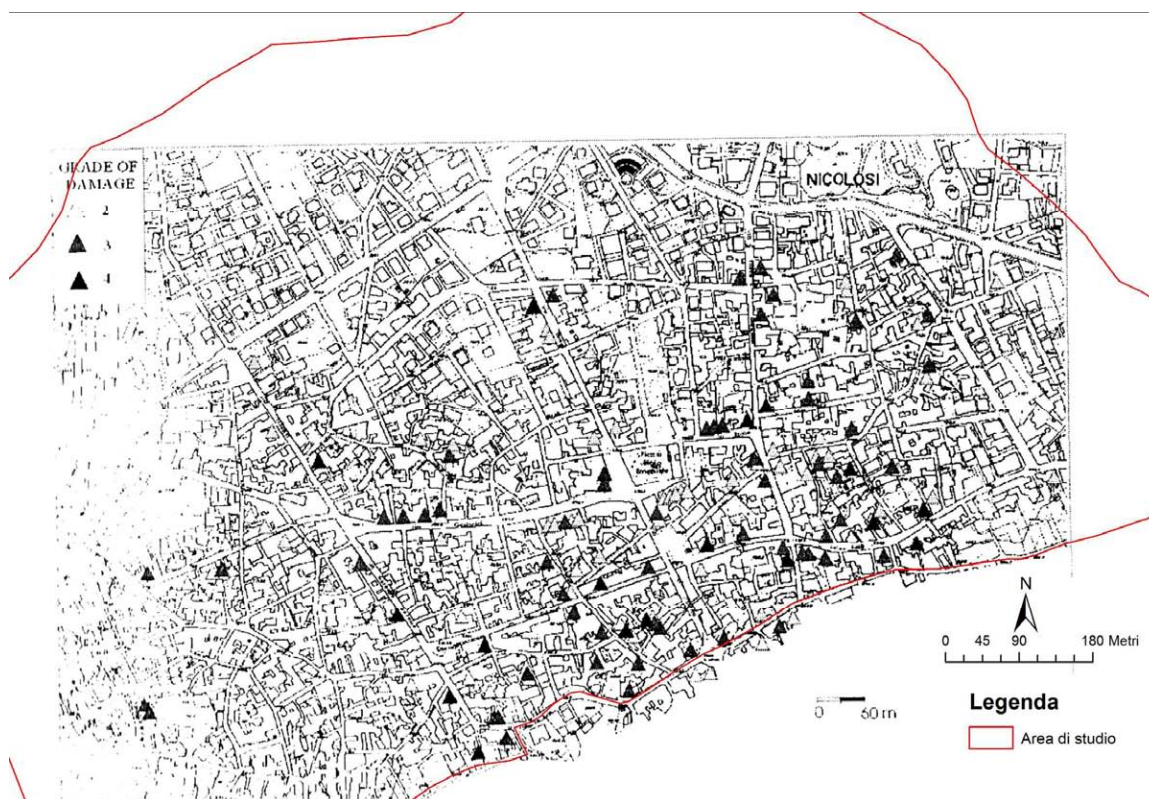


Fig.37 – Distribuzione dei danni verificatisi a seguito del terremoto del 1986 in riferimento all'area di studio (da Barbano et al., 2001 mod.).

- Il terremoto del 22 maggio 1998 Il terremoto costituisce l'evento principale di uno sciame sismico localizzato strumentalmente nel basso versante orientale dell'Etna. La zona in cui si sono osservati gli effetti maggiori

comprende Nicolosi e la sua periferia sud (ricadente nel comune di Mascalucia), in un'area allungata in direzione NNO-SSE estesa circa 3 km. All'interno di quest'area l'evento, avvertito da tutta la popolazione come un movimento sussultorio di breve durata preceduto da un forte boato, ha provocato lievi danni a numerosi edifici sia in muratura che in calcestruzzo armato. In generale sono state rilevate lesioni capillari agli intonaci dei tramezzi, visibili prevalentemente dall'interno, con la conseguente caduta di calcinacci; lesioni della stessa entità sono state osservate nei soffitti con volte "in gesso e cannicciato" di vecchi edifici in muratura e in alcune chiese. Caduta di piccoli pezzi di cornicioni o l'allargamento di lesioni preesistenti si sono verificati prevalentemente in edifici in cattivo stato di manutenzione. Allontanandosi da tale area l'attenuazione dell'intensità macrosismica è stata evidente tanto che a 4-5 km dall'epicentro il terremoto è stato scarsamente avvertito (solo da persone in stato di quiete ai piani superiori degli edifici). Nella periferia sud di Nicolosi sono state avvertite numerose repliche tutte di bassa magnitudo ($M < 2.0$). È stata osservata la riattivazione di fratture al suolo nell'area epicentrale. Si trattava di fessure senza alcuna componente verticale, visibili sui manufatti stradali ma non su suolo agrario. La fascia di fratturazione ha interessato un'area di ampiezza limitata, ad ovest del cimitero di Nicolosi, che si estende con direzione circa NNO-SSE per circa 800 m.

- Il terremoto del 20 aprile 2008 costituisce l'evento principale di uno sciame sismico di una decina di scosse localizzate strumentalmente nel versante meridionale del vulcano, 2 km a nord di Nicolosi. La scossa, avvertita complessivamente in un'area ristretta, ha avuto i massimi effetti nell'abitato di Nicolosi, dove ha provocato danni diffusi ma di lieve entità. In particolare, negli edifici in muratura osservarono lesioni diffuse di I-II grado alle pareti, visibili prevalentemente all'interno delle abitazioni, e la caduta di piccoli



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

pezzi di intonaco. Alcune vecchie costruzioni in evidente stato di degrado, mostravano l'allargamento di lesioni preesistenti e danni consistenti alle volte dei soffitti in “gesso e cannicciato”. Gli edifici in c.a. hanno riportato lesioni capillari agli intonaci e distacchi tra strutture portanti e tramezzi; è stata osservata anche la caduta di piccoli pezzi di cornicioni in edifici in cattivo stato di manutenzione. Tuttavia il danneggiamento non è stato uniformemente distribuito all'interno dell'abitato ma ha interessato maggiormente un'area estesa circa 1.5 km in direzione nord-sud che comprende il centro storico e la periferia sud (zona cimitero, ricadente in parte nel comune di Mascalucia). Per quanto riguarda gli edifici sacri, tutte le chiese di Nicolosi hanno subito danni al loro interno quali la caduta di elementi decorativi, lesioni agli archi delle volte ed alle volte stesse. Allontanandosi dall'area dei massimi effetti, l'attenuazione dell'intensità macrosismica è stata molto forte tanto che a circa 10 km dall'epicentro il terremoto è stato scarsamente avvertito. La limitata estensione dell'area di risentimento rispetto al valore di magnitudo registrato strumentalmente (3.2), è dovuta alla superficialità dell'ipocentro del terremoto. Nei giorni successivi sono state avvertite a Nicolosi, in particolare nel centro storico e nella zona sud del paese, piccole repliche di magnitudo compresa tra 1.0 e 2.1.

Oltre ai terremoti di elevata I(MCS) sopra descritti, l'area di studio ha risentito e risente di una sismicità propria dell'area etnea, caratterizzata da eventi di più bassa intensità ma più superficiali e vicini al comune di Nicolosi.

10. Bibliografia

AA.VV.; 1979 – Geological Map of Mt. Etna. 1:50.000 scale. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, Ed. S.EL.CA, Firenze (IT).

AA.VV.; 2009 – Note illustrative Foglio Geologico 625 “Acireale”. A cura di Giorgio Pasquarè. CNR IDPA Sezione di Milano e Laboratorio S.I.T. – DISAT – Università di Milano Bicocca.

Antichi B., Azzaro R., Rigano R.; 1999 – Macroseismic investigation at Mt. Etna during 1997–1998. IIV–CNR Catania, Open File Report, 8 pp.

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., Antichi B., Rigano R.; 2000 – Macroseismic catalogue of Mt. Etna earthquakes from 1832 to 1998. *Acta Vulcanol.*, 12, 1–2, 3–36.

Azzaro R., Bonforte A., Branca S., Guglielmino F.; 2013 – Geometry and kinematics of the fault systems controlling the unstable flank of Etna volcano (Sicily). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 251, 5–15.

Azzaro R., Branca S., Gwinner K., Coltelli M.; 2012 – The volcano–tectonic map of Etna volcano, 1:100.000 scale: an integrated approach based on a morphotectonic analysis from high–resolution DEM constrained by geologic, active faulting and seismotectonic data. *Ital. J. Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.)*, 131, n. , 153–170. DOI: 10.3301/IJG.2011.29

Azzaro R., D'Amico S., Mostaccio A., Scarfi L., Tuvè T.; 2006 – Terremoti con effetti macrosismici in Sicilia orientale nel periodo Gennaio 2002 – Dicembre 2005. *Quad. Geof.*, 41, 62 pp.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Azzaro R., D'Amico S., Tuvè T.; 2011 – Estimate the magnitude of historical earthquakes from macroseismic intensità data: new relationships for the volcanic region of Mount Etna (Italy). *Seism. Res. Lett.*, 82, 4, 533–544.

Azzaro R., D'Amico S., Mostaccio A., Scarfi L., Tuvè T.; 2009 – Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnei dal 1832 al 1998 e Aggiornamento 2006–2008.

<http://www.ct.ingv.it/ufs/macro/>

Bailey J.E., Harris A.J.L., Dehn J., Calvari S., Rowland S.K.; 2006 – The changing morphology of an open lava channel on Mt. Etna. *Bull. Volcanol.*, 68, 498–515. DOI: 10.1007/s00445-005-0025-6

Barbano, M.S.; 1985 – The Val di Noto earthquake of December 10, 1542. In: Postpischl, D. (ed.), *Atlas of Isoseismal Maps of Italian Earthquakes*, PFG-CNR, Quad. Ric. Scie. 2A, 114, Bologna.

Barbano M.S., Rigano R., Coppolino I.; 2001 – The seismic history of Nicolosi (Catania, Italy). *The Use of Historical Data in Natural Hazard Assessments*, 55–70.

Barreca G., Bonforte A., Neri M.; 2013 – A pilot GIS database of active faults of Mt. Etna (Sicily): a tool for integrated hazard evaluation. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 200, 245–254.

Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M.M., Boschi E.; 2008 – The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, *Tectonophysics*, 453, 20–43.

Bianca M., Monaco C., Tortorici L., Cernobori L.; 1999 – Quaternary normal faulting in southeastern Sicily (Italy): A seismic source for the 1693 large earthquake. *Geophys. J. Int.*, 139, 370–394.

Bonforte, A., F. Guglielmino, M. Coltelli, A. Ferretti and G. Puglisi (2011). Structural assessment of Mt. Etna volcano from Permanent Scatterers analysis, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 12, Q02002; doi: 10.1029/2010GC003213.

Borgia A., Ferrari L., Pasquarè G.; 1992 – Importance of gravitational spreading in the tectonic and volcanic evolution of Mount Etna, *Nature*, 357, 231–235, doi:10.1038/357231a0.

Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smeriglio G., Valensise G.; 1995 – Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.c. al 1980. Istituto Nazionale di Geofisica, Roma, 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. Istituto Nazionale di Geofisica, Roma, 644 pp.

Branca S., Coltelli M, GropPELLI G., Lentini F.; 2011 – Geological map of Etna volcano, 1:50,000 scale. *It. J. Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.)*, 130 (3), 265–291.

Catalano S., De Guidi G., Monaco C., Tortorici G., Tortorici L.; 2008. Active faulting and seismicity along the Siculo–Calabrian rift zone. *Tectonophysics*, 453, 177–192.

Catalano S., Torrisi S., Ferlito C.; 2004 – The relationship between Late Quaternary deformation and volcanism of Mt. Etna (eastern Sicily): new evidence from the sedimentary substratum in the Catania region. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 132, 311–334.

Catalano S., Tortorici G.; 2010 – La carta geologica del basso versante orientale del Monte Etna: nuovi vincoli geologici per la ricostruzione del sottosuolo. In



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

“Microzonazione sismica del versante orientale dell’Etna. Studi di primo livello”, Autori Vari. Le Nove Muse Editrice, Catania, 113–141.

Ciccacci S., Fredi P., Lupia Palmieri E., Salvini F.; 1986 – An approach to the quantitative analysis of the relations between drainage pattern and fracture trend. *International Geomorphology*, II. Wiley & Sons, Chichester, pp. 49–68.

DISS Working Group; 2010 – Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, © INGV 2010 – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – All rights reserved.

Dolce M. e altri 15 Autori; 2011 – Contributi per l’aggiornamento degli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”. *Ingegneria Sismica XXVIII*, n.2. Supplemento alla rivista trimestrale.

Ferrara V.; 2001 – Carta idrogeologica del massiccio vulcanico dell’Etna. Ed. S.EL.CA, Firenze (IT).

Firth C., Stewart I., Mcguire W.J., Kershaw, S., Vita-Finzi C.; 1996 – Coastal elevation changes in eastern Sicily: Implications for volcano instability at Mount Etna. *Geological Society Special Publication*, 110, 153–167.

Galli P.; 2000 – New empirical relationships between magnitude and distance for liquefaction. *Tectonophysics*, 324, 169–187.

Gillot P.Y., Kieffer G., Romano R.; 1994 – The evolution of Mount Etna in the light of potassium–argon dating. *Acta Vulcanol.*, 5, 81–87.

Gruppo di lavoro, 2004 – Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N. 3274 del 20/3/03. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano–Roma, aprile 2004.

Gruppo di lavoro MS; 2008 – Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, 3° Vol. e DVD.

Gruppo di lavoro MS; 2008 – Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, Glossario.

Kieffer, G.; 1975 – Sur l'existence d'une "riftzone" à l'Etna. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris D 280: 263–266.

La Delfa, S., G. Patanè, and J. C. Tanguy, Kilometer-scale heterogeneities inside volcanoes revealed by using a set of geophysical methods: Variable stress field at Mount Etna, Sicily, Phys. Earth Planet. Inter., 121, 157–173, 2000.

Locati M., Camassi R., Stucchi M.; 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>

Meletti C., Montaldo V.; 2007 – Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC–INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>

Meletti C., Galadini F., Valensise G., Stucchi M., Basili R., Barba S., Vannucci G., Boschi E.; 2008 – A seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory. Tectonophysics, 450(1), 85–108. DOI:10.1016/j.tecto.2008.01.003.

Monaco C., Catalano S., Cocina O., De Guidi G., Ferlito C., Gresta S., Musumeci C., Tortorici L.; 2005 – Tectonic control on the eruptive dynamics at Mt. Etna volcano (eastern Sicily during the 2001 and 2002–2003 eruptions. J. Volc. Geotherm. Res., 144: 221–233.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Monaco C., De Guidi G., Catalano S., Ferlito C., Tortorici G., Tortorici L.; 2008 – La Carta Morfotettonica del Monte Etna. Litografia Artistica Cartografica, Firenze (IT).

Monaco C., Tortorici L.; 2000 – Active faulting in the Calabrian arc and eastern Sicily. *J. Geodyn.*, 29, 407–424.

NTC; 2008 – Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni. D.M. 14/01/2008. G.U. n. 29 del 04/02/2008 (Suppl. Ordinario n. 30).

Patanè G., Imposa S.; 1995 – Atlante delle isosiste dei terremoti etnei dal 1971 al 1991. GNGTS, Istituto di Geologia e Geofisica Università di Catania, 54–55.

Postpischl, D., 1985. Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980. CNR, P.F. Geodinamica, Graficoop Bologna, 239 pp.

Progetto Database nazionale dei Sinkholes. Consultabile presso il “Portale del Servizio Geologico d'Italia” dell'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). <http://sgi.isprambiente.it/geoportal/catalog/content/project/sinkhole.page>

Progetto IFFI (banca dati inventario fenomeni franosi d'Italia). Consultabile presso il “Portale del Servizio Geologico d'Italia” dell'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale).

<http://sgi.isprambiente.it/geoportal/catalog/content/project/iffi.page>

Progetto ITHACA – Faglie Capaci ((ITaly HAZard from CAPable faults). Consultabile presso il “Portale del Servizio Geologico d'Italia” dell'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale).

Regione Sicilia; 2004 – Piano Stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Siciliana – Relazione generale.

http://www.sitr.regione.sicilia.it/pai/CD_PAI/RELAZIONE_GENERALE_P.A.I.pdf

Rovida A., Camassi R., Gasperini P., Stucchi M.; 2011 – CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna.

<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>

Valensise G., Pantosti D.; 1993 – A 125 Kyr-long geological record of seismic source repeatability: the Messina Straits (southern Italy) and the 1908 earthquake (Ms 7 1/2). Terra Nova, 4, 472–483.

11. Allegati

Allegato 1 – Sezione geologica

Allegato 2 – Parametri geotecnici e geofisici

Allegato 3 – Misure di microtremore ambientale

Allegato 4 – Sezioni topografiche

Allegato 5 – Schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi

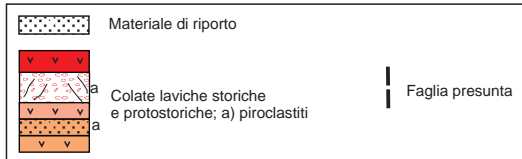
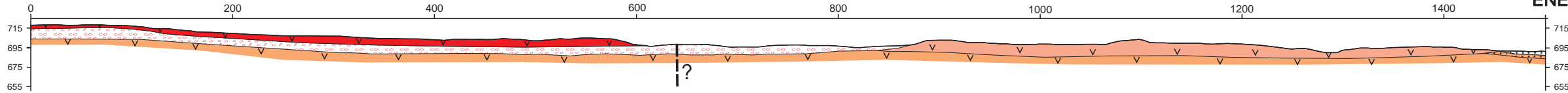
Allegato 1 – Sezione Geologica

Scala 1:5000

Profilo A - A'

OSO

ENE



Allegato 2 – Parametri geotecnici e geofisici

- Prove penetrometriche dinamiche leggere

087031P8SPT8					
intervallo profondità di prova (m)	num° colpi	litologia	media num° colpi	densità relativa [Dr (%)]	angolo di attrito interno [φ (°)]
0,00 - 0,10	6	piroclastiti mediamente addensate	11	36	30
0,10 - 0,20	14				
0,20 - 0,30	14				
0,30 - 0,40	15				
0,40 - 0,50	13				
0,50 - 0,60	12				
0,60 - 0,70	9				
0,70 - 0,80	8				
0,80 - 0,90	10				
0,90 - 1,00	10				
1,00 - 1,10	7	piroclastiti sciolte	5	20	29
1,10 - 1,20	5				
1,20 - 1,30	5				
1,30 - 1,40	4				
1,40 - 1,50	4				
1,50 - 1,60	5				
1,60 - 1,70	6				
1,70 - 1,80	4				
1,80 - 1,90	3				
1,90 - 2,00	4				
2,00 - 2,10	4				
2,10 - 2,20	4				
2,20 - 2,30	3				
2,30 - 2,40	7				
2,40 - 2,50	5				
2,50 - 2,60	5				
2,60 - 2,70	5				
2,70 - 2,80	6				
2,80 - 2,90	13				
2,90 - 3,00	6				
3,00 - 3,10	10				
3,10 - 3,20	50				

087031P9SPT9					
intervallo profondità di prova (m)	num° colpi	litologia	media num° colpi	densità relativa [Dr (%)]	angolo di attrito interno [φ (°)]
0,00 - 0,10	8	piroclastiti mediamente addensate	15	48	31
0,10 - 0,20	20				
0,20 - 0,30	29				
0,30 - 0,40	15				
0,40 - 0,50	9				
0,50 - 0,60	8				
0,60 - 0,70	8				
0,70 - 0,80	19				
0,80 - 0,90	17				
0,90 - 1,00	8				
1,00 - 1,10	9	piroclastiti sciolte	9	33	30
1,10 - 1,20	9				
1,20 - 1,30	8				
1,30 - 1,40	9				
1,40 - 1,50	7				
1,50 - 1,60	9				
1,60 - 1,70	8				
1,70 - 1,80	10				
1,80 - 1,90	11				
1,90 - 2,00	9				
2,00 - 2,10	8				
2,10 - 2,20	7				
2,20 - 2,30	8				
2,30 - 2,40	7				
2,40 - 2,50	9				
2,50 - 2,60	10				
2,60 - 2,70	11				
2,70 - 2,80	13				
2,80 - 2,90	12				
2,90 - 3,00	11				
3,00 - 3,10	11				
3,10 - 3,20	11				
3,20 - 3,30	11				
3,30 - 3,40	10				
3,40 - 3,50	12				
3,50 - 3,60	7	piroclastiti sciolte	6	24	29
3,60 - 3,70	7				
3,70 - 3,80	7				
3,80 - 3,90	7				
3,90 - 4,00	6				
4,00 - 4,10	6				
4,10 - 4,20	6				
4,20 - 4,30	5				
4,30 - 4,40	5				
4,40 - 4,50	7				
4,50 - 4,60	5				
4,60 - 4,70	7				
4,70 - 4,80	8				
4,80 - 4,90	7				
4,90 - 5,00	8				
5,00 - 5,10	10				
5,10 - 5,20	11				
5,20 - 5,30	9				
5,30 - 5,40	7				
5,40 - 5,50	5				
5,50 - 5,60	7				
5,60 - 5,70	6				
5,70 - 5,80	7				
5,80 - 5,90	7				

087031P10SPT10					
intervallo profondità di prova (m)	num° colpi	litologia	media num° colpi	densità relativa [Dr (%)]	angolo di attrito interno [φ (°)]
0,00 - 0,10	6	piroclastiti sciolte	5	19	28
0,10 - 0,20	6				
0,20 - 0,30	5				
0,30 - 0,40	5				
0,40 - 0,50	5				
0,50 - 0,60	4				
0,60 - 0,70	5				
0,70 - 0,80	5				
0,80 - 0,90	4				
0,90 - 1,00	4				
1,00 - 1,10	5				
1,10 - 1,20	5				
1,20 - 1,30	5				
1,30 - 1,40	4				
1,40 - 1,50	11				
1,50 - 1,60	12	piroclastiti mediamente addensate	10	35	30
1,60 - 1,70	10				
1,70 - 1,80	7				
1,80 - 1,90	6				
1,90 - 2,00	10				
2,00 - 2,10	10				
2,10 - 2,20	7				
2,20 - 2,30	7				
2,30 - 2,40	7				
2,40 - 2,50	10				
2,50 - 2,60	10				
2,60 - 2,70	9				
2,70 - 2,80	9				
2,80 - 2,90	8				
2,90 - 3,00	8				
3,00 - 3,10	7				
3,10 - 3,20	10				
3,20 - 3,30	10				
3,30 - 3,40	12				
3,40 - 3,50	12				
3,50 - 3,60	12				
3,60 - 3,70	11				
3,70 - 3,80	11				
3,80 - 3,90	12				
3,90 - 4,00	11				
4,00 - 4,10	9				
4,10 - 4,20	12				
4,20 - 4,30	11				
4,30 - 4,40	11				
4,40 - 4,50	10				
4,50 - 4,60	10				
4,60 - 4,70	11				
4,70 - 4,80	12				
4,80 - 4,90	11				
4,90 - 5,00	11				

087031P11SPT11					
intervallo profondità di prova (m)	num° colpi	litologia	media num° colpi	densità relativa [Dr (%)]	angolo di attrito interno [φ (°)]
0,00 - 0,10	0	piroclastiti sciolte	10	35	30
0,10 - 0,20	0				
0,20 - 0,30	5				
0,30 - 0,40	12				
0,40 - 0,50	12				
0,50 - 0,60	11				
0,60 - 0,70	10				
0,70 - 0,80	6				
0,80 - 0,90	5				
0,90 - 1,00	5				
1,00 - 1,10	4				
1,10 - 1,20	4				
1,20 - 1,30	3				
1,30 - 1,40	4				
1,40 - 1,50	4				
1,50 - 1,60	6				
1,60 - 1,70	6				
1,70 - 1,80	9				
1,80 - 1,90	9				
1,90 - 2,00	6				
2,00 - 2,10	6				
2,10 - 2,20	8				
2,20 - 2,30	8				
2,30 - 2,40	8				
2,40 - 2,50	7				
2,50 - 2,60	9				
2,60 - 2,70	7				
2,70 - 2,80	12				
2,80 - 2,90	15				
2,90 - 3,00	10				
3,00 - 3,10	10				
3,10 - 3,20	10				
3,20 - 3,30	11				
3,30 - 3,40	11				
3,40 - 3,50	10				
3,50 - 3,60	10				
3,60 - 3,70	16				
3,70 - 3,80	19				
3,80 - 3,90	25				
3,90 - 4,00	24				
4,00 - 4,10	11				
4,10 - 4,20	8				
4,20 - 4,30	10				
4,30 - 4,40	14				
4,40 - 4,50	12				
4,50 - 4,60	15				
4,60 - 4,70	15				
4,70 - 4,80	17				
4,80 - 4,90	17				
4,90 - 5,00	16				
5,00 - 5,10	15				
5,10 - 5,20	15				
5,20 - 5,30	17				
5,30 - 5,40	15				
5,40 - 5,50	14				
5,50 - 5,60	17				
5,60 - 5,70	16				
5,70 - 5,80	16				
5,80 - 5,90	14				
5,90 - 6,00	14				
		piroclastiti mediamente addensate	19	46	32
			13	40	31

087031P12SPT12

intervallo profondità di prova (m)	num° colpi	litologia	media num° colpi	densità relativa [Dr (%)]	angolo di attrito interno [φ (°)]
0,00 - 0,10	2	piroclastiti molto sciolte	2	< 15	27
0,10 - 0,20	2				
0,20 - 0,30	2				
0,30 - 0,40	3				
0,40 - 0,50	1				
0,50 - 0,60	1				
0,60 - 0,70	1				
0,70 - 0,80	1				
0,80 - 0,90	3				
0,90 - 1,00	3				
1,00 - 1,10	3				
1,10 - 1,20	2				
1,20 - 1,30	2				
1,30 - 1,40	2				
1,40 - 1,50	4	piroclastiti sciolte	5	25	29
1,50 - 1,60	4				
1,60 - 1,70	4				
1,70 - 1,80	6				
1,80 - 1,90	6				
1,90 - 2,00	5				
2,00 - 2,10	5				
2,10 - 2,20	5				
2,20 - 2,30	5				
2,30 - 2,40	7				
2,40 - 2,50	7				
2,50 - 2,60	4				
2,60 - 2,70	3				
2,70 - 2,80	5				
2,80 - 2,90	5				
2,90 - 3,00	6				
3,00 - 3,10	4				
3,10 - 3,20	4				
3,20 - 3,30	5				
3,30 - 3,40	6				
3,40 - 3,50	6				
3,50 - 3,60	7				
3,60 - 3,70	5				
3,70 - 3,80	8				
3,80 - 3,90	6				
3,90 - 4,00	6				
4,00 - 4,10	5				
4,10 - 4,20	5				
4,20 - 4,30	5				
4,30 - 4,40	7				
4,40 - 4,50	7				
4,50 - 4,60	6				
4,60 - 4,70	4				
4,70 - 4,80	6				
4,80 - 4,90	7				
4,90 - 5,00	5				

087031P13SPT13

intervallo profondità di prova (m)	num° colpi	litologia	media num° colpi	densità relativa [Dr (%)]	angolo di attrito interno [φ (°)]
0,00 - 0,10	13	piroclastiti mediamente addensate	15	41	31
0,10 - 0,20	18				
0,20 - 0,30	17				
0,30 - 0,40	17				
0,40 - 0,50	14				
0,50 - 0,60	12				
0,60 - 0,70	9	piroclastiti sciolte	6	22	29
0,70 - 0,80	8				
0,80 - 0,90	7				
0,90 - 1,00	6				
1,00 - 1,10	7				
1,10 - 1,20	9				
1,20 - 1,30	8				
1,30 - 1,40	6				
1,40 - 1,50	5				
1,50 - 1,60	5				
1,60 - 1,70	5				
1,70 - 1,80	4				
1,80 - 1,90	4				
1,90 - 2,00	3				
2,00 - 2,10	6				
2,10 - 2,20	6				
2,20 - 2,30	6				
2,30 - 2,40	6				
2,40 - 2,50	4				
2,50 - 2,60	50				

087031P14SPT14					
intervallo profondità di prova (m)	num° colpi	litologia	media num° colpi	densità relativa [Dr (%)]	angolo di attrito interno [φ (°)]
0,00 - 0,10	10	piroclastiti mediamente addensate	21	24	34
0,10 - 0,20	14				
0,20 - 0,30	22				
0,30 - 0,40	23				
0,40 - 0,50	27				
0,50 - 0,60	27				
0,60 - 0,70	28				
0,70 - 0,80	22				
0,80 - 0,90	24				
0,90 - 1,00	18				
1,00 - 1,10	14	piroclastiti sciolte	7	25	29
1,10 - 1,20	11				
1,20 - 1,30	9				
1,30 - 1,40	7				
1,40 - 1,50	8				
1,50 - 1,60	7				
1,60 - 1,70	7				
1,70 - 1,80	7				
1,80 - 1,90	10				
1,90 - 2,00	5				
2,00 - 2,10	5				
2,10 - 2,20	5				
2,20 - 2,30	6				
2,30 - 2,40	5				
2,40 - 2,50	8				
2,50 - 2,60	8				
2,60 - 2,70	50				

087031P15SPT15					
intervallo profondità di prova (m)	num° colpi	litologia	media num° colpi	densità relativa [Dr (%)]	angolo di attrito interno [ϕ (°)]
0,00 - 0,10	2	piroclastiti molto sciolte	4	15	28
0,10 - 0,20	2				
0,20 - 0,30	4				
0,30 - 0,40	3				
0,40 - 0,50	6				
0,50 - 0,60	4				
0,60 - 0,70	5				
0,70 - 0,80	5				
0,80 - 0,90	4				
0,90 - 1,00	4				
1,00 - 1,10	6				
1,10 - 1,20	15	piroclastiti mediamente addensate	16	42	32
1,20 - 1,30	17				
1,30 - 1,40	19				
1,40 - 1,50	12				
1,50 - 1,60	7	piroclastiti sciolte	5	19	28
1,60 - 1,70	6				
1,70 - 1,80	5				
1,80 - 1,90	6				
1,90 - 2,00	5				
2,00 - 2,10	5				
2,10 - 2,20	5				
2,20 - 2,30	3				
2,30 - 2,40	3				
2,40 - 2,50	5				
2,50 - 2,60	4				
2,60 - 2,70	7				
2,70 - 2,80	4				
2,80 - 2,90	2				
2,90 - 3,00	2				
3,00 - 3,10	4				
3,10 - 3,20	6				
3,20 - 3,30	7				
3,30 - 3,40	13				
3,40 - 3,50	7				
3,50 - 3,60	4				
3,60 - 3,70	11	piroclastiti mediamente addensate	11	37	32
3,70 - 3,80	9				
3,80 - 3,90	10				
3,90 - 4,00	13				
4,00 - 4,10	11				
4,10 - 4,20	18				
4,20 - 4,30	10				
4,30 - 4,40	12				
4,40 - 4,50	5				
4,50 - 4,60	9				
4,60 - 4,70	10				
4,70 - 4,80	11				
4,80 - 4,90	10				
4,90 - 5,00	10				

Tabelle 1-8 - Valori dei parametri geotecnici ottenuti dall'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche leggere (DL030) eseguite durante lo studio geologico a supporto del P.R.G. del Comune di Nicolosi.

- Traverse sismiche

Compensorio 1 - Nicolosi							
traversa sismica	num° geofoni	lunghezza stendimento (m)	strato	spessore (m)	profondità (m)	velocità (m/s)	correlazione velocità - litologia
087031L1SR1	12	36	1	1,2 - 0,5	0,0 - 0,0	250	materiale scoriaceo
			2	indef.	1,2 - 0,5	670	lave variamente fratturate
087031L2SR2	12	36	1	1,4 - 0,8	0,0 - 0,0	250	materiale scoriaceo
			2	indef.	1,4 - 0,8	630	lave variamente fratturate
087031L3SR3	12	36	1	1,3 - 4,1	0,0 - 0,0	320	materiale plastico
			2	indef.	1,3 - 4,1	580	lave variamente fratturate
087031L4SR4	12	36	1	1,8 - 2,0	0,0 - 0,0	250	materiale plastico
			2	indef.	1,8 - 2,0	650	lave variamente fratturate

Compensorio 2 - Nicolosi							
traversa sismica	num° geofoni	lunghezza stendimento (m)	strato	spessore (m)	profondità (m)	velocità (m/s)	correlazione velocità - litologia
087031L5SR5	12	48	1	1,71 - 1,14	0,0 - 0,0	350	materiale scoriaceo
			2	indef.	1,71 - 1,14	775	lave variamente fratturate
087031L6SR6	12	36	1	1,78 - 0,86	0,0 - 0,0	525	materiale scoriaceo
			2	indef.	1,78 - 0,86	920	lave variamente fratturate
087031L7SR7	12	36	1	2,3 - 4,3	0,0 - 0,0	270	materiale piroclastico
			2	indef.	2,3 - 4,3	620	lave variamente fratturate

Compensorio 3 - Nicolosi							
traversa sismica	num° geofoni	lunghezza stendimento (m)	strato	spessore (m)	profondità (m)	velocità (m/s)	correlazione velocità - litologia
087031L8SR8	12	36	1	4,1 - 5,6	0,0 - 0,0	220	materiale piroclastico
			2	indef.	4,1 - 5,6	480	brecce e scorie vulcaniche
087031L9SR9	12	48	1	6,7 - 8,2	0,0 - 0,0	260	materiale piroclastico
			2	indef.	6,7 - 8,2	790	lave variamente fratturate
087031L10SR10	12	36	1	6,2 - 6,5	0,0 - 0,0	250	materiale piroclastico
			2	indef.	6,2 - 6,5	680	lave variamente fratturate
087031L11SR11	12	36	1	3,3 - 9,6	0,0 - 0,0	250	materiale piroclastico
			2	indef.	3,3 - 9,6	420	brecce e scorie vulcaniche

Compensorio 4 - Nicolosi							
traversa sismica	num° geofoni	lunghezza stendimento (m)	strato	spessore (m)	profondità (m)	velocità (m/s)	correlazione velocità - litologia
087031L12SR12	12	36	1	9,8 - 2,6	0,0 - 0,0	280	materiale piroclastico
			2	indef.	9,8 - 2,6	700	lave variamente fratturate
087031L13SR13	12	48	1	4,2 - 10,2	0,0 - 0,0	270	materiale piroclastico
			2	indef.	4,2 - 10,2	820	lave variamente fratturate
087031L14SR14	12	48	1	8,4 - 7,2	0,0 - 0,0	250	materiale piroclastico
			2	indef.	8,4 - 7,2	875	lave variamente fratturate
087031L15SR15	12	36	1	2,4 - 3,2	0,0 - 0,0	230	materiale scoriaceo
			2	indef.	2,4 - 3,2	660	lave variamente fratturate
087031L16SR16	12	36	1	8,3 - 7,9	0,0 - 0,0	250	materiale piroclastico
			2	indef.	8,3 - 7,9	690	lave variamente fratturate

Compensorio 5 - Nicolosi							
traversa sismica	num° geofoni	lunghezza stendimento (m)	strato	spessore (m)	profondità (m)	velocità (m/s)	correlazione velocità - litologia
087031L17SR17	12	36	1	6,1 - 3,2	0,0 - 0,0	270	materiale piroclastico
			2	6,1 - 3,2	9,8 - 2,6	720	lave variamente fratturate
087031L18SR18	12	48	1	3,3 - 4,4	0,0 - 0,0	220	materiale piroclastico
			2	indef.	3,3 - 4,4	720	lave variamente fratturate
087031L19SR19	12	48	1	4,7 - 3,9	0,0 - 0,0	300	materiale piroclastico
			2	indef.	4,7 - 3,9	680	lave variamente fratturate
087031L20SR20	12	48	1	11,1 - 8,0	0,0 - 0,0	300	materiale piroclastico
			2	indef.	11,1 - 8,0	590	lave variamente fratturate
087031L21SR21	12	24	1	0,8 - 2,1	0,0 - 0,0	180	suolo agrario
			2	5,4 - 4,9	0,8 - 2,1	330	materiale piroclastico
			3	indef.	5,4 - 4,9	660	lave variamente fratturate
087031L22SR22	12	36	1	2,1 - 3,2	0,0 - 0,0	320	materiale piroclastico
			2	indef.	2,1 - 3,2	660	lave variamente fratturate
087031L23SR23	12	48	1	9,0 - 4,4	0,0 - 0,0	270	materiale piroclastico
			2	indef.	9,0 - 4,4	620	lave variamente fratturate
087031L24SR24	12	24	1	2,0 - 1,9	0,0 - 0,0	280	materiale scoriaceo
			2	indef.	2,0 - 1,9	650	lave variamente fratturate
087031L25SR25	12	24	1	4,9 - 5,6	0,0 - 0,0	270	materiale piroclastico
			2	indef.	4,9 - 5,6	590	lave variamente fratturate

Tabelle 9-13 - Valori di profondità, spessore e velocità delle onde sismiche Vp relativamente ai litotipi presenti in sottosuolo. Le 25 traverse sismiche sono state raggruppate in 5 compensori così come disciplinato nel corso dello studio geologico a supporto del P.R.G. del Comune di Nicolosi.

- Sondaggi Elettrici Verticali (SEV)

087031L26SEV26			
strato	resistività [ρ (Ohm*m)]	Spessore (m)	Profondità tetto dal p.c. (m)
1	4550,75	0,39	0,00
2	1025,29	1,65	0,39
3	946,18	9,23	2,04
4	1531,18	infinito	11,27

087031L27SEV27			
strato	resistività [ρ (Ohm*m)]	Spessore (m)	Profondità tetto dal p.c. (m)
1	4349,77	0,48	0,00
2	28273,73	0,78	0,48
3	6899,43	2,49	1,26
4	11036,17	5,44	3,75
5	1526,25	infinito	9,19

087031L28SEV28			
strato	resistività [ρ (Ohm*m)]	Spessore (m)	Profondità tetto dal p.c. (m)
1	1395,01	0,87	0,00
2	2813,37	10,67	0,87
3	701,25	infinito	11,53

087031L29SEV29			
strato	resistività [ρ (Ohm*m)]	Spessore (m)	Profondità tetto dal p.c. (m)
1	8017,44	0,71	0,00
2	19124,26	1,97	0,71
3	3179,13	0,78	2,69
4	9152,98	2,84	3,47
5	4164,22	2,38	6,31
6	7924,37	infinito	8,69

087031L30SEV30			
strato	resistività [ρ (Ohm*m)]	Spessore (m)	Profondità tetto dal p.c. (m)
1	4996,73	0,61	0,00
2	25695,2	4,2	0,61
3	8035,42	12,85	4,81
4	3341,29	infinito	17,66

087031L31SEV31			
strato	resistività [ρ (Ohm*m)]	Spessore (m)	Profondità tetto dal p.c. (m)
1	26621,07	2,51	0,00
2	7506,36	4,02	2,51
3	3939,17	infinito	6,53

087031L32SEV32			
strato	resistività [ρ (Ohm*m)]	Spessore (m)	Profondità tetto dal p.c. (m)
1	12295,62	0,41	0,00
2	28816,41	0,61	0,41
3	11313,83	7,58	1,02
4	3215,57	infinito	8,59

087031L33SEV33			
strato	resistività [ρ (Ohm*m)]	Spessore (m)	Profondità tetto dal p.c. (m)
1	6244,75	0,53	0,00
2	35704,02	1,22	0,53
3	12574,66	4,25	1,75
4	4036,04	infinito	6,00

087031L34SEV34			
strato	resistività [ρ (Ohm*m)]	Spessore (m)	Profondità tetto dal p.c. (m)
1	12112,54	0,58	0,00
2	27921,52	2,78	0,58
3	8445,2	1,07	3,36
4	23272,78	2,49	4,42
5	5705,26	3,75	6,91
6	13718,53	9,54	10,66
7	990,38	infinito	20,21

087031L35SEV35			
strato	resistività [ρ (Ohm*m)]	Spessore (m)	Profondità tetto dal p.c. (m)
1	6543,49	0,44	0,00
2	26183,07	0,7	0,44
3	14831,77	6,72	1,14
4	5565,11	infinito	7,86

087031L36SEV36			
strato	resistività [ρ (Ohm*m)]	Spessore (m)	Profondità tetto dal p.c. (m)
1	25703,71	1,36	0,00
2	4691,04	13,06	1,36
3	27138,93	infinito	14,42

087031L37SEV37			
strato	resistività [ρ (Ohm*m)]	Spessore (m)	Profondità tetto dal p.c. (m)
1	11837,4	0,64	0,00
2	49622,34	0,5	0,64
3	12146,77	5,26	1,14
4	3009,36	infinito	6,40

Tabelle 14-25 - Spessori degli strati a diversa resistività e del relativo valore di resistività misurato attraverso l'esecuzione di Sondaggi Elettrici Verticali eseguiti durante lo studio geologico a supporto del P.R.G. del Comune di Nicolosi.

- Misure di microtremore ambientale

n° misura noise	quota (m s.l.m.)	frequenza di picco (Hz)
087031P16HVS16	717	1,25
087031P17HVS17	723	1,65
087031P18HVS18	749	1,3
087031P19HVS19	782	1,5
087031P20HVS20	768	1,3
087031P21HVS21	702	1,8
087031P22HVS22	700	2,15

Tabella 26 - Valori della frequenza di picco registrati attraverso misure di microtremore sismico, “noise ambientale”, eseguite durante la campagna di indagini a supporto del P.R.G. del Comune di Nicolosi.

- Parametri geotecnici e geofisici dei vari litotipi

Unità litotecniche		Principali parametri geotecnici e geofisici					
Litotipo	Descrizione litotipo	Peso Specifico [γ (KN/m ³)]	Coesione [c' (KN/m ²)]	Angolo attrito interno (ϕ')	Densità relativa "Dr"	Mod. Young "E" [Mpa]	Velocità onde P [m/s]
LC	Lave massive con presenti fratture di contrazione per raffreddamento	22 - 24	0,0	35° - 37°			1900
LC	Orizzonti scoriacei intercalati alle lave massive fratturate	17	0,0	30° - 33°			800
SW	Piroclastiti incoerenti prevalentemente sabbiose intercalate a breccie vulcaniche con sabbie e scorie poco saldate (risultati ottenuti attraverso prove SPT)	14 - 16	0,0	28° - 30°	15% - 35%	28 - 32	250-300

Tabella 27 - Principali parametri geotecnici inerenti i litotipi predominanti nel Comune di Nicolosi. Valori estrapolati dalla relazione a supporto del P.R.G. di Nicolosi.

Allegato 3 – Misure di microtremore ambientale

Negli ultimi decenni si è assistito ad un notevole sviluppo delle tematiche relative agli studi di microzonazione sismica sebbene l'osservazione degli effetti del danneggiamento sismico, a causa delle condizioni locali dei terreni, ha origine molto antica e tradizioni più o meno consolidate.

A partire dagli anni '50 dello scorso secolo, in seguito a disastrosi terremoti (Valdivia Cile -1960, Isole Curuli Russia -1963, Stretto di Prince William Alaska-1964) ed a cospicui interessi economici, legati soprattutto alla realizzazione di infrastrutture strategiche (centrali nucleari e ad altre grandi opere ingegneristiche), è accresciuto sempre più l'interesse circa la stima della pericolosità sismica e del rischio sismico delle aree da edificare attraverso la definizione di modelli di comportamento e la valutazione di tutti quei parametri in grado di quantificare il danno atteso in un determinato sito relativamente ad un evento sismico di riferimento allo scopo di mitigarne gli effetti.

Numerosi e recenti studi scientifici hanno, dunque, evidenziato sempre più come le caratteristiche del sito (inteso come "area d'interesse ai fini ingegneristici e con dimensioni areali variabili da quelle di un manufatto a quelle di un centro abitato"), in termini stratigrafici e topografici, possono modificare l'azione sismica riducendo od esaltando localmente il moto sismico atteso in superficie (outcropping) rispetto a quello di riferimento su terreno rigido (bedrock).

Per risposta sismica locale (o effetto di sito), dal punto di vista strettamente fisico, si intende l'insieme delle modifiche in termini di ampiezza, durata, contenuto in frequenza e direzione di propagazione che le onde sismiche subiscono nella parte finale del loro viaggio dalla sorgente alla superficie attraversando gli strati di terreno sovrastanti una formazione rocciosa di base ed attribuibili alle caratteristiche topografiche e geotecniche degli stessi depositi superficiali.

La rappresentazione del moto sismico può essere espressa sia nel dominio del tempo che in quello delle frequenze.

I parametri più frequentemente utilizzati, nel dominio temporale, per descrivere le caratteristiche di un terremoto sono il valore massimo (o di picco) di accelerazione (o velocità o spostamento) e la durata definibili attraverso un accelerogramma.

Diversamente lo spettro di Fourier rappresenta la più immediata rappresentazione del moto sismico per visualizzarne la distribuzione in termini di frequenza per poter operare svariate trasformazioni analitiche; ai fini ingegneristici è certamente più significativa (e dunque la più adoperata) un'altra rappresentazione numerica dei segnali sismici, nel dominio delle frequenze, rappresentata dallo spettro di risposta dell'oscillatore semplice che definisce la legge di variazione della massima ampiezza (in accelerazione, velocità o spostamento) del moto prodotto da un segnale sismico applicato alla base di un oscillatore semplice di fissato smorzamento al variare del suo periodo naturale (Risposta sismica locale – Lanzo & Silvestri, 1999).

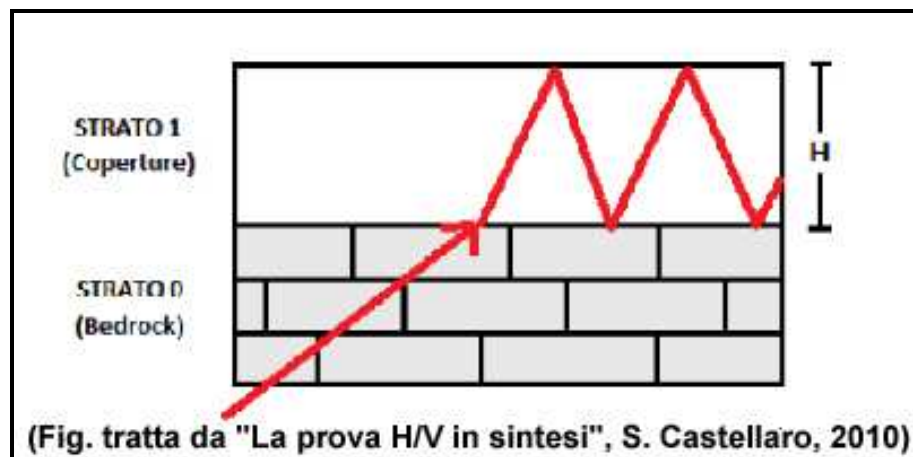
Ciò premesso, riconosciuta l'importanza degli effetti di sito, al progettista serve conoscere la *funzione di trasferimento* al sito, ossia come il moto dal bedrock si trasferisce in superficie; ne consegue che la condizione ideale risulta la misurazione e non il calcolo (che richiederebbe la modellazione del moto di input e del suolo) della funzione suddetta anche in assenza del terremoto.

Infatti, un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine, tanto che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni diviene possibile ovunque ed in modo semplice.

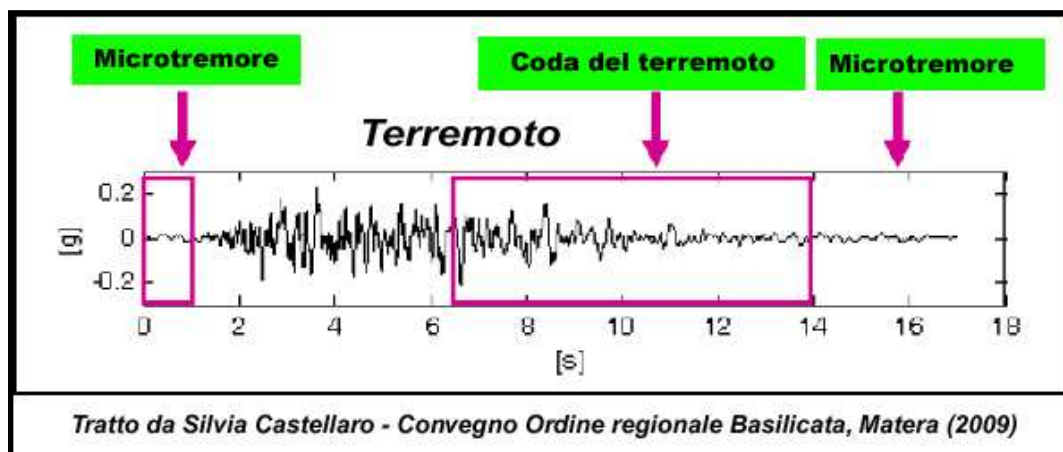
A tal proposito va rilevato, quindi, come lo studio del microtremore ambientale (noise), attraverso le prove di sismica passiva a stazione singola H/V (o HVSR), sia in grado di mettere in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica; tale prova, comunemente nota con il termine H/V (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali, H, e verticale, V) fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989).

Nella letteratura internazionale è ampiamente riconosciuto che le curve H/V ottenute dai microtremori indicano le frequenze di risonanza del sito così come è altrettanto riconosciuto che le ampiezze di detti rapporti spettrali H/V sono l'indicatore dell'amplificazione "minima" attesa al sito in caso di terremoto.

In altre parole, se consideriamo un terremoto composto di onde di volume (dominanti nella prima fase - primi secondi - dell'evento) e di onde di superficie (dominanti nella seconda fase del terremoto), l'amplificazione registrata con il microtremore coincide con quella attesa per il treno di onde di superficie del terremoto (la cosiddetta "coda" del terremoto) mentre può essere inferiore a quella reale nei primi secondi del terremoto.



Le curve H/V del microtremore sismico ambientale (costituito prevalentemente da un campo d'onde di superficie -Rayleigh e Love- che si attenuano meno rapidamente delle onde di volume) possono differire da quelle H/V del terremoto in funzione della distanza dall'epicentro (Mucciarelli et al., 2001) cosicché nel campo lontano (dove



dominano le onde di superficie anche negli H/V da terremoto) può verificarsi la coincidenza delle ampiezze tra gli H/V_{terremoto} e quelle degli H/V_{tremore} mentre nel campo vicino, ossia in prossimità dell'epicentro, tale coincidenza viene meno.

Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici; in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità, considerando un sistema a due strati caratterizzati da due diverse velocità (V1 e V2) e da due diverse densità (ρ1 e ρ2) un'onda che viaggia nel mezzo 1 (superiore) viene riflessa (parzialmente) dall'orizzonte che separa i due strati e così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le massime ampiezze (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) risulta 4 volte lo spessore "H" del primo strato (o suoi multipli dispari), ossia la frequenza di risonanza "f" dello primo strato relativa alle onde S è pari a:

$$f = n \frac{V_s}{4H} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

Equazione 1

dove *n* indica l'ordine del modo di vibrare (fondamentale, primo superiore ecc.), *V_s* ed *H* rappresentano rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dello strato che risuona.

Nella maggior parte dei casi, a causa dell'attenuazione delle coperture, il solo modo visibile è quello fondamentale.

Altresì, l'*equazione 1* permette di comprendere come la tecnica H/V possa fornire anche indicazioni di carattere stratigrafico dato che partendo da una misura di microtremore che fornisce *f*, nota la *V_s* delle coperture, si può infatti stimare la profondità dei riflettori sismici principali o viceversa; la prima applicazione in questo senso risale al 1999 ad opera di Ibs-von Seht e Wohlenberg, che ricostruirono la profondità del bedrock lungo il bacino del Reno in Germania a partire da misure di risonanza del sottosuolo.

Quando si effettua una modellazione per ricavare la risposta sismica di sito (per esempio in termini di funzione di amplificazione del moto alle varie frequenze), si dovranno riprodurre almeno le frequenze sperimentalmente misurate tramite H/V_{tremore} pur differendo le ampiezze per i motivi su esposti.

Nello specifico, considerando l'estensione e la topografia dell'area, questo studio ha comportato l'esecuzione di "7" misure, secondo le indicazioni del progetto di ricerca europeo SESAME ("Guidelines for the implementation of the H\|V spectral ratio technique on ambient vibrations" - European Commission, dic. 2004); tutte le registrazioni dei microtremori sono state effettuate con tromografi digitali portatili serie Tromino (Micromed S.p.A.), progettati specificamente per l'acquisizione del rumore sismico, dotati di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ortogonali ed orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentati da 2 batterie da 1,5 V e senza alcun cavo esterno; il rumore sismico ambientale è stato acquisito ad una frequenza di campionamento di 256 Hz, amplificato, digitalizzato a 24 bit equivalenti e registrato per circa 45 minuti in corrispondenza di ciascuna delle stazioni di misura ubicate all'interno del comprensorio esaminato.

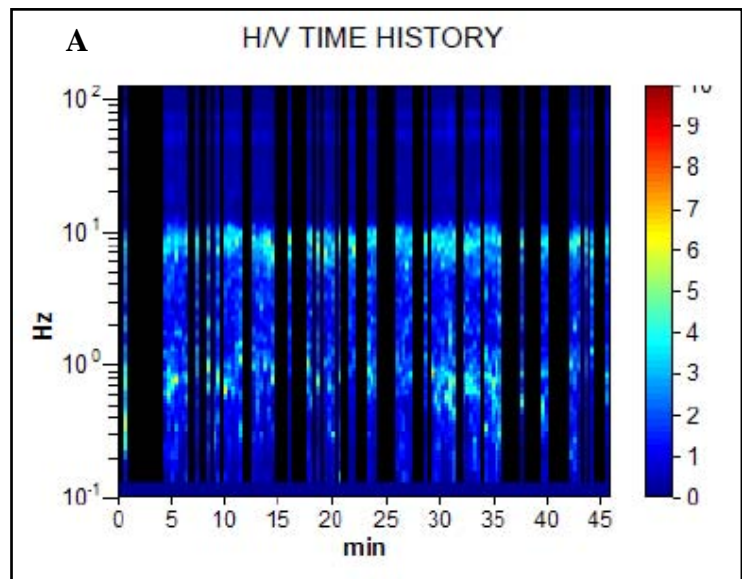
Per quel che riguarda il posizionamento gli strumenti sono stati ubicati con il proprio asse maggiore nella direzione N-S per garantire un'omogeneità della "direzionalità" degli input energetici ed allo stesso tempo sono stati posti sulla superficie naturale mediante dei piedini lunghi o corti attraverso i quali è stato possibile garantire un buon accoppiamento col terreno agendo alternativamente sulle viti micrometriche fino a quando la bolla d'aria della livella incorporata non ha raggiunto il centro.

Occorre, altresì, ricordare che il posizionamento dello strumento su suolo artificiale rigido (asfalto, cemento, pavimentazioni) assume un certo rilievo nel definire il grado di amplificazione locale in quanto la misura eseguita su un suolo artificiale più rigido del terreno sottostante genera un'inversione di velocità sismica scendendo in profondità che si manifesta in una curva H/V con ampiezza minore di 1 fino a frequenze anche di 2-1

Hz.; le ampiezze H/V registrate potrebbero pertanto essere sottostimate rispetto a quelle reali per le ragioni descritte in Castellaro e Mulargia (2009).

I risultati di ciascuna analisi sono stati ottenuti col software Grilla in dotazione al tromografo-Tromino per cui il segnale acquisito dai velocimetri è stato digitalizzato a 24 bit; il software Grilla per ciascuna delle tre componenti del moto, previa divisione del tracciato in finestre temporali di 20 secondi, ha calcolato il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza per ciascuna finestra (Es. Nicolosi - 087031P4, in figura 1).

La funzione HVSR finale è rappresentata dalla media degli HVSR di ciascuna finestra; per produrre l'HVSR finale le componenti orizzontali sono mediate tra loro con la media



quadratica e vengono poi divise per la componente verticale.

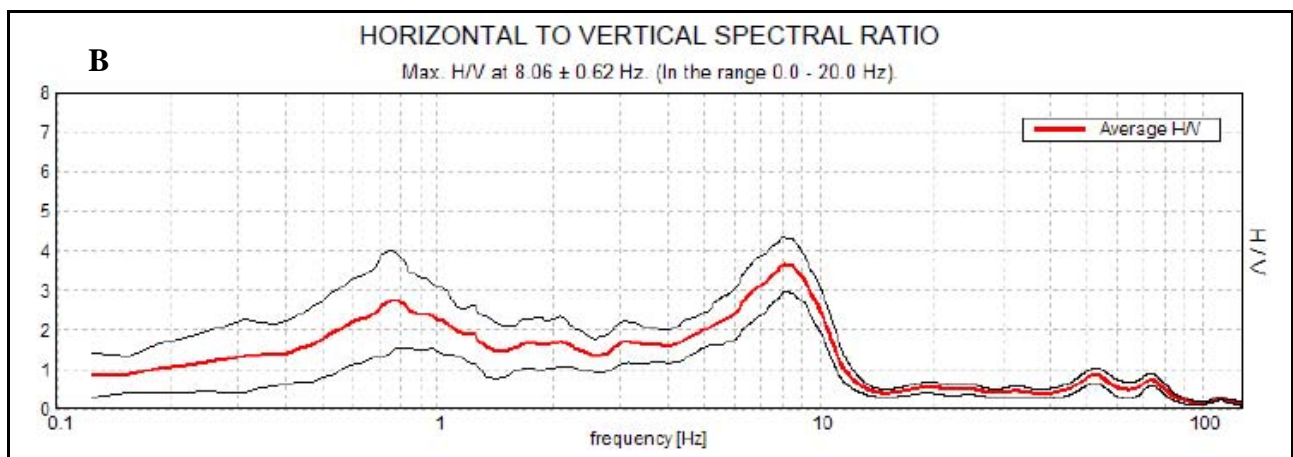


Figura 1: Serie Temporale H/V (A) e Rapporto Spettrale orizzontale/verticale (B) relativo all'indagine 087031P4 a Nicolosi.

Tutti i grafici presentati in questo lavoro sono stati ricavati operando un lisciamento della frequenza centrale pari al 10% dell'ampiezza.

In considerazione delle finalità del presente studio, la tecnica utilizzata, totalmente non invasiva e molto “rapida”, si è ben adattata ai luoghi di indagine in quanto non ha avuto necessità di alcuna ulteriore perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura è ovunque presente.

Elaborazione delle misure

Per l’elaborazione delle carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica si è fatto riferimento agli indirizzi ed i criteri descritti in “Microzonazione Sismica Parti I, II e III” (Gruppo di lavoro MS, 2008), e ai “Contributi per l’aggiornamento degli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (Dolce et al, 2011).

Le Carte delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) di Livello 1 costituiscono il livello propedeutico per affrontare i successivi livelli di approfondimento; pertanto la raccolta ed elaborazione dei dati non possono essere considerati esaustivi e definitivi.

La Tabella 1 mostra i valori delle frequenze di picco, in un range compreso tra 0.6 e 20 Hz, relativi ai 7 siti di misura ubicati all’interno dell’area di studio. Si può osservare che i picchi di amplificazione sono legati sia a frequenze basse, comprese tra 0,78 e 1,44 Hz, che a frequenze medio-alte. In ogni caso, la frequenza di picco non supera mai i 12 Hz. In alcuni casi, all’interno del range di frequenza considerato (0.6 – 20 Hz), vengono segnalati due o tre picchi. E’ da notare, inoltre, che su 7 misure per ben tre volte sono state registrate amplificazioni simili (2,27, 3 e 3,40) esattamente alla stessa frequenza (4,53 Hz).

Attraverso la stima dei valori di H/V dei diversi siti, ricadenti all’interno dell’area comunale, sarà possibile distinguere in prima approssimazione, in funzione del range di frequenza considerato, le aree dove ci si aspetta la presenza nel sottosuolo di variazioni significative del contrasto di impedenza sismica (e conseguentemente di un maggior grado di amplificazione) rispetto a quelle zone dove questi contrasti hanno ampiezze ridotte.

ID_SPU	NOME	UTMx	UTMy	F ₀	H ₀ /V ₀	F ₁	H ₁ /V ₁	F ₂	H ₂ /V ₂
087031P1	N158	501721,93	4162680,68	1,25	2,28	4,53	3,00	12,06	2,87
087031P2	N159	501402,35	4163175,43	7,81	3,40				
087031P3	N160	502000,61	4163571,63	4,53	2,95	6,50	2,47		
087031P4	N161	502493,93	4163572,87	0,78	2,74	8,06	3,64		
087031P5	N162	502058,13	4162959,23	1,09	2,19	4,53	2,27	8,06	1,44
087031P6	N163	502499,41	4162960,46	1,44	2,08				
087031P7	N164	503003,33	4163010,55	0,94	2,39	12,13	1,87		

Tabella 1: siti di misura a stazione singola dei microtremori ricadenti nell'area di studio del comune di Nicolosi.

In funzione delle frequenze stimate risultano maggiormente vulnerabili le strutture che abbiano frequenza propria prossima o leggermente superiore alle stesse per le ragioni che saranno espone in seguito.

Infatti, in funzione della relazione tipica esistente tra l'altezza di un edificio e la frequenza del primo modo di vibrare per le strutture in c.a (Masi et al., 2008) andrebbero evidenziate, a grande "scala", 3 fasce di frequenza di interesse ingegneristico:

- **0.6 ≤ f < 2.0 Hz** questa fascia riguarda strutture di dimensioni grandi (> 10÷20 piani, indicativamente);
- **2 .0 ≤ f < 10.0 Hz** questa fascia riguarda strutture di dimensioni medio-piccole (1-10 piani, indicativamente);
- **10.0 ≤ f < 20.0 Hz** questa fascia riguarda strutture di piccole dimensioni (< 3 m altezza, indicativamente).

L'ubicazione dei siti di misura è stata impiegata per la redazione della carta delle frequenze allegata, dove, per ogni singolo sito di misura, vengono mostrati i valori di frequenza e di ampiezza relativi all'asse centrale del picco o dei picchi caratteristici riconosciuti (Figura 2).

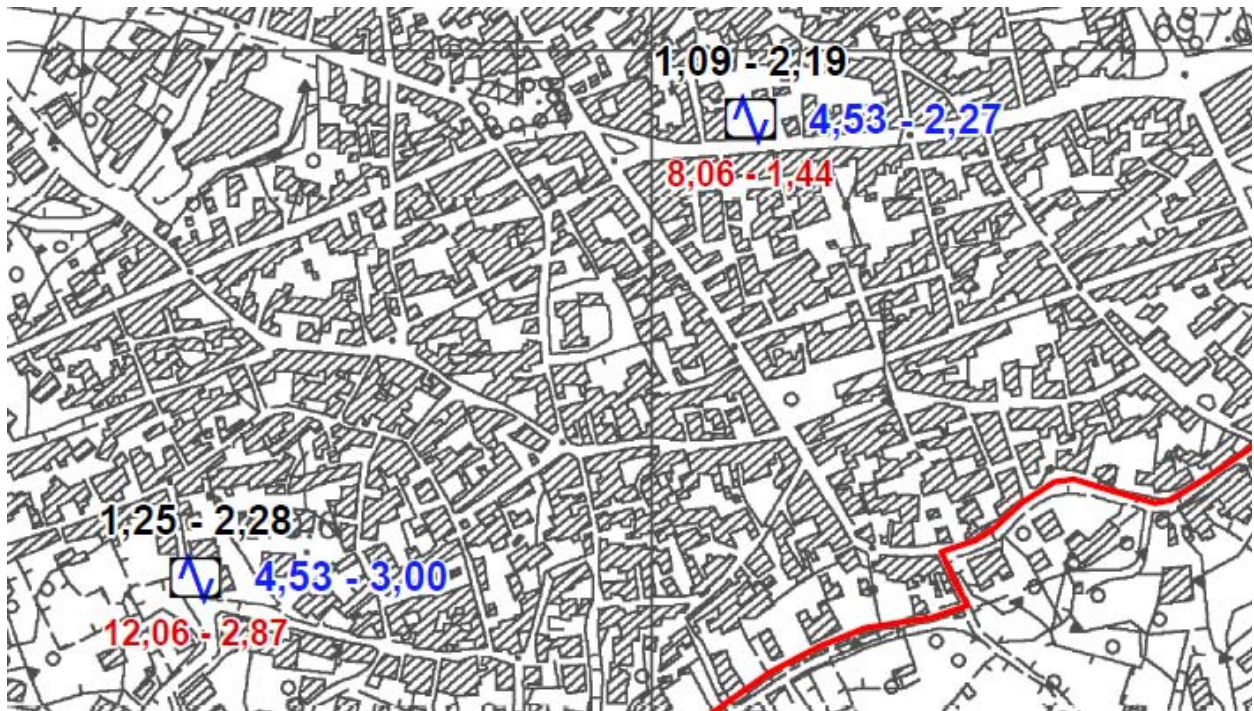


Figura 2: Esempio di due siti di misura HVSR presenti nella carta delle frequenze allegata, mostrante i valori di frequenza ed ampiezza dei picchi significativi (tre in questo caso).

Nei grafici dei rapporti spettrali HVSR relativi a ogni stazione di misura sono stati individuati tutti i picchi significativi caratterizzati da un' amplificazione minima attesa per il range di frequenza esaminato; si ribadisce, dunque, che l' amplificazione minima corrisponde al massimo della curva H/V nell' intervallo di frequenza considerato.

E' essenziale ricordare che una struttura si ritiene salva dalla possibilità di doppia risonanza col terreno solo quando la frequenza propria del terreno risulta superiore a quelle principali della struttura stessa; quando le due frequenze coincidono, si parla di vulnerabilità per doppia risonanza.

Quando la frequenza propria della struttura è superiore a quella del sottosuolo (entro un 25% o più) si parla comunque di possibile vulnerabilità per due ragioni:

- perché un edificio che inizi a danneggiarsi strutturalmente diminuisce le frequenze dei propri modi di vibrare, potendo entrare in risonanza con il sottosuolo nelle fasi finali del terremoto,
- perché i modelli basati su onde di volume (onde S) suggeriscono a volte possibilità di amplificazione anche a frequenze maggiori di quelle rilevate con la tecnica dei

microtremori. Questo accade in particolare per le registrazioni effettuate su suoli artificiali rigidi (cfr. Castellaro e Mulargia, 2009).

Per l'area investigata, l'esito dei test statistici (linee guida SESAME, 2004) evidenzia che per tutte le misure effettuate vengono soddisfatti i criteri di bontà d'esecuzione, analisi ed affidabilità (esempio in Figura 3).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]					
$f_0 > 10 / L_w$	8.06 > 0.50	OK			
$n_c(f_0) > 200$	10965.0 > 200	OK			
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 388 times	OK			
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]					
Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.594 Hz	OK			
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	10.688 Hz	OK			
$A_0 > 2$	3.64 > 2	OK			
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03839 < 0.05$	OK			
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.30952 < 0.40313	OK			
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3513 < 1.58	OK			
L_w	window length				
n_w	number of windows used in the analysis				
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles				
f	current frequency				
f_0	H/V peak frequency				
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency				
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$				
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0				
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f				
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$				
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$				
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided				
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve				
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$				
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Figura 3: tabelle dei criteri per una curva H/V affidabili e per un picco H/V chiaro relativi all'indagine 087031P4 di Nicolosi i cui requisiti vengono soddisfatti.

Occorre notare, in generale, che i primi tre criteri di tale tabella dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata; è necessario che questi tre criteri siano tutti soddisfatti.

I picchi principali di risonanza per ciascuna delle misure non sempre risultano significativi e chiari, come evidenziato dal fatto che non vengono soddisfatti tutti i sei criteri analizzati della Tabella relativa ai “Criteri per un picco H/V chiaro” (esempio in Figura 4), i quali indicano se il “picco” è significativo dal punto di vista statistico; va detto che cinque di questi sei criteri andrebbero soddisfatti e che il mancato soddisfacimento dei requisiti non implica una cattiva registrazione del segnale, ma soltanto la mancanza di contrasti d’impedenza tali da dar origine a picchi significativi.

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]					
$f_0 > 10 / L_w$	4.53 > 0.50	OK			
$n_c(f_0) > 200$	3353.1 > 200	OK			
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 218 times	OK			
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]					
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.094 Hz	OK			
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.875 Hz	OK			
$A_0 > 2$	2.95 > 2	OK			
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.067 < 0.05$		NO		
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.30359 < 0.22656$		NO		
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6678 < 1.58$	OK			
L_w	window length				
n_w	number of windows used in the analysis				
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles				
f	current frequency				
f_0	H/V peak frequency				
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency				
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$				
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0				
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f				
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$				
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$				
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided				
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve				
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$				
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Figura 4: tabelle dei criteri per una curva H/V affidabili e per un picco H/V chiaro relativi all’indagine 087031P3 di Nicolosi i cui requisiti non vengono soddisfatti.

Dunque, alla luce delle elaborazioni e di quanto suindicato tutte le misure eseguite

risultano avere un valore d'attendibilità pari ad "1".

Occorre, altresì, evidenziare come alcuni "picchi" riscontrati, in maniera più o meno evidente, in tutte le stazioni di misura del tremore (per l'intero range di frequenza esaminato) siano da correlare a disturbi antropici (artefatti dovuti ad esempio: intenso traffico veicolare e/o particolari attività lavorative) caratterizzati da picchi stretti ("delta") presenti in tutte e tre le componenti spettrali con diversa ampiezza.

Bibliografia

Castellaro S., Mulargia F.; 2009 – Vs30 estimates using constrained H/V measurements, Bull. Seism. Soc. Am., 99, 761–773.

Dolce M. e altri 15 Autori; 2011 – Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica". Ingegneria Sismica XXVIII, n.2. Supplemento alla rivista trimestrale.

Gruppo di lavoro MS; 2008 – Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, 3° Vol. e DVD.

Ibs-von Seht M., Wholenberg J.; 1999 – Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments. Bull. Seism. Soc. Am., 89, 250–259.

Lanzo G., Silvestri F.; 1999 – Risposta Sismica Locale. Teoria ed esperienze. Hevelius Edizioni. Marzo 1999.

Masi A., Vona M., Manfredi V.; 2008 – A parametric study on RC existing buildings to compare different analysis methods considered in the European seismic code (EC8–3). Proc. of 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China, October 2008.

Mucciarelli M., Gallipoli M.R.; 2001 – A critical review of 10 years of microtremor HVSR technique. Boll. Geofis. Teorica Appl., 42, 255–266.

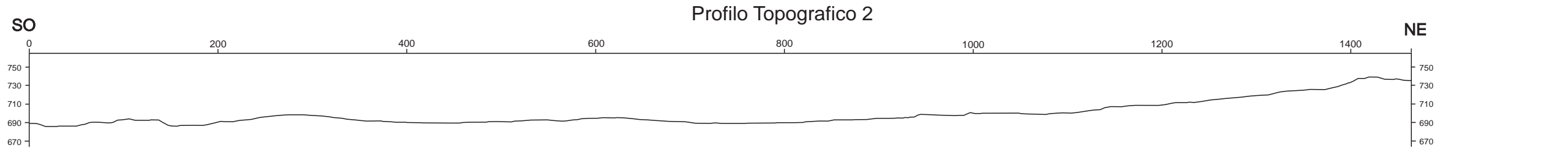
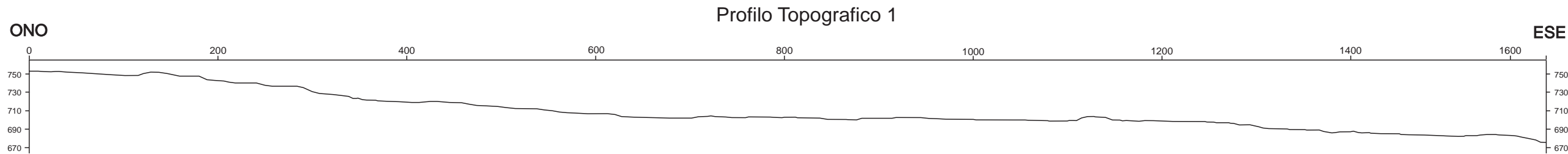
Nakamura Y.; 1989 – A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, Q.R.Railway Tech. Res. Inst., 30, 25–33.

Nogoshi M., Igarashi T.; 1970 – On the propagation characteristics of microtremors. J. Seism. Soc. Japan, 23, 264–280.

SESAME Working Group (2004) - Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation. <http://sesamefp5.obs.ujf-grenoble.fr/index.htm>.

Allegato 4 – Sezioni Topografiche

Scala 1:5000

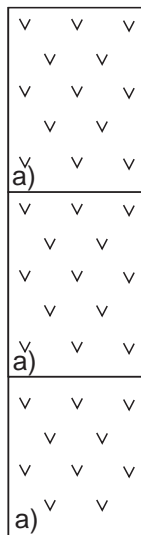


Allegato 5 – Schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



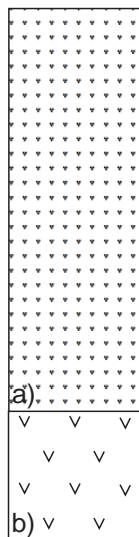
Zona 1



Colate laviche sovrapposte (a), costituite da campi lavici complessi caratterizzati da un'alternanza di livelli scoriacei e massivi con una notevole variabilità verticale e orizzontale delle litofacies. Lo spessore complessivo è generalmente oltre i 50 m.



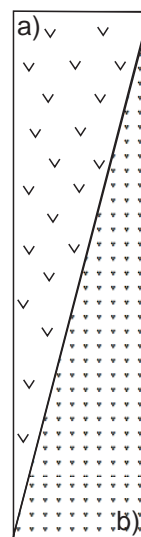
Zona 2



Depositi vulcanoclastici costituiti da sabbie e ghiaie, con spessori che possono superare i 30 m, che danno luogo ad edifici piroclastici che si sviluppano sulla successione della zona 1.



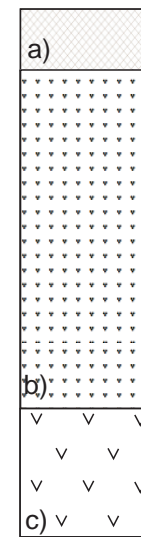
Zona 3



Lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate (a), che poggiano lungo i fianchi di edifici piroclastici sepolti (b) inclinati di circa 35° tendendo a diminuire di spessore verso le zone sommitali dell'edificio.



Zona 4



Materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico in matrice sabbiosa poggiate sulla successione della zona 2.